



Folkhälsomyndigheten

# Ljus och hälsa

En kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö





# Ljus och hälsa

En kunskapssammanställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö

## **Bindningar och jäv**

För Folkhälsomyndighetens egna experter och sakkunniga som medverkat i rapporter bedöms eventuella intressekonflikter och jäv inom ramen för anställningsförhållandet.

När det gäller externa experter och sakkunniga som deltar i Folkhälsomyndighetens arbete med rapporter kräver myndigheten att de lämnar skriftliga jävsdeklarationer för potentiella intressekonflikter eller jäv. Sådana omständigheter kan föreligga om en expert t.ex. fått eller får ekonomisk ersättning från en aktör med intressen i utgången av den fråga som myndigheten behandlar eller om det finns ett tidigare eller pågående ställningstagande eller engagemang i den aktuella frågan på ett sådant sätt att det uppkommer misstanke om att opartiskheten inte kan upprätthållas.

Folkhälsomyndigheten tar därefter ställning till om det finns några omständigheter som skulle försvåra en objektiv värdering av det framtagna materialet och därmed inverka på myndighetens möjligheter att agera sakligt och opartiskt. Bedömningen kan mynna ut i att experten kan anlitas för uppdraget alternativt att myndigheten föreslår vissa åtgärder beträffande expertens engagemang eller att experten inte bedöms kunna delta i det aktuella arbetet.

De externa experter som medverkat i framtagandet av denna rapport har inför arbetet i enlighet med Folkhälsomyndighetens krav lämnat en deklARATION av eventuella intressekonflikter och jäv. Folkhälsomyndigheten har därefter bedömt att det inte föreligger några omständigheter som skulle kunna äventyra myndighetens trovärdighet. Jävsdeklarationerna och eventuella kompletterande dokument utgör allmänna handlingar som normalt är offentliga. Handlingarna finns tillgängliga på Folkhälsomyndigheten.

---

Denna titel kan laddas ner från: [www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material](http://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material)

Citera gärna Folkhälsomyndighetens texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovsmannens tillstånd att använda dem.

© Folkhälsomyndigheten, 2017.

Artikelnummer: 03573-2017

# Förord

I Folkhälsomyndighetens uppdrag ingår att identifiera, analysera och förmedla relevant kunskap till kommuner, landsting och andra berörda samhällssektorer. Folkhälsomyndigheten ansvarar också för tillsynsvägledning enligt miljöbalken när det gäller inomhusmiljön i bostäder och allmänna lokaler.

Under senare år har bristen på bostäder tillsammans med en avsikt att bygga mer ”stadslika” miljöer inneburit en förtätning av befintliga bostadsmiljöer och en hög exploateringsgrad vid ny bebyggelse. Det innebär ofta högre hus placerade närmare varandra än tidigare och förmodligen en lägre tillgång till dagsljus i åtminstone delar av bebyggelsen.

Dagsljus inomhus är en av de faktorer inomhus som myndigheten ska ge vägledning om. För myndigheten är det därför angeläget att sammanfatta aktuell kunskap om ljusets betydelse för hälsan, för att kunna bedöma behovet av och möjligheterna till att ta fram sådan ytterligare vägledning.

Rapporten utgör en sammanställning av den vetenskapliga litteraturen när det gäller ljus, särskilt dagsljus inomhus, och dess betydelse för hälsa och välbefinnande.

Rapporten har tagits fram av docent Arne Lowden vid Stressforskningsinstitutet vid Stockholms universitet och Federico Favero vid Kungliga Tekniska Högskolan, Avdelningen för arkitektur, på uppdrag av Folkhälsomyndigheten. Från Folkhälsomyndigheten har avdelningschefen Anna Bessö, enhetschefen Agneta Falk Filipsson och utredarna Greta Smedje och Anne-Sophie Merritt deltagit.

Folkhälsomyndigheten

Agneta Falk Filipsson, enhetschef, enheten för miljöhälsa



# Innehåll

Förord .....	5
Ordlista och förkortningar .....	9
Smmanfattning .....	10
Summary.....	13
Inledning.....	16
Syfte .....	18
Metod .....	19
Sammanställning av befintlig kunskap .....	21
Ljus och biologiska effekter .....	21
Dygnsrhythm.....	22
Ljusexponering på nordliga breddgrader.....	24
Ljus från informations- och kommunikationsteknik kvällstid .....	25
Årstid och effekt på hälsa .....	25
Snabb rytmförändring vid övergång till sommartid .....	27
Skillnad mellan elektriskt ljus och dagsljus.....	28
Ljusrelaterade hälsobesvär .....	29
Huvudvärk och epilepsi .....	29
Sömnpåverkan vid ljusbrist.....	30
Årstidsbunden depression (Seasonal Affective Disorder, SAD).....	31
Själv mord.....	33
Hjärtkärlsjukdom .....	33
Demens .....	33
Cancer .....	33
Dagsljus i bebyggelsen.....	34
Regelverk.....	34
Dagsljusfaktor och metoder att uppskatta ljusexponering .....	34
Betydelsen av dagsljus och utblick i olika inomhusmiljöer .....	36
Diskussion.....	41
Referenser.....	44





# Ordlista och förkortningar

nabol	Uppbyggande processer i kroppen, t.ex. proteinsyntes
Arousal	Term för psykisk aktivitet såsom vakenhet och uppmärksamhet
BBR	Boverkets byggregler
Blå våglängd	Blå del av ljusspektrum (435–500 nm)
Belysningsstyrka	Mått för hur mycket ljus som faller på en yta, enhet lux
BMI	Body mass index, relation mellan längd och vikt (kg/m <sup>2</sup> )
Dagsljusautonomi	Mått för hur stor del av tiden under ett år som en yta upplyses av dagsljus med viss styrka
DF, dagsljusfaktor	Beräknad andel av dagsljus i ett rum
Degeneration	Nedbrytning
DLMO (Dim Light Melatonin Onset)	Tidpunkt på kvällen då melatonin ökar mätt i blod eller saliv
Endogen	Av orsaker framkallade inifrån kroppen
Fotohistorik	Tidigare ljusexponering, t.ex. samma dag
Fotoperiod	Del av dygnet med dagsljus
ITC	Informations- och kommunikationsteknik
Katabol	Energianvändning i kroppen, t.ex. ämnesomsättning
LAN-teorin	Light at night-teorin, teori om att ljus på natten minskar melatoninets hälsobringande funktion
Ljuspuls	Avgränsad tydlig period med ofta hög belysningsstyrka
Luminans	Mått för hur ljus en yta är
Lux	SI-enheten för belysningsstyrka
Melatonin	Dygnsrytmreglerande hormon från tallkottkörteln
nm	nanometer
Profylaktisk	Förebyggande, preventiv effekt
Regenerering	Återuppbyggnad, tillväxt av celler
SAD, Seasonal Affective Disorder	Årstidsbunden depression
SBUF	Byggbranschens organisation för forskning och utveckling
Serotonin	Signalsubstans i hjärnan, förknippad med sömn och humör
Social jetlag	Förskjutning av rytm av sociala skäl så att sömn/vakenhet inte är anpassat till dag/natt
Spatial förmåga	Kognitiv förmåga att uppfatta rumslighet
VP-teorin	Visual and Physical, teori där ljuskvalitet betonas som hälsogivande

# Sammanfattning

Rapporten utgör en genomgång av kunskapen vad gäller ljusets betydelse för hälsan. Till grund för rapporten ligger vetenskapligt publicerade artiklar med betoning på nordisk forskning, men även en del relevanta tekniska rapporter och böcker. Resultaten redovisas primärt i form av studier som studerat den icke-visuella påverkan som dagsljus ger.

Litteraturgenomgången belyser de hälsofrämjande effekter som tillgång till dagsljus i bebyggelse ger. Bebyggelsens utformning är den viktigaste bestämningsfaktorn för dagsljusexponering när trenden är att utomhusvistelse i allmänhet minskar. Särskilt viktigt är det att planera för goda ljusförhållanden i skol- och vårdmiljö.

Ljus har betydelse för regleringen av dygnsrytm, sömn- och vakenhetsrytm, humörreglering och aktivering (stressreglering). I Sverige upptar utomhusvistelse en liten del av dagen, och därför får ljusstillgången inomhus stor betydelse för den totala dagsljusexponeringen. Studier visar att kroppen reagerar olika beroende på när under dagen exponeringen sker, dess längd och styrka men också vilka våglängder som exponeringen innehåller. Dessutom har graden av regelbundenhet i exponeringen också betydelse. Årstidsskillnaderna i ljusintag är stora, och under den mörka årstiden ökar hälsobesvär kopplade till reglering av sömn, humör och vakenhet men också somatiska besvär. Hastiga rytmförändringar, som vid övergång till sommartid, ger rytmändringar som för de flesta sker problemfritt men som kan påverka känsliga individer.

Elektriskt ljus kan för närvarande inte helt ersätta dagsljus då ljuskvaliteten är sämre och inte lika hälsofrämjande. Det elektriska ljuset har snävare färgspektrum vilket påverkar t.ex. färgåtergivning, ger ibland flimmer, är statiskt samt ger inte samma information om väderlek, tid och möjlighet till utblick. Så länge som fönster inte bländar eller ljuset värmer för mycket tycks utblick vara hälsofrämjande och värderas högt inomhus.

Dagsljusexponering kan samtidigt bidra till allvarliga hälsotillstånd. Hyperkänslighet för ljus kan framkalla epileptiska anfall och migrän. Även alternativ till dagsljus som elektriskt ljus kan utgöra en hälsorisk på grund av flimmer som är vanligt där LED-teknik av enklare konstruktion används, t.ex. i hemmet som glödlampor eller spotlight-ersättare. En välkonstruerad LED-armatur har inget flimmer.

Sömnbesvär i form av insomni (oförmåga att somna), sömnförkortning och mindre andel djupsömn är vanligare vintertid och i samband med vistelse i dagsljusfattiga miljöer. Till viss del anses sömnproblemen vara orsakade av rytmstörningar (också kallat social jetlag). En vanlig störning är försenad sömnfas som ofta leder till sömnbrist och ökad risk för fysiska och mentala besvär samt dagtidströtthet. Effekterna liknar jetlagbesvär och är speciellt vanliga hos yngre i samband med pubertetsutveckling.

Årstidsbunden depression är förhållandevis vanligt på nordliga breddgrader och kopplad till årstidsförändringar i dagsljusexponering. Speciellt brist på dagsljus under morgontimmarna antas ha avgörande betydelse. Med ökad ålder minskar rörligheten och de kognitiva besvären ökar. Därför får boendemiljöns utformning avseende dagsljusexponering, fönster och utblick avgörande betydelse. En god tillgång till dagsljus ger bättre möjlighet för individen att reglera dygnsrytmen vilket också får positiva effekter på sömnen. Dagsljuset kan också underlätta orientering i rummet, minska fallolyckor och förebygga depressiva besvär.

Det finns ett linjärt samband mellan utomhusvistelse och god hälsa: ju mer dagsljus, desto mindre besvär rapporteras. I en ljusfattig miljö dagtid ökar känsligheten för kvällsljuset. Särskilt blå våglängder, som är vanligt i bildskärmar och läsplattor, verkar negativt för sömn och dygnsrytm.

Forskning visar att hälsan i flera avseenden gynnas av god tillgång till dagsljus. Dagsljusets speciella kvalitet gör att människor skattar dagsljus som bättre än jämförbara elektriska alternativ. Dagsljus har positiva effekter på sömnens mönster, längd och kvalitet. Under dagtid ger dagsljusexponering ökad vakenhet, mildrar depression och stärker den kognitiva förmågan vid uppgifter som kräver hög uppmärksamhet. Ljusbrist under vintertid och på dagtid ökar hälsobesvär. Möjlighet till utblick, speciellt mot vegetation, minskar stress och ökar samhörigheten med naturen. Bostadsmiljöer ger inte alltid en god tillgång till dagsljus och utblick pga. stadsplaneringens utformning, fönstrens placering och storlek samt förtätning i den urbana miljön.

Patienter eller boende i vårdmiljö vistas mindre utomhus och har en sämre rörelseförmåga, varför den arkitektoniska utformningen av miljön avgör graden av dagsljusexponering. Tydliga skillnader mellan ljus och mörker i ljusmörkerväxling över dygnet är viktigt för alla och har i forskning visats vara särskilt viktigt hos dementa patienter. För ineliggande patienter på akutvårdskliniker har dagsljusexponering mindre betydelse för sjuklighet och dödlighet. Däremot kan perioden före insjuknande, bl.a. en kort fotoperiod, ha samband med en ökad dödlighet. För depressiva tillstånd minskar vårdtider för inläggning om vårdavdelningen har god tillgång till dagsljus. Liknande terapeutiska effekter av ljus har observerats för nyopererade. För dem med psykiatriska besvär föredras en utsikt mot natur vid stillasittande och studier vid rehabiliteringskliniker talar för att utsikt mot natur är läkande. Patienter tycks generellt förorda tillgång till dagsljus men direkt solljus på sängen avfärdas.

I skolmiljö ger ökad ljusstyrka positiva effekter på prestation på både kort och lång sikt. Ökad dagsljusexponering är här framför allt kopplad till fönsterstorlek. En utsikt mot vegetation snarare än steril miljö verkar positivt för inläringen och s.k. ”gröna skolor” visar goda studieresultat. Barn i förskolor som prioriterar utomhusvistelse har mer hälsosamt BMI, ökad fysisk aktivitet och längre nattsömn än andra barn.

Att kunna mäta och förutsäga hur mycket dagsljus som ett rum får har betydelse för stadsplanering, byggreglering, energianvändning men också för folkhälsa. En

reglerad miniminivå ska säkerställa god hälsa i vistelsemiljön och de nuvarande nivåerna kan ur ett hälsoperspektiv vara för låga.

## Summary

This report presents the knowledge base on the important role that light, especially sunlight, plays in human health. It reports the published evidence in scientific papers with a focus on Nordic research, but also includes relevant technical reports and books. The results are mainly presented for the non-visual effects of sunlight.

The report indicates that more attention should be paid to the health-promoting effects that natural daylight provides in the living environment. Building design is the most important determining factor for natural daylight exposure in times when the general trend is for reduced time spent outdoors. It is especially important to consider good lighting at schools and in health care facilities.

Light is crucial for the regulation of circadian rhythms, sleeping and waking cycles, the regulation of mood, and the activation of stress responses. Time spent outdoors in Sweden consists of only a small part of the day, especially during winter, and therefore indoor light in buildings is of great importance for total daily light exposure. Studies show that the body reacts differently to light depending on the time of day of the exposure, the length of the exposure, and the spectral distribution of the exposure. The regularity of exposure is also important. Seasonal differences in light exposure are substantial, and health complaints related to the regulation of sleep, mood, and wakefulness as well as somatic complaints increase during the dark season. Rapid rhythmic changes that for most people are not problematic might negatively affect sensitive individuals.

Current artificial light technology cannot fully replace natural daylight because the light is of inferior quality and does not have the same health promoting effects. Electric light has a narrower colour spectrum that affects colour perception, there is often flicker associated with such light, and such light is static and includes less information on weather conditions, time of day, and visual cues. As long as windows do not induce glare or emit too much heat, having a view of natural daylight seems to be health promoting and is preferred in the living environment.

Daylight can also contribute to negative health effects, and hypersensitivity to light can trigger epileptic seizures and migraines. Alternatives to daylight such as electric light also pose risks if they include flicker such as that which is commonly observed when LED technologies are used. Sleep problems, including insomnia, sleep deficit, and reduced slow-wave sleep are more common in winter and in connection to spending time in poorly daylight environments. Sleep problems are partly associated with circadian misalignment (also called social jetlag), and a common disturbance is a delayed sleep phase that often causes sleep deficit and elevated risk for physical and mental problems, including daytime fatigue. The effects are similar to jetlag and are especially common among young people going through puberty. Seasonal depression is coupled to seasonal changes in daylight exposure and is relatively common at Nordic latitudes, and lack of daylight in the morning is assumed to have a significant importance. With increased age, mobility is reduced and cognitive problems increase, and thus the living environment,

including access to daylight, windows, and views, becomes crucial. Good access to natural daylight in the environment facilitates the regulation of circadian rhythms and improves sleep, and daylight entering through windows promotes orientation in the room, reduces falls, and prevents depressive symptoms.

There is a linear relation between time spent outdoors and good health, and the more natural daylight that is obtained, the fewer the health complaints that are reported. In an environment devoid of daylight, sensitivity to other evening light sources such as computer screens and tablets increases, and this affects sleep and circadian rhythms negatively.

Current research shows that a number of health-related aspects seem to be related to access to natural daylight. The special quality of natural daylight always receives better ratings than comparable artificial alternatives. Exposure to daylight shows positive effects on sleep patterns, reduces depressive symptoms, and strengthens cognitive ability in tasks that require high levels of attention. Light deficit in winter and during daytime are related to more health complaints, and the possibility of a view, especially to green areas, seems to reduce stress and to increase a sense of closeness to nature. There is a risk that housing environments do not always provide sufficient daylight due to city planning, the size and positioning of windows, and the densification of the urban environment.

Patients and those living in health care facilities often have reduced mobility and thus less time spent outdoors. Therefore the architectural design of the environment determines the degree of daylight exposure. Clear differences between light and dark phases of the day are of importance for circadian regulation and have been highlighted in research on dementia. Patients in intensive care units show less dependence on daylight in terms of disease development and mortality, but more of a dependence on exposure prior to their illness, i.e. a short photoperiod shows a relation to reduced risk of death. For depressive states, treatment times are reduced if the clinic has good access to daylight, and similar therapeutic effects of light have been observed in post-surgical care. Mental health patients prefer views of green areas when resting, and studies within rehabilitation centres support the theory that nature is healing. Patients in general prefer daylight, but direct sunlight on the bed is unwelcome.

In school environments, an increase in illumination is associated with both short-term and long-term academic improvement. A view of vegetation promotes learning as compared to a view of a sterile environment, and "green schools" tend to show better academic results. Pre-school children in day-care centres that focus on outdoor activities show a healthier BMI, increased physical activity, and better sleep patterns than children at centres that spend more time indoors. Lack of daylight at schools has also been shown to be related to near-sightedness at an early age.

Being able to make predictions of the amount of daylight that a room will receive is important in city planning, building regulations, and energy usage, but also for public health. A regulated lowest level should provide long-term health

maintenance in the living environment, and the current levels today seem too low from a public health perspective.

# Inledning

En modern livsstil har minskat exponeringen för dagsljus och det uppskattas att europeiska förvärvsarbetande tillbringar 80–90 procent av sitt dygn inomhus (1). Om dagsljus kan förebygga ohälsa är det viktigt att belysa detta. Rapporten redogör för det aktuella kunskapsläget om sambandet mellan dagsljusexponering och hälsa och välbefinnande.

Dagsljusexponering inomhus är beroende av flera faktorer som t.ex. storlek på fönster, närhet till dessa, avstånd och höjd på omgivande hus samt väderstreck. Riktlinjer för utformning av bostäder finns bland annat i Boverkets byggregler som dock har kommit att ifrågasättas (2). En orsak är att urbaniseringen har ökat i Sverige och med den kommer en ökad förtätning och avskärmning av ljusintag, och att normen då antas bli för snäv. Den ökade exploateringsgraden går hand i hand med krav på energieffektivisering, vilket också ofta negativt påverkar tillgången på dagsljus eftersom fönsterstorleken minskas till minimikraven. En förtätning riskerar också att öka insynen till husen och minska möjligheten till utblick till gröna områden, vilket anses hälsogivande. Eventuellt hälsogivande effekter av dagsljus och utblick är viktiga i Norden eftersom årstiderna minskar det naturliga ljuset, särskilt under höst och vinter. I ett välfärdssamhälle där inomhusvistelsen ökar och för grupper som regelbundet är förhindrade att exponeras för dagsljus utomhus får inomhusmiljön en allt större betydelse.

Teknikutvecklingen går snabbt för elektriskt ljus men även lösningarna för att öka dagsljus i inomhusmiljöer. Utveckling av ny teknik som t.ex. inbegriper LED-lampor underlättar skräddarsydda belysningslösningar som betonar miljöaspekter och energibesparing. Det finns dock risk att miljö- och energiaspekterna överskuggar effekterna. För att särskilt lyfta hälsofrämjande aspekter och ljuskvalitet har begrepp som ”Human Centric Lighting” utvecklats för att närmare betona effekter för användaren. Centrum för energieffektiv belysning (Ceebel) är ett tidigare, av Energimyndigheten initierat samverkansprojekt, som sedan 2009 samlat aktuell svensk forskning och aktiviteter inom området. Projektet avslutades 2015 men informationen finns fortfarande tillgänglig på hemsidan ([www.ceebe.se](http://www.ceebe.se)). Sverige deltar även aktivt i det internationella utvecklingsarbetet med att ta fram standarder (DIN Standards) som baseras på forskning, både visuella och icke-visuella effekter, också för dagsljus (SIS, Swedish Standards Institute). Där betonas bl.a. utblick, tillgång till solljus och undvikande av bländning.

Människan har utvecklats i samspel med inflytande från ljus-mörkerväxlingen och har anpassat sig till den globala strålningen genom olika former av beteende och arkitektur. Ibland har anpassningen skett för att minska bländning, värme och för att undvika solens skadliga inverkan. Variationen har funnits med under den mänskliga utvecklingen och fått betydelse för evolutionen. I vår tid har intrycken från naturlig ljusdynamik minskat och i stället är vi mer exponerade för elektriskt ljus.



Rapporten redogör för forskning som uppmärksammar hur olika grader av dagsljusexponering, särskilt i inomhusmiljön, är relevanta för hälsan. Innehållet kretsar kring frågan om vi får tillräckligt med dagsljus i våra vistelsemiljöer.

# Syfte

Syftet med litteraturgenomgången är att sammanfatta den vetenskapliga litteraturen och identifiera kunskapsluckor vad gäller dagsljus inomhus i vanliga inomhusmiljöer, såsom bostäder, vård- och omsorgsboenden samt skolor och förskolor. Syftet är att i huvudsak belysa:

- förekomst av ljus inomhus i sådana miljöer
- ljusets påverkan på hälsa och välbefinnande
- betydelsen av fönster och möjlighet till utblick.

## Metod

I denna litteraturgenomgång redovisas forskningsresultat som visar vilka hälsoeffekter dagsljus ger och vilka forskningsbehov som finns. Rapporten begränsas till att omfatta enbart effekter av synligt ljus, dvs. den del av det elektromagnetiska frekvensområdet som omfattar 380–780 nm. Därmed refererar vi inte till den elektromagnetiska strålning som också innefattar infra- och ultraviolett strålning. Fokus ligger på dagsljus inomhus, men eftersom det kan vara svårt att särskilja effekten av dagsljus inomhus från effekten av den artificiella belysningen inomhus respektive dagsljuset utomhus ingår även dessa frågor i viss omfattning.

Sammanställningen utgör inte en meta-analys och inte heller en tydligt systematisk genomgång utan är mer en kartläggande men omfattande litteraturöversikt. Litteraturen inom området ljus och hälsa spänner över ett brett område inom många discipliner som psykologi, arkitektur, meteorologi, biologi, medicin och fysiologi.

Sökningar gjordes i PubMed och Scopus. Initialt användes sökorden ”daylight” eller ”natural daylight” och ”health”. En tidigare översikt har beaktat publicering inom området under perioden 1989–2013 och har använts som utgångspunkt (3). Rapporten har med få undantag refererat till artiklar från och med år 2000 till och med december 2016.

Sökningarna resulterade i 562 artiklar i Scopus och 416 i PubMed, för termerna ”daylight” och ”health”. De flesta artiklarna fanns inom huvudområdet medicin (50 procent) eller teknik (23 procent). För delar i rapporten har det varit naturligt att sökordet ”health” bytts ut mot t.ex. ”cancer” för att ge fokus på specifika medicinska områden, vilket resulterade i ett ökat antal träffar. Likaså har ”daylight” i vissa sökningar ersatts av sökord som ”season”, ”daylight savings time” och ”latitude”. För delar i rapporten som behandlar vistelsemiljö och utblick har sökordet ”daylight” ersatts med ”window” och ”view”.

Kunskapen om mekanismer för ljuspåverkan är till stor del baserad på djurförsök men humanstudier har prioriterats i rapporten.

I första hand rapporteras studier som genomförts i boendemiljö, skolor och lokaler inom vård och omsorg, men även studier inom arbetsmiljö har inkluderats då de bedömts vara relevanta för rapporten. Översiktsartiklar inom ett visst område och dess referenslistor har kunnat användas för att fånga upp arbeten som ansetts betydelsefulla för rapportens syfte men som inte fångats upp i en tidigare sökning. En del svenska rapporter, böcker och avhandlingar som inte finns listade i PubMed eller Scopus och som ansetts relevanta har inkluderats. Några få äldre nyckelreferenser har använts för att beskriva mekanismer, utformning av hypoteser och medicinska fynd. Äldre litteratur inom området har beskrivits i en tidigare översikt (4).

Litteraturgenomgången omfattar inte studier som specifikt har undersökt effekt på olyckor eller av ramadan, och inte heller exponering av ljus på arbetsplatsen och effekt av arbete på udda tider.

De skillnader som beskrivs i rapporten är signifikant säkerställda, om inget annat anges.

# Sammanställning av befintlig kunskap

## Ljus och biologiska effekter

Ljus har beräknats stå för 80 procent av alla våra sinnesintryck vilket understryker betydelsen av seende i vår vardag. Förutom detta styr växlingen mellan ljus och mörker också vår dygnsrytm. Det synliga ljuset är en del av det elektromagnetiska spektrum med våglängder mellan 380–740 nm som vi beroende på våglängd uppfattar som olika färger i rött-orange-gult-grönt-blått-indigo-violett. Solljus ger dessutom ifrån sig längre våglängder i form av infraröd strålning och kortare våglängder som ger ultraviolett strålning. Belysningsstyrka mäter ljusflöde i enheten lux och avspeglar det infallande ljus som belyser en yta ( $\text{lumen/m}^2$ ). En yta kan reflektera ljus i olika grad och benämns luminans ( $\text{candela/m}^2$ ) (5).

Vi reagerar omedelbart när vi utsätts för ljus. För det första varierar pupillens storlek för att hjärnan lättare ska kunna tolka den visuella miljön och våra synintryck. Människan har miljontals synceller i ögats näthinna. I huvuddrag består de flesta cellerna av stavar, ca 120 miljoner (6). Stavarna är ojämnt distribuerade på näthinnan och är involverade i mörkerseende, svartvitt och perifert seende. Tappar (6–7 miljoner) är koncentrerade till den fokala del av näthinnan där linsen fokuserar ljuset och där cellerna bidrar till att ge vår synupplevelse färg och detaljrikedom. Vidare finns ca 10 000 ganglioceller (ipRGC – intrinsic photosensitive retinal ganglion cells, i fortsättningen benämnt som ljusreceptorer) involverade i icke-visuell påverkan. Dessa ljusreceptorer är utspridda jämnt över näthinnan och blir därmed anatomiskt fördelade för att fånga in energin i det omgivande ljuset. Ljusreceptorerna har, till skillnad från stavar och tappar som kommunicerar elektriskt med hjärnan, långa nervtrådändar som via synnerven är direkt uppkopplade till olika hjärncentra.

Ljusreceptorerna är känsliga för våglängder i det blå området centrerat kring 480 nm. I dagsljus reagerar ljusreceptorerna kraftigare och den biologiska effekten blir starkare då det vita dagsljuset också innehåller blått ljus. Traditionellt elektriskt ljus avger normalt ett betydligt smalare spektrum och ofta centrerat inom det gula frekvensområdet, men LED-ljus kan ge helt olika frekvenser och därmed färg beroende på val av dioder. Ljusreceptorerna projiceras framför allt i den suprachiasmatiska kärnan strax under hypotalamus. Vid frånvaro av ljus aktiveras tallkottkörteln där hormonet melatonin produceras, som vidare når övriga hjärncentra men också fördelas till kroppens celler. Varje enskild cell i kroppen har en inbyggd genetisk möjlighet att reagera på melatonin via specifika melatoninreceptorer vilka deltar i styrningen av cellens arbete.

Primärt ger ljuset en möjlighet till seende. Men ljuset ger också flera icke-visuella biologiska effekter. Ljuset underlättar vår biologiska anpassning till miljön. Ljus är den viktigaste tidgivaren för att synkronisera endogena, inifrån kroppen kommande, biologiska rytmer till det externa soldygnet. Dagliga rytmer, exempelvis där vi varvar sömn och vakenhet, och hur vår ämnesomsättning växlar mellan anabola och katabola processer, hormonförlopp, återhämtning och aktivitet

har evolutionärt utvecklats i en naturlig miljö där ljus/mörkerväxlingen varit nära 12 timmars ljus följt av 12 timmars mörker (12:12). Man har uppskattat att ca 50 procent av alla kroppsliga celler är känsliga för dygnsvariation, och av alla mätbara kemiska ämnen som kan erhållas i blod eller saliv uppvisar 15 procent dygnsrytmiska förlopp (7). Vid en naturlig exponering för ljus/mörker synkroniserar sig kroppen så att den biologiska natten startar vid solnedgång och biologiska morgonen startar strax efter soluppgång (8). I och med introduktionen av elektrisk belysning har vi själva skapat en enkel möjlighet att kontrollera rytmen för ljus/mörkerväxling. Vi kan i dag vara aktiva långt efter solens nedgång och är inte längre för visuellt seende beroende av dagsljus, varken i vår inomhusmiljö eller i utemiljön.

Människan påverkas av det ljus som hon tidigare fått under dagen (jfr engelskan photostasis eller fothistorik). Även den ljusmiljö som en person ofta eller ensidigt vistas i, den "historiska ljusmiljön", påverkar anpassning och nybildning av celler i näthinnan. Därmed ökas känsligheten för en specifik miljö på bekostnad av sämre anpassning till miljöer med andra ljusförhållanden. Detta är visat både genom djurförsök och hos människor, men eventuella långsiktiga effekter på hälsa är oklara. Ljuseffekter är inte bara beroende av en viss belysningsstyrka eller ett visst färgspektrum utan moduleras också av ögats ljuskänslighet (9). Dessa fenomen kan tidvis förklara de individuella skillnader som ibland observerats i t.ex. olika hormonella melatonin svar på ett visst ljus. Ur ett kortsiktigt perspektiv gäller också fothistorik. Om individen vistas i en ljusfattig miljö under stor del av dagen, utvecklas en större känslighet för en ljuspuls (10).

En onormal förlängning av ögat under uppväxttiden orsakar närsynthet (myopi), vilket har förknippats med frånvaro av dagsljus (11) men också med brist på vitamin D och ärftlighet. Fenomenet har beskrivits som epidemiskt i vissa delar av Asien där närmare 80–90 procent av skolbarnen är närsynta (11). Enligt en vanlig hypotes ger dagsljus en positiv effekt på lokal dopaminfrisättning i retinala celler, vilket premierar ögats normala tillväxt.

Mångårig, alltför stark solexponering kan skada retina. Äldre personer har dessutom en minskad förmåga till cellreparation varför retinal skada kan ackumuleras i ögat och ge synsvårigheter. Denna degeneration påskyndas av direktstrålade solljus och kan motverkas med solskydd och solglasögon.

## Dygnsrytm

Dygnsvariationen i ljuset i vår miljö ger via icke-visuell signalering till kroppen en anpassning av dygnsrytmen till 24 timmar samt ger visuell information som stödjer vår perception. Dagsljus till skillnad från elektriskt ljus varierar kontinuerligt i intensitet, färg och riktning (12). Dagsljus varierar över dagen genom ljus/mörkerväxling men också mellan årstider. Det ljus vi får bestäms av latitud och solens vinkel över horisonten samt grad av molnighet och filtrering. Även under molniga dagar sker en relativt oförutsägbar variation i ljuset (12). Veitch och medarbetare (13) har föreslagit att psykologiska och fysiologiska effekter av ljus

inomhus förmedlas genom tre processer där ljusinsläpp och fönster, dos av ljus och mörker samt arkitektonisk estetik påverkar hälsa och välbefinnande.

Dygnsrhythm i kroppsliga funktioner kan regleras av endogena signaler, dvs. den biologiska klockans signalering. Ljuset är den främsta tidgivaren som ser till att vi får en återhämtningsfas (sömn) under dygnets mörka timmar och aktivering när det är ljust. Individer som inte har någon känslighet för ljus (t.ex. vid vissa former av blindhet) får stora problem med anpassningen. En dygnsrhythm kan identifieras utifrån flera olika indikatorer. En sådan är när kroppstemperaturen når sitt bottenläge under dygnet, normalt ca 2 timmar före ett spontant uppvaknande efter nattsömn. Denna fas i dygnsrhythm varierar mellan individer men tidpunkten för det spontana uppvaknandet kan ge en indikation på rytmen. Ett i forskning vanligt standardmått för att mäta dygnsrhythmens inställning är att under kvällen mäta melatoninhalten i blod eller saliv och bestämma tidpunkten för påslag av melatonin.

Ljus som biologisk tidgivare ruckar dygnsrhythmen att antingen ge en senareläggning eller en tidigareläggning. En senareläggning av dygnsrhythm sker när ljuset ges när kroppstemperaturen befinner sig i sin nedåtgående fas, mellan sen eftermiddag fram till sen natt (14). Vi blir då mer kvällspigga och bottenläget i kroppstemperatur förskjuts till senare på morgonen. En tidigareläggning av dygnsrhythm sker om ljus ges när kroppstemperaturen ökar under sen natt fram till sen eftermiddag. Vi blir morgonpigga och kroppstemperaturens bottenläge inträffar tidigare på natten.

Ljus har direkta effekter på pigghet och aktivering. Vid en ökning av ljusintensiteten från mörker till närmare 10 000 lux, vilket motsvarar en ljus dag, maximeras effekten (15). När ljusintensiteten ökar upp till 90–180 lux blir den vakenhetshöjande effekten hälften av den maximala. Effekterna är tämligen direkta inom minuter efter start av exponering. Vakenhetsgraden mäts oftast med skattningsskalor men de vakenhetshöjande effekterna visar också ett samband med en dämpning av melatonin och med mått på hjärnaktivitet, framför allt i en minskning i EEG-frekvenser om 5–9 Hz, som motsvarar frekvenser som återfinns under lätt sömn. Pigghet har avgörande betydelse för mental prestationsförmåga och brukar förknippas med minskad olycksrisk men har också en avgörande betydelse för självskattad hälsa (16). Som en följd av detta påverkar de vakenhetshöjande effekterna av dagsljus positivt välbefinnande, trivsel (hälsa) och kan få goda effekter på arbetsprestationer som utförs i hemmiljön.

Vid mätning av serotonin i venblod från hjärnan hos 101 män under olika årtider och väderbetingelser fann man att serotoninproduktionen gick ner vintertid och att nivåerna var direkt relaterade till antal soltimmar under mättagarna, särskilt under morgonen (17). Då serotonin förknippas med reglering av humör ger data indikation om att serotoninproduktion kan vara kopplad till utveckling av årtidsbunden depression (SAD). Studierna stärker uppfattningen att ljus på morgonen är speciellt viktigt och skyddande mot att utveckla depressiva besvär.

För friska försöksgrupper räcker så lite som 30 minuters exponering av dagsljus för att upprätthålla en stabil dygnsrhythm (18), särskilt om exponeringen sker tidigt på

dagen. För skiftarbetare bidrar en så kort ljusexponering som 10 minuter vid hemfärd efter nattarbete till att de inte vänder på dygnet (19). Försök i laboratoriemiljö visar att rytmen förmås vara stabil även om mycket strikta ljusförhållanden ges enbart med inomhusljus (20) eller med ljus som inte är starkare än att man kan läsa en bok (21). En kontorsbelysning (150–300 lux) ger ungefär hälften så stor effekt på rytmförskjutningar som utomhusljus på 10 000 lux (21). I ett försök med dagtidsarbete i fönsterlösa rum gav en vistelse vid fönster under en halvtimme vid lunchtid (1 000–4 000 lux) en minskning av sömnhet (22).

## Ljusexponering på nordliga breddgrader

Sverige skär polcirkeln och vårt avlånga land spänner mellan 55 och 69 grader N. Läget ger stora skillnader i hur mycket dagsljus och därmed biologisk påverkan vi får under olika årstider och geografiska platser i landet. Vinterperioden (december–februari) ger enbart 5 procent av den ackumulerade årliga globala strålningen från solen. Hösten ger också en liten andel (ca 14 procent, september–november) jämfört med vår (38 procent) och sommar (43 procent) (23). Fotoperioden, dvs. hur många dagsljustimmar en människa kan få, varierar under året mellan 0–24 timmar i norr och 7–17,5 timmar i söder.

Naturligt dagsljus med solen i zenit genererar 100 000 lux (90 graders vinkel) men i Sverige uppgår vinkeln som mest till 58 grader vilket minskar ljusstyrkan. Nivåer uppmätta utomhus dagtid är högre än den ljusstyrka vi får i inomhusmiljön. Ljusstyrkan en mulen vinterdag är närmare 1 000 lux utomhus (24). Bidraget från dagsljus en sådan dag till en person som vistas inomhus med goda dagsljusförhållanden är ca 25 lux. Motsvarande bidrag en vanlig sommardag (12 000 lux) blir 300 lux (25). Den mest avgörande faktorn för hur mycket dagsljus vi får inomhus är fönsterstorlek, placering och avstånd till fönster. Om man tänker sig ett exempel där ljus vid glasrutan är 10 000 lux och att ljusstyrkan en halvmeter in i rummet är 4 000 lux blir ljusstyrkan en meter bort från fönstret 1 000 lux. Alltså minskas utomhusljuset till en fjärdedel om avståndet till fönster fördubblas. Normalt vistas vi under arbetsdagar i belysning om 200–500 lux, med bidrag både från elektriskt och naturligt ljus, men ljusförhållanden är väldigt olika för vilka utrymmen man vistas i.

I en enkätstudie som omfattade arbetande vuxna i Sverige (SLOSH, Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health) ställdes frågor om ljusexponering i samband med arbete och lediga dagar. Femtio procent av de inomhusarbetande angav att de i samband med höst och vinter kände av mer problem med trötthet, energibrist och försämrat humör. Kortare dagsljusexponering uppvisade ett samband med sömnproblem och högre depressionspoäng.

Årstidseffekter i denna studie skiljer sig från en liknande studie i Nordnorge (26) där 27 procent rapporterade problem vintertid. Skillnader i dessa större populationsstudier visar att det kan finnas metodskillnader och att det kan behövas fler frågor som bättre mäter relationen dagsljus, inomhusexponering och hälsa.



## Ljus från informations- och kommunikationsteknik kvällstid

I en allmänt ljusfattig miljö kan kvällsljuset ibland bli lite för dominant. Det är visat att ljuset från en bildskärm som används länge kvällstid ger en senareläggning av rytmen (27). Många i dag, särskilt yngre, använder informations- och kommunikationsteknik (ICT) som läsplattor, PC-spel och smartphones kvällstid innan sänggåendet. En norsk studie av 532 högskolestudenter visade att 95 procent använde ICT åtminstone en gång per vecka innan sänggåendet (28). En svensk studie med 4 156 unga vuxna har visat att det finns ett samband mellan frekvent mobilanvändning och mental ohälsa (stress, sömnproblem och depression) (29). Ljus från bildskärm kvällstid har visat sig öka hjärnaktivitet och vakenhet och fördröjer djupsömnutveckling (30). Huvudparten av studier som studerat kvällsljus med inslag av blå våglängder har påvisat negativa effekter på sömn. Fotohistorik kan förklara varför man i en del experimentella studier inte har funnit att kvällsanvändning av ICT ger stora sömnproblem eller att man schemalagt för kort ICT-tid kvällstid för att effekterna ska bli tydliga (31).

Ett omfattande enkätmaterial av gymnasieungdomar i Norge visade att ICT-användning kvällstid samvarierade med självrapporterad sömnförkortning, lång insomningstid och sömnbrist (32). Problem uppstod vid över 2 timmars ICT-användning kvällstid, men även en 4 timmars användning under dagtid var förknippat med risk för att nattsömnen understeg 5 timmar. Det finns en risk att hög användning av ICT gör att dagsljusexponeringen minskar.

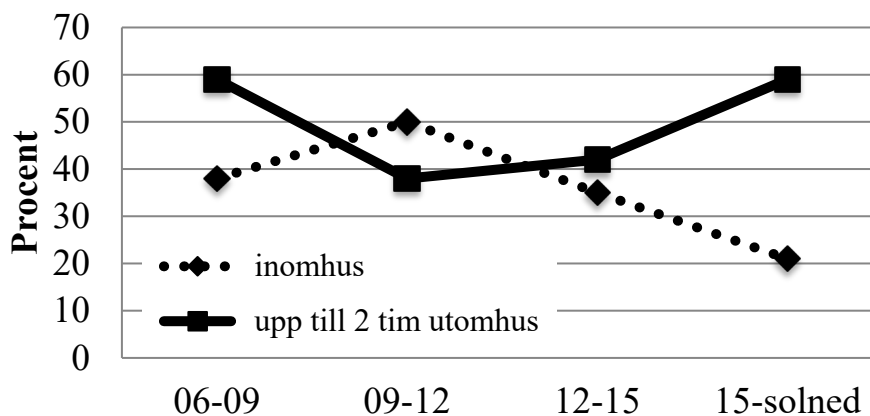
I en mindre studie där 14 flickor fick en ljuspuls om 6,5 timmar dagtid spelade det liten roll för sömnutveckling, melatoninprofil och sömnighet kvällstid huruvida flickorna läste en bok eller använde läsplatta (31). Studien betonar betydelsen av ljushistorik som kan förebygga eventuella hälsorisker med ljus som innehåller blå våglängder kvällstid. Denna och liknande experiment visar sammanfattningsvis att ljuspulser efter mörkervistelse starkare dämpar ett melatoninpåslag. Om individen vistats i en ljusfattig miljö under stor del av dagen, utvecklas en större känslighet för en ljuspuls (10).

## Årstid och effekt på hälsa

På svenska latituder förändras fotoperioden, den av naturligt ljus upplysta delen av 24-timmarsdygnet, utifrån årstidsväxlingar. Fotoperioden är betydligt förkortad under vintern jämfört med sommaren och den avgör hur mycket dagsljus som är tillgängligt under varje årstid. Data från studier av grupper i Kanada (Montreal, 45° N) som vistas mycket utomhus respektive de som inte gör det (inomhusarbete) visade att utomhusvistelsen gav 3,6 gånger så mycket naturligt dagsljusintag vintertid när gränsen sattes vid en exponering över 1 000 lux (33). Utomhusgruppen fick 2,6 timmars exponering och inomhusgruppen 35 minuter. Sommartid fanns ingen skillnad mellan grupperna när det gällde dagsljusexponering (3,9 timmar (utomhusgruppen) jämfört med 1,15 timmar (inomhusgruppen)).

Fotoperiodens längd påverkar profilen för melatoninproduktion. Vid den mörka årstiden kan melatonin utsöndras under ett större antal timmar per dygn. Melatonin påverkar positivt immunförsvaret och utgör därmed ett skydd mot sjukprocesser. Det har antagits att detta skydd (den s.k. vinterimmunstärkande teorin) har gynnat överlevnad för djur när de lever under den kyliga delen på året med stor stress och krav på energimobilisering (34).

I en nyligen genomförd enkätstudie i södra Sverige (35) visar preliminära resultat för gruppen 18–80 år att man under november månad i snitt vistas 2,75 timmar utomhus, vilket motsvarar 11,5 procent av dygnet. Denna andel får anses vara hög jämfört med andra studier, där en genomsnittlig utomhusvistelse (över 1 000 lux) under vintern ligger på närmare 30 minuter uppmätt med objektiva mätmetoder (18). Ett tydligt mönster kan ses för när under dagen man vistas utomhus, vanligast är att utomhusvistelsen sker på morgonen och/eller senare på eftermiddagen, se figur 1.



**Figur 1.** Andel personer (procent) som vistas inomhus (punktlinje) och utomhus (heldragen linje) vid olika tidsperioder under dagen. Efter Gerhardsson 2016 (35).

Som tidigare berörts påverkar fothistorik melatoninkoncentrationen, och dagsljus under dagtid ger en starkare dämpning av melatoninpåslag kvällstid, t.ex. om det mäts i urin (36). En liknande situation kan man få under sommaren då en längre fotoperiod också orsakar en viss dämpning.

Årstidsskillnader får konsekvenser för kroppens möjlighet att reglera dygnsrytm samt ökar risken för mental ohälsa. I en jämförelse mellan två grupper, en vid ekvatorn (Ghana) och en i norra Skandinavien (Tromsö) gav årstider förändringar i sömnproblem och trötthetsupplevelse (37). Dagsljusbrist var förknippat med mer problem. Vid jämförelser mellan grupper boende på olika latituder och som tillbringade sin tid mestadels inomhus (England, Sverige, Argentina, Saudiarabien) var utfallet på ett index för mental hälsa mer negativt vintertid för England och Sverige men mer positivt sommertid än övriga grupper, vilka uppvisade oförändrad mental hälsa över året (38). I en stor enkätstudie (n = 8 951) i Tromsö fann man

inga skillnader mellan årstider i mental stress. Däremot fann man att sömnen försämrades vintertid (39). Förutom latitud kan även andra skillnader mellan geografiska platser förklara resultaten, t.ex. skillnader i temperatur och fuktighet.

Den ”vinterimmunstärkande” teorin (40) har studerats där en längre fotoperiod anses höja risken och mottagligheten för sjukdom. Dödlighet över året undersöktes hos 11 439 allvarligt sjuka patienter som lagts in för intensivvård. Här utgick man från fotoperiodens längd före inläggning utifrån meteorologiska data. Man fann ingen skillnad i dödlighet mellan årstider men risken att dö minskade för grupper om fotoperioden varit kort perioden före insjuknande. Resultat från djurstudier är omfattande men motsvarande mer omfattande data saknas från människa, bland annat för att komplexiteten i ljusexponeringen är stor.

I en dagboksstudie i Tromsö framkom att årstidsskillnader förändrar sömn där vinterperioden försenar sömnfas och minskar sömneffektivitet (andel sömn under den tid man försöker sova) (41). Vinterperioden förknippades också med en ökning av depression, oro och somatiska besvär (fysisk trötthet, muskuloskeletala besvär, mag/tarmbesvär och förkylningsbesvär). Dessa resultat överensstämmer med storskaliga enkätstudier i samma nordliga område (39) även om säsongseffekter i en del andra studier inte befunnits så starka (42).

Flera studier av dagsljuseffekter under midsommartid har genomförts i områden nära nord- och sydpolerna. Studier visar att framför allt det starka kvällsljuset bidrar till att försena sömnrytmen samt dygnsrytm och därmed orsaka insomni (oförmåga att somna) (43). Effekterna kan lindras med hjälp av solglasögon och melatoninanvändning. Även sömnrutiner och beteenden kan i stor utsträckning vara avgörande för de problem som uppstår.

## Snabb rytmförändring vid övergång till sommartid

Sista söndagen i mars övergår vi till sommartid. Övergången har framför allt motiverats av ekonomiska skäl och att bättre kunna utnyttja dagsljuset. Av praktiska skäl följer Sverige resten av Europa även om det för många förefaller onödigt att ställa fram klockan under de långa ljusa dagarna i norra Europa på sommarhalvåret. Ett liknande resonemang förs vid ekvatorn där det kan förefalla ”onödigt” att göra omställningar.

Det finns inte några medicinska skäl till varför sommartiden infördes. Den medför ändå en del effekter på vår biologi, hälsa och vårt beteende och dessa skäl kan i dag utgöra argument för att behålla sommartiden. Sommartiden inbjuder till mer uteaktivitet vilket sannolikt är bra för folkhälsan – det är bl.a. visat att fler vill använda kvällen till motion och färre på morgonen (44). Fler föredrar att utföra ärenden och handla i dagsljus än under de mörka timmarna vilket ger en positiv effekt på ekonomin. Den största biologiska effekten berör sömnen. Vi ”tappar” en timmes sömn vid övergång till sommartid vilket leder till en ökad dagtidssömnighet. Det blir svårare att stiga upp. Även en ökad störningsgrad under sömn har visats. Detta kan ha samband med den ökning av trafikolyckor som

påvisats dagarna efter en omställning till sommartid (45). Men inte alla studier visar detta; i Finland och Kanada där flera senare stora studier utförts och som har liknande ljusförhållanden som Sverige ser man inte någon påverkan på olycksstatistiken, vare sig i trafiken eller på jobbet (42, 43).

Det sker fler hjärtinfarkter på tidiga morgnar än övriga tidpunkter på dygnet. En ökning av dessa har observerats av svenska forskare veckan efter omställning till sommartid (48). Orsakerna till detta, har man resonerat, kan vara att det kan finnas känsliga individer som speciellt vid uppvaknandet utsätts för en negativ stressreaktion, att de upplever ”social jetlag” eller dygnsrytmisk stress (49). Det är också visat att särskilt kvällsmänniskor (t.ex. ungdomar med sen sömnfas) kan reagera negativt på övergång till sommartid och att det kan ta flera veckor innan dygnsrytmen har anpassat sig (50).

Återgång till vintertid på hösten är lättare att bemästra och negativa hälsoeffekter har inte påvisats. Av praktiska skäl finns motstånd mot återgång till vintertid men biologiskt är återgången viktig då den ger mer dagsljus på morgonen och därmed gynnar en tidigareläggning av dygnsrytmen.

## Skillnad mellan elektriskt ljus och dagsljus

Man har observerat att en modern livsstil som omfattat enbart ett fåtal generationer har en negativ påverkan på sömn (51) och att introduktion av elektricitet har försenat sömnen och den dygnsrytmiska fasen (52). En övergång från litet dagsljusintag (hög andel inomhusvistelse) till en stor dagsljuspåverkan (camping) mättes hos en grupp försökspersoner i Colorado, USA. Man observerade att under campingen tidigarelades sömnen och rytmen närmade sig den för det naturliga soldygnet. (8)

I en översikt beskrivs skillnader mellan elektriskt ljus och dagsljus (53). Dagsljus ger bättre möjlighet att maximera visuell prestation än elektriskt ljus eftersom dagsljus innehåller fler våglängder som bl.a. ger bättre färgåtergivning. Men detta gäller inte alltid då dagsljus också kan ge bländning och skuggbildning som minskar visuell prestation, vilket visar att det sätt som dagsljus presenteras på är viktigt. Dessutom anpassas människans beteende för att minska dessa besvär.

När belysning värderas av användare ges dagsljus klart högre betyg vad gäller psykologisk komfort, färgåtergivning och arbetsprestationer än motsvarande elektrisk belysning (53) men också humör, vakenhet och välbefinnande (54). Ur ett ekonomiskt perspektiv är en vistelsemiljö med fönster dyrare att producera, ger ofta dyrare uppvärmningskostnader men ökar å andra sidan fastighetens långsiktiga värdering.

Experiment under svenska förhållanden har genomförts, där ett dagsljusupplyst rum jämfördes med ett artificiellt upplyst rum (55). Dagsljusrummet gav i snitt 2,5 till 3,0 gånger starkare belysningsstyrka jämfört med artificiellt ljus. Tjugoen deltagare fick vistas under dagtid tre dagar i rummen. Resultatet visar att karaktären på rummen upplevdes som mycket olika avseende skuggor, bländning

och ljusfördelning, där dagsljuset skattades som bättre. Men ljusstyrkan upplevdes inte som olika mellan rummen vilket visar på betydelsen av anpassning till olika ljusstyrkor. Aktiviteten ökade i dagsljusrummet mätt med rörelsemätare, liksom pigghet och humör. Dessa försök visar att när dagsljus jämförs med artificiell belysning behövs större grupper för att påvisa effekter och att årsvariationen beaktas för att kunna följa effekter på mental hälsa.

Närhet till fönster under lunchperioden har visat sig öka pigghet och fysiologisk uppvarmning (56). Liknande effekter har erhållits i laboratorieförsök med enbart elektriskt ljus (57). I flera försök har blåförstärkt ljus prövats för att bättre stimulera de ljusreceptorer som reagerar starkare på blått (eller vitt, dagsljusliknande ljuskällor). Blåförstärkt ljus rapporteras i fältförsök ha sänkt dagtidssömnigheten (58). Amerikanska forskare lät skolelever i februari månad bära orange glasögon på väg till skolan och resten av den vakna tiden (59). Dessa glasögon blockerar blå våglängder. I jämförelse med en grupp utan glasögon var detta avgörande för vilken biologisk påverkan som eleverna fick av ljus under dagen. Speciellt var detta tydligt under perioden mellan uppstigande och ankomst till skolan samt under skoldagen. Morgontimmar sammanfaller med den period på fas-responskurvan som tidigarelägger rytmen. Melatoninmätningar kvällstid (DLMO) visade att dygnsrytmen var försenad hos dem som burit glasögon, men sömnmätning, skattningar av humör och vakenhet samt prestationsresultat gav inga skillnader. Författarna fann även ett liknande mönster i en tidigare studie (60) men att brist på resultat för vissa variabler möjligen kan bero på de små grupperna ( $n = 9 + 8$ ) och att resultatet behöver säkerställas i studier av större grupper.

Vuxna visar positiva effekter av ett starkt inomhusljus, vilket ökar vitalitet (61) och hos arbetande vuxna mildrar depression (62). Kognitiva funktioner som kräver hög uppmärksamhet (vigilanstest) stärks av starkt ljus, både hos dem som har sömnbrist (63) men också hos redan utsövda (57). I en studie av exekutivt tänkande jämfördes resultat från en dagsljusmiljö med enbart elektriskt ljus, och de i dagsljusmiljö (64) klarade sig bättre. Vid mätning med fMRI-kamera av deltagare under ett kognitivt test i starkt ljus stimulerades aktivitet i mellanjärnan (talamus).

## Ljusrelaterade hälsobesvär

### Huvudvärk och epilepsi

Vissa personer har en känslighet för förändringar i ljusflödet och man har uppskattat att en på 4 000 är särskilt berörda. Vissa skuggbildningar, som träd utanför ett fönster som rör sig i vinden, kan framkalla epileptiska anfall. Liknande effekter kan uppstå vid resande som skapar snabba övergångar mellan skugga och direkt dagsljus. Dessa grupper har s.k. fotoepilepsi, oftast med känslighet i ljussvängningar mellan 15 och 50 Hz.

Liknande effekter förekommer bl.a. när ljusarmaturer förses med lampor som ger flimmer vid dessa frekvenser. Ny belysningsteknik (t.ex. LED som kan avge starkt flimmer) kan potentiellt riskera att vara negativt för folkhälsan (65). Flimmer på upp till omkring 70 Hz kan uppfattas av ögat och ge akuta besvär och även ge mer

långsiktiga negativa effekter i form av huvudvärk och ögontrötthet. Även högre frekvenser kan omedvetet uppfattas av kroppen och framkalla obehag.

Till allvarligare besvär hör migrän, som är något vanligare än epilepsi och ofta förekommer hos individer som tycks vara hyperkänsliga för ljusmiljön. En ljusmiljö med dagsljus riskerar att ge bländning och är triggande för migränanfall, men också växlingar mellan sol och molnskugga kan ge liknande besvär.

### Sömnpåverkan vid ljusbrist

I en översikt över effekter på sömn i polarregioner framgår att ”midvinterinsomni” rapporterats i ett flertal studier, även där objektiva mätmetoder använts (24). Enligt dessa studier ger vintersömn minskad sömneffektivitet, kortare sömnlängd och mindre andel djupsömn. Men dessa studier inbegriper bara ett fåtal individer och de individuella skillnaderna kan vara stora. I större enkätstudier som den i Tromsø angav 17,6 procent av kvinnorna och 9,0 procent av männen insomni, framför allt svårighet att somna på kvällen (66). Besvären rapporterades betydligt mindre frekvent andra årstider. Hormonanalyser av melatonin i ett flertal studier men också kroppstemperaturmätning visar stöd för hypotesen att sömnproblem framför allt orsakas av en försenad dygnsrytm vintertid (24). I försök att närmare fastställa orsaker till sambandet mellan årstid och sömnlängd tycks framför allt solens uppgång vara viktigare än förlängning av fotoperioden eller individens läggning när det gäller morgonpigghet eller kvällspigghet (67). Försök med ljusterapi på morgonen har varit effektivt som behandling mot sömnproblem (24, 68).

Inte bara den mörka årstiden inskränker dagsljusexponering utan även en boende- eller arbetsmiljö kan vara ljusfattig. Studier av personer med frånvaro av dagsljus, som vid underjordsarbete, visar att det ger en negativ sömnpåverkan. Vid jämförelse mellan underjordsarbete i Paris tunnelbana och liknande arbete ovan jord, var de som inte exponeras för dagsljus mer missnöjda med sin sömn (69). Mottram (70) prövade olika former av ljusbehandling för att bemästra problem som kan uppstå vid frånvaro av dagsljus i Antarktis. Man bad deltagare använda ljusbox på morgonen och i designen varvades för olika veckor på året vitt ljus med blåförstärkt ljus och deltagare följdes med rörelsemätare. Man fann inga skillnader på typ av artificiellt ljus avseende hälsa men sömnen förbättrades med blått ljus med bättre sömnmönster och kortare insomningstid. Dock blev förbättringen av sömn inte lika stor under veckor med tillgång till dagsljus vad gäller sömnens mönster, längd, effektivitet och kvalitet.

Det finns många olika hypoteser om den höga förekomsten av sömnstörningar, sömnförkortning och trötthet hos unga. En möjlig viktig förklaring till störd sömn är intimt förknippad med försenad sömnfas. Internationellt ses en trend till senareläggning av sänggåendet och uppstigandet i flera länder vilket därmed orsakar en försenad sömnfas (71). I klinisk bemärkelse består tillståndet av en extremt förskjutet endogen sömnrytm; syndromet benämns ofta också efter engelskans ”delayed sleep phase syndrome”, DSPS. Drabbade förmår inte somna förrän sent på natten, och behöver egentligen därför sova första hälften av dagen.

Effekten som uppstår av detta sömnmönster kan liknas vid jetlagbesvär som uppstår vid resa österut över flera tidzoner och benämns social jetlag (72). Påtvungade uppstigningar tidigt på dagen sker med stor svårighet. Detta resulterar i sin tur ofta i stora problem med skola och arbete för uppskattningsvis 10 000 svenskar (73). För ungdomar som har ett större sömnbehov än vuxna, och i kombination med tidig skolstart, tycks mildare former av syndromet vara mycket utbrett, enligt nordiska studier (31).

Fasförskjutning av sömn förorsakar insomni och ökar risken för mentala och fysiska besvär (74) samt skolfrånvaro (31), vilket kan ge negativa långsiktiga effekter. Besvären påverkas av både beteendemässiga och biologiska faktorer. Kända faktorer är minskad föräldrapåverkan, ökat grupstryck från vänner och ökade akademiska krav (75). Till de beteendemässiga faktorerna hör även ökad tillgång till kvällsaktiviteter kopplade till användning av mobiltelefon, internet, dator och TV (76). Vad gäller den biologiska påverkan har stillasittande och inomhusaktivitet ökat hos ungdomar, vilket medför en minskad exponering för dagsljus (77). Laboratoriestudier visar att pubertetsutveckling korrelerar väl med en senare påslagpunkt på kvällen av melatonin (78). Därför förklaras tillståndet med försenad sömnfas hos unga av en kombination av biologin under pubertetsutvecklingen och andra omgivningsfaktorer. Nordiska studier visar att sömn hos ungdomar minskar under skoldagar då en sömnskuld byggs upp och som typiskt kompenseras med längre sömn på helgen (27, 77).

En av de effekter den sena sömnfasen ger är sömnbrist då skolan vanligtvis börjar tidigt på morgonen. Skolan tillämpar inte flextid, vilket är vanligt på många andra arbetsplatser. En möjlig lösning på sömnbristproblematik är förslag riktade mot att senarelägga starten på skoldagen, men även tillgång till dagsljus under förmiddagen spelar en avgörande roll. Besvär kan också minskas med minskad ICT-användning kvällstid och påslaget blåfilter på bildskärmar.

### Årstidsbunden depression (Seasonal Affective Disorder, SAD)

Det är visat att individer skiljer sig från varandra i känslighet för säsongsskillnader ur flera aspekter, inklusive sömn och hormonutsöndring (80). SAD kännetecknas av upprepade episoder av depression under höst och vinter med förbättring under vår och sommar. Ett kriterium för SAD är en historik av allvarlig mental ohälsa och insjuknande i depression vid minst två år i rad under höst/vinter följt av ett tillfrisknande under vår/sommar. Det krävs också en frånvaro av andra psykosociala förklaringsfaktorer och mentala diagnoser. Symtomen inbegriper nedstämdhet, ökad aptit, kolhydratsug, viktökning, energibrist och övertrötthet. Prevalensen tycks öka med ökad latitud. Man brukar ofta definiera två grader av besvär, SAD och den lite mildare formen Sub-SAD (S-SAD), vilken oftast inte kräver läkarvård.

I norra Sverige har prevalensen av SAD beräknats till 2,2 procent hos kvinnor och 1,5 procent hos män (81). Det mildare tillståndet (S-SAD) är vanligare: 6,7 procent hos kvinnor och 4,5 procent hos män. I Sverige rapporterade drygt 50 procent i en

studie av 15 000 vuxna som arbetade inomhus att de kände av årstidskillnader och ökad nedstämdhet, trötthet och energibrist höst/vinter jämfört med vår/sommar (SLOSH, opublicerade data) medan 40,3 procent inte kände av detta och ytterligare 9,2 procent kände av symtomen under hela året. Av dem med årstidsbesvär angav 22 procent att de har markanta eller allvarliga besvär. I studien hade 4 procent en kliniskt definierad nivå av depression.

Ljusterapi var länge en beprövad behandlingsmetod mot SAD, jämförbar med antidepressiv medicinsk behandling. I en studie lät man 20 SAD-patienter vistas i dagsljus en timme varje morgon (80). Dessa jämfördes med en grupp som gavs en halvtimmes svag ljusterapi (2 800 lux). I dagsljusgruppen kunde 50 procent skrivas ut från klinik efter en vecka, och i ljusterapigruppen 25 procent. SBU har i en vetenskaplig granskning inte kunnat bekräfta eller förkasta värdet av behandling av SAD med ljusrum eller med s.k. ljusbox i hemmet (82). Flera studier har inte kunnat visa effekter som överstiger placebo (50-procentig förbättring) och effekterna har varit snabbt övergående varför evidensstyrkan ansågs otillräcklig. Det saknas även underlag för att kunna bedöma behandling av andra depressionstillstånd än SAD och/eller i kombination med antidepressiva läkemedel. Området har utvecklats sedan SBU gjorde sin senaste utredning och nedan anges några utvecklingslinjer.

Många miljöfaktorer förändras vintertid, t.ex. temperatur och nederbörd, vilket påverkar hur mycket vi vistas utomhus. Orsakerna till SAD brukar anges vara ljusbrist, fotoperiodens minskning samt minskad utomhusvistelse (83). För behandling av SAD är det påvisat att starkt ljus på morgonen mildrar och har profylaktiska egenskaper mot depressivitet vintertid (59,82) jämförbara med dem vid ljusterapi (80). Även utomhuspromenader visar terapeutiska effekter för SAD. Men även melatoninintillskott minskar sömnrelaterade problem vintertid, t.ex. försenad sömnfas (85).

Både starkt ljus och melatonin antyder att vinterdepression och sen sömnfas är kopplade till ljusintag och hjärnans ljusberoende regleringssystem. Senare upptäckter av ljusreceptorers direkta koppling till humörreglerande områden i hippocampus och vårt arousalsystem kan förhoppningsvis i framtiden ge oss en bättre förståelse för de direkta och långsiktiga effekterna av ljusexponering (86). Andra forskare har lyft fram betydelsen av hur depression kan ha samband med frånvaro av ett tidigt avbrott i melatoninproduktionen vid starkt morgonljus, då avbrottet bidrar till att minska halten sköldkörtelhormon (TSH och T3), vilket gynnar humöret (87). Till detta kommer ny kunskap om hur dygnsvariationen och känsligheten för serotonin varierar under året och att människan får en ökad känslighet när fotoperioden ökar (88), vilket kan öka förståelsen för säsongsskillnader.

De första teorierna kring uppkomst av SAD härrör från djurstudier och vissa djurs starka beteendeförändringar för anpassning till olika årstider, som framför allt styrs av fotoperiodens längd. Senare forskning betonade betydelsen av koppling mellan SAD och försenad fas i dygnsrytmen. Men eftersom inte alla SAD-patienter



uppvisar detta mönster har man på senare tid uppmärksammat sömnrhythmens inflytande. En studie av 263 tvillingpar i Australien kunde inte påvisa en effekt av latitud på SAD-symtom även om den mörka perioden gav betydligt fler besvär. Frånvaron kan bero på den relativt låga latitud som Australien har (latitud 12–43) men svårigheten att särskilja SAD från generella depressiva tillstånd är tidvis besvärlig. Också genetiska aspekter kan spela in då det spekuleras att individuell känslighet till SAD varierar stort. I isländska studier är förekomsten av SAD lägre än förväntat men också lägre än förväntat hos isländska emigranter i USA (89).

## Själv mord

Själv mord är relaterade till fotoperiodens längd och latitud. Fler själv mord begås under sommarmånaderna vilket är tydligt för de nordiska länderna. På Grönland är mönstret tydligast ovanför polcirkeln där förekomsten av själv mord hör till de högsta i världen (90). Orsakerna är dock flerdimensionella och i många fall kopplade till sociala förhållanden och alkohol. Svårigheter att behålla tydliga dygnsrytmer som försvagar serotonin systemet har föreslagits som orsak till ökad impulsivitet. Studierna visar att det finns en trolig koppling mellan ljusexponering och själv mord.

## Hjärtkärlsjukdom

Kardiovaskulär reglering sker delvis via dygnsrytmisk signalering men även andra faktorer kan påverka, till exempel kyla vilket ökar blodtrycket. Kriszbacher m.fl. undersökte retrospektivt incidens av hjärtinfarkt och jämförde med klockslag för solens upp- och nedgång (91). För 32 329 incidenter fann man en svag negativ korrelation mellan dagsljusets längd och incidens, dvs. högre incidens vid kortare dagslängd.

## Demens

För samhället är det en utmaning att ge vård till individer med någon form av demens, och antalet drabbade beräknas vara fördubblat år 2030 jämfört med dagens nivå pga. ökad livslängd (92). Vid Alzheimers sjukdom kan seende och möjlighet att urskilja kontraster försämrats varför en vistelsemiljö med dagsljus kan förbättra den drabbades orienteringsförmåga. Den dygnsrytmiska kontrollen kan degenereras vilket medför en fragmenterad sömn- och vakenhetsrytm (93). En vanlig fragmentering är när ingen timme under dygnet innehåller enbart bara vakenhet eller sömn, eller om patienten ”vänder på dygnet” (94).

## Cancer

Förekomst av ljus nattetid har föreslagits påverka tumörtillväxt genom att ljus nattetid dämpar melatoninproduktionen vilket påverkar bl.a. immunfunktioner. Den s.k. LAN-teorin (light-at-night) har fått ett visst stöd för bröstcancerincidens hos nattarbetande kvinnor (95). En fall-kontrollstudie har påvisat att risken för kvinnor att drabbas av bröstcancer ökar när den elektriska belysningsnivån är högre i

sovrummet under sovperioden (96). Effekten från dagsljus och avsaknad av mörkläggningsgardiner var emellertid inte signifikant. Det saknas i dag kunskap om detsamma gäller för högre breddgrader där fotoperioden sammanfaller med perioder för vistelse i sovutrymmen. Bröstcancerincidens är lägre nära ekvatorn och möjligen kan den jämna dagsljuslängden över året vara en förklaring (97).

## Dagsljus i bebyggelsen

### Regelverk

Krav på dagsljus vid nybyggnation finns i Boverkets byggregler (98). Allmänt gäller att ”Byggnader ska utformas så att tillfredsställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå, utan att skaderisker och olägenheter för människors hälsa uppstår”. Specifikt avseende dagsljus anges att ”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 tillräcklig ljusstyrka och rätt ljushet (luminans) uppnås. För solljus gäller att ”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 som bl.a. stadgar: ”I syfte att hindra uppkomst av olägenhet för människors hälsa skall en bostad särskilt (...) medge tillräckligt dagsljus.”.

Miljöbalken (MB) anger ljus som en möjlig källa till olägenhet för hälsan och kan klassas som miljöfarlig. I MB 9 kap. 1 § anges att ”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” (99). Med olägenhet av ljus avses dock här störningar av ljus från t.ex. reklamskyltar och liknande.

### Dagsljusfaktor och metoder att uppskatta ljusexponering

Dagsljusfaktorn (DF) är ett mått på mängden dagsljus inomhus. När dagsljusfaktorn beräknas tar man hänsyn till bl.a. fönstrens yta, placering och transmissionsförmåga (25). Som referensvärde används den luminans en jämnmulen himmel ger utomhus och man tar inte hänsyn till solens vinkel och position som varierar över dagen. Man väljer enligt punktmetoden en position i rummet och med hjälp av en gradskiva kan man definiera hur stor del av ljuset som kommer från fönster (himmelsljus) som sedan adderas till det ljus som härrör från reflekterande ytor i rummet. Den manuella metoden är i dag ersatt med stöd från datorprogram. Val av material och färg för bl.a. golv, väggar och tak får också betydelse för den estimerade reflexionsfaktorn. Värden erhålls genom att mäta vinkelmått för olika former av infallande ljus och i tabell kan DF för varje del beräknas. Även hänsyn till balkong, utskjutande tak, omgivande hus osv. kan göras

men generellt tas inte hänsyn till årstid, tid på dygnet, direkt solinstrålning, variabla molnförhållanden, byggnadsorientering eller lokalisering (100). I ett allmänt råd från Boverket anges att en dagsljusfaktor om 1 procent är det minimum som bör eftersträvas i boendemiljön (98). Beräkningar visar att svenska boendemiljöer i många fall inte uppfyller krav om  $DF > 1$  procent (2).

Behov har funnits att på ett enklare sätt bestämma DF. Boverket ger råd för att beräkna ett schablonvärde där ett rums fönsterglasyta bör utgöra minst 10 procent av golvytan (98). Om övriga standarder är uppfyllda blir då DF 1 procent.

Samhället har, bl.a. genom Boverket, angivit krav att minska energianvändningen. Det har lett till en avsiktlig minskning av dagsljusinsläpp för att uppnå detta mål (2). Byggbranschens organisation för forskning och utveckling (SBUF) ger flera exempel på hur dagsljusstillgång i aktuella trender inom arkitektur och stadsplanering inte prioriteras. Till dessa trender hör t.ex. förtätning, inglasade balkonger, användning av mörka golvmaterial och solskyddsglas. Alla dessa trender minskar den reella dagsljusfaktorn, men fångas inte upp av den förenklade uppskattningen av DF som baseras på fönsteryta.

Det finns flera sätt att med moderna beräkningsprogram fastställa och modellera DF, dels för bostäder och enskilda rum, dels i stadsplanering. Att fastställa DF för en enskild punkt i rummet har visat sig känsligt och en genomsnittlig DF kan vara att föredra. Men fortfarande finns för litet forskningsunderlag för att fastställa vilka DF-krav som kan anses vara rimliga med tanke på hälsan. Som jämförelse har myndigheterna i Danmark fastställt att DF ska uppgå till minst 2 procent halvvägs in i rummet och på arbetszoner (2). Fördelarna med DF är att måtten är intuitiva och lätta att kommunicera (100).

Ytterligare steg för att ta hänsyn till dagsljuset är att väga in årlig ljuspåverkan i ett koncept som benämns spatial dagsljusautonomi. Detta mått anger hur många procent av en golvyta (t.ex. ett klassrum) som får åtminstone 300 lux från dagsljus under 50 procent av den tid som klassrummet används över skolåret (101).

Man har även utvecklat modeller där speciellt de icke-visuella effekterna av dagsljus tas hänsyn till och därför brukar de benämnas fotobiologiska modeller eller dynamisk dagsljusmätning. I simuleringar av miljöer på olika latituder visar det sig att det går att få värden som bl.a. speglar årstidsskillnader och olika planlösningar i relation till byggnadens orientering (102). Som grund för simuleringar kan meteorologiska data användas.

Alternativa metoder har också utvecklats. Till exempel har en metod för visuell utvärdering av en miljö utformats av Liljefors och Ejhed som används i ljusutbildningar i Sverige. I denna s.k. VP-teorin görs både en analys och beskrivning med speciell inriktning på ljuskvalitet.

En annan metodik som nu utvecklas är att fastställa personlig ljusexponering hos boende genom sensorer som bärs dygnet runt. En ljussensor kan fastställa timing av ljus, dess spektrala komponent, duration och styrka och ge ett

sammanfattningsmått för sensorisk styrka vilket motsvarar den biologiska effekt som ljuset ger baserat på laboratorieförsök. Sensorer kan bäras under flera dagar i följd, under olika årstider osv. och hälsoutfallet kan följas. Pågående svenska projekt (Healthy Home, [www.arkitektur.lth.se](http://www.arkitektur.lth.se)) ämnar t.ex. att sörja för att ljussensorer som bärs under dagen vid hemkomst kan kommunicera med en hubb i hemmet som där kan reglera ljusmiljön. I denna utformning kan elektriskt ljus automatiskt ge en ljusdos i hemmiljö som främjar dygnsrytmisk anpassning och hälsa. Fördelar med denna metodik är att den tar hänsyn till dagsljusets variation och var i rummet människan befinner sig.

### Betydelsen av dagsljus och utblick i olika inomhusmiljöer

Sundborg beskriver hur den moderna stadsplaneringen med hjälp av dagsljus kan ge värdefulla besparingar av energi (103). Men också hur komplex en stadsplanering är då även andra faktorer ges olika vikt, till exempel den geografiska miljön, estetiska hänsyn, exploateringstal och stadens utveckling. Men här ingår dessutom hänsyn till miljöpsykologi och hälsa. Talrika arkitektoniska exempel på goda och dåliga bostadsmiljöer ur dagsljushänseende finns beskrivna på svenska (103), men det finns relativt få studier av byggnadsplaneringens betydelse för dagsljus och hälsa. För grupper som vistas lång tid i samma miljö i hem, skola eller vårdmiljö kan paralleller dras med vistelse på arbete. I en sambandsanalys testades vad som var viktigt för trivsel med ljusexponering inomhus. Avgörande i en analys var möjlighet att se fönster vid arbetsbordet och speciellt trivsel med det scenario som utblicken gav (104).

Ljusets direkta effekt på vårt arousalsystem talar för att det finns en stark biologisk koppling däremellan, t.ex. ger utblick mot himlen högst upp i ett hus betydligt starkare biologisk effekt än utsikten på första våningen (105). Till de negativa effekterna av dagsljus inomhus hör att direkt solljus kan vara bländande och ljus kan bl.a. ge besvär med värme. På en arbetsplats där den arbetande får ett stort bidrag av dagsljus från fönster kan bländning förutspås teoretiskt utifrån bakgrundsljus, bidrag från fönster och arbetsyta (106). Men liknande studier uppvisar stora individuella skillnader för när ljuset upplevs bländande (107). Likaså tycks det finnas ett beroende av hur utsikten uppfattas av individen. För att motverka negativa effekter används gardiner eller persienner men dessa hindrar också utblick. Hur individen använder avskärmning är komplext men stor prioritet hos individen är ändå att premiera utblick och dagsljusintag (108). Man har funnit att vid belysningsstyrkor som överstiger 3 000 lux så ökar önskan om avskärmning och vid nivåer som understiger 500 lux inomhus ökar önskan att släppa in mer dagsljus (107).

Dagsljus inomhus är förknippat med utblick vilket ger god möjlighet att följa dygnet, vädret samt ökar möjligheten att skapa kontakt med naturen, vilket enligt den s.k. biofila hypotesen anses främja välbefinnande och hälsa (109). Beute har sammanfattat forskning som uppmärksammar hur utblick kan påverka hälsotillståndet (110). Det har föreslagits att utblick till natur lättare minskar stress än utblick mot urban miljö och på det sättet kan utgöra en buffert mot sjukdom och

påskynda läkning. Sambandet är inte tydligt visat i forskning och positiva samband kan betraktas som preliminära, men Lederbogen och medarbetare har t.ex. påvisat en ökad känslighet för social stress vid uppväxt i urban miljö och olikheter i hjärnans aktivitet jämfört med en lantlig uppväxt (111). Sambanden kan dock inte tolkas som att utblick mot urbana miljöer skulle vara ohälsosamt, eller vilka urbana inslag som specifikt skulle vara störande (110).

Naturintryck kan vara stressreducerande om man t.ex. jämför stressreaktioner vid olika typer av filmer som visas för försökspersoner (112). Den sannolikt starkaste effekt utblick har är psykologisk och inbegriper humör. Indirekt ger humörförändringar också effekt på stresshormoner och arousal. Ett positivt humör har förknippats med bättre hälsa genom att ge en buffert mot stress men också att det kan ”vidga vyerna” och stimulera kreativitet, men teorin har också ifrågasatts (113). Vidare ger utblick ökad möjlighet att under morgontimmarna få blå våglängder samt förstärka exponeringsdosen av ljus, vilket lättare dämpar melatoninproduktionen och därmed bidrar till att förstärka en dagsorienterad dygnsrytm. En ytterligare aspekt som har diskuterats är hur utblick motarbetar känslan av uttömdhet och i stället stöttar självkontroll, energi och vitalitet och gynnar mental prestation. Flera studier har visat att resultat på kognitiva test är bättre i samband med naturintryck. Många forskare inom området har som grund för sitt tänkande en teoretisk modell där naturen antas ha återhämtande kvaliteter för den trötthet som uppstår vid högt informationsprocessande (114). I modellen antas naturupplevelser minska stress i en situation där det även finns andra krav på uppmärksamhet.

Utblick mot natur kan också påverka upplevelsen av miljöstörningar. Rapporterade bullerbesvär från gatutrafik med ljudnivåer om 65–80 dBA har visat sig vara mindre förekommande (8 procent jämfört med 34 procent) om fönstren också har utblick över vegetation (115). Ljud från vegetation däremot, i form av lövprassel och fågelsång, uppfattas inte alltför störande och kan tänkas bidra till att trafikbuller inte heller uppfattas lika negativt. Det finns ju också en uppfattning, åtminstone i Norden, att upplevelse av natur genom fönster ger möjlighet för reflektion, avslappning och en känsla av välbefinnande (116).

### Hemmiljö

Under större delen av året i Sverige (utom sommartid) består inomhusljuset kvällstid till största del av elektriskt ljus. Sannolikt ger en vanlig belysning inte mer än 200 lux i vardagsmiljön. Trots detta finns det anledning att tro att detta ljus ger en dygnsrytmisk påverkan. En studie visade att 99 procent av alla deltagare i en studie (n = 104, < 200 lux) hade en senarelagd melatoninrytm jämfört med en situation där deltagarna vistades i ett mycket svagt upplyst rum (3 lux), och att totalnivåerna av melatonin på kvällen fram till sänggåendet minskade med 71,4 procent (117). Författarna sammanfattar att kvällsbelysning ger en ”konstant sommar” som påverkar fysiologiska processer som inbegriper melatonin, men som därmed också har andra potentiella hälsorisker för t.ex. regleringen av temperatur, blodtrycket och möjligen blodsockernivån.

Åtta städer i Europa (ej Norden) deltog i en studie (n = 6 017) där samband mellan dagsljusexponering och depression och fallolyckor i hemmet studerades (118). Deltagare tillfrågades om de tände lyset i hemmiljön även om det var en klar dag eller pga. avsaknad av dagsljus (totalt 34,2 procent). Risken för kliniskt diagnosticerad depression var 1,3 gånger högre med inadekvat belysning då andra orsaker var kontrollerade för. Risken för fall i hemmet i samma studie var 2,5 gånger högre med inadekvat belysning och berörde framför allt äldre deltagare. Övriga viktiga faktorer var bland annat antal trappsteg i hemmiljön och huruvida trapphallarna var tillräckligt belysta.

### Vårdmiljö

Med ökad kognitiv oförmåga ökar kraven på kontinuerlig tillsyn som minskar möjligheten till utomhusvistelse varför tillgång till ljusinsläpp från fönster blir mer betydelsefullt. I en studie visades att en ökning av ljusintensiteten från 436 till 1 136 lux dagtid för patientgrupper gav klara förbättringar av sömn- och vakenhetsrytmen och betydligt mindre störningar (93). I ett liknande försök gavs en 2 timmars dos av 2 500 lux till en grupp med demenssjukdom och resultatet visade att nattsömnen och dygnsrytmen blev mer tydligare uppmätt med rörelsemätare (94). Men samstämmighet saknas mellan ljusstudierna genomförda på äldre vilket visar på komplexitet i utvärderingarna, bl.a. avsaknad av kontroll för utomhusvistelser och närhet till fönster, vilket visar på ett behov av bättre kontrollerade studier (60).

I en studie av 568 patienter i intensivvård efter hjärtinfarkt fann man att de som tilldelats ett rum i söder jämfört med norr fick bättre vårdresultat (9). Patienter i rum med söderläge stannade i genomsnitt en kortare period: 2,3 dagar mot 2,6 i norrläge. Dödligheten var också högre i norrläge, både för kvinnor och män. Författarna menar dock att fler liknande studier behövs för att säkerställa dagsljusets betydelse för bl.a. dödlighet. I åtminstone en studie av 789 inneliggande patienter med hjärninfarkt har man inte lyckats upprepa resultaten (119). I en studie av 11 439 patienter och dödlighet om 10,7 procent som vistats på intensivvårdskliniker i Pittsburgh, USA, studerades dödsfall som skett på sjukhuset (40). Bidraget från naturligt dagsljus under sjukhusvistelsen var näst intill obefintligt även om 84 procent av alla vårdrum hade fönster. I stället studerades fotoperiodens längd för varje patient två månader före insjuknande på basis av meteorologiska data. Man fann ingen skillnad i dödlighet mellan årstider, men risken att dö var lägre om fotoperioden under tiden närmast före insjuknandet varit kort. Resultaten talar för att dagsljusexponering under vårdtid på intensivvårdsavdelningar har mindre betydelse för sjuklighet och dödlighet och att det snarare är fotoperioden före insjuknandet som tycks spela en viss roll.

Hos patienter med bipolär depression minskade antalet vård dagar på sjukhus med upp till 3,5 dagar när patienten fick tillgång till dagsljus på morgonen (120). En annan studie visade att tiden före utskrivning för inneliggande patienter med en depressionsdiagnos uppgick till 2,6 dagar om patienterna vistats i soliga rum på kliniken, vilket var 15 procent kortare än patienter som enbart vistats i skuggade

rum. Effekterna var likartade för både kvinnor och män (121). På rehabiliteringsklinik har man i en studie visat att patienter har särskilda behov av dagsljus (122).

I en sydkoreansk studie av 222 inneliggande patienter på sjukhus i rum med olika väderstreck fann man att patienter i rum mot sydöst hade kortare vårdtider (29 procent) än de i rum mot nordväst (123). På basis av mätningar i varje rum sammanfattade man i studien att avgörande för vårdtiden var exponering för tidigt morgonljus, vilket var betydligt starkare i sydöst under alla årstider.

I Italien följdes 187 patienter med bipolär sjukdom under en treårsperiod och vårdtiden på sjukhus var 3,67 dagar kortare om patienten hade ett rum mot öster jämfört med västerläge (120). I en liknande studie i Kanada med data från 2 år som omfattade 171 inneliggande patienter med depression minskade vårdtiden för dem som vistats i soliga rum med 2,6 dagar (15 procent) (121).

Väntsalar på sjukhus kan förknippas med oro, osäkerhet och rädsla av användare. Hur väntsalar bedöms anses vara kopplade till en persons uppfattning av olika kvaliteter i miljön och hur den tillfredsställer de behov som finns. Fönsterinsläpp är en av flera faktorer (möblering, färger, layout, buller, komfort etc.) som anses viktiga och som värderas utifrån aspekter av hur rummet upplevs avseende t.ex. hur mycket stimulans, ljushet, och avslappning miljön ger (124).

Åtminstone på rehabiliteringsklinik vill de flesta patienter ha dagsljus och visuell kontakt med fönster från sängen men inte direktstrålade ljus på sängen (85 procent) (122). I miljöer med stora glasytor ökar risken för bländning varför skydd mot detta behövs i form av t.ex. persienner. Forskning genomförd i Danmark visar att val av avskärmning på ett avgörande sätt påverkar dagsljuskvaliteten över olika årstider (125).

Betydelsen av utblick för patienter under rehabilitering har uppmärksamats och i en studie där intervjuer och fokusgrupper användes var huvudresultatet att utblick mot natur var behaglig, gav avslappning och välbefinnande och ökade möjligheten till reflektion (116). Samma forskargrupp har tidigare visat att utblick mot natur gav kvinnliga patienter på rehabiliteringscenter bättre självrapporterad fysisk hälsa och män en bättre mental hälsa (126). En känsla av samhörighet med naturen ökade helhetskänslan, spiritualiteten och känslan av att bli väl omhändertagen på kliniken. På en cancervårdsinrättning upptäcktes att fler vårdtagare skärmade av utsikten genom fönster på bottenvåningen ju fler personer som vistades utomhus i trädgården (127). Studien visar att risk för insyn ökar avskärmning mot omgivningen vilket också minskar dagsljusintaget i vårdmiljön.

I en äldre studie från Pennsylvania jämfördes 23 galloperade personer som hade fönster med utsikt (mot träd) med 23 matchade kontroller med utsikt mot en tegelvägg (112). Trädgruppen hade kortare inläggning, använde mindre och färre doser med smärtstillande och naturutsikten ansågs därmed ge terapeutiska effekter. I en psykiatrisk miljö där 74 patienter och vårdpersonal studerades, föredrogs natur och öppenhet som utsikt vid passivt sittande och en mer avgränsad vy vid

promenad (128). I en studie av vårdhem med gröna omgivningar presterade de boende bättre resultat på mentala test och var mindre aggressiva (129).

Inom åldringsvård visade Orr m.fl. i sin översikt att utsikt från fönster mot trädgård och natur uppskattas av boende och ett ökat välbefinnande (130). Eftersom många boende har begränsad möjlighet till utomhusvistelse blir utsikten en ersättning för att få kontakt med naturen.

I sjukhusmiljö uppskattar även personal kontakt med natur som återhämtning (131). I ett försök jämfördes olika grad av närhet till utomhusmiljön, en utgång till balkong skattades som mer återhämtande, än alternativ som bl.a. inbegrep fönsterutsikt eller inomhusväxtlighet. I en norsk studie befanns personer i miljöer med kombinationen av möjlighet till utblick och förekomst av krukväxter inomhus att ha minst stress och självrapporterad ohälsa (132).

Större hänsyn till ljusmiljön bör tas i miljöer där äldre vistas. Till exempel minskar genomsläppligheten av ljus i det åldrande ögat – en 60-åring kan bara fånga upp 64 procent av det kortvågiga (blå) ljuset jämfört med vad en 20-åring kan (60). I sin kunskapsöversikt över vilka speciella hänsyn som bör tas i miljöer där äldre vistas, framhålls speciellt användbara vetenskapligt grundade riktlinjer (55). International Commission on Illumination har gjort en sammanställning som ger en handledning om ljus och visuell miljö i äldreboenden (133), vilket även görs i andra studier (53).

#### Skol- och förskolemiljö

I en studie i London, Storbritannien, uppskattades klassrum med ljus infallande från södervägg och med elektriskt ljus ge omkring 235 lux i ögonnivå (134). Dagsljusfaktorn varierade från 1,57 till 2,43 procent beroende på hur mycket träd som skuggade det infallande dagsljuset. Om gardiner användes minskade dagsljusfaktorn till 0,04–0,06 procent. Dagsljusnivån påverkade också humöret mätt hos elever i fyra klassrum. Klassrum i marknivå fick ett mindre inflytande av dagsljus jämfört med klassrum på första våningen där också karaktären på det elektriska ljuset fick större betydelse för hormonutsöndring av melatonin. Ökades ljusstyrkan i de mörka klassrummen ledde det till en positiv effekt på akademisk prestation.

Svenska forskare (135) följde en grupp 8-åringar (n = 88) under ett års tid uppdelade på fyra olika klassrum med olika dagsljusnivåer. Forskarna fann en korrelation mellan dagsljusnivå och sjukfrånvaro, tillväxtkurva, melatoninnivå och beteende. Slutsatsen var att fönster kan vara hälsofrämjande (53). Elevernas dagsljusexponering utanför skoltid följdes dock inte i studien.

I Kalifornien undersöktes dagsljusförhållanden hos 21 000 elever i skolmiljöer som varierade mycket, ofta beroende på under vilken tidsperiod skolorna byggts (136). Man relaterade elevernas akademiska framgång i läsning och matematik under en tvåårsperiod till klassrummets utformning. I klassrum med mest dagsljus eller störst fönsteryta var inlärningshastigheten som mest 15–26 procent snabbare i



genomsnitt över ett år, jämfört med klassrum som hade minst dagsljus. Skillnader mellan lärare eller årskurser förklarade inte resultatet. Sjukfrånvaro eller annan frånvaro var dock inte kopplad till dagsljusexponering. (137)

För skolor i Michigan fann man ett samband mellan akademisk framgång (frekvens godkända elever och poäng på standardiserade prov) och fönsterstorlek och utsikt mot vegetation eller miljöer med mänsklig aktivitet, jämfört med utsikt mot mer sterila miljöer (138).

I en studie av prestationer hos elever som gick i skolor som klassificerades som ”gröna”, där man utnyttjade dagsljus och självdragsventilation utan fläktar, hade 3–5 procent av eleverna bättre skolprestationer (centrala prov och trivsel) än elever på övriga skolor (139). I studien har man dock inte försökt särskilja effekter av dagsljus respektive ventilation.

I collegemiljö har utblick mot natur i klassrummet visat sig positivt påverka utvärderingar av kurser samt ge högre terminsbetyg men inte påverka närvarofrekvens (140).

I Sverige går uppskattningsvis 95 procent av barnen i åldrarna 3–5 år på förskola och förskolans miljö blir därmed viktig för nästan alla barns utveckling. Uppenbara hälsofördelar hittades hos en grupp barn (n = 172) som vistades på förskolor i södra Sverige som premierade utomhusvistelse (141). Fördelarna berörde ett mer hälsosamt BMI, ökad fysisk aktivitet/kortisolnivå och längre nattsömn. Men i denna och liknande studier är det svårt att fastställa vilken roll dagsljuspåverkan hade och svårt att särskilja den från effekten av bl.a. fysisk aktivitet och luftkvalitet. Det är vidare svårt att utifrån kliniska studier avgöra vilka ljusnivåer och exponeringslängder som krävs för att främja skolbarns ögonhälsa.

Nittiofyra elever på gymnasium i Illinois, USA, blev slumpmässigt fördelade på olika klassrum (142). Gruppen med utsikt mot vegetation presterade bättre på uppmärksamhetstest och återhämtade sig snabbare fysiologiskt vid ett stresstest efter en rast jämfört med de som gick i klassrum utan fönster eller som saknade utsikt mot vegetation. Resultaten överensstämmer med en norsk studie där visning av en naturfilm gav en minskning av stress i form av lägre hjärtfrekvens (143) jämfört med en film från en urban miljö.

Preliminära resultat av en svensk studie visar att i ett rum med naturligt varierande ljus saknades upplevelsen av dagsljus i mindre utsträckning (10 procent av tiden) jämfört med i ett rum där ljuset var statiskt (20 procent av tiden), liksom att förekomsten av huvudvärk minskade i varierande ljus (55).

## Diskussion

Kunskap om ljus i förhållande till hälsa kommer i huvudsak från experiment där elektriskt ljus använts. Anledningen är att det naturliga ljuset inte kan hållas konstant och upprepas, vilket betydligt försvårar en experimentdesign (144). Forskningen skiljer ofta mellan bidrag från elektriskt ljus och naturligt dagsljus

(och utblick) men i våra vistelsemiljöer blandas de ofta (110). Likaså finns en liknande uppdelning mellan det ljus som man får vid utomhusvistelse och det ljus som man får via fönster, men ett hälsoutfall är i själva verket relaterat till en blandexponering. Det finns ett behov av att designa studier där en viss typ av exponering kan renodlas. Till detta är kopplat att inomhusmiljön får dagsljus genom arkitektoniska lösningar som fönster, takinsläpp och reflekterande ytor vilket kräver att specifika lösningar kan utvärderas.

Inom en snar framtid kommer artificiell belysning kunna konkurrera med dagsljus i betydelse för hälsan. En utmaning är att kunna integrera ny belysning i miljön som också kan ge information om tid och rum på ett sätt som efterliknar dagsljuset. Det kommer sannolikt bli viktigare att kunna utvärdera och förutspå ljuset i alla stadier från design till applikation i bebyggelsen. I utvärderingar av ljusmiljöer finns det i dag behov av att inte som tidigare särskilja icke-visuella och visuella effekter utan i stället ta hänsyn till båda aspekter. En tredje aspekt som har betydelse för hälsan inbegriper utblick och insyn, vilket hittills fått otillräcklig uppmärksamhet i forskningen.

För att kunna följa direkta och långsiktiga hälsokonsekvenser av olika vistelsemiljöer är det viktigt att ta in människan i bilden. Rapporten belyser fördelar för hälsan av att vistas utomhus, alternativt att få dagsljus genom fönster. Men fortfarande saknas kunskap om hur länge och när på dagen detta bör ske.

I ett 24-timmarssamhälle uppkommer behov att avskärma vistelsemiljöer från önskat ljus. I staden kommer betydelsen av mörker diskuteras och det finns ett behov av att tydligare beskriva att ljus dagtid behöver kompletteras med mörker nattetid för att optimera dygnsrytmisk anpassning och hälsa. I dag pågår forskning kring negativa aspekter av att dämpa melatoninrytmen nattetid med ljus.

Det kan vara värdefullt att studera kulturer som inte ännu har fått elektricitet då det kan ge oss kunskap om människans genetiska anpassning till soldygnet, vilken vi till viss del har övergett med introduktionen till elektricitet och ökad inomhusvistelse (52).

Bostadsmiljöer ger inte alltid fullgod tillgång till dagsljus pga. stadsplaneringens utformning, fönstrens placering och storlek samt en förtätad urban miljö. I den vetenskapliga litteraturen finns en god evidens för att dagsljus positivt påverkar hälsa och välbefinnande. De problem som uppstår vid ljusbrist berör reglering av dygnsrytmen med påföljande sömnbesvär, depressiva problem, möjlig kognitiv nedsättning och försämrad koncentrationsförmåga. Dagsljus värderas högre än elektriskt ljus, ger möjlighet till utblick som skapar ökad samhörighet med naturen och minskar stress. Detta påverkar välbefinnandet positivt samt främjar återhämtning och läkning i samband med sjukdom. En slutsats av vår genomgång är att hänsyn bör tas för att tillgodose tillräckligt dagsljus i vanliga inomhusmiljöer såsom bostäder, vård- och omsorgsboenden samt skolor och förskolor.

För grupper utan tillgång till dagsljus kan ett dagligt tillskott och exponering för ett starkt artificiellt morgonljus (mellan 30 minuter, 10 000 lux, och 1 timme, 2 000

lux) med dagsljuskaraktär vara meningsfullt. En sådan ljuspuls skulle kunna förebygga fasförskjutningar i dygnsrytmen, som kan leda till ohälsa. Man bör dock sträva efter att ersätta artificiellt ljus med naturlig ljusexponering, med tanke på dagsljusets unika kvalitet.

Ett optimalt ljusschema i vistelsemiljön innebär att ljuset ökas vid uppvaknandet på morgonen (för att ställa dygnsrytmens fas och öka piggheten), och därefter minskas under förmiddagen. Efter lunch kan ljuset ökas (för att förebygga sömnhet efter måltidsuppehåll) och sedan minskas under eftermiddag till slutet av dagen för att till sist ge ett svagare ljus (för att undvika dämpning av melatonin och öka sömnbenägenhet inför insomnandet). Ljusschemat bör efterlikna variabiliteten utomhus. För grupper med särskilt låg utevistelse, t.ex. äldre i vårdboenden, bör ljusintaget ökas.

## Referenser

1. EU Commission. How Europeans spend their time. Everyday life of women and men. 2:nd ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004;132 p.
2. SBUF, Rogers P, Tillberg M, Bialecka-Colin E, Österbring M, Mars P. En genomgång av svenska dagsljuskraV. 2015.
3. Aries MBC, Aarts MPJ, Hoof J Van. Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. *Light Res Technol* [Internet]. 2013;47:6–27.
4. Edwards L, Torcellini P. A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. Colorado: National Renewable Energy Laboratory – U.S. Department of Energy; 2002.
5. Nylén P. Syn och belysning i arbetslivet. 1:1. Prevent; 2012. pp 122.
6. Nave R. The Rods and Cones of the Human Eye [Internet]. Georgia State University; 2012.
7. Dallmann R, Viola AU, Tarokh L, Cajochen C, Brown SA. The human circadian metabolome. *PNAS*. 2012;109(7):1–5.
8. Wright KP, McHill AW, Birks BR, Griffin BR, Rusterholz T, Chinoy ED. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Curr Biol*. 2013;23(16):1554–8.
9. Beauchemin KM. Dying in the dark: sunshine, gender and outcomes in myocardial infarction. *J R Soc Med*. 1998;91:352–4.
10. Hébert M, Martin SK, Lee C, Eastman CI. The effects of prior light history on the suppression of melatonin by light in humans. *J Pineal Res*. 2002;33(4):198–203.
11. Hobday R. Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health? *Perspect Public Health* [Internet]. 2016;136(1):1–6.
12. Tregenza P, Wilson M. *Daylighting: Architecture and Lighting Design*. Taylor & Francis; 2011. 2013 p.
13. Veitch JA, Newsham GR, Boyce PR, Jones CC. Lighting appraisal, well-being, and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach. *Light Res Technol*. 2008;40(2):133–51.
14. Khalsa SBS, Jewett ME, Cajochen C, Czeisler CA. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. *J Physiol*. 2003;549(3):945–52.
15. Cajochen C, Zeitzer JM, Czeisler CA, Dijk D. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav Brain Res*. 2000;115:75–83.
16. Akerstedt T, Kecklund G, Alfredsson L, Selén J. Predicting long-term sickness absence from sleep and fatigue. *J Sleep Res*. 2007;16:341–5.
17. Lambert GW, Reid C, Kaye DM, Jennings GL, Esler MD. Effect of sunlight and season on serotonin turnover in the brain. *Lancet*. 2002;360:1840–2.

18. Dumont M, Beaulieu C. Light exposure in the natural environment: Relevance to mood and sleep disorders. *Sleep Med.* 2007;8(6):557–65.
19. Koller M, Härma M, Laitinen JT, Kundi M, Piegler B, Haider M. Different patterns of light exposure in relation to melatonin and Cortisol rhythms and sleep of night workers. *J Pineal Res.* 1994;16(3):127–35.
20. Czeisler CA, Richardson GS, Zimmerman JC, Moore-Ede MC, Weitzman ED. Entrainment of human circadian rhythms by light dark cycles: a reassessment. *Photochem Photobiol.* 1981;34:239–47.
21. Waterhouse J, Minors D, Folkard S, Owens D, Atkinson G, MacDonald I, et al. Light of domestic intensity produces phase shifts of the circadian oscillator in humans. *Neurosci Lett.* 1998;245(2):97–100.
22. Kaida K, Takahashi M, Haratani T, Otsuka Y, Fukasawa K, Nakata A. Indoor exposure to natural bright light prevents afternoon sleepiness. *Sleep.* 2006;29(4):462–9.
23. SMHI. Solstrålning i Sverige [Internet]. 2015. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-i-sverige-1.89984>
24. Arendt J. Biological rhythms during residence in polar regions. *Chronobiol Int.* 2012;29(4):379–94.
25. Löfberg HA. Räkna med dagsljus. Statens Inst för byggnadsforskning. 1987;1–63.
26. Hansen V, Lund E, Smith-Sivertsen T. Self-reported mental distress under the shifting daylight in the high north. *Psychol Med.* 1998;28:447–52.
27. Smith KA, Schoen MW, Czeisler CA. Adaptation of human pineal melatonin suppression by recent photic history. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(7):3610–4.
28. Fossum IN, Nordnes LT. The Association Between Use of Electronic Media in Bed Before Going to Sleep and Insomnia Symptoms, Daytime Sleepiness, Morningness, and Chronotype. *Behav Sleep Med.* 2014;(12):343–57.
29. Thomée S, Härenstam A, Hagberg M. Computer use and stress, sleep disturbances, and symptoms of depression among young adults – a prospective cohort study. *BMC Psychiatry.* 2012;12:1–14.
30. Grønli J, Kristiansen I, Bjorvatn B, Nødtvedt Ø. Reading from an iPad or from a book in bed: the impact on human sleep. A randomized controlled crossover trial. *Sleep Med.* 2016;21:86–92.
31. Rångtjell FH, Ekstrand E, Rapp L, Lagermalm A, Liethof L, Olaya M, et al. 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 Med.* 2016;23:111–8.
32. Hysing M, Pallesen S, Stormark KM, Jakobsen R, Lundervold AJ, Sivertsen B. Sleep and use of electronic devices in adolescence: results from a large population-based study. *BMJ Open* [Internet]. 2015 Feb 2;5(1).
33. Beaulieu C, Rufiange ÆM, Dumont M, Lachapelle ÆP. Modulation of

- ERG retinal sensitivity parameters with light environment and photoperiod. *Doc Ophthalmol.* 2009;118:89–99.
34. Nelson RJ, Drazen DL. Melatonin mediates seasonal changes in immune function. *Ann N Y Acad Sci.* 2000;917:404–15.
  35. Gerhardsson KM. Light at Home survey: Summary of results for LRC. *Rapp från Lunds univ.* 2016;1–29.
  36. Davis S, Kaune WT, Mirick DK, Chen C, Stevens RG. Residential Magnetic Fields, Light-at-Night, and Nocturnal Urinary 6-Sulfatoxymelatonin Concentration in Women. *Am J Epidemiol.* 2001;154(7):591–600.
  37. Friberg O, Bjorvatn B, Amponsah B, Pallesen S. Season and sleep Associations between seasonal variations in day length (photoperiod), sleep timing, sleep quality and mood: a comparison between Ghana (5 °) and Norway (69 °). *J Sleep Res.* 2012;21:176–84.
  38. Küller R, Ballal S, Laike T, Mikellides B. The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments *Ergonomics.* 2007;49(14):1496–507.
  39. Johnsen TM, Wynn R, Allebrandt K, Bratlid T. Lack of major seasonal variations in self reported sleep-wake rhythms and chronotypes among middle aged and older people at 69 degrees North: The Tromsø Study. *Sleep Med [Internet].* 2013;14(2):140–8.
  40. Castro RA, Angus DC, Hong SY, Lee C, Weissfeld LA, Clermont G, et al. Light and the outcome of the critically ill: an observational cohort study. *Crit Care [Internet].* 2012;16(4):R132.
  41. Friberg O, Rosenvinge JH, Wynn R, Gradisar M. Sleep timing, chronotype, mood, and behavior at an Arctic latitude (69°N). *Sleep Med.* 2014;15(7):798–807.
  42. Johnsen MT, Wynn R, Bratlid T. Is there a negative impact of winter on mental distress and sleeping problems in the subarctic: The Tromsø Study. *BMC Psychiatry.* 2012;12:225.
  43. Paul MA, Love RJ, Hawton A, Brett K, McCreary DR, Arendt J. Sleep deficits in the high arctic summer in relation to light exposure and behaviour: Use of melatonin as a countermeasure. *Sleep Med [Internet].* 2015;16(3):406–13.
  44. Rosenberg M, Wood L. The power of policy to influence behaviour change: daylight saving and its effect on physical activity. *Lifestyle.* 2010;34(1):83–8.
  45. Coate D, Markowitz S. The effects of daylight and daylight saving time on US pedestrian fatalities and motor vehicle occupant fatalities. *Accid Anal Prev.* 2004;36:351–7.
  46. Morassaei S, Smith PM, Morassaei S, Smith PM. Switching to Daylight Saving Time and work injuries in Ontario, Canada: 1993–2007. *BMJ.* 2016;67(12):878–80.
  47. Lahti T, Haukka J, Partonen T. Work-related accidents and daylight saving time in Finland. *Occup Med (Chic Ill).* 2011;61(26):26–8.

48. Janszky I, Ljung R. Shifts to and from Daylight Saving Time and Incidence of Myocardial Infarction. *New Engl J Medicine*. 2008;359(18):1966–8.
49. Foerch C, Korf HW, Steinmetz H, Sitzer M. Abrupt shift of the pattern of diurnal variation in stroke onset with daylight saving time transitions. *Circulation*. 2008;118(3):284–90.
50. Schneider AM, Randler C. Daytime sleepiness during transition into daylight saving time in adolescents: Are owls higher at risk? *Sleep Med* [Internet]. 2009;10(9):1047–50.
51. De La Iglesia HO, Moreno C, Lowden A, Louzada F, Marqueze E, Levandovski R, et al. Ancestral sleep. *Curr Biol* [Internet]. 2016;26(7):R271–2.
52. Moreno CRC, Vasconcelos S, Marqueze EC, Lowden A, Middleton B, Fischer FM, et al. Sleep patterns in Amazon rubber tappers with and without electric light at home. *Sci Rep*. 2015;5:1–11.
53. Boyce P, Hunter C, Howlett O. The Benefits of Daylight through Windows. *Light Research Cent*. 2003;1(1):1–88.
54. Borisuit A, Linhart F, Scartezzini J-L, Munch M. Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood. *Light Res Technol* [Internet]. 2014;47:192–209.
55. Favero F. Light (and dark) rhythms. *Half-Time Semin Report, KTH*. 2016;1–73.
56. Kaida K, Takahashi M, Otsuka Y. A short nap and natural bright light exposure improve positive mood status. *Ind Health*. 2007;45(2):301–8.
57. Smolders KCHJ, de Kort YAW, Cluitmans PJM. A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures. *Physiol Behav* [Internet]. 2012;107(1):7–16. 8
58. Viola AU, James LM, Schlangen LJM, Dijk D. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Env Heal*. 2008;34(4):297–306.
59. Sharkey KM, Carskadon MA, Figueiro MG, Zhu Y, Rea MS. Effects of an advanced sleep schedule and morning short wavelength light exposure on circadian phase in young adults with late sleep schedules. *Sleep Med*. 2011;12(7):685–92.
60. Figueiro MG, Rea MS. Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset (DLMO) in middle school students. *Neuro Endocrinol Lett*. 2010;31(1):92–6.
61. Partonen T, Lönnqvist J. Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people. *J Affect Disord*. 2000;57(1–3):55–61.
62. Leppämäki SJ, Partonen TT, Hurme J, Haukka JK, Lönnqvist JK. Randomized trial of the efficacy of bright-light exposure and aerobic exercise on depressive symptoms and serum lipids. *J Clin Psychiatry*. 2002;63(4):316–21.
63. Phipps-Nelson J, Redman JR, Dijk D-J, Rajaratnam SMW. Daytime

- Exposure to Bright Light, as Compared to Dim Light, Decreases Sleepiness and Improves Psychomotor Vigilance Performance. *Sleep* [Internet]. 2003;26(6):695–700.
64. Münch M, Linhart F, Borisuit A, Jaeggi SM, Scartezzini J-L. Effects of prior light exposure on early evening performance, subjective sleepiness, and hormonal secretion. *Behav Neurosci*. 2012;126(1):196–203.
  65. Wilkins A, Veitch J, Lehman B. LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update. In: 2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2010 - Proceedings. 2010. p. 171–8.
  66. Hansen V, Jacobsen BK, Husby R. Mental distress during winter. An epidemiologic study of 7759 adults north of Arctic Circle. *Acta Psychiatr Scand*. 1991 Aug;84(2):137–41.
  67. Borisenkov MF. The Pattern of Entrainment of the Human Sleep-Wake Rhythm by the Natural Photoperiod in the North. *Chronobiol Int*. 2011;28(10):921–9.
  68. Lingjaerde O, Foereland A, Dankertsen J. Dawn simulation vs. lightbox treatment in winter depression: a comparative study. *Acta Psychiatr Scand*. 1998;98:73–80.
  69. Leger D, Bayon V, Elbaz M, Philip P, Choudat D. Underexposure to light at work and its association to insomnia and sleepiness. A cross-sectional study of 13296 workers of one transportation company. *J Psychosom Res*. 2011;70(1):29–36.
  70. Mottram V, Middleton B, Williams P, Arendt J. The impact of bright artificial white and “blue-enriched” light on sleep and circadian phase during the polar winter. *J Sleep Res*. 2011;20(1 PART II):154–61.
  71. Carskadon MA, Wolfson AR, Acebo C, Tzischinsky O, Seifer R. Adolescent Sleep Patterns, Circadian Timing, and Sleepiness at a Transition to Early School Days. *Sleep*. 1998;21:871–81.
  72. Gradisar M, Gardner G, Dohnt H. Recent worldwide sleep patterns and problems during adolescence: A review and meta-analysis of age, region, and sleep. *Sleep Med*. 2011;12(2):110–8.
  73. Stehlik R, Ulfberg J. Försevad sömnfas. *Lakartidningen*. 2006;103:1599–602.
  74. Sivertsen B, Harvey AG, Pallesen S, Hysing M. Mental health problems in adolescents with delayed sleep phase: Results from a large population-based study in Norway. *J Sleep Res*. 2015;24(1):11–8.
  75. Wittmann M, Dinich J, Merrow M, Roenneberg T, Diego S, Centrum B, et al. Social jetlag: misalignment of biological and social time. *Chronobiol Int*. 2006;23(1&2):497–509.
  76. Louzada F, Inacio AM, Souza FH, Moreno CR. Exposure to light versus way of life: effects on sleep patterns of a teenager--case report. *Chronobiol Int*. 2004;21(3):497–9.
  77. Rastad C, Ulfberg J, Lindberg P. Light room therapy effective in mild forms of seasonal affective disorder — A randomised controlled study. *J Affect*



- Disord. 2007;108:191–6.
78. Carskadon MA, Acebo C, Jenni O. Regulation of Adolescent Sleep Implications for Behavior. *Ann Acad Med Sci.* 2004;1021:276–91.
  79. Roenneberg T, Kuehne T, Pramstaller PP, Havel M, Meroow M. A marker for the end of adolescence. *Curr Biol.* 2004;14(24):1038–9.
  80. Wirz-Justice A, Graw P, Krauchi K, Sarrafzadeh A, English J, Arendt J, et al. “Natural” light treatment of seasonal affective disorder. *J Affect Disord.* 1996 Apr;37(2–3):109–20.
  81. Chotai J, Smedh K, Johansson C, Nilsson L-G, Adolfsson R. An epidemiological study on gender differences in self-reported seasonal changes in mood and behaviour in a general population of northern Sweden. *Nord J Psychiatry [Internet].* 2004;58(6):429–37.
  82. SBU. Ljusterapi vid depression samt övrig behandling av årstidsbunden depression [Internet]. 2007.
  83. Guillemette J, Hébert M, Paquet J, Dumont M. Natural bright light exposure in the summer and winter in subjects with and without complaints of seasonal mood variations. *Biol Psychiatry.* 1998;44(7):622–8.
  84. Rastad C, Ulfberg J, Lindberg P. Improvement in fatigue, sleepiness, and health-related quality of life with bright light treatment in persons with seasonal affective disorder and subsyndromal SAD. *Depress Res Treat.* 2011;543906:1–10.
  85. Eckerberg B, Lowden A, Nagai R, Akerstedt T. Melatonin treatment effects on adolescent students’ sleep timing and sleepiness in a placebo-controlled crossover study. *Chronobiol Int [Internet].* 2012;29:1239–48.
  86. LeGates TA, Fernandez DC, Hattar S. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. *Nat Rev Neurosci.* 2014;15(7):443–54.
  87. Kripke DF, Elliot JA, Welsh DK, Youngstedt SD. Photoperiod and circadian bifurcation theories of depression and mania. *F1000Research.* 2015;4(107):18.
  88. Matheson GJ, Schain M, Almeida R, Lundberg J, Cselényi Z, Borg J, et al. Diurnal and seasonal variation of the brain serotonin system in healthy male subjects. *Neuroimage [Internet].* 2015;112:225–31.
  89. Axelsson J, Stefansson JG, Magnusson A, Sigvaldason H, Karlsson MM. Seasonal affective disorders: relevance of Icelandic and Icelandic-Canadian evidence to etiologic hypotheses. *Can J Psychiatry.* 2002 Mar;47:153–8.
  90. Björkstén KS, Kripke DF, Bjerregaard P, Björkstén KS, Kripke DF, Bjerregaard P. Accentuation of suicides but not homicides with rising latitudes of Greenland in the sunny months. *BMC Psychiatry [Internet].* 2009;9:20.
  91. Kriszbacher I, Bódis J, Boncz I, Koppan Á, Koppan M. The time of sunrise and the number of hours with daylight may influence the diurnal rhythm of acute heart attack mortality. *Int J Cardiol [Internet].* 2010;140(1):118–20.
  92. Wortmann M. Dementia: a global health priority - highlights from an ADI and World Health Organization report. *Alzheimers Res Ther [Internet].*

2012;4(5):40.

93. Someren EJ Van, Kessler A, Mirmiran M, Swaab DF. Indirect bright light improves circadian rest-activity rhythm disturbances in demented patients. *Biol Psychiatry*. 1997;41:955–63.
94. Ancoli-Israel S, Gehrman P, Martin JL, Shochat T, Marler M, Corey-Boom J, et al. Increased light exposure consolidates sleep and strengthens circadian rhythms in severe alzheimers disease patients. *Behav Sleep Med*. 2003;1:37–53.
95. Stevens RG, Hansen J, Costa G, Haus E, Kauppinen T, Aronson KJ, et al. Considerations of circadian impact for defining “shift work” in cancer studier: IARC Working Group Report. *BMJ*. 2015;68:154–62.
96. Kloog I, Stevens RG, Haim A, Portnov BA. Nighttime light level co-distributes with breast cancer incidence worldwide. *Cancer Causes Control*. 2010;21(12):2059–68.
97. Oh EY, Ansell C, Nawaz H, Yang CH, Wood PA, Hrushesky WJM. Global breast cancer seasonality. *Breast Cancer Res Treat*. 2010;123(1):233–43.
98. Boverket. Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd. Boverkets författningssamling. 2016;1–17.
99. Tillståndsprövning och anmälan avseende miljöfarlig verksamhet. Handbok 20. Naturvårdsverket; 2003.
100. Reinhart, FC, Mardaljevic J, Rogers Z. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. *J Illum Eng Soc North Am* [Internet]. 2006;3(1):7–31.
101. Korsavi SS, Zomorodian ZS, Tahsildoost M. Visual comfort assessment of daylit and sunlit areas: A longitudinal field survey in classrooms in Kashan, Iran. *Energy Build*. 2016;128:305–18.
102. Mardaljevic J, Andersen M, Christoffersen J. A framework for predicting the non-visual effects of daylight – Part II: The simulation model. *Light Res Technol* [Internet]. 2014;46:388–406.
103. Sundborg B. Energy Savings by Using Daylight for Basic Urban Shapes With a Case Study of Three Different Street Types. KTH Royal Institute of Technology; 2016.
104. Newsham G, Brand J, Donnelly C, Veitch J, Aries M, Charles K. Linking indoor environment conditions to job satisfaction: a field study. *Build Res Inf*. 2009;37(2):129–47.
105. Nasrollahi N, Shokri E. Daylight illuminance in urban environments for visual comfort and energy performance. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2016;66:861–74.
106. Karlsen L, Heiselberg P, Bryn I, Johra H. Verification of simple illuminance based measures for indication of discomfort glare from windows. *Build Environ* [Internet]. 2015;92:615–26.
107. Kim JT, Shin JY, Yun GY. Prediction of discomfort glares from windows: Influence of the subjective evaluation of window views. *Indoor Built Environ* [Internet]. 2012;21(1):92–7.

108. Shin HY, Kim G, Kim JT. Effect of Occupants' Behaviour of Daylight Controls on Residential Visual Environment. *Indoor Built Environ* [Internet]. 2013;22(1):191–202.
109. Grinde B, Patil GG. Biophilia: Does visual contact with nature impact on health and well-being? *Int J Environ Res Public Health*. 2009;6(9):2332–43.
110. Beute F, de Kort YA. Salutogenic Effects of the Environment: Review of Health Protective Effects of Nature and Daylight. *Appl Psychol Health Wellbeing*. 2014;6(1):67–95.
111. Lederbogen F, Kirsch P, Haddad L, Streit F, Tost H, Schuch P, et al. City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature* [Internet]. 2011;474(7352):498–501.
112. Ulrich R. Effects of interior design on wellness: theory and recent scientific research. *J Health Care Inter Des*. 1991;3:1068–132.
113. Nickerson C. Theory/analysis mismatch: Comment on Fredrickson and Joiner's (2002) test of the broaden-and-build theory of positive emotions. *J Happiness Stud*. 2007;8(4):537–61.
114. Kaplan S. The restorative effects of nature: Toward an integrative framework. *J Environ Psychol*. 1995;16(1995):169–82.
115. Van Renterghem T, Botteldooren D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. *Landsc Urban Plan* [Internet]. 2016;148:203–15.
116. Raanaas RK, Patil G, Alve G. Patients' recovery experiences of indoor plants and views of nature in a rehabilitation center. *Work*. 2016;53(1):45–55.
117. Gooley JJ, Chamberlain K, Smith KA, Khalsa SBS, Rajaratnam SMW, Van Reen E, et al. Exposure to room light before bedtime suppresses melatonin onset and shortens melatonin duration in humans. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96:463–72.
118. Brown MJ, Jacobs DE. Residential Light and Risk for Depression and Falls: Results from the LARES Study of Eight European Cities. *Public Health Rep*. 2011;126:131–40.
119. Wunsch H, Harrison DA, Jones A, Rowan K. The impact of the organization of high-dependency care on acute hospital mortality and patient flow for critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2015;191(2):186–93.
120. Benedetti F, Colombo C, Barbini B, Campori E, Smeraldi E. Morning sunlight reduces length of hospitalization in bipolar depression. 2001;62:221–3.
121. Beauchemin KM, Hays P. Sunny hospital rooms expedite recovery from severe and refractory depressions. *J Affect Disord*. 1996;40:49–51.
122. Gharaveis A, Shepley MMC, Gaines K. The Role of Daylighting in Skilled Nursing Short-Term Rehabilitation Facilities. *Health Environ Res Des J*. 2016;9(2):105–18.
123. Choi J, Beltran LO, Kim H. Impacts of indoor daylight environments on

- patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. 2012;50.
124. Leather P, Beale D, Santos A, Watts J, Lee L. Outcomes of environmental appraisal of different hospital waiting areas. *Environ Behav* [Internet]. 2003;35(6):842–69.
  125. Dubois M-C. Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. *Light Res Technol*. 2003;35(1):61–74.
  126. Raanaas RK, Patil GG, Hartig T. Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center. *Clin Rehabil*. 2012;26(1):21–32.
  127. Sherman SA, Varni JW, Ulrich RS, Malcarne VL. Post-occupancy evaluation of healing gardens in a pediatric cancer center. 2005;73:167–83.
  128. Barnhart SK, Perkins NH, Fitzsimonds J. Behaviour and outdoor setting preferences at a psychiatric hospital. *Landsc Urban Plan*. 1998;42(2–4):147–56.
  129. Kuo FE, Sullivan WC. Aggression and Violence in The Inner city: Effects of Environment via Mental Fatigue. *Environ Behav*. 2001;33(4):543–71.
  130. Orr N, Wagstaffe A, Briscoe S, Garside R. How do older people describe their sensory experiences of the natural world? A systematic review of the qualitative evidence. *BMC Geriatr* [Internet]. 2016;16(1):116.
  131. Nejati A, Rodiek S, Shepley M. Using visual simulation to evaluate restorative qualities of access to nature in hospital staff break areas. *Landsc Urban Plan* [Internet]. 2016;148:132–8.
  132. Bjørnstad S, Patil GG, Raanaas RK. Nature contact and organizational support during office working hours: Benefits relating to stress reduction, subjective health complaints, and sick leave. *Work*. 2016;53:9–20.
  133. International Commission on Illumination. *CIE Guide to increasing accessibility in light and lighting: Vision Data and Design Considerations for Better Visibility and Lighting for Older people and People with Disabilities*. 2011.
  134. Govén T, Laike T, Raynham P, Sansal E. Influence of ambient light on the performance, mood, endocrine systems and other factors of school children. In: *Proceedings CIE 27, Sun City South Africa*. 2011. p. 112–21.
  135. Küller R, Lindsten C. Health and behavior of children in classrooms with and without windows. *J Environ Psychol*. 1992;12(4):305–17.
  136. Loisos G. *Daylighting in Schools. An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. Rep from Heschong Mahone Gr. 1999;1–31.
  137. Heschong Mahone Group. *Re-Analysis Report, Daylighting in schools, HMG Project #0008, NBI PIER Element 2*. 2002;1–83.
  138. Matsuoka RH. Student performance and high school landscapes: Examining the links. *Landsc Urban Plan* [Internet]. 2010;97(4):273–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.06.011>
  139. Edwards BW. Environmental design and educational performance. 2006;76(1):14–32.

140. Benfield JA, Rainbolt GN, Bell PA, Donovan GH. Classrooms With Nature Views: Evidence of Differing Student Perceptions and Behaviors. *Environ Behav* [Internet]. 2013;47:13916513499583.
141. Söderström M, Boldemann C, Sahlin U, Raustorp A, Blennow M. The quality of the outdoor environment influences childrens health – a cross-sectional study of preschools. *Acta Paediatr*. 2013;83–91.
142. Dongying L, Sullivan WC. Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue. *Landsc Urban Plan* [Internet]. 2016;148:149–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>
143. Laumann K, Tommy G, Morten K. Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *J Environ Psychol*. 2003;23:125–34.
144. Nylén P, Favero F, Glimne S, Fahnehjelm KT, Eklund J. Vision, light and aging: A literature overview on older-age workers. *Work*. 2014;47:399–412.

-----  
*Folkhälsomyndigheten är en nationell kunskapsmyndighet som arbetar för en bättre folkhälsa. Det gör myndigheten genom att utveckla och stödja samhällets arbete med att främja hälsa, förebygga ohälsa och skydda mot hälsorisker.*

*Vår vision är en folkhälsa som stärker samhällets utveckling.*



Folkhälsomyndigheten

**Solna** Nobels väg 18, SE-171 82 Solna **Östersund** Forskarens väg 3, SE-831 40 Östersund.

[www.folkhalsomyndigheten.se](http://www.folkhalsomyndigheten.se)