

# Människors och byggnaders behov av ljus

**Människors och byggnaders behov av ljus**

är ett särtryck av avsnittet *Inomhusmiljö – i ett vidare sammanhang* ur boken **Luft**, utgiven av Swegon Air Academy. I avsnittet diskuteras faktorer som akustik, belysning, färg och form – faktorer som starkt påverkar vår totala upplevelse av inomhusmiljön.

Kapitlet om ljus har skrivits av **Hans Arvidsson**, Senior Specialist Belysningsplanering och **Lars R Bylund**, Professor – båda verksamma hos ÅF-Infrastruktur AB, Stockholm.

De senaste årtiondenas forskning har gett ny kunskap om hur ljus påverkar vår hälsa och vårt psykiska välbefinnande. Kunskaper som ännu inte fått en vidare spridning utanför den medicinska världen.

Denna skrift ger en kortfattad och lättillgänglig, men ändå mycket insiktsfull och informativ redogörelse för vad dagsljus och belysning betyder i ett större biologiskt sammanhang – hälsa, trivsel och produktivitet – och hur det kan beaktas vid utformning av lokaler och miljöer.

De frågeställningar som beskrivs har stor betydelse för utvecklingen mot ett hållbart byggande och en god livsmiljö. Texten inspirerar till vidare färder in i ljusets och seendets värld.

Björn Qvist  
Affärsområdeschef Installation  
ÅF, Division Infrastruktur

## MÄNNISKORS OCH BYGGNADERS BEHOV AV LJUS

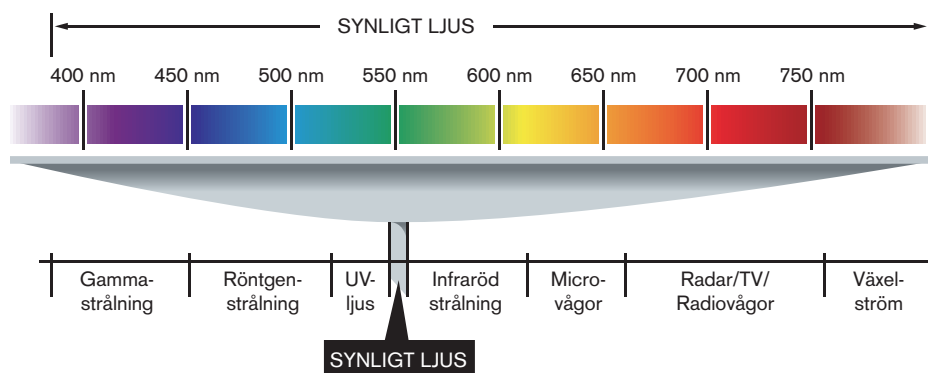
Senior Specialist Belysningsplanering **HANS ARVIDSSON**

och Professor **LARS R BYLUND** ÅF-Infrastruktur AB, Stockholm

För att se behövs ljus – ett självklart konstaterande.

Alla är vi medvetna om nyttan och behovet av ljus. Men ljuset eller ljusstrålningen behövs inte enbart för seendet. Ljusstrålningen har också en avgörande betydelse för vår existens. ”Inget liv utan ljus”. I denna mening kan ordet ”ljus” lämpligen ersättas med orden strålning och energi, då man funnit att det existerar olika former av liv också där inget synligt ljus finns, men däremot annan energistrålning som t.ex. UV-strålning eller IR-strålning.

Vi, dvs. Homo Sapiens, har under årmiljonerna utvecklats i en dagsljusmiljö där ljusets växlingar styrt vår tillvaro och utveckling.



FIGUR 1. Det elektromagnetiska spektrumet.

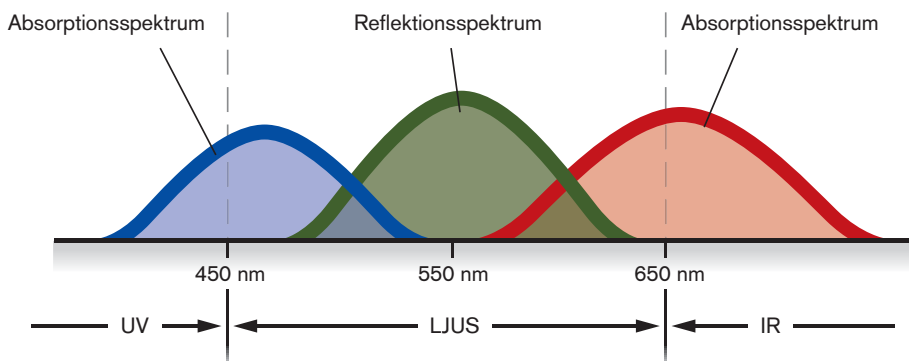
Detta gäller inte bara synsinnet, där ögats funktion och känslighet under årmiljonerna anpassats till dagsljusstrålningens spektrum, men också andra biologiska funktioner i kroppen. Dygnsrytmen, behovet av sömn och vakenhet styrs av ljusets växlingar. Kroppens förmåga

att uppta D-vitamin, dess metabolism och dess immunförsvar styrs också av ljuset och möjligen också av andra förhållanden som vi ännu inte utrönt.

Vad är då ljus? En förklaring som gavs av den berömde engelsmannen Dr. Samuel Johnson på sjuttonhundratalet är att ”ljus är något vi alla vet vad det är men inte kan förklara”. Den vedertagna förklaring vi har idag är att ”synligt ljus är visuellt upplevd elektromagnetisk strålning” (se figur 1). Det är viktigt att göra distinktionen ”visuellt upplevd”, då människan i sin naturliga miljö utsätts för hela det strålningsspektrum som når jordens yta. Den del av solens strålningsspektrum som når jordytan, består av ljusstrålning ca 50%, infraröd strålning (IR) ca 45% och ultraviolett (UV) strålning ca 5%. Detta speglar också fördelningen av energiinnehåll mellan de olika strålningstyperna.

Vi upplever solstrålningens olika strålningsslag på skilda sätt. Infraröd strålning absorberas i huden där det finns celler eller receptorer som registrerar detta som värmestrålning. När känslan av värme blir för stor ger hjärnan signaler att reglera kroppstemperaturen genom att hudens porer öppnas och man börjar svettas, vilket gör att värmeupplevelsen minskar. För upplevelse av UV-strålningen saknar människan receptorer - såvitt man vet. Däremot upplevs en alltför stor dos av UV-strålning i efterhand som hudrodnad och eventuellt också som sveda och illamående. Ljusstrålningen absorberas mindre i hu-

#### PRINCIP ÖVER VÄXTER/KLOROFYLLETS ABSORPTIONS- OCH REFLEKTIONSSPEKTRUM

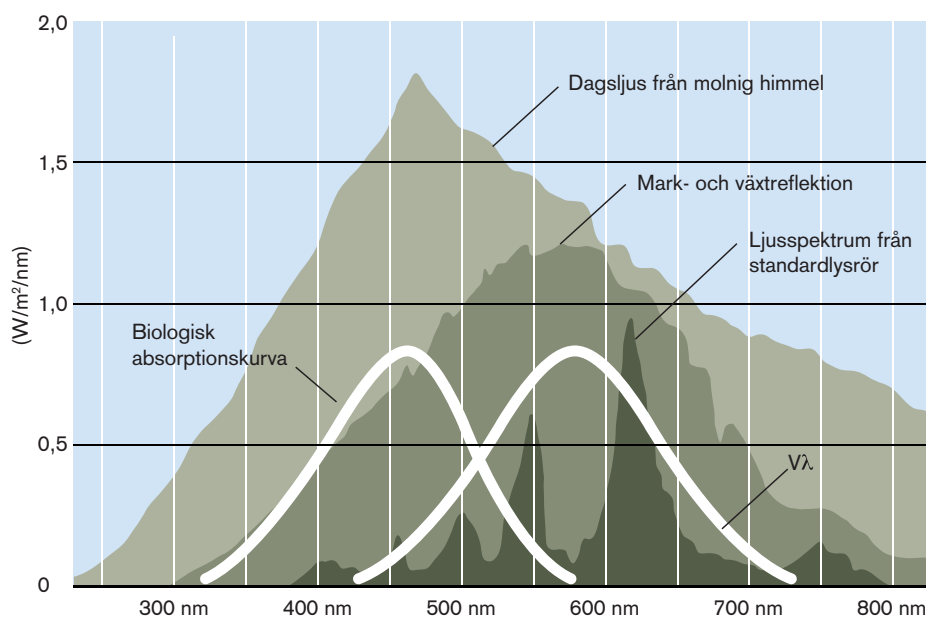


**FIGUR 2.** Schematiskt diagram visande klorofyllets absorptions- respektive reflektionsspektrum. Strålningen i de blå och röda områdena av ljusspektrumet absorberas som näring av växterna medan strålningen i mitten av spektrumet, den gröna, reflekteras. God konstbelysning av växter skall därför innehålla både kort- och långvågig ljusstrålning – blått och rött ljus.

den än både UV- och IR-strålning. De ljuskänsliga cellerna eller receptorerna sitter alla i ögat och fungerar på olika sätt beroende på om de har en biologisk eller visuell funktion.

Men det är inte bara människan som upplever och tillgodogör sig strålning för sin existens. Allt levande i naturen påverkas på olika sätt av strålningsspektret. Växterna som för sin fotosyntes, processen där luftens koldioxid, ljusets energi och vatten bildar växtens celler och därmed frigör syre, är beroende av ljus. Men inte alla delar av ljusspektret tillgodogörs eller absorberas av växterna, utan främst den blå och röda delen. Den gröna delen av ljusspektrum tillgodogörs inte utan reflekteras av klorofyllet, det ämne i växterna som ombesörjer fotosyntesen (se figur 2). Som en följd av detta upplever vi växter som gröna. När klorofyllet försvunnit blir bladen bruna och halmstrået gult.

Eftersom människan utvecklats i en miljö där vegetationen varit dominerande, har ögat sin största visuella känslighet för den gröna delen av ljusspektrum. Känsligheten avtar kraftigt mot de båda ändarna av ljusspektrum där ljuset upplevs som blått respektive rött.

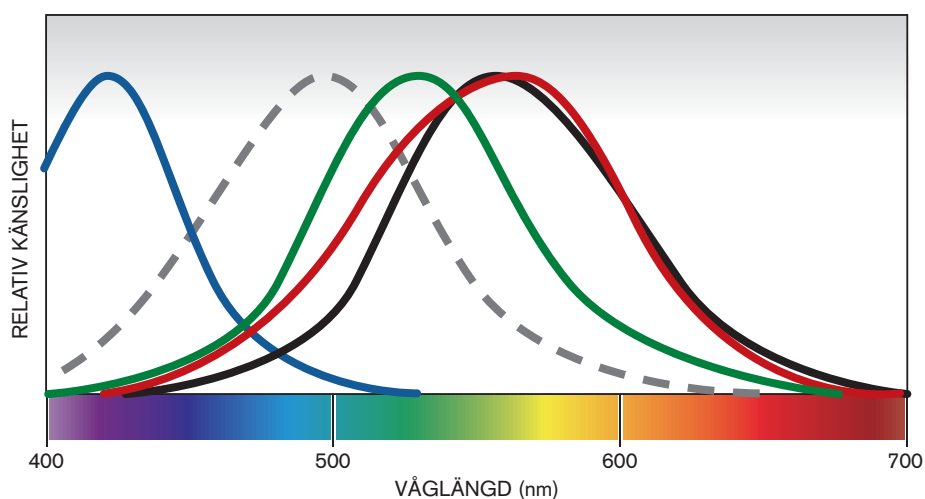


**FIGUR 3.** Bilden visar olika typer av ljusspektra och absorptionsspektra för de biologiska och visuella receptortyperna. Den s.k.  $V\lambda$ -kurvan som visar ögats visuella känslighet stämmer väl överens med kurvan för ljus reflekterat från vegetationen. Den ”biologiska” absorptionskurvan stämmer väl överens med himmelsstrålningens spektrum, med maximal känslighet omkring 460 nm där också himmelsstrålningens energiinnehåll är störst.

Ljusstrålningens biologiska effekt på människan har först på de senaste tiotal åren blivit mera förstådd genom forskningens framsteg.

Ett exempel är ljusets inverkan på kroppens förmåga att uppta D-vitamin och hur denna process går till. Ett annat är ljusets inverkan på kroppens immunförsvar. Hur ljuset påverkar kroppens dygnsrytm har också blivit klarlagt. Vad som till bara för några år sedan varit okänt är att vi i ögat har två separata ljuskänsliga receptorsystem. Ett för seendet och ett för de biologiska processerna. Det biologiska systemet som styr körtelverksamheten, hormonproduktionen, har sin maximala känslighet för blått ljus, som blått himmelsljus. Känsligheten avtar kraftigt mot längre våglängder och det biologiska systemet är i stort sett okänsligt för grönt, gult och rött ljus (se figur 3). När blått himmelsljus eller ljus med dessa våglängder träffar eller stimulerar de biologiska receptorerna utlöses en signal till kroppens körtlar, främst tällkottkörteln, så att produktionen av kortisol ökar och produktionen av melatonin det s.k. "sömnhormonet" hämmas. När inte detta blåa ljus stimulerar de biologiska receptorerna stannar efter en tid produktionen av kortisol av och istället börjar melatonin produceras med påföljden att vi blir sömniga.

Kroppen går in i ett viloläge genom att nervsignalerna går lång-



**FIGUR 4.** Schematiska absorptionskurvor (ljuskänslighetkurvor) för de receptorer som är visuellt aktiva. De blå, gröna och röda kurvorna är för tapparna, som medverkar till färgupplevelse och ger detaljseende under dagsljusförhållanden. Den svarta kurvan, den så kallade  $\lambda$ -kurvan, är den sammanlagda känsligheten för ljusstimuli för tapparna. Den grå streckade kurvan, gäller för stavarna, som är betydligt mera ljuskänsliga än tapparna, men som inte medverkar till färgupplevelsen. Stavarna fungerar vid låga belysningsstyrkor under skymning och natt.

sammare och reaktionshastigheten minskar. Normalt sker dessa växlingar med den naturliga dygnsrytmen om 24 timmar. Men om det blå himmelsljuset eller liknande blå strålning saknas, stoppas inte körtlarnas melatoninproduktion och kroppen fortsätter att vara i viloläge i längre perioder än den naturliga dygnsrytmen.

Under delar av vinterhalvåret saknas det blåa ljuset även i dagsljuset på de nordliga och sydliga delarna av jorden. Detta gör också att den naturliga dygnsrytmen bryts för människor som bor i dessa trakter. Resultatet blir dels att melatoninproduktionen pågår hela tiden dels att immunförsvaret försvagas.

Effekten på kroppen är ungefär som att köra en bil med handbromsen tilldragen och med fel olja i motorn. Det finns många människor som går in i depressionstillstånd av olika grad under denna tid.

Men det är inte bara människor som lever i nordliga trakter som drabbas av detta förhållande. Utan också de människor som tillbringar hela arbetstiden inomhus i lokaler utan eller med liten tillgång till dagsljus, drabbas också. Innan man uppdagade den biologiska receptorn trodde man att det artificiella elektriska ljuset varit en tillräckligt bra ersättning för dagsljuset.

I ljuset av dessa senare upptäckter har det visat sig att både belysningsnivåer och ljuskvalitet dvs. spektral ljusfördelning, är otillräckliga ur biologisk eller om man så vill, hälsosynpunkt. Inledningsvis nämndes att vi under årsmiljonerna utvecklats i en dagsljusmiljö. Strålningsintensiteten utomhus är många gånger större än inomhus. Utomhus är belysningsstyrkan under dagen varierande mellan 500 lux, (en gråvädersdag), och 100 000 lux en klar, solig sommardag. Inomhus är belysningsstyrkan oftast mellan 200 lux och 500 lux. Jämfört med utomhusförhållande är detta som rejäl skymning. Eftersom de allra flesta ljuskällor som vanligtvis finns tillgängliga idag utvecklats för det visuella ljuskravet, är strålningspektrat i huvudsak förlagt till de våglängder där de visuellt ljuskänsliga receptorerna har sin maximala absorption, dvs. 500–700 nm (se figur 4). De biologiskt verksamma receptorerna har sitt absorptionsspektrum mellan 430 och 500 nm. Att med dessa artificiella ljuskällor – lysrör av olika typer eller urladdningslampor – försöka åstadkomma den nivå av ljusstrålning inom det våglängdsområde som är biologiskt tillfredsställande, skulle vara mycket energikrävande och tillföra byggnader alltför stora värmemängder.

Konsekvenserna av dessa nya rön är att dagsljusmängden i bygg-



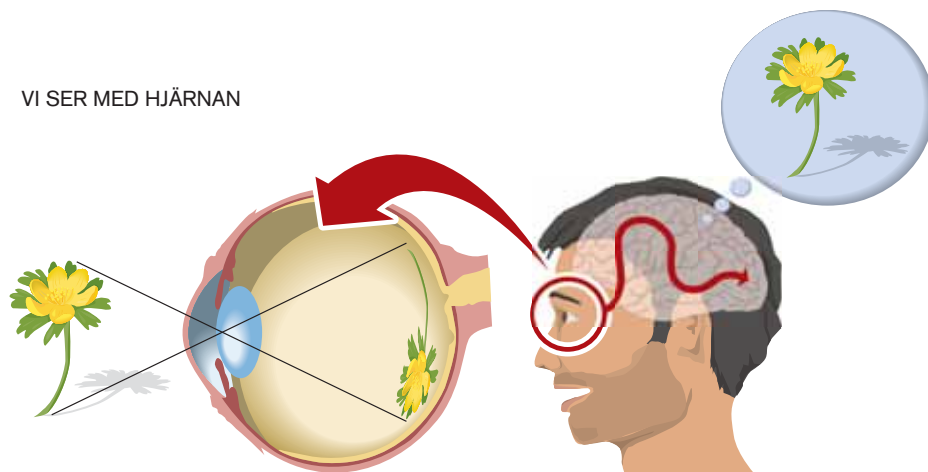
nader måste öka väsentligt. Detta kräver en annan typ av byggnader än vi har idag, som även i bästa fall bara har tillräcklig nivå med dagsljus någon meter från fasadens fönster. Det behövs ett arkitekturs paradigmskifte för att ge byggnaderna en god och hälsosam miljö där dagsljuset kan fungera biologiskt och visuellt effektivt, samtidigt som det ersätter det elektriska ljuset under dagens ljusa timmar. Problemet som måste lösas är hur man skall föra in tillräckligt mycket dagsljus i byggnader utan att ge upphov till uppvärmning, som kan komma att medföra alltför stora kylbehov – alternativt att utveckla och använda energieffektiva ljuskällor med spektrum som är både visuellt och biologiskt effektivt.

Ljuskällor av denna typ existerar, som exempelvis mikrovågspalmlampan. Men denna är i dagens byggande krävande att installera och har därför inte blivit allmänt använd. Ett annat exempel på en ljuskälla som kan utvecklas i denna riktning är LED. Men det goda dagsljuset har också en annan inverkan på inomhusklimatet, nämligen den aseptiska. Detta utnyttjades förr i tiden i skolor och sjukhus för att minska spridningen av bakterier och virus, något som idag verkar vara bortglömt.

En välkänd sådan erfarenhet gjordes av den engelska sjuksköterskan Florence Nightingale under Krimkriget 1864. Hon upptäckte att såren hos de soldater som inte fick plats inomhus utan tvingades ligga ute i de fria, läktes mycket fortare än hos dem som låg inomhus. Av detta drog hon och andra slutsatsen att dagsljuset var verkamt mot för kroppen skadliga bakterier. Detta ledde till att sjukhus och skolor öppnades för det hälsosamma dagsljuset. I en förlängning påverkades också byggnader för boende och kontor av dessa erfarenheter, främst i den funktionalistiska byggnadsstilen som dominerade 1900-talets första hälft.

Tidigare nämndes att ljusnivåerna inomhus i allmänhet är för låga ur biologisk synpunkt. Tyvärr är förhållandet också detsamma för människans visuella system. Ögats maximala känslighet har utvecklats vid dagsljusets nivåer. Dessa är i allmänhet under dagtid 10–200 gånger större utomhus än inomhus. Men det är inte bara ljusnivåerna som spelar roll utan även ljusets spektrala jämnhet. Dagsljuset har ett jämnt kontinuerligt spektrum till skillnad från de ljuskällor som vanligen används inomhus. För att förstå varför detta är ett problem behövs en kort förklaring av ögats funktion och den visuella processen (se figur 5 och 6).

## VI SER MED HJÄRNAN



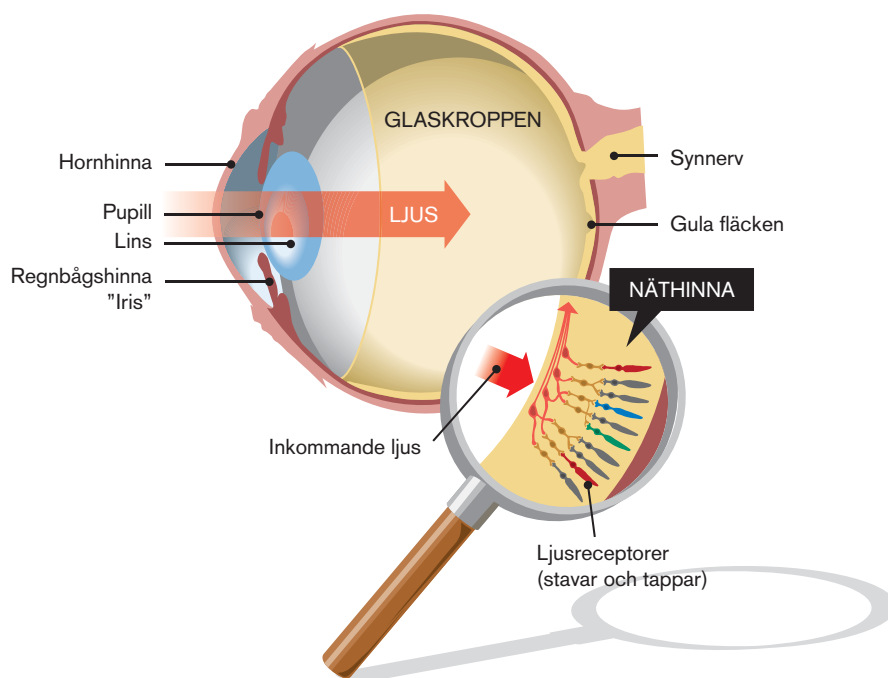
Bilden fångas in av ögat...

Ljusstrålningen reflekteras från blomman som når ögat. Strålningen bryts av linsen till en bild som är upp och nedvänd samt spegelvänd. Ljusenergin som träffar syncellerna i näthinnan, omvandlas av stavarna och tapparna till elektriska impulser som sänds till hjärnan.

...och omvandlas av hjärnan

Impulserna från ögats näthinna når hjärnans syncentrum. Impulserna tolkas och bearbetas av olika delar av hjärnan. Resultatet kontrolleras mot tidigare erfarenheter och minnen och fram träder bilden av blomman.

**FIGUR 5.** Bilden visar en något förenklad beskrivning av den visuella upplevelsen, seendet.



**FIGUR 6.** Ögats uppbyggnad med ett detaljsnitt av näthinnan.

Ögat och seendet har enkelt beskrivits som en kamera, där bilder projicerats på filmen – näthinnan, som genom en elektrokemisk process omvandlar ljusenergin till nervsignaler till hjärnan för bearbetning och tolkning. Den visuella processen är dock inte riktigt så enkel. Ögats optiska system är betydligt mera komplicerat än någon kameras. Näthinnans känslighet och anpassningsförmåga till olika ljusnivåer överstiger de mest avancerade elektroniska kamerors.

Ögat kan anpassa sig till ljusförhållande 1:100 000. För att klara detta stora steg består ögats näthinna av receptorer med olika ljuskänslighet. Man skiljer i första hand mellan så kallade skotopisk och fotopisk adaptation. Skotopisk adaptation betyder att ögat anpassar sig till skymnings- och nattseende, dvs. låga ljusnivåer. Stavar kallas de mycket ljuskänsliga receptorerna som då träder i funktion. Vad som är speciellt för dessa receptorer är att de registrerar ljusstrålningen på låga nivåer men inte vilken del av ljusspektrumet strålningen kommer från. Detta medför att allt upplevs i gråskala vid låga ljusnivåer. ”I mörkret är alla katter grå.” Vid högre ljusnivåer, dagsljus, har de något mindre ljuskänsliga receptorerna som kallas tappar trätt i funktion. Ögat är då fotopiskt adapterat.

Tapparna finns av tre slag med olika absorptionsspektrum. Detta betyder att de var för sig registrerar ljusstrålningen från olika delar av ljusspektrum och den maximala känsligheten är olika för rött, grönt respektive blått ljus (se figur 4). Därmed är det också sagt att tapparna står för färgseendet. Som ett kuriosum kan nämnas att genom att bestråla vardera av de tre olika typerna av tappar med ljusstrålning inom några våglängder inom den blå, gröna och röda delen av spektrum får man upplevelsen av vitt ljus. Genom att variera strålningsintensiteten för de olika våglängderna fås också upplevelsen av varierande färg. Denna teknik utnyttjas för att åstadkomma färg-TV. Men också för att skapa olika ljusfärg från lysrör och andra ljuskällor. Att artificiella ljuskällor har ett ojämnt spektrum talar inte näthinnan om för oss. Inte heller effekterna av detta, nämligen att färgerna inte (metametri) upplevs korrekt, att synskärpa och kontrastkänslighet påverkas och att vi kan få efterbildseffekter som påverkar detaljseendet. Dagsljuset som har ett jämnt spektrum ger därför också en bättre balans mellan de olika tapparnas registrering av både den direkta och reflekterade ljusstrålning som träffar ögat.

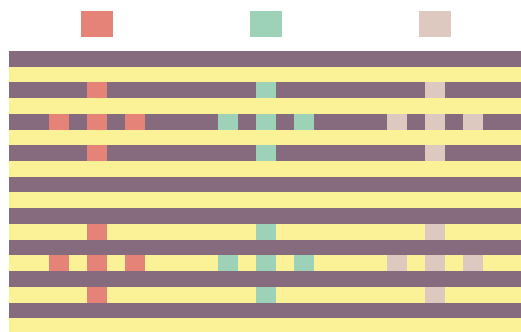
Redan i näthinnan sker en grovsortering av visuella intryck som form, färg, rörelse, kontraster etc. Genom att ögat rör sig i små ryck

med en fixering under någon mikrosekund innan nästa ryck, de så kallade sackadiska rörelserna, avbildas synfältet i etapper på näthinnan. För varje fixeringstillfälle, sänder näthinnans receptorer flera olika signalpaket innehållande information om den sedda miljön. Denna komplexa information behandlas därefter av hjärnan för att medvetandegöras.

Det största arbete hjärnan utför i denna process är att sortera bort all information som av hjärnan betraktas som onödig eller känd. Detta sker enligt ett tidigare under livet uppbyggt och komplicerat referensmönster. Man räknar med att om hjärnan tar emot omkring 100 MB visuell information medvetandegörs endast ca 30–40 bytes. Hjärnans största belastning och arbete är därför sorteringen av den visuella informationen, vilket upptar 90–95% av dess kapacitet. Resterande kapacitet behandlar informationen från andra sinnen och kroppens övriga funktioner.

Det sätt näthinnan och hjärnan behandlar den erhållna informationen på kan betraktas som ett genetiskt utvecklat program.

Programmet har anpassats för vår överlevnad i den naturliga och farofyllda miljö våra urfäder har levt tills människan för några få tusen år sedan lämnade den.



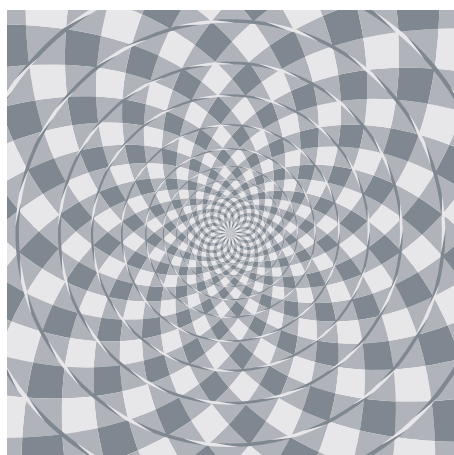
**FIGUR 7.** Det är samma färg på kvadraterna mellan de horisontella linjerna som kvadraterna ovan linjerna, men de upplevs som olika. Fenomenet kallas färginduktion – den exakta orsaken till denna upplevelse är ännu inte helt klarlagd.



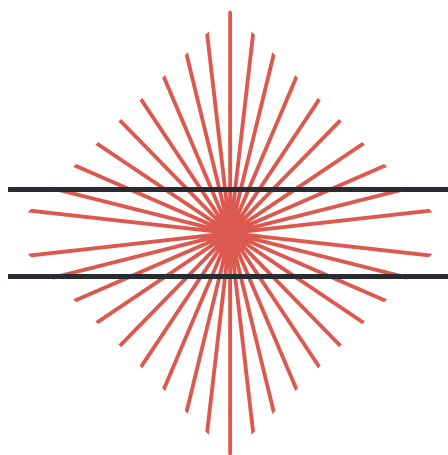
**FIGUR 8.** Vad föreställer denna En man som klipper gräs. Bild?

De av den moderna människan skapade miljöerna skiljer sig i många avseenden från denna naturliga miljö. Dessa moderna miljöer kännetecknas av räta vinklar, raka långa linjer, symmetriska mönster – såsom fönster i fasader, som schackmönster och mättade kulörer som är nästan obefintliga i naturen. Dessutom är föremål ofta belysta av flera ljuskällor som ger kontraster och skuggbildning som inte heller existerar naturligt i naturen.

Seendets villkor har därmed kraftigt förändrats. Vad det betyder för den dagliga visuella tolkningen av vår artificiella omgivning skall inte underskattas. Det förhållandet att vi tycker oss se någonting, betyder inte säkert att vi verkligen gör det. Figur 7-12 ger en uppfattning om hur den visuella syninformationen kan tolkas eller miss-tolkas.



**FIGUR 9.** Är detta en spiral eller cirklar?



**FIGUR 10.** Är de horisontella linjerna inte parallella?

Ögats och hjärnans förmåga att skilja ut det väsentliga från syninformationen i vår omgivande miljö ställs ibland på alltför svåra prov i den artificiella miljön.

Genom att seendets koder under det senaste tiotalet år kunnat förstås i betydligt större utsträckning än tidigare har vi nu större möjligheter att arrangera den visuella miljön på ett sådant sätt att seendets villkor kan förbättras.

Dessa nya kunskaper betyder med största säkerhet att nu gällande normer och rekommendationer för belysning i vår miljö kommer att förändras drastiskt på många punkter.

Ljuskällors spektrum kommer troligen att betonas mera och få en

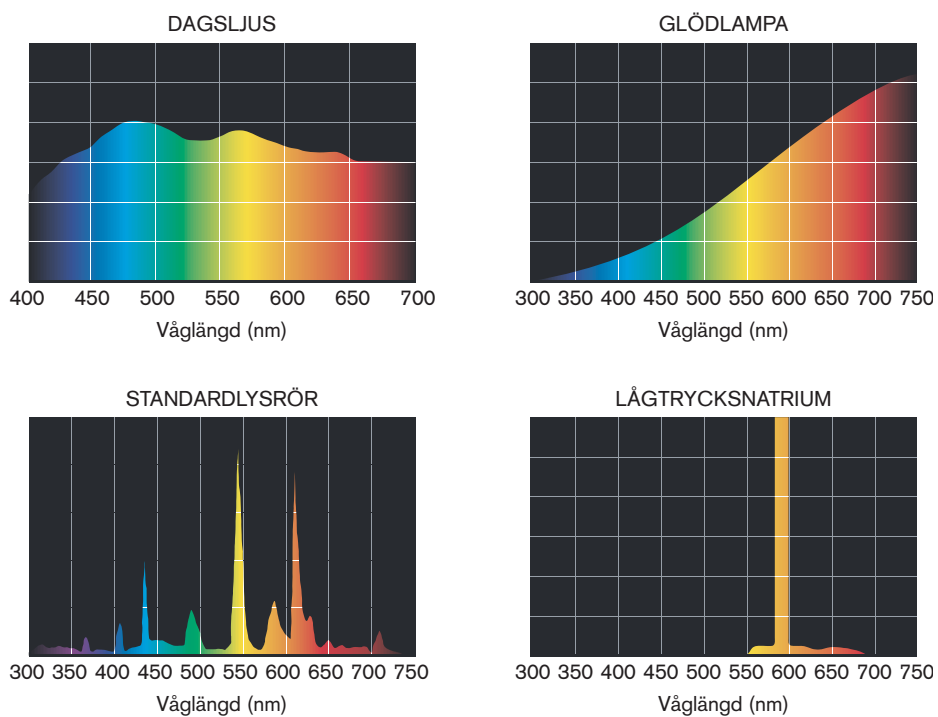


FIGUR 11.



FIGUR 12.

Titta 30 sek mitt på vänstra bilden, flytta blicken till högra bilden – vad händer med den svartvita bilden...



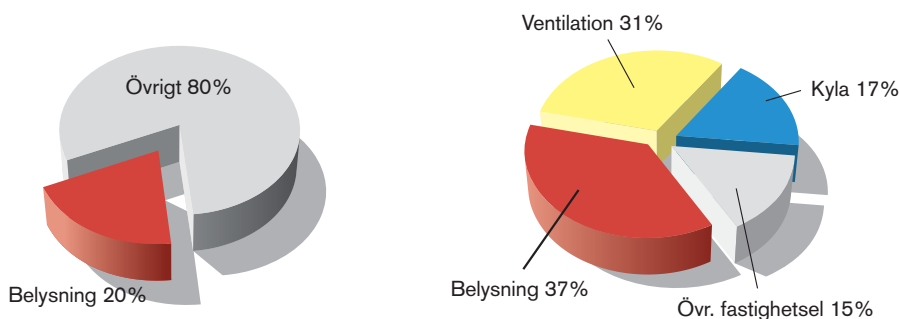
**FIGUR 13.** Olika ljuskällors färgspektrum varierar kraftigt. För de flesta synuppgifter är det en fördel att ljuskällans färgspektrum liknar dagsljuset så långt det går. Forskning visar att människors hälsa och organisationers prestationer ökar i en miljö med ljus av hög kvalitet. [U.S. Department of Energy. Vision 2020. Mars 2000.]

större betydelse för bedömningen av ljusets och belysningens kvaliteter – inte bara för den biologiska betydelsen utan också för synfunktionen. Likaså kommer kraven på bländfrihet och ljusfördelning i den sedda miljön att betonas starkare.

Detta för att eliminera olika efterbildseffekter och dels för att förbättra synskärpa och kontrastkänslighet. För äldre ögon är dessa krav av större betydelse för ett säkert seende än ökade belysningsstyrkor.

En helt annan faktor, som inte har med den visuella upplevelsen att göra, men ändå i högsta grad med människans överlevnad, är bruket av energi.

En stor del av människans användning av energi, betydligt större än vad de flesta tror, åtgår till att producera ljus.



**FIGUR 14.** Belysningens del av producerad elektricitet i ett globalt perspektiv. [Light's Labours lost, OECD/IEA, 2006]

**FIGUR 15.** Funktionsindeldad förbrukning av elektricitet i kontorsbyggnader i Sverige. [Stil 1/Energimyndigheten]

Några exempel; belysning förbrukar nästan 20% av den globala elproduktionen. Detta är mera än all utnyttjad elektrisk energi inom EU (se figur 14).

Belysningen producerar också värme. I nordliga länder kan detta i några fall bidra till uppvärmning, men i de flesta fall idag orsakar den värmemängd belysningen producerar ett kylbehov. Detta gör att belysningsbehovet indirekt påverkar byggnaders energianvändning även på andra teknikområden, t.ex. för kylning och ventilation (se figur 15).

Belysning är också en av de största orsakerna till produktionen av växthusgaser. Den ger exempelvis upphov till tre gånger mera växthusgaser än all flygtrafik. [OECD/IEA, Light's Labours lost, 2006]

En stor del av denna energi förbrukas av omoderna ljuskällor med låg effektivitet att omvandla elektrisk energi till ljusstrålning. Men

lika illa är att dessa energislukande ljuskällor inte heller ger ett fullgott ljusspektrum för seendet.

Detta betyder att när nya normer och rekommendationer utarbetas, kommer belysningens energiförbrukning att understrykas ännu starkare än idag. En av de faktorer som kommer att betonas är sannolikt större utnyttjande av dagsljus som ersättning för elektriskt ljus. Detta inte bara av hälsoskäl som tidigare nämnts, utan också av energiskäl.

Det diffusa dagsljuset ger mer än dubbelt så mycket ljus för varje watt värmebelastning som den mest effektiva elektriska ljuskällan ger i en byggnad. Ett ökat, men intelligentare och effektivare utnyttjande av dagsljuset än i dagens byggnader skulle också indirekt minska energibehovet för kyla och ventilation.

Dessa flerdubbla motiv för att öka tillgången på dagsljus i byggnader - hälsa och energi - ger ytterligare anledning till en förändring av byggnaders utformning. Det ger också motiv - inte bara för att utveckla nya energieffektiva ljuskällor utan också metoder för belysning som skall kunna tillgodose såväl människans krav på biologiskt och visuellt tillfredsställande miljöer som krav på lägre energianvändning än idag.

De tekniska lösningarna är kända och finns tillgängliga. De har till vissa delar provats med gott resultat.

Vad som återstår är att introducera och implementera dessa lösningar och nya produkter på alla fronter för att kunna åstadkomma den ideala inre miljön i framtidens byggnader.

### *Ögat och ljusets olika storheter.*

#### **Ögat**

Antal tappar	5 miljoner, används till färgseende
Antal stavar dessutom "tredje receptorn"	100 miljoner, används till mörkerseende som styr vår biologiska rytm
Antal nervbanor från näthinnan	1-2 miljoner
Typiska belysningsnivåer	Klart solsken 60 000-100 000 lux Molnig sommardag 20 000 lux Disig vinterdag 10 000 lux Molnig vinterdag 3 000 lux Kontor inomhus 300-500 lux Klart månsken 1,0 lux Stjärnljus utan måne 0,25 lux



Belysningsstyrka (lux = lumen per m <sup>2</sup> )	hur mycket ljus (ljusflöde) som faller in på en yta
Luminans (cd per m <sup>2</sup> = candela per m <sup>2</sup> )	visar hur mycket av ljuset från en ljuskälla eller belyst yta som når våra ögon
Ljusflöde (lm = lumen)	anger hur mycket ljus (energiflöde viktat med hänsyn till ögats känslighet) en ljuskälla avger
Ljusintensitet (cd = candela)	ljusflöde i en given riktning
Ljusutbyte (lm per W = lumen per Watt)	förhållandet mellan ljusflödet som ljuskällan avger och den elektriska effekten den tar
	Några exempel:
	Glödlampor                   ca 10 lm/W
	Halogenlampor           ca 20 lm/W
	Kompaktlysrör           50–70 lm/W
	Lysrör*                    95–100 lm/W
	LED, vitt ljus             70–80 lm/W (nov 2007)**

\* med elektroniska högfrekvens driftdon

\*\* LED i laboratorieförsök fn. 130 lm/W

För närvarande rekommenderas att installerad belysningseffekt inte bör överstiga 2 W/100 lux per m<sup>2</sup> golvareal.

Ex. För ett kontorsrum på 10 m<sup>2</sup> och med krav på 500 lux bör installerad belysningseffekt inte överstiga 100 W eller 10 W/m<sup>2</sup>.

Brainard, George (2003), New Science.

#### LITTERATUR

Hubel, David H. (1995), Eye, Brain and Vision, Scientific American Library, ISBN 978-0716760092.

Gregory, Richard L. (1997), Eye and Brain, Princeton University Press, ISBN 0-691-04837-1.

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) (2000), Lighting handbook, ISBN 978-0879951504.

Ljuskultur (2003), Ljus och rum, Ljuskultur, ISBN 91-631-4675-4.

OECD/IEA, Light's Labours lost (2006), OECD/IEA, ISBN 92-64-10951-X.

Park, David (1997), The fire within the eye, Princeton University Press, ISBN 0-691-0505-1.

Starby, Lars (2006), En bok om belysning, Ljuskultur, ISBN 91-631-3529-9.

Valberg, Arne (2003), Lys Syn Farge, Tapir Förlag, ISBN 82-519-1301-2.

---

**KOMMENTAR**

*Ökad produktivitet och minskad sjukfrånvaro är alla företagare vana att värdesätta, eftersom det betyder ökad lönsamhet. Då innemiljön har en väsentlig påverkan på människors produktivitet, effektivitet, trivsel och hälsa, ställer hyresgäster redan idag krav på inneklimat och innemiljö. De hyresvärdar som förstått och accepterat detta har enklare att hyra ut sina lokaler och kan få bättre betalt än de som inte förstått och accepterat sambandet.*





[www.afconsult.com](http://www.afconsult.com)