



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R14:1978**

# **Belysning i arbetsmiljö**

**Planeringsunderlag för  
brukare och projektörer**

**Christina Ädelqvist**

**Byggforskningen**

R14:1978

BELYSNING I ARBETSMILJÖ

Planeringsunderlag för brukare  
och projektörer

Christina Ädelqvist

Denna rapport hänför sig till forskninganslag 740577-5 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Avdelningen för formlära,  
KTH, Stockholm

Nyckelord:

projektering  
planeringsunderlag  
arbetsmiljö  
belysning  
brukarmedverkan  
medinflytande

UDK 628.9  
331.82

R14:1978

ISBN 91-540-2813-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978

## FÖRORD

Detta forskningsprojekt påbörjades hösten 1974. Arkitekt Olle Bäckström skrev det första programmet under ledning av professor Harriet Ryd och arkitekt SAR Anders Liljefors. Projektet har därefter genomförts av arkitekt SAR Christina Ädelqvist vid Avdelningen för Formlära, Arkitektursektionen, Tekniska högskolan i Stockholm.

Projektet har hittills resulterat i ett planeringsunderlag för brukare och projektörer som skall syssla med belysningsfrågor i samband med arbetsmiljöplanering. I en kommande etapp skall materialet prövas och utvärderas i praktisk projektering.

Samarbete har upprättats med andra forskare inom arbetsmiljöområdet, t.ex. arkitekt SAR Birgitta Lindahl (FÄRGPLANERING - strukturering av planeringsunderlag för arbets- och boendemiljö) och arkitekt SAR Bengt Nilsson-Etzler (Tidig projektering av industriell arbetsmiljö). Bengt Etzler har under våren 1977 också medverkat i projektet.

Illustrationerna är i huvudsak gjorda av arkitekt SAR Christer Ädelqvist. Utskriften har gjorts av sekr. Sigrid Nilsson.

Projektet har följts av en referensgrupp bestående av:

Prof. Harriet Ryd /KTH/A Avd. Formlära

Civ.ing. Gunnar Bergman /KFAI AB

Civ.ing. Rickard Johansson /Byggnadsstyrelsen

Ark. SAR Anders Liljefors /KTH/A Avd. Formlära

Civ.ing. Hans Allan Löfberg /Byggforskningsinstitutet

Civ.ing. Allan Ottosson /KTH/E Inst. för Elektrisk Anläggningsteknik

Prof. Olle Wåhlström /KTH/A Avd. Projekteringsmetodik

INLEDNING .....	7
Utgångspunkter .....	7
Planeringsförloppet och deltagarnas roller .....	11
Läsanvisning .....	13
1. LJUSETS DEL I OMGIVNINGSUPPLEVELSEN .....	19
1.1 Allmänt om upplevelsen av omgivningen med alla sinnen ....	19
1.2 Hur upplevelsen påverkas av ljuset .....	21
1.3 Hur kroppen påverkas av ljuset .....	23
1.4 Synsinnet - ljusstrålning .....	25
1.5 Individuella variationer .....	31
2. LJUSKVALITETER OCH HUR MAN UPPNÅR DEM .....	33
2.1 Allmänt om ljuskvaliteter .....	33
2.1.1 Luminansfördelning och medelluminans .....	35
2.1.2 Skuggbildning och formupplevelse .....	43
2.1.3 Kontrast .....	45
2.1.4 Bländning .....	47
2.1.5 Särskilda kvaliteter hos dagsljuset .....	49
2.1.6 Färg och färgåtergivning .....	51
2.1.7 Föränderbarhet och individanpassning .....	53
2.1.8 Störningsfrihet .....	55
2.2 Medel för ljuskvaliteter .....	57
2.2.1 Ljusriktning .....	59
2.2.2 Belysningsstyrka .....	61
2.2.3 Reflexionsegenskaper hos belysta ytor .....	63
2.2.4 Hårt eller mjukt ljus, riktad eller diffus belysning ....	65
2.2.5 Färgtemperatur (upplevd ljusfärg) .....	67
2.2.6 Färggivningsförmågan .....	69
2.3 Lösningar .....	71
2.3.1 Fönsterplacering och storlek .....	73
2.3.2 Systemalternativ och armaturplacering .....	77
2.3.3 Armaturutformning .....	83
2.3.4 Val av ljuskälla .....	86
2.3.5 Färg- och materialval .....	89
2.4 Bestämmelser .....	90
2.5 Beräkningsmetoder .....	92
2.5.1 Beräkning av belysningsstyrka .....	92

2.5.2	Beräkning av bländtal .....	94
2.5.3	Beräkning av dagsljusfaktorn .....	95
2.5.4	Beräkning av kontraster .....	96
2.5.5	Kostnadsberäkningar .....	97
2.6	Redovisningsmetoder .....	98
3.	BELYSNINGSPLANERING .....	99
3.1	Allmänt om byggprocessen .....	99
3.2	Utredning .....	103
3.2.1	Utredning: den enskilda arbetsplatsen .....	105
3.2.2	Utredning: rummet .....	106
3.2.3	Utredning: byggnaden .....	107
3.2.4	Utredning: tomten (och byggnadens placering på tomten) ..	108
3.3	Programmering .....	109
3.3.1	Programmering: den enskilda arbetsplatsen .....	110
3.3.2	Programmering: rummet .....	111
3.3.3	Programmering: byggnaden .....	112
3.3.4	Programmering: tomten (och byggnadens placering på tomten)	113
3.4	Projektering .....	114
3.4.1	Projektering: den enskilda arbetsplatsen .....	116
3.4.2	Projektering: rummet .....	117
3.4.3	Projektering: byggnaden .....	119
3.4.4	Projektering: tomten .....	120
3.5	Upphandling .....	121
3.6	Genomförande .....	122
3.7	Bruksskedet .....	123
	Litteraturlista .....	126
	Sammanfattning .....	130



*Skyddsombud och skyddskommitté bevakar normalt arbetsmiljöfrågorna inom ett företag.*



## INLEDNING

Utgångspunkter

De senaste åren har arbetsmiljöfrågorna uppmärksammats alltmera. Genom lagstiftning och avtal har vissa möjligheter öppnat sig för ett ökat inflytande för de anställda på planeringen av nya eller ändrade lokaler, anordningar, arbetsprocesser och arbetsmetoder.

De aktuella lagarna och avtalen är följande:

Arbeterskyddslagen	I dessa infördes ändringar 1974,
Arbeterskyddskungörelsen	som bl.a. fastställer
Byggnadsstadgan	- att skyddsombuden och skyddskommittéerna skall behandla frågor om "planering av nya eller ändrade lokaler, anordningar eller arbetsmetoder"
	- att skyddsombuden skall försöka få med sina arbetskamrater i skyddsarbetet
	- att yrkesinspektionen skall lämna utlåtande om byggnadsföretag, som gäller arbetslokal eller personalrum, till byggnadsnämnd innan byggnadslov ges. Av utlåtandet skall framgå att skyddsombud, skyddskommitté eller organisation som företräder arbetstarna fått tillfälle att yttra sig.
Arbetsmiljöavtalet SAF, LO, PTK	som slöts 1976. Här anges skyddskommittén som det centrala organet i arbetsmiljöfrågor. Skyddskommittén skall vara partssammansatt med majoritet för de anställda. Avtalet ger allmänna regler för arbetsmiljöverksamheten i företagen och riktlinjer för företagshälsovården.



*Det räcker inte med den formella rätten för de anställda att delta i planeringen. Man behöver ett planeringsunderlag som stöd för att kunna hävda sina krav och bevaka att de blir uppfyllda.*

Lagen om medbestämmande  
i arbetslivet

som trädde i kraft 1977. Lagen är en ramlag, som förutsätter kollektivavtal som detaljreglerar förhållandet mellan arbetsgivare och anställda.

I lagen föreskrivs att arbetsgivare har viss informationsplikt och skall förhandla med arbetstagarorganisation med vilken han har kollektivavtal, innan han beslutar om viktigare förändringar i arbets- och anställningsförhållanden.

Förslag till ny  
arbetsmiljölag

Denna lag förväntas träda i kraft 1 juli 1978 och skall ersätta arbetarskyddslagen och arbetarskyddskungörelsen.

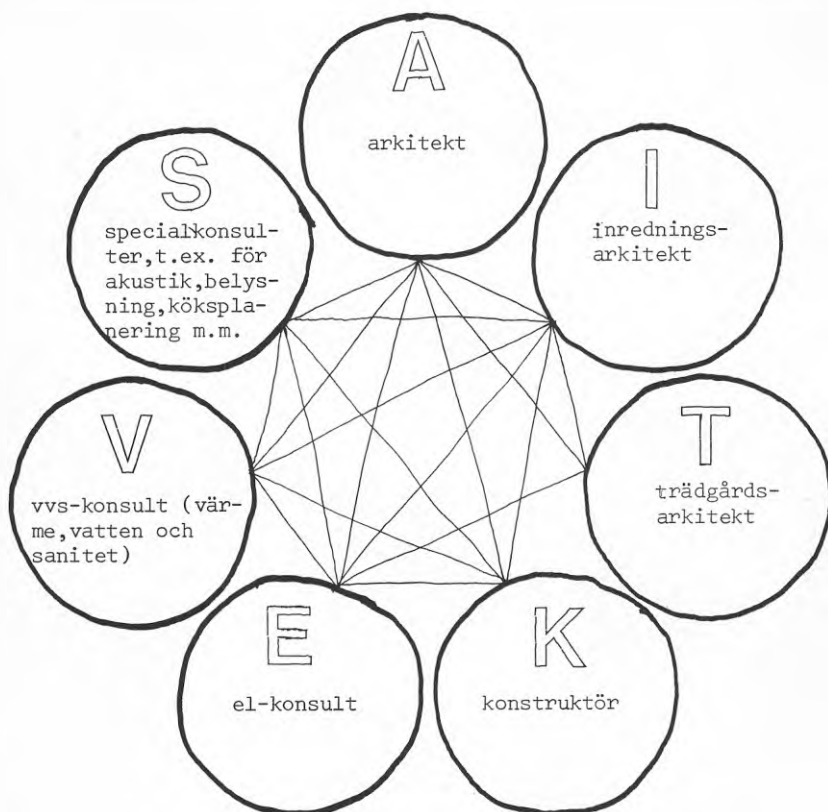
En viktig nyhet i denna lag är att arbetsmiljöbegreppet vidgas till att omfatta även den psykiska och sociala miljön.

Det slås fast att arbetsförhållandena skall anpassas till människans förutsättningar i både fysiskt och psykiskt avseende. Vikten av att varje arbete ordnas så att arbetstagaren själv kan påverka sin arbetsituation understryks.

Arbetarskyddsstyrelsen kommer att utarbeta föreskrifter, som kompletterar lagen beträffande t.ex. ljus, luft, buller, kemiska ämnen osv.

Formellt finns således rätten för de anställda att aktivt delta i arbetsmiljöplaneringen. Men för att detta brukarinflytande skall bli reellt krävs ett medvetande om vad som går att påverka och hur det kan gå till. Man kan kalla de hjälpmedel som behövs för PLANERINGSUNDERLAG.

Det material som här presenteras är avsett att vara ett PLANERINGSUNDERLAG FÖR PROJEKTÖRER OCH BRUKARE som skall delta i planeringen av arbetsmiljö och särskilt bevaka BELYSNINGSGRÄNORNA.



*Man brukar anlita olika slags projektörer för att utforma de nya lokalerna. Dessa måste samarbeta med varandra för att nå en god helhet.*

### Planeringsförloppet och deltagarnas roller

I den fortsatta framställningen beskrivs planeringen av nybyggnad eller andra förändringar i den fysiska miljön, dvs. lokalerna.

Skyddsombud och skyddskommittéer skall fortlöpande sköta bevakningen av arbetsmiljöfrågorna och ta initiativ till erforderliga förändringar. Under förutsättning att instruktioner och grundkunskaper finns och att det gäller lätthanterliga förändringar, kan dessa ofta skötas inom företaget.

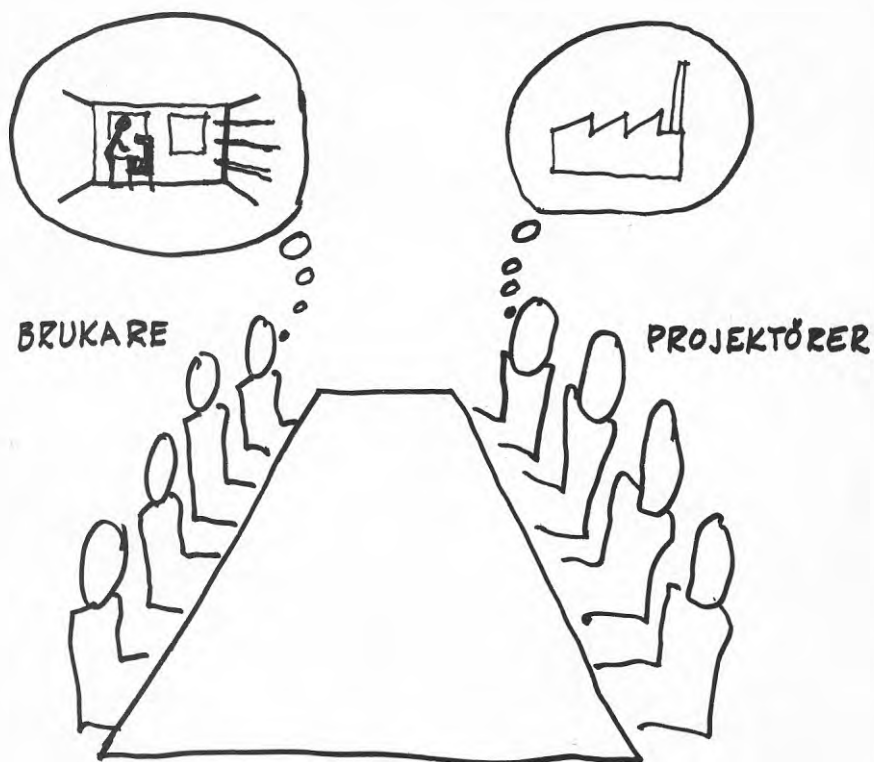
Vid mer omfattande förändringar, t.ex. ombyggnad eller nybyggnad, tillkallas konsulter, som är specialiserade på olika områden, t.ex. arkitekter, konstruktörer, el- och VVS-konsulter, belysningskonsulter. Dessa kallas med en gemensam beteckning projektörer (projektera = utarbeta förslag till hur miljön konkret skall utformas).

Projektörerna har tidigare inom arbetsmiljöområdet traditionellt haft företagsledningen eller ev. en fastighetsägare som hyr ut arbetslokaler som uppdragsgivare. Ett aktivt brukardeltagande förändrar planeringssituationen och ställer nya krav på projektörerna.

Brukarna, de anställda, tillför planeringen sina erfarenheter av verksamheten och den egna miljön. Projektörerna har olika slag av teknisk utbildning och tillför erfarenhet från tidigare byggnadsprojekt, som de arbetat med. Tillsammans bör de ha förutsättningar för att skapa en god arbetsmiljö.

Brukarens uppgift i planeringen blir att ställa krav på arbetsmiljön, argumentera för kraven och kontrollera att de blir uppfyllda samt bedöma värdet av alternativa lösningar. Han får härigenom med sig kunskaper och erfarenheter från planeringen som är till nytta i bruksskedet.

Projektörens uppgift blir att tolka och samordna brukarnas krav och de produktions- och verksamhetskrav som kommer fram, utveckla skisser och lösningar, presentera alternativa förslag på ett



*Brukarna, de anställda, tillför planeringen sina erfarenheter av verksamheten och den egna miljön. Projektörerna har olika slag av teknisk utbildning och tillför erfarenhet från tidigare byggnadsprojekt, som de arbetat med. Tillsammans bör de ha förutsättningar för att skapa en god arbetsmiljö.*

för alla begripligt sätt, ge råd under upphandlings- och byggskedena och vid inflyttningen och normalt även utarbeta instruktioner för drift, skötsel och framtida förändringar av miljön.

Skyddsombud och skyddskommitté följer upp planeringen i sitt fortsatta arbete med arbetsmiljöfrågorna i byggnaden i drift.

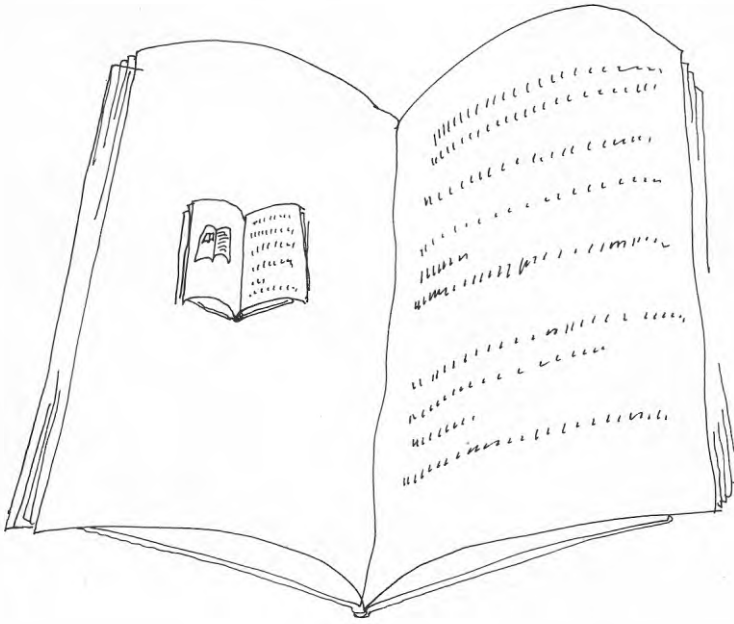
Det är viktigt att både brukare och projektörer får vara med i de tidiga planeringsskedena för att kunna påverka de beslut som fattas och som blir styrande för den fortsatta planeringen. Företagsledningen ställer t.ex. ofta upp gränser för vad förändringen får kosta och när den skall vara genomförd på ett ganska tidigt stadium. Organisatoriska förändringar, produktionens uppläggning, lokaliseringsfrågan, valet av konsulter är andra tidiga beslut av styrande karaktär.

Den fysiska miljön är komplex och svår att överblicka. De anställdas insatser i planeringen kan delas upp antingen efter olika typer av arbetsplatser, t.ex. kontorsarbetsplats, avsyningsarbetsplats och deras särskilda problem eller så att olika aspekter i miljön, t.ex. belysning, färg, buller, ventilationsfrågor studeras noggrannare och bevakas i planeringen.

En uppdelning fordrar dock alltid att det också finns en samlande grupp som ser till helheten - de olika arbetsgrupperna får inte motarbeta varandra, de måste få en chans att relatera sitt arbete till varandra och till helheten.

#### Läsanvisning

Föreliggande PLANERINGSUNDERLAG riktar sig till såväl projektörer som brukare. Projektören av belysning kan vara arkitekt eller el-ingenjör - ofta står arkitekten huvudsakligen för dagsljusbehandlingen och el-ingenjören för behandlingen av det artificiella ljuset. Även inredningsarkitekter eller särskilda belysn.konsulter kan



*Vänstersidorna avser att ge en förenklad allmän orientering och bildexempel*



delta i belyningsplaneringen. Bakgrundskunskaperna om belysning varierar mycket för dessa yrkesgrupper och inom respektive grupp. Erfarenheter av ett aktivt brukarsamarbete varierar naturligtvis också, och nya planeringsrutiner kan behöva utvecklas.

Planeringsunderlaget måste därför hållas på en ganska grundläggande nivå.

De brukare som aktivt deltar i belyningsplaneringen behöver kunskapsmaterial inriktat på planeringsförloppet och på brukarnas insatser i dess olika skeden. Övriga brukare som behöver orientera sig för att delta i diskussioner av aktuella frågor rekommenderas att läsa vänstersidorna, som huvudsakligen består av bilder och korta sammandrag från högersidorna.

Uppläggningsen av skriften har följande huvuddrag:

Kap. 1 ger en orientering om ljusets betydelse för upplevelsen av miljön och är avsett att väcka förståelse för att det är viktigt att behandla belysningen med omsorg.

Avsnittet om hur ögat reagerar på ljus ger en bakgrund till varför man rekommenderar vissa ljusförhållanden på arbetsplatserna.

Kap. 2 beskriver hur man kan särskilja de funktionella krav som skall tillgodoses med ljusets hjälp. Därefter följer ett avsnitt där medlen för att uppnå kraven analyseras.

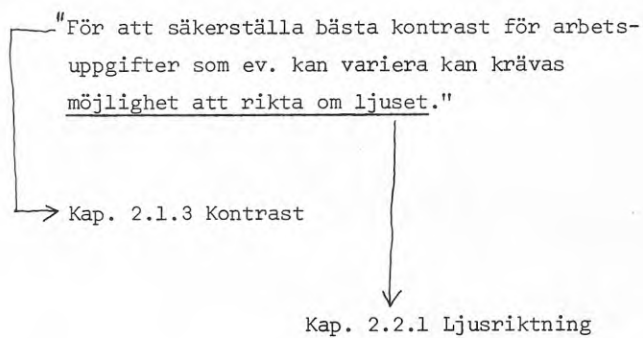
Sedan kommer en orientering om de tekniska lösningar för belysningen som kan bli aktuella.

Sist i kapitlet kommer ett avsnitt om bestämmelser och om beräknings- och redovisningsmetoder.

Kap. 2 bör läsas innan man går in i den konkreta planeringssituationen. Senare kan det fungera som ett slags uppslagsbok att gå tillbaka till när det är något man glömt eller inte förstår.

Ex

Kap. 3.3.1 Programmering: den enskilda arbetsplatsen



*Från checklistorna i kap. 3 kan man gå tillbaka och hitta förklaringar i kap. 2.*

Kap. 3 handlar om den egentliga belysningsplaneringen. Efter en inledande orientering om byggprocessen följer avsnitt om de olika skedena i processen.

I dessa avsnitt presenteras checklistor över vad som bör bevakas på belysningsidan och i viss mån hur frågorna relaterar sig till andra faktorer.

Checklistor av detta slag kan aldrig göra anspråk på att vara fullständiga eller heltäckande för alla situationer, men de kan vara en bra utgångspunkt och ge inspiration till andra frågor som bör tas upp.

Litteraturlistan är avsedd att ge ledning för den som vill fördjupa sig i någon aspekt av belysningsplaneringen.



*Människan upplever miljön som en helhet - ljuset och dess inverkan måste ses som en del av helheten.*

## 1. LJUSETS DEL I OMGIVNINGSUPPLEVELSEN

### 1.1 Allmänt om upplevelsen av omgivningen med alla sinnen

Upplevelsen av vår omvärld får vi genom sinnesintryck. Syn, hörsel, lukt, smak och känsel ger tillsammans information, som sedan bearbetas i hjärnan och tolkas utifrån den enskilda människans förutsättningar.

I dessa förutsättningar ingår den kultur och det sociala mönster man lever i, värderingar och föreställningar om omvärlden, tidigare erfarenhet och kunskap och, inte minst fantasin. Upplevelsen av en situation eller en miljö kan ofta uttryckas som känslor, t.ex. värme eller kyla, trygghet eller otrygghet, glädje eller besvikelse, gemenskap eller ensamhet.

Man kan således inte särskilja upplevelsen av omgivningen eller delaspekter i miljön från totalsituationen.

Studier av ljuset och dess inverkan på människan måste ses mot bakgrund av detta. Ljuset är bara en del i den totala miljön som omger oss och bara en av faktorerna som påverkar oss. Bedömning av ljuset måste därför alltid ske med hänsyn till ljusets samverkan med den totala miljön.



*Känslomässigt bildas ett rum i rummet av ljuset*

## 1.2 Hur upplevelsen påverkas av ljuset

För att man skall tycka att omgivningen är trivsamt och stimulerande krävs, att det man ser kan väcka intresse och skapa trygghet. Man kan lätt visa hur ljuset (i kombination med andra faktorer) kan påverka rumsintrycket. Ta t.ex. ett rum med helt jämn belysning - man får inte hjälp av skuggor och dagrar att se former - rummet upplevs som ganska tråkigt.

Ett rum däremot där ljuset är väl avvägt så att det som skall framhållas är belyst och mindre intressanta områden litet mörkare, känns mycket trevligare.

Ljuset har betydelse som stämningsskapande element. Tänk bara på ljus- och skuggspelet från en öppen låga i form av en brasa eller ett stearinljus i ett i övrigt mörkt rum.

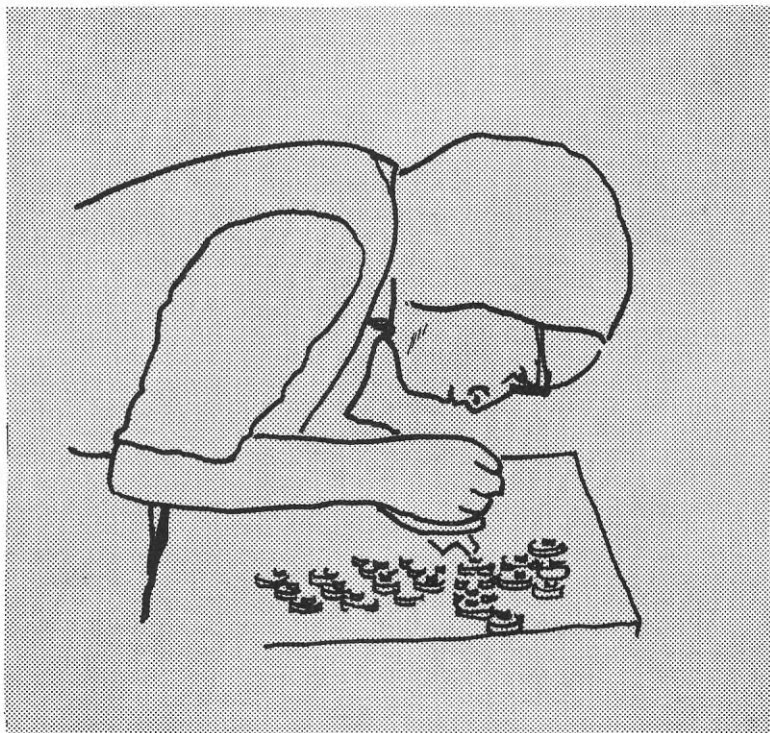
Varmt eller kallt ljus, svagt eller starkt, konstant eller varierat, delar av rum eller hela rummen belysta - allt i samverkan med färg, form, material, ljud osv. ger helt olika stämningar.

Färg och ljus har ett nära samband när det gäller synupplevelsen av vår omgivning.

Ljuset är en förutsättning för att vi alls skall se något, färgen berikar det vi ser. En bild i svartvitt säger inte lika mycket som samma bild i färg. Två färger kan ha samma ljushet, dvs. få samma gråton i den svartvita bilden, men ändå ge en tydlig färgkontrast i färgbilden.

Färger kan upplevas olika när ljuset förändras. I skymningen framträder t.ex. blått och grönt klarare medan gult, orange och rött verkar mörkare.

Det kan vara inbjudande att slå sig ner och läsa i en skön fåtölj med en tänd bords- eller golvlampa intill. Här har vi ett exempel på ljusets rumsbildande förmåga. Man upplever känslomässigt ett rum skapat av ljuset. Sådana rumsupplevelser kan ha stor betydelse för känslan av trygghet.



*Otillfredsställande belysningsförhållanden - när man skall se små detaljer - kan ge upphov till dålig arbetsställning. Flickan på bilden får snart ont i ryggen.*



### 1.3 Hur kroppen påverkas av ljuset

För människan är synen normalt den viktigaste informationskällan. Olyckor kan undvikas om man ser faran, man behöver se för att skaffa sig föda osv.

Både hos människor och djur dras blicken instinktivt till den ljusaste ytan i synfältet. Detta fenomen återkommer som en viktig faktor vid belysningsplaneringen. Ett plötsligt uppträdande ljus gör att vi vänder oss (reflexmässigt) mot det. Ibland är detta "rätt" reaktion, men det kan också leda till att vi inte uppmärksammar en fara från något annat håll.

Från det vi föds lever vi med dygnets växlingar, vi inlemmas i en 24-timmars rytm för ätande, sovande och aktivitet. Ljuset har betydelse för denna rytm, t.ex. påverkas vissa körtelfunktioner av ljuset. Normalt är man vaken, aktiv under dygnets ljusa timmar.

Sinna behöver stimulans för att aktiveras; för seendet är ljuset och ljusväxlingar den stimulans som krävs. I mörker blir vi passiva och trötta.

Intensivt ljus när kroppen har behov av vila och sömn upplevs störande, ja t.o.m. plågsamt. Vissa människor är mer känsliga och måste ha mörka gardiner fördragna under sommaren för att inte väckas vid soluppgången.

Otillfredsställande synförhållanden i kombination med spänd uppmärksamhet eller stark växling av synintryck ger en ansträngning som kan ge upphov till rent fysiska besvär: trötthet, huvudvärk, svindel. Kunskapen inom detta område är dock knapphändig.

Ljuset har också betydelse för hälsotillståndet. Dess strålningsammansättning och mängden vi utsätts för påverkar t.ex. blodet - det är ett av skälen till att många får blodbrist under den solfattiga vintern.



*Onaturligt ljus gör att man inte känner igen ett ansikte t.ex.*

#### 1.4 Synsinnet - ljusstrålning

Ljuset är en förutsättning för att vi skall kunna se vår omvärld. Ljusstrålningen i sig ser vi inte. När den träffar näthinnan ser vi föremålet som sänt ut eller reflekterat strålningen.

Med synen upplever vi omgivningen som ytor med olika färgtoner och av olika ljushet. Hjärnan tolkar det vi ser och säger oss vilka föremålen är och på vilket avstånd de befinner sig i förhållande till varandra och till oss. Vi kan med hjälp av skuggor och dagrar bedöma former och volymer. Ytstruktur och färg ger oss en uppfattning om material.

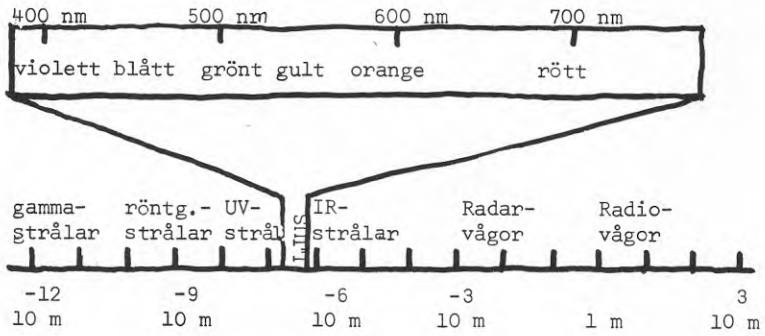
Om man iakttar små barn finner man, att de använder händer och mun i hög utsträckning för att lära känna sin omvärld. Känslern kombineras med synintrycken, så att man så småningom av erfarenhet vet hur saker känns bara genom att se på dem (ex. vassa eller mjuka material, hårda eller mjuka föremål), likaså lär man sig att avläsa former och avstånd.

Först efter sådana erfarenheter känner vi igen och kan tolka vår omgivning genom att se på den. För att tolkningen skall bli riktig måste omgivningen presenteras på ett bekant sätt.

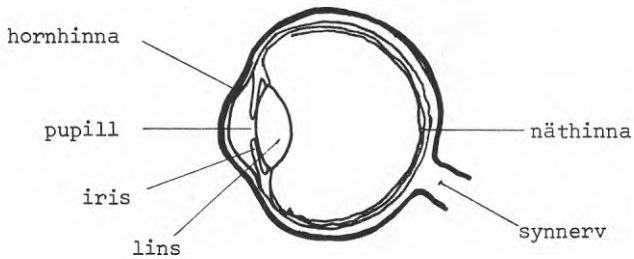
Vi är t.ex. vana vid att ljuset kommer snett uppifrån. Det ger föremålen, t.ex. ett ansikte, ett naturligt utseende. Samma ansikte belyst underifrån känner man inte så lätt igen - det ser spöklikt och främmande ut.

Genom att variera färgen på ljuset kan man också försvåra tolkningen av omgivningen. Tänk t.ex. på vägbelysning med gula natriumlampor - det är i den belysningen omöjligt att säga vilka färger bilarna skulle ha i naturligt ljus.

Det naturliga ljuset är dagsljuset. Människans synsinne har utvecklats för att fungera i detta ljus.



*Det elektromagnetiska spektret*



*Schematisk bild av öga*

Fysikaliskt sett kan ljus sägas vara elektromagnetisk strålning inom ett visst våglängdsområde (spektrum). Det synliga spektret gränsar åt ena hållet mot den ultravioletta strålningen och åt andra hållet mot den infraröda strålningen.

Spektrrets olika våglängder ger upplevelsen av regnbågens välkända färger. Solljuset bryts i vattendropparna på gränsen till regnområdet, och det till synes ofärgade (vita) ljuset delas upp i rött, orange, gult, grönt, blått och violett ljus.

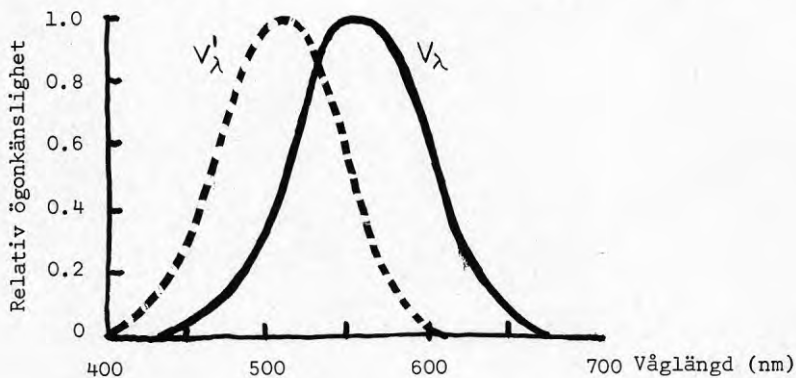
Synsinnet.

De ljusstrålar som träffar ögat bryts optiskt så att de ger en bild på näthinnan. Därifrån går nervimpulser till hjärnan där synbilden tolkas. Uppfattningen av det vi ser är som tidigare nämnts inte medfödd utan utvecklas under de första levnadsåren.

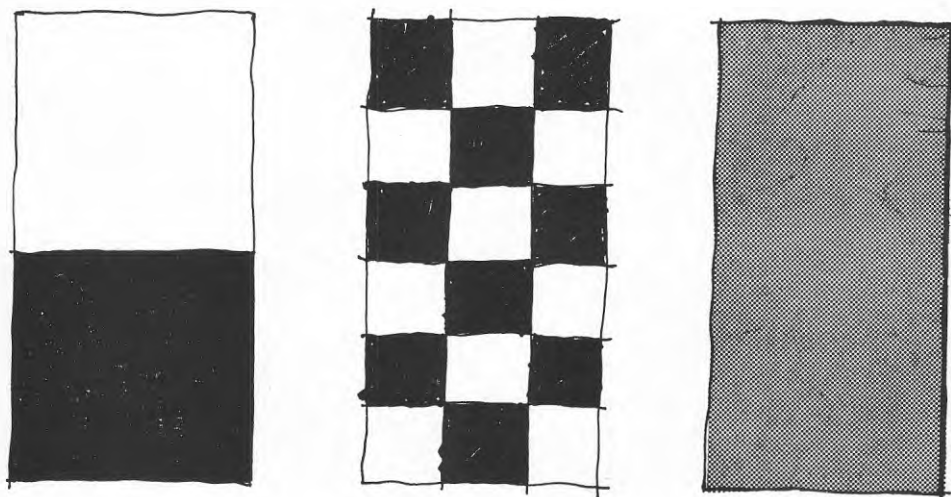
Det finns två slag av ljuskänsliga receptorer i näthinnan: tappar, huvudsakligen för dagseende och stavar, huvudsakligen för nattseende. Stavarna är de mest ljuskänsliga, men har i gengäld ingen förmåga att registrera färger. Färgseendet uppkommer genom att tapparna reagerar på skilda sätt för strålning av olika våglängd varvid vi upplever olika färgintryck.

Tapparna i ögat har olika hög mottaglighet för strålning av olika våglängd. Det dagseende ögat är mest känsligt för strålning av våglängden 555 nm, dvs. gult ljus.

När endast stavarna är i funktion, dvs. vid mörkerseende, är känslighetskurvan en annan, med högsta känsligheten mer åt det gröna hållet i spektrum.



Ögats känslighet som funktion av våglängden  $V_\lambda =$  dagseende,  $V'_\lambda =$  nattseende



*Ögonen anpassar sin ljuskänslighet (adapterar) till medelvärdet av alla ljusa och mörka ytor i synfältet (medelluminans). Dessa tre ytor har alla samma medelluminans.*

Mätinstrument för ljus anpassas efter dagseendekurvan

Ögat är mycket ljuskänsligt och kan uppfatta helt olika ljusheter (luminanser), från skuggor i månsken till ljusheten hos snö i fullt solsken. Men ögat kan inte uppfatta detta omfång på en gång utan ställer in sig (adapterar) för medelljusheten i den rådande situationen. Alltför ljusa ytor i förhållande till vad ögat är inställt för upplevs som bländande. Detaljer kan inte urskiljas i ytor eller områden som är mycket mörkare än vad ögat är adapterat för.

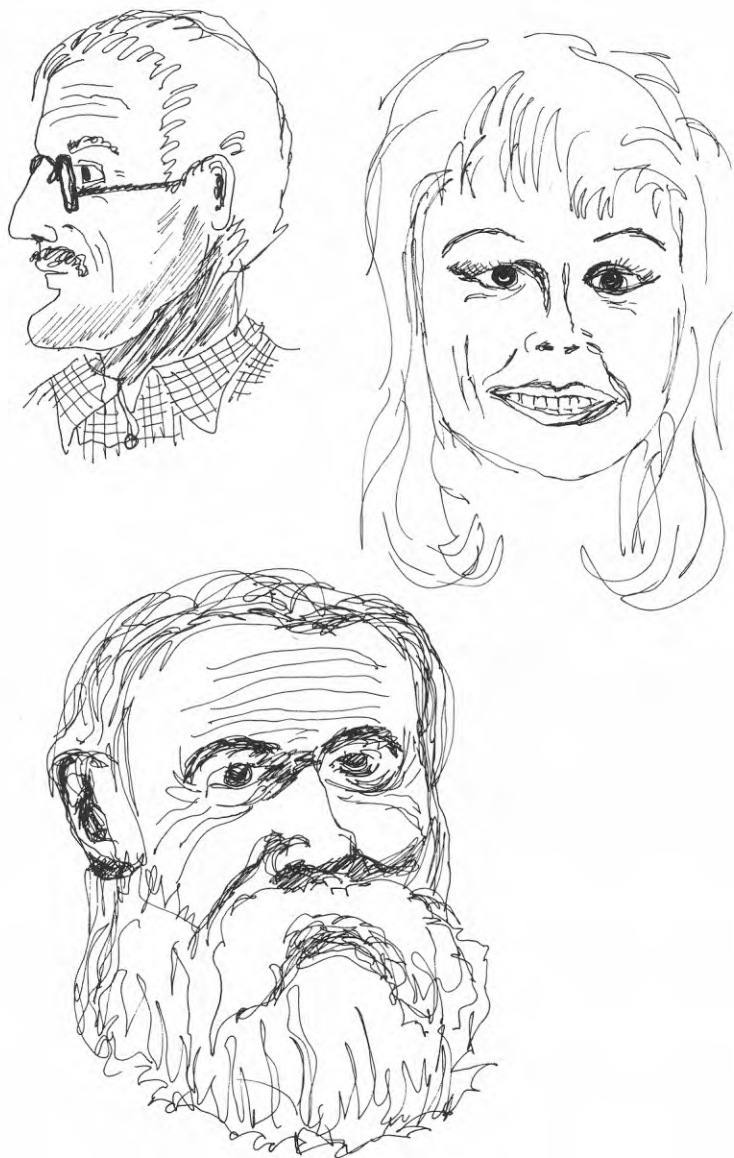
Adaptationen kan sägas vara en skyddsmekanism hos ögat. Näthinans ljuskänslighet anpassas till den rådande ljussituationen i synfältet. För att ögat skall arbeta väl, t.ex. se detaljer bra i ett arbetsobjekt, är det viktigt att inte övriga ytor i synfältet är för ljusa. Arbetsytan bör därför om möjligt vara den ljusaste ytan i synfältet.

En luminans som uppfattas som mörk skugga i dagsljus upplevs som en mycket ljus yta för ett mänskensadapterat öga.

Vid en växling i omgivningens ljushet adapterar ögat om. Första steget i adaptationsprocessen går ganska snabbt, men en fullständig ljusadaptation tar lång tid. Vid växling från ljus till mörker tar det upp till 30 min beroende på utgångsläget och hur stor skillnaden är.

Ögat kan också ställa in synskärpan för seende på olika avstånd (kallas ackommodation). Man känner tydligt att det är en muskelrörelse om man flyttar blicken några gånger mellan ett föremål på nära håll och ett på långt håll.

Ögat mår väl av en viss omväxling, men att oavbrutet tvinga det till ackommodation och omadaptation kan ge trötthet och andra fysiska obehag.



*Man bör så långt som möjligt placera för den enskilda människans krav och behov - dessa kan variera mycket när det gäller belysningen.*



### 1.5 Individuella variationer

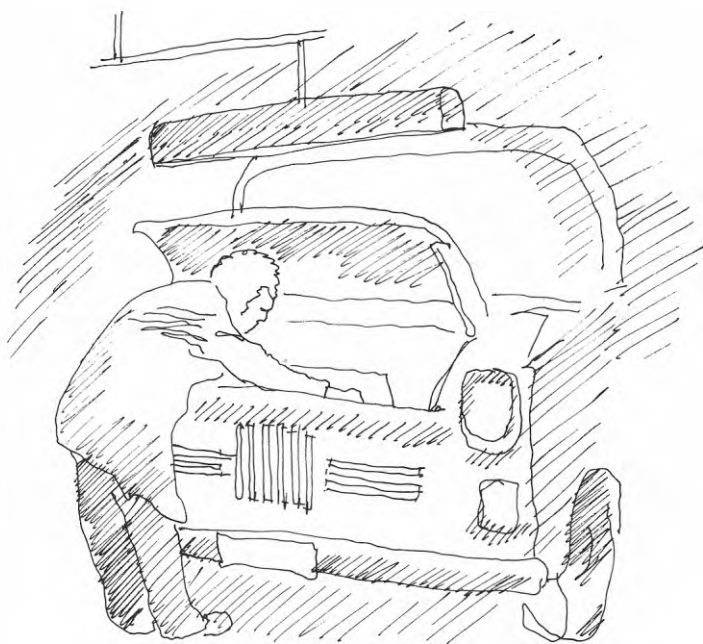
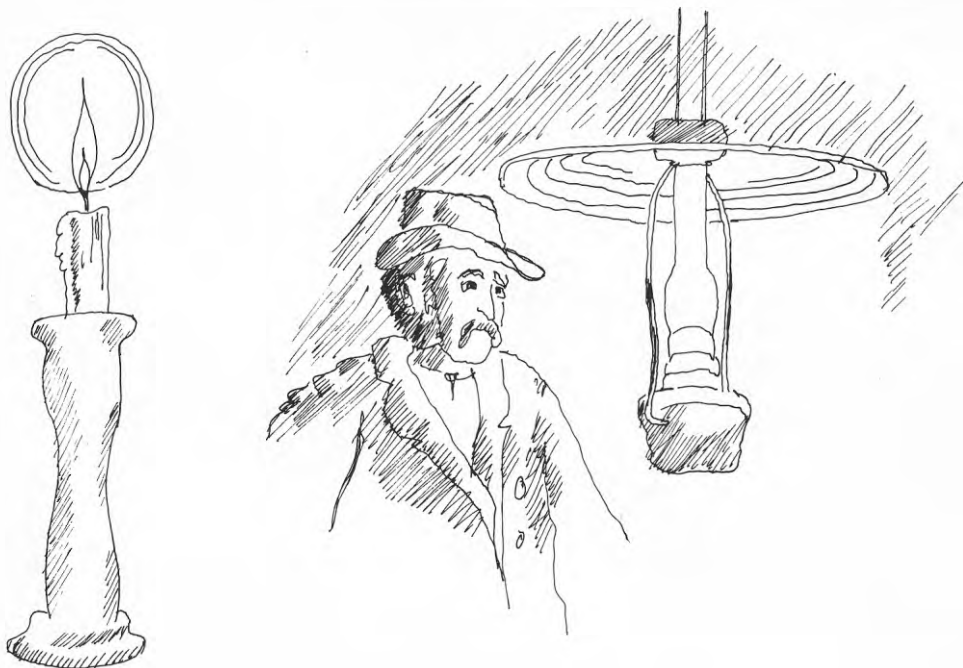
Hos äldre människor uppträder förändringar i ögat, linsen blir stelare, dvs. det blir svårare att ändra avståndsställningen. Linsen och ögats inre, den s.k. glaskroppen, blir också mindre genomskinliga och ljuset sprids på ett sådant sätt att man dels behöver starkare ljus för att se bra men också bländas lättare av s.k. ströljus.<sup>x)</sup>

Synfel kan också föranleda speciella krav på belysningen. I första hand bör naturligtvis synfel korrigeras med glasögon och andra optiska hjälpmedel.

Vi har således ögon som fungerar olika väl. Vi har också olika behov av ljus, liksom olika värderingar av hur vi vill ha ljuset. En belysning som vissa trivs med kan andra finna olämplig. Det finns därför ingen genomsnittsmänniska att utgå ifrån vid belysningsplaneringen. Den bör istället så långt det är möjligt tillgodose individuella variationer i fråga om hur man ser och reagerar, vanor, traditioner osv.

---

x) ströljus kallas det ljus som sprids okontrollerat i ögat p.g.a. grumlingen i ögats optik.



*Olika slags ljus har olika kvalitet*

## 2. LJUSKVALITETER OCH HUR MAN UPPNÅR DEM

### 2.1 Allmänt om ljuskvaliteter

En medveten behandling av ljuset är en av förutsättningarna för att man skall uppfylla de kvalitetskrav man kan ställa på en god arbetsmiljö.

Man behöver därför analysera ljusets egenskaper, ljuskvaliteterna och veta hur de kan medverka till de mål man vill uppnå, t.ex. säkerhet, störningsfrihet, rumskaraktär, synprestation, individuell anpassbarhet.

Luminans = ljushet



*Betraktaren kan inte urskilja ansiktsuttrycken hos de båda figurena. Hans ögon är påverkade av den ljusa himlens höga luminans, och han ser inga detaljer i ansiktena, för deras luminanser är så mycket lägre.*

### 2.1.1 Luminansfördelning och medelluminans

En av de viktigaste ljuskvaliteterna är luminansfördelningen.

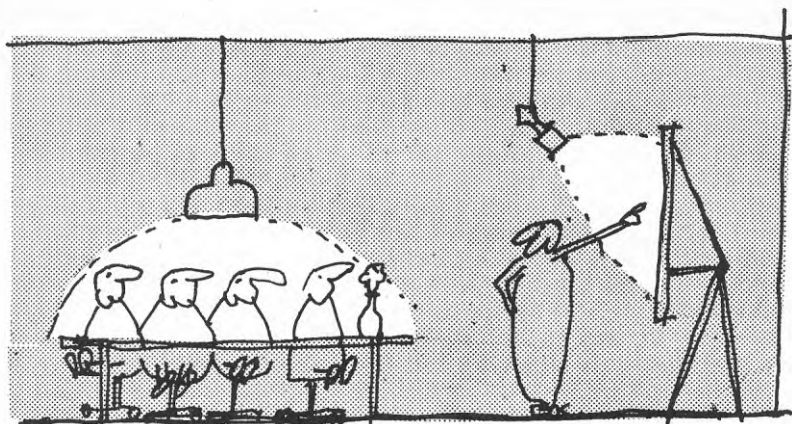
Det har tidigare påpekats att det vi ser, synfältet, är sammansatt av ytor med olika färg och olika ljushet eller luminans. Medelluminansen är medelvärde av de luminanser man ser inom synfältet, och det är till detta värde ögonen adapterar. Ögonens adaptationstillstånd bestämmer gränserna för den luminansfördelning inom vilken vi ser bra. För höga luminanser i förhållande till adaptationstillståndet är bländande, för låga luminanser gör att vi inte kan urskilja detaljer.

Luminansen hos varje yta i synfältet har betydelse för medelluminansen. Ögat omadapterar när ytor med annan luminans kommer in i synfältet, t.ex. när blicken flyttas, en lampa tänds etc.

Många har nog upplevt följande situation när man sitter och läser. Tankarna har börjat vandra och även blicken, och man kommer plötsligt på att man sitter och tittar ut genom fönstret mot himlen. Man samlar sig och tittar ner i boken igen men ser först inte texten. Efter en liten stund framträder den på nytt klart. Vad har hänt? Jo, ögonen hade adapterat till den betydligt högre himmelsluminansen. Bokens luminans är för låg i förhållande till ögonens adaptationsnivå, man ser inte detaljerna (texten) förrän ögonen haft tid att adaptera om. Dessutom måste ögonen ackommodera (ändra sin avståndsställning) från det viloläge, som fjärrseendet mot himlen innebär, till rätt avståndsställning för att se texten i boken.

Storleken på den minsta detalj, som man måste kunna urskilja vid olika synuppgifter varierar starkt. Vi vet av erfarenhet att om man vistas en stund i ett mörkt rum (så att ögonen hinner adaptera), kan man för det mesta hjälpligt urskilja möblerna, så att man inte går på dem. Däremot går det ganska dåligt att läsa en

Tänder man en lampa vid boken o.låter ögonen adaptera om, kan man se texten tydligt. Men samtidigt ser man inte längre några detaljer i de mörkare delarna av rummet. Det har gjorts försök som



Ljuset bör normalt inte vara helt jämnt fördelat i rummet. Man kan rikta uppmärksamheten på viktiga delar med hjälp av ljuset, och man uppnår samtidigt en stimulerande variation för ögonen.

bekräftar att ju större krav på detaljseende man har desto högre luminanser behövs, varav följer att man behöver mera ljus.

Man ser snabbare, säkrare och lättare och får i allmänhet bättre kontraster ju högre belysningsstyrka (och därmed högre luminanser) man har upp till ett för den aktuella synuppgiften "bästa" värde. Men man får inte glömma att ett och samma uppmätta luminansvärde i olika sammanhang upplevs olika beroende på ögats adaptationstillstånd. Vid redovisning av synobjektets luminans bör därför alltid också motsvarande medelluminans anges.

Luminansen hos en yta beror av ytans ljusreflekterande egenskaper och ljusets riktning och betraktelseriktningen samt av mängden ljus som träffar ytan (belysningsstyrkan).

Vi har behov av en viss variation i vår synmiljö för att stimuleras och trivas. Jämför upplevelsen av en solig dag, när skuggor och dagrar ger form och djupverkan och klara färger, med en jämmulen dag då allt verkar lika platt och grått och trist.

Variation kan åstadkommas med luminansfördelning, färger, mönster m.m.

Begränsningen av luminansfördelningen bestäms av säkerheten och arbetets art.

Bl.a. säkerhetskrav och arbetets art ger utgångspunkt för vilka luminansvariationer som är lämpliga, vilken luminansfördelning som bör eftersträvas.

Om arbetsuppgifterna kräver koncentration på vissa områden eller ytor bör dessa göras ljusare än omgivningen för övrigt. Blicken och därmed uppmärksamheten dras mot de ytor som upplevs ljusare. Detta fenomen gör också att andra ljusa ytor i synfältet kan verka störande och distraherande, t.ex. en reflex i ett blankt material (en bordsskiva eller en maskindel).



Arbetsuppgiften bör vara ljusast eftersom uppmärksamheten dras mot den ljusaste ytan. Ytan närmast bör vara något mörkare och synfältets yttre delar mörkast. (Man brukar rekommendera luminansförhållandena 5:3:1 för synuppgift, närmaste omgivning och yttre synfält.)



För en fast arbetsplats gäller att bra luminansförhållanden mellan synuppgiften, dess närmaste omgivning och den yttre delen av synfältet är 5:3:1. Om synuppgiften är ljus brukar detta gå lätt att uppnå. När synuppgiften däremot är mörkare än omgivningen går det inte att uppnå dessa ideala förhållanden. Synuppgiftens luminans bör dock aldrig få vara lägre än synfältets medelluminans.

Vid rörliga arbeten kan lämpliga luminansförhållanden vara svåra att uppnå. Fortfarande gäller att de ytor uppmärksamheten bör fästas på skall vara ljusast. Men när blicken flyttas får luminansskillnaderna inte vara för stora. Adaptationen tar viss tid, och under den tiden är synförmågan nedsatt. Stora problem kan uppstå om man skall förflytta sig från ljusa rum till mörka (t. ex. från ett ljust restaurangkök till en mörk "mysig" restauranglokal). Man måste då försöka åstadkomma en successiv övergång. Man rekommenderar att förhållandet mellan medelluminanserna i två intilliggande lokaler inte bör överstiga 5:1. Samma högsta luminansförhållande gäller mellan närliggande större ytor i synfältet.

Ljusa armaturer mot ett mörkt tak, eller fönster som sitter i en mörk vägg, och genom vilka man ser himlen, ger lätt upphov till bländning. För att motverka problemet kan man måla taket resp. väggen ljusa och ev. också rikta ljus direkt mot ytorna. Om möjligt bör luminansförhållandena mellan lysande yta och bakgrund vara högst 20:1. Genom att öka luminansen i hela rummet kan man också minska bländningseffekten (ögat adapterar till en högre nivå). Det bästa är vanligen att skärma av armatur resp. fönster på lämpligt sätt.

Ett rum upplevs ljusare om väggytorna är belysta. Det är en av de kvaliteter, som följer av att ett rum har fönster. Dagsljuset faller normalt in tämligen horisontellt och når att belysa vertikala ytor långt in i rummet. Dagsljusets variation under dygnet och året är också något som ofta upplevs positivt.

Utöver de luminansförhållanden som här har nämnts måste man för synprestationen och synkomforten också ta hänsyn till sådana faktorer som kontrast, skuggbildning och modellering och



*Ljusa och skuggade delar av ett föremåls (eller rums) ytor samt skuggor som kastas av ett föremål låter oss uppleva tredimensionella former i stället för bara ytor. Åter är det fråga om att se luminansvariationer.*

bländning. Dessa begrepp är alla knutna till luminansfördelningen.

Med ljushetskontrast menas den relativa luminansskillnaden mellan olika delar av det föremål vi betraktar eller mellan föremålet och bakgrunden. Utöver ljushetskontrast finns också färgkontrast.

Ljusa och skuggade delar av ett föremåls (eller rums) ytor samt skuggor som kastas av ett föremål låter oss uppleva tredimensionella former i stället för bara ytor. Åter är det fråga om att se luminansvariationer.

Bländning orsakas av att ögonen utsätts för en avsevärt högre luminans än vad de är adapterade för.



*När skuggan ligger "i vägen" bör lampan (ljuset) riktas om*

### 2.1.2 Skuggbildning och formupplevelse

Skuggor och dagrar är till hjälp för oss vid avståndsbedömning och kan därför ha betydelse för säkerheten i många fall.

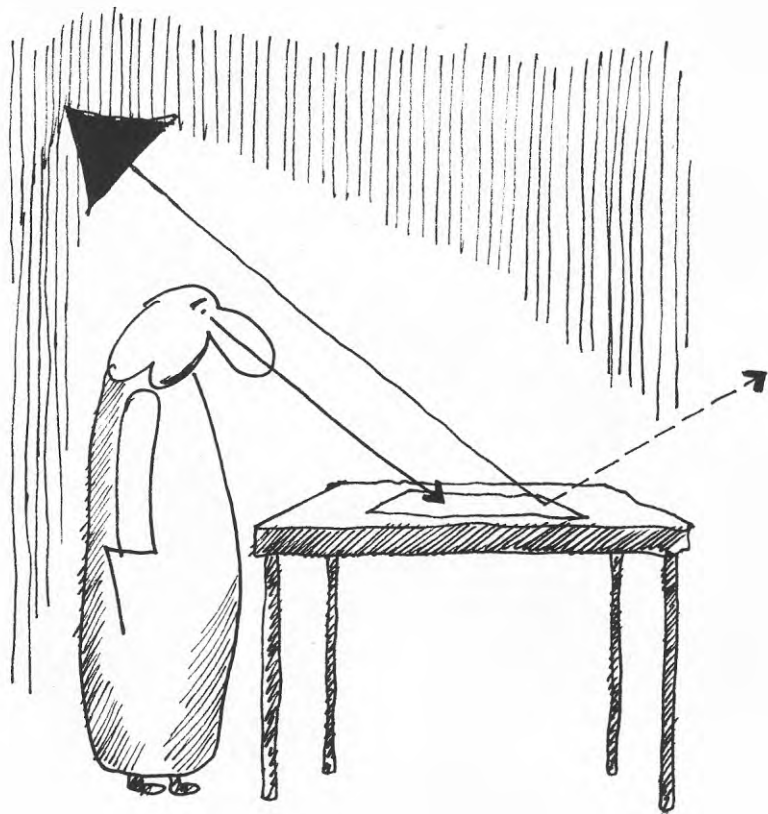
Det ljus som vi betraktar som det naturliga är dagsljuset och för att vi skall uppfatta de föremål vi ser "naturligt" bör man försöka efterlikna dagsljuset vad gäller riktning och mjukhet (diffust ljus).

Dagsljuset i ett rum kommer normalt in snett ovanifrån. Mer ljus från ett håll är viktigt för formupplevelsen.

I äldre byggnader är ofta dagsljusbehandlingen omsorgsfullt gjord just när det gäller skuggor och formupplevelse. Ett enkelt exempel är dörr- och fönsterfodrens rika profilering. Skuggor och glansdagrar ger här en formupplevelse som blir ett tillskott till miljön.

Föremål mellan ljuskällan och synobjektet ger skuggor, som kan försvåra utförandet av arbetsuppgiften. Man kan behöva rikta om lampan, vartefter arbetsställningen eller placeringen av arbetsobjektet växlar, för att undvika skuggor, t.ex. från sitt eget huvud eller händerna.

Det finns ännu ingen riktigt bra beräkningsmetod för skuggor och modellering. Man får pröva sig fram i de fall formupplevelsen är särskilt viktig.



*Samma ljusriktning som betraktelseriktning  
ger ofta bästa kontrast*

### 2.1.3 Kontrast

Det finns flera undersökningar som visar hur betydelsefull en god kontrast är för att man skall se bra. Man ser tydligare och därmed lättare ju bättre kontrasten är. Ju finare detaljer man skall se desto viktigare att kontrasten är god. Det finns som nämnts både ljushetskontrast och färgkontrast, här behandlas i första hand ljushetskontrast.

Kontrasten beror i första hand på ljusets riktning, materialets ljusreflekterande egenskaper, betraktelseriktningen och i viss mån på ljusets och föremålets färg. Ökning av belysningsstyrkan ger däremot endast ringa kontrastförbättring.

Om man har många lampor utspridda i ett rum utan hänsyn till var arbetsplatserna finns, riskerar man att få sämre kontrast. Ljus faller in på det man skall se från fel håll och reflekteras på ett olyckligt sätt mot ögonen på betraktaren.

I många situationer får man den bästa kontrasten om ljuset kommer snett bakifrån den arbetande, dvs. har ungefär samma riktning som betraktelseriktningen.

För kontrastens skull är det viktigt att belysningen verkligen anpassas till varje arbetsplats.

Blanka material ger de bästa kontrasteffekterna, men i gengäld är risken för blänk större (ljusriktningen får ännu större betydelse). Om man håller ett blankt papper med tryckt text under en lampa och vrider och vänder på det, kan man uppleva, att tryck och papper i vissa lägen sammansmälter - det som händer är att trycket och pappret vid en viss ljusriktning får samma luminans. Kontrasten har försvunnit. (Kan även gälla färgkontrast.)

Ju mattare yta desto mindre risk för blänk, men i gengäld också lägre "bästa" kontrast.

Om inga luminansskillnader finns kan ändå färgkontrast finnas och ge den synbarhet som behövs.



*Bländande reflexer kan avslöjas om man lägger en spegel på arbetsytan. Ser man (i normal arbetsställning) spegelbilden av en armatur eller ett fönster kan man räkna med att reflexbländning föreligger. Bländningen bör åtgärdas genom flyttning eller avskärmning.*



#### 2.1.4 Bländning

Det har tidigare nämnts att man kan bländas av öppna armaturer eller fönsterytor i synfältet (direktbländning). Bländningsrisk finns också vid reflexer i blanka ytor (reflexbländning). Att vara utsatt för bländning är dels obehagligt - man blir irriterad och distraherad - dels kan bländningen förorsaka att man ser sämre.

Synsättningen beror på att ögonen anpassar sig till en alltför hög luminansnivå p.g.a. en dominerande ljusare yta i synfältet. Adaptationen tillbaka till den lämpliga nivån tar en viss tid, och bländningseffekten kan därför kvarstå under längre eller kortare tid, beroende på hur kraftig bländningen var och hur länge man utsatts för den. Om arbetsplatsen t.ex. är riktad mot ett fönster kan man ständigt vara utsatt för synsättningsförändring.

Upplevelsen av bländning beror på den bländande källans luminans och storlek (så som betraktaren ser den), och obehaget kan minskas om omgivningsluminansen ökas. Vidare blir bländningen mindre ju större vinkeln är mellan betraktelseriktningen och bländningskällan (ögat är mest ljuskänsligt i centrum).

Reflexbländning i blanka ytor förbättras något om ytan görs ljus (luminansskillnaderna blir mindre). Blankt arbetsmaterial bör belysas med diffust ljus (se 2.2.4).

Man kan med vissa givna förutsättningar räkna ut om bländning kommer att uppstå vid en arbetsplats. Bländningen graderas efter en skala som är utarbetad på grundval av subjektiva värderingar hos ett stort antal människor.

Trots detta behöver man ofta kontrollera den färdiga anläggningen m.a.p. bländning och vara beredd på vissa justeringar. Detta beror inte minst på att en del människor är mer känsliga för bländning än andra. Äldre bländas ofta lättare liksom personer med astigmatiska synfel.



*De flesta människor upplever det som viktigt och positivt att ha dagsljus i sitt arbetsrum för att kunna följa dagens och årstidernas växlingar. Fönstrens placering måste därvid noga studeras.*

### 2.1.5 Särskilda kvaliteter hos dagsljuset

Dagsljuset betraktar vi normalt som det "naturliga" ljuset. De flesta människor får en positiv upplevelse av den variation dagsljuset har i fråga om ljusstyrka, ljusriktning och ljusfärg. Dessa förändringar följer dels med årstiden och dygnet men kan också komma hastigt: genom att det molnar på eller genom att molntäcket spricker upp och solen tittar fram.

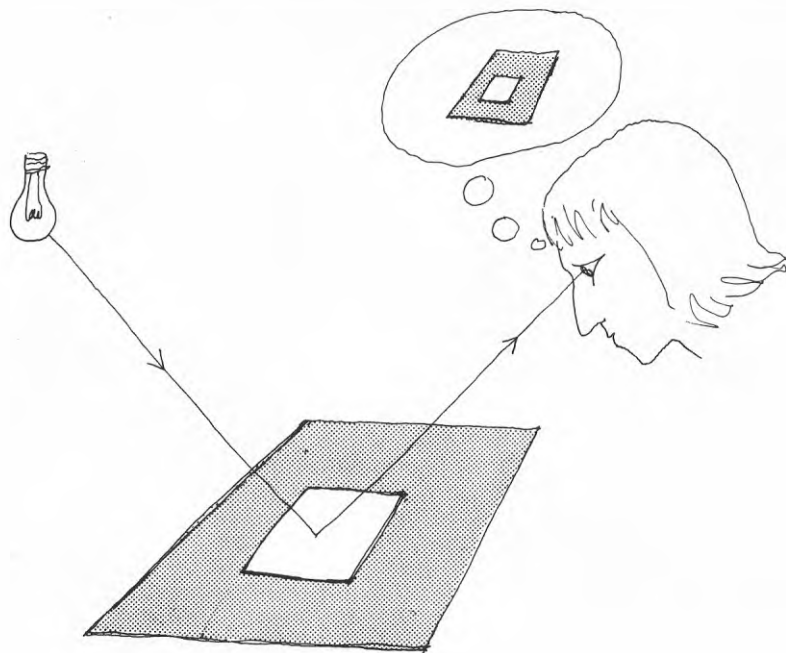
För arbetsplatser intill fönstervägg räcker dagsljuset ofta som arbetsbelysning under en stor del av dagen och en stor del av året.

En mulen himmel fungerar som en stor utbredd lysande yta och ger därför ett diffust, mjukt ljus. Riktningen hos ljuset från fönster i vägg blir nära nog horisontell. Detta gör att det framförallt är vertikala ytor i rummet som blir belysta, även ganska långt in i rummet. Detta har stor betydelse för rumsupplevelsen, de vertikala ytorna upptar ju en stor del av synfältet när man ser sig om i ett rum.

Men fönster och dagsljus ger också nackdelar som måste uppmärksammas.

Direkt solinfall på en arbetsplats utan möjlighet till avskärmning blir ofta besvärande - dels uppstår bländning, dels värmeproblem.

På grund av himlens höga luminans ger fönster ofta bländningseffekter av olika slag. I föregående avsnitt berördes den synnedsättande effekten om fönstret upptar en stor del av synfältet. I mycket stora rum, hallar etc., blir ofta fönstren kraftigt bländande för dem som är i rummets inre delar.



*Färgupplevelsen av en yta beror av*

- *det ljus som faller på ytan*
- *ytans reflexionsegenskaper*
- *ytans storlek*
- *färgen och storleken på intilliggande ytor*
- *det infallande ljusets riktning*
- *betraktelseriktningen*
- *avståndet till ytan*

### 2.1.6 Färg och färgåtergivning

Ett givet föremål kan förefalla ha olika färg i t.ex. glödlamps-  
ljus, lysrörsljus och dagsljus. Skälet är att olika ljuskällor  
har olika sammansättning på ljuset. Färgupplevelsen av en yta be-  
ror bl.a. av ytans reflexionsegenskaper och av den spektrala samman-  
sättningen av det ljus som faller på ytan, dvs. den fysikaliska  
sammansättningen hos det ljus som når ögat.

Förväntningar och tidigare kunskap om föremåls normala färger gör  
dock att man kan uppleva "rätt" färg trots vissa variationer i strål-  
ningssammansättningen (färgkonstans).

De samband mellan synsinnet och omgivningen som betingar färgupple-  
velsen är komplicerade. Det är alltid frågan om ett samspel mellan  
ljus, form och färg i det totala synfältet - färgen måste ses i sitt  
samband.

Två eller flera färgade ytor intill varandra påverkar vårt seende så  
att de enskilda färgerna sedda tillsammans upplevs annorlunda än de  
skulle ha gjort var för sig (kallas induktion).

Storleken på olika färgytor i synfältet, antalet olika färger och  
färgen på respektive yta har också betydelse för hur färgerna upp-  
levs (dominerande eller underordnade, sammanhållande eller splitt-  
rande för miljön).

Det infallande ljusets riktning och betraktelseriktningen liksom  
ytstrukturen hos den färgade ytan påverkar också färgupplevelsen.

Generellt kan man säga att man vill att färgerna i miljön skall upple-  
vas så "naturliga" som möjligt. För vissa slag av arbeten måste kravet  
ställas mycket högt (t.ex. textilarbeten, där färger skall väljas).  
För andra synuppgifter kan färggivningen sakna betydelse. Men då bör  
ändå människor och omgivning kunna upplevas utan generande färgför-  
vrängning. Ofta kommer ekonomiska synpunkter in i detta resonemang.  
Ljuskällor som återger färger naturligt blir vanligen dyrare i inköp  
och drift än sådana som ger viss färgförvrängning.



*När inredningen flyttas måste lamporna flyttas med.*

### 2.1.7 Föränderbarhet och individanpassning

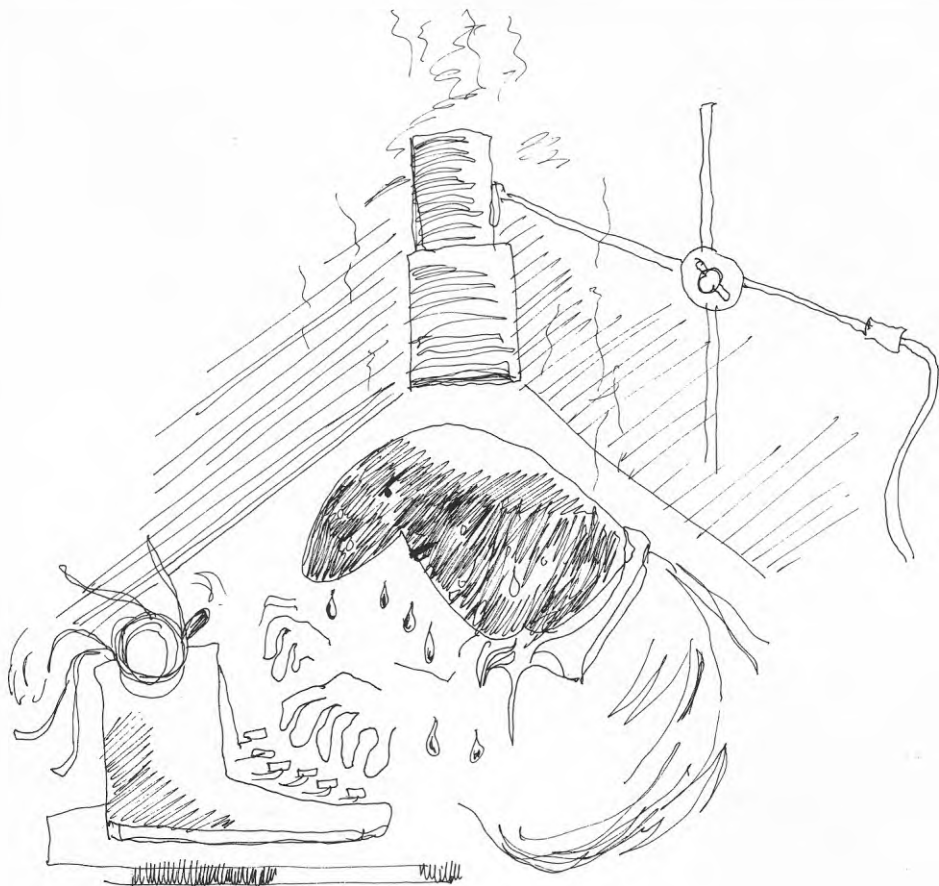
En arbetsplats förändras med tiden. Bord och maskiner flyttas, nya maskiner kommer till, andra slopas, byggnadens användning kanske blir en helt annan än den från början var avsedd för.

Redan vid små förändringar kan belysningssituationen behöva ändras. Får armaturerna sitta kvar som förut kanske de bländar eller ger ljus på fel ställe.

Kan man från början förutse att inga förändringar kommer att bli aktuella under byggnadens livslängd har man kanske inga krav på flexibilitet.

Som tidigare påpekats har olika människor olika behov av och känslighet för ljus. Man måste kunna anpassa situationen efter de individer som skall arbeta i byggnaden när den tas i bruk. Möjlighet skall finnas att komplettera med en extra armatur att flytta eller skärma av befintliga armaturer.

Lättfattliga instruktioner om de möjligheter till förändring som finns måste förmedlas till dem som skall använda en anläggning.



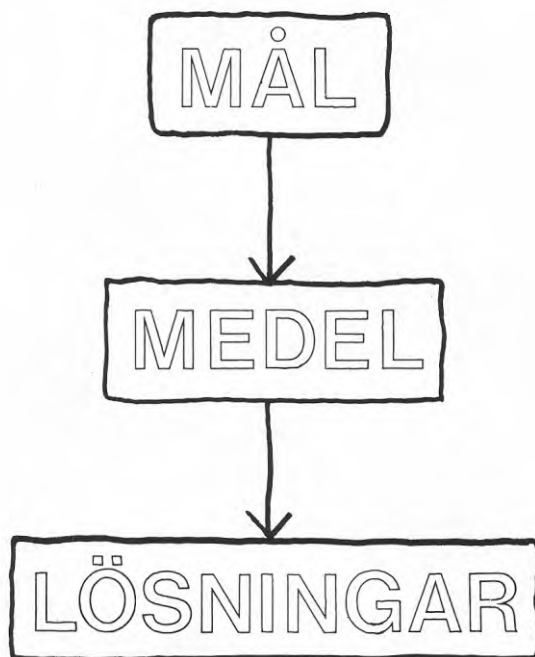
*En stark ljuskälla placerad rakt över huvudet kan ge besvärande värmestrålning*



### 2.1.8 Störningsfrihet

En säker och trivsam arbetsmiljö förutsätter att det inte finns störningar. Störningar som kan förorsakas av belysningsanläggning eller fönster kan förutom bländning som behandlats i 2.1.4 vara t.ex. värmestrålning om man arbetar under en stark ljuskälla, oljud från armaturer (kommer oftast från någon reaktor i ljusarmaturer) eller förstärkning av ljud i det hårda materialet i armaturen, flimmer från lysrör (kan undvikas genom att lysrören kopplas till olika faser i ett trefasssystem), elektriska störningar som stör annan apparatur, färgförvrängning på viktiga föremål, stroboskopeffekt, dvs. att maskindelar som är i rörelse ser ut att stå stilla eller gå åt andra hållet p.g.a. att ljuset pulserar med strömmen med en hastighet som "stämmer" med maskindelarnas hastighet.

Redan vid planeringen av en anläggning kan många störningar förutses och därmed undvikas.



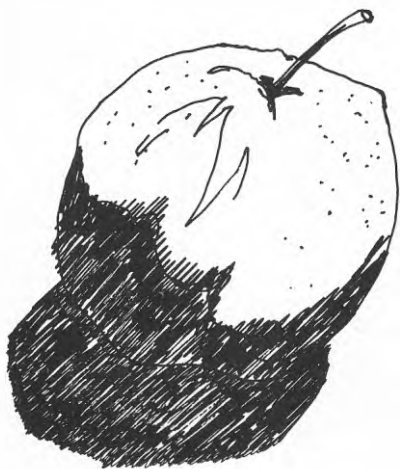
*Vägen mot konkretisering*

## 2.2 Medel för ljuskvaliteter

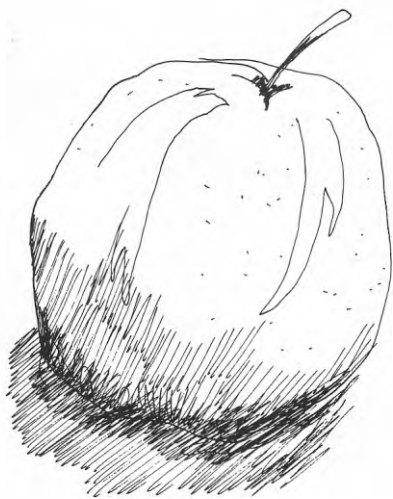
De i kap. 2.1 beskrivna målen för belysningens del i arbetsmiljön har hittills formulerats i funktionella termer.

Nästa steg är att analysera vilka ljustekniska egenskaper som krävs av den konkreta lösningen för att uppnå målen.

Man bör vara medveten om att det ofta finns mer än en lösning, som är den "rätta". Det är fråga om kombinationer av egenskaper, som kan göras på olika sätt.



*Hårt ljus i en riktning ger hård skugga*



*Kompletterande, svagare ljus i en annan riktning ger mjukare modellerande skugga*

### 2.2.1 Ljusriktning

Lämplig ljusriktning vid en arbetsplats beror på arbetets art, arbetsmaterialets beskaffenhet och på arbetsställningen. Ljusets riktning i kombination med betraktelseriktningen påverkar följande funktionella faktorer:

- luminansfördelningen - ljusets riktning avgör vilka ytor som blir belysta direkt respektive får ljus, som redan reflekterats i andra ytor och därmed försvagats.
- skuggbildning och formuppfattning. För att få tydliga skuggor och därmed en tydlig modellering av föremål eller rum bör ljuset ha en dominerande riktning. För att undvika alltför skarpa skuggor kan komplettering med ljus i annan riktning behövas. (Ibland räcker det med det ljus som reflekterats från andra ytor.)

För arbetsuppgifter där tydliga skuggor gör det lättare att se aktuella detaljer kan helt enkelsidig belysning vara att föredra.

- kontrasten är som nämnts vanligen starkt beroende av ljusriktningen.
- bländning - om ljuset riktas direkt mot ögonen utan att avskärmas kan direktbländning uppstå. Ljusriktningen bör heller inte vara sådan att reflekterat ljus kan irritera (reflexbländning).
- föränderbarhet och individanpassning - om arbetsställningen eller placeringen av arbetsobjektet kan variera skall man kunna ändra ljusriktningen, t.ex. genom att flytta eller rikta om armaturer. Man måste också ha en beredskap för individuella variationer: människor av olika längd, rullstolsbundna, vänsterhänta, äldre (som är mer känsliga för s.k. ströljus) osv.

För de flesta synuppgifter är lämplig ljusriktning det främsta villkoret för att goda synförhållanden vid en arbetsplats skall erhållas.

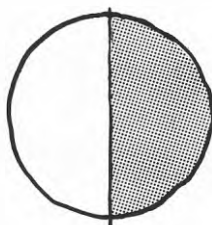
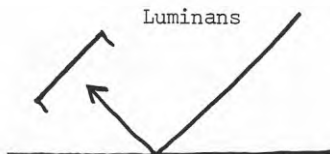
Fastställande av bästa ljusriktning för de aktuella arbetsuppgifterna ger en första anvisning om fönsterplacering och armaturplacering i rummet.

*Luminansen och luminansfördelningen (= ljusheten)  
är viktigare än belysningsstyrkan*

Belysningsstyrka



Luminans



*Belysningsstyrkan är lika på båda cirkelhalvorna  
men luminanserna olika*

### 2.2.2 Belysningsstyrka

Belysningsstyrkan anger hur mycket ljus som faller på en yta. Luminansen för samma yta anger istället hur mycket ljus som reflekteras. En ljus resp. mörk får därför olika luminans när de belyses med lika belysningsstyrka. Belysningsstyrkan mäts i lux. Enheten för luminans är  $\text{cd/m}^2$ .

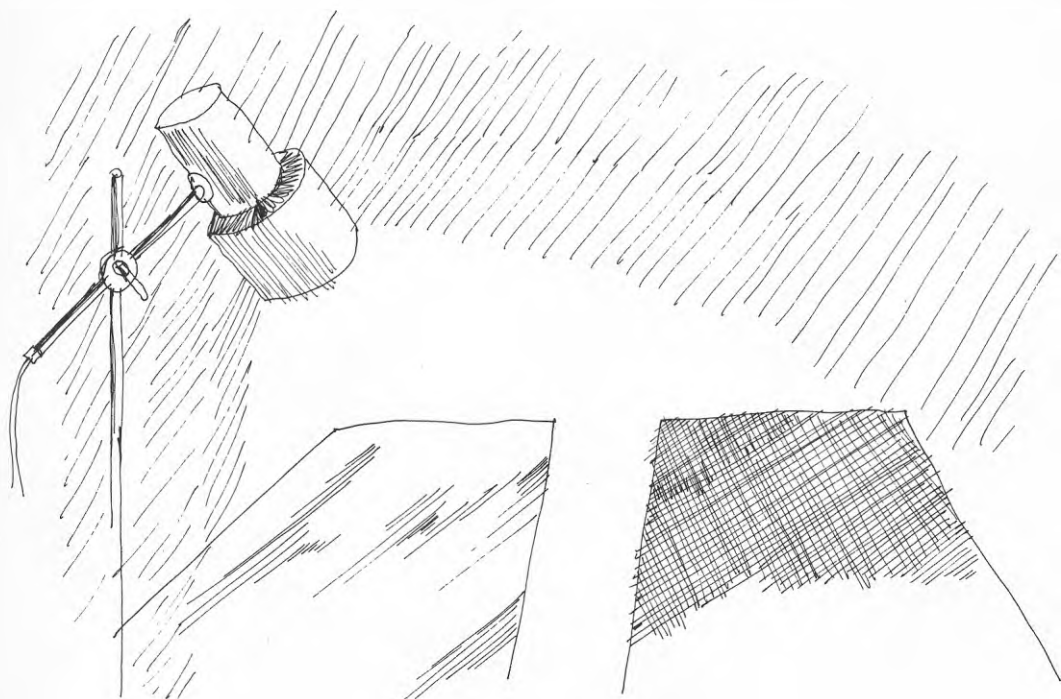
För ett givet arbetsmaterial, där således reflexionsegenskaperna och detaljstorlekar är givna, finner man under förutsättning att ljusriktningen är lämplig att man ser snabbare, säkrare och lättare ju högre belysningsstyrkan är (upp till en viss gräns beroende på ögats adaptationstillstånd, varefter bländning uppstår). Små detaljer och detaljer med dålig kontrast urskiljs lättare vid högre belysningsstyrkor.

Eftersom det vi ser är det reflekterade ljuset är det riktigare att säga att synförmågan ökar vid högre medelluminanser i synfältet.

Under förutsättning att övriga kvalitetskrav är uppfyllda kan riktvärden för belysningsstyrkan för olika slags arbetsuppgifter anges. Sådana värden återfinns i Ljuskulturs: "Belysning inomhus - riktlinjer och rekommendationer" (Sth 1974).

Det är viktigt att komma ihåg att individuella variationer förekommer, t.ex. att äldre kan vilja ha högre belysningsstyrkor än yngre.

Belysningsstyrkan är relativt lätt att beräkna och har traditionellt varit den variabel man utgått ifrån i belysningsplaneringen. Man glömmer emellertid ofta luminansfördelningen och dess betydelse och arbetar istället med hög belysningsstyrka jämnt fördelad över hela rummet. Detta ger onödigt höga driftskostnader och vanligen olämpligt belysta arbetsplatser.



*En ytas reflexionsegenskaper karakteriseras av:*

- om ytan är blank eller matt*
- om ytan är ljus eller mörk*
- vilken färg ytan har*

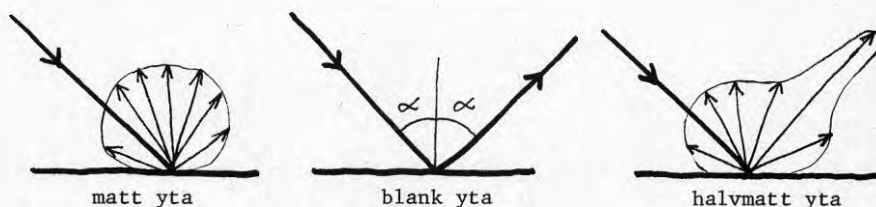


### 2.2.3 Reflexionsegenskaper hos belysta ytor

När ljuset faller på en yta kan det hända tre saker: ljuset kan absorberas mer eller mindre (en mörk yta absorberar mera ljus än en ljus yta), ljuset kan eventuellt tränga igenom materialet (om det är ljusgenomsläppligt, mer eller mindre genomskinligt), och ljuset kan reflekteras. En ljus yta reflekterar mer ljus än en mörk och får därigenom en högre luminans.

En blank yta reflekterar ljuset som en spegel, det reflekterande ljuset har en bestämd riktning. En helt matt yta däremot ger inga speglingar, det reflekterande ljuset diffuseras så att ytan får samma luminans i olika riktningar. Det vanligaste är dock varken helt matta eller helt blanka ytor, utan kombinationer av dessa egenskaper, dvs. halvmatta eller halvblanka ytor. I dessa uppstår en viss grad av spegling samtidigt som en del av ljuset diffuseras.

Om man ser på en blank eller halvblank yta från ett visst håll i förhållande till ljuskällan syns i ytan en spegling av ljuskällan. En sådan spegling eller reflex kan bländas på samma sätt som ljuskällan direkt.

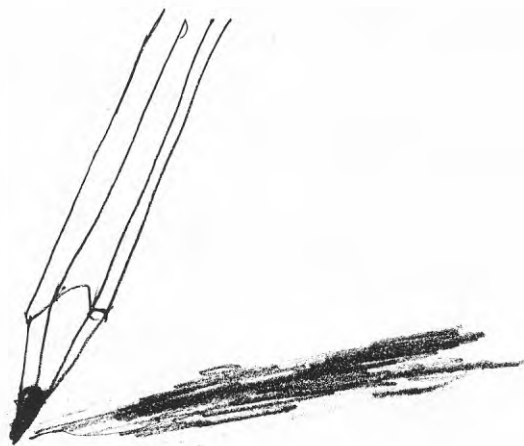


Reflexionsegenskaperna är också beroende av ytans färg. Färgupplevelsen beror bl.a. av hur mycket ljus som reflekteras inom olika våglängdsområden. Övrigt ljus absorberas eller transmitteras (tränger igenom materialet).

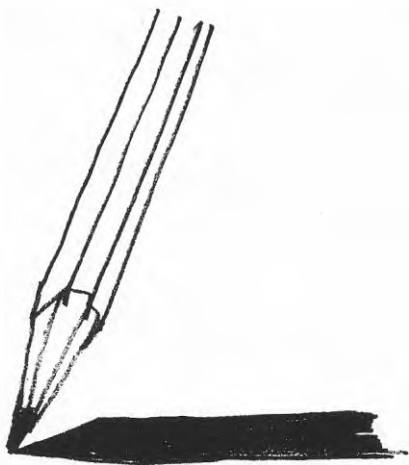
En röd yta har t.ex. egenskapen att främst reflektera ljus inom den röda delen av spektret och huvudsakligen absorbera övrigt ljus.

För luminansfördelningen i synfältet har reflexionsegenskaperna hos väggar, tak resp. golv avgörande betydelse. Hur mycket ljus som reflekteras från en yta brukar uttryckas med reflexionsfaktorn.

Denna anger hur många procent av det mot ytan infallande ljuset som reflekteras av ifrågakvarande material.



*Diffust ljus ger diffus skugga - gränsen mellan penna och papper  
svår att urskilja*



*Hårt ljus ger skarp skugga - gränsen mellan penna och papper  
blir lätt att se*

#### 2.2.4 Hårt eller mjukt ljus, riktad eller diffus belysning

Skuggor och formupplevelser är det som mest påverkas av om ljuset är hårt eller mjukt (diffust).

Hårt ljus, dvs. ljus med en väldefinierad riktning, ger skarpa skuggor. Detta kan utnyttjas vid arbeten, där man behöver se en skarp gräns mellan arbetsredskap och arbetsstycke (t.ex. mellan penna och papper vid ritarbete) eller texturen i en yta (t.ex. i tyget vid sömnad eller ritsar i plåt). Hårt ljus kan lättare åstadkommas med glödljus än med lysrör, därför att glödlampans lysande yta är så mycket mindre än lysrörets.

Hårt ljus på en arbetsyta bör kompletteras med en mjukare allmänbelysning för att undvika besvärande slagskuggor och för stora luminansskillnader i rummet.

Mjukt ljus får man med armaturer med stora lysande ytor (lokalt) eller med många jämnt fördelade armaturer (rummet). Rumets reflekterande ytor och deras läge i förhållande till varandra, dvs. rumsformen, kan också bidra till att ljuset blir mjukt.

Blankt arbetsmaterial bör belysas med mjukt ljus för att undvika bländning och för att uppnå goda kontraster.

Helt diffust ljus i ett rum (diffus allmänbelysning) upplevs ofta obehagligt därför att volymer och avstånd blir svåra att avläsa eftersom skuggverkan i det närmaste uteblir.



*Brasan med sitt rödaktiga ljus har låg färgtemperatur.*

### 2.2.5 Färgtemperatur (upplevd ljusfärg)

Färgtemperaturen anges som mått på själva ljuskällans färg. Måttenheten är kelvin (K). Färgtemperaturen bör samordnas med belysningsstyrkan. Låg färgtemperatur (varmt ljus) föredras vid låga belysningsstyrkor, för vilka vitt eller blåvitt ljus (= hög färgtemperatur) upplevs kallt och obehagligt. Vid höga belysningsstyrkor kan ljus med hög färgtemperatur vara att föredra.

Det går normalt bra att blanda ljus av olika färg, t.ex. glödljus och dagsljus. Helst bör man inte se de olika ljuskällorna samtidigt.



Färggivningsförmågan hos ljuset har större eller mindre betydelse för olika typer av arbete. En samordning av ljus och färgsättning bör dock alltid ske i planeringen.

### 2.2.6 Färggivningsförmågan

Två ljuskällor kan se ut att ha samma färg men ändå ha olika färggivningsförmåga. Som nämnts bestäms färgupplevelsen av den spektrala sammansättningen hos den strålning som når ögat. Ljuskällornas spektralfördelning bestämmer helt vilka färgupplevelser som kan uppstå. Yt- och föremålsfärgerna förändrar ljuskällans strålning genom absorption, men kan inte tillföra någon strålning utöver den som ljuskällan ger. Förutsättningen för en röd färgupplevelse är således inte bara en röd färg, utan i första hand måste strålning inom det röda våglängdsområdet utsändas av ljuskällan.

Strålningssammansättningen för en ljuskälla redovisas med en s.k. spektralfördelningskurva. Ur den kan utläsas om vissa färger får oproportionerligt stor framhävningsgrad.

Tillverkare av ljuskällor anger ofta i sina kataloger hur spektret för olika ljuskällor ser ut.

Ett måttetal på färggivningsförmågan är färggivningsindex, Ra-index. Ra-index anges i katalogerna för olika ljuskällor och bör ligga så nära talet 100 som möjligt.

En vanlig glödlampa har Ra-index 99, för lysrör kan det variera från c:a 50 till nära 100.

Ett problem med färggivningsindex är att ett lågt Ra-värde anger dålig färggivningsförmåga, men säger inget om på vad sätt den är dålig. Om ljuskällor med lägre Ra-värde skall användas är därför praktiska prov en förutsättning för en säker behandling av ljus och färg.



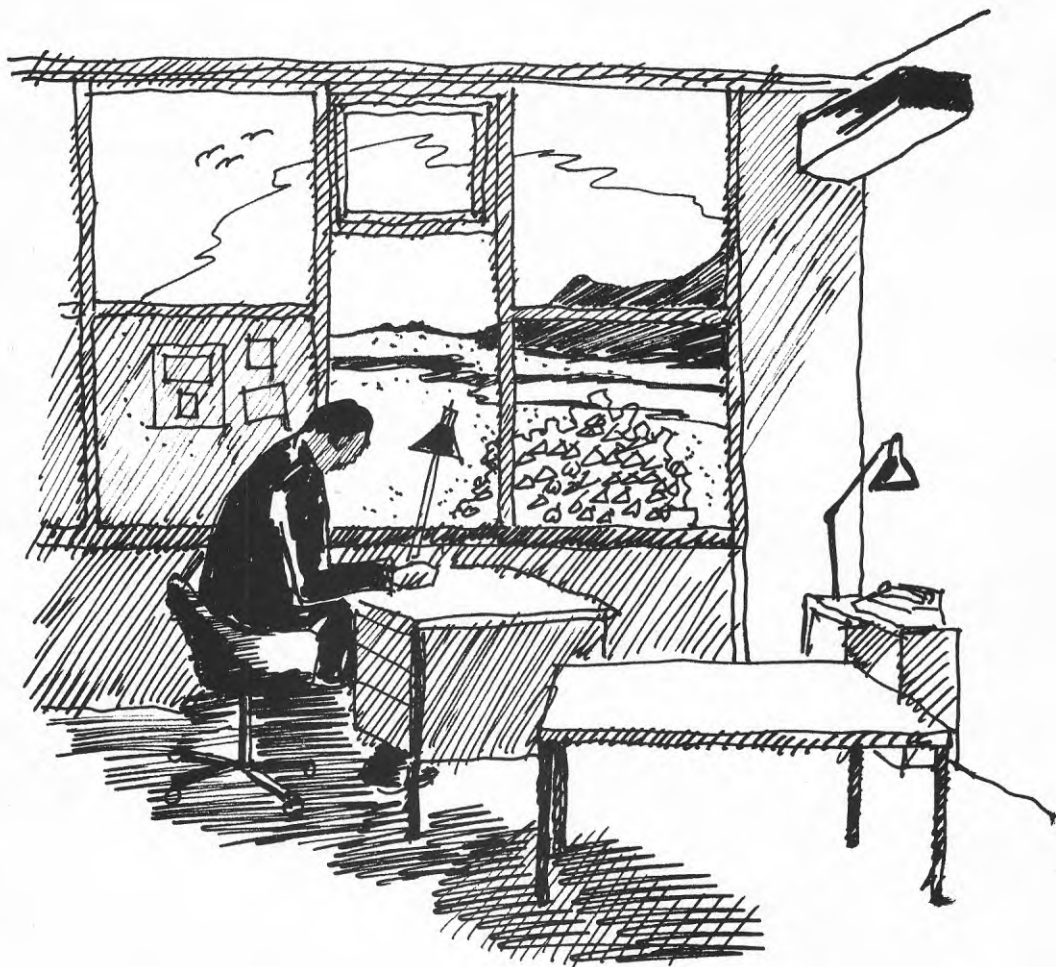
*För att kunna välja mellan olika tekniska lösningar i ett projekt bör man känna till vilka kvaliteter som utmärker alternativen och vilka tänkbara alternativ som finns.*



### 2.3 Lösningar

I en färdig byggnad ges de praktiska förutsättningarna för belysningen: rumsformer och rummets orientering mot olika väderstreck, fönstrens placering och utformning, armaturplaceringar, armaturutformning, typ av ljuskällor, färg- och materialval, men också förberedelser för ev. förändringar.

Vi skall nu gå igenom vilka kvaliteter som utmärker olika tekniska lösningar för att sedan under beskrivningen av hur planering och projektering går till kunna följa valet av olika alternativ.



*Fönstrens placering och form avgör vad man kan se utanför*

### 2.3.1 Fönsterplacering och storlek

Dagsljusets positiva kvaliteter har redan beskrivits. I lokaler där stadigvarande arbete utförs skall det finnas fönster, i den mån det tekniskt går att lösa och arbetets art så medger.

Eftersom fönstren skall förmedla synkontakten med omvärlden bör de placeras så att man kan se ut, inte bara mot himlen utan på omgivande natur, bebyggelse och aktivitet. Man kan genom fönstren följa vädrets, dygnets och årstidernas växlingar och finna något att vila blicken på efter att kanske länge ha koncentrerat sig på en arbetsuppgift.

Fönstrets placering och utformning avgör vad man kan se utanför. Det bestämmer också i vilken riktning dagsljuset faller in i rummet och i vilken mängd.

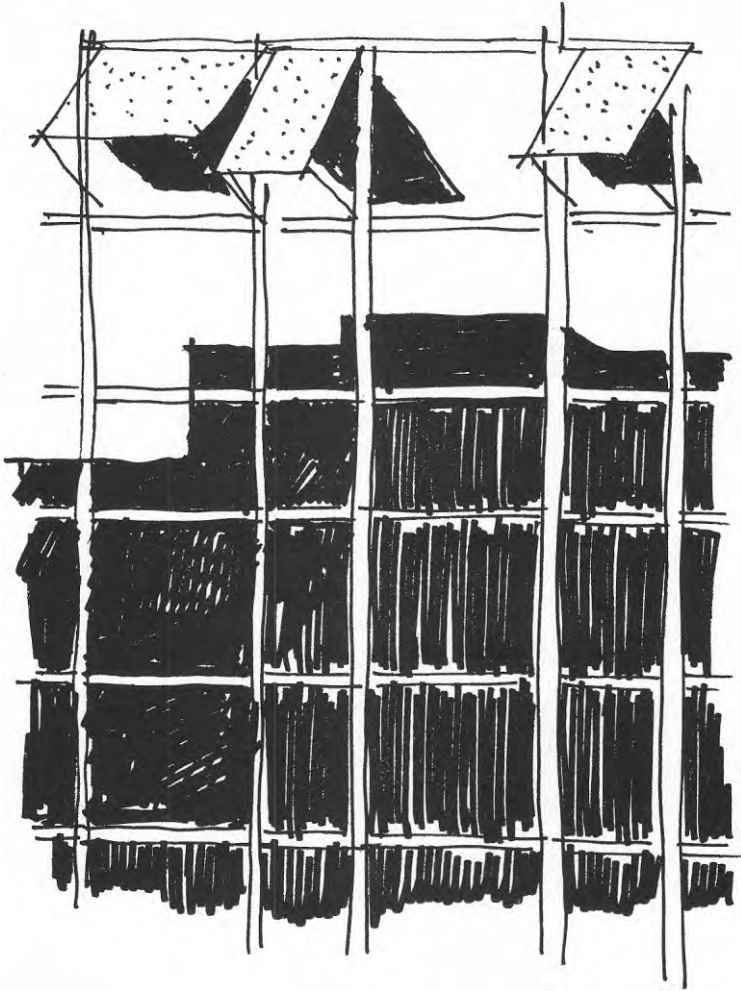
Dagsljusets mängd kan också bero på om det reflekterats mot t.ex. en motstående fasad eller marken och sedan in i rummet.

Ett mått på hur mycket dagsljus som kommer in i ett rum är dagsljusfaktorn. Dagsljusfaktorn anger förhållandet mellan belysningsstyrkan (från dagsljuset) på en given punkt i rummet och belysningsstyrkan på ett horisontalplan utomhus, belyst av hela det oavskärmade himlavalvet. Dagsljusfaktorn uttrycks i procent.

Svensk byggnorm 1975 anger hur stor dagsljusfaktorn skall vara i en viss punkt i rummet. Byggnormen ger också gränser för fönstrens sammanlagda yta för en byggnad (med tanke på energihushållningen).

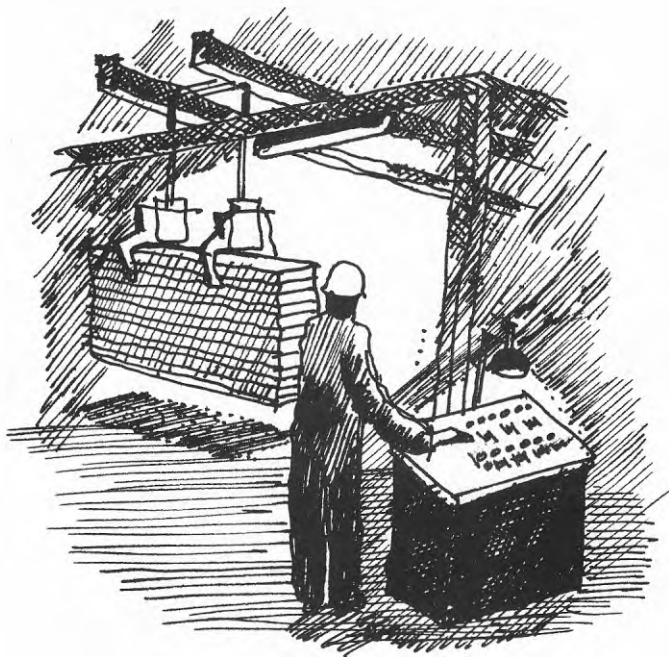
Förutom tekniska problem såsom kallras och otäthet mot regn och snö måste också belysningsproblemen uppmärksammas vid fönsterutformningen: bländning, besvär från infallande solljus. Speciellt vid högt sittande fönster och takfönster är dessa problem vanliga. Dessa måste därför utformas med särskild omsorg för att ge ett meningsfullt ljusstillskott.

För att undvika störning av solsken eller av att en stor del av himlen syns genom fönstret och kan ge bländningsproblem kan någon form av avskärmning behövas.



*Solavskärmning behövs ibland bara i byggnadens översta våningar för att skärma av bländande himmelsljus.*

I KBS-rapport 111 Solavskärmning (1974) beskrivs hur behovet av solavskärmning beräknas och olika skärmtyper redovisas såsom: utvändiga persienner, markiser, fönsterluckor, vridbara lameller, solskyddsgardiner, solskyddsglas (och -film) och fasta solavskärmningar av olika slag.



*Man bör sträva efter att placera armaturerna för arbetsbelysningen så nära arbetsytan som möjligt.*

### 2.3.2 Systemalternativ och armaturplacering

Belysningsinstallationen bör givetvis styras av kravet på god arbetsbelysning. Detta medför som regel att armaturerna bör kunna anpassas till arbetsplatserna och deras speciella förutsättningar. Man bör sträva efter att placera armaturerna för arbetsbelysningen nära arbetsytan.

Det finns flera fördelar med detta:

- Avståndet mellan ljuskällan och det belysta föremålet påverkar belysningsstyrkan och därmed luminanserna. Kortare avstånd gör att den installerade effekten kan hållas lägre.
- Det blir lättare att uppnå bra luminansfördelning mellan arbetsytan och andra delar av rummet.
- Det blir lättare att rikta ljuset rätt om man når armaturen och kan vrida eller flytta den.
- Det blir lättare att rengöra armaturen och att byta lampor.

Platsbelysning kan t.ex. stå på golv, fästas vid t.ex. ett arbetsbord eller vara inbyggd i en maskin.

Utöver belysning vid de olika arbetsplatserna erfordras som regel en kompletterande allmänbelysning i lokalen för att lämpliga luminansförhållanden och krav på säkerhet och trivsel skall tillgodoses. Denna allmänbelysning kan dock hållas på en måttlig nivå, vilket är till fördel både för rumsupplevelse och energiuttag.

Särskild ställbar armatur vid arbetsplatsen kan inte alltid åstadkommas. Arbetets art kan göra ett sådant alternativ olämpligt, andra gånger kan tekniska hinder föreligga. Ett krav blir då att allmänbelysningen utformas så att den i största utsträckning kan orienteras till arbetsplatserna. Ett sådant system, som brukar benämnas lokaliserad allmänbelysning, kan ofta ge gynnsamma förhållanden både med avseende på ljusriktning och ljusfördelning, om det utformas med omsorg.

För att armaturerna lätt skall kunna flyttas vid eventuella ändringar i arbetsplatsernas placering krävs någon form av flexibel upphängningsanordning. Denna kan ge ökade installationskostnader, men i gengäld kräver systemet lägre installerad effekt.



*Ljus enbart från taket ger sällan goda belysningsförhållanden.*



Ett system med ställbar arbetsplatsbelysning i kombination med lokaliserad allmänbelysning brukar ge de bästa förutsättningarna för en belysning med högt ställda funktionella och ekonomiska krav.

S.k. generell allmänbelysning med armaturerna fördelade symmetriskt i taket bör endast användas när särskild arbetsplatsbelysning finns eller när ringa synkrav föreligger. Även i ett sådant system bör armaturerna göras flyttbara i viss utsträckning för att ogynnsamt ljusinfall på arbetsplatserna skall kunna minimeras.

Som arbetsbelysning har detta system vanligen stora nackdelar, t.ex. olämplig ljusriktning med bländning, störande skuggor och försämrade kontraster som följd, olämplig luminansfördelning vid arbetsplatsen eller i rummet.

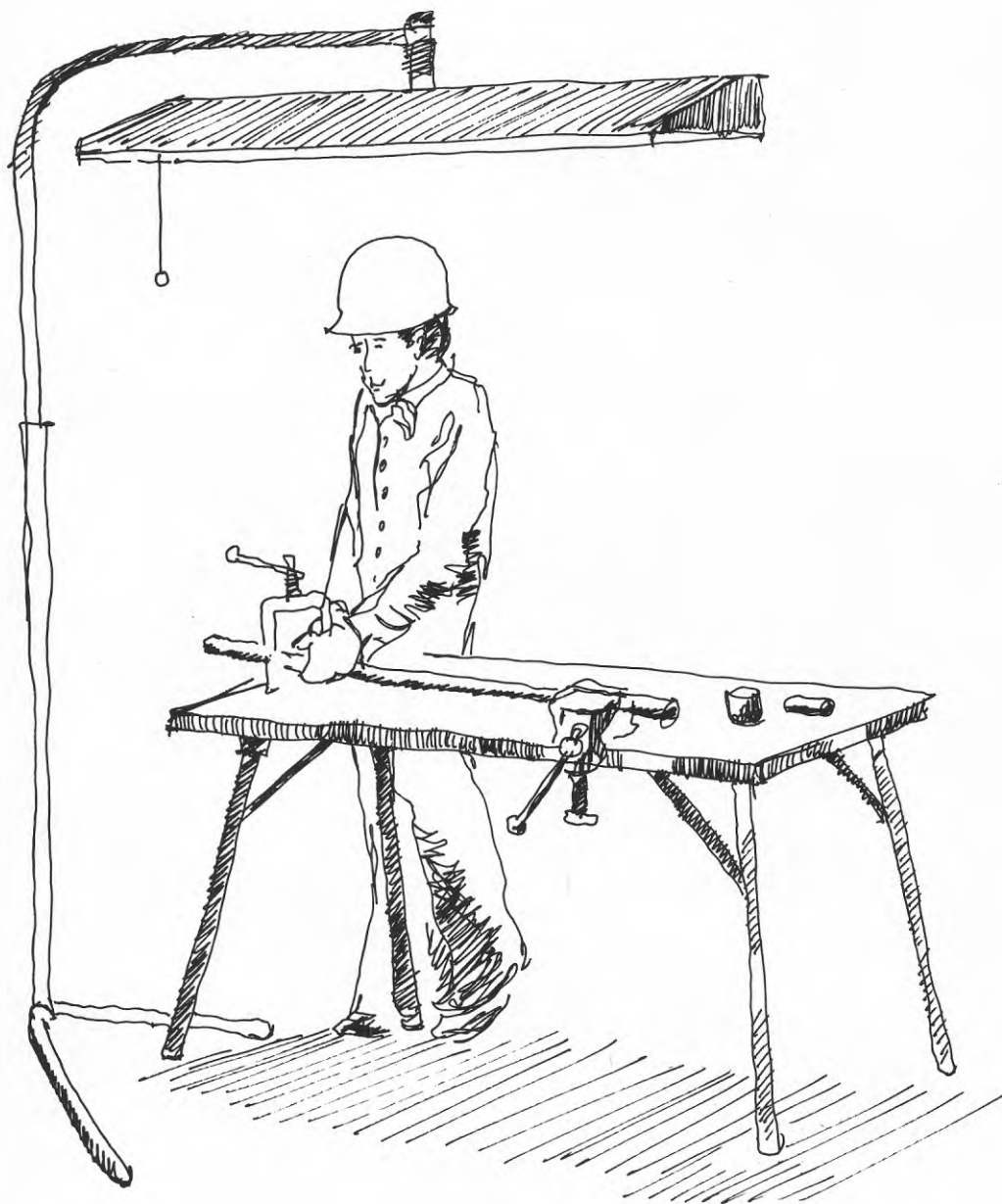
För att ge en hög luminans i arbetsplanet kräver detta system dessutom hög installerad effekt, vilket medför höga driftskostnader. Ventilationssystemet kan också behöva dimensioneras för att bortföra överskottsvärme från armaturerna.

Armaturer kan vara fast anslutna eller anslutas med stickkontakt till uttag. Fast anslutna armaturer får bara flyttas av fackmän. Genom att förse armaturen med lång sladd och stickkontakt och ge alternativa uppfästningspunkter kan man ge möjligheter till flyttbarhet som kan genomföras av brukaren själv.

Det finns undertakskonstruktioner, som tillåter en relativt fri placering och omplacering av takarmaturer.

Man bör uppmärksamma värmeproblemet med armaturer, som är infällda i taket. Många ljuskällor ger sämre ljusutbyte och får kortare livslängd om de utsätts för höga temperaturer.

Armaturer kombineras ibland med ventilationsanläggningen men har då vanligen nackdelen att inte vara flyttbara.

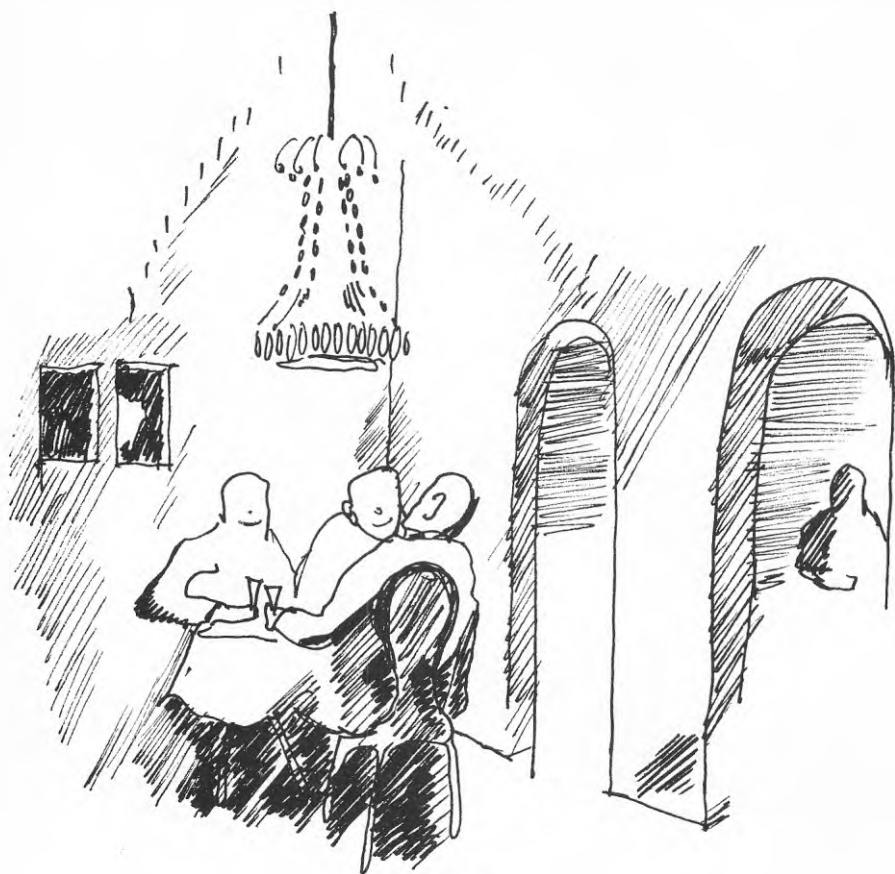


*Vid varje arbetsplats bör man om möjligt själv kunna tända och släcka sin arbetsbelysning.*

Vid varje arbetsplats bör man om möjligt själv kunna tända och släcka sin arbetsbelysning. Ibland behöver belysningsstyrkan kunna regleras - det kan göras steglöst eller i ett antal givna steg.

För att kunna begränsa drifttiderna kan automatiska tidsstyrningsutrustningar för till- och/eller frånslag installeras för belysningen i vissa lokaler eller delar av lokaler (t.ex. i fasadzonen där dagsljuset tidvis kan utgöra arbetsbelysning).

Som alltid gäller att kvalitet och kostnad för olika system måste vägas mot varandra.



*En ljusarmatur skall både uppfylla de ljustekniska kvalitetskraven  
och passa in i sin omgivning*

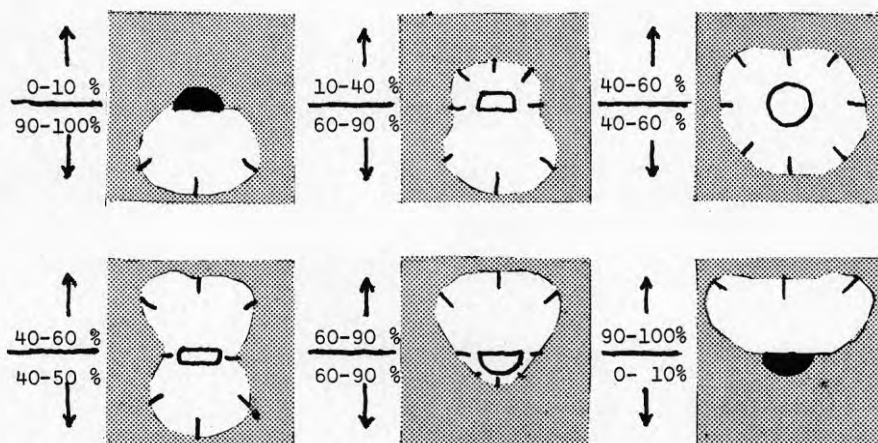
### 2.3.3 Armaturutformning

En ljusarmatur skall:

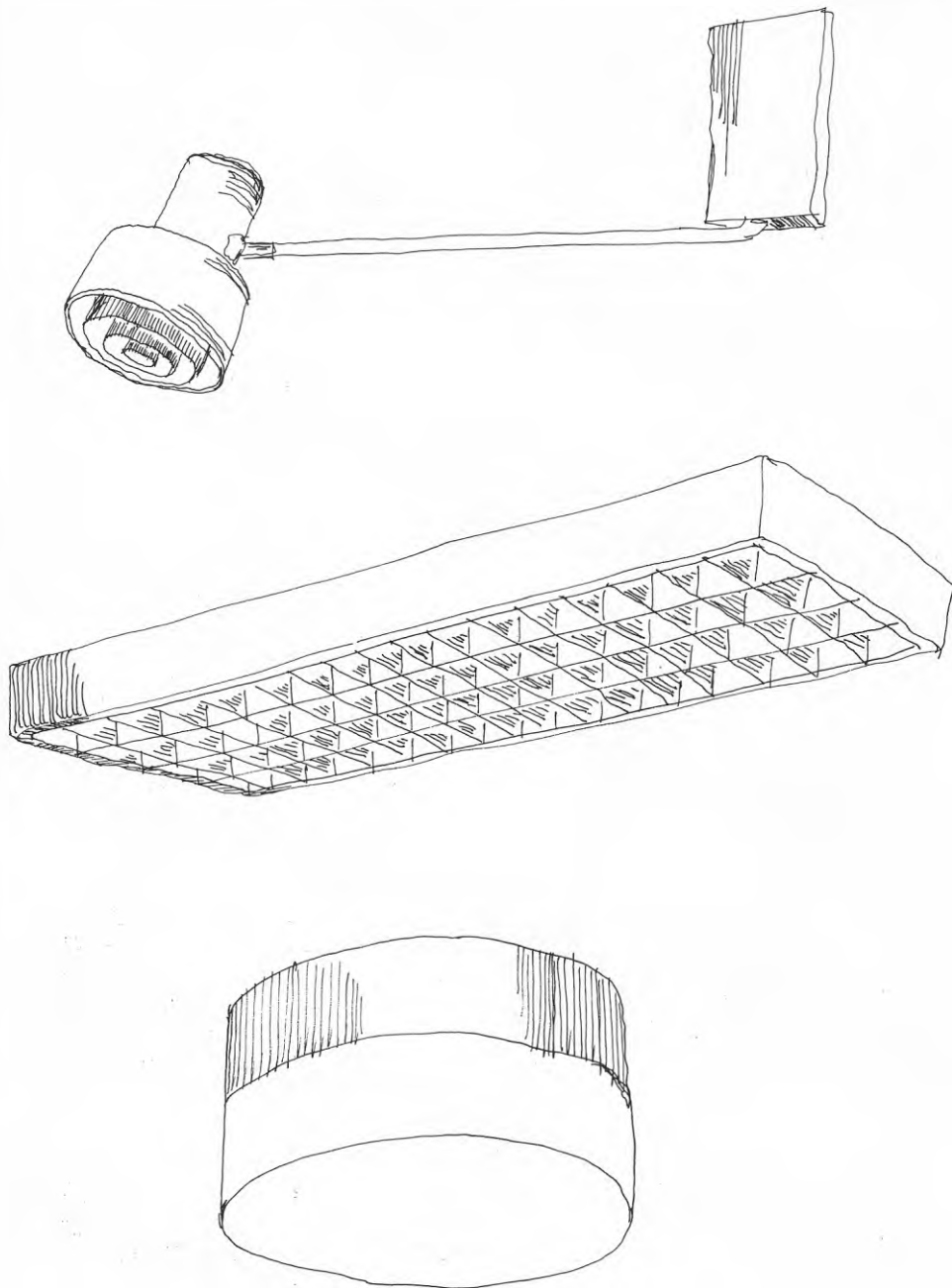
- uppfylla vissa ljustekniska kvalitetskrav beroende på hur och var den skall användas
- utseendemässigt passa in i sin omgivning
- ha tillfredsställande elektrisk funktion hos komponenter m.a.p. tändning, driftvärden, säkerhet (bestämmelser om klassning av armaturer efter användningsområden finns), störningsfrihet (flimmar och ljud)
- vara beständig mot den mekaniska, termiska eller kemiska påverkan som kan förutses
- vid kostnadsberäkningar beaktas både m.a.p. inköpskostnad och driftkostnad
- vara lätt att göra ren och att byta lampor i

De ljustekniska kraven gäller främst hur ljuset fördelas uppåt och nedåt, hur det riktas och/eller sprids, att ljuskällan är tillfredsställande avbländad och att armaturen ev. skall vara ställbar i olika lägen.

Armaturer brukar klassificeras efter hur de fördelar ljuset uppåt resp. nedåt enl. följande:



Ljusfördelningen påverkas av ljuskällan, reflektorn, bländskyddet och armaturens material.



*Exempel på några vanliga bländskydd*

Reflektorns funktion är att rikta ljuset och skärma av ljuskällaren. Reflektorns form, dess reflekterande yta och ljuskällans placering i reflektorn har betydelse.



asymmetrisk



symmetrisk  
smalstrålande



symmetrisk  
bredstrålande



symmetrisk  
vingformig

Bländskyddets funktion är att styra eller fördela ljuset så att bländning från ljuskällan eller reflektorn undviks. Det finns många olika typer av bländskydd, t.ex.:

- diffuserande skivor av opaliserad plast eller annat halvgenomskinligt material
- klarplastskivor med en prismatisk utformning som bryter ljuset
- raster av olika typer såsom ringar, rutnät eller parallella skivor av metall, plast, trä etc.

Genom lämplig armaturkonstruktion kan besvärande värmestrålning från armaturer (t.ex. mot en arbetsplats) ofta undvikas.

#### 2.3.4 Val av ljuskälla

Det finns idag ett stort antal olika typer av ljuskällor. En kontinuerlig utveckling sker, och man kan räkna med att de förbättras och att nya typer tillkommer för speciella behov.

Man kan särskilja två huvudtyper: temperaturstrålare, där en metalltråd upphettas så att den börjar glöda och urladdningslampor, där en elektrisk urladdning uppstår i gas.

För att kunna jämföra ljuskällor kan man se till följande egenskaper:

- Livslängd. Ljusflödet (den mängd ljus som utstrålas per tidsenhet) från en ljuskälla sjunker successivt under livstiden. När ljusflödet minskat med c:a 10-20 % behöver lampan bytas, även om den inte är helt "utbränd". Med ekonomisk livslängd menar man det antal timmar ljuskällan kan brinna innan ljusflödesnedgången blivit för stor. Måttenhet: timme.
- Ljusutbyte. Ljusutbytet visar hur effektivt en ljuskälla omvandlar elektrisk effekt till ljus. Måttenhet: lumen/watt.
- Lampeffekt. Ljuskällor tillverkas för olika effekter (för att ge olika mängder ljus per tidsenhet). Effekten visar hur mycket energi som förbrukas per tidsenhet. Måttenhet: watt (W).
- Färggivningsförmåga. I 2.2.6 talas om spektralfördelningens betydelse för färggivningsförmågan och att måttet på färggivningen ges som ett index, s.k.  $R_a$ -index. Ljuskällor i marknaden idag ligger mellan 10 och 100.
- Ljusfärg.

Exempel på olika ljuskällor, med angivande av de nämnda egenskaperna:



Glödlampor består av en glödtråd innesluten i en glaskolv på en sockel. Olika typer av gaser kan finnas i kolven för att förbättra ljuskällans egenskaper. Glödlampan är en temperaturstrålare.

Livslängd: 1000 tim, ljusutbyte: 10-20 lm/W, vanlig lampeffekt: 25-1000 W, färgrenderingsindex:  $R_a$  99.

Spektralfördelningen för glödlampa är kontinuerlig och har en dragning åt den röda delen i spektret. Ljusfärgen upplevs normalt varm. Glödlampan ger förutsättningar för riktat ljus (hårda skuggor) och används på arbetsplatser mest för platsbelysning.

Urladdningslampor fungerar så att den elektriska strömmen får passera en gasblandning innesluten i en glaskolv. Vid urladdningen alstras strålning ofta inom det ej synliga ultraviolette området av spektrum. Genom att strålningen får passera ett lyspulverskikt kan den omvandlas till ljus.

Beroende på vilken gas urladdningslampan innehåller respektive vilket lyspulver man använder kan spektralfördelningen variera starkt. I de flesta urladdningslampor är vissa band i spektret överbetonade vilket stör färgåtergivning.

Urladdningslamporna kräver normalt speciella elektriska förkopplingsdon för tändning och drift (se störningar kap. 2.1.8).

Den vanligaste urladdningslampan är lysröret. Urladdningen sker i kvicksilverånga med lågt tryck. Livslängd: 9000 tim, ljusutbyte: 10-60 lm/W, effekt: 15-215 W. Lysrör tillverkas med olika ljusfärg och olika färgåtergivningsförmåga.

Kvicksilverlampan är en urladdningslampa där urladdningen sker i kvicksilverånga med högt tryck. Utan lyspulver blir ljusfärgen blåvit och spektralfördelningen mycket ojämn. Genom användning av lyspulver på lampkolvens insida förbättras färgåtergivningsförmågan.

Livslängd: 6000 tim, ljusutbyte: 30-50 lm/W, effekt: 50-2000W.

Kviksilverlampan kan användas endast om kraven på färgåtergivning ej är så stora.

En bättre färgåtergivningsförmåga får man i metallhalogenlampan.

Natriumlampor, särskilt lågtrycksnatriumlampan, har länge använts för vägbelysning och annat utomhusbruk. Den har stort ljusutbyte, 140 lm/W inkl. förluster, livslängd: 6000 tim, effekt 35-180 W. Nackdelen är den obefintliga färgåtergivningsförmågan. Ljuset är gult.

Högtrycksnatriumlampan ger ett gulvitt ljus; genom att trycket ökas i urladdningen och har bättre färggivning.

Den har livslängden 6000 tim, ljusutbytet 120 lm/W exkl. förluster och effekt: 250-1000 W. Den är mindre än lågtrycksnatriumlampan.

### 2.3.5 Färg- och materialval

Sambanden mellan ljus, färg och ytmaterial har flera gånger tidigare påpekats. Man bör välja färger och material under så verklighetsnära betingelser som möjligt.

Färgvalet bör åtminstone i sina huvuddrag göras i ett sammanhang för att få en god helhet och så att man kan vara medveten om den påverkan de olika färgerna har på varandra.

Eftersom upplevelsen av färger förändras med färgfältens storlek, är det viktigt, att man inte har för små färgprover när man väljer färger. Man skall också vara uppmärksam på att provet skall vara lika blankt eller matt som den färdiga ytan, annars blir effekten vilseledande. Avståndet till färgen kan också påverka färgintrycket, liksom reflexion från en färgad yta till en annan.

Det bör vara god kontrast mellan bakgrundsfärg och ev. varningsmarkeringar.

Önskvärda reflexionsvärden (se 2.2.3) för väggar, tak och golv kan vara en av förutsättningarna för färg- och materialval.

Rummets karaktär styrs till stor del av färgvalet: "ljus och lätt", "färgglatt", "rofylt" osv.

Det är viktigt att se till att man inte senare byter ut den typ av ljuskälla, som man räknat med vid färgvalet (utan att i så fall ompröva färgvalet).

## 2.4 Bestämmelser

I Sverige finns få bindande bestämmelser för belysningskvaliteter i arbetslokaler. Lagtexter och föreskrifter använder ofta ganska allmänna formuleringar om belysningen, den skall vara "lämplig", "tjänlig", "tillräcklig" osv.

I Byggnadsstadgan föreskrivs att arbetsrum och därtill hörande personalrum skall ha tillfredsställande belysning och, om förhållandena så medger, dagerbelysning, dvs. dagsljus (46 § 4 mom). Byggnadsnämnden kan endast medge undantag från dagsljuskravet om det finns starka motiv.

Byggnadsstadgan reglerar också avstånd mellan byggnad och tomtgräns resp. mellan två byggnader på samma tomt p.g.a. insynsrisk och dagsljusönskemål (men även bullerstörningsrisk).

Statens Planverk ger i Svensk Byggnorm (SBN 1975) tillämpningsbestämmelser till byggnadsstadgan dels i form av föreskrifter, dels i form av råd och anvisningar.

I kap. 38 som helt handlar om belysning föreskrivs dels att "där verksamhetens art så medger" skall arbetsrum "anordnas så att tillfredsställande dagsljus erhålles", dels beträffande elinstallation att den skall "anordnas så att tillräcklig allmänbelysning kan erhållas" och i arbetslokal "så att tillräcklig platsbelysning möjliggörs. Där särskild platsbelysning inte kan användas på grund av verksamhetens art, skall elinstallationen anordnas så att allmänbelysningen kan ge tillräcklig belysning på arbetsplatserna".

I kap. 37 Brandskydd föreskrivs för utrymningsvägar belysning och nödbelysning och belyst eller lysande vägledande markering.

I kap. 42 Hissar och persontransportörer föreskrivs nödbelysning i hissar i vissa fall.

I kap. 75 Samlingslokaler ges regler för belysning och nödbelysning främst för utrymning.

Kap. 33 Värmeisolering och lufttätthet kompletterades 1976 med föreskrifter om att fönsterarean i en byggnad skall bestämmas med hänsyn till kravet på god energihushållning (dock med beaktande av dagsljuskravet i kap. 38). Anvisning om hur godtagbar fönsterarea beräknas finns också.

Arbetarskyddslagen säger att "arbete skall äga rum vid tillräcklig och tjänlig belysning" (10 §) och att åtgärder skall vidtas för att förebygga att arbetstagare skadas genom bländande ljus (11 §).

I Arbetarskyddskungörelsen som ger tillämpningsföreskrifter till arbetarskyddslagen anges att belysningen skall vara lämpligt anordnad i förhållande till varje arbetsplats med såväl allmänbelysning som, där så erfordras, platsbelysning. Skydd mot bländning är också ett krav (21 §) liksom att belysningen skall vara tillfredsställande i trappor, gångar och på vägar där de arbetande skall gå (44 §).

Arbetarskyddsstyrelsen utfärdar anvisningar som gäller för särskilda lokaler och verksamheter. Anvisning nr 88, Lokalanvisningar, tar i flera punkter upp belysningsfrågor.

Ljuskultur som är branschorganisation för belysningsområdet har på uppdrag av Arbetarskyddsstyrelsen utarbetat en skrift som heter "Belysning inomhus - riktlinjer och rekommendationer". I denna beskrivs krav som bör ställas på olika ljuskvaliteter, och i tabellform föreslås lämplig belysningsstyrka men för olika typer av arbetsuppgifter. Dessa tabeller ersätter den gamla s.k. lux Tabellen.

Byggnadsstyrelsen, Skolöverstyrelsen och SPRI (Sjukvårdens och socialvårdens planerings- och rationaliseringsinstitut) har utgivit råd och anvisningar inom sina resp. ansvarsområden.

Statens Industriverk utfärdar föreskrifter för elsäkerhet i ljusarmaturer för olika typer av arbetslokaler. Armaturerna delas in i olika skyddsformer med hänsyn till beröringsskydd och täthet enligt SEN 2121 (Svenska Elektriska Normer). Provning av armaturer görs av SEMKO (Svenska Elektriska Materialkontrollanstalten). Vissa äldre föreskrifter utfärdade av Kommerskollegium gäller ännu.

## 2.5 Beräkningsmetoder

För en normal belysningsprojektering behöver man i allmänhet inte genomföra några komplicerade beräkningar. De siffror, som anges i bestämmelser och rekommendationer, är ändå så ungefärliga, att det oftast räcker med en överslagsberäkning för att kontrollera att värdena för t.ex. belysningsstyrka, bländtal och dagsljusfaktor ligger någorlunda rätt.

Ofta är belysningsituationerna dessutom så komplicerade, att man inte med enkla formler kan ta hänsyn till alla påverkande faktorer.

### 2.5.1 Beräkning av belysningsstyrka

Punktmetoden. Belysningsstyrkan på en yta kan beräknas med hjälp av punktmetoden under förutsättning att ljuskällan kan betraktas som punktformig, dvs. dess största utbredning får ej vara större än 1/5 av avståndet till den punkt i vilken belysningsstyrkan skall beräknas.

Formeln är följande:

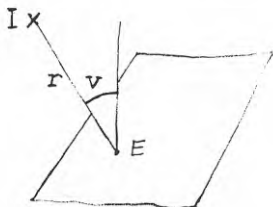
$$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos v$$

där: E = belysningsstyrkan på ytan mätt i lux

I = ljusstyrkan från ljuskällan mätt i cd

r = avståndet från ljuskällan till ytan mätt i m

v = vinkeln mellan en linje  $\perp$  ytan och en linje från ytan till ljuskällan



Förutom ljus direkt från ljuskällan måste man i ett rum räkna med att ljus också reflekteras mot alla ytor och därvid ger ett tillskott till belysningsstyrkan på en arbetsyta t.ex. Även denna belysningsstyrka går att beräkna men med ganska avancerade räkneoperationer.

Verkningsgradsmetoden. Belysningsstyrkan på en horisontell arbetsyta i ett rum med jämnt fördelade, likadana armaturer tillräckligt tätt sittande för att god överlappning skall uppnås på arbetsplanet beräknas ur följande formel:

$$E = \frac{N \cdot \emptyset \cdot \eta \cdot \beta}{A}$$

- där: E = medelbelysningsstyrkan på arbetsytan mätt i lux  
 N = antalet armaturer i anläggningen  
 $\emptyset$  = totala ljusflödet alstrat av ljuskällorna i en armatur mätt i lumen  
 $\eta$  = anläggningens totalverkningsgrad  
 $\beta$  = anläggningens bibehållningsfaktor  
 A = rummets golvyta mätt i m<sup>2</sup>

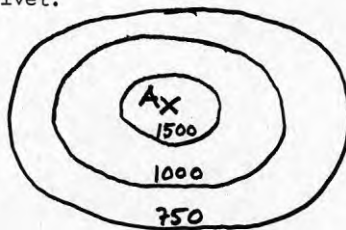
Anläggningens totalverkningsgrad beror bl.a. på rummets dimensioner, som kan uttryckas genom ett rumsindex:

$$k_r = \frac{l \cdot b}{h_m \cdot (l+b)}$$

- fär: l = rummets längd i m  
 b = rummets bredd i m  
 $h_m$  = armaturernas höjd över arbetsytan i m

Rumsindex och rumsytornas reflexionsfaktorer ger anläggningens totalverkningsgrad genom s.k. verkningsgradstabeller, som normalt finns utarbetade för olika armaturer. Ur fabrikanternas kataloger kan man också få armaturernas ljusflöde.

Isoluxdiagram. Om armaturfördelningen i ett rum är oregelbunden kan man använda en metod där man ritar isoluxdiagram för varje armatur och ur dessa manuellt räknar fram belysningsstyrkan i en bestämd punkt. Ett isoluxdiagram visar med kurvor alla punkter i ett vågrätt plan, som har samma belysningsstyrka från en given armatur på en bestämd höjd över golvet.



Isoluxkurvorna sammanbinder alla punkter med samma belysningsstyrka alstrad av armaturen A.

Isoluxdiagram sammanlagda från alla armaturer i ett rum på t.ex. bordshöjd kan ge en viss föreställning om luminansfördelningen på horisontalplanet.

### 2.5.2 Beräkning av bländtal

Det s.k. bländtalet för varje arbetsplats från de sammanlagda ljuskällorna i synfältet (även fönstren räknas) kan beräknas enligt denna grundformel:

$$B = 10 \cdot \sum \log \left( \frac{L^{1,6} \cdot \omega^{0,8}}{L_b} \cdot \frac{0,48}{p^{1,6}} \right)$$

där: B = bländtalet, som symboliserar bländningsupplevelsen. Formeln förutsätter att två situationer med samma bländtal upplevs lika störande och att en skillnad på ung. 3 enheter i bländtalet upplevs som att det högre talet ger en tydligt större bländning.

L = ljuskällans luminans i  $\text{cd/m}^2$ . Ljuskällans luminans skall helst vara jämn och dess form väldefinierad. Gränsen för formelns användning är c:a  $10.000 \text{ cd/m}^2$ .

$\omega$  = ljuskällans storlek mätt i den synvinkel (steradian) under vilken den ses av betraktaren. Gränsen för formelns användning ligger vid 0,5 sr för summan av alla ljuskällors ytor.

$L_b$  = omgivningsluminansen i  $\text{cd/m}^2$ . Det förutsätts i formeln att denna är helt jämn, men man får räkna med medelluminansen i synfältet. Gränserna för formelns användning är  $1 \text{ cd/m}^2 < L_b < 500 \text{ cd/m}^2$

p = positionsfaktorn fås ur tabell. Den anger hur bländningskänsligheten i olika riktningar i synfältet förhåller sig till känsligheten i blickriktningen.

$\sum$  anger att beräkningar skall utföras för varje ljuskälla för sig och sedan summeras inför den slutliga räkneoperationen. Om någon ljuskälla har en yta större än  $\sim 0,05$  sr bör den delas upp i flera mindre bitar, som var för sig betraktas som ljuskällor.



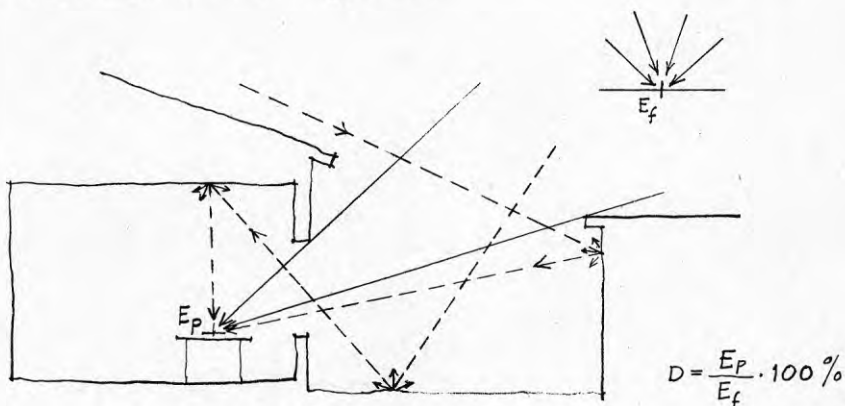
Under förutsättning att:

1. armaturerna är jämnt fördelade i taket och riktade lika
2. alla armaturer är lika
3. armaturens ljusfördelning har en viss form och symmetri

kan en förenklad beräkningsmetod för bländtal användas benämnd BZ-metoden. Den är utformad som en serie tabeller där man söker sig fram till bländtalet för den aktuella anläggningen.

### 2.5.3 Beräkning av dagsljusfaktorn

Dagsljusfaktorn anger förhållandet mellan belysningsstyrkan (från dagsljuset) på en given punkt i rummet och belysningsstyrkan på ett horisontalplan utomhus, belyst av hela det oavskärmade himlavalvet. Dagsljusfaktorn uttrycks i procent.



Man kan beräkna dagsljusfaktorn genom att addera tre komponenter: himmelskomponenten (det direkta himmelsljuset), den utereflekterade och den innereflekterade komponenten.

Bygghforskningen har utarbetat en dagsljusgradskiva och tabeller som gäller för vertikala fönster och med dessa hjälpmedel kan man från plan- och sektionsritningar beräkna himmelskomponenten.

Himmelsgradskivan läggs först på sektionsritningen. Man kan då avläsa en faktor som gäller för ett oändligt långt fönster. Sedan placeras gradskivan på planritningen och en reduktionsfaktor, som tar hänsyn till fönsterbredden avläses. De två faktorerna multiplicerade med varandra ger himmelskomponenten. (Fönstren förutsätts vara fyrkantiga.)

Den utereflekterade komponenten beräknas på motsvarande sätt genom att man reducerar himmelsljuset med en faktor som är lika med förhållandet mellan den reflekterande ytans luminans och himlens luminans.

Den innereflekterade komponenten utläses ur tabeller då man vet ytornas reflektionsfaktorer och glasytan i procent av golvytan.

Vid oregelbundna rum eller då fönsterarrangemangen är komplicerade är det lättare att studera dagsljusförhållandena i modell.

#### 2.5.4 Beräkning av kontraster

Kontraster kan inte i förväg beräknas på något enkelt sätt.

Om ljusets riktning (resp. hårdhet/mjukhet) ej är den ideala i förhållande till betraktelseriktningen reduceras kontrasten för t.ex. blyertsskrift på papper. Kontrastreduktionen kan skrivas:

$$\frac{C_{\max} - C}{C_{\max}} \cdot 100 \%$$

där:  $C_{\max}$  = den maximala kontrast som kan uppnås mellan t.ex. bokstav och bakgrund

$C$  = den aktuella kontrasten under rådande ljusförhållanden och med bestämd blickriktning (mätes)

Den resterande kontrasten, dvs.  $\frac{C}{C_{\max}}$ , kallas relativ kontrast.

Speglingen i materialet är ofta olika i olika riktningar vilket gör beräkningar svåra.

Det finns dock en del beräkningar gjorda på den relativa kontrasten mellan skrift och papper för några olika belysningsförhållanden och exempel på sådana återfinns i Ljuskulturs: Belysning inomhus.

Skuggbildning och modellering är svårt att entydigt beskriva.

### 2.5.5 Kostnadsberäkningar

Vid en jämförelse mellan alternativa belysningsanläggningar måste i första hand kvalitetsaspekterna bedömas.

För kvalitetsmässigt likvärdiga alternativ kan kostnadsskillnaden vara utslagsgivande.

Man brukar beräkna årskostnaden för en anläggning och lägger då ihop annuiteten för armaturer och ev. för tillhörande installationer och påverkan på ventilationskostnad med kostnaden för ljuskällor, energiförbrukning och underhåll (skötsel) räknat per år.

Energikostnaden kan ofta bli den post som är avgörande när man väljer mellan olika alternativ.

Ljuskällornas ljusutbyte påverkar energikostnaden, och man bör därför i valet mellan olika ljuskällor jämföra lamp- + energipriset i t.ex. kronor per år. Ljusflödesminskningen varierar mellan olika ljuskällor och bör också vara med i bedömningen.

Vid valet mellan olika armaturer skall inte bara armaturpriset jämföras utan även vad energiförbrukningen blir. En dyrare armatur kan ge mindre energiförbrukning och därmed lägre totalkostnad.

## 2.6 Redovisningsmetoder

Det är inte särskilt lätt att redovisa en tänkt belysningssituation på ett verklighetstroget sätt.

Fullskalemodell, s.k. provrum, är en bra metod, men tämligen kostsam. Om det gäller många likadana rum kan man kanske ändå tillgripa detta.

Man kan också bygga upp en fullskalemodell av en arbetsplats med ganska enkla medel, använda de rätta ytmaterialet och sedan studera belysningssituationen.

En perspektivskiss eller ett foto kan ge en viss föreställning, men är alltid något missvisande, då man i verkligheten ser (åtminstone upplever) ljuset i nästan  $180^\circ$ , och dessutom rör sig på ett sätt som bilder inte kan efterlikna.

Dessutom har ögat en förmåga att kompensera för skuggfärger vilket film inte kan. Steroseendet kan heller inte efterliknas helt.

Däremot kan teckningar och foton vara ett bra komplement till minnesbilder av lokaler som man sett i verkligheten.

Modeller i liten skala t.ex. 1:10, 1:20 eller 1:50 kan ge en god föreställning om hur dagsljuset faller in i rummet och även ljuset från takarmaturer. Modeller kan göras enkla och behöver inte vara påkostade.

På plan- och sektionsritningar kan en viss illusion av belysningen ges genom skraffering, färger eller annan markering (t.ex. isoluxdiagram) som visar ljusa och mörka områden, dvs. åskådliggör "ljusrummens" placering och storlek.

En vanlig metod för att bedöma olika alternativa armaturer är att på prov hänga de olika typerna i de lokaler där man f.n. arbetar.

Färg- och materialprover kan man skaffa och visa upp, men det är viktigt att man uppmärksammar problemet med provernas storlek (se 2.3.5).

Referensobjekt, som liknar den planerade anläggningen, kan vara bra, men man bör komma ihåg att det är helheten man upplever och att skillnader i helheten förändrar upplevelsen.

### 3 BELYSNINGSPLANERING

#### 3.1 Allmänt om byggprocessen

I inledningskapitlet finns en kortfattad beskrivning av planeringsförloppet för ny-, till- eller ombyggnad av arbetslokaler och de deltagande parternas roller i detta (sid. 5-6).

När man förbereder sig för en konkret planeringssituation måste man gå in på dessa frågor något mer detaljerat.

Initiativet till projektet kan komma såväl från företagsledningen (t.ex. med anledning av verksamhetens expansion eller etablering av ny verksamhet), som från skyddskommittén grundat på arbetsmiljökrav, som kommit fram vid skyddsronder t.ex.

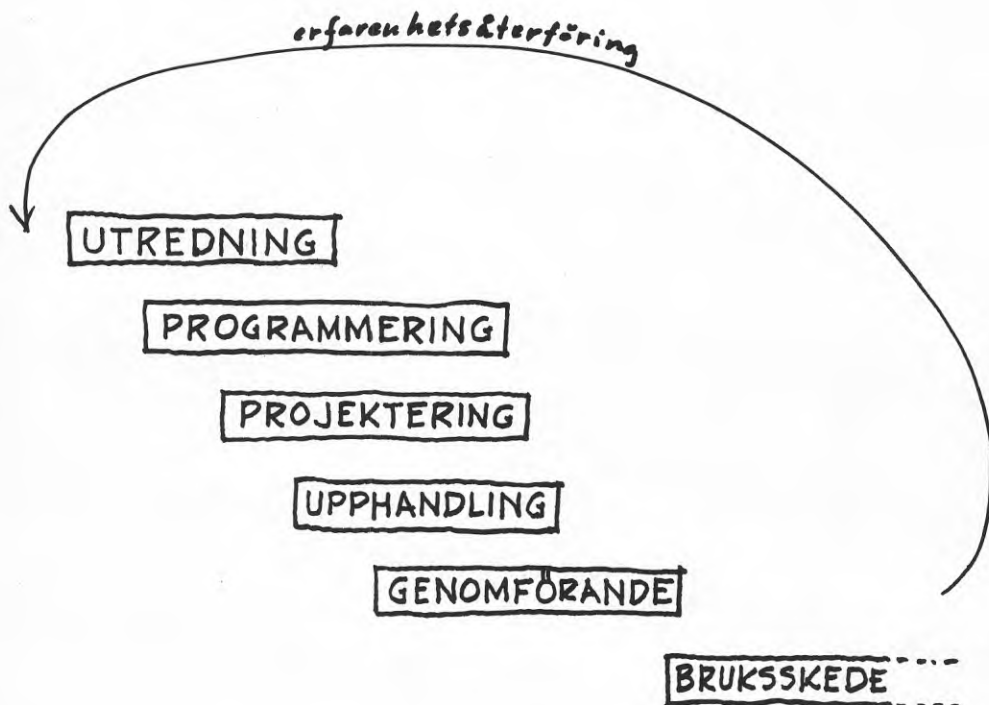
För att fatta beslut om huruvida projektet skall komma till stånd eller ej försöker man skaffa sig en uppfattning om:

- vilka resurser som står till buds
- vilken omfattning förändringen bör ha för att tillfredsställa de uppkomna behoven
- hur det skall se ut
- hur mycket det kommer att kosta
- hur lång tid det tar att genomföra

Enligt medbestämmandelagen torde beslutet om att genomföra projektet fattas i förhandling mellan företagsledning och anställda.

För mindre förändringar kan en arbetsgrupp inom företaget kanske sköta hela planeringen och ev. även genomförandet.

Vid större förändringar tillkallar man byggkonsulter specialiserade på olika fack. Huvudkonsult är ofta arkitekten, som då har samordningsansvar för övriga konsulter. Dessa kan vara: konstruktör, VVS-konsult (värme, vatten och sanitet), el-konsult, trädgårdsarkitekt, inredningsarkitekt, specialkonsulter (för t.ex. akustik, köksplanering, belysning). Av namnet framgår deras resp. ansvarsområde.



*Byggprocessens skeden*

Inom företaget bygger man upp en projektorganisation, vanligen med en (partssammansatt) projektgrupp eller ledningsgrupp som det centrala organet.

Till projektgruppen kan knytas arbetsgrupper för speciella frågor t.ex. belysning, färg, buller osv. eller för olika typer av arbetsplatser. Arbetsgrupperna är partssammansatta, men resp. part gör naturligtvis ett förberedelsearbete tillsammans med den kategori man representerar.

Olika myndigheter utfärdar lagar, normer och förordningar om byggande och byggnader och kontrollerar att de följs. För att man skall få påbörja byggandet krävs t.ex. byggnadslov från kommunens byggnadsnämnd efter granskning av ritningar och beskrivningar.

Byggprocessen, dvs. den process som sträcker sig från initiativet till förändring till dess byggnaden är i bruk, kan traditionellt indelas i följande skeden: utredning, programmering, projektering, upphandling, genomförande (byggande) och bruksskede.

De olika skedena kan i tid överlappa varandra och för olika objekt vara olika omfattande. Kap. 3.2 - 3.7 beskriver närmare dessa skeden.

För att processen skall kunna löpa kontinuerligt från planering över byggande och till brukande upprättas en tidplan för projektet, där olika aktiviteter och beslutstillfällen planeras in.

Under hela byggprocessen sker med jämna mellanrum kontroll av kostnaderna för byggnaden. Med erfarenhet av tidigare byggande görs från början kostnadskalkyl för det aktuella projektet. Vartefter detaljeringsgraden i förslagen ökar kan noggrannare kostnadsberäkningar göras. På något stadium fastslås en kostnadsram. Denna ger de ekonomiska förutsättningarna för den fortsatta planeringen. Alla önskemål kan kanske inte tillgodoses inom den givna ramen. Prioriteringar måste göras.

Olika krav och önskemål om byggnads- och detaljutformningen kan vara motsägande och någon "ideal lösning" existerar sällan. Man får försöka börja med de problem, som är mest styrande för det fortsatta arbetet. Antingen finner man en acceptabel lösning med de givna förutsättningarna och kraven eller också får man försöka ändra dessa för att finna en acceptabel lösning. Program- och projekteringsarbete måste föras framåt i ständig växelverkan. Lösningen av vissa problem leder till nya förutsättningar och problem för det fortsatta arbetet.

En utgångspunkt för projektet måste vara att varje arbetsplats skall vara väl utformad och fungera väl för den som skall arbeta där. Samtidigt skall sambanden mellan olika arbetsplatser fungera och alla de enskilda delarna tillsammans bilda en god helhet.

Alla de funktionskrav, som verksamheten ställer, måste samordnas, alla tekniska system (konstruktioner, klimat m.m.) bringas att samverka, människornas arbetsmiljökrav tillgodoses, ekonomiska krav och myndigheters bestämmelser och anvisningar vara uppfyllda, utseendemässiga kvaliteter beaktade osv.

Denna komplexa situation är ofta svår att överblicka. Det kan därför vara motiverat att försöka dela upp situationen i olika nivåer, där de aktuella problemen kan analyseras för sig. De olika nivåer som här valts är:

- den enskilda arbetsplatsen
- rummet
- byggnaden
- tomten och byggnadens placering på tomten

På var och en av dessa nivåer kan man för olika aspekter t.ex. BELYSNING följa gången från förutsättningar och krav till utformning till byggande och färdigställande till anläggningen i bruk.

I de följande kapitlen skall byggprocessens olika skeden beskrivas med särskild inriktning på belysningsfrågorna.



### 3.2 Utredning

Under utredningsskedet fattas beslutet att projektet skall genomföras. De förutsättningar som skall gälla fastslås i princip. De kan gälla projektets omfattning, kostnadsramar, tidplan, lokalisering och tomtval, utbyggnadsplan och val av konsulter. Till förutsättningarna hör också de krav som myndigheterna ställer.

Planeringen bör utgå från erfarenheter från den befintliga miljön och från andra liknande arbetsplatser. Miljön bör studeras och analyseras med avseende på vad som är bra och dåligt.

Vid ombyggnad studeras den befintliga byggnaden och dess installationer för att klarlägga vilka möjligheter de erbjuder för den tänkta verksamheten.

Bedömningen av belysningen vid en arbetsplats bör alltid ske under så verklighetsnära betingelser som möjligt. Den som normalt arbetar vid arbetsplatsen kan med hjälp av lämpliga stödfrågor ofta bäst beskriva det positiva resp. negativa i belysningssituationen. Projektören kan med utgångspunkt från sin tidigare erfarenhet göra en allmän bedömning av belysningen.

Dessa subjektiva beskrivningar kan ev. kompletteras med instrumentella mätningar antingen för att sätta större kraft bakom kravet på förändringar eller för att man vill ha jämförande värden att ange inför planeringen av nya arbetsplatser.

Man använder sig av två instrument: luxmätaren och luminansmätaren. Instrumenten skall ha det ljusadapterade ögats känslighetskurva och vara kalibrerade. Arbetssituationen skall vid alla mätningar vara så realistisk som möjligt.

Med luxmätaren mäter man belysningsstyrkan på en yta genom att placera en s.k. känselkropp på ytan och avläsa instrumentet. Känselkroppen skall vara så konstruerad att den fungerar även för snett infallande ljus.

Luminansmätaren mäter medelluminansen inom ett litet inringat område, som syns i instrumentsökaren. Man riktar instrumentet mot den yta vars luminans skall mätas och avläser instrumentutslaget.

På detta sätt kan luminansfördelningen i synfältet mätas upp. Stora luminansskillnader som förorsakar bländning kan påvisas. Bländtalet vid olika arbetsplatser kan beräknas.

Vidare kan man med hjälp av mätresultaten beräkna kontrasten i arbetsmaterialet, dagsljusfaktorer, reflexionsfaktorer och transmissionsfaktorer.

Den kunskap man skaffar sig i utredningsskedet ligger till grund för de krav man kan ställa på den blivande arbetsmiljön. Ju bättre underbyggda kraven är desto bättre förutsättning har de att bli tillgodosedda.

### 3.2.1 Utredning: den enskilda arbetsplatsen

Grundförutsättningen för den enskilda arbetsplatsen är den verksamhet som skall bedrivas där.

Viktiga frågor är:

- människans behov i miljön
- verksamhetens utrymmesbehov
- sammanhanget mellan ingående enheter
- behov av installationer
- studier av andra liknande arbetsplatser
- erfarenhetsåterföring från tidigare verksamhet

För belysningens och seendets del behövs en analys av synuppgiften med avseende på t.ex:

- minsta detalj
- kontrast hos arbetsmaterialet
- konturskärpa
- blanka eller matta ytor
- synavstånd
- arbetsytans storlek
- stilla eller rörligt arbete
- komplexitet
- rörliga synföremål (synhastighet)
- rörlig bakgrund eller omgivning
- fordran på precision i stereoskopiskt seende (djup)
- färgbedömning

Vidare kan behövas:

- analys av särskilda förhållanden, såsom hög medelålder, synhandikapp (kontraster kan behöva förstärkas), möjlighet att utnyttja optiska hjälpmedel
- uppgift om verksamheten är starkt smutsande (har betydelse för underhåll av armaturer och väggytor)

### 3.2.2 Utredning: rummet

Rummets ytbehov bestäms av den verksamhet som skall rymmas där, antal personer, antal arbetsplatser, utrymmeskrävande inredning och utrustning, kommunikationsyta.

Förutsättningar för rummets proportioner i bredd, djup och höjd kan vara:

- arbetsplatsernas läge i förhållande till fasaderna
- utrymmeskrävande inredning eller utrustning
- vilka byggnadskonstruktioner som väljs
- önskan om modulsamordning (t.ex. att alla rum längs samma korridor får samma djup och bredden blir multiplar av någon lämplig modul)
- estetiska värderingar
- bestämmelser (svensk byggnorm t.ex.)

Frågor av betydelse för belysning och seende:

- dagsljus i arbetsrum, personalrum och pausutrymmen är myndighetskrav
- fönsterstorlekar begränsas av bestämmelser (svensk byggnorm)
- analys av hur dagsljus och solljus faller in i rummet
- ev. analys av grunden för en färgplanering i rummet

### 3.2.3 Utredning: byggnaden

Förutsättningar för byggnadens planlösning är bl.a.:

- samband mellan rum och avdelningar
- planorganisation
- konstruktiva frågor såsom pelaravstånd, bärande väggar

Frågor som har med belysning och seende att göra:

- dagsljuskrav i arbetsrum, paus- och personalrum
- husdjup
- orienterbarhet i byggnaden
- förflyttning mellan rum

Byggnadens sektioner och fasader är beroende av:

- stadsplanebestämmelser om hushöjder (antal våningar)
- våningshöjder (som styrs av bestämmelser och verksamhetskrav)
- konstruktiva möjligheter
- estetiska aspekter (arkitektoniskt uttryck för byggnaden)

Frågor som har med belysning att göra:

- max. tillåten fönsteryta
- krav på dagsljusfaktorer

Ofta särskiljs vissa lokaltyper såsom verkstadshallar, korridorer, kontorsrum, pausrum, omklädningsenheter osv., där förutsättningar, problem och krav är lika.

### 3.2.4 Utredning: tomten (och byggnadens placering på tomten)

Vid ett fritt tomtval har normalt sådana aspekter som: närhet till transportmedel (både för varor och personer), närhet till service och bostäder, tomtstorlek (för en expansion) osv. störst betydelse.

Frågor med anknytning till belysning kan vara:

- omgivande topografi
- omgivande byggnader

Dessa frågor bör, vare sig tomten skall väljas eller redan finns, analyseras med tanke på:

- utsikt - bra eller dålig
- ljusinfall - skymmande natur eller byggnader
- risk för bländande solinstrålning, reflexion från motstående fasader t.ex.

Byggnadens placering på tomten kan vara beroende av i första hand:

- stadsplanebestämmelser
- expansionsmöjligheter
- grundförhållanden
- trafikföring

Belysningsaspekter, som brukar tillmätas relativt stor betydelse är:

- orientering i förhållande till väderstreck (solhöjder, solens förflyttning under dygnet och året)
- orientering i förhållande till omgivande natur och bebyggelse (för utsikt, ljusinfall, bländningsrisk)

### 3.3 Programmering

De program som skrivs för ett byggnadsprojekt syftar bl.a. till att ge direktiv till byggkonsulterna. Programmen utgår från de förutsättningar och den målformulering man har för projektet - den önskade slutprodukten - och beskriver vilka krav som skall vara uppfyllda. Vartefter projektet växer fram blir kraven alltmer detaljerade.

Byggnadsprogrammet är normalt ett funktionsprogram där ytbehovet för olika verksamheter och krav på samband mellan lokaler eller verksamheter uttrycks. Programmet prövas med hjälp av programskisser. Dessa utgör underlag för att studera och utvärdera byggnadsstrukturen och kan vara kostnadsberäkningsunderlag.

Mer detaljerade krav på rummets utformning, installationer, utrustning och inredning brukar redovisas i detaljprogram. Särskilda program för de olika byggkonsulternas ansvarsområden kan finnas t.ex. för starkström, svagström, belysning, värme- och ventilation osv.

Särskilda program bör också göras för byggnadens bruksskede. För belysningens del t.ex. kan det gälla dels instruktioner för hur man kan utnyttja den färdiga anläggningen riktade till dem som skall arbeta i byggnaden och dels instruktioner för hur anläggningen bör underhållas riktade till driftspersonalen.

De krav som kommer fram under programmeringen är ibland oförenliga. Konflikter kan t.ex. uppstå mellan produktionens krav och de anställdas arbetsmiljökrav, och man förhandlar sig fram till en lösning. Vidare kan olika individer eller grupper ha olika uppfattningar som leder till kompromisser. Slutligen kan den enskilda individen ställa oförenliga krav och tvingas till eftertanke och prioriteringar.

### 3.3.1 Programmering: den enskilda arbetsplatsen

De uppställda målen för en god arbetsmiljö ställer krav på:

- utrymme
- ingående utrustning och inredning
- särskilda installationer

För belysning och seende kan kraven härledas ur analysen av synuppgiften på exvis följande sätt:

- Kontraster och detaljstorlekar i arbetsmaterialet ger upphov till krav på medelluminans i synfältet, dvs i praktiken belysningsstyrkan. Lämpligt riktvärde på denna kan fås ur tabeller i Ljus-kulturs: "Belysning inomhus - riktlinjer och rekommendationer".
- Behovet av djupseende och formbedömning ställer krav på skuggbildning och modellering, dvs om ljuset skall vara mjukt eller hårt samt ljusriktningar. Erfarenheter och prov får ge kraven precision.
- Arbetsmaterialets kontraster och reflexionsegenskaper ställer också krav på ljusriktning och på hårt eller mjukt ljus. Även här måste erfarenhet och prov ge grund för kraven.
- För att säkerställa bästa kontrast för arbetsuppgifter som ev. kan variera kan krävas möjlighet att rikta om ljuset.
- För god färgbedömning bör höga krav ställas på färgåtergivningsförmågan hos den ljuskälla som väljs.
- Flyttbar arbetsplats ställer krav på flyttbar platsbelysning.
- Förberedelser för extra armaturer liksom flyttbarhet kan vara krav som ställs för att kunna anpassa belysningen till olika människor med olika förutsättningar.
- Krav på individuell tändning och släckning av armaturer kan finnas.
- Monotont arbete kan betinga större krav på att kunna vila blicken t.ex. genom att se ut genom ett fönster.
- Störningsfrihet måste anses som en självklarhet. Analysen av synuppgiften kan ge anvisning om risker för stroboskopeffekt t.ex. kan föreligga genom rörliga maskindelar eller bakgrund.



### 3.3.2 Programmering: rummet

Funktionskrav för rummet kan vara:

- lokalyta
- takhöjd
- rumsdisposition

Krav med anknytning till belysning och seende kan vara:

- dagsljuskrav, betingade av behov av kontakt med omvärlden; stöd för kraven finns i bestämmelser och anvisningar där ibland även krav på dagsljusfaktorn anges och/eller fönsterstorlek.
- gräns för största acceptabla rumsdjup om dagsljuset skall räcka som belysning under stora delar av dagen och året
- krav på att individuellt kunna reglera dagsljusinsläppet kan ställas, särskilt i soliga lägen
- krav på minsta luminans i rummet av säkerhetsskäl kan anges (ofta i form av minsta belysningsstyrka på horisontalplan, t.ex. 200 lux) krav på allmänbelysning
- krav på luminansfördelning i rummet i en uppföljning av 5:3:1-förhållandet och för att skapa en varierad miljö (preciserar i utformningsskedet)
- i kommunikationsstråk kan ofta en lägre luminans räcka
- krav på god skuggbildning och modellering i rummet för avståndsbedömning och formuppfattning leder till krav på ljusriktning och på hårt eller mjukt ljus
- krav på bländfrihet - acceptabla bländtal för olika typer av arbetsplatser finns angivna i Ljuskulturs: "Belysning inomhus - riktlinjer och rekommendationer"
- krav på reflexionsegenskaper hos ytor i rummet sammanhänger med önskad luminansfördelning, kan anges som krav på reflexionsfaktorer för olika ytor
- föregående punkt för vidare till krav på färgsättningen i rummet
- krav på möjlighet att förändra när arbetsplatser flyttas eller för individanpassning kan leda till krav på flyttbara armaturer, möjlighet att tända och släcka armaturer individuellt, möjlighet att rikta om armaturer, möjlighet att lägga till armaturer
- krav på nödbelysning
- krav på mekanisk motståndskraft hos armaturerna om verksamheten så påfordrar
- krav på den elektriska säkerhet hos armaturerna som verksamheten påfordrar
- estetiska värderingar, teknisk samordning och ekonomiska synpunkter

### 3.3.3 Programmering: byggnaden

Allmänna krav:

- planorganisation
- kommunikationsleder
- takhöjder
- expansionsmöjlighet
- flexibilitet

Krav med anknytning till belysning och seende:

- krav på fönstrens placering och utformning m.a.p. utsikt, ljusinfall, bländning
- kravet på god energiekonomi för byggnaden har lett till tumregler för maximal fönsteryta också i SBN-75. Detta har inverkan på möjligheterna till dagsljus
- krav på solavskärmning
- krav på att luminansskillnaden - när man rör sig från ett rum till ett annat - ej är för stor (helst 1:5)
- krav på skötselavvisningar av belysningsanläggningen bör ställas
- krav på rengörbarhet av armaturer
- krav på att lampor lätt skall kunna bytas
- ev.krav på livslängd hos lampor
- ev. krav på begränsningar i effektuttag med hänsyn till värme och ventilation bör klarläggas och anges
- krav på samordning med övriga tekniska system i byggnaden
- krav på ekonomisk redovisning av alternativa lösningar
- estetiska krav, t.ex. att fasaderna har ett visst utseende i samklang med omgivande bebyggelse
- krav på särskild städbelysning
- krav bör ställas på att belysningsplaneraren får göra en justering och kontroll av anläggningen sedan den tagits i bruk men även ge en direkt instruktion av hur anläggningen är tänkt att användas

### 3.3.4 Programmering: tomten (och byggnadens placering på tomten)

Krav på tomten med anknötning till belysning:

- elbelysning av parkeringsplatser, körvägar, gångvägar, lastkajer, vid entréer och eventuella utomhusarbetsplatser

Krav på byggnadens förläggning på tomten med anknötning till belysning:

- krav på avstånd mellan byggnader för att få in dagsljus och solljus i byggnaderna och för utsiktens skull (observera även framtida expansion)
- krav på placering i förhållande till väderstreck för att få in solljus resp. för att undvika solljus (värme och belysning)
- krav på placering i förhållande till omgivande natur för att få in dagsljus och solljus och för utsiktens skull

### 3.4 Projektering

Byggnadsprojekteringen innebär en utveckling av konkreta lösningar i form av ritningar och beskrivningar.

De första skisserna påbörjas ofta parallellt med utredning och programmering. Projekteringen innebär en ständig pendling mellan detaljer och de stora dragen (t.ex. utformningen av en enskild arbetsplatser och hela byggnaden). Tänkbara alternativa förslag presenteras och det är viktigt att projektören kan beskriva hur lösningarna tillgodoser de uppställda kraven. Först när man förstår vilka kvaliteter olika lösningar ger har man en verklig valmöjlighet mellan dem.

Redovisningsformerna har stor betydelse för förståelsen av hur de olika förslagen skulle gestalta sig i verkligheten (se kap. 2.6). Det är viktigt att man kan få en så god helhetsuppfattning som möjligt av miljön. Därför får inte redovisningarna av de olika konsulternas respektive del (t.ex. belysningen) göras helt skilda från de andra (t.ex. färgplaneringen och inredningen).

Sedan man enats om en huvudidé kan en utförligare genomarbetning av byggnaden och dess tekniska installationer göras.

Benämningar på ritningar fram till byggnadslovshandlingar varierar för olika projekt. Namn som skisser, förslagshandlingar, systemhandlingar förekommer. Ansökan om byggnadslov görs till kommunens byggnadsnämnd och skall innehålla följande ritningar: en situationsplan över tomten samt s.k. huvudritningar över byggnadens funktionella och arkitektoniska utformning i form av planer, sektioner och fasader i lämplig skala (ofta 1:100 eller 1:200). Förstatliga byggnader ansvarar byggmyndigheten för den tekniska byggnads-ovsgranskningen, varför byggnadsärendet redovisas till byggnadsnämnden med s.k. anmälningshandlingar.

Nästa steg är att utarbeta de ritningar och beskrivningar, som behövs för att genomföra upphandling och byggande. Dessa kallas bygghandlingar. Ändringar under bygghandlingsskedet är ofta kostsamma och kan medföra förseningar. Åter påminns man om hur viktigt det är att lägga ner tid och omsorg i de tidiga skedena av byggprocessen.

Belysningen måste i projekteringen, som nämnts, relateras till helheten. Rumsstorlekar och rumsformer får betydelse för hur ljuset faller in i rummet och hur det reflekteras. Den direkta belysningsplaneringen omfattar följande delar: fönsterutformning och -placering, systemutformning och armaturplacering, val av ljuskälla och armatur samt samordning med färg- och materialval.

Samordningen mellan t.ex. belysning, ventilation, kylanläggning, elanläggning är viktig. Konsulterna behöver uppgifter från varandra för att kunna planera sina olika delar.

### 3.4.1 Projektering: den enskilda arbetsplatsen

Generellt studeras:

- sammanställningen av den utrustning och inredning som ingår i arbetsplatsen med hänsyn till t.ex. arbetsställningar, förflyttning mellan olika enheter osv.

För belysning och seende studeras:

lämplig riktning för arbetsplatsen i förhållande till fönster:

- dels för att utnyttja dagsljuset som arbetsljus
- dels för utblickens skull
- dels för att ej få bländande himmel i synfältet

lämplig armaturplacering i förhållande till arbetsplatsen med hänsyn till kraven på

- ljusets riktning och ev. möjlighet att rikta om det
- armaturers flyttbarhet
- avståndet till arbetsytan (för belysningsstyrkan, för hårt eller mjukt ljus). Observera risken för värmeproblem med lampan över huvudet.
- lättåtkomlighet för rengöring och lampbyte

hur den armatur bör vara beskaffad, som bäst tillgodoser kraven på:

- ljusfördelningen vid arbetsplatsen (koncentrerat på en liten del eller utspritt över en stor yta, hårt eller mjukt ljus); armaturens storlek och typen av reflektor har samband med dessa krav
- bländskydd
- möjlighet att flytta armaturen eller rikta om den

hur olika ljuskällor tillgodoser kraven på:

- ljuskällans spektralfördelning och  $R_a$ -index (färgåtergivningens förmågan)
- ljuskällans effekt (ljusmängd, energiförbrukning)

lämpliga färger och ev. material för:

- arbetsmaterialet (om det kan ändras för att förbättra kontraster, t.ex.
- inredning och utrustning, traditionell färgsättning kan kanske ifrågasättas, lämpliga kontraster mellan olika enheter studeras, reflexionsegenskaper uppmärksammas och ev. ändras

komplexiteten i synfältet:

- ev. kan en rörig bakgrund skärmas av

### 3.4.2 Projektering: rummet

Generellt studeras:

- rummets form (höjd, bredd, djup, ev. oregelbundenhet)
- rummens läge i byggnaden (samordnas med övriga rum)
- rumsdispositionen (plac. av arbetsplatser, inredn.utrustning)

För belysning och seende studeras följande:

Arbetsplatsernas förläggning i förhållande till fönstren.

Fönstrens utformning med hänsyn till:

- utblick från arbetsplatserna
- ljusinfall i rummet
- solinstrålning (på gott och ont)
- bländningsrisken, ev. solavskärmning

När rumsdispositionen är gjord är det lämpligt att göra en grov skiss på önskvärd luminansfördelning i rummet för att följa upp 5:3:1 - fördelningen och för att skapa en varierad miljö. (Skissen kan göras i plan och ev. sektion och bör ta hänsyn till dagsljusstillskottet.)

Förslag till systemval och armaturplacering kan göras med utgångspunkt från:

- luminansfördelningsskissen
- föreslagna armaturplaceringar för de enskilda arbetsplatserna (enl. 3.4.1) och en samordning sinsemellan av dessa
- krav på ljusriktning eller avstånd till annan inredning eller utrustning

Samordning måste också ske med övriga tekniska system:

- Kan t.ex. undertakstyp väljas så att armaturer fritt kan placeras in i det och så att armaturerna kan flyttas?
- Ställer ventilationsdonens placering och funktion hinder i vägen för en fri placering av armaturerna?
- Kan balkar och pelare eller traverser vid jämnt fördelade takarmaturer skymma och skugga delar av arbetsområdet eller förorsaka farliga slagskuggor?
- Ger takhöjden utrymme för ett nedhängande upphängningssystem för armaturer?

Armaturtyperna bör i första hand väljas med funktionskraven som utgångspunkt

Antalet olika typer av armaturer i ett rum bör av kostnadsskäl och utseendeskäl begränsas. En avvägning måste göras till hur väl olika armaturtyper tillgodoser de krav man kan ställa på:

- ljusfördelning för att uppnå en god luminansfördelning för enskilda arbetsplatser och i rummet (storlek, reflektortyp)
- bländskydd, så att inte armaturen vid en arbetsplats bländar någon annan arbetande
- motståndskraft mot mekanisk påverkan
- lätthet att byta lampor och göra rent
- möjlighet att tända och släcka individuellt eller i grupp
- flyttbarhet
- material och utseende för anpassning i miljön
- kostnader inte bara i inköp utan även i drift och underhåll

Material, färger, former och belysning ger i samverkan rumskaraktären. Material- och färgval är viktiga för att uppfylla krav på luminansfördelningen i rummet, kontraster, reflexionsegenskaper i rummet.

Man får inte glömma att valet av färger skall ske i det ljus, som man skall ha i rummet.



### 3.4.3 Projektering: byggnaden

Generellt studeras:

- planlösningar (rumssamband, entréförhållanden, kommunikationer, expansionsmöjligheter)
- sektioner (rumshöjder)
- fasader (samordning av kraven från de olika rummen, arkitektoniskt uttryck, anpassning till omgivningen, värmebalans)

För belysning och seende studeras:

- fasadutformningen (se ovan), dvs. fönsterplacering och storlek
- hur väl olika typer av solavskärmning uppfyller kraven på reglerbarhet, skötsel, utseende, bländfrihet inifrån rummet
- vilka delar av fasaden som behöver solavskärmning
- samordning av belysningssystem, armaturplaceringar och armaturtyper för likartade lokaler
- kostnader, vid en kostnadsjämförelse mellan alternativa lösningar skall både investerings- och driftskostnader tas med

följande egenskaper hos alternativa ljuskällor:

- livslängd
- ljusutbyte
- lampeffekt

Av kostnadsskäl och för att underlätta vid lampbyten bör antalet olika typer av ljuskällor i byggnaden hållas nere

- samordning av armaturtyper för likartade lokaler
- färgsättning och material. Dessa har betydelse för att kraven på max-luminansskillnad mellan avgränsande rum hålls, men det har också belysningsstyrkan i de olika rummen! Övriga krav på färgplaneringen (t.ex. identifiering i byggnaden osv.) måste också studeras.

Anslutningar till stommen och modulsamordning mellan belysningssystem, mellanväggar, ventilationsdon, fönsterplacering osv. studeras.

### 3.4.4 Projektering: tomten

Tomtens planering innebär studier av byggnadernas förläggning, körvägar, parkeringsplatser, gångvägar, utarbetsplatser.

Belysningsplaneringen omfattar:

#### 1. Parkeringsplatser, körvägar, gångvägar

##### Systemval och armaturplacering:

- höga belysningsstolpar har fördelarna att antalet blir färre, dvs. risken att stolpar körs ned av parkerande bilar är mindre, snöröjning underlättas. Nackdelar är svårare service och att systemet ev. blir dyrare.
- låga stolpar har fördelen av lättare åtkomlighet vid service och mindre energiåtgång och nackdelarna påkörningsrisk vid parkering och snöröjning.
- en skiss på hur ljusfördelningen på marken bör vara kan ge vägledning för armaturplaceringen

Vid armaturvalet jämförs:

- ljusfördelning
- bländskydd
- motståndskraft mot mekanisk påverkan
- utseende
- kostnader

Valet av ljuskälla styrs till stor del av systemvalet; höga stolpar förutsätter högtrycksnatriumlampor eller kvicksilverlampor; låga stolpar tillåter även glödljus.

#### 2. Utearbetsplatser

Gången bör i princip vara densamma som för den enskilda arbetsplatsen.

Dock kan observeras att högt monterade ljuskällor kan behövas för att få ner ljus mellan containers, varuupplag osv.

### 3.5 Upphandling

Bygghandlingarna utgör ofta underlag för upphandling av varor och tjänster från leverantörer och byggnadsentreprenörer. Leverantören levererar varor till projektet under produktionstiden; entreprenörerna anlitas för produktion av hela projektet eller delar av det (t.ex. el-entreprenör, golvläggarentreprenör osv.)

Upphandlingen kan vara öppen för alla eller vända sig till ett begränsat antal. Ibland görs s.k. tidig upphandling, varvid de exakta utformningsföreskrifterna i handlingarna saknas. Istället anges de kvaliteter som skall uppnås i projektet med beskrivningar och översiktliga ritningar.

Avtalslagen och olika kungörelser och anvisningar ger regler för hur byggnadsupphandling skall gå till.

Sedan anbud på varor eller tjänster lämnats av leverantör eller entreprenörer prövas de av beställaren. Det är inte säkert att det lägsta anbudet alltid är det bästa. Det är viktigt att projektörer och brukare får vara med vid bedömningen av inkomna anbud.

När man bestämt sig för ett anbud kan kontrakt skrivas med leverantör eller entreprenör.

För belysningens del omfattar upphandlingen främst armaturer och ljuskällor. El-installationerna, som naturligtvis är en förutsättning för belysningen, går på starkströmsentreprenaden.

Vid upphandling av belysningsarmaturer särskiljs ofta fast anslutna armaturer (som ingår i byggupphandlingen) och övriga (som ingår i utrustningsupphandlingen).

Upphandlingsunderlaget omfattar vanligen: ev. ritningar, uppgift om antal, samt beskrivning av de krav som ställts upp i program- och utformningsskedena och krav på tillfredsställande elektrisk funktion hos komponenter m.a.p. tändning, driftvärden, säkerhet och störningsfrihet.

Det är viktigt att upphandlingsunderlaget verkligen respekteras av inköparen. Projektörer och brukare bör vara med vid bedömningen av inkomna förslag och anbud.

Är man osäker på om en armatur eller ljuskälla verkligen har de ljustekniska egenskaper som fabrikanterna uppger, kan man få kontrollmätningar gjorda vid KTH:s belysningslaboratorium vid E-sektionen.

### 3.6 Genomförande

Under byggnadsskedet skall byggnadsobjektet uppföras enligt de bygghandlingar som utförts. Samtliga entreprenörers och leverantörers arbete skall samordnas. Detta sker i en produktionstidplan.

I produktionstidplanen inordnas också den kontroll och besiktning som bör ske fortlöpande under byggnadsskedet. Den bör omfatta såväl teknisk som funktionell kontroll. I den tekniska kontrollen övervakas att entreprenaden utförs enligt kontraktet och enligt normer och föreskrifter. I funktionskontrollen sker intrimming och igångkörning av olika installationer, t.ex. värme, el, ventilation. Myndighetsbesiktningen sker vid tidpunkter som anges i byggnadslovet, och den utförs av representanter för byggnadsnämnden.

Byggnadsarbetet bevakas också när det gäller arbetarskyddet. I allt byggnadsarbete finns allvarliga risker för olycksfall. I arbetarskyddslagen finns föreskrifter för att öka säkerheten. Lokala skyddskommittéer och skyddsombud samt centrala organ, yrkesinspektionen och arbetarskyddsstyrelsen, övervakar att lagen följs.

### 3.7 Bruksskedet

Bruksskedet omfattar hela den tidsperiod då byggnaden är i bruk.

För belysningens del är det viktigt att man gör en kontroll av den färdiga anläggningen m.h.t. de individer som skall arbeta i lokalerna. Trots en omsorgsfull planering kan man finna att man vid någon arbetsplats upplever bländning. Man kan behöva flytta en armatur som bländar, man kan behöva sätta upp en skärm eller något annat bländskydd, man kan behöva ordna en extra arbetslampa åt någon som är äldre eller har nedsatt syn.

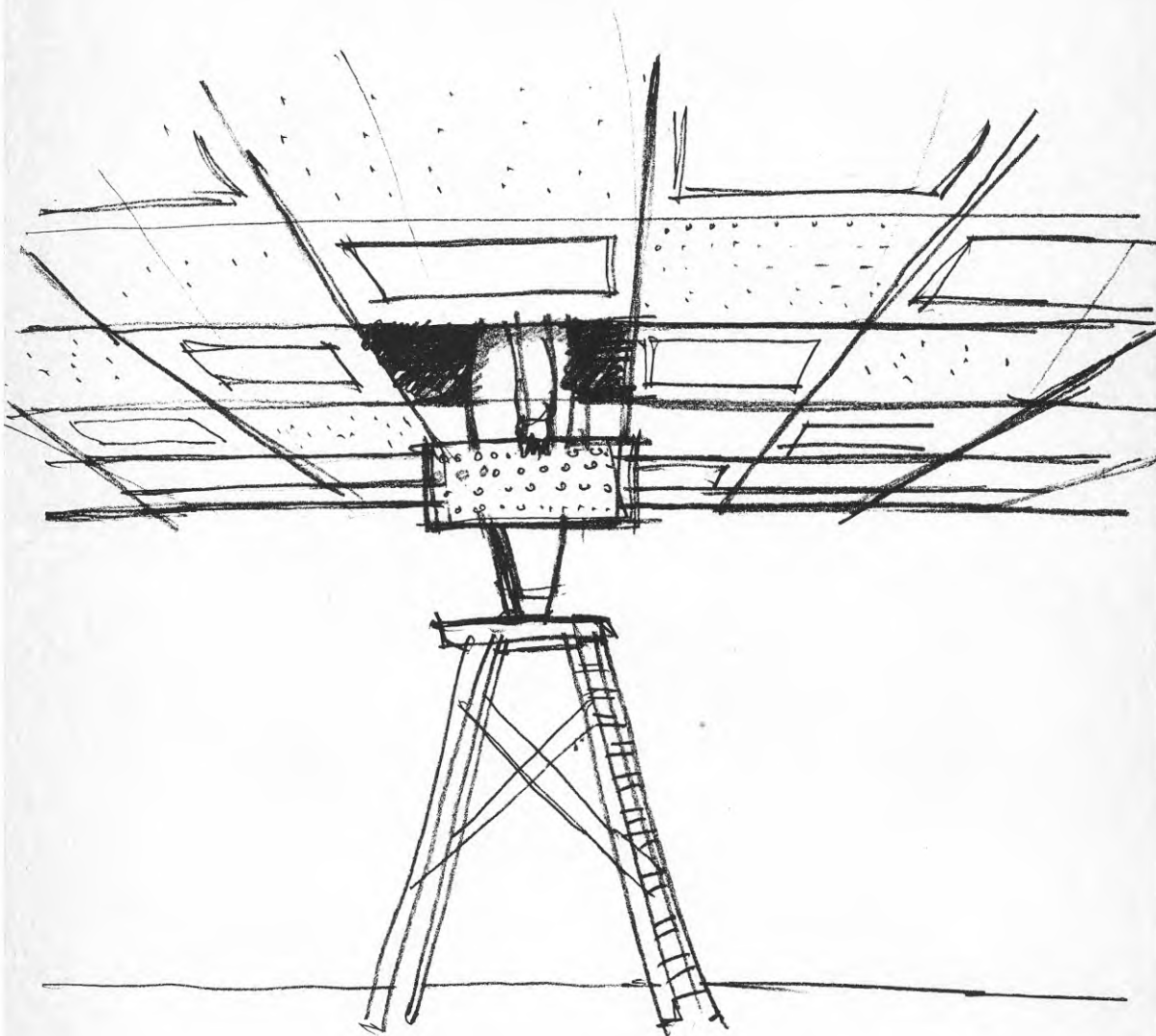
Ett bra sätt att prova om reflexbländning förekommer är att lägga en liten spegel på arbetsytan. Ser man i normal arbetsställning en lysande yta (armatur eller fönster) i spegeln finns risk för reflexbländning. Armaturen bör flyttas eller skärmas av, fönstret bör skärmas av, eller arbetsbordet bör flyttas.

Uppföljningen av hur väl anläggningen motsvarar de krav och förväntningar som ställdes på den ger värdefulla erfarenheter för både projektörer och brukare.

För att se om beräknade värden på belysningsstyrka och den luminansfördelning man avsett har uppnåtts kan kontrollmätningar göras med luxmeter och luminansmeter.

För att de som arbetar i lokalerna skall kunna utnyttja belysningsanläggningen till fullo på det sätt som avsetts, måste information från planeringen föras vidare.

De som själva deltagit i planeringen borde ha den informationen, men det är bra att dokumentera den också. Ett sätt är att i text och bild visa hur armaturerna bör sitta i förhållande till typiska arbetsplatser.



*Man får inte glömma att bevaka driftspersonalens  
belysningsituationer*

Vidare kan anvisningarna innehålla uppgifter om vad man kan flytta själv och när man behöver tillkalla hjälp för att ändra belysningen.

Vid förändringar i lokalerna i form av ändrad verksamhet, omflyttningar osv. måste man bl.a. se över belysningen och förändra den så att den passar den nya situationen. Skyddskommittén återtar i bruksskedet sin centrala roll när det gäller att bevaka arbetsmiljöfrågorna.

Särskilda anvisningar måste finnas för driftspersonalen. Det bör finnas ett program för underhåll av belysningsanläggningen. Lampornas ljusflöde sjunker med tiden. Belysningsstyrkan minskar och så småningom bör man byta lampan. Nedsmutsning av armaturer och ljuskällor sänker också belysningsstyrkan. Regelbunden rengöring (mer ofta i miljöer med stark nedsmutsning) bör planeras.

Vid lampbyte är det viktigt att inte byta typen av ljuskälla då detta kan påverka färgåtergivning m.m.

Det bör även finnas program för rengöring och ev. ommålning av väggar, tak och andra ytor för att reflexionsförmågan och därmed luminansen skall vara de önskade.

## LITTERATURLISTA

Belysning:

Program för behandling av BELYSNINGSPRÅG. Utarbetat av ASF BFR STU:s samrådsgrupp för belysningsfrågor. Stockholm BFR T10:1976.

Ottosson-Höckfelt: Belysning inom grafisk industri. Örebro 1975.

Söderqvist: Träbranschens ergonomigrupp: Bättre belysning i sågverken. Karlshamn 1974.

SPRI-råd 5.14. Belysning i vårdrum dec. 1972. Stockholm 1976.

STF ingenjörsutbildning: Belysning inom kontorslokaler - miljö, teknik, ekonomi. Stockholm 1974.

KBS-rapport 111. Solavskärmning. Rapport 1974:111. Stockholm 1974.

Henningsen: Om lys. Rhodos, Köpenhamn 1974.

Höglund, Åhlgren: Fönsterteknik. Läro- och handbok i byggnadsteknik. Stockholm 1973.

Bättre arbetsmiljö - Belysning. Vidareutbildning. Arbetarskyddsnämnden. Stockholm 1975.

Knave m.fl.: Artikelserie i Ljuskultur om Industriebelysning 1975/76.

Belysning inomhus. Riktlinjer och rekommendationer. Ljuskultur 1974.

Hultgren-Ottosson: Arbete och belysning. SAF 1973.

B. Fritzell - H.A. Löfberg: Dagsljus inomhus. Utdrag ur Day-lighting. SIB. Stockholm 1970.

Löfberg: Dagsljus utomhus. SIB. Informationsblad B9:1976.

Hopkinson & Collins: The Ergonomics of Lighting. Mac Donald 1970.

Kompendium från doktorandkurs i klimat 7-8-9 nov. 1973. Kap. 2.3 Hans Allan Löfberg: Ljus KTH 1973.

Guide on Interior Lighting CIE Publ. 29 CIE, Paris 1975.

Hopkinson, R.G: Architectural Physics: Lighting, Her Maj. Stat. Office, London 1963.

Indeklima-Lys, Statens trykningskontor Köpenhamn 1975.

Teknisk Tidskrift	12/74
Arkitektur	6/70
Tidskr. Arbetsmiljö	5/75



## LITTERATURLISTA forts.

Belysning i kontor, KBS-rapport nr 40. 1971 Stockholm

Kontorshusutredningen, KBS-rapport nr 12, 1966 Stockholm

H.A. Löfberg: Belysning i skolsalar. SIB Rapport 1960:29. Stockholm 1969.

Hartmann: Beleuchtung und Sehen am Arbeitsplatz (kontor o. industri). München 1970.

Carlsson-Persson: Underlag för bedömning och val av ljusarmaturer R 12:1974. SIB 1974.

Ö. Östberg: Bländningens fysiologi, psykologi och mätning. LuH Teknisk rapport 1977:24T. Högskolan i Luleå, Teknisk Psykologi, Institutionen för arbetsvetenskap. 1977.

Tidskrifter: Ljuskultur (Sverige), Lampetten (Danmark), Lighting Design & Application (USA), Light and Lighting and Environmental Design (England), Lichttechnik (Tyskland), Lighting Research & Technology (England), Journal of IES (USA).

Projektering, projekteringsprocessen:

KBS rapport nr 59 Totalentreprenad 1. Förfrågningshandlingar. Stockholm 1971.

KBS rapport nr 81 Totalentreprenad 2. Värderingsmodeller. Stockholm 1971. GP Kontor '75 KBS. 1975.

KBS rapport nr 101 Utredning och programmering inom byggnadsstyrelsen Stockholm 1974.

Redovisning av byggnadsprojekt 75. Red. G. Eliasson. Statens Standardiseringskommission (SIS). Kristianstad 1973.

Modell för projektstyrning. KTH. Proj.met. Stockholm 1973.

Projekteringsanvisningar del 1 Rationell projektering med användande av basritningar utarbetade av K-konsult. Kommunförbundets förlag. Stockholm 1975.

Ståhl-Wästlund: Industri- och arbetsområden: underlag för planeringsriktlinjer. Byggeforskningsrapport R 59:1975. Stockholm 1975.

SCB Kv. Tullen Örebro. Torsten Kumlien. KTH Proj.met. Stockholm 1976.

Bättre arbetsmiljö - Planering, vidareutbildning, Arbetarskyddsnämnden Stockholm 1976.

Kompendium i projekteringsmetodik. KTH Stockholm 1974.

## LITTERATURLISTA forts.

Arbetsmiljö:

- Bättre arbetsmiljö. Arbetarskyddsnämnden. Brevskolan 1974.
- Förslag till ny arbetsmiljölag. Arbetarskyddsnämnden 1976
- Arbetsmiljöavtalet SAF, LO, PTK. 1976.
- J. Ahlin: Arbetsmiljösanering. KTH. Arkitektur. Stockholm 1974.
- Nilsson, Ranhagen: Industriell arbetsmiljö KTH Arkitektur. Stockholm 1974.
- Nilsson-Etzler: Tidig projektering av industriell arbetsmiljö KTH Proj.met Stockholm 1977.
- Göran Palm: Ett år på LM. Stockholm 1972.
- Göran Palm: Bokslut från LM. Författarförlaget. Uddevalla 1974.
- Helhetssyn på arbetsmiljön: Rapport från ett seminarium om samarbete och nyskapande vid Hallsta Pappersbruk SAF 1975.
- Arbetsmiljö, information om bestämmelser för arbetslokaler, personalrum och samråd, Statens Planverk. Stockholm 1976.
- J. Steen, P. Ullmark: De arbetandes delaktighet i planeringen av nya eller ändrade arbetslokaler - metodutveckling i samband med planeringen av nya anläggningar för Mjölkcenralen. KTH. Stockholm 1976.

Fysiologi, Psykologi, Arkitekturteori

- Gregory: Öga och hjärna, Seendets psykologi. Aldus. Bonnier. Stockholm 1972.
- NE Landell: Stress i arbetslivet. Aldus. Malmö 1975.
- Kagan, Levi: Health and Environment-Psychosocial Stimuli: a Review Soc.Sci. & Med. Vol. 8. 1974.
- RD Laing: Upplevelse-Beteende PAN Norstedts Sthlm. 1971.
- H. Lohmann: Psykisk hälsa och mänsklig miljö. Stocialstyrelsen Stockholm 1972.
- Architectural Psychology: Proceedings of the Lund Conference Red. R. Küller Lund 1973.
- Red. C A Acking: Bygg mänskligt. Borås 1975.
- Christopher Alexander: Notes on the Synthesis of Form. 1966.
- Lindstedt: Ögat. Fakta om synen, synfel. Natur o. Kultur. Stockholm 1973.

## LITTERATURLISTA forts.

---

Hesselgren: The Language of Architecture. Studentlitteratur 1969.

Illum. Engineering, H.L. Logan: The Relationship of Light to Health. March. 1967.

Illum. Eng. R.J. Wurtman: Biological Implications of Artificial Illumination. Oct. 1968.

Forskningsmetodik och vetenskapsteori

Gunnar Boalt: Forskningsprocessen Stockholm 1968.

Johan Asplund: Om undran inför samhället. Argos. Uppsala 1970.

G H von Wright: Explanation and Understanding. Routledge & Kegan, Paul. London 1971.

Thomas G Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions. Chicago 1970.

Ingeman Arbnor: Vetenskapsteoretiska bilder. Liber Läromedel Lund 1976.

Håkan Törnebohm: En systematik över paradigm Avd. för Vetenskapsteori, Göteborgs Universitet Rapport nr 85. 1976.

### Sammanfattning

Bakgrund: Den nya lagstiftningen inom arbetsmiljöområdet har gett de anställda rätt att delta i planeringen av bl.a. lokaler. Ett reellt brukardeltagande förutsätter att byggprocessen förändras så att de tidiga förberedande skedena förlängs. Vidare krävs ett medvetande hos brukarna om vad som kan förändras och hur det kan gå till. Kommunikationen mellan brukare och projektörer måste förbättras och formerna för den utvecklas.

Ett sätt att avhjälpa de här skisserade problemen är att utarbeta planeringsunderlag för brukare och projektörer inriktade dels på helhetsplaneringen, dels mer detaljerat för olika aspekter i miljön, t.ex. belysning, färg, akustik, värme och ventilation osv.

Syftet med projektet har varit att ta fram ett planeringsunderlag för brukare och projektörer, särskilt inriktat på belysningsfrågor i samband med arbetsmiljöplanering.

### LJUSETS DEL I OMGIVNINGSUPPLEVELSEN

Människan upplever sin omgivning som en helhet. Hon tolkar sina sinnesintryck utifrån sina värderingar, tidigare erfarenheter, den kultur och det sociala mönster hon lever i.

Ljuset är en aspekt i helheten som har stor betydelse för synupplevelsen. Man kan med parvisa motsatsbegrepp exemplifiera stämningsslägen där ljuset har betydelse: trygghet - otrygghet, värme-kyla, variation i rumsintrycket-helt enformigt, platt rumsintryck.

Ljuset och ljusets växlingar är den stimulans som vårt seende behöver. I mörker blir vi passiva och trötta.

Med hjälp av ljus och skugga kan vi se former och volymer och bedöma avstånd. Ytstruktur och färg ger oss en uppfattning om material. Allt detta bygger på den erfarenhet vi successivt har fått. Onaturligt ljus gör att man inte känner igen t.ex. ett ansikte.

De ljusstrålar som träffar ögat bryts optiskt så att de ger en bild på näthinnan. Därifrån går nervimpulser till hjärnan där synbilden tolkas.

Ögats förmåga att uppfatta olika luminanser (luminans = ljushet) är mycket stor, men hela omfånget kan inte uppfattas samtidigt. Näthinnans ljuskänslighet anpassas till den rådande ljussituationen i synfältet - ögat adapterar. När omgivningens ljushet ändras adapterar ögat om.

Otillfredsställande belysning kan ge upphov till dålig arbetsställning med fysiska besvär som följd.

### LJUSKVALITETER OCH HUR MAN UPPNÅR DEM

En medveten behandling av ljuset är en av förutsättningarna för att man skall uppfylla de kvalitetskrav man kan ställa på en god arbetsmiljö, t.ex. säkerhet, störningsfrihet, rumskaraktär, god synmiljö och individuell anpassbarhet.

De krav på belysningen som har ett direkt samband med funktion och upplevelse gäller:

Luminansfördelningen i rummet och vid arbetsplatsen. Ljuset bör normalt inte vara helt jämnt fördelat i rummet. Blicken dras instinktivt till den ljusaste ytan i synfältet. Man kan rikta uppmärksamheten på viktiga delar med hjälp av ljuset och man uppnår samtidigt en stimulerande variation för ögonen. För en fast arbetsplats gäller att synuppgiften bör vara den ljusaste ytan i synfältet. Ett bra luminansförhållande mellan synuppgiften, dess närmaste omgivning och den yttre delen av synfältet är 5:3:1. För höga luminanser i synfältet i förhållande till vad ögonen är adapterade för upplevs bländande, för låga luminanser gör att man inte kan urskilja detaljer.

Skuggbildning och formupplevelse. Skuggor och dagrar är till hjälp vid avståndsbedömning och för att se former. Arbetsmaterialet kan vara av sådan art att man behöver skarpa skuggor, t.ex. för att se ritsar i plåt eller trådar i ett tyg. Stora slagskuggor från t.ex. en maskin kan vara en säkerhetsrisk.

Kontrast. Man ser tydligare och därmed lättare ju bättre kontrasten är. Med ljushetskontrast menas den relativa luminansskillnaden mellan olika delar av det föremål vi betraktar eller mellan föremålet och bakgrunden. För kontrastens skull är det viktigt att belysningen verkligen anpassas till varje arbetsplats.

Bländning. Att vara utsatt för bländning är dels obehagligt - man blir irriterad och distraherad - dels kan bländningen förorsaka att man ser sämre. En del människor är mer känsliga för bländning än andra.

Dagsljus. I den mån det går att ordna och om arbetsuppgifterna medger det bör det finnas fönster i alla arbetslokaler, personal- och pausrum. Att kunna se ut och följa dygnets och årets växlingar, att få dagsljusets variation upplevs ofta positivt.

Färg och färgåtergivning. Generellt kan man säga att man vill att färgerna i miljön skall se så naturliga ut som möjligt.

Föränderbarhet och individanpassning. Belysningen hänger nära samman med den enskilda arbetsplatsen. Redan vid små förändringar i lokalerna eller deras innehåll kan belysningssituationen behöva ändras. Man bör så långt som möjligt ta hänsyn till de individuella variationer som kan förekomma när det gäller behov av extra lampor, känslighet för bländning osv.

Störningsfrihet. Redan vid planeringen av en belysningsanläggning kan många störningar såsom bländning, värmestrålning, flimmer m.m. förutses och därmed undvikas.

Ur de funktions- och upplevelsebundna belysningskraven kan följande egenskaper härledas:

Ljusriktning. Ljusets riktning påverkar de flesta av funktionskraven. Det går inte att generellt ange en bästa ljusriktning - för skrivbordsarbete bör ljuset t.ex. komma snett bakifrån från vänster (om man är högerhänt), för vissa avsyningsarbeten är det bäst att ljuset kommer rakt framifrån.

### Belysningsstyrka och luminans.

Reflexionsegenskaper. Belysningsstyrkan i kombination med den belysta ytans reflexionsegenskaper (matt eller blank yta, ljus eller mörk, ytans färg) ger ytans luminans.

Hårt eller mjukt ljus, riktad eller diffus belysning. Hårt ljus, dvs. ljus med en väldefinierad riktning, ger skarpa skuggor, mjukt ljus ger diffus skugga.

Färgtemperatur (upplevd ljusfärg). Låg färgtemperatur - rödaktigt ljus, hög färgtemperatur - vitaktigt ljus.

Färggivningsförmåga. Olika ljuskällor kan ha olika god färggivningsförmåga beroende på den spektrala sammansättningen hos den avstrådade strålningen.

För att kunna välja mellan alternativa tekniska lösningar för belysningen i ett projekt bör man känna till vilka kvaliteter som utmärker alternativen och vilka tänkbara alternativ som finns.

Fönstrens placering och storlek avgör vad man kan se utanför. De bestämmer också i vilken riktning dagsljuset faller in i rummet och i vilken mängd. För att undvika störning av solsen eller himmelsluminans kan man behöva ordna någon form av solavskärmning.

Systemalternativ och armaturplacering. Man brukar skilja mellan följande system för inomhusbelysning: Generell allmänbelysning, där armaturerna fördelas jämnt i rummet, lokaliserad allmänbelysning, där armaturerna placeras med hänsyn till arbetsplatser eller områden och platsbelysning kombinerad med generell eller lokaliserad allmänbelysning. Det senaste alternativet är ofta det bästa, ger möjlighet att rikta ljuset rätt och därmed få god kontrast, lättet att uppnå god luminansfördelning, låg installerad effekt. Montagesättet för armaturer kan variera från golvstående, inbyggda i maskiner till takhängda eller infällda i tak.

Armaturutformning. Armaturer klassificeras efter hur de fördelar ljuset uppåt och nedåt. Andra ljus tekniska egenskaper är hur ljuset riktas och/eller sprids, om bländskydd behövs, ev. ställbarhet.

Val av ljuskälla. Man bör vid valet av ljuskälla se till följande egenskaper: livslängd, ljusutbyte, lampeffekt, färggivningsförmåga samt ljusfärg.

Färg och materialval. Färg och ljus bör planeras tillsammans för att man skall få en god helhetsmiljö. Även material bör vara med i den planeringen.

Det finns få bindande bestämmelser i Sverige för belysningskvaliteter i arbetslokaler. Dagsljus i arbetslokaler och personalrum och tillräcklig och tjänlig belysning föreskrivs i Byggnadsstadgan, Svensk Byggnorm och Arbetarskyddsstyrelsen, Ljuskultur, som är branschorganisation för belysningsområdet har gett ut skriften "Belysning inomhus - riktlinjer och rekommendationer". Råd och anvisningar ges också av Byggnadsstyrelsen, Skolöverstyrelsen m.fl. Statens Industriverk utfärdar föreskrifter för elsäkerhet i ljusarmaturer för olika typer av arbetslokaler.

Av de ljuskvaliteter som tidigare nämnts som betydelsefulla för en god arbetsmiljö är det få som går att beräkna med formler. Belysningsstyrka, bländtal, dagsljusfaktor och kontraster hör till det som överslagsmässigt kan kontrolleras med något så när enkla metoder. Såväl armaturpris som energiförbrukning bör tas med vid ev. kostnadsberäkningar.

Redovisningsmetoder för en tänkt belysnings-situation kan vara följande: Fullskalemodell, perspektivskisser, foton, modeller, plan- och sektionsritningar, provhängning av armaturer och hänvisning till referensobjekt.

#### BELYSNINGSPLANERING

Utgångspunkten för ett byggnadsprojekt måste vara att varje arbetsplats skall vara väl utformad och fungera väl för den som skall arbeta där. Samtidigt skall sambanden mellan olika arbetsplatser fungera och alla de enskilda delarna tillsammans bilda en god helhet.

Alla de funktionskrav som verksamheten ställer måste samordnas, alla tekniska system (konstruktioner, klimat m.m.) bringas att samverka, de anställdas arbetsmiljökrav tillgodoses, ekonomiska krav och myndigheters bestämmelser och anvisningar vara uppfyllda, utseendemässiga kvaliteter beaktade osv.

Denna komplexa situation är ofta svår att överblicka. Det kan därför vara motiverat att försöka dela upp situationen i olika nivåer, där de aktuella problemen kan analyseras för sig. De olika nivåer som här valts är:

- den enskilda arbetsplatsen
- rummet
- byggnaden
- tomten och byggnadens placering på tomten

På var och en av dessa nivåer kan man för aspekten BELYSNING följa gången i byggprocessen och finna checklistor över frågor som bör diskuteras. Materialet inriktar sig på de insatser som fordras av de olika parterna i en god belysningsplanering.

Drift- och underhållsfrågor och beredskap inför ev. framtida förändringar belyses också.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740577-5 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Avdelningen för formlära,  
KTH, Stockholm**

**R14: 1978**

**ISBN 91-540-2813-2**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600714  
Abonnemangsgrupp:  
Y. Byggnadsfunktion**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**