



**TEKNISKA HÖGSKOLAN**  
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

**Studie om individers kontrastkänslighet och  
preferenser för horisontell och vertikal  
belysningsstyrka**

Philip Folkesson  
Andreas Kjellström

**EXAMENSARBETE 2009**  
Teknikens tillämpning med inriktning Ljusdesign



# TEKNISKA HÖGSKOLAN

HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

## **Studie om individers kontrastkänslighet och preferenser för horisontell och vertikal belysningsstyrka**

**A Study about individual contrast sensitivity and  
preferences for horizontal and vertical lighting  
intensity**

Philip Folkesson

Andreas Kjellström

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom ämnesområdet Ljusdesign. [Arbetet är ett led i den treåriga kandidatutbildningen.](#) Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: Monica Säter och Anette Karlton

Omfattning: 15 poäng (C-nivå)

Datum: 2009-05-28

Arkiveringsnummer:

## Abstract

The purpose of this study is to survey and evaluate if the individual contrast sensitivity and preferences for horizontal and vertical lighting level correspond to the values that standard SS-EN 12464-1 recommends for the workplace- and surrounding light levels.

This study examines if lighting should be adapted after the individuals' need or if a general value can be found that will cover every individuals' need for a workplace and surrounding light level. This study also examines if parameters like sex, age and/or glasses/lenses have an effect on the amount of lighting that the test subjects need. Lastly we compared the values concerning the relationship between workplace- and surrounding light levels with standard SS-EN 12464-1's recommendations.

The study is carried out with an experimental design that surveys 220 test subjects who were chosen by a selection of convenience. The test subjects did perform a test where they estimated their individual need for lighting in office environments regarding lighting for workplace and its surroundings. Every test subject carried out the test where they repeated the same attempt three times, to establish if the individual lighting need oscillated or if it was constant, whereupon the results were analyzed, compiled and compared to standard SS-EN 12464-1.

The results show that the minim- and maxim value for the test subjects is between 70 – 4300 lux. The result varies with different parameters such as sex, age and glasses/lenses. We could also state that the relationship between workplace- and surrounding light levels is slightly higher than what standard SS-EN 12464-1 recommends, which should be taken into consideration when planning future lighting constructions.

Based on the results in this study, our conclusion is that standard SS-EN 12464-1 does not cover the needs on the comfort levels that the test subjects indicated. The values that the test subjects indicated differ from the values that standard SS-EN 12464-1 recommends.

Since there is a huge spread of the experienced need for lighting between individuals and age groups, we draw the conclusion that general values of measure can't be applied as a standard on neither workplace- nor surrounding light levels. To fulfill the needs that users have, the lighting construction should be adapted for the individual and give a lighting flood that will fill the individual needs for workplace lighting.

### Keywords

Individual lighting, light comfort, standard SS-EN 12464-1, light level, work light, surrounding light.

## Sammanfattning

Studiens syfte är att kartlägga och utvärdera om individers kontrastkänslighet och preferenser för horisontell och vertikal belysningsstyrka stämmer överens med de värden som standard SS-EN 12464-1 rekommenderar för arbetsplats- och omgivningsbelysning.

I studien undersöks om ljuset bör anpassas efter individens behov eller om man kan få fram ett generellt värde som täcker allas behov vad gäller arbetsplats- och omgivningsbelysning. Vidare undersöks om parametrar som kön, ålder och/eller glasögon/linser har en inverkan på den mängd ljus som försökspersonerna finner behov av. Till slut jämfördes resultatets värden vad gäller relationen mellan arbets- och omgivningsljuset med det standard SS-EN 12464-1 rekommenderade.

Studien är upplagd enligt en experimentell design med där 220 försökspersoner valdes ut genom ett bekvämlighetsurval. Försökspersonerna fick genomföra ett test där de bedömde sitt individuella behov av belysning i kontorsmiljö avseende belysning på arbetsyta respektive i omgivningen. Försöket repeterades 3 gånger för att fastställa om individernas värden för ljusbehovet pendlade eller var konstant, varpå resultaten sammanställdes, analyserades och jämfördes med standard SS-EN 12464-1.

Resultaten visar att minimi- och maximivärdena för försökspersonerna ligger mellan 70 - 4300 lux. Resultaten varierar med olika parametrar som kön, ålder och glasögon/linser. Vi kunde också konstatera att förhållandena mellan arbets- och omgivningsljuset är något högre än den standard SS-EN 12464-1 rekommenderar, vilket även bör tas i beaktande vid framtida planering av ljusanläggningar.

Baserat på resultaten i studien så drar vi slutsatsen att standard SS-EN 12464-1 inte täcker de värden på komfortnivå som försökspersonerna angav. De angivna värdena avviker från standard SS-EN 12464-1:s rekommendationer.

Eftersom det är en mycket stor spridning av upplevt behov av belysning mellan individer och åldersgrupper drar vi slutsatsen att generella mätvärden inte kan anges som en standard på varken arbetsplats- eller omgivningsbelysning. För att uppfylla de behov som brukare har, bör ljusanläggningar vid arbetsplatsen individanpassas och ge ett ljusflöde inom ett spann som kan uppfylla alla individuella behov för arbetsplatsbelysningen.

### Nyckelord

Individuell belysning, ljuskomfort, standard SS-EN 12464-1, ljusnivå, arbetsljus, omgivningsljus.

# Innehållsförteckning

<b>I</b>	<b>Inledning .....</b>	<b>4</b>
1.1	BEGREPPSFÖRKLARINGAR .....	4
1.2	BAKGRUND .....	6
1.3	SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR.....	7
1.4	AVGRÄNSNINGAR .....	7
1.5	DISPOSITION .....	8
<b>2</b>	<b>Teoretisk bakgrund .....</b>	<b>9</b>
2.1	STANDARD SS-EN 12464-1 .....	9
2.2	BELYSNINGSMILJÖN.....	10
2.2.1	Luminansfördelning.....	10
2.2.2	Belysningsstyrka .....	10
2.2.3	Rekommenderade belysningsstyrkor på arbetsytan.....	11
2.2.4	Belysningsstyrkan på den omedelbara omgivningen.....	12
<b>3</b>	<b>Metod och genomförande.....</b>	<b>13</b>
3.1	METOD.....	13
3.2	GENOMFÖRANDE .....	13
3.2.1	Utformningen av rummet.....	13
3.2.2	Mått på testbordet.....	14
3.2.3	Val av och riggning av armaturerna .....	14
3.2.4	Utskick av inbjudan .....	15
3.3	GENOMFÖRANDE AV TESTET.....	16
<b>4</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>18</b>
4.1	BESKRIVNING AV INDELNING AV FÖRSÖKSPERSONERNA.....	18
4.2	FÖRSÖKSRESULTAT.....	20
4.2.1	Gruppering av resultat .....	24
4.2.2	Användning av glasögon.....	29
<b>5</b>	<b>Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>30</b>
5.1	METODDISKUSSION.....	30
5.1.1	Upplägg av experimentet.....	32
5.2	RESULTATDISKUSSION UTIFRÅN FRÅGESTÄLLNINGARNA .....	33
5.2.1	Frågeställning 1 .....	33
5.2.2	Frågeställning 2: .....	34
5.2.3	Frågeställning 3: .....	35
5.2.4	Frågeställning 4: .....	36
5.3	SLUTSATSER .....	37
5.3.1	Vad kommer denna forskning leda till för respons? .....	38
5.3.2	Hur påverkas hälsan?.....	38
	<b>Referenser .....</b>	<b>39</b>
	<b>Sökord .....</b>	<b>40</b>
	<b>Bilagor .....</b>	<b>41</b>

# I Inledning

Inom belysningsbranschen finns det en standard som anger minimikrav för belysning för de flesta arbetsplatser inomhus. Enligt denna standard, SS-EN 12464-1, är minimikravet för belysningsstyrkan på arbetsytan 500 lux. Detta värde anser vi vara för smalt för att generaliseras till en population.

Enligt en arbetsmiljöundersökning, genomförd till SCB, där man genom telefonintervju och postenkät tillfrågade personer i åldern 15-74 år som deltagit i arbetskraftsundersökningar<sup>1</sup>, så fick man fram att av 21 500 tillfrågade personer hade 73 % män och 70 % kvinnor arbeten som innebar skrivbordsarbete eller arbete framför en bildskärm (Basin, 2007).

Vi har igenom vår utbildning till ljusdesigners erfarit att det generella värdet på 500 lux som i standard SS-EN 12464-1 anges som minimikrav, inte kan överensstämma med hela befolkningen utan att neurofysiologisk läggning, ålder, kön och glasögon/linser avgör hur mycket ljus individen behöver för att uppleva en komfortabel ljusnivå. För att undersöka det individuella behovet av ljus genomförde vi en studie på Tekniska högskolan i Jönköping där vi lät 220 personer bedöma vilken ljusnivå de fann komfortabel.

Arbetet har utförts som ett examensarbete omfattande 15 högskolepoäng på Tekniska Högskolan i Jönköping.

## I.1 Begreppsförklaringar

### Arbetsljus

Det riktade ljus som används när läs- och skrivuppgifter utförs vid skrivbord. Oftast från en skrivbordsarmatur som är riktbar.

### Arbetsyta

Delområde på arbetsplatsen där den visuella arbetsuppgiften utförs. För arbetsplatser där arbetsytans storlek och/eller läge är okänt skall området där uppgiften kan tänkas utföras betraktas som arbetsyta (Swedish Standards Institute, 2003).

### Candela

Är en SI-enhet för ljusstyrkan, skrivs med symbolen cd. Beskrivs som ljusstyrkan i en given riktning från en ljuskälla.

### DALI

En standard för kontrollerande av armaturer och tillhörande utrustning. Gör det möjligt att styra armaturer genom t.ex. ljusreglering.

---

<sup>1</sup> ”Personer som under en viss vecka (referensveckan) utförde något arbete (minst en timme), antingen som avlönade arbetstagare, som egna företagare (inklusive fria yrkesutövare) eller oavlönade medhjälpare i företag tillhörande make/maka eller annan medlem av samma hushåll (=sysselsatta, i arbete)”.

### **Dimmer**

Dimmer är ett verktyg för att reglera mängden ljus. Genom att öka respektive minska den tillförda spänningen till armaturen regleras utkommande ljus från armaturen.

### **Strålningssegenskaper/färgtemperatur**

Färgtemperatur inverkar på ljusfärgsupplevelsen. Det är den spektrala fördelningen hos ljuset som avgör hur färgen på ljuskällan upplevs. Färgtemperaturen mäts genom en metod som tagits fram av Commission for Illumination (CIE) och anges i enheten Kelvin (K). Ljuskällor med ett K mindre än 3300 uppfattas här i Norden som varma, ljuskällor med 3300 - 5300 K uppfattas som neutrala och ljuskällor med 5300 K och uppåt uppfattas som kalla.

### **Färgåtergivning/Ra-Index**

För att gradera färgåtergivningsförmågan används en metod som har framtagits av International CIE som kallas Ra-index. Ra-index kan enligt CIE vara högst 100. Ljuskällor med  $Ra < 80$  skall inte användas i miljöer där människor arbetar eller vistas kortvarigt. Det går inte att bilda sig en fullständig uppfattning om en ljuskällas färgåtergivningsförmåga enbart med Ra-Index. En tumregel är att för  $Ra\text{-index} > 80$  finns en liten risk för färgförvrängningar - För  $Ra\text{-index} > 90$  finns minimal risk för färgförvrängningar och för  $Ra\text{-index} < 80$  finns en uppenbar risk för färgförvrängningar (Månsson, 2003).

### **Jämnhetsfördelning**

Belysningen i den omedelbara omgivningen ska anpassas till belysningsnivån inom arbetsområdet för att skapa en välbalanserad luminansfördelning.

Belysningsstyrkan i den omedelbara omgivningen kan vara lägre än inom arbetsområdet men bör inte variera för kraftigt. För stora skillnader mellan belysningsstyrkorna kan orka visuell stress och obehag.

### **Ljus (fysikaliskt)**

Ljus definieras som en elektromagnetisk strålning inom ett område som ögat är känsligt för. Det är den elektromagnetiska strålningen som träffar näthinnan och ger bilder. Strålningen går inte att se eftersom den består av osynliga partiklar (fotoner). Varje foton bär information i form av energi med en viss intensitet och våglängd (Månsson, 2003). I visuell mening däremot är ljus något som uppträder tillsammans med mörker i det vi ser. Sinnet har förmågan att mycket snabbt kunna tolka fotonernas information till synupplevelser av vår omvärld och låter oss se utan att vi behöver tänka på det (Månsson, 2003).

### **Lumen**

Ett mått på ljusflöde. 1 cd ger ca 12.5 lumen. Om en lumen (lm) träffar en yta på  $1\text{ m}^2$  får den en belysningsstyrka på 1 lux (Månsson, 2003).

### **Luminans**

Mått på en utsänd eller reflekterad ljusstrålning. Mäts i enheten  $\text{cd}/\text{m}^2$  (Liljefors, 2000).

### **Lux**

Lux är SI-enheten för belysningsstyrka. Lux mäts som  $1\text{ lm}/\text{m}^2$  (Liljefors, 2000).

### **Luxmeter**

En luxmeter är ett instrument för mätning av belysning på en yta, värdet anges i enheten lux.

### **Lysrör**

En elektrisk lampa som åstadkommer fluorescens från ett pulver på ett glasrörs insida. Ett lysrör förbrukar en tiondel av glödlampans energi och håller upp till 50 gånger längre. En stor nackdel är att de dock innehåller kvicksilver. På grund av lysrörsspektrumet blir färgåtergivningen lite sämre i lysrörsbelysning. Lysrör finns i olika färgtemperaturer från 2700 K till 6500 K.

### **Omgivning**

Den omedelbara omgivningen kring arbetsområdet definieras som ett band med en bredd av åtminstone 0,5 meter som omger arbetsområdet inom synfältet (Swedish Standards Institute, 2003).

### **Omgivningsljus**

Med omgivningsljus menas det ljus som direkt eller indirekt faller på omgivande ytor och väggar, dock inte på arbetsytan. Omgivningsljuset kan vara artificiellt eller dagsljus.

### **Reflektor**

En reflektor är en anordning för att rikta ljusstrålningen på ett avsett sätt. En reflektor är antingen speglande eller matt och finns i armaturer för att rikta ljuset ut från armaturen i önskad riktning.

### **SS-EN 12464-1**

Den idag svenska standarden för inomhusbelysning. Är en omskrivning av Europastandardens krav för att vara anpassad efter svenska förhållanden.

## **1.2 Bakgrund**

Under våra första två år på ljusdesignutbildningen fick vi uppfattningen att standard SS-EN 12464-1 var under all kritik. Detta väckte vår nyfikenhet för att undersöka om människor är i behov av en mer individanpassad belysning än standard SS-EN 12464-1 förutsätter. Inom ramen för en kandidatpåbyggnad, valde vi att i vårt examensarbete undersöka om och i vilken utsträckning människor behöver en mer individanpassad belysning.

*”Naturligtvis behövs en viss mängd ljus för att uträtta ett visst synarbete, och många synuppgifter underlättas ju högre nivå man har. I varje fall upp till 2000 lux, vilket det inte är alltför svårt att åstadkomma med till exempel en bra platsbelysningsarmatur”* (Starby, 2006, s. 264).

Olika arbetsuppgifter behöver olika mängder ljus men det nämns inget om hur brukaren som individ vill ha det utifrån sina egna förutsättningar. *”För de flesta arbetslokaler får man hjälp att hitta rätt värde för olika synuppgifter i Ljuskulturs Ljus & Rum (2003)”* (ibid).



Vi misstänker att standard SS-EN 12464-1:s krav på belysning av arbetsplatser är otillräcklig och att den inte kan tillämpas generellt för alla människor. Vi ville undersöka om man istället behöver anpassa standard SS-EN 12464-1 till mer individuella förutsättningar. Vi ville även undersöka om ålder, kön och glasögon/linser hade någon inverkan på mängden ljus.

### **1.3 Syfte och frågeställningar**

Syftet är att undersöka om standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på arbetsplats- och omgivningsbelysning är relevant genom att undersöka den individuella upplevelsen av den belysning som behövs för att utföra läs- och skrivarbete vid en begränsad arbetsyta. Syftet formulerades enligt antaganden om att ljusbehovet är individrelaterat och att det bör anpassas efter brukarens behov. Syftet har brutits ner i följande frågeställningar:

1. I vilken utsträckning överensstämmer standard SS-EN 12464-1:s minimikrav för värden på arbetsbelysning och dess omgivningsbelysnings med mätvärdena enligt upplevelsen från 220 försökspersoner som ingår i denna studie?
2. Stödjer denna studie att det går att få fram ett generellt mätvärde (generella mätvärden) som krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning eller är värdena så skiftande att man måste anpassa ljuset efter individens behov?
3. Varierar behovet av mängden ljus på arbetsytan med åldern, kön eller huruvida försökspersonerna har glasögon eller inte?
4. Hur förhåller sig standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på förhållandet mellan ljus på arbetsytan och omgivningsljuset till försökspersonernas upplevelser?

### **1.4 Avgränsningar**

Vi har valt att avgränsa undersökningen fysiskt till ett speciellt rum på Tekniska Högskolan i Jönköping. Detta rum utformades så att det tillfredsställde kraven på en experimentell studie utifrån syftet och frågeställningarna.

Vi har valt att bara använda oss av lysrör/kompaktlysror som ljuskälla eftersom det är en av de vanligaste ljuskällorna, dessutom kommer glödlampan att utgå ur produktion december 2009. Dagsljus är en faktor som vi har uteslutit ur rummets konstruktion för att få värden enbart från det artificiella ljuset.

Färgåtergivning eller ljuskvalité har vi valt att exkludera för att begränsa arbetet ytterligare.

## **1.5 Disposition**

Vårt examensarbete börjar med att vi presenterar en kort bakgrund som skall sätta in läsaren i ämnet och om standard SS-EN 12464-1:s krav på arbetsljus är applicerbart på individer. Vissa nödvändiga begrepp har även förklarats ytterligare.

Därefter följer genomförandet av hur vi kom fram till och utförde vårt experiment för att samla in den data vi behövde för att kunna svara på våra frågeställningar. Genomförandet tar upp hur och med vad ett speciellt rum riggades.

Efter genomförandet så kommer resultatdelen där vi presenterar alla resultat vi har fått fram från totalt 220 försökspersoner.

I det sista kapitlet diskuterar vi vår metod och våra resultat. Vi går först igenom hur vi gick tillväga med vår undersökning och diskuterar sedan resultaten utifrån samtliga frågeställningar. I slutet på kapitlet sammanfattar vi våra resultat, slutsatser och vad vi anser om framtida forskning inom området.

## 2 Teoretisk bakgrund

Att arbeta med belysning, inte som en funktion för att inreda eller belysa blickfång, utan som ett artificiellt hjälpmedel för att människan ska kunna utföra diverse arbetsuppgifter är inte någonting nytt.

Ändra sedan glödljuset uppfanns har utvecklingen gått framåt och vi har fått mer och mer användning för det artificiella ljuset. Att människans biologi påverkas av ljus har länge varit känt inom forskarvärlden, men det är först på senare tid som det har börjat uppmärksammas mer och mer vid utformningen av belysning.

Den nuvarande forskningen inriktar sig i stort sett på hur det artificiella ljuset påverkar människans dygnsrytm och t.ex. stress och sömn (Bommel, 2006; Pauley, 2004). Trots att väldigt många människor som utför arbeten vid skrivbord och bildskärm vid otillräckligt eller dåligt ljus så finns ingenting som nämner att ljuset bör individanpassas (Bastin, 2007).

Det mesta av forskningen inom ljus inriktar sig på människans arbetsprestation och hur människan påverkas av ljuset (t ex stress eller ändrad dygnsrytm) (Pauley, 2004). Det är även viktigt att beakta förhållandet mellan arbets- och omgivningsbelysning. På denna punkt anger standard SS-EN 12464-1 ett värde som skall följas; när det är 500 lux på arbetsytan skall det vara 300 lux i den direkta omgivningen.

### 2.1 Standard SS-EN 12464-1

EN 12464-1:2 002 är en europeisk standard som specificerar den mängd ljus som krävs för arbetsplatser inomhus. Den är gjord så att arbetsplatsen ska möta behovet för visuell komfort och prestanda.

Till de svenska förhållandena skrevs den europeiska standard EN 12464-1:2 002 om och blev SS-EN 12464-1 som antogs av CEN<sup>2</sup> den 16 oktober 2002 (Swedish Standards Institute, 2003).

Standard SS-EN 12464-1 berör bland annat de vanligaste arbeten som utförs vid arbetsplatsen samt framför en datorskärm. Vad standard SS-EN 12464-1 inte berör är säkerhet och hälsa, utan bara hur mycket ljus människan behöver. Trots det anger den att dessa behov uppfylls (ibid).

För att inte hindra ljusdesignerns frihet att utveckla och använda ny teknik samt nya lösningar så berör inte standard SS-EN 12464-1 specifika lösningar och tekniker. Den tar inte heller upp belysning för utomhusmiljöer (ibid).

För att det skall vara möjligt för individen att utföra olika typer av visuella arbetsuppgifter, både effektivt och noggrant, så behövs korrekt och anpassad belysning. Det krävs också en viss mängd av ljus och komfort beroende på arbetsuppgiftens karaktär och varaktighet (Månsson, 2003).

---

<sup>2</sup> European Committee for Standardization, den europeiske kommittén för standardisering. De ger ut standarder, bland annat SS-EN 12464-1.

I termer av kvantitet och kvalitet definierar standard SS-EN 12464-1 de krav som olika belysningsystem behöver och ger därefter rekommendationer för god belysning (Swedish Standards Institute, 2003).

Arbetsytan definieras enligt standard SS-EN 12464-1 som ett *”delområde där den visuella arbetsuppgiften utförs. För arbetsplatser där arbetsytans storlek och/eller läge är okänt skall området där uppgiften kan tänkas utföra betraktas om arbetsyta.”* (Swedish Standards Institute, 2003, s. 5).

Enligt standard SS-EN 12464-1 skall tre mänskliga krav tillfredsställas för att man skall uppnå belysningskomfort, och de tre kraven är:

1. Synkomfort, vilket är en känsla av välbefinnande som indirekt bidrar till högre produktionsnivåer.
2. Synprestation, vilket innebär att de visuella arbetsuppgifterna skall utföras under en längre tid och under olika svårigheter.
3. Säkerhet, som avser möjlighet att producera och prestera utan att känna sig hotad eller löper risk att skadas.

## 2.2 Belysningsmiljön

De avgörande aspekter, enligt standard SS-EN 12464-1, som definierar en belysningsmiljö är följande: luminansfördelning, belysningsstyrka samt belysningen på arbetsytan och omgivningen. De förklaras i följande avsnitt.

### 2.2.1 Luminansfördelning

Luminansnivån ökar vår synskärpa, men även möjligheten att urskilja mönster och kontraster samt synfunktionernas effektivitet. Luminansnivån och dess fördelning i synfältet, bestämmer ögats adaptationsnivå. Luminansen avser hur mycket ljus som reflekteras tillbaka från den yta som illumineras och är därför viktig eftersom den har stor inverkan på synbarheten när en arbetsuppgift utförs. När en mindre mängd ljus reflekteras tillbaka från en yta uppfattar vi den ytan som mörkare (Starby, 2006).

Luminansen bestäms av reflektansnivån (hur mycket ljus som reflekteras ut från en yta) och definieras genom ett nummer mellan 0 och 1. En vit yta reflekterar mycket mer ljus än en svart yta. Reflektansnivån är mycket viktig som en bas i belysningsplanerarens arbete då den hjälper till att avgör hur man bör placera armaturer och välja ljusstyrka. Vår synkomfort påverkas också av luminansfördelningen. För höga luminanser innebär risk för bländning vilket i sin tur leder till risk för trötthet och utmattning (ibid).

### 2.2.2 Belysningsstyrka

Ljuset på arbetsytan och dess omgivning har en stor inverkan på hur man upplever, uppfattar och känner sig i miljön. Den bidrar även till hur snabbt man kan utföra sina arbetsuppgifter (Swedish Standards Institute, 2003).

De värden som specificeras i form av belysningsstyrkor är enligt standard SS-EN 12464-1 bibehållna och tillgodoser behoven av visuell prestation och komfort (Synkomfort, synprestation och säkerhet, behandlas i avsnitt 2.1).

Standard SS-EN 12464-1 har brister i flexibilitet i förhållande till individens behov vad gäller belysningsstyrka. Detta är viktigt att undersöka eftersom undermålig belysning påverkar människan negativt och stör den biologiska balansen. Vår utsöndring av melatonin (ett hormon i våra kroppar som upprätthåller dygnsrytmen) kontrolleras av mängden ljus i under dygnet. Genom artificiellt ljus kan vi även påverka detta hormon, vilket i sin tur utövar inflytande på om vi blir sömniga och/eller stressade (Savides & Messin, 1986).

### 2.2.3 Rekommenderade belysningsstyrkor på arbetsytan

De värden som standard SS-EN 12464-1 anger för skrivbordsarbete (minimivärden 500 lux på arbetsytan och 300 lux i omgivningen) är bibehållna belysningsstyrkor över arbetsytan och på dess referensyta som kan vara horisontell, vertikal eller lutande.

Enligt standard SS-EN 12464-1 ska inte medelbelysningsstyrkan för skrivbordsarbete understiga 500 lux, oberoende av anläggningens tillstånd och/eller ålder. Värdena gäller för normala synförhållanden och tar hänsyn till nedanstående faktorer:

- psykologiska aspekter såsom synkomfort och välbefinnande,
- krav för synuppgifter,
- synergonomi,
- praktisk erfarenhet,
- säkerhet,
- ekonomi.

Belysningsstyrkan bör ökas när:

- synarbetet är kritiskt,
- fel är kostsamma att rätta till,
- noggrannhet eller högre produktivitet är av stor betydelse,
- den arbetandes synkapacitet är under det normala,
- arbetsmaterialens detaljer är ovanligt små eller med låg kontrast,
- arbetet utförs under ovanligt lång tid.

Belysningsstyrkan kan minskas när:

- arbetsmaterialens detaljer är ovanligt stora eller med hög kontrast,
- arbetsuppgiften utförs under ovanligt kort tid.

Inom kontinuerligt använda arbetsytor (arbetsytor som används större delen av dagen) bör den bibehållna belysningsstyrkan ej vara lägre än 200 lux (Swedish Standards Institute, 2003).

#### 2.2.4 Belysningsstyrkan på den omedelbara omgivningen

För att ge en välbalanserad luminansfördelning i synfältet ska belysningsstyrkan på de omedelbart omgivande ytorna stå i relation till belysningsstyrkan på arbetsytan. Vid stora variationer i belysningsstyrkor runt arbetsytan kan det leda till obehag och synstress (Swedish Standards Institute, 2003).

Arbetsytan ska belysas så enhetligt som det går, på arbetsytan och den omedelbara omgivningen ska jämnheten ej vara lägre än vad som anges i Tabell 2.1 (ibid).

Tittar man närmare på omgivningsbelysningen i förhållande till belysningen på arbetsytan så anger standard SS-EN 12464-1 i följande (se tabell 2.1):

Tabell 2.1 Jämnheter och relation mellan belysning på nära omgivande ytor och arbetsyta (Swedish Standards Institute, 2003).

Belysningsstyrka på arbetsyta (lux)	Belysningsstyrka i den omedelbara omgivningen (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{arbetsuppgift}}^3$
Jämnhet: ≥ 0,7	Jämnhet: ≥ 0,5

Tabell 2.1 anger minimivärden för mängden ljus på arbetsytan och dess förhållande till mängden ljus på omgivningsljuset. Beroende på arbetsuppgiften eller lokalen så utgår man från bland annat dessa värden. I standard SS-EN 12464-1 anges flera tabeller där ett värde på mängden ljus de anser behövs presenteras, allt utformat efter olika arbeten och dess situationer.

I tabell 2.1 presenteras bland annat det värdet som man skall applicera på skrivbordsarbeten, det vill säga: När du planerat så att det är 500 lux på arbetsytan, så skall du ha 300 lux i den omedelbara omgivningen.

Längst ner presenteras den jämnhet som då uppstår på ytorna, det vill säga om jämnheten har ett värde av 1 så uppfattas inte skillnaden mellan mängden ljus på arbetsytan och omgivningen, men har du en jämnhet av värdet 0 så har du enbart ljus på arbetsytan och ingenting i omgivningen.

Det grönmärkade området är det vi ifrågasätter och det är också minimikravet på skrivbordsarbete som standard SS-EN 12464-1 angett.

<sup>3</sup>  $E_{\text{arbetsuppgift}}$  speglar värdet som man använder sig av på arbetsytan. Det vill säga, om man har 150 lux på arbetsytan så skall man ha 150 lux på den omedelbara omgivningen.

## 3 Metod och genomförande

### 3.1 Metod

Studien är upplagd enligt en experimentell design där vi ville testa om standard SS-EN 12464-1:s krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning är relevant genom att undersöka vilken komfortnivå som 220 försökspersoner ligger på. Vi undersökte om man genom detta kan få fram ett generellt mätvärde som krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning eller om ljuset måste anpassas efter individens behov. Vi undersökte även om parametrar så som ålder och/eller glasögon/linser har en inverkan på mängden ljus försökspersonerna har behov av. Till sist undersökte vi hur standard SS-EN 12464-1 förhåller sig till det resultat på arbetsytan och omgivningsljuset som försökspersonerna upplever komfortabelt.

Samtliga 220 försökspersoner genomförde testet under 14 dagar med ca 6-8 minuter per person.

Ett rum riggades enligt beskrivningen nedan (se avsnitt 3.2.1). Experimentet genomfördes genom att försökspersonerna satt vid ett bord där armaturer och utrustning var monterade för att bedöma mängden ljus som de fann komfortabel på arbetsytan framför samt i omgivningen i rummet. Varje försöksperson fick genomföra samma test i tre omgångar. Skälet till detta var att fastställa om individernas värden för ljusbehovet pendlade eller låg konstant genom samtliga försök (T.ex. om en försöksperson hade 600 lux på försök 1, 800 lux på försök 2 och slutligen 1200 lux på försök tre, eller om försökspersonen konstant låg på 600 lux).

Två sensorer användes för att mäta de luxvärden som försökspersonerna fick fram, en var monterad på väggen för att mäta omgivningsljuset och den andra placerades mitt på bordet av testpersonen enligt markering.

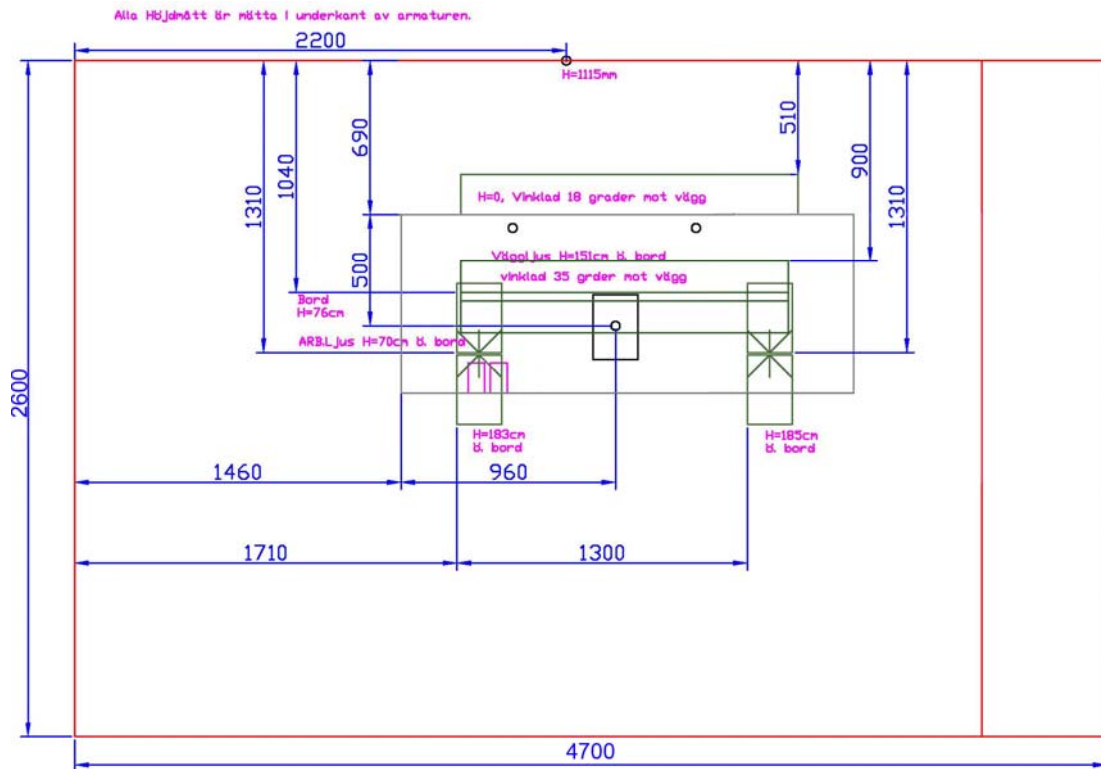
Försökspersonerna förde in sina värden från testet i ett kartläggningsformulär (se bilaga 1 och vidare förklaring i kapitel 3.3)

Då vi genomförde undersökningen med hjälp av befintlig personal och studenter på högskolorna i Jönköping så använde vi oss av bekvämlighetsurval för att få frivilliga, men det påverkar inte validiteten av våra primärdata.

### 3.2 Genomförande

#### 3.2.1 Utformningen av rummet

Ett rum riggades i Tekniska högskola i Jönköping på följande sätt: Rummet som användes är 2600mm långt, 4700mm brett och 3320mm högt (Se figur 3.1). Väggarna var målade i vitt och golvet belagt med grå/svart plastmatta. Alla måtten har utgångspunkt som är placerad uppe i vänsterkanten på skissen i figur 3.1. En större ritning finns att ta del av i bilaga 2.



Figur 3.1 Ritning över rummet, bordet och placering av hårdvara.

### 3.2.2 Mått på testbordet

Bordet var ett träbord med en bredd på 1800 mm, en längd på 800 mm och en höjd på 760 mm. Runt om detta bord lindades en svart duk där alla testen genomfördes. Bordet var placerat 1460mm från vänsterkanten och 690mm från väggen framför arbetsytan.

### 3.2.3 Val av och rigging av armaturerna

I golvet var en armatur av märket Elektroskandia 8047 FDH 249 – 230V/50Hz monterad. Denna riktades 18 grader mot väggen framför bordet. Armaturen var bestyckad med 2x 49W/830 T5 lysrör. Detta var samma armatur som satt pendlad från taket med en riktning på 35 grader mot väggen framför arbetsytan. Båda var bestyckade med blanka reflektorer.

Alla höjdmått är mätta i underkant av armaturen. Armaturen som var placerad på golvet låg 510 mm från väggets kant.

Den andra armaturen som var pendlad och riktad mot väggen framför arbetsytan var placerad 900mm från väggen och 1510mm över bordet. Den pendlade armaturen som utgjorde arbetsbelysningen var en Zora Beta från Fagerhult och den var pendlad 700mm över bordet. Den hade även fått en kant av blackwrap som skall förhindra eventuell bländning.

De fyra armaturer som var monterade över arbetsytan, två stycken på vardera sidan, var Fagerhult Sidelight2 75931. Dessa var bestyckade med 1x Philips Master PL-C 26W/830. Reflektorn var halvblank.



Det första armaturparet av Fagerhult Sidelight2 placerades på en stång, 1710mm från den vänstra väggen. Dessa armaturer riktades så att ljuset från dem föll in mot varandra, ner över arbetsytan (dessa var en del av omgivningsljuset). Mitten på dessa armaturer placerades 1310 mm från väggen som placerades framför skrivbordet. Det andra armaturparet placerades efter samma princip, men istället 3010 mm från vänsterkanten, men också de 1310 mm från väggen framför skrivbordet.

Luxmätarna som användes för att läsa av mängden ljus var 2x Hagner EC1-X med tillhörande externa sensorer. Sensorn för omgivningsljuset placerades vertikalt på väggen framför arbetsytan. Den placerades 2200 mm från den vänstra väggen och 1115 mm från marken. Den andra sensorn placerades på ett utmärkt kryss på arbetsytan, även krysset som den skulle placeras på innan avläsning av arbetsljuset märktes ut i mitten på arbetsytan. Måtten till denna punkt var 960 mm från bordets vänsterkant och 500 mm från den främre kanten av bordet.

Efter att uppbyggnaden av rummet var fullständig kunde minimi- och maximivärden mätas upp på de båda ytorna. Arbetsytans lägsta värde uppmättes till 70 lux och det högsta till 4220 lux. För omgivningsljuset uppmättes det lägsta värdet till 20 lux och det högsta till 1250 lux.

I och med att vi har presenterat värden som blivit mätt med en luxmeter, uppstår alltid en osäkerhet på precisionen hos det värdet. En luxmeter presenterar numeriska värden vilket är väldigt svårt för människan att förstå och uppleva skillnad mellan, speciellt för högre värden. Med detta menas att ju ljusare det är, desto mindre märker man skillnaderna mellan olika mycket ljus, går man dock ner på de lägre värdena så är skillnaden mycket mer märkbar.

### **3.2.4 Utskick av inbjudan**

Vi skickade ut ett mejl som vi hade utformat med hjälp av vår handledare Monica Säter. Det var avsett för samtliga studenter och personal på Jönköpings högskolor som vi bjöd in till att delta i experimentet. I mejlet gavs en kortfattad information om testet, vad det innefattade samt att man fick en lunchkupong som tack för sin medverkan. Mejllet finns i bilaga 3.

Nästa steg blev att göra upp ett schema som skulle användas för bokning av försökspersoner. Försökspersonerna bokades in mellan 9.30 till 15.45 dagligen med mejladress och namn.

I och med att vi har presenterat värden som blivit mätt med en luxmeter, uppstår alltid en osäkerhet på precisionen hos det värdet. En luxmeter presenterar numeriska värden vilket är väldigt svårt för människan att förstå och uppleva skillnad mellan, speciellt för högre värden. Med detta menas att ju ljusare det är, desto mindre märker man skillnaderna mellan olika mycket ljus, går man dock ner på de lägre värdena så är skillnaden mycket mer märkbar.

### 3.3 Genomförande av testet

Testet påbörjades genom att försökspersonen satte sig på stolen placerad framför bordet, precis som en vanlig arbetsyta. Genom inspelade instruktioner fick försökspersonerna all nödvändig information så att de kunde genomföra testet korrekt. För blanketten som fylldes in under testet, se bilaga 1.

Testet började med att försökspersonen placerade ett papper inom en markering rakt framför sig, varefter de läste på pappret och justerade in det första av två reglage som reglerar ljusstyrkan för ljuset på arbetsytan. Varje reglage förs alltid upp till max, innan försökspersonen för den till sin komfortnivå, eftersom det är lättare att adaptera till något som är ljust än mörkt. På så sätt hinner ögat ställa in sig till ljusnivån. Om försökspersonen för reglaget från mörkt och sakta uppåt skulle de få mycket lägre värden som skulle vara oanvändbara eftersom de efterhand skulle adaptera till befintlig ljusnivå och finna den otillräcklig.

När försökspersonen ställde in sin komfortnivå placerade denne pappret på markeringen och flyttade ljussensorn till en markering mitt där pappret låg. Försökspersonen läste sedan av luxmätaren för arbetsljus och förde in det i tabellen. Sensorn flyttades sedan tillbaka till sin plats och pappret lades inom markeringen igen. Därefter fördes reglage nummer två upp till max och drogs ner tills försökspersonen upplevde komfort på omgivningsljuset. Här läste försökspersonen av luxmätaren för omgivningsljus och förde in värdet på pappret. Detta test upprepades tre gånger innan försökspersonen var klar (se bilaga 4).

På testpappret fyllde de, utöver sina värden, i sitt namn, ålder, kön och om glasögon eller linser användes under testet.

Innan testet påbörjades beskrevs alltid verktygen som används i testet av oss. Först förklarade vi betydelsen av de två luxmätare som de skulle läsa av. Vi poängterade vikten av att hålla isär dessa för att de inte skulle fylla i fel värde. Luxmätarna var båda markerade med text för den yta som sensorn var placerad på, men vissa beskrev det som förvirrande tidigt i våra tester så vi började snabbt förklara skillnaden mellan dem för efterföljande deltagare.

Ljussensorerna som användes för att fånga in ljuspartiklarna pekades ut av oss och vi förklarade vilken av dem som skulle flyttas. Även här pekade vi ut att det var viktigt att försökspersonen flyttade den innan de läste av luxmätaren.

På andra sidan av bordets yta visade vi vilket papper försökspersonerna skulle läsa på under tiden de ställde in sin komfortnivå och hur pappret skulle flyttas.

Slutligen förklarade vi var ljusreglagen var placerade och hur de skulle användas, och att de även här skulle vara uppmärksamma på att de använde sig av rätt dimmer när inspelningen angav det.

Därefter informerades försökspersonen om att ifall de missuppfattade någonting eller om inspelningen gick för fort, så hade de möjlighet att avbryta testet genom att meddela oss och få en förklaring ifall det krävdes.

Efter slutfört test ställde vi kontrollfrågor till försökspersonerna. Vi frågade om de hade upplevt några svårigheter med att förstå den inspelade uppgiften, om de haft problem med att använda och/eller läsa av utrustningen samt om de hade några synpunkter i övrigt. Vi kontrollerade alltid svarsappret utifall de hade missat att fylla i någonting innan vi slutligen kunde bokföra testappret. Alla testresultat fördes in i SPSS<sup>4</sup> som är ett mjukvaruprogram för analys av statistisk data.

---

<sup>4</sup> <http://www.spss.com/se/>

## 4 Resultat

Samtliga resultat är baserade på de svar som samlades in från samtliga 220 försökspersoner. Värdena från undersökningarna presenteras i form av tabeller och diagram där man kan utläsa de värden försökspersonerna fick fram och hur de förhåller sig till standard SS-EN 12464-1:s krav. Tabellerna och diagrammen som presenteras har tagits fram utifrån analyser i det statistiska programmet SPSS.

Resultaten visar varje försökspersons individuella behov av belysning. Majoriteten av diagrammen visar hur olika parametrar förhåller sig till mängden belysning försökspersonen erfordrade. Individens komfortnivå på ljuset relateras till ålder, kön och om de använde glasögon/linser under testet, för att se om det finns några samband mellan dessa parametrar.

Senare presenteras resultaten för de tre olika försöken för arbets- samt omgivningsljus där medel- och medianvärde räknats ut. Detta för att få fram representativa värden som bättre reflekterar verkligheten. Vi väljer både medelvärde och medianvärde vilket ger oss två olika sätt att se på vårt resultat.

Resultaten från försök ”1-3 Arbetsyta” avser hur mycket ljus försökspersonerna ville ha *på sin arbetsyta* när de utförde testet. Samma sak gäller värdena från försök ”1-3 Omgivning”, där det presenteras hur mycket ljus försökspersonerna ville ha *i sin direkta omgivning* runtomkring arbetsytan. Dessa värden är grupperade så att man enkelt kan utläsa hur många som ligger på olika värden, för att se hur många försökspersoner vars värden överrensstämmer med standard SS-EN 12464-1:s krav. Alla ljusvärden för arbetsbordet och omgivningen är presenterade i SI-värdet lux. Då vårt arbete och standard SS-EN 12464-1 är mest koncentrerad runt detta värde så är resultatet mest inriktade på det.

### 4.1 Beskrivning av indelning av försökspersonerna

Här presenteras resultat från studien som inte är direkt kopplat till mängden ljus. Vi presenterar fördelning av kön, ålder samt hur många som använde sig av glasögon/linser vid undersökningstillfället. Dessa resultat presenteras separat för att det ska vara enklare att överblicka deltagarna. I nästa del kommer alla dessa värden att kopplas direkt till försökspersonernas individuella värden för upplevt behov av ljus.

Tabell 4.1. Fördelningen av kvinnor och män i studien (n=220).

Kön	Antal	Procent
Kvinnor	114	51,8
Män	106	48,2

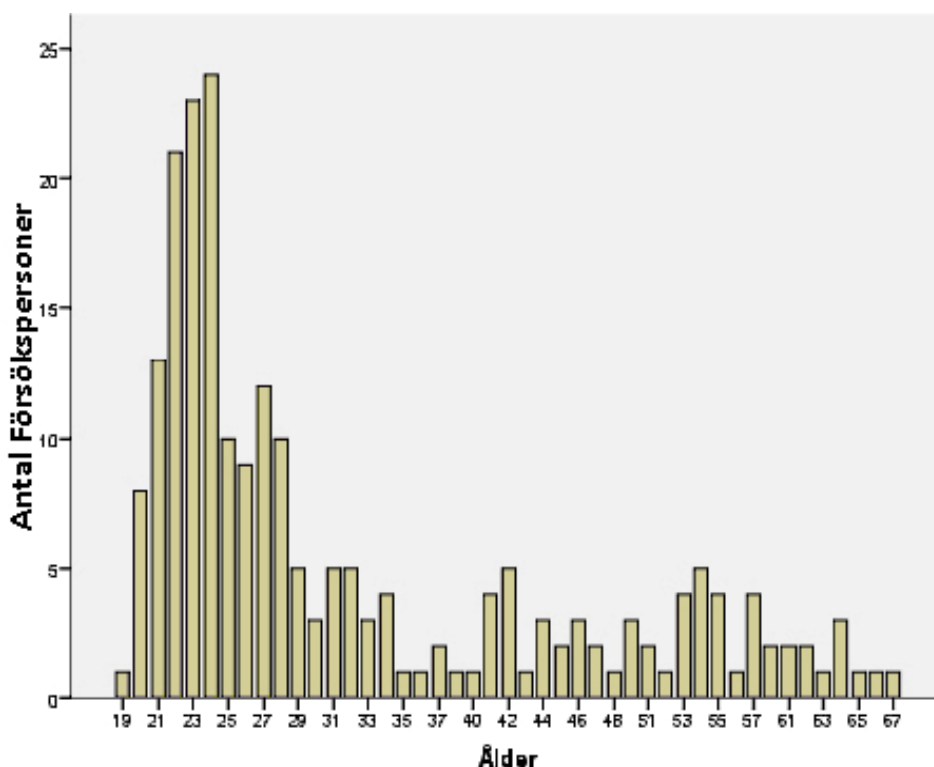
I tabell 4.1 går det att utläsa att av samtliga 220 försökspersoner som utförde testet är 114 (51,8%) kvinnor och 106 (48,2%) män. Trots bekvämlighetsurvalet är det en jämn fördelning av deltagarna.

Av alla försökspersoner som genomförde testet presenterar tabell 4.2 att 87 av dem använde glasögon/linser under testet, medan de resterande 133 inte hade det.

Tabell 4.2. Antalet användare av glasögon/linser under testet i studien (n=220).

Glasögon/linser	Antal	Procent
Ja	87	39,5
Nej	133	60,5

Vad gäller ålder så var en majoritet av deltagarna mellan 20 – 29 år (Figur 4.1). Hela spannet ligger dock mellan 19 och 68 år. Spridningen är bra och relativt jämn på åldern. 63 % av deltagarna var 30 år eller yngre. Försökspersonerna delas in i intervaller om 10 år för att titta närmare på ljusbehovet de har ställt in. Anledningen till detta är på grund av förskjutningen mot de yngre åldrarna. Utav dessa åldersgrupper tas medel- och medianvärde ut som presenteras i avsnitt 4.2.1.1.

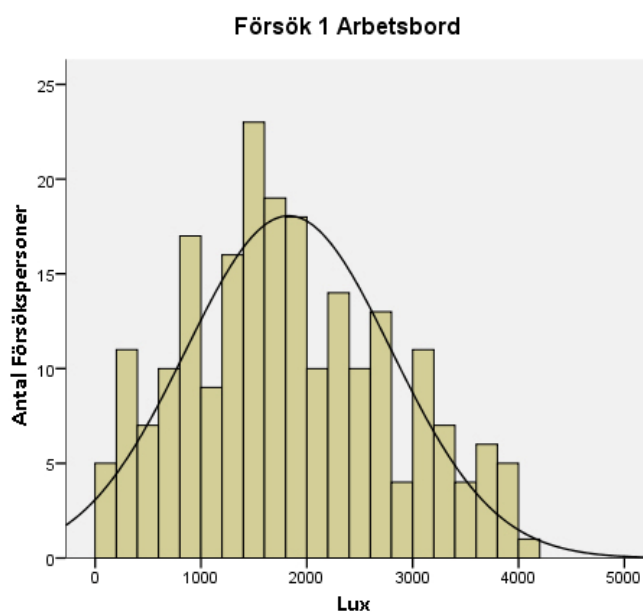


Figur 4.1. Fördelning på ålder för alla deltagande personer i testet (n=220).

## 4.2 Försöksresultat

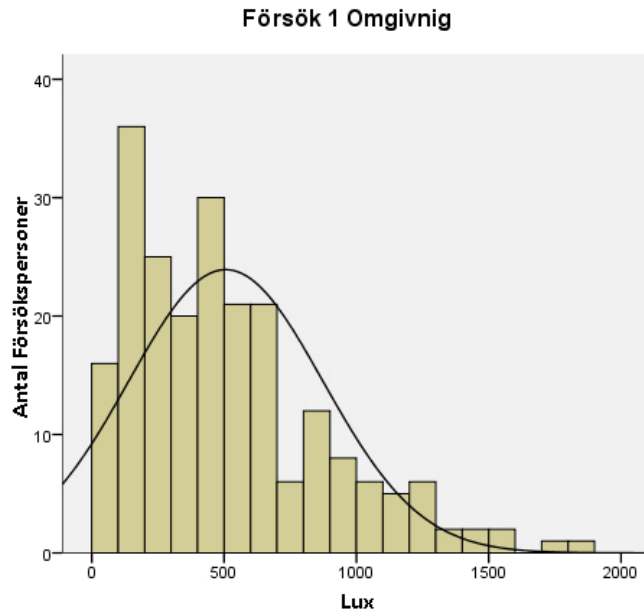
Enligt standard SS-EN 12464-1 så är 500 lux på arbetsytan minimikravet, för omgivningsljuset gäller är minimikravet 300 lux (Swedish Standard Institute, 2003). Om man har dessa två värden i åtanke när man läser följande figurer så kan man se hur många som faktiskt ligger i närheten av standard SS-EN 12464-1:s värde och spridningen på behoven.

Först presenteras figurerna för de enskilda försöken med kortare förklaringar och hänvisningar till standard SS-EN 12464-1, därefter presenteras specificerade figurer som är kopplade till tabellerna från kapitel 4.1 Beskrivning av indelning av försökspersonerna.



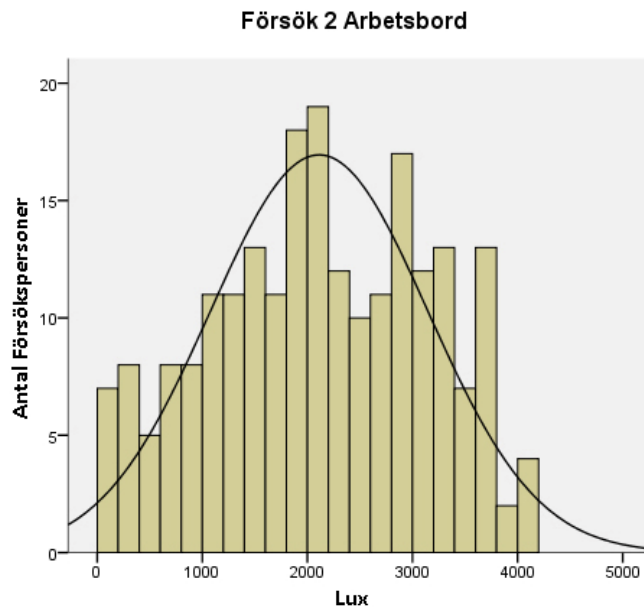
Figur 4.2. Resultat för det första försöket för arbetsljuset ( $n=220$ ).

I figur 4.2 ser vi spridningen på de olika värden som de 220 försökspersonerna angav i *försök nr 1 arbetsyta*. Detta diagram visar oss spridningen av de olika komfortnivåerna. Vi ser att 22 försökspersoner ligger på 500 lux eller lägre. Resterande ligger över 500 lux ända upp till 4200 lux. Medelvärdet för det första försöket landar på ca 1800 lux och medianen strax under, på ca 1700 lux.



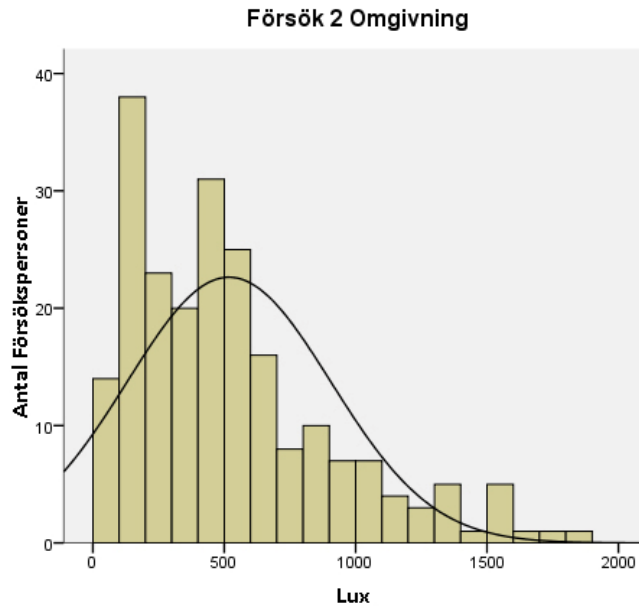
Figur 4.3. Resultat för det första försöket på omgivningsljuset (n=220).

I figur 4.3 presenteras en lite annorlunda spridning om man jämför med arbetsbelysningen. Utifrån denna figur går det att utläsa, att minoriteten av deltagarna (78 försökspersoner) ligger på 300 lux och under för ljusbehovet. Majoriteten (142 försökspersoner) ligger dock över 300 lux. Medelvärdet är ca 500 lux. Medianen är ca 460 lux.



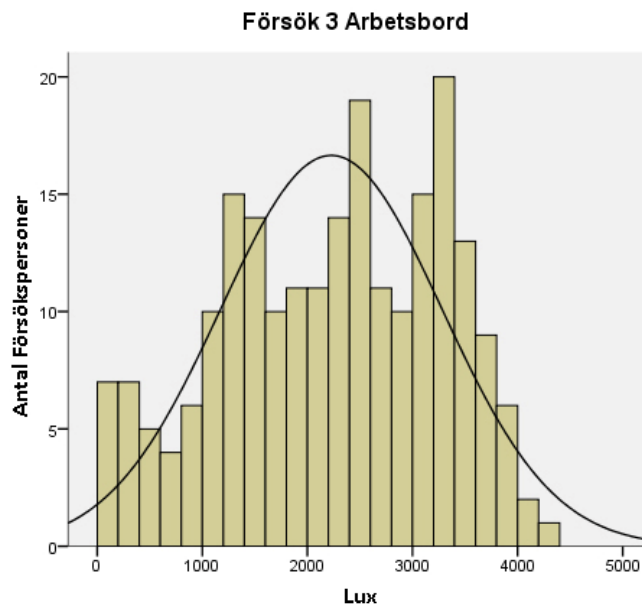
Figur 4.4. Resultat för det andra försöket för arbetsljuset (n=220).

I figur 4.4 presenteras resultaten för det andra försöket med ljuset på arbetsytan. Dessa skiljer sig från *försök nr 1* genom att allt fler har eftersträvat en högre belysningsstyrka lux. Medelvärdet och medianen för detta försök är ca 2100 lux. Här ligger 19 försökspersoner på  $\leq 500$  lux.



Figur 4.5. Resultat för det andra försöket på omgivningsljuset ( $n=220$ ).

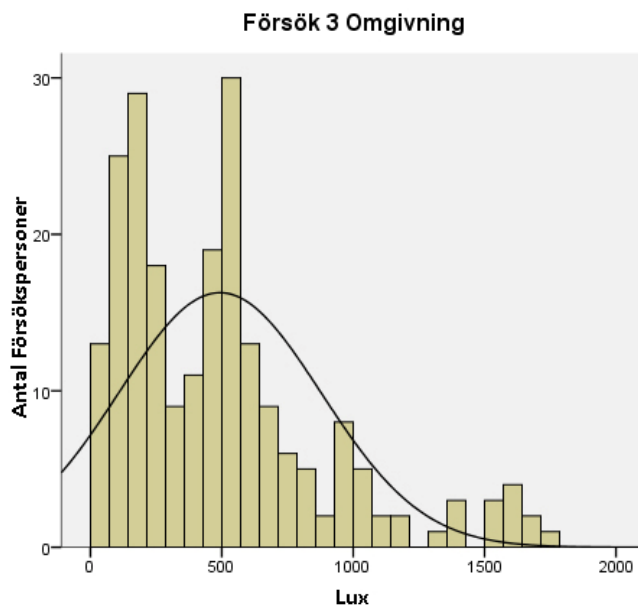
I figur 4.5 visas spridningen av omgivningsljuset för *försök nr 2*. I jämförelse med omgivningsljuset för *försök nr 1* (figur 4.5) så är tabellerna väldigt lika, dock så har medelvärdet ökat i detta försök till ca 500 lux. Medianen blev ca 430 lux.



Figur 4.6. Resultat för det tredje försöket för arbetsljuset ( $n=220$ ).

Figur 4.6 är också mycket lik *försök nr 2* för arbetsbord (figur 4.6). Medelvärdet är dock snäppet högre, 2200 lux, men de är relativt lika. Medianen blev ca 2300 lux. Här ligger 17 försökspersoner på 500 lux eller lägre.





Figur 4.7. Resultat för det tredje försöket på omgivningsljuset ( $n=220$ ).

Figur 4.7 är relativt lik de två föregående figurerna för omgivningsljuset, men medelvärdet är lite lägre, ca 490 lux. Medianen hamnar på ca 440 lux.

I samtliga figurer kan man se att minoriteten av försökspersonerna ligger på standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på 500 lux. I första försöket för arbetsytan ligger 7 personer på 500-600 lux, i andra och sista försöket är det 5 personer. För *försök nr 1* på omgivningsljuset så ligger 25 personer på 300 lux eller lägre, för *försök nr 2* är det 22 personer och för *försök nr 3* ligger 29 personer mellan spannet.

Vad gäller omgivningen så är värdena för de tre försöken relativt oförändrade, de ligger ungefär på samma spridning genom samtliga försök. Dock så är koncentrationen störst på 300 lux på sista försöket.

Individernas komfortnivå på ljuset skiljer sig mest mellan *försök nr 1* för arbetsytan och de resterande försöken. Medelvärdet för *försök nr 1* ligger på 1828 lux medan *försök nr 2* och *försök nr 3* ligger på 2112 lux och 2227 lux. Medelvärdet för samtliga försök ligger på 2055 lux. Medianen för *försök nr 1* ligger på 1700 lux för att sedan stiga något i *försök nr 2*, där ligger det på 2100 lux för att återigen stiga i *försök nr 3* där det blir 2300 lux.

Spridningen för ljuset på omgivningen är dock relativt oförändrad genom alla tre försöken. I *försök nr 1* ligger medelvärdet på 506 lux, *försök nr 2* på 518 lux samt *försök nr 3* på 493 lux. Medelvärdet för samtliga försök ligger på 506 lux. Medianen för *försök nr 1* hamnar på 460 lux, för att i *försök nr 2* sjunka något till 430 lux och på *försök nr 3* bli 430 lux.

I standard SS-EN 12464-1 står det att relationen mellan mängden ljus på arbetsbordet och omgivningen skall vara 3:1 (Swedish Standard Institute, 2003), medan ovanstående testresultat (det samlade medelvärdet för alla tre försök) visar en relation på 4:1 (2055:506). Medianen för samtliga försök för arbetsytan blev totalt 2002 lux, vilket inte skiljer sig så mycket från medelvärdet. Medianen för samtliga försök på omgivningen blev 440 lux, vilket inte heller skiljer sig nämnvärt från medelvärdet.

#### 4.2.1 Gruppering av resultat

Bland frågeställningarna ställs frågan om denna studie stödjer att det går att få fram ett generellt mätvärde (generella mätvärden) som krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning eller är värdet så pass skiftande att man måste anpassa ljuset efter individens behov? Eftersom enbart en person i ett av försöken för *arbetsyta* fick ett värde av 500 lux är det inte tillräckligt för att kunna dra några slutsatser om, så därför presenteras nu hur många personer som legat inom ett spann på  $\pm 100$  lux enligt standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på 500 lux (dvs. 400 – 600 lux). I detta avsnitt presenteras åldersfördelning för att undersöka eventuella kopplingar till mängden ljus.

Tabell 4.3. Antal försökspersoner placerade mellan 400-600 lux i bedömning av komfortnivå på arbetsljuset ( $n=220$ ).

Försök nr 1 arbetsljus	Försök nr 2 arbetsljus	Försök nr 3 arbetsljus
8 personer (4 %)	6 personer (3 %)	6 personer (3 %)

Även för omgivningsljuset presenteras en tabell där standard SS-EN 12464-1:s minimikrav är 300 lux om man förhåller sig till 500 lux. I detta fall blir spannet  $\pm 50$  lux från standard SS-EN 12464-1:s krav på 300 lux. Anledningen till att spannet blir mindre här är för att värdena inte är lika mycket varierande som för arbetsljuset.

Tabell 4.4. Antal försökspersoner placerade mellan 250 – 350 lux i bedömning av komfortnivå på omgivningsljuset ( $n=220$ ).

Försök nr 1 omgivningsljus	Försök nr 2 omgivningsljus	Försök nr 3 omgivningsljus
26 personer (12 %)	19 personer (9 %)	17 personer (8 %)

#### 4.2.1.1 Gruppering av resultat för ålder

I detta avsnitt presenteras åldersfördelning för att undersöka eventuella kopplingar till mängden ljus då en av frågeställningarna handlade om ifall behovet av mängden ljus på arbetsytan varierar med åldern?

För att se om det finns någon koppling mellan mängden ljus på arbetsytan och omgivningen, presenteras här grupperingar med 10-års intervaller där olika luxvärden presenteras. De presenterade värdena är; medelvärde, median, standardavvikelse, minimi- och maximivärde. Detta för att se om det finns någon koppling mellan åldern och mängden ljus som behövs för att få en komfortabel nivå. Figur 4.5 till 4.7 presenterar den mängd ljus som uppmättes för *försök nr 1-3 arbetsljus*, tabell 4.8 till 4.10 presenterar den mängd ljus som uppmättes för *försök nr 1-3 omgivningsljus*.

Tabell 4.5. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 1 arbetsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	1872	1790	1797	1632	1850
Median	1745	1550	1550	1510	1890
Standard- avvikelse	990	883	1040	1020	763
Minimivärde	70	140	280	90	200
Maximivärde	4160	3640	3680	3770	2730

Tabell 4.6. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 2 arbetsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	2121	2057	2184	2068	2046
Median	2055	2170	2210	2190	1980
Standard- avvikelse	1053	966	1054	1174	746
Minimivärde	70	154	320	180	1140
Maximivärde	4050	3550	3720	3920	3380

Tabell 4.7. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 3 arbetsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	2290	2210	2048	2076	2217
Median	2500	2210	2000	2010	2320
Standard- avvikelse	1097	976	1096	1061	494
Minimivärde	80	110	344	90	1600
Maximivärde	4300	4060	3910	3940	3010

Av tabellerna 4.5 - 4.7 går det utläsa att det inte är någon stor skillnad mellan de olika grupperingarna. Skillnaderna som uppmärksammas är medelvärdet; ca 240 lux i försök nr 1, ca 140 lux i försök nr 2 och ca 240 lux i försök nr 3. För medianen gäller ca 310 lux i försök nr 1, ca 230 lux i försök nr 2 och ca 500 lux i försök nr 3.

Det som sticker ut är att de i de äldre åldrarna har högre minimivärde men även lägre maximivärden. Minimivärdet är högt för individerna mellan 40-49 år, för att vara lägre för de mellan 50-59 år, och slutligen bli högst för de mellan 60-69 år.

Tabell 4.8. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 1 omgivningsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	510	597	537	414	375
Median	470	530	510	260	240
Standard- avvikelse	346	360	358	430	493
Minimivärde	20	50	80	30	100
Maximivärde	1730	1480	1360	1590	1830

Tabell 4.9. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 2 omgivningsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	536	530	507	434	465
Median	470	460	410	240	300
Standard-avvikelse	373	314	423	473	475
Minimivärde	40	40	70	30	120
Maximivärde	1810	1200	1530	1680	1790

Tabell 4.10. Gruppering och värden för mängden lux enligt försökspersonernas upplevelse av komfortnivå i försök nr 3 omgivningsljus (n=220).

Ålder	19-29 år	30-39 år	40-49 år	50-59 år	60-69 år
Medelvärde	523	470	502	465	210
Median	490	480	460	390	190
Standard-avvikelse	385	324	452	426	99
Minimivärde	30	40	80	50	100
Maximivärde	1750	1370	1700	1640	410

I tabellerna 4.8 - 4.10 är skillnaderna mellan de olika åldersgrupperna lite större i relation till mängden ljus. Medelvärdet är ca 220 lux för *försök nr 1*, ca 100 för *försök nr 2* och ca 310 för *försök nr 3*. Medianvärdet är 270 lux för *försök nr 1*, 230 lux för *försök nr 2* samt 280 lux för *försök nr 3*.

Detta påvisar bara att det är större skillnad mellan åldersgrupperna, men den är inte så pass påtaglig att det går att dra någon direkt slutsats att det är åldern som påverkar. Skillnaden mellan de olika försöken är här mycket mer spridd, ibland har de äldre ett högre värde, ibland har de ett lägre. Däremot så är deras medelvärde alltid lite lägre i förhållande till de yngre åldersgrupperna.

#### 4.2.1.2 Gruppering av resultat för kön

Nedan presenteras resultatet som har blivit grupperat efter om försökspersonen var en man eller kvinna. Alla tre resultat presenteras för arbetsljuset samt deras omgivningsljus.

Tabell 4.11. Medelvärde för mängden ljus uppmätt på de tre försöken för män (n=106).

Försök nr 1 arbetsyta	Försök nr 2 arbetsyta	Försök nr 3 arbetsyta
1692 lux	1967 lux	2067 lux
Försök nr 1 omgivning	Försök nr 2 omgivning	Försök nr 3 omgivning
503 lux	478 lux	464 lux

Tabell 4.12. Medelvärde för mängden ljus uppmätt på de tre försöken för kvinnor (n=114).

Försök nr 1 arbetsyta	Försök nr 2 arbetsyta	Försök nr 3 arbetsyta
1955 lux	2246 lux	2376 lux
Försök nr 1 omgivning	Försök nr 2 omgivning	Försök nr 3 omgivning
509 lux	555 lux	464 lux

Man ser i tabell 4.11 och 4.12 ett mönster för skillnader i värdena för mängden ljus som män och kvinnor har erfordrat då deras komfortnivå i ljuset uppfylldes på arbetsytan. Sammanlagda medelvärdet är för män 1908 lux och för kvinnor 2292 lux. Cirka 300 lux är i sig inte en stor skillnad i relation till de höga värden de har men det är ändå en markant skillnad mellan könen som också är konstant genom alla tre försök. Däremot för omgivningen så uppstår ingen stor skillnad utan värdena är relativt likartade.

4.13. Median för mängden ljus uppmätt på de tre försöken för män (n=106).

Försök nr 1 arbetsyta	Försök nr 2 arbetsyta	Försök nr 3 arbetsyta
1625 lux	1940 lux	2070 lux
Försök nr 1 omgivning	Försök nr 2 omgivning	Försök nr 3 omgivning
465 lux	410 lux	390 lux

4.14. Median för mängden ljus uppmätt på de tre försöken för kvinnor (n=114).

Försök nr 1 arbetsyta	Försök nr 2 arbetsyta	Försök nr 3 arbetsyta
1820 lux	2265 lux	2500 lux
Försök nr 1 omgivning	Försök nr 2 omgivning	Försök nr 3 omgivning
435 lux	455 lux	480 lux

#### 4.2.2 Användning av glasögon

Tittar man närmare på värdena så syns ingen dramatisk skillnad. Medelvärdet i lux för glasögonanvändare på arbetsytan blev 2129 lux, medan övriga hade ett medelvärde på 2008 lux. För omgivningen hade glasögonanvändarna 439 lux som medelvärde medan övriga hade ett medelvärde på 549 lux.

Standardavvikelsen mellan de olika testen är också relativt oförändrad, där den bara på två ställen (*försök nr 3 arbetsljus* och *omgivningsljus*) skiljer sig ca 50-150 lux från övriga resultat.

Den största skillnaden mellan glasögonanvändarna och övriga finns i medeltalet för arbetsljuset, under *försök nr 2*. Här hade glasögonanvändarna ett behov av ca 200 lux mer, medan deras medeltal för övriga försök för arbetsytan låg på ca 100 lux mer.

I slutändan ville glasögonanvändarna ha en aning mer ljus på arbetsytan, dock en aning mindre ljus på omgivningen (ca 110 lux mer för arbetsytan och 100 lux mindre för omgivningen).

## 5 Diskussion och slutsatser

Syftet med vårt arbete var att undersöka om standard SS-EN 12464-1:s krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning är relevant genom att undersöka den individuella upplevelsen av den belysning som behövs för att utföra läs- och skrivarbete vid en begränsad arbetsyta. Syftet formulerades enligt ett antagande om att ljusbehovet är individrelaterat och att det bör anpassas efter brukarens behov. Vi kunde genom detta arbete utveckla och genomföra ett experiment för att undersöka om ljusbehovet var individrelaterat eller ej. Syftet bröts ner i följande konkreta frågeställningar:

1. I vilken utsträckning överensstämmer standard SS-EN 12464-1:s minimikrav för värden på arbetsbelysning och dess omgivningsbelysnings med mätvärdena enligt upplevelsen från 220 försökspersoner som ingår i denna studie?
2. Stödjer denna studie att det går att få fram ett generellt mätvärde (generella mätvärden) som krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning eller är värdena så skiftande att man måste anpassa ljuset efter individens behov?
3. Varierar behovet av mängden ljus på arbetsytan med åldern, kön eller huruvida försökspersonerna har glasögon eller inte?
4. Hur förhåller sig standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på förhållandet mellan ljus på arbetsytan och omgivningsljuset till försökspersonernas upplevelser?

Det finns idag en standard SS-EN 12464-1 som har angett ett minimivärde för skrivbordsarbete och som appliceras på vissa arbetsytor. Vi genomförde ett experiment med 220 försökspersoner för att undersöka ifall försökspersonerna låg nära detta minimivärde eller om de ville ha ljuset anpassat efter sina individuella behov. Om det visade sig att majoriteten av värdena för försökspersonernas resultat placerade sig någorlunda grupperat, ville vi även titta närmare på om det gick att enas om ett spann, som man i sin tur kan använda sig av. Om ljusbehovet var individrelaterat eller ej så ville vi även undersöka om det gick att koppla behovet till olika parametrar; kön, ålder och om försökspersonerna använde glasögon/linser.

### 5.1 Metoddiskussion

Våra begränsningar i denna studie som inte reflekteras i resultaten är bland annat dygnets påverkan eller hur dygnsrytmen påverkas, inte heller spektralfördelningen eller färgåtergivningen på ljuskällorna. Vi valde även att inte lägga ner någon tid på rummets utformning eller dess inredning utan försökte att ha ett så neutralt inrett rum som möjligt.



Då vi gjorde ett bekvämlighetsurval och inte ett slumpmässigt urval, så är det svårt att generalisera till hela populationen. Vi menar att våra resultat ändå har ett förklaringsvärde eftersom de klart visar att majoriteten av försökspersonerna ligger över 500 lux med ett medel- och medianvärde som ligger 3-5 gånger över 500 lux. Det finns även en minoritet av försökspersonerna som ligger under minimivärdet på 500 lux.

Fördelen med att välja medelvärdet är att det representerar ett genomsnitt av våra värden, medan medianvärdet ger oss en bättre uppfattning var merparten av värdena finns när vi har en sådan bred spridning (från 70 lux till 4300 lux) på resultaten. Om vi bara skulle använda medelvärdet finns en risk att resultatet, på grund av dess bredd, kan förskjutas åt något håll och då ej är representativt.

Av de 220 försökspersoner som genomgick vårt experiment så var det en person, under ett av försöken, som landade på exakt 500 lux. De resterande hade alla väldigt olika värden som pendlade mellan försöken. Detta visar att försökspersonerna hade olika behov av mängden ljus, och att behovet varierade. Vi bestämde oss därför att utöka 500 lux med  $\pm 100$  lux, så vi fick ett spann på 400 - 600 lux. Inom detta smala spann är det en mindre skillnad på upplevt behov av ljusstyrkan, men vi fick fler försökspersoner att uttala oss om. Vi gjorde samma sak för omgivningsljuset, men då värdena var mycket lägre och inte lika skiftande som värdena för arbetsljuset, valde vi  $\pm 50$  lux så vi fick ett spann på 250 - 350 lux. Detta gjorde att vi fick en större grupp att diskutera kring och inte endast en individ.

Det finns några nackdelar med vårt experiment. De största nackdelarna enligt vår uppfattning är att urvalet inte utfördes slumpmässigt, samt att vi gärna hade utfört samma test fast med en annan kontrastsituation för arbetsytan (dvs. att vi även hade använt oss av vitt papper på en vit arbetsyta). Vi kan se på samtliga 220 försökspersoner att de alla pendlar mycket i fråga om vilken mängd ljus de finner behaglig. Ett slumpmässigt urval hade gett oss större möjligheter att generalisera resultaten, men där skulle betydligt mer arbete och tid ha behövts.

Vad gäller rummets utformning så borde det kanske utvärderas om det har haft någon inverkan på resultaten, men då kommer även ögats adaptation in i sammanhanget. Ett sätt vore att utforma rummet i samarbete med optometrist dvs. någon som har djupare förståelse för rummets uppbyggnad och inverkan på individens synupplevelser.

Vi valde i vår studie att använda oss av en svart yta där ett vitt papper placerades ovanpå. Detta ger en mycket hög kontrastskillnad, vilket medför att resultaten kan påverkas genom att man gärna har en lite lägre ljusnivå, annars kan pappret framstå som ljust och bländande i förhållande till den svarta bakgrunden. Om vi istället skulle använt oss av ett vitt papper på en vit yta skulle försökspersonerna kunna använt sig av ännu högre ljusmängd och resultaten kunde ha blivit mycket mer spridda och varierande. Detta kan tolkas som att vi utför ett riktat experiment för att få höga resultat som är så långt ifrån standard SS-EN 12464-1:s minikrav som möjligt.

I framtida försök rekommenderar vi att man istället använder sig av en vit yta där pappret placeras, eller att man utför test i båda kontrastsituationerna.

Det finns även ett intresse att undersöka hur ljusnivån bedöms på individnivå om man utför testet med ett vitt papper på en ”vanlig” arbetsyta i form av något specifikt träslag. Man kan i princip komma på väldigt många olika utföranden för liknande studier som mer efterliknar verkligheten.

Något som också vore intressant är att undersöka godtyckliga kontor där man låter individerna uttala sig om sin arbetsyta, och belysningen på den, hur dagsljuset påverkar deras arbete, om det är en trevlig miljö osv. Förhoppningsvis kommer vi att få del av mer forskning där man väljer att titta på individen i rummet, istället för att utforma generella rum eller generell belysning.

Något annat vi inte har tittat på gäller belysningen. Här kan man dock undersöka näst intill oändligt med armaturers utformning och ljuskälla, men det kan vara bra att inrikta sig på att använda sig av liknande armaturer som idag är utplacerade på de flesta kontor. Kanske skulle det behövas en förundersökning för att ta reda på de vanligaste armaturerna och ljuskällorna, både för arbets- och omgivningsbelysning.

Att försökspersonernas hantering av luxmätare skulle ha påverkat utfallet av resultatet anser vi som minimalt då försökspersonerna fick strikta instruktioner om hur den skulle placeras och flyttas. Vi visade även fysiskt hur den skulle hanteras genom att vi flyttade sensorn mellan de olika markeringarna innan testet. På den svarta duken hade det även gjorts två markeringar som visade vart sensorn skulle flyttas och placeras. Att luxmätare är ett instrument som inte direkt går att jämföra med ögat är något vi inte kan kontrollera för. Dessa luxmätare används idag av de som planerar belysningen så att den stämmer med standard SS-EN 12464-1:s minimikrav, därför anser vi det korrekt av oss att använda dem i vår undersökning.

### **5.1.1 Upplägg av experimentet**

Människans seende är i ständig adaptation till förändring av omgivande ljusnivåer (Stockman, 2006). Samtliga brukare kommer att röra sig fram och tillbaka inom ett spann av ljusnivåer och en större kartläggning kan visa populationens preferenser för att variera ljusnivåerna under dagen.

Om ögats adaptation har spelat någon roll för våra resultat vet vi dock inte. För att öka resultatens reliabilitet så kan man inför kommande mätningar rådfråga en optiker/optometrist om hur man skall lägga upp ett experiment för att även beakta adaptationens inverkan. Om detta hade varit ett krav för vårt arbete hade undersökningarna tagit mycket längre och vi hade säkerligen haft svårare för att hitta försökspersoner.

Ögats adaptation tar vi upp just för att vi inte gav någon längre tid till försökspersonerna att ställa in sin nivå. Det gick inte för fort så att de inte skulle hänga med eller bli stressade, men det tog ändå inte så pass lång tid att de kunde sitta där längre. Detta tar oss även in på en annan punkt som också handlar om tiden försökspersonerna har att ställa in sin komfortnivå på ljuset.

Om försökspersonerna får alltför lång tid till att ställa in ljuset, kan deras osäkerhet öka. Först ställde de in ljuset på en komfortabel nivå de uppfattar precis då ögat har ställt om sig till någonting ljus, men allteftersom ögat adapterar sig ytterligare under ett antal minuter framöver så kan den mängd belysning de ställt in från början uppfattas otillräcklig eller för påtaglig.

Detta kan i sin tur påverka resultatet för de värden de får fram eftersom de är osäkra på om de vill ha den mängd de ställt in eller en lite annorlunda. Detta skulle i sin tur kunna påverka resultaten lite, men vi menar att samma slutsats kan dras i slutändan ändå, nämligen att behovet av belysning beror på individens behov.

Vi valde att skapa vår givna kontrastsituation med vitt papper på en svart duk, för att få en tydlig testsituation. Vi ville utifrån en mer synergonomisk utgångspunkt ha en mer tuff situation för seendet. Skulle testet utföras under lite mer bekväma situationer skulle resultaten inte bli lika tydliga. Sammanfattningsvis ser vi, och uppmuntrar gärna till att efterforskning sker för båda kontrastsituationerna, dvs. vitt papper på svart bakgrund och svart papper på vit bakgrund för att undersöka hur skillnaden i resultaten skulle visa sig. Självklart är det en stor skillnad mellan dessa två utgångspunkter. Man klarar både högre och lägre ljusnivåer med vit bakgrund och vi misstänker att vår spridning då skulle var varit ännu större.

Vi kommer nu att diskutera frågeställningarna i tur och ordning.

## 5.2 Resultatdiskussion utifrån frågeställningarna

### 5.2.1 Frågeställning 1

*I vilken utsträckning överensstämmer standard SS-EN 12464-1:s minimikrav för värden på arbetsbelysning och dess omgivningsbelysnings med mätvärdena enligt upplevelsen från 220 försökspersoner som ingår i denna studie?*

Standard SS-EN 12464-1:s minimikrav stämmer ej överrens med individernas behov av mängden ljus på arbetsyta eller omgivningen enligt denna studie. För samtliga försök som inriktade sig på arbetsytan så låg 3-4 % av försökspersonerna mellan ett spann på 400-600 lux, vilket vi anser vara ett bra omfång för de som ligger närmast standard SS-EN 12464-1:s minimikrav.

Med utgångspunkt från resultaten i denna studie innebär det att där man har planerat efter standard SS-EN 12464-1, så uppfyller man enbart komfortnivån för 3-4 % av brukarna. Liknande gäller omgivningsljuset där 8-12 % av försökspersonerna finner belysningen komfortabel. Vi kan enbart uttala oss om försökspersonerna i vårt urval, men vi tror att om man utförde samma test på ett slumpmässigt urval ur populationen så skulle man få liknande värden.

Baserade på våra resultat anser vi att standard SS-EN 12464-1 måste reflektera individernas behov på komfortabel och tillräcklig belysning, för att de i sin tur skall få en möjlighet att utföra sina arbetsuppgifter i en behaglig ljussättning.

Det var fascinerande att se den bredd som försökspersonerna uppvisade på sina resultat (mellan 70 – 4300 lux). Några av försökspersonernas värden blev extrema (väldigt höga/låga eller mycket skiftande mellan försöken), men det handlar även för dem i grund och botten om att få en komfortabel och individanpassad belysning, som bredden i resultaten klart visar (se figurer 4.2 – 4.7). Varför vissa försökspersoner valde att sitta i väldigt svag eller stark belysning har vi ingen direkt förklaring till. Dock så är dessa personer någonting som starkt visar att man måste låta individen bestämma, för annars kommer de sitta i en belysning de inte trivs i.

Standard SS-EN 12464-1 anger att den *”uppfyller behoven för visuell komfort och prestation”* (Swedish Standards Institute, 2003). I kontrast till detta kan vi genom vår begränsade studie se ett mönster som avviker från standard SS-EN 12464-1 och visar att belysningen är individrelaterad. I standard SS-EN 12464-1 anges inte hur värdena har tagits fram eller vad det är som gör att den uppfyller individens behov, det enda som nämns är att det är *”bibehållna belysningsstyrkor och tillgodoser behoven av visuell komfort och prestation”* (ibid). Vi anser att det i standard SS-EN 12464-1 bör hänvisas till vilken forskning dess värden bygger på för närmare granskning.

I standard SS-EN 12464-1 nämns det att *”belysningsstyrkan och dess fördelning över arbetsytan och den omgivande ytan har stor inverkan på hur fort, säkert och komfortabelt en person uppfattar och utför synuppgiften”* (ibid). Då det inte anges hur resultaten samlats in och hur värdena underbyggs, undrar vi hur man kom fram till dessa riktlinjer. Sitter man i en lokal med en belysning som uppfattas störande (t ex bländande, otillräcklig eller för hög), så anser vi att det omöjligt kan ge upphov till högre prestation eller en komfortabel arbetsplats.

Vad standard SS-EN 12464-1 anger om relationen mellan arbets- och omgivningsljuset är följande: *”för stora variationer i belysningsstyrkor runt arbetsytan kan leda till synstress och obehag”* (ibid). Detta anser vi inte stöds av dess minimivärden för arbets- och omgivningsljuset. Det beror på individen vad individen uppfattar som för stora variationer och om denne delges möjlighet till ljusreglering kan detta undvikas. Det som individuell ljusreglering också kan ge upphov till är mindre energiåtgång. Istället för att sitta i en lokal med konstant mängd ljus under dagen, kan man istället justera den efter mängden solljus som kommer in genom fönster eller liknande, eller beroende på vad arbetsuppgifterna kräver och vad man har för behov.

### 5.2.2 Frågeställning 2:

*Stödjer denna studie att det går att få fram ett generellt mätvärde (generella mätvärden) som krav på arbetsplats- och omgivningsbelysning eller är värdena så skiftande att man måste anpassa ljuset efter individens behov?*

Vår undersökning visar att bara en liten del av försökspersonerna (se 4.3) ligger på 500 lux eller dess intilliggande värden (mellan 400-600 lux) enligt standard SS-EN12464-1:s minimikrav. Majoriteten av försökspersonerna ligger över 500 lux, där vårt uppmätta maxvärde blev 4300 lux. Detsamma gäller omgivningsljuset (se tabell 4.4).

Däremot låg betydligt fler av försökspersonerna under 300 lux (minimikravet från standard SS-EN 12464-1) för omgivningsljuset, men majoriteten låg även här över standard SS-EN 12464-1:s minimikrav, ända upp till ett maxvärde av 1830 lux.

Vi anser att det inte går att få fram ett värde som kan appliceras överallt där alla individer skulle uppleva ljuset komfortabelt. Om ett liknande experiment utförs på ett slumpmässigt urval så finns det en möjlighet att få fram ett spann (t ex 1000 – 2500 lux) där majoriteten av försökspersonerna placerar sig. Men detta spann skulle bara kunna användas som riktlinjer, eftersom vi har sett att skillnaden från individ till individ kan vara väldigt olika.

### 5.2.3 Frågeställning 3:

*Varierar behovet av mängden ljus på arbetsytan med åldern, kön eller huruvida försökspersonerna har glasögon eller inte?*

En majoritet av deltagarna i denna studie ligger i åldrarna 19-30 år (63 %) vartefter antalet individer i respektive ålder minskar och blir mer utspridd. På grund av spridningen i åldrarna 31-67 år (37 %) så kan det bli svårt att göra några direkta uttalanden om äldre behöver mer ljus eller dra några andra slutsatser på grund av spridningen, och eftersom resultaten är så pass skiftande så kan en osäkerhet uppstå kring validiteten på de slutsatser vi drar.

Vi har igenom våra resultat dock erhållit vissa skillnader i mängden ljus beroende på åldern, men vi kan utifrån dessa resultat inte avgöra om detta är något mönster som skulle upprepa sig i en mer omfattande studie med slumpmässigt urval. Skillnaderna vi fann var medelvärdena för försök 2 och 3, där de äldre (60-69 år) hade ett högre minimivärde på arbetsytan (200 – 1140 – 3010 lux). De yngre (19-29 år) hade ett lägre minimivärde (280 – 320 – 344 lux). Något som också var intressant var att de äldre (60-69 år) hade ett lägre maximivärde (2730 – 3380 – 3010 lux) för samtliga 3 försök på arbetsytan och de yngre (19-29 år) hade ett högre maximivärde (4160 – 4050 – 4300 lux).

Medelvärde och medianvärde penndlade både upp och ner för samtliga åldersgrupper genom försöken. Skillnaden var i genomsnitt 300 lux mer för testpersonerna ju äldre de blev.

En intressant upptäckt i resultaten är att individerna mellan 60-69 år hade ett högre minimivärde på behov av mängden ljus över sin arbetsyta, men de hade även ett lägre maximivärde. Vi vet inte varför eller om det enbart är en ren tillfällighet men vi ser gärna att detta tas i beaktande om framtida forskning utförs med samma inriktning som vår.

En annan intressant aspekt som vi upptäckte var en ganska så tydlig skillnad mellan kvinnor och män i undersökningen.

Tittar man närmare på värdena för arbetsytan för alla försök, så ser vi att kvinnorna i samtliga försök ligger ca 260-300 lux högre än männen när det gäller skillnaden i medelvärdena. Detsamma gäller medianvärdena där det till och med ökar något för sista försöket (tabeller 4.11 – 4.14). Vad detta beror på kan vi inte svara på, men det är ett intressant resultat som man kanske bör titta närmare på i framtida forskningar.

Glasögonanvändarnas resultat är lite svårt att diskutera eftersom så många parametrar kan inverka på resultaten, t ex om tjockleken på glasen avgör mängden ljus, hur glasögonens utformning är, om ögonsjukdomar påverkar behovet etc. Skillnaden var dock så pass minimal att vi inte kan dra tillräckligt konkreta slutsatser. Glasögonanvändarna hade ca 100 lux mer i medelvärde på arbetsytan gentemot övriga och samma värde gäller även för omgivningsljuset. Detta talar för att ljuset måste vara bättre anpassat till individen. Dock så kan det spekuleras i hur stor inverkan 100 lux har. Ju högre upp man kommer i sin ljusmängd desto svårare blir det att urskilja om ljuset ökar eller minskar med 100 lux, men våra resultat visar denna skillnad.

#### 5.2.4 Frågeställning 4:

*Hur förhåller sig standard SS-EN 12464-1:s minimikrav på förhållandet mellan ljus på arbetsytan och omgivningsljuset till försökspersonernas upplevelser?*

Standard SS-EN 12464-1 anger att förhållandet mellan belysningsstyrkan inom omgivningen och arbetsytan inte bör överstiga 3:1 (arbetsytan: omgivningen). Om vi jämför våra resultat med detta så finner vi att vi genom medelvärden av resultaten för alla försök uppnår ett förhållande på 4:1. Vi fick även enstaka fall där vissa försökspersoner gärna hade lite mer ljus i omgivningen än på arbetsytan.

Om vi tittar närmare på medelvärdena för de enskilda försöken får vi följande förhållanden:

Förhållandet på *försök nr 1* är:

3.8:1 (Arbetsytan: 1830 lux – Omgivningen: 500 lux)

Förhållandet på *försök nr 2* är:

4:1 (Arbetsytan: 2100 lux – Omgivningen: 520 lux)

Förhållandet på *försök nr 3* är:

4.5:1 (Arbetsytan 2220 lux – Omgivningen: 490 lux)

Resultaten utifrån försökspersonerna talar för att förhållandet mellan ljuset på arbetsytan och omgivningen skiljer sig från standard SS-EN 12464-1. I *försök nr 1* blev medelvärdena mest likt förhållandet 3:1, men det går sedan upp till 4:1 för *försök nr 2* och slutligen 4,5:1 för *försök nr 3*. Även fast det var någorlunda nära 3:1 i förhållande så ser man dock att de minimivärden som standard SS-EN 12464-1 anger, nästan är tredubbelt högre i våra resultat.

Delar man upp resultaten beroende på kön och undersöker förhållandena mellan arbetsyta och omgivningen får vi liknande resultat som ovan. Männerna fick en fördelning på 3,4:1 för *försök nr 1*, 4:1 för *försök nr 2* och 4,5:1 för *försök nr 3*. Kvinnorna fick en liknande fördelning på 3,4:1 för *försök nr 1*, 4:1 för *försök nr 2* och 5:1 för *försök nr 3*. Medelvärdet för samtliga försök blir 4:1 för männen och 4,3:1 för kvinnorna.

### 5.3 Slutsatser

Standard SS-EN 12464-1 anger ett antal bibehållna belysningsstyrkor över arbetsytan och dess referensyta vilken kan vara horisontell, vertikal eller lutande. Medelbelysningsstyrkan för arbetsplatsen, ska enligt standarden inte understiga de värden som anges, oberoende av anläggningens ålder och tillstånd.

Samtliga försökspersoner i vår undersökning är alla i behov av en individrelaterad ljusstyrka. Samtliga låg på olika resultat för de olika försöken, vilket mer påvisar att det ska vara inställbart efter individen och vad den uppfattar att behovet är. Att applicera 500 lux på arbetsytan skulle göra att 3-4 % av alla 220 försökspersoner skulle uppfatta ljuset som behagligt. Liknande gäller även för omgivningsljuset, där 300 lux är minimikravet vilket bara uppfyller behovet för 8-12 % av individernas belysningsbehov i vår studie.

Flertalet av försökspersonerna i denna studie har angett ett värde på komfortnivå som ligger runtom standard SS-EN 12464-1:s värden. Majoriteten (96 – 97 %) av de angivna värdena av försökspersonerna är mycket högre än det som anges som minimikrav enligt standard SS-EN 12464-1. Den anger att värdena är satta för normala synförhållanden och där nämns bestämmande parametrar: synkomfort och välbefinnande, krav för synuppgifter, synergonomi, praktisk erfarenhet, säkerhet och ekonomi.

Vi menar att vår studie påvisar att för att uppnå synkomfort, välbefinnande och krav för synuppgifter är det inte tillräckligt att endast ange ett minimivärde för att uppfylla dessa behov för samtliga individer. Det går heller inte yttra sig om ett spann som de flesta ligger mellan för det kommer alltid påverka någon del negativt. Däremot kan man, genom resultat från en mer omfattande studie med slumpmässigt urval, få bra riktvärden som man kan utfå ifrån och ha i åtanke när man planerar en belysning. Bäst är dock att tänka på hur individen vill ha det och att denne ges möjlighet till reglering av ljuset.

Vi ser att de äldre (60-69 år) försökspersonerna i åldersgrupperna ligger inom ett smalare spann (högre minimivärden samt lägre maximivärden) av mängden ljus, dock så är spridningen fortfarande stor inom denna grupp med avseende på ljuset. Vi ser att försökspersonerna med glasögon/linser i genomsnitt har något högre värden. Om en anläggning anpassas så att värden mellan 70 lux till 4300 lux kan uppnås samt att anläggningen kan ljusregleras, så anser vi att dessa personer får sitt behov av ljusmängd uppfyllt.

Om en anläggning är så pass gammal eller använd att det blir för stora variationer i ljuset, så kommer en individuell reglering att snabbt tillgodose det behov man har av ljusmängden? Bara genom att utforma lokaler som är anpassade efter individer med tillgång till reglering både av ljusstyrka och riktning, så kan man enkelt undvika synstress, obehag och få en komfortabel belysning som, till skillnad mot en obehaglig belysning, inte minskar prestationen och säkerheten.

### **5.3.1 Vad kommer denna forskning leda till för respons?**

Vi hoppas att vi med vårt examensarbete bidragit till att visa att ljuset på en arbetsplats behöver vara mer individanpassat än vad standard SS-EN 12464-1 anger men att en mer fullskalig studie med slumpmässigt urval behöver genomföras för att kunna generaliseras. Vi anser att fortsatt forskning inom området behövs så att belysningen i kontorsmiljö i framtiden får fokus på individens behov så att den därmed blir bättre anpassad till brukarna.

Problemet som vi ser det är att standard SS-EN 12464-1 ofta misstolkas av dem som inte har utbildning inom belysningsplanering. De som projekterar belysning men inte har en utbildning inom belysningsvetenskap, tolkar ofta minikravet på 500 lux enligt standard SS-EN 12464-1 som ett absolut värde som är tillräckligt och kan appliceras på samtliga individer. Ofta förbises att standard SS-EN 12464-1 är ett minimikrav och att man med utgångspunkt från dessa värden kan utforma en belysningsanläggning som blir individanpassad.

### **5.3.2 Hur påverkas hälsan?**

Vi börjar se en svag skiftning inom belysningsbranschen från ett tekniskt synsätt till att man utgår från människans förutsättningar och behov, med andra ord synergonomi. SIS<sup>5</sup> är det forum för fortgående framtagande och utveckling av standarder i Sverige. Där deltar både näringsliv, myndigheter och organisationer. Detta för att senare påverka standarder på europeisk (via CEN) och internationell nivå (via ISO<sup>6</sup>).

Eftersom detta examensarbete är inriktat på att undersöka individens komfortnivå hoppas vi bidra till arbetet med att utveckla en bättre belysningsinstallation på arbetsplatser, men även att bidra med nya rön inför framtid forskning.

Resultaten från denna studie visar att armaturen vid arbetsplatsen bör kunna ge ett ljusflöde från 80 lux till 4300 lux och att brukaren själv bör kunna justera den. Med tanke på att det artificiella ljuset är med oss under hela vår arbetsdag (vid de flesta arbeten inomhus) är dess utformning och kvalitet av högst vikt. Det är viktigt att spara energi men vi kan inte låta det gå ut över individens hälsa, det vill säga, vi kan inte neka människor att använda en komfortabel ljusnivå för att utföra sitt arbete .

---

<sup>5</sup> Swedish Standards Institute, H<http://www.sis.se>

<sup>6</sup> International Organization for Standardization, H<http://www.iso.org>



## Referenser

- Bastin, M. (2007) Arbetsmiljöundersökning; Andel av de sysselsatta enligt arbetsmiljöundersökningen efter arbetsmiljö, kön, ålder och tid, SCB.
- Bommel, W. (2006) Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Applied Ergonomics* 37, 2006, 461-466.
- Hollwich, F., Dieckhues, B. (1980) The effect of Natural and Artificial Light via the Eye on the Hormonal and Metabolic Balance of Animal and Man.
- Küller, M. (1982) Icke-visuella effekter av optisk strålning. Lund : Tekniska högskolan. ISSN: 0280-8269.
- Liljefors, A. (2000) Seende och Ljusstrålning - Baskompendium Belysningsläsa, Kungliga Tekniska Högskolan.
- Månsson, L. (2003) Ljus & Rum - Planeringsguide för belysning inomhus. ISBN 91-631-4675-4.
- Pauley, S. (2004) Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Med. Hypotheses* 63:588–596
- Savides, T., Messin, S., Senger, C., Kripke, D. (1986) Natural light exposure of young adults. San Diego, USA: University of California.
- Starby, L. (2006) En bok om belysning. Stockholm: Ljuskultur. ISBN: 9163135299.
- Stockman, A., Langendörfer, M., Smithson, H., Sharpe, L. (2006) Human cone light adaptation: From behavioral measurements to molecular mechanisms. London, UK: University College London.
- Swedish Standards Institute (2003) SS-EN 12464-1 Ljus och belysning - Belysning av arbetsplatser - Del 1: Arbetsplatsens utformning, ICS 91.160.10.
- Swedish Standards Institute (2009) <http://www.sis.se> (Acc. – 2009-03-10 Klockan 13.43)

## Sökord

### 3

300 lux ..... 21, 23, 24, 35

### 5

500 lux ..4, 9, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 31, 34, 36

### A

adaption ..... 31, 32

analys ..... 17

arbetsbelysning ..... 7, 30, 33

*arbetsyta*4, 7, 10, 12, 16, 18, 20, 23, 24, 28, 31, 32, 33, 35, 37

### B

belysning ....2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 18, 32, 33, 34, 38, 39

bibehållna belysningsstyrkor ..... 11, 34, 37

### F

*försök nr 1* .....20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 36, 37

*försök nr 2* .....22, 23, 25, 26, 27, 29, 36, 37

*försök nr 3* .....23, 26, 27, 29, 36, 37

försökspersoner.....7, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 32, 33

### G

generellt mätvärde .....7, 13, 24, 30, 34

glasögon.....4, 7, 13, 16, 18, 19, 29, 30, 35, 37

### I

individanpassad ..... 6, 34, 38

individens behov.....2, 7, 11, 13, 24, 30, 33, 34

### K

komfortnivå ....2, 13, 16, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 37, 38, 43

kontrastsituation ..... 31, 33

krav.6, 7, 10, 11, 13, 18, 23, 24, 30, 32, 33, 34, 36, 37

### L

ljus.... 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37

ljusmängd..... 31, 36

ljusnivå..... 2, 4, 16, 31, 38, 44, 45

lux .... 5, 6, 9, 12, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38

luxmätare ..... 16, 32

### M

Maximivärde ..... 25, 26, 27

Medelvärde ..... 25, 26, 27, 28, 35

Median ..... 25, 26, 27, 28

melatonin ..... 11

minimikrav ..... 4, 32, 34, 37, 38

Minimivärde..... 25, 26, 27

mätvärden..... 7, 24, 30, 34

### O

omgivningsbelysning .... 7, 9, 13, 24, 30, 32, 34

omgivningsljus..... 6, 16, 18, 24, 25, 26, 27, 29

### P

parametrar ..... 2, 13, 18, 30, 36, 37

### S

skrivbordsarbete ..... 4, 11, 12

slumpmässigt urval ..... 31, 33, 35, 38

spann ..... 24, 30, 31, 32, 33, 35, 37

standard SS-EN 12464-1.... 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 20, 23, 24, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38

Standard-avvikelser..... 25, 26, 27

synkomfort..... 10, 11, 37

### V,W

varierande..... 24, 31

### Å

åldersgrupper ..... 19, 35, 37

## Bilagor

Bilaga 1 Undersökningsenkät

Födelseår: \_\_\_\_\_

Namn: \_\_\_\_\_

Klass: \_\_\_\_\_

Kön:                      Kvinna                      Man

Försök 1

Arbetsbord	Omgivningsljus

Försök 2

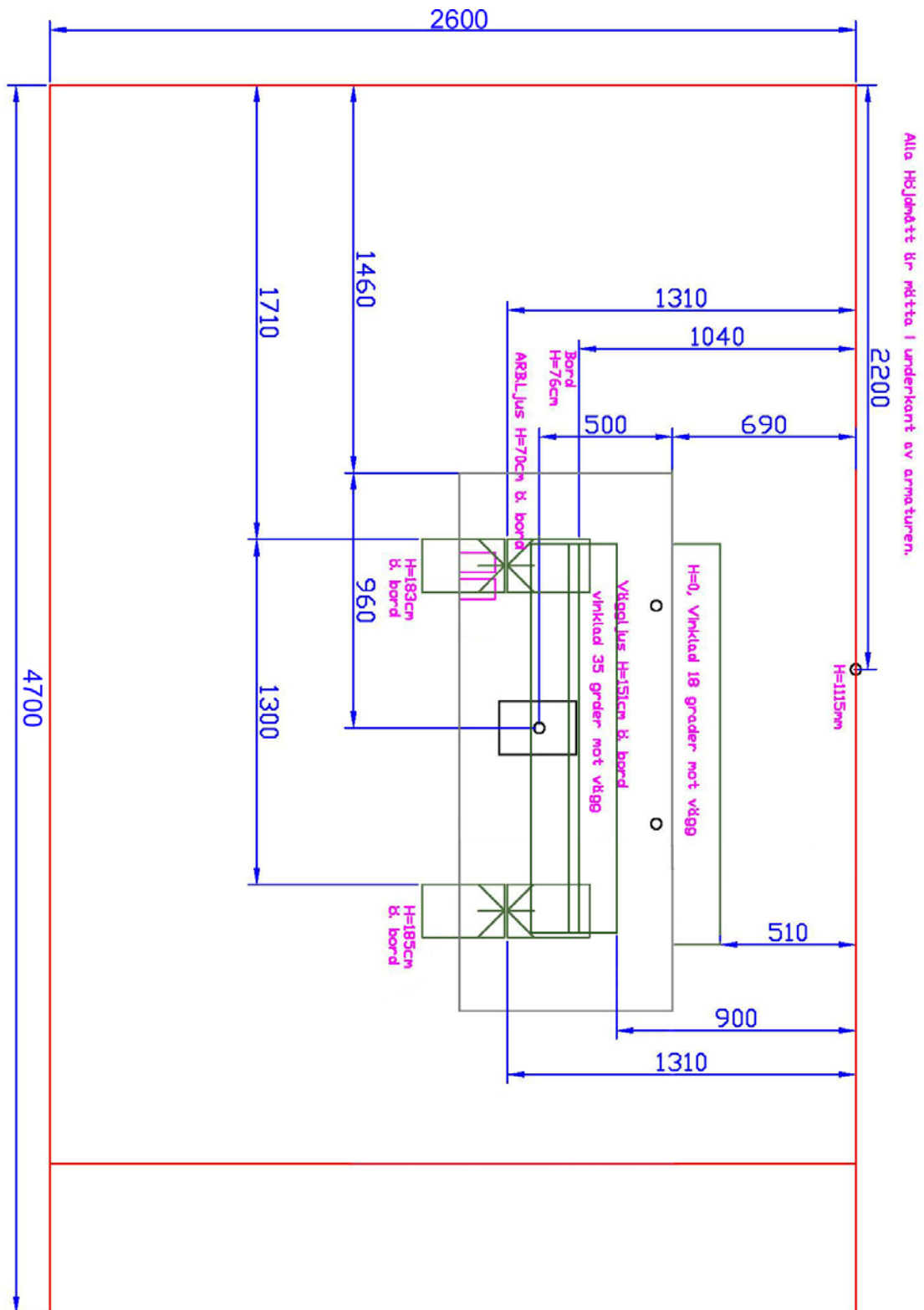
Arbetsbord	Omgivningsljus

Försök 3

Arbetsbord	Omgivningsljus

Glasögon:                      Ja                      Nej

Bilaga 2 Ritning över testrummet



### **Bilaga 3    Brevet som skickades ut för att locka folk till studien**

Ämne: "Avdelningen för belysningsvetenskap på Tekniska Högskolan (JTH) söker

1000 personer för en studie om känslighet för att betrakta kontraster och belysta ytor.

Brödtext: Studien innebär att man genomför en synprestationsuppgift vid ett skrivbord och får sin visuella komfortnivå relaterad till horisontell och vertikal belysningsstyrka.

Studien pågår under hela vårterminen på JTH (I källarkorridoren till Studenternas hus) och tar max 10 min per person.

Studien är ett led i Monica Sätters avhandlingsarbete i belysningsvetenskap och genomförs som ett examensarbete av Andreas Kjellström och Philip Folkesson med assistans av Sara Grünning och Ida Hägg.

Som tack för Ditt deltagande bjuder vi på en lunch på 'Taste of Beirut' på IHH.

För mer information och anmälan kontakta Karin på avdelningen för

Belysningsvetenskap på JTH: [Karin.Abrahamsson@jth.hj.se](mailto:Karin.Abrahamsson@jth.hj.se) eller på Telefon: 036-101626"

## Bilaga 4 Förklarande text som spelas upp för personerna under testet

”Hej och välkommen  
Sätt dig vid bordet med den svarta duken.

### Försök 1

Placera pappret inom sin markering på bordet.  
Dra ner båda reglarna till minimum.  
Läs på pappret samtidigt som du drar upp reglage ett till max.  
Dra ner reglaget sakta till du hittar en nivå på papprets ljushet som känns komfortabel.  
Flytta pappret till markeringen i hörnet.  
Placera den runda mätsensorn i cirkeln på bordet.  
Läs av luxmätaren för arbetsytan.  
För in ditt värde i tabellen för arbetsljus.  
Placera mätsensorn i hörnet på bordet.  
Placera pappret i markeringen mitt på bordet.  
Höj reglage nummer två till max.  
Dra ner reglage nummer två tills du finner en ljusnivå på omgivningsljuset som du finner komfortabelt. För in ditt värde i tabellen för omgivningsljuset.

### Försök 2

Dra ner båda reglarna till minimum.  
Läs på pappret samtidigt som du drar upp reglage ett till max.  
Dra ner reglaget sakta till du hittar en nivå på papprets ljushet som känns komfortabel.  
Flytta pappret till markeringen i hörnet.  
Placera den runda mätsensorn i cirkeln på bordet.  
Läs av luxmätaren för arbetsytan.  
För in ditt värde i tabellen för arbetsljus.  
Placera mätsensorn i hörnet på bordet.  
Placera pappret i markeringen mitt på bordet.  
Höj reglage nummer två till max.  
Dra ner reglage nummer två tills du finner en ljusnivå på omgivningsljuset som du finner komfortabelt. För in ditt värde i tabellen för omgivningsljuset.

### Försök 3

Dra ner båda reglarna till minimum.  
Läs på pappret samtidigt som du drar upp reglage ett till max.  
Dra ner reglaget sakta till du hittar en nivå på papprets ljushet som känns komfortabel.  
Flytta pappret till markeringen i hörnet.  
Placera den runda mätsensorn i cirkeln på bordet.  
Läs av luxmätaren för arbetsytan.

För in ditt värde i tabellen för arbetsljus.

Placera mätsensorn i hörnet på bordet.

Placera pappret i markeringen mitt på bordet.

Höj reglage nummer två till max.

Dra ner reglage nummer två tills du finner en ljusnivå på omgivningsljuset som du finner komfortabelt. För in ditt värde i tabellen för omgivningsljuset.

Nu är försöket klart, tack för din medverkan.”