

Dynamiskt ljus

En lysande framtid

Höjdpunkter



Dynamiskt ljus



Hälsoeffekter



Prestationseffekter





Survey Party är ett privat företag som tillhandahåller tjänster inom metodik, beteende och statistik. Företaget fokuserar på att arbeta med biometrisk utrustning i sina uppdrag för att skapa större insikter kring individers, grupper och organisationers beteende. Survey Party fokuserar även på kontexten för mätningarna då det är avgörande för att skapa en korrekt bild av situationen och är därmed världsledande leverantör inom Contextual Biometric Data.

Copyright © Survey Party 2016

Förord

Ljus är en extremt viktig företeelse som vi i Skandinavien har en speciell relation till. Under stora delar av året så är det artificiella ljuset mer eller mindre det enda ljuset som vi kommer i kontakt med. Trots detta finns det stora skillnader mellan det naturliga solljuset och den artificiella belysningen som vi kommer i kontakt med så väl inomhus som utomhus.

Det är först nu som aktörer inom belysningsindustrin har börjat undersöka dynamiska lösningar för belysning. Den dynamiska belysningen innefattar belysning som exempelvis är programmeringsbar efter framtagna scheman. Dessa dynamiska belysningar har för första gången satt människans, gruppens och organisationens behov i centrum. I takt med att insikterna om människans naturliga dygnsrytm ökar, ökar också förståelsen för hur belysning kan tillämpas för att främja ett hälsosammare liv, där människan är i fokus.

Denna rapport är en initial del av Skandinaviens nya kunskapssatsning inom belysning för att facilitera unik expertis som leder till att den Skandinaviska belysningsindustrin blir marknadsledande. Rapporten har gjorts i samarbete mellan Survey Party och ProLab som är en del av Lunds Universitet, där testbäddarna för tre dynamiska belysningsarmaturer är placerade och har varit aktiva sedan mars 2016. Vidare har ProLab och Lunds Universitet varit aktiva för spridning av detta fantastiska projekt och tidigt insett vinningarna av en mänskligt fokuserad belysning. Ytterligare en stor bidragsgivare har varit Danmarks Tekniske Universitet (DTU), som har hjälpt till med att mäta den nya belysningen.

Vi är hjärtligt tacksamma över de medverkande testpersonerna som har deltagit i vår undersökning och alla involverade från både ProLab och andra delar av Lunds Universitet. Ett stort tack till Johannes Lindén från DTU som har hjälpt oss med mätningar och expertis inom Fotonik. Ytterligare ett stort tack går till Helene Vogelmann, Josefin Ahlqvist och Patrik Rydén. Vi är också tacksamma för all hjälp vi har fått från Fredrik Malmberg, Alexander Weiland och Reine Karlsson. Vidare vill vi passa på och tacka Elektro Lanz, Glamox, Fagerhult och Zumtobel för allt sitt stöd. Slutligen vill vi tacka Region Skåne och Gate21 för deras engagemang.

Han Way Tran

Säljchef, Survey Party

Kristian Axelsson

Huvudanalytiker, Survey Party

Innehåll

Sammanfattning **3**

Belysning	3
Hälsa och stress	3
Kognitiv prestation	3



Dynamiskt ljus

1 Ljus **5**

1.1 Före	5
1.2 Efter	8
1.2.1 Ljusschema	8
1.2.2 Flimmer	9



Hälsoeffekter

2 Hälsa och stress **16**

2.1 Återhämningsförmåga	16
2.2 Stressutveckling	18



Prestationseffekter

3 Kognitiv prestation **24**

3.1 Matematiska uppgifter	24
3.2 Läsförståelse	32

4 Bibliografi **39**

Dynamiskt ljus



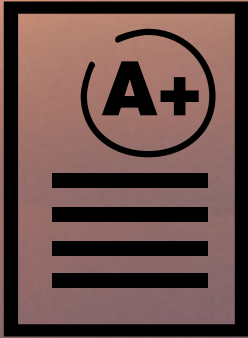
Nya
former
av flimmer



>600 Lux & >3500 °K

är uppiggande
men stressande

i siffror



<358% ökad
läshastighet
och ökad
läsförståelse



<17,6% ökning
av fokus

<13,7% ökning av
Hjärnaktivitet



<48,9%
minskad
beräkningstid



Sammanfattning

Belysning

Denna rapport belyser hälso- och beteendemässiga aspekter i samband med övergång från traditionella belysningsformer och till dynamisk belysning. Övergången från traditionell belysning till dynamisk belysning har medfört en förändring i både ljusp- och flimmerprofiler. De traditionella ljusarmaturerna som var installerade var baserade på indirekt ljus och varmare färgtemperaturer, vilket var effekter av äldre teknologi. Vid införandet av den dynamiska belysningen förändrades detta, den nya teknologin tillåter variation i både färgtemperatur och belysningsintensitet. Dessutom tillåter de nya ljusarmaturerna programmering av ljusschema, där ljuset anpassas efter givna tider för att exempelvis ha en uppiggande effekt. De nya armaturerna innebär också en ökning av flimmer, då de traditionella armaturerna hade en frekvens motsvarande 129870 Hz och de nya armaturerna har en frekvens på 977 Hz. Utöver ökningen av flimmer har de nya armaturerna också medfört förändringar i flimmerprofil, där den traditionella belysningen hade ett sinusformat vågmönster medan de nya armaturerna har ett kantigare vågmönster. Dessutom uppvisar de nya armaturerna ett påtagligt trappmönster i sitt vågmönster, vilket är till följd av multipla former av flimmer också kallat Beat Flicker.

Hälsa och stress

De nya armaturerna visar sig medföra en ökad stress för exponerade individer. Detta visar sig genom förändringar i individernas puls och perspiration, vilket är fysiologiska manifestationer av emotionell och kognitiv stress. Undersökningen visar att de emotionella reaktionerna ökade med övergången till de nya armaturerna och i synnerhet under tillfällena då ljuset var mer intensivt och har en kallare färgtemperatur. Under de tidsintervall där ljuset är kallare och mer intensivt uppvisades en uppiggande effekt samt att det framgick att denna belysning kan uppfattas som störande om skillnaden blir för påtaglig med resterande omgivning.

Kognitiv prestation

De nya armaturerna visar sig också medföra tydliga förbättringar när det kommer till kognitiv prestation. Det framgår signifikanta skillnader i beräkningstider vid matematiska uppgifter, betydligt högre läshastighet och ökad läsförståelse. Där beräkningstiden vid huvudräkning har reducerats med upp till 48,9% och förändringar i läshastighet med ökning upp till 358%. Dessutom visar sig förändringen ha tydliga effekter på individernas fokus och hjärnaktivitet. Undersökningen visar ökning i fokus på upp emot 17,6% och ökning i hjärnaktivitet upp till 13,7%. Dessa förändringar av den kognitiva prestationen medför enorma organisatoriska implikationer, framförallt med hänsyn till organisationer aktiva inom kunskapsindustrin.

Belysning



\$112 miljarder
den globala LED industrin

\$60 miljarder
motsvarar den globala
LED-belysnings marknaden

2748 Firmor
i fler än
46 länder

700 000 jobb
relaterade till
kärn komponenter
världen över

1 Ljus

1.1 Före

Kontoret där de tre respondenterna har sina arbetsplatser hade redan installerade ljusarmaturer som försåg kontoret med en indirekt belysning. Dessa ljusarmaturer kan ses på bilderna nedan. Dessutom genomfördes tester på deras flimmer och spektrum, vilket redovisas längre ner i detta avsnitt. Alla tester rörande belysning och flimmer har gjorts av Johannes Lindén från DTU.

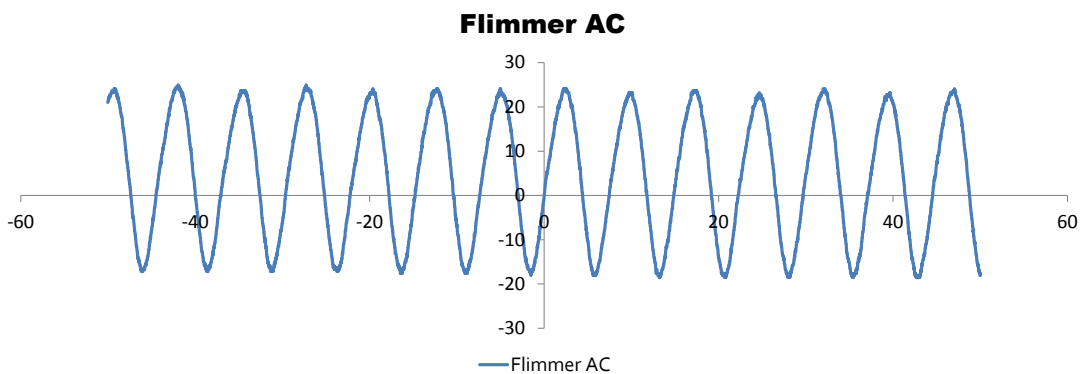
Figur 1.



Figur 2.

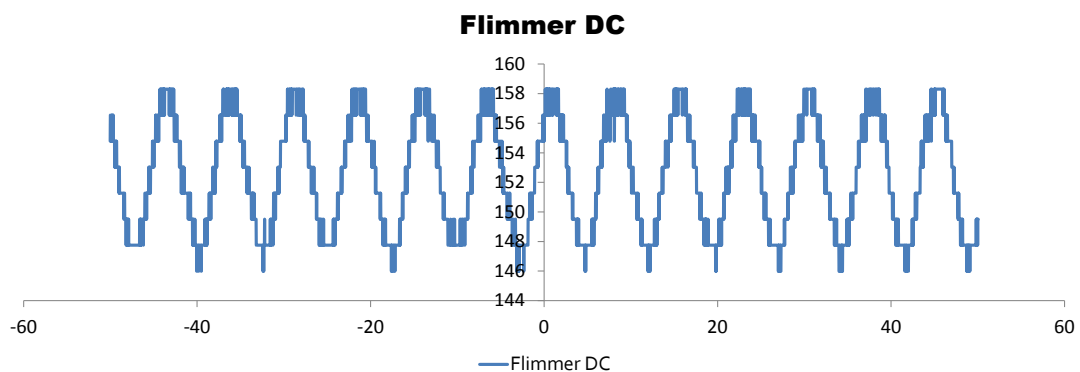


Figur 3.



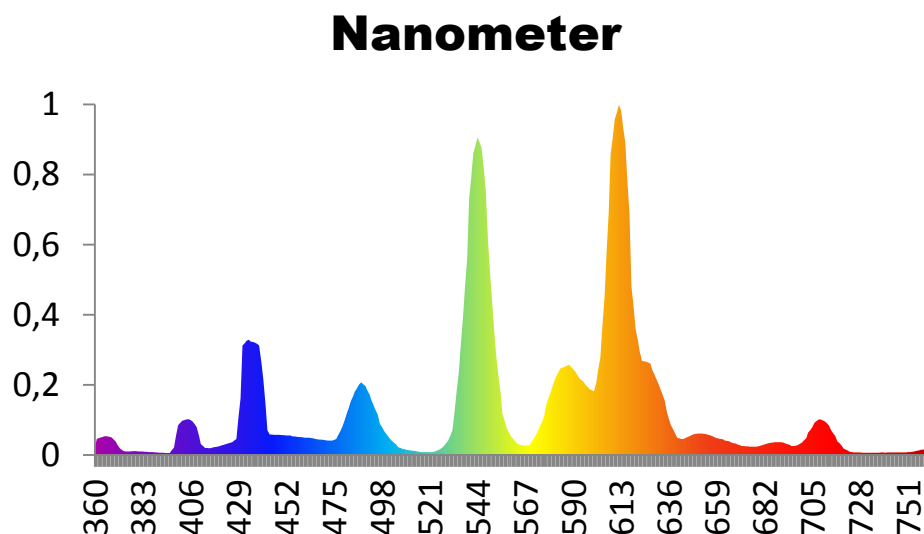
Diagrammet ovan visar flimmerprofilen för de belysnings armaturer som redan var installerade och i bruk på kontoret. Tiden i mikrosekunder utgör diagrammets x-axel och dess y-axel anger fluktuationens spänning i millivolt (likström). Diagrammet uppvisar en tydlig sinus-form (våg-form) som har ett minimum värde på -16 och ett maximalt värde på 24 millivolt, vilket anses vara flimmerfritt då en fluktuation har ett tidsintervall motsvarande 7,7 mikrosekunder (129870 Hz).

Figur 4.



Diagrammet ovan skildrar den redan installerade ljusarmaturens flimmerprofil för kontoret. Diagrammets x-axel visar tiden i mikrosekunder och y-axel visar armaturens fluktuationer i millivolt (växelström). Flimret i diagrammet ovan har en tydlig sinus-karaktär och fluktuerar i 129870 Hz, dock är flimmer-karaktären mer ojämn och har en minimi-punkt vid 146 mikrovolt och ett maximum-värde på 158 mikrovolt.

Figur 5.



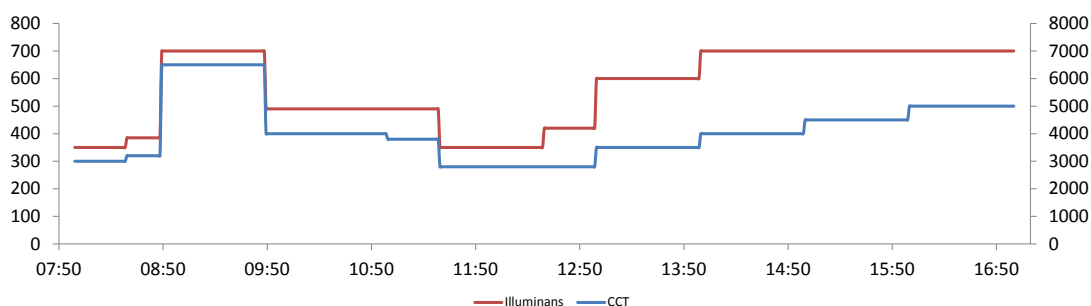
Diagrammet ovan skildrar ljusarmaturens spektrum. Där diagrammets y-axel utgörs av en arbiträr enhet för intensitet och x-axeln visar våglängden i nanometer, samt att färgerna i diagrammet är representativa för våglängdernas färger.

1.2 Efter

1.2.1 Ljusschema

Den nya ljusarmaturen på kontoret är ämnad att vara av en dynamisk variant som i detta specifika fall var baserat på ett förprogrammerat ljusschema. Ljusschemat är framtaget för att främja en viss stereotyp arbetsdag och reglerar både illuminansen och färgtemperaturen. De önskvärda profilerna över variationen är representerade i diagrammet nedan.

Figur 6.



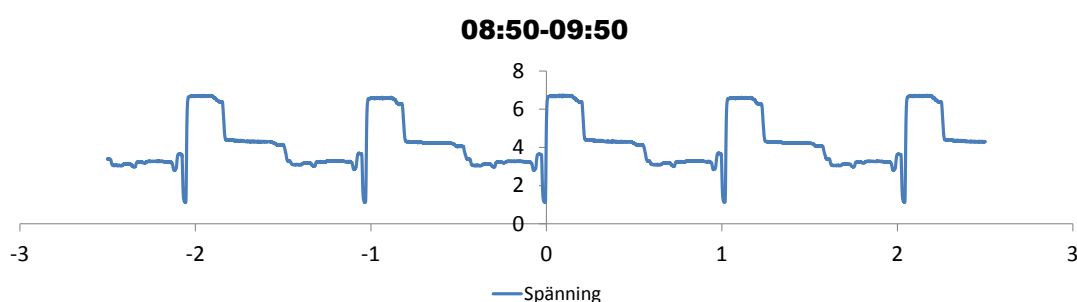
Ovanstående diagram skildrar variationen i illuminans och färgtemperatur under en arbetsdag som börjar klockan 08:00 och slutar 17:00. Diagrammets x-axel visar klockslaget och y-axeln till vänster visar illuminansen i Lux och y-axeln till höger visar färgtemperaturen i Kelvin (CCT). Förklaringen till de valda karaktärerna ovan är att främja ett visst beteendemönster som bedöms vara optimalt. Där dagen börjas med en kombination av varmt ljus och lägre intensitet för att stressen på morgonen ska

kunna lägga sig. Därefter ökas sedan belysningen till en hög intensitet och ett kallare ljus för att ha en uppiggande effekt (Küller & Lindsten, 1992). Färgtemperaturen blir därefter varmare och intensiteten sänks innan och under lunch för att återigen ha en lugnande effekt. Efter lunch stegras ljusets intensitet och färgtemperaturen blir kallare för att facilitera en ökad koncentration under återstoden av dagen. Utöver ljusintensitet och färgtemperatur påverkas människan också av flimmer och mätningarna rörande flimmerets karaktär redovisas i nästkommande stycke.

1.2.2 Flimmer

Flimmer är fluktuationer i ljus som kan upplevas som besvärande och även orsaka negativa hälsoeffekter så som koncentrationssvårigheter, huvudvärk och negativa former av stress (Sandström, Bergqvist, Küller, Laike, Ottosson, & Wibom, Belysning och hälsa, 1997). I denna rapport kommer flimmer att presenteras på tre sätt, först är grafen, det andra är ett mått som heter Flicker Index och slutligen är det ett mått som heter Percent Flicker. Grafen har till syfte att visa flimmerprofilen som har uppmäts, då profilen tenderar att spela roll för hur flimmeret upplevs och vilka fysiologiska effekter det har. En eftersträvt värde är en tydlig sinusform medan en profil av kantig natur inte är önskvärd, då effekten av flimmeret blir allt mer påtaglig. Det andra sättet att beskriva flimmer är genom ett värde som heter Flicker Index, vilket beräknas som arean som överstiger medelvärdet dividerat med den totala arean (Poplawski & Miller, 2010). Det tredje sättet att beskriva flimmer på är via måttet Percent Flicker, vilket motsvaras av maximumvärdet subtraherat med minimivärdet och sedan dividerat med maximumvärdet adderat med minimivärdet, som slutligen multipliceras med 100 (Poplawski & Miller, 2010). Dessa mått ger en begränsad beskrivning på flimmerprofilen och därav har denna rapport valt att komplettera med grafiska representationer. Denna rapport har 8 olika mätpunkter under en dag, där resultaten av dessa mätpunkter är representerade i diagrammen och tabellerna nedan.

Figur 7.

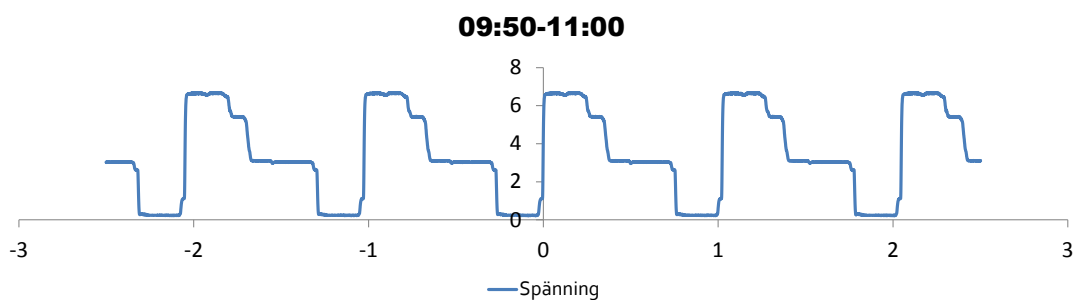


Tabell 1.

Flicker Index	Percent Flicker
0,12	71,43

Diagrammet ovan motsvarar flimmerprofilen för tidsintervallet 08:50 till 09:50 i kon-toret. Där x-axeln uppvisar tiden i sekunder och y-axeln visar spänningen i millivolt samt i tabellen ovan framgår dessutom flimmerkaraktärens Flicker Index och Per-cent Flicker. Flimmerkaraktären som uppvisas i diagrammet ovan har en frekvens på 977 Hz, dess Flicker Index är 0,12 och Percent Flicker motsvarande 71,43. Det framgår också att flimmerkaraktären är kantig i sin natur och trapplikande i sin profil, vilket har ett spann från 1,1 till 6,6 millivolt.

Figur 8.

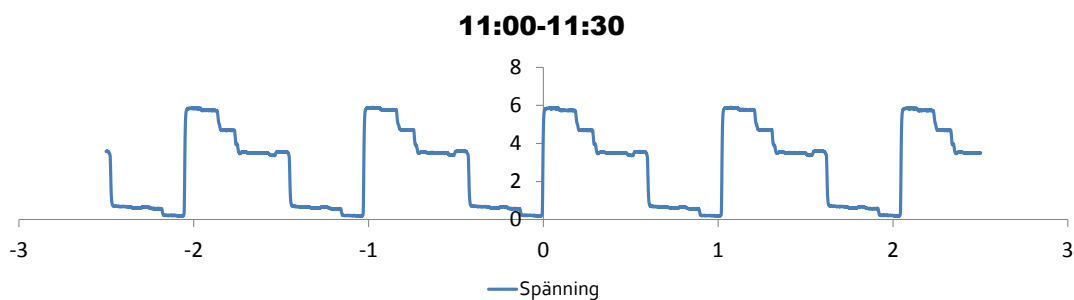


Tabell 2.

Flicker Index	Percent Flicker
0,29	93,88

Diagrammet ovan skildrar flimmerprofilen för tidsintervallet 09:50-11:00. Diagram-mets y-axel visar spänningen i millivolt och dess x-axel visar tiden i sekunder. Tabel-len ovan visar Flicker Index och Percent Flicker för flimmerkaraktären samt har en frekvens på 977 Hz. Flimmerkaraktären är kantig och trappformad samt har ett Flicker Index på 0,29 och ett Percent Flicker på 93,88, som i sin tur har ett minimivärde på 0,2 och ett maximumvärde på 6,7 millivolt.

Figur 9.

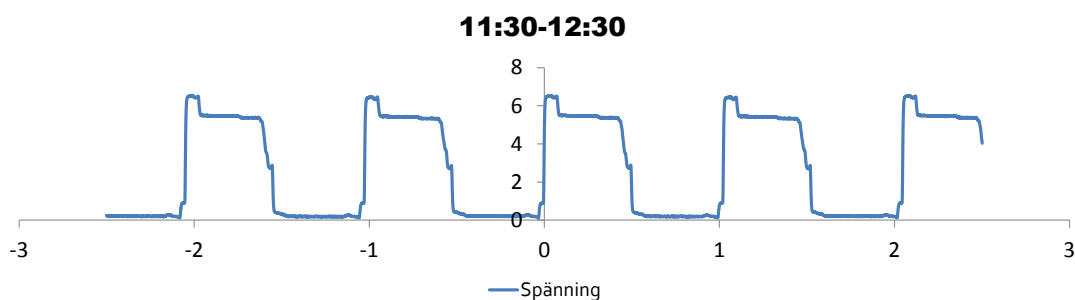


Tabell 3.

Flicker Index	Percent Flicker
0,34	94,76

Diagrammet och tabellen ovan skildrar flimmerkaraktären för tidsintervallet 11:00-11:30. Där tabellen visar flimmerets Flicker Index och Percent Flicker medan diagrammets x-axel visar tiden i sekunder samt y-axeln visar spänningen i millivolt. Flimmerkaraktären har ett Flicker Index på 0,34 och ett Percent Flicker på 94,76 samt återigen en stegformad karaktär. Frekvensen är 977 Hz och vågen har ett minimivärde på 0,2 och ett maximumvärde på 5,8 milivolt.

Figur 10.

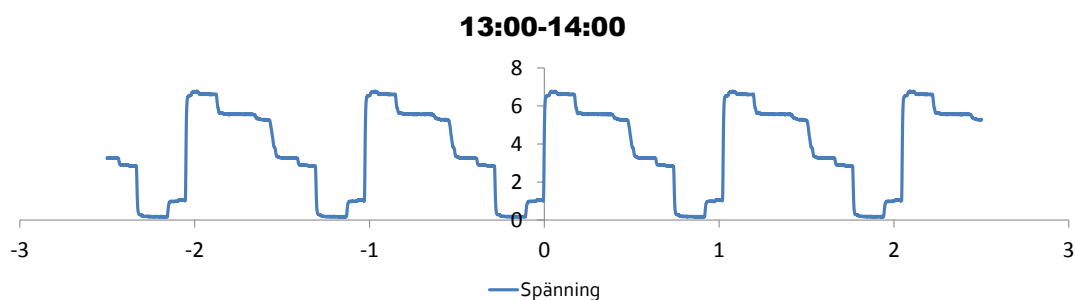


Tabell 4.

Flicker Index	Percent Flicker
0,46	96,69

Figur 10 visar flimmerprofilen för tidsintervallet 11:30-12:30 och tabellen ovan visar dess Flicker Index och Percent Flicker. Diagrammets x-axel visar tiden i sekunder och y-axeln visar spänningen i millivolt. Flimmerprofilen är ännu en gång kantig i sin natur och har trapp-liknande element i sin profil, dess Flicker Index är 0,46 och Percent Flicker är 96,69. Frekvensen är 977 Hz och har ett minimivärde på 0,2 millivolt och ett maximumvärde på 6,5 millivolt.

Figur 11.

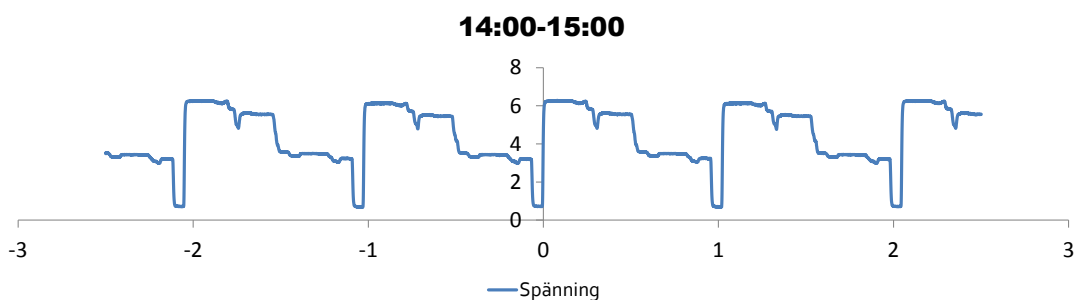


Tabell 5.

Flicker Index	Percent Flicker
0,28	95,48

Diagrammet ovan visar flimmerprofilen för tidsintervallet 13:00-14:00 och Tabell 5 redovisar dess Flicker Index och Percent Flicker. Y-axeln skildrar spänningen i millivolt och x-axeln uppvisar tiden i sekunder. Flimmerprofilen karaktäriseras av en kantig och trappformad karaktär, vilket har ett minimivärde på 0,2 millivolt och ett maximumvärde på 6,7 millivolt. Karaktären har också ett Flicker Index på 0,28 och ett Percent Flicker på 95,48 samt en frekvens på 977 Hz.

Figur 12.

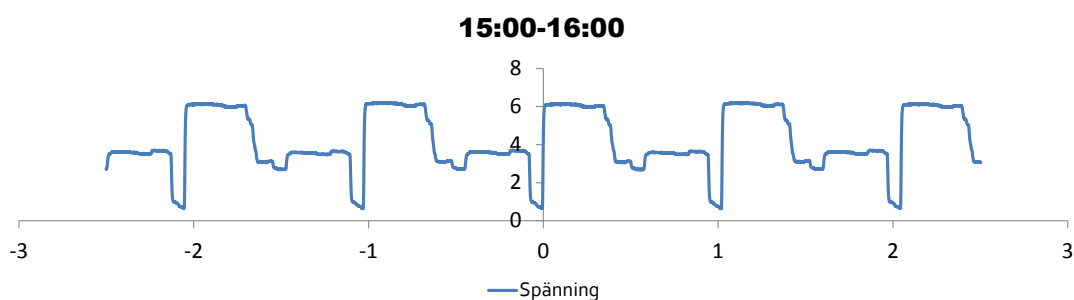


Tabell 6.

Flicker Index	Percent Flicker
0,15	80,5

Diagrammet ovan visar flimmerprofilen för belysningsinställningarna under tidsintervallet 14:00-15:00 medan tabellen visar flimrets Flicker Index och Percent Flicker. Diagrammets x-axel visar tiden i sekunder och y-axeln visar spänningen i millivolt. Flimmerprofilen är återigen trappartad och kantig i sin karaktär samt har ett minimivärde på 0,7 millivolt och ett maximumvärde motsvarande 6,2 millivolt samt en frekvens på 977 Hz. Flimrets Flicker Index motsvaras av 0,15 och dess Percent Flicker är 80,5.

Figur 13.

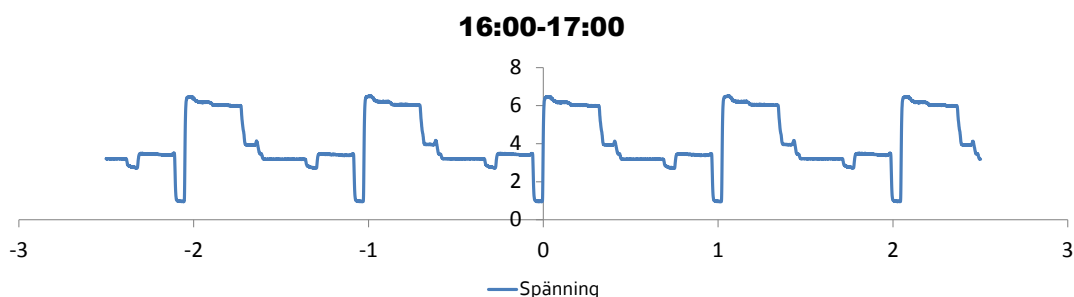


Tabell 7.

Flicker Index	Percent Flicker
0,16	81,51

Diagrammet ovan visar flimmerprofilen för tidsintervallets ljusinställningar samt att tabellen ovan visar flimrets Flicker Index och Percent Flicker. X-axeln visar tiden i sekunder och diagrammets y-axel visar spänningen i millivolt. Flimmerprofilen är kantig med trappartade inslag, vilket har ett minimivärde på 0,7 millivolt och ett maximumvärde som motsvarar 6,1 millivolt. Flimret har en frekvens på 977 Hz samt ett Flicker Index på 0,16 och ett Percent Flicker på 81,51.

Figur 14.



Tabell 8.

Flicker Index	Percent Flicker
0,16	74,59

Diagrammet ovan skildrar flimmerprofilen för tidsintervallet 16:00-17:00 samt att Tabell 8 visar motsvarande Flicker Index och Percent Flicker. Diagrammets y-axel visar spänningen i millivolt och dess x-axel visar tiden i sekunder. Det framgår tydligt att flimmerprofilen är kantig med vissa trappartade inslag, vilket har ett minimivärde på 1 millivolt och ett maximumvärde på 6,4 millivolt. Dessutom har flimret en frekvens på 977 Hz och ett Flicker Index på 0,16 samt ett Percent Flicker på 74,59.

Det som är viktigt att ta i beaktning när det kommer till måtten Flicker Index och Percent Flicker är att de konvergerar när båda två går mot noll. Dessutom, är Flicker Index och Percent Flicker endast försök för att mäta flimmerprofilen, d.v.s. dessa mått tar alltså inte hänsyn till frekvensen i sig vilket är en avgörande faktor för flimrets inverkan på människors hälsa. Däremot leder en kantigare flimmerprofil till påtagligare och mer stroboskopartade effekter (Poplawski & Miller, 2010), vilket medför en inverkan på människors hälsa. Med andra ord högre värden i både Flicker Index och Percent Flicker leder till kantigare flimmerprofiler med mer stroboskopartade egenskaper (Poplawski & Miller, 2010).

I samtliga flimmer-diagram ovan framgår ett tydligt trappartat mönster. Detta mönster är effekten av multipla vågformer som har olika fas och när de olika vågformerna sammanträffas, leder det till en ackumulering av de två överlappande faserna. Detta fenomen är något som Johannes Lindén på DTU kallar för Beat Flicker, vilket som i detta fall är följden av bristfällig synkronisering mellan olika komponenter i armaturen. Beat Flicker ger alltså upphov till mer än en form av flimmer, vilket tenderar att generera flimmer i ytterligare frekvenser än de som är angivna ovan. Det framgår tydligt att i samtliga flimmerprofiler ovan är Beat Flicker förekommande

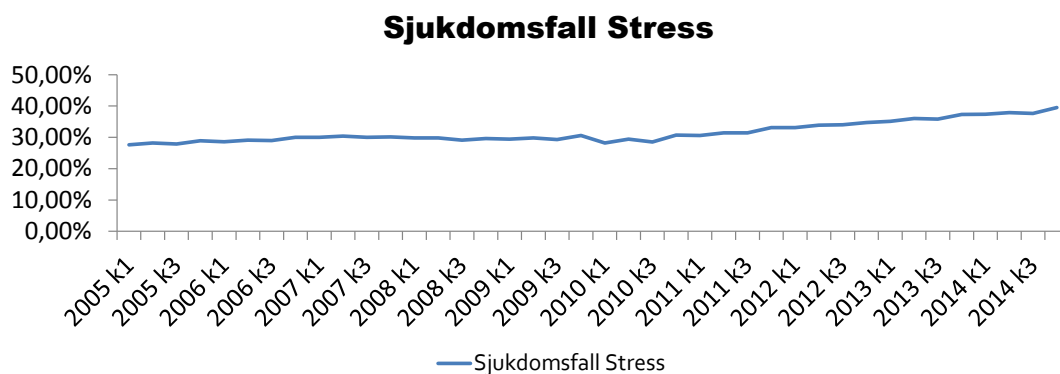
samt att det leder till ytterligare en form av flimmer som är betydligt långsammare i sin frekvens. Hälsoeffekten av Beat Flicker har inte tidigare undersökts, dock är det troligt att även detta flimmer har fysiologiska effekter av negativ natur då det leder till flimmer med lägre frekvenser, vilket har visat sig vara skadligt (Sandström, Bergqvist, Küller, Laike, Ottosson, & Wibom, Belysning och hälsa, 1997). Effekten multipla flimmer källor har inte heller undersökts tidigare, vilket gör det svårt att utröna den reella effekt av Beat Flicker i denna studie.



2 Hälsa och stress

I dagens samhälle är stress en av de vanligaste orsakerna till sjukskrivningar. I Sverige har andelen sjukskrivningar till följd av stress ökat från 28% år 2005 till 40% vid slutet av år 2014, vilket går att urskilja i diagrammet nedan. Det är inte bara andelen sjukskrivningar till följd av stress som har ökat utan även förändringstakten, då andelen har ändrats med 10%-enheter mellan åren 2010 och 2014 och dessförinnan mer eller mindre oförändrat, vilket också skildras i diagrammet nedan.

Figur 15.



Diagrammet ovan tar endast hänsyn till de sjukskrivningar som berör psykisk ohälsa i form av stress, d.v.s. utöver dessa sjukskrivningar finns det även en stor mängd sjukskrivningar som är av fysisk karaktär och som är orsakade av psykologisk stress, exempelvis magsår samt hjärt- och kärlsjukdomar. Diagrammets y-axel visar den procentuella andelen sjukskrivningar som är till följd av stress och x-axeln visar tiden i kvartal med start 2005 till sista kvartalet 2014 (Statistikenheten, 2005).

Kostnaden av stressrelaterade sjukskrivningar i Sverige beräknades år 1996 motsvara 450 miljoner euro per år för Sveriges arbetsgivare. Detta beräknades på kostnader relaterade till frånvaro, förluster i produktivitet och för tidig död och pension (Hassard, Teoh, Cox, & Dewe, 2014). År 1996 beräknades även kostnader för sjukvården relaterade till hjärt- och kärlsjukdomar till följd av arbetsrelaterad stress, motsvara 177 miljoner euro. Det är viktigt att påpeka att trots dessa belopp var antalet sjukskrivningar till följd av stress markant lägre år 1996 (Hassard, Teoh, Cox, & Dewe, 2014).

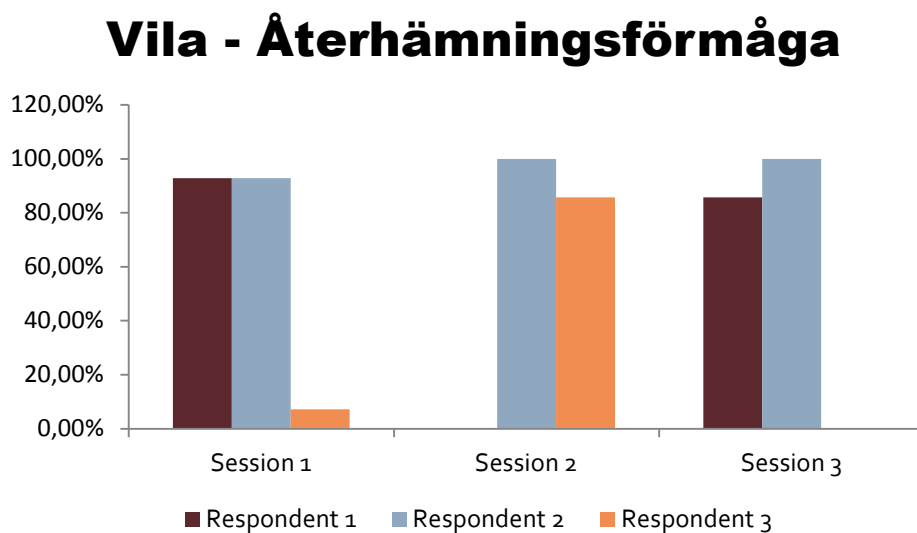
2.1 Återhämtningsförmåga

Återhämtningsförmågan är en av de mest avgörande faktorerna för om stress utvecklas till skadliga eller rent utav kroniska former av stress. Detta beror på att det biologiska syftet med stress är att öka handlingsförmågan hos människor genom att stänga ner kroppsliga processer som inte är nödvändiga för att agera antingen genom flykt eller kamp. Därav stängs processer som matspjälkning ner medan hjärtat börjar pumpa för fullt och pulsen stiger (Sapolsky, 2004). Under de biologiska förutsättningarna som stressen är avsedd för hade stress-responsen neutraliserats som en konsekvens av den fysiska rörelse som följde av antingen flykt eller kamp (Schabracq, Winnubst, & Cooper, 2003). Det är därför som återhämtningsförmågan

är så viktig för att avgöra om stressen har potential att utvecklas till skadliga och kroniska former, då den har förmågan att neutralisera stress-responsen.

I denna text avser återhämtningsförmågan huvudsakligen den kognitiva återhämtningsförmågan, vilket tenderar att påminna meditation. Den kognitiva återhämtningsförmågan är i denna text ett mått på utvecklingen av frekvensen hos en individs hjärnvågor, d.v.s. en minskning av frekvensen då det är representativt för avslappnade tillstånd. Den frekvens som anses vara eftersträvarvärd är känd som Alfa-vågor och motsvarar ett intervall mellan 7,5-12,5 Hz. Måttet som presenteras i denna text avser huruvida en individs hjärna eftersträvar samt uppnår detta frekvensintervall samt till vilken procentuell andel av hjärnan denna eftersträvan är representerad. I diagrammet nedan presenteras de procentuella andelarna för respektive försöksperson och mättillfälle.

Figur 16.



Diagrammet ovan visar den procentuella andelen av respondenternas hjärnor som under en 5 minuters period sänkte sin frekvens på hjärnvågorna. Den procentuella andelen som visas av diagrammets y-axel avser EEG:s 14 elektroder, där 14 motsvarar 100%. Diagrammet visar också vid vilka av de 3 mättillfällena som respektive respondent uppvisade de specifika tendenserna och dessa benämns i diagrammet som Session 1 till 3. Vid Session 1 uppvisar Respondent 1 och Respondent 2 en minskning av sin hjärnvågsfrekvens i motsvarande 93% av sina hjärnor, medan Respondent 3 endast uppvisade liknande tendenser i motsvarande 7% av sin hjärna. Detta innebär att Respondent 1 och 2 uppvisade en god förmåga av att kunna slappna av och släppa tankeverksamheten samt byta fokus. Under Session 2, visade Respondent 2 förmåga att minska sin hjärnvågsfrekvens i hela hjärnan och Respondent 3 uppvisade förmågan att sänka sin hjärnvågsfrekvens i 86% av hjärnan medan Respondent 1 inte alls uppvisade förmåga att sänka sin hjärnvågsfrekvens. Det bör tilläggas att Respondent 1 precis innan Session 2 mottagit goda nyheter, vilket ledde till ett mer uppspelt sinnestillstånd och därav inte helt representativt. Slutligen vid Session 3, deltog endast två respondenter, där Respondent 2 återigen uppvisade en

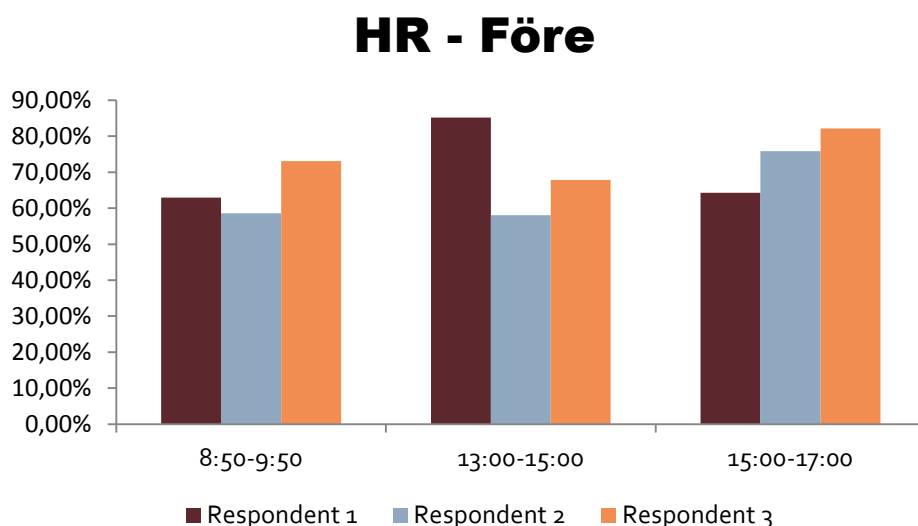
god förmåga att slappna av i hela 100% av sin hjärna och Respondent 1 uppvisade en förmåga att minska sin hjärnvågsfrekvens i motsvarande 86% av hjärnan.

Syftet med att undersöka återhämtningsförmågan är för att öka förståelsen för de olika individernas förmåga att hantera stress och förstå benägenheten att utveckla skadlig stress.

Diagrammet påvisar också att det råder en positiv förändring bland två av individernas förmåga att återhämta sig, efter bytet av ljusarmaturer. Det bör dock tilläggas att storleken på stickprovet är för litet för att någon statistiskt signifikant skillnad ska kunna påvisas men det kan ses som en fingervisning för framtida forskning.

2.2 Stressutveckling

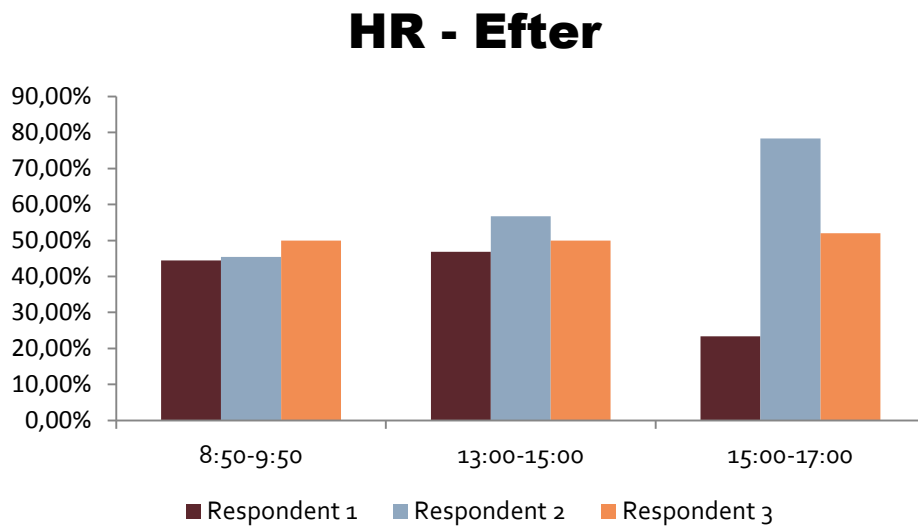
Figur 17.



Diagrammet ovan visar det antal tillfällen då pulsen är positivt signifikant skilt från medelvärdet, dvs då pulsen stiger utanför det som rimligen kan förklaras av dess standardavvikelse. Procenthalterna på y-axeln motsvarar den procentuella andelen dagar då detta förekom inom det tidsintervall som ges av x-axeln. Diagrammet ovan visar de mätningar som gjordes innan belysningen byttes ut, vilket avser en belysningsform som inte varierar i illuminans eller färgtemperatur. Det första tidsintervallet motsvaras av perioden 8:50 till 9:50 (tidsintervall 1), det andra tidsintervallet är mellan 13:00 och 15:00 (tidsintervall 2) och slutligen, tidsintervallet mellan 15:01 och 17:00 (tidsintervall 3). Vid det första tidsintervallet hade Respondent 1 en förhöjd puls motsvarande 63% av dagarna och Respondent 2 hade en förhöjd puls vid 59% av dagarna och slutligen hade Respondent 3 en förhöjd puls vid 73% av dagarna. Vid det andra tidsintervallet hade Respondent 1 förhöjd puls vid motsvarande 85% av dagarna och Respondent 2 hade en förhöjd puls motsvarande 58% och Respondent 3 hade en förhöjd puls vid 68% av dagarna. Slutligen, vid det tredje tidsintervallet hade Respondent 1 en förhöjd puls vid 64% av dagarna, Respondent 2 hade en förhöjd puls motsvarande 76% av dagarna och Respondent 3 hade en förhöjd puls

vid 82% av dagarna. Detta påvisar dessutom att de olika individerna hade olika mönster i sin puls-fördelning, där Respondent 1 tenderar att ha en markant ökning i sin puls i tidsintervallet 13:00-15:00 för att sedan gå ner i puls framåt eftermiddagens slut, medan Respondent 2 och 3 tenderar att ha en liten minskning i sin puls i tidsintervallet 13:00-15:00 för att sedan öka markant framåt dagens slut.

Figur 18.

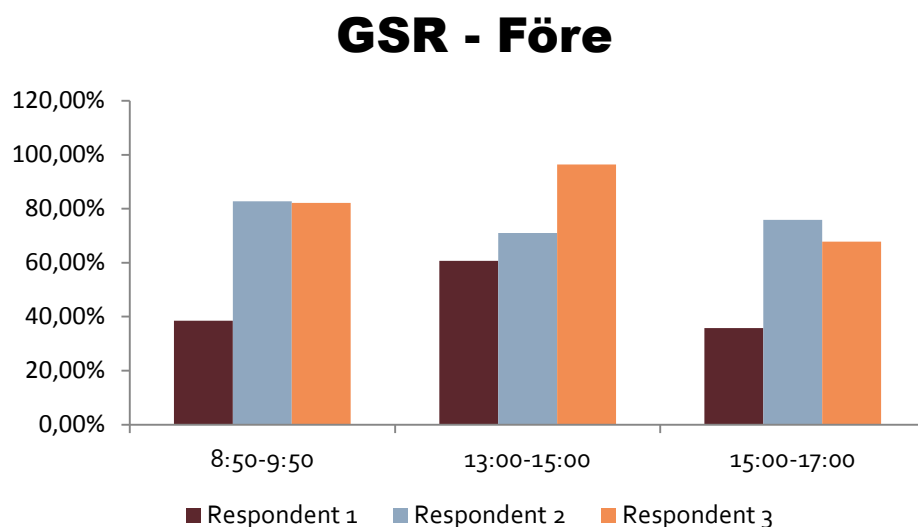


Diagrammet ovan skildrar förekomsten av positivt signifikanta pulsförändringar efter de nya ljusarmaturerna hade installerats. Y-axelen visar den procentuella förekomsten av förhöjd puls med hänsyn till antalet dagar medan X-axeln visar samma tidsintervall som har förklarats i ovanstående diagram. Det första tidsintervallet (tidsintervall 1), vilket motsvaras av en terrass-punkt i ljusschemat (Figur 6), där färgtemperaturen är 6500°K och illuminansen är 700 lux. Vid det andra tidsintervallet varierar både färgtemperaturen och illuminansen i en stegrande fason från 3500°K och 600 lux vid 13:00 till 4500°K och 700 lux vid klockan 15:00 (tidsintervall 2). Slutligen, tidsintervallet mellan 15:01 och 17:00 (tidsintervall 3) motsvaras av ytterligare en stegring från 4500°K och 700 lux vid klockan 15:00 för att sedan successivt öka färgtemperaturen till 5000°K och 700 lux vid 16:00 som sedan behåller denna nivå fram till 17:00. Vid första tidsintervallet, uppvisar Respondent 1 en förhöjd puls vid 44% av dagarna, Respondent 2 visar på en förhöjd puls vid 45% av dagarna och Respondent 3 hade en förhöjd puls vid 50% av dagarna. Vid det andra tidsintervallet, har Respondent 1 en förhöjd puls vid 47% av dagarna, respondent 2 har en förhöjd puls vid 57% av dagarna och Respondent 3 har en förhöjd puls vid 50% av dagarna. Slutligen vid tidsintervall 3, uppvisar Respondent 1 en pulsförhöjning vid 23% av dagarna, medan Respondent 2 uppvisar en pulsförhöjning vid 78% av dagarna och Respondent 3 har en pulsförhöjning motsvarande 52% av dagarna.

Då Diagram 1 och Diagram 2 jämförs är det tydligt att de skiljer sig åt, de mönster som tydligt framgår i Diagram 1 är inte längre förekommande utan karaktären på dessa beteendemönster har förändrats. Då mönstret för Respondent 1 före och efter jämförs är det möjligt att urskilja att den markanta ökningen i puls vid tidsinterval-

let 13:00-15:00 inte längre är framgång. Däremot finns redueringen vid tidsintervallet 15:01-17:00 kvar hos Respondent 1. Utöver förändringen i beteendemönster är det också möjligt att urskilja att Respondent 1 Signifikant har sänkt förekomsten av sina pulsförhöjningar. Respondent 1 uppvisar en förändring från 63% till 44%, 85% till 47% och 64% till 23%, vilket motsvarar en förändring på 19, 38 och 41 procentenheter. Respondent 2, har också en förändring i sitt beteendemönster som har gått från att ha en lägre representation av pulshöjningar vid tidsintervallet 13:00-15:00 till att ändra sitt mönster till en under dagen stegrande representation, där förekomsten av pulsförhöjningar tenderar att stiga under dagen. Däremot uppvisar också Respondent 2 en signifikant reduktion under dagens start, d.v.s. tidsintervallet 8:00-9:00. Respondent 2 visar på förändringar motsvarande, 59% till 45%, 58% till 57% och 76% till 78%, vilket motsvarar minskning med 14 samt 1 procentenhet och en ökning med 2 procentenheter. Slutligen, Respondent 3 uppvisar likt de andra en förändring i sitt beteendemönster, där förekomsten tenderar att ligga vid en stabil nivå på 50% genom hela dagen istället för som tidigare, en tydlig förekomst av pulshöjningar under morgonen och slutet av eftermiddagen med en dipp mellan 13:00-15:00. Utöver mönsterförändringen framgår det också en signifikant sänkning av pulsförhöjningar under dagarna efter att belysningen hade bytts ut. Genom att gå från 73% till 50%, 68% till 50% och 82% till 52%, vilket innebär förändringar på 23, 18 och 30 procentenheter.

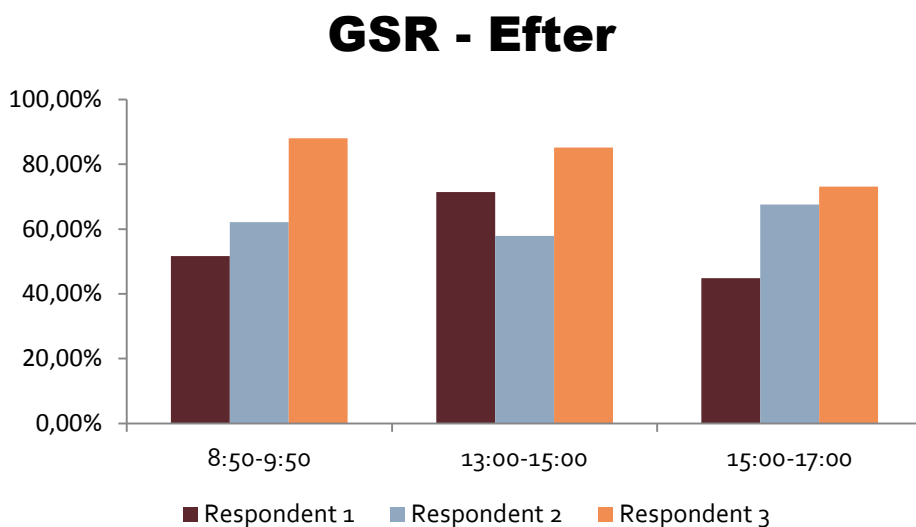
Figur 19.



I diagrammet ovan visas den procentuella fördelningen stressinducerade perspirationstoppar som inte kan förklaras av varken fysisk aktivitet eller förändringar i hudtemperatur. Diagrammet avser perioden innan den nya belysningen installerades. På diagrammets y-axels visas den procentuella andelen dagar som dessa skadliga stresstoppar förekom och på x-axeln visas de tidsintervall som även återfinns i Diagram 1 och Diagram 2 ovan. För det första tidsintervallet, uppvisar Respondent 1 tecken på förekomst av skadlig stress vid 38% av dagarna, Respondent 2 uppvisar en förekomst av skadlig stress vid 83% av dagarna och Respondent 3 uppvisar tecken på en skadlig stress vid 82% av dagarna. Vid tidsintervall 2, visar Respondent 1 tecken

på skadlig stress vid 61% av dagarna, Respondent 2 uppvisar tecken på skadlig stress vid 71% av dagarna medan Respondent 3 visar tecken på skadlig stress vid 96% av dagarna. Slutligen det tredje tidsintervallet, Respondent 1 visar tendenser på skadlig stress 36% av dagarna, Respondent 2 visar tecken på skadlig stress vid 76% av dagarna och Respondent 3 uppvisar tendenser på skadlig stress vid 68% av dagarna.

Figur 20.



I diagrammet ovan visas den procentuella andelen dagar där individerna visade tecken på förekomsten av skadlig stress. Diagrammets y-axel visar andelen dagar där dessa tecken förekommer och x-axeln visar tidsintervallerna som förklarats ovan. Första tidsintervallet, Respondent 1 uppvisar tendenser på förekomsten av skadlig stress vid 52% av dagarna, Respondent 2 uppvisar förekomsten av skadlig stress vid 62% av dagarna, medan Respondent 3 uppvisar en förekomst motsvarande 88% av dagarna. För det andra tidsintervallet uppvisar Respondent 1 tecken på skadlig stress vid 71% av dagarna, Respondent 2 visar tecken på en förekomst av skadlig stress vid 58% av dagarna och Respondent 3 visar tendenser på förekomst av skadlig stress vid 85% av dagarna. Slutligen det tredje tidsintervallet, vilket visar att förekomsten för tecken på skadlig stress för Respondent 1 motsvaras av 45%, Respondent 2 uppvisar tendenser på förekomsten av skadlig stress vid 68% av dagarna, medan Respondent 3 uppvisar tecken på förekomsten av skadlig stress vid 73% av dagarna.

Vid jämförelse av Diagram 3 och Diagram 4 går det att se att två av individerna har behållit snarlika beteendemönster medan en individ har ändrat sitt efter installationen av de nya armaturerna. Däremot bör det tilläggas att även om beteendemönstren för Respondent 1 och 2 ter sig vara likartade har magnituden för de olika respondenterna förändrats. Med att mönstren ter sig vara likartade avser att Respondent 1 har något högre förekomst vid tidsintervall 1 och har en markant topp vid tidsintervall 2 för att avsluta vid lägsta förekomsten vid tidsintervall 3. För Respondent 2 ser mönstret snarare ut att näst högst förekomst vid tidsintervall 1 för att sedan ha en dal vid tidsintervall 2 och sin topp i tidsintervall 3. Medan Respondent 3, har förändrat sitt mönster från att ha den näst högsta förekomsten vid tidsintervall 1, för att sedan

ha sin topp i tidsintervall 2 och sedan avsluta med den lägsta förekomsten i tidsintervall 3. Förändring för Respondent 3 har däremot ändrats så att den istället har sin topp i tidsintervall 1 för att sedan successivt dala för varje följande tidsintervall. Förändringen har för Respondent 1 inneburit följande förändring, 38% till 52%, 61% till 71% och 36% till 45%, vilket motsvarar en ökning på 14, 10 och 9 procentenheter. För Respondent 2 är förändringen, 83% till 62%, 71% till 58% och 76% till 68%, vilket innebär följande sänkning 21, 13 och 8 procentenheter. Slutligen för Respondent 3 lyder förändringen, 82% till 88%, 96% till 85% och 68% till 73%, vilket medför en förändring på 6, 11 och 5 procentenheter.

Det finns flera rimliga anledningar till dessa resultat, där avdelningens pågående avveckling onekligen försatte respondenterna i en allt mer stressande situation. Det finns även andra egenskaper som har bidragit till dessa resultat och det rör sig om att de nya ljusarmaturerna tenderar att flimra men även att vissa av färgerna har valts för att stimulera till uppmärksamhet, för att motverka trötthet. Att personerna upplever sig som piggare till följd av det nya ljuset är något som återigen har framkommit vid samtal med individerna, vilket är överensstämmande med fynd från Küller och Lindsten (Küller & Lindsten, 1992). Ytterligare information som har framgått vid samtal med de berörda individerna är att ljuset kan upplevas som påträngande när personerna kommer in i rummet, då ljuset inte är lika skarpt utanför rummet och differensen därmed blir väldigt påtaglig. Då människors upplevelser av stimuli är relativa, bör stora diskrepanser undvikas om upplevelsen ska vara av positiv natur.

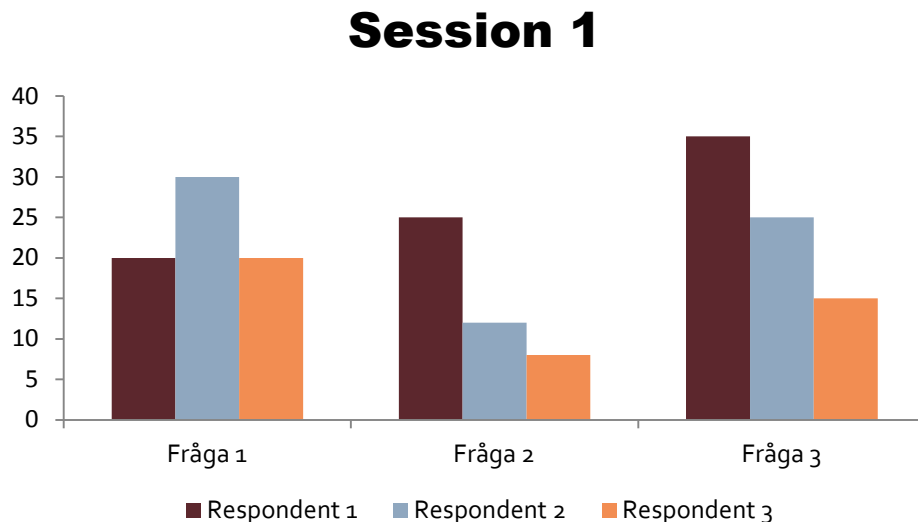


3 Kognitiv prestation

Utöver de hälsomässiga aspekterna belyser denna undersökning även hur den kognitiva prestationen påverkas av belysningsbytet. Då undersökningen ägde rum vid Lunds Universitet, valdes tester ut som tar hänsyn till skillnader i hjärnans exekutiva funktioner och som är av relevans för kunskapsarbete och utbildning. För att undersöka de exekutiva funktionerna valdes två olika typer av uppgifter, där den första är av matematisk natur och den andra rör läsförståelse. Anledningen att matematik valdes är till följd av dess starka koppling till kognitiv belastning, medan läsförståelse valdes då det förutsätter en annorlunda resursallokering i hjärnan. Dessutom är båda dessa egenskaper vanligt förekommande inom många utbildningar, organisationer och företag i dagens samhälle.

3.1 Matematiska uppgifter

Figur 21.



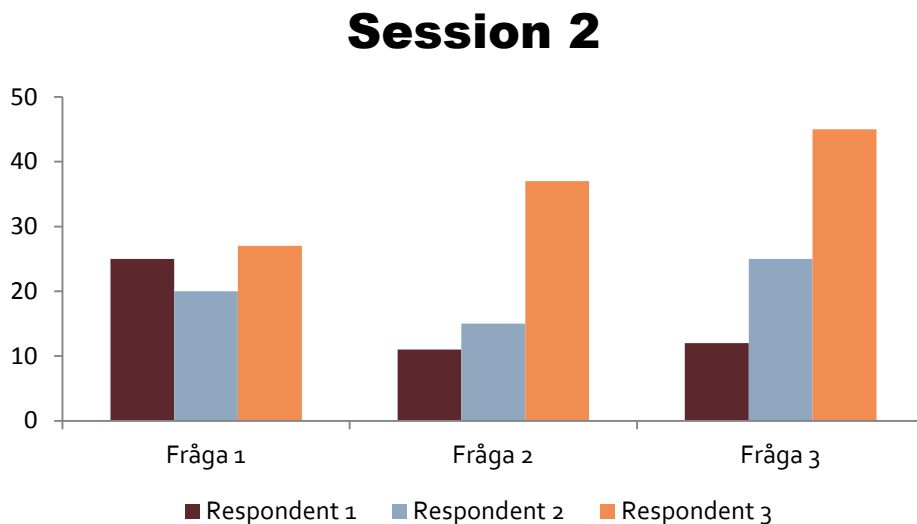
Tabell 9.

	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Fråga 1	Rätt	Rätt	Fel
Fråga 2	Rätt	Rätt	Fel
Fråga 3	Rätt	Rätt	Fel
Andel rätt	100%	100%	0%

Diagrammet ovan demonstrerar tiderna i sekunder vid respektive fråga och respondent utifrån det första mättilfället. Diagrammets x-axel anger frågornas ordningsföljd och y-axeln avser den tid i sekunder som det tog för respondenterna att besvara varje fråga och staplarna visar varje enskild respondents tid. Tabellen ovan demonstrerar fördelningen av de rätta och felaktigt besvara frågorna samt andelen rätt besvarade frågor. Vid första frågan uppvisade Respondent 1 en tid av 20 sekunder, vid andra frågan motsvarades av 25 sekunder och sista frågan tog 35 sekunder att

besvara. Respondent 1 uppvisade också samtliga rätt, vilket visas i tabellen ovan. Respondent 2, besvarade första frågan på 30 sekunder, medan andra frågan besvarades på 12 sekunder och den sista frågan tog 25 sekunder att besvara. Även Respondent 2 hade rätt på alla sina svar och beräkningar. Medan Respondent 3 tog 20 sekunder på sig att besvara första frågan, 8 sekunder vid Fråga 2 och 15 sekunder vid Fråga 3, men uppvisade inga rätta svar eller beräkningar, vilket visas i tabellen ovan.

Figur 22.

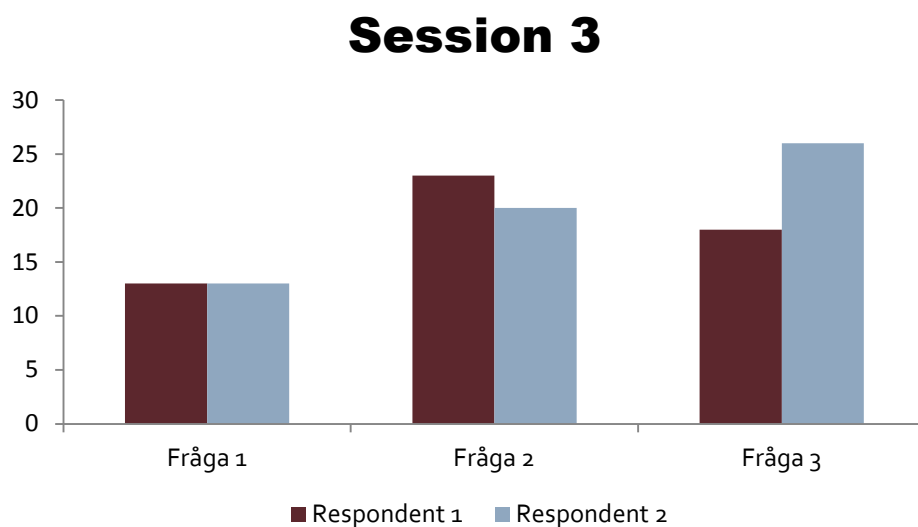


Tabell 10.

	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Fråga 1	Rätt	Rätt	Fel
Fråga 2	Rätt	Rätt	Fel
Fråga 3	Rätt	Rätt	Fel
Andel rätt	100%	100%	0%

Figur 22 åskådliggör tiden i sekunder vid andra mättillfället med hänsyn till respektive fråga och respondent. Y-axeln skildrar antalet sekunder och x-axeln visar vid vilken fråga som tiden uppmättes samt att staplarna visar den enskilda respondentens resultat. Tabellen ovan demonstrerar fördelningen av respondenternas rätta och felaktiga svar samt andelen rätt beräknade svar. Respondent 1 uppvisade vid första frågan ett rätt svar på 25 sekunder, vid fråga två ett rätt svar på 11 sekunder och slutligen ytterligare ett rätt svar på 12 sekunder. Respondent 2 angav ett rätt svar på 20 sekunder, ännu ett rätt svar efter 15 sekunder och slutligen ett rätt svar på 25 sekunder. Respondent 3, uppvisade ett felaktigt svar på 27 sekunder, ett annat felaktigt svar på 37 sekunder och slutligen ett felaktigt svar på 45 sekunder. Det bör även tilläggas att Respondent 3 tydligt klargjorde under denna del att den inte kunde koncentrera sig på uppgifterna.

Figur 23.

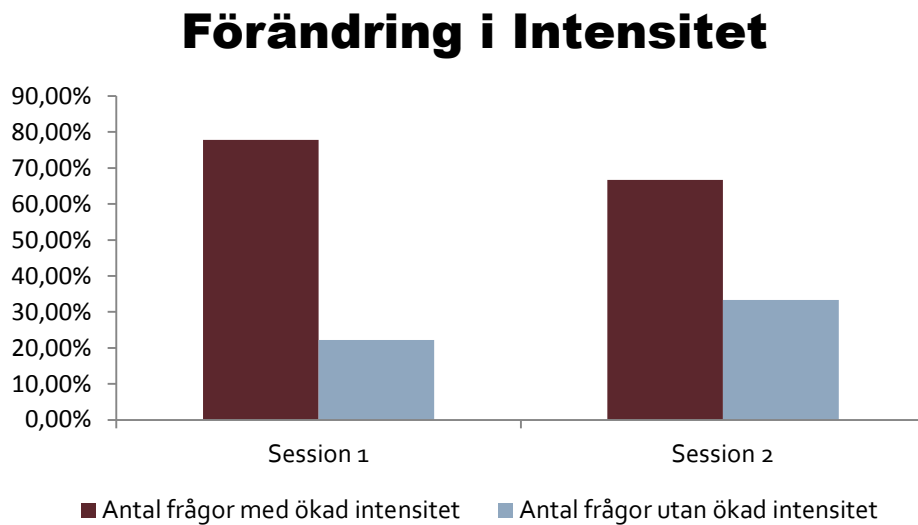


Tabell 11.

	Respondent 1	Respondent 2
Fråga 1	Rätt	Rätt
Fråga 2	Rätt	Rätt
Fråga 3	Fel	Rätt
Andel rätt	67%	100%

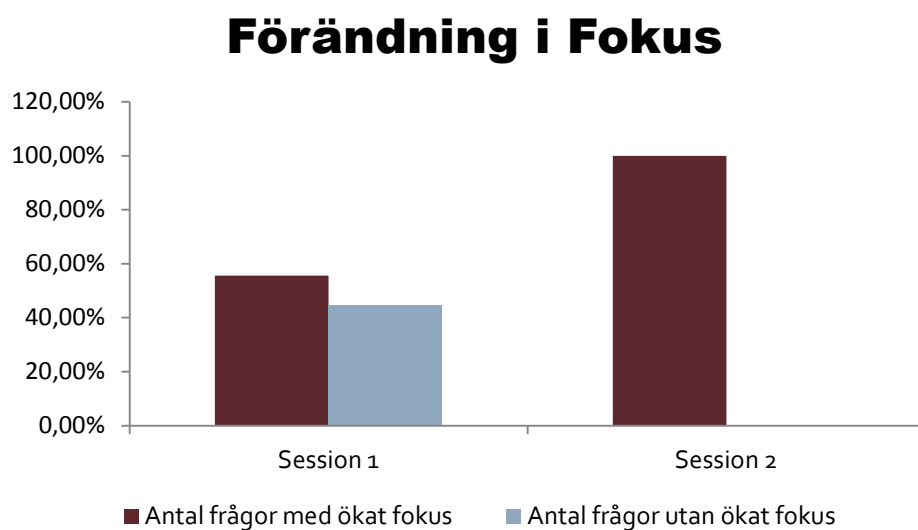
Diagrammet ovan visar antalet sekunder som det tog för respektive respondent att besvara varje fråga under det tredje mättillfället. Diagrammets y-axel visar antalet sekunder medan x-axeln visar vilken fråga som har besvarats och staplarna skildrar respondenterna. Tabellen å andra sidan visar fördelningen av rätta och felaktiga svar mellan frågorna och respondenterna samt den totala andelen rätta och felaktiga svar. Respondent 1, svarade rätt på första frågan efter 13 sekunder, andra frågan var också korrekt fast efter 23 sekunder och slutligen tog det 18 sekunder att felaktigt besvara tredje och sista frågan. Respondent 2 angav ett korrekt svar på första frågan efter 13 sekunder, ännu ett korrekt svar på fråga nummer 2 efter 20 sekunder och slutligen ytterligare ett rätt svar efter 26 sekunder.

Figur 24.



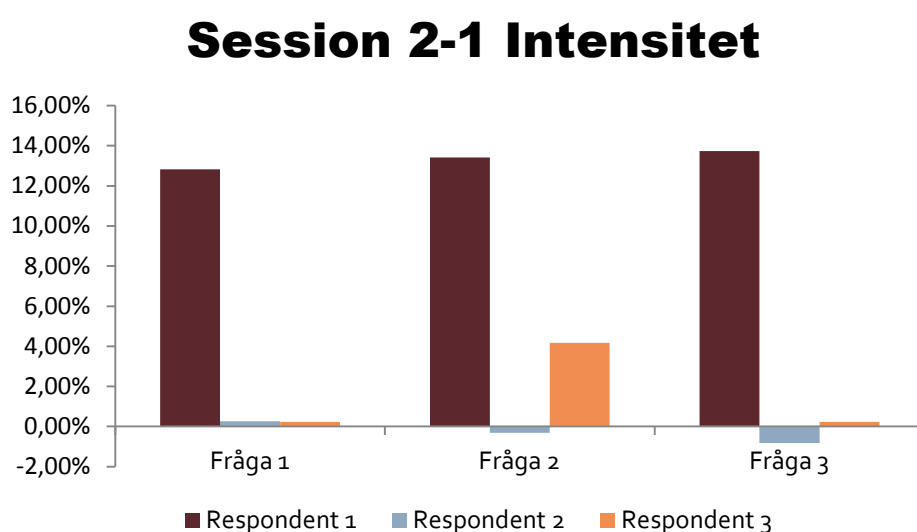
Intensitet avser förändringar inom ett frekvensområde för hjärnvågor och i detta fall ett frekvensområde som kallas för beta-vågor och främst förknippas med fokus, högre och aktivt tänkande. Staplarna i diagrammet ovan visar förändringen i intensitet mellan första och andra mät tillfället samt första och tredje mättillfället. Procentandelarna på diagrammets y-axel motsvarar andelen av de besvarade frågorna som uppvisade en ökad intensitet medan x-axeln visar vid vilket tillfälle som differensen avser. Diagrammet ovan visar att mellan det första och det andra mättillfället har intensiteten av hjärnaktiviteten ökat i 78% av frågorna medan det mellan det första och det tredje mättillfället uppvisar en ökning på 67% av frågorna.

Figur 25.



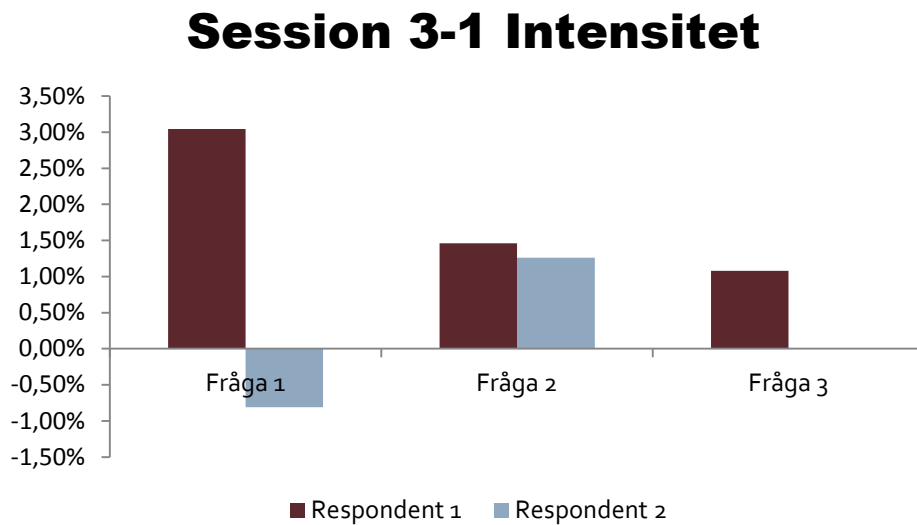
Fokus avser här den variation i vågfrekvensen som förekom, där en minskad variation tyder på en jämnare frekvensförekomst. Staplarna i diagrammet ovan visar förändringen i fokus mellan det första mättillfället och de andra två, d.v.s. mäter skillnaden före och efter installationen av de nya ljusarmaturerna. Diagrammets y-axel avser andelen frågor där fokus har ökat efter att de nya ljusarmaturerna är installerade och x-axeln avser mellan vilka mättillfällen som skillnaden uppvisas. I diagrammet ovan framgår det tydligt att det råder en markant ökning i fokus mellan första mättillfället i och med att hela 56% av frågorna visade tecken på ökat fokus. Mellan det första och det tredje mättillfället är ökningen än mer påtaglig, då den motsvarar en ökning av fokus på 100% av frågorna.

Figur 26.



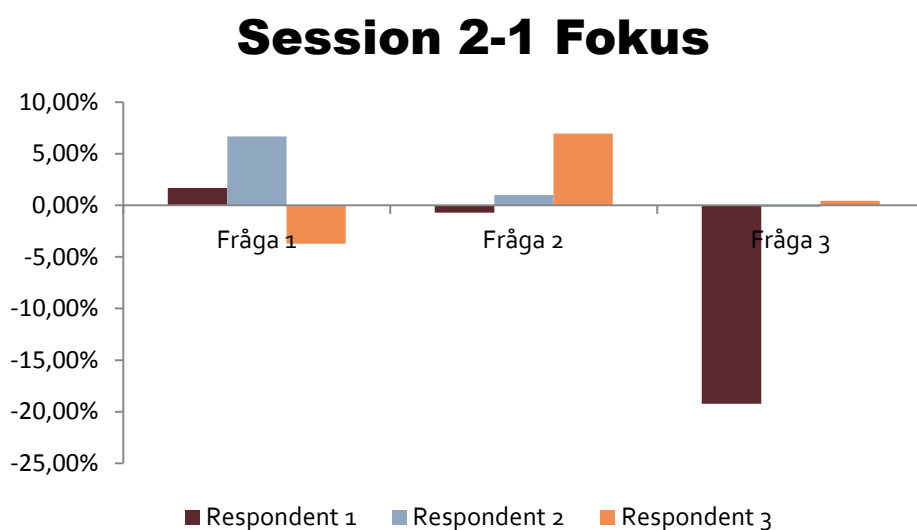
Diagrammet ovan visar förändringen i intensitet i förhållande till frågorna, mellan första och andra mättillfället. På y-axeln visas de procentuella förändringarna i intensitet per respondent och fråga mellan de två tillfällena och på diagrammets x-axel visas vilken fråga det motsvarar. Diagrammet ovan visar att Respondent 1 och Respondent 3 endast uppvisade positiva förändringar, vilket innebär ökning i intensitet. Respondent 1 uppvisade 12,8% ökning av intensitet vid Fråga 1, 13,4% ökning av intensitet vid Fråga 2 och 13,7% ökning av intensitet vid Fråga 3. Respondent 3, uppvisade 0,2% ökning vid Fråga 1, 4,1% ökning vid Fråga 2 och 0,2% ökning vid Fråga 3, där de förändringar som understiger 1% inte är av signifikant natur. Respondent 2 å andra sidan visar tecken på en minskande intensitet i takt med allt fler frågor besvarades. Respondent 2 uppvisade först en ökning på 0,2% vid Fråga 1, -0,3% intensitet och -0,8% vid Fråga 3, vilket innebär att där inte kan påvisas några egentliga förändringar.

Figur 27.



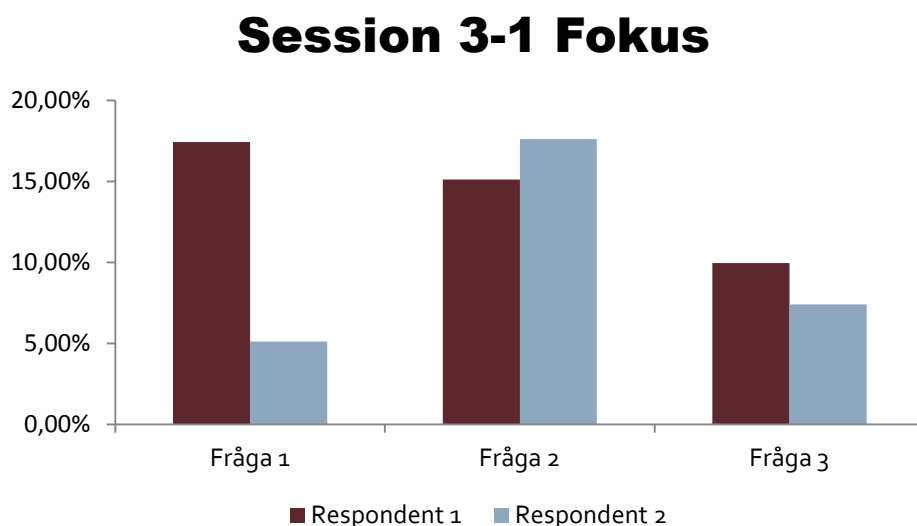
Ovanstående diagram visar skillnaden i intensitet mellan första och tredje mättillfället och även detta diagram fokuserar på respondenternas intensitet i relation till de matematiska problemen. X-axeln visar vilka frågor som har ställts samt deras turordning och y-axeln visar den procentuella förändringen i intensitet med hänsyn till hjärnvägsfrekvensen. Diagrammet visar också att det endast är två deltagande respondenter vid detta mättillfälle. Det visar också att samtliga förändringar som är av signifikant natur återigen är positiva. Respondent 1 uppvisade en ökning på 3% vid första frågan, 1,5% vid Fråga 2 och 1,1% vid sista frågan, medan Respondent 2 visade på en minskning med -0,8% vid Fråga 1, en ökning på 1,3% vid mittenfrågan och mindre än 0,1% vid den sista frågan.

Figur 28.



Diagrammet ovan skildrar skillnaden i fokus med hänsyn till respektive respondent mellan första och andra mättillfället. Där y-axeln representerar den procentuella förändringen och x-axeln representerar de matematiska problemen samt de tre staplarna för varje fråga motsvarar en respondent. Respondent 1 uppvisar vid första frågan en ökning i fokus motsvarande 1,7%, vid Fråga 2 en minskning i fokus på 0,7% och slutligen en minskning i fokus på 19,2%. Respondent 2 uppvisar en minskning i fokus vid Fråga 1 på 6,7%, vid mittenfrågan en ökning i fokus motsvarande 1,0% och vid sista frågan motsvarade 0,1% minskning i fokus. Medan Respondent 3 visar en minskning i fokus på 3,7% vid första frågan, 6,9% ökning i fokus vid andra frågan och slutligen 0,4% ökning i fokus vid sista frågan. Återigen är det viktigt att komma ihåg att förändringar som befinner sig i intervallet -1% till 1% inte är statistiskt signifikant skilda från noll.

Figur 29.



Diagrammet ovan visar förändringarna i fokus bland respondenterna mellan första och tredje mättillfället. Diagrammets x-axel visar frågornas ordningsföljd medan y-axeln visar den procentuella förändringen i fokus och där respektive stapel motsvarar en av respondenternas fokus förändring vid varje respektive fråga. Mellan första och tredje mättillfället uppvisar Respondent 1 en ökning i fokus motsvarande 17,4%, vid andra frågan en ökning i fokus på 15,1% och vid sista frågan uppvisades en ökning i fokus på 9,9%. Medan Respondent 2 uppvisade en ökning i fokus motsvarande 5,1% vid första frågan, en ökning i fokus på 17,6% vid Fråga 2 och slutligen en ökning i fokus på 7,4% vid Fråga 3. Samtliga respondenter uppvisade markanta förändringar i fokus mellan första och tredje mättillfället.

När hänsyn tas till samtlig information angiven ovan, framgår det att påtagliga förändringar i så väl prestation och fokus råder mellan kontrollperioden och perioden för de nya ljusarmaturerna. Samtlig information har sammanställts i tabellerna nedan för att förtydliga skillnaderna och dess relationer, där första tabellen avser skillnaden mellan första och andra mättillfället och andra tabellen visar skillnaderna mellan första och tredje mättillfället.

Tabell 12.

Session 2-1	Antal rätt Session 1	Antal rätt Session 2	Förändring i Tid	Förändring i Fokus	Förändring i Intensitet
Respondent 1					
Fråga 1	1	1	11,1% ↓	1,7% ↑	12,8% ↑
Fråga 2	1	1	-38,9% ↑	-0,7% ↓	13,4% ↑
Fråga 3	1	1	-48,9% ↑	-19,2% ↓	13,7% ↑
Totalt	3	3	-76,7% ↑	-18,2% ↓	39,9% ↑
Respondent 2					
Fråga 1	1	1	-20,0% ↑	6,7% ↑	0,3% →
Fråga 2	1	1	11,1% ↓	1,0% ↑	-0,3% ↓
Fråga 3	1	1	0,0% ↑	-0,2% ↓	-0,8% ↓
Totalt	3	3	-8,9% ↑	7,5% ↑	-0,8% ↓
Respondent 3					
Fråga 1	0	0	14,9% ↓	-3,7% ↓	0,2% →
Fråga 2	0	0	64,4% ↓	6,9% ↑	4,2% ↑
Fråga 3	0	0	50,0% ↓	0,4% →	0,2% →
Totalt	0	0	129,3% ↓	3,6% ↑	4,6% ↑

Tabell 13.

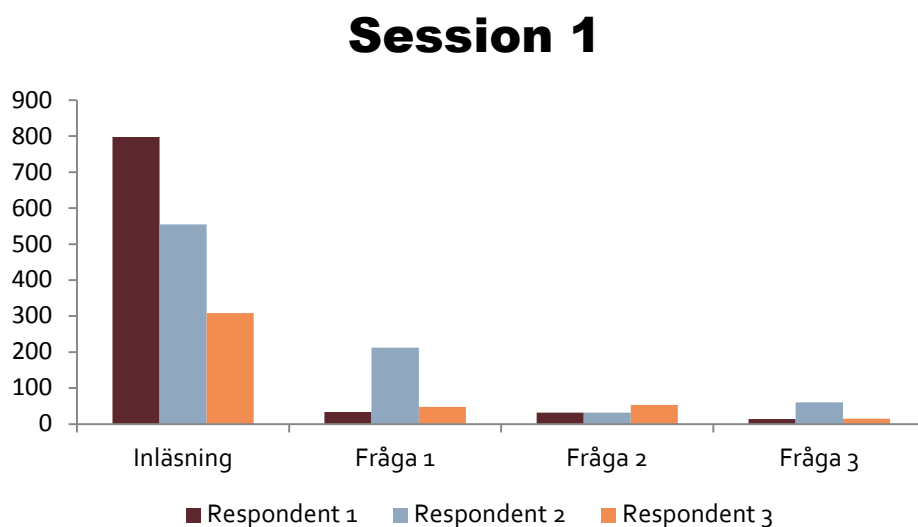
Session 3-1	Antal rätt Session 1	Antal rätt Session 3	Förändring i Tid	Förändring i Fokus	Förändring i Intensitet
Respondent 1					
Fråga 1	1	1	-21,2% ↑	17,4% ↑	3,0% ↑
Fråga 2	1	1	-4,2% ↑	15,1% ↑	1,5% ↑
Fråga 3	1	0	-32,1% ↑	9,9% ↑	1,1% ↑
Totalt	3	2	-57,5% ↑	42,4% ↑	5,6% ↑
Respondent 2					
Fråga 1	1	1	-39,5% ↑	5,1% ↑	-0,8% ↓
Fråga 2	1	1	25,0% ↓	17,6% ↑	1,3% ↑
Fråga 3	1	1	2,0% ↓	7,4% ↑	0,0% ↓
Totalt	3	3	-12,6% ↑	30,1% ↑	0,5% →

I tabellerna ovan går det att utläsa respondenternas antal rätt vid de avsedda mätillfällena, deras förändring i tid per fråga och totalt, deras förändring i fokus per fråga och totalt samt förändringen i intensitet per fråga och totalt, mellan mätillfällena. När Tabell 12 och Tabell 13 jämförs framgår det att förändringarna tenderar att vara positiva i sin natur och även att de visar stegrande tendenser, d.v.s. att resultaten ökar med tiden. De förbättrade resultaten avser förändringen i fokus och intensitet för samtliga respondenter. Däremot kan det också utläsas en reducering av antal rätt mellan mätillfälle 1 och 3, vilket beror på ett slarvfel för Respondent 1 och som i

sin tur även förklarar den markanta tidsavvikelsen. Respondent 1, visade en ökning i intensitet på 39,9% men en minskning i fokus motsvarande 18,2% mellan mättillfälle 1 och mättillfälle 2, vilket resulterade i en minskning på 76,7% av den totala tiden det tog att lösa de tre uppgifterna. Respondent 1 uppvisade en ökning i fokus motsvarande 42,4% och en ökning i intensitet på 5,6% mellan mättillfälle 1 och mättillfälle 3, vilket i sin tur resulterade i en minskning av den totala tiden på 57,5%. Vid det tredje mättillfället gjorde dock Respondent 1 ett slarvfel i sin sista uträkning, vilket ledde till ett felaktigt svar men förmodligen en bättre tid. Detta slarvfel framgår också i tabellen ovan där både fokus och intensitet dalar till 9,9% respektive 1,1%. Tabellen visar också att Respondent 2, Ökade sitt fokus med 7,5% mellan mättillfälle 1 och mättillfälle 2 och sänkte sin intensitet med 0,8%, vilket resulterade i en total minskning i tid motsvarande 8,9%. Respondent 2 uppvisade en ökning i både fokus och intensitet på 30,1% respektive 0,5% mellan mättillfälle 1 och 3, vilket resulterade i en reducering av total tid motsvarande 12,6%. Medan Respondent 3 uppvisade ökning i både fokus och intensitet mellan mättillfälle 1 och 2 och trots detta visade att uppgifterna tog längre tid att besvara, vilket är till följd av att Respondent 3 fokuserade på arbetsrelaterade processer istället för den presenterade matte-uppgiften.

3.2 Läsförståelse

Figur 30.



Tabell 14.

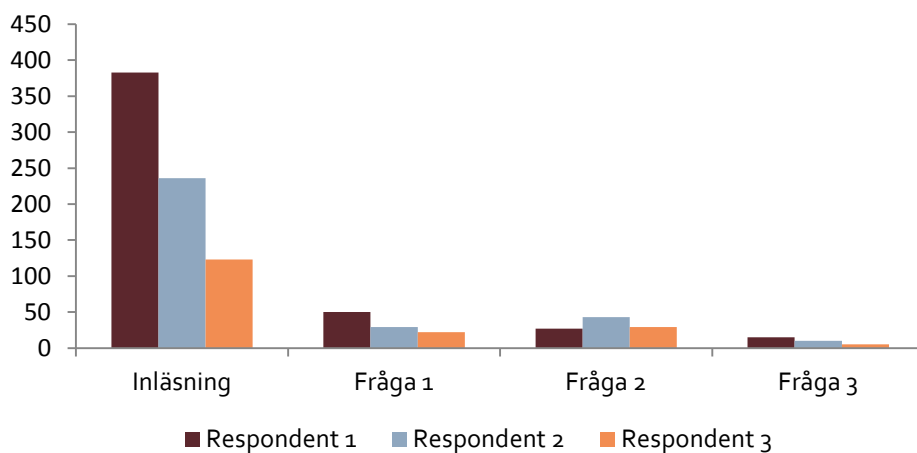
	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Andel rätt svar	33,33%	100,00%	33,33%

Diagrammet ovan visar hur de olika respondenterna disponerade tiden för läsning av text samt besvarande av frågor, vid första mättillfället. Y-axeln avser tiden i sekunder och x-axeln visar inläsningen samt de tre påföljande frågorna. Tabellen under diagrammet skildrar den procentuella andelen rätt för varje respondent vid det första

mättillfället. Under inläsningsfasen tog Respondent 1 798 sekunder på sig att läsa igenom artikeln, Respondent 2 tog 555 sekunder på sig att läsa in texten och Respondent 3 tog 308 sekunder på sig att läsa in texten. Respondent 1 besvarade sedan Fråga 1 på 33 sekunder, andra frågan på 32 sekunder och sista frågan på 14 sekunder, vilket som genererade en rätt besvarad fråga. Respondent 2 besvarade första frågan på 212 sekunder, mittenfrågan på 32 sekunder och sista frågan på 60 sekunder, vilket ledde till att alla frågorna besvarades korrekt. Respondent 3 besvarade första frågan på 48 sekunder, andra frågan på 53 sekunder och Fråga 3 på 15 sekunder samt angav ett korrekt svar.

Figur 31.

Session 2

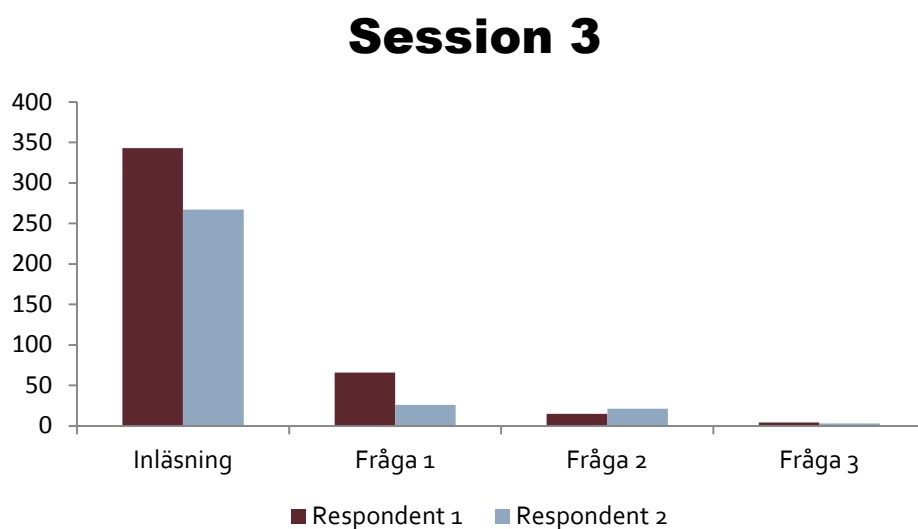


Tabell 15.

	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Andel rätt svar	100,00%	100,00%	100,00%

I diagrammet ovan skildras fördelningen av respondenternas tider vid inläsning samt besvarande av frågor på det tillhörande materialet, vid det andra mättillfället. Diagrammets x-axel uppvisar de olika faserna av läsförståelseuppgiften medan y-axeln visar antalet sekunder och staplarna representerar de olika respondenterna. Tabellen under diagrammet visar den procentuella andelen rätt per respondent för det andra mättillfället. Vid inläsningstillfället tog Respondent 1 383 sekunder på sig, Respondent 2 tog 236 sekunder på sig och Respondent 3 tog 123 sekunder på sig. Respondent 1 besvarade första frågan på 50 sekunder, Fråga 2 på 27 sekunder och sista frågan på 15 sekunder. Respondent 2 tog 29 sekunder på sig att besvara första frågan, 43 sekunder på andra frågan och Fråga 3 besvarades på 10 sekunder. Respondent 3 tog 22 sekunder på sig att besvara Fråga 1, 29 sekunder på sig vid Fråga 2 och 5 sekunder vid sista frågan. Alla respondenterna besvarade samtliga frågor korrekt, vilket skildras i tabellen ovan.

Figur 32.

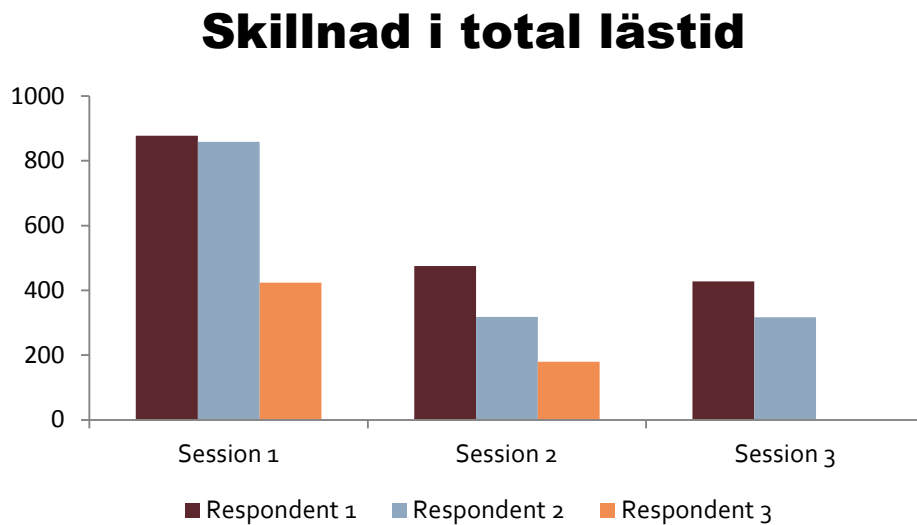


Tabell 16.

	Respondent 1	Respondent 2
Andel rätt svar	100,00%	100,00%

Diagrammet ovan skildrar respondenternas tidsfördelningar vid inläsning samt besvarande av frågor, vid det sista mättillfället. Y-axeln visar antalet sekunder och x-axeln vid vilken fas av läsuppgifte medan staplarna visar de olika respondenternas prestationer. Tabellen under diagrammet visar den procentuella andelen rätt för varje respondent under tredje mättillfället. Inläsningstiden för Respondent 1 var 343 sekunder och 267 sekunder för Respondent 2. Respondent 1 besvarade Fråga 1 på 66 sekunder, Fråga 2 på 15 sekunder och Fråga 3 på 4 sekunder. Respondent 2 besvarade i sin tur första frågan på 26 sekunder, mittenfrågan på 21 sekunder och sista frågan på 3 sekunder. Båda respondenterna svarade korrekt på alla frågor rörande denna artikel.

Figur 33.



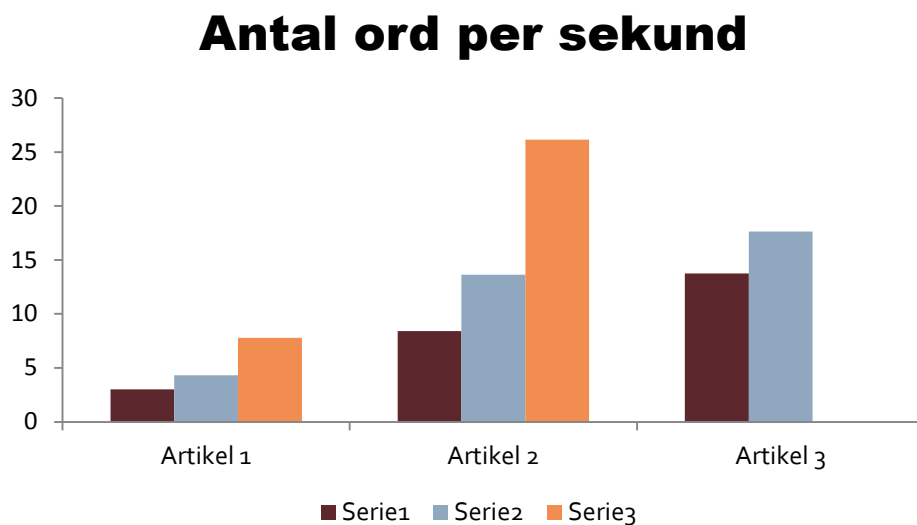
Diagrammet ovan visar den totala tiden varje respondent tog på sig vid läsuppgiften vid respektive mättillfälle. X-axeln motsvarar de olika mättillfällena och y-axeln den totala tiden i sekunder som respondenterna tog på sig för att genomföra läsuppgiften och staplarna representerar de olika respondenternas prestationer. Respondent 1 tog 877 sekunder på sig att genomföra läsuppgiften vid det första mättillfället samt 475 sekunder på sig vid det andra mättillfället och 428 sekunder på sig vid det sista mättillfället. Respondent 2 genomförde läsuppgiften vid första mättillfället på 859 sekunder, andra mättillfället tog det 318 sekunder och sista mättillfället tog det 317 sekunder. Respondent 3 genomförde sin läsuppgift på 424 sekunder under första mättillfället och 179 sekunder vid det andra mättillfället.

Tabell 17.

	Antal tecken	Antal ord
Artikel 1	13337	2395
Artikel 2	3217	579
Artikel 3	4711	830

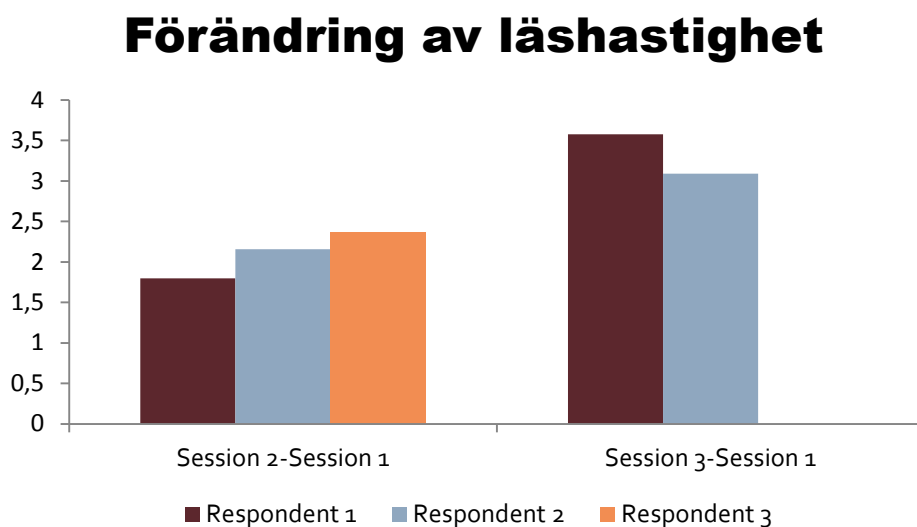
Tabellen ovan visar antalet tecken (inklusive blanksteg) och antalet ord som varje artikel innehöll. Artikel 1 läste respondenterna vid första mättillfället, Artikel 2 vid andra och Artikel 3 vid sista mättillfället. Då artiklarna var slumpade för att ge stor variation över olika ämnen, varierade de i längd och svårighetsgrad. Därav är det rimligt att mäta dem i antal ord och tecken per artikel för att avgöra eventuella skillnader i läshastigheten, vilket redovisas i följande diagram.

Figur 34.



I tabellen ovan visas antalet ord som respektive respondent läste per sekund, d.v.s. respondentens läshastighet för varje artikel. Diagrammets x-axel avser den berörda artikeln, y-axeln visar antalet ord per sekund och staplarna visar vilken respondent som avses. Respondent 1 uppvisade en läshastighet på 3 ord per sekund vid första artikeln, en läshastighet på 8,4 ord per sekund vid Artikel 2 och en läshastighet på 13,7 ord per sekund vid den sista artikeln. Respondent 2 uppvisade en läshastighet motsvarande 4,3 ord per sekund vid Artikel 1, en läshastighet på 13,6 ord per sekund under Artikel 2 och en läshastighet på 17,6 ord per sekund vid Artikel 3. Respondent 3 uppvisade en läshastighet på 7,8 ord per sekund vid första artikeln och slutligen en läshastighet på 26,2 ord per sekund under Artikel 2. Diagrammet visar således på en stegrande läshastighet hos samtliga respondenter, vilket som leder till följande förändringar.

Figur 35.



I diagrammet ovan skildras den procentuella ökningen i läshastighet efter förändringen av ljusförutsättningarna. Diagrammets y-axel visar den procentuella förändringen i läshastighet och x-axeln visar vid vilka mättillfällen som förändringen är beräknad, staplarna representerar respondenterna. Mellan första mättillfället och andra mättillfället uppvisade Respondent 1 en ökning i sin läshastighet motsvarande 180%, Respondent 2 motsvarade en ökning på 216% och Respondent 3 en ökning på 236% i sin läshastighet. Medan skillnaden mellan första mättillfälle och tredje mättillfället motsvarade en ökning i läshastighet på 358% för Respondent 1 och en ökning motsvarande 309% för Respondent 2. Diagrammet visar således att läshastigheten ökade desto längre tiden gick och när detta sätts i relation till skillnaden i antal rätt besvarade frågor är det därmed svårt att bestrida de än markanta ökningarna från det att ljusarmaturerna byttes ut.

När ovanstående information sätts i relation till organisatoriska och kommersiella syften är vinningarna markanta. För ett företag innebär en ökning av medarbetarnas läshastighet med över 300% samt att det leder till en ökning i läsförståelsen, en markant effektivisering. När detta dessutom kombineras med prestationsökningar i Fokus motsvarande upp emot 17% och reduceringar i tid motsvarande 48% vid kognitivt ansträngande uppgifter, står det klart att det råder markanta samt positiva skillnader från det att de nya ljusarmaturerna installerades. Enligt mätningarna visas signifikanta skillnader som har positiva effekter på en organisations lönsamhet. Resultaten visar även potential för lärande miljöer så som förskolor, skolor och högskolor, där studenterna ägnar stora delar av sin tid åt aktiviteter relaterade till läsning, matematik och andra högre kognitiva funktioner.

Den ökade läshastigheten kan vara ett symptom av ökade nivåer av stress, då läshastigheten ökar samt förekomsten av alfa vågor hos respondenterna visar sig sjunka (Sandström, Bergqvist, Küller, Laike, Ottosson, & Wibom, Belysning och hälsa, 1997). Detta har visat sig vara tydliga stressfaktorer och är således överensstämmande med våra resultat, dock finns det en markant skillnad mellan föregående studie och våra resultat, vilket är att respondenterna besvarade fler frågor korrekt medan tidigare studier uppvisade motsatta tendenser (Sandström, Bergqvist, Küller, Laike, Ottosson, & Wibom, Belysning och hälsa, 1997). Denna studie visar att det förekommer ökade halter av skadlig stress men även positiva förändringar i fokus och ökad hjärnaktivitet och överlag ökade prestationer hos respondenterna, vilket ytterligare påvisar förekomsten av prestationsökningarna. Belysningsintensiteten har dessutom visat sig ha en påverkande faktor på barns koncentrationsförmåga (Sandström, Bergqvist, Küller, Laike, Ottosson, & Wibom, Belysning och hälsa, 1997). Då mätningarna har ägt rum under de ljusintensiva tidsintervallen samt att resultaten påvisar ökningarna i fokus och hjärnaktivitet, är det rimligt att ljusintensiteten även har positiva effekter på vuxna människor.



4 Bibliografi

Hassard, J., Teoh, K., Cox, T., & Dewe, P. (2014). Calculating the cost of work-related stress and psychosocial risks. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Küller, R., & Lindsten, C. (1992). HEALTH AND BEHAVIOR OF CHILDREN IN CLASSROOMS WITH AND WITHOUT WINDOWS. *Journal of Environmental Psychology*, 305-317.

Poplawski, M., & Miller, N. (2010). Flicker in Solid-State Lighting: Measurement Techniques, and Proposed Reporting and Application Criteria. Portland OR: Pacific Northwest National Laboratory.

Sandström, M., Bergqvist, U., Küller, R., Laike, T., Ottosson, A., & Wibom, R. (1997). Belysning och hälsa. Stockholm: Arbetslivsinstitutet.

Sapolsky, R. M. (2004). *Why Zebras don't get ulcers*. New York: Holt Paperback.

Schabracq, M. J., Winnubst, J. A., & Cooper, C. L. (2003). *The handbook of Work and Health Psychology*. West Sussex: John Wiley & Sons.

Statistikenheten. (den 31 Mars 2005). Försäkringskassan. Hämtat från Försäkringskassan: www.forsakringskassan.se den 1 Maj 2016