

Mätmetoder av sömninghet

Johannes van den Berg och Ulf Landström

ARBETSLIVSRAPPORT NR 2006:23

ISSN 1401-2928

Enheten för arbetet och den fysiska miljön

Enhetschef: Jan-Olof Levin



Förord

Arbetslivsinstitutet i Umeå bedriver forskning rörande sömnighet i arbetslivet med en betoning på yrkestrafiken. Följande rapport utgör en sammanfattning av olika metoder som används vid arbetslivsinstitutet i Umeå för mätning av sömnighet.

Ett tack vill riktas till Marianne Byström, Bertil Nordström, Gregory Neely och Lage Burström vid Arbetslivsinstitutet samt till Leif Nilsson, lektor Institutionen för Matematisk Statistik, för stöd i den statistiska bearbetningen.

Johannes van den Berg
Ulf Landström

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	4
2. Metod	5
2.1. Försökspersoner	5
2.2. Förberedelser	5
2.3. Laboratoriemiljön.....	5
2.4. Mätmetoder	6
2.4.1. Elektroencefalografi, EEG	6
2.4.2. Hjärtfrekvens och Hjärtvariabilitet, HR/HRV	6
2.4.3. Prestationstest.....	6
2.4.5. Huvudrörelser.....	6
2.4.6. Elektrooculografi, EOG	7
2.4.7. Subjektiv skattning av sömnhet	7
2.4.8. Förekomst och grad av subjektiva symtom på sömnhet.	7
2.5. Statistisk analys	7
3. Resultat.....	8
3.1. Elektroencefalografi, EEG	8
3.2. Hjärtfrekvens och hjärtvariabilitet, HR/HRV	9
3.3. Prestationstest.....	10
3.4. Huvudrörelser.....	10
3.5. Elektrooculografi, EOG	11
3.6. Subjektiv skattning av sömnhet	12
3.7. Upplevda kroppsliga symtom på sömnhet.	12
3.8. Förhållandet mellan de olika mätinstrumenten av sömnhet.....	13
3.8.1. Korrelationer när försökspersonerna var sömndepriverade	13
3.8.2. Korrelationer när försökspersonerna var utvilade.....	14
4. Diskussion	16
5. Sammanfattning	19
6. Summary	20
7. Referenser.....	21
APPENDIX A	23
APPENDIX B	24

1. Inledning

En arbetsolycka kan definieras som en händelse som sker under en kort tidsrymd och som leder till personskada (Broberg, 2000). Mänskliga misstag är den vanligaste orsaken identifierbara orsaken till allvarliga arbetsrelaterade olyckor/incidenter och med flera bakomliggande orsaker, däribland sömnhet (Åkerstedt et al., 2002; Dinges, 1995). Det finns rapporterat att upp till 52% av alla arbetsplatsolyckor är relaterade till sömnhet (Leger, 1994). Stora välkända olyckor som Tjernobyl, kärnkraftolyckan i Three Mile Island och oljekatastrofen i Alaska var relaterade till sömnhet (Dinges, 1995). Förutom dessa ”löpsedelsolyckor” rapporteras ofta sömnhetsrelaterade olyckor från transport industrin men det finns även studier från hälso-sjukvården (Garbarino et al., 2001; Hakkanen et al., 2001; Landrigan et al., 2004; Lockley et al., 2004; NCSDR/NHTSA EXPERT PANEL., 2003; Powell et al., 2002).

Ett forskar konsensus gällande transportindustrin fastslogs att sömnhet var den största identifierbara orsaken till olyckor inom transportväsendet (15 - 20 % av olyckorna), mer vanligt förekommande än alkohol/drogrelaterade trafikolyckor (Åkerstedt, 2000). Andra studier av lastbilstrafiken har uppskattat att 30 % - 40 % av trafikolyckorna är relaterade till sömnhet (National Transportation Safety Board). Sömnhets relaterade trafikolyckor är inte bara ett problem för yrkesförare utan även för de som arbetar skift, de med sömnapne syndrom och yngre personer (NCSDR/NHTSA EXPERT PANEL., 2003). Även om det är en stor risk med att köra sömning, så slutar inte alla färder med en trafik olycka. Det finns sålunda skäl att anta att förekomsten av sömninga förare är större än antal sömnhetsrelaterade olyckor. Beroende på hur studier varit upplagda så varierar uppskattningarna av hur många förare som kör sömninga mellan 20 - 55 % (Canani et al., 2005; Dawn, 2003; Hakkanen et al., 2000; McCartt et al., 2000). Det är uppenbart att sömnhet i trafiken är vanligt förekommande och att sömnhetsrelaterade olyckor måste anses som ett stort trafik och arbetsmiljö problem.

Identifiering och tillförlitliga mätinstrument av sömnhet samt bättre kunskap om orsaker till sömnhet är därför ett viktigt led i att förebygga sömnhetsrelaterade olyckor. Inom fordon/transportindustrin råder det en brist på tillförlitliga tekniska applikationer som inte bara larmar för sömnhet, är billiga och kan serietillverkas utan också accepteras av förarna och.

Sömnhet kan mätas med objektiva instrument och subjektiva självskattningar av sömnhet. Syftet med föreliggande rapport är redovisas olika objektiva mätmetoder, subjektiva sömnhets-skattningar och sömnhets-symtom och grad av dess besvär.

2. Metod

Insamlingen av data gjordes i en experimentell laboratoriemiljö vid arbetslivsinstitutet, Umeå.

2.1. Försökspersoner

Försökspersonerna bestod av 10 frivilliga studenter, fem män/fem kvinnor, i åldern 21 - 32 år (medelålder: 26 år). Alla blev hälsoscreenade, angav att de hade normala och regelbunden sömn och att de var vid god hälsa. De motionerade regelbundet, använde inga mediciner och var icke-rökare. Försökspersonerna erhöll både skriftlig och muntlig information om studien. De medgav skriftligt sitt deltagande i studien. Efter att försökspersonen genomfört studien ersattes han/hon med 1500 kr.

2.2. Förberedelser

Varje försökstillfälle bestod av två delar, en vakendel och en sovdell. Varje försöksperson genomgick fyra försökstillfällen, av vilka de vid tre tillfällen hade en provocerad sömnskuld, sömndeprivering. Sömnskuld provocerades fram genom att försökspersonen instruerades att lägga sig klockan 23:00 kvällen före, försöka sova fyra timmar och kliva upp klockan 03:00 på morgon. Den fjärde gången skulle de vara utvilade inför försöket. De instruerades därför att försöka sova en hel natt. De anlände till laboratoriet vid 08:00 tiden på morgonen och försöket var avslutat vid 12:00- 13:00 tiden. Från det de vaknade, oavsett om de klev upp 03:00 eller efter en normal natt sömn var försökspersonerna instruerade att vara aktiva, inte röka, snusa eller dricka alkohol. De skulle undvika solljus och TV tittande. Försökets vakendel varierade i längd; 60 – 90 – 120 minuter för försöken där försökspersonerna hade en sömnskuld och 120 minuter för försöket där de var utvilade. Efter varje försök, oavsett om de hade varit sömndepriverade eller utvilade, leddes försöksperson in i ett angränsande rum där de tilläts sova under en timme, sovdelen.

Inför varje försök besvarade försökspersonerna en enkät, med frågor om hur de sovit sista under natten och den senaste veckan. I medeltal hade försökspersonerna sovit 3 timmar och 52 minuter för försöken där de skulle vara sömndepriverade medan medelsovtiden var 7 timmar och 25 minuter i försöket när de var utvilade. Efter att besvarat en enkät fick försökspersonen sitta ned i laboratoriet och all monitorerings - utrustning varvid mätinstrumenten kopplades på. Denna procedur tog cirka en timme. Varje försök började med en 5 minuters baslinje - och kalibreringsregistrering. Inför själva försöket instruerades försökspersonerna att sitta stilla, hålla sig vakna, inte luta huvudet i händerna eller mot stolen, titta framåt och ha blicken fokuserad på en datormonitor.

2.3. Laborariemiljön

Försöken genomfördes i ett ljudisolerat laboratorium med en rumstemperatur på 20 – 23 grader C. Ljuset var neddimmat till cirka 5 lux. Försökspersonerna satt i en stol jämförbar med de förarstolar som finns i lastbilar. Framför försökspersonerna stod ett bord med

skattningsskalorna, reaktionstidsknapparna och skattningsformuläret. Bakom försökspersonerna stod en högtalare som genererade ett monotont lastbilsljud på cirka 60 dBA. Alla mätsignaler leddes ut ur laboratoriet via speciella portar till en dator, bandspelare (SONY DIGITAL PC204A) och skrivare för insamling och senare bearbetning. Speciella isolatorer användes för att hindra att elektriska signaler skulle gå i motsatt riktning och äventyra försökspersonens hälsa.

2.4. Mätmetoder

2.4.1. Elektroencefalografi, EEG

EEG registreringen skedde från två olika mätpunkter, occipitalt och centralt. Silverelektroder placerades enligt 10 -20 standardförfarande. För att få elektroderna att sitta fast kammades håret så hårbotten blottades varefter hårbotten rengjordes och preparerades noga. En specialpasta användes mellan elektroden och hårbotten för att öka överledningen av signalerna. Elektroderna tejpades fast varefter en nätmössa placerades över försökspersonens hår/huvud för att ytterligare fixera elektroder och kablar. EEG signalerna leddes via förstärkare till en dator där signalerna sparades för bearbetning. Vid databearbetningen genomfördes en spektralanalys och styrkan av alfa (8-12 Hz), theta (4-8 Hz) och delta (< 3 Hz) aktiviteten beräknades. Medelvärdesbildning för alfa och theta gjordes runt varje 15 minuters intervall. Data då försökspersonen gjorde sömnskattningar, under ca 1 minut, exkluderades.

2.4.2. Hjärtfrekvens och Hjärtvariabilitet, HR/HRV

En enkanalig elektrokardiografisk, EKG, signal registrerades via tre elektroder på försökspersonens bröst. Signalen leddes via en förstärkare till en bandspelare för vidare databearbetning. Signalerna granskades manuellt och R-vågs detektion korrigerades. Slag till slag frekvens beräknades och konverterades till en tidsserie. Medel hjärtfrekvens och spektralanalys genomfördes. Komponenterna som huvudsakligen togs fram var, förutom medelhjärtfrekvens, den totala hjärtvariabiliteten (pTOT), variabiliteten i mycket låg frekventa bandet (PVLf), det lågfrekventa bandet (PLF) och variabiliteten i det högfrekventa bandet (PHF). Medelvärdesbildning av HR/HRV gjordes runt varje 15 minuters intervall. Data då försökspersonen gjorde sömnskattningar exkluderades.

2.4.3. Prestationstester

En monitor på ett bord framför försökspersonen visade en bild av en väg bana. På bilden tändes med oregelbundna intervall, 13 gånger på 15 minuter, en gul prick som försökspersonen skulle reagera så snabbt som möjligt på genom att trycka på en reaktionsknapp intill sig. Försökspersonen kunde välja på vilken sida han ville ha reaktionsknapp, men han/hon skulle ha fingret nära knappen. Reaktionstid och antal rätta/fel svar beräknades.

2.4.5. Huvudrörelser

Huvudrörelserna registrerades med en treaxlad inklinometer (ADXL05EM-3. Analog Devices, Inc.). I denna studie registrerades framåt – bakåt och höger – vänster rörelserna. Inklinometern fästes på försökspersonens panna innanför samma nätmössa som användes för att fixera EEG elektroderna. Signalen spelades in på band (SONY DIGITAL PC204A) för

vidare dataanalys (PC, Brüel & Kjær LabShop version 6.0). Samplingshastigheten var en vinkel per sekund. De relativa vinkelförändringarna per sekund beräknades och medelvärdesbildning gjordes för 10 minuters intervaller. Data då försökspersonen gjorde sömnskattningar exkluderades.

2.4.6. Elektrooculografi, EOG

Ögonrörelser registrerades via tre elektroder av samma typ som vid EEG registrering. De placerades runt höger eller vänster öga och fixerade på liknande sätt som EEG elektroderna. Signalen leddes via en förstärkare till en dator för vidare bearbetning. Ögonrörelserna i baslinjeregistreringen före försöket användes som mall för beräkningen av antal ögonblinkningar per 15 minutersintervall. Data då försökspersonen gjorde sömnskattningar exkluderades.

2.4.7. Subjektiv skattning av sömnhet

Två olika subjektiva skattningsskalor av sömnhet användes, Karolinska Sleepiness Scale (KSS) och Category-Ratio Scale (CR-10). KSS är en vedertagen skala för mätning av subjektiv sömnhet (Akerstedt et al., 1990) medan CR-10 skalan, även kallad Borgskalan (Borg, 1998), är mindre prövad i sömnhetssammanhang. Information om skalorna, som gavs före försöken, upprepades senare muntligt vid försöken. KSS är en 9-gradig bipolär skala med fasta ändpunkter medan CR-10 skalan har en fast 0-punkt och ingen övre begränsande punkt (se appendix). Försökspersonen skulle på CR-10 skalan först identifiera det verbala uttryck som bäst motsvarade deras grad/intensitet av sömnhet, därefter modifiera/precisera med en siffra. Var 15 minut under försöket skattade försökspersonen sin sömnhet på båda skalorna.

2.4.8. Upplevda kroppliga symtom på sömnhet.

Direkt efter varje skattning och innan prestationstestet återstartades av försöksperson besvarade försökspersonen också frågor om symtom av sömnhet. Frågorna berörde symtom som irritation i ögonen, tunga ögonlock, svårt att fokusera blicken, dubbelseende, om tiden gick långsamt och det förekommit frånvaroepisoder. Frågorna var av flervals karaktär med fem alternativ. Varje symtom kunde således graderas från 1 till 5 var 15:e minut och för varje enskild försöksperson summerades skattningarna ihop till en totalsumma för ögonbesvär och en totalsumma för tidsuppfattningsbesvär.

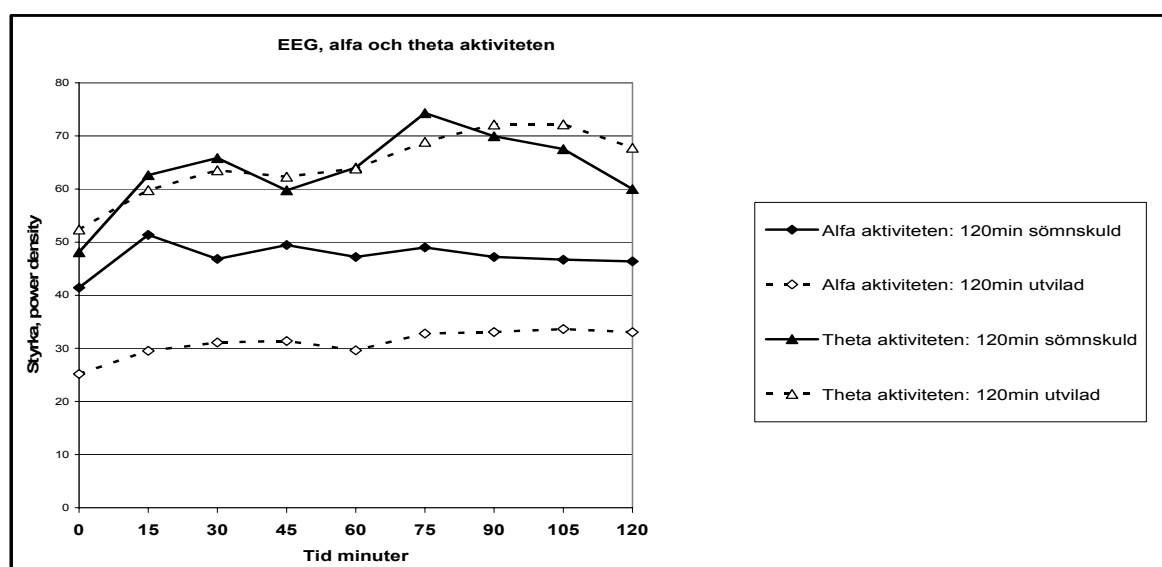
2.5. Statistisk analys

Data bearbetades i statistikprogrammet SPSS version 11. ANOVA för upprepade mätningar användes med tid och tillstånd (sömndepriverade eller utvilad) som inom-individ faktorer. I de fall statistisk signifikant interaktion mellan tid och tillstånd visade sig, genomförde separata ANOVA tester på de enskilda faktorerna. Huynh-Felts korrektionsfaktor användes. Korrelationer beräknades med Pearson korrelations koefficient. Signifikansnivå sattes till $p < 0.05$.

3. Resultat

3.1. Elektroencefalografi, EEG

Alfa och theta aktiviteten ökade signifikant i 60 minuters försöket då försökspersonerna hade en sömnskuld ($p < .05$ F: 3.1 df 2.9/25.9 respektive $p < .05$ F: 4.2 df 1.5/13.6). Ökningen av theta aktiviteten var också signifikant de första 60 minuterna i 90 minuters försöket ($p < .05$ F: 4.0 df 2.5/22.2). Generellt, skedde inga signifikanta förändringar av alfa och theta aktiviteten efter de första 60 minuterna när försökspersonerna var sömn depriverade. När försökspersonerna var utvilade skedde en signifikant linjär ökning av bägge EEG-parametrarna över tid (alfa $p < .05$ F: 2.9 df 4.4 /39.2 respektive $p < .01$ F: 3.2 df 5.5/49.7), dock kunde det inte påvisas någon statistisk skillnad i nivåer när försökspersonerna hade en sömnskuld eller när de var utvilade. Förändringen av EEG parametrarna alfa och theta för de båda 120 minuters försöken visas i figur 1.



Figur 1. Alfa och theta aktiviteten under respektive 120 minuter försöken. Den främsta ökningen av aktiviteten ses under de första 60 minuterna när försökspersonerna hade en sömnskuld. När försökspersonerna var utvilade skedde en linjärt ökningen över hela 120 minuters perioden.

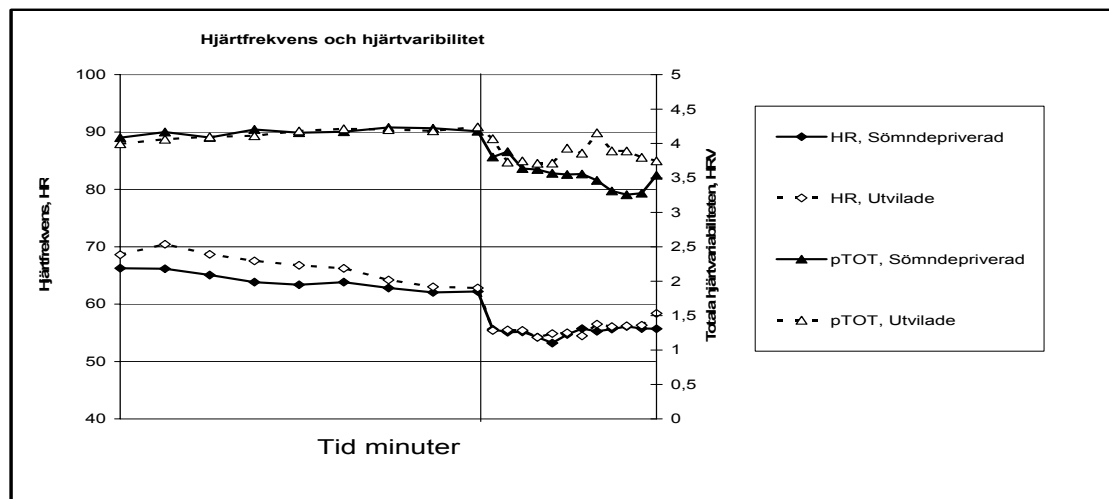
Under sovdelen skilde sig delta aktiviteten mellan de bägge 120 minuter försöken. Delta aktiviteten ökade signifikant under sömndelen när försökspersonerna haft en sömnskuld medan när de varit utvilade före försöket skedde ingen förändring av delta aktiviteten över tid. En interaktionseffekt (tid och sömn depriverad/utvilad) kunde påvisas (delta $p < .01$ F: 6.7 df 2.4 /21.9) dvs delta aktiviteten har olika tidsutveckling och olika medelnivåer beroende på om försökspersonen varit utvilade eller haft en sömnskuld. Denna skillnad blev statistisk signifikant efter 40 minuters sömn (delta $p < .05$ F: 5.5 df 1/9).

3.2. Hjärtfrekvens och hjärtvariabilitet, HR/HRV

Utvecklingen av hjärtfrekvensen och den totala hjärtvariabiliteten både under vakendelen och sömndelen i respektive 120 minuters försök illustreras i figur 2. Hjärtfrekvensen, i medeltal, under de två 120 minuters försöken var högre när försökspersonerna var utvilade, jämfört med när de hade en sömnskuld. Hjärtfrekvens sjönk i de bägge 120 minuters försöken till ungefär samma nivå, ca 63 slag per minut. ANOVA analysen påvisade en signifikant interaktionseffekt (HR $p < .01$ F: 2.5 df 5.1 /45.6), vilket betyder att hjärtfrekvensutvecklingen och medelnivån av hjärtfrekvensen var olika beroende på om försökspersonen var utvilad eller hade en sömnskuld.

Den totala hjärtvariabiliteten ökade signifikant på linjärt likartat sätt över tid i bägge tvåtimmarsförsöken, men inga skillnader i medelnivå av komponenterna kunde påvisas mellan sömnskuld eller utvilat tillstånd (pTOT $p < .01$ F: 4.3 df 8.0 /72.0)

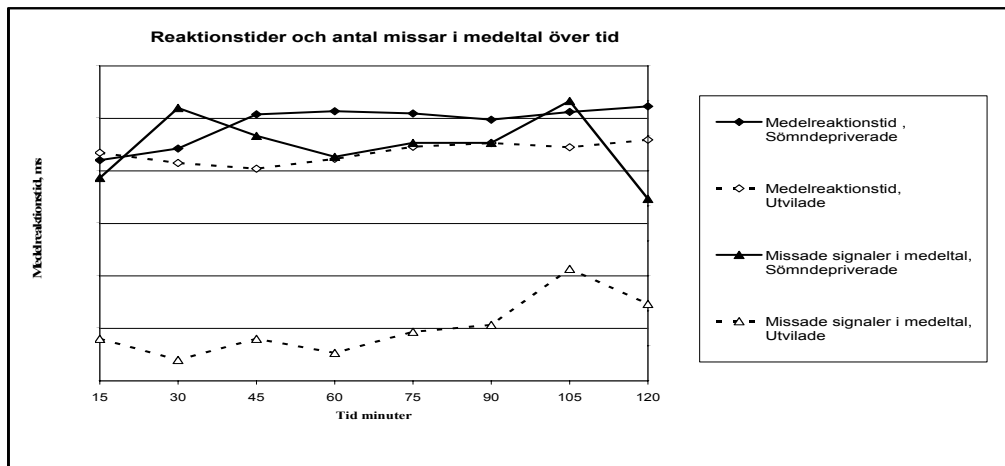
Under sömndelen var hjärtfrekvensen konstant oberoende om försökspersonerna varit utvilad eller hade en sömnskuld. Hjärtvariabiliteten däremot visade ett annat mönster. Hjärtvariabiliteten sjönk signifikant mer under sovdelen när försökspersonerna hade en sömnskuld jämfört med när de kom utvilade. Interaktionseffekt påvisas (pTOT $p < .01$ F: 2.6 df 9.5 /85.4), dvs hjärtvariabiliteten har olika tidsutveckling och olika medelnivåer beroende på om försökspersonen varit utvilade eller haft en sömnskuld. Denna skillnad blev statistisk signifikant efter 40 minuters sömn (pTOT $p < .05$ F: 6.5 df 1/9).



Figur 2. Utvecklingen över tid för hjärtfrekvens, HR, och för hjärtvariabiliteten, HRV, i de bägge 120 minuters försöken. Den markerade lodrätta linjen i diagrammet representerar vakandelens slut (120 minuter) och sovdelen start (totalt 60 minuters sömn). HR sjunker över tid i vaket tillstånd medan den är konstant i sovdelen. HRV ökar över tid i vaken delen, men sjunker signifikant endast i sömndepriverat tillstånd under sovdelen.

3.3. Prestationstest

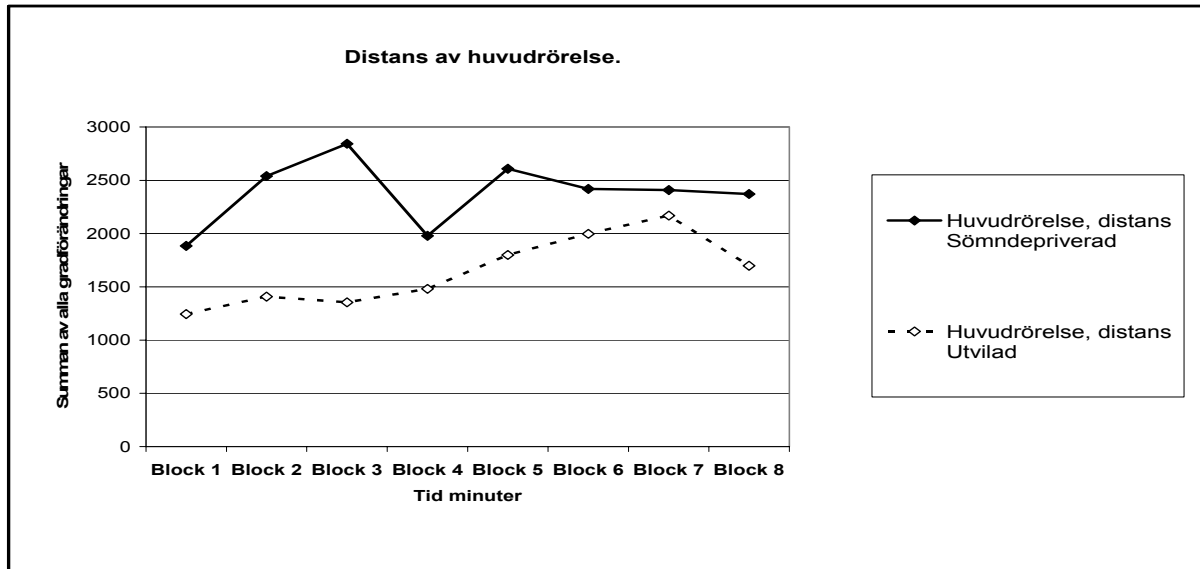
Medelreaktionstiderna och antal missade signaler i medeltal illustreras grafiskt i figur 3. Reaktionstiderna ökade på likartat sätt över tid oberoende om försökspersonen var utvilad eller sömndepriverade, men med en sömnskuld var reaktionstider i medeltal signifikant längre (Reaktionstid $p < .01$ F: 9.0 df 1/9). De sömndepriverade missade också fler signaler, i medeltal 3,4 gånger fler signaler per tidsblock jämfört med när de var utvilade (Missade signaler $p < .05$ F: 7.0 df 1/9).



Figur 3. Reaktionstid i medeltal över tid och antal missade signaler i medeltal över tid för bägge 120 minuters försöken.

3.4. Huvudrörelser

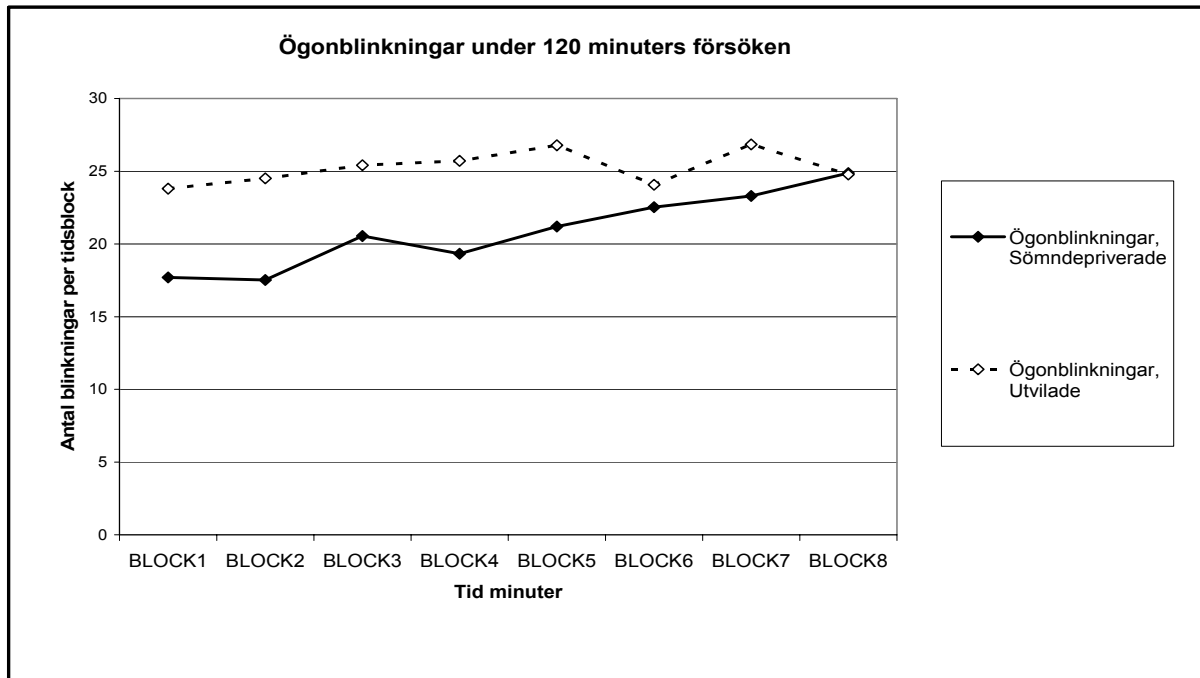
Analyserna av huvudrörelserna visade att försökspersonerna i sömndepriverat tillstånd rörde signifikant mer på huvudet än i utvilat tillstånd (Huvudrörelse distans $p < .01$ F: 11.0 df 1/9). I båda tillstånden fanns en tidsutveckling. När försökspersonerna hade en sömnskuld hade de också signifikant mer extrema huvudrörelser (Huvudrörelse extrema rörelser $p < .001$ F: 15.0 df 1/9). I likhet med EEG mönstret föreföll den största förändringen ske inom de första 60 minuterna.



Figur 4. Distansen av huvudrörelserna, mätt i summan av alla gradförändringar per tidsblock, för försökspersonerna i sömndepriverat tillstånd (heldragen linje) respektive i utvilat tillstånd (streckad linje).

3.5. Elektrooculografi, EOG

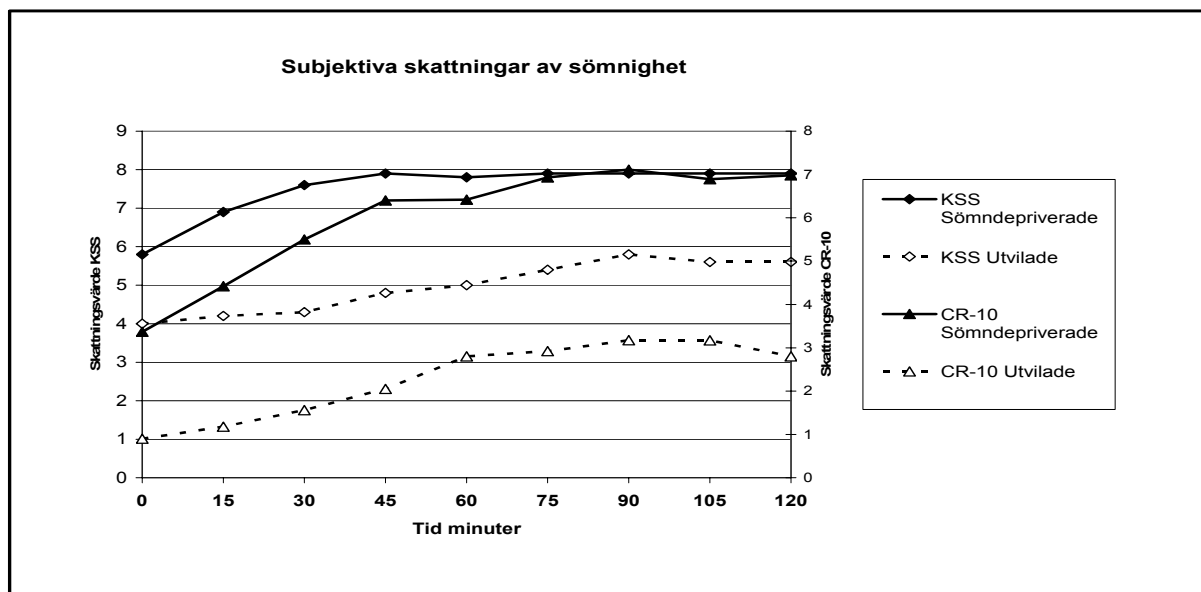
Antalet ögonblinkningar per mätt tidsblock skilde sig inte om försökspersonerna var sömndepriverade eller om de var utvilade.



Figur 5. Antalet ögonblinkningar i medeltal per tidsblock för de bägge 120 minuters försöken.

3.6. Subjektiv skattning av sömnhet

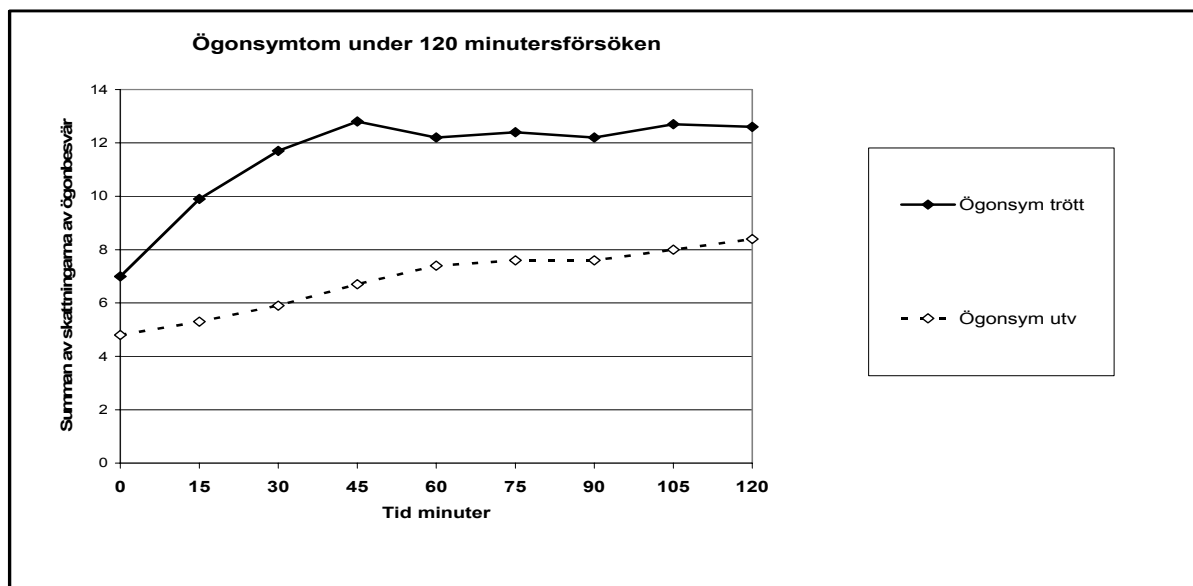
Grafiskt ökade se subjektiva skattningarna av sömnhet de första 60 minuterna för att därefter plana ut under resten av försökstiden. I bägge tillstånden skedde en gradvis ökning av sömnhetsskattningarna under försöken, men i det sömndepriverade tillståndet skattade försökspersonerna sin sömnhet signifikant högre än i utvilat tillstånd (KSS $p < .001$ F: 24.2 df 1/9; CR-10 $p < .001$ F: 15.3 df 1/9). Medelnivåerna på sömnhetsskattningarna var som högst 7.9 för KSS (steget, från ”Mycket sömnig, kämpa mot sömnheten”) och 6.9 för CR-10 (Stark till mycket stark intensitet av sömnhet).



Figur 6. Subjektiva sömnhetsskattningar med KSS (rutformade) och CR-10 (trekanter) i respektive tillstånd.

3.7. Förekomst och grad av subjektiva symtom på sömnhet.

Under skattningarna av sömnhet gjorde försökspersonerna även skattningar av besvär från ögonen; irritation/grus i ögonen, tunga ögonlock, svårt att fokusera blicken och dubbelseende. Ögonbesvär och tidsuppfattningsbesvär på grund av sömnhet var signifikant mer besvärande när försökspersonerna var sömndepriverade jämfört med när de var utvilade (Ögonbesvär $p < .001$ F: 7,7 df 1/9; Tidsuppfattningsbesvär $p < .001$ F: 6.7 df 1/9). Både ögonbesvär och tidsuppfattningsbesvären ökande över tid.



Figur 7. Skattning av ögonbesvär, ögonsymtom, av försökspersonerna under de två 120 minutersförsöken. Helledragen linje representerar försökspersonerna i sömndepriverat tillstånd, medan den streckade linjen är när försökspersonerna är utvilade.

3.8. Förhållandet mellan de olika mätinstrumenten av sömnhet.

3.8.1. Korrelationer när försökspersonerna var sömndepriverade

Korrelationerna när försökspersonerna var sömndepriverade presenteras i tabell 1. Korrelationerna mellan de objektiva mätmetoder när var i huvudsak låga och icke signifikanta. Mellan objektiva och subjektiva mätmetoder var korrelationerna tydligast mellan hjärtfrekvensen, theta aktiviteten och samtliga fyra subjektiva mätmetoder. Reaktionsid tid korrelerade signifikant till sömnhetsskattningarna och ögonbesvär. Korrelationen mellan de olika subjektiva mätmetoderna var både höga och signifikanta.

Tabell 1. Korrelationsvärden, r, mellan de olika mätmetoderna när försökspersonerna var sömndepriverade. Korrelationerna är indelade i tre områden; korrelationer mellan objektiva mätmetoder (triangeln i tabellens vänstra del), mellan objektiva och subjektiva mätmetoder (kvadraten till höger i tabellen) och mellan subjektiva mätmetoder (nedre triangeln i tabellen).

Sömndepriverade försökspersoner	Objektiva mätmetoder							Subjektiva mätmetoder			
	Theta aktiviteten, sömndepriverade	HR, sömndepriverade	pTOT, sömndepriverade	Huvudrörelse, distans sömndepriverad	Medelreaktionstid, sömndepriverade	Antal missar, sömndepriverade	Ögonblinkningar, sömndepriverade	KSS, sömndepriverade	CR-10, sömndepriverade	Ögonbesvär, sömndepriverade	Uppfattningsbesvär, sömndepriverad
Alfa aktiviteten, sömndepriverade	0,587 n.s	-0,082 n.s	0,656 n.s	-0,176 n.s	-0,515 n.s	-0,256 n.s	-0,493 n.s	0,530 n.s	0,341 n.s	0,534 n.s	0,629 n.s
Theta aktiviteten, sömndepriverade		-0,483 n.s	0,503 n.s	0,157 n.s	0,088 n.s	0,423 n.s	0,018 n.s	0,763 *	0,717 *	0,723 *	0,698 *
HR, sömndepriverade			-0,619 n.s	-0,283 n.s	-0,894 **	-0,066 n.s	-0,871 **	-0,810 **	-0,924 **	-0,811 **	-0,755 *
pTOT, sömndepriverade				-0,201 n.s	0,518 n.s	-0,463 n.s	0,473 n.s	0,639 n.s	0,671 0,048	0,640 n.s	0,693 *
Huvudrörelse, distans sömndepriverade					0,366 n.s	0,461 n.s	0,337 n.s	0,633 n.s	0,483 n.s	0,670 n.s	0,730 *
Medelreaktionstid, sömndepriverade						-0,037 n.s	0,729 *	0,893 **	0,923 **	0,898 **	0,695 n.s
Antal missar, sömndepriverade							-0,190 n.s	0,277 n.s	0,113 n.s	0,291 n.s	0,194 n.s
Ögonblinkningar, sömndepriverade								0,654 n.s	0,805 *	0,651 n.s	0,742 *
KSS, sömndepriverade									0,950 **	0,996 **	0,957 **
CR-10, sömndepriverade										0,939 **	0,895 **
Ögonbesvär, sömndepriverade											0,959 **

n.s = icke signifikant, * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

3.8.2. Korrelationer när försökspersonerna var utvilade

Korrelationerna när försökspersonerna var utvilade presenteras i tabell 2. Generellt var korrelationerna inom de objektiva, inom subjektiva och mellan de objektiva - subjektiva mätmetoder i de flesta fall signifikanta. Högst korrelation inom de objektiva mätmetoderna var mellan alfa-theta aktiviteten, huvudrörelser – theta aktiviteten och mellan hjärtvariabiliteten och theta aktiviteten. Mellan objektiva och subjektiva mätmetoder var korrelationerna tydligast mellan hjärtfrekvensen, hjärtvariabilitet, theta aktiviteten och de bägge sömnhetskattningsskalor. Korrelationen mellan de olika subjektiva mätmetoderna var både höga och signifikanta när försökspersonerna var utvilade.

Tabell 2. Korrelationsvärden, r, mellan de olika mätmetoderna när försökspersonerna var utvilade. Korrelationerna är indelade i tre områden; korrelationer mellan objektiva mätmetoder (triangeln i tabellens vänstra del), mellan objektiva och subjektiva mätmetoder (kvadraten till höger i tabellen) och mellan subjektiva mätmetoder (nedre triangeln i tabellen).

Utvilade	Objektiva mätmetoder							Subjektiva mätmetoder			
	Theta aktiviteten, utvilade	HR, utvilade	pTOT, utvilade	Huvudrörelse, distans utvilade	Medelreaktionstid, utvilade	Antal missar, utvilade	Ögonblinkningar, utvilade	KSS, utvilade	CR-10, utvilade	Ögonbesvär, utvilade	Tidsuppfattningsbesvär, utvilade
Alfa aktiviteten, utvilade	0,945 **	-0,703 *	0,827 **	0,862 **	0,631 n.s	0,753 *	0,335 n.s	0,833 **	0,813 **	0,833 **	0,850 **
Theta aktiviteten, utvilade		-0,786 *	0,907 ***	0,984 ***	0,703 n.s	0,692 n.s	0,392 n.s	0,917 ***	0,920 ***	0,876 **	0,816 **
HR, utvilade			-0,740 *	-0,851 **	-0,676 n.s	-0,777 *	-0,354 n.s	-0,916 ***	-0,857 **	-0,899 **	-0,867 **
pTOT, utvilade				0,778 *	0,731 n.s	0,521 n.s	0,494 n.s	0,896 ***	0,940 ***	0,926 ***	0,799 *
Huvudrörelse, distans utvilade					0,685 n.s	0,774 *	0,456 n.s	0,877 **	0,862 **	0,763 *	0,666 n.s
Medelreaktionstid, utvilade						0,622 n.s	0,079 n.s	0,720 *	0,574 n.s	0,613 n.s	0,646 n.s
Antal missar, utvilade							0,378 n.s	0,668 n.s	0,578 n.s	0,638 n.s	0,780 *
Ögonblinkningar, utvilade								0,341 n.s	0,507 n.s	0,493 n.s	0,164 n.s
KSS, utvilade									0,967 ***	0,952 ***	0,904 ***
CR-10, utvilade										0,958 ***	0,831 **
Ögonbesvär, utvilade											0,912 ***

n.s = icke signifikant, * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

4. Diskussion

Utifrån resultanten var skillnaderna då försökspersonerna sömndepriverade eller utvilade tydligast för prestationstestet, de subjektiva skattningarna, ögonbesvären och huvudrörelserna samt till en mindre grad hjärtfrekvensen. Försökspersonerna presterade sämre, skattade sig mer sömniga, hade mer symtom från ögonen, rörde mer på huvudet när de hade en sömnskuld jämfört med när de var utvilade. Absoluta skillnader när det gäller mätning med EEG eller HRV var inte tydliga.

Ett återkommande tema vid analysen av de olika mätmetoderna, var att när försökspersonerna var sömndepriverade tenderade mätvärdena att förändras snabbt under de inledande 60 minuterna för att sedan plana ut under den resterande försökstiden. Detta var mest uppenbart för de subjektiva skattningarna av sömnhet, ögonbesvären och huvudrörelserna men även för EEG, dock till mindre grad. När försökspersonerna var utvilade tenderade mätvärdena att stiga långsamt och linjärt över tid. En förklaring till EEG-fyndet när försökspersonerna var sömndepriverade kan vara att deras sömnhet, mätt med alfaaktiviteten, redan från början var nära gränsen till insomning och att fynden snarare kan ses som en relativt konstant alfanivå. Samma resonemang kan appliceras på thetaaktiviteten, dvs försökspersonerna tvingade sig själva att hålla sig vakna och en fortsatt ökning av thetaaktiviteten inte var möjlig eftersom det då snarare skulle indikera sömnstadiet 1.

Det kan vara svårt att finna signifikanta förändringar av alfa- och thetaaktiviteten pga sömnhet. I en undersökning av Kecklund et al (1993) bland lastbilsförare som körde 12-13 timmars skift (500 km körning) kväll och natt, fann de inga skillnader i alfa- eller thetaaktiviteten. Däremot fann man skillnader mellan kväll och nattgruppen när det gällde skurar av alfaaktiviteten de sista tre timmarna av körningen. Åkerstedt och Gillberg (1990) har påtalat en relation mellan alfa och theta nivåerna. De resonerade att när försökspersoner blir mycket sömniga men fortfarande med ögonen öppna kommer alfaaktiviteten att sjunka samtidigt som det sker en motsvarande ökning av thetaaktiviteten.

Det är rimligt att anta en sömndepriverad person från början kan uppvisa ett EEG som reflekterar sömnhet men utan att särskilja nivåerna av sömnhet. Detta leder till tanken att detta är maximum eller nära maximum av alfa och thetaaktivitet. Sålunda kan välmotiverade personer kämpa länge i sina försök att hålla sig vakna med ögonen öppna, även om EEG indikerar en hög nivå av sömnhet. Motivation kan ses som en motåtgärd mot sömnhet. Detta fenomen kan kanske jämföras med löpare som springer in ”i väggen” av utmattning och normalt skulle ha fått dem att sluta springa, men motivationen får dem ändå att springa vidare.

Hjärtfrekvensen förändrades signifikant och olika beroende på om personen var sömndepriverad eller inte före försöken. Tidigare laborativa studier har också visat att hjärtfrekvensen sjunker över tid, men dessa studier har inte jämfört sömndepriverat tillstånd med ett normalt tillstånd (Dureman et al., 1972; Gibson et al., 2004). Sänkt hjärtfrekvens är vanligen associerat med en förhöjd hjärtvariabilitet. I en studie av Riemersma (1977), genomförde personer en körning under monotona förhållanden och resultaten visade på sänkt hjärtfrekvens och ökad hjärtvariabilitet. Författarna sammanfattade fynden med att det troligen berodde mer på lägre stress och lägre stimulation är sömnhet. Hjärtvariabilitet ger inte tillräckligt tydlig information för att kunna vara en tänkbar sömnhetsindikator.

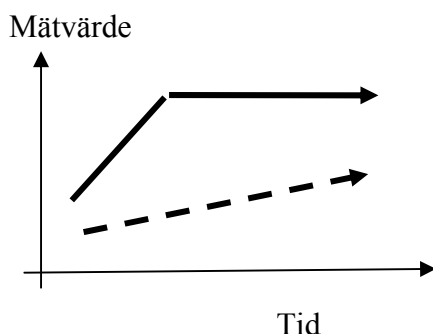
Prestationen på reaktionstesten i två timmars försök visade sig vara både långsammare (20%), och sämre (ca 3ggr fler missar) när personerna var sömndepriverade jämfört med när de var

utvilade. Gillberg och Åkerstedt (1998) har rapporterat sänkt prestation på monotona enkla uppgifter redan från start hos personer med en natts utebliven sömn. Sambandet mellan subjektiva skattningar av sömnhet och reaktionstider var höga. Det fanns också ett samband mellan thetaaktiviteten och reaktionstiderna. Korrelationerna tenderar att stödja påståendet från Gillberg och Åkerstedt (1998) att sömnförlust påverkar prestationen och uppmärksamhet olika.

Förändringarna av hastigheten och extrema huvudrörelser var tydligt redan från början av experimentet. Det mesta av ökningen skedde inom den första timmen när personerna var sömndepriverade. En ökning av huvudrörelserna under körning har visats i en annan studie, men försökspersonerna var inte sömndepriverade (Popieul et al., 2003). Resultaten antyder att ökade huvudrörelser sker tidigt när personerna är sömndepriverade och kan därmed skulle huvudrörelser kunna vara ett känsligt mått på sömnhet.

Subjektiva skattningar av sömnhet på skalorna KSS och CR-10 visar på ett likartat mönster. I likhet med huvudrörelserna och prestationstesten upptäcktes en takeffekt. KSS en bipolar skala med skalstegen 1 till 9, med uttrycken ”mycket pigg” till ”mycket sömnig, kämpar mot sömnhet”. Det utrymme som finns kvar för skattningar av sömnhet motsvara skalsteg 6 till 9. (6 = ”tecken på sömnhet”). Sömnhetsskattningarna när personerna var sömniga började efter ca en timme planar ut vid skattningsvärde 8. En takeffekt av skattningarna av sömnheten med KSS var inte så förvånande. CR-10, å andra sidan, är en unipolär skala med start på 0 och utan en övre begränsning. Skalstegen är inte fasta och är även utformade med decimaler. Det ger försökspersonerna större möjlighet att precisera sin sömnhetsgrad. Även för CR-10 uppstod en takeffekt efter ungefär vid samma tid som för KSS. CR-10 förlopp över tid hade en mer linjär karaktär medan KSS även kunde uppvisa ett kubiskt samband med tid. CR-10 är en skala som mäter subjektiv sömnhet minst lika bra som KSS skalan.

Förutom hjärtfrekvens och hjärtvariabilitet, visade EEG, reaktionstiderna, huvudrörelserna, sömnhetsskattningarna och skattningarna av ögonbesvaren ett likartat mönster. Dvs. det mesta av förändringen när personerna var sömndepriverade skedde inom den första timmen för att sedan plana ut under resten av försöken.



Figur 8. Schematisk bild över mönstret hos indikatorer när personerna antingen var sömndepriverade (över kurvan, heldragen linje) eller hade haft en normal sömn (nedre kurvan, streckade linjen). Bilden skall illustrera takeffekten.

Allmänna slutsatser

- Hjärtvariabilitet förefaller inte vara en bra sömnhetsindikator
- Alfa och theta indikerar sömnhets, men komplexiteten kring definitioner, analysen och den nödvändiga utrustningen medför att den är opraktisk att använda rutinmässigt i yrkesmässig trafik.
- Sömnhets-skattningar med CR-10 kan i egenskap av att vara unipolär och med en högre grad av upplösning var mer lämplig att använda för skattning av sömnhets.
- CR-10 kan anses vara validerad mot den mer välkända KSS skalan.
- Huvudrörelser förefaller vara en indikator på sömnhets. Förekomsten av förändringar tidigt i förloppet av sömnhetsutvecklingen stödjer detta. Tekniska implikationer av huvudrörelser torde inte vara allt för komplicerade att utveckla.

5. Sammanfattning

Sömn är ett basalt behov av stor vikt, precis som motion och näring. För lite sömn leder till en sömnskuld och vi kommer att uppleva oss sömniga. Sömnighet kan definieras en oförmåga att hålla sig vaken. Sömnighet har ökat i vårt dygnet-runt-samhälle. Uppskattningsvis lider ca en tredje del av befolkningen av sömnighet. Med ökad sömnighet ökar risken för olyckor.

Yrkesförare är en yrkesgrupp som på grund av sömnighet riskerar att råka ut för en trafikolycka. Det finns uppskattningar att upp till 40 % av lastbilsolyckor är relaterade till sömnighet. Bättre kunskap om mätinstrument och orsaker till sömnighet är därför ett viktigt led i att förebygga sömnighets relaterade olyckor.

I denna rapport redovisas både objektiva och subjektiva mätmetoder av sömnighet, hur dessa förhåller sig till varandra och över tid.

Tio försökspersonerna ingick i en laborativ studie med fyra försökstillfällen per försöksperson. Vid tre tillfällen hade de en provocerad sömnskuld (dvs. de var sömndepriverade). Den fjärde gången sov de en normal sömn. Under försöken mättes hjärnaktiviteten (EEG), hjärtaktivitet (HRV), reaktionstider, huvudrörelser och självskattning av sömnighet på två olika skalor (KSS, CR-10) samt besvär från ögon och besvär med tidsuppfattningar.

Resultaten indikerade att när försökspersonerna var sömndepriverade steg sömnighetsvärdena (dock ej för hjärtaktiviteten) inom den första timmen till ”max” nivå för att därefter ligga tämligen konstant. När försökspersonerna var utvilade, steg sömnighetsvärdena successivt över försöken. Av de testade mätmetoderna föreföll självskattning med sömnighetsskalan CR-10 och huvudrörelserna vara de mest pålitliga.

Forskning kring sömnighet i trafiken är en multidisciplinär verksamhet och en gemensam ansats är av största vikt för att bli utvecklade och förbättra mätmetoderna för sömnighet, finna enkla tekniska lösningar som accepteras av förarna och förbättra förarnas arbetsförhållande, så att god sömnhygien kan skapas.

6. Summary

Sleep is a basic need as important as physical fitness and good nutrition. Without enough sleep, we will create a sleep debt and experience sleepiness. Sleepiness can be defined as the inability to stay awake, a condition that has become a health problem in our 24-hour-7-day-a-week society. Estimates suggest that up to one-third of the population suffers from excessive sleepiness. Among other interactions, sleepiness affects our performance, increasing the risk of being involved in accidents. A considerable portion of work related accidents and injuries are related to sleepiness resulting in large costs for the individuals and society. Professional drivers are one example of workers who are at risk of sleepiness related accidents. Up to 40% of heavy truck accidents could be related to sleepiness. A better knowledge about reliable indicators and predictors of sleepiness is important in preventing sleepiness related accidents. This report investigates both objective and subjective indicators of sleepiness, how these relate to each other, and how their pattern changes over time.

Ten subjects participated four times in a laboratory study. In three of these four occasions the subjects were sleep deprived while they had a normal night of sleep in one of these four occasions. Measures were electroencephalography, heart rate variability, simple reaction time, headmovement, symptoms of sleepiness and subjective ratings of sleepiness.

The results indicate that when sleep deprived both objective and subjective ratings increase during the first hour of the test followed by a levelling off. This change in pattern was evident for all the indicators except heart rate and heart rate variability. The changes in pattern of the measures included in this report are analysed in the perspective of temporal patterns and relationships. Subjective ratings of sleepiness with CR-10 and head movements were considered to be the most reliable measures of sleepiness.

A multidisciplinary approach when investigating and implementing indicators and predictors of sleepiness is important. In addition to their actual relations to the development of sleepiness, factors such as technical and practical limitations, work, and individual and situational needs must be taken into account.

7. Referenser

- Akerstedt T (2000) Consensus statement: fatigue and accidents in transport operations. *J Sleep Res*, 9(4), 395.
- Akerstedt T, Fredlund P, Gillberg M & Jansson B (2002) A prospective study of fatal occupational accidents -- relationship to sleeping difficulties and occupational factors. *J Sleep Res*, 11(1), 69-71.
- Akerstedt T & Gillberg M (1990) Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci*, 52(1-2), 29-37.
- Borg G (1998) *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales.*: Human Kinetics, Leeds U.K.
- Broberg E (2000) Allvarliga arbetsolyckor. In: Marklund s ed. *Arbetsliv och Hälsa 2000*. Stockholm: Arbetslivsinstitutet och Arbetarskyddsstyrelsen.
- Canani SF, John AB, Raymundi MG, Schonwald S & Menna Barreto SS (2005) Prevalence of sleepiness in a group of Brazilian lorry drivers. *Public Health*, In Press, Corrected Proof.
- Dawn R ed. (2003) *National Survey of Distracted and Drowsy Driving Attitudes and Behavior: 2002. Volume I: Findings*. Washington, D.C.
- Dinges DF (1995) An overview of sleepiness and accidents. *J Sleep Res*, 4(S2), 4-14.
- Dureman E & Boden C (1972) Fatigue in simulated car driving. *Ergonomics*, 15(3), 299-308.
- Garbarino S, Nobili L, Beelke M, De Carli F & Ferrillo F (2001) The contributing role of sleepiness in highway vehicle accidents. *Sleep*, 24(2), 203-6.
- Gibson J, Mascord DJ & Starmer GA. (2004). *The Effects of Caffeine on the Development of Fatigue in a Prolonged Driving-Related Task*.
<http://www.druglibrary.org/schaffer/Misc/driving/s4p5.htm>. Available: 2004, febr 26.
- Gillberg M & Akerstedt T (1998) Sleep loss and performance: no "safe" duration of a monotonous task. *Physiol Behav*, 64(5), 599-604.
- Hakkanen H & Summala H (2000) Sleepiness at work among commercial truck drivers. *Sleep*, 23(1), 49-57.
- Hakkanen H & Summala H (2001) Fatal traffic accidents among trailer truck drivers and accident causes as viewed by other truck drivers. *Accid Anal Prev*, 33(2), 187-96.
- Kecklund G & Akerstedt T (1993) Sleepiness in long distance truck driving: an ambulatory EEG study of night driving. *Ergonomics*, 36(9), 1007-17.
- Landrigan CP, Rothschild JM, Cronin JW, Kaushal R, Burdick E, Katz JT, Lilly CM, Stone PH, Lockley SW, Bates DW & Czeisler CA (2004) Effect of reducing interns' work hours on serious medical errors in intensive care units. *N Engl J Med*, 351(18), 1838-48.
- Leger D (1994) The cost of sleep-related accidents: a report for the National Commission on Sleep Disorders Research. *Sleep*, 17(1), 84-93.
- Lockley SW, Cronin JW, Evans EE, Cade BE, Lee CJ, Landrigan CP, Rothschild JM, Katz JT, Lilly CM, Stone PH, Aeschbach D & Czeisler CA (2004) Effect of reducing interns' weekly work hours on sleep and attentional failures. *N Engl J Med*, 351(18), 1829-37.
- McCartt AT, Rohrbaugh JW, Hammer MC & Fuller SZ (2000) Factors associated with falling asleep at the wheel among long-distance truck drivers. *Accid Anal Prev*, 32(4), 493-504.
- National Transportation Safety Board (1996) *Safety Study. Factors That Affect Fatigue In Heavy Truck Accidents*. Washington, USA.

- NCSDR/NHTSA EXPERT PANEL. (2003). *Drowsy Driving and Automobile Crashes*. NHTSA People saving people. http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/drowsy_driving1/Drowsy.html. Available: http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/drowsy_driving1/Drowsy.html [2004, nov 2004].
- Popieul J, Simon P & Loslever P (2003) Using Driver's Head Movements Evolution as a Drowsiness Indicator. Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Columbus, Ohio, USA.
- Powell NB, Schechtman KB, Riley RW, Li K & Guilleminault C (2002) Sleepy driving: accidents and injury. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 126(3), 217-27.
- Riemersma JBJS, A.F. Wildervanck, C. Gaillard, A.W. (1977) Performance decrement during prolonged night driving. In: Mackie RR ed. *Vigilance. Theory, operational performance and physiological correlates*. Pp 41-58, New York: Plenum Press.

APPENDIX A

SÖMNSKALA A

1	mycket pigg
2	
3	pigg
4	
5	varken pigg eller sömnig
6	
7	sömnig, (men ej ansträngande att vara vaken)
8	
9	mycket sömning, kämpar mot sömnen

SÖMNSKALA B

0	Ingen alls	"Ingen I"
0.3		
0.5	Extremt svag	Knappt kännbar
0,7		
1	Mycket svag	
1.5		
2	Svag	Lätt
2.		
3	Måttligt	
4		
5	Stark	Tung Svår
6		
7		
8	Mycket stark	
9		
10	Extremt stark	"Starkaste I"
11		
∠		
•	Absolut maximun	

Sömnighet skala KSS till vänster och intensitetsskalan CR-10 till höger.

APPENDIX B

HR	-	Hjärtfrekvens
HRV	-	Hjärtvariabilitet
EEG	-	Elektroencefalografi
KSS	-	Karolinska Sleepiness Scale
CR-10	-	Category - Ratio Scale
pTOT	-	Totala power i hjärtvariabiliten