

Trötthet i samband med bilkörning

Översättning till svenska av avhandlingen Sleepiness at the wheel

Anna Anund

vti

FINDING A BETTER WAY



Lista över artiklar som ingår i avhandlingen

I

Torbjörn Åkerstedt, Björn Peters, **Anna Anund** and Göran Kecklund

Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study.

Journal of Sleep Research (2005) 14, 17–20

II

Anna Anund, Göran Kecklund, Albert Kircher, Andreas Tapani and Torbjörn Åkerstedt

The effects of driving situation on sleepiness indicators after sleep loss – a driving simulator study.

Industrial Health, Accepted

III

Anna Anund; Göran Kecklund; Anna Vadeby; Magnus Hjälmdahl; Torbjörn Åkerstedt

The alerting effect of hitting a rumble strip - a simulator study with sleepy drivers.

Accident Analysis and Prevention, (2008) 40, 1970–1976

IV

Anna Anund, Göran Kecklund, Björn Peters and Torbjörn Åkerstedt

Driver sleepiness and individual differences in preferences for Countermeasures.

Journal of Sleep Research, (2008) 17, 16–22

V

Anna Anund, Göran Kecklund, Björn Peters, Åsa Forsman, Arne Lowden and Torbjörn Åkerstedt

Driver impairment at night and its relation to physiological sleepiness.

Scandinavian Journal of Work Environment and Health, (2008) 34, 142–150

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Dödsfall och skador i trafiken	5
1.1.1	Ett allvarligt folkhälsoproblem	5
1.1.2	Orsaker till vägtrafikolyckor	5
1.2	Sömn, sömnighet och sömnreglering	7
1.2.1	Sömn och registrering av sömn	8
1.2.2	Sömnighet	8
1.2.3	Reglering av sömn/vakenhet	11
1.3	Sömnrelaterade trafikolyckor	12
1.3.1	Faktorer bakom sömnrelaterade olyckor	14
1.4	Motmedel	16
1.5	Syfte	18
2	Metod	20
2.1	Testpersoner	20
2.2	Utformning och scenario	20
2.3	Tillvägagångssätt	23
2.4	Mätning	24
2.4.1	Fysiologisk sömnighet och värden	24
2.4.2	KSS	25
2.4.3	Körbeteende	25
2.4.4	Frågeformulär	26
2.5	Statistik	27
3	Resultat	28
4	Diskussion	34
5	Slutsatser	46
6	Tack!	47
7	Litteraturförteckning	48

1 Inledning

Sömniga förare är en viktig orsak till trafikolyckor (NTSB, 1999). Syftet med denna avhandling är att förmedla ny kunskap om sömnhet och risken för olyckor på vägarna genom att undersöka försämrad körförmåga kopplad till sömnhet hos förare. Motmedel kommer också att lyftas fram.

Avhandlingen börjar med ett avsnitt om dödsfall och skador som ett folkhälsoproblem och hur sömnhet hos förare inverkar på trafikolyckor. Därefter följer ett avsnitt som beskriver sömn, trötthet och grundläggande reglering av sömn och uppvaknande. Nästa avsnitt handlar om sömnhetsrelaterade trafikolyckors orsaker och kännetecken. Avslutningsvis diskuteras några motmedel mot sömnhet.

1.1 Dödsfall och skador i trafiken

1.1.1 Ett allvarligt folkhälsoproblem

Enligt uppgifter från WHO (Peden, McGee & Sharma, 2002) svarar dödsfall, resulterande från trafikolycksskador för ca 25 % av alla skaderelaterade dödsfall. I hela världen beräknas nästan 1,2 miljoner människor dödas i trafiken varje år, medan antalet skadade kan vara så högt som 50 miljoner (Peden et al., 2004). Skador och dödsfall tillsammans representerar 12 % av den globala sjukdomsburden, den tredje viktigaste generella dödsorsaken och den främsta dödsorsaken bland människor mellan 1 och 40 år. Globalt sett är trafikolyckor orsaken till den största delen skador som leder till dödsfall. Det totala antalet skador inklusive dödsfall i trafikolyckor beräknas stiga med ca 65 % mellan år 2000 och år 2020 (Peden et al., 2002).

Även i Europa är trafikolyckor på vägarna ett stort folkhälsoproblem, med ca 127 000 dödade och 2,4 miljoner skadade varje år. Vägtrafikolyckor är den främsta dödsorsaken bland unga människor i Europa och förespås öka i länder med låg- eller mellaninkomstnivå allt eftersom bilismen ökar (Racioppi, Eriksson, Tingvall & Villaveces, 2004). WHO har efterlyst forskning om *“att förbättra evidensbasen för hur olyckor rapporteras, traumavård (t.ex. vätskersättning och hantering av huvudskador) och rehabilitering, räddning (t.ex. användning av helikoptrar och ambulanser) och för åtgärder relaterade till sådana riskfaktorer som alkohol, trötthet, mediciner och rekreativ drog”* (Racioppi et al., 2004).

I Sverige antog regeringen en nollvision för vägtrafikolyckor redan 1997. Den nuvarande trenden ligger dock inte i linje med denna nollvision – år 2006 dödades 445 människor i trafiken medan 3 959 personer rapporterades som allvarligt skadade och 22 677 som lätt skadade enligt den officiella statistiken (Vägtrafikskador, 2006).

1.1.2 Orsaker till vägtrafikolyckor

Förebyggande insatser för att minska antalet vägtrafikolyckor har hög prioritet i de flesta länder. Detta kräver en tydlig förståelse av trafikolyckors orsaker. Det finns ingen teori som är allmänt accepterad av dem som arbetar med trafiksäkerhet och som förklarar förarnas beteende och dess samband med händelser som leder till skador och dödsfall i trafiken (Michon, 1985). En översikt av olika synsätt som är av intresse vad gäller förarsömnhet presenteras därför här nedan.

Analyser av data från olyckor har lett till ett antal olika sätt att betrakta orsakerna till vägtrafikolyckor. En av dessa är Haddon-matrisen (Haddon, 1972). I Haddon-matrisen kan inverkan av både människa, fordon/utrustning och miljö (både fysisk och socialekonomisk) och motmedel på skador och dödsfall beskrivas i tre faser: före olyckan, själva olyckan och efter olyckan. Huvudorsaken till vägtrafikolyckor är ”den mänskliga faktorn” (i motsats till mekaniska fel, väderförhållanden), den är inblandad i ca 90 % av olyckorna (Glendon, Clarke & Mckenna, 2006). Några av de viktigaste modellerna bakom förarbeteende och olyckor sammanfattas här nedan.

Olika teorier och modeller har varit i fokus över åren. Det finns modeller som pekar på att det finns vissa typer av förare som oftare är inblandade i trafikolyckor och hävdar att dessa orsakas av en ”benägenhet för olyckor” (Glendon et al., 2006; Greenwood & Woods, 1919) och andra som beskriver föraren som ett offer för en alltför krävande miljö (Rumar, 1985) och ytterligare andra som beskriver motivationsaspekter i hur förarna sköter sin uppgift. Av de sistnämnda är de som oftast används riskhomeostas-teorin (Wilde, 1988), nollriskteorin (Näätänen & Summala, 1976) och teorin om riskundvikande (Fuller, 1984). Dessa synsätt beskriver risk som antingen en kvantitet som skall styras eller någonting som skall undvikas.

Historiskt sett har de flesta förarbeteendemodellerna haft ett olycksperspektiv. Inriktningen har skiftat över åren mot förarbeteende utan någon koppling till olyckor (Ranney, 1994). Utgångspunkten för dessa modeller är ofta en kontrollteori- eller kontrollprocessperspektiv. Rasmussen (1984) beskriver beslutet och kontrollprocessen i relation till fordonskörning med hjälp av olika hierarkiska nivåer: kunskaps-, färdighets- och regelbaserade. Skillnaden beror huvudsakligen på hur pass bekant föraren är med den aktuella situationen. Reason (1990) kompletterade denna modell med en mekanism för att beskriva sambandet mellan dessa nivåer och mänskliga fel klassificerade som tabbar, lapsusar och misstag. Reason hävdar att en serie planerade aktiviteter kanske inte uppnår önskat resultat därför att personens ageranden inte förlöpte som planerat eller därför att själva planen var bristfällig. Han delade upp detta i ”*planering, lagring och utförande*”.

Michon (1985) delade upp föraruppgiften i tre nivåer: en strategisk, en taktisk och en operativ nivå. På den strategiska nivån hanteras resans allmänna planering, till exempel färdväg och förberedelser inför resan. På den taktiska nivån manövrerar föraren fordonet, till exempel för att svänga eller anpassa avståndet till fordonet framför eller bakom. Slutligen, på den operativa nivån, utför föraren vissa enkla åtgärder som är automatiska, till exempel växla, vrida ratten etc. På den strategiska nivån är detta inte en kritisk aspekt för framgång. Tidsbrist blir en allt viktigare faktor då uppgiften utförs automatiskt. Ranny (1994) kombinerade Rasmussens och Michons modeller i en matris som beskriver föraruppgiften och behovet av information i relation till förarnas vana och kunskap. Individens beteende påverkas också av andra faktorer, som till exempel erfarenhet, ålder och kön (Groeger & Brown, 1989). Kön har kopplingar till flera faktorer, till exempel upplevelsesökande bland män (Clarke, Ward, Bartle & Truman, 2006), överskattning av sin egen förmåga bland unga förare (Gregersen, 1996) och körning under svåra förhållanden (t.ex. i dåligt väder eller sent på natten) (Forsyth, Maycock & Sexton, 1995). Det betonas att nuvarande fokus på ”förarsömnighet” varken har ingått eller diskuterats i modellerna. Men eftersom sömnbrist, alltför långa vakna perioder och att vara vaken nattetid har allvarliga negativa effekter på vad människor förmår prestera (se nedan), är det troligt att förarsömnighet kommer att minska förarens kritiska uppmärksamhet och högre kognitiva funktioner (t.ex. beslutsfattande och riskuppfattning), vilket kan leda till trafikolyckor.

Diskussioner om orsakerna till trafikolyckor fokuserar vanligen, men inte alltid, på fasen före olyckan ("pre-crash") och i synnerhet på det mänskliga beteendet. Den operativa orsaken till olyckan kan vara sådana beteenden som hög fart, farlig omkörning eller ouppmärksamhet. Dessa kan ses som taktiska eller strategiska beteenden och kan till exempel bero på alkohol-/droganvändning, otillräcklig förarskicklighet, stress, aggression eller upplevelsesökande (Glendon et al., 2006). Alkohol är kanske den enskilt vanligaste orsaken till trafikolyckor; ca 25 % av förarna inblandade i trafikolyckor med dödlig utgång i Sverige har lagstridigt höga nivåer av alkohol i blodet (>2 ‰) (Ahlm, Björnstig & Öström, 2009). Förekomsten av rattfylleri i Sverige har uppskattats till 0,24 procent (Forsman, Gustavsson, & Varedian, 2007).

Avhandlingen tillför ännu en strategisk orsak till trafikolyckor – trötthet eller sömnhet hos föraren. Trötthetsrelaterade trafikolyckor var länge inte intressanta för myndigheter och allmänheten, eftersom de ansågs förekomma mycket sällan. Siffrorna har varierat mellan 1 och 3 procent (Larsson & Anund, 2002; Lisper, 1977; Stutts, Wilkins, Osberg, & Vaughn, 2003). Samtidigt har vetenskapliga uppskattningar visat på värden mellan 10 och 30 procent (Connor, Whitlock, Norton & Jackson, 2001; Horne & Reyner, 1995b, 1995c; Maycock, 1997; Stutts, Wilkins & Vaughn, 1999).

I fältstudier med videoinspelning under längre tid av föraren och trafiksituationen (Dingus, Neale, Klauer, Petersen & Carroll, 2006; Hanowski, Wierwille & Dingus, 2003) visade det sig att sömnhet var huvudorsaken till självförvållade trafikolyckor/trafiktillbud. National Transportation Safety Board (NTSB) i USA har pekat ut sömnhet som en av de viktigaste bidragande orsakerna till trafikolyckor (NTSB, 1999) och det finns en bred vetenskaplig enighet kring detta (Åkerstedt, 2000). Det har nyligen även visats att sömnhet kan vara en ännu viktigare orsak till trafikolyckor än alkohol och att de två faktorerna samspekar på ett dramatiskt sätt (Åkerstedt, Connor, Gray & Kecklund, 2008).

Troligen har denna diskrepans mellan vetenskapliga data och officiell statistik sin grund i bristen på ändamålsenliga och metodologiska verktyg för att bedöma olycksorsaken och avsaknaden av standardiserade officiella rapporteringsrutiner. Flertalet officiella register hämtar därför fortfarande inte in relevant information om förartrötthet/sömnhet i samband med trafikolyckor på ett systematiskt sätt. Undantag finns dock, nämligen den kanadensiska polisen och vissa delstater i USA (Gertler, Popkin, Nelson & O'Neil, 2002). Det tycks finnas ett behov av att vidga trafikforskningen till att även omfatta sömnhet/trötthet. Detta kan vara speciellt relevant i Sverige eftersom registerstudier på folkhälsoområdet har visat att sömnhet är ett växande problem bland människor i Sverige (Statistiska centralbyrån, 2006). I denna nationella undersökning uppgav 30 % av kvinnorna och 20 % av männen att de hade sömnproblem. Det var också tydligt att sömnproblem är på uppgång och att speciellt unga människor lider av detta. Det är troligt att sådana förändringar kan inverka på trafiksäkerheten.

1.2 Sömn, sömnhet och sömnreglering

Fokus på sömnhet hos förare och körning kräver en diskussion kring definitionen, registreringen och regleringen av sömnhet och sömn. Nedan följer en kort introduktion.

1.2.1 Sömn och registrering av sömn

Sömnighet är resultatet av förändringar i ett flertal reglerande faktorer. Den viktigaste av dessa är sömn. Det finns ingen klar definition av sömn baserad på beteende. Carskadon & Dement (1989) lade fram en allmän definition som säger att *”sömn är ett reversibelt beteendetillstånd av sinnesmässig bortkoppling av omgivningen och oemottaglighet för stimuli från omgivningen”*.

Traditionellt har mätning av sömn utförts med hjälp av polysomnografi (PSG) som kombinerar mätning av den elektriska aktiviteten i hjärnbarken (EEG), ögonrörelser (EOG) och tonus i skelettmuskulatur (EMG) för att bestämma sömnens olika stadier. Registrerad data kategoriseras visuellt för en till två typer av EEG-aktivitet (Rechtschaffen & Kales, 1968). Vakenhet kallas Stadium 0. Sömn delas in i REM (Rapid Eye Movement-sömn) och NREM (Non Rapid Eye Movement-sömn). Ett REM/NREM-block omfattar ca 90 minuter och repeteras flera gånger medan man sover. NREM-sömn är indelad i 4 stadier, med sjunkande frekvens och ökande amplitud. Första stadiet förekommer huvudsakligen under insomning och när sömn är allvarligt rubbad. På detta stadium försvinner alfarytmer (8–12 Hz) – alfavågor utgör det normala mönstret när vi kopplar av och blundar och ersätts av thetaaktivitet (4–7 Hz). Andra stadiet domineras av thetavågor. Stadierna 1 och 2 kallas tillsammans för lätt eller ytlig sömn. Under 2:a stadiet observeras även sömnspolning (sömnspindlar) (12–14 Hz). Stadierna 3 och 4 kallas SWS-sömn (Slow Wave Sleep) och här är det huvudsakligen deltaaktivitet (0,5–4 Hz) som observeras. Amplituden på stadium 4 är över 75 mikrovolt. Stadium 4 uppnås då 50 % av en epok (20 eller 30 sekunder) innehåller deltavågor av hög amplitud. Insomning kännetecknas också av långsamma ögonrörelser. De fysiologiska karaktäristika hos ofrivillig insomning, till exempel dåsande, beskrivs i avsnitt **Fel! Hittar inte referensälla.**

Den visuella indelningen tar lång tid och endast en bråkdel av variabiliteten kan uppfattas av det mänskliga ögat. Ett annat sätt att analysera EEG är genom datorbaserade analyser med olika filtreringstekniker (Rémond, 1979). Ytterligare ett sätt är att använda den spektrala analys som delar upp EEG-mönstret i dess ingående frekvenser, till exempel med hjälp av Fast Fourier Transformation (FFT).

1.2.2 Sömnighet

Aldrich (1989) definierade sömnighet som *”en fysiologisk drift som vanligtvis är ett resultat av sömnbrist”*. Ytterligare en definition är den som Broughton (1989) lagt fram: *”den subjektiva känslan av att man behöver sova”*. Kleitman (1963) påstår att sömnighet består av *”en serie mellantillstånd, delvis vakna och delvis sömniga, i varierande proportioner”*. Ur operativ synvinkel har sömnighet också definierats som *”en fysiologisk drift att somna”* (Dement & Carskadon, 1982).

Trötthet är ett närbesläktat begrepp och syftar på oförmåga eller ovilja att fortsätta med en aktivitet, i allmänhet därför att aktiviteten har, på något sätt, pågått *”för länge”* (Bartley & Chute, 1947; Broadbent, 1979; Brown, 1997; Brown, 1994; Grandjean, 1979). Trötthet anses ofta vara ett generiskt begrepp och sömnighet en av dess huvudkomponenter. I denna avhandling kommer huvudsakligen termen *sömnighet* att användas.

Vanligtvis registreras sömnighet fysiologiskt med hjälp av polysomnografi (PSG). Mätningen fokuserar normalt på övergångar mellan stadierna 0 (vakenhet) och 1 (Rechtschaffen & Kales, 1968). Multiple Sleep Latency Test (Carskadon et al., 1986)

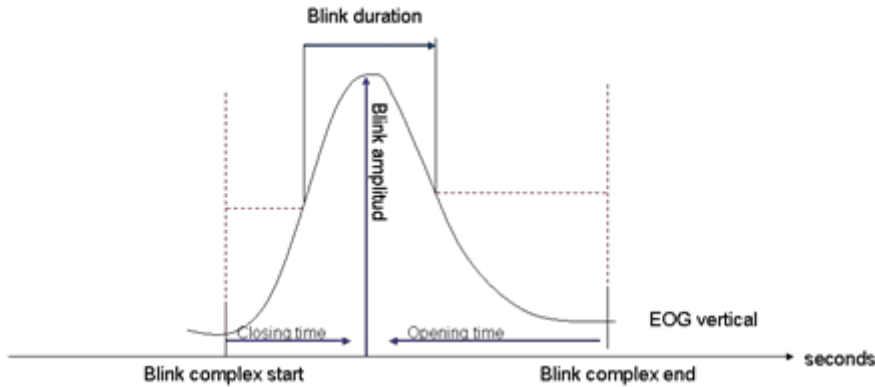
och Maintenance of Wakefulness Test (Mitler, Gujavarty & Broman, 1982) betraktas som ”referenstester” och utfallet är tiden innan sömn inträffar (t.ex. 1:a stadiets sömnepok).

Båda dessa tester är dock diskreta (ofta med mätningar varannan timme under dagtid) och inte lämpliga för kontinuerlig mätning. Ett alternativ är att använda procentandelen tid med tecken på sömn, till exempel theta- eller alfaaktivitet och långsamma, rullande ögonrörelser (Åkerstedt, 1990). Båda ökar ju längre tid man är vaken och ju större sömnbrist man har. En sömnhetsmätningmodell av denna typ utvecklades av Valley & Broughton (1983) med olika nivåer av stadium 1-sömn för att kunna identifiera sömnhetsnivå före sömn med högre noggrannhet. En liknande metod har utvecklats av Sallinen et al. (2004) och en mer detaljerad metod av Santamaria et al. (1987).

Karolinska Drowsiness Score (KDS) är en annan metod som klassificerar polysomnografiska data beroende på förekomsten av alfa- eller thetaaktivitet och långsamma ögonrörelser (Gillberg, Kecklund & Åkerstedt, 1996; Lowden, Holmbäck et al., 2004). Klassificeringen utförs i tvåsekundepoker som ger kontinuerliga mätvärden (0–100 %, i 10 procentsteg från varje 20- eller 30-sekundepok).

Utöver visuella metoder kan spektral EEG-analys och liknande metoder användas för automatisk kvantifiering av mängden alfa- och thetaaktivitet (Armington & Mitnick, 1959; Daniel, 1967; Santamaria & Chiappa, 1987).

Stark känslighet för sömnbrist visas också av de EOG-baserade mätningarna av blinklängd i laboratorieförsök (Caffier, Erdmann & Ullsperger, 2003) och köringsstudier (Horne & Baulk, 2004; Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006). Blinklängden hos en vaken normalindivid är ca 0,10 sekunder och 0,20 sekunder vid sömnbrist (Caffier et al., 2003). Blinklängd verkar också vara uppgiftsberoende. Även andra blinkparametrar har en stark koppling till sömnhetsnivå, i synnerhet den tid det tar att öppna ögonlocket och hur snabbt det stängs (Schleicher, Galley, Briest & Galley, 2008), och förhållandet mellan amplitud och öppning och stängning av ögonlocket (Johns & Tucker, 2005). Figur 1 visar några mätningssätt från mätning av blinkförloppet. Vissa forskare har funnit att blink är känslig som sömnhetsmått (Campagne, Pebayle & Muzet, 2005; Summala, Häkkänen, Mikkola & Sinkkonen, 1999). Stern et al. (1994) studerade blink som en möjlig indikator av psykisk trötthet. Deras slutsats var att blink ökade som en funktion av den tid som uppgiften varar. Blinkfrekvensen varierar normalt mellan 10 och 20 blinkningar i minuten. Det konstateras i många fall att blinkfrekvensen minskar vid ökande visuella krav eller när uppgiften blir svårare (Stern et al., 1994). Vid läsning kan blinkfrekvensen minska till fem blinkningar i minuten. En gammal studie utförd av Drew (1951) visade att blinkfrekvensen minskade vid stadskörning, med hög trafiktäthet, jämfört med körning på landsvägar.



Figur 1 Principerna för vissa mätningar beräknade från blinkförloppet. Blinklängd beskrivs här som blinklängd över halva EOG-amplituden under blinkförloppet; blinklängden mäts i mikrovolter. Öppnings- och stängningshastigheten beskrivs i mikrovolter/sekund.

Blinkfrekvensen påverkas dock av många faktorer och är därför inte specifik vad gäller sömnhighet. Det är också viktigt att komma ihåg att stängning av ögonlocken inte alltid sker vid tidpunkten då sömn inträffar (Miles, 1929). Istället för EOG-baserade mätningar skulle kamerabaserade ögonrörelser (Ji, Zhu & Lan, 2004) kunna användas för att kvantifiera ögonrörelserna. Visuella indikatorer av sömnhighet är blinkförloppet, inklusive blinkfrekvens, blinklängd, tid att stänga/öppna, blick och ibland även ryckiga ögonrörelser. Detta är en diskret metod som är starkt beroende av sensorernas kvalitet och därför känslig för till exempel solljus, användning av glasögon, etc. Dessutom skulle beteendemässiga tecken på sömnhighet såsom kroppsrörelser, gester, tonen i ansiktet och huvudrörelser (Wierwille & Ellsworth, 1994) kunna användas som mått på sömnhighet. Dessa är också baserade på kameror och analyser av videofilmer eller subjektiva bedömningar.

Retroaktiva bedömningar av subjektiv sömnhighet är det enklaste sättet att mäta förarsömnhighet. Det finns ett antal olika bedömningsskalor men flera är av typen Visuellt Analog Skala (VAS). En VAS är vanligtvis en horisontell linje, 100 mm lång, med ett tillstånd uttryckt i ord i vardera ända, till exempel från "klarvaken" till "mycket sömning". En annan metod är Stanford Sleepiness Scale (SSS) (Hoddes, Zarcone, Smythe, Phillips & Dement, 1973) som använder en justegsskala av Likert-typ från 1=känner sig aktiv och vital; pigg; klarvaken till 7=har nästan förlorat koncentrationen; somnar snart; svårt att hålla sig vaken.

En liknande typ av skala är Karolinska Sleepiness Scale (KSS). KSS sträcker sig från 1–9, där 7 (sömnig men inga problem att hålla sig vaken) utgör en kritisk nivå. På nivåerna lägre än 7 är fysiologiska och beteendemässiga tecken på sömnhighet sällsynta medan de ökar påtagligt vid 8 och 9 (Åkerstedt & Gillberg, 1990). Studier har visat att förändringar enligt KSS har ett nära samband med olycksrisk i körsimulatorer (Horne & Baulk, 2004; Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006; Reyner & Horne, 1998).

Epworth Sleepiness Scale (ESS) är också en subjektiv skala men används för att bestämma egenskapslik (subjektiv) sömnhighet (Johns, 1991). Den används för att beskriva den allmänna nivån av dagtidssömnhighet i situationer som till exempel att sitta och läsa en bok, titta på TV, sitta som passagerare i en bil i en timme utan avbrott. Den är inte lämplig för upprepad mätning av sömnhighet.

1.2.3 Reglering av sömn/vakenhet

Konsekvensen av sömnhet på bilkörning beror i stor utsträckning på avvikelser från optimal sömnreglering. Huvudsyftet med de normala reglerande komponenterna (sömn-homeostasen och dygnsrytmen) är att förse individen med en tillräckligt hög nivå av pigghet under större delen av den normala vakna perioden (Czeisler, Dijk & Duffy, 1994). Avvikelser från det optimala mönstret resulterar i en suboptimal vakenhetsnivå. Regleringen av sömn och vakenhet diskuteras här nedan tillsammans med andra faktorer som påverkar sömnhet.

Sömnreglering

Den fundamentala sömnregulatorn är homeostasen. Den omfattar tiden sedan senaste uppvaknandet och mängden föregående sömn. När tiden sedan föregående sömnperiod ökar (Dijk & Czeisler, 1995) och mängden föregående sömn minskar (Jewett, Dijk, Kronauer & Dinges, 1999), ökar både sömnlängd och mängden Slow Wave Sleep (SWS), medan sömnfragmentering och vaken tid minskar. Strukturerna bakom denna reglering är hypotalamus, som avläser hur djup sömn som behövs, och thalamus, som reagerar på tolkningen av sömnbehovet och driver sömnprocessen tillsammans med hjärnbarken. Den andra sömnregulatorn är den biologiska klockan med dess huvudstruktur även den inuti hypotalamus (de suprachiasmatiska kärnorna, SCN) (Saper et al., 2005). Dessa gör att metabolismen ökar och minskar rytmiskt över en 24-timmarscykel. Denna rytm återfinns i de flesta fysiologiska system och metaboliska nyckelvariabler och visar tydliga toppar under dagtid ("acofas") som till exempel kortisol (ca kl. 6), kroppstemperatur (ca kl. 16) eller melatonin (ca kl. 4). Rytmens lägsta punkt inträffar normalt under motsatt fas (dvs. 12 timmar efter toppen). Effekten på sömn är stimulering av sömn under perioder med låg metabolism ("cirkadisk bottenpunkt") och störning av sömn under perioderna med hög metabolism ("cirkadisk topp") (Czeisler, Weitzman, Moore-Ede, Zimmerman & Knauer, 1980). Sammanfattningsvis innebär detta att ju senare man somnar desto kortare tid sover man. Sömn som startar kl. 23 varar 7–8 timmar, medan sömn som startar kl. 11 varar 4–5 timmar (Åkerstedt & Gillberg, 1981).

Sömnhet

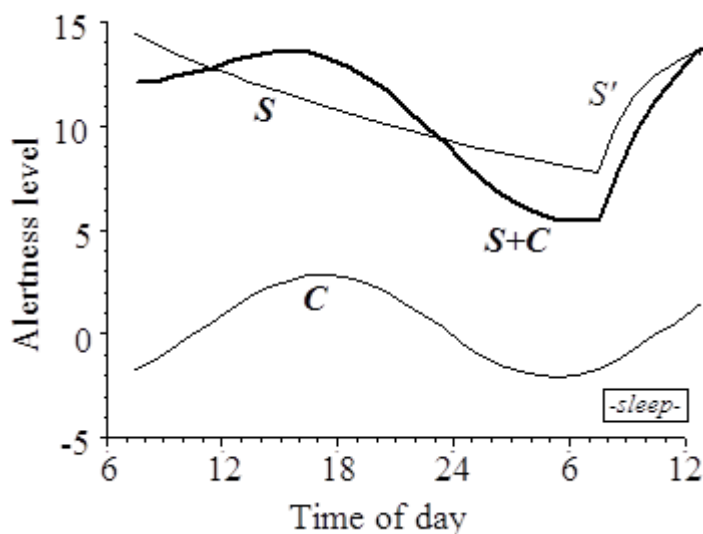
Ju längre tid man är vaken ju mer minskar den subjektiva piggheten och prestationsförmågan på ett omvänt exponentiellt sätt mot en asymptot (Fröberg, Karlsson, Levi & Lidberg, 1972). Processen är snabbare i början och börjar plana ut efter 24 timmar. Efter 48 timmar finns mycket lite pigghet eller prestationsförmåga kvar. En person kan dock hålla sig vaken i ytterligare ett antal dagar om hon/han stimuleras tillräckligt, men med mycket låg funktionsnivå (Kales et al., 1970). Utöver denna avtagande tendens påverkas personens funktionsförmåga även av dygnsrytmen som gör personen piggare under dagen även om hon/han inte har sovit under natten (Fröberg et al., 1972). Förutom dygnsrytmens inverkan på sömnhet bör man också beakta den lokala minskningen av piggheten under eftermiddagen, som verkar ha en egen rytm (Lavie, 1986).

Dessa reglerande faktorer har kombinerats i kvantitativa modeller för regleringen av sömn och vakenhet. Den ursprungliga idén lades fram av Borbély (1982). Modellen bygger på två grundläggande processer: en cirkadisk och en homeostatisk (sömnlängd och SWS-förloppet (Slow Wave Sleep)). Ett annat angreppssätt är den så kallade Three Process Model of Alertness, som presenterades för första gången 1987 (Folkard &

Åkerstedt, 1987; Folkard & Åkerstedt, 1991) och som genomgått omfattande validering. Modellen skulle kunna användas för att presentera en integrerad och kvantitativ beskrivning av huvudfaktorerna som påverkar pigghet och pigghetsrelaterad prestation. Den skulle även kunna användas för att förutsäga pigghet på basis av kunskap om sömn- och vakenhetsmönster eller enbart arbetsmönster. Pigghet kan förutsägas med utgångspunkt i tre parametrar: S, C, och W (se figur 2). **Process S** är en exponentiell funktion av tiden sedan uppvaknandet; den är hög vid uppvaknande, faller snabbt i början och successivt närmar sig en lägre asymptot. Vid insomnandet reverseras Process S och kallas **S'** och återhämtning sker på ett exponentiellt sätt som till att börja med ökar mycket snabbt för att sedan plana ut mot en högre asymptot. **Process C** visar sömnighet orsakad av dygnsrytmsfaktorer (cirkadiska faktorer) och är sinusformad med en topp under eftermiddagen.

Total återhämtning tar normalt 8 timmar. Den sista komponenten är uppvaknande, **Process W**, eller sömntröghet. Sömntröghet är ett tillstånd som inträffar efter uppvaknandet och som höjer sömnighetsnivån. Den sömnighetshöjande effekten av sömntröghet inträffar vanligtvis mellan 30 till 60 minuter efter uppvaknandet, men kan ökas vid otillräcklig sömn eller uppvaknande vid dygnsrytmens lågpunkt.

”Treprocessmodellen” har visat sig kunna förutsäga trafikolyckor med hög känslighet (Åkerstedt et al., 2008).



Figur 2 S (exponentiell funktion av tiden sedan uppvaknandet) och C (dygnsrytmsfaktorer).

1.3 Sömnrelaterade trafikolyckor

För att kunna förstå och förebygga sömnrelaterade trafikolyckor måste man först beskriva hur fysiologin och beteendet förändras när en sömnig förare kör sitt fordon och vad som utlöser det försämrade beteendet som ligger bakom en trafikolycka.

Indikatorer

De fysiologiska och beteendemässiga förändringarna av sömnighet har tidigare beskrivits i allmänna termer. Många av dessa mått är också tillämpbara på körning då

föraren är sömning. Många mått/indikatorer är dock specifika för körning eller åtminstone behöver anpassas till körning. Det är svårt att hitta relevanta mått som beskriver förändringar i körbeteende som orsakats av sömning. En möjlig orsak till detta, som lades fram av Brown och hans kollegor för nästan 50 år sedan (1962), skulle kunna vara att normal körning är en uppgift som innehåller ett stort mått av automatik. En sömning förare kan därför kanske klara ganska enkel körning tämligen väl, trots att hans eller hennes funktionsförmåga är märkbart försämrad. Under enkel, automatisk körning kommer därför de negativa effekterna av sömning på körprestationen att vara svåra att observera. Vissa kritiska situationer, vilka förmodligen sällan inträffar, påverkas kanske mer av sömning. Det är troligare att körning i sådana situationer försämras mer även med måttlig sömning än rutinmässiga uppgifter (som är beroende av höga automatiska färdigheter) (Lisper, 1977). Vi bör komma ihåg att vår kunskap om samspelet mellan körningsscenario och sömningens nivå är mycket begränsad och att mycket av forskning- en berör enkel körning utan svårare, mer komplexa, situationer.

Ett objektiva sätt att mäta sömning är genom körningsparametrar kopplade till försämrad prestation vid sömning körning. Vanliga mått för förarsömning, både i simulatorer och under realistiska förhållanden, är sådana som är relaterade till **variation i lateral position** (O'Hanlon & Kelly, 1974; Otmani, Pebayle, Roge & Muzet, 2005; Philip et al., 2005), som ökar allt eftersom föraren blir sömningare. Lateral position är lätt att mäta i en simulator men svårare att mäta på riktiga vägar på grund av begränsningar i sensorerna. Ett mått som är baserat på redan existerande sensorer är **rattreturhastigheten**. Måttet är dock svårt att beräkna eftersom det kräver identifiering av signalens maximum och minimum. Ett antal tröskelvärden har använts (Otmani, Pebayle et al., 2005; Wierwille, Ellsworth, Wreggit, Fairbanks & Kim, 1994) med olika resultat. **Hastighets- avvikelser** (gentemot den skyltade hastigheten) har också visat sig ha vissa samband med sömning (Arndt, Wilde, Munt & MacLean, 2001; Campagne et al., 2005), men kan också påverkas av en mängd andra faktorer. Många av de variabler som nämnts här ovan har testats i stödsystem för förare för att varna om överhängande fara orsakad av en hög sömningens nivå (Dinges & Mallis, 1998).

Mätning av **hjärnvågor** har varit en annan populär variabel i samband med undersökningar av sömning bakom ratten. Spektral analys av EEG verkar vara dominerande i studier av förarsömning i detta avseende (Lal & Graig, 2002). EEG:s spektrala innehåll omfattar dock inte en definition av sömning, vilken skulle vara användbar i beräkningar av sömning i utvärderingen av resultaten. Som nämnts tidigare i diskussionen om sömningens mått finns det ett antal olika synsätt (Åkerstedt, 1990; Sallinen et al., 2004; Santamaria & Chiappa, 1987). Ett annat metodologiskt problem är att EEG-signalen ofta innehåller mycket brus, huvudsakligen från rörelser. Borttagandet av ljud orsakat av föremål kan leda till tämligen stora dataförluster, vilket gör det omöjligt att utveckla automatiska upptäckts- och varningssystem. Resultat från simulatorstudier visar att bland de fysiologiska parametrarna verkar ökad frekvens i EEG:s alfa- och thetaområden vara av intresse (Horne & Baulk, 2004; Horne & Reyner, 1999; Sarah Otmani, Joceline & Alain, 2005), men även parametrar baserade på **blinkbeteende** (Wierwille & Ellsworth, 1994), i synnerhet blinklängd, är känsliga för variationer i pigghet och kan innebära längre blink (Dinges, Maislin, Brewster, Krueger & Carroll, 2005) eller långsamma, rullande ögonrörelser under körning (Åkerstedt et al., 1990).

En annan observation från tidigare forskning är att kontrollerad sömning har använts för att framkalla sömning och sedan har det allmänna beteendet (under hela körningen) av sömningens variabler observerats och därefter har slutsatser dragits om fysiologiska och beteendemässiga förändringar. Det finns dock mycket få studier där man har

försökt beskriva de detaljerade fysiologiska och beteendemässiga förändringarna som omedelbart föregår *en händelse* av intresse, dvs. en olycka eller avåkning (som definieras som två hjul utanför körbanan). Sådan detaljerad information kan registreras i välkontrollerade simulatorstudier. Simulatorer kan användas för att samla in uppgifter om vad som föregår farlig körning, till exempel att det kanske finns en tydlig sömnhetsändring i fasen före incidenten, och för att ge en djupare insikt om sambandet mellan sömnhetsändring och allvarliga incidenter som under vissa förhållanden skulle leda till en olycka. Man undrar till exempel om sömnhetsändring i den vakna EEG:n, långa blundningar eller vandring mellan körfält förekommer omedelbart före en olycka. Hur ser sömnhetsindikatorernas dynamik ut? Är sömnhetsanfallet abrupt och snabbt eller utvecklas det långsamt? Är föraren medveten om hennes eller hans sömnhetsnivå? Det senare har lagts fram av Reyner et al., (1998). Indirekt visar samma grupp också att incidenterna i en simulator, uppstår vid höga nivåer av alfa- plus thetaaktivitet, men beskriver inte specifikt de förändringar som leder till en incident eller en olycka.

1.3.1 Faktorer bakom sömnrelaterade olyckor

Huvudorsakerna bakom sömnhetsändring har tidigare diskuterats i allmän betydelse. Här fokuserar jag på vad som är känt om de specifika orsakerna till sömnrelaterade trafikolyckor eller åtminstone till sömnhetsändring bakom ratten.

Denna avhandling fokuserar inte på sömnhetsändring som en orsak till trafikolyckor men dessa störningar utgör helt klart en viktig orsak. Sömnhetsändring och sömnlöshet (George, 2007) är därmed kopplade till ökningen i antalet trafikolyckor. Det har också visats att förare med obehandlad sömnhetsändring löper större risk för avåkning (Philip et al., 2008) och flera internationella consensusdokument har fastställt betydelsen av störande sömnhetsändring som en viktig faktor bakom trafikolyckor (Alonderis et al., 2008). Sömnlöshet verkar inte ha studerats i detta avseende.

Arbetstid och sömnhetsvanor verkar vara lika viktiga faktorer. Till exempel ökar nattkörning risken för trafikolyckor mångfalt (5–6 ånger) (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Connor et al., 2001; Horne & Reyner, 1995b). Nattdriftarbete är också kopplat till ökad sömnhetsändring (Åkerstedt, 1998; Mitler, Miller, Lipsitz, Walsh & Wylie, 1997) och studier har visat att lokförare (Torsvall & Åkerstedt, 1987), lastbilsförare (Kecklund & Åkerstedt, 1993; Mitler et al., 1997), piloter (Samel et al., 1997), processoperatörer (Torsvall, Åkerstedt, Gillander & Knutsson, 1989) och andra visar tydliga sömnlöshetsändring EEG-mönster när de arbetar på natten. Det sistnämnda har också demonstrerats i lastbilssimulator (Gillberg et al., 1996). Hemkörning efter nattdriftarbete är också kopplad till minst en fördubbling av risken för en olycka (Gold et al., 1992; Stutts et al., 2003). Inga studier verkar dock finnas om körprestation eller fysiologiska indikatorer av sömnhetsändring. Avhandlingen tar upp detta i två av de underliggande studierna (I och II).

Olycksrisken är också högre vid längre körtid (Hamelin, 1987). Effekterna är dock sammanblandade med andra faktorer som tid på dagen, den tid som föraren varit vaken och föregående sömn, vilka ofta samvarierar med den körda distansen. Sagaspe et al. har dock nyligen demonstrerat, med erforderlig kontroll av dessa faktorer, en uttalad nedsättning vid längre körning på natten.

Sömnlängden skulle kanske kunna förväntas vara relaterad till ökad olycksrisk men mycket få studier existerar. En studie av Connor et al. (2002) visade att mindre än fem timmars sömn var kopplad till en fördubbling av olycksrisken. Vad gäller simulator-

studier av sömning körning verkar så gott som alla ha varit baserade på manipulering av föregående sömn – total eller partiell sömnbrist.

Risken för sömnrelaterade olyckor är starkt kopplad till individuella skillnader. Unga förare är till exempel oftare inblandade i trafikolyckor (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Corfitsen, 1994; Langlois, Smolensky, Hsi & Weir, 1985; Pack et al., 1995). Unga förare (18–24 år gamla) löpte 5–10 gånger högre risk att bli involverade i en trafikolycka sent på natten än äldre förare. Åldersskillnader vad gäller körprestation har observerats i tidigare studier (Campagne, Pebayle & Muzet, 2004; Otmani, Joceline & Muzet, 2005). Dessa studier antyder att sömning drabbar unga förare lättare än äldre förare. Orsakerna till varför vissa unga förare visar extremt stor risk att råka ut för en trafikolycka sent på natten har inte otvetydigt fastställts, men faktorer som självförtroende, risktagande och droganvändning har föreslagits (Gregersen & Bjurulf, 1996). Den ökade risken för unga förare nattetid kan också bero på att de kör mer under denna tid på dagen. En annan mycket trolig orsak är sömning (Connor et al., 2001; Cummings, Koepsell, Moffat & Rivara, 2001). En hypotes har varit att unga somnar/slumrar lättare i sömning situationer och i samband med sömningbrist än äldre förare (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Sagaspe et al., 2007). Få studier har dock undersökt effekterna av ålder i samband med körning nattetid.

Nära förknippad med förarens ålder är körkortets ålder. Individer med nya körkort är inblandade i ett oproportionerligt högt antal trafikolyckor (Ferguson, 2003; Laapotti & Keskinen, 1998).

De flesta studierna genomförs i enkla simulatorer och med ett relativt tråkigt och monotont scenario utan andra fordon på vägen som kan kräva någon form av handling från förarens sida (Horne & Reyner, 1995c; Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006). Effekten av tid på uppgiften har visats vara uppgiftsberoende i jämförelse av en enkel övervakningsuppgift med en monoton köruppgift i simulator (Richter, Marsalek, Glatz & Gundel, 2005). Hypotesen skulle kunna framställas som att detta skulle också vara sant om det enkla simulatorscenariot jämfördes med ett mer komplext sådant. Philip et al., (2005) drog slutsatsen i en komparativ undersökning att sömning kan studeras lika bra i både verkliga och simulerade körsituationer. Effekterna blir desamma, förutom att simulatorm visar tätare linjekorsningar och avåkning jämfört med den verkliga miljön. En förklaring till detta skulle kunna vara skillnaden i komplexitet i körsituationen. Å ena sidan blir ett mer komplext scenario känsligare för och mer påverkbar av sömningbrist, men är å andra sidan mer stimulerande och aktiverande jämfört med monoton körning. Det är därför svårt att förutsäga hur körningsscenario kommer att påverka sömning och omvänt. Dessutom innehåller verklig körning ofta både monoton körning och mer komplexa situationer kännetecknade av högre trafikintensitet och mer aktiv körning. Det skulle också kunna vara så att sömningbrist försämrar körningsprestationen i komplexa körningsuppgifter, till exempel kan avståndet till bilar som man måste följa efter krympa (med ökad risk för kollision med ett mötande fordon) och farliga omkörningar kan förekomma oftare. Så vitt känt har ingen studie beaktat bristen på komplexitet i körningsscenarierna. Det finns ett klart behov av detta för att säkerställa att simulatorstudier kan användas för generalisering till verklig körning.

1.4 Motmedel

Med tanke på den centrala roll som sömnhet hos förare har när det gäller orsak till trafikolyckor är kunskap om motmedel en viktig fråga. Enligt Michon (1985) kan åtgärderna ordnas på tre nivåer: strategisk, taktisk och operativ. Se tabell 1.

Tabell 1 Exempel på olycksförebyggande motmedel enligt Michon-modellen (1985).

Strategisk	Taktisk	Operativ
Trötthetshanterings-system	Förarstödsystem (feedback-varning)	Räfflade linjer
Arbetstidsreglering	Vägs skyltar	Förarstödsystem (varning & ingripande)
Information/Utbildning	Parkeringar	
Planeringsstrategier	Vägvisning till parkeringar	
Lämplighetskontroll		
Tillämpning/Kontroll		

Vad gäller motmedlen på strategisk nivå bör man naturligtvis undvika nattkörning och säkerställa att man har fått tillräckligt med sömn innan man börjar köra. Här kan till exempel trötthetshanteringsprogram och arbetstidsplanering för yrkesförare spela en viktig roll (Dawson & McCulloch, 2005). Arbetstid är reglerad i de flesta länderna. Föreskrifterna beaktar dock inte de underliggande problemen (dygnsrytms- och sömn/vakenhetsmönster). I en genomgång av teorierna hävdades det att de mest lovande lösningarna vore att flytta fokus från arbetstidsregleringsföreskrifterna till ett säkerhetsstyrningssystem (Safety Management System, SMS) där trötthet är en komponent (Dawson & McCulloch, 2005). Det föreslagna teoretiska ramverket baserades på Reasons ramverk för hantering av faror (Reason, 1977) och ansåg en trötthetsrelaterad incident eller trafikolycka vara sista segmentet i en orsakskedja eller felförlopp. Modellen beskriver tiden före den trötthetsrelaterade incidenten för vilken risken och kontrollen identifieras på fyra föreslagna nivåer (möjlighet att sova – verklig sömnmängd – beteendesymptom – trötthetsrelaterade fel/misstag).

Mer effektiva motmedel på de taktiska och operativa nivåerna vid verklig körning är dock mindre uppenbara. Inga studier om vilka effektiva motmedel som faktiskt används verkar finnas allmänt tillgängliga. Anekdotiskt verkar det som att handlingar som att öppna ett fönster, sätta på radion eller ta en rast kan förekomma ofta. Laboriestudier visar dock att dessa tre föreslagna motmedel, inklusive lite motion under rasten, inte gör föraren piggare (Horne & Reyner, 1996; Lisper, 1994). Horne och Reyner har visat att koffein och en kort tupplur (<30 minuter) minskar nedsättningen av körförmågan, subjektiv sömnhet och EEG-indikationer om sömnhet (Horne & Reyner, 1996) avsevärt. De dramatiska varningseffekterna av dessa beteenden har också demonstrerats många gånger i laboriestudier med andra prestationsmått (Tietzel & Lack, 2002;

Wesensten, Killgore & Balkin, 2005). En matchad studie visade att olycksrisken var lägre hos förare som använde sig av rastställen, hade druckit kaffe under de senaste två timmarna eller lyssnat på radion medan de körde jämfört med dem som inte gjorde dessa saker (Cummings et al., 2001). Starka ljus hämmar framställandet av melatonin, som når sin topp sent på natten (Bjorvatn et al., 2007; Lowden, Akerstedt & Wibom, 2004). Det kan dock vara svårt att introducera starkt ljus i fordonet utan att försämra andra synaspekter.

Förutom att vara intresserad av att förstå vilka motmedel som används behöver man också veta om användningen av motmedel skiljer sig mellan olika förargrupper. Felaktig användning av motmedel kan vara relaterad till olycksrisk på lång sikt. Denna typ av kunskap kan hjälpa oss att identifiera sårbara grupper som inte vet hur sömnhet vid körning bör hanteras. Ålder är förmodligen en sådan faktor på grund av den nära kopplingen till olycksrisk och riskbeteende; gruppen i fokus här är unga förare (Galvan, Hare, Voss, Glover & Casey, 2007; Horne & Reyner, 1999). Kön är en annan faktor, med större risk vad gäller män (Åkerstedt & Kecklund, 2001). Man kan också framställa hypotesen att erfarenhet av sömning körning och sömnrelaterade trafikolyckor, skiftarbete och att vara yrkesförare kan påverka användningen av motmedel. Orsaken är att dessa faktorer kan vara relaterade till större medvetenhet om riskerna med sömning körning. Hög utbildningsnivå och hög ålder kan också förknippas med större insikt om sömning körning och hur den bör hanteras. Det finns också ett behov av att beakta en eventuell förekomst av individuella preferenser vad gäller motmedel.

Förutom förarinitierade motmedel kan man också tänka sig olika typer av information till föraren om riskerna med att köra när man är trött. Information i media skulle kunna vara ett sådant sätt, offentliga kampanjer längs vägarna ett annat. Information i samband med den årliga fordonsbesiktningen kan kanske vara ett tredje. Förarstödsystem har också utvecklats avsevärt, antingen fokuserade på feedback om farlig körning i termer av försämrad lateral kontroll (Brookhuis & de Waard, 1993; Dinges & Mallis, 1998) eller på den fysiologiska statusen av individens sömnhet (Åkerstedt & Folkard, 1997; Horne & Reyner, 1999; Wierwille & Ellsworth, 1994). Eftersom förarstödsystem kräver stora investeringar från samhällets och/eller tillverkarnas sida, skulle det vara av intresse att undersöka slutanvändarnas inställning till sådana motmedel och på samma gång undersöka om det finns bakgrundsfaktorer som påverkar deras inställning.

En annan, mer systematisk, offentlig åtgärd, som inte är baserad på personliga preferenser, är räfflade linjer. En räfflad linje är en smal remsa ojämnheter inbyggd i vägbeläggningen, oftast nära kantlinjen och/eller vid mittlinjen. Syftet är att framkalla vibrationer eller ljud när ett av fordonets hjul kommer i kontakt med remsan. En räffla kan vara profilerad (upphöjd) över vägens yta eller fräst i asfalten, se figur 3.



Figur 3 Räfflad linje fräst i vägbeläggningen vid vägrenen.

Räfflade linjer har utvärderats systematiskt i ett flertal studier och deras introduktion vid mittlinjen har minskat antalet trafikolyckor med ca 15 % medan effekten vid vägrenen är ännu större (40–50 %) (Anund, 2005; Mahoney, 2003; Persaud, Retting & Lyon, 2003). Medan orsaken till detta kan vara att pigga, distraherade förarens uppmärksamhet skiftat, verkar det troligt att en varnande effekt för sömniga förare kanske är lika viktig. Det finns dock ingen detaljerad information om vad som verkligen händer innan och efter det att en sömning förare kommer i kontakt med den räfflade remsan. Ökar sömninghetsindikatorerna före kontakten och i så fall minskar de efteråt och hur länge?

1.5 Syfte

Sammanfattningsvis kan det konstateras att det finns ett behov av ny kunskap i många områden vad gäller sömninghet bakom ratten. Avhandlingens generella syfte var att undersöka relationen mellan förarsömninghet och nedsättning av förarens körförmåga och de förändringar som föregår en trafikolycka eller liknade säkerhetskritisk händelse, men även vad som kännetecknar bra, pålitliga beteendemässiga/fysiologiska sömninghetsmått. En annan fråga handlade om specifika grupper och situationer – kännetecknas körning efter nattskiftsarbete av ökad sömninghet, påverkas även mer komplex körning av sömninghet och drabbas yngre förare av sömninghet bakom ratten mer än äldre förare? En tredje fråga handlade om motmedel. Vilka självutförda motmedel föredrar förarna och vilka effekter har det strukturella motmedel som räfflade linjer utgör?

Avhandlingen fokuserar på sex huvudfrågor:

- 1) Vad kännetecknar relationen mellan förarsömnighet och nedsättning av förarens körförmåga och de förändringar som föregår en krock eller liknade säkerhetskritisk händelse, (t.ex. en avåkning) och vad kännetecknar bra, pålitliga beteendemässiga/fysiologiska sömnighetsmått?
- 2) Hur påverkas sömnighet under nattkörning av förarens ålder?
- 3) Vad kännetecknar körning efter nattskiftsarbete i termer av ökad sömnighet och hur påverkas körförmågan?
- 4) Hur påverkas ett mer komplext körningsscenario av sömnighet?
- 5) Vilka självutförda motmedel föredrar förarna och är användningen av dessa mått relaterat till individuella egenskaper som ålder, kön, erfarenhet av sömning körning och normal sömnkvalitet?
- 6) Vilka effekter har räfflor på fysiologiska och beteendemässiga sömnighetsindikatorer?

2 Metod

2.1 Testpersoner

Studie I, II, III och V är baserade på resultaten från fyra olika simulatorstudier. Testpersonerna rekryterades genom annonser i den lokala tidningen eller via VTI:s webbplats. I alla studier utom studie III körde föraren i simulatoren två gånger. Ersättningen varierade mellan EUR 110 och 220 beroende på antalet besök för att förbereda sig eller köra simulatoren. Antalet testpersoner varierade i simulatorstudierna; fördelningen mellan män och kvinnor var dock nästan jämn, se tabell 2.

Tabell 2 Antal testpersoner, fördelning mellan könen, förargrupp och rekryteringssätt.

Studie	Män	Kvinnor	Ålder (std. avvikelse)	Körtid vid ett tillfälle (minuter)	Förargrupp	Ersättning
I	5	5	37 (12)	120	Skiftarbetare	€ 110
II	8	9	43 (2)	60	Skiftarbetare	€ 220
III	16	19	36 (8)	90	Skiftarbetare	€ 160
V	10	10	22 (2) 60 (3)	90	10 (ålder:18–24) 10 (ålder:55–64)	€ 200

Studie IV var en enkätundersökning som skickades till 3 041 slumpmässigt utvalda bilägare från det nationella bilägarregistret. Svarefrekvensen var 62 procent.

2.2 Utformning och scenario

I studie I, II, III och V användes en rörlig körsimulator¹, se figur 4. Bilens kaross bestod av en Volvo 850:s främre del med en manuell 5-växlad växellåda. Ljud, infraljud och vibrationsnivåer inuti hytten motsvarade sådana hos en normal, modern bil. Det fanns tre siktkanaler framåt, vilka gav totalt 120°x30° synfält från testpersonens position i simulatoren. Körsimulatormodellen har varit föremål för omfattande validering.

¹Statens väg-och transportforskningsinstitut (VTI)



Figur 4 Körsimulator (version II) hos VTI i Sverige.

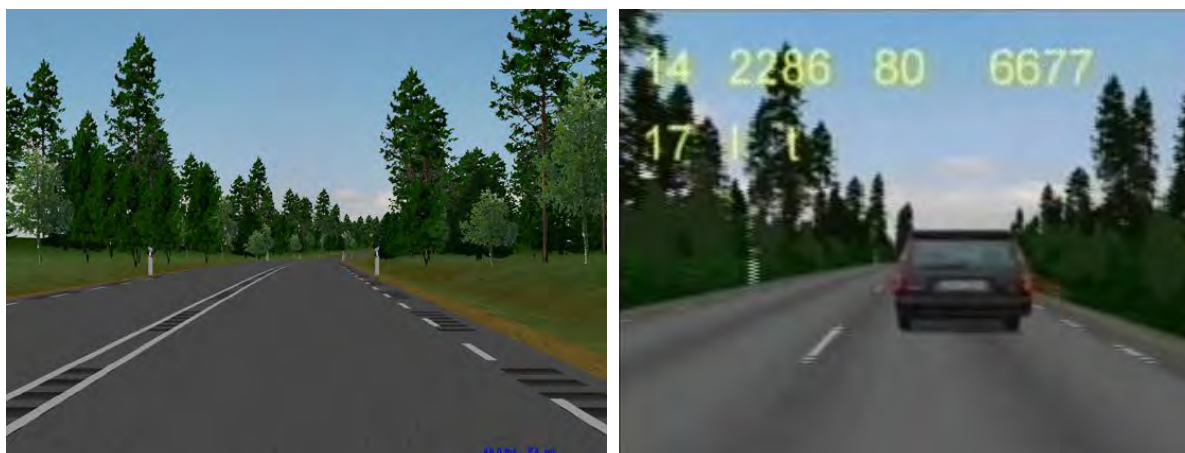
En så kallad ”inom-grupsdesign” användes i tre av simulatorstudierna (I, II and V), där alla testpersoner deltog i alla tillstånd. Ordningen mellan baslinjen (ingen sömnbrist) och sömnbristtillståndet balanserades för testpersoner och kön. Förarna besökte simulatorn två gånger: en gång efter en hel natts sömn och en gång efter ingen nattsömn. I studie I, II och III anlände testpersonerna direkt efter nattens arbetspass i ett sömnigt tillstånd. Det gick minst tre dagar mellan det vakna (baslinjen) och det sömniga tillståndet (sömnbrist). I studie V anlände testpersonerna sent på eftermiddagen och körde i vaket tillstånd under eftermiddagen/tidiga kvällen. De stannade kvar på laboratoriet och körde i sömnigt tillstånd sent på natten.

Scenariot som användes i studie II och III var nästan identiskt, med en 9-meters landsväg och med frästa räfflor både vid mittlinjen och vid vägrenen (tabell 3). Studie I hade ett liknande scenario, men med en smalare väg och utan räfflade linjer. För studie V var scenariot en motorväg med två filer i vardera riktningen och maximum hastighet 110 km/tim.

Tabell 3 Scenarierna i simulatorstudierna i studie I, II, III och V.

Studie	Vägbredd (m)	Filbredd (m)	Vägren (m)	Skyltad max hastighet (km/tim)	Räfflade linjer – vägren	Räfflade linjer – mittlinjen
I	8,2	3,6	0,5	90	Nej	Nej
II	9	3,75	0,75	90	Ja	Ja
III	9	3,5/3,25	1,0/0,5	90	Ja	Ja
V	2-fils motorväg			110	Ja	Nej

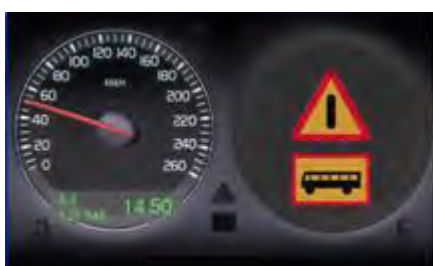
I alla simulatorstudier hade vägen mjuka kurvor med hög friktion och torrt sommarväglag. De rådande ljusförhållandena motsvarade dagsljus; molnigt, men med bra sikt (figur 5).



Figur 5 Exempel på scenarion som användes i studie III (vänster) och studie II (höger). (Siffrorna var inte synliga för föraren.)

I studie I och III förekom mötande trafik, men inga fordon framför. Scenariot var detsamma under hela körningen. Detta gällde även studie V, men här fanns ingen annan trafik på motorvägen. I studie II, III och V reproducerades ljudet och vibrationerna från verkliga frästa räfflor i simulatören.

För studie II var scenariot inte detsamma under hela körningen. Scenariot upprepades varje 9 800 meter och gav nio identiska ”varv”. För varje varv utformades tre olika typer av scenarion; fri körning utan långsammare fordon på vägen framför, att hinna ikapp ett långsammare fordon, med eller utan synliga mötande fordon. I studie II passerades också en buss parkerad på höger sida två gånger; en gång utan förvarning (varv 4) och en gång med förvarning i fordonet 600 meter före (varv 9), se figur 6.



Figur 6 Information till föraren om en skolbuss på vägen framför.

2.3 Tillvägagångssätt

Tillvägagångssättet i studierna (I, II, III och V) var mer eller mindre identiskt.

Före försöket

Ungefär en vecka före försöket erhöll testpersonerna dokument som beskrev försöket och hur de borde förbereda sig innan de kom till VTI.

I studie II, III och V var instruktionerna: att **inte** inta alkohol under de 72 timmarna före dagen för försöket, inte äta och inte dricka kaffe eller te senare än tre timmar innan de anlände till laboratoriet och inte bära smink. De informerades också om hur den subjektiva Karolinska Sleepiness Scale (KSS) (Åkerstedt & Gillberg, 1990) används.

För att kunna kontrollera att restriktionerna efterlevdes, följdes testpersonernas aktivitet med hjälp av actigraphs dagen före försöket (i studie III och V rapporteras dock inte resultaten i studierna). För studie I användes bara journaler för att registrera sömn/vakenhet och i studie II skickade förarna ett sms kl. 2 och 4 för att garantera att de var pigga och vakna.

Vid ankomsten

När förarna anlände eskorterades de till laboratoriet. Där fick de muntlig information om vad som skulle ske under dagen. De ombads fylla i blanketter med bakgrundsinformation, om detta inte redan hade gjorts hemma, och medgivandeblanketter. Elektroderna för de fysiologiska mätningarna fästes då på kroppen. I studie II, III och V utfördes en modifierad KDT (Karolinska Drowsiness Test) före körningen. Testpersonerna satt med ögonen öppna och fokuserade på en stimulus (en mörk cirkel) placerat på väggen ca 50 cm från huvudet eller på simulatorskärmen 3 m framför testpersonen. KDT varade mellan tre och fem minuter i de olika studierna. En biokalibrering av de fysiologiska signalerna utfördes innan försöket inleddes.

Körning

Förarna togs till körsimulatorn där registreringsutrustningen tillkopplades och instruktioner lästes upp. Före själva försöket utförde förarna en tiominuters testkörning (studie II, III och V). I studie I fick testpersonerna öva under 20 minuter. Under själva körningen förekom ingen kommunikation mellan testledaren och testpersonen. Testpersonen rapporterade KSS var femte minut. En påminnelse visades på skärmen framför testpersonen och hon/han rapporterade värdet muntligt. Testpersonerna fick inte ha någon mobiltelefon, lyssna på radio/musik, röka eller snusa.

Efter körningen

Testpersonerna fyllde i ett frågeformulär efter varje körpass för att fånga deras upplevelse av körningen.

I studie V stannade testpersonerna kvar på laboratoriet under natten, utan att sova och övervakad av en försöksledare tills det var dags för nästa körning. Middag serverades ca kl. 0.30 och den första föraren körde sin andra omgång mellan kl. 2.30 och kl. 4, följd av nästa förare mellan kl. 4 och 5.30.

För körning efter nattarbete (studie I, II och III) kördes testpersonerna till och från laboratoriet med taxi. Taxi användes även efter försöket som presenteras i studie V.

2.4 Mätning

2.4.1 Fysiologisk sömnhet och värden

Ett Vitaport II-system användes för att registrera EOG (electrooculogram), EEG (elektroencefalogram) och EMG (electromyogram). Elektroden som användes för EOG och EMG var engångssensorer av Ag/AgCl-typ. De två EMG-elektroden placerades under hakan. EEG mättes genom tre bipolära avledningar placerade vid Fz-A1, Cz-A2 och Oz-Pz. Elektroden var silverpläterade och inte av engångstyp. Sex elektroder användes för att registrera EOG; två vertikala (vänster och höger) och en horisontell. EOG registrerades via två avledningar. Samplingsfrekvensen var 512 Hz för EOG/EMG och 256 Hz för EEG. Detta gällde alla studier utom studie I där samplingsfrekvensen var 128 Hz med ett bandpassfilter inställt på 0,3–2,5Hz.

EOG

EOG är ett mått som användes i studie I, II, III och V. Rådata analyserades med hjälp av ett modifierat MATLAB-program som utvecklats av Centre for Applied and Environmental Physiology i Strasbourg (Sharabaty, 2008). Det består huvudsakligen av ett lågpasfilter för att etablera en stabil baslinje, vilket etablerar en tröskel som måste överskridas för att ett blink skall registreras (utförs visuellt), med början/slutet av blinket definierade på basis av lutningen och med blinklängd beräknad vid lutningens mittpunkt. För att minska problemen med samtidiga ögonrörelser och blink, beräknades blinklängd genom att hitta halvamplituden av de upp- och nergående ögonlocksrörelserna vid varje blink och sedan beräkna tiden mellan dessa.

EMG

EMG-signalen användes för att upptäcka falska indikationer i EEG:n orsakade av muskelaktivitet i ansiktet, till exempel gäspning.

EEG och KDS

EEG användes som mått i studie III och V. EEG- och EOG-data värderades visuellt för sömnrelaterade mönster med hjälp av konventionella kriterier (Rechtschaffen & Kales, 1968). Epoker om 20 sekunder delades in i tio steg om två sekunder var, värderades med avseende på förekomsten av alfavågor (8–12 Hz), thetavågor (4–8 Hz), och långsamma, rullande ögonrörelser. En långsam ögonrörelse (Slow Eye Movement, SEM) definieras som en rullande avvikelse i EOG om minst 100 μ V som varar >1 sekund (Torsvall & Åkerstedt, 1988). Varje epok tilldelades ett värde mellan 0 och 100 % baserat på andelen tecken på fysiologisk sömnhet. Värdet kallas Karolinska Drowsiness Score (KDS). En epok som innehåller tre segment om två sekunder med fysiologisk sömnhet skulle till exempel representeras av KDS-värdet 30 % (Gillberg et al., 1996). KDS har validerats mot prestation och subjektiv bedömning i studie V. Epoker med fler än 50 % falska indikationer togs inte med i analysen.

2.4.2 KSS

KSS-skalan (Åkerstedt & Gillberg, 1990) sträcker sig från 1–9, där 1=extremt pigg, 5=varken sömning eller pigg, 7=sömning men ej ansträngande att hålla sig vaken och 9=mycket sömning, mycket ansträngande att hålla sig vaken, kämpar mot sömnen. Skalan modifierades för att kunna ha benämningar på mellansteg, se tabell 4. Den har validerats med tillfredsställande resultat mot andra sömningensmått (Åkerstedt & Gillberg, 1990). Testpersonerna bedömde sin sömningens subjektivt var femte minut (studie I, II, III och V); en uppmaning visades på vindrutan och ett värde enligt KSS-skalan, vilken fästs på ratten, gavs muntligt. Förarna tränades före körningen och ombads ge ett värde som motsvarade hur de hade känt sig under de fem senaste minuterna.

Tabell 4 KSS-skalan med verbal beskrivning för varje steg.

Värde	Verbal beskrivning
1	extremt pigg
2	mycket pigg
3	pigg
4	ganska pigg
5	varken pigg eller sömning
6	lätt sömning
7	sömning, men ej ansträngande att vara vaken
8	sömning och något ansträngande att vara vaken
9	mycket sömning, mycket ansträngande att vara vaken, kämpar mot sömnen

2.4.3 Körbeteende

Körbeteende bedömdes vid olika frekvenser i de fyra simulatorstudierna. I studie I var frekvensen 12,5 Hz, i studie II 10 Hz och i studie III och V 33,33 Hz. Simulatorns maximala frekvens är 200 Hz. Olika frekvenser valdes beroende på syftet (alla delbara med 200). Olika mått på körbeteende användes också, se tabell 5. Lateral position analyserades i alla simulatorstudierna. Hastighet analyserades i studie I, II och V. I studie I användes rattvinkel och tid till linjekorsning. Händelser i termer av avåkningar användes i studie I, III och V. Definitionen som användes var *nära en incident* eller *trafikolycka*. Båda användes i studie I.

Tabell 5 Mått på körbeteende om användes i studie I, II, III och V.

Studie	Hastighet	Lateral position	Rattvinkel	Tid till linjekorsning	Avåknings- "händelser"
I	medelvärde, sa	medelvärde, sa	medelvärde, sa	medelvärde	4 hjul utanför höger eller vänster filmarkering ("olycka") och 2 hjul utanför markeringarna ("incident")
II	medelvärde	medelvärde, minimum, sa	ET	ET	ET
III		medelvärde, sa	ET	ET	2 hjul i kontakt med frästa räfflor vid mittlinjen eller vägrenen
V	medelvärde, sa	medelvärde, sa	ET	ET	2 hjul i kontakt med mitt- eller kantlinjen

ET = ej tillämpligt

Sa = standardavvikelse

2.4.4 Frågeformulär

Studie I, II, III och V – körsimulator

Inkluderingskriterier, blanketter med bakgrundsfrågor och sömn/vakenhetsjournaler användes i alla fyra simulatorstudierna. Testpersonerna fyllde i ett frågeformulär efter varje körpass för att fånga deras upplevelse av simulatorm, hur de upplevde sin egen prestation och i studie II och III även deras syn på räfflade linjer.

Studie IV – frågeformulär

Studie IV var baserad på ett frågeformulär som hade sin utgångspunkt i den kunskap som erhöles från tre fokusgruppdiskussioner: en med unga förare, en med yrkesförare och en med medelålders pendlare (Anund, Kecklund & Larsson, 2002). Definitionen av "sömnig" eller "sömnighet" som gavs till testpersonerna var: "Med "sömnig" eller "sömnighet" menar vi situationer där du som förare måste anstränga dig för att hålla dig vaken medan du kör". Formuläret innehöll 38 frågor indelade i följande grupper: bakgrund, hälsa och sömn, vad som gör förare sömniga, erfarenhet av att vara sömnig medan man kör, erfarenhet av sömnrelaterade trafikolyckor, medvetenhet om sömnighetssignaler och slutligen använda eller potentiella motmedel. De flesta svaren för frågorna om hälsa och sömn gavs på en skala från 1 (= mycket dålig) till 5 (= mycket bra) med definierade ändpunkter.

För att fånga förarnas kunskap om effektiva motmedel med bestående effekt tillfrågades de om de "i vanliga fall gör någonting för att minska deras sömnighet eller för att bli piggare medan de kör". De fick en meny med 22 olika poster och ombads bocka för de alternativ som motsvarade vad de i vanliga fall skulle göra. Alternativen var baserade på de diskussioner som hållits inom fokusgrupperna och resultaten från testets frågeformulär. Ingen gräns sattes för hur många svar som testpersonerna fick ge. Frågor kopplade till förarnas uppfattning om informationsbärare strukturerades på samma sätt.

2.5 Statistik

De statistiska analyserna omfattade normalt två- och trefaktors ANOVA (Analysis of Variance) med repeterad mätning. Utfallen korrigerades gällande sfäriskhet med Huyhn-Feldt-metoden. Faktorerna var tillstånd (nattsömn kontra ingen sömn), tid på uppgiften (oftast beskriven i intervaller om fem minuter) (studie I, II och III).

För att jämföra trafikolyckor och incidenter mellan tillstånden (studie I) användes Wilcoxons icke-parametriska test på grund av skeva fördelningar.

I studie II användes *varv* (1–8) som ”tid på uppgift” och ”situation”, dvs. körscenariot (fri körning kontra framförvarande bil) var också inkluderat som faktor i ANOVA-analysen.

Vidare användes i studie V en blandad modell (GLM) med en fast faktor även för ålder (ung/gammal) och med en testperson som slumpfaktor. För att kunna analysera risken för avåkning vid olika nivåer av KDS-sömnighet utfördes en Cox-regression. Cox-regressionen är baserad på en överlevnadsfunktion och i detta fall ansågs händelsen vara avåkningen (minst två hjul i kontakt med filmarkering). En enter-metod tillämpades. För att minimera problem med obalanserade data, användes endast data till och med den femte avåkningen. Det tidsberoende kovariatet (*T_Cov*) sattes som en funktion som angav om specifika data erhöles från tiden före den första avåkningen, mellan den första och den andra avåkningen, mellan den andra och den tredje avåkningen och så vidare. Kovariaten var körtid och KDS-nivå.

I enkätstudien (studie IV) användes logistisk regression för att relatera användningen av effektiva motmedel till ålder, kön, utbildning, yrkeskörning, skiftarbete, erfarenhet av sömnighet vid körning, sömnighetsrelaterad körning, sömnighetsrelaterade trafikolyckor, bestående sömnighet, snarkande eller minskad sömnkvalitet eller mindre än sex timmars sömn på normala arbetsdagar. I det första steget användes en envariabelmodell. I det andra inkluderades variabler med signifikanta oddskvoter i en flervariabel logistisk regression (”forward stepwise approach”). Samma analys tillämpades för frågor med koppling till information om medvetenhet om förarsömnighet.

Parade t-tester användes för andra jämförelser i alla fem studier.

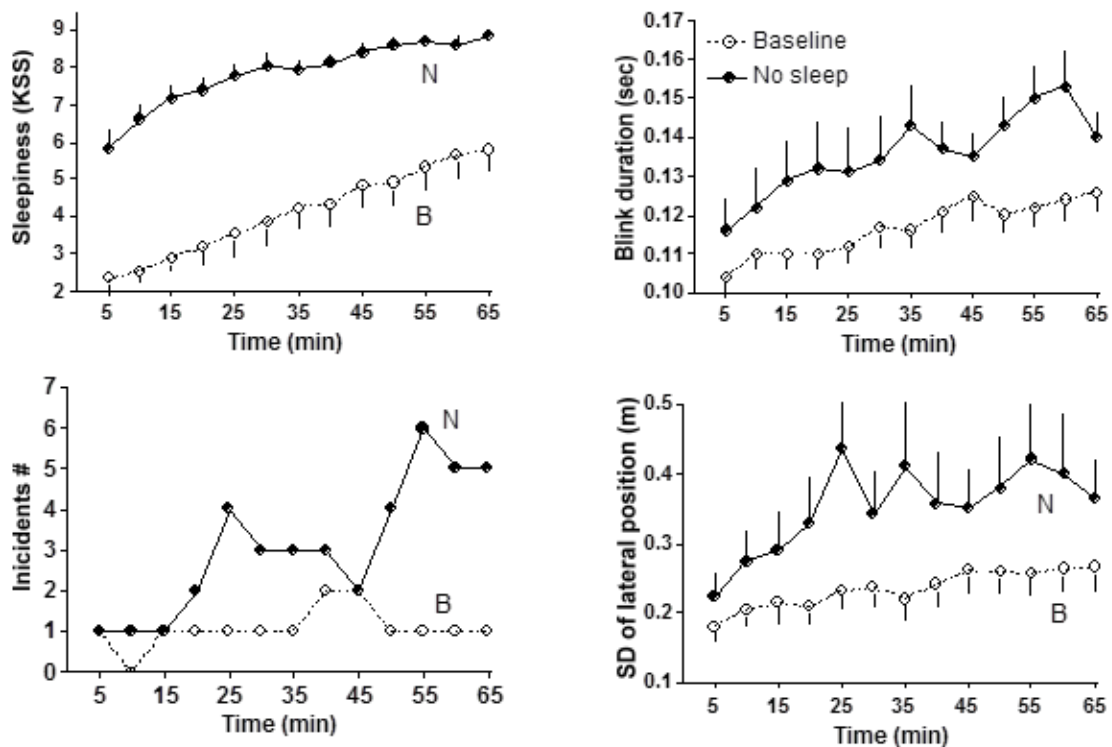
Alla analyser utfördes med SPSS (versioner 14.0 och 15.0). Alla tester hade signifikansnivå $\alpha=0.05$.

3 Resultat

Nedsatt vakenhet och prestation vid körning hem från nattskiftet: en körsimulatorstudie (studie I)

En säkerhetskritisk situation för skiftarbetare är resan hem efter nattskiftet. Studie I är en körsimulatorstudie vars syfte var att undersöka nedsatt körförmåga vid en simulerad hemresa efter ett nattskiftspass.

Resultaten visade att bilresan hem efter nattskiftet var förknippad med ett ökat antal incidenter (2 hjul utanför filmarkering) med mellan 2,4 och 7,6 gånger. Efter nattskiftet hade förarna kortare tid till första incidenten, större lateral avvikelse (från 18 till 43 cm), längre blinklängd (0,102 till 0,143 s) och ökad subjektiv sömnhet. Förarna hade högre sömnhet (KSS) efter nattskiftet jämfört med efter normal nattsömn ($F=60.1$; $p<0,001$) för tillstånd, $F=38.2$; $p<0,001$ för tid, och $F=2.1$; $p<0,05$ för samverkan, se figur 7.



Figur 7 Medelvärde av KSS, blinklängd och incidenter; variation i lateral position under körningen (minuter 5–65). Stolparna representerar SE (standard error of mean). N betecknar ingen sömn medan B är baslinjen, dvs. normal sömn.

Sömnhetsnivån var alltså högre efter nattskiftet, ökade med tiden och ökade snabbare efter nattsömn. Resultaten visar att nattskiftsarbete har stora effekter på sömnhet och körförmågan. Körning tidigt på morgonen är förknippad med ökad olycksrisk; detta gäller inte bara yrkesförare utan också personer som pendlar till och från sitt arbete.

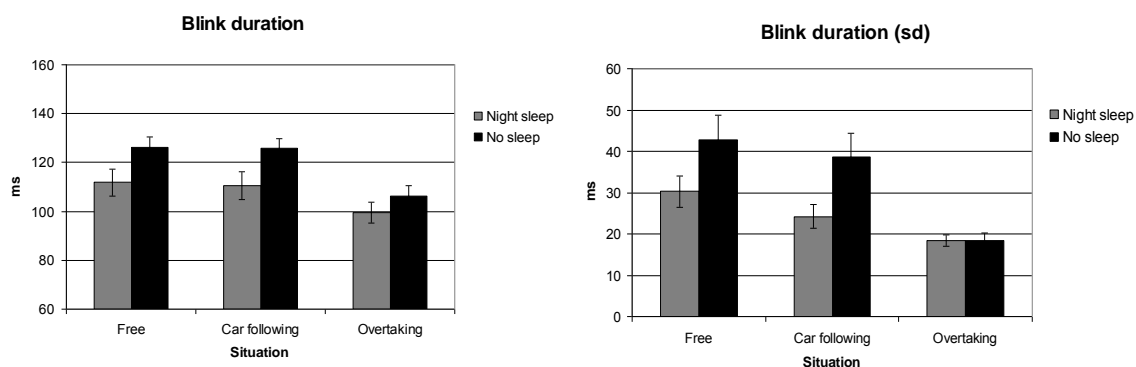
Effekterna av sömnbrist på körbeteende och sömnhet i ett komplext trafikscenari – ett simulatorförsök (studie II)

Huvudsyftet i studie II var att studera effekten av sömnbrist och tid på uppgiften, på blinklängden, KSS och variationen i lateral position i en mer komplex körsituation än vad som typiskt studeras i körsimulatorstudier.

Mönstret i resultaten liknade tidigare studier med monotona förhållanden. Resultaten visade en ökning i hur länge ögonen var slutna, lateral variation och subjektiv sömnhet på grund av sömnhet både i den fria situationen och i situationen där föraren följde efter en annan bil.

Effekten av körda varv var signifikant för alla mätningar förutom variation i blinklängd. Blinklängd och variation i lateral position ökade, men den laterala positionen och dess minimum ökade även med varven. Det fanns inga större signifikanta samspel. Eftersom erhållna data tyder på ett slags uppstartseffekt, utfördes även en analys med det första varvet borttaget. Detta gjorde att de signifikanta effekterna av varven försvann för blinklängd ($F=2,59$; $p=0,075$), hastighet ($F=1,990$; $p=0,099$) och variation i lateral position ($F=0,991$; $p=0,421$).

Lateral position och dess minimum var närmare kantlinjen i de fria körsituationerna jämfört med att följa efter en annan bil. I den följande situationen var variationen i avstånd till bilen framför 15,91 m (sa 4,31 m) efter nattsömn och 15,80 meter (sa 4,72 m) efter ingen sömn. Skillnaden var inte signifikant ($t(15)=0,085$; $p=0,934$). Femton testpersoner körde om minst en bil både efter nattsömn och efter ingen sömn. Bland dessa förekom 175 omkörningar under varv 2–8. Antalet omkörningar efter nattsömn var 5,93 (sa 1,94) jämfört med 5,73 (sa 1,83) efter ingen sömn. Skillnaden var inte signifikant ($t_{(14)}=0,284$; $p=0,781$). Inga förändringar i blinklängd observerades mellan ingen sömn och nattsömn vid omkörning, se figur 8. Blinklängd (medelvärde och variation) var dock kortare vid omkörning jämfört med andra situationer.



Figur 8 Medelblinklängd (medelvärde och sa) vid fri körning, bil framför och omkörning. Error bar representerar SE (standard error of mean).

När ingen sömn erhålls under natten före körningen ökar nivån i de etablerade indikatorerna av sömnhet vid ratten även om körsituationen kräver frekventa samspel med andra bilar på vägen. Inget samspel med situationen observerades, vilket tyder på att effekterna var likartade oavsett situation. Effekten av information i fordonet som varnade för en skolbuss på vägen var signifikant i båda situationer. Informationen gjorde att föraren minskade hastigheten.

Jämfört med studier som bara använde ett monotont scenario tenderade den laterala positionens variationsnivå, blinklängd och subjektiv sömnhet att vara lägre i det mer komplexa kombinerade och komplexa scenariot. Blinklängd vid ingen-sömn-tillståndet i denna studie började vid ca 120 ms och nådde sitt maximum, 140 ms, efter ingen sömn. I studie I var blinklängden också 120 ms när föraren började köra i ingen-sömn-tillståndet, men var ca 150 ms i slutet av resan. Samma bild observerades för KSS, vilket i det enklare scenariot motsvarar ca KSS 9 i slutet jämfört med lägre än 8 i denna studie. Dessa resultat kanske speglar en lägre grad av sömnhet i denna studie på grund av det mer utmanande scenariot. Sammanfattningsvis kan konstateras att ett mer krävande scenario inte verkar öka sömnheten eller nedsättningen av körförmågan vid sömnbrist, tvärt emot hypotesen.

Effekten av frästa räfflor på sömninga förare: en körsimulatorstudie (studie III)

Ett möjligt motmedel mot risken för sömning körning är frästa räfflor i mitten av filen eller vid filkanten eller båda. Effekten i termer av förändringar i sömnhet och den bestående effekten är dock inte känd. Syftet med studie III var därför att undersöka om beteendemässiga, fysiologiska och subjektiva indikatorer av sömnhet ökade före kontakt med en fräst räffla, om sömnhet minskade efter kontakten och i så fall under hur lång tid.

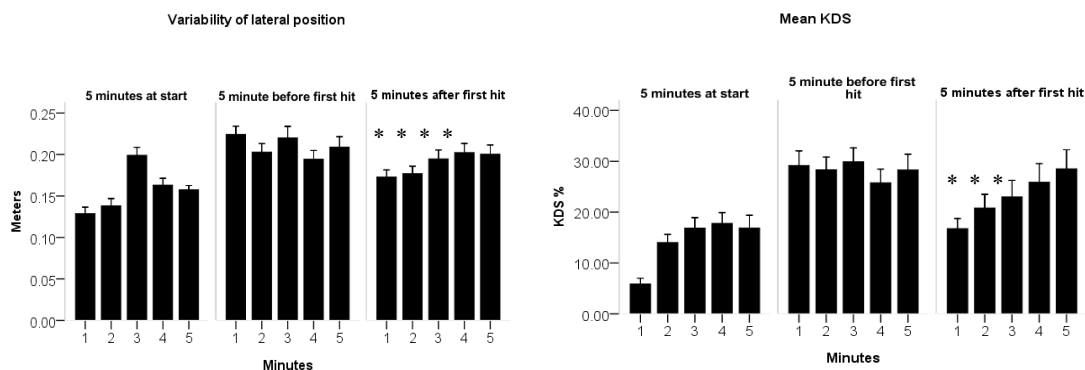
Resultaten visade en ökning i sömnhetsindikatorerna från början tills hjulen träffade räfflan och en varnande effekt i de flesta parametrarna efter kontakt med räfflan, se tabell 6.

Tabell 6 Resultat från parade t-test, start-före och före-efter; t- och p-värden efter Bonferroni-korrigerig.

	t-värde Start-Före t _{.05 df=28} (p<)	t- värde Före-Efter t _{.05 df=31} (p<)
Lp	1,26 (0,219)	-0,01 (0,995)
sd lp	-6,67 (0,000)	3,96 (0,000)
KDS medel	-3,24 (0,003)	5,04 (0,000)
KDS max	-3,92 (0,001)	3,61(0,001)
Blinklängd	-5,51 (0,000)	4,35 (0,000)
KSS	-7,36 (0,001)	-3,04 (0,010)

Det enda signifikanta resultatet under de fem minuterna före kontakt med räfflan gällde lateral position. Under de fem minuterna efter kontakt med räfflan observerades det enda icke-signifikanta resultatet i frågan om lateral position. Minuterna 1–3 skilde sig markant från minuterna före kontakt vad gäller variation i lateral position, blinklängd och medel- och max-KDS. Blinklängden visade en signifikant differens för minuter 1–2 och minut 4 jämfört med minuten före kontakten. Vidare bedömde deltagarna själva (KSS) att de var avsevärt sömnigare före kontakten med räfflan (KSS medel=8,1; sd=1,02) jämfört med när de började köra (KSS medel=6,7; sd=1,11).

Resultaten visade att den vakenhetshöjande effekten var kortlivad och att sömnhetstecknen återvände 5 minuter efter kontakten med räfflan. Slutsatsen är att sömnhetens olika aspekter ökade innan en räffla träffades och att effekten är mycket kortlivad, se figur 9.



Figur 9 Medelvärde \pm SE för variation i lateral position (mitten av bilen i relation till höger kantlinje), och medelvärdet av KDS (Karolinska Drowsiness Score); $n=32$ *= Signifikant differens (parade t -test) från minuten före eller efter kontakt.

Förarsömnhet och individuella preferenser gällande motmedel (studie IV)

För att kunna identifiera lovande motmedel för sömninga förare finns det ett behov av kunskap om förarsömnhet och de individuella skillnaderna i preferenser vad gäller motmedel. Syftet med studie IV var att undersöka användningen av motmedel mot sömnhet bland förare i ett nationellt representativt urval och relatera denna användning till möjliga förklarande faktorer såsom ålder, kön, utbildning, yrkeskörning, skiftarbete, erfarenhet av sömning körning, sömnrelaterade trafikolyckor, problem med sömn och sömnhet i allmänhet och sömnlängd på arbetsdagar. Förarnas inställning till motmedel relaterade till information eller förarstödsystem studerades också.

Resultaten visade att de vanligaste motmedlen var att stanna för en promenad, sätta på radion eller stereon, dricka kaffe och prata med sina passagerare. Logistisk regressionsanalys visade att en tupplur som motmedel mot sömnhet (förmodligen en effektiv metod) användes av förare med erfarenhet av sömnrelaterade trafikolyckor eller av körning vid extrem sömnhet och av yrkesförare, manliga förare och förare mellan 46 och 64 år, se tabell 7.

Tabell 7 En variabel logistisk regression. Beroende variabel: effektiv = stanna för en tupplur (n=303). Oddskvot = $Exp(\beta)$; 95 % KI = konfidensintervall för oddskvot och p-värde i fet stil = signifikant värde.

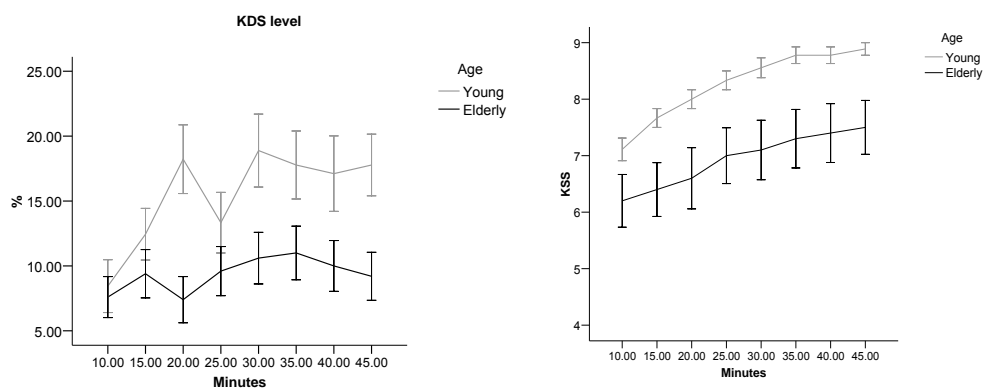
	Effektiv = stanna för tupplur		
	Odds- kvot	95 % KI	p
<i>Modell med envariabla prediktorer</i>			
Ålder			
18–25			
26–45	1,22	0,82–1,83	0,32
46–64	1,86	1,28–2,70	<0,01
65 eller äldre	1,01	0,68–1,50	0,97
Kön – Man/Kvinna	2,83	2,04–3,93	<0,01
Högre/lägre utbildning	1,28	0,98–1,66	0,07
Yrkesförare/icke-yrkesföre	3,43	2,05–5,73	<0,01
Erf. eller inte av sömning körning	2,76	2,11–3,60	<0,01
Erf. eller inte av sömnrelaterade trafikolyckor	2,80	2,01–7,19	<0,01
Skiftarbete eller dagtidsarbete	1,25	0,87–1,81	0,23
Bestående sömning eller inte	0,87	0,60–1,25	0,45
Snarkande eller inte	1,70	1,16–2,50	<0,01
Dålig sömn / bra sömn	1,43	0,88–2,32	0,15
Sömlängd < 6h eller > 6h	1,74	1,30–2,32	<0,01

Den populäraste bäraren av information till föraren om sömning var fordonsmonterade system för övervakning av körförmågan. Denna preferens var relaterad till erfarenhet av sömning körning, icke-yrkesförare, och manliga förare.

Nedsatt körförmåga vid nattkörning och relationen till fysiologisk sömning (studie V)

Studier av förekomsten av sömning kräver referenspunkter för fysiologisk sömning för jämförelse. Syftet med studie V var att validera Karolinska Drowsiness Score (KDS) som indikator av fysiologisk sömning mot nedsatt körförmåga och blinklängd. Syftet var även att undersöka effekterna av ålder på sömning körning.

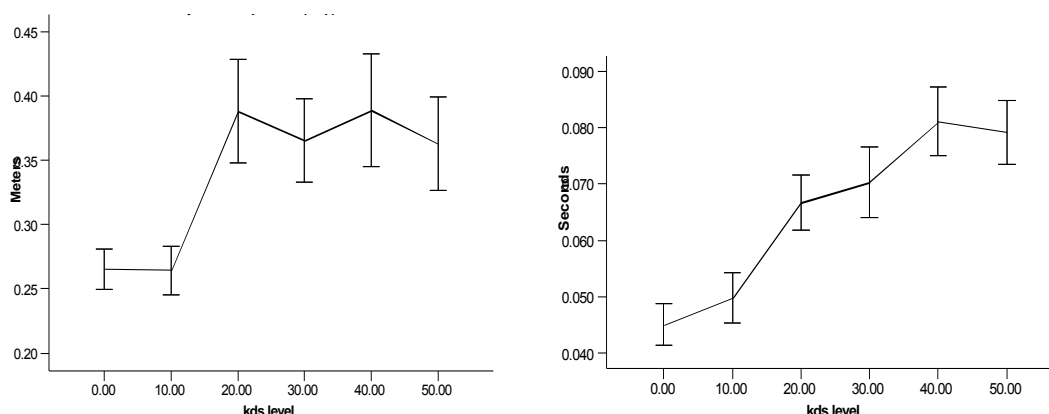
Resultaten visade att sömning ökade med tiden på uppgiften med högre nivåer för unga förare, se figur 10. Förutom lateral position var det ingen skillnad mellan åldersgrupperna vad gäller körförmåga.



Figur 10 Medelvärden (\pm SE) av Karolinska Drowsiness Score (KDS), Karolinska Sleepiness Scale (KSS) under körtiden (Minuter: 8 nivåer) för unga och äldre förare; $n=19$ testpersoner.

Resultatet från försöket var distributionen enligt KDS-nivån. Analysen omfattade de deltagare ($n=8$) som nådde KDS-nivå 50 %. Av de 19 testpersonerna nådde 8 KDS ≥ 50 %. Sex KDS-nivåer användes (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, och ≥ 50 %). Det fanns totalt 412 observationer (53 %) där deltagarna visade tecken på sömnhet (KDS ≥ 10 %). Det fanns 48 förekomster av KDS > 50 %, men bara 13 av dessa resulterade i avåkningar (27 %).

Variationen i lateral position och medelvärdet och variationen i blinklängd förändrades markant när sömnhet ökade till KDS 20 % och högre. Vidare observerades en ökning av risken för avåkning från KDS 30 %, se Figur 11.



Figur 11 Medelvariation (\pm SE) i lateral position och blinklängd enligt Karolinska Drowsiness Score (KDS: 6 nivåer), $n=8$ som hade KDS-nivåer för varje steg från 0 till 50 %.

Resultaten tyder på att KDS-metoden är ett rimligt sätt att estimerar fysiologisk sömnhet vid körning. Resultaten visar att lägre ålder är förknippad med större risk för sömnhet vid ratten jämfört med högre ålder.

4 Diskussion

Avhandlingens generella syfte var att undersöka relationen mellan förarsömnhet och nedsättning av förarens körförmåga och de förändringar som föregår en trafikolycka eller annan säkerhetskritisk händelse, men även vad som kännetecknar bra, pålitliga beteendemässiga/fysiologiska sömnhetsmått. En annan fråga handlade om specifika grupper och situationer – kännetecknas körning efter nattskiftsarbete av ökad sömnhet, påverkas även mer komplex körning av sömnhet och drabbas yngre förare av sömnhet bakom ratten mer än äldre förare? En tredje fråga handlade om motmedel. Vilka självutförda motmedel föredrar förarna och vilka effekter har det strukturella motmedel som benämns räfflade linjer?

Sömnhet vid ratten morgonen efter nattarbete

Studie I visade att simulerad pendling hem efter normalt nattskiftsarbete ledde till incidenter, kortare tid till trafikolyckor, större variation i lateral position, ökad blinklängd och ökad subjektiv sömnhet. Studie II och studie III hade olika syften, men använde samma design, dvs. körning efter nattskiftsarbete. De visade även markanta effekter på liknande sömnhetsindikatorer. Som förväntat visar de tre studierna att nattskiftsarbete är tydligt förknippat med sömnhet.

Studierna är de enda av denna typ och det finns inga andra studier att jämföra med. Körning vid nattarbete, några timmar tidigare än studier av körning efter nattskiftsarbete, visade dock resultat som var mycket lika de i studie V, till exempel i en studie av Gillberg et al., (1996), där en lastbilssimulator användes. De fann små men signifikanta effekter på körning: nattkörning var långsammare med större variationer i hastighet och position i körfilen. Subjektiv sömnhet och sömnhet mätt med EEG/EOG var högre vid nattkörning. Horne och Reyner (1999) simulerade nattskiftskörning i en bilsimulator och fann ett ökat antal trafikolyckor och incidenter. Lateral variation analyserades dock inte. De rapporterade också såväl ökad subjektiv sömnhet som korta intrång av sömn i EEG.

Orsaken till den risk för trafikolyckor som är förknippad med hemkörning efter nattskiftsarbete är troligen kombinationen av körning nära den cirkadiska bottenpunkten (ca kl. 4–5) och längre tid i vaket tillstånd (ofta sedan föregående morgon och utan någon tupplur), som många laboratoriestudier har visat (Dijk & Czeisler, 1995). Den totala effekten på olycksrisken av den cirkadiska bottenpunkten, tiden som föraren varit vakent och mängden föregående sömn har nyligen demonstrerats (Åkerstedt et al., 2008). Resultaten visar en stark potential vad gäller prediktion av olycksrisk.

Effekterna av sömnhet under morgonpendlingen ligger i linje med de epidemiologiska studier som visat en ökad risk för trafikolyckor hos skiftarbetare på väg hem efter ett nattskift (Czeisler et al., 1995; Gold et al., 1992; Stutts et al., 2003). De ligger också i linje med ett antal studier som visar ökad risk för trafikolyckor i samband med körning tidigt på morgonen (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Connor et al., 2002; Horne & Reyner, 1999). Observationer av starka effekter på sömnhet av minskad sömn har rapporterats i många studier av sömnförlust, dagtidskörning, för lateral variation (Arnedt, Wilde, Munt & Maclean, 2000) eller blinklängd (Wierwille & Ellsworth, 1994).

Effekterna av ett mer komplext scenario på sömning körning

Körning utan samspel med andra fordon eller störningar från miljön liknar i mångt och mycket en traditionell spårning, dvs. är en monoton uppgift (Balkin et al., 2004). Simulatorstudier använder nästan alltid ett mycket enkelt och monotont scenario för att inte förvarna deltagarna, men även för att minska de störande faktorerna. Konsekvensen är minskad ekologisk validitet med brist på realism jämfört med körning på riktiga vägar. En intressant aspekt gäller huruvida det sker förändringar i storleken på sömningens indikatorer (körning och körbeteende) om scenariot har en högre grad av ekologisk validitet, dvs. när scenariot är mer komplext.

Studie II visar att sömnbrist verkar ha samma förväntade effekter på sömningens indikatorerna som i studie I, III och V. Att följa efter en annan bil påverkade inte sömning, vilket hade framställts som hypotes. Det finns inga liknande studier att jämföra med, men det är möjligt att körning efter en annan bil och att förbereda sig för en omkörning inte ensamma utgör en tillräcklig utmaning för att sömningens indikatorerna skall påverkas.

Omkörning minskade fysiologisk sömning mer än de andra situationerna och verkar ha eliminerat, åtminstone tillfälligt, sömning som orsakas av sömnbrist. Detta är anmärkningsvärt med tanke på att studie I, men även studie III och V och andra studier, visar att sömnbrist har allvarliga effekter på ögonblink. Såsom beskrivits ovan verkar inga jämförbara data finnas, men i en studie av effekterna av tiden på dagen för risken för trafikolyckor, konstaterades att den enda typen av trafikolycka utan en topp i relativ olycksrisk på natten var olyckor i samband med omkörning (Åkerstedt & Kecklund, 2001). Detta tyder på att den antagna stressen i samband med omkörning motverkar sömning. Det är dock inte helt klarlagt huruvida den effekt som observerats i studien i denna avhandling är en höjning av vakenhetsnivån. Stressen i uppgiften kan istället dölja latent sömning, även om man skulle kunna hävda att en – åtminstone tillfällig – vakenhetstillstånd infunnit sig.

Man kan även anta att själva uppgiften kan påverka blinkängden utan att ha någonting att göra med vakenhetsnivån eller att omkörningen påbörjades endast när föraren kände sig pigg. Det finns dock inget stöd för detta i litteraturen. Ett större antal omkörningar vid nattsömstillståndet och i början av körningarna skulle förväntas om det fanns en relation mellan villighet att köra om och avsaknad av förarsömning, men så var inte fallet. En praktisk innebörd av effekterna på omkörning är att körningssituationen måste beaktas när resultat från fälttest av sömning körning utvärderas.

Om det mer komplexa scenariot faktiskt bidrog till minskad sömning skulle man förvänta sig att effekter orsakade av tiden på uppgiften uteblev. När körda varv inkluderades i analysen var deras effekt signifikant, men effekten försvann hos flera sömningens indikatorer, till exempel blinklänklängd och variation i lateral position när första varvet togs bort från analysen. Intrycket är att den linjära ökningen i sömning som observerades i studie I, III och V och i många andra köringsimulatorstudier (O'Hanlon & Kelly, 1974; Otmani, Joceline et al., 2005) var inte lika tydligt som i det mer komplexa scenariot i denna avhandling. Den blygsamma effekten av varv (tiden på uppgiften) återigen tyder på att det omväxlande samspelet med andra fordon kan ha haft kombinerade varningseffekter, vilket har motverkat att sömning ackumulerades ju längre tid föraren körde. Detta måste dock studeras separat.

De flesta sömningens indikatorer som beskriver körbeteende fokuserar på lateral position. Mätningar i längdriktningen, till exempel hastighet, bör också vara av intresse, i synnerhet där en relation finns till varseblivande och kognitiv informationsbehandling.

En variabel att studera skulle i så fall vara effekten på hastighetsminskning till följd av information om potentiella risker, till exempel en stillastående skolbuss. Resultaten från situationen med skolbussen visade ingen effekt på hastighet från sömnbrist. Detta tyder på att föraren reagerar på varningssignalerna oavsett hennes/hans vakenhetsnivå. Informationen i sig själv gjorde dock att föraren minskade hastigheten. Det verkar därför troligt att denna typ av information kan vara användbar i intelligenta transportsystem (ITS) för att ge föraren stöd vad gäller annalkande faror. Den nuvarande avsaknaden av effekt kan jämföras med studier som visar en ökad tendens att bromsa när ett hinder plötsligt dyker upp på vägen (Haraldsson, Carenfelt, Laurell & Törnros, 1990).

Subjektiv sömnhighet ingick inte i utvärderingen av effekten av körsituationen i studie II, men inkluderades som referens. Den är nära relaterad till både sömnbrist och tid på uppgiften. Mönstret liknar det i studie I, III och V, men även resultaten från en annan studie där samma skala använts (KSS) (Otmani, Joceline et al., 2005). Den högsta nivån i studie II var dock en enhet lägre än den vanliga nivån (9). Detta ligger i linje med de resultat som visar en uppgiftsberoende differens vad gäller subjektiv sömnhighet när en enkel uppmärksamhetsuppgift jämförs med en körsimulatoruppgift med ett monotont scenario (Richter et al., 2005).

Sömnhighet vid ratten före och efter kontakt med en räfflad linje

Resultaten från studie III visade en ökning i sömnhighetsindikatorerna från början tills hjulen träffade räfflan och en varnande effekt i de flesta parametrarna efter kontakt med räfflan. Effekten varade under en kort tid efter kontakten och var tillbaka på den tidigare nivån efter 3–4 minuter.

Ökningen i sömnhighetsindikatorernas nivåer före kontakt var förväntad, baserat på de tidigare studierna av sömnbrist och körförmåga som presenteras i studie I och V och även i en annan studie (Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006). Studierna visar ökade nivåer av alfa- och theta-aktivitet i EEG:n, ökade blinklängder, ökad lateral variation i samband med filöverkörningar och avåkningar. Dessa förändringar var här nära relaterade till ett beteende som anses var ett absolut mått på olämpligt körbeteende och som utgör en incident. Om räfflan inte hade varnat föraren hade fordonet kanske kört av vägen eller hamnat i motsatt körbana. Så vitt jag vet har de händelser som föregår liknande incident (t.ex. körning utanför filmarkering) inte beskrivits förut.

Vid betraktande av de berörda variablerna verkar det högsta F-värdet (mest signifikant) för förändring från start till kontakt med räfflan gälla subjektiv sömnhighet. I många studier har denna variabel visat sig vara en mycket känslig indikator av sömnhighet (Åkerstedt & Gillberg, 1990; Horne & Baulk, 2004; Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund, Kecklund et al., 2006). Uppenbarligen är de flesta klart medvetna om sitt sömnhighets-tillstånd i tillräcklig utsträckning för att kunna använda den som en varning att inte fortsätta köra. Det har också visats att den ökar före trafikolyckor, åtminstone enligt retroaktivt insamlade uppgifter (Connor et al., 2002).

Bland de andra variablerna erhöles de högsta F-värdena för variation i lateral position och blinklängd. Detta överensstämmer med ett antal studier (O'Hanlon & Kelly, 1974; Otmani, 2005). Bilens position i filen var tydlig av litet intresse. Den var närmare räfflan före kontakt men tillbaka till det normala under den första minuten efter kontakten. Detta senare överensstämmer med avsaknaden av större plötsliga svängningar eller undvikande manövrar när en räffla träffas i piggtillståndet, såsom observerats i en tidigare studie (Miles, Pratt & Carlson, 2006). KDS som indikator av sömnhighetsrela-

terad risk för att träffa en räfflad linje verkar vara något svagare än subjektiv sömnhet, lateral variation och blinklängd. Värdena som uppnåddes liknar dock värdena i studie I och V. Detta tyder på att theta-/alfa-aktivitet i EEG:n eller långsamma ögonrörelser inte nödvändigtvis indikerar sömn innan en fara inträffar. Måttliga ökningarna verkar vara tillräckliga. Studie V visade att lateral variation och ögonblink verkar öka snabbt genom de första KDS-nivåerna för att sedan plana ut.

KDS-nivån före kontakt nådde nästan 30 %. Detta ligger i linje med studie V, som visar en signifikant ökning av risken för avåkning med nästan 3 gånger vid KDS 30 % och 6 gånger vid KDS 40 %. Sömnhet nådde nivå 8 på KSS-skalan, vilket liknar nivåerna där incidenter och trafikolyckor börjar inträffa i studien som genomfördes av Ingre et al., (2006). För lateral variation var värdet över 0,35 m jämfört med 0,36 m i en tidigare studie (Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006). För blinklängd var värdet 0,18 s jämfört med 0,14 s i ovan nämnda studie. Även om studierna är olika och med individuella skillnader (Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006) får man intrycket att incidenter tenderar att inträffa vid vissa nivåer hos sömnhetsindikatorerna. Denna kunskap kan kanske komma till användning i utvecklingen av varningsanordningar i förarstödsystem.

En viktig upptäckt är avsaknaden av en ”slutlig” ökning i sömnhetsindikatorerna under minuten före kontakten. Man skulle naturligtvis kunna tänka sig en kort ökning av sömnhetsindikatorernas nivåer under de sista sekunderna före kontakten, men detta observerades inte med den nuvarande enminutsresolutionen. Resultaten visar att risken för filöverkörning består över en ganska lång period av ökad sömnhet. I detta fall var perioden 5 minuter: detta var i sin tur den längsta period som kunde analyseras utan att förlora för många testpersoner på grund av överlappning med de första fem minuterna. Detta tillstånd av högrisksömnhet kan bestå under långa perioder, såsom antytts av Horne och Reyner (1995a). Detta resultat tyder på att de första tecknen på sömnhet bör tas på allvar och att det inte kommer att finnas någon lättförstådd ”sista varning” före en olyckshändelse.

Ett annat viktigt resultat av försöket var att kontakt med en räfflad remsa hade en varnande effekt som ledde till minskad variation i lateral position (färre krängningar) och reducerade den fysiologiska sömnhetsnivån. Varningseffekten var dock ganska måttlig och baslinjenivåerna av sömnhet, dvs. de som gällde i början av körningen, nåddes aldrig. Dessutom varade varningseffekten bara 2–3 minuter och 5 minuter efter kontakten med räfflan hade sömnhetsindikatorerna återgått till samma nivå som före kontakten. Jag känner inte till några liknande data och behöver därför ytterligare bekräftelse men resultaten överensstämmer med anekdotiska data om de kortlivade effekterna av plötsliga uppvaknanden. Många av testpersonerna träffade en räffla faktiskt 9 gånger eller mer och därför återföll i sömn upprepade gånger. Subjektiv sömnhet ökade också efter kontakt med räfflan men sömnhet bedömdes flera minuter efter kontakten och förmodligen återspeglar den snabba återgången till nivåerna som gällde före kontakten.

Vid låg ljudnivå torde varningseffekten försvinna och en signifikant skillnad mot de tidigare nivåerna observeras. Det finns också ett klart behov av mer systematisk forskning kring optimal utformning av räfflor – deras nuvarande utformning tycks vara baserad på intuition. Det fanns dock en skillnad i lateral position mellan de olika typerna av räfflad remsa och den mest aggressiva räfflan orsakade ett ökat avstånd till vägens mitt. Detta representerar dock inte någon varningseffekt utan snarare ett försök från förarens sida att undvika en något obehaglig upplevelse.

Relation mellan en EEG/EOG-baserad metod för bedömning av sömnhet (KDS) och andra sömnhetsparametrar

Resultaten från studie V visar att KDS ökade med tiden genom hela körningen, liksom variationen i lateral position, blinklängdens medelvärde och variation och KSS-värdena. Ökningen av subjektiv sömnhet, nedsättning av körförmågan och långa ögonblink överensstämmer med studie I och III och sömnheten i slutet av körningen var markant. Detta överensstämmer även med andra studier (Horne & Reyner, 1996; Otmani, Joceline et al., 2005).

Ett av huvudsyftena med studie V var att undersöka relationen mellan KDS och andra sömnhetsindikatorer för att kunna tolka förändringar i KDS-värdet. Detta är av intresse eftersom KDS över 50 % uppfyller kriterierna för sömninitiering. KDS inkluderar alfa- eller theta-aktivitet och långsamma, rullande ögonrörelser (Rechtschaffen & Kales, 1968). KDS är därför avsedd att vara en absolut indikator av förekomsten av sömn när en person förmodas vara vaken (Åkerstedt & Gillberg, 1990; Gillberg et al., 1996). Antagandet är att de lägre nivåerna på KDS-skalan, utan att de formella kriterierna för sömn uppfylls, speglar sömntendenser, dvs. ”sömnhet”. De andra variablerna som används i studierna i denna avhandling utgör separata indikatorer av sömnhet men speglar inte sömn.

Resultaten av analyserna av KDS-data, i kontrast med analyserna av de andra variablerna, visade att det fanns en koppling mellan KDS-nivån och medelvärdet och variationen i blinklängd och variationen i lateral position. När fysiologisk sömnhet ökade (KDS 0–50%), ökade även dessa variabler. Det fanns dessutom en ökad risk för avåkning när KDS-nivån ökade, i synnerhet vid KDS 40 % (>6 gånger).

Förarna visade tecken på sömnhet (KDS >10) mer än 50 % av tiden. Resultaten visar att den lägsta ökningen i KDS inte ledde till någon ökning av lateral variation eller risk för avåkning. Sådana effekter visade sig först vid ett KDS på 20 % men var inte signifikanta förrän KDS 30 %. Detta tyder på att körförmågan inte blir allvarligt nedsatt förrän EEG:n eller EOG:n indikerar sömninitieringsprocesser under längre tid än 6 sekunder (30 %) av en 20-sekunders bedömningsintervall. Den mycket höga risken vid KDS 40 % är svårtolkad, men eftersom risken var lägre vid KDS 50 % antar vi att risktoppen vid KDS 40 % kan vara falsk och orsakad av ett fåtal personer med mycket hög risk, såsom antyds av den högre standardavvikelsen för medelvärdet vid KDS 40 %. Vi undrar också om avsaknaden av en kontinuerlig ökning av försämringen av körförmågan vid KDS högre än 40 % kunde ha orsakats av att deltagarna blivit medvetna om sin sömnhet och därför ansträngde sig mer och vidtog motåtgärder. Sömnhetsmotverkande aktiviteter ingick dock inte i vår studie.

KDS tillämpar traditionella kriterier, dvs. inträdet av polysomnografisk sömn, på resultat som erhålls medan testpersonerna är vakna, under antagandet att ”fysiologisk sömnhet” representeras. Det senare är dock bara en teori baserad på slutsatser och någon definition av fysiologisk sömnhet finns inte. Försök att validera ett mått på fysiologisk sömnhet måste därför använda andra variabler som antas mäta samma egenskap. Den mest etablerade av dessa är blinklängd (Johns & Tucker, 2005; Wierwille & Ellsworth, 1994). I studie V var relationen mellan KDS och blinklängd en successiv ökning av både medelvärdet och variationen. Detta verkar stödja teorin att KDS speglar fysiologisk sömnhet. Det verkar dock inte finnas någon nämnvärd skillnad mellan KDS 0 % och KDS 10 % och lutningen verkar vara flackare vid den högsta sömnhetsnivån. Detta kanske innebär att sömnhet är mättad vid denna nivå och att sömn håller på att ta över, vilket delvis eliminerar blink och gör att blink är svårare att

identifiera. Den nära kopplingen mellan blinklängd och KDS verkar tyda på att KDS skulle kunna förbättras om "lång blinklängd" lades till bedömningskriterierna.

Subjektiv sömnhet (KSS) visade bara en tendens till ökning på alla KDS-nivåer, vilket var oväntat. En orsak till detta kan vara den självklara restriktionen i omfång orsakad av den mycket höga sömnhetsnivån i början (7,4 enheter) och en takeffekt orsakad av att skalans ändpunkt är 9. I studie II, med en högre grad av ekologisk validitet, observerades dock ingen takeffekt. En lösning skulle kunna vara att minska enformigheten i scenariot. Fysiologiska och beteendemässiga indikatorer kan, logiskt sett, utökas avsevärt längre då en person kämpar förgäves mot en ökande förekomst av mikrosömn. Det var 48 förekomster av KDS >50 % som noterades, men bara 13 av dessa resulterade i avåkning (27 %). Höga nivåer av fysiologisk sömnhet leder inte automatiskt till avåkning. Denna situation skulle kunna bero på förekomsten av en rak vägsträcka, med mindre risk för avåkning, eller mönstret av fysiologisk sömnhet; en kontinuerlig tiosekundersperiod kanske ger mer tid att lämna vägen än ett alternerande mönster. Vi skulle också kunna tänka oss att närvaron theta-aktivitet behövs (en indikation av sömn) eller kanske långsamma ögonrörelser eller långa blink. Den relativa betydelsen av dessa indikatorer har inte fastställts. Detta blir därför en viktig uppgift i framtiden.

Effekter av ålder

Ett av syftena med studien var att undersöka relationen mellan ålder och sömnhet vid ratten. Resultaten från studie V visade att sömnhet ökade med tiden på uppgiften med högre nivåer för unga förare än för äldre och resultaten tyder på att lägre ålder är förknippad med större benägenhet att bli sömning medan man kör. Avsaknaden av en skillnad i körförmåga kan bero på att skillnaden i sömnhet var inte tillräcklig för att kunna påverka körförmågan. Denna möjlighet behöver utredas i andra studier i framtiden.

Studie V bekräftar att unga förare har större benägenhet att bli sömning vid nattkörning. Ålderseffekten var markant; de yngre deltagarna hade svårare att hålla sig pigga och vakna i termer av subjektiva bedömningar och KDS. Detta resultat berodde inte på grupperingarna för merparten av variablerna. Resultaten överensstämmer med data från trafikolyckor (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Corfitsen, 1994; Otmani, Joceline et al., 2005; Pack et al., 1995) och med kliniska data som indikerar att multipel sömn latens-test (MSLT) visar närapå patologiska värden (ca 5 minuters latens till sömn) för unga människor (Pack et al., 1995).

I en studie som fokuserar på unga människors risker som förare (Dahl, 2008) dras slutsatsen att sömnbrist är en viktig faktor som starkt bidrar till den ökade risken för trafikolyckor hos tonåringar och konsekvenserna av otillräckligt med sömn (sömnhet, uppmärksamhetsavbrott, benägenhet till aggression, och negativ samverkan med alkohol). Ytterligare en förklaring till den ökade risken är hjärnans mognadsprocess hos unga människor, som indikerar att de viktiga delarna av hjärnan som reglerar känslor (prefrontala) är inte fullt utvecklade förrän efter 18-årsåldern. Dahls resultat kommer dessutom från verkliga trafikmiljöer, inte från simulatorförsök. Förklaringen som Dahls genomgång tyder på är dock kanske inte relevant för studie V eftersom alla testpersoner var förberedda på samma sätt oavsett ålder och ingen var påverkad av alkohol.

Körtiden

Trots att effekterna av körtiden inte ingick bland avhandlingens syften kan vi ändå studera dessa. Resultat från andra simulatorstudier visar markanta effekter på sömnhet av tiden på uppgiften (Horne & Reyner, 1996; Otmani, Pebayle et al., 2005). Detta överensstämmer med resultat inte bara från studie V men också studie I, II och III. En studie av trafikolyckor (Hamelin, 1987) visade att risken för lastbilsolyckor ökade ju längre tid som föraren körde. I denna typ av studie är det dock troligt att både tiden på dagen och dygnsrytmen har starka effekter eftersom körtiden sträcker sig över perioder från några timmar upp till 10–15 timmar.

Huruvida verklig körning är lika känslig för tiden på uppgiften som körning i en simulator är inte känt. I en studie (Sagaspe et al., 2008) observerades ingen effekt på ofrivillig linjekorsning under 10 timmars dagtidkörning. Förarna tog dock en rast varannan timme, vilket kan ha bidragit till bibehållen vakenhet. Samma grupp uppvisade dock markanta effekter vid jämförelse mellan 2, 4 och 8 timmars nattkörning utan rast (Sagaspe et al., 2008). Detta var den första studien av sömning i verkliga livet med kontroller för föregående sömnmängd, föregående tid vaken och dygnsrytm.

Körning i simulator kontra körning på riktiga vägar och val av deltagare

Fyra av de fem studierna i avhandlingen genomfördes i en körsimulator. Detta har vissa konsekvenser. Medan en simulator till viss del liknar verklig körning (Törnros, 1998) är det dock troligt att de trötthetsframkallande effekterna kan vara större i simulatorm, i synnerhet med ett monotont scenario som i studie I, III och V. En snabb ökning visas åtminstone i studie I och V. Studie III visade en markant utveckling under de första fem minuterna för alla variabler utom blinklängd. Orsaken till ökningen kan vara att körning i simulatorm framkallar sömning och denna effekt etableras tidigt; åtminstone antyds detta av KDS-värden och variation i lateral position. Blinklängd verkar vara mer resistent, kanske därför att svårigheter med att hålla ögonen öppna visar sig vanligtvis bara vid höga nivåer av sömnhet (Åkerstedt & Gillberg, 1990). Snabba öknings av sömnhet har observerats i många andra simulatorbaserade studier av sömnhet (Horne & Reyner, 1996; Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006). Det verkar rimligt att anta att det är mindre troligt att sömnhet och försämrad körförmåga i en mer komplex situation, som till exempel den i studie II eller under verklig körning beror på den högre simuleringsnivån. Studie II visade ingen stark initial ökning med tiden på uppgiften.

Philip med kollegor (2005) fann ingen omedelbar ökning av filkorsningar eller KSS under tio timmars dagtidkörning. De drog dock slutsatsen i en komparativ studie att sömnhet kan studeras lika bra i både verkliga och simulerade körsituationer och att den viktigaste skillnaden gäller nivån snarare än förändringar vid jämförelse mellan körning i vaket eller sömning tillstånd. Effekterna var nästan identiska förutom att linjekorsningar och avåkningar förekom oftare än i en verklig miljö. Eftersom vidröring av filmarkeringar utgör en tidig indikation av en incident skulle det dock kunna vara möjligt att genomföra ett liknande experiment utan risk på en testbana eller på en riktig väg. En nackdel skulle fortfarande vara behovet av ett fordon utrustat med dubbelkommando och närvaron av en testledare som vid behov skulle kunna avbryta försöket.

En annan begränsning med simulatorstudier, med speciell relevans för studie V, är att efter en avåkning är föraren medveten om att en avåkning inte orsakar en trafikolycka, till skillnad från verklig körning. Även om några förare åkte av körbanan flera gånger

och bara de fem första inkluderades i studien, kan det vara så att situationen var alltför orealistisk. En fördel med Cox-regressionen som användes i studie V är dock att den till viss del tillämpar olika riskfunktioner för avåkningar beroende på om avåkningen är den första, den andra, den tredje och så vidare.

Även om scenariot i studie II var mer komplext och förhoppningsvis hade en högre grad av ekologisk validitet, uppstod ett problem när ett scenario skulle skapas som möjliggjorde för föraren att pålitligt uppfatta ett avstånd till bilen framför och till mötande bilar. Trots att scenariot innehöll referenspunkter, kunde simulatorn – med en resolution på ca 2 bågminuter – inte fullt ut återspegla vad människoögat ser i en verklig körsituation. Detta har förmodligen påverkat testpersonens villighet att köra om, med avseende på både frekvens och variation. Alla jämförelser gjordes dock mellan de båda förhållandena (nattsömn – ingen sömn) och samma begränsningar fanns i båda.

Det är uppenbart att en körsimulator har svagheter jämfört med verklig körning. Det verkar dock inte finnas några studier som undersöker i vilken utsträckning en simulatorstudie leder till felaktiga slutsatser jämfört med vad som hade framkommit i en ”live” studie. Simulatorn ger ändå möjlighet att observera föraren utan risk hela vägen tills sömn inträder och avåkning blir ett faktum. Avsaknaden av verklig risk är också en nackdel. Simulatorn erbjuder också full kontroll över miljöförhållanden, vilket ökar möjligheterna att dra trovärdiga slutsatser. Simulatorn möjliggör även kostnadseffektiv användning av testpersoner och andra resurser, vilket gör större och mer representativa urval möjliga. En valideringsstudie av samma vägsträcka håller på att genomföras i simulatorn och i verklig miljö. Inte desto mindre kommer framtida studier att behöva genomföras i verkliga körsituationer för att kunna verifiera centrala slutsatser resulterande från simulatorstudier.

Begränsningar

Det finns även andra begränsningar gällande användningen av deltagare i simulatorstudierna som bör nämnas. En är användningen av frivilliga testpersoner i simulatorstudier. Å ena sidan skulle konsekvensen kunna vara att förare med verkliga problem eller specifika behov exkluderas från studien, vilket skulle göra det omöjligt att generalisera resultaten. Å andra sidan hade de frivilliga deltagarna intervjuats i förväg och en lista med inkluderingskriterier använts för att hitta representativa personer utan allvarliga psykologiska eller fysiologiska svårigheter.

En annan begränsning var, att i merparten av studierna i avhandlingen var deltagarna skiftarbetare. Skiftarbetare har inte definitionsmässigt ”normala” sömn- och vakenhetsmönster och de rapporterar problem med sömnighet oftare än andra. Å andra sidan utgör de en utsatt grupp och är därför av speciellt intresse. Det skulle kunna vara så att de är mer vana vid sömnighet än förare i allmänhet och är därmed bättre rustade och har mer erfarenhet av situationen. Detta kan leda till antaganden som underskattar de problem som de stöter på. Den största begränsningen är det faktum att de flesta studierna bara har ett fåtal (10–35) deltagare. Svårigheter (körförmåga och förare) orsakade av sömnighet är individberoende och det kommer alltid att finnas individuella skillnader (Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund, Kecklund et al., 2006; Van Dongen, 2007) som inte kan beaktas i alla studier.

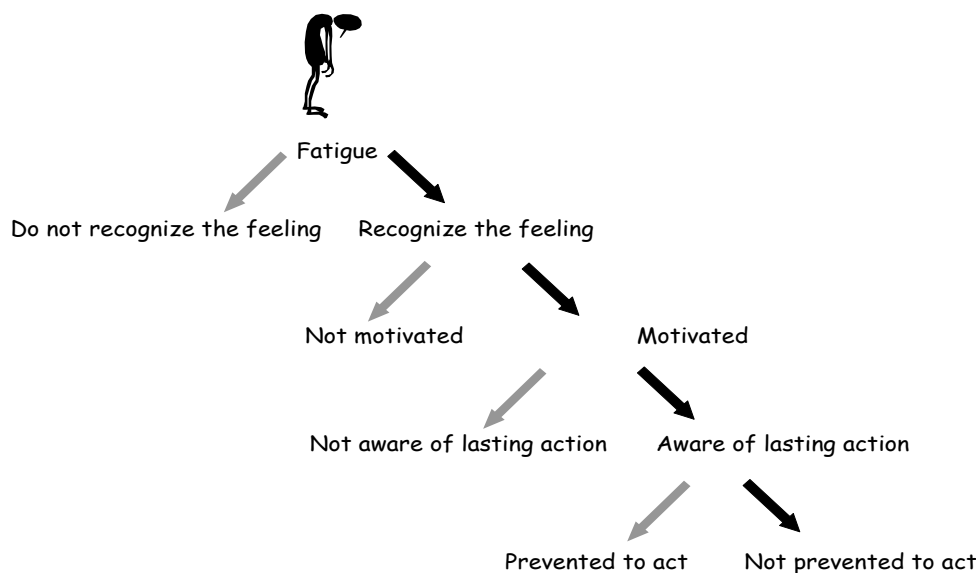
Ytterligare en begränsning är att bara reaktionerna hos förare av personbilar studeras i de flesta av studierna i avhandlingen. Resultaten är förmodligen inte giltiga för lastbilsförare, som utgör en annan grupp som riskerar att bli sömniga medan de kör (Kecklund

& Åkerstedt, 1993). Resultaten visar också att det finns stora individuella skillnader vad gäller förmågan att stå emot sömnhet. Detta skulle kunna exemplifieras av resultaten från studie III där 3 av 35 förare inte åkte av körbanan alls medan 19 förare träffade räfflor 8 eller fler gånger när de var sömniga. Dessa resultat ligger dock i linje med andra studier av individuella skillnader i förarsömnhet (Ingre, Åkerstedt, Peters, Anund & Kecklund, 2006) eller beteendemässiga reaktioner på sömnbrist i allmänhet (Van Dongen, 2007). En konsekvens av individuella skillnader är att utvecklingen av trötthetsvarningssystem måste ta hänsyn till sådana skillnader. Detta gäller högst sannolikt förarsömnhet i lika hög grad som reaktioner på varningar.

I försök som de som ingår i denna avhandling är det viktigt med en stabil och tillräckligt lång baslinjeperiod (pigg). En svaghet i till exempel studie III är att denna period var inte ett riktigt vaket tillstånd – körningen följde på en hel natts arbete. Resultaten skulle kanske ha varit ännu tydligare om ett sådant tillstånd hade använts. Situationen utgjorde dock en realistisk representation av hemkörning efter nattskiftsarbete, vilket vi vet leder till en ökad risk för avakning.

Preferenser gällande motmedel och relaterade bakgrundsfaktorer

Ur en teoretisk förarsynvinkel är de mest lovande motmedlen sådana som bidrar till ett beslut att inte köra alls när det finns risk att man blir sömnig (Haddon, 1972). Detta är ett viktigt område men är inte i fokus här. Det finns ett antal kritiska beslut som föraren måste ta under körningen för att undvika risken för en sömnrelaterad trafikolycka. Först måste föraren förstå att han eller hon är sömnig. I nästa steg måste hon/han motiveras att vidta förebyggande åtgärder och veta vilka motmedel som är effektiva och som har en bestående effekt. Slutligen bör de yttre omständigheterna tillåta föraren att agera enligt en effektiv strategi, se figur 12.



Figur 12 Händelsekedja för förebyggandet av ökad risk för trafikolyckor när föraren är sömnig.

Förarnas preferenser gällande ett visst motmedel påverkar inte bara motivationen att vidta den utan även sannolikheten för att ett effektivt motmedel kommer att väljas.

Resultaten från studie IV visar att de vanligaste självutförda motmedlen var att stanna för en kort promenad, sätta på radion/musikspelare, öppna ett fönster och dricka kaffe. Ett av de två mest effektiva motmedlen, koffeinintag, var alltså bara det fjärde vanligaste motmedlet. Det andra, stanna för att sova, användes av bara 18 %. Detta är ett tämligen nedslående resultat men tyder ändå på en potential för ökad säkerhet genom information och utbildningsinsatser. Forskningen kring effektiva motmedel är dock begränsad och har huvudsakligen utförts på laboratorier (Horne & Reyner, 1999; Horne & Reyner, 1996).

Laboratiestudiernas dominans gör att det mer stimulerande sammanhanget som riktiga vägar medför kan komma att resultera i att även andra motmedel blir effektiva. En matchad studie visade till exempel en minskning av trafikolyckor hos de som använde rastplatser eller drack kaffe eller lyssnade på radion medan de körde (Cummings et al., 2001). Sådana grupper utgör dock kanske ett urval i termer av ansvar och den minskade olycksfrekvensen kan delvis bero på detta. Det finns ett uppenbart behov av ett experiment med slumpvalda grupper.

Användningsmönstret för motmedel i studie IV verkar logiskt. De flesta klustren innehöll någon form av pigghetsfrämjande aktivitet vid ratten. Den troliga orsaken är att en aktivitet som kan utföras medan man kör är mindre störande än att stanna eller ta en tupplur under ett uppehåll och är därför lättare att använda. Vi skulle då förvänta oss en kombination av en aktivitet vid ratten som först försvarslinje, följd av en rast, och sedan kombinerad med koffeinintag. En tupplur skulle vara ett mindre använt motmedel, möjligen relaterad till sömnhet. Se vidare i diskussionen nedan.

En intressant observation är att användningen av motmedel som förmodas vara effektiva skiljer sig mellan grupperna. Ett av de tydligaste resultaten var betydelsen av att ha varit inblandad i en sömnrelaterad trafikolycka eller erfarenhet av sömnhet vid ratten. Detta hade lett till att förarna ansåg att en tupplur var ett effektivt motmedel. Betydelsen av erfarenhet av sömning är troligen förklaringen till den relativt låga förekomsten (18 %) som nämndes tidigare. Observera att om föraren är yrkesförare eller en äldre förare (upp till pensionsålderskriteriet) ger detta ytterligare förklaringskraft. Båda verkar representera andra aspekter av erfarenhet som skulle leda till att föraren tog en tupplur. Detta är kanske kopplat till ökad försiktighet ju mer man lär sig om riskerna med körning.

Ökningen av preferensen för effektiva motmedel när man blir äldre är intressant ur synvinkeln av den lägre risken för sömnhetsrelaterade i de högre åldersgrupperna (Åkerstedt & Kecklund, 2001; Pack et al., 1995). Att vara man var också kopplat till preferensen för en tupplur. Orsaken till detta är inte helt uppenbart. Resultaten från de preliminära diskussionerna inom fokusgrupperna (Anund et al., 2002) tyder dock på att kvinnor kan vara rädda för att stanna av säkerhetsskäl. Det är också intressant att notera att varken sömnhetsstörningar, snarkning eller skiftarbete var kopplat till att man ansåg att en tupplur var viktig, trots att sådana individer bör ha omfattande erfarenhet av sömnhet (Philip & Åkerstedt, 2006).

Medan koffeinintag användes som den beroende variabeln, var att vara man, att vara yrkesförare, att vara över 25 år gammal och att ha erfarenhet av körning vid extrem sömnhet återigen viktiga prediktorer. Erfarenhet av en sömnhetsrelaterad trafikolycka ingick inte i regressionen. Orsaken till det senare är inte helt klart, men koffeinintag är vanligare som motmedel än en tupplur och koffeinintag är också utbrett och relativt enkelt att utföra. Koffeinintag kan därför kräva mindre erfarenhet av kritiska

situationer, som till exempel sömnhetsrelaterade trafikolyckor, för att kunna användas som motmedel.

Vad gäller information om sömnhets till föraren är den mest accepterade formen feedback om körbeteendet. Liknande resultat har funnits i en fältstudie om detta (*Dinges et al.*, 2005). Mer passiv information (skyltar, annan information) var mindre trovärdig som motmedel. Det är återigen helt uppenbart att erfarenhet av sömnhets körning var en viktig prediktor. Yrkesförare och kvinnor var dock inte positiva. Yrkesförare kanske tycker att deras yrkesskicklighet och erfarenhet gör att de inte behöver extern information om deras körförmåga, men orsaken till kvinnornas negativa inställning är svårare att förstå. Vi skulle kanske kunna tänka oss att kvinnor är mindre intresserade av tekniska manicker än män och har därför lägre tilltro till sådana. Detta återstår dock att bevisa.

En annan form av feedback till föraren skulle kunna vara information om hans eller hennes fysiologiska tillstånd (piggghetsnivå). Det fanns mindre skillnad mellan de olika förargrupperna angående ett sådant system. En positiv inställning observerades alltså bland de som har erfarenhet av sömnhets körning eller förare som lider av problem med snarkning, men även bland förare mellan 26 och 45 år gamla. Orsaken till skillnaderna gällande preferenser mellan system baserade på nedsatt körförmåga och förarnas fysiologiska tillstånd saknar ännu förklaring.

Man bör komma ihåg att resultaten från studie IV är baserade på förarnas egna rapporter. Detta innebär en viss risk för ofullständig hågkomst eller för social önskvärdhet. Frågeformuläret var trots detta baserat på resultaten från fokusgrupperna och dessa resultat och frågeformulären överensstämde väl. En annan begränsning är att vilka motmedel som väljs beror på sammanhanget. Det kommer troligtvis att finnas skillnader orsakade av tid på uppgiften, dygnsrytm och miljömässiga och andra faktorer. Svarsfrekvensen varierade mellan åldersgrupperna och var lägst för unga förare. Detta är normalt för enkätundersökningar i Sverige. Resultaten var dock även här likartade dem från diskussionen med fokusgrupper med unga förare.

I studie IV användes 10 prediktorer i två separata envariabelsanalyser. Om vi förutsätter att variablerna är oberoende, kan vi kanske förvänta oss att en prediktor visar en signifikant beta-vikt. Å andra sidan visar resultaten många andra betydelsefulla resultat och tolkningsbara mönster. Det verkar därför inte finnas något behov att korrigera för antalet variabler utan snarare att varna för att någon av de signifikanta beta-vikterna kan vara falsk.

Praktiska konsekvenser

Ur praktisk synpunkt innehåller studierna i avhandlingen ett antal observationer och slutsatser som kan ha praktiska konsekvenser.

En sådan handlar om hemkörning efter nattskiftsarbete, såsom exemplifieras i studie I, II och III. Fysiologisk, beteendemässig och subjektiv sömnhets ökar markant och det finns en avsevärd risk att föraren förlorar kontrollen över sitt fordon. Samma problem uppstår vid körning *under* ett nattskift. Självklart bör hemkörning under sådana förhållanden undvikas i både monotona och mer komplexa situationer. Det är också mycket viktigt att använda sig av effektiva motmedel. Man bör även tänka på avsaknaden av medvetenhet om sömnhetsframkallande faktorer i de lagar som berör yrkesförare och i de systematiska undersökningarna av orsakerna till trafikolyckor.

En annan observation som berör flera av studierna är att effekten av körtiden är en viktig faktor som bör beaktas i resplaneringen.

En tredje, som gjordes i studie III, är att räfflade linjer fungerar som ett effektivt motmedel mot sömning körning men man bör komma ihåg att effekterna är mycket kortlivade.

En fjärde observation, baserad på resultaten från studie IV, är att förarstödsystem baserade på övervakning av sömning är den bästa lösningen ur förarnas synvinkel. Även resultaten från studie II visar att det finns en potential i att förse föraren med information om övergående kritiska situationer direkt i fordonet även om föraren är påverkad av sömning. Det som antyds i studie V är att ett varningssystem bör aktiveras senast vid en KDS-nivå (kombinerade värden av EOG- och EEG-mätningar) på 20 %. Vid denna nivå dominerar indikationer på en minskning av körförmågan och risk för avakning.

En femte är att blivande förare kanske blir mer medvetna om riskerna om de utsätts för sömning körning. Information avsedd för blivande förare om vilka motmedel som är effektiva/icke-effektiva och hur man kan förbereda sig innan man påbörjar sin resa kan tvinga dem att planera och att använda motmedel med bestående effekter. Detta stöds också av resultaten från studie V, som visar att unga förare är mer benägna att känna sig sömniga vid ratten än äldre förare.

En sjätte observation är att benägenheten till sömning vid ratten är större i de yngre åldersgrupperna. Detta bör åtminstone vara ett område där körskolorna ger mer fokuserad information. Det kan också finnas ett behov av en restriktion för nya bilförare gällande nattkörning, såsom redan implementerats i Nya Zeeland, Australien och vissa delstater i USA (Engström, Gregersen, Hernetkoski, Keskinen & Nyberg, 2003). Det finns en viktig skillnad här jämfört med Sverige, nämligen att man får ta sitt körkort vid en lägre ålder än 18 år i några av dessa länder.

Avslutningsvis konstateras att en förare som är påverkad av sömning löper större risk att råka ut för incidenter och olyckor. Detta gäller även där vägarna är utrustade med frästa räfflor eftersom det har visat sig att dessa bara har en kortlivad effekt. De mest lovande motmedlen är information och utbildning för att undvika sömning körning men också att upplysa förarna om riskerna med att köra när man är påverkad av sömning och vilka motmedel som har en bestående effekt.

5 Slutsatser

Avhandlingens generella syfte var att undersöka relationen mellan förarsömnhet och nedsättning av förarens körförmåga och de förändringar som föregår en trafikolycka eller liknade händelse, men även vad som kännetecknar bra, pålitliga beteendemässiga/fysiologiska sömnhetsmått. En annan fråga handlade om specifika grupper och situationer – kännetecknas körning efter nattskiftsarbete av ökad sömnhet, påverkas även mer komplex körning av sömnhet och drabbas yngre förare av sömnhet bakom ratten mer än äldre förare? En tredje fråga handlade om motmedel. Vilka självutförda motmedel föredrar förarna och vilka effekter har det strukturella motmedel som benämns *räfflade linjer*?

Sammanfattningsvis visar resultaten att en kombination av EOG- och EEG-mätningar är den mest lovande metoden att uppskatta fysiologisk sömnhet vid körning. Vid en KDS-nivå högre än 30 % (vilket betyder tecken på sömnhet 30 % av tiden inom en given tidsram) är risken för avåkning 2,6 gånger högre; vid KDS 40 % är risken mer än 6 gånger större. Relationen mellan KDS och variationen i blinklängd visar att vid KDS 30 % har variationen förändrats från 0,04 till 0,07 sekunder, Dessutom är den genomsnittliga subjektiva sömnheten vid KDS 30 % 8 på den niogradiga skalan.

Resultaten visade också att bilresan hem efter nattskiftet var förknippad med ett ökat antal incidenter (2 hjul utanför filmarkeringarna 2,4–7,6 gånger). Efter ett nattskift hade förarna kortare tid till första incidenten, större lateral avvikelse (från 18 till 43 cm), längre blinklängd (0,102 till 0,143 s) och ökad subjektiv sömnhet. När ingen sömn erhöles under natten före ökade nivån av de etablerade indikatorerna av sömnhet vid ratten även om körsituationen krävde frekvent interaktion med andra bilar på vägen. Blinklängden (medelvärde och variation) var dock kortare vid omkörning jämfört med andra situationer även vid hemkörning efter nattskiftsarbete. Sömnhet ökade med tiden på uppgiften med högre nivåer för unga förare än för äldre och resultaten tyder på att lägre ålder är förknippad med större benägenhet att bli sömning medan man kör.

Avhandlingen har också visat betydelsen av att beakta typen av förargrupp när man arbetar med motmedel mot sömnhetsrelaterade trafikolyckor. De vanligaste motmedlen bland förarna var att stanna för en promenad, sätta på radion eller stereon, öppna ett fönster, dricka kaffe och samtala med passagerare. Inget av dessa har hittills bevisats var effektivt. Att motverka sömnhet med en tupplur (som förmodligen är en effektiv metod) användes av förare med erfarenhet av sömnrelaterade trafikolyckor eller av körning vid extrem sömnhet, och av yrkesförare, manliga förare och förare mellan 46 och 64 år, och den mest använda bäraren av information om sömnhet till föraren var fordonsmonterad övervakning av hans eller hennes körförmåga/-beteende. Denna preferens var relaterad till erfarenhet av sömning körning, till att inte vara yrkesförare, och till att vara en manlig förare. Ett annat lovande motmedel är frästa räfflor. En sömning förare som lämnar körbanan och träffar räfflan blir väckt och uppvisar ett förbättrat körbeteende. Sömnhetsstecknen återvände dock 5 minuter efter kontakten med räfflan. Slutsatsen som drogs var att de olika aspekterna av sömnhet är större innan en räffla träffas och att effekten är mycket kortlivad.

6 Tack!

Denna avhandling har möjliggjorts tack vara stöd från Karolinska Institutet och VTI. Studierna som ingår i avhandlingen har kunnat genomföras tack vara bidrag från Vägverket och VINNOVA. Tack för att Ni har gett mig denna möjlighet!

Det finns ett stort antal personer som har stöttat mig under resans gång och jag vill tacka mina kollegor och vänner som har bidragit till studierna som ingår i avhandlingen.

Vissa personer har varit speciellt viktiga för mig:

Till mina handledare Torbjörn Åkerstedt och Göran Kecklund: denna avhandling hade inte varit möjlig utan ert fantastiska stöd. Tack för att ni har lett och stöttat mig hela vägen!

Jag vill även tacka Torbjörn Falkmer, Mats Gillberg och Thomas Lekander för att ha läst igenom avhandlingen och bidragit till dess innehåll, språk och struktur. Tack också till Anette Hedberg för hennes administrativa stöd och till Mats Berggren för hans hjälp med referenser.

Till artiklarnas medförfattare (Åsa Forsman, Magnus Hjälm Dahl, Albert Kircher, Arne Lowden, Björn Peters, Andreas Tapani och Anna Vadeby): Ert stöd och värdefulla bidrag har varit till stor hjälp för mig.

En speciellt betydelsefull person vid simulatorförsöken, i laboratoriet och som vän har varit Beatrice Söderström. Tack för att Du alltid har ställt upp!

Jag vill också tacka alla deltagare i alla studier – utan Er hade det inte varit möjligt att genomföra detta arbete.

Till min man Per och våra barn Gustav, Julia and Erik, vill jag säga tack för att ni alltid har stöttat mig och hjälpt mig tillbaka till verkligheten när jag har förlorat mig själv i forskningsfrågor.

7 Litteraturförteckning

- Ahlm, K., Björnstig, U. & Öström, M. (2009). Alcohol and drugs in fatally and non-fatally injured motor vehicle drivers in northern Sweden. *Accident Analysis & Prevention*, 41 (1), 129–136.
- Anund, A. (2005). Frästa räfflor i mitten på tvåfältsväg. Linköping, Statens väg- och transportforskningsinstitut. (VTI rapport 508.)
- Anund, A., Kecklund, G. & Larsson, J. (2002). Trötthet i fokus. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. (VTI meddelande, 933.)
- Armington, J. C. & Mitnick, L. L. (1959). Electroencephalogram and sleep deprivation. *Journal of Applied Physiol*, 14, 247–250.
- Arnedt, J., Wilde, G., Munt, P. & Maclean, A. (2000). Simulated driving performance following prolonged wakefulness and alcohol consumption: separate and combined contributions to impairment. *Journal of Sleep Research*, 9, 233–241.
- Arnedt, J., Wilde, G., Munt, P. & MacLean, A. (2001). How do prolonged wakefulness and alcohol compare in the decrements they produce on a simulated driving task? *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 337–344.
- Aurell, J., Andersson, J., Fröjd, N., Jerand, A. & Nordmark, S. (1999). Correlation between objective handling characteristics and subjective perception of handling qualities of heavy vehicles (Volvo internal report (Classified). Gothenburg: Volvo Truck Corporation.
- Aurell, J., Nordmark, S. & Fröjd, N. (2000). Correlation between objective handling characteristics and subjective perception of handling qualities of heavy vehicles. Paper presented at the Proc. 5th International Symposium on Advanced Vehicle Control, AVEC, Ann Arbor, Michigan, USA.
- Balkin, T., Bliese, P., Belenky, G., Sing, H., Thorne, D., Thomas, M., Redmond, D., Russo, M. & Wesensten, N. (2004). Comparative utility of instruments for monitoring sleepiness-related performance decrements in the operational environment. *Journal of Sleep Research*, 13, 219–227.
- Bjorvatn, B., Stangenes, K., Oyane, N., Forberg, K., Lowden, A., Holsten, F. & Åkerstedt, T. (2007). Randomized placebo-controlled field study of the effects of bright light and melatonin in adaptation to night work. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 33(3), 204–214.
- Borbély, A. (1982). Sleep regulation: Circadian rhythm and homeostasis. In D. Ganten & D. Pfaff (Eds.), *Sleep. Clinical and Experimental aspects.* (pp. 83–104). Berlin: Springer Verlag.
- Brookhuis, K. & de Waard, D. (1993). The use of psychophysiology to assess driver status. *Ergonomics*, 36, 1099–1110.
- Brown, I. D. (1962). Measuring the "spare mental capacity" of car drivers by subsidiary auditory task. *Ergonomics*, 5, 247–250.
- Caffier, P., Erdmann, U. & Ullsperger, P. (2003). Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3-4), 319–325.
- Campagne, A., Pebayle, T. & Muzet, A. (2005). Oculomotor changes due to road events during prolonged monotonous simulated driving. *Biological Psychology*, 68(3), 353–368.
- Campagne, A., Pebayle, T. & Muzet A. (2004). Correlation between driving errors and vigilance level: influence of the driver's age. *Physiology & Behavior*, 80, 515–524.

- Carskadon, M. A. & Dement, W. C. (1989). Normal human sleep: an overview. In M. H. Kryger, T. Roth & W. C. Dement (Eds.), *Principles and practices of sleep medicine* (pp. 3–13). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Carskadon, M. A., Dement, W. C., Mitler, M. M., Roth, R., Westbrook, P. & Keenan, S. (1986). Guidelines for the multiple sleep latency test (MSLT): A standard measure of sleepiness. *Sleep*, 9(4), 519–524.
- Clarke, D., Ward, P., Bartle, C. & Truman, W. (2006). Young drivers accidents in the UK. The influence of age, experience and time of the day. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 871–878.
- Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S., Robinson, E., Civil, I., Dunn, R., Bailey, J. & Jackson, R. (2002). Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *British Medical Journal*, 324, 1125–1128.
- Connor, J., Whitlock, G., Norton, R. & Jackson, R. (2001). The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies *Accident Analysis & Prevention*, 33(1), 31–41.
- Corfitsen, M. T. (1994). Tiredness and visual reaction time among young male night time drivers: A road side survey. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 617–624.
- Cummings, P., Koepsell, T. D., Moffat, J. M. & Rivara, F. P. (2001). Drowsiness, counter-measures to drowsiness, and the risk of motor vehicle crash. *Injury Prevention*, 7, 194–199.
- Czeisler, C., Dijk, D. & Duffy, J. (1994). Entrained phase of the circadian pacemaker serves to stabilize alertness and performance throughout the habitual waking day. In R. Ogilvie & J. Harsh (Eds.), *Sleep Onset: Normal and Abnormal Processes* (pp. 89–110). Washington DC: American Psychological Association.
- Czeisler, C., Weitzman, E., Moore-Ede, M., Zimmerman, J. & Knauer, R. (1980). Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. *Science*, 210, 1264–1267.
- Dahl, R. (2008). Biological, developmental, and neurobehavioral factors relevant to adolescent driving risks. *American Journal of Preventive Medicine*, 35, 278–284.
- Daniel, R. S. (1967). Alpha and theta EEG in vigilance. *Perceptual and Motor Skills*, 25, 697–703.
- Dawson, D. & McCulloch, K. (2005). Managing fatigue: It's about sleep. *Sleep Medicine*, 9, 365–380.
- Dement, W. C. & Carskadon, M. A. (1982). Current perspectives on daytime sleepiness: the issues. *Sleep*, 5, 56–66.
- Dijk, D.-J. & Czeisler, C. A. (1995). Contribution of the circadian pacemaker and the sleep homeostat to sleep propensity, sleep structure, electroencephalographic slow waves, and sleep spindle activity in humans. *Journal of Neuroscience*, 15(5), 3526–3538.
- Dinges, D., Maislin, G., Brewster, R., Krueger, G. & Carroll, R. (2005). Pilot test of fatigue management technologies (*Transportation Research Record* 1922, 175–182).
- Dinges, D. & Mallis, M. (1998). Managing fatigue by drowsiness detection: Can technological promises be realized. In L. Hartley (Ed.), *Managing Fatigue in Transportation* (pp. 209–229). Oxford: Pergamon Press.
- Dingus, T., Neale, V., Klauer, S., Petersen, A. & Carroll, R. (2006). The development of a naturalistic data collection system to perform critical incident analysis: an investigation of safety and fatigue issues in long-haul trucking. *Accident Analysis & Prevention*, 38 (6), 1127–1136.
- Drew, G. C. (1951). Variations in reflex blink-rate during visual-motor tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 3, 73–88.

- Engström, I., Gregersen, N., Hernetkoski, K., Keskinen, E. & Nyberg, A. (2003). Young novice drivers, driver education and training. Literature review Linköping, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI rapport 491A).
- Ferguson, S. (2003). Other high-risk factors for young drivers - how graduated licensing does, doesn't or could address them. *Annual Proceedings - Association for the Advancement of Automotive Medicine* 47, 539–542
- Folkard, S. & Åkerstedt, T. (1987). Towards a model for the prediction of alertness and/or fatigue on different sleep/wake schedules. In A. Oginski, J. Pokorski & J. Rutenfranz (Eds.), *Contemporary Advances in Shiftwork Research* (pp. 231–240). Krakow: Medical Academy.
- Folkard, S. & Åkerstedt, T. (1991). A three process model of the regulation of alertness and sleepiness. In R. Ogilvie & R. Broughton (Eds.), *Sleep, Arousal and Performance: Problems and Promises* (pp. 11–26). Boston: Birkhäuser.
- Forsman, Å., Gustavsson, S. & Varedian, M. (2007). Rattfylleriets omfattning. En metodstudie i Södermanlands, Örebro och Östergötlands län. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. (VTI rapport 599.)
- Forsyth, E., Maycock, G. & Sexton, B. (1995). Cohort study of learner and novice drivers: Part 3, Accidents, offences and driving experience in the first three years of driving. Crowthorne: Transport Research Laboratory (TRL project report 111).
- Fröberg, J., Karlsson, C.-G., Levi, L. & Lidberg, L. (1972). Circadian Variations in Performance, Psychological Ratings, Catecholamine Excretion, and Diuresis During Prolonged Sleep Deprivation. *International Journal of Psychobiology*, 2, 23–36.
- Fuller, R. A. (1984). Conceptualisation of driving behaviour as threat avoidance. *Ergonomics*, 27, 1139–1155.
- Galvan, A., Hare, T., Voss, H., Glover, G. & Casey, B. (2007). Risk-taking and the adolescent brain: who is at risk? *Developmental Science*, 10(2), F8–F14.
- George, C. (2007). Sleep apnea, alertness, and motor vehicle crashes. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 176(10), 954–956.
- Gertler, J., Popkin, S., Nelson, D. & O'Neil, K. (2002). Toolbox for Transit Operator Fatigue. Washington DC: Transportation Research Board, Transit Cooperative Research Program (TCRP report 81).
- Gillberg, M., Kecklund, G. & Åkerstedt, T. (1996). Sleepiness and performance of professional drivers in a truck simulator – comparisons between day and night driving. *Journal of Sleep Research*, 5, 12–15.
- Glendon, A., Clarke, S. & Mckenna, E. (2006). *Human Safety and risk management second edition*: Taylor and Francis.
- Gold, D. R., Rogacz, S., Bock, N., Tosteson, t. D., Baum, T. M., Speizer, F. E. & Czeisler, C. A. (1992). Rotating shift work, sleep, and accidents related to sleepiness in hospital nurses. *American Journal of Public Health*, 82(7), 1011–1014.
- Greenwood, M. & Woods, H. (1919). A report on the incidence of industrial accidents upon individuals with special reference to multiple accidents. (No. 4). London HMSQ: Industrial Fatigue Research Board.
- Gregersen, N. (1996). Young driver's overestimation of their own skill – an experiment on the relation between training strategy and skill. *Accident Analysis & Prevention*, 28(2), 243–250.
- Gregersen, N. & Bjurulf, P. (1996). Young novice drivers: towards a model of their accident involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 28(2), 229–241.
- Groeger, J. & Brown, I. D. (1989). Assessing one's own and other's driving ability. Influence of sex, age and experience. *Accident Analysis & Prevention*, 21(2), 155–168.

- Haddon, W. J. (1972). A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. *Journal of Trauma*, 12, 193–207.
- Hamelin, P. (1987). Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics*, 30, 1323–1333.
- Hanowski, R. J., Wierwille, W. W. & Dingus, T. A. (2003). An on-road study to investigate fatigue in local/short haul trucking. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 153–160.
- Haraldsson, P. O., Carenfelt, C., Laurell, H. & Törnros, J. (1990). Driving vigilance simulator test. *Acta oto-laryngologica*, 110, 136–140.
- Haraldsson, P. O., Carenfelt, C. & Tingvall, C. (1992). Sleep apnea syndrome symptoms and automobile driving in a general population. *Journal of Clinical Epidemiology*, 45, 821–825.
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R. & Dement, W. (1973). Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*, 10, 431–436.
- Horne, J., & Baulk, S. (2004). Awareness of sleepiness when driving. *Psychophysiology*, 41, 161–165.
- Horne, J. & Reyner, L. (1995a). Driver sleepiness. *Journal of Sleep Research*, 4 (suppl 2), 23–29.
- Horne, J. & Reyner, L. (1995b). Falling asleep at the wheel. Crowthorne, Transport Research Laboratory. (TRL report 168).
- Horne, J. & Reyner, L. (1995c). Sleep related vehicle accidents. *British Medical Journal*, 310, 565–567.
- Horne, J., & Reyner, L. (1999). Vehicle accidents related to sleep: a review. *Occupational and Environmental Medicine*, 56(5), 289–294.
- Horne, J. & Reyner, L. (1996). Counteracting driver sleepiness: effects of napping, caffeine and placebo. *Psychophysiology*, 33, 306–309.
- Ingre, M., Åkerstedt, T., Peters, B., Anund, A. & Kecklund, G. (2006). Subjective sleepiness, simulated driving performance and blink duration: examining individual differences. *Journal of Sleep Research*, 15, 1–7.
- Ingre, M., Åkerstedt, T., Peters, B., Anund, A., Kecklund, G. & Pickles, A. (2006). Subjective sleepiness and accident risk avoiding the ecological fallacy. *Journal of Sleep Research*, 15(2), 142–148.
- Jerand, A. (1997). Improvement, Validation and Multivariate Analysis of a Real Time Vehicle Model. Stockholm: Department of Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology. (Trita-FKT 9753.)
- Jewett, M. E., Dijk, D.-J., Kronauer, R. E. & Dinges, D. F. (1999). Dose-response relationship between sleep duration and human psychomotor vigilance and subjective alertness. *Sleep*, 22, 171–179.
- Ji, Q., Zhu, Z. & Lan, P. (2004). Real-Time nonintrusive monitoring and prediction of driver fatigue. *IEEE Transactions on vehicular technology*, 53(4), 1052–1068
- Johns, M. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth sleepiness scale. *Sleep*, 14(6), 540–545.
- Johns, M. W. & Tucker, A. (2005). The amplitude velocity ratio of blinks; changes with drowsiness. *Sleep*, 28(A), 122.
- Kales, A., Tjiauw-Ling, T., Kollar, E. J., Naitoh, P., Preston, T. A. & Malmstrom, E. J. (1970). Sleep patterns following 205 hours of sleep deprivation. *Psychosomatic Medicine*, 32(2), 189–200.

- Kecklund, G. & Åkerstedt, T. (1993). Sleepiness in long distance truck driving: an ambulatory EEG study of night driving. *Ergonomics*, 36(9), 1007–1017.
- Laapotti, S. & Keskinen, E. (1998). Differences in fatal loss-of-control accidents between young male and female drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 30(4), 435–442.
- Lal, S. K. L. & Graig, A. (2002). Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment. *Psychophysiology*, 39, 313–321.
- Langlois, P. H., Smolensky, M. H., Hsi, B. P. & Weir, F. W. (1985). Temporal patterns of reported single-vehicle car and truck accidents in Texas, USA during 1980–1983. *Chronobiology International*, 2(2), 131–146.
- Larsson, J. & Anund, A. (2002). Trötthet i trafiken. Studie av trötthetsrelaterade olyckor. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. (VTI notat 34-2002.)
- Lavie, P. (1986). Ultrashort sleep-waking schedule. III. "Gates" and "forbidden zones" for sleep. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63, 414–425.
- Lisper, H.-O. (1994). Breaks and activity. In T. Åkerstedt & G. Kecklund (Eds.), *Work hours, sleepiness and accidents*. Stockholm: IPM and Karolinska Institute. (Stress Research Reports 248) pp. 68–70.
- Lisper, H. (1977). Trötthet i trafiken: En empiriskt och teoretisk översikt. Statens Offentliga Utredningar, SOU, 1977: 2, 229–284.
- Lowden, A., Åkerstedt, T. & Wibom, R. (2004). Suppression of sleepiness and melatonin by bright light exposure during breaks in night work. *Journal of Sleep Research*, 13(1), 37–43.
- Lowden, A., Holmbäck, U., Åkerstedt, T., Forslund, J., Lennernäs, M. & Forslund, A. (2004). Performance and sleepiness during a 24 h awake in constant conditions are affected by diet. *Biological Psychology*, 65: 251–263.
- Mahoney, K.M., Porter, R. J., Donnell, E.T., Lee, D. & Pietrucha, M.T. (2003). Evaluation of centerline rumble strips on lateral vehicle placement and speed on two-lane highways. Harrisburg: Pennsylvania Department of Transportation.
- Maycock, G. (1997). Sleepiness and driving: The experience of U.K. car drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 453–462.
- Michon, J. (1985). A critical view of driver behaviour models: what do we know, what should we do? In L. Evans & R. Schwing (Eds.), *Human behaviour and traffic safety* (pp. 485–520). New York: Plenum Press.
- Miles, J. D., Pratt, M. P. & Carlson, P. J. (2006). Evaluation of Erratic Maneuvers Associated with Installation of Rumble Strips. *Transportation Research Record*, 1973, 73–79.
- Miles, W. (1929). Sleeping with the eyes open. *Scientific American*, 140, 489–492.
- Mitler, M., Gujavarty, K. & Broman, C. (1982). Maintenance of Wakefulness Test: a polysomnographic technique for evaluating treatment efficacy in patients with excessive somnolence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53, 658–661.
- Mitler, M., Miller, J., Lipsitz, J., Walsh, J. & Wylie, C. (1997). The sleep of long-haul truck drivers. *New England Journal of Medicine*, 337, 755–761.
- Näätänen, R. & Summala, H. (1976). Road user behaviour and traffic accidents. Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- NTSB. (1999). Evaluation of U.S. Department of Transportation efforts in the 1990s to address operation fatigue (Safety Report NTSB/SR-99/01). Washington, D. C.: National Transportation Safety Board.

- O'Hanlon, J. & Kelly, G. (1974). A psycho-physiological evaluation of devices for preventing lane drift and run-off-road accidents. Technical Report 1736-F, Human Factors Research Inc, Santa Barbara Research Park, Goleta, California.
- Otmani, S., Joceline, R. & Alain, M. (2005). Sleepiness in professional drivers: Effect of age and time of day. *Accident Analysis & Prevention*, 37(5), 930–937.
- Otmani, S., Pebayle, T., Roge, J. & Muzet, A. (2005). Effect of driving duration and partial sleep deprivation on subsequent alertness and performance of car drivers. *Physiology & Behavior*, 84, 715–724.
- Pack, A. I., Pack, A. M., Rodgman, E., Cucchiara, A., Dinges, D. F. & Schwab, C. W. (1995). Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep. *Accident Analysis & Prevention*, 27(6), 769–775.
- Peden, M., McGee, K. & Sharma, G. (2002). The injury chart book: a graphical overview of the global burden of injuries. [Online]. Geneva: World Health Organization.. Available from: <http://whqlibdoc.who.int/publications/924156220X.pdf> [Accessed: 11 February 2009].
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A., Jarawan, E. & Mathers, C. eds. (2004). World report on road traffic injury prevention. [Online]. Geneva: World Health Organization. <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241562609.pdf>. [Accessed: 11 February 2009].
- Persaud, B. N., Retting, R. A. & Lyon, C. (2003). Crash Reduction Following Installation of Centreline Rumble Strips on Rural Two-Lane Roads. Arlington, VA: Insurance Institute for Highway Safety.
- Philip, P. & Akerstedt, T. (2006). Transport and industrial safety, how are they affected by sleepiness and sleep restriction? . *Sleep Medicine Reviews*, 10, 347–356.
- Philip, P., Sagaspe, P., Taillard, J., Chaumet, G., Bayon, V., Coste, O., Bioulac, B. & Guilleminault, C. (2008). Maintenance of Wakefulness test, obstructive sleep apnea syndrome, and driving risk. *Annals of Neurology*, 64(4), 410–416.
- Philip, P., Sagaspe, P., Taillard, J., Valtat, C., Moore, N., Åkerstedt, T., Charles, A. & Bioulac, B. (2005). Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions. *Sleep*, 28(12), 1511–1516.
- Racioppi, F., Eriksson, L., Tingvall, C. & Villaveces, A. (2004). Preventing road traffic injury: a public health perspective for Europe. Copenhagen: World Health Organisation, Europe.
- Ranney, T. A. (1994). Models of driving behaviour: A review of their evolution. *Accident Analysis and Prevention*, 26(6), 733–750.
- Rasmussen, J. (1984). Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering. London: North-Holland.
- Reason, J. (1997). Managing the risk of organizational accidents. Aldershot: Ashgate.
- Reason, J. (1990). Human error. Cambridge: Cambridge university Press.
- Rechtschaffen, A. & Kales, A. (1968). A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Bethesda: US Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service.
- Rémond, A. (Ed.). (1979). EEG informatics. A didactic review of methods and applications of EEG data processing. Amsterdam: Elsevier.
- Reyner, L., & Horne, J. (1998). Falling asleep whilst driving: are drivers aware of prior sleepiness? *International Journal of Legal Medicine*, 111, 120–123.
- Reyner, L., & Horne, J. (1999). Early morning driver sleepiness: Effectiveness of 200 mg caffeine. *Psychophysiology*, 37, 1–6.

- Richter, S., Marsalek, K., Glatz, C. & Gundel, A. (2005). Task-dependent differences in subjective fatigue scores. *Journal of Sleep Research*, 14(4), 393–400.
- Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behaviour. In I. Evans & R. Schwing (Eds.), *Human behaviour and traffic safety* (pp. 151–165). New York.
- Sagaspe, P., Taillard, J., Åkerstedt T, Bayon, V., Espié, S., Chaumet, G., Bioulac, B. & Philip, P. (2008). Extended driving impairs nocturnal driving performances. *PLoS ONE*, [Online]. 3(10), e3493. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0003493> [Accessed: 11 February 2009].
- Sagaspe, P., Taillard, J., Chaumet, G., Moore, N., Bioulac, B. & Philip, P. (2007). Aging and nocturnal driving: better with coffee or a nap? A randomized study. *Sleep*, 30(12), 1808–1813.
- Sallinen, M., Härmä, M. I., Akila, R., Holm, A., Luukonen, R., Mikola, H., Muller, K. & Virkkala, J. (2004). The effects of sleep debt and monotonous work on sleepiness and performance during a 12-h dayshift. *Journal of Sleep Research*, 13, 285–294.
- Samel, A., Wegmann, H.-M., Vejvoda, M., Drescher, M., Gundel, A., Manzey, D. & Wenzel, J. (1997). Two-crew operations: Stress and fatigue during long-haul night flights. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 68, 679–687.
- Santamaria, J. & Chiappa, K. H. (1987). The EEG of drowsiness in normal adults. *Journal of clinical neurophysiology*, 4, 327–382.
- Saper, C. B., Cano, G. & Scammell, T. E. (2005). Homeostatic, circadian, and emotional regulation of sleep. *Journal of Comparative Neurology*, 493(1), 92–98.
- SCB. (2006). *Ohälsa och sjukvård 1980–2005*.
- Schleicher, R., Galley, N., Briest, S. & Galley L. (2008). Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired? *Ergonomics*, 51(7), 982–1010.
- Sharabaty, H. (2008). Automatic EOG and EEG analysis: A first step toward automatic sleepiness scoring during wake-sleep transitions. *Somnologie*, Submitted.
- Stern, J. A., D, B. & D, S. (1994). Blink rate: A possible measure of fatigue. *Human Factors*, 36(2), 285–297.
- Stutts, J., Wilkins, J., Osberg, S. & Vaughn, B. (2003). Driver risk factors for sleep-related crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 35, 321–331.
- Stutts, J., Wilkins, J. & Vaughn, B. (1999). Why do people have drowsy driving crashes? Input from drivers who just did (No. 202/638-5944). Washington, D.C.: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Summala, H., Häkkänen, H., Mikkola, T. & Sinkkonen, J. (1999). Task effects on fatigue symptoms in overnight driving. *Ergonomics*, 42, 798–806.
- Tietzel, A. & Lack, L. (2002). The recuperative value of brief and ultra-brief naps on alertness and cognitive performance. *Journal of Sleep Research*, 11, 213–218.
- Törnros, J. (1998). Driving behaviour in a real and simulated road tunnel – a validation study *Accident Analysis & Prevention*, 4, 497–503.
- Torsvall, L. & Åkerstedt, T. (1987). Sleepiness on the job: continuously measured EEG changes in train drivers. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66, 502–511.
- Torsvall, L. & Åkerstedt, T. (1988). Extreme sleepiness: quantification of EOG and spectral EEG parameters. *International Journal of Neuroscience*, 38: 435–441.
- Torsvall, L., Åkerstedt, T., Gillander, K. & Knutsson, A. (1989). Sleep on the night shift: 24-hour EEG monitoring of spontaneous sleep/wake behavior. *Psychophysiology*, 26(3), 352–358.

- Valley, V. & Broughton, R. (1983). The physiological (EEG) nature of drowsiness and its relation to performance deficits in narcoleptics. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55, 243–251.
- Van Dongen, H. P. A. Mott, C.G. Huang, J.-K. Mollicone, D.J. McKenzie, F.D. & Dinges, D.F. (2007). Confidence intervals for individualized performance models. *Sleep*, 30(9), 1083.
- Vägfrafikskador 2006 = Road Traffic Injuries 2006. (2007). Östersund, Statens Institut för kommunikationsanalys. (SIKA statistik 2007:30)
- Wesensten, N., Killgore, W. & Balkin, T. (2005). Performance and alertness effects of caffeine, dextroamphetamine, and modafinil during sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 14, 255–266.
- Wierwille, W. & Ellsworth, L. (1994). Evaluation of driver drowsiness by trained raters. *Accident Analysis & Prevention*, 26, 571–581.
- Wierwille, W. W., Ellsworth, L. A., Wreggit, S. S., Fairbanks, R. J. & Kim, C. L. (1994). Research on vehicle based driver status/performance monitoring: development, validation, and refinement of algorithms for detection of driver drowsiness. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration (DOT HS 808).
- Wilde, G. J. S. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics*, 31(4), 441–468.
- Åkerstedt, T. (1990). Continuous monitoring of sleepiness. In L. E. Miles & R. J. Broughton (Eds.), *Medical monitoring in the home and work environment*. (pp. 129–137). New York: Raven Press.
- Åkerstedt, T. (1998). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Sleep Medicine Reviews*, 2, 117–128.
- Åkerstedt, T. (2000). Consensus statement: fatigue and accidents in transport operations. *Journal of Sleep Research*, 9(4), 395.
- Åkerstedt, T., Connor, J., Gray, A. & Kecklund, G. (2008). Predicting road crashes from a mathematical model of alertness regulation - The Sleep/Wake Predictor. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1480–1485.
- Åkerstedt, T. & Folkard, S. (1997). The three-process model of alertness and its extension to performance, sleep latency, and sleep length. *Chronobiology International*, 14(2), 115–123.
- Åkerstedt, T., Folkard, S. & Portin, C. (2004). Predictions from the Three-Process Model of Alertness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75 (3), A75–A83.
- Åkerstedt, T., & Gillberg, M. (1981). The circadian variation of experimentally displaced sleep. *Sleep*, 4, 159–169.
- Åkerstedt, T. & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience* 52, 29– 37.
- Åkerstedt, T. & Kecklund, G. (2001). Age, gender and early morning highway accidents. *Journal of Sleep Research*, 10, 105–110.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

