

Stressforskningsrapport nr 309

Trötthet och trafiksäkerhet – en översikt av kunskapsläget

Torbjörn Åkerstedt & Göran Kecklund



Stressforskningsinstitutet



Stockholms
universitet

Nr 309

2003

**Trötthet och trafiksäkerhet
– en översikt av kunskapsläget**

*Torbjörn Åkerstedt
Göran Kecklund*

Trötthet och trafiksäkerhet - en översikt av kunskapsläget

*Torbjörn Åkerstedt
Göran Kecklund*

Institute for Psychosocial Medicine (IPM) &
Karolinska Institutet, Stockholm, Sverige

Ansvarig utgivare: Töres Theorell

Rapporten har tidigare publicerats av Vägverket, Publikation 2000:74
Arbetet har finansierats av Vägverket. Författarna tackar Lars Englund och
Tomas Lekander (Vägverket) för värdefulla synpunkter på manus.

Psykosocial medicin

är den samlande benämningen på den tvärvetenskapliga forskningen som rör olika livsmiljöer; hur de upplevs och hur de påverkar människokroppen, negativt eller positivt.

Människans miljö är rik på psykosociala risksituationer. Många kan framkalla såväl psykiska som fysiska besvär, rubbningar eller skador. Den *psykosociala medicinska forskningens syfte* är att studera samband mellan sådana situationer och människors känsloreaktioner, beteenden, fysiologiska reaktioner och kroppslig eller psykisk ohälsa. Forskningen är därför tvärvetenskaplig och innefattar såväl experimentella studier i laboratoriemiljö och under fältförhållanden, som epidemiologiska kartläggningar.

I Stockholm bedrivs denna forskning som ett unikt samarbete mellan

- **IPM - Institutet för psykosocial medicin**
- **Avdelningen för stressforskning vid Karolinska institutet**, som också är
- **WHO:s psykosociala samarbetscentrum**, och
- **Nationellt centrum för suicidforskning och prevention av psykisk ohälsa vid Stockholms läns landsting.**

IPM och Avdelningen för stressforskning, Karolinska institutet

Förestandare: Professor Töres Theorell

Enheter/forskargrupper vid IPM:

Allmän social miljö och hälsa

Chef: professor Töres Theorell

Barn och trauma

Chef: docent Frank Lindblad

Stressmottagningen

Chef: docent Aleksander Perski

Arbetsmiljö och hälsa

Chef: professor Torbjörn Åkerstedt

Migration och hälsa

Chef: docent Solvig Ekblad

Suicidforskning och prevention av psykisk ohälsa

Chef: professor Danuta Wasserman

Copyright © 2003 Förlaget och författarna

ISSN 0280-2783

Akademitryck, Edsbruk; 2003

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Sammanfattning och slutsatser	5
Introduktion	8
Svenska vägtrafikolyckor	9
Begreppen sömnighet och trötthet	10
Mätning av sömnighet	11
Sammanfattning	13
Omfattningen av trötthetsrelaterade vägtrafikolyckor	15
Tolkning av officiell statistik	15
Allmänt om personbilar	15
Allmänt om tunga fordon	17
Intervjuer, frågeformulär	18
Slumpmässigt urval	18
Djupstudier av trafikolycksfall	19
Sammanfattning	20
Olycksförekomst i relation till tid, sömn och monoton	21
Tid på dygnet och sömnbrist	21
Registerstudier	21
Djupstudier av vägtrafikolyckor	23
Frågeformulär & intervjuer med urval av förare	24
Fysiologiska studier av trötthet	26
Sömnbalansen	27
Körtid	29
Körtidsregler	31
Vägens karaktär	31
Förarmiljön	32
Kön och ålder	33
Veckor och årstid	34
Sammanfattning	34
Orsaker – ”Kroniska” sömnstörningar och droger	36
Insomni	36
Sömnapné och narkolepsi	37
Sederande medel – sömnmedel, alkohol m.m.	38
Sammanfattning	39
Vakenhetsregleringens mekanismer	41
Huvudorsaken – klockan och den felplacerade vakenheten	41
Sömnen	42
Vakentidens längd	44
En modell för trötthetsutveckling	45
Sammanfattning	46
Åtgärder mot sömnighetsrelaterade vägolyckor	47
Tupplurar och kaffe	47
Luft, buller, aktivitet etc.	47
Trötthetsvarnare	48
Vägåtgärder	49
Körtidsregler och andra regleringar	49
Information och utbildning	50
Sammanfattning	51

Forskning	53
Riktade haveriutredningar med uppföljande forskning	53
Trötthet i olika riskgrupper	54
Efterverkningar av alkohol och droger	54
Motmedel	54
Körtidens längd	55
Sammanfattning	55
Referenser	56

Sammanfattning och slutsatser

Singelolyckor den största olyckskategorin och den som svarar för den största andelen dödsfall. Mötesolyckor kommer på tredje plats vad gäller total andel olyckor men på andra plats vad gäller dödsolyckor. Denna kategori hade den högsta dödligheten per olycka och var alltså i viss mening ”farligast”. Den största andelen allvarliga olyckor inträffade utanför tätort. Fyra femtedelar av de totala olyckorna förefaller vara relaterade till misstag av trivial natur orsaken till dessa misstag saknas men ligger sannolikt i ouppmärksamhet och felbedömningar.

Begreppet sömnhet är en del av begreppet ”trötthet” och beskriver en oförmåga att hålla sig vaken – en ”drive” att somna. Sömnhet mäts med olika självskattningsskalor, med förekomsten av de hjärnvågor som karakteriserar sömnen, med förekomsten av de förändringar i ögonens aktivitetsmönster som karakteriserar sömn (tendenser till långa blinkningar, ögonlock på ”halv stång”, långsamma böljande rörelser av ögonloben, eller förstås som slutna ögon). Prestationsmått mäter egentligen inte sömnhet utan snarare konsekvenserna. Här är olika typer av uppmärksamhetstest och ”spårningstest” viktiga, speciellt den typ som kan registreras i körsimulator eller t.o.m. i körning på väg.

Uppenbarligen finns inga helt pålitliga siffror på trötthetsolyckornas omfattning – värdena varierar beroende på vägtyp och vem som definierar sömnhet. Man torde dock kunna dra slutsatsen att de vanligaste ”officiella” siffror på 1-3% måste vara för låga och att den korrekta siffran ligger betydligt högre – 10-20%. Den ökar dessutom med skadans svårighetsgrad. För tung trafik förefaller siffrorna bli ännu högre. Trötthetsolyckorna förekommer i stor utsträckning som singelolyckor, men även frontalkollisioner bör i stor utsträckning kunna vara trötthetsrelaterade. Analyserna visar att det föreligger en påfallande brist på systematiska vägolycksstudier där förarens trötthetsstillstånd kartläggs och skiljs från andra faktorer (som t.ex. alkohol, eller drogrelaterade orsaker).

En mycket framträdande orsak till trötthetsolyckor är uppenbarligen körning *nattetid*. Effekten beror dels på att man därmed exponerar sig för dygnsrytmens bottennivå men också på att föregående *sömn blir förkortad* och att vakentiden blir utsträckt. I många fall är nattkörningen relaterad till oregelbundna arbetstider, men uppenbarligen också till sociala faktorer.

Däremot finns det inga övertygande bevis för att *körtidens längd* har en väsentlig betydelse i sig – påfallande många trötthetsolyckor inträffar kort

tid från start. Bristen på effekt för körtid låter egendomlig men slutsatsen kan bero på att effekten är mycket liten för normala körlängder och att effekterna av längre körtider i allmänhet blir hopblandade med andra, kraftfullare orsaker, som sömnbrist och nattkörning. Rimligen kan också pauser spela en viss roll här, även om pausens innehåll (föda, koffein, sömn) sannolikt är av större vikt. Här finns uppenbarligen ett stort behov att systematisk forskning där de andra faktorerna kan konstanthållas. Det bör dock framhållas att körtidens längd kan ha avsevärda indirekta effekter genom att långa körpass förhindrar tillräcklig sömn.

Man bör också beakta betydelsen av *vägens karaktär* för förekomsten av trötthetsolyckor. En bred, rak och lågtrafikerad väg leder till starka monotoneffekter och ökad olycksrisk. Även faktorer som att vara nära målet kan vara av betydelse för kritisk avslappning. Möjligen bidrar också den förbättrade körergonomin med automatväxling, reducerat vindbrus, farthållare, mm. Detta är dock inte entydigt belagt.

En ytterligare faktor i trötthetsolyckor är uppenbarligen också att vara man, men i synnerhet *att vara ung*. Risken för 18-24-årsgruppen närmar sig astronomiska siffror, möjligen beroende på sämre vakenkapacitet i den åldern men möjligen också betydligt sämre insikt om egna begränsningar.

Sömnapné, insomni och narkolepsi ökar uppenbarligen risken för trötthetsolyckor (ca 2-4 gånger) beroende på att återhämtningen störs (för de två förra). Omfattningen av dessa faktorer är osäker men speciellt sömnapné verkar kunna svara för en ansenlig del av de totala trötthetsolyckorna. Narkolepsi innebär också en ökad olycksrisk, men drabbar en mycket liten del av befolkningen. Här behövs åtskillig grundläggande forskning, speciellt i form av djupstudier av individer som råkat ut för vägolyckor.

Sömnmedlens roll i olycksstatistiken är också osäker men det förefaller som om individer som använder medicinering enligt anvisningar inte skulle köra sämre än andra (i simulator). Alkoholen har ju en särställning bland orsaksfaktorer, men då i form av direkta berusningseffekter. Dessutom ger alkoholen en ökad sömnighet som kvarstannar sedan blodalkoholalten nått noll %. Detta kan sannolikt ligga bakom någon del av trötthetsolyckorna. En intressant effekt är också den sömnstörning som förekommer i samband med tyngre alkoholförtäring. Sannolikt innebär detta att en förare även efter en åttatimmars sömn kan lida brist på återhämtning beroende på störd sömn och därmed utgöra en fara på vägen. Vid vilka alkoholnivåer och andra förutsättningar detta sker är dock idag okänt.

Orsakerna till de trötthetsrelaterade vägolyckorna är nära kopplade till den grundläggande biologiska sömn-/vakenhetsregleringen och det sätt människan sätter sig över biologiska principer. Den *biologiska klockan driver* människans fysiologi i en ständig variation mellan hög ämnesomsättning dagtid och låg nattetid. Att flytta sin aktivitet till nattimmarna innebär att man utsätts för den funktionsnedsättning som sänkt ämnesomsättning innebär, samt att man under efterföljande (dagtids-)sömn utsätts för den höga ämnesomsättning som stör sömnen.

Dessutom har *längden på vakenperioden* lika stor betydelse, vilket gör att sen natt och tidig morgon blir dubbelt belastade hos den som kör på natten. Den tredje faktorn är förstås *sömnen* - dess längd och kvalitet påverkar direkt vakenhetsnivån och förmågan att säkert framföra ett fordon. Att starta en körning tidigt på morgonen innebär t.ex. att man kombinerar körning i dygnsrytmens bottennivå med en starkt förkortad sömnlängd. En fragmenterad sömn, vilket förekommer i samband med sömnapné kan i svåra fall vara helt utan återhämtningsvärde, med åtföljande höga risk för insomnande vid ratten. Alla dessa faktorer kan idag sammanfattas i datormodeller som möjliggör förutsägelse av t.ex. säkerhetskONSEKVENSERNA av olika kör-/vila-mönster.

Det finns idag en hel del åtgärder att vidta, speciellt kanske i form av *information* till allmänheten om farorna med trötthet, om vilka faktorer som orsakar och motverkar trötthet, hur man skall lära sig känna igen/beräkna när kritiska trötthetsnivåer inträffar, m.m.

Några av de viktigaste motmedlen som diskuteras är *tupplurar* och schemaläggning av sömnen samt konsumtion av *kaffe*. Åtgärder som raster, kall luft, bilradio, m.m. har mycket kortlivade effekter och bör inte förlitas på mer än några få minuter. Utrustning som *varnar* för trötthet är idag knappast så pålitlig att den utgör något hjälpmedel, men många utvecklingsprojekt pågår. Det finns dock ett potentiellt problem även med ev. perfekta trötthetsvarnare - de kan utnyttjas för att tänja på gränserna.

Bland motmedel bör också räknas skyltning av farliga vägvägnitt, och användning av reliefränder ("rumble strips") för att varna vid tendenser till avåkning. Man bör också överväga gällande *arbetstidsregler* för yrkestrafik och övervakningen av dessa. De regler som finns idag för tung trafik är inte invändningsfria och en stor del av yrkestrafiken (den "lättare") sorterar under vanliga arbetstidsregler och kan därför utsätta sig för avsevärd trötthet.

En viktig men känslig fråga är också identifikation av individer med kroniskt nedsatt vakenhetskapacitet och restriktioner för denna grupp.

Förutom konkreta åtgärder behöver vi också mer kunskap om *vad som föregått körningar* som slutar med en vägtrafikolycka (förkortad sömn, sänkt sömnkvalitet, tidigt uppstigande, lång körtid, stress, etc.), kanske via *haverikommissioner*? Vi behöver också information om hur olika grupper (*äldre/yngre, apnépatienter, etc.*) klarar olika trötthetsskapande situationer.

Andra viktiga frågor rör *alkoholens indirekta effekter* via sömn, detaljnivåer för tupplurars längd och koffeindosering som motmedel i riktiga trafikstudier samt effektiviteten hos andra motmedel (trötthetsvarnare, etc.). Hit hör också utbildning i *trötthetsigenkänning* och kanske enkla metoder för att beräkna och *förutsäga* kommande trötthet och kanske också att mäta trötthet reliabelt under fältförhållanden och i kliniska situationer. Dagens metoder är otillräckliga.

Till sist behöver vi information om vilken betydelse *körtidens längd* har (om någon) och om god *körergonomi* verkligen bidrar till sänkt vakenhet. Det finns också behov av forskning kring interaktioner mellan läkemedel och sömnbrist/dygnsrytm. Mycket av forskningsarbetet förutsätter omfattande samarbete mellan flera forskargrupper och över disciplinränsar.

Introduktion

Efter år av sjunkande tendens har antalet trafikdödade åter börjat stiga. Riksdagen har fattat enhälligt beslut om 0-visionen hösten 1997 vilket innebär målet inga dödade eller allvarligt skadade i trafiken. Medlen för att åstadkomma detta är många, t.ex. extrema hastighetsbegränsningar eller radikal vägombyggnad, men inte enkelt genomförbara. Det är därför av vikt att undersöka alla möjligheter att reducera de svåra olyckorna. Ett sådant område med stor potential men med mycket liten seriös uppmärksamhet är trötthet. De senaste åren har vi gradvis börjat förstå allt mer av trötthetens betydelse för trafiksäkerheten och i vilken kontrast detta står till de åtgärder som vidtas eller diskuteras.

Nedan sammanfattas det rådande kunskapsläget om trötthet i trafiken, baserat på publicerad forskning, framför allt sådan i internationella vetenskapliga tidskrifter som är granskade av referenter. Vi har också kontaktat kollegor inom forskningsområdet för att få information om den senaste utvecklingen i olika delar av världen. Syftet har varit att framför allt erhålla information om vilken omfattning trötthetsrelaterade olyckor har samt vilka de viktigaste orsakerna är. Vi kommer också att kort beröra olika typer av motmedel och vilken kunskap vi saknar för att välja rätt motåtgärder. Alkohol och andra droger har naturligtvis också trötthetseffekter men utgör ett redan väl etablerat kunskapsområde och kommer inte att beröras här annat än perifert.

Rapporten inleds med en sammanfattning av trafiksäkerhetssituationen i landet, vilket följs av en diskussion av begreppet ”trötthet” och därefter avsnitt som rör förekomsten av trötthetsrelaterade olyckor, dessas orsaker, trötthetens mekanismer, motmedel/åtgärder samt forskningsbehov.

Svenska vägtrafikolyckor

Statistiken för vägtrafikskador visar för 1998 (SCB/SIKA, 1999) att 15514 trafikolyckor med personskada rapporterades av polisen. Detta är något färre än föregående år och innefattar 531 döda (antalet olyckor med dödlig utgång var 490), 3883 svårt skadade och 17473 lindrigt skadade. Tillsammans med England, Norge och Nederländerna har Sverige den lägsta risken i världen (6 per 100.000 invånare) för att avlida i vägtrafikolycka.

Tabell 1 visar att den vanligaste typen av olycka var *singelolyckan*, vilken också svarade för största andelen totala antalet dödsolyckor. 70 % av totala antalet olyckor med personskada inträffade på landsbygden och 41% i mörker. Den näst vanligaste var *upphinnandelyckor*, men inslaget av dödsolyckor var litet. 58 % av upphinnandelyckorna skedde inom tätbebyggt område. *Korsvägsolyckor* var den tredje vanligaste men andelen med dödlig utgång var måttligt. Andelen *mötesolyckor* var låg men svarade för den näst största andelen av det totala antalet dödsolyckor. Det var också den farligaste formen mätt i antal dödsfall per olycka. 80 % av mötesolyckorna inträffade på landsbygden. Andelen *omkörningsolyckor*, inklusive filbyte och *avsvängningsolyckor* var måttlig. Andelen alkoholrelaterade olyckor var 3,3 % men innebär sannolikt en grov underskattning.

Tabell 1. Olyckstyper - % av totala antalet olyckor, antal döda, % döda inom olyckstypen samt % av alla dödsolyckor. (1998)

	% av total	Antal dödsolyckor	% döda	% av alla dödsolyckor
Singel	23,1	156	4,4	31,8
Upphinnande	11,2	7	0,4	1,4
Möte	5,3	111	6,7	22,3
Omkörning	3,1	18	3,4	3,7
Avsvängning	7,6	25	0,2	5,1
Korsväg	10,7	23	1,5	4,7

I en nyligen publicerad rapport (Vägverket, 1999) av dödsolyckor i sydöstra Sverige rapporterades att olyckan framför allt orsakats av eget

misstag (51%), annans misstag (30%), alkohol/droger (11%), sjukdom (3%), självmord (2%), grovt fel (2%) eller extrem fortkörning (1%). De dominerande olyckstyperna var frontalkollision med annat fordon (44%), sidoområde/avåkning (23%), kollision med oskyddade trafikanter (21%), kollision med annat fordon i korsning (6%), och viltolycka (4%). Författarna drog slutsatsen att de viktigaste orsakerna till olyckorna var att vägen saknade mitträcke, för hög hastighet tillåts samt att fasta objekt förkommit i vägens närhet. Slutsatserna är naturligtvis korrekta och åtgärder skulle antagligen reducera antalet dödsolyckor. Man diskuterade dock inte varför det mänskliga beteendet inte hade anpassas till de fysiska förutsättningarna för bilkörning och om förarens tillstånd (trötthet, stress, etc.) kunde haft betydelse för utgången. Det är rimligt att tänka sig att åtminstone en del av de 81% misstagsorsakade olyckorna skulle kunna vara åtgärdbara.

Man bör vara medveten om de begränsningar som finns i olycksrapporteringen i Sverige och de flesta andra länder och som styr mycket av slutsatserna om orsaker till vägolyckor. I allmänhet har man via varje olycksrapport information om typen av olycka (singel, omkörning, upphinnande, frontal, m.m.), hastighetsgräns, vägens karaktär, klimat, samt påverkan hos föraren av alkohol/droger. Förarens tillstånd ägnas däremot ingen uppmärksamhet, annat än vad beträffar inblandning av alkohol eller andra droger. Sjukdom, stress, sömnbrist, etc. noteras inte, annat än ev. på rapportörens eget initiativ om orsaken varit iögonenfallande.

Begreppen sömnhet och trötthet

Resten av rapporten kommer att fokusera på trötthet/sömnhet och vi bör därför ägna några rader åt vad som avses med dessa begrepp. Till att börja med måste vi konstatera att trötthet är ett diffust begrepp vars tolkning varierar mellan individer och discipliner (Bartley and Chute, 1947; Broadbent, 1979; Grandjean, 1979; Brown, 1994; Brown, 1997). Gemensamt är dock att det inbegriper en oförmåga eller obenägenhet att fortsätta en aktivitet, i allmänhet beroende på att aktiviteten pågått i någon mening "för länge". En del vill begränsa sig till att enbart använda uppmätt prestationsnedsättning som mått medan andra betonar upplevelsen av oförmågan. Här inkluderar vi båda.

Tröttheten kan bero på att tidigare aktivitet uttömt de substrat/resurser som normalt åtgår (t.ex. energi i en muskel). Man kan tänka sig typer som lokal fysisk trötthet (i t.ex. en skelett- eller ögonmuskel), generell fysisk trötthet (efter hårt kroppsarbete) eller "centralnervös" trötthet (sömnhet). Den senare handlar om mental trötthet – att inte "orka" företa sig någonting. Detta kommer här av klassiska begrepp som utbrändhet (Maslach and Jackson, 1981; Schaufeli and Buunk, 1996).

Den variant av trötthet vi kommer att ägna oss åt här är sömnhet, vilket vi ser som ett tillstånd mer specifikt kopplat till hjärnans aktiveringsnivå och de strukturer (framför allt retikulära systemet) som reglerar denna (Bjerner, 1949; Morruzzi and Magoun, 1949). Vi kommer dock att använda begreppen alternerande. Dement och Carskadon (1982) har definierat sömnhet operationellt som en fysiologisk drive till sömn. Detta är den latent, grundläggande typen av sömnhet som i vissa fall kan maskeras av omgivningsfaktorer och resultera i en manifest sömnhet. Dinges (1987) har spetsat till definitionen något och menar att sömnhet är bristen på förmåga att upprätthålla vaken uppmärksamhet utan hjälp från omgivningen/situationen. Den ”aktivitet” som till slut framkallar sömnhet är förståss den tiden om hjärnan arbetar i vaket tillstånd.

Beteendemässigt kan man tänka sig fyra nivåer av sömnhetseffekter:

- 1) Full vakenhet
- 2) Måttlig sömnhet då centrala nervsystemet upprätthåller ett adekvat beteende men fungerar långsammare än normalt (Angus and Heslegrave, 1985).
- 3) Svår sömnhet, då individen upprepade gånger övermannas av trötthet och avbrott sker i interaktionen med omgivningen och prestationen blir oregelbunden och ryckig. Detta karakteriserar t ex patienter med narkolepsi (Valley and Broughton, 1983) men även helt friska men uttröttade individer (Torsvall and Åkerstedt, 1987). Fenomenet beskrevs först av Bills (1931), som introducerade beteckningen ”lapses”.
- 4) Sömn, då ingen interaktion med omgivningen längre föreligger. En speciell form är sömndruckenhet eller – tröghet då individen inte har hämtat sig från nyligen avslutad sömn (Dinges et. al., 1985; Lumley et. al., 1986).

Observera att tröttheten är ett resultat inte bara av belastning utan även av det fysiologiska tillståndet i organismen, vilket utgör förutsättningen för vakenhet. Nivån av trötthet eller sömnhet avgörs alltså av aktivitetsmängden (t.ex. antal vakna timmar) *i relation till* hjärnans fysiologiska vakenkapacitet. Så sänks t.ex. trötthetströskeln av störd sömn, dygnsrytmens bottenivå samt alkohol och droger, trots att dessa faktorer inte innebär effekter av aktivitet (se mekanism diskussionen längre fram). Däremot gör de att trötthetseffekten av aktivitet uppträder snabbare.

Mätning av sömnhet

En viktig förutsättning för forskning kring trötthet är naturligtvis att reliabla och valida mätmetoder finns att tillgå. En traditionell sådan är *skattningsskalan*. En av de första systematiska var Thayers (1967) aktiveringsskalor. Fröberg (1975a; Fröberg et. al., 1975c) använde s.k.

magnitdestination och intervallskalor för att bedöma trötthet och sömnhet under 75 timmars sömndeprivation. Hoddes et al (1973) utvecklade den första sömnhetsskalan med detaljerad beskrivning av sömnheten för varje skalsteg (Stanford sleepiness scale – SSS). Vi har själva utvecklat en verbalt förankrad skattningsskala som är validerad mot EEG ("Karolinska Sleepiness Scale") (Åkerstedt and Gillberg, 1990). Idag existerar en mängd likartade skalor samt s.k. "visuella analogskalor". De senare innebär att individen markerar sin grad av sömnhet med ett streck på en 10 cm lång linje som är förankrad i ändarna med beteckningarna "mycket pig" resp. "extremt sömning". För övrigt saknar, märkligt nog, de flesta skalor validering mot oberoende fysiologiska sömnhetsmått. Detta är en viktig uppgift för kommande forskning.

Prestationstest används ofta för bedömning av trötthet. De är mycket viktiga för vår problemställning men mäter faktiskt inte trötthet direkt, utan snarare dess *konsekvenser*. Ensidiga, monotona, tråkiga test är mest känsliga för trötthet, t ex seriell reaktionstid eller s.k. viganstest. Det förra har i flera oberoende undersökningar visat sig vara en optimal variabel för att mäta trötthetsaspekter på prestationsförmåga (Dinges et. al., 1987; Gamberale et. al., 1989). Observera dock att om arbetsuppgiften kräver full koncentration över lång tid så påverkas även omväxlande och stimulerande uppgifter (Angus and Heslegrave, 1985). Det mest relevanta beteendemåttet på trötthet i föreliggande översikt är naturligtvis körprestation på väg (O'Hanlon, 1984; Lisper et. al., 1986; Wylie et. al., 1996) även om prestationsmått här är svårare att utforma och etiska frågor begränsar de trötthetsnivåer som kan tillåtas, så länge undersökningen görs på allmän väg. Det näst bästa är körsimulatorn – tröttheten tar sig i allmänhet uttryck i svårigheter att hålla ett konsekvent läge på vägen – sidoavvikelse blir stora, men även hastighetsvariationerna ökar (Mackie and Miller, 1978; Brookhuis and de Waard, 1993). Men även den bästa simulator saknar det riskmoment som körning på allmän väg utgör.

En rad *fysiologiska* mått har använts för att mäta trötthet/sänkt vakenhet. De enda riktigt valida och förnuftsmässigt acceptabla fysiologiska mått är de som är baserade på hjärnvågor (electroencephalogram-EEG)– och ögonrörelsemätning (i allmänhet electrooculogram EOG) (ögonrörelse). Ett traditionellt test av denna typ är sömnlatenstestet. Detta är baserat på tanken att sömnhet kan ses som en drive att sova (Dement and Carskadon, 1982). Sömnheten mäts som den tid som förlöper mellan det att en individ går till vila (sänkläge, blundning, stilla omgivning, halvmörker, avkoppling) och tills dess att han somnar. Normal latens dagtid ligger runt 15 minuter medan kortare tid än 5 minuter tyder på för låg vakenhet och möjligen en sjukligt sänkt sådan (Carskadon et. al., 1986).

Kontinuerlig *mätning av EEG- och EOG* har använts i mycket stor omfattning i laboratorieförsök (Daniel, 1967; Beatty et. al., 1974; Darrow, 1974; O'Hanlon and Beatty, 1977; Santamaria and Chiappa, 1987; Broughton et. al., 1988; Torsvall and Åkerstedt, 1988b; Åkerstedt and Gillberg, 1990) och i studier av trötthet vid ratten (O'Hanlon and Beatty, 1977; O'Hanlon and Kelley, 1977; Nilsson et. al., 1988; Gillberg et. al., 1996; Horne and Reyner, 1996). Med ökad trötthet kommer EEG att domineras av sömninslag (låg frekvens - 4-12Hz) samt av långa blinkningar eller långsamma och böljande ögonrörelser. I detta tillstånd följer föraren inte längre kontinuerligt vägen utan att tenderar att glida iväg mot närmaste vägren eller mittlinjen. I början kommer sig föraren relativt kvickt och korrigerar felet. Körmonstret blir dock ryckigare och sidovariationen större. Hastighet påverkas också ibland (Gillberg et. al., 1996) och bromssträckan blir förlängd (Haraldsson et. al., 1990). Efter ytterligare någon period blir "frånvaroperioderna" så långa att man kör av vägen. En person som växlar från ett vaket EEG-mönster till kontinuerligt inslag av (alfa (8-12 Hz) eller (beta (4-8) Hz) aktivitet har ingen möjlighet att framföra ett fordon. Oftast sammanfaller dessa mönster med slutna ögon och/eller med de långsamma rullande ögonrörelser som kännetecknar insomnandet.

Vi tar här inte, annat än i speciella fall, upp mätning av hjärtfrekvens, hjärtfrekvensvariabilitet, andningsfrekvens, hudkonduktans, EMG och andra variabler som ofta är korrelerade med sömnhet och sänkt prestation, men som inte kan användas som absoluta mått på ett kritiskt tillstånd; se t.ex. Lisper's utredning för en översikt (Lisper, 1977).

Sammanfattning

Sammanfattningsvis är singelolyckor den vanligaste olyckstypen och den som svarar för den största andelen dödsfall. Mötesolyckor kom på tredje plats vad gäller totalandel olyckor men på andra plats vad gäller dödsolyckor. Denna kategori hade den högsta dödligheten per olycka och var alltså i viss mening "farligast". Den största andelen allvarliga olyckor inträffade utanför tätort. Fyra femtedelar av de totala olyckorna förefaller vara relaterade till misstag av trivial natur. Orsaken till dessa misstag är oklar men ligger sannolikt i ouppmärksamhet och felbedömningar, vilka kan återföras på individens tillstånd vid olyckstillfället.

Begreppet "sömnhet" är en del av begreppet "trötthet" och beskriver en oförmåga att hålla sig vaken – en "drive" att somna. Sömnhet mäts med olika självskattningsskalor, med förekomsten av de hjärnvågor som karakteriserar sömnen, med förekomsten av de förändringar i ögonens aktivitetsmönster som karakteriserar sömn (tendenser till långa blinkningar, ögonlock på "halv stång", långsamma böljande rörelser av ögongloben, eller förstås som slutna ögon). Prestationsmått mäter

egentligen inte sömnhet utan snarare konsekvenserna. Här är olika typer av uppmärksamhetstest och ”spårningstest” viktiga, speciellt den typ som kan registreras i köringsimulator eller i reell körning på väg.

Omfattningen av trötthetsrelaterade vägtrafikolyckor

Inledningsvis nämndes att trötthet inte uppmärksammas på de blanketter som används för olycksrapportering. Detta gör att det egentligen inte finns någon meningsfull officiell statistik över förekomsten av trötthetsrelaterade vägolyckor. De som finns kommer från försök att uppskatta trötthet via andra variabler eller från olika typer av separata studier som inte använder den officiellt insamlade statistiken utan samlar in nytt material via intervjuer eller frågeformulär.

Tolkning av officiell statistik

Allmänt om personbilar

Specialanalyser av *vägtrafikolycksstatistik* utförda av National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) visar att 1-3% av olyckorna på huvudvägar (highways) orsakas av förarens sömnhet (Treat, 1980; Knipling and Wang, 1994; Knipling and Wang, 1995; Webb, 1995). I termer av olyckor räknar NHTSA med 100.000 sömnrelaterade (Knipling and Wang, 1995). Andelen sömnrelaterade dödsfall är något högre än andelen olyckor av samma typ – ca 4%.

De senaste åren har dock en serie kompetenta översikter genomförts som kommer fram till att antalet sömnrelaterade olyckor i offentlig statistik visserligen uppgår till minst 3% (något högre för dödliga sådana), men att detta sannolikt är en grov underskattning pga. av att officiell rapportering motverkar denna typ av kategorisering (van Ouwerkerk, 1987; Lauber and Kayten, 1988; Brown, 1994; Dinges, 1995; Folkard, 1997; Lyznicki et. al., 1998; Horne and Reyner, 1999).

Denna kritik av officiell rapportering är genomgående i alla översikter och många av de empiriska undersökningar som gjorts av trötthet i trafiken. I allmänhet har den personal som rapporterar vägolyckor ingen träning i att bedöma trötthetens roll och heller ingen instruktion om att söka sådana förklaringar. I stället söker man uppenbara faktorer i t.ex. fysisk miljö, vägens karaktär, fortkörning, felaktig omkörning eller alkohol. Sannolikt är trötthet heller inget bilföraren erbjuder som förklaring eftersom detta i allmänhet kan medföra ökat ansvar för olyckan (i många länder har trötthet konsekvenser som ligger nära de som gäller för rattonykterhet). Där officiell statistik ändå noterat insomnings- eller trötthetsolycka har fallet varit extremt uppenbart – en singelolycka,

företrädesvis nattetid, där inga tecken på bromsning eller andra undvikandeåtgärder föreligger.

Andra har försökt sig på *tolkningar av olycksstatiken* och kommit fram till att ca 10% av alla vägolyckor är sömnrelaterade (O'Hanlon, 1978; McDonald, 1984; Storie, 1984). Dessa och andra menar också att 25% av singelolyckorna är trötthetsrelaterade. Harris och Mackie (1972) fann också att 39% av olyckor med kommersiella fordon i USA) berodde på att föraren antingen somnat eller varit ouppmärksam. Dessa stod också för 48% av dödsolyckorna. Trafiksäkerhetsverket i New South Wales (Australien) (Bureau, 1993) fann att trötthet förekom i 6% av alla vägolyckor (2/3 av dessa utanför tätort) och 15% av dem med dödlig utgång (30% utanför tätorterna). Av olyckorna på franska motorvägar står insomnings-/trötthetsolyckorna för ca 30% (Boussuge, 1997). Området sammanfattades för svensk del på 70-talet av Lisper (Lisper, 1977). Han kom fram till att 10% av de svåraste olyckorna hade trötthet som dominerande faktor och ca 20% om man räknar med dem som innehåller trötthet som bifaktor. Lipers analys gäller än idag och inte minst hans slutsats att det är märkligt att vi vet så litet i detalj om ett område som har så stor betydelse för säkerheten på vägarna.

I en registerstudie av olyckor utanför tätbebyggt område (Devon och Cornwall) i Storbritannien befanns att 16% av vägolyckorna var sömnrelaterade (obs att olyckor i tätbebyggt område inte var med). I samma studie fann man att andelen sömnrelaterade olyckor för motorvägar var 20%. Detta är sannolikt den första studie där systematiska kriterier för "sömnrelaterad" använts. Kriterierna innefattade a) alkohol under tillåtna nivåer (0,05%) enligt andnings- eller blodtest, b) singelolycka eller upphinnandeolycka, c) frånvaro av tecken på inbromsning eller undanmanöver, d) inga fordonstekniska fel (inkl punktering), e) bra väder och sikt, f) ingen förekomst av fortkörning eller för litet avstånd till framförvarande fordon, g) misstanke om sömnhet av tillkallad polis, h) fri sikt under flera sekunder över den plats där avåkning eller kollision inträffade. Observera att dessa strikta kriterier leder till en avsevärd underskattning. Det är ju naturligtvis så att trötthet kan vara en bidragande orsak även vid olyckor som inträffar vid t.ex. dåligt väder, dålig sikt etc.

I ytterligare en undersökning rapporterad i samma publikation som ovanstående utbildades de poliser i 6 grevskap i Midlands som hanterade motorvägsolyckor. Ovanstående kriterier användes i en checklista vid intervju av de inblandade. Resultatet visade att 23% av motorvägsolyckorna var sömnrelaterade.

Allmänt om tunga fordon

Informationen vad gäller *tung lastbilstrafik* är något bättre än för övrig trafik, sannolikt beroende på kostnader för enskilda företag och pga. av möjligheterna att reglera en del av de faktorer som bidrar till trötthetsolyckor. En rad studier av bl.a. National Transportation Safety Board (NTSB) i USA har pekat på sömnhet som en viktig faktor i olyckor med tunga fordon (NTSB, 1990; Wang and Knipling, 1994; NTSB, 1995). I 1995 års studie (som gick på avsevärt djup) drog NTSB slutsatsen att 52% av 107 singelolyckor med tunga fordon ("large trucks") var trötthetsrelaterade; i 17,6% av fallen uppgav föraren att han hade somnat. NTSB framhöll redan 1990 att trötthet var den viktigaste orsaken till dödsolyckor med tunga fordon där föraren omkommit (NTSB, 1990).

Federal Highway Administration (FHWA) har prioriterat studiet av trötthet och olyckor med tunga fordon, bl.a. beroende på att varje sådant fordon beräknas bli inblandat i minst en trötthetsrelaterat olycka och att skador på människor och egendom i allmänhet är mycket allvarligare än för andra lättare fordon (Knipling and Wang, 1994). Betydelsen av trötthet för tyngre trafik framgår också av att "US Dept of Transportation Truck and Bus Safety Summit" fastställt att trötthet var den viktigaste vägsäkerhetsfaktorn för tung trafik (FHA, 1995).

I en ny rapport från NTSB sammanfattas dagsläget efter US Department of Transport's arbete med trötthet under 90-talet (NTSB, 1999). Omfattningen av dödliga trötthetsolyckor anses fortfarande ligga runt 30% och jämförs med ungefär samma nivåer inom flygsektorn, medan motsvarande olyckor till sjöss uppskattas till straxt under 20%. För järnvägstrafik görs ingen formell bedömning annat än att andelen anses "ansenlig". Inom samtliga områden bedöms den officiella statistiken grovt underskatta omfattningen av trötthetsolyckor. Rapporten avslutas med rekommendationer till US Department of Transportation, The Federal Aviation Administration, The Federal Highway Administration, The Federal Railroad Administration, The US Coast Guard och The Research and Special Programs Administration att: "Establish within 2 years scientifically based hours-of-service regulations that set limits on hours of service, provide predictable work and rest schedules, and consider circadian rhythms and human sleep and rest requirements". Sådana arbetstidsregler är under framtagning och lär ska offentliggöras hösten 2000.

I Europa diskuterades trötthetsfrågor vid ett möte 1998 inom ramen för "European Conference of Ministers of Transport (ECMT)" (ECMT, 1999). Här betonades vikten av gemensamma och säkerhetsbaserade körtider för tung trafik - genomsnittssiffrorna för arbetstid per vecka i

Europa låg på ca 50tim/vecka. Det påtalades också att nattkörning inte behandlades i vare sig EUs eller enskilda länders körtidsregler. Just nu (våren 2000) håller European Transportation Safety Council (ETSC) att starta ett europeiskt utredningsarbete kring "Fatigue and truckdriving".

Intervjuer, frågeformulär

Här diskuteras främst intervjuer- och frågeformulärsstudier som på ett mer generellt sätt inhämtat information om sömn- eller sömnighet varit inblandat i en vägtrafikolycka. Materialet är indelat i studier med slumpmässigt urval av förargrupper och i djupstudier av förare som råkat ut för en vägtrafikolycka. I nästa avsnitt redovisas förekomst av trötthetsrelaterade vägtrafikolyckor som dessutom fokuserat på orsakerna (tid på dygnet etc.) till sömnigheten.

Slumpmässigt urval

Intervjuer av 1000 slumpmässiga bilförare i staten New York visade att 55% hade kört i sömningtillstånd under året, 23% hade somnat vid ratten någon gång i livet och 5% hade råkat ut för en olycka beroende på sömnighet eller insomnande vid ratten (McCartt et. al., 1996).

I en finsk epidemiologisk studie av sömnighetens utveckling undersökte man 1190 personer (frågeformulär med 5 års mellanrum). Man fann att sömnighet, definierat som att råka somna oavsiktligt åtminstone en gång per vecka hade en förekomst (prevalens) på ca 10%. Individer som var sömninga vid båda frågetillfällena (3,7%) hade en tiodubblad risk för vägolyckor (Martikainen et. al., 1998). Grov snarkning (som approximering till sömnapné) var inte relaterat vare sig till sömnighet eller till vägolyckor. Författarna antog att frågorna möjligen inte haft förmåga att identifiera svåra snarkare.

I en isländsk frågeformulärsundersökning av singelolyckor och medicinska riskfaktorer angav 15,4% sömnighet som skäl till olyckan (Gislason et. al., 1997); kronisk sjukdom (epilepsi, diabetes mellitus, och hjärtsjukdom) hade ingen relation till singelolyckorna. Den enda viktiga ytterligare faktorn var alkoholbruk. De som angav sömnighet rapporterade oftare att de somnade vid ratten och angav också en högre alkoholförbrukning.

I en brittisk frågeformulärsundersökning av 4600 manliga förare (51% svarade) hade 30% upplevt att de nästan somnat vid ratten under det senaste året (Maycock, 1996). Av den som råkat ut för olyckor (18%) under de senaste tre åren var 15% sömnrelaterade. Andelen sömnrelaterade olyckor totalt uppskattades till ca 9%.

Djupstudier av trafikolycksfall

I en finsk djupstudie av dödsolyckor fann man att rena insomningsolyckor med personbil omfattade 8,2%, jämfört med alkoholrelaterade olyckor som nådde 17,8% (Summala and T, 1994). För lastbilsförare var siffrorna 4,2% respektive 1%.

I en dansk djupstudie undersökte Corfitsen "oförklarliga" dödsfall i trafiken och fann att alkohol kunde förklara blott en mindre del av dödsfallen (Corfitsen, 1986). Enda återstående förklaring förslogs vara trötthet

I en tysk undersökning (försäkringsfall) av samtliga dödsfall på motorväg i Bayern fann man att 24% berodde på insomnande, 14% på trötthet och 45% på "felbedömning", 11% på oförutsebara händelser och 5% tekniska fel (Zulley et. al., 1995). Antalet var lika stort på natten som på dagen trots enorma skillnader i trafikintensitet. Frekvensen ökade lördag-söndag och yngre förefaller speciellt drabbade. Det är dock oklart exakt hur insomnande och trötthet definierades.

I en norsk frågeformulärsundersökning av 9200 (31% svarade) förare som rapporterat vägolycka till sitt försäkringsbolag svarade angav 3,9% sömn eller dåsigheit som orsak till olyckan (Sagberg, 1999). Insomningsolyckor var vanligare bland singelolyckor (8,3%) och var oftare förekommande vid personskada (7,3%). Ca 6% hade somnat vid ratten under de senaste året och 4% av dessa fall hade resulterat i en olycka. Man fann också att den vanligaste konsekvensen av ett insomnande var att bilen korsade högra väggkanten (40%) snarare än mittlinjen.

I en annan norsk studie undersökte man olyckor som resulterade i dödsfall eller allvarlig skada och som antingen var mötesolyckor eller singelolyckor som inträffat på raksträckor i områden med hastighetsbegränsning till 80-90km/tim (Moe, 1999). Man intervjuade överlevande, vittnen och anhöriga och fann att 29% kunde hänföras till trötthet som lett till att föraren somnat eller dåsat till. Andra faktorer var alkohol, sjukdom, självmord eller spänningssökande. Vägförhållandena bidrog i mycket begränsad omfattning. Dock gjordes bedömningen att konsekvenserna av felhandlingen skulle ha mildrats av t.ex. mittavskiljare.

I en studie av The American Automobile Association undersöktes bakgrunden till trötthetsolyckor i North Carolina (Stutts et. al., 1999). Den officiella polisrapporterade omfattning låg kring 1%, men baserat på om föraren vidtagit några åtgärder och om sömn eller trötthet nämnts i rapporten bedömde forskarna att ca 18% av alla olyckor med som medfört

skadekostnad om minst \$1000 var sömn-/trötthetsrelaterade. Av förarna medgav ca 8% att sömn/trötthet varit inblandad men överensstämmelsen med forskarnas bedömning förelåg i endast drygt 40 % av fallen. I denna, liksom i liknande studier, finns förstås ett bias eftersom fall då föraren avlidit inte undersökts. Eftersom insomningsolyckor i allmänhet är allvarligare än andra olyckor innebär detta därför sannolikt en underskattning av omfattningen av insomningsolyckor.

Man bör vara medveten om att en del av de trötthetsrelaterade olyckor som diskuterats ovan skulle kunna ha varit självmord. En finsk studie visar dock att andelen självmord av totala antalet dödsolyckor var relativt liten 5,9% (Ohberg et. al., 1997). Den dominerande olyckstypen var frontalkollisioner med ”stor viktskillnad” (90%). Singelolyckorna, som dominerar trötthetsolyckorna, hade en prevalens på ca 15%.

Sammanfattning

Uppenbarligen finns inga helt pålitliga siffror för trötthetsolyckornas omfattning (andel av antalet vägolyckor med personskada) – värdena varierar beroende på vägtyp och vem som definierar sömnhet/trötthet. Man torde dock kunna dra slutsatsen att ”officiella” siffror på 1-3% måste vara för låga och att den korrekta siffran ligger betydligt högre – 10-20% är sannolikt en konservativ uppskattning. Förekomsten ökar dessutom med skadans svårighetsgrad. För tung trafik förefaller siffrorna bli ännu högre. Trötthetsolyckorna förekommer i stor utsträckning som singelolyckor, men även frontalkollisioner bör i stor utsträckning kunna vara trötthetsrelaterade. Analyserna visar att det föreligger en påfallande brist på systematiska vägolycksstudier där förarens trötthetsstillstånd kartläggs och skiljs från andra faktorer (som t.ex. alkohol, eller droganvändning orsaker). Detta är ett område i uppenbart behov av systematisk forskning.

Olycksförekomst i relation till tid, sömn och monoton

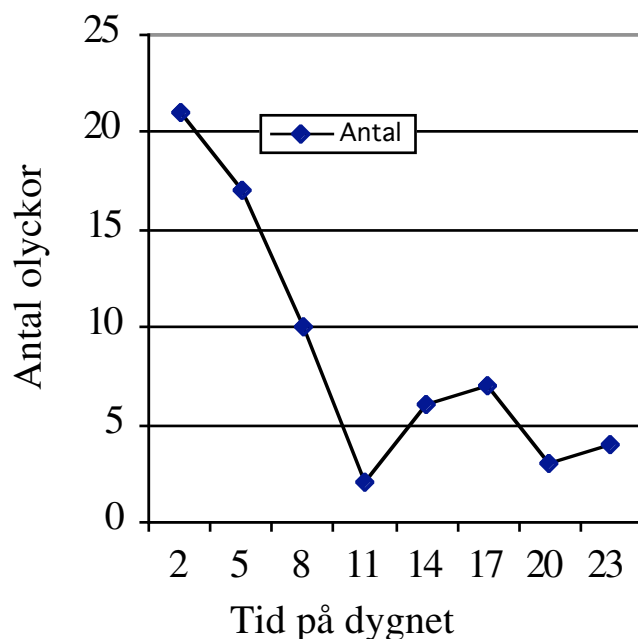
I detta avsnitt diskuteras studier som fokuserat inte bara på förekomsten av trötthetsrelaterade olyckor utan också försökt belysa orsakerna, framför allt de grundläggande faktorerna. Den första av dessa är *tiden på dygnet* eller egentligen de fysiologiska förändringar som styrs av vår biologiska klocka (se mekanismdiskussionen längre fram). Den andra är *sömnbalansen* – ju längre tid man är vaken, desto mer stiger sömnheten. Samma effekt har förstås förkortning eller sänkt kvalitet i den senast föregående sömnen.

Utöver dessa två grundläggande faktorer måste vi räkna med körtidens längd och *monotonin* – sänkt stimuleringsnivå sänker aktiviteten i hjärnans vakenhållare – retikulära systemet. I samband med bilkörning handlar förstås monotonin framför allt om de sövande effekterna av t.ex. ”för bra” väg eller låg trafikintensitet.

Tid på dygnet och sömnbrist

Registerstudier

Den mest framträdande observationen vad gäller orsaker bakom trötthetsolyckor är nog den utomordentligt utpräglade dygnsrytmen (Langlois et al., 1985; Lavie et al., 1987; Horne and Reyner, 1995; Pack et al., 1995). Genomgående nås olycksmaximum mellan 02 och 05 på morgonen (Langlois studie gällde singelolyckor med trötthet som orsak), kompletterat med en sekundär och betydligt lägre topp runt 15-16 (se figur 1 från Hornes studie). De maximala nivåerna på natten ligger ofta 10 eller fler gånger över dagnivåerna. Det bör dock framhållas att definitionen av ”sömnrelaterad” ofta har varit diffus och i allmänhet gjorts av polis utan träning eller uppdrag att ta med dylika aspekter. Hornes studie använde sig dock av tydliga definitioner och dessutom hade i en delstudie motorvägspolisen specialtränats och använde checklistor. Tyvärr är det ingen som försökt sig på att beräkna *risken* för trötthetsolyckor vid olika tider på dygnet – det mesta handlar enbart om *frekvensen* olyckor, vilket inte ger lika mycket information.



Figur 1. Insomningsolyckor och tid på dygnet (Horne and Reyner, 1995)

I en analys med liknande ansats som McCarts använde Pack och medarbetare (1995) olycksrapporter i North Carolina i vilka man faktiskt rutinmässigt kan markera "sömn" och "trötthet" som orsaker, förutom sjukdom, handikapp, medicinering/droger, alkohol, m.m. Resultaten visade att rena insomningsolyckor (utan alkohol, droger, etc.) framför allt inträffade på natten samt under eftermiddagens "siestatid" kl. 15-16 (minst 70%), oftare var singelolyckor (78%), samt inträffade i hastighet över 50mph (ungefär 80 km/t). Dödligheten var 1,4% jämfört med t.ex. alkoholrelaterade olyckors (2,1%) och övrigas (0,5%). Observera att den totala andelen sömnrelaterade olyckor var mycket låg - 0,5% (alkoholrelaterade nådde 3%).

Ett annat sätt att få information om trötthetsolyckor har varit att undvika subjektiva bedömningar och i stället analysera förekomsten av singelolyckor eftersom en stor andel av dessa anses trötthetsrelaterade. Detta är naturligtvis inte samma sak men denna typ av olycka har ett mycket tydligt maximum på natten. (Harris, 1977; Hamelin, 1987). En grov jämförelse med dagnivåerna visar på en mångdubbling av risken runt 3-4 på morgonen.

Man kan också helt enkelt undvika begreppet trötthet och i stället utgå från totalolyckor och vad som orsakar dessa. Kaneko och Jovanis (1992) undersökte körmonster hos lastbilsförare och relaterade detta till olycksrisk. De fann nio kluster av vilka de två viktigaste var: långa perioder av nattkörning över flera dagar. De fann också att olycksrisken ökade när körtiden översteg 9 timmar. Detta var dock sammanblandat med körtidsbegränsningen på 10 timmar som ledde till att förarna i denna fas sökte sig utanför motorvägsnätet för "leverans" eller vila.

I flera studier där man korrigerat för körsträckan har man funnit att nattkörning (hela natten jämfört med dagen) i allmänhet har en högre olyckskvot (Williams and Karpf, 1983; Williams, 1985; Williams and Lund, 1985; Massie et. al., 1995; Massie et. al., 1997; Doherty et. al., 1998). Trötthet har dock inte föreslagits som orsak – snarare mörker och alkohol.

I en egen studie undersökte vi timme för timme totalolyckor på svenska europavägar efter att ha exkluderat alkoholrelaterade olyckor (Åkerstedt et. al., in prep). Vi fann att risken för en vägtrafikolycka, oavsett typ, var femdubblad kl. 4 på morgonen med angränsande timmar (se figur 2). Risken för en singelolycka var 12-dubblad och 10-dubblad för en dödsolyckor. I samtliga fall föll risken gradvis ned till nivåer runt 1 dagtid. Vi fann dock att den säkraste tidpunkten att befinna sig på vägen i en bil låg runt kl. 10-11 på förmiddagen. Vi undersökte, med tanke på ljusförhållanden, också risken midsommar- och midvintertid. Under vintern låg toppen runt kl. 03. Under sommaren låg den maximala risken kl. 04 men toppen var mycket högre under och inträffade efter soluppgången. Detta talar emot mörkret som delorsak till de höga risknivåerna nattetid. Ett annat viktigt resultat i studien var den kraftiga övervikten på sennatten under veckohelgen. Denna risk låg kvar ända in på den sena morgonen – fram till 8-9-tiden.

Djupstudier av vägtrafikolyckor

Ganska få djupstudier har gjorts med denna inriktning, men Summala och Mikkola (1994) använde olycksundersökningsgrupper och fann att sömnrelaterade dödsolyckor nådde ett maximum under natten samt under eftermiddagen. För lastbilsförare befanns att "skyldiga" förare oftare (20%) hade kört mer än 10 timmar vid olyckstillfället, jämfört med "oskyldiga" (8%). Sömlängden föregående natt hade också varit kortare för skyldiga bilförare (exakt sömlängd framgick inte).

I en norsk studie (Sagberg, 1999) av försäkringsfall fann man att insomningsolyckorna (3,9% av totala antalet) svarade för 18,6% av nattolyckorna, 8,3% av singelolyckorna och 7,3% av personskadeolyckorna. I en logistisk regressionsanalys fann man att

insomningsolyckorna förklarades främst av: nattkörning (Odds kvot = 6,34) samt singelolycka, torr väg, högre hastighetsbegränsning, personskada, egen bil, lägre körfrekvens, utbildning, körsträcka sedan start. Tyvärr är här en del utfallsfaktorer uppblandade med möjliga orsaksfaktorer, men resultatet identifierar ändå en rad avgörande komponenter för insomningsolyckor.

I den tidigare nämnda intervjustudien av förare som varit inblandade i sömnrelaterade trafikolyckor i North Carolina jämförde man med förare som varit inblandad i en icke sömnrelaterad olycka och förare som inte varit inblandade i någon olycka alls (Stutts et. al., 1999). Resultaten visade att för sömnrelaterade olyckor jämfört med icke sömnrelaterade var risken (oddskvot) 5,7 gånger större för individer med nattarbete (13,3 om man jämför med alla förare), 4,5 för sådana som sover mindre än 4,5 tim per natt (7,0), 3,5 gånger för sådana som klagar över dålig sömn (12,1), 2,8 för dem som anser att sömnen är otillräcklig, 5,8 gånger för dem som anger extrem sömnighet på Epworth Sleepiness Scale (15,2), 2,5 gånger om man kör mest i mörker (5,2), 3,2 gånger om man kör mest på natten, (6,5). Det förelåg inga tydliga relationer till snarkning eller apnéliknande symptom. Inte heller körsträcka eller daglig körtid hade tydliga relationer. Vid själva olyckstillfället förelåg högsta risk för 1-2 tim föregående körning (7,3), vakentid över 20 timmar (56,6!) eller 15-20 (9,4), föregående sömnlängd under 4 timmar (19,2) eller 4-6 timmar (10,4), intag av "triangelmärkta" läkemedel som sömnmedel, antihistaminer eller dylikt (6,3). Resultaten förefaller utomordentligt tydliga men man saknar märkligt nog information om tid på dygnet. Det är heller inte klart hur polis på olycksplatsen gjort bedömningen. Om det t.ex. är så att olyckor som inträffar på sennatten nästan automatiskt klassificeras som sömnrelaterad, så blir naturligtvis en del av resonemangen ovan cirkulära. Nattarbete, sömnbrist och vakentidens längd får då naturligtvis en större vikt.

Frågeformulär & intervjuer med urval av förare

Andra studier har varit av frågeformulärskaraktär och efterfrågat självrapportering av insomning vid ratten och relationen till olyckor (Prokop and Prokop, 1955; Williamson et. al., 1992; Maycock, 1996). Nattimmarna dominerar åter kraftigt med mångdubbelt högre nivåer (både för privatbilister och lastbilschaufförer). I en amerikansk studie av jourarbetande läkare (house staff) visades att jämfört med läkare utan jourarbete hade 44% (mot 12,5%) somnat vid rödljus, 23% (mot 8%) hade somnat under färd

McCartt och medarbetares (1996) vägintervjuer i staten New York visade att 60% av rapporterade insomningsolyckor inträffade mellan kl. 23 och 07: 47% var singelolyckor och 40% inträffade på motorväg. Multipel

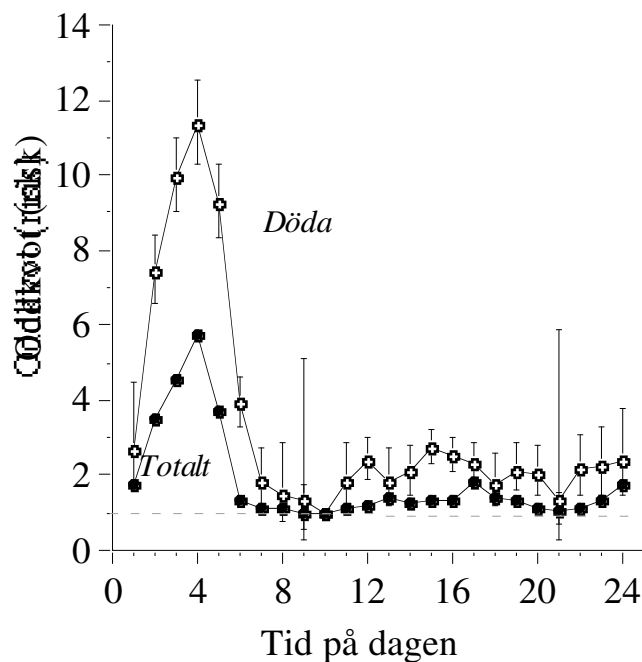
stegvis regressionsanalys visade att de bästa prediktorerna av sömnhet vid ratten var frekvensen besvär att hålla sig vaken dagtid, antal körda miles per år, ålder (negativ laddning – äldre var mindre drabbade), habituell sömnlängd (negativ, kort sömn mer drabbad), utbildningsnivå, antal timmar man anser sig kunna köra innan man blir sömrig (negativ, korttid – mer drabbad), antal gånger man kör i jobbet, kön (män) samt roterande skiftarbete. En rad frågor om sömnvanor, medicinering m.m. ingick i batteriet men visade sig vara av mindre vikt.

Fell (1995) fann i telefonintervjuundersökningar av förare i New South Wales att 24% under året hade varit med om en "near accident" pga. trötthet och 4% en direkt olycka. Alla tillfrågades också om data om den senaste körning då trötthetsincident inträffat (de som icke rapporterat trötthetsincident beskrev sin senaste körning). Resultaten visade att sådana resor kunde ligga vid alla tidpunkter på dygnet men sen natt och tidig morgon var överrepresenterade som starttider. Olyckstidpunkterna var också utspridda över dygnet men proportionen var högre mellan 18 och 06. 59% av alla trötthetsincidenter och olyckor inträffade inom 2 timmar från start – medeltalet låg mellan 2 och 3 timmar. Det var också mycket vanligare att sömnbrist förelegat och att alkohol förekommit kvällen innan, samt att man tog färre raster.

Den föregående studien hade fokus utanför tätorter för att undersöka områden kända för högre olycksfrekvens. Men i polisundersökningar hade påvisats att trötthetsolyckor även inträffar i stadstrafik (42%), dock med färre andelar dödsfall. En liknande studie som den föregående genomfördes därför i större städer i New South Wales (Fell and Black, 1997). Ca 60% av både incidenter och olyckor inträffade i stadstrafik (178 trötthetsincidenter och olyckor i stadstrafik undersöktes). Resultaten visade at 51% hade kraftigt förkortad sömn (10% i kontrollgruppen).

Orsakerna till den förkortade sömnen var långa arbetspass/övertid, nattskift, tidigt morgonarbete (totalt 55%). 23% angav sen fest (ofta flera dagar tillbaka) och andra angav sena sociala företeelser 6%, småbarn 5% och lång-distanskörning 4%. Dessutom hade 2/3 (mot 50%) haft en vakenperiod på minst 17 timmar föregående dag. 34% angav också hårt fysiskt arbete, 28 % var skiftarbetare (14%). 27% angav att de inte känt sig trötta vid körningens start medan 15% känt sig mycket trötta. 43% var på arbetsresa (här dominerade skiftarbete), 37% på en socialt motiverad resa och 11% var på semester. Den avsedda körlängden var mindre än 2 timmar - 45% av resorna med incident skulle varat 15-45 minuter. 54% av incidenterna inträffade inom 15 minuter från destinationen. Antalet incidenter var relativt normalt fördelade över dygnet, vilket innebär att risken per resa måste ha varit mycket högre för nattresorna med hänsyn taget till trafikintensiteten (ingen sådan beräkning gjordes men den kan uppskattas till 3-4 gånger större). 15% hade konsumerat alkohol – inom 5

timmar före avfärd. 53% rapporterade att de känt sig sömniga före det inträffade, 21% angav sömnsvårigheter tiden runt incidenten.



Figur 2. Risk för vägolycka på svenska europavägar vid olika tider på dygnet – totala antalet olyckor som resulterat i personskada eller död, samt separat för dödsolyckor Oddsquot och 95% konfidensintervall

Tyvärr är detaljerna i de två föregående studierna av Fell ofullständigt redovisade och en rimlig kontrollgrupp saknas. Inte heller görs några formella statistiska analyser. Studien förtjänar ändå sin plats här genom att den ger en rad intressanta inblickar i vad som kan orsaka riskabel trötthet i trafiken och är ett av de få försöken att erhålla detaljkunskap.

Fysiologiska studier av trötthet

Flera studier av fysiologiska förändringar under nattkörning har visat på tydliga sömnhetseffekter. Caille and Bassano (1977) undersökte 4 förare under nattkörning och fann att alphaaktiviteten ökade kraftigt mot slutet av körningen. Flera somnade. Vi har själva visat att en vanlig nattkörning för lastbilsförare mellan Helsingborg och Stockholm leder till kraftigt ökad alfaaktivitet, viss ökning i theta (4-8Hz) samt en samtidig ökning i subjektiv sömnhet (Kecklund and Åkerstedt, 1993). Nästan

exakt identiska resultat visades för en grupp lokförare – stark ökning av alfaaktivitet, thetaaktivitet och långsamma ögonrörelser, samt subjektiv sömnhet under nattkörning (Torsvall and Åkerstedt, 1987). Vi har också visat att körning av en lastbilssimulator på natten innebär ökade inslag av alfaaktivitet som är relaterat till tendensen till en ökad variabilitet i sidled ("vinglande") på vägbanan (Gillberg et. al., 1996). Vi fann också att hastigheten minskade vid nattkörning.

I den största intensivstudien hittills av trötthet vid ratten undersöktes 80 förare under flera dygn i samband med reguljära transporter över den amerikanska kontinenten (Wylie et. al., 1996; Mitler et. al., 1997). Man registrerade hjärnvågor (elektroencefalogram – EEG) och ögonrörelser med elektroder (elektroockulogram - EOG) samt filmade förarens ansikte. Den viktigaste trötthetsfaktorn var tiden på dygnet – nattkörning var konsekvent relaterat till svårigheter att hålla ögonen öppna under hela körningen, högre sidovariation och EEG-mätt sömnhet under körning. Körlängden (10 eller 13 timmar) hade ingen effekt – dagtid; nattkörningar gick inte att analysera med avseende på körtidslängd. Viss ackumulering tycktes förekomma över flera färder i rad, men effekterna var osäkra. Sömnhet förelåg ca 4,9% av den körda tiden (enligt videoupptagning), medan andelen körtid med klar sömn uppgick till mindre än 0,01%.

Den tid som innehöll sömnhet innebar sämre körning i termer av sidostabilitet.. Medvetenheten om den egna sömnheten var påfallande låg (man använde den s.k. Stanford Sleepiness Scale som dock är erkänt dålig på att urskilja fina nyanser i trötthet). Ca 36% av förarna visade aldrig några tecken på sömnhet. Två av förarna hade kliniskt definierad sömnapné (se beskrivning längre fram), men dessa visade inga tecken på sömnhet under körning. Inte heller ålder var relaterat till trötthet under körning. Vad gäller motmedel, som dock inte formellt utvärderades, dras slutsatsen att tupplurar och schemaläggning som minimerar nattkörning är optimala motmedel. Vidare ansåg man att utbildning i vikten av återhämtning och trötthetshantering bör införas.

Sömnbalansen

I NTSBs djupstudie av singelolyckor med tunga fordon (NTSB, 1995) drogs slutsatsen att de viktigaste bidragande faktorerna till de 58% sömnrelaterade olyckorna var längden på förarens senaste sömn, totalt antal timmars sömn det senaste dygnet, samt fragmenterade sömnmönster (flera korta sömner). Detta ledde f.ö. till att NTSB rekommenderade FHWA att föreskriva minst 8 timmars sammanhängande sömn efter 10 timmars körning eller efter 15 tim tjänstöring. Man ville också avskaffa rätten för förare med sovhytt att räkna ihop 8 timmars vila över två perioder samt göra en rad andra förändringar i kör- och vilotidsregler för

kommersiell trafik. FHWA reagerade 1996 med att inbjuda till forskningsprojekt för att ta fram underlag till nya regler.

I Fells studie av trötthetsolyckor i New South Wales (Fell, 1995) visade det sig att det var mycket vanligare att sömnbrist förelegat (och att alkohol förekommit kvällen innan). I studie nummer två visade Fell (1997) att 51% angav kraftigt förkortad sömn (mot 10% i kontrollgruppen).

I den stora amerikanska studien av sömnhet under körning (Wylie et. al., 1996; Mitler et. al., 1997) konstaterades en sömnlängd (mätt med EEG) mellan 3,8 och 5,4 timmar beroende på körschema. Detta är ca 2,5 timmar mindre än vad förarna angivit som normal sömnlängd (och vad som i allmänhet anses vara behövligt). Kvalitén på sömnen rapporterades däremot varit god.

Flera studier (Mackie and Miller, 1978; Hertz, 1988; Williamson et. al., 1992; Feyer and Williamson, 1995; Williamson et. al., 1996; Feyer et. al., 1997) har undersökt lastbilsförare i Australien från en rad utgångspunkter. Bland annat fann man att tvåförarsystemet (där en kan sova under färd) ger en mycket högre nivå av trötthet än systemet med singelförare som byts av vid mellanstationer. Förare som inte fick ordentlig (stationär) nattvila var betydligt tröttare än andra.

I Frankrike använde sig en forskargrupp av ett samarbete med polisen och stoppade för intervju 1 2196 förare mellan kl. 08 och kl. 20 vid biltullstationen till motorvägen förbi Bordeaux (Philip et. al., 1999a). 91% gick med på en intervju. Det visade sig att 50% av förarna hade reducerad sömn under den föregående 24-timmarsperiod, jämfört med deras vanliga sömntid. 12,5% hade ett sömnunderskott på mer än 3 timmar och 2,7% på mer än 5 timmar. Sömnunderskottet förklarades i en multipel regressionsanalys framför allt av lång körsträcka, tidig start, låg ålder samt stort sömnbehov. Men även att vara en kvällsmänniska och att ha lång sömn på helgerna hade förklaringsvärde. Sambandet mellan sömnbrist och sömnhet var högt och 5,6% hade varit tvungna att stanna under körningen pga. svår sömnhet och 0,2% hade råkat ut för en "near miss" pga. sömnhet. Observera att undersökningen endast företogs dagtid, dvs. den tid då risken för sömnhet är som lägst. Under dagen sjönk för övrigt andelen med sömnbrist från 75% kl. 8 till 12% kl. 20. Detta är antagligen viktigt för att tolka tidigare observationer av förhöjd insomningsrisk nattetid. Tyvärr ger denna studie ingen information om sömnbristen under natten, vilken dock rimligtvis får förmodas överstiga sömnbristen dagtid.

Samma forskargrupp undersökte 294 förare som stannade vid en rastplats utanför Bordeaux (Philip et. al., 1999b). De undersöktes med hjälp av

frågeformulär och ett reaktionstidstest. Det visade sig att de längsta reaktionstiderna var relaterade till ålder, körtid och brist på tidigare raster. Det visade sig också att upplevd sömnighet under körning var kopplad till (kort) sömnlängd och lång körtid och ju senare på dagen undersökningen gjordes desto mindre sömnbrist, och körlängd.

I den tidigare nämnda intervjustudien som gjordes av förare som varit inblandade i sömnrelaterade trafikolyckor i North Carolina (Stutts et. al., 1999) fann man att risken (oddskvot) var 4,5 för sådana som sover mindre än 4,5 tim per natt (7,0), 3,5 gånger för sådana som klagar över dålig sömn (12,1), 2,8 för dem som anser att sömnen är otillräcklig, 5,8 gånger för dem som anger extrem sömnighet på Epworth Sleepiness Scale (15,2). Det förelåg inga tydliga relationer till snarkning eller apnéliknande symptom. Inte heller körsträcka eller daglig körtid hade tydliga relationer. Vid själva olyckstillfället förelåg högsta risk för vakentid över 20 timmar (56,6!) eller 15-20 (9,4), föregående sömnlängd under 4 timmar (19,2) eller 4-6 timmar (10,4).

Körtid

Flera av studierna ovan innehåller ibland information om effekten av körtidens längd. De flesta visar att det tar runt 9-10 timmar innan olycksbenägenheten börjar stiga (Mackie and Miller, 1978; Hamelin, 1987). Problemet med dessa studier är dock att denna effekt praktiskt taget alltid är sammanblandad med effekter av tid på dygnet och ibland också med vakentidens längd och med föregående sömnbrist. Resultaten är därför något osäkra. Det gäller även experimentella studier där man kört på avgränsad bana ända tills försökspersonen somnar (Lisper et. al., 1986).

Kaneko och Jovanis (1992) som undersökte körmonster hos lastbilsförare och fann att nattkörning var den viktigaste faktorn, visade också att olycksrisken ökade när körtiden översteg 9 timmar. Detta var dock sammanblandat med körtidsbegränsningen på 10 timmar som ledde till att förarna i denna fas sökte sig utanför motorvägsnätet för leverans eller vila och därmed utsatte sig för en annan typ av trafik med större risk för mötes- och avsvängningsolyckor.

Fells studie av trötthetsolyckor i Australien (Fell, 1995), som nämns ovan, visade att 59% av alla trötthetsincidenter och olyckor inträffade inom 2 timmar från start – medeltalet låg mellan 2 och 3 timmar. I sin andra studie visade han att den avsedda körlängden var mindre än 2 timmar - 45% av resorna med incident skulle ha varat 15-45 minuter (Fell and Black, 1997). 54% av incidenterna inträffade inom 15 minuter från destinationen.

En svensk grupp har i flera studier undersökt trötthet i trafiken experimentellt (Lisper et. al., 1986) och bl.a. funnit vid körning på sluten bana (med rejäla felmarginaler) att det tar 7-12 timmar innan föraren somnar vid ratten (i allmänhet vaknade föraren innan något hann inträffa). Vid fortsatt körning gick det i genomsnitt 24 minuter mellan insomningarna. Det ofta rekommenderade motmedlet – att stanna och ta en snabb promenad – fungerade i 23 minuter; därefter körde man av vägen igen. Bedömning av insomning gjordes av försöksledaren i bilen, baserat på långvarig blundning, nersjunket huvud och frånvaro av styrmanövrer (hastigheten var begränsad till 50 km i timmen. Försöken startade kl. 10 eller kl. 16. Tyvärr har vi även här problem med en okontrollerad dygnsrytmefekt – vi vet inte om det är längden i sig, dygnsrytmen, eller kombinationen som är den viktiga faktorn. Samma sak har i detalj beskrivits i köringsimulator (Horne and Foster, 1995). Sömnighetsnivån börjar stiga omedelbart efter pausens slut och är tillbaka till nivån före paus inom 15 minuter. Pauser måste alltså vara orealistiskt frekventa om de skall ge någon garanti mot insomnande.

Den stora amerikanska studien av trötthet under körning hos lastbilsförare citerad tidigare (Wylie et. al., 1996; Mitler et. al., 1997) fann ingen effekt av körlängden (10 eller 13 timmar) dagtid. Nattkörningar gick inte att analysera med avseende på körtidslängd.

De franska fältstudierna som citeras ovan visade också att körtid definitivt var inblandad i sömnbrist (Philip et. al., 1999a) och dessutom relaterad till prestationsförmåga (Philip et. al., 1999b). Båda tyder också på att brist på raster är förenat med sänkt vakenhet.

I den tidigare nämnda intervjustudien av förare som varit inblandade i sömnrelaterade trafikolyckor i North Carolina (Stutts et. al., 1999) fann man att högsta risk förelåg för 1-2 tim föregående körning (7,3) men att risken var relativt hög så fort körtiden kommit över 15 minuter. Vakentidens längd, som ju har ett naturligt samband med körtidens längd medförde en betydligt kraftfullare risk (se ovan).

Man bör vara medveten om att mer tid än vad som behövs för själva sömnen behöver avsättas för dygnsvilan – minst *11 timmar* för att ge tillräcklig tid för sömn, födointag, och hygien. Detta sammanfaller med EU:s arbetsdirektiv. Det finns dock alldeles för litet forskning om detta även om det förefaller som om sömnlängden börjar påverkas negativt om dygnsvilan faller under 12-14 timmar (Kurumatani et. al., 1994; Kecklund and Åkerstedt, 1995; Wylie et. al., 1996; Mitler et. al., 1997). Ett likartat problem utgör delad arbetstid – mycket litet relevant forskning finns men uppsplittringen av arbetspass försvårar med hög sannolikhet möjligheten att åstadkomma adekvat återhämtning.

Körtid/arbetstid har också en veckoaspekt. Om sömnen begränsas av långa körpass, vilket ofta är fallet behövs längre återhämtningsperioder (Smiley and Heslegrave, 1997; Vespa et. al., 1998).

Körtidsregler

Vad gäller yrkestrafik (tyngre – över 3,5 ton) gäller för Sverige EU:s *regler*. Dessa innebär bl.a. att man får köra 4,5 tim före paus, köra 9 timmar före dygnsvila (någon timme extra i vissa fall två gånger per vecka) samt dessutom göra annat arbete i 4 timmar före dygnsvilan (SFS1992:47). 14 timmars arbete en dag förekommer alltså – och i ganska stor utsträckning. Per vecka tillåter lagen 56 timmars körning på sex dagar + ytterligare 28 timmar i övriga aktiviteter. Trafik med lättare fordon har ingen körtidsbegränsning, men däremot en minsta dygnsvila på 11 timmar, vilken dock kan delas upp under vissa förutsättningar (SFS1994:1297). I USA gäller för tung trafik maximalt 10 timmars körning och 5 timmars ytterligare arbete, följt av minst 8 timmars vila. Totalt över veckan gäller 60 timmars körning. För tillfället finns visst tryck på att utöka körtiden. Man bör också beakta att det förekommer att reglerna kringås med betydligt längre körtider.

I USA gäller för tung trafik maximalt 10 timmars körning och 5 timmars ytterligare arbete, följt av minst 8 timmars vila. Totalt över veckan gäller 60 timmars körning. För tillfället finns visst tryck på att utöka körtiden. Man bör också beakta att det förekommer att reglerna kringås med betydligt längre körtider. Dessa regler döms delvis ut av National Transportation Safety Board, vilket nyligen har rekommenderat översyn av reglerna.

Vägens karaktär

Ett angreppssätt som ännu knappast har blivit systematisk undersökt är effekten av vägens karaktär. Vi vet dock att en rak och bred väg ger mindre stimulans än smala och krokiga vägar. Lecret and Pottier (1971) registrerade EEG på 8 förare. Mängden alphaaktivitet (8-12Hz) ökade med minskad omväxling i trafiken. Speciellt körning utanför tätbebyggt område visade ökning. Fruhstorfer och medarbetare (1977) studerade 3 förare och resultaten visade ökning i alfabandet under monotona segment. O'Hanlon och Kelley (1977) gjorde ett (sällsynt) försök att relatera prestation under nattkörning till EEG och fann att speciellt dåliga förare ökade aktiviteten i alfabandet och ökade sidledsvariationen (avvikelse från en rak linje i körningen) speciellt under monotona avsnitt.

Effekten av raka, monotona vägar blir rimligen ökad sömnhet och en ökad olycksrisk. I Storbritannien pågår försök med "road audits" för att

bl.a. undersöka ansamlingar av singelolyckor. Många av dess förefaller vara rena trötthetsolyckor pga. brist på stimulans (personlig information från J Horne). I samma undersökningar framkom också att vägar med ett naturligt "slut" t.ex. vid ett färjeläge har en tydlig tendens till trötthetsolyckor på den "inkommande" sidan av vägen – däremot inte på den "utgående".

Det finns för övrigt ett stort antal undersökningar av generella effekter av monoton. En klassisk serie teoretiska undersökningar av sömnbrist och prestationsförmåga gjordes av gruppen kring Wilkinson (1965; Wilkinson, 1972). Resultaten visade att känsligast för trötthet (sömnbrist) var uppgifter som var enkla och/eller ointressanta, samt långvariga. I praktiken innebär detta övervakningssituationer utan interaktion med omgivningen eller med ensidig interaktion med låg intensitet. Problemlösning eller beslutsfattande skulle alltså vara okänsliga för trötthet. Detta har dock senare visats gälla enbart för uppdelade arbetsuppgifter dvs., där arbetet inte är kontinuerligt. Då arbetet pågår kontinuerligt över långa tidsperioder (vilket kan vara det naturliga) blir effekterna större, uppträder tidigare och kommer att gälla även omväxlande arbetsuppgifter (Angus and Heslegrave, 1985). Bildskärmsarbete med beslutsfattande, där arbetet styrs från skärmen, är mycket känsligt för trötthetseffekter (Angus and Heslegrave, 1985; Heslegrave and Angus, 1985). Fortfarande gäller dock att *monotona situationer* snabbast påverkas av trötthet.

Möjligen bör man här också beakta vägljud, som t ex ljud i det låga, ohörbara frekvensområdet (*infraljud*) (Landström and Lundström, 1985; Löfstedt et. al., 1985). Effekter av *buller* i mer konventionell mening beror på typen av buller. Vi har inga studier av effekter på trötthet/sömnighet men däremot på prestationsförmåga, vilken här förmodligen är relaterad till trötthet. Resultaten visar att prestationsförmågan sjunker vid kontinuerligt buller av medelintensitet medan intermittent buller ökar prestationsförmågan/vakenheten (Löfstedt et. al., 1988).

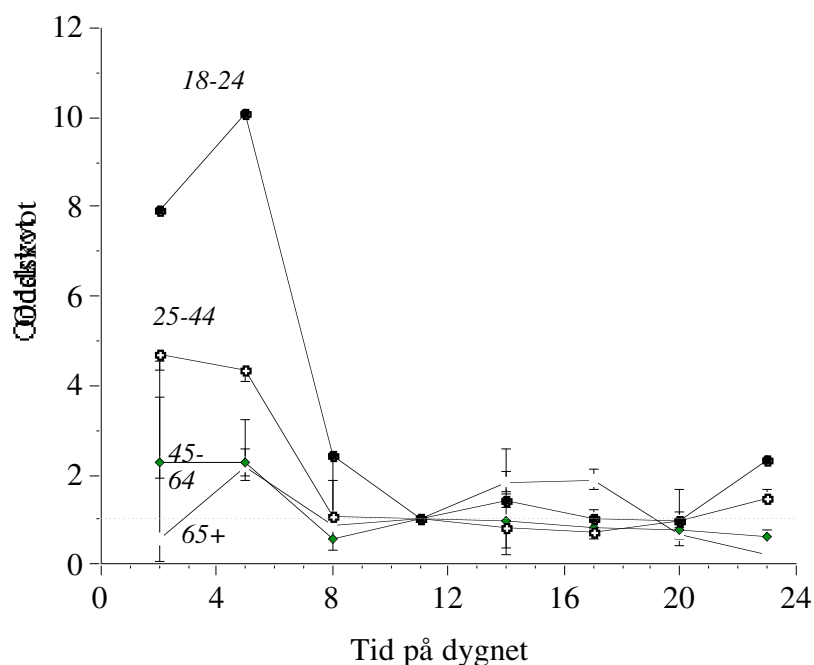
Förarmiljön

De senaste decenniernas utveckling mot allt bättre körergonomi, inklusive automatväxling, farthållare, m.m. påverkar med hög sannolikhet vakenhetsnivån under körning genom lägre stimuleringsgrad. Effekterna av detta är dock okända, inte minst interaktionen med sömnbrist och tid på dygnet.

Inte heller *klimat* har studerats systematiskt med avseende på trötthets-effekter men prestationsförmågan (förmodad trötthet) reduceras av ökning av temperaturen från komfortzonen. (Söderberg et. al., 1988).

Kön och ålder

De flesta studier av vägtrafikolyckor och sömnhet tar upp kön och ålder. Genomgående finner man att män råkar ut för mer trötthetsolyckor än kvinnor men framför allt att yngre drabbas mycket mer av trötthetsolyckor på sennatten än äldre (Langlois et. al., 1985; Lavie et. al., 1987; Horne and Reyner, 1995; Pack et. al., 1995). När antal vägtrafikolyckor sätts i relation till körsträcka framgår tydligt att natten innebär en avsevärd överrisk för unga förare (Williams and Karpf, 1983; Williams, 1985; Williams and Lund, 1985; Massie et. al., 1995; Massie et. al., 1997; Doherty et. al., 1998).



Figur 3. Risk för vägtrafikolycka med personskada eller dödlig utgång vid olika tider på dygnet och för olika åldrar. Oddsquotient med 95% konfidensintervall. Intervallet 10-12 utgör referensvärdet (OR=1).

I en egen studie (under sammanställning) där vi uppskattat körvanor från resvaneundersökningar visar sig att det verkligen är så att *risken* per ung förare på vägen är kraftigt förhöjd på sennatten, speciellt runt fyratiden på morgonen och att män har något högre risk än kvinnor (Åkerstedt och Kecklund under rapportering). Orsaken är inte helt klarlagd, men mycket talar för att överdrivet självförtroende, risksökande, behov av att briljera

inför jämnåriga och bristande omdöme, samt användning av alkohol och andra droger ligger bakom (Gregersen and Bjurulf, 1996).

Veckor och årstid

All olycksstatistik visar på en tydlig total risköning under helgen. Det finns dock inte speciellt mycket material kring trötthet i trafiken i relation till arbetsvecka/helg eller årstid. Vi har dock tagit fram olycksdata som visar att den höga olycksrisken på sennatten faktiskt är ännu högre på sommaren (Åkerstedt et. al., in prep). Risktoppen ligger efter soluppgången vilket antyder att den höga nattrisen knappast har något med mörker att göra.

I samma studie har vi också undersökt effekterna av arbetsvecka/helg. Att vi fann en högre risk under veckoslutet var förstås väntat. Vad som var speciellt intressant var att den högre risken till största delen var kopplad till körning på natten och ganska långt in på morgonen

Sammanfattning

En mycket framträdande orsak till trötthetsolyckor är uppenbarligen körning nattetid. Effekten beror dels på att man därmed exponerar sig för dygnsrytmens bottennivå (se "Mekanism") men också på att föregående sömn blir förkortad och att vakentiden blir utsträckt. I många fall är nattkörningen relaterad till oregelbundna arbetstider, men uppenbarligen också till sociala faktorer. Det bör också framhållas att vi idag ser en överflyttning av tung trafik till natten. Flera studier visade också att körning dagtid var förenat med höga nivåer av trötthet och att en ansevärd del av vägtrafikolyckorna vid denna tid förefaller kunna föras tillbaka på trötthet.

Däremot finns det inga övertygande bevis för att körtidens längd har en väsentlig betydelse i sig - påfallande många trötthetsolyckor inträffar kort tid från start. Bristen på effekt för körtid låter egendomlig men slutsatsen kan bero på att effekten är mycket liten för normala körlängder och att effekterna av längre körtider i allmänhet blir hopblandade med andra, kraftfullare orsaker, som sömnbrist och nattkörning. Här finns uppenbarligen ett stort behov att systematisk forskning där de andra faktorerna kan konstanthållas. Det bör dock framhållas att körtidens längd kan ha avsevärda indirekta effekter genom att långa körpass förhindrar tillräcklig sömn.

Man bör också beakta betydelsen av vägens karaktär för förekomsten av trötthetsolyckor. En bred, rak och lågtrafikerad väg leder till starka monotonieffekter och ökad olycksrisk. Även faktorer som att vara nära

målet kan vara av betydelse för kritisk avslappning. En god körergonomi kan antagligen tyvärr också bidra till en reducerad stimuleringsnivå och åtföljande sänkt vakenhet.

En ytterligare faktor i trötthetsolyckor är uppenbarligen också att vara man, men i synnerhet att vara ung. Risker för 18–24-årsgruppen närmar sig astronomiska siffror, möjligen beroende på sämre vakenkapacitet i den åldern men möjligen också på betydligt sämre insikt om egna begränsningar.

Orsaker – ”Kroniska” sömnstörningar och droger

Den andra gruppen med huvudorsaker till trötthetsrelaterade vägtrafikolyckor handlar om kroniska sömn- och vakenhetsstörningar. Tillfälliga sömnstörningar är uppenbarligen en central faktor vid trötthetsolyckor. En liknande betydelse bör rimligen de sömnstörningar ha som är kroniska, i betydelsen, föreliggande under lång tid och orsakade av någon form av mer eller mindre sjukligt tillstånd. Här skall framför allt insomni, sömnapné och narkolepsi diskuteras. Märkligt nog finns egentligen ingen officiell statistik som försöker uppskatta sömn- och vakenhetsstörningarnas andel av den totala mängden vägolyckor. Delvis beror detta på att denna orsakstyp inte ingår som alternativ i rutinmässig olycksrapportering. Det förefaller inte heller som om forskare inte har sökt denna typ av information via epidemiologiska studier. Däremot föreligger en rad studier som visar på sambandet sett ”från andra hållet”, dvs. som visar att individer med vissa typer av sömnstörningar har högre risk att råka ut för en vägolycka. Detta ger dock ingen god information om problemets omfattning.

Insomni

Den vanligaste sömnstörningen är insomni, dvs. oförmåga att kunna somna, eller att behålla sömnen. Omfattningen har beräknats till 20-40% av befolkningen (Gillin and Byerley, 1990; NCSDR, 1993; Partinen, 1994; Kupfer and Reynolds, 1997; Ancoli-Israel and Roth, 1999). Definitionen av insomni är dock i denna och många amerikanska undersökningar mycket generös – betydligt mer än kroniska tillstånd finns med. Svenska undersökningar stannar vid ca 12%, varav hälften är direkt arbets- och livsstilsrelaterade (Liljenberg et. al., 1988; Broman, 1994; Jansson et. al., 1995). Det är f.ö. ofta så att patienter som lider av kronisk insomni inte presterar sämre på olika uppmärksamhetstest eller är mer sömniga än icke-patienter (Bonnet and Rosa, 1987; Broman, 1994)

Sambandet mellan insomni och vägolycksrisk är inte speciellt väl dokumenterat. En amerikansk gallupundersökning visade att 5% av dem som ansågs lida av insomni hade varit med om en bilolycka pga. trötthet (NCSDR, 1993; Roth and Ancoli-Israel, 1999). Individer utan insomni hade prevalensen 2%. Man bör här inte glömma att det finns en rad medicinska tillstånd som medför dålig sömn och sänkt vakenhet. Detta gäller även så banala sjukdomar som vanlig förkylning (andningsstörningarna stör sömnen) och vanliga tillfälliga smärttillstånd I

övrigt gäller detta alla sjukdomar som orsakar smärta, värk eller andningsstörningar.

I djupstudien av insomningsolyckor i North Carolina (Stutts et. al., 1999) fann man att risken (oddskvoten) för sömnrelaterad olycka (jämfört med icke sömnrelaterad olycka) var 4,5 för sådana som sover mindre än 4,5 tim per natt (7,0 jämfört med andra förare utan olycka), 3,5 gånger för sådana som klagat över dålig sömn (12,1), 2,8 för dem som anser att sömnen är otillräcklig, 5,8 gånger för dem som anger extrem sömnhet på Epworth Sleepiness Scale (15,2). Även om man inte försökte sig på att ställa en formell diagnos förefaller det klart att kroniskt störd eller för kort sömn är förenat med en kraftigt förhöjd olycksrisk. Tidigare visades också i samma studie att den akuta sömnbrist som föregått insomningsolyckan var en ännu kraftfullare prediktor av insomningsolycka.

Sömnapné och narkolepsi

Vi vet något mer om obstruktiv sömnapné, ett tillstånd då andningsvägarna delvis faller ihop eller på annat sätt blockeras under sömnen. Orsaken till blockeringen är att sömnen medför avslappning av muskulaturen i andningsvägarna, vilket i kombination med, speciellt, fetma medför att luft inte längre kan passera. För att fortsätta andas måste den drabbade vakna för att få tillbaka muskeltonus och därmed öppna andningsvägarna. Detta inträffar gång på gång under sömnen och leder till en fragmenterad sömn och därmed åtföljande sömnhet. Ungefär 2% av befolkningen lider av sömnapné, men tillståndet är 10 gånger så vanligt hos män som hos kvinnor och ökar med ökad ålder och övervikt (Partinen, 1994). Snarkning liknar sömnapné men innebär inte fullständig blockering – enbart ett ökat luftmotstånd.

Risken för individer med sömnapné att råka ut för en vägolycka förefaller ligga mellan 2 och 4 gånger i de flesta studier (Findley et. al., 1988; Findley et. al., 1989; Haraldsson et. al., 1990; Stoohs et. al., 1994; Young et. al., 1997), även om tydliga samband ibland inte konstateras (Aldrich, 1989) och en del menar att även om risken är något förhöjd syns sällan effekterna i statistiken (Horne and Reyner, 1999). Risken blir dock tydlig först vid allvarigare tillstånd (George and Smiley, 1999, Young, 1997 #4586).

Fram till alldeles nyligen fanns ingen systematisk kunskap om sömnapné-problemets betydelse för det totala antalet vägolyckor. Nyligen visade dock en spansk grupp som utgick från vägolyckspatienter intagna vid en akutmottagning i Burgos och Santander. Analysen begränsades till dem som varit med om olyckor på "highways" utanför tätort. Denna grupp låg 11 gånger över en referensgrupp som erhöles via slumpmässigt urval

från primärvårdscentra (Terán-Santos et. al., 1999). Om olyckor med alkoholkonsumtion samma dag togs bort kvarstod en ökning på 4 gånger. Andelen sömnapné bland de vägolycksskadade motsvarade ca 28% (4% i kontrollgruppen) varav dock runt hälften (osäker siffra) också hade konsumerat alkohol samma dag. Man bör också beakta att de mycket svårt skadade (och döda) inte kunde inkluderas i studien. Märkligt nog rapporterades inte mer sömnhet hos apnégruppen. Data ger egentligen inte möjlighet att säkert uppskatta prevalensen av sömnapné bland huvudvägsolyckor i Spanien, men förefaller ligga mellan 5 och 15%. Siffrorna är anmärkningsvärda och kan ifrågasättas av metodskäl. I en ledare i samma nummer framhålls att problemet är omfattande och att regler och diagnosmetoder måste förbättras (Suratt and Findley, 1999).

Man måste också beakta att den som lider av sömnapné eller kraftig sömnhet i allmänhet undviker bilkörning så långt det går (Hanning and Welsh, 1996). En ytterligare komplikation är att det finns tendenser till underrapportering både av olyckor och sömnhet i denna grupp (Engleman et. al., 1997). En intressant observation är att lastbilsförare med stort kragnummer har en ökad olyckrisk (Maycock, 1996) – stor halsomkrets har nämligen visat sig vara en av de bästa indikatorerna på sömnapné (Davies et. al., 1992).

Ytterligare stöd för sambandet sömnapné-vägolyckor kommer också från de relativt få studier som utvärderat behandlingseffekter. Både en flera gånger sänkt olycksincidens och bättre prestation i köringsimulator har konstaterats efter behandling med övertrycksandning (Engelman et. al., 1996; George et. al., 1997) eller operationer (Haraldsson et. al., 1991; Haraldsson et. al., 1995). Narkolepsi är visserligen sällsynt (ca 0,03-0,16%) men starkt vakenhetsnedsättande sjukdom som medför en flerfaldig ökning av risken för trafikolyckor.

Den juridiska aspekten på apné eller narkolepsi och olyckor är fortfarande komplicerad och inte helt avgjord (O'Keefe, 1996). I USA finns ingen federal regel för hur sömnapné skall hanteras juridiskt/medicinskt. Däremot har flera delstater regler som föreskriver att individer med sömnapné eller med andra vakenhetsnedsättningar skall rapporteras till centrala körkortsregister, men att indragning av körkort endast sker om patienten inte svarar/fullföljer behandlingen (Pakola et. al., 1995). Svensk praxis är likartad (Haraldsson and Lysdahl, 1999).

Sederande medel – sömnmedel, alkohol m.m.

Denna litteratursammanställning är huvudsakligen inriktad på trötthet i trafiken utanför drogområdet och läsaren hänvisas till t.ex. en översikt från Väg- och transportforskningsinstitutet för vidare information (Törnros, 1997). Sammanfattningsvis är dock sambandet mellan olika

typer av sederande medel (inkl alkohol) och bilkörningsförmåga är väl studerat. Vad gäller vägolyckor tyder data på att användare av benzodiazepiner, tricykliska antidepressiva medel, opiumbaserade smärtstillande medel och möjligen också antihistaminer, har högre risk för trafikskador (Gengo and Manning, 1990; Ray et. al., 1992; Leveille et. al., 1994; Neutel, 1995; Timby et. al., 1998). Däremot visar en studie från Väg- och transportforskningsinstitutet att man inte ser någon försämrad körförmåga i simulator mellan individer som noga följer behandlingsinstruktionerna för bensodiazepiner (Törnros et. al., 1998).

I den tidigare nämnda djupstudien i North Carolina (Stutts et. al., 1999) fann man att intag av ”triangelmärkta” läkemedel som sömnmedel, antihistaminer eller dylikt medförde en riskökning för insomningsolycka med 6,3 gånger (oddskvot) jämfört med andra olyckor.

Som angetts tidigare är andelen alkoholrelaterade olyckor med personskada i Sverige för 1998 3,3%. Andelen förare som visat positiva resultat vid alkotester (med gränsen vid 0,05%) var under 0,5% veckoslutskvällar och betydligt lägre andra tider [Laurell, 1994]. I USA och många andra länder är dock alkoholandelen av speciellt svårare vägtrafikolyckor betydligt högre, ca 40% (NHTSA, 1997). Effekten av alkohol på körförmågan är starkt dosberoende (Törnros et. al., 1998). En intressant fråga är också den sömnhet som ofta medföljer alkoholkonsumtion (Lumley et. al., 1987) även sedan blodalkoholnivåer sjunkit till noll. Data tyder på att kombinationen sömnbrist och måttlig alkoholkonsumtion kan ge avsevärd sömnhet och sänkt körförmåga även utan kvarvarande alkohol (Roehrs et. al., 1994).

Sammanfattning

Sömnapné, insomni och narkolepsi ökar uppenbarligen risken för trötthetsolyckor (ca 2-4 gånger) beroende på att återhämtningen störs (för de två första). Omfattningen av dessa faktorer är osäker men speciellt sömnapné verkar kunna svara för en ansevärd del av de totala trötthetsolyckorna. Narkolepsi innebär också en ökad olycksrisk, men drabbar en mycket liten del av befolkningen. Här behövs åtskillig grundläggande forskning, speciellt i form av djupstudier av individer som råkat ut för vägolyckor.

Sömnmedlens roll i olycksstatistiken är också osäker men det förefaller som om individer som använder medicinering enligt anvisningar inte skulle köra sämre än andra (i simulator). Alkoholen har ju en särställning bland orsaksfaktorer, men då i form av direkta berusningseffekter. Dessutom ger alkoholen en ökad sömnhet som kvarstannar sedan blodalkoholalten nått noll %. Detta kan sannolikt ligga bakom någon del av trötthetsolyckorna. En intressant effekt är också den sömnstörning

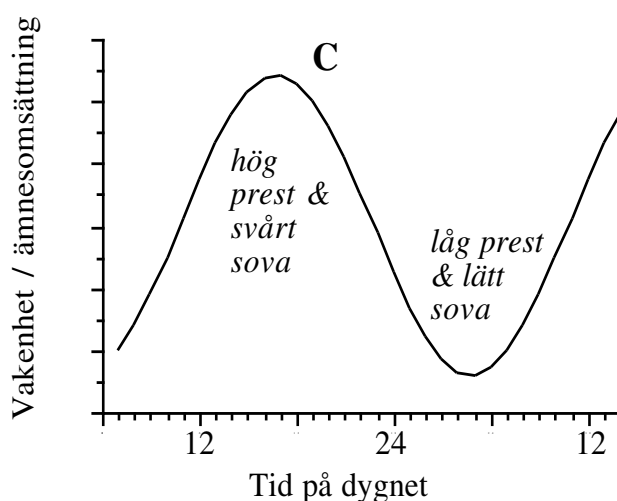
som förekommer i samband med tyngre alkoholförtäring. Sannolikt innebär detta att en förare, även efter en åttatimmars sömn, kan lida brist på återhämtning pga. dålig sömnkvalitet och därmed utgöra en fara på vägen. Vid vilka alkoholnivåer och andra förutsättningar detta sker är dock idag okänt.

Vakenhetsregleringens mekanismer

Ovan har framgått att tiden på dygnet, sömnbrist och lång vakentid är viktiga faktorer bakom trötthet i trafiken. Det är också dessa faktorer som styr individens grundnivå av vakenhet. Vi vill därför sammanfatta vad som är känt om dessa regleringsfaktorer och hur de samverkar (andra delar av mekanismen – körtid, monoton, osv. diskuteras på andra ställen i denna rapport).

Huvudorsaken – klockan och den felplacerade vakenheten

Huvudorsaken till problemen med udda mönster för aktivitet och vila är att de kommer i konflikt med vår biologiska klocka, belägen i hypothalamus i hjärnan (Moore and Eichler, 1972; Klein et. al., 1991). Klockan styr dygnsrytmen genom att aktivera kroppen (framför allt genom ökad ämnesomsättning) och genom att varva ned kroppen nattetid – för att befördra återhämtning (figur 4). Detta medför sänkt vakenhet och funktionsförmåga nattetid samt svårigheter att sova dagtid (Aschoff, 1965; Czeisler et. al., 1980; Åkerstedt and Gillberg, 1981).



Figur 4. Schabloniserad dygnsrytm för vakenhet och ämnesomsättning

Om man t.ex. skjuter sömnen från normal läggtid strax före midnatt till kl. 7 på morgonen reduceras sömnlängden med 2-3 timmar – ”nattskiftseffekten” (Foret and Lantin, 1972; Torsvall et. al., 1981;

Tilley et. al., 1982). Huvudsakligen drabbar denna reduktion drömsömnen (REM) samt stadium 2. Reduktionen kvarstår även om man skjuter sänggåendet in på förmiddagen. Även tidigt morgonarbete kortar av sömnen på ett likartat sätt – man förlorar nästan en sömntimme för varje timme man tidigarelägger uppstigandet (Kecklund and Åkerstedt, 1995). Detta beror på att dygnsrytmens höga vakenhetsnivå och ämnesomsättning på kvällen gör det svårt att somna. Även sociala krav på normal kvällsvakenhet spelar förstås in. Ett annat problem är att bottennivån i dygnsrytmen infaller vid 5-tiden på morgonen och gör det mycket svårt att avbryta sömnen (Åkerstedt et. al., 1997), väckningen blir obehaglig och det tar lång tid att uppnå normal funktionsnivå (Kecklund and Åkerstedt, 1995).

Det är förstås inte bara vakenheten som visar upp en tydlig dygnsrytm. Samma gäller de flesta hormoner (inklusive stresshormoner som kortisol och adrenalin), matsmältning, urinproduktion och mycket mer (Moore and Eichler, 1972; Klein et. al., 1991). I stort sett alla biologiska funktioner är inställda på att leverera hög funktion dagtid. Ett uppmärksammat undantag är tallkottkörtelns insöndring av hormonet melatonin, vilket har sitt maximum kl. 4-5 på morgonen (Arendt, 1987). Melatonininsöndringen är nämligen nära kopplad till den biologiska klockan och förfaller vara det kanske viktigaste sättet för klockan att nå ut till övriga kroppen.

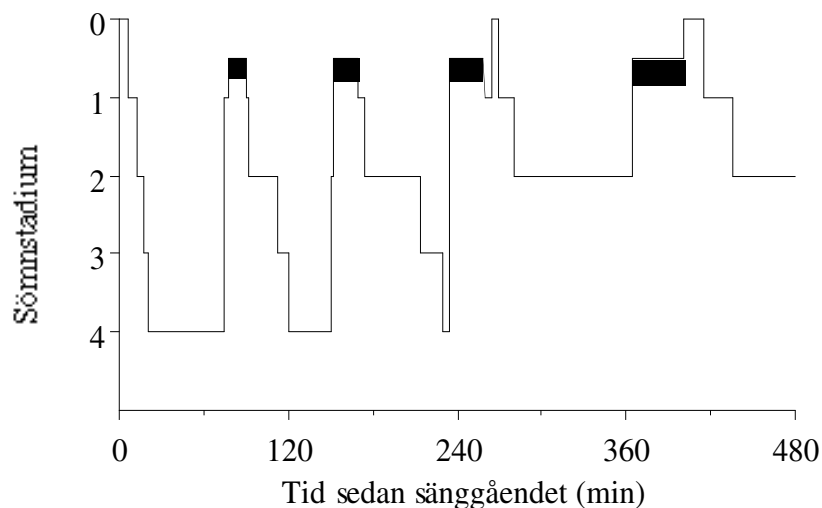
Man anpassar normalt inte sin biologiska klocka till nattarbete, beroende på att dagsljuset, som direkt påverkar klockmekanismen (med melatonin åter inblandat), motverkar omställning (Eastman et. al., 1994). Exponering för starkt ljus på natten (före ca kl. 5) medför en senareläggning av den biologiska klockans inställning, vilket t.ex. sker i samband med en flygning västerut över flera tidzoner eller i samband med starkt ljus i samband med nattarbete (Czeisler, 1994). Starkt ljus efter klockan fem leder till en tidigareläggning av rytmen. Det senare betyder förstås att anpassning av den biologiska klockan kraftigt försvåras när man går ut i dagsljuset efter ett nattpass. Alla människor behöver för övrigt en viss mängd ljus varje dag för att inte klockan skall råka ur fas – ständigt mörker ger en klocka som långsamt driver iväg från 24-timmarsmönstret.

Sömnen

Sömnen medför en sänkt ämnesomsättning, men är en fysiologisk uppbyggnadsprocess av centrala nervsystemet och immunförsvaret, samt ger en ökad insöndring av tillväxthormon, könshormonet, testosteron, "mjölkhormonet" prolaktin, m.m. (Parkes, 1985; Horne, 1989). Normalbehovet av sömn ligger runt 7,2 tim ($\pm 1,5$ tim), men är flexibelt och förlorad sömn återhämtas snabbt genom ökad djupsömn. Dock blir huvudsömnen i samband med t.ex. natt- eller morgonarbete för kort och

måste kompenseras med tupplurar. Även ökad arbetsbelastning ger förkortad sömn och svår livsstress kan medföra långvarig sömnstörning (Ancoli-Israel and Roth, 1999).

Sömnen fortskrider under natten i en vågrörelse, från ytlig sömn (stadium 1&2), till djupare (stadium 3&4), till drömsömn (REM-svärtad), till ytlig sömn, osv. Totalt 4-6 sådana cykler avverkas per natt. (Figur 5)



Figur 5. Sömnens förlopp; svärtade partier = REM sömn.

Förutom av fel placering under dygnet störs sömnen av en rad faktorer som inte behöver diskuteras detalj i här. Huvudorsakerna är stress, buller och sjukdom. God sömn gynnas av ett tyst, mörkt och svalt (16-18 °C) sovrum. Regelbundna sovtider, motion (gärna promenader), daglig ljusexposition (minst någon timme dagsljus) och begränsning av intaget av kaffe, cola, te, nikotin (cigaretter/snus/pipa) samt alkohol är mycket goda motmedel mot sömnstörningar. Avslappning och tekniker för s.k. stimuluskontroll (t.ex. att undvika annat än sömn eller sex i sängen) är ytterligare metoder. Regelbunden (i stort sett varje dag) användning av sömnmedel är direkt olämpligt.

Man bör vara medveten om att mer tid än vad som behövs för själva sömnen behöver avsättas för dygnsvilan – minst *11 timmar* för att ge tillräcklig tid för sömn, födointag, och hygien. Detta sammanfaller med EU:s arbetsdirektiv.

De flesta människor tål dock en sömnreduktion på någon timme utan att påverkas negativt. Sömnbrist ackumulerar dock och 2 tim kortare sömn per dag leder mot slutet av arbetsveckan till sänkt funktionsförmåga. Trots detta kan de flesta fungera acceptabelt med så lite som 5-6 timmars sömn i genomsnitt per dag – främst beroende på att sömnen anpassar sig och blir litet effektivare om den får för litet utrymme. Även sömnen

(dess frånvaro) spelar förstås en viktig roll för uppkomsten av trötthet och sänkt funktionsförmåga. Wilkinson (1965) visade bl.a. att om normalsömnen reducerades med mer än två timmar resulterade detta i sänkt prestationsförmåga. Samma effekt har konstaterats med s.k. sömnlatenstest (Carskadon and Dement, 1981) (sömnighetstest baserat på tiden det tar att somna i en standardiserad situation). I denna studie konstaterades också att sömnigheten ackumuleras om sömnreduktionen (3 tim) upprepades. Efter 7 dygn av reducerad sömn visade sömnlatenstestet patologiska värden (<5.5 min). Samma resultat kommer Dinges m.fl. till (Dinges et. al., 1997).

En annan typ av störd sömn är den som ofta avbryts, även om avbrotten varar endast några sekunder. Ju tätare avbrotten kommer, desto mer funktionsnedsatt är individen under nästa dag (Bonnet, 1985). Resultatet blir en sömn som består huvudsakligen av ytliga stadier. Djupsömn och drömmande saknas ofta helt. Effekten anses av Bonnet bero, inte på förlust av vissa sömnstadier, utan på brist på kontinuitet i sömnen. Nyligen har Wesensten föreslagit att det inte är så mycket avbrotten utan mängden ytlig sömn (stadium 1) som orsaker det sänkta återhämtningsvärdet (Wesensten et. al., 1999).

Om man studerar individer med så kraftigt störd sömn som sömnapné-patienter har kan man observera påtagliga samband mellan antal apné-episoder (andningsstillestånd under sömnen) och funktionsförmåga under dagen (Roehrs et. al., 1989). Sömnen hos dessa patienter avbryts kort (för andning) kanske en gång i minuten. Resultatet blir en sömn som huvudsakligen karakteriseras av ytliga stadier. Djupsömn och drömmande saknas ofta helt. De olycksdrabbade trötta industriarbetarna som omtalades tidigare (Lavie et. al., 1981) led f ö i stor utsträckning av sömnapné. Det förefaller f.ö. som om mycket milda sömnstörningar utan lång vakentid kan leda till mätbar ökning av tröttheten (Walsh et. al., 1986; Torsvall and Åkerstedt, 1988a).

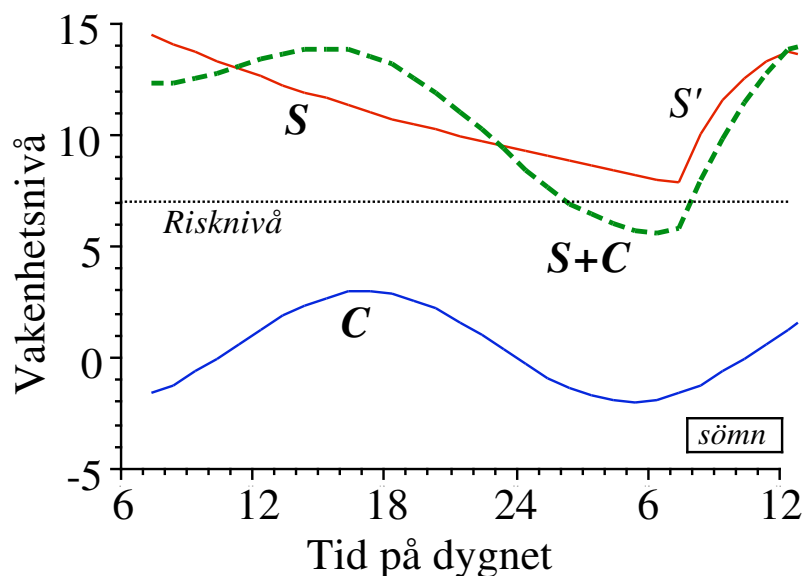
Vakentidens längd

Det är inte bara kort sömn som ger trötthet. Ännu mer trötthet ger faktiskt lång vakenhet. Ju längre tid man är vaken, desto mer sjunker vakenhetsnivån – i början efter sömnen sjunker den särskilt snabbt (Fröberg et. al., 1975b; Fröberg et. al., 1975c) (Dijk et. al., 1992). Dessa studier har visat att kroppens dygnsrytm på natten medför en funktionssänkning med kanske 1/4. Till detta kommer en lika stor sänkning pga. vakentidens längd – tillsammans en halvering av funktionsförmågan fram på småtimmarna. Dawson (1997) har nyligen visat att totaleffekten motsvarar ca 0,08% alkohol i blodet. Denna effekt betyder att nattarbetets trötthet är effekten av att vara i arbete vid dygnsrytmens bottenläge men också av den förlängda vakenhet som upp-

står vid nattarbete – ofta ca 20 timmar första nattskiftet jämfört med dagarbetets vanliga 16 timmar.

En modell för trötthetsutveckling

Vi har sett ovan att människans vakenhetsnivå beror på tre huvudfaktorer. För att kunna utnyttja denna information i rådgivning har vi tagit fram en datormodell som sammanfogar de tre faktorerna (Åkerstedt & Folkard, 1997)



Figur 6. Matematisk modell för beräkning av vakenhetsnivå. C=dygnsrytmen, S=Vakenhetens fall, S'=Vakenhetens återhämtning under sömnen. S+C= summan av S och C.

Den första kallar vi för C, dvs. *dygnsrytmen* (kommer av "circa dies", vilket är latin och betyder "ungefär ett dygn"). Denna dygnsrytmfaktor lyfter vakenheten dagtid och trycker ned den nattetid.

Den andra faktorn kallar vi S (för "sömn") Den beskriver förlusten i vakenhetsnivå sedan uppvaknandet och beror alltså på *vakentidens längd*. S' är fortsättningen på S under sömnen – *återhämtningen*. Här stiger först vakenhetsnivån allteftersom sömnen laddar upp oss igen. Lägga märke till att återhämtningen går snabbare i början av sömnen.

Tröttheten i varje tidpunkt på dygnet kan sedan förutsägas med relativ stor säkerhet genom att man helt enkelt adderar C och S (S+C i figuren).

När $S+C$ faller under värdet 7 kan vi räkna med att individen är så pass trött att bara några minuters körning på ett monotont vägavsnitt kommer att leda till försök av hjärnan att övergå till sömn. Effekter av monoton, sömnmedel, alkohol, etc. kommer förstås att påverka kurvan ytterligare.

Modellen förutsäger också när sömnen avbryts (Åkerstedt and Folkard, 1996). Detta sker nämligen (ungefär) då $S' + C$ når en viss nivå (i nuvarande modell runt 14.3) samt hur lång tid det kommer att ta att somna. Modellen har använts i rad situationer för att bedöma effekterna av arbetstider för chaufförer, piloter och många andra grupper.

Sammanfattning

Mekanismen bakom de trötthetsrelaterade vägolyckorna är nära kopplade till den grundläggande biologiska sömn-/vakenhetsregleringen och till det sätt på vilket människan sätter sig över biologiska principer. Den biologiska klockan driver människans fysiologi i en ständig variation mellan hög ämnesomsättning dagtid och låg nattetid. Att flytta sin aktivitet till nattimmarna innebär att man utsätts för den funktionsnedsättning som sänkt ämnesomsättning innebär, samt att man under efterföljande (dagtids-)sömn utsätts för den höga ämnesomsättning som stör sömnen. Dessutom har längden på vakenperioden lika stor betydelse, vilket gör att sen natt och tidig morgon blir dubbelt belastade hos den som kör på natten.

Den tredje faktorn är förstås sömnen – dess längd och kvalitet påverkar direkt vakenhetsnivån och förmågan att säkert framföra ett fordon. Att starta en körning tidigt på morgonen innebär t.ex. att man kombinerar körning i dygnsrytmens bottenivå med en starkt förkortad sömnlängd. En fragmenterad sömn, vilket förekommer i samband med sömnapné kan i svåra fall vara helt utan återhämtningsvärde, med åtföljande höga risk för insomnande vid ratten. Alla dessa faktorer kan idag sammanfattas i datormodeller som möjliggör förutsägelse av t.ex. säkerhetskONSEKVENSERNA av olika kör-/vila-mönster.

Åtgärder mot sömnhetsrelaterade vägolyckor

Det bästa medlet mot att somna vid ratten är naturligtvis att sluta köra. Andra lösningar följer av mekanismdiskussionerna ovan och handlar om sömnhygien och sömn/vakenhetsorganisation – planering eller reglering. I andra fall handlar det om enkla fysiska åtgärder (svalka, ljud), sociala droger (t.ex. kaffe) eller avancerade sensorer för vakenhetsövervakning.

Tupplurar och kaffe

Åtgärdsinriktade studier visar att enda botemedlet mot sömnhet är sömn, även i tupplursform (Lubin et. al., 1976; Lumley et. al., 1986; Naitoh and Angus, 1987; Dinges et. al., 1988; Gillberg, 1996). Det verkar t.ex. som om tupplurar ända ner till 15 min har en vakenhetshöjande effekt (Lumley et. al., 1986). Det är dock oklart hur länge denna effekt sitter i. Pauser har ofta framförts som ett bra motmedel men förefaller ha en mycket tillfällig effekt. Omedelbart efter pausen börjar sömnheten öka och är tillbaka till nivån före paus inom 15 minuter. Pauser måste alltså vara orealistiskt frekventa om de skall ge någon garanti mot insomnande.

Tupplurseggen har dock inte utvärderats i relation till olycksincidens utan enbart i experimentella studier av allmän prestationsförmåga och i körsimulator (Horne and Reyner, 1996) – t.o.m. 15 minuters halvsovande visade sig i denna studie förbättra körning och vakenhet. Kaffe visades sig faktiskt i denna studie ha något bättre effekter på vakenhet och körning än den korta tuppluren – tillslagstiden var 30 minuter och effekten kvarstod tydligt i en timme. Maximal effekt erhålls antagligen av de två metoderna i kombination (Reyner and Horne, 1999). En rad andra studier har visat att 100-200mg koffein (2-3 koppar kaffe) genomgående förbättrar vakenhetsnivån hos sömnlösa försökspersoner (Lumley et. al., 1987; Lorist et. al., 1994).

Luft, buller, aktivitet etc.

Svalkande luft, bilradio eller inspelad musik verkar inte ha tydliga positiva effekter på vakenhet och körförmåga (Reyner and Horne, 1998a). Det finns dock en svensk serie av studier som visat att buller och snabb nedkylning har tydliga vakenhetshöjande effekter i laboratoriesituationer och vad gäller upplevelse vid körning på väg (Landström, 1994;

Landström et. al., 1996a; Landström et. al., 1996b; Landström et. al., 1998; Åkerstedt and Landström, 1998).

Fysisk aktivitet motverkar prestationsfall pga. sömnhet – om aktiviteten pågår parallellt med arbetet (Englund et. al., 1985). Dock tycks inte fysisk aktivitet under paus i bilkörning haft några effekter på efterföljande bilkörning (Horne and Foster, 1995). Måttlig, regelbunden aktivitet tycks dock inte påverka vare sig kognitiva eller psykomotoriska uppgifter (Englund et. al., 1985). Däremot verkar regelbunden motion höja vakenhetsförmågan (Härmä et. al., 1986).

Trötthetsvarnare

Ett alternativ som diskuteras alltmer är olika typer av ”trötthetsvarnare”. Behovet av dylika instrument kan tyckas uppenbart, men kan också ifrågasättas eftersom de flesta vet mycket väl om de är trötta eller inte (Lisper et. al., 1986; Reyner and Horne, 1998b). Reyner och Horne visade också att upplevd trötthet i körsimulator (skattad) sömnhet uppträdde ca 40 minuter före allvarliga avåkningar och att alla deltagare upplevde en kamp mot sömnen kort före avkörningen. Det finns uppenbarligen ett behov av att inskräpa betydelsen av att lyssna på kroppens signaler och ta sin sömnhet som den seriösa åtgärdssignal den är.

Idag finns en rad potentiella trötthetsvarnare som söker erkännande på marknaden, se till exempel en review av Dinges (1998). Några är baserade på huvudrörelser, andra på hjärtfrekvensvariabilitet, ratt rörelsemönster, EEG-analys (av sömnmönster). Ytterligare andra använder ögon Slutningsmönster via bildanalys eller via sensorer på ögonlocken. Toyota har t.ex. experimenterat med en aktivitetssensor, Nissan med en ögonrörelsesensor (som väcker med ljud och mentoldoft), i Spanien har man försökt med greppstyrka (ratten), m.m. I ett EU-relaterat forskningskonsortium (Telematics-SAVE) har man försökt integrera en rad idéer och testat utfallet (Bekiaris, 1999).

Ännu har knappast någon metod validerats på ett sätt som gör det möjligt att dra slutsatser men det ser ut som om ögon Slutningsdurationer kanske är den bästa och mest praktiska prediktorn av ”mikrosömner” eller korta perioder av mental ”frånvaro” (Wierwille and Ellsworth, 1994). Med modern teknik kan fiberoptiska linser och bildanalys användas för att bedöma förarens trötthetsnivå. Möjligen kan man maximera prediktionen genom att lägga till ytterligare mått – t.ex. ratt rörelser eller individens rörelsemönster. Men utvecklingen befinner sig fortfarande på laboratoriestadiet och tillämpningsstudier kommer att avgöra om trötthetsvarnare är möjliga eller ens lämpliga.

Även om mätprecisionen höjs är antagligen ett problem med trötthetsvarnare att än så länge kommer varningen först då individen somnar, vilket i många fall kan vara för sent – varningen behövs tidigare (Brown, 1997; Horne and Reyner, 1999). Ett annat ofta framfört problem är att användning av trötthetsvarnare kan leda till att den missbrukas – man kör ända fram till varning, vilket kan vara för sent - olyckan har redan börjat inträffa (Brown, 1997; Horne and Reyner, 1999).

Välgångsåtgärder

Förutom generella vägförbättrande åtgärder som mittenbarriärer, bredare skyddsområden vid sidan av vägen, m.m. har en rad studier visat att s.k. ”rumble strips” (reliefränder vid vägsidan som ger ett knattrande ljud då ett däck kör över den) ökar vakenheten och minskar singelolyckorna (NSF, 1997). Även svenska erfarenheter förefaller goda (Anund, 1998).

En annan faktor är monotonin – långa enformiga raksträckor bör undvikas. Brittiska försök med ”road audits” beskriver sätt att definiera sådana punkter baserat på förekomst av trötthetsolyckor och vägens karaktär i övrigt (J Horne). Många av trötthetsproblemen rör nattkörning och sannolikt kan belysning här spela åtminstone någon roll; oklart hur stor.

En fråga av stor vikt för tyngre fordon är tillgången på rastplatser för de vilopausor som rekommenderas. I många delar av landet och på kontinenten är det mycket svårt att lagligt parkera ett större fordon och sannolikt behöver man bygga ut rastplatssystemet.

Körtidsregler och andra regleringar

Ett möjligt bidrag till ökad säkerhet är modifiering av körtidsreglerna för yrkestrafik. För tung trafik tillåter dessa 14 timmars arbetspass (varav 9-10 körning), vilket, vad gäller körtiden, antagligen är acceptabelt ur säkerhetssynpunkt. Den långa totala arbetstiden kommer dock med stor sannolikhet att störa sömnen. Det finns för övrigt inget skäl att skilja på körtid och icke-körtid vid bedömning av arbetsdagens längd.

Körtidsreglerna medger också att man gradvis flyttar sömnen och t.ex. lever på ett 20-timmarsdygn. Man kommer alltså att gradvis tidigare lägga körstart och sömnstart. Detta kommer att ge en sämre återhämtning. Dessutom är överflyttningen av tung trafik till natten en riskfaktor i sig – tiden på dygnet tas inte alls hänsyn till i lagstiftningen. Man kan heller inte bortse från det faktum att lättare trafik inte har körtidsbegränsningar. Delad arbetstid och användning av sovplats under färd (inte tillåtet i Sverige) är andra problematiska konstruktioner. Flera

diskussioner av kriterier för rimliga körtidsregler har nyligen publicerats (Belenky et. al., 1998; NTSB, 1999).

Man kan alltså sannolikt förbättra körtidsreglerna för yrkestrafik, men man kan också ta mer hänsyn till bristande vakenhetshygien i rättsprocesser. En förare med 20 timmars vakenhet bakom sig klockan fem på morgonen har rimligen inte varit i acceptabel kondition att framföra ett fordon en längre sträcka. Idag tar en domstol inte tillräcklig hänsyn till förarens trötthetsantecedentia vid fastställande av skuld eller utmätande av straff. Det är dessutom så att eventuell skuld i många fall bör förläggas hos den som är ansvarig för konstruktionen av körschema – snarare än hos föraren. I Australien och Nya Zeeland tycks utvecklingen gå mot att företagen har mindre strikta regler för arbetstider men däremot är tvingade att ha en uttalad ”fatigue management policy”. Denna skall vara vetenskapligt baserad och beakta tid på dygnet, sömnbrist, lång vakentid, körtid, etc.

En annan fråga rör yngres utomordentligt kraftiga överraskning vid nattkörning – någon form av begränsning av amerikansk typ (curfew) är sannolikt ett effektivt motmedel (Levy, 1988). En annan begränsningsfråga gäller patienter som lider av någon form av hypersomni – när bör körkortet återkallas och under vilka förutsättningar (Haraldsson and Lysdahl, 1999). Frågan om screeningundersökningar för vissa typer av förarbevis är en annan viktig fråga.(Levy, 1988; Haraldsson and Lysdahl, 1999)

Information och utbildning

Som framgått ovan förefaller det som om sömnbrist, lång vakentid och nattkörning är bland de viktigaste orsakerna bakom trötthetsolyckor. Vi vet idag väl hur dessa faktorer samverkar för att orsaka farlig trötthet. Denna kunskap är inte spridd i större kretsar i Sverige (fortfarande tror man att körtidens längd är huvudproblemet). Den viktigaste åtgärden är därför att föra ut denna kunskap i propagandakampanjer, t.ex. med broschyrer och enkla checklistor för att kontrollera sin egen farlighetsnivå, kanske baserat på de datormodeller som idag finns tillgängliga. Ett försök i denna riktning är internationella transportarbetarfederationen som 1998 drev en kampanj bl.a. i Sverige under rubriken ”Trötthet dödar”, åtföljd av en del kampanjmaterial (ATA, 1996)

I speciellt USA har organisationer med federala medel drivit omfattande anti-trötthetskampanjer (”Fatigue kills”, ”Drive alert-stay alive”), men liknande utveckling finns i även Frankrike, Storbritannien och Australien. Vid många motorvägar i dessa länder förekommer skyltning av typen ”fatigue kills” eller ”take a break”. I allmänhet är dock effekterna inte

systematiskt utvärderade. Amerikanska NASA har också utvecklat "Fatigue countermeasures programs" som systematiskt utbildar både militära och civila organisationer i konsten att hantera trötthet (Rosekind et. al., 1996a; Rosekind et. al., 1996b). I flera av de nämnda länderna finns också "National Sleep Foundations" som bl.a. har tagit på sig uppgiften att bilda allmänheten vad gäller trötthetsproblem. American Trucking Association har anpassat kunskapsutbudet för kursgivning med specialtillverkat kursmaterial. Samma typ av material används i Australien (Transport, 1998). Den vetenskapliga högstatustidskriften Journal of the American Medical Association har publicerat informationsmaterial för den enskilde läkaren att dela ut till patienter (JAMA, 1998). Vi själva har publicerat en konsensusrapport kring trötthet och olyckor avsedd att användas som underlag för beslut (Åkerstedt et. al., 1994; Åkerstedt, 1995).

En ny idé om information kommer från Frankrike där transportdepartementet vill öppna telefonrådgivning om trafiksituationen på huvudvägarna, kompletterad med trötthetsrådgivning för långkörare. Ännu är idén på projektstadiet men tanken är att använda den datoriserade trötthetsprediktor som beskrivits tidigare för att helt enkelt informera om när individen börjar närma sig en trafikfarlig trötthetsnivå. Diskussioner pågår också om utvärdering av effekterna.

Sammanfattning

Det finns idag en hel del åtgärder att vidta, speciellt kanske i form av *information* till allmänheten om farorna med trötthet, om vilka faktorer som orsakar och motverkar trötthet, hur man skall lära sig känna igen/beräkna när kritiska trötthetsnivåer inträffar, mm.

Några av de viktigaste motmedlen som diskuteras är *tupplurar* och schemaläggning av sömnen samt konsumtion av *kaffe*. Åtgärder som raster, kall luft, bilradio, m.m. har mycket kortlivade effekter och bör inte förlitas på mer än några få minuter. Utrustning som *varnar* för trötthet är idag knappast så pålitlig att den utgör något hjälpmedel, men många utvecklingsprojekt pågår. Det finns dock ett potentiellt problem även med ev. perfekta trötthetsvarnare – de kan utnyttjas för att tänja på gränserna.

Bland motmedel bör också räknas skyltning av farliga vägavsnitt, och användning av reliefränder ("rumble strips") för att varna vid tendenser till avakning. Man bör också överväga gällande *arbetstidsregler* för yrkestrafik och övervakningen av dessa. De regler som finns idag för tung trafik är inte invändningsfria och en stor del av yrkestrafiken (den "lättare") sorterar under vanliga arbetstidsregler och kan därför utsätta sig för avsevärd trötthet.

En viktig men känslig fråga är också identifikation av individer med kroniskt nedsatt vakenhetskapacitet och restriktioner för denna grupp.

Forskning

Orsaken till att vi inte har tillräcklig information om trötthetsens roll i trafiksäkerheten är att inga avgörande studier har gjorts. Sannolikt beror detta på att vissa faktorer har varit så uppenbara att de tagit all uppmärksamhet. Men det bidrar säkert att traditionen inom trafikforskningen har varit teknisk och på att det är svårare att forska kring individens trötthetsnivå vid olyckstillfället än t.ex. alkoholnivån (som ju är lätt att mäta). I dagens situation med ambitionen att gå mot en ”noll-nivå” finns det dock anledning att utveckla forskningen kring trötthetsens roll för trafiksäkerheten.

Riktade haveriutredningar med uppföljande forskning

Bra forskningsprojekt inom trötthetsområdet måste gå utöver de skäligen enkla registeranalyser och frågeformulärsstudier som gjorts hittills. Sannolikt krävs en större ansats med samarbete från olika specialiteter. Ett uppenbart tillvägagångssätt vore att genom *haveriutredningar* (där så är möjligt) samla information om individens vilo- och arbetsmönster 24 timmar före olyckan i kombination med laboratorieundersökningar av sömn och sömnhet, och funktionsförmåga (i t.ex. körsimulator). Här borde dels ett representativt urval av olyckor användas tillsammans med stratifiering för alkoholförekomst, rena trötthetsstillstånd, sömnmedel/lugnande medel, mm. Viktigt är här att olyckor samplas över hela dygnet och hela året.

Yrkesgrupper som inte har *begränsningar i körtid* (vilket tyngre trafik har) utgör en speciell grupp – poliser, ambulansförare, taxiförare, budbilsförare, m.fl. Ser riskbilden annorlunda ut för dessa jämfört med ”reglerade” grupper (förare av tunga fordon)?

Till denna forskningskategori hör också epidemiologiska studier av *metoder för att mäta* trötthetsinslag i trafikolyckor – vilken information är önskvärd, hur reliabel är den och är den praktiskt insamlingsbar?

Man bör också betona att, även om mycket tyder på att trötthet är en dominerande olycksorsak nattetid, så är det sannolikt ett stort inslag av sådana olyckor även *dagtid*. Här vet vi mycket litet om hur ålder, sömnstörningar, m.m. inverkar. Vi behöver också veta hur väganvändarens trötthetsituation ser ut även om ingen olycka inträffat – hur många kör med för lite sömn eller för lång vakentid bakom sig? Hur ser de senare faktorerna ut vid olika tider på dygnet, och hur ser körlängden ut vid olika tider på dygnet?

Trötthet i olika riskgrupper

Förutom ovanstående behövs ett antal studier där olika *åldersgrupper*, kön och sömnstörningsgrupper undersöks experimentellt i olika trötthets-inducerande situationer (nattkörning, tidig körning, sömnbrist). Beror ungdomseffekten i nattkörningsrisk på en högre biologisk känslighet för sömnbrist eller kan det mesta förklaras med attityder, grupstryck, stimulansbehov, eller bara dåligt omdöme?

Kan *sömnighetskänsliga individer* identifieras (om det är etiskt försvarbart) och är detta ett stabilt drag? Här bör också studeras grupper med *sömnapné*, narkolepsi, skiftarbetare, mm. En speciell fråga rör här också patientgruppers rätt att behålla körkortet pga. av för höga trötthetsnivåer – när bör det återkallas? Är individer under framgångsrik behandling inte längre i riskzonen? Var exakt ligger den största faran för skiftarbetaren – resan från nattskiftet eller till morgonskiftet? Kan man motverka sådana risker genom åtgärder före avfärd? Är riskerna så stora att antalet arbetsresor bör minskas genom färre arbetspass?

Efterverkningar av alkohol och droger

Ett tredje forskningsområde utgör alkoholens och sömnmedlens efterverkningar. Vid vilka alkoholnivåer störs efterföljande sömn så kraftigt att körförmågan påverkas (utan kvarvarande alkohol i blodet)? Hur motverkas effekterna – extra sömn, koffein?

Motmedel

Ett fjärde område är *detaljstudier i trafik* (nästan allt tidigare är gjort i laboratoriet) av de bästa motmedlen – hur lång *tupplur* eller hur mycket *koffein* behövs för att motverka olika trötthetsnivåer; och hur lång tid räcker effekten? Är tupplurar vid sidan av vägen över huvudtaget ett realistiskt alternativ för flertalet förare? Vad betyder *födointaget* för trafiksäkerheten – var går gränsen mellan positiva och negativa effekter (sömnighet) på trafiksäkerheten? Vad betyder den förbättrade *körergonomin* för dåsigheten – är farthållaren eller automatväxeln en riskfaktor?

Vidare, kan vi se andra motmedel än de traditionella? Kan man t.ex. lära ut konsten att *känna av* sin egen risknivå? Kan man utveckla enkla *räknomodeller* för t.ex. en handdator för att råda individen om kommande sömnighet? Modeller för detta finns redan framtagna, men har inte testats. Kan de franska idéerna om tele-/IT-rådgivning användas i Sverige?

En intressant fråga är också om det finns möjlighet att ta fram praktiskt användbara *fältmodeller för trötthetsmätning*. Idag finns inga sådana, men de kliniska metoder som används idag skulle möjligen kunna anpassas till fältbruk. Försök med sådana metoder för rådgivning kommer sannolikt att påbörjas under året.

Körtidens längd

Ett femte område är betydelsen av körtidens längd – i sig (bortsett från effekterna på dygnsvilan). Än vet vi inte annat än att den förfaller ha en märkligt liten betydelse. Eller har vi helt enkelt tappat bort effekten bland andra starkare sådana? Resultaten skulle ha stor betydelse för körtidslagstiftningen eftersom dagens lagstiftning prioriterar just körtidens längd – trots bristen på vetenskapligt stöd.

En annan relaterad fråga gäller betydelsen av körtid kontra total arbetstid. Än så länge finns det inget som tyder på att annat arbete skulle ha mindre effekter på körförmågan än körtid. Även detta skulle ha direkt betydelse för körtidsregler.

Sammanfattning

Förutom konkreta åtgärder behöver vi också mer kunskap om *vad som föregått körningar* som slutar med en vägtrafikolycka (förkortad sömn, sänkt sömnkvalitet, tidigt uppstigande, lång körtid, stress, etc.), kanske via *haverikommissioner*? Vi behöver också information om hur olika grupper (*äldre/yngre, apnépatienter*, etc.) klarar olika trötthetsskapande situationer.

Andra viktiga frågor rör *alkoholens indirekta effekter* via sömn, detaljnivåer för tupplurars längd och koffeindosering som motmedel i riktiga trafikstudier samt effektiviteten hos andra motmedel (trötthetsvarnare, etc.). Hit hör också utbildning i *trötthetsigenkänning* och kanske enkla metoder för att beräkna och *förutsäga* kommande trötthet och kanske också att mäta trötthet reliabelt under fältförhållanden och i kliniska situationer. Dagens metoder är otillräckliga..

Till sist behöver vi information om vilken betydelse *körtidens längd* har (om någon) och om god *körergonomi* verkligen bidrar till sänkt vakenhet. Det finns också behov av forskning kring interaktioner mellan läkemedel och sömnbrist/dygnsrytm. Mycket av forskningsarbetet förutsätter omfattande samarbete mellan flera forskargrupper och över disciplinränsar.

Referenser

- Aldrich, M. S. Automobile accidents in patients with sleep disorders. *Sleep* 1989,12:487-494.
- Ancoli-Israel, S. and Roth, T. Characteristics of insomnia in the united states: Results of the 1991 National Sleep Foundation survey. I. *Sleep* 1999,22 Suppl.2:S347-S353.
- Angus, R. G. and Heslegrave, R. J. Effects of sleep loss on sustained cognitive performance during a command and control simulation. *Behav Res Meth Instr & Comp* 1985,17:55-67.
- Anund, A. Ofrivilligt överskridande av kantlinjen. City.VTI notat 49-1998, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1998.
- Arendt, J. Chronobiology of melatonin. *ISI Atl Sci Pharmacol* 1987,0890-9083:257-261.
- Aschoff, J. Circadian rhythms in man. *Science* 1965,148:1427-1432.
- ATA. Fatigue outreach for managers - course and reference materials. American Trucking Association & Federal Highway Administration (US Department of Transportation), 1996.
- Bartley, S. H. and Chute, E. eds. *Fatigue and impairment in man*. McGraw-Hill, New York, 1947.
- Beatty, J. Greenberg, A. Deibler, W. P. and O'Hanlon, J. F. Operant control of occipital theta rhythm affects performance in a radar monitoring task. *Science* 1974,183:871-873.
- Bekiaris, E. System for effective assessment of the driver state and vehicle control in emergency situations. City.Project report. Telematics TR1047 SAVE Telematics Consortium, 1999.
- Belenky, G. McKnight, A. J. Mitler, M. M., et al. Hours-of -Service Regulations for Commercial Drivers. FHWA-2350-618, U.S. Department of Transportation, 1998.
- Bills, A. G. A new principle of mental fatigue. *Am J Physiol* 1931,43:230-245.
- Bjerner, B. Alpha depression and lowered pulse rate during delayed actions in a serial reaction test. *Acta Physiol Scand* 1949,19(suppl 65):1-93.
- Bonnet, M. H. Effect of sleep disruption on sleep, performance, and mood. *Sleep* 1985,8:11-19.
- Bonnet, M. H. and Rosa, R. R. Sleep and performance in young adults and older normals and insomniacs during acute sleep loss. *Biol Psychol* 1987,25:153-172.
- Boussuge, J. Quinze ans de securite sur autoroute. Bilan et perspectives. 726, Revue Generale des Routes et des Aerodromes, 1997.
- Broadbent, D. E. Is a fatigue test now possible. *Ergonomics* 1979,22:1277-1290.

- Broman, J. E. eds. *Persistent insomnia*. Uppsala University, Dept Psychiatry, Uppsala, 1994.
- Brookhuis, K. and de Waard, D. The use of psychophysiology to assess driver status. *Ergonomics* 1993,36:1099-1110.
- Broughton, R. Dunham, W. Newman, J. Lutley, K. Duschesue, P. and Rivers, M. Ambulatory 24 hour sleep-wake monitoring in narcolepsy-cataplexy compared to matched controls. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988,70:473-481.
- Brown, I. D. Prospects for technological countermeasures against driver fatigue. *Accid Anal & Prev* 1997,29:525-531.
- Brown, L. Driver fatigue. *Hum Factors* 1994,29:298-314.
- Bureau, R. a. S. Problem definition and countermeasure summary: Fatigue. Road and Safety Bureau, New South Wales, 1993.
- Caille, E. J. and Bassano, J. L. Validation of a behavior analysis methodology: variation of vigilance in night driving as a function of the rate of carboxyhemoglobin. In: R.R. Mackie, (Eds). *Vigilance*. Plenum Press, New York, 1977:59-72.
- Carskadon, M. A. and Dement, W. C. Cumulative effects of sleep restriction on daytime sleepiness. *Psychophysiology* 1981,18:107-113.
- Carskadon, M. A. Dement, W. C. Mitler, M. M. Roth, T. Westbrook, P. R. and Keenan, S. Guidelines for the multiple sleep latency test (MSLT): A standard measure of sleepiness. *Sleep* 1986,9:519-524.
- Corfitsen, M. T. Fatigue in single car fatal accidents. *For Sci Int* 1986,30:3-9.
- Czeisler, A. Bright light treatment of maladaptation to night shift work. In: T. Åkerstedt, G. Kecklund, (Eds). *Work hours, sleepiness and accidents*. IMP and Karolinska Institute, Stockholm, 1994:75-79.
- Czeisler, C. A. Weitzman, E. D. Moore-Ede, M. C. Zimmerman, J. C. and Knauer, R. S. Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase. *Science* 1980,210:1264-1267.
- Daniel, R. S. Alpha and theta EEG in vigilance. *Percept. Mot. Skills*. 1967,25:697-703.
- Darrow, C. W. Psychological and psychophysiological significance of the Electroencephalogram. *Psychol Rev* 1974,54:157-168.
- Davies, R. J. Ali, J. and Stradling, J. R. Neck circumference and other clinical features in the diagnosis of the obstructive sleep apnoea syndrome. *Thorax* 1992,47:101-105.
- Dawson, D. and Reid, K. Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature* 1997,388:235-235.
- Dement, W. C. and Carskadon, M. A. Current perspectives on daytime sleepiness: the issues. *Sleep* 1982,5:56-66.
- Dijk, D. J. Duffy, J. F. and Czeisler, C. A. Circadian and sleep-wake dependent aspects of subjective alertness and cognitive performance. *J Sleep Res* 1992,1:112-117.
- Dinges, D. F. An overview of sleepiness and accidents. *J Sleep Res* 1995,4 (suppl 2):4-14.

- Dinges, D. F. and Mallis, M. M. Managing fatigue by drowsiness detection: Can technological promises be realized. In: L. Hartley, (Eds). *Managing fatigue in transportation*. Elsevier Science, Oxford, 1998:
- Dinges, D. F. Orne, M. T. and Orne, E. C. Sleep depth and other factors associated with performance upon abrupt awakening. *Sleep Res* 1985,14:92.
- Dinges, D. F. Orne, M. T. Whitehouse, W. G. and Orne, E. C. Temporal placement of a nap for alertness: contributions of circadian phase and prior wakefulness. *Sleep* 1987,10:313-329.
- Dinges, D. F. Pack, F. Williams, K., et al. Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep* 1997,20:267-277.
- Dinges, D. F. Whitehouse, W. G. Orne, E. C. and Orne, M. T. The benefits of a nap during prolonged work and wakefulness. *Work & Stress* 1988,2:139-153.
- Doherty, S. T. Andrey, J. C. and MacGregor, C. The situational risks of young drivers: the influence of passengers, time of day and day of week on accident rates. *Accid Anal & Prev* 1998,30:45-52.
- Eastman, C. I. Stewart, K. T. Mahoney, M. P. Liu, L. and Fogg, L. F. Shift work: Dark goggles and bright light improve circadian rhythm adaption to night-shift work. *Sleep* 1994,17:535-543.
- ECMT. Social Aspects of Road Transport. Paris, OECD Publications Service 1999;:168.
- Engelman, H. M. Asgari-Jirhandeh, N. McLeod, A. L. Ramsay, C. F. Deary, I. J. and Douglas, N. J. Self-reported use of CPAP and benefits of CPAP therapy. *Chest* 1996,109:1470-1476.
- Engleman, H. M. Hirst, W. S. J. and Douglas, N. J. Underreporting of sleepiness and driving impairment in patients with sleep apnoea/hypopnea syndrome. *J Sleep Res* 1997,6:272-275.
- Englund, C. E. Ryman, D. H. Naitoh, P. and Hodgdon, J. A. Cognitive performance during successive sustained physical work episodes. *Behav. Res. Meth. Instr. & Comp.* 1985,17:75-85.
- Fell, D. The road to fatigue: circumstances leading to fatigue accidents. In: L. Hartley, (Eds). *Fatigue and Driving*. Taylor and Francis, London, 1995:97-105.
- Fell, D. L. and Black, B. Driver fatigue in the city. *Accid Anal & Prev* 1997,29:463-469.
- Feyer, A.-M. Williamson, A. and Friswell, R. Balancing work and rest to combat driver fatigue: An investigation of two-up driving in Australia. *Accid Anal & Prev* 1997,29:541-553.
- Feyer, A.-M. and Williamson, A. M. Work and rest in the long-distance road transport industry in Australia. *Work and Stress* 1995,9:198-205.
- FHA. Safety is our driving force, 1995 Truck and bus safety summit. Kansas City, 1995.

- Findley, L. J. Fabrizio, M. Thommi, G. and Suratt, P. M. Severity of sleep apnea and automobile crashes. *N Engl J Med* 1989,320:868-869.
- Findley, L. J. Unverzagt, M. E. and Suratt, P. M. Automobile accidents involving patients with obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1988,138:337-340.
- Folkard, S. Black times: Temporal determinants of transport safety. *Accid Anal & Prev* 1997,29:417-430.
- Foret, J. and Lantin, G. The sleep of train drivers: An example of the effects of irregular work schedules on sleep. In: W.P. Colquhoun, (Eds). *Aspects of Human Efficiency. Diurnal Rhythm and Loss of Sleep*. The English Universities Press Ltd, London, 1972:273-281.
- Fruhstorfer, H. Langanke, P. Meinzer, K. Peter, J. H. and Pfaff, U. Neurophysiological vigilance indicators and operational analysis of a train vigilance monitoring device: a laboratory and field study. In: R.R. Mackie, (Eds). *Vigilance*. Plenum Press, New York, 1977:147-162.
- Fröberg, J. Karlsson, C. G. Levi, L. and Lidberg, L. Circadian variations of catecholamine excretion, shooting range performance and self-ratings of fatigue during sleep deprivation. *Biol Psychol* 1975a,2:175-188.
- Fröberg, J. E. Karlsson, C.-G. Levi, L. and Lidberg, L. Circadian rhythms of catecholamine excretion, shooting range performance and self-ratings of fatigue during sleep deprivation. *Biol Psychol* 1975b,2:175-188.
- Fröberg, J. E. Karlsson, C. G. Levi, L. and Lidberg, L. Psychological circadian rhythms during a 72-hour vigil. *Försvarsmedicin* 1975c,II:192-201.
- Gamberale, F. Iregren, A. and Kjellberg, A. SPES: The computerized Swedish performance evaluation system. *Arbete och hälsa* 1989,6:
- Gengo, F. M. and Manning, C. A review of the effects of antihistamines on mental processes related to automobile driving. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1990,186:1034-1039.
- George, C. and Smiley, A. Sleep Apnea & Automobile Crashes. *Sleep* 1999,22:790-795.
- George, C. F. Boudreau, A. C. and Smiley, A. Effects of nasal CPAP on simulated driving performance in patients with obstructive sleep apnoea. *Thorax* 1997,52:
- Gillberg, M., Kecklund, G., Axelsson, J., Åkerstedt, T. The effects of a short daytime nap after restricted night sleep. *Sleep* 1996,19:570-575.
- Gillberg, M. Kecklund, G. and Åkerstedt, T. Sleepiness and performance of professional drivers in a truck simulator - comparisons between day and night driving. *J Sleep Res* 1996,5:12-15.
- Gillin, J. C. and Byerley, W. F. The diagnosis and management of insomnia. *Lancet* 1990,322:239-248.
- Gislason, T. Tomasson, K. Reynisdottir, H. Björnsson, J. K. and Kristgjarnarson, H. Medical risk factors amongst drivers in single-car accidents. *Journal of Internal Medicine* 1997,241:213-219.

- Grandjean, E. Fatigue in industry. *Br J Ind Med* 1979,36:175-186.
- Gregersen, N. P. and Bjurulf, P. Young novice drivers: towards a model of their accident involvement. *Accid Anal & Prev* 1996,28:229-241.
- Hamelin, P. Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics* 1987,30:1323-1333.
- Hanning, C. D. and Welsh, M. Sleepiness, snoring and driving habits. *J Sleep Res* 1996,5:51-54.
- Haraldsson, P.-O. Carefelt, C. Diedrichsen, F. Nygren, Å. and Tingvall, C. Clinical symptoms of sleep apnea syndrome and automobile accidents. *Otorhinolaryngol* 1990,52:57-62.
- Haraldsson, P.-O. Carefelt, C. Lysdahl, M. and Törnros, J. Long-term effect of uvulopalatopharyngoplasty on driving performance. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 1995,121:90-94.
- Haraldsson, P.-O. Carefelt, C. Persson, H. E. Sachs, C. and Törnros, J. Simulated long-term driving performance before and after uvulopalatopharyngoplasty. *Otorhinolaryngol* 1991,53:106-110.
- Haraldsson, P.-O. and Lysdahl, M. Vakenhetsstörning, bilkörning och ÖNH-läkaren. *Svensk ÖNH-tidskrift* 1999,2:12.
- Harris, W. Fatigue, circadian rhythm and truck accidents. In: R.R. Mackie, (Eds). *Vigilance*. Plenum Press, New York, 1977:133-147.
- Harris, W. and Mackie, R. R. A Study of the relationships among fatigue, hours of service, and safety of operation of truck and bus drivers. City.Tech. Rep. 1727 2, Goleta, Cal. Human Factors Research, Inc, 1972.
- Hertz, R. P. Tractor-trailer driver fatality: the role of nonconsecutive rest in a sleeper berth. *Accid Anal & Prev* 1988,20:431-439.
- Heslegrave, R. J. and Angus, R. G. The effects of task duration and work-session location on performance degradation induced by sleep loss and sustained cognitive work. *Beh Res Meth Instr & Comp* 1985,17:592-603.
- Hoddes, E. Zarcone, V. Smythe, H. Phillips, R. and Dement, W. Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology* 1973,10:431-436.
- Horne, J. and Reyner, L. Vehicle accidents related to sleep: a review. *Occup Environ Med* 1999,56:289-94.
- Horne, J. A. Functional aspects of human slow wave sleep. In: A. Wauquier, C. Dugovic, M. Radulovacki, (Eds). *Slow Wave Sleep. Physiological, Pathophysiological, and Functional Aspects*. Raven Press, New York, 1989:109-119.
- Horne, J. A. and Foster, S. C. Can exercise overcome sleepiness? *Sleep Res* 1995,24A:
- Horne, J. A. and Reyner, L. A. Sleep related vehicle accidents. *Br Med J* 1995,310:565-567.
- Horne, J. A. and Reyner, L. A. Counteracting driver sleepiness: effects of napping, caffeine and placebo. *Psychophysiology* 1996,33:306-309.

- Härmä, M. I. Ilmarinen, J. Knauth, P. Rutenfranz, J. and Hänninen, O. The effect of physical fitness intervention on adaptation to shiftwork. In: M. Haider, M. Koller, R. Cervinka, (Eds). *Night and shift work: longterm effects and their prevention*. Peter Lang, Frankfurt am Main, 1986:221-228.
- JAMA. Asleep at the wheel. Sleepy drivers are a major public health and safety problem. *Journal of the American Medical Association* 1998,279:1926-1926.
- Jansson, C. Gislason, T. DeBacker, W., et al. Prevalence of sleep disturbance among young adults in three European countries. *Sleep* 1995,18:589-597.
- Kaneko, T. and Jovanis, P. P. Multiday driving patterns and motor carrier accident risk: A disaggregate analysis. *Accid Anal & Prev* 1992,24:437-456.
- Kecklund, G. and Åkerstedt, T. Sleepiness in long distance truck driving: an ambulatory EEG study of night driving. *Ergonomics* 1993,36:1007-1017.
- Kecklund, G. and Åkerstedt, T. Effects of timing of shifts on sleepiness and sleep duration. *J Sleep Res* 1995,4 (suppl 2):47-50.
- Klein, D. C. Morre, R. Y. and Reppert, S. M. eds. *Suprachiasmatic nucleus: the mind's clock*. Oxford UP., New York, 1991.
- Knipling, R. R. and Wang, J.-S. Crashes and fatalities related to driver drowsiness/fatigue. City Research Note Office of Crash Avoidance Research, US Department of Transportation, 1994.
- Knipling, R. R. and Wang, J. S. Revised estimates of the US drowsy driver crash problem size based on general estimates system case reviews. 39th Annual Proceedings, Association for the Advancement of Automotive Medicine, Chicago, 1995.
- Kupfer, D. J. and Reynolds, C. F. Management of insomnia. *N Engl J Med* 1997,336:341-346.
- Kurumatani, N. Koda, S. Nakagiri, S., et al. The effects of frequently rotating shiftwork on sleep and the family life of hospital nurses. *Ergonomics* 1994,37:995-1007.
- Landström, L. and Lundström, R. Changes in wakefulness during exposure to whole body vibration. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1985,61:411-415.
- Landström, U. The effects of sound, vibration and climate on sleepiness. In: T. Åkerstedt, G. Kecklund, (Eds). *Work hours, sleepiness and accidents*. IPM and Karolinska Institute, Stockholm, 1994:26-29.
- Landström, U. Byström, M. Nordström, B. Wibom, R. and Åkerstedt, T. Förartester avseende inverkan av ljusexponering på sömnhet. *Arbetslivsrapport (Arbetslivsinstitutet)* 1996a,29:4-25.
- Landström, U. Byström, M. Nordström, B. Wibom, R. and Åkerstedt, T. Laborativa studier avseende ljusexponering och dess inverkan på sömnhet. *Arbetslivsrapport (Arbetslivsinstitutet)* 1996b,28:4-21.

- Landström, U. Englund, K. Nordström, B. and Åström, A. Laboratory studies of a sound system that maintains wakefulness. *Percept Mot Skills* 1998,86:147-161.
- Langlois, P. H. Smolensky, M. H. Hsi, B. P. and Weir, F. W. Temporal patterns of reported single-vehicle car and truck accidents in Texas, USA during 1980-1983. *Chronobiol Int* 1985,2:131-146.
- Lauber, J. K. and Kayten, P. J. Sleepiness, circadian dysrhythmia, and fatigue in transportation system accidents. *Sleep* 1988,11:503-512.
- Lavie, P. Gertner, R. Zomer, J. and Podoshin, L. Breathing disorders in sleep associated with "microarousals" in patients with allergic rhinitis. *Acta Otolaryngol* 1981,92:529-533.
- Lavie, P. Wollman, M. and Pollack, I. Frequency of sleep related traffic accidents and hour of the day. *Sleep Res* 1987,16:275.
- Lecret, F. and Pottier, M. La vigilance, facteur de sécurité dans la conduite automobile. *Trav Hum* 1971,34:51-68.
- Leveille, S. G. Buchner, D. M. Koepsell, T. D. McCloskey, L. W. Wolf, M. E. and Wagner, E. H. Psychoactive medications and injurious motor vehicle collisions involving older drivers. *Epidemiology* 1994,5:591-598.
- Levy, D. T. The effects of driving age, driver education and curfew laws on traffic fatalities of 15-17 year olds. *Risk Analysis* 1988,8:569-574.
- Liljenberg, B. Almqvist, M. Hetta, J. Roos, B. and Ågren, H. The prevalence of insomnia: The importance of operationally defined criteria. *Ann Clin Res* 1988,20:393-398.
- Lisper, H.-O. Trötthet i trafiken: En empiriskt och teoretisk översikt. *SOU* 1977,2:229-284.
- Lisper, H. O. Laurell, H. and van Loon, J. Relation between time of falling asleep behind the wheel on a closed track and changes in subsidiary reaction time during prolonged driving on a motorway. *Ergonomics* 1986,29:445-453.
- Lorist, M. M. Snel, J. Kok, A. and Mulder, G. Influence of caffeine on selective attention in well rested and fatigued subjects. *Psychophysiology* 1994,31:525-534.
- Lubin, A. Hord, D. J. Tracy, M. L. and Johnson, L. C. Effects of exercise, bedrest and napping on performance decrement during 40 hours. *Psychophysiology* 1976,13:334-339.
- Lumley, M. Roehrs, T. Asker, D. Zorick, F. and Roth, T. Ethanol and caffeine effects on daytime sleepiness/alertness. *Sleep* 1987,10:306-312.
- Lumley, M. Roehrs, T. Zorick, F. Lamphere, J. and Roth, T. The alerting effects of naps in sleep-deprived subjects. *Psychophysiology* 1986,23:403-408.
- Lyznicki, J. M. Doege, T. C. Davis, R. M. and Williams, M. A. Sleepiness, Driving, and Motor Vehicle Crashes. *JAMA* 1998,279:1908-1913.

- Löfstedt, P. Englund, K. Lindmark, A. and Landström, U. Buller, vibrationer och vakenhet under helikopterflygning. *City.Arbeta och hälsa* 41, 1985.
- Löfstedt, P. Lindblom-Häggqvist, S. and Landström, U. Studier av buller, vakenhet och risker under lastbilskörning. 15, Arbetsmiljöinstitutet, 1988.
- Mackie, R. R. and Miller, J. C. Effects of hours of service, regularity of schedules and cargo loading on truck and bus driver fatigue. DOT-HS-5-01142, Human Factors Research Inc, 1978.
- Martikainen, K. Partinen, M. Hasan, J. Urponen, H. Vuori, I. and Laippala, P. Natural evolution of sleepiness. A 5-year follow-up study in a middle-aged population. *European Journal of Neurology* 1998,5:355-363.
- Maslach, C. and Jackson, S. The measurement of experienced burnout. *J Occup Behav* 1981,2:99-113.
- Massie, D. L. Campbell, K. K. and Williams, A. F. Traffic accident involvement rates by driver age and gender. *Accid Anal & Prev* 1995,27:73-87.
- Massie, D. L. P.E., G. and K.L., C. Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage. *Accid Anal & Prev* 1997,29(5):675-685.
- Maycock, G. Sleepiness and driving: the experience of UK car drivers. *J Sleep Res* 1996,5:229-237.
- McCartt, A. T. Ribner, S. A. Pack, A. I. and Hammer, M. C. The scope and nature of the drowsy driving problem in New York State. *Accid Anal & Prev* 1996,28:511-517.
- McDonald, N. Fatigue, safety and the truck driver. *Taylor & Francis, London* 1984,
- Mitler, M. M. Miller, J. C. Lipsitz, J. J. Walsh, J. K. and Wylie, C. D. The sleep of long-haul truck drivers. *N Engl J Med* 1997,337:
- Moe, D. Dybdeanalyse av møte- og utforköringsulykker på rette strekninger i 80- og 90 soner med död eller alvorlig skade. STF22 A99559, Sintef Bygg og miljøteknikk, 1999.
- Moore, R. and Eichler, V. Loss of circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic nucleus lesions in the rat. *Brain Res* 1972,42:201-206.
- Moruzzi, G. and Magoun, H. W. Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1949,1:445-473.
- Naitoh, P. and Angus, R. G. Napping and human functioning during prolonged work. 87-21, Naval Health Research Center, San Diego, 1987.
- NCSDR. Wake up America: A national sleep alert. National Commission on Sleep Disorders Research; US Department of Health and Human Services, 1993.

- Neutel, C. I. Risk of traffic accident injury after a prescription for a benzodiazepine. *Annals of Epidemiology* 1995,5:239-244.
- NHTSA. Traffic safety facts 1996. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC. US Dept of Transportation., 1997.
- Nilsson, L. Morén, B. Törnros, J. and Landström, U. The influence of noise, infrasound and temperature on driver performance and wakefulness during standardized conditions. *Third International Conference on the Combined Effects of Environmental Factors, ICCEF 88, Tampere 15-18 August, Finland* 1988,
- NSF. Use of continuous shoulder rumble strips. National Sleep Foundation, 1997.
- NTSB. Fatigue, alcohol, other drugs, and medical factors in fatal-to-the-driver heavy truck crashes. *National Transportation and Safety Board. Safety Study* 1990,NTST/SS-90/01:
- NTSB. Factors that affect fatigue in heavy truck accidents. *National Transportation Safety Board. Safety Study* 1995,NTSB/SS-95/01:
- NTSB. Evaluation of U.S. Department of Transportation. Efforts in the 1990s to Address Operation Fatigue. Safety Report NTSB/SR-99/01, National Transportation Safety Board, 1999.
- O'Hanlon, J. F. That is the extent of the driving fatigue problem? EUR6065EN, Commission of the European Communities, 1978.
- O'Hanlon, J. F. Driving performance under the influence of drugs: rationale for, and application of, a new test. *Br J Clin Pharmacol* 1984,18:121S-129S.
- O'Hanlon, J. F. and Beatty, J. Concurrence of electroencephalographic and performance changes during a simulated radar watch and some implications for the arousal theory of vigilance. In: R.R. Mackie, (Eds). *Vigilance*. Plenum Press, New York, 1977:189-202.
- O'Hanlon, J. F. and Kelley, G. R. Comparison of performance and physiological changes between drivers who perform well and poorly during prolonged vehicular operation. In: R.R. Mackie, (Eds). *Vigilance*. Plenum Press, New York, 1977:87-111.
- O'Keefe, R. Sleep disorders and the Law of Torts. *Journal of Law and Medicine* 1996,3:283-295.
- Ohberg, A. Penttila, A. and Lonnqvist, J. Driver suicides. *British Journal of Psychiatry* 1997,171:468-72.
- Pack, A. I. Pack, A. M. Rodgman, E. Cucchiara, A. Dinges, D. F. and Schwab, C. W. Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep. *Accid Anal & Prev* 1995,27:769-775.
- Pakola, S. J. Dinges, D. F. and Pack, A. I. Driving and Sleepiness. Review of Regulations and Guidelines for Commercial and Noncommercial Drivers With Sleep Apnea and Narcolepsy. *Sleep* 1995,18:787-796.
- Parkes, J. D. eds. *Sleep and its disorders*. W.B. Saunders Company, London, 1985.

- Partinen, M. Epidemiology of sleep disorders. In: M. Kryger, T. Roth, W. Dement, (Eds). *Principles and practice of sleep medicine, second edition*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1994:437-452.
- Philip, P. Taillard, J. Gillemnault, C. Quera Salva, M. A. Bioulac, B. and Ohayon, M. Long distance driving and self-induced sleep deprivation among automobile drivers. *Sleep* 1999a,22:475-480.
- Philip, P. Taillard, J. Quera-Salva, M. A. Bioulac, B. and Åkerstedt, T. Simple reaction time, duration of driving and sleep deprivation in young versus old automobile drivers. *J Sleep Res* 1999b,8:9-14.
- Prokop, O. and Prokop, L. Ermüdung und Einschlafen am Steuer. *Zbl Verkehrsmed* 1955,1:19-30.
- Ray, W. A. Fought, R. L. and Decker, M. D. Psychoactive drugs and the risk of injurious motor vehicle crashes in elderly drivers. *Am J Epidemiol* 1992,136:873-883.
- Reyner, L. A. and Horne, J. A. Evaluation of "in-car" countermeasures to sleepiness: Cold air and radio. *Sleep* 1998a,21:46-50.
- Reyner, L. A. and Horne, J. A. Falling asleep whilst driving: Are drivers aware of prior sleepiness? *International Journal of Legal Medicine* 1998b,
- Reyner, L. A. and Horne, J. A. Early morning driver sleepiness: Effectiveness of 200 mg caffeine. *Psychophysiology* 1999,37:1-6.
- Roehrs, T. Beare, D. Zorick, f. and Roth, T. Sleepiness and Ethanol Effects on Simulated Driving. *Alcohol Clin Exp Res* 1994,18:154-158.
- Roehrs, T. Zorick, F. Wittig, R. Conway, W. and Roth, T. Predictors of objective level of daytime sleepiness in patients with sleep-related breathing disorders. *Chest* 1989,95:1202-1206.
- Rosekind, M. R. Gander, P. H. Gregory, K. B., et al. Managing fatigue in operational settings 1: Physiological considerations and countermeasures. *Behav Med* 1996a,21:157-165.
- Rosekind, M. R. Gander, P. H. Gregory, K. B., et al. Managing fatigue in operational settings 2: An integrated approach. *Behav Med* 1996b,21:157-165.
- Roth, T. and Ancoli-Israel, S. Daytime consequences and correlates of insomnia in the United States: Results of the 1991 National Sleep Foundation Survey II. *Sleep* 1999,22Suppl2:S354-358.
- Sagberg, F. Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accid Anal & Prev* 1999,31:639-649.
- Santamaria, J. and Chiappa, K. H. The EEG of drowsiness in normal adults. *J Clin Neurophysiol* 1987,4:327-382.
- SCB/SIKA. Vägtrafikskador 1998. Statistiska Centralbyrån, 1999.
- Schaufeli, W. B. and Buunk, B. P. Professional burnout. In: M.J. Schabracq, J.A.M. Winnubst, C.L. Cooper, (Eds). *Handbook of Work and Health Psychology*. John Wiley & Sons, Chichester, 1996:311-346.

- Smiley, A. and Heslegrave, R. A 36-Hour Recovery Period for Truck Drivers: Synopsis of Current Scientific Knowledge. Transport Canada, 1997.
- Stoohs, R. A. Guilleminault, C. Itoi, A. and Dement, W. C. Traffic accidents in commercial long-haul truck drivers: The influence of sleep-disordered breathing and obesity. *Sleep* 1994,17:619-623.
- Storie, V. J. Involvement of goods vehicles and public service vehicles in motorway accidents. 1113, UK Department of Transport, Transport and road research laboratory, 1984.
- Stutts, J. C. Wilkins, J. W. and Vaughn, B. V. Why do people have drowsy driving crashes? Input from drivers who just dit. 202/638-5944, AAA Foundation for Traffic Safety, 1999.
- Summala, H. and T, M. Fatal accidents among car and truck drivers: effects of fatigue, age and alcohol consumption. *Hum Factors* 1994,36:315-326.
- Suratt, P. M. and Findley, L. J. Driving with sleep apnea. *N Engl J Med* 1999,340:881-883.
- Söderberg, L. Byström, M. Landström, U., et al. Simulatorstudie avseende effekter av buller och temperatur på EEG och puls under fordonskörning. 25, Arbetsmiljöinstitutet, 1988.
- Terán-Santos, J. Jiménez-Gómez, A. and Cordero-Guevara, J. The association between sleep apnea and the risk of traffic accidents. *N Engl J Med* 1999,240:847-851.
- Thayer, R. E. Measurement of activation through self-report. *Psychol Rep* 1967,20:663-678.
- Tilley, A. J. Wilkinson, R. T. Warren, P. S. G. Watson, W. B. and Drud, M. The sleep and performance of shift workers. *Hum Factors* 1982,24:624-641.
- Timby, N. Sjögren, H. Björnstig, U. and Eriksson, A. Crash Responsibility Versus Drug and Alcohol Use Among Fatally Injured and Hospitalized Motor Vehicle Drivers in Sweden. *Alcohol Clin Exp Res* 1998,22:1838-41.
- Torsvall, L. and Åkerstedt, T. Sleepiness on the job: continuously measured EEG changes in train drivers. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1987,66:502-511.
- Torsvall, L. and Åkerstedt, T. Disturbed sleep while being on call. An EEG study of apprehension in ships' engineers. *Sleep* 1988a,11:35-38.
- Torsvall, L. and Åkerstedt, T. Extreme sleepiness: quantification of EOG and spectral EEG parameters. *Int J Neurosci* 1988b,38:435-441.
- Torsvall, L. Åkerstedt, T. and Gillberg, M. Age, sleep and irregular work hours: a field study with EEG recording, catecholamine excretion, and self-ratings. *Scand J Work Environ Health* 1981,7:196-203.
- Transport. Fatigue management for commercial vehicle drivers. City.Code of practice Transport Regional Policy Section - Perth, Western Australia, 1998.

- Treat, J. R. A study of precrash factors involved in traffic accidents. *HSRI Research Review* 1980,10:1-35.
- Törnros, J. Bensodiazepiner, alkohol och trafiksäkerhet. 805, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1997.
- Törnros, J. Vikander, B. Ahlner, J. and Jönsson, K.-Å. Lugnande medel och sömnmedel. City.VTI rapport 425, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1998.
- Valley, V. and Broughton, R. The physiological (EEG) nature of drowsiness and its relation to performance deficits in narcoleptics. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1983,55:243-251.
- van Ouwerkerk, F. Relationship between road transport working conditions, fatigue, health and traffic safety. Verkeerskundig Studiecentrum. Traffic Research Centre, Haren, Holland, 1987.
- Vespa, S. Wylie, D. Mitler, M. and Shultz, T. Study of Commercial Vehicle Driver Rest Periods and Recovery of Performance in an Operational Environment. Third International Conference on Fatigue in Transportation, 1998.
- Vägverket. Djupstudierapport över dödsolyckor inom region sydöst. 3, Vägverket Region Sydöst, 1999.
- Walsh, K. K. Sugerman, J. L. and Schweitzer, P. K. Physiological sleep tendency during sleep/wake schedule inversion. *Sleep Res.* 1986,15:289.
- Wang, J. S. and Knipling, R. R. Single vehicle roadway departure crashes: Problem size assessment and statistical description. DOT HS 808113, US Department of transportation, 1994.
- Webb, W. B. The cost of sleep-related accidents: A reanalysis. *Sleep* 1995,18:276-280.
- Wesensten, N. J. Balkin, T. J. and Belenky, G. Does sleep fragmentation impact recuperation? A review and reanalysis. *J Sleep Res* 1999,8:237-245.
- Wierwille, W. W. and Ellsworth, L. A. Evaluation of driver drowsiness by trained raters. *Accid Anal & Prev* 1994,26:571-581.
- Wilkinson, R. T. Sleep deprivation. In: O.G. Edholm, A.L. Bacharach, (Eds). *The Physiology of Human Survival*. Academic Press, New York, 1965:
- Wilkinson, R. T. Sleep deprivation - eight questions. In: W.P. Colquhoun, (Eds). *Aspects of Human Efficiency*. English Universities Press, London, 1972:25-30.
- Williams, A. F. Nighttime driving and fatal crash involvement of teenagers. *Accid Anal & Prev* 1985,17:1-5.
- Williams, A. F. and Karpf, R. S. Deaths of teenagers as passengers in motor vehicles. *Accid Anal & Prev* 1983,15:49-54.
- Williams, A. F. and Lund, A. K. Night driving curfews in New York and Louisiana: Results of a questionnaire survey. *Accid Anal & Prev* 1985,17:461-466.

- Williamson, A. M. Feyer, A.-M. and Friswell, R. The impact of work practices on fatigue in long distance truck drivers. *Accid Anal & Prev* 1996,28:709-719.
- Williamson, M. Feyer, A.-M. Coumarelos, C. and Jenkins, A. Strategies to combat fatigue in the long distance road transport industry. Stage 1: The industry perspective. CR108, Federal Office of Road Safety, 1992.
- Wylie, C. D. Shultz, T. Miller, J. C. Mitler, M. M. and Mackie, R. R. Commercial motor vehicle driver fatigue and alertness study: Project report. City. Technical Report FHWA-MC-97-002, Federal Highway Administration, Washington DC, 1996.
- Young, T. Blustein, J. Finn, L. and Palta, M. Sleep-disordered breathing and motor vehicle accidents in a population-based sample of employed adults. *Sleep* 1997,20:608-613.
- Zulley, J. Crönlein, T. Hell, W. and Langwieder, K. Falling asleep at the wheel: the chief cause of severe traffic accidents. *Wien Med Wochenschr* 1995,145:473.
- Åkerstedt, T. Ökad olycksrisk vid nattarbete. *Läkartidningen* 1995,30:2103-2104.
- Åkerstedt, T. Czeisler, C. Dinges, D. F. and Horne, J. A. Accidents and sleepiness: a consensus statement from the International Conference on work hours, sleepiness and accidents, Stockholm, 8-10 September 1994. *J Sleep Res* 1994,3:195-195.
- Åkerstedt, T. and Folkard, S. Predicting duration of sleep from the three-process model of alertness regulation. *Occup Environ Med* 1996,53:136-141.
- Åkerstedt, T. and Folkard, S. The three-process model of alertness and its extension to performance, sleep latency, and sleep length. *Chronobiol Int* 1997,14:115-123.
- Åkerstedt, T. and Gillberg, M. The circadian variation of experimentally displaced sleep. *Sleep* 1981,4:159-169.
- Åkerstedt, T. and Gillberg, M. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci* 1990,52:29-37.
- Åkerstedt, T. Hume, K. Minors, D. and Waterhouse, J. Good sleep - its timing and physiological sleep characteristics. *J Sleep Res* 1997,6:221-229.
- Åkerstedt, T. Kecklund, G. and Hörte, L.-G. Time of day, season, and the risk of highway accidents. in prep,
- Åkerstedt, T. and Landström, U. Work place countermeasures of night shift fatigue. *Int J Ind Ergonomics* 1998,21:167-178.

Stressforskningsrapporter 2003-2013

- 325 *Tucker P, Bejerot E, Kecklund G, Aronsson G & Åkerstedt T (2013)* Doctors' work hours in Sweden: Their impact on sleep, health, work-family balance, patient care and thoughts about work.
- 324 *Åkerstedt T, Ingre M, Kecklund G (2012)* Vad kännetecknar bra och dåliga skiftscheman?
- 323 *Lowden A, Åkerstedt T (2012)* Ljus i kontrollrummet vid Forsmark 3 anpassat till skiftschema för optimering av synergonomi, vakenhet och återhämtning.
- 322 *Kecklund G, Ingre M, Åkerstedt T (2010)* Arbetstider, hälsa och säkerhet – en uppdatering av aktuell forskning.
- 321 *Kinsten A, Magnusson Hanson L, Hyde M, Oxenstierna G, Westerlund H, Theorell T (2007)* SLOSH – Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health: a nationally representative psychosocial survey of the Swedish working population.
- 320 *Oxenstierna G, Widmark M, Finnholm K, Elofsson S (2008)* Psykosociala faktorer i dagens arbetsliv och hur man mäter och beskriver dem.
- 319 *Kecklund G, Eriksen CA, Åkerstedt T (2006)* Hälsa, arbetstider och säkerhet inom polisen.
- 318 *Thulin Skantze E (2006)* Organisationsstrukturens betydelse för de anställdas hälsa. En explorativ studie baserad på fokusgruppsintervjuer bland chefer.
- 317 *Söndergaard HP (2006)* Hälsoeffekter av rån och övriga traumatiska händelser bland handelsanställda. Delstudie I och II.
- 316 *Holmén-Isaksson M (2005)* Rehabilitering. En förhandling mellan individer och organisationer.
- 315 *Widmark M (2005)* Det nya arbetslivet. En explorativ studie som jämför två dominerande psykosociala arbetsmiljömodeller med aktuell arbetsmiljöproblematik i organisationsförhållanden.
- 314 *Hasselhorn HM, Theorell T, Hammar N, Alfredsson L, Westerholm P and the WOLF Study Group (2004)* Occupational health care team ratings and self reports of demands and decision latitude – results from the Swedish WOLF Study.
- 313 *Bernin P, Theorell T (2004)* Mönster för framgångsrikt ledarskap i vården.
- 312 *Söderström M, Jeding K, Ekstedt M, Kecklund G, Åkerstedt T (2003)* Arbetsmiljö, stress och utbrändhet inom ett företag i IT-branschen.
- 311 *Hansen Egon (2003)* Stress, Stream of Affect, Emotions, and Background Variables: Exploratory Experiment with Poetry Reading II.
- 310 *Pernler H, Gillberg M (2003)* Sömnvanor och sömnproblem hos barn i förskoleåldern.

Stressforskningsinstitutet

Stockholms universitet 106 91 Stockholm www.stressforskning.su.se



Stockholms
universitet