

Vermoeidheid in het verkeer

Een internationale literatuurstudie

Lara Vesentini, Karin Van Vlierden, Rob Cuyvers

PROMOTOR ▶ Rob Cuyvers
ONDERZOEKSLIJN ▶ Gedrag
ONDERZOEKSGROEP ▶ Provinciale Hogeschool Limburg
RAPPORTNUMMER ▶ RA-2003-26

**UNIVERSITAIRE CAMPUS
GEBOUW D
B 3590 DIEPENBEEK**

T ▶ 011 26 81 90
F ▶ 011 26 87 11
E ▶ info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I ▶ www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Vermoeidheid in het verkeer

Een internationale literatuurstudie

RA-2003-26

Lara Vesentini, Karin Van Vlierden, Rob Cuyvers

Onderzoekslijn Gedrag



DIEPENBEEK, 2003.
STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID BIJ STIJGENDE MOBILITEIT.

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2003-26
Titel: Vermoeidheid in het verkeer

Ondertitel: Een internationale literatuurstudie

Auteur(s): Lara Vesentini, Karin Van Vlierden, Rob Cuyvers
Promotor: Rob Cuyvers
Onderzoekslijn: Gedrag
Partner: Provinciale Hogeschool Limburg
Aantal pagina's: 51
Trefwoorden: verkeersveiligheid, steunpunt, vermoeidheid

Projectnummer Steunpunt: 4.1
Projectinhoud: Relatie tussen verkeersveiligheid en gedrag

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit, december 2003.

Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit
Universitaire Campus
Gebouw D
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 81 90
F 011 26 87 11
E info@steunpuntverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Vermoeidheid wordt algemeen gedefinieerd als het verlies van waakzaamheid dat uiteindelijk eindigt in slaap. In deze literatuurstudie wordt deze definitie verruimd door aan te geven welke oorzaken ten grondslag liggen aan vermoeidheid en wat de symptomen ervan zijn.

De belangrijkste gevolgen van vermoeidheid voor het rijgedrag zijn: afwijking van de rijbaan en meer variabele stuurbewegingen, een meer variabele volgafstand, een lagere snelheid en verlengde reactietijden bij de bestuurder.

Typische ongevallen die in deze situatie gebeuren zijn enkelvoudige ongevallen waarbij het voertuig van de weg rijdt en ongevallen waarbij de bestuurder geen enkele poging onderneemt om het ongeval te vermijden. Vaak kennen vermoeidheidsgerelateerde ongevallen een dodelijke afloop. In veel van deze ongevallen zit de bestuurder alleen in het voertuig.

Omdat bekend is welke fysieke veranderingen samengaan met vermoeidheid is het mogelijk dat passagiers of detectiesystemen de mate van vermoeidheid van een bestuurder detecteren. De bestuurder zelf kan ook een beoordeling geven aan de hand van instrumenten zoals de Epworth Sleepiness Scale en de Stanford Sleepiness Scale.

In het buitenland ligt de prevalentie van vermoeid rijden of in slaap vallen achter het stuur rond de 30%. Het aantal ongevallen dat in het buitenland wordt toegeschreven aan vermoeidheid varieert naargelang de geraadpleegde bronnen. Volgens politierapporten is niet meer dan 1% van de ongevallen te wijten aan vermoeidheid. Bij ondervraging van betrokkenen loopt dit cijfer op tot 7%. Wanneer men zich toespitst op de typische vermoeidheidsgerelateerde ongevallen, op ongevallen op hogesnelheidswegen, op ongevallen 's nachts of bij risicogroepen verhoogt het percentage nog aanzienlijk.

Vaak en lang rijden, lange werkdagen hebben en onvoldoende of slecht slapen zijn risicoverhogende factoren. Ook het tijdstip waarop men rijdt en de wegomgeving spelen een rol.

De bevolkingsgroepen die meer aan risicofactoren zijn blootgesteld, en dus een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen hebben, zijn vrachtwagenbestuurders, personen die in ploegendienst werken, hoogopgeleide werknemers die voor hun werk op de baan zijn en jonge mannen. Ook de gezondheidstoestand van een bestuurder kan een verhoogd risico opleveren.

Omdat er in België en Vlaanderen nog maar zeer weinig kennis is over de omvang en gevolgen van vermoeidheid achter het stuur wordt door de overheid verder onderzoek aanbevolen. Ook bestaande maatregelen tegen vermoeidheidsgerelateerde ongevallen kunnen verder uitgewerkt en aangevuld worden.

De bestuurder zelf moet vermoeidheid achter het stuur vooral tegengaan door voldoende te slapen. Van overheidswege kan men via education, engineering en enforcement inspanningen doen. Voor bedrijven zijn vermoeidheidsmanagement en een veiligheidscultuur in het algemeen aangewezen.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	8
2.	DEFINITIES	9
2.1	Vermoeidheid is meer dan "in slaap vallen"	9
2.2	Definitie van vermoeidheid	9
2.2.1	<i>Endogene factoren</i>	10
2.2.2	<i>Exogene factoren</i>	13
2.2.3	<i>Symptomen van vermoeidheid</i>	14
2.2.4	<i>Gevolgen voor de rijvaardigheid</i>	16
3.	EFFECTEN VAN VERMOEIDHEID OP HET RIJGEDRAG	17
3.1	Laterale positie en sturbewegingen	17
3.2	Meer variabele volgafstand	17
3.3	Lagere snelheid	17
3.4	Verlengde reactietijden	18
4.	TYPE ONGEVALLEN	19
4.1	Enkelvoudige ongevallen waarbij het voertuig van de weg rijdt	19
4.2	Dodelijke ongevallen	19
4.3	Ongevallen die niet vermeden worden	19
5.	BEOORDELING VAN DE MATE VAN VERMOEIDHEID	20
5.1	Beoordeling door de bestuurder	20
5.2	Beoordeling door anderen	21
5.3	Beoordeling bij een ongeval	21
6.	PREVALENTIE	22
7.	AANTAL ONGEVALLEN VEROORZAAKT DOOR VERMOEIDHEID	24
7.1	Cijfers gebaseerd op politierapporten	24
7.2	Cijfers gebaseerd op enquêtes/interviews	25
7.3	Besluit	26
8.	RISICOFACTOREN	27
8.1	Blootstelling aan het rijden	27
8.2	Veel werken	27
8.3	Onvoldoende slaap	27
8.4	Tijdstip	28
8.5	Monotone weg	28
8.6	Duur van de rit	28
9.	RISICOGROEPEN.....	29
9.1	Vrachtwagenbestuurders	29
9.2	Personen die werken in ploegendienst	29
9.3	Hoog opgeleide werknemers op de baan	30
9.4	Jongeren, vooral jonge mannen	30
9.5	Personen die slaapstoornissen hebben of slaapverwekkende medicatie nemen	30
10.	MAATREGELEN OM VERMOEIDHEID IN HET VERKEER TEGEN TE GAAN	32
10.1	Hulpmiddeltjes	32
10.1.1	<i>Bewegen</i>	32
10.1.2	<i>Cafeïne</i>	32
10.1.3	<i>Dutje</i>	32
10.1.4	<i>Bijkomende taken uitvoeren</i>	33
10.1.5	<i>Air conditioning/open raampje</i>	33
10.1.6	<i>Evaluatie van de hulpmiddeltjes door bestuurders</i>	33
10.2	Education	34
10.2.1	<i>Over hulpmiddeltjes</i>	34
10.2.2	<i>Over gevaren en gevolgen</i>	35

	10.2.3	Over risicofactoren	35
10.3		Engineering	35
	10.3.1	Ribbelstroken	35
	10.3.2	Detectie- en waarschuwingssystemen.....	36
	10.3.3	Verandering wegomgeving	37
	10.3.4	Faciliteiten voor het doen van een dutje	37
10.4		Enforcement	37
10.5		Vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur voor beroepsbestuurders	37
10.6		Combinatie van maatregelen	38
11.		STAND VAN ZAKEN IN BELGIË EN VLAANDEREN	39
11.1		Kennis over vermoeidheid (onderzoek)	39
11.2		Bestaande maatregelen	39
	11.2.1	Education	39
	11.2.2	Engineering.....	39
	11.2.3	Enforcement.....	40
	11.2.4	Vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur	40
11.3		Voorgestelde maatregelen door de overheid	41
12.		AANBEVELINGEN	42
12.1		Voor de overheid	42
	12.1.1	Registratie vermoeidheidsgerelateerde ongevallen	42
	12.1.2	Education	42
	12.1.3	Engineering.....	42
	12.1.4	Enforcement.....	43
	12.1.5	Stimulatie vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur.....	43
	12.1.6	Combinatie van maatregelen	44
12.2		Voor bedrijven	44
	12.2.1	Vermoeidheidsmanagement.....	44
	12.2.2	Veiligheidscultuur.....	44
	12.2.3	Education aan personeel	45
13.		LITERATUURLIJST.....	46

1. INLEIDING

In de onderzoekslijn gedrag van het Steunpunt Verkeersveiligheid wordt getracht meer inzicht te krijgen in gedrag dat direct of indirect leidt tot verkeersongevallen. Binnen dit kader is onderzocht hoe het probleem van vermoeidheid in elkaar zit en hoe daar het beste mee kan worden omgegaan. Vermoeidheid kan namelijk in bepaalde gevallen ('s nachts, op hoge snelheidswegen, bij specifieke doelgroepen,...) een grote rol spelen in het verkeer. Vermoeidheidsgerelateerde ongevallen hebben vaak ook ernstige gevolgen.

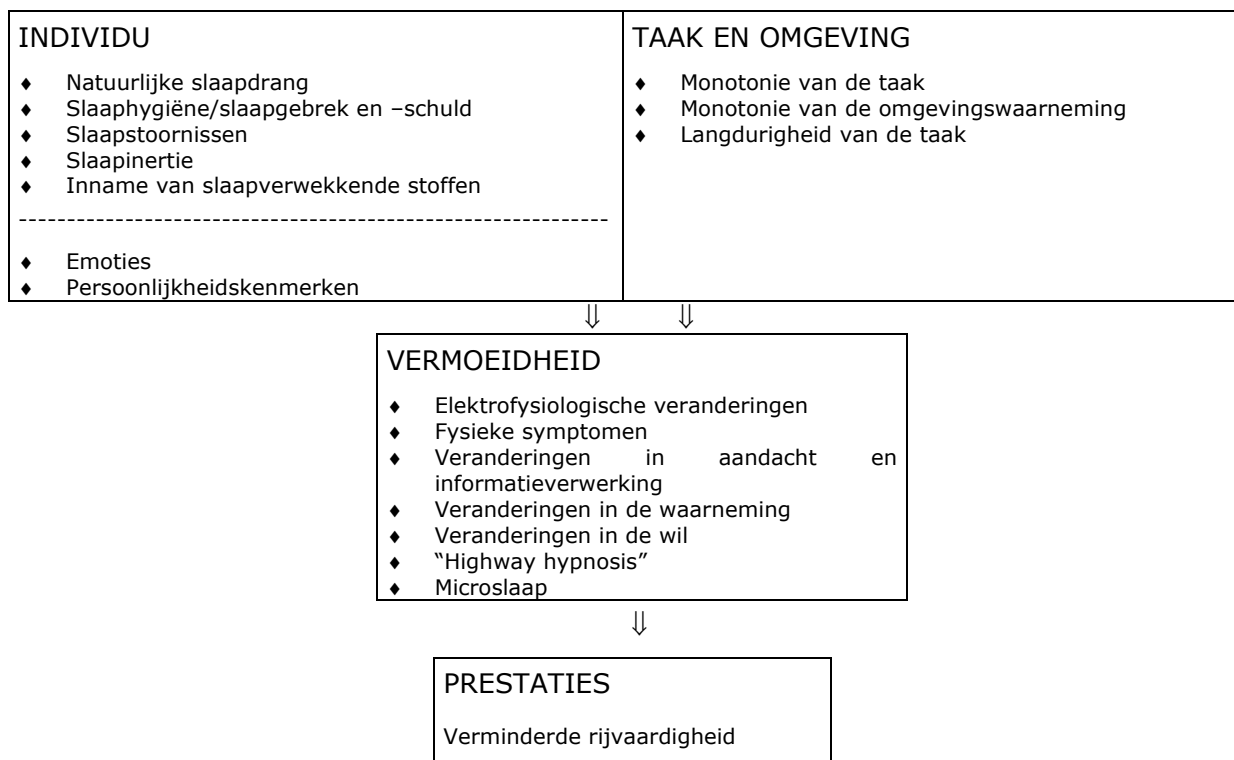
Aan de hand van een literatuurstudie wordt in hoofdstuk 2 in beeld gebracht wat vermoeidheid inhoudt. In navolging hiervan wordt in respectievelijk hoofdstuk 3 en 4 uitgelegd wat de effecten zijn van vermoeidheid op het rijgedrag en tot welke typen ongevallen dit leidt. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven op welke manier men vermoeidheid kan beoordelen en in hoofdstuk 6 is terug te vinden hoe vaak vermoeidheid achter het stuur voorkomt. Het aantal ongevallen dat veroorzaakt wordt door vermoeidheid wordt in kaart gebracht in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 en 9 worden de risicofactoren en risicogroepen gepresenteerd. In de literatuur terug te vinden maatregelen om vermoeidheid in het verkeer tegen te gaan worden voorgesteld in hoofdstuk 10. Vervolgens wordt in hoofdstuk 11 aangegeven welke kennis er momenteel in België en Vlaanderen bestaat rond het thema vermoeidheid in het verkeer en welke maatregelen er momenteel genomen worden. Het rapport sluit af met aanbevelingen voor de overheid en voor bedrijven in hoofdstuk 12.

2. DEFINITIES

2.1 Vermoeidheid is meer dan "in slaap vallen"

Heel algemeen wordt vermoeidheid van een bestuurder - "driver fatigue" - gedefinieerd als het verlies van waakzaamheid dat uiteindelijk eindigt in slaap (Transport, 1998 - geciteerd in Mabbott & Hartley, 1999). Vermoeidheid die eindigt in slaap achter het stuur heeft vaak desastreuze gevolgen. Bij het hanteren van deze definitie mogen we echter niet voorbijgaan aan andere belangrijke aspecten van vermoeidheid. Er treedt immers al een vermindering in rijvaardigheid op lang voordat de bestuurder effectief in slaap valt (Mackie & Miller, 1978 en Hartley, Penna, Hochstadt, Corry & Feyer, 1997 - geciteerd in Mabbott & Hartley, 1999; Dinges, 1992 - geciteerd in Pack et al., 1995). Om echt alle gevaarlijke situaties gerelateerd aan vermoeidheid te vatten, moeten we vermoeidheid in haar totaliteit, d.w.z. met oorzaken en alle mogelijke symptomen, omschrijven.

2.2 Definitie van vermoeidheid



Vermoeidheid is een toestand die het gevolg kan zijn van individu-gebonden - zgn. endogene - of van taakgerelateerde - zgn. exogene - factoren (Thiffault & Bergeron, 2003a en b).

De endogene factoren zijn meestal slaapgerelateerd. Het gaat dan om de natuurlijke slaapdrang van elk individu, mogelijke slaapstoornissen, slaaphygiëne of een gebrek daaraan, slaapinertie en het gebruik van slaapverwekkende stoffen. Die kunnen zonder meer als oorzaak van vermoeidheid aangehaald worden. Ze worden verder besproken in de volgende paragrafen. Er zijn bovendien individu-gebonden factoren die een invloed uitoefenen op vermoeidheid zonder directe oorzaken ervan te zijn. We denken dan aan het belang dat de autorit heeft, de plannen van het betrokken individu, de vatbaarheid voor sociale invloeden en andere emoties (Nilsson, Nelson & Carlson, 1997). Ook

persoonlijkheidskenmerken van de bestuurder (Wylie, Shultz, Miller & Mitler, 1996) vallen onder deze individu-gebonden factoren.

De exogene factoren zijn veeleer taak- en omgevingsgerelateerd. De nadruk ligt hier vooral op monotonie, langdurigheid en belastendheid van de rijtaak en de waarneming van de omgeving (Hancock & Verwey, 1997).

Zowel endogene als exogene factoren veroorzaken of beïnvloeden vermoeidheid, die zich uit door middel van een heel gamma aan fysieke en psychische symptomen. Deze symptomen beïnvloeden op hun beurt de rijvaardigheid (Boverie, 2002; Verwey & Zaidel, 2000; Kircher, Uddman & Sandin, 2002).

2.2.1 Endogene factoren

Natuurlijke slaapdrang

De slaap is een proces dat een essentiële functie vervult, die ons in staat stelt in leven te blijven. De slaap/waakbehoefte wordt daarom, net zoals andere levensnoodzakelijke processen zoals lichaamstemperatuur, voedsel- en drankbehoefte en hormonenproductie beheerd door homeostatische mechanismen in het lichaam. De voor het leven noodzakelijke toestand van slaap wordt met andere woorden op regelmatige tijdstippen vanuit de hersenen aan het lichaam opgelegd. Hoe langer de periode van wakker zijn duurt, hoe meer druk er wordt opgebouwd om te gaan slapen en hoe moeilijker het wordt om daaraan te weerstaan (Dinges, 1995 - geciteerd in Strohl et al., 1998).

De homeostatische mechanismen oefenen hun invloed uit met een circadiaans - een dagelijks terugkerend - ritme. Dit ritme zorgt voor enigszins verlaagde prestaties in de namiddag (Folkard, 1975), en uitgesproken verlaagde prestaties 's nachts of in de vroege ochtenduren (Colquhoun, 1970, Rutenfranz & Colquhoun, 1979, Monk, 1982 en Horne, 1992 - geciteerd in Corfitsen, 1999; Borbély, Achermann, Trachsel & Tobler, 1989 - geciteerd in Johns, 2000; Thiffault & Bergeron, 2003b).

In de werking van de homeostatische mechanismen speelt ook de licht/donker-cyclus een rol. Voor mensen betekent dit dat ze wakker zijn bij daglicht en slapen gedurende de duisternis (Strohl et al., 1998).

Door bijv. veranderingen in tijdzone of overgang van dag- naar nachtwerk treedt een verstoring op van het circadiaans ritme of van de licht/donker-cyclus. Het effect ervan is slaapgebrek en verstoring van de slaap (Åkerstedt, 1995 en Samel, Wegmann & Vejvoda, 1995 - geciteerd in Strohl et al., 1998). Dit duurt totdat de lichaamsklok zich heeft aangepast aan de nieuwe omstandigheden (National Aeronautics and Space Administration, NASA, 1996 - geciteerd in Dalziel & Job, 1997) of totdat de oorspronkelijke cyclus weer in acht genomen wordt.

De slaapbehoefte van mensen varieert, maar slapen gedurende 8 uur per dag is het gemiddelde, en om goede prestaties te kunnen leveren zijn 7 tot 9 uren slaap nodig (The Royal Society for the Prevention of Accidents, RoSPA, 2001). In een onderzoek bij Israëlische militairen (Oron-Gilad & Shinar, 2000) gaven de deelnemers aan dat ze gemiddeld 7 uur en 46 minuten slaap nodig hadden.

Slaaphygiëne, slaapgebrek en slaapschuld

Onder slaaphygiëne verstaan we maatregelen voor het creëren van een positieve slaapomgeving - een kamer die koel is, rustig en donker - en voor het slapen op regelmatige tijdstippen (Strohl et al., 1998). Op die manier wordt slaapgebrek - onvoldoende slaap in vergelijking met de lichamelijke behoefte - voorkomen.

Wanneer slaapgebrek optreedt gedurende verschillende nachten hoopt het zich op tot een slaapschuld (NASA, 1996 - geciteerd in Dalziel & Job, 1997).

Slaapstoornissen

Voor sommige mensen is een goede slaaphygiëne op zich niet voldoende om verzekerd te zijn van voldoende slaap van goede kwaliteit. In relatie tot vermoeidheid achter het stuur worden met name mensen die lijden aan obstructieve slaapapneu vaak bestudeerd. Hun slaap wordt gekenmerkt door luid snurken, een veelvuldig terugkerende versperring van de bovenste luchtwegen en daaropvolgend zuurstofgebrek. Dit resulteert in slaapfragmentatie en overdreven slaperigheid overdag, welke invloed heeft op de rijvaardigheid (McCartt, Rohrbaugh, Hammer & Fuller, 2000; Pack, 1994 - geciteerd in Pack et al., 1995; Haraldsson, Carenfeld & Tingvall, 1992; Strohl et al., 1998; RoSPA, 2001).

Een andere slaapstoornis, narcolepsie, heeft een nog directere invloed op de rijvaardigheid. Ze wordt gekenmerkt door het plotseling overgaan van een actieve, vaak emotionele, wakkere toestand naar een minuten durende slaap. Dit gebeurt meerdere keren per dag, en gaat meestal gepaard met cataplexie, een plots verlies van spierspanning gaande van lichte slapte tot totale ineenstorting (Aldrich, 1989 - geciteerd in Pack et al., 1995; Strohl et al., 1998; RoSPA, 2001).

Slaapinertie

Slaapinertie (Tassi & Muzet, 2000) is de overgangstoestand die bestaat onmiddellijk na het ontwaken, waarin een lagere lichamelijke activatie aanwezig is. Deze lagere activatie resulteert in een tijdelijke verslechtering van prestaties.

Verskillende factoren beïnvloeden de kenmerken van slaapinertie: de duur van de slaaperiode, de slaapfase vlak voor het wakker worden, het circadiaans ritme van het lichaam, eventuele slaapstoornissen,... Voorafgaand slaapgebrek zou slaapinertie verhogen.

De duur van de periode van lagere activatie kan variëren van 1 minuut tot 4 uur na het ontwaken. Indien er geen voorafgaand slaapgebrek was, overschrijdt de slaapinertie zelden een periode van 30 minuten.

De invloed die slaapinertie uitoefent op prestaties is ook afhankelijk van het type taak dat moet uitgevoerd worden. Verschillende cognitieve functies zijn niet in dezelfde mate gevoelig voor slaapinertie.

In de literatuur met betrekking tot vermoeidheid in het verkeer wordt slaapinertie vooral aangehaald bij het afwegen van mogelijke maatregelen, zoals preventieve of recuperatieve dutjes die bestuurders kunnen doen om te voorkomen dat ze vermoeid achter het stuur zitten (Macchi, Boulos, Ranney, Simmons & Campbell, 2002).

Inname van slaapverwekkende stoffen

Bij slaapverwekkende stoffen wordt eerst en vooral gedacht aan slaapmiddelen en andere medicatie die slaperigheid veroorzaken. Bestuurders die zulke medicijnen genomen hebben, lopen een groter risico om betrokken te raken in een slaapgerelateerd ongeval (Ray, Fought & Decker, 1992; Ceutel, 1995 - geciteerd in Stutts, Wilkins, Osberg & Vaughn, 2003; Kozena, Frantik & Horvath, 1995, van Laar, van Willigenburg & Volkerts, 1995, Leveille et al., 1994 en Gengo & Manning, 1995 - geciteerd in Strohl et al., 1998). Ook alcohol heeft ondermeer een slaapverwekkend effect (Prinz, Roehrs, Vitaliano, Linnoila & Weitzman, 1980 en MacLean & Cairns, 1982 - geciteerd in Corfitsen, 1996; Arndt, Wilde, Munt & MacLean, 2001). Alcohol- of medicijngebruik blijken een rol te spelen in een deel van de ongevallen die aan slaperigheid zijn toegeschreven (Wang, Knipling & Goodman, 1996, New York GTSC Task Force, 1994 en New York State Task Force, 1996 - geciteerd in Strohl et al., 1998; McCartt, Ribner, Pack & Hammer, 1996; Royal, 2003). Recreatief druggebruik tenslotte kan ook slaperigheid veroorzaken (Kerr et al., 1991 - geciteerd in Strohl et al., 1998)

Er blijkt bovendien een uitgesproken wisselwerking te bestaan tussen inname van slaapverwekkende stoffen en reeds bestaande slaperigheid. Wanneer men bijvoorbeeld in de namiddag of 's nachts alcohol drinkt, wordt het effect ervan versterkt door de combinatie met het circadiaans ritme (Lawrence, Herbert & Jeffcoate, 1983 en Richardson, Miner & Czeisler, 1989 - geciteerd in Corfitsen, 1996; Horne & Baumber, 1991; Horne & Gibbons, 1991 - geciteerd in Strohl et al., 1998). Ook voorafgaand slaapgebrek verhoogt het effect van alcohol of slaapverwekkende medicijnen aanzienlijk (Roehrs, Beare, Zorick & Roth, 1994; Zwuyghuizen-Doorenbos et al., 1988; Lumley et al., 1987; Wilkinson, 1968, Huntley & Centybear, 1974 en Peeke et al., 1980 - geciteerd in Strohl et al., 1998; Vlaamse Automobiëlbond, VAB, 2003).

Emoties

Emoties lijken vooral een invloed te hebben op het gevoel van vermoeidheid dat een bestuurder op een bepaald moment ervaart. Zo kan er bijvoorbeeld sprake zijn van een "coming-home"-effect, waarbij het bijna thuiskomen na een lange trip de bestuurder extra motivatie geeft en een sterke prikkel blijkt te zijn om wakker te blijven. Hierdoor is hij tijdelijk in staat een gebrekkige concentratie te compenseren (VAB, 2003). Dat het effect van zulke emoties meestal tijdelijk is en niets afdoet aan de effectieve lichamelijke vermoeidheid, maakt het tegelijkertijd gevaarlijk.

Emoties die juist het tegenovergestelde effect hebben, die dus de gevoeligheid aan vermoeidheid vergroten, zijn bijv. angst en psychomotorische spanning (Lal & Craig, 2001).

Persoonlijkheidskenmerken

Er blijken grote individuele verschillen te bestaan in de gevoeligheid aan vermoeidheid achter het stuur. In alle experimentele studies over vermoeidheid zijn er bestuurders wiens prestaties sterk beïnvloed worden door de condities van de studie en andere die relatief weinig beïnvloed worden (Verwey & Zaidel, 2000). Bepaalde persoonlijkheidskenmerken werden onderzocht om die individuele verschillen te verklaren.

Extraversie (Eysenck, 1967 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a) blijkt gerelateerd te zijn aan de ontwikkeling van subjectieve vermoeidheid (Matthews & Desmond, 1998 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a) en aan het voorkomen van vermoeidheidsgerelateerde rijfouten gedurende het uitvoeren van een rijtaak in een simulator (Verwey & Zaidel, 2000).

"Sensation seeking" als persoonlijkheidstrek (Zuckerman, 1979 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a) oefent invloed uit op het rijgedrag door middel van zijn dimensie "disinhibition" - het zich afzetten tegen strikte codes of acceptabel sociaal gedrag - (Verwey & Zaidel, 2000) en door middel van de dimensie "experience seeking" - het zoeken van opwindende ervaringen in een nonconformistische levensstijl (Thiffault & Bergeron, 2003a). In hoeverre vermoeidheid hier een rol speelt is echter niet altijd duidelijk. Personen die hoog scoren op "sensation seeking" zouden relatief meer verveeld dan echt slaperig zijn en daardoor gedragingen vertonen die overeenkomen met die bij vermoeidheid (Verwey & Zaidel, 2000). Door andere onderzoekers werd echter een verband vastgesteld tussen het rapporteren van in slaap vallen achter het stuur in het verleden en het behoren tot de groep van "experience seekers" (Thiffault & Bergeron, 2003a), wat dus een dimensie is van "sensation seeking". Bovendien kan verveling beschouwd worden als een symptoom van vermoeidheid (Nelson, 1997; Oron-Gilad & Shinar, 2000), omdat we vermoeidheid breder definiëren dan alleen de neiging om in slaap te vallen.

Het samengaan van extraversie en "sensation seeking" in één persoon oefent een nog grotere invloed uit op de gevoeligheid aan vermoeidheid of verveling bij het uitvoeren van de rijtaak (Thiffault & Bergeron, 2003a).

Veldonafhankelijkheid of -afhankelijkheid is een cognitieve stijl die duidt op het al of niet hebben van de capaciteit om relevante stimuli te onderscheiden los van de context (Rogé, 1996 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a). Dit persoonlijkheidskenmerk heeft een invloed op het aantal ongevallen dat men heeft (McKenna, Duncan & Brown, 1986 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a) en op waakzaamheid (Cahoon, 1970; More & Gross, 1973, Thornton, Barrett & Davis, 1968 en Ware & Baker, 1977 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a). De precieze invloed ervan op vermoeidheid achter het stuur is nog niet achterhaald.

Andere persoonlijkheidskenmerken die gerelateerd zijn aan waakzaamheid, en misschien ook aan vermoeidheid achter het stuur, zijn gevoeligheid aan verveling (Thackray, Bailey & Touchtone - geciteerd in Verwey & Zaidel, 2000; Sawin & Scerbo, 1995), avond versus morgentype (Moog & Hildebrandt, 1985 - geciteerd in Verwey & Zaidel, 2000) en "locus of control" (Rotter, 1966; Sanders, Halcomb, Fray & Owens, 1976). Dit laatste verwijst naar de opvatting die iemand heeft over de mate van controle over gebeurtenissen. Iemand met een externe locus of control schrijft gebeurtenissen toe aan externe factoren - geluk, omstandigheden, anderen... - terwijl de persoon met een interne locus of control gebeurtenissen ziet als resultaat van eigen beslissingen en handelingen. Voorlopig zijn deze persoonlijkheidskenmerken nog niet expliciet in verband met vermoeidheid achter het stuur onderzocht.

2.2.2 Exogene factoren

Monotonie van de taak

Monotonie van de taak refereert naar eenvoudige acties die plaatsvinden op een herhaalde manier gedurende lange tijdsperiodes (Caban, 1992 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003b). Hierdoor ontstaat enerzijds een gewenningseffect, waardoor handelingen automatisch worden uitgevoerd en de aandacht kan afglijden naar andere zaken. Anderzijds kan er fysieke vermoeidheid optreden in de lichaamsdelen die voortdurend dezelfde handeling moeten uitvoeren.

Monotonie van de omgevingswaarneming

Wanneer de omgeving waarin men de rijtaak uitvoert monotoon is, blijven de waarnemingsstimuli onveranderd of veranderen ze op een voorspelbare manier (McBain, 1970 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003b). Er is met andere woorden een gebrek aan alertheidsverhogende stimulatie van de zintuigen (Wertheim, 1991 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003b).

Buiten een monotone wegomgeving speelt ook de hoge graad van comfort mee die men in moderne wagens ziet. De bestuurder zit in een comfortabele stoel, manoeuvreert makkelijk en heeft geen last van lawaai of trilling die het rijden veroorzaakt. Dit verhoogt de toestand van lage activatie aanzienlijk (Sagberg, 1999).

Langdurigheid van de taak

Ondanks het feit dat de rijtaak kan beschouwd worden als bestaande uit eenvoudige handelingen, is het op het vlak van aandacht vaak een complexe taak. Die houdt niet alleen passieve detectie van relevante veranderingen in de taakomgeving in, maar ook het actief opzoeken van relevante informatie, planning van handelingen en voorspelling van toekomstige omstandigheden (Bainbridge, 1997; Hockey & Tattersall, 1989 - geciteerd in van der Hulst, Meijman & Rothengatter, 2001). Op het vlak van aandacht is er inspanning vereist om het hoofd te bieden aan de uitdaging van een stimulerende omgeving maar evenzeer om het gevoel van verveling af te wenden in een monotone omgeving en taak (Brown, 1994 - geciteerd in van der Hulst et al., 2001). Hoe langer de taak duurt, hoe moeilijker het wordt om deze volgehouden aandacht te behouden.

Anderzijds ontstaat er door het uitvoeren van de rijtaak, voortdurend in dezelfde houding en met dezelfde handelingen, lichamelijke vermoeidheid die zich opbouwt naarmate de rijtaak langer duurt.

Het effect van de langdurigheid van de rijtaak wordt in de literatuur het "time-on-task"-effect genoemd (Thiffault & Bergeron, 2003b; van der Hulst et al., 2001)

2.2.3 *Symptomen van vermoeidheid*

Elektrofysiologische veranderingen

Elektrofysiologisch kan vermoeidheid gedetecteerd worden in het patroon van hersengolven die gemeten worden met een elektro-encefalogram (EEG), oogbewegingen die gemeten worden met een electro-oculogram (EOG) en spieractiviteit die gemeten wordt met een electro-myogram (EMG) (Johns, 2000). Er treden bovendien veranderingen op in het harttempo dat wordt gemeten met een electro-cardiogram (ECG) (Nilsson et al., 1997).

De hersengolven van een wakkere, alerte persoon hebben hoge frequenties en worden beta-golven genoemd. Het in slaap vallen en de verschillende fasen van de slaap worden gekenmerkt door langzamere hersengolven, achtereenvolgens alpha-, theta- en delta-golven (Bernstein, Clarke-Stewart, Roy, Srull & Wickens, 1994; Macchi et al., 2002; Cabon, 1992 - geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003b; De Waard, 1996; Lal & Craig, 2000; Kircher et al., 2002).

Oogbewegingen kunnen onder invloed van vermoeidheid veranderen van het normale occasionele knippen en het scannen van de omgeving in frequenter knippen (Nilsson et al., 1997; Stern, 1999 - geciteerd in Kircher et al., 2002; Lal & Craig, 2000), langduriger knippen (Numata, Kitajima, Goi & Yamamoto, 1998; Stern, 1999 - geciteerd in Kircher et al., 2002) of het veelvuldig sluiten van de ogen (Verwey & Zaidel, 2000; Stern, 1999 - geciteerd in Kircher et al., 2002; Wierwille & Ellsworth, 1994), frequentere maar minder efficiënt scannende oogbewegingen (Stern, 1999 - geciteerd in Kircher et al., 2002; Haworth, Triggs & Grey, 1988), langzamere of helemaal geen oogbewegingen (Russo et al., 2003; Kircher et al., 2002; Numata et al., 1998; Lal & Craig, 2000) en karakteristieke rollende oogbewegingen (Kircher et al., 2002).

In de spieren vermindert de samentrekkingssterkte bij voortdurend gebruik (Johns, 2000). Ook de stofwisselingscondities in de spieren veranderen (Nilsson et al., 1997).

Het hartritme verlaagt aanzienlijk gedurende vermoeidheid (Lal & Craig, 2000).

Fysieke symptomen

Vermoeidheid kan zich fysiek uiten in spierstijfheid, hoofdpijn en misselijkheid (Desmond & Matthews, 1997). In het psychologisch laboratorium van de universiteit van Alberta, Canada werd een vragenlijst opgesteld met fysieke symptomen die zich kunnen voordoen gedurende vermoeidheid die optreedt bij het uitvoeren van een rijtaak (Nilsson et al., 1997). Op basis van onderzoek werden deze symptomen ingedeeld in vier clusters. De symptomen uit Cluster I - pijnlijke voeten, vermoeide ogen en slaperigheid - namen het meest toe bij langere uitvoering van de rijtaak en werden gerapporteerd door het merendeel van de proefpersonen. Ook de symptomen uit Cluster II - rugpijn, hoofdpijn, koude rilling, stijve gewrichten en gevoelloosheid - verhoogden evenredig aan de tijdsduur van de rijtaak. Symptomen uit Cluster III - tuitende oren, ongestelde maag en duizeligheid - namen toe maar kwamen relatief weinig voor. Symptomen uit Cluster IV tenslotte - spanning, droge keel, klamme handen, hartkloppingen en gloeiend gezicht - veranderden weinig in functie van de tijdsduur van de rijtaak.

Andere onderzoekers onderzochten lichamelijke gedragingen die vaak gepaard gaan met het uitvoeren van een monotone taak (Rogé, Pebayle & Muzet, 2001). Het gaat dan om

gedragingen die niet rechtstreeks te maken hebben met de uit te voeren taak, maar die - meestal onbewust - gesteld worden om de taak op een adequaat niveau te blijven volhouden. Er werd een onderscheid gemaakt tussen naar zichzelf gerichte bewegingen, bijv. hand raakt borstkas aan, hand raakt de andere arm aan; niet-verbale activiteiten, bijv. zuchten, geeuwen; speelse activiteiten, bijv. fluiten, met het haar spelen; houdingsaanpassingen, bijv. de romp voorwaarts bewegen, naar opzij leunen. Niet-verbale activiteiten bleken periodes van lage waakzaamheid vooraf te gaan. Naar zichzelf gerichte bewegingen daarentegen bleken vooral ná periodes van lage waakzaamheid uitgevoerd te worden. De onderzoekers schrijven aan deze bewegingen dan ook een reactiverende werking toe. Houdingsaanpassingen vonden plaats gedurende of na periodes van lage waakzaamheid. Ze zouden zowel uitdrukkingen zijn van een oncomfortabel gevoel gedurende verminderde waakzaamheid als van reactivatie. De speelse activiteiten tenslotte namen wel licht toe gedurende de uitvoering van de rijtaak, maar vertoonden geen verband met het niveau van waakzaamheid.

Veranderingen in aandacht en informatieverwerking

Vermoeidheid gaat gepaard met het achteruitgaan van hogere cognitieve functies (Johns, 2000), zoals redenering en waakzaamheid (Lamond & Dawson, 1999), snelheid van informatieverwerking (RoSPA, 2001), selectieve aandacht en complexe besluitvorming (Li, Jiao, Chen & Wang, 2003), volgehouden aandacht (Thiffault & Bergeron, 2003b). De effecten van vermoeidheid op cognitief niveau kunnen beschreven worden in termen van algemene en selectieve aandachtsvermindering (Brown, 1994 - geciteerd in Tijerina et al., 1999). Algemene aandachtsvermindering resulteert zowel in afgenomen voertuigcontrole als in afgenomen voorwerp- en gebeurtenisdetectie. Selectieve aandachtsvermindering is verraderlijker omdat zij de voertuigcontrole intact laat, maar wel voorwerp- en gebeurtenisdetectie vermindert.

Veranderingen in de waarneming

Door vermoeidheid van de ogen en door gehoorsymptomen, zoals het tuiten van de oren (Desmond & Matthews, 1997), verandert de zintuiglijke waarneming die belangrijk is voor het uitvoeren van de rijtaak. Visuele waarneming verslechtert en de bestuurder verliest de mogelijkheid om visueel gefocuste aandacht te onderhouden (Johns, 2000). Bij het langdurig uitvoeren van een monotone rijtaak treedt een tunnelvisiefenomeen op. Dit wil zeggen dat de bestuurder steeds minder zicht krijgt op signalen die zich aan de rand van zijn bruikbare gezichtsveld bevinden. Slaapgebrek daarentegen heeft een negatieve invloed op het hele gezichtsveld (Rogé, Pébayle, El Hannachi & Muzet, 2003).

Veranderingen in de wil

Een essentieel element in vermoeidheid is de subjectief ervaren tegenzin om verder te doen met het uitvoeren van de taak waaraan men bezig is (Brown, 1994). Bij vermoeidheid treedt een gevoel van verveling op, lusteloosheid en verlies van interesse in de taak (Desmond & Matthews, 1997). Dit gevoel resulteert uiteindelijk in een tegenzin voor om het even welke inspanning (Grandjean, 1988 - geciteerd in Li et al., 2003; Encyclopedia Britannica - geciteerd in Kircher et al., 2002).

“Highway hypnosis”

In de literatuur wordt een specifiek fenomeen beschreven dat refereert naar de situatie waarin een normaal uitgeruste bestuurder onder bepaalde condities een slaapgerelateerde toestand ervaart, mogelijk zonder een voorafgaande fase van subjectief ervaren vermoeidheid. Dit wordt “highway hypnosis” genoemd (Williams & Shor, 1970 - geciteerd in Sagberg, 1999) en kan beschouwd worden als een bijzondere uitingsvorm of een vérgaand symptoom van vermoeidheid. Het is een toestand die lijkt op slapen of op het in trance zijn, die zich voordoet terwijl de bestuurder rechtop zit en voor zich uit kijkt, en gaat vaak gepaard met hallucinatorische ervaringen en vertekeningen in gedachten en beoordeling (Williams, 1963 - geciteerd in Sagberg,

1999). Deze vertekeningen zijn voorbeelden van zogenaamde hypnagogische verbeelding (Schachter, 1976 - geciteerd in Sagberg, 1999), die optreedt bij de overgang van een toestand van wakker zijn naar slaap.

“Highway hypnosis” zou, net zoals andere hier besproken symptomen van vermoeidheid, het gevolg zijn van een zeer voorspelbare wegomgeving – monotonie - met een verlaagd activatieniveau en het automatisch uitvoeren van de rijtaak als gevolg. Door Kerr (1991 - geciteerd in Sagberg, 1999 en in Thiffault & Bergeron, 2003b) wordt dit een “driving without awareness state” genoemd. Hiermee refereert deze auteur ook naar de veel voorkomende ervaring van het gereden hebben van een aanzienlijke afstand zonder dat men zich nog iets van die rit herinnert. Aandacht en controle van de bestuurder verplaatsen zich onder invloed van monotonie van externe naar interne gebeurtenissen.

Het verschil tussen het gewone dagdromen en de meer bizarre en vreemde beelden en gedachten die aan een hypnagogische toestand verbonden zijn, is niet heel scherp. De overgang naar zo’n hypnagogische toestand en naar een toestand van slaap is dan ook vaak moeilijk of niet te detecteren door de bestuurder (Sagberg, 1999).

Microslaap

Personen die aan slaapgebrek lijden en die niet geprikkeld worden door activerende stimuli, kunnen microslaap vertonen. Deze bestaat uit korte perioden van echte slaap (Kjellberg, 1977 - geciteerd in Corfitsen, 1999). Elke slaaperiode duurt van 0,5 tot 1,5 seconden (Lisper, Laurell & van Loon, 1986 - geciteerd in Corfitsen, 1999). Dit kort in slaap vallen gebeurt op een onvoorspelbare manier en zorgt ervoor dat een bestuurder zich tijdelijk onbewust is van zijn omgeving (Pack et al., 1995).

Gevolgen voor de rijvaardigheid

De gevolgen van vermoeidheid voor de rijvaardigheid vallen buiten de definitie, en worden besproken in hoofdstuk 3.

3. EFFECTEN VAN VERMOEIDHEID OP HET RIJGEDRAG

3.1 Laterale positie en sturbewegingen

Als bestuurders (bijna) in slaap vallen achter het stuur, dan is de kans groot dat zij van hun rijstrook afwijken. Zij beginnen te slingeren en kunnen van de weg af raken. Dit blijkt uit enquêtes die afgenomen zijn bij bestuurders die in het verleden vermoeidheidsgerelateerde ongevallen hebben gehad (Sagberg, 1999; Riemersma, Sanders, Wildervanck & Gaillard, 1997 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001; Royal, 2003; Oron-Gilad & Shinar, 2000). Aangetoond werd dat afwijkingen naar rechts meer voorkomen dan afwijkingen naar links (Sagberg, 1999).

Ook uit onderzoek waar gebruik gemaakt werd van een rij-simulator bleek dat bestuurders afweken van hun rijstrook, en soms van de weg af raakten (Verwey & Zaidel, 2000; Rogé, Pébayle, Kiehn & Muzet, 2002; Rogé et al., 2003).

Volgens Brown (1997) is een grotere variabiliteit van sturbewegingen een uitgesproken effect van vermoeidheid. Vermoeide bestuurders zullen meer variabele en vaak grotere sturbewegingen uitvoeren dan bestuurders in alerte en waakzame toestand. Dit komt doordat afwijkingen van het voertuig van de rijbaan minder snel gedetecteerd worden. Bovendien is de reactietijd van de bestuurder langer (zie paragraaf 3.4). Daardoor worden de afwijkingen van de rijbaan groter en heeft de bestuurder ook grotere stuurwielbewegingen nodig om correcties uit te voeren. Onderzoek van Rogé et al. (2002) geeft aan dat er, naarmate men langer in een simulator rijdt, minder frequent stuurwielcorrecties uitgevoerd worden.

3.2 Meer variabele volgafstand

Uit een experiment waarbij van der Hulst et al. (2001) proefpersonen in een simulator lieten rijden, bleek dat personen die meer vermoeid waren tijdens het rijden meer afstand hielden met hun voorligger. Dit gold echter niet voor personen die gehouden waren aan strakke tijdschema's en haast hadden. Hieruit concluderen de onderzoekers dat de combinatie van tijdsdruk en vermoeidheid de rijssituatie echt gevaarlijk maakt.

Rogé et al. (2002) vonden bij vermoeide bestuurders een grotere variabiliteit in de afstand ten opzichte van de voorligger. Die variabiliteit kan wijzen op grotere volgafstanden, maar kan ook betekenen dat op andere momenten de volgafstand die een vermoeide bestuurder in acht neemt veel korter is dan normaal.

In overeenstemming daarmee is de vaststelling van Oron-Gilad en Shinar (2000) dat ongeveer 11% van door hen ondervraagde militaire vrachtwagenbestuurders moeilijkheden had met het schatten van de afstand tussen de eigen auto en de voorligger.

3.3 Lagere snelheid

Uit het onderzoek van Oron-Gilad en Shinar (2000) blijkt dat 12% van de ondervraagde militaire vrachtwagenbestuurders aangaf onder invloed van vermoeidheid langzamer te gaan rijden zonder reden en 14% zei moeilijkheden te hebben om de snelheid juist in te schatten. Ook in de internationale literatuurstudie van van Schagen (2003) komt naar voren dat bij extreme vermoeidheid er minder snel gereden wordt. Riemersma, Sanders, Wildervanck & Gaillard (1997 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001) geven aan dat in slaap vallen samengaat met verminderde spierkracht en dat o.a. de druk van de voet op het gaspedaal minder wordt.

3.4 Verlengde reactietijden

Uit studies blijkt dat bij stijgende slaperigheid er minder snel gereageerd wordt. Er is een significant verschil in reactietijd tussen uitgeruste en vermoeide bestuurders (Dinges, 1995 – geciteerd in Thiffault & Bergeron, 2003a; Oron-Gilad & Shinar, 2000; Corfitsen, 1994 en 1996; Macchi et al., 2002).

Horne en Reyner (2001) geven echter aan dat slaperigheid niet per definitie zorgt voor langere reactietijden. Laboratoriumstudies (Riemersma, Sanders, Wildervanck & Gaillard, 1997 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001) hebben aangetoond dat de vermoeide bestuurder in een noodgeval ofwel bijna normaal reageert ofwel helemaal niet. Men kan zeggen dat de reactietijd wordt onderbroken en niet dat de reactietijd gradueel toeneemt.

Van der Hulst et al. (2001) suggereren dat bestuurders hun prestaties aangaande prioriteiten, zoals het vermijden van een ongeval, niet laten afnemen, maar dat ze wel prestatievermindering toelaten in minder prioritaire taken, zoals het sturen. Uit hun onderzoek kwam namelijk naar voren dat de reactie op een geleidelijke snelheidsvermindering van een voorligger minder accuraat was bij vermoeidheid. De reactie bleef echter wel accuraat indien de voorligger abrupt remde.

4. TYPE ONGEVALLLEN

4.1 Enkelvoudige ongevallen waarbij het voertuig van de weg rijdt

Pack et al. (1995) vonden in hun onderzoek dat 77,5% van de ongevallen die veroorzaakt waren door vermoeidheid enkelvoudige ongevallen waren. In 78,5% was het voertuig van de weg af geraakt.

Ook Haworth et al. (1988), Strohl et al. (1998) en RoSPA (2001) vinden betrokkenheid van 1 voertuig en het van de weg af rijden karakteristieken van vermoeidheidsgerelateerde ongevallen.

De studie van McCartt et al. (1996) geeft aan dat in 47,5% van de vermoeidheidsgerelateerde ongevallen het voertuig van de weg af was geraakt. Bovendien zat in 82,5% van de vermoeidheidsgerelateerde ongevallen de bestuurder alleen in het voertuig. Dat de bestuurder vaak alleen in het voertuig zit bij vermoeidheidsgerelateerde ongevallen wordt eveneens bevestigd door Strohl et al. (1998) en RoSPA (2001).

4.2 Dodelijke ongevallen

De factor vermoeidheid speelt vooral een rol in zeer ernstige ongevallen. Volgens Pack et al. (1995) heeft in 1,4% van de ongevallen, veroorzaakt door vermoeidheid, het ongeval een dodelijke afloop. In de studie van Fell (1994 - geciteerd in Sagberg, 1999) wordt aangegeven dat vermoeidheid verantwoordelijk was voor gemiddeld 6% van alle ongevallen, maar voor dodelijke ongevallen was dit 15%. Voor dodelijke ongevallen op wegen buiten stedelijk gebied ("rural roads") was dit zelfs 30%.

Een reden waarom veel vermoeidheidsgerelateerde ongevallen fataal zijn, is waarschijnlijk het feit dat veel van deze ongevallen gebeuren op wegen waar een hoge snelheidslimiet geldt (Strohl et al., 1998; Royal, 2003; McCartt et al., 1996; Sagberg, 1999). Volgens Pack et al. (1995) vindt 62,4% van de vermoeidheidsgerelateerde ongevallen plaats bij snelheden van meer dan 80 km/u (50 mph).

4.3 Ongevallen die niet vermeden worden

Een andere reden voor het feit dat de meeste vermoeidheidsgerelateerde ongevallen een dodelijke afloop hebben, is dat de slapende bestuurder geen actie onderneemt om het ongeval te vermijden (Pack et al., 1995).

Horne en Reyner (2001), RoSPA (2001) en Strohl et al. (1998) bevestigen dit. Er worden geen corrigerende acties ondernomen vlak voor een ongeval. Remsporen op de weg of remlichten zijn meestal afwezig. Er wordt ook geen poging ondernomen om uit te wijken.

5. BEOORDELING VAN DE MATE VAN VERMOEIDHEID

Het meten van vermoeidheid is belangrijk in verschillende opzichten. Eerst en vooral hebben wetenschappers een maat van vermoeidheid nodig om onderzoek te kunnen doen naar de invloed ervan op o.a. het rijgedrag. Bestuurders moeten zelf hun conditie kunnen beoordelen om vermoeidheid achter het stuur te voorkomen. Ook passagiers en technologische detectie- en waarschuwingssystemen moeten de mate van vermoeidheid van de bestuurder kunnen bepalen. Na het plaatsvinden van een ongeval kan een maat van vermoeidheid nuttig zijn, namelijk om inzicht te verschaffen in de rol die vermoeidheid speelde in het ongeval.

5.1 Beoordeling door de bestuurder

In het wetenschappelijk onderzoek rond slaap en vermoeidheid wordt gebruik gemaakt van zelfbeoordelingsinstrumenten die chronische en acute slaperigheid meten. Onder chronische slaperigheid verstaan we de gemiddelde geneigdheid tot slaap die een individu ervaart doorheen een waaier van dagelijkse activiteiten en situaties, gemeten over periodes van dagen tot maanden (Johns, 2000) – m.a.w. : de algemene slaperigheid overdag. Acute slaperigheid wordt gedefinieerd als de nood aan slaap die aanwezig is op een specifiek tijdstip (Strohl et al., 1998). Deze acute nood kan situationeel zijn – iemand kan in bepaalde terugkerende situaties een geneigdheid tot slaap ervaren (Johns, 2000) - of het gevolg van slaapgebrek of slechte slaap.

Chronische slaperigheid wordt vaak gemeten met de Epworth Sleepiness Scale (ESS) (Johns, 1991 - geciteerd in Strohl et al., 1998). Dit is een vragenlijst waarin personen hun geneigdheid tot in slaap vallen moeten kwantificeren voor acht verschillende situaties in hun recente dagelijks leven. Personen die hoger dan 15 scoren op deze vragenlijst worden beoordeeld als zijnde zeer slaperig, wie van 10 tot 14 scoort als redelijk slaperig. De ESS wordt gebruikt in onderzoek rond vermoeidheid in het verkeer en in correlaties tussen slaperigheid en rijgedrag bij mensen met medische aandoeningen (Strohl et al., 1998). Maycock (1997) vond bij autobestuurders een verband tussen de waarschijnlijkheid om bijna in slaap te vallen achter het stuur en de ESS-score. In een eerdere studie behaalden vrachtwagenbestuurders een gemiddelde ESS-score van 5,7 en autobestuurders 6,2 (Maycock, 1995 - geciteerd in Baas, Charlton & Bastin, 2000). Carter, Ulfberg, Nyström en Edling (2003) vonden voor professionele vrachtwagen- en busbestuurders een gemiddelde score van 7,1 en voor autobestuurders 6,7.

Acute slaperigheid wordt gemeten met de Stanford Sleepiness Scale (SSS) (Hoddes et al., 1973 - geciteerd in Strohl et al., 1998). Op een schaal van zeven punten, gaande van "1=zich ... klaarwakker voelend" tot "7= ... weldra in slaap vallend..." duiden personen hun huidige niveau van alertheid of slaperigheid aan. Ook deze test wordt gebruikt in onderzoek naar vermoeidheid in het verkeer, als zelfbeoordeling van slaperigheid (Arnedt et al., 2001; Ranney, Simmons & Masalonis, 1999; Russo et al., 2003; van der Hulst et al., 2001; Wylie et al., 1996). Naast de SSS worden voor dit doel gelijkaardige beoordelingstechnieken gebruikt, waarbij de ondervraagden op een schaal de mate van vermoeidheid of slaperigheid aangeven (Baas et al., 2000; Corfitsen, 1994; Desmond & Matthews, 1997; Feyer, Williamson & Friswell, 1997; Lal & Craig, 2001; Macchi et al., 2002; Nilsson et al., 1997; Tanida, 2000; Thiffault & Bergeron, 2003b; van der Hulst et al., 2001; Verwey & Zaidel, 1999; Williamson, Feyer, Mattick, Friswell & Finlay-Brown, 2001).

Antwoorden op de hierboven vermelde vragenlijsten zijn afhankelijk van de presentatie van de instructies en van de interpretatie van deze instructies door de ondervraagden. Dit kan problemen geven bij het verklaren van verschillen tussen onderzoeksresultaten of tussen de resultaten van groepen van verschillende leeftijden of culturen (Strohl et al., 1998).

Niet alle bestuurders die met bovenstaande vragenlijsten ondervraagd worden of die hun eigen vermoeidheid achter het stuur moeten beoordelen, interpreteren op dezelfde wijze objectieve symptomen van vermoeidheid. De zelfbeoordeling is een subjectieve beoordeling, die dus ook alleen de subjectieve component van vermoeidheid meet. Ze geeft aan hoe iemand zich op een bepaald moment of in het algemeen voelt, meer nog: hoe iemand zégt zich te voelen. Passagiers in een voertuig of technologische detectie- en waarschuwingssystemen kunnen er bijgevolg niet altijd beroep op doen om een zicht te krijgen op de objectieve mate van vermoeidheid van de bestuurder. Om hier wel voldoende informatie over te krijgen moeten de symptomen van vermoeidheid ook onafhankelijk van de bestuurder zelf gedetecteerd en geïnterpreteerd worden.

5.2 Beoordeling door anderen

Objectieve symptomen die het meest gemeten worden om in dit opzicht de mate van vermoeidheid van iemand te beoordelen zijn fysieke veranderingen, elektrofysiologische veranderingen en veranderingen in de rijvaardigheid. Soms worden testen uitgevoerd om bijv. reactietijden, oog-handcoördinatie of volgehouden waakzaamheid te meten, die dan ook als objectieve indicatoren van vermoeidheid beschouwd worden (Williamson et al., 2001).

Er zijn technologische detectie- en waarschuwingssystemen in ontwikkeling die symptomen zoals stuurwielbewegingen, laterale positie van het voertuig, ooglidbewegingen, reactietijden, positie van het hoofd, hersengolven enz. detecteren om de mate van vermoeidheid van de bestuurder te meten, hem te waarschuwen en het voertuig te doen stoppen indien nodig (Boverie, 2002; Mabbott, 2003; RoSPA, 2001; Lal & Craig, 2000). Over de precieze werking ervan kan meer informatie gevonden worden bij de vermelde auteurs.

Passagiers kunnen letten op bepaalde gedragingen van de bestuurder om te beoordelen wanneer deze laatste te vermoeid is om nog veilig het voertuig te besturen. Wierwille en Ellsworth (1994) concludeerden dat mensen die op de hoogte worden gebracht van de uitwendige tekenen van vermoeidheid – gelaatskleur, langzame sluiting van de ogen, karakteristieke gedragingen zoals geeuwen, wrijven en knikkebollen - heel goed in staat zijn een consistent en betrouwbaar oordeel te vellen over de mate van vermoeidheid van een bestuurder. Ook Numata et al. (1998) verkregen gelijkaardige resultaten.

5.3 Beoordeling bij een ongeval

Op dit moment bestaan er geen meetinstrumenten voor het meten van vermoeidheid op de plaats van een ongeval. Een ongeval is bovendien een omstandigheid, die de toestand van vermoeidheid verandert. Een mogelijk meetsysteem zou gebaseerd zijn op de gedragingen net voor het ongeval en verbonden zijn aan het voertuig, in samenhang met een waarschuwingssysteem (Strohl et al., 1998).

De evidentie dat een ongeval slaapgerelateerd is, is momenteel gebaseerd op de getuigenissen van de betrokkene(n) of de conclusie van het uitsluiten van andere factoren (Pack et al., 1995).

6. PREVALENTIE

Prevalentie verwijst naar de mate waarin vermoeidheid in het verkeer voorkomt. In onderstaande internationale studies worden de resultaten uit verschillende landen weergegeven, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen privé-bestuurders en professionele bestuurders.

Aan de hand van een vragenlijst werd in een Noorse studie onderzoek gedaan naar ongevallen veroorzaakt door vermoeidheid (Sagberg, 1999). Ongeveer 27% van de bestuurders gaf aan wel eens in slaap gevallen te zijn tijdens het rijden. Werd er een onderscheid gemaakt in geslacht dan constateerde men dat mannen 2,5 keer meer in slaap waren gevallen tijdens het rijden dan vrouwen.

McCartt et al. (2000) hebben vrachtwagenbestuurders die lange afstanden rijden ondervraagd door middel van face-to-face interviews over vermoeidheid achter het stuur. Een groot aandeel, namelijk 47,1%, gaf toe ooit in slaap gevallen te zijn achter het stuur. Een kwart (25%) zei het afgelopen jaar minstens één keer in slaap te zijn gevallen.

Uit een Israëliësch onderzoek bij militaire vrachtwagenbestuurders (Oron-Gilad & Shinar, 2000) bleek dat gemiddeld 39% van deze bestuurders rapporteerde minstens één keer in slaap te zijn gevallen achter het stuur. Werd er een onderscheid gemaakt tussen burgers, professionele militairen en dienstplichtigen, dan was het aandeel dat in slaap viel respectievelijk 43%, 26% en 40%. Ongeveer 37% zei het afgelopen jaar in slaap te zijn gevallen achter het stuur. Tot slot bleek dat 20% van de bestuurders toegaf dat zij zich de afgelopen maand elke dag of bijna elke dag vermoeid voelden.

Onderzoek in het Verenigd Koninkrijk (Maycock, 1997) geeft aan dat 29% van de bestuurders zei het afgelopen jaar momenten te hebben meegemaakt waarbij zij bijna in slaap waren gevallen.

In Australië zijn interviews afgenomen bij vrachtwagenbestuurders van zwaar wegtransport (Arnold et al., 1997). Ongeveer 10% van de bestuurders meldde vermoeid te zijn tijdens elke of bijna elke rit die zij maakten. Ongeveer 59% zei dat vermoeidheid een uitzonderlijk verschijnsel was. Vermoeidheid werd door 35% van de bestuurders beschouwd als een substantieel probleem voor zichzelf.

De Amerikaanse National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) heeft onderzoek laten uitvoeren naar attitudes en gedrag op het gebied van afgeleid en vermoeid rijden (Royal, 2003). Uit dit onderzoek blijkt dat 37% van de ondervraagden zei wel eens weg te dommelen of in slaap te vallen achter het stuur. Mannen rapporteerden bijna tweemaal zoveel te knikkebollen dan vrouwen, 49% tegenover 26%. Van de 37% bestuurders die (bijna) ingedut waren, zei ongeveer 29% dat deze situatie zich het afgelopen jaar had voorgedaan.

Een studie uitgevoerd in New York State (McCartt et al., 1996) geeft aan dat 54,6% van de bestuurders zei het afgelopen jaar wel eens vermoeid te hebben gereden. Een kwart van de bestuurders (24,7%) zei op een bepaald moment in zijn leven wel eens in slaap te zijn gevallen achter het stuur. 32,9% zei ooit achter het stuur te zijn gebleven ook al was rusten aangewezen.

Corfitsen (1994, 1996 en 1999) ondervroeg 's nachts jonge bestuurders, nuchter of onder invloed van alcohol. Van de nuchtere bestuurders zei 44% vermoeid te zijn, 5% zeer vermoeid. Van de bestuurders onder invloed noemde 57% zich vermoeid, 18% zeer vermoeid. 11% van de nuchtere bestuurders was al ooit in slaap gevallen achter het stuur. 42% had al ooit microslaap ervaren achter het stuur.

Häkkinen en Summala (2001) tenslotte vonden dat 34% van de ondervraagden in hun studie gedurende de laatste drie maanden minstens 2 keer was ingedommeld achter het stuur.

De percentages van prevalentie, zowel wat betreft vermoeid rijden als in slaap vallen achter het stuur, liggen in de gevonden studies rond de 30%, maar lopen in sommige gevallen op tot rond de 50%.

7. AANTAL ONGEVALLEN VEROORZAAKT DOOR VERMOEIDHEID

Het is moeilijk om het aandeel slaapgerelateerde ongevallen te kennen omdat er geen eenvoudige manier is voor de politie om te bepalen of bewijzen dat vermoeidheid oorzaak is geweest van een ongeval (RoSPA, 2001; McCartt et al., 1996; Pack et al., 1995; Sagberg, 1999).

Een reden waardoor vertekening van politierapporten kan ontstaan is dat overlevenden van een ongeval niet willen toegeven dat vermoeidheid de oorzaak van het ongeval was, vanwege mogelijke gevolgen voor de verzekering (Corfitsen, 1994; Horne & Reyner, 2001). Een andere reden kan zijn dat de bestuurder zich niet meer kan herinneren in slaap te zijn gevallen (Horne & Reyner, 2001). Pack et al. (1995) geven aan dat de politie vermoedelijk het aantal ongevallen dat 's nachts gebeurt te vaak wijt aan vermoeidheid of in slaap vallen. Ongevallen die 's middags voorvallen worden vermoedelijk te weinig aan vermoeidheid of in slaap vallen toegeschreven. Sagberg (1999) geeft aan dat politierapporten waarschijnlijk ook te weinig niet-ernstige ongevallen aan vermoeidheid toeschrijven.

Omdat het voor de politie moeilijk is om vast te stellen of vermoeidheid of in slaap vallen de oorzaak van een ongeval is, wordt gedacht dat zowel ongevallen veroorzaakt door het in slaap vallen achter het stuur als vermoeidheid ondergerapporteerd zijn (Knippling & Wang, 1995 - geciteerd in Stutts et al., 2003; Wang et al., 1996 - geciteerd in Stutts et al., 2003; McCartt et al., 1996). Dit betekent dat cijfers gebaseerd op politierapporten lager liggen dan cijfers afkomstig van interviews of enquêtes (Horne & Reyner, 1995 - geciteerd in Verwey & Zaidel, 1999; RoSPA, 2001; Sagberg, 1999).

7.1 Cijfers gebaseerd op politierapporten

In North Carolina, Verenigde Staten, worden elk jaar door de politie ongeveer 200.000 ongevalrapporten ingevuld. Hiervan wordt 0,75% als "in slaap gevallen bestuurder" gedefinieerd en 0,4% als "vermoeide bestuurder". Samen representeren zij ongeveer 1% van de ongevallen (Stutts et al., 2003).

Häkkinen en Summala (2001) onderzochten in Finland 337 ongevallen met 2 voertuigen waarin een vrachtwagen betrokken was, op basis van rapporten van een multidisciplinair team. Zij vonden dat 5% van de vrachtwagenbestuurders die een ongeval veroorzaakten werd gerapporteerd als "in slaap gevallen", 7% van de vrachtwagenbestuurders die een ongeval veroorzaakten als "vermoeid". Van de bestuurders die geen oorzaak van het ongeval waren, was 2% volgens het beoordelend team vermoeid. Deze percentages liggen redelijk hoog, vergeleken met percentages die in andere landen op basis van politierapporten bekomen worden. Een reden hiervoor zou kunnen zijn dat de ongevallen in Finland niet door de politie alleen, maar door een multidisciplinair team beoordeeld worden.

Volgens Lam (2003) is het risico op een ongeval met gewonden meer dan 2 keer hoger bij vermoeidheid, vergeleken met situaties waarin bestuurders niet vermoeid zijn. Hij leidt dit af uit data van de politie van de staat New South Wales, Australië, over ongevallen bij bestuurders in de leeftijdsklassen 16-17j., 18-19j. en 20-24j.

Ook door Spaanse onderzoekers wordt vermoeidheid beschouwd als een factor die de kans om een ongeval te veroorzaken aanzienlijk verhoogt. Lardelli-Claret et al. (2003) deden onderzoek op basis van politierapporten en vonden dat 0,91% van de betrokkenen in een ongeval die in fout waren vermoeid was.

McGwin en Brown (1999) zochten in politierapporten over ongevallen in de staat Alabama, Verenigde Staten, voor het jaar 1996 o.a. de groep bestuurders die werd

omschreven als "impaired", waarvan "in slaap gevallen" en "vermoeid" categorieën zijn. 23,3% van de jonge bestuurders (16-34j.) uit deze groep werd beoordeeld als in slaap gevallen of vermoeid. Van de bestuurders van middelbare leeftijd (35-54j.) en van oudere bestuurders (+55j.) waren resp. 13,3% en 9,6% in slaap gevallen of vermoeid.

Volgens Pack et al. (1995) werd in de staat North Carolina, Verenigde Staten, van 1990 tot 1992 0,46% van de bestuurders in ongevallen door de politie als "slapend" geclassificeerd.

Horne en Reyner (2001) pasten hun eigen criteria voor slaapgerelateerde ongevallen toe op politierapporten, en kwamen tot de conclusie dat 15-20% van de ongevallen op wegen in stedelijk gebied ("urban roads") slaapgerelateerd was. Ze maakten ook de bedenking dat minder ernstige ongevallen, die ook slaapgerelateerd kunnen zijn, waarschijnlijk niet gerapporteerd worden aan de politie. Ook in deze studie is het hogere percentage waarschijnlijk het resultaat van het beoordelen van de ongevallen door de onderzoekers, in plaats van door de politie alleen.

7.2 Cijfers gebaseerd op enquêtes/interviews

Aan de hand van een vragenlijst werd in een Noorse studie onderzoek gedaan naar ongevallen veroorzaakt door vermoeidheid (Sagberg, 1999). Hieruit blijkt dat ongeveer 4% van de ongevallen werd veroorzaakt door vermoeidheid. Het aandeel ongevallen gerelateerd aan vermoeidheid varieerde per type ongeval. 8,3% van de ongevallen waarbij men van de weg reed, was bijv. vermoeidheidsgerelateerd. In de groep van ongevallen waarbij slechts 1 voertuig betrokken is, is de proportie slaapgerelateerde ongevallen waarschijnlijk ook hoger (Corfitsen, 1994).

Onderzoek in het Verenigd Koninkrijk (Maycock, 1997) geeft aan welke factoren het meest bijdragen aan betrokkenheid in een ongeval. In het onderzoek kwam de factor vermoeidheid op de vijfde plaats terecht. In ongeveer 7% van de ongevallen kon de factor vermoeidheid als oorzaak worden aangeduid. Voor autosnelwegen ("motorways") verhoogde dit percentage tot 15%. In de vroege ochtenduren was de proportie nog hoger.

In Australië zijn interviews afgenomen bij vrachtwagenbestuurders van zwaar wegtransport (Arnold et al., 1997). Ongeveer 12% van de bestuurders die de afgelopen 9 maanden een ongeval hadden gehad zei dat vermoeidheid een bijdrage had aan het ongeval.

In een studie uitgevoerd in New York State gaf 26% van de respondenten aan iemand te kennen die een ongeval had gehad dat te wijten was aan vermoeidheid of in slaap vallen achter het stuur (McCartt et al., 1996).

In de studie van Häkkänen en Summala (2001) zijn vragenlijsten afgenomen bij vrachtwagenbestuurders die lange afstanden rijden en is onderzoek gedaan naar de oorzakelijke factoren van ongevallen die zij hebben gehad. 9% van de bestuurders zei betrokken te zijn geweest in een ongeval omwille van het in slaap vallen achter het stuur.

7.3 Besluit

Voor ongevallen in het algemeen schommelt het percentage dat aan vermoeidheid wordt toegeschreven, afhankelijk van de wijze waarop het cijfer verkregen werd. Volgens politierapporten is niet meer dan 1% van het totaal aantal geregistreerde ongevallen te wijten aan vermoeidheid. Gebaseerd op de resultaten van interviews of enquêtes stijgt dit percentage tot 7%. Wanneer men zich toespitst op bepaalde types ongevallen, bepaalde types wegen, bepaalde tijdstippen of bepaalde groepen van bestuurders verhoogt het percentage nog, soms tot 15% of meer.

8. RISICOFACTOREN

Vooraleer in dit en volgend hoofdstuk in te gaan op de risicofactoren en -groepen voor vermoeidheidsgerelateerde ongevallen, verwijzen we nog eens naar het schema dat in hoofdstuk 2 gegeven werd. Hierin staan endogene en exogene oorzaken van vermoeidheid opgesomd. Uit deze oorzaken vloeien risicofactoren en -groepen voort.

8.1 Blootstelling aan het rijden

Vermoeid rijden en de kans dat men in slaap valt achter het stuur zijn positief gecorreleerd met een aantal variabelen die de blootstelling aan het rijden weergeven, namelijk :

- Jaarlijks aantal gereden kilometers (McCartt et al., 1996; Maycock, 1997);
- Dagelijks aantal gereden uren (McCartt et al., 1996);
- Aantal ritten die langer dan 3 uur duren (McCartt et al., 1996).

Stutts et al. (2003) geven echter aan dat het jaarlijks aantal gereden kilometers en het dagelijks aantal gereden uren wel het risico op een ongeval verhogen, maar niet noodzakelijk het risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen.

8.2 Veel werken

Indien men lange werkdagen heeft en veel uren maakt, verhoogt het risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen. Uit een studie van McCartt (1994 – geciteerd in Fell & Black, 1997) bleek dat personen die meer dan 40 uur per week werkten een hoger risico hadden om in vermoeidheidsgerelateerde ongevallen betrokken te raken. Stutts et al. (2003) geven aan dat er een verhoogd risico is bij personen die meer dan 60 uur per week werken.

Uit een enquête blijkt dat 15% van de bestuurders die betrokken waren in vermoeidheidsgerelateerde ongevallen, op dat moment meerdere jobs tegelijkertijd uitoefenden (Fell & Black, 1997). Ook in de studie van Stutts et al. (2003) kwam naar voren dat het uitvoeren van meerdere jobs het risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen verhoogde.

8.3 Onvoldoende slaap

Onvoldoende slaap verhoogt het risico op vermoeid rijden en vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Fell & Black, 1997; McCartt et al., 1996; Arnold et al., 1997; Royal, 2003). Uit de studie van Stutts et al. (2003) komt naar voren dat gemiddeld minder dan 6 uur slaap per nacht de kans op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen verhoogde. Wanneer bestuurders slecht en weinig slapen – op de momenten dat zij pauze hebben – dan is er een grotere kans dat zij in slaap vallen achter het stuur (McCartt et al., 2000). Onvoldoende slaap kan te wijten zijn aan slechte slaaphygiëne en/of aan een slaapstoornis (zie hoofdstuk 2). Andere factoren die tot onvoldoende slaap kunnen leiden zijn een feestje, werkgerelateerde factoren, sociale verplichtingen, kleine kinderen, lange afstanden rijden (Fell & Black, 1997).

8.4 Tijdstip

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 zorgt het circadiaans ritme voor enigszins verlaagde prestaties in de namiddag en uitgesproken verlaagde prestaties 's nachts en in de vroege ochtenduren. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er een verhoogd risico is op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen indien men 's nachts rijdt (Arnold et al., 1997; Sagberg, 1999).

Jonge mannelijke bestuurders hebben meer vermoeidheidsgerelateerde ongevallen in de vroege ochtenduren en oudere mannelijke bestuurders in de namiddag. Naarmate men ouder wordt heeft men meer last van het dipje in de namiddag (Monk, 1991 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001; Pack et al., 1995).

In de studie van Strohl et al. (1998) wordt gesuggereerd dat er meer vermoeidheidsgerelateerde ongevallen gebeuren op autosnelwegen omdat de meeste nachtelijke lange ritten gereden worden op autosnelwegen.

8.5 Monotone weg

Het verhoogde risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen op autosnelwegen kan echter ook op een andere manier verklaard worden. In hoofdstuk 2 wordt aangegeven dat een monotone wegomgeving leidt tot meer vermoeidheid. Op wegen met een hoge snelheidslimiet, waaronder autosnelwegen, is er een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen omdat dit type wegen meestal gepaard gaat met monotonie (Maycock, 1997; Mavjee & Horne, 1994 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001).

Bestuurders op wegen in stedelijk gebied ("urban ways") zijn minder vatbaar voor vermoeidheid omdat er meer activiteit is, waardoor ze meer alert zijn (Reissman, 1996 – geciteerd in RoSPA, 2001; Dalziel & Job, 1997; Horne & Reyner, 2001; Maycock, 1997).

8.6 Duur van de rit

In hoofdstuk 2 wordt aangegeven dat langdurigheid van de taak een oorzaak van vermoeidheid kan zijn. Dit betekent dat langdurig rijden kan leiden tot vermoeidheid en dus tot vermoeidheidsgerelateerde ongevallen. Dit wordt ook weergegeven in een aantal studies: Hamelin (1987 – geciteerd in Nilsson et al., 1997); Madsen (1982 – geciteerd in Nilsson et al., 1997); Lisper, Laurell en van Loon (1986 – geciteerd in Nilsson et al., 1997); McCartt et al., 2000.

Toch is vermoeidheid niet per definitie een probleem van langdurige ritten. Uit sommige studies blijkt dat het grootste risico voor vermoeidheidsgerelateerde ongevallen na een paar uur rijden ontstaat (Stutts et al., 2003; Summala & Mikkola, 1994 – geciteerd in Nilsson et al., 1997; Royal, 2003; Sagberg, 1999; Horne & Reyner, 1995 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001). Thiffault en Bergeron (2003b) vonden daarentegen dat er na 20-25 minuten rijden reeds vermoeidheid was waar te nemen. Fell en Black (1997) geven aan dat in Australië 42% van de vermoeidheidsgerelateerde ongevallen in de stad gebeuren. De meeste ritten die in vermoeidheidsgerelateerde ongevallen eindigen zouden geen lange ritten worden.

De reden waarom ook veel korte ritten kunnen leiden tot vermoeidheidsgerelateerde ongevallen is dat duur van de rit geen sterke voorspeller is van vermoeidheid. Het tijdstip van de dag is een veel sterkere voorspeller (Wylie et al., 1996) en ook de wegomgeving dient in ogenschouw genomen te worden (Thiffault & Bergeron, 2003b; Horne & Reyner, 2001). Volgens Brown (1994) is vermoeidheid veeleer een gevolg van langdurige en onregelmatige werkuren dan van de tijd doorgebracht achter het stuur. Daarbij verschillen personen ook in de snelheid waarmee zij vermoeidheid ontwikkelen. De één is snel moe, de ander niet (Nilsson et al., 1997).

9. RISICOGROEPEN

Er zijn verschillende groepen die meer risico lopen om in vermoeidheidsgerelateerde ongevallen betrokken te raken, bijvoorbeeld vrachtwagenbestuurders, personen die in ploegendienst moeten werken ("shift workers"), hoog opgeleide werknemers op de baan en jongeren, vooral dan jonge mannen. Ook personen die lijden aan een slaapstoornis hebben een verhoogd risico.

9.1 Vrachtwagenbestuurders

Vrachtwagenbestuurders hebben een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (McCartt et al., 2000; Arnold et al., 1997; McCartt et al., 1996; Carter et al., 2003, RoSPA, 2001; Horne & Reyner, 2001). Zij zijn veel op de baan en hebben een hoge blootstelling. Hoe ouder en meer ervaren de bestuurder is, hoe groter de kans dat hij/zij al eens in slaap is gevallen achter het stuur (McCartt et al., 2000).

Een andere reden waarom vrachtwagenbestuurders een verhoogd risico hebben is het 'lastige' werkschema (McCartt et al., 2000; Horne & Reyner, 2001). Zij werken op onregelmatige uren en dit verhoogt het risico op een ongeval (McCartt et al., 2000; Feyer et al., 1997; Stutts et al., 2003). In de praktijk blijkt dat vrachtwagenbestuurders lange werkdagen hebben. Soms rijden zij wel meer dan 14 uur per dag (Arnold et al., 1997; Horne & Reyner, 2001).

Ook onvoldoende en slechte slaap is een reden waarom vrachtwagenbestuurders tot een risicogroep behoren (McCartt et al., 2000). Hun strakke werkschema noodzaakt hen soms om zeer weinig te slapen. In de studie van Arnold et al. (1997) wordt aangegeven dat 12% van de vrachtwagenbestuurders minder dan 4 uur per dag slaapt. Mitler et al. (1997 – geciteerd in Macchi et al., 2002) geven aan dat 5 uur per dag de gemiddelde slaapduur is van vrachtwagenbestuurders.

In een Zweedse studie wordt gesuggereerd dat vrachtwagenbestuurders een grote kans hebben op een verstoorde slaap vanwege de beperkte slaapfaciliteiten (de slaapcabine van de vrachtwagen) en het feit dat er naast een drukke en lawaaierige weg geslapen wordt (Åkerstedt, Knutsson, Westerholm, Theorell & Alfredsson, 1998 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001).

Ook hebben vrachtwagenbestuurders een verhoogd risico op obstructieve slaapapneu (Stoohs, Guilleminault & Dement, 1993 en Stoohs, Guilleminault, Itoi & Dement, 1994 – geciteerd in McCartt et al., 2000). Uit een studie blijkt dat beroepsbestuurders in vergelijking met de mannelijke Zweedse bevolking viermaal meer aan slaapapneu lijden (17% t.o.v. 3.7%) (Carter et al., 2003).

9.2 Personen die werken in ploegendienst

Personen die in ploegendienst werken vormen een risicogroep (Fell & Black, 1997; Stutts et al., 2003; Strohl et al., 1998; McCartt et al., 1996; RoSPA, 2001). Dit is te wijten aan de niet-traditionele werkschema's die zij hebben waardoor een slaapttekort kan ontstaan (Fell & Black, 1997; Strohl et al., 1998).

Uit studies die Strohl et al. (1998), McCartt et al. (1996) en RoSPA (2001) geconsulteerd hebben, blijkt dat vooral personen die in roterende dienst werken aandachtsproblemen, een verlengde reactietijd en een verminderde prestatie hebben, en dus een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen. Voor personen die nachtdiensten draaien, geldt het principe dat de kwaliteit van hun slaap overdag niet voldoende is en de slaap bijgevolg ook minder 'herstellend' dan een nachtelijke slaap, waardoor de kans op

vermoeidheid tijdens hun werkuren groter is (Lavie, 1986 – geciteerd in McCartt et al., 2000; Arnold et al., 1997).

9.3 Hoog opgeleide werknemers op de baan

Vertegenwoordigers en marketingpersoneel hebben een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen. Zij rijden vaak nog tot laat in de nacht, na een lange werkdag of zijn 's morgens al heel vroeg op de baan om op tijd bij een klant te zijn (Partinen & Sulander, 1999 – geciteerd in Salminen & Lähdeniemi, 2002). Maycock (1997) ziet de risicogroep nog breder en geeft aan dat bestuurders van een bedrijfswagen in het algemeen een verhoogd risico hebben op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen.

Waarschijnlijk komt de groep van bestuurders met een bedrijfswagen overeen met hoog opgeleide hard werkende mensen. In de leeftijdsgroep 35-44 jaar is er namelijk ook een piek waar te nemen in het aantal vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Maycock, 1997). Ook blijkt dat een hoog opleidingsniveau gepaard gaat met een verhoogde mate van vermoeid rijden (McCartt et al., 1996; Sagberg, 1999). Vermoedelijk is iemand uit de leeftijdsgroep van 35-44 jarigen met zijn carrière bezig, werkt hij bijgevolg lange dagen, waardoor hij moe is en daardoor een verhoogd risico heeft op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen...

9.4 Jongeren, vooral jonge mannen

Jongeren (17-24 jarigen) hebben relatief veel vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Maycock, 1997; Strohl et al., 1998; Pack et al., 1995; RoSPA, 2001; McGwin & Brown, 1999; McCartt et al., 1996; Stutts et al., 2003).

Dit komt omdat zij in verhouding met andere leeftijdsgroepen vaker 's nachts rijden of in de vroege ochtenduren (Strohl et al., 1998; McFarland, 1962, Williams, 1985 en Zylman, 1973 – geciteerd in Corfitsen, 1994; Horne & Reyner, 2001), wanneer er een verhoogd risico is op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Arnold et al., 1997; Sagberg, 1999).

Een andere reden voor het verhoogd risico van jongeren is hun grotere behoefte aan slaap (Carskadon, 1990 en Knippling & Wang, 1994 – geciteerd in McCartt et al., 1996; Pack et al., 1995; Strohl et al., 1998). Oron-Gilad en Shinar (2000) suggereren bovendien dat jonge bestuurders meer beïnvloed worden door variabelen zoals verveling en ergernis.

Jonge mannelijke bestuurders lopen een groter risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen in vergelijking met jonge vrouwelijke bestuurders (Strohl et al., 1998; RoSPA, 2001; Sagberg, 1999; Stutts et al., 2003), omdat zij relatief meer rijden op wegen met een hoge snelheidslimiet (Sagberg, 1999).

9.5 Personen die slaapstoornissen hebben of slaapverwekkende medicatie nemen

Personen met een onbehandelde slaapstoornis hebben een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Strohl et al., 1998; Pack et al., 1995; Findley, Fabrizio, Thommi & Suratt, 1989, Findley, Unverzagt & Suratt, 1988, Aldrich, 1989, Stoohs, Guilleminault & Dement, 1993 en Young, Blustein, Finn & Palta, 1997 – geciteerd in McCartt et al., 2000; Stutts et al., 2003). Slaapapneu komt vaker voor bij mannen dan bij vrouwen. Patiënten zijn dikwijls mensen die lijden aan overgewicht, die van middelbare leeftijd zijn en snurken tijdens de slaap (Strohl et al., 1998).

Ook bestuurders die onder invloed van slaapverwekkende medicatie zijn, hebben een verhoogd risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Ray, Fought & Decker, 1992 en Ceutel, 1995 – geciteerd in Stutts et al., 2003).

10. MAATREGELEN OM VERMOEIDHEID IN HET VERKEER TEGEN TE GAAN

Om vermoeidheid achter het stuur te vermijden dient de bestuurder in de eerste plaats voldoende te slapen, liefst in een goede slaapomgeving en op regelmatige tijdstippen (Strohl et al., 1998). Onderzoek wijst uit dat een middagdutje doen, voordat men de aankomende nacht gaat rijden, helpt tegen vermoeidheid tijdens het rijden 's nachts (Macchi et al., 2002).

Om van overheidswege vermoeidheid tijdens het rijden tegen te gaan kan ingespeeld worden op de drie E's: education, engineering en enforcement. Betreffende beroepsbestuurders kunnen bijkomende maatregelen getroffen worden door bedrijven, in de zin van vermoeidheidsmanagement en het uitbouwen van een veiligheidscultuur.

10.1 Hulpmiddeltjes

Om vermoeidheid tijdens het rijden tegen te gaan kunnen door de bestuurder 'hulpmiddeltjes' gebruikt worden. In dit rapport wordt aangegeven wat onderzoek zegt over de werkzaamheid van deze middeltjes. Tevens wordt aangegeven hoe bestuurders zelf denken over de werkzaamheid van de middeltjes en in welke mate zij deze gebruiken.

10.1.1 Beweging

Naar zichzelf gerichte bewegingen en houdingsaanpassingen - zie hoofdstuk 2 - kunnen fysieke symptomen van vermoeidheid zijn, maar werken ook reacterend bij het uitvoeren van een monotone en lange taak (Rogé et al., 2001).

Uit de auto stappen en oefeningen doen als men vermoeid is, helpt een beetje maar nadat men weer achter het stuur zit, is het effect na enkele minuten weer verdwenen (Johns, 2000; Horne et al., 1995 - geciteerd in RoSPA, 2001; Horne, 1988 - geciteerd in Strohl et al., 1998).

10.1.2 Cafeïne

Het duurt ongeveer 30 minuten voordat het innemen van cafeïne effect heeft op vermoeidheid en er dient een minimum van 150 mg cafeïne te worden ingenomen. Deze hoeveelheid komt overeen met 2 tot 3 koppen koffie of 2 blikjes energiedrank (RoSPA, 2001). Johns (2000) geeft aan dat cafeïne leidt tot een tijdelijke verbetering van slechts een paar minuten. Horne & Reyner (1996 - geciteerd in Rospa, 2001; 1995 - geciteerd in Strohl et al., 1998) geven aan dat het innemen van cafeïne gedurende één uur lang effectief kan zijn tegen vermoeidheid.

10.1.3 Dutje

Indien men tijdens het rijden vermoeid is, kan het doen van een dutje uitkomst bieden. De duur van een optimaal dutje is 15 minuten. Een dutje dat meer dan 20 minuten duurt, kan het tegenovergestelde effect hebben. Een langdurig dutje leidt immers tot meer slaperigheid na het dutje, wat slaapinertie wordt genoemd - zie hoofdstuk 2 - (Johns, 2000; Reyner & Horne, 1997 - geciteerd in RoSPA, 2001; Strohl et al., 1998). De combinatie van een dutje van 15 minuten en het innemen van 150 mg cafeïne is zeer effectief en leidt - gedurende de eerste twee uur - tot minder vermoeidheidsgerelateerde ongevallen (Reyner & Horne, 1997 - geciteerd in RoSPA, 2001).

10.1.4 *Bijkomende taken uitvoeren*

Bij een lage taakbelasting tijdens het rijden is er een verhoogde kans op vermoeidheid door monotonie. De bestuurder kan er baat bij hebben om bijkomende taken uit te voeren. Een extra taak voorkomt dat er te weinig inspanning wordt geleverd en zorgt ervoor dat het aandachtsniveau behouden blijft (Desmond & Matthews, 1997). Verwey en Zaidel (1999) hebben onderzoek gedaan naar het gebruik van een gamebox tijdens een lange monotone rit. Deze box bevatte 12 activiteiten, die varieerden in type, complexiteit en mate van uitdaging. De activiteiten konden door de bestuurder geselecteerd en opgestart worden uit vrije wil. Er vond een mondelinge interactie plaats tussen de bestuurder en de gamebox. Uit dit onderzoek bleek dat de gamebox ervoor zorgde dat de bestuurders zich minder vermoeid voelden en dat de rijprestatie op monotone wegen minder achteruit ging. De onderzoekers geven wel het uitdrukkelijk advies om zulk een gamebox uitsluitend te gebruiken in situaties waarin de aandacht verslapt door te weinig stimulatie. Mentale overbelasting door zulk een systeem moet vermeden worden.

Onderzoek bij taxibestuurders wijst eveneens uit dat vanwege het uitvoeren van secundaire taken, zoals praten met de klant, radio-oproepen beantwoorden enz. zij minder vermoeidheidsgerelateerde ongevallen hebben in verhouding met de lange uren gedurende welke zij rijden (Dalziel & Job, 1997).

In de praktijk blijkt dat bestuurders reeds uit zichzelf op zoek gaan naar bijkomende taken die vermoeidheid kunnen tegengaan. Bijvoorbeeld het praten met een passagier, zingen, luisteren naar de radio enz. (Verwey & Zaidel, 1999).

Toch blijkt uit ander onderzoek dat het luisteren naar de radio geen of slechts een tijdelijk effect heeft (enkele minuten) op het verminderen van de vermoeidheid (Horne & Reyner, 1998 – geciteerd in RoSPA, 2001; Horne & Reyner, 1995 – geciteerd in Strohl et al., 1998).

10.1.5 *Air conditioning/open raampje*

Er is geen effect van air conditioning of het openen van een raampje op vermoeidheid (Horne & Reyner, 1998 – geciteerd in RoSPA, 2001; Horne & Reyner, 1995 – geciteerd in Strohl et al., 1998).

10.1.6 *Evaluatie van de hulpmiddeltjes door bestuurders*

In onderstaande tabel staat, per onderzoek, het percentage bestuurders dat denkt dat een bepaalde strategie werkzaam is* en het percentage bestuurders dat een bepaalde strategie gebruikt** om tegen vermoeidheid te vechten tijdens het rijden.

STRATEGIEËN TEGEN VERMOEIDHEID	ONDERZOEKEN				
	Oron-Gilad & Shinar, 2000 *	Maycock, 1997*	Arnold et al., 1997**	Royal, 2003**	McCartt et al., 1996**
Cafeïne	62	14	68,5	17 [□]	
Water/Frisdrank	56/42			17 [□]	32,5 [□]
Sigaret	38		43,7		
Kauwgum	31				
Stimulerende middelen	22		16,3		
Frisse lucht		68		26	51,1 [□]
Uitstappen en oefeningen doen		57		9	
Luisteren naar radio		30		14	51,1 [□]
Praten met passagier of tegen zichzelf		25		3	
Dutje				43	
Eten			31,2	3	32,5 [□]
Stoppen met rijden			81,7	15	72,3

□ Noot: Onderzoeken waarbij percentages dubbel zijn vermeld hebben desbetreffende strategieën als geheel samen genomen. In Royal staat bijvoorbeeld aangegeven dat 17% van de bestuurders koffie of frisdrank drinkt om vermoeidheid tegen te gaan.

10.2 Education

10.2.1 Over hulpmiddeltjes

Uit bovenstaande gegevens blijkt dat bestuurders niet altijd goed op de hoogte zijn van de effectiviteit van hulpmiddeltjes. Bijvoorbeeld 57% van de bestuurders in het onderzoek van Maycock (1997) gaf aan uit te stappen en oefeningen te doen tegen vermoeidheid, terwijl dit maar een zeer tijdelijk effect heeft. Daarom is het aangewezen om bestuurders te informeren over de ineffectiviteit van een aantal maatregelen (RoSPA, 2001) en over wetenschappelijk bewezen effectieve maatregelen tegen vermoeidheid (Tijerina et al., 1999), bijvoorbeeld de relatieve effectiviteit van cafeïne met een dutje (RoSPA, 2001). Wat echter ook zeer duidelijk dient te zijn, is dat deze maatregelen geen slaapvervangers zijn. Bestuurders dienen deze hulpmiddeltjes niet te gebruiken om hun reis onbeperkt verder te kunnen zetten, maar wel om tijd te winnen om een veilige stopplaats te zoeken om te rusten (RoSPA, 2001; Reyner & Horne, 2000 – geciteerd in Horne & Reyner, 2001). Slapen is het enige echte middel tegen vermoeidheid (Wylie et al., 1996).

10.2.2 *Over gevaren en gevolgen*

In de education dient benadrukt te worden wat de gevaren zijn van vermoeid rijden en de gevolgen van in slaap vallen achter het stuur (RoSPA, 2001; Nelson, 1997; Pack et al., 1995; Tijerina et al., 1999). Tevens dienen bestuurders tekenen van vermoeidheid bij zichzelf te herkennen (RoSPA, 2001; Wylie et al., 1996; Tijerina et al., 1999). Het herkennen van deze tekenen is echter geen garantie dat de bestuurder er ook adequaat op reageert (Sagberg, 1999).

10.2.3 *Over risicofactoren*

Tot slot dienen bestuurders op de hoogte gesteld te worden van de factoren die leiden tot een verhoogd risico op vermoeidheid, bijvoorbeeld monotone wegen (Nelson, 1997), het tijdstip waarop men rijdt, onvoldoende slaap, al gedurende een langere tijd wakker zijn (Pack et al., 1995). Ook dient te worden aangegeven dat er een verhoogd risico is op vermoeidheid indien men ziek is, alcohol heeft gedronken of medicijnen heeft ingenomen (RoSPA, 2001).

Aan de hand van deze risicofactoren kan het belang van een goed geplande rit of reis worden benadrukt (RoSPA, 2001; Wylie et al., 1996). Men dient uitgerust aan een lange reis te beginnen (RoSPA, 2001; Nelson, 1997), waarbij een goede slaaphygiëne onontbeerlijk is (Tijerina et al., 1999).

Valkuil

Bij het geven van education over vermoeidheid dient men zich er van bewust te zijn dat veel bestuurders reeds op de hoogte zijn van het probleem van vermoeidheid tijdens het rijden. Zij zien alleen hun eigen vatbaarheid niet. Het is een probleem voor anderen maar niet voor zichzelf (Arnold et al., 1997).

Men dient voorzichtig te zijn met het geven van advies over het aantal uur dat men kan rijden vooraleer een pauze te nemen. De duur van de rit is namelijk geen sterke voorspeller van vermoeidheid. Deze hangt nauw samen met het tijdstip waarop men rijdt en de wegomgeving (Wylie et al., 1996; Thiffault & Bergeron, 2003b; Horne & Reyner, 2001). Daarbij zijn er individuele verschillen in de snelheid waarmee vermoeidheid optreedt (Nilsson et al., 1997).

10.3 Engineering

10.3.1 *Ribbelstroken*

Ribbelstroken aan de buitenkant van de weg zijn een effectieve maatregel om het aantal vermoeidheidsgerelateerde ongevallen te verminderen (Sagberg, 1999; McCartt et al., 2000; Chen, Darko & Richardson, 2003; Ogden, 2002). Een waarschuwend geluid alsook vibratie treedt op indien men over de strook rijdt (RoSPA, 2001). Hierdoor worden bestuurders gealarmeerd die van hun rijbaan afwijken en op die manier bijna van de weg af raken (Sagberg, 1999; Thiffault & Bergeron, 2003b).

De effectiviteit van de ribbelstrook is afhankelijk van de breedte van de strook, want die bepaalt de duur van het geluid wanneer men over de strook rijdt. Het is belangrijk de optimale breedte te vinden en deze is gerelateerd aan de geometrie van de weg. Ook het profiel van de ribbelstrook, dat de sterkte bepaalt van het geluids- of gevoelssignaal dat de strook veroorzaakt, is belangrijk. Bovendien moet er een berm beschikbaar zijn die voldoende breed is zodat bestuurders hun gedrag nog kunnen corrigeren nadat ze wakker werden gemaakt door de ribbelstrook (Sagberg, 1999). Uit een Amerikaanse studie blijkt dat het aantal ongevallen, veroorzaakt doordat de wagen van de weg af raakte, verminderde met 60 tot 70% (Hickey, 1997 – geciteerd in RoSPA, 2001). Uit de

studie van Gårder en Alexander (1995 – geciteerd in Pack et al., 1995) blijkt dat ribbelstroken leidden tot 30-50% minder ongevallen waarbij de wagen van de weg af raakte. De ribbelstroken zijn een goedkope oplossing (Gårder & Alexander, 1995 – geciteerd in Pack et al., 1995 en in Strohl et al., 1998; Chen et al., 2003).

Op sommige plaatsen worden ribbelstroken ook toegepast op de middenlijn. De effecten van ribbelstroken op de middenlijn zijn volgens Sagberg (1999) nog niet geëvalueerd.

Valkuil

De ribbelstroken zijn enkel effectief in het voorkomen van ongevallen te wijten aan het afwijken van de rijbaan. In andere vermoeidheidsgerelateerde ongevallen, waarbij verminderde aandacht, verlengde reactietijden of een beperkter gezichtsveld - zie hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 - oorzaken van het ongeval zijn, is de effectiviteit van de ribbelstroken niet vastgesteld (Strohle et al., 1998; Thiffault & Bergeron, 2003b) .

10.3.2 Detectie- en waarschuwingssystemen

Detectie- en waarschuwingssystemen meten karakteristieken van de bestuurder of zijn gedrag, en waarschuwen de bestuurder wanneer deze karakteristieken duiden op vermoeidheid of in slaap vallen. In sommige gevallen kunnen de systemen het voertuig in een noodgeval tot stilstand brengen.

Detectie- en waarschuwingssystemen kunnen verschillende karakteristieken meten, bijv. de feitelijke rijprestatie - vermindering van de stuurprestatie, laterale positie van het voertuig - of de mate waarin men met de ogen knippert (Verwey & Zaidel, 2000; Häkkinen & Summala, 2001; Boverie, 2002). De meest betrouwbare methode is waarschijnlijk het meten van de hersenactiviteit door middel van een EEG, maar deze methode is moeilijk te gebruiken in de dagelijkse praktijk (Verwey & Zaidel, 1999; van Schagen, 2003). Detectie- en waarschuwingssystemen dienen zoveel mogelijk verschillende metingen uit te voeren, zodat de kans op vals alarm kleiner wordt (Tijerina et al., 1999).

Naast de hierboven beschreven systemen is het mogelijk om door middel van een black box analyse te doen nadat een ongeval heeft plaatsgevonden. Op videoband wordt het gezicht van de bestuurder opgenomen. Als er een ongeval gebeurt, kan door middel van de verkregen beelden nagegaan worden of er sprake was van vermoeidheid. Dit is nuttig om inzicht te krijgen in het aantal ongevallen dat wordt veroorzaakt door vermoeidheid. Een tweede voordeel van zulk systeem is dat de black box metingen verricht in een natuurlijke setting, die gebruikt kunnen worden als ijkingspunten bij de ontwikkeling van andere detectiemiddelen (Wierwille & Ellsworth, 1994).

Detectie- en waarschuwingssystemen zijn vooral nuttig voor het wakker maken van bestuurders die in slaap zijn gevallen (Thiffault & Bergeron, 2003b). De ontwikkeling van betrouwbare systemen die weinig of geen valse alarmen geven zijn niet op korte termijn te verwachten (Sagberg, 1999; Häkkinen & Summala, 2001; Boverie, 2002).

Valkuil

Het gevaar bestaat dat bestuurders op deze detectie- en waarschuwingssystemen gaan vertrouwen. Zij blijven rijden ook al zijn zij vermoeid en gaan er vanuit dat het systeem hen wel wakker maakt, mochten zij in slaap vallen (RoSPA, 2001; Tijerina et al., 1999; Häkkinen & Summala, 2001). Als bestuurders onder invloed van zulke systemen langer achter het stuur blijven dan ze zouden gedaan hebben zonder het detectiesysteem, kan deze gedragsaanpassing alle winst aan veiligheid door deze systemen teniet doen (Sagberg, 1999).

Tevens moet onderzocht worden wat het draagvlak is voor dergelijke systemen. Uit een onderzoek van Häkkinen en Summala (2001) blijkt dat ongeveer de helft van de

ondervraagde vrachtwagenbestuurders een negatieve kijk had op detectie- en waarschuwingssystemen. Ze gaven aan dat ze een dergelijk systeem niet nodig hadden en dat ze het zo wel aankonden. De onderzoekers besluiten dat er een sterk subjectief gevoel heerst dat men goed kan omgaan met vermoeidheid.

10.3.3 *Verandering wegomgeving*

De visuele stimulatie door de wegomgeving heeft een invloed op de vermoeidheid van een bestuurder. Het onderbreken van monotonie beperkt de opbouw van vermoeidheid wanneer men rijdt op een monotone weg (Thiffault & Bergeron, 2003b). Op welke wijze de wegomgeving kan veranderd worden, valt buiten deze literatuurstudie.

10.3.4 *Faciliteiten voor het doen van een dutje*

Wil men een dutje doen langs de kant van de weg dan dienen ook de faciliteiten hiervoor te worden aangeboden. Voldoende parkeerterreinen langs de autosnelweg zijn nodig (McCartt et al., 1996; Tijerina et al., 1999). In het kader van het Europese Safestar-programma (2002) wordt o.m. aanbevolen om parkeerterreinen naast autosnelwegen te voorzien om de 20 km. Men dient bovendien rekening te houden met sociale onveiligheid op deze parkings.

10.4 **Enforcement**

Voor het uitvoeren van handhavingacties is het noodzakelijk dat de politie vermoeidheid bij bestuurders objectief kan meten. In de praktijk is dit niet haalbaar. De testen die werden vermeld in paragraaf 2 van hoofdstuk 5 zijn niet van die aard dat ze op eenvoudige en snelle wijze door de politie kunnen afgenomen worden. Bovendien verandert het plaatsvinden van een controle de vermoeidheidstoestand van bestuurders. Dit betekent dat het uitvoeren van handhavingacties als maatregel tegen vermoeid rijden niet haalbaar is. Het ontwikkelen van een acceptabele fysiologische meetmethode, analoog aan de methodes van alcoholcontroles, is wenselijk maar nog ver weg (Nelson, 1997; Haworth et al., 1998).

Bij beroepsbestuurders kunnen wel controles worden uitgevoerd aan de hand van de analoge tachograaf. Dit is een apparaat dat de rij- en rusttijden bijhoudt, de snelheid en de gereden kilometers (Koninklijk besluit van 13 juli 1984 houdende uitvoering van de verordening EEG nr. 3821/85 van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 20 december 1985 betreffende het controleapparaat in het wegvervoer. KB's en Europese verordeningen en richtlijnen zijn te raadplegen op (<http://www.wegcode.be/wegvervoer/index-weg.htm>).

10.5 **Vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur voor beroepsbestuurders**

Uit paragraaf 1 van hoofdstuk 9 blijkt dat vrachtwagenbestuurders veelal te kampen hebben met een tekort aan slaap. Wil een bedrijf vermoeidheid bij zijn bestuurders tegengaan dan dient er een degelijk vermoeidheidsmanagement gevoerd te worden (Wylie et al., 1996) en dient er een veiligheidscultuur ("safety culture") in het bedrijf te heersen (Arboleda, Morrow, Crum & Shelley, 2003).

Vermoeidheidsmanagement betekent een goede planning van de rij- en rusttijden (Wylie et al., 1996). Het tijdstip van de dag is bijvoorbeeld zeer bepalend voor de mate dat men vermoeid is. Er dient dan ook goed omgegaan te worden met nachtritten (Wylie et al., 1996). Ook dient bij de planning nagedacht te worden hoeveel bestuurders men voor een lange rit inzet en hoe hun slaaptijden geregeld worden. Uit een studie van Feyer et al. (1997) blijkt bijvoorbeeld dat twee beroepsbestuurders die elkaar aflossen tijdens een

lange rit en die beiden ergens kunnen overnachten de meest succesvolle strategie is om vermoeidheid tijdens het rijden tegen te gaan.

Een goede veiligheidscultuur in een bedrijf is nodig omdat er een sterke relatie bestaat tussen een sterke veiligheidscultuur en de ongevallenfrequentie en ernst van de ongevallen (Arboleda et al., 2003). Wil men vermoeidheidsgerelateerde ongevallen veroorzaakt door beroepsbestuurders terugdringen, dan is het belangrijk dat er in het bedrijf een veiligheidscultuur is. Meer informatie over hoe een veiligheidscultuur tot stand gebracht kan worden is terug te vinden in het artikel van Arboleda et al.

Valkuil

Het goed plannen van de rij- en rusttijden van beroepsbestuurders wil niet zeggen dat men zonder meer vrachtwagenbestuurders kan aanbevelen meer overdag te gaan rijden. Dit zou namelijk een verhoging van de congestie overdag betekenen, met waarschijnlijk een verhoging van het aantal ongevallen. Bijkomend is er overdag een verhoogd risico op ongevallen met personenwagens, en een personenwagen is met zijn inzittenden kwetsbaar t.o.v. de vrachtwagen (Wylie et al., 1996).

Uit een studie (Arnold et al., 1997) blijkt dat bestuurders en hun managers soms een heel andere perceptie hebben van de oorzaken van vermoeidheid en van de strategieën die gebruikt zouden moeten worden om ermee om te gaan. Men dient hier rekening mee te houden bij het uitbouwen van een veiligheidscultuur of het voeren van vermoeidheidsbeleid.

Bij het voeren van een vermoeidheidsbeleid is het niet aangewezen om te straffen wanneer iemand vermoeid is. Personen die vermoeid rijden, zijn doorgaans personen die ondanks hun vermoeidheid hun taak of job toch goed willen uitvoeren (Nelson, 1997).

10.6 Combinatie van maatregelen

Een combinatie van maatregelen is nodig om het probleem van vermoeid rijden aan te pakken. Wylie et al. (1996) geven aan dat er een combinatie moet zijn van education, enforcement, screening van de bestuurder, planning van de diensttijden, engineering en bijkomend onderzoek.

De ARRB Transport Research Ltd. heeft een systeem ontwikkeld, het 'ARRB Pro-active fatigue management system', waarbij inderdaad een combinatie van vermoeidheidsonderzoek, education en engineering wordt gebruikt (Mabbott, 2003). Eerst wordt informatie gegeven aan vrachtwagenbestuurders over vermoeidheid en daarna nemen de bestuurders materiaal mee naar huis waarmee een slaaponderzoek kan worden uitgevoerd. De resultaten van dit slaaponderzoek worden gebruikt om een persoonlijk vermoeidheidsprofiel te schetsen. Daarnaast wordt informatie verzameld via een detectiesysteem, geplaatst in de vrachtwagen. Van elke bestuurder worden de resultaten van het slaaponderzoek en het detectiesysteem samengebracht en geanalyseerd. Op basis hiervan worden individuele maatregelen genomen tegen vermoeidheid.

11. STAND VAN ZAKEN IN BELGIË EN VLAANDEREN

11.1 Kennis over vermoeidheid (onderzoek)

The Belgian Association for the Study of Sleep (BASS) is een wetenschappelijke non-profit organisatie die onderzoek verricht naar slaapgedrag (Alaerts, 1999). In samenwerking met het Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid (BIVV) en het slaapcentrum van het Universitair Ziekenhuis Antwerpen (UZA) is er in 1999 een studiedag georganiseerd over slaperigheid, veiligheid en rijden, en is de folder 'Slapen en rijden, hou ze gescheiden' opgesteld.

In mei 2002 heeft de Vrije Universiteit Brussel (VUB) in samenwerking met de VAB en autofabrikant Ford een experiment gedaan rond vermoeidheid achter het stuur. Negen proefpersonen legden een traject van 800km af. Tijdens de rit werden hun hersenactiviteit, oogbewegingen en hartslag gemeten. Ook het stuurgedrag werd gevolgd. Via de stuurkolom van de auto werden de bewegingen en stuurcorrecties tijdens de rit geregistreerd. Tevens werden er testen afgenomen in een rijnsimulator.

Er zijn in België nog meer instellingen die zich met onderzoek rond slaap bezighouden, maar onbekend is in welke mate zij een vertaalslag maken naar verkeersveiligheid. Een voorbeeld is het Centrum voor Stornissen van Slapen en Waken (CSSW), gevestigd te Gent.

In België is er tot op heden nog geen onderzoek gedaan naar de mate waarin vermoeidheid in het verkeer voorkomt. In het buitenland is hier wel onderzoek naar gedaan. De resultaten, zoals beschreven in hoofdstuk 6, zijn verkregen door middel van het afnemen van vragenlijsten of interviews. Tevens is aan de hand van vragenlijsten, interviews of politierapporten kennis verzameld over het aantal ongevallen dat veroorzaakt wordt door vermoeidheid. Dit hebben we besproken in hoofdstuk 7.

Op basis van NIS-gegevens en de percentages die in het buitenland gevonden zijn is het mogelijk voor Vlaanderen een schatting te maken van het aantal ongevallen dat veroorzaakt werd door vermoeidheid. Uit de NIS-gegevens van het jaar 2000 blijkt dat er 29.938 letselongevallen hebben plaatsgevonden met gemotoriseerd verkeer, exclusief motorfietsen. Volgens politierapporten uit het buitenland is niet meer dan 1% van de ongevallen te wijten aan vermoeidheid. Bij ondervraging van betrokkenen komt men tot een percentage van 7%. Volgt men het percentage van de politierapporten dan betekent dit dat 299 ongevallen in Vlaanderen, in het jaar 2000, te wijten waren aan vermoeidheid. Volgt men het percentage van de ondervragingen dan hebben in het jaar 2000 in Vlaanderen 2095 vermoeidheidsgerelateerde ongevallen plaatsgevonden.

11.2 Bestaande maatregelen

11.2.1 Education

Het BIVV geeft een folder uit met aanwijzingen die kunnen helpen om signalen van slaperigheid te herkennen, tips om slaperig rijden te voorkomen en een overzicht van symptomen die een indicatie kunnen zijn van een slaapstoornis. Er worden geen campagnes gevoerd rond vermoeidheid.

11.2.2 Engineering

Maatregelen die terug te vinden zijn in België, zijn het gebruik van ribbelstroken langs de kant van de weg. Deze ribbelstroken komen vooral langs de autosnelwegen voor. Ook zijn er parkeerterreinen langs de autosnelwegen. Meer gedetailleerde informatie is

vermoedelijk terug te vinden bij de Administratie Wegen en Verkeer (AWV) van de Vlaamse overheid.

Op het gebied van technologische maatregelen wordt er momenteel, in het kader van het Europese AWAKE-project (onderdeel van the 5th Framework Programme), onderzoek gedaan naar technieken om vermoeidheidsgerelateerde ongevallen te voorkomen (Staten-Generaal, 2002). Meer informatie is terug te vinden op de website www.awake-eu.org.

11.2.3 *Enforcement*

In de Europese wetgeving staat dat beroepsvervoerders van goederen of personen na 4½ uur rijden een pauze van 45 minuten dienen te nemen. Dagelijks mag er niet meer dan 9 uur gereden worden. Wekelijks mag er niet meer dan 48 uur gewerkt worden. De uitzonderingen op deze regels, samen met hun voorwaarden, worden hier niet verder uitgeschreven (Verordening EG Nr. 3820/85).

Er dienen op minstens 1% van de dagen waarop gewerkt wordt door de bestuurders controles te worden uitgevoerd. Hiervan wordt minstens 15% uitgevoerd aan de kant van de weg. Men richt zich hierbij op dagelijkse rijtijden, dagelijkse rustperiodes en pauzes van de afgelopen acht dagen. Minstens 25% van de controles vindt plaats op het terrein van de transportbedrijven. Hier richt men zich op wekelijkse en tweewekelijkse rijtijden, rustperiodes, compensatie voor verminderde dagelijkse of wekelijkse rustperiodes (Richtlijn 88/599/EG).

De Europese Commissie heeft besloten dat vanaf 5 augustus 2004 alle nieuwe bussen en vrachtwagens een digitale tachograaf moeten hebben. Deze digitale tachograaf registreert de rij- en rusttijden van de bestuurder, diens werkzaamheden, de snelheid van het voertuig en de gereden afstand. Het voordeel van de digitale tachograaf ten opzichte van de analoge tachograaf is dat er efficiënter en sneller gecontroleerd kan worden. De digitale tachograaf kan meer gegevens opslaan en over een langere periode. Daarnaast is het digitale systeem minder fraudegevoelig (Verordening EG Nr. 3821/85).

Het is niet bekend of er gegevens beschikbaar zijn over controles uitgevoerd in Vlaanderen.

Wetgeving en handhaving rond vermoeidheid, toegespitst op privé-bestuurders, zijn - voorzover geweten - niet bestaande.

11.2.4 *Vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur*

Bij bedrijven wordt niet op een systematische manier vermoeidheidsmanagement of het creëren van een veiligheidscultuur gestimuleerd. Initiatieven op dit vlak worden af en toe wel extra in de verf gezet. Op 23 september 2003 werd door de Vlaamse Stichting Verkeerskunde (VSV) en de Kamer van Koophandel de prijs 'Mobiele onderneming 1993-2003' aan het warenhuis Colruyt uitgereikt. Colruyt zet zich, in het kader van het Green Line Programma, in voor meer veiligheid en hoffelijkheid in het verkeer (Transport-Charter). De directie en dienstchefs van Colruyt zorgen voor een kader waarin de bestuurders hun engagement om zich veilig en hoffelijk in het verkeer te begeven kunnen waarmaken. Eén van de engagementen van de bestuurders is dat zij uitgerust aan hun rit beginnen. Zij kunnen een rit weigeren indien ze daarvoor onvoldoende rusttijd hebben kunnen nemen.

11.3 Voorgestelde maatregelen door de overheid

Om een duidelijker beeld te krijgen van de rol die vermoeidheid speelt in het verkeer in Vlaanderen, werd in de Staten-Generaal voorgesteld om personen te ondervragen over hun gedrag inzake vermoeidheid achter het stuur.

Tevens werd aanbevolen om informatiecampagnes te voeren voor verschillende doelgroepen, namelijk voor het grote publiek, voor jongeren, voor arbeiders die in ploegendienst werken en voor beroepsbestuurders (Staten-Generaal, 2002).

12. AANBEVELINGEN

12.1 Voor de overheid

12.1.1 Registratie vermoeidheidsgerelateerde ongevallen

Omdat via het ongevallenregistratieformulier geen betrouwbare gegevens naar boven komen over het aantal vermoeidheidsgerelateerde ongevallen, is het aan te bevelen om hier aan de hand van enquêtes achter te komen, naar analogie met het buitenland. Deze aanbeveling is reeds vermeld in de Staten-Generaal. Bij dergelijke enquêtes kan men aan een bestuurder die een ongeval veroorzaakte vragen hoeveel uren hij die dag heeft geslapen, wat het tijdstip van het ongeval was, of hij zelf voelde dat hij vermoeid was en of hij wel vaker vermoeid achter het stuur heeft gezeten. Omdat een groot deel van de vermoeidheidsgerelateerde ongevallen een dodelijke afloop kennen, kan er echter een vertekend beeld ontstaan. Bovendien gelden hier ook de beperkingen die met zelfbeoordeling samenhangen, zoals vermeld in paragraaf 1 van hoofdstuk 5.

Education

Aan werkgerelateerde risicogroepen

Vanuit de overheid is het moeilijk om werkgerelateerde risicogroepen te benaderen, maar de overheid kan wel stimuleren dat bepaalde bedrijven, bijvoorbeeld transportbedrijven, bedrijven/instellingen die met ploegendienst werken of bedrijven die veel werknemers hebben die zich regelmatig op de baan begeven, hun personeel informatie geven over vermoeidheid.

Aan jongeren

Via een instelling zoals het BIVV kan informatie aan jongeren worden gegeven over de hulpmiddeltjes die effectief kunnen zijn tegen vermoeidheid, over de risicofactoren en over de gevaren en gevolgen van vermoeidheid. Het is heel belangrijk dat ook de eigen vatbaarheid voor vermoeidheid wordt benadrukt.

Jongeren hebben relatief veel vermoeidheidsgerelateerde ongevallen omdat zij in verhouding vaak 's nachts rijden, wanneer er een verhoogd risico is. Vermoedelijk is hun uitgaansleven verantwoordelijk voor de nachtelijke verplaatsingen. In dit geval kan de overheid trachten alternatief vervoer voor de jongeren te voorzien.

Aan personen met een slaapstoornis

Personen met een slaapstoornis dienen hun slaapstoornis te laten behandelen zodat hun risico op vermoeidheidsgerelateerde ongevallen daalt. Via een instelling zoals het BIVV kan worden getracht deze mensen te bereiken en hen te overtuigen van het belang van een behandeling. Tevens dient te worden aangegeven waar zij meer informatie over een dergelijke behandeling kunnen vinden.

12.1.2 Engineering

Ribbelstroken

Zoveel mogelijk ribbelstroken dienen aangelegd te worden langs wegen waar een hoge snelheidslimiet geldt.

Detectie- en waarschuwingssystemen

Het is van belang om detectie- en waarschuwingssystemen verder te ontwikkelen, zoals ook reeds gebeurt via het AWAKE-programma. Voordat men in de toekomst kan overgaan op implementatie dient men eerst een aantal problemen aan te pakken. Enerzijds dient men te weten hoe men wil omgaan met bestuurders die teveel vertrouwen op een dergelijk systeem en blijven doorrijden ook al zijn zij vermoeid. Anderzijds dient draagvlak te worden ontwikkeld voor dergelijke systemen. De eigen vatbaarheid voor vermoeidheid dient benadrukt te worden.

Verandering wegomgeving

Er dient afwisseling gebracht te worden in de wegomgeving en voornamelijk op wegen waar een hoge snelheidslimiet geldt. Meer onderzoek is nodig naar hoe men dit kan verwezenlijken.

Parkeerterreinen

Er dienen voldoende parkeerterreinen langs de autosnelwegen te zijn zodat de vermoeide bestuurder de gelegenheid krijgt om te stoppen en te rusten of slapen. Deze parkeerterreinen dienen goed onderhouden en veilig te zijn.

12.1.3 Enforcement

Privé bestuurders

Omdat de politie vermoeidheid niet objectief kan meten is het weinig zinvol om handhavingacties uit te voeren.

Beroepsbestuurders

Uiteraard is het bij beroepsbestuurders ook niet mogelijk om vermoeidheid vast te stellen, maar hier kan men wel aan de hand van de tachograaf de rij- en rusttijden van een aantal dagen controleren. De rij- en rusttijden zijn vastgelegd door de Europese Commissie. Het is niet bekend in welke mate op dit moment controles worden uitgevoerd. Verder onderzoek dient uit te wijzen of het wenselijk is om het aantal controles op te voeren.

12.1.4 Stimulatie vermoeidheidsmanagement en veiligheidscultuur

Door beloning

Meer initiatieven dienen ontwikkeld te worden, waarbij bedrijven beloond worden die een inspanning leveren om verkeersongevallen - inclusief de verkeersongevallen te wijten aan vermoeidheid - te beperken.

Reguleren van transportsector

Bedrijven kunnen enkel de werkschema's voor hun personeel aanpassen indien dit niet ten koste gaat van het 'welzijn' van het bedrijf. Indien de concurrentie sneller of vaker levert, indien de concurrentie meer klanten op één dag kan bezoeken dan wordt het bedrijf dat zich inspant om vermoeidheid bij zijn bestuurders tegen te gaan financieel afgestraft. Daarom dient de overheid tegemoet te komen aan bedrijven die een inspanning willen leveren voor een veilig en minder door vermoeidheid beïnvloed verkeer.

Ook bij niet-transportbedrijven

Niet enkel transportbedrijven dienen gestimuleerd te worden in het uitvoeren van vermoeidheidsmanagement, maar ook bedrijven die werknemers in dienst hebben die veel de baan op moeten, zoals vertegenwoordigers, marketingpersoneel en bedrijven of instellingen die met ploegendienst werken.

12.1.5 *Combinatie van maatregelen*

Er dient verder uitgewerkt te worden hoe een systeem kan worden opgezet waarbij een combinatie wordt gebruikt van bijvoorbeeld vermoeidheidsonderzoek, education en engineering.

12.2 Voor bedrijven

12.2.1 *Vermoeidheidsmanagement*

Voor transportbedrijven

Transportbedrijven dienen goede werkschema's voor hun personeel te maken, conform de Europese regelgeving. Er dienen voldoende rij-, rust- en slaaptijden te worden ingebouwd en, indien mogelijk en wenselijk, dient er rekening gehouden te worden met de tijdstippen waarop bestuurders dienen te rijden. Ook dient het bedrijf te bepalen of het, in verband met vermoeidheid, wenselijk is om twee bestuurders op pad te sturen die elkaar kunnen aflossen.

Omdat het slapen in de slaapcabine van de vrachtwagen langs een drukke weg de slaap verstoort, is het wenselijk om de bestuurders tijdens hun reis een goede slaapfaciliteit aan te bieden.

Niet iedereen is geschikt om beroepsbestuurder te worden. Daarom is het belangrijk het juiste personeel in dienst te nemen. Er blijken namelijk grote individuele verschillen te bestaan in de gevoeligheid aan vermoeidheid achter het stuur. Introverte personen lijken minder vatbaar voor vermoeidheid. Ook personen die minder behoefte hebben om sensatie op te zoeken zijn beter tegen vermoeidheid bestand (zie hoofdstuk 2). Daarom lijkt het verstandig om personen die men aanwerft als beroepsbestuurders te selecteren op introvertheid en vermindering van sensatie. Tevens dient bij wervingsselectie aandacht te worden besteed aan de aanwezigheid van slaapstoornissen bij de kandidaten.

Voor instellingen of bedrijven die met ploegendienst werken

Instellingen of bedrijven die met ploegendienst werken, dienen een goede planning te maken zodat – bij roterende diensten - bijvoorbeeld vermeden wordt dat men na een late dienst een vroege dienst heeft. Werknemers kunnen misschien de gelegenheid krijgen om korte dutjes te doen, tijdens pauzes of vlak voor ze naar huis vertrekken. De werkgevers kunnen ook gemeenschappelijk vervoer organiseren.

Voor bedrijven met personeel dat beroepshalve veel op de baan is

Deze bedrijven dienen werkschema's voor hun personeel te maken waarbij men ervoor zorgt dat de werknemers voldoende uitgerust kunnen zijn. Er dient een goede balans te zijn tussen de tijd die men in de wagen doorbrengt, de tijd gedurende welke men werkt (bijv. een afspraak met een klant) en de rusttijd.

12.2.2 *Veiligheidscultuur*

Indien een bedrijf het probleem van vermoeid rijden wil tegengaan, is het wenselijk ook een veiligheidscultuur in het bedrijf te hebben. De initiatieven die het bedrijf neemt om

vermoeidheid tegen te gaan zullen dan waarschijnlijk beter begrepen en geaccepteerd worden. Vermoedelijk is het ook efficiënter om vanuit een bestaande veiligheidscultuur bepaalde onderwerpen, zoals vermoeidheid, aan te snijden.

12.2.3 Education aan personeel

Het bedrijf dient zijn personeel informatie te geven over welke hulpmiddeltjes effectief en niet effectief zijn tegen vermoeidheid. Tevens dient benadrukt te worden wat de gevaren en gevolgen van vermoeidheid kunnen zijn. De eigen vatbaarheid voor vermoeidheid dient benadrukt te worden en wat de risicofactoren zijn. Er blijven echter altijd risicofactoren meespelen die de werknemers niet zelf kunnen beïnvloeden. Personen die bijvoorbeeld in ploegdienst werken, kunnen niets veranderen aan het tijdstip waarop zij naar huis rijden. Benadrukken dat zij 's nachts rijden dienen te vermijden is zinloos. Ze kunnen wel op de gevaren gewezen worden. Andere maatregelen (zie de paragraaf over vermoeidheidsmanagement voor bedrijven en instellingen die met ploegdienst werken) zijn bovendien aangewezen.

13. LITERATUURLIJST

- Alaerts, S. (1999). Slapen en rijden, hou ze gescheiden: vermoeidheid aan het stuur is groeiend probleem. *Via Secura*, 48, 20-21.
- Arboleda, A., Morrow, P. C., Crum, M. R., & Shelley, M. C. II (2003). Management practices as antecedents of safety culture within the trucking industry: similarities and differences by hierarchical level. *Journal of Safety Research*, 34 (2), 189-197.
- Arnedt, J. T., Wilde, G. J. S., Munt, P. W., & MacLean, A.W. (2001). How do prolonged wakefulness and alcohol compare in the decrements they produce on a simulated driving task? *Accident Analysis and Prevention*, 33 (3), 337-344.
- Arnold, P. K., & Hartley, L. R. (2001). Policies and practices of transport companies that promote or hinder the management of driver fatigue. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4 (1), 1-17.
- Arnold, P. K., Hartley, L. R., Corry, A., Hochstadt, D., Penna, F., & Feyer, A.-M. (1997). Hours of work, and perceptions of fatigue among truck drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 471-477.
- Baas, P. H., Charlton, S. G., & Bastin, G. T. (2000). Survey of New Zealand truck driver fatigue and fitness for duty. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3 (4), 185-193.
- Bainbridge, L. (1997). The change in concepts needed to account for human behavior in complex dynamic tasks. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 27 (3), 351-359.
- Bernstein, D. A., Clarke-Stewart, A., Roy, E. J., Srull, T. K., & Wickens, C. D. (1994). *Psychology*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Boverie, S. (2002). A new class of intelligent sensors for the inner space monitoring of the vehicle of the future. *Control Engineering Practice*, 10 (11), 1169-1178.
- Brown, I. D. (1994). Driver fatigue. *Human Factors*, 36 (2), 298-314.
- Cahoon, R. L. (1970). Vigilance performance under hypoxia. *Journal of Applied Psychology*, 54 (6), 479-483.
- Carter, N., Ulfberg, J., Nyström, B., & Edling, C. (2003). Sleep debt, sleepiness and accidents among males in the general population and male professional drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (4), 613-617.
- Chen, C., Darko, E., & Richardson, T. N. (2003). Optimal continuous shoulder rumble strips and the effects on highway safety and the economy. *ITE Journal*, 73 (5), 30-41.
- Connor, J., Whitlock, G., Norton, R., & Jackson, R. (2001). The role of driver sleepiness in car crashes: a systematic review of epidemiological studies. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (1), 31-41.
- Corfitsen, M. T. (1994). Tiredness and visual reaction time among young male nighttime drivers: a roadside survey. *Accident Analysis and Prevention*, 26 (5), 617-624.
- Corfitsen, M. T. (1996). Enhanced tiredness among young impaired male nighttime drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 28 (2), 155-162.
- Corfitsen, M. T. (1999). 'Fatigue' among young male nighttime car drivers: is there a risk-taking group? *Safety Science*, 33 (1-2), 47-57.

- Dalziel, J. R., & Job, R. F. S. (1997). Motor vehicle accidents, fatigue and optimism bias in taxi drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 489-494.
- Desmond, P. A., & Matthews, G. (1997). Implications of task-induced fatigue effects for in-vehicle countermeasures to driver fatigue. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 515-523.
- De Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. PhD thesis, University of Groningen: Traffic Research Centre, The Netherlands. Available: <http://home.zonnet.nl/waard2>.
- Fell, D. L., & Black, B. (1997). Driver fatigue in the city. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 463-469.
- Feyer, A.-M., Williamson, A., & Friswell, R. (1997). Balancing work and rest to combat driver fatigue: an investigation of two-up driving in Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 541-553.
- Folkard, S. (1975). Diurnal variation in logical reasoning. *British Journal of Psychology*, 66 (1), 1-8.
- Häkkinen, H., & Summala, H. (2001). Fatal traffic accidents among trailer truck drivers and accident causes as viewed by other truck drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (2), 187-196.
- Hancock, P. A., & Verwey, W. B. (1997). Fatigue, workload and adaptive driver systems. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 495-506.
- Haraldsson, P. O., Carenfeldt, C., & Tingvall, C. (1992). Sleep apnea syndrome symptoms and automobile driving in a general population. *Journal of Clinical Epidemiology*, 45 (8), 821-825.
- Haworth, N. L., Triggs, T. J., & Grey, E. M. (1988). *Driver fatigue: concepts, measurement and crash countermeasures* (Rep. No. 72). Australia: Federal Office of Road Safety. Available: <http://www.general.monash.edu.au/muarc/pubfors.htm>.
- Horne, J. A., & Baumber, C. J. (1991). Time-of-day effects of alcohol intake on simulated driving performance in women. *Ergonomics*, 34 (11), 1377-1383.
- Horne, J., & Reyner, L. (2001). Sleep-related vehicle accidents: some guides for road safety policies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4 (1), 63-74.
- Johns, M. W. (2000). A sleep physiologist's view of the drowsy driver. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3 (4), 241-249.
- Kircher, A., Uddman, M., & Sandin, J. (2002). *Vehicle control and drowsiness* (Rep. No. 922A). Swedish National Road and Transport Research Institute. Available: <http://www.vti.se/info/rapporter>.
- Lal, S. K. L., & Craig, A. (2000). Physiological indicators of driver fatigue. *Proceedings of the Road Safety, Research, Policing and Education Conference*. Brisbane, Australia. Available: http://www.transport.qld.gov.au/qt/driver.nsf/index/conference_fatigue.
- Lal, S. K. L., & Craig, A. (2001). Driver fatigue: psychological and electroencephalography assessment. *Proceedings of the Road Safety, Research, Policing and Education Conference*. Melbourne, Australia. Available: http://www.monash.edu.au/oce/roadsafety/program_glance.htm.

- Lam, L. T. (2003). Factors associated with young drivers' car crash injury: comparisons among learner, provisional, and full licensees. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (6), 913-920.
- Lamond, N., & Dawson, D. (1999). Quantifying the performance impairment associated with fatigue. *Journal of Sleep Research*, 8 (4), 255-262.
- Lardelli-Claret, P., De Dios Luna-del-Castillo, J., Jiménez-Moleón, J. J., Rueda-Domínguez, T., García-Martín, M., Femia-Marzo, P., & Bueno-Cavanillas, A. (2003). Association of main driver-dependent risk factors with the risk of causing a vehicle collision in Spain, 1990-1999. *Annals of Epidemiology*, 13 (7), 509-517.
- Li, Z., Jiao, K., Chen, M., & Wang, C. (2003). Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Accident Analysis and Prevention*, Article in press.
- Lumley, M. A., Roehrs, T., Asker, D., Zorick, F., et al. (1987). Ethanol and caffeine effects on daytime sleepiness/alertness. *Sleep*, 10 (4), 306-312.
- Mabbott, N. (2003). ARRB Pro-active fatigue management system. *Road and Transport Research*, 12 (1), 56-62.
- Mabbott, N. A., & Hartley, L. R. (1999). Patterns of stimulant drug use on Western Australian heavy transport routes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2 (2), 115-130.
- Macchi, M. M., Boulos, Z., Ranney, T., Simmons, L., & Campbell, S. S. (2002). Effects of an afternoon nap on nighttime alertness and performance in long-haul drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 34 (6), 825-834.
- Maycock, G. (1997). Sleepiness and driving: the experience of U.K. car drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 453-462.
- McCartt, A. T., Ribner, S. A., Pack, A. I., & Hammer, M. C. (1996). The scope and nature of the drowsy driving problem in New York State. *Accident Analysis and Prevention*, 28 (4), 511-517.
- McCartt, A. T., Rohrbaugh, J. W., Hammer, M. C., & Fuller, S. Z. (2000). Factors associated with falling asleep at the wheel among long-distance truck drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 32 (4), 493-504.
- McGwin, G. Jr, & Brown, D. B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 31 (3), 181-198.
- Nelson, T. F., Isaac, N. E., & Graham, J. D. (2001). *Development and testing of countermeasures for fatigue related highway crashes: focus group discussions with young males, shift workers, and shift work supervisors*. United States: National Highway Traffic Safety Administration. Available: <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury>.
- Nelson, T. M. (1997). Fatigue, mindset and ecology in the hazard dominant environment. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 409-415.
- Nilsson, T., Nelson, T. M., & Carlson, D. (1997). Development of fatigue symptoms during simulated driving. *Accident Analysis and Prevention*, 29 (4), 479-488.
- Numata, N., Kitajima, H., Goi, Y., & Yamamoto, K. (1998). Analysis of drivers' behavior before and after crashes in simulated expressway driving to predict sleepiness levels for doze alarm activation. *JSAE Review*, 19 (3), 269-275.
- Ogden, K. W. (Ed.) (2002). *Safer roads: a guide to road safety engineering*. Burlington: Ashgate Publishing Company.

- Oron-Gilad, T., & Shinar, D. (2000). Driver fatigue among military truck drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3 (4), 195-209.
- Pack, A. I., Pack, A. M., Rodgman, E., Cucchiara, A., Dinges, D. F., & Schwab, C. W. (1995). Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep. *Accident Analysis and Prevention*, 27 (6), 769-775.
- Ranney, T. A., Simmons, L. A., & Masalonis, A. J. (1999). Prolonged exposure to glare and driving time: effects on performance in a driving simulator. *Accident Analysis and Prevention*, 31 (6), 601-610.
- Ray, W. A., Fought, R. L., & Decker, M. D. (1992). Psychoactive drugs and the risk of injurious motor vehicle crashes in elderly drivers. *American Journal of Epidemiology*, 136 (7), 873-883.
- Roehrs, T., Beare, D., Zorick, F., & Roth, T. (1994). Sleepiness and ethanol effects on simulated driving. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 18 (1), 154-158.
- Rogé, J., Pébayle, T., El Hannachi, S., & Muzet A. (2003). Effect of sleep deprivation and driving duration on the useful visual field in younger and older subjects during simulator driving. *Vision Research*, 43 (13), 1465-1472.
- Rogé, J., Pébayle, T., Kiehn, L., & Muzet, A. (2002). Alteration of the useful visual field as a function of state of vigilance in simulated car driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5 (3), 189-200.
- Rogé, J., Pébayle, T., & Muzet, A. (2001). Variations of the level of vigilance and of behavioural activities during simulated automobile driving. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (2), 181-186.
- Rotter, J. B. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological Monographs: General and Applied*, 80 (1), 1-28.
- Royal, D. (2003). *National survey of distracted and drowsy driving attitudes and behaviors: volume I – findings report*. (Rep. No.: 809 566). United States: National Highway Traffic Safety Administration. Available : <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury>.
- Russo, M., Thomas, M., Thorne, D., Sing, H., Redmond, D., Rowland, L., Johnson, D., Hall, S., Krichmar, J., & Balkin, T. (2003). Oculomotor impairment during chronic partial sleep deprivation. *Clinical Neurophysiology*, 114 (4), 723-736.
- Safestar (2002). *Safety Standards for Road Design and Redesign* (Final Report). Available: http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/road.
- Sagberg, F. (1999). Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accident Analysis and Prevention*, 31 (6), 639-649.
- Salminen, S., & Lähdeniemi, E. (2002). Risk factors in work-related traffic. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5 (1), 77-86.
- Sanders, M. G., Halcomb, C. G., Fray, J. M., & Owens, J. M. (1976). Internal-external locus of control and performance on a vigilance task. *Perceptual and Motor Skills*, 42 (3), 939-943.
- Sawin, D. A., & Scerbo, M. W. (1995). Effects of instruction type and boredom proneness in vigilance: implications for boredom and workload. *Human Factors*, 37 (4), 752-765.
- Staten-Generaal van de Verkeersveiligheid (2002). *Dossier 3: Vermoeidheid achter het stuur*. Available: <http://www.wegcode.be/aktueel/archief/akt18.htm>.

- Strohl, K. P., Merritt, S. L., Blatt, J., Pack, A. I., Council, F., Rogus, S., Georges, K., Roth, T., Kiley, J., Stutts, J., Kurrus, R., Waller, P., McCartt, A. T., & Willis, D. (1998). *Drowsy driving and automobile crashes*. United States: National Highway Traffic Safety Administration. Available: <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury>.
- Stutts, J. S., Wilkins, J. W., Osberg, J. S., Vaughn, B. V. (2003). Driver risk factors for sleep-related crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (3), 321-331.
- Tanida, K. (2000). Reducing the effects of driving fatigue with the adoption of a lane following assistance system. *JSAE Review*, 21 (2), 258-260.
- Tassi, P., & Muzet, A. (2000). Sleep inertia. *Sleep Medicine Reviews*, 4 (4), 341-353.
- The Royal Society for the Prevention of Accidents (2001). *Driver fatigue and road accidents: a literature review and position paper*. United Kingdom. Available: <http://www.rospa.co.uk/cms>.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003a). Fatigue and individual differences in monotonous simulated driving. *Personality and Individual Differences*, 34 (1), 159-176.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003b). Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 35 (3), 381-391.
- Tijerina, L., Gleckler, M., Stoltzfus, D., Johnston, S., Goodman, M. J., & Wierwille, W. W. (1999). *A preliminary assessment of algorithms for drowsy and inattentive driver detection on the road* (Rep. No. DOT HS 808). United States: National Highway Traffic Safety Administration. Available: <http://www.ntis.gov>.
- Van der Hulst, M., Meijman, T., & Rothengatter, T. (2001). Maintaining task set under fatigue: a study of time-on-task effects in simulated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4 (2), 103-118.
- Van Schagen, I. N. L. G. (2003). *Vermoeidheid achter het stuur: een inventarisatie van oorzaken, gevolgen en maatregelen*. (Rep. No. R-2003-16). Leidschendam, The Netherlands: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. Available: <http://www.swov.nl/nl/publicaties/index.htm>.
- Verwey, W. B., & Zaidel, D. M. (1999). Preventing drowsiness accidents by an alertness maintenance device. *Accident Analysis and Prevention*, 31 (3), 199-211.
- Verwey, W. B., & Zaidel, D. M. (2000). Predicting drowsiness accidents from personal attributes, eye blinks and ongoing driving behaviour. *Personality and Individual Differences*, 28 (1), 123-142.
- Vlaamse Automobielbond (2003). *Slaperigheid aan het stuur*. Available: <http://www.vab.be/NL/dossiers>.
- Wierwille, W. W., & Ellsworth, L. A. (1994). Evaluation of driver drowsiness by trained raters. *Accident Analysis and Prevention*, 26 (5), 571-581.
- Williamson, A. M., Feyer, A.-M., Mattick, R. P., Friswell, R. & Finlay-Brown, S. (2001). Developing measures of fatigue using an alcohol comparison to validate the effects of fatigue on performance. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (3), 313-326.
- Wylie, C. D., Shultz, T., Miller, J. C., & Mitler, M. M. (1996). *Commercial motor vehicle/driver fatigue and alertness study: executive summary*. United States: Federal Motor Carrier Safety Administration. Available: <http://www.fmcsa.dot.gov/safetyprogs/research/cmvfatiguestudy.htm>.

Zwyghuizen-Doorenbos, A., Roehrs, T., Lamphere, J., Zorick, F., et al. (1988). Increased daytime sleepiness enhances ethanol's sedative effects. *Neuropsychopharmacology*, 1 (4), 279-286.