

Dominantni čimbenici umora mobilnih radnika u logističkim procesima

Matun, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:695000>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

KRISTINA MATUN

**DOMINANTNI ČIMBENICI UMORA MOBILNIH RADNIKA U
LOGISTIČKIM PROCESIMA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

DIPLOMSKI RAD

DOMINANTNI ČIMBENICI UMORA MOBILNIH RADNIKA U LOGISTIČKIM PROCESIMA

DOMINANT FACTORS OF MOBILE WORKERS' FATIGUE IN LOGISTICS PROCESSES

Mentor: izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor

Student: Kristina Matun
JMBAG: 0135229233

Zagreb, rujan 2023.

SAŽETAK

Tijekom dugotrajnog upravljanja teretnim motornim vozilom kod mobilnih radnika pojavljuje se umor, pospanost, fluktuacija pažnje i budnosti koji povećavaju frekvenciju krivih reakcija, te potencijalno uzrokuju teške posljedice za sigurnost svih sudionika u logističkim procesima u segmentu transportne logistike. U radu su predočeni i detaljno opisani dominantni čimbenici umora, gdje čovjek koji u osnovnoj podjeli čimbenika prometnog sustava, vozač-prometno sredstvo-prometni okoliš, čini najslabiju kariku i kao takav je podložan utjecaju raznih negativnih čimbenika koji mogu negativno utjecati na uspješnost izvedbe kod mobilnih radnika. Zadaci mobilnih radnika zahtijevaju kontinuiranu pozornost stoga moraju biti planirani tako da, osim radnih perioda, uključuju i periode odmora radi smanjenja rizika od nesreća, koji se inače povećava u funkciji povećavanja umora. U tom segmentu, važnost ispravnog organiziranja smjena i rasporeda vožnji od ključne je važnosti, kako za mobilne radnike, tako i za sve sudionike u prometu. Osim pomoću organizacije smjenskoga rada, predlaže se reduciranje pojave i/ili posljedica umora u logističkim procesima pomoću naprednih sustava za prevenciju i /ili detekciju umora ugrađenih u teretna vozila, odnosno višom razinom automatizacije voznoga parka, te pomoću više istovremenih zahvata u prometnom i radnom okolišu mobilnih radnika. Među navedenim, istražilo se kako se primjenom IRAP metodologije bitno može olakšati selekcija lokacija prometnih nesreća za koje umor može biti potencijalni uzrok, a sve u svrhu sprječavanja nastanaka prometnih nesreća, ali i smanjenja udjela čimbenika iz grupe „ljudskog faktora“.

KLJUČNE RIJEČI: umor mobilnih radnika; izvedba; napredni sustavi; smjenski rad; prometne nesreće

SUMMARY

During the long-term control of the truck with the mobile workers, fatigue, drowsiness, attention and alertness fluctuations occur that increase the frequency of errors, and potentially cause severe consequences for the safety of all participants in logistics processes in the transport logistics segment. The paper presents and describes in detail the dominant factors of fatigue, where a man who in the basic division of factors of the transport system, a driver-traffic agent-traffic environment, makes the weakest link and as such is subject to the influence of various negative factors that can negatively affect performance in mobile workers. The tasks of mobile workers that require continuous attention must be planned so that, except for working periods, they include rest periods to reduce the risk of accidents, which otherwise increases in the function of increasing fatigue. In this segment, the importance of properly organizing shifts and driving schedules is crucial, both for mobile workers and for all road users. In addition to the organization of shift work, it is proposed to reduce the occurrence and / or consequences of fatigue in logistics processes using advanced prevention systems and /or the detection of fatigue installed in trucks, ie. higher level of fleet automation, and by means of more simultaneous interventions in the transport and work environment of mobile workers. Among these, it has been explored how, by applying the IRAP methodology, the selection of locations of traffic accident for which fatigue can be a potential cause can be significantly facilitated, and all for the purpose of preventing traffic accidents, but also to reduce the proportion of factors in the group „human factor“.

KEY WORDS: fatigue of mobile workers; performance; advanced systems; shift work; traffic accidents

Dominantni čimbenici umora mobilnih radnika u logističkim procesima

Matun, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica:

Rights / Prava:

Download date / Datum preuzimanja: **2023-**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Zagreb, 21. ožujka 2023.

Zavod: **Samostalne katedre**
Predmet: **Ergonomija u prometu**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7094

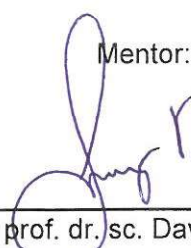
Pristupnik: **Kristina Matun (0135229233)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Dominantni čimbenici umora mobilnih radnika u logističkim procesima**

Opis zadatka:

Tijekom dugotrajnog upravljanja teretnim motornim vozilom kod mobilnih radnika pojavljuje se umor koji može imati teške posljedice za sigurnost svih sudionika u logističkim procesima u segmentu transportne logistike, a zbog degradacije izvedbe mobilnih radnika. Kada je u pitanju obavljanje prijevozničke djelatnosti i rad mobilnih radnika, među važnijim čimbenicima je organizacija njihovog radnog vremena, u smislu organizacije smjena i obveznih odmora, te način na koji se navedeno evidentira. Tema diplomskog rada uklapa se u suvremeni trend reduciranja pojave i/ili posljedica umora u logističkim procesima pomoću naprednih sustava za prevenciju i /ili detekciju umora (što je u domeni proizvođača teretnih vozila), te pomoću organizacije smjenskog rada, kao i pomoću zahvata u prometnom i radnom okolišu mobilnih radnika, a sve u sustavu vozač prometno sredstvo prometni okoliš.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. UMOR MOBILNIH RADNIKA U LOGISTIČKIM PROCESIMA.....	3
2.1. Vrste umora	3
2.1.1. Psihički umor	4
2.1.2. Kognitivni umor	5
2.1.3. Emocionalni umor	5
2.1.4. Industrijski umor	5
2.1.5. Kumulativni umor	6
2.1.6. Cirkadijalni umor	6
2.2. Dominantni čimbenici umora	7
2.2.1. Spavanje i deficit sna	8
2.2.2. Trajanje radnog dana	8
2.2.3. Prometno okruženje (monotonija)	9
2.2.4. Individualni čimbenici	9
2.3. Posljedice umora na izvedbu.....	10
2.4. Prometne nesreće teretnih vozila povezivih s umorom	11
2.4.1. Pokazatelji umora u prometnim nesrećama	12
2.4.2. Prisutnost umora tijekom vožnje s utjecajem na mogućnost nastanka prometne nesreće	12
2.4.3. Umor kao uzročnik nastanka prometne nesreće	13
2.5. Načini mjerenja umora.....	14
2.5.1. Kvaliteta i kvantiteta radnog učinka.....	15
2.5.2. Subjektivne procjene	15
2.5.3. Elektroencefalografija.....	16
2.5.4. Frekvencija fuzije vidnih podražaja	17
2.5.5. Psihomotorički testovi	17
2.5.6. Mentalni testovi	17
2.6. Napredni sustavi za prevenciju umora mobilnih radnika	18
2.6.1. Tehnološki pristup praćenju ili predviđanju umora mobilnih radnika	18
2.6.2. Sustavi za detekciju i prevenciju pospanosti mobilnih radnika	19
2.6.3. Automatizacija teretnih vozila kao pomoć u logističkim procesima.....	24
3. UPRAVLJANJE UMOROM MOBILNIH RADNIKA KROZ ORGANIZACIJU SMJENSKOG RADA.....	27
3.1. Radno vrijeme i obvezni odmori mobilnih radnika	27
3.2. Evidencija radnog vremena i obveznih odmora mobilnih radnika.....	30

3.3. Posljedice smjenskog i noćnog rada na mobilne radnike	31
3.4. Smjernice za organizaciju smjenskog rada i rada noću.....	34
4. ANALIZA ČIMBENIKA PROMETNE NESREĆE PN 1470320 POVEZIVE S UMOROM MOBILNIH RADNIKA TERETNOG AUTOMOBILA.....	38
4.1. IRAP metodologija za procjenu statističkog rizika cestovne infrastrukture	40
4.2. Elementi PN 1470320 koju je vjerojatno prouzročio umor	41
4.3. Procjena sigurnosti lokacije PN 1470320 koju je vjerojatno prouzročio umor.....	44
4.4. Predložene mjere za unaprjeđenje sigurnosti.....	49
5. DISKUSIJA	55
6. ZAKLJUČAK.....	60
LITERATURA.....	62
POPIS SLIKA	67
POPIS TABLICA	69
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA	70
POPIS KRATICA	71

1. UVOD

Upravljanje lancem opskrbe uključuje mrežu proizvodnje, distribucije, potrošnje i raspodjele logističkih operacija, pri čemu je jedan od njegovih glavnih ciljeva povećanje organizacijske učinkovitosti uz njezino strukturno poboljšanje. Prijevoz igra temeljnu ulogu unutar logističkih procesa. Odgovoran je za oko trećinu logističkih troškova, te ima izravan utjecaj na izvedbu operacija. Prijevoz je obavezan u svim proizvodnim procesima, od proizvodnje do isporuke krajnjem potrošaču, pa tako i povratu roba. Slijedom navedenog, mobilni radnik kao glavni akter u obavljanju prijevoza nerijetko je izložen različitim negativnim čimbenicima koji direktno utječu na razinu njegove izvedbe.

Tijekom dugotrajnog upravljanja teretnim motornim vozilom kod mobilnih radnika pojavljuje se umor koji može imati teške posljedice za sigurnost svih sudionika u logističkim procesima u segmentu transportne logistike, a zbog degradacije izvedbe mobilnih radnika. Sukladno tome, osobito je velika pažnja poklonjena proučavanjima umora u prometu, jer je logično očekivati da je umor vrlo značajan čimbenik koji doprinosi krivim reakcijama i prometnim nesrećama (PN) u prometu. Umor je kao dominantan čimbenik ili jedan od više čimbenika uključen u 10-25 % prometnih nesreća, prema više autora.

Čimbenici prometnih nesreća se mogu podijeliti u tri osnovne skupine prema uobičajenoj metodologiji:

- Ljudski faktor;
- Prometni okoliš;
- Prometno sredstvo.

U stručnoj i znanstvenoj literaturi, a i općenito se smatra da je dominantni uzrok nastanka prometnih nesreća skupina čimbenika „ljudskog faktora“, bilo pojedinačno, bilo skupno s ostalim čimbenicima, tj. sudjeluje s 95 %. Trend je vrlo blagi pad tog udjela zbog rasta postotnog udjela vozila s višim razinama automatizacije.

Prometne nesreće koje se najlakše povezuju s umorom su one koje se najčešće dešavaju noću, rano ujutro ili u poslijepodnevnim satima, što također potkrjepljuje činjenica da u vremenskom periodu od ponoći do pet sati ujutro samosvijest vozača o svojim trenutnim psihomotoričkim sposobnostima upravljanja vozilom znatno je otežana zbog usporavanja tjelesnih funkcija tijela, gubitka koncentracije, te kao posljedica tome pojavljuje se povećan broj krivih reakcija (prijevremena reakcija, propust, omaška, pogreška).

Izdvajanjem prometnih nesreća prouzročenih umorom vozača upućuje na otežano utvrđivanje umora kao uzroka prometnih nesreća jer ne postoji specijalni uređaj za brzo i jednostavno mjerenje umora. Neki od kriterija pomoću kojih se može identificirati i/ili analizirati prometne nesreće povezuje su umorom su dužina izvedbe zadatka vozača, monotoni okoliš, ravne prometnice, dobri vremenski uvjeti i dobra vidljivost, razina alkohola u krvi ispod zakonski

dozvoljene granice, vozač je sam u vozilu, vidljivo je mjesto izlijetanja s prometnice, vozilo nije imalo nikakav mehanički kvar, prometnica je za veće brzine (autoput), itd.

Kada je u pitanju obavljanje prijevozničke djelatnosti i rad mobilnih radnika, među važnijim čimbenicima je organizacija njihovog radnog vremena, u smislu organizacije smjena i obveznih odmora, te način na koji se navedeno evidentira.

Svrha istraživanja usmjerena je k analizi izvedbe mobilnih radnika u logističkim procesima u segmentu transportne logistike, na koje se zbog posebnosti njihovog posla primjenjuju posebne zakonske odredbe koje propisuje njihovo radno vrijeme, obvezne odmore i način na koji se o tome vodi odgovarajuća evidencija.

Cilj istraživanja je detektirati dominantne čimbenike umora i njihov utjecaj na sigurnost u logističkim procesima u segmentu transportne logistike, odnosno mogući nastanak prometnih nesreća u okolnostima neuspješne izvedbe mobilnih radnika. Također, cilj istraživanja je provjeriti u kojoj mjeri hrvatska zakonska regulativa slijedi i uvažava najnovije znanstvene i stručne trendove u prevenciji umora i njegovih posljedica na izvedbu mobilnih radnika. Istražit će se sve bitne zakonske odredbe koje reguliraju organizaciju smjenskog rada mobilnih radnika, noćni rad, obvezne stanke u vožnji, te minimalni dani odmora koji se moraju poštovati.

Slijedom navedenog, u ovom radu istraživat će se sljedeća hipoteza: utjecaj umora na izvedbu mobilnih radnika u transportnoj logistici može se bitno smanjiti s više istovremenih intervencija u sustavu čovjek/vozač, prometno sredstvo, prometni okoliš, pravilnom organizacijom rada radnika putem adekvatno raspoređenih smjena, te naprednim sustavima za detekciju i/ili prevenciju umora mobilnih radnika.

Rezultati ovih istraživanja dobiveni komparacijom i kompilacijom spoznaja iz znanstvene i stručne literature omogućit će kvalitetniju analizu u načinu evidencije i organizacije smjenskog rada mobilnih radnika s naglaskom na čimbenike umora. Doprinijet će se unaprijeđenju kroz organizaciju službe i/ili sustava za kvalitetnije praćenje i obradu podataka povezanih sa dominantnim čimbenicima umora, što će omogućiti bolju izvedbu mobilnih radnika teretnih motornih vozila. Mogućnost digitalizacije i umrežavanja sljedivih vozila u realnom vremenu, uz primjenu naprednih sustava koji mogu učiti u realnom vremenu na temelju prikupljenih podataka, znatno će povećati sigurnost u prometu, na način da će unaprijediti izvedbu mobilnih radnika reduciranjem čimbenika neuspješne izvedbe.

2. UMOR MOBILNIH RADNIKA U LOGISTIČKIM PROCESIMA

Za umor se u literaturi koriste mnoge definicije. Pojmovi "umor", "pospanost" i "neispavanost" često se koriste kao sinonimi. Umor se može definirati kao svakodnevna pojava koja opisuje gubitak radne efikasnosti i stanje apatije. Opći umor može biti izazvan preopterećenjem dijela psihomotoričkog sustava uzrokovan repetitivnim radom i kontinuiranom pozornošću tijekom vožnje. Umor se manifestira kao opadanje kvaliteta i kvantiteta radne djelatnosti. Na unutrašnjem, subjektivnom planu izražava se osjećaj neraspoloženja, zamora, bola, iscrpljenosti, razdražljivosti, a manifestira se kao bezvoljnost i nedostatak interesa za rad [1].

Umor vozača široko je poznat kao glavni čimbenik rizika koji smanjuje sigurnost u prometu i predstavlja prijetnju, ne samo za vozače, već za sve sudionike u prometu stoga je velika pažnja poklonjena proučavanju umora u prometu. Već su 1936. godine Ryan i Warner zaključili iz opširnijeg proučavanja na vozačima teretnih vozila da dugi periodi vožnje dovode do smanjenja diskriminativnih sposobnosti među senzornim podražajima, te gubitka efikasnosti u nekim motoričkim funkcijama. Mnogi autori pokazali su da je oko četiri sata kontinuirane vožnje dovoljno da bi se značajno smanjila razina budnosti i pozornosti, pa prema tome i povećao rizik od nesreća. Poznato je da umor ima mnogo različitih uzroka pa se dijeli u rasponu od specifičnog mišićnog umora do općeg. Dugotrajni naporni rad, kao i noćni rad, dobro su poznati uzroci umora. U sljedećem potpoglavlju istražiti će se vrste umora [2].

2.1. Vrste umora

Klasifikacija različitih tipova umora dijelom se osniva na uzrocima, a dijelom na načinu na koji se umor manifestira, s naglaskom na ova dva aspekta međusobno povezana. Ovo se osobito odnosi na različite osjećaje umora, koji variraju s obzirom na uzrok.

Generalno prema uobičajenoj podjeli u polju tehnologije prometa i transporta i povezanoj (transportnoj) psihologiji razlikujemo dvije vrste umora u prometu:

- Pasivni umor (povezan je s vožnjom noću u vremenskom periodu između ponoći i pet sati ujutro u monotonom prometnom okolišu najčešće na autocestama);
- Dinamički umor (umor koji se u literaturi povezuje s vožnjom u urbanim sredinama u dinamičkom kompleksnom prometnom okruženju gdje je teže izmjeriti sam umor tijekom mjerenje izvedbe u realnim okolnostima, kao i izmjeriti utjecaj umora na izvedbu) [1]

Umor kao takav, također se javlja i u više oblika koje je važno spomenuti, a to su prema Kroemer, Grandjean., 2000. :

- Mišićni umor – umor nastao smanjenjem umora nekog mišića tijela, a manifestira se smanjenjem snage, što je ekvivalentno sporijim reakcijama i sporijim pokretima;
- Umor očiju – javlja se kao posljedica preopterećenja vidnog sustava;

- Opći tjelesni umor – javlja se kao posljedica preopterećenja cijelog organizma radom;
- Mentalni umor – javlja se kao posljedica preopterećenja mentalnog dijela organizma;
- Živčani umor - javlja se kao posljedica preopterećenja jednog dijela psihomotoričkog sustava, preciznim, ali često repetitivnim radnjama;
- Kronični umor - javlja se kao posljedica akumulacije dugoročnih efekata;
- Cirkadijalni umor– javlja se kao posljedica poremećaja cirkadijalnih ritmova i smjenskog rada koji sadrži rad noću [3].

Prema McEwen & Wills, 2014., također je utvrđeno da umor ovisi o različitim atributima koji uključuju psihičku, kognitivnu i emocionalnu dimenziju među mobilnim radnicima. Prema tome, McEwen & Wills, 2014 dijele umor na:

- Psihički umor
- Kognitivni umor
- Emocionalni umor [4].

Tablica 1. Atributi umora

Atributi umora		
<i>Psihički umor</i>	<i>Kognitivni umor</i>	<i>Emocionalni umor</i>
Zamor	Smanjena budnost	Emocionalna izmorenost
Pospanost	Oslabljena koncentracija	Iscrpljenost
Uspavanost	Gubljenje pozornosti	Reducirana motiviranost
Letargija	Senzorni poremećaj	Kognitivna neangažiranost
Smanjena pokretljivost očiju, otkucaji srca i aktivnost mozga	Smetnje u obradi informacija i prosuđivanja	

Izvor: [4]

2.1.1. Psihički umor

Psihički umor se može definirati na sljedeći način. Prema Sabir & Isha, 2016¹ Umor postoji kao stanje između sna i alarma tako da kada pojedinac postane umoran, fizičke promjene mogu se dogoditi bliže stanju sna nego alarmu. Njegove manifestacije koje proizlaze iz iscrpljenosti i fizioloških resursa, mogu uključivati smanjenje pokretljivosti očiju (postoje sustavi koji mjere umor

¹ <https://dergipark.org.tr/en/pub/irmm/issue/32091/355281>

koristeći ovu promjenu), moždane aktivnosti i upotrebe mišića (također postoje sustavi koji mjere ovaj umor na način da umoran vozač manjom silom pritiska djeluje rukama na komande). Iako su osobni čimbenici, uključujući motivaciju i obuku, utjecali na percepciju umora, umor se općenito doživljavao kao osjećaj zamora, pospanosti, letargije ili uspavanosti [4].

2.1.2. Kognitivni umor

S druge strane, kognitivni umor se doživljava kao oštećeno kognitivno stanje razine funkcioniranja uzrokovano specifičnim čimbenicima. Čimbenici kognitivnog umora uključuju smanjenu budnost, oslabljenu koncentraciju, gubljenje pozornosti, poremećaje prosuđivanja i zapažanja. Štoviše, umor negativno utječe na obradu informacija uključujući poteškoće u filtriranju bitnih informacija iz okoline i poteškoće u integraciji osjetilnih podataka na smislen način. Samim time misaoni proces umorne osobe usporen je pri prosuđivanju situacije i odlučivanju, posebno u iznenadnim kritičnim situacijama kada je potrebno brzo i točno reagirati [4], što je u prometu izuzetno veliki problem, kako iz aspekta smanjene razine izvedbe, tako i iz aspekta mjerenja ove vrste umora.

2.1.3. Emocionalni umor

Umor se može doživjeti i u emocionalnom smislu, te ga time nazivamo emocionalni umor. Atributi emocionalnog umora uključuje emocionalnu izmorenost ili iscrpljenost, kognitivna neangažiranost i smanjenu motivaciju. Na taj način emocionalni umor utječe kako na svijest o okolišu tijekom vožnje tako i na proces odlučivanja o pridržavanju sigurnosnih propisa i njihovoj procjeni i provedbi. Učestalost nenamjernih krivih reakcija i ponašanja, odnosno korištenje prečaca koji potiču daljnje sigurnosne incidente, mogu utjecati na vozačevu odluku. Primjerice, izloženost visoko zahtjevnom radnom okruženju s niskom kontrolom može utjecati na odluku mobilnih radnika teretno vozilo da nastavi s vožnjom usprkos fizičkom umoru [4].

Prema Grandjean (1988) smatra se da tri vrste umora imaju poseban učinak na izvedbe vožnje teretnog vozila:

- industrijski,
- kumulativni
- cirkadijalni umor

2.1.4. Industrijski umor

Industrijski umor nastaje zbog kontinuiranog dugotrajnog rada bez pravog odmora. Ova vrsta umora je vrlo vjerojatno glavni uzrok nesreća teretnih vozila povezanih s umorom. U svom proučavanju industrijski umor kod vozača teretnih vozila, Mackie i Miller (1980.) otkrili su da u

preko 65 % slučajeva, nesreće s teretnim vozilima dogodile su se tijekom druge polovice putovanja, bez obzira na duljinu putovanja [5].

Promjena s "manje očekivanog" na "više očekivani" broj prometnih nesreća dogodio se oko pet sati kontinuirane vožnje što objašnjava zašto je Republika Hrvatska donijela zakonsku odredbu za mobilne radnike o uvođenju obveznog odmora nakon četiri do pet sati neprekinute vožnje. Na temelju ovih dokaza autori su zaključili da su mobilni radnici teretnih vozila bili skloniji nastanku nesreće u kasnijim fazama svakog putovanja, a uzrok tome je velikim dijelom početak industrijskog umora. Slično je otkrio i Matousek (1982), koji je preporučio planiranje barem jednog odmora, u trajanju od 20 minuta, za svaku smjenu od osam sati kontinuiranog rada čime bi se učinkovito smanjio nastanak industrijskog umora [5].

2.1.5. Kumulativni umor

Kumulativni umor nastaje kao posljedica prekomjernog višednevnog rada na bilo kojem dugotrajnom zadatku koji se ponavlja bez duže pauze. Ova vrsta umora najčešće se očituje u gubitku budnosti uzrokovanom uglavnom monotonim radnjama i dosadom. Vožnja teretnim vozilom na velike udaljenosti posebno pridonosi pojavi kumulativnog umora. Mackie i Miller (1985) zaključili su da je kumulativni umor najproblematičniji na putovanjima od šest ili više uzastopnih dana. U svrhu smanjenja učestalosti pojavljivanja kumulativnog umora, Matousek (1982) je preporučio provedbu periodične rotacije zadataka kako bi se ponovno povećala zainteresiranost za određenu aktivnost vožnje, kao što su primjerice dodjela aktivnosti utovara i istovara, ili za papirologiju u otpremnom skladištu, itd. Po definiciji je vrlo sličan kroničnom umoru [5].

2.1.6. Cirkadijalni umor

Cirkadijalni umor, treća vrsta umora koja pogađa vozače teretnih vozila, jest uzrokovana odstupanjima od jedinstvenih cirkadijalnih ritmova u tijelu. Cirkadijalni umor možda je najteže prepoznati u normalnim uvjetima vožnje, jer je pod jakim utjecajem širokog niza čimbenika, kao što su životne navike, povijest bolesti vozača, vrijeme dana, godišnji čimbenici, dostupnost sunčeve svjetlosti itd. [5].

Prema (Mackie i Miller, 1985) ukazuju na činjenicu s obzirom na nepravilno radno vrijeme mobilnih radnika, anketa vozača teretno vozila pokazala je da je 50 % prometnih nesreća koje uključuju umor se dogodio između ponoći i osam ujutro. U svojoj studiji o umoru, Matousek (1982) je primijetio da je za mnoge radnike jutro najproduktivnije doba dana i da je ta produktivnost naglo pada kako se bliži večer i u ranim jutarnjim satima prije zore [5].

2.2. Dominantni čimbenici umora

Grandjean smatra da određeni regulatorni procesi u mozgu mogu biti povezani sa svim vrstama umora. Postoje različite vrste „umora“ koji su u rasponu od specifičnog mišićnog umora do općeg. Dugotrajni naporni rad, kao i noćni rad, dobro su poznati uzroci umora. Stoga treba naglasiti da je uređivanje radnog vremena i vremena odmora kroz organizaciju i nadzor provedbe smjenskog rada samo jedno od nekoliko sredstava za borbu protiv umora mobilnih radnika. Još jedan važan aspekt je postojanje interakcije između različitih čimbenika. Primjerice, kombinacija mnogih sati za volanom i monotonog okoliša može imati jači učinak od zbroja zasebnih učinaka dva čimbenika zbog dodatnog snažnog utjecaja njihove interakcije. Sukladno važnosti razumijevanja i raspoznavanja uzročnika nastanka umora, u nastavku rada će se spomenuti i razjasniti dominantni čimbenici umora [2].

Čovjek u osnovnoj podjeli čimbenika prometnog sustava vozač-prometno sredstvo-prometni okoliš čini najslabiju kariku i zbog toga je podložan utjecaju raznih negativnih unutarnjih i vanjskih čimbenika koji mogu negativno utjecati na uspješnu izvedbu zadatka upravljanja vozilom. Svojim osjetilima zamjećuje okolinu i druge sudionike u prometu što mu omogućuje pravovremeno donošenje odluka [6]. Zbog utjecaja raznih čimbenika na trenutnu psihofizičku spremnost, razni kognitivni procesi koje vozač koristi tijekom vožnje mogu biti oslabljeni i mobilni radnik ne mora pristupiti izvedbi s maksimalnom sposobnošću s kojom teoretski raspolaže [27].

Prema Balkin i sur., 2000, učinkovitost vožnje ovisi o duljini posljednjeg razdoblja spavanja, vremenu proteklom od zadnjeg razdoblja spavanja, kvaliteti sna i povijesti spavanja tijekom posljednjeg tjedna. Istraživanje također pokazuje kako su doba dana i povijest vozačevog spavanja i odmora u najvećoj korelacijskoj vezi sa stopom prometnih nesreća. Ovi čimbenici su važniji kada je riječ o utjecaju na umor i pospanost naspram onih provedenih za vrijeme na dužnosti ili za volanom tijekom određenog dana [6]. Na ovdje navedene čimbenike može se znatno utjecati organizacijom smjenskog rada, što je u domeni osobe koja je zadužena za organizaciju smjenskog rada. Zanimljivo je pitanje svjesnosti mobilnih radnika o ranim znakovima uspavljivanja sa stajališta mogućnosti da poduzmu radnju kada se izvjesno pojavljuju simptomi istog. Reyner i Horne (1998.) zaključili su na temelju simulatora studija da je uspavljivanju uvijek prethodilo razdoblje pospanosti, kojeg su mobilni radnici bili svjesni, ali neki mobilni radnici nisu procijenili povećani rizik od mogućnosti utonuća u san, a koje je implicirano simptomima pospanosti. Reyner i Horne su dakle sugerirali da postoji potreba za educiranjem mobilnih radnika koji su podložni pospanosti te koja vrlo vjerojatno dovodi do padanja u san i visokog rizika od nastanka prometnih nesreća [6].

Prema Sumpor, D. i sur. postoje pet dominantnih čimbenika koji najintenzivnije utječu na pojavu umora:

- Nedostatak sna ili nekvalitetan san;
- Cirkadijalni² ritam;
- Vrijeme provedeno radeći;

² Različite tjelesne funkcije kod ljudi i životinja fluktuiraju tijekom 24 satnog ciklusa, a zovu se dnevni ili cirkadijalni ritmovi (diurnus = dnevni, circa dies =. približno dana)

- Monotone radnje/poslovi;
- Individualne karakteristike (dob, psihičko stanje, zdravstveno stanje itd.) [1]

2.2.1. Spavanje i deficit sna

Odgovarajući odmor i san ključni su kako bi se izbjegli pospanost ili umor tijekom rada. Također, veoma važno je vrijeme spavanja tijekom 24-satnog razdoblja i kvaliteta sna, kao i san tijekom prošlog tjedna. Odrasla osoba treba sedam do osam sati neprekinutog spavanja tijekom noći, a da se ne poveća bitno rizik od nastanka prometnih nesreća [6].

Cirkadijalni ritam određuje kako je kvaliteta sna bolja ako se spava u kasnim poslijepodnevnim satima odnosno noću. Spavanje tijekom dana, premalo odmora, fragmentacija sna i korištenje ležaja za spavanje u teretnom vozilu su čimbenici koji mogu utjecati na kvalitetu sna. Isto tako, osobni čimbenici poput stresa, poremećaji spavanja, ali i drugi aspekti zdravlja također mogu smanjiti kvalitetu sna [6].

Provedene studije poput Hertz (1988.) koji je proučavao učinak fragmentiranih obrazaca spavanja (dva puta po četiri sata sna) za vozače teretnih vozila koji koriste ležaj za spavanje teretnih vozila, utvrdile su kako mobilni radnici koji imaju fragmentirano spavanje imaju čak tri puta veći rizik od sudjelovanja u fatalnoj nesreći u usporedbi s mobilni radnicima koji su imali neprekinuto razdoblje spavanja. Prema Åkerstedtu i Kecklundu (2000.) apneja u snu (poremećaji spavanja i fragmentacija zbog poremećenog disanja), nesanica i narkolepsija povećavaju rizik od nezgoda povezanih s umorom [6].

Studija je obuhvatila 50 mobilnih radnika teretnih vozila tijekom 20-dnevnog razdoblja kojom je utvrđeno kako nije bilo odgovarajućeg slobodnog vremena koje bi jamčilo mobilni radnicima potrebno vrijeme za odmor, odnosno kvalitetan san [6].

Šest do sedam sati sna povećava rizik od nastanka prometnih nesreća ili opasnih incidenata čija je tendencija nastajanja oko tri puta veća nego kod normalnog sna od osam sati u jednom razdoblju. Spavanje od samo šest sati noću tijekom duljeg razdoblja daje kumulativni rezultat "dug sna" od kojeg se teško oporaviti. Na to ukazuju različite studije koje ukazuju kako mobilni radnici trebaju najmanje dvije do tri noći sna kako bi se oporavili od kumulativnog "duga sna". Stoga je bitno da mobilni radnici dobiju dovoljno vremena izvan dužnosti za spavanje i odmor nakon razdoblja nedostatka sna [6].

2.2.2. Trajanje radnog dana

Prema Ouwerkerk, 1987; Åkerstedt & Kecklund, 2000., ne postoji jasna korelacija između sati vožnje i stope prometnih nesreća što može biti posljedica činjenice da radno vrijeme nije jedini čimbenik koji utječe na vozačev učinak. Naravno, na vozačevu budnost utječe početak rada, odnosno vožnje koje primjerice počinje u osam sati prijepodne i to nakon što je imao osam sati kvalitetnog sna u vlastitom krevetu, a koje je pogodno za kvalitetnu vozačevu funkcionalnost, dok s druge strane, primjerice početak vožnje u pet sati prijepodne, nakon što je vozač bio budan deset sati, veoma nepovoljna situacija za vozačevu kvalitetnu daljnju izvedbu [6].

Prema Dawson i sur., 2001., neki radni zadaci i vrste vožnji su zahtjevniji od drugih, a to može učiniti mobilnih radnika umornim prije nego što je to uobičajeno. Slijedom toga, važno je procijeniti i jedno i drugo vrijeme vožnje i ukupno vrijeme na dužnosti. Vrijeme na dužnosti može uključivati utovar/ istovara vozila, što može biti vrlo zahtjevno. Prilikom utvrđivanja rizika u vezi s dugim radnim danom važno je znati stanje mobilnih radnika, odnosno stanje umora prilikom početka vožnje [6].

Studije (European Transport Safety Council, 2001), pokazuju da se umor može pojaviti odmah nakon početka putovanja, ali da postoji tendencija za povećani rizik pri vožnji duljoj od 9-11 sati (Hamelin 1987; Elvik et al., 1997.; Europsko vijeće za sigurnost prometa, 2001). Elvik i sur. (1997.) ukazuju na to kako vožnja dulja od devet sati može povećati rizik od nesreća za oko tri puta. Prema svemu navedenom također je su bitne pauze s vremenom za odmor i jelo kako bi se smanjili učinci dugih radnih sati [6].

2.2.3. Prometno okruženje (monotonija)

Prema Feyer i sur., 1993., monotonija je jedan od čimbenika koje mobilni radnici spominju kada opisuju čimbenike koji imaju negativan utjecaj na izvedu i potiču razvijanje umora. Prema Maycock, 1995; Åkerstedt i Kecklund, 1999; Horne i sur., 2002, autoceste i ruralne autoceste povećavaju rizik od povezanih incidenata/nesreća uzrokovanih nedostatkom podražaja iz prometnog okoliša pri vožnji kada je promet slab. Vožnja u prometnom okruženju s malo prometa može smanjiti pozornost mobilnih radnika na zadatke vožnje u usporedbi sa stupnjem koncentracije u složenijem okruženju. Krajolici i prometna okruženja s malim varijacijama također mogu dodati osjećaj dosade i jednoličnosti čime mobilni radnici postaju umorni [6].

2.2.4. Individualni čimbenici

Prema Hamlin, 1987; Brown, 1993.; Summala, 1994.; Williamson, 2000.b, čini se da profesionalni mobilni radnici u većoj mjeri mogu kontrolirati/kompenzirati gubitak sna tijekom vožnje, a imaju i nešto manji rizik od nastanka nesreća od ostalih mobilnih radnika. Uzrok tome mogu biti njihova znanja i iskustva o umoru i sposobnosti izdržavanja istog. Mnogi profesionalni mobilni radnici uče kako prepoznati rane znakove umora i kako poduzeti odgovarajuće radnje (npr. stati zadrijemati i/ili popiti kofeinski napitak) [6].

Postoji tendencija da mlađi mobilni radnici imaju najveći broj nesreća povezanih s umorom u periodu između ponoći do šest sati ujutro naspram starijih vozača čiji je vrhunac u ranim poslijepodnevним satima. Također pokazuju da mlađi mobilni radnici imaju nešto veći rizik od sudjelovanja u prometnim nesrećama povezanih s umorom nego što imaju stariji mobilni radnici, što može biti i povezano s činjenicom kako mladi mobilni radnici općenito imaju veći postotak sudjelovanja u prometnim nesrećama naspram starijih, odnosno iskusnijih profesionalnih mobilnih radnika. Općenito ljudi imaju različite potrebe za snom i različite obrasce spavanja. Neki ljudi radije idu rano spavati, a drugi ne mogu zaspati do poslije ponoći. U svrhu smanjenja rizika od sudjelovanja u nesrećama, ako je moguće, važno je uzeti u obzir individualni biološki ritam svakog mobilnog radnika u procesu odlučivanja vremena vožnje. [6].

Rizik od nastanka nesreće obično se razlikuje od osobe do osobe, tako da je relativno mali broj mobilnih radnika koji su odgovorni za izazivanje većine nesreća izvijestili da je 20 % mobilnih radnika teretnih vozila na kratkim relacijama bilo uključeno u 60 % zabilježenih incidenata koji su se zamalo dogodili. Isto tako, tendencija se također može odnositi na vozače na dugim relacijama. Neki mobilni radnici su podložniji umoru nego drugi (npr. oni koji pate od poremećaja spavanja), a neki problem se ne shvaćaju dovoljno ozbiljno (npr. uzimate alkohol ili droge, ili ne vodite računa o dovoljnom vremenu sna). U studija Arnolda i sur. (1997.) 20 % mobilnih radnika teretnih vozila izjavilo je da su spavali manje od šest sati prije početka putovanja čime su prouzročili čak 40 % nesreća/opasnih incidenata. Pronalaženje metoda utjecaja na ponašanje ove skupine mobilnih radnika, ili adekvatan odabir određenog mobilnog radnika prema njegovom osobnom profilu, a u svrhu zadovoljenja radnog zadatka, mogu znatno poboljšati sigurnost [6]. U okolnostima nedostatka mobilnih radnika na tržištu rada u EU i svijetu zanemaruju se selekcijski kriteriji utemeljeni na znanstvenim i stručnim činjenicama za odabir mobilnih radnika za upravljanje prometnim sredstvima koja su još uvijek niže razine automatizacije.

2.3. Posljedice umora na izvedbu

Posljedica umora može biti kratkotrajan san koji traje nekoliko sekundi kojeg vozač najčešće nije ni svjestan (*engl. microsleep*). Za vozača glavni učinak umora je progresivno povlačenje pažnje s ceste i zahtjevi u prometu koji dovode do smanjenih izvedbi vožnje [7].

Na umor utječu zahtjevi, trajanje i monotonija vožnje. Vožnja pod utjecajem umora može dovesti do prometnih nesreća s posljedicama teških tjelesnih ozljeda sudionika i smrtnih ishoda, jer umor uzrokuje pogoršanje izvedbe mobilnih radnika koje se manifestira:

- u sporijem vremenu reakcije mobilnih radnika,
- smanjenoj sposobnosti zadržavanja sigurnosno dovoljnog razmaka između vozila,
- smanjenim sposobnostima upravljanja (regulacija brzine i održavanje smjera tj. lateralne pozicije vozila)
- sklonosti mentalnog „otuđenja“ od zadatka upravljanja vozilom [7].

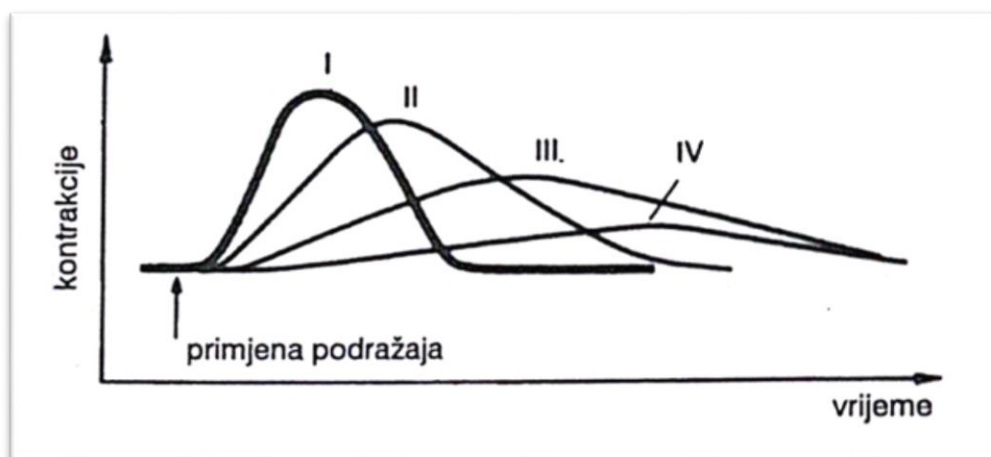
Prema McEwen & Wills, 2014. , posljedice umora su stanje koje nastaje nakon događaja uzrokovanih umorom, a mnoštvo znanstvene literature odražava široko i raznoliko razumijevanje posljedica umora. Zaključeno je kako je došlo je do preklapanja atributa umora i njegovih posljedica. Naime, najčešće posljedice umora opisane su kao poremećaj kognitivne obrade i prosuđivanja, smanjene svijesti i sposobnosti opažanja, te smanjene vremenske reakcije. Kognitivna i motorička obrada postala je oslabljena, vozačev učinak se smanjio i povećao se rizik za nastankom krive reakcije (*engl. errors*) koji je zamalo uzrokovala nezadovoljavajuću izvedbu i prometnu nesreću [7].

Primjerice, umorni vozač može zaboraviti na radnje nevezane za vožnju, kao što su pregled vozila ili osiguranje tereta, što dakako umanjuje sigurnosni aspekt uz druge spomenute koji su izravno povezani s umorom [7]. Dakle, iz aspekta sigurnosti, nije razumno dodatno opterećivati mobilne radnike eventualnim fizičkim poslom na utovaru / istovaru.

Govori li se o mišićnom umoru kaže se da se radi o fenomenu koji izaziva bol u mišićima koji su preopterećeni. Kada se mišić stimulira izaziva se njegova kontrakcija koja omogućuje mišićno podizanje tereta [1].

Slika 1. prikazuje eksterne znakove mišićnog umora kako se pojavljuje u eksperimentu na izoliranom mišiću žabe. Mišić se električno stimulira, što izaziva njegovu kontrakciju koja omogućuje mišićni rad podizanja tereta. Nakon nekog vremena uočljivo je da se:

- latencija (interval između stimulacije i početka kontrakcije) postaje duža,
- kontrakcija i opuštanje postaju sporiji,
- visina podizanja se smanjuje.



Slika 1. Vanjski znakovi umora u izoliranom mišiću žabe [1]

Rimskim brojevima na Slici označene su kontrakcija i opuštanje mišića u četiri stadija umora, (I) odmornog mišića, (II) nakon umjerenog rada, (III) nakon teškog rada i (IV) nakon iscrpljujućeg rada. Učinak mišića opada povećanjem opterećenja sve dok podražaj nije više u stanju izazvati kontrakciju. Kod ljudi se također javlja isti proces, bez obzira da li se živac ili mišić električno stimulira ili ispitanik hotimično i ritmično izvodi mišićne kontrakcije u nekom vremenskom intervalu [1].

Ovaj fenomen smanjenja učinka nekog mišića nakon aktivnosti zove se „mišićni umor“ čije su fiziološke karakteristike ne samo smanjenje snage nego i sporiji pokreti. U ovome dakle leži objašnjenje poremećaja koordinacije i povećanih mogućnosti krivih reakcija ili prometnih nesreća, koje se mogu javiti za vrijeme mišićnog umora [1].

2.4. Prometne nesreće teretnih vozila povezivih s umorom

Reiman i sur. (2018.) otkrili su da je umor vjerojatan uzrok ili čimbenik koji doprinosi nastanku nesrećama i incidentima u svim oblicima prijevoza. Umor je povezan sa smanjenom fiziološkom uzbuđenošću, usporenim senzomotoričkim funkcijama i otežava obradu informacija, što otežava vozačima da reagiraju na neočekivane ili hitne situacije. To može dovesti do

povećanja učestalosti, ozbiljnosti ili varijabilnosti krivih reakcija koje čine mobilni radnici dok upravljaju vozilom [8].

2.4.1. Pokazatelji umora u prometnim nesrećama

Rezultati istraživanja pokazuju da neki vozači ne znaju razaznati simptome umora ili da uopće nisu bili svjesni da su umorni prije nego što se dogodila prometna nesreća. Stvarni broj prometnih nesreća uzrokovanih umorom se može pretpostaviti da je puno veći nego što na to upućuju statistički dokazi koji se odnose na mobilne radnike koji su tijekom vožnje bili umorni [9]. Možda je jedna od mogućih mjera za podizanje sigurnosti mobilnih radnika periodička edukacija o čimbenicima i posljedicama umora na izvedbu.

Sumirajući rezultate različitih studija, sljedeći pokazatelji (između ostalih) bili su korisni se za identifikaciju prometne nesreće povezanih s umorom:

- Prometna nesreća je s ozbiljnim posljedicama (poginuli, teško ozlijeđeni i/ili velika materijalna šteta)
- Vozilo je izletjelo s ceste
- Nema tragova klizanja niti bilo kakvih drugih tragova kočenja
- Svjedoci izvješćuju o zanošenju trakom prije prometne nesreće
- Vozač nije pokušao izbjeći sudar
- Prometna nesreća se dogodila kasno navečer, rano ujutro ili sredinom poslijepodneva
- Ostali uzroci su eliminirani – za na primjer mehanički kvarovi, prebrza vožnja, utjecaj alkohola, ili loši vremenski utjecaji [9].

2.4.2. Prisutnost umora tijekom vožnje s utjecajem na mogućnost nastanka prometne nesreće

Proučavanje umora i prometne nesreće na cesti zahtijeva definiciju karakteristike prometne nesreće uzrokovanih umorom. Definicije se zatim mogu primijeniti na postojeće baze podataka i procjene dobivenih zastupljenosti prometne nesreće povezanih s umorom. Istraživanje koje daje informacije o učestalosti prometne nesreće uzrokovanih umorom nije uvjerljiv znanstveni dokaz da umor izravno uzrokuje rizik nastanka istog [10].

Krajnji cilj je kvantificirati točan odnos između razine umora i rizika od prometne nesreće. Kako bi se potaknulo istraživanje treba kontrolirati i druge čimbenike koji mogu utjecati na odnos između umora i rizika kao što su prijeđeni kilometri [10].

Otkriće da je umor uključen u 10-25 % nesreća samo po sebi ne dokazuje da umor povećava rizik od nastanka prometne nesreće. Studije koje analiziraju umor kao uzrok oslanjaju se na samo-prijavu, podatke iz policijskih izvješća i detaljne istrage nesreća. Istražitelji prometne nesreće mogu tražiti tragove za koje bi se moglo reći da su prouzročile umor i time pridonijele nesreći, ali takvi tragovi nisu uvijek evidentni [10].

Prema (Ouwerkerk, van, et al., 1986.) provedena anketa između nizozemskim, njemačkim, belgijskim, danskim i talijanskim mobilnim radnicima teretno voziloa na dugim relacijama dali su sljedeće rezultate o vožnji u koju je uključen umor:

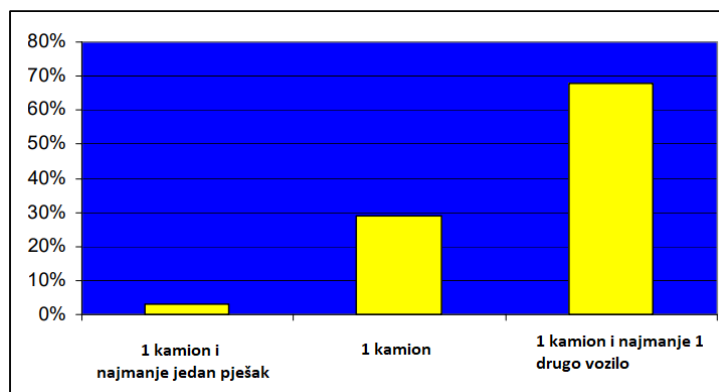
- 43 % ponekad gotovo zaspe, ali nikad zapravo nije zaspalo;
- 9 % je zaspalo, ali nikada nije doživjelo sudar;
- 7 % imalo je sudar uzrokovan umorom [10].

Ukupno 60 % europskih vozača teretnih vozila izjavilo je da su gotovo zaspali tijekom vožnje. Van Ouwerkerk i sur. (1987.) navode slične brojke za SAD (64 %), Australiju (60 %) i Irsku (45 %). Finsko istraživanje (Häkkinen & Summala, 2000a, 2000b) među 317 muškaraca vozača teretnih vozila pokazalo je da su se, posebno mobilni radnici na dugim relacijama, morali redovito suočavati s umorom tijekom vožnje, preko 40% izjavilo je da su nakratko zaspali u posljednja tri mjeseca dok je oko 25 % izjavilo učestalost događaja od dva puta u tom razdoblju. Nasuprot tome, prijavilo se samo 15% mobilnih radnika teretnih vozila na kratkim relacijama s tvrdnjom da nakratko zaspe za volanom u posljednja tri mjeseca [10].

Prema McCartt et al., 2000. istraživanje od 573 vozača teretnih vozila na velikim udaljenostima koji su putovali međudržavnim autocestama New Yorka pokazalo je da je 47 % mobilnih radnika zaspalo za volanom teretnih vozila [10].

2.4.3. Umor kao uzročnik nastanka prometne nesreće

Prema istraživanju, Europska komisija (EC) i Međunarodna unija cestovnog prometa (IRU) pokrenule su jedinstvenu znanstvenu studiju, European Truck Accident Causation (ETAC) koja pokazuje da, na temelju 624 nezgode u bazi podataka, umor je bio glavni uzrok u 6% slučajeva, dok je 37% ovih nesreća bilo je smrtno [11].



Slika 2. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće

Izvor: [11]

Kada je umor igrao ulogu u prometnoj nesreći, 68 % tih nesreća uključivalo je teretno vozilo i drugo vozilo (automobil, motorno vozilo i slično) dok je u 29 % slučajeva u nezgodu bio uključen samo teretno vozilo. Što se tiče vremena nesreće gdje je umor bio glavni uzrok, dva intervala tijekom dan su identificirani kao ključni. Najviše se nesreća događa između 02:00 i 02:59 što je vjerojatno vrijeme kada je vozačev cirkadijurni ritam na niskoj točki, te od 15:00 do 15:59 kada je

skoro kraj radnog dana. Što se tiče mjesta nesreća gdje je umor glavni uzrok, gotovo 90% slučajeva se događa na autocestama ili na međugradskim cestama (što se može objasniti i čimbenicima veće brzine i monotonosti prometnog okoliša, opaska autora). U gradovima, umor kao uzrok nesreće igra samo manju ulogu (treba napomenuti da se radi o dinamičkom umoru kojeg je teže detektirati, opaska autora) [11].

Najnovija istraživanja pokazuju kako je 13 % svih prometnih nesreća teretnih vozila uzrokovano umorom vozača, a 36 % prometnih nesreća općenito uzrokuju vozači teretnih vozila. Ovo naglašava važnost osiguranja obuke vozača teretnih vozila, svjesnost rizika povezanih s vožnjom u umornom stanju. Nacionalni odbor za sigurnost u prometu izvijestio je da je najmanje 31% prometnih nesreća teretnih vozila koji su uključivali umor također uključivali vozače koji su radili preko ograničenja vožnje od 11 sati. Kad vozači rade preko ograničenja vožnje od 11 sati, rizik od mogućnosti nastanka prometne nesreće značajno se povećava. Vrlo bitno za spomenuti je kako mobilni radnici vrlo često osim primarnog, rade i dodatan posao u privatnoj produkciji ili sudjeluju u radu „na crno“ kod drugog poslodavca što rezultira pospanošću i umorom u vrijeme kada bi formalno trebali biti spremni i odmorni za vožnju. Ovo je važna statistika koju treba uzeti u obzir kada se raspravlja o problemu umora vozača teretnih vozila i potrebi za boljim propisima i provedbom [12].

Komercijalna teretna vozila sudjeluju u 10 % svih nesreća sa smrtnim ishodom, a 86% tih nesreća događa se zbog umora vozača [11].

Međutim, mora se reći da je teško dokazati da je umor glavni uzročnik nesreća. Postoje različite faze budnosti, od laganog umora do spavanja i umora koje su često povezane s drugim uzrocima kao što je nepažnja. Na kraju, ali ne manje važno, stručnjaci mogu svoju prosudbu temeljiti na onome što su vidjeli na mjestu nesreće i onome što su rekli vozači i svjedoci [11].

2.5. Načini mjerenja umora

Zbog dominantnog utjecaja skupine čimbenika „ljudskoga faktora“ na nastanak prometne nesreće, kako pojedinačno tako i sa svim preklapanjima, iznimno je bitno koji su karakteristični čimbenici takvih prometnih nesreća za koje je moguće da su prouzrokovane umorom vozača, a radi mjerenja umora u simuliranim prometnim situacijama na simulatorima cestovnog prometa, s ciljem razvoja sustava za pomoć vozačima koji će detektirati umor vozača [3].

Rasprava o metodama mjerenja umora ima ozbiljnih nedostataka. Do danas ne postoji direktan način mjerenja veličine umora. Ne postoji objektivna mjera umora koja bi se mogla usporediti s mjerenjem energetske potrošnje, a koja se može izraziti na takav jednostavan način u jedinicama kao što su kilodžul (kJ). Sva eksperimentalna istraživanja koja su dosad izvršena uspjela su odrediti samo određene manifestacije ili indikatore umora [2].

U studiji iz 2011. godine (Rossi et al., 2011.) u svrhu mjerenja pasivnog umora provedeno je istraživanje na studentima ispitanicima u simulatoru vožnje za cestovni promet. Parametri poput frekvencije i iznosa zaokreta volana te lateralne pozicije vozila mjereni su u simulatoru, te korišteni za statističku obradu kako bi se odredio negativan utjecaj čimbenika koji najviše utječu na pojavu pasivnog umora [3].

Rezultati istraživanja pokazali su kako najveći utjecaj na umor ima dužina izvedbe zadatka, zatim doba dana (utjecaj cirkadijurnih ritmova), te potom monotoni okoliš. Također je dokazano da je izvedba vozača cestovnih vozila u simulatoru bila lošija u slučaju kada su ispitanici vozili monotoni scenarij, nego dinamički scenarij [3].

Metode mjerenja umora i indikatori veličine umora mogu se općenito svrstati u šest skupina (Kroemer, Grandjean, 2000.):

- kvaliteta i kvantiteta radnog učinka,
- subjektivni osjećaj umora,
- elektrofiziološka mjerenja (EEG i EKG),
- facijalna ekspresija,
- bihevioralni testovi: vrijeme reakcije mjereno testovima papir olovka, mjere njima na reaktometaru ili simulatoru te struktura i broj krivih reakcija (engl. errors),
- mentalni testovi [2].

Navedena mjerenja često se rade prije, za vrijeme i poslije radnog zadatka, a o veličini umora zaključuje se iz dobivenih rezultata. U pravilu rezultat ima samo relativno značenje, jer daje vrijednost koja se uspoređuje s vrijednošću kad je ispitanik u stanju mirovanja, ili s nekom "kontrolnom" osobom koja nije u stresnoj situaciji. Dakle, nema načina da se umor direktno brzo i jednostavno mjeri u nekim mjernim jedinicama [2].

2.5.1. Kvaliteta i kvantiteta radnog učinka

Kvaliteta i kvantiteta radnog učinka ponekad se koristi kao indirektan način mjerenja industrijskog umora. Kvantiteta učinka može se izraziti kao broj proizvoda u jedinici vremena ili broj operacija koje se urade u jedinici vremena. Umor i veličina radnog učinka sasvim su sigurno povezani u određenom stupnju, međutim učinak ne može služiti kao direktna mjera zbog toga što postoji čitav niz drugih čimbenika koje treba uzeti u obzir. Među njima su proizvodni ciljevi, čimbenici socijalna okoline i stavovi prema radu. Ponekad umor treba razmatrati u odnosu na kvalitetu radnog učinka (loš rad, proizvodi s greškom, škart) ili u odnosu na frekvenciju nesreća, što treba uzeti s rezervom jer umor nije jedini uzrok nesreća [2].

2.5.2. Subjektivne procjene

U svrhu dobivanja subjektivne procjene umora mogu se koristiti posebni upitnici. Jedna vrsta takvih upitnika su tzv. bipolarni upitnici, gdje se od ispitanika traži da se stavi oznaka između suprotnih tvrdnji koja bi trebala označiti kako se osjeća u datom trenutku. Stavljanje oznake na crtu između ekstremnih tvrdnji predstavlja skalu veličine osjećaja umora [2].

Primjer takvog jednog bipolarnog upitnika vidi se na slici gdje su korišteni suprotni pridjevi. Jednostavnija verzija takve skale zahtijeva od osobe da se odluči za jednu od ove dvije tvrdnje,

što se naziva prisilnim izborom. Postoje dakako mnogi drugi kompliciraniji upitnici u skale, koji su detaljnije opisani u psihologijskoj literaturi [2].

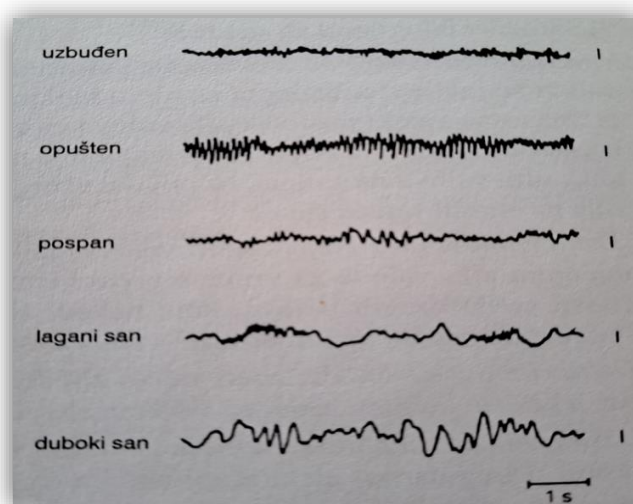
ČIO	_____	UMORAN
POSPAN	_____	POTPUNO BUDAN
SNAŽAN	_____	ISCRPLJEN
SLAB	_____	JAK
ENERGIČAN	_____	APATIČAN
INDIFERENTAN	_____	SPREMAN ZA AKCIJU
ZAINTERESIRAN	_____	NEZAINTERESIRAN
PAŽLJIV	_____	NEPAŽLJIV

Slika 3. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće

Izvor: [2]

2.5.3. Elektroencefalografija

Elektroencefalografija je osobito pogodna za standardizirana istraživanja u laboratoriju, gdje varijacije u elektroencefalogramima mogu ukazivati na povećanu sinkronizaciju što se može interpretirati kao stanje umora ili pospanosti (slika 3) [2].



Slika 4. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće

Izvor: [2]

Tehnike snimanja uvelike su unapredovale u zadnjih nekoliko godina, tako da se elektroencefalograf može uspješno koristiti pri snimanju promjena za vrijeme poslova kod kojih se sjedi, kao što je npr. vožnja automobila (O' Hanlon i sur., 1975.; Zeier i Battig, 1977.) [2].

2.5.4. Frekvencija fuzije vidnih podražaja

Od prvih radova koje su imali Rey i Rey (1965.) frekvencija fuzije vidnih podražaja se koristi kao indikator stupnja umora. Metoda koju su modificirali Gierer sur. (1981.) koristi se na sljedeći način [2].

Ispitanikove oči su izložene titrajućem svjetlu, s tim da se frekvencija titranja povećava dok titranje ne iščezne u kontinuirano svjetlo. Frekvencija pri kojoj se ovo događa naziva se ispitanikovom frekvencijom fuzije vidnih podražaja. Svjetlosni izvor treba imati površinu koja je nagnuta jedan do dva stupnja u odnosu na oči, a treba biti postavljena tako da ne zahtjeva vidnu akomodaciju [2].

Usprkos istraživanjima još se uvijek ne može kazati o općoj primjeni odnosa između frekvencije fuzije i subjektivne procjene umora. U zadnjih nekoliko godina kritična frekvencija fuzije vidnih podražaja manje se koristi u proučavanju umora. Glavni razlog tome bi mogao biti neki kontroverzni rezultati, nemogućnost dobivanja kvantitativnih mjera umora, te rijetke korelacije s drugim simptomima umora [2].

2.5.5. Psihomotorički testovi

Psihomotorički testovi mjere funkcije koje uključuju percepciju, interpretaciju i motoričke reakcije. Sljedeći testovi koji se vrlo često koriste:

- vrijeme jednostavne i izborne reakcije
- testovi koji uključuju dodirivanje ili uvlačenje štapića u rupice
- testovi vještina
- vozački testovi u simuliranim uvjetima
- tipkanje
- tahistopski testovi mjerenja učinka
- perceptivni testovi [2].

U ovakvim testiranjima često se polazi od pretpostavke da se opadanje učinka može uzeti kao znak umora. Budući da je sposobnost izvođenja psihomotoričkog zadatka ovisna i o drugim čimbenicima kao što su npr. motivacija i sl. vrlo često se može razlučiti je li opće stanje umora glavni razlog opadanja učinka ili su to neki drugi čimbenici [2].

2.5.6. Mentalni testovi

Učinak u mentalnim testovima često uključuje:

- aritmetičke probleme
- testove koncentracije (npr. test križanja znakova)

- testove procjena (npr. procjena vremenskih intervala)
- testove pamćenja [2].

Slične primjedbe mogu se staviti ovim testovima kao i psihomotoričkim. Ovi testovi također mogu izazvati uzbuđenje ili pobuditi interes osobe koja se testira, pa tako otkloniti bilo kakav znak umora [2].

Umor se istraživao na mnogim područjima i u različitim industrijskim uvjetima, u prometu i školama. U pravilu, značaj ovih istraživanja je ograničen na određeni problem u određenoj situaciji i skoro se ništa ne može od toga generalizirati u širu primjenu. Također se ne može generalizirati odnos između stresa i umora [2].

2.6. Napredni sustavi za prevenciju umora mobilnih radnika

Biti praktičan i koristan u sustavu pomoći vozaču, napredni tehnološki sustavi i uređaji moraju prikupiti, interpretirati i dobiti povratne informacije iz okruženja za vožnju u realnom vremenu. Sustavi nadzora odnose se na sustave u vozilu koji prate promjene ponašanje vozača i/ili vozila. Ovi sustavi prate izvedbu i ponašanje vozača i daju upozorenja ili stimulaciju ako se čini se da je vozač kontraproduktivan ili je promijenio svoje ponašanje. Informacije se mogu prikupiti između ostalih načina i od samog vozačevog unosa podataka, kontrole bočnog položaja vozila i načina promjene brzine, poput ubrzanja, kretanja upravljača ili održavanja položaja u prometnoj traci, promjene pritiska na komande, usmjerenja vozačevog pogleda, usmjerenja vozačeve glave, mjerenja pokreta očnih kapaka vozača i slično [13].

2.6.1. Tehnološki pristup praćenju ili predviđanju umora mobilnih radnika

Osim navedenih i opisanih načina mjerenja umora, spomenut će se i istraživanje provedeno sa strane Dingesa i Mallisa (1998.) koji su opisali četiri tehnološka pristupa praćenju ili predviđanju umora vozača (ili zaposlenika općenito):

1. **Tehnologije spremnosti za rad i sposobnosti** za dužnost koje procjenjuju vrijeme reakcije, psihomotorno praćenje, odnosno sposobnost budnosti i budnosti zaposlenika prije početka rada (tj. prije početka radne smjene), najčešće korištenjem testova temeljenih na učinku (npr. mjerenje vremena reakcije) ili testova koji mjere očnu fiziologiju.
2. **Matematički modeli/tehnologije algoritama** koji predviđaju budnost zaposlenika i učinak u različitim vremenima, na temelju interakcija količine sna, cirkadijalnih čimbenika, sadašnjeg radnog opterećenja i povezanih vremenskih prethodnika umora.
3. **Tehnologije izvedbi temeljene na vozilima koja mjere parametre izvedbe vozila** (npr. pokreti upravljača, brzina vozila ili kretanja vozila unutar oznaka trake na kolniku) i zaključiti ponašanje vozača praćenjem neprekidnosti upravljačkog kretanja i/ili brzine vozila ili ispitivanjem sposobnosti vozača da održava odgovarajuće kretanje po traci tijekom upravljanja vozilom.

4. **Tehnologije za praćenje budnosti/pospanosti/budnosti operatera u vozilu** koje nadziru neki biobihevirolni aspekt vozača kao što je usmjerenost pogleda, zatvaranje očiju, okluzija zjenice, položaj i kretanja glave, aktivnost moždanih vijuga, broj otkucaja srca, itd. [10].

Nedavni pregledi koji se tiču tehnologija za otkrivanje i prevenciju umora zaključili su potrebu daljnjeg razvitka ovih uređaja. Nakon pregleda literature o mjerama za vozila do otkrića pospanosti vozača, Liu et al. zaključio je da će uspješna tehnološka protumjera zahtijevati postavljanje višestrukih kriterija i korištenje višestrukih mjera (Liu et al., 2009.). Kako bi se razvio uspješan tehnološki uređaj za upozorenje pospanosti vozača, potrebno je riješiti nekoliko neriješenih pitanja:

- a. povezivanje ponašanja vozača na simulatora i ponašanja vozača u vožnji u stvarnom svijetu;
- b. smanjenje neobrađenih podataka o vozilu;
- c. definiranje kritičnih događaja;
- d. određivanje kritičnog vremenskog okvira;
- e. postavljanje odgovarajućeg kriterija;
- f. kombiniranje više mjera [10].

Sustav koji koristi višestruke komponente (npr. operater i nadzor izvedbe) vjerojatno će biti učinkovitiji od onog koji se fokusira samo na jednu dimenziju. Svaki sustav ima prednosti i nedostatke. Donedavno niti jedan tehnološki sustav nije ispunio sve navedene kriterije Dinges i Mallis (1998.).

Važno razmatranje pri implementaciji ovih sustava, koji do danas nije adekvatno riješen je prihvaćanje i korištenje sustava od strane sudionika u prometu (Horrey i sur., 2011.). Najnovija tehnološka dostignuća u području detekcije i prevencije umora uključuju korištenje računala za otkrivanje pospanosti vozača (npr. Chakraborty i Hossain, 2014.; Massala i Grosso, 2014.) i korištenje nenametljivih sustava za mjerenje biopotencijala koji ne zahtijevaju kontakt s ljudskom kožom (npr. Sun, & Xion, 2014.) [10].

2.6.2. Sustavi za detekciju i prevenciju pospanosti mobilnih radnika

Sustavi upozorenja na umor (*engl. FWS – Fatigue warning systems*) predloženi su kao specifične protumjere za smanjenje nastanka prometnih nesreća povezanih s umorom vozača. Ovi uređaji koriste različite tehnike za otkrivanje pospanosti vozača tijekom upravljanja vozilom i signaliziranje vozaču kada je pospanost kritična, odnosno kada je dosegnuta visoka razina iste.

U svrhu ovog rada spomenut će se nekolicina naprednih sustava za detekciju i prevenciju umora u vozilima kod mobilnih radnika, te za daljnje, detaljnije informacije, čitatelje se upućuje na izvore navedene u literaturi povezane s tom tematikom.

Razmatrajući sustave za detekciju i prevenciju pospanosti tijekom vožnje, u aspektu proizvodnje, odnosno proizvođača vozila nailazi se na činjenicu kako svaki individualni proizvođač posjeduje vlastiti napredni sustav detekcije umora koji se više-manje temelji na istom principu rada. Najpoznatiji sustavi za prepoznavanje pospanosti i umora vozača prema proizvođačima u vozilima su:

- Ford: Driver Alert
- Volkswagen: Fatigue detection system
- Volvo: Driver Alert Control
- Mercedes Benz: Attention assist system
- Anti Sleep Pilot – uređaj razvijen u Danskoj koji se može montirati na svako vozilo, koristi kombinaciju akcelerometara i testova reakcija.

SUSTAV FACE TRACK-A U TERETNIM VOZILIMA

Općenito, tehnologije nadzora vozača koriste umjetnu inteligenciju (AI) za analizu ponašanja vozača, tražeći znakove umora, rastresenosti ili bilo kave degradacije vida. Ako sustav umjetne inteligencije otkrije bilo koju vrstu opasnog ponašanja vozača, aktivira upozorenje, poput svjetla na ploči s instrumentima ili zvuka upozorenja nakon toga. Također može automatski aktivirati sigurnosne funkcije, poput usporavanja vozila, ako je tako programiran od strane proizvođača, što jako ovisi i o razini automatizacije vozila u koju je integriran [14].

Slično drugim primjerima usvajanja umjetne inteligencije u automobilima, nadzor vozača teretnih vozila također se oslanja na tehnologije povezane s licem. To uključuje praćenje lica, praćenje pokreta glave i praćenje pokreta očiju. A oni su mogući korištenjem kamera smještenih u vozačevoj kabini. U svrhu istraživanja opisat će se primjer FaceTracka, softverskog rješenja koje je razvila tvrtka Speedir, kako bi se približile najvažnije značajke sustava za nadzor vozača teretnih vozila [14].

1. Praćenje glave i lica u stvarnom vremenu: pomoću naprednih algoritama računalnog vida, sustav detektira i prati lice vozača u stvarnom vremenu. Promjene u položaju vozačeve glave, poput nagnjanja ili klimanja glavom, mogu ukazivati na rane znakove umora ili rastresenosti.
2. Praćenje očiju: FaceTrack također može pratiti pokrete i pogled vozačevih očiju. U kombinaciji s praćenjem glave, ovo se može koristiti za određivanje smjera gledanja vozača i razine pažnje. Na primjer, ako vozač predugo skrene pogled s ceste ili zatvori oči, sustav će to automatski prepoznati kao smetnju. Može se konfigurirati da upozori vozača kada se to dogodi, vraćajući njegovu pozornost na cestu oglašavanjem zvučnog upozorenja ili izvođenjem neke druge radnje.
3. Prilagodba: FaceTrack se može prilagoditi specifičnim potrebama. Može se integrirati u postojeće rješenje ili izgraditi prilagođen sustav za njega [14]



Slika 5. Sustav za praćenje umora vozača - Alarm pospanosti [15]



Slika 6. Sustav za praćenje umora vozača - Alarm pospanosti [15]

ATTENTION ASSIST SUSTAV (Mercedes Benz truck)

Primjerice, sustav Attention assist pomaže tijekom dugih, monotonih vožnji npr. na autocestama i brzim cestama na način ako prepozna znakove umora ili porasta nepažnje vozača, predlaže napraviti stanku. U slučaju prepoznavanja umora, na instrumentalnom zaslonu prikazuje se upozorenje: *ATTENTION ASSIST: Take a break!* Poruka se zatim može potvrditi te se napraviti stanka ili ako se ne napravi stanka sustav i dalje pamti i primjećuje povećanu neopreznost vozača te ponovno upozorava na uzimanje stanke nakon 15 minuta [16].



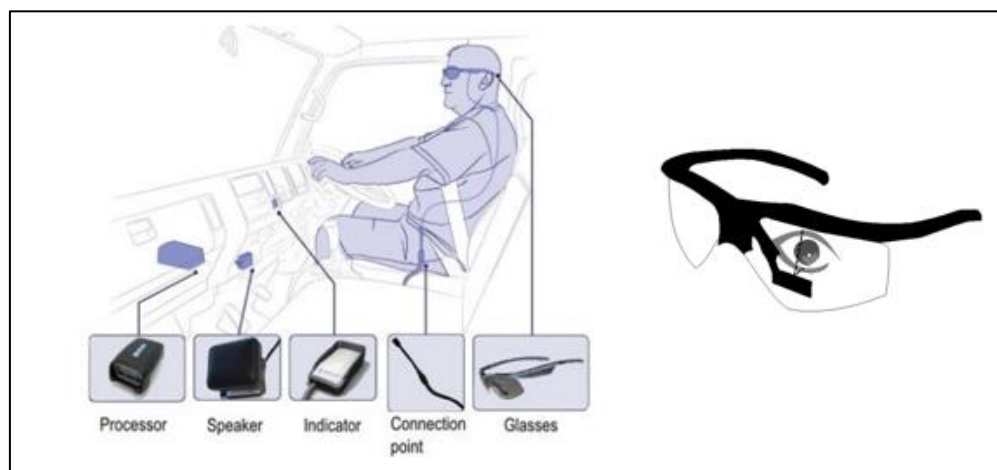
Slika 7. Zaslon u vozilu MB Truck - Attention Assist [16]

Ostale srodne tehnologije koje su razvijene s ciljem otkrivanja i upozoravanja pospanosti kod vozača su:

- Attention Technology Driver Fatigue Monitor,
- Delphi Driver State Monitor,
- Seeing Machines faceLAB™,
- SmartEye Pro 3.0, SMI InSight™,
- LC Tech. Eyegaze Analysis System i drugi [17].

OPTALERT – sustav mjerenja pokreta očnih kapaka

Nadalje, općepoznati sustav koji se temelji na mjerenju pokreta očnih kapaka nazivom Optalert (Sleep Diagnostics Pty Ltd, Melbourne, Australija) je uređaj koji kontinuirano mjeri budnost/pospanost vozača. Sustav prati pokrete kapaka pomoću infracrvene veze (reflektirajuća okulografija) i procjenjuje razinu pospanosti na temelju kombinacije različitih karakteristika treptanja očima (Johns, Tucker, Chapman, Crowley i Michael, 2007.) [18].



Slika 8. Dijelovi sustava za mjerenja pokreta očnih kapa

Izvor: [18]

Intuitivno, kako vozači postaju pospani, njihove oči dulje ostaju zatvorene i zatvaranje oka je sporije (Johns, 2003.). Kao što je vidljivo na slici sastoji se od procesora, zvučnika, indikatora, antene i naočala. Procesor je naviknut analizirati podatke s infracrvenog senzora i upravljati upozorenjima kada se prikažu znakovi pospanosti. Točka spajanja je mjesto gdje vozač priključi naočale koji također ima sustav za brzo otpuštanje u slučaju nužde. Indikator izvještava o status sustava, a zvučnik odašilje zvučna upozorenja vozaču [18].

NOSIVI SUSTAV ZA OTKRIVANJE POSPANOSTI

U svrhu pružanja pomoći u detekciji i prevenciji umora kod mobilnih radnika, spomenut će se i primjer nešto drugačije tehnologije, odnosno onaj koji nije striktno ugrađen u teretno vozilo. Švicarsko malo i srednje poduzeće L.I.F.E. razvio je inovativnu nosivu platformu predstavljenu kao sučelje između tehnologije stvari i ljudskog bića. Cilj njihovog projekta je izgraditi sustav detekcije/alarmiranja pospanosti kod mobilnih radnika teretnih vozila. Potaknuti činjenicom kako je jedan od četiri smrtna slučaja u prometu na autocestama rezultat trenutne pospanosti vozača spoznali su važnost pravodobnog razvitka detektora pospanosti, posebno za one koji obavljaju duga putovanja i imaju nepravilan raspored [19].

Osim prethodno navedenog, projekt ima za cilj dizajnirati nosivu platformu da bude udobna tijekom duljeg razdoblja i koja omogućuje prikupljanje širokog spektra fizioloških signala u stvarnom vremenu. Nosivi povezani uređaj omogućit će praćenje fiziološkog stanja mobilnog radnika i njegovu komunikaciju. Platforma je integrirana u bešavnu odjeću koja može pratiti fiziološko stanje osobe. Predloženi uređaj detektirati će i kvantificirati fizičko i psihičko stanje mobilnog radnika (npr. pospanost, razina pažnje) kao i njegove radnje (npr. korištenje telefona, položaj ruku itd.) čime će se spriječiti nesreće [19].



Slika 9. Nosivi sustav za otkrivanje pospanosti

Izvor: [19]

2.6.3 Automatizacija teretnih vozila kao pomoć u logističkim procesima

U realitetu prometuju vozila koja imaju ugrađene različite napredne sustave za pomoć vozaču kao što su prilagodljivi tempomat, sustav za održavanje vozila u prometnoj traci, sustav za nadzor mrtvog kuta, sustav automatskog kočenja, upozorenje na mogući sudar sprijeda i druge. Na slici 10. prikazano je šest razina automatizacije prema klasifikaciji Društva automobilskih inženjera SAE (engl. Society of Automotive Engineers) od nulte razine koja podrazumijeva vozila bez ikakve automatizacije, pa sve do zadnje, pete razine, koja podrazumijeva potpunu automatizaciju za automobile poznate pod kolokvijalnim nazivom autonomno vozilo, u kojima ne postoje komande za upravljanje, a čovjek je samo putnik [3].

Razina automatizacije vožnje	Naziv razine	Opis razine
0	Nema automatizacije	Vozač u potpunosti upravlja vozilom, čak i onda kada sustav za pomoć vozaču oglasi upozorenje.
1	Sustavi pomoći vozaču	Vozač upravlja vozilom uz pomoć sustava za kontrolu brzine (ubrzavanje/usporavanje) ili sustava za održavanje lateralnog položaja vozila koji se koristi informacijama o prometnom okruženju.
2	Parcijalna automatizacija	Vozač upravlja vozilom uz pomoć sustava za kontrolu brzine (ubrzavanje/usporavanje) i sustava za održavanje lateralnog položaja vozila koji se koristi informacijama o prometnom okruženju.
3	Uvjetna automatizacija	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje uz očekivanje da će vozač intervenirati na zahtjev sustava.
4	Visoka automatizacija	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje čak i onda kada vozač pravovremeno ne reagira na zahtjev sustava za intervenciju.
5	Potpuna automatizacija – AUTONOMNO VOZILO	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje na svim vrstama prometnica i u svim vremenskim uvjetima kojim može upravljati vozač.

Slika 10. Šest razina vožnje automatizacije prema SAE

Izvor: [3]

Autonomna vozila postala su još važnija s pojavom Logistike 4.0³. Štoviše, prijevoz teretnim vozilima postalo je ključno prijevozno sredstvo na logističkom tržištu. Usvajanje istih također će pomoći u promjeni strukture raspodjele teretnih vozila [20].

Nedavno su stručnjaci za logistiku prognozirali da bi moglo doći doba autonomnih teretnih vozila mnogo prije nego što se očekivalo. Ukupno, 95 % tereta u Velikoj Britaniji i 70 % tereta (otprilike 10,5 milijardi tona godišnje) u SAD-u otprema se i doprema teretnim vozilima, ali problem se javlja u nedostatku radne snage. O autonomnim teretnim vozilima ne govori se samo u teoriji, već su razvijeni i trenutno su u funkciji. Scania, podružnica Volkswagena, razvija prvi potpuni autonomni sustav upravljanja teretnim vozilima na svijetu, dok Singapur, razvija potpuno autonomni terminal gdje će se transport kontejnera između lučkih terminala odvijati autonomnim vozila na vodik [21].

Očekuje se da će usvajanje autonomnog upravljanja teretnim vozilima promijeniti okruženje vožnje. Nekoliko zemalja testiralo je koncept tzv. autonomnog konvoja (eng. Platooning) sustav autonomnog relejnog konvoja (eng. *Autonomous Relay Convoy System*) gdje se elektronski povezuje nekoliko kamiona koji formiraju automatizirani konvoj. Vozač glavnog teretnog vozila vodi konvoj, dok drugi autonomno prati, što omogućuje samom vozaču odmor i obavljanje drugih radnji poput provjeravanja rasporeda vožnje, ruta i slično [21].

U budućnosti, prateće vozilo može postati vozilo bez vozača dok glavni vozač nastavlja nadgledanje ispravnosti sustava u glavnim, vodećem teretnom vozilu u konvoju. Ovaj koncept

³ Pod izrazom logistika 4.0. podrazumijevamo najmoderniju logistiku koja uključuje umrežavanje, digitalizaciju i računalstvo. U skladu s time, zadatak logističara više nije ograničen - kao ranije - na čisti prijevoz, već se temelji na funkciji koordinacije logistike u cijelom dostavnom lancu koja obuhvaća sve funkcije i poduzeća.

upotrebljava razne senzore koji se koristi za zaustavljanje teretnih vozila na točno određenim mjestima, automatiziranje vitla i rastavljanje zasuna na daljinu. Upravljanje se vrši pomoću softvera u kontrolnom centru i svim najbližim kontrolnim jedinicama, poput policije koja također može upravljati samim sustavom ako utvrdi potrebu za istim [22].

Usvajanje autonomnih teretnih vozila vjerojatno će značajno poboljšati učinkovitost prijevoza i smanjiti zagađenje. Autonomni kamioni mogu se voziti tijekom cijele godine bez potrebe za pauzama, čime se produljuje vrijeme vožnje. Ovi kamioni također imaju sofisticiraniju potrošnju goriva čime se smanjuju emisije ugljičnog dioksida i troškovi goriva, što pozitivno utječe na okoliš [22].

Automatizacija vozila ublažila bi stres i pospanost vozača jer su oni prisutni samo u funkciji nadzora ispravnosti sustava bez potrebe za bilo kakvim drugim pothvatima koji zahtijevaju upotrebu kognitivnih funkcija. Autonomni kamioni mogli bi drastično smanjiti broj sudara i nesreća i prema tome smrti ili ozljeda pomoću svojih visoko razvijenih sigurnosnih sustava koji su programirani u različitim incidentnim situacijama [22].

U budućnosti bi autonomni kamioni značajno pomogli u rješavanju problema umora vozača, koji je jedan od glavnih uzroka nesreća u kamionima. Svi ovi primjeri promijenit će način funkcioniranja logistike i transporta opskrbnog lanca revolucionarnim učinkom vožnje, boljom optimizacijom ruta, izbjegavanjem prometnih zagušenja i smanjenjem gužvi u gradovima. Osim toga, kako automatizacija postaje sve raširenija tako se i trošak implementacije smanjuje i autonomna teretna vozila postaju financijski prihvatljivija i manjim kompanijama [22].

3. UPRAVLJANJE UMOROM MOBILNIH RADNIKA KROZ ORGANIZACIJU SMJENSKOG RADA

3.1. Radno vrijeme i obvezni odmori mobilnih radnika

Očigledna je potreba za regulacijom dozvoljenog vremena vožnje i obveznih dnevnih i tjednih odmora kao i obvezne stanke vozača, a sve u cilju poboljšanja sigurnosti cestovnog prometa, kao i sprječavanja narušavanja tržišnog natjecanja [23].

S obzirom da se ovaj rad bavi mobilni radnicima, bitno je navesti da se na mobilne radnike koji sudjeluju u aktivnostima cestovnog prijevoza - vozače, kao i na samozaposlene vozače vozila čije je najveća dopuštena masa s priključnim vozilom veća od 3,5 tona i autobusa konstruiranih ili trajno prilagođenih za prijevoz više od 9 putnika, uključujući mobilnih radnika, primjenjuju odredbe Zakona o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prijevozu (NN br. 75/13., 36/15.), sukladno čl. 3. ovoga Zakona [24].

Tijekom mnogih anketnih istraživanja s mobilnim radnicima teretnih vozila utvrdilo se da sati vožnje u prosjeku čine oko 70-85 % ukupnog vremena na provedenog na dužnosti (Baas i sur., 2000.; McCartt i sur., 1997.; 1999.; Hamelin, 1999.; Williamson i sur., 2001.). Ostatak vremena je provedeno na utovaru i istovaru, čekanju na utovar/istovar i drugim zadacima kao što su servis vozila i planiranje putovanja. Slijedom navedenog zaključuje se kako su mobilni radnici nerijetko dovedeni u situaciju gdje im se onemogućuje pravo na zasluženu stanku ili odmor što negativno utječe na cjelokupnu njihovu izvedbu [6].

A. TJEDNO RADNO VRIJEME

Zakonom o radnom vremenu i obveznim odmorima mobilnih radnika propisano je tjedno radno vrijeme mobilnih radnika, vozača, u trajanju od 48 sati. No, jednako tako istim je Zakonom je propisano da se tjedno radno vrijeme može produžiti do maksimalnih 60 sati tjedno, samo ako prosjek od 48 sati nije prekoračen unutar razdoblja od četiri mjeseca (čl. 5. st. 1. i 2. Zakona). Točnije, maksimalno tjedno radno vrijeme ne bi trebalo biti praksa, već samo izuzetak, kojemu je cilj da se mobilnom radniku, vozaču, omogući povratak u domicilnu zemlju [23].

Pri zapošljavanju, poslodavci moraju imati na umu da vozači smiju voziti najviše devet sati dnevno. Međutim, dnevno vrijeme vožnje može se produljiti na najviše 10 sati, ali ne više od dva puta tjedno. Vozači ne smiju voziti više od 56 sati tjedno i njihovo ukupno vrijeme vožnje u razdoblju od dva tjedna ne smije biti dulje od 90 sati (čl. 6. Uredbe (EZ) br. 561/2006). Radno vrijeme se može produljiti, ako je potrebno, na najviše 60 sati u jednom tjednu. Takvo je produljenje moguće pod uvjetom da zaposlenici rade u prosjeku 48 sati tjedno u razdoblju od četiri mjeseca. Uredbom (EZ) br. 561/2006 posebice se utvrđuju pravila o vremenu vožnje, stankama i razdobljima odmora vozača koji obavljaju cestovni prijevoz robe i putnika (čl. 1. Uredbe (EZ) br. 561/2006) [23].

B. DNEVNO RADNO VRIJEME

U dnevno radno vrijeme mobilnih radnika (a jednako tako i u tjedno radno vrijeme) računa se vrijeme od početka do završetka rada, tijekom kojeg se mobilni radnik nalazi na svome radnom mjestu, na raspolaganju poslodavcu, te obavlja svoje poslove. U radno vrijeme ubraja se kako vožnja, tako i utovar i istovar, pomoć putnicima pri ulasku i izlasku iz vozila, čišćenje i tehničko održavanje vozila, kao i svi ostali poslovi čija je svrha osiguranje sigurnosti vozila, njegova tereta i putnika ili ispunjavanje zakonskih obveza koje su vezane uz vožnju koja je u tijeku, uključujući nadzor utovara i istovara, kao i administrativnih formalnosti s policijom, carinom, inspekcijom službama i sl. [23].

Ukratko, to je vrijeme tijekom kojeg mobilni radnik ne može slobodno raspolagati svojim vremenom, te mora biti na svom radnom mjestu, spreman preuzeti svoje uobičajene poslove, pri čemu su neki poslovi vezani uz dežurstva, posebno tijekom čekanja na utovar ili istovar, kada vrijeme trajanja nije unaprijed poznato prije polaska ili prije početka trajanja dotičnog razdoblja (čl. 4. st. 1. t. 8. Zakona o radnom vremenu i obveznim odmorima mobilnih radnika) [23].

C. NOĆNI RAD

Posebna odredba odnosi se na vozače koji svoj rad obavljaju noću, i to zato što su istraživanja pokazala da je noću ljudsko tijelo osjetljivije na smetnje iz okoliša i na određene otegotne oblike organizacije, te da duga razdoblja noćnog rada mogu štetiti zdravlju radnika i ugroziti njihovu sigurnost kao i općenito sigurnost prometnog sustava. Navedeno posebno naglašava Direktiva 2002/15/EZ (t. 11. preambule Direktive 2002/15/EZ). Samim time bilo je potrebno ograničiti trajanje razdoblja noćnog rada, a vozačima koji rade noću osigurati odgovarajuću naknadu za njihov rad i omogućiti im jednaku priliku za osposobljavanje [23].

U cilju toga kroz Zakon o radnom vremenu i obveznim odmorima mobilnih radnika propisan je period noćnog rada od ponoći (00.00) do pet sati (05.00) (čl. 4. st. 1. t. 5.).¹⁶ Za sve one koji svoj posao rade u navedenom periodu od 00.00 do 05.00 ograničeno je vrijeme ukupnog rada na najviše deset sati unutar 24 sata (čl. 7. st. 1. Zakona). Pri tome svakako valja upozoriti da ako vozač ima početak rada prije 05.00 sati, da toga dana mora završiti svoje dnevno radno vrijeme prije nego što ima više od deset sati ukupnog rada, odnosno vožnje i ostalog rada [23].

Vozačima se nikako ne smije dopustiti da sami organiziraju ili reorganiziraju svoj smjenski rad, a u većim sustavima osoba koja radi organizaciju smjenskog rada mora biti adekvatno obrazovana za taj segment posla. Nadalje, propisano je da se naknada za noćni rad mobilnim radnicima isplaćuje sukladno važećim propisima u Republici Hrvatskoj, odnosno sukladno kolektivnim ugovorima, ali pod uvjetom, da naknada ne smije poticati ugrožavanje sigurnosti prometnog sustava [23].

D. STANKA

Stanke i odmori mogu spriječiti umor. Poznato je da stanke općenito smanjuju i sprječavaju stres, te su od velike pomoći u održavanju i poboljšavanju izvedbe. Odmor je važno vrijeme oporavka koje vozačima omogućuje regeneraciju nakon dugotrajnog rada i iscrpljivanja. Zakonom o radnom vremenu i obveznim odmorima mobilnih radnika propisana je i obvezna stanka, koju je za vrijeme rada vozač dužan napraviti, a može se o tome govoriti i tako da je vozaču omogućena stanka za vrijeme rada kako bi imao mogućnost obaviti svoje osobne potrebe (odmor, okrepa, obrok i drugo).

Stanka je propisana na dva načina; nakon šest sati ukupnog rada i četiri sata i 30 minuta vožnje. Nakon ukupnog rada u trajanju od preko šest sati, vozač je obavezan uzeti stanku u trajanju od 30 minuta, odnosno stanku od 45 minuta ako vrijeme ukupnog rada prelazi devet sati, a sve sukladno čl. 6. Zakona. Ako je vozač samo vozio, bez drugih radnih aktivnosti, tada je u obvezi napraviti stanku od 45 minuta nakon četiri sata i 30 minuta vožnje. Stanka od 45 minuta može se raditi i u dva dijela, od kojih prvi dio mora biti duži od 15 minuta, a drugi dio 30 minuta (čl. 7. Uredbe (EZ) br. 561/2006) [23].

E. DNEVNI ODMOR

Dnevni odmor mobilnog radnika, vozača, mora biti unutar 24 sata od kraja prethodnog dnevnog odmora ili tjednog odmora. U tom razdoblju vozač može slobodno raspolagati svojim vremenom. Redovito dnevno razdoblje odmora traje najmanje 11 sati, ako se koristi u jednom dijelu, ili najmanje 12 sati, ako se koristi u dva dijela. Tada prvi dio ovoga odmora mora trajati najmanje tri sata i drugi najmanje devet sati. Ako dnevni odmor mobilnog radnika, vozača, unutar tih 24 sata traje minimalno devet sati, ali ne više od 11 sati, tada će se smatrati da koristi skraćeni dnevni odmor, odnosno smatrat će se da se radi o skraćenom dnevnom razdoblju odmora. Vozači mogu imati najviše tri takva skraćena dnevna odmora između bilo koja dva tjedna razdoblja odmora [23].

F. TJEDNI ODMOR

Tjedni odmor je neprekidno tjedno razdoblje tijekom kojeg vozač može slobodno raspolagati svojim vremenom, a obuhvaća redoviti tjedni odmor, odnosno redovito tjedno razdoblje odmora i skraćeni tjedni odmor (skraćeno tjedno razdoblje odmora) (čl. 4. (čl. 4. (h) Uredbe (EZ) br. 561/2006.) [23].

Uglavnom ga vozači nazivaju vikend odmorom ili vikend pauzom, stoga je odmah na samom početku potrebno upozoriti kako to ne znači da se mora provoditi vikendom, već bilo kojim danom u tjednu, ali obvezno nakon svakih 6 dana uzastopnog rada. Redoviti tjedni odmor traje najmanje 45 sati neprekidno. Vozačima je ostavljena mogućnost da naprave i skraćeni tjedni odmor u najmanjem neprekidnom trajanju od 24 sata, ali su u obvezi nadoknaditi razliku do punog tjednog odmora najkasnije do kraja trećeg tjedna, računajući od sljedećeg tjedna (čl. 4. (čl. 4. (h) i čl. 8. st. 6.-9. Uredbe (EZ) br. 561/2006.) [23].

3.2. Evidencija radnog vremena i obveznih odmora mobilnih radnika

Evidencija radnog vremena i obveznih odmora mobilnih radnika vodi se ručno ili pomoću uređaja - tahografa, od kojih su danas u opticaju dvije osnovne vrste: analogni i digitalni tahograf koji se dijeli na prvu i drugu generaciju koja ja najnovija inačica ovog uređaja. Osnovna funkcija tahografa je bilježenje brzine vozila i prijeđenog puta. Ugrađuju se u motorna vozila, a sastoje se od senzora kretanja, jedinice u vozilu i kabela potrebnih za njihovo spajanje. Tahograf regulira vrijeme koje vozač provede u vožnji, a sve kako bi se spriječile prometne nesreće koje se najčešće događaju zbog umora vozača [23].

Tahograf se može koristiti u svakom motornom vozilu u cestovnom prometu čija je dopuštena masa veća od 3,5 tone. Uredbom (EU) br. 165/2014 posebice se utvrđuju obveze i zahtjevi za tahografe koji se koriste u cestovnom prijevozu, te oni po pitanju svoje izrade, ugradnje, uporabe i ispitivanja moraju biti u skladu s ovom Uredbom (čl. 1. Uredbe (EU) br. 165/2014). Zakon dozvoljava korištenje analognih i digitalnih tahografa – analogni tahografi još uvijek dominiraju obzirom na starost voznog parka, dok su digitalni tahografi obavezni u svim novim vozilima, registriranim prvi put od 1.1.2009. nadalje. Digitalne tahografe moguće je ugraditi i u starija vozila [23].

I. Vozila opremljena analognim tahografom

Vozač u vozilu mora imati tahografski listić tekućeg dana te tahografske listiće za prethodna 28 kalendarska dana. Pored toga u vozilu mora imati i karticu vozača, ukoliko posjeduje istu, izdanu na njegovo ime. Iz iste proizlaze aktivnosti koje su obavljene u odnosnom razdoblju s digitalnim tahografom. Ručne zapise i ispise (iz digitalnog tahografa) vozač mora imati u vozilu ako su tahograf ili kartica vozača bili neispravni ili je kartica izgubljena ili ukradena. Ručni zapisi su potrebni ako je vozač odstupao od propisanih vremena vožnje i odmora. Drugi ispisi nisu potrebni. Vozač pored toga u vozilu mora imati potvrdu o aktivnostima vozača koju mu je prijevoznik dužan izdati jer je primjerice bio na bolovanju, na godišnjem odmoru ili je obavljao ostale poslove [25].

II. Vozila opremljena digitalnim tahografom

Vozač u vozilu mora imati karticu vozača. Nadalje mora u vozilu imati ručne zapise i ispise (iz digitalnog tahografa) ako su tahograf ili kartica vozača bili neispravni ili je kartica izgubljena ili ukradena. Ručni zapisi su nadalje potrebni ako je vozač odstupao od propisanih vremena vožnje i odmora. Ako je u proteklih 28 dana upravljao i vozilom s analognim tahografom, onda u vozilu mora imati i sve korištene tahografske listiće. Vozač pored toga u vozilu mora imati potvrdu o aktivnostima vozača koju mu je prijevoznik dužan izdati jer je primjerice bio na bolovanju, na godišnjem odmoru ili je obavljao ostale poslove [25].

III. Nova verzija pametnog tahografa (druga generacija)

Pametni tahograf druge generacije postat će obvezna oprema za novoregistrirane kamione težine iznad 3,5 tona u Europskoj uniji, Velikoj Britaniji, Švicarskoj i Norveškoj, što će stupiti na snagu 21. kolovoza 2023. godine. Premda će i ovaj tahograf fizički biti vrlo sličan prethodnim generacijama pametnog ili digitalnog tahografa, najveće promjene koje donosi kriju se u njegovom programu, a one su brojne. Vizualno će se ovaj tahograf od ostalih digitalnih ili pametnih tahografa prve generacije, razlikovati samo po malom Bluetooth znaku smještenom desno iznad ekrana [25].

Glavna karakteristika pametnih tahografa jest proširenje opsega podataka koje će ovi uređaji neprekidno odašiljati na, koristeći napredne DSRC antene. Ovaj sustav omogućuje nadležnim tijelima bolji uvid u trenutne parametre rada uređaja, ali i otkrivanje potencijalnih prekršaja, poput prekomjernog vremena vožnje ili nedostatnog odmora vozača. Sposobnost daljinskog upravljanja i nadzora vozača doprinijet će povećanju sigurnosti na cestama, te boljem poštivanju zakonskih odredbi [25].

3.3. Posljedice smjenskog i noćnog rada na mobilne radnike

Mobilni radnici kao neophodna i važna karika u opskrbnom lancu, odvijanju prometa s ciljem transporta roba i dobara, pa tako i putnika, primjer su zanimanja koji zahtijevaju neprestano odvijanje svojih funkcija bez kojeg svijet staje. Sukladno tome važnost ispravnog organiziranja smjena i rasporeda vožnji veoma je važna, kako za mobilne radnike, tako i za sve sudionike u prometu.

U ovom poglavlju, povezat će se ranije obrađena materija o uzrocima nastanka umora koji je generalno posljedica neravnoteže između zahtjeva rada i razdoblja oporavka. Loše osmišljeni obrasci rada u smjenama, dugo radno vrijeme i noćni rad upravo su glavni uzroci nastanka umora što se može očitovati kao začarani krug negativnih učinaka na funkcije budnosti i spavanja.

Smjenski rad i rad noću smanjuje količinu i kvalitetu sna, a što ima za posljedicu nesanicu, prekomjernu pospanost preko dana i/ili na radnom mjestu i kronični umor: povećan umor očiju, vrtoglavica, mentalna iscrpljenost i razdražljivost. Sve navedeno povećava rizik od ozljeda na radu. Smjenski radnici koji su izloženi na radnom mjestu i drugim opasnostima i štetnostima, kao što su kemijske i biološke štetne tvari, buka, vibracije ili nepovoljna mikroklima, mogu biti osjetljiviji na njihove štetne učinke na zdravlje [26].

Mnogobrojna istraživanja o noćnom radu pokazuju da je ljudsko tijelo noću osjetljivije na negativne utjecaje iz okoliša, te opasnosti i napore na radnom mjestu. Dulja razdoblja noćnog rada mogu štetiti zdravlju radnika i ugroziti njihovu sigurnost na radnom mjestu, sigurnost drugih radnika i sam tehnološki proces rada [26].

Simptomi profesionalnih oboljenja među smjenskim radnicima, uz kronični umor, predstavljaju dodatni zdravstveni problema. Simptomi se očituju kao:

- Iscrpljenost, čak i nakon dužeg perioda spavanja

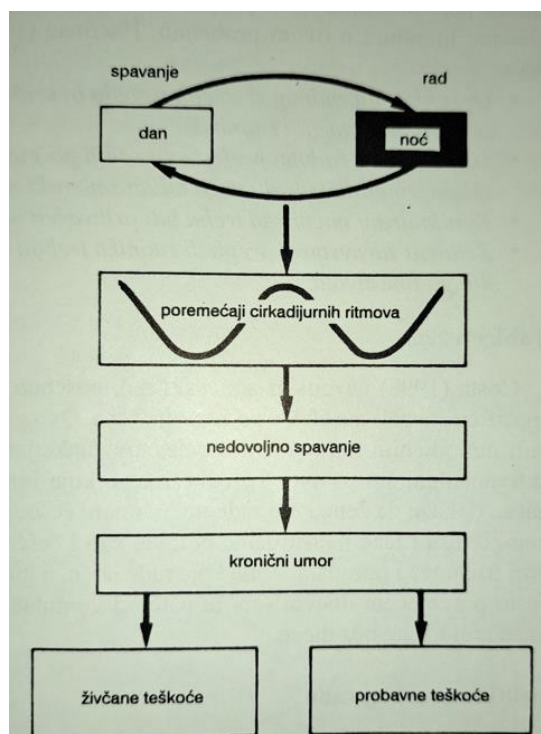
- Mentalna iritabilnost
- Stanje depresije
- Opći gubitak vitalnosti i nesklonost prema radu [2].

Stanje kroničnog umora je popraćeno povećanom sklonošću psihosomatskim problemima, koje kod noćnih radnika poprimaju sljedeće forme:

- Gubitak apetita
- Poremećaj spavanja
- Probavni problemi [2].

Uzroci profesionalnih oboljenja nalaze se u cirkudijurnim ritmovima i poremećajima koji proizlaze iz promjena dnevne radne smjene u noćnu. Konflikt se stvara u tijelu noćnog radnika zbog desinkronizacije unutarnjih ritmova, što se očituje u prisilnom radnom ciklusu koji je suprotan prirodnim izmjenama dana i noći. Dodatan problema predstavljaju izmjene ciklusa socijalnih kontakata. Sve navedeno dovodi do slabljenja funkcionalnog jedinstva tijela i poremećaja sinkronizacije među različitim biološkim ritmovima [2].

Priroda profesionalnih oboljenja kod noćnih radnika s uzrocima i simptomima prikazana je u dijagramu na slici 11.



Slika 11. Dijagram ilustracije uzoraka simptoma profesionalnih oboljenja među smjenskim radnicima koji povremeno rade noću

Izvor: [2]

Navedene poteškoće nema svaki radnik, ili se ne manifestiraju na isti način. Čak i kada pokazuju iste simptome, opseg i veličina ovih problema varira od osobe do osobe. Općenito se može zaključiti da oko dvije trećine smjenskih radnika pati u određenom stupnju od pogoršanja zdravlja, a jedna četvrtina, prije ili kasnije, napušta smjenski rad zbog zdravstvenih problema, ili nemogućnosti socijalne prilagodbe na isto [2].

Kako bi se ublažile i/ili spriječile negativne posljedice smjenskog i noćnog rada bitno je definirati prirodu rizika koja je u ovom kontekstu proces utvrđivanja opasnosti povezanih s istim, te je utvrđeno da je rizik za krivom reakcijom i prometnom nesrećom:

- Viši u noćnim smjenama
- Raste s produljenjem smjene od 8 sati
- Raste tijekom više uzastopnih dana u istoj smjeni (osobito kod noćnih smjena)
- Raste kada nema dovoljno pauza [2]

Općenito u prometu, krive reakcije se mogu podijeliti na pogrešku, omašku, propust i preuranjenu reakciju što je prikazano u Tablici 2.

Tablica 2. Osnovne vrste krivih reakcija (i odgovora) s obzirom na namjeru i/ili ishod koje su karakteristične za promet

Vrsta krive reakcije	Engleski naziv	S obzirom na:	Opis krive reakcije:
preuranjena reakcija	<i>premature reaction</i>	ISHOD	nema podražaja, ispitanik prijevremeno reagira
omaška	<i>slip</i>	NAMJERU	ima podražaja, ispravna namjera, kriva izvedba (ispitanik je krivo reagirao)
propust	<i>lapse</i>		ima podražaja, ispravna namjera, propust u izvedbi (ispitanik nije pravovremeno reagirao)
pogreška	<i>mistake</i>		ima podražaja, kriva namjera i izvedba (ispitanik je krivo reagirao)

Izvor: [27]

Glavni uzrok su dakle loše osmišljeni rasporedi smjena koji rezultiraju nepotrebnim ili povećanim umorom, što zauzvrat dovodi do lošije izvedbe koja može rezultirati i prometnom nesrećom naročito ako teretno vozilo ne posjeduje višu razinu automatizacije ili ne postoje integrirani ADAS ((*engl. Advance driver assistance systems*))

3.4. Smjernice za organizaciju smjenskog rada i rada noću

Važno je napomenuti da ne postoji najbolji sustav organizacije smjena koji se može primijeniti za svako radno mjesto. Svaki sustav trebao bi se prilagoditi specifičnim radnim zahtjevima, te osobnim i socijalnim čimbenicima radnika. Shodno tome, ne mogu se sve smjernice primijeniti za svako radno mjesto u istoj mjeri. Neke od važnijih preporuka (ne i jedine) prilikom organizacije smjenskog rada su:

- izbjegavanje ranog početka jutarnjih smjena (ukoliko je to moguće)
- smanjivanje broja sukcesivnih noćnih smjena (na optimalno dva, maksimalno tri uzastopna dana)
- osiguravanje redovitog rasporeda smjena
- pravovremeno informiranje radnika o rasporedu
- korištenje brzo rotirajućih smjena (na bazi nekoliko dana)
- rotacija smjena od jutarnje u smjeru noćne smjene
- izbjegavanje provođenja opasnih poslova koji zahtijevaju dugotrajno održavanje pažnje, monotone operacije u lošije osvijetljenim prostorijama, te složene radne zadatke [26].

Budući da područje organizacije rada i radnog vremena u koje pripada smjenski rad i rad noću uređuje Zakon o radu, a zaštitu zdravlja od štetnih utjecaja rada uređuje Zakon o zaštiti na radu, nedavno doneseni Pravilnik predstavlja svakako poseban propis kojim se zbog povećanog rizika noćnog rada uređuje zaštita zdravlja i sigurnost noćnog radnika. To bi značilo da zdravstveni pregledi noćnih radnika pripadaju u područje posebnih zdravstvenih uvjeta rada koje je regulirano čl. 3., toč. 19. Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada [26].

Općenite smjernice za optimalnu organizaciju smjenskoga rada koji uključuje i rad noću, na temelju suvremene znanstvene i stručne literature kao i mjerodavnih stručnih asocijacija poput HSE-a (*engl. Health and Safety Executive*), jesu sljedeće (nisu sve primjenjive na mobilne radnike, opaska autora):

- Treba davati prednost organizaciji rada u jednakomjernim smjenama u odnosu na rad u nejednakomjernim smjenama i/ili turnusima.
- Smjenski je rad poželjno organizirati u trima jednakomjernim 8-satnim smjenama umjesto u smjenama od 10 do maksimalno preporučenih 12 sati (dokazan je pad razine izvedbe s produljenjem trajanja smjene).
- Općenito, preporučuje se ograničenje na 5 do 7 uzastopnih radnih dana unutar ciklusa, a zastandardne jednakomjerne smjene trajanje od 7 do 8 sati.
- Ako je moguće, treba izbjegavati rani početak ranojutarnje jednakomjerne smjene već od 6h (kada je i ako je moguće, treba davati prednost dnevnoj jednakomjernoj smjeni s početkom u 7h ili u 8h).

- Potrebno je osigurati najmanje 11 sati odmora između dviju uzastopnih smjena (engl. *restbreaks beetwen consecutive shifts*).
- Preporučuje se u smjenskom rasporedu osigurati što više slobodnih vikenda s najmanje dvama uzastopnim danima odmora (engl. *regular weekend breaks*).
- Trajanje smjene dulje od 8 sati treba ograničiti na najviše 12 sati (uključujući prekovremeni rad) i razmotriti potrebe osjetljivih radnika.
- Potrebno je osigurati dva uzastopna slobodna dana nakon svake 12-satne smjene.
- Gdje je moguće, treba organizirati vrijeme početka/završetka smjene tako da je usklađeno s javnim prijevozom ili razmotriti mogućnost prijevoza radnika koji rade u određenim smjenama.
- Treba izbjegavati dvokratne smjene (engl. *split shifts*), osim ako je to nužno za ispunjavanje poslovnih potreba (npr. u ZET-u Zagreb za organizaciju smjenskoga rada mobilnih radnika tramvaja), a zbog vršnog opterećenja tramvaja putnicima, u dva termina dnevno
- Potrebno je razmotriti može li se za smjene s promjenjivim duljinama (engl. *variable shifts lengths*) za vrijeme početka i završetka radnoga vremena ponuditi odgovarajući kompromis.
- Opseg rada treba planirati tako da odgovara duljini i vremenskom okviru radne smjene, ukoliko je to moguće.
- Ukoliko je moguće, treba rasporediti različite zadatke koji će se dovršiti za vrijeme smjene i omogućiti radnicima izbor redoslijeda po kojem zadatci trebaju biti izvršeni.
- Potrebno je poticati i promicati korist redovitih stanaka unutar smjena.
- Tamo gdje je moguće, treba dopustiti radnicima diskreciju tijekom odmora te sprječavati poticanje radnika na uštedu vremena stanke kako bi ranije napustili posao.
- Potrebno je osigurati sadržaje i mogućnosti za smjenske radnike slične sadržajima i mogućnostima koje imaju radnici koji rade dnevne radne rasporede.
- Treba osigurati da su voditelji smjena i članovi tima koji su odgovorni za planiranje rada smjenskih radnika svjesni rizika povezanih s radom u smjenama i da mogu prepoznati probleme prouzročene smjenskim radom.
- Potrebno je osigurati redoviti raspored smjena te pravovremeno informiranje radnika.
- Treba kontrolirati prekovremeni rad i zamjene smjena praćenjem i bilježenjem sati rada i razdoblja odmora. Također, treba odgovarati radnike od preuzimanja drugih poslova.
- U rasporedu je rada potrebno osigurati mogućnost odgovarajućega odmora za one radnike koji su u statusu pripravnosti (čekanja) / obavljanja poslova na poziv ili imaju prekovremeni rad.
- Potrebno je poticati interakciju između radnika i osigurati način komunikacije za radnike koji su tijekom rada izdvojeni od drugih radnika.
- Treba osigurati obuku i informacije za radnike, njihove obitelji i menadžment o rizicima koji su povezani s radom u smjenama i o odgovarajućim strategijama kako se suočiti sa smjenskim radom. Takav pristup može pomoći radnicima pri boljem suočavanju s radom u smjenama.
- Radnom osoblju s radom u smjenama treba omogućiti pohađanje planom predviđenih obuka i edukacija.

- Potrebno je osigurati da radno mjesto i okoliš budu dobro osvijetljeni, sigurni i zaštićeni tuda su radnici oslobođeni (zaštićeni) od prijetnji nasiljem.
- Kada je i ukoliko je moguće, potrebno je izbjegavati noćni rad u prometnim procesima.
- Za rad noću potrebno je angažirati radnike između 25 i 50 godina.
- Ukoliko je noćni rad prijeko potreban, potrebno je izbjegavati stalni noćni rad bez rotacija.
- Nakon duže stalne izloženosti smjenskom i noćnom radu radnike treba prebaciti na dnevni rad.
- Potrebno je izbjegavati izvedbu zahtjevnih, opasnih, monotonih i/ili sigurnosno kritičnih zadataka tijekom noći, rano ujutro, pri kraju dugih smjena i tijekom drugih razdoblja niske razine budnosti (nemoguće primijeniti na aerodromske, prilazne i oblasne kontrolore zračnoga prometa u Zagrebu).
- Noćne smjene i ranojutarnje smjene preporučuje se ograničiti na 2 do 3 uzastopne smjene, nakon čega je potrebno osigurati 2 do 3 dana odmora kako bi se radnicima omogućio oporavak.
- Potrebno je ograničiti noćnu smjenu ili smjene u kojima se odvija zahtjevan, monoton, opasan i/ili sigurnosno kritičan rad na 8 sati.
- Treba osigurati odmor od najmanje 24 sata nakon jedne odrađene noćne smjene.
- Potrebno je izbjegavati produžene radne sate ili 12-satne smjene, osobito noću, zbog povećanja radnoga opterećenja te opadanja učinkovitosti u zadacima detekcije signala. Iako je noćni rad u pojedinim segmentima sigurniji u 12-satnim smjenama s čestim brojem kraćih stanka u odnosu na 8-satne noćne smjene sa samo jednom stankom, navedeno je potrebno izbjegavati jer pri kraju 12-satne noćne smjene dolazi do opadanja učinkovitosti u zadacima detekcije signala, a posljedično i do pada sigurnosti.
- Pri prelasku iz dnevne u noćnu smjenu, ili obrnuto, potrebno je radnicima dopustiti minimalno 2 noći punoga sna.
- Treba razmotriti mogućnost povećanja nadzora izvedbe tijekom ključnih razdoblja niske razine budnosti, npr. u razdobljima pretkraj dugih smjena, tijekom noći i u ranim jutarnjim satima (s naglaskom na vremenski period od ponoći do 5h ujutro).
- Potrebno je davati prednost rotaciji u smjeru kazaljke na satu (ujutro / poslijepodne / noć), poznatoj pod imenima „faza kašnjenja” ili „rotacija prema naprijed” (engl. *forward-rotating schedules*) u odnosu na rotaciju u suprotnom smjeru od kazaljke na satu (poslijepodne / ujutro / noć), koja je poznata pod imenima „faza uranjenja” ili „rotacija unatrag” (engl. *backward-rotating schedules*);
- Brza dnevna rotacija (engl. *fast rotation*) na bazi dvaju do triju dana preporučuje se zbog kraćega perioda u kojem djelatnik treba podnijeti nemogućnost brze prilagodbe cirkadijalnih ritmova. Najbolja je sljedeća solucija rotacija na bazi najviše triju tjedana (engl. *slowly rotating shifts*) jer je upravo toliko potrebno za prilagodbu cirkadijalnih ritmova. Treba izbjegavati rotacije na bazi jednoga do dvaju tjedna
- Psihologijskim testovima papir – olovka potrebno je utvrditi je li sudionik u prometu „jutarnji tip” ili „večernji tip”. Potrebno je pokušati primijeniti istu spoznaju tijekom organizacije smjenskoga rada najviše moguće, uz napomenu da se isto mijenja s navršeno dobi.
- Preporučuje se radnika premjestiti na dnevni rad na period od najmanje jedne godine

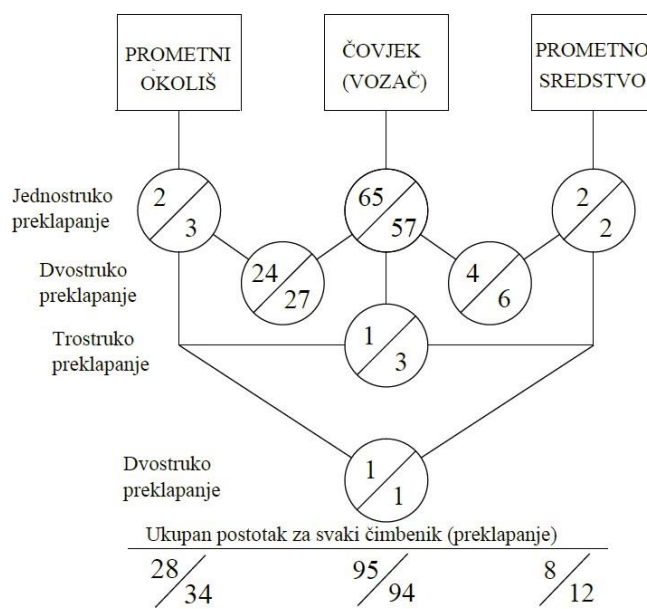
nakon otkrivanja desinkronizacije cirkadijalnih ritmova.

- Treba omogućiti isključivo dnevni rad radnicima koji imaju želučanih te emocionalnih problema.
- Potrebno je osigurati topli obrok radniku neovisno o smjeni u kojoj radi.
- Potrebno je educirati smjenske radnike o važnosti primjene zdrave prehrane te fiksnogavremena obroka u svrhu bolje tolerancije smjenskoga rada.
- Treba poticati radnike da obavijeste svoga liječnika o svojim radnim rasporedima.
- Potrebno je osigurati provedbu besplatnih zdravstvenih pregleda za radnike noćnih smjena.
- Treba promicati razvijanje zdravih životnih navika poput vježbanja i dijetalne ishrane [27].

4. ANALIZA ČIMBENIKA PROMETNE NESREĆE PN 1470320 POVEZIVE S UMOROM MOBILNIH RADNIKA TERETNOG AUTOMOBILA

Udio u prometnim nesrećama dijele se na tri osnovne skupine čimbenika koji su prema stručnoj i znanstvenoj literaturi: čovjek (ljudski faktor) – prometno sredstvo – prometni okoliš. okoliš

Rumar je 1982. godine sumirao i komparirao dvije dugogodišnje i nezavisne studije cestovnih istraživačkih laboratorija u Velikoj Britaniji i SAD-u (Rumar, 1982.) s visoko podudarnim rezultatima prikazanim na slici 12, a na temelju rezultata koje su dobile skupine eksperata nakon dubinskih studija oštećenih cestovnih vozila, mjesta nesreća i sudionika poslije PN s ciljem utvrđivanja postotnih udjela u PN za tri osnovne skupine čimbenika sustava čovjek - prometno sredstvo - prometni okoliš [27].



Slika 12. Udio čimbenika iz skupine "ljudskoga faktora" kod vozača cestovnih vozila na temelju ekspertize PN [27]

Gornji postotni udjeli (u kružnim sastavnicama slike) i lijevi postotni udjeli (u pravokutnim sastavnicama slike) su postotni udjeli iz britanske studije, a donji postotni udjeli (u kružnim sastavnicama slike) i desni postotni udjeli (u pravokutnim sastavnicama slike) su postotni udjeli iz američke studije, a za pojedinačno, dvostruko i trostruko sudjelovanje sve tri skupine čimbenika u PN cestovnih vozila (samostalni udjeli pojedine skupine čimbenika u nastanku PN te interakcijski udjeli dvije, ili sve tri skupine čimbenika). U pravokutnim sastavnicama slike s nazivom

skupine čimbenika upisan je ukupni skupni postotak za svaku skupinu čimbenika sa svim preklapanjima [27].

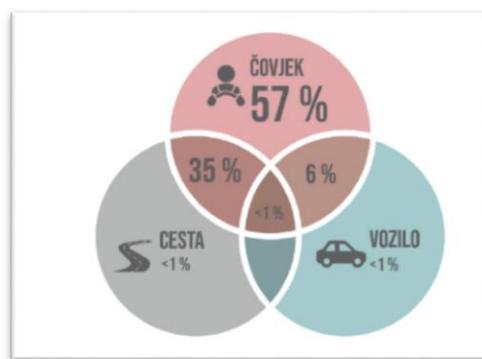
Prema slici 12 (Rumar, 1982.) očito je da skupina čimbenika „ljudskoga faktora”, bilo pojedinačno, bilo u interakciji s ostalim čimbenicima, ima dominantan utjecaj, tj. sudjeluje sa 95 % i 94 %. Navedeni statistički podatci odnose se na skupinu osobnih vozila, zbog nedostatka službenih podataka za teretna vozila s pretpostavkom da se isti bitno ne razlikuju. Pojedinačno sudjelovanje skupine „ljudskoga faktora” u PN dostiže oko dvije trećine ukupnih slučajeva (66 % u britanskoj i 58 % u američkoj studiji). Bitno za napomenuti je da su spomenuti rezultati iz 80 - tih godina prošlog stoljeća na bazi prometnih nesreća u Sjedinjenim Američkim Državama i Velikoj Britaniji kada su napredni sustavi za pomoć vozačima i automatizacija u cestovnim vozilima bili tek u povojima.

Utjecaj skupine čimbenika „ljudskoga faktora” sa svim preklapanjima dominira nad ostalim skupinama čimbenika („prometno sredstvo” i „prometni okoliš”) pa su oni manje vidljivi. Međutim, potrebno je voditi računa i o tome da u slučajevima u kojima skupine eksperata ne mogu pronaći nikakve čimbenike koji su uzročno-posljedično povezivi s „prometnim okolišem” i „prometnim sredstvom”, za uzrok prometne nezgode redovito proglašavaju odgovornim „ljudski faktor” [27].

To ne mora uvijek biti točno jer je iz rezultata klasične biheviorističke analize, koji su prikazani na Slici 12, jasno kako postoji dvostruko i trostruko preklapanje pripadnosti pojedinoga čimbenika prometne nesreće između triju standardnih skupina čimbenika. Takva je istovremena pripadnost jednoga čimbenika prometne nesreće dvjema ili trima skupinama čimbenika dokazom relacija ili veza među trima skupinama čimbenika, a može se interpretirati i kao utjecaj pojedinih čimbenika iz skupina „prometni okoliš” i „prometno sredstvo” na skupinu čimbenika „ljudski faktor” [27].

Prema Medved,2016⁴, najvažniji čimbenik u sustavu je čovjek, koji, dok sudjeluje u prometu, koristi osjetila pomoću kojih prima podražaje o cesti, vozilu i propisima te određuje način kretanja. Među ljudima postoje razlike u ponašanju u različitim situacijama, a one ovise o čovjekovoj dobi, zdravstvenom stanju, stupnju obrazovanja, temperamentu, inteligenciji itd. [28].

⁴ Josip Medved, struč. spec. crim., policijski službenik, Policijska uprava zagrebačka, I. postaja prometne policije, Zagreb



Slika 13. Udio čimbenika u nastanku prometnih nesreća [29]

Prema slici . (Bilten, 2019.), analiziranim podacima, očito je da je ljudski faktor – čovjek, potencijalni uzrok 57 % teških prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj. Interakcija čimbenika cesta + čovjek i njihov udio iznosi 35% gdje je potencijalni uzrok teških prometnih nesreća, dok je interakcija prometno sredstvo + čovjek , uzrok 6% teških prometnih nesreća. Interakcija cesta + vozilo čimbenici su čiji je udjel u nastanku prometnih nesreća zanemariv u usporedbi s ostala dva čimbenika povezana s čovjekom (ljudskim faktorom) [29].

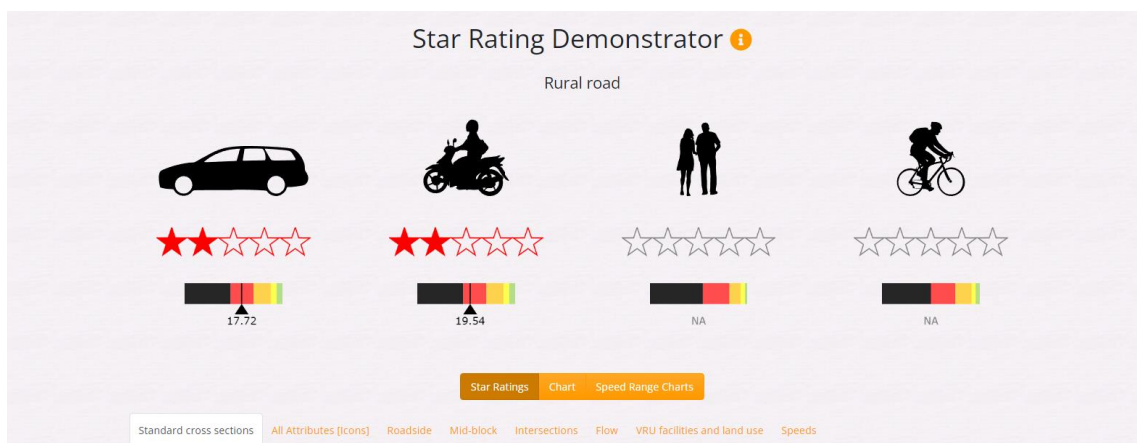
Zbog dominantnog utjecaja skupine čimbenika „ljudskoga faktora” na nastanak prometne nesreće, kako pojedinačno tako i sa svim preklapanjima, iznimno je bitno koji su karakteristični čimbenici takvih prometnih nesreća za koje je moguće da su prouzrokovane umorom mobilnih radnika, a radi mjerenja umora u simuliranim prometnim situacijama na simulatorima cestovnog prometa, s ciljem razvoja sustava za pomoć mobilni radnicima koji će detektirati umor i time spriječiti mogućnost nastanka negativnih posljedica njegovog djelovanja [3].

4.1. IRAP metodologija za procjenu statističkog rizika cestovne infrastrukture

IRAP (engl. International Road Assessment Program) predstavlja program međunarodne procjene cesta u svrhu promicanja sigurnije cestovne infrastrukture s ciljem spašavanja života i sprečavanja ozbiljnijih ozljeda sudionika u cestovnom prometu. Od sveukupno četiri razvijena protokola za procjenu i poboljšanje sigurnosti prometne infrastrukture, ocjena zvjezdicama (engl. star rating) korištena je za statičku procjenu rizika cestovne infrastrukture. Ocjena zvjezdicama SRS (engl. Star rating score) predstavlja mjeru rizika za individualne korisnike cestovne prometne infrastrukture koja je „ugrađena“ u cestu. Temelji se na podacima o snimljenom georeferenciranom videozapisu cestovne infrastrukture i daje jednostavnu i objektivnu mjeru razine sigurnosti za sve sudionike u prometu [3].

Protokol IRAP ocjenjivanje zvjezdicama započinje snimanjem georeferenciranog videozapisa ceste za slučaj ocjenjivanja postojeće prometne infrastrukture ili se za slučaj nove planirane cestovne infrastrukture atributi (elementi prometne infrastrukture) bilježe na temelju dostupne projektne dokumentacije, nakon čega slijedi proces kodiranja ceste u specijaliziranom programskom alatu uz pomoć kojeg se dodjeljuju atributi čiji se pojedini rizik temelji na rezultatima međunarodnih istraživanja i ekspertiza PN u svijetu.

Zatim se pomoću web sučelja „ViDA“, dostupnog na web stranici <https://vida.irap.org/hr/home>, podaci obrađuju i izlazni parametri su SRS ocjene razine rizika (zvjezdice) za sve sudionike te predloženi plan provedbe mjera poboljšanja cestovne prometne infrastrukture koji sadrži opis rizika i čimbenika cestovne infrastrukture koji pridonose riziku, procjenu troškova i efektivnosti provedbe pojedinih mjera sanacije, prilagodbu mjera sanacije, procjenu mogućeg smanjenja broja poginulih i teško ozlijeđenih osoba, kao i troškova i koristi u slučaju implementacije predloženih mjera sanacije [3].



Slika 14. Sučelje Vida za ocjenu sigurnosti elemenata prometne infrastrukture pomoću iRAP metodologije
Izvor: [31]

4.2. Elementi PN 1470320 koju je vjerojatno prouzročio umor

U svrhu predmetnog istraživanja, u tablici 3. osim glavne skupine elemenata, prikazat će se i ostali odabrani selekcijski kriteriji/elementi za konkretnu promatranu lokaciju, a koji su identični kriterijima iz relevantnih dokumentacija MUP-a Republike Hrvatske.

Nadalje će biti prikazana fotografija lokacije (slike 14, 15 i 16.) prometne nesreće vrlo monotonog prometnog okoliša koja se dogodila noću na ravnoj dionici autoceste A1 za koje postoji vjerojatnost da ih je uzrokovao umor mobilnog radnika.

Tablica 3. Elementi PN iz interne dokumentacije MUP-a RH za lokaciju odabrane PN

Cesta	A1	PN	1470320
Smjer ili kolnik na AC:	Sjever - jug		
Godina	2015	GPS koordinate	45°39'57.9"N 15°43'14.9"E
Datum	14/6	Vrijeme	22:55
Okolnosti	(20) – nepropisno kretanje vozila na kolniku	Vrsta PN	(1) – međusobni sudar iz suprotnih smjerova
Karakteristike ceste	(18) – ravni cestovni potez	Postoje tragovi kočenja:	Ne postoji taj podatak
Vidljivost	(2) - noć	Sudjelovalo vozila	3
Ograničenje brzine (km/h)	130	Muških mobilnih radnika:	3
Stanje kolničke površine	(1) - suh	Ženskih mobilnih radnika:	0
Osobno vozilo (OO) / kombi (K) / lako teretno (LT) / teško teretno vozilo (TT) / autobus (A)...	Vozilo 1: teretni vozilo preko 12000 kg	Datum rođenja mobilnih radnika:	Vozač 1: 26.5.1975.
	Vozilo 2: osobni automobil		Vozač 2: 06.10.1960.
	Vozilo 3: osobni automobil		Vozač 2: 10.3.1981.
Posljedice PN za sudionike u prometu	Vozač 1 2 bez ozljeda, vozač 3s lakim tjelesnim ozljedama	Suvozači u vozilima:	Vozilo 1: 0
			Vozilo 2: 0
			Vozilo 3: 0
Procjena suradnika iz MUP-a RH	Ne postoji taj podatak		



Slika 15. Fotografija odabrane lokacija PN 1470320

Izvor: [30]



Slika 16. Izgled kolnika promatrane dionice

Izvor: [30]



Slika 17. Silazni nagib uz cestu promatrane dionice bez adekvatne zaštite

Izvor: [30]

4.3. Procjena sigurnosti lokacije PN 1470320 koju je vjerojatno prouzročio umor

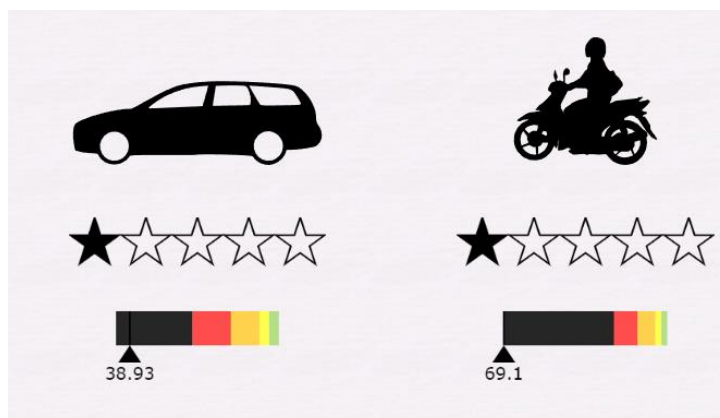
Kod analize lokacije PN za koje pretpostavljamo da ih je uzrokovao umor, IRAP metodologija koristi se s ciljem isključivanja mogućnosti prometne infrastrukture kao dominantnog čimbenika nastanka PN na promatranj lokaciji iste.

Tablica 4. Ocjena sigurnosti iRAP metodologijom za lokaciju odabrane PN

Broj zvjezdica za postojeću cestu:				
Korisnik ceste	Putnici u vozilu	Motociklisti	Pješaci	Biciklisti
Vrijednost broja zvjezdica	38,93	69,1	/	/
Broj zvjezdica	1	1	/	/

Izvor: [31]

U nastavku rada obrazložiti će se koji segmenti infrastrukture najviše utječu na postojeću ocjenu sigurnosti promatrane prometnice.



Slika 18. Ocjena i broj zvjezdica za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

Prema slici 15. i tablici 4. može se zaključiti da promatrana dionica autoceste A1 nije ocijenjena srednje/visoko rangiranom ocjenom za statičku sigurnost prometne infrastrukture SRS (engl. Star rating score). Naime, ostvarila je svega jednu zvjezdicu i visoku vrijednost broja zvjezdica od 38,93 što znatno odstupa od prihvatljivih vrijednosti ocjena sigurnosti koju bi svaka prometnica trebala ostvariti, a to je minimalno tri zvjezdice, od mogućih pet i što manju vrijednost broja zvjezdica, pri čemu su najsigurnije dionice označene s pet zvjezdica, dok se su najrizičnije

dionice označene s jednom zvjezdicom. U nastavku rada, obrazložiti će se koji su to atributi koji su pridonijeli tako niskoj ocjeni.

Glavne skupine elemenata prometne infrastrukture za koje se radi procjena sigurnosti IRAP metodologijom su:

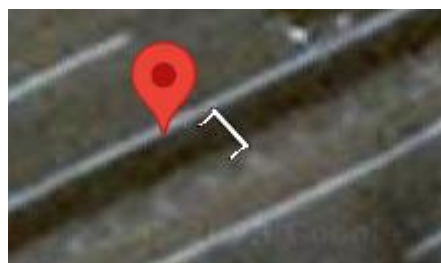
- Okolina ceste
- Karakteristike ceste
- Raskrižja
- Prometni tok
- Objekti za ranjive sudionike u prometu i namjena zemljišta
- Brzina kretanja vozila.

Okolina ceste

Udaljenost od opasnog objekta uz cestu - strana vozača	od 1 do 5 m
Vrsta opasnog objekta uz cestu - strana vozača	Metalna zaštitna odbojna ograda
Udaljenost od opasnog objekta uz cestu - strana suvozača	od 1 do 5 m
Vrsta opasnog objekta uz cestu - strana suvozača	Silazni nagib uz cestu
zvučna/vibrirajuća traka na bankini	Nisu prisutne
Širina asfaltirane bankine - strana vozača	Asfaltirana bankina nije prisutna
Širina asfaltirane bankine - strana suvozača	Asfaltirana bankina nije prisutna

Slika 19. Okolina ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]



Ukupna udaljenost: 1,99 m (6,52 ft)

Slika 20. Izmjera udaljenosti opasnog objekta uz cestu do rubne linije sa strane mobilnih radnika

Izvor: [31]

- Udaljenost opasnog objekta uz cestu sa vozačeve strane je 1,99 m što ulazi u odabrani raspon – od 1 do 5 m
- Vrsta opasnog objekta uz cestu sa strane mobilnih radnika je – metalna zaštitna odbojna ograda kao što je i vidljivo na slici 10.
- Udaljenost opasnog objekta uz cestu sa suvozačeve strane je 2,50 m, što je širina zaustavnog traka na autocestama koji je u ovom slučaju udaljenost koja dijeli opasni objekt od mobilnih radnika, te ulazi u raspon koji je odabran – od 1 do 5 m
- Vrsta opasnog objekta uz cestu sa strane mobilnih radnika je – silazni nagib uz cestu kao što je i vidljivo na slici 13.
- Zvučne/vibrirajuće trake i bankine nisu prisutne, jer bankina nije prisutna

Karakteristike ceste

Oznaka kolnika	Kolnik A ceste s razdjelnim pojasom
Troškovi nadogradnje	Srednji troškovi nadogradnje
Vrsta razdjelnog pojasa	Metalna zaštitna odbojna ograda
Središnja vibrirajuća/zvučna traka	Nije prisutna
Broj prometnih trakova	Dva prometna traka
Širina prometnog traka	Široki prometni trak (> = 3.25 m)
Zavoji	U pravcu ili u laganom zavoju
Kvaliteta zavoja	Ne može se primijeniti
Uzdužni nagib ceste	> = 0% do <7,5%
Stanje kolnika	Srednje stanje kolnika
Otpor kolnika proklizavanju / koeficijent prljanjanja	Asfaltirana cesta – srednja kvaliteta
Horizontalna prometna signalizacija (oznake na kolniku)	Dobra kvaliteta
Cestovna rasvjeta	Nije prisutna
Parkiranje vozila uz cestu	Mali broj parkiranih vozila uz cestu

Slika 21. Karakteristike ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom [31]

- Oznaka kolnika definirana je kao - kolnik A ceste s razdjelnim pojasom koji dijeli kolničke trake suprotnih smjerova
- Troškovi nadogradnje određeni su kao srednji jer se smatra da, prema izgledu prometnice, nisu potrebni veliki, već manji radovi na postojećoj prometnoj infrastrukturi .
- Vrsta razdjelnog pojasa je metalna zaštitna odbojna ograda
- Središnja vibrirajuća/zvučna traka nije prisutna
- Širina prometnog traka iznosi 3,75 kako je propisano na prometnicama sa brzinom većom od 120 km/h, odnosno na autocestama ;
- Stanje kolnika definirano je kao srednje stanje (slika 15), koje upućuje na manja oštećenja koja mogu rezultirati povremenim negativnim utjecajima na kretanje vozila;
- Otpor pri prianjanju/proklizavanju definiran je kao asfaltirana ceste srednje kvalitete što znači da je površina ceste asfaltirana i ima srednje dobru površinu prianjanja. Na primjer površina ceste je asfaltirana te izgleda glatko i sjajno čak do 20 % površine kojom se vozilo kreće;
- Horizontalna prometna signalizacija dobre je kvalitete što ukazuje na to da su oznake opasnosti, centralne i rubne linije prisutne i uočljive;
- Cestovna rasvjeta nije prisutna, kao ni parkirana vozila uz cestu, no zbog nemogućnosti odabira takvog atributa (nije ponuđeno), odabrano je ono što je najbliže, a to je – mali broj parkiranih vozila uz cestu

Prometni tok

Protok vozila (PGDP)	13000
Udio motociklista %	1% - 5%
Vršni satni protok pješaka preko ceste	0
Vršni satni protok pješaka uz cestu - strana vozača	0
Vršni satni protok pješaka uz cestu - strana suvozača	0
Vršni satni protok biciklista	Nije uočen niti jedan biciklist

Slika 22. Prometni tok za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

- Protok vozila (PGDP⁵) na promatranoj prometnici, prema brojanju prometa na cestama Republike Hrvatske 2015. godine, iznosio je otprilike 13000 vozila godišnje [32].
- Udio motociklista na promatranoj prometnici je između jedan do pet posto, dok vršni satovi za pješake i bicikliste nije definiran jer kao takvi nisu prisutni

Objekti za RCK i namjena zemljišta

Namjena zemljišta - strana vozača	Nerazvijeno područje
Namjena zemljišta - strana suvozača	Nerazvijeno područje
Tip područja	Ruralno / nenaseljeno područje
Vrsta pješačkog prijelaza na glavnoj cesti	Pješački prijelaz nije prisutan
Kvaliteta pješačkog prijelaza	Ne može se primijeniti
Vrsta pješačkog prijelaza na sporednoj cesti	Pješački prijelaz nije prisutan
Pješačka zaštitna ograda	Nije prisutna
Nogostup - strana vozača	Nogostup nije prisutan
Nogostup - strana suvozača	Nogostup nije prisutan
Motociklistička infrastruktura	Motociklistička infrastruktura nije prisutna
Biciklistička infrastruktura	Biciklistička infrastruktura nije prisutna
Znakovi upozorenja u školskoj zoni	Ne može se primijeniti (nema škole na lokaciji)
Nadzornik za prijelaz preko ceste u školskoj zoni	Ne može se primijeniti (nema škole na lokaciji)

Slika 23. Objekti za RCK (Regionalni centri kompetentnosti) i namjenu zemljišta za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

- Namjena zemljišta sa strane mobilnih radnika i mobilnih radnika je – nerazvijeno područje, ruralnog/nenaseljenog tipa odnosno područje izvan naselja, a područje gdje okolina ceste ne utječe na cestu ne uzima se u obzir
- pješaci i biciklisti na promatranoj prometnici, kao ni školska zona nisu prisutni, pa prema tome to se ne uzima u razmatranje

⁵ PDGP – prosječni godišnji dnevni promet

Brzine

Ograničenje brzine	130 km/h
Razlike u ograničenju brzine	Nije prisutna
Mjere za smirivanje prometnih tokova	Nisu prisutne
Operativna Brzina (85-percentilna)	140 km/h

Slika 24. Brzine na odabranoj lokaciji prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

- Ograničenje brzine na promatranoj prometnici iznosi 130 km/h, dok je operativna brzina (85 - percentilna) [31], brzina veća od postavljenog ograničenja, u ovom slučaju 140 km/h.

4.4. Predložene mjere za unaprjeđenje sigurnosti

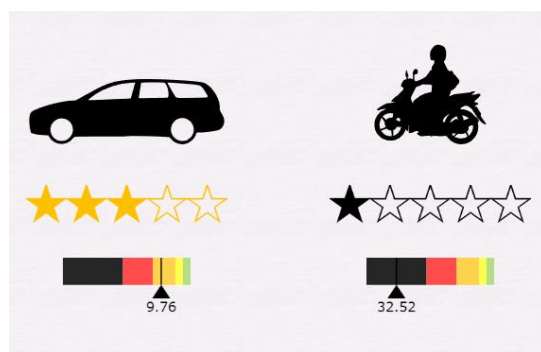
Napomena 1.: za odabrana poboljšanja infrastrukture u sučelju za iRAP metodologiju koja će rezultirati povećanom razinom sigurnosti za odabranu lokaciju PN ovdje spremiti snimku zaslona pritiskom Print Screen (PrtScn) tipke na tipkovnici, ili korištenjem nekog od više softverskih alata (npr. Snipping Tool).

Tablica 5. Maksimalna ocjena sigurnosti iRAP metodologijom za lokaciju odabrane PN nakon implementacije mjera za poboljšanje sigurnosti infrastrukture u sučelju za iRAP metodologiju

Broj zvjezdica za postojeću cestu:				
Korisnik ceste:	Putnici u vozilu	Motociklisti	Pješaci	Biciklisti
Vrijednost broja zvjezdica:	9,76	35,52	/	/
Broj zvjezdica:	3	1	/	/

Izvor: [31]

Napomena 2.: Student će ovdje obrazložiti koje mjere i u kojem segmentu infrastrukture predlaže za poboljšanje sigurnosti, te koji su ergonomijski aspekti u segmentu prevencije učinka umora na izvedbu



Slika 25. Poboljšana ocjena i broj zvjezdica za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom
Izvor: [31]

Prema slici 22. i tablici 3. može se zaključiti da je promatrana prometnica uz određene izmjene atributa ostvarila prihvatljivu SRS ocjenu, odnosno tri zvjezdice i vrijednost broja zvjezdica iznosa 9,76 što je značajno bolje od inicijalne, stvarne procjene i analize.

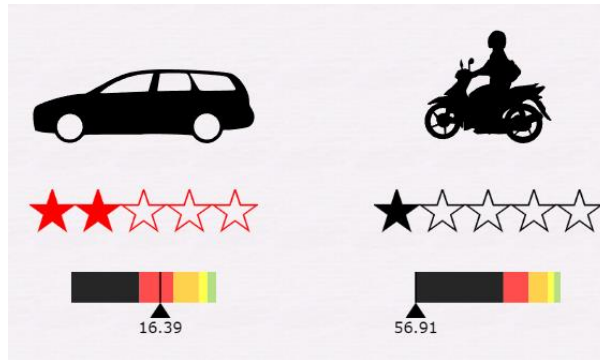
U nastavku rada, obrazložiti će se koji su to atributi koji su pridonijeli poboljšanju te ocjene.

Okolina ceste

Udaljenost od opasnog objekta uz cestu - strana vozača	od 1 do 5 m
Vrsta opasnog objekta uz cestu - strana vozača	Metalna zaštitna odbojna ograda
Udaljenost od opasnog objekta uz cestu - strana suvozača	od 1 do 5 m
Vrsta opasnog objekta uz cestu - strana suvozača	Metalna zaštitna odbojna ograda
zvučna/vibrirajuća traka na bankini	Nisu prisutne
Širina asfaltirane bankine - strana vozača	Asfaltirana bankina nije prisutna
Širina asfaltirane bankine - strana suvozača	Asfaltirana bankina nije prisutna

Slika 26. Okolina ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]



Slika 27. Poboljšana ocjena i broj zvjezdica u aspektu promijene okoline za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

- već u prvom koraku, opisivanju *Okoline ceste*, ostvarena je bolja ocjena, a to su dvije zvjezdice i vrijednosti ocjene 16,39
- boljoj ocjeni pridonijela je izmjena u segmentu opisivanja - *vrste objekta uz cestu sa strane mobilnih radnika* koja je u inicijalnoj analizi *silazni nagib uz cestu* (slika 14), dok je sada u svrhu mogućeg poboljšanja postavljena *metalna zaštitna odbojna ograda* koja se pokazala kao dobar izbor ka poboljšanju sigurnosti promatrane prometnice, odnosno povećanju ocjene.
- IRAP metodologija, odnosno programski alat, omogućuje uvid u relevantne činjenice, odnosno Investicijske planove, kojima se predviđaju poboljšanja prometne infrastrukture, pojedine prometnice u Republici Hrvatskoj

Mjera sanacije	Dužina/Lokacije	Smanjenje broja poginulih i teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama	Sadašnja vrijednost koristi (PV) od povećanja sigurnosti	Procijenjeni troškovi	Koristi od sprečavanja smrtne ili teške ozlijede u prometnoj nesreći	vrijednost BCR omjera definirana programom
Postavljanje zaštitne odbojne ograde - strana suvozača	40.30 km	278	177,557,175	24,983,794	89,885	7

Slika 28. Plan investiranja u podizanje sigurnosti cestovne infrastrukture (SRIP plan) u segmentu postavljanja zaštitne odbojne ograde - strana mobilnih radnika

Izvor: [31]

- Na slici 27. prikazana je mjera sanacije predložena investicijskim planom za povećavanje sigurnosti na autocesti A1. Investicijskim planom prikazan je broj kilometara dionice koji je potrebno sanirati te je prognozirano smanjenje broja prometnih nesreća sa smrtno stradalim i teško ozlijeđenim osobama u slučaju provedbe predložene mjere sanacije. Isto tako prikazane su uštede nastale prilikom ostvarenog smanjenja broja prometnih nesreća kao i investicijski troškovi za provođenje tih mjera kao i omjeri koristi i troškova koji pokazuju ekonomsku učinkovitost [33].



Slika 29. Lokacije predviđenog postavljanja zaštitne odbojne ograde - strana mobilnih radnika

Izvor: [31]

Prema slici 24., jasno je vidljivo u kojoj mjeri je, na promatranoj dionici autoceste, potrebno postavljanje zaštitne odbojne ograde sa suvozačke strane mobilnih radnika (plavi kružići), koje se i predlaže kao poboljšanje u ovom slučaju, a koja bi spriječila slijetanje vozila u silazni nagib uz cestu, kojemu je uzrok umor i time povećala sigurnost prometne infrastrukture u smislu smanjenja broja poginulih i teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama.

Karakteristike ceste

Oznaka kolnika	Kolnik A ceste s razdjelnim pojasom
Troškovi nadogradnje	Srednji troškovi nadogradnje
Vrsta razdjelnog pojasa	Metalna zaštitna odbojna ograda
Središnja vibrirajuća/zvučna traka	Nije prisutna
Broj prometnih trakova	Dva prometna traka
Širina prometnog traka	Široki prometni trak (> = 3.25 m)
Zavoji	U pravcu ili u laganom zavoju
Kvaliteta zavoja	Ne može se primijeniti
Uzdužni nagib ceste	> = 0% do <7,5%
Stanje kolnika	Dobro stanje kolnika
Otpor kolnika proklizavanju / koeficijent prianjanja	Asfaltirana cesta – dobra kvaliteta
Horizontalna prometna signalizacija (oznake na kolniku)	Dobra kvaliteta
Cestovna rasvjeta	Nije prisutna
Parkiranje vozila uz cestu	Mali broj parkiranih vozila uz cestu

Slika 30. Karakteristike ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom

Izvor: [31]

- Konačnoj ocjeni od tri zvjezdice i vrijednosti ocjene zvjezdica iznosa 9,76 pridonijela je skupina atributa *Karakteristika ceste*, konkretno izmjena u segmentu opisivanja – *stanja kolnika* koja je u inicijalnoj analizi *srednje stanje kolnika* (slika 16), u svrhu poboljšanja sigurnosti postavljeno *dobro stanje kolnika*, te naposljetku izmjena u segmentu opisivanja – *otpora kolnika proklizavanju/koeficijent prianjanja* umjesto *asfaltirana cesta – srednja kvaliteta* (slika 16), postavljena je *asfaltirana cesta – dobra kvaliteta*.

- Stanje kolnika može biti loše (na kolniku su prisutna ozbiljna oštećenja koja mogu uzrokovati otežano kretanje vozila), srednje (manja oštećenja koja mogu rezultirati povremenim negativnim utjecajima na kretanje vozila) i dobro (nema prisutnih oštećenja koja mogu negativno utjecati na kretanje vozila) [31].
- Sanacijom kolnika, u obliku manjeg zahvata, konkretno sanacijom asfaltnih ulegnuća i raznih oštećenja na cestama, a kao predloženom mjerom, značajno se unaprjeđuje sigurnost na infrastrukturi lokacije izabrane prometne nesreće što se može vidjeti i na povećanju ocjene u sučelju IRAP metodologije

5. DISKUSIJA

Umor je prema znanstvenim spoznajama jedan od dominantnih čimbenika degradacije izvedbe kod transportnih radnika poglavito onih koji mnogo vremena provode u vozilima na velikim udaljenostima. U nastavku će se izložiti skup protumjera iz tri različite, ali ipak povezane skupine smjernica, sa svrhom smanjenja umora kod mobilnih radnika u njihovom svakodnevnom djelovanju, ili sa svrhom reduciranja posljedica umora na izvedbu istih.

I. REGULACIJA RADNOG VREMENA I ORGANIZACIJA SMJENSKOG RADA MOBILNIH RADNIKA

Preporuke za prevenciju i smanjenje umora propisane su zakonskim regulativama za mobilne radnike kao što su propisi za tjedno i dnevno radno vrijeme, noćni rad obavezne odmora i stanke, te tjedni odmor. Također se kao naputak iznosi važnost veće primjene znanstvenih spoznaja u realnom prometu s naglaskom na smjenski rad, koji uključuje i rad noću, odnosno njegovu regulaciju. Naravno znanstvenim smjernicama u ovom poglavlju dana je prednost.

Općenito se preporučuje (ovo su samo najvažnije smjernice):

- Ograničenje na pet do sedam uzastopnih radnih dana unutar ciklusa, a za standardne jednakomjerne smjene u trajanje od sedam do osam sati, gdje se noćne i ranojutarnje smjene savjetuje ograničiti na dvije do tri uzastopne smjene, nakon čega je potrebno osigurati dva do tri dana odmora kako bi se radnicima omogućio oporavak
- Potrebno je izbjegavati produžene radne sate (izvan okvira osmosatne smjene) ili 12-satne smjene, osobito noću, zbog povećanja radnoga opterećenja, te degradacije učinkovitosti u zadacima detekcije signala.
- Ukoliko postoji mogućnost, zaobilaziti rani početak ranojutarnje jednakomjerne smjene već od šest sati (kada je i ako je moguće, treba davati prednost dnevnoj jednakomjernoj smjeni s početkom u sedam ili osam sati)
- Nužno je poticati i promicati korist redovitih stanaka unutar smjena, te tamo gdje je moguće, treba dopustiti radnicima diskreciju tijekom odmora i sprječavati poticanje radnika na uštedu vremena stanke kako bi ranije napustili posao
- U slučaju kada je mobilni radnik isključivo proveo u kontinuiranoj vožnji u trajanju od 4 sata i 30 minuta, tada je obavezan napraviti stanku u trajanju od 45 minuta, a stanku je moguće odraditi u dva dijela, prvi dio mora biti duži od 15 minuta, a drugi dio u trajanju od 30 minuta
- Preporučuje se rotacija na bazi od dva do tri radna dana umjesto dugoročnih

tjednih rotacija zbog kraćeg perioda u kojem djelatnik treba podnijeti nemogućnost prilagodbe cirkadijurnih ritmova (za što je potrebno tri do četiri tjedna)

- Izbjegavati neprekidni noćni rad bez rotacija
- Noćne i ranojutarnje smjene ograničiti na dvije do tri uzastopne smjene, nakon čega je potrebno osigurati dva do tri dana odmora kako bi se radnicima omogućio valjani oporavak.
- Sagledati mogućnost povećanja nadzora izvedbe mobilnog radnika tijekom ključnih razdoblja niske razine budnosti, npr. u razdobljima pred kraj dugih smjena, tijekom noći i u ranim jutarnjim satima (s naglaskom na vremenski period od ponoći do pet sati ujutro).
- Povećati kontrolu rada tijekom noćnog rada zbog niske razine budnosti, te redovito pratiti i kontrolirati prekovremeni rad
- Izbjegavati dvokratne smjene (engl. *split shifts*), osim ako je to nužno za ispunjavanje poslovnih potreba (npr. u ZET-u Zagreb za organizaciju smjenskoga rada vozača tramvaja, a zbog vršnog opterećenja tramvaja putnicima u dva termina dnevno)
- Utvrđivanjem faze neusklađenosti cirkadijalnih ritmova (uzrokovanih noćnim i smjenskim radom) preporučuje se radnika premjestiti na dnevni rad u periodu od najmanje jedne godine
- Potrebno je osigurati najmanje 11 sati odmora između dviju uzastopnih smjena
- Preporučuje se osigurati što više slobodnih vikenda s najmanje dva uzastopna dana odmora
- Provesti Zakonsku regulativu vezanu za obaveznu ugradnju recentnih pametnih tahografa druge generacije u sva teretna vozila neovisno o starosti voznog parka (benefit su brojni kao i činjenica da je onemogućena manipulacija podacima koja je ranije nerijetko bila redovita praksa među prijevoznicima)
- Preporuka je izbjegavati fragmentirano spavanje mobilnih radnika (dva puta po četiri sata) na ležaju za spavanje u teretnom vozilu, a poticati neprekinuto razdoblje spavanja
- U slučaju detekcije umora, nije razumno dodatno opterećivati mobilne radnike eventualnim fizičkim poslom na utovaru / istovaru
- Poželjno je omogućiti mobilnim radnicima i djelatnicima koji organiziraju

smjenski rad periodičku edukaciju o čimbenicima i mogućim posljedicama umora na izvedbu

- Od izričite važnosti je ukazati mobilnim radnicima na nemogućnost osobnog reguliranja svojeg smjenskog rada, te angažirati osobu koja radi organizaciju smjenskog rada, a koja je adekvatno obrazovanu u tom aspektu poslovanja
- Potrebno je povećati kontrole i uvesti dodatne sankcije u gospodarskom poslovanju kako bi se umanjilo nelegalno poslovanje (rad „na crno“) u segmentu djelokruga profesionalnih vozača, mobilnih radnika
- Strogo zabraniti, odnosno izmijeniti zakonski akt koji omogućuje mobilnim radnicima da nastave raditi i u mirovini bez obzira na uspješnost prolaska sistematskog pregleda
- Dodatnim poticajima i zakonskom regulativom uvesti obavezan odlazak u mirovinu sukladno već postojećem i važećem zakonu o stjecanju uvjeta za mirovinu mobilnih radnika već sa navršenih 56, a maksimalno 60 godina života (beneficirani radni staž)

II. NAPREDNI SUSTAVI I AUTOMATIZIRANA VOZILA

Tijekom vođenja logističkih procesa, u segmentu transportne logistike, činjenica je da u Republici Hrvatskoj većina mobilnih radnika vozača teretnih vozila upravlja vozilima starijeg voznog parka koja posjeduju nisku razinu automatizacije bez dovoljno integriranih naprednih sustava ADAS za pomoć mobilnim radnicima u okolnostima umora, pa je potrebno razmotriti mjere za poticanje ili porezne olakšice s ciljem obnove voznog parka (nova automatizirana prometna sredstva su izuzetno skupa).

Napredni sustavi za pomoć vozaču i automatizirana vozila obećavaju smanjenje težine zahtjeva zadataka tijekom vožnje, čineći ju manje zamornom, praktičnijom i sigurnijom. Nužno je kontinuirano ulagati u navedeno kao pomoć mobilnim radnicima koji će u realnom vremenu povezivati prometni okoliš, vozača i prijevozno sredstvo, pa prema tome, potrebno je:

- Težiti uvođenju obvezne primjene naprednih ADAS sustava, za pomoć mobilnim radnicima, koji će u realnom vremenu povezivati prometni okoliš, vozača i prijevozno sredstvo, te po potrebi, ispraviti eventualne krive reakcije vozača, a sve u svrhu prevencije posljedica umora mobilnih radnika
- Poticati nabavku transportnih vozila s većim razinama automatizacije, pa time i konačno autonomnog teretnog vozila (kada je to operaterima isplativo), jer će veći postotak takvih vozila reducirati nepovoljne izvedbe mobilnih radnika, koje mogu rezultirati prometnom nesrećom, a zbog

prisutnosti umora poveznog sa ostalim čimbenicima nastanka PN

- U okviru transportne logistike, podupirati primjenu načina vožnje putem elektronički povezanih teretnih vozila u konvoju (eng. Platooning), čime bi se povećala sigurnost u prometu, omogućila ušteda goriva, te smanjila emisija CO₂
- Težiti širokom uvođenju tehnologije dijagnosticiranja pospanosti vozača pogotovo za treću i četvrtu razinu automatizacije gdje je vozač još uvijek prisutan u vozilu

III. INFRASTRUKTURA I VOZNI PARK

Također, u okolnostima starijeg voznog parka teretnih vozila, niske razine automatizacije i nedostatka integriranih naprednih sustava ADAS u starijim vozilima za pomoć mobilnom radniku u okolnostima umora, ne treba podcijeniti utjecaj udjela u prometnom i radnom okolišu s ciljem reduciranja dominantnih čimbenika umora, kao i mogućih posljedica umora na izvedbu mobilnih radnika. Automatizacija ili parcijalno opremanje voznog parka sa ADAS nije čarobni štapić za potpunu redukciju nastanka PN, i sukladno tome potrebno je:

- Kontinuirano ulagati u prometnu infrastrukturu u kontekstu stanja prometnica (kakvoća asfaltiranosti) i cestovne opreme jer sanacijom kolnika, u obliku manjeg ciljanog zahvata, konkretno sanacijom asfaltnih ulegnuća i raznih oštećenja na cestama, značajno se unaprijeđuje sigurnost infrastrukture
- Težiti opremanju svih prometnice rubnim crtama ili središnjim crtama koje pružaju audio-taktilnu povratnu informaciju kad ih se prijeđe
- Nadogradnjom središnjih ublaživača udara kao dodatnom prevencijom u nastanku prometnih nesreća
- Pametnim postavljanjem zaštitnih ograda koje s obje strane utječu na vidljivost, pa razumne postavke mogu pomoći u umanjivanju vizualnog umora vozača tijekom vožnje, ublažiti napetost i smanjiti učestalost nesreća
- Uvođenjem i postavljanjem perspektivnih noviteta poput sigurnosnih „roller“ barijera zaštitnih ograda na autocestama
- Poboljšanje vidljivosti vertikalnom prometnim signalizacijom (ne na cijeloj dužini autocesta, već samo na tzv. crnim točkama gdje su učestale PN sa poginulima, teško ozlijeđenima i velikom materijalnom štetom)
- U budućnosti promicati izgradnju automatiziranih autocesta, opremljenih naprednim sustavima, kao dinamičku podršku automatiziranim vozilima u realnom vremenu, čime bi se značajno pridonijelo povećanju sigurnosti, a

time smanjio broj PN sa poginulima, teško ozlijeđenima i velikom materijalnom štetom.

- Kroz zakonsku regulativu postaviti donju granicu tj. donju obveznu razinu opremljenosti sa integriranim ADAS sustavima u RH, sukladno trendovima u EU, realnoj situaciji u RH, kao i prosječnoj financijskoj moći operatera u RH

6. ZAKLJUČAK

U radu je dokazana hipoteza da se negativni utjecaj umora na izvedbu mobilnih radnika u transportnoj logistici može bitno smanjiti s više istovremenih intervencija u sustavu čovjek/vozač, prometno sredstvo, prometni okoliš. S tim ciljem predloženo je nekoliko različitih mjera koristeći metodologiju, znanje i smjernice iz dostupne znanstvena i stručne literature čije su mogući pozitivni utjecaji na izvedbu mobilnih radnika analizirani i detaljno opisani u ovom diplomskom radu.

Utvrđeno je da se to može postići pravilnom organizacijom rada radnika putem adekvatno organiziranih smjena, periodičkom edukacijom mobilnih radnika i osoba koje rade organizaciju smjenskog rada o posljedicama umora na izvedbu, uvođenjem obavezne ugradnje naprednih sustava za detekciju i prevenciju pospanosti u sva teretna vozila, te na koncu prelaskom na upotrebu automatiziranih vozila kojima bi se u velikoj mjeri olakšalo djelovanje mobilnih radnika, u kontekstu njihove izvedbe, što pak utječe na mogućnost znatnog smanjenja nastanka prometnih nesreća (potpuna redukcija PN nije moguća, jer je ljudski faktor prisutan u projektiranju svih elemenata prometnog sustava, uključivši automatizaciju i ADAS sustave).

Radno vrijeme i obvezni odmori mobilnih radnika nužni su, kako za zdravlje i život samih mobilnih radnika, tako i za optimalnu izvedbu i posljedičnu sigurnost svih sudionika u logističkim lancima. Samim time u interesu je svake države da svojim zakonodavnim okvirima ograniči vrijeme rada, a proizvođačima uređaja za evidentiranje izraditi uređaje kojima će se omogućiti kvalitetno praćenje svih radnih aktivnosti mobilnih radnika.

Također, automatizacija vozila obećava smanjenje zahtjeva zadataka tijekom vožnje, čineći vožnju manje zamornom, a više sigurnijom. Međutim, napredne sustave za detekciju i/ili prevenciju umora ne posjeduju sva teretna vozila, već samo novija, a provođenje iste mjere je u domeni proizvođača prometnih sredstava, ali ista mjera znatno ovisi i o financijskoj moći operatera (isplativost nabavke novih skupih automatiziranih prometnih sredstava).

U ovom diplomskom radu također je dokazano kako se korištenjem iRAP metodologije na konkretnoj lokaciji može locirati prometna nesreća koja je vrlo vjerojatno uzrokovana umorom mobilnog radnika, jer je prometna infrastruktura eliminirana kao mogući dominantni uzrok PN.

Zaključno razmatrajući, provedena su mnoga istraživanja i razne studije u svrhu otkrivanja čimbenika koji najviše utječu na pojavu umora kod mobilnih radnika, gdje se utvrdilo da su čimbenici pojavnosti umora mnogo složeniji nego se to na prvi pogled čini. Umor doprinosi smanjuje sposobnost prosuđivanja, uzrokuje sporije reakcije, potiče izvedbu niže razine, te slijedom navedenog, povećava vjerojatnost nastanka prometnih nesreća. Zbog krive reakcije i/ili prespore reakcije vozača, umor i distrakcija

vozača (kabinska ili vanjska) pokazali su se kao dominantni čimbenici nastanka PN u zadnje vrijeme s trendom blagog porasta, a za prevenciju nastanka PN ili za reduciranje posljedica PN koje su prouzročili isti, potrebni su usklađeni zahvati u cijelom prometnom sustavu kao i edukacije svih dionika logističkog lanca o mogućim posljedicama umora na izvedbu mobilnih radnika.

LITERATURA

- [1] Tokić, S., Sumpor, D.: *Čimbenici distrakcije vozača*, autorizirano predavanje, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [2] Kroemer, K. H. E.; Grandjean, E. 2000. Prilagođavanje rada čovjeku. Naklada Slap. Jastrebarsko. (Original: Kroemer, K.H.E.; Grandjean, E. 1997. Fitting the Task to the Human. A Textbook of Occupational Ergonomics. Fifth Edition. Taylor & Francis. London.)
- [3] Sumpor, D., Ševrović, M., Tokić, S., Jovanović, B.: *Korištenje iRAP metodologije s ciljem boljeg selektiranja prometnih nesreća za koje je mogući uzrok umor vozača cestovnih vozila*, Sigurnost – časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini, Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti, Vol. 62, No. 3, Zagreb, 2020, pp. 275-292, ISSN 0350-6886 (Tisak), ISSN 1848-6347 (Online). Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/355199> [Pristupljeno 05. kolovoza 2023.]
- [4] Jenni M. W. , Karen H., Patricia P.: Fatigue in Long-Haul Truck Drivers. A Concept Analysis, vol. 67, No. 2, 2019. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1177/2165079918800509>. [Pristupljeno: 05. kolovoza 2023.]
- [5] F.F. Saccomanno, M. Yu, J.H. Shortreed: Effect of Driver fatigue on Truck Accident Rates, Urban Transport and the Environment for the 21.st Century, 1995. Preuzeto s: <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-the-built-environment/18/10795>. [Pristupljeno 05. kolovoza 2023.]
- [6] Amundsen, A./Sagberg F.: Hours of service regulations and the risk of fatigue- and sleep-related road accidents: A literature review. Transportkonomisk institut Report659/2003, 2003. Preuzeto s: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=5009>. [Pristupljeno: 05. kolovoza 2023.]
- [7] Centre for Accident Research & Road Safety - Queensland (CARRS-Q). Sleeping and fatigue. Queensland: CARRS-Q. Preuzeto s: <https://research.qut.edu.au/carrs-q/wp-content/uploads/sites/296/2020/06/Sleepiness-and-fatigue-FINAL.pdf>, [Pristupljeno 05. kolovoza 2023.]
- [8] R. Duarte soliani, I. Bueno da silva, a. De souza barbosa: A look at the relationship between fatigue and self-employed truck drivers. The effects of

- fatigue on truck drivers in cargo transportation, Federal Institute of Acre (IFAC), Rio Branco/AC, Brazil. Preuzeto s: <https://www.researchgate.net/publication/370411269>. [Pristupljeno: 05. kolovoza 2023.]
- [9] Vitols, K., Voss, E. 2021. Driver Fatigue in European road transport. Textbook of European Transport Workers' Federation (ETF), June 2021. Preuzeto s: <https://www.etf-europe.org/wp-content/uploads/2021/05/Driver-Fatigue-in-European-Road-Transport-Report.pdf> [Pristupljeno 10. kolovoza 2023.]
- [10] European Road Safety Observatory: Traffic Safety Synthesis on Fatigue (2015), 2015. Preuzeto s: https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2021-07/ersosynthesis2015-fatigue25_en.pdf [Pristupljeno: 10. kolovoza 2023.]
- [11] International Road Transport Union, IRU: "ETAC" European Truck Accident Causation: A Scientific Study, 2007. Preuzeto s: <https://www.iru.org/sites/default/files/2016-01/en-2007-etac-study.pdf> [Pristupljeno: 10. kolovoza 2023.]
- [12] Gitnux : The latest truck driver fatigue statistic 2023 you sholudn ´t ignore, 2023. Preuzeto s: <https://blog.gitnux.com/truck-driver-fatigue-statistics/>. [Pristupljeno: 10. kolovoza 2023.]
- [13] Jamson, AH, Merat, N, Carsten, OMJ et al.: Behavioural changes in drivers experiencing highly-automated vehicle control in varying traffic conditions. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 30. 116 - 125. ISSN 0968-090X, 2013.; Preuzeto s: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.02.008>. [Pristupljeno: 20. kolovoza 2023.]
- [14] D. Mekinec: Truck driver monitoring – how it is work, and why it is important; 2023. Preuzeto s: <https://visagetechnologies.com/truck-driver-monitoring-system/>. [Pristupljeno: 20. kolovoza 2023.]
- [15] Speedir: Driver Fatigue Monitoring System for Teen and Fleet Driver Safety, Preuzeto s: <https://speedir.com/driver-fatigue-monitoring-system/>. [Pristupljeno: 20. kolovoza 2023.]
- [16] Mercedes-Benz: Function of ATTENTION ASSIST, Preuzeto s: https://moba.i.mercedesbenz.com/baix/cars/213.0_audio/en_GB/page/ID_bdd6

1d85e3a05610354ae3652659ca25-32e33483e3a05610354ae365535a9521-en-GB.html# [Pristupljeno: 20. kolovoza 2023.]

- [17] A. Hakanović, S. Čičak: Impact of driver fatigue and sleepiness on road safety and prevention measures. *Traffic Engineering & Communications*, godište 2, vol.2, Sarajevo, 2015. Preuzeto s: <https://www.uisk.ba/en/journal-tec/item/59-impact-of-driver-fatigue-and-sleepiness-on-road-safety-and-prevention-measures>. [Pristupljeno: 20. kolovoza 2023.]
- [18] C.Ahlström, J. Andersson, A. Anund, E. Börjesson, S. H. Johansson, S. J. Johnsson: Detecting sleepiness by Optalert Final report, Report on measurement system performance, 2010. Preuzeto s: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:674018/FULLTEXT01.pdf>. [Pristupljeno 20. kolovoza 2023.]
- [19] EPFL: Wearable drowsiness detection system for truck drivers, Preuzeto s: <https://www.epfl.ch/innovation/domains/transportation/vehicles/intelligent-vehicles/wearable-drowsiness-detection-system-for-truck-drivers/>. [Pristupljeno 20. kolovoza 2023.]
- [20] Eunbin K. , Youngrim K., Jieun: The Necessity of Introducing Autonomous Trucks in Logistics 4.0; Sustainability 2022. Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/su14073978>. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [21] A. McKerral, K. Pammer, C. Gauld: Supervising the self-driving car: Situation awareness and fatigue during highly automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, 2023. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107068>. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [22] B. Zakrzewski¹ , K. Zopik-Depczyńska: Changes in Logistics Processes Caused by the Implementation of Automation in Transport. *European Research Studies Journal* Volume XXV, Issue 2B, 2022. Preuzeto s: DOI: 10.35808/ersj/2933. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [23] M. Gočin, S. Debeljak: Radno vrijeme i obvezni odmori mobilnih radnika, vozača; praktični prikaz; Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 4 (2016), No. 1, pp. 123-146. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/236357>. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [24] Narodne novine. Zakon o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih

- radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prijevozu (NN 60/2008) Preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_05_60_2034.html. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [25] Propisi EU – Uredba EZ br. 561/2006 – o vremenima rada i odmora; 2008., Preuzeto s: <https://www.hgk.hr/documents/info-o-radnom-vremenu-i-vremenu-odmora-vozaca-krapina57b6ef76cf485.pdf>. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [26] M. Ptičar, hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu: Noćni radnik i utjecaj noćnog rada na zdravlje radnika, 2008. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/file/166670>. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [27] D. Sumpor, Ergonomija u prometu i transportu (Fakultetski priručnik), Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2018. Preuzeto s: <https://www.fpz.unizg.hr/web/ustrojstvo/djelatnik/dsumpor>. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [28] Medved, J.: Analiza čimbenika povezanih s nastankom prometnih nesreća na lokaciji Slavonska avenija - Hrvatska bratska zajednica – Avenija Većeslava Holjevca u Zagrebu. Diplomski specijalistički rad: Visoka policijska škola; Zagreb, 2016. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/189707>. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [29] Narodne novine. Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030 (NN 86/2021). Preuzeto s: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_10_106_2423.html; 2017. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [30] “Google maps, 2023.” Google, dostupno: <https://maps.google.hr/>. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [31] IRAP: The International Road Assessment Programme (iRAP), 2023., Preuzeto s: <https://vida.irap.org/en-gb/home>. [Pristupljeno 25. kolovoza 2023.]
- [32] Publikacija: „Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2015“. Prometis d.o.o. Zagreb, 2015. Preuzeto s: <https://dokumen.tips/documents/publikacija-brojanje-prometa-na-cestama-republike-hrvatske-.html?page=6>. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]
- [33] Ševrović, M.: Izvješće o razinama rizika na dionicama državnih cesta D30 i D36 te dionicama županijskih i lokalnih cesta na području Ličko-senjske, Zadarske i

Šibensko-kninske županije utvrđenim prema EuroRAP/iRAP SRS metodologiji
Fakultet prometnih znanosti, Zavod za prometno planiranje, Zagreb, 2016.
Preuzeto s: https://static.1987.hr/media/sigurnost-u-prometu/medjunarodni-projekti/eurorap/izvjesce_eurorap_2016_.pdf. [Pristupljeno: 25. kolovoza 2023.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Vanjski znakovi umora u izoliranom mišiću žabe	11
Slika 2. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće	13
Slika 3. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće	16
Slika 4. Udio sudionika u nastanku prometne nesreće	16
Slika 5. Sustav za praćenje umora vozača - Alarm pospanosti	21
Slika 6. Sustav za praćenje umora vozača - Alarm pospanosti	21
Slika 7. Zaslون u vozilu MB Truck - Attention Assist	21
Slika 8. Dijelovi sustava za mjerenja pokreta očnih kapa	23
Slika 9. Nosivi sustav za otkrivanje pospanosti	24
Slika 10. Šest razina vožnje automatizacije prema SAE.....	25
Slika 11. Dijagram ilustracije uzoraka simptoma profesionalnih oboljenja među smjenskim radnicima koji povremeno rade noću.....	32
Slika 12. Udio čimbenika iz skupine "ljudskoga faktora" kod vozača cestovnih vozila na temelju ekspertize PN	38
Slika 13. Udio čimbenika u nastanku prometnih nesreća	40
Slika 14. Sučelje Vida za ocjenu sigurnosti elemenata prometne infrastrukture pomoću iRAP metodologije	41
Slika 15. Fotografija odabrane lokacija PN 1470320	43
Slika 16. Izgled kolnika promatrane dionice.....	43
Slika 17. Silazni nagib uz cestu promatrane dionice bez adekvatne zaštite	43
Slika 18. Ocjena i broj zvjezdica za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom.....	44
Slika 19. Okolina ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom	45
Slika 20. Izmjera udaljenosti opasnog objekta uz cestu do rubne linije sa strane mobilnih radnika	45
Slika 21. Karakteristike ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom [31].....	46
Slika 22. Prometni tok za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom	47
Slika 23. Objekti za RCK (Regionalni centri kompetentnosti) i namjenu zemljišta za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom.....	48
Slika 24. Brzine na odabranoj lokaciji prometne nesreća IRAP metodologijom	49
Slika 25. Poboljšana ocjena i broj zvjezdica za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom.....	50
Slika 26. Okolina ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom	50
Slika 27. Poboljšana ocjena i broj zvjezdica u aspektu promijene okoline za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom.....	51
Slika 28. Plan investiranja u podizanje sigurnosti cestovne infrastrukture (SRIP plan) u segmentu postavljanja zaštitne odbojne ograde - strana mobilnih radnika	51

Slika 29. Lokacije predviđenog postavljanja zaštitne odbojne ograde - strana mobilnih radnika	52
Slika 30. Karakteristike ceste za odabranu lokaciju prometne nesreća IRAP metodologijom.....	53

POPIS TABLICA

Tablica 1. Atributi umora	4
Tablica 2. Osnovne vrste krivih reakcija (i odgovora) s obzirom na namjeru i/ili ishod koje su karakteristične za promet	33
Tablica 3. Elementi PN iz interne dokumentacije MUP-a RH za lokaciju odabrane PN	42
Tablica 4. Ocjena sigurnosti iRAP metodologijom za lokaciju odabrane PN.....	44
Tablica 5. Maksimalna ocjena sigurnosti iRAP metodologijom za lokaciju odabrane PN nakon implementacije mjera za poboljšanje sigurnosti infrastrukture u sučelju za iRAP metodologiju	49

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

E	Energija [J]
v	Brzina [km/h]

POPIS KRATICA

ADAS	Napredni sustavi za podršku	Advance Driver Assistance
AI	Umjetna inteligencija cestovnog prometa	Artificial Intelligence
DSRC	Namjenska komunikacija	Dedicated short-range
EC	Europska komisija	European Commission
EEG	elektroencefalografija	Electroencephalogram
EKG	elektrokardiogram	Electrocardiogram
ETAC	Studija uzroka nastanka	European Truck Accident Causation
EU	Europska Unija	European Union
EZ	Europska zajednica	European Community
FWS	Sustavi prepoznavanja umora inženjera	Fatigue warning systems Engineers
IRAP	Program međunarodne	International Road Assessment
IRU	Međunarodna unija kratkog dometa	International Road Transport Union communication
MUP	Ministarstvo unutarnjih	Ministry of the interior
PDGP	Prosječni godišnji dnevni	Average annual daily traffic
PN	Prometna nesreća	Traffic accident
SAD	Sjedinjene Američke Države	United States of America
SAE	Društvo automobilskih	Society of Automotive
SRS	Ocjenjivanje zvjezdicama vozaču	Star rating score
ZET	Zagrebački električni tramvaj	Zagreb electric tram

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Diplomski rad isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom „Dominanti čimbenici umora mobilnih radnika u logističkim procesima“, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 13.09.2023.

Kristina Matun,
(ime i prezime, *potpis*)

