

## **FACTORS AFFECTING THE PSYCHOMOTOR ABILITY OF DRIVERS AND ROAD SAFETY WITH RESPECT TO LEGAL REGULATIONS AND NGO GUIDELINES**

Dominika GIL 

*Institute of Forensic Research, Kraków, Poland*

### **Abstract**

The data from the Central Register of Vehicles and Drivers (CEPiK) shows that currently 22,071,753 citizens have driving licenses in Poland. In 2021, nearly 23 thousand road accidents, occurring on public roads, in residential areas or in traffic zones, have been reported to the police. As a result, 2,245 people have been killed and 26,415 were injured, 8,276 of which heavily. At the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research (PAT IES), for over a decade more than half of the cases are related to drivers. In 2021, the percentage was 53.3%, while earlier, before the COVID-19 pandemic, nearly 2/3 of all cases sent to the PAT IES concerned drivers (for example, in 2016 it was 65.8%). Taking into account only the drivers who were involved in a road accident, the number of cases has fluctuated around 40% over the last decade. Traffic safety depends on many factors including: drugs, alcohol consumption, some diseases that the person operating the vehicle may suffer from, medicines and even the age and sex of the driver, which have been the subject of research in Europe, including Poland over the years. It resulted in many guidelines of non-governmental institutions and reports from research projects like eg. IMMORTAL, ICADTS, DRUID, EMCDDA which are then reflected in European and Polish legislation. The reports of the aforementioned institutions and research projects show that the perpetrators of road accidents are more often young men (up to 24 years of age) than women of the same age. For drivers aged  $\geq 25$  years, women are more likely to cause accidents, especially those over the age of 75. Among the diseases that affect safety in land traffic there are, among others vision impairment, hearing impairment, mental illness and diabetes. The annually declining number of road accidents in Poland is somehow reflected in the PAT IES statistics. Despite this favourable trend, the factors influencing the risk of an accident remain unchanged. The occurrence of a real danger on the road is still mainly influenced by the so-called ‘human factor’, and in particular the broadly understood ‘state’ of the driver. However, other factors should also be taken into account, such as the technical condition of the vehicle which may also directly contribute to the occurrence of such an event. The guidelines and legal restrictions on road safety that have changed in recent years seem to have brought the desired effects, however, the subject still requires further research and implementation of new solutions, suitable for the dynamically changing situation.

### **Keywords**

Drivers; Factors influencing psychomotor performance; Road safety; DUI.

*Received 19 August 2022; accepted 6 February 2023*

### **Introduction**

Road safety is an extremely important aspect of public life. According to the General Directorate for National Roads and Motorways (*Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad*, GDDKiA), there are

a total of 420,000 km of roads in Poland (GDDKiA, 2021). In turn, according to the Central Vehicles and Drivers Register (*Centralna Ewidencja Pojazdów i Kierowców*, CEPiK), there are 22,071,753 licenced drivers in Poland. Category B is the most popular licence category, which is held by nearly 21.5 million

drivers (CEPiK, 2022) as a result of its relatively wide range of applicability: holders can drive not only personal cars, delivery vehicles and light lorries up to 3.5 t in total mass, but also tractors, quads, tricycles and two-wheeled vehicles up to a certain engine capacity, as well as being able to tow certain types of trailers. Every month, about 150,000 vehicles are registered in Poland, including trailers and semi-trailers – light, heavy and special. The number of motor vehicles in Poland increased by nearly 37% over the space of a decade (2012–2021), most of which were two-wheeled vehicles (almost 60%). Furthermore, a total of 18,645,953 vehicles underwent technical inspections in 2021, with slightly over 437,000 failing them (CEPiK, 2021).

In the same year, 22,816 accidents took place on public roads, residential areas or traffic zones and were reported to the police, in which 2,245 people died and 26,415 were wounded, including 8,276 who were severely wounded (Symon, 2021). Road safety depends on numerous factors. Researchers throughout the world are investigating the factors that impede a person's driving ability and increase the risk of an accident. Intense research on psychomotor ability in subjects across Europe began in 2005, aimed at not only identifying the associated factors, but also determining their effect on the accident risk. The research was initially conducted in seven countries – Austria, Czech Republic, Denmark, Netherlands, Norway, Spain and the UK – as part of a project entitled Impaired Motorists, Methods of Roadside Testing and Assessment for Licensing (IMMORTAL). In addition, 'tolerance thresholds' for individual risk factors were proposed, which in turn provided key information for the formulation of licencing criteria in the EU and the roadside assessment of these factors. These factors included: intake of psychoactive substances, including ethyl alcohol and polytoxicomania (simultaneous intake of at least two psychoactive substances); some disorders (e.g. visual impairment, hearing impairment, mental disorders, neurological diseases or diabetes); drugs and medicines; and the driver's age and gender (IMMORTAL. Final Report, 2005). The results of the project indicate that young men (up to 24) cause accidents more often than women of the same age. However, for drivers aged  $\geq 25$  years, women cause accidents more often than men, especially women older than 75. For the purposes of the project, an accident rate ratio (ARR) was generated, defined as the number of accidents involving drivers with a given condition : number of kilometres driven by drivers with that condition : number of accidents involving drivers without that condition (controls) : number of kilometres driven by

drivers without that condition. A given factor increases the accident risk when the  $ARR > 1$ . The risk factors were divided into two groups based on their ARR values: low-risk and high-risk. Low-risk factors included visual impairment ( $ARR = 1.09$ ), hearing impairment (1.19), motion sickness (1.17), gout (1.17) and cardiovascular disease (1.23). High-risk factors included mental disorders (1.72), neurological diseases (1.75), alcoholism (2.0), and drugs and medicines (1.58). Diabetes ( $ARR = 1.56$ ) fell in-between the two categories, while narcolepsy and sleep apnoea were found to be the most dangerous factors ( $ARR = 3.71$ ). Prescription drugs and medicines had an ARR of 1.49; whereas psychoactive substances, including ethanol and drugs taken to induce a 'high', had an ARR of 1.96. Within the latter group, opiates had a relatively high ARR of 1.83 (IMMORTAL. Final Report, 2005).

In the case of polytoxicomania, taking two substances that have a similar effect on the central nervous system (CNS) simultaneously usually enhances the depressive (as with benzodiazepines and opiates, or opiates and ethyl alcohol) or the stimulating effect (as with amphetamines and cocaine). Furthermore, 'over-enhancement' is possible when taking benzodiazepine derivatives simultaneously with ethyl alcohol. If the consumed drugs have opposing effects on the CNS, then the final effect can vary considerably and is difficult to predict (Zgirski, 1988).

In 2006, after pharmaceuticals were classified as risk factors for accidents, the International Council on Alcohol, Drugs and Traffic Safety (ICADTS) decided to create a system for categorising them (ICADTS Drug List, 2007). Pharmaceuticals were divided into three categories depending on their effects compared to specific blood alcohol content (BAC) values. Group I includes safe substances and substances with a low risk of reducing one's psychomotor ability (an effect equivalent to  $<0.5\%$  BAC), Group II is comprised of substances with a low or moderate risk (0.5–0.8% BAC); and Group III is substances with a strong effect or substances that are potentially dangerous ( $>0.8\%$  BAC). The system was introduced to help physicians and pharmacists find safer alternatives for drugs, such as metoprolol (Group II) and atenolol (Group I).

In an effort to further improve road safety, drivers across Europe were tested for psychoactive substances, including ethyl alcohol and medicines, as part of the Driving Under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines (DRUID) project. It was conducted in 18 EU member states, including Poland, between 2006 and 2011. The most common psychoactive substance was found to be ethyl alcohol: 3.48% of drivers had a blood alcohol concentration of  $\geq 0.1\%$ . Drugs were

found in the blood of 1.90% of drivers, medicines in 1.36% and a mix of ethanol and drugs in 0.37% (DRUID, 2011). Another aim of the project was to categorise the medicines available on the EU market according to their effect on a person's psychomotor ability and to develop recommendations for patients. The active substances were divided into four groups, based on their effect on one's fitness to drive: Category 0 (no or a negligible effect on the fitness to drive), Category I (minor effect), Category II (moderate effect) and Category III (severe effect). Some of the analysed substances, such as zolpidem, were classified into two categories depending on the time that had elapsed since their intake. The strongest effect of zolpidem on a person's psychomotor ability is observed within the first 8 hours after intake, during which the substance is classified in Category III. After the first 8 hours, the effect of zolpidem becomes moderate, and as such, it is classified in Category II. Furthermore, physicians prescribing zolpidem to their patients were advised to inform them about its effect and warn them against using it together with alcohol or other psychoactive substances (Table 1).

Table 1  
*Drug categorization system according to its influence on the ability to drive on the example of zolpidem according to DRUID*

Substance	Group	Information for the patient
Zolpidem – after 8 h	III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inform the patient about the effects of the medicine on reaction time and that the medication can cause side effects that impair driving (dizziness, drowsiness, sleepiness, blurred/double vision and reduced alertness)</li> <li>• Advise the patient not to drive for the first 8 hours after taking the medicine and also to be careful in other situations (e.g. using machinery and working at heights)</li> <li>• Advise the patient not to drink alcohol or use other psychoactive substances when taking this medicine.</li> </ul>
	II	

The DRUID project also assessed the risk of injury or death in a road accident under the influence of psychoactive substances. As before, the most popular substances were divided into four groups (Table 2). Cannabinoids were classified as substances with a relatively accident risk: their post-intake odds ratio (OR) was 1–3, which meant that the risk of causing an accident under the influence of cannabis products was on average twice as high as when driving sober. Cocaine, benzodiazepines, nonbenzodiazepines, opiates and

medical opioids were classified as medium risk (OR 2–10); amphetamines and combinations of at least two psychoactive substances were classified as high risk (OR 5–30); while combinations of psychoactive substances and ethyl alcohol were found to be extremely dangerous (OR 20–200). Ethyl alcohol was classified into every group, depending on the concentration (Table 2). While these findings do not allow the concentrations of narcotics or psychotropic substances to be converted into the ethanol concentration, they do indicate the risk of injury or death in an accident.

Table 2  
*The risk of injury or death in a road accident for the most common psychoactive substances among drivers according to DRUID*

Risk level	Risk	Substance group
Slight	1–3	Alcohol 0.1–0.5 g/l Cannabis
Medium	2–10	Alcohol 0.5–0.8 g/l Cocaine, opiates and opioids, benzodiazepines, Z-drugs
High	5–30	Alcohol 0.8–1.2 g/l Amphetamines, multiple drugs
Extremal	20–200	Alcohol $\geq$ 1.2 g/l Alcohol in combination with drugs

The primary regulations governing psychomotor substances in the context of road safety in Poland are the Act of 29 July 2005 on counteracting drug addiction and the Ordinance of the Minister of Health on a list of psychotropic substances, narcotics and new psychoactive substances. The list covers the most common substances from the following groups: cannabinoids, amphetamines, benzodiazepines and opiates, as well as cocaine and new psychoactive substances (NPS). Ethyl alcohol is addressed in a separate act: the Act of 26 October 1982 on education in sobriety and counteracting alcoholism, which defines a BAC between 0.2‰ and 0.5‰ as 'a state after use' and a BAC  $>$ 0.5‰ as 'a state under the influence'. In 2012, due to the fact that the Polish law did not specify any thresholds for psychoactive substances, the community of court toxicologists suggested such thresholds (Table 3), which were later published (Ćwiklińska, Teresiński, Buszewicz, 2015).

Table 3  
Concentration limits for psychoactive substances in the whole blood proposed by committee of forensic toxicologists in 2012

Substance	LIMITS	
	State 'after use'	State 'under the influence'
THC	1–2.5 ng/ml	>2.5 ng/ml
Amphetamine and deriv.	25–50 ng/ml	>50 ng/ml
Morphine	10–25 ng/ml	>25 ng/ml
Cocaine	10–20 ng/ml	>20 ng/ml
Benzoylcegonine	>100 ng/ml	not established

## Materials and methods

Between 2012 and 2021, the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research (IFR) in Kraków analysed biological samples taken from a total of 10,315 drivers, of which 4,126 had been involved in a road accident. About 40% of the drivers tested positive. The laboratory performs routine screenings of samples collected from drivers, primarily blood or occasionally urine, using the ELISA assay based on the thresholds adopted for amphetamine derivatives (amphetamine 25 ng/ml), methamphetamine derivatives (MDMA 25 ng/ml), cannabinoids (THCCOOH 5 ng/ml), benzodiazepines (clonazepam 10 ng/ml), cocaine (benzoylcegonine 50 ng/ml) and

opioids (morphine 10 ng/ml), as shown in more detail in Table 4.

Screening is also conducted using liquid chromatography combined with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for NPS from the group of designer drugs with the adopted threshold for cathinone derivatives (5 ng/ml) and synthetic cannabinoids (0.5 ng/ml).

The presence of psychoactive substances is assessed using the liquid chromatography-mass spectrometry technique (LC-MS) and LC-MS/MS. Isolation of analytes from the biological matrix is performed through a liquid-liquid extraction, with a targeted change of the pH of the environment. The internal standards used at the laboratory are the deuterium derivatives of the following compounds: amphetamine, methamphetamine, THC, THCCOOH, clonazepam, diazepam, cocaine, benzoylcegonine, morphine, codeine and 6-monoacetylmorphine. Sample components are separated in the reversed phase system, typically using columns with a Purospher RP-18e and a grain diameter of 5 µm. The detection limits for LC-MS and LC-MS/MS range from 1 to 20 ng/ml for blood (Table 4), as specified in the guidelines contained in the aforementioned Ordinance of the Minister of Health.

## Results

The most popular psychoactive substance among drivers in Poland, apart from ethyl alcohol, is THC, which was detected in every second driver who tested positive for psychoactive substances in their blood.

Table 4  
Statistics of road accidents in the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research according to months (2012–2021)

Group of substances	Substance	Method		
		Screening (ELISA)	Confirmation (LC-MS, LC-MS/MS, GC-MS)	
		CUT-OFF	LOD	LOQ
Amphetamines	Amphetamine	25.0 ng/mL	6.9 ng/mL	23.9 ng/mL
	Methamphetamine	25.0 ng/mL	5.0 ng/mL	17.6 ng/mL
	MDMA	25.0 ng/mL	5.4 ng/mL	19.2 ng/mL
Cannabis	THC	–	0.3 ng/mL	0.8 ng/mL
	THCCOOH	5.0 ng/mL	2.0 ng/mL	5.0 ng/mL
Opioids	Morphine	10.0 ng/mL	1.7 ng/mL	4.4 ng/mL
Benzodiazepines	Clonazepam	10.0 ng/mL	3.0 ng/mL	3.0 ng/mL
Cocaine	Cocaine	–	2.0 ng/mL	5.0 ng/mL
	Benzoylcegonine	50.0 ng/mL	23.0 ng/mL	50.0 ng/mL



Phenylethylamine derivatives are also very popular, especially amphetamine (24%) and methamphetamine (7%). These three substances (THC, amphetamine and methamphetamine) account for over 80% of positive tests. Other substances commonly used by drivers are benzodiazepines derivatives, opiates and NPS (Figure 1). Cocaine is not very popular on the Polish market for illicit drugs (accounting for around 1–3% of positive results in drivers), as is shown in Table 5.

For over a decade, more than half of the cases submitted to the Toxicological Analysis Section of the IFR have concerned the drivers of motor vehicles. In 2021, this percentage was 53.3%, which was nearly the same as in 2020 (52.5%); but was lower by 11.6%

compared to 2019. The trend is even clearer when compared to the pre-COVID-19 period, when almost 2/3 of all cases sent to the Toxicological Analysis Section concerned drivers (for instance, 65.8% in 2016). Drivers who have been involved in an accident have accounted for about 40% of all cases over the last decade. The number of people injured or killed in a road accident has also decreased every year. This trend is particularly clear for 2020 and 2021, and is a direct result of the outbreak of the COVID-19 pandemic, as is shown in the records of the Toxicological Analysis Section (Figure 2).

The Section receives the most cases related to road accidents in the holiday months, primarily June and

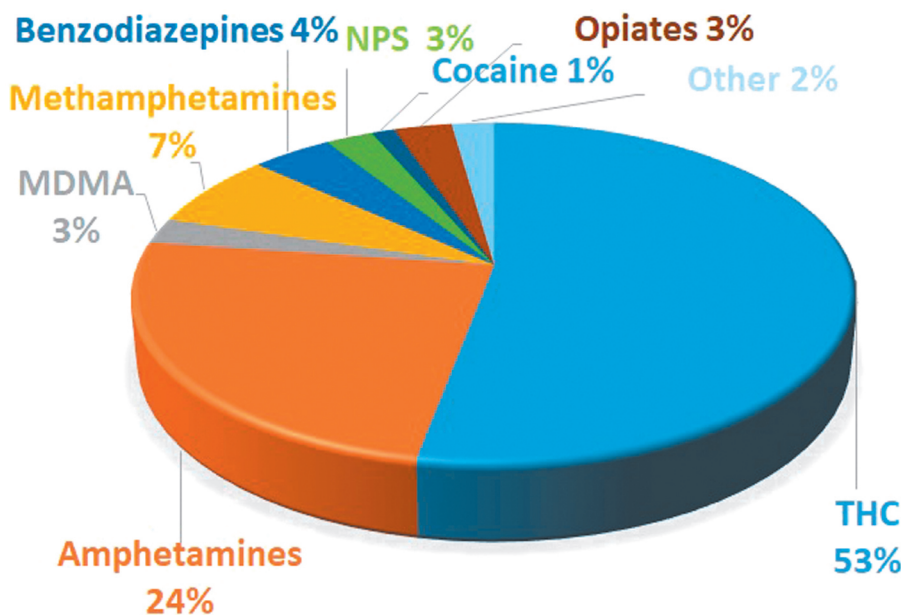


Fig. 1. The share of individual psychoactive substances in drivers with a positive blood test in 2012–2021 in the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research.

Table 5  
Percentage of the common psychoactive substances among drivers (2012–2021)

Year	THC	Amphetamine	MDMA	Methamphetamine	Benzodiazepines	NPS	Cocaine	Opioids
2012	53.4%	20.5%	0.3%	6.6%	3.8%	0.3%	2.0%	3.2%
2013	59.2%	25.9%	0.1%	4.6%	3.5%	1.0%	1.1%	2.1%
2014	47.3%	21.1%	1.2%	3.6%	4.4%	4.4%	0.9%	1.4%
2015	43.5%	21.0%	1.4%	8.8%	2.6%	5.5%	0.4%	0.9%
2016	43.5%	24.1%	1.4%	4.7%	3.3%	2.2%	0.9%	1.0%
2017	49.4%	22.9%	1.8%	4.0%	4.4%	2.8%	0.6%	0.8%
2018	49.8%	32.0%	4.6%	9.1%	3.5%	2.5%	2.5%	0.7%
2019	42.3%	30.9%	5.9%	8.9%	4.3%	1.3%	2.0%	0.7%
2020	28.7%	32.2%	7.2%	5.1%	7.4%	1.1%	2.4%	2.4%
2021	33.0%	30.1%	3.4%	0.3%	5.9%	2.0%	3.4%	0.6%

July, but also in October (Figure 3). A spike in such cases is also observed in January, which is most likely due to a slight delay in the delivery of samples caused by the Christmas and New Year holidays.

**Discussion**

THC is the second most common psychoactive substance detected in Polish drivers after ethyl alcohol. This is consistent with the results obtained as part of the DRUID project, as mentioned in the introduction to this article. Every fourth positive result of drug tests of Polish drivers shows the presence of amphetamine, which is synthesized in relatively large quantities within the borders of Poland. According to the

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), Poland is the primary producer of amphetamine in north-eastern Europe (EMCDDA Synthetic drug production in Europe, 2015). However, cocaine is unpopular on the Polish market for illicit drugs, primarily due to its relatively high price and the long distance from the main trafficking routes, which run between South America and south-west Europe.

Police records collected over the last decade indicate that the number of road accidents in Poland has decreased each year, which is consistent with the observations made by the Toxicological Analysis Section of the IFR. The trend is especially visible with respect to the pre-COVID-19 period. A similar trend is observed for the number of injuries and deaths occurring due to road accidents.

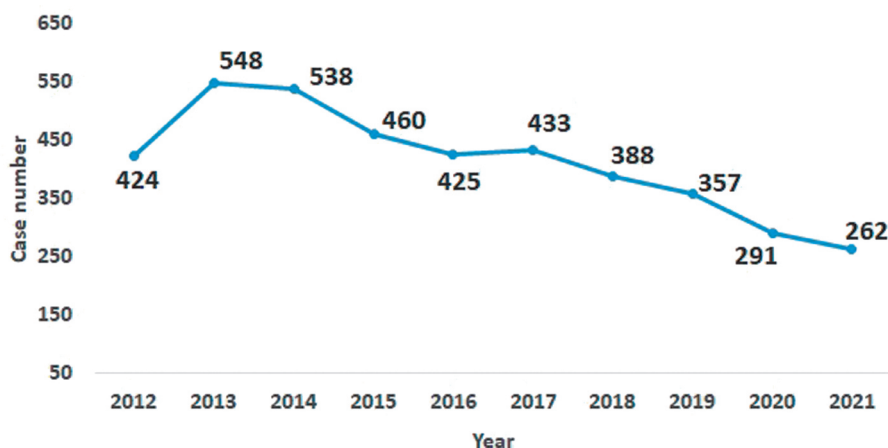


Fig. 2. The statistics of road accidents in the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research in 2012–2021.

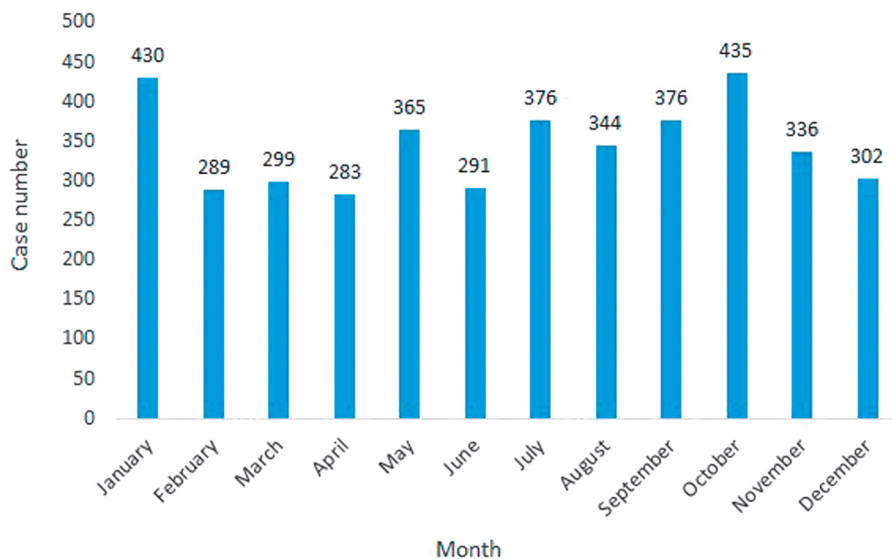


Fig. 3. Statistics of road accidents in the Toxicological Analysis Section of the Institute of Forensic Research according to months (2012–2021).

## Conclusions

The year-to-year decrease in the number of road accidents in Poland is reflected in the records of the Toxicological Analysis Section of the IFR. However, despite this beneficial trend, the factors affecting the accident risk remain the same. The human factor continues to affect the accident risk the most, especially the broadly-defined 'state' of the driver. The most common and the most dangerous substance in terms of the accident risk is ethyl alcohol, followed closely by cannabis products. In Poland, drivers also frequently use amphetamines and their derivatives, which are particularly dangerous due to the inducement of bravado and risk-taking behaviour in the users. The presence of these substances in the blood often leads to an accident. An extremely dangerous practice is a simultaneous intake of ethyl alcohol and drugs. Other factors should also be taken into account, such as the technical condition of each vehicle, which may directly contribute to accidents. Changes in the guidelines and legal restrictions regarding road safety in recent years seems to be having the desired effects. However, the subject matter discussed in this article requires continuous investigation and the implementation of new solutions adapted to the dynamically changing situation.

## References

1. Ćwiklińska, M., Teresiński, G., Buszewicz, G. (2015). Medyczno-sądowe oraz prawno-karne aspekty opiniowania i orzekania w przypadkach intoksykacji środkami odurzającymi i działającymi podobnie do etanolu. *Archiwum Medycyny Sądowej i Kryminologii*, 65(2), 77–89.
2. DRUID: Project No.: TREN-05-FP6TR-S07.61320-518404-DRUID Driving under the influence of drugs, alcohol and medicines. 6th Framework Programme. Deliverable. (0.1.8). Final report: Work performed, main results and recommendations (2012). Retrieved 13 July 2022 from <https://www.vias.be/publications/DRUID%20-%20Final%20Report%20-%20Work%20performed,%20main%20results%20and%20recommendations/DRUID-Final%20Report.pdf>.
3. EMCDDA: Perspectives on drugs. Synthetic drug production in Europe (2015). Retrieved 13 July 2022 from [https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/2755/att\\_212354\\_EN EMCDDA\\_POD\\_2013\\_Synthetic%20drug%20production.pdf](https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/2755/att_212354_EN EMCDDA_POD_2013_Synthetic%20drug%20production.pdf).
4. GDDKiA [General Directorate for National Roads and Motorways] (2021). Aktualna statystyka drogowa. Retrieved 8 July 2022 from <https://www.gov.pl/web/gddkia/aktualna-statystyka-drogowa>.
5. ICADTS: Drug List (2007). Retrieved 12 July 2022 from <http://www.icadts.nl/reports/medicinaldrugs2.pdf>.
6. IMMORTAL: Contract No. GMA1/2000/27043-SI2.319837 (2005). Deliverable A3.2 Final Programme Report Public. Retrieved 12 July 2022 from [https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060727\\_145800\\_76929\\_IMMORTAL\\_Final\\_Report.pdf](https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060727_145800_76929_IMMORTAL_Final_Report.pdf).
7. Statystyki z SI CEPiK [Central Vehicles and Drivers Register] (2021). Retrieved 8 July 2022 from <https://www.gov.pl/web/cepik/stacje-kontroli-pojazdow-skp-i-badania-techniczne-bt-w-2021-r>.
8. Statystyki z SI CEPiK (2022). Retrieved 8 July 2022 from <http://www.cepik.gov.pl/statystyki>.
9. Symon, E. (2021). *Wypadki drogowe w Polsce w 2021 roku*. Retrieved 11 July 2022 from <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>.
10. Zgirski, L. (1988). *Toksykomanie w praktyce lekarskiej*. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.

## ORCID

Dominika Gil  0009-0008-9880-4053

## Corresponding author

Dr. Dominika Gil  
Institute of Forensic Research  
ul. Westerplatte 9  
PL 31-033 Kraków  
e-mail: [dgil@ies.gov.pl](mailto:dgil@ies.gov.pl)

## CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA SPRAWNOŚĆ PSYCHOMOTORYCZNĄ KIEROWCÓW I BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU LĄDOWYM W ASPEKTCIE UWARUNKOWAŃ PRAWNYCH ORAZ WYTICZNYCH ORGANIZACJI POZARZĄDOWYCH

### Wstęp

Bezpieczeństwo w ruchu lądowym jest niezwykle istotnym aspektem życia publicznego. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) podaje, że długość dróg publicznych w Polsce wynosi łącznie około 420 tys. km (GDDKiA, 2021). Z danych Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) wynika, że aktualnie w naszym kraju uprawnienia do prowadzenia pojazdów posiada 22 071 753 obywateli, a najpopularniejszą kategorią prawa jazdy jest kategoria B, której posiadaniem legitymuje się blisko 21,5 mln osób (Statystyki z SI CEPiK, 2022). Wynika to ze stosunkowo dużych możliwości jej wykorzystania do prowadzenia nie tylko samochodu osobowego, dostawczego i lekkiej ciężarówki o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony, ale również traktora, quada, trójkołowca, jednoślada do określonej pojemności i/lub mocy, a także ciągnięcie dozwolonych przepisami przyczep. Każdego miesiąca w Polsce rejestrowanych jest około 150 tys. pojazdów, wliczając w to przyczepy oraz naczepy, zarówno lekkie, ciężarowe, jak i specjalne. W ciągu dekady (lata 2012–2021) liczba pojazdów silnikowych w Polsce zwiększyła się o blisko 37%, w czym największy udział – prawie 60% – miały jednoślady. W 2021 roku badaniom technicznym poddano 18 645 953 pojazdów, z czego nieco ponad 437 tys. nie przeszło ich pozytywnie (Statystyki z SI CEPiK, 2021).

W tym samym roku do policji zgłoszono 22 816 wypadków drogowych mających miejsce na drogach publicznych, w strefach zamieszkania lub strefach ruchu. W ich wyniku 2 245 osób poniosło śmierć, zaś rannych zostało 26 415 osób, w tym 8276 – ciężko rannych (Symon, 2021). Bezpieczeństwo w ruchu lądowym jest uwarunkowane wieloma czynnikami. Określenie czynników, które upośledzają zdolność kierowania pojazdem, wpływając na wzrost ryzyka wystąpienia wypadku, jest przedmiotem zainteresowania badaczy na całym świecie. W Europie intensywne zgłębianie problematyki w zakresie sprawności psychofizycznej rozpoczęło się w 2005 roku, kiedy to podjęto działania zmierzające nie tylko do wskazania takich czynników, ale również określenia stopnia ich wpływu na ryzyko zaistnienia zdarzenia drogowego. Początkowo prace prowadzone były przez siedem państw europejskich: Austrię, Czechy, Danię, Holandię, Norwegię, Hiszpanię i Wielką Brytanię w ramach projektu o nazwie *Impaired Motorists, Methods of Roadside*

*Testing and Assessment for Licensing* (IMMORTAL). Zaowocowały one zaproponowaniem „poziomów tolerancji” dla poszczególnych czynników ryzyka, co z kolei dostarczyło kluczowych informacji dla sformułowania kryteriów przyznawania prawa jazdy w UE i badania tych czynników przy drodze. Wśród nich znalazło się: przyjmowanie środków psychoaktywnych, w tym spożywanie alkoholu etylowego oraz politoksykomania (jednoczesne przyjmowanie co najmniej dwóch substancji psychoaktywnych), niektóre schorzenia, na które może cierpieć osoba obsługująca pojazd (m.in. wady wzroku, wady słuchu, choroby psychiczne, choroby neurologiczne, cukrzyca), środki farmaceutyczne przyjmowane w związku ze schorzeniami, a także wiek i płeć kierującego (IMMORTAL. Final report, 2005). Z analiz prowadzonych w ramach projektu wynika, że sprawcami wypadków drogowych częściej są młodzi mężczyźni (do 24 roku życia) niż kobiety w tym samym wieku. W przypadku kierowców w wieku  $\geq 25$  lat kobiety powodują częściej wypadki, a w szczególności te powyżej 75 roku życia. Dla potrzeb projektu wygenerowano współczynnik ryzyka wypadku (ARR – *accident rate ratio*), który wyrażono stosunkiem liczby wypadków, w których brali udział kierowcy z konkretnym czynnikiem ryzyka i liczby kilometrów przez nich przejechanych do analogicznego stosunku obliczonego dla kierowców „kontrolnych” bez tegoż czynnika. Dany czynnik wpływa na wzrost ryzyka uczestniczenia w wypadku, gdy  $ARR > 1$ . W oparciu o wartość ARR czynniki podzielono na dwie grupy: niskiego i wysokiego ryzyka. Wśród czynników niskiego ryzyka znalazły się: wady wzroku ( $ARR = 1,09$ ), wady słuchu (1,19), choroba lokomocyjna (1,17), podagra (1,17) i choroby serca (1,23), natomiast do czynników wysokiego ryzyka zaliczono choroby psychiczne (1,72), choroby neurologiczne (1,75), alkoholizm (2,0), narkotyki i leki (1,58). Cukrzyca, dla której wartość ARR wyniosła 1,56, znalazła się pomiędzy ww. kategoriami, zaś najbardziej niebezpiecznymi schorzeniami okazały się narkolepsja i bezdech senny ( $ARR = 3,71$ ). Produkty farmaceutyczne oraz leki wydawane z przepisu lekarza uzyskały  $ARR = 1,49$ , natomiast substancje psychoaktywne, w tym etanol oraz leki stosowane w celu odurzania się, uzyskały wyższą wartość – 1,96. Wśród tych ostatnich opiaty uplasowały się dosyć wysoko z wartością  $ARR = 1,83$  (IMMORTAL. Final report, 2005).

W przypadkach politoksykomanii, gdy przyjmowane są jednocześnie co najmniej dwie substancje, które



w podobny sposób oddziałują na ośrodkowy układ nerwowy (OUN), najczęściej dochodzi do wzmocnienia oddziaływania depresyjnego (jak w przypadku benzodiazepin i opiatów czy opiatów i alkoholu etylowego) albo pobudzającego (amfetaminy i kokaina), ewentualnie „nadwzmocnienia” oddziaływania, do którego dochodzi podczas przyjmowania leków z grupy pochodnych benzodiazepiny wraz alkoholem etylowym. Jeżeli przyjmowane związki działają przeciwstawnie na OUN, wówczas efekty oddziaływania są mocno zróżnicowane i trudne do przewidzenia (Zgirski, 1988).

Zaklasyfikowanie farmaceutyków do czynników wpływających na ryzyko wystąpienia wypadku skłoniło Międzynarodową Radę do spraw Alkoholu, Leków i Bezpieczeństwa Drogowego (ICADTS – *International Council on Alcohol, Drugs and Traffic Safety*) w 2006 roku do utworzenia systemu ich kategoryzacji (ICADTS Drug List, 2007). Leki podzielono na trzy kategorie, odnosząc efekty przez nie wywoływane do określonych stężeń alkoholu etylowego we krwi (BAC – *blood alcohol content*). Do grupy I zaliczono środki uznane za bezpieczne lub o niskim prawdopodobieństwie obniżania sprawności psychomotorycznej (efekt równoważny stężeniu poniżej 0,5‰ BAC), grupa II – leki słabo lub średnio wpływające na sprawność psychomotoryczną (0,5‰–0,8‰ BAC), natomiast III – leki silnie wpływające lub potencjalnie niebezpieczne (powyżej 0,8‰ BAC). Celem wprowadzenia tego systemu przez ICADTS była pomoc dla lekarzy i farmaceutów w wyborze bezpieczniejszych zamienników, np. metoprolol gr. II i atenolol gr. I.

W celu dalszego zwiększania poziomu bezpieczeństwa na drogach w latach 2006–2011 przebadano populację europejskich kierowców na obecność substancji psychoaktywnych, w tym alkoholu etylowego oraz leków, w ramach projektu o nazwie DRUID (*Driving Under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines*) prowadzonego w 18 krajach Unii Europejskiej, w tym także w Polsce. Najbardziej rozpowszechnioną substancją psychoaktywną okazał się alkohol etylowy, który w stężeniu  $\geq 0,1\%$  wykazano u 3,48% użytkowników dróg. Narkotyki wykryto we krwi 1,90% kierowców, leki u 1,36%, natomiast kombinacje etanolu z narkotykami u 0,37% (DRUID, 2011). Celem projektu była również kategoryzacja leków dostępnych na rynku Unii Europejskiej według ich wpływu na sprawność psychomotoryczną oraz opracowanie zaleceń dla pacjenta. Substancje czynne podzielono na cztery grupy różniące się wpływem na zdolność do prowadzenia pojazdów: kategoria 0 (brak lub znikomy wpływ), kategoria I (niewielki wpływ), kategoria II (umiarkowany wpływ) i kategoria III (poważny wpływ). Niektóre z rozpatrywanych substancji, jak np. zolpidem, zostały, ze względu na czas, jaki upłynął od przyjęcia, zaklasyfikowane do dwóch kategorii. Najsilniejsze efekty oddziaływania zolpidemu są obserwowane w pierwszych 8 godzinach od jego przyjęcia, wówczas

poważnie upośledza on sprawność psychofizyczną (kategoria III). Po upływie tego czasu zolpidem wpływa umiarkowanie na psychomotorykę i zaliczany jest do kategorii II. Informacje o jego działaniu powinny zostać przekazane pacjentowi przez lekarza przepisującego preparat wraz z ostrzeżeniem, żeby w czasie leczenia nie spożywać napojów alkoholowych ani innych substancji działających psychoaktywnie (Tabela 1).

W ramach projektu DRUID oszacowano także ryzyko odniesienia obrażeń lub poniesienia śmierci w wypadku drogowym wskutek zażywania poszczególnych środków psychoaktywnych. Najczęściej przyjmowane przez użytkowników związki również podzielono na cztery grupy, o czym traktuje tabela 2. Kannabinoile trafiły do grupy obciążonej niewielkim względnym ryzykiem wypadku, po ich przyjęciu iloraz szans (OR – *odds ratio*) wynosił 1–3, co oznacza że szanse na wystąpienie wypadku po przyjęciu przetworów konopi są średnio dwukrotnie wyższe w porównaniu do sytuacji, w których kierujący prowadzi pojazd w stanie trzeźwości. Kokainę, benzodiazepiny, niebenzodiazepiny (NBDZ), opiaty oraz opioidy medyczne zaliczono do grupy o średnim ryzyku (OR 2–10), amfetaminy i kombinacje co najmniej dwóch substancji psychoaktywnych – do grupy wysokiego ryzyka (OR 5–30), natomiast łączenie substancji psychoaktywnych z alkoholem etylowym okazało się ekstremalnie niebezpieczne (OR 20–200). Do każdej z grup zaklasyfikowano również alkohol etylowy w określonym przedziale stężeń (Tabela 2). Nie daje to jednak możliwości bezpośredniego przeliczania zawartości środków odurzających czy substancji psychotropowych na stężenie etanolu, ale wskazuje, w zakresie skutków, na ryzyko odniesienia obrażeń lub poniesienia śmierci w wyniku wypadku.

Głównymi aktami prawnymi, które dotyczą substancji psychoaktywnych w kontekście bezpieczeństwa w ruchu lądowym w Polsce, jest Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o przeciwdziałaniu narkomanii oraz obowiązujące Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie wykazu substancji psychotropowych, środków odurzających oraz nowych substancji psychoaktywnych. Obejmują one najczęściej stosowane substancje z grup: kannabinoidów, amfetamin, benzodiazepin, opiatów, a także kokainę i nowe substancje psychoaktywne (NPS). Odnośnie do alkoholu etylowego funkcjonuje oddzielna Ustawa z dnia 26 października 1982 r. o wychowaniu w trzeźwości i przeciwdziałaniu alkoholizmowi. Określa ona jego limity stężeniowe we krwi 0,2–0,5‰ oraz  $>0,5\%$ , definiując je odpowiednio jako stan „po użyciu” i stan „nietrzeźwości”. Z uwagi na to, że w polskim prawodawstwie nie zamieszczono takich progów dla substancji psychoaktywnych, gremium toksykologów sądowych w 2012 roku zaproponowało takie limity (Tabela 3), które następnie opublikowano (Ćwiklińska, Teresiński, Buszewicz, 2015).

## Material i metody

W latach 2012–2021 do Pracowni Analiz Toksykologicznych Instytutu Ekspertyz Sądowych trafiło łącznie 10 315 spraw dotyczących kierowców, z czego 4126 stanowili uczestnicy zdarzeń drogowych. U około 40% z nich uzyskiwano pozytywne wyniki analizy pobranych próbek biologicznych. Badania przesiewowe materiału od kierowców w postaci głównie krwi i/lub sporadycznie moczu w Pracowni prowadzi się rutynowo przy użyciu immunoenzymosorpcyjnej metody ELISA z przyjętymi progami dla pochodnych amfetaminy (amfetamina 25 ng/ml), pochodnych metamfetaminy (MDMA 25 ng/ml), kannabinoli (THCCOOH 5 ng/ml), benzodiazepin (klonazepam 10 ng/ml), kokainy (benzoilokgonina 50 ng/ml) i opioidów (morfina 10 ng/ml), co szczegółowo pokazano w tabeli 4.

W celach przesiewowych stosowana jest także metoda chromatografii cieczowej połączonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) w kierunku nowych substancji psychoaktywnych z grupy tzw. dopalaczy z przyjętym progiem dla pochodnych katynonu wynoszącym 5 ng/ml oraz syntetycznych kannabinoidów – 0,5 ng/ml.

Analizy ukierunkowane dla substancji psychoaktywnych prowadzone są przy użyciu metody chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas (LC-MS) oraz metody LC-MS/MS. Izolacja analitów z matrycy biologicznej prowadzona jest metodą ekstrakcji typu ciecz-ciecz przy ukierunkowanej zmianie odczynu środowiska. Jako standardy wewnętrzne stosowane są deuterowe pochodne następujących związków: amfetaminy, metamfetaminy, THC, THCCOOH, klonazepamu, diazepam, kokainy, benzoilokgoniny, morfiny, kodeiny, 6-monoacetylmorfiny. Rozdział składników próbki prowadzony jest w odwróconym układzie faz, standardowo na kolumnach z wypełnieniem Purospher RP-18e o średnicy ziaren 5 µm. Granice wykrywalności dla metod LC-MS i LC-MS/MS są rzędu 1–20 ng/ml dla krwi (Tabela 4), co wynika z wytycznych zawartych w cytowanym wcześniej Rozporządzeniu Ministra Zdrowia.

## Wyniki

Najbardziej rozpowszechnioną substancją psychoaktywną, poza alkoholem etylowym, wśród kierowców w Polsce jest THC, który wykrywano u co drugiego kierowcy z pozytywnym wynikiem badania krwi na obecność substancji psychoaktywnych. Dużą popularnością wśród użytkowników polskich dróg cieszą się również substancje należące do grupy pochodnych fenyletyloaminy, a w szczególności amfetamina (24%) i metamfetamina (7%). Te trzy wymienione powyżej związki, tj.

THC, amfetamina i metamfetamina są odpowiedzialne za ponad 80% pozytywnych wyników analiz. Spośród pozostałych grup substancji kierowcy chętnie sięgają po pochodne benzodiazepiny, opiaty i NPS (Ryc. 1). Kokaina na naszym rynku narkotykowym nie cieszy się dużym zainteresowaniem (około 1–3% pozytywnych wyników u kierowców), co przedstawiono w tabeli 5.

Od przeszło dekady ponad połowa spraw kierowanych do Pracowni Analiz Toksykologicznych IES dotyczy kierowania pojazdami mechanicznymi. W 2021 roku odsetek ten wynosił 53,3%, czyli prawie tyle samo, co w roku 2020 (52,5%); natomiast w porównaniu z rokiem 2019 spadł on o 11,6%. Jeszcze wyraźniej widać tę tendencję, jeśli weźmie się pod uwagę wcześniejszy okres, ten przed wybuchem pandemii COVID-19. Wówczas blisko 2/3 spośród wszystkich nadsyłanych do Pracowni spraw dotyczyło kierowców (dla przykładu – w roku 2016 było to 65,8%). Biorąc pod uwagę jedynie kierowców, którzy brali udział w zdarzeniu drogowym, liczba spraw od dekady oscyluje w granicach 40%. Spadek rok do roku dotyczy również liczby zabitych i rannych w wypadkach. Szczególnie wyraźnie widać to w latach 2020 i 2021, na co miało bezpośredni wpływ pojawienie się wirusa SARS-Cov-2 i wybuch epidemii, co obserwuje się w statystykach Pracowni (Ryc. 2).

W miesiącach okołowakacyjnych, głównie w czerwcu i lipcu, ale także w październiku, wpływa doń największej spraw dotyczących kierowców biorących udział w zdarzeniach drogowych (Ryc. 3). Wyższy udział takich spraw obserwowany jest również w styczniu, co najprawdopodobniej związane jest z niewielkim opóźnieniem w ich doręczaniu wynikającym z okresu świąteczno-noworocznego.

## Dyskusja

Rozpowszechnienie THC wśród kierowców w Polsce jako drugiej najczęściej wykrywanej substancji psychoaktywnej poza alkoholem etylowym koreluje z wynikami uzyskanymi w ramach projektu DRUID, o czym pisano we wstępie. Amfetamina, wykrywana u co czwartego użytkownika polskich dróg z pozytywnym wynikiem badania krwi na obecność substancji psychoaktywnych, jest w stosunkowo dużych ilościach syntetyzowana na terenie naszego kraju. Jak wynika bowiem z danych Europejskiego Centrum Monitorowania Narkotyków i Narkomanii (EMCDDA – *European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction*), Polska jest głównym producentem amfetaminy na terenie północno-wschodniej Europy (EMCDDA Synthetic drug production in Europe, 2015). Kokaina na naszym rynku narkotykowym nie cieszy się dużym zainteresowaniem przede wszystkim ze względu na relatywnie wysoką cenę oraz znaczną

odległość Polski od głównych szlaków przemysłowych biegnących z Ameryki Południowej do krajów Europy południowo-zachodniej.

Statystyki policyjne ostatniej dekady wskazują, że z roku na rok liczba wypadków na polskich drogach zmniejsza się, co koreluje ze statystykami Pracowni Analiz Toksykologicznych IES. Szczególnie wyraźnie widać tę tendencję, gdy się weźmie pod uwagę okres przed wybuchem pandemii COVID-19. Podobną tendencję obserwuje się w przypadku liczby zabitych i rannych w wypadkach.

## Wnioski

Zmniejszająca się rokrocznie liczba wypadków drogowych w Polsce niejako znajduje swoje odzwierciedlenie w statystykach Pracowni Analiz Toksykologicznych IES. Pomimo tej korzystnej tendencji czynniki wpływające na ryzyko wystąpienia wypadku pozostają niezmiennie. Na wystąpienie realnego zagrożenia na drodze wciąż największy wpływ ma tzw. „czynnik ludzki”, a w szczególności szeroko pojęty „stan” kierującego. Na europejskich drogach wciąż najbardziej rozpowszechnionym i niosącym największe ryzyko spowodowania wypadku czynnikiem jest alkohol etylowy, a tuż za nim znalazły się przetwory konopi. W Polsce dodatkowo kierowcy często sięgają po amfetaminę i jej pochodne, które są szczególnie niebezpieczne ze względu na wywołanie u jej użytkowników skłonności do brawury i podejmowania na drodze ryzykownych działań, obecność tych substancji we krwi, częściej niż innych substancji psychotropowych, sprawia, że ich używanie kończy się wypadkiem. Szczególnie niebezpieczne są mieszaniny alkoholu etylowego z narkotykami obciążone ekstremalnym ryzykiem wypadku. Należy mieć na uwadze także inne czynniki, takie jak choćby stan techniczny pojazdu, które również mogą bezpośrednio przyczynić się do zaistnienia takiego zdarzenia. Wydaje się, że zmieniające się na przestrzeni ostatnich lat wytyczne oraz obwarowania prawne dotyczące bezpieczeństwa w ruchu lądowym zaczynają odnosić pożądane skutki, jednakże poruszana tu tematyka wymaga ciągłego zgłębiania i wdrażania nowych rozwiązań dostosowanych do dynamicznie zmieniającej się sytuacji.