

# Przekrój drogi „2 minus 1” – ocena możliwości zastosowania na drogach samorządowych w Polsce

Artur Ryś<sup>1,\*</sup>, Kazimierz Jamroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Inżynierii Drogowej i Transportowej, 80 – 233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11

**Streszczenie.** Od kilkunastu lat w krajach Europy Zachodniej, a od kilku lat również i Polsce, poszukuje się nowych standardów rozwiązań organizacji ruchu, pozwalających w bezpieczny, funkcjonalny i ekonomiczny sposób organizować ruch na drogach lokalnych. W Polsce dotyczy to przede wszystkim dróg powiatowych lub gminnych, o niewielkim znaczeniu ruchowym, zlokalizowanych głównie poza obszarami zabudowanymi. Dotychczasowe doświadczenia z kilku państw pozwalają jednak zauważyć pewien wspólny kierunek takich poszukiwań, zorientowany na przekrój drogowy typu „2 minus 1”. Jego zasadniczym celem jest umożliwienie zorganizowania ruchu wszystkich użytkowników drogi w obrębie jednojezdniowego przekroju drogi o jednym lecz dwukierunkowym pasie ruchu oraz obustronnych przestrzeni przy jej krawędziach przeznaczonych dla ruchu pieszego i rowerowego wyznaczonych oznakowaniem poziomym.

## 1 Geneza powstania przekroju „2 minus 1”

Potrzeba prowadzenia prac badawczych nad nowymi typami przekrojów drogowych wyniknęła z przyjęcia w 2001 roku tzw. „Białej Księgi Transportu” przez Komisję Europejską, której strategicznym celem było ograniczenie ofiar śmiertelnych do roku 2010 o połowę [1]. Pomimo, że celu tego nie udało się w pełni osiągnąć (nastąpiła redukcja liczby ofiar o 40%), w 2009 postanowiono, że działania związane ze zmniejszeniem liczby śmiertelnych ofiar, w kontekście postanowień zawartych w „Białej Księdze”, będą kontynuowane do 2020 r.

Część działań dotyczyła poszukiwania nowych rozwiązań w infrastrukturze drogowej, związanych z potrzebą poprawy poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach zamiejskich, stanowiących fragmenty sieci drogowych o relatywnie niewielkich długościach, do kilku kilometrów. Drogi takie, cechują się przy tym ograniczoną w niewielkim stopniu dostępnością oraz występowaniem w ich obrębie, poza ruchem samochodowym, również obecnością innych grup uczestników ruchu - rowerzystów i pieszych. Chcąc odnieść się do krajowej systematyki drogowej odpowiadałoby to drogom niższych klas (Z / L / D), o kategorii dróg gminnych, powiatowych, czyli drogom

---

\* Corresponding author: [author@email.org](mailto:author@email.org)

samorządowym. Wyróżniającą je cechą jest też zwykle niewielka szerokość jezdni o nawierzchni bitumicznej (jeśli taka na nich występuje), nie przekraczająca 6,0 m, a nierzadko oscylująca w granicach 4,0 – 5,0 m.

Właśnie w z myślą o tego rodzaju drogach zapoczątkowano badania związane z zastosowaniem organizacji ruchu, która przy niewielkich szerokościach jezdni pozwoliłaby w sposób bezpieczny „pogodzić” ze sobą ruch samochodowy i ruch niechronionych użytkowników dróg. Oczekiwano rozwiązań, które w sposób systemowy, niezbyt restrykcyjny dla kierowców i porządkujący przestrzenie przeznaczone dla różnych grup uczestników ruchu dałyby zadawalające efekty.

W opinii części badaczy lub zarządców, oczekiwania takie ma szansę spełnić przekrój typu „2 minus 1”

## 2 Czym jest przekrój „2 minus 1”?

Przekrój typu „2 minus 1” jest przekrojem stosowanym na jednojezdniowych dwukierunkowych drogach publicznych, w którym redukuje się liczbę pasów ruchu z dwóch do jednego, tworząc przestrzeń w środkowej jej części, przeznaczoną dla ruchu samochodowego oraz obustronne opaski wydzielone liniami przerywanymi, na których może odbywać się ruch niechronionych jego uczestników.

Oczywiście, z racji takiej nietypowej organizacji, dla przekroju „2 minus 1” obowiązują odmienne zasady ruchu, niż na typowych jednojezdniowych drogach dwukierunkowych. Od kierowców pojazdów samochodowych oczekuje się poruszania się środkiem jezdni, od niechronionych uczestników ruchu – jej brzegiem, obustronnymi opaskami. W sytuacjach, gdy na drodze spotykają się dwa samochody, na przykład jadące z przeciwnych kierunków, kierowcy zmieniają tor jazdy, zjeżdżając w kierunku / na opaskę tak, aby mogło nastąpić bezpieczne wyminięcie się pojazdów na drodze, po czym powracają na przeznaczony dla nich pas ruchu. Manewr ten musi się odbywać przy tym z zachowaniem szczególnej uwagi na to, czy nie następuje zagrożenie poruszającego się w obrębie opasek pieszego lub rowerzysty.

Ogólny schemat przekroju „2 minus 1”, wraz z opisem jego najważniejszych parametrów, zamieszczono na rys. 1.



Rys. 1. Ogólny schemat przekroju drogowego typu „2 minus 1” [4].

### 3 Doświadczenia zagraniczne

Na potrzeby niniejszego artykułu przeanalizowano szereg opracowań zagranicznych, głównie z krajów Europy Zachodniej. Z dostępnej obecnie literatury zagranicznej można wywnioskować, w jaki sposób prowadziło bądź prowadzi się badania na drogach o tym typie przekroju oraz jak prognozuje jego dalsze jego rozpowszechnianie. Mając na uwadze potencjał tego eksperymentalnego przekroju na polskich drogach, może to być pomocne w ocenie możliwości zastosowania przekroju typu „2 minus 1” właśnie na nich.

Liderami stosowania przekroju eksperymentalnego typu „2 minus 1” są obecnie Duńczycy. Ich dość bogate doświadczenia zostały w spójny sposób zaprezentowane w publikacji [2] Duńskiej Dyrekcji Drogowej Vejdirektoratet, z października 2015 roku, w którym zebrano dane statystyczne z 87 odcinków dróg o łącznej długości około 80 km.

Z kilkunastoletnich duńskich doświadczeń wynika szereg wymagań stawianymi drogom o przekroju „2 minus 1” związanych z limitami prędkości, zapewnieniem minimalnej szerokości jezdni w części utwardzonej, warunków widoczności na zatrzymanie, maksymalnych długości takich odcinków oraz natężeń ruchu w ich przekrojach. Duńczycy sformułowali szereg spostrzeżeń i zaleceń, co do zjawisk towarzyszących funkcjonowaniu dróg o przekroju typu „2 minus 1” z których najistotniejszymi wydają się być:

1. Prędkość - przekrój „2 minus 1” sam w sobie nie wpływa znacząco na obniżenie prędkości ruchu pojazdów. Przyczyną tego zjawiska mogło być zwiększenie szerokości pasa ruchu po redukcji liczby pasów z dwóch do jezdni, geometria jezdni i niewielkie natężenie ruchu wśród innych użytkowników drogi..

2. Niechronieni uczestnicy ruchu, zwłaszcza piesi, naturalnie korzystali z obustronnych opasek jako dedykowanych im przestrzeni na drodze. W przypadku rowerzystów obserwowano podobne zachowania, lecz także tendencje do poruszania się tuż przy linii bocznej, a więc bliżej środka jezdni. Przekładało się na zmniejszenie separacji pomiędzy nimi pojazdami, a więc potencjalnie prowadziło do obniżenia ich bezpieczeństwa.

3. Manewry pojazdów nadjeżdżających z przeciwka były zgodne z założeniami badaczy. Kierowcy w 95-98% przypadków reagowali zmianą trajektorii jazdy poprzez odchylenie jej toru w prawo wraz z przejazdem przez linię boczną wyznaczającą opaskę na jezdni w sytuacjach, w których z przeciwka nadjeżdżał inny pojazd [4]. Jedną z idei towarzyszących wprowadzeniu tego typu przekroju było wzajemne oddziaływanie na siebie pojazdów jako „tłumików” prędkości w przypadku ruchu o przeciwnych kierunkach, co także zaobserwowano w czasie badań. Obserwowano przypadki, w których kierowcy nie do końca wiedzieli, jak mają się zachować na drogach, na przykład, czy przestrzenie wyznaczone opaskami są przeznaczone jedynie dla ruchu pieszych i rowerzystów, co było wynikiem braku wystarczającej wiedzy o zasadach ruchu na tego typu przekroju drogi.

4. Odbiór społeczny użytkowników dróg o przekroju „2 minus 1” był analizowany na podstawie badań ankietowych, które wskazywały na raczej pozytywny jego ton. Podstawowe dwie role, jakich oczekiwano od przekroju typu „2 minus 1”, a więc zwiększenie poczucia bezpieczeństwa na drodze przez niechronionych uczestników ruchu oraz redukcja prędkości pojazdów, zostały uznane za spełnione w przypadku 29 z 32 ankietowanych społeczności gmin, na którym przyjęto taką organizację ruchu [2].

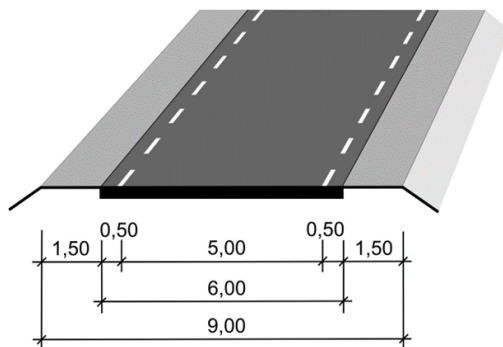
W przypadku innego programu badawczego, przeprowadzonego w latach 2004 - 2007 w Danii [5] zastosowano dodatkowe przewężenia jezdni, mające na celu zarządzanie prędkością na przekrojach „2 minus 1”. Przewężenia jezdni na długości 16 m każdy, zostały rozlokowane średnio co 600 – 800 m. Efektem ich instalacji byłby jednak konflikty ruchowe, związane z dylematem, który z kierowców miałby przejechać pierwszy, w przypadku jednoczesnego pojawienia się pojazdów po obu stronach. Rozważano przy tym wprowadzenie dodatkowych znaków pionowych ustalających pierwszeństwo przejazdu.

Do poszerzenia zakresu wiedzy o przekrojach typu „2 minus 1” przyczyniły się także badania niemieckie. Jako dobry przykład podejścia badawczego, mającego na celu określić możliwości stosowania przekroju typu „2 minus 1” były badania przeprowadzone przez Politechnikę w Dreźnie przy współpracy ze specjalistami zajmującymi się psychologią w transporcie [6]. Wnioski wypływające z zastosowania przekrojów w rejonie Drezna oraz Nadrenii Północnej-Westfalii, uzyskane na podstawie badań zachowań kierowców oraz ankiet i opinii były następujące [6]:

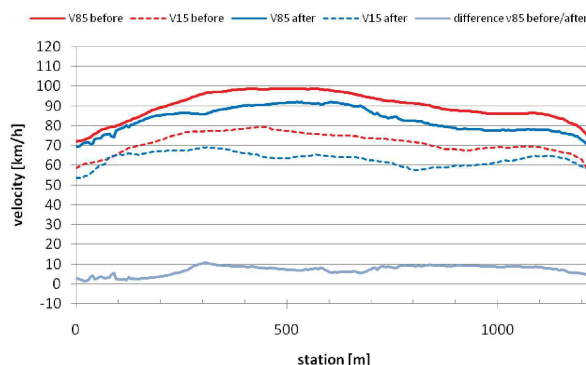
- niewielka lub brak redukcji prędkości pojazdów,
- zmiana trajektorii ruchu pojazdów, polegająca na częstszym poruszaniu się środkiem jezdni,
- brak problemów ruchowych pomiędzy wymijającymi się z naprzeciwka pojazdami,
- brak problemów z wyprzedzaniem rowerzystów,
- poprawa czytelności przebiegu drogi uzyskana dzięki zastosowaniu charakterystycznego oznakowania poziomego,
- wysoka akceptacja przekroju przez kierowców - ponad 50 % z nich oceniło pozytywnie ten typ przekroju.

Jednym ze spostrzeżeń płynących z zastosowania nowego typu przekroju była mylna interpretacja obustronnych opasek o szerokości 1,0 m jako pasów przeznaczonych tylko dla ruchu rowerowego, co stało w sprzeczności z prawem o ruchu drogowym. W związku z tym w niemieckich wytycznych projektowania nie zarekomendowano tego przekroju, jako standardowego, wskazując na przekrój z obustronnymi opaskami 0,5 m i z poboczami o szerokości 1,5 m (rys. 2).

Inne badania niemieckie, przeprowadzone przez zespół badaczy z politechniki berlińskiej (Richter & Zierke, 2008 [7]) na potrzeby nowej wersji wytycznych projektowania dróg (Richtlinien für die Anlage von Landstraßen; RAL). Skupiono się w nich na zachowaniach kierowców, przede wszystkim pod względem doboru prędkości oraz trajektorii jazdy na drodze. Wyróżniono cztery typy przekrojów dróg zamiejskich, w tym eksperymentalny przekrój „2 minus 1”, oznaczony jako EKL 4. Badania prowadzone były za pomocą pojazdów testowych oraz za pomocą metod symulacyjnych. Z badań wynikał wniosek, że zastosowanie przekroju „2 minus 1” przyczynia się do redukcji prędkości jazdy kierowców o blisko 10% (rys. 3).



**Rys. 2.** Parametry geometrii przekroju zarekomendowane w niemieckich wytycznych projektowania dróg RAL [6].



**Rys. 3** Wyniki badań prędkości przed i po zastosowaniu zmiany przekroju drogowego z tradycyjnego do „2 minus 1” w Niemczech [7].

Wśród innych krajów, w których prowadzono i prowadzi się nadal badania przekroju „2 minus 1” jest także Holandia. Jak wiadomo, w kraju tym niebagatelne znaczenie ma ruch rowerowy, stąd ocena funkcjonowania przekrojów typu „2 minus 1” miała tam szczególnie krytyczny wymiar. Holendrzy skupili się głównie na torze jazdy rowerzysty oraz na odległości, jakie występowały podczas manewrów ich wyprzedzania przez samochody [4]. Rezultatem badań przeprowadzonych na drodze w rejonie miejscowości Raalte, skupiających się na tych dwóch aspektach było stwierdzenie, że przekrój tego typu nie poprawi bezpieczeństwa rowerzystów na drodze, ponieważ:

- rowerzyści mieli tendencje do jazdy bliżej środka jezdni, tuż przy linii wyznaczającej opaski niż przed zastosowaniem organizacji typu „2 minus 1”, co za tym idzie kierowcy samochodów mijali ich w mniejszych odległościach,
- kierowcy tylko nieznacznie przesuwali tor jazdy bliżej środka drogi (średnio o 8 cm); średnia odległość między rowerzystami a przejeżdżającymi samochodami wyniosła 1,30 m przed zmianą przekroju i 1,22 m po zastosowaniu przekroju „2 minus 1”,
- prędkość ruchu pojazdów, pomimo wprowadzenia ograniczenia prędkości z 80 km/h do 60 km/h była niższa jedynie o 6 km/h.

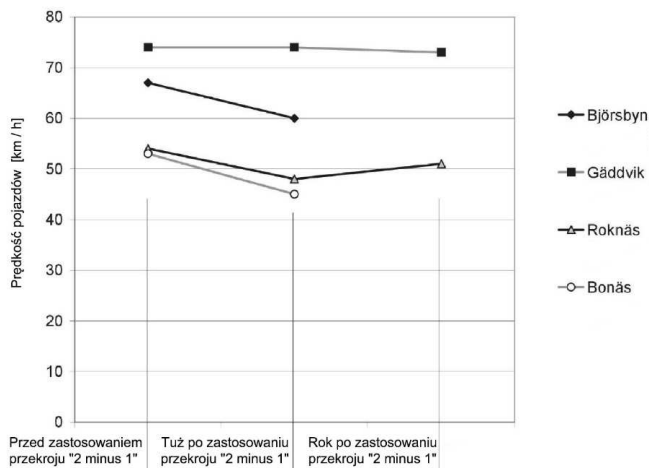
Podobne badania były prowadzone w Holandii także w innych lokalizacjach na przykład w Zoetermeer (rok 2000) [4], gdzie poza reorganizacją tradycyjnego przekroju dwupasowego na przekrój typu „2 minus 1” i ograniczenia prędkości za pomocą oznakowania pionowego, zastosowano także fizyczne środki uspokojenia ruchu oraz odmienną kolorystykę opasek (rys. 4). Niemniej, pozostałe wyniki pomiarów były podobne jak w innych lokalizacjach. Należy zwrócić uwagę, że zastosowanie progów na całej szerokości jezdni było uciążliwe także dla kierowców jednoślądów i mogło negatywnie wpływać na odbiór przez nich przekroju „2 minus 1” jako rozwiązania mającego poprawić bezpieczeństwo rowerzysty na drodze.

Krajem, o którym należy również wspomnieć w tej części niniejszego artykułu, jest Szwecja, a więc kraj o bardzo wysokim poziomie bezpieczeństwa ruchu drogowego i szeroko pojętej kultury transportowej. Na podstawie badań przeprowadzonych w latach 2006 i 2007 w rejonie czterech niewielkich miejscowości (Björnsbyn, Gäddvik, Rognäs i Bonäs; rys.5) [4] stwierdzono wpływ reorganizacji przekroju na redukcję prędkości ruchu pojazdów między 10% a 15%, nawet bez wprowadzania jej ograniczeń za pomocą znaków pionowych, lecz także ponowny jej wzrost po upływie kolejnego roku funkcjonowania przekroju „2 minus 1”.



**Rys. 4** Ilustracja fotograficzna przedstawiająca drogę o przekroju „2 minus 1” funkcjonującą w rejonie miejscowości w Zoetermeer w Holandii [4].

Przy okazji przeprowadzonych w Szwecji badań zwrócono na dość poważny z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu problem, jakim było parkowanie na jezdni o przekroju „2 minus 1”. Rowerzyści oraz piesi byli zmuszani do omijania zaparkowanych pojazdów poruszając się środkiem jezdni, a więc przestrzenią, która w przypadku tego typu przekroju z założenia jest przeznaczona dla samochodów, których kierowcy muszą dodatkowo koncentrować uwagę na rozwiązywaniu sytuacji drogowych związanych z ruchem innych pojazdów z przeciwnego kierunku. Innym istotnym wnioskiem płynącym z doświadczeń krajów skandynawskich (Szwecja, ale i Dania) było zwrócenie uwagi na wrażliwość przekroju typu „2 minus 1” na stan utrzymania dróg. Cecha ta dotyczy zarówno utrzymania drogi w rozumieniu czystości jej nawierzchni na całej szerokości przekroju, jak i jej odśnieżania w okresach zimowych. Z badań szwedzkich wynika [4], że obecność zanieczyszczeń przy krawędzi jezdni, a więc w obrębie opasek, którymi mogą poruszać się piesi czy rowerzyści wpływa na przesunięcie się toru ich ruchu bliżej środka jezdni, co z kolei zmniejsza separację między nimi a samochodami i jest zjawiskiem niekorzystnym z punktu widzenia brd.



**Rys. 5.** Średnia prędkość przed i po zainstalowaniu przekroju typu „2 minus 1” na 4 odcinkach dróg zamiejskich w Szwecji. (Johansson, 2008).

## 4 Doświadczenia krajowe

Obecnie w Polsce, z uwagi na brak regulacji prawnych dla przekroju drogowego „2 minus 1”, odcinki takie praktycznie nie funkcjonują. Niemniej, przykładem zastosowania przekroju zbliżonego do „2 minus 1” może odcinek drogi wojewódzkiej nr 450, o długości ponad 4 km, zlokalizowany między granicą województwa Wielkopolskiego (km ~65+900) a granicą obszaru zabudowanego msc. Kuźnica Skakowska (km ~70+030) w powiecie kępińskim. Odcinek ten, zarządzany przez Wielkopolski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Poznaniu, został wykonany w 2001 roku.

Droga wojewódzka 450 na omówionym odcinku o organizacji ruchu typu „2 minus 1”, jako jedyna w regionie, jest odbierana przez jej użytkowników, głównie kierowców samochodów, jako znacznie ograniczająca swobodę i komfort ruchu. Niemniej, w okresie eksploatacji, od roku 2001, nie zarejestrowano na niej żadnego wypadku (dane z okresu 13 lat), co przemawia o jej bezpiecznym charakterze.

### 4.1 Program pilotażowy „2 minus 1” na drodze powiatowej nr 2628G

Odcinkiem drogi publicznej, funkcjonującym w ramach programu pilotażowego, na którym zaprojektowano i wprowadzono przekrój eksperymentalny typu „2 minus 1” jest odcinek drogi powiatowej nr 2628G, w powiecie chojnickim.

Program pilotażowy, rozpoczęty w drugiej połowie roku 2014, gdy uzyskał akceptację Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, jest prowadzony przez zespół naukowo – badawczy Politechniki Gdańskiej pod kierownictwem dr hab. inż. Kazimierza Jamroz, prof. P.G. przy współpracy ze Starostwem Powiatowym w Chojnicach.

W zakresie zadania jest odcinek drogi powiatowej nr 2628G o łącznej długości 5,3 km, pomiędzy msc. Chojniczki a skrzyżowaniem z drogą wojewódzką nr 235. Jest to droga łącząca msc. Charzykowy ze wsiami położonymi na północ od Chojnic, prowadząca ruch w kierunku wschód – zachód, skomunikowana między innymi z drogą krajową nr 22. Średniobowe natężenie ruchu nie przekracza 1.500 pojazdów na dobę, w obu kierunkach.

Badana droga powiatowa została podzielona na 3 odcinki. Poniżej zamieszczono charakterystykę przedmiotowego odcinka drogi powiatowej.

Lokalizacja punktów pomiarowych w ciągu badanego odcinka DP 2628G, wraz z charakterystyką geometryczną przekrojów oraz przyjętymi ograniczeniami prędkości na poszczególnych odcinkach została przedstawiona na rys. 6.

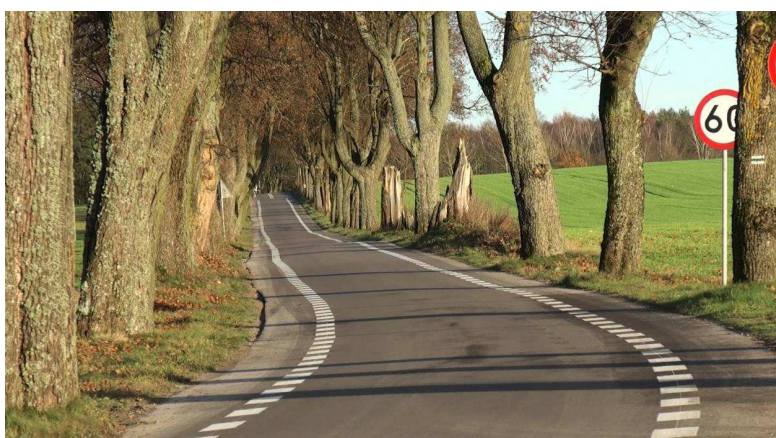
Badania w terenie wykonano na trzech, zróżnicowanych pod względem geometrii jezdni, odcinkach drogi (oznaczonych literowo od „A” do „C”), które zostały przedstawione kolejno na ilustracjach fotograficznych rys. 7 - 9.



Rys. 6. Lokalizacja i charakterystyka badanych odcinków „2 minus 1” na DP2628G.



**Rys. 7.** Ilustracja fotograficzna odcinka „A”, w rejonie przekroju pomiarowego nr 1 w ciągu badanej drogi powiatowej nr 2628G.



**Rys. 8.** Ilustracja fotograficzna odcinka „B”, w rejonie przekroju pomiarowego nr 2 w ciągu badanej drogi powiatowej nr 2628G.



**Rys. 9.** Ilustracja fotograficzna odcinka „C”, w rejonie przekroju pomiarowego nr 3 w ciągu badanej drogi powiatowej nr 2628G.



## 4.2 Zastosowana organizacja ruchu

Zmiany w oznakowaniu pionowym, w porównaniu ze stanem istniejącym, wynikały bezpośrednio z zakresu prac związanych z wprowadzeniem nowej organizacji ruchu oraz z potrzeb wymiany istniejącego oznakowania, niespełniającego standardów technicznych.

W związku z wprowadzeniem oznakowania pilotażowego wymagane było zastosowanie oznakowania specjalnego (tablica drogowa), informującego wszystkich użytkowników drogi o nowym sposobie zachowania na drodze. Schemat tablicy został przedstawiony na rys. 10.



**Rys. 10** Schemat tablicy informacyjnej na początku każdej ze stron odcinka pilotażowego.

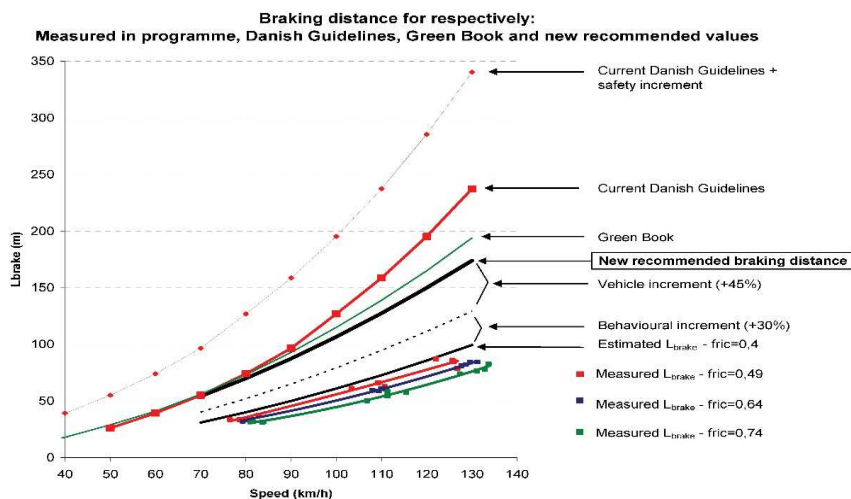
Przekrój „2 minus 1” zaprojektowano na odcinkach o spełnionych warunkach widoczności na zatrzymanie dla przyjętej dopuszczalnej prędkości na drodze. W skład przekroju wchodzi:

- przestrzeń dwukierunkowego pasa ruchu pomiędzy liniami krawężniowymi, o szerokości między 3,0 m a 3,5 m
- obustronne opaski bitumiczne o szerokości 0,75 m do krawędzi nawierzchni bitumicznej jezdni do zewnętrznej krawędzi linii oznakowania poziomego,
- obustronne linie oznakowania poziomego, o zróżnicowanych, w zależności od limitu prędkości dopuszczalnej, długościach segmentów linii i przerw między nimi, odpowiadające liniom segregacyjnym znaków P-1c, P-7a i P-19.

Na odcinkach o niedostatecznej odległości widoczności na zatrzymanie, to jest na łukach drogi, zaprojektowano oznakowanie poziome w osi jezdni za pomocą znaku P-4, celem rozdzielenia przeciwnych potoków ruchu. Długość odcinków przyjętych jako niezbędne na zatrzymanie zostało określone na podstawie raportu z prac badawczych przeprowadzonych w Dani [5]. (rys. 11).

## 4.3 Harmonogram i zakres badań

Dotychczasowe badania warunków ruchu oraz zachowań użytkowników odcinka drogi powiatowej nr 2628G były wykonywane pięciokrotnie, między wrześniem 2014 roku a październikiem roku 2017. Obejmowały badania natężeń i prędkości w przekrojach drogi oraz badania zachowań uczestników ruchu, przy użyciu wideorejestracji. Pierwsze z nich wykonano przy pomocy pneumatycznych urządzeń pomiarowych, natomiast drugie z użyciem kamer cyfrowych, w trybie ciągłym (kilkudziesięcio-minutowym), który następnie podlegały obróbce podczas prac kameralnych. Na tej podstawie zidentyfikowano szereg różnych sytuacji ruchowych i określono towarzyszące im cechy charakterystyczne, związane z poruszaniem się i manewrowaniem pojazdów na drodze.



**Rys. 11** Wykres użyty do określania odcinków drogi hamowania w zależności od prędkości ruchu pojazdu [5].

W wyniku przeprowadzonych badań zarejestrowano łącznie 115 sytuacji ruchowych, rozlokowanych na 6-ciu zróżnicowanych pod względem geometrii jezdni odcinkach drogi.

Zidentyfikowano przy tym 11 rodzajów zjawisk ruchowych, wśród których możliwym było wyodrębnienie 15 specyficznych cech manewrów i zachowań uczestników ruchu.

Ponadto, wszystkie zarejestrowane sytuacje drogowe można było podzielić ze względu na proveniencję uczestniczących w opisie zjawiska pojazdów (na podstawie nr rejestracyjnego), ich strukturę rodzajową, wzrokową ocenę prędkości ruchu pojazdu w odniesieniu do obowiązujących limitów prędkości oraz lokalizację poszczególnych obserwacji ze względu na geometrię jezdni.

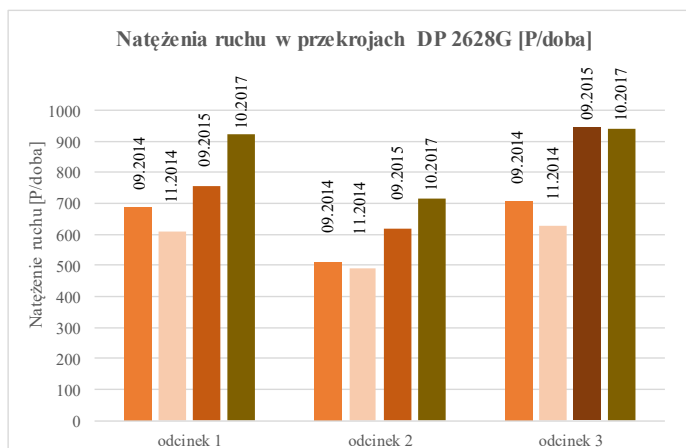
#### 4.4 Wyniki przeprowadzonych badań w okresie trzyletnim

Na podstawie przeprowadzonych badań wybranych parametrów ruchowych oraz zachowań uczestników ruchu, w okresie między wrześniem roku 2014, po przebudowie korony drogi, do października 2017, możliwa była ocena funkcjonowania odcinka testowego o przekroju „2 minus 1” w okresie 3 lat od jego uruchomienia.

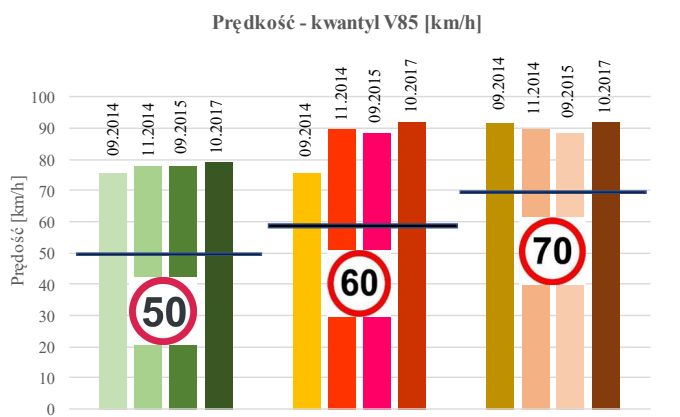
W przypadku natężeń ruchu drogowego (rys. 12) stwierdzono generalnie wzrost natężenia ruchu pojazdów w zależności od przekroju, między 33,1 a 40,1 %. Niemniej, natężenia w obu kierunkach nie przekraczały 1.000 pojazdów w ciągu doby. Tym samym wartości te stale wpisują się w zakres, w którym na co wskazują doświadczenia zagranicznych, funkcjonowanie przekroju typu „2 minus 1” nie będzie niosło zagrożenia występowania częstych konfliktów ruchowych między pojazdami wzajemnie, jak i między pojazdami i innymi uczestnikami ruchu.

W przypadku prędkości chwilowych (rys. 13 i 14) stwierdzono przede wszystkim znaczny udział pojazdów przekraczających dozwoloną prędkość ruchu. Na trzech badanych odcinkach, na których ustanowiono limity dozwolonej prędkości

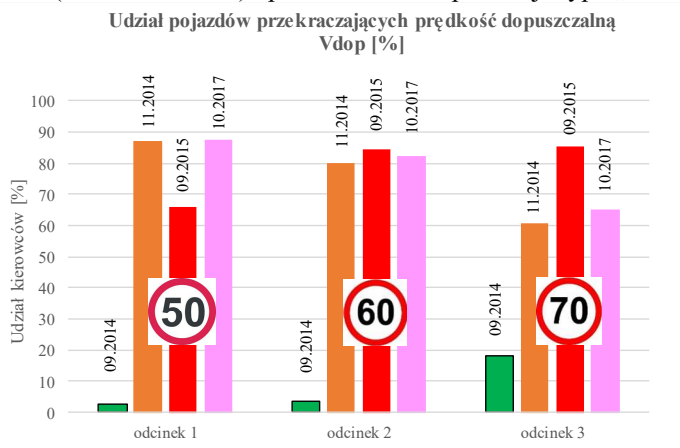




Rys. 12 Zmiany dobowych natężeń ruchu w przekrojach drogi DP 2628G, w trzyletnim okresie badań przed (wrzesień 2014 r.) i po zastosowaniu przekroju typu „2 minus 1”.



Rys. 13 Zmiany kwantyla prędkości V85 w przekrojach drogi DP 2628G, w trzyletnim okresie badań przed (wrzesień 2014 r.) i po zastosowaniu przekroju typu „2 minus 1”.



Rys. 14 Udziały przekroczeń dozwolonej prędkości w przekrojach drogi DP 2628G, w trzyletnim okresie badań przed (wrzesień 2014 r.) i po zastosowaniu przekroju typu „2 minus 1”.

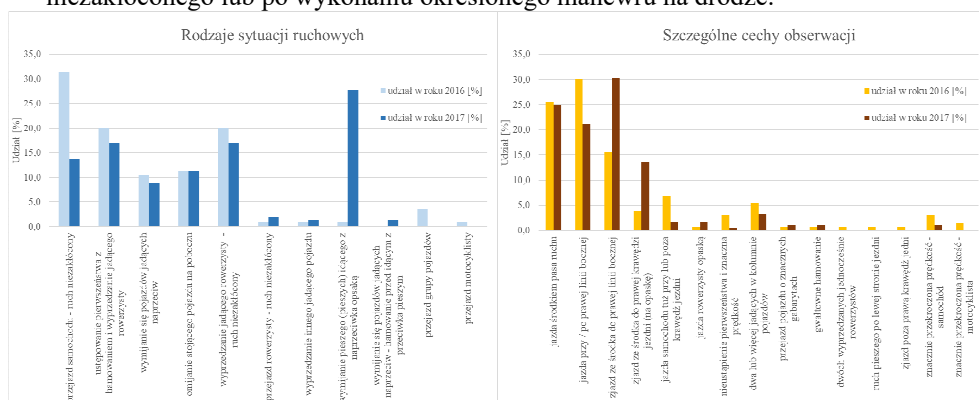
Istotą projektu pilotażowego zastosowania eksperymentalnej organizacji ruchu typu „2 minus 1” na poligonie drogowym w ciągu DP 2628G jest ocena zachowań uczestników ruchu bezpośrednio po jej wdrożeniu, jak i z upływem czasu. Na tej podstawie zidentyfikowano szereg różnych sytuacji ruchowych i określono towarzyszące im cechy charakterystyczne związane z manewrowaniem pojazdów na drodze (rys. 15).

Wszystkie zarejestrowane sytuacje drogowe podzielono ze względu na ich rodzaje, znamiona szczególne obserwacji (jeśli wystąpiły), jak również na strukturę rodzajową uczestniczących w opisie zjawiska pojazdów. Dodatkowo wyróżniano proveniencję rejestrowanych kierujących pojazdami (na podstawie nr rejestracyjnego) oraz wzrokową ocenę prędkości ruchu pojazdu w odniesieniu do obowiązujących limitów prędkości.

Wśród wszystkich zarejestrowanych w 2016 i 2017 roku zjawisk ruchowych możliwym było wyodrębnienie łącznie 15 specyficznych cech manewrów związanych z zachowaniami uczestników ruchu, istotnych ze względu bezpieczeństwa uczestników ruchu.

W czasie badań skoncentrowano uwagę także na:

- prędkości pojazdu względem poruszającego się niechronionego uczestnika ruchu,
- odległości, w jakiej kierujący omija jadącego rowerzystę, wyprzedzając go,
- odległości, w jakiej kierujący omija idącego pieszego,
- torze ruchu pojazdów i separacja, w trakcie wzajemnego wymijania się pojazdów,
- interpretacji (umiejętności dostosowania się) eksperymentalnej organizacji ruchu przez kierujących ze względu na dobór trajektorii toru jazdy pojazdów podczas przejazdu niezakłóconego lub po wykonaniu określonego manewru na drodze.



Rys. 15 Porównanie częstości występowania poszczególnych rodzajów zarejestrowanych zjawisk ruchowych i ich cech charakterystycznych, odnotowanych w trakcie badań w październiku 2017 roku.

#### 4.5 Dyskusja wyników w nawiązaniu do doświadczeń zagranicznych

Na podstawie studiów literatury zagranicznej oraz na bazie nielicznych krajowych doświadczeń związanych z eksperymentalnym przekrojem drogowym typu „2 minus 1”, dzięki wykonaniu cyklu prac badawczych przed i po zastosowaniu go na odcinku drogi powiatowej 2628G, możliwe staje się odniesienie ich do doświadczeń i wyników badań opisanych w literaturze zagranicznej.

W przypadku programu pilotażowego na drodze powiatowej 2628G, ze względów operacyjnych oraz z uwagi na brak innych poligonów badawczych lub innych uwarunkowań natury na przykład środowiskowej czy społecznej, które w Polsce nie występują, nie wszystkie kwestie badane za granicą mogły zostać uwzględnione w programie pilotażowym. Niemniej część z rozważanych problemów została rzetelnie sprawdzona, co daje możliwość odniesienia się do wyników badań zagranicznych.

## **Prędkość**

Na podstawie wykonanych badań prędkości w krajach Europy Zachodniej, stwierdzono brak efektu redukcji prędkości lub co najwyżej kilkuprocentowy jej spadek. Niekiedy, tak jak na przykład w czasie badań w Danii [2] i w Szwecji [4] obserwowano także wzrosty prędkości, zwłaszcza na odcinkach, na których obowiązywały niskie limity prędkości (np. 40 km/h). Badacze interpretowali przyczyny takiego zjawiska przede wszystkim geometrią odcinków (długie odcinki proste, niewielkimi natężeniami ruchu na drodze i tendencją do zwiększania prędkości ruchu swobodnego oraz samą reorganizacją przekroju, polegającą na wyznaczeniu jednego ale relatywnie szerokiego pasa ruchu, opisanego wyraźnym oznakowaniem krawędziowym. Przekroczenia prędkości w stosunku do jej limitów, jakie odnotowano w badaniach zagranicznych [6] wyniosły nawet 28 km/h (przy limicie prędkości 40 km/h).

Wyniki badań na odcinku testowym DP 2628G w Polsce wskazują na powszechność zjawiska przekraczania prędkości ruchu pojazdów, mimo zastosowania odmiennej organizacji ruchu i ustanowionych limitów prędkości. Szukając przyczyny takiego zjawiska, podobnie jak w przypadku niektórych odcinków badanych za granicą, należy zwrócić uwagę na charakterystykę geometryczną odcinka (długie odcinki proste) i niewielkie natężenia ruchu, pozwalające na swobodny dobór prędkości. Rzecz jasna, przekraczanie dozwolonej prędkości jazdy przez polskich kierowców ma podłoże często w ich mentalności i kulturze transportowej i jest, niestety, zjawiskiem, na które istnieje milczące przyzwolenie społeczne. Tym samym nasuwa się wniosek, że zastosowanie przekroju, na którym na relatywnie niewielkiej przestrzeni przekroju drogi dąży się do „pogodzenia” wszystkich grup uczestników ruchu w naszych warunkach powinna iść w parze z ich skutecznym uświadamianiem i edukacją, jak również skuteczniejszym egzekwowaniem przepisów. W innym przypadku niewykluczone, że zastosowanie przekroju typu „2 minus 1” na polskich drogach może się wiązać ze wzrostem ryzyka powstawania zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu.

## **Manewry pojazdów**

Badacze zagraniczni dostrzegli szereg zjawisk związanych z poruszaniem się pojazdów w obrębie przekroju „2 minus 1” i stwierdzili, że zachowania kierujących pojazdami były zgodne z założeniami. Dotyczyło to przede wszystkim manewru wzajemnego wymijania się jadących z przeciwną stroną pojazdów, które wiązało się z koniecznością opuszczenia pasa ruchu i zjazdu w kierunku / na opaskę. Poświęcone temu zagadnieniu były badania [1] i [7], prowadzone w Danii. Z kolei Niemcy wykazali w swych badaniach [4] tendencję kierowców do jazdy środkiem pasa ruchu, co także jest oczekiwaniem stawianym przekrojowi „2 minus 1”. Badania prowadzone na dużej liczbie poligonów za granicą dały możliwość sprawdzenia, jak kierujący manewrują przy różnych szerokościach pasa ruchu – od nawet 2,75m [7] do 5,0 m lub więcej [4].

Wykonane przez badaczy z Politechniki Gdańskiej obserwacje, skupiały się także na wyżej wymienionym aspekcie i nie tylko tym, natomiast wnioski są podobne - kierujący nie utrudniali sobie wzajemnie manewru wymijania, przypadki nieustępowania przestrzeni dla bezpiecznego wyminięcia się pojazdów były niezwykle rzadkie. Niestety, w badaniach przeprowadzonych w ciągu drogi powiatowej nr 2628G nie było możliwości oceny wzajemnych zachowań kierowców przy zróżnicowanych szerokościach przekroju jezdni i co za tym idzie w przypadku przy zróżnicowanych szerokościach pojedynczego pasa ruchu. Niemniej szerokość pasa ruchu oscylująca w granicach 3,5 m była w ocenie autorów wystarczająca do przeprowadzenia tego typu badań i miarodajna.

## **Zachowania kierowców względem niechronionych uczestników ruchu**

Szczególne uwagę na zachowania kierowców pojazdów samochodowych względem rowerzystów i samych rowerzystów w obrębie przekroju „2 minus 1” zwracali w swoich badaniach Holendrzy [4], którzy stwierdzili między innymi, że po wprowadzeniu tego typu



przekroju o ponad 6% spadła średnia odległość (1,18 m), w której samochody wyprzedzały rowery. Jak przypuszczano, powodem tego była także skłonność rowerzystów do jazdy przy linii opaski, a więc w większej odległości od fizycznej krawędzi jezdni, niż miało to miejsce przed wprowadzeniem przekroju „2 minus 1”. Zjawisko takie stwierdzono także w czasie badań duńskich [2]. Po przestudiowaniu literatury zagranicznej wykorzystanej na potrzeby niniejszego artykułu nie natrafiono na metodykę i wyniki badań zachowań kierowców lub rowerzystów wobec pieszych, na przykład odległości, w jakiej samochody omijały pieszych idących opaską.

Doświadczenia wyniesione z badań na drodze powiatowej nr 2628G wskazują na ogólną zbieżność zachowań kierowców w Polsce i za granicą. Przytoczona wcześniej średnia odległość, w której kierujący samochodami omijali rowerzystów wyniosła w czasie badań w roku 2016 i 2017 średnio 1,42 m, przy dość znacznym rozrzucie uzyskiwanych pomiarów. Tym samym, porównując wyniki badań otrzymane w Polsce do wyników holenderskich można stwierdzić, że kierowcy w naszym kraju zachowywali większy margines bezpieczeństwa podczas manewru wyprzedzania rowerzystów.

Badania zachowań kierowców w Polsce, obejmujące udział rowerzysty testowego i jego możliwości stałego kontaktu z kierowcą samochodu testowego dał odpowiedź na jeszcze jedną, bardzo istotną kwestię związaną z bezpieczeństwem ruchu i zdolnościami do adaptacji kierowców pojazdów na odcinku drogi, na którym panuje odmienna organizacja ruchu typu „2 minus 1”. Była nią kwestia związana z ustępowaniem pierwszeństwa przejazdu i bezpiecznego wyprzedzenia rowerzysty przez pojazd samochodowy w sytuacji, w której w jednym miejscu i czasie na drodze spotka się co najmniej trzech jej użytkowników i przy zbieżnym kierunku jazdy samochodów. W sytuacji tej oczekiwanym zachowaniem było ustąpienie pierwszeństwa przejazdu pojazdowi jadącemu z naprzeciw przez pojazd, którego kierujący będzie chciał wyprzedzić rowerzystę. Potencjalne zagrożenie niechronionego uczestnika ruchu polega na tym, że rowerzysta może nie uświadczać sobie nadjeżdżającego zza pleców samochodu, natomiast jego kierowca może chcieć wymusić wyprzedzenie lub podjąć próbę wyprzedzania rowerzysty zbyt późno, czego efektem może być potrącenie rowerzysty lub zderzenie czołowe z nadjeżdżającym jadącym w tym samym kierunku – na relatywnie wąskiej drodze.

W latach 2016 i 2017 odnotowano jedynie 3 przypadki (spośród wszystkich 314) gwałtownego hamowania pojazdu w celu wykonania właściwego manewru w pobliżu niechronionego uczestnika ruchu.

Jeśli chodzi o pieszych, kierowcy w Polsce omijali ich w średniej odległości wynoszącej 1,3m do 1,36m, także przy dość znacznym rozrzucie wyników pomiarów tego parametru.

#### **Pozostałe wybrane aspekty**

Jak wspomniano wcześniej, nie wszystkie aspekty związane z funkcjonowaniem przekroju typu „2 minus 1” mogły być zbadane w warunkach polskich. Dotyczyć to może na przykład sytuacji, w których droga jest zaśnieżona lub jest zlokalizowana na terenie zabudowanym (takie sytuacje przebadali Szwedzi [4]. Duża liczba poligonów badawczych w krajach Europy Zachodniej umożliwiła przeanalizowanie różnych uwarunkowań przestrzennych (na przykład szerokości jezdni, dostępność do badanej drogi) w kontekście funkcjonowania przekroju „2 minus 1”. Ponadto brakującym dotychczas elementem w polskich badaniach jest brak odzewu użytkowników tego typu przekroju drogowego, pomimo przygotowania specjalnej ankiety dla zainteresowanych (ankieta jest dostępna pod adresem:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeVaqeLF1lyueeVjVo5aKChrNMQEkemFpylrd9MK2QScOwLWw/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeVaqeLF1lyueeVjVo5aKChrNMQEkemFpylrd9MK2QScOwLWw/viewform?usp=sf_link)).

Powyższe uwarunkowania uzasadniają potrzebę dalszych badań na innych poligonach w ciągach dróg samorządowych.



## 5. Wnioski

Trzyletnie badania związane z zastosowaniem i funkcjonowaniem eksperymentalnego przekroju typu „2 minus 1” na odcinku drogi powiatowej 2628G, wykonane przez naukowców Politechniki Gdańskiej przy współpracy z władzami samorządowymi powiatu chojnickiego, to w Polsce dotychczas pierwsza usystematyzowana próba wskazania kierunku dalszych poszukiwań i odpowiedzi na pytanie, na ile taki przekrój drogowy miałby szansę zostać upowszechniony.

Autorzy niniejszego artykułu dowiedli, że przekrój typu „2 minus 1” jest godny dalszych badań i może posiadać niemały potencjał do zastosowania na polskich drogach. Wyniki przeprowadzonych badań skłoniły do wysnucia kilku najważniejszych płynących z nich wniosków:

1. Prowadzenie ruchu samochodowego drogą o jednym dwukierunkowym pasie ruchu i w sytuacji występowania ruchu niechronionych jego uczestników nie musi oznaczać natychmiastowego i nieuchronnego wzrostu zagrożenia dla bezpieczeństwa ruchu. Kluczową sprawą jest właściwy dobór drogi, na których przekrój typu „2 minus 1” może być zastosowany.

2. Przemawiającym za zastosowaniem przekroju „2 minus 1” jest jego „ekonomika” i możliwość „pogodzenia” ze sobą ruchu trzech grup jego uczestników na relatywnie wąskim przekroju jezdni. Brak konieczności budowy dedykowanych ciągów pieszych czy rowerowych oraz brak konieczności poszerzania granic pasów drogowych (wykupy / wyburzenia) przemawia za przewagą tego typu rozwiązania w stosunku do przekrojów typowych, co w przypadku dróg zarządzanych przez samorządy lokalne nie jest przecież bez znaczenia. Przekrój ten z powodzeniem mógłby być implementowany przy okazji na przykład przebudów dróg, tak, jak zostało to uczynione na drodze nr 2826G.

3. Oczekuje się, że uczestnikami ruchu na drogach o przekroju typu „2 minus 1” byłiby przede wszystkim mieszkańcy terenów, przez które one przebiegają, prowadzące głównie ruch o gospodarczym lub turystycznym charakterze. Tym samym rozwiązanie to sprzyjałoby potencjalnie szybkiemu wypracowaniu wśród społeczności lokalnych właściwych zasad korzystania z takich przekrojów i, podobnie jak miało to miejsce w krajach zachodnich, pozwoliłoby zyskać ich akceptację i pozytywny odbiór nietypowej organizacji ruchu.

4. Szczegółowe badania przeprowadzone w przeciągu trzech lat na odcinku pilotażowym w powiecie chojnickim skłaniają także do wskazania potrzeby kontynuowania dalszych prac badawczych w celu uzyskania możliwie pełnej wiedzy o właściwościach użytkowych przekroju „2 minus 1” w polskich warunkach, bezpieczeństwie ruchu korzystających z niego użytkowników oraz o jego odbiorze. Za koniecznością prowadzenia dalszych prac badawczych, w zakresie co najmniej obejmującym badania najważniejszych parametrów ruchu, jak prędkość czy natężenie ruchu ale i zachowań uczestników ruchu, w tym pomiędzy ich osobnymi grupami (np. piesi / samochody), przemawiają między innymi:

- perspektywa umieszczenia przekroju typu „2 minus 1” jako nowego rozwiązania na polskich drogach samorządowych nowych warunkach technicznych, które aktualnie znajdują się w fazie opracowywania i na potrzeby których przekrój „2 minus 1” został zasygnalizowany i wzięty pod uwagę – wyniki badań w bardzo znacznym stopniu przyczyniłyby się do prawnego zastosowania w nowych warunkach technicznych,
- zaobserwowany, dość niepokojący wzrost średnich prędkości ruchu pojazdów, wynoszący między 6,5 km/h do 9,1 km/h (w zależności od badanego odcinka) w zestawieniu dla roku 2016 i 2017 r; należy nadmienić, że wzrost prędkości obserwowano także za granicą, np. w Danii,



- konieczność pozyskania informacji ankietowych wśród zainteresowanych użytkowników tego przekroju; ankieta została przygotowana w trakcie prac prowadzonych na jesieni 2017 r. i obecnie zbierane są dane.

Autorzy niniejszej publikacji mają nadzieję, że o odpowiedź na postawione na wstępie pytanie o to, czy znajdzie się bezpieczne miejsce dla wszystkich na drodze o przekroju typu „2 minus 1”, po przeczytaniu niniejszego artykułu, z pewnością będzie zainteresowanemu Czytelnikowi łatwiej.

## Bibliografia

- [1] Katrin Enzfelder - New Types Of Road Marking for Standardised and Self Explaining Roads, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2013
- [2] Vejdirektoratet, 2015, 2 minus 1 veje Erfaringsopsamling, Dania, październik 2015
- [3] artykuł Notat om 2-minus-1 veje, Dania
- [4] Alena Erke, Michael Sørensen Inntrukken kantlinje utenfor tettbygd strøk. Tiltak for syklistar og gående? Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo, maj 2008 r.
- [5] Lene Herrstedt / Trafitec Narrow cross sections without centre line markings – „2 minus 1” rural road. Road user behaviour study, Summary Note, Dania, lipiec 2007 r.
- [6] prezentacja Dipl.- Ing. Katrin Enzfelder New types of road marking for standardised and recognizable roads, Ryn, sierpień 2013
- [7] Thomas Richter, Prof. Dr.-Ing., Benedikt Zierke, Dipl.-Ing. Safe design of rural roads by normalized road characteristics, Politechnika Berlińska, 2009
- [8] Kenneth Kjemtrup Country Report for the 4th International Symposium on Highway Geometric Design Valencia, June 2010