

Rozważania poprawy bezpieczeństwa ruchu poprzez przekształcenie dotychczasowego ronda konwencjonalnego trzypasowego na rondo turbinowe typu „look-a-like” (studium przypadku)

Improving the traffic safety by converting an existing conventional multilane traffic roundabout to a look-a-like turbine roundabout (case study)



Alicja Sołowczuk

Dr hab. inż., prof. ZUT

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

alicia.solowczuk@zut.edu.pl



Anna Olszewska

Inż.

studentka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

ania.olszewska@onet.com.pl

Streszczenie: W artykule podjęto kwestię przebudowy dotychczasowych rond konwencjonalnych trzypasowych na rondo turbinowe typu „look-a-like”. W tym celu wykorzystano elementy studium przypadku odnosząc się do możliwych różnych rozwiązań organizacji ruchu na dotychczasowych rondach konwencjonalnych trzypasowych, z wyspą środkową w kształcie koła. W rozważaniach zmiany organizacji ruchu przedstawiono cztery możliwe różne rozwiązania organizacji ruchu w zależności od dostępności terenu i analizy prognozowanych natężeń ruchu na poszczególnych wlotach i relacjach. Ponadto scharakteryzowano trzy szczecińskie rondo trzypasowe, na których w roku 2019 zmieniono dotychczasową organizację ruchu i wprowadzono rondo typu „look-a-like”, stosując tylko oznakowanie poziome bez jakiegokolwiek przebudowy istniejących wlotów. W odniesieniu do tych rond wykonano analizę stanu bezpieczeństwa ruchu, potwierdzającą osiągnięcie znacznej jego poprawy.

Słowa kluczowe: Ronda konwencjonalne; Ronda turbinowe look-a-like; Korytarze ruchu; Bezpieczeństwo ruchu

Abstract: The article addresses the issue of converting existing conventional multilane roundabout to a look-a-like turbine traffic roundabout. A case has been proposed by reviewing different solutions of traffic control devices on existing conventional multilane roundabouts with a circular central island. Four different variants of traffic control devices has been presented, which take into consideration the availability of land and analysis of projected traffic volumes at individual entrances and routes. In addition, three Szczecin multilane roundabouts were characterized, where the existing traffic control devices was changed in 2019 and a look-a-like traffic roundabout was introduced. The roundabouts has been changed by introducing only horizontal markings without any reconstruction of the existing entrances. An analysis of the state of traffic safety was carried out for these traffic roundabouts, confirming that significant improvements have been achieved.

Keywords: Conventional roundabouts; Turbine look-a-like roundabouts; Vehicle path; Traffic safety

Wprowadzenie

Ostatnio w naszym kraju buduje się wiele skrzyżowań typu rondo lub przebudowuje się stare skrzyżowania na skrzyżowania z ruchem okrężnym, ze względu na większe parametry bezpieczeństwa ruchu. Również wzrastające w szybkim tempie natężenie ruchu wymaga stosowania w układach komunikacyjnych skrzyżowań zapewniających dużą przepustowość. Takie wymogi spełniają skrzyżowania z sygnalizacją świetlną i rondo turbinowe. Ronda turbinowe zapewniają zarówno większą przepustowość, jak i większe bezpieczeństwo ruchu, co

związane jest z mniejszą liczbą punktów kolizji dzięki zastosowaniu segregacji ruchu na wlotach i jezdni ronda.

Ronda turbinowe zaczęto stosować pod koniec XX w. Pierwsze rondo turbinowe wybudowano w 1996 r. w Holandii. Jego pomysłodawcą i projektantem był L.G.H. Fortuijn wykładowca Delft University of Technology [1, 13, 14, 37]. Podstawową zasadą i wyróżnikiem rond turbinowych jest skanalizowanie ruchu w ten sposób, że kierowca przed wjazdem na rondo turbinowe musi podjąć decyzję o zajętości pasa ruchu zgodnego z dalszym kierunkiem jazdy. Klasyczne rondo turbinowe powinno spełniać

cztery podstawowe zasady:

- na wlotach z dużym natężeniem ruchu powinny być dwa pasy ruchu, i zastosowany czytelny podział ruchu zgodny z danymi relacjami
- na jezdni ronda powinna być zastosowana czytelna separacja ruchu za pomocą pasa separacyjnego, tak by nie zachodziła potrzeba zmiany pasa ruchu,
- na jezdni ronda musi być zapewniony i dokładnie oznaczony kierunek ruchu, zgodny z zastosowaniem oznakowania i separacji ruchu na wlotach na rondo, tak by kierowca zajął odpowiedni pas ru-



1. Przykład ronda w Dziwnówku – typu „Partiële turborotonde” z trzema pasami ruchu na zachodniej części jezdni ronda (Fot. A. Sołowczuk)



2. Przykład ronda w Dziwnówku – typu „Partiële turborotonde” z dwoma pasami ruchu na wschodniej części jezdni ronda (Fot. A. Sołowczuk)

chu przed wjazdem na rondo,
d) z pasa zewnętrznego można skręcić w prawo na najbliższym wylocie lub jechać dalej po zewnętrznej jezdni ronda, a z pasa wewnętrznego może być tylko realizowana jazda ze skrzętem w lewo lub na wprost.

W holenderskich wytycznych [34] wyróżnia się podstawowe następujące typy rond turbinowych czterowlotowych: *basic*, *egg*, *spiral*, *knee* i *rotor* (tj. podstawowy, jajko, spiralne, typu L i rotacyjne). Kolejną rzeczą konieczną na rondach turbinowych jest stosowanie pasa separacyjnego dzielącego poszczególne pasy ruchu na wlotach i wylotach oraz na jezdni ronda, (pasy separacyjne powinny mieć szerokość 0,7 m lub 1 m). Pas separacyjny składa się z reguły z wystających ponad powierzchnię jezdni betonowych separatorów ruchu, ciągłych linii oznakowania poziomego i przy szerokości 1 m z markerów drogowych typu LED [1, 34]. W Królestwie Niderlandów wybudowano w zasadzie w większości przypadków klasyczne rondo turbinowe, jednak w zależności od warunków ruchowych i przede wszystkim dostępności terenu wybudowano również rondo częściowo turbinowe, (po niderlandzku nazywane *Partiële turborotonde* – tj. z pewnymi odstępstwami od ww. zasad) i rondo typu „look-a-like”, (w wolnym tłumaczeniu „patrz i jedź”)

[2], na których zamiast typowego pasa separacyjnego zastosowane były tylko linie oznakowania poziomego lub ewentualnie na nich zastosowany był klasyczny separator ruchu U-25 (rys. 1 i 2). Ronda turbinowe powinny spełniać wszystkie cztery podane wyżej zasady. Jeśli jakaś zasada nie została utrzymana, to dane rondo nie jest klasycznym rondem turbinowym. Może to być natomiast rondo *Partiële turborotonde* lub rondo typu „look-a-like” [2, 3, 14, 34].

Ronda typu „look-a-like” są coraz częściej budowane, zarówno w Europie, jak i na pozostałych kontynentach. Przy czym nie utrzymuje się na nich ściśle zasad podanych wyżej. Są to różne modyfikacje rond typu „look-a-like” z wyznaczeniem segregacji ruchu tylko za pomocą linii oznakowania poziomego i z zastosowaną różną liczbą pasów ruchu na jezdni ronda i na wlotach oraz wylotach, w zależności od potrzeb ruchowych i warunków terenowych (rys. 3). Na rys. 3 zwraca szczególną uwagę profilowanie wysp dzielących. Są to z reguły nieregularne wyspy, ukształtowane na podstawie krzywoliniowego stylizowanego trójkąta, otoczone liniami oznakowania poziomego. Zwraca także uwagę część przejezdna rond przedstawionych na rys. 3, oddzielona od jezdni ronda obłym krawężnikiem z zastosowaną na nim muldą (rys. 3b). Wysokość światła krawężnika względem rzędnej jezdni,

zgodnie z wytycznymi amerykańskimi NCHRP 672 [33], jest równa 7 – 10 cm (rys. 3c). Sposób formowania kształtu krzywoliniowych wysp dzielących jest podany w wytycznych [33] i związany jest z zapewnieniem redukcji prędkości do odpowiadającej dopuszczalnej prędkości przejazdu przez rondo w zależności od danej relacji. Ukształtowanie i szerokość pasów ruchu na wlotach i wylotach na długości wysp dzielących i na jezdni ronda wyznacza się w zależności od analizy zapewnienia korytarzy ruchu przyjętego pojazdu miarodajnego.

Osobliwością wśród rond częściowo turbinowych z nietypową konstrukcją pasa separacyjnego, (składającego się tylko z betonowego separatora U-25), jest rondo wybudowane w 2021 r. w Zuzuland w Republice Południowej Afryki RPA (rys. 4) [11, 23]. Oprócz nietypowej konstrukcji krawężnika zastępującego klasyczny pas separacyjny niezwykle osobliwa jest także konstrukcja nawierzchni na przejezdnej części ronda, z symetrycznie zastosowanymi na niej betonowymi poprzecznymi separatorami ruchu. Prawdopodobnie te konstrukcje części przejezdnej ronda i pasa separacyjnego związane są z przyzwyczajeniami i zachowaniem stylu jazdy miejscowych kierowców.

Jak już wcześniej wspomniano przy projektowaniu ronda turbinowego, częściowo turbinowego *Partiële tur-*



3. Rondo typu „look-a-like” na skrzyżowaniu drogi stanowej 41 z ulicami Breezewood Ln oraz W Bell St Neenah w USA: a) plan czterech rond; b) mulda i dostosowane wpusty deszczowe do jej obłego kształtu; c) widok na krawężnik oddzielający przejezdną część ronda od jezdni ronda (Źródło: Google Earth [18] – współrzędne geograficzne 44°9'22.55"N, 88°29'8.49"W)



4. Pierwsze rondo częściowo turbinowe wybudowane na przedmieściach Khandisa w Zuzuland w RPA na skrzyżowaniu dróg R102/P535/P743: a) pas separacyjny z wyniesionym krawężnikiem, b) część przejezdna (Źródło: Google Earth [18] – współrzędne geograficzne 28°51'50.32"S, 31°51'15.75"E)

borotonde lub ronda typu „look-a-like” wyjściowe dane stanowią prognozowane natężenia ruchu. Mając określone prognozowane natężenia ruchu na poszczególnych relacjach projektant określa zapotrzebowanie na liczbę pasów ruchu na wlotach i wylotach oraz na jezdni ronda i na tej podstawie przyjmuje dany typ ronda. Problem przyjęcia w projekcie ronda dwóch lub trzech pasów ruchu wiąże się bezpośrednio z jego przepustowością i uzyskaną prędkością na jezdni ronda [16]. Problemy przepustowości rond

turbinowych przy stosowaniu różnych symulacji scenariuszy ruchu w odniesieniu do wybranego typu ronda przeanalizowano w [12, 15, 17, 25] i wykazano, że przy różnych scenariuszach można osiągnąć różne długości kolejki na poszczególnych wlotach, poprawę przepustowości oraz różne liczby potencjalnych konfliktów. Pomimo, że badania opisane w artykule [15] ograniczały się do jednego przykładowego ronda i zmiennych scenariuszy natężenia ruchu, to wyniki końcowe z zastosowanych programów symulacyjnych

wykazują, że w trakcie projektowania ronda turbinowego niezwykle ważne jest uwzględnienie natężenia ruchu nie tylko na wlotach, ale także w poszczególnych relacjach. Z uwzględnienia natężenia ruchu na wlotach i w poszczególnych relacjach wynikać może potrzeba stosowania dwóch lub trzech pasów ruchu na wlotach lub na jakimś fragmencie jezdni ronda. Drugim wnioskiem z badań opisanych w [15] jest to, że ronda turbinowe mogą być inne niż klasyczne ronda turbinowe i także mogą zapewniać zwiększenie przepustowości wraz z poprawą bezpieczeństwa ruchu.

Problem przepustowości klasycznych rond turbinowych opisano przede wszystkim w rozprawie doktorskiej pomysłodawcy rond turbinowych L.G.H. Fortuijna [14], w której autor wyjaśnił zasady i przyczyny wzrostu przepustowości rond turbinowych w stosunku do rond konwencjonalnych, o tradycyjnym kształcie kolistym wyspy środkowej. Niezaprzeczalnym faktem zwiększonego bezpieczeństwa ruchu na rondach turbinowych w stosunku do rond klasycznych jest segregacja ruchu. Problem zwiększonego bezpieczeństwa ruchu na klasycznych rondach turbinowych poruszono w publikacjach wielu autorów [1, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 16, 19, 26]. W literaturze przedmiotu problemowi bezpieczeństwa ruchu na rondach typu „look-a-like” poświęcono wiele badań i analiz opisanych w [4, 9, 13, 15, 16, 20, 27, 30, 35].

Innym problemem koniecznym do przeanalizowania w trakcie projektowania rond turbinowych klasycznych i rond typu „look-a-like” jest uwzględnienie przejezdności i zapewnienie korytarzy ruchu. Na klasycznych rondach turbinowych korytarz ruchu wyznaczają przede wszystkim pasy separacyjne. Natomiast na rondach typu „look-a-like” należy w trakcie projektowania sprawdzać korytarze ruchu i na ich podstawie wyznaczać granice zastosowanych zmiennych linii oznakowania poziomego.

Tab. 1. Trzy etapy studium przypadku dotyczącego analizy projektu ronda typu „look-a-like” (Źródło: opracowanie własne autorów)

Metody indukcji i dedukcji	Etap I	Etap II	Etap III
Logika replikacji	analityczna (cztery różne przypadki)	analityczna (trzy różne przypadki)	analityczna (pojedynczy zestaw okoliczności)
Dobór próby	celowy: uwzględnienie dostępności terenu i prognozowanych natężeń na wlotach i relacjach	celowy: ronda o różnej liczbie wlotów, różnej średnicy i różnym zagospodarowaniu	losowy: jeden przypadek wybrany do analizy projektu linii oznakowania poziomego
Rodzaj generalizacji	analityczny (zilustrowany graficznie)	analityczny: (analiza dokumentacji graficznej i fotograficznej) oraz statystyczny (testy statystyczne)	analiza graficzna pojedynczego przypadku
Silna strona	bogactwo informacji	bogactwo informacji	analiza przetransponowania danych o korytarzach ruchu

Powyższy przegląd literatury wykazuje, że brakuje w polskiej literaturze analizy możliwych do realizacji rond typu „look-a-like”, niezwykle przydatnych i pomocnych przy planowaniu przebudowy istniejących rond wielopasowych na tego typu ronda. W warunkach ograniczeń finansowych i konieczności poprawy warunków bezpieczeństwa ruchu przebudowa istniejących wielopasowych rond konwencjonalnych na ronda typu „look-a-like”, z zastosowaniem segregacji ruchu tylko za pomocą linii oznakowania poziomego, daje wiele możliwości. Tym zagadnieniem poświęcony jest niniejszy artykuł. W artykule wykorzystano studium przypadku przedstawione w tab. 1, zapewniając celową kontrolę nad analizowanymi czynnikami zewnętrznymi. Analiza wybranych przypadków rond była zdeterminowana przez czynniki zewnętrzne, będące poza kontrolą badacza. Zgodnie z teorią studium przypadku, pojedynczy przypadek odzwierciedla indywidualny zestaw czynników i danych empirycznych, a wnioski sformułowane na jego podstawie mogą być generalizowane do innych podobnych przypadków. W artykule zastosowano celowy dobór przypadku czynników zewnętrznych, spełniający cele badania, tj. wybrano ronda charakteryzujące się odmiennymi czynnikami (tj. różnym natężeniem i głównymi relacjami) lub typowymi (tj. liczbą wlotów). W analizie przyjęto konstytutywną zasadę studium przypadku, że przeprowadzenie dalszych analiz również w odniesieniu do pojedynczych przypadków może potwierdzić otrzymane wnioski także przy innych czynnikach zewnętrznych.

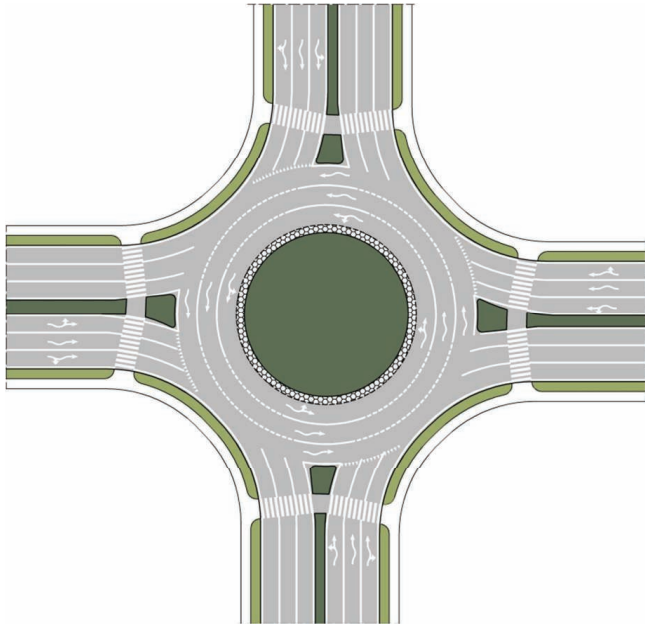
Biorąc powyższe pod uwagę najpierw przeanalizowano możliwe przypadki przebudowy istniejącego ronda konwencjonalnego trzypasowego na ronda z segregacją ruchu wyznaczoną tylko za pomocą oznakowania poziomego. Ronda te jednak wymagały planowania szerszego zakresu przebudowy, związanego przede wszystkim z przebudową wlotów (tj. znacznym ich poszerzeniem). W dalszej części artykułu przedstawiono inne spojrzenie na studium przypadku dotyczące przekształcenia istniejącego ronda konwencjonalnego trzypasowego na ronda typu „look-a-like”, z segregacją ruchu, polegającą na zastosowaniu specjalnego oznakowania poziomego tylko na jezdni ronda, tj. bez żadnej przebudowy wlotów. W dalszej części artykułu autorzy poruszyli problem koniecznej szczegółowej analizy korytarzy ruchu i detali wyznaczenia miejsca zmiany linii oznakowania na jezdni ronda. Artykuł kończą otrzymane z powyższych analiz wnioski.

Analiza możliwych przypadków ronda turbinowego typu „look-a-like”

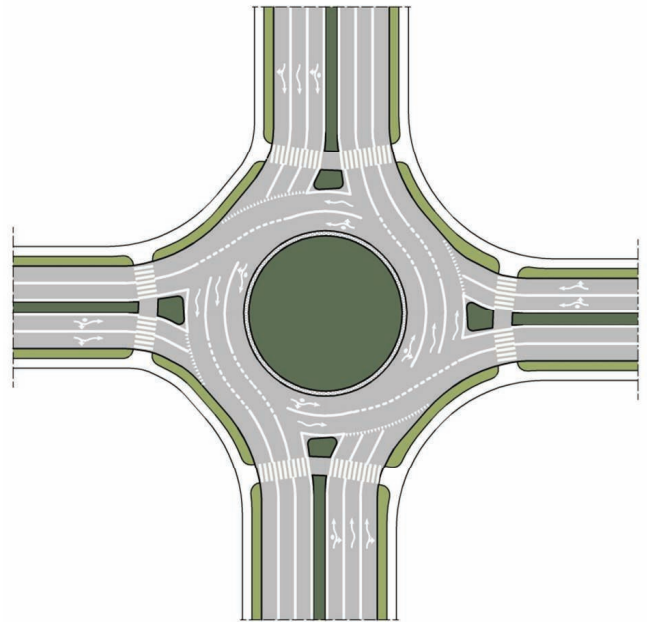
Projektowanie rond typu „look-a-like” jest popularne nie tylko w Królestwie Niderlandów. Ronda te są często projektowane w Niemczech [9, 15], w Polsce [37] i w USA [32, 33]. Podstawą przyczyną popularności rond typu „look-a-like” jest niski koszt przebudowy, zwiększona przepustowość i zwiększone bezpieczeństwo ruchu, w stosunku do rond konwencjonalnych o tradycyjnym kształcie wyspy środkowej. Ponadto ronda turbinowe typu „look-a-like” w stosunku do istnieją-

cych rond konwencjonalnych zajmują niewiele większą powierzchnię, co w porównaniu do klasycznych rond turbinowych o podobnej liczbie pasów ruchu i wybudowanych pasach separacyjnych jest bardzo korzystne, szczególnie pod względem ekonomicznym. Przykładem tego typu rond wybudowanych w Polsce mogą być np. ronda wybudowane m.in. w Warszawie. Jednym z takich rond typu „look-a-like” może być np. rondo Zgrupowania AK „Radosław” ([18] – współrzędne geograficzne 52°15'16.96"N, 20°58'58.00"E), na którym zastosowano zmienną liczbę pasów ruchu pomiędzy poszczególnymi wlotami, (charakterystyczny kształt wyspy nieprzejezdnej dla ronda typu *Egg*) i zastosowano tylko linie oznakowania poziomego, zarówno na jezdni ronda, jak i na wlotach. Drugie rondo typu „look-a-like” znajduje się na przecięciu się ulic Płowieckiej, Ostrobramskiej i Marsa ([18] – współrzędne geograficzne 52°14'1.74"N, 21°7'37.79"E). Na drugim rondzie zastosowano ponadto strzałki kierujące na jezdni ronda i na wlotach oraz powierzchnię wyłączoną z ruchu na przeciwko wlotów przy nieprzejezdnej części ronda, której krawędzie podkreślono separatorem ruchu U-25. Rondo to imituje rondo turbinowe typu rotor, nie tylko ze względu na cztery charakterystyczne „nosy” zlokalizowane naprzeciw wlotów, ale głównie ze względu na zastosowaną dodatkowo sygnalizację świetlną.

Ronda typu „look-a-like”, zalecane w wytycznych NCHRP 672 [33] wymagają jednak przebudowy wysp dzielących lub korekty lokalizacji wyspy środkowej względem istniejącego ronda konwencjonalnego o tradycyjnym kształcie kolistym. Zgodnie z wytycznymi holenderskimi projektowania rond turbinowych [34] pasy separacyjne lub w danym przypadku linie ciągłe oznakowania poziomego powinny zaczynać się w odległości co najmniej 20 m przed zewnętrzną średnicą ronda lub przed krawędzią zewnętrzną przejścia dla pieszych



5. Przykład trzypasowego ronda typu „look-a-like” z trzema pasami ruchu na wlotach i wylotach (Źródło: opracowanie własne autorów)



6. Przykład spłaszczonego ronda typu „look-a-like” z dwoma pasami ruchu na wlotach bocznych (Źródło: opracowanie własne autorów)

oznaczonego linią P-10. Natomiast na wylotach koniec pasa separacyjnego lub linii ciągłych oznakowania poziomego powinien być odległy od zewnętrznej średnicy ronda lub krawędzi przejścia dla pieszych o co najmniej 15 m. Poszerzenia lub zwężenia szerokości wlotów i wylotów można formować dopiero poza tymi granicami. Jednak projekt ronda turbinowego typu „look-a-like” nie jest tylko zastosowaniem nowego oznakowania poziomego. W projekcie tego typu ronda powinny być wykorzystane podstawowe zasady kształtowania korytarzy ruchu i powinna być obowiązkowo sprawdzana przejezdność pojazdów miarodajnych.

Na rys. 5 przedstawiono przykład projektu ronda typu „look-a-like” ukształtowanego z ronda konwencjonalnego trzypasowego tylko za pomocą zmiany oznakowania poziomego na jezdni ronda i niewielkiej korekty wysp dzielących na długości ok. 20 m od średnicy zewnętrznej jezdni ronda lub od końca przejścia dla pieszych. Większą zajętość terenu w stosunku do ronda konwencjonalnego z wyspą środkową okrągłą i wyspami dzielącymi równoległymi o szerokości 2,5 m można odnotować tylko na długości poszerzonych wlotów. Na rondzie tego typu (rys. 5) utrzymany jest na jezdni kształt ronda konwencjonalne-

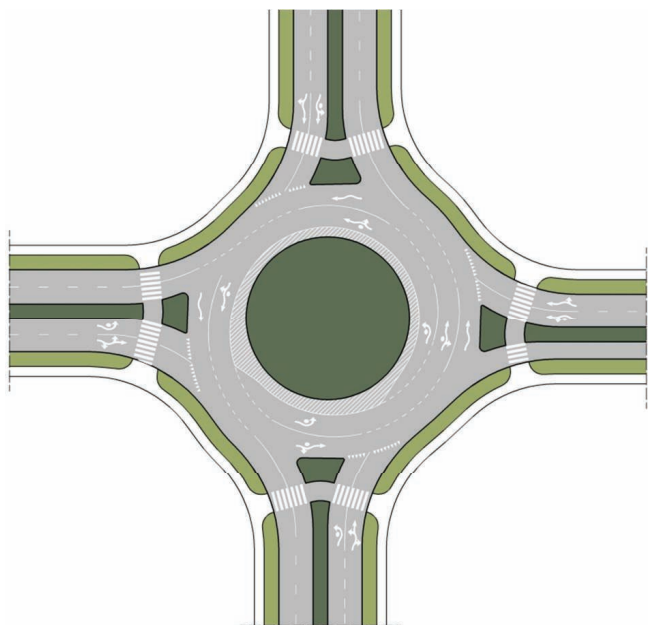
go, zastosowana jest segregacja ruchu dzięki wprowadzonemu oznakowaniu poziomemu i przebudowane są skanalizowane pasy ruchu na wlotach i wylotach.

Innym przykładem przebudowy ronda trzypasowego na rondo typu „look-a-like” jest rondo przedstawione na rys. 6, w którym na dwóch częściach jezdni ronda zastosowano po dwa pasy ruchu, uzyskując spłaszczenie ronda wzdłuż naprzeciwległych wlotów. Tego typu rondo w przypadku przebudowy ronda konwencjonalnego trzypasowego wymaga nie tylko koniecznej przebudowy na dotychczasowej jezdni ronda, ale także większej przebudowy na wlotach, czyli znacznie zwiększa koszty budowy. Biorąc powyższe pod uwagę, zdaniem autorów to „spłaszczone” rondo typu „look-a-like” może być zastosowane w przypadku ograniczonego dostępnego miejsca do budowy ronda konwencjonalnego trzypasowego z okrągłą wyspą środkową lub ronda turbinowego klasycznego.

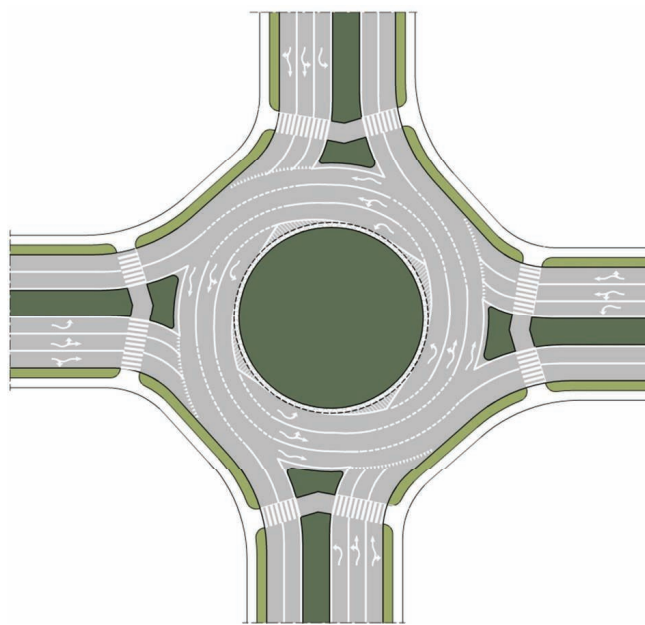
Kolejnym przykładem przebudowy dotychczasowego ronda konwencjonalnego trzypasowego na rondo typu „look-a-like” jest rondo przedstawione na rys. 7. W przypadku wlotów dwupasowych i dużego natężenia ruchu na relacji skrzyżowania w lewo na jednym z wlotów można zastosować części-

wo ograniczenie pasa środkowego i uformowanie dwóch pasów ruchu do skrzyżowania w lewo na części jezdni ronda. A na rys. 8 przedstawiono rondo trzypasowe z podwójnymi pasami skrzyżowania w lewo z wszystkich wlotów. Biorąc pod uwagę wnioski z badań opisanych w publikacjach [12, 15], autorzy uważają, że takie rondo powinno być zastosowane przy przebudowie na rondo typu „look-a-like”, w przypadku odnotowanych wcześniej kolejek pojazdów oczekujących na wjazd i dużymi natężeniami ruchu na relacjach skrzyżowania w lewo.

Na istniejących rondach konwencjonalnych trzypasowych można zmienić organizację ruchu w różny sposób, przedstawiony na rys. 5-8, w zależności od wielkości prognozowanych natężeń ruchu na wlotach i w poszczególnych relacjach, co ewidentnie wypływa z analizy scenariuszy ruchu opisanych w publikacjach [12, 15, 16, 17, 32]. Każde rondo typu „look-a-like” przedstawione na rys. 5-8 ma inny kształt wyspy dzielącej i inną szerokość czoła wyspy, co bezpośrednio wynika z analizy relacji i zapewnienia korytarzy ruchu przyjętych pojazdów miarodajnych. W zależności od prognozowanego natężenia ruchu na poszczególnych wlotach i relacjach ronda te mogą mieć klasycznie po trzy lub dwa pasy ruchu na wlotach i tylko



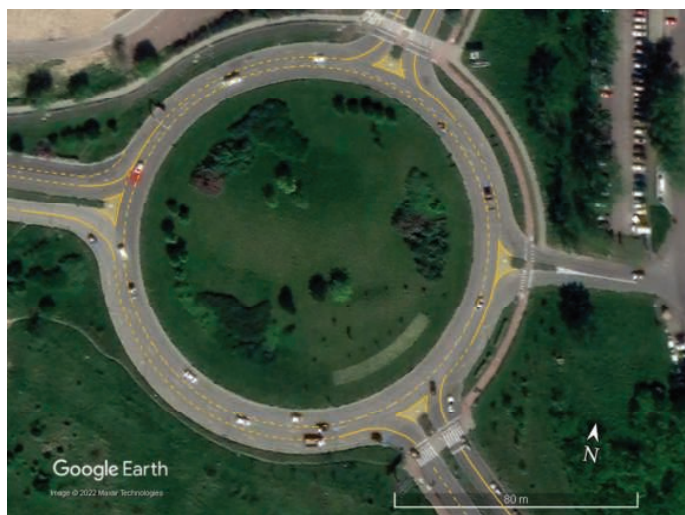
7. Przykład ronda typu „look-a-like” z dwoma następującymi po sobie pasami skrętu w lewo (Źródło: opracowanie własne autorów)



8. Przykład ronda typu „look-a-like” z dwoma pasami ruchu na wylotach i podwójnymi pasami skrętu w lewo (Źródło: opracowanie własne autorów)



9. Pięciowłotowe Rondo Uniwersyteckie o średnicy zewnętrznej równej 125 m (Źródło: wizualizacja oznakowania poziomego wykonana przez autorów na tle zdjęcia satelitarnego z programu [18] – współrzędne geograficzne 53°24'12.18"N, 14°30'5.00"E)



10. Trzywłotowe Rondo Hakena o średnicy zewnętrznej równej 141 m (Źródło: wizualizacja oznakowania poziomego wykonana przez autorów na tle zdjęcia satelitarnego z programu [18] – współrzędne geograficzne 53°23'30.00"N, 14°30'8.43"E)

na jezdni ronda mogą mieć wyznaczone za pomocą linii oznakowania poziomego dozwolone relacje. Chcąc dobrać typ ronda typu „look-a-like” w odniesieniu do konkretnej sytuacji warunków geometrycznych i lokalizacji projektant, jak już wcześniej wspomniano, powinien przeanalizować przede wszystkim prognozowane natężenie na poszczególnych wlotach i relacjach. Ważne są jednak także pod-

stawowe parametry geometryczne dotyczące dostępnej powierzchni, czy też głównego parametru „spłaszczenia ronda” w konkretnej lokalizacji. W tab. 1 zestawiono w celach porównawczych wybrane parametry rond przedstawionych na rys. 5-8. Przyjmując za wyjściowe rondo przedstawione na rys. 5 o średnicy zewnętrznej równej 62 m, w celach porównawczych, obliczono powierzchnię terenu

między krawężnikami na wlotach i na powierzchni wnętrza ronda oraz odległość pomiędzy czołami wysp dzielących na wlotach w osi pionowej. Odległość ta charakteryzuje m.in. warunek „spłaszczenia ronda” przy zastosowaniu tylko dwóch pasów ruchu na części ronda, przedstawionego na rys. 6 i 7. Na każdym rondzie zastosowano, w celach porównawczych, średnicę zewnętrzną 62 m i te same odległości granicy zewnętrznej wlotów mierzonej wzdłuż osi od środka ronda. Biorąc pod uwagę, że parametry ronda zależą od przyjętej średnicy ronda, w tab. 2 przedstawiono parametry w udziale procentowym, w odnie-

Tab. 2. Porównanie podstawowych parametrów geometrycznych charakteryzujących ronda przedstawione na rys. 5-7 (Źródło: opracowanie własne autorów)

Porównywany parametr	Ronda typu „look-a-like” przedstawione na:			
	rys. 5	rys. 6	rys. 7	rys. 8
Powierzchnia zajętości terenu	100%	95,2%	79,7%	92,6%
Odległość pomiędzy czołami wysp dzielących, mierzona wzdłuż osi pionowej, charakteryzująca tzw. „spłaszczenie ronda”	100%	88,8%	88,0%	93,3%

sieniu do ronda wyjściowego, przedstawionego na rys. 5. Analiza danych przedstawionych w tab. 2 wskazuje, że najmniejszą powierzchnię zajętości terenu i największe spłaszczenie ronda ma rondo przedstawione na rys. 7.

Przy stosowaniu rond typu „look-a-like” do wyznaczenia pasów ruchu służą przede wszystkim linie oznakowania poziomego. Z zasad organizacji ruchu drogowego wynika, że pojazdy nie powinny zmieniać pasa ruchu, jeśli oddziela je linia segregacyjna ciągła [24]. Doświadczenia z klasycznych rond turbinowych wykazują, że do większego bezpieczeństwa ruchu przyczyniają się pasy separacyjne wraz z wyniesionymi na nich krawężnikami (betonowymi separatorami). W wielu przypadkach, szczególnie w Polsce, na rondach turbinowych typu „look-a-like” stosuje się separatory ruchu U-25 (rys. 1 i 2). Poszczególne segmenty separatora U-25 są nieznacznie oddalone od siebie, co umożliwia sprawny odpływ wody opadowej podczas deszczu. Nie ma jeszcze jednak krajowych opracowań dotyczących problemu odśnieżania w przypadku tych rond, jednak podobnie jak na rondach klasycznych turbinowych wysokość separatora U-25 nie powinna stwarzać osobliwych problemów przy odśnieżaniu.

Natomiast istotny problem na ww. rondach stanowi wyznaczenie początku i końca ciągłej linii na jezdni ronda, czy też optymalnego rozpoczęcia i zakończenia separatorów ruchu U-25. W tym celu należy na każdym projekcie ronda, (przedstawionym na rys. 5-8), wykonać analizę przejezdności, wyznaczyć korytarze ruchu i na tej podstawie wyznaczyć dokładną lokalizację linii oznakowania poziomego (tj. styku linii ciągłych i przerywanych). Niektóre propozycje ronda typu „look-a-like” przedstawione na rys. 5-8 dopuszczające zjazd z ronda z pasa środkowego są zgodne z Kodeksem drogowym [24], gdyż taki zjazd odbywa się po wyznaczonym torze jazdy za pomocą separatora ruchu i nie koliduje ze zjazdem z jedni ronda z pasa ze-



11. Ośmiowłotowy pl. Grunwaldzki z dostępem pieszych na wyspę środkową (Fot. Alicja Sołowczuk)
 a) wydłużenie pasa dzielącego na wlocie dwujezdniowym z dwutorową linią tramwajową
 b) wydłużenie wyspy dzielącej na wlocie ulicy dwupasowej dwukierunkowej
 c) przeznaczenie pasa zewnętrznego na jezdni ronda tylko na relację skrzyżowania w prawo
 d) skrócenie przejścia dla pieszych tylko do dwóch pasów ruchu

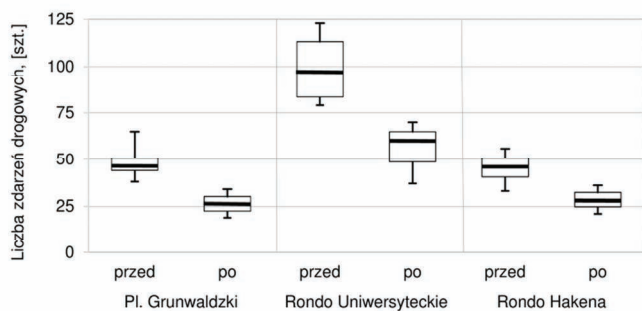
wewnętrznego. Jeśli jednak nie ma zastosowanego separatora ruchu U-25, to w ww. miejscu znajduje się punkt kolizji, tj. punkt krzyżowania się potoków ruchu, czyli rondo typu „look-a-like”, z zastosowaniem tylko linii oznakowania poziomego, nie przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu.

Analiza studium przypadku trzypasowych rond typu „look-a-like” w Szczecinie

Ostatni przykład rond typu „look-a-like” opisany w niniejszym artykule, dotyczy przebudowy istniejących rond konwencjonalnych trzypasowych bez jakiegokolwiek przebudowy wysp dzielących czy jezdni ronda. W Szczecinie ronda trzypasowe były wybudowane w XIX w. i kilka rond trzypasowych wybudowano w ostatnich latach. Na trzech rondach konwencjonalnych trzypasowych władze miasta podjęły decyzję o ich przebudowie na ronda typu „look-a-like”, dzięki wykorzystaniu tylko linii oznakowania poziomego [5, 10, 21, 22, 28, 31]. Przykłady rond trzypasowych ze Szczecina przedstawiono na rys. 9-11. Na rys. 9 przedsta-

wiono oznakowanie poziome zastosowane na rondzie pięciowłotowym, natomiast na rys. 10 i 11 przedstawiono wybrane fragmenty rzeczywistej organizacji ruchu zastosowanej na rondzie trzywłotowym i ośmiowłotowym.

Na pl. Grunwaldzkim dodatkowo zmieniono również oznakowanie w rejonie przejść dla pieszych przez jedni ronda, skracając długość przejścia z trzech do dwóch pasów ruchu (rys. 11). Ten osobliwy plac ośmiowłotowy opracowano na podstawie wstępnego projektu Jamesa Hobrechta z lat sześćdziesiątych XIX w. Ostatecznie plac wybudowano w latach 80. XIX w. Od samego początku wzdłuż głównej dwujezdniowej arterii miasta i na wyspie środkowej ronda była wybudowana dwutorowa linia tramwajowa. Przy budowie placu wzorowano się na przykładach podobnych rond wybudowanych w Paryżu i Berlinie. Obecnie na wyspie środkowej ronda nadal znajdują się przystanki tramwajowe, a także zieleńce, miejsca rekreacji dla mieszkańców wraz ze stolikami szachowymi. Między innymi, dlatego zaplanowano na jezdni ronda kilka



12. Wykres pudełkowy (ramka-wąsy) liczby zdarzeń drogowych przed i po zmianie organizacji ruchu na analizowanych rondach w Szczecinie (Źródło: badania własne na podstawie danych przedstawionych w programie SEWIK [36])

przejść dla pieszych.

W celu potwierdzenia słuszności przebudowy ronda trzypasowego na rondo typu „look-a-like”, w celu zwiększenia bezpieczeństwa ruchu, autorzy niniejszego artykułu na podstawie danych uzyskanych z programu SEWIK [36] wykonali analizę statystyczną zmniejszenia liczby zdarzeń drogowych w wyniku zmiany organizacji ruchu na jezdni ronda, której wyniki przedstawili na rys. 12 i w tab. 3. Dane z programu SEWIK [36] dotyczyły lat 2015–2018 przed zmianą organizacji ruchu i od dnia zmiany organizacji ruchu w 2019 do końca roku 2021. W odniesieniu do zestawionych danych przeprowadzono analizę statystyczną, uwzględniającą dwa warunki stosowania testu. Rezultaty analizy zestawiono w tab. 3.

Tab. 3. Dane i wyniki analizy statystycznej na trzech analizowanych rondach turbinowych typu „look-a-like” w Szczecinie (Źródło: opracowanie własne autorów na podstawie danych przedstawionych w programie SEWIK [36])

Rok	Pl. Grunwaldzki		Rondo Uniwersyteckie		Rondo Hakena	
	Zdarzenia drogowo ogółem	Wypadki z udziałem pieszych	Zdarzenia drogowo ogółem	Wypadki z udziałem pieszych	Zdarzenia drogowo ogółem	Wypadki z udziałem pieszych
Dane przed zmianą organizacji ruchu						
2015	46	3	85	–	43	–
2016	46	5	79	–	33	–
2017	38	1	110	1	49	–
2018	65	4	123	–	56	–
Ogółem	226	13	459	1	244	–
Dane po zmianie organizacji ruchu						
2019	19	1	37	–	18	–
2020	26	1	60	1	38	–
2021	34	2	70	–	34	–
Ogółem	79	4	167	1	90	–
Wynik testu istotności stwierdzonych różnic stanu bezpieczeństwa χ^2 (chi-kwadrat): $\chi^2 = (n_1 t_2 - n_2 t_1)^2 / (t_1 t_2 (n_1 + n_2)) > \chi_{\alpha}^2 = 3,84$, poziom ufności 0,95, $\chi_{\alpha}^2 = 2,71$, poziom ufności 0,90						
$\chi^2 =$						
	36,0 > 3,84	3,0 < 3,84	67,0 > 3,84	0,04 < 3,84	35,0 > 3,84	–
Potwierdzenie skuteczności zastosowanej zmiany organizacji ruchu następuje, gdy równocześnie z pozytywnym wynikiem testu istotności zachodzi również nierówność: $n_1/t_1 > n_2/t_2$						
	$n_1/t_1 > n_2/t_2$	56,5 > 26,3	3,25 > 1,33	114,8 > 55,7	0,25 < 0,33	61,0 > 30,0

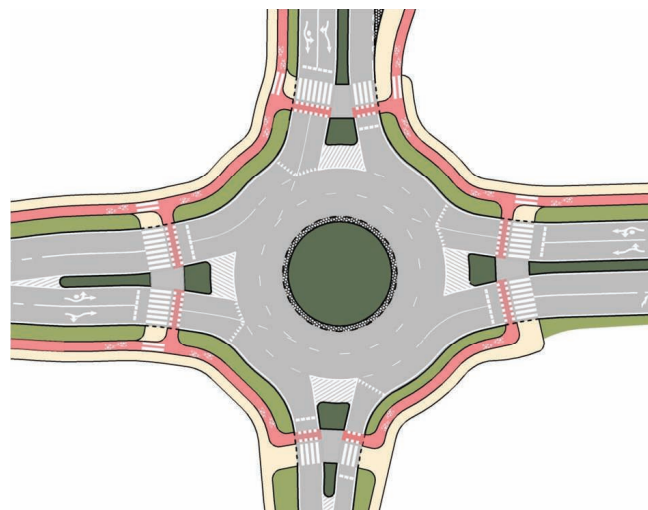
Oznaczenia:

n_1 – liczba zdarzeń drogowych/wypadków „przed”,

n_2 – liczba zdarzeń drogowych/wypadków „po” wprowadzeniu zmian,

t_1 – długość okresu obserwacji „przed” wprowadzeniem zmian (lata),

t_2 – długość okresu obserwacji „po” wprowadzeniu zmian (lata).



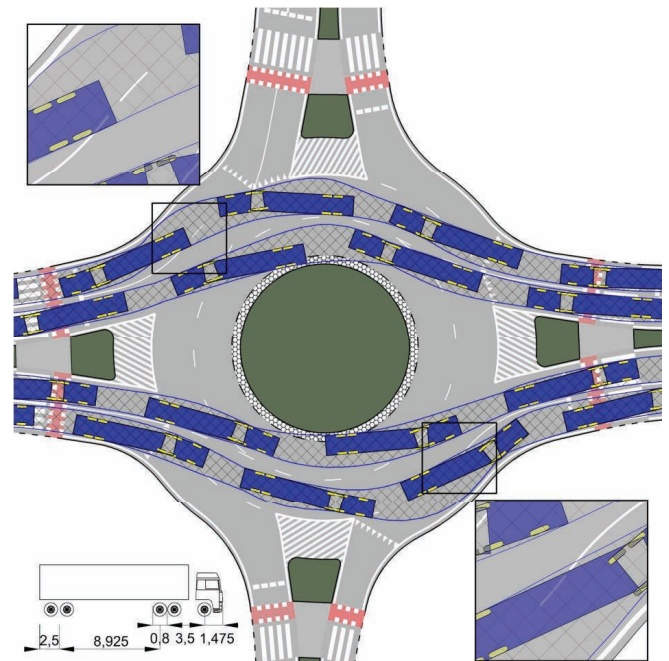
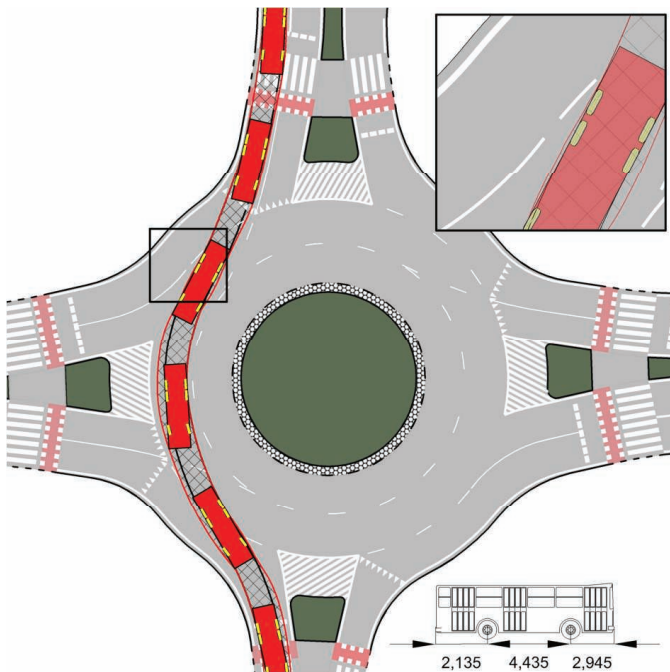
13. Plan analizowanego ronda typu „look-a-like” (Źródło: opracowanie własne autorów)

Analiza danych i wyników testów statystycznych zestawionych w tab. 3 wykazała, że w odniesieniu do wszystkich analizowanych rond otrzymano potwierdzenie dużej skuteczności zastosowania zmiany organizacji ruchu w odniesieniu do zdarzeń drogowych. Natomiast w odniesieniu do wypadków drogowych z udziałem pieszych tylko na placu Grunwaldzkim otrzymano potwierdzenie skuteczności zastosowanej zmiany organizacji ruchu. Na Rondzie Uniwersyteckim w odniesieniu do wypadków z pieszymi nie otrzymano miarodajnych wyników, gdyż w porównywanych okresach odnotowano po jednym wypadku

z udziałem pieszych. Należy w tym miejscu dodać, że natężenie ruchu pieszych na Rondzie Uniwersyteckim, (zlokalizowanym na obrzeżach miasta) jest zdecydowanie mniejsze niż na pl. Grunwaldzkim w centrum miasta. Na podstawie wizji lokalnych można stwierdzić, że piesi na Rondzie Uniwersyteckim korzystają z reguły tylko z jednego przejścia dla pieszych. Na pozostałych przejściach w trakcie kilkukrotnych wizyt lokalnych nie stwierdzono w ogóle ruchu pieszych.

Studium przypadku wyznaczenia granic linii oznakowania poziomego na rondzie typu „look-a-like”

Jak już wcześniej wspomniano w celu wykazania granicy linii oznakowania poziomego na jezdni ronda należy w ramach projektu przebudowy dotychczasowego ronda trzypasowego wykonać analizę przejezdności i wyznaczyć możliwe korytarze ruchu przyjętych pojazdów miarodajnych. Pojazdy miarodajne powinny być przyjęte: na istniejących rondach na podstawie wykonanych badań in situ, a na rondach nowoprojektowanych z uwzględnieniem standardowych pojazdów. Dopuszczając, że w różnych krajach mogą być stosowane pojazdy o innych niestandardowych długościach, to należy przyjąć pojazdy charakterystyczne dla danego kraju. Celem uzyskania zróżnicowania ana-



14. Analiza przejezdności pojazdu miarodajnego na wlotach bocznych i wyznaczenia styku linii segregacyjnych na jezdni ronda (Źródło: opracowanie własne autorów)

15. Analiza przejezdności pojazdu miarodajnego na wlotach głównych i wyznaczenia styku linii segregacyjnych na jezdni ronda (Źródło: opracowanie własne autorów)

lize przejezdności w artykule przyjęto różne wloty boczne (tj. północny i południowy) [29], tj. różniące się liczbą pasów ruchu. W analizowanym przykładzie na jezdni ronda pomiędzy wlotami pozostawiono po trzy pasy ruchu, a naprzeciw wysp dzielących przyjęto tylko dwa pasy ruchu. W celu pokazania różnorodności możliwych rozwiązań na dwóch wlotach zastosowano wydłużone wyspy dzielące (wlot zachodni i południowy), a na pozostałych wlotach pasy dzielące (wlot wschodni i północny). Wzorem rond proponowanych w wytycznych amerykańskich NCHRP 672 [33] zastosowano wzdłuż wlotów przy krawężniku zewnętrznym i przy krawężniku wyspy dzielącej linie ciągłe oddalone od lica krawężnika o 0,3 m. Przy wyspie środkowej zastosowano pierścień szerokości 1 m. Przekształcenie ronda konwencjonalnego trzypasowego na rondo typu „look-a-like” wykonano tylko za pomocą oznakowania poziomego. Na rys. 13 przedstawiono plan ronda i wynikowe oznakowanie poziome. Uwzględniając, że przebudowa dotychczasowego ronda konwencjonalnego trzypasowego może dotyczyć lokalizacji w terenie zabudowanym z istniejącymi przejściami dla pieszych

i przejazdami rowerowymi, na rys. 13 uwzględniono taki przykład ronda.

Przyjęto, że wzdłuż wlotów głównych (zachodniego i wschodniego) pojazdem miarodajnym był ciągnik siodłowy o długości 16,5 m (rys. 14), a na wlotach bocznych (północnym i południowym) pojazdem miarodajnym był autobus solowy o długości 9,5 m (rys. 15). Na rys. 14 przedstawiono wynik analizy przejezdności i wyznaczenie granicy linii ciągłych na wlotach i wylotach zachodnich oraz wschodnich. A na rys. 15 przedstawiono wynik analizy korytarza ruchu autobusu kursującego wzdłuż wlotów północnego i południowego oraz lokalizację przedłużenia linii przerywanej na jezdni ronda.

Podsumowanie

Na podstawie przeglądu literatury przeprowadzonym w artykule wykazano, że w przypadku dotychczasowych rond trzypasowych z wyspą środkową okrągłą można zaplanować ich przebudowę na ronda turbinowe typu „look-a-like” i osiągnąć na nich większe bezpieczeństwo ruchu. Z możliwych rond typu „look-a-like” może projektant wybrać dowolne rozwiązanie organi-

zacji ruchu przy niewielkich kosztach przebudowy, uwzględniających fakt, że poszczególne relacje będą rozdzielone tylko dzięki liniom oznakowania poziomego. Wybór możliwego zastosowania organizacji ruchu zależy przede wszystkim od natężenia ruchu na poszczególnych wlotach i relacjach. W zależności od dostępności terenu i analizowanych natężeń ruchu projektant może dobrać właściwe rozwiązanie ronda typu „look-a-like” i osiągnąć poprawę nie tylko bezpieczeństwa ruchu, ale również przepustowości.

Przedstawiona również w ramach studium przypadku analiza poprawy bezpieczeństwa ruchu na trzech dotychczasowych rondach trzypasowych, na których zmieniono tylko organizację ruchu na jezdni ronda wykazała, że rondo typu „look-a-like” mogą zapewnić istotną jego poprawę. ◀

Materiały źródłowe

- [1] de Baan D., Turborotondes, ExtraCT 3 maart 2009, s. 34–37, <https://www.dirkdebaan.nl/publicaties.html>, dostęp 20.09.2022.
- [2] de Baan D., Typen turborotondes, <https://www.dirkdebaan.nl/types.html>, dostęp 2.07.2022.

- [3] de Baan D., Boender J., Fortuijn L.G.H., Vrij baan voor veilige turbo-rotonde, *Verkeerskunde*, 2008, 3, s. 30 – 35.
- [4] Balado J., Díaz-Vilariño L., Arias P., Novo A., A safety analysis of roundabouts and turbo roundabouts based on Petri nets, *Traffic Injury Prevention*, 2019, Volume 20(4), s. 400-405, <https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1594208>.
- [5] Borowiec M., Plac Grunwaldzki z rondem półturbinowym, <https://radioszczecin.pl/1,392232,plac-grunwaldzki-z-rondem-polturbinowym-zdjecia>, artykuł z dnia 2019-07-27, dostęp 5.05.2022.
- [6] Brilon W., Roundabouts: A state of the art in Germany, *International Roundabout Conference*, April 7th – 10th, 2014 Seattle, Washington, s. 1–15; http://teachamerica.com/RAB14/RAB14papers/RAB14ppr045_Brilon.pdf, dostęp 14.12.2020.
- [7] Brilon, W., Roundabouts: A state of the art in Germany, 3rd International Conference on Roundabouts, 18 –20 May 2011 Carmel, Indiana, s. 1–15; http://www.rub.de/verkehrswesen/download/literatur/Brilon_roundabouts_2011_05_29_cit.pdf, dostęp 14.11.2020.
- [8] Chan S., Livingston R., Design vehicle's influence to the geometric design of turbo-roundabouts, *International Roundabout Conference*, April 7th – 10th, 2014 Seattle, Washington, s. 1–17; http://teachamerica.com/RAB14/RAB14papers/RAB14ppr147_Chan.pdf, dostęp 14.12.2020.
- [9] Clausen A. Turbo-Kreisverkehr in Baden-Baden – Teil 1: Planung und Bau, *Straße und Autobahn*, 2008, 4, s. 209 – 2014.
- [10] Czetowicz M., Zmiany na Rondzie Uniwersyteckim. Niektórzy kierowcy mają problem, <https://radioszczecin.pl/1,392101,zmiany-na-rondzie-universyteckim-niektorzy-kierowcy-maja-problem>, artykuł z dnia 2019-07-24, dostęp 5.05.2022.
- [11] Forrest P.L., Kendal G. R., Design and implementation of the R102 – Zululand University Turbo Roundabout in Kwazulu-natal, South Africa, https://sarf.org.za/wp-content/uploads/2016/08/Peter-Forrest_LATE_not_on_DVD.pdf, dostęp 20.07.2022.
- [12] Fortuijn L.G.H., Turbo-Kreisverkehre Entwicklungen und Erfakrungen, *Semiar Aktuelle Themen der Strassenplanung*, 25.01.2007 Bergisch Glasbach, s. 1–61, <https://docplayer.org/46250169-Turbo-kreisverkehre-entwicklungen-und-erfahrungen-turbo-roundabouts-development-and-experiences-25-january-2007.html>, dostęp 20.03.2022.
- [13] Fortuijn L.G.H., Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, [w]: *Traffic safety: roundabouts, trucks, older drivers, and traffic law enforcement 2009*, 2009, 2096, s. 16-24, <https://doi.org/10.3141/2096-03>.
- [14] Fortuijn L.G.H., Turborotonde en turboplein: ontwerp, capaciteit en veiligheid, *Trail Thesis series T 2013/1*, Trail Research School, *Dissertation of Delft University of Technology* 8.01.2013. <http://www.turbotrafficsolutions.nl/dissertatie/index.html>, dostęp 15.07.2022.
- [15] Gallelli V., Vaiana R., Safety improvements by converting a standard roundabout with unbalanced flow distribution into an egg turbo roundabout: simulation approach to a case study, *Sustainability* 2019, 11 (2), 466; <https://doi.org/10.3390/su11020466>.
- [16] Gallelli V., Vaiana R., Luele T., Comparison between simulated and experimental crossing speed profiles on roundabout with different geometric features, *ScienceDirect, Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014, 111, 117 – 126, <https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC163354>.
- [17] Gallelli V., Perri G., Vaiana R., Operational and safety management at intersections: can the turbo-roundabout be an effective alternative to conventional solutions?, *Sustainability*, 2021, 13, 5103. <https://doi.org/10.3390/su13095103>.
- [18] Google Earth, strona dostępna online: <http://www.earth.google.com>, dostęp 19.09.2022.
- [19] Groot J., Turborotondes: veiliger en meer capaciteit, *Verkeer in Beeld*, 2008, 10, 34 – 37.
- [20] Hanasiuk K., Motylewicz M., Badania ruchu pojazdów i zachowań kierowców na rondach turbiniowych bez wyniesionych separatorów pasów ruchu, *Transport miejski i regionalny*, 2022, 3, s. 4-14.
- [21] Isz, Półturbina na rondzie Hakena, <https://24kurier.pl/aktualnosci/wiadomosci/polturbina-na-rondzie-hakena/>, artykuł z dnia 2020-05-15, dostęp 5.05.2022.
- [22] Jaszczyński M., Plac Grunwaldzki po nowemu. Na próbę jako rondo "półturbinowe". Jak jeździć?, <https://szczecin.naszemiasto.pl/plac-grunwaldzki-po-nowemu-na-probe-jako-rondo-polturbinowe/ar/c4-7274777>, artykuł z dnia 2019-07-27, dostęp 5.05.2022.
- [23] Kendal G. R., Reutener I., Design and implementation of a turbo roundabout, *Proceedings of the 33rd Southern African Transport Conference (SATC 2014)*, 7 – 10 July 2014 Pretoria, South Africa, <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.890.9208&rep=rep1&type=pdf>, dostęp 22.08.2022.
- [24] Kodeks drogowy – Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 Prawo o ruchu drogowym. Dziennik Ustaw 1991 poz. 373 z późn. zm.
- [25] Kwakwa O. K., Adams Ch. A., Assessment of turbo and multilane roundabout alternatives to improve

capacity and delay at a single lane roundabout using microsimulation model Vissim: A case study in Ghana, *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2016, Vol. 4, No. 4, 106-116, DOI: 10.12691/ajcea-4-4-1.

[26] Macioszek E., Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego na rondach turbinowych w Polsce, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, z. 96, Warszawa, 2013, s. 295-307.

[27] Macioszek E., The road safety at turbo roundabouts in Poland. *Archives of Transport*, 2015, 33 (1), 57-67. DOI 10.5604/08669546.1160927

[28] Nieradka K., Krytykowane przez kierowców słupki zostaną na rondach, <https://radioszczecin.pl/1,396838,krytykowane-przez-kierowcow-slupki-zostana-na-ro>, artykuł z dnia 2019-11-13, dostęp. 5.05.2022.

[29] Olszewska A., Projekt koncepcyjny przebudowy skrzyżowania ulic 11 Listopada, Gdańskiej i Matejki w Świnoujściu, inżynierska praca dyplomowa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 2022.

[30] Petru J., Krivda V., An analysis of turbo roundabouts from the perspective of sustainability of road transportation, *Sustainability*, 2021, 13, 2119. <https://doi.org/10.3390/su13042119>.

[31] Pierwsze rondo półturbinowe w Szczecinie już działa, <https://wszczecin.pl/aktualnosci-pierwsze-rondo-polturbinowe-w-szczecinie-juz-dziala-foto,id-32388.html>, artykuł z dnia 24.07.2019, dostęp. 5.05.2022.

[32] Porter, R., Gooch, J., Peach, K., Chestnutt, C., Moore, B., Broeren, P., Tigelaar, J., *Advancing Turbo Roundabouts in the United States: Synthesis Report FHWA-SA-19-027*, Federal Highway Administration Office of Safety, Washington, DC, 2019.

[33] *Roundabouts: An Informational Guide NCHRP Program Report 672, Second Edition*, Transportation Research Board Washington, D.C. 2010.

REKLAMA



RAILPROFILE 2D

LASEROWY POMIAR PROFILU KAŻEGO RODZAJU SZYN ORAZ ROZJAZDÓW

Urządzenie obsługiwane jest przez aplikację na telefonie z systemem Android™.

Railprofile 2D mierzy pełny profil główki szyny oraz wylicza parametry dotyczące obszaru szlifowania. Dostępna jest również funkcja związana z pomiarem rozjazdu lub jego elementów. Urządzenie prezentuje wynik pomiaru bezpośrednio na ekranie aplikacji.

Więcej informacji na www.graw.com

www.goldschmidt.com

