

**INSTRUKCJA OBLICZANIA
PRZEPUSTOWOŚCI ZAMIEJSKICH
DRÓG JEDNOJEZDNIOWYCH WRAZ
Z OCENĄ WARUNKÓW RUCHU**

Niniejsza instrukcja powstała na podstawie pracy pn. „Metoda oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dróg poza aglomeracjami miejskimi wraz z drogami szybkiego ruchu”, opracowanej pod kierownictwem dr inż. Krzysztofa Ostrowskiego przez konsorcjum Politechniki Krakowskiej, Politechniki Warszawskiej i Politechniki Gdańskiej, na zlecenie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju i Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, w ramach programu pn. Rozwój Innowacji Drogowych (RID-I/50).

Pełna wersja opracowania jest dostępna w wersji elektronicznej na stronie internetowej Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, zwanej dalej „GDDKiA”.

SPIS TREŚCI

Podstawowe określenia i oznaczenia	4
1. WPROWADZENIE	6
1.1. Zakres stosowania i ograniczenia metody	6
1.2. Założenia metody	7
1.3. Rodzaje analiz ruchu oraz procedura oceny warunków ruchu	8
1.4. Dane wejściowe do analizy	9
1.5. Wybór odcinków do analizy	10
1.5.1. Wymagania dotyczące analizowanego odcinka	10
1.5.2. Podział odcinka na składowe	10
2. PROCEDURA OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI DLA ODCINKÓW O PRZEKROJU 1/2	12
2.1. Wyznaczenie miarodajnego natężenia ruchu dla kierunku	12
2.2. Dobór wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym	12
2.3. Wyznaczanie średniej prędkości potoku pojazdów	13
2.3.1. Postępowanie w przypadku, gdy analizowany odcinek został podzielony na odcinki składowe	14
2.4. Wyznaczenie gęstości ruchu	14
2.5. Określenie poziomu swobody ruchu (PSR)	14
2.6. Oszacowanie przepustowości odcinka, stopnia jej wykorzystania oraz rezerwy przepustowości	15
2.7. Oszacowanie natężenia krytycznego dla PSR_i	16
3. PROCEDURA OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI DLA ODCINKÓW O PRZEKROJU 1/2+1	17
3.1. Podział odcinka na sekcje o różnej liczbie pasów ruchu	17
3.2. Wyznaczanie prędkości potoku pojazdów na odcinku poprzedzającym odcinek o przekroju 1/2+1	18
3.3. Wyznaczenie prędkości potoku pojazdów na kolejnych sekcjach odcinka składowego 1/2+1	18
3.4. Wyznaczenie prędkości potoku pojazdów na odcinku z dodatkowym pasem	19
3.5. Ocena warunków ruchu	20
SPIS TABEL	21
SPIS RYSUNKÓW	21
ZAŁĄCZNIK	21
Załącznik – Wartości zmian prędkości potoku pojazdów na poszczególnych sekcjach odcinka drogi o przekroju 1/2+1	21

Podstawowe określenia i oznaczenia

Długość pasa ruchu do wyprzedzania jest to odległość między początkiem i końcem pasa wyprzedzania, na której pas ten ma pełną szerokość.

Droga o przekroju 1/2+1 jest to jednojezdniowa, dwupasowa droga dwukierunkowa z zespołem leżących na przemian dodatkowych pasów ruchu do wyprzedzania, który tworzą co najmniej dwa dodatkowe pasy ruchu do wyprzedzania, przeznaczone do ruchu w przeciwnych kierunkach, o ile odległość pomiędzy nimi nie przekracza długości dłuższego z nich; odległość tę mierzy się pomiędzy końcami klinów początkowych lub początkami klinów końcowych, w miejscach, w których pasy te mają pełną szerokość.

Gęstość ruchu k [poj./km/pas] jest liczbą rzeczywistych pojazdów znajdujących się na odcinku pasa ruchu o długości 1 km.

Gęstość zjazdów g_z [zjazdów/km] jest to przypadająca na kilometr liczba zjazdów występujących po obu stronach drogi jednojezdniowej, obsługujących przyległe do drogi tereny.

Krętość odcinka drogi kr [°/km] określa się przez stosunek sumy bezwzględnych wartości kątów zwrotu kierunków trasy drogi wyrażonych w stopniach do jego długości wyrażonej w kilometrach.

Krytyczne natężenie ruchu Q_k^i [poj./h] jest to największe natężenie ruchu, do wartości którego może się utrzymywać określony (i -ty) poziom swobody ruchu (PSR), a po jego przekroczeniu warunki ruchu pogarszają się (tj. następuje zmiana PSR - PSR $i+1$).

Miarodajne godzinowe natężenie ruchu Q_m^{50} [poj./h] jest to pomierzone lub prognozowane, natężenie 50-tej szczytowej godziny w roku, określone dla przekroju drogi.

Natężenie ruchu Q [poj./h] jest liczbą pojazdów rzeczywistych, które przejeżdżają przez dany przekrój poprzeczny w ustalonej jednostce czasu, najczęściej godzinie.

Pas ruchu do wyprzedzania jest to dodatkowy pas ruchu umieszczony po lewej stronie zasadniczego pasa ruchu, przeznaczony do wyprzedzania pojazdów. Pas ten jest poprzedzony klinem początkowym, a następuje za nim klin końcowy.

Pojazd ciężki jest to pojazd o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 t. Do pojazdów ciężkich zalicza się pojazdy ciężarowe bez przyczep i z przyczepami/naczepami oraz autobusy.

Poziom swobody ruchu (PSR) to klasa warunków ruchu związana ze sprawnością i płynnością ruchu, uwzględniająca odczucia kierowców. Zakres zmienności warunków ruchu podzielono na 6 poziomów oznaczonych literami od A do F, przy czym PSR A odpowiada najlepszym, a PSR F najgorszym warunkom ruchu.

Prędkość optymalna potoku pojazdów V_{op} [km/h] jest to prędkość przejazdu pojazdów przez odcinek drogi przy natężeniu ruchu równym przepustowości drogi.

Prędkość w ruchu swobodnym V_{sw} [km/h] jest uśrednioną w określonym przedziale czasu prędkością przejazdu samochodów osobowych przez analizowany odcinek drogi, w warunkach ruchu swobodnego, czyli przy braku utrudnień wynikających z obecności innych użytkowników drogi.

Prędkość potoku ruchu pojazdów V [km/h] jest to prędkość przejazdu pojazdów przez analizowany odcinek drogi, uśredniona w określonym przedziale czasowym.

Przepustowość drogi C [poj./h] – największa liczba pojazdów rzeczywistych, które mogą przejechać przez dany przekrój drogi w jednym kierunku w ciągu godziny w określonych warunkach drogowo-ruchowych oraz przy dobrych warunkach atmosferycznych.

Stopień obciążenia drogi X [-] jest stosunkiem natężenia ruchu do przepustowości drogi.

Średnie ważone pochylenie odcinka drogi i_w [%] to stosunek sumy iloczynów wartości pochyłeń podłużnych występujących na danym odcinku drogi i ich długości do długości całego odcinka. Wagami są długości odcinków z poszczególnymi pochyleniami podłużnymi.

Udział pojazdów ciężkich u_c [-], [%] jest stosunkiem natężenia pojazdów ciężkich do całkowitego natężenia ruchu w danym przekroju w ustalonej jednostce czasu, najczęściej godzinie. Wyrażany jest jako liczba niemianowana lub w procentach.

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem instrukcji jest analityczna metoda wyznaczania przepustowości oraz oceny warunków ruchu na istniejących i planowanych drogach jednojezdniowych, w tym z dodatkowym pasem ruchu do wyprzedzania (tj. przekrój 1/2+1). Warunki ruchu wyrażane w postaci tzw. PSR są oceniane ilościowo i jakościowo, na podstawie mierzalnych parametrów dotyczących gęstości i prędkości potoku ruchu.

1.1. Zakres stosowania i ograniczenia metody

Metoda opisywana w instrukcji przeznaczona jest do analizy warunków ruchu i przepustowości dróg jednojezdniowych zlokalizowanych poza terenami zabudowy. W przypadku dróg o przekroju 1/2 należy ją stosować do oceny warunków ruchu na odcinkach o długości nie mniejszej niż 400 metrów. Wymagania stosowania metody w zakresie długości odcinków dróg o przekroju 1/2+1 opisano w pkt 3.1.

W tablicy nr 1 poniżej zestawiono dopuszczalny zakres parametrów technicznych drogi dla potrzeb niniejszej instrukcji.

Tab. 1. Zakresy parametrów technicznych dróg jednojezdniowych

Parametr projektowy odcinka drogi	Dopuszczalny zakres parametrów
Klasa techniczna	$Z \div S$
Promień łuków w planie R_H [m]	30 ÷ 3 200
Promień łuków niwelety jezdni R_V [m]	nie określono
Typ przekroju poprzecznego	1/2; 1/2+1
Szerokość pasa ruchu s [m]	3,0 ÷ 3,5
Szerokość pobocza utwardzonego s_{up} [m]	0 ÷ 1,5
Średnie ważone pochylenie podłużne i [%]	0,1 ÷ 9
Krętość kr [°/km]	0 ÷ 320 ¹⁾
Procent odcinków z możliwością wyprzedzania p_w [%]	0 ÷ 100
Gęstość zjazdów g_z [zjazdów/km]	0 ÷ 42 ²⁾

1) w przypadku serpentyn, dla których krętość przekracza 320 °/km, do obliczeń należy przyjąć wartość 320 °/km, niezależnie od faktycznej wartości krętości na analizowanym odcinku;

2) w przypadku, gdy gęstość zjazdów jest większa niż 42 należy przyjmować w obliczeniach wartość 42.

Opisywanej metody nie należy stosować w sytuacjach, gdy poddawany analizie odcinek drogi:

- zlokalizowany jest w odległości mniejszej niż 300 m od zwężeń drogi, powstałych w wyniku przejścia drogi dwujezdniowej w drogę jednojezdniową,
- obejmuje odcinki dróg z pasami ruchu do wyprzedzania na wzniesieniach oraz z samodzielnymi pasami ruchu do wyprzedzania niebędące elementami drogi o przekroju 1/2+1,

- obejmuje skrzyżowania lub przejścia dla pieszych z sygnalizacją świetlną, ronda oraz skrzyżowania z zakłóceniami przebiegu ruchu na drodze z pierwszeństwem przejazdu (np. przy braku wydzielonego pasa dla relacji w lewo), które ograniczają płynność przejazdu i powodują zatrzymanie pojazdów,
- znajduje się w strefie oddziaływania kolejek pojazdów oraz przejazdów kolejowo-drogowych,
- obejmuje przejścia przez miejscowości lub zlokalizowany jest w terenie zabudowy oznaczonym znakami D-42 i D-43,
- charakteryzuje się częstymi zakłóceniami przepływu ruchu związanymi np. z parkowaniem pojazdów (np. handel przydrożny), zatrzymywaniem się autobusów lub innymi, powodowanymi przez wzmożony ruch rowerzystów, pieszych.

1.2. Założenia metody

Zastosowana w niniejszej instrukcji metoda określania warunków ruchu i oceny przepustowości opiera się na następujących założeniach:

- w analizie warunków ruchu i przepustowości oba kierunki ruchu występujące na drodze jednojezdniowej uwzględnia się oddzielnie; w przypadku drogi o przekroju 1/2 analizę prowadzi się dla bardziej obciążonego kierunku, a dla dróg 1/2+1 analizę należy przeprowadzić dla obu kierunków ruchu,
- analizę prowadzi się w pojazdach rzeczywistych,
- okresem analizy jest 1 godzina,
- metoda nie uwzględnia czynników losowych i zakłóceń ruchu (takich jak niekorzystne warunki pogodowe, zdarzenia drogowe) oraz nie pozwala na szacowanie częstości i czasu trwania przeciążeń na drodze po wystąpieniu $PSR F$,
- podstawową miarą stosowaną w celu określenia warunków ruchu jest gęstość ruchu, bazująca na średniej prędkości potoku pojazdów i natężeniu miarodajnym,
- klasyfikacja warunków ruchu bazuje na koncepcji PSR ,
- poziomom swobody ruchu można przypisać natężenia krytyczne, będące progowymi wartościami umożliwiającymi ocenę warunków (określenie PSR) ruchu na podstawie natężenia ruchu,
- natężenie krytyczne na poziomie swobody ruchu $PSR E$ utożsamiane jest z przepustowością pasa ruchu.

Dodatkowo, w przypadku oceny warunków ruchu na drogach o przekroju 1/2+1, mają zastosowanie następujące założenia:

- nie przewiduje się oceny przepustowości tych odcinków, ponieważ przepustowość jest ograniczona przez przekrój o jednym pasie ruchu w analizowanym kierunku, co w praktyce oznacza przepustowość drogi jednojezdniowej dwupasowej,
- poprawa warunków ruchu następuje poprzez wzrost wartości prędkości potoku pojazdów na sekcjach o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku,
- na odcinkach jednopasowych występuje zmniejszenie obserwowanej wartości prędkości potoku pojazdów względem odcinka poprzedzającego o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku,

- niezbędny jest podział odcinka o przekroju 1/2+1 na sekcje o dwóch pasach ruchu i jednym pasie ruchu w analizowanym kierunku ruchu,
- wartość prędkości potoku pojazdów na odcinku składowym drogi o przekroju 1/2+1 jest średnią ważoną długościami analizowanych sekcji.

1.3. Rodzaje analiz ruchu oraz procedura oceny warunków ruchu

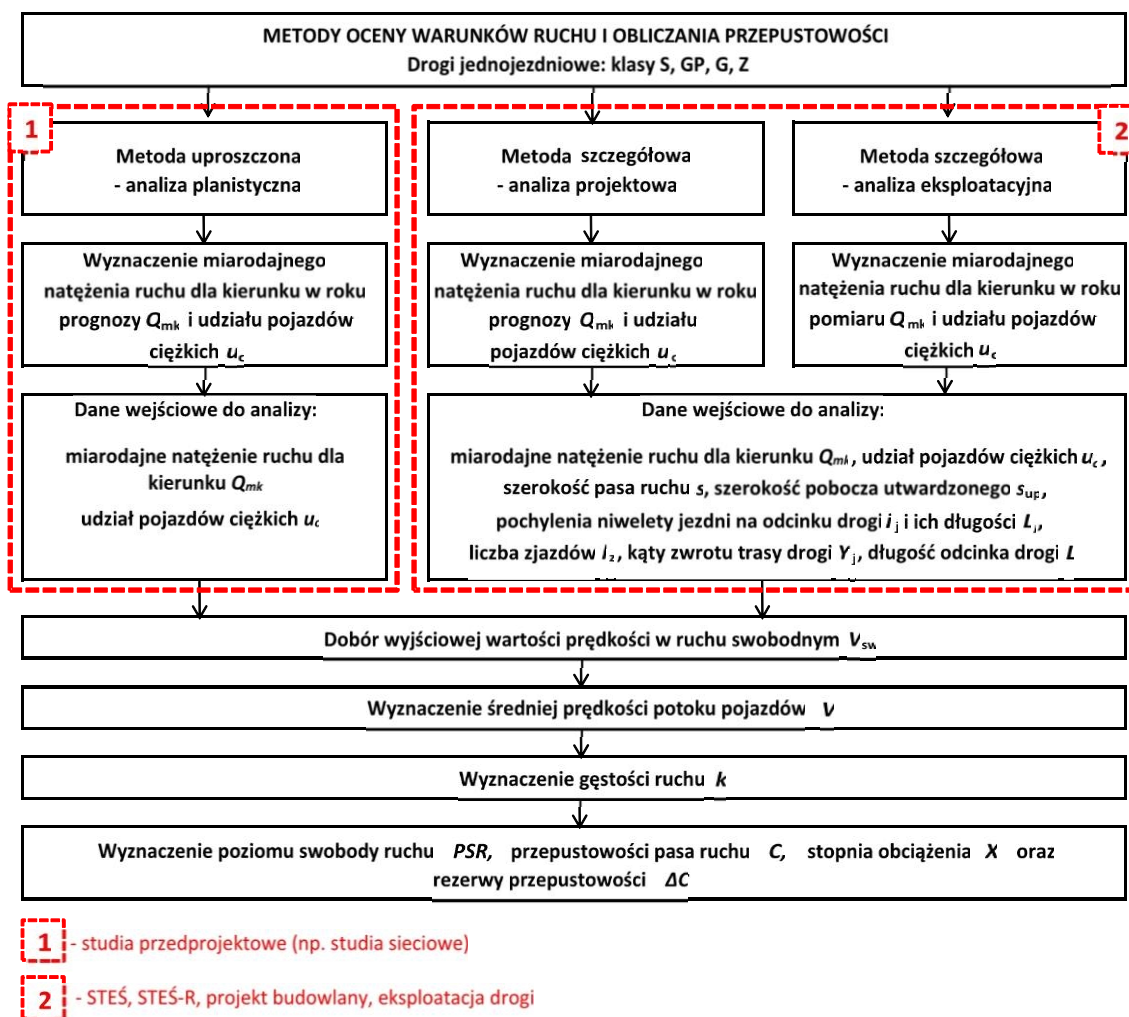
Procedura oceny warunków ruchu i wyznaczania przepustowości, uwzględniająca przyjęte założenia, została przedstawiona w postaci schematu blokowego na rysunku 1. Na schemacie wyróżniono trzy typy analiz, tj. planistyczną, projektową i eksploatacyjną, różniące się typem zastosowanej metody – tj. uproszczoną lub szczegółową.

Ocenę warunków ruchu i obliczenia przepustowości można przeprowadzić metodami uproszczoną (analiza planistyczna) oraz szczegółową (analiza projektowa i eksploatacyjna), różniącymi się przeznaczeniem, wartością miarodajnego natężenia ruchu, które związane jest z przewidywanym horyzontem czasu prowadzonych analiz oraz zestawem dostępnych danych o ruchu.

Analiza planistyczna stanowi jeden z elementów studium sieciowego. Uwzględnia się w niej rozważany przebieg drogi (nowe połączenie) oraz ruch, jaki na niej wystąpi (prognozowane natężenie ruchu). Z uwagi na ograniczony zakres danych o parametrach technicznych dotyczących planowanych dróg stosuje się uproszczoną procedurę analizy, zakładając najbardziej korzystne parametry techniczne drogi, z uwzględnieniem jej planowego przebiegu w terenie oraz charakterystyki terenu.

Analiza projektowa ma zastosowanie na etapie studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego (*STEŚ/ STEŚ-R*) oraz projektu budowlanego. Ponadto, można ją również zastosować w studium sieciowym, w analizie elementów istniejącej sieci drogowej. W analizie projektowej uwzględnia się przyszłe rozwiązanie drogi (parametry geometryczne) oraz ruch, jaki na niej wystąpi (prognozowane natężenie ruchu). Analiza przeprowadzana na tym etapie pozwala sprawdzić czy dobrany przebieg drogi i jej parametry pozwalają uzyskać wymaganą przez zarządcę drogi jakość warunków ruchu (PSR, prędkość potoku, czas przejazdu odcinka). W tej analizie stosuje się metodę szczegółową, uwzględniającą większy zakres parametrów technicznych drogi.

Analiza eksploatacyjna dotyczy bieżącego użytkowania drogi. Może być prowadzona z uwzględnieniem pomierzonego natężenia reprezentującego rok, w którym prowadzona jest analiza, jak też z uwzględnieniem zmieniającego się w czasie natężenia (wahania w ciągu doby, tygodnia i roku). Analiza ta pozwala scharakteryzować ilościowo i jakościowo warunki ruchu na istniejącej drodze, jak i ich zmienność w czasie. Jej wyniki mogą być wykorzystane w zarządzaniu drogą, ocenie jej niezawodności, a także przy podejmowaniu decyzji o potrzebie wprowadzenia zmian w regulacji przebiegu ruchu (zarządzanie prędkością, oznakowanie) czy też zmian geometrycznych (pasy ruchu do wyprzedzania, dobudowa drugiej jezdni).



Rys. 1. Schemat określania warunków ruchu i wyznaczania przepustowości na drogach jednojezdniowych

1.4. Dane wejściowe do analizy

Przed przystąpieniem do obliczeń warunków ruchu na odcinku drogi lub jego obliczeniowym odcinku składowym niezbędne jest określenie rodzaju analizy (planistyczna, projektowa lub eksploatacyjna) oraz zestawu danych, które umożliwią wybór toku postępowania, a także dobór wartości parametrów. Zestaw wejściowy do obliczeń obejmuje: dane ruchowe, dane dotyczące geometrii drogi i jej otoczenia oraz dane o dostępności do drogi, zgodnie z zakresem stosowania i ograniczeniami określonymi w pkt 1.1.

Dane do obliczeń są zbiorem czynników determinujących miary warunków ruchu i przepustowość odcinka drogi oraz wpływają na sposób prowadzenia obliczeń. Od staranności przygotowania danych do obliczeń oraz ich reprezentatywności zależy wiarygodność końcowych wyników obliczeń. Poniżej wymieniono najważniejsze parametry.

Parametry geometryczne i otoczenia drogi:

- klasa techniczna i przekrój drogi jednojezdniowej: 1/2 lub 1/2+1,
- szerokość pasa ruchu [m] i obecność poboczy gruntowych lub utwardzonych,
- szerokość poboczy utwardzonych [m],

- długość analizowanego odcinka w planie [m],
- kąty zwrotu [o] trasy odcinka drogi,
- pochylenia podłużne niwelety drogi [%] na analizowanym odcinku oraz ich długości [m],
- długość odcinków jedno i dwupasowych o przekroju 1/2+1 [m], w kierunku analizowanym oraz ich rozkład na długości odcinka składowego,
- gęstość zjazdów po obu stronach drogi [zjazdów/km].

Parametry ruchowe drogi:

- miarodajne godzinowe natężenie ruchu dla przekroju drogi, [poj./h],
- udział pojazdów ciężkich w ruchu [%].

1.5. Wybór odcinków do analizy

Odcinek drogi przyjęty do analizy powinien spełniać podane poniżej wymagania odnośnie jego lokalizacji i długości oraz jednorodności cech geometrycznych i ruchowych. Określone zostały też potrzeby i reguły podziału odcinka na obliczeniowe odcinki składowe.

1.5.1. Wymagania dotyczące analizowanego odcinka

Podstawowe wymagania dotyczące analizowanego odcinka zamiejskiej drogi jednojezdniowej:

- parametry techniczne odcinka powinny być zgodne z zakresem określonym w pkt 1.1.,
- odcinek nie powinien zawierać skrzyżowań, na których ruch na tej drodze byłby zatrzymywany (sygnalizacja świetlna, znak podporządkowania) lub natężenie ruchu znacznie (tj. o więcej niż 100 poj./h) zmieniałoby się przed i za skrzyżowaniem,
- odcinek nie powinien się zaczynać i kończyć w odległości mniejszej od skrzyżowania niż wynosi strefa oddziaływania skrzyżowania; metoda nie uwzględnia zmian prędkości pojazdów jakie występują w strefie oddziaływania skrzyżowania,
- początek lub koniec odcinka może być również związany ze zmianą klasy drogi lub jej zarządcy,
- w przypadku odcinka zawierającego obliczeniowy odcinek składowy 1/2+1, całkowita długość powinna obejmować długość składowej 2+1 oraz odcinki składowe 1/2 przed i za przekrojem 1/2+1 o długości co najmniej 300 m,
- odcinek powinien posiadać na całej długości jednakowy przekrój poprzeczny drogi (szerokość pasa ruchu, rodzaj i szerokość pobocza); nie dotyczy to dróg o przekroju 1/2+1, na których może występować zróżnicowanie przekroju na odcinku ze składową 2+1.

1.5.2. Podział odcinka na składowe

W uzasadnionych przypadkach niezbędny jest podział analizowanego odcinka na obliczeniowe odcinki składowe. Poniżej wymieniono sytuacje, w których konieczne jest wydzielenie takich odcinków i analizowanie ich jako obliczeniowe odcinki składowe:

- wyraźne zróżnicowanie pochyłeń podłużnych na długości odcinka, tj. gdy różnica w wartościach bezwzględnych pochyłeń sąsiednich odcinków wynosi co najmniej 4%,
- zmiany przekroju poprzecznego (np. 1/2+1),

- jeżeli w profilu podłużnym analizowanego odcinka występują pochylenia niwelety większe od 6% o długości co najmniej 900 m, lub pochylenia większe od 8% o długości co najmniej 600 m,
- w przypadku gdy analizowany odcinek drogi zawiera na pewnej części przekrój 1/2+1, wówczas należy ją wydzielić jako obliczeniowy odcinek składowy; odcinki składowe o przekroju podstawowym 1/2, tj. poprzedzający jak i następujący po odcinku składowym 1/2+1, nie powinny być krótsze niż 300 m.

Podział odcinków o przekroju 1/2+1 na składowe. Dodatkowe informacje o sposobie podziału odcinka o przekroju 1/2+1 zawarte zostały w pkt 3.

2. PROCEDURA OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI DLA ODCINKÓW O PRZEKROJU 1/2

W niniejszym punkcie opisano procedurę oceny warunków ruchu i obliczania przepustowości dla odcinków dróg jednojezdniowych o przekroju 1/2. Poszczególne elementy procedury są zgodne ze schematem zaprezentowanym na rysunku 2. Opisywana procedura jest wspólna dla odcinków o przekroju 1/2 i 1/2+1. Przy czym, w przypadku odcinków o przekroju 1/2+1, ze względu na inną specyfikę podziału na odcinki składowe oraz inne podejście do wyznaczania prędkości średniej, elementy te zostały opisane w pkt 3.

2.1. Wyznaczenie miarodajnego natężenia ruchu dla kierunku

Wartość miarodajnego godzinowego natężenia ruchu w przekroju drogi (tj. łącznie w obu kierunkach) należy ustalić zgodnie z aktualnie obowiązującym zarządzeniem Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad w sprawie sposobu obliczania miarodajnego godzinowego natężenia ruchu drogowego na drogach krajowych, dostępnym w Dzienniku Urzędowym GDDKiA.

Dla wybranych Stacji Ciągłych Pomiarów Ruchu (SCPR) obliczana jest wartość miarodajnego godzinowego natężenia ruchu dla każdego z kierunków ruchu oddzielnie. W takiej sytuacji należy przyjąć do obliczeń większą z obliczonych wielkości. W przypadku braku możliwości określenia natężenia miarodajnego dla kierunku, należy przyjąć natężenie miarodajne Q_m^{50} określone dla przekroju drogi i przeliczyć je na natężenie miarodajne w analizowanym kierunku ruchu korzystając z poniższego wzoru:

$$Q_{mk} = u_{sk} \times Q_m^{50} \quad [\text{poj./h}] \quad (1)$$

W większości typowych zamiejskich przekrojów dróg jednojezdniowych uśredniona struktura kierunkowa ruchu w godzinie miarodajnej wynosi 60/40. Tym samym wartość współczynnika u_{sk} do obliczenia miarodajnego natężenia ruchu w kierunku analizy należy przyjąć dla kierunku dominującego jako:

$$u_{sk} = 0,6$$

W szczególnych przypadkach (np. drogi dojazdowe do dużych miast, drogi prowadzące do granic kraju) struktura kierunkowa może istotnie odbiegać od przyjętego podziału, w takich sytuacjach konieczne jest uzasadnienie i uzyskanie zgody komórki organizacyjnej Centrali GDDKiA odpowiedzialnej za analizy i pomiary ruchu.

2.2. Dobór wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym

Wyjściową prędkość w ruchu swobodnym V_{sw} należy dobierać na podstawie szerokości składowych korytarza ruchu, którymi są:

- szerokość pasa ruchu w przypadku przekroju bez utwardzonych poboczy lub
- szerokość pasa ruchu oraz szerokość utwardzonego pobocza w przypadku przekroju z utwardzonymi poboczami.

Tablica 2 zawiera wartości wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym w zależności od przypadku.

Tab. 2. Dobór wartości wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym V_{sw}

Przypadek	Szerokość składowych korytarza ruchu [m]	Wyjściowa prędkość w ruchu swobodnym V_{sw} [km/h]
1	$s = 3,0$ m	92,0
2	$s = 3,5$ m	92,6
3	$s = 3,5$ m z opaską	93,2
4	$s = 3,5$ m z $s_{up} = 1,0$ m	93,8
5	$s = 3,5$ m z $s_{up} = 1,5$ m	94,4
6	droga klasy technicznej S, jednojezdniowa	104,4

W przypadku potrzeby zastosowania wartości pośrednich parametrów pasa ruchu (s – szerokość jezdni lub s_{up} – szerokość utwardzonego pobocza), prędkość w ruchu swobodnym można wyznaczyć z interpolacji liniowej.

2.3. Wyznaczanie średniej prędkości potoku pojazdów

Średnią prędkość potoku pojazdów wyznacza się ze wzoru:

$$V = V_{sw} - 0,0272 \cdot Q_{mk} - 0,10 \cdot kr - 0,125 \cdot g_z - 0,145 \cdot |i_w| \cdot u_c \quad [\text{km/h}] \quad (2)$$

gdzie:

- V – średnia prędkość potoku pojazdów [km/h],
- V_{sw} – wyjściowa prędkość pojazdów w ruchu swobodnym [km/h] według tablicy 2,
- Q_{mk} – miarodajne natężenie ruchu w analizowanym kierunku wyznaczone zgodnie z opisem w pkt 2.1. powyżej [poj./h],
- kr – krętość [°/km],
- g_z – gęstość zjazdów po obu stronach analizowanego odcinka drogi [zjazdów/km],
- i_w – średnie ważone pochylenie podłużne niwelety jezdni [%],
- u_c – udział w ruchu pojazdów ciężkich [%].

Wyznaczona ze wzoru (2) wartość średniej prędkości potoku pojazdów jest podstawą do wyznaczenia gęstości ruchu i określenia poziomu swobody ruchu PSR . Może być też wykorzystana do oceny czy droga spełnia określone przez zarządcę wymagania.

2.3.1. Postępowanie w przypadku, gdy analizowany odcinek został podzielony na odcinki składowe

Jeżeli analizowany odcinek drogi o przekroju 1/2 został podzielony na odcinki składowe i dla każdego odcinka składowego wyznaczona została średnia prędkość potoku pojazdów, to dla poprawnej oceny warunków ruchu na całym analizowanym odcinku należy określić średnią ważoną prędkość potoku pojazdów, z uwzględnieniem prędkości na odcinkach składowych i ich długości, według następującego wzoru:

$$V_w = \frac{\sum V_j \cdot L_j}{L} \quad [\text{km/h}] \quad (3)$$

gdzie:

- V_w – średnia ważona prędkość potoku pojazdów na całym analizowanym odcinku drogi, składającym się z kilku odcinków składowych [km/h],
- V_j – średnia prędkość potoku pojazdów na j -tym odcinku składowym [km/h] wyznaczona ze wzoru (2),
- L_j – długość j -tego odcinka składowego [km],
- L – długość całkowita analizowanego odcinka, będąca sumą długości odcinków składowych L_j [km].

Powyższe postępowanie jest właściwe tylko w sytuacji, gdy na każdym z analizowanych odcinków składowych PSR jest nie niższy niż *PSR D*. Jeżeli na jednym z odcinków składowych wyznaczony został PSR *E* lub *F*, wówczas należy przyjąć, że cały analizowany odcinek będzie charakteryzował tak samo niski PSR.

Wyznaczona ze wzoru (3) średnia ważona prędkość potoku pojazdów jest następnie podstawą do obliczenia gęstości ruchu. Gęstość ruchu należy wyznaczyć ze wzoru (4), a PSR dla całego analizowanego odcinka odczytać z tablicy 3.

2.4. Wyznaczenie gęstości ruchu

Gęstość ruchu należy obliczyć według poniższego wzoru:

$$k = \frac{Q_{mk}}{V} \quad [\text{poj./km}] \quad (4)$$

gdzie:

- k – gęstość ruchu [poj./km],
- Q_{mk} – miarodajne natężenie ruchu w analizowanym kierunku [poj./h],
- V – średnia prędkość potoku pojazdów [km/h] wyznaczona z wzoru (2) lub (3).

2.5. Określenie poziomu swobody ruchu (PSR)

Na podstawie obliczonej gęstości ruchu na analizowanym odcinku drogi i pasie ruchu należy odczytać PSR z tablicy 3.

Tab. 3. PSR w zależności od gęstości ruchu na pasie drogi jednojezdniowej

PSR	Gęstość ruchu na pasie k [poj./km]
A	[0 – 5]
B	(5 – 10]
C	(10 – 15]
D	(15 – 20]
E	(20 – 25]
F	powyżej 25

UWAGA: Wymaganą jakość ruchu (*PSR*) dla projektowanej drogi określa inwestor lub zarządca drogi.

2.6. Oszacowanie przepustowości odcinka, stopnia jej wykorzystania oraz rezerwy przepustowości

Na podstawie przeprowadzonych analiz empirycznych przepustowości ustalono, że największa wartość przepustowości pasa ruchu w danym kierunku, w bardzo dobrych warunkach, przy braku ograniczeń wynikających z geometrii drogi i jej otoczenia (tj. prosty odcinek drogi $s = 3,5$ m, $i_w = 0,3\%$, $g_z = 0$ zjazdów/km) oraz cech ruchowych ($u_c = 0\%$) przy ustalonej gęstości ruchu $k = 25$ poj./km wynosi 1380 poj./h (tj. przepustowość bazowa). Przepustowość pasa ruchu *C*, przy takich założeniach, jest zatem osiągnięta przy prędkości optymalnej potoku pojazdów (V_{op}) wynoszącej 55 km/h.

W celu wyznaczenia wartości przepustowości w warunkach drogowo-ruchowych, innych niż wymienione powyżej, należy skorzystać ze wzoru:

$$C = 14,881 \cdot (V_{sw} - 0,10 \cdot kr - 0,125 \cdot g_z - 0,145 \cdot |i_w| \cdot u_c) \quad [\text{poj./h}] \quad (5)$$

Stopień wykorzystania przepustowości. Wykorzystując wyznaczoną wartość przepustowości *C* pasa ruchu na analizowanym odcinku drogi, można wyliczyć stopień wykorzystania przepustowości *X* z następującego wzoru:

$$X = \frac{Q_{mk}}{C} \quad [-] \quad (6)$$

gdzie:

- X* – stopień wykorzystania przepustowości w analizowanym kierunku [-],
- Q_{mk} – miarodajne natężenie ruchu w analizowanym kierunku [poj./h],
- C* – przepustowość w analizowanym kierunku [poj./h].

Rezerwa przepustowości. Rezerwę przepustowości ΔC analizowanego odcinka drogi w danym kierunku obliczyć można ze wzoru:

$$\Delta C = C - Q_{mk} \quad [\text{poj./h}] \quad (7)$$

gdzie:

- ΔC – rezerwa przepustowości analizowanego odcinka drogi w danym kierunku ruchu [poj./h],
- C – przepustowość w analizowanym kierunku [poj./h],
- Q_{mk} – natężenie miarodajne ruchu w analizowanym kierunku [poj./h].

Powyższe pośrednie miary warunków ruchu można stosować jedynie jako dodatkowe, po uprzednim wyznaczeniu gęstości ruchu, która jest podstawą w ocenie warunków ruchu na analizowanym kierunku drogi jednojezdniowej.

2.7. Oszacowanie natężenia krytycznego dla PSR_i

W celu określenia przy jakim natężeniu ruchu, w danych warunkach ruchowych i geometrycznych, nastąpi na analizowanym odcinku zmiana PSR należy obliczyć wartość tzw. natężenia krytycznego. Do obliczenia natężenia krytycznego Q_k^i dla określonego PSR_i stosuje się następujący wzór:

$$Q_k^i = \frac{1}{\frac{1}{k_{PSR_i}} + 0,0272} \cdot (V_{sw} - 0,10 \cdot kr - 0,125 \cdot g_z - 0,145 \cdot |i_w| \cdot u_c) \quad [\text{poj./h}] \quad (8)$$

gdzie:

- Q_k^i – natężenia krytyczne dla i -tego poziomu swobody ruchu PSR_i [poj./h],
- k_{PSR_i} – graniczna gęstość ruchu występująca przy przejściu z PSR_i na PSR_{i+1} według tablicy 3 [poj./km],
- V_{sw} – wyjściowa prędkość pojazdów w warunkach swobodnych [km/h] według tablicy 2,
- kr – krętość [$^\circ$ /km],
- g_z – gęstość zjazdów [zjazdów/km],
- i_w – średnioważone pochylenie podłużne [%],
- u_c – udział pojazdów ciężkich w ruchu [%].

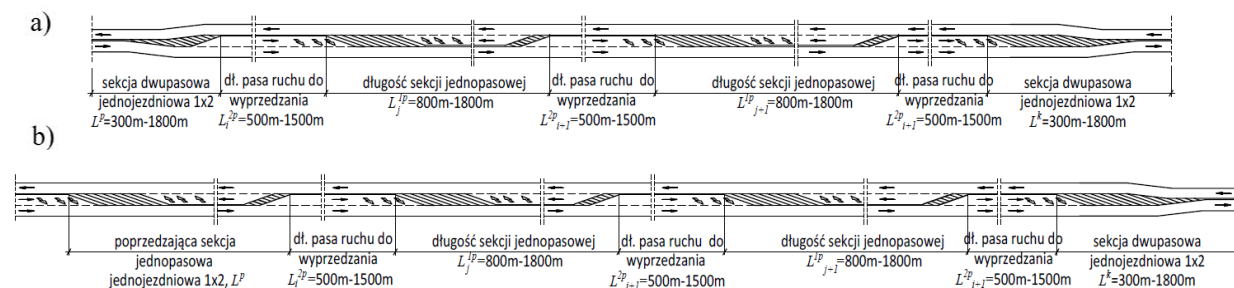
3. PROCEDURA OCENY WARUNKÓW RUCHU I OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI DLA ODCINKÓW O PRZEKROJU 1/2+1

Procedura oceny warunków ruchu na drogach o przekroju 1/2+1 jest w dużej mierze analogiczna jak w przypadku dróg o przekroju 1/2 opisanych w pkt 2. Różnice dotyczą sposobu podziału odcinka na składowe oraz wyznaczania prędkości średniej. Istotnym elementem oceny warunków ruchu na drogach o przekroju 1/2+1 jest obligatoryjny podział analizowanego odcinka na sekcje o dwóch pasach ruchu ($2p$) i sekcje o jednym pasie ruchu ($1p$) dla każdego kierunku ruchu. Analizę warunków ruchu należy prowadzić w każdym z kierunków oddzielnie.

Poniżej opisano poszczególne kroki procedury obliczeniowej.

3.1. Podział odcinka na sekcje o różnej liczbie pasów ruchu

Analizowany odcinek drogi o przekroju 1/2+1 należy podzielić na sekcje o dwóch pasach ruchu ($2p$, tj. sekcje *i-te*) i sekcje o jednym pasie ruchu ($1p$, tj. sekcje *j-te*) w danym kierunku poruszania się pojazdów. Na podstawie rozwiązania geometrycznego należy określić, które elementy ocenianego odcinka będą uwzględniane w analizie warunków ruchu oraz długości poszczególnych sekcji zgodnie z rysunkiem 2 (przypadek *a* albo *b*).



Rys. 2. Schemat podziału odcinka o przekroju 1/2+1 na sekcje obliczeniowe

UWAGA: Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami technicznymi dla dróg o takim przekroju, długość odcinków o dwóch pasach ruchu powinna mieścić się w zakresie 500 m ÷ 1 500 m. Natomiast długość odcinków o przekroju jednopasowym w analizowanym kierunku ruchu, pomiędzy sekcjami dwupasowymi, powinna zawierać się w zakresie 800 m ÷ 1 800 m. W przypadku odcinków nietypowych, dłuższych niż ww. należy przyjmować jak poniżej:

- odcinki jednopasowe o długości powyżej 1800 m – należy traktować jako odcinki o przekroju 1/2 i ocenę warunków ruchu przeprowadzać zgodnie z procedurą opisaną w pkt 2,
- odcinki dwupasowe o długości o powyżej 1500 m – wartości zmian prędkości należy przyjmować jak dla odcinka o długości 1500 m (stosowanie dłuższych odcinków do wyprzedzania nie wnosi dalszego wzrostu prędkości).

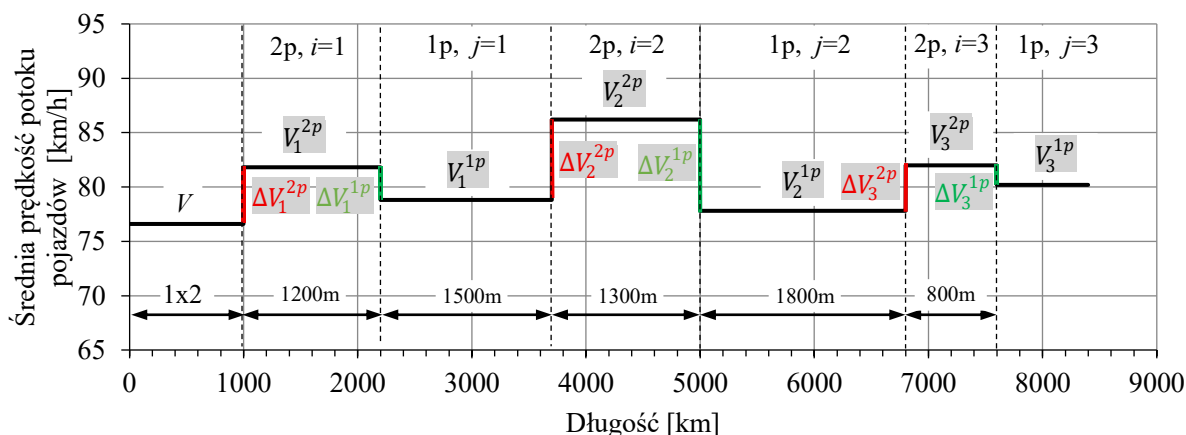
3.2. Wyznaczanie prędkości potoku pojazdów na odcinku poprzedzającym odcinek o przekroju 1/2+1

Przed przystąpieniem do oceny warunków ruchu na odcinku o przekroju 1/2+1 należy w pierwszej kolejności przeprowadzić analizę dla odcinka poprzedzającego o przekroju 1/2, zgodnie z procedurą opisaną w pkt 2. Prędkość potoku pojazdów V na odcinku o przekroju 1/2, poprzedzającym pierwszą sekcję odcinka o przekroju 1/2+1, wyznaczona według wzoru (2), jest wyjściową wartością do szacowania prędkości potoku pojazdów na kolejnych analizowanych sekcjach odcinka drogi 1/2+1.

W przypadku, gdy przekrój 1/2+1 rozpoczyna się od skrzyżowania, wówczas należy pominąć pierwszą sekcję dwupasową i zacząć ocenę od kolejnej, która jest poprzedzona odcinkiem o jednym pasie ruchu.

3.3. Wyznaczenie prędkości potoku pojazdów na kolejnych sekcjach odcinka składowego 1/2+1

Wprowadzenie dodatkowego pasa ruchu do wyprzedzania powoduje pojawienie się możliwości łatwiejszej realizacji manewru wyprzedzania. Wraz z występowaniem manewrów wyprzedzania wzrasta prędkość potoku pojazdów na odcinkach z dodatkowym pasem ruchu do wyprzedzania oraz spada na odcinkach o jednym pasie ruchu, zgodnie z rysunkiem 3.



Rys. 3. Zmiany prędkości potoku pojazdów na odcinkach składowych drogi o przekroju 1/2+1

Wielkość zmian (wzrostu) prędkości potoku pojazdów na kolejnych sekcjach odcinków 1/2+1 o dwóch pasach ruchu ΔV_i^{2p} , względem prędkości potoku pojazdów na odcinku poprzedzającym o przekroju 1/2 V , zależy od natężenia ruchu, udziału pojazdów ciężkich oraz długości kolejnych sekcji. Prędkość potoku pojazdów na kolejnych sekcjach o jednym jak i o dwóch pasach ruchu należy wyznaczać z uwzględnieniem wielkości zmian prędkości potoku pojazdów ΔV_j^{1p} , ΔV_{i+1}^{2p} , ΔV_{j+1}^{1p} .

W tabelach A i B załącznika do niniejszej instrukcji zestawiono wartości zmian prędkości potoku pojazdów uśrednione na całej analizowanej sekcji, w zależności od miarodajnego natężenia ruchu, udziału pojazdów ciężkich oraz długości sekcji. Te lokalne zmiany prędkości

związane są z przyspieszaniem i opóźnianiem, głównie z powodu realizowania manewru wyprzedzania. W tabeli A załącznika wyróżniono zmiany prędkości na pierwszych sekcjach dwupasowych (*i-te*) i jednopasowych (*j-te*), a w tabeli B załącznika zmiany na kolejnych sekcjach dwupasowych i jednopasowych (odpowiednio $i + 1, \dots, i + n$ oraz $j + 1, \dots, j + n$). W przypadku potrzeby zastosowania wartości pośrednich, niepodanych w tabelach A i B załącznika, wartość zmian prędkości potoku pojazdów należy wyznaczyć z interpolacji liniowej, natomiast wartość udziału pojazdów ciężkich należy zaokrąglić do 5%.

Prędkość potoku pojazdów na poszczególnych sekcjach należy wyznaczać według następujących wzorów:

- prędkość potoku pojazdów na pierwszej sekcji, o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku, następującej po sekcji drogi dwupasowej jednojezdniowej lub o jednym pasie ruchu w kierunku jazdy (wyznaczana z tabeli A załącznika):

$$V_i^{2p} = V + \Delta V_i^{2p} \quad [\text{km/h}] \quad (9),$$

- prędkość potoku pojazdów na pierwszej sekcji, o jednym pasie ruchu w jednym kierunku, następującej po pierwszej sekcji o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku (wyznaczana z tabeli A załącznika):

$$V_j^{1p} = V_i^{2p} + \Delta V_j^{1p} \quad [\text{km/h}] \quad (10),$$

- prędkość potoku pojazdów na każdej kolejnej sekcji, o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku, następującej po sekcji o jednym pasie ruchu w jednym kierunku (wyznaczana z tabeli B załącznika):

$$V_{i+1}^{2p} = V_j^{1p} + \Delta V_{i+1}^{2p} \quad [\text{km/h}] \quad (11),$$

- prędkość potoku pojazdów na każdej kolejnej sekcji, o jednym pasie ruchu w jednym kierunku, następującej po sekcji o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku (wyznaczana z tabeli B załącznika):

$$V_{j+1}^{1p} = V_{i+1}^{2p} + \Delta V_{j+1}^{1p} \quad [\text{km/h}] \quad (12).$$

Przedstawione powyżej obliczenia należy przeprowadzić na wszystkich sekcjach o różnej liczbie pasów ruchu na analizowanym odcinku składowym drogi o przekroju 1/2+1.

Ostatnia sekcja składowa odcinka drogi 1/2+1 jest oznaczana jako L^k . Prędkość dla tej sekcji (V^k) wyznacza się analogicznie jak dla każdej kolejnej sekcji.

3.4. Wyznaczenie prędkości potoku pojazdów na odcinku z dodatkowym pasem

Prędkość potoku pojazdów na całym analizowanym odcinku drogi o przekroju 1/2+1 V^{2+1} , będącą podstawą do wyznaczenia gęstości ruchu, należy wyznaczyć jako średnią ważoną prędkość potoku pojazdów na analizowanym odcinku drogi podzielonym na sekcje o długości L , według opisu wskazanego w pkt 3.1. i wartości prędkości potoku pojazdów na poszczególnych sekcjach oszacowanych według wzorów (9) ÷ (12):

$$V^{2+1} = \frac{V \cdot L^p + \sum_{i=1}^n V_i^{2p} \cdot L_i^{2p} + \sum_{j=1}^m V_j^{1p} \cdot L_j^{1p} + V^k \cdot L^k}{L^p + \sum_{i=1}^n L_i^{2p} + \sum_{j=1}^m L_j^{1p} + L^k} \quad [\text{km/h}] \quad (13)$$

gdzie:

- V – prędkość potoku pojazdów na odcinku o przekroju 1/2 poprzedzającym pierwszy odcinek składowy 1/2+1 [km/h], szacowana według pkt 2,
- L^p – długość sekcji poprzedzającej pierwszy odcinek składowy 1/2+1 [m]; wartości tej nie uwzględnia się w analizie prędkości potoku pojazdów gdy $L^p > 1\,800$ m; jeśli jest to sekcja o przekroju dwupasowym jednojezdniowym (1/2) długość L^p powinna wynosić nie mniej niż 300 m,
- V^k – prędkość potoku pojazdów na końcowym odcinku składowym drogi 1/2+1 [km/h] uwzględniana tylko w przypadku zakresu długości od 300 m do 1 800 m,
- L^k – długość sekcji końcowej odcinka składowego 1/2+1 [m]; sekcję końcową uwzględnia się w analizie prędkości potoku pojazdów gdy długość L^k jest większa od 300 m i mniejsza od 1 800 m.

Pozostałe oznaczenia według objaśnień do wzorów (9) - (12).

3.5. Ocena warunków ruchu

Ocenę warunków ruchu na odcinkach dróg o przekroju 1/2+1 należy przeprowadzić w sposób analogiczny jak w przypadku dróg jednojezdniowych o przekroju 1/2. W obliczeniach gęstości ruchu na odcinku drogi o przekroju 1/2+1 należy uwzględnić wyłącznie jeden pas ruchu w kierunku analizowanym.

Wyznaczona ze wzoru (13) średnia ważona prędkość potoku pojazdów na odcinku drogi o przekroju 1/2+1 V^{2+1} , jest podstawą do obliczenia gęstości ruchu. Gęstość ruchu należy wyznaczyć ze wzoru (4) podstawiając jako V wielkość V^{2+1} . PSR na całym analizowanym odcinku o przekroju 1/2+1 należy następnie odczytać z tabeli 3.

Ocenę warunków ruchu dla przekroju 1/2+1 należy przeprowadzić w każdym z kierunków oddzielnie. Wynikiem analizy jest przyjęcie bardziej niekorzystnych warunków ruchu z dwóch analizowanych kierunków.

SPIS TABEL

1. Zakresy parametrów technicznych dróg jednojezdniowych	6
2. Dobór wartości wyjściowej prędkości w ruchu swobodnym V_{sw}	13
3. PSR w zależności od gęstości ruchu na pasie drogi jednojezdniowej	14

SPIS RYSUNKÓW

1. Schemat określania warunków ruchu i wyznaczania przepustowości na drogach jednojezdniowych	9
2. Schemat podziału odcinka o przekroju 1/2+1 na sekcje obliczeniowe	17
3. Zmiany prędkości potoku pojazdów na odcinkach składowych drogi o przekroju 1/2+1	18

ZAŁĄCZNIK

Załącznik – Wartości zmian prędkości potoku pojazdów na poszczególnych sekcjach odcinka drogi o przekroju 1/2+1

TABELA A. Wartości zmian prędkości potoku pojazdów na odcinkach dróg o przekroju 1/2+1
– pierwsza sekcja dwu- i jednopasowa

Q_{mk} [P/h]	Różnica prędkości na pierwszej sekcji dwupasowej ΔV_i^{2p} , $i = 1$ (km/h)							Różnica prędkości na pierwszej sekcji jednopasowej ΔV_j^{1p} , $j = 1$ (km/h)						
	$L_i = 500$ m							$L_j = 800$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
200	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,9	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
300	0,4	0,8	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
400	0,5	0,9	1,3	1,2	1,1	0,8	0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
500	0,6	0,9	1,1	1,0	0,8	0,2	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
600	0,6	0,6	0,6	0,4	0,1	–	–	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
700	0,6	0,2	0,0	–	–	–	–	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
800	0,6	–	–	–	–	–	–	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
900	0,5	–	–	–	–	–	–	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
1 000	0,4	–	–	–	–	–	–	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
1 100	0,3	–	–	–	–	–	–	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 700$ m							$L_j = 1 000$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
200	0,6	0,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
300	0,9	1,4	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
400	1,2	1,8	2,4	2,2	2,1	1,9	1,7	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
500	1,4	1,9	2,5	2,3	2,2	1,7	1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4
600	1,5	1,9	2,3	2,1	1,9	1,1	0,4	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
700	1,6	1,7	1,8	1,5	1,2	0,1	–	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
800	1,6	1,3	1,0	0,6	0,3	–	–	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
900	1,6	0,7	0,0	–	–	–	–	-1,3	-1,5	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
1 000	1,5	–	–	–	–	–	–	-0,8	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
1 100	1,4	–	–	–	–	–	–	-0,6	-1,0	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 900$ m							$L_j = 1 200$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
200	0,9	1,3	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
300	1,4	2,0	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4
400	1,8	2,6	3,4	3,3	3,2	3,0	2,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8
500	2,1	3,0	3,8	3,7	3,6	3,2	2,8	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1
600	2,4	3,2	3,9	3,8	3,6	3,0	2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4
700	2,6	3,2	3,8	3,6	3,4	2,5	1,6	-2,5	-2,5	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6
800	2,7	3,0	3,3	3,1	2,9	1,7	0,5	-2,6	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7
900	2,7	2,7	2,6	2,3	2,1	0,5	–	-2,3	-2,5	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7
1 000	2,7	2,1	1,6	1,3	1,0	–	–	-1,4	-2,0	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7
1 100	2,5	1,4	0,2	–	–	–	–	-1,1	-1,8	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1 100$ m							$L_j = 1 400$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
200	1,2	1,6	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
300	1,7	2,4	3,1	3,0	3,0	2,8	2,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7
400	2,2	3,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,4	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2
500	2,6	3,6	4,6	4,5	4,4	4,0	3,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6
600	2,9	3,9	5,0	4,8	4,7	4,1	3,6	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9
700	3,1	4,1	5,1	4,9	4,7	4,0	3,2	-3,0	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
800	3,2	4,1	4,9	4,7	4,5	3,5	2,4	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
900	3,2	3,9	4,5	4,3	4,1	2,7	1,3	-2,8	-3,0	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
1 000	3,1	3,5	3,8	3,6	3,4	1,6	–	-1,9	-2,5	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
1 100	3,0	2,9	2,9	2,6	2,4	–	–	-1,5	-2,3	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0

TABELA A – c.d.

	Różnica prędkości na pierwszej sekcji dwupasowej ΔV_i^{2p} , $i = 1$ (km/h)							Różnica prędkości na pierwszej sekcji jedenpasowej ΔV_j^{1p} , $j = 1$ (km/h)						
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1300$ m							$L_j = 1600$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
200	1,3	1,7	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
300	1,9	2,5	3,2	3,2	3,1	2,9	2,7	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9
400	2,3	3,2	4,1	4,1	4,0	3,7	3,4	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3
500	2,7	3,8	4,8	4,7	4,6	4,2	3,8	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7
600	3,0	4,1	5,3	5,2	5,1	4,5	3,9	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
700	3,1	4,4	5,6	5,4	5,3	4,5	3,7	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
800	3,2	4,4	5,7	5,5	5,3	4,2	3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
900	3,1	4,3	5,6	5,3	5,0	3,7	2,4	-2,9	-3,0	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
1000	3,0	4,1	5,2	4,9	4,6	3,0	1,3	-2,4	-2,7	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
1100	2,7	3,7	4,6	4,3	3,9	1,9	0,0	-2,0	-2,4	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1500$ m							$L_j = 1800$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
200	1,4	1,8	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4
300	2,0	2,6	3,3	3,3	3,2	3,0	2,8	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
400	2,4	3,4	4,3	4,2	4,1	3,8	3,5	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4
500	2,8	3,9	5,1	5,0	4,9	4,4	3,9	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
600	3,0	4,4	5,7	5,6	5,4	4,8	4,2	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
700	3,2	4,7	6,2	6,0	5,8	5,0	4,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
800	3,2	4,8	6,5	6,2	6,0	5,0	4,0	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2	-3,2
900	3,0	4,8	6,6	6,3	6,0	4,7	3,5	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
1000	2,8	4,7	6,6	6,2	5,8	4,3	2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
1100	2,4	4,4	6,4	5,9	5,4	3,7	2,0	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4	-2,4

TABELA B. Wartości zmian prędkości potoku pojazdów na odcinkach dróg o przekroju 1/2+1 – kolejne sekcje dwu- i jednopasowa

Q_{mk} [P/h]	Różnica prędkości na kolejnych sekcjach dwupasowych ΔV_i^{2p} , $i > 1$ (km/h)							Różnica prędkości na kolejnych sekcjach jednopasowych ΔV_j^{1p} , $j > 1$ (km/h)						
	$L_i = 500$ m							$L_j = 800$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	0,5	0,2	0,3	0,5	1,1	1,4	1,8	-0,5	-0,2	-0,3	-0,5	-1,1	-1,4	-1,8
200	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,0	1,9	-1,4	-1,5	-1,6	-1,8	-2,0	-2,0	-1,9
300	2,1	2,3	2,6	2,5	2,4	1,9	1,4	-2,1	-2,3	-2,6	-2,5	-2,4	-1,9	-1,4
400	2,6	2,8	2,9	2,5	2,2	1,3	0,4	-2,6	-2,8	-2,9	-2,5	-2,2	-1,3	-0,4
500	3,1	2,9	2,7	2,0	1,4	0,1	0,0	-3,1	-2,9	-2,7	-2,0	-1,4	-0,1	0,0
600	3,4	2,6	1,8	0,9	0,0	–	–	-3,4	-2,6	-1,8	-0,9	0,0	–	–
700	3,6	1,9	0,2	–	–	–	–	-3,6	-1,9	-0,2	–	–	–	–
800	3,6	0,8	–	–	–	–	–	-3,6	-0,8	–	–	–	–	–
900	3,6	–	–	–	–	–	–	-3,6	–	–	–	–	–	–
1000	3,4	–	–	–	–	–	–	-3,4	–	–	–	–	–	–
1100	3,1	–	–	–	–	–	–	-3,1	–	–	–	–	–	–
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 700$ m							$L_j = 1000$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	1,0	0,7	0,4	0,8	1,1	1,3	1,5	-1,0	-0,7	-0,4	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5
200	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,4	2,3	-1,8	-2,0	-2,2	-2,3	-2,5	-2,4	-2,3
300	2,5	2,9	3,3	3,3	3,2	2,9	2,5	-2,5	-2,9	-3,3	-3,3	-3,2	-2,9	-2,5
400	3,0	3,5	3,9	3,7	3,4	2,7	2,1	-3,0	-3,5	-3,9	-3,7	-3,4	-2,7	-2,1
500	3,5	3,7	4,0	3,5	3,0	2,0	1,0	-3,5	-3,7	-4,0	-3,5	-3,0	-2,0	-1,0
600	3,9	3,6	3,4	2,7	2,0	0,7	0,0	-3,9	-3,6	-3,4	-2,7	-2,0	-0,7	0,0
700	4,1	3,2	2,4	1,4	0,4	–	–	-4,1	-3,2	-2,4	-1,4	-0,4	–	–
800	4,2	2,5	0,7	–	–	–	–	-4,2	-2,5	-0,7	–	–	–	–
900	4,2	1,4	–	–	–	–	–	-4,2	-1,4	–	–	–	–	–
1000	4,1	–	–	–	–	–	–	-4,1	–	–	–	–	–	–
1100	3,9	–	–	–	–	–	–	-3,9	–	–	–	–	–	–
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 900$ m							$L_j = 1200$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	1,4	1,2	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	-1,4	-1,2	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2	-1,2
200	2,2	2,5	2,8	2,9	2,9	2,8	2,7	-2,2	-2,5	-2,8	-2,9	-2,9	-2,8	-2,7
300	2,9	3,5	4,1	4,1	4,1	3,8	3,5	-2,9	-3,5	-4,1	-4,1	-4,1	-3,8	-3,5
400	3,5	4,2	4,9	4,8	4,7	4,2	3,7	-3,5	-4,2	-4,9	-4,8	-4,7	-4,2	-3,7
500	3,9	4,6	5,3	5,0	4,7	4,0	3,3	-3,9	-4,6	-5,3	-5,0	-4,7	-4,0	-3,3
600	4,3	4,7	5,1	4,6	4,0	3,1	2,2	-4,3	-4,7	-5,1	-4,6	-4,0	-3,1	-2,2
700	4,6	4,5	4,5	3,6	2,8	1,6	0,5	-4,6	-4,5	-4,5	-3,6	-2,8	-1,6	-0,5
800	4,8	4,1	3,3	2,1	0,9	0,0	–	-4,8	-4,1	-3,3	-2,1	-0,9	0,0	–
900	4,9	3,3	1,7	0,1	–	–	–	-4,9	-3,3	-1,7	-0,1	–	–	–
1000	4,9	2,2	0,1	–	–	–	–	-4,9	-2,2	-0,1	–	–	–	–
1100	4,8	0,9	–	–	–	–	–	-4,8	-0,9	–	–	–	–	–
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1100$ m							$L_j = 1400$ m						
	u_c							u_c						
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
100	1,6	1,5	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	-1,6	-1,5	-1,3	-1,3	-1,2	-1,2	-1,2
200	2,5	2,9	3,2	3,3	3,3	3,2	3,1	-2,5	-2,9	-3,2	-3,3	-3,3	-3,2	-3,1
300	3,3	4,0	4,7	4,7	4,8	4,5	4,2	-3,3	-4,0	-4,7	-4,7	-4,8	-4,5	-4,2
400	4,0	4,8	5,7	5,7	5,7	5,2	4,8	-4,0	-4,8	-5,7	-5,7	-5,7	-5,2	-4,8
500	4,5	5,4	6,3	6,1	5,9	5,3	4,7	-4,5	-5,4	-6,3	-6,1	-5,9	-5,3	-4,7
600	5,0	5,7	6,4	6,0	5,6	4,8	4,0	-5,0	-5,7	-6,4	-6,0	-5,6	-4,8	-4,0
700	5,3	5,7	6,1	5,4	4,7	3,7	2,6	-5,3	-5,7	-6,1	-5,4	-4,7	-3,7	-2,6
800	5,6	5,5	5,4	4,3	3,2	1,9	0,6	-5,6	-5,5	-5,4	-4,3	-3,2	-1,9	-0,6
900	5,7	5,0	4,2	2,6	1,1	0,0	–	-5,7	-5,0	-4,2	-2,6	-1,1	0,0	–
1000	5,8	4,2	2,6	0,4	–	–	–	-5,8	-4,2	-2,6	-0,4	–	–	–
1100	5,7	3,1	0,5	–	–	–	–	-5,7	-3,1	-0,5	–	–	–	–

TABELA B – c.d.

		Różnica prędkości na kolejnych sekcjach dwupasowych ΔV_i^{2p} , $i > 1$ (km/h)							Różnica prędkości na kolejnych sekcjach jednopasowych ΔV_j^{1p} , $j > 1$ (km/h)						
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1300$ m							$L_j = 1600$ m							
	u_c							u_c							
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
100	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,5	1,7	-1,7	-1,7	-1,6	-1,5	-1,3	-1,5	-1,7	
200	2,8	3,2	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	-2,8	-3,2	-3,6	-3,6	-3,6	-3,5	-3,4	
300	3,7	4,4	5,1	5,2	5,3	5,0	4,6	-3,7	-4,4	-5,1	-5,2	-5,3	-5,0	-4,6	
400	4,6	5,4	6,3	6,3	6,4	5,8	5,3	-4,6	-5,4	-6,3	-6,3	-6,4	-5,8	-5,3	
500	5,2	6,2	7,1	7,0	6,9	6,1	5,3	-5,2	-6,2	-7,1	-7,0	-6,9	-6,1	-5,3	
600	5,8	6,6	7,4	7,1	6,8	5,8	4,8	-5,8	-6,6	-7,4	-7,1	-6,8	-5,8	-4,8	
700	6,2	6,8	7,3	6,7	6,1	4,9	3,7	-6,2	-6,8	-7,3	-6,7	-6,1	-4,9	-3,7	
800	6,5	6,7	6,9	5,9	4,9	3,5	2,1	-6,5	-6,7	-6,9	-5,9	-4,9	-3,5	-2,1	
900	6,7	6,3	6,0	4,5	3,0	1,4	–	-6,7	-6,3	-6,0	-4,5	-3,0	-1,4	–	
1000	6,7	5,7	4,7	2,6	0,6	–	–	-6,7	-5,7	-4,7	-2,6	-0,6	–	–	
1100	6,6	4,8	3,0	0,3	–	–	–	-6,6	-4,8	-3,0	-0,3	–	–	–	
Q_{mk} [P/h]	$L_i = 1500$ m							$L_j = 1800$ m							
	u_c							u_c							
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	
100	1,8	1,8	1,9	1,6	1,4	1,7	2,1	-1,8	-1,8	-1,9	-1,6	-1,4	-1,7	-2,1	
200	3,1	3,5	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	-3,1	-3,5	-3,9	-3,9	-3,9	-3,8	-3,8	
300	4,2	4,9	5,6	5,7	5,7	5,4	5,1	-4,2	-4,9	-5,6	-5,7	-5,7	-5,4	-5,1	
400	5,2	6,0	6,9	7,0	7,0	6,4	5,8	-5,2	-6,0	-6,9	-7,0	-7,0	-6,4	-5,8	
500	6,0	6,9	7,8	7,8	7,8	6,9	6,0	-6,0	-6,9	-7,8	-7,8	-7,8	-6,9	-6,0	
600	6,6	7,5	8,4	8,2	7,9	6,8	5,7	-6,6	-7,5	-8,4	-8,2	-7,9	-6,8	-5,7	
700	7,1	7,8	8,6	8,0	7,5	6,2	4,8	-7,1	-7,8	-8,6	-8,0	-7,5	-6,2	-4,8	
800	7,5	7,9	8,4	7,4	6,5	5,0	3,5	-7,5	-7,9	-8,4	-7,4	-6,5	-5,0	-3,5	
900	7,7	7,7	7,8	6,4	5,0	3,3	1,6	-7,7	-7,7	-7,8	-6,4	-5,0	-3,3	-1,6	
1000	7,7	7,3	6,9	4,8	2,8	1,0	–	-7,7	-7,3	-6,9	-4,8	-2,8	-1,0	–	
1100	7,6	6,6	5,6	2,8	0,1	–	–	-7,6	-6,6	-5,6	-2,8	-0,1	–	–	