

Wytyczne określania wybranych cech powierzchniowych nawierzchni jezdni

01-0000.00.00

**Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu**

WR-D-64

WR-D-64

Wytyczne określania wybranych cech powierzchniowych nawierzchni jezdni

Wersja: **01**

Obowiązuje od: **0000.00.00**

Rekomendował:

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:

Stanisław Gaca – Koordynator, Piotr Mackiewicz, Antoni Szydło

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych

ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © **NN**

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020



Fundusze Europejskie
Pomoc Techniczna



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Normy

2.2. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

3.2. Skróty

4. Właściwości przeciwpoślizgowe

4.1. Pomiar punktowy

4.2. Pomiar ciągły

4.3. Pomiar makrotekstury

5. Równość podłużna oraz uskoki płyt betonowych

6. Równość poprzeczna

1. Przedmiot i zakres stosowania

- (1) Przedmiotem opracowania są wytyczne dotyczące określania wybranych cech powierzchniowych nawierzchni jezdni.
- (2) Zawarte opisy i wymagania przeznaczone są do stosowania na drogach wszystkich klas o nawierzchni z warstw z mieszanek mineralno-asfaltowych lub betonowych. W wytycznych przedstawiono także wymagania nawierzchni dla placów i stanowisk postojowych.
- (3) Wytyczne opisują metodykę pomiaru oraz wymagania dotyczące:
 - a) właściwości przeciwpoślizgowych (współczynnika tarcia, makrotekstury),
 - b) równości podłużnej,
 - c) równości poprzecznej.
- (4) Wytyczne dotyczą powierzchni górnych warstw nawierzchni, tj.:
 - a) powierzchni warstwy ścieralnej (w przypadku nawierzchni podatnych i półsztywnych),
 - b) powierzchni warstwy nawierzchniowej (w przypadku nawierzchni betonowych).
- (5) Wytyczne skierowane są do administracji drogowych, projektantów i wykonawców. Powinny być stosowane przy projektowaniu i ocenie nawierzchni dróg budowanych, przebudowywanych lub remontowanych.
- (6) Opisany sprzęt stosowany w metodyce identyfikacji cech nawierzchni powinien zapewniać odpowiednią powtarzalność i odtwarzalność wyników pomiarów. Badania powinny być realizowane z zachowaniem zaleceń producentów danego modelu i wersji sprzętu. Dopuszcza się stosowanie urządzeń różnych typów i producentów pod warunkiem, że zostały one skalibrowane i dają wiarygodne wyniki w zakresie badanych cech nawierzchni w stosunku do urządzeń opisanych w niniejszych wytycznych.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Normy

- [1] AASHTO R 36-04 Standard Practice for Evaluating Faulting of Concrete Pavements.
- [2] AASHTO R 56-10 Standard Practice for Certification of Inertial Profiling Systems.
- [3] ASTM E1364-95 Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method.
- [4] ASTM E1926-08 Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements.
- [5] ASTM E950/E950M-09 Standard Test Method for the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference.
- [6] BN-68/8931-04 Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łątą.
- [7] PN-EN 13036-1:2010 Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową.
- [8] PN-EN 13036-6:2008 Właściwości nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 6: Pomiary poprzecznych i podłużnych profili w zakresie długości fali równości i megatekstury.
- [9] PN-EN 13036-7:2004 Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań. Część 7: Pomiar nierówności nawierzchni: badanie liniałem mierniczym.
- [10] PN-EN 13036-8:2008 Właściwości nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 8: Określenie wskaźników nierówności poprzecznej.
- [11] PN-EN ISO 13473-1:2019-04 Charakterystyka struktury nawierzchni przy użyciu profili powierzchniowych. Część 1: Określenie średniego profilu głębokości.

2.2. Pozostałe opracowania

- [12] Sławomir E.: Raport z przedsezonowych pomiarów porównawczych profilografów laserowych RSP-3 w zakresie równości podłużnej, równości poprzecznej oraz makrotekstury nawierzchni w roku 2017, Białystok 2017.
- [13] Bogdaniuk M., Radzikowski M.: Analiza wyników współczynnika tarcia nawierzchni z wykorzystaniem funkcji przeliczeniowych prędkości dla potrzeb aktualizacji Wytycznych DSN (dokument wewnętrzny), GDDKiA DZ, Warszawa 2016.
- [14] Raport z pracy TD-93 pt.: „Aktualizacja zależności funkcyjnych w pomiarach urządzeniem SRT-3 między wartościami współczynnika tarcia uzyskiwanymi na oponach PIARC i Barum Bravuris”, IBDIM, Warszawa 2013.
- [15] RAPORT, Analiza porównawcza parametrów opisujących właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych, ustalonych w oparciu o wyniki pomiarów współczynnika tarcia i makrotekstury przy wykorzystaniu zestawów pomiarowych: SRT-3 (Skid Resistance Tester), TWO (Traction Watcher One), DFT (Dynamic Friction Tester) oraz CTM (Circular Track Meter), Politechnika Białostocka, Białystok 2014.
- [16] TWO FRICTION METER, Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, 2013.
- [17] Załącznik do Zarządzenia nr 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 kwietnia 2015 roku. Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów. Wytyczne stosowania. Warszawa 2015.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Cechy powierzchniowe nawierzchni – właściwości techniczno-eksploatacyjne górnej powierzchni nawierzchni jezdni, które zmieniają się w procesie eksploatacji. Cechy te są badane w ramach diagnostyki stanu nawierzchni.

Głębokość koleiny – wielkość największego prześwitu w obrębie górnej warstwy nawierzchni, identyfikowana w przekroju poprzecznym w kierunku prostopadłym do osi jezdni (kierunku jazdy) względem przyjętej linii odniesienia (łaty teoretycznej o długości 2 m), w zakresie długości fali równości i megatekstury.

Koleina – trwałe odkształcenie przekroju poprzecznego nawierzchni, powstałe wzdłuż drogi w miejscu oddziaływania kół pojazdów w ruchu.

Konstrukcja nawierzchni lub **nawierzchnia** – zespół odpowiednio dobranych warstw, którego celem jest rozłożenie naprężenia od kół pojazdów na podłoże gruntowe nawierzchni oraz zapewnienie bezpieczeństwa i komfortu jazdy pojazdów. Konstrukcja nawierzchni spoczywa na podłożu gruntowym lub na warstwie ulepszanego podłoża. Określenia „konstrukcja nawierzchni” i „nawierzchnia” są równoznaczne i mogą być stosowane wymiennie.

Makrotekstura – parametr techniczno-eksploatacyjny nawierzchni określający odchylenie rzędnych powierzchni nawierzchni od teoretycznie płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 m do 50,0 m. Makrotekstura nawierzchni ma wpływ na zdolność nawierzchni do odprowadzania wody spod opon pojazdów podczas deszczu oraz odgrywa ważną rolę podczas kontaktu opony z nawierzchnią (tarcie, opory toczenia, hałas). Podwyższone wartości wskaźników makrotekstury mogą również wskazywać na uszkodzenia powierzchniowe nawierzchni, np. ubytki ziaren lub segregację kruszywa.

Miarodajny współczynnik tarcia – statystyczna miara oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni równa różnicy wartości średniej wyników pomiarów współczynnika tarcia i odchylenia standardowego.

Nierówność (brak równości) – odchylenie powierzchni nawierzchni od rzeczywiście płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 do 50,0 m.

Profil nawierzchni – dwuwymiarowe odwzorowanie powierzchni. W sensie fizycznym profil nawierzchni stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w stałych odstępach wzdłuż linii pomiaru w zakresie długości fali makrotekstury.

Profil podłużny – przecięcie pomiędzy powierzchnią nawierzchni i konwencjonalną płaszczyzną odniesienia prostopadłą do powierzchni nawierzchni i równoległą do kierunku pasa ruchu. W sensie fizycznym profil podłużny stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w stałych odstępach wzdłuż określonej linii, w zakresie długości fali równości i megatekstury.

Profil poprzeczny – przecięcie pomiędzy powierzchnią nawierzchni i płaszczyzną odniesienia prostopadłą do powierzchni nawierzchni i prostopadłą do kierunku pasa ruchu. W sensie fizycznym profil poprzeczny stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w określonym rozstawie prostopadle do osi drogi, w zakresie długości fali równości i megatekstury.

Równość – cecha eksploatacyjna określająca w jakim stopniu powierzchnia nawierzchni drogowej jest zbieżna z powierzchnią wymaganą (płaską), w zakresie długości fali równości i megatekstury.

Równość podłużna – cecha eksploatacyjna określająca nierówności nawierzchni w kierunku podłużnym do osi jezdni (zgodnie z kierunkiem jazdy), w zakresie długości fali równości i megatekstury. Określa zdolność nawierzchni jezdni do nie wzbudzania wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu.

Równość poprzeczna – cecha eksploatacyjna określająca nierówności nawierzchni w kierunku poprzecznym do osi jezdni (prostopadle do kierunku jazdy), w zakresie długości fali równości i megatekstury. Pozwala ocenić głębokości kolein w lewym i prawym śladzie koła.

Uskok płyt betonowych – względne pionowe przesunięcie krawędzi sąsiadujących płyt betonowych w obrębie szczeliny dylatacyjnej lub pęknięcia poprzecznego nawierzchni. Uskok jest określany podczas pomiaru równości profilu podłużnego profilografem laserowym.

Warstwa nawierzchniowa – wierzchnia warstwa konstrukcji nawierzchni sztywnej lub nawierzchni z kostki kamiennej, kostki betonowej i płyt prefabrykowanych, poddana bezpośredniemu oddziaływaniu ruchu i czynników atmosferycznych. W przypadku nawierzchni sztywnej stanowi ją płyta betonowa, która w zależności od kategorii ruchu może być: niedyblowana, dyblowana i kotwiona lub zbrojona.

Warstwa ścieralna – wierzchnia warstwa konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej poddana bezpośredniemu oddziaływaniu ruchu i czynników atmosferycznych. Materiałami używanymi do wykonania warstwy ścieralnej są mieszanki mineralno-asfaltowe.

Właściwości przeciwpślizgowe – cecha eksploatacyjna charakteryzująca przyczepność pomiędzy nawierzchnią a oponą pojazdu. Cecha ta charakteryzuje zdolność do wytwarzania siły tarcia podczas poślizgu koła.

Wskaźnik ETD – szacowana głębokość tekstury, stanowi przybliżenie wartości wskaźnika średniej głębokości tekstury MTD uzyskiwanej w badaniu metodą objętościową.

Wskaźnik IRI – międzynarodowy wskaźnik równości stanowiący podstawowy parametr równości podłużnej, obliczany na podstawie profilu podłużnego nawierzchni zgodnie z przyjętą powszechnie procedurą. Charakteryzuje komfort jazdy poprzez symulację pracy zawieszenia umownego pojazdu („golden car”, „quarter car”) poruszającego się z prędkością 80 km/h na długości analizowanego odcinka nawierzchni. Podawany jest w jednostkach nachylenia: mm/m lub m/km.

Wskaźnik MPD – średnia wartość głębokości profilu określona według normy [11].

Wskaźnik MTD – średnia głębokość tekstury otrzymana za pomocą metody objętościowej według normy [7].

Współczynnik tarcia – stosunek wypadkowej siły tarcia wytwarzanych między hamowanym kołem urządzenia pomiarowego a nawierzchnią drogi do nacisku koła.

3.2. Skróty

DSN – diagnostyka stanu nawierzchni.

ETD (Estimated Texture Depth) – szacowana głębokość tekstury.

IRI (International Roughness Index) – międzynarodowy wskaźnik równości.

MPD (Mean Profile Depth) – średnia głębokość profilu.

MTD (Mean Texture Depth) – średnia głębokość tekstury.

RSP (Road Surface Profiler) – profilometr nawierzchni drogowej.

SRT (Skid Resistance Tester) – tester odporności na poślizg i tarcie.

TWO (Traction Watcher One) – rejestrator siły tarcia.

4. Właściwości przeciwpoślizgowe

4.1. Pomiar punktowy

(1) Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni określone są współczynnikiem tarcia. Należy je wyznaczać na podstawie pomiarów w prawym lub w lewym śladzie kół przy prędkości urządzenia pomiarowego 30 km/h, 60 km/h lub inną stałą prędkością, w zależności od możliwości pomiarowych, i przy grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym 0,5 mm. Pomiar punktowy wykonuje się: z pełną blokadą koła pomiarowego z oponą testową (100% poślizgu), przy temperaturze otoczenia 5-30°C, na czystej nawierzchni, zwilżanej wodą w ilości 0,5 l/m² w punkcie pomiarowym, czyli na jednostkowym odcinku nawierzchni o długości 10 m.

(2) Do pomiaru właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni najczęściej stosuje się zestaw pomiarowy SRT-3 składający się z przyczepki pomiarowej oraz samochodu holującego (rys. 4.1.1). Stanowi on trzecią generację urządzeń do pomiaru współczynnika tarcia. Głównym elementem jest przyczepa dynamometryczna posiadająca oryginalny schemat kinematyczny i szereg korzystnych własności, które wyróżniają ją z pośród podobnych urządzeń pomiarowych. Za pomocą urządzenia można realizować: pomiar współczynnika przyczepności przy pełnej blokadzie koła pomiarowego dwoma metodami, tj. poprzez pomiar momentu hamującego i przez bezpośredni pomiar siły przyczepności. Ponadto urządzenie pozwala na:

- a) pomiar maksymalnej wartości współczynnika przyczepności (przy danej prędkości pomiarowej),
- b) pomiar siły oporów toczenia,
- c) pomiar współczynnika przyczepności na łukach,
- d) pomiar siły w zawieszeniu przyczepy dynamometrycznej,
- e) możliwość określenia współczynnika przyczepności w funkcji poślizgu względnego.

(3) Dane techniczne zestawu pomiarowego SRT-3:

- a) obciążenie nominalne koła pomiarowego – 2 943 N (300 kg),
- b) nominalna prędkość pomiarowa – 60 km/h,
- c) zakres prędkości pomiarowych – 30-120 km/h,
- d) opona testowa – 165 R15/PIARC rowkowana („ribbed tyre”),
- e) masa całkowita – 370 kg,
- f) hydropneumatyczny system hamowania,
- g) pneumatyczny system wypływu wody,
- h) regulowany czas hamowania,
- i) regulowany czas uśredniania mierzonych wartości.



Rys. 4.1.1. Urządzenie SRT-3

(4) Podczas badania pomiaru punktowego właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni powinno rejestrować się dane o lokalizacji toru pomiarowego (pikietaż, punkty systemu referencyjnego oraz współrzędne geograficzne).

(5) Pomiar punktowy (na długości 10 m) urządzeniem o pełnej blokadzie koła przeprowadza się co 50 lub 100 m. Uzyskane wartości współczynnika tarcia należy rejestrować z dokładnością do trzech miejsc po przecinku. Miara właściwości przeciwpoślizgowych jest miarodajny współczynnik tarcia (różnica wartości średniej i odchylenia standardowego). Wyniki miarodajnego współczynnika tarcia podaje się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Długość ocenianego odcinka nawierzchni nie powinna być większa niż 1 000 m, a liczba pomiarów nie mniejsza niż 10. Odcinek końcowy o długości mniejszej niż 500 m należy oceniać łącznie z odcinkiem poprzedzającym.

(6) Do wykonywania badań współczynnika tarcia może być wykorzystane tylko to urządzenie pomiarowe, które posiada aktualne świadectwo dopuszczenia do wykonywania pomiarów. Należy regularnie przeprowadzać kalibrację urządzeń, stosować wymagane opony referencyjne oraz wykonywać badania kontrolne i kalibracyjne odpowiednie dla danego zestawu pomiarowego.

(7) W tab. 4.1.1 zestawiono wymagane współczynniki tarcia określone pomiarem punktowym. W wymaganiach uwzględniono dwie prędkości pomiarowe, które należy dostosować do możliwości technicznych na odcinkach pomiarowych. W przypadku stosowania innych prędkości pomiarowych w przedziale 30-60 km/h należy zastosować zweryfikowane funkcje przeliczeniowe.

Tab. 4.1.1. Wymagane współczynniki tarcia określone pomiarem punktowym

Klasa drogi	Element nawierzchni	Minimalna wartość miarodajnego współczynnika tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni	
		30 km/h	60 km/h
A, S	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, awaryjne ¹⁾	0,48 ²⁾	0,44
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,50 ²⁾	0,46
GP, G, Z, L, D	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, jezdnie łącznic, opaski, pobocza o nawierzchni twardej ¹⁾	0,46 ²⁾	0,37

¹⁾ w przypadku pasów awaryjnych, opasek i poboczy o nawierzchni twardej wykonywanych w jednym ciągu technologicznym wymagania można uznać za spełnione na podstawie pozytywnych parametrów nawierzchni pasów ruchu,
²⁾ wartości wymagań dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60 km/h.

(8) Przy ocenie właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni dróg dopuszcza się stosowanie współczynnika tarcia określanego na mokrej nawierzchni także przy częściowej blokadzie koła pomiarowego pod warunkiem, że dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem SRT-3 o pełnej blokadzie koła.

4.2. Pomiar ciągły

(1) Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni określane są współczynnikiem tarcia. Należy je wyznaczać na podstawie pomiarów w prawym lub w lewym śladzie kół. Pomiar ciągły wykonuje się z niepełną (17,8%) blokadą koła pomiarowego z oponą testową bezbieżnikową, przy temperaturze otoczenia 5-30°C, na czystej nawierzchni, zwilżanej wodą w ilości 0,5 mm grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym przy prędkości 58-62 km/h. Uzyskane wartości współczynnika tarcia rejestruje się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

(2) Do pomiaru ciągłego właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni zaleca się stosować system pomiarowy TWO (rys. 4.2.1).



Rys. 4.2.1. Urządzenie TWO

(3) Pracuje ono w zestawie z pojazdem holującym. Pozwala na przeprowadzenie badań w różnych śladach i z różnymi prędkościami pomiarowymi przy zadeklarowanym przyhamowaniu koła pomiarowego. Do pomiaru używa się dwóch kół, które są sprzężone za sobą przekładnią łańcuchową. Pierwsze koło jest toczone swobodnie ze stałą prędkością pojazdu holującego (5-10 km/h), natomiast drugie koło obraca się z wymuszonym poślizgiem (zgodnym z zakresem przedziału systemu ABS). Należy stosować oponę zalecaną przez World Road Association PIARC, bezbieżnikową o wymiarach 4.00 × 8.

(4) W skład systemu pomiarowego TWO wchodzi następujące elementy główne:

- a) dwukołowy układ pomiarowy zamontowany na przyczepce umożliwiający niepełne hamowanie koła pomiarowego (17,8%),
- b) system podawania wody pod oponę pomiarową (umożliwiający utrzymanie 0,5 mm filmu wodnego w trakcie pomiarów niezależnie od prędkości pomiaru),
- c) zbiornik na wodę,
- d) układ sterujący procesem badawczym (dozowanie wody dostosowane do prędkości pomiaru),
- e) frontowa kamera cyfrowa umożliwiająca uzyskanie obrazów cyfrowych,
- f) dystansomierz zamontowany na przednim kole układu pomiarowego,
- g) odbiornik GPS umożliwiający określenie lokalizacji pomiaru,
- h) system komputerowy wraz z oprogramowaniem – komputerowa jednostka rejestrująca i przetwarzająca dane ze wszystkich urządzeń i czujników systemu o parametrach podzespołów i mocy obliczeniowej zapewniających płynne przetwarzanie danych pomiarowych.

(5) Podczas badania rejestrowane są dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietaża/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.

(6) Pomiar ciągły (na długości 10 m) urządzeniem o niepełnej blokadzie koła przeprowadza się co 10 m. Właściwości przeciwoślizgowe nawierzchni na odcinku diagnostycznym są określane przez średnią wartość pomierzonych współczynników tarcia na pięciu kolejnych odcinkach o długości 10 m. Długość odcinka podlegającego ocenie nie powinna być większa niż 1 000 m, a liczba pomiarów nie mniejsza niż 100.

(7) Do wykonywania badań współczynnika tarcia może być wykorzystane tylko to urządzenie pomiarowe, które posiada aktualne świadectwo dopuszczenia do wykonywania pomiarów. Należy regularnie przeprowadzać kalibrację urządzeń, stosować wymagane opony referencyjne

oraz wykonywać badania kontrolne i kalibracyjne odpowiednie dla danego zestawu pomiarowego.

(8) Za wymagane wartości współczynnika tarcia oznaczanego pomiarem ciągłym należy przyjąć sprawdzone wartości korelacyjne ze współczynnikiem tarcia uzyskanym metodą punktową.

4.3. Pomiar makrotekstury

(1) Makroteksturę nawierzchni należy identyfikować metodą profilometryczną, na podstawie pomiaru profilu podłużnego nawierzchni w zakresie długości fali makrotekstury, za pomocą profilografu mobilnego RSP wykonującego pomiar z prędkością potoku ruchu. Profil nawierzchni powinien zostać odwzorowany z wymaganą dokładnością, umożliwiającą obliczenie wskaźnika Średniej Głębokości Profilu MPD w mm w prawym śladzie kół dla odcinka bazowego o długości 100 mm.

(2) Profilograf pomiarowy RSP został scharakteryzowany i opisany w podrozdziale 4.2.

(3) Do pomiaru makrotekstury wystarczający jest co najmniej jeden czujnik laserowy umożliwiający pomiar z prędkością zbliżoną do prędkości potoku ruchu.

(4) Należy stosować czujnik laserowy o wysokiej częstotliwości (64 kHz) oraz czujnik dystansu do pomiaru przebytej odległości. Podstawowe wymagania techniczne, dla czujników profilografu wykonującego pomiary makrotekstury nawierzchni przedstawiono w tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary makrotekstury

Parametr	Jednostka	Wymagany zakres
Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	mm	≤0,05
Interwał podłużnego próbkowania sygnału	mm	≤1,00
Interwał obliczania wskaźnika MPD	mm	=100,00
Zakres makrotekstury	m	0,5-2,0
Prędkość pomiaru	km/h	20-100

(5) Pomierzone bezpośrednio rzędne profilu nawierzchni są wykorzystywane do obliczenia w czasie rzeczywistym wskaźnika średniej głębokości profilu MPD. Określenie wskaźników MPD powinno być przeprowadzone za pomocą zweryfikowanego programu obliczeniowego zgodnie z procedurą obliczeniową według normy [11].

(6) Zaleca się wykorzystanie programu firmowego producenta profilografów DCC-RSP, obliczającego wartości wskaźników MPD w czasie rzeczywistym w sposób ciągły i rejestrującego wyniki w pliku pomiarowym z założoną wcześniej częstotliwością (co 1 m).

(7) W pierwszym etapie przetwarzania danych wartość wskaźników MPD należy znormalizować względem standardowej prędkości pomiarowej 60 km/h według następującej formuły przeliczeniowej (4.3.1):

$$MPD_{60} = MPD_{pom} - 0,002(60 - V_{pom}) \quad (4.3.1)$$

gdzie:

MPD_{60} – wartość współczynnika MPD przy prędkości 60 km/h,

MPD_{pom} – wartość współczynnika MPD przy danej prędkości pomiarowej profilografu V_{pom} ,

V_{pom} – prędkość pomiaru.

(8) W kolejnym etapie, na podstawie znormalizowanego wskaźnika średniej głębokości profilu MPD_{60} , należy określić wskaźnik ETD stanowiący przybliżenie wartości wskaźnika MTD (4.3.2):

$$MTD \approx ETD \approx 1,1MPD_{60} \quad (4.3.2)$$

(9) Dla wybranego pasa ruchu należy wyznaczyć miarodajny wskaźnik MTD jako wartość średnią, którą oblicza się dla zbioru n wyników z pomiaru dla odcinka 50 m. Wyniki obliczeń zaokrągla się do 0,01 mm/m.

(10) W dalszym etapie oblicza się miarodajny wskaźnik makrotekstury dla odcinka drogi o ustalonej długości (50 m i 1 000 m). Stanowi on wartość średnią z miarodajnych wskaźników MTD wyznaczonych dla odcinka 50 m. Wyniki obliczeń zaokrągla się do 0,1 mm/m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500-1 499 m.

(11) W celu zapewnienia wymaganych cech nawierzchni pod względem makrotekstury, w odniesieniu do właściwości przeciwpślizgowych, a także hałaśliwości nawierzchni, wartość miarodajna średniego wskaźnika MTD nie powinna być mniejsza niż przedstawiona w tab. 4.3.2.

Tab. 4.3.2. Wymagane minimalne wartości miarodajnego wskaźnika MTD

Klasa drogi	Wymagane minimalne wartości miarodajnego wskaźnika MTD [mm]
A, S, GP	1,1
G, Z, L, D	0,8

5. Równość podłużna oraz uskoki płyt betonowych

- (1) Równość podłużna pozwala zidentyfikować odchylenia powierzchni jezdni od rzeczywistości płaskiej powierzchni, mierzoną wzdłuż kierunku jazdy w zakresie długości fali 0,05–50,00 m (równości i megatekstury).
- (2) W pomiarach równości podłużnej nawierzchni rozróżnia się metodę profilometryczną bazującą na wskaźnikach równości IRI oraz metodę pomiaru ciągłego równoważną użyciu łąty (o długości 4 m) i klina, np. z wykorzystaniem planografu (w miejscach niedostępnych dla planografu pomiar z użyciem łąty i klina).
- (3) Do oceny równości podłużnej drogi klasy A, S, GP lub G należy stosować metodę profilometryczną bazującą na wskaźnikach IRI. Metodę tę zaleca się stosować również dla drogi klasy Z, L lub D.
- (4) Podczas pomiaru równości profilu podłużnego profilografem laserowym według algorytmu z normy [1] możliwa jest także rejestracja uskoków płyt betonowych. Rejestrowane są jedynie uskoki o wartościach równych lub większych od zadanej wartości granicznej (5 mm) oraz ich lokalizacje.
- (5) Do oceny równości podłużnej nawierzchni drogi klasy Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych dopuszcza się metodę pomiaru ciągłego równoważną użyciu łąty i klina, np. z wykorzystaniem planografu, umożliwiającego wyznaczanie odchylenia równości podłużnej jako największej odległości (prześwitu) pomiędzy teoretyczną linią łączącą spody kółek jezdnych urządzenia a mierzoną powierzchnią warstwy [mm].
- (6) W miejscach niedostępnych dla planografu pomiar równości podłużnej warstw nawierzchni należy wykonać z użyciem łąty (długości 4 m) i klina.
- (7) W przypadku oceny równości podłużnej nawierzchni odcinków dróg, na których występują dylatacje mostowe, dopuszcza się ocenę równości podłużnej z użyciem łąty (o długości 4 m) i klina.
- (8) Metoda profilometryczna polega na pomiarze profilu podłużnego nawierzchni za pomocą profilografu mobilnego, wykonującego pomiar z prędkością potoku ruchu. Podczas badania rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietażu/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.
- (9) Typowy profilograf RSP do pomiaru równości podłużnej nawierzchni oraz uskoków płyt betonowych składa się z odpowiednio przystosowanego pojazdu, wyposażonego elementy pomiarowe. Głównym elementem zestawu jest belka pomiarowa (montowana najczęściej z przodu pojazdu), w której zamontowane są czujniki laserowe, akcelerometry i żyroskop. Ponadto na wyposażenie składa się: czujnik dystansu na kole profilografu, jednostki przetwarzania danych, komputer z zainstalowanym oprogramowaniem sterującym, odbiornik GPS, kamera zewnętrzna.
- (10) Podstawowe wymagania techniczne dla czujników profilografu wykonującego pomiary równości podłużnej nawierzchni powinny być zgodne z normą [8]. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości podłużnej przedstawiono w tab. 5.1.
- (11) Profilograf RSP jest urządzeniem pomiarowym typu inercyjnego, tj. wykorzystującym czujniki przyspieszenia (akcelerometry) do monitorowania wychylenia pionowego pojazdu (belki pomiarowej) w torze pomiaru w celu określenia linii odniesienia, względem której mierzone są nierówności powierzchni jezdni. Pomiar względnej wysokości belki pomiarowej nad powierzchnią jezdni odbywa się za pomocą czujników laserowych, a przebyta odległość za pomocą czujnika dystansu (DMI) zamontowanego na kole. Rzędne profilu podłużnego na długości odcinka pomiarowego otrzymuje się poprzez sumowanie wychylenia belki pomiarowej obliczonej na podstawie pomiaru akcelerometrem oraz odpowiadającej jej względnej wysokości belki nad nawierzchnią według pomiaru czujnikiem laserowym.

Tab. 5.1. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości podłużnej

Parametr	Jednostka	Wymagany zakres	Klasa profilografu
Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	mm	$\leq 0,2$	klasa 1
Interwał podłużnego próbkowania sygnału	mm	≤ 50	klasa 1
Interwał rejestracji rzędnych profilu	mm	≤ 100	klasa 1
Filtr fali długiej (-3 dB)	m	≥ 100	klasa 1
Prędkość pomiaru	km/h	20-100	-

(12) Określenie wskaźników IRI powinno być przeprowadzone za pomocą zweryfikowanego programu obliczeniowego zgodnie z procedurą obliczeniową według normy [4]. Zaleca się wykorzystanie programu firmowego producenta profilografów DCC-RSP, obliczającego wartości wskaźników IRI w czasie rzeczywistym w sposób ciągły (krok próbkowania 25 mm). Program umożliwia jednocześnie określenie wartości wskaźników IRI w śladzie prawym, lewym oraz w środku pasa ruchu wraz z rejestracją wyników w pliku pomiarowym z założoną wcześniej częstotliwością.

(13) Na podstawie ciągłego pomiaru profilu podłużnego, program sterujący oblicza w czasie rzeczywistym oraz zapisuje w pliku pomiarowym RSP (co 1 m) wartości wskaźników równości IRI oraz wysokości uskoków równych lub większych 5 mm.

(14) Wartość IRI należy wyznaczać z krokiem co 50 m. Długość ocenianego odcinka nawierzchni nie powinna być większa niż 1 000 m. Odcinek końcowy o długości mniejszej niż 500 m należy oceniać łącznie z odcinkiem poprzedzającym. Do oceny równości odcinka nawierzchni ustala się minimalną liczbę wskaźników IRI równą 5. W przypadku odbioru robót na krótkich odcinkach nawierzchni, których całkowita długość jest mniejsza niż 250 m, dopuszcza się wyznaczanie wskaźników IRI z krokiem mniejszym niż 50 m, przy czym należy ustalać maksymalną możliwą długość kroku pomiarowego, z uwzględnieniem minimalnej wymaganej liczby wskaźników IRI równej 5. Wyniki obliczeń wskaźnika IRI dla odcinków pomiarowych zaokrągla się do 0,1 mm/m.

(15) Zaleca się, aby zespół pomiarowy profilografu RSP składał się z odpowiednio przeszkolonego kierowcy oraz operatora sprzętu. W czasie wykonywania pomiarów pojazd musi być oznakowany zgodnie z obowiązującymi przepisami. Okresowo oraz po każdorazowych czynnościach serwisowych należy przeprowadzać kalibrację profilografu zgodnie z odpowiednimi procedurami producenta.

(16) Ponadto w ramach programu zapewnienia jakości należy systematycznie wykonywać: sprawdzenie bieżące sprawności technicznej profilografów, kalibrację podstawowych elementów profilografów (czujniki laserowe, akcelometry, czujnik dystansu, żyroskop), badania porównawcze przedsezonowe profilografów, okresowe kontrole profilografów na własnych odcinkach testowych, pomiary kontrolne po realizacji zakresu pomiarowego.

(17) Wszelkie czynności kalibracyjne należy wykonywać zgodnie z odpowiednimi procedurami producenta.

(18) Wieloczujnikowe profilografy RSP oprócz pomiaru równości podłużnej wykonują jednocześnie pomiar równości poprzecznej oraz makrotekstury nawierzchni.

(19) Inną dopuszczalną w niektórych przypadkach metodą oceny równości podłużnej nawierzchni jest metoda łąty i klina, która polega na położeniu łąty na badanej powierzchni i wyznaczeniu za pomocą klina maksymalnego prześwitu pomiędzy łątą a badaną powierzchnią według normy [6]. Wielkość zmierzonego prześwitu jest równa najmniejszej liczbie widocznej na klinie położonym pod łątą. W czasie pomiaru równości podłużnej łąta powinna być ułożona równolegle do osi drogi w płaszczyźnie prostopadłej do badanej powierzchni.

(20) Łąta pomiarowa do pomiaru równości podłużnej powinna posiadać długość 4 m, być wykonana z metalu lub drewna, posiadać równą dolną płaszczyznę, szerokość stopki nie większą niż 6 cm oraz sztywność zapewniająca ugięcie mniejsze niż 5 mm przy podparciu łąty jedynie w skrajnych punktach.

(21) Klin powinien być wykonany z metalu lub twardego suchego drewna, posiadać kształt graniastopuła o podstawie trapezu i wysokości 20 mm. Wymiary trapezu to długości podstawy

70 mm oraz wysokości 6 i 16 mm. Dopuszcza się inne wysokości trapezu w przypadku wykonywania pomiaru wysokości o większych prześwitach, jednak z zachowaniem kąta wzniosu.

(22) Metodą zautomatyzowanych pomiarów zbliżoną do metody łąty i klina jest metoda wykorzystująca planograf (rys. 5.1). Składa się on podłużnej ramy, czternastu kół jezdnych zamocowanych sztywno tak, aby ich spody znajdowały się w jednej płaszczyźnie (częściowe odwzorowanie dolnej łąty) i koła pomiarowego w środku rozpiętości ramy z czujnikiem przemieszczenia, mierzącym odległość od płaszczyzny wyznaczonej przez koła jezdne do badanej powierzchni. Rozstaw skrajnych kół planografu wynosi 4 000 mm, co odpowiada długości łąty do pomiaru równości podłużnej. Wykonywany jest pomiar prześwitu pomiędzy płaszczyzną kół jezdnych a badaną powierzchnią, ale tylko w środku rozpiętości. Pomiar jest wykonywany w sposób ciągły, planograf przemieszcza się na kołach jezdnych z prędkością od 3 do 5 km/h i co 50 mm dokonywany jest zapis prześwitu do bazy, z której wybierana jest największa wartość, będąca wynikiem pomiaru łąty i klina.



Rys. 5.1. Planograf

(23) Przy metodzie profilometrycznej wymagana równość podłużna jest określona przez dopuszczalną wartość średnią wyników pomiaru (IRI_{sr}) oraz dopuszczalną wartość maksymalną pojedynczego pomiaru (IRI_{max}), których nie można przekroczyć na długości ocenianego odcinka nawierzchni.

(24) W tab. 5.2 zestawiono wymagane wartości równości podłużnej nawierzchni określanych metodą profilometryczną.

Tab. 5.2. Wymagane wartości równości podłużnej nawierzchni określanych metodą profilometryczną

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne wartości wskaźników IRI dla zadanego zakresu długości odcinka drogi [mm/m]	
		$IRI_{sr}^{1)}$	IRI_{max}
A, S, GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, jezdnie łącznic	1,3	2,4
	Jezdnie MOP, opaski, pobocza o nawierzchni twardej	1,5	2,7
G, Z, L, D	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, jezdnie łącznic, opaski, pobocza o nawierzchni twardej	1,7	3,4

¹⁾ w przypadku odbioru odcinków warstwy nawierzchni o całkowitej długości mniejszej niż 500 m lub odbioru robót polegających na ułożeniu na istniejącej nawierzchni jedynie warstwy ścieralnej (niezależnie od długości odcinka robót) dopuszczalną wartość IRI_{sr} według tabeli należy zwiększyć o 0,2 mm/m.

(25) W tab. 5.3 zestawiono wymagane wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni drogi klasy Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych z użyciem metody planografu (łaty i klina).

Tab. 5.3. Wymagane wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni drogi klasy Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych z użyciem metody planografu (łaty i klina)

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni[mm]
Z	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, jezdnie łącznic, opaski, pobocza o nawierzchni twardej	6
L, D, place, stanowiska postojowe	Wszystkie pasy ruchu i powierzchnie przeznaczone do ruchu i postoju pojazdów	9

(26) W tab. 5.4 zestawiono wymagane wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni odcinków dróg, na których występują dylatacje mostowe z użyciem metodyłaty (o długości 4 m) i klina.

Tab. 5.4. Wymagane wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni odcinków dróg, na których występują dylatacje mostowe z użyciem metodyłaty (o długości 4 m) i klina

Klasa drogi	Dopuszczalne wartości odchyień równości podłużnej nawierzchni, na których występują dylatacje mostowe[mm]
A, S, GP	4
G, Z, L, D	6

(27) W tab. 5.5 zestawiono dopuszczalne wartości uskoków płyt betonowych.

Tabela 5.5. Wymagane wartości uskoków płyt betonowych

Klasa drogi	Dopuszczalne wartości uskoków płyt betonowych[mm]
A, S, GP	4
G, Z, L, D	6

6. Równość poprzeczna

- (1) W pomiarach równości poprzecznej nawierzchni rozróżnia się metodę profilometryczną równoważną użyciu łąty i klina oraz metodę łąty i klina.
- (2) Do oceny równości poprzecznej drogi klasy A, S, GP lub G należy stosować metodę profilometryczną umożliwiającą wyznaczenie odchylenia równości w przekroju poprzecznym pasa ruchu (elementu nawierzchni). Metodę tę zaleca się stosować również dla drogi klasy Z, L lub D.
- (3) Odchylenie to jest obliczane jako największa odległość (prześwit) pomiędzy teoretyczną łątą (o długości 2 m) a zarejestrowanym profilem poprzecznym warstwy. Efektywna szerokość pomiarowa jest równa szerokości mierzonego pasa ruchu (elementu nawierzchni) z tolerancją $\pm 15\%$.
- (4) Wartość odchylenia równości poprzecznej należy wyznaczać z krokiem co 1 m, natomiast ocenie podlega wartość średnia z kolejnych 5 m.
- (5) Do oceny równości poprzecznej drogi klasy Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych, a także dla dróg wszystkich klas oraz w miejscach niedostępnych dla profilografu, dopuszcza się stosowanie metody pomiaru z użyciem łąty i klina.
- (6) WieloczuJNIKOWE mobilne profilografy laserowe RSP, rejestrują profile poprzeczne nawierzchni na pasie ruchu z prędkością zbliżoną do prędkości potoku ruchu. Rzędne profili poprzecznych powinny zostać zarejestrowane na szerokości pasa minimum 3,2 m, w stałych odstępach oraz z precyzją umożliwiającą obliczenie głębokości koleiny z wymaganą dokładnością.
- (7) Profilograf pomiarowy RSP został scharakteryzowany i opisany w podrozdziale 4.2. Podczas pomiaru równości poprzecznej profilograf wykorzystuje czujniki laserowe rozmieszczone prostopadłe do kierunku jazdy do określenia rzędnych profilu poprzecznego nawierzchni względem linii odniesienia związanej z belką pomiarową oraz czujnik dystansu do pomiaru przebytej odległości. Rzędne profilu poprzecznego są następnie wykorzystywane do obliczeń w czasie rzeczywistym głębokości koleiny odpowiadającej danemu przekrojowi poprzecznemu.
- (8) W celu przeprowadzenia pomiarów równości poprzecznej należy stosować czujniki profilografu o odpowiednich wymaganiach technicznych, zgodne z normą [8], które przedstawiono w tab. 6.1.

Tab. 6.1. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości poprzecznej

Parametr	Jednostka	Wymagany zakres	Klasa profilografu
Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	mm	$\leq 0,2$	klasa 1
Rozstaw czujników pomiarowych	mm	$\leq 350,0$	klasa 3
Krok próbkowania profili poprzecznych	m	≤ 1	klasa 1
Prędkość pomiaru	km/h	20-100	-

- (9) Ilościową oceną równości poprzecznej nawierzchni jest głębokość koleiny wyrażona w mm.
- (10) Miarodajną głębokość koleiny na odcinku diagnostycznym wyznacza się jako sumę wartości średniej i dwóch odchyłeń standardowych. Wartość średnią i odchylenie oblicza się dla zbioru n wyników z automatycznego pomiaru głębokości koleiny (maksymalna wartość w przekroju poprzecznym) dla odcinka 50 m. Natomiast dla odcinka 1 000 m wyznacza się wartość koleiny jako sumę wartości średniej i połowy odchylenia standardowego. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500-1 499 m. Wyniki obliczeń zaokrągla się do 1 mm.
- (11) Inną dopuszczalną w niektórych przypadkach metodą oceny równości poprzecznej nawierzchni jest metoda łąty i klina, która polega na położeniu łąty na badanej powierzchni i wyznaczeniu za pomocą klina maksymalnego prześwitu pomiędzy łątą a badaną powierzchnią

według normy . Długość łąty w pomiarze równości poprzecznej powinna wynosić 2 m. Pomiar powinien być wykonywany nie rzadziej niż co 5 m. Wielkość zmierzonego prześwitu jest równa najmniejszej liczbie widocznej na klinie podłożonym pod łątą. W czasie pomiaru równości poprzecznej łąta powinna być ułożona prostopadłe do osi drogi w płaszczyźnie prostopadłej do badanej powierzchni. Głębokością koleiny, odchyleniem równości poprzecznej jest maksymalna odległość pomiędzy łątą a badaną powierzchnią pomiędzy punktami podparcia łąty na badanej powierzchni. Nie bierze się pod uwagę odcinków końców łąty, jeżeli są podparte wspornikowo.

(12) Łata pomiarowa do pomiaru równości podłużnej powinna: posiadać długość 2 m, być wykonana z metalu lub drewna, posiadać równą dolną płaszczyznę, szerokość stopki nie większą niż 6 cm oraz sztywność zapewniająca ugięcie mniejsze niż 5 mm przy podparciu łąty jedynie w skrajnych punktach.

(13) Klin powinien być wykonany z metalu lub twardego suchego drewna, posiadać kształt graniastosłupa o podstawie trapezu i wysokości 20 mm. Wymiary trapezu to długości podstawy 70 mm oraz wysokości 6 i 16 mm. Dopuszcza się inne wysokości trapezu w przypadku wykonywania pomiaru wysokości o większych prześwitach, jednak z zachowaniem kąta wzniosu.

(14) W tab. 6.2 zestawiono wymagane wartości odchyłeń równości poprzecznej nawierzchni drogi klasy A, S, GP, G, Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych.

Tab. 6.2. Wymagane wartości odchyłeń równości poprzecznej nawierzchni drogi klasy A, S, GP, G, Z, L lub D oraz placów i stanowisk postojowych

Klasa drogi	Element nawierzchni	Dopuszczalne wartości odchyłeń równości poprzecznej nawierzchni [mm]
A, S, GP	Pasy ruchu zasadnicze, awaryjne, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, jezdnie łącznic	4
	Jezdnie MOP, opaski, pobocza o nawierzchni twardej	6
G, Z	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, włączenia i wyłączenia, postojowe, jezdnie łącznic, opaski, pobocza o nawierzchni twardej	6
L, D, place, stanowiska postojowe	Wszystkie pasy ruchu i powierzchnie przeznaczone do ruchu i postoju pojazdów	9

