

Załącznik E2

Procedura przedsezonowych badań porównawczych profilografów laserowych RSP

Warszawa, maj 2019

Niniejsze opracowanie stanowi załącznik do dokumentu głównego:

**DIAGNOSTYKA STANU NAWIERZCHNI
I WYBRANYCH ELEMENTÓW KORPUSU DROGI**
Wytyczne stosowania

W załącznikach zamieszczono m.in.: szczegółowe zasady realizacji pomiarów, instrukcje dotyczące oceny i klasyfikacji poszczególnych parametrów, zasady wizualizacji i analizy wyników diagnostycznych, instrukcje wykonywania pomiarów, procedury przedsezonowych badań porównawczych, procedury badań kontrolnych na własnym odcinku testowym, katalogi uszkodzeń nawierzchni oraz elementów korpusu drogi

Dokumenty systemu DSN zostały opracowane przez Zespół Autorski pracowników
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	5
2. Odcinki testowe	5
3. Pomiary porównawcze równości podłużnej nawierzchni	5
3.1. Pomiary profilu podłużnego	6
3.1.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów profilu podłużnego	6
3.1.2. Ustawienia pomiarowe	6
3.1.3. Przetworzenie wyników pomiarów	7
3.1.4. Ocena powtarzalności pomiarów profilu podłużnego	8
3.1.5. Ocena odtwarzalności pomiarów profilu podłużnego	9
3.2. Pomiary wskaźnika równości podłużnej IRI	10
3.2.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów wskaźnika równości podłużnej IRI	10
3.2.2. Ustawienia pomiarowe	10
3.2.3. Przetworzenie wyników pomiarów	11
3.2.4. Ocena powtarzalności pomiarów wskaźnika równości IRI	11
3.2.5. Ocena odtwarzalności pomiarów wskaźnika równości IRI	12
4. Pomiary porównawcze równości poprzecznej nawierzchni	14
4.1. Pomiary stacjonarne na łacie pomiarowej (koleina „0”)	15
4.2. Pomiary wskaźnika równości poprzecznej — głębokości koleiny KOL	15
4.2.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów głębokości koleiny KOL	15
4.2.2. Ustawienia pomiarowe	15
4.2.3. Przetworzenie wyników pomiarów	15
4.2.4. Ocena powtarzalności pomiarów głębokości koleiny KOL	15
4.2.5. Ocena odtwarzalności pomiarów głębokości koleiny KOL	16
5. Pomiary porównawcze makrotekstury nawierzchni	18
5.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD	18
5.2. Ustawienia pomiarowe	18
5.3. Przetworzenie wyników pomiarów	19
5.4. Ocena powtarzalności pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD	19
5.5. Ocena odtwarzalności pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD	20

1. Wprowadzenie

Przedsezonowe badania porównawcze obejmują sprawdzenie kompetencji ekip pomiarowych oraz ocenę sprawności pomiarowej profilografów w zakresie ich powtarzalności i odtwarzalności.

Bezpośrednio przed przystąpieniem do badań porównawczych, wszystkie czujniki pomiarowe każdego profilografu powinny zostać skalibrowane zgodnie z procedurami fabrycznymi. Kalibrację czujnika dystansu należy przeprowadzić na wspólnym dla wszystkich aparatów, prostoliniowym odcinku kalibracyjnym o znanej długości. Względna różnica pomiaru odległości podczas przejazdu kalibracyjnego i weryfikacyjnego nie powinna przekroczyć wartości $\pm 0,05\%$ odpowiadającej pierwszej klasie dokładności wg PN-EN 13036-6.

Pozytywne wyniki uzyskane w czasie przedsezonowych badań porównawczych są podstawą do wydania świadectwa dopuszczenia profilografu do pomiarów w ramach DSN.

2. Odcinki testowe

Pomiary porównawcze powinny zostać przeprowadzone przynajmniej na trzech odcinkach testowych o zróżnicowanym stanie technicznym. Zaleca się wykonywanie jednoczesnych pomiarów w zakresie równości podłużnej, równości poprzecznej oraz makrotekstury nawierzchni.

W celu ograniczenia rozrzutu wyników spowodowanych zmiennym torem pomiarowym profilografów, odcinki testowe powinny charakteryzować się:

1. przebiegiem prostoliniowym,
2. minimalnym spadkiem podłużnym,
3. minimalną zmiennością spadku poprzecznego,
4. brakiem zanieczyszczeń na nawierzchni,
5. brakiem przeszkód na jezdni oraz odpowiednią szerokością pasa ruchu pozwalającą na niezakłócone wielokrotne przejazdy po tym samym śladzie.

Każdy odcinek testowy powinien składać się z początkowego odcinka dobiegowego (POD) o minimalnej długości 300 m oraz właściwego odcinka testowego (WOT). Odcinek dobiegowy jest wykorzystywany do rozpędzenia się profilografu do stałej prędkości pomiarowej oraz do ustabilizowania się wskazań akcelerometrów, co najmniej 200 m przed właściwym odcinkiem testowym.

W celu ograniczenia błędu dowiązania profilografu do rzeczywistego początku właściwego odcinka testowego zaleca się wykorzystywanie opcji automatycznego wyzwalania startu rejestracji danych pomiarowych (fotodetektor). W tym celu początek właściwego odcinka testowego należy oznaczyć na jezdni linią o minimalnej długości 0,5 m i maksymalnej szerokości 5 cm, wykonaną z materiału odblaskowego (np. z samoprzylepnej folii odblaskowej) i prostopadłą do toru pomiarowego.

Do zakończenia rejestracji danych należy wykorzystywać opcję automatycznego zakończenia pomiaru, po przebyciu ustalonego dystansu, odpowiadającego rzeczywistej długości WOT.

3. Pomiary porównawcze równości podłużnej nawierzchni

Ocenę sprawności pomiarowej profilografu w zakresie równości podłużnej należy przeprowadzić na podstawie wyników pomiarów:

1. profilu podłużnego,
2. wskaźnika równości podłużnej IRI obliczanego dla segmentów 50-metrowych.

3.1. Pomiary profilu podłużnego

3.1.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów profilu podłużnego

Pomiary porównawcze profilu podłużnego należy przeprowadzić stosując procedurę zaimplementowaną w programie sterująco-pomiarowym DCC-RSP w opcji **Klasyfikacja** [3], uwzględniającej wymagania normy ASTM E950/E950M-09 [47]. Zastosowanie tej procedury umożliwia szybką, automatyczną i obiektywną ocenę dokładności profilografów wraz z prezentacją wyników pomiarów na miejscu badania, bezpośrednio po wykonaniu serii pomiarów. Nie ma konieczności przetwarzania plików pomiarowych RSP ani wykonywania dodatkowych obliczeń. Zaleca się przeprowadzenie badania wg wyżej wymienionej procedury na początku pomiarów porównawczych w celu wstępnej weryfikacji prawidłowości działania systemu pomiarowego równości podłużnej.

Procedura pomiarowo-obliczeniowa **Klasyfikacja** polega na określeniu parametrów powtarzalności profilografu oraz jego odtwarzalności względem urządzenia/profilu referencyjnego na znormalizowanym odcinku testowym. Profil podłużny znormalizowanego odcinka testowego powinien składać się z 1057 punktów pomiaru, zarejestrowanych z krokiem 0,300 m (długość odcinka 317 m).

Równość odcinka testowego wykorzystywanego w procedurze **Klasyfikacja**, wyrażona przez średni wskaźnik równości IRI nie powinna przekraczać wartości 1,5 mm/m. Każdy profilograf powinien wykonać na odcinku testowym serię co najmniej dziesięciu przejazdów pomiarowych ze stałą prędkością pomiarową z zakresu 70–90 km/h.

Na podstawie wyników pomierzonych profili podłużnych program DCC-RSP określi poziom (klasę) dokładności profilografu w zakresie:

1. Powtarzalności (Precision), tj. skupienia odpowiadających sobie rzędnych profilu podłużnego zmierzonych profilografem w kolejnych przejazdach wokół wartości średniej ze wszystkich przejazdów.
2. Odtwarzalności (Bias), tj. średniego odchylenia zmierzonych rzędnych profilu od odpowiadających im wartości profilu referencyjnego.

3.1.2. Ustawienia pomiarowe

Podczas pomiarów należy wykorzystywać gotowy zestaw pomiarowy RSP pod nazwą „DSN_por_profil” z następującymi ustawieniami:

1. Interwały rejestracji:
 - a) Prędkość — 1 m,
 - b) Wysokość lasera — 1 m,
 - c) Profil — 300 mm,
 - d) Tekstura — 1 m,
 - e) Koleina — 1 m,
 - f) IRI — 1 m.
2. Ustawienia filtra:
 - a) Długość fali — 100m,
 - b) Tłumienie — 0,50,
 - c) Niewł maks — 10%,
 - d) MPD Maks — 3 mm.
3. Tryby Start/Stop:
 - a) Start — Detektor foto,
 - b) Stop — Automatycznie (Stacja km — 0,317),
 - c) Zamknij plik — zaznaczone,
 - d) Powtórz — zaznaczone.

3.1.3. Przetworzenie wyników pomiarów

Aby sklasyfikować profilograf RSP w zakresie pomiarów profilu podłużnego wg wymagań normy ASTM E950/E950M-09 należy:

1. Po zakończeniu pomiarów kontrolnych na odcinku testowym z opcji **Widok** menu głównego programu polowego RSP wybrać pozycję **Classification** (rys. 3.1).
2. Nacisnąć klawisz **Flush** w celu wyczyszczenia wszystkich pól danych wejściowych i obliczeń.
3. W poszczególnych polach 1–15 wybrać podwójnym kliknięciem, a następnie otworzyć klawiszem **Otwórz** odpowiednie pliki pomiarowe RSP do oceny powtarzalności.
4. W polu pliku referencyjnego wybrać podwójnym kliknięciem, a następnie otworzyć klawiszem **Otwórz** plik z profilem referencyjnym do oceny odtwarzalności.
5. Nacisnąć klawisz **Calculate** w celu wykonania obliczeń.

Na rys. 3.2. przedstawiono okno **Classification** po wykonaniu obliczeń.

Wyniki obliczonych parametrów dla poszczególnych profili znajdują się w wierszach odpowiadających im plików pomiarowych RSP.

Wyniki oceny i klasyfikacji profilografu znajdują się w ramce **E950**.

Klasyfikacji podlegają niezależnie od siebie profile podłużne pomierzone w śladzie prawnym oraz lewym.

Rys. 3.1. Widok okna **Classification** (klasyfikacja)

Classification

Reference Profile

From		To	Average		mm	Avg Abs		IRI	
			Left	Right		Left	Right	Left	Right
<input checked="" type="checkbox"/>	w1.RSP	0.000 0.322 km	-2.19	-2.14		9.45	8.94	1.55	1.53

From, To			Bias		Relative	Abs Bias		IRI	
			Left	Right		Left	Right	Left	Right
1	<input checked="" type="checkbox"/>	q1.RSP	-0.13	-0.08	0.41	0.24	1.53	1.52	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	q2.RSP	0.20	0.06	0.64	0.32	1.55	1.46	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	q3.RSP	0.17	0.07	0.31	0.23	1.54	1.56	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	q4.RSP	-0.05	-0.07	0.54	0.24	1.53	1.49	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	q5.RSP	-0.24	-0.06	0.75	0.38	1.55	1.56	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	q6.RSP	0.16	0.08	0.60	0.25	1.53	1.50	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	q7.RSP	-0.35	-0.08	0.49	0.26	1.56	1.52	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	q8.RSP	0.04	-0.01	0.34	0.26	1.53	1.57	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	q9.RSP	0.14	0.06	0.54	0.19	1.53	1.54	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	q10.RSP	-0.05	0.02	0.32	0.24	1.54	1.51	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	q11.RSP	0.13	-0.01	0.63	0.25	1.53	1.53	
12	<input type="checkbox"/>								
13	<input type="checkbox"/>								
14	<input type="checkbox"/>								
15	<input type="checkbox"/>								

E950

	Precision	Class	Bias	Class
Left	0.68	2	0.65	1
Right	0.34	1	0.40	1

Filter: 100 100 m Interval: 305.0 304.8 mm

Buttons: Flush, Calculate

AASHTO

	Precision		Bias		Abs Bias	
Left	0.68	<input checked="" type="checkbox"/>	0.14	<input checked="" type="checkbox"/>	0.65	<input checked="" type="checkbox"/>
Right	0.34	<input checked="" type="checkbox"/>	0.12	<input checked="" type="checkbox"/>	0.40	<input checked="" type="checkbox"/>

Cross Correlation

	Precision		Bias	
Left	95.1	<input checked="" type="checkbox"/>	88.5	<input type="checkbox"/>
Right	91.7	<input type="checkbox"/>	86.4	<input type="checkbox"/>

Rys. 3.2. Widok okna z wynikami klasyfikacji

3.1.4. Ocena powtarzalności pomiarów profilu podłużnego

Powtarzalność profilografu wg ASTM E950/E950M-09 jest określona precyzją pomiarów profilu podłużnego. Precyzja jest definiowana jako średnia wszystkich odchyłek standardowych rzędnych profili, obliczonych dla wszystkich przejazdów na odcinku testowym w kolejnych punktach profilu.

Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności profilografu przedstawiono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności profilografu

Nr pkt.	Odle- głość	Rzędna profilu				Odchylenie standardowe	Średnie odchylenie standardowe
		Nr przejazdu					
		1	2	...	j (≥ 10)		
i		y _{i,1}	y _{i,2}	...	y _{i,j}	SD _i	SD _{śr}
—	m	mm				mm	mm
1	0,000	y _{1,1}	y _{1,2}	...	y _{1,j}	SD ₁	SD _{śr}
2	0,300	y _{2,1}	y _{2,2}	...	y _{2,j}	SD ₂	
3	0,600	y _{3,1}	y _{3,2}	...	y _{3,j}	SD ₃	
...	
1055	316,200	y _{1055,1}	y _{1055,2}	...	y _{1055,j}	SD ₁₀₅₅	
1056	316,500	y _{1056,1}	y _{1056,2}	...	y _{1056,j}	SD ₁₀₅₆	
1057	316,800	y _{1057,1}	y _{1057,2}	...	y _{1057,j}	SD ₁₀₅₇	

Klasyfikację powtarzalności profilografu przedstawiono w tabeli 3.2.

W systemie DSN wymaga się aby profilograf, podczas przedsezonowych badań porównawczych na znormalizowanym odcinku testowym, uzyskał w obu śladach klasę 1 lub klasę 2 powtarzalności pomiaru profilu podłużnego ($\text{Precision} \leq 0,76 \text{ mm}$).

Tabela 3.2. Klasyfikacja powtarzalności profilografu na podstawie normy ASTM E950/E950M-09

Klasa powtarzalności profilografu	Wartość SD_{sr}
Klasa 1	[0; 0,38]
Klasa 2	(0,38; 0,76]
Klasa 3	(0,76; 2,50]
Klasa 4	większa niż 2,50

3.1.5. Ocena odtwarzalności pomiarów profilu podłużnego

Odtwarzalność profilografu wg ASTM E950/E950M-09 jest określana na podstawie średniej wartości odchylenia (bias) pomiaru ze wszystkich punktów profilu na odcinku testowym. Odchylenie jest obliczane, dla każdego punktu profilu, jako absolutna wartość różnicy pomiędzy średnią wartością rzędnych profili pomiarowych zarejestrowanych podczas kolejnych przejazdów, a odpowiadającą jej wartością rzędnej profilu referencyjnego.

Profil referencyjny należy wyznaczyć metodą statyczną lub przy pomocy profilografu uznanego za urządzenie referencyjne.

Pomiary profilu metodą statyczną (np. metodą geodezyjną „Rod and Level” wg ASTM E1364-95 [48] lub urządzeniem typu kroczącego („walking profilometer”) polegają na określeniu względnych wartości rzędnych profilu nawierzchni, wzdłuż toru przejazdu profilografu, ze stałym krokiem pomiarowym nie przekraczającym 0,3 m. W zależności od zakresu równości nawierzchni oraz klasy precyzji, wymagana jest odpowiednio wysoka rozdzielczość pomiaru rzędnych profilu ($< 0,25 \text{ mm}$).

Profil referencyjny powinien być zarejestrowany z tym samym krokiem pomiarowym i odfiltrowany za pomocą takiego samego typu filtra, jak w przypadku pomiaru profilografem oraz zapisany w formacie RSP.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności profilografu przedstawiono w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności profilografu

Nr pkt.	Odległość	Rzędna profilu				Średnia rzędnych profilu	Profil referencyjny	Odchylenie	Średnie odchylenie
		Nr przejazdu							
		1	2	...	j (≥ 10)				
i		y _{i,1}	y _{i,2}	...	y _{i,j}	y _{i śr}	y _{i ref}	bias _i	bias _{śr}
—	m	mm				mm	mm	mm	mm
1	0,000	y _{1,1}	y _{1,2}	...	y _{1,j}	y _{1 śr}	y _{1 ref}	bias ₁	bias _{śr}
2	0,300	y _{2,1}	y _{2,2}	...	y _{2,j}	y _{2 śr}	y _{2 ref}	bias ₂	
3	0,600	y _{3,1}	y _{3,2}	...	y _{3,j}	y _{3 śr}	y _{3 ref}	bias ₃	
...	
1055	316,200	y _{1055,1}	y _{1055,2}	...	y _{1055,j}	y _{1055 śr}	y _{1055 ref}	bias ₁₀₅₅	
1056	316,500	y _{1056,1}	y _{1056,2}	...	y _{1056,j}	y _{1056 śr}	y _{1056 ref}	bias ₁₀₅₆	
1057	316,800	y _{1057,1}	y _{1057,2}	...	y _{1057,j}	y _{1057 śr}	y _{1057 ref}	bias ₁₀₅₇	
gdzie: $\text{bias}_i = y_{i \text{ śr}} - y_{i \text{ ref}} $									

Klasyfikację odtwarzalności profilografu przedstawiono w tabeli 3.4.

W systemie DSN wymaga się, aby profilograf podczas przedsezonowych badań porównawczych, na znormalizowanym odcinku testowym, uzyskał w obu śladach klasę 1 lub klasę 2 odtwarzalności względem profilu referencyjnego ($\text{Bias} \leq 2,50 \text{ mm}$).

Tabela 3.4. Klasyfikacja odtwarzalności profilografu na podstawie normy ASTM E950/E950M-09

Klasa odtwarzalności profilografu	Wartość bias_{sr}
Klasa 1	[0; 1,25]
Klasa 2	(1,25; 2,50]
Klasa 3	(2,50; 6,25]
Klasa 4	większa niż 6,25

3.2. Pomiary wskaźnika równości podłużnej IRI

3.2.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów wskaźnika równości podłużnej IRI

Pomiary porównawcze powinny być przeprowadzone przynajmniej na trzech odcinkach testowych o minimalnej długości 500 m każdy (co najmniej 10 wartości wskaźnika IRI w jednym śladzie) oraz zróżnicowanym poziomie równości podłużnej obejmującym zakres IRI co najmniej 1,0–4,0 mm/m.

Każdy profilograf powinien wykonać na każdym odcinku testowym serię co najmniej pięciu przejazdów pomiarowych ze stałą prędkością pomiarową z zakresu 70–90 km/h.

Na podstawie wyników serii pomiarów wskaźnika IRI należy określić:

1. Powtarzalność, tj. skupienie odpowiadających wartości wskaźnika IRI zmierzonych profilografem w kolejnych przejazdach wokół wartości średniej ze wszystkich przejazdów.
2. Odtwarzalność, tj. odchylenie zmierzonych wartości wskaźnika IRI od odpowiadających im wartości z pomiaru referencyjnego.

3.2.2. Ustawienia pomiarowe

Podczas pomiarów należy wykorzystywać gotowy zestaw ustawień pomiarowych RSP pod nazwą „DSN_por”:

1. Interwały rejestracji:
 - a) Prędkość — 1 m,
 - b) Wysokość lasera — 1 m,
 - c) Profil — 100 mm,
 - d) Tekstura — 1 m,
 - e) Koleina — 1 m,
 - f) IRI — 1 m.
2. Ustawienia filtra:
 - a) Długość fali — 100m,
 - b) Tłumienie — 0,50,
 - c) Niewł maks — 10%,
 - d) MPD Maks — 3 mm.
3. Tryby Start/Stop:
 - a) Start — Detektor foto,
 - b) Stop — Automatycznie (Stacja km — długość WOT),
 - c) Zamknij plik — zaznaczone,
 - d) Powtórz — zaznaczone.

3.2.3. Przetworzenie wyników pomiarów

Po zakończeniu pomiarów na odcinku testowym, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy przy pomocy programu DCC_RSP wygenerować plik raportu równości podłużnej (*.IRI), stosując krok uśredniania IRI w segmentach 50-metrowych, a następnie zaimportować komplet plików z wygenerowanymi raportami do aplikacji służącej archiwizacji i opracowaniu wyników pomiarów porównawczych.

3.2.4. Ocena powtarzalności pomiarów wskaźnika równości IRI

Powtarzalność profilografu jest określana na podstawie średniego odchylenia standardowego SD wartości wskaźnika IRI, uzyskanych w czasie kolejnych przejazdów na poszczególnych segmentach pomiarowych lub jego wartości względnej wyrażonej współczynnikiem zmienności CV.

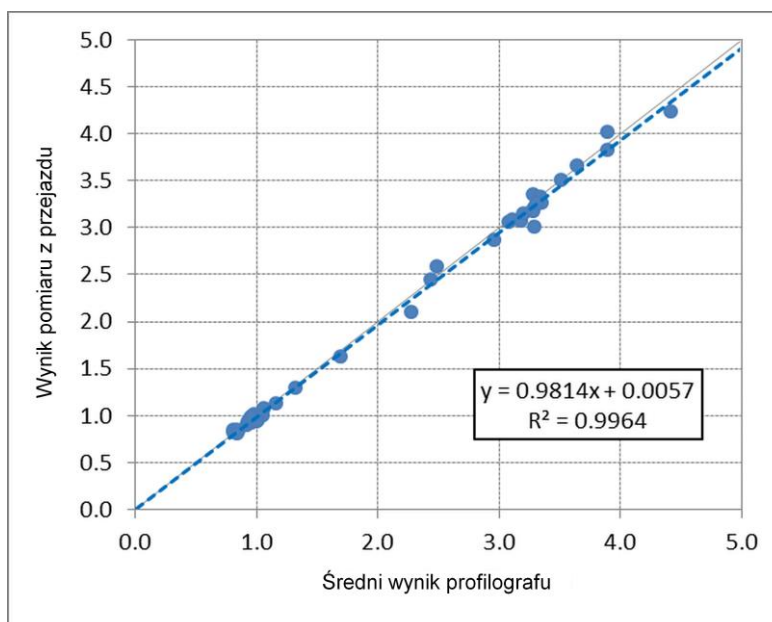
Jednocześnie, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy określić parametry regresji liniowej (rys. 3.3) wyników IRI dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości średniej wszystkich przejazdów (zmienna niezależna x) dla zbiorów wyników, powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika IRI przedstawiono w tabeli 3.5

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf powinien spełnić poniższe wymagania powtarzalności pomiarów wskaźnika IRI w obu śladach:

- Wymaganie 1 (powtarzalność na segmentach pomiarowych) — na co najmniej 90% wszystkich segmentów pomiarowych wskaźnik zmienności wyników na segmencie powinien być mniejszy lub równy 10%.
- Wymaganie 2 (powtarzalność przejazdów pomiarowych) — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla każdego przejazdu powinien być większy lub równy 0,95.
- Wymaganie 3 (decydujące) — średni współczynnik zmienności wszystkich segmentów pomiarowych powinien być mniejszy lub równy 5%.



Rys. 3.3. Wykres regresji liniowej dla pojedynczego przejazdu pomiarowego

Tabela 3.5. Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika IRI

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik IRI				Średni wskaźnik (dla segmentu)	Odchylenie stand. (dla segmentu)	Wsp. zmienności (dla segmentu)
		Nr przejazdu j = (1, 2,..., n)						
		1	2	...	n			
	i = (1, 2, ..., m)	IRI _{i,1}	IRI _{i,2}	...	IRI _{i,n}	IRI _i śr	SD _i	CV _i
A	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,n}	IRI ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,n}	IRI ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,n}	IRI _m śr	SD _m	CV _m
B	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,n}	IRI ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,n}	IRI ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,n}	IRI _m śr	SD _m	CV _m
C	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,n}	IRI ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,n}	IRI ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,n}	IRI _m śr	SD _m	CV _m
		Średni wskaźnik				Średnia		
		IRI _j śr						
		IRI ₁ śr	IRI ₂ śr	...	IRI _n śr	IRI _{śr}	SD _{śr}	CV _{śr}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej						
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _n			
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _n			
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _n ²			

3.2.5. Ocena odtwarzalności pomiarów wskaźnika równości IRI

Odtwarzalność profilografu jest określana na podstawie parametrów regresji liniowej (rys. 3.5) średnich wyników IRI dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości IRI pomiaru referencyjnego (zmienna niezależna x) dla zbiorów wyników powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

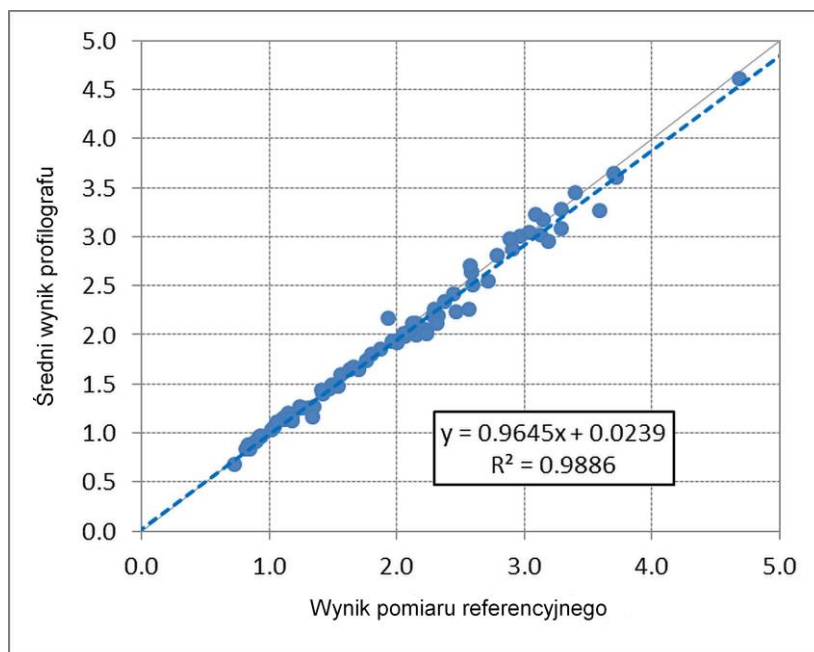
1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Wyniki pomiaru referencyjnego należy określić metodą statyczną lub przy pomocy profilografu uznanego za urządzenie referencyjne.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika IRI dla segmentów pomiarowych przedstawiono w tabeli 3.6

Podczas przedsezonowych badań porównawczych, profilograf powinien spełnić poniższe wymagania odtwarzalności pomiarów wskaźnika IRI w obu śladach:

- Wymaganie 1 — współczynnik A (nachylenie) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy 0,90 i mniejszy lub równy 1,10.
- Wymaganie 2 — współczynnik B (odcięta) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy $-0,10\text{ mm/m}$ i mniejszy lub równy $0,10\text{ mm/m}$.
- Wymaganie 3 — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla profilografu powinien być większy lub równy 0,95.



Rys. 3.4. Wykres regresji liniowej dla profilografu

Tabela 3.6. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika IRI dla segmentów pomiarowych

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik IRI				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
	i = (1, 2, ..., m)	IRI _{i,1}	IRI _{i,2}	...	IRI _{i,p}	
A	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,p}	IRI _{1 ref}
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,p}	IRI _{2 ref}

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,p}	IRI _{m ref}
B	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,p}	IRI _{1 ref}
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,p}	IRI _{2 ref}

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,p}	IRI _{m ref}
C	1	IRI _{1,1}	IRI _{1,2}	...	IRI _{1,p}	IRI _{1 ref}
	2	IRI _{2,1}	IRI _{2,2}	...	IRI _{2,p}	IRI _{2 ref}

	m	IRI _{m,1}	IRI _{m,2}	...	IRI _{m,p}	IRI _{m ref}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej				
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _p	
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _p	
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _p ²	
UWAGA!						
W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik IRI wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej						

Jednocześnie, dla każdego profilografu, należy przeprowadzić równoległą ocenę odtwarzalności średnich wyników IRI na poszczególnych odcinkach testowych, określając względną różnicę pomiędzy średnim wynikiem profilografu na odcinku testowym, a średnim wynikiem pomiaru referencyjnego oraz obliczając (wg PN-EN ISO/IEC 17043) wartość wskaźnika z (z-score) ze wzoru:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s},$$

gdzie:

- x — średni wynik parametru mierzonego, uzyskany przez uczestnika na odcinku testowym,
- \bar{x} — wartość przypisana do oceny biegłości parametru mierzonego na odcinku testowym,
- s — odchylenie standardowe.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności średnich wartości wskaźnika IRI dla odcinków testowych przedstawiono w tabeli 3.7.

Tabela 3.7. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika IRI dla odcinków testowych

Odcinek	Wskażnik	Wartość wskaźnika				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
A	Średni wskażnik IRI	IRI ₁	IRI ₂	...	IRI _p	IRI _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
B	Średni wskażnik IRI	IRI ₁	IRI ₂	...	IRI _p	IRI _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
C	Średni wskażnik IRI	IRI ₁	IRI ₂	...	IRI _p	IRI _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
Uwaga! W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik IRI wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej						

Podczas przedsezonowych badań porównawczych, profilograf na każdym odcinku testowym powinien spełnić poniższe wymaganie odtwarzalności pomiarów średnich wartości wskaźnika IRI w obu śladach:

Wymaganie 4 (wynik zadowalający wg PN-EN ISO/IEC 17043) — wskaźnik z-score (z) dla profilografu powinien być większy lub równy $-2,0$ i mniejszy lub równy $2,0$.

4. Pomiary porównawcze równości poprzecznej nawierzchni

Ocenę sprawności pomiarowej profilografu w zakresie równości poprzecznej należy przeprowadzić na podstawie wyników pomiarów:

1. stacjonarnych na łacie pomiarowej (koleina „0”),
2. głębokości koleiny obliczanej dla segmentów 50-metrowych.

4.1. Pomiary stacjonarne na łacie pomiarowej (koleina „0”)

W celu określenia tzw. koleiny „0” należy odczytać głębokość kolein (prawej, lewej, pełnej) wskazywanych przez profilograf w czasie rzeczywistym podczas pomiarów stacjonarnych przeprowadzonych na łacie pomiarowej o długości co najmniej 2,5 m. Zaleca się przeprowadzenie ww. pomiarów kontrolnych na początku pomiarów porównawczych w celu wstępnej weryfikacji prawidłowości działania systemu pomiarowego równości poprzecznej RSP.

Wymaganie — podczas pomiarów stacjonarnych na łacie pomiarowej, wartości głębokości kolein wskazywanych przez profilograf nie powinny przekraczać 0,5 mm.

4.2. Pomiary wskaźnika równości poprzecznej — głębokości koleiny KOL

4.2.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów głębokości koleiny KOL

Pomiary porównawcze powinny być przeprowadzone przynajmniej na trzech odcinkach testowych o minimalnej długości 500 m każdy (co najmniej 10 wyników KOL w jednym śladzie) o wyraźnie ukształtowanej koleinie obejmującej zakres co najmniej 1–30 mm.

Profilograf powinien wykonać, na każdym odcinku testowym, serię co najmniej pięciu przejazdów pomiarowych ze stałą prędkością pomiarową z zakresu 70–90 km/h.

4.2.2. Ustawienia pomiarowe

Podczas pomiarów należy wykorzystywać gotowy zestaw ustawień pomiarowych RSP pod nazwą „DSN_por” opisany w p. 3.2.2.

4.2.3. Przetworzenie wyników pomiarów

Po zakończeniu pomiarów kontrolnych na odcinku testowym, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy przy pomocy programu DCC_RSP wygenerować plik raportu kolein (*.RTG), stosując krok uśredniania KOL dla segmentów 50-metrowych, a następnie zaimportować komplet plików z wygenerowanymi raportami do aplikacji służącej archiwizacji i opracowaniu wyników pomiarów porównawczych.

4.2.4. Ocena powtarzalności pomiarów głębokości koleiny KOL

Powtarzalność profilografu jest określana na podstawie średniego odchylenia standardowego SD wartości wskaźnika KOL, uzyskanych w czasie kolejnych przejazdów oraz jego wartości względnej wyrażonej współczynnikiem zmienności CV.

Jednocześnie, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy określić parametry regresji liniowej (rys. 3.3) wyników KOL dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości średniej wszystkich przejazdów (zmienna niezależna x) dla zbiorów wyników, powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika KOL przedstawiono w tabeli 4.1.

Podczas przedsezonowych badań porównawczych, profilograf powinien spełnić poniższe wymagania powtarzalności pomiarów głębokości koleiny lewej i prawej:

Wymaganie 1 (powtarzalność na segmentach pomiarowych) — na co najmniej 90% wszystkich segmentów pomiarowych odchylenie standardowe wyników na segmencie powinno być mniejsze lub równe 1 mm lub wskaźnik zmienności wyników na segmencie powinien być mniejszy lub równy 10%.

Wymaganie 2 (powtarzalność przejazdów pomiarowych) — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla każdego przejazdu powinien być większy lub równy 0,95.

Wymaganie 3 (decydujące) — średnie odchylenie standardowe wyników wszystkich segmentów powinno być mniejsze lub równe 1 mm lub średni współczynnik zmienności wszystkich segmentów pomiarowych powinien być mniejszy lub równy 5%.

Tabela 4.1. Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika KOL

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik KOL				Średni wskaźnik (dla segmentu)	Odchylenie stand. (dla segmentu)	Wsp. zmienność (dla segmentu)
		Nr przejazdu j = (1, 2, ..., n)						
		1	2	...	n			
	i = (1, 2, ..., m)	KOL _{i,1}	KOL _{i,2}	...	KOL _{i,m}	KOL _i śr	SD _i	CV _i
A	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,n}	KOL ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,n}	KOL ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	KOL _{n,1}	KOL _{n,2}	...	KOL _{m,n}	KOL _m śr	SD _m	CV _m
B	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,n}	KOL ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,n}	KOL ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	KOL _{n,1}	KOL _{n,2}	...	KOL _{m,n}	KOL _m śr	SD _m	CV _m
C	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,n}	KOL ₁ śr	SD ₁	CV ₁
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,n}	KOL ₂ śr	SD ₂	CV ₂

	m	KOL _{m,1}	KOL _{m,2}	...	KOL _{m,n}	KOL _m śr	SD _m	CV _m
		Średni wskaźnik				Średnia		
		KOL _j śr						
		KOL ₁ śr	KOL ₂ śr	...	KOL _n śr	KOL _{śr}	SD _{śr}	CV _{śr}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej						
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _n			
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _n			
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _n ²			

4.2.5. Ocena odtwarzalności pomiarów głębokości koleiny KOL

Odtwarzalność profilografu jest określana na podstawie parametrów regresji liniowej (rys. 3.4) średnich wyników KOL dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości KOL pomiaru referencyjnego (zmienna niezależna x) dla zbiorów wyników powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Wyniki pomiaru referencyjnego należy określić metodą statyczną lub przy pomocy profilografu uznanego za urządzenie referencyjne.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika KOL dla segmentów pomiarowych przedstawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika KOL dla segmentów pomiarowych

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik KOL				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
	i = (1, 2, ..., m)	KOL _{i,1}	KOL _{i,2}	...	KOL _{i,p}	KOL _{i ref}
A	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,p}	KOL _{1 ref}
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,p}	KOL _{2 ref}

	m	KOL _{m,1}	KOL _{m,2}	...	KOL _{m,p}	KOL _{m ref}
B	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,p}	KOL _{1 ref}
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,p}	KOL _{2 ref}

	m	KOL _{m,1}	KOL _{m,2}	...	KOL _{m,p}	KOL _{m ref}
C	1	KOL _{1,1}	KOL _{1,2}	...	KOL _{1,p}	KOL _{1 ref}
	2	KOL _{2,1}	KOL _{2,2}	...	KOL _{2,p}	KOL _{2 ref}

	m	KOL _{m,1}	KOL _{m,2}	...	KOL _{m,p}	KOL _{m ref}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej				
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _p	
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _p	
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _p ²	
UWAGA!						
W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik KOL wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej						

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf powinien spełnić poniższe wymagania odtwarzalności pomiarów głębokości koleiny lewej i prawej:

- Wymaganie 1 — współczynnik A (nachylenie) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy 0,90 i mniejszy lub równy 1,10.
- Wymaganie 2 — współczynnik B (odcięta) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy –1 mm i mniejszy lub równy 1 mm.
- Wymaganie 3 — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla profilografu powinien być większy lub równy 0,95.

Jednocześnie dla każdego profilografu należy przeprowadzić równoległą ocenę odtwarzalności średnich wyników KOL dla poszczególnych odcinków testowych, określając względną różnicę pomiędzy średnim wynikiem profilografu na odcinku testowym, a średnim wynikiem pomiaru referencyjnego oraz obliczając (wg PN-EN ISO/IEC 17043) wartość wskaźnika z (z-score) ze wzoru:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s},$$

gdzie:

- x — średni wynik parametru mierzonego, uzyskany przez uczestnika na odcinku testowym,
- \bar{x} — wartość przypisana do oceny biegłości parametru mierzonego na odcinku testowym,
- s — odchylenie standardowe.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności średnich wartości wskaźnika KOL dla odcinków testowych przedstawiono w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika KOL dla odcinków testowych

Odcinek	Wskażnik	Wartość wskaźnika				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
A	Średni wskażnik KOL	KOL ₁	KOL ₂	...	KOL _p	KOL _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
B	Średni wskażnik KOL	KOL ₁	KOL ₂	...	KOL _p	KOL _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
C	Średni wskażnik KOL	KOL ₁	KOL ₂	...	KOL _p	KOL _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—

UWAGA!

W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik KOL wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf na każdym odcinku testowym powinien spełnić poniższe wymaganie odtwarzalności pomiarów średnich wartości wskaźnika KOL w obu śladach:

Wymaganie 4 (wynik zadowalający wg PN-EN ISO/IEC 17043) — wskaźnik z-score (z) dla profilografu powinien być większy lub równy $-2,0$ i mniejszy lub równy $2,0$.

5. Pomiary porównawcze makrotekstury nawierzchni

Ocenę sprawności pomiarowej profilografu w zakresie makrotekstury należy przeprowadzić na podstawie wyników pomiarów wskaźnika średniej głębokości profilu MPD, obliczonych dla segmentów 50-metrowych.

5.1. Metoda pomiaru i oceny wyników pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD

Pomiary porównawcze powinny być przeprowadzone przynajmniej na trzech odcinkach testowych o minimalnej długości 500 m każdy (co najmniej 10 wyników MPD w jednym śladzie) oraz zróżnicowanym poziomie makrotekstury obejmującym zakres 0,5–1,2 mm.

Profilograf powinien wykonać na każdym odcinku testowym serię co najmniej pięciu przejazdów pomiarowych ze stałą prędkością pomiarową z zakresu 70–90 km/h.

5.2. Ustawienia pomiarowe

Podczas pomiaru należy wykorzystywać gotowy zestaw ustawień pomiarowych RSP pod nazwą „DSN_por” opisane w p. 3.2.2.

5.3. Przetworzenie wyników pomiarów

Po zakończeniu pomiarów kontrolnych na odcinku testowym, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy przy pomocy programu DCC_RSP wygenerować plik raportu makrotekstury (*.TXE) stosując krok uśredniania MPD dla segmentów 50-metrowych, a następnie zaimportować komplet plików z wygenerowanymi raportami do aplikacji, służącej archiwizacji i opracowaniu wyników pomiarów porównawczych.

5.4. Ocena powtarzalności pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD

Powtarzalność profilografu jest określana na podstawie średniego odchylenia standardowego SD wyników MPD uzyskanych w czasie kolejnych przejazdów oraz jego wartości względnej wyrażonej współczynnikiem zmienności CV.

Jednocześnie, dla każdego przejazdu pomiarowego, należy określić parametry zależności (regresji) liniowej (rys.3.3) wyników MPD dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości średniej wszystkich przejazdów (zmienna niezależna x) dla zbiorów wyników powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika MPD przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Schemat pomiarów i obliczeń powtarzalności wskaźnika MPD

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik MPD				Średni wskaźnik (dla segmentu)	Odchylenie stand. (dla segmentu)	Wsp. zmienności (dla segmentu)
		Nr przejazdu j = (1, 2, ..., n)						
		1	2	...	n			
	i = (1, 2, ..., m)	MPD _{i,1}	MPD _{i,2}	...	MPD _{i,n}	MPD _{i śr}	SD _i	CV _i
A	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,n}	MPD _{1 śr}	SD ₁	CV ₁
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,n}	MPD _{2 śr}	SD ₂	CV ₂

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,n}	MPD _{m śr}	SD _m	CV _m
B	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,n}	MPD _{1 śr}	SD ₁	CV ₁
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,n}	MPD _{2 śr}	SD ₂	CV ₂

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,n}	MPD _{m śr}	SD _m	CV _m
C	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,n}	MPD _{1 śr}	SD ₁	CV ₁
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,n}	MPD _{2 śr}	SD ₂	CV ₂

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,n}	MPD _{m śr}	SD _m	CV _m
		Średni wskaźnik				Średnia		
		MPD _{j śr}						
		MPD _{1 śr}	MPD _{2 śr}	...	MPD _{n śr}	MPD _{śr}	SD _{śr}	CV _{śr}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej						
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _n			
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _n			
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _n ²			

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf powinien spełnić poniższe wymagania powtarzalności pomiarów wskaźnika MPD:

- Wymaganie 1 (powtarzalność na segmentach pomiarowych) — na co najmniej 90% wszystkich segmentów pomiarowych wskaźnik zmienności wyników na segmencie powinien być mniejszy lub równy 10%.
- Wymaganie 2 (powtarzalność przejazdów pomiarowych) — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla każdego przejazdu powinien być większy lub równy 0,95.
- Wymaganie 3 (decydujące) — średni współczynnik zmienności wszystkich segmentów pomiarowych powinien być mniejszy lub równy 5%.

5.5. Ocena odtwarzalności pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD

Odtwarzalność profilografu jest określana na podstawie parametrów regresji liniowej (rys. 3.4) średnich wyników MPD dla segmentów pomiarowych (zmienna zależna y) w funkcji wartości MPD pomiaru referencyjnego (zmienna niezależna x), dla zbiorów wyników powstałych po połączeniu wszystkich odcinków testowych:

1. współczynnik A (nachylenie),
2. współczynnik B (odcięta),
3. współczynnik determinacji R^2 .

Wyniki pomiaru referencyjnego należy określić metodą statyczną lub przy pomocy profilografu uznanego za urządzenie referencyjne.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika MPD dla segmentów pomiarowych przedstawiono w tabeli 5.2

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf powinien spełnić poniższe wymagania odtwarzalności pomiarów wskaźnika makrotekstury MPD:

- Wymaganie 1 — współczynnik A (nachylenie) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy 0,90 i mniejszy lub równy 1,10.
- Wymaganie 2 — współczynnik B (odcięta) linii regresji dla profilografu powinien być większy lub równy -0,1 i mniejszy lub równy 0,1.
- Wymaganie 3 — współczynnik determinacji R^2 regresji liniowej dla profilografu powinien być większy lub równy 0,95.

Jednocześnie dla każdego profilografu należy przeprowadzić równoległą ocenę odtwarzalności wyników średnich MPD na poszczególnych odcinkach testowych, określając względną różnicę pomiędzy średnim wynikiem profilografu na odcinku testowym, a średnim wynikiem pomiaru referencyjnego oraz obliczając (wg PN-EN ISO/IEC 17043) wartość wskaźnika z (z-score) ze wzoru:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s},$$

gdzie:

- x — średni wynik parametru mierzonego, uzyskany przez uczestnika na odcinku testowym,
- \bar{x} — wartość przypisana do oceny biegłości parametru mierzonego na odcinku testowym,
- s — odchylenie standardowe.

Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności średnich wartości wskaźnika MPD dla odcinkach testowych przedstawiono w tabeli 5.3.

Tabela 5.2. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika MPD na segmentach pomiarowych

Odcinek	Nr segmentu	Wskaźnik MPD				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
	i = (1, 2, ..., m)	MPD _{i,1}	MPD _{i,2}	...	MPD _{i,p}	
A	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,p}	MPD _{1 ref}
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,p}	MPD _{2 ref}

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,p}	MPD _{m ref}
B	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,p}	MPD _{1 ref}
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,p}	MPD _{2 ref}

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,p}	MPD _{m ref}
C	1	MPD _{1,1}	MPD _{1,2}	...	MPD _{1,p}	MPD _{1 ref}
	2	MPD _{2,1}	MPD _{2,2}	...	MPD _{2,p}	MPD _{2 ref}

	m	MPD _{m,1}	MPD _{m,2}	...	MPD _{m,p}	MPD _{m ref}
Parametr regresji liniowej		Wartość parametru (współczynnika) regresji liniowej				
Wsp. A (nachylenie)		A ₁	A ₂	...	A _p	
Wsp. B (odcięta)		B ₁	B ₂	...	B _p	
Wsp. determinacji R ²		R ₁ ²	R ₂ ²	...	R _p ²	
UWAGA!						
W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik MPD wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej						

Tabela 5.3. Schemat pomiarów i obliczeń odtwarzalności wskaźnika MPD na odcinkach testowych

Odcinek	Wskażnik	Wartość wskażnika				Pomiar referencyjny
		Nr profilografu k = (1, 2, ..., p)				
		1	2	...	p	
A	Średni wskażnik MPD	MPD ₁	MPD ₂	...	MPD _p	MPD _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
B	Średni wskażnik MPD	MPD ₁	MPD ₂	...	MPD _p	MPD _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
C	Średni wskażnik MPD	MPD ₁	MPD ₂	...	MPD _p	MPD _{ref}
	Wskażnik z-score	z ₁	z ₂	...	z _p	—
UWAGA! W przypadku braku urządzenia/pomiaru referencyjnego, jako wartość odniesienia należy przyjąć średni wynik MPD wszystkich aparatów biorących udział w pomiarach porównawczych, których wyniki zostały uznane jako poprawne na podstawie testów zmienności wewnątrzlaboratoryjnej i międzylaboratoryjnej						

Podczas przedsezonowych badań porównawczych profilograf na każdym odcinku testowym powinien spełnić poniższe wymaganie odtwarzalności pomiaru średnich wskaźników MPD w obu śladach:

Wymaganie 4 (wynik zadowalający wg PN-EN ISO/IEC 17043) — wskaźnik z-score (z) dla profilografu powinien być większy lub równy $-2,0$ i mniejszy lub równy $2,0$.