

## **Załącznik F6**

**Procedura badań kontrolnych  
zestawu LCMS na odcinku testowym**

**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**

<b>1. Wprowadzenie .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Cel przeprowadzenia badań kontrolnych .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Odcinek testowy .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Test na powtarzalność wyników .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Raporty z pomiarów kontrolnych .....</b>	<b>8</b>



## 1. Wprowadzenie

Badania kontrolne zestawów LCMS do oceny wizualnej, obejmują sprawdzenie powtarzalności rejestracji uszkodzeń, takich jak:

1. pęknięcia siatkowe ( $m^2$ ),
2. pęknięcia pojedyncze podłużne ( $m^2$ ),
3. pęknięcia pojedyncze poprzeczne (szt.),
4. wyboje ( $m^2$ ),
5. ubytki ziaren ( $m^2$ ).

Zestaw wykonuje trzy serie pomiarowe i sprawdzane są wyniki na powtarzalność pomiarów.

Ocenę wyników przeprowadza się wg metodyki Klubu Polskich Laboratoriów Badawczych „POLLAB”, określającej wartość wskaźnika z (z-score) dla rozpatrywanych rodzajów uszkodzeń nawierzchni.

Pozytywne wyniki, uzyskane w czasie badań kontrolnych, są podstawą do dopuszczenia do dalszych pomiarów na sieci dróg krajowych w ramach programu badawczego DSN na dany rok.



Rys. 1.1. Zestaw LCMS — widok na instalację zestawu kamer pomiarowych

## 2. Cel przeprowadzenia badań kontrolnych

Zasadniczym celem przeprowadzenia badań jest zarejestrowanie obrazu pasa ruchu przy pomocy kamer 3D, i poddanie automatycznej analizie w celu identyfikacji uszkodzeń nawierzchni. Następnie porównanie wyników pomiaru z trzech przejazdów, z automatycznego obmiaru pięciu rodzajów uszkodzeń nawierzchni, bez udziału operatora w procesie obliczeniowym. Dlatego nie wprowadza się obrysu łąt i korekty linii brzegowych. Zarejestrowane automatycznie dane po przeprowadzeniu stosownych obliczeń i zgromadzeniu danych wynikowych w arkuszach kalkulacyjnych Excela (dedykowany program LCMS Compare), są porównywane na poziomie zespołu pomiarowego (test powtarzalności).

### 3. Odcinek testowy

Odcinek testowy powinien charakteryzować się szerokim zakresem uszkodzeń nawierzchni, o nasileniu umożliwiającym uzyskanie dużej liczby rejestracji zdarzeń, pozwalających na wykonanie właściwej liczby obliczeń statystycznych.

Pomiary prowadzi się ze startu zatrzymanego, na odcinku o długości około 1500 m z prędkością 50 km/h. Do oceny poszczególnych rodzajów uszkodzeń przyjmuje się odcinek o długości 1000 m.

Przed wykonaniem badań kontrolnych, zestaw powinien być sprawdzony pod względem prawidłowego pomiaru odległości. Sprawdzenie należy wykonać na prostoliniowym odcinku drogi o znanej długości. Różnica w pomiarze dystansu podczas 2-krotnego przejazdu nie powinna przekroczyć 0,1%. Do precyzyjnego ustawienia zestawu na punktach kontrolnych można wykorzystać, np. oś przedniego koła.

Odcinek należy wyznaczyć, np. przy pomocy wzorcowanej miary stalowej o długości 50 m i trwale oznaczyć przy pomocy stalowych gwoździ mierniczych, zatopionych w warstwie bitumicznej.



Rys. 3.1. Oznaczenie początku i końca odcinka kalibracyjnego dystansomierzy

### 4. Test na powtarzalność wyników

W celu określenia powtarzalności urządzenia, wykonuje się trzy przejazdy zestawem LCMS, uzyskując wyniki odpowiednio dla poszczególnych przejazdów i wyliczając z nich wartość średnią (tabela 4.1).

Dla zestawu określa się wartość wskaźnika  $z$  (tzw. „resztę standaryzowaną”) ze wzoru:

$$z_j = \frac{|U_j - U_{sr}|}{\sigma}, \quad (4.1)$$

w którym:

- $U_j$  — wartość uszkodzeń (test na sekcjach 50-metrowych) dla przejazdu  $j$ ,
- $U_{sr}$  — średnia wartość uszkodzeń przypisana do trzech przejazdów pomiarowych,
- $\sigma$  — odchylenie standardowe.

W oparciu o uzyskane wartości wskaźnika, wyniki należy podzielić na trzy grupy:

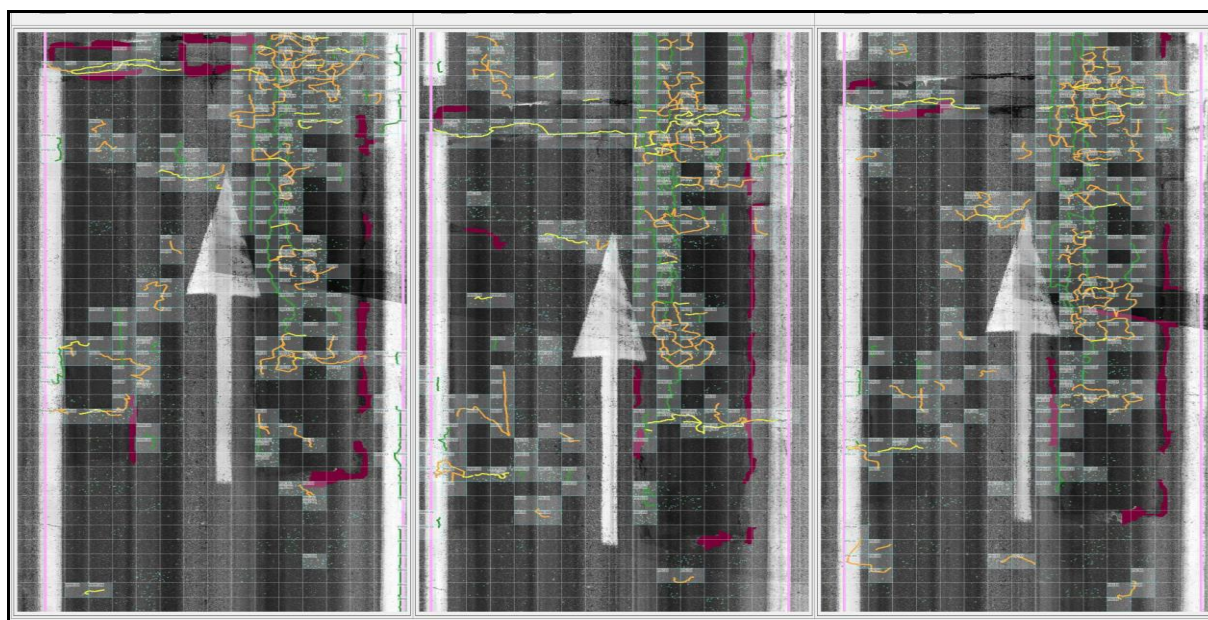
- $|z| \leq 1$  — wynik bardzo dobry,
- $1 < |z| \leq 2$  — wynik dobry,
- $|z| > 2$  — wynik niezadowalający.

Kryteria należy odnieść do sekcji 50-metrowych oraz sumy rodzajów uszkodzeń na odcinku testowym o długości 1000 m.

Przykładową wizualizację uszkodzeń nawierzchni na odcinku testowym pokazano na rys. 4.1.

Tabela. 4.1. Przykładowe zestawienie wyników pomiarów kontrolnych zestawu pomiarowego — test na powtarzalność

Zestawienie wyników pomiarów w teście na powtarzalność dla zestawu LCMS								
Rodzaj uszkodzenia	Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
	Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
	1	2	3			1	2	3
	U <sub>j</sub>					U <sub>śr</sub>	σ	Z <sub>j</sub>
Pęknięcia siatkowe, m <sup>2</sup>	5,55	5,60	5,73	5,63	0,07	-1,02	-0,34	1,36
Pęknięcia pojedyncze podłużne, m b.	12,03	11,79	11,09	11,63	0,40	0,98	0,39	-1,37
Pęknięcia pojedyncze poprzeczne, szt.	8,28	8,00	7,71	8,00	0,23	1,22	0,02	-1,23
Wyboje, m <sup>2</sup>	1,30	0,85	1,15	1,10	0,19	1,07	-1,34	0,27
Ubytki ziaren, m <sup>2</sup>	0,12	0,13	0,14	0,13	0,01	-1,26	0,07	1,19
Kryteria oceny:								
z  ≤ 1 — wynik bardzo dobry								
1 <  z  ≤ 2 — wynik dobry								
z  > 2 — wynik niezadowalający								



Rys. 4.1. Przykładowe sekcje porównawcze (o długości 10 m) z trzech przejazdów

#### UWAGA!

Jeżeli wyniki nie spełniają wymagań, to próbę należy powtórzyć. W przypadku stałej niezgodności, należy znaleźć i wyeliminować przyczynę niezgodności. Jeżeli dysponujemy serią badań, w tych samych punktach pomiarowych z poprzednich sezonów pomiarowych, to możemy je również wykorzystać do analizy wskaźnika  $z$ .



## 5. Raporty z pomiarów na odcinku testowym

### RAPORT Z POMIARÓW KONTROLNYCH Automatyczny pomiar uszkodzeń nawierzchni asfaltowych (AONA) System LCMS (Laser Crack Measurement System)

Data	Operator	Nr drogi	Kierunek	Nr jezdni	Nr pasa	Lokalizacja		Długość
						km P	km K	
28-03-2017	Operator 1	nr drogi	M	1	1	158,010	159,010	1,000

#### Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność dla sumy wszystkich uszkodzeń nawierzchni

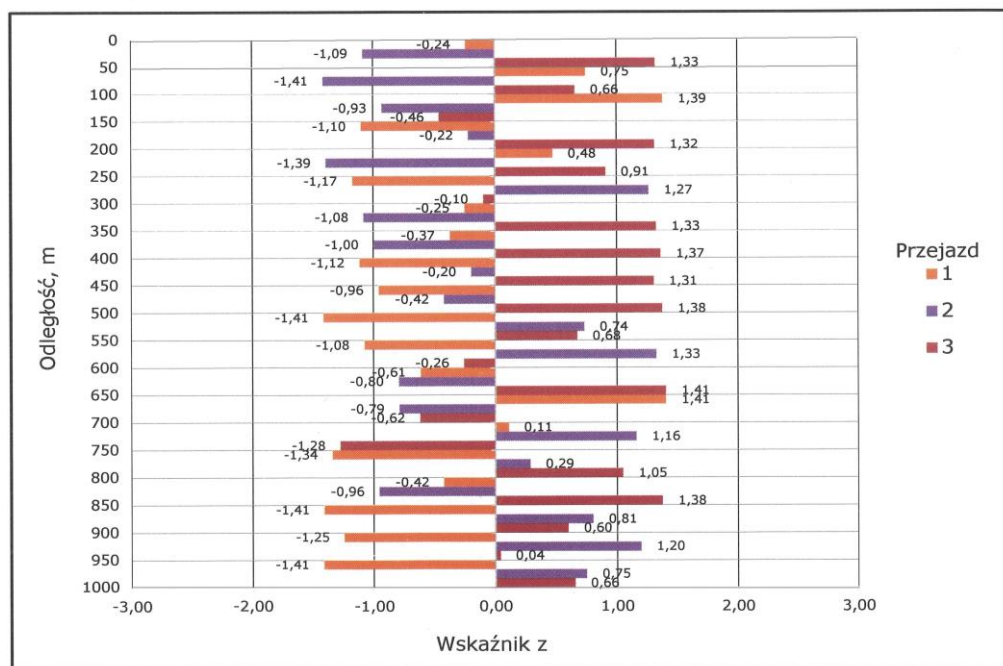
Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>śr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	67,88	60,48	81,58	69,98	8,74	-0,24	-1,09	1,33
50	100	51,72	48,16	51,58	50,48	1,65	0,75	-1,41	0,66
100	150	114,80	88,03	93,50	98,77	11,55	1,39	-0,93	-0,46
150	200	67,41	70,70	76,43	71,51	3,73	-1,10	-0,22	1,32
200	250	32,41	30,03	32,96	31,80	1,27	0,48	-1,39	0,91
250	300	70,45	75,59	72,72	72,92	2,10	-1,17	1,27	-0,10
300	350	104,34	100,19	112,25	105,59	5,00	-0,25	-1,08	1,33
350	400	131,14	121,03	159,20	137,12	16,15	-0,37	-1,00	1,37
400	450	82,77	94,93	114,84	97,51	13,22	-1,12	-0,20	1,31
450	500	91,57	93,11	98,25	94,31	2,86	-0,96	-0,42	1,38
500	550	63,13	80,39	79,92	74,48	8,03	-1,41	0,74	0,68
550	600	45,75	71,64	54,57	57,32	10,75	-1,08	1,33	-0,26
600	650	35,10	34,02	47,12	38,75	5,94	-0,61	-0,80	1,41
650	700	90,75	84,51	84,99	86,75	2,84	1,41	-0,79	-0,62
700	750	84,58	94,58	71,34	83,50	9,52	0,11	1,16	-1,28
750	800	41,18	56,00	62,95	53,38	9,08	-1,34	0,29	1,05
800	850	70,77	65,83	87,48	74,69	9,26	-0,42	-0,96	1,38
850	900	63,34	74,97	73,89	70,73	5,24	-1,41	0,81	0,60
900	950	64,55	71,11	68,00	67,89	2,68	-1,25	1,20	0,04
950	1000	50,67	57,53	57,23	55,14	3,17	-1,41	0,75	0,66
Średnia		71,22	73,64	79,04	74,63	6,64	-0,50	-0,14	0,64

Kryteria oceny:

|z| ≤ 1 — wynik bardzo dobry

1 &lt; |z| ≤ 2 — wynik dobry

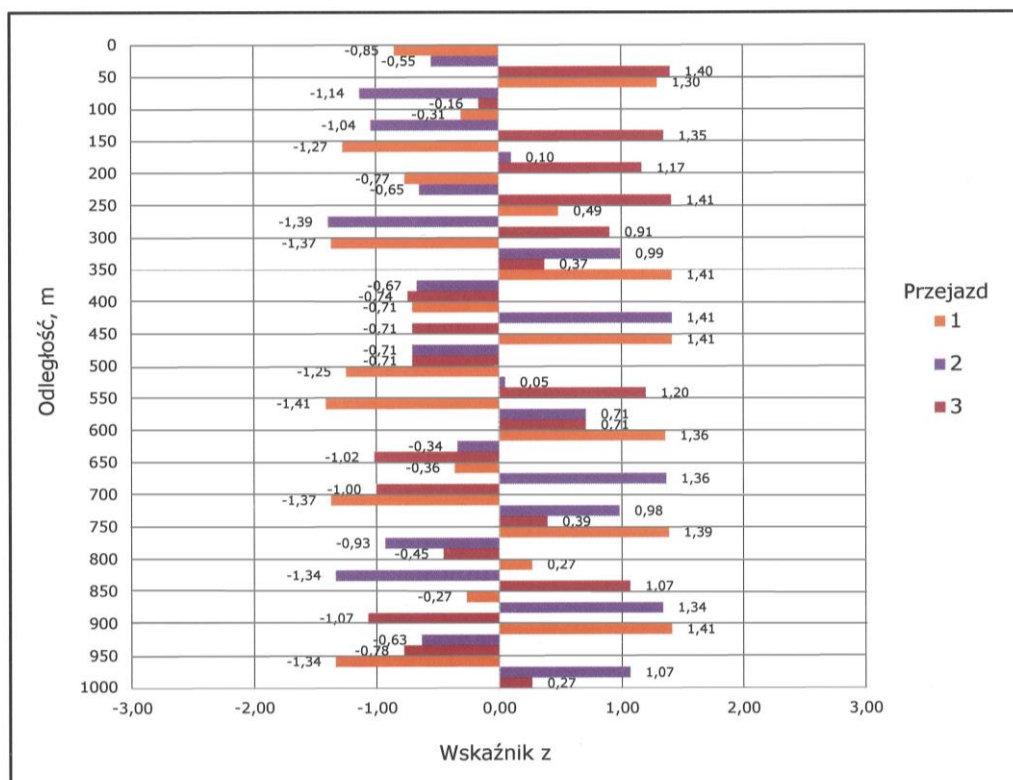
|z| &gt; 2 — wynik niezadowalający





**Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność  
dla sumy pęknięć siatkowych nawierzchni**

Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>śr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	13,25	13,38	14,19	13,60	0,42	-0,85	-0,55	1,40
50	100	12,75	10,88	11,63	11,75	0,77	1,30	-1,14	-0,16
100	150	14,88	14,13	16,56	15,19	1,02	-0,31	-1,04	1,35
150	200	5,38	5,94	6,38	5,90	0,41	-1,27	0,10	1,17
200	250	3,13	3,25	5,44	3,94	1,06	-0,77	-0,65	1,41
250	300	11,38	10,25	11,63	11,08	0,60	0,49	-1,39	0,91
300	350	12,69	16,25	15,31	14,75	1,51	-1,37	0,99	0,37
350	400	20,31	18,50	18,44	19,08	0,87	1,41	-0,67	-0,74
400	450	11,19	11,56	11,19	11,31	0,18	-0,71	1,41	-0,71
450	500	14,38	13,19	13,19	13,58	0,56	1,41	-0,71	-0,71
500	550	10,06	12,81	15,25	12,71	2,12	-1,25	0,05	1,20
550	600	4,94	5,44	5,44	5,27	0,24	-1,41	0,71	0,71
600	650	7,19	6,88	6,75	6,94	0,18	1,36	-0,34	-1,02
650	700	19,81	22,00	19,00	20,27	1,27	-0,36	1,36	-1,00
700	750	5,06	8,06	7,31	6,81	1,27	-1,37	0,98	0,39
750	800	4,56	2,44	2,88	3,29	0,92	1,39	-0,93	-0,45
800	850	10,13	8,13	11,13	9,79	1,25	0,27	-1,34	1,07
850	900	17,38	17,88	17,13	17,46	0,31	-0,27	1,34	-1,07
900	950	10,06	9,19	9,13	9,46	0,43	1,41	-0,63	-0,78
950	1000	8,31	8,50	8,44	8,42	0,08	-1,34	1,07	0,27
Średnia		10,84	10,93	11,32	11,03	0,77	-0,11	-0,07	0,18
Kryteria oceny:									
z  ≤ 1 — wynik bardzo dobry									
1 <  z  ≤ 2 — wynik dobry									
z  > 2 — wynik niezadowalający									



**Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność  
dla sumy pęknięć podłużnych nawierzchni**

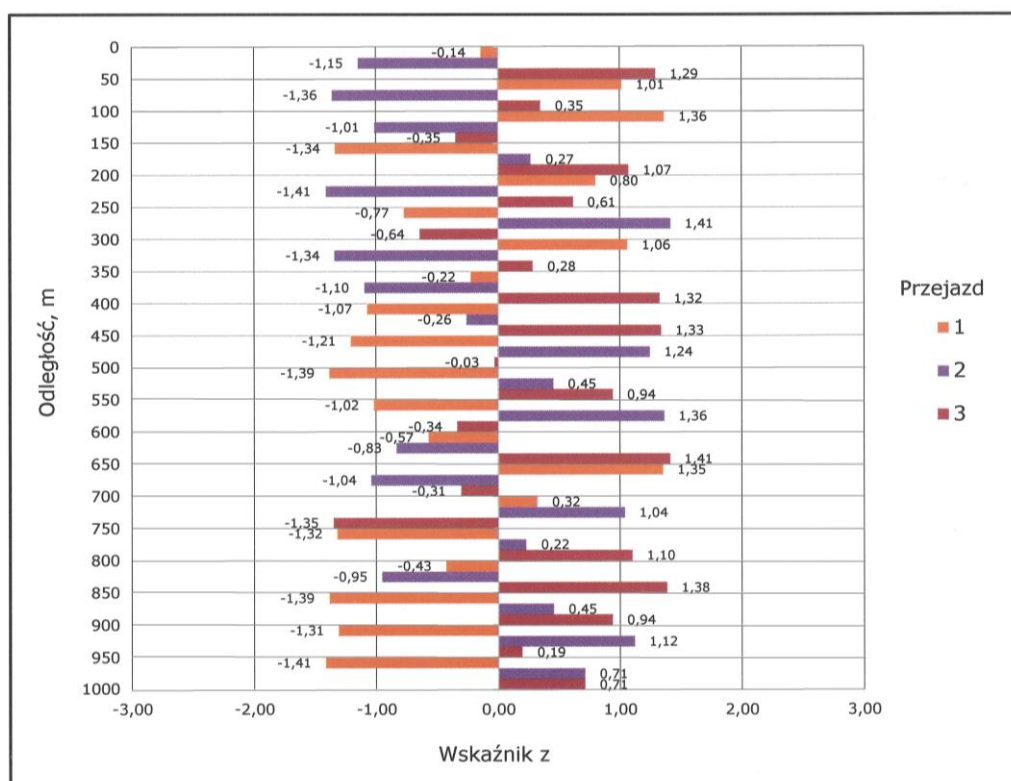
Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>sr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	43,50	35,25	55,25	44,67	8,21	-0,14	-1,15	1,29
50	100	29,00	21,00	26,75	25,58	3,37	1,01	-1,36	0,35
100	150	90,50	62,00	70,00	74,17	12,00	1,36	-1,01	-0,35
150	200	58,00	61,50	63,25	60,92	2,18	-1,34	0,27	1,07
200	250	25,75	22,75	25,50	24,67	1,36	0,80	-1,41	0,61
250	300	47,25	51,50	47,50	48,75	1,95	-0,77	1,41	-0,64
300	350	87,50	78,25	84,50	83,42	3,85	1,06	-1,34	0,28
350	400	93,50	81,50	114,75	96,58	13,75	-0,22	-1,10	1,32
400	450	60,00	71,00	92,50	74,50	13,50	-1,07	-0,26	1,33
450	500	64,50	70,75	67,50	67,58	2,55	-1,21	1,24	-0,03
500	550	44,00	55,25	58,25	52,50	6,13	-1,39	0,45	0,94
550	600	33,00	60,00	40,75	44,58	11,35	-1,02	1,36	-0,34
600	650	20,00	18,75	29,50	22,75	4,80	-0,57	-0,83	1,41
650	700	55,25	45,50	48,50	49,75	4,08	1,35	-1,04	-0,31
700	750	68,50	75,75	51,75	65,33	10,05	0,32	1,04	-1,35
750	800	34,75	48,50	56,25	46,50	8,89	-1,32	0,22	1,10
800	850	53,50	49,00	69,00	57,17	8,57	-0,43	-0,95	1,38
850	900	35,75	44,25	46,50	42,17	4,63	-1,39	0,45	0,94
900	950	46,00	51,25	49,25	48,83	2,16	-1,31	1,12	0,19
950	1000	35,50	43,00	43,00	40,50	3,54	-1,41	0,71	0,71
Średnia		51,29	52,34	57,01	53,55	6,35	-0,38	-0,11	0,49

Kryteria oceny:

|z|≤1 — wynik bardzo dobry

1<|z|≤2 — wynik dobry

|z|>2 — wynik niezadowalający



**Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność  
dla sumy pęknięć poprzecznych nawierzchni**

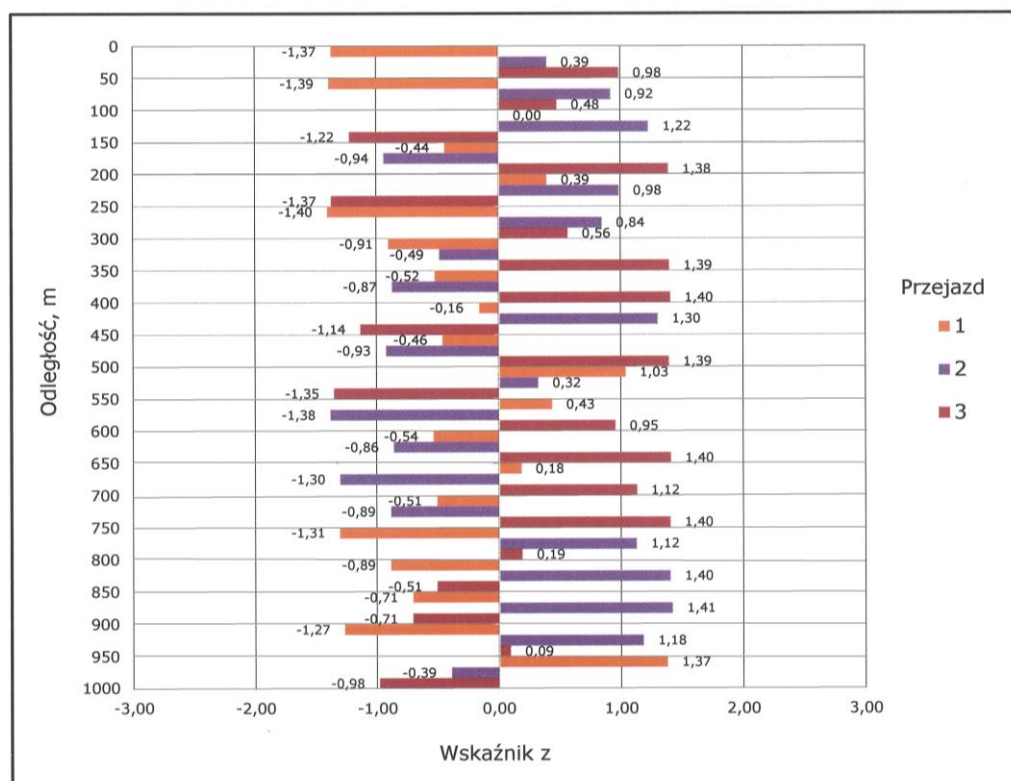
Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>sr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	11,00	11,75	12,00	11,58	0,42	-1,37	0,39	0,98
50	100	8,25	13,50	12,50	11,42	2,28	-1,39	0,92	0,48
100	150	9,00	11,50	6,50	9,00	2,04	0,00	1,22	-1,22
150	200	4,00	3,25	6,75	4,67	1,50	-0,44	-0,94	1,38
200	250	3,50	4,00	2,00	3,17	0,85	0,39	0,98	-1,37
250	300	11,75	13,75	13,50	13,00	0,89	-1,40	0,84	0,56
300	350	4,00	5,50	12,25	7,25	3,59	-0,91	-0,49	1,39
350	400	9,25	8,75	12,00	10,00	1,43	-0,52	-0,87	1,40
400	450	11,50	12,25	11,00	11,58	0,51	-0,16	1,30	-1,14
450	500	8,25	7,00	13,25	9,50	2,70	-0,46	-0,93	1,39
500	550	8,75	8,00	6,25	7,67	1,05	1,03	0,32	-1,35
550	600	7,75	6,00	8,25	7,33	0,96	0,43	-1,38	0,95
600	650	5,50	5,00	8,50	6,33	1,55	-0,54	-0,86	1,40
650	700	13,50	10,75	15,25	13,17	1,85	0,18	-1,30	1,12
700	750	11,00	10,75	12,25	11,33	0,66	-0,51	-0,89	1,40
750	800	1,75	5,00	3,75	3,50	1,34	-1,31	1,12	0,19
800	850	7,00	8,50	7,25	7,58	0,66	-0,89	1,40	-0,51
850	900	9,50	11,75	9,50	10,25	1,06	-0,71	1,41	-0,71
900	950	8,25	10,50	9,50	9,42	0,92	-1,27	1,18	0,09
950	1000	6,50	5,75	5,50	5,92	0,42	1,37	-0,39	-0,98
Średnia		8,00	8,66	9,39	8,68	1,33	-0,42	0,15	0,27

Kryteria oceny:

|z|≤1 — wynik bardzo dobry

1<|z|≤2 — wynik dobry

|z|>2 — wynik niezadowalający





### Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność dla sumy wybojów nawierzchni

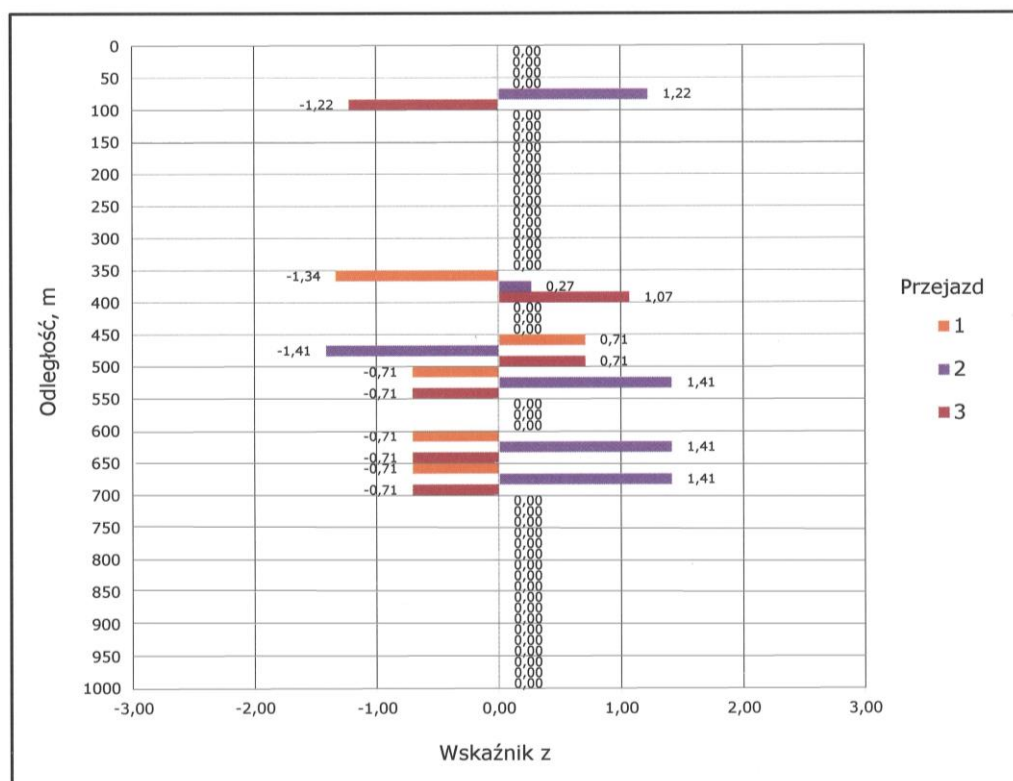
Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>śr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	100	1,00	2,00	0,00	1,00	0,82	0,00	1,22	-1,22
100	150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200	250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
300	350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
350	400	7,00	11,00	13,00	10,33	2,49	-1,34	0,27	1,07
400	450	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
450	500	4,00	2,00	4,00	3,33	0,94	0,71	-1,41	0,71
500	550	0,00	4,00	0,00	1,33	1,89	-0,71	1,41	-0,71
550	600	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
600	650	2,00	3,00	2,00	2,33	0,47	-0,71	1,41	-0,71
650	700	2,00	6,00	2,00	3,33	1,89	-0,71	1,41	-0,71
700	750	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
750	800	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
800	850	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
850	900	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
900	950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
950	1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Średnia		0,80	1,40	1,05	1,08	0,42	-0,14	0,22	-0,08

Kryteria oceny:

|z|≤1 — wynik bardzo dobry

1<|z|≤2 — wynik dobry

|z|>2 — wynik niezadowalający



### Zestawienie zbiorcze wyników pomiarów w teście na powtarzalność dla sumy ubytków nawierzchni

Odległość		Wartość uszkodzenia			Średnia	Odch. stand.	Wskaźnik		
		Nr przejazdu, j					Nr przejazdu, j		
		1	2	3			1	2	3
od	do	U <sub>j</sub>			U <sub>śr</sub>	σ	z <sub>j</sub>		
0	50	0,13	0,11	0,14	0,13	0,01	0,53	-1,40	0,87
50	100	0,72	0,78	0,70	0,73	0,03	-0,38	1,37	-0,99
100	150	0,43	0,40	0,43	0,42	0,01	0,45	-1,39	0,94
150	200	0,03	0,01	0,05	0,03	0,02	-0,10	-1,17	1,27
200	250	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	1,24	-0,03	-1,21
250	300	0,07	0,09	0,09	0,08	0,01	-1,39	0,46	0,92
300	350	0,15	0,19	0,19	0,18	0,01	-1,41	0,68	0,73
350	400	1,08	1,28	1,01	1,12	0,11	-0,41	1,38	-0,97
400	450	0,08	0,12	0,15	0,12	0,03	-1,23	0,01	1,22
450	500	0,45	0,17	0,31	0,31	0,11	1,22	-1,23	0,02
500	550	0,32	0,33	0,17	0,27	0,07	0,65	0,77	-1,41
550	600	0,06	0,20	0,13	0,13	0,06	-1,21	1,24	-0,03
600	650	0,41	0,40	0,37	0,39	0,02	0,99	0,38	-1,37
650	700	0,19	0,26	0,24	0,23	0,03	-1,38	0,94	0,44
700	750	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	-1,19	-0,07	1,26
750	800	0,11	0,07	0,07	0,08	0,02	1,41	-0,82	-0,59
800	850	0,14	0,21	0,11	0,15	0,04	-0,23	1,32	-1,09
850	900	0,72	1,10	0,76	0,86	0,17	-0,83	1,41	-0,57
900	950	0,24	0,17	0,13	0,18	0,05	1,29	-0,14	-1,15
950	1000	0,36	0,28	0,29	0,31	0,03	1,40	-0,86	-0,54
Średnia		0,29	0,31	0,27	0,29	0,04	-0,03	0,14	-0,11

Kryteria oceny:

|z|≤1 — wynik bardzo dobry

1<|z|≤2 — wynik dobry

|z|>2 — wynik niezadowalający

