

Załącznik B

Instrukcja do części analitycznej — zasady oceny, klasyfikacje

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. Nośność nawierzchni	5
1.1. Pojęcia podstawowe	5
1.2. Ugięcia konstrukcji nawierzchni asfaltowych	5
1.2.1. Ugięcia — ocena szczegółowa	5
1.2.1.1. Zasady oceny	5
1.2.1.2. Metoda wyznaczania nośności konstrukcji nawierzchni asfaltowych	6
1.2.1.3. Klasyfikacja nośności konstrukcji nawierzchni asfaltowych	7
1.2.2. Ugięcia — ocena wstępna (preselekcja odcinków)	8
1.2.2.1. Zasady oceny	8
1.2.2.2. Klasyfikacja (wstępna) nośności	8
1.2.2.3. Wyznaczenie odcinków wymagających dodatkowych pomiarów	8
1.3. Stan spękań i stan powierzchni nawierzchni asfaltowych	9
1.3.1. Pojęcia podstawowe	9
1.3.2. Obliczanie zakresu uszkodzeń/napraw	10
1.3.3. Punktacja uszkodzeń/napraw	10
1.3.4. Obliczanie wskaźników stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni	11
1.3.5. Ocena stanu powierzchni nawierzchni	12
1.3.6. Klasyfikacja stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni	12
1.3.7. Zakres danych wynikowych	13
1.4. Stan spękań i stan powierzchni nawierzchni betonowych	13
1.4.1. Pojęcia podstawowe	13
1.4.2. Obliczanie zakresu uszkodzeń/napraw	14
1.4.3. Punktacja uszkodzeń/napraw nawierzchni betonowych	16
1.4.4. Obliczanie wskaźników stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni betonowych	16
1.4.5. Ocena stanu nawierzchni betonowych	17
1.4.6. Klasyfikacja stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni betonowych	18
1.4.7. Zakres danych wynikowych	18
2. Równość podłużna	20
2.1. Pojęcia podstawowe	20
2.2. Zasady oceny równości podłużnej nawierzchni	20
2.2.1. Metoda wyznaczania oceny równości podłużnej	20
2.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni	20
3. Równość poprzeczna (głębokość kolein)	21
3.1. Pojęcia podstawowe	21
3.2. Ocena stanu głębokości kolein	21
3.2.1. Metoda wyznaczania oceny stanu kolein	21
3.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni	22

4. Właściwości przeciwpoślizgowe	23
4.1. Pojęcia podstawowe	23
4.2. Zasady oceny stanu właściwości przeciwpoślizgowych	23
4.2.1. Metoda oceny właściwości przeciwpoślizgowych	23
4.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni	24
5. Makrotekstura	25
5.1. Pojęcia podstawowe	25
5.2. Zasady oceny makrotekstury nawierzchni	25
5.2.1. Metoda wyznaczania oceny makrotekstury nawierzchni	25
5.3. Klasyfikacja stanu nawierzchni	26
6. Oznakowanie poziome nawierzchni	27
6.1. Pojęcia podstawowe	27
6.2. Zasady oceny oznakowania poziomego	27
6.3. Klasyfikacja oceny oznakowania poziomego	27
7. Uskok płyt betonowych	29
7.1. Pojęcia podstawowe	29
7.2. Zasady oceny uskoków płyt betonowych.....	29
7.3. Klasyfikacja oceny uskoków płyt betonowych	30

1. Nośność nawierzchni

W celu wyznaczenia odcinków dróg do zabiegów typu wzmocnienie istnieje konieczność wykorzystania wyników pomiarów ugięć nawierzchni w przetwarzaniu danych w systemie DSN. Wykorzystanie pomiarów ugięć pozwala na wstępne określenie nośności badanych odcinków dróg oraz wskazanie lokalizacji wykonania niezbędnych badań szczegółowych do prawidłowego zaprojektowania technologii naprawy/remontu odcinka drogi.

O nośności świadczy liczba standardowych osi, które nawierzchnia może przenieść do momentu utraty wymaganych dla prawidłowego funkcjonowania właściwości strukturalnych. Biorąc pod uwagę natężenie ruchu, nośność można wartościować (dobra, zadowalająca, niezadowalająca, zła, itp.) na podstawie czasu (pozostała trwałość) jaki pozostał do momentu jej utraty.

Dotychczas nośność (w tym typowanie odcinków do wzmocnień) była określana na podstawie wskaźnika spękań nawierzchni. Aktualnie jest to realizowane poprzez wykorzystanie posiadanych danych o ugięciach z pomiarów punktowych, danych z mobilnych pomiarów ugięć (służących do preselekcji odcinków do badań punktowych) oraz automatycznej oceny spękań w powiązaniu z wynikami równości podłużnej i głębokości kolein.

1.1. Pojęcia podstawowe

Nośność nawierzchni (trwałość nawierzchni) — zdolność nawierzchni do przenoszenia obciążeń od ruchu drogowego, ocena dokonywana na poziomie sieci drogowej.

Ugięcie standaryzowane — ugięcie maksymalne czaszy ugięcia (w osi obciążenia) spowodowane do standardowych warunków nacisku 50 kN na kołowej powierzchni o średnicy 30 cm, przeliczone do temperatury 20°C, uwzględniające sezon i rodzaj materiału podbudowy.

Wskaźnik standaryzowany sci (wskaźnik krzywizny ugięcia nawierzchni standaryzowany) — różnica ugięć zmierzonych przez czujniki nacisku płyty obciążeniowej w centrum obciążenia 0 mm (D_0) i 300 mm od środka przyłożenia obciążenia (D_{300}), spowodowana do standardowych warunków nacisku 50 kN na kołowej powierzchni o średnicy 30 cm, przeliczona do temperatury 20°C, uwzględniając sezon i rodzaj materiału podbudowy. Wartość ta charakteryzuje stan górnych warstw związanych konstrukcji nawierzchni.

Stan spękań — cecha górnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni, charakteryzująca stopień ich nieciągłości, stanowiąca przesłankę do określenia utraty nośności nawierzchni.

Pozostała trwałość nawierzchni: czas, jaki pozostał do utraty właściwości strukturalnych (nośności), wymaganych dla prawidłowego funkcjonowania nawierzchni. Parametr służący do klasyfikacji nośności (dobra, zadowalająca, niezadowalająca, zła).

Odcinkowa ocena pozostałej trwałości nawierzchni — miarodajna trwałość nawierzchni obliczona dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

1.2. Ugięcia konstrukcji nawierzchni asfaltowych

1.2.1. Ugięcia — ocena szczegółowa

1.2.1.1. Zasady oceny

Wyniki pomiarów ugięć (wykonywane za pomocą ugięciomierza typu FWD /zalecane/ lub urządzeń równoważnych) są zapisywane w plikach z danymi elementarnymi. Szczegółowy opis formatów plików zamieszczono w Załączniku H.

Na podstawie danych elementarnych ugięć, generowany jest plik z odcinkami diagnostycznymi ze wskaźnikami standaryzowanymi. Baza danych systemu informatycznego DSN powinna zawierać rekordy, dla kolejnych kilometrów pasów/jezdni, z kilometrem i wskaźnikami nośności dla kolejnych odcinków diagnostycznych (ugięcie standaryzowane dla odcinka 50-metrowego, jest średnią arytmetyczną ugięć standaryzowanych w poszczególnych punktach pomiarowych, na danym odcinku 50-metrowym — w przypadku wystąpienia więcej niż jednego pomiaru).

Dla dowolnego odcinka pasa/jezdni (nie większego niż odcinek miarodajny i nie mniejszego niż odcinek 50-metrowy) można wyznaczyć miarodajny wskaźnik ugięć dla odcinka.

Zasady obliczania ugięcia standaryzowanego zamieszczono w Załączniku A.

W algorytmach obliczeniowych systemu DSN, w przypadku braku wyników pomiaru ugięć nawierzchni, dane należy uzupełnić wskaźnikami spękań nawierzchni, gdy są one określone w powiązaniu z wynikami równości podłużnej i głębokości kolein.

1.2.1.2. Metoda wyznaczania nośności konstrukcji nawierzchni asfaltowych

Miarodajny wskaźnik ugięć, będący jednym z parametrów wykorzystywanych w klasyfikacji nośności, jest obliczany jako suma wartości średniej i odchylenia standardowego standaryzowanych ugięć dla wyników z kilometrowego odcinka drogi (krok pomiarowy nie rzadziej niż co 50 m). Parametr UP (wskaźnik ugięć — pomiar punktowy) można zamiennie oznaczać w zestawieniach symbolem U. Wartość wyznaczana jest wg wzoru:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n us_i}{n} + Dus, \quad (1.1)$$

w którym:

- U — miarodajny wskaźnik ugięć,
- us — standaryzowana wartość pojedynczego pomiaru ugięcia w pkt. centralnym,
- n — liczba ugięć standaryzowanych na odcinku,
- Dus — odchylenie standardowe standaryzowanych wartości pojedynczych pomiarów ugięć w pkt. centralnym na odcinku kilometrowym.

Wynik obliczeń podaje się w μm i zaokrągla do liczby całkowitej.

Miarodajny wskaźnik SCI300, będący jednym z parametrów wykorzystywanych w klasyfikacji nośności, jest obliczany jako suma wartości średniej i odchylenia standardowego standaryzowanych wskaźników krzywizny ugięcia nawierzchni dla wyników z kilometrowego odcinka drogi. Parametr SCI300 (pomiar punktowy) można zamiennie oznaczać w zestawieniach symbolem SCIP. Wartość wyznaczana jest wg wzoru:

$$\text{SCIP} = \frac{\sum_{i=1}^n sci_i}{n} + Dsci, \quad (1.2)$$

w którym:

- SCIP — miarodajny wskaźnik krzywizny ugięcia,
- sci — standaryzowana wartość pojedynczego wskaźnika krzywizny ugięcia,
- n — liczba standaryzowanych wskaźników krzywizny ugięcia,
- Dsci — odchylenie standardowe standaryzowanych wartości pojedynczych wskaźników krzywizny ugięcia na odcinku kilometrowym.

Wynik obliczeń podaje się w μm i zaokrągla do liczby całkowitej.

1.2.1.3. Klasyfikacja nośności konstrukcji nawierzchni asfaltowych

W przetwarzaniu i analizach danych przyjęto następujące definicje progów między klasami nośności:

1. 2 lata jako granicę między klasą C i D. Nawierzchnia w klasie D wymaga prawdopodobnie pilnej interwencji, 2 lata jest to okres wystarczający do przeprowadzenia badań i ewentualnie przygotowania remontu (projekt, przetarg) przed wyczerpaniem przydatności do eksploatacji.
2. 8 lat jako granicę między klasą B i C. Długość okresu klasy C odpowiada w przybliżeniu typowemu okresowi międzyremontowemu, a zatem prawdopodobna konieczność naprawy stanu funkcjonalnego zbiega się z wyczerpaniem trwałości nawierzchni i koniecznością wzmocnienia.
3. 16 lat jako granicę między klasą A i B. Nawierzchnia w klasie A powinna mieć nośność zbliżoną do nośności nawierzchni nowej (projektowanej na 20 lat).

Tabela 1.1. Granice klas nośności konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu dla miarodajnego wskaźnika ugięcia

Lp.	Kategoria ruchu	Miarodajny wskaźnik ugięć		
		μm		
		Granice klas		
		A/B	B/C	C/D
1	KR1–KR2	550	790	1100
2	KR3	390	550	710
3	KR4	300	390	470
4	KR5	250	310	360
5	KR6–KR7	205	265	340

Tabela 1.2. Granice klas nośności konstrukcji nawierzchni w zależności od kategorii ruchu dla miarodajnego wskaźnika krzywizny ugięcia

Lp.	Kategoria ruchu	Miarodajny wskaźnik krzywizny ugięcia nawierzchni		
		μm		
		Granice klas		
		A/B	B/C	C/D
1	KR1–KR2	115	165	240
2	KR3	70	110	190
3	KR4	50	80	140
4	KR5	40	60	100
5	KR6–KR7	30	50	80

Klasyfikacje nie są uzależnione od typu konstrukcji nawierzchni jezdni. Niezbędnych przeliczeń (w tym korektę ze względu na typ konstrukcji nawierzchni) należy dokonać na etapie wyznaczania ugięć standaryzowanych.

W przypadku uzyskania wyników wskaźnika ugięć oraz wskaźnika krzywizny ugięć nawierzchni o różnych klasach stanu technicznego do oceny należy przyjąć parametr zakwalifikowany do niższej klasy.

W algorytmach obliczeniowych systemu DSN dotyczących wyznaczania pozostałej trwałości nawierzchni (PTN), w przypadku braku wyników pomiaru ugięć nawierzchni, dane należy uzupełnić wskaźnikami spękań nawierzchni w powiązaniu z wynikami równości podłużnej i głębokości kolein, gdy są one określone.

Zakłada się, że w ciągu kilku kolejnych lat powyższe klasyfikacje zostaną zaktualizowane w oparciu o wyniki kolejnych serii pomiarów wykonanych w ramach kampanii pomiarowych DSN. Klasyfikacja została wyznaczona na podstawie [13], z wykorzystaniem danych z DOT¹ oraz analiz obliczeń teoretycznych ugięcia D_0 i D_{300} konstrukcji zamieszczonych w aktualnym katalogu nawierzchni podatnych i półsztywnych dla poszczególnych kategorii ruchu przeprowadzonych programem BISAR3.

1.2.2. Ugięcia — ocena wstępna (preselekcja odcinków)

1.2.2.1. Zasady oceny

Zakłada się, że wstępna ocena nośności nawierzchni wykonywana jest urządzeniem mobilnym na odcinkach na których cechy funkcjonalno-użytkowe następujących parametrów stanu nawierzchni: stan spękań, równość podłużna, równość poprzeczna uzyskały ocenę w klasie C (lub D w przypadku braku pomiaru).

Ze względu, na fakt że pomiary urządzeniami mobilnym nie posiadają jeszcze odpowiedniej korelacji z urządzeniami wykonującymi pomiary punktowe, ale umożliwiają dokonanie szybkich pomiarów (brak utrudnień i zagrożenia w ruchu), wyniki tych pomiarów traktowane są jako preselekcja odcinków do pomiarów szczegółowych.

1.2.2.2. Klasyfikacja (wstępna) nośności

Parametrami stanu charakteryzującymi nośność nawierzchni są:

1. Skorygowany wskaźnik ugięcia maksymalnego — UCs.
2. Skorygowany wskaźnik krzywizny ugięcia — SCICs.

O klasie nośności odcinka diagnostycznego decyduje niższa klasa jednego z parametrów UCs lub SCICs (tabele 1.1. i 1.2.). Przed dokonaniem klasyfikacji należy dokonać przeliczeń wyników pomiarów ciągłych na pomiary punktowe z wykorzystaniem zweryfikowanych funkcji przeliczeniowych o bardzo wysokiej lub prawie pewnej korelacji. Zaleca się, aby wyniki korelacji były zweryfikowane przez jednostkę niezależną od wykonawcy pomiarów.

1.2.2.3. Wyznaczenie odcinków wymagających dodatkowych pomiarów

Jednym z dodatkowych elementów procesu oceny nośności jest wskazanie odcinków wymagających dodatkowych pomiarów diagnostycznych z wykorzystaniem innych urządzeń. Lokalizacji tych odcinków należy dokonać na podstawie uzyskanych w procesie analizy danych o odcinkach o obniżonej nośności wg przyjętej klasyfikacji. Do określenia odcinków wymagających dodatkowych pomiarów należy zastosować następujące kryteria:

1. Klasa nośności D.
2. Minimalna długość odcinka: 1000 m.
3. Maksymalna długość pojedynczego odcinka w wyższej klasie nośności: 200 m.
4. Liczba odcinków w wyższej klasie nośności: 30% z całego odcinka zagregowanego.

Przedstawione powyżej kryteria pozwalają uzyskać jednorodne odcinki pomiarowe, na których należy wykonać szczegółowe pomiary ugięć.

Uzyskane wyniki o lokalizacji odcinków wyznaczonych do badań szczegółowych należy zapisać w danych wynikowych systemu.

¹ DOT — Długoterminowe Odcinki Testowe. Wyniki pomiarów cech techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni oraz danych pomocniczych gromadzone były z odcinków dróg o różnych konstrukcjach i obciążeniach ruchu. Z wykorzystaniem danych z 16 serii pomiarów opracowano zamieszczone w tekście klasyfikacje. Biorąc pod uwagę zmiany stosowanych technologii klasyfikacje wymagają cyklicznych aktualizacji.

1.3. Stan spękań i stan powierzchni nawierzchni asfaltowych

1.3.1. Pojęcia podstawowe

Stan spękań — cecha górnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni, charakteryzująca stopień ich nieciągłości, stanowiąca przesłankę do określenia utraty nośności nawierzchni.

Stan powierzchni — cecha nawierzchni charakteryzująca spójność tworzywa warstwy ścieralnej nawierzchni.

Zakres występowania uszkodzeń — miara uszkodzeń na inwentaryzowanym odcinku drogi.

Stopień szkodliwości uszkodzeń — jakościowa ocena inwentaryzowanych uszkodzeń.

Odcinek pomiarowy — odcinek drogi, dla którego wykonano automatyczną ocenę wizualną uszkodzeń/napraw nawierzchni. Odcinek miarodajny posiada długość 1 km, na początku i na końcu drogi może mieć długość 500–1499 m.

Ciągła ocena wizualna nawierzchni — wskaźnikowa ocena stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni odcinka drogi o dowolnej długości, na podstawie obmiaru uszkodzeń nawierzchni występujących na całej długości tego odcinka.

Siatka pomiarowa — wirtualna siatka dzieląca zdjęcie wykonane kamerami LCMS w sposób prostokątny na kwadraty o wymiarach 25 cm × 25 cm.

Zdjęcie pomiarowe — zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10 m.

Zdjęcia identyfikacyjne — zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10 m wraz z wizualizacją siatki pomiarowej oraz zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia.

Ocena automatyczna nawierzchni — metoda oceny polegająca na zarejestrowaniu obrazu pasa ruchu przy pomocy kamer 3D, a następnie na automatycznej analizie danych w celu identyfikacji uszkodzeń nawierzchni takich jak: spękania, wyboje, ubytki powierzchniowe oraz analizie dodatkowo rozpoznanych uszkodzeń.

Wskaźnik ubytków (Ravelling Index) — wskaźnik określający zakres występowania ubytków powierzchniowych (ziaren lub lepiszcza) w pojedynczym polu siatki pomiarowej. Wyznaczany jest jako objętość brakującego materiału (kruszywa lub lepiszcza asfaltowego), wyrażona w cm^3/m^2 , przy pomocy symulacji obliczeń objętości powietrza (*ang.* Air Void Content — AVC) z uwzględnieniem porowatości nawierzchni (*ang.* Road Porosity Index — RPI).

Ocenę stanu nawierzchni wykonuje się w trzech etapach:

1. Etap 1 — obliczenie zakresu uszkodzeń/napraw.
2. Etap 2 — obliczenie punktacji dla uszkodzeń/napraw.
3. Etap 3 — obliczenie wskaźnika stanu spękań i wskaźnika stanu powierzchni służących do klasyfikacji stanu nawierzchni.

Szczegóły zamieszczono w kolejnych podrozdziałach.

1.3.2. Obliczanie zakresu uszkodzeń/napraw

Zakres uszkodzeń obliczany jest dla zdjęć pomiarowych o długości 10 m.

Dla celów obliczania wartości zakresów poszczególnych uszkodzeń przyjmuje się że:

1. Jeżeli w obrębie pola siatki znajduje się więcej niż jeden typ spękań to wynikiem jest pęknięcie siatkowe.
2. Szerokość pęknięcia w polu siatki pomiarowej jest wynikiem obliczenia średniej arytmetycznej dla wszystkich obmiarów szerokości pęknięć w obrębie komórki.
3. Wybojami są ubytki o głębokości większej niż 40 mm, pozostałe ubytki są klasyfikowane jako ubytki powierzchniowe.
4. Każdy rodzaj uszkodzenia (pęknięcia, łaty, ubytki) traktowany jest niezależnie dla całej powierzchni siatki pomiarowej, nie jest stosowana zasada pochłaniania uszkodzeń.

Procedury obliczania zakresu uszkodzeń są następujące:

1. **Dla pęknięć pojedynczych** — zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich długości przyjmując że jedno pole pomiarowe ma 0,25 m długości. Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości.
2. **Dla pęknięć siatkowych i łat** — zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich powierzchni przyjmując, że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0,0625 m². Zakres jest obliczany niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości. Łaty są inwentaryzowane manualnie przez operatora przy użyciu specjalnego oprogramowania. Każda łata musi zostać zarejestrowana przy pomocy prostokątnego kształtu reprezentującego w przybliżeniu obszar powierzchni łaty. W przypadku łat o nieregularnym lub skomplikowanym kształcie należy oznaczyć obszar łaty kształtem prostokątnym (lub z wykorzystaniem kilku prostokątów) o powierzchni zbliżonej do powierzchni łaty.
3. **Dla wybojów i ubytków powierzchniowych** — zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich powierzchni przyjmując, że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0,0625 m².

Dla celów punktacji i oceny przyjmuje się, że:

1. Zakres pęknięć pojedynczych jest sumą zakresów pęknięć pojedynczych podłużnych i poprzecznych.
2. Zakres dla uszkodzeń typu łaty i wyboje jest wyznaczany łącznie. Do powierzchni łat o dużej szkodliwości dodawana jest powierzchnia wybojów. Zakres małej szkodliwości tych uszkodzeń jest równy zakresowi łat o małej szkodliwości.

Zasady określania stopnia szkodliwości uszkodzeń opisane są w Załączniku A.

1.3.3. Punktacja uszkodzeń/napraw

Punktacja uszkodzeń jest wykonywana dla każdego zdjęcia pomiarowego. Punkty oblicza się dla każdego typu uszkodzenia z uwzględnieniem stopnia szkodliwości (o ile ten parametr jest określany dla uszkodzenia), wg następującej zależności:

$$P_{ij} = a \cdot \left(\frac{X}{b}\right)^c \cdot f, \quad (1.3)$$

w którym:

- P_{ij} — punkty dla uszkodzenia i przy stopniu szkodliwości j, indeks j pomijany jest jeżeli nie wyróżnia się stopni szkodliwości,
- X — zakres uszkodzenia (oddzielnie przy różnych stopniach szkodliwości),
- a, b, c — parametry,
- f — współczynnik uwzględniający wpływ natężenia ruchu.

Wartości parametrów a , b , c i f powyższej zależności zestawiono w tabelach 1.3 i 1.4.

Tabela 1.3. Wartości parametrów a , b , c punktacji uszkodzeń

Rodzaj uszkodzeń	Wartości parametrów			
	a		b	c
	Stopień szkodliwości			
	duży	mały		
Pęknięcia siatkowe	100	60	300	0,25
Pęknięcia pojedyncze	65	35	200	0,25
Łaty i wyboje	70	30	75	0,33
Ubytki powierzchniowe (ubytki ziaren lub lepiszcza)	55		300	0,50

Tabela 1.4. Wartość współczynnika f w zależności od natężenia ruchu

Natężenie ruchu (osie obliczeniowe 100 kN/dobę/pas ruchu)	Współczynnik f
≤ 140	0,80
141–270	0,85
271–570	0,90
571–860	0,95
≥ 861	1,00

1.3.4. Obliczanie wskaźników stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni

Na wybranej drodze (odcinku), ciągu drogowym lub sieci dróg wyznacza się ocenę stanu spękań i stanu powierzchni dla odcinków o długości 50 m lub w szczególnych przypadkach 100 m — wskaźniki WSAA i WSPA.

Dla uszkodzeń, dla których wyróżnia się stopnie szkodliwości, liczba punktów P_i jest obliczana wg wzoru:

$$P_i = 0,9 P_{ij_{\max}} + 0,1 \sum_j P_{ij}, \quad (1.4)$$

w którym:

P_{ij} — punkty obliczone dla uszkodzenia i przy szkodliwości j ,
 j_{\max} — szkodliwość, która uzyskała największą liczbę punktów.

Dla pozostałych uszkodzeń, dla których nie wyróżnia się stopni szkodliwości, liczba punktów P_i jest obliczana wg wzoru:

$$P_i = P_{ij}. \quad (1.5)$$

Wskaźnik spękań WSAA obliczany jest z dokładnością do trzech miejsc po przecinku wg wzoru:

$$WSAA = \max \left(1 - \frac{P}{100}, 0 \right), \quad (1.6)$$

w którym:

P — ocena dla pęknięć siatkowych, pęknięć pojedynczych oraz łat i wybojów.

Wskaźnik stanu powierzchni WPAA obliczany jest wg wzoru:

$$WPAA = \max\left(1 - \frac{P}{100}, 0\right), \quad (1.7)$$

w którym:

P — ocena dla łat i wybojów oraz ubytków ziaren lub lepiszcza.

W obydwu wypadkach P jest obliczane wg wzoru:

$$P = 0,9P_{i_{\max}} + 0,1\sum P_i, \quad (1.8)$$

w którym:

i_{\max} — uszkodzenie, które uzyskało największą liczbę punktów.

1.3.5. Ocena stanu powierzchni nawierzchni

Wartości miarodajnych wskaźników spękań $WSAA_m$ i stanu powierzchni $WPAA_m$ z odcinków 50 m są obliczane z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku wg wzorów:

$$WSAA_m = E_{WSAA} + \alpha \cdot D_{WSAA} \quad WPAA_m = E_{WPAA} + \alpha \cdot D_{WPAA}, \quad (1.9)$$

w których:

- E — wartość średnia zbioru ocen dla odcinków o długości 50 m należących do odcinka pomiarowego,
- D — odchylenie standardowe zbioru ocen dla odcinków o długości 50 m należących do odcinka pomiarowego,
- α — współczynnik skalujący.

Wartość współczynnika skalującego α wynosi $-0,4$. Współczynnik skalujący może zostać zmieniony w wyniku kalibracji systemu.

1.3.6. Klasyfikacja stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni

Wartości liczbowe kryteriów uzależniono od kategorii ruchu na drodze. Przyjęto jednokowe wartości dla ocen stanu spękań i stanu powierzchni. Kryteria te wyrażone są wartościami miarodajnych wskaźników spękań $WSAA_m$ i stanu powierzchni $WPAA_m$ dla poszczególnych klas stanu nawierzchni (tabela 1.5).

Tabela 1.5. Graniczne wartości wskaźników $WSAA_m$ i $WPAA_m$

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Wskaźniki $WSAA_m$ i $WPAA_m$
A	Stan dobry	większy niż 0,80
B	Stan zadowalający	(0,55; 0,80]
C	Stan niezadowalający (planowany zabieg remontowy)	(0,40; 0,55]
D	Stan zły (natychmiastowe interwencje)	[0; 0,40]

1.3.7. Zakres danych wynikowych

Dane wynikowe dla jednego pasa ruchu składają się z następującego zestawu:

1. Zdjęć nawierzchni o długości 10 m.
2. Zdjęć nawierzchni o długości 10 m z zaznaczonymi uszkodzeniami.
3. Zdjęć nawierzchni o długości 10 m z zaznaczonymi uszkodzeniami oraz z wizualizacją siatki pomiarowej wraz z zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia.
4. Zdjęć poglądowych przedstawiających sytuację na drodze z przodu oraz z tyłu pojazdu z kamer umieszczonych na zewnątrz.
5. Plików wynikowych z danymi elementarnymi dotyczącymi uszkodzeń dla każdego zdjęcia 10 m.
6. Plików wynikowych z obliczonymi współczynnikami dla odcinków diagnostycznych o długości 50 m.

INFORMACJE DODATKOWE

W zestawie uzyskiwanych danych pomiarowych gromadzone są również informacje o zawyżeniu i zaniżeniu poboczy. Dane te zapisywane są w plikach pomiarowych i diagnostycznych z informacjami o uszkodzeniach nawierzchni.

W plikach z danymi elementarnymi dane te są rejestrowane dla każdego pola siatki pomiarowej, a następnie uśredniane dla zdjęcia 10 m.

W plikach z danymi dla odcinków diagnostycznych wyniki są wyliczane jako średnia ważona dla odcinków 50-metrowych.

Przykłady plików ze zdjęciami oraz Katalog uszkodzeń nawierzchni asfaltowych zamieszczono w Załączniku L1.

Opis formatów plików zamieszczono w Załączniku H.

1.4. Stan spękań i stan powierzchni nawierzchni betonowych

1.4.1. Pojęcia podstawowe

Stan spękań — cecha górnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni, charakteryzująca stopień ich nieciągłości, stanowiąca przesłankę do określenia utraty nośności nawierzchni.

Stan powierzchni — cecha nawierzchni charakteryzująca spójność materiału warstwy ścieralnej nawierzchni.

Zakres występowania uszkodzeń — miara uszkodzeń na inwentaryzowanym odcinku drogi.

Stopień szkodliwości uszkodzeń — jakościowa ocena inwentaryzowanych uszkodzeń.

Odcinek pomiarowy — odcinek drogi, dla którego wykonano automatyczną ocenę wizualną uszkodzeń/napraw nawierzchni. Odcinek pomiarowy posiada długość 1 km, na początku i na końcu drogi może mieć długość 500–1499 m.

Ciągła ocena wizualna nawierzchni — wskaźnikowa ocena stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni odcinka drogi o dowolnej długości, na podstawie obmiaru uszkodzeń nawierzchni występujących na całej długości tego odcinka.

Siatka pomiarowa — wirtualna siatka dzieląca zdjęcie wykonane kamerami LCMS w sposób prostokątny na kwadraty o wymiarach 25 cm × 25 cm.

Zdjęcie pomiarowe (sekcja 10 m) — zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami, pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10 m.

Zdjęcie identyfikacyjne — zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami, pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10 m wraz z wizualizacją siatki pomiarowej oraz zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia.

Ocena automatyczna nawierzchni — metoda oceny polegająca na zarejestrowaniu obrazu pasa ruchu przy pomocy kamer 3D, a następnie na automatycznej analizie danych w celu identyfikacji uszkodzeń nawierzchni takich jak: pęknięcia pojedyncze (podłużne, ukośne, poprzeczne), uszkodzenia przy krawędzi w tym narożników płyt, uszkodzenia szczelin, uszkodzenia powierzchni (w tym wyboje i ubytki), połamane płyty na sekcji 10 m oraz analizie dodatkowo rozpoznanych uszkodzeń.

Wskaźnik ubytków (Ravelling Index) — wskaźnik określający zakres występowania ubytków powierzchniowych w pojedynczym polu siatki pomiarowej. Wyznaczany jest jako objętość brakującego materiału w warstwie powierzchniowej nawierzchni betonowej wyrażona w cm^3/m^2 , przy pomocy symulacji obliczeń objętości powietrza (*ang.* Air Void Content — AVC) z uwzględnieniem porowatości nawierzchni (*ang.* Road Porosity Index — RPI).

Ocenę stanu nawierzchni wykonuje się w trzech etapach:

1. Etap 1 — obliczenie zakresu uszkodzeń/napraw.
2. Etap 2 — obliczenie punktacji dla uszkodzeń/napraw.
3. Etap 3 — obliczenie wskaźnika stanu spękań i wskaźnika stanu powierzchni służących do klasyfikacji stanu nawierzchni.

Szczegóły zamieszczono w kolejnych podrozdziałach.

1.4.2. Obliczanie zakresu uszkodzeń/napraw

Zakres uszkodzeń obliczany jest dla zdjęć pomiarowych o długości 10 m z wykorzystaniem siatki pomiarowej dzielącej zdjęcie na kwadraty o wymiarach 25 cm × 25 cm.

Dla celów obliczania wartości zakresów poszczególnych uszkodzeń przyjmuje się że:

1. Jeżeli w obrębie pola siatki znajduje się więcej niż jeden typ spękań to wynikiem jest **pęknięcie ukośne (rozproszone)**.
2. **Szerokość pęknięcia** w polu siatki pomiarowej jest wynikiem obliczenia średniej arytmetycznej dla wszystkich obmiarów szerokości pęknięć w obrębie komórki.
3. **Wybojami** (powierzchniowe braki nawierzchni) są ubytki o głębokości większej niż 20 mm, pozostałe ubytki są klasyfikowane jako **ubytki powierzchniowe**.
4. Każdy rodzaj uszkodzenia (pęknięcia pojedyncze, uszkodzenia przy krawędzi, uszkodzenia szczeliny, łaty, uszkodzenia powierzchni) traktowany jest **niezależnie** dla całej powierzchni siatki pomiarowej, nie jest stosowana zasada pochłaniania uszkodzeń (zasada ta nie musi dotyczyć prezentacji uszkodzeń na zdjęciach 10 m).
5. Jedna **kratka siatki pomiarowej** może posiadać informacje o różnych rodzajach uszkodzeń niezależnych od siebie, dotyczy to w szczególności powierzchni zidentyfikowanych łat, których szkodliwość określa się wykorzystując informacje o pęknięciach **w tych samych kratkach** siatki pomiarowej.

Procedury obliczania zakresu uszkodzeń są następujące:

1. Pęknięcia pojedyncze

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich długości przyjmując, że jedno pole pomiarowe ma 0,25 m długości.

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości.

2. Uszkodzenia przy krawędzi

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich długości, przyjmując że jedno pole pomiarowe ma 0,25 m długości.

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości dla pęknięć zlokalizowanych w odległości nie większej niż 50 cm od krawędzi płyty.

Krawędź płyty powinna zostać wykryta w sposób automatyczny z wykorzystaniem algorytmów oprogramowania do analizy automatycznej zdjęć 3D. W przypadku gdy krawędzie płyt nie są wykrywane w całości, należy przyjąć że występują na całej długości/szerokości płyty pod warunkiem, że zostały wykryte automatycznie na więcej niż 40% długości lub szerokości zdjęcia (zależność kąтова).

3. Uszkodzenie szczeliny

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich długości przyjmując że jedno pole pomiarowe ma 0,25 m długości.

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości dla uszkodzeń zlokalizowanych w odległości nie większej niż 10 cm od krawędzi płyty.

Krawędź płyty powinna zostać wykryta w sposób automatyczny z wykorzystaniem algorytmów oprogramowania do analizy automatycznej zdjęć 3D. W przypadku gdy krawędzie płyt nie są wykrywane w całości, należy przyjąć że występują na całej długości/szerokości płyty pod warunkiem, że zostały wykryte automatycznie na więcej niż 40% długości lub szerokości zdjęcia (zależność kąтова).

4. Uszkodzenia powierzchni

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich powierzchni przyjmując, że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0,0625 m².

5. Mikropęknięcia powierzchniowe

Zakres określany jest na zasadzie występowania (Tak/Nie) na sekcji 10 m.

Mikropęknięcia inwentaryzowane są manualnie przez operatora przy użyciu specjalnego oprogramowania, z wykorzystaniem materiału zdjęciowego z kamer nawierzchniowych i poglądowych ogólnego widoku pasa drogi.

6. Łaty

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej, na których zostały zinwentaryzowane uszkodzenia i zsumowania ich powierzchni przyjmując, że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0,0625 m².

Łaty inwentaryzowane są manualnie przez operatora przy użyciu specjalnego oprogramowania, przy wykorzystaniu materiału zdjęciowego z kamer nawierzchniowych i poglądowych ogólnego widoku pasa drogi. Każda łata musi zostać zarejestrowana przy pomocy prostokątnego kształtu reprezentującego w przybliżeniu obszar powierzchni łaty. W przypadku łat o nieregularnym lub skomplikowanym kształcie należy oznaczyć obszar łaty kształtem prostokątnym (lub z wykorzystaniem kilku prostokątów) o powierzchni zbliżonej do powierzchni łaty.

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości.

Szkodliwość ustalana jest na podstawie innych uszkodzeń pokrywających powierzchnię łaty.

7. Połamane płyty na sekcji 10 m

Uszkodzenie występuje tylko wówczas gdy zostaną zidentyfikowane uszkodzenia kwalifikowane (szerokość pęknięć większa od 5mm) dla co najmniej 75% szerokości/długości sekcji.

Zakres określany jest na zasadzie występowania (Tak/Nie) na sekcji 10 m.

Hierarchię uszkodzeń nawierzchni z betonu cementowego zamieszczono w tabeli 1.6.

Zasady określania stopnia szkodliwości uszkodzeń opisane są w Załączniku A.

Tabela 1.6. Hierarchia uszkodzeń nawierzchni z betonu cementowego

Ranking	Grupa uszkodzeń	Uszkodzenie
1	Uszkodzenia wpływające na stan strukturalny i funkcjonalny	połamane płyty na sekcji 10m pęknięcia pojedyncze poprzeczne dużej szkodliwości
2	Uszkodzenia wpływające na stan strukturalny	pęknięcia pojedyncze poprzeczne małej szkodliwości pęknięcia pojedyncze podłużne/ukośne (rozproszone) połamane płyty na sekcji 10 m
3	Uszkodzenia związane z krawędziami	uszkodzenia przy krawędzi uszkodzenia szczelin
4	Wady powierzchni	uszkodzenia powierzchni łaty mikropęknięcia powierzchniowe

1.4.3. Punktacja uszkodzeń/napraw nawierzchni betonowych

Punktacja uszkodzeń jest wykonywana dla każdego zdjęcia pomiarowego. Punkty oblicza się dla każdego typu uszkodzenia z uwzględnieniem stopnia szkodliwości (o ile ten parametr jest określany dla uszkodzenia), wg następującej zależności:

$$P_{ij} = a_{ij} \cdot S_{ij}^{b_{ij}}, \quad (1.10)$$

w której:

- P_{ij} — punkty dla uszkodzenia i przy stopniu szkodliwości j, indeks j pomijany jest jeżeli nie wyróżnia się stopni szkodliwości,
- S_{ij} — zakres uszkodzenia na zdjęciu (oddzielnie przy różnych stopniach szkodliwości),
- a — wartość parametru, zależna od stopnia szkodliwości
- b — wartość parametru

Wartości parametrów a , b zestawiono w tabeli 1.7.

Wynikiem obliczeń jest 13 wartości punktacji dla każdego rodzaju uszkodzenia z rozróżnieniem stopni szkodliwości, dla każdego 10-metrowego zdjęcia niezależnie.

Tabela 1.7. Wartości parametrów punktacji uszkodzeń

Lp.	Rodzaj uszkodzeń	Wskaźnik	Wartości parametrów		
			a		b
			Stopień szkodliwości		
			mały	duży	
1	Pęknięcia podłużne/ukośne	WSBA	4,2	8,4	0,5
2	Pęknięcia poprzeczne	WSBA	4,2	14,0	0,5
3	Uszkodzenia przy krawędzi	WSBA	2,1	7,0	0,5
4	Uszkodzenia szczeliny	WSBA/WPBA	2,1	7,0	0,5
5	Uszkodzenia powierzchni	WPBA	8,4		0,5
6	Mikropęknięcia powierzchniowe	WPBA	42,0		0,5
7	Łaty	WPBA	2,1	4,2	0,5
8	Połamane płyty na sekcji 10 m	WSBA	28,0		0,5

1.4.4. Obliczanie wskaźników stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni betonowych

Na wybranej drodze (odcinku), ciągu drogowym lub sieci dróg wyznacza się ocenę stanu spękań i stanu powierzchni dla odcinków o długości 50 m lub w szczególnych przypadkach 100 m — wskaźniki WSBA i WPBA.

Dla uszkodzeń, dla których wyróżnia się stopnie szkodliwości, liczba punktów P_i jest obliczana wg poniższego wzoru:

$$P_i = 0,9P_{ij_{\max}} + 0,1 \sum_j P_{ij}, \quad (1.11)$$

w którym:

P_{ij} — punkty obliczone dla uszkodzenia i przy szkodliwości j,
 j_{\max} — szkodliwość, która uzyskała największą liczbę punktów.

Dla pozostałych uszkodzeń, dla których nie wyróżnia się stopni szkodliwości, liczba punktów P_i jest obliczana wg wzoru:

$$P_i = P_{ij}. \quad (1.12)$$

Wynikiem obliczeń jest 8 wartości punktacji dla każdego rodzaju uszkodzenia bez rozróżnienia stopni szkodliwości, dla każdego 10m zdjęcia niezależnie.

Wskaźnik spękań WSBA jest obliczany z dokładnością do trzech miejsc po przecinku wg wzoru:

$$WSBA = \max\left(1 - \frac{P}{100}, 0\right), \quad (1.13)$$

w którym:

P — ocena dla pęknięć pojedynczych, uszkodzeń przy krawędzi, uszkodzeń szczeliny oraz połamanych płyt na sekcji 10 m.

Wskaźnik stanu powierzchni WPBA jest obliczany wg wzoru:

$$WPBA = \max\left(1 - \frac{P}{100}, 0\right), \quad (1.14)$$

w którym:

P — ocena dla uszkodzeń szczeliny, uszkodzeń powierzchni, mikropęknięć powierzchniowych oraz łat.

W obydwu wypadkach P jest obliczane wg wzoru:

$$P = 0,9P_{i_{\max}} + 0,1 \sum_i P_i, \quad (1.15)$$

w którym:

i_{\max} — uszkodzenie, które uzyskało największą liczbę punktów.

1.4.5. Ocena stanu nawierzchni betonowych

Wartości miarodajnych wskaźników spękań $WSBA_m$ i stanu powierzchni $WPBA_m$ z odcinków 50 m są obliczane z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku wg wzorów:

$$WSBA_m = E_{WSBA} + \alpha \cdot D_{WSBA} \quad WPBA_m = E_{WPBA} + \alpha \cdot D_{WPBA} \quad (1.16)$$

w których:

- E — wartość średnia zbioru ocen dla odcinków o długości 50 m należących do odcinka pomiarowego,
- D — odchylenie standardowe zbioru ocen dla odcinków o długości 50 m należących do odcinka pomiarowego.
- α — współczynnik skalujący.

Wartość współczynnika skalującego α wynosi $-0,4$. Współczynnik skalujący może zostać zmieniony w wyniku kalibracji systemu.

1.4.6. Klasyfikacja stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni betonowych

Wartości liczbowe kryteriów uzależniono od kategorii ruchu na drodze. Przyjęto jednokowe wartości dla ocen stanu spękań i stanu powierzchni. Kryteria te wyrażone są wartościami miarodajnych wskaźników spękań $WSBA_m$ i stanu powierzchni $WPBA_m$ dla poszczególnych klas stanu nawierzchni (tabela 1.8).

Tabela 1.8. Graniczne wartości wskaźników $WSBA_m$ i $WPBA_m$

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Wskaźniki $WSBA_m$ i $WPBA_m$
A	Stan dobry	większy niż 0,80
B	Stan zadowalający	(0,55; 0,80]
C	Stan niezadowalający (planowany zabieg remontowy)	(0,40; 0,55]
D	Stan zły (natychmiastowe interwencje)	[0; 0,40]

1.4.7. Zakres danych wynikowych

Dane wynikowe dla jednego pasa ruchu składają się z następującego zestawu:

- Zdjęć nawierzchni o długości 10 m.
- Zdjęć nawierzchni o długości 10m z zaznaczonymi uszkodzeniami.
- Zdjęć nawierzchni o długości 10m z zaznaczonymi uszkodzeniami oraz z wizualizacją siatki pomiarowej wraz z zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia.
- Zdjęć poglądowych przedstawiających ogólny widok z przodu oraz z tyłu pojazdu z kamer umieszczonych na zewnątrz.
- Plików wynikowych DSNResultB.XML z danymi elementarnymi dotyczącymi uszkodzeń dla każdego pola siatki pomiarowej na zdjęciu 10 m.
- Plików typu AONB*.XXXX zawierających zakresy uszkodzeń, punktację oraz wskaźniki stanu dla odcinków diagnostycznych (50 m), gdzie XXXX oznacza rok wykonania pomiarów.

Informacje dodatkowe

Każda sekcja 10 m posiada odpowiadający mu szczegółowy plik LCMSResult.XML, który jest produktem wynikowym powstałym podczas automatycznej detekcji uszkodzeń, półautomatycznej identyfikacji łat oraz mikropęknięć. W pliku tym zapisane są szczegółowe wyniki analizy danych.

Przykłady plików ze zdjęciami oraz Katalog uszkodzeń nawierzchni asfaltowych zamieszczono w Załączniku L2.

Opis formatów plików zamieszczono w Załączniku H.

2. Równość podłużna

2.1. Pojęcie podstawowe

Równość podłużna — cecha eksploatacyjna określająca zdolność nawierzchni jezdni do nie wzbudzania wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu.

Wskaźnik IRI — międzynarodowy wskaźnik równości wyrażany w mm/m lub m/km, charakteryzujący pracę zawieszenia w umownie przyjętym modelu obliczeniowym pojazdu, który porusza się ze stałą prędkością 80 km/h po zarejestrowanym profilu nawierzchni jezdni, na odcinku drogi o określonej długości. W systemie DSN przyjmuje się, że odcinek ten ma długość 50 m (odcinek diagnostyczny).

Miarodajna równość podłużna — ocena równości podłużnej przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni. Jest równa wartości średniej, którą oblicza się dla zbioru n wyników z pomiaru równości podłużnej (średnia wartość w przekroju poprzecznym).

Odcinkowa ocena stanu równości podłużnej — miarodajna równość podłużna obliczona dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

2.2. Zasady oceny równości podłużnej nawierzchni

2.2.1. Metoda wyznaczania oceny równości podłużnej

Na wybranym pasie jezdni wyznacza się:

1. **Zbiór wskaźników** IRIC odpowiednio dowiązanych do współrzędnych drogi. Wyniki obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami do 0,01 mm/m i zapisuje w zbiorze wg formatu podanego w Załączniku H.
2. **Odcinkową ocenę równości podłużnej** $IRIC_p$ ze zbioru n wskaźników $IRIC_i$ wg wzoru:

$$IRIC_p = \frac{\sum_{i=1}^n IRIC_i}{n}, \quad (2.1)$$

Wyniki obliczeń zaokrągla się do 0,1 mm/m zgodnie z ogólnymi zasadami.

2.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Na drogach krajowych stan nawierzchni pod względem równości podłużnej ocenia się wg kryteriów określonych dla miarodajnej równości podłużnej (tabela 2.1).

Tabela 2.1. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych klasy: A, S i GP oraz G pod względem równości podłużnej

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajna równość podłużna	
		mm/m lub m/km	
		Klasa drogi	
		A, S, GP	G
A	Stan dobry	[0; 2,0)	[0; 3,0)
B	Stan zadowalający	[2,0; 4,4)	[3,0; 5,1)
C	Stan niezadowalający	[4,4; 5,8)	[5,1; 6,7)
D	Stan zły	większy lub równy 5,8	większy lub równy 6,7

3. Równość poprzeczna (głębokość kolein)

3.1. Pojęcia podstawowe

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

Miarodajna głębokość koleiny na odcinku diagnostycznym — ocena kolein przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni. Jest równa sumie wartości średniej $E(h)$ i dwóch odchyłeń standardowych D_h , które oblicza się dla zbioru n wyników z automatycznego pomiaru głębokości koleiny h (maksymalna wartość w przekroju poprzecznym).

Odcinkowa ocena stanu koleiny — miarodajna głębokość koleiny obliczona dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500-1499 m.

3.2. Ocena stanu głębokości kolein

3.2.1. Metoda wyznaczania oceny stanu kolein

Na wybranym pasie jezdni są wyznaczane:

1. Miarodajne głębokości koleiny dla odcinków o długości 50 m

$$KOLC_m = H_m, \quad (3.1)$$

w celu agregacji danych z automatycznego pomiaru głębokości koleiny h co 1 m.

2. Odcinkowe oceny stanu koleiny dla odcinków o długości 1000 m

$$KOLC_p = H_p, \quad (3.2)$$

w celu ustalenia klasy stanu koleiny.

Ocena stanu koleiny dla 50-metrowego odcinka drogi

Odcinkowa ocena H_m jest obliczana na podstawie zbioru n wyników z automatycznego pomiaru głębokości koleiny h wg wzoru:

$$H_m = E(h) + 2D_h, \quad (3.3)$$

w którym:

$E(h)$ — wartość średnia obliczana na podstawie wzoru:

$$E(h) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}, \quad (3.4)$$

D_h — odchylenie standardowe dla odcinka 50 m.

Wyniki obliczeń są zaokrąglane do 1 mm zgodnie z ogólnymi zasadami i są zapisywane w zbiorze wg formatu podanego w Załączniku H.

Ocena stanu koleiny dla kilometrowego odcinka drogi

Odcinkową ocenę H_p oblicza się na podstawie:

1. Zbioru n wyników z automatycznego pomiaru głębokości koleiny h , lub
2. Zbioru a odcinkowych ocen H_m wg wzoru:

$$H_p = E(H_m) + 0,5D_{H_m}, \quad (3.5)$$

w którym:

$E(H_m)$ — wartość średnia obliczana na podstawie wzoru:

$$E(H_m) = \frac{\sum_{i=1}^n H_{mi}}{a}, \quad (3.6)$$

D_{H_m} — odchylenie standardowe dla zbioru a .

Wyniki obliczeń są zaokrąglane do 1 mm zgodnie z ogólnymi zasadami.

3.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Nawierzchnie pod względem stanu kolein klasyfikuje się do 4 klas wg kryteriów określonych dla miarodajnej głębokości koleiny (tabela 3.1).

Tabela 3.1. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych o nawierzchni asfaltowej pod względem kolein

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajna głębokość koleiny
		mm
A	Stan dobry	[0; 11)
B	Stan zadowalający	[11; 21)
C	Stan niezadowalający	[21; 31)
D	Stan zły	większy lub równy 31

4. Właściwości przeciwoślizgowe

4.1. Pojęcia podstawowe

Współczynnik tarcia μ — stosunek wypadkowej sił tarcia wytwarzanych między hamowanym kołem urządzenia pomiarowego a nawierzchnią drogi do nacisku koła na drogę.

Miarodajny współczynnik tarcia WT_m — statystyczna miara oceny właściwości przeciwoślizgowych nawierzchni równa różnicy wartości średniej wyników pomiarów współczynnika tarcia $E(\mu_i)$ i odchylenia standardowego D_μ .

Odcinkowa ocena stanu WT_p — miarodajny współczynnik obliczony dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m (w przypadku pomiarów ciągłych) i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę WT_p wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

4.2. Zasady oceny stanu właściwości przeciwoślizgowych

4.2.1. Metoda oceny właściwości przeciwoślizgowych

Na podstawie pomiarów współczynnika tarcia dla wybranego pasa jezdni wyznacza się:

1. **Zbiór wartości współczynnika tarcia** μ_i dowiązany do współrzędnych drogi w pliku maszynowym. Wyniki pomiarów podaje się z dokładnością do trzech miejsc po przecinku i zapisuje w zbiorze z danymi elementarnymi DSN wg formatu podanego w Załączniku H.
2. **Miarodajny współczynnik tarcia** WT_m dla zbioru wartości współczynnika tarcia μ_i o liczności n , jako podstawę odcinkowej oceny stanu:

$$WT_m = E(\mu_i) - D_\mu, \quad (4.1)$$

w którym:

$$E(\mu_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i, \quad (4.2)$$

$$D_\mu = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\mu_i - E(\mu_i)]^2}, \quad (4.3)$$

n — liczba wartości współczynnika tarcia na odcinku.

Wyniki obliczeń są zaokrąglane do dwóch miejsc po przecinku.

Wartość miarodajnego współczynnika tarcia nie może być mniejsza od minimalnej wartości pomiaru na odcinku diagnostycznym.

W celu ujednolicenia prezentacji danych w plikach diagnostycznych, wartości pomiarów uzyskane na odcinku 100-metrowym, będą prezentowane na dwóch sąsiednich odcinkach 50-metrowych.

Pomiary współczynnika tarcia nawierzchni wykonuje się w lewym lub prawym śladzie kół, przy prędkości urządzenia pomiarowego $v = 60$ km/h lub inną stałą prędkością w zależności od możliwości pomiarowych i przy grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym $h = 0,5$ mm.

W przypadkach szczególnych wykonywania pomiarów zestawami SRT-3 z inną prędkością niż standardowa (60 km/h) wyniki pomiarów należy przeliczyć. Do przeliczania wyników pomiaru współczynników tarcia mierzonych tą samą oponą lecz z prędkością (V_x) różną od standardowej (V_s) można posłużyć się następującą funkcją wykładniczą w postaci ogólnej [23]:

$$\frac{\text{mik}_{V_s}}{\text{mik}_{V_x}} = e^{a(V_x - V_s)}, \quad (4.4)$$

w której:

- V_x — rzeczywista prędkość pomiaru współczynnika tarcia z przedziału około 30–60 km/h,
- V_s — standardowa prędkość pomiaru współczynnika tarcia — 60 km/h,
- mik_{V_x} — współczynnik tarcia mierzony przy rzeczywistej prędkości pomiarowej,
- mik_{V_s} — współczynnik tarcia mierzony przy standardowej prędkości pomiarowej,
- a — parametr, którego oszacowana wartość średnia (wraz z 95% błędem) wynosi 0,0055 ($\pm 0,0004$).

Wzór może mieć zastosowanie uniwersalne, gdyż niezależnie od typu opony pomiarowej można posłużyć się nim zarówno przy korygowaniu ze względu na wymaganą prędkość pojedynczych wyników pomiaru (mik), jak i w obliczeniach równoważnych wartości współczynników tarcia dla różnych wymaganych prędkości w przedziale około 30–60 km/h.

W przypadku wykonywania ciągłych pomiarów współczynnika tarcia obliczenia wykonuje się analogicznie z wykorzystaniem wyników z odcinków diagnostycznych. Przed klasyfikacją należy przeliczyć wyniki pomiarów ciągłych na pomiary punktowe z wykorzystaniem zweryfikowanych funkcji przeliczeniowych o bardzo wysokiej lub prawie pewnej korelacji.

Wyniki pomiarów wykonywane urządzeniem TWO należy przeliczyć zgodnie zasadami podanymi w opracowaniu [22] lub określonymi przez producenta sprzętu pomiarowego.

Wartość wyniku na odcinku diagnostycznym jest wyznaczana poprzez obliczenie średniej.

4.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Stan właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni klasyfikuje się w 4 klasach wg kryteriów określonych dla miarodajnego współczynnika tarcia (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych klasy: A, S, oraz GP i pozostałych pod względem właściwości przeciwpoślizgowych (odnosi się do opony Piarc — Załącznik A)

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia przy prędkości 60 km/h	
		Klasa drogi	
		A, S	GP i pozostałe
A	Stan dobry	większy niż 0,48	większy niż 0,40
B	Stan zadowalający	(0,35; 0,48]	(0,35; 0,40]
C	Stan niezadowalający	(0,28; 0,35]	(0,28; 0,35]
D	Stan zły	[0; 0,28]	[0; 0,28]

5. Makrotekstura

5.1. Pojęcie podstawowe

Makrotekstura — cecha eksploatacyjna nawierzchni określającą odchylenie powierzchni nawierzchni od idealnie płaskiej powierzchni w zakresie długości fali 0,5–50 mm.

Wskaźnik MPD — (Mean Profile Depth; średnia głębokość profilu) — średnia wartość głębokości profilu określona wg procedury PN-EN ISO 13473-1:2019 [40].

Wskaźnik MTD (Mean Texture Depth; średnia głębokość tekstury) — głębokość tekstury otrzymana za pomocą metody objętościowej wg PN-EN 13036-1:2010 [42].

Wskaźnik ETD (Estimated Texture Depth; szacowana głębokość tekstury) — termin używany, gdy wskaźnik MPD jest używany do szacowania wskaźnika MTD za pomocą formuły wg PN-EN ISO 13473-1:2019 [40].

Miarodajny wskaźnik makrotekstury MTDC — ocena makrotekstury przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni. Jest równa wartości średniej, którą oblicza się dla zbioru n wyników z pomiaru dla odcinka 50 m.

Odcinkowa ocena stanu makrotekstury — miarodajny wskaźnik makrotekstury obliczony dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę $MTDC_p$ wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

5.2. Zasady oceny makrotekstury nawierzchni

5.2.1. Metoda wyznaczania oceny makrotekstury nawierzchni

Parametr należy traktować jako badanie wstępne właściwości przeciwpoślizgowych. W przypadku gdy wartość MTD zostaje wyznaczona na poziomie ostrzegawczym, należy wykonać pomiar współczynnika tarcia nawierzchni.

W pierwszym etapie przetwarzania danych wartość wskaźników MPD należy znormalizować względem standardowej prędkości pomiarowej 60 km/h wg następującej formuły przeliczeniowej [77]:

$$MPD_{60} = MPD_{pom} - 0,002 (60 - V_{pom}), \quad (5.1)$$

w której:

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.

W kolejnym etapie, na podstawie znormalizowanego wskaźnika średniej głębokości profilu MPD_{60} , należy określić tzw. szacowaną głębokość tekstury ETD (*ang.* Estimated Texture Depth):

$$MTD \approx ETD \approx 1,1 \cdot MPD_{60}. \quad (5.2)$$

ETD stanowi przybliżenie wartości wskaźnika średniej głębokości tekstury MTD (*ang.* Mean Texture Depth) uzyskiwanej w badaniu metodą objętościową wg PN-EN 13036-1:2010 [42] i jest wykorzystywany w klasyfikacji DSN jako parametr MTDC.

Na wybranym pasie jezdni wyznacza się:

1. **Zbiór wskaźników** MTDC odpowiednio dowiązany do współrzędnych drogi. Wyniki obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami do 0,01 mm/m i zapisuje w zbiorze wg formatu podanego w Załączniku H.
2. **Odcinkową ocenę makrotekstury** $MTDC_p$ dla zbioru wskaźników MTDC o liczności n wg wzoru:

$$MTDC_p = \frac{\sum_{i=1}^n MTDC}{n}, \quad (2.1)$$

Wyniki obliczeń zaokrągla się do 0,1 mm/m zgodnie z ogólnymi zasadami.

5.3. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Nawierzchnie pod względem makrotekstury, w odniesieniu do właściwości przeciwpoślizgowych, klasyfikuje się w ramach 4 klas wg kryteriów określonych w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Progi klas ze względu na wskaźnik MTD

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Wskaźnik MTD
		mm
A	Stan dobry	większy niż 1,0
B	Stan zadowalający	(0,8; 1,0]
C	Stan niezadowalający	(0,6; 0,8]
D	Stan zły	[0; 0,6]

6. Oznakowanie poziome nawierzchni

6.1. Pojęcia podstawowe

Współczynnik luminancji retrorefleksyjnej R_L — iloraz luminancji L powierzchni oznakowania drogowego w kierunku obserwacji i luminancji powierzchni prostopadłej względem kierunku padającego światła (tzw. widzialność w nocy) [41].

Współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym Q_d — iloraz luminancji powierzchni oznakowania drogowego w określonym kierunku i iluminacji tej powierzchni (tzw. widzialność w dzień) [41].

Wartość odporności na poślizg SRT — jakość odporności na poślizg mokrej powierzchni zmierzonej w oparciu o tarcie gumowego suwaka o tę powierzchnię przy niskiej prędkości [41].

Odcinkowa ocena stanu — miarodajne wartości współczynnika luminancji R_{LCm} lub Q_{dCm} obliczone dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

6.2. Zasady oceny oznakowania poziomego

Pomiar należy wykonywać na drogach krajowych klasy A i S oraz w szczególnych przypadkach GP na każdej głównej linii oznakowania poziomego (krawędziowa zewnętrzna — prawa, krawędziowa wewnętrzna — lewa, linia/e osiowa/e).

Stan oznakowania poziomego określony jest przez m.in. wartości współczynników, które muszą być zachowane dla danej klasy oznakowania. Metoda oceny stanu oznakowania poziomego bazuje na 4-stopniowym podziale na klasy.

Wymagania określono dla oznakowania poziomego koloru białego, w stanie suchym, na autostradach i drogach ekspresowych (A, S) oraz w szczególnych przypadkach dla dróg klasy GP.

Ocena oraz klasyfikacja oznakowania poziomego dokonywana jest dla odcinków o długości 1 km, z zachowaniem agregacji danych maszynowych do 50 m, na podstawie średniej arytmetycznej wyników odcinków diagnostycznych (50 m).

6.3. Klasyfikacja oceny oznakowania poziomego

Parametry oznakowania poziomego klasyfikuje się w ramach 4 klas wg kryteriów określonych w tabelach 6.1, 6.2, 6.3.

Tabela 6.1. Klasyfikacja stanu oznakowania poziomego i wymagania pod względem współczynnika luminancji retrorefleksyjnej R_{LCm}

Klasa	Ocena stanu oznakowania poziomego	Współczynnik luminancji retrorefleksyjnej R_{LCm}
		$\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
A	Stan dobry	większy lub równy 250
B	Stan zadowalający	[200; 250)
C	Stan niezadowalający	[150; 200)
D	Stan zły	[0; 150)

Tabela 6.2. Klasyfikacja stanu oznakowania poziomego i wymagania pod względem współczynnika luminancji przy świetle rozproszonym QdCm

Klasa	Ocena stanu oznakowania poziomego	Współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym QdCm	
		$\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	
		Typ nawierzchni	
		asfaltowa	beton cementowy
A	Stan dobry	większy lub równy 130	większy lub równy 160
B	Stan zadowalający	[110; 130)	[140; 160)
C	Stan niezadowalający	[100; 110)	[130; 140)
D	Stan zły	[0; 100)	[0; 130)

Tabela 6.3. Klasyfikacja stanu oznakowania poziomego i wymagania pod względem odporności na poślizg SRTC

Klasa	Ocena stanu oznakowania poziomego	Wartość odporności na poślizg SRTC*
A	Stan dobry	większy lub równy 50
B	Stan zadowalający	
C	Stan niezadowalający	[45; 50)
D	Stan zły	mniejszy niż 45
* Parametr informacyjny, nie wpływa na klasyfikację oznakowania wg klas DSN (pomiar dotyczy oznakowań płaskich, jednolitych, jest niezasadny dla oznakowania strukturalnego)		

7. Uskok płyt betonowych

7.1. Pojęcia podstawowe

Uskok płyt betonowych — względne pionowe przesunięcie krawędzi sąsiadujących płyt betonowych w obrębie szczeliny lub pęknięcia poprzecznego nawierzchni.

Wskaźnik uskoku płyt betonowych WUSK — służy do oceny równości nawierzchni związanej ze stopniem klawiszowania płyt, jest przyjmowany do klasyfikacji stanu nawierzchni betonowej. Jest wyznaczany jako maksymalna wartość uskoku zarejestrowanego na odcinku o długości 50 m.

Miarodajny wskaźnik uskoków — ocena wartości uskoku przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni, oblicza się dla zbioru n wyników zgodnie z algorytmem w odniesieniu do długości analizowanego odcinka.

Odcinkowa ocena stanu uskoków — jest to miarodajny wskaźnik uskoków płyt betonowych, obliczony dla odcinka drogi o ustalonej długości, przy czym wyróżnia się dwie długości: 50 m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę $WUSK_p$ wyznacza się dla odcinków o długości 500–1499 m.

Miarodajna wartość współczynnika uskoku — ocena wartości uskoku przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni jest równa wartości średniej, którą oblicza się dla zbioru n wyników.

7.2. Zasady oceny uskoków płyt betonowych

Uskok płyt betonowych stanowi względne pionowe przesunięcie krawędzi sąsiadujących płyt betonowych w obrębie szczeliny lub pęknięcia poprzecznego nawierzchni. W systemie DSN uskok jest określany podczas pomiaru równości profilu podłużnego profilografem laserowym wg algorytmu z normy AASHTO R-36-04.

W ramach pomiaru rejestrowane są jedynie uskoki o wartościach większych od wartości granicznej (5 mm) oraz ich lokalizacje.

Wskaźnik uskoku (WUSK) jest przyjmowany jako największa wartość z uskoków zarejestrowanych na odcinku diagnostycznym o długości 50 m.

Na wybranym pasie jezdni wyznacza się:

1. **Zbiór wskaźników** uskoków odpowiednio dowiązany do współrzędnych drogi. Wyniki obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami do 0,1 mm i zapisuje w zbiorze wg formatu podanego w Załączniku H.
2. **Odcinkową ocenę wskaźnika uskoków** $WUSK_p$ dla zbioru wskaźników WUSK o liczności n wg wzoru:

$$WUSK_p = \frac{\sum_{i=1}^n WUSK}{n}, \quad (7.1)$$

w którym:

n — liczba wskaźników WUSK na odcinku.

Wyniki obliczeń zaokrągla się do 1 mm zgodnie z ogólnymi zasadami.

7.3. Klasyfikacja oceny uskoków płyt betonowych

Nawierzchnie pod względem równości w odniesieniu do uskoków płyt betonowych klasyfikuje się w ramach 4 klas, wg kryteriów określonych w tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Klasyfikacja stanu równości nawierzchni pod względem wartości uskoków płyt betonowych

Klasa	Ocena stanu uskoku płyt	Wysokość uskoku
		mm
A	Stan dobry	[0; 5)
B	Stan zadowalający	[5; 10)
C	Stan niezadowalający	[10; 15)
D	Stan zły	większy lub równy 15