

Załącznik B. Instrukcja do części analitycznej – zasady oceny, klasyfikacje

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 będzie 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 – wstępnej oceny nośności.

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 ugięć: wyliczana wartość ugięcia standaryzowanego dla odcinka diagnostycznego, ciągu drogowego lub sieci dróg.

Wskaźnik SCI300: wskaźnik krzywizny ugięcia nawierzchni – różnica ugięć zmierzonych przez czujniki nacisku płyty obciążeniowej w centrum obciążenia 0 mm (d0) i 300 mm od środka przyłożenia obciążenia (d300), który charakteryzuje stan górnych warstw związanych konstrukcji nawierzchni: $SCI300 = d0 - d300$.

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: 50m i 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę wyznacza się dla odcinków o długości $500 \div 1499$ m.

1.2. Ugięcia 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) zapisywane są 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 ugięcia standaryzowanego. Baza danych systemu informatycznego DSN powinna zawierać rekordy dla kolejnych kilometrów pasów/jezdni z kilometrem i wskaźnikami nośności dla kolejnych odcinków diagnostycznych (wskaźnik ugięcia standaryzowanego dla odcinka 50 metrowego jest średnią arytmetyczną ugięć standaryzowanych w poszczególnych punktach pomiarowych na danym odcinku 50 metrowym – w przypadku wystąpienia więcej niż 1 pomiaru).

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

Zasady obliczania ugięcia standaryzowanego zamieszczono w załączniku A do Wytycznych.

W algorytmach obliczeniowych systemu DSN, w przypadku braku wyników pomiaru ugięć nawierzchni, dane należy uzupełnić wskaźnikami spękań nawierzchni, gdy są one określone.

1.2.1.2. Metoda wyznaczania nośności (pozostałej trwałości nawierzchni)

Miarodajna wartość ugięcia, będąca jednym z parametrów wykorzystywanym w klasyfikacji nośności jest obliczana jako suma wartości średniej i odchylenia standardowego wskaźników ugięć dla wyników z kilometrowego odcinka drogi. Parametry UP (wskaźnik krzywizny ugięcia - pomiar punktowy) i UC (wskaźnik krzywizny ugięcia - pomiar ciągły) można zamiennie oznaczać w zestawieniach symbolem U. Wartość wyznacza wg wzoru:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n us_i}{n} + Du$$

w którym:

U – wskaźnik ugięcia (miarodajne ugięcie standaryzowane),

us – standaryzowana wartość pojedynczego pomiaru ugięcia,

n – liczba ugięć standaryzowanych na odcinku.

Du – odchylenie standardowe standaryzowanych wartości pojedynczych pomiarów ugięć na odcinku miarodajnym.

Wynik obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami.

Miarodajna wartość wskaźnika SCI300, będąca jednym z parametrów wykorzystywanym w klasyfikacji nośności jest obliczana jako suma wartości średniej i odchylenia standardowego wskaźników krzywizny ugięcia nawierzchni dla wyników z kilometrowego odcinka drogi. Parametry SCIP (pomiar punktowy) i SCIC (pomiar ciągły) można zamiennie oznaczać w zestawieniach symbolem SCI. Wartość wyznacza wg wzoru:

$$SCI = \frac{\sum_{i=1}^n sci_i}{n} + Dsci$$

w którym:

SCI300 – miarodajny wskaźnik krzywizny ugięcia,

sci – standaryzowana wartość pojedynczego pomiaru wskaźnika krzywizny ugięcia,

n – liczba ugięć standaryzowanych na odcinku.

Dsci – odchylenie standardowe standaryzowanych wartości pojedynczych pomiarów wskaźnika krzywizny ugięcia na odcinku miarodajnym.

Wynik obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami.

1.2.1.3. Klasyfikacja nośności (pozostałej trwałości nawierzchni - PTN)

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

- 2 lata jako granica między klasą C i D. Nawierzchnia w klasie D wymaga prawdopodobnie pilnej interwencji, dwa lata jest to okres wystarczający do przeprowadzenia badań i ewentualnie przygotowania remontu (projekt, przetarg) przed wyczerpaniem przydatności do eksploatacji.
- 8 lat jako granica 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.
- 16 lat jako granica między klasą A i B. Nawierzchnia w klasie A powinna mieć nośność zbliżoną do nośności nawierzchni nowej (projektowanej na 20 lat).

Tabela B.1. Progi klas nośności nawierzchni przy rozróżnieniu dróg o różnym obciążeniu ruchem. Miarodajny wskaźnik ugięć, μm .

Kategoria ruchu	Progi klas		
	A/B	B/C	C/D
KR1-2	550	790	1100
KR3	390	550	710
KR4	300	390	470
KR5	250	310	360
KR6-7	205	265	340

Tabela B.2. Progi klas nośności nawierzchni przy rozróżnieniu dróg o różnym obciążeniu ruchem. Miarodajny wskaźnik krzywizny ugięcia nawierzchni, μm .

Kategoria ruchu	Progi klas		
	A/B	B/C	C/D
KR1-2	115	165	240
KR3	70	110	190
KR4	50	80	140
KR5	40	60	100
KR6-7	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 wyznaczaniu 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, 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. Aktualna klasyfikacja została wyznaczona na podstawie [13], z wykorzystaniem danych na DOT¹ oraz analiz obliczeń teoretycznych ugięcia D0 i D300 konstrukcji 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.

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:

- skorygowane ugięcie maksymalne - UC
- wskaźnik krzywizny ugięcia - SCIC

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 szesnastu serii pomiarów opracowano zamieszczone w tekście klasyfikacje. Biorąc pod uwagę zmiany stosowanych technologii klasyfikacje wymagają cyklicznych aktualizacji.

O klasie nośności odcinka diagnostycznego decyduje niższa klasa jednego z parametrów UC lub SCIC (tabele B.1. i B.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 (właściciela urządzenia pomiarowego).

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 według przyjętej klasyfikacji. Do określenia odcinków wymagających dodatkowych pomiarów należy zastosować następujące kryteria:

- klasa nośności D,
- minimalna długość odcinka: 1000 m,
- maksymalna długość pojedynczego odcinka w wyższej klasie nośności: 200 m,
- 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.

1.3. Uszkodzenia nawierzchni asfaltowych /cechy powierzchniowe (stan spękań, stan powierzchni)

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 miarodajny: 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 od 500 do 1499 m.

Automatyczna 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 w sposób prostokątny na kwadraty o wielkości 25x25cm.

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

Zdjęcia identyfikacyjne: zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10m 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

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 [cm³/m²], przy pomocy symulacji obliczeń objętości powietrza (z ang. Air Void Content – AVC) z uwzględnieniem porowatości nawierzchni (z ang. Road Porosity Index – RPI).

Ocenę stanu nawierzchni wykonuje się w trzech etapach:

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

Szczegóły zamieszczono w kolejnych podrozdziałach (1.3.2. – 1.3.4.).

1.3.2. Obliczanie zakresu uszkodzeń/napraw

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

Dla celów obliczania wartości zakresów poszczególnych uszkodzeń przyjmuje się że:

- jeżeli w obrębie pola siatki znajduje się więcej niż 1 typ spękań to wynikiem jest **pęknięcie siatkowe**.
- **szerokość pęknięcia** w polu siatki pomiarowej jest wynikiem obliczenia średniej arytmetycznej dla wszystkich obmiarów szerokości pęknięć w obrębie komórki.
- **wybojami** są ubytki o głębokości większej niż 40mm, pozostałe ubytki są klasyfikowane jako **ubytki powierzchniowe**.
- 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:

Dla pęknięć pojedynczych:

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej i zsumowania ich długości przyjmując że jedno pole pomiarowe ma 0.25m długości.

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości.

Dla pęknięć siatkowych i łat:

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej i zsumowania ich powierzchni przyjmując że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0.0625m².

Zakres obliczany jest niezależnie dla każdego rodzaju szkodliwości.

Dla wybojów i ubytków powierzchniowych:

Zakres uszkodzeń jest wynikiem obliczenia liczby pól siatki pomiarowej i zsumowania ich powierzchni przyjmując że jedno pole pomiarowe ma powierzchnię 0.0625m².

Dla celów punktacji i oceny przyjmuje się, że:

- zakres pęknięć pojedynczych jest sumą zakresów pęknięć pojedynczych podłużnych i poprzecznych,
- 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 do Wytycznych.

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:

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

gdzie: 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:

Tabela B.3. Wartości parametrów punktacji uszkodzeń

Rodzaj uszkodzeń	A		b	c
	szkodliwość duża	szkodliwość mała		
Pęknięcia siatkowe	100	60	300	0,25
Pęknięcia pojedyncze	65	35	200	0,25
Łaty i wyboje	70	30	75	0,33
Ubytki ziaren lub lepiszcza	55		300	0,50

Tabela B.4. Wpływ natężenia ruchu

Natężenie ruchu [osie obliczeniowe 100 kN/dobę/pas ruchu]	f
do 140	0,80
141 ÷ 270	0,85
271 ÷ 570	0,90
571 ÷ 860	0,95
powyżej 860	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 100m – wskaźniki: WSAA i WSPA.

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

$$P_i = 0,9 \cdot P_{ij_{\max}} + 0,1 \cdot \sum_j P_{ij}$$

gdzie: 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 obliczana jest wg wzoru:

$$P_i = P_{ij}$$

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

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

w którym: P - ocena dla pęknięć siatkowych, pęknięć pojedynczych oraz łat i wybojów.

Wskaźnik stanu powierzchni WPAA obliczany jest wg wzoru:

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

w którym: P - ocena dla łat i wybojów oraz ubytków ziaren lub lepiszcza.

W obydwu wypadkach P jest obliczane według wzoru:

$$P = 0,9 \cdot P_{i_{\max}} + 0,1 \cdot \sum P_i$$

w którym: i_{\max} - uszkodzenie, które uzyskało największą liczbę punktów.

1.3.5. Ocena stanu nawierzchni dla odcinka miarodajnego

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

$$WSAA_m = E_{WSAA}^{1.4} - 0.4 \cdot D_{WSAA} \quad WSPA_m = E_{WSPA}^{1.4} - 0.4 \cdot D_{WSPA}$$

gdzie: 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,

W przypadkach szczególnych wartości miarodajne wyników można również wyznaczyć dla odcinków 100m.

Wartości miarodajnych wskaźników spękań $WSAA_m$ i stanu powierzchni $WPAA_m$ z odcinków 100m obliczane są z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku wg wzorów:

$$WSAA_m = E_{WSAA} + \alpha \cdot D_{WSAA} \quad WPAA_m = E_{WPAA} + \alpha \cdot D_{WPAA}$$

gdzie: **E** - wartość średnia zbioru ocen dla odcinków o długości 100 m należących do odcinka pomiarowego,

D - odchylenie standardowe zbioru ocen dla odcinków o długości 100 m należących do odcinka pomiarowego,

α - współczynnik skalujący.

Wartość współczynnika skalującego **α** wynosi: – 0,3. Współczynnik skalujący może zostać zmieniony jeżeli zajdzie potrzeba zmiany wskaźników na wyższe lub niższe.

1.3.6 Klasyfikacja stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni dla odcinka pomiarowego

Wartości liczbowe kryteriów uzależniono od kategorii ruchu na drodze. Przyjęto jednakowe 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 B.5).

Tabela B.5. Graniczne wartości wskaźników n_m i p_m dla poszczególnych klas stanu nawierzchni dla dróg klasy A, S, GP, G

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Wskaźniki n_m i p_m
A	Stan dobry	więcej niż 0,90
B	Stan zadowalający	0,56 ÷ 0,90
C	Stan niezadowalający /planowany zabieg remontowy/	0,41 ÷ 0,55
D	Stan zły /natychmiastowe interwencje/	0,40 lub mniej

1.3.7. Zakres danych wynikowych

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

1. Zdjęcia nawierzchni o długości 10m z zaznaczonymi uszkodzeniami
2. Zdjęcia nawierzchni o długości 10m z zaznaczonymi uszkodzeniami oraz z wizualizacją siatki pomiarowej wraz z zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia
3. Zdjęcia poglądowe przedstawiające sytuację na drodze z przodu pojazdu z kamery umieszczonej na zewnątrz
4. Pliki wynikowe z danymi elementarnymi dotyczącymi uszkodzeń dla każdego zdjęcia 10m
5. Plik wynikowy z obliczonymi współczynnikami dla odcinków diagnostycznych długości 50m

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 10m.

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 L.

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: wyrażany w mm/m lub m/km, *międzynarodowy wskaźnik równości* charakteryzuje 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.

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:

- a) **zbiór wskaźników IRIC** odpowiednio dowiązany do współrzędnych drogi. Wyniki obliczeń zaokrągla się zgodnie z ogólnymi zasadami do 0,01 mm/m i zapisuje w zbiorze według formatu podanego w Załączniku H.
- b) **odcinkową ocenę równości podłużnej $IRIC_p$** dla zbioru wskaźników IRIC o liczności n ($10 \leq n \leq 29$) według wzoru:

$$IRIC_p = \frac{\sum_{i=1}^n IRIC_i}{n}$$

gdzie: n – liczba wskaźników IRIC na odcinku

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 według kryteriów określonych dla *miarodajnej równości podłużnej*, tabela B.6.

Tabela B.6. 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	< 2,0	< 3,0
B	Stan zadowalający	2,0 - 4,3	3,0 - 5,0
C	Stan niezadowalający	4,4 - 5,7	5,1 - 6,6
D	Stan zły	> 5,7	> 6,6

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).

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 kolein

3.2.1. Metoda wyznaczania oceny stanu kolein

Na wybranym pasie jezdni wyznacza się:

- miarodajne głębokości koleiny dla odcinków o długości 50m $KOLC_m)=(H_m)$ w celu agregacji danych z automatycznego pomiaru h co 1 metr;
- odcinkowe oceny stanu koleiny dla odcinków o długości 1000 m $(KOLC_p)=(H_p)$ w celu ustalenia klasy stanu koleiny;
- zestawienie odcinkowych ocen $KOLC_p=H_p$;
- średni poziom odcinkowych ocen $KOLC_p(E[KOLC_p])=H_p(E[H_p])$ w celu ustalenia ogólnego stanu kolein.

Ocena stanu koleiny dla 50 metrowego odcinka drogi

Odcinkową ocenę H_m oblicza się na podstawie zbioru n wyników z automatycznego pomiaru h według wzoru:

$$H_m = E[h] + 2D_h$$

gdzie:

$E[h]$ - wartość średnia obliczana na podstawie wzoru:

$$E[h] = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

D_h - odchylenie standardowe obliczane na podstawie wzoru:

$$D_h = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n h_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n h_i \right)^2}{n(n-1)}}$$

Wyniki obliczeń zaokrągla się do 1 mm zgodnie z ogólnymi zasadami i zapisuje w zbiorze według formatu podanego w Załączniku H.

Ocena stanu koleiny dla kilometrowego odcinka drogi

Odcinkową ocenę H_p oblicza się na podstawie:

- a) zbioru n wyników z automatycznego pomiaru h , lub
- b) zbioru a odcinkowych ocen H_m według wzoru:

$$H_p = E[H_m] + 0,5D_{H_m}$$

gdzie:

$E[H_m]$ - wartość średnia obliczana na podstawie wzoru:

$$E[H_m] = \frac{\sum_{i=1}^a H_{mi}}{a}$$

D_{H_m} - odchylenie standardowe obliczane na podstawie wzoru:

$$D_{H_m} = \sqrt{\frac{a \sum_{i=1}^a H_{mi}^2 - \left(\sum_{i=1}^a H_{mi} \right)^2}{a(a-1)}}$$

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

3.2.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Nawierzchnie pod względem stanu kolein klasyfikuje się do czterech klas według kryteriów określonych dla *miarodajnej głębokości koleiny*, tabela B.7.

Tabela B.7. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych o nawierzchni asfaltowej pod względem kolein.

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajna głębokość koleiny [mm]
A	Stan dobry	Nie więcej niż 10
B	Stan zadowalający	Od 11 do 20
C	Stan niezadowalający	Od 21 do 30
D	Stan zły	Powyżej 30

4. Właściwości przeciwpoślizgowe

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 przeciwpoślizgowych nawierzchni równa różnicy wartości średniej wyników pomiarów współczynnika tarcia $E(\mu_i)$ i odchylenia standardowego D_μ .

Odcinkowa ocena stanu: miarodajny współczynnik obliczony dla odcinka drogi o ustalonej długości 1000 m. W przypadkach szczególnych, jak początek i koniec drogi, odcinkową ocenę H_p wyznacza się dla odcinków o długości 500 ÷ 1499 m.

4.1. Zasady oceny stanu właściwości przeciwpoślizgowych

4.1.1. Metoda oceny właściwości przeciwpoślizgowych

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

a) zbiór wartości współczynnika tarcia μ_i dowiązany do współrzędnych drogi w pliku maszynowym. Wyniki pomiarów zaokrągla się do dwóch miejsc po przecinku i po przemnożeniu przez 100 zapisuje w zbiorze z danymi elementarnymi DSN według formatu podanego w Załączniku H.

b) miarodajny współczynnik tarcia WT_m dla zbioru wartości współczynnika tarcia μ_i o liczności n , jako podstawę odcinkowej oceny stanu:

$$WT_m = E(\mu_i) - D_\mu$$

gdzie:

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

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

n - liczba wartości współczynnika tarcia na odcinku.

Wyniki obliczeń zaokrągla się do dwóch miejsc po przecinku.

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

c) zestawienie odcinkowych ocen dla wybranego fragmentu drogi, ciągu drogowego lub sieci drogowej poprzez oddzielne zsumowanie odcinków dróg zaliczanych do tej samej klasy stanu nawierzchni. Wyniki podaje się w km lub procentach.

d) średni poziom odcinkowych ocen $E(WT_m)$ w celu ustalenia klasy stanu nawierzchni.

Wyniki obliczeń zaokrągla się do dwóch miejsc po przecinku.

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

W przypadku wykonywania ciągłych pomiarów współczynnika tarcia obliczeń dokonuje się analogicznie z wykorzystaniem wyników z odcinków diagnostycznych. Przed dokonaniem klasyfikacji należy dokonać przeliczeń wyników 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 z zasadami podanymi w opracowaniu [22] lub określonymi przez producenta sprzętu pomiarowego.

Wartość wyniku na odcinku diagnostycznym wyznacza się poprzez obliczenie średniej.

4.1.2. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Nawierzchnie pod względem stanu właściwości przeciwoślizgowych klasyfikuje się do 4 klas wg kryteriów określonych dla miarodajnego współczynnika tarcia, tabela B.8.

Tabela B.8. Klasyfikacja stanu nawierzchni dróg krajowych klasy: A, S, oraz GP i pozostałych pod względem właściwości przeciwoślizgowych (dla opony Piarc)

Klasa	Ocena stanu nawierzchni	Miarodajny współczynnik tarcia, przy prędkości 60km/h	
		Drogi klasy A i S	Drogi klasy GP i pozostałe
A	Stan dobry	$\geq 0,49$	$\geq 0,41$
B	Stan zadowalający	$0,36 \div 0,48$	$0,36 \div 0,40$
C	Stan niezadowalający	$0,29 \div 0,35$	$0,29 \div 0,35$
D	Stan zły	$\leq 0,28$	$\leq 0,28$

Uwagi: 1) Podane w tabeli 1 wartości zostały dostosowane do zasady wyznaczania miarodajnego współczynnika tarcia WT_m jako różnicy wartości średniej wyników pomiarów $E(\mu_i)$ i odchylenia standardowego D_μ .

Pomiary współczynnika tarcia nawierzchni wykonuje się w lewym lub prawym śladzie kół przy prędkości urządzenia pomiarowego $v = 60 \text{ km/h}$ lub inną stałą prędkością w zależności od możliwości pomiarowych i grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym $h = 0.5 \text{ mm}$.

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]:

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

w której:

V_x i V_s – rzeczywista i standardowa prędkość pomiaru współczynnika tarcia z przedziału od ok. 30 km/h do 90 km/h;
 mik_{V_x} i mik_{V_s} – współczynniki tarcia mierzone przy rzeczywistej i standardowej prędkości pomiarowe;
 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 od ok. 30 km/h do 90 km/h.

5. Makrotekstura - zasady oceny

5.1. Pojęcie podstawowe

Makrotekstura: cecha eksploatacyjna nawierzchni określająca odchylenie powierzchni nawierzchni od idealnie płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 do 50 mm.

Wskaźnik MPD: Średnia Głębokość Profilu [Mean Profile Depth] – średnia wartość głębokości profilu określona wg procedury PN-EN ISO 13473-1:2005 [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: Szacowana Głębokość Tekstury [Estimated Texture Depth] – termin używany, gdy wskaźnik MPD jest używany do szacowania wskaźnika MTD za pomocą formuły wg PN-EN ISO 13473-1:2005 [40].

Miarodajny wskaźnik makrotekstury MTDm: ocena makrotekstury przyjmowana w klasyfikacji stanu nawierzchni. Jest równa wartości średniej, którą oblicza się dla zbioru n wyników z pomiaru.

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 H_p wyznacza się dla odcinków o długości 500 ÷ 1499 m.

5.2. Zasady oceny makrotekstury

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

Mając wyznaczoną wartość MPD można obliczyć tzw. „szacowaną głębokość tekstury” ETD (ang. Estimated Texture Depth). Parametr ten jest przybliżeniem wartości MTD uzyskiwanej w badaniu metodą objętościową. ETD oblicza się ze wzoru:

$$MTD \approx ETD = 0,2 \text{ mm} + 0,8 \text{ MPD}$$

5.3. Metoda wyznaczania oceny

Wskaźnik miarodajny makrotekstury MTDm zapisywany jest w plikach z danymi dla odcinka diagnostycznego. Jest to średnia arytmetyczna wartości MTD zapisanych w danych w obrębie tego odcinka.

Na wybranym pasie jezdni wyznacza się:

- a) miarodajny wskaźnik MTDm dla odcinków o długości 50m w celu agregacji danych z automatycznego pomiaru co 1 metr;
- b) odcinkowe oceny stanu makrotekstury dla odcinków o długości 1000 m w celu ustalenia klasy stanu makrotekstury;
- c) zestawienie odcinkowych ocen makrotekstury;
- d) średni poziom odcinkowych ocen makrotekstury w celu ustalenia ogólnego stanu.

5.4. Klasyfikacja stanu nawierzchni

Tabela B.10.

Parametr	Jednostka	A/B	B/C	C/D
MTD	[mm]	1	0,8	0,6

6. Oznakowanie poziome nawierzchni

6.1. Pojęcia podstawowe

Współczynnik luminancji retrorefleksyjnej (RL): iloraz luminancji L powierzchni oznakowania drogowego w kierunku obserwacji i luminancji E_{\perp} powierzchni prostopadłej względem kierunku padającego światła (tzw. widzialność w nocy) [41].

Współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym (Qd): 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 RLCm lub QdCm 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. Zasada 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 DSN.

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 (pomiarów 10m) do 50 m, na podstawie średniej arytmetycznej wyników odcinków diagnostycznych (50m).

6.3. Klasyfikacja oceny oznakowania poziomego

Tabela B.10. Wymagania dotyczące oznakowania poziomego

Parametr	Typ nawierzchni	Klasa			
		Poziom pożądaný		Poziom ostrzegawczy	Poziom krytyczny
		Stan dobry	Stan zadowalający		
		A	B	C	D
Współczynnik luminancji retroreflekcyjnej RLCm [mcd/lx/m ²]	Asfaltowa	≥250	200÷249	150÷199	<150
	Beton cementowy				
Współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym Q _d Cm[mcd/lx/m ²]	Asfaltowa	≥130	110÷129	100÷109	<100
	Beton cementowy	≥160	140÷159	130÷139	<130
Wartość odporności na poślizg [SRTC]*	Asfaltowa	≥50		45÷49	<45
	Beton cementowy				

*Parametr informacyjny, nie wpływa na klasyfikację oznakowania wg klas DSN (pomiar dotyczy oznakowania płaskich, jednolitych, jest niezasadny dla oznakowania strukturalnego)