



**OPRACOWANIE WSTĘPNYCH WYTYCZNYCH
DO OCENY NAWIERZCHNI BETONOWYCH
ORAZ ROZPOZNANIE PRZYDATNOŚCI
SYSTEMU SOWA-1**

FRAGMENT: ZASADY SYSTEMU

**Zamawiający: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Biuro Studiów
Umowa Nr: 18/12/05**

**Dr Andrzej Janowski
Mgr inż. Stanisław Szpinek**

**Warszawa
Listopad 2005**



Spis treści

1.	Wprowadzenie.....	2
2.	Przegląd systemów inwentaryzacji.....	3
3.	System oceny wizualnej nawierzchni betonowych SOWA-2	11
3.1.	Opis uszkodzeń	11
3.1.1.	Pęknięcie pojedyncze podłużne lub ukośne.....	11
3.1.2.	Pęknięcie pojedyncze poprzeczne.....	12
3.1.3.	Płyta połamana.....	13
3.1.4.	Uszkodzenie narożnika	13
3.1.5.	Pęknięcie przy szczelinie	14
3.1.6.	Wykruszenie szczeliny.....	14
3.1.7.	Pęknięcia powierzchniowe, ubytki i złuszczenia.....	15
3.1.8.	Wadliwe uszczelnienie.....	15
3.1.9.	Łata asfaltowa	16
3.1.10.	Uszkodzenie zbrojenia.....	16
3.2.	Inwentaryzacja uszkodzeń	16
3.3.	Punktacja i ocena	16
	Bibliografia.....	19



1. Wprowadzenie

Celem oceny wizualnej nawierzchni betonowych jest stwierdzenie, na podstawie widomych uszkodzeń, przyczyn wad konstrukcji powstałych podczas jej eksploatacji i ustalenie na tej podstawie właściwych technologii napraw.

Ocena wymaga skrupulatnego badania co pociąga za sobą konieczność zamykania pasów ruchu, lub prowadzenia oceny uproszczonej, na podstawie której dokonywana jest:

- ogólna ocena odcinków dróg,
- typowanie fragmentów dróg do badania szczegółowego.

Ogólna ocena dróg jest także niezbędnym elementem systemowego zarządzania drogami: prognozowania przyszłego stanu technicznego nawierzchni, zakresu wymaganych robót i kosztów.

W rozdziale 2 przedstawiono sposoby oceny nawierzchni betonowych opisywane w wybranych publikacjach zagranicznych. Tam też przedstawiono listę uszkodzeń proponowanych do rejestrowania uszkodzeń w uproszczonej ocenie wizualnej za pomocą istniejących rejestratorów SOWA. Niektóre z proponowanych uszkodzeń obejmują kilka z osobno rozróżnianych uszkodzeń szczegółowych.

W rozdziale 3 zamieszczono propozycję systemu oceny wizualnej nawierzchni betonowych SOWA-2:

- definicje uszkodzeń dobranych tak, aby rejestrowane mogły być najważniejsze uszkodzenia nawierzchni betonowych i jednocześnie żeby odpowiadały specyfice uszkodzeń nawierzchni bitumicznych (szkodliwość, zakres),
- sposób ilościowego opisu uszkodzeń tzn. punktacji uszkodzeń i obliczania wskaźników stanu nawierzchni.

W rozdziale **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** przeanalizowano wykorzystanie rejestratorów SOWA w systemie SOWA-2. Zawarto również sposób wykorzystania inwentaryzowanych uszkodzeń do tworzenia danych wejściowych dla systemu HDM-4 oraz wykorzystania w systemie SOSN.

Jeżeli prace rozpoczną się w roku 2005, proces testów i szkolenia operatorów będzie przeprowadzony w roku 2006, wówczas pilotażowe wykorzystanie systemu SOWA-2 mogłoby rozpocząć się w sezonie pomiarowym 2007 a rutynowe w następnym.

Procedura wdrożenia systemu SOWA-2 jest następująca:

- Dokładny opis uszkodzeń wraz z definicją stopni uszkodliwości.
- Opis procedur wykonywania obmiaru i miar w jakich podawane są jego wyniki.
- Opracowanie wskaźników i klasyfikacji stanu nawierzchni betonowych dla potrzeb systemowego zarządzania (SOSN). Ustalenie formatu danych dla systemu SOSN.
- Opis procedury sporządzania danych wejściowych dla systemu HDM-4.
- Obmiary próbne i korekty definicji uszkodzeń oraz procedur inwentaryzacji.
- Napisanie oprogramowania dla obsługi systemu SOWA-2

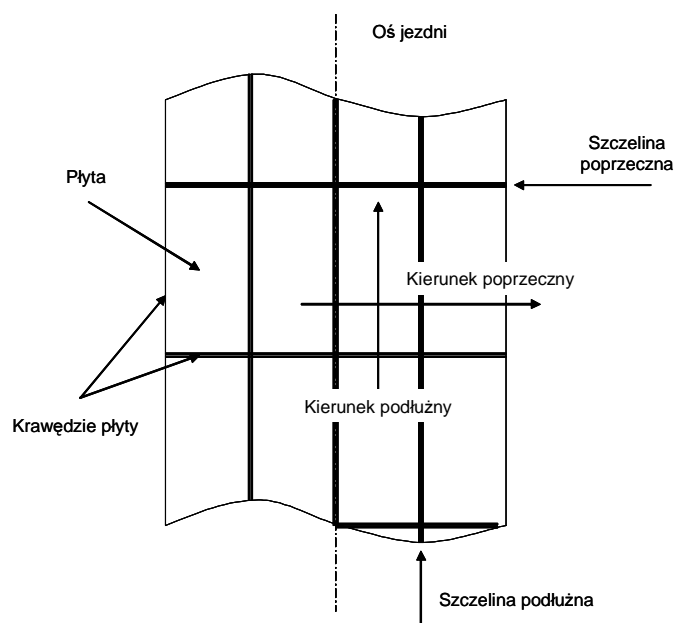


2. Przegląd systemów inwentaryzacji

W Tab. 1 do Tab. 4 zestawiono uszkodzenia rozpoznawane w kilku przykładowych systemach inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni betonowych, wykorzystywanych poza granicami Polski. W polach zacieniowanych znajdują się wady nawierzchni nie rejestrowane podczas oceny wizualnej.

W celu ułatwienia analizy bibliografii obcojęzycznej i usystematyzowania terminologii poniżej podajemy słownik stosowanych terminów.

Angielski	Polski
„D” Cracking	Pęknięcia zmęczeniowe
Blow-up	Wysadzina
Contaminants	Zanieczyszczenia
Corner cracks (break)	Pęknięcie (obłamanie) narożnika
Corner spalling	Wykruszone narożniki
Cracks	Pęknięcia
Cracks around included structures	Pęknięcia wokół wbudowanych urządzeń
Cracks at joints	Pęknięcia przy szczelinach
Crazing	Drobne pęknięcia skurczowe
Defective joint seals	Wadliwe uszczelnienie szczelin
Deteriorated cracks	Zniszczone pęknięcia
Deterioration of transversal joints	Uszkodzenie szczeliny poprzecznej
Failures	Uszkodzenie
Faulting	Uskok
Inadequate surface texture	Nieodpowiednia tekstura powierzchni
Joint seal damage	Uszkodzenie uszczelnienia szczeliny
Opening of longitudinal joints	Nieuszczelnione szczeliny podłużne
Patch deterioration	Uszkodzenie łąty
Patching / Utility cut defect	Łata, wycięcie pod urządzenia infrastruktury
Plastic shrinkage cracking	Pęknięcia skurczowe
Polished aggregates	Wypolerowane kruszywo
Popouts	Ubytki
Punchout	Przebicie
Reinforcement corrosion	Korozja zbrojenia
Roughness	Równość
Rutting	Koleina
Scaling	Złuszczenia
Sealed crack	Uszczelnione pęknięcie
Settlement	Osiadanie
Shattered slab	Płyta połamana
Small patch	Mała łąta
Spalled joints	Szczeliny wykruszone
Spalling at joints and cracks	Szczeliny i pęknięcia wykruszone
Surface irregularity	Nieregularność powierzchni
Vertical movement at joints or cracks	Klawiszowanie
Water bleeding and pumping	Wypływ wody i pompowanie
Water not draining off surface adequately	Nieodpowiednie odwadnianie powierzchni



Rys. 1. Terminy dotyczące płyt, wykorzystywane w tekście.



Tab. 1. Uszkodzenia nawierzchni betonowych wg [2].

Lp.	Uszkodzenie	Miara	Stopnie szkodl.	Uwagi
1	Cracked slabs	% płyt	3	Poprzeczne, podłużne, zmęczeniowe (drobne pęknięcia w niewielkich odległościach od siebie, przeważnie występują w pobliżu szczelin, pęknięć, nie podpartych krawędzi, często w narożnikach płyt). Szkodl. mała: szerokość pęknięcia <3 mm, bez zniszczeń lub uskoku; lub prawidłowo uszczelnione, o nieokreślonej szerokości. (zniszczenie oznacza wykruszenia lub pęknięcia). Szkodl. średnia: szerokość pęknięcia od 3 do 6 mm, lub szerokość zniszczeń <75 mm, lub uskok <6 mm. Szkodl. duża: szerokość pęknięcia ≥ 6 mm, lub szerokość zniszczeń ≥ 75 mm, lub uskok ≥ 6 mm.
2	Deteriorated cracks	szt/km		Są to pęknięcia pojedyncze poprzeczne, uwzględniane także poprzez zliczanie liczby pękniętych płyt.
3	Spalled joints	% szczelin	3	Ubytki i pęknięcia krawędzi szczeliny w obszarze do 0.6 m od szczeliny. Czy tylko poprzecznych? Szkodl. mała: szerokość zniszczeń <75 mm. Szkodl. średnia: szerokość zniszczeń od 75 do 150 mm. Szkodl. duża: szerokość zniszczeń ≥ 150 mm.
4	Failures	szt/km		Poluzowanie lub pęknięcie stali zbrojeniowej i pęknięcia poprzeczne z wykruszeniami. Określa się tylko dla nawierzchni ze zbrojeniem ciągłym. Podczas OW można stwierdzić tylko uszkodzenia manifestujące się pęknięciami poprzecznymi.
5	Average faulting	mm		Różnica wysokości brzegów szczeliny albo pęknięcia. Wg schematu w instrukcji jest to wysadzona szczelina (Blow-up). Nie określa się podczas OW.
6	Roughness	m/km		Nie określa się podczas OW.
7*	Scaling			
8	Popouts			
9	Blow-up			
10	Punchout			
11	Water bleeding and pumping			
12	Patch deterioration			
13	Deterioration of transversal joints			Jaka jest różnica w porównaniu do pozycji 3? Chodzi o uszczelnienie?
14	Polishing of aggregate			Nie określa się podczas OW.
15	Rutting			Nie określa się podczas OW.

* Uszkodzenia od 7 wzwyż są wymieniane w instrukcji lecz nie stanowią danych wejściowych do systemu.



Tab. 2. Uszkodzenia nawierzchni betonowych wg [3]

Lp.	Uszkodzenie	Miara	Stopnie szkodl.	Uwagi
1	Cracks	m	3	Podłużne, poprzeczne, ukośne. Skodliwość według szerokości: mała, średnia, duża
2	Corner cracks	m	3	Skodliwość według szerokości: mała, średnia, duża
3	Cracks around included structures	m	3	Skodliwość według szerokości: mała, średnia, duża
4	Cracks at joints	m		Poprzeczne do krawędzi płyty
5	Crazing	% płyty?	?	
6	Plastic shrinkage cracking	% płyty?	3	Szkodliwość wg intensywności spękania: mała, średnia, duża
7	Sealed crack			
8	Spalling at joints and cracks			Płytkie, głębokie
9	Opening of longitudinal joints	m		
10	Scaling	% płyty?		
11	Różne uszkodzenia			Popouts, zanieczyszczenia w szczelinach
12	Blow-up	% płyty?		
13	Water not draining off surface adequately			
14	Reinforcement corrosion			Rdzawe plamy na powierzchni
15	Settlement	% płyty?	3	Nie określa się podczas OW
16	Faulting	mm		Nie określa się podczas OW (pobieżnej)
17	Inadequate surface texture	% płyty?		Nie określa się podczas OW
18	Surface irregularity		3	Subiektywna ocena komfortu jazdy (dobry, dostateczny, zły). Nie powinna być określana podczas OW
19	Defective joint seals			Nie określa się podczas OW (pobieżnej). Niedostateczna adhezja lub kohezja, brak uszczelnienia lub wypchnięte
20	Vertical movement at joints or cracks			Nie określa się podczas OW (pobieżnej). Ruch lub wibracje płyt pod obciążeniem, pompowanie materiału podłoża, plamy na powierzchni



Tab. 3. Uszkodzenia nawierzchni betonowych wg wytycznych niemieckich ZTV ZEB-StB [4]

Lp.	Uszkodzenie	Miara	Stopnie szkodl.	Uwagi
1	Pęknięcie	m/płyte, % płyt		Wyróżnia się dwa rodzaje: - poprzeczne - podłużne
2	Pęknięcie narożników	szt./płyte, % płyt		Pęknięcia w obszarze narożników płyt o długości 0.2 – 1.2 m
3	uszkodzenie krawędzi	m/płyte, % płyt		Pęknięcia o rozwarciu ≥ 3 mm
4	Wyboje	% płyt		
5	Łaty bitumiczne	% płyt		Cztery kolejne płyty całkowicie zastąpione asfaltem należy klasyfikować jako nawierzchnię bitumiczną

Tab. 4. Uszkodzenia nawierzchni betonowych wg [1]

Lp.	Uszkodzenie	Stopnie szkodl.	Uwagi
1	Cracking	3	Podłużne, poprzeczne, ukośne dzielą płytę na dwie lub trzy części. Uszkodzenie jest wynikiem naprężeń od obciążeń, skurczu lub zginania na skutek występowania gradientu temperatury. - Szkodliwość mała: pęknięcia bez wykruszeń i luźnego materiału, średnia szerokość mniejsza od 1/8 cala lub uszczelnione. - Szkodliwość średnia: pęknięcie (uszczelnione lub nie) umiarkowanie wykruszone z nielicznymi luźnymi fragmentami, szerokość od 1/8 do 1 cala. Płyta podzielona na trzy lub więcej kawałków pęknięciami o małej szkodliwości. - Szkodliwość duża: pęknięcie (uszczelnione lub nie) silnie wykruszone z luźnymi lub brakującymi fragmentami, lub szerokość ponad 1 cal. Płyta podzielona na trzy lub więcej kawałków pęknięciami o średniej szkodliwości.
2	Corner cracks (break)	3	Pęknięcie przecinające krawędzie płyty w odległościach od narożnika nie większych niż połowa długości odpowiedniego boku. - Szkodliwość mała: pęknięcia bez wykruszeń i luźnego materiału, średnia szerokość mniejsza od 1/8 cala lub uszczelnione. Obszar między pęknięciem a szczelinami nie jest spękany. - Szkodliwość średnia: pęknięcie (uszczelnione lub nie) umiarkowanie wykruszone z nielicznymi luźnymi fragmentami, szerokość od 1/8 do 1 cala. Obszar między pęknięciem a szczelinami może być lekko spękany. - Szkodliwość duża: pęknięcie (uszczelnione lub nie) silnie wykruszone z luźnymi lub brakującymi fragmentami, lub szerokość ponad 1 cal. Obszar między pęknięciem a szczelinami może być lekko spękany.
3	„D” Cracking	3	Pęknięcia zmęczeniowe w przybliżeniu równoległe do szczeliny albo pęknięcia w odległości do 2 stóp. Uszkodzenia powstają przeważnie w wyniku procesów zamarzania i rozmrażania. - Szkodliwość mała: mocno trzymające się fragmenty otoczone lekkimi pęknięciami. - Szkodliwość średnia: fragmenty są wyraźnie określone, małe mogą być przemieszczone. - Szkodliwość duża: pęknięcia występują na znacznej części (ponad 1/4) płyty, fragmenty są wyraźnie określone i łatwo dają się wyjmo-



			wać.
4	Shrinkage crack	0	Włoskowate pęknięcia w górnej części płyty, nie rozciągają się w poprzek całej płyty. Powstają podczas wiązania i pielęgnacji betonu.
5	Joint seal damage	3	Brak uszczelnienia w szczelinie umożliwiające gromadzenie się w szczelinie nieściśliwych materiałów i przedostawanie się wody: wyrwanie, wyciśnięcie uszczelnienia, porośnięcie roślinnością, stwardnienie wypełniacza, odklejenie od brzegów płyt. - Szkodliwość mała: niewielkie zniszczenia (brak, wypchnięcie, zarastanie roślinnością, stwardnienie, odklejenie od płyty, spękanie) - Szkodliwość średnia: generalnie stan dobry z jednym lub dwoma poważniejszymi uszkodzeniami jak wyżej. - Szkodliwość duża: ogólnie stan przeciętny z jednym lub dwoma znacznymi uszkodzeniami jak wyżej, wymaga natychmiastowej naprawy
6	Crazing, Scaling	3	Siatka płytkich, włoskowatych pęknięć powstałych przy wykańczaniu powierzchni betonu (?). Ubytek warstwy na głębokość 1/2 - 1/4 cala na skutek istnienia pęknięć skurczowych, działania soli odładzających, procesów zamarzania i odmarzania. - Szkodliwość mała: na płycie występują pęknięcia siatkowe, poza tym jest w dobrym stanie, w przyszłości mogą pojawić się złuszczenia - Szkodliwość średnia: powierzchnia jest złuszczona na mniej niż 5 % powierzchni - Szkodliwość duża: złuszczenia występują na więcej niż 5 % powierzchni, duża ilość materiału jest ruchoma
7	Pop-outs	0	Brakujące małe (średnica 1-4 cale, głębokość 1/2 – 2 cale) fragmenty materiału, które straciły spójność z resztą płyty na skutek procesów zamarzania i odmarzania. Uwzględnia się jeśli średnio > 3 szt. / jard ²
8	Joint spalling	3	Wykruszenia i obłamania krawędzi w odległości do 2 stóp od krawędzi. Zazwyczaj nie sięga na całą głębokość lecz przecina boczną powierzchnię płyty. - Szkodliwość mała: długość ponad 2 stopy, wykruszenie jest rozłamane na nie więcej niż trzy fragmenty pęknięciami małej lub średniej szkodliwości albo szczelina jest lekko postrzępiona z nielicznymi, jeśli w ogóle, ruchomymi fragmentami - Szkodliwość średnia: długość ponad 2 stopy, wykruszenie jest rozłamane na więcej niż trzy fragmenty pęknięciami małej lub średniej szkodliwości albo, jeśli fragmentów jest nie więcej niż trzy to pęknięcia są dużej szkodliwości albo szczelina jest umiarkowanie postrzępiona z kilkoma ruchomymi fragmentami - Szkodliwość duża: długość ponad 2 stopy, wykruszenie jest rozłamane na więcej niż trzy fragmenty pęknięciami dużej szkodliwości albo szczelina jest silnie postrzępiona z dużą liczbą ruchomych fragmentów
9	Corner spalling	3	Wykruszenia lub pęknięcia płyty w odległości do 2 stóp od narożnika, różniące się od obłamania płyty tym, że nie biegną pionowo a przecinają boczne powierzchnie płyty. - Szkodliwość mała: wykruszenie jest rozłamane na nie więcej niż dwa fragmenty pęknięciami małej szkodliwości, fragmenty nie dają się łatwo przemieszczać albo występuje jedno pęknięcie średniej szkodliwości a fragment jest zabezpieczony przed wypadnięciem - Szkodliwość średnia: wykruszenie jest rozłamane na więcej niż jeden fragment pęknięciem średniej szkodliwości, fragmenty mogą być ruchome lub może ich brakować albo wykruszenie jest wyznaczone jednym pęknięciem dużej szkodliwości – nieregularne z towarzyszącymi pęknięciami włosowatymi albo w wykruszeniu znajduje się luźny materiał - Szkodliwość duża: wykruszenie jest rozłamane na więcej niż dwa fragmenty pęknięciami dużej szkodliwości, fragmenty mogą być ruchome lub może ich brakować albo fragmenty są przemieszczone tak, że grozi to uszkodzeniem opony
10	Blow-up	3	Wypiętrzenia odłamanych fragmentów płyty. Uszkodzenia pojawiają się pod wpływem wysokich temperatur gdy obecne, nieściśliwe ciała w szczelinach lub pęknięciach uniemożliwiają ekspansję płyty. - Szkodliwość według wpływu wypaczeń i pokruszenia na równość oraz obecność luźnego materiału
11	Shattered slab	3	Przecinające się pęknięcia dzielą płytę na cztery lub więcej kawałków. - Szkodliwość mała: cztery lub pięć fragmentów, pęknięcia małej szkodliwości



			<ul style="list-style-type: none"> - Szkodliwość średnia: cztery lub pięć fragmentów, pęknięcia średniej szkodliwości albo sześć lub więcej fragmentów, pęknięcia małej szkodliwości - Szkodliwość duża: cztery lub pięć fragmentów, pęknięcia dużej szkodliwości albo sześć lub więcej fragmentów, pęknięcia średniej szkodliwości
12	Pumping	0	Wyrzucanie materiału podłoża przez wodę wypływającą szczelinami pod obciążeniem. Wzdłuż szczelin osadza się glina, piasek lub kru-szywo.
13	Settlement, Faul-ting	3	Różnica w wysokościach na szczelinach lub pęknięciach powodowana przez wypiętrzenie lub zagęszczanie. <ul style="list-style-type: none"> - Szkodliwość mała: ¼ cala - Szkodliwość średnia: ¼ - ½ cala - Szkodliwość duża: > ½ cala
14	Polished aggre-gates	0	Nie określa się podczas OW
15	Contaminants		Pokłady gumy zmniejszające właściwości przeciwoślizgowe nawierzchni
16	Small patch	3	Obszar, na którym usunięto pierwotny materiał i zastąpiono go wypełniaczem, powierzchnia < 5 ft ² <ul style="list-style-type: none"> - Szkodliwość mała: brak uszkodzeń łaty lub bardzo małe - Szkodliwość średnia: krawędzie łaty są zniszczone, zauważalne są wykruszenia, może brakować fragmentów łaty. - Szkodliwość duża: łata jest całkowicie zniszczona przez wykruszenia wokół niej lub jej spękanie
17	Patching / Utility cut defect	3	Łaty duże (> 5 ft ²) i wycięcia pod urządzenia infrastruktury. Obszar, na którym usunięto pierwotny materiał i zastąpiono go wypełniaczem <ul style="list-style-type: none"> - Szkodliwość mała: brak uszkodzeń łaty lub bardzo małe - Szkodliwość średnia: krawędzie łaty są zniszczone, zauważalne są wykruszenia, może brakować fragmentów łaty. - Szkodliwość duża: łata jest całkowicie zniszczona przez wykruszenia wokół niej lub jej spękanie. Fragmenty materiału dają się usunąć. Łata powoduje znaczną nierówność nawierzchni.



Podsumowując powyższe zestawienia i dokonując pewnego ujednoczenia należy stwierdzić, że na nawierzchniach z betonu cementowego występują 23 rodzaje uszkodzeń, ich listę podaje Tab. 5.

Tab. 5. Zestawienie wszystkich uszkodzeń (z różnych źródeł)

Pęknięcia	1	Pęknięcie (podłużne i poprzeczne)
	2	Pęknięcie przykrawędziowe
	3	Płyta połamana
	4	Pęknięcie wokół wbudowanych urządzeń
Uszkodzenia szczelin	5	Wadliwe uszczelnienie szczeliny
	6	Szczelina wykruszona
Uszkodzenia naroży	7	Wykruszenie naroża
	8	Obłamanie naroża
Nierówności	9	Wysadzina
	10	Uskok
	11	Klawiszowanie
	12	Osiadanie
Uszkodzenia zbrojenia	13	Pęknięcie zbrojenia
	14	Korozja zbrojenia
Wady powierzchni	15	Pęknięcia włoskowate (skurczowe)
	16	Złuszczenia
	17	Ubytki
	18	Wypolerowane kruszywo
	19	Zanieczyszczenia
Łaty	20	Łata, wycięcie pod urządzenia infrastruktury
Inne	21	Przebicie
	22	Wyptyw wody i pompowanie
	23	Nieodpowiednie odwadnianie powierzchni



3. System oceny wizualnej nawierzchni betonowych SOWA-2

3.1. Opis uszkodzeń

W uproszczonej ocenie wizualnej nawierzchni betonowych wyróżnia się dziesięć rodzajów uszkodzeń, zostały one wymienione w Tab. 6. Dla funkcjonowania nawierzchni ma znaczenie zaawansowanie części z inwentaryzowanych uszkodzeń, dlatego też niektóre z nich charakteryzuje się małym lub dużym stopniem szkodliwości. Uszkodzeniom nawierzchni betonowych nie przypisuje się żadnych rozmiarów, są one tylko zliczane na obszarze pojedynczych płyt.

Tab. 6. Uszkodzenia identyfikowane w systemie SOWA-2

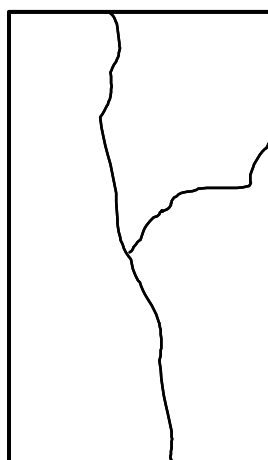
Lp.	Uszkodzenie	Rozróżnienie szkodliwości	Miara	Oznaczenie skrótowe
1	Pęknięcie pojedyncze podłużne/ukośne	Tak	szt.	PPL
2	Pęknięcie pojedyncze poprzeczne	Tak	szt.	PPT
3	Połamana płyta		szt.	PLY
4	Uszkodzenie narożnika		szt.	UN
5	Pęknięcie przy szczelinie	Tak	szt.	PS
6	Wykruszenie szczeliny	Tak	szt.	WS
7	Pęknięcie powierzchniowe, złuszczenia, ubytki		szt.	PZU
8	Wadliwe uszczelnienie		szt.	WU
9	Łata asfaltowa		szt.	LA
10	Uszkodzone zbrojenie		szt.	UZB

W przedstawionym dalej opisie uszkodzeń, podawana jest charakterystyka stopni szkodliwości, procedura zliczania oraz szkic ilustrujący umiejscowienie uszkodzenia na płycie.

3.1.1. Pęknięcie pojedyncze podłużne lub ukośne

Opis.

Pęknięcia zmęczeniowe przebiegające w przybliżeniu wzdłuż lub ukośnie do kierunku poruszania się pojazdów, dzielą płytę na dwie lub trzy części.



Rys. 2. Schematyczna ilustracja pęknięć pojedynczych podłużnych i ukośnych.

Szkodliwość.

- Szkodliwość mała:
 - szerokość pęknięcia <6 mm lub



- szerokość obszaru wykruszeń i towarzyszących pęknięć <75 mm lub
- uskok między krawędziami pęknięcia <6 mm lub
- prawidłowo uszczelnione o nieokreślonej szerokości.
- Szkodliwość duża:
 - szerokość pęknięcia ≥ 6 mm lub
 - szerokość obszaru wykruszeń i towarzyszących pęknięć ≥ 75 mm lub
 - uskok między krawędziami pęknięcia ≥ 6 mm.

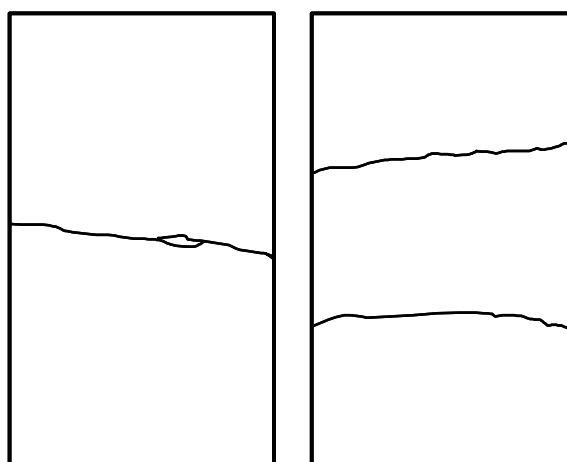
Procedura zliczania.

Zidentyfikowane pęknięcia przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie.

3.1.2. Pęknięcie pojedyncze poprzeczne

Opis.

Pęknięcia przebiegające w przybliżeniu poprzecznie do kierunku poruszania się pojazdów¹, dzielą płytę na dwie lub trzy części.



Rys. 3. Schematyczna ilustracja pęknięć pojedynczych poprzecznych.

Szkodliwość.

- Szkodliwość mała:
 - szerokość pęknięcia <6 mm lub
 - szerokość obszaru wykruszeń i towarzyszących pęknięć <75 mm lub
 - uskok między krawędziami pęknięcia <6 mm lub
 - prawidłowo uszczelnione o nieokreślonej szerokości.
- Szkodliwość duża:
 - szerokość pęknięcia ≥ 6 mm lub
 - szerokość obszaru wykruszeń i towarzyszących pęknięć ≥ 75 mm lub
 - uskok między krawędziami pęknięcia ≥ 6 mm lub
 - wysadzina towarzysząca pęknięciu.

Procedura zliczania.

Zidentyfikowane pęknięcia przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie.

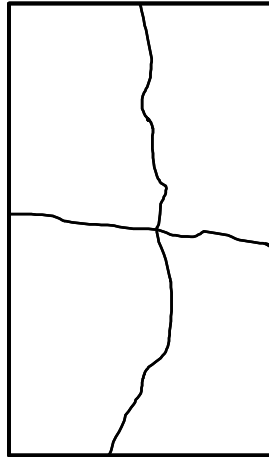
¹ Przyczyną powstawania pęknięć tego typu są naprężenia wywoływane rozszerzalnością cieplną betonu i gradientem temperatury w płycie lub skurczem podczas wiązania betonu.



3.1.3. Płyta połamana

Opis.

Przecinające się pęknięcia zmęczeniowe dzielą płytę na cztery lub więcej kawałków.



Rys. 4. Schematyczna ilustracja połamania płyty.

Szkodliwość.

Nie wyróżnia się stopni szkodliwości.

Procedura zliczania.

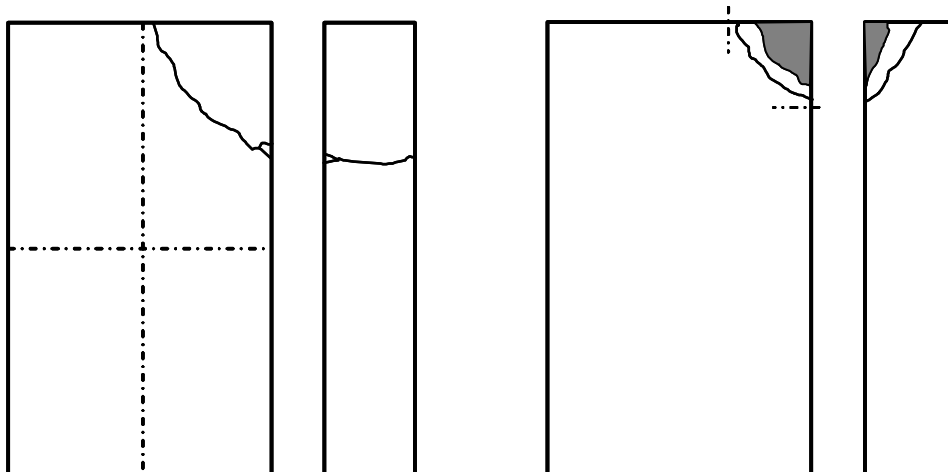
Zidentyfikowane pęknięcie przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie.

3.1.4. Uszkodzenie narożnika

Opis.

Pęknięcie przecinające krawędzie płyty w odległościach od narożnika nie większych niż połowa długości odpowiedniego boku.

Wykruszenia lub pęknięcia płyty w odległości do 50 cm od narożnika, przecinają boczne powierzchnie płyty.



Rys. 5. Schematyczna ilustracja uszkodzeń naroży płyty.

Szkodliwość.

- Szkodliwość mała:
 - pojedyncze pęknięcie bez wykruszeń i luźnego materiału szerokość pęknięcia <6 mm lub
 - prawidłowo uszczelnione o nieokreślonej szerokości.
- Szkodliwość duża:



- pęknięcie silnie wykruszone z luźnymi lub brakującymi fragmentami lub
- szerokość pęknięcia ≥ 6 mm.

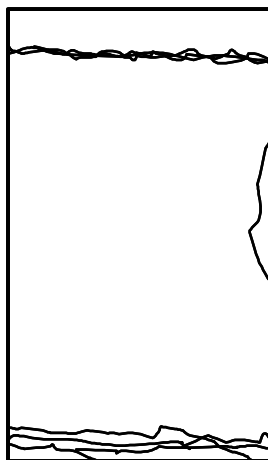
Procedura zliczania.

Zidentyfikowane uszkodzenie narożnika przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie. Jeżeli występuje więcej niż jedno uszkodzenie narożnika o różnych szkodliwościach, rejestruje się wyższy stopień szkodliwości.

3.1.5. Pęknięcie przy szczelinie

Opis.

Pęknięcia zmęczeniowe w przybliżeniu równoległe do szczeliny albo pęknięcia w odległości do 60 cm od szczeliny. Wypiętrzenia (wysadziny) odłamanych fragmentów płyty. Uszkodzenia powstają przeważnie w wyniku procesów zamarzania i rozmarzania oraz pod wpływem wysokich temperatur gdy obce, nieściśliwe ciała w szczelinach lub pęknięciach uniemożliwiają ekspansję płyty.



Rys. 6. Schematyczna ilustracja pęknięć przy szczelinie.

Szkodliwość.

- Szkodliwość mała:
 - mocno trzymające się fragmenty, mogą być lekko przemieszczone, otoczone pęknięciami małej szkodliwości i wpływ na równość nawierzchni jest niewielki.
- Szkodliwość duża:
 - pęknięcia występują na znacznej części (ponad $\frac{1}{4}$) płyty lub
 - fragmenty są wyraźnie określone i łatwo dają się wyjmować lub
 - mają znaczący wpływ na równość.

Procedura zliczania.

Zidentyfikowane uszkodzenie narożnika przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie. Jeżeli wypiętrzenie dotyczy obydwóch stron szczeliny należy rejestrować je dla każdej płyty. Jeżeli pęknięcia występujące przy więcej niż jednej szczelinie są różnych szkodliwości, rejestruje się wyższy stopień szkodliwości.

3.1.6. Wykruszenie szczeliny

Opis.

Wykruszenia i obłamania krawędzi w odległości do 50 cm od krawędzi. Zazwyczaj nie sięgają na całą głębokość lecz przecina boczną powierzchnię płyty.

Szkodliwość.

- Szkodliwość mała:
 - krawędź jest rozłamana pęknięciami małej szkodliwości a jeśli fragmentów jest nie więcej niż



- dwa to pęknięcia mogą być dużej szkodliwości lub
- w szczelinie znajdują się nieliczne ruchome fragmenty.
- Szkodliwość duża:
 - krawędź jest rozłamana na więcej niż dwa fragmenty pęknięciami dużej szkodliwości lub
 - w szczelinie jest duża liczba ruchomych fragmentów.

Procedura zliczania.

Jeżeli zidentyfikowane uszkodzenie dotyczy krawędzi jednej płyty, przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie. Jako szkodliwość przyjmuje się większą z występujących. W przypadku gdy uszkodzone są obydwie przylegające płyty, zliczane są obie.

3.1.7. Pęknięcia powierzchniowe, ubytki i złuszczenia

Opis.

Siatka pęknięć, pęknięcia blokowe. Siatka drobnych pęknięć często powstaje podczas wiązania i pielęgnacji betonu a także wskutek reakcji alkalicznej w betonie.

Brakujące, małe (średnica 2 – 10 cm, głębokość 1 – 5 cm) fragmenty materiału, które straciły spójność z resztą płyty na skutek procesów zamarzania i odmarzania. Uwzględnia się jeśli występują średnio 4 szt./m².

Ubytek warstwy na głębokość 1-2 cm na skutek istnienia pęknięć skurczowych, działania soli odladzających, procesów zamarzania i odmarzania.



Rys. 7. Schematyczna ilustracja pęknięć powierzchniowych.

Szkodliwość.

Nie wyróżnia się stopni szkodliwości.

Procedura zliczania.

Zidentyfikowane pęknięcie przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie.

3.1.8. Wadliwe uszczelnienie

Opis.

Brak uszczelnienia w szczelinie umożliwiającą gromadzenie się w szczelinie nieściśliwych materiałów i przedostawanie się wody: wyrwanie, wyciśnięcie uszczelnienia, porośnięcie roślinnością, stwardnienie wypełniacza, odklejenie od brzegów płyt.

Szkodliwość.

Nie wyróżnia się stopni szkodliwości.

Procedura zliczania.



Uszkodzenie przypisuje się obydwu płytom między którymi znajduje się szczelina wadliwie uszczelniona.

3.1.9. Łata asfaltowa

Opis.

Obszar, na którym usunięto pierwotny materiał i zastąpiono go wypełniaczem, także wycięcia pod urządzenia infrastruktury

Szkodliwość.

Nie wyróżnia się stopni szkodliwości.

Procedura zliczania.

Zidentyfikowana łata lub łaty przypisywane są jednej, uszkodzonej płycie.

3.1.10. Uszkodzenie zbrojenia

Opis.

Poluzowanie lub pęknięcie stali zbrojeniowej.

Szkodliwość.

Nie wyróżnia się stopni szkodliwości.

Procedura zliczania.

Jeżeli zidentyfikowane uszkodzenie dotyczy jednej płyty, przypisywane jest jednej, uszkodzonej płycie. W przypadku gdy uszkodzone są obydwie przylegające płyty, zliczane są obie.

3.2. Inwentaryzacja uszkodzeń

Operator przed przystąpieniem do rejestracji wprowadza informacje dotyczące kilometrażu początku rejestracji, liczby badanych rzędów płyt oraz średniej długości płyty na inwentaryzowanym odcinku. Rejestrowane są wszystkie dostrzeżone uszkodzenia. Jeśli wymagane jest precyzyjne przypisanie uszkodzeń do konkretnych płyt, operator powinien rejestrować początek każdej płyty.

Inwentaryzację (pomiar dystansu) należy rozpoczynać od początku płyty. Automatyczne zliczanie płyt zaczyna się od początku inwentaryzowanego odcinka oraz po każdym wprowadzonym przez operatora kodzie początku płyty.

W przypadku gdy inwentaryzowany pas ruchu obejmuje więcej niż jeden rząd płyt (maksymalnie dwa), operator wprowadza informację o tym fakcie do rejestratora i rejestruje uszkodzenia z obydwóch rzędów, nawet jeśli pas ruchu nie obejmuje w całości drugiego rzędu płyt. Sposób rejestrowania wad (wykruszenia, wadliwe uszczelnienie) szczelin podłużnych między rzędami jest w tym przypadku analogiczny do sposobu rejestracji wad szczelin poprzecznych.

3.3. Punktacja i ocena

Inwentaryzowane są wszystkie uszkodzenia zauważone przez operatora. Do oceny brane są jednak pod uwagę tylko uszkodzenia o najwyższej pozycji w hierarchii wg Tab. 7. Jeżeli na odcinku odpowiadającym długości płyty znajduje się więcej niż jedno uszkodzenie o tej samej pozycji w hierarchii, wszystkie są uwzględniane w obliczeniach. Hierarchia uszkodzeń jest uwzględniana automatycznie w procesie przetwarzania danych źródłowych.

Ocenie podlegają odcinki pomiarowe o długości 1 km, w szczególnych przypadkach od 0.5 do 1.5 km (przy końcu inwentaryzowanego odcinka). Oceny dokonuje się na podstawie miarodajnych wartości wskaźnika stanu strukturalnego (spękań) **n** i wskaźnika stanu powierzchni **p**.

Do obliczania wskaźnika pęknięć **n** bierze się pod uwagę:



- pęknięcia pojedyncze,
- połamane płyty,
- uszkodzenia narożnika,
- pęknięcia przy szczelinie,
- wadliwe uszczelnienie,
- uszkodzone zbrojenie.

Do obliczania wskaźnika stanu powierzchni **p** bierze się pod uwagę:

- uszkodzenia narożnika,
- wykruszenia szczelin,
- pęknięcia powierzchniowe, złuszczenia i ubytki,
- łąty asfaltowe.

W pierwszej kolejności wyznacza się zakres uszkodzenia: jest to procentowo wyrażona liczba płyt, na której występuje określone uszkodzenie do liczby wszystkich płyt na inwentaryzowanym odcinku stumetrowym (hektometrowym). W dalszej kolejności wykonywane są następujące kroki:

- obliczenie punktów dla poszczególnych rodzajów uszkodzeń i stopni szkodliwości,
- obliczenie punktów dla poszczególnych rodzajów uszkodzeń bez rozróżnienia stopni szkodliwości,
- obliczenie punktów osobno dla wszystkich uszkodzeń dających wkład do wskaźnika **n** i osobno do wskaźnika **p**,
- obliczenie wartości wskaźników **n** i **p** dla hektometrów,
- obliczenie miarodajnych wartości wskaźników **n** i **p** dla odcinków pomiarowych.

Tab. 7. Hierarchia uszkodzeń

Ranking	Grupa uszkodzeń	Uszkodzenie
1	Uszkodzenia wpływające na stan strukturalny i funkcjonalny	Połamana płyta
		Pęknięcie pojedyncze poprzeczne dużej szkodliwości
		Uszkodzone zbrojenie
2	Uszkodzenia wpływające na stan strukturalny	Pęknięcie pojedyncze poprzeczne małej szkodliwości
		Pęknięcie pojedyncze podłużne/ukośne małej szkodliwości
		Pęknięcie pojedyncze podłużne/ukośne dużej szkodliwości
3	Uszkodzenia związane z krawędziami	Pęknięcie przy szczelinie małej szkodliwości
		Pęknięcie przy szczelinie dużej szkodliwości
		Uszkodzenie narożnika
		Wykruszenie szczeliny
		Wadliwe uszczelnienie
4	Wady powierzchni	Łata asfaltowa
		Pęknięcie powierzchniowe, złuszczenia, ubytki

Punktacja poszczególnych rodzajów uszkodzeń z rozróżnieniem stopni szkodliwości wykonywana jest według wzoru (1):

$$(1) \quad P_{ij} = a_{ij} \cdot S_{ij}^{b_{ij}}$$

gdzie: S_{ij} jest zakresem uszkodzenia na ocenianym odcinku hektometrowym wyrażony w % (definicja zakresu – patrz wyżej),

a_{ij} , b_{ij} są parametrami podanymi w Tab. 8,

i wskazuje rodzaj uszkodzenia ($i = \text{PPL, PPT, PLY, UN, PS, WS, PZU, WU, LA, UZB}$, symbole uszkodzeń wg Tab. 6),

j wskazuje szkodliwość uszkodzenia ($j = \text{M, D}$).

Indeks j pomija się jeśli stopień szkodliwości nie jest wyróżniany.



Tab. 8. Parametry punktacji uszkodzeń.

Lp.	Uszkodzenie	a		b	
		przy szkodliwości		przy szkodliwości	
		M	D	M	D
1	Pęknięcie pojedyncze podłużne/ukośne	3.0	6.0	0.5	0.5
2	Pęknięcie pojedyncze poprzeczne	3.0	10.0	0.5	0.5
3	Połamana płyta	10.0		0.5	
4	Uszkodzenie narożnika	5.0		0.5	
5	Pęknięcie przy szczelinie	1.5	5.0	0.5	0.5
6	Wykruszenie szczeliny	1.0	5.0	0.5	0.5
7	Pęknięcie powierzchniowe, złuszczenia, ubytki	3.0		0.5	
8	Wadliwe uszczelnienie	5.0		0.5	
9	Łata asfaltowa	1.5		0.5	
10	Uszkodzone zbrojenie	6		0.5	

Przy punktacji poszczególnych rodzajów uszkodzeń bez rozróżniania stopni szkodliwości dominujące znaczenie ma szkodliwość, uzyskująca na danym hektometrze większą liczbę punktów. Punktacja jest liczona według wzoru (2):

$$(2) \quad P_i = 0.9 \cdot P_{ij_{\max}} + 0.1 \cdot \sum_j P_{ij}$$

gdzie: $P_{ij_{\max}} = \max(P_{iD}, P_{iM})$, punkty P_{iD} , P_{iM} są obliczane z wzoru (1).

Ostatecznie, w punktacji wszystkich uszkodzeń, dominujące znaczenie ma uszkodzenie uzyskujące na danym hektometrze największą liczbę punktów. Punktacja jest liczona według wzoru (3):

$$(3) \quad P = 0.9 \cdot P_{i_{\max}} + 0.1 \cdot \sum_i P_i$$

gdzie: $P_{i_{\max}} = \max(P_{PPL}, P_{PPT}, P_{PLY}, P_{UN}, P_{PS}, P_{WU}, P_{UZB})$ przy obliczeniach wskaźnika **n**,
 $P_{i_{\max}} = \max(P_{UN}, P_{WS}, P_{PZU}, P_{LA})$ przy obliczeniach wskaźnika **p**,
punkty P_i są obliczane z wzoru (2).

Wartość wskaźnika obliczana jest według wzoru (4):

$$(4) \quad n = \max\left(1 - \frac{P_n}{100}, 0\right)$$

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

gdzie: P_n , P_p jest punktacją uszkodzeń obliczaną jest wg wzoru (3) odpowiednio dla wskaźnika **n** i **p**.

Odcinkom pomiarowym przypisuje się miarodajną wartość wskaźnika obliczaną według wzoru (5):

$$(5) \quad n_m = E(n) - \alpha \cdot D(n)$$

$$p_m = E(p) - \alpha \cdot D(p)$$

gdzie: $E(n)$, $D(n)$ i $E(p)$, $D(p)$ jest odpowiednio wartością średnią i odchyleniem standardowym zbioru wskaźników dla odcinków stumetrowych wchodzących w skład odcinka pomiarowego, α jest parametrem, ustalonym obecnie na 0.3.



Bibliografia

- [1] Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements. Advisory Circular. U.S. Department of Transportation. 1982.
- [2] HDM-4 Volume four Analytical Framework and Model Descriptions. World Road Association. La Defense.
- [3] A Manual for the Maintenance and Repair of Concrete Roads. Department of Transport, Cement & Concrete Assotiation.
- [4] Zustandserfassung und – bewertung der Bundesfernstraßen, ISBN 3-934458-29-7.
- [5] Antoni Szydło. Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Polski Cement. Kraków. 2004.
- [6] Piotr Nita. Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa. 1999.