

Andrzej RAGANOWICZ
Zweckverband zur Abwasserbeseitigung
im Hachinger Tal, Niemcy

Józef DZIOPAK
Politechnika Rzeszowska

ANALIZA STOSOWANYCH KLASYFIKACJI STANU TECHNICZNEGO SIECI KANALIZACYJNYCH

W artykule poddano analizie najbardziej popularne europejskie klasyfikacje stanu technicznego sieci kanalizacyjnych, które dobrze opisują stan budowlano-eksploacyjny przewodów na bazie wyników inspekcji optycznej w kontekście warunków peryferyjnych funkcjonowania sieci kanalizacyjnej. Klasyfikacje te tworzą odrębną grupę modeli, które na podstawie wyników inspekcji optycznej pozwalają ustalić priorytety odnowy i czas jej wykonania. Z porównania modeli należących do tej grupy wynika, że uwzględniają one normę DIN EN 752-5, zaś modele niemieckie bazują na katalogu uszkodzeń według wytycznej ATV-M 143-2. Modele *KAPRI*, *KAIN* oraz ATV uwzględniają w ramach swoich systemów oceny stanu sieci aspekt budowlano-eksploacyjny, hydrauliczny oraz ochrony środowiska naturalnego. Natomiast *Pforzheimer Modell* uwzględnia wszystkie aspekty stanu budowlano-eksploacyjnego badanej sieci oraz tak zwane uwarunkowania peryferyjne, które w szczególny sposób respektują ważne aspekty ochrony środowiska naturalnego. W przypadku modelu *RIONED* podejście do oceny stanu technicznego sieci kanalizacyjnej jest podobne, jak w przypadku modeli niemieckich. Dalszy rozwój tego systemu zmierza w kierunku opracowania modeli propagacji różnych rodzajów uszkodzeń w kontekście warunków lokalnych, w celu ustalenia resztkowej żywotności technicznej odcinków sieci.

1. Analiza wytycznej ATV-M 149

1.1. Wprowadzenie

Wytyczna niemiecka ATV-M 149 [1] jest modelem klasyfikującym stan techniczno-eksploacyjny sieci kanalizacyjnej, który respektuje wszystkie postanowienia zdefiniowane w normie DIN EN 752-5 [2] oraz najważniejsze aspekty eksploatacji, w tym: hydrauliczne, ochrony środowiska naturalnego i konstrukcyjno-budowlane. Celem zastosowania tego modelu jest wprowadzenie do praktyki pewnego ogólnego trybu oceny stanu technicznego sieci pod kątem przeprowadzenia niezbędnych zabiegów renowacyjnych.

Analiza wyników badań telewizyjnych, która prowadzi do ustalenie priorytetów renowacyjnych, jest realizowana w ramach następujących etapów:

- wstępna klasyfikacja stanu technicznego każdego odcinka sieci, zgodnie z udokumentowanym stanem uszkodzenia,
- ostateczna klasyfikacja stanu technicznego każdego odcinka sieci, wyrażająca jego aktualny stan budowlano-eksploatacyjny,
- ocena stanu technicznego sieci na bazie przeprowadzonej klasyfikacji, która uwzględnia aspekty hydrauliczne, ochrony środowiska i eksploatacyjne,
- opracowanie listy priorytetów odnowy sieci oraz kolejności realizacji koniecznych zabiegów renowacyjnych.

1.2. Klasyfikacja uszkodzeń

Automatyczne kodowanie uszkodzeń według wytycznej ATV-M 143/2 [3] wraz z dodatkową informacją numeryczną dotyczącą rozmiarów uszkodzeń umożliwia ich wstępną klasyfikację. Model bazuje na pięciostopniowej skali klasyfikacji stanu techniczno-eksploatacyjnego, od najgorszej klasy zerowej do najlepszej klasy czwartej. W tabeli 1 zestawiono kryteria, które decydują o przyznaniu zerowej klasy stanu uszkodzenia.

Tabela 1. Kryteria przyznania zerowej klasy uszkodzenia

Grupa stanu technicznego przewodu	Kod/informacja numeryczna
Widoczne nieszczelności	M: (3-cia poz. kodu) infiltracja wody gruntowej wraz z materiałem podłoża
Przeszkody przy przepływie (osad, wystająca przeszkoda, stwardniały osad)	> 50% redukcja przekroju poprzecznego
Przeszkody przy przepływie (inkrustacja, korzenie)	> 30% redukcja przekroju poprzecznego
Deformacja	> 40%
Spękania i rysy	> 10 mm

Klasę uszkodzenia od pierwszej do trzeciej uzyskują pozostałe uszkodzenia o charakterze budowlano-eksploatacyjnym. W przypadku klasy pierwszej, chodzi o bardzo poważne uszkodzenia, a klasa czwarta obejmuje przewody kanalizacyjne, które nie wykazują żadnych lub jedynie marginalne uszkodzenia. Dla każdej klasy uszkodzenia jest zarezerwowanych 100 punktów i dlatego dla czterech klas można przydzielić łącznie 0÷400 punktów (tab. 2).

Tabela 2. Notacja klasy stanu technicznego

Klasa stanu technicznego	Punkty stanu technicznego
1	301 – 400
2	201 – 300
3	101 – 200

1.3. Ocena stanu techniczno-eksploatacyjnego

Odcinki sieci kanalizacyjnej, które są uszkodzone albo wskutek niekorzystnego działania wymuszeń zewnętrznych lub wewnętrznych nie mogą pełnić swojej funkcji, stanowią potencjalne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Każdy z poniżej opisanych wskaźników ma różny wpływ na zdefiniowane w normach cele ochrony środowiska naturalnego i z tego względu przypisuje się im zróżnicowane znaczenie. Najważniejszymi wskaźnikami, które mają zdecydowany wpływ na ocenę stanu technicznego jest wskaźnik odpowiedzialny za kondycję hydrauliczną sieci oraz stopień zanieczyszczenia ścieków. Wskaźnik stanu hydraulicznego sieci H przyjmuje następujące wartości:

- $H_{1,0}$ udowodnione na podstawie obliczeń hydraulicznych podpiętrzenie sieci przy uwzględnieniu planowanej zabudowy aktualnie wolnych terenów lub obliczeniowo nie wykazano podpiętrzenia sieci,
- $H_{1,1}$ obliczeniowo wykazane podpiętrzenie sieci wskutek planowanego dogęszczenia istniejącej zabudowy,
- $H_{1,2}$ obliczeniowo wykazane podpiętrzenie sieci dla aktualnego obciążenia hydraulicznego,
- $H_{1,3}$ ustalone na podstawie relacji mieszkańców oraz obliczeniowo podpiętrzenie sieci, pokrywy studzienek rewizyjnych przytwierdzone na stałe do konstrukcji studzienki.

Klasyfikacja zanieczyszczenia ścieków odbywa się w uproszczonej wersji na podstawie jej pochodzenia. Wskaźnik zanieczyszczenia ścieków deszczowych Q przyjmuje następujące wartości:

- $Q_{1,0}$ marginalne zanieczyszczenia ścieków w systemie rozdzielczym, przykładowo woda deszczowa z dachów zabudowy o charakterze wyłącznie mieszkalnym,
- $Q_{1,1}$ ścieki z terenów o zabudowie wyłącznie mieszkalnej, odprowadzane w systemie rozdzielczym oraz mieszanym, a także ścieki deszczowe z powierzchni głównych ulic o dużym stopniu zanieczyszczenia,
- $Q_{1,2}$ ścieki, których niewielka ilość jest odprowadzana w systemie rozdzielczym z terenów przemysłowych,
- $Q_{1,3}$ ścieki pochodzące głównie z terenów przemysłowych, odprowadzane w systemie rozdzielczym.

Ocena punktowa stanu technicznego danego odcinka sieci jest ustalana na podstawie wzoru:

$$BP = ZP + 100 \cdot Q \cdot H + 200 + 69 \cdot \left(INT \cdot \frac{ZP - 1}{100 - 1} \right) \quad (1)$$

gdzie: BP - ocena punktowa stanu technicznego,

ZP - notacja stanu technicznego,

Q - wskaźnik stopnia zanieczyszczenia ścieków,

H - wskaźnik obciążenia hydraulicznego sieci,

INT - funkcja eliminująca liczby po przecinku, przykładowo
 $INT(2,9) = 2$.

Liczba punktów przyznanych w ramach tej oceny decyduje o klasie stanu technicznego danego odcinka sieci, zgodnie z kryteriami przedstawionymi w tabeli 3.

Tabela 3. Klasy stanu technicznego dla kanałów z eksfiltracją ścieków

Liczba punktów	Klasa stanu technicznego
739 – 907	1 Klasa stanu technicznego
570 – 738	2 Klasa stanu technicznego
401 – 569	3 Klasa stanu technicznego

Zdefiniowane powyżej wskaźniki oceny stanu technicznego Q i H nie są stosowane do analizy kondycji technicznej przewodów, w których występuje infiltracja wody gruntowej do ich wnętrza. W przypadku takich przewodów, uwzględniany jest li tylko ich stan budowlano-techniczny, to znaczy funkcjonalność i nośność. Z tego też powodu liczba punktów uszkodzenia odpowiada liczbie punktów stanu technicznego.

1.4. Notacja oceny stanu technicznego

Przewody kanalizacyjne eksfiltrujące ścieki do podłoża gruntowego, które są zlokalizowane w strefach ochrony zasobów wody pitnej, są najbardziej ewidentnym przykładem łamania przepisów prawnych w zakresie ochrony środowiska naturalnego. Zasoby wód gruntowych są szczególnie chronionym dobrem ogólnospołecznym i dlatego wszystkie nieszczelne fragmenty sieci powinny być doszczelniane w trybie pilnym. Problem szczelności przewodów ma wyjątkowe znaczenie w następujących przypadkach:

- przewody kanalizacyjne przebiegają przez strefę ochronną typu IIIa ujęcia wody pitnej,
- przewody kanalizacyjne przebiegają przez strefę ochronną typu IIIb ujęcia wody pitnej (ostatni zewnętrzny pas ochronny),
- przewody kanalizacyjne przebiegają przez strefy ochronne prywatnych ujęć wody pitnej,
- przewody kanalizacyjne nie przebiegają przez strefy ochronne ujęć wody pitnej, a eksfiltrujące ścieki deszczowe powodują zanieczyszczenie podłoża gruntowego lub wody gruntowej.

Do infiltracji wody gruntowej dochodzi w przypadkach:

- uszkodzenia sieci klasy 0, 1 oraz 2,
- uszkodzenie sieci zlokalizowane jest w dennej strefie przewodu lub poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Jeżeli wszystkie albo prawie wszystkie kanały przebiegają poniżej zwierciadła wody gruntowej, to można podjąć dalsze zróżnicowanie oceny stanu technicznego z uwagi na rodzaj podłoża gruntowego lub poziom wody gruntowej. W celu uwzględnienia aspektu ochrony podłoża gruntowego, wody gruntowej, rodzaju kanału oraz jego stanu technicznego, wprowadzono pojęcie liczby stanu technicznego, którą ustala się według wzoru:

$$BZ = ZK_f \cdot 10^5 + KA_f \cdot 10^4 + SR_f \cdot 10^3 + BP \quad (2)$$

gdzie: BZ - liczba oceny stanu technicznego,
 ZK_f - wskaźnik klasy stanu technicznego,
 KA_f - wskaźnik rodzaju kanału,
 SR_f - wskaźnik ochrony podłoża gruntowego oraz wody gruntowej,
 BP - ocena punktowa stanu technicznego, a gdy nie jest ona ustalona, to można zastosować notację stanu technicznego ZP .

Ustalona w powyższy sposób wartość BZ jest podstawą klasyfikacji systemów odwadniających w zależności od klasy stanu technicznego, rodzaju kanału, kontekstu prawnego ochrony środowiska naturalnego oraz oceny punktowej stanu (tab. 4).

Tabela 4. Wskaźniki notacji oceny stanu technicznego kanałów

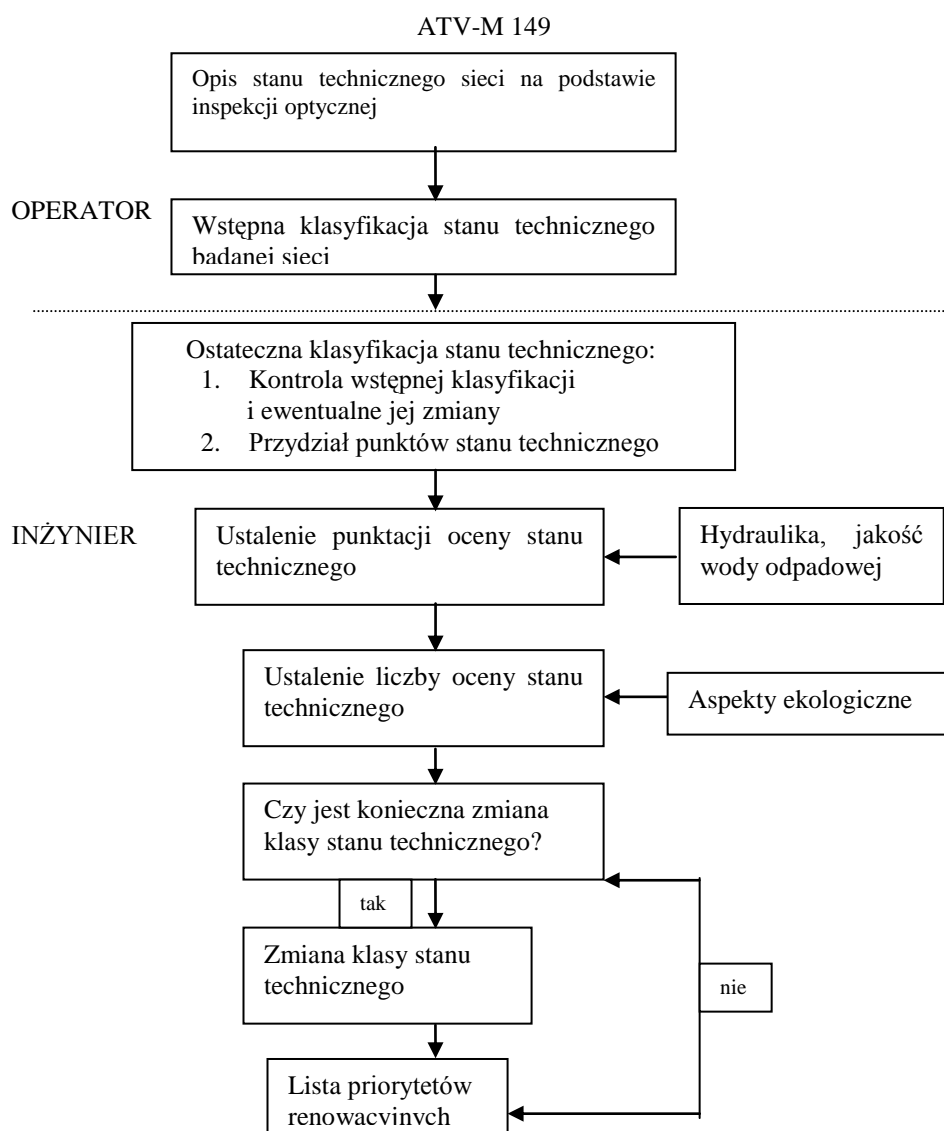
Wskaźnik klasy stanu technicznego	
Klasa stanu technicznego	ZK_f
1	3
2	2
3	1

Wskaźnik rodzaju kanalizacji	
Rodzaj kanalizacji	KA_f
Rozdzielczy/mieszany	5
Kanał deszczowy	2

Wskaźnik ochrony środowiska	
Chroniony element	SR_f
Strefa IIIa	5
Strefa IIIb	4
Prywatne strefy ochronne	3
Normalna eksfiltracja	2
Infiltracja	1
Normalna eksploatacja	0

Zestawienie wyników klasyfikacji oraz oceny stanu technicznego przeprowadzonej według powyższego modelu jest listą priorytetów renowacyjnych, które powinny zostać zrealizowane w odwrotnej kolejności.

Przy ostatecznym ustalaniu kolejności realizacji odnowy można nadać poszczególnym aspektom oceny wyjątkowy priorytet, ze względu na ich duże lokalne znaczenie. Ostatnią fazą klasyfikacji jest przeprowadzenie kontroli wiarygodności uzyskanych wyników. W tym celu korzysta się między innymi z danych zawartych w tabelach 5 i 6. Natomiast schemat kompletnej klasyfikacji według wytycznej ATV-M 149 [1] przedstawiono schematycznie na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat klasyfikacji stanu technicznego sieci według wytycznej

Tabela 5. Elementy składowe notacji oceny stanu technicznego

Cyfra	Znaczenie
1	- Aktualna klasa stanu technicznego
3	- Rodzaj kanalizacji
4/5/6	- Obniżenie/podwyższenie klasy
	- Aspekt ochrony środowiska naturalnego
	- Punkty oceny lub stanu technicznego
	- W ramach ostatecznej klasyfikacji przyznana klasa stanu, która jest zgodna z aktualną klasą stanu, w przypadku gdy nie podjęto zmiany klasy stanu technicznego

Tabela 6. Znaczenie poszczególnych elementów oceny stanu technicznego kanałów

1-sza cyfra		2-ga cyfra			3-cia cyfra		4/5/6-ta cyfra	
	Klasa stanu	Rodzaj kanalizacji		Zmiana klasy	Aspekt ekologiczny		Punkty oceny	Klasa stanu
3	1	6	Rozdzielczy/ mieszany	Obniżenie klasy	5	Strefa IIIa	739-907	1
2	2	5		-	4	Strefa IIIb	570-738	2
1	3	4		Obniżenie klasy	3	Pozostałe strefy	401-569	3
		3	Kanał deszczowy	-	2			
		2		Obniżenie klasy	1	Eksfiltracja	301-400	1
		1		-	0	Infiltracja Eksploatacja	201-300 101-200	2 3

2. System *KAPRI*

Jest to od wielu lat stosowany w praktyce eksploatacyjnej model, który umożliwia klasyfikację stanu technicznego analizowanych sieci. Został on opracowany i rozwinięty przez inżynierów z biura projektów IfK z Bochum w Niemczech [4]. System ten spełnia wszystkie wymogi normy EN DIN 752-5 [2] oraz wszystkie aspekty ochrony środowiska naturalnego. Zasadniczym celem modelu *KAPRI* jest ustalenie, na podstawie statystycznej klasyfikacji uszkodzeń, listy priorytetów odnowy w odniesieniu do pojedynczych deficytów oraz całych odcinków sieci. W początkowej fazie klasyfikacji zostaje przeprowadzona wstępna ocena stanu techniczno-budowlanego dla każdego odcinka sieci na podstawie rodzaju i rozmiaru pojedynczych deficytów. Następnie analizuje się warunki brzegowe, w jakich sieć aktualnie funkcjonuje oraz jej bazę danych. W wyniku tak przeprowadzonej oceny stanu technicznego dla całej infrastruktury, zostaje sporządzona lista priorytetów renowacyjnych, która stanowi bazę do sporządzenia planów reinwestycyjnych. Ocena stanu budowlano-eksploatacyjnego sieci jest realizowana w ten sposób, że każdemu uszkodzeniu, w zależności od jego rodzaju, jest przypisywana zasadnicza liczba punktów, a następnie jest ona multiplikowana przez trzy wskaźniki. Odpowiadają one skali uszkodzenia, która zgodnie z wytyczną ATV-M 143/2 [3] jest opisana przez trzecią, czwartą oraz piątą pozycję kodu. Powyższe

wskaźniki mogą nawet 10-krotnie zwiększyć zasadniczą notację uszkodzenia. Następną fazą klasyfikacji stanu technicznego przewodu kanalizacyjnego jest kwantytatywna ocena warunków brzegowych funkcjonowania sieci, która polega na oszacowaniu zagrożenia dla środowiska naturalnego. Dodatkowymi aspektami tej oceny są nośność i funkcjonalność kanału w sensie hydraulicznym. Pełna ocena stanu techniczno-eksploatacyjnego pojedynczego odcinka sieci wynika z multiplikacji notacji stanu budowlanego oraz warunków brzegowych jego działania. W wyniku tej klasyfikacji następuje podział całej analizowanej sieci na 5 klas stanu techniczno-eksploatacyjnego. Pewnym oryginalnym rozwiązaniem, które charakteryzuje powyższy model jest niezależne potraktowanie sumy uszkodzeń od maksymalnych uszkodzeń, co skutecznie chroni przed błędnym oszacowaniem zakresu koniecznej odnowy sieci.

3. System *KAIN*

Model *KAIN* [5] klasyfikuje, analogicznie jak inne systemy, kondycję techniczno-eksploatacyjną sieci na podstawie wyników inspekcji optycznej, przy uwzględnieniu potencjalnych zagrożeń dla środowiska naturalnego, jakie wynikają z tytułu jej aktualnego stanu. Ocena kondycji techniczno-eksploatacyjnej sieci jest przeprowadzana w ramach trzech klas, przy wyraźnym podziale na stan budowlano-techniczny oraz warunki brzegowe funkcjonowania sieci.

3.1 Klasa oceny kondycji technicznej sieci (I)

Podstawą tego modelu klasyfikacji jest katalog uszkodzeń, który w niewielkim stopniu różni się od katalogu według ATV-M 143/2 [3]. Poszczególnym uszkodzeniom przypisywane są klasy w skali od 1 do 5 (tab. 7). Ustalenie ostatecznej notacji dla każdego uszkodzenia następuje w wyniku multiplikacji podstawowej punktacji przez wskaźnik oceny, który jest miarą potencjalnego zagrożenia dla dyspozycyjności sieci. Wskaźnik ten jest stosowany tylko w przypadku najpoważniejszych deficytów, takich jak:

wskaźnik nr 1 (34 punkty):

- spękania oraz rysy,
- widoczne podłoże gruntowe,
- infiltracja wody gruntowej do wnętrza kanału,
- spękania z brakującymi fragmentami przewodu lub w przypadku kanałów murowanych brakujące pojedyncze cegły,
- zawalenia;

wskaźnik nr 2 (22 punkty):

- odchylenia położenia,
- odpadnięta powłoka ochronna,
- korozja,

- brakujące wypełnienie fugi w przypadku przewodu murowanego,
- inkrustacja,
- deformacja przewodu;
wskaźnik nr 3 (12 punktów):
- uszkodzenia połączeń przewodów,
- przeszkody przy przepływie;
wskaźnik nr 4 (7 punktów):
- niefachowo wbudowany trójnik,
- niefachowo wbudowany króciec.

Tabela 7. Notacja podstawowa w zależności od klasy uszkodzenia

Klasa uszkodzenia	Stopień uszkodzenia	Liczba punktów
1 klasa uszkodzenia	Bardzo poważne uszkodzenie	7,5 punktów
2 klasa uszkodzenia	Poważne uszkodzenie	5,0 punktów
3 klasa uszkodzenia	Średnie uszkodzenie	3,0 punktów
4 klasa uszkodzenia	Lekkie uszkodzenie	2,0 punktów
5 klasa uszkodzenia	Brak uszkodzenia	1.0 punkt

3.2 Klasa oceny kondycji technicznej sieci (II)

Ustalanie oceny stanu ma analogiczną strukturę, jak w przypadku poprzedniej klasy, z tym że pod uwagę brane są warunki brzegowe, w jakich działają pojedyncze odcinki sieci. Należą do nich: nośność, funkcjonalność oraz potencjalne zagrożenia dla środowiska naturalnego (tab. 8). Dla poszczególnych zagrożeń przedstawionych w tabeli 9 są przyznawane punkty podstawowe, które są następnie multiplikowane przez następujące wskaźniki oceny:

wskaźnik nr 1 (34 punkty):

- woda gruntowa,
- skład chemiczny ścieków,
- lokalizacja sieci, etc.;

wskaźnik nr 2 (22 punkty):

- obciążenie hydrauliczne sieci,
- głębokość posadowienia sieci, etc.;

wskaźnik nr 3 (12 punktów):

- typ eksploatacji,
- lokalizacja w stosunku do ruchu kołowego, etc.;

wskaźnik nr 4 (7 punktów):

- konstrukcja kanału,
- wiek, etc.

Tabela 8. Warunki brzegowe funkcjonowania sieci

Aspekt zagrożenia	Baza danych sieci
Nośność	Położenie w stosunku do ruchu kołowego Konstrukcja Głębokość posadowienia
Funkcjonalność	Obciążenie hydrauliczne sieci Typ eksploatacji Wiek
Zagrożenia dla środowiska naturalnego	Poziom wody gruntowej Lokalizacja Skład chemiczny ścieków

Klasyfikacja sieci następuje analogicznie jak w przypadku poprzedniej oceny.

3.3 Klasa oceny kondycji technicznej sieci (III)

W ramach tej klasy zostaje przeprowadzona szczegółowa analiza wyników uzyskanych dla klas I (rozdz. 3.1) i II (rozdz. 3.2). Decyzje dotyczące ostatecznego ustalenia priorytetów i niezbędnego zakresu realizacji odnowy należą do obowiązków eksploatatora sieci, ponieważ powinny one uwzględniać wszystkie ważne aspekty działania konkretnego obiektu kanalizacyjnego.

4. *Pforzheimer Modell*

Pforzheimer Modell jest systemem klasyfikującym wyniki pełnozakresowej inspekcji optycznej określonej infrastruktury kanalizacyjnej w celu ustalenia priorytetów jej odnowy [6]. System ten uwzględnia, podobnie jak inne modele, dyspozycyjność analizowanej sieci i warunki brzegowe jej funkcjonowania. Kryteriami dyspozycyjności sieci są: szczelność przewodów kanalizacyjnych chroniąca podłoże gruntowe oraz wody podziemne przed zanieczyszczeniami, funkcjonalność będąca potencjałem transportowym redukującym do minimum niebezpieczeństwo podpiętrzenia kanału i zalania pewnego obszaru oraz nośność gwarantująca bezpieczne przenoszenie przez konstrukcję kanału wszystkich obciążeń i zapewniająca jego niezawodną eksploatację.

Notacja stanu techniczno-eksploatacyjnego badanej sieci bazuje na gęstości udokumentowanych uszkodzeń, która jest wynikiem szczegółowej analizy ich wpływu na kryteria dyspozycyjności obiektu.

Schematyczną strukturę modelu przedstawiono na rysunku 2, na którym można wyróżnić odmienne fazy, w tym: inspekcję optyczną, badania telewizyjne, dokumentacja wyników inspekcji oraz przygotowanie danych do notacji uszkodzeń:

- notacja pojedynczych uszkodzeń,
- notacja odcinków uszkodzeń,
- notacja odcinków sieci,

- notacja obiektów sieci.

Konkretne uwarunkowania eksploatacyjne mogą i niejednokrotnie mają istotny wpływ na ustalenie priorytetów zabiegów renowacyjnych oraz kolejności ich wykonania. *Pforzheimer Modell* uwzględnia wszystkie ważne warunki brzegowe w perspektywie ich wpływu na kryteria dyspozycyjności sieci, które obejmują:

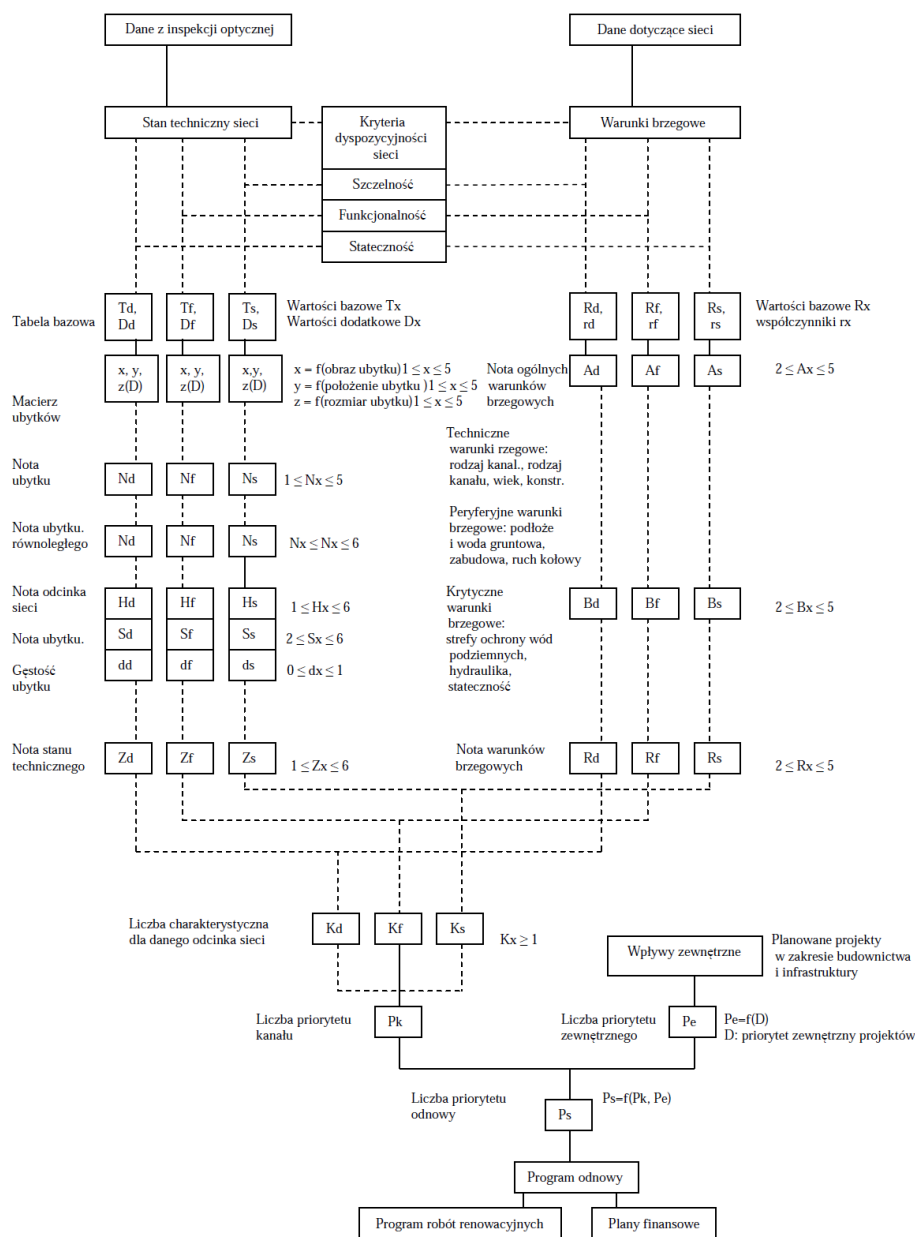
- warunki techniczne: rodzaj kanalizacji, stopień zanieczyszczenia ścieków, znaczenie kanału (główny, zbiorczy, lokalny, przyłącze), wiek kanału i jego konstrukcja (materiał, rodzaj połączeń i posadowienie);
- warunki o znaczeniu peryferyjnym: rodzaj podłoża gruntowego, szczególnie w aspekcie jego wodoprzepuszczalności, poziom zwierciadła wody gruntowej w stosunku do posadowienia kanału, rodzaj zabudowy na powierzchni terenu (zabudowa przemysłowa, mieszkalna i mieszana), obciążenie kanału ruchem kołowym (kategoria drogi);
- warunki krytyczne: tereny ochrony wód podziemnych wymagające szczelnych przewodów kanalizacyjnych, rezerwy hydrauliczne sieci w aspekcie jej funkcjonalności, nośności oraz bezawaryjna eksploatacja kanalizacji.

Poprzez powiązania noty stanu techniczno-budowlanego z notą warunków brzegowych ustala się tak zwaną wartość charakterystyczną, która stanowi wyznacznik priorytetu wykonania odnowy sieci kanalizacyjnej.

5. Model holenderski – *Stichting RIONED*

Ocena stanu techniczno-budowlanego sieci kanalizacyjnych w Holandii bazuje, zgodnie z normą NEN 3399 [7] na wynikach inspekcji optycznej. Ocenie poddawane są przewody grawitacyjne z betonu i z PVC. Klasyfikacja stanu technicznego nie uwzględnia warunków brzegowych funkcjonowania badanej sieci. W celu zrekompensowania tego istotnego elementu analizy opracowano szczegółowy katalog uszkodzeń, którego schemat oparty jest na trzech kryteriach dyspozycyjności takich, jak: szczelność, stan techniczny wewnętrznej ściany przewodu oraz przeszkody przy przepływie ścieków [7, 8]. Katalog ten obejmuje 18 typów uszkodzeń, które są klasyfikowane według pięciostopniowej skali (tab. 9). Klasa pierwsza oznacza, że nie odnotowano żadnego uszkodzenia, a w przypadku najwyższej klasy piątej jest to uszkodzenie o dużym znaczeniu dla eksploatacji sieci. Elementem składowym katalogu jest zbiór fotografii obrazujących wszystkie typy i klasy uszkodzeń. Po przeprowadzeniu klasyfikacji stanu techniczno-budowlanego sieci następuje podział wszystkich uszkodzeń na trzy następujące podgrupy:

- zabiegi o charakterze konserwacyjnym,
- dodatkowa inspekcja optyczna,
- zabiegi renowacyjne.



Rys. 2. Schemat systemu *Pforzheimer Modell* klasyfikującego wyniki pełnozakresowej inspekcji optycznej

Kryteria decydujące o przydziale danego uszkodzenia do jednej z trzech podgrup są przedstawione w tabelach 10, 11 i 12 oraz dodatkowo w tabeli 13.

Tabela 9. Katalog uszkodzeń według modelu *Stichting-RIONED*

Szczelność			
Uszkodzenia	Klasa stanu technicznego	Kryterium oceny	Informacje uzupełniające
A1: nieszczelność	1	Żadna infiltracja wody gruntowej	-
	2	Infiltracja wody gruntowej: mufa, rysa	E
	3	Infiltracja wody gruntowej: krople	E
	4	Infiltracja wody gruntowej: strumień wody	E
	5	Infiltracja wody gruntowej: pod ciśnieniem	E
A2: zaleganie osadu (piasek)	1	Nie występuje	-
	2	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	E
	3	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 15\%$	E
	4	$15\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 25\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 25\%$	E
A3: odchylenie położenia w przekroju podłużnym	1	Wartość wg tab.3.10	-
	2	Wartość wg tab.3.10	E
	3	Wartość wg tab.3.10	E
	4	Wartość wg tab.3.10	E
	5	Wartość wg tab.3.10	E
A4: odchylenie położenia w przekroju poprzecznym	1	Nie występuje	-
	2	Odchylenie $\leq 10\text{mm}$	E
	3	Odchylenie $> 10\text{mm}$	E
A5: ugięcie	1	Nie występuje	-
	5	Występuje	E
A6: wystający element uszczelniający	1	Nie występuje	-
	3	Widoczne w połączeniu	EU
	5	Wystaje	EU
A7: wystający materiał uszczelniający	1	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	-
	2	Redukcja przekroju przewodu $> 5\%$ i długość połączenia 0 - 25%	EU
	3	Redukcja przekroju przewodu $> 5\%$ i długość połączenia 26 - 50%	EU
	4	Redukcja przekroju przewodu $> 5\%$ i długość połączenia 51 - 75%	EU
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 5\%$ i długość połączenia $> 76\%$	EU
Stan techniczny wewnętrznego płaszcza przewodu			
B1: uszkodzenia oprócz B2-B4	1	Nie występuje	-
	5	Występuje	EU
B2: korozja beton	1	Nie występuje	-
	2	Widoczne dodatki betonu	EU
	3	Dodatki betonu wyeksponowane	EU
	4	Widoczne zbrojenie	EU
	5	Brakujące fragmenty płaszcza zewnętrznego	EU
PVC	1	Nie występuje	-
	5	Występuje	EU
B3: spękania i rysy	1	Nie występuje	-
	2	Spękania włosowe	EU
	3	Spękania bez przemieszczenia	EU
	4	Spękania z przemieszczeniem	EU
	5	Zawalenie	EU
B4: deformacja przewodu	1	Nie występuje	-

	2	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	E
	3	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 10\%$	E
	4	$10\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 15\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 15\%$	E
Przeszkody hydrauliczne			
C1: wystające przyłącza	1	Wystająca długość $\leq 10\%$ średnicy kanału głównego	-
	3	Wystająca długość $> 10\% \leq 25\%$ średnicy kanału głównego	EU
	5	Wystająca długość $> 25\%$ średnicy kanału głównego	EU
C2: korzenie	1	Nie występuje	-
	2	Pojedyncze korzenie włosowe	EU
	3	Pojedyncze korzenie, redukcja przekroju $\leq 10\%$	EU
	4	$25\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 50\%$	EU
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 50\%$	EU
C3: zarastanie	1	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	-
	2	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 10\%$	E
	3	$10\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 25\%$	E
	4	$25\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 50\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 50\%$	E
C4: inkrustacja	1	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	-
	2	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 10\%$	E
	3	$10\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 25\%$	E
	4	$25\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 50\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 50\%$	E
C5: piasek, osady	1	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	-
	2	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 10\%$	E
	3	$10\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 25\%$	E
	4	$25\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 50\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 50\%$	E
C6: przeszkody przy przepływie	1	Redukcja przekroju przewodu $\leq 5\%$	-
	2	$5\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 10\%$	E
	3	$10\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 25\%$	E
	4	$25\% < \text{redukcja przekroju przewodu} \leq 50\%$	E
	5	Redukcja przekroju przewodu $> 50\%$	E
C7: spadek, spadek negatywny	1	$h \leq 10\% D$	-
	2	$10\% < h \leq 25\% D$	E
	3	$25\% < h \leq 50\% D$	E
	4	$50\% < h \leq 75\% D$	E
	5	$H > 75\% D$	E

gdzie: h - zwierciadło wody w przewodzie,

D - średnica wewnętrzna przewodu,

E - odległość (pomiar w trakcie inspekcji),

U - pozycja uszkodzenia w przekroju poprzecznym przewodu (położenie wskazówki zegara).

Tabela 10. Kryteria zabiegów konserwacyjnych

Rodzaj uszkodzenia	Ocena liczbowa uszkodzenia
Korzenie	2
Zarastanie	3
Inkrustacja	3
Osady	3
Przeszkody przy przepływie	3

Tabela 11. Kryteria przeprowadzenia dalszych badań

Rodzaj uszkodzenia	Ocena liczbowa uszkodzenia
Korozja (beton)	4
Korozja (materiały oprócz betonu)	5
Rysy radialne	4
Odształcenia	5
Infiltracja wody gruntowej	4
Przemieszczenia poprzeczne	5
Przemieszczenia podłużne	5

Tabela 12. Kryteria przeprowadzenia niezbędnych zabiegów renowacyjnych

Rodzaj uszkodzenia	Ocena liczbowa uszkodzenia
Korozja (beton)	5
Rysy radialne	5
Rysy podłużne	4
Infiltracja wody gruntowej	5
Dostawanie się podłoża gruntowego do wnętrza kanału	5

Po kilku latach stosowania tego modelu w praktyce zaczęto zastanawiać się nad jego modyfikacją. W początkowej fazie wysiłki koncentrowały się na próbie opracowania takiego modelu, który symulowałby „rozwój” każdego rodzaju uszkodzenia, przy uwzględnieniu wszystkich peryferyjnych uwarunkowań funkcjonowania sieci kanalizacyjnej. W tym celu konieczne jest zdefiniowanie warunków brzegowych planowanej symulacji uszkodzeń, które wynikają z uwarunkowań funkcjonalnych stawianych przewodom kanalizacyjnym. Zdobycie tak dużej liczby niezbędnych danych w ograniczonych ramach czasowych jest nierealnym zadaniem. Tylko ten fakt stawia już pod znakiem zapytania możliwość zastosowania podobnych modeli w praktyce. Biorąc pod uwagę powyżej opisane problemy, został opracowany na bazie istniejącego pewien empiryczny model, który w oparciu o wyniki inspekcji ustalałby resztkową żywotność techniczną przewodów kanalizacyjnych i następnie na tej podstawie czasowe priorytety odnowy.

Zmodyfikowany model *Stichting-RIONED* opiera się na założeniu, że rezerwy żywotności technicznej podlegają ciągłemu i systematycznemu kurczeniu się. W związku z tym, że praktyka eksploatacyjna nie potwierdza w sposób jednoznaczny prawidłowości powyższego założenia, dlatego też pewne odstępstwa dotyczące prognozowanego stanu technicznego muszą być

korygowane na podstawie inspekcji optycznej. Prognozowanie krytycznego stanu sieci w formie katastrofy budowlanej przy zastosowaniu tego modelu nie jest możliwe.

Tabela 13. Przemieszczenie uszkodzeń w kierunku podłużnym (mm) według [7]

Material	Beton										PVC				
Połączenie rur	Mufa					Połączenie frezowane									
Klasa stanu technicznego	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Średnica przewodu (milimetry)															
200											0	10	20	30	50
250	0 10 20 50 70					0 5 10 15 20					0	10	20	30	50
300	0 10 20 50 70					0 5 10 15 20									
315											0	10	30	40	60
400	0 10 20 50 70					0 5 10 15 20					0	10	30	40	60
500	0 20 40 60 80					0 5 10 20 30					0	10	40	60	80
600	0 20 40 60 80					0 5 10 20 30									
630											0	10	40	60	80

6. Podsumowanie

Klasyfikacje stanu techniczno-eksploatacyjnego sieci kanalizacyjnych tworzą odrębną grupę modeli, które na podstawie wyników inspekcji optycznej pozwalają ustalić priorytety odnowy i czas jej wykonania. Z porównania modeli należących do tej grupy wynika, że uwzględniają one normę DIN EN 752-5 [2], a modele niemieckie bazują na katalogu uszkodzeń według wytycznej ATV-M 143-2 [3]. Ocena stanu techniczno-eksploatacyjnego sieci jest rezultatem klasyfikacji uszkodzeń w zależności od ich rodzaju i rozmiarów lub na podstawie specjalnego katalogu uszkodzeń i ich fakturowanie, jak również poprzez macierz uszkodzeń.

Model ATV zwraca szczególną uwagę na konieczność przeprowadzenia natychmiastowych zabiegów w przypadku wystąpienia najgroźniejszych uszkodzeń, które zagrażają pełnej funkcjonalności sieci. Ostateczna klasyfikacja stanu budowlano-eksploatacyjnego wynika z powiązania klasyfikacji uszkodzeń z potencjalnym zagrożeniem, jakie one stanowią dla samej sieci oraz środowiska naturalnego.

Modele *KAPRI*, *KAIN* oraz ATV uwzględniają w ramach swoich systemów oceny stanu sieci aspekt budowlano-eksploatacyjny, hydrauliczny oraz ochrony środowiska naturalnego. Różnice w wynikach tych ocen są efektem ciężarów gatunkowych pojedynczych aspektów oraz charakteru wzajemnych powiązań. W przypadku systemu *KAPRI* i ATV są to powiązania matematyczne, a w przypadku *KAIN* logiczne.

Natomiast *Pforzheimer Modell* uwzględnia wszystkie aspekty stanu budowlano-eksploatacyjnego badanej sieci oraz tak zwane uwarunkowania peryferyjne, które w szczególny sposób respektują ważne aspekty ochrony

środowiska naturalnego. System ten stanowi oryginalny i precyzyjny instrument oceny stanu techniczno-eksploatacyjnego sieci kanalizacyjnej, co zasługuje na jego prezentację w ramach odrębnej publikacji.

W przypadku modelu *RIONED* podejście do oceny stanu technicznego sieci kanalizacyjnej jest podobne, jak w przypadku modeli niemieckich. Po przeprowadzeniu klasyfikacji uszkodzeń według specjalnie opracowanego katalogu uszkodzeń i subiektywnym uwzględnieniu lokalnie występujących warunków w formie wyznaczników, następuje podział odcinków sieci na odpowiednie kategorie. Dalszy rozwój tego systemu zmierza w kierunku opracowania modeli propagacji różnych rodzajów uszkodzeń w kontekście warunków lokalnych, w celu ustalenia resztkowej żywotności technicznej odcinków sieci.

Literatura

- [1] Merkblatt ATV-M 149, Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, April 1999.
- [2] DIN EN 752-5, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung, 1997.
- [3] Merkblatt ATV-M 143-2, Optische Inspektion – Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen, April 1999.
- [4] Möllers K., Kipp B.: Zustandsbewertung von Abwasserkanälen und –leitungen, Korrespondenz Abwasser 1991 (38) Nr 5, 596-613.
- [5] Sawatzki J.: Verfahrensmodell zur Klassifizierung von Entwässerungskanälen, Korrespondenz Abwasser 1991 (38) Nr 12, 1632-1639.
- [6] Müller-Winterstein R., Hotz R.: Was sollen, was können Modelle zur Zustandserfassung und Bewertung von Kanalnetzen leisten?, Korrespondenz Abwasser 1996 (43) Nr 1.
- [7] NEN 3399: Abflusssysteme außerhalb von Gebäuden–Niederländisches Klassifizierungssystem für die Stichprüfung von Kanalisationsanlagen, September 1994.
- [8] Stein D.: Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage – Berlin: Ernst & Sohn, 1998.

THE ANALYSIS OF SEWAGE NET TECHNICAL CONDITION CLASSIFICATIONS

Summary

The article presents the most popular European classifications of sewage network technical condition. These classifications on the basis of optical inspection results appropriately describe condition of pipes. Classification prepared according to ATV guidelines is a standard system in Germany, on basis of which technical condition of all German sewage infrastructure is systematically evaluated.