

Awarie sieci podziemnych i ich wpływ na stan nawierzchni ulic na przykładzie infrastruktury miejskiej w Płocku

Underground network failures and their impact on the condition of road surfaces using the example of municipal infrastructure in Plock

Małgorzata J. Kacprzak, Piotr Gryszpanowicz^{*}

Key words: *Sieci podziemne, awarie sieci, remonty dróg, warstwy konstrukcyjne*

Abstract

Umieszczone w pasach drogowych liczne sieci podziemne (wodociągowe, kanalizacyjne, ciepłne, gazowe) sprawiają, że w chwili ich awarii, remontu czy przebudowy dochodzi do naruszenia istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni dróg. Kwestia odtworzenia poszczególnych warstw często jest bagatelizowana, co powoduje skrócenie okresów eksploatacyjnych i szybsze pojawienie się wyraźnych uszkodzeń w miejscu odtworzenia. W artykule udowodniono, iż po ukończeniu prac naprawczych należy dążyć do prawidłowego odtworzenia warstw nawierzchni zachowując strukturę odpowiadającą grubością i rodzajem warstwom wcześniej rozebranych. Niezwykle ważny jest również odpowiedni nadzór nad prowadzonymi pracami, a także opracowanie wytycznych tymczasowych warstw konstrukcyjnych, które mogłyby być stosowane zamiennie w okresie zimowym, a następnie wymieniane już przy sprzyjających warunkach atmosferycznych na warstwy docelowe. Wykazano ponadto, że stosowany najczęściej dwuletni okres gwarancyjny na wykonane prace odtworzeniowe nawierzchni drogowych jest niewystarczający i powinien być wydłużony do co najmniej lat pięciu.

Słowa kluczowe: *Underground networks, network failures, road repairs, construction layers*

Streszczenie

Placed within the roadways, numerous underground networks (water supply, sewage, heating, gas) cause disruptions to the existing structural layers of road surfaces in the event of their failure, repairs, or reconstruction. The issue of restoring individual layers is often underestimated, leading to a shortened lifespan and faster appearance of noticeable damages at the restoration site. It was shown that after completing repair works, the proper restoration of surface layers with the corresponding thickness and type of the previously removed layers should be pursued. Additionally, proper supervision of the ongoing works is extremely important, along with the development of guidelines for temporary structural layers that could be used interchangeably during the winter season and later replaced with permanent layers during favorable weather conditions. Furthermore, the authors concluded that the commonly applied two-year warranty period for the executed road surface restoration works is insufficient and should be extended to at least five years.

1. WSTĘP

Sieci podziemne (zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków, ciepłne, gazowe, elektroenergetyczne, telekomunikacyjne) stanowią nie tylko element sieci uzbrojenia terenu, ale należą także do tzw. systemu krytycznej infrastruktury technicznej. W Polsce, zgodnie z danymi GUS, w 2021 systemy zbiorowego zaopatrzenia w wodę obsługiwały ok. 93% ludności kraju, w tym 97% ludności miast i 86% ludności wiejskiej. Z kolei systemy zbiorowego odprowadzania ścieków obsługiwały 72% ludności kraju, w tym 91% ludności miast i 44% ludności wsi. Istotny wzrost długości sieci nastąpił po 2000 roku – w 2021 r. długość sieci wodociągowej rozdzielczej wynosiła 317 tys. km, z kolei sieci kanalizacyjnej – ok. 173 tys. km. Z kolei w tym samym roku długość sieci ciepłnej wyniosła 25 238,7 km, z czego 95,8% zlokalizowane było w miastach. Najbardziej zagęszczona sieć ciepłna jest na terenach województw: śląskiego (19,8 km na 100 km²), małopolskiego (9,0 km na 100 km²), pomorskiego i łódzkiego (po 6,8 km na 100 km²) oraz mazowieckiego (6,4 km na 100 km²). Natomiast sieć gazowa to łącznie 165 733 km, z czego w miastach 68 749 (stan na 31.12.2021) [9]. Zgodnie z Ustawą z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie

klęski żywiołowej [16] przez pojęcie awarii technicznej – rozumie się ... gwałtowne, nieprzewidziane uszkodzenie lub zniszczenie obiektu budowlanego, urządzenia technicznego lub systemu urządzeń technicznych powodujące przerwę w ich używaniu lub utratę ich właściwości. Z kolei w ustawie Prawo budowlane (Dz. U. z 2023 r. poz. 682, 553, 967), w punkcie 8 art. 3 zapisano, że przez pojęcie remont rozumie się wykonywanie w istniejącym obiekcie budowlanym robót budowlanych polegających na odtworzeniu stanu pierwotnego, a niestanowiących bieżącej konserwacji, przy czym dopuszcza się stosowanie wyrobów budowlanych innych niż użyto w stanie pierwotnym.

Zgodnie z art. 40.1. [17], zajęcie pasa drogowego na cele niezwiązane z budową, przebudową, remontem, utrzymaniem i ochroną dróg, wymaga zezwolenia zarządcy drogi, wydane w drodze decyzji administracyjnej – zezwolenie nie jest wymagane w przypadku zawarcia umowy, o której mowa w art. 22 ust. 2, 2a lub 2c. Przepisu nie stosuje się jednak w razie konieczności usunięcia awarii urządzeń niezwiązanych z potrzebami zarządzania drogami lub potrzebami ruchu drogowego, a znajdujących się w pasie drogowym. Jak wynika z ustawy [3], po zlokalizowaniu awarii prowadzący roboty niezwłocz-

^{*} Małgorzata J. Kacprzak, prof. dr hab. inż., ORCID: 0000-0002-3897-8659,

Piotr Gryszpanowicz, dr inż., ORCID: 0000-0003-1355-7732, Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii w Płocku.

Adres do korespondencji: malgorzata.kacprzak@pw.edu.pl

nie zawiadamia o tym zarządcę drogi i w porozumieniu z nim określa termin i powierzchnię zajętego pasa drogowego. Tak uproszczony schemat działań może w konsekwencji prowadzić do obniżenia standardu danej drogi, poprzez szybsze pojawienie się na niej uszkodzeń, a także obniżenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego [3,12,7]. Jest to związane przede wszystkim z szybkim tempem prac, brakiem czasu na analizę zakresu prac odtworzeniowych, ale przede wszystkim najczęściej ze znikomym nadzorem ze strony przedstawicieli zarządcy drogi [6,10].

Jak podają Piedgoń i Tchórzewska-Cieślak [13] na wskaźnik intensywności uszkodzeń sieci wodociągowych i kanalizacyjnych wpływa wiele czynników, m.in.:

- funkcja przewodu (magistralny, rozdzielczy, przyłącze wodociągowe),
- średnica oraz materiał przewodów,
- wiek przewodu,
- zabezpieczenie antykorozyjne,
- sposób łączenia rur oraz kształtek i armatury,
- prędkość przepływu oraz panujące w przewodzie ciśnienie,
- niestabilność gruntu np. tereny górnicze,
- korozyjność podłoża,
- charakterystyka wód podziemnych,
- charakter obciążeń zewnętrznych (dynamiczne, statyczne),
- temperatura gruntu,
- roczna sezonowość,
- prace remontowo – konserwacyjne,
- monitoring sieci oraz szybkość lokalizacji i usuwania awarii.

W normalnych warunkach planowanie napraw nawierzchni drogowych poprzedzone jest przeprowadzeniem oceny jakości nawierzchni danego odcinka drogi i oszacowaniem jego przepustowości [18,19]. Istotny wpływ na procesy planowania napraw ma wspomaganie podejmowania decyzji związanych z utrzymaniem nawierzchni drogowych w zakresie przyjętego poziomu bezpieczeństwa [2]. Identyfikacja krytycznych odcinków dróg, które wymagają natychmiastowej uwagi może sugerować macierz decyzji, która uwzględni między innymi wpływ stopnia degradacji nawierzchni na historię zdarzeń drogowych oraz bezpieczeństwo infrastruktury [1]. Ważnym aspektem prowadzenia prac naprawczych jest również oszacowanie szkodliwości prowadzenia remontu dla otaczającej infrastruktury jak i środowiska [4, 5, 11]. Uwzględnienie warunków realizacji remontu umożliwia planowanie prac oraz czas ich wykonania [14, 15, 8], a także co bardzo istotne, sporządzenie wymaganej przepisami dokumentacji wraz z specyfikacją techniczną wykonania i odbioru robót. Taki stan rzeczy nie występuje jednak w przypadku awarii, które mają co do zasady charakter nagły, którego nie da się zaplanować z wyprzedzeniem.

Awarye sieci podziemnych znajdujących się w pasach drogowych dróg publicznych oddziałują negatywnie na trwałość konstrukcji drogowych, co może prowadzić do skrócenia żywotności danej drogi. Jest to problem rzadko poruszany w literaturze fachowej ze względu na konieczność interdyscyplinarnego podejścia uwzględniającego zarówno stan techniczny samych sieci jak i sposobu i jakości odtworzenia konstrukcji nawierzchni drogowych. Niniejsza praca uzupełnia lukę w wiedzy z tego zakresu. Celem badań jest ocena przeprowadzonych prac odtworzeniowych nawierzchni drogowych w granicach miasta Płocka (Polska) w aspekcie wymagań stawianych tego rodzaju robotom budowlanym. W ramach prac badawczych prowadzono inwentaryzację wszystkich zgłoszonych w mieście awarii w okresie 2 lat (od 01.09.2017 r. do 01.08.2019 r.) następnie w okresie kolejnych 2 lat, w związku z dwuletnią gwarancją (od daty odbioru końcowego) na roboty odtworzeniowe, obserwowano i inwentaryzowano uszkodzenia, do jakich dochodziło w miejscach odtworzenia warstw konstrukcyjnych nawierzchni. Prace badawcze zakończono po kolejnych 2 latach (w okresie pogwarancyjnym), kiedy to w dalszym ciągu analizowano stan techniczny odtworzonych warstw konstrukcyjnych nawierzchni.

2. Monitoring i analiza danych statystycznych dotyczących remontów sieci podziemnych w płocku

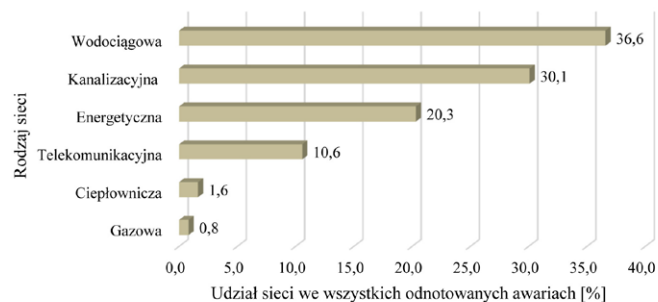
Na podstawie danych gromadzonych na bieżąco w okresie prowadzenia badań, dokonano analizy statystycznej dotyczącej liczby awarii w zależności od rodzaju sieci, firmy prowadzącej działania naprawcze oraz wpływu awarii na uszkodzenia poszczególnych elementów pasa drogowego. Dodatkowo dokonano zestawienia rodzajów awarii z podziałem na miesiące, w których występowały. Uwzględniono czas trwania poszczególnych remontów sieci, a także wskazano jaką powierzchnię wyłączając z ruchu poszczególne rodzaje awarii. W zestawieniu uwzględniono sieci wodociągowe, kanalizacyjne, ciepłownicze, energetyczne, telekomunikacyjne oraz gazowe. W okresie od 01.09.2017 r. do 31.08.2019 r. odnotowano 246 awarii sieci instalacyjnych, z czego największą awaryjnością charakteryzowały się sieci: wodociągowa oraz kanalizacyjna (deszczowa i sanitarna) (zobacz: tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie liczby awarii w Płocku w latach 2017-2019 w zależności od rodzaju sieci

Table 1. List of the failures in Płock in 2017-2019 depending on the type of network

Lp.	SIEĆ	LICZBA AWARII
1	Wodociągowa	90
2	Kanalizacyjna (sanitarna i deszczowa)	74
3	Ciepłownicza	4
4	Energetyczna	50
5	Telekomunikacyjna	26
6	Gazowa	2

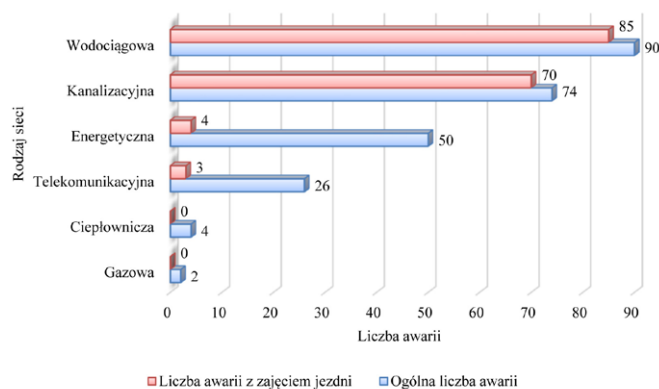
Łącznie awarye sieci kanalizacyjnej i wodociągowej stanowiły w tym czasie 66,7% wszystkich występujących awarii. NIK w swoim raporcie z 2018 roku dotyczącym sieci wodociągowych w miastach zaznacza, że w wielu polskich miastach ponad 50% długości sieci wodociągowej to przewody mające dłużej niż 50 lat, a 45% – w wieku 25–50 lat. Przyczyn wciąż znaczny udział stanowią stare rurociągi z żeliwa szarego (ok. 35%), stali (ok. 10%) i z azbestocementu (ok. 4%). W raporcie podkreślono, że wskaźnik awaryjności sieci wodociągowych w Polsce w 2014 r. wynosił 0,37 uszk./km/rok (ponad 100 tys. awarii rocznie). Dla porównania w 2016 r. najwięcej awarii wystąpiło w Zduńskiej Woli i Wadowicach, odpowiednio 181 i 160, a najmniej w Stalowej Woli i Mińsku Mazowieckim – 12 i 30. Sieci gazowe i ciepłownicze, które razem stanowią zaledwie 2,4% zestawionych uszkodzeń charakteryzują się niewielką awaryjnością względem pozostałych wymienionych sieci (zobacz: rys.1).



Rys. 1. Udział awarii poszczególnych sieci w odniesieniu do wszystkich awarii
Fig. 1. Share of failures of particular networks in relation to total number of failures

Nie każda z awarii sieci związana była jednak z zajęciem jezdni. Na 246 awarii, roboty naprawcze wymuszały uszkodzenie warstw konstrukcyjnych jezdni w przypadku 162 awarii, co stanowi 65,9% wszystkich

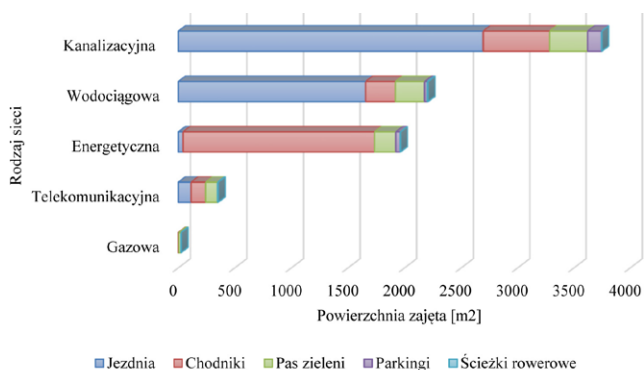
analizowanych awarii (zobacz: rys. 2). Pozostałe uszkodzenia wymagały zajęcia innych elementów pasa drogowego, takich jak: chodnik, pas zieleni, parking czy ścieżka rowerowa.



Rys. 2. Porównanie liczby awarii wymagających zajęcia jezdni z ogólną liczbą występujących awarii

Fig. 2. Comparison of the number of failures requiring the occupation of the road with the total number of failures

Jak wynika z uzyskanych danych, prawie 95% wszystkich awarii wodociągowych i kanalizacyjnych wymagało zajęcia jezdni. W przypadku sieci energetycznych zaledwie 8% napraw wymagało wejścia na nawierzchnię, dla sieci telekomunikacyjnych wartość ta jest większa i wynosi niemalże 12%. Remonty związane z siecią ciepłowniczą i gazową nie wymagały naruszenia jezdni.



Rys. 3. Łączna powierzchnia pasa drogowego zajęta przez roboty mające na celu usunięcie awarii

Fig. 3. Total area of the road occupied by works to remove the failure

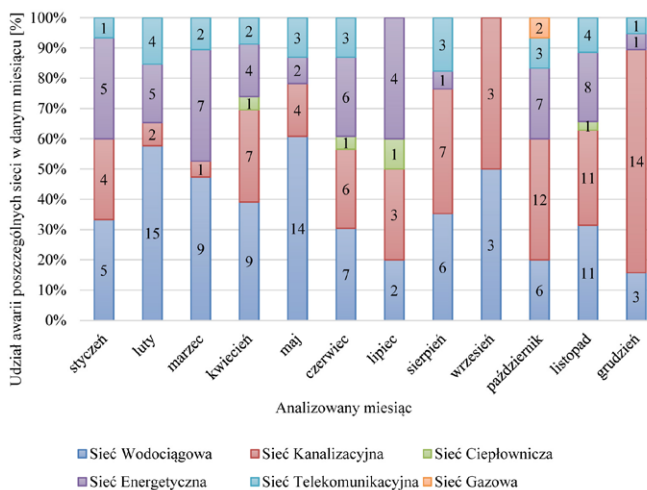
Awarie kanalizacyjne, które najczęściej związane są z zajęciem jezdni, generowały zajęcie największej powierzchni pasa drogowego.

Naprawy sieci energetycznych zajmowały zwykle chodniki i pasy zieleni. Usuwanie awarii gazowych zajmowało najmniejszą powierzchnię, ale należy mieć na uwadze, że w rozpatrywanym czasie stanowiły one zaledwie niecały 1% wszystkich przypadków. Zatem wielkość powierzchni wyłączanej z użytku na skutek napraw sieci kanalizacyjnych i wodociągowych wynikała również z faktu, że łącznie obejmowały one 66,7% wszystkich awarii (zobacz: rys. 3).

Na podstawie zebranych danych dokonano również zestawienia, z którego wynika, ile awarii w zależności od rodzaju sieci występowało w poszczególnych miesiącach (zobacz: tabela 2). Najwięcej awarii wystąpiło jesienią – 71, wiosną wystąpiło łącznie 65, zimą – 60, a latem – 50. W analizowanym przedziale czasowym najmniej awarii wystąpiło we wrześniu – 6, natomiast najwięcej w listopadzie – 35.

Tabela 2. Zestawienie liczby awarii w zależności od miesiąca wystąpienia i rodzaju sieci
Table 2. List of the number of failures depending on the month of occurrence and type of network

Lp.	MIESIĄC	SIEĆ					
		Wodociągowa	Kanalizacyjna	Ciepłownicza	Energetyczna	Telekomunikacyjna	Gazowa
Liczba awarii							
1	styczeń	5	4	0	5	1	0
2	luty	15	2	0	5	4	0
3	marzec	9	1	0	7	2	0
4	kwiecień	9	7	1	4	2	0
5	maj	14	4	0	2	3	0
6	czerwiec	7	6	1	6	3	0
7	lipiec	2	3	1	4	0	0
8	sierpień	6	7	0	1	3	0
9	wrzesień	3	3	0	0	0	0
10	październik	6	12	0	7	3	2
11	listopad	11	11	1	8	4	0
12	grudzień	3	14	0	1	1	0

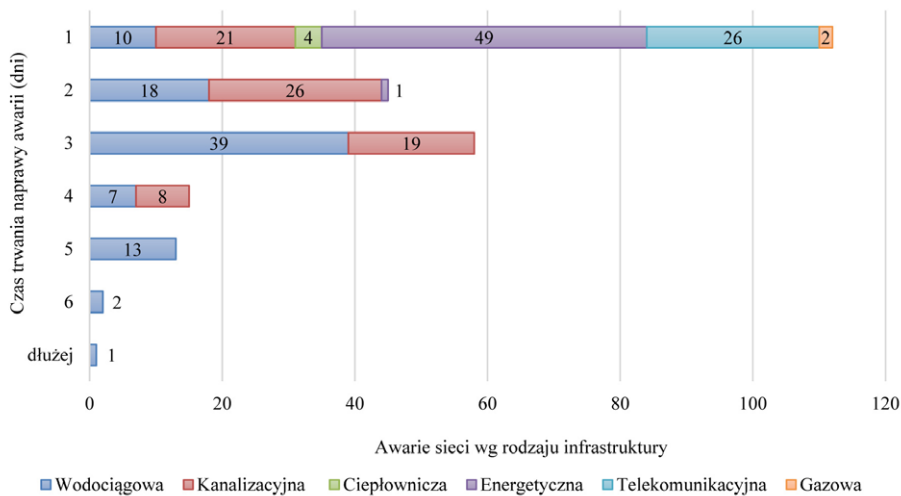


Rys. 4. Udział awarii poszczególnych sieci w odniesieniu do wszystkich awarii w danym miesiącu
Fig. 4. Share of failures of particular networks in relation to all failures in a given month

Awarie sieci wodociągowych w największej liczbie występowały w lutym i maju, kolejno 15 i 14, co stanowi około 60% wszystkich awarii mających miejsce w tych miesiącach. Najmniej uszkodzeń odnotowano w lipcu – 2 (20%). Sieci kanalizacyjne najczęściej podlegały konieczności naprawy w grudniu – 14 awarii, czyli 74%. W marcu wystąpiła jedna taka awaria, co odpowiada 5%. Najwięcej uszkodzeń sieci energetycznej miało miejsce w listopadzie – 8, więc 23% wszystkich awarii w tym miesiącu, najmniej – jedna w sierpniu (6%). W lipcu nie odnotowano nieprawidłowości w funkcjonowaniu sieci telekomunikacyjnej. Sieć ciepłownicza ulegała awariom wyłącznie w kwietniu, czerwcu, lipcu oraz listopadzie, natomiast sieć gazowa jedynie w październiku.

Naprawy omawianych sieci trwały zwykle do 6 dni. W analizowanym okresie tylko jedna z napraw awarii trwała dłużej, a znaczna większość została usunięta w okresie do 3 dni. W ciągu jednego dnia usunięto 46% wszystkich usterek, 18% – dwóch dni, 24% – trzech dni, 6% – czterech dni, 10% – pięciu, a zaledwie 1,5% w ciągu sześciu dni i dłużej.

Naprawa awarii gazowych, telekomunikacyjnych i ciepłowniczych w rozpatrywanym czasie trwały wyłącznie jeden dzień. Podobnie było z naprawą awarii sieci energetycznych, 98% zostało zrealizowane w przeciągu doby, zaledwie naprawa jednej z usterek trwała dwa dni. Prace nad



Rys. 5. Awarie sieci wg rodzaju infrastruktury oraz czas trwania ich naprawy

Fig. 5. Network failures regarding to the type of infrastructure and repair duration

naprawami awarii kanalizacyjnych trwały do 4 dni, natomiast nad naprawą awarii wodociągowych nawet dłużej niż 6 dni, przy czym znaczna większość nie przekraczała 5 dni (zobacz: rys. 5).

3. Monitoring i diagnostyka odtworzonych nawierzchni

Celem wykonania diagnostyki stanu odtwarzanych nawierzchni (pomiarów cech techniczno-eksploatacyjnych) było pozyskanie danych umożliwiających przeprowadzenie oceny stanu technicznego tych nawierzchni. Do podstawowych cech nawierzchni poza takimi jak: nośność i właściwości przeciwpoślizgowe, należą także: równość i cechy powierzchniowe. Stan nawierzchni zmienia się w całym procesie użytkowania, z reguły stopniowo się pogarszając. Stan nawierzchni zmienia się również po realizacji remontów, kiedy to z reguły się polepsza. Cechy eksploatacyjne charakteryzują więc właściwości nawierzchni w danym punkcie czasowym. Analiza cech nawierzchni (poprzez ocenę poszczególnych parametrów) jest więc możliwa dzięki pomiarom wykonywanym w ramach regularnych pomiarów. W wypadku dróg najniższej klasy i kategorii ruchu, w odróżnieniu od dróg wyższej klasy i kategorii, gdzie należy posługiwać się metodami oceny stanu cech nawierzchni, wystarczająca jest ocena wizualna.

W trakcie pomiarów cech techniczno-eksploatacyjnych badano cechy powierzchniowe takie jak wskaźnik stanu spękań, który wyznaczano na podstawie inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni w miejscu odtworzonej nawierzchni. W tym przypadku rejestrowano pęknięcia siatkowe, pęknięcia pojedyncze (podłużne i poprzeczne), wyboje oraz ubytki ziaren lub lepiszcza (zobacz: fot. 1).

Tabela 3. Inwentaryzacja stanu nawierzchni miejsc odtwarzanych po usunięciu awarii

Table 3. Inventory of the condition of the surface in places restored after repairing the failure

Stan nawierzchni jezdni w miejscu usunięcia awarii		po upływie:		
		stan "0"	2 lat	4 lat
dobry	nawierzchnie nowe o dobrym stanie wizualnym, nie wymagające remontów	155	101	76
zadawalający	nawierzchnie o zadawalającym stanie wizualnym, wymagające zabiegów utrzymaniowych	7	42	49
zły	nawierzchnie z uszkodzeniami, wymagające remontów	0	19	37
suma		162	162	162



Fot. 1. Badane nawierzchnie i ich stan po 2 latach (A2, B2, C2) i 4 latach (A4, B4, C4) od wykonania. A – nawierzchnia wykonana poprawnie, bez uszkodzeń; B – nawierzchnia kwalifikująca się do remontu już po 2 latach od wykonania; C – nawierzchnia wymagająca zabiegów utrzymaniowych po 2 latach i kwalifikująca się do remontu po 4 latach.

Photo 1. Tested surfaces and their condition after 2 years (A2, B2, C2) and 4 years (A4, B4, C4) after completion. A – surface improved, no damage; B – surface eligible for renovation just 2 years after completion; C – surface requiring maintenance after 2 years and eligible for renovation after 4 years.

Jak wynika z tabeli 3 już w chwili odtworzenia nawierzchni jezdni po robotach związanych z usunięciem 162 awarii sieci podziemnych, stan 7 miejsc zakwalifikowano jedynie jako zadawalający. Wpłynęły na to następujące przyczyny:

- krawędzie warstwy nawierzchni nie były równo obciążone (z możliwie najmniejszą ilością załamań linii cięcia),
- warstwy nawierzchni nie zostały należycie zagęszczone,
- nie zachowano zgodności spadków: poprzecznego i podłużnego z istniejącą nawierzchnią,
- spoin na styku nawierzchni nie zalano masą asfaltową.

Po upływie 2 lat stan nawierzchni na około 30% miejsc, gdzie doszło do otworzenia nawierzchni, uległ znacznemu pogorszeniu. Stan dobry zachowało 101 miejsc, natomiast w 42 przypadkach stwierdzono pierwsze uszkodzenia nawierzchni:

- pojedyncze pęknięcia podłużne lub poprzeczne,
- ubytki ziaren lub lepiszcza,
- wykruszenia w miejscu styku nawierzchni starej i odtwarzanej.

Stan nawierzchni, który zakwalifikowano jako zły, wymagający remontu stwierdzono w 19 przypadkach, gdzie w trakcie pomiarów cech techniczno-eksploatacyjnych, zinventaryzowano:

- liczne spękania siatkowe,
- pęknięcia pojedyncze (podłużne i poprzeczne),
- wyboje,
- ubytki ziaren lub lepiszcza.

Stan nawierzchni miejsc odtwarzanych ulegał dalszemu pogarszaniu w okresie kolejnych 2 lat. I tak po 4 latach od usunięcia awarii i odtworzenia nawierzchni stan dobry stwierdzono w 76 przypadkach, stan zadawalający w 49, a stan zły 37.

4. Podsumowanie

Liczne sieci podziemne, które występują w pasach drogowych dróg publicznych mogą przyczynić się do skrócenia żywotności dróg. Urządzenia obce, zbędne dla funkcjonowania samej drogi, bardzo często są umieszczane pod chodnikami lub jezdnią, co w chwili usuwania ich awarii wymusza naruszenie istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni dróg. Jak wynika z przeprowadzonych badań kwestia odtworzenia poszczególnych warstw często jest jednak bagatelizowana, co w konsekwencji ma wpływ na skrócenie okresów eksploatacyjnych i szybsze pojawienie się wyraźnych uszkodzeń w miejscu odtworzenia tzw. łat. W związku z brakiem ogólnych przepisów normujących zasady odtwarzania nawierzchni dróg uszkodzonych w wyniku usuwania awarii sieci podziemnych, duża część zarządców dróg wprowadza instrukcje odtworzenia pasa drogowego naruszonego w wyniku prowadzonych robót związanych z usuwaniem awarii sieci znajdującej się w pasie drogowym, co jednak nie zawsze daje oczekiwane efekty. Jak się wydaje, najważniejszy w całym procesie odtwarzania nawierzchni jest bowiem nadzór i skrupulatne odbiory poszczególnych warstw konstrukcyjnych.

Przedstawione wyniki badań dowodzą, iż najczęściej stosowany dwuletni okres gwarancyjny na wykonane prace odtworzeniowe nawierzchni drogowych jest niewystarczający i powinien być wydłużony do co najmniej 5 lat. Analizując wyniki badań przeprowadzonych w Płocku, należy stwierdzić, że do największej liczby awarii dochodzi w okresie między listopadem a lutym, czyli w okresie najmniej korzystnym w naszym klimacie do prowadzenia prac budowlanych. To właśnie w tym okresie notowane są największe amplitudy temperatur. Ma to również swoje odzwierciedlenie w analizie nawierzchni odtwarzanych w tym czasie, które wymagają szybszej interwencji (zabiegów utrzymaniowych lub remontu), niż w pozostałych przypadkach. Dlatego też, należy dążyć do stosowania w okresie zimowym nawierzchni tymczasowych, które w sprzyjających warunkach atmosferycznych podlegałyby wymienianiu na nawierzchnie docelowe.

Przyczyn skrócenia okresów eksploatacyjnych i szybszego pojawienia się uszkodzeń nawierzchni w miejscach tzw. łat jest jednak więcej, a do najważniejszych zaliczyć należy m.in.:

- nierówne obciążenie krawędzi warstw nawierzchni,
- niewywiezienie i zutylizowanie gruntu wydobytego z wykopu, a ponowne zasypanie nim wykopu i nieosiągnięcie odpowiedniego wskaźnika zagęszczenia,
- nieprzestrzeganie zasady odbudowy warstw odpowiedniej grubości i z tych samych materiałów, jakie były w konstrukcji jezdni i nieosiągnięcie odpowiedniego wskaźnika zagęszczenia,
- niestosowanie związania międzywarstwowego pomiędzy warstwami mineralno-bitumicznymi,
- niezalanie masą asfaltową spoin na styku nawierzchni.

Dodatkowo należy wskazać na potrzebę wnikliwej analizy możliwości lokowania sieci kanalizacyjnych i wodociągowych poza pasem drogowym, co w znaczący sposób ograniczy koszty, także społeczne, usuwania awarii tych sieci.

Praca powstała w ramach grantu badawczego realizowanego w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport na Wydziale Budownictwa Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej

LITERATURA

- [1] Angelo Asnake Adrar, Kotaro Sasai, Kiyoyuki Kaito 2023. "Assessing Critical Road Sections: A Decision Matrix Approach Considering Safety and Pavement Condition". *Sustainability* 15, 7244. <https://doi.org/10.3390/su15097244>
- [2] Angelo Asnake Adrar, Kotaro Sasai, Kiyoyuki Kaito. 2023. "Safety Integrated Network Level Pavement Maintenance Decision Support Framework as a Practical Solution in Developing Countries: The Case of Addis Ababa, Ethiopia". *Sustainability* 15, 8884. <https://doi.org/10.3390/su15118884>
- [3] Beketov Amir, Shakhnoza Khalimova. 2023 "Impact of Roughness and Friction Properties of Road Surface of Urban Streets on the Traffic Safety", *Safety and Security Engineering in Transport*, DOI: 10.26552/com.C.2023.051
- [4] Bieliatynskiy Andrii, Yulin He, Valerii Pershakov, Oleksandra Akmalidina, Kateryna Kravushkina. 2022. "Environment with Dust from Road Surface Repairs". *Civil and Environmental Engineering* 18(2): 715-725. <https://doi.org/10.2478/cee-2022-0066>,
- [5] Bieliatynskiy Andrii, Shilin Yang, Valerii Pershakov, Meiyu Shao, Mingyang Ta. 2023 "Comparative analysis of the influence of various materials on the state of the roadside environment during the road repair" *Environ Sci Pollut Res Int.* 30(6):15523-15530. doi: 10.1007/s11356-022-23212-4
- [6] Boucetta Zakaria, El Fazziki Abdelaziz, El Adnan Mohamed. 2021. A Deep-Learning-Based Road Deterioration Notification and Road Condition Monitoring Framework, *International Journal of Intelligent Engineering and Systems* 14 (3), DOI: 10.22266/ijies2021.0630.42
- [7] Daniyati Martri, Setyawan Ary, Pramesti F. Pungki, Setyawan Bayu. 2020 "The implementation of road evaluation and monitoring system at the city road conditions". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/858/1/012001>
- [8] Hendra Syaiful, Ngemba Hajra Rasmita, Laila R., Sadiq J., Indrajaya Muh. Aristo, Alamsyah, Hidayah A., Rahmawati S. 2023. "Decision Support System Determining Priority for Road Improvements to Support Sustainable Road Construction". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1157, 012040, doi:10.1088/1755-1315/1157/1/012040
- [9] Informacja o wynikach kontroli NIK. Utrzymanie i eksploatacja sieci wodociągowych w miastach KSI.410.002.00.2017 Nr ewid. 196/2017/P/17/048/KSI.
- [10] Kassem Diana, Carlos Arce-Lopera. 2021. „Road-Condition Monitoring and Classification for Smart Cities”. In: *Ahram, T. (eds) Advances in Artificial Intelligence, Software and Systems Engineering*. AHFE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1213. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51328-3_60
- [11] Kissi Ernest Prosper Babon-Ayeng, Clinton Aigbavboa, Daniel Duah, Eugene Danquah-Smith, Reuben Agyei Tannor. 2023. "Examining green road construction components: the case of Ghana". *Built Environment Project and Asset Management* 13 (5): 682-699. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-08-2022-0120>
- [12] Pérez-Fortes, Anna Patricia, Henri Giudici. 2022. "A recent overview of the effect of road surface properties on road safety, environment, and how to monitor them". *Environ Sci Pollut Res* 29, 65993-66009. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21847-x>
- [13] Piegdoń Izabela, Barbara Tchórzewska-Cieślak. 2017. „Możliwość wykorzystania danych o awariach sieci wodociągowej w procesie planowania jej remontu”. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture* 199-210, doi:10.7862/rb.2017.240
- [14] Putra Agung Rubian Dwi, Yasruddin Yasruddin. 2021. "Planning evaluation of rigid pavement's thickness on intersection of a road segment of sikuli km. 34 national road sta. 0+000 s/d 0+300east Barito district" *CERUCUK* 5 (1): 1.
- [15] Sari Mayang, Kosim Kosim, Andika Saputra. 2023. „Application of the Promethee II Method for Determining Road Improvement Priorities”. *J.Math.Instr.Soc.Res.Opin.* 2 (1): 11-22.
- [16] Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie kłeski żywiołowej (Dz.U. 2017 poz. 1897)
- [17] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz.U. z 2021 r. poz. 1376)
- [18] Wu Lixin, Guo Zhu Cheng. 2012. „Evaluation on Damaged Pavement and Its Influence on Capacity of Urban Road Section”. *Advanced Materials Research* 446-449: 2514-2517. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.446-449.2514>,
- [19] Wu Lixin, Guo Zhu Cheng. 2012. „Influence of Damaged Pavement on Saturated Headway and Average Travel Speed of Urban Road Section”. *Advanced Materials Research*,446-449: 2453-2456. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.446-449.2453>