



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I PROJEKT TECHNOLOGII MODERNIZACJI NAWIERZCHNI ALEI HALLERA W GDAŃSKU

NA ODCINKACH:

Jezdnia w kierunku Brzeźna:

**od ul. Kościuszki do Al. Płacyńskiego
od ul. Dworskiej do ul. Wczasy**

Jezdnia w kierunku Wrzeszcza:

**od ul. Wczasy do Al. Płacyńskiego
od Al. Płacyńskiego do ul. Mickiewicza
od ul. Okrzei do węzła Kliniczna**

Opracowano na zlecenie:

**Gdański Zarządu Dróg i Zieleni,
ul. Partyzantów 36
80-254 Gdańsk**

Opracowali:

dr hab. inż. Piotr Jaskuła, prof. PG

dr inż. Marek Pszczoła

mgr inż. Cezary Szydłowski

dr inż. Marcin Stienss

dr hab. inż. Piotr Jaskuła, prof. PG

Kierownik Katedry Inżynierii Drogowej i Transportowej

Gdańsk, grudzień 2019

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
1.1. PODSTAWA OPRACOWANIA.....	5
1.2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA.....	5
1.3. OPIS PROBLEMU	6
2. MATERIAŁY WYJŚCIOWE.....	7
3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ TERENOWYCH.....	7
3.1. OCENA WIZUALNA STANU NAWIERZCHNI	8
3.2. UKŁAD I GRUBOŚCI WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI	28
3.3. UGIĘCIA NAWIERZCHNI ZMIERZONE UGIĘCIOMIERZEM DYNAMICZNYM FWD	32
3.4. WŁAŚCIWOŚCI ISTNIEJĄCYCH WARSTW ASFALTOWYCH, PODBUDOWY I PODŁOŻA GRUNTOWEGO.....	34
3.5. WZMOCNIENIE ISTNIEJĄCEJ NAWIERZCHNI METODĄ UGIĘĆ.....	35
4. TECHNOLOGIA MODERNIZACJI I WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI ALEI HALLERA W GDAŃSKU	41
5. PROJEKT WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI.....	44
5.1. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE	44
5.2. STAŁE MATERIAŁOWE PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ.....	46
5.3. TOLERANCJE WYKONANIA GRUBOŚCI WARSTW	47
5.4. WARUNEK ODPORNOŚCI NA POWSTANIE WYSADZIN.....	48
5.5. WYNIKI OBLICZEŃ TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ	48
6. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIA.....	49
7. WYMAGANIA MATERIAŁOWE I TECHNOLOGICZNE.....	54
7.1. WYKONANIE WARSTWY ŚCIERALNEJ Z MASTYKSU GRYSOWEGO SMA8, SMA11.....	54
7.2. WARSTWA WYRÓWNAWCZA/WIĄŻĄCA Z BETONU ASFALTOWEGO AC 16W	55
7.3. POŁĄCZENIE MIĘDZYWARSTWOWE	56
7.4. WYKONANIE WARSTWY PRZECIWSPEKANIOWEJ Z SIATKI Z WŁÓKIEN SZKŁANYCH I WĘGLOWYCH	56
7.5. WYKONANIE WARSTWY PODBUDOWY ZASADNICZEJ Z MIESZANKI NIEZWIĄZANEJ Z KRUSZYWEM C _{90/3}	57
7.6. WYKONANIE WARSTWY PODBUDOWY POMOCNICZEJ Z MIESZANKI ZWIĄZANEJ CEMENTEM.....	58
8. PODSUMOWANIE I ZALECENIA DOTYCZĄCE METODY MODERNIZACJI NAWIERZCHNI ..	59

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ I PROJEKT TECHNOLOGII MODERNIZACJI NAWIERZCHNI ALEI HALLERA W GDAŃSKU

NA ODCINKACH:

Jezdnia w kierunku Brzeźna:
od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego
od ul. Dworskiej do ul. Wczasy

Jezdnia w kierunku Wrzeszcza:
od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego
od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza
od ul. Okrzei do węzła Kliniczna

1. WSTĘP

1.1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na zlecenie Gdańskiego Zarządu Dróg i Zieleni, ul. Partyzantów 36, w ramach umowy nr WILiŚ/F/10/BZ/002/2019 z dnia 9.10.2019 r.

1.2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest analiza wyników badań terenowych i laboratoryjnych, ocena stanu istniejącego konstrukcji nawierzchni a także opracowanie technologii modernizacji nawierzchni wraz z obliczeniami wymaganej grubości wzmocnienia i trwałości zmęczeniowej analizowanego odcinka Alei Hallera w Gdańsku. Zakres planowanej modernizacji Alei Hallera obejmuje 5 odcinków wskazanych przez Zamawiającego:

1. W przypadku jezdni Al. Hallera w kierunku Brzeźna:
 - odcinek od skrzyżowania z ul. Kościuszki do skrzyżowania z Al. Płazyńskiego, długość odcinka około 1415 m,
 - odcinek od skrzyżowania z ul. Dworską do skrzyżowania z Wczasy, długość odcinka około 725 m,
2. W przypadku jezdni Al. Hallera w kierunku Wrzeszcza:
 - odcinek od skrzyżowania z ul. Wczasy do skrzyżowania z Al. Płazyńskiego, długość odcinka około 835 m,
 - odcinek od skrzyżowania z Al. Płazyńskiego do skrzyżowania z ul. Mickiewicza, długość odcinka około 1890 m,
 - odcinek od skrzyżowania z ul. Okrzei do początku skrzyżowania w ramach węzła Kliniczna, długość odcinka około 140 m.

Łączna długość analizowanych odcinków z wyłączeniem fragmentów, które zostały wcześniej zmodernizowane wynosi około 5000 m.

Badania terenowe i laboratoryjne wykonywane zostały przez:

- Laboratorium Drogowe Politechniki Gdańskiej (listopad 2019 r.) – w zakresie inwentaryzacji istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz oceny stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni,
- Zachodniopomorskie Laboratorium Drogowe w Koszalinie (październik 2019 r.) – w zakresie oceny ugięć metodą FWD.

W zakres opracowania wchodzi następujące elementy:

- Ocena stanu technicznego nawierzchni na podstawie wizji terenowej, inwentaryzacji spękań poprzecznych oraz deformacji nawierzchni.
- Analiza wyników badań terenowych nawierzchni:
 - Ugięć ugięciomierzem dynamicznym FWD,
 - Inwentaryzacji konstrukcji nawierzchni na podstawie wyników z przeprowadzonych odwiertów, oceną grubości i stanu technicznego poszczególnych warstw nawierzchni oraz oceną rodzaju i zagęszczenia podłoża gruntowego do głębokości 2 m pod konstrukcją nawierzchni. Ocena swobodnego zwierciadła wody gruntowej.
 - Obliczenia odwrotne modułów sprężystości istniejących warstw (pakietu warstw bitumicznych, podbudowy oraz podłoża gruntowego) na podstawie czaszy ugięć z badań FWD i grubości poszczególnych warstw.
- Podział odcinków na odcinki miarodajne w zależności od stanu technicznego oraz analizy wyników badań terenowych nawierzchni.
- Opracowanie technologii modernizacji i wzmocnienia analizowanych odcinków Al. Hallera.
- Obliczenia trwałości zmęczeniowej z wykorzystaniem metod mechanistycznych dla analizowanych wariantów modernizacji i wzmocnienia nawierzchni.
- Opracowanie podstawowych zaleceń materiałowych do późniejszego zastosowania w specyfikacji technicznej.

1.3. Opis problemu

Konstrukcja nawierzchni na analizowanych odcinkach Alei Hallera jest w złym stanie technicznym i wymaga modernizacji oraz wzmocnienia. Stopień i zakres występujących uszkodzeń jest różny, lecz na przeważającej części analizowanych odcinków stan ten jest zły lub nawet bardzo zły. Wykonywane doraźne naprawy w postaci łat lub cienkich lokalnych nakładek z jednej warstwy asfaltowej nie poprawiają w wystarczającym stopniu istniejącego stanu nawierzchni lub poprawa jest krótkotrwała, co skutkuje odtwarzaniem się uszkodzeń w tych samych miejscach. Główne rodzaje występujących uszkodzeń to spękania zmęczeniowe, spękania poprzeczne i nieregularne, koleiny, lokalne deformacje i zapadnięcia.

2. MATERIAŁY WYJŚCIOWE

W niniejszym opracowaniu wykorzystano następujące materiały wyjściowe oraz dokumenty techniczne:

- [1] „Badania ugięć sprężystych nawierzchni mineralno-bitumicznej przy użyciu ugięciomierza dynamicznego FWD, Al. Hallera w m. Gdańsk, odcinki: od ul. Wczasy do Al. Płażyńskiego, od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, od Al. Płażyńskiego do ul. Mickiewicza, od ul. Kościuszko do Al. Płażyńskiego, od ul. Okrzei do węzła Kliniczna”, Zachodniopomorskie Laboratorium Drogowe w Koszalinie, 75-122 Koszalin ul. Szczecińska 31, październik 2019 r.
- [2] Wizja lokalna przeprowadzona przez pracowników Zespołu Budowy Dróg Katedry Inżynierii Drogowej i Transportowej Politechniki Gdańskiej, listopad 2019 r.
- [3] Szczegółowe ustalenia z Zamawiającym przeprowadzone w dniu 8.11.2019 r. dotyczące wielkości ruchu projektowego (kategorii ruchu) oraz ograniczeń technologicznych.
- [4] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r., w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne., DZ. U. nr 43, poz. 430 z późn. zm.
- [5] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, Załącznik do zarządzenia nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.
- [6] Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, IBDiM Warszawa 2001.
- [7] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, WT-2 2014 – część I. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne, Załącznik do zarządzenia nr 47 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 25.09.2014 r.
- [8] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, WT-2 2016 – część II. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne, Załącznik do zarządzenia nr 7 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 9.05.2016 r.
- [10] Wymagania Techniczne. Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych. WT-1 2014.
- [11] Wymagania Techniczne. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Mieszanki niezwiązane, WT-4, 2010.
- [12] Wymagania Techniczne. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym, WT-5, 2010.

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ TERENOWYCH

W niniejszym opracowaniu wykorzystano następujące wyniki badań terenowych i laboratoryjnych:

1. Ocenę wizualną nawierzchni wraz z oceną spękań oraz kolein.
2. Inwentaryzację warstw nawierzchni poprzez odwierty w konstrukcji nawierzchni.

3. Rozpoznanie rodzaju, stanu oraz nośności sondą DCP podłoża gruntowego do 2 m pod konstrukcją nawierzchni.
4. Pomiar ugięć nawierzchni aparatem FWD, wykonane przez Zachodniopomorskie Laboratorium Drogowe w Koszalinie.
5. Określenie modułów sprężystości poszczególnych warstw istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz podłoża gruntowego przy wykorzystaniu obliczeń odwrotnych ugięć FWD.

3.1. Ocena wizualna stanu nawierzchni

W dniu 30 października 2019 r. pracownicy Katedry Inżynierii Drogowej i Transportowej Politechniki Gdańskiej dokonali oceny wizualnej stanu nawierzchni analizowanych odcinków Alei Hallera w Gdańsku.

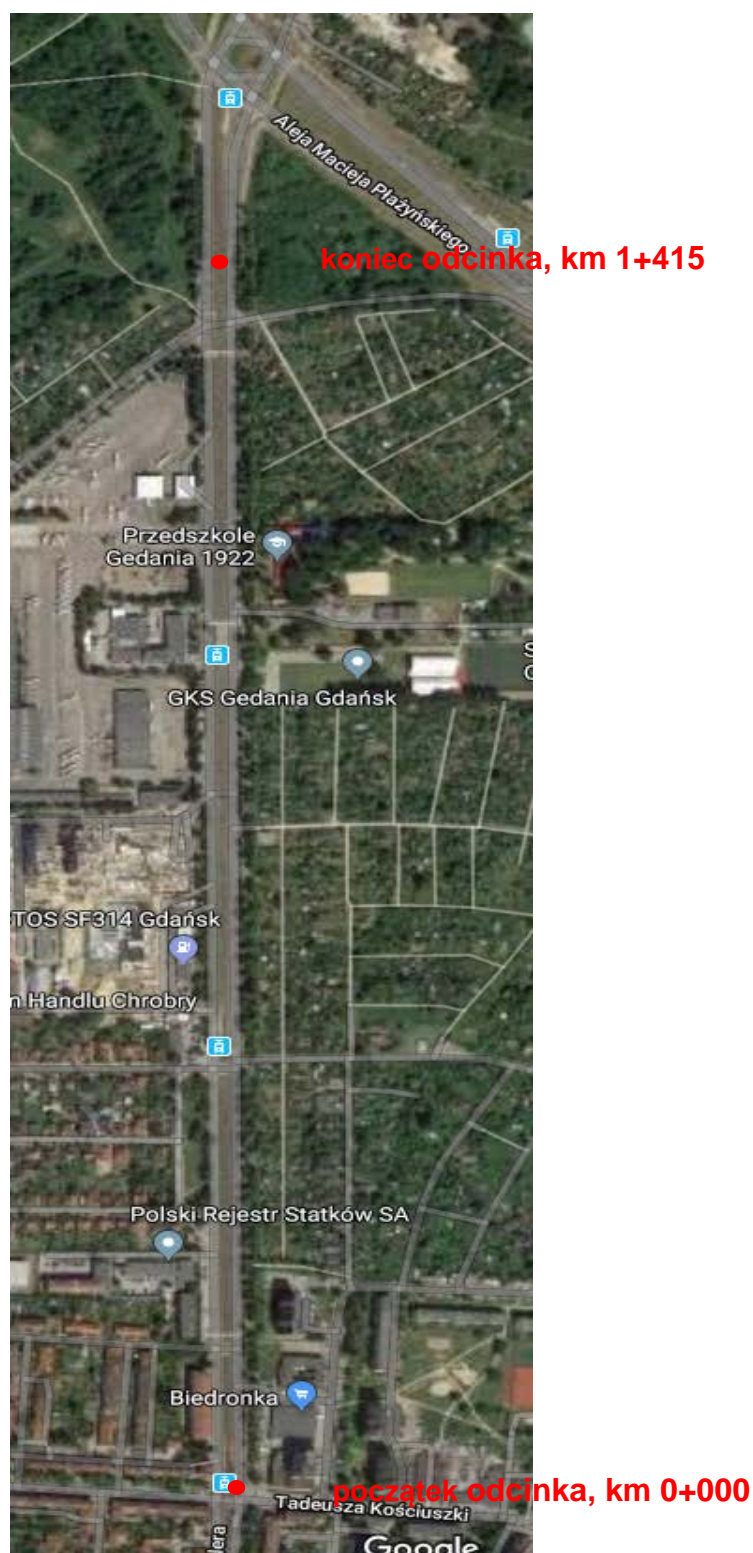
Nawierzchnia Alei Hallera na przeważającym odcinku ma przekrój dwujezdniowy, po dwa pasy w każdym kierunku oraz dodatkowo wyłączenia lewo i prawoskrętów. Na odcinkach od skrzyżowania z Al. Płazyńskiego do skrzyżowania z ul. Wczasy, na części długości na prawym pasie ruchu wydzielone zostały miejsca postojowe dla samochodów osobowych.

Zakres planowanej modernizacji na wybranych odcinkach Al. Hallera wynika z podziału przeprowadzonego przez Zamawiającego, Gdański Zarząd Dróg i Zieleni. Dla potrzeb niniejszego opracowania analizowane odcinki Al. Hallera podzielono na odcinki wschodnie, dotyczące jezdni w kierunku Brzeźna, oznaczone jako odcinki A oraz odcinki zachodnie, dotyczące jezdni w kierunku centrum Wrzeszcza i oznaczone jako odcinki B. Podsumowując, ocenę konstrukcji nawierzchni przeprowadzono z podziałem na następujące odcinki:

- odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdni w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 1+415,
- odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdni w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 0+725,
- odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+835,
- odcinek B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 1+890,
- odcinek B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+140.

Odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdni w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 1+415)

Lokalizację odcinka A1 od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja odcinka A1 od ul. Kościuszki do Al. Płacyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 1+415

Na całym analizowanym odcinku od skrzyżowania z ul. Kościuszki do skrzyżowania z Al. Płacyńskiego istniejąca nawierzchnia jest w złym stanie technicznym. Jest ona nierówna i wykazuje liczne zapadnięcia wskazujące na utratę nośności oraz wyboje.

W nawierzchni występują liczne spękania poprzeczne o charakterze odbitym. Średni indeks spękań oznaczający średnią liczbę spękań na 100 m odcinka wynosi 3,7, co oznacza prawie 4 spękania poprzeczne na 100 mb analizowanego odcinka. Na odcinku występują spękania siatkowe o różnej intensywności zlokalizowane w większości na prawym pasie ruchu. W nawierzchni występuje dużo łat, czasem na całej szerokości pasa i w różnym stanie. Występują spękania wokół studni i kratek ściekowych. Na całej długości odcinka intensywność zniszczeń jest różna, maleje w miejscach łat zastosowanych na całej szerokości pasa ruchu. Większą intensywność uszkodzeń zanotowano na pasie zewnętrznym (prawym). Na analizowanym odcinku Al. Hallera występują koleiny, zlokalizowane głównie na prawym pasie ruchu. Przed skrzyżowaniem z ulicą dojazdową do ogródków działkowych intensywność występowania kolein o charakterze plastycznym jest bardzo duża. Szczegółową ocenę występujących uszkodzeń nawierzchni przedstawiono w załączniku 2. Przykłady stwierdzonych uszkodzeń nawierzchni przedstawiono na fotografiach od 1 do 5.



Fot. 1. Ogólny widok odcinka z widocznymi, licznymi spękaniami poprzecznymi



Fot. 2. Przykład spękań zmęczeniowych występujących na wykonanej łacie w okolicy studni kanalizacyjnej



Fot. 3. Przykład spękań zarówno spękań poprzecznych na całą szerokość jezdni, jak i spękań naprawianych częściowo na prawym pasie ruchu



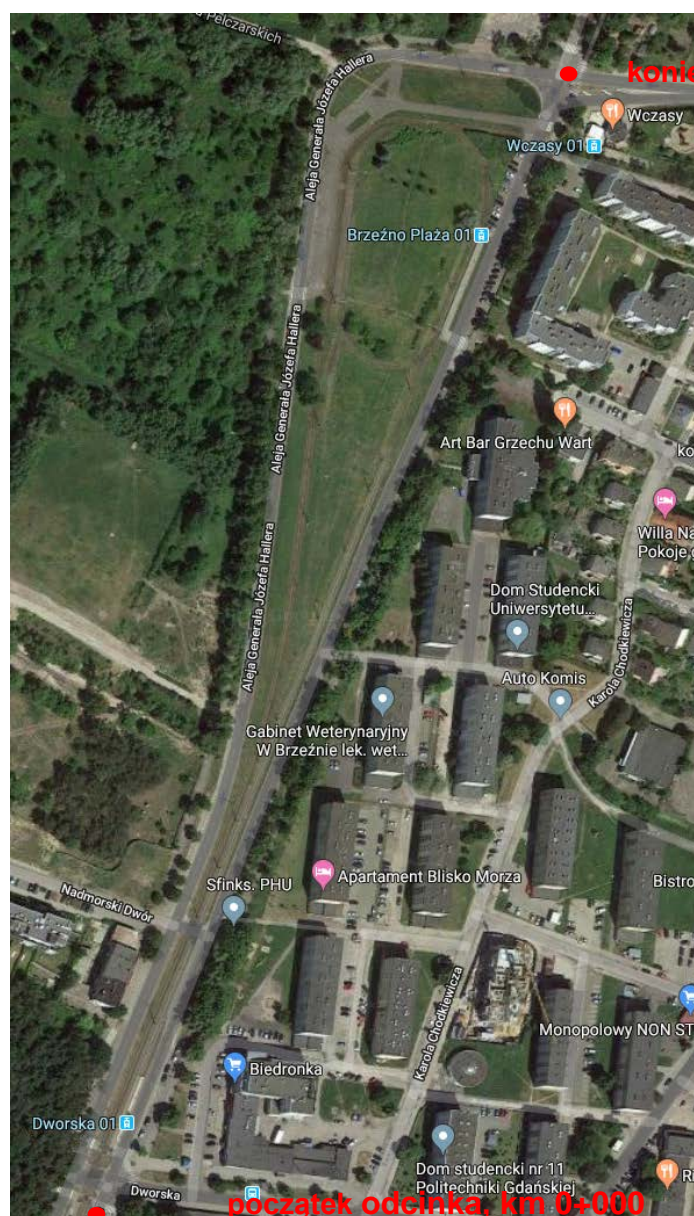
Fot. 4. Przykład intensywnych spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu



Fot. 5. Przykład zapadnięć w okolicy studni kanalizacyjnej na lewym pasie ruchu

Odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 0+725

Lokalizację odcinka A2 od ul. Dworskiej do ul. Wczasy przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Lokalizacja odcinek A2, od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdni w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 0+725

Na analizowanym odcinku A2 rozpoczynającym się około 90 m przed skrzyżowaniem z ul. Dworską i kończącym się na skrzyżowaniu z ul. Wczasy istniejąca nawierzchnia jest w złym stanie technicznym. W nawierzchni występują liczne spękania poprzeczne o charakterze odbitym. Średni indeks spękań oznaczający średnią liczbę spękań na 100 m odcinka wynosi aż 8,85, co oznacza prawie 9 spękań poprzecznych na 100 m odcinka. Często w obrębie powstałych spękań poprzecznych nawierzchnia ulega przyspieszonej degradacji. Na odcinku występują spękania siatkowe o różnej intensywności zlokalizowane w większości na prawym pasie ruchu. W nawierzchni występuje dużo łat, czasem na całej szerokości pasa i w różnym stanie. Występują spękania wokół studni i kratek ściekowych. Na analizowanym odcinku Al. Hallera występują koleiny i odciski na powierzchni warstw bitumicznych, zlokalizowane głównie na prawym pasie. Pas ten od skrzyżowania z ul. Dworską został wydzielony

na miejsca postojowe dla pojazdów osobowych. Przykłady stwierdzonych uszkodzeń nawierzchni przedstawiono na fotografiach od 6 do 10.



Fot. 6. Ogólny widok odcinka przed skrzyżowaniem z ul. Dworską



Fot. 7. Przykład spękań poprzecznych i licznych napraw w postaci łat



Fot. 8. Przykład licznych spękań poprzecznych



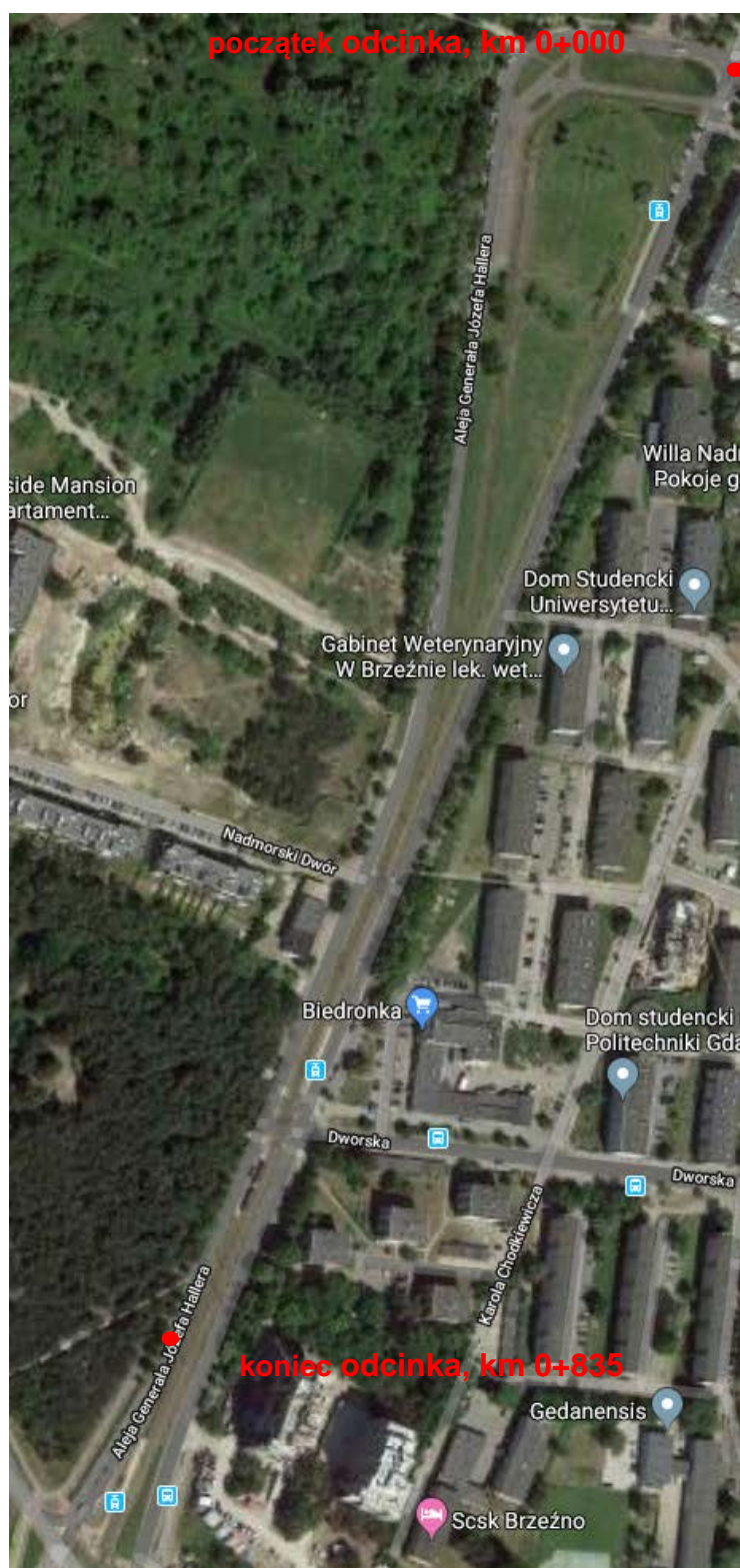
Fot. 9. Przykład odcisków i deformacji istniejących warstw bitumicznych na pasie prawym z wydzielonymi miejscami postojowymi



Fot. 10. Przykład postępującej degradacji nawierzchni w obrębie powstałego spękania poprzecznego

Odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+835

Lokalizację odcinka B1 od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Lokalizacja odcinek B1, od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+835

Na analizowanym odcinku Al. Hallera od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego istniejąca nawierzchnia jest w złym stanie technicznym. W nawierzchni występują spękania poprzeczne o charakterze odbitym. Średni indeks spękań oznaczający średnią liczbę spękań na 100 m odcinka wynosi 2,02, co oznacza nieco ponad 2 spękania

poprzeczne na 100 mb odcinka. W obrębie powstałych spękań poprzecznych nawierzchnia ulega przyspieszonej degradacji. Na odcinku występują spękania siatkowe o różnej intensywności zlokalizowane na całej szerokości jezdni. W nawierzchni występuje dużo łat, czasem na całej szerokości pasa i w różnym stanie. Na analizowanym odcinku Al. Hallera występują koleiny i odciski na powierzchni warstw bitumicznych, zlokalizowane głównie na prawym pasie. Pas ten, który rozpoczyna się około 50 m od skrzyżowania z ul. Wczasy został wydzielony na miejsca postojowe dla pojazdów osobowych. Przykłady stwierdzonych uszkodzeń nawierzchni przedstawiono na fotografiach od 11 do 15.



Fot. 11. Ogólny widok odcinka z licznymi spękaniami i naprawami w postaci łat



Fot. 12. Przykład spękań zmęczeniowych w początkowej części odcinka



Fot. 13. Przykład odcisków i deformacji istniejących warstw bitumicznych na pasie
prawym z wydzielonymi miejscami postojowymi



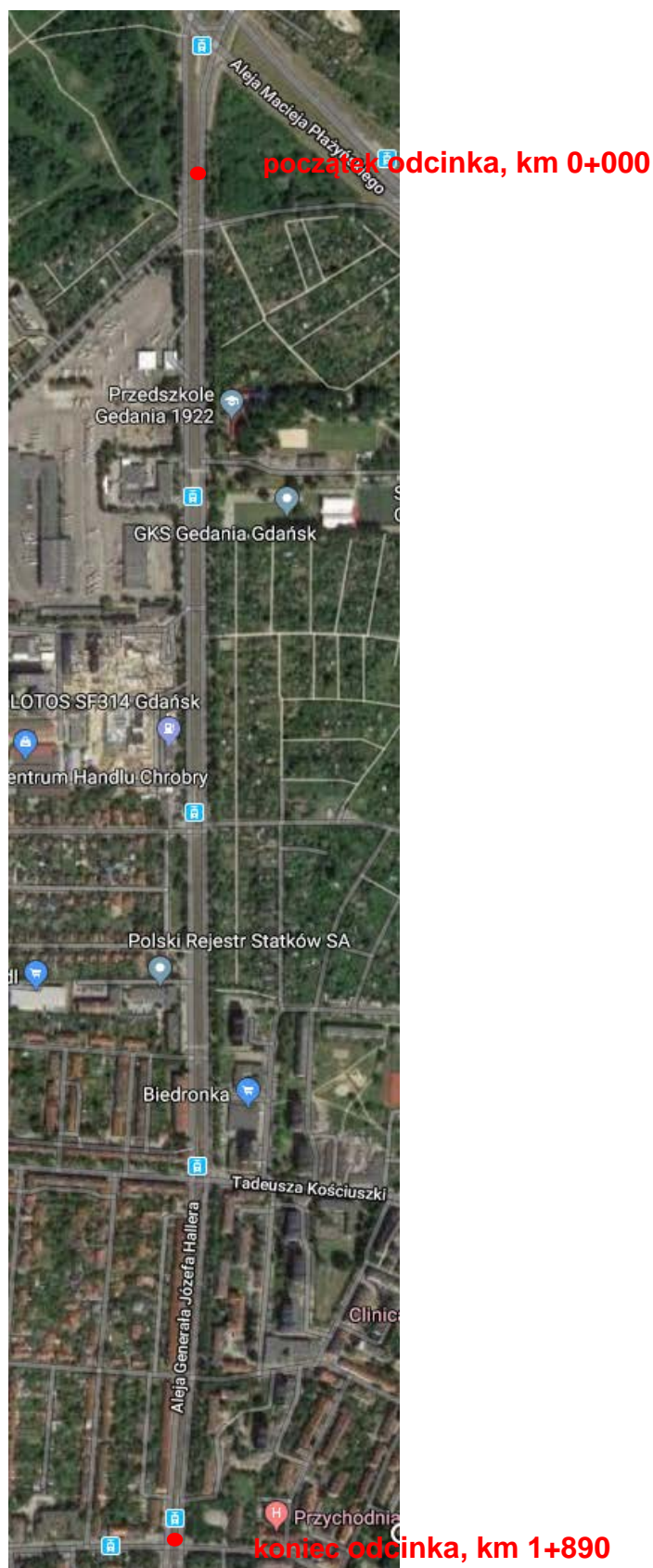
Fot. 14. Przykład degradacji nawierzchni w postaci wybojów



Fot. 15. Przykład spękań zmęczeniowych występujących głównie na prawym pasie ruchu pomiędzy skrzyżowaniami z ul. Dworską i Al. Płazyńskiego

Odcinek B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 1+890

Lokalizację odcinka B2 od Al. Płacyńskiego do ul. Mickiewicza przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Lokalizacja odcinek B2, od Al. Płacyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 1+890

Na analizowanym odcinku B2 od skrzyżowania z Al. Płazyńskiego do skrzyżowania z ul. Mickiewicza istniejąca nawierzchnia jest w średnim lub złym stanie technicznym. W nawierzchni występują spękania poprzeczne. Nie są one jednak tak intensywne, jak na przeciwległej jezdni w kierunku Brzeźna. Średni indeks spękań oznaczający średnią liczbę spękań na 100 m odcinka wynosi 0,32, co oznacza niecałe 1 spękanie poprzeczne na 100 mb analizowanego odcinka. Mniejsza ilość spękań poprzecznych wynika z występowania tłucznia kamiennego w podbudowie. Czyli występujące spękania poprzeczne mają charakter bardziej spękań niskotemperaturowych, niż spękań odbitych. Na odcinku występują spękania siatkowe o różnej intensywności zlokalizowane w większości na prawym pasie ruchu. W niektórych miejscach występujące spękania zmęczeniowe mają charakter spękań związanych ze starzeniem się istniejących mieszanek mineralno-asfaltowych. Są to tzw. aligator cracking i wiążą się bezpośrednio z dużą sztywności istniejących warstw asfaltowych. W nawierzchni występuje dużo łat, czasem na całej szerokości pasa i w różnym stanie. Występują spękania wokół studni i kratek ściekowych. Na całej długości odcinka intensywność zniszczeń jest różna, maleje w miejscach łat zastosowanych na całej szerokości pasa ruchu. Na analizowanym odcinku Al. Hallera występują koleiny, zlokalizowane głównie na prawym pasie ruchu. Przed skrzyżowaniami np. z ul. Kościuszki oraz z ul. Mickiewicza intensywność występowania kolein o charakterze plastycznym jest bardzo duża. Przykłady stwierdzonych uszkodzeń nawierzchni przedstawiono na fotografiach od 16 do 22.



Fot. 16. Ogólny widok odcinka



Fot. 17. Przykład występujących spękań zmęczeniowych oraz przeprowadzonych napraw tych uszkodzeń w postaci łat



Fot. 18. Przykład przeprowadzonej nieskutecznej naprawy – spękana łata z betonu asfaltowego



Fot. 19. Przykład uszkodzeń i wybojów na pasach wyłączania i prawoskrętach



Fot. 20. Przykład spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu na wysokości przejazdu przez torowisko tramwajowe



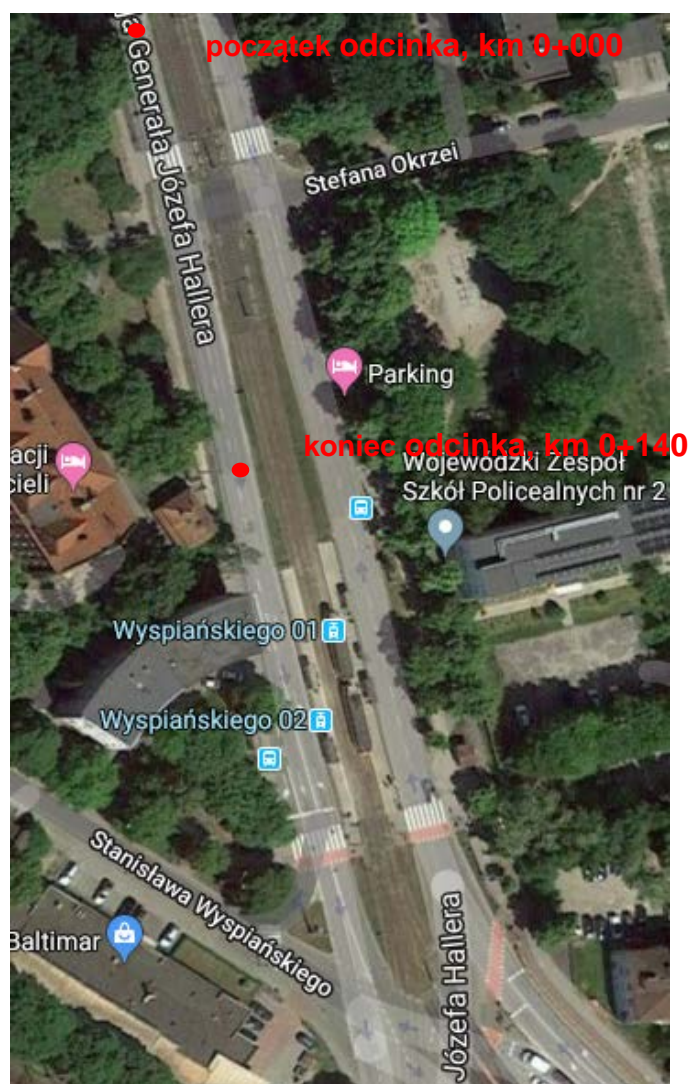
Fot. 21. Przykład spękań na całej powierzchni nawierzchni o charakterze spękań związanych ze starzeniem warstw asfaltowych (tzw. alligator cracking)



Fot. 22. Przykład dużych deformacji plastycznych w strefach przed skrzyżowaniami

Odcinek B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+140

Lokalizację odcinka B3 od ul. Okrzei do węzła Kliniczna przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Lokalizacja odcinek B3, od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+140

Na analizowanym odcinku intensywność uszkodzeń jest mniejsza niż na wcześniejszych odcinkach. Stwierdzony stan techniczny nawierzchni jest średni. Na odcinku nie stwierdzono występowania spękań poprzecznych. Występujące uszkodzenia to lokalnie spękania zmęczeniowe oraz wyboje. Lokalnie występują również łaty z betonu asfaltowego pokazujące miejsca przeprowadzonych wcześniej napraw. Przykłady stwierdzonych uszkodzeń nawierzchni przedstawiono na fotografiach od 23 do 26.



Fot. 23. Ogólny widok odcinka



Fot. 24. Przykład występujących spękań zmęczeniowych oraz wybojów w nawierzchni



Fot. 25. Przykład występujących łat z betonu asfaltowego



Fot. 26. Przykład uszkodzeń na lewym pasie ruchu na wysokości przejazdu przez torowisko

3.2. Układ i grubości warstw konstrukcji nawierzchni

Rozpoznanie układu i grubości warstw konstrukcji nawierzchni dokonano na podstawie analizy wyników z odwiertów w konstrukcji nawierzchni analizowanych odcinków Alei Hallera w Gdańsku. Badania terenowe zostały wykonane przez Laboratorium Drogowe Politechniki Gdańskiej w listopadzie 2019 roku [załącznik 1]. Zestawienie wyników badań grubości poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni a także określenie

wskaźnika nośności CBR i rozpoznanie poziomu swobodnego zwierciadła wody gruntowej w podłożu gruntowym przedstawiono w tablicy 1.

Na podstawie przeprowadzonych badań i wykonanych analiz można stwierdzić, że konstrukcja nawierzchni analizowanych odcinków Alei Hallera jest niejednorodna. Warstwy asfaltowe mają grubość od 5 do 14 cm, średnio 9 cm, poza dwoma odwiertami, gdzie grubość warstw asfaltowych wyniosła odpowiednio 18 i 23 cm. Warstwa podbudowy wykazała się dużą zmiennością w zakresie rodzaju zastosowanego materiału oraz oznaczonej grubości warstwy. Na poszczególnych odcinkach Al. Hallera sytuacja w zakresie podbudowy wygląda następująco:

- odcinek A1 - od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna – beton cementowy o gr. od 15 cm do 22 cm, średnio 18,7 cm,
- odcinek A2 - od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna – beton cementowy o gr. 23,5 cm oraz kostka kamienna gr. 21 cm,
- odcinek B1 - od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – beton cementowy o gr. od 15,5 do 24 cm, średnio 19,75 cm, w jednym przypadku nie stwierdzono warstwy podbudowy,
- odcinek B2 - od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – w 4 odwiertach stwierdzono tłuczeń kamienny o gr. od 22 cm do 29 cm, średnio 25,5 cm, w 1 odwiercie stwierdzono beton cementowy o gr. 20 cm, oraz w 1 odwiercie stwierdzono kostkę kamienną o gr. 20 cm,
- odcinek B3 - od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – w 1 odwiercie stwierdzono kostkę kamienną o gr. 20 cm.

W podłożu gruntowym występują w przeważającej części piaski drobne i piaski średnie o zmiennej nośności określonej wskaźnikiem nośności CBR. Lokalnie stwierdzono występowanie gruntów słabonośnych (torfów): w odwiertach 2, 7 oraz 10. Grunty te zalegają najpłycej na odcinku Al. Hallera od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego (jezdnia w kier. Wrzeszcza) – 0,5 m od spodu istniejącej konstrukcji nawierzchni. Lokalnie stwierdzono również występowanie gruntów spoistych – piasków gliniastych. Stwierdzono je jedynie w odwiercie nr 15 na odcinku Al. Hallera od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza.

Dla lepszego porównania przeprowadzonej inwentaryzacji grubości poszczególnych warstw istniejącej konstrukcji nawierzchni w tablicy 1 podano również obliczoną grubość zastępczą. Do wyznaczenia grubości zastępczej przyjęto następujące współczynniki przeliczeniowe:

- | | |
|--|------|
| • dla warstw asfaltowych | 1,8, |
| • dla warstwy kostki kamiennej | 1,2, |
| • dla betonu cementowego i stabilizacji cementem | 0,9, |
| • dla warstwy tłucznia kamiennego | 1,0, |
| • dla warstwy pospółki i podsypki | 0,7. |

Tablica 1. Zestawienie inwentaryzacji grubości poszczególnych warstw istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku na analizowanych odcinkach, wg. [załącznik 1]

Nr odwie-rtu	Lokalizacja odwiertu	Grubość warstw bitumi-cznych [cm]	Grubość i rodzaj podbu-dowy [cm]	Rodzaj podłoża gruntowego (od poziomu nawierzchni, cm)	Grubość zastę-pcza, Hz [cm]
Al. Hallera (odcinek A1) – od ul. Kościuszki do Al. Płacyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna					
1	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas prawy (naprzeciwko Biedronki)	8,0	20,0 - beton cemento-wy	28-110 - piasek gruby, CBR=48,5%, 110-150 - piasek średni, CBR=14,5%, 150-250 - piasek średni	32,4
2	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas lewy (przystanek Kolonia Uroda)	11,0	18,0 - beton cemento-wy	29-100 - piasek średni, CBR=15,1%, 100-150 - piasek drobny, CBR=2,4%, 150-200 - piasek drobny, 200-250 - torf	36,0
3	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas prawy (naprzeciwko zajezdni)	8,5	18,5 - beton cemento-wy	27-50 - piasek gruby, CBR=15,7%, 50-80 - piasek średni, CBR=6,1%, 80-150 - piasek średni, CBR=17,7%, 150-250 - piasek średni	31,9
4	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas lewy (naprzeciwko byłej stacji paliw ZKM)	11,0	15,0 - beton cemento-wy	26-110 - piasek gruby, CBR=22,1%, 110-120 - gruz ceglany, CBR=3,6%, 120-150 - piasek gruby, 150-250 - piasek drobny	33,3
5	Jezdnia w kier. ul. Brzeźna, pas prawy (koniec odcinka)	7,0	22,0 - beton cemento-wy	29-100 - piasek średni, piasek z humusem, CBR=4,6%, 100-150 - piasek średni, CBR=19%, 150-200 - piasek średni, 200-250 - piasek gruby	25,4
Al. Hallera (odcinek A2) – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna					
6	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas prawy (miejsca postojowe)	6,5	23,5 - beton cemento-wy	30-100 - piasek drobny, CBR=5,1%, 100-150 - piasek drobny, CBR=18,4%, 120-250 - piasek drobny ~180 - ZWG	32,8
7	Jezdnia w kier. Brzeźna, pas lewy, 15 m przed przejazdem	8,0	21,0 - kostka kamienna	29-55 - piasek średni, CBR=22,6%, 55-120 - piasek drobny, CBR=3,7%, 120-140 - piasek drobny, CBR=14,3%, 140-160 - torf 160-180 - piasek drobny (szary) 180-250 - piasek drobny ~180 - ZWG	39,6
Al. Hallera (odcinek B1) – od ul. Wczasy do Al. Płacyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
8	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (za wjazdem z parkingu)	5,0	24,0 - beton cemento-wy	29-100 - piasek średni, CBR=15,8%, 100-150 - piasek średni, CBR=29,5%, 150-250 - piasek drobny ~180 - ZWG	30,6
9	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (przed	6,5	15,5 - beton cemento-wy	22-100 - piasek średni, CBR=29,6%, 100-150 - piasek drobny, CBR=15,5%, 150-250 - piasek drobny	31,5

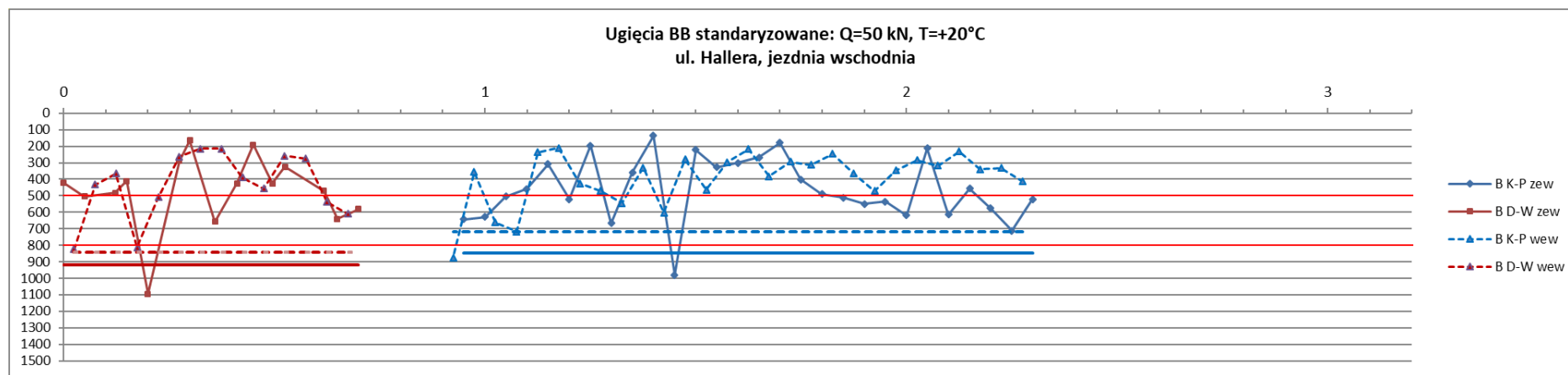
	prawoskrętem w Hallera 242)			<u>~180 - ZWG</u>	
10	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (na wysokości przystanku tramwajowego przy ul. Dworskiej)	23	brak podbudowy	23-80 - piasek średni, $CBR=31,1\%$, 80-100 - torf, $CBR=3,5\%$, 100-150 - piasek drobny, $CBR=21,9\%$, 150-250 - piasek drobny <u>~200 - ZWG</u>	41,1
Al. Hallera (odcinek B2) – od Al. Płażyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
11	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas lewy (15 m przed końcem odcinka)	9	20,0 beton cementowy	29-100 - gruz ceglany, $CBR=21,2\%$, 100-150 - piasek drobny, $CBR=5,7\%$, 150-250 - piasek drobny <u>~200 - ZWG</u>	34,2
12	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (początek parkingu przy ZKM)	18	25,0 - tłuczeń kamienny	43-60 - piasek drobny, $CBR=40,8\%$, 60-100 - piasek drobny, $CBR=15,2\%$, 100-150 - piasek drobny, $CBR=39,0\%$, 150-250 - piasek drobny	57,4
13	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas lewy (wysokość 2 lampy za przystankiem)	13	22,0 - tłuczeń kamienny	35-60 - piasek drobny, $CBR=20,9\%$, 60-120 - piasek drobny, $CBR=8,1\%$, 120-150 - piasek drobny, $CBR=24,7\%$, 150-250 - piasek drobny	45,4
14	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (na wysokości stacji benzynowej Lotos)	14	29,0 - tłuczeń kamienny	43-90 - gruz ceglany, piasek z gruzem, $CBR=5,6\%$, 90-150 - piasek drobny, $CBR=5,1\%$, 150-230 - piasek średni 230-250 - piasek drobny	54,2
15	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas lewy (przy budynku Polski Rejestr Statków)	12	26,0 - tłuczeń kamienny	38-70 - piasek drobny, $CBR=22,1\%$, 70-150 - piasek gliniasty, $CBR=1,5\%$, 150-200 - piasek gliniasty, 200-250 - piasek drobny	47,6
16	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (na wysokości budynku Al. Hallera 102)	5	20,0 - kostka kamienna	25-80 - pospółka, $CBR=54,7\%$, 80-150 - piasek drobny, $CBR=3,2\%$, 150-250 - piasek drobny	33,0
Al. Hallera (odcinek B3) – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
17	Jezdnia w kier. Wrzeszcza, pas prawy (na wysokości pierwszej lampy za skrzyżowaniem z ul. Okrzei)	7	20,0 - kostka kamienna	27-150 - piasek średni, $CBR=15\%$, 150-250 - piasek średni	33,0

Uwaga: kolorem szarym zaznaczono przekrój miarodajny przyjęty do obliczeń.

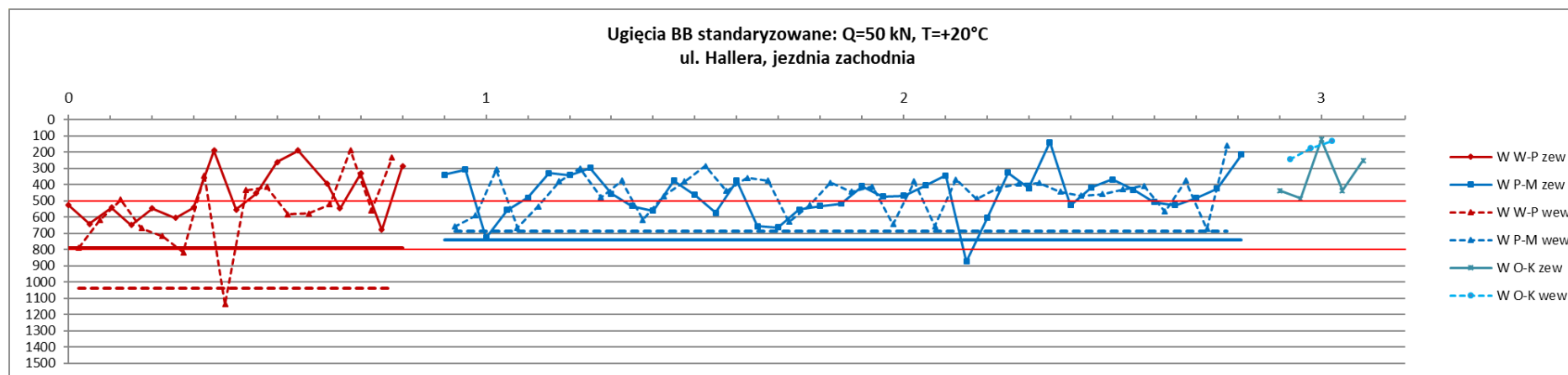
3.3. Ugięcia nawierzchni zmierzone ugięciomierzem dynamicznym FWD

Pomiary ugięć istniejącej nawierzchni na analizowanych odcinkach Al. Hallera w Gdańsku zostały przeprowadzone przez Zachodniopomorskie Laboratorium Drogowe w Koszalinie w październiku 2019 r. [1]. Pomiary wykonano przy obciążeniu płyty o średnicy 300 mm siłą 50 kN, z częstotliwością pomiaru 50 m na każdym pasie ruchu. Badania wykonano na dwóch pasach ruchu obu jezdni oraz na pasach prawo- i lewoskrętów, z częstotliwością co 25 m naprzemiennie dla każdego pasa. Temperatura warstw bitumicznych zmierzona podczas wykonywania badań ugięć wyniosła 4,3°C. Temperatura powietrza w trakcie prowadzonych badań wahała się od 3 do 5°C.

Szczegółowe wyniki pomiarów ugięć zawiera raport [1]. Wyniki ugięć z aparatu FWD skorygowano do wartości standardowego obciążenia 50 kN, oraz temperatury +20°C wg procedury z Katalogu Wzmocnień [6]. Zestawienie wyników analizy ugięć przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Przeprowadzona analiza wykazała, że miarodajne ugięcia istotnie przekraczają wartość dopuszczalną ugięć dla nawierzchni kategorii KR3 (odcinki A2 i B1) oraz KR4 (odcinki A1, B2 oraz B3), co oznacza, że analizowane konstrukcje nawierzchni powinny zostać zmodernizowane i wzmocnione.



Rys. 6. Wyniki ugięć nawierzchni analizowanych odcinków Al. Hallera zmierzonych ugięciomierzem dynamicznym FWD skorygowane do obciążenia 50 kN i temperatury $+20^\circ\text{C}$ oraz przeliczone na ugięcia BB, jezdnia w kierunku Brzeźna

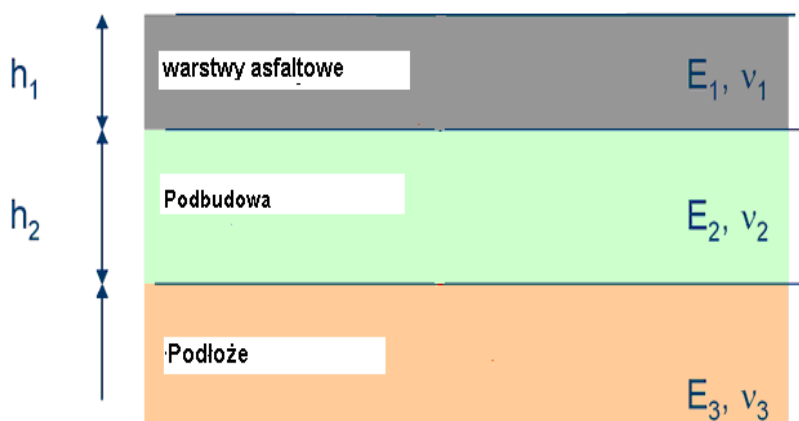


Rys. 7. Wyniki ugięć nawierzchni analizowanych odcinków Al. Hallera zmierzonych ugięciomierzem dynamicznym FWD skorygowane do obciążenia 50 kN i temperatury $+20^\circ\text{C}$ oraz przeliczone na ugięcia BB, jezdnia w kierunku Wrzeszcza

3.4. Właściwości istniejących warstw asfaltowych, podbudowy i podłoża gruntowego

Wyznaczenie modułów sprężystości istniejących warstw asfaltowych, podbudowy oraz podłoża gruntowego wykonano na podstawie analiz wyników pomierzonych czasz ugięć nawierzchni ugięciomierzem dynamicznym FWD. Dla każdego odcinka Al. Hallera wykonano analizy metodą obliczeń odwrotnych przy pomocy programu ELMOD5 firmy Dynatest.

Do obliczeń odwrotnych przy pomocy programu ELMOD5 wykorzystano trzywarstwowy układ konstrukcji nawierzchni (patrz rys. 8) Górną warstwę stanowiły warstwy asfaltowe, drugą warstwą podbudowy, natomiast dolną warstwę stanowiło podłoże gruntowe. Jako dane wejściowe do programu wprowadzono: ugięcia, dane grubości warstw z odwiertów oraz współczynniki Poissona dla warstw asfaltowych ($\nu=0,3$), dla podbudowy ($\nu=0,3$) i podłoża gruntowego ($\nu=0,35$).



Rys. 8. Model nawierzchni przyjęty do obliczeń odwrotnych

Do dalszych obliczeń konstrukcji nawierzchni, jako wartości reprezentatywne (obliczeniowe), przyjęto minimalne wartości modułów z poszczególnych pasów ruchu, uzyskane jako wartości 80%, tzn. po odrzuceniu 20% najniższych wyników i przyjęciu kolejnego.

Wartości modułów warstw asfaltowych ostatecznie korygowano do temperatury $+10^{\circ}\text{C}$ wg wzoru IBDiM.

$$E_{10}=E_T \times (0,77+0,023 \times T) \quad (1)$$

gdzie:

- E_{10} - moduł sztywności warstw asfaltowych skorygowany do temperatury 10°C ,
- E_T - moduł warstw asfaltowych zbadany w dowolnej temperaturze,
- T - temperatura badania.

Wyniki obliczeń odwrotnych przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Wyniki obliczeń odwrotnych (ELMOD5), moduły sztywności warstw asfaltowych (E1), moduły sprężystości podbudowy (E2) i podłoża gruntowego (E3) w temperaturze +10°C, MPa

Al. Hallera, jezdnia w kierunku Brzeźna				Al. Hallera, jezdnia w kierunku Wrzeszcza			
Odcinek	E1 (+10°)	E2	E3	Odcinek	E1 (+10°)	E2	E3
A1	613	1627	61	B1	488	743	122
A2	827	1063	69	B2	2065	242	76
				B3	11520	683	109

Nośność podłoża gruntowego dodatkowo została określona za pomocą stożkowej sondy dynamicznej DCP (*ang. Dynamic Cone Penetrometer*) w momencie wykonywania odwiertu przez konstrukcję nawierzchni. Badanie wykonało Laboratorium Drogowe Politechniki Gdańskiej w listopadzie 2019 r. [patrz załącznik 1]. Wyniki badań sondą DCP potwierdzają zmienną nośność uzyskaną z badania FWD, co świadczy o uwarstwieniu podłoża.

3.5. Wzmocnienie istniejącej nawierzchni metodą ugięć

Na podstawie wyników badań ugięć wykonanych ugięciomierzem dynamicznym FWD w październiku 2019 r. [1] wykonano obliczenia niezbędnego wzmocnienia nawierzchni przy zastosowaniu metody ugięć, zgodnie z Katalogiem Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [6].

Ugięcia miarodajne dla każdego z odcinków jednorodnych obliczono zgodnie ze wzorem:

$$U_m = U_{sr_i} + 2 \cdot \sigma_i \quad (2)$$

gdzie:

U_m – ugięcie miarodajne,

U_{sr} – średnia wartość ugięcia skorygowanego ze względu na: obciążenie 50 kN i temperaturę +20°C oraz transformacje na ugięcia BB dla odcinka jednorodnego,

σ – odchylenie standardowe z odcinka jednorodnego.

Dla każdego z odcinków jednorodnych wyznaczono ugięcie obliczeniowe:

$$U_{obl} = U_m \cdot f_s \cdot f_p$$

gdzie:

U_{obl} – ugięcie obliczeniowe dla danego odcinka jednorodnego

f_s – współczynnik sezonowości, korygujący ugięcia ze względu na porę roku w jakiej wykonano badania, wahający się od 1,0 do 1,8; przyjęto 1,2.

f_p – współczynnik zależny od podbudowy, jaka występuje na odcinku jednorodnym. Dla nawierzchni podatnych (z podbudową z tłucznia) wynosi on 1, natomiast dla nawierzchni półsztywnych (z podbudową związaną cementem) współczynnik wynosi od 1,0 do 1,4, przyjęto 1,2.

Wyniki obliczeń ugięć obliczeniowych przedstawiono w tablicy 3, a wyniki obliczeń wymaganych wzmocnień analizowanych nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 3. Wyniki obliczeń ugięć obliczeniowych dla odcinków jednorodnych

Odcinek	Ugięcia [μm]			
	U _{BB}	S _u	U _m	U _{obl}
Al. Hallera, jezdnia w kierunku Brzeźna				
Odcinek A1: Kościuszki – Płazyńskiego	461	194	848	1221
Odcinek A2: Dworska – Wczasy	472	224	920	1325
Al. Hallera, jezdnia w kierunku Wrzeszcza				
Odcinek B1: Wczasy – Płazyńskiego	568	235	751	1081
Odcinek B2: Płazyńskiego – Mickiewicza	461	139	739	1064
Odcinek B3: Okrzei - Kliniczna	346	155	656	787

Tablica 4. Wyniki obliczeń wymaganego wzmocnienia z metody ugięć wg [6]

Odcinek	U _{obl} [mm]	Grubość [mm]	
		H _z	H _{asf}
Al. Hallera, jezdnia w kierunku Brzeźna			
Odcinek A1: Kościuszki – Płażyńskiego	1,22	32	16
Odcinek A2: Dworska – Wczasy	1,32	34	17
Al. Hallera, jezdnia w kierunku Wrzeszcza			
Odcinek B1: Wczasy – Płażyńskiego	1,08	26	13
Odcinek B2: Płażyńskiego – Mickiewicza	1,06	28	14
Odcinek B3: Okrzei - Kliniczna	0,79	16	8

3.6. Pomiar głębokości kolein

Pomiar głębokości kolein przeprowadzono w dniu 21 listopada 2019 r. podczas oceny stanu technicznego analizowanych odcinków Al. Hallera [2]. Ocena występowania kolein wykazała, że deformacje warstw asfaltowych występują w różną intensywnością prawie na wszystkich analizowanych odcinkach.

- odcinek od zmiany nawierzchni przed ul. Dworską do skrzyżowania z ul. Wczasy, jezdnia w kier. Brzeźna,
- odcinek od skrzyżowania z Al. Płazyńskiego do skrzyżowania z ul. Mickiewicza,
- odcinek przed skrzyżowaniem z ul. Okrzei do początku skrzyżowania w ramach węzła Kliniczna.

Na odcinku Al. Hallera od skrzyżowania z ul. Wczasy do skrzyżowania z Al. Płazyńskiego nie stwierdzono występowania kolein lub głębokość występujących kolein nie przekraczała 6 mm. Pomiar wykonano przy użyciu 2 m łaty i klina pomiarowego z częstotliwością średnio co około 50-100 m na całej szerokości jezdni. Podczas każdego pomiaru głębokości koleiny zapisywano wartość większą (maksymalną głębokość koleiny w przekroju drogi). Szczegółowe wyniki uzyskanych wartości maksymalnej głębokości koleiny przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5. Wyniki pomiaru kolein na analizowanych odcinkach Al. Hallera w Gdańsku

Lokalizacja badanego przekroju [km od początku każdego odcinka km 0+000,00]	Maksymalna głębokość koleiny [mm]
Al. Hallera (odcinek A1) – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna	
km 0+000 – początek odcinka (początek skrzyżowania z ul. Kościuszki)	15
km 0+057	15
km 0+107	> 34 (~50)
km 0+153	15
km 0+206	25
km 0+250	22
km 0+300	15
km 0+350	27
km 0+400	16
km 0+456	33
km 0+507	15
km 0+555	20
km 0+600	15
km 0+650	18
km 0+700	17
km 0+750	22
km 0+800	14
km 0+853	14
km 0+910	15
km 0+956	18
km 0+995	28
km 1+050	16
km 1+100	> 34 (~50)
km 1+150	18
km 1+200	15
km 1+237	> 34 (~50)
km 1+250	> 34 (~50)
km 1+350	> 34 (~40)
km 1+400	12
km 1+412 – koniec odcinka	15
Średnia głębokość koleiny dla odcinka: 23 mm	
Al. Hallera (odcinek A2) – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna	
km 0+000 – początek odcinka (zmiana nawierzchni)	< 6
km 0+023	24
km 0+023 do km 0+723	< 6
km 0+723 - koniec odcinka	< 6
Średnia głębokość koleiny dla odcinka: < 6	
Al. Hallera (odcinek B1) – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza	
km 0+000 – początek odcinka (początek skrzyżowania z ul. Wczasy)	< 6
km 0+000 do km 0+834	< 6
km 0+834 – koniec odcinka	< 6
Średnia głębokość koleiny dla odcinka: < 6 mm	
Al. Hallera (odcinek B2) – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza	
km 0+000 – początek odcinka (zmiana nawierzchni)	< 6

km 0+012	< 6
km 0+148	34
km 0+250	< 6
km 0+340	< 6
km 0+569	27
km 0+712	18
km 0+810	34
km 0+905	10
km 1+107	23
km 1+215	18
km 1+338	> 34 (~50)
km 1+498	> 34 (~80)
km 1+602	25
km 1+720	29
km 1+800	> 34 (~100)
km 1+889 - koniec odcinka	> 34 (~90)
Średnia głębokość koleiny dla odcinka: 31 mm	
Al. Hallera (odcinek B3) – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza	
km 0+000 – początek odcinka (zmiana nawierzchni)	< 6
km 0+025	< 6
km 0+100	16
km 0+140 – koniec odcinka (zmiana nawierzchni)	10
Średnia głębokość koleiny dla odcinka: 7 mm	

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów głębokości kolein na analizowanych odcinkach Al. Hallera w Gdańsku można stwierdzić, że w największym stopniu dotyczą one dwóch odcinków:

- odcinek od skrzyżowania z ul. Kościuszki do skrzyżowania z Al. Płazyńskiego, ze średnią głębokością koleiny **23 mm**,
- odcinek od skrzyżowania z Al. Płazyńskiego do skrzyżowania z ul. Mickiewicza, ze średnią głębokością koleiny **31 mm**.

Przedstawione wyniki wyraźnie wskazują na brak odporności na deformacje istniejących warstw bitumicznych i stanowią argument przemawiający za usunięciem tych warstw podczas analizy możliwych rozwiązań technologii modernizacji rozpatrywanych odcinków Al. Hallera w Gdańsku.

Przykłady stwierdzonych dużych deformacji istniejących warstw bitumicznych przedstawiono na fotografiach od 27 do 29.



Fot. 27. Przykład stwierdzonych deformacji istniejących warstw bitumicznych na Al. Hallera, odc. od Al. Płazyńskiego, do ul. Mickiewicza, jezdni w kier. Wrzeszcza, pas prawy (km 0+569) – stwierdzona głębokość koleiny: 27 mm



Fot. 28. Przykład stwierdzonych deformacji istniejących warstw bitumicznych na Al. Hallera, odc. od Al. Płazyńskiego, do ul. Mickiewicza, jezdni w kier. Wrzeszcza, pas prawy (km 0+810 wysokość stacji benzynowej) – stwierdzona głębokość koleiny: 34 mm



Fot. 29. Przykład stwierdzonych deformacji istniejących warstw bitumicznych na Al. Hallera, odc. od ul. Kościuszki do Al. Płacyńskiego, jezdni w kier. Brzeźna, pas prawy (km 1+237) – stwierdzona głębokość koleiny: 50 mm

4. TECHNOLOGIA MODERNIZACJI I WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI ALEI HALLERA W GDAŃSKU

Na podstawie szczegółowych konsultacji przeprowadzonych z Zamawiającym (GZDiZ) [3] ustalono następujące ograniczenia oraz zalecenia dotyczące opracowywanej technologii modernizacji oraz wzmocnienia istniejącej konstrukcji nawierzchni Alei Hallera na analizowanych odcinkach:

1. Konieczność uwzględnienia ograniczeń wysokościowych wynikających z obecności torowiska tramwajowego, które zlokalizowane jest wzdłuż całego przebiegu Alei Hallera od węzła Kliniczna do skrzyżowania z ul. Wczasy. Wiąże się to z uwzględnieniem występowania częstych przejazdów przez torowisko tramwajowe, na których w większości przypadków, rzędna główki szyny jest zlokalizowana na poziomie lub nieznacznie powyżej istniejącej rzędnej niwelety drogi.
2. Konieczność uwzględnienia ograniczeń wysokościowych na końcowym odcinku Al. Hallera przed skrzyżowaniem z ul. Wczasy (odcinek A2 – jezdnia w kierunku Brzeźna). Na tym odcinku niedawno wykonano modernizację ciągu pieszo-rowerowego, który bezpośrednio przylega do Al. Hallera. Długość zmodernizowanego odcinka ciągu pieszo-rowerowego wynosi około 125 m, bezpośrednio przed skrzyżowaniem Al. Hallera z ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna.
3. Podstawowym celem planowanego remontu jest poprawa stanu technicznego konstrukcji nawierzchni, a nie przebudowa istniejącego uzbrojenia podziemnego występującego na analizowanych odcinkach Al. Hallera. Dlatego zalecaną przez Zamawiającego technologią modernizacji jest wykorzystanie w maksymalny możliwy sposób istniejących warstw konstrukcji nawierzchni i ograniczenie ilości rozbiórek nawierzchni.
4. Ze względu na występujące spękania istniejącej konstrukcji nawierzchni na całej powierzchni modernizowanej konstrukcji nawierzchni zalecone jest zastosowanie geosyntetyku przeciwspekaniowego, siatki szklano-węglowej. W miejscach, gdzie lokalnie ze względów wysokościowych będzie konieczna rozbiórka istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz wykonanie nowej nawierzchni zadaniem siatki szklano-węglowej będzie umożliwienie równomiernej pracy nawierzchni na odcinkach wzmacnianych i z nową konstrukcją nawierzchni.
5. Docelowa niweleta modernizowanej nawierzchni Al. Hallera zostanie wykonana przez Zamawiającego (GZDiZ) w późniejszym czasie. W chwili opracowywania technologii modernizacji istniejącej nawierzchni Al. Hallera autorom niniejszego opracowania nie jest znana docelowa projektowana niweleta zmodernizowanej nawierzchni. W konsekwencji, z uwagi na występujące ograniczenia wysokościowe, nie jest możliwe szczegółowe zaplanowanie w których miejscach jest bezwzględna konieczność rozbiórki istniejącej nawierzchni, a w których jest wystarczające miejsce na zastosowanie rozwiązań wzmacniających (nakładek z nowych warstw asfaltowych po wcześniejszym frezowaniu na określoną głębokość warstw istniejących).

6. Konstrukcja nawierzchni istniejących zatok autobusowych ma zostać wykonana w technologii betonu cementowego.
7. W zakresie wymaganego ruchu projektowego ustalono z Zamawiającym, co następuje:
 - a. dla odcinków Al. Hallera: A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdni w kierunku Brzeźna oraz B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego ustalono, że należy przyjąć środek kategorii ruchu KR3, czyli wymaganą trwałość zmęczeniową większą lub równą 1,5 mln osi obliczeniowych 100 kN/na pas,
 - b. dla odcinków Al. Hallera: A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza oraz B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna ustalono, że należy przyjąć początek kategorii ruchu KR4, czyli wymaganą trwałość zmęczeniową większą lub równą 2,5 mln osi obliczeniowych 100 kN/na pas.

Biorąc pod uwagę powyższe ustalenia oraz na podstawie przeprowadzonych badań i analiz stanu nawierzchni zaproponowano następujące rozwiązania modernizacji i wzmocnienia konstrukcji nawierzchni Alei Hallera w Gdańsku na analizowanych odcinkach:

1. **Rozwiązanie podstawowe (wariant 1)** – rozwiązanie technologiczne polegające na frezowaniu istniejących warstw asfaltowych na średnią głębokość 4 cm i wykonaniu nakładek z nowych warstw asfaltowych. Proponowana technologia wykonania modernizacji i wzmocnienia istniejącej konstrukcji nawierzchni na analizowanych odcinkach w niniejszym wariantcie polega na:
 - a. frezowaniu istniejących warstw asfaltowych na średnią głębokość 4 cm,
 - b. zalaniu masą zalewową występujących spękań w nawierzchni po frezowaniu,
 - c. oczyszczeniu i wykonaniu warstwy szczepnej w postaci sprysku emulsją asfaltową,
 - d. wykonaniu warstwy wyrównawczej z betonu asfaltowego AC 16W o grubości minimum 4 cm,
 - e. ułożeniu warstwy wzmacniającej i przeciwspekaniowej z siatki szklano-węglowej,
 - f. ułożeniu warstwy wiążącej z betonu asfaltowego AC 16W o grubości wynikającej z wymaganego na danych odcinku wzmocnienia
 - g. wykonaniu warstwy ścieralnej z mieszanki mastyksowo-grysowej SMA8 lub SMA11 o grubości 4 cm.
2. **Rozwiązanie uzupełniające (wariant 2)** – rozwiązanie technologiczne polegające na wykonaniu rozbiórki istniejącej nawierzchni oraz budowie nowej konstrukcji nawierzchni. Rozwiązanie to powinno być zastosowane we wszystkich tych miejscach, gdzie ze względów wysokościowych oraz technologicznych (np. poszerzenia lub zjazdu) nie jest możliwe zastosowanie

rozwiązania podstawowego. W przypadku występujących przejazdów przez torowisko tramwajowe i występujących w związku z tym ograniczeniach wysokościowych, nowa konstrukcja nawierzchni może być wykonana w rejonie skrzyżowania oraz do 50 m przed i za skrzyżowaniem w celu dostosowania wysokościowego pomiędzy nową konstrukcją nawierzchni a nawierzchnią wzmacnianą poprzez częściowe frezowanie i wykonanie nakładek z nowych warstw asfaltowych. Technologia wykonania nowej konstrukcji nawierzchni powinna zakładać wykonanie następujących warstw:

- a. warstwa podbudowy pomocniczej (PP) z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4 o grubości 18 cm - dla odcinków z grupą nośności podłoża gruntowego G2, o grubości 15 cm – dla odcinków z grupą nośności podłoża gruntowego G1,
- b. warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej (MN) C_{90/3} o grubości 20 cm,
- c. warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego AC 16W o grubości min. 4 cm - zastosowanie tej warstwy w nowej konstrukcji nawierzchni ze względu na dostosowanie do odcinków wzmacnianych poprzez wykonanie nakładek asfaltowych,
- d. warstwa wzmacniającej i przeciwspekaniowej z siatki szklano-węglowej,
- e. ułożeniu warstwy wiążącej z betonu asfaltowego AC 16W o grubości wynikającej z wymaganego na danych odcinku wzmocnienia,
- f. wykonaniu warstwy ścieralnej z mieszanki mastyksowo-grysowej SMA8 lub SMA11 o grubości 4 cm.

Niewątpliwą zaletą zastosowania obydwu rozwiązań jest możliwość wykorzystania materiałów z istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz zastosowanie wzmocnienia poprzez nakładki z nowych warstw asfaltowych wszędzie tam, gdzie pozwalają na to względy wysokościowe oraz technologiczne. Rozwiązanie uzupełniające pozwala na wykonanie rozbiórki istniejącej nawierzchni oraz odtworzenie nawierzchni do wysokości podbudowy zasadniczej. Warstwa wyrównawcza, warstwa wzmacniająca z siatki oraz warstwa wiążąca i ścieralna byłyby wykonywane już na całych długościach odcinków, co pozwoli uniknąć możliwych błędów z koniecznych połączeń nowej konstrukcji i konstrukcji wzmacnianej poprzez nakładki asfaltowe.

Z uwagi na pozostawienie istniejących warstw w modernizowanej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera oraz występowanie na odcinkach wydzielonych miejsc postojowych, które wymagają większej odporności na deformacje trwałe, do warstwy wyrównawczej oraz warstwy wiążącej zalecane jest zastosowanie asfaltu wysokomodyfikowanego elastomerem SBS – HiMA 25/55-80. Do warstwy ścieralnej zalecane jest zastosowanie asfaltu średniomodyfikowanego elastomerem SBS – 45/80-65.

Na wybór technologii modernizacji dla poszczególnych odcinków Al. Hallera wpływ miał pomiar ugięć w istniejącej nawierzchni, poziom zniszczeń nawierzchni oraz potencjalna możliwość zmian geometrycznych nawierzchni. Grubość wzmocnienia

jest uzależniona od wielkości zmierzonych ugięć, czyli stanu warstw konstrukcji nawierzchni, a także od poziomu uszkodzeń i ograniczeń technologicznych.

W przypadku konieczności przeprowadzenia napraw mocno zdegradowanych zapadnięć nawierzchni lub istniejących studni oraz wpustów ulicznych należy rozebrać istniejącą konstrukcję, dogłębić i ulepszyć podłoże gruntowe i odtworzyć nową konstrukcję nawierzchni według zaleceń przedstawionych w wariantcie 2 z nową konstrukcją nawierzchni.

5. PROJEKT WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

5.1. Założenia projektowe

Trwałość konstrukcji nawierzchni obliczono przy wykorzystaniu metod mechanistycznych. Przedmiotem obliczeń było określenie potrzebnej grubości warstw asfaltowych zapewniającej nawierzchni wymaganą trwałość zmęczeniową.

5.1.1. Metoda obliczeń

Obliczenia wzmocnień istniejących nawierzchni wykonano według metody mechanistycznej, zgodnie z założeniami Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [5]. Trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni obliczono przy wykorzystaniu kryteriów zmęczeniowych AASHTO 2004, które zostały m.in. zastosowane do obliczeń wymaganych grubości warstw asfaltowych w katalogu [5] oraz są obecnie stosowane w Polsce.

Procedura postępowania podczas obliczeń była następująca:

- a) przyjęcie ruchu projektowego,
- b) przyjęcie grubości warstw konstrukcji nawierzchni,
- c) określenie stałych materiałowych warstw: modułów E i współczynników Poissona ν ,
- d) obliczenie naprężenia i odkształcenia w konstrukcji nawierzchni,
- e) obliczenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni (ilości obciążeń do osiągnięcia stanu krytycznego).

5.1.2. Ruch projektowy

Na podstawie szczegółowych ustaleń z Zamawiającym w dniu 8 listopada 2019 r. [3] dla analizowanych odcinków Alei Hallera w Gdańsku przyjęto następujący ruch projektowy w okresie projektowym 20 lat:

- dla odcinków zlokalizowanych wzdłuż Al. Hallera pomiędzy węzłem Kliniczna a skrzyżowaniem z Al. Płazyńskiego – **dolną granicę kategorii ruchu KR4**, czyli projektowaną trwałość zmęczeniową: **2,5 mln osi standardowych 100 kN na pas obliczeniowy**. Ustalenie to dotyczy to następujących odcinków:
 - od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza – jezdnia w kier. Wrzeszcza,
 - od ul. Okrzei do węzła Kliniczna – jezdnia w kier. Wrzeszcza,
 - od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego – jezdnia w kier. Brzeźna,

- dla odcinków zlokalizowanych wzdłuż Al. Hallera pomiędzy Al. Płazyńskiego a ul. Wczasy – **środek kategorii ruchu KR3**, czyli projektowaną trwałość zmęczeniową: **1,5 mln osi standardowych 100 kN na pas obliczeniowy**. Ustalenie to dotyczy następujących odcinków:
 - od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego – jezdnie w kier. Wrzeszcza,
 - od ul. Dworskiej do ul. Wczasy – jezdnie w kier. Brzeźna.

Zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [5] dla projektowanych wzmocnień konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku przyjęto obliczeniowe obciążenie osi pojedynczej równe 100 kN.

5.1.3. Obciążenie

Przyjęto następujące obciążenie obliczeniowe:

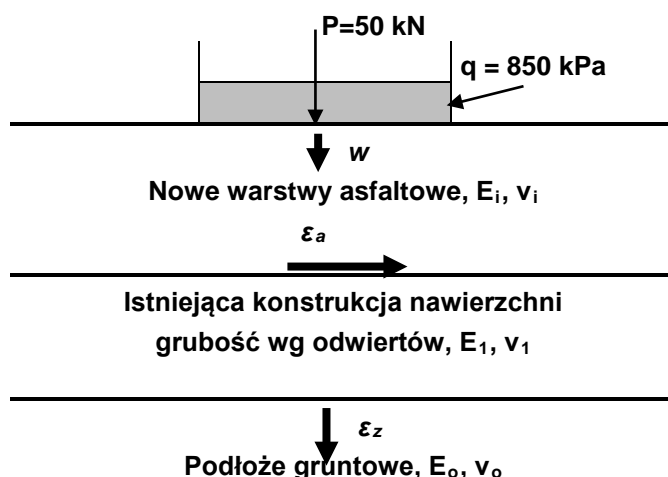
- pojedyncza oś standardowa: 100 kN,
- koło pojedyncze o nacisku: 50 kN,
- ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią: 850 kPa,
- czas obciążenia nawierzchni przy prędkości pojazdu $V = 60 \text{ km/h}$: 0.02 s.

5.1.4. Temperatura ekwiwalentna

Przyjęto, że temperatura ekwiwalentna do obliczenia nawierzchni Al. Hallera na omawianych odcinkach wynosi 13°C , zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [5].

5.1.5. Schemat obliczeniowy

Obliczenia wykonano przy założeniu, że modelem konstrukcji nawierzchni jest wielowarstwowa półprzestrzeń sprężysta. Schemat modelu konstrukcji przyjętego do obliczeń przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Schemat konstrukcji nawierzchni przyjęty do obliczeń

Oznaczenia wielkości pokazanych na rysunku 9 są następujące:

- w – ugięcie,
 ε_a – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych,
 ε_z – odkształcenie ściskające w podłożu,
 E_i, ν_i – stałe materiałowe poszczególnych warstw,
 P, q – obciążenie i ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią.

5.1.6. Kryteria zmęczeniowe

Dla określenia trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych i trwałości ze względu na deformacje strukturalne nawierzchni zastosowano kryteria zmęczeniowe AASHTO 2004. Jako moment zniszczenia nawierzchni w tej metodzie przyjmuje się wystąpienie spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych na 15% powierzchni śladów kół lub wystąpienie deformacji strukturalnej o głębokości 12,5 mm.

W obliczeniach trwałości zmęczeniowej nie uwzględniono zastosowanej siatki szklano-węglowej.

5.2. Stałe materiałowe przyjęte do obliczeń

5.2.1. Nowe warstwy asfaltowe i warstwy podbudowy

Moduły sztywności dla nowych warstw asfaltowych oraz moduły sprężystości dla warstw podbudowy zasadniczej i pomocniczej przyjęto zgodnie z Katalogiem Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych [5] dla temperatury ekwiwalentnej +13°C (tablica 6).

Tablica 6. Moduły sztywności dla nowych warstw asfaltowych oraz moduły sprężystości dla warstw podbudowy zasadniczej i pomocniczej przyjęte do obliczeń

Lp.	Rodzaj materiału	Moduł sztywności/moduł sprężystości [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
1.	Mastyks grysowy SMA8 lub SMA 11	7 300	0,3
2.	Beton asfaltowy do warstwy wiążącej i wyrównawczej, AC16W	10 300	0,3
4.	Mieszanka niezwiązana (MN) C _{90/3}	400	0,3
5.	Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C3/4 do warstwy podbudowy pomocniczej	400	0,3

5.2.2. Istniejące warstwy konstrukcji nawierzchni i podłoże gruntowe

Stale materiałowe istniejących warstw konstrukcji nawierzchni i podłoża gruntowego przyjęto na podstawie obliczeń odwrotnych z wykorzystaniem badań ugięć sprężystych z FWD i grubości warstw ustalonych na podstawie odwiertów w konstrukcji nawierzchni. Moduły sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych skorygowano do temperatury ekwiwalentnej równej 13°C i wykorzystano w obliczeniach naprężeń i odkształceń w projektowanych wzmocnieniach istniejącej konstrukcji nawierzchni. Uzyskane z obliczeń odwrotnych moduły dla warstw asfaltowych zostały obniżone o 20% z uwagi na dużą liczbę spękań występujących w istniejących warstwach bitumicznych oraz fakt, że badania ugięć FWD były

wykonywane co 50 m na danym pasie ruchu niezależnie od tego, czy spękanie wystąpiło w okolicy pomiaru ugięć, czy też nie. Stałe materiałowe dla istniejących warstw konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku na analizowanych odcinkach przedstawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Stałe materiałowe dla istniejących warstw konstrukcji nawierzchni, analizowanych odcinków Al. Hallera w Gdańsku

Lp.	Rodzaj warstwy	Grubość warstwy, [cm]	Moduł z obliczeń odwrotnych z ugięć FWD (10°C), [MPa]	Moduł przyjęty do obliczeń (13°C) [MPa]	Współczynnik Poissona [-]
Odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Piłżyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna					
1.	Istniejące warstwy asfaltowe, po frez. średnio 4 cm	4,5	613	490 (*)	0,3
2.	Podbudowa	18,5	1627	1627	0,3
3.	Podłoże	-	61	61	0,35
Odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna					
1.	Istniejące warstwy asfaltowe, po frez. średnio 4 cm	2,5	827	662 (*)	0,3
2.	Podbudowa	23,5	1063	1063	0,3
3.	Podłoże	-	69	69	0,35
Odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Piłżyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
1.	Istniejące warstwy asfaltowe, po frez. średnio 4 cm	2,5	488	390 (*)	0,3
2.	Podbudowa	15,5	743	743	0,3
3.	Podłoże	-	122	122	0,35
Odcinek B2 – od Al. Piłżyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
1.	Istniejące warstwy asfaltowe, po frez. średnio 4 cm	4	2065	1652 (*)	0,3
2.	Podbudowa	20	242	242	0,3
3.	Podłoże	-	76	76	0,35
Odcinek B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza					
1.	Istniejące warstwy asfaltowe, po frez. średnio 4 cm	3	11520	9216 (*)	0,3
2.	Podbudowa	20	683	683	0,3
3.	Podłoże	-	109	109	0,35

(*) – moduł sztywności istniejących warstw asfaltowych obniżono o 20% ze względu na dużą ilość spękań oraz uwzględnienie temperatury ekwiwalentnej 13°C

5.3. Tolerancje wykonania grubości warstw

W obliczeniach przyjęto, że całkowita grubość wszystkich warstw asfaltowych wykonanych na budowie nie powinna być mniejsza od grubości projektowanej. Dodatkowo, ze względu na uwzględnienie tolerancji wykonawczych przyjęto założenie zwiększające grubość warstw asfaltowych wynikającą z obliczeń trwałości zmęczeniowej o 1 cm.

5.4. Warunek odporności na powstanie wysadzin

Na analizowanych odcinkach Alei Hallera występują grunty niespoiste, głównie piaski drobne i średnie. Lokalnie występujące grunty spoiste – piaski gliniaste nie znajdują się bezpośrednio pod konstrukcją nawierzchni (odcinek B2: Al. Płazyńskiego – ul. Mickiewicza, nr odwiertu 15, wg. tablicy 1). Dlatego nie ma potrzeby sprawdzania warunku odporności wzmacnianej konstrukcji nawierzchni na powstawanie wysadzin mrozowych.

5.5. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej

Trwałość zmęczeniową obliczano z wykorzystaniem kryteriów zmęczeniowych AASHTO 2004. Do kryterium spękań zmęczeniowych przyjęto parametry nowej warstwy asfaltowej leżącej najniżej w pakiecie nowych warstw asfaltowych. Przyjęto zawartość wolnych przestrzeni w warstwie równą 6% oraz zawartość asfaltu w warstwie równą 4,6% wagowo (11,5% objętościowo). Jako kryterium przyjęto powierzchnię spękań na pasie FC=15%, uwzględniono tym samym większe ryzyko powstania spękań odbitych wynikające z ułożenia warstw asfaltowych bezpośrednio na starej, spękanej konstrukcji. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej przedstawiono w tablicy 8.

Tablica 8. Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej dla projektowanych grubości wzmocnień (warianty 1) oraz nowej konstrukcji nawierzchni (warianty 2) na analizowanych odcinkach Al. Hallera w Gdańsku

Grubość wzmocnienia (wariant 1) lub nowej nawierzchni (wariant 2) W1: (ścieralna+ wiążąca+wyrównanie) W2: ścieralna+ wiążąca+wyrównanie) + podb. zas.(PZ) + podb. pom. (PP) [cm]		Odkształcenie na spodzie nowych warstw asfaltowych [x10 ⁻⁶]	Odkształcenie w podłożu gruntowym [x10 ⁻⁶]	Obliczona trwałość zmęczeniowa z kryterium spękań zmęczeniowych [mln osi 100 kN]	Obliczona trwałość zmęczeniowa z kryterium deformacji strukturalnych [mln osi 100 kN]
Odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna (KR4)					
Wariant 1	13 cm (4+5+min. 4)	103,4	385,4	11,13	2,73
Wariant 2	17 cm (4+9+min. 4) + 20 PZ + 18 PP	106,7	339,5	9,20	4,82
Odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna (KR3)					
Wariant 1	11 cm (4+4+min. 3)	109,5	427,3	9,55	1,72
Wariant 2	15 cm (4+7+min. 4) + 20 PZ + 18 PP	124,0	403,8	5,22	2,21
Odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza (KR3)					
Wariant 1	13 cm (4+5+min. 4)	125,9	437,4	5,11	1,55
Wariant 2	15 cm (4+7+min. 4) + 20 PZ + 18 PP	124,0	403,8	5,22	2,21
Odcinek B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza (KR4)					
Wariant 1	16 cm (4+8+min. 4)	106,9	377,0	9,24	3,01

Wariant 2	17 cm (4+9+min. 4) + 20 PZ + 18 PP	106,7	339,5	9,20	4,82
Odcinek B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza (KR4)					
Wariant 1	Rozbiórka istniejącej konstrukcji nawierzchni				
Wariant 2	17 cm (4+9+min. 4) + 20 PZ + 18 PP	106,7	339,5	9,20	4,82

Uwaga: w tablicy wyróżniono decydujące kryterium zmęczeniowe.

6. PRZYJĘTE ROZWIĄZANIA

Na podstawie przeprowadzonych badań, wykonanych obliczeń oraz analizie stanu istniejącego przyjęto następujące grubości wzmocnienia i modernizacji konstrukcji nawierzchni na poszczególnych odcinkach Alei Hallera w Gdańsku. Przyjęte rozwiązania przedstawiono na rysunkach od 10 do 18.

Al. Hallera, odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna: Rozwiązanie 1 – wzmocnienie

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,10 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 6 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,14 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,37 m	Istniejące warstwy konstrukcji nawierzchni po frezowaniu średnio 4 cm, grubość 23 cm
		Podłoże gruntowe G2, $E_0=61$ MPa

Rys. 10. Wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna – trwałość zmęczeniowa 2,73 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna: Rozwiązanie 2 – nowa konstrukcja

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,14 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 10 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,18 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,38 m	Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej C _{90/3} , grubość 20 cm
	0,56 m	Warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4, grubość 18 cm
		Podłoże gruntowe G2, E ₀ =61 MPa

Rys. 11. Nowa konstrukcja nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka A1 – od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna – trwałość zmęczeniowa 4,82 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna: Rozwiązanie 1 – wzmocnienie

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,08 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 4 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,12 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,38 m	Istniejące warstwy konstrukcji nawierzchni po frezowaniu średnio 4 cm, grubość 26 cm
		Podłoże gruntowe G2, E ₀ =69 MPa

Rys. 12. Wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna – trwałość zmęczeniowa 1,72 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna: Rozwiązanie 2 – nowa konstrukcja

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,12 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 8 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,16 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,36 m	Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej C _{90/3} , grubość 20 cm
	0,54 m	Warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4, grubość 18 cm
		Podłoże gruntowe G2, E ₀ =69 MPa

Rys. 13. Nowa konstrukcja nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka A2 – od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdnia w kierunku Brzeźna – trwałość zmęczeniowa 2,21 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza: Rozwiązanie 1 – wzmocnienie

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,10 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 6 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,14 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,32 m	Istniejące warstwy konstrukcji nawierzchni po frezowaniu średnio 4 cm, grubość 18 cm
		Podłoże gruntowe G1, E ₀ =122 MPa

Rys. 14. Wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – trwałość zmęczeniowa 1,55 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza: Rozwiązanie 2 – nowa konstrukcja

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,12 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 8 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,16 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,36 m	Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej C _{90/3} , grubość 20 cm
	0,54 m	Warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4, grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G1, E ₀ =122 MPa

Rys. 15. Nowa konstrukcja nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka B1 – od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – trwałość zmęczeniowa 2,21 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza: Rozwiązanie 1 – wzmocnienie

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,13 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 9 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,17 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,41 m	Istniejące warstwy konstrukcji nawierzchni po frezowaniu średnio 4 cm, grubość 24 cm
		Podłoże gruntowe G2, E ₀ =76 MPa

Rys. 16. Wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – trwałość zmęczeniowa 3,01 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza: Rozwiązanie 2 – nowa konstrukcja

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,14 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 10 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,18 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,38 m	Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej C _{90/3} , grubość 20 cm
	0,53 m	Warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4, grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G2, E ₀ =76 MPa

Rys. 17. Nowa konstrukcja nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka B2 – od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – trwałość zmęczeniowa 4,82 mln osi 100 kN/pas

Al. Hallera, odcinek B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza: Rozwiązanie 2 – nowa konstrukcja

	0,00 m	
	0,04 m	Warstwa ścieralna - mastyks grysowy SMA8 lub SMA11 z asfaltem modyfikowanym 45/80-65, grubość 4 cm
	0,14 m	Warstwa wiążąca - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość 10 cm warstwa przeciwspekaniowa – siatka szklano-węglowa
	0,18 m	Warstwa wyrównawcza - beton asfaltowy AC16W z asfaltem wysokomodyfikowanym 25/55-80, grubość min. 4 cm
	0,38 m	Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej C _{90/3} , grubość 20 cm
	0,53 m	Warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4, grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G1, E ₀ =109 MPa

Rys. 18. Nowa konstrukcja nawierzchni Al. Hallera w Gdańsku dla odcinka B3 – od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdnia w kierunku Wrzeszcza – trwałość zmęczeniowa 4,82 mln osi 100 kN/pas

7. WYMAGANIA MATERIAŁOWE I TECHNOLOGICZNE

Dla zaprojektowanych warstw wzmacniających oraz nowej konstrukcji nawierzchni określono wymagania materiałowe oraz podano wymagania dla podłoża gruntowego. Wymagania dotyczą wykonania następujących warstw:

1. Warstwy ścieralnej z mastyksu grysowego SMA8 i SMA11 z asfaltem modyfikowanym polimerem 45/80-65.
2. Warstwy wiążącej z betonu asfaltowego AC 16W z asfaltem wysokomodyfikowanym HiMA 25/55-80.
3. Warstwy wyrównawczej z betonu asfaltowego AC 16W z asfaltem z asfaltem wysokomodyfikowanym HiMA 25/55-80.
4. Połączenia międzywarstwowego.
5. Warstwy przeciwspekaniowej z siatki szklano-węglowej.
6. Warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{90/3}.
7. Warstwy podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C3/4.

7.1. Wykonanie warstwy ścieralnej z mastyksu grysowego SMA8, SMA11

Warstwę ścieralną z mastyksu grysowego SMA8 lub SMA11 należy wykonać według WT-2 2014. Krzywe graniczne uziarnienia warstwy ścieralnej z mastyksu grysowego podano w tablicy 9.

Tablica 9. Graniczne krzywe uziarnienie mastyksu grysowego SMA8 lub SMA11 do warstwy ścieralnej, ruch KR3-4

Wymiar oczek sit # [mm]	Drogi kategorii ruchu KR3 ÷ KR4	
Przechodzi przez:	SMA 8	SMA 11
16	-	100
11,2	100	90 ÷ 100
8,0	90 ÷ 100	50 ÷ 65
5,6	35 ÷ 60	35 ÷ 45
2,0	20 ÷ 30	20 ÷ 30
0,125	9 ÷ 17	9 ÷ 17
0,063	7 ÷ 12	8 ÷ 12
Orientacyjna zawartość środka stabilizującego, %	0,3 ÷ 1,5	0,3 ÷ 1,5
B _{min} , %m-m	7,2	6,6

Należy zastosować asfalt modyfikowany PMB 45/80-65 wg PN-EN 14023. Należy stosować dodatek celulozowy stabilizujący mastyks grysowy (SMA). Dodatek powinien posiadać świadectwo dopuszczenia wydane przez upoważnioną jednostkę.

Materiały kamienne oraz wypełniacz wapienny powinny spełniać wymagania określone w WT-1 2014. Wymagane właściwości warstwy ścieralnej podano w tablicy 10.

Tablica 10. Wymagania wobec mieszanek mineralno-asfaltowych oraz warstwy ścieralnej z mieszanki mastyksowo-grysowej (SMA) z asfaltem modyfikowanym polimerem

Lp.	Właściwości, metoda badania	Formowanie próbek	Kategoria ruchu KR 3-4
1.	Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.4	PN-EN 13108-20, C.1.2. (2x50 uderzeń)	$V_{min1,5}$ $V_{max3,0}$
2.	Odporność na deformacje trwałe ^{a, c} , PN-EN 12697-22 metoda B w powietrzu, 10 000 cykli, w temperaturze +60°C	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie $P_{98} \div P_{100}$	WTS _{AIR0,15} PRD _{AIR} Deklarowana nie więcej niż 9,0
3.	Odporność na działanie wody, PN-EN 12697-12, kondycjonowanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^b , badanie w 25°C	PN-EN 13108-20 C.1.1. 2x35 uderzeń	ITSR ₉₀
4.	Spływność lepiszcza, PN-EN 12697-18 p. 5	-	D _{0,3}

- a) Grubość płyty AC 16 W – 60 mm,
b) ujednoliconą procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1 WT-2 2014
c) procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2 WT-2 2014

Ze względu na brak zapasu trwałości zmęczeniowej nie dopuszcza się ujemnych tolerancji wykonawczych przy wbudowywaniu warstwy ścieralnej. W przypadku stosowania mieszanek o drobnym uziarnieniu wbudowywanych w warstwach cieńszych niż 4 cm należy odpowiednio zwiększyć grubość warstwy wiążącej tak, aby zachować grubość pakietu warstw asfaltowych jak w projekcie.

7.2. Warstwa wyrównawcza/wiążąca z betonu asfaltowego AC 16W

Warstwę wyrównawczą i wiążącą należy wykonać z betonu asfaltowego AC 16W jak do warstwy wiążącej i wyrównawczej dla ruchu KR3-4 według WT-2 2014. Krzywe graniczne uziarnienia warstwy wyrównawczej z betonu asfaltowego podano w tablicy 11.

Tablica 11. Graniczne krzywe uziarnienia betonu asfaltowego do warstwy wyrównawczej i wiążącej AC 16W, ruch KR3-4

Sito kwadratowe [mm]	Przechodzi przez sito [%]
22,4	100
16,0	90 ÷ 100
11,2	70 ÷ 90
8,0	55 ÷ 80
2,0	25 ÷ 50
0,125	4 ÷ 12
0,063	4 ÷ 10
B _{min} , %m-m	4,6

Do warstwy wiążącej i wyrównawczej należy stosować asfalt wysokomodyfikowany 25/55-80 według normy PN-EN 14023. Materiały mineralne oraz wypełniacz wapienny powinny spełniać wymagania określone w WT-1 Kruszywa 2014.

Wymagane właściwości betonu asfaltowego do warstwy wyrównawczej i wiążącej podano w tablicy 12.

Tablica 12. Wymagania wobec betonu asfaltowego do warstwy wyrównawczej i wiążącej

Lp	Właściwości, metoda badania	Formowanie próbek	Kategoria ruchu KR 3-4
1	Zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla, PN-EN 12697-8 p.4	PN-EN 13108-20, C.1.3. (2x75 uderzeń)	V_{min4} V_{max7}
2	Odporność na deformacje trwałe ^{a,c} , PN-EN 12697-22 metoda B w powietrzu, 60°C, 10 000 cykli	PN-EN 13108-20, C.1.20. wałowanie $P_{98} \div P_{100}$	$WTS_{AIR0,15}$ $PRD_{AIR7,0}$
3	Odporność na działanie wody, PN-EN 12697-12, kondycjonowanie w 40°C z jednym cyklem zamrażania ^b , badanie w 25°C	PN-EN 13108-20 C.1.1. 2x35 uderzeń	$ITSR_{80}$

- a) Grubość płyty AC 16 W – 60 mm,
b) ujednoliconą procedurę badania wrażliwości na działanie wody z jednym cyklem zamrażania podano w załączniku 1 WT-2 2014
c) procedurę kondycjonowania krótkoterminowego mma przed zagęszczeniem próbek do badań podano w załączniku 2 WT-2 2014

Ze względu na brak zapasu trwałości zmęczeniowej nie dopuszcza się ujemnych tolerancji wykonawczych przy wbudowywaniu warstwy wiążącej.

7.3. Połączenie międzywarstwowe

Powierzchnię warstw asfaltowych należy skropić przed wykonaniem następnej warstwy kationową emulsją asfaltową zgodną z PN-EN 13808 i załącznika krajowego NA. Po wytrąceniu asfalt nie może być miękniejszy niż 100 j.pen. Należy zastosować następujący rodzaj emulsji:

- C60B3ZM – w przypadku połączenie warstw z asfaltami niemodyfikowanymi,
- C60BP3ZM – w przypadku gdy co najmniej jedna z warstw jest z z asfaltu modyfikowanego. Dotyczy również warstw z asfaltem modyfikowanym gumą.

W przypadku warstw asfaltowych zakłada się pełne połączenie warstw, bez którego nie zostaną osiągnięte trwałości przewidziane dla obliczonych konstrukcji nawierzchni. Pełna szczepność jest zapewniona, gdy wytrzymałość na ścinanie oznaczona w aparacie Leutnera, na próbkach o średnicy 150 mm w temperaturze +20°C przy obciążeniu z prędkością 50 mm/min, wynosi nie mniej niż:

- 1,0 MPa dla połączeń warstwa ścieralna–warstwa wiążąca,
- 0,7 MPa dla połączeń warstwa wiążąca–wyrównawcza,
- 0,6 MPa dla połączeń warstwa wyrównawcza–istniejąca nawierzchnia.

7.4. Wykonanie warstwy przeciwspekaniowej z siatki z włókien szklanych i węglowych

Do wykonania warstwy przeciwspekaniowej należy użyć siatki z włókien szklanych i węglowych powlekanej warstwą asfaltu modyfikowanego polimerem o minimalnej wytrzymałości na rozciąganie: wzdłuż min. 120 kN/m oraz poprzecznie: min. 200 kN/m.

Do wykonania warstwy szepnej na powierzchni, na której ma być ułożona siatka należy stosować kationową emulsję asfaltową modyfikowaną polimerami C60 BP3 ZM, o właściwościach zgodnych z określonymi w Wymaganiach Technicznych „Kationowe emulsje asfaltowe na drogach publicznych”, WT-3 Emulsje asfaltowe 2009, Tablica 3. Do wykonania robót należy zastosować wyrób złożony z siatki szklanej i węglowej wstępnie powlekanej warstwą asfaltu modyfikowanego polimerem. Szczegółowe wymagania dotyczące siatki podano w tablicy 13.

Tablica 13. Wymagania dla siatki o włóknach szklanych i węglowych

Parametr	Wymaganie
Wytrzymałość na rozciąganie, kN/m	
Wzdłuż:	> 120
Poprzecznie:	>200
Materiał	włókno szklane i węglowe

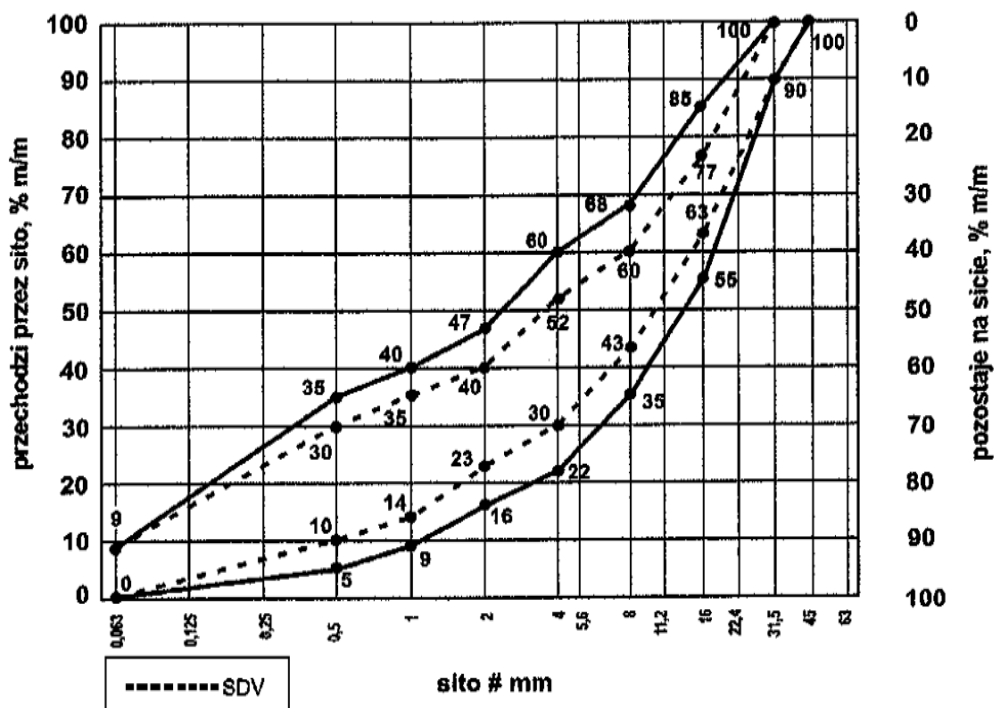
Powierzchnię podłoża należy oczyścić i usunąć wszelkie luźne części. Tak przygotowane podłoże należy skropić emulsję asfaltową szybkorozpadową w ilości od około 0,33 kg/m² (emulsja 60%) do 0,28 kg/m² (emulsja 70%). Przy skropieniu lepiszczem asfaltowym na gorąco – ilość 0,2 kg/m². W przypadku podłoży frezowanych skropienie powinno być intensywniejsze o ok.50%.

Siatkę można rozkładać zarówno ręcznie jak i maszynowo. Warstwę siatki należy układać na szerokości zgodnej z dokumentacją projektową. Rozłożenie siatki może nastąpić dopiero po przeschnięciu warstwy skropienia, do takiego stopnia, aby była lekko klejąca się, ale nie przywierała. Siatka zabezpieczona jest od spodu folią ochronną, którą należy usunąć podczas procesu rozkładania. W przypadku aplikacji ręcznej warstwę folii należy stopić gazowym palnikiem ręcznym; w przypadku rozkładania maszynowego warstwa ta jest topiona przez palniki zabudowane w urządzeniu rozkładającym. W przypadku rozkładania ręcznego należy docisnąć warstwę siatki poprzez przejazd walca ogumionego. W przypadku rozkładania maszynowego nie jest to wymagane. Nie jest wymagane dodatkowe kotwienie siatki zbrojeniowej do podłoża. Siatkę należy układać „na zakład”. Dotyczy to zarówno połączeń podłużnych jak i poprzecznych. Szerokość zakładu ok. 10 cm. Docinanie siatki na żądany wymiar zarówno w kierunku podłużnym jak i poprzecznym może się odbywać przy wykorzystaniu zarówno przyrządów ręcznych (nóż, nożyczki itp.) jak z wykorzystaniem mechanicznych urządzeń tnących (szlifierki kątowe itp.). Po rozłożonej warstwie siatki przygotowanej do przykrycia warstwą wiążącą nawierzchni może odbywać się ruch pojazdów używanych do układania tej warstwy.

7.5. Wykonanie warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{90/3}

W przypadku zastosowania rozwiązania technologicznego zakładającego wykonanie nowej konstrukcji nawierzchni warstwę podbudowy zasadniczej należy wykonać z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C_{90/3}. Kruszywa przeznaczone do wytworzenia mieszanki niezwiązanej do warstwy podbudowy zasadniczej nawierzchni na odcinkach

Al. Hallera w Gdańsku powinny spełniać wymagania WT-4 2010 „Wymagania Techniczne. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych”, tablica 1 w zależności od przeznaczenia. Do produkcji mieszanki niezwiązanej przeznaczonej do wykonania nawierzchni z mieszanki niezwiązanej nie dopuszcza się użycia kruszywa pochodzącego z osadowych skał węglanowych. Do warstwy nawierzchni przewiduje się zastosowanie mieszanek kruszyw o uziarnieniu 0/31,5 mm. W przypadku braku możliwości pozyskania mieszanki o wymaganym uziarnieniu dopuszcza się użycie kruszywa o innym uziarnieniu, zgodnie z WT-4, po uprzednim uzgodnieniu z Inżynierem. Wymagane krzywe graniczne uziarnienia mieszanki niezwiązanej 0/31,5 do warstwy podbudowy zasadniczej przedstawiono na rys. 19.



Rys. 19. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki niezwiązanej 0/31,5 do warstwy podbudowy zasadniczej

7.6. Wykonanie warstwy podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej cementem

Do wykonania warstwy podbudowy z mieszanki związanej cementem należy stosować kruszywo naturalne, spełniające wymagania podane w WT-5 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym dla dróg krajowych 2010, Tablica 1.1 dla kruszyw do podbudowy pomocniczej. Jeżeli będą stosowane kruszywa z osadowych skał węglanowych, to należy ograniczyć ich udział do 20% w mieszance, za pisemną zgodą Zamawiającego. Skład mieszanek projektuje się ze względu na wytrzymałość na ściskanie próbek (System I) po 28 dniach pielęgnacji, zagęszczanych metodą Proctora wg PN-EN 13286-50 w formach walcowanych H/D=1. Klasy wytrzymałości przyjmuje się wg tablicy 1.2. w WT 5 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagane wytrzymałości na ściskanie podano w tablicy 14.

Tablica 14. Wymagania odnośnie wytrzymałości na ściskanie

Lp.	Wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie R_c , po 28 dniach, MPa dla próbek walcowych o		Klasa wytrzymałości
	$H/D^a=2.0$	$H/D^a=1.0^b$	
1	3,0	4,0 (nie więcej niż 6,0 MPa)	$C_{3/4}$
^a H/D = stosunek wysokości do średnicy próbki			
^b H/D = 0.8 do 1.21			

8. Podsumowanie i zalecenia dotyczące metody modernizacji nawierzchni

Zaprojektowane rozwiązania technologiczne modernizacji i wzmocnienia istniejących konstrukcji nawierzchni analizowanych odcinków Alei Hallera w Gdańsku przeniosą przewidywane obciążenie ruchem w 20 letnim okresie eksploatacji pod warunkiem zachowania reżimów technologicznych podczas realizacji zadania oraz odpowiednich zabiegów utrzymaniowych w trakcie eksploatacji nawierzchni.

W trakcie eksploatacji nawierzchni zaleca się prowadzenie monitoringu ruchu oraz okresowe pomiary nośności nawierzchni, aby w odpowiednim czasie przedsięwziąć decyzję o ewentualnym wzmocnieniu, jeżeli okaże się, że ruch wzrósł bardziej niż przewidywano, a trwałość nawierzchni jest niewystarczająca.

Opracowali:

dr hab. inż. Piotr Jaskuła, prof. PG

dr inż. Marek Pszczoła

mgr inż. Cezary Szydłowski

dr inż. Marcin Stienss

Załącznik 1

Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni i podłoża gruntowego

1. Badania terenowe

Inwentaryzację poszczególnych warstw nawierzchni przeprowadzono z wykorzystaniem wiertnicy mechanicznej do wykonania odwiertów rdzeniowych przez konstrukcję nawierzchni oraz świdra ręcznego do wierceń w podłożu gruntowym.

Ponadto wykonano sondowania sondą dynamiczną DCP w celu określenia nośności podłoża gruntowego za pomocą wskaźnika CBR. Pomiar wskaźnika nośności CBR sondą DCP opiera się na założeniu zachowania zależności pomiędzy określoną ilością uderzeń bijaka (o masie 8 kg) i wpędem żerdzi penetrującej (zakończonych stożkiem o średnicy 20 mm i kącie nachylenia 60°). Wyniki obliczono z wykorzystaniem zależności Kleyn'a i Van Heerden'a:

$$\text{Log}_{10}(\text{CBR}) = 2,632 - 1,273 \cdot \text{Log}_{10}\text{DCP}$$

gdzie:

CBR – wskaźnik nośności podłoża (CBR),

DCP – średni wpęd sondy na jedno uderzenie.

Ostatnim etapem podczas prac terenowych w każdej lokalizacji było wykonanie wierceń w podłożu gruntowym w celu makroskopowego określenia rodzaju gruntu oraz sprawdzenia obecności wody gruntowej.

Grubość warstw konstrukcyjnych określono zgodnie z normą PN-EN 12697-36 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 36: Oznaczanie grubości nawierzchni asfaltowych.

1.1. Odcinek od ul. Kościuszki do al. Płazyńskiego (A1)






Lokalizację wykonanych odwiertów pokazano na rys. Z1.1. Wyniki badań przedstawiono w następujących tablicach:

- inwentaryzację konstrukcji nawierzchni w tablicy Z1.1,
- warstwy podłoża gruntowego wraz ze wskaźnikiem nośności gruntu CBR bezpośrednio pod nawierzchnią w tablicy Z1.2.



Rys. Z1.1. Lokalizacja punktów badawczych, odcinek A1

Tablica Z1.1. Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni Al. Hallera, odc. od ul. Kościuszki do Al. Płazyńskiego

Nr odwiertu	1	2	3	4	5
Widok konstrukcji nawierzchni					
Grubość warstw bitumicznych, [mm]	80	110	85	110	70
Grubość i rodzaj podbudowy, [mm]	Beton cementowy 200	Beton cementowy 180	Beton cementowy 185	Beton cementowy 150	Beton cementowy 220

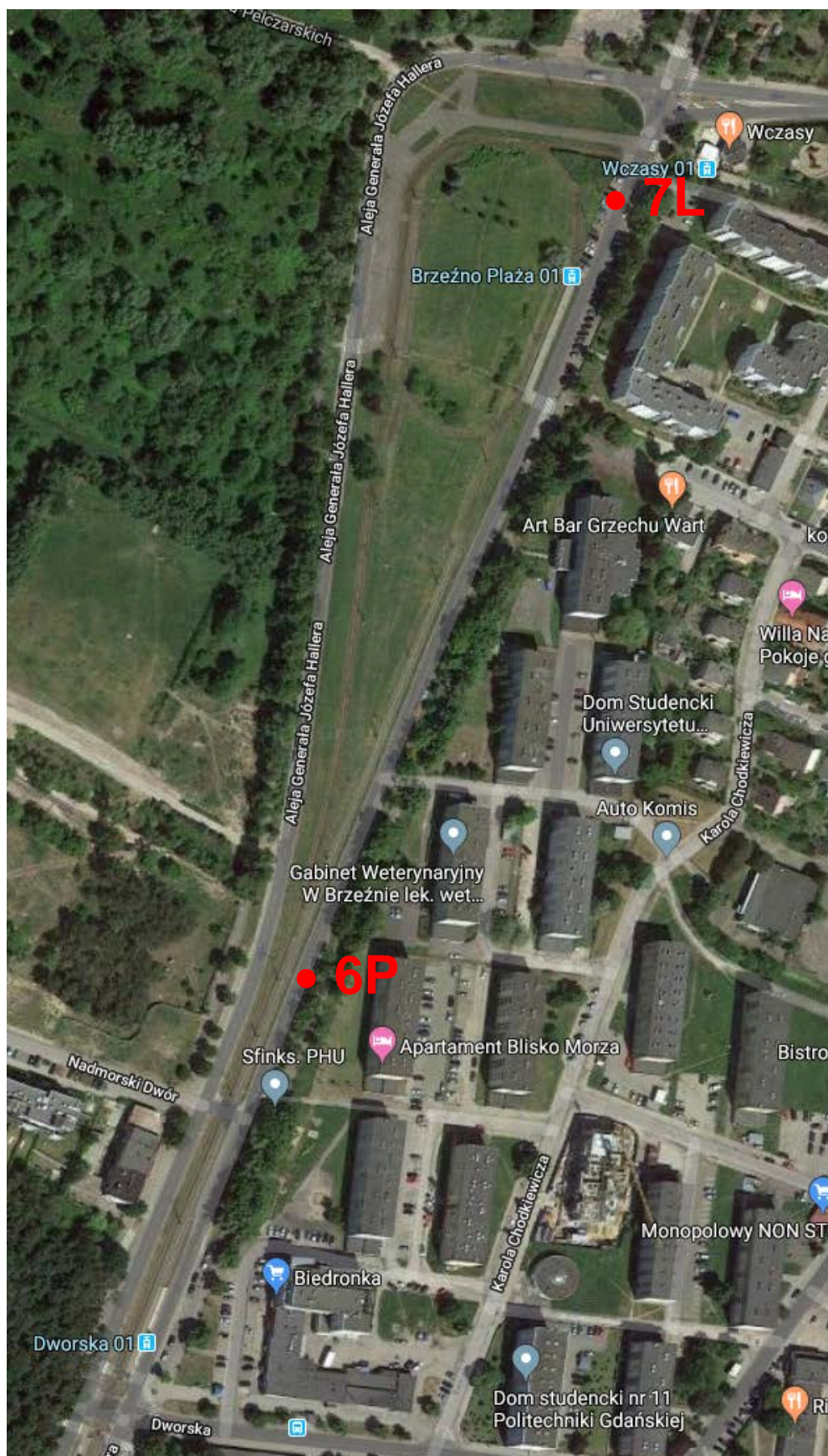
Tablica Z1.2. Zestawienie warstw podłoża gruntowego

Nr odwiertu	Podłoże gruntowe (od poziomu terenu) [cm]	
1	0–28	konstrukcja nawierzchni
	28–110	piasek gruby, CBR = 48,5%
	110–150	piasek średni, CBR = 14,4%
	150–250	piasek średni
2	0–29	konstrukcja nawierzchni
	29–100	piasek średni, CBR = 15,1%
	100–150	piasek drobny, CBR = 2,4%
	150–200	piasek drobny
	200–250	torf
3	0–27	konstrukcja nawierzchni
	27–50	piasek gruby, CBR = 15,7%
	50–80	piasek średni, CBR = 6,1%
	80–150	piasek średni, CBR = 17,7%
	150–250	piasek średni
4	0–26	konstrukcja nawierzchni
	26–110	piasek gruby, CBR = 22,1%
	110–120	gleba / gruz ceglany, CBR = 3,6%
	120–150	piasek gruby
	150–250	piasek drobny
5	0–29	konstrukcja nawierzchni
	29–100	piasek średni / torf, CBR = 4,6%
	100–150	piasek średni, CBR = 19,0%
	150–200	piasek średni
	200–250	piasek gruby

1.2. Odcinek od ul. Dworskiej do ul. Wczasy (A2)



Lokalizację wykonanych odwiertów pokazano na rys. Z1.2. Wyniki badań przedstawiono w następujących tablicach:

- inwentaryzację konstrukcji nawierzchni w tablicy Z1.3,
- warstwy podłoża gruntowego wraz ze wskaźnikiem nośności gruntu CBR bezpośrednio pod nawierzchnią w tablicy Z1.4.



Rys. Z1.2. Lokalizacja punktów badawczych, odcinek A2

Tablica Z1.3. Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni Al. Hallera, odc. od ul. Dworskiej do ul. Wczasy

Nr odwiertu	6	7
Widok konstrukcji nawierzchni		
Grubość warstw bitumicznych, [mm]	65	80
Grubość i rodzaj podbudowy, [mm]	Beton cementowy 235	Kostka kamienna 210

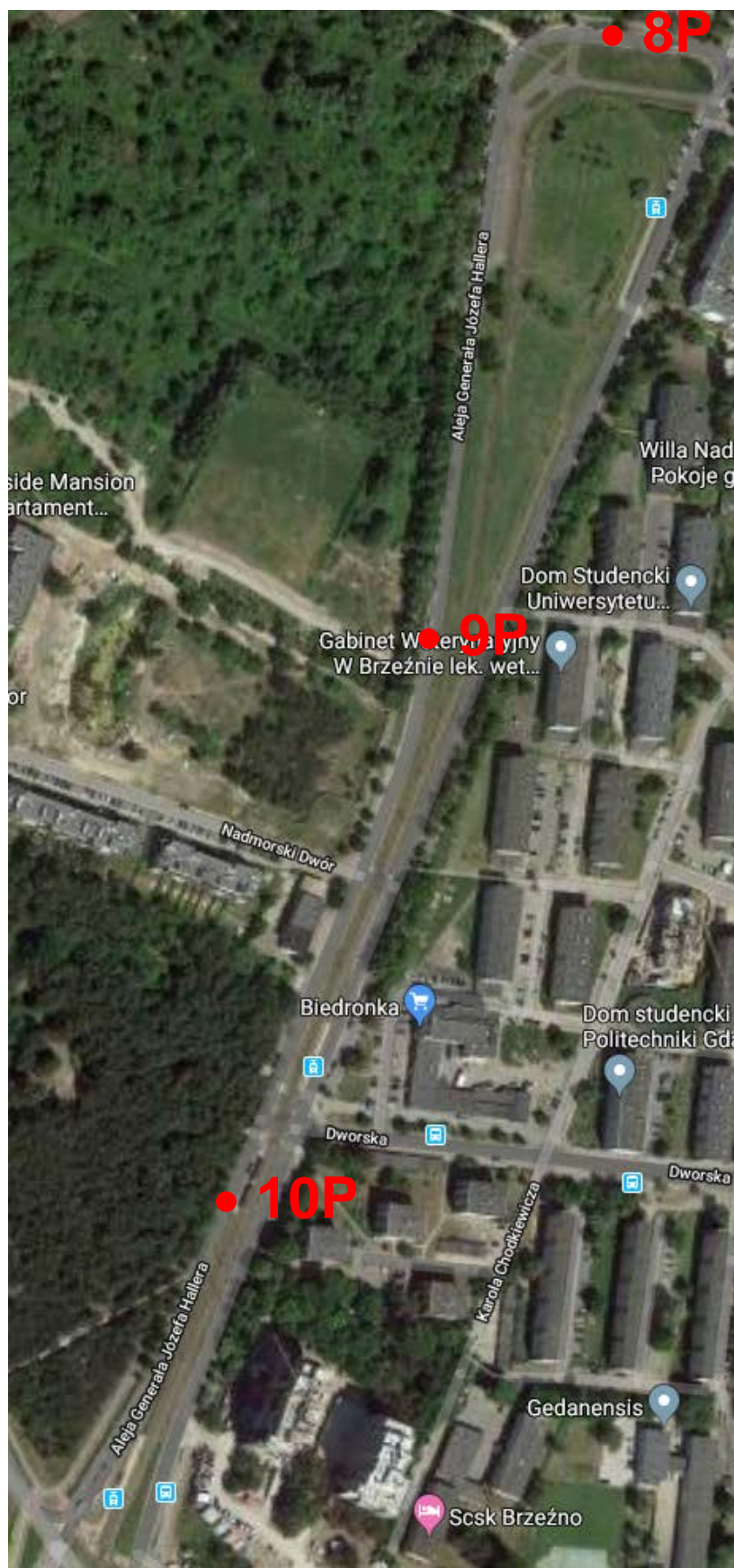
Tablica Z1.4. Zestawienie warstw podłoża gruntowego

Nr odwiertu	Podłoże gruntowe (od poziomu terenu) [cm]
6	0–30 konstrukcja nawierzchni
	30–100 piasek drobny, CBR = 5,1%
	100–150 piasek drobny, CBR = 18,4%
	120–250 piasek drobny
	180 woda gruntowa
7	0–29 konstrukcja nawierzchni
	29–55 piasek średni, CBR = 22,6%
	55–120 piasek drobny, CBR = 3,7%
	120–140 piasek drobny, CBR = 14,3%
	140–160 torf
	160–180 piasek drobny (szary)
	180–250 piasek drobny
	180 woda gruntowa

1.3. Odcinek od ul. Wczasy do al. Płazyńskiego (B1)



Lokalizację wykonanych odwiertów pokazano na rys. Z1.3. Wyniki badań przedstawiono w następujących tablicach:

- inwentaryzację konstrukcji nawierzchni w tablicy Z1.5,
- warstwy podłoża gruntowego wraz ze wskaźnikiem nośności gruntu CBR bezpośrednio pod nawierzchnią w tablicy Z1.6.



Rys. Z1.3. Lokalizacja punktów badawczych, odcinek B1

Tablica Z1.5. Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni Al. Hallera, odc. od ul. Wczasy do Al. Płazyńskiego

Nr odwiertu	8	9	10
Widok konstrukcji nawierzchni			
Grubość warstw bitumicznych, [mm]	50	65	230
Grubość i rodzaj podbudowy, [mm]	Beton cementowy 240	Beton cementowy 155	Brak

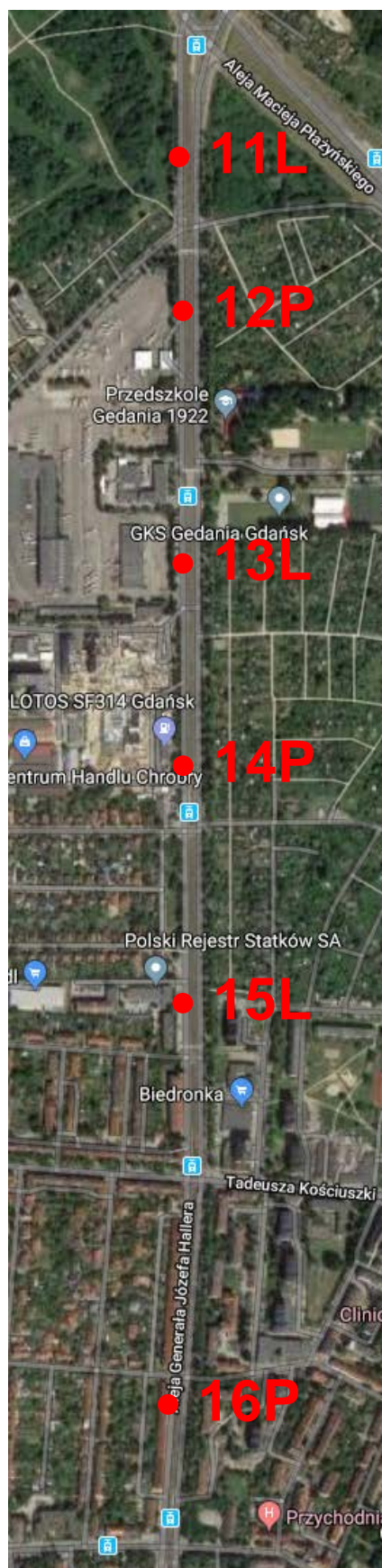
Tablica Z1.6. Zestawienie warstw podłoża gruntowego

Nr odwiertu	Podłoże gruntowe (od poziomu terenu) [cm]
8	0–29 konstrukcja nawierzchni
	29–100 piasek średni, CBR = 15,8%
	100–150 piasek średni, CBR = 29,5%
	150–250 piasek drobny
	180 woda gruntowa
9	0–22 konstrukcja nawierzchni
	22–100 piasek średni, CBR = 29,6%
	100–150 piasek drobny, CBR = 15,5%
	150–250 piasek drobny
	180 woda gruntowa
10	0–23 konstrukcja nawierzchni
	22–80 piasek średni, CBR = 31,1%
	80–100 torf, CBR = 3,5%
	100–150 piasek drobny, CBR = 21,9%
	150–250 piasek drobny
	200 woda gruntowa

1.4. Odcinek od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza (B2)







Lokalizację wykonanych odwiertów pokazano na rys. Z1.4. Wyniki badań przedstawiono w następujących tablicach:

- inwentaryzację konstrukcji nawierzchni w tablicy Z1.7,
- warstwy podłoża gruntowego wraz ze wskaźnikiem nośności gruntu CBR bezpośrednio pod nawierzchnią w tablicy Z1.8.



Rys. Z1.4. Lokalizacja punktów badawczych, odcinek B2

Tablica Z1.7. Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni Al. Hallera, odc. od Al. Płazyńskiego do ul. Mickiewicza

Nr odwiertu	11	12	13	14	15	16
Widok konstrukcji nawierzchni						
Grubość warstw bitumicznych, [mm]	90	180	130	140	120	50
Grubość i rodzaj podbudowy, [mm]	Beton cementowy 200	Tłuczeń / KŁSM 250	Tłuczeń / KŁSM 220	Tłuczeń / KŁSM 290	Tłuczeń / KŁSM 260	Kostka kamienna 200

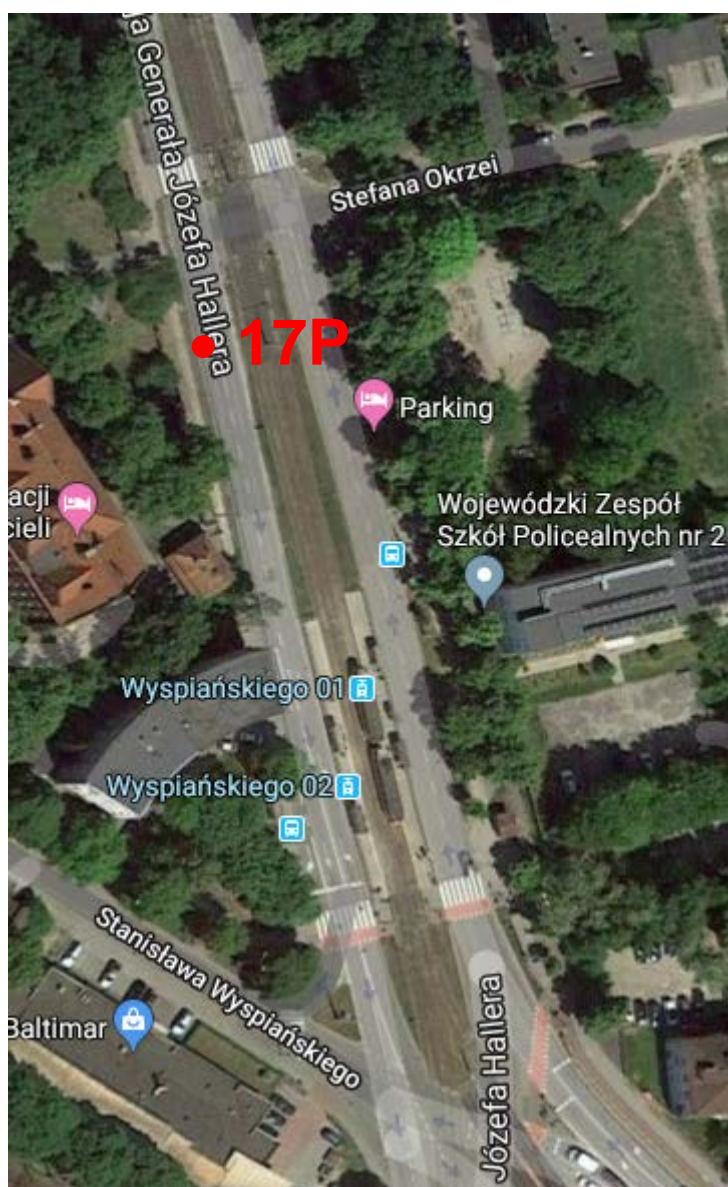
Tablica Z1.8. Zestawienie warstw podłoża gruntowego

Nr odwiertu	Podłoże gruntowe (od poziomu terenu) [cm]	
11	0–29	konstrukcja nawierzchni
	29–100	nasyp / gruz ceglany, CBR = 21,2%
	100–150	piasek drobny, CBR = 5,7%
	150–250	piasek drobny
	200	woda gruntowa
12	0–43	konstrukcja nawierzchni
	43–60	piasek drobny, CBR = 40,8%
	60–100	piasek drobny, CBR = 15,2%
	100–150	piasek drobny, CBR = 39,0%
	150–250	piasek drobny
13	0–35	konstrukcja nawierzchni
	35–60	piasek drobny, CBR = 20,9%
	60–120	piasek drobny, CBR = 8,1%
	120–150	piasek drobny, CBR = 24,7%
	150–250	piasek drobny
14	0–43	konstrukcja nawierzchni
	43–90	nasyp / gruz ceglany, CBR = 5,6%
	90–150	piasek drobny, CBR = 5,1%
	150–230	piasek średni
	230–250	piasek drobny
15	0–25	konstrukcja nawierzchni
	25–70	piasek drobny, CBR = 22,1%
	70–150	piasek gliniasty, CBR = 1,5%
	150–200	piasek gliniasty
	200–250	piasek drobny
16	0–25	konstrukcja nawierzchni
	25–80	pospółka, CBR = 54,7%
	80–150	piasek drobny, CBR = 3,2%
	150–250	piasek drobny

1.5. Odcinek od ul. Okrzei do węzła Kliniczna (B3)


Lokalizację wykonanych odwiertów pokazano na rys. Z1.5. Wyniki badań przedstawiono w następujących tablicach:

- inwentaryzację konstrukcji nawierzchni w tablicy Z1.9,
- warstwy podłoża gruntowego wraz ze wskaźnikiem nośności gruntu CBR bezpośrednio pod nawierzchnią w tablicy Z1.10.



Rys. Z1.8. Lokalizacja punktów badawczych, odcinek

Tablica Z1.9. Inwentaryzacja konstrukcji nawierzchni Al. Hallera, odc. od ul. Okrzei do węzła Kliniczna

Nr odwiertu	17
Widok konstrukcji nawierzchni	
Grubość warstw bitumicznych, [mm]	70
Grubość i rodzaj podbudowy, [mm]	Kostka kamienna 200

Tablica Z1.10. Zestawienie warstw podłoża gruntowego

Nr odwiertu	Podłoże gruntowe (od poziomu terenu) [cm]
17	0–27 konstrukcja nawierzchni
	27–150 piasek średni, CBR = 15,0%
	150–250 piasek średni

Załącznik 2

Szczegółowa ocena stanu technicznego konstrukcji nawierzchni

Tablica Z2.1. Szczegółowa ocena stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera – odcinek A1: od ul. Kościuszki do Al. Płacyńskiego, jezdnia w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 1+415

Lokalizacja uszkodzenia, km	Opis uszkodzenia lub istotnego czynnika wpływającego na technologię remontu i modernizacji nawierzchni
km 0+000,0	początek odcinka
km 0+019,8	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+023,1	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+025,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+037,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+047,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+057,0	koleina o głębokości 15 mm
km 0+058,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+073,5	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+079,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+096,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+107,7	koleina o głębokości >34 mm, około 5 cm
km 0+111,5	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+122,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+131,6	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+141,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+153,5	koleina o głębokości 15 mm
od km 0+151,0 do km 0+163,8	przejazd przez torowisko
km 0+174,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+195,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+206,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+206,0	koleina o głębokości 25 mm
km 0+216,0	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+226,7	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+230,3	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+236,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+247,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+250,0	koleina o głębokości 22 mm
km 0+259,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
od km 0+264,0 do km 0+273,8	zapadnięcie na prawym i lewym pasie ruchu
km 0+286,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+294,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+300,0	koleina o głębokości 15 mm
km 0+345,3	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+350,0	koleina o głębokości 27 mm
km 0+370,0	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 0+391,3	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 0+400,0	koleina o głębokości 16 mm
km 0+402,0	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 0+422,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+432,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+456,5	koleina o głębokości 33 mm
km 0+473,0	wjazd do ogródków działkowych
km 0+486,0	koniec wjazdu do ogródków działkowych
km 0+488,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+493,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni

km 0+506,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+507,0	koleina o głębokości 15 mm
km 0+535,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+545,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+555,3	koleina o głębokości 20 mm
km 0+567,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+577,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+600,0	koleina o głębokości 15 mm
km 0+621,5	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 0+643,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+650,0	koleina o głębokości 18 mm
km 0+683,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+700,0	koleina o głębokości 17 mm
km 0+732,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+750,0	koleina o głębokości 22 mm
km 0+766,5	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 0+768,6	przejazd przez torowisko
km 0+777,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+800,0	koleina o głębokości 14 mm
km 0+808,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+819,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+831,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+852,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+853,0	koleina o głębokości 14 mm
km 0+910,0	początek zatoki autobusowej
km 0+955,0	koniec zatoki autobusowej
km 0+956,0	koleina o głębokości 18 mm
km 0+995,0	koleina o głębokości 28 mm
km 1+007,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+036,8	spękanie poprzeczne na prawym pasie
km 1+041,0	początek przejazdu przez torowisko
km 1+050,0	koleina o głębokości 16 mm
km 1+060,0	koniec przejazdu przez torowisko
km 1+066,0	początek kolejnego przejazdu przez torowisko
km 1+083,8	koniec przejazdu przez torowisko
km 1+100,0	koleina o głębokości >34 mm, około 5 cm
km 1+144,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+150,0	koleina o głębokości 18 mm
km 1+178,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+200,0	koleina o głębokości 15 mm
km 1+236,3	koleina o głębokości >34 mm, około 8 cm – przed skrzyżowaniem z ul. Chrobrego
km 1+250,0	koleina o głębokości >34 mm
km 1+293,0	początek przejazdu przez torowisko na wysokości skrzyżowania z ul. Chrobrego
km 1+312,4	koniec przejazdu przez torowisko na wysokości skrzyżowania z ul. Chrobrego
km 1+329,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+341,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+350,0	koleina o głębokości >34 mm, około 4 cm
km 1+383,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni

km 1+394,7	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 1+398,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+400,0	koleina o głębokości 12 mm
km 1+403,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+411,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+412,0	koniec analizowanego odcinka

Tablica Z2.2. Szczegółowa ocena stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera – odcinek A2: od ul. Dworskiej do ul. Wczasy, jezdni w kierunku Brzeźna, km 0+000 – km 0+725

Lokalizacja uszkodzenia, km	Opis uszkodzenia lub istotnego czynnika wpływającego na technologię remontu i modernizacji nawierzchni
km 0+000,0	początek odcinka, 94 m przed skrzyżowaniem z ul. Dworską
km 0+017,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+020,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+022,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+023,0	koleina o głębokości 24 mm
km 0+074,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+082,0	rozległe spękania zmęczeniowe wzdłuż osi jezdni
km 0+094,9	początek skrzyżowania z ul. Dworską
km 0+113,6	koniec skrzyżowania z ul. Dworską
km 0+120,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+123,0	zaczyna się strefa z prawym pasem ruchu wydzielonym na miejsca postojowe
km 0+127,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+132,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+133,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+143,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+147,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+167,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+176,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+178,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+183,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+187,7	początek lewoskrętu
km 0+187,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+199,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+242,0	koniec lewoskrętu
km 0+247,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+250,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+252,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+255,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+262,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+269,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+278,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+287,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+291,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+301,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+311,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+319,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+323,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+326,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni

km 0+335,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+343,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+354,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+361,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+364,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+372,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+384,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+391,1	zapadnięcie na całej szerokości jezdni
km 0+394,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+398,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+406,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+421,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+432,3	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+441,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+445,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+451,9	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+459,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+474,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+479,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+491,2	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+502,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+518,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+528,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+531,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+538,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+547,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+548,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+554,4	początek wyremontowanego ciągu pieszo - rowerowego
km 0+559,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+579,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+589,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+599,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+607,4	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+610,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
od km 0+676,2 do km 0+677,9	torowisko tramwajowe, rzędna główki szyny na poziomie niwelety nawierzchni
km 0+677,8	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+695,0	początek skrzyżowania z ul. Wczasy
km 0+723,0	koniec analizowanego odcinka

Tablica Z2.3. Szczegółowa ocena stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera – odcinek B1: od ul. Wczasy do Al. Płażyńskiego, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+835

Lokalizacja uszkodzenia, km	Opis uszkodzenia lub istotnego czynnika wpływającego na technologię remontu i modernizacji nawierzchni
km 0+000,0	początek odcinka, początek skrzyżowania z ul. Wczasy
km 0+018,0	spękania zmęczeniowe na lewym pasie ruchu
km 0+034,0	zapadnięcie na lewym pasie ruchu
km 0+168,5	spękanie poprzeczne na lewym pasie
km 0+183,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni

km 0+207,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+215,1	spękania zmęczeniowe na lewym pasie
km 0+220,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+224,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+233,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+236,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+241,5	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+248,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+253,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+254,5	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+258,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+265,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+269,4	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+273,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+275,6	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+278,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+320,0	zapadnięcie nawierzchni
km 0+364,0	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+378,7	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+383,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
od km 0+389,5 do km 0+480,6	liczne łaty i spękania zmęczeniowe
km 0+428,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+480,6	początek skrzyżowania z drogą osiedlową
km 0+569,4	koniec skrzyżowania z drogą osiedlową
km 0+680,4	początek skrzyżowania z ul. Dworską
km 0+705,7	koniec skrzyżowania z ul. Dworską
km 0+721,2	spękania zmęczeniowe (rozległe na całym prawym pasie ruchu)
km 0+752,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+754,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+758,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+775,7	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+780,0	spękanie poprzeczne na prawym pasie ruchu
km 0+780,7	spękanie poprzeczne na prawym pasie ruchu
km 0+834,0	koniec analizowanego odcinka

Tablica Z2.4. Szczegółowa ocena stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera – odcinek B2: od Al. Płacyńskiego do ul. Mickiewicza, jezdnia w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 1+890

Lokalizacja uszkodzenia, km	Opis uszkodzenia lub istotnego czynnika wpływającego na technologię remontu i modernizacji nawierzchni
km 0+000,0	początek odcinka, koniec skrzyżowania z Al. Płacyńskiego
km 0+011,6	początek prawoskrętu
km 0+012,0	rozległe spękania zmęczeniowe na prawym pasie ruchu
km 0+040,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+110,0	początek skrzyżowania z ul. Chrobrego
km 0+134,5	koniec skrzyżowania z ul. Chrobrego
km 0+148,6	bardzo duże spękania zmęczeniowe na prawym pasie
km 0+150,0	koleina o głębokości >34 mm
km 0+235,0	początek prawoskrętu do ZTM Gdańsk
km 0+332,1	początek przejazdu przez torowisko

km 0+361,4	koniec przejazdu przez torowisko
km 0+374,9	początek zatoki autobusowej
km 0+439,0	koniec prawoskrętu z ZTM Gdańsk
km 0+503,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
od km 0+505,0	początek lepszego stanu technicznego odcinka
km 0+569,5	koleina o głębokości 27 mm
km 0+615,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+626,0	prawoskręt w ul. Grudziądzką
km 0+634,6	przejazd przez torowisko
km 0+644,7	koniec skrzyżowania z ul. Grudziądzką
km 0+712,0	koleina o głębokości 18 mm
km 0+752,4	wjazd na stację paliwową LOTOS
km 0+763,6	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+810,7	koleina o głębokości >34 mm
km 0+862,0	wyjazd ze stacji paliwowej LOTOS
km 0+902,1	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 0+925,8	początek skrzyżowania z ul. Wincentego Pstrowskiego
km 0+945,7	koniec skrzyżowania, przejazd przez torowisko
km 1+007,0	koleina o głębokości 23 mm
km 1+103,4	początek pasa z wydzielonymi miejscami postojowymi
km 1+174,0	początek rejonu zatoki autobusowej
km 1+178,0	spękanie poprzeczne przez całą szerokość jezdni
km 1+215,0	koleina o głębokości 18 mm
km 1+230,9	koniec zatoki autobusowej
km 1+243,3	początek skrzyżowania z ul. Lwowską i przejazdu przez torowisko
km 1+260,6	koniec skrzyżowania z ul. Lwowską
km 1+338,0	koleina o głębokości >34 mm
km 1+408,0	początek skrzyżowania z ul. Kościuszki
km 1+428,3	koniec skrzyżowania z ul. Kościuszki
km 1+500,0	koleina o głębokości >34 mm, około 8 cm
km 1+686,7	początek skrzyżowania z ul. Lili Wenedy
km 1+696,5	koniec skrzyżowania z ul. Lili Wenedy
km 1+720,0	koleina o głębokości 29 mm
km 1+800,0	koleina o głębokości >34 mm, około 10 cm
km 1+889,0	koniec analizowanego odcinka, początek skrzyżowania z ul. Mickiewicza

Tablica Z2.5. Szczegółowa ocena stanu technicznego istniejącej konstrukcji nawierzchni Al. Hallera – odcinek B3: od ul. Okrzei do węzła Kliniczna, jezdni w kierunku Wrzeszcza, km 0+000 – km 0+140

Lokalizacja uszkodzenia, km	Opis uszkodzenia lub istotnego czynnika wpływającego na technologię remontu i modernizacji nawierzchni
km 0+000,0	początek odcinka, około 82 m przed skrzyżowaniem z u. Okrzei i przejazdem przez torowisko
km 0+025,0	koleina o głębokości <6 mm
km 0+043,5	wybój w nawierzchni
km 0+047,4	początek spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu
km 0+071,0	koniec spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu
km 0+082,2	początek przejazdu przez torowisko
km 0+093,0	koniec przejazdu przez torowisko

km 0+100,0	koleina o głębokości 16 mm
km 0+122,7	początek spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu
km 0+129,5	koniec spękań zmęczeniowych na prawym pasie ruchu
km 0+140,0	koniec analizowanego odcinka, początek rejonu skrzyżowania z węzłem Kliniczna



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ
I ŚRODOWISKA