

Zadanie inwestycyjne:

Wykonanie Studium Korytarzowego (SK), Studium Techniczno – Ekonomiczno – Środowiskowego z elementami Koncepcji Programowej (STEŚ-R) oraz Materiałów do wniosku o wydanie Decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (DUŚ) dla inwestycji pn. „Budowa obwodnicy Kolbuszowej w ciągu drogi krajowej DK9”

Obiekt budowlany:

Obwodnica Kolbuszowej w ciągu drogi krajowej nr 9

Adres obiektu:

woj. podkarpackie, powiat: kolbuszowski

gm. Kolbuszowa miejscowość: Kolbuszowa - miasto, Kolbuszowa Dolna, Kolbuszowa Górna, Zarębki, Werynia, Kupno, Wieleńka, Bukowiec, Domatków, Nowa Wieś, Świerczów,

gm. Dzikowiec miejscowość: Dzikowiec, Mechowiec

gm. Cmolas miejscowość: Cmolas

Stadium:

STUDIUM TECHNICZNO EKONOMICZNO – ŚRODOWISKOWE ETAP I

Nazwa opracowania:

Tom D – Część techniczna – obiekty inżynierskie

Analiza Hydrologiczno – Hydrauliczna rzeki Przyrwa

Inwestor:

**Skarb Państwa – Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad – reprezentowany przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Rzeszowie
ul. Legionów 20 , 35-959 Rzeszów**



Wykonawca:



ul. Jana Niemierskiego 4
35-307 Rzeszów

Umowa nr:

2413.21.2020 z dnia 12.04.2021 r.

Stanowisko:	Tytuł, imię i nazwisko:	Specjalność:	Nr uprawnień:	Podpis:
Główny projektant b. mostowej:	mgr inż. Artur Wysocki	mostowa	PDK/0241/POOM/10	
Projektant:	mgr inż. Tomasz Kulpa	mostowa	PDK/0009/POOM/19	
Opracowujący:	inż. Mateusz Sprężyna			
Sprawdzający:	dr inż. Wojciech Tomaka	mostowa	B-241/90	

Rzeszów, sierpień 2024 r.

Spis treści

1	Wstęp	5
1.1	Przedmiot opracowania	5
1.2	Cel i zakres opracowania	5
1.3	Wybrane akty prawne i wiedza techniczna.....	5
2	Obliczenia hydrologiczne	6
2.1	Metodologia obliczeń	6
2.2	Zestawienie wyników obliczeń hydrologicznych	6
3	Obliczenia hydrauliczne	7
3.1	Zakres obliczeń hydraulicznych	7
3.2	Dane wyjściowe.....	7
3.3	Opis stanu istniejącego (niezabudowanego)	7
3.4	Opis stanu projektowanego (zabudowanego) – Wariant 4.1A.....	9
3.5	Projektowany zbiornik przeciwpowodziowy.....	9
3.6	Założenia analizy hydraulicznej	9
4	Wyniki obliczeń hydraulicznych	12
4.1	Wyniki obliczeń – stan niezabudowany	12
4.2	Wyniki obliczeń – stan zabudowany – Wariant 4.1A	15
4.3	Porównanie wyników obliczeń – Wariant 4.1A	18
	Załącznik A - Schematy zlewni	23
	Załącznik B - Obliczenia hydrologiczne	25
	Załącznik C – Obliczenia hydrauliczne	27

1 Wstęp

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza hydrauliczno-hydrologiczna wchodząca w skład projektu inwestycji pn.: „**Wykonanie Studium Korytarzowego (SK), Studium Techniczno – Ekonomiczno – Środowiskowego z elementami Koncepcji Programowej (STeS-R) oraz Materiałów do wniosku o wydanie Decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (DUŚ) dla inwestycji pn. „Budowa obwodnicy Kolbuszowej w ciągu drogi krajowej DK9”.**

1.2 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest analiza hydrauliczno-hydrologiczna rzeki Przyrwa. Opracowanie ma za zadanie zbadać wpływ zabudowy doliny rzeki Przyrwa nasypem drogowym oraz obiektem mostowym w ciągu projektowanej drogi DK 9 z uwzględnieniem planowanych inwestycji przeciwpowodziowych na rzece Przyrwa.

1.3 Wybrane akty prawne i wiedza techniczna

- [1.] Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. 2018 poz.1202),
- [2.] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne
- [3.] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. nr 63 z 2000 r. poz. 735 z późn. zmianami);
- [4.] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2018 poz. 799 z późn. zmianami);
- [5.] Rozporządzenie nr 4/2014 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 16 stycznia 2014r. w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły.
- [6.] Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie z dnia 10 października 2017r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków korzystania z wód regionu wodnego Górnej Wisły
- [7.] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej "Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów rzek polskich o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się ", Warszawa 1991 r.
- [8.] Konferencja naukowo techniczna Powódź `97 koleje-drogi-mosty. Wiśła 1998r.
- [9.] Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich, Jerzy Ratomski, Kraków 2000r.
- [10.] HEC-RAS (River Analysis System) User`s manual.
- [11.] WR-M-11. Wytyczne projektowania elementów powiązania drogowych obiektów inżynierskich z terenem i drogą.
- [12.] WR-M-12. Wytyczne obliczania światła drogowych mostów i przepustów hydraulicznych.
- [13.] Zeszyt Z1 „Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów. Część I. Kształtowanie konstrukcji”.
- [14.] PBW Inżynieria – Rozwiązania projektowe zbiorników na rzece Przyrwa.
- [15.] Protokół KOPI Nr 24/2024 z posiedzenia Komisji Oceny Przedsięwzięć Inwestycyjnych przy Generalnym Dyrektorze Dróg Krajowych i Autostrad, które odbyło się w dniu 04.07.2024 r. w siedzibie Centrali GDDKiA.

2 Obliczenia hydrologiczne

2.1 Metodologia obliczeń

Przepływ maksymalny dla analizowanego cieku (rzeka Przyrwa), których powierzchnia zlewni była większa od 50 km² obliczono wykorzystując obszarowe równanie regresji:

$$Q_p = \beta_1 \times A^{0,92} \times H_1^{1,11} \times \varphi^{1,07} \times I_r^{0,10} \times \Psi^{0,35} \times (1+JEZ)^{-2,11} \times (1+B)^{-0,47} \times \lambda_p$$

gdzie:

Q_p – przepływ maksymalny roczny o prawdopodobieństwie p [m³/s],

β_1 – wartość stała odczytywana z tabeli 2.8 [9],

A – powierzchnia zlewni określona przy pomocy mapy topograficznej [km²],

H_1 – maksymalny opad dobowy o prawdopodobieństwie pojawiania się 1% odczytywany z mapy 3.1.6 [9] [mm],

φ – współczynnik odpływu przyjmowany w zależności od utworów glebowych odczytywany z mapy 3.1.7 [9],

I_r – spadek cieku [‰],

Ψ – średnie nachylenie zlewni [‰],

JEZ – wskaźnik jeziorności,

B – wskaźnik zabagnienia,

λ_p – kwantyl rozkładu zmiennej λ_p dla zadanego prawdopodobieństwa p

Zgodnie z [12.] przyjęto prawdopodobieństwo miarodajne dla projektowanej drogi wynoszące $P = 0,5\%$.

2.2 Zestawienie wyników obliczeń hydrologicznych

Tabela 1 Zestawienie wyników obliczeń hydrologicznych

Prawdopodobieństwo	Przepływ miarodajny [m ³ /s]
SSQ	0,98
$Q_{50\%}$	7,51
$Q_{1\%}$	33,63
$Q_{0.5\%}$	38,00
$Q_{0.3\%}$	41,19

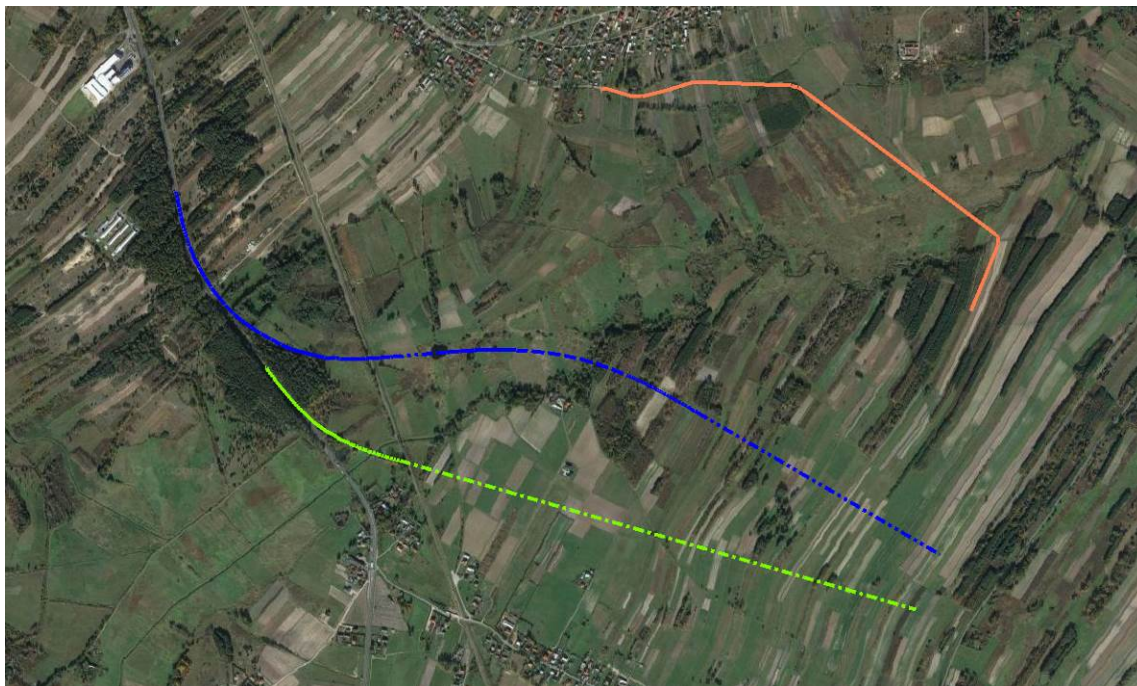
Komplet obliczeń hydrologicznych znajduje się w załączniku B.

3 Obliczenia hydrauliczne

3.1 Zakres obliczeń hydraulicznych

Obliczenia hydrauliczne zostały przeprowadzone dla wariantu W4.1A przebiegu trasy obejmującego dolinę rzeki Przyrwa, wybranego w [15.], jako rekomendowany dla dalszego procedowania.

Ponadto ze względu na projektowany zbiornik przeciwpowodziowy oraz jego bezpośrednie oddziaływanie na projektowaną inwestycję drogową przeprowadzono obliczenia hydrauliczne z uwzględnieniem spiętrzenia wody w zbiorniku.



Rysunek 1 Przebieg wariantu 4 - kolor niebieski, lokalizacja zapory zbiornika - kolor pomarańczowy.

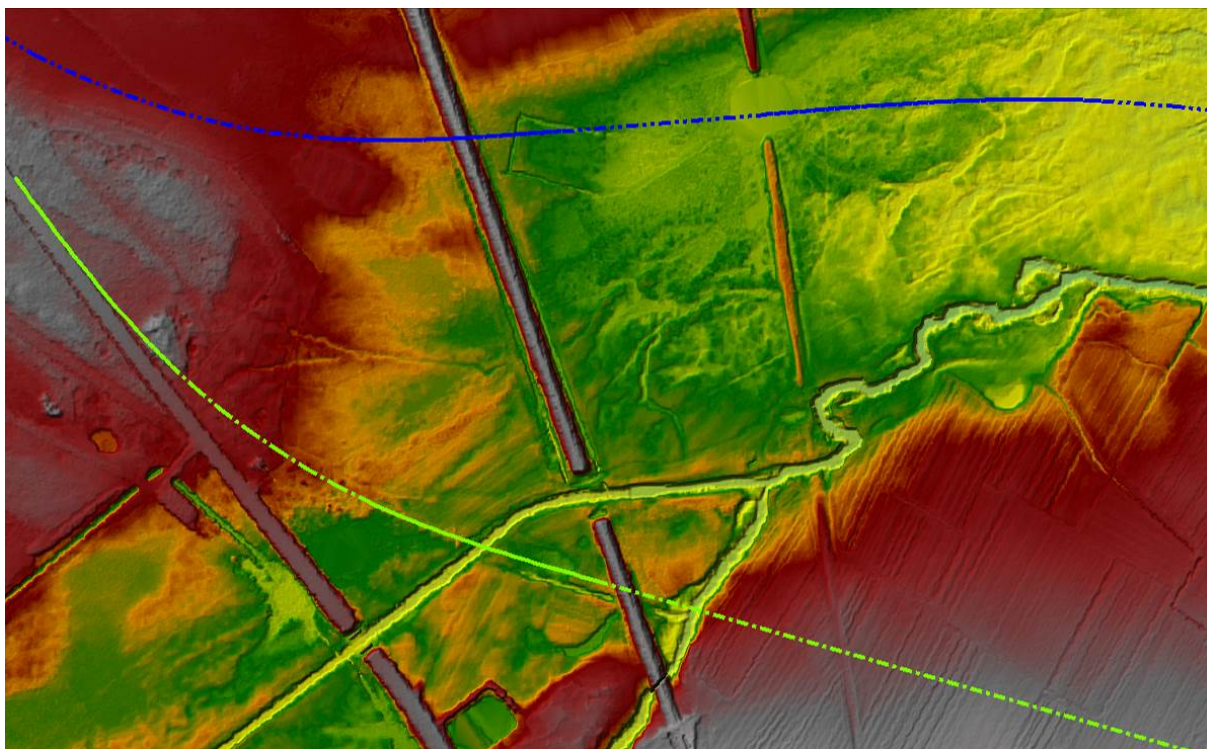
3.2 Dane wyjściowe.

- Numeryczny model terenu, PZGiK;
- Ortofotomapa;
- Mapa do celów projektowych;
- Rozwiązania projektowe drogi;
- Rozwiązania projektowe zbiorników przeciwpowodziowych.

3.3 Opis stanu istniejącego (niezabudowanego)

Koryto rzeki Przyrwa w stanie istniejącym posiada zwarty przekrój w kształcie trapezu. Szerokość dna w poziomie wody średniorocznej wynosi ok. 4,5 m. Skarpy rzeki posiadają pochylenie wynoszące ok. 1:1. Rzeka Przyrwa w analizowanym miejscu posiada piaszczyste, nieumocnione dno, za wyjątkiem umocnień pod istniejącym mostem drogowym (DK 9).

Dolina rzeki w miejscu lokalizacji inwestycji przecięta jest przez zespół nasypów, które ograniczają przepływ wód powodziowych na terasach zalewowych.



Rysunek 2 Ukształtowanie terenu istniejącego w otoczenie inwestycji.

Powyżej inwestycji dolinę rzeki tworzą rozległe płaskie łąki porośnięte trawą oraz zaroślami. Koryto rzeki na tym odcinku posiada prosty, uregulowany przebieg i przeprowadzane są na nim prace utrzymaniowe.



Fotografia 1 Koryto rzeki Przyrwa w okolicy istniejącej drogi DK 9.

Poniżej miejsca inwestycji kształt koryta ma naturalny, silnie meandrujący charakter. Otoczenie rzeki porastają tam wysokie drzewa i gęste zarośla.



Fotografia 2 Rzeka Przyrwa poniżej miejsca inwestycji.

3.4 Opis stanu projektowanego (zabudowanego) – Wariant 4.1A

W wariantcie nr 4.1A trasa projektowanej DK 9 przebiega początkowo równolegle do koryta głównego rzeki nad linią kolejową nr 71, aby następnie skręcić na południe i przejść nad w dalszym odcinku nad rzeką.

W tym wariantcie zaprojektowano sześcioprzęsłowy obiekt mostowy o schemacie belki ciągłej, o rozpiętościach teoretycznych $30 + 4 \times 40 + 30$ m. Przyczółki zaprojektowano jako masywne, monolityczne, składające się z żelbetowej ściany czołowej oraz skośnych ścian bocznych. Filary zaprojektowano jako ścienne.

3.5 Projektowany zbiornik przeciwpowodziowy wg opracowania PGW Wody Polskie

Zbiornik przeciwpowodziowy zaprojektowano w km 16+880 rzeki Przyrwa, na terenach miejscowości Cmolas oraz Zarębki. Głównym zadaniem zbiornika jest zredukowanie fali powodziowej i zmniejszenie zagrożenia powodziowego na obszarach położonych poniżej zbiornika, w tym w dolinie rzeki Łęg.

Zbiornik zaprojektowano jako suchy, tj. nie gromadzący wody poza okresami wezbrań. Powierzchnia zalewu zbiornika to ok. 87 ha, przy wysokości zapory ok. 5 m i długości ok. 1150 m. Podczas pracy zbiornika wodą będzie upuszczana 2 upustami. Po osiągnięciu przez spiętrzoną w zbiorniku wodę poziomu korony przelewu zaczną działać wszystkie przelewy, które mają za zadanie przepuszczać nadmiar wody. Po przejściu fali powodziowej w miarę spadku poziomu wody w zbiorniku będzie maleć wypływ przez przelewy i upust, aż do opróżnienia zbiornika [14.].

3.6 Założenia analizy hydraulicznej

Analizę zagrożenia powodziowego na przedmiotowym terenie wykonano w modelu dwuwymiarowym HEC-RAS 6.5. Przy modelowaniu przepływu wody w dolinie Przyrwy

oparto się na numerycznym modelu terenu (NMT) dostępnym w Centralnym Ośrodku Geodezji i Kartografii (model ten powstał w ramach programu ISOK i cechuje go bardzo wysoka dokładność – został wykonany techniką LIDAR skaningu laserowego (min. 4 punkty pomiarowe na 1 m²).

Dodatkowo Numeryczny Model Terenu na analizowanym obszarze został uszczegółowiony i zaktualizowany m.in. o rozwiązania projektowe.

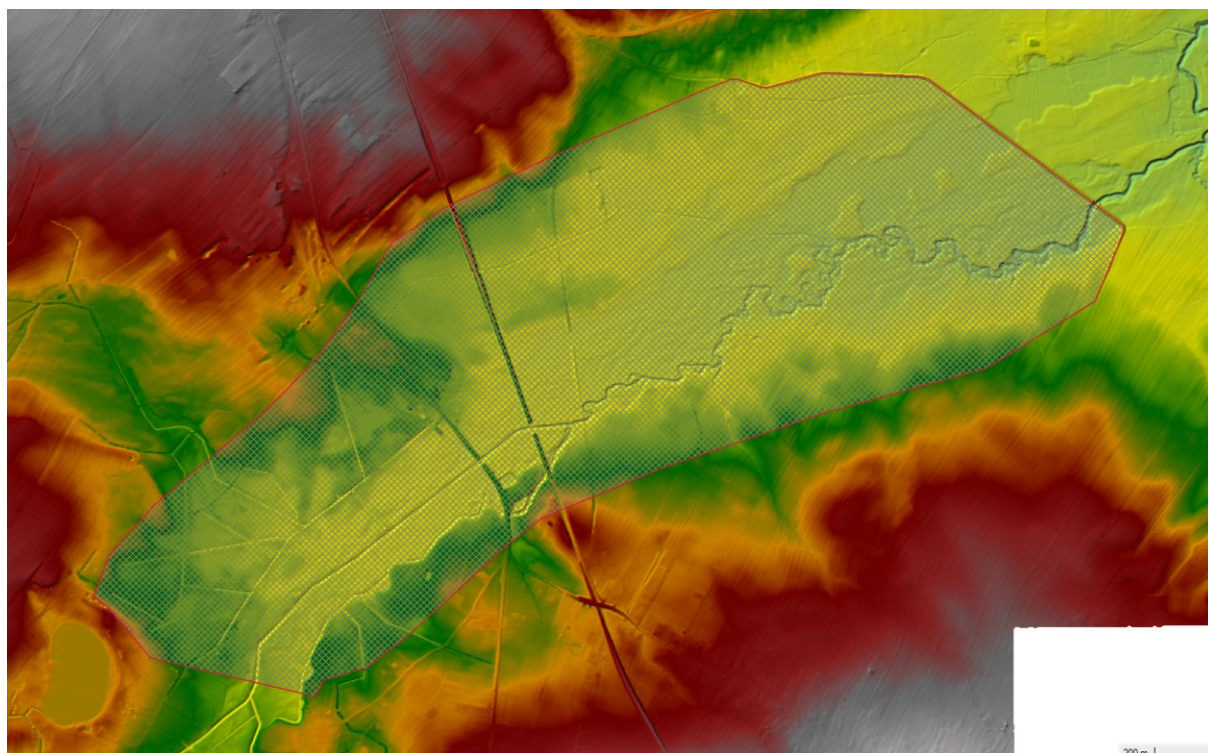
W celu oszacowania wpływu zabudowy doliny rzeki drogą krajową DK 9 na piętrzenie wód oraz warunki panujące w korycie i terenach zalewowych wykonano 2 wstępne modele obliczeniowe:

- model terenu w stanie niezabudowanym.
- model terenu w stanie zabudowanym – wariant 4.1A

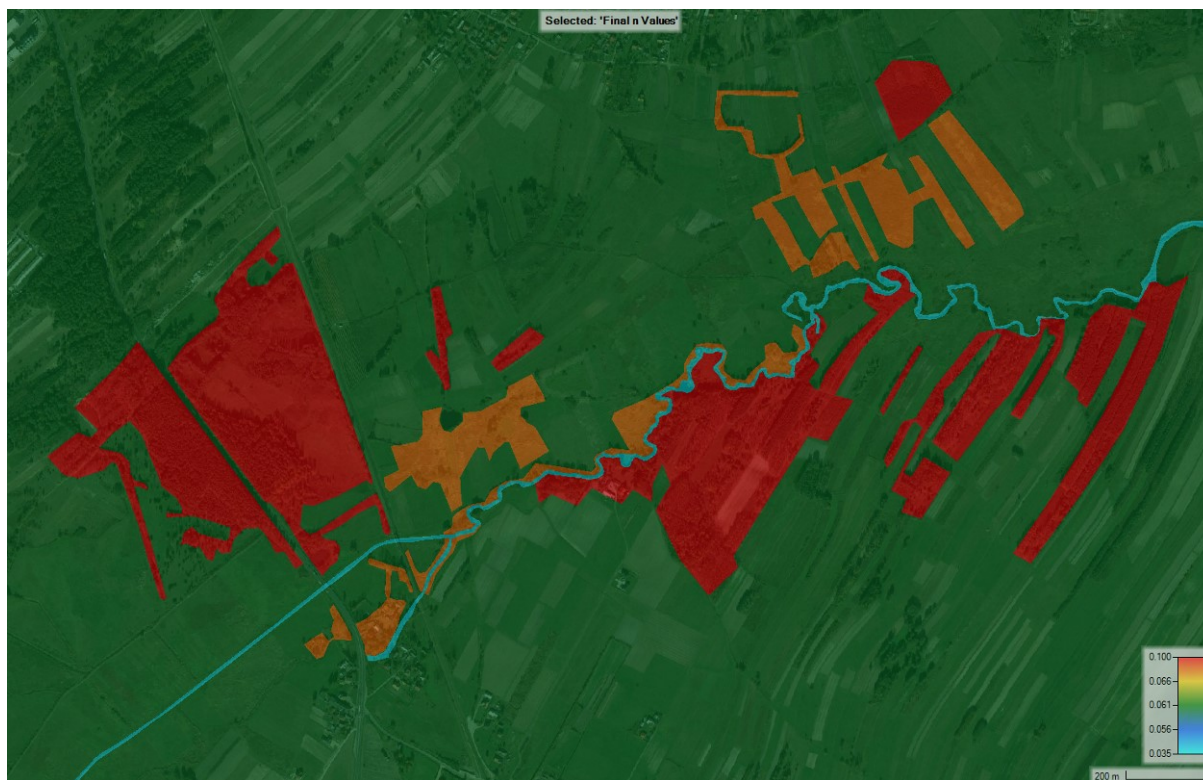
Następnie dla każdego z modeli utworzono kolejny przypadek uwzględniający projektowany zbiornik przeciwpowodziowy, otrzymując ostatecznie 4 przypadki obliczeniowe.

W opracowaniu porównano warunki przepływu wód pomiędzy stanem niezabudowanym, a stanami zabudowanymi elementami drogi DK 9. Niniejsza analiza nie dotyczy wpływu dobudowy zbiornika przeciwpowodziowego na tereny zalewowe rzeki Przyrwa – w opracowaniu nie uwzględniono takich wyników.

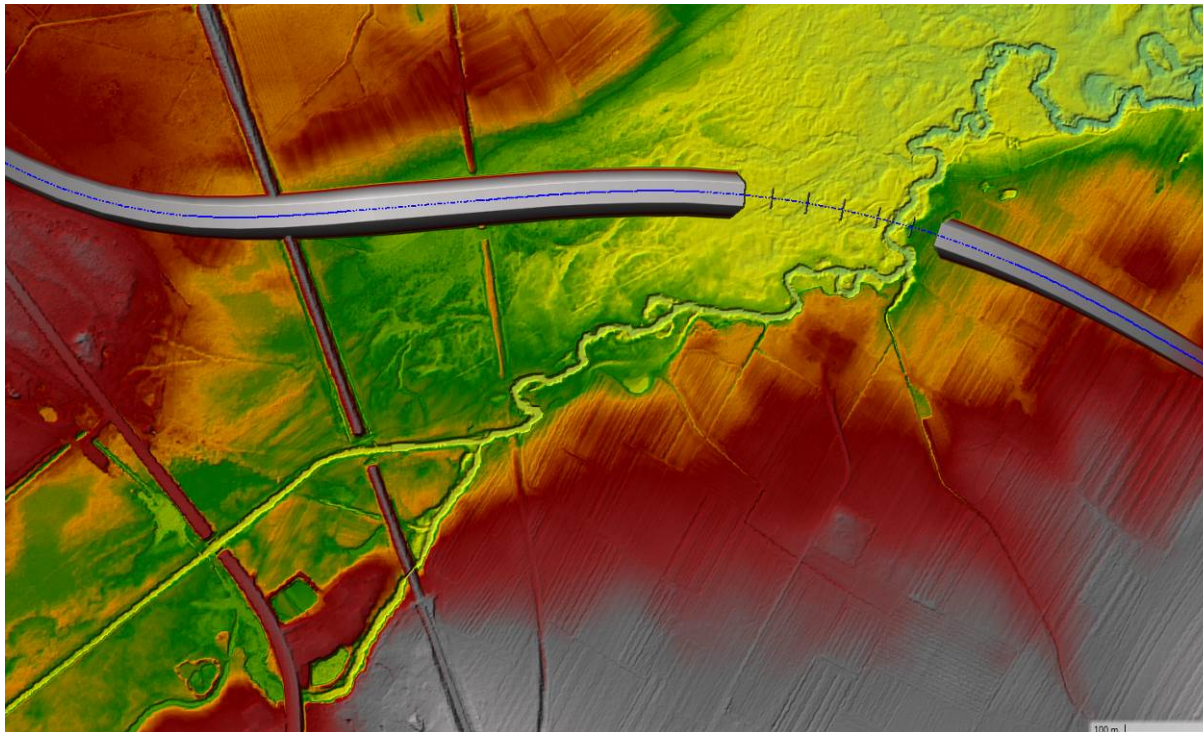
Górnym warunkiem brzegowym (wejściem) w modelach hydraulicznych był założony przepływ miarodajny $Q_{0,5\%} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$. Dolnym warunkiem brzegowym w przypadkach „bez zapor” była głębokość normalna wody. W przypadkach „z zaporą” jako dolny warunek brzegowy założono maksymalną rzędną spiętrzonej wody w zbiorniku dla danego prawdopodobieństwa. Dla prawdopodobieństwa miarodajnego $p=0,5\%$ założona rzędna spiętrzonej wody w zbiorniku wynosi 194,50 [m.n.p.m PL-EVRF2007-NH] [14.].



Rysunek 3 Geometria modelu 2D



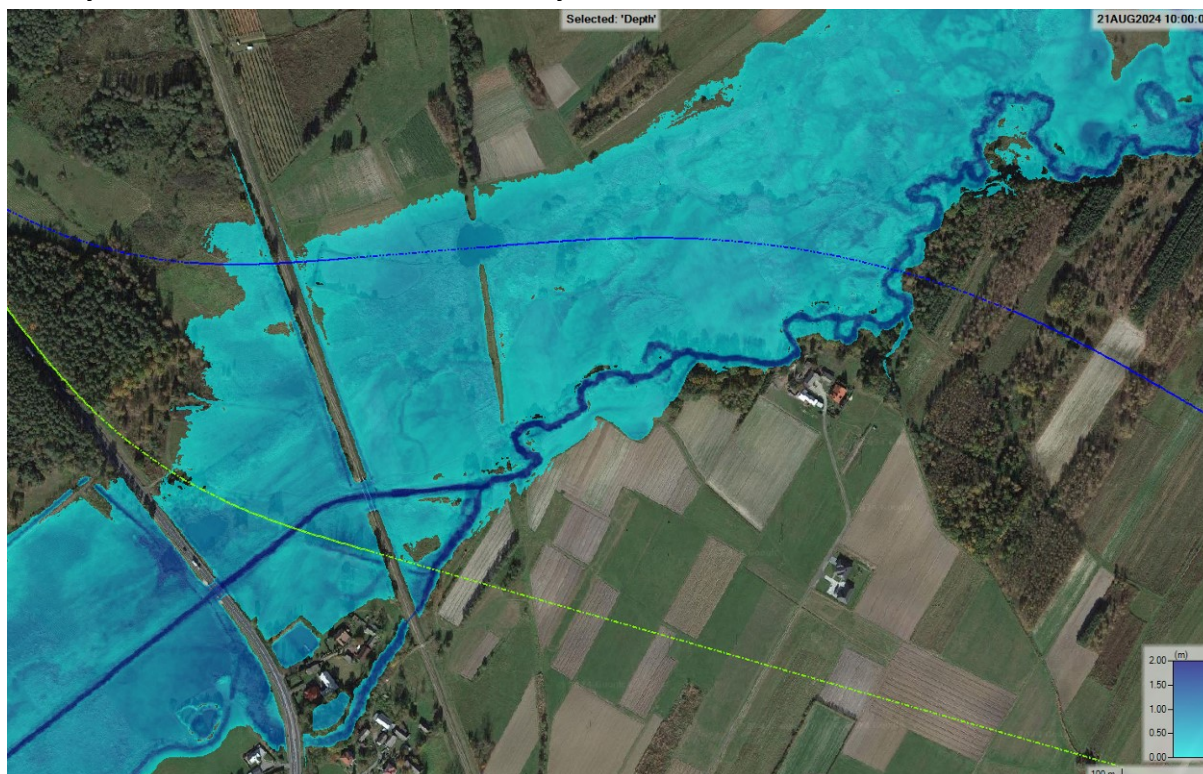
Rysunek 4 Przyjęte współczynniki szorstkości terenu



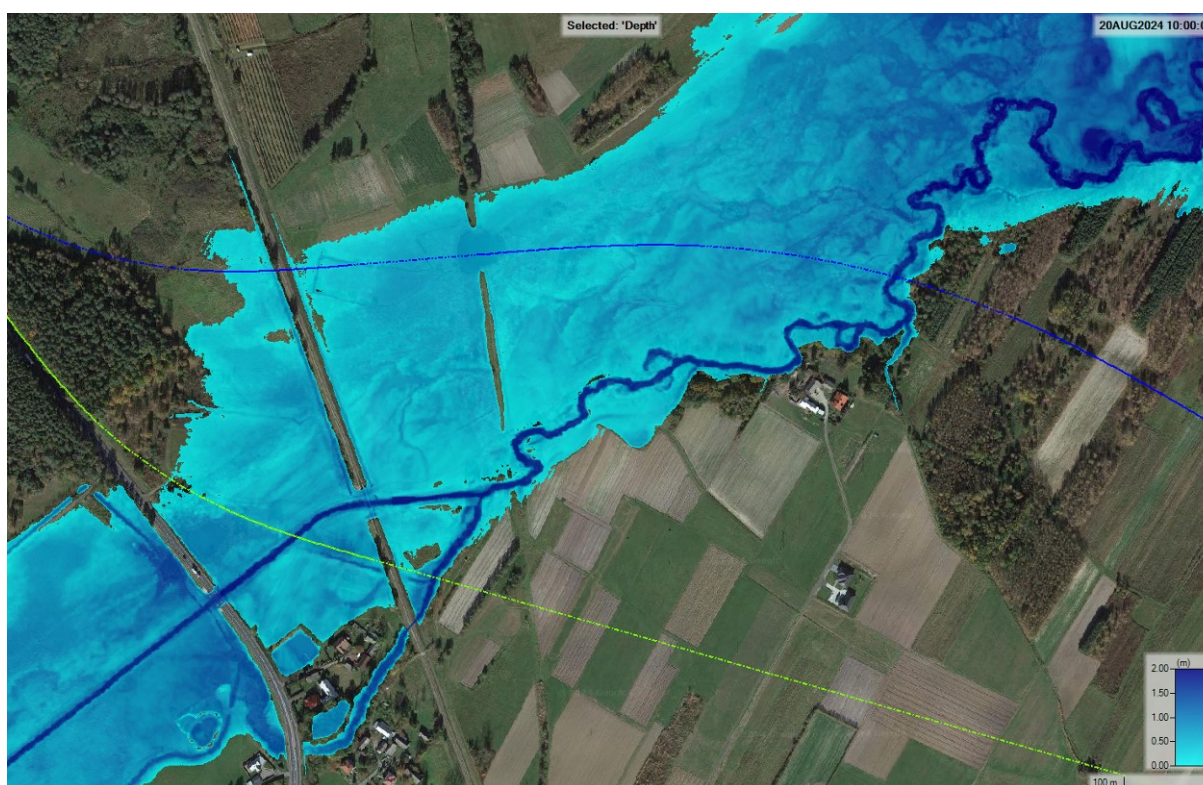
Rysunek 5 Numeryczny model terenu zabudowanego w wariancie 4

4 Wyniki obliczeń hydraulicznych

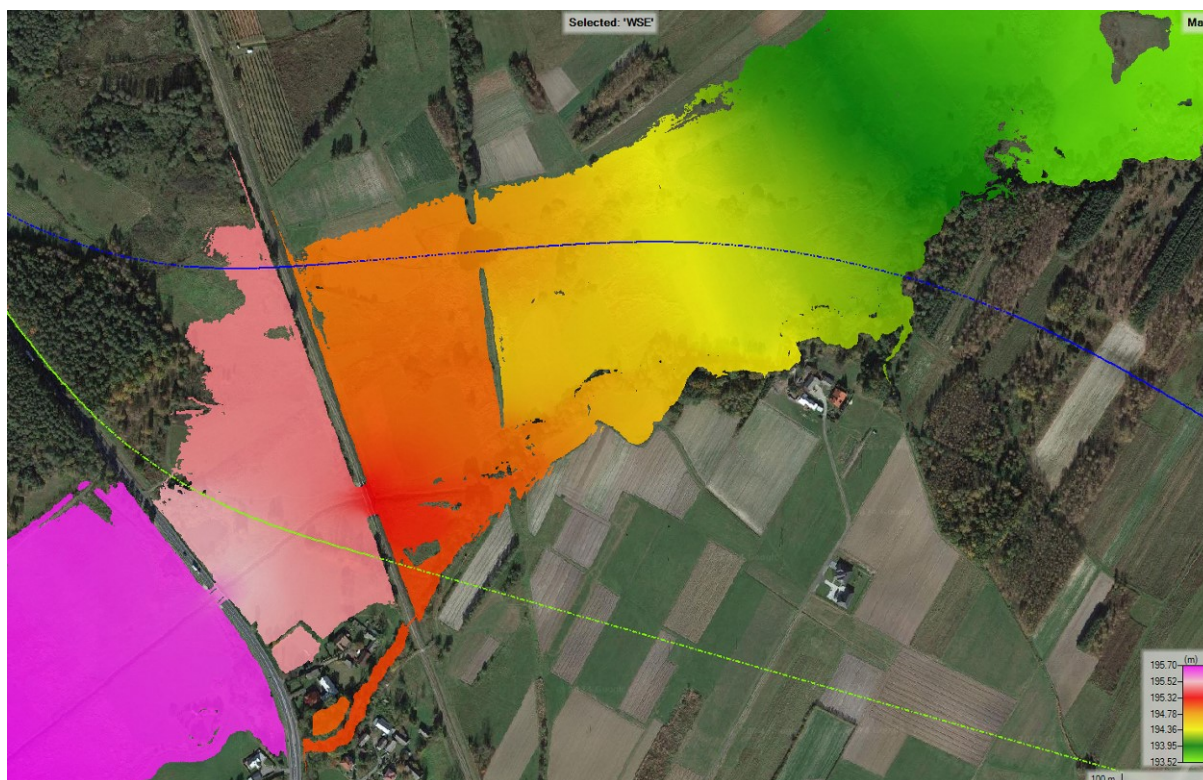
4.1 Wyniki obliczeń – stan niezabudowany



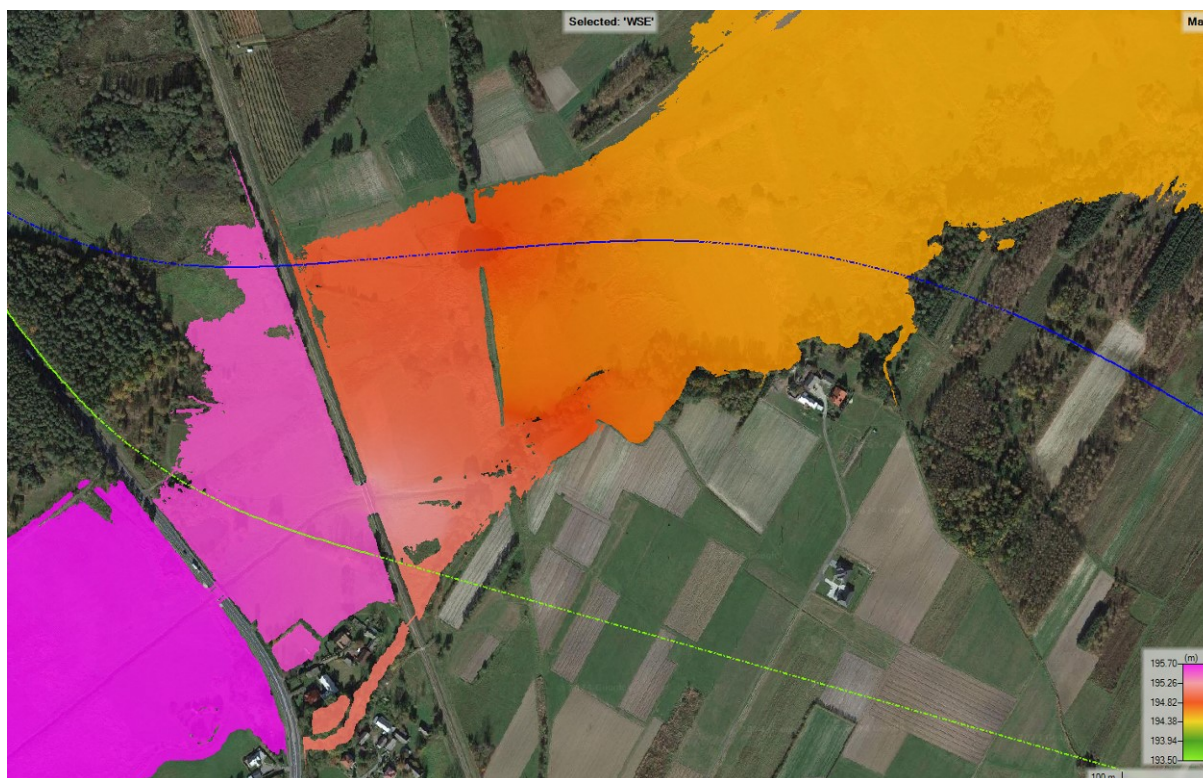
Rysunek 6 Głębokość wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „bez zapory”



Rysunek 7 Głębokość wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „z zaporą”



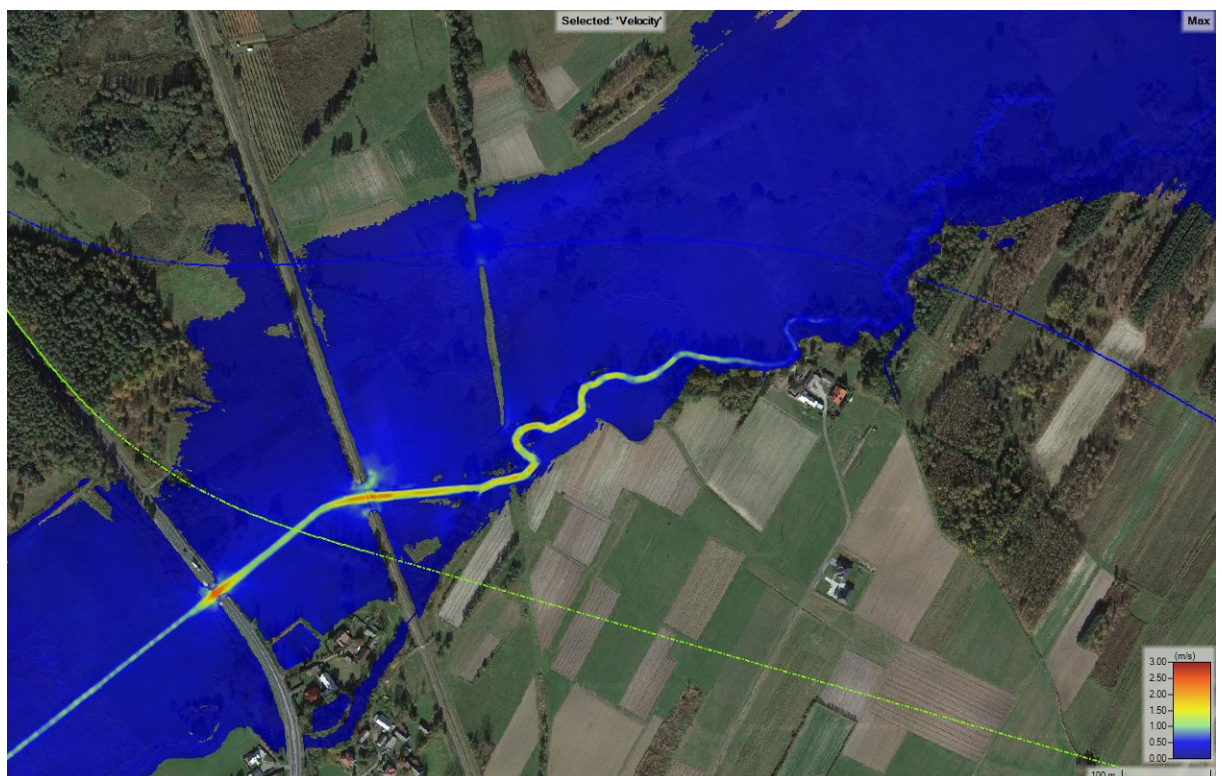
Rysunek 8 Rzędna zwierciadła wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „bez zaporę”



Rysunek 9 Rzędna zwierciadła wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „z zaporą”

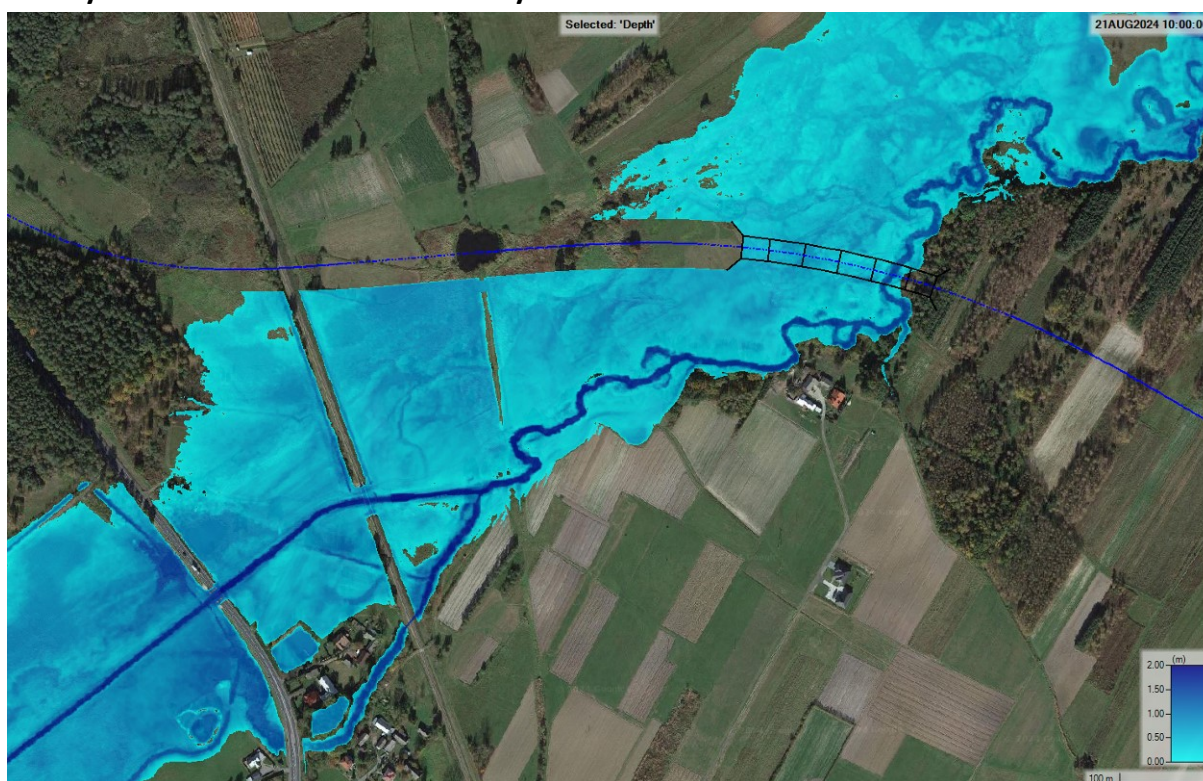


Rysunek 10 Prędkość wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „bez zapory”

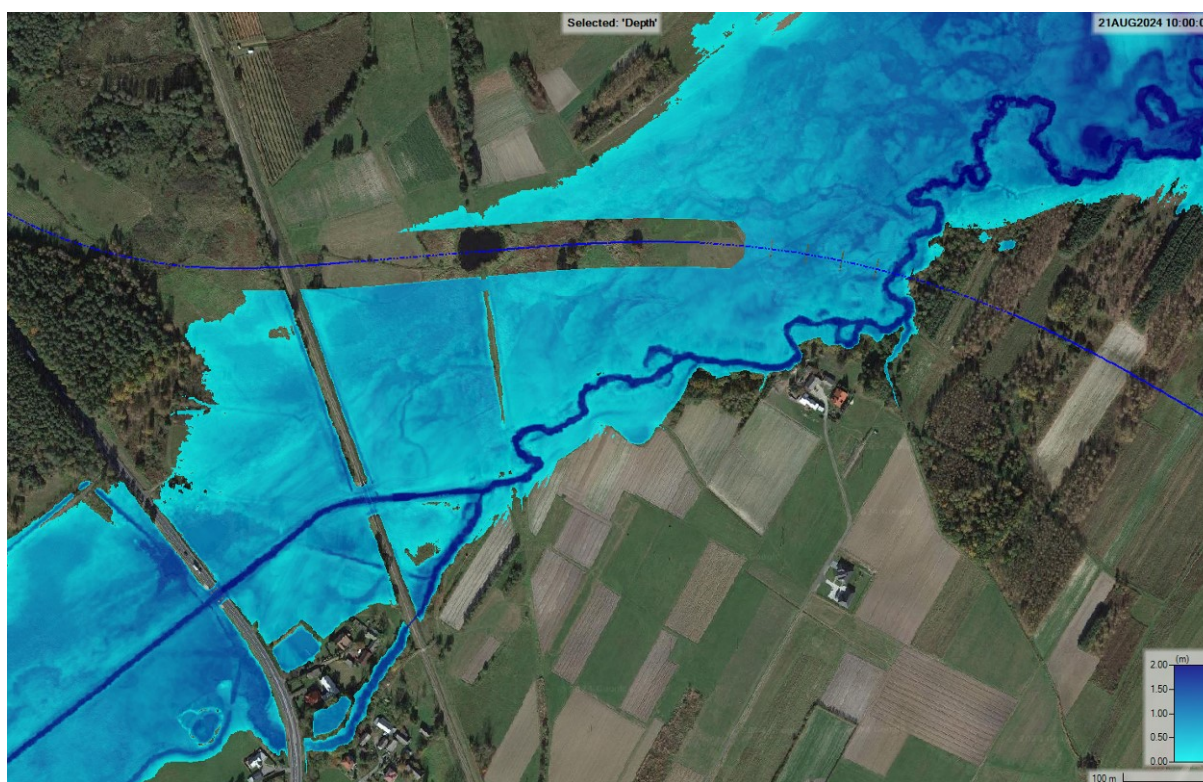


Rysunek 11 Prędkość wody w stanie niezabudowanym $Q_{0,5\%}$ - „z zaporą”

4.2 Wyniki obliczeń – stan zabudowany – Wariant 4.1A



Rysunek 12 Głębokość wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0.5\%}$ - „bez zapory”



Rysunek 13 Głębokość wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0.5\%}$ - „z zaporą”



Rysunek 14 Rzędna zwierciadła wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0.5\%}$ - „bez zaporę”



Rysunek 15 Rzędna zwierciadła wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0.5\%}$ - „z zaporą”

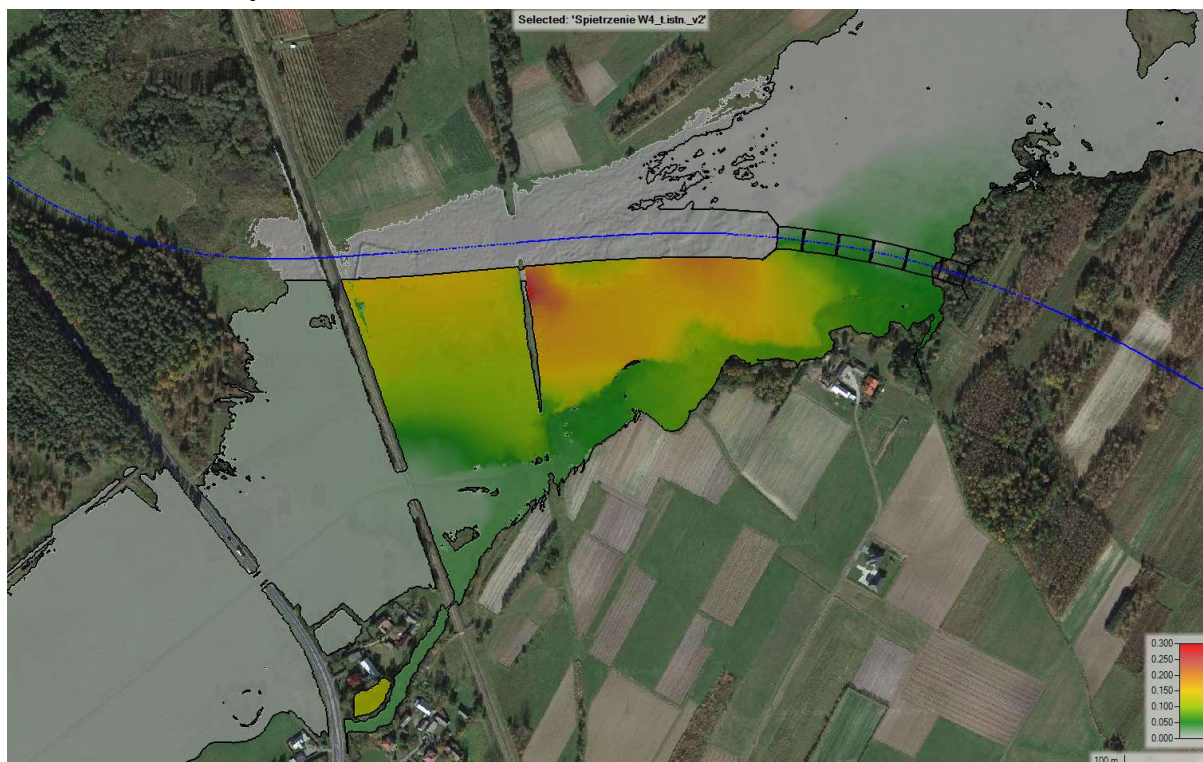


Rysunek 16 Prędkość wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0,5\%}$ - „bez zapory”

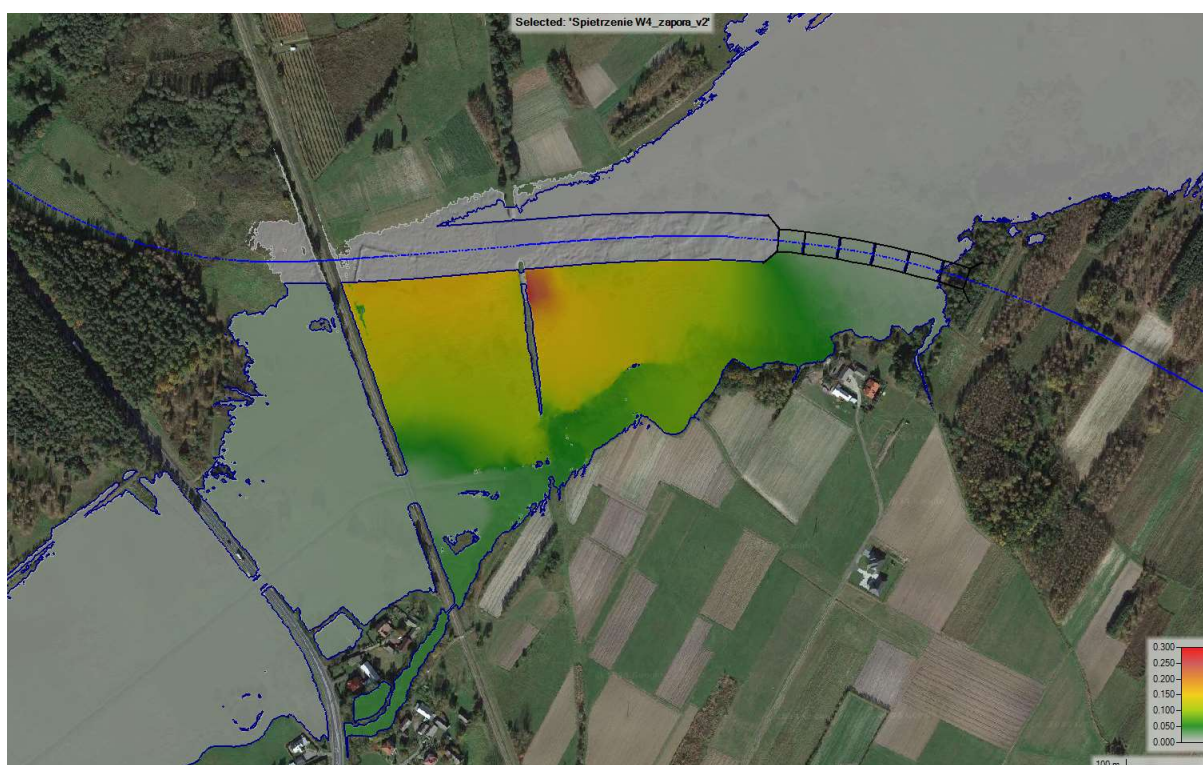


Rysunek 17 Prędkość wody w stanie zabudowanym – Wariant 4.1A - $Q_{0,5\%}$ - „z zaporą”

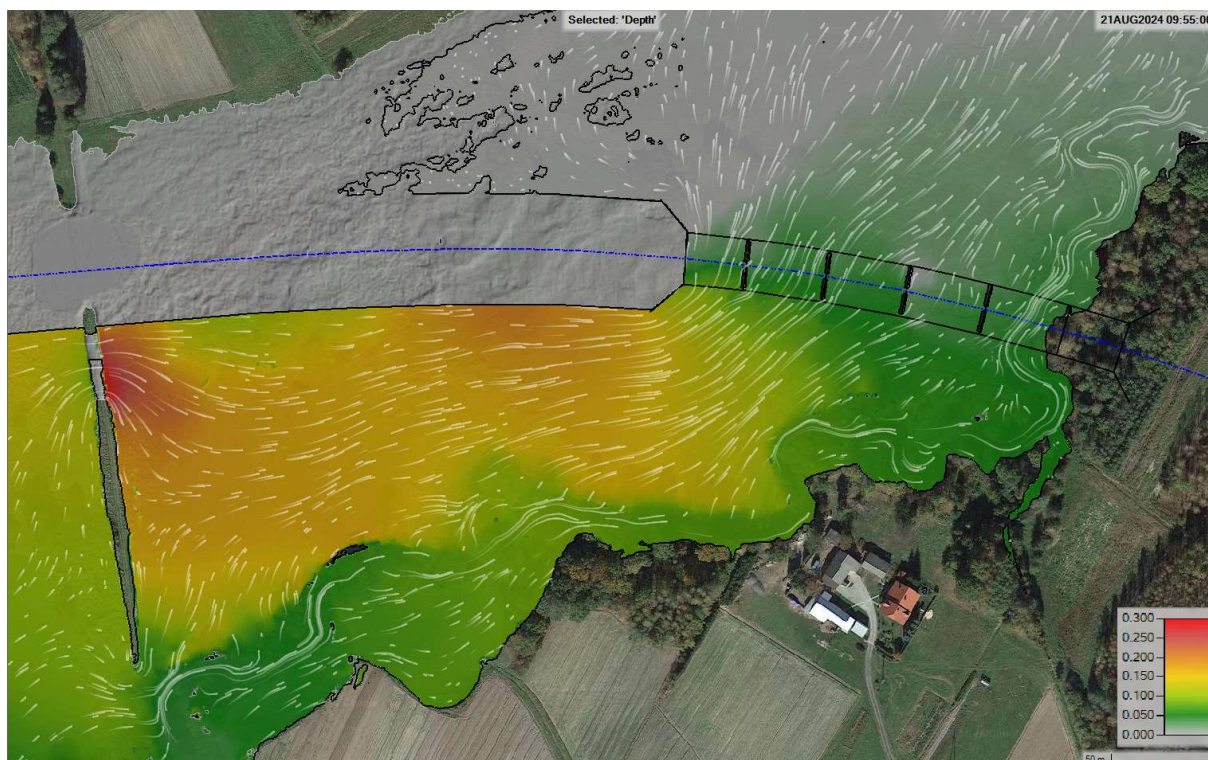
4.3 Porównanie wyników obliczeń – Wariant 4.1A



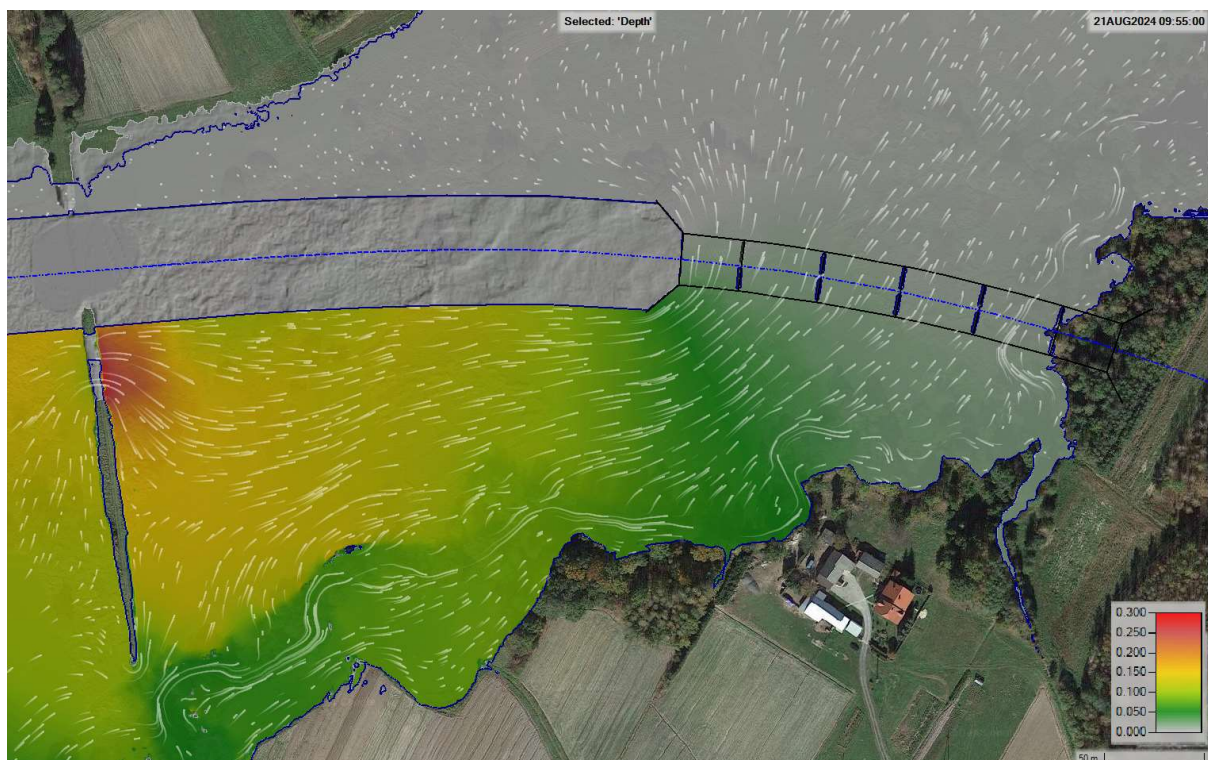
Rysunek 18 Spiętrzenie wywołane zabudową Wariantem nr 4.1A (przyrost rzędnych zwierciadła wody) - $Q_{0,5\%}$ - „bez zapory”



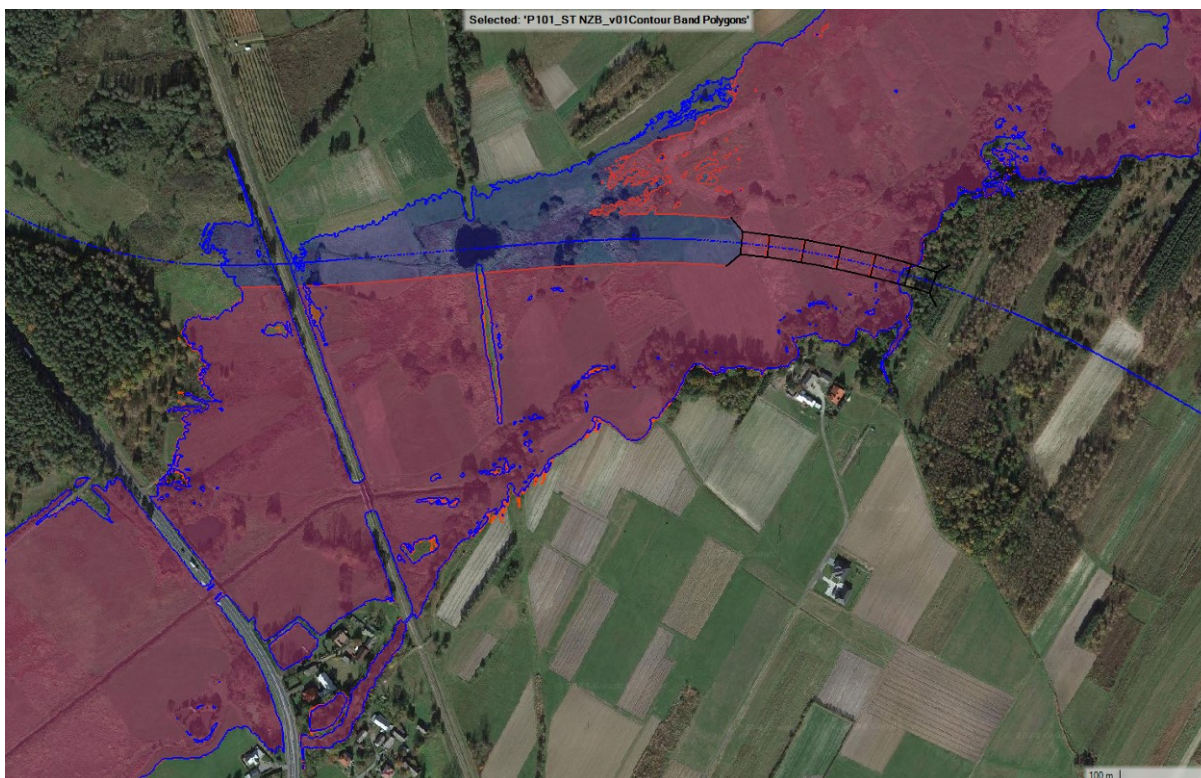
Rysunek 19 Spiętrzenie wywołane zabudową Wariantem nr 4.1A (przyrost rzędnych zwierciadła wody) - $Q_{0,5\%}$ - „z zapora”



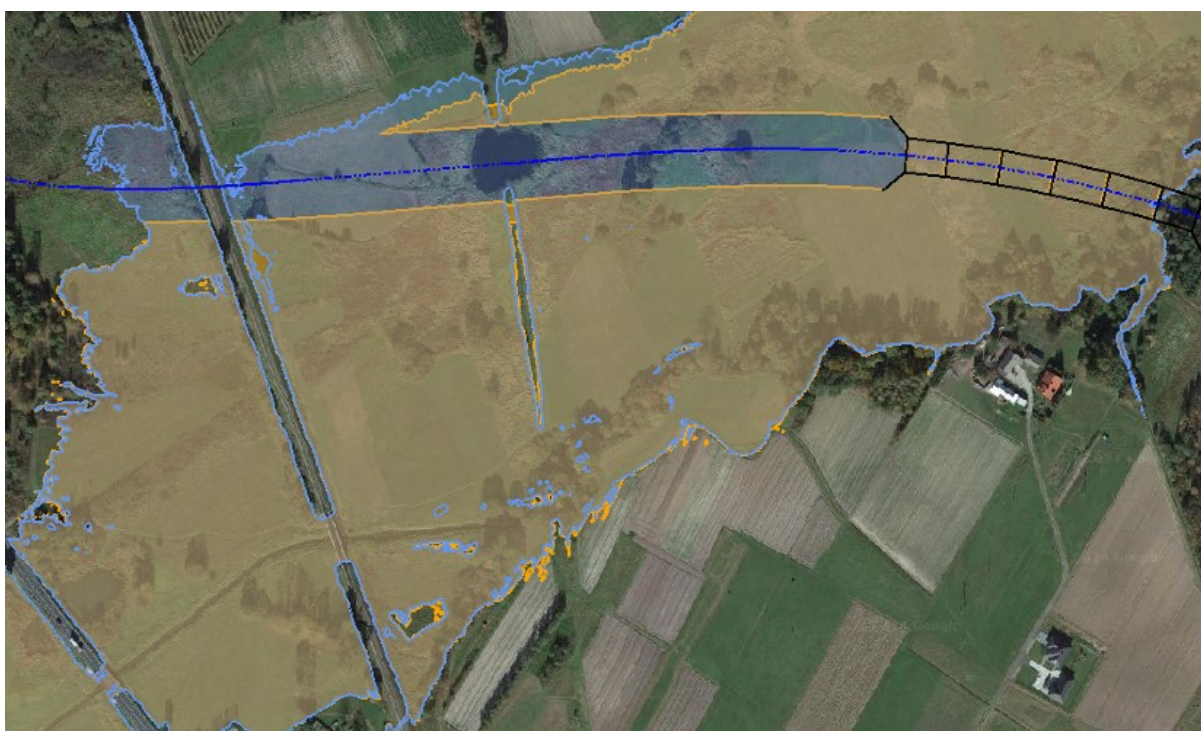
Rysunek 20 Zmiana poziomu wody wywołana zabudową Wariantem nr 4.1A (przyrost rzędnych zwierciadła wody) - $Q_{0.5\%}$ - „bez zaporę” wraz z wektorami przepływu



Rysunek 21 Zmiana poziomu wody wywołana zabudową Wariantem nr 4.1A (przyrost rzędnych zwierciadła wody) - $Q_{0.5\%}$ - „z zaporę” wraz z wektorami przepływu



Rysunek 22 Porównanie zasięgu wody (niebieski – stan niezabudowany, pomarańczowy – stan zabudowany W4.1A) - $Q_{0,5\%}$ - „bez zapory”



Rysunek 23 Porównanie zasięgu wody (błękitny – stan niezabudowany, żółty – stan zabudowany W4.1A) - $Q_{0,5\%}$ - „z zaporą”

Tabela 2 Zestawienie rzędnych zwierciadła wody $Q_{0,5\%}$ w miejscu skrzyżowania osi mostu z osią rzeki – Wariant 4.1A

	Rzędna wody – przypadek bez zbiornika	Rzędna wody – przypadek z zbiornikiem
Stan niezabudowany	194.10 (194.31)	194.53 (194.56)
Stan zabudowany – Wariant nr 4.1A	194.14 (194.45)	194.54 (194.62)

* w nawiasach podano maksymalną rzędną zwierciadła wody miarodajnej w rejonie projektowanego mostu (skrzydło przyczółka P1)

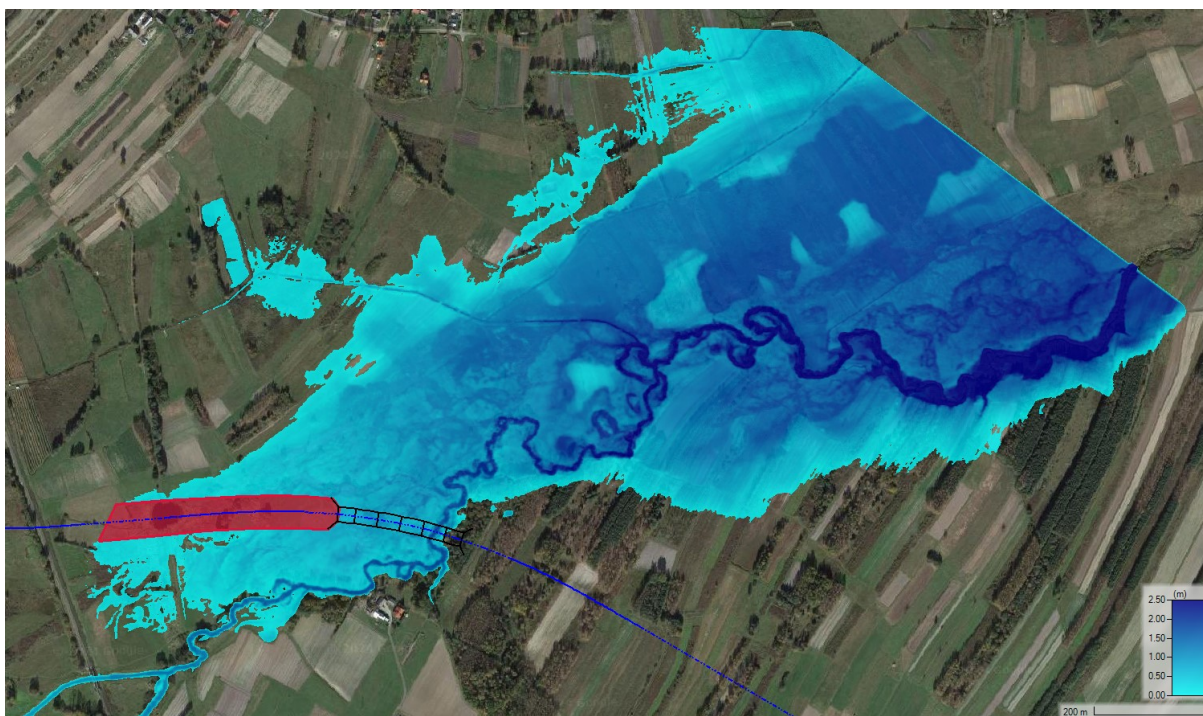
Tabela 3 Zestawienie rzędnych zwierciadła wody $Q_{0,5\%}$ w miejscu największego przyrostu rzędnych zwierciadła wody – Wariant 4.1A

	Rzędna wody – przypadek bez zbiornika	Rzędna wody – przypadek z zbiornikiem
Stan niezabudowany	194.69	194.72
Stan zabudowany – Wariant nr 4.1A	194.98	195.01

5 Podsumowanie obliczeń:

- Zabudowa doliny rzeki Przyrwa wyłącznie nasypem drogowym oraz mostem (bez uwzględnienia zbiornika przeciwpowodziowego) w **Wariantcie 4.1A** spowoduje wzrost poziomu zwierciadła wody miarodajnej $Q_{0,5\%}$ w rejonie projektowanego mostu **od 4 do 14 cm** (koryto rzeki/przyczółek P1).
- Wskutek zabudowy nasypem drogowym terenów zalewowych wystąpi zmiana poziomu wody na lewej terasie zalewowej, której maksymalna wartość wynosić będzie lokalnie **29 cm**, (Rysunek 20).
- Obszar lewej terasy zalewowej, na którym wystąpi spiętrzenie wód zamknięty jest z dwóch stron nasypami: kolejowym oraz projektowaną drogą. Obiekty te ograniczą zasięg rozlania się spiętrzonej wody (Rysunek 18). Minimalne zwiększenie się zasięgu terenów zalewowych wystąpi na prawym brzegu rzeki, gdzie spiętrzenie wyniesie do **8 cm**.
- Przyrost prędkości wody w wskutek zabudowy wyniesie maksymalnie **0.67 m/s** ($V_{ostateczna} = 0.78 \text{ m/s}$) i wystąpi na lewej terasie zalewowej, w miejscu przejścia jezdni dodatkowych i rowu przez stary nasyp. Natomiast przyrost prędkości wody w rejonie projektowanego mostu oraz pozostałym terenie wyniesie maksymalnie **0.40 m/s** i wystąpi przy przyczółku nr 1. Wzrost prędkości przepływu wody na terenach zalewowych nie spowoduje przekroczenia dopuszczalnych prędkości nierozmywających [8.] i związanej z tym erozji.
- W przypadku zabudowy doliny rzeki Przyrwa w **Wariantcie 4.1A** wraz z **zbiornikiem przeciwpowodziowym**, spiętrzenie w rejonie projektowanego mostu będzie mieć wartość **od 1 do 6 cm** (koryto rzeki/przyczółek P1).
- Zmiana poziomu wody na lewym tarasie zalewowym będzie taka sama jak w przypadku bez zbiornika (Rysunek 21).

- Analogicznie do przypadku bez zbiornika, nasypy na lewej terasie zalewowej ograniczą zasięg rozlewania się spiętrzonej wody, a nieznaczny przyrost zasięgu terenów zalewowych wystąpi jedynie po prawej stronie rzeki (Rysunek 23).
- Maksymalny wzrost prędkości wody wystąpi tak jak w przypadku bez zbiornika w miejscu przejścia jezdni dodatkowych i rowu przez stary nasyp. Wartości przyrostów prędkości wody będą analogiczne.
- Światło poziome projektowanego mostu MG2 w Wariantcie 4.1A wynoszące 210 m jest większe niż minimalne obliczone światło mostu tj. 115.92 m (obliczenia światła mostów zawarto w załączniku C).
- Jako minimalną rzędną wyniesienia spodu konstrukcji przyjęto rzędną 156.62, tj. 1 m powyżej zwierciadła wody miarodajnej [12.].
- Projektowane skarpy nasypu drogowego należy zabezpieczyć przed niekorzystnym oddziaływaniem spiętrzonej wody.
- W przypadku zabudowy doliny rzeki Wariantem 4.1A z uwzględnieniem zbiornika przeciwpowodziowego obszar zbiornika ulegnie zmniejszeniu o około 2,3 ha (ok 2,6% projektowanej powierzchni zalewu). Pojemność zbiornika zmniejszy się w tym przypadku o około 1.05 tys. m³ (ok 0,05% projektowanej pojemności), dla fali Q_{0,5%}.



Rysunek 24 Obszar zbiornika zabudowany Wariantem 4.1A

- Projektowany wg [14.] zbiornik na rzece Przyrwa napętnia się jedynie podczas nadejścia wezbrania powodziowego, więc w normalnych warunkach pracy szlaki dla zwierząt zlokalizowane pod mostem nie będą zalewane.

Załącznik A - Schematy zlewni

Załącznik B - Obliczenia hydrologiczne

Załącznik C – Obliczenia hydrauliczne