



INWESTOR: Gmina Miejska Kraków - Urząd Miasta Krakowa
pl. Wszystkich Świętych 3-4,
31-004 Kraków



WYKONAWCA: MGGP S.A.
33-100 Tarnów,
ul. Kaczkowskiego 6
tel. (014) 626-38-90
fax. (014) 626-45-39
www.mggp.com.pl
e-mail: mggp@mggp.com.pl

KONCEPCJA ODWODNIENIA I POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA POWODZIOWEGO MIASTA KRAKOWA

RAPORT GŁÓWNY - SYNTEZA KONCEPCJI

Autorzy:
Zespół techniczny MGGP S.A.
Kierownik projektu:
mgr inż. Tomasz Matera

Kraków 2011

Spis treści:

1. Podstawa prawna opracowania.....	3
1.1 Materiały źródłowe.....	3
2. Cel i podstawa opracowania.....	6
3. Analiza powodzi historycznych.....	7
4. Diagnoza stanu istniejącego.....	10
5. Dekompozycja układu i wyznaczenie węzłów strategicznych punktów krytycznych.	13
5.1 Koryta otwarte.....	22
5.2 Sieć kanalizacyjna	39
5.3 Sieć rowów	47
6. Rekomendowane rozwiązania dla poprawy bezpieczeństwa przeciwpowodziowego miasta	50
7. Zakres rodzajowo - kosztowy całego zamierzenia inwestycyjnego	70
8. Podsumowanie	78
9. Literatura wykorzystana w koncepcji	79

Spis tabel:

Tabela 1 Dekompozycja układu hydrograficznego miasta Krakowa – podział na zlewnie głównych cieków powierzchniowych.....	15
Tabela 2 Zalecane projektowane częstotliwości występowania deszczu miarodajnego wg PN-EN 752-4	17
Tabela 3 Identyfikacja obszarów krytycznych na terenie miasta Krakowa – wynikających z modelowania hydrodynamicznego przeprowadzonego w ramach Koncepcji.	24
Tabela 4 Identyfikacja punktów krytycznych na terenie miasta Krakowa – związanych z ograniczeniem odpływu wody z terenów zawala.....	36
Tabela 5 Identyfikacja obszarów krytycznych na terenie miasta Krakowa – wynikających z modelowania przeprowadzonego w ramach Koncepcji (w kolumnie Nr obszaru zagrożenia odwołano się do rozdziałów opisu Koncepcji Etap II w których zostały szerzej opisane).....	41
Tabela 6 Rekomendowane działania krótko- i średnioterminowe (stan obecny zagospodarowania miasta).	55
Tabela 7 Rekomendowane działania długoterminowe (stan perspektywiczny zagospodarowania miasta).	57
Tabela 8 Zestawienie rekomendowanych działań w układzie priorytetów ich realizacji.	60
Tabela 9 Zestawienie rekomendowanych działań dla wyznaczonych punktów krytycznych.	65
Tabela 10 Zestawienie kosztów proponowanych działań w zakresie poprawy ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa od strony cieków.	72
Tabela 11 Zestawienie kosztów proponowanych działań w zakresie poprawy ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa od strony systemu kanalizacji.	74

1. Podstawa prawna opracowania.

- Umowa nr W/I/3948/IM/36/2010 z dnia 28.10.2010 zawarta pomiędzy Gminą Miejską Kraków – Urzędem Miasta Krakowa z siedzibą w Krakowie przy pl. Wszystkich Świętych 3 – 4, 31-004 Kraków w imieniu, której działa Pan Jacek Majchrowski – Prezydent Miasta Krakowa, a MGGP S.A. z siedzibą w Tarnowie ul. Kaczkowskiego 6, 33-100 Tarnów w imieniu, której działa Pan Bogdan Galus - Dyrektor Biura Projektów Inżynierii Środowiska, na podstawie pełnomocnictwa z dnia 18.10.2010r. w zakresie wykonania „Koncepcji odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego Miasta Krakowa”.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 Nr 89 poz. 414) wraz z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2003 Nr 80 poz. 717) wraz z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. - Prawo wodne (Dz. U. z 2001 Nr 115 poz.1229) wraz z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2001 nr 62, poz. 627) wraz z późniejszymi zmianami rozporządzenia wykonawcze do ww. ustaw.
- Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”

1.1 Materiały źródłowe

- Ocena zasadności budowy kanału krakowskiego w zakresie obniżenia zwierciadła wód powodziowych na obszarze Krakowa.
- Opracowanie koncepcji oraz studium wykonalności dla budowy "Kanału Krakowskiego".
- Wpływ Kanału Krakowskiego na zwierciadło i jakość wód gruntowych na terenach przyległych.
- Koncepcja kierunkowa ochrony przeciwpowodziowej Krakowa.
- Porozumienie w sprawie zasad realizacji przebudowy wałów przeciwpowodziowych rzeki Wisły w Krakowie wraz z odwodnieniem zwała z podziałem na 2 etapy.
- Ochrona przeciwpowodziowa - Studium Wykonalności.
- Plan sytuacyjny odcinka Wisły od stopnia Kościuszko do stopnia Dąbie.
- Rejestr wylotów i pozwoleń wodno prawnych.
- Pismo OC-03.6230-70/10 dotyczące realizacji projektu "Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa".
- Pismo OC-03.6230-62/10 dotyczące realizacji projektu "Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa".
- Ochrona Krakowa przed powodzią - Przelewy Burzowe.
- Raport powódź maj-czerwiec 2010r.
- Uchwała NR LXVI/554/00 Rady Miasta Krakowa z dnia 6 grudnia 2000r. W sprawie przyjęcia Lokalnego Planu Ograniczenia Skutków Powodzi i Profilaktyki Powodziowej

dla Krakowa.

- Opracowanie podstaw systemu informowania mieszkańców Krakowa o możliwości podtapiania piwnic w okresach powodzi.
- Raport o stanie środowiska naturalnego miasta Krakowa w latach 1994 -1998 - stan aktualny i tendencje.
- Raport o stanie środowiska naturalnego miasta Krakowa w latach 1999-2001 z analizą porównawczą pięciolecia 1994-1998.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Tyniec w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Olszanica - Zakamycze w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Jugowice Południe w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Kostrze i Skotniki w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla zlewni potoku Malinówka w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedli wschodnich obrzeży miasta Krakowa.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedli Swoszowice, Wróblowice, Zbydniowice w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Rybitwy-Przewóz w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Sidzina w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Bielany w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Opatkowice w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Pychowice - Bodzów w Krakowie.

- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część II-studium programowe kanalizacji deszczowej dla osiedla Prądnik Biały Północ w Krakowie.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część III - orientacyjne zestawienie kosztów
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część I -Inwentaryzacja inwestycji odprowadzania wód opadowych w formie graficznej z opisem.
- Studium programowe-Odprowadzenie wód deszczowych na obszarach peryferyjnych miasta Krakowa. Część 0 - Część ogólna.
- Studium regulacji potoku Rozrywka.
- Potok "Rozrywka" - studium projektowe WARIANT II.
- Studium architektoniczno-inżynierskie możliwości podwyższenia obwałowań i bulwarów wiślanych w Krakowie na odcinku od stopnia Dąbie do stopnia Kościuszko oraz przebudowy przepraw przez Wisłę ze względu na ochronę przeciwpowodziową z uwzględnieniem aspektów krajobrazowych i architektonicznych - STUDIUM PRZEDPROJEKTOWE.
- Materiały w postaci elektronicznej:
 - Zalania Krakowa,
 - Mapy Podgórze,
 - Mapy Nowej Huty,
 - Mapy Krowodrzy,
 - Mapy Śródmieścia,
 - Ewidencja gruntów i budynków,
 - Sieci uzbrojenia terenu,
 - Ulice Krakowa,
 - Hydrografia,
 - Mapy zasadnicze Krakowa,
 - Ortofotomapa Gminy Kraków,
 - Kanalizacja Krakowa,
 - Rzeki DIK stan na 31.12.2009R.,
 - Wały i śluzy DIK stan na 31.12.2009r.,
 - Przepompownie DIK stan na 31.12.2009r.,
 - Zesławice DIK stan na 31.12.2009r.,
 - Budowle piętrzące DIK stan na 31.12.2009r.,
 - Cieki pozostałe DIK stan na 31.12.2009r.

2. Cel i podstawa opracowania.

Celem opracowania jest analiza istniejącego stanu systemu odwodnienia miasta Krakowa w kontekście możliwości bezpiecznego odprowadzenia wód powodziowych z obszaru miasta oraz identyfikacja obszarów newralgicznych (krytycznych), związanych z występowaniem zdarzeń powodziowych, a także opracowanie koncepcji wskazującej rodzaj i hierarchię działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa powodziowego miasta – w układzie działań przewidzianych do realizacji w najbliższej przyszłości, jak i tych planowanych do realizacji w bardziej odległej perspektywie czasowej – wynikających z planowanego rozwoju miasta Krakowa.

Materiałem wyjściowym do opracowania przedmiotowej Koncepcji były dane geodezyjne (przekroje poprzeczne koryt cieków, ortofotomapy, mapy zasadnicze, numeryczny model terenu), informacje dotyczące budowli hydrotechnicznych i obwałowań, a także dane hydrologiczne, które po odpowiedniej obróbce pełniły funkcję danych wejściowych do modeli hydrodynamicznych transformacji fal powodziowych w korytach cieków powierzchniowych. Obliczenia wykonane z wykorzystaniem jednowymiarowych modeli hydrodynamicznych pozwoliły na ocenę przepustowości głównych koryt rzek i potoków na obszarze miasta Krakowa dla zadanych scenariuszy hydrologicznych (fala o prawdopodobieństwie przewyższenia 2%, 1% i 0,5%; warianty obliczeń uwzględniające lub nieuwzględniające wpływ cofki odbiornika) i posłużyły docelowo do wyznaczenia zasięgów stref zalewowych dla analizowanych w ramach Koncepcji wariantów. Wyznaczone w środowisku GIS strefy zalewowe stanowiły podstawę do identyfikacji punktów krytycznych systemu odwodnienia miasta i określenia, na podstawie zagrożeń występujących w ich zasięgu, katalogu (i hierarchii) możliwych działań i zabiegów technicznych mających na celu ograniczenie lub całkowitą eliminację zagrożeń powodziowych.

Celem niniejszego opracowania było również przeprowadzenie analizy pracy systemu kanalizacyjnego. W tym celu wykonano model matematyczny zbudowany w programie SewerGEMS firmy Bentley Systems. Obliczenia hydraulicznych warunków pracy analizowanego układu kanalizacji oparto o dwa warianty pracy systemu: podczas zasilania opadem z możliwością zrzutu wód opadowych do recypienta – dla wylotów niezatopionych, oraz w sytuacji zamkniętych przelewów burzowych i wylotów zatopionych. Do modelu zostały wprowadzone wartości archiwalnych ciągów pomiarowych dla zarejestrowanych przepływów i napełnień w kanałach, co pozwoliło na skalibrowanie modelu dla rzeczywistych warunków przepływu. Otrzymane z MPWiK S.A. pomiary były realizowane w dostatecznie długim czasie i w różnych porach roku, co pozwoliło uwzględnić zmienny charakter przepływu w kanałach i udział wód przypadkowych.

Na podstawie zbudowanego modelu dokonano oceny możliwości przejęcia wód opadowych przez system odwodnienia Krakowa. Wybrano i analizowano przypadki, które wg autorów koncepcji determinują nieprawidłowe funkcjonowanie systemu. Dokonano również analizy możliwości przejęcia wód opadowych z nowo realizowanych inwestycji miejskich. Dla wybranych do analizy przypadków zostały przedstawione wskazania oraz konkretne rozwiązania, które wg autorów będą znacząco wpływać na pracę systemu

odwodnienia. W opracowaniu rozwinięto również kwestię nowoczesnego podejścia do zarządzania wodami burzowymi, poprzez m.in. infiltrację, retencję, zielone dachy.

Reasumując, należy w tym miejscu jednoznacznie stwierdzić, iż przedmiotowe opracowanie ma charakter koncepcyjny i wskazuje kierunki, zakres i sposoby działań, mających na celu poprawę odwodnienia i ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa, nie jest natomiast projektem technicznym, zawierającym wszystkie szczegóły techniczne zaproponowanych działań.

3. Analiza powodzi historycznych.

Powodzie nawiedzały Kraków od początków jego istnienia. Źródłami wiadomości o ich występowaniu są m.in.: „Księga Dziejów Polski” Jana Długosza, Roczniki Kapituły Krakowskiej, Roczniki Trzaski, kroniki miejskie oraz klasztorne, tablice powodziowe, a w najnowszej historii również wyniki regularnych obserwacji hydrometrycznych, prowadzonych przez służby hydrologiczne.

Najstarsza powódź na terenie obecnego miasta Krakowa, jaka została odnotowana w kronikach, miała miejsce w 988 r., J. Długosz pisał o niej: „(...) zdarzyły się tego czasu liczne i długotrwałe wylewy, po których nastąpiło lato skwarne i dla wielu płodów przyrodzonych szkodliwe: stąd urodzaje wszędy jednakie, w znacznej części chybiły. Nadto susza z wiosny zbyteczna przeszkodziła zasiewom jarym, a na domiar złego spadł śnieg obfity, po którym znowu nastały deszcze niedopuszczające siewów ozimych, to wszystko głód sprawiło”. Od tego czasu do 1580 r. wystąpiło 26 wylewów opisanych w kronikach, a w okresie następnych 220 lat miało miejsce się 17 powodzi. Do największych doszło w latach:

- 1270 – „(...) około dnia błogosławionej Marii Magdaleny, 22 lipca, był znowu w Krakowie wielki wylew Wisły, jakiego przedtem nigdy nie widziano, obszar od góry św. Stanisława do góry św. Benedykta, i wielu ludzi utonęło, i domy oraz młyny zostały zniszczone, i trwało to nieszczęście przez piętnaście dni.”;
- 1468 – „(...) dnia 3 sierpnia spadły niesłychane ulewy, woda tak wysoko wezbrała, że przedmieście Stradom z nowymi kościołami i domami, aż po mury Krakowa, całe było zatopione. ... zatopiła Wisła w Krakowie Kazimierz, Stradom, tak, że ołtarze po kościołach pływały.”;
- 1528 – „(...) Dwunastego Wisła zalała kościół Bernardynów tak, że sięgała prawie wysokości człowieka i Bernardyni do klasztoru jeździli statkami. W wezbranych nurtach utonęło 30 osób.”;
- 20 lipca 1671r. – „(...) gdy dzień św. Magdaleny gorącą rosą napełnia powietrze, cieszy się Wisła podnosząc głowę. Chcesz wiedzieć kiedy to było, szukaj w kronikach. Tu wylew zatrzymał się...” Z okresu tej powodzi pochodzi najstarsza tablica upamiętniająca wielką wodę. Zamieszczona jest ona na południowej ścianie kościoła św. Agnieszki.

Najwięcej znaków wielkiej wody pochodzi z 1813r., kiedy to nastąpił jeden z największych wylewów. Spowodowany był on opadami w całym dorzeczu górnej Wisły.

Podczas tej powodzi woda zalała Dębniki, Zakrzówek, Płaszów oraz Dąbie. Po powodzi w 1813r. datuje się początek obserwacji wody w Krakowie. W XIX w. wystąpiło jeszcze 16 powodzi m.in. w latach: 1816, 1826, 1830, 1872, 1876, 1880, 1884, 1894 oraz 1899. W XX w. do 1960r. miało miejsce 17 wezbrań, które w większości występowały latem m.in. w 1903, 1908, 1925, 1934, 1940 oraz 1960 r.

Po drugiej wojnie światowej znaczne wezbranie wystąpiło w 1970r. Stan wody Wisły w okolicy Wawelu był wówczas zaledwie o 55 cm niższy niż korona wałów. Kolejna powódź miała miejsce w sierpniu 1972r. Bezpośrednią przyczyną były opady deszczu z 20 – 22 sierpnia. Stan alarmowy na Wiśle w Krakowie został przekroczony 21 sierpnia w godzinach wieczornych i trwał do 25 sierpnia. Kulminacja wystąpiła 23 sierpnia i wyniosła 864 cm (wodowskaz Bielany). Kolejna powódź wystąpiła w roku 1996. Miała ona miejsce na wskutek długotrwałych i rozległych opadów, które wystąpiły w dniach 7 – 18 września. Intensywne opady już 7 września spowodowały gwałtowne przybory i wylewy rzek: Wilgi, Serafy i Drwinki.

Już rok później, bo w lipcu 1997r., nastąpiła kolejna powódź spowodowana opadami deszczu. Kulminacja fali powodziowej na Wiśle w Krakowie miała miejsce w dniach 9 i 10 lipca. 9 lipca o godz. 11:00 poziom wody na wodowskazie w Bielanych osiągnął wartość 870 cm. Stan ten praktycznie utrzymywał się cały dzień, aż do dnia 10 lipca do godz. 12:00, kiedy osiągnął wartość maksymalną 872 cm. Mimo, iż w czasie tej powodzi wały nie zostały przerwane, na terenie miasta doszło do lokalnych podtopień.

Następna powódź to rok 1999. W dniach od 21 do 24 czerwca wystąpiły intensywne opady deszczu w dorzeczu górnej Wisły. W Krakowie lokalnie z brzegów wystąpiły rzeki i potoki: Kościelnicki, Kostrzecki, Serafa, Wilga, Struga Rusiecka (Łucjanówka) oraz potok Sudół Dominikański (Rozrywka), powodując podtopienie pól uprawnych, dróg i budynków. Na Wiśle przeszła stosunkowo niewielka fala kulminacyjna, osiągając na wodowskazie Bielany w dniu 23 czerwca maksymalny stan 530 cm. Gwałtowne opady, które wystąpiły 8 i 9 lipca, w dorzeczu Wisły powyżej Krakowa i w samym Krakowie, spowodowały ponowne wezbranie. Najbardziej dotkliwe w skutkach były wówczas wylewy spowodowane niedrożnością systemu cieków Struga Rusiecka (Łucjanówka) – Potok Kościelnicki oraz koryt rzeki Serafy i Drwinki.

W ubiegłym, 2010 roku, miało miejsce kilka powodzi w krótkim czasie, zarówno w dorzeczu Wisły jak i Odry. Z dotychczas dostępnych danych wynika, że na terenie Polski zalany został obszar o powierzchni około 6800 km² (łącznie w 811 gminach). Przyczyną tej powodzi były intensywne opady deszczu w zlewniach karpackich dopływów Wisły, które w maju 2010r. przewyższyły znacząco sumę opadów z lipca 1997r. (przykładowo ze zlewni Małej Wisły były one wyższe o 51%, a w zlewni Skawy o 35%). Rozkład opadów w maju wygenerował największą od 1813 roku powódź na Wiśle w Krakowie. Intensywne opady wystąpiły także na terenie samego miasta Krakowa (w dniach 15 i 16 maja na stacji w Balicach spadło 97,3 mm deszczu, 84 mm na stacji Obserwatorium UJ i 147,4 mm w Koźmicach Wielkich). Maksymalna kulminacja fali powodziowej na Wiśle w przekroju Bielany wyniosła 957 cm, co odpowiadało przepływowi około 2400 m³/s. Znaczący wpływ na przebieg wezbrania miał dopływ Wisły znajdujący się na granicy miasta Krakowa – rzeka Skawinka. Pierwsze maksimum kulminacji w przekroju Bielany wystąpiło 18 maja, a drugie i trzecie w dniach 3-5 czerwca. W przypadku pierwszej kulminacji stan alarmowy

utrzymywał się przez 6,5 doby a ostrzegawczy przez 10,5 doby. W czasie powodzi doszło do podtopień około 80 ulic (w takich rejonach Krakowa jak: Bielany, Przegorzały, Tyniec, Kostrze – Bodzów, Pychowice, Łęg, Mogiła – Lesisko, Rybitwy, Przewóz, Chałupki, Przylasek Wyciąski – Wolica, Wola Justowska – Zwierzyniec oraz Bronowice – Małe Błonia) – spowodowanych wylewami mniejszych potoków w wyniku zamknięcia śluz wałowych. Do podtopień doszło również od strony kanalizacji – w wyniku zamknięcia przelewów burzowych (sytuacja taka dotyczyła około 40 ulic, położonych w rejonach: Dąbie, Dębniaki, Grzegórzki, Os. Podwawelskie – Ludwinów, Salwator – Półwie Zwierzynieckie, Zabłocie i Stare Miasto). Podczas powodzi w 2010r. uszkodzeniu uległy również wały wiślane przy ul. Wioślarskiej i Na Zakolu Wisły. Oszacowano, że straty w infrastrukturze komunalnej na terenie miasta wyniosły blisko 170 mln zł (dane wg opracowania „Raport powódź maj-czerwiec 2010”, W. Wojciechowski, Urząd Miasta Krakowa). Na straty te składają się w szczególności: straty w infrastrukturze drogowej na kwotę prawie 60 mln zł, uszkodzenia obiektów mostowych na kwotę 6 mln 580 tys. zł, straty w placówkach oświatowych 6 mln 556 tys. zł oraz w innych obiektach komunalnych na kwotę 82 mln 703 tys. zł głównie na sieci ciepłowniczej (w tym 13,4 km zalanych sieci ciepłych, których nakłady na wymianę szacowane były na kwotę 80 200 000 zł). Wstępnie oszacowane po powodzi maj-czerwiec straty na ciekach i urządzeniach wodnych administrowanych przez Małopolski Zarząd Melioracji i Urządzeń na terenie Krakowa wyniosły 11 320 tys. zł, w tym straty na wałach wiślanych to kwota 6 486 tys. zł., na wałach cofkowych na Dłubni - 2 600 tys. zł. Straty na rzekach i potokach (dopływach Wisły) łącznie określono na 2 234 tys. zł.

Jak widać z zamieszczonego wyżej opisu powodzi historycznych, na terenie miasta Krakowa rzeką, która niesie największy potencjał zagrożeń powodziowych, jakie mogą dotknąć obszar miasta Krakowa jest Wisła. Co prawda wykonane z początkiem XX wieku obwałowania, poddawane w późniejszych latach licznym modernizacjom, w istotny sposób zmniejszyły ryzyko wylewu samej Wisły, to jednak zagrożenie powodziowe od strony tej rzeki istnieje nadal i jest bardzo wysokie. Dotyczy ono obecnie przede wszystkim sytuacji ewentualnego przerwania wałów wskutek długotrwałego utrzymywania się bardzo wysokich stanów wody w międzywałach (co jak pokazały ubiegłoroczne powodzie jest zjawiskiem wcale nie tak mało prawdopodobnym), jak również podtapiania obszarów położonych na zawału Wisły, spowodowanego zamknięciem śluz wałowych przy przejściu fali powodziowej Wisłą.

Wisła przepływa przez Kraków z zachodu na wschód. Jej długość w obrębie miasta wynosi 39,9 km, przy czym na długości około 18 km stanowi ona granicę miasta. W okresie wczesnego średniowiecza koryto Wisły było bardzo kręte i dzieliło się na kilka ramion, między którymi powstawały kępy i wyspy, na których lokalizowały się pierwsze zespoły osadnicze. Prawdopodobnie pod koniec XII wieku pod klasztorem Norbertanek oraz pod Wawelem odcięto groblami zakole Wisły płynące przez Błonia. Natomiast główne koryto Wisły biegło szlakiem tzw. Starej Wisły, tj. wzdłuż ul. Dietla i al. Daszyńskiego, oddzielając Kazimierz od miasta. W XV wieku woda została również skierowana do tzw. Nowej Wisły. Od drugiej połowy XVII wieku Stara Wisła wskutek odcięcia dostawy wody z Prądnika (Białuchy) zaczęła ulegać zanikowi. W 1813r. podczas wielkiej powodzi koryto Starej Wisły uległo zamuleniu, tworząc zbiornik, do którego uchodziły kanały ściekowe z Kazimierza i Stradomia. Około 1877r. koryto Starej Wisły zasypano, tworząc obecną ulicę Starowiślną.

Około roku 1830 rozpoczęto prace regulacyjne na Wiśle, które polegały na oczyszczaniu koryta i osadzaniu wikliną łąch. W latach 1848 – 1850 między Krakowem a Niepołomicami skrócono rzekę o około 34% na tym odcinku poprzez wykonanie trzech przekopów, czego następstwem było zwiększenie spadku, a w związku z tym nasilenie erozji wgłębnej rzeki. Na przełomie lat 1817 – 1960 dno koryta Wisły obniżyło się o ok. 3,5 m. Po drugiej wojnie światowej doszło do kolejnego skrócenia koryta Wisły w obrębie miasta o około 4 km. Nastąpiło to poprzez ścięcia zakoli rzeki przekopami, w których zlokalizowano stopnie wodne.

4. Diagnoza stanu istniejącego.

Idea oceny zagrożeń powodziowych na obszarze miasta Krakowa, związanych z ciekami powierzchniowymi (koryta otwarte), sprowadza się przede wszystkim do odpowiedzi na pytanie czy przepustowość koryt głównych rzek i potoków jest wystarczająca, aby w bezpieczny sposób przeprowadzić przez obszar miasta wody powodziowe. Ostateczną odpowiedź dają bezpośrednio wyniki modelowania hydrodynamicznego, zwizualizowane w postaci zasięgów stref zalewowych, jednak niektóre informacje w tym zakresie wynikają także z dotychczasowych analiz i opracowań oraz sytuacji zaobserwowanej w czasie powodzi w latach ubiegłych.

Informacje na temat przepustowości mają istotne znaczenie dla planowania działań zmierzających do minimalizacji zagrożenia powodziowego. W przypadku cieków obwałowanych, informacją istotną z punktu widzenia ochrony przeciwpowodziowej, jest nie tyle sama wartość przepływu, który pomieści koryto cieku, a wartość przepływu, przy której dojdzie do przelania się wody przez koronę obwałowania.

Sieć odbiorników wód opadowych na obszarze miasta Krakowa można podzielić na odcinki obwałowane jak i pozbawione wałów przeciwpowodziowych. Największym ciekim wodnym w mieście i jednocześnie całkowicie obwałowanym w rejonie Krakowa jest rzeka Wisła. Obwałowane są również ujściowe odcinki jej głównych dopływów, chroniące tereny przyległe przed wpływem cofki wiślanej. Dodatkowo groble pełniące funkcję obwałowań (niepełniające jednak parametrów technicznych stawianym tego typu budowlom) wykonano w ostatnim czasie wzdłuż rzeki Serafy w rejonie ul. Półłanki na terenie Starego Bieżanowa. Jak pokazały doświadczenia z 2010r., tego typu działania nie przyniosły jednak oczekiwanych efektów. Pozostałe odcinki cieków i rowów na terenie miasta Krakowa nie są chronione wałami przeciwpowodziowymi.

W świetle najnowszych opracowań (takich jak np. „Wielowariantowa analiza oraz wyznaczenie obszarów zagrożenia powodziowego dla rzeki Wisły w obrębie miasta Krakowa na odcinku od stopnia Łączany do stopnia Przewóz, w kontekście wymogów oraz wdrażania Dyrektywy Powodziowej Unii Europejskiej”, opracowana w 2007r. przez Biuro Prac Studialnych Andrzej M. Borowicz z Wrocławia, maksymalny przepływ niezagrażający miastu, jaki może pomieścić się w międzywalu Wisły na wysokości miasta Krakowa szacowany jest na około 2800 m³/s i w przybliżeniu odpowiada wodzie Q0,5% (woda 200-letnia). Pewnym potwierdzeniem tego faktu jest powódź z maja 2010r., kiedy to przy przepływach rzędu 2480 m³/s (a więc odpowiadającym prawdopodobieństwu około

2 - 3%), nigdzie na obszarze miasta nie doszło do przelania się wód powodziowych przez koronę obwałowań. Biorąc jednak pod uwagę, iż Kraków jest mocno zainwestowanym, zamieszkałym przez blisko 760 000 mieszkańców miastem, charakteryzującym się ogromnym bogactwem kulturowym i dużą liczbą zabytków architektury (miasto jest wpisane na listę światowego dziedzictwa kultury UNESCO), proponuje się dążyć w kierunku docelowego zapewnienia jego ochrony przed powodzią na wodę Q0,1% (woda 1000-letnia). Pytanie tylko, czy działania takie są możliwe pod względem ekonomicznym.

Szacunkowa ocena przepustowości głównych dopływów rzeki Wisły (Rudawa, Wilga, Prądnik (Białucha), Dłubnia i Serafa), będących zarazem odbiornikami wód opadowych na terenie miasta, wskazuje na potrzebę zwiększenia przepustowości większości z tych cieków. Spośród nich jedynie rzeka Rudawa w granicach miasta Krakowa jest w stanie pomieścić wodę tysiącletnią bez stwarzania realnego zagrożenia powodziowego. W przypadku pozostałych czterech dopływów konieczne jest zwiększenie ich przepustowości np. poprzez prace związane z udrożnieniem koryt, zwiększeniem retencji dolinowej lub rozważeniem budowy suchych zbiorników retencyjnych w górnych partiach ich zlewni, położonych głównie poza granicami Krakowa. Istotnym działaniem wydaje się być również natychmiastowe ograniczenie zrzutów ścieków deszczowych z nowych systemów kanalizacji opadowej oraz wprowadzenie „systemowego” (zlewniowego) zarządzania odpływem ścieków deszczowych.

Na pozostałych ciekach powierzchniowych, również występują problemy związane z ich ograniczoną przepustowością. Doświadczenia ostatnich powodzi wskazują na problemy w tym zakresie dotyczące m.in.: Sidzinki, Potoku Kostrzeckiego, Potoku Sudół Dominikański (Rozrywka) czy Strugi Rusieckiej (Łucjanówki).

W przypadku sieci rowów melioracyjnych i rowów komunalnych na obszarze miasta Krakowa, aktualna ich przepustowość w głównym stopniu uzależniona jest od bieżących zabiegów konserwacyjnych polegających na oczyszczaniu przekroju, wykaszaniu skarp i odmulaniu dna. Uogólniając można przyjąć, że w przypadku prawidłowo utrzymanych koryt (z obsiewem skarp mieszaną traw lub ich umocnieniem – przy zachowaniu systematyczności zabiegów konserwacyjnych) koryta takie powinny na ogół mieścić przepływy rzędu wody około Q10% (woda 10-letnia).

Wstępne rozpoznanie kwestii przepustowości systemu odwodnienia miasta Krakowa, składającego się z jednej strony z cieków powierzchniowych, rowów melioracyjnych i komunalnych, z drugiej zaś z systemu kanalizacji ogólnospławnej i opadowej, prowadzi do wniosków, iż system odwodnienia miasta Krakowa nie jest w odpowiednim stopniu przygotowany na przyjmowanie występujących coraz częściej w ostatnich latach ekstremalnych zjawisk opadowych. Dotyczy to zarówno zjawisk długotrwałych (mających głównie podłoże hydrologiczne – związanych z utrzymywaniem się przez długi okres czasu wysokich stanów wody w międzywalu Wisły – jak miało to miejsce np. w maju 2010r.), jak również coraz częściej występujących nagłych, krótkotrwałych i intensywnych zjawisk o charakterze typowo opadowym.

W ocenie zagrożeń powodziowych Miasta Krakowa, należy również wziąć pod uwagę lokalne podtopienia (powodzie miejskie) terenów zurbanizowanych, będące wynikiem gwałtownych deszczy oraz długotrwałych opadów determinujących nieprawidłowe działanie systemu odwodnienia.

W Krakowie funkcjonuje głównie system kanalizacji ogólnospławnej. System kanalizacji rozdzielczej odprowadza ścieki sanitarne i wody opadowe przede wszystkim z osiedli na obrzeżach miasta.

Całkowita długość kanalizacji w mieście wynosi:

- kanalizacja ogólnospławna – 611,35km,
- kanalizacja sanitarna – 609,71km,
- kanalizacja deszczowa – 318 km,
- przyłącza kanalizacyjne - 357,79km.

System kanalizacji ogólnospławnej działający w Krakowie podzielony jest rzeką Wisłą na dwie części: System Lewo- i Prawobrzeżny. Wzdłuż Wisły po obu brzegach prowadzone są kolektory główne, które połączone są w rejonie stopnia wodnego Dąbie syfonem położonym pod dnem rzeki. Ścieki z dolnej głowicy syfonu transportowane są kolektorem głównym Płaszowskim do oczyszczalni ścieków w Płaszowie. Z wymienionymi kolektorami głównymi połączone są kolektory boczne usytuowane głównie wzdłuż rzek: Białuchy, Wilgi i Rudawy. System kanalizacji ogólnospławnej miasta odprowadza wody opadowe i ścieki sanitarne do oczyszczalni ścieków Płaszów poprzez kolektory główne, którymi są:

- kolektor Płaszowski,
- kolektory lewobrzeżne:
 - Kolektor Lewobrzeżny rz. Wisły – LWs,
 - kolektor prawobrzeżny rz. Rudawy,
 - kolektor prawobrzeżny rz. Białuchy (Prądnik),
- kolektory prawobrzeżne:
 - Kolektor Prawobrzeżny rz. Wisły – PWs,
 - kolektor lewobrzeżny i prawobrzeżny rz. Wilgi,
 - kolektor lewobrzeżny rz. Wilgi,
 - kolektor prawobrzeżny rz. Wilgi,
- kolektory działające niezależnie i niepowiązane z systemem:
 - Kolektor prawobrzeżny rz. Dłubni.
 - Kolektor Nowohucki.

Ze względu na specyfikę działania systemu ogólnospławnego, główne kolektory zostały wyposażone w przelewy burzowe, które za pomocą tzw. burzowców połączone są z ciekami: Wisłą, Białuchą (Prądnik), Wilgą i Rudawą. Na całej długości działającej w mieście sieci kanalizacji ogólnospławnej zlokalizowanych jest 38 przelewów burzowych, poprzez które nadmiar wód gromadzący się w kolektorach zrzucany jest do cieków. W przypadku przelewów, poprzez które nadmiar wód opadowych zrzucany jest do rzeki Wisły, w sytuacji, gdy wysokość zwierciadła wody w Wiśle na wodowskazie Bielany osiągnie stan 450 cm, następuje zamknięcie klap zwrotnych i zasuw. To powoduje, że przepustowość kolektorów głównych jest hydraulicznie ograniczona i cała ilość ścieków kierowana jest do oczyszczalni. W momencie zamknięcia przelewów burzowych wypełnione kolektory główne nie stanowią już recypientów dla kanałów bocznych, co więcej determinują powstawanie cofek na dopływach powodujących lokalne podtopienia.

5. Dekompozycja układu i wyznaczenie węzłów strategicznych punktów krytycznych.

Zagrożenia powodziowe ze strony koryt otwartych na terenie miasta Krakowa dotyczą gęstej i złożonej sieci hydrograficznej. Należą do niej rzeki i potoki stanowiące główne dopływy Wisły, mniejsze cieki będące ich dopływami, rowy oraz sama rzeka Wisła. O ile w przypadku zagrożeń powodziowych związanych z pracą sieci kanalizacyjnej można mówić w dużej mierze o „współdziałaniu” całego systemu na pewnych obszarach, o tyle w przypadku sieci koryt otwartych naturalnym ograniczeniem dla „współdziałania” poszczególnych jej elementów są granice zlewni poszczególnych cieków.

W ramach przedmiotowej koncepcji dokonano dekompozycji układu hydrograficznego miasta Krakowa na zlewnie głównych cieków powierzchniowych, wyodrębniając w sumie 20 istotnych z punktu widzenia zagrożenia powodziowego rzek i potoków, w tym: 1 ciek I rzędu (rzeka Wisła), 13 cieków II rzędu (bezpośrednie dopływy Wisły), 5 cieków III rzędu i 1 ciek IV rzędu. Przy tworzeniu dekompozycji przyjęto układ cieków zgodny z kolejnością wpadania poszczególnych rzek i potoków do Wisły (analogiczny system przyjęto w przypadku dopływów Wisły). Listę rzek i potoków stanowiącą efekt dekompozycji układu zamieszczono w tabeli nr 1.

Na poniższym rysunku przedstawiono na podstawie „*Mapy podziału hydrograficznego Polski*” sieć hydrograficzną rzek i potoków w obrębie miasta Krakowa. Wyjaśnienia w tym kontekście wymaga przedstawienie na poniższej mapie przebiegu potoku Sudół Dominikański (Rozrywka). W rzeczywistości potok od rejonu ul. Olszeckiej jest częściowo zarurowany a od rejonu ronda Polsadu potok jest zarurowany i biegnie wzdłuż ul. Młyńskiej i ul. Pilotów. Wylot do rzeki Prądnik (Białucha) zlokalizowany jest przy moście w rejonie ul. Olszyny (*kolorem czerwonym oznaczono stary przebieg*).

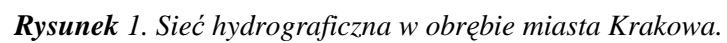


Tabela 1 Dekompozycja układu hydrograficznego miasta Krakowa – podział na zlewnie głównych cieków powierzchniowych..

L.p.	Ciek / Zlewnia	Rząd
1	Pot. Sidzinka	II
2	Rz. Sanka	II
3	Pot. Kostrzecki	II
4	Pot. Pychowicki	II
5	Rz. Rudawa	II
6	Rz. Wilga	II
7	Rz. Prądnik (Białucha)	II
8	Pot. Sudół od Modlnicy	III
9	Pot. Sudół Dominikański (Rozrywka)	III
10	Pot. Łęgówka	II
11	Rz. Dłubnia	II
12	Pot. Baranówka	III
13	Kanał Stopnia Wodnego Przewóz	II
14	Rz. Serafa	II
15	Rz. Drwinia Długa	III
16	Pot. Drwinka	IV
17	Kanał Suchy Jar	II
18	Pot. Kościelnicki	II
19	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	III
20	Rz. Wisła	I

Dla wyspecyfikowanych powyżej zlewni rzek i potoków przeprowadzono proces jednowymiarowego modelowania hydrodynamicznego w wyniku, którego wyznaczono strefy zalewowe dla wód powodziowych o prawdopodobieństwie przewyższenia: 2%, 1% i 0.5%. Zlewnie cieków wyższych rzędów, stanowiących dopływy rzek i potoków objętych budową modeli, zostały uwzględnione w modelach hydrodynamicznych, jako dopływy skupione. Opierając się na analizie zasięgu strefy zalewowej dla wody 1% (woda 100-letnia) oraz zagospodarowaniu terenu widocznego na ortofotomapach, zidentyfikowano obszary krytyczne systemu koryt otwartych. Opis oraz wizualizację zidentyfikowanych obszarów krytycznych dla zagrożeń powodziowych wywołanych ciekami powierzchniowymi na terenie miasta Krakowa zawarto w punkcie 5.1 niniejszego Raportu.

Istotnym elementem w procesie szacowania zagrożeń powodziowych jest również identyfikacja węzłów strategicznych systemu odwodnienia miasta.

W odniesieniu do sieci koryt otwartych węzły takie należy utożsamiać z wszystkimi punktami połączenia dopływów z ich odbiornikami (węzły hydrograficzne). W ramach przedmiotowej Koncepcji, dla cieków powierzchniowych objętych analizą zagrożeń powodziowych, węzły takie zostały każdorazowo zidentyfikowane i uwzględnione w obliczeniach modelowych – w postaci wariantów odpowiadających sytuacjom spiętrzenia wód w ujściowych odcinkach dopływów, wywołanych spływem wód powodziowych w odbiorniku (zjawisko cofki). W przypadku punktów węzłowych rzeki Wisły (tj. miejsc połączeń Wisły z jej głównymi dopływami), w których odpływ wody z obszarów zawala odbywa się za pośrednictwem śluz wałowych, w obliczeniach modelowych odwzorowano równocześnie sytuację swobodnego odpływu wody z zawala do koryta Wisły (wariant, w którym powódź na Wiśle nie występuje), jak również sytuację ograniczenia odpływu wód z terenów zawala, wynikającą z utrzymywania się wysokich stanów wody na rzece Wiśle (wariant z powodzią na Wiśle). W procesie dekompozycji systemu kanalizacyjnego miasta Krakowa wyznaczono punkty strategiczne, którymi pozostają główne kolektory ściekowe. Prawidłowa praca całego systemu zarówno ogólnospławnego jak i deszczowego uzależniona jest od ich odpowiedniej przepustowości. Symulacja hydraulicznych warunków pracy głównych kolektorów ściekowych pozwoliła na przeprowadzenie analizy ich funkcjonowania w warunkach zróżnicowanego obciążenia deszczem.

W opracowaniu przeprowadzono analizę dla:

- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 1%, czasu trwania do 2h (opad sumaryczny 57 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 1% i czasu trwania deszczu do 24h (opad sumaryczny 91,1 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 2% i czasu trwania deszczu do 24h (opad sumaryczny 82,0 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 0,5% i czasu trwania deszczu do 2h (opad sumaryczny 51,0 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 2,0 % i czasu trwania deszczu do 2h (opad sumaryczny 45,7 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 20 % i czasu trwania deszczu do 10min (opad sumaryczny 14,0 mm),
- Prawdopodobieństwa pojawienia się opadu deszczu 50 % i czasu trwania deszczu do 10min (opad sumaryczny 10,0 mm).

Biorąc pod uwagę warunki projektowe kanałów ściekowych i wytyczne przekazane przez Eksploatatora systemu kanalizacyjnego na terenie Krakowa, kluczowe do przeprowadzenia oceny przepustowości poszczególnych kanałów powinny być deszcze krótkotrwałe o prawdopodobieństwie pojawienia się $p=20\%$ i $p=50\%$.

Tabela 2 Zalecane projektowane częstotliwości występowania deszczu miarodajnego wg PN-EN 752-4

Projektowane częstotliwości występowania deszczu miarodajnego* (1 w „n” latach)	Lokalizacja	Projektowane częstotliwości zalewania terenu (1 w „n” latach)
1 w 1	Tereny wiejskie. Tereny mieszkaniowe. Śródmieścia/tereny przemysłowe/handlowe: z kontrolą zalewania; bez kontroli zalewania.	1 w 10
1 w 2		1 w 20
1 w 2		1 w 30
1 w 5		-
1 w 10	Metro/przejścia podziemne.	1 w 50

* Przy tych deszczach miarodajnych nie powinny wystąpić żadne przeciążenia

Miarodajny czas trwania deszczu obliczany dla danego przekroju powinno się obliczać w oparciu o czas koncentracji. Dla obszarów śródmiejskich można przyjąć prawdopodobieństwo $p=20\%$ dla pozostałych $p=50\%$.

Poniżej zamieszczono krótkie opisy dotyczące funkcjonowania głównych kolektorów ściekowych na terenie Krakowa w warunkach projektowych (obciążenie odpływem ze zlewni po wystąpieniu opadu o prawdopodobieństwie $p=20\%$).

Kolektory opisane zostały wg przyjętego przez autorów koncepcji podziału na modele dla $p=20\%$, 50% , 2% , 1% , 0.5% .

(Model D) kolektor Płaszowski - jest to kolektor betonowy o przekroju hełmowym $\varnothing 450/400$, o długości około 3500 mb. Kolektor odprowadza ścieki sanitarne i opadowe do oczyszczalni w Płaszowie.

W dekompozycji układu systemu kanalizacji sanitarnej, kolektor ten jest punktem strategicznym całego systemu ogólnospławnego na obszarze centralnej części Krakowa. Jego prawidłowa praca warunkuje odpowiednie odprowadzenie wód opadowych, szczególnie podczas wystąpienia deszczu nawalnych i zamknięcia przelewów burzowych. Przy opadzie miarodajnym, dla którego wykonuje się wymiarowanie kanalizacji $p=20\%$ oraz $p=50\%$, jego działanie nie powoduje lokalnych podtopień. Według otrzymanych danych na kolektorze Płaszowskim zauważalne są częste przeciwnospadki. Największe zróżnicowania w spadkach dna występują od skrzyżowania z ul. Lipską do syfonu pod Wisłą, co może być dodatkowym powodem cofki na kanałach bocznych przy wystąpieniu opadu deszczu o prawdopodobieństwie $0,5\%$, 1% , 2% . Przy wysokich stanach wody na Wiśle i wystąpieniu cofki na rzece Drwina, spełnia on funkcje retencyjną całego systemu.

W czasie wystąpienia deszczu nawalnych o prawdopodobieństwie przewyższenia 0.5% , 1% , 2% oraz jednocześnie zamkniętych przelewach burzowych przy wysokim stanie wody na Wiśle (wodowskaz na Bielanych wskazujący 4,5m), napełnienie Kolektora Płaszowskiego w świetle kształtuje się na poziomie 2,5-3,2m. Następstwem tego jest cofka na kanałach bocznych, które włączane są poniżej zwierciadła napełnienia. Zostało to szerzej przedstawione w pkt. 1.2, obszar 10-11 opisu do Etapu II.

(Model B) kolektor lewobrzeżny rz. Wisły – kolektor betonowy o przekroju jajowym, o wymiarach $\varnothing 70/105$, $110/155$, $90/135$, $100/150$, $120/180$, $340/300$, $320/300$, $445/340$, $475/345$ o łącznej długości ok. 7000 mb.

Kolektor odprowadza ścieki sanitarne i opadowe z północnej części miasta tj. Śródmieścia i Krowodrzy. Kolektor rozpoczyna się w rejonie skrzyżowania ulicy Malczewskiego z ulicą Księcia Józefa, przed stopniem Dąbie przechodzi syfonem pod Wisłą i łączy się z kolektorem Płaszowskim. Na kolektorze tym zlokalizowanych jest siedem przelewów burzowych.

W czasie wystąpienia opadu deszczu o natężeniu 0.5%, 1% oraz 2% kanał napełniony jest do 70%. W związku z powyższym duża część kanałów bocznych pracuje pod ciśnieniem. Jednakże wykonany model nie wskazał miejsc, w których dochodzi do podtopień terenu. Praca kolektora przy deszczach 50% przebiega prawidłowo. Maksymalne napełnienie kanału wynosi do 53% w jego świetle. Przelewy burzowe L1, L2, L1A, L1 wg wykonanego modelu pracują prawidłowo.

(Model C) kolektor prawobrzeżny rz. Wisły - kolektor betonowy o przekroju jajowym i kołowym, o wymiarach $\varnothing 60$, $60/90$, $70/105$, $80/120$, $90/135$, $100/150$, $120/180$, $225/160$, $190/225$, $300/235$ o łącznej długości ok. 7800 mb.

Kolektor odprowadza ścieki sanitarne i opadowe z południowej części miasta, tj. Kurdwanowa, Łagiewnik, Ruczaju, Kobierzyna, Rynku Podgórskiego. Kolektor rozpoczyna się w rejonie ulicy Tynieckiej w Pychowicach, przechodzi syfonem pod rzeką Wilgą w rejonie jej ujścia i łączy się z Kolektorem Płaszowskim w rejonie syfonu pod Wisłą. Na kolektorze zlokalizowanych jest 9 przelewów burzowych.

Na odcinku kolektora od ul. Tynieckiej do przelewu P1 widać wyraźne przeciwspadki, co wskazuje profil załączony w etapie II, pkt. 1.1. W przypadku wystąpienia opadów deszczu o prawdopodobieństwie $p=1\%$, 2% , $0,5\%$, kanał na tym odcinku pracuje pod ciśnieniem. Dodatkowo zamknięcie przelewów burzowych powoduje wystąpienie cofki do kolektorów bocznych.

Pomimo przeciwspadków, praca kanału na tym odcinku przy opadach deszczu o prawdopodobieństwie wystąpienia $p=20\%$ i 50% przebiega prawidłowo.

Wg otrzymanych danych podobna sytuacja występuje na PWS od przelewu burzowego P1 do syfonu pod Wilgą. Kanał przy wysokich stanach wody pracuje pod ciśnieniem. Powoduje to efekt cofki do kanałów bocznych, co zostało opisane w pkt. 1.1 etapu II. W wyniku powyższego, zagrożone są tereny skanalizowane w systemie ogólnospławnym, uzależnionym od pracy syfonu pod Wilgą i związanej z nim pompowni „Wilga”. Obszarami zagrożonymi, znajdującymi się w pobliżu przeciążonych hydraulicznie kolektorów i powiązanych hydraulicznie z pracą syfonu pod Wilgą, są osiedle Podwawelskie oraz Rondo Grunwaldzkie.

Bezpośrednio za przelewem P3 na kolektorze głównym występuje zwężenie średnicy z $\varnothing 1400/2100$ do $\varnothing 1200/1800$. Po wystąpieniu na terenie Krakowa opadów o prawdopodobieństwie $p=0,5\%$, 1% , 2% oraz przy zamkniętych przelewach burzowych dochodzi do spiętrzenia ścieków, które w normalnych warunkach odprowadzane są przelewem burzowym do rzeki Wisły. Z kolei przy prawdopodobieństwie wystąpienia opadu deszczu $p=20\%$ i 50% , pomimo stwierdzenia przeciwspadków oraz zwężeń

na analizowanym kolektorze, kanał nie jest przeciążony hydraulicznie i nie powoduje znaczącego zagrożenia.

(Model B) kolektor prawobrzeżny rz. Białuchy - kolektor o przekrojach jajowych $\varnothing 100/150$, $120/180$, $80/120$, $90/135$, $100/150$, $90/135$, o łącznej długości 7700 mb. Kolektor odprowadza ścieki sanitarne i opadowe z terenów położonych na prawo od rz. Białuchy cz. Azorów, Brogów, Żabińca. Łączy się z kolektorem lewobrzeżnym rzeki Wisły w rejonie syfonu pod rz. Wisłą na wysokości ulicy Miedzianej. Na kolektorze zlokalizowanych jest sześć przelewów burzowych.

W porze bezdeszczowej kolektor wykazuje napełnienia ściekami rzędu 15 cm w czasie minimalnych nocnych przepływów, zaś w ciągu dnia do 50 cm. Po wystąpieniu na terenie zlewni krakowskiej intensywnych opadów deszczu klasyfikowanych jako nawalne, przekrój kolektora zostaje wypełniony ściekami w 60-70%. Dla przypadku opadów sklasyfikowanych jako krótkotrwałe (2 godziny), z prawdopodobieństwem wystąpienia opadu $p=1\%$ i $0,5\%$, analizowany kanał na wybranych odcinkach jest całkowicie wypełniony ściekami i pracuje ciśnieniowo. Symulacja komputerowa funkcjonowania kolektora prawobrzeżnego rzeki Białuchy przeprowadzona dla różnych scenariuszy obciążenia opadem potwierdza dostateczną przepustowość tego kanału dla opadów występujących nie rzadziej niż raz na 2 i 5 lat.

Kolektor lewobrzeżny i prawobrzeżny rz. Wilgi – kolektor o przekrojach jajowych $\varnothing 140/210$, $120/180$, $110/165$, $70/105$, $80/120$, $90/135$, $100/150$, $90/135$, $110/65$, $100/165$, o łącznej długości 6200 mb.

(Model C) kolektor lewobrzeżny Wilgi - ma swój początek w Borku Fałęckim na wysokości ulicy Zbrojarzy, prowadzony jest wzdłuż rzeki i łączy się z prawobrzeżnym kolektorem Wisły przed syfonem pod Wilgą. Na kolektorze zlokalizowane są 3 przelewy burzowe.

Przy prawdopodobieństwie wystąpienia opadu deszczu $p=2\%$ i czasie trwania 24h, kanał od połączenia z kolektorem PWS do ul. Kapelanka pracuje pod ciśnieniem. Podobne warunki pracy kanału stwierdzono po wystąpieniu opadu deszczu $p=1\%$ i czasie trwania 24h. Związane jest to z wylotem zatopionym na przelewie burzowym w rejonie ul. Grota-Roweckiego. W takiej sytuacji wszystkie wody opadowe muszą zostać odprowadzone do kolektora PWS, co z kolei związane jest bezpośrednio z pracą syfonu pod Wilgą. Otrzymane dane o kanałach nie wskazują dużych przeciwspadków. Hydrauliczne warunki pracy kolektora lewobrzeżnego Wilgi przy obciążeniu deszczem miarodajnym dla kanalizacji, nie wykazują żadnych zagrożeń dla działania całego systemu w dekompozycji przedstawionego układu miasta Krakowa.

(Model D) kolektor prawobrzeżny rz. Wilgi – ma swój początek w Swoszowicach w rejonie ulicy Kąpielowej, prowadzony jest wzdłuż rzeki i łączy się z kolektorem prawobrzeżnym Wisły w rejonie syfonu pod Wilgą. Na kolektorze zlokalizowanych jest siedem przelewów burzowych.

Analiza hydraulicznych warunków pracy kolektora prawobrzeżnego rzeki Wilgi potwierdza prawidłowy profil napełnienia tego kanału dla przypadku wystąpienia na terenie zlewni opadów sklasyfikowanych jako 50% i 20%. Mimo występowania na profilu kilku przeciwspadków, kolektor nie jest przepełniony, nie pracuje ciśnieniowo i praktycznie

nie dochodzi do podtapiania studzienek. Sytuacja nie ulega zasadniczej zmianie po wystąpieniu na terenie zlewni opadów długotrwałych (24h) zarówno o prawdopodobieństwie pojawienia się 2%, 1% i 0,5%. Z kolei opady modelowe dwugodzinne występujące nie rzadziej niż raz na 100 lat ($p=1\%$) i 200 lat ($p=0,5\%$) powodują wystąpienie lokalnych podtopień studzienek na wybranych odcinkach.

(Model B) kolektor prawobrzeżny rz. Rudawy – kolektor o przekrojach $\varnothing 50$, 80/120, 90/135, 100/140, o łącznej długości 1500 mb.

Zadaniem kolektora jest odprowadzenie ścieków z większości skanalizowanego obszaru Krakowa położonego w widłach Wisły i Rudawy. Analizowany kolektor poprowadzony wzdłuż koryta rzeki Rudawy, bierze swój początek w pobliżu osiedla Olszanica. Na odcinku do ulicy Korzeniowskiego odprowadza ścieki sanitarne, dalej pracuje jako kolektor ogólnospławny i odprowadza ścieki sanitarne i opadowe do kolektora lewobrzeżnego Wisły łącząc się z nim przed syfonem pod rz. Rudawą. Na kolektorze zlokalizowane są dwa przelewy burzowe.

W układzie profilu podłużnego, kolektor nie posiada znaczących przeciwspadków. Współpracuje on z przelewami R2, L1a. Przy prawdopodobieństwie deszczu 20% i 50%, niskich stanach wody na Wiśle oraz przelewach otwartych, maksymalne napełnienie kanału wynosi do 54% powierzchni przekroju poprzecznego (w świetle kanału). Podczas wystąpienia wysokich stanów wody na Wiśle oraz Rudawie i zamknięcia przelewu burzowego do rzeki Rudawy następuje praca kanału pod ciśnieniem. Część studzienek na trasie kolektora jest wówczas podtapiana.

(Model B) kolektor prawobrzeżny rz. Dłubni „F” - kolektor o przekrojach $\varnothing 80/120$, 100/150, 140/210, o łącznej długości 5 900 mb.

Kolektor odprowadza ścieki sanitarne i opadowe do kolektora Nowohuckiego z terenów Nowej Huty. W warunkach obciążenia kolektora odpływem ze zlewni po wystąpieniu opadu krótkotrwałego o prawdopodobieństwie wystąpienia $p=20\%$, kanał posiada dość dużą rezerwę przepustowości – około 60-65%. Przeprowadzona symulacja komputerowa pracy kolektora przy założeniu występowania tych samych warunków hydrologicznych i meteorologicznych jak we wcześniejszej analizie, jednakże z odbiornikiem zatopionym, wskazuje na podtapianie kilku studzienek położonych w dole części kolektora. Z kolei obliczenia przeprowadzone dla opadów bardziej intensywnych, odpowiadających prawdopodobieństwu pojawienia się deszczu $p=2\%$, 1% i czasie trwania 2 godz. potwierdzają zbyt małą przepustowość kolektora w stosunku do odwadnianej powierzchni. Znacząca część kolektora (odcinek) pracuje pod ciśnieniem.

(Model A) kolektor Nowohucki – kolektor o przekroju prostokątnym 180/200 i 350/180, o łącznej długości 5800 mb.

Rozpoczyna się rejonie ulicy Klasztornej i kończy na terenie oczyszczalni ścieków „Kujawy”. Do zlewni Kolektora Nowohuckiego należy obszar położony w północno-wschodniej części Krakowa, wydzielony od zachodu rzeką Prądnik (Białucha), od południa linią Wisły i dalej rzeką Dłubnia oraz dodatkowo teren wokół oczyszczalni ścieków „Kujawy”.

Koncepcyjne obliczenia modelowe potwierdziły, że w porze bezdeszczowej Kolektor Nowohucki w czasie maksymalnego zrzutu ścieków pracuje z napełnieniem około 0,5-0,7 m. Z kolei w porze deszczowej, przyjmując za punkt wyjścia do obliczeń przepustowość hydrauliczną oczyszczalni, kolektor wypełnia się ściekami do poziomu około 1,5 m, co odpowiada około 10,5 tys. m³/h. Teoretycznie Kolektorem Nowohuckim o wymiarach 180/200 może przepłynąć do oczyszczalni około 12,5 tys. m³/h, należy jednak pamiętać o przelewie burzowym w okolicy ul. Podbięty i kanale równoległym w ul. Igołomskiej, który odciąża pracę Kolektora Nowohuckiego. Po połączeniu kolektorów w okolicy ul. Dymarek, ostatni odcinek kanału doprowadzającego ścieki do oczyszczalni ma niemalże podwojoną przepustowość. W obliczeniach hydraulicznych dla przyjętych scenariuszy pojawienia się opadu deszczu o określonej intensywności, nie odnotowano istotnych problemów z funkcjonowaniem Kolektora Nowohuckiego.

WNIOSKI

Przeprowadzona analiza hydraulicznych warunków pracy głównych kolektorów ściekowych krakowskiego systemu kanalizacyjnego potwierdza występowanie następujących zdarzeń oraz pozwala na wysunięcie poniższych wniosków:

- Część analizowanych kolektorów posiada nieprawidłowy profil dna, co skutecznie spowalnia odpływ ścieków ze zlewni ograniczając tym samym przepustowość całego systemu, a co za tym idzie zmniejszając jego niezawodność pracy.
- Kolektor lewobrzeżny Wisły posiada rezerwę przepustowości nawet w przypadku wystąpienia opadu o prawdopodobieństwie $p=1\%$. Występujące spiętrzenie ścieków oddziałuje natomiast niekorzystnie na boczne dopływy.
- Przy wysokim stanie wody w Wiśle, część kolektorów nie ma zapewnionego odbiornika ścieków, przez co dochodzi do szybkiego spiętrzenia ścieków i w efekcie wywołuje pojawienie się cofki. W przypadku długiego utrzymywania się wysokiego poziomu wody w Wiśle (fali wezbraniowej lub powodziowej), część kolektorów i kanałów bocznych nie ma dostatecznej retencji i przestaje prawidłowo funkcjonować. W celu przeciwdziałania zalewaniu kanałów bocznych należy doposażyć system kanalizacji w pompownie przewałowe, zapewniające skuteczne odprowadzenie ścieków do odbiornika. Lista pompowni oraz podstawowe dane do doboru pomp zostały podane w raporcie Etap II w Rozdziale 1.1 oraz 1.2.
- Większość analizowanych kolektorów posiada przepustowość umożliwiającą odprowadzenie ścieków powstałych w efekcie wystąpienia opadu miarodajnego ($p=20\%$, $t=10$ min.).
- Profil kolektora prawobrzeżnego Wisły wykazuje przeciwpadki, a symulacja pracy przy obciążeniu opadem o prawdopodobieństwie $p=1\%, 2\%, 0,5\%$ potwierdza występowanie na określonych odcinkach przepływów ciśnieniowych.
- Wspólną cechą dla większości przeanalizowanych kolektorów ściekowych pozostaje zbyt mała retencja kanałowa i zjawisko występowania cofki przy wysokich stanach wody w odbiorniku.

- Wybrane obiekty strategiczne rozmieszczone na sieci kanalizacyjnej limitują często pracę całego systemu, np. syfony, przepusty.
- Napełnienia niektórych kolektorów podczas zamkniętych przelewów kształtują się na poziomie 70%-80% światła kanałów, co i tak determinuje powstanie cofki na kanałach bocznych ze względu na fakt, że są one włączane poniżej zwierciadła napełnienia.
- W dalszym postępowaniu dotyczącym zwiększenia bezpieczeństwa powodziowego Krakowa należy uwzględnić budowę klap zwrotnych, przepompowni przewalowych oraz systemu monitoringu sieci kanalizacyjnej, w szczególności kolektorów głównych. W momencie zamknięcia przelewów burzowych i całkowitym napełnieniu kolektorów, klapy zwrotne uchronią kolektory boczne przed cofką, natomiast przepompownie odprowadzą gromadzące się w kolektorach bocznych ścieki i wody opadowe.
- Ważnym aspektem prawidłowej pracy kolektorów przy wysokich stanach wód jest czas i metoda zamknięcia zasuw na przelewach burzowych. W chwili obecnej odbywa się to w sposób ręczny przez pracowników MPWiK S.A., co powoduje, że zamykanie jednej zasuw trwa od 40 do 60 minut. W celu skrócenia czasu zamknięcia zasuw proponuje się analizę zastosowania miejscowych napędów i stopniową wymianę zamknięć na zautomatyzowanie lub zastosowanie mobilnego systemu generatora z przekładnią.

Działania pośrednie:

Przeprowadzenie optymalizacji pracy sieci kanalizacyjnej wraz ze wskazaniem konkretnych działań inwestycyjnych i eksploatacyjnych, mających na celu poprawę niezawodności funkcjonowania kanalizacji ogólnospławnej i deszczowej na terenie Krakowa wymaga działań ramowych, takich jak choćby wdrożenie monitoringu (stałego) pracy sieci kanalizacyjnej z odpowiednio gęstą liczbą punktów pomiarowych, reprezentatywnych dla całego obszaru, opracowanie skalibrowanego modelu matematycznego.

5.1 Koryta otwarte.

Aby rzetelnie odpowiedzieć na pytanie, w jakim zakresie system odwodnienia miasta Krakowa przygotowany jest na występowanie zjawisk ekstremalnych takich jak powódzie, oraz poprawnie zidentyfikować obszary zagrożone zalewem wód powodziowych ze strony cieków otwartych na terenie miasta Krakowa (niezależnie od wniosków wynikających ze zdarzeń powodziowych, jakie miały miejsce w ostatnich latach), w ramach Koncepcji przeprowadzono modelowanie hydrodynamiczne dla 20 wyspecyfikowanych rzek i potoków stanowiących główne elementy struktury hydrograficznej na terenie miasta. Zakres danych hydrologicznych, jakie uwzględniono w modelach, obejmował wszystkie istotne czynniki mające wpływ na kształtowanie się powodzi historycznych na przestrzeni ostatnich lat.

W przypadku zlewni kontrolowanych zakres ten obejmował m.in. dane hydrologiczne pozyskane z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie IMGW, dotyczące przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia (2%, 1%

i 0,5%), hydrogramów największych zaobserwowanych wezbrań (1997, 2010) – wykorzystanych na etapie kalibracji i weryfikacji modeli hydrodynamicznych, oraz krzywych objętości przepływów w przekrojach wodowskazowych Smolice i Sierosławice na Wiśle oraz Balice na Rudawie. W oparciu o taki zakres danych hydrologicznych autorzy Koncepcji określili kształty fal hipotetycznych, które stanowiły bezpośrednie dane wejściowe do modeli hydrodynamicznych. Do celów opracowania fal hipotetycznych w profilach Smolice, Sierosławice i Balice na Wiśle, wykorzystano również najwyższe obserwowane fale powodziowe w tych przekrojach z lat 1980-83, które pochodziły z Roczników hydrologicznych dla dorzecza Wisły.




W przypadku zlewni niekontrolowanych obliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wraz z wyznaczeniem fal hipotetycznych przeprowadzono wykorzystując matematyczny model odpływu typu opad-odpływ (model Nasha), za wyjątkiem zlewni rzeki Wilgi, gdzie przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia obliczono wzorem Punzeta dla obszarów wyżynnych. Zastosowane podejście wynikało z przyjętej metodyki obliczeń hydrologicznych, opracowanej dla celów wdrożenia Dyrektywy Powodziowej przez zespół Pana Prof. Beniamina Wiązika. Do odwzorowania faktycznych uwarunkowań hydrologicznych, mających wpływ na kształtowanie się powodzi na obszarze miasta Krakowa w zlewniach niekontrolowanych, wykorzystano wartości opadów o przyjętym prawdopodobieństwie wystąpienia i czasie trwania 24 godz. Stanowiący podstawę obliczeń opad efektywny wyznaczono uwzględniając m.in. takie czynniki mające wpływ na obliczoną wartość przepływu kulminacyjnego jak: zagospodarowanie terenu, rodzaj gleb, charakter pokrywy roślinnej oraz stan uwilgotnienia zlewni. Do identyfikacji rodzaju gleb oraz klas zagospodarowania terenu wykorzystano niezbędne do tego celu mapy glebowo-rolnicze, opracowane w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach w 2011r.


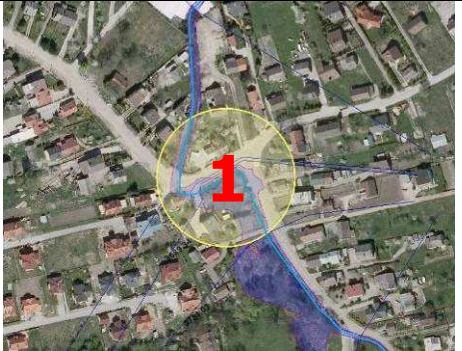

Opierając się na tak opracowanej hydrologii oraz pozyskanych danych geodezyjnych i numerycznym modelu terenu, posługując się zdekomponowanym układem hydrograficznym miasta Krakowa, skonstruowano modele hydrodynamiczne transformacji fal powodziowych w korytach rzek i potoków. Wyniki modelowania stanowiły podstawę do wyznaczenia m.in. zasięgów stref zalewowych dla wód powodziowych o prawdopodobieństwie 1%, wykorzystanych dalej do zidentyfikowania obszarów krytycznych, w których dochodzi do istotnych zagrożeń powodziowych dla znajdującej się w nich infrastruktury, takiej jak: budynki mieszkalne i gospodarcze, budynki użyteczności publicznej (szkoły, przedszkola, urzędy, szpitale itp.), zakłady przemysłowe, oczyszczalnie ścieków, garaże i ogródki działkowe). Należy w tym miejscu wyjaśnić, iż w przypadku zagrożeń powodziowych związanych z ciekami powierzchniowymi nie można mówić o „punktach krytycznych” lecz o „obszarach krytycznych”, bowiem zagrożenia dotyczą na ogół określonych powierzchni terenu – zalewanych wodami powodziowymi. Przy określaniu obszarów krytycznych brano pod uwagę zarówno zasięg stref zalewowych dla przypadku swobodnego odpływu wody do koryta Wisły, jak również dla wariantu podpiętrzania zwierciadła wody w ujściowych odcinkach cieków wodami cofkowymi Wisły (lub innych odbiorników wyższego rzędu). W opracowaniu nie poruszano problemu przerwania obwałowań. Kwestia analizy zagrożeń powodziowych związanych z przerwaniami obwałowań leży w gestii Prezesa KZGW, który


zgodnie z ustawą Prawo Wodne jest zobowiązany do wykonania map zagrożenia powodziowego, w zakres których wchodzi takie analizy.

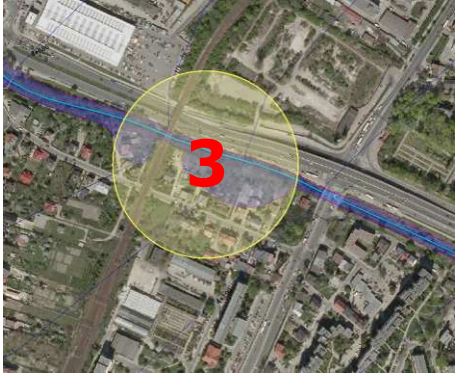


Łącznie zidentyfikowano 45 obszarów krytycznych, z czego 39 położonych na dopływach Wisły i 6 w zasięgu bezpośredniego wpływu rzeki Wisły. Ogólną charakterystykę tych obszarów zamieszczono w tabeli poniżej.

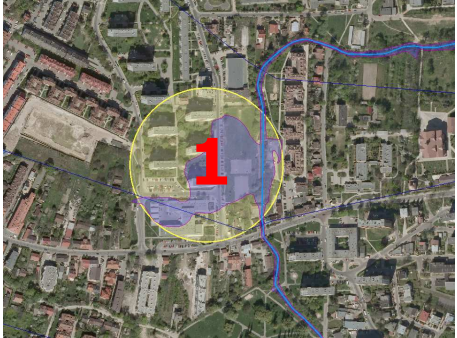

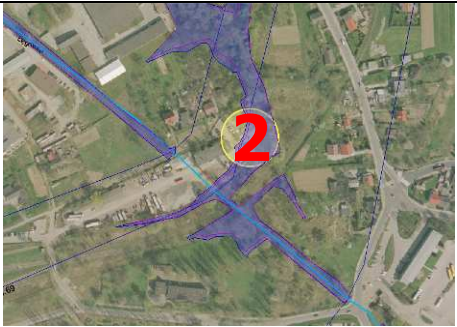
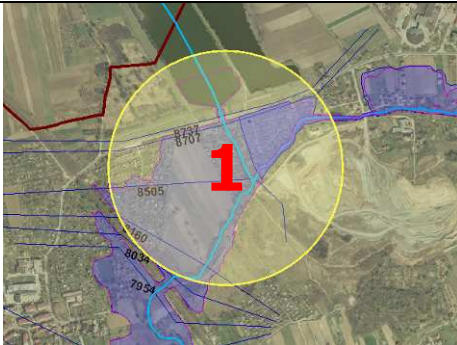
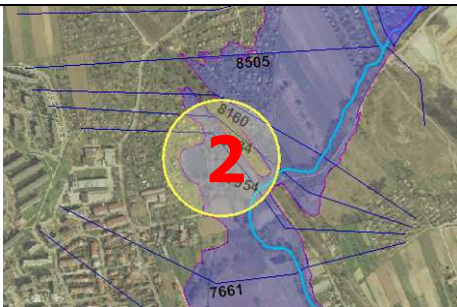
Tabela 3 Identyfikacja obszarów krytycznych na terenie miasta Krakowa – wynikających z modelowania hydrodynamicznego przeprowadzonego w ramach Koncepcji.

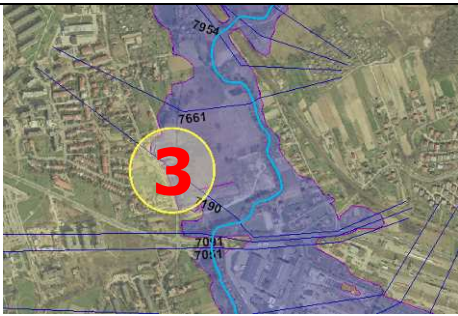



Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Charakterystyka obszaru krytycznego	Lokalizacja obszaru krytycznego
Pot. Sidzinka	1	Obszar na pograniczu miasta Krakowa w rejonie ul. Podgórk Tynieckie. Zagrożone zalewem wód powodziowych są ogródki działkowe położone na brzegu prawym oraz częściowo na brzegu lewym. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku.	
Pot. Kostrzecki	1	Rejon osiedla Kostrze przy ul. Dąbrowa. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 3 budynki znajdujące się na brzegu prawym, po wschodniej stronie ulicy. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku.	
	2	Rejon ul. Krzewowej na osiedlu Kostrze. Zagrożone zalewem wód powodziowych są gospodarstwa położone po prawej stronie potoku (11 budynków). Zagrożenie to dotyczy jedynie przypadku podpiętrzania wód potoku Kostrzeckiego w wyniku odcięcia odpływu wody przez służę wałową do rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle. Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz ograniczenie odpływu wód w sytuacji	





		utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.	
	3	<p>Osiedle Kostrze – rejon wzdłuż ul. Falistej. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 2 gospodarstwa położone po prawej stronie potoku. Zagrożenie to dotyczy wyłącznie przypadku podpiętrzania wód potoku Kostrzeckiego w wyniku odcięcia odpływu wody przez służę wałową do rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz ograniczenie odpływu wód w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle</p>	
Pot. Pychowicki	1	<p>Osiedle Skotniki – ul. Winnicka w rejonie mostu na Pot. Pychowickim. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 2 gospodarstwa położone na lewym brzegu potoku, tuż przed mostkami stanowiącymi równocześnie wjazdy do posesji i mostem (przepustem) w ciągu ul. Winnickiej.</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta oraz niedrożność mostków/przepustów pod dojazdami do posesji.</p>	
	2	<p>Osiedle Pychowice/Bodzów w rejonie ul. Widłakowej. Zagrożone zalewem są 23 budynki znajdujące się w ujściowym odcinku potoku, w rejonie służę wałowej. Zagrożenie to dotyczy jedynie przypadku podpiętrzania wód potoku Pychowickiego w wyniku odcięcia odpływu wody przez służę wałową do rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	





Rz. Wilga	1	<p>Rejon osiedla Zadworze pomiędzy ul. J. Smoleńskiego i korytem Wilgi. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 4 budynki znajdujące się na lewym brzegu rzeki Wilgi.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	2	<p>Rejon ul. Kapelanka i ul. Rydlówka. Zagrożona zalewem wód powodziowych jest wiata w rejonie stawu przy ul. Rydlówka, usytuowana na prawym brzegu rzeki Wilgi. Zagrożenie występuje tylko w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na rzece Wiśle i podpiętrzania zwierciadła wody w ujściowym odcinku Wilgi przez wody cofkowe Wisły.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki, ograniczająca odpływ wód w sytuacji wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
Rz. Prądnik (Białucha)	1	<p>Osiedle Prądnik Biały pomiędzy ul. Pachońskiego i Białoprądnicką. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest obszar na brzegu prawym powyżej mostku (2 budynki) i lewym poniżej mostku (3 budynki częściowo podtapiane).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożeń jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	2	<p>Teren osiedla Prądnik Biały wzdłuż ul. Jazowej, pomiędzy Parkiem im. Tadeusza Kościuszki i ul. Opolską. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 3 budynki na brzegu prawym i 1 budynek na brzegu lewym tuż przed mostem w ciągu ul. Opolskiej.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożeń jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	

3	<p>Obszar wzdłuż ul. Opolskiej w rejonie wiaduktu kolejowego na trasie relacji Kraków-Warszawa. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest 1 budynek położony na brzegu prawym przed wiaduktem oraz 4 budynki poniżej wiaduktu.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożeń jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
4	<p>Osiedle Olsza – rejon ul. Nadrzecznej i ul. Czerwonego Prądnika. Zagrożona zalewem wód powodziowych jest część osiedla mieszkalnego (bloki i domy jednorodzinne) na odcinku między ul. Nadrzeczną i torami kolejowymi.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
5	<p>Obszar w rejonie Al. Pokoju i Centrum Handlowego „Plaza” (pomiędzy korytem Prądnika (Białuchy) i nasypem kolejowym). Zagrożone zalewem wód powodziowych są budynki gospodarcze i garaże usytuowane w rejonie ul. Dąbskiej i Kosynierów. Zagrożenie występuje jedynie w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle i podpiętrzania zwierciadła wody w ujściowym odcinku Prądnika (Białuchy) przez wody cofkowe rzeki Wisły.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki, ograniczająca odpływ wód w sytuacji wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	


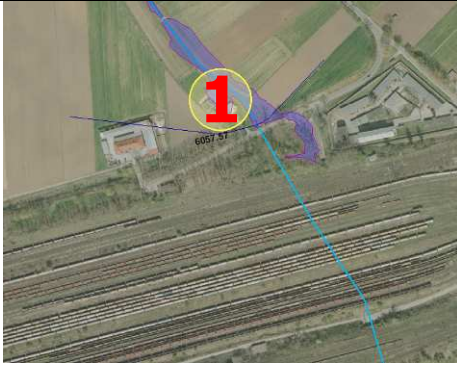


Pot. Sudół Dominikański	1	Osiedle Prądnik Czerwony – rejon ul. Jakuba Majora. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest obszar położony na prawym brzegu potoku (część osiedla: budynki mieszkalne, budynek użyteczności publicznej, boisko) oraz częściowo również na brzegu lewym (parking). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta.	
Pot. Łęgówka	1	Obszar położony pomiędzy ul. Nowohucką, Centralną i Al. Pokoju. Zagrożone zalewem wód powodziowych są ogródki działkowe na prawym oraz lewym brzegu potoku a także budynek garażowy na brzegu prawym. Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz niedrożność przepustu pomiędzy ul. Centralną i ul. Sołtysowską.	
	2	Osiedle Łęg w rejonie ul. Sołtysowskiej i Na Załączu. Zagrożone zalewem wód powodziowych są budynki magazynowe znajdujące się na brzegu lewym potoku. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest niedrożność mostu (przepustu) pod torami kolejowymi.	
Rz. Dłubnia	1	Tereny położone pomiędzy ul. Gustawa Morcinka i nasypem linii kolejowej. Zagrożone zalewem wód powodziowych są ogródki działkowe znajdujące się na brzegu prawym rzeki Dłubni. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.	
	2	Tereny położone pomiędzy nasypem linii kolejowej i ul. Marycjusza. Zagrożone zalewem wód powodziowych są ogródki działkowe znajdujące się na brzegu prawym rzeki Dłubni. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.	





	3	<p>Obszar położony na prawym brzegu Dłubni w pobliżu ul. Mistrzejowickiej. Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest 6 budynków mieszkalnych oraz garaże.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	4	<p>Obszar położony na lewym brzegu Dłubni pomiędzy ul. Zesławicką i ul. Okulickiego. Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest 15 gospodarstw w rejonie ul. Zakładowej.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	5	<p>Obszar po lewej stronie rzeki Dłubni położony pomiędzy ulicami Okulickiego, Łowińskiego i Kocmyrzowską (o powierzchni około 38 ha) oraz mniejszy obszar znajdujący się po stronie prawej, w rejonie Młynówki. Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest wiele budynków magazynowych, przemysłowych i gospodarczych, w tym m.in. baza MPK, a także budynki mieszkalne, garaże i ogródki działkowe.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	6	<p>Tereny osiedla Sportowego w rejonie ul. Stadionowej (na brzegu prawym) i osiedla Krzesławice w rejonie ul. Melchiora Wańkowicza (brzeg lewy). Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest około 40 gospodarstw, garaże i supermarket.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	


	7	<p>Tereny osiedla Krzesławice w pobliżu Al. Solidarności na wysokości zalewu na Dłubni. Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest 6 gospodarstw i 2 budynki gospodarcze położone na lewym brzegu rzeki.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki</p>	
	8	<p>Obszar położony pomiędzy Al. Solidarności i ul. Ptaszyckiego. Zagrożonych zalewem wód powodziowych jest 7 gospodarstw oraz ogródki działkowe położone na brzegu prawym.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
	9	<p>Osiedle Mogiła – obszar położony po lewej stronie rz. Dłubni na zawalu (wał cofkowy Wisły). W sytuacji występowania wysokich stanów wody na Wiśle i zjawiska cofki zalewanych jest około 40 gospodarstw, w przypadku braku podpiętrzania wód Dłubni wodami cofkowymi Wisły ilość zagrożonych gospodarstw spada o około połowę.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki, ograniczająca również odpływ wód w sytuacji wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
Pot. Baranówka	1	<p>Osiedle Kantorowice w rejonie mostu w ciągu ul. Kantorowickiej. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 4 gospodarstwa położone na brzegu prawym w bezpośrednim sąsiedztwie mostu na ul. Kantorowickiej (1 budynek poniżej mostu i 3 budynki powyżej).</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz niedrożność mostu w ciągu ul. Kantorowickiej.</p>	

Rz. Serafa	2	<p>Fragment osiedla Zesławice pomiędzy ul. Gustawa Morcinka, ul. Jeziorany i korytem pot. Baranówka. Zagrożone zalewem wód powodziowych są budynki mieszkalne (kilkanaście gospodarstw) na prawym brzegu potoku na odcinku pomiędzy mostem na Dłubni i ul. Jeziorany.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku.</p>	
	3	<p>Fragment osiedla Zesławice pomiędzy ulicami: Gustawa Morcinka, Jeziorany i Zesławicką oraz korytem rzeki Dłubni poniżej zbiornika w Zesławicach. Zagrożone zalewem wód powodziowych są ogródki działkowe na prawym brzegu potoku na odcinku pomiędzy mostem w ciągu ul. Jeziorany i jazem w Zesławicach. Zagrożenie występuje w przypadku podpiętrzenia wód pot. Baranówka w ujściowym odcinku wodami cofkowymi rzeki Dłubni.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku, ograniczająca odpływ wód w sytuacji wysokich stanów wody na Dłubni.</p>	
	1	<p>Osiedle Biezanów – rejon pomiędzy ul. Zamłynie i Ks. Jerzego Popiełuszki. Zagrożone zalewem wód powodziowych są budynki usytuowane na brzegu prawym i lewym (5 budynków).</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożeń są: zbyt mała przepustowość koryta rzeki oraz zbyt mała przepustowość mostu w ciąg ul. Ks. J. Popiełuszki.</p>	
	2	<p>Rejon ul. Półtanki na osiedlu Biezanów. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest 1 budynek znajdujący się na brzegu lewym pomiędzy korytem rz. Serafy i ul. Półtanki.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	

	3	<p>Rejon ul. Mjr Henryka Sucharskiego na osiedlu Biezanów. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 4 budynki usytuowane na brzegu prawym pomiędzy korytem rz. Serafy i ul. Mjr Henryka Sucharskiego.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta rzeki.</p>	
Pot. Drwinka	1	<p>Osiedle Biezanów – obszar ograniczony ulicami: Filipa Kalimacha, Młodzieży, Łazy oraz nasypem torów kolejowych. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest obszar znajdujący się na prawym brzegu potoku (w sumie około 45 budynków, kilkanaście ogródków działkowych oraz garaże).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest niedrożność przepustu pod torami kolejowymi.</p>	
	2	<p>Osiedle Biezanów (po północnej stronie torów kolejowych) – obszar położony na prawym brzegu potoku, ograniczony korytem Drwinki i ulicą Danalówka (zalewanych jest 14 budynków). Zagrożenie dotyczy przypadku podpiętrzenia wód pot. Drwinka w ujściowym jej odcinku wodami cofkowymi pot. Drwinia Długa.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku, ograniczająca odpływ wód w sytuacji wysokich stanów wody na Drwini Długiej (wskutek cofki Wisły).</p>	
Pot. Kościelnicki	1	<p>Osiedle Kościelniki (Krzemionki/Górka Kościelnicka) w rejonie ul. Józefa Sawy Calińskiego. Zagrożone zalewem wód powodziowych są zabudowania znajdujące się na lewym brzegu potoku Kościelnickiego (1 gospodarstwo).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku.</p>	

	2	<p>Osiedle Kościelniki w rejonie ul. Pysocice. Zagrożone zalewem wód powodziowych są zabudowania znajdujące się na lewym brzegu potoku Kościelnickiego (2 gospodarstwa).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest zbyt mała przepustowość koryta potoku.</p>	
Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	1	<p>Rejon osiedla Wadów powyżej ul. Organki, na wysokości wjazdu do tunelu pod torami kolejowymi i zakładem karnym w Ruszczy. Zagrożony zalewem wód powodziowych jest budynek oczyszczalni ścieków na prawym brzegu potoku Struga Rusiecka (Łucjanówka).</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz niedrożność przepustu pod torami kolejowymi.</p>	
	2	<p>Rejon osiedla Ruszcza na odcinku potoku wzdłuż ulicy Jeziorko. Zagrożone zalewem wód powodziowych są obszary zabudowane znajdujące się po obu stronach potoku (łącznie około 20 gospodarstw).</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożeń są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz niedrożność mostów i przepustów na pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka).</p>	
	3	<p>Rejon osiedla Kościelniki przy ul. Sitowiny. Zagrożone zalewem wód powodziowych są 4 gospodarstwa położone na prawym brzegu potoku w rejonie mostu w ciągu ul. Sitowiny.</p> <p>Zdiagnozowanymi przyczynami zagrożenia są: zbyt mała przepustowość koryta potoku oraz niedrożność mostu w ciągu ul. Sitowiny.</p>	




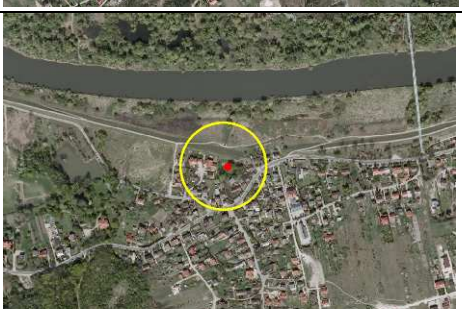
Rz. Wisła	1	<p>Obiekty Kolejowego Klubu Wodnego oraz Hotel „Eva” w rejonie ul. Wioślarskiej.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektu w międzywał Wisły, tj. w strefie czynnego przepływu wód powodziowych.</p>	
	2	<p>Przystań i budynek Policji Wodnej.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektów w międzywał Wisły, tj. w strefie czynnego przepływu wód powodziowych.</p>	
	3	<p>Budynki mieszkalne/biurowe na brzegu lewym tuż poniżej mostu kolejowego przy ul. Podgórskiej.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektów w miejscu obniżenia muru bulwarowego na lewym brzegu Wisły poniżej mostu kolejowego.</p>	
	4	<p>Tereny portu rzeczno w Dąbiu na prawym brzegu Wisły tuż poniżej stopnia wodnego Dąbie.</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektów w zatoce portowej połączonej bezpośrednio z obszarem czynnego przepływu wód powodziowych rzeki Wisły.</p>	






5	Ogródki działkowe znajdujące się w rejonie ujścia Prądnik (Białucha) do Wisły (lewe międzywale rzeki Wisły). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektów w międzywale Wisły, tj. w strefie czynnego przepływu wód powodziowych.	
6	Ogródki działkowe i przystań kajakowa (klub kajakarski, magazyny) poniżej mostu Wandy. Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest położenie obiektów w międzywale Wisły, tj. w strefie czynnego przepływu wód powodziowych.	

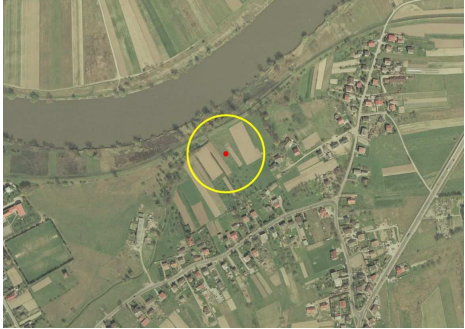

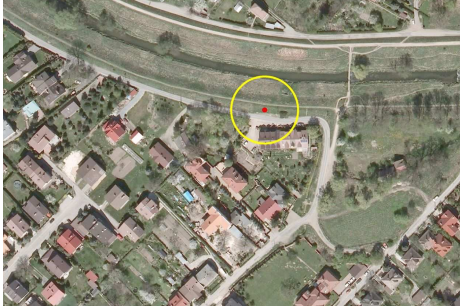
Zdaniem autorów przedmiotowej Koncepcji, wszystkie tereny położone w granicach wyznaczonych w drodze modelowania stref zalewowych dla wody Q1% na ciekach objętych opracowaniem, powinny zostać docelowo wyłączone spod jakiegokolwiek nowej zabudowy. Działania takie wpisują się w treść dyrektywy powodziowej (Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim) oraz w zapisy ustawy Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001r. (z późn. zm.), które obszar zalewu dla wody Q1% definiują jako „obszar szczególnego zagrożenia powodzią”.

Oprócz obszarów krytycznych zidentyfikowanych w drodze modelowania hydrodynamicznego, przeprowadzonego w ramach niniejszej Koncepcji, jako punkty krytyczne systemu należy traktować miejsca predysponowane do lokalizacji pompowni w rejonach śluz wałowych, lub w pobliżu wałów – na ciekach wodnych uchodzących bezpośrednio do Wisły, w zlewniach w których podczas powodzi w 2010 r. doszło do podtopień wskutek odcięcia odpływu wód z terenów zawala (podtopienia osiedli: Tyniec, Kostrze, Bodzów, Pychowice – w rejonie ul. Widłakowej i Sodowej, Lesisko, Chałupki, Wolica, Łęg, Rybitwy, Przewóz i Wola Justowska (zawale rzeki Rudawy)

Tabela 4 Identyfikacja punktów krytycznych na terenie miasta Krakowa – związanych z ograniczeniem odpływu wody z terenów zawala.

L.p.	Charakterystyka punktu krytycznego	Lokalizacja punktu krytycznego
1	Osiedle Tyniec (śluza wałowa w rejonie ulic: Browarnianej i Benedyktyńskiej). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawala do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle	
2	Osiedle Kostrze (śluza wałowa w rejonie ulic: Falistej, Wielkanocnej i Widłakowej). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawala do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.	
3	Osiedle Bodzów (śluza wałowa w rejonie ulic: Widłakowej, Nierównej i Bodzowskiej). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawala do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.	
4	Osiedle Pychowice (śluza wałowa w rejonie ulic: Widłakowej, Jemiołowej i Tynieckiej). Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawala do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.	

5	<p>Osiedle Pychowice (śluzą wałowa w rejonie ulic: Sodowej, Skalica, Norymberskiej i Tynieckiej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
6	<p>Osiedle Mogiła – Lesisko (śluzą wałowa w rejonie ulic: Zagłoby, Podbipięty i Klasztornej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
7	<p>Osiedle Chałupki (śluzą wałowa w rejonie ulicy Kąkolowej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
8	<p>Osiedle Wolica (śluzą wałowa w rejonie ulic: Brzeskiej, Nadwodnej i Biwakowej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
9	<p>Osiedle Łęg (w rejonie ulicy Niepokalanej Marii Panny).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	

10	<p>Osiedle Rybitwy (w rejonie ulic: Rybitwy, Szparagowej i Skromnej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
11	<p>Osiedle Przewóz (w rejonie ulicy Feliksa Wróbel).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Wisły w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle.</p>	
12	<p>Osiedle Wola Justowska (w rejonie ulicy Ludmiły Korbutowej).</p> <p>Zdiagnozowaną przyczyną zagrożenia jest ograniczenie odpływu wód powodziowych z zawała do koryta rzeki Rudawy w sytuacji utrzymywania się wysokich stanów wody na Rudawie i Wiśle.</p>	

5.2 Sieć kanalizacyjna

Szczegółowa analiza i ocena skuteczności funkcjonowania systemu odprowadzania wód opadowych w Krakowie została przeprowadzona na podstawie opracowanego do tego celu modelu matematycznego sieci kanalizacyjnej.

Ze względu na obszar zlewni, ilość danych obliczeniowych oraz formę plików źródłowych przekazanych przez Zamawiającego i pozyskanych w trakcie realizacji zadania z innych źródeł, do budowy modelu wykorzystano profesjonalne oprogramowanie komputerowe firmy Bentley – SewerGEMS, współpracujące z programami typu GIS i CAD. Wykorzystane narzędzia komputerowe posłużyły do przeprowadzenia dynamicznej (zmiennej w czasie) symulacji hydraulicznych warunków pracy sieci kanalizacyjnych, ujętych w systemy rozdzielcze i ogólnospławne na terenach zurbanizowanych. Dzięki zintegrowanym w programie – platformie SewerGEMSTM modułom hydraulicznym, hydrologicznym i ekonomicznym, dokonano pełnej analizy prac funkcjonujących systemów, transportu ścieków w ujęciu wariantowym. W tym zakresie przyjęto różne prawdopodobieństwa wystąpienia opadów oraz czasy ich trwania, zgodne z wymogami SIWZ dla zadania. Opracowany w ten sposób model matematyczny umożliwił przeprowadzenie obliczeń i zobrazowanie pojedynczych zdarzeń. Pozwolił również określić zagrożenia związane ze skutkami wystąpienia opadów nawaalnych i wysokich stanów wody w Wiśle i jej dopływach. Założone w modelu scenariusze funkcjonowania sieci kanalizacyjnych, przy różnych obciążeniach wodami opadowymi (po wystąpieniu deszczy nawaalnych), pozwoliły na wskazanie miejsc krytycznych z punktu widzenia funkcjonowania systemu odprowadzenia ścieków. Dla uwiarygodnienia modelu zlewni krakowskiej opracowanego do działań planistycznych, przeprowadzono jego kalibrację w oparciu o materiały archiwalne przekazane do tego celu przez MPWiK S.A. w Krakowie. Do modelu wprowadzono głównie ciągi pomiarowe o napełnieniach kanałów ściekami w wybranych punktach, np. napełnienie Kolektora Płaszowskiego oraz dane o opadach w poszczególnych częściach zlewni. Z uwagi na brak systemu monitoringu pracy kanałów w niektórych rejonach miasta, duża część modelu nie została skalibrowana. Nieznany jest również poziom zamulenia kanałów i częściowo materiały kanałów.

Kalibrację modelu przeprowadzono dla pory suchej (kanalizacja ogólnospławna, bez opadu, przepływ ścieków sanitarnych, przemysłowych i wód infiltracyjnych) oraz deszczowej, wprowadzając do modelu odpowiednio przygotowane dane pomiarowe z okresu maj 2010r. i marzec-kwiecień 2011r.). Wykonane symulacje pracy systemu kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej na terenie Krakowa pokazały pełen obraz zjawisk ekstremalnych jakie mogą zdarzyć się na obszarze analizowanej zlewni miejskiej po wystąpieniu bardzo intensywnych opadów deszczu oraz przy wysokim stanie wody w Wiśle i jej dopływach.

Dysponując gotowymi i poprawnie funkcjonującymi modelami hydraulicznymi, wykonano obliczenia modelowe, na podstawie których przeprowadzono analizę funkcjonowania istniejących systemów kanalizacyjnych w różnych warunkach. Wykonany model pozwolił zidentyfikować słabe punkty istniejącej sieci kanalizacyjnej, tj. przeciążenie

systemu, stopień przepustowości. Zidentyfikowane problemy przeanalizowano pod kątem zamierzonego rozwoju miasta poprzez wybranie ważniejszych planowanych inwestycji drogowych i kubaturowych, realizowanych w rejonie zdiagnozowanych słabych punktów zaznaczając ich wpływ na obciążenie funkcjonującej sieci kanalizacyjnej. Wyniki analizy modelu wskazują obszary, na których mogą występować zagrożenia ze strony przeciążonego systemu kanalizacji. Miejsca te pokrywają się z obszarami na których wystąpiły podtopienia w czasie ostatniej powodzi w roku 2010 i miały najgroźniejszy charakter.

Symulację przygotowanego modelu istniejącej kanalizacji przeprowadzono zakładając dwa scenariusze pracy systemu:

- warunki zasilania opadem z możliwością zrzutu wód opadowych i roztopowych do rzek,
- warunki zasilania opadem bez możliwości zrzutu wód opadowych i roztopowych do rzek (przy zamkniętych przelewach burzowych ze względu na zagrożenie przedostawania się wezbranych wód rzek do kanałów).



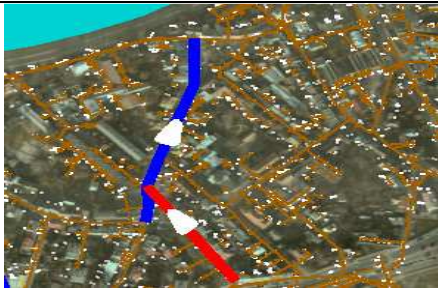

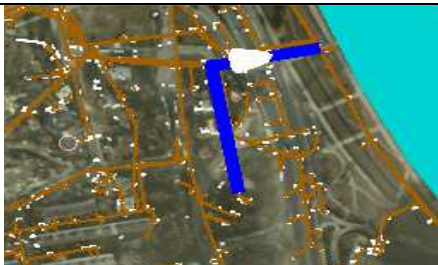
W wykonanym modelu, w którym przeanalizowano wszystkie przelewy burzowe na sieci, w sytuacji zamknięcia przelewów burzowych zdiagnozowano 6 przypadków wystąpienia podtopień niżej położonych terenów miasta oraz pracy sieci kanalizacji pod ciśnieniem.






Wyniki przeprowadzonych symulacji i przedstawione w modelach profile z poziomami napełnień kanałów w sytuacji zamkniętych klap przelewów burzowych wskazujące na zakłócenia pracy kanalizacji ogólnospławnej potwierdzają długoletnie doświadczenia MPWiK S.A. oraz wyniki Raportu Powódź maj, czerwiec 2010.





Zamknięcie zasuw na przelewach burzowych następuje po osiągnięciu stanu wody w Wiśle na wodowskazie w Bielanych 4,50 m. Konsekwencją tego jest kierowanie wód opadowych do kolektora Płaszowskiego oraz maksymalne napełnienia w kanałach, które w takiej sytuacji pełnią funkcję retencji. Szczególnie ekstremalnym przypadkiem jest sytuacja, gdy długotrwały przepływ fali powodziowej utrzymujący się powyżej 3-4 dni zbiega się w czasie z opadami w zlewni Krakowa. Powoduje to lokalne potopienia i zakłócenia w pracy kanalizacji.






W dalszej części w formie tabeli i odwołań do rozdziałów opisu Koncepcji Etap II zostały przedstawione krytyczne punkty pracy całej sieci.

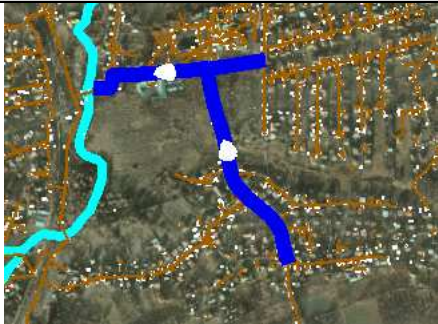



Tabela 5 Identyfikacja obszarów krytycznych na terenie miasta Krakowa – wynikających z modelowania przeprowadzonego w ramach Koncepcji (w kolumnie Nr obszaru zagrożenia odwołano się do rozdziałów opisu Koncepcji Etap II w których zostały szerzej opisane).





Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	1	Kolektor główny w ul. Tynieckiej wraz z kanałem bocznym w ul. Czarodziejskiej.		Obszar nr 1 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>
Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	2	Ul. Szwedzka – kanał boczny kolektora Płaszowskiego.		Obszar nr 2 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>
Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	3	Ul. Bałuckiego wraz z kanałem bocznym w ul. Skwerowej.		Obszar nr 3 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>
Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	4	Rondo Grunwaldzkie.		Obszar nr 4 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>
Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	5	Ul. Barska – Kanał boczny głównego kolektora o średnicy dn1000x1500.		Obszar nr 5 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>

Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Prawy kolektor rzeki Wisły (PWS)	6	Ul. Zatorska -Kolektor główny o średnicach Ø 1800x2000mm oraz 1100x1650mm biegnący wzdłuż rzeki Wilgi.		Obszar nr 6 <i>Rozdz. 1.1 Etap II</i>
Lewobrzeżny kolektor rzeki Wisła (LWS)	7	Odwodnienie ul. Prądnickiej ul. Doktora Twardego – rejon wiaduktu kolejowego.		Obszar nr 1 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Drwina	8	Kolektor deszczowy bez wylotu, ul. Nad Drwiną.		Obszar nr 2 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Wisła	9	Wylot do rzeki Wisły przy ul. Nowohuckiej (Most Nowohucki) Kolektor L .		Obszar nr 3 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>
Kolektor rzeki Wisła w połączeniu z kolektorem Nowohuckim	10	Odcinek kanału deszczowego w al. Pokoju. Odcinek od ul. Lema do ronda Dywizjonu 308.		Obszar nr 4 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>

Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Prawy kolektor rzeki Wisły (PWS)	11	Osiedle Podwawelskie, ul. Komandosów i ul. Wierzbowa.		Obszar nr 5 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Malinówka	12	ul. Kuryłowicza - Kanał deszczowy odbiera ścieki z ul. Kuryłowicza, części ul. Drużbackiej przyległej zabudowy.		Obszar nr 6 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Sudół Dominikański (Rozrywka)	13	Ul. Dobrego Pasterza - Kanalizacja w ul. Dobrego Pasterza, odcinek od ul. 29 Listopada do wylotu do cieku Sudół Dominikański (Rozrywka) w rejonie ulicy Majora.		Obszar nr 7 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Białucha (Prądnik)	14	Ul. Łepkowskiego - Kanalizacja deszczowa w ul. Łepkowskiego, odcinek od ul. Powstańców do wylotu do rzeki Białucha (Prądnik).		Obszar nr 8 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>

Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Kolektor zlewni rzeki Dłubnia	15	Ul. Makuszyńskiego - Kanalizacja deszczowa w ul. Makuszyńskiego, odcinek od strony ul. Wańkowicza, odcinek od ul. Nowolipki do wylotu.		Obszar nr 9 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor Płaszowski	16	Ul. Lipska, ul. Przewóz - Kanalizacja ogólnospławna w rejonie ul. Lipskiej i części ul. Przewóz, od strony ul. Myśliwskiej do nowej drogi.		Obszar nr 10 <i>Rozdz.</i> <i>1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor Płaszowski	17	Rejon ul. Saskiej, kanały w rejonie Kolektora Płaszowskiego Ulice: Saska, Koszykarska, Stoczniewców, Nowohucka.		Obszar nr 11 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Rudawa	18	Kanał zrzutowy z Ronda Ofiar Katynia do wylotu do rzeki Rudawy.		Obszar nr 12 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Wilga	19	Ul. Jugowicka, ul. Siarczana - Kolektor deszczowy w ul. Jugowickiej od strony ul. Zakopiańskiej w stronę wylotu do rzeki Wilga. Odcinek kanału deszczowego w ul. Siarczanej z włączeniem do ul. Jugowickiej.		Obszar nr 13 <i>Rozdz. 1.2</i> <i>Etap II</i>

Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Kolektor zlewni rzeki Serafa	20	Ul. Bogucicka, Drożdżowa - Kanalizacja deszczowa w ul. Bogucickiej i Drożdżowej. Kanał główny przebiega w ul. Drożdżowej naprzeciwko budynków firmy „PPHU Serpol S.J.”.		Obszar nr 14 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Drwinka	21	Ul. Nowosądecka, Podedworze Kanalizacja deszczowa w ul. Nowosądeckiej odcinek od ul. Łużyckiej do wylotu w rejonie ul. Spółdzielczej oraz odcinek kanalizacji deszczowej w ul. Podedworze.		Obszar nr 15 <i>Rozdz. 1.2 Etap II</i>
Kolektor rzeki Wisła w połączeniu z kolektorem Nowohuckim	22	Budowa ul. Lema – II etap. W zakresie inwestycji jest przebudowa skrzyżowań w rejonie al. Jana Pawła II wraz z budową i przebudową sieci uzbrojenia podziemnego.		Obszar nr 1 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Białucha (Prądnik)	23	Budowa ul. Miłosza – budowa dwóch jezdni po dwa pasy ruchu. Przedłużenie ul. Wita Stwosza do ul. Twardego. Budowa estakady, chodników, ścieżek rowerowych.		Obszar nr 2 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>

Dekompozycja układu	Lp.	Rejon	Lokalizacja	Nr obszaru zagrożenia
Kolektor zlewni rzeki Dłubnia	24	Rozbudowa ul. Kocmyrzowskiej – dobudowa drugiej jezdni w tym przebudowa istniejących skrzyżowań i infrastruktury, budowa chodników.		Obszar nr 3 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>
Kolektor zlewni rzeki Drwina	25	Budowa trasy Zwierzynieckiej - budowa dwóch jezdni po trzy pasy ruchu od ul. Armii Krajowej wraz z tunelem pod Doliną Rudawy i Wzgórzem Św. Bronisławy do ul. Księcia Józefa.		Obszar nr 4 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>
Kolektor rzeki Wisła w połączeniu z kolektorem Nowohuckim	26	Rozbudowa ul. Nowohuckiej (Rondo Dywizjonu 308 – węzeł "Łęg") wraz z budową estakady.		Obszar nr 5 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>
Kolektor Płaszowski	27	Budowa ul. Kaplickiego (Trasa Nowopłaszowska) – budowa ulicy zbiorczej od węzła z Trasą Nowobagrową do ul. Lipskiej.		Obszar nr 6 <i>Rozdz. 2 Etap II</i>

5.3 Sieć rowów

Rowy stanowią integralny element systemu odwodnienia, gdyż są elementem łączącym kanalizację opadową z odbiornikami powierzchniowymi. Prawidłowe utrzymanie rowów będzie jednym z czynników gwarantujących niezawodne funkcjonowanie systemu odwodnienia.

Bazując na „Studium programowym – odprowadzenie wód opadowych na obszarach peryferyjnych Miasta Krakowa” należy stwierdzić, że najpilniejszym jest porządkowanie systemu odprowadzenia wód deszczowych, które powinno być rozpoczęte od przywrócenia pełnej drożności sieci istniejących rowów. Ważnym jest także ich prawidłowa eksploatacja poprzez oczyszczanie, udrażnianie itp.

Rowy stanowią istotny element odwodnienia dróg. Obecnie według stanu na 2007 rok w Krakowie jest 1279 km dróg (3516 sztuk). Większość dróg w obszarach peryferyjnych nie posiada odwodnienia. W związku z tym faktem zachodzi potrzeba wykonania około 800 km odwodnienia w postaci rowów. Na dzień dzisiejszy, według informacji uzyskanej z ZIKiT wykonano tylko 54,2 km. Dla dróg, które nie posiadają żadnego odwodnienia konieczne jest jego wykonanie.

W przypadku sieci rowów na obszarze miasta Krakowa ich przepustowość w głównym stopniu uzależniona jest od zabiegów konserwacyjnych polegających na oczyszczaniu ich przekroju, wykaszaniu skarp i odmulaniu dna. Generalnie można przyjąć, że w przypadku prawidłowo utrzymanych koryt, z obsiewem skarp mieszanką traw lub ich umocnieniem np. płytami betonowymi typu „krata” (przy zachowaniu systematyczności zabiegów konserwacyjnych) koryta takie powinny mieścić przepływy rzędu wody Q10% (woda 10-cio letnia).

Na obszarze Krakowa występuje 56 rowów strategicznych, pełniących istotną rolę w oprowadzaniu wód opadowych. Lista rowów została przedstawiona poniżej:

- Rów Bielański
- Rów A (Przegorzały) ul. Ks. Józefa
- Rów F (Przegorzały) ul. Ks. Józefa
- Rów C1 ul. Odlewnicza do Rudawy
- Rów D ul. Pylna
- Rów E + F ul. Młynarska
- Rów A wzdłuż ul. Tetmajera
- Bronowice Wielkie - Tonie rów A
- Bronowice Wielkie - Tonie rów E
- Bronowice Wielkie - Tonie rów F
- Bronowice Wielkie - Tonie rów G1
- Rów A ul. Panieńskie Skały-Kogucia-Morelowa
- Rów w rejonie ul. Bugaj, Wrobela, Czeczotta,
- Rów Bieżanowski
- Rów Urwisko

- Rów os. Pychowice ul. Sodowa
- Rów Wróblowicki
- Rów ul. Wrony - Spacerowa
- Potok Młynny - Kobierzyński
- Rów w rejonie ul. Merkuriusza Polskiego
- Rów w os. Opatkowice
- Rów w rejonie ul. Heligundy
- Rów w rejonie ul. Smoleńskiego-Petrażyckiego
- Rów w rejonie byłej Mleczarni os. Przewóz
- Rów w rejonie boiska w os. Opatkowice
- Rów w rejonie ul. Stacyjnej
- Rów w rejonie ul. Widłakowej
- Rów w rejonie ul. Kolnej
- Rów w rejonie ul. Podgórki-Cechowa
- Rów w rejonie ul. Chlebicznej
- Rów w rejonie ul. Maćka z Bogdańca
- Rów w rejonie ul. Golikówka
- Rów w rejonie ul. Rączna
- Rów w rejonie os. Kurdwanów
- Rów w rejonie ul. Unruga
- Rów w rejonie ul. Fortecznej do rz. Wilgi
- Rów w os. Górka Kościelnicza
- Rów w os. Kościelniki
- Rów w os. Łuczanowice
- Rów w rejonie ul. Kąkolowej
- Rów w rejonie ul. Nad Dłubnią
- Rów w rejonie ul. Jeżynowej
- Rów w os. Przylasek Rusiecki
- Rów w rejonie ul. Ziemskiej
- Rów w rejonie ul. Brzeskiej
- Rów w rejonie ul. Szlifierskiej
- Rów w rejonie ul. Zapusta
- Rów w rejonie ul. Podstawie
- Rów w os. Grębałów
- Skarpa Kościelnicza
- Rów w rejonie ul. Zbyszka z Bogdańca
- Rów w rejonie ul. Ptaszyckiego
- Rów w os. Lubocza- Grębałów
- Rów w os. Pysocice
- Rów w os. Lesisko
- Rów w rej. ul. Podbipięty-Odmętowa

Szczegółowym charakterystykom poddano kilkadziesiąt, zdaniem autorów opracowania, najważniejszych rowów. Analiza wybranych rowów została przedstawiona w *Etapie II, Rozdział 4.3.1.*

Przepustowość rowów została oszacowana w oparciu analizy hydrauliczne dla ruchu ustalonego w oparciu o aktualne dane geodezyjne i kartograficzne.

Spośród 56 rowów strategicznych w zakresie odprowadzenia wód opadowych z obszaru miasta Krakowa, dla których dokonano ogólnej oceny ich stanu technicznego, wytypowano 21 najbardziej istotnych rowów, które poddano następnie analizom hydraulicznym. Analizy polegały na określeniu uśrednionej przepustowości dla każdego rowu i jej porównaniu do wielkości zrzutu wód opadowych o prawdopodobieństwie 1% i czasie trwania deszczu równym 2 godziny.

Analiza wykazała, że spośród w/w 21 rowów, 5 nie spełnia w ogóle pod względem hydraulicznym warunków koniecznych do odprowadzenia wód opadowych z kanalizacji deszczowej. Rowami tymi są: Rów Rączna (Rów VI), Rów w os. Grębałów, Rów C1 ul. Odlewnicza do Rudawy, Potok Młynny – Kobierzyński, Rów w rejonie ul. Widłakowej. Pozostałe 16 spełnia ten warunek – jednak należy mieć na uwadze, iż dotyczy to wyłącznie sytuacji utrzymania „idealnego” stanu koryta rowu (tj. przy założeniu regularnego przekroju trapezowego, wyrównanego spadku podłużnego dna oraz wyprofilowaniu i wyrównaniu dna i skarp). Dla każdego z rowów określono zestaw standardowych zabiegów konserwacyjnych, koniecznych dla właściwego utrzymania ich stanu technicznego.

Niezależnie od tych zabiegów – z uwagi na fakt złego ogólnego stanu technicznego analizowanych 21 rowów – zaleca się wykonanie kompleksowej ich regulacji poprzez korektę przekroju poprzecznego (profilowanie skarp, odmulenie i wyrównanie dna, wykonanie ubezpieczeń). Działania takie przyczynią się do poprawy przepustowości rowów i zwiększą możliwości przyjęcia przez nie wód opadowych, również w kontekście ewentualnego zwiększenia się w przyszłości wielkości zrzutów wód z kanalizacji wskutek wzrostu urbanizacji obszaru miasta Krakowa

6. Rekomendowane rozwiązania dla poprawy bezpieczeństwa przeciwpowodziowego miasta

Dla wszystkich zidentyfikowanych na obszarze miasta Krakowa obszarów krytycznych autorzy Koncepcji zaproponowali zestawy możliwych działań technicznych, mające na celu ograniczenie istniejących zagrożeń powodziowych. Działania te dotyczą następujących grup zabiegów:

- udrożnienie koryta cieków z profilowaniem przekroju i ubezpieczeniem dna oraz skarp;
- budowa wałów przeciwpowodziowych;
- budowa murów bulwarowych;
- przebudowa mostów i przepustów;
- budowa pompowni stałych i przenośnych;
- budowa zbiorników wodnych małej retencji (zbiorniki suche);
- wysiedlenie lub likwidacja (przeniesienie) zabudowy.

Powyższe działania techniczne skatalogowano w warianty odpowiadające kolejno:

- **W1** - działaniom polegającym na udrożnieniu koryta cieków;
- **W2** - działaniom polegającym na budowie obwałowań przeciwpowodziowych lub murów bulwarowych;
- **W3** - działaniom polegającym na udrożnieniu lub przebudowie mostów i przepustów;
- **W4** - działaniom polegającym na wysiedleniu zagrożonych gospodarstw;
- **W5** - działaniom polegającym na budowie zbiorników małej retencji;
- **W6** - działaniom polegającym na budowie stałych lub przenośnych pompowni;
- **W7** - innym działaniom technicznym.

Poszczególne działania zaszeregowano do inwestycji o różnym horyzoncie czasowym ich realizacji. Wyodrębniono działania o charakterze krótko-, średnio- i długoterminowym. Działania krótko- i średnioterminowe określono jako przedsięwzięcia mające na celu minimalizację zagrożenia powodziowego dla stanu istniejącego zagospodarowania miasta Krakowa, zaś długoterminowe – jako przedsięwzięcia mające na celu minimalizację zagrożenia powodziowego dla stanu planowanego zagospodarowania miasta, a także działania związane z ewentualną budową kanału krakowskiego.

Do działań krótkoterminowych zaliczono działania związane z udrożnieniem koryt cieków, zwiększeniem przepustowości mostów i przepustów oraz budową pompowni. Do działań średnioterminowych zakwalifikowano działania związane z budową wałów przeciwpowodziowych lub murów bulwarowych, wymagające wykupów gruntów. W grupie działań długoterminowych znalazły się działania związane z budową suchych zbiorników powodziowych (zbiorniki małej retencji), a także budową wałów przeciwpowodziowych lub murów bulwarowych, wymagające wykupów gruntów.

Niezależnie od działań zaproponowanych w poszczególnych obszarach zagrożeń należy pamiętać o kontynuacji działań rozpoczętych w przeszłości, a dotyczących budowy

zbiornika Świnna Poręba na rzece Skawie oraz dokończenia I etapu modernizacji wałów przeciwpowodziowych Wisły w obrębie miasta Krakowa (odcinek od Stopnia Wodnego Kościuszkowski do Stopnia Wodnego Dąbie) i realizacji II etapu (odcinek od Stopnia Wodnego Dąbie do Stopnia Wodnego Przewóz i poniżej Stopnia Przewóz – do rejonu ujścia pot. Kościelnickiego), wraz z modernizacją wałów kanału Suchy Jar na odcinkach, na których wystąpiły przecieki podczas powodzi w 2010 r.

Szczegółowe informacje na temat poszczególnych działań oraz spodziewanych efektów ich realizacji zawarto w Etapie II Koncepcji. W niniejszym Raporcie ograniczono się jedynie do przedstawienia wariantów rekomendowanych przez autorów opracowania, tj. takich, które w najprostszy i najbardziej efektywny sposób zapewnią osiągnięcie zamierzonych działań – w podziale na zadania krótko- i średnio- terminowe oraz długoterminowe.

W tym miejscu należy wyjaśnić, iż autorzy Koncepcji nie podejmowali się próby oceny czy obecny stan ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa od strony rzeki Wisły jest wystarczający. Ocena taka, dopóki prowadzone są prace modernizacyjne, mija się z celem. Niewątpliwie będzie miała ona sens w przypadku zakończenia wszystkich przewidzianych prac modernizacyjnych (I i II etap), tj. w chwili, gdy dojdzie do pewnej, finalnej „standaryzacji” rzędnych korony wałów przeciwpowodziowych na terenie miasta. Poza tym, firmy i konsorcja inżynierskie o bogatym doświadczeniu praktycznym, które stoją za realizacją działań modernizacyjnych (np. Hydroprojekt), podejmując się ich – na etapie opracowywania dokumentacji projektowej – musiały dokonać same takiej oceny, ustalając odpowiednie niwelety wałów na modernizowanych odcinkach, wpisując się tym samym w wymogi rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie.

Niemniej jednak należy być świadomym istnienia zagrożenia powodziowego w Krakowie od strony samej Wisły. Kraków jest zagrożony z jednej strony powodzią zewnętrzną, a z drugiej wewnętrzną. Powodzią zewnętrzną określa się powódź wywołaną dopływem fali wezbraniowej z odcinka rzeki położonego powyżej miasta. Z kolei powódź wewnętrzna to powódź na terenie miasta lub obszaru poddanego urbanizacji wynikająca z dotychczasowego gospodarowania wodami opadowymi na tym terenie, które prowadzi do wzrostu natężenia odpływu wód opadowych a w konsekwencji do podtopień będących skutkiem np. niewydolnej kanalizacji, niesprawnych przepustów drogowych czy źle zwymiarowanych mostów. Dodatkową konsekwencją zmiany warunków odpływu przez zabudowane tereny miejskie jest także wzrost przepływu powodziowego, a tym samym i stanu wody w rzece – odbiorniku [Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”]. W przypadku Wisły kształtowanie się wezbrań jest w dużej mierze determinowane sytuacją hydro-meteorologiczną w zlewniach Małej Wisły oraz dopływów Soły, Skawy i Skawinki. Przebieg wezbrań w samej Wiśle w obrębie Krakowa może w istotny sposób wpływać na występowanie lokalnych podtopień w wyniku ograniczenia odpływu z terenów zawała wskutek zamknięcia śluz wałowych, a także w wyniku zamknięcia zasuw na przelewach kanalizacji burzowej w trakcie występowania wysokich stanów wody na Wiśle, jak to miało miejsce np. w trakcie powodzi w 1997 r. [Pauli-Wilga J., Wojciechowski W. 1998. Zagrożenie miasta Krakowa podczas powodzi w lipcu 1997. Mat. Konferencji Naukowej nt.

„Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku” Wyd. PAN, Kraków; Raport powódź maj-czerwiec 2010].

Reasumując, do istotnych zagrożeń powodziowych od strony Wisły można zaliczyć:

- awarię obwałowań spowodowaną przelaniem się wody przez koronę lub złym stanem technicznym;
- podtopień spowodowanych odcięciem spływu wód w wyniku zamknięcia śluz wałowych – co zostało uwzględnione w przedmiotowym opracowaniu.

Wg uchwały ochrony przed powodzią w dorzeczu Górnej Wisły [*Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”*] w zadaniu 11 wyodrębniono ochronę przed powodzią aglomeracji krakowskiej. Jako kryterium ochrony Krakowa przed powodzią od strony Wisły przyjęto wodę tysiącletnią, o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,1\%$ z zachowaniem odpowiedniego – bezpiecznego wzniesienia budowli ochronnych ponad zwierciadło statyczne. Aktualnie Kraków nie posiada ochrony na takie przepływy, nie ma także możliwości osiągnięcia tego poziomu ochrony przy pomocy pojedynczych środków ze względu na historyczne uwarunkowania rozwoju miasta i degradację naturalnego systemu hydrograficznego na przełomie XIX i XX wieku.

W uchwale [*Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”*] do głównych zadań związanych z ograniczeniem zagrożenia powodziowego od strony Wisły zaliczono:

- modernizacja obiektów stopni wodnych Kościuszko, Dąbie i Przewóz dla podniesienia bezpieczeństwa przeprowadzenia wód katastrofalnych przez miasto,
- budowa Kanału Krakowskiego odciażającego Wisłę w części śródmiejskiej lub wariantowo budowa retencji polderowej powyżej Krakowa (wg *Uchwały - Zadanie 4*) oraz dostosowanie umocnień koryta Wisły w Krakowie pomiędzy bulwarami niskimi do warunków przejścia wezbrań powyżej Q1%.

Oprócz tych działań, które dotyczą bezpośrednio terenów położonych wewnątrz aglomeracji krakowskiej przewidziano realizację inwestycji w górnej Wiśle, które mają bezpośrednio przełożenie na ochroną przed powodziową Krakowa, a więc:

- modernizacji części obwałowań Wisły i wałów cofkowych na silnie zagospodarowanym odcinku Wisły od ujścia Przemszy do ujścia Skawy, poddanym także presji oddziaływania powodziowego rzeki Soły w tym modernizacja stopni Dwory i Smolice (zadanie 3) oraz
- modernizacji obwałowań Wisły i wałów cofkowych od ujścia Skawy do ujścia Dunajca, poddanym także presji oddziaływania powodziowego rzeki Soły, w tym modernizacji stopni wodnych kanału Łączany-Skawina oraz ograniczenie dopływu bocznego wód Wisły z położonego powyżej Krakowa zawała (Wg *Uchwały zadanie 4*).

Analizując występujące w ostatnich latach zagrożenia powodziowe określić można następujące działania zapobiegawcze odnoszące się do zagrożeń od strony Wisły w Krakowie:

- dokończenie budowy zbiornika wodnego Świnna Poręba na rzece Skawie w celu redukcji fali wezbraniowej na Wiśle w Krakowie,
- dokończenie procesu modernizacji obwałowań rzeki Wisły – na odcinku od stopnia wodnego Kościuszek do stopnia Dąbie oraz od stopnia Dąbie do stopnia Przewóz, a także poniżej – do rejonu ujścia potoku Kościelnickiego (włącznie z obwałowaniami cofkowymi Kanału Suchy Jar – w miejscach, gdzie w czasie powodzi w 2010 r. doszło do przesiąków).

Wg Uchwały ochrony przed powodzią w dorzeczu Górnej Wisły [*Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”*] zagrożenie powodziowe w Krakowie może zostać ograniczone w wyniku oddania do eksploatacji zbiornika Świnna Poręba na Skawie. W przypadku utrzymania stałej rezerwy przeciwpowodziowej na poziomie 60 mln m³ przy przepływie o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,1\%$ fala powodziowa w Krakowie może ulec obniżeniu o około 40 cm, co powoduje redukcję przepływów o około 150-300 m³/s. Reasumując, w wyniku oddania zbiornika Świnna Poręba do eksploatacji przez Kraków będzie można bezpiecznie przeprowadzić przepływy rzędu 3000-3100 m³/s (najnowsze opracowania wskazują, że obecnie Wisłą na obszarze Krakowa bezpieczny przepływ wynosi 2800 m³/s). Ze względu na znaczną odległość od Krakowa wpływ kaskady Soły na redukcję fali powodziowej na obszarze Krakowa jest niewielki.

Podobnie kształtować się będzie poziom zabezpieczenia Krakowa przed powodzią w przypadku dokończenia modernizacji wałów przeciwpowodziowych (w założeniach projektowych ma być to wartość 3300 m³/s).

Innym pojawiającym się w wielu opracowaniach rozwiązaniem sprzyjającym zmniejszeniu zagrożenia powodziowego w Krakowie jest budowa polderów zalewowych powyżej Krakowa. Przeprowadzona przez Barana i in. [2000] analiza redukcji fal powodziowych przez polder Smolice i Łączany wykazała, że obie te inwestycje działając łącznie są w stanie obniżyć falę o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 0,1\%$ o 58 cm.

Inwestycje dotyczące budowy zbiornika Świnna Poręba i związane z modernizacją obwałowań wzdłuż Wisły zaliczyć do działań krótko- i średnioterminowych. Ponadto w grupie inwestycji o takim samym horyzoncie czasowym powinny znaleźć się również działania związane z:

- budową pompowni chroniących obszary osiedli: Tyniec, Kostrze, Bodzów, Pychowice (w rejonie ul. Widłakowej i Sodowej), Lesisko, Chałupki i Wolica, a także: Łęg, Rybitwy, Przewóz i Wola Justowska – w przypadku ograniczenia odpływu wód z terenów zawała w okresie utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle;
- opracowaniem zintegrowanego planu operacyjnego dla zabezpieczenia wszystkich jednostek pływających na terenie miasta Krakowa w celu przeciwdziałania możliwości niekontrolowanego, ich spływu i możliwości uszkodzenia obiektów hydrotechnicznych lub mostowych;
- stworzeniem portalu internetowego bazującego na technologii GIS, na którym prezentowane będą aktualne informacje nt. zagrożenia powodziowego w mieście – w tym zamknięte drogi, mosty, obszary podtopione, zagrożone odcinki obwałowań.

Dyskusyjna wydaje się być natomiast realizacja zadania, o którym mówi się od wielu lat (bez mała kilkudziesięciu), a o którym szczególnie głośno jest w ostatnich latach, a mianowicie o budowie Kanału Krakowskiego. Wykonana analiza wpływu Kanału Krakowskiego wykazała obniżenie rzędnej zwierciadła wody tysiącletniej na Wiśle na stosunkowo ograniczonym odcinku (od wlotu Kanału do Wisły do mostu Grunwaldzkiego obniżenie zwierciadła wody może wynosić od 0,98 do 0,05 m) [Nachlik E., Bojarski A., Gądek W., Gręplowska Z., Mazoń S., Wit M., Wolak A., Baran- Gurgul K., Kowalik A. 2006 - *Ocena zasadności budowy Kanału Krakowskiego w zakresie obniżenia zwierciadła wód powodziowych na obszarze Krakowa PK Kraków 2006*]. Poniżej mostu Grunwaldzkiego obserwuje się nawet podpiętrzenie zwierciadła wody do poziomu 0,35 m w wyniku oddziaływania stopnia Dąbie. Podobne wnioski co do oddziaływania Kanału na przepływ fali powodziowej Wisłą nasuwają się analizując wyniki przedstawione w [Opracowanie koncepcji oraz studium wykonalności dla budowy „Kanału Krakowskiego” sprawozdanie końcowe 2008]. Sytuacja ulega poprawie, gdy obok budowy Kanału, modernizacji podlegnie stopień Dąbie (obniżenie rzędnej zwierciadła wody tysiącletniej wynosić może od 1,21 m w rejonie wlotu Kanału do 0,64 m przy stopniu Dąbie). Także najniższe niedobory wysokości obwałowań a nawet przewyższenie obwałowań ponad wodę tysiącletnią będzie widoczne jedynie wtedy gdy podejdziesz się do zagadnienia kompleksowo, a więc oprócz budowy Kanału zrealizuje się modernizację stopnia Dąbie. Jednak i w tym przypadku poprawa sytuacji wystąpi na ograniczonym odcinku – w rejonie wylotu Kanału obserwowany będzie niedobór wysokości obwałowań od 0,04 do 1,21 m. Lokalne niedobory wysokości obwałowań występować będą także poniżej wylotu Kanału. W opracowaniu wykonanym przez TINA Vienna zarówno dla Kanału w wersji żeglugowo-powodziowej jak i rekreacyjno-powodziowej przy uwzględnieniu wpływu zbiornika Świnna Poręba i modernizacji stopnia Dąbie obserwuje się niedobory wysokości obwałowań przy przejściu fali tysiącletniej już w rejonie mostu Dębnickiego i Grunwaldzkiego. Wg opinii autorów opracowania [Opracowanie koncepcji oraz studium wykonalności dla „Budowy Kanału Krakowskiego” sprawozdanie końcowe 2008 r. TINNA VIENNA Transport Strategies GmbH Wiedeń] stosunek kosztów i zysków w aspekcie budowy Kanału jest niekorzystny. Wynika to z ograniczonego wpływu obszarowego Kanału na redukcję zagrożenia powodziowego oraz na i tak już wysoki, jak na warunki europejskie, poziom zabezpieczenia powodziowego tego obszaru. Ewentualna budowa Kanału Krakowskiego nie gwarantuje poprawy bezpieczeństwa powodziowego na tych obszarach miasta, które nie są bezpośrednio powiązane z rzeką Wisłą (np. w zlewniach głównych dopływów Wisły – poza zasięgiem oddziaływania cofki Wisły), a jej realizacja wiąże się z gigantycznymi kosztami finansowymi, niewspółmiernymi do finalnego efektu. Na wielkość kosztów związanych z budową Kanału wpłynie także konieczność wyraźnej ingerencji w istniejący układ infrastruktury naziemnej i podziemnej, który wymagałby przebudowy. Niewątpliwie bardziej zasadne wydaje się być w chwili obecnej przeznaczenie części tych środków na realizację zadań wynikających z przedmiotowej Koncepcji (co zapewnia bardziej kompleksowe potraktowanie problemu poprawy bezpieczeństwa powodziowego na obszarze miasta Krakowa), jak również być może na wykonanie analizy wpływu Kanału Krakowskiego na ograniczenie zagrożeń powodziowych w mieście opartej na zaawansowanym modelowaniu dwuwymiarowym, odwzorowującym w bardziej realistyczny i

prawdziwy sposób przepływ wód powodziowych na obszarach zurbanizowanych. W przypadku jednoznacznie pozytywnych wyników wpływu Kanału na poprawę bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa oraz korzystnych wskaźników ekonomicznych jego budowy inwestycja ta mogłaby być realizowana jako zadanie długoterminowe.

Tabela 6 Rekomendowane działania krótko- i średnioterminowe (stan obecny zagospodarowania miasta).

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
Pot. Sidzinka	1	Udrożnienie koryta na długości 700 mb	W1
Pot. Kostrzecki	1	Udrożnienie koryta na długości 650 mb	W2
	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 1050 mb wraz z budową 1 stałej i 1 przenośnej przepompowni	W2+W6
Pot. Pychowicki	1	Udrożnienie koryta na długości 350 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
	2	Budowa 1 stałej przepompowni	W6
Rz. Wilga	1	Udrożnienie koryta na długości 350 mb	W1
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 140 mb	W2
Rz. Prądnik (Białucha)	1	Budowa prawego obwałowania na długości 240 mb i lewego obwałowania na długości 190 mb	W2
	2	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 210 mb i lewego muru bulwarowego na długości 240 mb	W2
	3	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 480 mb	W2
	4	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 500 mb i lewego muru bulwarowego na długości 530 mb	W2
	5	Budowa lewego muru bulwarowego na długości 230 mb	W2
Pot. Sudół Dominikański	1	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 160 mb i lewego muru bulwarowego na długości 160 mb	W2
Pot. Łęgówka	1	Udrożnienie koryta na długości	W1+W3

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
		400 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 przepustu o długości 310 mb	
	2	Zwiększenie przepustowości 1 mostu/przepustu	W3
Rz. Dłubnia	1	Udrożnienie koryta na długości 700 mb	W1
	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 910 mb	W2
	4	Budowa lewego obwałowania na długości 890 mb	W2
	5	Udrożnienie koryta na długości 1650 mb wraz z budową lewego obwałowania na długości 1650 mb i prawego obwałowania na długości 780 mb	W1+W2
	6	Udrożnienie koryta na długości 1000 mb	W1
	7	Udrożnienie koryta na długości 550 mb	W1
	8	Budowa lewego obwałowania na długości 320 mb i prawego obwałowania na długości 1360 mb	W2
	9	Budowa lewego obwałowania na długości 420 mb	W2
Pot. Baranówka	1	Udrożnienie koryta na długości 550 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
	2,3	Udrożnienie koryta na długości 1100 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
Rz. Serafa	1	Budowa prawego i lewego muru bulwarowego na długości 180 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W2+W3
	2	Budowa lewego obwałowania na długości 80 mb	W2
	3	Budowa prawego obwałowania na długości 390 mb	W2
Pot. Drwinka	1	Zwiększenie przepustowości 1 przepustu o długości 500 mb	W3
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 390 mb	W2

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
Pot. Kościelnicki	1	Budowa lewego obwałowania na długości 210 mb	W2
	2	Udrożnienie koryta na długości 450 mb wraz z budową lewego obwałowania na długości 240 mb	W1+W2
Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	1	Udrożnienie koryta na długości 200 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
	2	Udrożnienie koryta na długości 1000 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 3 mostów	W1+W3
	3	Udrożnienie koryta na długości 400 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
Rz. Wisła	1,2	Przeniesienie zagrożonych obiektów poza obszar międzywała rzeki Wisły	W4
	3	Podwyższenie istniejącego lewego muru bulwarowego w rejonie mostu kolejowego przy ul. Podgórskiej na długości około 150 mb	W2
	4	Wykonanie wrót powodziowych na wejściu do portu rzeczno w Dąbiu	W7
	5,6	Likwidacja ogródków działkowych	W4

Tabela 7 Rekomendowane działania długoterminowe (stan perspektywiczny zagospodarowania miasta).

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
Pot. Sidzinka	1	Likwidacja (przeniesienie) ogródków działkowych	W4
Pot. Kostrzecki	1	Udrożnienie koryta na długości 650 mb	W2
	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 1050 mb wraz z budową 1 stałej i 1 przenośnej przepompowni	W2+W6
Pot. Pychowicki	1	Udrożnienie koryta na długości 350 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
	2	Budowa 1 stałej przepompowni	W6

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
Rz. Wilga	1	Budowa lewego obwałowania na długości 260 mb	W2
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 140 mb	W2
Rz. Prądnik (Białucha)	1	Budowa prawego obwałowania na długości 240 mb i lewego obwałowania na długości 190 mb	W2
	2	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 210 mb i lewego muru bulwarowego na długości 240 mb	W2
	3	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 480 mb	W2
	4	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 500 mb i lewego muru bulwarowego na długości 530 mb	W2
	5	Budowa lewego muru bulwarowego na długości 230 mb	W2
	3,4,5	Budowa zbiornika małej retencji „Tonie” na dopływie Prądnika (Białuchy) – potoku Sudół od Modlnicy	W5
Pot. Sudół Dominikański	1	Budowa zbiornika małej retencji „Węgrzce” na potoku Sudół Dominikański	W5
Pot. Łęgówka	1	Udrożnienie koryta na długości 400 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 przepustu o długości 310 mb	W1+W3
	2	Zwiększenie przepustowości 1 mostu/przepustu	W3
Rz. Dłubnia	1	Udrożnienie koryta na długości 700 mb	W1
	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 910 mb	W2
	4	Budowa lewego obwałowania na długości 890 mb	W2
	5	Udrożnienie koryta na długości 1650 mb wraz z budową lewego obwałowania na długości 1650 mb i prawego obwałowania na długości 780 mb	W1+W2
	6	Udrożnienie koryta na długości 1000 mb	W1

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
	7	Udrożnienie koryta na długości 550 mb	W1
	8	Budowa lewego obwałowania na długości 320 mb i prawego obwałowania na długości 1360 mb	W2
	9	Budowa lewego obwałowania na długości 420 mb	W2
Pot. Baranówka	1	Udrożnienie koryta na długości 550 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu	W1+W3
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 590 mb	W2
	3	Budowa prawego obwałowania na długości 330 mb	W2
Rz. Serafa	1,2,3	Budowa zbiorników małej retencji na rzece Serafie (zbiornik „główny” w Biezanowie) i na dopływie Serafy – potoku Malinówka	W5
Pot. Drwinka	1	Zwiększenie przepustowości 1 przepustu o długości 500 mb	W3
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 390 mb	W2
Pot. Kościelnicki	1,2	Budowa zbiorników małej retencji na potoku Kościelnickim i jego lewostronnym dopływie	W5
Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	1	Budowa prawego obwałowania na długości 150 mb	W2
	2	Budowa prawego obwałowania na długości 580 mb (w tym 480 mb muru bulwarowego) i lewego obwałowania na długości 570 mb (w tym 480 mb muru bulwarowego)	W2
	3	Budowa prawego obwałowania na długości 220 mb	W2
Rz. Wisła	1,2	Przeniesienie zagrożonych obiektów poza obszar międzywałą rzeki Wisły	W4
	3	Podwyższenie istniejącego lewego muru bulwarowego w rejonie mostu kolejowego przy ul. Podgórskiej na długości około 150 mb	W2

Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Rekomendowane działanie	Nr wariantu działań wg Etapu II Koncepcji
	4	Wykonanie wrót powodziowych na wejściu do portu rzecznego w Dąbiu	W7
	5,6	Likwidacja ogródków działkowych	W4

Rekomendowane przez autorów Koncepcji działania krótko-, średnio- i długoterminowe poddano dalej ocenie pod kątem wpływu ich realizacji na ograniczenie zagrożeń obszarowych, dotyczących głównie infrastruktury i zabudowy znajdującej się w zasięgu strefy zalewowej dla wody 1%.

Stworzono w ten sposób hierarchię pilności działań, która obejmuje 4 priorytety ich realizacji: I, II, III i IV (przy czym I priorytet oznacza działania najpilniejsze, zaś IV – najmniej pilne). W tabeli poniżej usystematyzowano działania rekomendowane przez autorów Koncepcji wg przyjętych priorytetów ich realizacji.

Tabela 8 Zestawienie rekomendowanych działań w układzie priorytetów ich realizacji.

Priorytet	Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Działanie
I	Pot. Kostrzecki	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 1050 mb wraz z budową 1 stałej i 1 przenośnej przepompowni
	Rz. Serafa	1,2,3	Budowa zbiorników małej retencji na rzece Serafie (zbiornik „główny” w Bieżanowie) i na potoku Malinówka
	Pot. Pychowicki	2	Budowa 1 przepompowni stałej
	Rz. Prądnik (Białucha)	4	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 500 mb i lewego muru bulwarowego na długości 530 mb
	Pot. Sudół Dominikański	1	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 160 mb i lewego muru bulwarowego na długości 160 mb
	Rz. Dłubnia	4	Budowa lewego obwałowania na długości 890 mb
	Rz. Dłubnia	5	Udrożnienie koryta na długości 1650 mb
	Rz. Dłubnia	6	Udrożnienie koryta na długości 1000 mb
	Rz. Dłubnia	9	Budowa lewego obwałowania na długości 420 mb
	Pot. Baranówka	2,3	Udrożnienie koryta na długości 1100 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu
	Pot. Drwinka	1	Zwiększenie przepustowości 1 przepustu o długości 500 mb
	Pot. Drwinka	2	Budowa prawego obwałowania na długości 390 mb

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Priorytet	Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Działanie
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	1	Udrożnienie koryta na długości 200 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 przepustu o długości 380 mb
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	2	Udrożnienie koryta na długości 1000 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 3 mostów
	Rz. Wisła	1,2	Przeniesienie zagrożonych obiektów poza obszar międzywala rzeki Wisły
	Rz. Wisła	3	Podwyższenie istniejącego lewego muru bulwarowego w rejonie mostu kolejowego przy ul. Podgórskiej na długości około 150 mb
	Rz. Wisła	4	Wykonanie wrót powodziowych na wejściu do portu rzecznego w Dąbiu
	Rz. Wisła	5,6	Likwidacja ogródków działkowych
II	Pot. Kostrzecki	1	Udrożnienie koryta na długości 650 mb
	Pot. Pychowicki	1	Udrożnienie koryta na długości 350 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu
	Rz. Wilga	1	Udrożnienie koryta na długości 350 mb
	Rz. Prądnik (Białucha)	1	Budowa prawego obwałowania na długości 240 mb i lewego obwałowania na długości 190 mb
	Rz. Prądnik (Białucha)	2	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 210 mb i lewego muru bulwarowego na długości 240 mb
	Rz. Prądnik (Białucha)	3	Budowa prawego muru bulwarowego na długości 480 mb
	Rz. Dłubnia	2,3	Budowa prawego obwałowania na długości 910 mb
	Rz. Dłubnia	5	Budowa lewego obwałowania na długości 1650 mb i prawego obwałowania na długości 780 mb
	Rz. Dłubnia	7	Udrożnienie koryta na długości 550 mb
	Rz. Dłubnia	8	Budowa lewego obwałowania na długości 320 mb i prawego obwałowania na długości 1360 mb
	Pot. Baranówka	1	Udrożnienie koryta na długości 550 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu
	Pot. Baranówka	2	Budowa prawego obwałowania na długości 590 mb
	Pot. Baranówka	3	Budowa prawego obwałowania na długości 330 mb
	Rz. Serafa	1	Budowa prawego i lewego muru

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Priorytet	Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Działanie
			bulwarowego na długości 180 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu
	Rz. Serafa	2	Budowa lewego obwałowania na długości 80 mb
	Rz. Serafa	3	Budowa prawego obwałowania na długości 390 mb
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	1	Budowa prawego obwałowania na długości 150 mb
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	2	Budowa prawego obwałowania na długości 580 mb (w tym 480 mb muru bulwarowego) i lewego obwałowania na długości 570 mb (w tym 480 mb muru bulwarowego)
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	3	Udrożnienie koryta na długości 400 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 mostu
III	Pot. Sidzinka	1	Udrożnienie koryta na długości 700 mb
	Rz. Wilga	1	Budowa lewego obwałowania na długości 260 mb
	Rz. Wilga	2	Budowa prawego obwałowania na długości 140 mb
	Rz. Prądnik (Białucha)	5	Budowa lewego muru bulwarowego na długości 230 mb
	Pot. Sudół Dominikański	1	Budowa zbiornika małej retencji „Węgrze” na potoku Sudół Dominikański
	Pot. Łęgówka	1	Udrożnienie koryta na długości 400 mb wraz ze zwiększeniem przepustowości 1 przepustu o długości 310 mb
	Pot. Łęgówka	2	Zwiększenie przepustowości 1 mostu/przepustu
	Rz. Dłubnia	1	Udrożnienie koryta na długości 700 mb
	Pot. Kościelnicki	1	Budowa lewego obwałowania na długości 210 mb
	Pot. Kościelnicki	2	Udrożnienie koryta na długości 450 mb wraz z budową lewego obwałowania na długości 240 mb
	Pot. Kościelnicki	1,2	Budowa zbiorników małej retencji na potoku Kościelnickim i jego lewostronnym dopływie
	Pot. Struga Rusiecka (Łucjanówka)	3	Budowa prawego obwałowania na długości 220 mb
IV	Pot. Sidzinka	1	Likwidacja (przeniesienie) ogródków działkowych
	Rz. Prądnik (Białucha)	3,4,5	Budowa zbiornika małej retencji „Tonie” na dopływie Prądnika (Białuchy) – potoku

Priorytet	Rzeka / potok	Nr obszaru krytycznego	Działanie
			Sudół od Modlnicy

Zamieszczone powyżej tabele zawierają wyłącznie działania rekomendowane do realizacji przez autorów Koncepcji w wyznaczonych w ramach przeprowadzonego modelowania obszarach krytycznych. Ostateczna decyzja co do wyboru wariantu działań (jak również ewentualnej korekty hierarchii ich realizacji) należy do władz miasta Krakowa. Pełny zakres działań wariantowych wraz z oceną kosztów ich realizacji znajduje się w Etapie II opracowania.

W ramach powyższych działań – rekomendowanych do realizacji przez autorów opracowania – znalazły się również pozycje związane z budową zbiorników małej retencji w Bieżanowie (zbiorniki na Serafie i jej dopływie – pot. Malinówka), na pot. Kościelnickim i jego prawostronnym dopływie oraz na pot. Sudół od Modlnicy (zbiornik Tonie) i Sudół Dominikański (zbiornik Węgrzce). Działania te zostały zakwalifikowane do działań długoterminowych, ograniczających zagrożenie powodziowe w kontekście perspektywicznego zagospodarowania miasta Krakowa. Decyzja o umieszczeniu w wykazie działań realizacji tych akurat zbiorników oparta jest na analizach hydraulicznych transformacji fal powodziowych, wykonanych przez autorów niniejszego opracowania, a konkretnie na spodziewanych efektach redukcji hipotetycznych fal przez te zbiorniki (szczegóły analiz oraz wnioski w zakresie zasadności budowy poszczególnych zbiorników znajdują się w Etapie II Koncepcji).

Analizą objęto zbiorniki małej retencji znajdujące się na obszarze miasta Krakowa i ujęte w „Programie małej retencji dla województwa małopolskiego”, opracowanej w 2004r. (dwa zbiorniki na Serafie w Bieżanowie, zbiornik Tonie na Sudole od Modlnicy, zbiornik Węgrzce na Sudole Dominikańskim (Rozrywka), zbiornik Pychowice na Potoku Pychowickim), a także zbiorniki, których potrzeba wykonania pojawia się w uchwałach Rady Miasta Krakowa (zbiorniki na Potoku Kościelnickim i zbiornik na Potoku Malinówka). Autorzy opracowania uznali, iż nie ma potrzeby poszukiwania dodatkowych lokalizacji zbiorników małej retencji w zlewniach cieków, dla których nie stwierdzono istotnego zagrożenia powodziowego, tym bardziej w obszarach położonych poza granicami miasta Krakowa, których przedmiotowe opracowanie nie dotyczy bezpośrednio.

Analizowane w opracowaniu zbiorniki małej retencji wykazują się stosunkowo niewielkimi zdolnościami redukcji fal powodziowych. Biorąc pod uwagę występujące w ich zlewniach zagrożenia i zaproponowane przez autorów koncepcji inne działania techniczne, w obecnym stadium rozwoju miasta (stan zagospodarowania zlewni) ich budowa nie wydaje się być uzasadniona technicznie i ekonomicznie. Natomiast, dla perspektywicznego rozwoju zagospodarowania miasta, ich wykonanie jest rozwiązaniem, które z pewnością przy konstruowaniu długookresowych planów budżetowych należy wziąć pod uwagę.

Spośród analizowanych zbiorników małej retencji, obiektami, które powinny być brane pod uwagę, jako te, które mogą przyczynić się do ograniczenia zagrożenia powodziowego na terenie miasta Krakowa – w kontekście jego perspektywicznego rozwoju i urbanizacji, są:

- Zbiornik na Serafie w Bieżanowie (wg koncepcji, tzw. „zbiornik główny w Bieżanowie”) we współpracy ze zbiornikiem na pot. Malinówka – które działając w systemie umożliwiają ograniczenie przepływów maksymalnych przy fali Q1% na Serafie poniżej zbiornika w Bieżanowie do $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Odpływ nieszkodliwy poniżej zbiornika w Bieżanowie jest co prawda większy od zakładanego ($6,7 \text{ m}^3/\text{s}$), ale wg wykonanych analiz może być bezpiecznie przyjęty przez koryto Serafy.
- Zbiornik w Węgrzcach na Sudole Dominikańskim – charakteryzujący się redukcją fali Q1% do odpływu nieszkodliwego $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (redukcja kulminacji o 62%).
- Zbiornik na pot. Kościelnickim – który falę Q1% redukuje do odpływu nieszkodliwego $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (redukcja o 81%) – ale praktycznie sens jego budowy dotyczy tylko przypadku jego pracy w układzie ze zbiornikiem, który znajdowałby się na jego prawostronnym dopływie. W takim układzie łączna praca obu zbiorników pozwalałaby zredukować przepływ Q1% do odpływu nieszkodliwego na poziomie $10 \text{ m}^3/\text{s}$ - poniżej obu obiektów, który to mieści się bezpiecznie w korycie pot. Kościelnickiego poniżej zbiorników.
- Zbiornik Tonie na pot. Sudół od Modlnicy – który pomimo braku zagrożeń w dolinie poniżej jego lokalizacji i prawie niezauważalnym wpływie na redukcję przepływów na Prądniku, może mieć znaczenie w sytuacji doinwestowania i zabudowania terenów w tej części Krakowa.

Zbiornikiem, który w chwili obecnej, jak również w najbliższej perspektywie czasowej wydaje się być rozwiązaniem najmniej zasadnym, jest zbiornik Pychowice – który może zredukować falę Q1% do odpływu nieszkodliwego $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (przy zakładanej wcześniej w opracowaniach koncepcyjnych wartości $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Na pot. Pychowickim główne zagrożenia występują w dolnym biegu potoku w pobliżu wałów Wiślanych i są spowodowane przede wszystkim ograniczeniem odprowadzenia wód z zawała do Wisły – w sytuacji wysokich stanów wody na Wiśle. Najbardziej zasadnymi działaniami są więc tutaj budowa przepompowni oraz inne (mniej kosztowne) techniczne działania zapobiegawcze.

Niezależnie od działań rekomendowanych przez autorów Koncepcji, konieczna jest kontynuacja rozpoczętych i realizacja nowych przedsięwzięć z zakresu szeroko pojętej ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa, o których mowa w pierwszej części punktu 7 niniejszego Raportu, tj. takich jak:

- dokończenie I etapu oraz przeprowadzenie II etapu modernizacji obwałowań rzeki Wisły (wraz z modernizacją wałów kanału Suchy Jar na odcinkach, na których wystąpiły przecieki podczas powodzi w 2010r);
- dokończenie budowy zbiornika wodnego Świnna Poręba na rzece Skawie;
- budowa pompowni chroniących obszary osiedli: Tyniec, Kostrze, Bodzów, Pychowice (w rejonie ul. Widłakowej oraz Sodowej), Lesisko, Chałupki i Wolica, a także: Łęg, Rybitwy, Przewóz i Wola Justowska – w przypadku ograniczenia odpływu wód z terenów zawała w okresie utrzymywania się wysokich stanów wody na Wiśle;
- opracowanie zintegrowanego planu operacyjnego dla zabezpieczenia wszystkich jednostek pływających na terenie miasta Krakowa;

- stworzenie portalu internetowego, na którym prezentowane będą aktualne informacje na temat zagrożenia powodziowego w mieście.

Zdaniem autorów Koncepcji wszystkim wymienionym wyżej działaniom należy przypisać I – najwyższy priorytet ich realizacji.

Dyskusyjna wydaje się być natomiast realizacja zadania, o którym mówi się od wielu lat (bez mała kilkudziesięciu), a o którym szczególnie głośno jest w ostatnich latach, a mianowicie budowie Kanału Krakowskiego. Inwestycja ta, będąca w wielu przypadkach punktem sporów pomiędzy przedstawicielami środowiska wodno-inżynierskiego – nie tylko w samym Krakowie, ale również i na dużo szerszym obszarze, w świetle przeprowadzonych w ostatnich latach analiz i ocen wpływu kanału na poprawę sytuacji powodziowej w mieście, jest mało uzasadniona. Śledząc ostatnie wypowiedzi przedstawicieli władz miasta, a także województwa, pogląd ten zaczyna również dominować w prezentowanych przez nich opiniach i ocenach. Ponadto ewentualna budowa Kanału Krakowskiego nie gwarantuje poprawy bezpieczeństwa powodziowego na tych obszarach miasta, które nie są bezpośrednio powiązane z rzeką Wisłą (np. w zlewniach głównych dopływów Wisły – poza zasięgiem oddziaływania cofki Wisły), a jej realizacja wiąże się z gigantycznymi kosztami finansowymi, niewspółmiernymi do finalnego efektu. Niewątpliwie bardziej zasadne wydaje się być w chwili obecnej przeznaczenie części tych środków na realizację zadań wynikających z przedmiotowej Koncepcji (co zapewnia bardziej kompleksowe potraktowanie problemu poprawy bezpieczeństwa powodziowego na obszarze miasta Krakowa), jak również być może na wykonanie analizy wpływu Kanału Krakowskiego na ograniczenie zagrożeń powodziowych w mieście „z prawdziwego zdarzenia”, opartej na zaawansowanym modelowaniu dwuwymiarowym, odwzorowującym w dużo bardziej realistyczny i prawdziwy sposób przepływ wód powodziowych na obszarach zurbanizowanych.

Analiza działania systemu odwadniającego funkcjonującego w mieście oraz praca odbiorników i ich wzajemne oddziaływanie doprowadziło do sformułowania działań zmierzających do usprawnienia jego pracy.

Tabela 9 Zestawienie rekomendowanych działań dla wyznaczonych punktów krytycznych.

Zestawy działań nr 1 oraz 2 należy traktować wariantowo. W zestawie działań nr 2 w wierszach nr 8, 11, 16, 17 kolorem zostały wyróżnione inne typy działań. W pozostałych przypadkach powtórzono działania z zestawu nr 1.

Lp.	Dekompozycja układu	Lokalizacja /Rejon	Nr obszaru zagrożenia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2
1	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	ul. Czarodziejska	<i>Obszar nr 1, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P1 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P1 wraz z klapą zwrotną
2	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	ul. Szwedzka	<i>Obszar nr 2, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P2 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P2 wraz z klapą zwrotną

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Lp.	Dekompozycja układu	Lokalizacja /Rejon	Nr obszaru zagrożenia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2
3	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	ul. Bałuckiego	<i>Obszar nr 3, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P3 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P3 wraz z klapą zwrotną
4	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	Rondo Grunwaldzkie	<i>Obszar nr 4, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P4 wraz z możliwością wykorzystania istniejących kanałów	Budowa przepompowni NWS P4 wraz z możliwością wykorzystania istniejących kanałów
5	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	ul. Barska	<i>Obszar nr 5, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P5 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P5 wraz z klapą zwrotną
6	Prawy kolektor rzeki Wisła (PWS)	ul. Zatorska	<i>Obszar nr 6, Rozdz. 1.1 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P6 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P6 wraz z klapą zwrotną
7	Lewobrzeżny kolektor reki Wisła (LWS)	ul. Prądnicka	<i>Obszar nr 1, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P7 w rejonie wiaduktu kolejowego. Inwestycja powiązana z rozbudową ul. Miłosza	Budowa przepompowni NWS P7 w rejonie wiaduktu kolejowego. Inwestycja powiązana z rozbudową ul. Miłosza
8	Kolektor zlewni rzeki Drwina	ul. Nad Drwiną	<i>Obszar nr 2, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Wykonanie wylotu wód deszczowych o wymiarach 2000mmx2000mm wraz z odcinkiem kanału DN2000 o długości L=80m	Budowa przepompowni NWS P8
9	Kolektor zlewni rzeki Wisła. Kolektor L	ul. Nowohucka (przy moście Nowohuckim)	<i>Obszar nr 3, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P9	Budowa przepompowni NWS P9
10	Kolektor zlewni rzeki Wisła w połączeniu z kolektorem Nowohuckim	al.. Pokoju, odcinek od ul. Lema do ronda Dywizjonu 308	<i>Obszar nr 4, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa nowego odcinka kanalizacji deszczowej o średnicy DN1500 i długości L=1500 m wraz	Budowa nowego odcinka kanalizacji deszczowej o średnicy DN1500 i długości L=1500 m wraz

„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.

Lp.	Dekompozycja układu	Lokalizacja /Rejon	Nr obszaru zagrożenia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2
				z wylotem DN1500	z wylotem DN1500
11	Prawy kolektor rzeki Wisły (PWS)	os. Podwawelskie	<i>Obszar nr 5, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Przebudowa kolektora zbiorczego oraz budowa komory połączeniowej na włączeniu do kolektora PWS	Budowa systemu rozdzielczego o średnicach DN800 L=350 m, DN600 L=150 m, DN500 L = 1200 m, DN400 L= 1500 m wraz z budową wylotu
12	Kolektor zlewni rzeki Malinówka	ul. Kuryłowicza	<i>Obszar nr 6, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Zwiększenie średnicy kanałów do DN450 na odcinku L=470 m na wyznaczonych odcinkach wraz ze zmianą średnicy wylotu do DN450	Zwiększenie średnicy kanałów do DN450 na odcinku L=470 m na wyznaczonych odcinkach wraz ze zmianą średnicy wylotu do DN450
13	Kolektor zlewni rzeki Rozrywka (Sudół Dominikański)	ul. Dobrego Pasterza	<i>Obszar nr 7, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Zwiększenie średnic do DN600 na długości L=300m oraz DN800 na długości L=50m	Zwiększenie średnic do DN600 na długości L=300m oraz DN800 na długości L=50m
14	Kolektora zlewni rzeki Prądnik (Białucha)	ul. Łepkowskiego	<i>Obszar nr 8, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa dwóch kanałowych zbiorników retencyjnych z regulatorem przepływu o średnicach: DN1000 L=110 m, DN1250 L=100 m	Budowa dwóch kanałowych zbiorników retencyjnych z regulatorem przepływu o średnicach: DN1000 L=110 m, DN1250 L=100 m
15	Kolektor zlewni rzeki Dłubnia	ul. Makuszyńskiego	<i>Obszar nr 9, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa odcinka kanału o zwiększonych średnicach DN500 L=200m	Budowa odcinka kanału o zwiększonych średnicach DN500 L=200m

„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.

Lp.	Dekompozycja układu	Lokalizacja /Rejon	Nr obszaru zagrożenia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2
16	Kolektor Płaszowski	ul. Lipska, ul. Przewóz	<i>Obszar nr 10, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P10, NWS P11 w rejonie włączenia do kolektora Płaszowskiego oraz zabudowa klap zwrotnych	Budowa jednej przepompowni NWS P18 w rejonie dolnej głowicy syfonu Wisły
17	Kolektor Płaszowski	ul. Saska, Koszykarska, Stoczniewców, Nowohucka	<i>Obszar nr 11, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P12, NWS P13, NWS P14, NWS P15, NWS P16 w rejonie włączeń do kolektora Płaszowskiego oraz zabudowa klap zwrotnych	
18	Kolektor zlewni rzeki Rudawa	Kanał zrzutowy z Ronda Ofiar Katynia	<i>Obszar nr 12, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa przepompowni NWS P17	Budowa przepompowni NWS P17
19	Kolektor zlewni rzeki Wilga	ul. Jugowicka, Siarczana	<i>Obszar nr 13, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa odcinków kanałów o większych średnicach DN1000 L=170m, DN600 L=400, DN400 L=250	Budowa odcinków kanałów o większych średnicach DN1000 L=170m, DN600 L=400, DN400 L=250
20	Kolektor zlewni rzeki Serafa	ul. Bogucicka Drożdżowa	<i>Obszar nr 14, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa kanałowych zbiorników retencyjnych o średnicy DN1000 i długości L = 100m oraz DN1000 i długości L = 120m	Budowa kanałowych zbiorników retencyjnych o średnicy DN1000 i długości L = 100m oraz DN1000 i długości L = 120m

Lp.	Dekompozycja układu	Lokalizacja /Rejon	Nr obszaru zagrożenia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2
21	Kolektor zlewni rzeki Drwinka	ul. Nowosądecka, Podedworze	<i>Obszar nr 15, Rozdz. 1.2 Etap II</i>	Budowa nowego odcinka kanału deszczowego DN1000 L=400m z przewidzianą retencją kanałową oraz wylotem DN1000	Budowa nowego odcinka kanału deszczowego DN1000 L=400m z przewidzianą retencją kanałową oraz wylotem DN1000

Dla obszarów omówionych w *Rozdziale 2 Raport etap II* nie zostały sporządzone warianty oraz nie zostały one uwzględnione w kosztorysie z uwagi na fakt, że były one jedynie omawiane pod kątem potencjalnego wpływu na funkcjonowanie istniejącego systemu odwodnienia. Każda inwestycja wymagać będzie odrębnego projektu, gdyż oceniano tylko jej wpływ.

Podsumowanie w zakresie wskazań dla systemu kanalizacji

Autorzy koncepcji uważają, iż w celu poprawy efektywności funkcjonowania krakowskiego systemu kanalizacyjnego (związanej z niezawodnością odprowadzania ścieków), należy w szczególności dążyć do usprawnienia pracy głównych kolektorów ściekowych. Takie działania wymuszają coraz częściej występujące ekstremalne zjawiska pogodowe, w tym przede wszystkim opady o charakterze nawałnym. Konieczne jest również wspomaganie pracy kanalizacji systemem pompowni przewałowych w czasie stanów powodziowych na Wiśle. Doświadczenia z ostatnich powodzi w Krakowie potwierdzają, że retencja kanałowa obecnego systemu kanalizacji jest zbyt mała w warunkach utrzymywania się wysokiego stanu wód w Wiśle przez dłuższy okres. Kolejne rekomendowane działanie ma na celu eliminację punktów krytycznych (tzw. „wąskich gardeł”), które ograniczają działanie całego systemu, natomiast ich wyeliminowanie skutkuje możliwością optymalnego wykorzystania pozostałych elementów (np. zaprojektowanej przepustowości kolektorów) bez konieczności dokonywania większych zmian. Sieć kanalizacyjną należy doposażyć w odpowiednią armaturę, która wyeliminuje niekorzystne zjawiska związane z napełnianiem się głównych kolektorów ściekami przy zamkniętych odpływach do odbiornika (wlewaniem ścieków do kanałów zbiorczych). Sugerowane rozwiązania usprawniające pracę systemu odbioru i odprowadzenia ścieków w okresie po wystąpieniu opadów dotyczą również działań pośrednich, mających na celu zautomatyzowanie części działań eksploatacyjnych. Należą do nich:

- automatyzacja pracy pompowni przewałowych oraz zasuw powodziowych,
- budowa trwałego monitoringu sieci kanalizacyjnej z telemetrycznym przesyłem danych,
- opracowanie skalibrowanego modelu przepływów w kanalizacji i na jego podstawie opracowanie algorytmu sterowania siecią dla różnych scenariuszy zjawisk powodziowych na terenie zlewni krakowskiej,

- opracowanie koncepcji optymalizacji pracy systemu kanalizacyjnego z uwagi na niezawodność jego pracy i optymalne wykorzystanie retencji kanałów przy minimalizacji zrzutów ścieków z kanalizacji ogólnospławnej bezpośrednio do odbiornika,
- budowa interaktywnego systemu nadzoru, sterowania i kontroli pracy sieci kanalizacyjnej.

W celu zmniejszenia spływu powierzchniowego na terenie analizowanej zlewni konieczne są również wdrożenia działań związanych z zatrzymywaniem wód deszczowych w miejscu opadu i doprowadzenia do ich wykorzystywania, zagospodarowania, powolnego wsiąkania, odprowadzania do odbiornika ze zwłoką czasową lub szybkiego odprowadzania do odbiorników nadmiaru wód gromadzących się na terenie uszczelnionej zlewni. Realizacja tych zasad jest możliwa do osiągnięcia głównie poprzez:

- zastosowanie zbiorników retencyjnych - w przypadku nowych inwestycji, na terenach objętych rozbudową:
 - zastosowanie retencji kanałowej z regulatorami przepływu,
 - modernizację odcinków kanałów w przypadku ich złego stanu technicznego,
 - w możliwych technicznie do wykonania przypadkach,
 - przebudowę odcinków kanałów istniejących w miejscach zlokalizowanych przeciwspadków,
 - przebudowę odcinków kanałów z wprowadzeniem średnicy odpowiednio dla wyliczonych przepływów z zastosowaniem regulatorów przepływu,
 - budowę kanałów równoległych pracujących jako kanały ulgi
 - zamknięcie systemu ogólnospławnego na terenie miasta,
 - instalowanie zamknięć szczelnych na instalacjach wewnętrznych,
 - stosowanie pompowni lokalnych dla odprowadzania ścieków z kondygnacji poniżej poziomu teren,
 - zautomatyzowanie zamykania przelewów burzowych poprzez wykonanie systemu sterowanego komputerowo,
 - zastosowanie przy każdym przelewie burzowym od ul. Tynieckiej do syfonu pod Wilgą przepompowni NWS (na wysokie stany wód) w celu szybkiego odprowadzenia do rzek nadmiaru wód niemieszczących się w głównych kolektorach,
- w oparciu o stosowane wytyczne indywidualnie dla każdej inwestycji.

7. Zakres rodzajowo - kosztowy całego zamierzenia inwestycyjnego

W niniejszym rozdziale przedstawiono wyliczone wskaźnikowe koszty całego zamierzenia inwestycyjnego, łącznie z kosztami wykupu gruntów. Wskazano również potencjalne źródła finansowania wymienionych inwestycji, bez wskazań jednostek odpowiedzialnych za ich finansowanie. Autorzy koncepcji nie posiadają kompetencji do szczegółowego wskazania beneficjentów. Regulują to przepisy prawa, rozporządzenia, oraz uchwały na szczeblu samorządowym. Finansowanie inwestycji w zakresach jakie zostały przedstawione w koncepcji to temat złożony pod względem administracyjnym jak

i finansowym. Finansowanie poszczególnych elementów systemu odwodnienia i urządzeń wodnych miasta Krakowa wynika z prawa własności podmiotów administracyjnych odpowiedzialnych za utrzymanie elementów systemu odwodnienia. Autorzy koncepcji uważają, iż w przypadku dużych inwestycji zasadnym jest porozumienie realizacyjne pomiędzy poszczególnymi szczeblami jednostek samorządowych i administratorów elementów systemu odwodnienia. Należy zaznaczyć że władze lokalne muszą ustalić dogodny sposób i instrument finansowania. Wybór konkretnego rozwiązania finansowego będzie zależny od danej inwestycji.

Poniżej zostały wskazane możliwe źródła finansowania inwestycji opisanych w niniejszej koncepcji.

Możliwe źródła finansowania wskazanych inwestycji w zakresie poprawy bezpieczeństwa powodziowego od strony cieków tj. finansowania budowy przepompowni stałych na wysokie stany wód oraz zamierzeń inwestycyjnych przedstawionych w alternatywie nr I oraz II;

- *Uchwała nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011r w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”*

- *Program Infrastruktura i Środowisko*

- *Środki rezerwy celowej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji*

- *Funduszy celowych w tym przede wszystkim z Narodowego i Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW, WFOŚiGW)*

- *Fundusze z Regionalnego Programu Operacyjnego*

- *Środki własne Województwa oraz Gminy Miejskiej Kraków*

Możliwe źródła finansowania wskazanych inwestycji w zakresie poprawy bezpieczeństwa powodziowego od strony systemu kanalizacji tj. budowa przepompowni NWS, kłap zwrotnych, wylotów, zbiorników retencji kanałowych, rozbudowy i modernizacji systemu poprzez zwiększenie średnic przedstawionych w zestawie działań nr I oraz II;

- *Program Infrastruktura i Środowisko*

- *Środki własne administratorów sieci*

- *Środki rezerwy celowej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji*

- *Proponuje się analizę możliwości pobierania opłat za odprowadzanie wód opadowych na podstawie ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzeniu ścieków. Takie działania wymagałyby inwentaryzacji powierzchni, pozyskania mocnych interpretacji zapisów niniejszej ustawy, przeprowadzenia konsultacji społecznych. Środki pochodzące z wprowadzonych opłat stanowiłyby stabilne źródło finansowania utrzymania systemu kanalizacyjnego.*

Autorzy koncepcji sugerują również alternatywną możliwość sfinansowania zaproponowanych w koncepcji działań. W związku z brakiem na chwilę obecną jednoznacznej odpowiedzi, co do zasadności budowy Kanału Krakowskiego proponuje się, aby do momentu wykonania dokładnych analiz i potwierdzeń, przeznaczyć część środków przewidzianych na jego realizację na sfinansowanie wskazanych w koncepcji działań. Sfinansowanie i realizacja wszystkich zaproponowanych w koncepcji działań w ujęciu systemowym ograniczy problem występujących zalań i podtopień na terenie miasta Krakowa.

Zestawienie kosztów

Tabela 10 Zestawienie kosztów proponowanych działań w zakresie poprawy ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa od strony cieków.

Lp .	Rzeka / potok	Nr obszaru zagrożenia	Alternatywa I	Alternatywa II	Koszty Alternatywa I	Koszty Alternatywa II
1	Kościelnicki	1	W2	W5	1 323 000,00	20 553 907,00
		2	W1+W2	W5	1 366 650,00	20 553 907,00
2	Struga Rusiecka	1	W1+W3	W2	819 415,00	955 500,00
		2	W1+W3	W2	2 492 045,00	2 131 900,00
		3	W1+W3	W2	836 315,00	1 401 400,00
3	Kanał Suchy Jar	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
4	Kanał SW Przewóz	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
5	Łęgówka	1	W1+W3	W4	1 108 820,00	8 285,00
		2	W3	W4	1 070 020,00	20 000,00
6	Baranówka	1	W1+W3	W4	848 990,00	600 000,00
		2	W1+W3	W2	89 546,00	3 758 300,00
		3	W1	W2	92 950,00	3 057 600,00
7	Sudół od Modlnicy	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
8	Drwina Długa	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
9	Drwinka	1	W3	W4	27 650,00	6 528 000,00
		2	W2	W4	2 484 300,00	2 100 000,00
10	Serafa	1	W2+W3	W5	1 148 115,00	4 541 474,00
		2	W2	W5	509 600,00	4 541 747,00
		3	W2	W5	2 484 300,00	4 541 474,00
11	Sudół Dominikański (Rozrywka)	1	W2	W5	307 200,00	4 165 209,00
12	Prądnik	1	W2	W4	2 739 100,00	750 000,00
		2	W2	W4	432 000,00	600 000,00
		3	W2	W5	460 800,00	595 749,00
		4	W2	W5	988 800,00	595 749,00
		5	W2	W5	220 800,00	595 749,00
13	Rudawa	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
14	Sanka	brak zagrożeń powodziowych	brak	brak	-	-
15	Sidzinka	1	W1	W4	67 900,00	22 000,00
16	Pychowicki	1	W1+W3	W4	1 103 970,00	300 000,00
		2	W6	W4	620 000,00	3 450 000,00

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Lp .	Rzeka / potok	Nr obszaru zagrożenia	Alternaty wa I	Alternatyw a II	Koszty Alternatywa I	Koszty Alternatywa II
17	Kostrzecki	1	W1	W4	63 053,00	450 000,00
		2	W2+W6	W4	7 928 500,00	1 650 000,00
		3			7 928 500,00	300 000,00
18	Wilga	1	W1	W2	33 950,00	1 656 200,00
		2	W2	W4	891 800,00	150 000,00
19	Dłubnia	1	W1	W2	67 900,00	5 796 700,00
		2	W2	W4	5 796 700,00	22 000,00
		3			5 796 700,00	1 100 000,00
		4	W2	W4	5 669 300,00	2 250 000,00
		5	W1+W2	W4	15 639 150,00	27 360 000,00
		6	W1	W2	97 000,00	6 115 200,00
		7	W1	W2	53 350,00	1 337 700,00
		8	W2	W4	10 701 600,00	900 000,00
		9	W2	W4	2 675 400,00	6 600 000,00
20	Wisła	1	W4	brak	150 000,00	-
		2	W4	brak	500 000,00	-
		3	W2	W4	144 000,00	750 000,00
		4	W7	W4	1 630 745,00	800 002,00
		5	W4	brak	24 000,00	-
		6	W4	brak	22 500,00	-
21	Przepompownie stałe na wysokie stany wód dla przerzutów wód płynących w ciekach				42 451 819,00	42 451 819,00
				SUMA	131 908 253,00 zł	186 057 571,00 zł

Do każdej alternatywy zostały doliczone koszty przepompowni stałych na wysokie stany wód, które niezależnie od wariantu muszą być uwzględnione w działaniach.

Tabela 11 Zestawienie kosztów proponowanych działań w zakresie poprawy ochrony przeciwpowodziowej miasta Krakowa od strony systemu kanalizacji.

Zestawy działań nr 1 oraz 2 należy traktować wariantowo. W zestawie działań nr 2 w wierszach nr 8, 11, 16, 17 zostały wyróżnione i skosztorysowane inne typy działań. W pozostałych przypadkach powtórzono działania z zestawu nr 1.

Lp	Lokalizacja/ Rejon	Nr obszar u zagroże nia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2	Kosztorys Zestaw działań nr 1	Kosztorys Zestaw działań nr 2
1	ul. Czarodziejska	Obszar nr 1, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P1 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P1 wraz z klapą zwrotną	205 890,00 zł	205 890,00 zł
2	ul. Szwedzka	Obszar nr 2, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P2 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P2 wraz z klapą zwrotną	786 060,00 zł	786 060,00 zł
3	ul. Bałuckiego	Obszar nr 3, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P3 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P3 wraz z klapą zwrotną	632 780,00 zł	632 780,00 zł
4	Rondo Grunwaldzkie	Obszar nr 4, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P4 wraz z możliwością wykorzystania istniejących kanałów	Budowa przepompowni NWS P4 wraz z możliwością wykorzystania istniejących kanałów	86 730,00 zł	86 730,00 zł
5	ul. Barska	Obszar nr 5, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P5 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P5 wraz z klapą zwrotną	1 262 350,00 zł	1 262 350,00 zł
6	ul. Zatorska	Obszar nr 6, Rozdz. 1.1 Etap II	Budowa przepompowni NWS P6 wraz z klapą zwrotną	Budowa przepompowni NWS P6 wraz z klapą zwrotną	1 954 432,00 zł	1 954 432,00 zł
7	ul. Prądnicka	Obszar nr 1, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa przepompowni NWS P7 w rejonie wiaduktu kolejowego. Inwestycja powiązana z rozbudową ul. Miłosza	Budowa przepompowni NWS P7 w rejonie wiaduktu kolejowego. Inwestycja powiązana z rozbudową ul. Miłosza	764 880,00 zł	764 880,00 zł

„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.

Lp	Lokalizacja/ Rejon	Nr obszar u zagroże nia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2	Kosztorys Zestaw działań nr 1	Kosztorys Zestaw działań nr 2
8	ul. Nad Drwiną	Obszar nr 2, Rozdz. 1.2 Etap II	Wykonanie wylotu wód deszczowych o wymiarach 2000mmx2000m m wraz z odcinkiem kanału DN2000 o długości L=80m	Budowa przepompowni NWS P8	580 000,00 zł	780 000,00 zł
9	ul. Nowohucka -przy moście Nowohuckim	Obszar nr 3, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa przepompowni NWS P9	Budowa przepompowni NWS P9	720 000,00 zł	720 000,00 zł
10	al. Pokoju, odcinek od ul. Lema do Ronda Dywizjonu 308	Obszar nr 4, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa nowego odcinka kanalizacji deszczowej o średnicy DN1500 i długości L=1500m.wraz z wylotem DN1500	Budowa nowego odcinka kanalizacji deszczowej o średnicy DN1500 i długości L=1500m.wraz z wylotem DN1500	6 850 500,00 zł	6 850 500,00 zł
11	os. Podwawelskie	Obszar nr 5, Rozdz. 1.2 Etap II	Przebudowa kolektora zbiorczego oraz budowa komory połączeniowej na włączeniu do kolektora PWS	Budowa systemu rozdzielczego o średnicach DN800 L=350m, DN600 L=150m, DN500 L = 1200m, DN400 L= 1500m wraz z budową wylotu	3 240 000,00 zł	4 350 000,00 zł
12	ul. Kuryłowicza	Obszar nr 6, Rozdz. 1.2 Etap II	Zwiększenie średnicy kanałów do DN450 na odcinku L=470m na wyznaczonych odcinkach wraz ze zmianą średnicy wylotu do DN450	Zwiększenie średnicy kanałów do DN450 na odcinku L=470m na wyznaczonych odcinkach wraz ze zmianą średnicy wylotu do DN450	903 000,00 zł	903 000,00 zł
13	ul. Dobrego Pasterza	Obszar nr 7, Rozdz. 1.2 Etap II	Zwiększenie średnic do DN600 na długości L=300m oraz DN800	Zwiększenie średnic do DN600 na długości L=300m oraz DN800	830 000,00 zł	830 000,00 zł

„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.

Lp	Lokalizacja/ Rejon	Nr obszar u zagroże nia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2	Kosztorys Zestaw działań nr 1	Kosztorys Zestaw działań nr 2
			na długości L=50m	na długości L=50m		
14	ul. Łepkowskiego	Obszar nr 8, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa dwóch kanałowych zbiorników retencyjnych z regulatorem przepływu o średnicach: DN1000 L=110m, DN1250 L=100m	Budowa dwóch kanałowych zbiorników retencyjnych z regulatorem przepływu o średnicach: DN1000 L=110m, DN1250 L=100m	786 000,00 zł	786 000,00 zł
15	ul. Makuszyński- ego	Obszar nr 9, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa odcinka kanału o zwiększonych średnicach DN500 L=200m	Budowa odcinka kanału o zwiększonych średnicach DN500 L=200m	400 000,00 zł	400 000,00 zł
16	ul. Lipska, ul. Przewóz	Obszar nr 10, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa przepompowni NWS P10, NWS P11 w rejonie włączenia do kolektora Płaszowskiego oraz zabudowa klap zwrotnych		615 095,00 zł	5 376 661,00 zł
17	ul. Saska, Koszykarska, Stoczniewców Nowohucka	Obszar nr 11, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa przepompowni NWS P12, NWS P13, NWS P14, NWS P15, NWS P16 w rejonie włączeń do kolektora Płaszowskiego oraz zabudowa klap zwrotnych	Budowa jednej przepompowni NWS P18 w rejonie dolnej główicy syfonu Wisły	1 999 859,00 zł	
18	Kanał zrzutowy z Ronda Ofiar Katynia	Obszar nr 12, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa przepompowni NWS P17	Budowa przepompowni NWS P17	411 075,00 zł	411 075,00 zł

**„Koncepcja odwodnienia i poprawy bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa”
Kraków - MGGP S.A.**

Lp	Lokalizacja/ Rejon	Nr obszar u zagroże nia	Zestaw działań nr 1	Zestaw działań nr 2	Kosztorys Zestaw działań nr 1	Kosztorys Zestaw działań nr 2
19	ul. Jugowicka, Siarczana	Obszar nr 13, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa odcinków kanałów o większych średnicach DN1000 L=170m, DN600 L=400, DN400 L=250	Budowa odcinków kanałów o większych średnicach DN1000 L=170m, DN600 L=400, DN400 L=250	2 150 000,00 zł	2 150 000,00 zł
20	ul. Bogucicka Drożdżowa	Obszar nr 14, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa kanałowych zbiorników retencyjnych o średnicy DN1000 i długości L = 100m oraz DN1000 i długości L = 120m	Budowa kanałowych zbiorników retencyjnych o średnicy DN1000 i długości L = 100m oraz DN1000 i długości L = 120m	734 000,00 zł	734 000,00 zł
21	ul. Nowosądecka Podedworze	Obszar nr 15, Rozdz. 1.2 Etap II	Budowa nowego odcinka kanału deszczowego DN1000 L=400m z przewidzianą retencją kanałową oraz wylotem DN1000	Budowa nowego odcinka kanału deszczowego DN1000 L=400m z przewidzianą retencją kanałową oraz wylotem DN1000	1 295 000,00 zł	1 295 000,00 zł
				SUMA	30 629 380, 00 zł	31 281 938, 00 zł

Podsumowanie kosztów:

Zestawienie kosztów dla poszczególnych alternatyw - cieki	
Alternatywa nr 1	131 908 253,00 zł
Alternatywa nr 2	186 057 571,00 zł
Zestawienie kosztów dla poszczególnych wariantów - system kanalizacji	
Zestaw działań nr 1	30 629 380, 00 zł
Zestaw działań nr 2	31 281 938, 00 zł

Pod względem ekonomicznym lepszym rozwiązaniem jest kompilacja Alternatywy nr 1 z Zestawem działań nr 1. Również pod względem techniczno-eksploatacyjnym korzystniejszym rozwiązaniem jest wg autorów koncepcji zestawienie Alternatywy nr 1 z Zestawem działań nr 1.

8. Podsumowanie

Przedmiotowa Koncepcja jest próbą kompleksowego podejścia do problemu identyfikacji zagrożeń powodziowych na terenie miasta Krakowa, związanych z odprowadzeniem wód siecią kanalizacji opadowej i ogólnospławnej oraz siecią cieków powierzchniowych znajdujących się na obszarze miasta.

W ramach opracowania, w oparciu o pozyskane dane wejściowe (hydrologiczne, geodezyjne i kartograficzne), przeprowadzono szereg analiz, związanych z odprowadzeniem wód powodziowych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia korytami głównych rzek i potoków znajdujących się w granicach miasta, opartych na skonstruowanych w tym celu matematycznych modelach hydrodynamicznych.

Wyniki analiz, oraz wygenerowane na ich podstawie strefy zalewowe umożliwiły zdefiniowanie obszarów krytycznych dla zagrożeń powodziowych na obszarze miasta oraz pozwoliły na ustalenie wariantów działań, mających na celu ich ograniczenie.

Końcowym efektem Koncepcji jest katalog działań rekomendowanych przez autorów opracowania, wraz z przypisaniem priorytetów ich realizacji – działań w istotny sposób wpływających na poprawę bezpieczeństwa powodziowego miasta Krakowa.

9. Literatura wykorzystana w koncepcji

1. **Bielański A. K., 1984.** *Materiały do historii powodzi w dorzeczu górnej Wisły*, Politechnika Krakowska, Monografia 30, s. 83.
2. **Bromek K., 1967.** *Położenie geograficzne, powstanie i rozwój Krakowa*, Sprawozdanie z Posiedzenia Komisji Naukowych PAN, Oddział w Krakowie, lipiec – grudzień, s. 751-753.
3. **Bromek K., 1975.** *Zarys rozwoju historycznego i terytorialnego Krakowa*, Folia Geographica, s. geogr.-oecon., vol. VIII, s. 15-35.
4. **Długosz J., 1961-1975.** *Kroniki sławnego Królestwa Polskiego*, Księgi 1-9, PWN Warszawa.
5. **Dobrzyńska I., Fal B., Hołdakowska J., Stachý J., 1996.** *Wezbrania rzek polskich w latach 1951 – 1990*, Materiały badawcze, seria: Hydrologia i Oceanologia – 20. IMGW, Warszawa.
6. **Drezińska B., Hołda I., Kruszewski A., 1997.** *Przebieg powodzi i osłony hydrologicznej w dorzeczu Górnej Wisły lipiec 1997*, Powódź 1997 - Forum Naukowo – Techniczne. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, s. 27-44.
7. **Hening J., 1983.** *Jak uchronić Kraków przed powodzią*, Gospodarka Wodna z. 3, s. 23-25.
8. **Jurczak A., 1964.** *Prawdopodobieństwo występowania wielkich wód w krakowskim przekroju wodowskazowym*, Czasopismo Techniczne nr 9, s. 29-33.
9. **Pociask-Karteczka J., 1994.** *Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego MCXLIV, prace geograficzne z. 96.
10. **Punzet J., 1985.** *Wezbrania Wisły w obrębie Krakowa dawniej i dziś*, Gospodarka Wodna z. 8, s. 190-193.
11. **Wojciechowski W., 2010.** Raport powódź maj-czerwiec 2010 r. Urząd Miasta Krakowa
12. **Banasik K., Hejduk L., Barszcz M. 2008.** Flood flow consequences of land use changes in a small urban catchment of Warsaw. Proc. Of 11th International conference on urban drainage, Edinburgh, Scotland, UK
13. **Banasik K., Pham N. 2010.** Modelling of the effect of land use changes on flood hydrograph in a small catchment of the Płaskownicka, southern part of Warsaw, Poland. Annals of Warsaw University of Life Science – SGGW, Land Reclamation 42 (2), 229-240
14. **Sahoo B., Chatterjee Ch., Raghuwanshi N.S., Singh R., Kumar B. 2006.** Flood estimation by GIUH-based Clark and Nash models, Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 11, No. 6, pp 515-525.
15. **Sheng Y. 2000.** Modeling event-based coupled hydrologic and mass transport in small urban watersheds. Dissertation at Louisiana State University, Baton Rouge, USA. (http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-09012004-081308/unrestricted/Sheng_dis.pdf – last seen: December 2006).