



ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO (ESOP)

Studium Wykonalności





Fot. na 1 stronie, Tuchów 2010, autor Krzysztof Jasiński.

Ten dokument został przygotowany przy użyciu Systemu Zarządzania DHI, aby być zgodnym z:		
Zarządzanie jakością	Zarządzanie środowiskowe	Zarządzanie BHP
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001



ELEKTRONICZNY SYSTEM OSTRZEGANIA POWODZIOWEGO (ESOP)

Studium Wykonalności

Opracowane w ramach projektu „Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska”

Opracował: DHI Polska Sp. z o.o.

Autorzy dziękują Zespołowi Sterującemu przy Starostwie Powiatowym w Tarnowie oraz gminom w zlewni Biała Tarnowska za współpracę przy opracowaniu Studium Wykonalności

Kierownik projektu	Jan Spatka
Zespół projektowy	Waldemar Mlaś, Łukasz Szuptarski, Marcin Kieżun, Paulina Lech-Surowiec
Numer Projektu	38800097
Data	Kwiecień 2015
Wersja	Finalna
Klasyfikacja	Z ograniczeniami



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



SPIS TREŚCI

1	Wstęp	1
2	Podstawowe informacje na temat projektu	3
3	Analiza otoczenia społeczno – gospodarczego projektu wraz z uwzględnieniem kontekstu dokumentów strategicznych.....	5
3.1	Zadania gminy i powiatu w zakresie ostrzegania przed powodzią	5
3.2	Zasięg projektu – rzeki Biała oraz dopływów	6
3.2.1	Gminy wchodzące w zakres projektu.....	6
3.3	Analizy specyficzne dla projektu i zidentyfikowane problemy	17
3.3.1	Analiza ankiet z poszczególnych jednostek samorządowych	17
3.3.2	Zlewnia Białej Tarnowskiej – warunki hydrologiczne	27
3.4	Centra kryzysowe.....	30
3.5	Wdrożenie ESOP w kontekście projektu ISOK.....	30
3.6	Logika interwencji.....	34
3.7	Cel główny projektu.....	34
3.8	Produkty projektu	34
3.9	Rezultaty projektu	35
4	Analiza instytucjonalna.....	37
5	Analiza odbiorców projektu.....	39
6	Analiza techniczna oraz technologiczna inwestycji.....	41
6.1	Opis i uzasadnienie przyjętych rozwiązań – Struktura systemu ESOP	41
6.1.1	Dane geodezyjne	51
6.1.2	Dane hydrologiczne z zasobów IMGW	57
6.1.3	Istniejący system pomiarowy	64
6.1.4	Brakujące dane wejściowe.....	69
7	Analiza wariantowa rozbudowy systemu ostrzegania powodziowego.....	71
7.1	Obecna sieć pomiarowa – Wariant 0	71
7.2	Możliwości rozbudowy systemu pomiarowego	72
7.3	Wariantowa koncepcja rozbudowy systemu pomiarowego	73
7.3.1	Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 1	73
7.3.2	Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 2	75
7.3.3	Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 3	79
7.3.4	Wizja lokalna	81
7.4	Deszczomierze.....	91
7.5	Radary pogodowe LAWR (Local Area Weather Radar)	93
7.6	Stacje wodowskazowe	95
7.7	Interaktywna platforma monitorowania zagrożeń środowiskowych	96
7.8	Analiza finansowa koncepcji rozbudowy systemu pomiarowego	100
7.8.1	Wariant 1 (W1)	100
7.8.2	Wariant 2 (W2)	101

7.8.3	Wariant 3 (W3).....	102
8	Analiza ryzyka w ujęciu trafności prognoz generowanych przez system	
	ESOP	105
8.1	Ryzyko związane z błędami danych wejściowych do budowy modelu	105
8.1.1	Wyniki pomiarów geodezyjnych.....	105
8.2	Ryzyko związane z błędnymi wynikami modelowania.....	107
8.3	Ryzyko związane z błędnymi danymi z modelu meteorologicznego.....	107
8.4	Ryzyko związane z błędnymi danymi z radaru pogodowego (LAWR)	109
9	Wpływ projektu na polityki horyzontalne.....	111
10	Załączniki	113

SPIS RYSUNKÓW

Rys. 1.	Schemat zlewni rzeki Biała Tarnowska wraz z istniejącą siecią wodowskazów.....	4
Rys. 2.	Rzeki dla których powstaną mapy zagrożenia powodziowego w ramach ISOK	32
Rys. 3.	Dopływy rzeki Biała ujęte w ESOP (kolor zielony) na tle rzek ujętych w ISOK (kolor czerwony)	33
Rys. 4.	Struktura system ESOP – czerwone elementy planowane są w ramach pilotażowego wdrożenia w niniejszym projekcie, granatowe elementy mogą być wdrożone w kolejnych etapach.	41
Rys. 5.	Wyniki prognostyczne modelu meteorologicznego (źródło: www.meteo.pl).....	43
Rys. 6.	Przykładowa kalibracja modelu hydrodynamicznego	44
Rys. 7.	Przykładowe okno Data Assimilation	45
Rys. 8.	Graficzny interfejs użytkownika programu Mike Customized Realtime, przykład wdrożenia na Słowenii.....	46
Rys. 9.	Graficzny interfejs użytkownika programu Mike Customized Realtime, przykłady wdrożenia w zlewni Nilu	47
Rys. 10.	Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized IMS	48
Rys. 11.	Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized Planning.....	48
Rys. 12.	Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized Realtime.....	49
Rys. 13.	Przykład panelu kontrolnego aplikacji DashBoard Manager, rzeka wraz z punktami pomiarowymi.....	50
Rys. 14.	Przykład danych z plików LAS	52
Rys. 15.	Przykład NMT – plik z rozszerzeniem *.asc. Barwa odzwierciedla rzędną terenu (jaśniejszy kolor – wyższa rzędna)	53
Rys. 16.	Przykład danych NMPT – plik z rozszerzeniem *.asc.....	54
Rys. 17.	Przykład ortofotomapy.	55
Rys. 18.	Przykład mapy topograficznej – układ współrzędnych 1965	56
Rys. 19.	Szkic miejsca pomiaru	56
Rys. 20.	Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Grybów na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001	59
Rys. 21.	Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Ciężkowice na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001	59
Rys. 22.	Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Koszyce Wielkie na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001.....	60
Rys. 23.	Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Grybów na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010	60

Rys. 24 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Ciężkowice na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010.....	61
Rys. 25 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Koszyce Wielkie na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010.....	61
Rys. 26. Przepływy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla profili wodowskazowych zlokalizowanych na rzece Białej (opracowanie IMGW)	62
Rys. 27. Rozkład punktów pomiarowych na rzece Białej oraz dopływach.....	65
Rys. 28. Poziom wody w Grybowie	66
Rys. 29. Poziom wody w Bobowej	66
Rys. 30. Poziom wody w Pławnie.....	67
Rys. 31. Poziom wody w Golance.....	67
Rys. 32. Poziom wody w Tuchowie.....	68
Rys. 33. Poziom wody w Pleśnej	68
Rys. 34. Poziom wody w Tarnowie	69
Rys. 35. Zestawienie wszystkich danych pomiarowych.....	69
Rys. 36. Dostępne oraz brakujące dane (LAS, NMT oraz NMPT).....	70
Rys. 37. Przykładowy ekran systemu monitoringu stanu wody ze strony www.prspect.pl	71
Rys. 38. Mapa z proponowaną lokalizacją stacji deszczomierzowych.	75
Rys. 39. Porównanie zagęszczenia siatki obliczeniowej modelu meteorologicznego 4x4 km oraz promieni radaru pogodowego mierzących wielkość opadu wysyłanych co 1°	76
Rys. 40. Wykorzystanie wskazań radaru w programie do modelowania sieci kanalizacyjnych	77
Rys. 41. Zasięg radaru pomiarowego, promień 60 km (lokalizacja Falkowa_2).....	79
Rys. 42. Zasięg 2 radarów pomiarowych z podziałem na promień 20 km i 60 km	81
Rys. 43. Przykładowy pulpit PMZŚ na urządzeniu mobilnym	97
Rys. 44. Pulpit PMZŚ na urządzeniu mobilnym	98
Rys. 45. Dodawanie ostrzeżeń na urządzeniu mobilnym	98
Rys. 46. Obraz radarowy na urządzeniu mobilnym	99
Rys. 47 Schemat usytuowania przekrojów korytowych i dolinowych.....	106
Rys. 48 Lokalizacja punktów głównych i pomocniczych.	107
Rys. 49 Porównanie wyników prognozy wystąpienia opadów z modelu meteorologicznego oraz danych pomierzonych (POD=1 pełna zgodność) dla dostępnych miesięcy	109
Rys. 50. Zasięg radaru pogodowego przedstawiony schematycznie	110

SPIS TABEL

Tab. 1. Straty powodziowe z poszczególnych gmin poniesione podczas powodzi w latach 2001 – 2010 (<i>kursywą</i> zaznaczono gminy biorące udział w projekcie).....	25
Tab. 2. Wyprzedzenie informacji o zagrożeniu.	26
Tab. 3. Dopływy rzeki Biała Tarnowska	28
Tab. 4. Zestawienie wszystkich gmin i miejscowości wchodzących w skład projektu	40
Tab. 5. Dostępne dane kartograficzne i geodezyjne	51
Tab. 6 Przepływy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla profili wodowskazowych na rzece Białej Tarnowskiej.	64
Tab. 7. Specyfikacja Deszczomierza MPS TRwS204.....	92
Tab. 8. Specyfikacja radaru LAWR	94
Tab. 9 Parametry miernika ultradźwiękowego oraz rejestratora	96
Tab. 10. Analiza finansowa Wariantu 1 rozbudowy sieci pomiarowej	100
Tab. 11. Analiza finansowa Wariantu 2 rozbudowy sieci pomiarowej	101
Tab. 12. Analiza finansowa Wariantu 3 rozbudowy sieci pomiarowej	102
Tab. 13. Porównanie kosztu zakupu i instalacji oraz kosztu eksploatacji dla Wariantu 1 i Wariantu 2 rozbudowy sieci pomiarowej.....	102

SPIS FOTOGRAFII

Fot. 1. Rzeka Muszynka w Krynicy - Zdroju	7
Fot. 2. Rzeka Biała - Grybów	8
Fot. 3. Miasto Grybów - rzeka Biała	9
Fot. 4. Rzeka Biała - Bobowa	10
Fot. 5. Rzeka Biała - Ciężkowice	11
Fot. 6. Rzeka Biała - Gromnik	12
Fot. 7. Skutki powodzi – Żalana ulica w Ryglicach	13
Fot. 8. Rzeka Biała - Pleśna	14
Fot. 9. Powódź w gminie Skrzyszów - rok 2010	14
Fot. 10. Rzeka Biała – Gmina Tarnów	15
Fot. 11. Potok Wątok – Gmina Tarnów	16
Fot. 12. Rzeka Biała – Miasto Tarnów	17
Fot. 13. Powódź w Mieście Grybów w 2010r.	18
Fot. 14. Powódź w Gminie Bobowa w 2010r.	19
Fot. 15. Powódź w Gminie Ciężkowice w 2009 i 2010r.	20
Fot. 16. Powódź w Gminie Tuchów	21
Fot. 17. Powódź w Gminie Pleśna w 2010r.	22
Fot. 18. Zdjęcie miejsca pomiaru	57
Fot. 19. Okolice lokalizacji Falkowa_1, Falkowa_2 i Falkowa_3	82
Fot. 20. Okolice lokalizacji Bruśnik_1, zdjęcie: www.pogorze.info	82
Fot. 21. Ostra Góra wraz z okolicą (Ra1)	83
Fot. 22. Okolice proponowanej lokalizacji radaru (Ra2)	84
Fot. 23. Koryto rzeki Biała w punkcie P1_Biała_Tarnowska	85
Fot. 24. Most i koryto rzeki Mostysza w punkcie P2_Mostysza	85
Fot. 25. Most i koryto rzeki Biała w punkcie P3_Grybów	86
Fot. 26. Most i koryto rzeki Jasienianka w punkcie P4_Jasienianka (na dolnych zdjęciach widoczny potok Chodorówka)	87
Fot. 27. Most i koryto rzeki Zborowianka w punkcie P5_Zborowianka	88
Fot. 28. Most i koryto rzeki Kąśnianka w punkcie P6_Kąśnianka	88
Fot. 29. Most i koryto rzeki Rzepianka w punkcie P7_Rzepianka	89
Fot. 30. Most i koryto rzeki Szwedka w punkcie P8_Szwedka	90
Fot. 31. Most i koryto rzeki Wątok w punkcie P9_Wątok	90
Fot. 32. Most i koryto rzeki Dunajec w punkcie P10_Dunajec.	91
Fot. 33. Radar pogodowy DHI – LAWR oraz szafka sterownicza wraz z komputerem PC.	93
Fot. 34. Przykładowa stacja do pomiaru poziomu wody w cieku wodnym	95

1 Wstęp

Głównym celem niniejszego projektu jest wyjście naprzeciw oczekiwaniom społecznym i zbudowanie systemu ostrzegającego przed zagrożeniem powodziowym, które w ostatnim czasie coraz częściej występują w zlewni rzeki Biała Tarnowska oraz jej dopływach. W ciągu minionych dwóch dekad zaobserwować można intensyfikację zjawisk pogodowych – w szczególności opadów atmosferycznych. Konsekwencją tego są m. in. pojawiające się nagle tzw. powodzie błyskawiczne. Zjawiska te charakteryzują się dużą dynamiką występowania – intensywny lokalny opad powoduje równie intensywne lokalne zjawiska powodziowe. Całość z reguły odbywa się w przeciągu kilkudziesięciu minut. Skutkiem tego są deszcze o niskim prawdopodobieństwie występowania (stuletnie, dwustuletnie) występujące coraz częściej – w ciągu ostatnich dwóch dekad wystąpiły co najmniej kilkakrotnie.

W konfrontacji z żywiołem najskuteczniejszą metodą minimalizacji strat jest powiadomienie odpowiednich władz i ludności cywilnej odpowiednio wcześniej w celu przedsięwzięcia odpowiednich procedur ewakuacyjnych, zabezpieczania obiektów, ratowania mienia itp. W tym celu należy skorelować dostępne dane oraz poddać je odpowiedniej analizie matematycznej. Dane odnośnie poziomów wód w poszczególnych miejscach koryt, dane o aktualnych opadach, dane z radarów oraz dane prognostyczne użyte, jako dane wejściowe nowoczesnych modeli matematycznych dają szczegółowy przestrzenny obraz zjawisk powodziowych mających nastąpić w przeciągu kilkudziesięciu najbliższych godzin.

Budowany Elektroniczny System Ostrzegania Powodziowego (nazywany dalej ESOP) realizowany przez DHI Polska we współpracy z czeskim oraz duńskim oddziałem DHI, zostanie ukończony do końca września 2014 roku i ma za zadanie pełnić funkcję ostrzegania o zagrożeniu.

Współcześnie w wielu dziedzinach naszej działalności, również w zakresie meteorologii i hydrologii, dysponujemy ogromną i wciąż rosnącą ilością dostępnych danych. Efektywne przetwarzanie tych danych staje się poważnym wyzwaniem, szczególnie w sytuacji kryzysowej, w której komfort pracy i działania jest z reguły najmniejszy. Systemy informatyczne budowane przez DHI wykorzystują do tego celu automatyczne, skomputeryzowane procedury oparte na skomplikowanych algorytmach analitycznych, obliczeniowych i dynamicznym modelowaniu prognostycznym. Generalną ideą systemu ESOP jest maksymalne wykorzystanie dostępnych źródeł danych i informacji w celu ich wielostopniowego, automatycznego przetworzenia do postaci konkretnych informacji użytecznych w obliczu zagrożenia powodziowego.



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



2 Podstawowe informacje na temat projektu

Celem projektu „Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska” jest opracowanie koncepcji oraz wykonanie systemu ostrzegania powodziowego ESOP. Projekt powstał z potrzeby uzyskanie rzetelnej oraz precyzyjnej informacji na temat nadchodzących lokalnych zjawisk powodziowych w zlewni rzeki Biała Tarnowska. Głównym zadaniem projektu jest opracowanie systemu agregującego oraz analizującego dostępne dane w celu wygenerowania odpowiednich map zagrożenia powodziowego oraz stosownych alarmów. System taki łączy modele matematyczne, hydrauliczne oraz hydrodynamiczne w specyficzne układy kaskadowe, gdzie wyniki jednego modelu stanowią dane wejściowe kolejnego modelu. System ESOP po wykryciu potencjalnego zagrożenia roześle alarmy do stosownych jednostek oraz wygeneruje mapy zalewowe, na których zaobserwować można zasięg oraz intensywność ewentualnego zjawiska powodziowego.

Projektem zostaną objęte miejscowości leżące w zlewni rzeki Biała Tarnowska, która stanowi prawy dopływ rzeki Dunajec w Rejonie Wodnym Górnej Wisły, zajmuje powierzchnię 983,3 km² (Rys. 1) i jest zamieszkały przez 270 tysięcy mieszkańców.



Rys. 1. Schemat zlewni rzeki Biała Tarnowska wraz z istniejącą siecią wodowskazów

3 Analiza otoczenia społeczno – gospodarczego projektu wraz z uwzględnieniem kontekstu dokumentów strategicznych

Wyniki prowadzonych ankiet (konsultacji społecznych) opisanych w pkt. 3.33.3 *Analizy specyficzne dla projektu i zidentyfikowane problemy* jak również badanie danych historycznych zgromadzonych w systemie pomiaru poziomu rzeki oraz własnych obserwacji jednoznacznie wykazują dużą częstotliwość zjawisk powodziowych w zlewni rzeki Białej. Typowy układ zlewni o górskiej charakterystyce i dużym spadku oraz niewielka przepuszczalność gruntu przyczyniają się do szybkiego spływu powierzchniowego wód opadowych. Powtarzające się zjawiska powodziowe mające miejsce w ostatnim czasie, w tym katastrofalna powódź z czerwca 2010 roku, kiedy uszkodzone zostały domy, infrastruktura kolejowa i drogowa pokazuje ewidentny brak rozwiązania pozwalającego na ostrzeżenie o zagrożeniu, z co najmniej kilkugodzinnym wyprzedzeniem. Nawet informacja z godzinnym wyprzedzeniem pozwoliłaby w tej sytuacji na odpowiednie skoordynowanie akcji ratunkowej. Z drugiej strony, należy jednak pamiętać o dynamice zachodzenia zjawisk pogodowych w zlewni Białej Tarnowskiej – w terenie górzystym kilkaset metrów przestrzennej różnicy w wystąpieniu zjawiska opadowego decydować może o braku lub wystąpieniu zdarzenia powodziowego.

W chwili obecnej brak jest systemu, który w skali całej zlewni byłby w stanie poinformować o nadchodzącym zagrożeniu powodziowym zarówno odpowiednie jednostki organizacyjne jak i mieszkańców. Lokalne podtopienia jak i powódź, która zdarzyła się w roku 2010 pokazuje, iż jest konieczność zbudowania systemu, który z kilkugodzinnym wyprzedzeniem będzie informował o zagrożeniu powodziowym. W chwili obecnej taki system na obszarze zlewni Białej nie funkcjonują bądź też ich funkcja prognostyczna jest bardzo ograniczona jak w przypadku monitoringu poziomu wód w 6 punktach pomiarowych na rzece Białą. Te punkty pomiarowe są częścią projektu wykonanego w przeszłości przez RWD Prospect. System ten mierzy na bieżąco poziom wody w poszczególnych miejscach rzeki Białą. Trzonem systemu jest 6 autonomicznych stacji pomiarowych, gdzie pomiar poziomu odbywa się poprzez pomiar odległości między głowicą miernika zamocowaną wysoko a lustrem wody. Położenie głowicy jest uwarunkowane przekrojem poprzecznym rzeki oraz wynikiem pomiarów geodezyjnych.

W momencie wystąpienia stanu zagrożenia system przekazuje informacje do sztabów kryzysowych poprzez system telefonii komórkowej. Prognoza zagrożenia powodziowego dla danego obszaru opiera się na wskazaniach poziomu wody w wyżej położonych punktach pomiarowych. W oparciu o funkcje statystyczne wyliczane są czas nadejścia fali powodziowej oraz jej szacunkowy obszar. Niestety zastosowanie takiej metody nie zapewnia prognozy dla całego obszaru zlewni, a jedynie dla obszarów położonych poniżej punktów pomiarowych. Sama prognoza jest bardzo lokalna, ukierunkowana jedynie na obszar wzdłuż rzeki Białą. W zastosowanym rozwiązaniu brak jest elementu prognozy zagrożenia powodzią przed momentem jej wystąpienia w którymkolwiek obszarze zlewni. Informacje o zagrożeniu dostajemy faktycznie w momencie, gdy ono występuje, powyżej, co ogranicza czas niezbędny do właściwego przygotowania się na niebezpieczeństwo.

3.1 Zadania gminy i powiatu w zakresie ostrzegania przed powodzią

Zgodnie z obowiązującym prawem, jednostki samorządowe w Polsce zobowiązane są do prowadzenia działań mających na celu monitoring i ostrzeganie powodziowe na swoim obszarze^{1 2 3}.

¹ Ustawa o samorządzie gminnym z dnia 8 marca 1990r.

² Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania.

Bardziej szczegółowo zadania te zostały przedstawione w poniższych punktach.

- Prognozowanie zagrożeń wraz z opracowaniem i organizacją działań zapobiegawczych,
- Wdrażanie programów inwestycyjnych mających na celu poprawić system ochrony przed powodzią od strony technicznej,
- Polityka w sprawie zabezpieczeń przed powodzią (podejmowanie decyzji i uchwał),
- Nadzorowanie systemu ostrzegania i alarmowania oraz działanie w zakresie ostrzegania i alarmowania ludności,
- Zapewnienie stałego przepływu informacji z instytucjami szczebla wojewódzkiego, powiatowego i gminami sąsiednimi,
- Stały monitoring zagrożeń wraz z konsultacją z poszczególnymi grupami,
- Koordynowanie współpracy ze środkami masowego przekazu,
- Ogłaszanie i odwoływanie pogotowia i alarmu przeciwpowodziowego oraz informowanie sił i środków przewidzianych do działań przeciwpowodziowych.
- Prognoza rozwoju sytuacji, ocenianie stopnia ryzyka, przygotowywanie analiz o zagrożeniach
- Prowadzenie bazy danych o siłach i środkach niezbędnych do efektywnego reagowania (baza ta powinna zawierać listę ekspertów i doradców),
- Ostrzeganie o stopniu zagrożenia jednostek i mieszkańców terenów najbardziej narażonych,
- Odbiór i analiza otrzymywanych informacji o stopniu zagrożenia(z jednostek takich jak IMGW i powiatowe centrum zarządzania kryzysowego),
- Informowanie o stanie przeciwpowodziowym poszczególnych jednostek, które są zobowiązane do wzięcia udziału w akcji przeciwpowodziowej,
- Przekazywanie decyzji do jednostek w terenie.

Realizacja systemu ESOP w znaczący sposób usprawni działania monitoringowe i ostrzegawcze na terenie zlewni rzeki Biała.

3.2 Zasięg projektu – rzeki Biała oraz dopływów

3.2.1 Gminy wchodzące w zakres projektu

Poniżej przedstawiono krótki opis każdej z gmin włączonej w projekt, gminy zostały wymienione w kolejności od źródła rzeki Biała do jej ujścia.

Gmina Krynica

Gmina położona w powiecie nowosądeckim. Liczba jego mieszkańców w roku 2012 wynosiła 16 980, obszar zajmowany przez miasto to 145,3 km². Najważniejsze rzeki to Kryniczanka, Muszynka, potok Palenica oraz Czarny Potok.

³ Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne.



Fot. 1. Rzeka Muszynka w Krynicy - Zdroju⁴

Gmina Grybów

Gmina położona w powiecie nowosądeckim. Najważniejsze rzeki tu występujące to Biała Tarnowska, Czerwony Potok, Pławianka, Wikle, Siołówka, Strzylawka, Polonianka, Potok Szarak, Czarnianka, Mostysza, Binczarka, Sudoł, Grodkówka, Biełnianka oraz Radlanka. Gmina zajmuje powierzchnię 153.01 Km², a liczba mieszkańców z roku 2012 to 24 216.

⁴ http://WWW.krynica-zdroj.pl/files/przelom_rzeki_muszynki.jpg



Fot. 2. Rzeka Biała - Grybów⁵

Miasto Grybów

Miasto Grybów zlokalizowane jest w powiecie nowosądeckim. Najważniejsze rzeki to Biała Tarnowska, Czerwony Potok, Pławianka, Wikle, Siołkówka oraz Strzylawka. Miasto zajmuje powierzchnię 16.95 Km², a liczba jego mieszkańców wynosi 6 175 (sytuacja w roku 2012).

⁵ http://WWW.grybow.pl/f/_r/1000-1000/s/166/7622/Galerie/52502/266458_Foto_20.jpg



Fot. 3. Miasto Grybów - rzeka Biała⁶

Gmina Bobowa

Gmina położona w powiecie gorlickim o powierzchni 49.84 Km² z tego użytki rolne stanowią 74% użytki leśne 16%. Gmina Bobowa zlokalizowana jest nad rzeką Białą. Inne rzeki gminy to potok Stróżnianka oraz potok Libuszanka. Populacja Gminy w roku 2012 wynosiła 9564 mieszkańców.

⁶ http://WWW.grybow.pl/f/_r/1000-1000/s/166/7622/Galerie/52502/266441_Foto_03.jpg



Fot. 4. Rzeka Biała - Bobowa ⁷

Gmina Ciężkowice

Gmina położona w powiecie Tarnowskim. Zajmuje obszar 103.22 Km². 61% powierzchni zajmują użytki rolne, zaś 30% tereny leśne. Gmina zlokalizowana jest nad rzeką Białą. Przepływają tutaj też potoki Kaśnianka, Zborowianka oraz Ostruszanka. Populacja w roku 2012 wynosiła 11 233 mieszkańców.

⁷ Fot. http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Bobowa_-_Bia%C5%82a_river.JPG



Fot. 5. Rzeka Biała - Ciężkowice⁸

Gmina Rzepiennik Strzyżewski

Gmina zlokalizowana w południowo-wschodniej części województwa małopolskiego w powiecie tarnowskim. Zajmuje obszar 70.23 Km², użytki rolne stanowią 73% a tereny leśne 20%. Populacja gminy w roku 2012 wynosiła 6 849 mieszkańców. Najważniejsze rzeki to Biała, potoki: Ropa, Rzepianka, Olszynka, Sitniczanka oraz Kamykówka.

Gmina Gromnik

Gmina wiejska położona w powiecie Tarnowskim. Gromnik zajmuje obszar 69.81 Km². Położona jest nad rzekami: Biała, Siemiechówka, Rzepianka, Kipsznianka, Poznanianka oraz potokiem Chojnicki. W roku 2012 populacja Gminy wynosiła 8 739 mieszkańców.

⁸ <http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/4497671.jpg>



Fot. 6. Rzeka Biała - Gromnik⁹

Gmina Ryglice

Gmina położona w powiecie Tarnowskim. Zajmuje obszar 116.81 Km², użytki rolne stanowią 67% gminy a tereny leśne 25%. Populacja w roku 2012 wynosiła 11 689 mieszkańców. Najważniejsze potoki gminy Ryglice to Uniszowianka, Wolnianka, Szwedka, Wątok oraz Zalasowianka.

⁹ <http://images.photo.bikestats.eu/zdjecie,600,366249,20130416,rzeka-bialagromnik.jpg>



Fot. 7. Skutki powodzi – Zalana ulica w Ryglicach ¹⁰

Gmina Tuchów

Gmina położona w powiecie Tarnowskim, zajmuje obszar 100.14 Km², użytki rolne stanowią 65% a użytki leśne 23%. Populacja w roku 2012 wynosiła 18 140 osoby. Najważniejsze rzeki gminy to: rzeka Biała, potoki Kąśnianka, Zborowianka, Szwedka, Siedliszanka, Mesznianka, Rostówka, Burzynianka, Dąbrówka, Młynówka, Radlanka.

Gmina Pleśna

Gmina położona w powiecie Tarnowskim, zajmuje powierzchnię 83.65 Km², a liczba ludności w roku 2012 wyniosła 11 859. Użytki rolne stanowią 59%, użytki leśne zaś 29% powierzchni. Najważniejsze rzeki gminy to: Biała, potoki: Pleśnianka, Lubinka, Rzuchowianka, Dąbrówka, Lasowa Rzeka, Siedliski i Szczepanowski.

¹⁰ <http://zurowa.files.wordpress.com/2010/06/zalana-ulica-tuchowska-utopione-3-samochody.jpg>



Fot. 8. Rzeka Biała - Pleśna¹¹

Gmina Skrzyszów

Gmina zlokalizowana w powiecie Tarnowskim, zajmuje obszar 86.23 Km². Użytki rolne stanowią 75% gminy, a użytki leśne 15%. Populacja w roku 2012 wynosiła 13 776 osób. Najważniejsze ciekі w gminie to potoki: Korzeń, Wątok oraz Kozi.



Fot. 9. Powódź w gminie Skrzyszów - rok 2010¹²

¹¹ <http://www.biala.prospect.pl/wizualizacja/PLBI.jpg>

Gmina Tarnów (gmina wiejska)

Gmina w powiecie Tarnowskim, z siedzibą w Tarnowie. Gmina Tarnów zajmuje obszarze 82.81 km², użytki rolne stanowią 71% powierzchni a tereny leśne 13%. Populacja gminy w czerwcu 2012 roku wyniosła 24 844 mieszkańców. Najważniejsze rzeki gminy to: rzeka Dunajec i rzeka Biała, potoki: Wątok, Przemes, Radlanka, Tarnowianka, Spod Koszyc, Spod Zglobic, Spod Pałcza.



Fot. 10. Rzeka Biała – Gmina Tarnów¹³

¹² <http://www.skrzyszow.pl/fot/DSC.00092.JPG>

¹³ <http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/61484558.jpg>



Fot. 11. Potok Wątok – Gmina Tarnów¹⁴

Miasto Tarnów

Miasto leżące na obszarze 72.81 Km². Liczba mieszkańców w roku 2012 wynosiła 112 952. Najważniejsze rzeki to: rzeka Dunajec i Biała, oraz potoki: Wątok, Żabnica, Rów Klikowski, dopływ Brzozówki, potok Przemieszew, potok Struśiński, potok Rów Chyszowski, dopływ spod Brzezinki, dopływ spod Zawady, Stary Wątok, dopływ z Woli Rzędzińskiej, dopływ spod Wychylówki¹⁵.

¹⁴ <http://www.szynwald.pl/images/stories/wody-watok/watok-biala3095a.jpg>

¹⁵ WWW.wios.tarnow.pl



Fot. 12. Rzeka Biała – Miasto Tarnów

3.3 Analizy specyficzne dla projektu i zidentyfikowane problemy

3.3.1 Analiza ankiet z poszczególnych jednostek samorządowych

W ramach niniejszego projektu do jednostek nim objętych rozesłane zostały ankiety mające na celu zebranie informacji niezbędnych do wykonania systemu ESOP. Dodatkowo zgromadzone zostały dane nt. odnotowanych w ostatnich latach powodzi. Wszystkie te dane zostały przeanalizowane oraz poddane odpowiedniej ewidencji.

W wyniku powyższych działań możliwe jest określenie terenów najbardziej zagrożonych w rozbiciu na gminy i zlewnie (kolejność w dół od źródła rzeki Biała):

Gmina i Miasto Krynica - zjawiska powodziowe występujące na tym terenie spowodowane są krótkotrwałymi intensywnymi opadami deszczu, co skutkuje szybkim przybieraniem wód w potokach i strumykach górskich oraz występowaniem osuwisk na terenie całej gminy. Niebezpieczeństwo zalania występuje dla: Szpitala Powiatowego, Ujęć Wody Pitnej, Rozdzielni gazu oraz wysypiska śmieci. Na terenie Gminy i Miasta Krynica nie istnieje system bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniach powodziowych jak również brak jest technicznych obiektów przeciwpowodziowych.

Gmina i Miasto Grybów – Gmina i Miasto Grybów wskazały, że zjawiska powodziowe na tym terenie związane są z intensywnymi, krótkotrwałymi deszczami. Główne zagrożenie pochodzi od rzeki Biała Tarnowska, dla Miasta Grybów również od potoków: Czerwony Potok i Widlak. Niebezpieczeństwo zalaniem występuje dla: budynków prywatnych, Oczyszczalni Ścieków, Ujęcia Wody Pitnej, budynku zabytkowej Wikarówki, budynków MPGK w Grybowie, Ośrodka Pomocy Społecznej, cmentarza komunalnego, budynku OSP, Zespołu Szkół Zawodowych,

Przedszkola, boiska sportowego, firmy Mikulec, firmy Stolbud. Zarówno na obszarze Gminy jak i Miasta Grybów nie istnieje system bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniu powodziowym. Na terenie Miasta Grybów brak jest technicznych obiektów przeciwpowodziowych, natomiast Gmina Grybów w miejscowościach Białą Niżną i Stróżę posiada nowo wybudowany wał przeciwpowodziowy o długości ok. 1400 m.



Fot. 13. Powódź w Mieście Grybów w 2010r.

Gmina i Miasto Bobowa – zjawiska powodziowe związane są tu z długotrwałymi lub nawałnymi opadami deszczu. Głównym zagrożeniem jest rzeka Biała Tarnowska, która występuje z koryta na całej swojej długości. Największe zagrożenie stanowi dla miejscowości Wilczyska, Jankowa, Bobowa, Siedliska i Sędziszowa. Oprócz zabudowy mieszkalnej na działanie fali powodziowej narażone są:

- Wilczyska: Dom Ludowy, Zespół Szkolno-Przedszkolny, Remiza OSP
- Jankowa: Cegielnia, Kaplica i Mleczarnia; Bobowa -Stacja Uzdatniania Wody, Stadion Miejski, Piekarnia Bobowska, Stacja Paliw Szpila
- Siedliska: Oczyszczalnia Ścieków.

Dodatkowym zagrożeniem są tu potoki w szczególności potok Stróżnianka, w którego zasięgu znajdują się: Dom Ludowy, Remiza OSP oraz Szkoła Podstawowa w Stróżnej. Gmina Bobowa nie posiada infrastruktury przeciwpowodziowej.



Fot. 14. Powódź w Gminie Bobowa w 2010r.

Gmina Ciężkowice - zjawiska powodziowe związane tu są z intensywnymi opadami i szybkim spływem powierzchniowym. Głównym zagrożeniem jest rzeka Biała Tarnowska, która tak jak w Gminie Bobowa występuje tu z koryta na całej swojej długości. Największe zagrożenie stanowi dla budynków mieszkalnych, Stacji Uzdatniania Wody Pitnej, Ujęcia Wody Pitnej Dla Ciężkowic, Oczyszczalni Ścieków, Zakładu Energetycznego, Zajazdu Relax, Baru Smakosz, Posterunku Policji, Zakładu Przetwórstwa Mięsnego Rolmies, Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych Kombud, Stacji Auto Gaz oraz boiska sportowego z budynkami gospodarczymi Klubu Sportowego Ciężkowianka. Najbardziej zagrożone tereny znajdują się przy ujściach potoków do Białej. Dodatkowe zagrożenie stanowią potoki:

- p. Zborowianka: Warsztat samochodowy, Betoniarnia, Zakład Uboju Zwierząt, domy prywatne;
- p. Ostruszanka: domy prywatne; p. Kaśnianka: domy prywatne, Tartak, Skład materiałów Budowlanych, Przetwórnia Owocowo – Warzywna.

Gmina posiada system informowania mieszkańców o zagrożeniu w formie powiadomienia sms oraz obiekty techniczne przeciwpowodziowe: wały przeciwpowodziowe, palisadę betonową wzdłuż drogi wojewódzkiej. Straty w infrastrukturze komunalnej po powodzi z 2010 r. wyniosły tu około 5 mln. zł.



Fot. 15. Powódź w Gminie Ciężkowice w 2009 i 2010r.

Gmina Rzepiennik Strzyżewski – w wyniku długotrwałych opadów deszczu istnieje możliwość wystąpienia wody z koryt i potoków „Rzepianka” i „Olszynka”, co powoduje lokalne powodzie i podtopienia, (centrum Rzepiennika Strzyżewskiego, Rzepiennika Biskupiego oraz Olszyn). Na terenach tych nie znajdują się obiekty wymagające szczególnej i indywidualnej ochrony przeciwpowodziowej. Gmina nie posiada systemu bezpośredniego systemu ostrzegania przeciwpowodziowego oraz nie istnieją na tym terenie obiekty przeciwpowodziowe.

Gmina Gromnik - zjawiska powodziowe związane są z intensywnym, krótkotrwałym opadem deszczu. Głównym zagrożeniem jest tu rzeka Biała Tarnowska oraz równie istotne potoki Rzepianka, Chojniczanka, Pożnianka, Siemiachówka. W obrębie ich zasięgu zalewowego znajdują się domy prywatne, Ujęcie Wody Pitnej, Oczyszczalnia Ścieków, Szkoła Podstawowa, Cmentarz, Kaplica, Dom Ludowy, Kościół, Gminny Ośrodek Kultury, Sklepy. Gmina Gromnik nie posiada infrastruktury przeciwpowodziowej.

Gmina i Miasto Ryglice - zjawiska powodziowe na tym terenie związane są z intensywnymi opadami deszczu. Potok Szwedka stanowi główne i największe zagrożenie powodziowe na terenie miejscowości Kowalowa, Joniny, Ryglice, Uniszowa oraz Bistuszcza. Potok Zalasowianka stanowiący zagrożenie dla miejscowości Zalasowa, potok Wolanka: Wola Lubecka i Lubcza. Ich wezbrania stanowią groźbę zalania dla budynków zabudowy mieszkalnej, gospodarczej, budynku OSP, oczyszczalni ścieków, Ośrodka Zdrowia, budynku Wielofunkcyjnego "Perła Lubczy" (w tym OSP Lubcza), boiska sportowego. Nie istnieje tu system bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniu powodziowym oraz brak jest technicznych obiektów przeciwpowodziowych.

Gmina i Miasto Tuchów - występujące zjawiska powodziowe spowodowane są intensywnymi opadami na terenie gminy Tuchów oraz w gminach powyżej Tuchowa, powodujące wezbrania

wód w rzece Biała. Dodatkowym czynnikiem są gwałtowne przybory wód w lokalnych dopływach rzeki Biała tj. w ciekach: Szwedka, Burzynianka, Rostówka, Karwodrzanka, Siedliszczanka, Mesznianka, Dąbrówka, a także inne mniejsze potoki. Obiekty o szczególnym znaczeniu wymagające indywidualnych zabezpieczeń przeciwpowodziowych to: ujęcie wody pitnej, obiekty związane z produkcją/transmisją energii elektrycznej, gazu, Oczyszczalnia Ścieków, szkoła w Dąbrówce Tuchowskiej oraz ośrodek zdrowia w Siedliskach. Na terenie miasta Tuchów znajdują się obiekty ochrony przeciwpowodziowej (wały), nie istnieje zaś system bezpośredniego ostrzegania o zagrożeniach powodziowych



Fot. 16. Powódź w Gminie Tuchów

Gmina Pleśna - zjawiska powodziowe na tym terenie związane są z intensywnymi, krótkotrwałymi deszczami. Zagrożenia stanowi potoki Lichwiński, Rychwałdzianka, Pleśnianka, Potok z Dolisk, Szczepanowski, Świebodziński, Woźniczna. W rejonie zalewowym występują: budynki mieszkalne, gospodarcze, Oczyszczalnia Ścieków, Stacja Redukcyjna Gazu, stacja kolejowa. Gmina nie posiada systemu bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniach. Informacja o zagrożeniach umieszczana jest na stronie internetowej gminy, telefonicznie informowani są mieszkańcy terenów zagrożonych nadejściem fali powodziowej w oparciu o istniejący monitoring prowadzony przez Starostwo Powiatowe w Tarnowie. Na tym terenie brak jest obiektów przeciwpowodziowych w rejonie rzeki Biała Tarnowska.



Fot. 17. Powódź w Gminie Pleśna w 2010r.

Gmina Skrzyszów - zjawiska powodziowe na terenie gminy związane są z intensywnymi, krótkotrwałymi opadami deszczu. Niebezpieczeństwo zalania spowodowane jest przez potoki: Wątoczek, Korzeń i Wątok. Zagrożone są tu budynki mieszkalne, przepompownie ścieków, stacje benzynowe, budynek wielofunkcyjny w Łękawicy (Ośrodek Zdrowia, Przedszkole). Nie istnieje tu system bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniu powodziowym oraz brak jest technicznych obiektów przeciwpowodziowych. W trakcie budowy jest zbiornik retencyjny na Potoku Korzeń, przewidywane w umowie zakończenie to marzec 2014. Zaplanowano również wykonanie dwóch suchych polderów.

Miasto Tarnów - górski charakter rzek i potoków w mieście Tarnowie, gdzie wskaźnik opadu i odpływu przewyższają średnie wartości dla Polski są przyczyną zagrożenia powodziowego. Kolejnym elementem zwiększającym wystąpienie zagrożenia powodziowego są szybkie i gwałtowne wezbrania rzek i potoków przepływających przez Tarnów spowodowane opadami osiagających nawet 200 mm/dobę. Stwierdzono również, że największe zagrożenie powodziowe stwarza dorzecze Dunajca oraz, że szczególny wpływ na przyrost stanu wód po wystąpieniu intensywnych lub długotrwałych opadów deszczu jest potok Wątok, stwarzający bezpośrednie zagrożenie powodziowe dla Tarnowa. W rejonie szczególnego zagrożenia powodzią są budynki mieszkalne, teren ogródków działkowych „Semafor”, natomiast obiektami szczególnej ochrony przeciwpowodziowej są: Grupa Azoty S.A., Zakłady Mechaniczne Tarnów S.A., Fabryka Silników Elektrycznych „TAMEL” S.A., Sokołów S.A., Przedsiębiorstwo Przemysłu Chłodniczego „Fritar”, „LINDE – GAZ” – Polska Spółka z o. o., Tarnowskie Wodociągi Sp. z o. o., SUW Zbylitowska Góra, Ujęcie Wód Infiltracyjnych w Kępie Bogumiłowickiej, SUW Świerczków, Zakład Oczyszczalni Ścieków, MPEC – Ciepłownia „Piaskówka” wraz z magistralą ciepłowniczą, Karpacka Spółka Gazownictwa Sp. z o. o. Oddział Zakład Gazowniczy w Tarnowie, TAURON Dystrybucja S.A. Rejon Dystrybucji Tarnów, Komenda Straży Miejskiej, Most drogowy na ul. Krakowskiej, mosty i wiadukty. Na terenie miasta Tarnowa procedury ostrzegania ludności o zbliżającym się zagrożeniu zostały rozbudowane o system ostrzegania ludności za pomocą wiadomości SMS. W przypadku wystąpienia zagrożenia komunikaty / ostrzeżenia przesyłane są do odbiorców, którzy zostali ujęci w systemie w grupie „anomalia pogodowe”. Istnieje również możliwość przesyłania wiadomości SMS pomiędzy innymi grupami (np. „sport”, „kultura”). Z obiektów przeciwpowodziowych na terenie Tarnowa występują jedynie

wały przeciwpowodziowe, których stan jest kontrolowany przez ich administratora z udziałem pracownika Urzędu Miasta Tarnowa.

Gmina Tarnów - zjawiska powodziowe na terenie gminy związane są z intensywnymi, krótkotrwałymi opadami deszczu. Powodują one gwałtowny przybór spływającej z okolicznych górtek wody w potoku Radlanka w miejscowości Poręba Radlana. Dodatkowo ulewne deszcze gromadzą wodę spływającą poprzez sieć melioracyjną do potoku płynącego przez Koszyce Małe wzdłuż ulic Źródła i Spacerowa. Obiekty o szczególnej ochronie przeciwpowodziowej: Stacja Rozdzielcza (400/110 kV) Tarnów w miejscowości Radlna oraz przepompownia ścieków – Koszyce Wielkie. Na terenie gminy istnieje system powiadamiania o niebezpieczeństwie za pomocą usługi SMS oraz istnieją na terenie gminy wały przeciwpowodziowe, których zarządcą jest Rejonowy Zarząd Gospodarki Wodnej.

PSP Nowy Sącz – Najbardziej zagrożonymi obszarami na zjawiska powodziowe są miejscowości: Biała Niżna, Stróże oraz Kąclowa. Obiektami szczególnej ochrony powodziowej są: skansen w Nowym Sączu, ujęcie wody pitnej w Świniarsku, transformator w Białej Niżnej, rurociąg gazowy w Piątkowej, most kolejowy w Nowym Sączu, OŚ w Nowym Sączu, cmentarza w Kąclowej oraz DPS w Wielopolu. W obrębie analizowanego terenu znajdują się obiekty ochrony powodziowej należące do RZGW w Krakowie. Nie istnieje natomiast system ostrzegania powodziowego.

PSP Gorlice – większość wsi i innych miejscowości znajduje się na wzniesieniach, dlatego zjawiska związane z wezbraniem lokalnych rzek i potoków nie są, aż tak uciążliwe. Dodatkowo na północy gminy Bobowa znajdują się łąki, które stanowią naturalny polder. Większe zagrożenie natomiast stanowią zjawiska związane z osuwiskami. Na terenie gminy obiektami o szczególnym znaczeniu są: ujęcie wody pitnej w Bobowej, stacja paliw w Bobowej oraz stacja PKP w Bobowej. Poza wspomnianym naturalnym polderem gmina nie posiada innych urządzeń hydrotechnicznych zabezpieczających przed skutkami powodzi, ani żadnego systemu ostrzegania powodziowego.

PSP Tarnów – Na obszarze działania KM PSP w Tarnowie znajdują się miejsca, które często podczas dłuższych i nagłych opadów stwarzają zagrożenie powodziowe. Do miejsc tych należą:

- a. W Miejscowości Pleśna, Rzuchowa, Łowczówek dochodzi do zalewania terenów związane z brakiem wałów przeciwpowodziowych. W miejscowości Janowice droga Janowice – Zakliczyn jest zalewana w wyniku zbyt niskich wałów przeciwpowodziowych na rzece Lubinianka.
- b. Wystąpienie wód z potoku Paleśnianka w miejscowości Gwoździec – dochodzi do zalania drogi Melsztyn – Dębno. Częste zalewanie drogi nr 975 na odcinkach Malsztyn Charzewice oraz Roztoka- Olszyny.
- c. Zalewanie miejscowości Gromnik spowodowane takimi czynnikami jak: wylewanie potoku Poźnianka, zbyt mała drożność przepustu pod torami PKP na rowie odprowadzającym wodę z osiedla Centrum.
- d. Rzeczka Więckówka w miejscowości Więckowice zalewa odcinek drogi Wojnicz – nowy Sącz. Wezbrania na rzeczce spowodowane są zbyt małym przepustem pod drogą.
- e. W miejscowości Pławna dochodzi do częstego zalewania drogi nr 977 Tarnów- Krynica (brak wałów przeciwpowodziowych na rzece Biała).
- f. W miejscowości Ciężkowice dochodzi do zalań obiektów w wyniku przelewania się wody przez zbyt niskie wały (osiedle Zazdrość). Inną przyczyną jest istnienie takich obiektów jak budynek rzeźni, okolice boiska sportowego czy niektóre sklepy znajdują się przed wałem przeciwpowodziowym.
- g. W miejscowości Łętowice, Szujec, Rudka – rowy Rudecki i Ulga nieuregulowane ujścia do rzeki „Dunajec“ powodujące duże spiętrzanie się wody. W Gosławicach zamknięcie śluzy na wale rzeki Dunajec powoduje brak możliwości odpływu wody.
- h. Na odcinku Ryglice – Tuchów (gmina Ryglice) znajduje się bardzo wąskie koryto rzeki Szwedka. Większa ilość wody powoduje zrywanie mostków dojazdowych do posesji i zalewanie drogi Ryglice – Tuchów. Wąskie koryto rzeki Wolanka w centrum miejscowości

- Lubcza powoduje wylewanie się wody na pobliskie posesje. Ta sama sytuacja zachodzi w przypadku źródeł potoku Wątok.
- i. W miejscowościach Skrzyszów i Łękawica – brak wałów i nieuregulowane koryto potoku Wątok powoduje wylewanie wody i zalewanie niżej położonych posesji.
 - j. Na terenie gminy Rzepiennik Strzyżewski wąskie i nieuregulowane koryto potoku Rzepianka powoduje cofanie wody poprzez kanał burzowy w centrum miejscowości i zalewanie budynków.
 - k. W mieście Tarnów – brak wałów na rzece Biała w rejonie ul. Św. Katarzyny na odcinku ok. 500 m powoduje zalewanie blisko położonych ogródków działkowych „Semafor“.

Analiza danych przesłanych przez gminy wskazuje, że działania odpowiednich służb zabezpieczające przed zalaniem zostają rozpoczęte po przekroczeniu przez rzeki stanu alarmowego. Działania te to np. podnoszenie wałów powodziowych na Białej przy użyciu rękawów powietrznych (o wysokości około 60-70 cm.), zabezpieczenie i umacnianie wałów powodziowych oraz budynków przy użyciu worków z piaskiem, ewakuacja osób zagrożonych, ewakuacja zwierząt. Moment przekroczenia stanu alarmowego rzeki jest jednak zbyt późną informacją o nadchodzącej fali powodziowej. Wszystkie ww. czynności mogłyby być efektywniejsze i przeprowadzone wcześniej, gdyby na tym terenie istniał już ESOP. Szybciej zorganizowane zostałyby służby pomocnicze, używany sprzęt z gmin niezagrażonych, lepiej zorganizowana byłaby komunikacja, zwiększona byłaby świadomość społeczna a co za tym idzie ograniczone do minimum fałszywe alarmy i ryzyko zaistnienia paniki.

W raporcie Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Tarnowie w nawiązaniu do pisma KRM.0065-8/2/2010 z dnia 5 marca 2010 roku przedstawiła informacje na temat akcji przeciwpowodziowej z dni 26-29 czerwca 2009 roku na terenie miasta Tarnowa. Wymieniono przedsięwzięcia organizacyjno-techniczne lub rozwiązania prawne:

- konieczność reorganizacji łączności radiowej z jednostkami OSP w sytuacji zdarzeń masowych na terenie powiatu,
- uruchomienie informacji (np. internetowej) o aktualnym stanie przejezdności dróg,
- zwiększenie środków finansowych na rozbudowę i utrzymanie urządzeń melioracyjnych, wałów przeciwpowodziowych,
- opracowanie jednolitego programu gospodarki wodnej w dorzeczu rzeki Białej z wyznaczeniem polderów, budową zbiorników retencyjnych oraz poprawą zabezpieczeń terenów zabudowanych, w tym naprawa wałów, przywrócenie pierwotnego przekroju koryta przez usunięcie namulisk, wzmocnienie elementów mostów (filary, przyczółki),
- uporządkowanie zagospodarowania terenów zalewowych w zakresie zadrzewienia, budowli, prac ziemnych ingerujących w spływ wody,
- zwiększenie przepustowości mostów w ramach ich napraw po powodzi i planowych remontów,
- planowanie przebudowy i modernizacji dróg i mostów, torowisk PKP z uwzględnieniem zagrożeń powodziowych.

Wymieniono tu m.in. pytania, wnioski i propozycje w zakresie usprawnienia działania kryzysowego:

- budowa systemu monitoringu i ostrzegania mieszkańców wzdłuż Wątku i Strusiniarki poprzez wyznaczenie obiektów zagrożonych i ostrzeganie syrenami, telefonicznie, sms-owo,
- modernizacja bazy Centrum Zarządzania Kryzysowego Tarnowa,
- regulacja Wątku na całej długości,
- popularyzacja wiedzy o sposobach zachowań w sytuacji zagrożenia powodziowego,
- koordynacja z Gminą Skrzyszów i Starostwem Powiatowym w Tarnowie regulacji Wątku, Strusiniarki i Białej i utworzenia polderów lub zbiornika retencyjnego.

Tab. 1. Straty powodziowe z poszczególnych gmin poniesione podczas powodzi w latach 2001 – 2011 (*kursywą* zaznaczono gminy biorące udział w projekcie)¹⁶

GMINY	Infrastruktura komunalna	Infrastruktura drogowa gminna	Uprawy rolne	Budynki mieszkalne i gospodarcze	Zakłady pracy	RAZEM [PLN]
Bobowa	967 300	14 319 860	2 530 000	2 538 555,94		20 355 716
Ciężkowice	2 394 500	10 669 700	2 695 770	6 210 000	1 295 000	23 264 970
Gromnik	5 414 536	11 275 023	2 082 862	1 709 233		20 481 654
Grybów-gmina		32 215 125		1 103 652		33318777
Grybów-miasto	7 048 700	17 569 772	3 000	73 300		24 694 772
Korzenna	30 000	11 949 210,80	948 020,25	721 563,49	500 000	14 148 795
Krynica-Zdrój	525 000	1 851 000	7 500			2 383 500
Łabowa	1 556 450	14 429 500		391 736		16 377 686
Łużna	1 187 120	8 360 526	41 710,40	144 828		9 734 184
Moszczenica	56 000	739 900				795 900
Pleśna	18 488 562	15 757 280	1 220 800	858 082		36 324 724
Ryglice	1 817 000	18 208 730	126 519,80	1 834 896,76	3 564 075	25 551 221
Rzepiennik Strzyżewski	2 318 000	7 553 000	250 000			10 121 000
Skrzyszów	603 000	12 251 340	2 461 197	1 209 941		16 525 478
Tarnów-gmina	3 861 000	36 356 000	181 000	1 571 200		41 969 200
Tarnów-miasto	3 447 434	1 270 000	2 324 244	1 446 512		8 488 190
Tuchów	9 888 933	28 863 315	2 283 343	382 325	5 373 000	46 790 916
Uście Gorlickie	1 479 000	28 690 197		744 850		30 914 047
RAZEM	61 082 535	272 329 479	17 155 966	20 940 675,19	10 732 075	382 240 730,26

W większości przypadków omawiane miasta i gminy nie posiadają żadnych zabezpieczeń przeciwpowodziowych. Jedynie Ciężkowice, Tuchów oraz Gmina i Miasto Tarnów zadeklarowały posiadanie wałów przeciwpowodziowych czy palisad betonowych. Wały przeciwpowodziowe znajdują się w zarządzie jednostek nadzorowanych przez:

- Małopolski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych (MZMiUW) – Tuchów,

¹⁶ Straty powodziowe z gmin – dane udostępnione przez Starostwo Powiatowe w Tarnowie

- Rejonowy Zarząd Gospodarki Wodnej – Gmina Tarnów,
- Małopolski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych (MZMiUW), Inspektorat Rejonowy w Tarnowie – Miasto Tarnów,
- Zarząd Gminy Ciężkowice.

Wymienione wyżej jednostki administracyjne, na których terenie znajdują się zabezpieczenia przeciwpowodziowe nie posiadają informacji o stanie jakościowym tych zabezpieczeń. Wyjątkiem jest tu Gmina i Miasto Tarnów, które wskazały na zadowalający i niebudzący zastrzeżeń stan obwałowania znajdujących się na jej terenie.

Podczas ostatnich zdarzeń powodziowych na terenie Gmin Ciężkowice i Tarnów zabezpieczenia funkcjonowały prawidłowo. Po wykonaniu przeglądu technicznego stanu obwałowań w Gminie Tarnów stwierdzone zostały drobne ubytki w kilku miejscach wału spowodowane podmyciem. W Mieście Tarnów podczas stanów powodziowych zaobserwowane zostały nieszczelności wałów w rejonie ulic: Krakowskiej, Dąbala i Mościckiego. W Tuchowie z kolei podczas występowania zdarzeń powodziowych wały okazały się niewystarczające. Fala powodziowa sięgała 1 m powyżej korony wałów.

Odnosnie preferowanego rodzaju ostrzeżenia przeciwpowodziowego wszystkie podmioty biorące udział w ankiecie wskazały za najbardziej pomocne narzędzie usługę SMS oraz e-mail. Wiele gmin wskazało, iż w celu szybkiego i skutecznego reagowania na zaistniałe zagrożenie konieczne jest posiadanie jak największej ilości danych, deklarując tym samym zainteresowanie wszystkimi możliwymi typami ostrzeżeń (Ciężkowice, Tuchów, Miasto Tarnów).

Zasadniczo każdy z ankietowanych podmiotów wskazywał inną odpowiedź na pytanie dotyczące wyprzedzenia, z jakim dotarłyby informacje o możliwym zagrożeniu. W związku z tym odpowiedzi zostały ujęte w formie tabeli, która pokazuje jak ważna jest informacja o zagrożeniu podana nawet kilkugodzinnym wyprzedzeniem.

Tab. 2. Wyprzedzenie informacji o zagrożeniu.

Podmiot ankietowany	Czas informacji o zagrożeniu przed wystąpieniem zdarzenia [h]
G. Bobowa	3
G. Ciężkowice	3
G. Gromnik	5
G. Grybów	4 – 5
M. Grybów	3 - 5
G. Krynica	–6 - 48
G. Pleśna	3 - 4
G. Ryglice	6 - 12
G. Skrzyszów	24
G. Tarnów	–24 - 48
M. Tarnów	Jak najwcześniej
G. Tuchów	4 - 6
PSP Nowy Sącz	2
PSP Gorlice	1 – 1.5
PSP Tarnów	3

Odnosnie rodzaju informacji zawartych w systemie ostrzegania najczęściej wskazywanymi były:

- przewidywany poziom wody,
- czas rozpoczęcia zalewania,
- czas nadejścia fali kulminacyjnej,
- mapy zalewowe,
- przewidywany zasięg zalania,
- przepływ.

Gmina Tuchów wskazała również: mapy głębokości, czas utrzymywania się fali oraz ilość osób i gospodarstw do ewakuacji.

Wszystkie Gminy i Miasta wskazały, iż na ich terenach znajdują się obiekty o szczególnym znaczeniu, wymagające indywidualnych zabezpieczeń przeciwpowodziowych. Obiekty te zostały wyszczególnione na załączonych do raportu mapach i ankietach, które dodatkowo zawierają informacje o instytucjach, które mają być informowane o nadchodzącym zagrożeniu

Jak wynika z powyższej analizy zlewnia rzeki Biała Tarnowska stanowi zagrożenie powodziowe w większej części swojego biegu. Intensywne opady deszczu powodują szybkie wezbranie wody w okolicznych potokach a co za tym idzie w samej rzece. Odpowiednio wczesne prognozy wystąpienia opadów nawalnych wygenerowane przez radar pogodowy w połączeniu z systemem ostrzegania przeciwpowodziowego umożliwiłyby szybką reakcję umożliwiającą wczesną ewakuację mieszkańców, przygotowanie i zabezpieczenie budynków przez odpowiednie służby. Większość gmin jednak nie posiada system bezpośredniego informowania mieszkańców o zagrożeniu powodziowym, a co za tym idzie nie ma jednej szybkiej i niezawodnej metody informacji o zagrożeniu. Frekwencja występowania powodzi w opracowywanym rejonie jest wysoka, co dodatkowo potwierdza zasadność wprowadzenia systemu wczesnego ostrzegania.

3.3.2 Zlewnia Białej Tarnowskiej – warunki hydrologiczne¹⁷

Zlewnia Białej Tarnowskiej położona jest na obszarze dwóch dużych regionów geomorfologicznych:

- Pasma Beskidów (Beskid Niski),
- Podgórze Karpackie (Wiśnickie, Ciężkowickie i Strzyżowskie)

Rzeka Biała Tarnowska jest prawobrzeżnym dopływem Dunajca o długości całkowitej 101,8 km, uchodzącym w 30,3 km jego biegu. Rzeka odwadnia zbocza Ostrego Wierchu, Lackowej i Białej Skąty. Biała Tarnowska bierze początek w Beskidzie Niskim na wysokości 900 m n.p.m. Do Grybowa przyrost zlewni Białej jest znikomy, a jej powierzchnia na wysokości wodowskazu Grybów wynosi 209,7 km². Wpływając na teren Pogórza Ciężkowickiego Biała zwiększa powierzchnię zlewni do 412 km². Dolina rzeki jest tu dość wąska wycięta w piaskowcach Pogórza Ciężkowickiego. Wzdłuż biegu rzeka przyjmuje szereg dopływów prawo- i lewobrzeżnych m.in. potoki: Kąśnianka, Zborowianka i Szwedka. Deniwelacje terenu w zlewniach dopływów wahają się między 100 a 200 m. Poniżej Tuchowa dolina Białej rozszerza się do 2-3 m, a następnie rzeka tworzy przełom przez wzgórza zbudowane z łupków piaskowca. Poniżej ujścia dopływu Spod Ostrej Góry Biała wypływa z Karpat do Kotliny Sandomierskiej. W km 7,6 przyjmuje prawostronny dopływ Wątok. Przy ujściu do Dunajca powierzchnia zlewni Białej Tarnowskiej wynosi 983,3 km².

¹⁷ Praca zbiorowa 1987. Atlas Hydrologiczny Polski, tom 1, Wyd. Geolog., Warszawa

Tab. 3. Dopływy rzeki Biała Tarnowska

L.p	Nazwa potoku	Długość potoku [km]	Powierzchnia zlewni potoku [km ²]	Km. ujścia potoku do rz. Biała Tarnowska [km]	Powierzchnia zlewni Białej w miejscu ujścia potoku [km ²]
1	Banica	4,800	7,6	95+550	29,74
2	Czyrnianka	6,900	12,3	92+650	46,6
3	Stawiszanka	6,000	11,22	92+100	59,19
4	Czarna	5,000	7,7	90+030	75,8
5	Mostysza	9,900	53,7	83+190	150,1
6	Binczarówka	6,500	13,47	82+540	163,19
7	Pławianka	5,900	15,6	74+890	199,0
8	Gródkowianka	5,900	13,1	70+600	236,6
9	Polnianka	7,760	13,3	67+040	265,6
10	Jasienianka	13,340	95,2	64+770	363,8
11	Stróżnianka	7,770	12,5	61+660	382,5
12	Zborowianka	16,600	57,3	50+500	477,3
13	Kąśnianka	11,970	44,0	49+360	522,8
14	Rzepianka	14,600	44,9	40+180	616,6
15	Szwedka	15,680	72,4	29+630	760,7
16	Karwodrzanka	7,500	17,7	24+940	782,8
17	Wątok	23,000	89,4	7+460	956,9
	Biała Tarnowska	102,000	984,3	0+000	984,3

Zlewnia Białej Tarnowskiej położona jest w karpackim regionie klimatycznym w części górnej i środkowej oraz w regionie krakowsko-sandomierskim w części dolnej.

Średnia suma roczna opadów waha się od powyżej 900 mm w części źródłowej do poniżej 700 mm w części ujściowej. Przeważają opady okresu letniego (450÷550 mm) na opadami okresu zimowego (250÷350 mm). Średni udział opadów stałych w ogólnej sumie rocznej zawiera się w granicach 16÷20 %. Średnia temperatura roczna jest wyższa od 8 °C w dolnym odcinku i spada do niższej od 5,5 °C w górnych partiach zlewni. Średnia temperatura półrocza zimowego waha się w granicach 1,0÷ -1,0°C, a półrocza letniego 12÷14,5 °C.

Największymi prawobrzeżnymi dopływami Białej są: Zborowianka, Rzepianka, Szwedka oraz Wątok.

Zborowianka – bierze początek w okolicy Woli Łużańskiej. Jej długość wynosi ok. 16,5 km, a powierzchnia zlewni 56 km². Deniwelacja w zlewni sięga 200m. Zlewnia położona jest na Pogórzu Ciężkowickim, zbudowanym z łupków i piaskowców krośnieńskich i ciężkowickich. Zborowianka funkcjonuje również pod nazwą **Bieśnianka**.

Rzepianka nazywana również Rzepiennikiem to prawobrzeżny dopływ Białej Tarnowskiej o długości ok. 13,5 km oraz powierzchni zlewni 45,09 km². Zlewnia Rzepianki zlokalizowana jest w południowo-zachodniej części powiatu tarnowskiego należącym do mezoregionu Pogórze Ciężkowickie (Kondracki 1981). Rzepianka bierze swój początek w Rzepienniku Suchym na wysokości 380 m n.p.m., następnie przepływa przez Rzepiennik Biskupi, Rzepiennik Strzyżewski, Rzepiennik Marciszewski i Gołankę, gdzie uchodzi do Białej na wysokości 230 m n.p.m. Największe dopływy to Kamykówka i Turzski Potok.

Zlewnia Rzepianki znajduje się w strefie płaszczowiny śląskiej. Struktury geologiczne mają charakter fałdów o przebiegu równoleżnikowym. Niemal na całym obszarze zlewni Rzepianki występują utwory lessopodobne.

Rzeźba zlewni Rzepianki jest typowa dla obszarów podgórskich. Maksymalne wysokości bezwzględne na jej obszarze dochodzą do 400 m n.p.m. Reprezentowana jest przez młode góry fałdowe: góry średnie, góry niskie i wysokie pogórza z resztkami zrównań i pogórza z szerokimi spłaszczonymi garbami oraz płaskie dna dolin i niższe terasy.

Potok w okresie silnych wezbrań stanowi duże zagrożenie powodziowe, największe tego typu wydarzenie miało miejsce w roku 2001.

Szwedka – prawobrzeżny dopływ Białej o długości ok. 16 km i powierzchni zlewni 73 km². Zlewnia. Wcięta jest w trzeciorzędowe piaskowce i łupki krośnieńskie. Południowy dział zlewni biegnie zalesionymi wzniesieniami: Gilową Górą (508 m n.p.m.), Ptasią (530 m n.p.m.), Brzanką (538 m n.p.m.).

Wątok jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Białej. Powierzchnia zlewni tego dopływu wynosi 84,94 km². Jego źródła znajdują się na terenie m. Stawiska koło Ryglic, na wysokości 321 m n.p.m. Przez kilka kilometrów swego biegu zbiera wody małych cieków, aż do ujścia największego dopływu - potoku Łękawka, posiadającego bardzo gęstą sieć wodną. Wątok ma charakter potoku górskiego, cechuje się gwałtownymi przyrostami przepływów i wysokimi kulminacjami wody.

Zlewnia Wątku położona jest na terenie dwóch jednostek geomorfologicznych o zupełnie odmiennym charakterze. Górna i lewostronna część zlewni leży na Pogórzu Ciężkowickim. Na tym obszarze przeważają gleby lessowe o zdolnościach do zaskorupiania się, co wpływa na duże wartości spływu powierzchniowego. W korycie zauważyć można wychodnie piaskowca. Pozostała część zlewni, położona w Kotlinie Sandomierskiej, zbudowana jest z osadów trzeciorzędowych, przykrytych piaskami lodowcowymi i rzecznyymi. Zlewnia Wątku jest mało zalesiona i w przeważającej części użytkowana rolniczo. Jedynie w jej górnych partiach występują lasy. To sprawia, że zlewnia charakteryzuje się niską zdolnością do gromadzenia wód opadowych, co w połączeniu z dużym spływem powierzchniowym powoduje gwałtowne przybory wód, a zatem ryzyko powodzi.

Największymi dopływami lewobrzeżnymi są Mostysza, Jasienianka oraz Kąśnianka.

Mostysz (in. Mostysza lub Florynka) to potok o długości około 11 km i powierzchni zlewni 51 km² położony w zachodniej części Beskidu Niskiego, pierwszy duży (lewobrzeżny) dopływ Białej. Mostysz swój początek bierze na wysokości 700-740 m n.p.m. na północnych stokach góry Pasieczka (792 m n.p.m.), na samym zachodnim skraju Beskidu Niskiego. Spływa początkowo w kierunku północno-wschodnim przez Berest i Polany. Poniżej tej drugiej wsi zwraca się ku północy, po czym w dolnej części wsi Florynka, na wysokości ok. 370 m n.p.m. wpada do Białej.

Główne dopływy Mostysza to Piorunka, Kamienna oraz Szklarka.

Jasienianka – rzeka o długości 13 km i powierzchni zlewni około 95 km². wypływa na północ od m. Jasienna na wysokości ok. 490 m n.p.m. Dolina Jasieniarki jest wąska a zbocza łagodne. Jasienianka funkcjonuje również pod nazwą **Wojnarówka**.

Kąśnianka zwana też Jastrzębianką wypływa z piaskowców ciężkowickich koło m. Nowy Świat. Dolina rzeki jest wąska o wyraźnych krawędziach. Jej długość to ok. 12 km, a powierzchnia zlewni – 45 km². Jej główne dopływy to: Siekierczanka, Dopływ spod Jastrzębiej i Dopływ spod Przybyłowa. Kąśnianka funkcjonuje również pod nazwą **Jastrzębianka**.

3.4 Centra kryzysowe

W mieście Tarnowie siedziby swoje mają powiatowe oraz miejskie centra zarządzania kryzysowego. Powiatowe centrum mieści się przy ulicy Gabriela Narutowicza 38 a centrum miejskie przy ulicy Nowej 4. W momencie wystąpienia zagrożenia centra rozpoczynają działania mające na celu przeciwdziałać lub minimalizować jego negatywne skutki.

Powiatowe centrum zintegrowane jest z systemem monitoringu stanu wód wykonanym przez firmę RWP Prospect. Jeżeli stan wody w którymś punkcie pomiarowym przekroczy stan alarmowy do Starosty, jego zastępcy, Komendantów Straży i Policji oraz innych odbiorców wysyłane są stosowne wiadomości tekstowe sms informujące o charakterze zdarzenia. W centrum powoływane są całodobowe dyżury, podczas których cały czas utrzymywana jest łączność radiowo telefoniczna z Powiatem oraz gminami objętymi zagrożeniem. W przypadku wystąpienia takiej potrzeby, do dyspozycji odpowiednim jednostkom wydawany jest sprzęt przeciw powodziowy taki jak: worki, dmuchane zapory, plandeki, osuszacze itp. Okresowo przygotowywane oraz wysyłane do Wojewody są raporty i meldunki ze stanu obszaru będącego pod zarządkiem centrum, czyli 16 gmin.

Miejskie centrum zarządzania kryzysowego w Tarnowie w przypadku ryzyka wystąpienia zjawisk powodziowych rozpoczyna intensywne monitorowanie stanu rzeki Białej przy użyciu zdalnego podglądu wideo oraz funkcjonariuszy Straży Pożarnej będących na miejscu zdarzenia. W przypadku przekroczenia stanu alarmowego bądź, jeżeli zjawiska powodziowe lub wezbrania występują już w gminach położonych w górę rzeki, ogłaszany jest stan pogotowia oraz całodobowe dyżury. Podobnie jak w przypadku centrum powiatowego utrzymywana jest stała łączność radiowo-telefoniczna z gminami położonymi w górę rzeki. Centrum koordynuje działania np. decyduje o lokalach zastępczych dla osób ewakuowanych, ale o konieczności ewakuacji mieszkańców/pacjentów/personelu z terenów objętych zagrożeniem decyduje dowódca sił będących na miejscu (Straż Pożarna, Policja). Podobnie jak w przypadku centrum powiatowego, centrum miejskie dysponuje niewielkim magazynem sprzętu powodziowego używanego w razie wystąpienia zagrożenia, ponadto w wyjątkowych sytuacjach pomocy udzielają zewnętrzne firmy np.: Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych, Strabag, Strunbet, Mota Engil. Firmy te użyczają materiałów oraz sprzętu budowlanego wraz z operatorami.

3.5 Wdrożenie ESOP w kontekście projektu ISOK

30 lipca 2010 r. IMGW rozpoczęło realizację projektu mającego na celu poprawienie bezpieczeństwa kraju w stosunku do zagrożeń naturalnych, a w szczególności do zagrożenia powodziowego. Informatyczny system osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK) będzie systemem w ramach którego opracowane zostaną mapy zagrożenia powodziowego, mapy ryzyka powodziowego, mapy zagrożeń meteorologicznych, mapy innych zagrożeń oraz

mapa hydrograficzna Polski. Dane te będą udostępniane poprzez portal informatyczny, a całość ma zostać przygotowana do końca 2013r.¹⁸

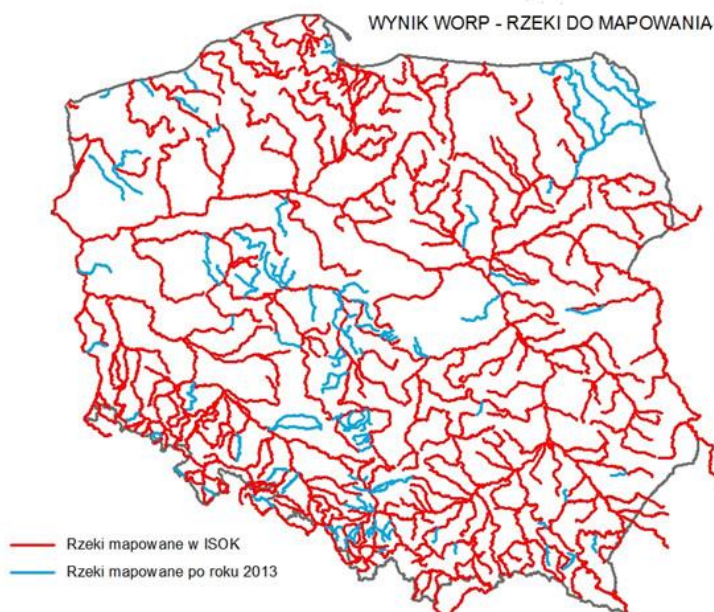
Porównując zakres i cel projektu ISOK do projektu ESOP należy wskazać na zasadnicze różnice:

- Celem projektu ISOK w odniesieniu do zagrożeń powodziowych jest map zagrożenia i ryzyka powodziowego dla trzech przepływów prawdopodobnych: $p=10\%$; 1% ; $0,2\%$, Realizacja map stanowi wypełnienie obowiązków Polski wynikających z implementacji wytycznych unijnej Dyrektywy Powodziowej. Wygenerowane mapy mają zasadniczy cel jakim jest wsparcie długoterminowych planów zagospodarowania przestrzennego tak, aby zapewnić poprawę ochrony przeciwpowodziowej w skali całego kraju. Zastosowanie map z projektu ISOK do celów operacyjnych jest bardzo ograniczone. Po pierwsze mapy te nie przedstawiają sytuacji dla stanów pośrednich pomiędzy powodzią 10-letnią, 100-letnią i 500-letnią, a różnice mogą być zasadnicze. Po drugie mapy przedstawiają statyczny obraz powodzi w jej kulminacyjnym punkcie. Nie przedstawiają dynamicznego obrazu rozwoju sytuacji w czasie wezbrania powodziowego. Z kolei celem ESOP jest dostarczenie narzędzia operacyjnego, które będzie budować prognozę rozwoju sytuacji w oparciu o aktualną sytuację hydrologiczną (określaną na podstawie pomiarów w czasie rzeczywistym) i najświeższe prognozy opadowe.
- Drugą zasadniczą różnicą jest stopień szczegółowości analiz zagrożeń powodziowych. ISOK, będąc projektem o zasięgu ogólnopolskim, siłą rzeczy realizowany jest w dużej skali. Dlatego nie obejmuje swoim zasięgiem dopływów do Rzeki Białej, a zagęszczenie przekrojów korytowych na podstawie których zbudowany jest model prognostyczny jest mniejsze. Tymczasem opisana w niniejszym opracowaniu charakterystyka zagrożeń powodziowych wyraźnie wskazuje, że wezbrania na dopływach mogą mieć zasadnicze znaczenie podczas powodzi. (Rys. 3. Dopływy rzeki Biała ujęte w ESOP (kolor zielony) na tle rzek ujętych w ISOK).Integralnym elementem wdrożenia ESOP będzie wykorzystanie w czasie rzeczywistym sieci obserwacyjno-pomiarowej opartej w pierwszym etapie na ciągłych pomiarach poziomu rzeki, a w drugim etapie dodatkowo na stacjach opadowych i lokalnych radarach meteorologicznych. Należy przy tym podkreślić, że zastosowanie lokalnych radarów daje nieporównywalnie lepszy obraz opadów występujących w skali średniej wielkości zlewni (takiej jak zlewnia Białej Tarnowskiej) niż radary regionalne będące na wyposażeniu IMGW. Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie przestrzenne zjawiska opadu atmosferycznego, jedynie lokalne radary pogodowe są w stanie generować ostrzeżenia o lokalnych opadach nawalnych. Projekt ISOK jest natomiast opracowaniem o charakterze studialnym, które nie ma żadnego połączenia z siecią pomiarową IMGW.
- Integralną częścią systemu ESOP będą operacyjne model hydrologiczne i hydrodynamiczne. System będzie regularnie, automatycznie uruchamiał obliczenia na modelach generując prognozę stref zalewu na najbliższe kilkadziesiąt godzin. Takie podejście zapewnia ciągły operacyjny monitoring stanu zagrożenia powodziowego w zlewni rzeki Białej i możliwość przygotowania szczegółowych analiz na wypadek wystąpienia powodzi w oparciu o najnowocześniejsze technologie informatyczne. Ze względu na jego studialny charakter w projekcie ISOK nie powstają modele operacyjne. Nie ma więc możliwości prognozowania na podstawie produktów projektu ISOK rozwoju wydarzeń w zlewni.
- Projekt ISOK nie obejmuje zagadnień związanych z lokalnymi powodziami spowodowanymi nawalnymi opadami w niewielkiej skali przestrzennej, tzw. powodzi błyskawicznych. Tymczasem większość gmin w wypełnionych ankietach wskazywała na

¹⁸ www.isok.imgw.pl

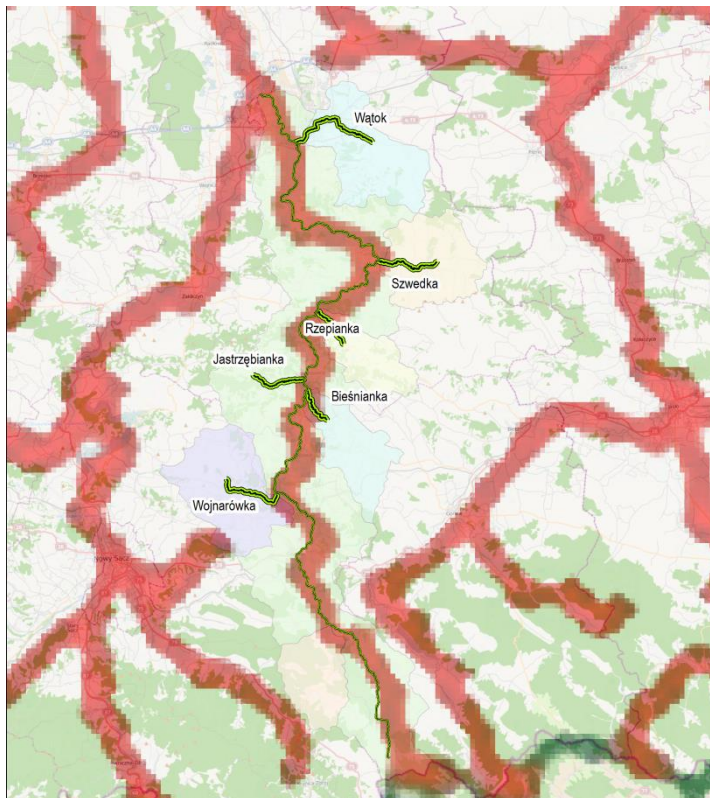
ten typ powodzi jako dominujący i niosący najczęstsze zagrożenia. ESOP będzie monitorował w sposób ciągły tego typu zagrożenia poprzez zastosowania lokalnych radarów meteorologicznych i deszczomierzy.

- Produkty projektu ISOK nie generują żadnych ostrzeżeń powodziowych. Platforma informatyczna wykonywana w projekcie ISOK będzie służyła wyłącznie do prezentacji map służących do celów informacyjnych i planistycznych.
- ESOP będzie systemem lokalnym osadzonym na serwerach podlegających pod Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego. Jako system operacyjny jego dostępność dla odpowiednich służb w odpowiednim czasie będzie uzależniona tylko od dostępności źródła zasilania. Jest to bardzo istotne, ponieważ w sytuacji kryzysowej dostęp do mediów zewnętrznych może być ograniczony. Tymczasem platforma ISOK będzie funkcjonowała na serwerach IMGW, a dostęp do niej będzie wymagał połączenia internetowego. Z dostępnych opisów wynika, że nie będzie to platforma o charakterze operacyjnym, a zatem jej operator nie gwarantuje jej dostępności w sytuacji kryzysowej.
- Reasumując, w obliczu realnej powodzi platforma ISOK będzie miała bardzo ograniczone zastosowanie w działaniach operacyjnych służb kryzysowych. Co nie zmienia faktu, że produkty ISOK są bardzo potrzebne do celów planistycznych i zapewnienia, że aspekt ochrony przeciwpowodziowej będzie zawsze uwzględniany w procesie planowania przestrzennego w skali całego kraju zgodnie z wymogami Dyrektywy Powodziowej.
- Należy przy tym podkreślić synergii pomiędzy projektem ISOK i ESOP, jako że w ramach projektu ISOK wykonany został wysokiej klasy numeryczny model terenu, który stanowi podstawę realizowanych przez ESOP prognoz powodziowych. Modele wykonywane w projekcie ISOK mogą też w przyszłości służyć do budowy lokalnych systemów ostrzegania przed powodzią pod warunkiem, że zostaną odpowiednio uszczegółowione, a następnie przetransformowane do postaci modeli operacyjnych.



Rys. 2. Rzeki dla których powstaną mapy zagrożenia powodziowego w ramach ISOK¹⁹

¹⁹ www.isok.pl



Rys. 3. Dopływy rzeki Biała ujęte w ESOP (kolor zielony) na tle rzek ujętych w ISOK (kolor czerwony)

3.6 Logika interwencji

Elektroniczny System Ostrzegania Powodziowego będzie narzędziem, które umożliwi podejmowanie wyprzedzających decyzji w obliczu zagrożenia powodziowego. Ostrzeżenie o możliwości nadejścia powodzi, szczególnie w przypadku tzw. powodzi błyskawicznych, może znacząco zwiększyć bezpieczeństwo mieszkańców i zmniejszyć ostateczne straty powodziowe. W ankiecie przeprowadzonej na obszarach dotkniętych katastrofalną powodzią w zlewni Rzeki Bogatyni w 2010 roku aż 60% respondentów potwierdziło, iż wczesne ostrzeżenie zmniejszyłoby ich straty, a jedynie 14% było odmiennego zdania. Jednocześnie ponad połowa ankietowanych uważała, że ostrzeżenie powodziowe mogłoby prowadzić do paniki i chaosu.²⁰ Te wyniki ankiety uświadamiają jak wielkim wyzwaniem jest wdrożenie ESOP nie tylko w zakresie samego systemu informatycznego, ale również w zakresie odpowiedniego zaplanowania sposobu funkcjonowania systemu ostrzeżeń i reakcji poszczególnych służb i ludności na przekazywane informacje. Wdrożenie wiąże się też z ogromną odpowiedzialnością. System, który np. wskutek błędnych obliczeń, wygeneruje kilka razy niepotrzebne ostrzeżenia szybko straci wiarygodność, co może zniweczyć wysiłek włożony w jego tworzenie, ale również zmarnować pozytywny potencjał, jaki niesie za sobą wczesne ostrzeżenie przeciwpowodziowe.

3.7 Cel główny projektu

Głównym celem realizacji niniejszego projektu jest opracowanie systemu aktywnego monitorowania stanu wód na obszarze zlewni oraz ostrzegania o zbliżających się zagrożeniach powodziowych. Rozwiązanie ma swym zasięgiem monitorować zlewnię rzeki Biała Tarnowska.

Dotychczasowe ostrzeżenie opiera się głównie na obserwacji poziomu wód w rzekach, doświadczeniu oraz spekulacjach. System taki daje co prawda jakiś pogląd, lecz jego zdolności prognostyczne pozostawiają wiele do życzenia zarówno w kwestii jakości oraz wyprzedzenia prognozy. System ESOP ma za zadanie agregować i analizować większą ilość danych pozyskiwanych online, oraz poddawać je pewnym obliczeniom w modelach matematycznych z uwzględnieniem warunków brzegowych tak, aby uzyskać możliwie niezawodną oraz długoterminową prognozę powodziową, innymi słowy – poprawić aktualnie stosowany system ostrzegania powodziowego.

3.8 Produkty projektu

Produktem projektu „Poprawa bezpieczeństwa przeciwpowodziowego w zlewni rzeki Biała Tarnowska” będzie system aktywnego monitoringu oraz ostrzegania o lokalnych zjawiskach powodziowych w zlewni rzeki Biała Tarnowska, w tym:

- Szczegółowe modele prognostyczne: hydrologiczne i hydrauliczne,
- Kalibracja i weryfikacja powyższych modeli w oparciu o historyczne wezbrania powodziowe, tak, aby uzyskać zgodność hydrogramów stanu wody,
- Mapy stref zalewowych dla ośmiu różnych stanów wody, które będą wykorzystywane do celów operacyjnych, wizualizacji zagrożenia powodziowego,
- Operacyjne modele prognostyczne
- Skonfigurowana platforma systemowa integrująca pomiary realizowane w czasie rzeczywistym, operacyjne modele hydrologiczne i hydrauliczne oraz bazę danych zawierającą m.in. mapy zagrożenia powodziowego dla poszczególnych scenariuszy
- System ostrzegania przeciwpowodziowego

²⁰ M.Tryłańska, 2012

- Koncepcja i studium wykonalności docelowego systemu monitoringu hydrologicznego
- Portal internetowy prezentujący wyniki obliczeń, prognozy i ostrzeżenia

System obejmie swym zasięgiem rzekę Białą Tarnowską oraz jej główne dopływy: Zborowiankę, Rzepiankę i Szwedkę, jako dopływy prawobrzeżne oraz Mostyszę, Jasieniankę i Jastrzębiankę, jako dopływy lewobrzeżne. System będzie informował o czasie wystąpienia zagrożenia powodziowego oraz jego skali dla miejscowości leżących w zlewni rzeki Biała. Dla określenia zagrożenia powodziowego wykonane zostanie modelowanie jednowymiarowe 1D o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia ($Q=0,2\%$, $0,5\%$, 1% , 2% , 5% , 10% , 20% , 50%).

Fizycznie system będzie składał się z serwera, na którym pracują modele matematyczne oraz dokonywane są wszelkie obliczenia oraz urządzeń peryferyjnych. System jest w stanie prezentować określone informacje w sieci www z uwzględnieniem hierarchizacji (różne grupy użytkowników mają dostęp do różnych poziomów danych). Do systemu przekazywane są dane prognostyczne o opadach i temperaturze, dane o stanie wód oraz opcjonalnie w kolejnych etapach dołączone mogą być dane o opadach z systemu deszczomierzy oraz dane z radarów pogodowych.

3.9 Rezultaty projektu

Rezultatem projektu będzie

- Szybszy czas reakcji mieszkańców zlewni rzeki Białej Tarnowskiej w obliczu zagrożenia powodziowego i większa świadomość zagrożeń
- Szybszy czas reakcji służb kryzysowych działających w zlewni rzeki Białej Tarnowskiej oraz większa efektywność prowadzonych działań
- Zwiększone bezpieczeństwo powodziowe mieszkańców zlewni rzeki Białej Tarnowskiej,
- Zmniejszone ryzyko powodziowe w zlewni, a co za tym idzie mniejsze straty powodziowe w kolejnych latach.
- Lepiej wyszkolone kadry odpowiedzialne za korzystanie z ESOP



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



4 Analiza instytucjonalna

Bezpośrednim Beneficjentem projektu jest Starostwo Powiatowe w Tarnowie wraz ze wszystkimi gminami leżącymi w zlewni rzeki Biała. Jest ono budżetową jednostką organizacyjną z siedzibą w Tarnowie przy ulicy Narutowicza 38 posiadającą osobowość prawną zgodnie z Uchwałą Nr XII/106/07 Rady Powiatu Tarnowskiego z dnia 28 grudnia 2007 r. z późn. zm. Działa na podstawie ustawy z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym (Dz. U. z 2001 r. Nr 142, poz. 1592 z późn. zm.).

Projektem zostaną objęte wszystkie gminy leżące chociaż w części zlewni rzeki Biała:

- Gmina Bobowa - Urząd Miejski, Rynek 21, 38-350 Bobowa,
- Gmina Ciężkowice - Urząd Miasta i Gminy Ciężkowice ul. Tysiąclecia 19, 33-190 Ciężkowice,
- Gmina Gromnik - Urząd Gminy w Gromniku, ul. Witosa 2, 33-180 Gromnik,
- Gmina Grybów - Urząd Gminy Grybów, ul. Jakubowskiego 33, 33-330 Grybów,
- Gmina m. Grybów - Urząd Miejski w Grybowie, ul. Rynek 12, 33-330 Grybów,
- Gmina Krynica - Urząd Miejski w Krynicy-Zdroju, ul. Kraszewskiego 7, 33-380 Krynica-Zdrój,
- Gmina Pleśna - Urząd Gminy Pleśna, 33-171 Pleśna 240,
- Gmina Ryglice - Urząd Miejski w Ryglicach, ul. Rynek 9, 33-160 Ryglice,
- Gmina Rzepiennik Strzyżewski - Urząd Gminy Rzepiennik Strzyżewski, 33-163 Rzepiennik Strzyżewski 400 ,
- Gmina Skrzyszów - Urząd Gminy Skrzyszów, 33-156 Skrzyszów 642,
- Gmina Tarnów - Urząd Gminy Tarnów, ul. Krakowska 19, 33-100 Tarnów,
- Gmina m. Tarnowa - Urząd Miasta Tarnowa, ul. Adama Mickiewicza 2, 33-100 Tarnów,
- Gmina Tuchów - Urząd Gminy w Tuchowie, ul. Rynek 1, 33-170 Tuchów.



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



5 Analiza odbiorców projektu

Przeprowadzone badania w gminach zlewni rzeki Biała jednoznacznie pokazały na konieczność realizacji projektu ostrzegania przeciwpowodziowego. Komunikat podawany z nawet kilkugodzinnym wyprzedzeniem byłby niezwykle pomocny w przygotowaniu do powodzi (więcej w pkt. 3.3 Analizy specyficzne dla projektu i zidentyfikowane problemy).

Bezpośrednimi odbiorcami systemu będą instytucje prowadzące działania zabezpieczające teren, służby interwencyjne oraz jednostki ratowniczej. Ich dokładna lista zostanie ustalona w późniejszym etapie realizacji systemu w trakcie finalnej konfiguracji systemu ESOP. Poniżej przedstawiono wstępną listę Centrów Zarządzania Kryzysowego, które powinny być podstawowymi komórkami w zarządzaniu i przesyłaniu informacji. Oczywiście poza ww. instytucjami będzie przygotowana strona internetowa dla ludności cywilnej, na której będą wyświetlane najważniejsze komunikaty i ostrzeżenia. w Tab. 4 przedstawiono listę wszystkich miejscowości biorących udział w projekcie. Zasadnym wydaje się, aby w każdej z miejscowości zagrożonej powodzią znalazła się osoba zaznajomiona z obsługą systemu tak, aby mogła koordynować prace zapobiegawcze na podległym sobie terenie.

Centra zarządzania kryzysowego:

- Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego, ul. Narutowicza 38, 33-100 Tarnów,
- Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego, ul. Jagiellońska 33, 33-300 Nowy Sącz,
- Gmina Bobowa - Urząd Miejski, Rynek 21, 38-350 Bobowa,
- Gmina Ciężkowice - Urząd Miasta i Gminy Ciężkowice ul. Tysiąclecia 19, 33-190 Ciężkowice,
- Gmina Gromnik - Urząd Gminy w Gromniku, ul. Witosa 2, 33-180 Gromnik,
- Gmina Grybów - Urząd Gminy Grybów, ul. Jakubowskiego 33, 33-330 Grybów,
- Gmina m. Grybów - Urząd Miejski w Grybowie, ul. Rynek 12, 33-330 Grybów,
- Gmina Krynica - Urząd Miejski w Krynicy-Zdroju, ul. Kraszewskiego 7, 33-380 Krynica-Zdrój,
- Gmina Pleśna - Urząd Gminy Pleśna, 33-171 Pleśna 240,
- Gmina Ryglice - Urząd Miejski w Ryglicach, ul. Rynek 9, 33-160 Ryglice,
- Gmina Rzepiennik Strzyżewski - Urząd Gminy Rzepiennik Strzyżewski, 33-163 Rzepiennik Strzyżewski 400 ,
- Gmina Skrzyszów - Urząd Gminy Skrzyszów, 33-156 Skrzyszów 642,
- Gmina Tarnów - Urząd Gminy Tarnów, ul. Krakowska 19, 33-100 Tarnów,
- Gmina m. Tarnowa - Urząd Miasta Tarnowa, ul. Adama Mickiewicza 2, 33-100 Tarnów,
- Gmina Tuchów - Urząd Gminy w Tuchowie, ul. Rynek 1, 33-170 Tuchów.

Tab. 4. Zestawienie wszystkich gmin i miejscowości wchodzących w skład projektu

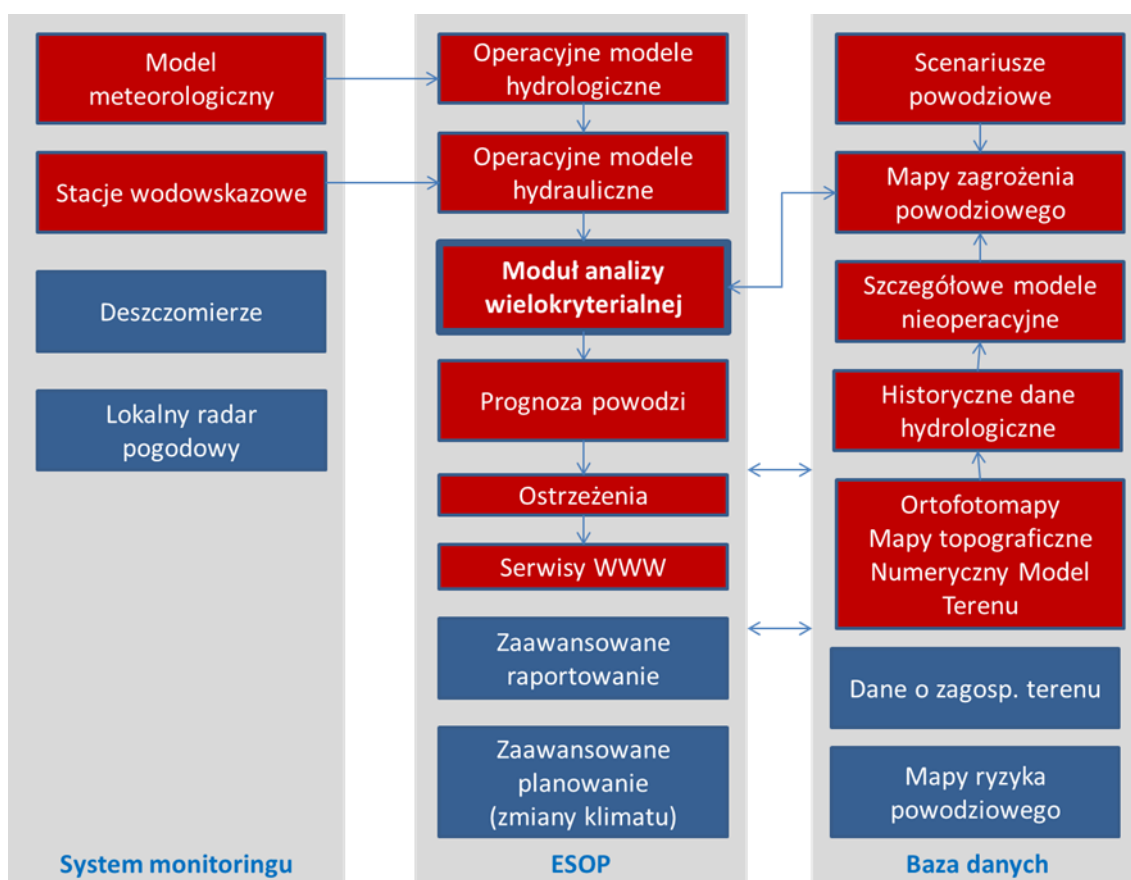
Nazwa jednostki administracyjnej	Miejscowości wchodzące w skład danej jednostki administracyjnej
Gmina Bobowa	Berdechów, Bobowa, Brzana Dolna i Brzana Górna, Jankowa, Sędziszowa, Siedliska, Stróżna, Wilczyśka
Gmina Ciężkowice	Ciężkowice, Bogoniowice, Bruśnik, Falkowa, Jastrzębia, Kąśna Dolna, Kąśna Górna, Kipszna, Ostrusza, Pławna, Siekierczyna, Tursko, Zborowice
Gmina Gromnik	Brzozowa, Chojnik, Golanka, Gromnik, Polichty, Rzepiennik Marciszewski, Siemiechów
Gmina Grybów	Biała Niżna, Binczarowa, Chodorowa, Cieniawa, Florynka, Gródek, Krużłowa Niżna, Krużłowa Wyżna, Kąclowa, Polna, Ptaszkowa, Siolkowa, Stara Wieś, Stróże, Wawrzka, Wyskitna, Gmina Miasto Grybów
Gmina Krynica	Berest, Czarna, Mochnaczka Niżna, Mochnaczka Wyżna, Muszynka, Piorunka, Polany, Tylicz oraz miasto Krynica-Zdrój.
Gmina Pleśna	Dąbrówka Szczepanowska, Janowice, Lichwin, Lubinka, Łowczówek, Pleśna, Rzuchowa, Rychwałd, Szczepanowice, Świebodzin, Woźniczna.
Gmina Ryglice	Bistuszowa, Joniny, Kowalowa, Lubcza, Ryglice, Uniszowa, Wola Lubecka, Zalasowa
Gmina Rzepiennik Strzyżewski	Kołkówka, Olszyny, Rzepiennik Biskupi, Rzepiennik Strzyżewski, Rzepiennik Suchy, Turza
Gmina Skrzyszów	Ładna, Łękawica, Pogórska Wola, Skrzyszów, Szywałd
Gmina Tarnów	Biała, Błonie, Jodłówka-Wałki, Koszyce Małe, Koszyce Wielkie, Łękawka, Nowodworze, Poręba Radlna, Radlna, Tarnowiec, Wola Rzędzińska, Zawada, Zbylitowska Góra, Zglobice
Miasto Tarnów	Tarnów
Gmina Tuchów	Buchcice, Burzyn, Dąbrówka Tuchowska, Jodłówka Tuchowska, Karwodrza, Lubaszowa, Łowczów, Mieszna Opacka, Piotrkowice, Siedliska, Siedliska-Kozłówek, Trzemesna, Zabłudza, Tuchów

6 Analiza techniczna oraz technologiczna inwestycji

6.1 Opis i uzasadnienie przyjętych rozwiązań – Struktura systemu ESOP

System ESOP będzie wykorzystywał wszelkie dostępne informacje do przeprowadzenia zautomatyzowanej analizy hydrologicznej i hydraulicznej sytuacji w zlewni. Źródłem takich informacji mogą być systemy monitoringu złożone z urządzeń pomiarowych dokonujących pomiarów w czasie rzeczywistym takich jak deszczomierze, stacje wodowskazowe i radary pogodowe oraz systemy transmisji danych. Drugim podstawowym źródłem informacji są prognostyczne modele meteorologiczne, które dokonują obliczeń przewidywanych opadów w perspektywie kilku dni. Pierwszym zadaniem ESOP będzie asymilacja wprowadzanych do systemu danych. Wiąże się to z automatycznym wprowadzeniem surowych danych do systemu wraz z oceną ich wiarygodności na podstawie algorytmów kontrolnych. System będzie również umożliwiał wstępne przetwarzanie surowych danych w zakresie ich agregacji, filtracji, itp. Kolejną funkcją będzie uruchamianie automatycznych obliczeń modelowych w celu uzyskania danych na temat aktualnej i prognozowanej sytuacji w zlewni. ESOP będzie zawierał narzędzia do wizualizacji i analizy wyników modeli. Na podstawie wygenerowanych prognoz system będzie dokonywał wyboru map zagrożenia powodziowego, a następnie przekazywał odpowiednie informacje do serwisu www oraz generował ostrzeżenia dla służb i ludności.

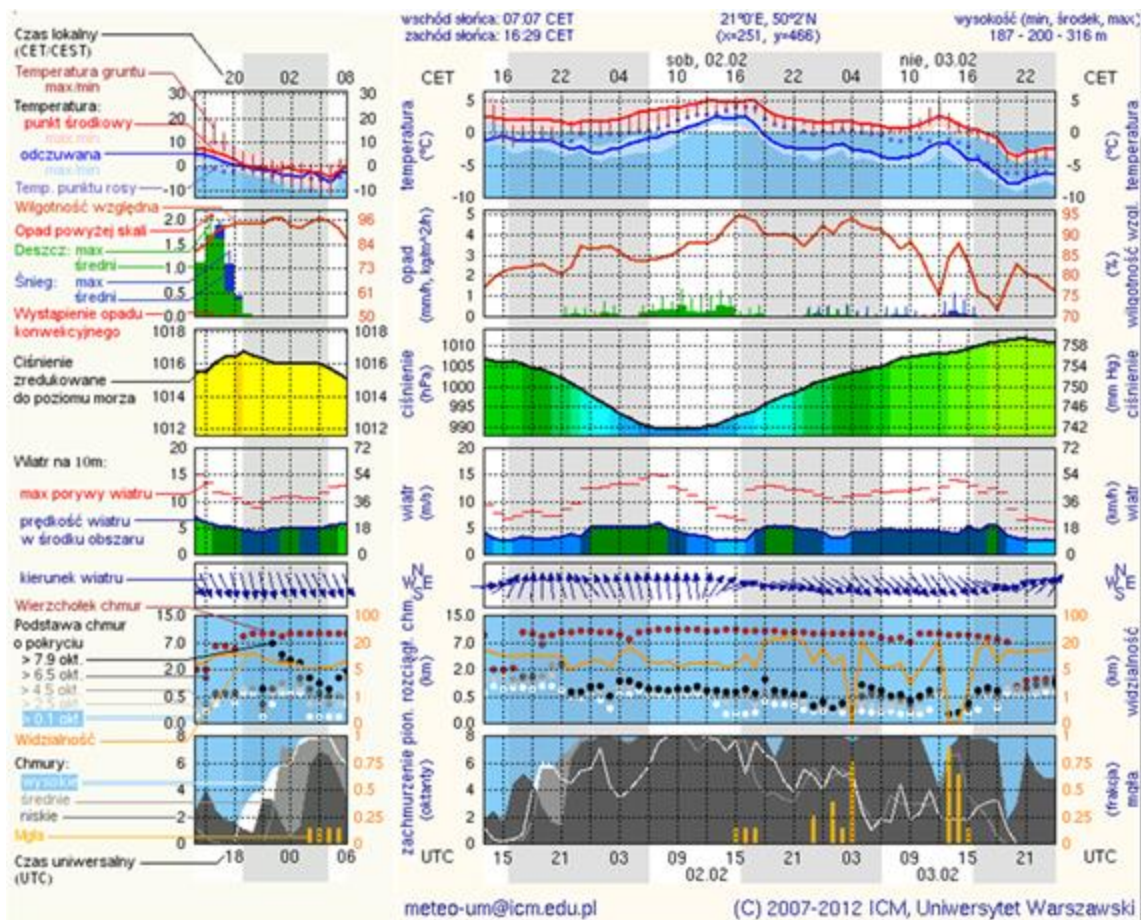
Z uwagi na brak deszczomierzy i radarów pogodowych system ESOP na tym etapie wdrożenia będzie opierał się na danych z prognoz meteorologicznych i pomiaru poziomu wody na rzece Białej.



Rys. 4. Struktura system ESOP – czerwone elementy planowane są w ramach pilotażowego wdrożenia w niniejszym projekcie, granatowe elementy mogą być wdrożone w kolejnych etapach.

Prognozy opadów zostaną użyte do wykonania symulacji w modelach hydrologicznych. Po wykonaniu obliczeń wyniki symulacji hydrologicznych zapisywane są w bazie danych PostgreSQL w postaci rekordów w tabeli odpowiadającej modelowi hydrologicznemu. Dane te obecnie są w bazie przez okres nie krótszy niż 12 miesięcy (czas retencji danych może zostać skorygowany podczas strojenia systemu). Modele hydrauliczne wykonywane są w „drugiej kolejności”, gdy dostępne są aktualne dane hydrologiczne. Do wykonania symulacji hydraulicznej wykorzystywane są wyniki z uprzednio wykonanych symulacji hydrologicznych oraz dodatkowo uwzględniane są aktualne dane o stanie wód ze stacji wodowskazowych na terenie zlewni Białej Tarnowskiej obsługiwane przez firmę RWD Prospect. Dane o aktualnym stanie wód Białej Tarnowskiej oraz dopływów stanowią dane brzegowe, czyli stan wejściowy modelu, w dalszych krokach model analizuje charakterystykę przestrzenno-czasową wód spływających na obszarze zlewni oraz oblicza jej wpływ na stany wód rzeki Białej oraz dopływów. Wyniki symulacji są również umieszczane w bazie danych PostgreSQL w postaci rekordów w odpowiedniej dla modelu hydraulicznego tabeli. Po wykonaniu symulacji w modelach hydrologicznych jak i hydraulicznym oraz zapisaniu wyników obliczeń do bazy danych, uruchamiany jest moduł analizy wielokryterialnej analizujący dane i wyniki obliczeń pod kątem potencjalnego zagrożenia. Na podstawie analizy program wybiera z bazy danych mapę zagrożenia powodziowego dla prognozowanej sytuacji.

Mapy zagrożenia powodziowego dostępne w bazie danych PostgreSQL zostaną wykonane dla powodzi o prawdopodobieństwie $p = 50\%$; 20% ; 10% ; 5% ; 2% ; 1% ; $0,5\%$; $0,2\%$, czyli od tzw. powodzi 2-letniej do powodzi 500-letniej. Opracowanie map zagrożenia powodziowego realizowane jest w oparciu o dane ukształtowania terenu tj. numeryczny model terenu, numeryczny model powierzchni wody, mapy topograficzne oraz ortofotomapy. Dane te używane są do wykonania symulacji powodzi w szczegółowym modelu nieoperacyjnym. Model ten jest kalibrowany w oparciu o pomiary z powodzi historycznych. Po uzyskaniu wymaganej zgodności obliczeń do wartości obserwowanych w czasie powodzi historycznych wykonuje się symulacje powodzi dla wezbrań o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia, a wyniki symulacji w postaci gotowych map umieszczane są w bazie danych PostgreSQL do dyspozycji systemu ESOP. Cały ten zakres prac wykonywany jest na etapie budowania systemu.



Rys. 5. Wyniki prognostyczne modelu meteorologicznego (źródło: www.meteo.pl)

Profile prognostyczne

Zakłada się, iż prognoza stanu wody będzie realizowana w przekrojach, gdzie obecnie prowadzony jest stały monitoring poziomu wody. W takim wypadku model prognostyczny będzie mógł na bieżąco kalibrować prognozowane dane w oparciu o pomierzone dane, co będzie podnosiło dokładność i wiarygodność wyliczeń.

Mowa tutaj o następujących punktach:

- Bobowa
- Pławna
- Golanka
- Tuchów
- Pleśna
- Tarnów

Szczegółowo zostały one przedstawione na Rys. 27 oraz w załączniku Mapa nr 1 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska wraz z najistotniejszymi informacjami wskazanymi w ankietach przez gminy objęte systemem ESOP.

W oparciu o wskazania systemu prognostycznego wcześniej przygotowane mapy zagrożenia powodziowego będą wybierane z bazy danych i wyświetlane użytkownikom.

Wybór modelu:

Model Opad-Odptyw (Rainfall-Runoff), który zostanie użyty w systemie prognostycznym będzie to tak zwany model ciągły, który na bieżąco analizuje informacje na temat ilości wody w obiegu. Model analizuje wpływ, jaki kolejny opad może wyrzucić na zachowanie się poszczególnych zlewni cząstkowych, stan wód dopływających do rzeki Biała, a w konsekwencji stan wody w samej Białej.

Budowa modelu

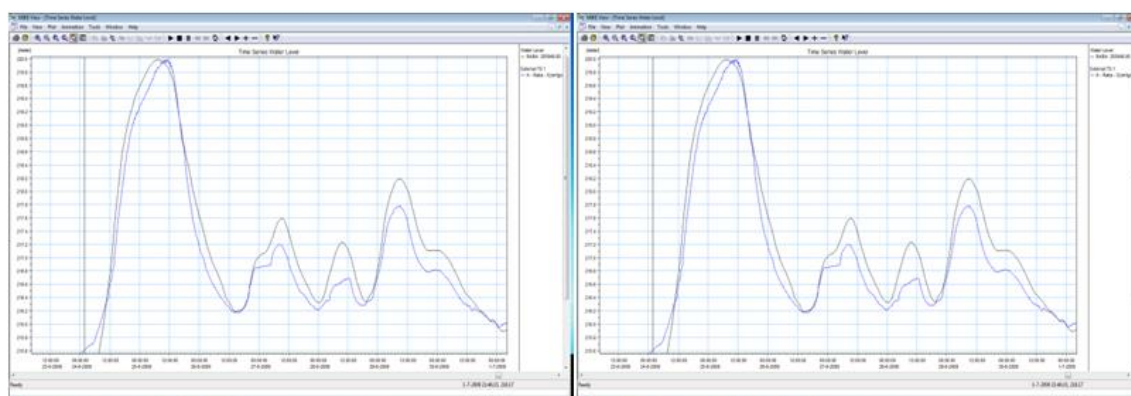
W pierwszym etapie zostanie zbudowany model hydrologiczny (opad – odpływ) dla wszystkich istotnych cieków wodnych. Te modele zostaną wykalibrowane w oparciu o dane historyczne, czyli pomierzone zdarzenia opadu i odpływu. Po kalibracji modele te są zostaną użyte, jako składnik generujący dane wejściowe w postaci hydrogramów dla symulacji hydrodynamicznej.

Model używany do celów prognostycznych musi zapewniać jego szybkie i stabilne działanie w każdych warunkach. Dlatego też, jego finalna wymaga schematyzacji uwzględniającej specyfikę działań operacyjnych, innej niż używana w klasycznym modelowaniu. Uwzględnione w modelu operacyjnym zostaną najbardziej istotne obiekty hydrotechniczne, które mają wpływ na warunki przepływu przy największych stanach wody. Niezbędna będzie również transformacja przepływu i stref zalewowych, aby zostały prawidłowo odwzorowane w modelu hydrodynamicznym. Z tego też powodu wszystkie obszary stref zalewowych zostaną dołączone w modelu, jako rozszerzone przekroje korytowe lub jako oddzielne przekroje obszarów zalewowych. W oparciu o zebrane dane zbudowane zostaną modele o następującym prawdopodobieństwie występowania, $P=50\%; 20\%; 10\%; 5\%; 2\%; 1\%; 0,5\%; 0,2\%$ czyli od tzw. powodzi 2 letniej do powodzi 500 letniej.

Kalibracja modelu

W celu prawidłowego odwzorowania pracy systemu i poszczególnych stref oraz utrzymania właściwego bilansu wodnego w zlewniach model musi zostać wykalibrowany.

Model zostanie wykalibrowany na podstawie zestawu danych historycznych pomierzonych w różnych miejscach rzeki.



Rys. 6. Przykładowa kalibracja modelu hydrodynamicznego

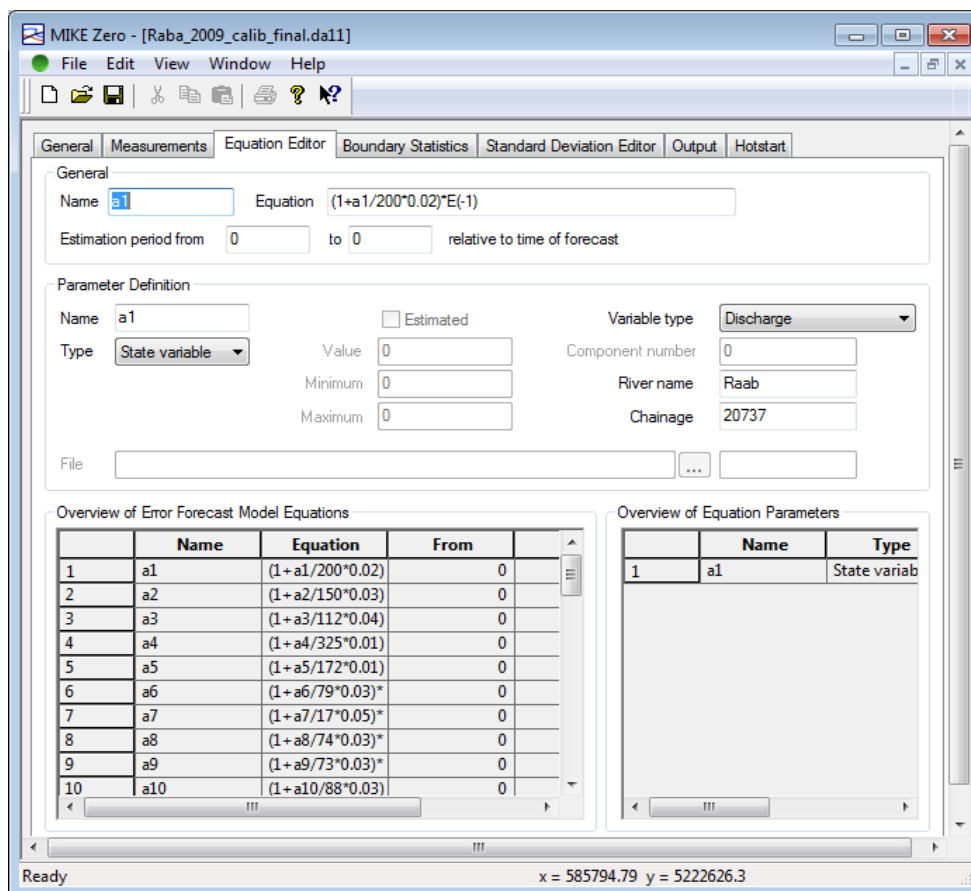
Kalibracja zostanie wykonana w oparciu o dane historyczne z zasobów IMGW, dane monitoringowe będące w posiadaniu Starostwa oraz dane zgromadzone podczas badań ankietowych.

Oprogramowanie DHI

MIKE 11 RR – Moduł ten umożliwia symulacje sływu powierzchniowego na podstawie danych opadowych (model opad-odpływ). W module RR udostępniono szereg najpopularniejszych metod obliczeniowych, m.in. NAM, UHM, SCS.

MIKE 11 HD - Hydrodynamiczny model do obliczeń niestabilnych przepływów w rzekach oraz w ujściach rzek używa bezgranicznego schematu różnic skończonych. Stosując schemat numeryczny model może wyznaczyć zarówno pod, jak i nadkrytyczne warunki przepływów. Schemat ten przystosowuje się do lokalnych (miejscowych) warunków przepływu w czasie i przestrzeni. Dołączone są też zaawansowane moduły obliczeniowe do opisan/wyznaczenia przepływów przez obiekty hydrotechniczne umożliwiając jednocześnie opisanie ich działania. Formuły mogą być również stosowane do symulacji zapętlonych sieci i przepływów quasi-dwuwymiarowych na terenach zalewowych. System obliczeniowy można zastosować dla pionowych homogenicznych warunków przepływu poczynając od stromych przepływów rzecznych po płytkie wpływy ujść rzek. Na całym świecie system jest powszechnie używany we wszelakich pracach inżynierskich.

MIKE 11 Data Assimilation jest narzędziem komunikacji i zapisu danych z systemów pomiarowych a następnie wprowadzania ich do modelu hydrodynamicznego, jako obliczeniowe warunki brzegowe. Data Assimilation w Mike 11 jest wykorzystywane do przyjmowania danych dotyczących poziomu wody oraz przelewu. Dodatkowo daje on możliwość oceny niepewności wskazań modelu i związanych z nim prognoz.



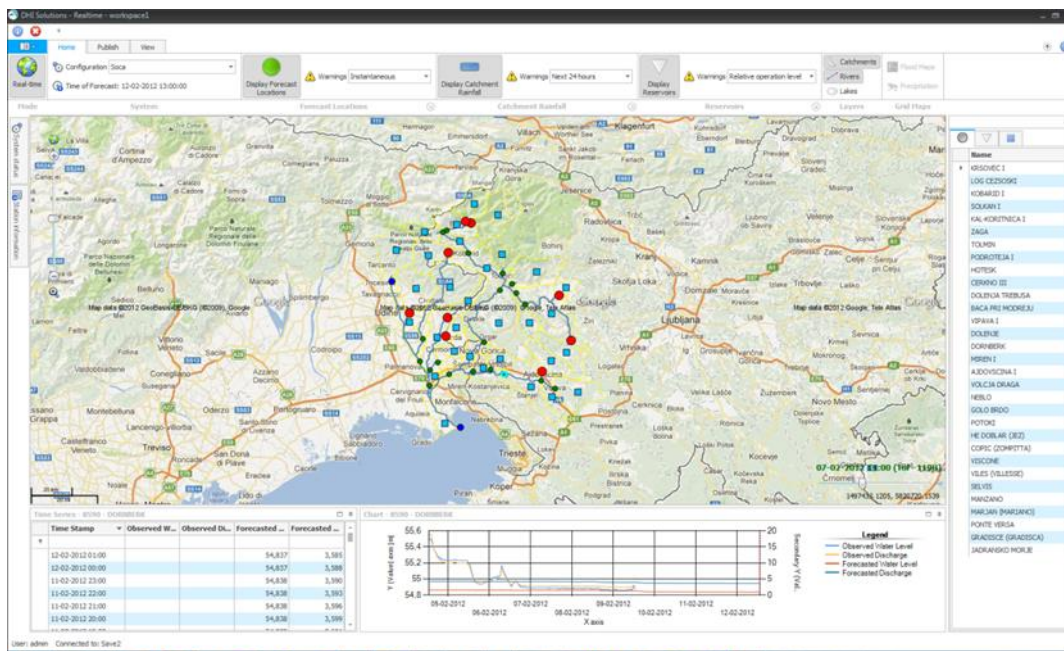
Rys. 7. Przykładowe okno Data Assimilation

MIKE 11 FF – Moduł stosowany w aplikacjach prognostycznych umożliwia asymilację danych gromadzonych w czasie rzeczywistym w modelach RR i HD. Moduł FF porównuje dane

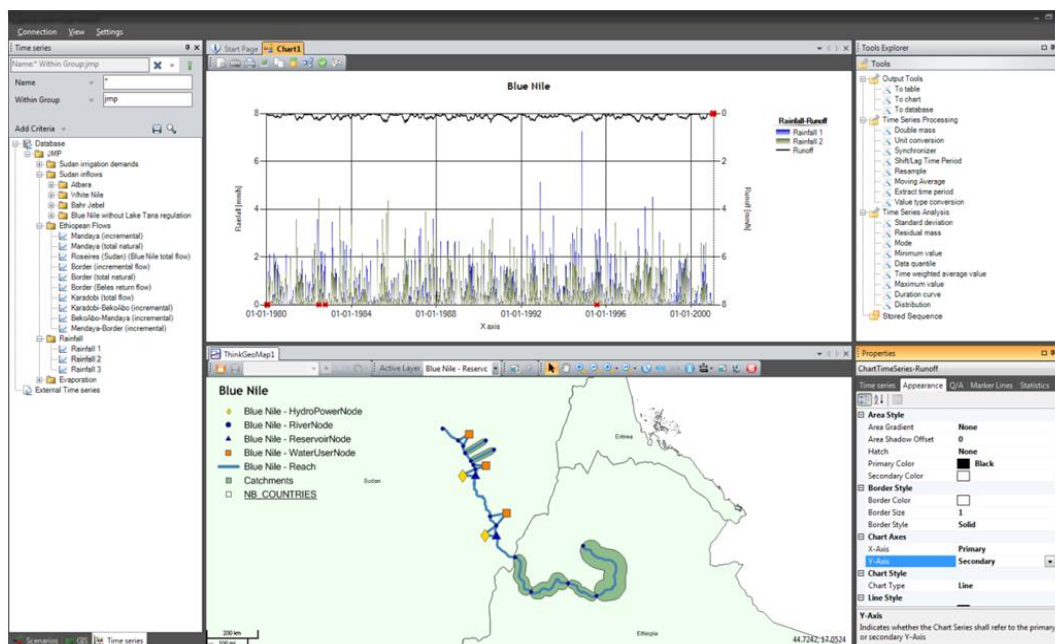
symulacyjne i pomiarowe, co umożliwi automatyczne dopasowywanie parametrów modelu tak, aby możliwe było uzyskanie najlepszej zgodności pomiędzy symulacją a stanem rzeczywistym. To z kolei sprawia, że uzyskuje się lepsze wyniki symulacji progностycznych.

MIKE Customized stanowi serwerowo-kliencki system zarządzania danymi i informacjami oparty na bazie danych PostgreSQL z rozszerzeniem PostGIS, standardach Open GIS Consortium oraz wbudowanych komponentach analizy przestrzennej takich jak ThinkGeo oraz Google Maps. MIKE Customized Planning stanowi rozszerzenie MIKE Customized IMS służące do zarządzania modelami symulacyjnymi, w tym ich kalibracji i zdalnego uruchamiania jak również do analizy, wizualizacji i raportowania wyników modeli. Stosuje się tu otwartą technologię modelowania (adaptory modelowe), co umożliwi wprowadzenie modeli różnych dostawców. MIKE Customized Realtime stanowi kolejne rozszerzenie platformy zawierające dodatkowe narzędzia do asymilacji danych w czasie rzeczywistym, uruchamianie symulacji progностycznych, konfigurowanie harmonogramów automatycznej pracy systemu, stosowanie procedur optymalizacyjnych i konfigurowanie systemu ostrzeżeń.

Platforma MIKE Customized jest technologiczną następcą systemu MIKE FLOOD WATCH stosowanego wcześniej do podobnych wdrożeń. Na Rys. 8 oraz Rys. 9, przedstawiono przykłady konfigurowalnego interfejsu graficznego użytkownika z wdrożeń zrealizowanych w zlewniach rzek Sava i Socza w Słowenii oraz w zlewni Nilu.



Rys. 8 Graficzny interfejs użytkownika programu Mike Customized Realtime, przykład wdrożenia na Słowenii



Rys. 9. Graficzny interfejs użytkownika programu Mike Customized Realtime, przykłady wdrożenia w zlewni Nilu

MIKE Customized IMS - serwerowo-kliencki system zarządzania danymi i informacjami oparty na jednej wspólnej bazie danych PostgreSQL z rozszerzeniem PostGIS. Umożliwia użytkownikom zadawanie kwerend, edytowanie, analizowanie i prezentację danych w tym danych czasowych i przestrzennych, jak również generowanie zdefiniowanych przez użytkownika raportów w powszechnie stosowanych formatach takich jak MS Office XML. System pozwala administratorom na definiowanie tzw. przedziałów badawczych z odpowiednim modelem zabezpieczeń, który odzwierciedla zakres danych i modeli niezbędnych do stosowania w danej operacji. W ten sposób określone grupy użytkowników otrzymują kontrolowany dostęp do danych i informacji z jednoczesną pełną transparentnością i możliwością śledzenia działań w czasie. Do wizualizacji i kwerend można wykorzystać komponenty GIS pochodzące od różnych dostawców zgodnych ze standardem Open GIS Consortium. Ponadto dane przestrzenne mogą być prezentowane przy użyciu Google Maps. MIKE Customized IMS pozwala na łatwe komponowanie stron internetowych przy użyciu metody „drag&drop” (przeciągnij i upuść) i połączyć prezentację na stronie www z aktualnymi danymi w bazie danych. W efekcie uzyskuje się łatwą metodę publikowania informacji w Internecie. W oprogramowaniu uwzględniono też możliwość tworzenia skryptów przez użytkowników, co umożliwia tworzenie własnych aplikacji i modułów przechowywanych w bazie danych, jako pliki makropolecenia. Ponadto użytkownik może tworzyć własne arkusze kalkulacyjne zawierające zdefiniowane analizy i wizualizacje w oparciu o szeroki wachlarz wbudowanych funkcji przetwarzających informacje zawarte w bazie danych. W ten sposób tworzy się dostosowane do własnych potrzeb raporty, które mogą być następnie transmitowane według potrzeb. Wbudowane narzędzia pozwalają przetwarzać informacje zawarte w bazie danych, a następnie prezentować je na portalach internetowych udostępniając kluczowe informacje dla szerokiego grona użytkowników systemu lub do wiadomości publicznej.

MIKE Customized IMS – zarządzanie informacją



Rys. 10. Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized IMS

MIKE Customized Planning – zawiera dodatkowe funkcje, w których zastosowano otwarte standardy do integrowania, zarządzania, edytowania oraz stosowania modeli symulacyjnych do celów planistycznych i wsparcia podejmowania decyzji. Modele wprowadzone do systemu mogą być automatycznie kalibrowane i używane do studiów porównawczych, analiz wielokryterialnych oraz analiz korzyści i strat w celu wyboru najlepszej strategii. Zastosowane otwarte standardy umożliwiają podłączenie do aplikacji modeli pochodzących od różnych dostawców, tak więc użytkownik nie jest zmuszony do korzystania z określonych narzędzi modelowych. Co więcej system umożliwia też podłączanie systemów modelowych, które zostaną dopiero opracowane w przyszłości w nowszej technologii. Ponadto w systemie dostępne są metody statystyczne takie jak asymilacja danych, serie scenariuszy oraz ocena niepewności modeli po to, aby użytkownik mógł ocenić w jakim stopniu wyniki modeli odzwierciedlają stan rzeczywisty i mógł zmniejszyć ryzyko związane z zastosowaniem niektórych danych lub silników modelowych.

MIKE Customized Planning



Rys. 11. Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized Planning

MIKE Customized Realtime – rozszerza funkcjonalność pozostałych modułów o funkcje realizowane w czasie rzeczywistym takie jak prognozowanie, wsparcie decyzji i generowanie ostrzeżeń. System umożliwia automatyczne uruchamianie zdefiniowanych operacji według zadanego harmonogramu, na podstawie określonych zdarzeń lub na żądanie użytkownika. W efekcie funkcje systemu mogą być realizowane w pełni automatycznie, albo na podstawie zadanych przez użytkownika stanów i zdarzeń, albo na żądanie operatora systemu. Np. generowanie ostrzeżeń często stanowi operację wykonywaną na podstawie określonych zdarzeń systemowych (np. przekroczenie stanu alarmowego). Inne przykłady to wysyłanie raportów do odpowiednich służb lub uruchamianie prognostycznych scenariuszy modelowych w wyniku wystąpienia alarmowych stanów wód. Niezależnie od trybu pracy zdarzenia systemowe są rejestrowane w bazie danych, co zapewnia możliwość prześledzenia i oceny decyzji operacyjnych wynikających z działania systemu. Ponieważ prognozy powodziowe są zwykle generowane na podstawie danych pozyskiwanych w czasie rzeczywistym (lub z niewielkim opóźnieniem) pochodzących ze źródeł zewnętrznych (np. systemy telemetryczne, radary, zdjęcia satelitarne lub prognozy pogody) w systemie znajduje się tzw. broker danych odpowiedzialny za import danych zewnętrznych, ich walidację i przetwarzanie oraz wprowadzanie do podłączonych modeli. Układ optymalizacyjny pozwala użytkownikom dobór optymalnych strategii np. dla pracy zbiorników i innych struktur regulacyjnych z uwzględnieniem konkurujących celów takich jak ochrona przeciwpowodziowa, utrzymanie przepływu minimalnego, energetyka wodna oraz pobór wód do celów gospodarczych.

Platforma MIKE Customized do zarządzania prognozami, danymi pomiarowymi oraz wynikami obliczeń symulacyjnych. W oparciu o przygotowane wcześniej algorytmy oraz wyniki symulacji przeprowadzana będzie analiza wielokryterialna, na podstawie której generowane będą ostrzeżenia oraz prezentowane wyniki obliczeń wysyłane do platformy DashBoard.

MIKE Customized Realtime

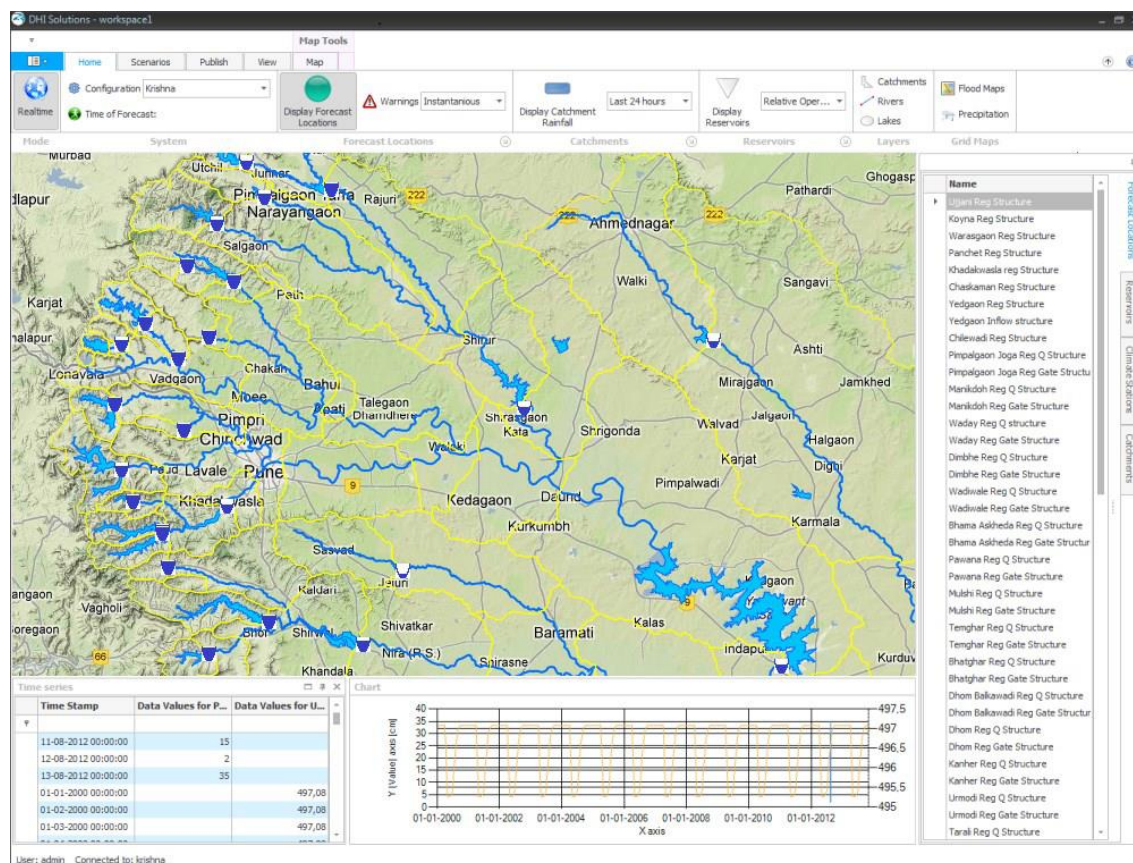


Rys. 12. Podstawowe funkcje systemu MIKE Customized Realtime

MIKE Customized DashBoard Manager - narzędzie do rozpowszechniania informacji. Dashboard Manager udostępnia w sieci WEB proste, elastyczne oraz dostosowane do użytkownika cyfrowe panele kontrolne do prezentacji danych wejściowych lub wyjściowych dowolnego systemu rodziny Mike. System zawiera dużą bibliotekę gotowych bloków, które mogą być łączone w celu stworzenia dedykowanych stron internetowych. Bloki te obejmują prezentacje: szeregów czasowych, map, profili hydraulicznych, liczniki/zegary, stany alarmowe, tradycyjne elementy portali WEB (etykiety, odnośniki etc.). Wszystkie bloki pozwalają na pełną dowolność konfiguracji, stylizacji oraz zależności między nimi tworząc logiczną strukturę na stronach web. Rdzeniem DashBoard Manager'a jest serwer web, na którym zlokalizowane są

strony w określonej hierarchii. Dostęp do serwera można uzyskać za pomocą edytora w celu wykonania/poprawiania panelu kontrolnego, bądź przez przeglądarkę www, w celu przeglądania zawartości. Aplikacja pozwala na stworzenie określonych grup użytkowników mających zdefiniowane prawa dostępu.

Platforma DashBoard będzie wykorzystana do przygotowania interfejsu graficznego dla zdefiniowanych użytkowników systemu ESOP w tym do przygotowania strony internetowej wyświetlającej dane z systemu ostrzegania.



Rys. 13. Przykład panelu kontrolnego aplikacji DashBoard Manager, rzeka wraz z punktami pomiarowymi

Wszystkie moduły tworzące system do przechowywania danych używają wspólnej bazy PostGresSQL. Dane przechowywane są w odpowiedniej strukturze tak, że wszystkie elementy mają do nich ciągły dostęp (np. Dane o poziomie wód w poszczególnych opomiarowanych miejscach może być pokazywany w module DashBoard Manager na bieżąco).

Do poprawnego funkcjonowania system ESOP wymagane są numeryczne modele terenu zlewni, potrzebne są również przekroje koryt cieków wodnych położonych na obszarze zlewni. Niezbędne są ponadto dane o budowlach zainstalowanych na ciekach w obszarze realizacji projektu (informacje dotyczące mostów, zapór wodnych, rezerwarów itp.), dane geodezyjne dotyczące tych obiektów oraz zasady funkcjonowania (opróżnianie zbiorników itd.). Potrzebne są również mapy w formie papierowej, ortofotomap oraz dane odnośnie systemu rzeczno na terenie zlewni.

Dokładną lokalizację pomiarów geodezyjnych korytowych i obiektowych zamieszczono na Mapie nr 2 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska wraz z aktualną siecią pomiarową oraz realizowanymi przekrojami geodezyjnymi.

W kolejnych podrozdziałach opisano dostępne dane.

6.1.1 Dane geodezyjne

Lista dostępnych danych geodezyjnych otrzymanych z zasobów PZGiK, RZGW Kraków oraz OPGK Kraków przedstawiona została w .

Tab. 5. Dostępne dane kartograficzne i geodezyjne.

Tab. 5. Dostępne dane kartograficzne i geodezyjne

Opis danych	Źródło danych	Format
Chmury punktów ze skaningu laserowego w skali 1:1250 oraz 1:2500 wraz z podłożoną ortofotomapą	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny	Cyfrowy – pliki *.LAS
Numeryczny Model Terenu w formie tekstowej *.xyz oraz w formie siatki	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny	Cyfrowy – pliki *.XYZ oraz *.ASC
Numeryczny Model Powierzchni terenu w formie tekstowej *.xyz oraz w formie siatki	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny	Cyfrowy – pliki *.XYZ oraz *.ASC
Ortofotomapy	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny	Cyfrowy – pliki *.tiff oraz pliki *.mtr
Mapy topograficzne	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny	Cyfrowy – pliki *.tiff
Przekroje poprzeczne koryta rzeki Biała Tarnowska z opisem którego odcinka dotyczą		Cyfrowy – plik *.dxf
Zestawienie tabelaryczne obiektów hydrotechnicznych		Cyfrowy – plik *.xls
Zestawienie tabelaryczne obiektów technicznych infrastruktury drogowej typu most		Cyfrowy – plik *.xls
Zestawienie tabelaryczne przekrojów		Cyfrowy – plik *.xls
Pliki z pomiarami przekrojów korytowych rzeki Biała Tarnowska (widok z góry), odpowiadające im przekroje poprzeczne oraz zdjęcia mierzonych miejsc		Cyfrowy – pliki *.pdf oraz *.jpg

Pliki LAS:

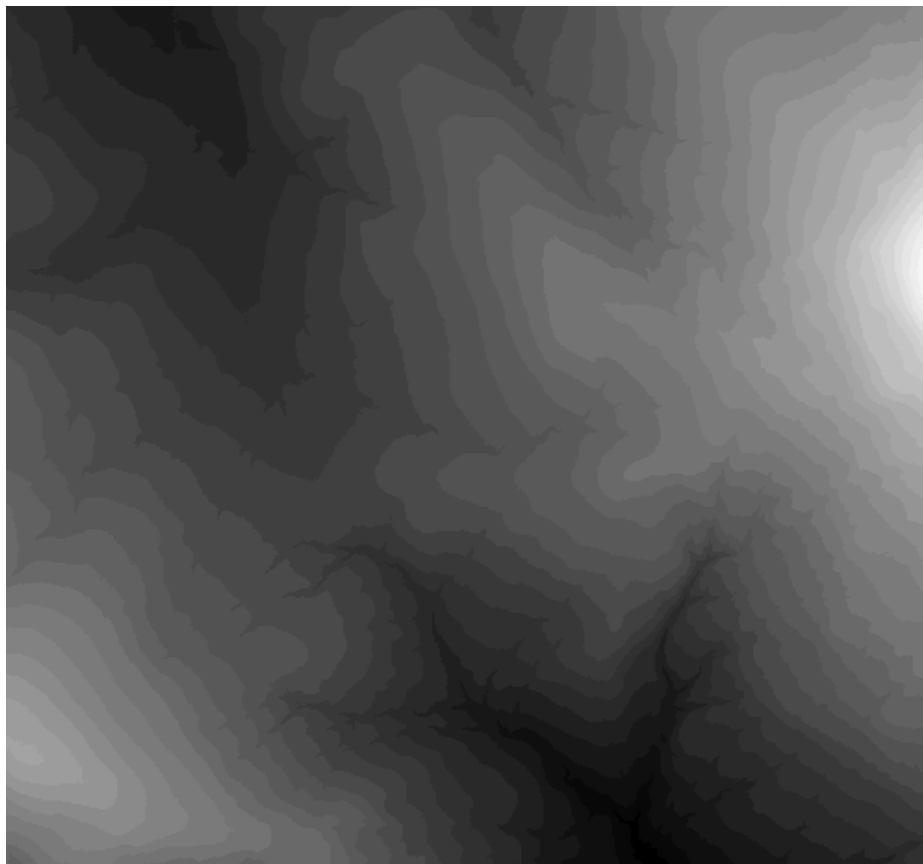
Z ewidencji danych krajowych przekazano pliki z chmurami punktów ze skanowania laserowego z nałożonymi ortofotomapami w skali 1:1250 oraz 1:2500. Plików w skali 1:1250 jest 320, plików w skali 1:2500 jest 772.



Rys. 14. Przykład danych z plików LAS

Pliki NMT:

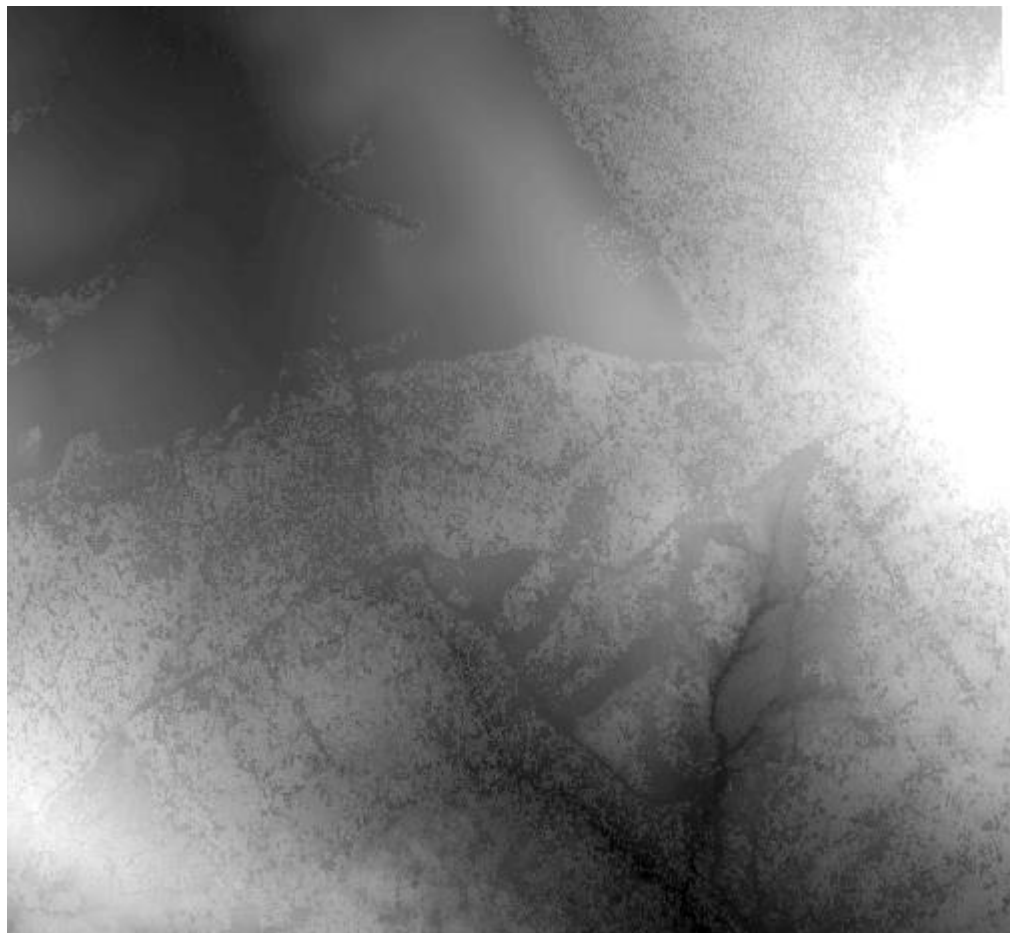
Przekazany został numeryczny model terenu w postaci danych tekstowych z rozszerzeniem *.xyz. Są to pliki ze współzrędnymi punktów oraz przekonwertowane pliki *.asc. W każdym folderze znajduje się po 215 plików, ich rozdzielczość to 1x1m.



Rys. 15. Przykład NMT – plik z rozszerzeniem *.asc. Barwa odzwierciedla rzędną terenu (jaśniejszy kolor – wyższa rzędna)

Pliki NMPT:

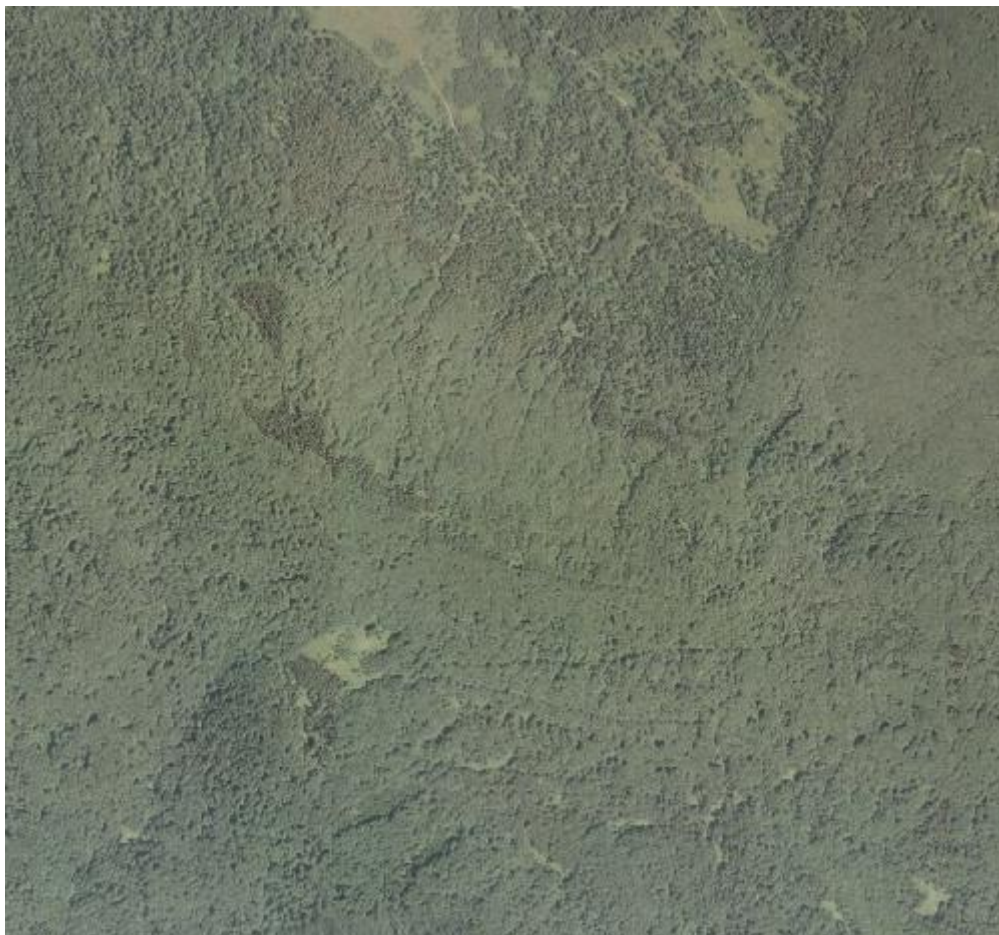
Przekazany został numeryczny model powierzchni terenu w postaci danych tekstowych z rozszerzeniem *.xyz. Są to pliki ze współrzędnymi punktów oraz przekonwertowane pliki *.asc. W każdym folderze znajduje się po 215 plików, ich rozdzielczość to 0,5x0,5m. W stosunku do NMT uzupełniony on jest o szatę roślinną oraz zabudowę.



Rys. 16. Przykład danych NMPT – plik z rozszerzeniem *.asc

Ortofotomapy:

Przekazane zostały ortofotomapy w formie cyfrowych plików *.tiff oraz odpowiadających im plików *.mtr. W folderze znajduje się 288 ortofotomap.



Rys. 17. Przykład ortofotomapy.

Dane topograficzne:

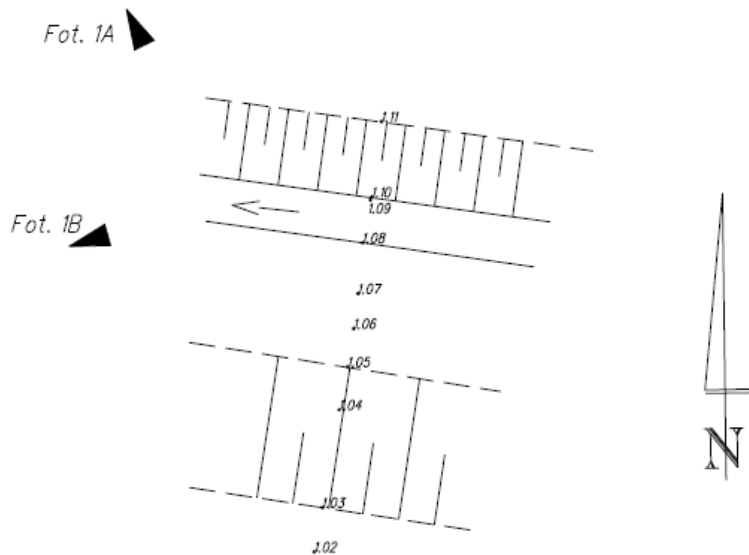
Przekazano również dane topograficzne w układzie współrzędnych 1965 oraz 1992. Map w układzie 1965 jest 56, zaś map w układzie 1992 jest 42.



Rys. 18. Przykład mapy topograficznej – układ współrzędnych 1965

Zdjęcia:

Otrzymaliśmy Pozyskano dane fotograficzne oraz szkice w formatach *.pdf obrazujące przekroje poprzeczne rzeki Biała Tarnowska.



Rys. 19. Szkic miejsca pomiaru



Fot. 18. Zdjęcie miejsca pomiaru

6.1.2 Dane hydrologiczne z zasobów IMGW

Do budowy, kalibracji i weryfikacji modelu wykorzystane zostaną Dane historyczne z IMGW.

Wybrane charakterystyki hydrologiczne dla stacji wodowskazowych na rzece Białej oraz charakterystyki meteorologiczne dla wyznaczonych zlewni:

- przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla trzech profili kontrolnych (Grybów, Ciężkowice, Koszyce Wielkie)
- zestawienie hydrogramów stanów wody i przepływów z dwóch największych wezbrań na przestrzeni od 1982 do 2011 dla rzeki Białej:
 - dla trzech stacji wodowskazowych z roku 2010 (po 16 dni), okres 20.07.2001 – 04.08.2001r.
 - dla trzech stacji wodowskazowych z roku 2001 (po 13 dni), okres 30.05.2010 – 11.06.2010r.
- średnia wysokości opadów o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia dla wyznaczonych zlewni
- zestawienie dobowych opadów ze stacji hydrologicznych Grybów, Jastrzębia i Tuchów po 20 dni w 2001 roku (16.07.2001-04.08.2001) i po 20 dni z 2010 roku (23.05.2010-11.06.2005). Dane przedstawiono w formie wykresów poniżej:²¹

Stacja wodowskazowa **Grybów** położona jest na prawym brzegu rzeki Białej około 100 m poniżej mostu kolejowego, tj. w kilometrze 72+200. Profil zamyka zlewnię o powierzchni 206,98 km² Posterunek składa się z trzech łat wodowskazowych o łącznym zakresie 180 ÷ 670 cm. Rzędna zera wodowskazu ma wartość 320,450 m nad Kr. Wodowskaz znajduje się w obrębie korekcji progowej. Obecnie stacja wyposażona jest w automatyczny czujnik rejestrujący stany wody.

Według roczników hydrologicznych wodowskaz założono w grudniu 1934 roku przy moście drogowym na trasie Nowy Sącz – Gorlice. Dla okresu 1934÷1938 brak jest jednak jakichkolwiek danych. Systematyczne obserwacje stanów wody rozpoczęto w 1939 roku. Rzędna zera wodowskazu wynosiła wówczas 320,690 m Adr. Wartość tę potwierdza protokół lustracji

²¹ Dane pochodzą ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego

wodowskazu z 19 lipca 1948 roku. W wyniku nawiązania do niwelacji państwowej w układzie Kronsztadt rzędna zera otrzymała wartość 319,717 m. W roku 1963 około 50 m poniżej wodowskazu wybudowano jaz i w związku z tym od 1 listopada stany wody są wyższe o około 130 cm. Datę tę przyjęto, jako początek nowego okresu obserwacyjnego. W lipcu 1972 roku ze względu na ciągłe zmiany dna w profilu mostowym wodowskaz przeniesiono w obecny profil i ustalono rzędną zera na 320,450 m nad Kr.

Stacja wodowskazowa **Ciężkowice** położona jest w wolnym profilu na prawym brzegu rzeki Białej, około 100 m poniżej mostu drogowego, tj. w kilometrze 46+300. Zamyka zlewnię o powierzchni 524,56 km². Stacja składa się z pięciu łat wodowskazowych o łącznym zakresie 130 ÷ 790 cm. Rzędna zera wodowskazu ma wartość 238,510 m nad Kr. Obecnie stacja wyposażona jest w czujnik rejestrujący stany wody.

Według roczników Centralnego Biura Hydrograficznego Austrii wodowskaz założony został w roku 1887, przy drewnianym moście drogowym na trasie Grybów – Tarnów. Rzędna zera 232.525 m Adr. publikowano w latach 1899 ÷ 1908. W roku 1909 rzędną zera zmieniono na 246.661 m Adr. Przyczyny zmiany nie wyjaśniono. Z przebiegu stanów wody nie wynika, aby w położeniu zera wodowskazu zaszła zmiana. Dla uniknięcia ujemnych odczytów w roku 1942 zero obniżono o 3 m, tj. na rzędną 243,661 m Adr. W wyniku nawiązania wodowskazu do niwelacji państwowej w układzie Kronsztadt rzędna zera otrzymała wartość 238,614 m. W listopadzie 1971 roku ze względu na duże zaburzenia stanów wody w profilu mostowym wodowskaz przeniesiono około 100 metrów w dół rzeki. Jednocześnie otrzymał on nową rzędną zera, która do chwili obecnej wynosi 238,510 m Kr. W 1975 roku miały miejsce prace regulacyjne w korycie rzeki połączone z budową wału przeciwpowodziowego.

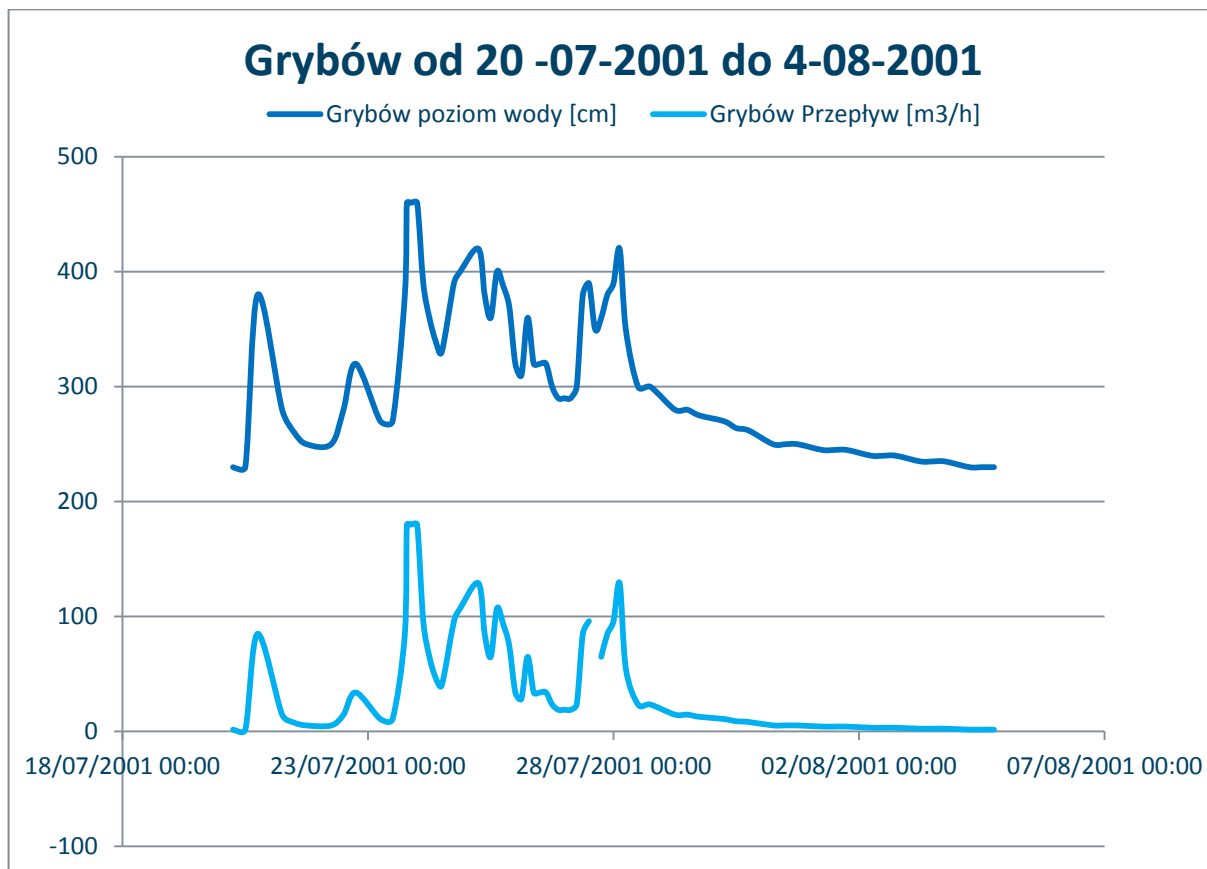
W profilu nie stwierdza się żadnych czynników mogących zakłócać prawidłowy przebieg obserwacji i pomiarów.

Stacja wodowskazowa **Koszyce Wielkie** położona jest w 6+600 kilometrze rzeki Białej i zamyka zlewnię o powierzchni 954,95 km². Zlokalizowana jest na brzegu lewym, w wolnym profilu, około 20 m poniżej mostu drogowego na trasie Tarnów-Kraków. Rzędna zera wynosi 189,726 m n.p.m. Stacja składa się z siedmiu łat wodowskazowych o łącznym zakresie 80 ÷ 840 cm. Obecnie wyposażona jest w czujnik automatyczny rejestrujący stany wody.

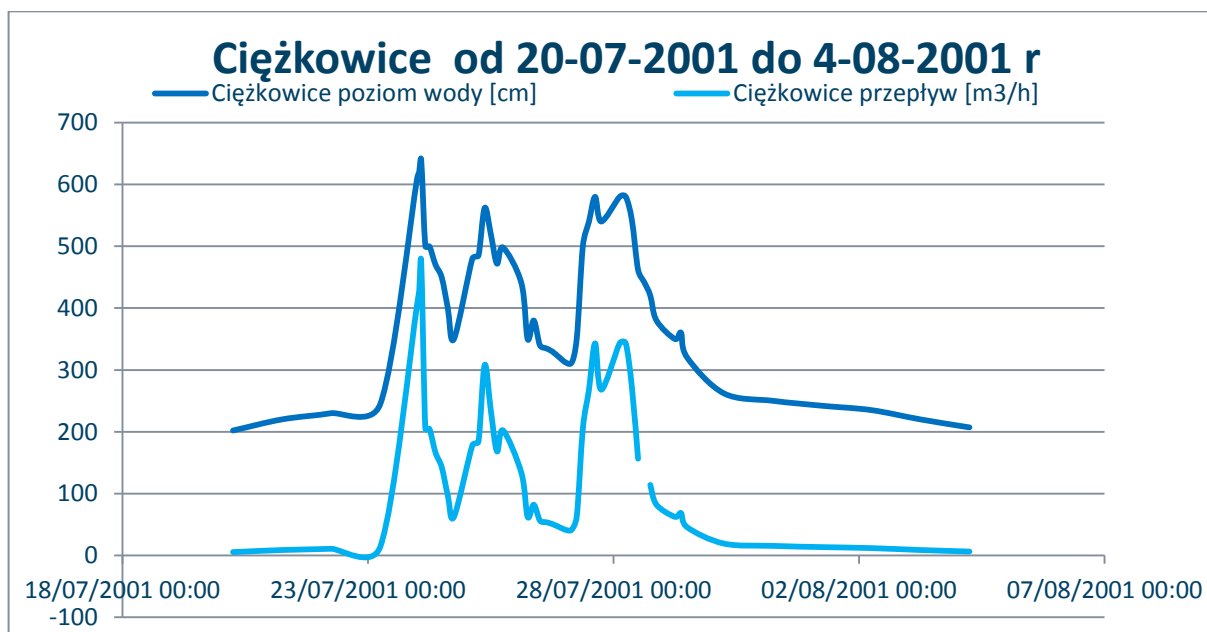
Według roczników Centralnego Biura Hydrograficznego Austrii wodowskaz Koszyce Wielkie został założony w 1889 roku. Rzędna zera 191,295 m Adr. po raz pierwszy opublikowano w roku 1898. Wartość tę potwierdza protokół lustracji wodowskazu z 18 czerwca 1925 roku. W wyniku nawiązania wodowskazu do niwelacji państwowej w układzie Kronsztadt rzędna zera otrzymała wartość 190,726 m. Wodowskaz założono w profilu mostowym na trasie Tarnów – Kraków na prawym brzegu rzeki Białej. W roku 1972 wodowskaz przeniesiono w wolny profil limnigrafu około 20 m poniżej mostu, na lewy brzeg, bez zmiany rzędnej zera. W roku hydrologicznym 1976 ze względu na postępującą erozję denną koryta, rzędną zera wodowskazu obniżono o 1 m.

W profilu nie stwierdza się obecnie żadnych czynników mogących zakłócać pomiar:²²

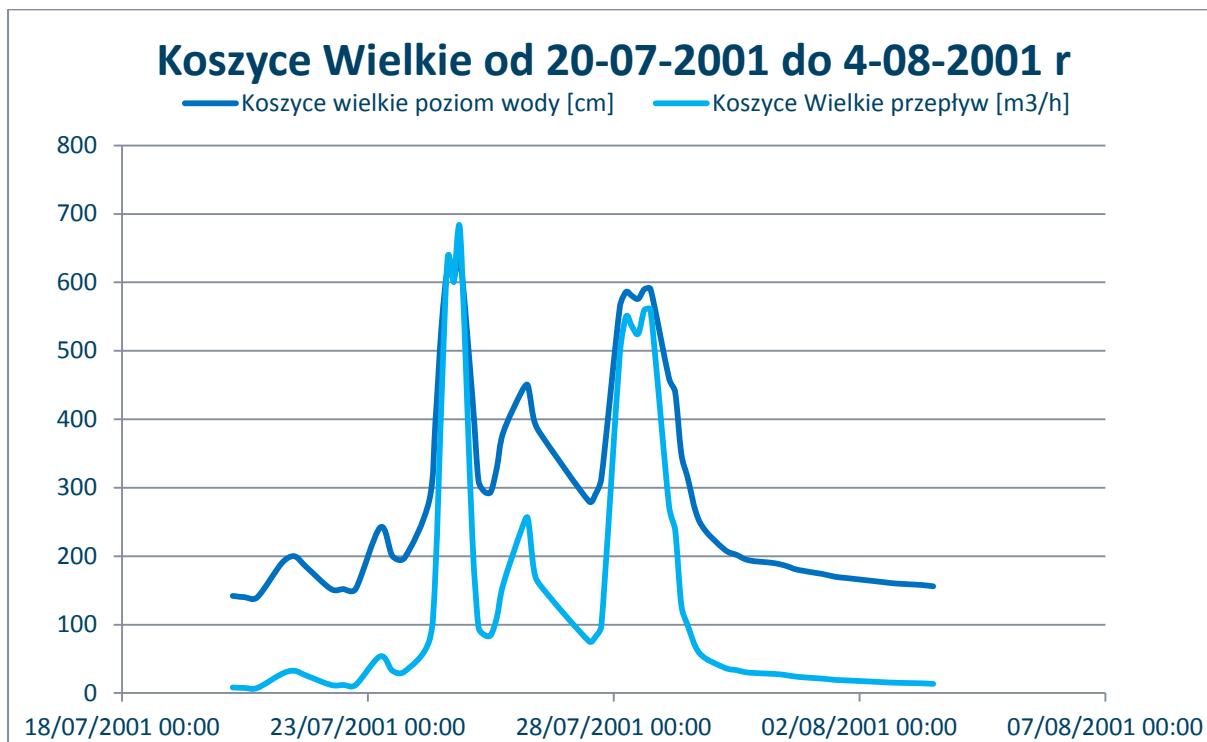
²² Dane pochodzą ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego



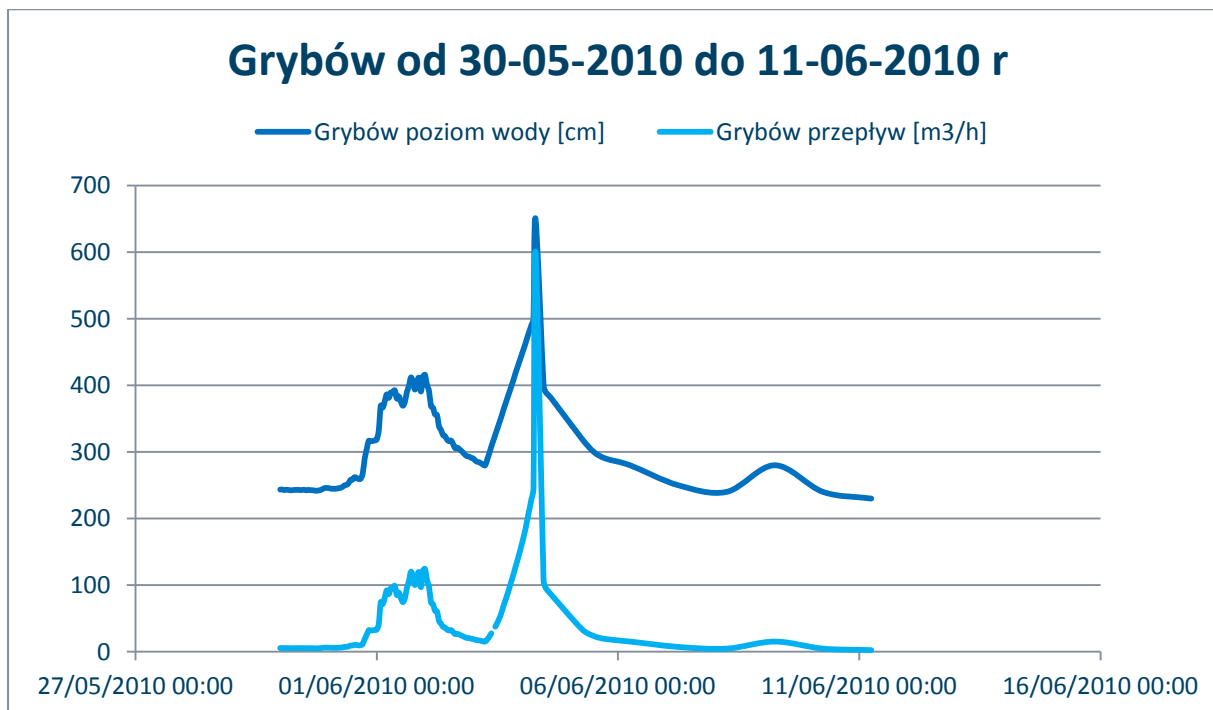
Rys. 20 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Grybów na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001



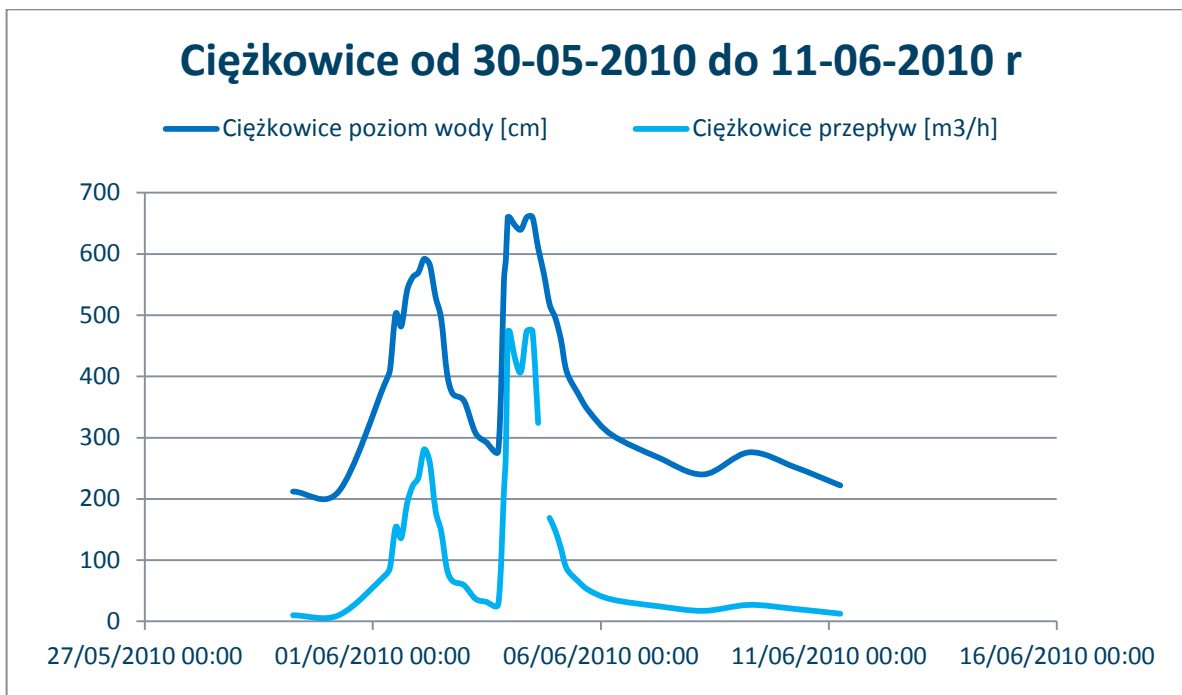
Rys. 21 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Ciężkowice na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001



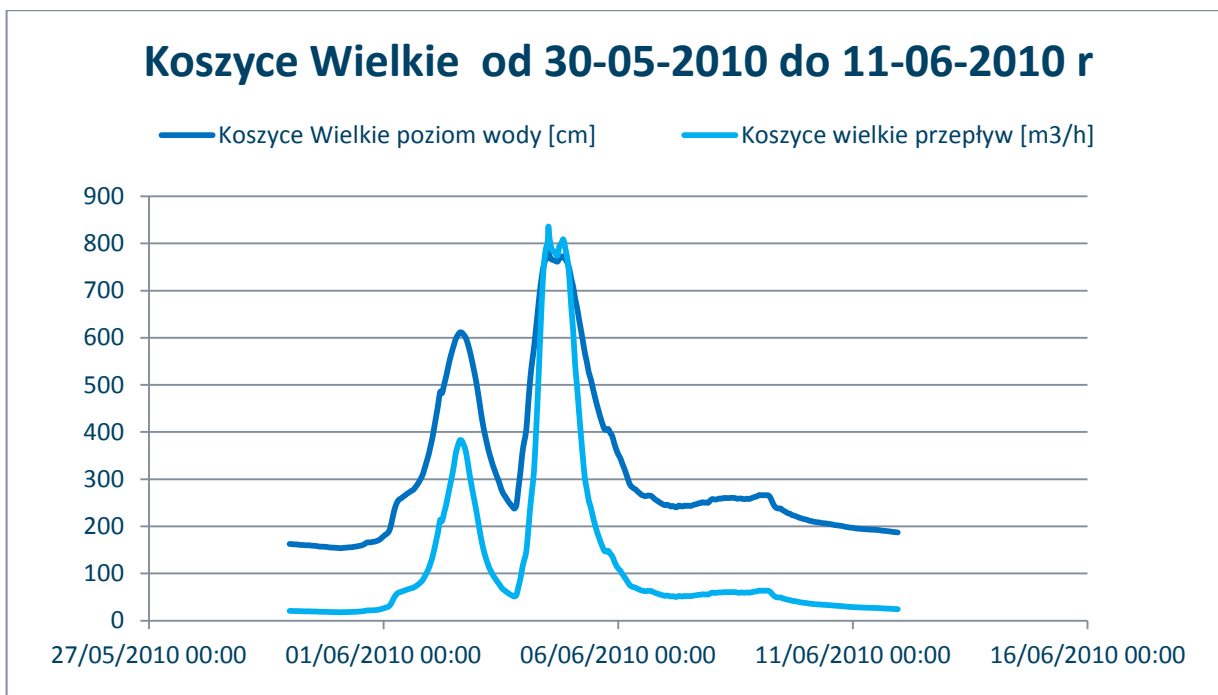
Rys. 22 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Koszyce Wielkie na rzece Białej z okresu od 20-07-2001 do 04-08-2001



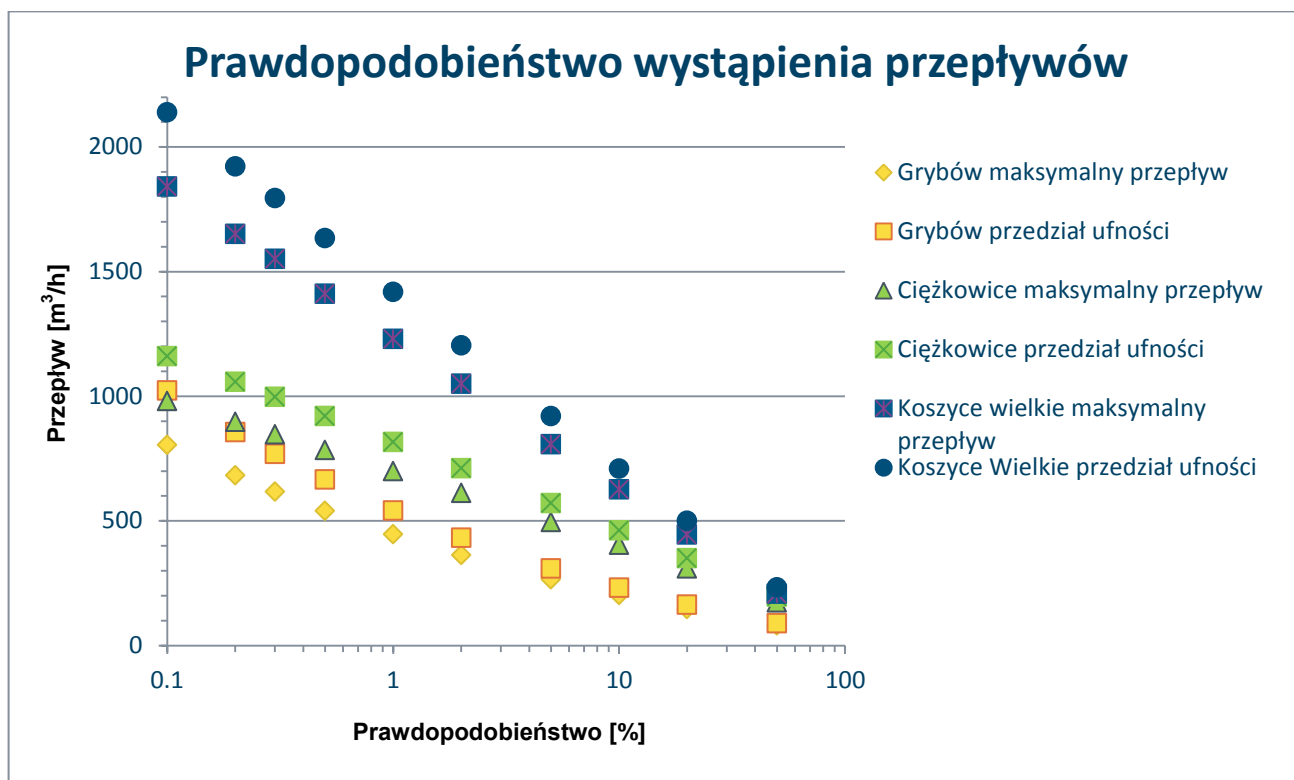
Rys. 23 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Grybów na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010



Rys. 24 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Ciężkowice na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010



Rys. 25 Wartości poziomów oraz przepływów wody dla stacji wodowskazowej Koszyce Wielkie na rzece Białej z okresu od 30-05-2010 do 11-06-2010



Rys. 26. Przeptywy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla profili wodowskazowych zlokalizowanych na rzece Białej (opracowanie IMGW)

Powyższy wykres został opracowany na podstawie ciągów przeptywów maksymalnych rocznych dla przekroju wodowskazowego Grybów z okresu hydrologicznego 1961-2011, dla przekroju Ciężkowice z okresu hydrologicznego 1966-2011 a dla przekroju Koszyce Wielkie z okresu 1951-2011, będących w dyspozycji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Ilość elementów ciągów przeptywów maksymalnych rocznych wynosi odpowiednio 51, 46 i 61. W przypadku, gdy ilość elementów ciągu rozdzielczego przeptywów maksymalnych przekracza 30 elementów, do obliczeń wielkich wód prawdopodobnych stosuje się metody statystyczne. Metoda ta, wykorzystuje wieloletnie dane pomiarowe i opiera się na założeniu, że maksymalne przeptywy roczne podlegają określonemu rozkładowi prawdopodobieństwa, a parametry tego rozkładu szacuje się na podstawie próby losowej, czyli serii maksymalnych przeptywów rocznych zaobserwowanych w przeszłości. Dla tak zestawionych ciągów danych sprawdzono i wyeliminowano błędy niejednorodności pomiarowej i czasowej poprzez badanie ich niejednorodności metodami statystycznymi:

- wykrywania tzw. elementów odstających przy wykorzystaniu testu Grubbsa-Becka,
- badania niezależności poszczególnych elementów ciągu przeptywów maksymalnych przy zastosowaniu testu serii,
- testem sumy rang Kruskala – Wallisa,
- testem współczynnika korelacji rangowej Spearmana na trend zmiennej losowej,

Na podstawie badania stwierdzono, że ciągi maksymalnych przeptywów rocznych uformowane na podstawie istniejących materiałów hydrologicznych stanowią ciągi jednorodne:

- dla stacji wodowskazowej Grybów z lat hydrologicznych 1964-2010,
- dla stacji wodowskazowej Ciężkowice z lat hydrologicznych 1980-2010,
- dla stacji wodowskazowej Koszyce Wielkie z lat hydrologicznych 1954-2010.

Obliczenie przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przeprowadzono według następującego schematu - za modele własności statystycznych ciągów ekstremów rocznych przyjęto następujące typy rozkładów prawdopodobieństwa:

- rozkład Pearsona III typu,
- rozkład logarytmiczno normalny,
- rozkład Gumbela,
- rozkład GEV.

dla wszystkich rozkładów przyjęto warunek, że dolne ograniczenie mieści się w granicach <0 , najmniejsza wartość przepływu maksymalnego zestawionego ciągu,

- estymacja parametrów przeprowadzana jest metodą największej wiarygodności,
- testowanie hipotezy zgodności teoretycznej funkcji rozkładu prawdopodobieństwa z rozkładem empirycznym testem² Pearsona, na poziomie $= 0.05$,
- najbardziej wiarygodny rozkład prawdopodobieństwa, z grupy rozkładów najlepiej dopasowanych wybierany jest przy użyciu kryterium informacyjnego Akaike.
- wyznaczana jest górna granica przedziału błędu wynikającego z losowości ciągu przepływów maksymalnych rocznych na poziomie $P\alpha=0,84$,

Najlepiej dopasowanym rozkładem dla stacji wodowskazowych Ciężkowice oraz Koszyce Wielkie jest rozkład Pearsona III typu, zaś dla stacji wodowskazowej Grybów rozkład logarytmiczno normalny.

Wyniki obliczeń przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla stacji wodowskazowych zlokalizowanych na rzece Białej zestawiono w Tab. 6. Rys. 26 przedstawia przepływ maksymalny w funkcji prawdopodobieństwa – w celu zwiększenia czytelności prawdopodobieństwo umieszczono na osi logarytmicznej.²³

²³ Materiał pochodzi z opracowania IMGW „Obliczenie wybranych charakterystyk hydrologicznych dla stacji wodowskazowych na rzece Białej oraz charakterystyk meteorologicznych dla wyznaczonych siedmiu zlewni i trzech stacji opadowych”.

Tab. 6 Przepływy maksymalne roczne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla profili wodowskazowych na rzece Białej Tarnowskiej.

Stacja	Grybów 1964-2010		Ciężkowice 1980-2010		Koszyce Wielkie 1954-2010	
	Przepływ maksymalny Q _{max,p} [m ³ /s]	Przedział ufności P _α 84%	Przepływ maksymalny Q _{max,p} [m ³ /s]	Przedział ufności P _α 84%	Przepływ maksymalny Q _{max,p} [m ³ /s]	Przedział ufności P _α 84%
50	80,4	88,4	172	195	207	233
20	146	164	309	350	445	500
10	202	231	404	461	626	709
5	265	309	495	570	807	920
2	362	432	612	711	1050	1203
1	446	541	699	816	1229	1418
0.5	540	666	784	920	1410	1634
0.3	617	768	847	997	1550	1794
0.2	682	856	896	1057	1650	1921
0.1	804	1022	980	1160	1840	2138

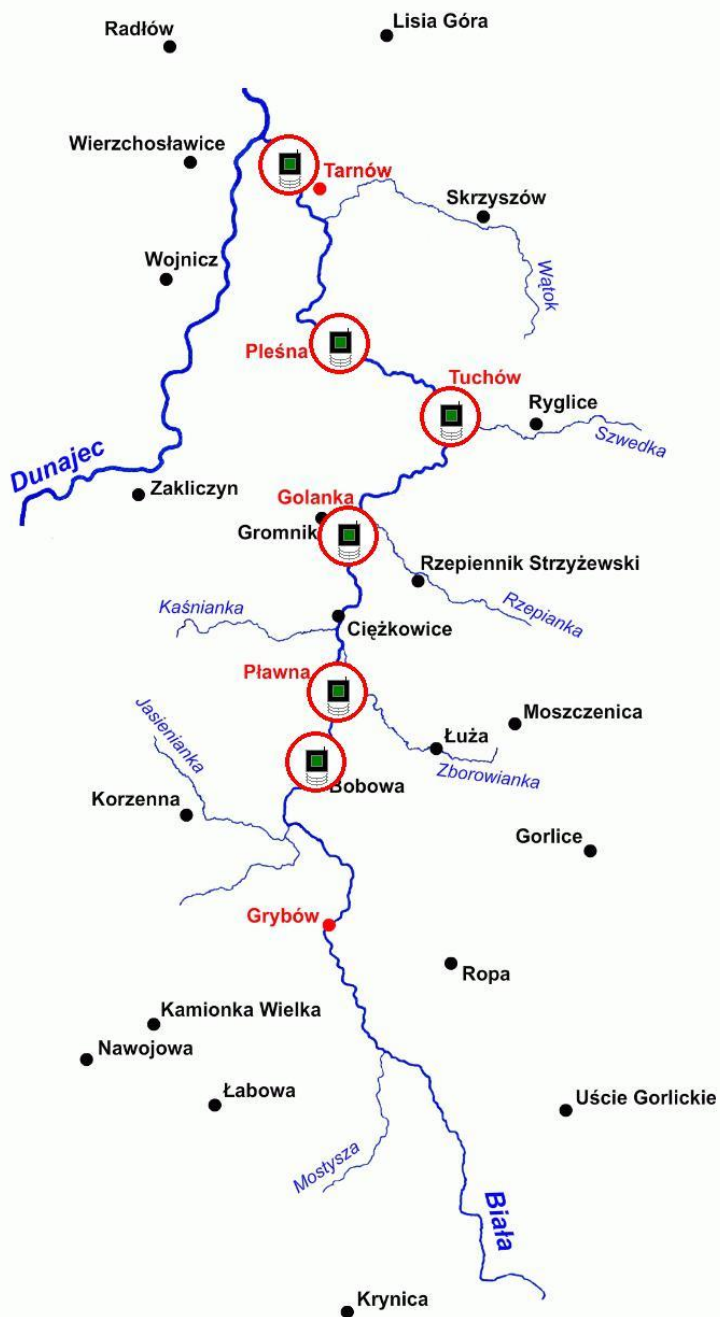
6.1.3 Istniejący system pomiarowy

Na terenie zlewni rzeki Białej istnieje działający system pomiarowy. Został on zrealizowany przez firmę RWD Prospect. Składa się z szeregu stacji wodowskazowych zamontowanych wzdłuż rzeki Biała. Dane z ww. systemu przedstawiono na wykresach poniżej. W chwili obecnej punkt pomiarowy zainstalowany w Grybowie został przeniesiony do Bobowej, stąd też na tych wykresach można zaobserwować różny okres pomiarowy.

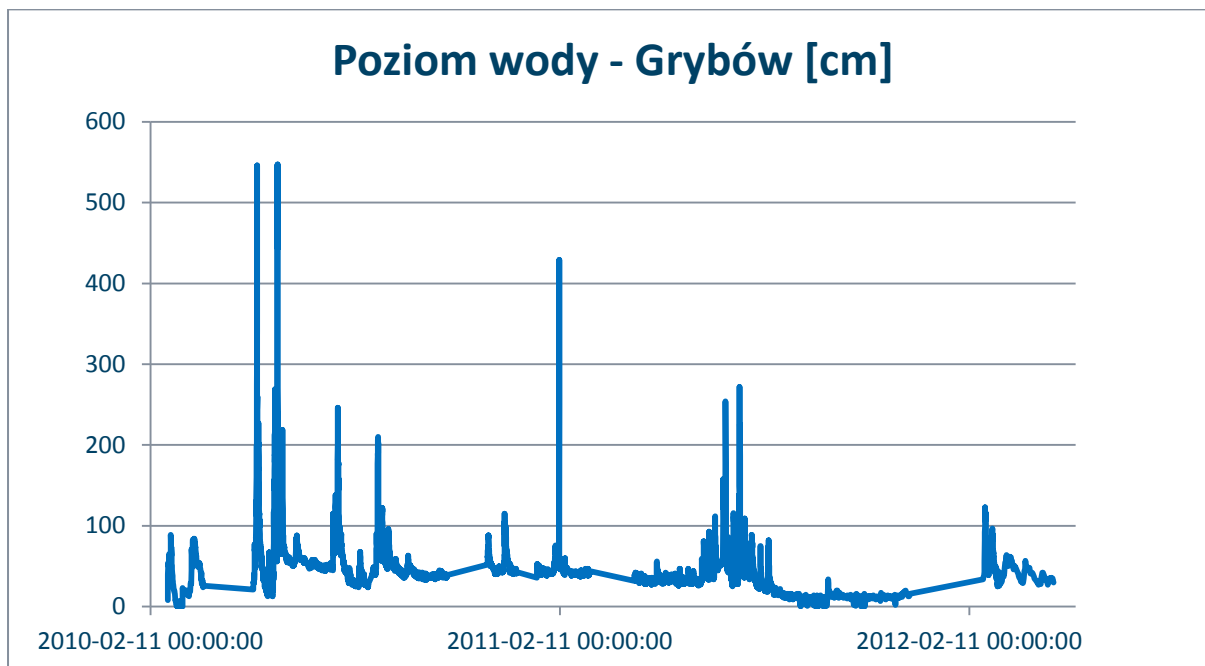


Monitoring Powodziowy - RZEKA BIAŁA

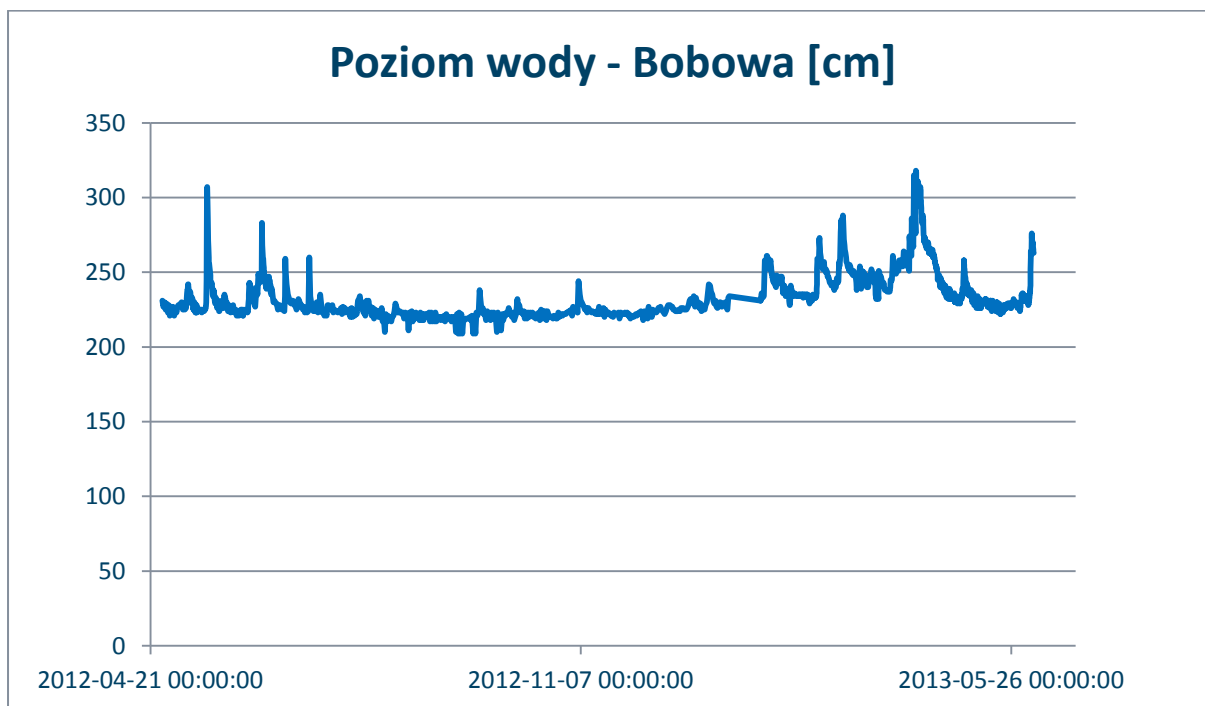
- stacja pomiarowa
- miejscowość



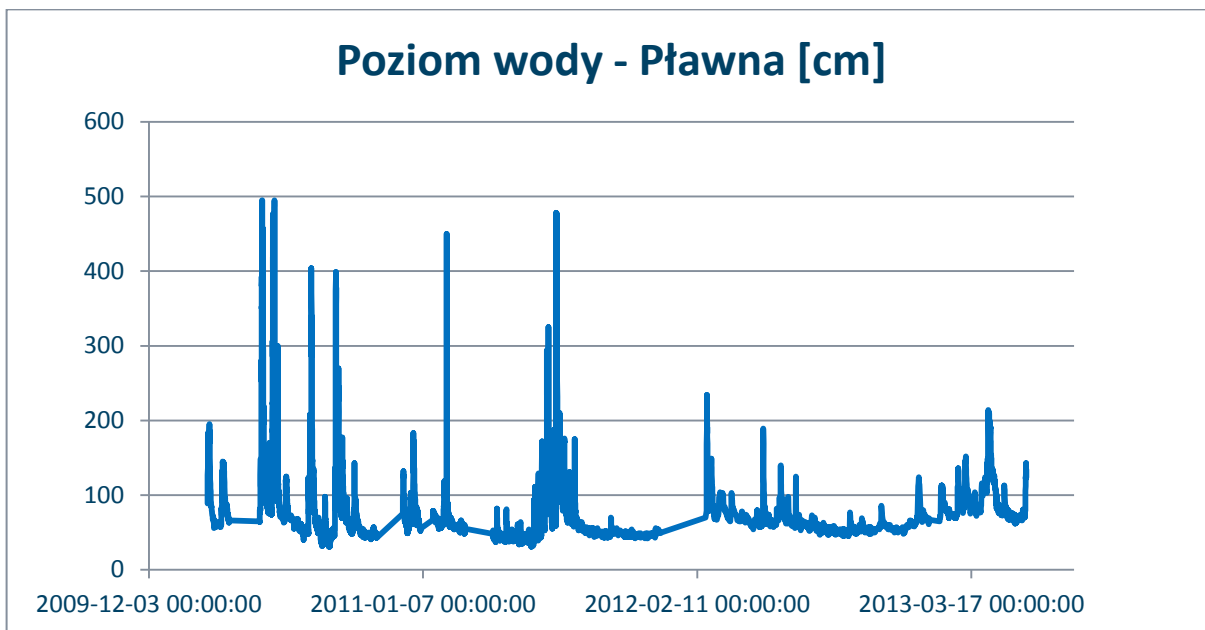
Rys. 27. Rozkład punktów pomiarowych na rzece Białej oraz dopływach



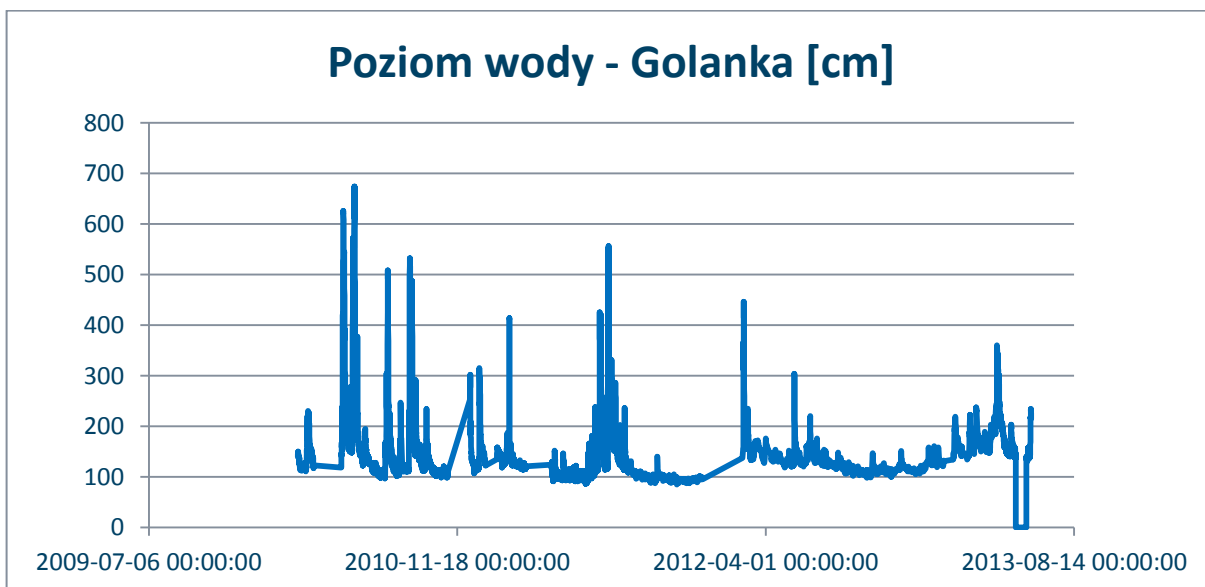
Rys. 28. Poziom wody w Grybowie



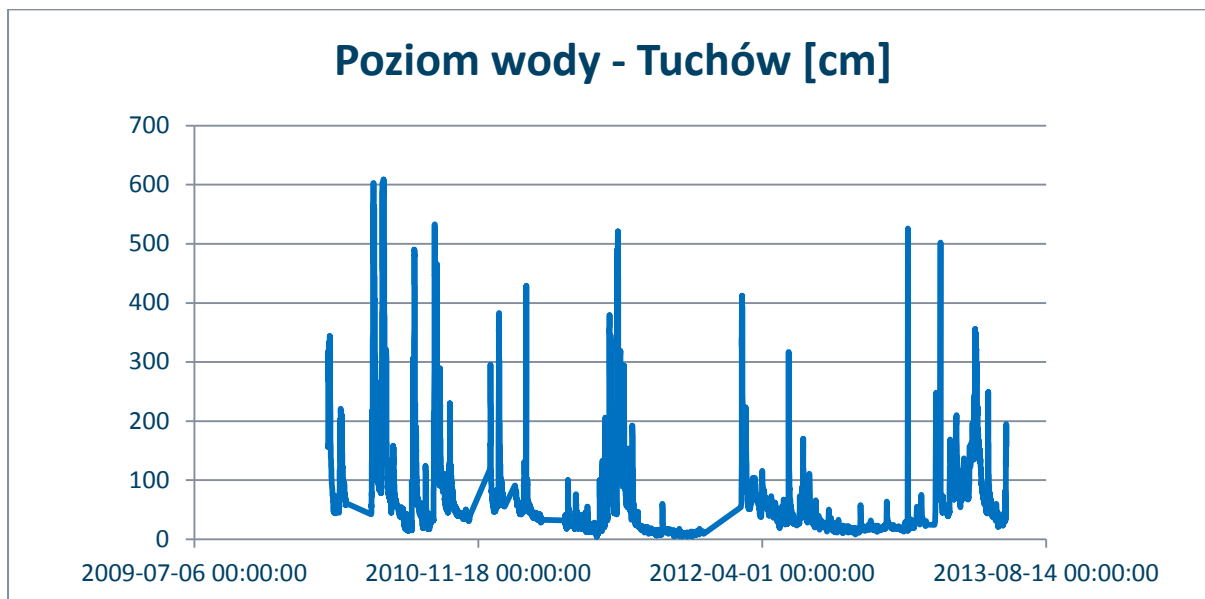
Rys. 29. Poziom wody w Bobowej



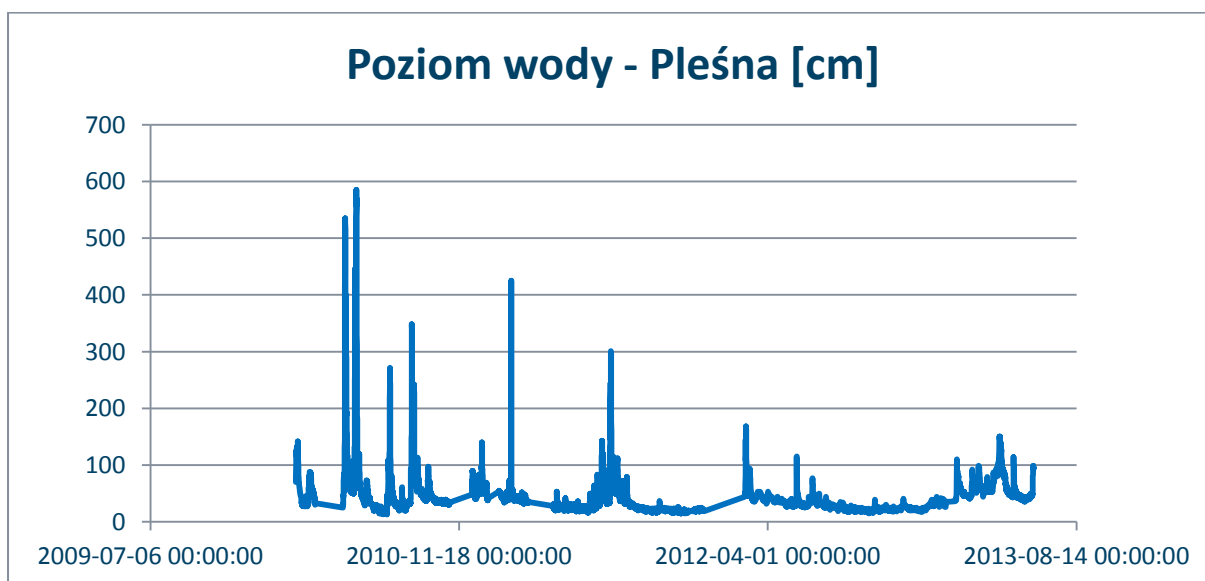
Rys. 30. Poziom wody w Pławnie



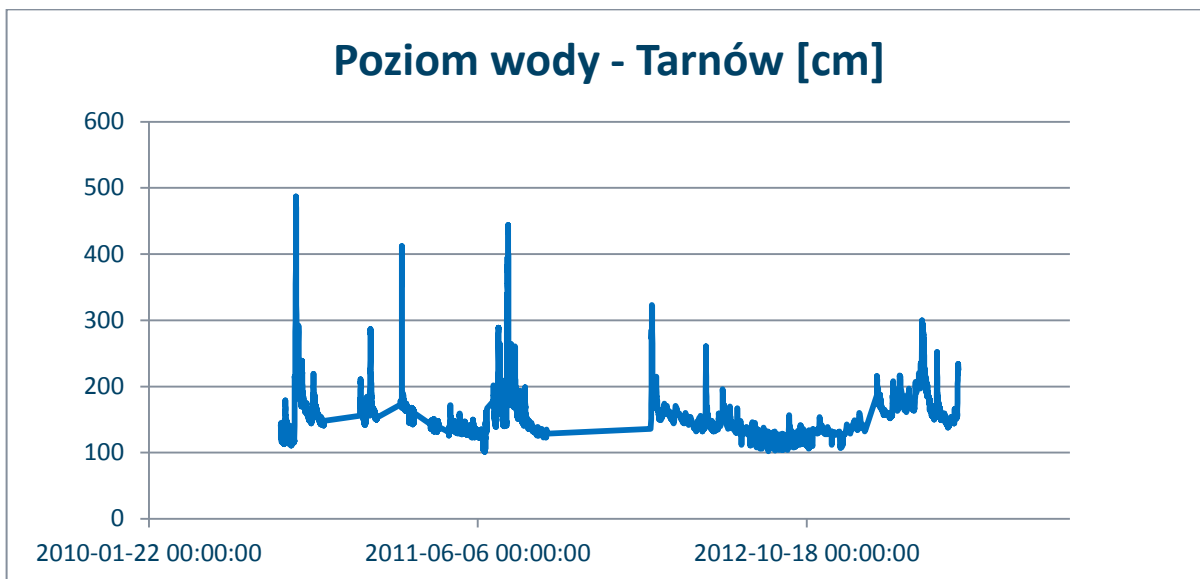
Rys. 31. Poziom wody w Golance



Rys. 32. Poziom wody w Tuchowie

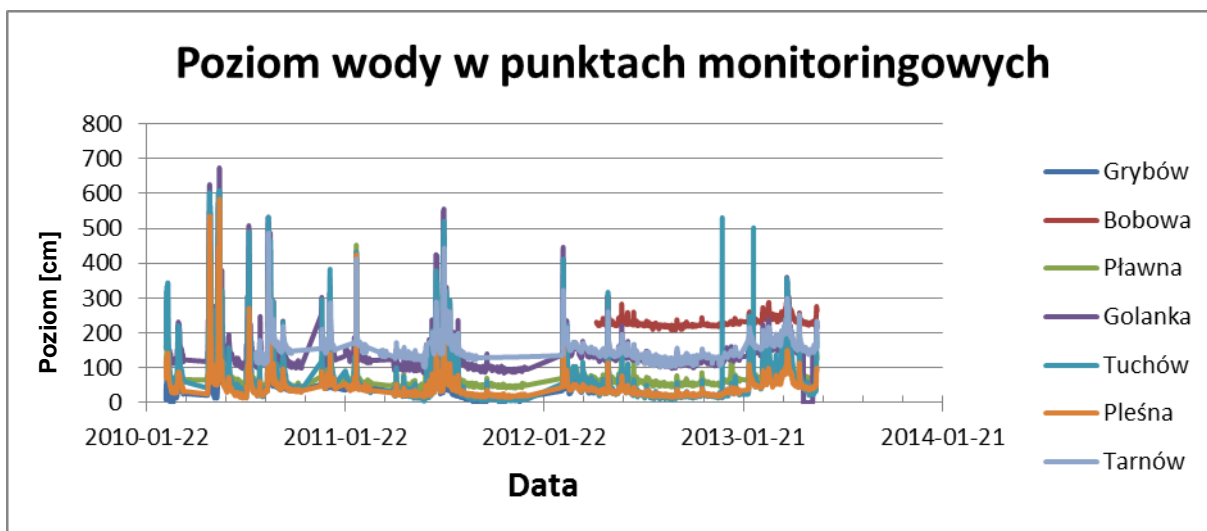


Rys. 33. Poziom wody w Pleśnej



Rys. 34. Poziom wody w Tarnowie

Z wykresów umieszczonych powyżej można w łatwy sposób odczytać okresowe wzrosty poziomów wód w poszczególnych miejscach pomiarowych. Zmiany te są skorelowane, występują częściej w okresach letnich oraz są związane ze zjawiskami pogodowymi (np.: opady deszczu, roztopy).



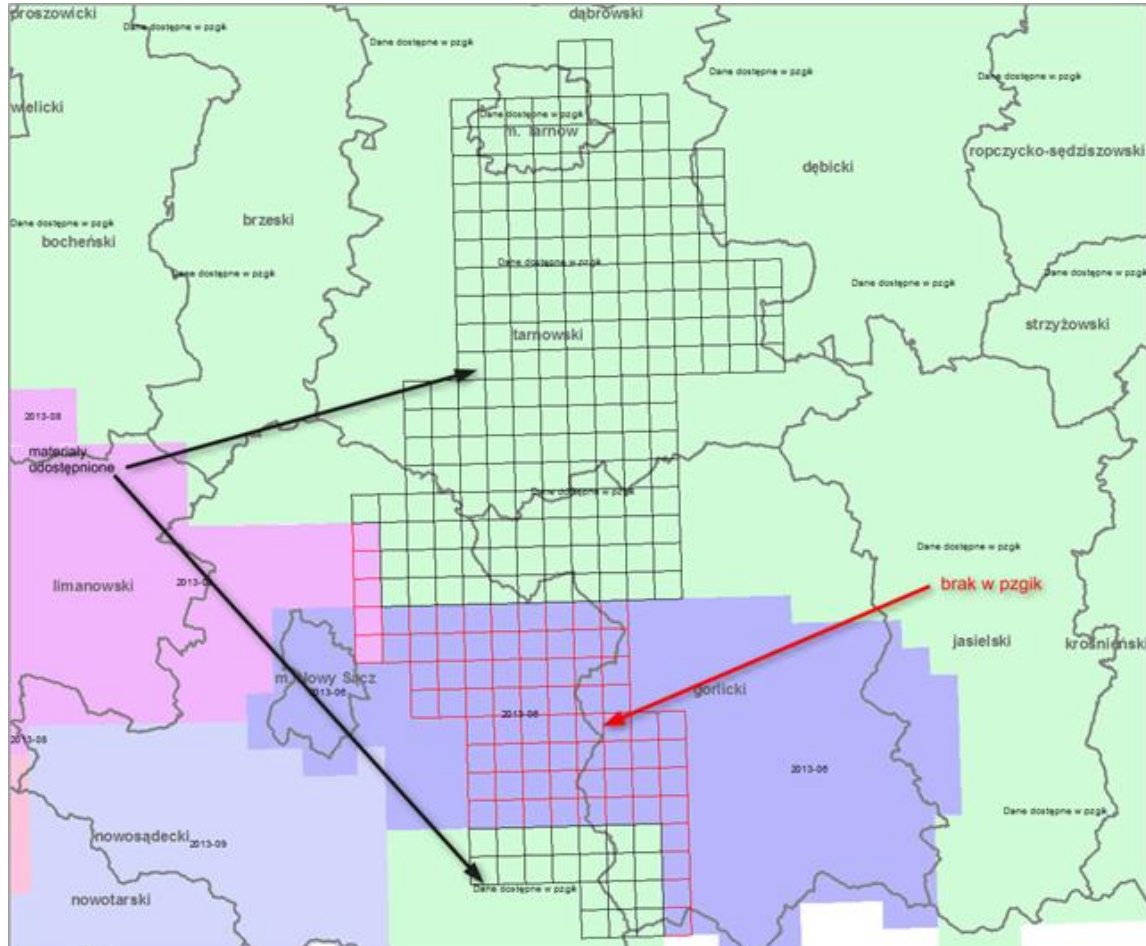
Rys. 35. Zestawienie wszystkich danych pomiarowych

6.1.4 Brakujące dane wejściowe

Dane kartograficzne

W danych otrzymanych z PZGiK brak jest niektórych arkuszy (pliki LAS NMT NMPT). Listę z wykazem brakujących arkuszy umieszczono, jako załącznik w ostatnim rozdziale niniejszego opracowania, rozmieszczenie przestrzenne dostępnych oraz brakujących danych można zobaczyć na Rys. 36. Dostępne oraz brakujące dane (LAS, NMT oraz NMPT).

Brakujące dane geodezyjne zostaną uzupełnione do 31.08.2013r. po zakończeniu inwentaryzacji brakujących obszarów. Brak ww. danych w chwili obecnej nie wpłynie na jakość ani termin realizacji projektu.



Rys. 36. Dostępne oraz brakujące dane (LAS, NMT oraz NMPT)

Dostęp do danych z prognoz meteorologicznych

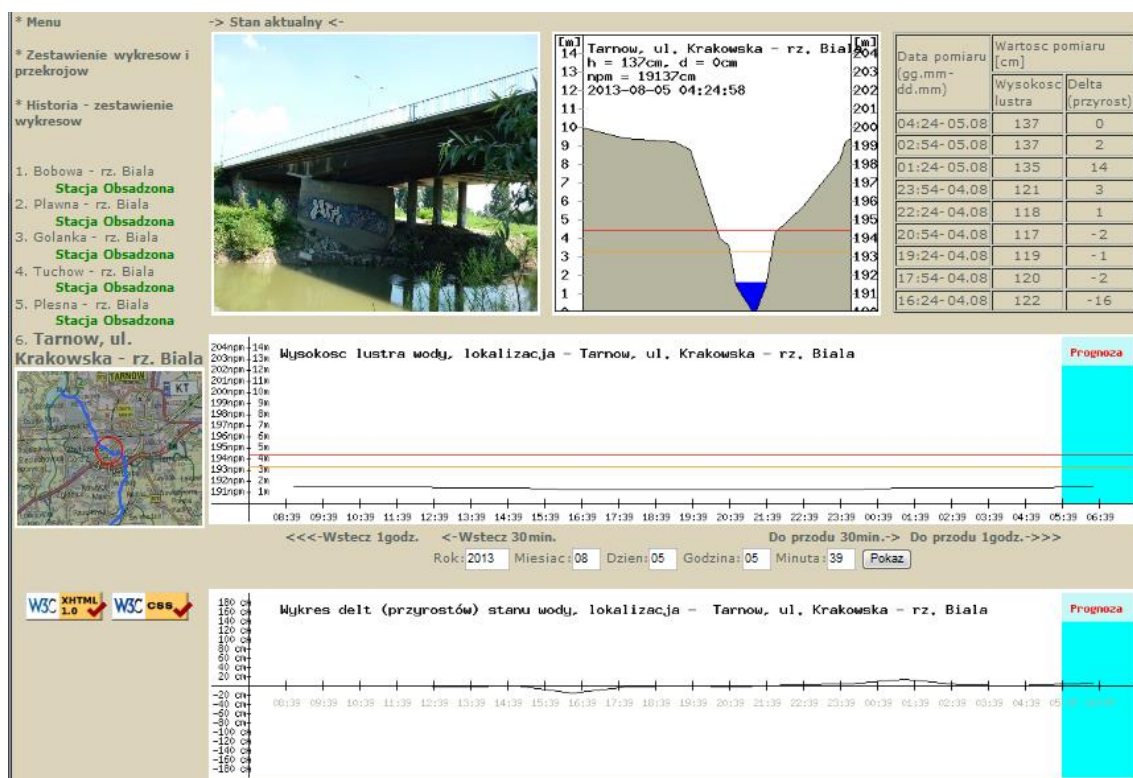
Trwają uzgodnienia w zakresie formy transferu danych z prognoz meteorologicznych z Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM). Zakres ten powinien być uzgodniony do 31.08.2013r. i wówczas dane będą mogły być wprowadzane do systemu ESOP.

Brak ww. danych w chwili obecnej nie wpłynie na jakość ani termin realizacji projektu.

7 Analiza wariantowa rozbudowy systemu ostrzegania powodziowego

7.1 Obecna sieć pomiarowa – Wariant 0

W chwili obecnej sieć pomiarowa monitorująca stan wód na terenie zlewni rzeki Biała składa się jedynie z 6 punktów monitorujących stan wody w poszczególnych punktach zlewni (Rys. 27. Rozkład punktów pomiarowych na rzece Białej oraz dopływach). System na bieżąco monitoruje stan wody w poszczególnych punktach i w sytuacji, gdy osiągają określony stan wysłała informację o zagrożeniu w formie smsa do odpowiednich osób. Monitoring daje możliwość śledzenia poziomu wody w czasie rzeczywistym jak również sprawdzenia stanu wody w poprzednich okresach. Jego rola ograniczona jest do funkcji monitorowania stanu rzeki, natomiast nie zawiera w sobie możliwości prognozy stanu wody w przyszłości. Jedyna możliwość wykorzystania uzyskanych w ten sposób danych w celu prognozy to informacja na temat podwyższonego stanu wody w górnych częściach zlewni, która może być przekazywana do niżej położonych miejscowości. Niestety taka informacja nie przekazuje szczegółów o prędkości fali ani o obszarze, na jakim wystąpi rozlanie. Przewidywanie obszaru wystąpienia zagrożenia opiera się w takim wypadku jedynie na wcześniejszych doświadczeniach i obserwacjach. Dodatkowo jego dokładność drastycznie spada w przypadku wystąpienia lokalnych opadów, których koncentracja występuje pomiędzy punktami pomiarowymi, gdyż wówczas brak jest niezbędnych danych do właściwego oszacowania wielkości wezbrania.



Rys. 37. Przykładowy ekran systemu monitoringu stanu wody ze strony www.prspect.pl

Budowa systemu ESOP będzie znaczącym postępem w dziedzinie ostrzegania. Odbiorcy systemu nie tylko dostaną informację o zagrożeniu z dużym wyprzedzeniem, ale również zasięg zagrożenia zostanie precyzyjnie pokazany w rozłożeniu czasowym i przestrzennym.

7.2 Możliwości rozbudowy systemu pomiarowego

W chwili obecnej system ESOP zasilany będzie przez prognostyczne dane opadowe oraz dane gromadzone w urządzeniach mierzących poziom stanu wód w 6 punktach zlewni. Jak wcześniej argumentowano taki system nie daje pełnej informacji o aktualnych zagrożeniach. W szczególności system ten nie informuje o zagrożeniach wynikających z nawałnych opadów lokalnych. Dokładnej lokalizacji tego typu opadów nie da się również przewidzieć przy użyciu prognostycznych modeli meteorologicznych. Natomiast liczne przykłady z ostatnich lat pokazują, że zagrożenia wynikające z tego typu zjawisk są niebagatelne. Szczególnie na terenach miejskich coraz częściej dochodzi do poważnych podtopień w wyniku krótkotrwałych nawałnic. Wynika to głównie z intensywnej urbanizacji postępującej w wielu miastach w ciągu ostatnich 20 lat. W pewnym stopniu może to też wynikać ze zmian klimatycznych, które według wielu źródeł objawiają się przede wszystkim intensyfikacją ekstremalnych zjawisk meteorologicznych.

Opady

W celu wykorzystania w pełni możliwości systemu ESOP oraz zapewnienia jak największej dokładności jego wskazań, należy rozbudować istniejącą sieć monitoringu hydrologicznego. Dane podnoszące jakość prognoz ESOP można uzyskać poprzez zastosowanie lokalnego radaru pogodowego LAWR (Local Area Weather Radar). Dzięki radarom można określić lokalizację opadów, ich intensywność oraz szybkość przemieszczania się strefy opadowej. Innym sposobem pozyskania dodatkowych danych jest pokrycie obszaru poddanego monitoringowi siatką deszczomierzy. Jednak najlepszym rozwiązaniem jest kombinacja dwóch powyższych rozwiązań. W zaawansowanych systemach prognostycznych stosuje się techniki asymilacji danych o opadach w wysokiej rozdzielczości (czasowej oraz przestrzennej).

Dokładna ocena przestrzennej i czasowej zmienności opadów jest niezbędna, aby zrozumieć zjawisko powodzi oraz je przewidywać (szczególnie powodzi błyskawicznych). Deszczomierze są powszechnie używane do pomiaru skumulowanych opadów, lecz dane, których dostarczają mają ograniczenia w postaci rozdzielczości przestrzennej i czasowej. Montaż gęstych sieci deszczomierzy w celu rozwiązania problemu rozdzielczości przestrzennej wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, dodatkowo utrzymanie takiej sieci jest niezwykle czasochłonne i kosztowne. W ciągu ostatnich kilku dekad rozwinęła się technologia pomiaru zdalnego przy użyciu radarów meteorologicznych i obecnie można uzyskać tą drogą bardzo wiele informacji. Radary Dopplerowskie są w stanie oszacować chwilową intensywność opadów z bardzo dużą rozdzielczością przestrzenną oraz czasową, (co kilka minut), jednakże należy pamiętać, że radar nie mierzy intensywności opadów bezpośrednio, tylko wykorzystuje do tego celu współczynnik efektywnego odbicia fali.

. Informacja o opadach może być uzyskiwana z deszczomierzy dostarczających dokładnych informacji o aktualnych opadach w określonych lokalizacjach,. Z kolei radary dopplerowskie oferują dokładniejszą charakterystykę przestrzenno – czasową, lecz radary mierzą efektywne odbicia fali (Z_e), a nie bezpośrednio opad (R). Z powodu takiej specyfiki działania oraz konwersji Z_e na R , dane oszacowane jedynie przy użyciu radaru obarczone są różnego rodzaju niepewnościami. Najlepszą metodą postępowania jest połączenie danych przestrzennych zjawiska opadowego pozyskanych z radaru z informacją o rzeczywistej skali opadów pochodzącą z deszczomierzy. Wówczas przy użyciu regresji przestrzennej można zamodelować prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk opadowych dla danych z obu źródeł. Możliwe jest wtedy wykrycie oraz korekcja błędów oraz zafałszowań danych zarówno z deszczomierzy jak i radaru i uzyskanie najlepszego możliwego obrazu dystrybucji opadów w czasie i przestrzeni.

Dokładniejszy opis deszczomierzy i radarów przedstawiono w dalszej części opracowania.

Stan nasycenia gleb

Zastosowanie hydrologicznego modelu ciągłego daje możliwość rezygnacji z urządzeń do monitorowania zawilgocenia gleby. System analizując dane o temperaturze oraz zaistniałe zdarzenia opadowe będzie dobierał odpowiednie parametry zawilgocenia gleby w zlewniach cząstkowych. Czujniki byłyby niezbędne w przypadku, gdyby system ESOP wraz z włączonym w niego modelem hydrologicznym były uruchamiane nieregularnie, jednak taki wariant nie jest brany pod uwagę.

7.3 Wariantowa koncepcja rozbudowy systemu pomiarowego

7.3.1 Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 1

Wariant 1 zakłada rozbudowę istniejącego systemu monitoringowego o sieć deszczomierzy zbierających na bieżąco informację o wielkości opadu na terenie zlewni rzeki Białej. Zakłada się również modernizację systemu monitorującego stan wody w poszczególnych punktach na rzece Białej, tak aby możliwe było gromadzenie danych nie tylko o poziomie, ale również o wielkości przepływu wody.

Wykorzystanie danych z modeli meteorologicznych umożliwia uzyskanie prognozy opadu. Trzeba jednak mieć świadomość, iż wykorzystujemy wielkoskalowy model meteorologiczny o siatce obliczeniowej 4x4 km, która z racji swojego uproszczenia może być obciążona błędem obliczeniowym. W tym przypadku deszczomierze dostarczają dodatkowych informacji o rzeczywistych opadach, które już nastąpiły. Uwzględnienie takich danych w ESOP znacząco poprawi efektywność prognoz hydrologicznych, ponieważ punktem wyjścia do prognozy będzie sytuacja rzeczywista określona na podstawie pomiarów opadu. Przykładowo, jeśli w danej lokalizacji wystąpiły lokalne, intensywne opady to każdy następny opad ze względu na nasycenie gleb wodą może spowodować znacznie zwiększone zagrożenie powodziowe niż w przypadku gleb suchych. Jeśli taki lokalny, intensywny opad nie był przewidziany w prognozie to, przy braku rzeczywistego pomiaru zasilającego ESOP rzeczywistymi danymi, prognoza hydrologiczna może dać zaniżone wyniki co przełoży się na zaniżoną prognozę zagrożenia powodziowego.

Dlatego w tym wariantcie zakłada się wybudowanie sieci deszczomierzy zlokalizowanych w zlewniach cieków dopływających do rzeki Białej. Zebrane informacje pozwolą z wyprzedzeniem oszacować przepływ w rzece Białej spowodowany nawet jedynie lokalnym opadem w którejś z zlewni cząstkowych.

Opierając się na dotychczas zgromadzonych informacjach wytypowano 12 miejsc, gdzie deszczomierze powinny być rozlokowane.

Przy ustalaniu pozycji deszczomierzy brano pod uwagę sieć hydrologiczną oraz geometrię zlewni, ukształtowanie terenu, odległość zabudowań oraz dynamikę wystąpień opadów. Założono, iż w każdej zlewni cząstkowej rzeki Białej powinien znajdować się co najmniej 1 deszczomierz. Miałby on na celu dokładne zmierzenie ilości opadu atmosferycznego i tym samym zwiększenie dokładności obliczeń spływu powierzchniowego z poszczególnych zlewni dając możliwość oszacowania stanu wody dopływów jak i również samej rzeki Białej. 5 deszczomierzy zlokalizowano w pobliżu rzeki Białej, co pozwala na pomiar opadu w bezpośrednich zlewniach rzeki w pobliżu większych miejscowości.

Dokładne miejsce instalacji powinno być wytypowane po przeprowadzeniu wizji lokalnej uwzględniającej warunki terenowe, własnościowe oraz stały dostęp do energii elektrycznej i zasięgu sieci GSM.

Każdy deszczomierz powinien być zainstalowany w miejscu odsoniętym, tak, aby wysokie drzewa czy budynki nie wpływały na dokładność pomiaru. Przyjmuje się, że powinien być oddalony na odległość, co najmniej 2-krotnie przewyższającą różnicę terenu pomiędzy zainstalowanym deszczomierzem a najwyższym obiektem w okolicy (drzewa, budynki). Ponadto deszczomierz powinien znajdować się w miejscu dającym bezpośredni dostęp operatorowi, który będzie odpowiedzialny za jego utrzymanie jednocześnie musi znajdować się na terenie niedostępnym dla osób postronnych, aby chronić go przed dewastacją czy kradzieżą.

Często deszczomierze montuje się na dachach szkół, szpitali czy innych budynków użyteczności publicznej.

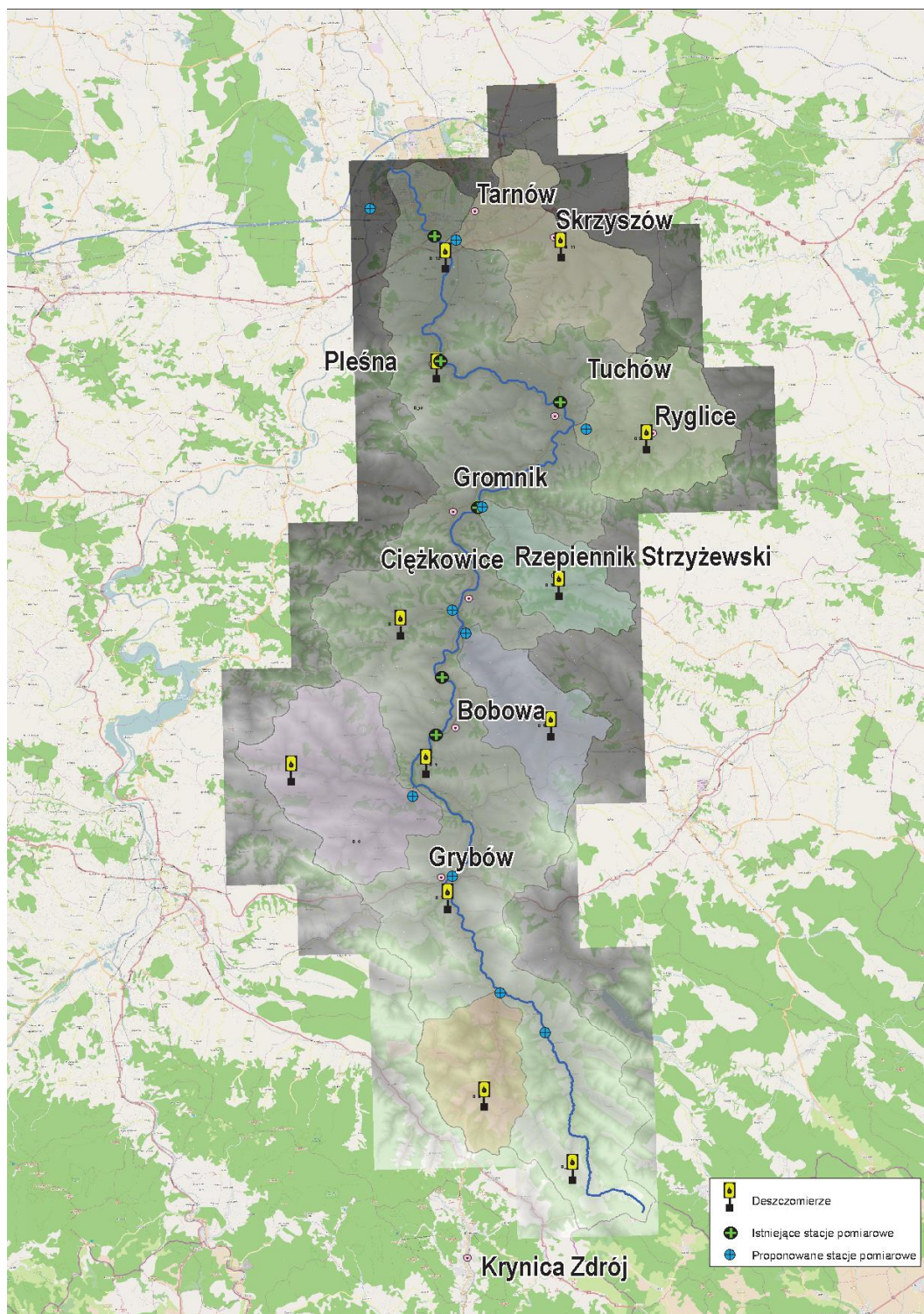
W miejscu instalacji deszczomierza wymagany jest stały dostęp do energii elektrycznej (230V). Deszczomierze mogą działać w oparciu o zasilanie bateryjne, jednak wymaga to regularnej wymiany baterii zasilających oraz uniemożliwia jego pracę w okresie zimowym, gdyż zamontowane grzałki nie mogą być zasilane z akumulatorów.

Konieczne jest również zapewnienie stałego zasięgu sieci GSM, gdyż wyniki pomiarowe są cyklicznie wysyłane przez modem GSM do centrali.

Dokładna lokalizacja została przedstawiona w załączniku Mapa nr 3 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska, rozbudowa sieci pomiarowej.

Modernizacja istniejących już stacji wodowskazowych ma na celu zbieranie danych o przepływach w punktach pomiaru poziomym. Umożliwi to budowanie bazy danych o przepływach uniezależniając operatora od zewnętrznych dostawców danych. Pomiary przepływu pozwolą w przyszłości na zagęszczenie punktów weryfikujących wskazania modelu i tym samym na podniesienie dokładności wyników końcowych szczegółowego modelu nieoperacyjnego jak również docelowo modelu operacyjnego wkomponowanego w system ESOP.

System ESOP daje nam możliwość prognozowania wystąpienia zagrożenia i oszacowanie jego występowania, niestety na tym etapie brak jest w nim funkcjonalności pozwalającej na zarządzanie jednostkami odpowiedzialnymi za działanie w trakcie wystąpienia powodzi. Stąd też do Wariantu 2 oraz Wariantu 3 dołączone zostało zadanie obejmujące budowę interaktywnej platformy monitorowania zagrożeń środowiskowych. Więcej na temat platformy napisano w Rozdziale 7.7.



Rys. 38. Mapa z proponowaną lokalizacją stacji deszczomierzowych.

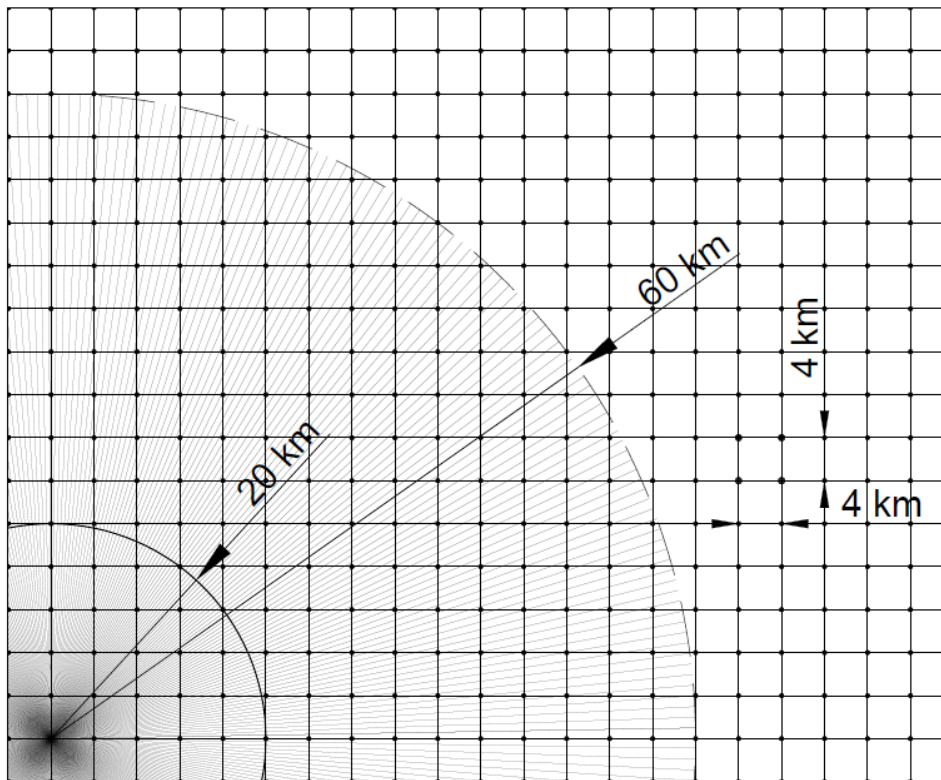
7.3.2 Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 2

Wariant 2 jest rozwinięciem Wariantu 1. Dodatkowo zaproponowano zainstalowanie radaru pogodowego (opisanego szczegółowo w pkt. 7.5. Radary pogodowe LAWR (Local Area Weather Radar) oraz powiększenie liczby punktów monitorujących stan wody na głównych ciekach zlewni rzeki Biała Tarnowska o 10 dodatkowych urządzeń.

Instalacja deszczomierzy daje nam wysoką dokładność pomiaru w punkcie instalacji, jednak dane zbierane są punktowo i nie przedstawiają przestrzennej dystrybucji opadu. Zagęszczenie sieci deszczomierzy w sposób zapewniający dokładne zbadanie przestrzennego rozkładu opadu wymagałoby dużych nakładów inwestycyjnych i nie zapewniałoby odpowiedniej efektywności.

W celu uszczegółowienia prognozy meteorologicznej oraz zapewnienia reakcji systemu na zjawiska lokalne należy zastosować radar pogodowy, który dokonuje pomiaru opadu na siatce o rozdzielczości od 100 m do 500 m (w zależności od odległości od radaru).

Ostatnie obserwacje pokazują, iż duża część zagrożeń powodziowych związana jest z lokalnymi opadami o bardzo wysokiej intensywności. Zróżnicowana charakterystyka terenowa zlewni powoduje iż część z opadów (również tych nawalnych) może się zdarzyć w miejscach, w których nie ma zamontowanych deszczomierzy, a z uwagi na bardzo lokalny charakter opadu mogą zostać one pominięte w prognozie powodzi. Jeden radar zainstalowany w centralnej części zlewni rzeki Białej (obszaru objętego projektem) daje nam możliwość ciągłego monitoringu całej zlewni pod kątem wystąpienia opadów. Jego rola byłaby nieoceniona nie tylko, jako narzędzia do ciągłego pomiaru opadu zwiększającego dokładność prognoz powodziowych, ale również, jako narzędzia umożliwiające generowanie bezpośrednich ostrzeżeń o niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych.



Rys. 39. Porównanie zagęszczenia siatki obliczeniowej modelu meteorologicznego 4x4 km oraz promieni radaru pogodowego mierzących wielkość opadu wysyłanych co 1°

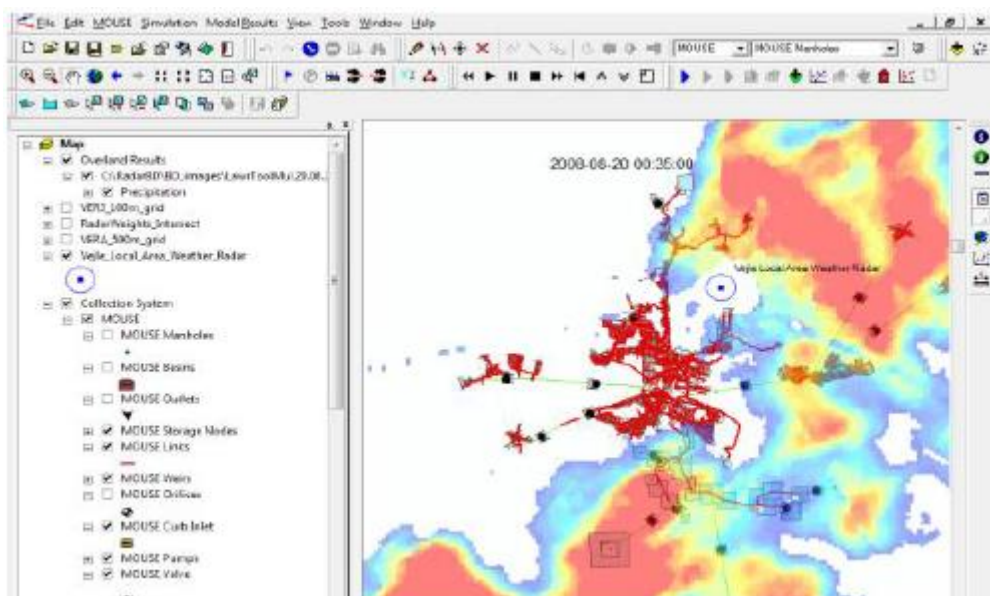
Radary pogodowe dostarczają szczegółowych informacji o rozkładzie zjawisk opadowych (zarówno przestrzennych jak i czasowych) w obszarze zlewni. Instalacja takiego radaru zmniejsza ilość niezbędnych deszczomierzy w sąsiedztwie takiej instalacji zarazem podnosząc jakość gromadzonych danych oraz wyników modeli prognostycznych. Instalacja radarów pogodowych w sposób nieporównywalny poprawi efektywność ostrzegania przed błyskawicznymi powodziami – radar posiada możliwość identyfikacji lokalnych intensywnych zjawisk opadowych oraz generowania ostrzeżeń systemu w razie ich wystąpienia.

Wykorzystując w systemie ESOP dane z modelu prognostycznego opadu, informacji z deszczomierzy oraz radaru pogodowego użytkownik ma do dyspozycji wszystkie istniejące w dniu dzisiejszym narzędzia służące do efektywnego przewidywania powodzi. Posługując się kombinacją ww. elementów operator otrzymuje szereg komunikatów pozwalających mu na jak najwłaściwszą ocenę sytuacji podnoszącą wiarygodność przekazywanych danych czy informowania odbiorców o zagrożeniu.

Nie bez znaczenia jest możliwość wykorzystania wskazań radaru w planowaniu modernizacji i rozbudowy sieci kanalizacji ogólnospławnej i deszczowej, która jest jednym z narzędzi działania w ochronie przeciwpowodziowej. Dane z radaru mogą zostać użyte w budowie modelu sieci kanalizacyjnej dając doskonały obraz przestrzennej dystrybucji opadów pozwalając na właściwe projektowanie systemu zagospodarowania i odprowadzenia wód opadowych z terenów zurbanizowanych. Ponadto mogą być wykorzystane do sterowania pojemnością retencyjną systemów kanalizacyjnych w celu zmniejszenia zrzutów zanieczyszczeń z przelewów burzowych, tym samym zmniejszając nakłady inwestycyjne na budowę ewentualnych zbiorników retencyjnych oraz poprawiając ochronę środowiska.

Jak dotąd radary pogodowe znalazły zastosowanie, jako kluczowy komponent w wielu systemach ochrony przeciwpowodziowej na całym świecie. Zastosowanie radaru w systemie pozwala na uzyskanie precyzyjnej informacji z dużym wyprzedzeniem czasowym. Obserwując wskazania radaru już wcześniej jesteśmy w stanie oszacować czas nadejścia opadu. Możemy tutaj również wykorzystać model prognostyczny obserwacji radarowej, który wskazuje prognozę przejścia chmur z 1 godzinnym wyprzedzeniem. Przykładem może być implementacja w Genui w roku 2005 gdzie radar LAWR stanowi komponent systemu monitorowania oraz ostrzegania powodziowego w mieście. System nadzoruje stan wody oraz przepływ w 8 potokach, które mogą wystąpić z brzegów w wypadku intensywnych zjawisk opadowych. Szczegóły implementacji radarów LAWR znajdują się w załączniku 4.

Rys. 40 poniżej pokazuje wpływ opadów atmosferycznych na pracę sieci kanalizacyjnej. Dane z radaru LAWR mogą zostać użyte do zasilenia modelu hydraulicznego oraz zamodelowania zalewania miasta przez przeciążoną sieć kanalizacyjną.



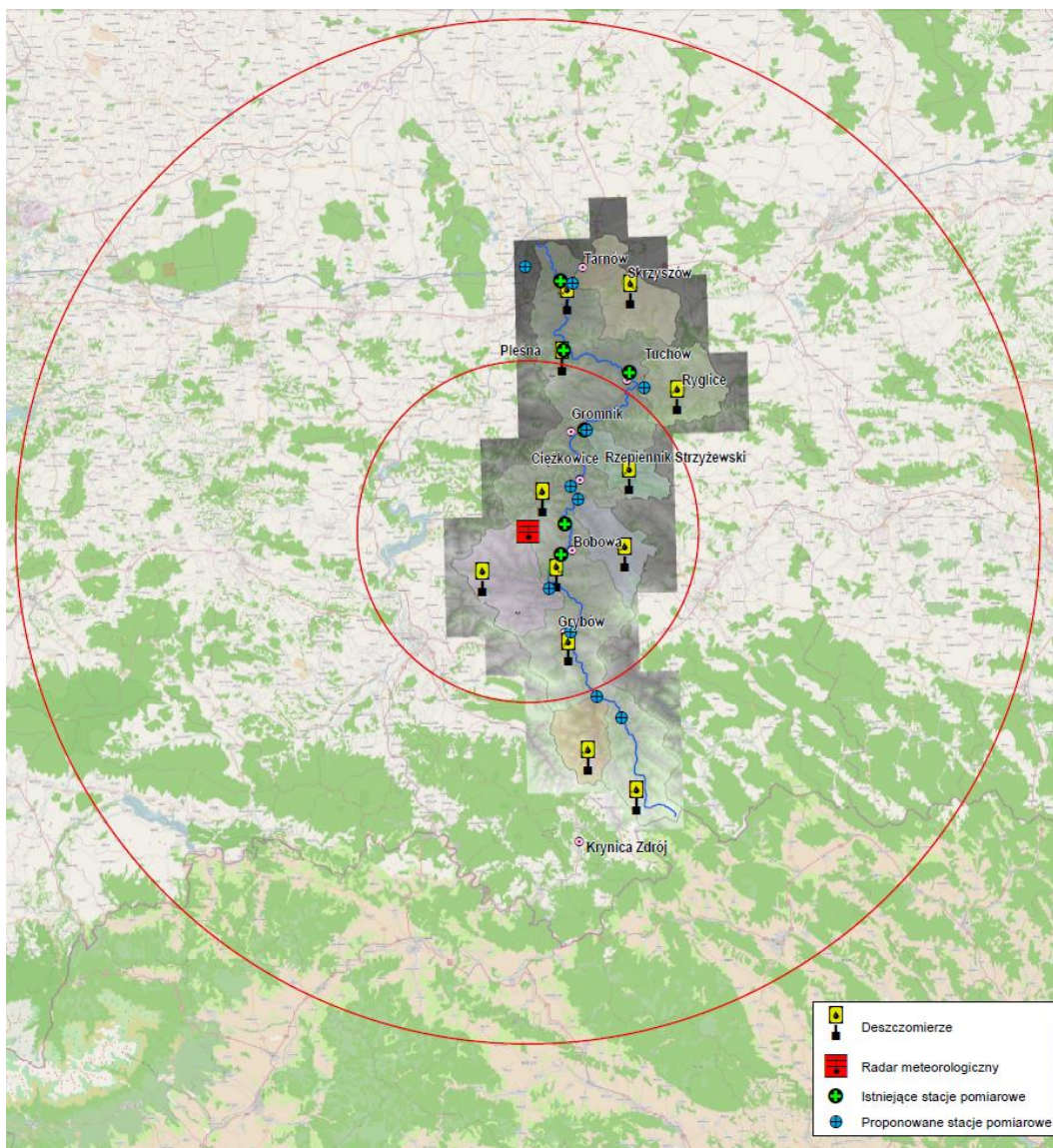
Rys. 40. Wykorzystanie wskazań radaru w programie do modelowania sieci kanalizacyjnych

Proponowane lokalizacje instalacji radaru pogodowego znajdują się w gminie Ciężkowice, w powiecie tarnowskim, w możliwie najwyższym punkcie terenowym.

Lokalizacja nr 1 - 49°45'38.09"N, 20°55'12.25"E, w miejscowości Bruśnik (Bruśnik_1).
Lokalizacja nr 2 - 49°44'03.09"N, 20°53'08.77"E, w miejscowości Falkowa (Falkowa_1).
Lokalizacja nr 3 - 49°44'00.29"N, 20°53'23.85"E, w miejscowości Falkowa (Falkowa_2).
Lokalizacja nr 4 - 49°43'55.57"N, 20°53'30.31"E, w miejscowości Falkowa (Falkowa_3).
Przy czym Lokalizacje 2, 3, 4 wydają się z najkorzystniejszej z uwagi na układ terenowy, łatwość dojazdu oraz bliskość stałego zasilania w energię elektryczną.

Propozycja rozbudowy sieci punktów monitorujących stan wody na głównych dopływach oraz samej rzece Białej wiąże się z uszczegółowieniem wyników monitoringu i dokładnymi obserwacjami zlewni cząstkowych. Propozycja rozszerzenia monitoringu obejmuje zainstalowanie 2 punktów pomiarowych na rzece Białej w okolicy miejscowości Biała oraz Grybowie oraz 7 punktów pomiarowych na dopływach do rzeki Białej oraz dodatkowy jeden na Dunajcu w pobliżu ujścia rzeki Białej. W tym wypadku monitoring objąłby swym zasięgiem następujące ciek wodne: Mostysza, Jasienianka, Zborowianka, Kąśnianka, Rzepianka, Szwedka oraz Wątok. Wskazane staje się także zbudowanie pkt. pomiaru stanu i przepływu wody na Dunajcu powyżej ujścia rzeki Białej. Pomiar w tym miejscu da możliwość przewidzenia efektu cofki na rzece Białej spowodowanej wysokim stanem wody na Dunajcu. W przeciwieństwie do obecnych punktów pomiarowych, które mierzą obecnie jedynie poziom wody, zakłada się, iż nowe punkty pomiarowe mierzyłyby nie tylko poziom, ale również przepływ w punktach pomiaru.

Niewątpliwie olbrzymią korzyścią z rozszerzenia sieci monitorującej poziom wody będzie możliwość dokładniejszej weryfikacji wyników modelowych, których wskazania są na bieżąco porównywane ze wskazaniami poziomomierzy (zgodnie z pkt. 6.1. Opis i uzasadnienie przyjętych rozwiązań). Rozbudowa sieci monitoringowej o 9 dodatkowych punktów (punkt na Dunajcu nie wchodzi w skład modelu sieci rzecznej) spowoduje, iż model hydrauliczny, jako jeden z głównych elementów systemu ESOP będzie weryfikowany nie w 6 punktach jak ma to miejsce obecnie, ale będzie możliwość dodatkowej weryfikacji jego wskazań w każdej ze zlewni cząstkowych dopływów rzeki Białej. W sumie otrzymamy sposobność do weryfikacji modelu w 15 punktach.



Rys. 41. Zasięg radaru pomiarowego, promień 60 km (lokalizacja Falkowa_2)

Zainstalowanie radaru pogodowego daje możliwość redukcji ilości deszczomierzy zainstalowanych na obszarze całej zlewni. Z uwagi jednak na fakt, iż ich zagęszczenie wpływa na lepszą kalibrację i weryfikację wyników pomiaru radarowego redukcja liczby deszczomierzy nie jest zalecana. Oszczędności wynikające z redukcji liczby deszczomierzy o kilka jednostek nie są warte obniżania wiarygodności pomiarowej całego systemu.

7.3.3 Rozbudowa sieci pomiarowej – Wariant 3

Wariant 3 jest udoskonaleniem Wariantu 2 i zakłada instalację dwóch radarów pogodowych zamiast jednego.

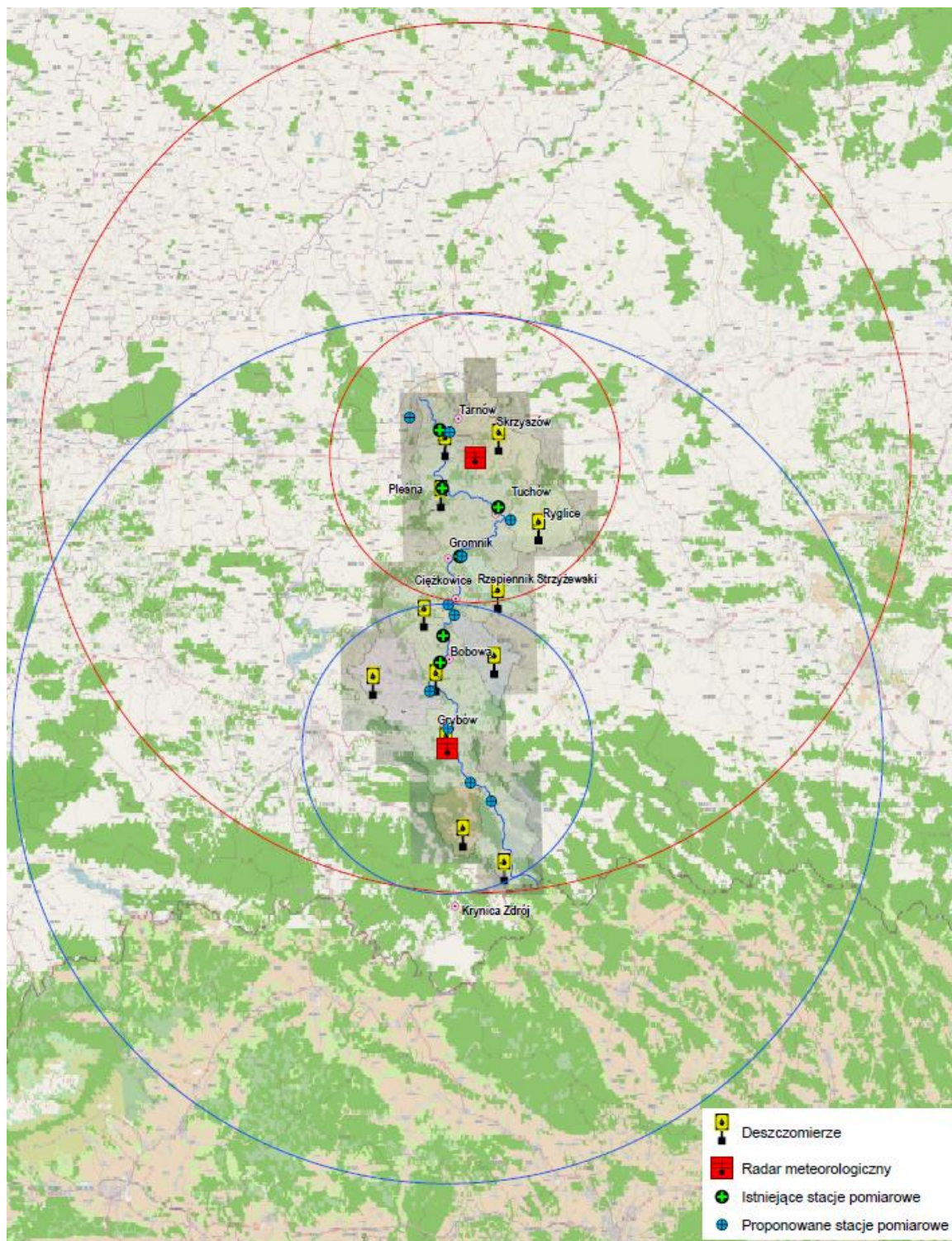
Z uwagi na argumenty przytoczone w opisie Wariantu 2 (pkt. 7.3.1) oraz ryzyka błędnych odczytów opisanych w pkt. 8.4. najbardziej pożądanym rozwiązaniem byłoby zastosowanie 2 radarów pomiarowych. Daje to możliwość objęcia najdokładniejszym zasięgiem radaru (około 20 km) całej zlewni i zapewni bardzo dokładny pomiar opadu w całym obszarze projektu.

Dodatkowo umiejscowienie radaru w okolicach Świebodzina (398 m. n.p.m.) zapewniłoby pełne pokrycie dużej części zlewni oraz całego obszaru miasta Tarnów, co dałoby możliwość ostrzeżenia miasta nie tylko przed powodzią nadchodzącą z góry zlewni (południa), ale również w przypadku deszczy nadciągających z północy. W zaproponowanym Wariacie 2 rozbudowy sieci pomiarowej z konieczności umieszczenia radaru w centralnym punkcie zlewni miasto Tarnów znalazło się poza obszarem najdokładniejszego pomiaru opadu dokonywanego przez radar pogodowy. Instalacja 2 radarów pogodowych zgodnie z Wariantem 3 eliminuje ten problem.

W przypadku wyboru Wariantu 3 drugi radar mógłby zostać zainstalowany w okolicach Binczarowej i góry Dział (692 m. n.p.m.).

Lokalizacja dwóch radarów we wskazanych miejscach zapewni pełne pokrycie zlewni siecią pomiarową i wraz z zainstalowanymi deszczomierzami da możliwość bardzo dokładnego wychwycenia opadów na obszarze zlewni Białej Tarnowskiej. Wskazane lokalizacje radarów obejmują cały obszar zlewni dokładnym pomiarem ilości opadu (większość zlewni znajduje się w promieniu 20 km od radarów). Zaproponowana lokalizacja pozwala uzyskać informacje odnośnie dokładnej intensywności zjawiska opadowego w zlewni, dostarczając jednocześnie informacji o zjawiskach opadowych, które się do zlewni Białej Tarnowskiej zbliżają (20 – 60km).

Podobnie jak w przypadku Wariantu 2 nie zaleca się redukcji liczby deszczomierzy wraz z budową radarów pogodowych.



Rys. 42. Zasięg 2 radarów pomiarowych z podziałem na promień 20 km i 60 km

7.3.4 Wizja lokalna

W celu weryfikacji miejsc instalowania stacji wodowskazowych oraz radarów pogodowych dokonano wizji terenowej w lokalizacjach proponowanego montażu

Dla Wariantu 2 sprawdzono lokalizację w miejscowości Falkowa oraz w okolicy wieży widokowej w miejscowości Bruśnik.



Fot. 19. Okolice lokalizacji Falkowa_1, Falkowa_2 i Falkowa_3



Fot. 20. Okolice lokalizacji Bruśnik_1, zdjęcie: www.pogorze.info

Dla Wariantu 3 zostały wytypowane dwie lokalizacje usytuowania radaru pogodowego. Pierwszą z nich, dla radaru Ra1, była Ostra Góra (ok. 368 m n. p. m.). Obiekt ten znajduje się na południowy wschód od miasta Tarnowa nieopodal takich miejscowości jak Łękawica, Trzemieszna oraz Karwodrza. Na obiekcie tym znajdują się pojedyncze gospodarstwa domowe oraz doprowadzona jest linia elektryczna. Obiekt ten znajduje się pośród pól uprawnych.

W okolicy analizowanej lokalizacji dla radaru Ra2 (N 49°35'15"; E 20°56'04") znajdują się obiekty o znaczącej wysokości bezwzględnej. Jednym z tych obiektów jest góra Jaworze, gdzie znajdują się punkty dochodzące do 879,9 m n. p. m. Usytuowania radaru na takiej wysokości byłoby korzystne ze względu na brak przeszkód dla wiązki promieni radaru. Innym elementem, który pozytywnie wpływa na opisywaną lokalizację jest istniejąca tam wieża widokowa.



Fot. 21. Ostra Góra wraz z okolicą (Ra1)



Fot. 22. Okolice proponowanej lokalizacji radaru (Ra2)

Wizja lokalna obejmowała również weryfikację punktów, na których zaproponowano montaż wodowskazów. Punkty te rozlokowane zostały na obszarze zlewni rzeki Biała (9 punktów) oraz dodatkowo zaproponowano jeden punkt pomiarowy na wypadek możliwości wystąpienia cofki na rzece Białej. Wizja terenowa prowadzona była w dół rzeki.

a. Punkt P1_Biała_Tarnowska

Punkt zlokalizowany w miejscowości Brunary na moście rzeki Biała. W punkcie tym rzeka ma typowo górski charakter, koryto wypełnione kamieniami, na skarpach porośnięte trawami i krzewami. W najbliższym otoczeniu punktu znajduje się obiekt sportowy oraz grekokatolicka cerkiew. Górna krawędź mostu, na którym zaproponowano montaż wodowskazu znajduje się ok. 7 m powyżej dna rzeki.



Fot. 23. Koryto rzeki Biała w punkcie P1_Biała_Tarnowska

b. Punkt P2_Mostysza

Podobnie jak w punkcie P1_Biała_Tarnowska koryto rzeki wypełnione jest kamieniami o skarpach silnie porośniętych krzewami i trawami. Widoczne są ślady po wezbraniowie w postaci naniesionych i zatrzymanych na filarach mostu gałęzi i konarów. Wysokość dolnej krawędzi mostu od dna koryta wynosi ok 5,7 m.



Fot. 24. Most i koryto rzeki Mostysza w punkcie P2_Mostysza

c. P3_Grybów

Punkt ten zlokalizowany w miejscowości Grybów na moście na rzece Biała. W punkcie tym koryto jest uregulowane o przekroju trapezowym, gdzie skarpy zostały umocnione kostką ażurową. Szerokość dna rzeki w analizowanym przekroju wynosi około 21 m, a górna krawędź mostu znajduje się 6,3 m powyżej dna rzeki.



Fot. 25. Most i koryto rzeki Biała w punkcie P3_Grybów

d. P4_Jasienianka

W punkcie tym szerokość dna rzeki wynosi ok. 10 m, natomiast dolna krawędź mostu od dna rzeki sięga blisko 5 m. Tuż za mostem, w górę rzeki, do Jasienianki wpływa potok Chodorówka.



Fot. 26. Most i koryto rzeki Jasienianka w punkcie P4_Jasienianka (na dolnych zdjęciach widoczny potok Chodorówka)

- e. P5_Zborowianka
Szerokość dna rzeki w analizowanym profilu wynosi 4,6 m. Dolna krawędź mostu znajduje się ok. 4,2 m powyżej dna.



Fot. 27. Most i koryto rzeki Zborowianka w punkcie P5_Zborowianka

f. P6_Kąśnianka

W analizowanym punkcie, po jednej stronie mostu (w dół rzeki) koryto rzeki Kąśnianka jest uregulowane o przekroju trapezowym. Brzegi dna umocnione murkami kamiennymi. Po drugiej stronie mostu (w górę rzeki) skarpy są silnie zarośnięte. Szerokość rzeki w dnie wynosi 5,20 m, natomiast dolna krawędź mostu znajduje się na wysokości ok. 3,5 m powyżej dna rzeki.



Fot. 28. Most i koryto rzeki Kąśnianka w punkcie P6_Kąśnianka

g. P7_Rzepianka

W punkcie tym koryto rzeki po obu stronach mostu jest silnie zarośnięte roślinnością trawiastą, krzewami i drzewami. Wysokość górnej krawędzi mostu od dna rzeki wynosi ok 3,75 m.



Fot. 29. Most i koryto rzeki Rzepianka w punkcie P7_Rzepianka

h. P8_Szwedka

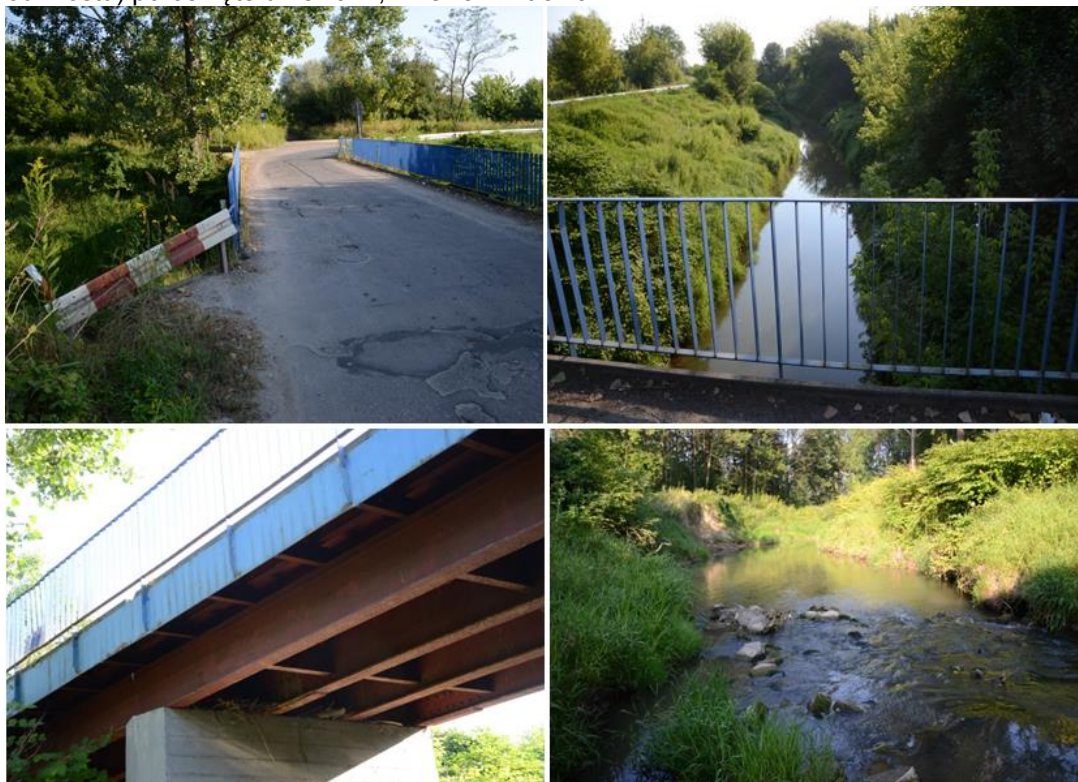
W punkcie tym szerokość dna rzeki wynosi ok 8m, a dolna krawędź mostu znajduje się na wysokości 4,6 m powyżej dna. Koryto rzeki jest nieuregulowane o brzegach porośniętych trawami, krzewami i drzewami.



Fot. 30. Most i koryto rzeki Szwedka w punkcie P8_Szwedka

i. P9_Wątok

Dolna krawędź mostu na rzece Wątok znajduje się na wysokości sięgającej 5 m powyżej dna rzeki. Pomiędzy belkami nośnymi a filarami mostu widoczne gałęzie i konary naniesione w wyniku wezbrania rzeki. Koryto rzeki o dość regularnym kształcie (w dół rzeki od mostu) porośnięte drzewami, krzewami i trawami.



Fot. 31. Most i koryto rzeki Wątok w punkcie P9_Wątok

j. P10_Dunajec

W wyniku opisanych wcześniej przyczyny (możliwość wystąpienia zjawiska cofki na rzece Białej) zasugerowano wykonanie instalacji w analizowanym punkcie. Na podstawie wykonanej wizji stwierdza się, iż na chwilę obecną most na rzece Dunajec w miejscowości Ostrów jest w złym stanie technicznym, a ruch samochodowy na nim został spowolniony, nie stanowi to jednak przeszkody w instalacji punktu pomiarowego.



Fot. 32. Most i koryto rzeki Dunajec w punkcie P10 Dunajec.

7.4 Deszczomierze

Opomiarowanie obszaru zagrożonego powodzią można realizować siatką deszczomierzy mających za zadanie detekcję opadów na obszarze objętym ochroną przeciwpowodziową. Lokalizacja deszczomierzy winna być uwarunkowana ukształtowaniem terenu, intensywnością opadów na danym terenie oraz ilością dostępnych deszczomierzy. Do pomiaru intensywności opadów zaproponowano deszczomierze o pomiarze wagowym. Deszczomierz taki składa się z pojemnika o określonym przekroju poprzecznym. Pojemnik taki ustawiony jest na wadze tensometrycznej. W momencie wystąpienia opadu atmosferycznego (deszcz, śnieg) mierzony jest przyrost masy w czasie w deszczomierzu. W przypadku, gdy wartości mierzone wychodzą poza normalny zakres pomiaru (np.: do pojemnika wpadają liście lub owady małe zwierzęta), pomiar taki jest pomijany. Przekrój poprzeczny jest znany, więc zmierzony przyrost masy można zamienić na żądane jednostki (np. mm opadu). Deszczomierze mogą być zasilane sieciowo lub z baterii. W przypadku zasilania bateryjnego wymiana powinna następować co 1-2 miesiące w zależności od interwału pomiarowego oraz częstotliwości wysyłania danych opcjonalnym modułem GSM. W przypadku zasilania sieciowego oraz wysyłania danych modułem GSM, czynności eksploatacyjne sprowadzają się do wizyt kontrolnych kilka razy w roku (około 1 – 3 w zależności od potrzeby), wyczyszczenia pojemnika pomiarowego. Raz w roku należy wykonać przegląd (sprawdzić połączenia elektryczne, wykonać kalibrację). W okresie zimowym o właściwą temperaturę urządzenia dba moduł ogrzewania (zapobiega zamarzaniu wody oraz utrzymuje temperaturę elektroniki w określonych przez producenta zakresach). Koszt jednego urządzenia mierzącego ilość opadów wraz z oprzyrządowaniem szacuje się na około 30 000 zł.

Specyfikację przykładowego deszczomierza wagowego - MPS TRwS204 przedstawiono na poniższej tabeli. Zawiera ona cechy optymalne dla deszczomierza tego typu, nie wyklucza się jednak zastosowania urządzeń innej firmy o nie gorszych parametrach.

Tab. 7. Specyfikacja Deszczomierza MPS TRwS204

TRwS204	
Pomiar	
Pole otworu pomiarowego	200cm ²
Ilość opadu	750mm
Skuteczność	0.10%
Maksymalna intensywność opadów	120mm/min
Rozdzielczość	0.001mm
Element pomiarowy	Mostek tensometryczny
Pomiar temperatury powietrza	Opcjonalny, -35..+70(±0.5)°C
Szacowanie prędkości wiatru	Opcjonalne
Poprawka na wiatr	Tak
Ośłona wiatrowa	Tak
Zasilanie i interfejsy	
Parametry zasilania	8..24VDC/15mA maks.
Zasilanie podgrzewania	10..15VDC/1..2A
Gniazdo wyjściowe (1 lub 0.1 lub 0.01mm)	U _{max} =30V, I _{max} =300mA
Wyjście szeregowo	RS-485/SDI-12
Mechanika	
Wymiary	Ø360×540mm
Waga	8.0kg
Środowisko	
Zakres temperatur użytkowych	-40..+70°C
Zakres wilgotności użytkowych	0..100%
Stopień ochrony	IP65

W związku z szybkim rozwojem technologii pomiarowej alternatywnie można zastosować deszczomierze laserowe, których dokładność pomiaru nie odbiega od wyżej przedstawionych

parametrów. Do instalacji deszczomierzy nie są wymagane specyficzne pozwolenia ani analizy środowiskowe.

7.5 Radary pogodowe LAWR (Local Area Weather Radar)

Radary LAWR to urządzenia pracujące w pasmie X (częstotliwość 9410 ± 30 MHz) osiągające rozdzielczość nawet do 100×100 m, Radar taki dostarcza „obrazów” z obszaru do $11\,300$ km kw. (przy zasięgu 60 km), co 1 lub 5 minut, dając informacje o prognozie opadów w promieniu 60 km oraz pomiaru opadu w promieniu do 20 km. W obszarze do 20 km odległość między sąsiadującymi wypromieniowanymi wiązkami jest na tyle mała, że radar może dostarczać szczegółowych informacji o wielkości zjawiska opadowego. w przypadku ustawienia zasięgu większego radar przyjmuje mniejszą rozdzielczość konsekwencją czego jest mniej dokładne rozpoznanie oraz analiza zjawiska opadowego. Do zasięgu 20 km możliwe jest określenie ilości opadów, a powyżej 20 km wykonywana jest detekcja zjawiska opadowego. Urządzenie LAWR oparte jest o radar morski typu FR1525 marki Furuno i zaprojektowane jest do pracy ciągłej $24/7$ w niekorzystnych warunkach.



Fot. 33. Radar pogodowy DHI – LAWR oraz szafka sterownicza wraz z komputerem PC.

Szacowane koszty instalacji radarowej zaczynają się od 120 tys. Euro, utrzymanie radaru wymaga wymiany magnetronu szczotek oraz trybów przekładni co 8 miesięcy (łączny koszt tych elementów to 1500 Euro). Radar należy zamontować na odpowiedniej wysokości (koszt cokołu wraz z ogrodzeniem to 7200 Euro). Zużycie energii elektrycznej radaru wynosi 5700 kWh/rok, co przekłada się na moc średnią ok. 650 W, zaś moc wypromieniowywana w impulsie to 25 kW. Do pracy wymagany jest komputer klasy PC do udostępniania obrazów z radaru na serwerze ftp. Do kosztów należy doliczyć pomieszczenie na komputer, doprowadzenie elektryczności oraz Internetu).

Na pasmo X, w którym pracuje radar wymagane jest pozwolenie od Urzędu Komunikacji Elektronicznej (UKE). Pozyskano formularze aplikacyjne z UKE oraz uzyskano informację o potencjalnej możliwości instalacji radaru.

Dalsze procedury administracyjne powinny być już prowadzone przez instytucję, która jest zainteresowana instalacją takiego radaru.

Oprócz pozwolenia na użytkowanie częstotliwości wymagane jest tzw. pozwolenie środowiskowe. Instytucją, do której należy się w tej sprawie zgłosić w pierwszej kolejności jest jednostka samorządowa na terenie, której radar ma być sytuowany. Jednostka ta na podstawie parametrów urządzenia wydaje decyzję czy dla danej inwestycji wymagany jest raport oddziaływania na środowisko. W dalszej części postępowania angażują się: Lokalna Delegatura Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska Kraków oraz Sanepid. Informacje o wymogach dotyczących raportu oddziaływania na środowisko znajdują się w wybranych paragrafach z Ustawy o Prawie Telekomunikacyjnym z dnia 16 lipca 2004 r oraz Rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko z dnia 9 listopada 2010r.

Trzecim wymaganym pozwoleniem jest pozwolenie budowlane na obiekt, na którym zamocowany będzie radar oraz w którym przechowywany będzie wszelki sprzęt (komputery, podtrzymanie zasilania itp.). Więcej można znaleźć w załączniku Dokumenty niezbędne do uzyskania pozwolenia na instalację radaru pogodowego wraz z obowiązującymi aktami prawnymi.

Tab. 8. Specyfikacja radaru LAWR

Specyfikacja radaru LAWR:	
Częstotliwość [MHz]	9410 ± 30
Moc wyjściowa [kW]	25
Maksymalny zasięg [km]	60 km
Rozdzielczość siatki (rozmiar piksela) [m]	500x500 (zasięg 60 km) 250x250 (zasięg 30 km) 100x100 (zasięg 15 km)
Częstotliwość obrazów [minuty]	1 lub 5
Antena- falowód szczelinowy [m]	2.44
Szerokość pozioma wiązki (BWH)	0.95°
Szerokość pionowa wiązki (BWV) (mierzona poziomo)	±10°
Prędkość obrotowa [obr/min]	24
Zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	5700

7.6 Stacje wodowskazowe

W celu zapewnienia poprawnego działania systemu ESOP, do istniejącego systemu stacji wodowskazowych należy dołączyć dodatkowe urządzenia pomiaru stanu wody. Stacja pomiarowa poziomu wody w rzece zaprojektowana została, jako urządzenie przenośne, a w jej skład wchodzi następujące elementy:

- Obudowa
- Prowadnice mocujące (w przypadku instalacji na mostach)
- Akumulator
- Bateria słoneczna
- Mikroprocesorowy sterownik z modemem GSM
- Miernik ultradźwiękowy.



Fot. 34. Przykładowa stacja do pomiaru poziomu wody w cieku wodnym

Akumulatorowe zasilanie pozwala na autonomiczną pracę systemu. Zużyty bądź rozładowany akumulator można wymienić na miejscu. Akumulatorowe zasilanie uniezależnia pracę urządzenia od mogących się pojawiać w czasie powodzi awarii zasilania. W celu podniesienia wydajności energetycznej stacji stosuje się dodatkowo panel słoneczny, który w okresie słonecznej pogody doładowuje akumulator. Zastosowanie panelu pozwala na uniknięcie okresowego zdejmowania stacji w celu doładowania akumulatora. Stacje umieszczane są stosunkowo wysoko nad lustrem wody, tym samym narażona jest w minimalnym stopniu na uszkodzenia powstałe przez żywiol rzeki. Ponadto całe urządzenie jest demontowalne, więc istnieje możliwość stałej kontroli jego działania, dokonywania konserwacji oraz doładowywania. Stacja wodowskazowa przesyła za pomocą sieci GSM informację dotyczącą zmierzonego poziomu lustra wody do centralnej stacji bazowej. Bezprzewodowa transmisja komórkowa jest w stosunkowo małym stopniu narażona na uszkodzenia w trakcie powodzi, nie wymaga uzgodnień co do pasma oraz mocy nadajnika, nie ma ograniczenia co do liczby stacji,

dowolność lokalizacji (sieć komórkowa pokrywa praktycznie cały teren Polski), możliwość zastosowania redundancji (przełączanie się na innego operatora w przypadku awarii nadajnika aktualnie używanego), nie wymaga nakładów na infrastrukturę – sieć nadajników już istnieje, niskie koszty. System użytkowany aktualnie na terenie zlewni rzeki Biała Tarnowska jest skalowalny oraz charakteryzuje się budową modułową – istniejący system można szybko rozbudować o kolejne odpowiednio skonfigurowane urządzenia wodowskazowe. Poniżej przedstawiono optymalną specyfikację techniczną stacji pomiarowej poziomu wody.

Tab. 9 Parametry miernika ultradźwiękowego oraz rejestratora

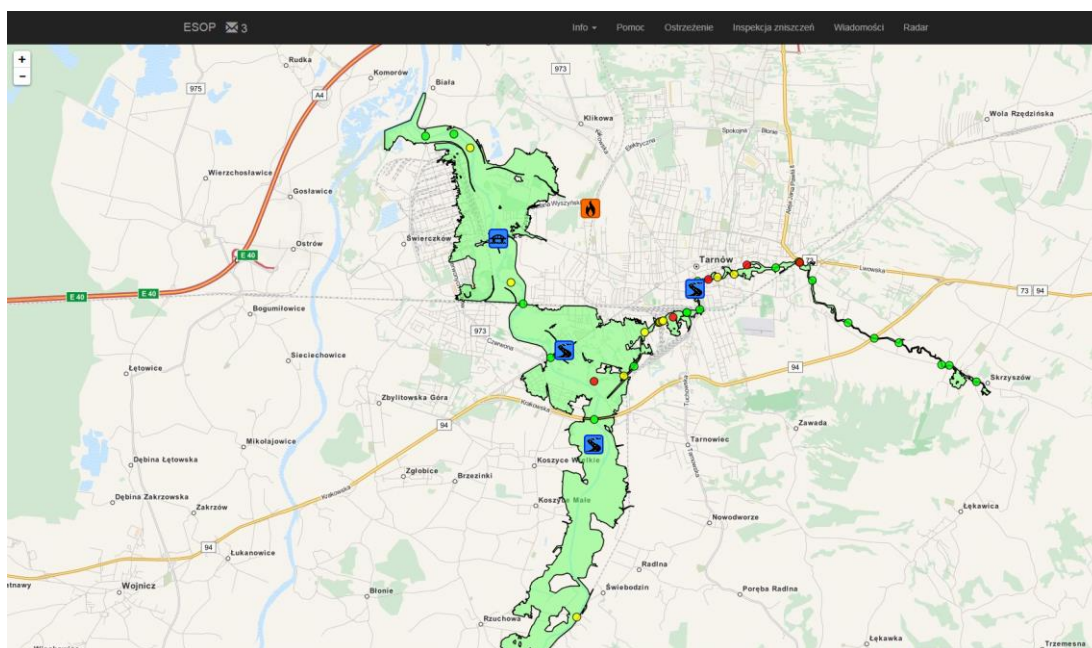
Parametr	Wartość
Miernik ultradźwiękowy	
Zakres pomiarowy	15m
Dokładność pomiaru	poniżej 0,5% zakresu pomiarowego
Temperatura otoczenia	-40oC do +70oC
Klasa ochrony	IP68
Zasilanie miernika	10 do 30 V DC
Wyjście prądowe	Tak
Wyjście napięciowe	Tak
Rozdzielczość	<4mm
Rejestrator	
Liczba rekordów przechowywana w pamięci wewnętrznej	Min. 10 000
Wejścia analogowe	Tak
Wejścia cyfrowe	Tak
Temperatura otoczenia	-20°C do +55°C
Klasa ochrony	IP68
Komunikacja	Modem GSM/GPRS

7.7 Interaktywna platforma monitorowania zagrożeń środowiskowych

Celem wdrożenia platformy monitorowania zagrożeń środowiskowych (PMZŚ) jest dostarczanie Centrum Zarządzania Kryzysowego (CZK) narzędzia pozwalającego na zgromadzenie wszystkich niezbędnych danych o sytuacji w terenie w jednym systemie. Tak aby sprawnie pozyskiwać informacje, obiektywnie ocenić skalę zagrożenia i podejmować właściwą oraz obiektywną decyzję odnośnie akcji ratunkowej jak również zbierania informacji o poniesionych stratach materialnych. Platforma będzie dostępna zarówno na stanowiskach komputerowych w Centrum Zarządzania Kryzysowego jak również na stanowiskach mobilnych u koordynatorów

terenowych. Poprzez stanowisko mobilne rozumie się w tym wypadku telefon typu smartfon, który wyposażony w dedykowaną aplikację będzie mógł komunikować się bezpośrednio z CZK. W celu ograniczenia jego funkcjonalności na wypadek braku połączenia internetowego podstawowe informacje (mapy zalewowe, ostatnie ostrzeżenia, itp.) będą zapisywane w jego pamięci i synchronizowane w momencie ponownego dostępu do internetu.

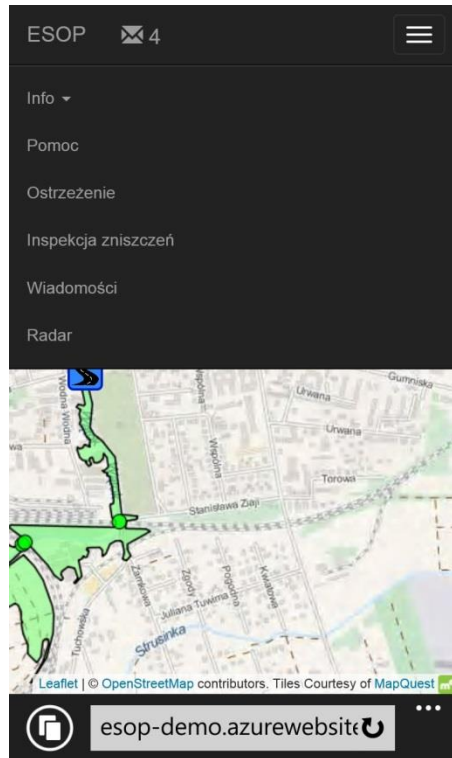
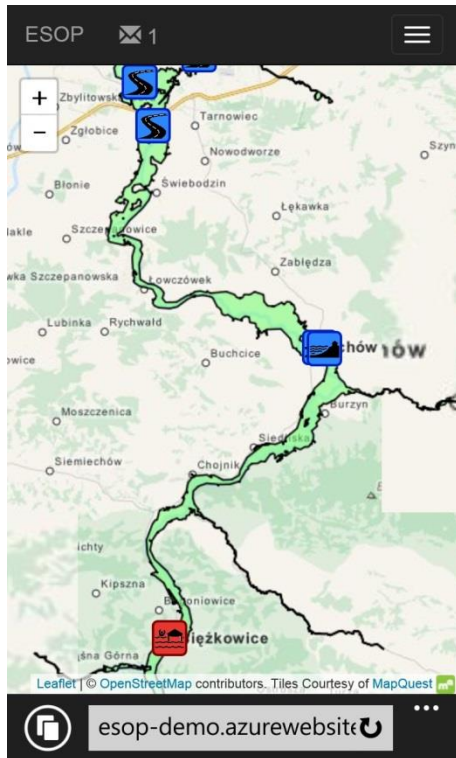
Zaletą takiego rozwiązania jest płynna i bezpośrednia wymiana informacji pomiędzy osobami w terenie i CZK.



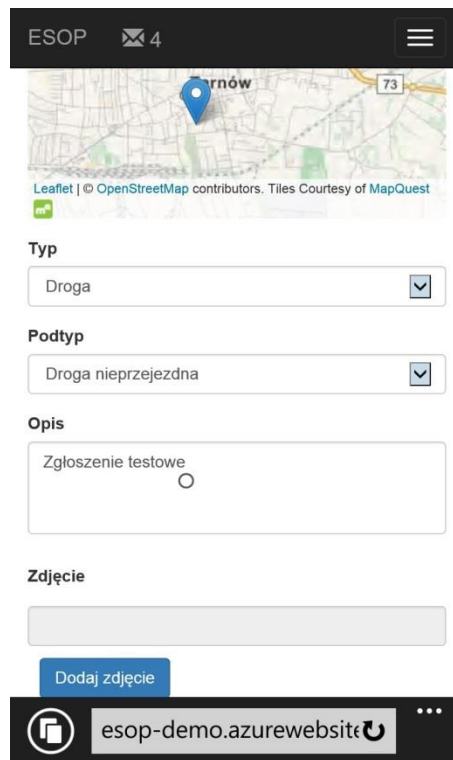
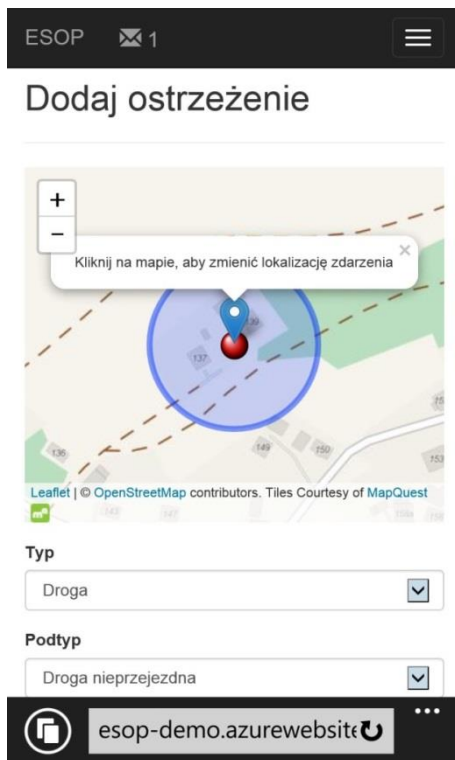
Rys. 43. Przykładowy pulpit PMZŚ na urządzeniu mobilnym

Funkcjonalność platformy ma obejmować m.in.:

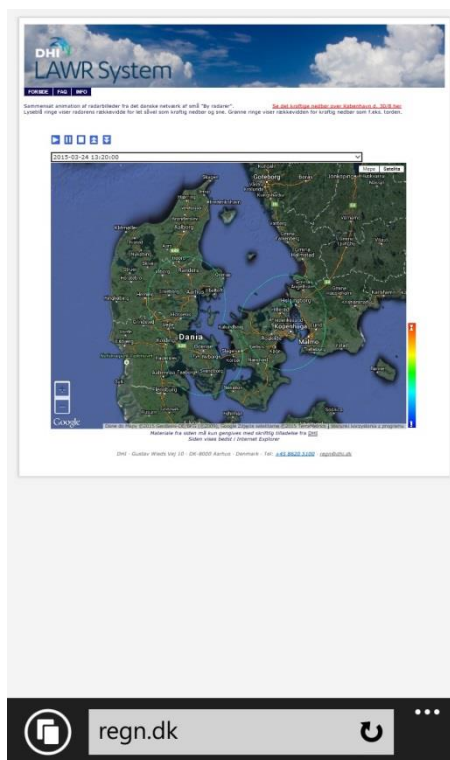
- wyświetlanie informacji o aktualnym stanie prognozowanego zagrożenia powodziowego, tj. mapy prognozowanej głębokości wody, prognozowanej przejezdności dróg i mostów,
- wyświetlanie prognozy opadu w punkcie,
- wyświetlanie informacji z punktów pomiarowych oraz radaru pogodowego,
- wyświetlania map głębokości wody dla różnych scenariuszy powodziowych,
- wyświetlania informacji o zaistniałych zagrożeniach na obszarze (m.in. powódź, podtopienie, pożar, gołoledź, wypadek),
- wysyłanie zgłoszeń do centrali o zaistniałych zagrożeniach wraz z automatycznym podaniem ich lokalizacji i dołączaniem zdjęć,
- natychmiastowe wysyłanie komunikatów bezpośrednio do osób podłączonych do PMZŚ,
- dostęp do najważniejszych danych również w trybie offline w przypadku braku zasięgu sieci internetowej,
- prowadzenie inspekcji zniszczeń,
- filtrowanie i analiza zgłoszeń,
- tworzenie map tematycznych.



Rys. 44. Pulpit PMZŚ na urządzeniu mobilnym



Rys. 45. Dodawanie ostrzeżeń na urządzeniu mobilnym



Rys. 46. Obraz radarowy na urządzeniu mobilnym

7.8 Analiza finansowa koncepcji rozbudowy systemu pomiarowego

7.8.1 Wariant 1 (W1)

Wariant 1 (W1)		Ilość	Cena jednostkowa netto [PLN]	Suma [PLN]
Koszt inwestycyjny				
1	Deszczomierz	12	30 000	360 000
2	Instalacja deszczomierza	12	3 000	36 000
3	Przyłącze elektryczne deszczomierza	12	2 000	24 000
4	Włączenie deszczomierzy do systemu ESOP	1	40 000	40 000
5	Modernizacja stacji pomiarowej (RWD Prospect)	6	1 500	9 000
Suma				469 000
Koszt eksploatacyjny				
1	Koszt energii elektrycznej deszczomierza/rok	12	100	1 200
2	Transfer danych z deszczomierza/rok	12	600	7 200
3	Obsługa deszczomierza/rok	12	1 000	12 000
4	Obsługa stacji pomiarowej (RWD Prospect)/rok	6	1 617	9 702
5	Prognoza meteorologiczna/rok	1	30 000	30 000
Suma				60 102

Tab. 10. Analiza finansowa Wariantu 1 rozbudowy sieci pomiarowej

Analiza Wariantu 1 zakłada budowę i eksploatację sieci 12 deszczomierzy, gdzie szacunkowo cały koszt inwestycyjny związany z budową i instalacją deszczomierzy będzie wynosił 420 tysięcy złotych. Przygotowując ten kosztorys założono, iż urządzenia zostaną zainstalowane w miejscu gdzie nie będzie konieczności przygotowania wydzielonych miejsc i będzie można skorzystać z istniejącej infrastruktury elektrycznej. Kosztem dodatkowym jest włączenie deszczomierzy w funkcjonalność systemu ESOP.

Niewielki udział w inwestycji ma rozbudowa (modernizacja) sieci pomiaru poziomego wody o pomiar przepływu.

Roczny koszt eksploatacji jest liczony na poziomie 60 tysięcy złotych, gdzie głównym składnikiem jest regularna konserwacja urządzeń pomiarowych oraz prognoza meteorologiczna.

7.8.2 Wariant 2 (W2)

Tab. 11. Analiza finansowa Wariantu 2 rozbudowy sieci pomiarowej

Wariant 2 (W2)		Ilość	Cena jednostkowa netto [PLN]	Suma netto [PLN]	
Koszt inwestycyjny					
Z wariantu 1	1	Deszczomierz z dataloggerem oraz modułem GPRS	12	30 000	360 000
	2	Instalacja deszczomierza	12	3 000	36 000
	3	Przyłącze elektryczne deszczomierza	12	2 000	24 000
	4	Włączenie deszczomierzy do systemu ESOP	1	40 000	40 000
	5	Modernizacja stacji pomiarowej (RWD Prospect)	6	1 500	9 000
	6	Radar pogodowy wraz z urządzeniami peryferyjnymi	1	972 000	972 000
	7	Włączenie radaru do systemu ESOP	1	70 000	70 000
	8	Dodatkowe stacje pomiarowe - wodowskazy	10	27 500	275 000
	9	Włączenie stacji pomiarowych do systemu ESOP	1	80 000	80 000
	10	Dostosowania oprogramowania ESOP do II etapu oraz aktualizacja po 12 i 24 miesiącach od ukończenia budowy	1	280 000	280 000
	11	Budowa interaktywnej platformy monitorowania zagrożeń środowiskowych	1	380 000	380 000
	12	Doposażenie Centrum Zarządzania Kryzysowego w urządzenia techniczne	1	85 000	85 000
	13	Rozbudowa serwera systemu wraz z osprzętem oraz urządzeniami mobilnymi	1	140 000	140 000
Suma				2 751 000	
Koszt eksploatacyjny					
Z wariantu 1	1	Koszt energii elektrycznej deszczomierzy/rok	12	100	1 200
	2	Transfer danych z deszczomierzy/rok	12	600	7 200
	3	Obsługa stacji pomiarowej (RWD Prospect)/rok	6	1 617	9 702
	4	Obsługa deszczomierza/rok	12	1 000	12 000
	5	Prognoza meteorologiczna/rok	1	30 000	30 000
	6	Obsługa dodatkowych stacji pomiarowych	10	1 617	16 170
	7	Koszt energii elektrycznej radaru/rok	1	4 000	4 000
	8	Obsługa radaru/rok	1	9 000	9 000
	9	Materiały eksploatacyjne radaru/rok	1	4 400	4 400
	10	Transfer danych z radaru/rok	1	600	600
Suma				94 272	

Kosztorys szacunkowy przedstawiony dla Wariantu 2 stanowi rozszerzenie wyceny Wariantu 1 o koszt zakupu, instalacji i eksploatacji radaru pogodowego oraz rozbudowę stacji pomiarowych o 10 kolejnych punktów monitoringowych. Zakłada również budowę interaktywnej platformy monitorowania zagrożeń środowiskowych.

7.8.3 Wariant 3 (W3)

Tab. 12. Analiza finansowa Wariantu 3 rozbudowy sieci pomiarowej

Wariant 3 (W3)		Ilość	Cena jednostkowa netto [PLN]	Suma netto [PLN]	
Koszt inwestycyjny					
Z wariantu 1	1	Deszczomierz z dataloggerem oraz modułem GPRS	12	30 000	360 000
	2	Instalacja deszczomierza	12	3 000	36 000
	3	Przyłącze elektryczne deszczomierza	12	2 000	24 000
	4	Włączenie deszczomierzy do systemu ESOP	1	40 000	40 000
	5	Modernizacja stacji pomiarowej (RWD Prospect)	6	1 500	9 000
	6	Radar pogodowy wraz z urządzeniami peryferyjnymi	2	972 000	1 944 000
	7	Włączenie radarów do systemu ESOP	1	120 000	120 000
	8	Dodatkowe stacje pomiarowe - wodowskazy	10	27 500	275 000
	9	Włączenie stacji pomiarowych do systemu ESOP	1	80 000	80 000
	10	Dostosowania oprogramowania ESOP do II etapu oraz aktualizacja po 12 i 24 miesiącach od ukończenia budowy	1	280 000	280 000
	11	Budowa interaktywnej platformy monitorowania zagrożeń środowiskowych	1	380 000	380 000
	12	Doposażenie Centrum Zarządzania Kryzysowego w urządzenia techniczne	1	85 000	85 000
	13	Rozbudowa serwera systemu wraz z osprzętem oraz urządzeniami mobilnymi	1	140 000	140 000
Suma				3 773 000	
Koszt eksploatacyjny					
Z wariantu 1	1	Koszt energii elektrycznej deszczomierzy/rok	12	100	1 200
	2	Transfer danych z deszczomierzy/rok	12	600	7 200
	3	Obsługa stacji pomiarowej (RWD Prospect)/rok	6	1 617	9 702
	4	Obsługa deszczomierza/rok	12	1 000	12 000
	5	Prognoza meteorologiczna/rok	1	30 000	30 000
	6	Obsługa dodatkowych stacji pomiarowych	10	1 617	16 170
	7	Koszt energii elektrycznej radaru/rok	2	4 000	8 000
	8	Obsługa radaru/rok	2	9 000	18 000
	9	Materiały eksploatacyjne radaru/rok	2	4 400	8 800
	10	Transfer danych z radaru/rok	2	600	1 200
Suma				112 272	

Wariant 3 jest o jeden milion złotych droższy od Wariantu 2. Różnica ta wynika z przyjęcia kosztu zakupu i instalacji 2 radarów pogodowych, które są najbardziej kosztownym elementem rozbudowy systemu pomiarowego.

Tab. 13. Porównanie kosztu zakupu i instalacji oraz kosztu eksploatacji dla Wariantu 1 i Wariantu 2 rozbudowy sieci pomiarowej

	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
Koszt zakupu i instalacji	469 000	2 751 000	3 773 000
Eksploatacja/rok	60 102	94 272	112 272

W Tab. 13. Porównanie kosztu zakupu i instalacji oraz kosztu eksploatacji dla Wariantu 1 i Wariantu 2 rozbudowy sieci pomiarowej przedstawiono porównanie kosztów instalacji i eksploatacji dla poszczególnych wariantów. Wskazuje ona jednoznacznie na znacznie wyższy koszt rozbudowy sieci pomiarowej wg Wariantu 2 i Wariantu 3. Biorąc pod uwagę aspekty techniczne oraz administracyjne nadmienić należy, iż rozbudowa sieci wg Wariantu 2 (lub

Wariantu 3) odbywać się powinna etapowo, rozpoczynając od budowy sieci deszczomierzy (jak opisano w Wariancie 1) i zdobywania niezbędnych pozwoleń na instalację radaru pogodowego. Taki sposób inwestycji daje możliwość etapowej realizacji projektu rozbudowy urządzeń pomiarowych dając możliwość rozłożenia płatności za poszczególne elementy w czasie.

Porównanie kosztów eksploatacyjnych dla Wariantu 1, 2 i 3 nie daje już tak dużych rozbieżności finansowych w ujęciu kwotowym jak koszt zakupu. Kwoty na utrzymanie systemu pomiarowego wg Wariantu 2 i 3 są co prawda zdecydowanie wyższe od kosztu utrzymania systemu w Wariancie 1, aczkolwiek ilość dodatkowych informacji, które instalacja radaru może dostarczyć czyni ten dodatkowy wydatek zasadnym. Rozłożenie kwoty na wszystkie zainteresowane projektem strony nie powoduje nadmiernego obciążenia budżetu, a waga dostarczonych przez radar danych może być nieoceniona w prognozie przeciwpowodziowej. Koszt poniesiony na rozbudowę i utrzymania systemu stanowi jedynie niewielki procent poniesionych strat w ostatnich latach (więcej w Tab. 1). Należy przypuszczać, iż możliwości prognostyczne w pełni zbudowanego systemu pozwolą na ochronę majątku o wartości daleko wykraczającej poza koszt samej rozbudowy systemu pomiarowego

Wszystkie podane ceny są cenami netto i nie zawierają podatku VAT.



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



8 Analiza ryzyka w ujęciu trafności prognoz generowanych przez system ESOP

Budowa systemu ESOP z uwagi na złożoność procesów, które muszą zostać wykonane przed wyświetleniem komunikatu lub ostrzeżenia jest narażona na błędy popełnione na poszczególnych etapach obliczeń. Najbardziej istotne czynniki ryzyka wraz z metodami ich zmniejszenia lub eliminacji zostały wymienione poniżej. Trafność i dokładność prognoz jest podstawowym czynnikiem w budowaniu wiarygodności systemu ESOP. Zarówno pośród instytucji bezpośrednio zaangażowanych w jego budowę jak również pośród pozostałych użytkowników systemu i ludność cywilną. W chwili obecnej nie można jednoznacznie określić dokładnej sprawdzalności systemu. Istnieje zbyt wiele zmiennych, całkowicie niezależnych, które musielibyśmy określić w celu skalkulowania skuteczności systemu. Wdrażając takie rozwiązanie powinno się szukać metod pozwalających zmarginalizować czynniki najbardziej obciążone błędem.

8.1 Ryzyko związane z błędami danych wejściowych do budowy modelu

” opracowaną przez DHI Polska na zlecenie KZGW, która to również będzie wyznacznikiem przy sprawdzaniu danych hydrologicznych.

8.1.1 Wyniki pomiarów geodezyjnych

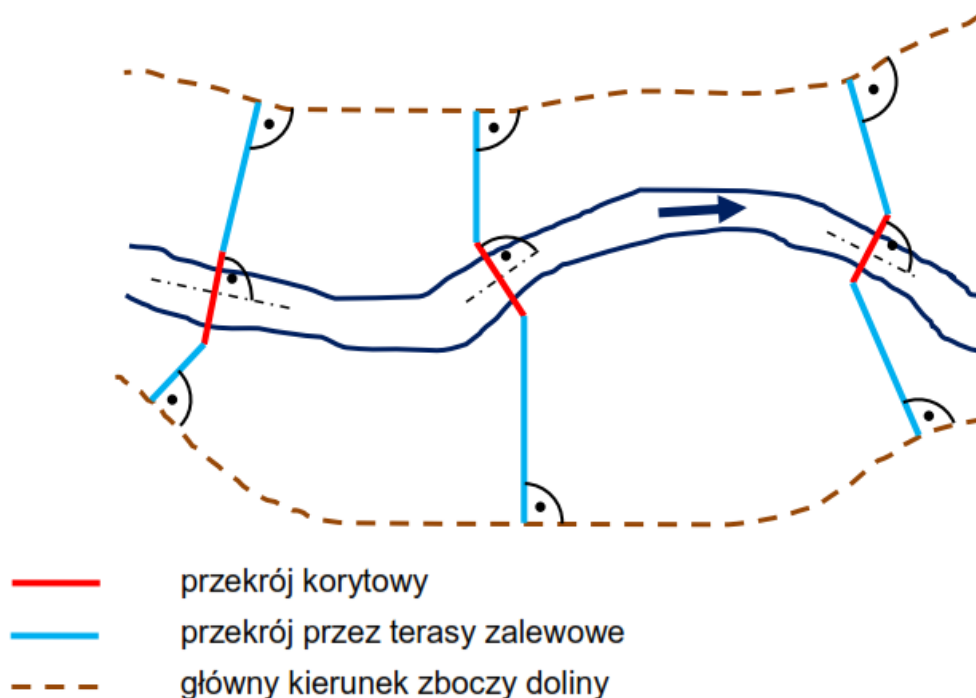
Jedynie na samej rzece Białej zaplanowano wykonanie 95 przekrojów korytowych oraz 61 przekrojów obiektowych (w sumie 188 przekrojów korytowych oraz 147 przekrojów obiektowych), co będzie się wiązało z dużą ilością miejsc wymagających pomiarów geodezyjnych. Podobnie jak w przypadku danych kartograficznych również dane geodezyjne mogą być niewłaściwie alokowane lub pomierzone. Aby tego uniknąć zarówno przygotowanie sprzętu pomiarowego jak i rezultaty prowadzonych pomiarów będą sprawdzane pod kątem zgodności z „Metodyką Opracowania Produktów Geodezyjnych”. Dodatkowo prowadzona będzie weryfikacja zebranych danych na etapie wprowadzania ich do modelu matematycznego.

Wytyczne Metodyki:

Zalecanym jest, aby przekroje korytowe były zlokalizowane w odległościach nie większych niż 500 m w obszarze o charakterze górzystym i nie większych niż 1500 m w obszarze o charakterze nizinym licząc po długości rzeki, w przypadku budowania modelu jednowymiarowego. Przekroje powinny być sytuowane prostopadle do osi rzeki i powinny obejmować koryto rzeki oraz pas terenu o szerokości około 10 metrów licząc na prawo i lewo od górnej krawędzi skarpy brzegowej koryta. W przypadku rzek obwałowanych przekrój korytowy powinien kończyć się ok. 10 metrów poza wałem z jednej i drugiej strony koryta. Na lokalizację przekrojów korytowych należy wybierać miejsca charakterystyczne reprezentatywne dla odcinka koryta powyżej i poniżej przekroju. W przypadku, gdy na rzece występują obiekty inżynierskie, wybrane przekroje korytowe mogą być zastąpione przez przekroje wygenerowane podczas inwentaryzacji tych obiektów. Wówczas odstępy pomiędzy przekrojami korytowymi mogą być większe niż wymienione powyżej.

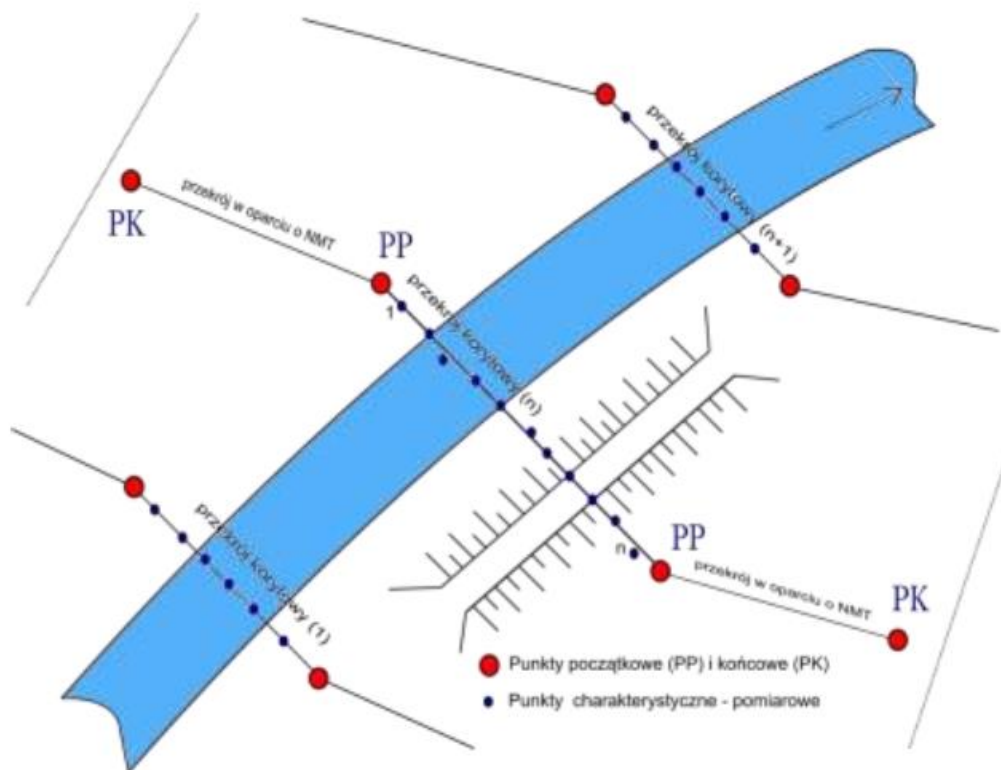
Przekroje przez terasy zalewowe wygenerowane w oparciu o numeryczny model terenu (NMT) należy sytuować prostopadle do głównego kierunku biegu doliny. Przekroje przez terasy zalewowe wygenerowane w oparciu o NMT należy połączyć z przekrojem korytowym w pełny przekrój dolinowy.

Oba końce (PK) przekroju dolinowego powinny znajdować się na zbliżonej do siebie wysokości.



Rys. 47 Schemat usytuowania przekrojów korytowych i dolinowych

Na podstawie opracowanego projektu lokalizacji przekrojów należy określić graficznie współrzędne lub lokalizacje punktów początkowych i końcowych przekrojów. Współrzędne te lub rysunek graficzny będą podstawą do lokalizacji przebiegu przekroju w terenie oraz do zaprojektowania i wyznaczenia współrzędnych punktów głównych i pośrednich przekroju. Punkty główne przekrojów należy wyznaczać tylko w przypadku szerokich i głębokich rzek, na których będzie wykonywany pomiar z łodzi metodą hydroakustyczną lub klasyczną. Punkty początkowe podlegają stabilizacji palami (zamarkowane farbą w terenie). Zostaną dla nich wyznaczone współrzędne X , Y z dokładnością III klasy poziomej osnowy szczegółowej ($< 0,05$ m) i rzędna H z dokładnością IV klasy osnowy wysokościowej ($< 0,02$ m). W przypadku rzek płytkich o głębokości poniżej 1 m – punkty główne nie podlegają stabilizacji.



Rys. 48 Lokalizacja punktów głównych i pomocniczych.

8.2 Ryzyko związane z błędnymi wynikami modelowania

Budowa modelu hydrologicznego i hydraulicznego dla rozległej zlewni o górskiej charakterystyce zawsze obarczona jest pewnym prawdopodobieństwem popełnienia błędu. Dlatego też całość prac będzie prowadzona z uwzględnieniem zaleceń wymienionych w „Metodyce Opracowania Produktów Geodezyjnych” przy udziale wysokiej klasy specjalistów posiadających wieloletnie, praktyczne doświadczenie w modelowaniu i prognozowaniu powodzi. Dla zapewnienia jak największej zgodności wyników symulacji na etapie kalibracji zostaną one nie tylko porównane z wynikami historycznymi zgromadzonymi przez IMGW (pkt. 6.1.2. Dane hydrologiczne) ale również z danymi zgromadzonymi przez system monitoringowy Starostwa (pkt. 6.1.3. Istniejący system pomiarowy) oraz dokumentacją zgromadzoną przez poszczególne instytucje z terenu zlewni podczas powodzi z czerwca 2010r. Przyjmuje się, iż błąd modelowania poziomu wody przy założeniu poprawności pozostałych danych wejściowych nie przekroczy 15-20 cm, co jest bardzo dobrym wynikiem w tego typu systemach.

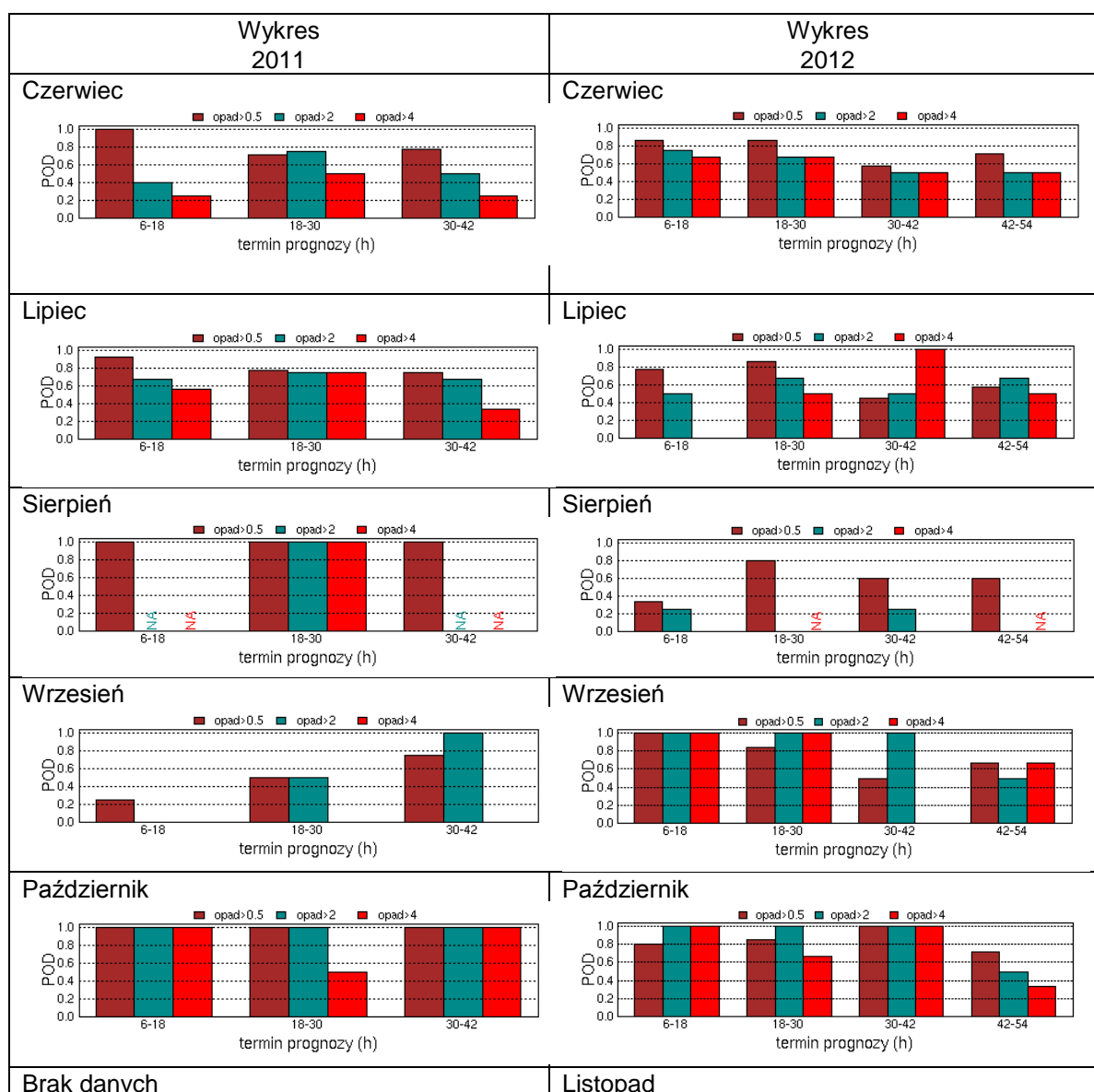
8.3 Ryzyko związane z błędnymi danymi z modelu meteorologicznego

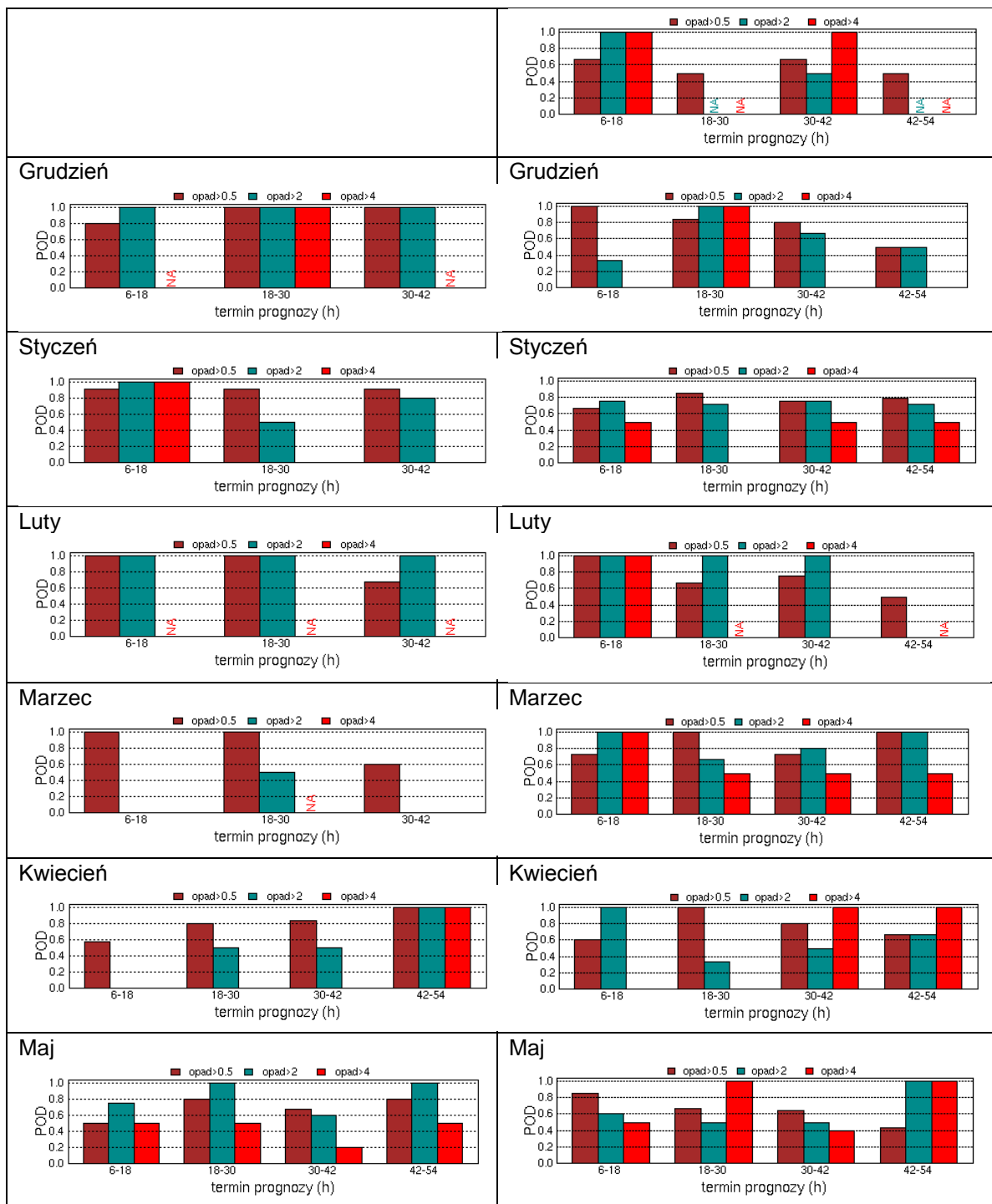
Prognoza systemu ESOP będzie opierać się na danych dostarczonych z modelu meteorologicznego, który przekazując prognozy meteorologiczne będzie używany do obliczania spływu powierzchniowego, który będzie kształtował parametry obliczeń hydrodynamicznych i wpływał na jakość prognozy powodzi .

Z uwagi na powyższe niezwykle istotna jest poprawność prognoz meteorologicznych. Przedstawione na Rys. 49 Porównanie wyników prognozy wystąpienia opadów z modelu meteorologicznego oraz danych pomierzonych (POD=1 pełna zgodność) dla dostępnych

miesiący porównanie pomiędzy danymi prognozowanymi w modelu meteorologicznym pokazuje dość wysoką zgodność prognoz w okresie 6-18 godzin, w większości przypadków będącą na poziomie 70-80%, wraz z przedłużaniem czasu prognozy dokładność tych wskazań spada o około 20% do 50-60%. W chwili obecnej brak jest odpowiednich danych aby określić jak bardzo różnią się te wskazania dla najbardziej intensywnych deszczy. Prace prowadzone w innych rejonach świata pokazują, iż mogą się one różnić o około 20%, co jest mimo wszystko wystarczającą dokładnością dla systemów ostrzegania powodziowego.

W celu ciągłej weryfikacji wskazań radaru pogodowego i ewentualnej korekty ostrzeżeń niezbędna byłaby rozbudowa systemu monitoringu o sieć deszczomierzy oraz radaru pogodowego zgodnie z wytycznymi opisanymi w Rozdziale 7. . Dodatkowo zakłada się, iż już we wczesnym stadium realizacji projektu zainstalowane zostanie oprogramowanie do gromadzenia informacji nt. prognoz meteorologicznych i ich wskazania będą porównywane z prowadzonymi obserwacjami tak, aby w momencie finalnego uruchomienia systemu zgromadzona statystyka pozwalała na jego jak najdokładniejszą kalibrację.





Rys. 49 Porównanie wyników prognozy wystąpienia opadów z modelu meteorologicznego oraz danych pomierzonych (POD=1 pełna zgodność) dla dostępnych miesięcy

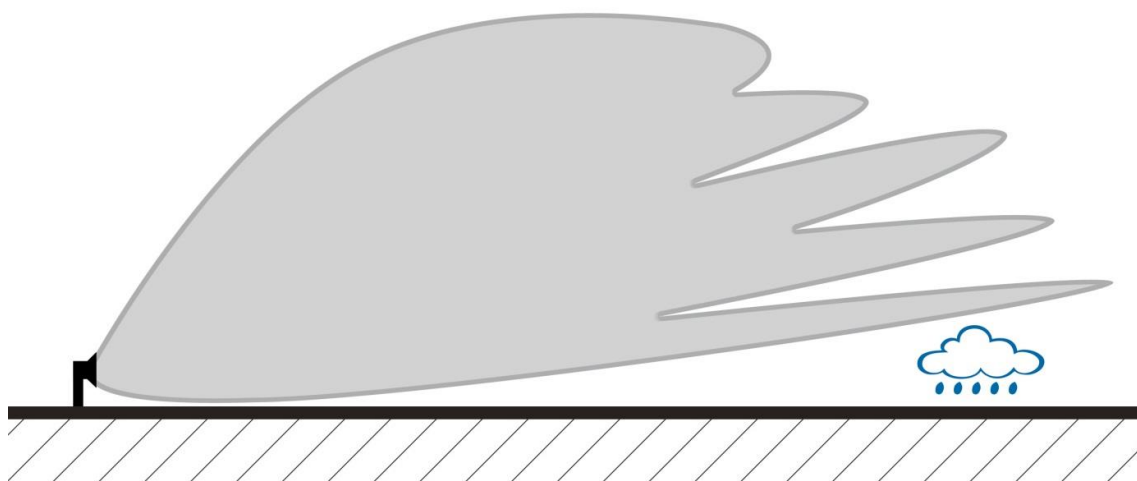
8.4 Ryzyko związane z błędnymi danymi z radaru pogodowego (LAWR)

Radar pogodowy nie będzie wdrażany na tym etapie projektu, jednakże z uwagi na rozważanie jego instalacji w przyszłości poniżej przedstawiona została analiza związana z oceną ryzyka potencjalnie nieprawidłowych wskazań pomiaru radarowego.

Specyfika funkcjonowania radarów pogodowych niesie za sobą pewne uniedogodnienia. Nie zawsze zasięg radaru oznacza maksymalną odległość gdzie mogą zostać wykryte ewentualne zjawiska atmosferyczne. Pewien wpływ na zasięg radaru ma Ziemia a dokładnie jej powierzchnia, która wpływa na propagację przyziemnych fal elektromagnetycznych. Rozpatrywać można fale przyziemne, które rozchodzą się prostoliniowo. Ta prostoliniowość jest czynnikiem ograniczającym zasięg dla nisko położonych obiektów (do granicy optycznej widoczności). W celu zwiększenia tego zasięgu zaleca się umiejscowienie radaru na pewnej wysokości nad ziemią. Zasięg optycznej widoczności wyraża się wzorem:

$$R_o = 3.57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

Gdzie R_o to zasięg optyczny, h_1 to wysokość radaru a h_2 to wysokość mierzonego obiektu (opadu). Fala przyziemna przestrzenna ma dwie składowe: bezpośrednią oraz odbitą od powierzchni ziemi, za sprawą czego charakterystyka pionowa promieniowania anteny ma specyficzny listkowy charakter. Nakładanie się fal powoduje, że powstają strefy martwe, gdzie zasięg jest mniejszy oraz strefy wzmocnienia fali gdzie zasięg wzrasta. Symetralna dolnego listka wznosi się w stosunku do ziemi pod kątem β , gdzie $\beta = \lambda/4h_1$ a λ to długość fali. Za sprawą tego zjawiska obiekty znajdujące się dostatecznie daleko od stacji radarowej oraz stosunkowo nisko mogą zostać „niezauważone”, innymi słowy – lekkie lokalne zjawisko opadowe znajdujące się w odległości zbliżonej do maksymalnego zasięgu radaru może zostać przez urządzenie nie zarejestrowane. Jest to pokazane na Rys. 50.



Rys. 50. Zasięg radaru pogodowego przedstawiony schematycznie

Nie należy również zapominać o tym, że poszczególne wiązki fal rozchodzą się od radaru promieniście, ze wzrostem odległości od radaru, zwiększa się odległość między poszczególnymi wiązkami. Parametr ten nosi nazwę rozdzielczości. Dla 15 km zasięgu radar LAWR uzyskuje rozdzielczość 100x100m, dla 30 km 250x250m, a dla 60km rozdzielczość może wynosić 500x500m. Przy zasięgach oraz rozdzielczości zbliżonej do maksymalnej istnieje ryzyko podania zafałszowanych danych odnośnie intensywności opadu – wiązka radaru może „ugodzić” obrzeże chmury opadowej, gdzie zjawisko nie jest tak intensywne jak w środku. Mimo tych wszystkich niedogodności radar pogodowy stanowi najdokładniejsze narzędzie do badania występowania i intensywności opadu na dużej przestrzeni.

Nie ma możliwości wskazania w ujęciu procentowym możliwości poprawy działania obecnego systemu w momencie rozbudowy sieci pomiarowej, w tym radarów pogodowych. Zachowanie systemu ESOP nie daje się zasymulować w innym już działającym miejscu zachowując naturalne właściwości zlewni Biała. Możemy jedynie przypuszczać, iż zastąpienie siatki obliczeniowej o wymiarach 4x4km siecią radarów pogodowych i deszczomierzy o rozdzielczości 100x100 m da znaczącą poprawę w prognozie i monitoringu opadu, kluczowego elementu całego systemu.

9 Wpływ projektu na polityki horyzontalne

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Unii Europejskiej (WE) nr 1083/2006 z dnia 11 lipca 2006 r. –w związku ze swoją problematyką i zaproponowanymi rozwiązaniami projekt nie koliduje z polityką równości szans kobiet i mężczyzn, równości osób pełnosprawnych i niepełnosprawnych, ma neutralny wpływ na równość obszarów miejskich i wiejskich oraz zrównoważony rozwój.



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



10 Załączniki

1. Materiały z konsultacji społecznych (Ankiety)
2. Wytyczne Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) dla instalacji deszczomierzy
3. Dokumenty niezbędne do uzyskania pozwolenia na instalację radaru pogodowego wraz z obowiązującymi aktami prawnymi
4. Lista funkcjonujących instalacji wykorzystujących radary pogodowe LAWR
5. Wykaz posiadanych oraz brakujących danych geodezyjnych
6. Mapa nr 1 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska wraz z najistotniejszymi informacjami wskazanymi w ankietach przez gminy objęte systemem ESOP
7. Mapa nr 2 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska wraz z aktualną siecią pomiarową oraz realizowanymi przekrojami geodezyjnymi
8. Mapa nr 3 – Zlewnia rzeki Biała Tarnowska, rozbudowa sieci pomiarowej
9. Zestawienie istniejących i proponowanych punktów pomiaru poziomu



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

