Raport z testu badawczego dotyczącego zagrożenia powodziowego poprzez modelowanie dla powiatu pszczyńskiego

Nadzór merytoryczny:

Dr hab. Michał Habel

1. *Plan badawczy zawierający przebieg badań z podziałem na prace terenowe i laboratoryjne, wraz ze wskazaniem kolejny kroków przebiegu prac badawczych*

Prace terenowe

- identyfikacja obszarów dolinnych w terenie,
- identyfikacja stref obniżeń o genezie antropogenicznej w terenie,
- identyfikacja stref i punktów w przeszłości zalewanych podczas powodzi,
- określenie granic, w których zostanie przeprowadzona analiza powodziowa.

Prace laboratoryjne

- identyfikacja terenów zagrożonych podtopieniami na podstawie MZP ISOK, analiz geoprzestrzennych „Flow Direction" i „Flow Accumulation", z uwzględnieniem infiltracji i współczynników odpływu Curve Number (CN),
- wyznaczenie obszarów zagrożonych ze strony spływu powierzchniowego na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT) o rozdzielczości ≤ 1 m (PL-EVRF2007-NH z 2004 i 2025 roku), użytkowania terenu BDOT10k oraz występowania gleb na bazie map IUNG, a także opadów maksymalnych Pmax według IMGW-PIB
- oszacowanie wartości opadu maksymalnego jako wartości referencyjnych na terenie powiatu,
- modelowanie odpływu efektywnego metodą SCS-CN,

- analiza kumulacji wód na powierzchni terenu i wyznacznie kierunków spływu powierzchniowego za pomocą narzędzi GIS (QuantumGIS v. 3.4.13) oraz algorytmów River Network, Watershed Basins i Flow Accumulation..
- wyznaczenie stref zagrożenia powodziowego z podziałem na klasy.

2. *Opis przebiegu prac badawczych z uwzględnianiem założeń teoretycznych, opisu metody, ewentualnego poboru prób w terenie i kolejnych kroków prac laboratoryjnych.*

Założenia teoretyczne

Przez zagrożenie powodziowe rozumie się prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk prowadzących do czasowego zalania terenów na obszarze powiatu, wynikających zarówno z wezbrań rzek i potoków objętych mapami zagrożenia powodziowego (MZP) (Hydroportal ISOK - https://wody.isok.gov.pl), jak również z intensywnych opadów atmosferycznych powodujących koncentrację spływu powierzchniowego w małych zlewniach, dolinach nieobjętych mapowaniem hydraulicznym oraz lokalnych obniżeniach terenu.

Poziom zagrożenia powodziowego powiatu określono jako udział powierzchni potencjalnie narażonej na zalanie w wyniku:

- wystąpienia wód powodziowych o prawdopodobieństwie 10%, 1% i 0,2% (zgodnie z mapami zagrożenia powodziowego ISOK),
- koncentracji spływu powierzchniowego wywołanego opadem maksymalnym Pmax,
- występowania lokalnych obniżeń bezodpływowych i stref akumulacji odpływu.

Wynik przedstawiono jako powierzchnię terenów zagrożonych [ha] oraz ich udział procentowy w powierzchni powiatu [%].

Zgodnie z art. 16 pkt 43 ustawy Prawo wodne **przez powódź rozumie się** czasowe pokrycie terenu wodą, które w normalnych warunkach nie jest pokryte wodą, w szczególności wywołane wezbraniem wód w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach oraz od strony morza. Należy podkreślić, że ustawowa definicja powodzi nie obejmuje wprost wszystkich form zagrożeń związanych ze spływem powierzchniowym po intensywnych opadach. Z tego względu analiza została rozszerzona o **identyfikację terenów potencjalnie zagrożonych zalaniem wskutek koncentracji odpływu powierzchniowego**, co ma szczególne znaczenie w warunkach obszarów górskich i podgórskich południowej Polski.

Dla powiatu samo wykorzystanie map zagrożenia powodziowego ISOK będzie niewystarczające. Szczególnie w obszarach górskich i podgórskich dominującym zagrożeniem są bowiem:

1. powodzie rzeczne w głównych dolinach (ujęte częściowo w ISOK),

2. powodzie opadowe (flash floods) na małych ciekach wywołane spływem powierzchniowym po stokach,
3. koncentracja odpływu w dolinach nieobjętych MZP,
4. podtapianie obszarów bezodpływowych i lokalnych obniżeń terenu.

Dla powiatu pszczyńskiego na podstawie MZP ISOK, analiz geoprzestrzennych „Flow Direction" i „Flow Accumulation", z uwzględnieniem infiltracji i współczynników odpływu Curve Number (CN), na bazie numerycznego modelu terenu (NMT) o rozdzielczości ≤ 1 m (PL-EVRF2007-NH z 2004 i 2025 roku), użytkowania terenu BDOT10k oraz występowania gleb na bazie map IUNG, a także opadów maksymalnych Pmax według IMGW-PIB, wyznaczono obszary zagrożone ze strony spływu powierzchniowego.

W celu określenia projektowych wartości opadów maksymalnych wykorzystano dane z modelu probabilistycznego **P_{MAX}TP (Precipitation MAXimum Time Probability)**, udostępnianego przez IMGW-PIB w serwisie „Opady maksymalne" (https://klimat.imgw.pl/opady-maksymalne/), opisanego w monografii pod red. B. Ozga-Zieliński i in. (2022). Model PMAXTP stanowi obecnie podstawowe narzędzie do estymacji przestrzennego rozkładu opadów ekstremalnych na obszarze Polski i umożliwia wyznaczenie wysokości opadu maksymalnego dla zadanego czasu trwania oraz prawdopodobieństwa jego przekroczenia.

Model opisuje zależność:

$P_{max}(t,p)$

gdzie:

- **Pmax** – maksymalna wysokość opadu [mm],
- **t** – czas trwania opadu,
- **p** – prawdopodobieństwo przewyższenia opadu.

Wartość $P_{max}(t,p)$ jest kwantylem teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa dopasowanego do wieloletnich obserwacji opadowych. Oznacza to, że dla określonej długości trwania opadu można wyznaczyć wysokość opadu odpowiadającą przyjętemu prawdopodobieństwu jego wystąpienia. Przykładowo, opad o prawdopodobieństwie przewyższenia **p = 10%** może zostać osiągnięty lub przekroczony średnio raz na 10 lat, natomiast opad o **p = 1%** odpowiada zdarzeniu występującemu średnio raz na 100 lat.

W prezentowanym opracowaniu wykorzystano wyniki uzyskane metodą **POT (Peak Over Threshold)**, polegającą na analizie wszystkich zdarzeń opadowych przekraczających określoną wartość progową. W przeciwieństwie do klasycznej metody maksimów rocznych (AMP), która wykorzystuje wyłącznie największy opad z każdego roku, metoda POT uwzględnia więcej zdarzeń ekstremalnych, co pozwala na bardziej wiarygodne oszacowanie opadów rzadkich i bardzo rzadkich.
Zastosowanie metody POT jest szczególnie istotne w analizach zagrożenia powodziowego, ponieważ umożliwia lepsze odwzorowanie intensywnych opadów nawalnych odpowiedzialnych za powodzie błyskawiczne oraz gwałtowny spływ powierzchniowy.

W analizie zagrożenia podtopieniami wykorzystano wysokości opadów maksymalnych dla różnych czasów trwania, odpowiadających odmiennym mechanizmom powstawania zagrożenia powodziowego:

- **opady 1-godzinne** – reprezentujące zjawiska nawalne i lokalne podtopienia,
- **opady 6-godzinne** – charakterystyczne dla gwałtownego odpływu ze zlewni górskich i podgórskich,
- **opady 24-godzinne** – związane z rozwojem powodzi rzecznych w większych zlewniach.

Dla każdego analizowanego powiatu wyznaczono wartości opadów maksymalnych odpowiadające prawdopodobieństwom przewyższenia:

- **1% (T = 100 lat)**,
- **50% (T = 2 lata)**,

Wartości maksymalnych opadów wyznaczone modelem $P_{max}TP$ wykorzystano jako dane wejściowe do modelowania spływu powierzchniowego oraz identyfikacji obszarów potencjalnej koncentracji odpływu. Pozwoliło to na rozszerzenie analizy zagrożenia powodziowego poza obszary objęte mapami ISOK, w szczególności o małe zlewnie górskie, okresowe cieki oraz lokalne obniżenia terenu, gdzie zagrożenie wynika głównie z intensywnych opadów i szybkiego odpływu powierzchniowego.

Analizę zagrożenia powodziowego wykonano dla opadu projektowego Pmax o prawdopodobieństwie przewyższenia p = 1% (T = 100 lat). Dla powiatów karpackich dodatkowo przeanalizowano opad 1-godzinny, natomiast dla wszystkich powiatów wykonano analizy dla

opadów 6-godzinnych i 24-godzinnych.Na podstawie analizy przestrzennej zróżnicowania wartości danego Pmax przyjęto maksimum jakie wystąpiło w granicach danego powiatu (Tabela 1). Przyjęcie maksymalnej wartości Pmax występującej w granicach powiatu stanowi podejście konserwatywne, pozwalające na identyfikację potencjalnie najbardziej niekorzystnych warunków opadowych mogących wystąpić na analizowanym obszarze.

Tabela 1. Proponowane wartości opadu maksymalnego jako wartości referencyjne dla na terenie powiatu pszczyńskiego

Lp.	**Powiat**	Powierzchnia powiatu [ha]	**Powierzchnia przy określonym opadzie maksymalnym w ha/%**					
			1h	**%**	**6h**	**%**	**24h**	**%**
1	pszczyński	102900			91,08	1,54	146,48	1,75

Dobór czasu trwania opadu do obliczeń w analizowanych powiatach powinien zależeć od wielkości zlewni, ponieważ w tym przypadku występują trzy mechanizmy powodziowe.

- Typ I – powodzie błyskawiczne, gdy małe zlewnie mają powierzchnię 1–20 km², wtedy czas koncentracji spływu wynosi 1–3 h. Najbardziej reprezentatywny czas obliczeń wynosi 1 h.
- Typ II – małe zlewnie górskie, gdy ich powierzchnia to 20–100 km² to czas koncentracji wynosi 3–6 h. Najbardziej reprezentatywny opad 6 h.
- Typ III – większe zlewnie. Najbardziej reprezentatywny opad 24 h

Odpływ efektywny wyznaczono metodą SCS-CN, która uwzględnia zdolność retencyjną gleb oraz pokrycie terenu, metoda opisana przez K. Banasik i in. (2016). Metoda ta zakłada, że tylko część opadu atmosferycznego przekształca się w odpływ powierzchniowy, natomiast pozostała część infiltruje do gruntu lub zostaje zatrzymana w retencji powierzchniowej. Spływ na każdej komórce numerycznego modelu terenu jest wyznaczany jako różnica pomiędzy opadem a infiltracją, przy wykorzystaniu parametrów infiltracyjnych oraz koncepcji CN. Dla potrzeb regionalnej analizy zagrożenia powodziowego i modelu SCS-CN można przyjąć standardowe wartości CN zgodne z wytycznymi USDA-NRCS (1986).

Retencję obliczano w sposób następujący:

$$S = \frac{254}{\mathrm{CN}} - 254$$

Obliczenie odpływu efektywnego:

$$Q = \frac{(P - 0{,}2S)^2}{P + 0{,}8S}$$

gdzie:

- P – opad projektowy,
- Q – odpływ efektywny.

Kluczowym elementem w końcowej fazie modelowania była kumulacji wód na powierzchni terenu. Kierunki spływu powierzchniowego wyznaczono za pomocą narzędzi GIS (QuantumGIS v. 3.4.13) oraz algorytmów River Network, Watershed Basins i Flow Accumulation. Model został oparty na wysokorozdzielczym numerycznym modelu terenu pochodzącym ze skaningu laserowego (NMT) – siatce o rozdzielczości ≤ 1,0 m , danych o użytkowaniu terenu (BDOT10k), mapach glebowo-rolniczych, sieci cieków wodnych MPHP oraz przepustów drogowych (BDOT10k). Powstałe na bazie modelowania naturalne linie drenażu oraz obszary kumulacji spływu powierzchniowego. Uzyskane wyniki umożliwiły identyfikację okresowych cieków, dolin koncentracji odpływu oraz lokalnych obniżeń terenowych.

3. *Wyniki badań w postaci obliczeniowej wraz z niezbędną dokumentacją w postaci tabel, wykresów i rysunków*

Łączna powierzchnia terenów potencjalnie zagrożonych podtopieniami spowodowanymi koncentracją odpływu powierzchniowego wynosi od 877 do 1021 ha (w zależności od przyjętego czasu trwania opadu projektowego). **Wartość ta nie obejmuje jedynie terenów zagrożonych powodzią rzeczną, wyznaczonych na podstawie map ISOK, lecz stanowi ich uzupełnienie poprzez wskazanie obszarów narażonych na lokalne podtopienia poza dolinami głównych cieków**. W powiecie pszczyńskim analizowano podtopienia występujące w trakcie intensywnych opadów trwających 6 i 24 godziny.

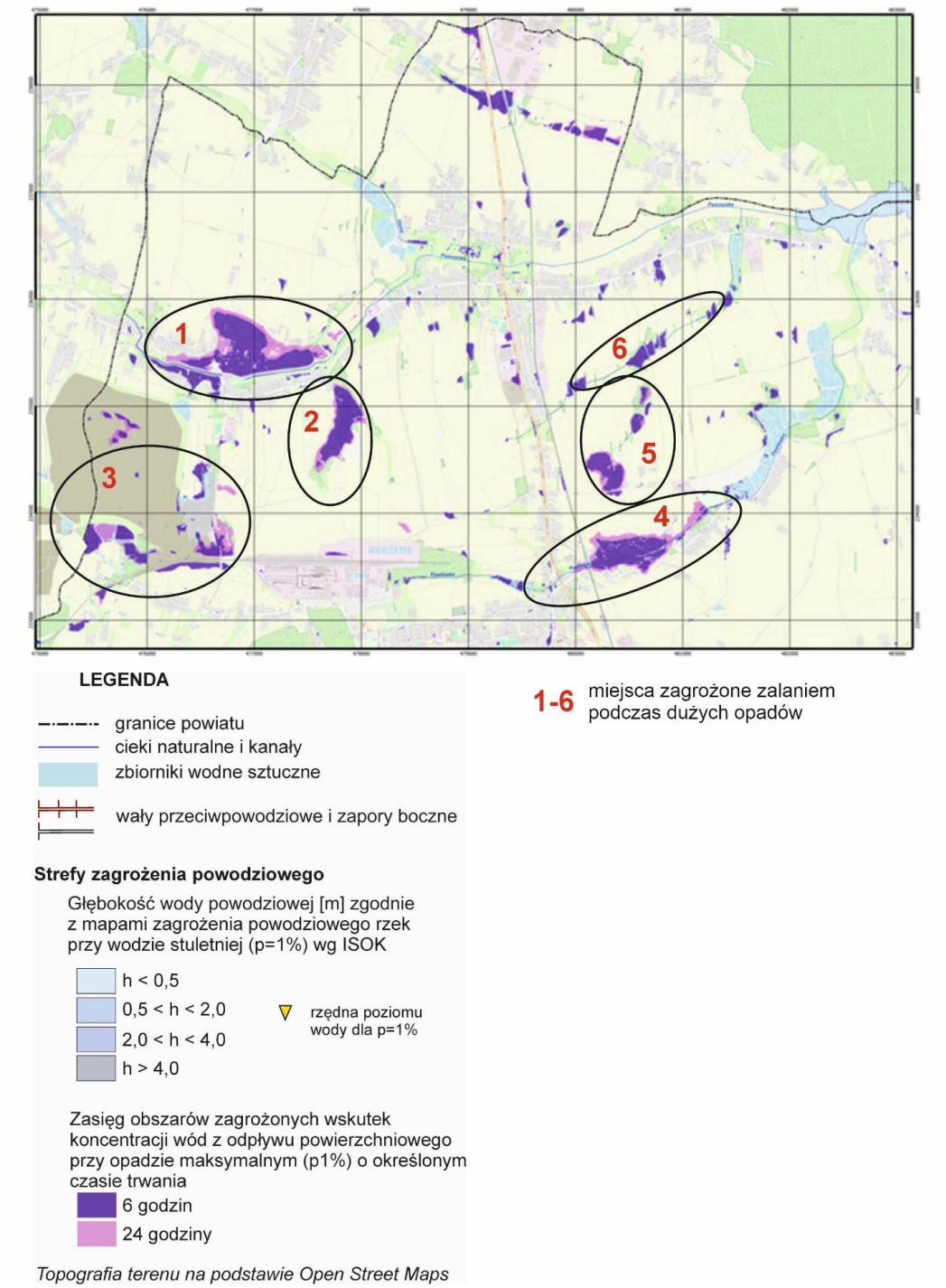
Szczegółową analizę zagrożenia powodziowego wykonano dla doliny Pszczynki i obszarów sąsiadujących z doliną. Rzeka Pszczynka jest prawobrzeżnym dopływem Wisły, płynie ona w obrębie Kotliny Oświęcimskiej i Wyżyny Śląskiej. Jej długość wynosi około 45 km, a powierzchnia zlewni przekracza 360 km². Źródła rzeki znajdują się w rejonie miasta Orzesze, na wysokości około 280–300 m n.p.m. Początkowy odcinek ma charakter niewielkiego cieku o stosunkowo dużym spadku, jednak w środkowym i dolnym biegu rzeka płynie przez rozległe, płaskie tereny Kotliny Pszczyńskiej. W efekcie spadek podłużny koryta stopniowo maleje, a dolina staje się szeroka i słabo nachylona. Koryto Pszczynki jest w znacznej części przekształcone przez działalność człowieka poprzez regulację brzegów, prostowanie meandrów oraz budowę urządzeń hydrotechnicznych. Szczególnie istotnym elementem systemu hydrologicznego jest Zbiornik Łąka, który pełni funkcję retencyjną, przeciwpowodziową oraz zaopatrzenia w wodę. Poniżej zbiornika przepływy rzeki są w znacznym stopniu regulowane przez gospodarkę wodną prowadzoną na zaporze. Reżim hydrologiczny Pszczynki ma charakter deszczowo-śnieżny, z najwyższymi przepływami zazwyczaj w okresie wiosennych roztopów oraz podczas letnich opadów nawalnych. W okresach suszy przepływy mogą być znacznie obniżone, szczególnie w górnym biegu rzeki. Dolina Pszczynki obejmuje liczne starorzecza, podmokłości i kompleksy stawów hodowlanych, z których najbardziej znane są Stawy Pszczyńskie, stanowiące ważny element retencji krajobrazowej. W wielu miejscach rzeka zachowała naturalne równiny zalewowe, które odgrywają istotną rolę w magazynowaniu wód powodziowych i ograniczaniu kulminacji wezbrań. Znaczący wpływ na warunki hydrologiczne zlewni wywierają działalność górnicza, urbanizacja oraz rozwój infrastruktury komunikacyjnej, powodujące lokalne zmiany odpływu i stosunków wodnych. Transport rumowiska w Pszczynce jest stosunkowo niewielki ze względu na małe spadki terenu i dominację drobnoziarnistych osadów

aluwialnych, jednak podczas wezbrań dochodzi do intensyfikacji procesów erozji brzegowej i akumulacji osadów. Współcześnie Pszczynka stanowi przykład rzeki nizinnej o umiarkowanie przekształconym charakterze, w której procesy fluwialne pozostają silnie związane zarówno z naturalnymi uwarunkowaniami geomorfologicznymi, jak i z wieloletnią działalnością człowieka.

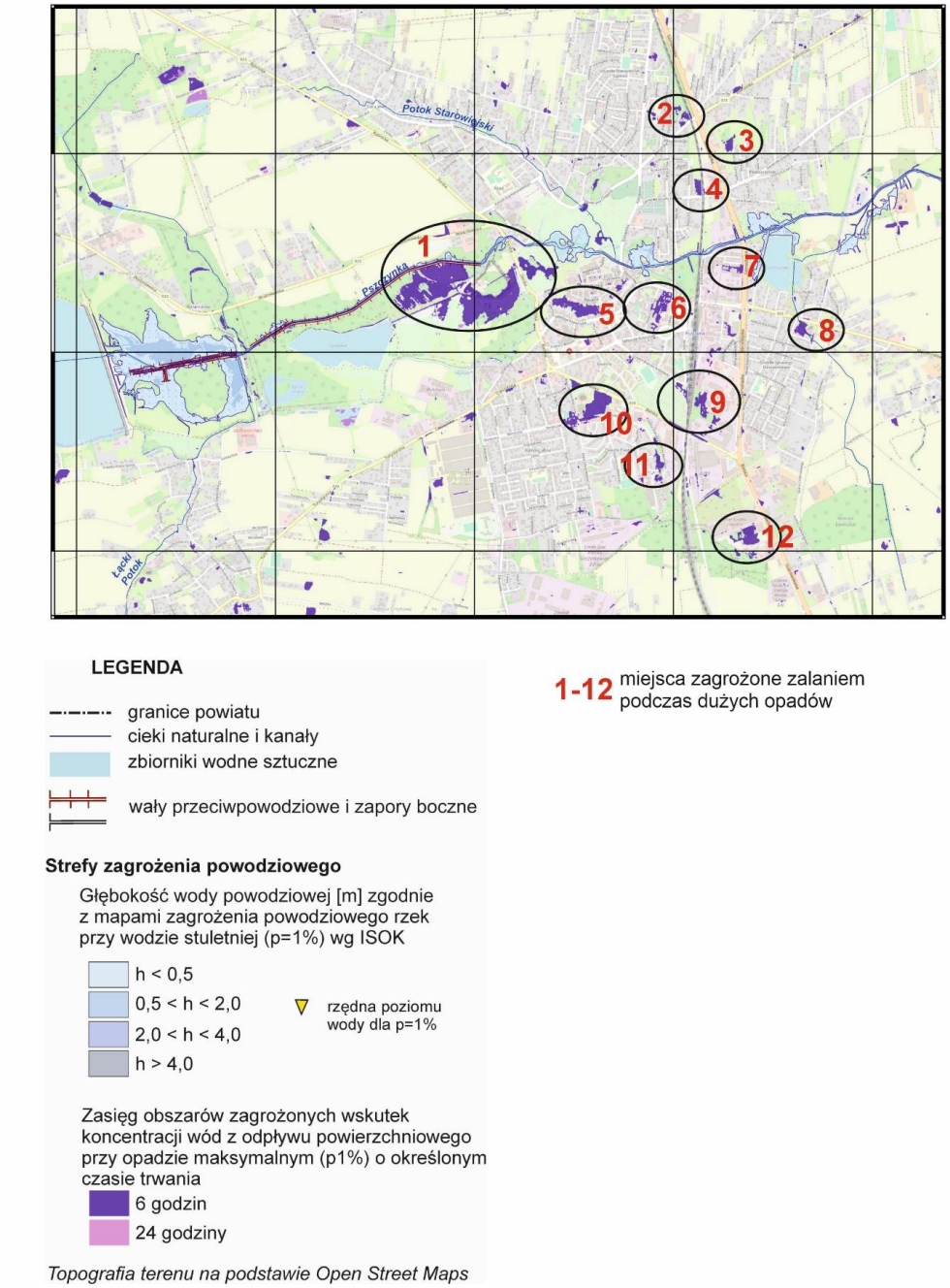
Pod kątem możliwości wystąpienia powodzi przeanalizowano dwie mapy przedstawiające obszary potencjalnie narażone na zalanie podczas intensywnych opadów deszczu trwających 6 oraz 24 godziny (rys. 1–2). Zidentyfikowane strefy nie zostały uwzględnione na mapach ISOK jako obszary zagrożenia powodziowego. Pierwsza mapa obejmuje obszar położony powyżej Zbiornika Łąka (Jeziora Łąka), w rejonie granicy z miastem Jastrzębie-Zdrój. W strefie tej, na północ od koryta Pszczynki w Krzyżowicach, występuje rozległy obszar potencjalnie narażony na podtopienia (obszar 1 – rys. 1). Ze względu na występującą tam zabudowę obszar ten jest szczególnie podatny na szkody spowodowane intensywnymi opadami. Obszar oznaczony numerem 2 (rys. 1) zlokalizowany jest na południe od koryta Pszczynki, w niewielkim obniżeniu terenu, przez które przepływa potok. Teren ten nie jest zabudowany, dlatego jego ewentualne zalanie nie powinno powodować istotnych strat w infrastrukturze. Kolejny obszar zagrożony (obszar 3 – rys. 1) położony jest około 1 km na południe od Krzyżowic, poza doliną Pszczynki. Obejmuje on niewielkie strefy potencjalnych podtopień zlokalizowane wzdłuż linii kolejowej, w sąsiedztwie stacji. W przypadku intensywnych opadów istnieje ryzyko zalania infrastruktury kolejowej oraz przylegających budynków. Na południe od koryta Pszczynki występują również kolejne obszary narażone na zalanie. Szczególnie zagrożony jest teren położony wzdłuż ulicy Wyzwolenia (obszar 4 – rys. 1), gdzie znajdują się budynki usytuowane bezpośrednio przy drodze. Ich lokalizacja sprawia, że podczas intensywnych opadów mogą być narażone na podtopienia. Na północ od tego obszaru zidentyfikowano również strefy potencjalnych zalewów (obszary 5 i 6 – rys. 1), jednak nie występuje tam zabudowa, co ogranicza ryzyko powstania szkód materialnych. Ostatnim obszarem potencjalnie zagrożonym podtopieniami jest teren położony na północ od koryta Pszczynki, w sąsiedztwie ulic Krótkiej i Gajowej (obszar 7 – rys. 1). Również w tym przypadku istnieje możliwość zalania niewielkiej liczby budynków mieszkalnych.

5. Druga z analizowanych map obejmuje obszar położony poniżej Zbiornika Łąka. Występuje tam mniejsza liczba stref potencjalnych podtopień niż w górnej części zlewni. Największy z nich znajduje się w dolinie Pszczynki i obejmuje teren wyłączony spod zabudowy (obszar 1 – rys. 2), dzięki czemu ryzyko wystąpienia szkód jest niewielkie. Pozostałe strefy potencjalnych podtopień (obszary 2–12 – rys. 2) zlokalizowane są głównie na południe od koryta Pszczynki, poza jej doliną.

W przeciwieństwie do obszaru 1 są one położone na terenach o zwartej zabudowie, co znacząco zwiększa potencjalne ryzyko strat materialnych podczas intensywnych opadów. Należy podkreślić, że żaden z opisanych obszarów nie został uwzględniony na mapach zagrożenia powodziowego ISOK, mimo iż analiza wskazuje na możliwość wystąpienia lokalnych podtopień i zalewów podczas opadów o dużej intensywności.



Rysunek 1. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu pszczyńskiego (obszar powyżej zbiornika Łąka).



Rysunek 2. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu pszczyńskiego (obszar poniżej zbiornika Łąka).

4. *Wnioski z przeprowadzonych badań w formie opracowania zawierającego szczegółowe analizy wraz z szacunkiem dotyczącym zagrożenia występującego w testowanym terenie (osuwiskowego, powodziowego, związanego z zanieczyszczeniem powietrza zależnie od typu testu badawczego)*

Przeprowadzona analiza w powiecie pszczyńskim, wykazała występowanie licznych obszarów potencjalnie zagrożonych podtopieniami podczas intensywnych opadów deszczu trwających 6 i 24 godziny. Zidentyfikowane strefy obejmują zarówno tereny położone powyżej, jak i poniżej Zbiornika Łąka. Większa liczba obszarów zagrożonych występuje w górnym odcinku analizowanej zlewni, powyżej zbiornika. Szczególnie istotne są strefy zlokalizowane na terenach zabudowanych, gdzie potencjalne podtopienia mogą prowadzić do strat materialnych oraz zakłóceń w funkcjonowaniu infrastruktury. Zagrożeniem objęte są przede wszystkim budynki mieszkalne, lokalne drogi oraz infrastruktura kolejowa. Na terenach niezabudowanych ryzyko wystąpienia szkód jest znacznie mniejsze, mimo możliwości okresowego zalewania. Analiza wskazuje również, że lokalne obniżenia terenu oraz niewielkie cieki dopływowe odgrywają istotną rolę w kształtowaniu stref podtopień. Rozmieszczenie obszarów zagrożonych nie ogranicza się wyłącznie do dna doliny Pszczynki, lecz obejmuje także tereny położone poza jej bezpośrednim zasięgiem. Oznacza to, że podczas intensywnych opadów znaczący wpływ na rozwój podtopień ma spływ powierzchniowy oraz lokalne warunki morfologiczne. Istotnym elementem ograniczającym zagrożenie w dolnym biegu rzeki jest retencyjna funkcja Zbiornika Łąka, który zmniejsza skalę potencjalnych podtopień poniżej zapory. Jednocześnie wyniki wskazują, że zbiornik nie eliminuje ryzyka występowania lokalnych zalań spowodowanych opadami nawalnymi. Szczególną uwagę zwraca fakt, że prawie wszystkie wskazane obszary pozostają poza strefami zagrożenia wyznaczonymi na mapach ISOK. Może to świadczyć o nieuwzględnieniu w obowiązujących opracowaniach zagrożeń wynikających z krótkotrwałych, lecz bardzo intensywnych opadów deszczu oraz lokalnych uwarunkowań terenowych. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę przeprowadzenia bardziej szczegółowych analiz hydraulicznych i hydrologicznych, obejmujących odpływ ze zlewni oraz funkcjonowanie lokalnej sieci melioracyjnej i kanalizacji deszczowej. Wnioski z przeprowadzonej analizy mogą stanowić podstawę do aktualizacji lokalnych ocen ryzyka

powodziowego, planowania przestrzennego oraz działań mających na celu ograniczenie skutków przyszłych podtopień.

Katowice, 31.08.2026

PREZES ZARZĄDU
Oddział Górnośląski, Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi
Dr hab. Jerzy Cabała

dr hab. Jerzy Cabała