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

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 w granicach analizowanego powiatu. Zagrożenie to może wynikać zarówno z wezbrań rzek i potoków uwzględnionych na mapach zagrożenia powodziowego (MZP), dostępnych w Hydroportalu ISOK, jak również z intensywnych opadów atmosferycznych prowadzących do koncentracji spływu powierzchniowego w małych zlewniach, dolinach nieobjętych modelowaniem hydraulicznym oraz lokalnych obniżeniach terenu.

Poziom zagrożenia powodziowego powiatu określono na podstawie udziału 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 oraz stref koncentracji i akumulacji odpływu.

Wyniki przedstawiono w postaci powierzchni terenów potencjalnie zagrożonych zalaniem, wyrażonej w hektarach [ha], oraz ich procentowego udziału w całkowitej powierzchni powiatu [%]. Zgodnie z art. 16 pkt 43 ustawy Prawo wodne **przez powódź rozumie się** czasowe pokrycie wodą terenu, który w normalnych warunkach nie jest nią pokryty, w szczególności w wyniku wezbrania wód w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych i kanałach oraz od strony morza. Ustawowa definicja powodzi nie obejmuje jednak bezpośrednio wszystkich form zagrożenia wynikającego z koncentracji spływu powierzchniowego podczas intensywnych opadów atmosferycznych. Z tego względu zakres analizy rozszerzono o **identyfikację terenów potencjalnie zagrożonych zalaniem wskutek koncentracji odpływu powierzchniowego**. Takie podejście ma szczególne znaczenie w przypadku obszarów górskich i podgórskich południowej Polski, gdzie niewielkie zlewnie mogą charakteryzować się bardzo szybką reakcją hydrologiczną na opady o dużej intensywności.

W przypadku analizowanych powiatów wykorzystanie wyłącznie map zagrożenia powodziowego ISOK uznano za niewystarczające do kompleksowej oceny zagrożenia. Dotyczy to szczególnie obszarów górskich i podgórskich, gdzie istotne znaczenie mają:

1. **powodzie rzeczne** występujące w głównych dolinach rzecznych, uwzględnione w zakresie wynikającym z MZP ISOK;
2. **powodzie opadowe i błyskawiczne (*flash floods*)** występujące w małych zlewniach i związane z gwałtowną koncentracją odpływu;
3. **koncentracja spływu powierzchniowego** w dolinach i wzdłuż cieków nieobjętych MZP;
4. **podtopienia lokalnych obniżeń terenu i obszarów bezodpływowych**, wynikające z koncentracji i akumulacji wód opadowych.

Dla powiatu nowosądeckiego obszary potencjalnie zagrożone spływem powierzchniowym wyznaczono na podstawie MZP ISOK oraz analiz geoprzestrzennych wykorzystujących algorytmy **Flow Direction** i **Flow Accumulation**. W modelowaniu uwzględniono infiltrację oraz przestrzenne zróżnicowanie współczynników odpływu określonych metodą **Curve Number (CN)**. Podstawę analiz stanowił numeryczny model terenu (NMT) o rozdzielczości przestrzennej ≤ 1 m, w układzie wysokościowym PL-EVRF2007-NH, opracowany na podstawie danych z lat 2004 i 2025. Ponadto wykorzystano dane dotyczące użytkowania i pokrycia terenu pochodzące z BDOT10k, informacje o przestrzennym zróżnicowaniu gleb na podstawie map IUNG oraz wartości opadów maksymalnych Pmax według IMGW-PIB. Integracja wymienionych danych umożliwiła identyfikację obszarów potencjalnie zagrożonych koncentracją spływu powierzchniowego.

Wyznaczenie projektowych wartości opadów maksymalnych

Do określenia projektowych wartości opadów maksymalnych wykorzystano dane pochodzące z modelu probabilistycznego **PMAXTP (Precipitation MAXimum Time Probability)**, udostępnianego przez IMGW-PIB w serwisie „Opady maksymalne" i opisanego w monografii pod redakcją B. Ozgi-Zielińskiego i in. (2022). Model PMAXTP umożliwia przestrzenną estymację opadów ekstremalnych na obszarze Polski oraz określenie maksymalnej wysokości opadu dla zadanego czasu jego trwania i przyjętego prawdopodobieństwa przewyższenia.

Zależność tę można zapisać w postaci:

Pmax(t,p)

gdzie:

- **Pmax** – maksymalna wysokość opadu [mm],
- **t** – czas trwania opadu,

- **p** – prawdopodobieństwo przewyższenia określonej wysokości opadu.

Wartość Pmax(t,p) stanowi kwantyl teoretycznego rozkładu prawdopodobieństwa dopasowanego do wieloletnich szeregów obserwacji opadowych. Oznacza to, że dla określonego czasu trwania opadu możliwe jest wyznaczenie jego wysokości odpowiadającej przyjętemu prawdopodobieństwu przewyższenia.

Przykładowo, opad o prawdopodobieństwie przewyższenia **p = 10%** odpowiada okresowi powtarzalności **T = 10 lat**, natomiast opad o **p = 1%** odpowiada okresowi powtarzalności **T = 100 lat**. Wartości te należy interpretować probabilistycznie – nie oznaczają one regularnego występowania danego zdarzenia odpowiednio raz na 10 lub 100 lat, lecz określają prawdopodobieństwo jego wystąpienia lub przekroczenia w dowolnym roku.

W prezentowanym opracowaniu wykorzystano wyniki uzyskane metodą **POT (Peak Over Threshold)**, polegającą na analizie zdarzeń opadowych przekraczających określoną wartość progową. W przeciwieństwie do metody maksimów rocznych, w której uwzględnia się wyłącznie największą wartość opadu z każdego roku, metoda POT pozwala na wykorzystanie większej liczby niezależnych zdarzeń ekstremalnych. Zwiększa to ilość informacji wykorzystywanych w analizie statystycznej i umożliwia bardziej wiarygodną estymację opadów o małym prawdopodobieństwie przewyższenia.

Zastosowanie metody POT ma szczególne znaczenie w analizach zagrożenia powodziowego, ponieważ umożliwia uwzględnienie intensywnych zdarzeń opadowych odpowiedzialnych za powstawanie powodzi błyskawicznych, gwałtownych wezbrań małych cieków oraz intensywnego spływu powierzchniowego.

Czasy trwania i prawdopodobieństwa opadów

W analizie zagrożenia podtopieniami uwzględniono opady maksymalne o różnych czasach trwania, reprezentujące odmienne warunki formowania odpływu i mechanizmy powstawania zagrożenia:

- **opady 1-godzinne** – reprezentujące krótkotrwałe opady o dużej intensywności, mogące prowadzić do gwałtownej koncentracji spływu powierzchniowego i lokalnych podtopień;
- **opady 6-godzinne** – reprezentujące zdarzenia sprzyjające szybkiemu wzrostowi odpływu, szczególnie w małych i średnich zlewniach;
- **opady 24-godzinne** – reprezentujące długotrwałe zdarzenia opadowe sprzyjające wzrostowi uwilgotnienia zlewni, zwiększeniu odpływu oraz rozwojowi wezbrań w większych systemach rzecznych.

Dla każdego analizowanego powiatu określono wartości opadów maksymalnych odpowiadające następującym prawdopodobieństwom przewyższenia:

- **p = 1% (T = 100 lat)**;
- **p = 50% (T = 2 lata)**.

Wartości maksymalnych opadów wyznaczone za pomocą modelu PMAXTP wykorzystano jako dane wejściowe do modelowania spływu powierzchniowego oraz identyfikacji obszarów potencjalnej koncentracji odpływu. Takie podejście umożliwiło rozszerzenie analizy zagrożenia poza obszary objęte mapami zagrożenia powodziowego ISOK, w szczególności o małe zlewnie, doliny niewielkich i okresowych cieków oraz lokalne obniżenia terenu, gdzie zagrożenie wynika przede wszystkim z intensywnych opadów i szybkiej koncentracji spływu powierzchniowego.

Opad projektowy przyjęty do analizy

Podstawową analizę zagrożenia związanego ze spływem powierzchniowym przeprowadzono dla opadu projektowego **Pmax o prawdopodobieństwie przewyższenia p = 1% (T = 100 lat)**. Dla powiatów położonych w obszarze Karpat dodatkowo uwzględniono opad o czasie trwania 1 godziny, natomiast dla wszystkich analizowanych powiatów przeprowadzono modelowanie dla opadów trwających 6 i 24 godziny.

Na podstawie analizy przestrzennego zróżnicowania wartości Pmax dla każdego rozpatrywanego czasu trwania opadu przyjęto **maksymalną wartość występującą w granicach danego powiatu** (Tabela 1). Wartość tę zastosowano następnie jako opad projektowy dla całego obszaru analizowanej jednostki administracyjnej.

Przyjęcie maksymalnej wartości Pmax występującej w granicach powiatu stanowi **podejście konserwatywne**, ukierunkowane na identyfikację potencjalnie najbardziej niekorzystnych warunków opadowych mogących wystąpić na analizowanym obszarze. Rozwiązanie to ogranicza ryzyko niedoszacowania powierzchni terenów potencjalnie narażonych na koncentrację spływu powierzchniowego i lokalne podtopienia, a tym samym zwiększa użyteczność wyników w ocenie zagrożenia oraz planowaniu działań prewencyjnych.

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

Lp.	Powiat	Powierzchnia powiatu [ha]	Powierzchnia przy określonym opadzie maksymalnym w ha/%					
			1h	%	6h	%	24h	%
1	nowosądecki	155000	437	0,28	543,00	0,35	596,00	0,38

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 w powiecie nowosądeckim wynosi od 543 do 596 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 nowosądeckim analizowano podtopienia występujące w trakcie intensywnych opadów trwających 1, 6 i 24 godziny.

Powiat nowosądecki charakteryzuje się rozbudowaną siecią hydrograficzną, której układ jest silnie uwarunkowany górskim charakterem rzeźby Beskidu Sądeckiego, Beskidu Niskiego i Beskidu Wyspowego oraz obecnością Kotliny Sądeckiej. Obszar powiatu należy do regionu wodnego Górnej-Zachodniej Wisły, a główną osią hydrograficzną jest Dunajec, będący prawobrzeżnym dopływem Wisły. Do najważniejszych rzek odwadniających powiat należą również Poprad, Biała Tarnowska, Łososina, Kamienica Nawojowska, Kamienica Gorczańska i Muszynka, którym towarzyszy gęsta sieć mniejszych potoków górskich.

Poprad uchodzi do Dunajca w rejonie Starego Sącza i odwadnia znaczną część południowej części powiatu, w tym obszary Beskidu Sądeckiego położone wzdłuż granicy polsko-słowackiej. Rzeki i potoki występujące w górskich częściach powiatu charakteryzują się znacznymi spadkami podłużnymi, stosunkowo wąskimi dolinami oraz dużą zmiennością przepływów. W konsekwencji ich reakcja na intensywne opady atmosferyczne jest szybka, a gwałtowny wzrost odpływu może prowadzić do krótkotrwałych wezbrań i lokalnych podtopień; znaczne wahania przepływów są charakterystyczne m.in. dla Kamienicy Nawojowskiej. Istotnym elementem systemu hydrograficznego północnej części powiatu są dwa sztuczne zbiorniki zaporowe – Jezioro Rożnowskie i Jezioro Czchowskie – związane z systemem Dunajca. Warunki odpływu są przestrzennie zróżnicowane, ponieważ na terenach górskich dominuje szybki spływ powierzchniowy i śródpokrywowy, natomiast w szerszych odcinkach dolin i Kotlinie Sądeckiej większego znaczenia nabierają procesy retencji i akumulacji wód. Wezbrania mogą być generowane zarówno przez długotrwałe opady rozlewne, jak i krótkotrwałe opady o dużej intensywności, które szczególnie w niewielkich zlewniach sprzyjają gwałtownej koncentracji odpływu. Istotną rolę w

kształtowaniu reżimu hydrologicznego odgrywają również wiosenne roztopy, które w połączeniu z opadami mogą powodować szybki wzrost stanów wód, m.in. na Białej Tarnowskiej, Kamienicy, Łososinie i Popradzie. Zagrożenie powodziowe koncentruje się przede wszystkim w dolinach Dunajca i jego dopływów, a największe powierzchniowo obszary zagrożenia powodzią o prawdopodobieństwie 1% wskazano m.in. w gminach Łososina Dolna, Gródek nad Dunajcem, Łącko i Chełmiec.

Powiat nowosądecki charakteryzuje się zatem złożonymi warunkami hydrologicznymi i znacznym przestrzennym zróżnicowaniem zagrożenia powodziowego, wynikającym ze współoddziaływania górskiej rzeźby terenu, gęstej sieci cieków, intensywnych opadów, szybkiej koncentracji odpływu oraz zagospodarowania dolin rzecznych.Analiza dostępnych materiałów wykazała, że na terenie powiatu nowosądeckiego występują stosunkowo liczne strefy potencjalnie zagrożone podtopieniami, obejmujące zarówno budynki mieszkalne i gospodarcze, jak i elementy infrastruktury technicznej. Szczegółową analizę zagrożenia przeprowadzono dla dwóch wybranych obszarów. Pierwszy z nich położony jest na północ od Starego Sącza, natomiast drugi na północny zachód od miasta (rys. 1 i 2). Analiza wskazuje, że szczególne znaczenie dla występowania lokalnych podtopień mają doliny rzeczne, strefy ujściowe mniejszych cieków oraz lokalne obniżenia terenu, w których podczas intensywnych i długotrwałych opadów może dochodzić do koncentracji odpływu powierzchniowego.

Strefa nr 1 (rys. 1) obejmuje obszar, na którym w przypadku wystąpienia intensywnych lub długotrwałych opadów podtopieniu może ulec stosunkowo duża liczba budynków położonych w miejscowości Moczary. Ze względu na występowanie zabudowy w granicach potencjalnego zalania strefa ta powinna być uwzględniana jako obszar podwyższonego zagrożenia.

Strefa nr 2 (rys. 1) zlokalizowana jest w rejonie ujścia Gostwiczanki do Dunajca. Podczas długotrwałych i intensywnych opadów może tutaj dochodzić do podtopień obejmujących budynki położone w miejscowości Wyglanowice. Lokalizacja strefy w sąsiedztwie ujścia cieku może sprzyjać koncentracji odpływu oraz ograniczeniu możliwości jego szybkiego odprowadzenia podczas wysokich stanów wód w Dunajcu.

Strefa nr 3 (rys. 1) obejmuje obszar położony w rejonie ujścia Brzezinianki do Dunajca. W przypadku wystąpienia intensywnych lub długotrwałych opadów potencjalnym zalaniem może zostać objętych kilkanaście budynków położonych w miejscowości Dół. Ze względu na liczbę potencjalnie zagrożonych obiektów strefa ta stanowi jeden z istotniejszych obszarów zagrożenia w analizowanej części powiatu.

Strefa nr 4 (rys. 1) położona jest w północnej części miejscowości Podrzecze. Potencjalne podtopienia mogą objąć w tym miejscu kilka budynków mieszkalnych oraz obiekty gospodarcze. Pomimo stosunkowo niewielkiej powierzchni strefy występowanie zabudowy zwiększa znaczenie potencjalnych skutków intensywnych opadów.

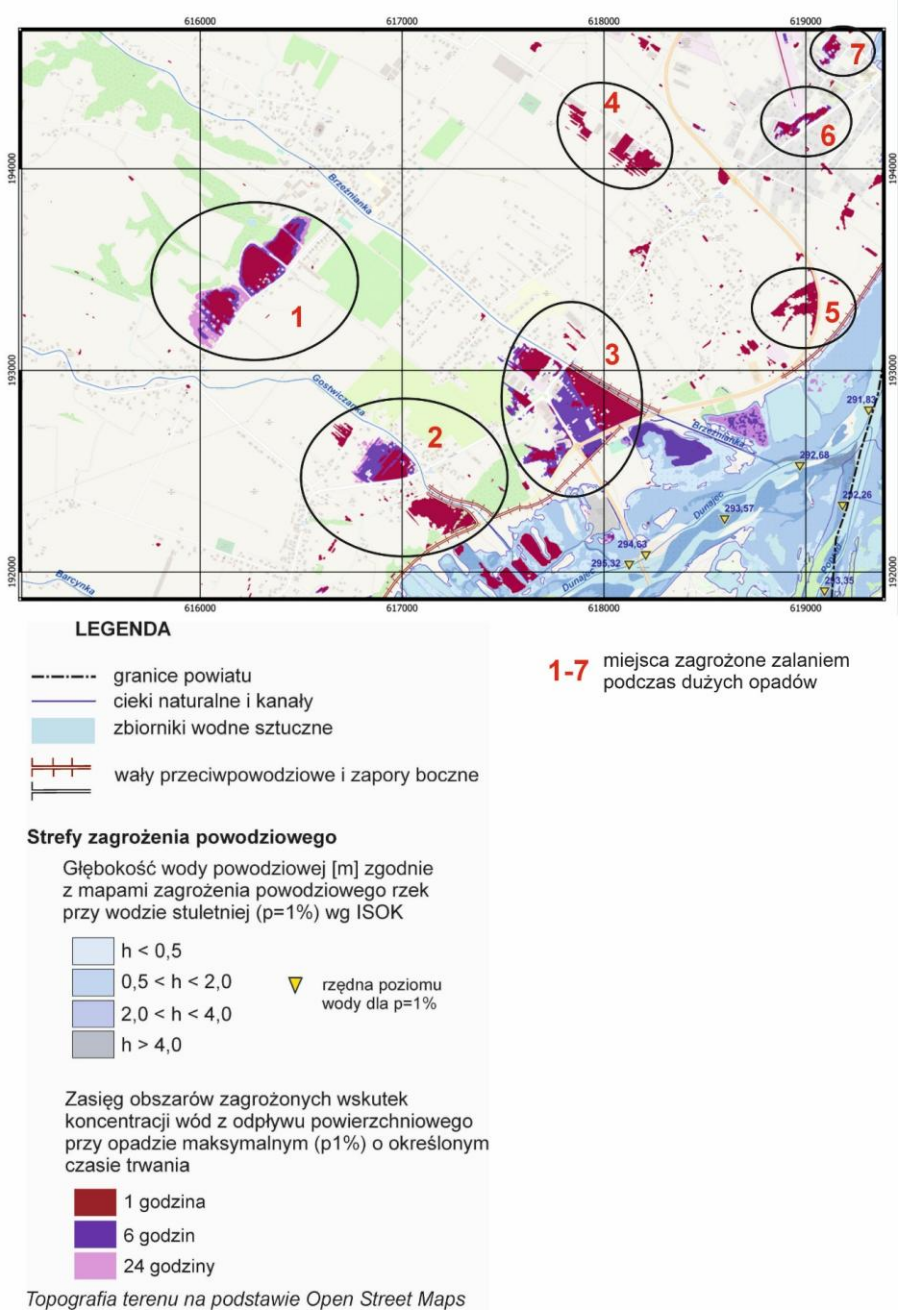
Strefa nr 5 (rys. 1) obejmuje obszar położony w bezpośrednim sąsiedztwie koryta Dunajca. Podczas intensywnych opadów może dochodzić tutaj do zalania terenu, jednak strefa ta pozostaje zasadniczo niezabudowana. Potencjalny obszar podtopienia znajduje się natomiast w sąsiedztwie drogi, dlatego możliwość wystąpienia zalania może mieć znaczenie dla funkcjonowania lokalnej infrastruktury komunikacyjnej.

W **strefach nr 6 i 7 (rys. 1)** potencjalne podtopienia mogą objąć budynki położone w miejscowościach Świniarsko i Labrachówka. Występowanie zabudowy w granicach modelowanych stref zalania wskazuje, że również te obszary powinny zostać uwzględnione przy ocenie lokalnego zagrożenia wynikającego z intensywnych opadów atmosferycznych.

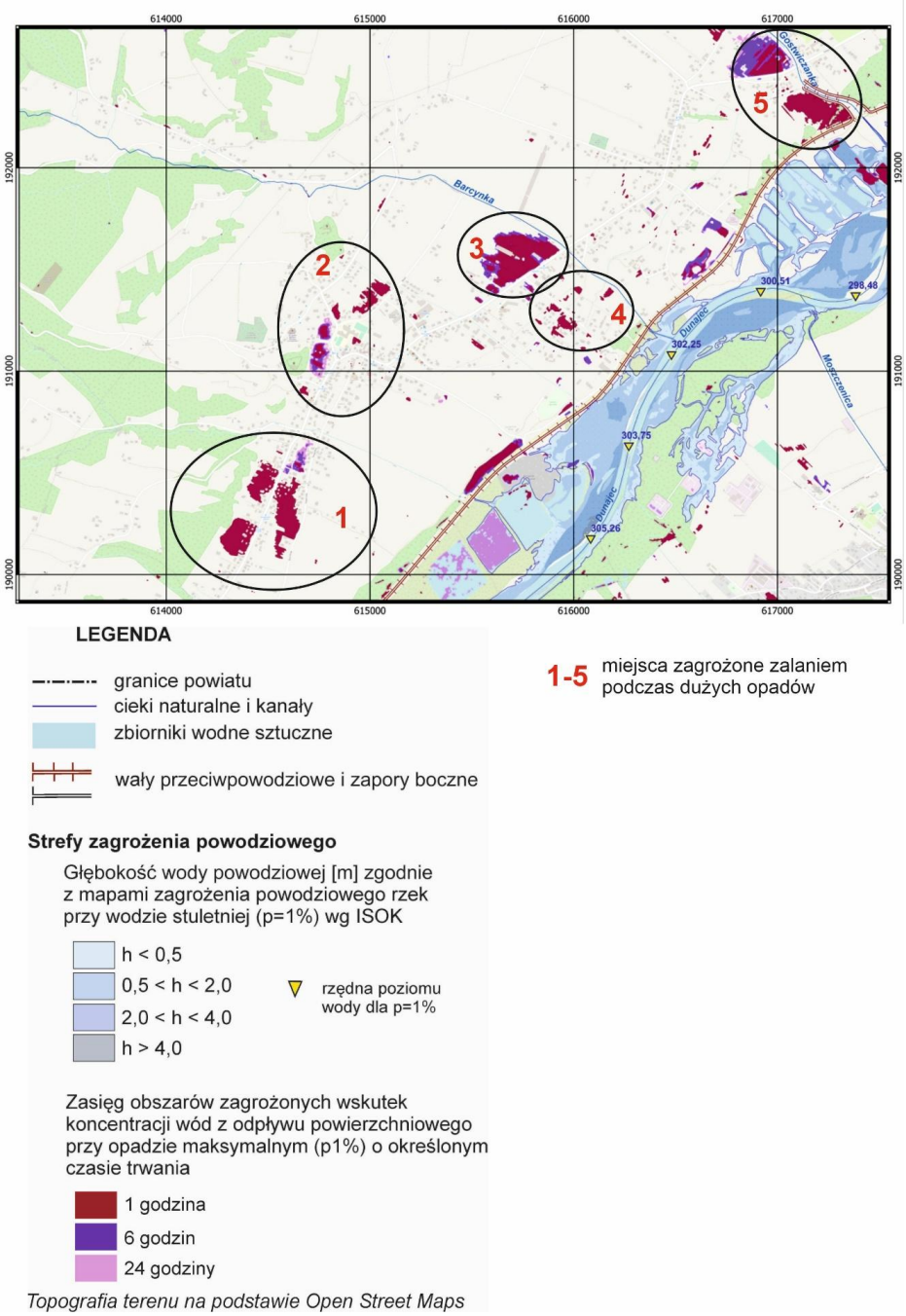
W drugim analizowanym obszarze, położonym na północny zachód od Starego Sącza, zidentyfikowano kilka stref podatnych na podtopienia podczas intensywnych i długotrwałych opadów (rys. 2). **Cztery strefy** zlokalizowane są na południe od doliny Barcynki. W ich obrębie występują tereny zabudowane, dlatego w przypadku intensywnych opadów potencjalnemu podtopieniu może ulec stosunkowo duża liczba budynków. Dotyczy to przede wszystkim zabudowy położonej w miejscowościach Zasłonie i Święta Anna oraz na terenie Podegrodzia. Koncentracja stref potencjalnych podtopień w tej części analizowanego obszaru wskazuje na istotne znaczenie lokalnej rzeźby terenu oraz układu sieci hydrograficznej dla kierunków spływu i akumulacji wód opadowych.

Strefa nr 5 (rys. 2) położona jest na południe od ujścia Gostwiczanki do Dunajca. Jej lokalizacja wskazuje na możliwość występowania podtopień związanych zarówno z koncentracją spływu powierzchniowego podczas intensywnych opadów, jak i z warunkami odpływu w sąsiedztwie doliny Dunajca.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że zagrożenie podtopieniami w badanej części powiatu nowosądeckiego jest wyraźnie zróżnicowane przestrzennie, a największe potencjalne skutki mogą wystąpić w miejscach, gdzie strefy koncentracji odpływu pokrywają się z terenami zabudowanymi. Szczególnej uwagi wymagają obszary położone w sąsiedztwie Dunajca oraz ujściowych odcinków jego mniejszych dopływów, gdzie podczas długotrwałych i intensywnych opadów może dochodzić do nakładania się różnych mechanizmów prowadzących do lokalnych podtopień.



Rysunek 1. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu nowosądeckiego (na północ od Starego Sącza).



Rysunek 2. Obszary zagrożone zalaniem na terenie powiatu nowosądeckiego (na zachód od Starego Sącza).

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)*

Analiza wykazała, że na terenie powiatu nowosądeckiego występują liczne strefy potencjalnie zagrożone podtopieniami, obejmujące tereny zabudowane oraz elementy infrastruktury technicznej. Szczegółowym badaniom poddano dwa obszary położone na północ i północny zachód od Starego Sącza, gdzie zagrożenie związane jest przede wszystkim z dolinami rzecznymi, ujściami mniejszych cieków oraz lokalnymi obniżeniami terenu.

W pierwszym obszarze istotne zagrożenie stwierdzono w miejscowości Moczary, gdzie podczas intensywnych lub długotrwałych opadów podtopieniu może ulec stosunkowo duża liczba budynków. Kolejne strefy zagrożenia występują w rejonie ujścia Gostwiczanki i Brzezinianki do Dunajca, gdzie potencjalne podtopienia mogą objąć zabudowę miejscowości Wyglanowice i Dół. W północnej części Podrzecza zagrożonych jest kilka budynków mieszkalnych i gospodarczych, co zwiększa potencjalne skutki wystąpienia intensywnych opadów.

W bezpośrednim sąsiedztwie koryta Dunajca wyznaczono również strefę obejmującą głównie tereny niezabudowane, jednak jej położenie w pobliżu drogi może stwarzać zagrożenie dla infrastruktury komunikacyjnej. Potencjalne podtopienia terenów zabudowanych zidentyfikowano także w miejscowościach Świniarsko i Labrachówka. W drugim analizowanym obszarze, położonym na północny zachód od Starego Sącza, stwierdzono kilka stref podatnych na podtopienia związane z intensywnymi i długotrwałymi opadami.

Cztery z nich położone są na południe od doliny Barcynki i obejmują tereny zabudowane w miejscowościach Zasłonie i Święta Anna oraz w Podegrodziu. Kolejna strefa znajduje się na południe od ujścia Gostwiczanki do Dunajca, gdzie zagrożenie może być związane zarówno z koncentracją spływu powierzchniowego, jak i warunkami odpływu w dolinie Dunajca. Rozmieszczenie obszarów potencjalnych podtopień wskazuje na istotny wpływ lokalnej rzeźby terenu, układu sieci hydrograficznej oraz położenia względem głównych cieków na koncentrację i akumulację wód opadowych. Przeprowadzona analiza wskazuje, że największe potencjalne skutki podtopień w powiecie nowosądeckim mogą występować na terenach zabudowanych położonych w sąsiedztwie Dunajca i ujściowych odcinków jego dopływów, gdzie podczas intensywnych opadów mogą nakładać się różne mechanizmy prowadzące do lokalnych zalewów.

Współfinansowany przez UNIĘ EUROPEJSKĄ

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Katowice, 31.08.2026

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

Dr hab. Jerzy Cabała

Uniwersytet Śląski w Katowicach
40-007 Katowice, ul. Bankowa 12
http://www.us.edu.pl