

Nowe spojrzenie na załania wodami opadowymi w Denver

Na szczycie Geodesign Summit 2025 organizowanym przez Esri Patrick Flynn uniósł nad głowę opasły tom – 234 stron Głównego planu odwodnienia Denver. To tylko jeden z dwóch tomów tego opracowania. Po tak ciężką lekturę sięgnęliby raczej inżynierowie tacy jak Flynn czy specjaliści od infrastruktury, ale już nie nowi mieszkańcy miasta, którzy chcieliby sprawdzić ryzyko powodzi dla swoich rodzin. Nawet urzędnicy miejscy woleliby zapewne poprosić kogoś o krótkie streszczenie.

– To ogrom pracy i wartościowe opracowanie – powiedział Flynn o dokumentach składających się na plan. – Ale nie da się ukryć, że nie jest to szczególnie wciągająca lektura.

Dokument ten jest aktualizowany jedynie raz na pięć lat. Zawarte w nim kluczowe dane mają jednak bezpośredni wpływ na życie ponad 700 tysięcy mieszkańców Denver – miasta położonego na wysokości jednej mili nad poziomem morza. Plan ten stanowi podstawę do podejmowania decyzji o długoterminowych inwestycjach w infrastrukturę miejską. Mają one chronić mieszkańców przed niszczycielskimi powodziami, które mogą powodować zamknięcia dróg czy uszkodzenia budynków.

Departament Transportu i Infrastruktury Denver (DOTI) uznał, że informacje z planu powinny być dostępne dla szerszego grona odbiorców. W związku z tym Patrick Flynn wraz ze swoją współpracowniczką Erin Sturm – oboje z globalnej firmy inżynieryjnej Stantec – podjęli współpracę z DOTI, aby przekształcić drukowaną wersję dokumentu w bardziej dostępny, internetowy portal z interaktywnymi danymi.

Dziś mieszkańcy mają dostęp do cyfrowej platformy, będącej kompleksowym źródłem informacji na temat wód opadowych w mieście. Portal został stworzony przy użyciu ArcGIS Hub –

platformy wspierającej zaangażowanie społeczne, opartej na zaawansowanej technologii systemów informacji geograficznej (GIS).

Każdy może teraz sprawdzić, gdzie znajduje się obecna infrastruktura – czy są to rury, przepusty, wpusty uliczne czy zbiorniki retencyjne w miejscach szczególnie narażonych na podtopienia – oraz jakie rozwiązania zostały zaproponowane.

Zespół techniczny DOTI ma również dostęp do prognoz, które pokazują, w jaki sposób planowane inwestycje infrastrukturalne mogą w przyszłości ograniczyć ryzyko powodzi.

Modele zawarte w portalu symulują zarówno istniejące, jak i przyszłe warunki, wpływ ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz potrzeby związane z modernizacją infrastruktury – podejście to opiera się na założeniach geoprojektowania. (patrz ramka poniżej).

Jak zacząć pracę z geodesignem

Geodesign to podejście, które łączy analizę danych przestrzennych z planowaniem i projektowaniem rozwiązań dotyczących przestrzeni, w której żyjemy – miast, infrastruktury czy środowiska naturalnego. W proces zaangażowani są specjaliści z różnych dziedzin – od urbanistów i inżynierów, przez ekologów, aż po przedstawicieli władz lokalnych. Dzięki temu można lepiej rozumieć lokalne uwarunkowania, oceniać różne scenariusze i podejmować decyzje, które są dobrze uzasadnione i dopasowane do potrzeb mieszkańców oraz przyrody.

Geodesign jest elastycznym podejściem, które znajduje zastosowanie w wielu obszarach – od architektury i planowania przestrzennego, przez transport, po odbudowę ekosystemów czy adaptację do zmian klimatu. Jego siła polega na tym, że pozwala przewidzieć, jak decyzje projektowe wpłyną na powiązane ze sobą systemy i dzięki temu unikać niepożądanych

skutków.

Proces geodesignu zwykle przebiega według określonego schematu:

- **Modele reprezentacji** – definiują problem i gromadzą dane. W Denver oznaczało to m.in. identyfikację zagrożeń powodziowych i zbieranie danych hydrologicznych.
- **Modele procesów** – łączą dane, aby pokazać, jak działa system. W Denver wykorzystano dane o wysokości terenu i jego powierzchni do modelowania spływu wód i tworzenia sieci hydrologicznej.
- **Modele ewaluacyjne** – oceniają skuteczność obecnych rozwiązań i wskazują obszary wymagające interwencji.
- **Modele zmian** – proponują rozwiązania, takie jak nowe kanały burzowe czy zbiorniki retencyjne.
- **Modele wpływu** – symulują, jakie skutki przyniosą proponowane zmiany. W Denver sprawdzano m.in., czy nowa infrastruktura pomoże ograniczyć podtopienia.
- **Modele decyzyjne** – pozwalają ocenić, czy przewidywane efekty są satysfakcjonujące. Jeśli nie, proces wraca do etapu modeli zmian. Jeśli tak – można przejść do wdrożenia.

W przypadku Denver oznacza to budowę starannie zaplanowanej infrastruktury odwadniającej. Zamiast stosować ogólne rozwiązania i liczyć, że się sprawdzą, miasto mogło dopasować działania do lokalnych warunków, umiejscowić je tam, gdzie

będą najbardziej potrzebne, i mieć pewność, że inwestycje przyniosą oczekiwany efekt – jeszcze zanim rozpoczęto prace w terenie.

Geodesign sprawia, że rozwiązania są nie tylko skuteczne, ale też dobrze dopasowane do lokalnych warunków.



Park Confluence w Denver przekształca historyczne miejsce spotkania rzeki South Platte i potoku Cherry Creek – niegdyś narażone na niszczycielskie powodzie – w bezpieczną przestrzeń rekreacyjną dzięki inżynierskim kanałom, budowłom przeciwpowodziowym i przemyślanej aranżacji, która ujarzmia siłę natury.



Rozszerzony zbiornik retencyjny i otwarty kanał przy 39. ulicy prezentują podejście Denver do zielonej infrastruktury – spowalniają spływ wód opadowych, aby naturalnie filtrować zanieczyszczenia i jednocześnie ograniczać ryzyko powodzi, przekształcając tradycyjne betonowe systemy odwadniające w żywy organizm współdziałający z naturą.

Wiedzieć, dokąd płynie woda

Denver zмага się z problemem powodzi od najwcześniejszych lat swojego istnienia. W 1864 roku Cherry Creek wystąpił z brzegów i zniszczył znaczną część młodego miasta. W miarę rozwoju Denver, starsze dzielnice powstawały bez uwzględnienia naturalnych cieków wodnych i odpowiedniego systemu odwodnienia – pozostawiając po sobie niedoszacowaną infrastrukturę kanalizacyjną, która do dziś nie radzi sobie z obciążeniem.

Problem się pogłębia. Denver należy do 28 największych amerykańskich miast, w których obserwuje się osiadanie gruntu, co dodatkowo zwiększa ryzyko powodzi. Miasto jednak wdraża innowacyjne rozwiązania. Od 2010 roku Denver przyjęło proaktywne podejście, wykorzystując zaawansowane modele

hydrologiczne do mapowania obszarów narażonych na zalania i odpowiedniego planowania działań.

System odwodnienia Denver obejmuje obszar 154 mil kwadratowych (ok. 400 km²) i zawiera ponad 1 000 mil (ponad 1 600 km) rur, które odprowadzają wody opadowe z 67 zlewni do rzeki South Platte.

Dlatego tak ważne jest, aby Denver – podobnie jak inne rozwijające się miasta – regularnie analizowało stan swojej infrastruktury odwadniającej i planowało jej rozwój w przyszłości. Niekiedy konieczne jest powiększenie istniejących zbiorników retencyjnych, w których gromadzi się deszczówka, albo budowa nowych. Kanały burzowe trzeba częściej oczyszczać z nagromadzonych zanieczyszczeń. Zdarza się też, że całe trasy odprowadzania wód opadowych wymagają przeprojektowania od podstaw.

Nowy, bardziej dostępny plan

W pierwszych trzech miesiącach działania internetowa wersja Głównego Planu Odwodnienia Denver 2025 przyciągnęła ponad 10 000 odwiedzin – podaje Jun Meng, specjalista, inżynier architekt z DOTI, odpowiedzialny za realizację projektu.

Plan, przedstawiony w atrakcyjnej wizualnie formie, stał się narzędziem wspierającym podejmowanie decyzji dotyczących inwestycji w infrastrukturę odwodnieniową. Deweloperzy, miejscy inżynierowie oraz urzędnicy odpowiedzialni za planowanie przestrzenne mogą dziś łatwo sprawdzić, gdzie i w jaki sposób realizować nowe projekty, aby zapewnić bezpieczeństwo przeciwpowodziowe. Z kolei zespoły DOTI pracujące przy dużych inwestycjach mogą analizować ryzyko podtopień i wspólnie wypracowywać rozwiązania, które wzmocnią odporność społeczności na przyszłe zagrożenia. Plan pełni też

rolę przewodnika przy projektowaniu systemów odwodnienia i kształtowaniu terenu jeszcze przed rozpoczęciem budowy nowych obiektów.

Potencjalni nabywcy nieruchomości mogą sprawdzić ryzyko powodzi w danej okolicy. Członkowie rady miasta mają dostęp do planu, by identyfikować miejsca, gdzie już realizowane są inwestycje w ich okręgach. Zespoły zarządzania kryzysowego mogą go wykorzystywać do przygotowań przed sezonem burzowym.

Plan o tak szerokim zakresie pozwala miastu skoncentrować się na projektach, które przyniosą największe korzyści. Thomas Blackman, nadzorca ds. inżynierii w DOTI, wskazał, że program odwodnienia ma roczny budżet kapitałowy w wysokości 50 milionów dolarów. Ta kwota nie pokrywa wszystkich potrzeb, ale plan pomaga ustalić, które działania należy podjąć w pierwszej kolejności.

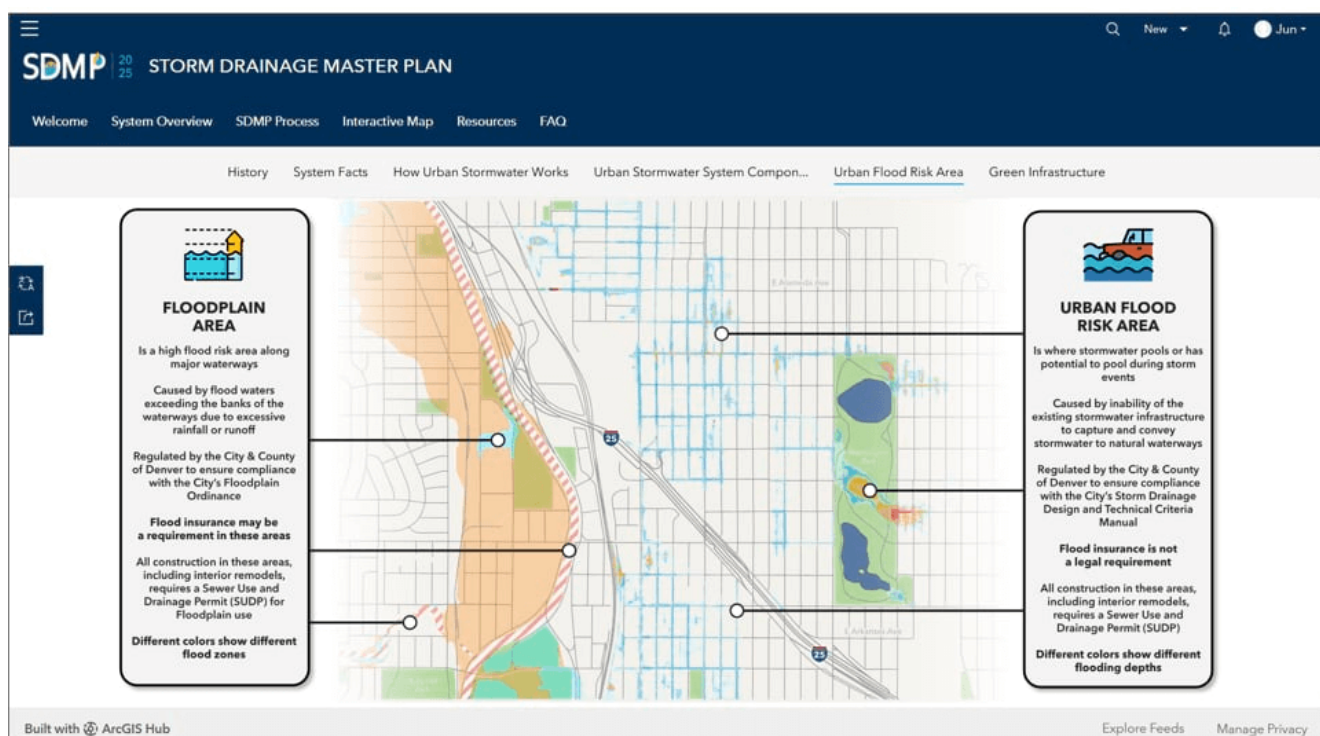
– Możliwość znalezienia sposobów na wprowadzanie dużych usprawnień przy niewielkich nakładach finansowych to ogromna wartość – podkreśla Blackman. – Posiadanie takiego modelu i wizualizacji jest w tym niezwykle pomocne.

Wdrożenie planu w życie

Pierwszym etapem stworzenia internetowej wersji Głównego planu odwodnienia Denver było przygotowanie w ArcGIS Experience Builder specjalnej aplikacji, w której można przeglądać dane o podtopieniach. Zespół Stantec i DOTI używał jej, żeby porównywać różne scenariusze i sprawdzać prognozy modeli powodziowych. Do aplikacji wprowadzono zarówno dane historyczne, jak i aktualne, dzięki czemu można zobaczyć obecną sytuację oraz prześledzić na mapach, jakie zagrożenia mogą wystąpić w przyszłości i jak planowane inwestycje mogą je ograniczyć.

Jedną z najważniejszych funkcji nowej przeglądarki danych jest intuicyjny suwak, który pozwala porównywać obecną sytuację z

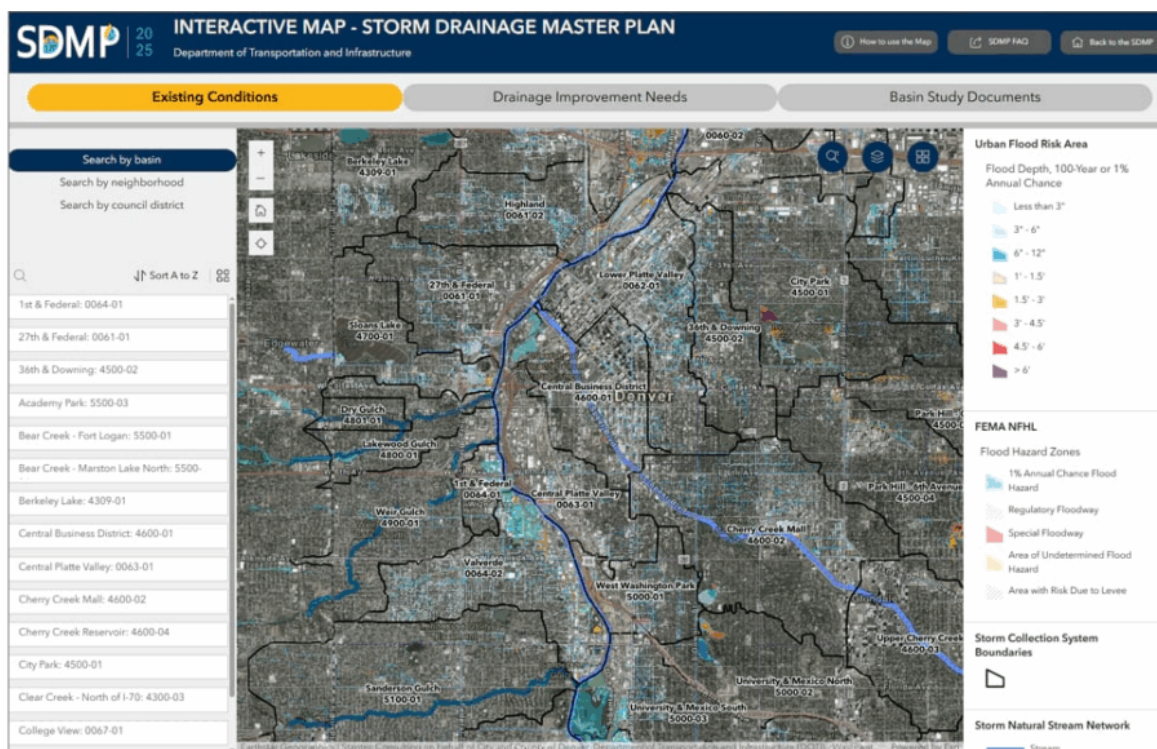
prognozami na przyszłość – po wprowadzeniu planowanych ulepszeń.



Strona internetowa planu odprowadzania wód burzowych Denver edukuje mieszkańców na temat funkcjonowania systemu kanalizacji deszczowej oraz dwóch rodzajów zagrożeń powodziowych występujących w mieście – powodzi rzecznych i lokalnych podtopień.

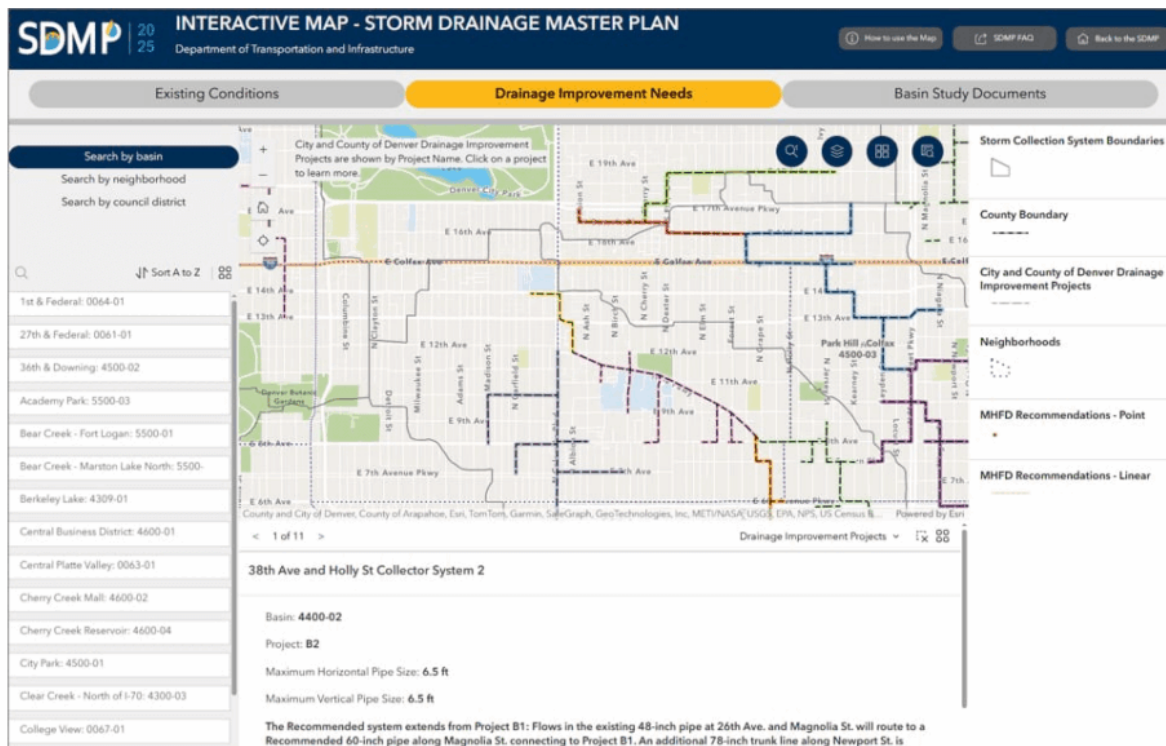
Widok z lotu ptaka pokazuje, które mogą zostać zalane i być nieprzejezdne przy różnych scenariuszach powodzi. Za pomocą suwaka można przełączyć się na obraz przedstawiający te same ulice już po zastosowaniu rozwiązań zmniejszających zagrożenie powodziowe. Dodatkowo, ten widok pomaga dokładnie zobaczyć, którędy woda opadowa będzie spływać z ulic do systemu rur, a w końcu do rzeki.

Jak podkreśla Meng, ważnym elementem nowego internetowego planu są interaktywne funkcje, które powstały dzięki modelowaniu i dziś są dostępne dla wszystkich mieszkańców. Dzięki nim każdy może samodzielnie sprawdzić zagrożenie powodziowe – wybierając swoją dzielnicę, okręg rady miejskiej a nawet dokładny adres. To prosty sposób, by zwiększyć świadomość mieszkańców na temat ryzyka zalania w mieście.



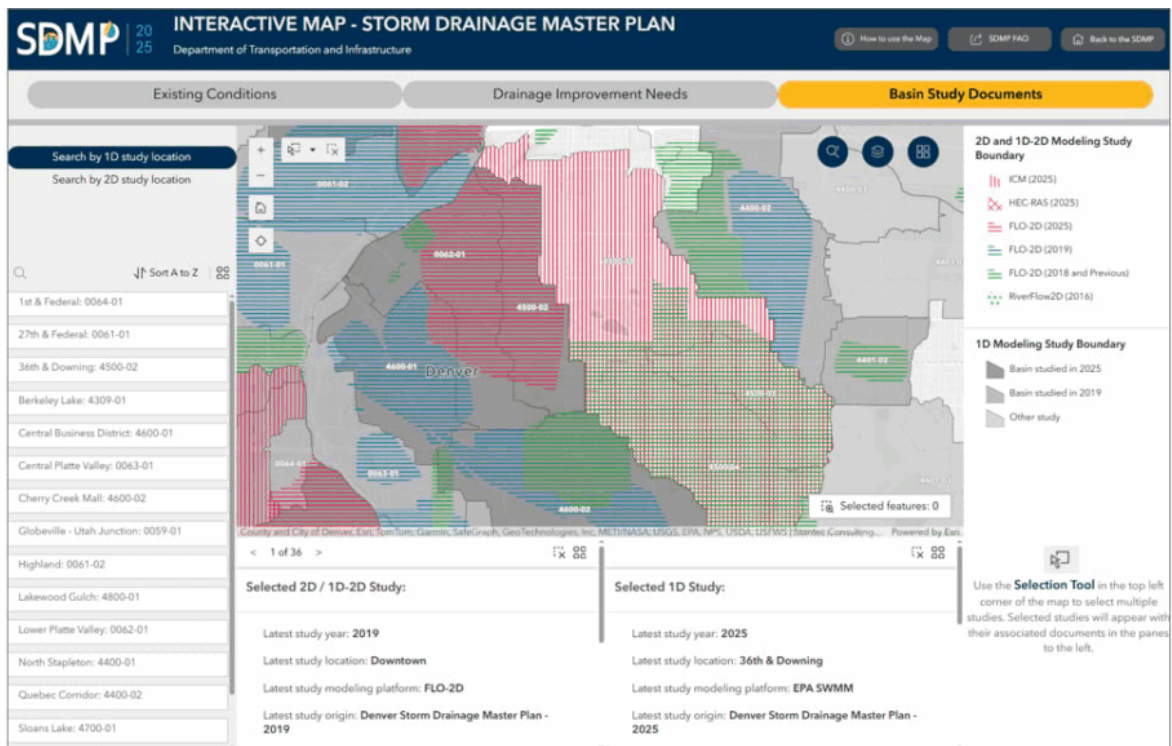
Interaktywna mapa opowiada historię podróży wody przez miasto – pokazując obszary narażone na powodzie, a jednocześnie prezentując sieć cieków, kanałów i infrastruktury kierującej wodami opadowymi. To nowe narzędzie umożliwi mieszkańcom i planistom lepsze zrozumienie swojego dorzecza.

Mieszkańcy mogą sprawdzić, jak wygląda obecna sytuacja przy założeniu wystąpienia tzw. powodzi stuletniej – czyli zdarzenia, w którym poziom wody może sięgać od kilku centymetrów do ponad 1,8 metra. Na mapach dostępna jest też aktualna infrastruktura odwodnieniowa, taka jak wpusty uliczne czy rury, a także planowane ulepszenia i nowe zbiorniki retencyjne. Osoby potrzebujące bardziej technicznych informacji mogą sięgnąć do danych i modeli stojących za mapą, aby przeprowadzić szczegółowe analizy.



Ta interaktywna mapa przedstawia lokalne projekty poprawy odprowadzania wód, takie jak Jackson Street Storm, gdzie niedowymiarowane systemy rur wymagają strategicznych modernizacji, aby sprostać współczesnym wyzwaniom związanym z opadami i chronić szpitale oraz dzielnice przed zalaniem.

Jedną z kluczowych zalet nowego rozwiązania jest możliwość częstych aktualizacji. – Każde nowe opracowanie możemy od razu wprowadzić do systemu i udostępnić mieszkańcom – wyjaśnia Blackman. W przyszłości planuje on również, by cały plan był dostępny w różnych językach używanych w Denver.



Mapa badań zlewni, będąca efektem wieloletniej analizy danych, pomaga przewidywać zachowanie wód podczas burz, umożliwiając inżynierom projektowanie precyzyjnych rozwiązań i priorytetyzację inwestycji tam, gdzie ryzyko powodzi jest największe w całej aglomeracji. Mapa służy także jako portal do łatwego wyszukiwania i pobierania raportów z badań odwodnieniowych.

Zespół DOTI chce także rozwijać interaktywne ArcGIS StoryMaps, wzbogacając projekty o grafiki i zobrazowania lotnicze, tak aby mieszkańcy mogli jeszcze lepiej zrozumieć planowane działania.

– Traktujemy to jako pierwszy krok – i trudno przewidzieć, ile jeszcze przed nami – mówi Blackman. – Potencjał jest ogromny.

Dowiedz się więcej o tym, jak systemy GIS wspierają mapowanie i modelowanie wód opadowych, aby skuteczniej chronić miasta przed powodzią. Odwiedź: www.esri.pl.