

## WYKORZYSTANIE GIS W METEOROLOGII, KLIMATOLOGII I HYDROLOGII

### THE USE OF GIS IN METEOROLOGY, CLIMATOLOGY AND HYDROLOGY

**Paweł Madej<sup>1</sup>, Izabela Dyras<sup>1</sup>, Zbigniew Ustrnul<sup>1,2</sup>,  
Małgorzata Barszczyńska<sup>1</sup>, Danuta Kubacka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Krakowie

<sup>2</sup>Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski

**Słowa kluczowe: GIS, interoperacyjność, meteorologia, klimatologia, hydrologia**  
Key words: GIS, interoperability, meteorology, climatology, hydrology

#### Wstęp

Zastosowanie GIS w klimatologii, hydrologii a zwłaszcza w meteorologii natrafia na wiele problemów związanych z integracją znacznych ilości różnorodnej informacji oraz uwzględnieniem dynamiki występujących zjawisk. Problemy te są szczególnie widoczne w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) prowadzącym działalność w dziedzinie meteorologii, klimatologii, hydrologii, oceanologii, gospodarki i inżynierii wodnej.

Zakres działalności Instytutu i fakt, że łączy on zadania operacyjne z pracami naukowo-badawczymi oraz przetwarza znaczne ilości danych sprawia, że potrzeby i wymagania potencjalnych użytkowników GIS w IMGW są bardzo różnorodne. Dotyczy to tak zasięgu obszarowego i dokładności danych jak i wymagań w stosunku do funkcjonalności systemów GIS. Niniejszy artykuł przedstawia możliwości zastosowania GIS w meteorologii, klimatologii i hydrologii oraz związane z tym problemy integracji danych geograficznych i 'atmosferycznych'.

#### Informacja przestrzenna wykorzystywana i wytwarzana w działalności IMGW

IMGW dysponuje znaczną ilością danych o stanie atmosfery i hydrosfery, które są przetwarzane w trybie operacyjnym, dla celów osłony hydrologiczno-meteorologicznej kraju, oraz wykorzystywane w pracach badawczych. Ich przetwarzanie wymaga dodatkowych danych, umownie geograficznych, które są wykorzystywane do modelowania i wizualizacji.

Instytut przygotowuje codziennie meteorologiczne i hydrologiczne informacje pomiarowe i prognostyczne wykorzystywane potem przez wiele jednostek. Poniżej opisano dane wykorzystywane w IMGW i przygotowywane tu produkty koncentrując się na problemach integracji informacji (formaty danych, rozdzielczości itp.).

### Dane zbierane operacyjnie

IMGW prowadząc osłonę hydrologiczno-meteorologiczną korzysta z wielu źródeł danych. Są to: dane z naziemnej sieci pomiarowej, teledetekcyjne, z wymiany międzyinstytucjonalnej oraz międzynarodowej pochodzące głównie ze wspólnego systemu wymiany danych Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO). Dane potrzebne do prognozowania obejmują swym zasięgiem obszary różnej wielkości poczynając od regionu kraju do obszaru całej Europy. Wszystkie wymienione dane mają odniesienia przestrzenne. Korzystanie z nich odbywa się często dopiero po ich wstępnym przetworzeniu i/lub wizualizacji. Jest to w wielu przypadkach proces dość skomplikowany, zważywszy na to, że dane docierają do IMGW w trybie operacyjnym, z różnym krokiem czasowym, i w różnych formatach i wymagają stosowania specjalistycznego oprogramowania. Poszczególne dane w podziale na rodzaje przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Dane pomiarowe wykorzystywane w IMGW

Typ danych	Obszar	Rozdzielczość	Częstotliwość	Format
Synoptyczne	Polska/Europa	~60/1500 punktów pom.	1 h/3 h	ASCII
Klimatologiczne	Polska	~100 punktów pom.	12 h	ASCII
Opad	Polska	~180 punktów pom.	24 h	ASCII
Stan wody	Polska	~540 punktów pom.	8 h	ASCII
Sondaż aerologiczny	Polska/ Europa	~3/140 punktów pom.	24h/12h	ASCII
Wyładowania atmosferyczne	Polska	1 km	1 min	ASCII
Dane radarowe	Polska	1–4 km	10 min	własny, BUFR, png
<i>NOAA/Satelite okolo-biegunowe:</i> AVHRR	Polska/Europa	1 km	6-8/dobę	HMF
HIRS/AMSU		17/40 km		11b, 11c, 11d
<i>Satelite geostacjonarne:</i> METEOSAT/Rapid scan	Polska/Europa	2,5–7,5 km	5-30 min	Xpif, tiff, jpeg, bmp, HDF5
MSG		1-3–5 km	15 min	

### Dane geograficzne

Wykorzystywane w IMGW warstwy map cyfrowych obejmują różne obszary. Różne są też ich dokładności i odwzorowania. Najwięcej jest danych odpowiadających skalom 1:500 000 i 1:50 000 obejmujących zasięgiem cały kraj, ale czasami warstwy obejmują np. tylko jedną zlewnię. Istotnym zasobem, przydatnym w wielu pracach jest Mapa Podziału Hydrograficz-

nego Polski obejmująca zlewnie elementarne, odcinki cieków, zbiorniki wodne i jeziora. Często wykorzystywany jest cyfrowy model powierzchni terenu, warstwy posterunków pomiarowych IMGW, granice zlewni, dorzeczy, granice administracyjne, podkłady rastrowe, rzadziej obszary chronione, parki krajobrazowe i narodowe. Znacznie rzadziej używa się warstw związanych z zabudową terenu czy komunikacją, tego typu warstwy służą raczej do przygotowania końcowych kompozycji mapowych.

Wykorzystywane aktualnie dane geograficzne nie zaspokajają potrzeb poszczególnych komórek organizacyjnych zwłaszcza, jeśli chodzi o warstwy o większej dokładności (odpowiadające skalom 1:50 000 i większym). Ponadto nie pochodzą one ze źródeł referencyjnych (tj. CODGiK), nie tworzą jednolitego zasobu, a dodatkowo zasób ten jest rozproszony w różnych komórkach organizacyjnych i słabo udokumentowany (brak metadanych).

### **Produkty przygotowywane w IMGW**

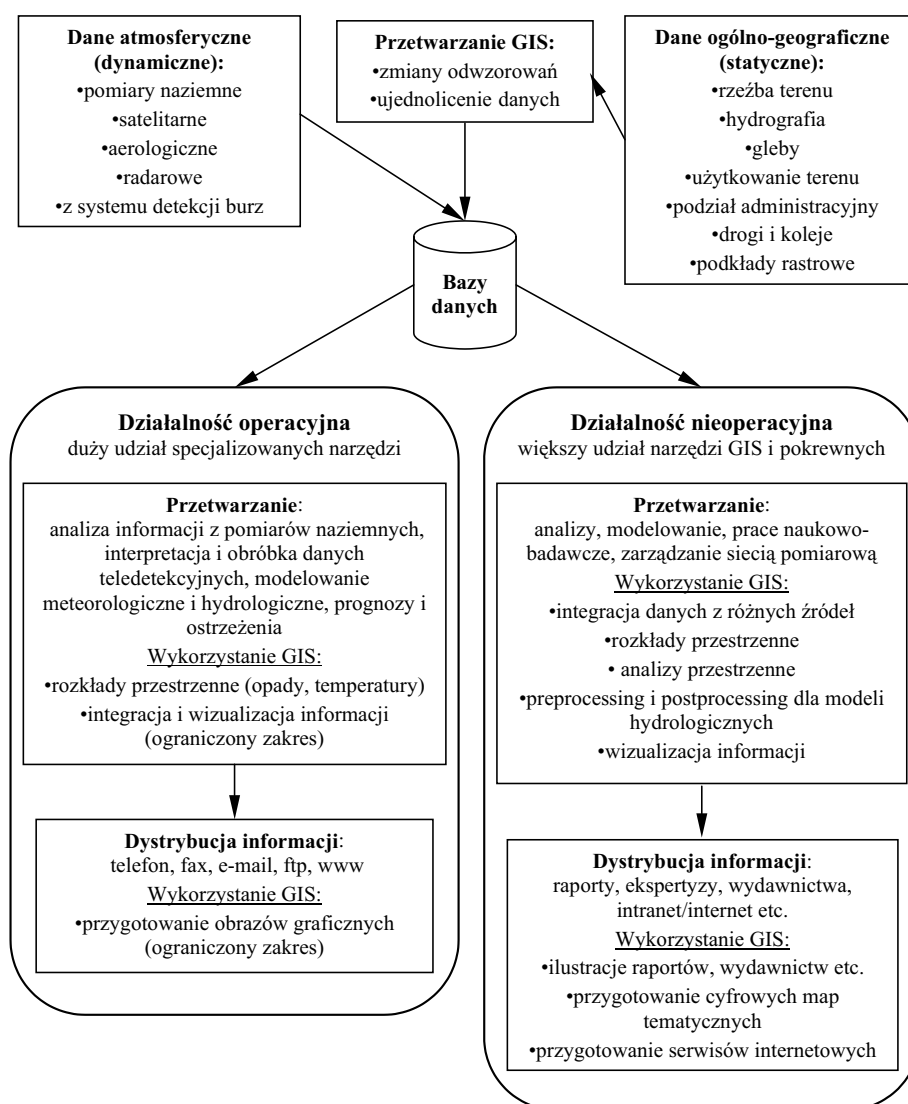
*Produkty operacyjne meteorologiczne* powstają w różnych komórkach IMGW. Wszystkie biura prognoz meteorologicznych korzystają z nich tworząc ostateczne wersje prognoz i ostrzeżeń. W biurze prognoz meteorologicznych powstaje dziennie kilkadziesiąt prognoz, których zawartość merytoryczna może być uwarunkowana wielkością obszaru, typem prognozy (ultrakrótkoterminowa, krótkoterminowa, średnioterminowa, itp.), rodzajem prognozowanego elementu meteorologicznego lub innymi wymaganiami zlecniodawców. Wiele z prognoz ma postać tekstową. Codzienne komunikaty i wydawane w razie potrzeby ostrzeżenia o groźnych zjawiskach meteorologicznych mają również postać tekstową, uzupełnioną o tabele. Pozostałe produkty, bezpośrednio lub pośrednio wykorzystywane przy tworzeniu prognoz, to głównie mapy parametrów meteorologicznych, gdzie odniesieniami przestrzennymi są kontury kontynentów i/lub państw, sieć hydrograficzna, rzeźba terenu oraz dla map synoptycznych punkty pomiarowe. Produkty te mają postać map rastrowych, w większości z możliwością animacji, lecz poza wyjątkami (prognoza z numerycznego modelu prognozy pogody) nie są to mapy interaktywne. Są one aktualizowane z krokiem od 1 do 24 godzin. Dostępne są także obrazy opracowane na podstawie danych radarowych i satelitarnych.

*Produkty operacyjne związane z osłoną hydrologiczną* kraju powstają w biurach prognoz hydrologicznych. Codziennie lub kilka razy na dobę w sytuacji zagrożenia powstają komunikaty o aktualnym stanie wody w profilach wodowskazowych oraz o aktualnym napełnieniu ważniejszych zbiorników, a także prognozy stanów wody w wybranych przekrojach sieci rzecznej. Produkty te przygotowywane są w postaci tekstowej oraz tabelarycznej. Postać tekstową mają również ostrzeżenia hydrologiczne wydawane w przypadku wystąpienia przekroczenia stanu alarmowego lub ostrzegawczego w profilu wodowskazowym. Pozostałe ważniejsze produkty hydrologiczne mają postać map rastrowych, czasami interaktywnych lub animowanych. Są one zwykle przygotowywane codziennie, dla niektórych parametrów, jak zlodzenie, sezonowo.

Poza opisywanymi wyżej produktami operacyjnymi Instytut przygotowuje wiele opracowań użytkowych i badawczych w różnym stopniu wykorzystujące GIS np. atlasy klimatologiczne, granice obszarów zagrożenia powodzią, typologia wód powierzchniowych itp.

## Narzędzia wykorzystywane do analiz informacji przestrzennej w IMGW

Konieczność integracji szybkozmiennych danych pochodzących z różnych źródeł oraz modelowania dynamicznych procesów fizycznych, w trybie operacyjnym, powoduje, że wykorzystanie klasycznych systemów GIS w narodowych służbach meteorologicznych jest jeszcze ograniczone. Rodzi to problemy z wymianą informacji wynikające z odmiennych sposobów organizacji danych atmosferycznych i geograficznych. Na rysunku 1 przedsta-



Rys. 1. Wykorzystanie danych i narzędzi GIS w przetwarzaniu informacji w IMGW

wiono schemat przetwarzania informacji w IMGW i rolę GIS w tym procesie, dalej zaś opisano narzędzia analiz przestrzennych, wykorzystywanych aktualnie w IMGW, odnosząc się do ich potencjalnych relacji z GIS i stosowanych formatów danych.

### **Narzędzia odbioru i obróbki danych teledetekcyjnych**

**Dane satelitarne.** IMGW korzysta z satelitarnych systemów geostacjonarnych i około-biegunowych (por. tabela 1). Cyfrowe transmisje są przetwarzane do postaci obrazów z możliwością ich animacji i udostępniane użytkownikom w obrębie oraz poza IMGW. Specjalistyczna stacja odbioru wraz z oprogramowaniem pozwala na przetwarzanie, archiwizację i dystrybucję danych (kalibrowane i korygowane geometrycznie). Dalsze etapy przetwarzania realizowane są za pomocą specjalnego oprogramowania, które pozwala na przygotowanie zaawansowanych produktów satelitarnych. Wykorzystywane jest własne oprogramowanie oraz pakiety AAPP, IAPP, ICI, MSG rozwijane w środowisku teledetekcji meteorologicznej dostarczając produktów w postaci obrazów z nałożonymi konturami granic i kontynentów o bardzo ograniczonej funkcjonalności GIS-owej. Wizualizacja produktów na ogół wymaga procedur konwersji formatów wyjściowych (por. tabela 1).

**System radarowy.** W systemie radarowym eksploatowanym w IMGW (8 radarów dopplerowskich) wykorzystywane są dwa niezależne systemy przetwarzania danych radarowych NIMROD i Rainbow. Oba umożliwiają generację licznych produktów, prezentujących mapy zbiorcze dla całego kraju. Większość z nich jest przedstawiana w postaci dwuwymiarowych obrazów, niektóre w postaci wykresów albo informacji tekstowych. Mapy zbiorcze, z nałożonym podziałem administracyjnym, rzekami, rzeźbą terenu i nazwami miast prezentowane są w intranecie w formacie png. Dane radarowe w postaci cyfrowej przechowywane są w formacie właściwym dla systemu.

**System teledetekcji burz.** Stacje lokalizacyjne z sieci detekcji (9 stacji) dostarczają informacji o wyładowaniach atmosferycznych. Przetwarzające ją aplikacje umożliwiają wizualizację danych o lokalizacji wyładowań w czasie rzeczywistym z rozróżnieniem typu lub wyświetlanie informacji o gęstości wyładowań na kilometr kwadratowy. Aplikacje wykorzystują MapInfo, lecz prezentowane w intranecie/internecie mapki są jedynie w postaci graficznej (rastrowej).

### **Modele meteorologiczne i hydrologiczne**

W IMGW eksploatowane są operacyjnie dwa modele numeryczne pogody. W Warszawie pracuje niehydrostatyczny, mezoskalowy model meteorologiczny LM COSMO. Model jest liczony na obszarze 2700 x 2200 km, cztery razy dziennie. Daje on wyniki w siatce regularnej o rozdzielczościach 14 oraz 7 km, z horyzontem prognozy 78 godzin. Odpowiednie pola są podawane w odstępach 3-godzinnych. W Krakowie, eksploatowany jest hydrostatyczny model ALADIN, o rozdzielczości 13,5 km liczony na obszarze 2270 km x 2270 km. W ramach eksploatacji są realizowane dwa przebiegi modelu: dla danych wejściowych z godziny 00 i 12. Prognoza jest liczona na 48 godzin. Wyniki modeli są podawane w formatach własnych lub GRIB (dla modelu ALADIN tworzona jest również baza danych w formacie ASCII).

Modele hydrologiczne i hydrauliczne są wykorzystywane zarówno w pracy operacyjnej do przygotowywania prognoz stanów wody w głównych rzekach w kraju jak również w pracach badawczych i użytkowych. Wykorzystywane są dostępne na rynku bądź specjalizowane uzupełnienia modeli hydrologicznych i hydraulicznych modułami zapewniającymi połączenie z pakietami GIS. Od strony pakietów GIS rozwiązania te oparte są o narzędzia ESRI i MapInfo. W zastosowaniach operacyjnych GIS pełni głównie rolę narzędzia do wizualizacji i interpretacji informacji pomiarowej i prognostycznej i jest wbudowany w pakiety wspomagające bieżącą pracę biur prognoz hydrologicznych. W zastosowaniach nieoperacyjnych w większym stopniu wykorzystywane są możliwości analityczne GIS.

### **Narzędzia wspomagające operacyjną pracę biur prognoz**

Podstawowym narzędziem wspomagającym pracę biur prognoz meteorologicznych jest system *LEADS*. Daje on możliwość integracji wszystkich istotnych dla procesu prognozowania danych z pomiarów naziemnych i teledetekcyjnych. System umożliwia przygotowanie, automatycznie lub ręcznie, szeregu produktów meteorologicznych. Jest to specjalizowane narzędzie do zastosowań w meteorologii posiadające, obok funkcji analitycznych, zaawansowane możliwości wizualizacyjne obejmujące np. integrację danych geograficznych, wyświetlanie danych w różnych odwzorowaniach, definiowanie postaci graficznej wyświetlanych obiektów oraz możliwość eksportu warstw mapy do formatu ESRI shape.

*NIMROD* to moduł analityczno-prognostyczny wykorzystujący dane z radarów, deszczomierzy, satelitów, numerycznego modelu prognozy pogody oraz systemu detekcji wyładowań atmosferycznych SAFIR. Na ich podstawie generuje on szereg zaawansowanych produktów meteorologicznych, między innymi zoptymalizowane prognozy opadu oraz prognozy zjawisk atmosferycznych obliczane z wyprzedzeniem 6 godzin. Mapki z systemu *NIMROD* mogą być przesyłane w formacie GRIB.

Podstawowym narzędziem wykorzystywanym w biurach prognoz hydrologicznych jest *System Hydrologii (SH)*. Zbiera on, gromadzi i przetwarza dane hydrologiczne z pomiarów bezpośrednich, generuje raporty, eksportuje wyniki obserwacji do innych systemów. Umożliwia szybki, interaktywny, definiowany przez użytkownika dostęp do zgromadzonych wyników obserwacji. *SH* wyposażony jest w konfigurowalny zestaw modułów umożliwiający modelowanie hydrologiczne i hydrauliczne oraz symulacje pracy zbiorników retencyjnych. Ponadto ma on wbudowany moduł GIS, oparty o narzędzia ESRI, pozwalający użytkownikowi na korzystanie z predefiniowanych, wybranych funkcji GIS, m.in. generowanie rozkładów przestrzennych punktowych danych pomiarowych oraz wizualizację informacji pomiarowej i prognostycznej.

### **Klasyczne pakiety GIS i pokrewne**

Z pakietów GIS ogólnego przeznaczenia wykorzystywane są głównie produkty firmy ESRI, takie jak: ArcView i ArcGIS. W analizie i klasyfikacji zdjęć satelitarnych wykorzystywane są pakiety ERDAS Imagine i ER Mapper. Do interpolacji przestrzennej danych punktowych z nieregularnej sieci używany jest Surfer, Wykorzystywane są także pakiety MapInfo i GRASS.

## **Przykłady wykorzystania GIS w klimatologii, meteorologii i hydrologii**

### **Rozkłady temperatury powietrza**

Techniki GIS są niezbędnym, współczesnym narzędziem pozwalającym na opracowanie cyfrowych map klimatycznych w różnych skalach. Wykorzystując standardowe dane punktowe, należy opracować i dokonać wyboru odpowiedniej metody tzw. spacializacji, którą w dużym uproszczeniu można utożsamiać z interpolacją przestrzenną. Pozwala to na konstrukcję określonych warstw klimatologicznych, które mogą służyć bezpośredniej prezentacji lub stanowić podstawę dalszych analiz i przetwarzania. Tak opracowana informacja klimatologiczna umożliwia szeroką jej wymianę zarówno wśród klimatologów i hydrologów jak i innych użytkowników np. odbiorców komercyjnych, którzy poszczególne warstwy klimatologiczne wykorzystują w ściśle użytkowym wymiarze.

Dotychczas największe doświadczenia w tym zakresie uzyskano przy konstrukcji map temperatury powietrza. W badaniach korzystano ze standardowych pomiarów temperatury na stacjach meteorologicznych uwzględniając ciągi obserwacyjne pochodzące z okresu 1951-2003. Przetestowano liczne algorytmy interpolacyjne, i najlepsze wyniki uzyskano stosując metody: kokrigingu, regresji wielokrotnej oraz krigingu resztowego. Metody te przy interpolacji uwzględniają nie tylko bezpośrednie dane interpolowanej zmiennej, ale również inne dane ją objaśniające. W przypadku temperatury powietrza za najważniejszą zmienną objaśniającą należy uznać wysokość nad poziomem morza, a w drugiej kolejności elementy rzeźby terenu. Przy konstrukcji poszczególnych map dodatkowo jeszcze uwzględniono inne zmienne takie jak długość i szerokość geograficzna oraz odległość od linii brzegowej Bałtyku dla stacji położonych w odległości do 100 km.

W rezultacie stworzono szereg produktów – map zawierających różne charakterystyki termiczne począwszy od średniej rocznej i średnich miesięcznych, przez ujęcie probabilistyczne aż po mapy rozkładu typowych użytkowych wskaźników termicznych. Do najczęściej stosowanych zaliczyć można charakterystyki termiczne stosowane w bioklimatologii, planowaniu przestrzennym, transporcie i komunikacji, ciepłownictwie czy agroklimatologii. Rysunek 2 zawiera przykłady wskaźników używanych w tej ostatniej sferze działalności. Są nimi długość okresu wegetacyjnego, to jest liczba dni z temperaturą średnią dobową powyżej 5°C oraz sumy temperatur efektywnych powyżej tego progu termicznego. Na mapach (rys. 2a i 2b) widać, że poza obszarami górskimi, długość okresu wegetacyjnego przyjmuje wartości od ponad 230 dni (Ziemia Lubuska) do poniżej 200 dni w roku (Suwalszczyzna).

Podobne prace podjęto celem określenia najlepszych metod do wizualizacji innych pól meteorologicznych. Obecnie największa uwaga skupiona jest na rozkładzie opadów atmosferycznych. Opad, ze względu na swoją dużą zmienność czasową i przestrzenną wymaga nieco innego podejścia. Zagadnienie to, było już podejmowane w Europie (Dobesch H., Tveito O.E., Bessemoulin P., 2001; Tveito O.E. i inni, 2000), lecz dotychczas nie doczekało się jednoznacznego, niekrytykowanego rozwiązania.

### **Szacowanie intensywności opadu na podstawie mikrofalowych danych satelitarnych AMSU/NOAA**

Satelity NOAA nowej generacji wyposażone są w zaawansowany, wielokanałowy radiometr mikrofalowy AMSU, przeznaczony do sondowania atmosfery, wyznaczenia rozkładu

wody opadowej i detekcji kryształków lodu w atmosferze. Radiometr ten umożliwia wyznaczenie profili temperatury oraz wilgotności atmosfery, niezależnie od zachmurzenia, a tym samym uzupełnia a czasem zastępuje (w warunkach pełnego zachmurzenia), pracującą w podczerwieni sondę HIRS/3 (*High Resolution Infrared Radiation Sounder*). Wykorzystując oprogramowanie ER Mapper, opracowano algorytmy umożliwiające wyznaczanie z satelitarnych danych mikrofalowych AMSU, takich parametrów jak:

- całkowita zawartość pary wodnej w atmosferze,
- intensywność opadu.

Algorytmy te, zbudowano na podstawie statystycznej analizy standardowych danych meteorologicznych (sondaże aerologiczne i dane synoptyczne) i satelitarnych pomiarów w zakresach mikrofalowych, skorelowanych w czasie z pomiarami naziemnymi. Zastosowano metody regresyjne do oceny atmosfery nad powierzchnią lądu (Dyras i Serafin-Rek, 2001, 2003).

Na rysunkach 3a i 3b przedstawiono przykładowe mapy obliczone dla transmisji NOAA 16 z dnia 01.07.2003 r. Ocena algorytmu wyznaczania ilości pary wodnej w powietrzu jest pozytywna, obszary o wysokiej całkowitej zawartości pary wodnej, były zgodne z pomiarami aerologicznymi i charakteryzowały się wysoką aktywnością konwekcyjną. Algorytm wyznaczania intensywności opadu ma tendencję do zaniżania wysokich wartości i lepiej sprawdza się dla intensywności umiarkowanych (Dyras i Serafin-Rek, 2005).

Informacje o wilgotności atmosfery wyznaczone na podstawie mikrofalowych danych satelitarnych, mogą być ważnym uzupełnieniem standardowych pomiarów. Stacje aerologiczne są rozmieszczone w odległościach około kilkuset kilometrów, a więc zdolność rozdzielcza rzędu 30 km i częstotliwość transmisji satelitarnej NOAA do 6 razy na dobę sprawia, że dane mikrofalowe mogą dostarczać ważnych informacji o wilgotności mas powietrza. Obecnie w trybie eksperymentalnym przygotowywane są mapy zasięgu i intensywności opadu i umieszczane w intranecie.

### Wyznaczanie map zalewów powodziowych

W zależności od natury rozważanego problemu (zagadnienie planistyczne, działania operacyjne, ubezpieczenia) bierze się pod uwagę różne cechy powodzi, zawsze jednak istotne jest zdefiniowanie obszaru zagrożonego zalaniem. Dlatego też jednym z najczęściej stosowanych sposobów opisu zagrożenia powodziowego są mapy przedstawiające zasięgi potencjalnych zalewów. Zestawienie tych danych z informacjami o zagospodarowaniu terenów zalewowych oraz z wiedzą o skutkach przeszłych powodzi pozwala wnioskować o ewentualnych konsekwencjach wystąpienia powodzi na danym obszarze.

Zasięgi zalewów wyznacza się zwykle dla tzw. hipotetycznych fal powodziowych, o zadanym średnim okresie powtarzalności, lub dla fal historycznych. Zadanie to wymaga połączenia analiz hydrologicznych i hydraulicznych z analizami przestrzennymi, pozwalającymi określić zasięgi zalewów i ewentualnie strefy głębokości (por. Nachlik E. i inni, 2000). Prezentowane tu rozwiązanie zadania wyznaczenia obszarów zagrożonych zalaniem opiera się na założeniu bardzo luźnej integracji modelu hydraulicznego i GIS, co skutkuje łatwością zastosowania go dla różnych rozwiązań narzędziowych. Poniżej opisano poszczególne kroki przyjętej procedury postępowania.

- Dla ustalonych, w oparciu o analizy hydrologiczne, przepływów, w poszczególnych przekrojach poprzecznych, dokonujemy obliczeń hydraulicznych uzyskując poziomy wody w tych przekrojach.



- Przekroje traktujemy jako izoliny. Na ich podstawie, wykorzystując standardowe narzędzia GIS, tworzymy nieregularną sieć trójkątów (TIN) będącą reprezentacją zwierciadła wody.
- Dokonujemy porównania ww. TIN-a z numerycznym modelem terenu, też w postaci TIN-a i w efekcie otrzymujemy TIN obrazujący głębokość wody na terenie zalanym.
- W zależności od wymagań związanych z dalszymi analizami dokonujemy przekształcenia modelu obszarów zalewowych do postaci grid-a, izoliny czy warstwy obszarowej opisującej strefy głębokości.

Przykład uzyskanego tą drogą obszaru zalewowego dla odcinka rzeki Dunajec przedstawiono na rysunku 4.

## **Podsumowanie**

### **– perspektywy wykorzystania GIS w IMGW**

IMGW, podobnie jak służby meteorologiczne innych krajów, zbiera operacyjnie dużą ilość danych. Dane te, głównie teledetekcyjne, są gromadzone w formatach niekompatybilnych z pakietami GIS. Rosnąca rozdzielczość przestrzenna pomiarów teledetekcyjnych w meteorologii powoduje, iż mogą one budzić coraz większe zainteresowanie w zagadnieniach środowiskowych m. in. ze względu na dużą rozdzielczość czasową pomiarów z satelitów meteorologicznych. Powinno to sprzyjać unifikacji formatów wymiany danych.

W ramach prac nad przyszłym systemem informacyjnym Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) prowadzone są prace nad profilem metadanych dla meteorologii, hydrologii i oceanologii opartym na standardzie ISO 19115, co jest odniesieniem do propozycji dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy ustanawiającej INSPIRE we Wspólnocie Europejskiej. W ramach tego samego projektu prowadzone są również prace nad katalogiem obiektów, który klasyfikowałby biuletyny i prognozy rozpowszechniane operacyjnie w ramach systemu WMO, bazując na abstrakcyjnym modelu ISO 19110.

Pomimo iż IMGW posiada stosunkowo bogate oprogramowanie GIS, jego rola w integracji danych, analizach przestrzennych i wspomaganiu operacyjnej pracy państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej nie jest jeszcze taka, jaką mogłaby być biorąc pod uwagę potencjalne możliwości pakietów GIS. Wynika to po części z faktu, że tradycyjne pakiety GIS są ciągle jeszcze zbyt mało dostosowane do opisywania dynamicznych zjawisk zachodzących w atmosferze, a istniejące w nich modele danych nie potrafią opisać obiektów meteorologicznych takich, jak np. chmura (por. Nativi S. i inni, 2004). Stąd, zwłaszcza w zastosowaniach operacyjnych, w służbach meteorologicznych, stosowane są rozwiązania narzędziowe specyficzne dla tej dziedziny. W konsekwencji produkty operacyjne produkowane przez służby meteorologiczne, w tym IMGW, nie mają obecnie formy umożliwiającej ich łatwe dalsze przetwarzanie w GIS (obrazki rastrowe tworzące zamknięte kompozycje lub pliki w formatach specyficznych dla meteorologii).

Na rynku komercyjnym można już spotkać przykłady oprogramowania i usług zapewniających dostęp do produktów meteorologicznych w postaci warstw mapy cyfrowej oraz zaawansowane analizy operacyjne w środowisku GIS wykorzystujące te dane. Firma Meteorlogix oferuje zarówno operacyjną konwersję danych meteorologicznych do formatów czytelnych dla pakietów GIS, jak i systemy wspomaganie decyzji wykorzystujące te dane (por. Sznajder Ronald J, 2005). Ponadto problem modelu danych atmosferycznych dla GIS jest obecnie przedmiotem wspólnych prac środowisk reprezentujących nauki atmosferyczne i

GIS (por. <http://www.gis.ucar.edu/sig/>), co pozwala mieć nadzieję na opracowanie w niedługim czasie takiego modelu.

W pracach badawczych i opracowaniach nieoperacyjnych GIS jest stosowany w szerszym zakresie, a produkty prac mogą być przekazywane w postaci warstw mapy cyfrowej. Ma to niebagatelne znaczenie gdyż daje możliwość łatwego wykorzystania wyników prac do innych opracowań wykorzystujących GIS. Wydaje się, że przy dalszej integracji badań środowiskowych ta cecha stanie się w niedługim czasie niezbędna przy różnego rodzaju opracowaniach.

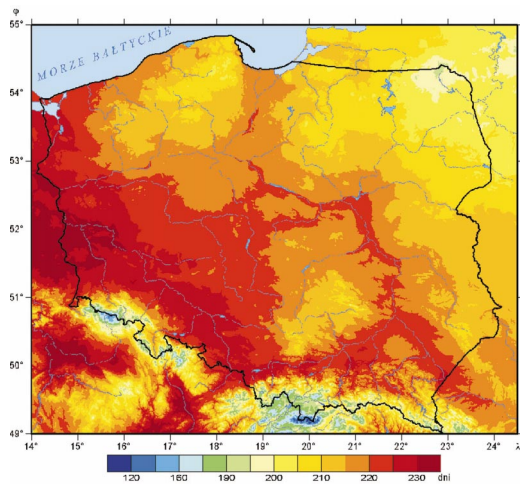
### Literatura

- Barszczyńska M., Kubacka D., Madej P., 2003: Examples of GIS use in National Hydro-Meteorological Service in Poland, Geographical Information Systems – interdisciplinary aspects, M. Gajos, U. Myga-Piątek (eds.), Mat. Konf. "GIS Silesia 2003", Sosnowiec, 22-26.09.2003.
- Dobesch H., Tveito O.E., Bessemoulin P., 2001: Final Report Project no. 5 in the framework of the climatological projects in the application area of ECSN "Geographic Information Systems in Climatological Application", DNMI, *Klima*, Oslo.
- Dyras I., Serafin-Rek D., 2001: The use of data from NOAA-15 satellite for meteorological products generation and visualization, in IRS 2000: Current Problems in Atmospheric Radiation, W. L. Smith and Yu. M. Timofeyev (eds.), A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia. 17-20.
- Dyras I., Serafin-Rek D., 2003: Presentation of Meteorological Satellite Products Using GIS Technology, Geographical Information Systems, Interdisciplinary Aspects, Sosnowiec-Zagreb 2003, 109-122.
- Dyras I., Serafin-Rek D., 2005: The application of GIS technology for precipitation mapping, *Meteorological Applications*, Vol 12, Special Issue on the use of GIS in Climatology and Meteorology, pp. 69-75.
- Nachlik E., Kostecki S., Gadek W., Stochmal R., 2000: Strefy zagrożenia powodziowego, Biuro Koordynacji Projektu Banku Światowego we Wrocławiu, Wrocław.
- Nativi S., Blumenthal M.B., Caron J., Domenico B., Habermann T., Hertzmann D., Ho Y., Raskin R., Weber J., 2004: Differences among the data models used by the Geographic Information Systems and Atmospheric Science communities. Proceedings of the 84<sup>th</sup> AMS Annual Meeting, January 11-15 2004, Seattle, USA.
- Sznaider Ronald J., 2005: Operational Uses of Weather Information in GIS-based Decision Support Systems [http://www.meteorlogix.com/pdf/MxInsight/METEORLOGIX\\_MXI\\_WHTPAPER.pdf](http://www.meteorlogix.com/pdf/MxInsight/METEORLOGIX_MXI_WHTPAPER.pdf).
- Van der Wel F., Perdigão A., Madej P., Barszczyńska M., Kubacka D., 2004: COST 719: interoperability and integration issues of GIS data in climatology and meteorology, Mat. 10th EC GI & GIS Workshop, ESDI State of the Art, Warsaw, Poland, 23-25 June 2004, [http://www.lmu.jrc.it/Workshops/10ec-gis/papers/24june\\_vanderwel.pdf](http://www.lmu.jrc.it/Workshops/10ec-gis/papers/24june_vanderwel.pdf).
- Tveito O.E., Forland E.J., Heino R., Hanssen-Bauer I., Alexandersson H., Dahlstroem B., Drebs A., Kern-Hansen C., Jonsson T., Vaarby-Laursen E., Westmann Y., 2000: Nordic Temperature Maps, DNMI, *Klima*, No. 9.
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2003: Zróżnicowanie przestrzenne warunków termicznych powietrza Polski z wykorzystaniem GIS, Seria: Atlasy i Monografie, IMGW, Warszawa.

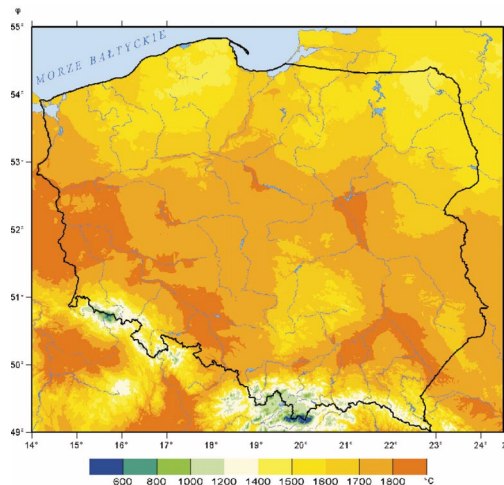
### Summary

*GIS is a widely used tool in environmental issues. However, the operational use of GIS in meteorology is not yet very popular. This results from historical reasons as well as from the fact that the classic GIS packages are not well adapted to the needs of the atmospheric sciences. In the paper, problems of hydro-meteorological and geographic data integration are presented. Examples illustrate the possibilities of using GIS in meteorology, climatology and hydrology.*

mgr Małgorzata Barszczyńska, [malgorzata.barszczyńska@imgw.pl](mailto:malgorzata.barszczyńska@imgw.pl)  
 dr Izabela Dyras, [izabela.dyras@imgw.pl](mailto:izabela.dyras@imgw.pl)  
 mgr inż. Danuta Kubacka, [danuta.kubacka@imgw.pl](mailto:danuta.kubacka@imgw.pl)  
 mgr inż. Paweł Madej, [pawel.madej@imgw.pl](mailto:pawel.madej@imgw.pl)  
 dr hab. Zbigniew Ustrnul, prof. IMGW, [zbigniew.ustrnul@imgw.pl](mailto:zbigniew.ustrnul@imgw.pl)

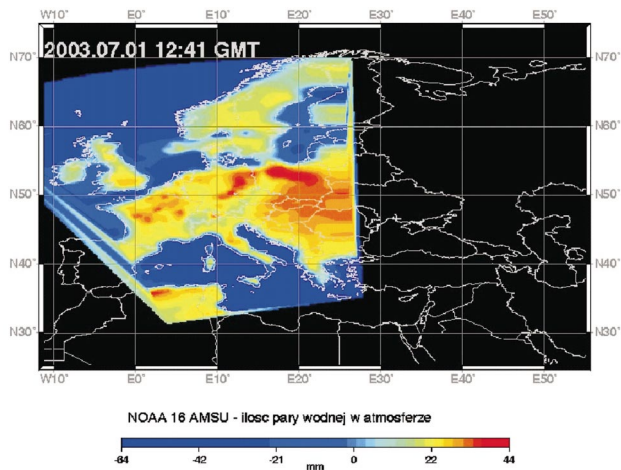


Rys. 2a. Długość trwania okresu wegetacyjnego ( $t > 5^{\circ}\text{C}$ )



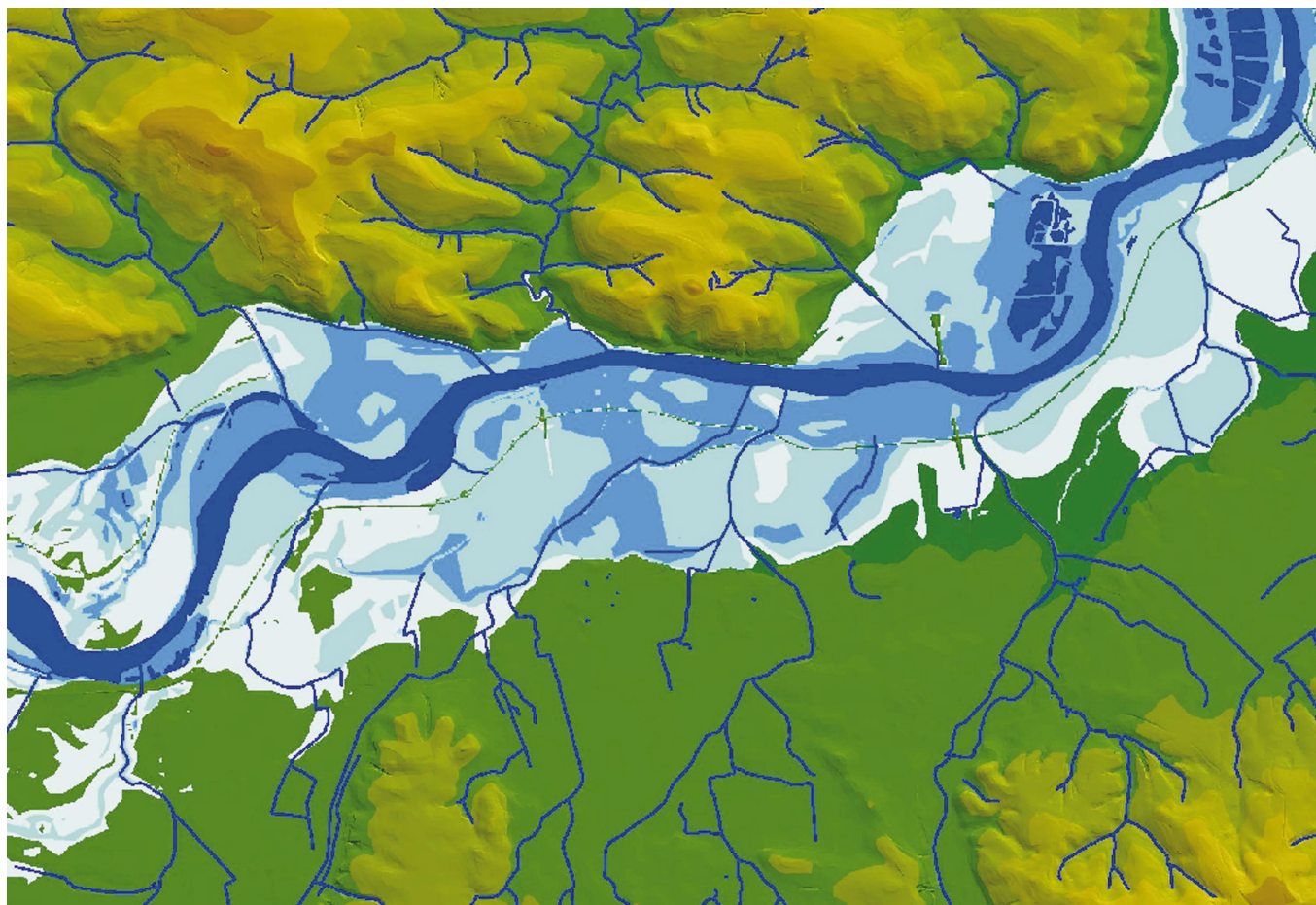
Rys. 2b. Sumy temperatury efektywnej powyżej  $5^{\circ}\text{C}$

Rys. 3a. Zawartość pary wodnej w słupie powietrza o jednostkowej powierzchni



Rys. 3b. Rozkład intensywności opadu

Obliczone na podstawie danych AMSU, NOAA 16, 2003.07.01 godz.12:41 UTC



Rys. 4. Przykładowy obszar zalewowy z wyznaczonymi strefami głębokości wody