



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



**Projekt: KLIMAT**

**„Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”**  
(zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki,  
praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)

***Tytuł zadania: Rozwój metod prognozowania i systemów ostrzegania przed  
groźnymi zjawiskami hydrologicznymi i meteorologicznymi  
oraz wykorzystanie ich do osłony kraju***

***Raport syntetyczny za okres sprawozdawczy: 01.07.2008 – 31.12.2009***

***Koordinator Zadania: dr Michał Ziemiański***

**Warszawa 15.01.2010**



## Spis treści

|  |    |
|--|----|
| 1. Cel badań.....  | 3  |
| 2. Zakres wykonywanych prac .....  | 6  |
| 3. Opis metodyki badań .....   | 9  |
| 4. Charakterystyka osiągniętych wyników .....                                    | 14 |
| 5. Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań .....           | 21 |
| 6. Wykaz przygotowanych publikacji.....  | 22 |
| 7. Literatura wykorzystana w opracowaniu.....                                    | 23 |
| 8. Wykaz wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac.....      | 25 |
| 9. Informacje o sposobie odbioru zadań składowych i trybie koordynacji prac..... | 29 |



## 1. Cel badań

Mając na uwadze występowanie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych i meteorologicznych na terenie Polski oraz ich skutki zarówno na gospodarkę i środowisko, bardzo istotne jest lepsze prognozowanie tych zjawisk. Dostępność danych satelitarnych, radarowych, obserwacyjnych, możliwość generowania ich nowych produktów, rozwój metod asymilacji i weryfikacji danych przyczyniają się do rozwoju numerycznych modeli pogody. Odnosząc się do Studium Wykonalności projektu KLIMAT, zadanie 5 „Rozwój metod prognozowania i systemów ostrzegania przed groźnymi zjawiskami hydrologicznymi i meteorologicznymi oraz wykorzystanie ich do osłony kraju” ma na celu „udoskonalenie systemu opracowania krótkoterminowych prognoz ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami atmosferycznymi oraz wspomagającego proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach”. Udoskonalenie tego systemu wiąże się z pełniejszym wykorzystaniem systemu danych satelitarnych, danych radarowych i detekcji wyładowań, stworzeniem systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym, przygotowaniem metodyki weryfikacji prognoz wysokiej rozdzielczości oraz wdrożeniem dwuwymiarowych modeli hydrologicznych oraz systemu prognozy rozwoju i oceny suszy.

W ramach zadania 5 wyszczególniono pięć podzadań:

### *5.1 - System analizy danych radarowych i danych detekcji wyładowań*

Podstawowym celem podzadania jest opracowanie metodyki i zalgorytmizowanie systemu do automatycznego generowania komunikatów w formie ostrzeżeń o niebezpiecznych zjawiskach na podstawie analizy danych radarowych i systemu detekcji wyładowań atmosferycznych. Głównym źródłem danych do jego realizacji są dane pierwotne i produkty: radarowe, systemu NIMROD (system przetwarzający, korygujący i analizujący dane radarowe w połączeniu z danymi z innych sieci pomiarowych IMGW) oraz systemu detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych PERUN.

Celem dotychczas prowadzonych badań była dokładna analiza parametrów produktów standardowo generowanych i możliwych dodatkowo do wygenerowania przez wymienione systemy oraz wykorzystanie różnego typu informacji (danych) pośrednich generowanych przez te systemy w trakcie operacyjnej pracy. Analiza ta miała na celu ułatwić i docelowo wskazać możliwości, jakie tkwią w tych systemach odnośnie diagnozowania określonego



typu zjawisk meteorologicznych, aby doprowadzić do automatycznego generowania komunikatów i ostrzeżeń dla użytkowników końcowych w oparciu o opracowane algorytmy.

### *5.2. - System analizy danych satelitarnych*

Celem tego podzadania zgodnie ze „Studium wykonalności” jest pełniejsze wykorzystanie systemu satelitów meteorologicznych, który został kompletnie przebudowany w latach 2002-2006, poprzez wprowadzenie satelitów geostacjonarnych drugiej generacji (METEOSAT-8 i 9) oraz pierwszego europejskiego meteorologicznego satelity okołobiegunowego METOP-A. Nowe przyrządy zainstalowane na pokładach tych satelitów stwarzają większe możliwości ich wykorzystania w diagnozie i ultra-krótkoterminowej prognozie pogody. Istnieje, zatem potrzeba przygotowania systemu wstępnej automatycznej analizy tych danych, który miałby na celu zwrócenie uwagi synoptyka szczególnie na możliwość wystąpienia procesów/zjawisk stanowiących potencjalne zagrożenie.

Podstawowym celem zadania jest opracowanie systemu wspomagającego pracę synoptyka w przygotowywaniu krótkoterminowych prognoz niebezpiecznych zjawisk atmosferycznych oraz w procesie podejmowania decyzji o ostrzeżeniach poprzez automatyczną analizę produktów satelitarnych.

Realizacja projektu obejmuje dostosowanie istniejących i opracowanie nowych produktów satelitarnych oraz przygotowanie systemu eksperckiego, który analizując dostępne dane sygnalizowałby możliwość wystąpienia na wskazanym obszarze szczególnie niebezpiecznych zjawisk.

### *5.3. - Rozwój metod prognozowania numerycznego o podwyższonej rozdzielczości przestrzennej*

Zgodnie ze „Studium wykonalności” projektu, celem tego podzadania jest „adaptacja konwekcyjno skalowego modelu prognozy pogody dla potrzeb osłony terytorium kraju”.

Zadania współczesnej osłony meteorologicznej terytorium kraju pociągają za sobą konieczność dysponowania wiarygodnymi i dokładnymi numerycznymi prognozami pogody. W szczególności dotyczy to sytuacji mogących mieć niekorzystny czy katastrofalny wpływ na ważne dziedziny działalności ludzkiej, takie jak bezpieczeństwo publiczne, rolnictwo, gospodarka, transport czy turystyka. Prognozowanie większości groźnych zjawisk pogodowych mających wpływ na wymienione dziedziny wymaga modelowania procesów



atmosferycznych z rozdzielczością rzędu kilometra. Po to by sprostać wyzwaniom przygotowywany jest do operacyjnej eksploatacji prognostyczny model numeryczny AROME w konfiguracji z rozdzielczością rzędu 2-3 kilometrów.

Konieczne jest przygotowanie zaawansowanej metodyki, która pozwoli ocenić ilościowo jakość prognoz modelowych podstawowych elementów meteorologicznych, a przede wszystkim prognoz opadu. W tym celu przygotowywana jest metodyka weryfikacji prognoz wysokiej rozdzielczości.

#### *5.4. - System analizy danych z modeli numerycznych oraz system asymilacji i analizy danych*

Zgodnie ze Studium Wykonalności Projektu w zakresie dotyczącym podzadania 5.4, celem badań jest „stworzenie systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym” (zadanie 5.4.1), oraz „stworzenie systemu automatycznego generowania komunikatów o możliwości wystąpienia zjawisk niebezpiecznych” (zadanie 5.4.2). Badania te prowadzą do udoskonalenia systemu opracowywania krótkoterminowych prognoz, ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami meteorologicznymi oraz do konstrukcji narzędzi wspomagających proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach.

#### *5.5. - Doskonalenie metod prognoz hydrologicznych i ich wykorzystania do oceny zagrożeń w warunkach zmienności klimatu.*

Zgodnie z zapisem w Studium Wykonalności Projektu zadanie 5.5 - „Doskonalenie metod prognoz hydrologicznych i ich wykorzystania do oceny zagrożeń w warunkach zmienności klimatu” zawiera dwa zadania cząstkowe dotyczące prognoz hydrologicznych zjawisk ekstremalnych: „Wdrożenie dwuwymiarowych modeli hydrologicznych do prognozy fali wezbraniowej” (5.5.1) oraz „Operacyjny system prognozy rozwoju i oceny suszy” (5.5.2).

Celem zadania 5.5.1 jest wdrożenie do praktyki hydrologicznej dwuwymiarowych modeli hydrodynamicznych. Zastosowanie modeli dwuwymiarowych pozwoli zwiększyć skuteczność prognoz hydrologicznych dla obszarów nieobwałowanych, zabudowanych oraz w przypadku awarii wałów. Jest to także element wdrażania Dyrektywy Powodziowej UE. Zgodnie ze sformułowaniem Studium Wykonalności projektu „warunkiem postępu w prognozowaniu wezbrań i przewidywaniu skutków jest ciągle doskonalenie systemów prognoz hydrologicznych przez śledzenie i uwzględnienie zmian zachodzących w zlewniach i sieci rzecznej, wdrożenie skuteczniejszych modeli prognostycznych oraz opracowanie na ich



podstawie informacji dotyczącej zagrożeń dla ludności i mienia. Realizacja tych zadań nabiera szczegółowego znaczenia w kontekście przewidywanych zmian klimatu”. Dalej, Studium Wykonalności stwierdza, że „wiele scenariuszy zmian klimatu przewiduje znaczne nasilenie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych, w tym powodzi i suszy”, a zatem celem zadania 5.5.2 jest stworzenie operacyjnego systemu monitoringu i oceny suszy na obszarze Polski.

## **2. Zakres wykonywanych prac**

### *Zadanie 5.1:*

Realizowano podzadanie 5.1.1 „Opracowywanie metodyki i zalgorytmizowanie systemu do automatycznego generowania komunikatów na podstawie analizy danych radarowych i z systemów detekcji wyładowań atmosferycznych, w tym w szczególności ostrzeżeń skierowanych do użytkowników końcowych”.

W ramach tego podzadania:

- przygotowano listę produktów (oraz ich parametrów) standardowo generowanych oraz możliwych do wytworzenia w systemie obserwacji radarowych i detekcji wyładowań, wraz z ich analizą i opisami,
- przygotowano listę produktów możliwych do wytworzenia, lecz standardowo niegenerowanych przez system obserwacji radarowych i detekcji wyładowań, wraz z ich analizą i opisami,
- przeprowadzono analizę właściwości skanu dopplerowskiego w celu optymalizacji strategii skanowania zmierzającej do poprawy jakości produktów wiatrowych
- uruchomiono operacyjne generowanie wybranych produktów radarowych dotychczas niegenerowanych operacyjnie,
- przeprowadzono wstępną analizę algorytmów oraz parametrów wykorzystywanych do generowania produktów systemu PERUN oraz opracowywano założenia i wdrożono dodatkowy produkt tego systemu określający dane o wyładowaniach dla wydzielonego obszaru,
- przeprowadzono analizę możliwości wykorzystania danych pomiarowo-obserwacyjnych (w tym danych satelitarnych) oraz danych z modelu numerycznego, po przetworzeniu ich przez system NIMROD oparty na analizie danych radarowych,



- przygotowano opracowania: „Podstawowe informacje o pracy i produktach sieci POLRAD”, „Czynniki wpływające na jakość produktów generowanych operacyjnie przez sieć radarów meteorologicznych POLRAD”, „Cykl życia komórki burzowej”.

#### *Zadanie 5.2:*

Realizowano podzadania 5.2.1 do 5.2.5. W ramach tego zadania:

- przygotowano listę zjawisk/procesów oraz ich parametrów, o jakich system powinien informować synoptyka, których identyfikacje umożliwiają dane satelitarne
- zdefiniowano algorytmy, które pozwalają na diagnozę prawdopodobieństwa wystąpienia wybranych zjawisk
- rozbudowano system odbioru i przetwarzania danych satelitarnych, aby zapewnić dane dla automatycznej analizy produktów satelitarnych w ramach projektu Klimat
- w ramach prac nad dostosowaniem i rozbudową oprogramowania własnego do przetwarzania danych satelitarnych do celów Projektu Klimat wykonano szereg aplikacji do łącznej analizy produktów satelitarnych i obserwacji naziemnych (AMV, IR\_10,8, Synop, Perun) pracujących na ciągach danych historycznych,
- prowadzono prace nad wykorzystaniem danych obserwacyjno-pomiarowych, w tym z systemu Perun, w modelu nowcastingowym INCA wspomagającym analizę sytuacji ekstremalnych przy wykorzystaniu danych satelitarnych,
- opracowano metodykę i oprogramowanie do obliczania i wizualizacji wskaźnika stabilności atmosfery TT (Total Totals) obliczanego z odtworzonych profili temperatury i wilgotności na podstawie danych NOAA/ATOVS celem analizy sytuacji sprzyjających intensywnej konwekcji
- prowadzono prace nad wykorzystaniem wyników numerycznego modelu prognozy GFS - NCEP (Global Forecast System - National Centers for Environmental Prediction) do potrzeb przetwarzania danych satelitarnych, w tym przygotowano dekodowanie danych GFS oraz ich adaptację do oprogramowania NWCSAF; testowano działanie pakietu oprogramowania NWCSAF do przetwarzania danych satelitarnych z wykorzystaniem danych z modelu GFS NCEP.



*Zadanie 5.3:*

Realizowano podzadania 5.3.1 do 5.3.3. W ramach tego zadania:

- przygotowano założenia metodyki weryfikacji prognoz wysokiej rozdzielczości,
- uruchomiono model AROME, przeprowadzono testy podstawowych konfiguracji modelu i przygotowano model do eksploatacji dla potrzeb badawczo-rozwojowych,
- przygotowano metodykę studiów porównawczych oraz przygotowano dane niezbędne do przeprowadzenia tych studiów; przeprowadzono wstępne porównanie jakości prognoz modelu subsynoptyczno-skalowego i konwekcyjno-skalowego,
- pozyskano, zainstalowano i uruchomiono szereg pakietów środowiska R do prowadzenia weryfikacji prognoz,
- zbadano właściwości i możliwości wykorzystania filtrów CWMF ( Composite Weighted Median Filter) do prowadzenia weryfikacji prognoz.

*Zadanie 5.4:*

Realizowano podzadania 5.4.1 oraz 5.4.2. W ramach tego zadania:

- wykonano testowe wdrożenie cyklu analizy na bazie modelu meteorologicznego COSMO,
- przygotowano listę zjawisk oraz ich parametrów, których automatyczną identyfikację umożliwiają dane z modelu numerycznego,
- przygotowano listę dodatkowych zjawisk oraz metodologię uzyskiwania ich identyfikacji w wyniku niestandardowych procedur i aplikacji wykonanych w oparciu o dane z modelu meteorologicznego,
- przebudowano system uruchomieniowy modelu COSMO, aby umożliwić testowe wdrożenie cyklu analizy,
- przeprowadzono analizę wymagań technicznych dla implementacji operacyjnej bazy danych pod kątem jej potencjalnego przyszłego wykorzystania w cyklu asymilacji danych obserwacyjnych w modelu COSMO,
- wykonano pełen przebieg modelu COSMO w trybie analizy, w oparciu o wyniki z przebiegów modelu COSMO z asymilacją danych testowych i wykonano wstępny post-processing otrzymanych wyników,
- przeprowadzono ocenę możliwości zastosowania systemu VERSUS do operacyjnej weryfikacji przebiegów z asymilowanymi danymi obserwacyjnymi,





- przygotowano i przetestowano metodologię integracji mechanizmów generacji ostrzeżeń o niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych na podstawie danych generowanych przez model COMO.

#### *Zadanie 5.5:*

Realizowano podzadania 5.5.1 oraz 5.5.2. W ramach tego zadania:

- wykonano analizę uwarunkowań wdrożenia dwu-wymiarowych modeli hydrodynamicznych w prognozowaniu wezbrań, dokonano wyboru obszaru modelowania,
- przygotowano prognostyczny model rozwoju suszy w oparciu o wskaźniki do wielokryterialnej oceny suszy,
- przygotowano modele pilotażowe dla wybranych obszarów hydrologicznego modelowania dwuwymiarowego, przygotowano raport przedstawiający analizę i ocenę wyników modelowania,
- przygotowano raport o suszach, które wystąpiły w Polsce w okresie objętym obserwacjami oraz zapisów kronikarskich i historycznych,
- przygotowano informacje związane z suszami do umieszczenia na stronie internetowej (opisy edukacyjne, ilustracje na mapach),
- wdrożono dwu-wymiarowe modele hydrodynamiczne do praktyki operacyjnej w biurach prognoz,
- przygotowano projekt strony internetowej dotyczącej suszy,
- wybrano zakres i metodologię hydrologicznych prognoz probabilistycznych możliwych do adaptacji na warunki polskie,
- skonfigurowano cząstkowe modele hydrologiczne Platformy Modelowania i modelu Mike 11 na potrzeby operacyjnego obliczania prognozy probabilistycznej.

### **3. Opis metodyki badań**

#### *Zadanie 5.1*

Prowadzone prace badawcze polegały na analizie:

- algorytmów i definicji produktów systemu radarowego pod kątem wyboru optymalnych wartości parametrów dla operacyjnie generowanych produktów,
- możliwości systemu radarowego odnośnie generowania dodatkowych produktów radarowych i możliwych do wytworzenia w ramach standardowo generowanych produktów,



- właściwości skanowania dopplerowskiego, z uwzględnieniem niejednoznaczności tego pomiaru, w celu optymalizacji strategii skanowania zmierzającej do poprawy jakości produktów wiatrowych tworzonych w ramach sieci radarów meteorologicznych,
- czynników wpływających na jakość produktów generowanych operacyjnie w celu ustalenia najważniejszych źródeł błędów w pomiarach radarowych sieci POLRAD,
- algorytmów stosowanych do generowania produktów w systemie NIMROD oraz - możliwości ich wykorzystania w tworzonym systemie eksperckim (analiza wstępna),
- możliwości wykorzystania danych: z modelu numerycznego, satelitarnych, deszczomierzowych, typu SYNOP i METAR po przetworzeniu ich przez system NIMROD,
- algorytmów oraz parametrów, z których korzysta system detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych w procesie tworzenia produktów pod kątem ich przydatności w opracowywaniu ostrzeżeń i alarmów (analiza wstępna),
- wybranych danych z systemów PERUN i POLRAD na potrzeby zobrazowania i określenia cyklu życia komórki burzowej.

### *Zadanie 5.2*

Prace badawcze obejmowały:

- analizę możliwości wykorzystania lub adaptacji produktów satelitarnych i opracowanych metod przetwarzania danych już stosowanych operacyjnie w OTS (Ośrodek Teledetekcji Satelitarnej),
- prace instalacyjne i koncepcyjne zakupionego w ramach projektu oprogramowania i sprzętu oraz prace dostosowania i rozbudowy oprogramowania własnego do przetwarzania danych satelitarnych,
- prace nad analizą przydatności produktów satelitarnymi planowanych do wykorzystania w automatycznym systemie analizy danych satelitarnych oraz doboru kryteriów określających warunki sprzyjające sytuacjom ekstremalnym,
- działania związane z wyborem, przetwarzaniem i analizą historycznych danych satelitarnych z archiwum EUMETSAT UMARF, historycznych danych Synop z archiwum IMGW CBDH oraz danych Perun udostępnionych przez OTN celem oceny przydatności wybranych produktów satelitarnych,



- opracowywanie generalnej architektury systemu analizy danych satelitarnych, poprzez przygotowanie algorytmów przetwarzania tych danych oraz powiązania ich z innymi danymi niezbędnymi dla działania systemu automatycznej analizy,
- rozbudowanie systemu odbioru i przetwarzania danych satelitarnych, aby zapewnić dane dla opracowywanego systemu automatycznej analizy niezależnie od części operacyjnej systemu OTS.
- opracowanie metodyki i oprogramowania do obliczania i wizualizacji wskaźnika stabilności atmosfery TT (Total Totals) obliczonego z odtworzonych profili temperatury i wilgotności na podstawie danych NOAA/ATOVS celem analizy sytuacji sprzyjających intensywnej konwekcji.

### *Zadanie 5.3*

W oparciu o dostępne materiały sporządzone zostało zestawienie metod i narzędzi wykorzystywanych w centrach meteorologicznych do weryfikacji numerycznych prognoz meteorologicznych. Obecnie dominują w zastosowaniach dwie grupy metod weryfikacji. Pierwsza z nich to metody rozmyte. W metodach tej grupy porównywanie pól meteorologicznych zdefiniowanych na siatkach dokonywane jest nie poprzez porównanie wartości w korespondujących punktach, ale poprzez analizę wartości w ich otoczeniach, których wielkość zależy może zarówno od rozdzielczości przestrzennej siatek jak i sytuacji synoptycznej. Opracowano kilkanaście metod weryfikacji “rozmytej”. Główne różnice pomiędzy nimi wynikają ze sposobu zdefiniowania kryterium zadowalającego podobieństwa-bliskości. Metodom rozmytym poświęcono w przeglądzie większość uwagi, a to ze względu na ich efektywność, wszechstronność zastosowań i łatwość implementacji.

Obok metod rozmytych rozwijane są też metody obiektowo-zorientowane - metodach tych analizuje się podobieństwo struktur porównywanych pól. Metody tej grupy bazują wyodrębnianiu konkretnych, charakterystycznych elementów pól, a następnie porównywane są różnice w ich położeniu, kształcie, amplitudzie. To metody bazujące technikach rozpoznawania obrazów. Zastosowanie znajduje też szereg innych podejść, szczególnie tych związanych z różnymi technikami filtracji. W ramach realizacji zadania dodatkowo zakodowano wybrane elementy algorytmów weryfikacji rozmytej i przeprowadzono ich optymalizację.



Wstępnie przestudiowano przydatność metod jądrowych, analizy fourierowskiej, analizy falkowej, technik rozpoznawania obrazu, filtrów cyfrowych, metod statystyki odpornościowej i logiki rozmytej.

Wykonano prace pozwalające na uruchomienie konwekcyjno-skalowego modelu AROME. Prace obejmowały przygotowanie odpowiedniego środowiska obliczeniowego, kompilację i testowanie modelu.

## *Zadanie 5.4*

### *5.4.1 Stworzenie systemu operacyjnej asymilacji i analizy danych w modelu numerycznym*

Wykonanie prognozy numerycznej musi być poprzedzone wyznaczeniem realistycznego stanu początkowego modelu, tzn. wartości wszystkich zmiennych prognostycznych w każdym z węzłów domeny modelu. Proces, w którym na podstawie danych obserwacyjnych estymowany jest chwilowy stan atmosfery, nosi nazwę asymilacji danych obserwacyjnych. W procesie tym uzyskuje się analizę – trójwymiarowy obraz atmosfery wyrażony za pomocą wybranych pól fizycznych (temperatury, wilgotności, wektorów składowych pola wiatru itp.). Dokładność rozwiązania równań modelu lokalnego (mierzona ostatecznie stopniem zgodności prognozy z realizacją rzeczywistą w atmosferze) jest silnie zależna od jakości pola analizy i warunków brzegowych.

Jedną z metod uzyskania pola analizy jest cykl analizy. Cykl analizy polega na wykonywaniu, pomiędzy głównymi terminami liczenia prognozy, krótkich przebiegów prognostycznych modelu lokalnego (na przykład 3-godzinnych), z pełną asymilacją danych.

Wykonywane prace koncentrowały się na opracowaniu operacyjnego systemu cyklu analizy ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystywanej w większości krajów konsorcjum COSMO metody nudging.

### *2.2 Stworzenie systemu automatycznego generowania komunikatów o możliwości wystąpienia zjawisk niebezpiecznych*

Na bazie wyników pierwszego etapu współpracy pomiędzy Działem Numerycznych Prognoz Meteorologicznych – COSMO a Centralnym Biurem Prognoz Meteorologicznych w Warszawie opracowana została lista zjawisk wraz z ich wartościami progowymi, o jakich system powinien informować (przede wszystkim) użytkownika operacyjnego – czyli synoptyka meteorologicznego.



Synoptycy CBPM porównali aktualną listę produktów otrzymanych z modelu numerycznego COSMO z aktualnie dostępnymi, z których korzystają podczas codziennej pracy synoptycznej. Po konsultacjach została sporządzona lista aktualnie dostępnych i oczekiwanych produktów z modelu COSMO ze strony Biura Prognoz Meteorologicznych.

Oprócz przedstawionej listy oczekiwanych produktów, przedyskutowano stopnie zagrożenia w zależności od kryteriów wydawania ostrzeżenia dla poszczególnych zjawisk i skutków, jakie tym zjawiskom towarzyszą (wyciąg z regulaminu ostrzeżeń meteorologicznych IMGW – 2009 wraz z późniejszymi zmianami) oraz kwestie dodatkowego – zerowego – stopnia zagrożenia.

#### *Zadanie 5.5*

Przeprowadzone prace badawcze z zakresu zadania 5.5.1 polegały na przygotowaniu zasad wydzielenia zlewni pilotażowych do wdrożenia modeli dwuwymiarowych, w którym przeprowadzono szczegółową analizę dostępności danych IMGW uwzględniającą następujące elementy: dane meteorologiczne i hydrologiczne, pokrycie terenu i zagospodarowani przestrzenne, numeryczny model terenu DTH, narzędzie modelowania, zasoby ludzkie, stacje robocze.

W wyniku przeprowadzonej analizy, przed zastosowaniem modeli dla wybranych zlewni pilotażowych, podjęto próbę zastosowania modeli hydrodynamicznych jednowymiarowych i dwuwymiarowych dla odcinków rzek posiadających numeryczny model terenu dla obszaru wiejskiego i miejskiego: Dunajec poniżej zbiornika Czchów w obszarze wiejskim oraz obszar miejski dla miejscowości Krzeszowice zlokalizowany nad rzeką Rudawą. W ramach prac nad przygotowaniem podstaw metodycznych do wdrożenia hydrologicznej prognozy o charakterze probabilistycznym, przeprowadzono analizę systemów osłony hydrologicznej stosowanych w praktyce w innych służbach ze szczególnym uwzględnieniem zakresu stosowania probabilistycznych prognoz hydrologicznych.

W świetle badań literaturowych, do monitorowania suszy stosuje się podejście konceptualne oraz statystyczne. W metodach statystycznych badanie rozpoczyna się od pomiarów, a następnie po zebraniu dostatecznie długich ciągów pomiarowych przeprowadzana jest ich statystyczna analiza i na jej podstawie opracowywany jest model statystycznych własności badanego zjawiska. Podejście konceptualne opiera się jedynie na przesłankach o przebiegu modelowanego zjawiska, na symptomach zachowania się oryginału.



Pozwala to określić główne czynniki wywołujące badane zjawisko. W Projekcie Klimat przy tworzeniu narzędzi do oceny suszy stosuje się podejście konceptualne, natomiast podejście statystyczne wykorzystane zostało do krótkoterminowych i długoterminowych prognoz zagrożenia suszą. Opis susz, które wystąpiły w Polsce w okresie objętym obserwacjami oraz zapisami kronikarskimi opracowano na podstawie przedmiotowej literatury oraz danych zawartych w bazie danych.

Zakres wykonanych prac w ramach podzadania 5.5.2 obejmował: wybór wskaźników do wielokryterialnej oceny suszy atmosferycznej i hydrologicznej na podstawie przeglądu metod referencyjnych stosowanych w Polsce i na świecie, opracowanie schematu prognostycznego modelu rozwoju suszy w oparciu o wybrane wskaźniki wielokryterialnej oceny suszy, opisy i klasy intensywności suszy opracowane na materiałach historycznych obejmujących zapiski historyczne, opis susz w okresie objętym obserwacjami podzielony na dwa okresy: przedwojenny i powojenny od lat 50-tych do współczesności, szkielet strony internetowej skierowanej do określonej grupy użytkowników końcowych. Architektura informacji projektowanej strony internetowej zakłada hierarchiczną strukturę prezentowanej treści, w której kolejne poziomy zawierają coraz bardziej uszczegółowione informacje.

#### **4. Charakterystyka osiągniętych wyników**

##### *Zadanie 5.1*

Z całej gamy produktów radarowych systemu POLRAD i PERUN utworzono listę produktów istotnych dla pracy operacyjnej IMGW. Uwzględniono przy tym optimum możliwości, jakie dają w tym zakresie eksploatowane systemy i procesy definiowania produktów.

Przygotowano listę produktów możliwych do wytworzenia w ramach produktów operacyjnie już generowanych jak i produktów dodatkowych standardowo niegenerowanych w radarowej służbie operacyjnej i detekcji wyładowań wraz z ich analizą i opisami. Uruchomiono operacyjne generowanie wybranych produktów radarowych dotychczas niegenerowanych operacyjnie.

Przeprowadzono analizę strategii skanowania dopplerowskiego i parametrów systemu, które poddano teoretycznej oraz praktycznej weryfikacji dla każdego radaru osobno. Pozwoliło to na obliczenie optymalnych wartości poszczególnych parametrów skanowania i opracowanie nowej strategii skanowania dopplerowskiego poprawiającej jakość produktów wiatrowych i wdrożono ją do służby operacyjnej.



Przeprowadzono analizę algorytmów oraz parametrów wykorzystywanych do generowania produktów systemu PERUN. Opracowywano założenia i wdrożono dodatkowy produkt określający dane o wyładowaniach dla wydzielonego obszaru. W oparciu o analizę określonych przypadków podjęto próbę scharakteryzowania cyklu życia komórki burzowej.

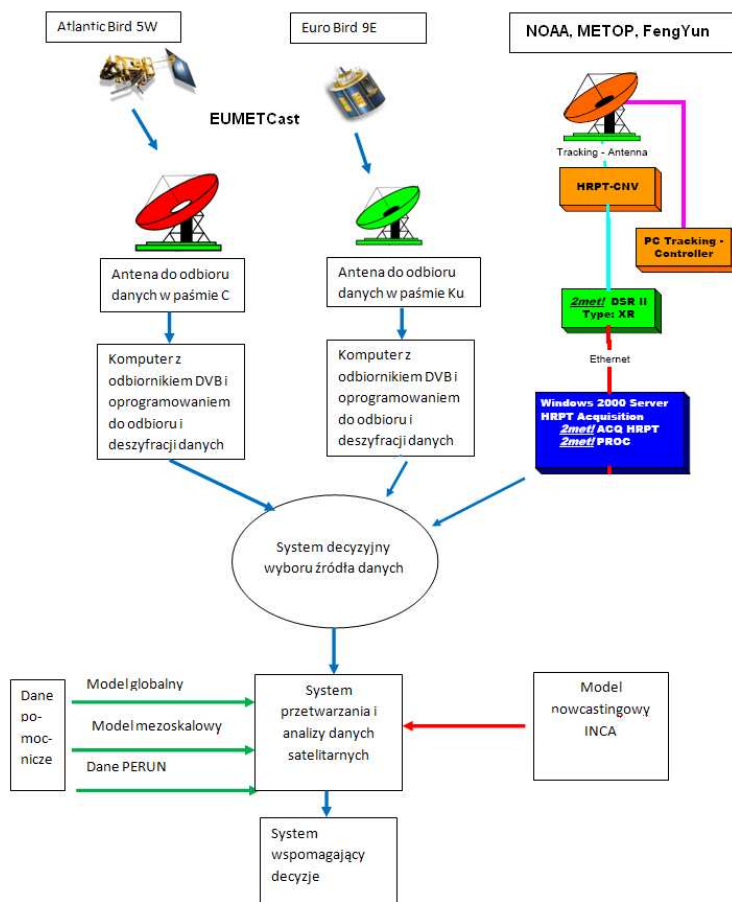
Określono najważniejsze czynniki wpływające na jakość pomiarów w sieci radarowej POLRAD i przedstawiono informacje o najważniejszych źródłach błędów w pomiarach radarowych.

### *Zadanie 5.2*

W ramach realizacji projektu kluczowego dokonano analizy produktów satelitarnych oraz parametrów, jakich one dostarczają, które mogą być zastosowane do monitorowania wybranych zjawisk oraz przygotowano założenia do architektury systemu automatycznej analizy danych satelitarnych. Stosowne algorytmy wiążące poszczególne strumienie przetwarzania danych satelitarnych z niezbędnymi danymi uzupełniającymi zostały zidentyfikowane i przedstawione.

Opracowano listę zjawisk/procesów oraz ich parametrów, o jakich system powinien informować synoptyka i których identyfikację umożliwiają dane satelitarne. Przygotowano definicje algorytmów, które pozwalają na diagnozę prawdopodobieństwa wystąpienia wybranych zjawisk.

We współpracy z synoptykami wybierano sytuacje meteorologiczne przydatne do testowania wybranych zjawisk. Prowadzono prace nad wykorzystaniem danych Synop i Perun w modelu nowcastingowym INCA wspomagającym analizę sytuacji ekstremalnych przy wykorzystaniu danych satelitarnych. Podjęto działania techniczne, celem wyboru, przetwarzania i analizy materiału historycznego do testowania. Prowadzono prace nad dostosowaniem i rozbudową systemu odbioru danych satelitarnych do celów Projektu Klimat poprzez wykorzystanie transpondera na satelicie Atlantic Bird 5W pracującego paśmie C, którego transmisja nie jest tłumiona przez intensywne opady deszczu, co nie ma miejsca w paśmie Ku

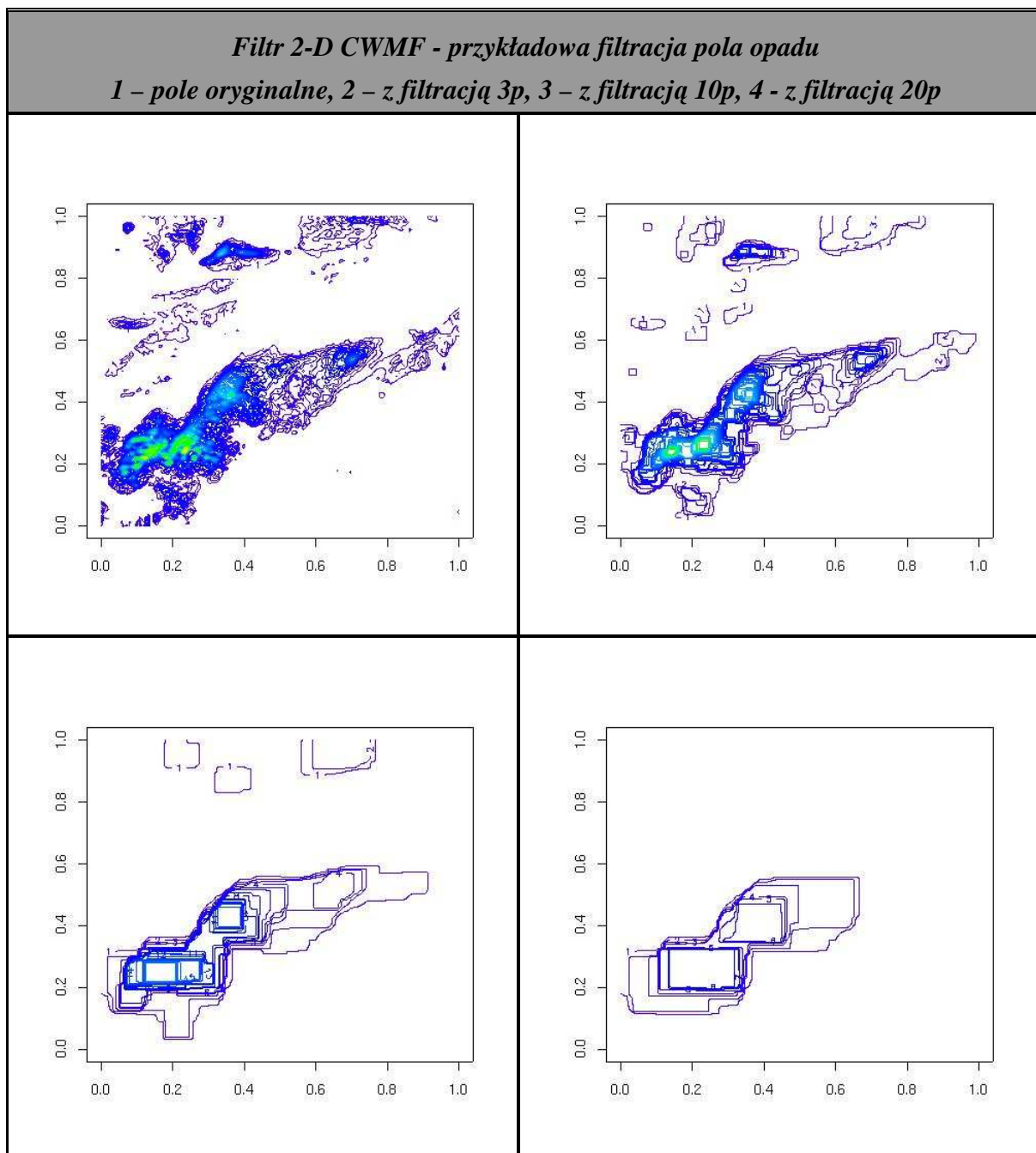


rys.5.2.1. Schemat blokowy tworzony systemu analizy danych satelitarnych.

### Zadanie 5.3

W okresie sprawozdawczym przygotowano założenia systemu weryfikacji wysokiej rozdzielczości, jaki ma zostać stworzony na potrzeby prac operacyjnych i badawczych IMGW. Zgromadzono niezbędny kapitał wiedzy dotyczący współcześnie rozwijanych technik weryfikacji. Przeanalizowano szerokie spektrum rozmytych metod weryfikacji oraz przygotowano zestawienie stosowanych w wybranych służbach meteorologicznych operacyjnych systemów weryfikacji. Prowadzono prace nad nowymi rozwiązaniami w dziedzinie separowania skal w wyniku. Ostatecznie, jako właściwe rozwiązanie zaproponowano wielokrokową filtrację przy użyciu filtru CWMF – złożenia ważonych filtrów medianowych o różnych rozmiarach i wagach. Zaproponowano rozwiązania dla przypadków jedno- i dwu-wymiarowych. Analizowano własność idempotencji CWMF i zależność kierunkową filtracji. Przeprowadzono też wstępne studia nad możliwością ich zastosowania do porównywania danych na siatkach regularnych oraz nieregularnych.





tab.5.3.1 – Filtr CWMF w działaniu

Dokonano przeglądu dostępnych narzędzi programistycznych potencjalnie przydatnych tworzeniu systemu weryfikacji prognoz i analizowano przydatność pakietu R do wspomnianego celu. Przygotowano wstępną wersję bazy testowej zawierającą dane ze stacji synoptycznych, dane sieci telemetrycznej ATS, dane satelitarne i radarowe dla



wybranych przypadków. Opracowano metodykę weryfikacji dla planowanego systemu weryfikacji wysokiej rozdzielczości.

W oparciu o możliwości i potrzeby Instytutu, opracowano konfigurację dla testowej wersji modelu wysokiej rozdzielczości AROME, Zainstalowano ten model w krajowym ośrodku obliczeniowym, dokonano niezbędnych adaptacji, przygotowano niezbędne dane wejściowe, a następnie uruchomiono go, przetestowano oraz przygotowano do eksploatacji dla potrzeb badawczo-rozwojowych.

Przygotowano metodykę studiów porównawczych i niezbędne dane. Dokonano wstępnego porównania jakości prognoz modelu subsynoptyczno-skalowego i konwekcyjno-skalowego poprzez porównanie prognozy modelu AROME z prognozami modelu ALADIN i danymi synoptycznymi. Wykonano także zestawienie charakterystyk współczesnych systemów prognozy pogody wysokiej rozdzielczości i ich operacyjnych konfiguracji.

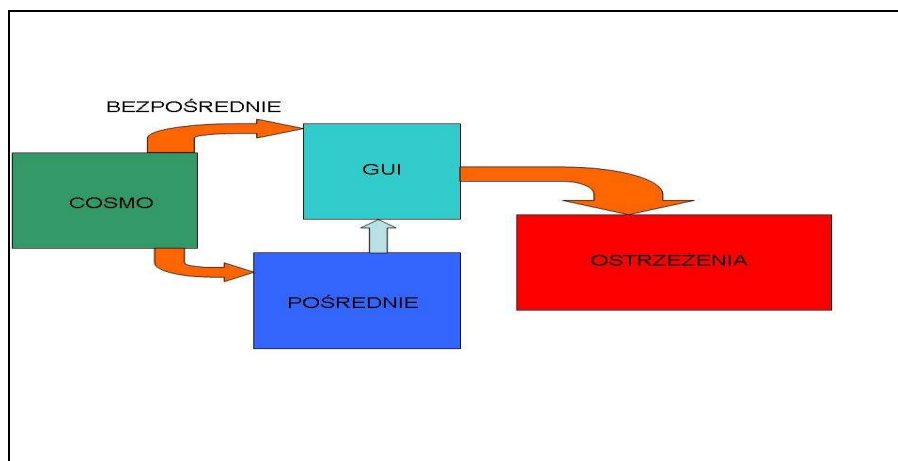
#### *Zadanie 5.4*

W ramach podzadania przeprowadzono niezbędne prace z zakresu przebudowy systemu uruchomieniowego modelu a następnie wdrożono, w trybie testowym, cykl analizy na bazie modelu meteorologicznego COSMO, niezbędny do przyszłego operacyjnego uruchomienia i utrzymania asymilacji danych obserwacyjnych do modelu mezoskalowego. Wykonano również analizę wymagań technicznych uruchomienia w IMGW Operacyjnej Bazy Danych z Sieci Obserwacyjnej na potrzeby cyklu analizy i operacyjnej asymilacji danych obserwacyjnych, prowadzono działania w zakresie opcjonalnego wczytywania asymilowanych danych obserwacyjnych do modelu w formacie *netCDF* oraz przeprowadzono testowe działania w kierunku weryfikacji wyników przebiegów modelu z danymi asymilowanymi względem danych obserwacyjnych oraz przebiegów bez asymilacji za pomocą programu VERSUS.

Przygotowano także rozszerzone podstawy systemu opracowania wspierania synoptyka poprzez ostrzeżenie o niebezpiecznych zjawiskach meteorologicznych oraz wspomaganie proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach. Opracowano listę zjawisk, oraz ich parametrów, o jakich system powinien informować użytkownika, a których automatyczną weryfikację umożliwiają dane z modelu numerycznego. Opracowano też listę dodatkowych zjawisk i metodologię uzyskiwania ich identyfikacji w wyniku niestandardowych i aplikacji wykonywanych w oparciu o dane z modelu numerycznego. Określono możliwość uzyskania danych (produktów) z przygotowanych list.

W wersji podstawowej system powinien zawierać następujące elementy:

- Model COSMO, jako źródło danych wejściowych – podstawowych;
- Postprocesor do obliczania (wybranych) wskaźników i wielkości
- Interfejs użytkownika
- Moduł (proponowania) ostrzeżeń



rys.5.4.1 Schemat systemu ostrzeżeń

W rozwojowej wersji (numer 4.8) modelu COSMO można obliczyć trzy wskaźniki burzowe, spośród najbardziej popularnych, CAPE (*Convective Available Potential Energy*), LI (*Lifted Index*), SDI (*Supercell Detection Index*).

Inne wskaźniki należy obliczać, korzystając z algorytmów ich uzyskiwania oraz wykorzystując produkty (wyniki) modelu, jako dane wejściowe do tego rodzaju wyliczeń. Wszystkie te „inne” wskaźniki burzowe (czy też ogólniej, konwekcyjne), można wyliczać z użyciem produktów modelu COSMO. Z tej grupy wskaźników można wymienić: SHOW (*Showalter index*), TT (*Total Totals index*), LR (*Lightning rate*), SRH (*Storm relative helicity*), K Index, DSH (*Vertical wind shear*),  $\Xi$  (*Theta*). Inne wskaźniki, takie jak *Cross Totals*, *Vertical Totals*, SWEAT (*Severe WEather Threat*) czy CIN (*Convective Inhibition*) również mogą być wyliczane, jednakże do tej pory nie wprowadzono operacyjnie implementacji ich obliczania. Wszystkie wymienione powyżej wskaźniki są zatem wyliczane wprost, bądź pośrednio – z produktów modelu COSMO.

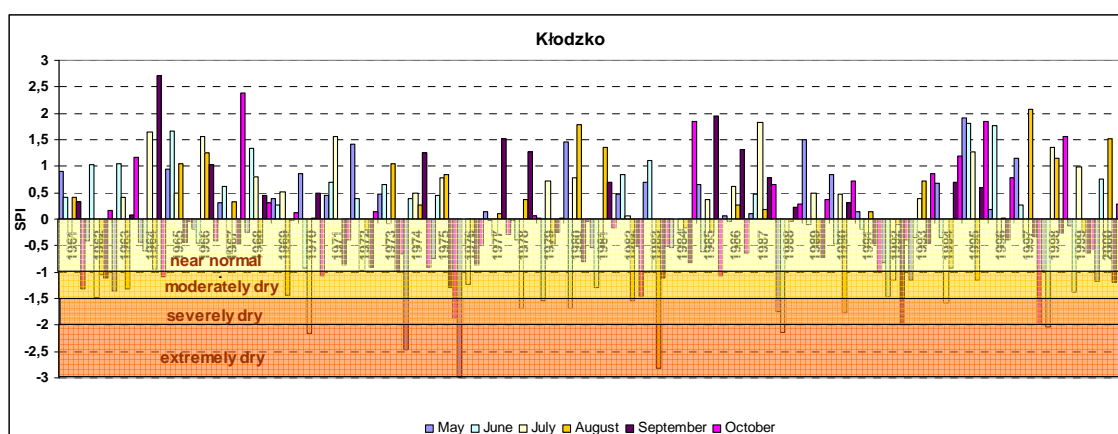
#### Zadanie 5.5

W ramach realizacji tego zadania wykonano analizę uwarunkowań wdrożenia dwuwymiarowych modeli hydrodynamicznych w prognozowaniu wzebrań. Wdrożono



modele pilotażowe dla wybranych obszarów hydrologicznego modelowania dwuwymiarowego, obejmujących Dunajec poniżej zbiornika Czchów w obszarze wiejskim oraz obszar miejski dla miejscowości Krzeszowice zlokalizowany nad rzeką Rudawą. Przedstawiono analizę i ocenę wyników modelowania. Wdrożono także dwuwymiarowe modele hydrodynamiczne do praktyki operacyjnej w biurach prognoz.

W ramach prac nad prognostycznym modelem suszy opracowano wskaźniki do wielokryterialnej oceny suszy. Na podstawie analizy 20 wskaźników suszy, do oceny suszy atmosferycznej wybrano wskaźnik standaryzowanego opadu SPI, efektywny wskaźnik suszy EDI, oraz wskaźnik suszy DI, natomiast do opisu suszy hydrologicznej wybrano krzywą sum czasów trwania przepływów średnich dobowych jednoimiennych FDC, wskaźnik NŻK – niżówka oraz Eddy-WIR Pole Geopotencjału 500 hPa.



Rys. 5.5.1 Zmienności wartości współczynnika SPI dla miesięcy V-X dla Kłodzka w wieloleciu 1961-2000

Dla opracowania transformacji prognozowanego pola geopotencjału na wybrane symptomy i wielkości charakterystyczne suszy hydrologicznej utworzono na podstawie danych reanaliz NCEP/NCAR bazy historycznych danych geopotencjału 500 hPa dla 12 punktów geograficznych na terenie Polski, dla okresu 1948-2008 oraz historycznych map dobowego pola SLP.



Stworzony zbiór danych historycznych zawierających serie pomiarowe z 69 posterunków wodowskazowych, 188 posterunków opadowych oraz 12 punktów geograficznych na terenie Polski oraz historycznych map dobowego pola SLP pozwolił na:

- opracowanie operacyjnego schematu wyznaczania wartości SPI,
- wyznaczenie indeksów wirowości dla wybranych punktów geograficznych,
- wyznaczenie podstawowych parametrów niżówek: objętość średniego niedoboru przepływu, przepływ minimalny, czas trwania,
- przeprowadzenie klasyfikacji lat suchych stosując metodę Kaczorowskiej [1962] dla 32 stacji opadowych.

Przygotowano raport o suszach, które wystąpiły w Polsce w okresie objętym obserwacjami oraz zapisów kronikarskich i historycznych. Przygotowano informacje dotyczące suszy do prezentacji na internetowej stronie suszy, w tym mapy oraz opisy edukacyjne. Przygotowano projekt strony internetowej dotyczącej suszy z wykorzystaniem technik GIS.

## **5. Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań**

Otrzymane wyniki będą wykorzystywane do dalszych prac prowadzonych w ramach projektu, a docelowo będą wykorzystane zgodnie ze studium wykonalności projektu do udoskonalenia systemu opracowania krótkoterminowych prognoz ostrzegających przed niebezpiecznymi zjawiskami atmosferycznymi oraz wspomagającego proces podejmowania decyzji o ostrzeżeniach. Do służby operacyjnej wdrożono nową strategię skanowania dopplerowskiego, poprawiającą jakość produktów wiatrowych i opracowaną w ramach realizacji zadania 5.1 projektu. Do praktyki operacyjnej wdrożono też dodatkowy produkt określający dane o wyładowaniach atmosferycznych dla wydzielonego obszaru



## **6. Wykaz przygotowanych publikacji**

### *Zadanie 5.1*

W ramach tematu wykonano następujące opracowania:

I.Tuszyńska, Z.Dziewit, R.Lewandowski - Podstawowe informacje o pracy i produktach sieci POLRAD,

J.Szturc. K.Ośródką, A.Jurczyk - Czynniki wpływające na jakość produktów generowanych operacyjnie przez sieć radarów meteorologicznych POLRAD,

Z.Dziewit, I.Tuszyńska, P.Rychlewski, W.Gajda, R.Lewandowski - „Raport przedstawiający listę produktów (oraz ich parametrów) standardowo generowanych oraz możliwych do wytworzenia w systemie obserwacji radarowych oraz detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych”,

W.Gajda, A.Maciszewska, J.Konarski – „Cykl życia komórki burzowej”,

Z.Dziewit, I.Tuszyńska, P.Rychlewski, W.Gajda, R.Lewandowski - „Raport przedstawiający listę produktów radarowych możliwych do wytworzenia, lecz standardowo niegenerowanych przez system obserwacji radarowych i detekcji wyładowań”.

### *Zadanie 5.2*

Piotr Struzik, Monika Hajto, Bożena Łapeta, Monika Pajek: “Characterisation of troposphere dynamics with use of satellite information for circulation classification use”, Proc. 2009 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, Bath, UK 21-25.09.2009. EUMETSAT P.55 ISBN 978-92-9110-086-6, ISSN 1011-3932. Opublikowane na stronie internetowej: [http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/Publications/ConferenceandWorkshopProceedings/groups/cps/documents/document/pdf\\_conf\\_p55\\_s6\\_35\\_struzik\\_p.pdf](http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/Publications/ConferenceandWorkshopProceedings/groups/cps/documents/document/pdf_conf_p55_s6_35_struzik_p.pdf)

Zuzanna Bielec-Bąkowska, Monika Pajek, Piotr Struzik: “Storms occurrence in Poland – analysis of synoptic stations observations vs. lightning detection system PERUN/SAFIR measurements”, 5th ECSS 2009 Special Issue of Atmospheric Research – przygotowano i złożono do oceny.

### *Zadanie 5.3*

Marek Jerczyński, „Some robust scale separation methods at work”, 4<sup>th</sup> International Verification Methods Workshop, Helsinki, 2009

Marek Jerczyński, „Weighted median filters for meteorological data analysis”, 31<sup>st</sup> EWGLAM & 16<sup>th</sup> SRNWP Meetings” Ateny, 2009



#### *Zadanie 5.4*

W ramach zadania powstał raport: Interewicz W. „Wdrożenia cyklu analizy na bazie modelu meteorologicznego COSMO”.

#### *Zadanie 5.5*

W ramach realizacji zadania projektu powstały następujące raporty:

Jerzy Niedbała, Jadwiga Niedbała, Agnieszka Krupa, Agnieszka Malota: Analiza uwarunkowań wdrożenia dwuwymiarowych modeli hydrodynamicznych w prognozowaniu wezbrań i wyboru pilotażowego obszaru modelowania,

Leszek Jelonek, Maciej Zdralewicz: Wdrożenie metodyki probabilistycznych prognoz hydrologicznych,

Laura Radczuk, Halina Mordalska, Tamara Tokarczyk, Wiwiana Szalińska, Stanisław Koziel: Prognostyczny model rozwoju suszy – wskaźniki do wielokryterialnej oceny suszy,

Stanisław Koziel: Prognostyczny model rozwoju suszy - transformacja prognozowanego pola geopotencjału.

### **7. Literatura wykorzystana w opracowaniu**

Alberoni P.P., Ducrocq V., Gregoric G., Haase G., Holleman I., Lindskog M., MacPherson B., Nuret M., Rossa A., 2003. Quality and assimilation of radar data for NWP – a Review. COST Action 717. Use of radar observations in hydrological and NWP models, Luxembourg 2003.

Azimi-Zonooz A., Krajewski W.F., Bowles D.S, Seo D.-J., 1989. Spatial rainfall estimation by linear and non-linear co-kriging of radar-rainfall and rain gage data. Stochastic Hydrol. Hydraul., 3, 51-67.

Bebbington D., Rae S., Bech J., Codina B., Picanyol M., 2007. Modelling of weather radar echoes from anomalous propagation using a hybrid parabolic equation method and NWP model data. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7, 391-398.

Bellon A., Fabry F., Austin G.L., 1991. Errors due to space/time sampling strategies in high resolution radar data used in hydrology. 25<sup>th</sup> Radar Meteor. Conf. AMS, Paris, 840-843.

Berenguer M., Sempere-Torres D., Corral C. Sánchez-Diezma R., 2006. A fuzzy logic technique for identifying nonprecipitating echoes in radar scans. J. Atmos. Oceanic Technol., 23, 1157-1180



Bendix, Jörg., 1999, A fog monitoring scheme based on MSG data, in: ESA/EUMETSAT RAO Meteosat Second Generation (MSG) No.141.

Justo J.J. In: Clouds Their Formation, Optical Properties and Effects. Hobbs P.V. (ed.), Academic Press, London, 1981.

Mentzel Paul W., 2006: Applications with meteorological satellites. International Summer School on Applications with the Newest Multi-spectral ENVIRONMENTAL Satellites. Krakow 8 - 12 May 2006

Ocean & Sea Ice SAF, North Atlantic Regional Sea Surface Temperature Product Manual, Version 1.7

OPS-LRS User Manual in NWP SAF AAPP Documentation. Version 1.1, <http://www.nwpsaf.org/>, 13th March 2007. Atger, F., 2001: Verification of precipitation forecasts from single models and ensemble prediction systems. Nonlin. Proc. Geophys., **8**, 401–417

Brooks H. E., Kay M, Hart J. A., 1998, Objective limits on forecasting skill of rare events, 19<sup>th</sup> Conference Severe Local Storms, AMS: Minneapolis, MN; 552–555

Brown, B.G., R.R. Bullock, C.A. David, J.H. Gotway, M.B. Chapman, A. Takacs, E. Gilleland, K. Manning, J. Mahoney, 2004: New verification approaches for convective weather forecasts. 11th Conf. Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, 4 - 8 Oct 2004

Casati, B., Ross, D. B. Stephenson, 2004, A new intensity-scale approach for the verification of spatial precipitation forecasts, Meteorol. Appl., **11**, 141–154

Damrath, U., 2004: Verification against precipitations observations of a high density network — what did we learn? Intl. Verification Methods Workshop, 15–17 September 2004, Montreal, Canada

Doms, G. and Schaettler, U. (2000): The Nonhydrostatic Limited-Area Model LM (Lokal-Modell) of DWD. Scientific Documentation. DWD documents.

Schaettler, U. and Doms, G. (2000) The Nonhydrostatic Limited-Area Model LM (Lokal-Modell) of DWD. Implementation Documentation. DWD documents.

Verification forecasts using upscaled observations. ECMWF Newsletter No.87 Spring 2000.

Nielsen-Gammon J.W., Strack J.: Model Resolution Dependence of Simulation of Extreme Rainfall Events

Working with MIKE SHE”, DHI Water & Environment, 2004





“MIKE FLOOD, 1D - 2D Modelling, User Manual”, DHI Software 2004, DHI Water & Environment, 2004

“MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual”, DHI Software 2004, DHI Water & Environment, 2004

Kaczmarek Z., 1960, O prognozowaniu zjawisk losowych, Przegląd Geofizyczny, rocznik V (XIII), zeszyt 3, PWN, Warszawa

Vehviläinen B., Huttunen M., 2001, Hydrological forecasting and real time monitoring in finland: the watershed simulation and forecasting system (WSFS), Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland

Bürgi T., Sigrist B., Streit D., 2007, Hydrologische Produkte des Bundesamtes für Umwelt – BAFU – bei Hochwasser, Bundesamt für Umwelt – BAFU, CH-3003 Bern, Forum für Wissen  
J. Thielen, A. De Roo, S. Niemeier, B. Gouweleeuw, J. Van der Knijff, and G. Franchello, 2004,

Alley, W.M. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions. Journal of Climate and Applied Meteorology 23:1100–1109.

Changnon S.A., 1987. Detecting Drought Conditions in Illinois: Illinois State Survey Circular 164-87.

Chudowski R., 1972, Wody podziemne Ziemi Kłodzkiej i możliwości ich wykorzystania, Sesja Naukowa Zasoby Wodne Ziemi Kłodzkiej, Wydawnictwo PAN, Wrocław.

Dubicki A. pod red. 2002. Zasoby wodne w dorzeczu górnej i środkowej Odry w warunkach suszy, Wyd. IMGW, s. Atlasy i Monografie. Warszawa.

## **8. Wykaz wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac**

dr Michał Ziemiański – koordynator zadania,

mgr Joanna Linkowska – asystent koordynatora, weryfikacja wyników przebiegów modelu COSMO

mgr Zdzisław Dziewit - teoretyczne i praktyczne analizy dotyczące algorytmów i sposobów optymalizacji parametrów produktów generowanych w ramach systemu POLRAD i PERUN i możliwych do wytworzenia w ramach wymienionych systemów,

mgr inż. Irena Tuszyńska - analiza algorytmów i parametrów produktów radarowych generowanych operacyjnie i możliwości, jakie daje system, co do wytworzenia produktów dodatkowych niegenerowanych standardowo w ramach służby operacyjnej,



dr Jan Szturc - gromadzenie materiałów, ich analiza, wykonanie opracowania,  
mgr Anna Jurczyk - gromadzenie materiałów, ich analiza, wykonanie opracowania,  
mgr Katarzyna Ośródk - gromadzenie materiałów, ich analiza, wykonanie opracowania,  
mgr Rafał Lewandowski - gromadzenie i analiza dostępnej literatury, teoretyczne i praktyczne analizy dotyczące sposobów optymalizacji danych i produktów skanowania dopplerowskiego,  
mgr Paweł Rychlewski - analiza produktów i algorytmów systemu NIMROD, wykonanie opracowań tematycznych z zakresu prowadzonych prac,  
mgr inż. Wojciech Gajda - przegląd gromadzonych materiałów z systemu radarowego i rejestracji wyładowań, ich analiza, przygotowanie narzędzi analitycznych, wykonanie opracowań z zakresu prowadzonych prac,  
mgr Aneta Maciszewska - przegląd zgromadzonych materiałów z systemu radarowego i rejestracji wyładowań, ich analiza, przygotowanie narzędzi analitycznych, wykonanie opracowań z zakresu prowadzonych prac  
mgr Jerzy Konarski - przegląd zgromadzonych materiałów z systemu radarowego i rejestracji wyładowań, ich analiza, przygotowanie narzędzi analitycznych, wykonanie opracowań z zakresu prowadzonych prac,  
dr inż. Piotr Struzik – realizacja prac koncepcyjnych, merytorycznych i technicznych dotyczących systemów odbioru i przetwarzania danych satelitarnych oraz produktów satelitarnych,  
mgr Bożena Łapeta – realizacja prac związanych z wykorzystaniem sondaży satelitarnych,  
mgr Rafał Iwański – realizacja prac związanych z wykorzystaniem danych pomocniczych dla produktów satelitarnych i modelu nowcastingowego,  
mgr Monika Pajek – realizacja prac dotyczących produktów satelitarnych w sytuacjach burzowych, ograniczonej widzialności i silnego wiatru,  
mgr Danuta Serafin-Rek – realizacja prac dotyczących produktów satelitarnych w sytuacjach burzowych, ograniczonej widzialności i silnego wiatru,  
Adam Twardowski – opracowywanie i testowanie oprogramowania do realizacji zadania,  
Mateusz Giszterowicz – wykorzystanie modelu nowcastingowego wspomagających produkty satelitarne, przygotowanie oprogramowania do statystycznej analizy danych o opadzie ze stacji synoptycznych  
mgr Leokadia Zagajewska – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,



Magdalena Raniecka-Wells – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,  
Mateusz Struzik – przetwarzanie danych satelitarnych i pomocniczych,  
mgr Romuald Kaseja – synoptyk konsultant,  
mgr Iwona Lelątko – synoptyk konsultant,  
mgr Marek Jerczyński - przygotowanie i testowanie filtrów CWMF, prace z AROME,  
dr Marcin Kolonko - porównanie modelu AROME z innymi modelami konwekcyjno-skalowymi,  
mgr Tomasz Kułakowski - analiza wybranych aspektów pracy w środowisku R, w tym współpraca z RDBMS oraz językami FORTRAN i C, prace z AROME,  
mgr Danuta Serafin Rek - przygotowanie satelitarnych map opadu dla wybranych terminów,  
Małgorzata Szczęch-Gajewska - przygotowanie środowiska programistycznego do instalacji modelu AROME,  
Adam Twardowski - przygotowanie oprogramowania do statystycznej analizy danych z deszczomierzy ATS,  
Zdzisław Wiktorowicz - przygotowanie danych radarowych z wybranych terminów,  
dr Jadwiga Wojciechowska - przegląd metod weryfikacji rozmytej i operacyjnych systemów weryfikacji,  
Rafał Zawadzki - przygotowanie danych radarowych z wybranych terminów.  
dr Andrzej Mazur – wdrożenie systemu analizy danych z modeli numerycznych  
mgr Piotr Drzewiecki - wdrożenie systemu asymilacji i analizy danych,  
mgr Witold Interewicz - wdrożenie systemu asymilacji i analizy danych,  
dr Grzegorz Duniec - system analizy danych z modeli numerycznych,  
Marek Łazanowicz - wdrożenie systemu asymilacji i analizy danych,  
mgr inż. Anna Bogusz - przegląd oraz tworzenie bazy danych wyjściowych do programu Niżówka oraz obliczanie parametrów niżówek dla wodowskazów na rzekach: Drwęca, Brda, Wierzyca, Parsęta, Liwiec,  
mgr inż. Bartosz Chudzik - przegląd oraz tworzenie bazy danych wyjściowych do programu Niżówka oraz obliczanie parametrów niżówek dla wodowskazów na rzekach: Obra, Noteć, Ina, Przemsza, Tanew, Kamienna,  
Andrzej Dancewicz - przegląd i tworzenie zbioru danych historycznych dla wyznaczania wartości wybranych wskaźników meteorologicznych, analiza danych pomiarowych dla zlewni dorzecza Wisły,



inż. Piotr Dżaków - opracowanie algorytmów obliczeniowych, tworzenie oprogramowania, wizualizacja wyników,

mgr inż. Izabela Działo - przegląd i wybór metod stosowanych w operacyjnych służbach osłony hydrologicznej oraz przegląd bazy danych CBDH pod kątem kompletności do modeli hydrologicznych,

mgr inż. Barbara Garncarz - przegląd oraz tworzenie bazy danych wyjściowych do programu Nizówka oraz obliczanie parametrów niżówek dla wodowskazów na rzekach: Kaczawy, Baryczy i Warty

dr Leszek Jelonek - przegląd definicji, metodyki oraz analiza merytoryczna metod probabilistycznych prognoz hydrologicznych stosowanych w Polsce i na świecie na warunki Polski i w PSHM,

mgr inż. Jolanta Malicka - przegląd oraz tworzenie bazy danych wyjściowych do programu Nizówka oraz obliczanie parametrów niżówek dla wodowskazów na rzekach: Biebrzy i Narwi,

mgr Józefa Malinowska-Małek - wybór użytkowników probabilistycznych prognoz hydrologicznych oraz opracowanie założeń do wstępnej koncepcji udostępniania informacji hydrologicznej zawierającej prognozy probabilistyczne,

mgr Bartłomiej Miszuk - przegląd i tworzenie zbioru danych historycznych dla wyznaczania wartości wybranych wskaźników meteorologicznych, analiza danych pomiarowych dla zlewni dorzecza Odry,

mgr inż. Halina Mordalska - dobór kryteriów przestrzennej reprezentatywności, wybór kryterium oraz określenia przepływu granicznego, analiza obliczonych parametrów niżówek- zmienność czasowa deficytu niżówek w okresie 1966-2005 dla dorzecza Odry,

mgr inż. Anna Pasiecznik - Konwersja plików do formatu programu NIZÓWKA oraz obliczenie parametrów niżówek dla wodowskazów rzek: Bug, Wieprza, Pilica, Łyna

prof. dr hab. Laura Radczuk - dobór kryteriów przestrzennej reprezentatywności, wybór kryterium oraz określenia przepływu granicznego, analiza obliczonych parametrów niżówek- zmienność czasowa deficytu niżówek w okresie 1966-2005 dla dorzecza Wisły,

dr inż. Wiwiana Szalińska - projektowanie schematów analizy danych pomiarowych, dobór metod oraz algorytmów przetwarzania danych i interpretacji wyników; projektowanie architektury oprogramowania systemu oceny i prognozy suszy,



dr inż. Maciej Zdralewicz - przegląd definicji, metodyki oraz analiza merytoryczna możliwości adaptacji niekomercyjnych systemów hydrologicznych prognozowania probabilistycznego stosowanego w innych krajach na warunki Polski i w PSHM,

mgr Agnieszka Krupa - przegląd oraz kalibracja modeli typu opad-odpływ dla Wschodniej, Czarnej i Mochy, przygotowanie danych wyjściowych do modelu dla rzeki Czarnej Staszowskiej,

mgr Agnieszka Malota - analiza możliwości wykorzystania dwuwymiarowych modeli hydrologicznych w pracach planistycznych, zebranie danych dotyczących zagospodarowania i planowania przestrzennego dla zlewni Soły po wodowskaz Żywiec,

mgr inż. Jadwiga Niedbała - analiza dostępności danych, przygotowanie zasad dla przygotowywania danych wyjściowych do modeli, przygotowanie i konfiguracja modelu dla Soły po wodowskaz Żywiec,

mgr inż. Jerzy Niedbała - przygotowanie kryterium oceny jakości numerycznych modeli terenu pod kątem przydatności w modelowaniu hydrologicznym, oraz opracowanie wytycznych do opracowania modeli oraz weryfikacja wyników kalibracji modeli opad-odpływ,

dr Stanisław Ryszard Kozieł - Opracowanie katalogu wirowości dla 9 punktów geograficznych, obliczanie wirowości pola SLP, sporządzenie map dobowego pola geopotencjału, oraz badanie związku występowania opadu z wirowością pola geopotencjału

## **9. Informacje o sposobie odbioru zadań składowych i trybie koordynacji prac**

Prace prowadzone w ramach realizacji zadania były koordynowane przez:

- raporty miesięczne i kwartalne oraz raport roczny,
- opracowania cząstkowe wykonane w poszczególnych etapach prac,
- spotkania głównych wykonawców zadań z koordynatorem Zadania 5,
- dwa seminaria sprawozdawcze dla zadania 5: w dniu 27 października 2009 r. seminarium zadania 5.5 we Wrocławiu, w siedzibie Oddziału Wrocławskiego IMGW, oraz w dniach 17 do 18 grudnia 2009 r. seminarium zadań 5.1 do 5.4 w Krakowie, w siedzibie Oddziału Krakowskiego IMGW.