

Obserwator

WYDANIE SPECJALNE
Pogoda
i bezpieczeństwo



4 *potęga wiedzy*

Od deszczu do wiatru

6 *obserwować i rozumieć*

Pomiary meteorologiczne –
parę uwag o historii

14 *zrozumieć wodę*

Pomiary i obserwacje
na stacjach hydrologicznych

22 *z innej perspektywy*

Historia, teraźniejszość
i przyszłość aerologii

29 *działamy całą dobę*

Awaria! Awaria!

34 *kolejny krok*

Przyszłość – więcej, szybciej, dokładniej

36 *na fali*

Sieć POLRAD po modernizacji

Obserwator

Gazeta Obserwatora ISSN: 2658-2716

Wydawca: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61 | www.imgw.pl

Magazyn Obserwator dostępny jest również w wersji online: <https://obserwator.imgw.pl/>

Zespół Redakcyjny: Zespół Komunikacji IMGW-PIB

Redaktor Naczelny: Rafał Stepnowski

Projekt graficzny i skład: Michał Seredin

Kontakt do redakcji: content@imgw.pl

Zdjęcie na okładce: Phrhan Gunj | stock.adobe.com

Redakcja nie zwraca materiałów niezamówionych, zastrzega sobie prawo do skrótów, adiacji i redagowania nadesłanych tekstów. Wszystkie materiały publikowane w Obserwator (Gazeta Obserwatora ISSN: 2658-2716) mogą być przedrukowywane wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść zamieszczanych reklam i ogłoszeń.



Obserwowanie świata to nasza naturalna, pierwotna potrzeba. Dzięki tej umiejętności od najmłodszych lat rozwijamy zdolności, które wykorzystujemy przez całe życie. Ale wraz z biegiem czasu dziecięce obserwacje stają się wnikliwsze i wreszcie pojawia się pytanie - co widzę?

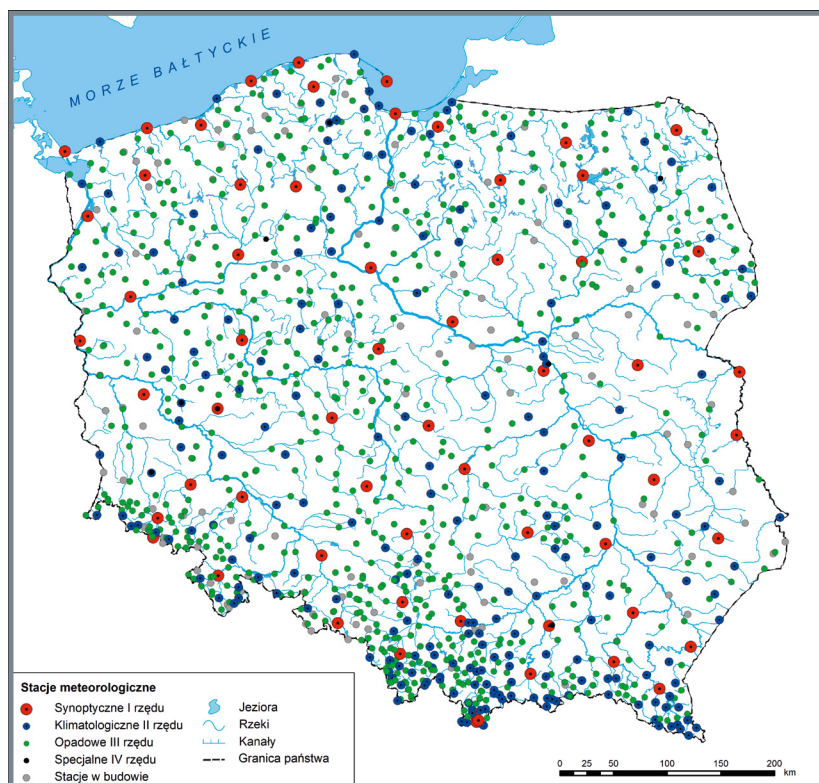
Zachodzące w przyrodzie zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne od zarania dziejów budziły ludzką ciekawość. Na początku tylko się im przyglądaliśmy, dzięki czemu mogliśmy się odpowiednio wcześniej schronić przed zagrożeniami i przygotować na trudne czasy. Później zaczęliśmy te spostrzeżenia zapisywać i poszukiwać przyczyn oraz powiązań. W końcu, dzięki nauce, zrozumieliśmy zasady kierujące pogodą i obiegiem wody w przyrodzie. Z tej wiedzy zrodziło się poczucie bezpieczeństwa, przeświadczenie o ujarzmieniu natury. Dziś wiemy, że to tylko złudzenie.

Poznawanie świata nigdy się nie kończy. Dzięki takim instytucjom jak IMGW-PIB, i ludziom tu pracującym, nasza wiedza o atmosferze i hydrosferze jest coraz większa. Zachodząca współcześnie zmiana klimatu czyni tę wiedzę jeszcze bardziej istotną. Obserwacje i pomiary prowadzone 24 godziny na dobę, 365 dni w roku, pozwalają lepiej adaptować się do warunków tu i teraz oraz przygotować na to, co niesie przyszłość. Ponieważ ekosystem ziemski nieustannie ewoluuje, obserwowanie i rozumienie świata będzie zawsze ważnym elementem naszego życia.

Rafał Stepnowski

„Trzeba bardzo uważnie patrzeć, żeby dostrzec to, co dzieje się na naszych oczach. Trzeba pracy nabożnego trudu, żeby widzieć to, na co patrzymy”.

Don DeLillo, Punkt Omega

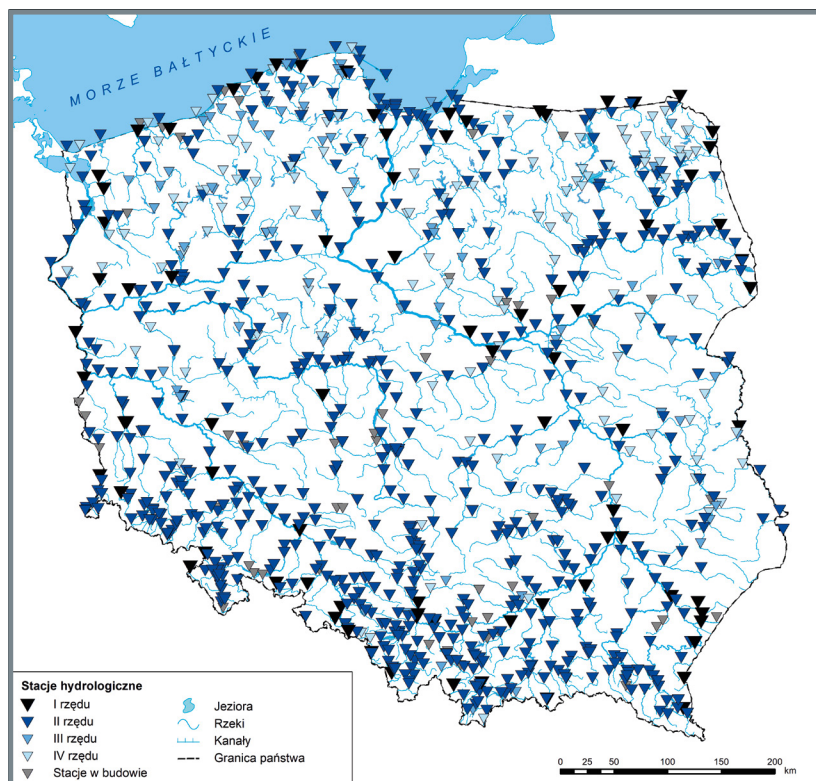


Meteorologiczna sieć pomiarowo-obszaryjny IMGW-PIB

Aktualnie sieć składa się z 981 stacji, w tym 63 stacji synoptycznych I rzędu, 220 stacji klimatologicznych II rzędu, 690 stacji opadowych III rzędu oraz 8 stacji specjalnych IV rzędu. Obecnie trwa jej rozbudowa i modernizacja w ramach projektu ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu Odry i Wisły (POPDOW). W efekcie do 2025 r. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej będzie dysponował ponad tysiącem stacji, z których ok. 70 proc. zostanie wyposażona w automatyczne urządzenia pomiarowe oraz telemetryczny system przesyłu danych.

Hydrologiczna sieć pomiarowo-obszaryjny IMGW-PIB

Aktualnie sieć składa się z 905 stacji, w tym 82 stacji I rzędu utrzymywanych na potrzeby obliczania bilansu wodnego Polski, 634 stacji II rzędu - automatycznych z ciągłą transmisją danych, 73 stacji III rzędu - automatycznych bez ciągłej transmisji oraz 116 stacji IV rzędu, gdzie pomiary prowadzone są wyłącznie manualnie przez obserwatora. W 2025 r. IMGW-PIB będzie dysponował 950 stacjami, z czego ok. 92 proc. zostanie wyposażona w automatyczne urządzenia pomiarowe oraz telemetryczny system przesyłu danych.





Od deszczu do wiatru

Anna Goławska | IMGW-PIB/ Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej,
Wydział Inspekcji Sieci Hydrologiczno-Meteorologicznej

Prognozowanie pogody nie jest łatwe. Wymaga wiedzy, umiejętności, potężnych superkomputerów i ogromnej ilości danych. Dane, których najważniejszym źródłem nadal są naziemne stacje pomiarowe. Zapraszamy na krótką wycieczkę, podczas której opowiemy o tym, jak funkcjonuje Meteorologiczna Sieć Pomiarowo-Obserwacyjna w IMGW-PIB.

W zależności od rodzaju stacji, na jej wyposażenie i zakres prowadzonych pomiarów i obserwacji składa się inny zestaw urządzeń. Na tych najbardziej podstawowych stoją wyłącznie deszczomierze, a na stacjach wyższych rzędów - wiele innych przyrządów pomiarowych, jak na przykład wiatromierze. Zaczniemy więc od początku.

Stacja opadowa. Comierzmy? Wysokość opadu atmosferycznego: deszczu i śniegu.

Czym mierzymy? Deszczomierzem (manualnym lub automatycznym) i śniegowskazem.

Deszczomierz to biały, nieduży zbiornik umieszczany na wysokości 1 metra (1,5 m na terenach górskich) nad ziemią. Może być manualny - musimy wtedy wyjąć z niego zbiornik, przelać opad do menzurki i odczytać ile milimetrów wody spadło - bądź automatyczny - wówczas pomiar jest wykonany za pomocą wagi lub korytka, które przechylając się wytwarza impuls. Stacja opadowa może być wyposażona

w jeden z nich lub obydwa jednocześnie, co umożliwia porównywanie danych i uzyskiwanie dokładniejszej informacji. W przypadku śniegu, konieczne jest jego rozpuszczenie i wykonanie pomiaru opadu ciekłego. Dodatkowo realizuje się również pomiar śniegu świeżo spadłego - służy do tego śniegowskaz.

Dlaczego wynik pomiaru podawany jest w milimetrach? Ponieważ tak wyrażamy wysokość opadu - grubością warstwy wody, jaka utworzyłaby się na powierzchni ziemi

o powierzchni 1 metra kwadratowego, gdyby woda pochodząca z opadu nie spływała, nie wsiąkała i nie parowała. 1 milimetr opadu to 1 litr na metr kwadratowy. Zawsze w tym miejscu pojawia się pytanie - 1 milimetr opadu to dużo czy mało? Mżawka osiąga wysokość do 1 milimetra na godzinę. Deszcz ulewny to już około 7 milimetrów na godzinę. Natomiast nawalny deszcz przelotny to już do 30 milimetrów na godzinę.

Stacje opadowe - stacje III rzędu są wyposażone w deszczomierze manualne i/lub automatyczne. Dane zbierane na tych stacjach dotyczą wysokości opadu atmosferycznego (deszczu, śniegu) i podawane są w milimetrach. Państwowa Sieć Hydrologiczno-Meteorologiczna wyposażona jest w 645 stacji opadowych.

Stacja klimatologiczna. Co mierzymy? Wysokość opadu atmosferycznego, temperaturę powietrza, wilgotność powietrza, temperaturę przy powierzchni gruntu, ciśnienie, kierunek i prędkość wiatru. Czym mierzymy? Deszczomierzem, termometrem, sondami i czujnikami temperatury, wiatromierzem.

Najważniejszym elementem stacji klimatologicznej jest klatka meteorologiczna. To biała osłona radiacyjna, znajdująca się na wysokości 2 metrów nad poziomem gruntu, w której zamontowane są termometry i czujniki pozwalające zmierzać temperaturę powietrza (aktualną, minimalną i maksymalną). Jest tam także czujnik wilgotności powietrza do mierzenia procentowej zawartości pary wodnej w powietrzu. Klatkę meteorologiczną maluje się na biało, a jej drzwiczki otwierają się w kierunku północnym, aby promienie słoneczne - w razie ich otwarcia - nie padały bezpośrednio na termometry i czujniki. Klatka zbudowana jest z drewnianych listew układających się w żaluzje, które zapewniają swobodną cyrkulację powietrza.

Zarówno klatka meteorologiczna, jak i pozostałe przyrządy pomiarowe znajdują się na poletku gruntowym - wypielonym i spulchnionym fragmencie ziemi pozbawionym roślinności. Jego wielkość zależy od charakteru prowadzonych obserwacji - jeżeli na stacji znajduje się tylko czujnik temperatury, to poletko ma wymiary 1 m × 1 m, przy dodatkowych termometrach jego rozmiary bywają większe, np. 1 m × 2 m. Przy gruncie mierzy się temperaturę

minimalną, natomiast sonda wpuszczona na głębokość 1 metra pozwala na pomiary temperatury gruntu na poziomie 5, 10, 15 20 oraz 100 cm.

Istotnym urządzeniem na stacji klimatologicznej jest wiatromierz, wyniesiony wysoko ponad grunt, który mierzy kierunek i prędkość wiatru. Prędkość podawana jest najczęściej w metrach na sekundę, a kierunek w stopniach. Najbardziej powszechne są wiatromierze ultradźwiękowe, które wykonują pomiar metodą soniczną. Przeciętny maszt wiatromierza ma 10 metrów, jednak zdarzają się sytuacje, kiedy urządzenie montuje się na wysokości 15, 20, a nawet 30 metrów.

Stacje klimatologiczne - stacje II rzędu są wyposażone w czujniki, termometry, sondy oraz inne przyrządy pomiarowe. Dane zbierane na tych stacjach dotyczą temperatury powietrza i gruntu, wilgotności i ciśnienia powietrza, opadów atmosferycznych oraz także kierunku i prędkości wiatru. Państwowa Sieć Hydrologiczno-Meteorologiczna wyposażona jest w 208 stacji klimatologicznych.

Stacja synoptyczna. Co mierzymy? Wszystko to, co na stacji opadowej i klimatologicznej oraz dodatkowo: czas trwania usłonecznienia, procesy fenologiczne, widzialność, wielkość i charakter tendencji ciśnienia atmosferycznego, wielkość i rodzaj zachmurzenia, wysokość podstawy chmur czy zjawiska pogodowe.

Stacja synoptyczna różni się znacznie od stacji klimatologicznej nie tylko pod względem większej liczby programów pomiarowych. W ciągu doby stacje synoptyczne dokonują 24 obserwacji terminowych (przy pomocy obserwatora lub w sposób automatyczny) w pełnych godzinach UTC - od godziny 00 do godziny 23. Międzynarodowymi terminami synoptycznymi są 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 oraz 21. Terminy 00, 06, 12 i 18 są terminami głównymi. Wszystkie dane pomiarowe poprzedzone obserwacjami są szyfrowane w depesze SYNOP i przesyłane najpierw do ogólnopństwowych (centralnych) lub regionalnych biur synoptycznych, a następnie do Globalnego Systemu Telekomunikacyjnego Światowej Organizacji Meteorologicznej oraz innych użytkowników. Oprócz depesz SYNOP wysyłane są jeszcze inne, niezwykle ważne informacje,

jak na przykład depesze ostrzegawcze. Depesza ostrzegawcza STORM może dotyczyć niebezpiecznych zjawisk takich jak: silny wiatr, gołoledź, burze.

Wśród stacji synoptycznych znajdują się wyjątkowe ich rodzaje: Wysokogórskie Obserwatoria Meteorologiczne na Kasprowym Wierchu i Śnieżce, Stacja Badań Śniegu i Lawin na Hali Gąsienicowej, Lotniskowe Stacje Meteorologiczne, stacje nadmorskie (brzegowe) oraz morskie (statki, platformy i boje).

Stacje synoptyczne - stacje I rzędu są również wyposażone w czujniki, termometry, sondy oraz inne przyrządy pomiarowe. Dane zbierane na tych stacjach dotyczą temperatury powietrza i gruntu, wilgotności i ciśnienia powietrza, opadów atmosferycznych, kierunku i prędkości wiatru, chmur, zjawisk meteorologicznych, usłonecznienia, fenologii, zjawisk atmosferycznych i wielu innych. Państwowa Sieć Hydrologiczno-Meteorologiczna wyposażona jest w 63 stacje synoptyczne.

Nie ma przypadków. Stacja meteorologiczna I, II lub III rzędu nie znajduje się w przypadkowym miejscu. PSHM na bieżąco dba, uzupełnia i przenosi stacje po to, aby obserwacje były prowadzone regularnie, prawidłowo i w odpowiednich lokalizacjach. Każda stacja ma ogromny wachlarz metadanych, które są skrupulatnie sprawdzane, kontrolowane i spisywane w wielu systemach bazodanowych. Współrzędne geograficzne, region opadowy, dorzecze, odległości do innych stacji oraz charakter terenu to tylko nieliczne z nich. Metadane są niezbędne do prawidłowego korzystania z zebranych danych oraz ich opracowywania.

Miejsca bez przeszkód terenowych, zwartych zabudowań oraz zadrzewień, odpowiednie odległości do innych obiektów czy wzniesień, zabezpieczenie stacji przed zmianami, na przykład negocjowanie planu zagospodarowania terenu - to tylko niektóre z czynności, które muszą podlegać weryfikacji codziennie. Niekiedy warunki wytyczone przez instrukcje wewnętrzne IMGW-PIB czy wymagania WMO są naprawdę bardzo trudne do spełnienia. PSHM jednak stawia czoła takiemu wyzwaniu, dzięki czemu możemy szczerzyć się doskonale utrzymanymi i wspólnie zachowanymi stacjami, które gromadzą dane na światowym poziomie. ◀

Pomiary meteorologiczne, *parę uwag o historii*

Michał K. Kowalewski | IMGW-PIB/ Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej,
Wydział Inspekcji Sieci Hydrologiczno-Meteorologicznej

Od zarania dziejów człowiek mókł na deszczu, marzył w bezchmurną noc, wygrzewał się w słoneczne południe. Mimo upływu tysięcy lat, nadal potrzebujemy odpowiedniego okrycia i schronienia. Pogodę wykorzystał Władysław Jagiełło w bitwie pod Grunwaldem, pozwalając swoim wojskom oczekiwać w cieniu, gdy Krzyżacy męczyli się na nasłonecznionym polu. Ochłodzenie klimatu zwane „małą epoką lodowcową” spowodowało w XVI wieku głód w północnej Europie i zmusiło królów Szwecji do ekspansji na południe Bałtyku. Nic więc dziwnego, że od wieków pogodę i klimat próbowano zrozumieć i opisać – wiedza ta umożliwiała postęp cywilizacyjny.



for. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Praca przy dalekopisach (1973).

Ludzie obserwowali przebieg pogody, ponieważ chcieli wiedzieć, czego mogą się spodziewać w najbliższej przyszłości. Lepiej lub gorzej przewidywali aurę na kolejny dzień oraz wiedzieli jakie warunki mogą panować w tym samym okresie za rok. Dzięki temu mogli rozsądnie prowadzić i planować prace polowe, uprawiać żeglugę czy rozwijać budownictwo. Pierwsze prognozy bazowały na własnych obserwacjach i założeniu, że „w tym roku będzie jak w zeszłym”. Z czasem przybrały one formę ludowej mądrości - wyrażanej przysłowiem, prostą do zapamiętania rymowanką.

Wśród licznych mimowolnych świadków pogody trafiały się jednostki, które pragnęły obserwować w sposób systematyczny. Wraz z rozwojem techniki pojawiły się przyrządy umożliwiające pomiar wybranych elementów. Jednak te pierwsze dane historyczne, chociaż stanowią materiał bardzo ciekawy i cenny, obarczone były wieloma wadami, wynikającymi przede wszystkim z braku spójnych zasad wykonywania pomiarów. Stosowano różne konstrukcje przyrządów, pomiary realizowano w przypadkowych lokalizacjach, godziny obserwacji pozostawały wiele do życzenia w myśl dzisiejszych standardów. Ale takie były początki. Mimo to, XVII-wieczne dane pomiarowe z Warszawy, Wilna, Wrocławia, Gdańska czy Kijowa pozostają wartościowym materiałem dla klimatologów.

Rozwój systematycznym pomiarów meteorologicznych nastąpił w czasie rewolucji przemysłowej, gdy pojawiła się większa potrzeba opisu otaczającego nas świata, a ludzie zaczęli tworzyć narzędzia techniczne i organizacyjne dające lepsze możliwości poznawcze. Na pierwszym miejscu trzeba tu wymienić środki szybkiej komunikacji, które umożliwiały gromadzenie, przesyłanie i wizualizację informacji o pogodzie panującej na obszarze większym niż zasięg wzroku. Tym samym stworzono potencjał do opracowywania prognoz deterministycznych bazujących na analizie nadciągających zjawisk pogodowych, a nie tylko na powtarzalności pewnych sekwencji w jej przebiegu.

Budowa sieci pomiarowej w Polsce.

W Polsce rozwój systematycznych, sieciowych pomiarów meteorologicznych rozpoczął się wraz z odzyskaniem państwowości na początku XX wieku. Nie oznacza to, że wcześniej na tych terenach nie prowadzono obserwacji i pomiarów meteorologicznych, ale były one organizowane przez państwa zaborcze. Należy też wspomnieć, że w 1865 roku własną sieć obserwacyjną organizowała Polska Akademia Umiejętności w Krakowie, a 20 lat później na terenie zaboru rosyjskiego powstała Sieć Warszawska złożona z prywatnych stacji wolontariuszy. Jednym z pierwszych zadań, utworzonego w 1919 roku, Państwowego Instytutu Meteorologicznego było „ujednoczenie systemu wykonywania spostrzeżeń w całej sieci, powstałej ze zjednoczenia trzech sieci odrębnych”¹.

Nowo powstające stacje były podobne do tych z lat 80. XX wieku. Stacje I rzędu odpowiadały dzisiejszym stacjom synoptycznym i wykonywano na nich pomiary ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza, opadów, kierunku i prędkości wiatru, a także obserwacje zachmurzenia i zjawisk. Niektóre pracowały w sposób ciągły, natomiast wszystkie były wyposażone w samopisy. Stacje II rzędu miały taki sam zakres pomiarowy, ale prowadzono na nich tylko trzy obserwacje w ciągu doby. Tego typu stacja była nazywana „pełną” i nie była wyposażona w komplet samopisów. Stacje o mniejszym zakresie pomiarowym to stacje III rzędu „termometryczno-opadowe”. Na nich, w godzinach 7, 13 i 21 lokalnego czasu słonecznego, mierzono wartość temperatury i wielkość opa-



fot. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Józef Krystek, kierownik Stacji Doświadczalnej IMiGW Warszawa-Bielany, przy klatce meteorologicznej podczas pomiaru temperatury (1973).



fot. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Aparatura pomiarowa na stacji meteorologicznej Zakopane (1928).

du. Dane w wykazach podawano w czasie urzędowym, zwanym wtedy „czasem kolejowym”. Stacje IV rzędu, opadowe, wykonywały jeden odczyt w godzinach porannych.

Liczba stacji w dwudziestoleciu międzywojennym ulegała dużym zmianom. Na przykład w roku 1928 funkcjonowało 27 sta-

cji I rzędu, a rok później już tylko 11. Taka dynamika wynikała z różnych form organizacji - PIM prowadził własne stacje, ale korzystał również z punktów pomiarowych innych instytucji (uczelnie, instytuty związane z rolnictwem, wojsko) oraz ze stacji prywatnych. Na początku lat 30. na części stacji zaczęto

¹ Cytat pochodzi z przedmowy do pierwszej instrukcji dla obserwatorów meteorologicznych.



Źródło: Narodowe Archiwum Cyfrowe

Badania meteorologiczne w obserwatorium meteorologicznym w Roznowie, lata 30.

realizować dodatkowo obserwacje rolniczo-meteorologiczne. Zatem PIM prowadził sieć pomiarowo-obszaryjną, w której funkcjonowały dwa duże, do pewnego stopnia niezależne pod względem przeznaczenia, komponenty - sieć dla potrzeb synoptycznych i sieć dla potrzeb rolnictwa.

Elementy stacji obserwacyjnej. Temperatura i wilgotność. W latach 20. i 30. pomiarów obu elementów na stacjach meteorologicznych PIM dokonywano za pomocą instrumentów umieszczanych w klatce meteorologicznej Stevensona - konstrukcji która w tamtym czasie

była już w powszechnym użyciu. Wcześniej, na terenie zaboru rosyjskiego, stosowano klatki Wilda, a na pozostałym obszarze termometr umieszczano w metalowej osłonie zamocowanej po zewnętrznej stronie budynku, na oknie, w jego północnej elewacji.

Pomiar temperatury wykonywany był sprzętem i według zasad, które zasadniczo nie uległy zmianie do dziś, choć sprzęt taki ma już znaczenie jedynie jako zapas, na wypadek awarii. W klatce znajdował się termometr suchy, minimalny i maksymalny. Budowa termometrów szklanych, podziałek, a także sposobu ekspozycji nie zmieniła się do chwili



Źródło: Narodowe Archiwum Cyfrowe

Diżurny obserwator przy odczytywaniu kierunku i prędkości wiatru na wskaźnikach elektrycznych. Lotnisko Warszawa (1934).

wprowadzenia zakazu stosowania rtęci. Najstarsze termometry, te z państw zaborczych, miały źle przymocowaną podziałkę, która z czasem przesuwała się względem kapilary, powodując stały błąd. W latach 20. XX wieku problem ten został wyeliminowany. Pomocniczym przyrządem był termograf.

Na stacjach instalowano również termometry minimalny i maksymalny do pomiaru temperatury przy gruncie i gruntu, a na stacjach z rozszerzonym programem pomiarów agrometeorologicznych, także termometr zwykły (na wysokości 5 cm nad gruntem wśród roślinności, oraz na gruncie lub śniegu). Instrumenty te nie miały sztucznych osłon radiacyjnych, były ekspozowane na promieniowanie słoneczne lub zacieniane przez roślinność, analogicznie jak grunt, na którym wykonywany był pomiar. Poza tym na stacjach znajdował się również termometr wyciągowy, którym wykonywano pomiar na głębokości jednego metra.

Wilgotność powietrza rejestrowano przy użyciu psychrometru Augusta. W sezonie zimowym, gdy stosowano krótki batyst, obserwator miał obowiązek zwilżenia batystu na godzinę przed odczytem. Jako sprzęt kontrolny wykorzystywano psychrometr respiracyjny Assmanna. Ponieważ wyniki nie zawsze były spójne, na części stacji eksperymentowano ze sztuczną wentylacją, ale tylko termometru zwilżonego.

Opad. Do pomiaru wysokości opadu stosowano deszczomierz systemu Hellmanna, którego budowa nie uległa większym zmianom przez minione 100 lat. Jednak sposób jego montażu pozostawiał wiele do życzenia, jeśli chodzi o współczesne standardy. Umieszczony był na nieznaczącej wysokości, bez wskazania, że jest to dokładnie metr, i w takiej odległości od otaczających obiektów, że dzisiaj uznalibyśmy to za trzecią klasę reprezentatywności. Należało unikać miejsc całkowicie otwartych, ze względu na wiatr.

Stacje mogły być wyposażone w samopiszące rejestratory opadów, pluwiograf lewarowy systemu Hellmanna-Fuessa, mierzący objętość wody opadowej, oraz śniegomierz samopiszący mierzący masę opadu. Pluwiograf wymagał obsługi raz na dobę, obserwator musiał wymienić pasek papieru, na którym rejestrowany był opad. Śniegomierz samopiszący wymagał dodatkowego nadzoru przy intensywnych opadach, gdyż groziło mu przepełnienie, podobnie jak to się dzieje z deszczomierzem Hellmanna.

Warto wspomnieć, że własne stacje opadowe prowadziło również Centralne Biuro Hydrograficzne, przemianowane następnie na Instytut Hydrograficzny. Organizacyjnie, miały one prostszy zakres obserwacji - wykonywano na nich jedynie pomiar opadu i pokrywy śnieżnej, bez określania rodzaju opadów oraz typu zjawisk atmosferycznych, które obserwator meteorologicznej stacji IV rzędu był zobowiązany notować. Warto dodać, że na deszczomierzu sieci hydrograficznej umieszczone było godło Polski. Stosowano również odmienne malowanie słupka deszczomierza. PIM włączał dane z sieci Instytutu Hydrograficznego do swoich zasobów.

Ciśnienie. Barometr na stacji z lat 20. XX wieku był umieszczony w budynku, w miejscu o możliwie stałej temperaturze. Należy pamiętać, że ówczesny barometr był sprzętem ręcowym; całe urządzenie, niezależnie od systemu, miało około 90 cm wysokości, było zawieszane na którejś z wewnętrznych ścian. Deska, stanowiąca bardzo charakterystyczną część barometrów zachowanych na niektórych stacjach w charakterze eksponatu do dziś, nie była oczywiście częścią pierwotnie stosowanych przyrządów. Stacje I rzędu były dodatkowo wyposażone w barografy, a stacje II rzędu w aneroidy - przyrządy te umożliwiały szybki orientacyjny odczyt ciśnienia w celu określenia jego tendencji.



foto. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Kierownik Wysokogórskiego Obserwatorium Meteorologicznego Kasprowy Wierch dr Edward Sienz sprawdza aparaty rejestrujące usłonecznienie.



foto. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Kreślarnia map pogody w Oddziale Synoptycznym PIM na lotnisku (1934).

Wiatr. Prędkość i kierunek wiatru były określane za pomocą wiatromierza Wilda, a sporadycznie szacowane wg skali Beauforta dostosowanej do pomiarów na lądzie. Posługiwano się 16-kierunkową skalą kierunku, a prędkość określano w metrach na sekundę, jednak ze względu na metodę pomiaru nie była to skala ciągła. Wiatromierz umieszczano na słupie lub dachu tak, aby przewyższał wszystkie okoliczne przeszkody. Niekiedy stosowano również mechaniczne anemometry czaszowe Robinsona; był to sprzęt o niedużych rozmiarach (średnica

czasz ok. 1,5 cm), przeznaczony do chwilowej ekspozycji, a nie trwałego umieszczenia na zewnątrz.

Inne pomiary i obserwacje. Na stacjach PIM mierzono także usłonecznienie. Wykorzystywano w tym celu heliograf Campbella-Stokesa, który w niezmięnionej postaci funkcjonuje na niektórych stacjach IMGW-PIB jeszcze dziś. Dopuszczano instalowanie heliografu na dachu klatki meteorologicznej, choć zalecano, aby robić to na niezależnym podeście, w ogródku lub na dachu budynku.



fol. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Państwowy Instytut Meteorologiczny (1937).

Obserwacje chmur znacznie różniły się od dzisiejszych. Stosowano klasyfikację Howarda z 1803 roku, która zasadniczo dzieliła chmury na cztery typy: pierzaste (Cirrus), kłębiaste (Cumulus), warstwowe (Stratus) oraz deszczowe (Nimbus). Nazewnictwo brzmi znajomo, najbardziej odmiennymi od stosowanych dziś symboli są Fr Cu, Fr S i Fr N, odpowiednio porozrywane kłębiaste, porozrywane warstwowe i porozrywane deszczowe. Oprócz rodzaju, zwanego wtedy typem, notowano również prędkość i kierunek ruchu chmur. Do tego celu wykorzystywano nefoskop Pirchera, przyrząd złożony z poziomego, odpowiednio wyskalowanego zwierciadła i ramienia, którym zaznaczano początkowe położenie odbicia chmury.

Na nielicznych stacjach realizowano pomiar parowania - służył do tego ewaporometr Wilda. Była to niewielka waga z szalką

w formie naczynia, które napełniano wodą. W miarę parowania zmieniała się masa pozostałej wody. Ewaporometr Wilda umieszczano w osłonie, w postaci klatki identycznej jak ta, w której prowadzi się pomiary temperatury i wilgotności.

W okresie zimowym wykonywano pomiary pokrywy śnieżnej. Stosowano śniegowskaz, którego wzór nie uległ zmianie do dziś. Nie realizowano pomiarów śniegu świeżego, zatem nie było „desek do śniegu”. Gęstość śniegu mierzono sprzętem improwizowanym - dopuszczano pobieranie próbki śniegu przy pomocy dodatkowego deszczomierza Hellmanna (wbijając jego odbiornik pionowo, pierścieniem w dół), a następnie odczyt z wykorzystaniem standardowej menzurki. Innym rozwiązaniem było posłużenie się dowolną rurą okrągłą lub prostokątną o znanym przekroju, a następ-

nie, po zmierzeniu objętości wody, wykonanie stosownych przeliczeń. Dopuszczano również wycinanie słupa śniegu przy użyciu szpadla, wymagając równocześnie bardzo dużej precyzji rozmiarów takiej próbki.

Najbardziej pracochłonny na stacji meteorologicznej I rzędu sprzed wieku był pomiar zamarzania gruntu. Obserwator musiał odgarnąć śnieg, a następnie wykopać dół, aby przebić się do warstwy gruntu niezamrożonego. Pomiar taki zalecano przeprowadzać raz w miesiącu.

Obserwacje zgodne z opisanym tu schematem wykonywano od roku 1919 do utraty przez Polskę niepodległości podczas II wojny światowej. Przez te 20 lat zmiany były stosunkowo niewielkie, dążono do ujednolicenia sprzętu (np. wybór jednego systemu barometrów), ustalono wysokość montowania deszczomierzy, eksperymentowano z nowym ro-

dzajem sprzętu, dla przykładu pojawiły się na nielicznych stacjach ewaporometry Piche'a, a w obszarach górskich zainstalowano przynajmniej trzy totalizatory. Ważnym zagadnieniem była kwestia opracowania i wdrożenia systemu przekazywania informacji do instytutu, który od 1922 r. przyjął nazwę Państwowego Instytutu Meteorologicznego.

Okres wojenny. W 1939 roku Polska znalazła się pod okupacją. Pomiarów meteorologicznych zostały przejęte przez władze okupacyjne i włączone do odpowiednich sieci. Na terenie zajęтым przez Niemcy pozostawiono, przynajmniej częściowo, polskich obserwatorów na stacjach II i niższych rzędów. Stacje te wykonywały pomiary zgodnie z niemieckimi zasadami. Zmieniły się godziny obserwacji, nadal były one realizowane zgodnie z czasem słonecznym, ale termin południowy został przesunięty na godzinę 14. Pomiary ciśnienia, temperatury powietrza i jego wilgotności wykonywano tak jak przed wojną. Zmieniono zasady mierzenia temperatury przy gruncie, wycofano z nich pomiar temperatury maksymalnej, a termometr minimalny miał być umieszczony nad niską trawą, 5 cm ponad gruntem, w ciągu dnia sztucznie zacieniony. Prędkość wiatru notowano wg skali Beauforta i zniesiono obowiązek notowania rodzajów chmur. Nowością było wprowadzenie notowania widzialności na podstawie 9 reperów (od 50 m do 500 km) wybranych w sektorze północnym względem stacji. Wybór sektora miał zapewnić najlepsze oświetlenie reperów. Wprowadzono obowiązek odczytu opadów 3 razy na dobę, opad dobowy był sumą trzech ostatnich pomiarów, zakończonych pomiarem porannym i wpisywanym w dniu pomiaru porannego. Rozpoczęto również obserwację stanu gruntu, opisywaną wg specjalnego klucza. Rozszerzono zakres informacji, które należy zanotować przy burzy o kierunek jej przemieszczania się i o informacje o wietrze towarzyszącym burzy. Zmieniono sposób obliczania rozkładu kierunków wiatru. Nakazano przekazywać wyniki obserwacji najpóźniej czwartego dnia następnego miesiąca. Wprowadzono pomiar śniegu świeżego, jako pomiar dodatkowy, nieobowiązkowy. Zalecano wykonywanie go na desce w postaci stołu o wysokości 20-30 cm.

Powojenna rzeczywistość. Po zakończeniu działań wojennych sieć pomiarowo-obszernacyjna wymagała odbudowy. Część

stacji wznowiła działalność, niektóre były prowadzone przez wojsko, a następnie przekazane służbom cywilnym. Organizacyjnie struktura sieci wyglądała podobnie, jak w latach 20., przy czym na wszystkich stacjach, niezależnie od ich rzędu, wykonywano obserwacje do celów klimatologicznych. Zakres pomiarowy stacji I i II rzędu rozszerzono o porywy wiatru, pozostawiono wprowadzone przez niemieckie władze okupacyjne pomiary widzialności. Wśród przyrządów pojawiają się anemografy oraz termometry gruntowe. Pomiar wilgotności jest uproszczony, dzięki wyposażeniu stacji w higrometr włosowy, choć w ramach obserwacji terminowych prowadzono obowiązek posługiwania się psychrometrem. Widoczna jest tendencja do dublowania sprzętu, aby obserwator miał możliwość stwierdzenia uszkodzeń lub własnych pomyłek. Pomiary są wykonywane na stacjach wyższych rzędów przynajmniej trzykrotnie w ciągu doby. W klatce meteorologicznej pojawił się ewaporometr Piche'a, stopniowo rezygnowano z ewaporometrów wagowych, które wymagały drugiej klatki.

Ważną zmianą jest rozróżnienie obserwacji klimatologicznych od tych dla celów służby pogody. Obserwacje klimatologiczne wykonywane są trzykrotnie w ciągu doby, zgodnie z czasem słonecznym, a głównym parametrem jest temperatura, mierzona psychrometrami Augusta i Assmanna oraz za pomocą termografu. Stacje pracujące również w służbie pogody wykonują 4 lub 8 a docelowo 24 obserwacje w równych przedziałach czasu, podczas których najważniejszy jest pomiar ciśnienia atmosferycznego. Obserwacje synoptyczne zostają powierzone stacjom I rzędu; wiąże się to ze zmianami kadrowymi, nie ma już możliwości, by obserwacje wykonywał obserwator ryczałtowy, niezbędne jest zatrudnienie obserwatorów etatowych i zapewnienie ciągłości dyżurów.

Zmienił się sposób zapisywania chmur. Wprowadzono podział na dziesięć znanych nam rodzajów, a następnie na gatunki i odmiany. Wyróżnia się jednak również podrodzaje i podgatunki, dla przykładu *Alto cumulus translucidus* i *Alto cumulus opacus* to dwa podrodzaje *Alto cumulus*, a *Fracto stratus* jest podrodzajem *Stratus*. Zapisywany jest również ruch chmur. Przedwojenny nefoskop Pirchera zastąpiony został nefoskopem Bessona, ze względu na swój kształt zwanym „grabiami”. Przyrząd ten pozwalał na pomiar ruchu chmury na pod-

stawie obserwacji bezpośredniej, w przeciwieństwie do porzuconej techniki obserwacji odbicia chmury w zwierciadle nefoskopu. Niektóre stacje wykonywały pomiary pilotowe, zamiast nefoskopowych, wypuszczając balonik, a następnie obserwując jego ruch. W ten sposób szacowano prędkość wiatru na większych wysokościach oraz określano wysokość podstawy chmur. Pomiary nefoskopem były wykonywane w ramach pomiarów klimatologicznych, jak i synoptycznych, ale tylko w porze dziennej. Z tego względu w okresie zimowym tych obserwacji było mniej. Podejmowano również próby pomiarów wysokości podstawy chmur. Używano wspomnianych wyżej balonów pilotowych, popularniejszym narzędziem był reflektor chmurowy. Jednak na większości stacji wysokość chmur szacowano.

Pomiar opadu przestał być wykonywany w sposób jednolity w całym kraju. Na stacjach nizinnych stosowano nadal deszczomierz Hellmanna, natomiast na stacjach 500 m n.p.n. deszczomierz typu górskiego. Miał on powierzchnię recepcyjną 500 cm², w okresie opadów ciekłych składał się z części analogicznych do deszczomierza Hellmanna, natomiast w okresie zimowym demontowano z niego zbiornik i odbiornik (nazywany lejkiem), powierzając te role podstawie, w której gromadził się opad stały i ciekły. Wysokość deszczomierza górskiego ustalono tak, aby powierzchnia recepcyjna zimą (podstawy) była na wysokości 150 cm, a letnia (odbiornika) - stosownie wyżej.

Pokrywą śnieżną mierzono przy pomocy dwóch przyrządów - śniegowskazu stałego i przenośnego. Obliczano każdorazowo grubość pokrywy jako średnią arytmetyczną ze śniegowskazu stałego i trzech odczytów śniegowskazem przenośnym. Część stacji została wyposażona w przyrządy do pomiaru gęstości śniegu, złożone z dedykowanego cylindra i współpracującej z nim, odpowiednio wyskalowanej, wagi mechanicznej. Przyrządy o tej konstrukcji można znaleźć nadal na stacjach.

Pomiary temperatury gruntu zostały rozszerzone o nowe głębokości; stosuje się cztery termometry kolankowe (5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm) oraz termometr wyciągowy (1 m). Pomiar temperatury nad gruntem jest ograniczony do temperatury minimalnej na wysokości 5 cm nad gruntem lub bezpośrednio na powierzchni śniegu; termometr w ciągu dnia jest sztucznie zacieniony.

Stacje I rzędu wyposażone są w przyrządy rejestrujące: barograf, termograf, higrograf, heliograf, pluwiograf lewarowy Hellmanna. Powinny być wyposażone również w anemograf, jednak z tym przyrządem są kłopoty techniczne.

Pomiar zamarzania gruntu pozostał nadal czynnością bardzo pracochłonną. Należało go wykonywać raz w tygodniu, we wtorki, w okresie od grudnia do kwietnia, poprzez trzykrotne wbicie specjalnej szpili w grunt, aż do przebicia zamarzniętej warstwy. Jako metodę alternatywną dopuszczano pomiar w odkrywce (analogicznie, jak przed wojną) bądź otworze wykonywanym w pobliżu w innych celach. Był to jedyny wyjątek, w którym obserwatorowi wolno było wpisać wartości zmierzone przez osoby obce, na przykład robotników budujących podziemne sieci elektryczne czy też grabarzy. Z czasem na stacjach pojawił się zmarzlinomierz Danilina, który zrewolucjonizował możliwości wykonywania tych pomiarów.

Bardzo duże zmiany zaszły w sposobie rejestracji prędkości i kierunku wiatru. Przyrządy elektryczne działały, w zależności od modelu, wg różnych zasad, ale mocno ograniczyły subiektywną składową odczytu. Starsze przyrządy sprawiały kłopoty związane z ich ergonomią. Obserwator musiał kilkakrotnie odczytywać wskazanie chwilowe, aby na ich podstawie obliczyć średnią 10-minutową prędkość wiatru. Powinien to robić w równych odstępach czasu, na przykład co 2 minuty, a pomiędzy odczytami wiatromierza (którego odbiornik umieszczony był w pokoju służbowym) realizować inne czynności. W praktyce było to niemożliwe, dlatego pomiar wiatru wykonywano przed terminem, a średnia 10-minutowa obliczana była z 2-3 odczytów chwilowych, wspomnianych często odczytem z wiatromierza Wilda. Wraz z rozwojem techniki, w kolejnym modelu wiatromierzy elektrycznych problem ten został wyeliminowany.

Stacje synoptyczne na czele i pomiary elektroniczne. Bardzo istotną zmianą była zwiększenie roli sieci w służbie pogody. Na stacjach I rzędu zaniechano pomiarów klimatologicznych (przemianowano je na synoptyczne), a ich program pomiarowy zakładał obserwacje synoptyczne, ale wykonywane co godzi-

nę. Z kolei stacje II i III rzędu otrzymały nazwę „stacje klimatologiczne”, przy czym ich zakres pomiarowy był zbliżony do zakresu synoptycznego (nie miały one na wyposażeniu przyrządów do rejestracji ciśnienia). Wykonywano na nich 3 obserwacje w czasie doby, zrezygnowano ze stosowania czasu słonecznego, a pomiary realizowano w godzinach 6, 12 i 18 UTC. Dodatkowo, dla potrzeb obliczania średnich, na stacjach prowadzono wirtualny pomiar o godzinie 00 - obserwator zapisywał dane z północy odczytane z przyrządów samopiszących. Stacje IV rzędu pozostały stacjami opadowymi, bazującymi na deszczomierzu Hellmanna - który został wprowadzony również w obszarach górskich, lecz z zachowaniem wysokości 150 cm - oraz śniegowskazach przenośnych. Rutynową czynnością stał się pomiar pnowy, czyli śniegu świeżego. Każda stacja była zaopatrzona w deskę przeznaczoną do tego celu. Zmieniono zasadę wykonywania tego pomiaru, deska miała być po każdym czyszczeniu kładziona w innym miejscu. Zrezygnowano ze śniegowskazów stałych. Zmieniono zimowe zasady pomiaru temperatury przy gruncie.

W kolejnych latach tracą na znaczeniu dotychczasowe rozwiązania. Wycofano zmarzlinomierz Danilina, gdyż wystarczająco precyzyjnie można było wyznaczyć głębokość zamarzania na podstawie temperatury gruntu mierzonej na 5 głębokościach. Zrezygnowano z pomiarów nefoskopowych, uznając że pomiar prędkości kątowej ruchu chmur nie wnosi użytecznej informacji. Starano się wprowadzić instrumentalne pomiary wysokości podstawy chmur, szacowanie tego parametru ograniczono. Stosunkowo dużą zmianą była rezygnacja z samopisów, wycofanie termohigrografów wymusiło zmianę sposobu obliczania średniej dobowej temperatury i wilgotności na stacjach klimatologicznych. Na części z nich zrezygnowano całkowicie z pomiarów wilgotności. Równolegle zaprzestano pomiarów parowania ewaporometrem Piche'a. Tylko na kilku stacjach realizowano pomiary specjalne tego parametru wykonywane przy użyciu dużych, stacjonarnych przyrządów. Rozpoczyna się etap pomiarów elektronicznych.

Przyrządy elektryczne, o których wspomniano wyżej, działały na zasadzie elektromechanicznej. Nowe rozwiązanie

zmieniają postać rzeczy. W dobie elektroniki, zamiast zmian objętości cieczy w termometrze mierzy się zmianę oporu elektrycznego, zamiast zmiany poziomu rtęci, zmianę pojemności kondensatorów w barometrze. Zalety są niewątpliwe, pomiar jest szybszy, minimalizuje ryzyko błędu ludzkiego, jest możliwość automatycznego zapisu. Po etapie samodzielnych przyrządów elektrycznych i elektronicznych, które przedstawiały wynik na skali, a później wyświetlaczu, by obserwator ręcznie przepisał do dziennika i systemu generującego depesze, pojawiają się stacje automatyczne. Obserwator nadzoruje system i zatwierdza przygotowaną depeszę po uzupełnieniu o wyniki obserwacji, które realizuje się jeszcze „ręcznie”. Na przełomie wieku zaczynają działać pierwsze stacje synoptyczne całkowicie automatyczne. Podobny proces zachodzi na stacjach klimatologicznych (II rzędu), co zapewnia ciągły pomiar podstawowych elementów: temperatury, opadu, wilgotności, choć ten ostatni parametr nie wszystkie stacje mają w zakresie pomiarowym. Rezygnuje się z części obserwacji, które wykonywał człowiek - obowiązki obserwatora na wielu stacjach klimatologicznych zostały ograniczone do wykonania pomiaru opadu raz w ciągu doby oraz, sezonowo, pokrywy śnieżnej.

Te zmiany mają zalety ale również wady. Zmienia się gęstość sieci w różnych regionach kraju, rezygnuje się też z jednolitego sprzętu. Tracimy m.in. informację o śniegu. Pojawia się nieuzasadniona wiara w niezawodność sprzętu elektronicznego, sprzęt tradycyjny jest wycofywany, sprzęt elektroniczny zazwyczaj nie jest dublowany, a obserwator ma wykonać obserwacje i zatwierdzić wyniki pomiarów. W razie jakichkolwiek wątpliwości, rację ma automat. Ten stan na szczęście nie trwał długo. Po kilku latach na stacje wróciły termometry szklane, pojawiły się zapasowe wiatromierze, zdublowane są elektroniczne barometry.

Więcej automatów, mniej człowieka. To ostatnia odsłona zmian na sieci obserwacyjno-pomiarowej. Trwa automatyzacja pozwalająca rozszerzyć zakres pomiarów o określenie pogody bieżącej, widzialności, wysokości chmur. Podejmowane są próby, na razie nieskuteczne,

rozpoznawania rodzajów chmur. Wiąże się z tym zmniejszenie roli człowieka. Na stacjach zrezygnowano z całodobowych dyżurów na rzecz trybu mieszane- go - przez część doby pracuje obserwator, w pozostałych godzinach stacja funkcjonuje całkowicie automatycznie. Pojawia się stanowisko opiekuna stacji, osoby odpowiedzialnej za utrzymanie obiektu, która może wykonywać obserwacje w godzinach pracy, ale nie to jest jej podstawową rolą. Stacje takie mają obsługę tylko przez osiem godzin w dniach roboczych, obserwatorzy całodobowi pozostają w wysokogórskich obserwatoriach meteorologicznych oraz na stacjach synoptycznych przy lotniskach.

Na stacjach niższych rzędów także wprowadza się więcej automatów, a ogranicza rolę obserwatorów. Nowością jest sezonowe zatrudnianie obserwatorów, którzy pracują jedynie zimą, wykonując pomiary deszczomierzem Hellmanna i rejestrując pokrywę śnieżną. W ciepłej porze roku na tych stacjach działa jedynie deszczomierz automatyczny. Równocześnie zwiększa się liczba stacji II i III rzędu, nowe obiekty są z zasady stacjami automatycznymi. Brak obserwatorów wymusza zmiany. Nie ma już możliwości każdego ranka przykrywać termometr przy powierzchni gruntu, a podczas wieczornej obserwacji odkrywać go na nowo. W przypadku zalegania pokrywy śnieżnej nie zostanie on ustawiony 5 cm nad pokrywą, zgodnie z ostatnimi wymaganiami. Zima stwarza problem dla stacji bez obserwatora.

Sieć stacji meteorologicznych nie jest obecnie jedynym źródłem informacji o pogodzie. Istnieją równoległe systemy telemetryczne: radary, system detekcji wyładowań, pomiary satelitarne itd. Trwają prace koncepcyjne nad wykorzystaniem danych z innych źródeł, od tak egzotycznych jak dane o sile propagacji sygnału telefonii komórkowej, po bardzo tradycyjne, jak sieć wolontariuszy wykonujących odczyty manualnym deszczomierzem. Gdy przed wiekiem tworzone sieć, starano się o wysoką jakość z bardzo nielicznych punktów zbierania danych. Obecne kluczowym jest posiadanie dużej ilości tanich danych o bardzo różnej jakości, z których systemy kontrolne odsiejają wartości błędne, a to, co zostanie da więcej informacji niż tylko tradycyjne stacje pomiarowe. ◀



fot. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Pracownica IMGW podczas nanoszenia wartości pomiarów na mapę meteorologiczną (1973).



fot. Narodowe Archiwum Cyfrowe

Stacja meteorologiczna w Zakopanem (1928).

Pomiary i obserwacje na stacjach hydrologicznych

Izabela Jankowska, Natalia Skibińska, Szymon Wiener, Krzysztof Szymański, Artur Cysewski
IMGW-PIB/Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej, Biuro Sieci Hydrologiczno-Meteorologicznej i Serwisu

Historia prowadzenia pomiarów hydrologicznych w Polsce sięga roku 1717, w którym to odnotowano pierwsze tego typu zapisy we Wrocławiu. Jako początek systematycznych pomiarów hydrologicznych można uznać rok 1760, kiedy rozpoczęto regularne obserwacje Wisły w Toruniu. Od tego momentu metodyka oraz organizacja pomiarów hydrologicznych znacznie się zmieniła. Z czasem powstała sieć stacji obejmująca monitoringiem teren całego kraju.



Archiwalne zdjęcie stacji hydrologicznej w Podgórzu na Widawce (źródło: Archiwum PSHM).

Stacja hydrologiczna to miejsce, gdzie wykonywane są pomiary i obserwacje na potrzeby monitorowania zjawisk hydrologicznych. Prace te prowadzą pracownicy etatowi lub obserwatorzy ryczałtowi, a w niektórych przypadkach odbywają się za pomocą urządzeń automatycznych. Stacje tworzą sieć pomiarowo-obserwacyjną państwowej służby hydrologiczno-meteorologicznej (PSHM), przy czym liczba stacji nie jest stała. Wynika ona m.in. z możliwości utrzymania reprezentatywności warunków pomiarowych w danej lokalizacji lub potrzeby objęcia monitoringiem nowych obszarów. Stacje mogą być

likwidowane, przenoszone lub zakładane, w celu zapewnienia właściwej oceny warunków hydrologicznych w całej Polsce.

Wyróżniamy cztery typy stacji hydrologicznych w zależności od tego, jaki obiekt hydrograficzny jest przez nie monitorowany, tj. rzeczne, jezienne, morskie i zalewowe. Stacje hydrologiczne są podzielone również na rzędy, które określają istotność ich utrzymania oraz sposób zbierania danych. Wyróżniamy cztery rzędy stacji hydrologicznych w każdym z typów:

- I rząd - stacje niezbędne do utrzymania ze względu na konieczność obliczania bilansu wodnego¹ kraju;

- II rząd - stacje służące bieżącemu monitorowaniu, z ciągłą transmisją danych w trybie 10-minutowym;
- III rząd - stacje automatyczne bez ciągłej transmisji danych, gdzie dane są odczytywane raz w miesiącu;
- IV rząd - stacje, na których pomiary i obserwacje prowadzi wyłącznie obserwator.

Liczba stacji hydrologicznych sieci pomiarowo-obserwacyjnej

TYP STACJI	RZĄD STACJI			
	I	II	III	IV
rzeczne	82	515	70	110
jeziorne	-	15	7	39
morskie	-	11	-	-
zalewowe	-	6	1	-

Budowa stacji hydrologicznej. Podstawowym przyrządem pomiarowym każdej stacji jest wodowskaz, będący najczęściej drewnianą łatą z podziałem centymetrowym. Może być on zainstalowany na stalowym kształtowniku wbitym w dno rzeki lub okolicznej infrastrukturze, np. filarze mostu. W przypadku rzek o dużym zakresie wahań stanów wody, montuje się kilka lub nawet kilkanaście łat. Instalowane są również wodowskazy schodkowe, w których fragmenty podziału mocowane są do poszczególnych stopni schodów oraz wodowskazy pochyłe

¹ Bilans wodny - liczbowe zestawienie składowych obiegu wody na danym obszarze uwzględniające przychody (opad), rozchody (odpływ powierzchniowy i podziemny, parowanie) i zmiany retencji.

- położone na skarpie. Na wybranych wodowskazach wyznaczane są stany umowne - ostrzegawczy i alarmowy. Stany wody powyżej stanu ostrzegawczego oznaczone są kolorem niebieskim, a powyżej stanu alarmowego kolorem czerwonym. Wartości stanów ostrzegawczych i alarmowych wyznacza się uwzględniając potencjalne zagrożenia dla danego obszaru, jakie mogą wystąpić po ich przekroczeniu. Dostęp do wodowskazu często ułatwiają specjalnie budowane schody i pomosty. Dodatkowo stacje mogą być wyposażone w budkę limnigraficzną i maszt telemetryczny, w których umieszczone są rejestratory sprzętu automatycznego. Stacje zasilane są z sieci lub za pomocą paneli słonecznych.

Obserwacje i pomiary realizowane na stacjach rzecznych.

Pomiar stanu wody służy określeniu względnego napełnienia koryta rzeki od zera wodowskazu do zwierciadła wody. Zero wodowskazu jest umownie przyjętym poziomem odniesienia ustalonym zazwyczaj poniżej dna rzeki, wyrażonym rzędną terenu w metrach nad poziomem morza (m n.p.m.). Wartości stanu wody nie można zatem utożsamiać z głębokością cieku. Pomiar stanu wody wykonywany jest manualnie przez człowieka, przy użyciu wodowskazu (codziennie o godzinie 6 UTC, z dokładnością do 1 cm, i zapisywany w dzienniku wodowskazowym) lub za pomocą urządzeń automatycznych.

Na stacjach z pomiarem automatycznym zainstalowane są czujniki z telemetrią lub limnimetry. Dane z czujników przesyłane są na bieżąco co 10 minut, natomiast dane z limnimetrów rejestrowane są co godzinę, a następnie sczytywane raz w miesiącu przez pracowników PSHM. Urządzenia automatyczne dobierane są na konkretną stację w zależności od warunków lokalnych i możliwości technicznych ich montażu. Technika pomiaru wykorzystywana przez dany czujnik determinuje miejsce, w którym będzie zainstalowany. Czujniki ciśnieniowe umieszczane są przy dnie rzeki, pływakowe w dedykowanych studniach, natomiast radarowe nad powierzchnią wody, np. na mostach.

Pomiar natężenia przepływu ma na celu określenie objętości wody przepływającej przez przekrój poprzeczny koryta rzeki w jednostce czasu ($w m^3/s$). Pomiary wykonuje się w tzw. profilach hydrometrycznych



fol. Natalia Szabłacka | IMGW-PR

Lata wodowskazowa na stacji Białobrzegi rzeka Pilica.

znajdujących się w pobliżu stacji hydrologicznej, przy użyciu młynka hydrometrycznego, przepływomierza elektromagnetycznego, przepływomierza akustycznego lub profilującego przepływomierza akustycznego ADCP (ang. Acoustic Doppler Current Profiler). Wymienione urządzenia pomiarowe wykorzystują metodę typu „powierzchnia-prędkość”, tzn. że natężenie przepływu obliczane jest przez użytkownika lub automatycznie na podstawie zmierzonych wartości prędkości wody i powierzchni

przekroju poprzecznego koryta rzeki. Wybór konkretnego rozwiązania pomiarowego uzależniony jest od występujących warunków terenowych. Elementami determinującymi zastosowanie konkretnej metody są głównie głębokość i szerokość cieku, prędkość wody, aktualny stan roślinności oraz obecność zawiesiny. Pomiary wykonywane są najczęściej kilkanaście razy w roku. Szczególnie istotne są pomiary realizowane w warunkach ekstremalnych zarówno w czasie wezbrań, jak i niżówek.



fol. Krzysztof Adamiak | IMGW-PiB

Pomiary hydrometryczne.



fol. Krzysztof Adamiak | IMGW-PiB

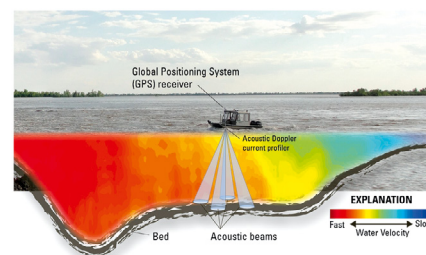
Hydrometryczne pomiary porównawcze w Szczyrku.

Młynek hydrometryczny jest urządzeniem, które mierzy punktową prędkość wody na podstawie liczby obrotów wirnika poruszanego przez płynącą wodę w jednostce czasu. Pomiar prędkości wody wykonywany jest na różnych głębokościach poprzez zanurzenie młynka w wyznaczonych pionach. Powierzchnia przekroju obliczana jest na podstawie pomiarów głębokości pionów pomiarowych i szerokości między nimi.

Przeływomierz elektromagnetyczny wykorzystuje zjawisko indukcji elektromagnetycz-

nej. Płynąca woda indukuje napięcie elektryczne proporcjonalne do prędkości przepływu. Podobnie jak w przypadku tradycyjnych młynków mechanicznych, pomiar prędkości odbywa się punktowo w pionach pomiarowych, a pomiar powierzchni przekroju wykonywany jest poprzez sondowanie dna.

Z kolei przeływomierze akustyczne do pomiaru prędkości wody wykorzystują tzw. zjawisko Dopplera występujące przy rozchodzeniu się fali dźwiękowej. W przypadku akustycznych przeływomierzy pro-



Schemat pozyskiwania danych metodą ADCP (źródło: <https://www.usgs.gov/media/images/adcp-data-collection-diagram>).

filujących ADCP pomiar odbywa się poprzez przemieszczenie sondy zamontowanej na pływaku lub łodzi przez przekrój poprzeczny rzeki. Głowica pomiarowa, usytuowana na powierzchni wody, wysyła sygnał dźwiękowy o ustalonej częstotliwości, który po odbiciu od dna powraca do odbiornika. Głębokość oraz prędkość przepływu obliczane są na podstawie zmiany częstotliwości fali powracającej. Informacjami wyjściowymi są: szerokość przekroju, głębokości w pionach i ciągły rozkład prędkości w całym przekroju pomiarowym. Przeływomierze profilujące ADCP znacząco ułatwiają i przyspieszają pomiary terenowe. Zapewniają dużą dokładność, jednak w zależności od wykorzystywanej częstotliwości emitowanej fali dźwiękowej mają różny zakres głębokości pomiarowej oraz różną podatność na zanieczyszczenia stałe występujące w toni wodnej. Ponadto istotnym ograniczeniem wpływającym na wykorzystanie przeływomierzy profilujących jest występowanie roślinności dennej. Utrudnia ona poprawne odbicie fali w kierunku głowicy, co znacząco zwiększa błąd pomiarowy lub nawet uniemożliwia pomiar.

Głównym celem wykonywania pomiarów natężenia przepływu jest ustalenie zależności między stanem wody a przepływem. Wyrazem graficznym tej zależności jest tzw. krzywa natężenia przepływu, która służy określeniu codziennych wartości natężenia przepływu na podstawie zmierzonych wartości stanu wody.

Pomiar temperatury wody wykonywany jest przez obserwatorów i pracowników PSHM przy użyciu termometrów wodnych oraz za pomocą czujników automatycznych. Pomiar manualny polega na zanurzeniu termometru wraz z obudową na około 10 minut w nurcie rzeki, tak aby nie dotykał dna. Wykonywany jest on na wybranych stacjach

rzecznych codziennie o 6 UTC. Czujniki automatyczne montowane są około 20-30 cm nad dnem lub do elementów stałych stacji, np. wodowskazu, a pomiar wykonywany jest co 10 minut. Dokładność pomiaru temperatury wody wynosi 0,1°C. Wyniki pomiarów temperatury wody wykorzystywane są do monitorowania zarastania roślinnością koryta rzeki oraz powstawania i rozwoju zjawisk lodowych. Temperatura wody jest również kluczowym wskaźnikiem jakości wód.

Obserwacje zjawisk zarastania polegają na ocenie stopnia pokrycia koryta rzeki roślinnością wodną i określeniu jej rodzaju w podziale na roślinność denną, pływającą i wystającą. Wykonują je obserwatorzy oraz pracownicy PSHM na odcinku rzeki o długości nie mniejszej niż 100 m. W okresie wzrostu roślinności obserwacje powtarza się co dwa dni, a w czasie pełnego rozwoju i obumierania roślin - raz na tydzień. Stopień pokrycia koryta roślinnością wodną określany jest cyframi 0, 1, 2 i 3, gdzie 0 oznacza brak roślinności lub pokrycie mniejsze niż 1/3 przekroju koryta, a 3 - całkowite lub prawie całkowite pokrycie przekroju koryta. Stopień pokrycia koryta określany jest osobno dla każdego rodzaju roślinności.

Obserwacje zarastania wykorzystywane są przy szacowaniu przepływu wody w rzekach. Obecność roślinności w korycie rzeki może wpływać na zmniejszenie prędkości przepływu. Wówczas zaburzona zostaje wyznaczona wcześniej stała zależność między stanem wody a przepływem, która występuje w warunkach swobodnego przepływu. Informacje o zarastaniu są niezbędne do wyliczenia odpowiednich współczynników redukcji, które korygują zależność stanu wody i przepływu w warunkach obecności roślinności.

Obserwacje zjawisk lodowych rzek polegają na określeniu formy zlodzenia oraz stopnia pokrycia lodem. Prowadzone są przez obserwatora codziennie, bezpośrednio po wykonaniu pomiaru stanu wody o godzinie 6 UTC. Wśród form zlodzenia wyróżnia się: lód denny, sryż i lód prądowy, lepę, lód brzegowy, pokrywę lodową, krę lodową, zator sryżowy oraz zator lodowy. Stopień pokrycia rzeki lodem określa się w skali dziesiętnej za pomocą drabinki Sommera. Ponadto, od momentu zamarznięcia rzeki na całej szerokości wykonywane są co pięć dni pomiary grubości pokrywy lodowej. Pomiaru dokonuje się przy pomocy



fol. WIS/MC/PPB

Ekipy terenowe PSHM w trakcie pomiarów hydrometrycznych.



fol. Anna Górniska | IMC/PPB

Zjawisko zarastania na stacji hydrologicznej Harasimowicze rzeka Sidra.



fol. Jacek Świecki | IMC/PPB

Zjawisko zlodzenia na Wiśle w okolicy Brwilna w lutym 2021 r.



fol. Natalia Sobieńska i IMGW-PIB

Domek z mareografem na stacji hydrologicznej w Gdyni.

przymiaru (kosa) w wykutym przeręblu. Grubość lodu określa się z dokładnością do 1 cm. Informacje o zjawiskach lodowych są niezbędne do poprawnego określania przepływu rzek na podstawie stanu wody w okresie zlodzenia. Krzywa przepływu jest odpowiednio korygowana współczynnikami redukcji, doboranymi pod kątem obserwowanych form zlodzenia. Stąd jakość obserwacji zjawisk lodowych ma bezpośrednie przełożenie na jakość wyznaczonych wartości przepływów.

Obserwacje i pomiary realizowane na stacjach jeziornych. Pomiar stanu wody, temperatury wody oraz obserwacje zjawisk zlodzenia na jeziorach wykonuje się podobnie jak w przypadku rzek. Dodatkowo, IMGW-PIB na dwunastu wybranych jeziorach realizuje w półroczu letnim pomiar na głęboczkach, czyli w najgłębszym miejscu

akwenu. Polega on na odczycie temperatury i zawartości tlenu w wodzie na głębokościach 40 cm, 1 m i co metr do samego dna. Pomiaru dokonuje się za pomocą sondy termiczno-tlenowej, która wyposażona jest w czujnik temperatury oraz optyczny miernik tlenu rozpuszczonego. Wyniki prezentowane są bezpośrednio w trakcie pomiaru na wyświetlaczu i zapisywane w odpowiednim formularzu. Na tej podstawie wyznaczany jest profil termiczno-tlenowy jeziora. Dzięki temu możliwe jest określenie stratyfikacji termicznej wody w jeziorze, aktualnego okresu cyrkulacji i rodzaju mieszania się wód jeziornych. Warunki tlenowe zaliczane są do jednych z najważniejszych i podstawowych wskaźników oceny jakości wód jeziornych. Zawartość tlenu w wodzie warunkuje życie biologiczne akwenu i ma podstawowe znaczenie dla wszelkich procesów chemicznych i biologicznych w nim zachodzących.

Dodatkowo na dziewięciu z dwunastu jezior, w systemie miesięcznym i rocznym, obliczany jest bilans wodny. W tym celu wykonywane są dodatkowe ekspedycyjne pomiary przepływu na dopływach i odpływach z jezior niemonitorowanych w ramach sieci PSHM. Ponadto, na czterech jeziorach z tej grupy, czyli na tzw. jeziorach bazowych, określone jest parowanie z powierzchni akwenu.

Obserwacje i pomiary realizowane na stacjach morskich i zalewowych.

Stacje hydrologiczne morskie zlokalizowane są najczęściej w portach i ujściowych odcinkach rzek wzdłuż wybrzeża oraz na otwartym morzu na bojach pomiarowych, z kolei stacje hydrologiczne zalewowe - na Zalewie Wiślanym oraz Zalewie Szczecińskim. Zakres wykonywanych pomiarów i obserwacji na obu typach stacji jest podobny. Wyjątek stanowi pomiar zasolenia, który wykonywany jest tylko na stacjach morskich.

Pomiar stanu wody morza wykonywany jest podobnie do pomiaru stanu wody rzek i jezior za pomocą łaty wodowskazowej oraz czujników automatycznych.

Obserwacje zlodzenia morza wykonuje się inaczej niż na rzekach. W tym celu wykorzystuje się mapy wybrzeża okolicy stacji, na których obserwator zaznacza lokalizacje, zasięg i typ zjawiska lodowego - tak powstaje mapa zlodzenia. Dodatkowo, od marynarzy i pracowników portu pozyskiwane są informacje o grubości lodu.

Pomiar zasolenia wykonuje obserwator, pobierając codziennie próbkę wody, która wraz z innymi próbkami trafia raz w miesiącu do laboratorium w celu zbadania zasolenia metodą miareczkową.

Pomiary wykonywane są również na otwartym morzu, na dwóch bojach pomiarowych i na platformie wiertniczej, gdzie zainstalowane są automatyczne czujniki do pomiarów prądów morskich i falowania. Prądy morskie mierzone są techniką dopplerowską urządzeniami typu AWAC (ang. Acoustic Wave And Current Profiler). Pomiary falowania wykonywane są techniką dopplerowską, radarową lub akcelerometrem.

Ocena hydromorfologiczna rzek i jezior.

Na wszystkich stacjach rzecznych i jeziornych wykonywana jest ocena hydromorfologiczna, polegająca na identyfikacji

elementów hydrologicznych i morfologicznych wpływających na środowisko wodne. Analizie podlegają m.in. geometria koryta rzek lub misy jeziornej, budowa brzegów, roślinność, charakter osadów dennych, obecność naturalnych lub sztucznych obiektów piętrzących. Ocena hydromorfologiczna wykonywana jest raz na 6 lat przez pracowników PSHM. W przypadku rzek wykorzystywana jest metoda Hydromorfologicznego Indeksu Rzecznego (HIR), a do oceny jezior - Lake Habitat Survey (LHS).

Potrzeba monitoringu zmian warunków hydromorfologicznych związana jest ze wzrostem ingerencji człowieka w środowisko oraz wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej². Ocena hydromorfologiczna rzek i jezior służy określeniu ich stanu ekologicznego oraz stopnia przekształcenia antropogenicznego. Jej wyniki wykorzystywane są do planowania działań mających na celu poprawę dobrostanu środowiska wodnego.

Utrzymanie stacji hydrologicznych.

Stacje hydrologiczne zakładane są w miejscach reprezentatywnych pod względem warunków hydrologicznych zbiornika lub wybranego odcinka rzeki. Wybór konkretnej lokalizacji uzależniony jest od możliwości swobodnego dotarcia do stacji oraz możliwości technicznych montażu potrzebnej infrastruktury. Budowa stacji oraz jej utrzymanie podlegają wewnętrznym wytycznym, które opracowane są na podstawie zaleceń Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO), najnowszej wiedzy hydrologicznej oraz doświadczenia pracowników IMGW-PIB. Stacje hydrologiczne poddawane są cyklicznym kontrolom, w trakcie których pracownicy PSHM sprawdzają prawidłowe ich funkcjonowanie, wykonują czynności konserwacyjne oraz weryfikują potrzebę przeprowadzenia remontu, np. wymiany łąty wodowskazowej. Ponadto, podczas każdej kontroli weryfikowane jest prawidłowe działanie automatycznego sprzętu pomiarowego. Prace konserwacyjne obejmują m.in. czyszczenie łąt wodowskazowych, koszenie terenu wokół stacji, utrzymanie w dobrym stanie infrastruktury towarzyszącej, np. schodów lub skrzynki telemetrycznej. Kontrola stacji odbywa się przynajmniej kilka razy w ciągu roku. Dodatkowo przynajmniej raz w roku wykonywana jest tzw. kontrola techniczna, obejmująca niwelacyjne spraw-



Ńródło: Krzysztof Adamski | IMGW-PIB

Pomiary hydrometryczne.



Ńródło: Krzysztof Adamski | IMGW-PIB

Łódź wykorzystywana podczas pomiarów hydrometrycznych.

dzienie posadowienia łąt wodowskazowych względem ustalonej rzędnej zera wodowskazu. Jest to niezbędne do weryfikacji prawidłowości wykonywanych pomiarów stanu wody.

Gromadzenie i przetwarzanie danych.

Dane ze stacji są gromadzone w różny sposób, w zależności od metody ich pozyskiwania i przekazywania. Zmierzone przez obserwatora wartości parametrów hydrologicznych

² Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.



fol. Krzysztof Adamki | IMGW-PIB

Budowa stacji hydrologicznej – ustawienie wodowskazu.

notowane są w dziennikach papierowych i wysyłane raz w miesiącu do opracowania. Obserwatorzy mogą również przekazywać dane częściej, w systemie sygnalizacji codziennej. Dane z automatycznych stacji pomiarowych wyposażonych w telemetryczny system przesyłu przekazywane są na bieżąco co 10 minut do operacyjnych systemów bazodanowych. Dane z automatycznych stacji niewyposażonych w telemetryczny przesył danych szczytowane są raz w miesiącu przez pracowników PSHM. Zebrane ze wszystkich

stacji dane trafiają do operacyjnego systemu bazodanowego, tzw. Systemu Hydrologii, skąd – po przeprowadzeniu ilościowej i jakościowej kontroli – przesyłane są do Centralnej Bazy Danych Historycznych (CBDH). Materiały papierowe z sieci pomiarowo-obszerniczej przechowywane są w Archiwum PSHM.

Wykorzystanie i udostępnianie danych. Dane hydrologiczne gromadzone i przetwarzane w systemach bazodanowych służą realizacji zadań statutowych IMGW-



fol. Krzysztof Adamki | IMGW-PIB

-PIB. Na ich podstawie przygotowywane są komunikaty dotyczące aktualnej sytuacji hydrologicznej i ostrzeżenia. Wykorzystywane są również jako dane wejściowe do modeli hydrologicznych, które pomagają synoptykom-hydrologom prognozować przyszłą sytuację hydrologiczną. Jest to szczególnie istotne dla centrów zarządzania kryzysowego w okresach zagrożenia zjawiskami ekstremalnymi – powodzią i suszami. Dane pomiarowe wykorzystywane są również do opracowywania ekspertyz na potrzeby administracji państwowej oraz firm prywatnych, w pracach naukowo-badawczych oraz w ramach międzynarodowej wymiany danych. Analizy parametrów hydrologicznych uzyskanych z danych pomiarowych stanowią wskaźnik zachodzących zmian klimatu. Dane te mają również znaczenie praktyczne dla rolnictwa, turystyki i w życiu codziennym.

IMGW-PIB udostępnia dane pomiarowe za pomocą serwisów internetowych oraz aplikacji. Prognozy hydrologiczne, komunikaty oraz ostrzeżenia publikowane są na stronie meteo.imgw.pl oraz w aplikacji *Meteo IMGW Prognoza dla Polski*, a dane operacyjne w serwisie hydro.imgw.pl. Ponadto prowadzona jest platforma informacyjna działająca w trybie online, dedykowana m.in. dla centrów zarządzania kryzysowego, która służy do bieżącego przekazywania danych i produktów niezbędnych do koordynacji działań w sytuacjach kryzysowych.

Przyszłość. Jakość tworzonych produktów jest dla IMGW-PIB kwestią priorytetową, a zależy ona przede wszystkim od jakości zbieranych danych pomiarowo-



foto: Bartosz Borkowski | INGW-PB

River Pro.

-obserwacyjnych. Aby spełnić te wymagania PSHM na bieżąco monitoruje rozwój rynku najnowszych technologii pomiarowych oraz współpracuje z WMO i służbami hydrologicznymi sąsiednich państw.

W celu zwiększenia dokładności i jakości danych testowany jest nowy sprzęt pomiarowy. Istotna jest również automatyzacja pomiarów i obserwacji, które dotychczas były wykonywane wyłącznie przez człowieka. Jednym z takich działań jest automatyzacja obserwacji zaraźliwych i zjawisk zlodzenia, realizowana poprzez montaż kamer umożliwiających zdalne monitorowanie tworzenia się oraz rozwoju roślinności i zjawisk zlodzenia w korycie rzek. Kolejnym działaniem jest montaż automatycznych czujników po-

miaru natężenia przepływu, z których dane przesyłane będą w sposób ciągły. Efektem tego jest zwiększenie liczby zbieranych danych i lepsze dopracowanie krzywej natężenia przepływu. Automatyzacja pomiarów natężenia przepływu jest również istotna w sytuacjach ekstremalnych, gdy ze względu na bezpieczeństwo oraz utrudnienia techniczne niemożliwe jest wykonanie pomiaru przez człowieka. Nowy sprzęt pomiarowy pozwala również monitorować parametry, które wcześniej nie były uwzględnione w działaniach PSHM. Należy do nich m.in. pomiar hałasu w wodzie, istotny dla zwierząt, który realizowany będzie na stacjach morskich (boje pomiarowe). Ponadto, wprowadzane są nowe rozwiązania informatyczne mające

na celu optymalizację zarządzania siecią pomiarowo-obserwacyjną oraz poprawę jej funkcjonowania, jak również efektywniejsze gromadzenie danych oraz zwiększenie ich dostępności dla społeczeństwa.

Dzięki współpracy ze służbami hydrologicznymi sąsiadujących państw, pracownicy PSHM wymieniają doświadczenia na temat stosowanych rozwiązań, np. podczas wspólnych wyjazdów na pomiary terenowe. Z kolei współpraca z WMO pozwala na poszerzenie wiedzy i doświadczeń w ujęciu globalnym. W najbliższym czasie działania PSHM skupią się na realizacji projektu ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu Odry i Wisły (POPDOW), który ma na celu rozbudowę i zmodernizowanie sieci stacji pomiarowo-obserwacyjnych. ◀



foto: Brady Beeline | Unsplash

Historia, teraźniejszość i przyszłość aerologii

Grzegorz Zabłocki, Julita Biszczuk-Jakubowska, Jerzy Jutarski
IMGW-PIB/ Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obszerwacyjnej

Aerologia to dział meteorologii zajmujący się badaniem procesów i zjawisk zachodzących w górnych warstwach atmosfery. Ich podstawą są pomiary realizowane przy użyciu przyrządów umieszczonych na wieżach, podwieszonych pod balonami lub zainstalowanych na dronie bądź w samolocie.

Prowadzenie pomiarów meteorologicznych w górnych warstwach atmosfery jest jednym z najważniejszych zadań wszystkich służb pogodowych na świecie. Zebrane w ten sposób dane są bezcennym wkładem do matematycznych modeli prognostycznych. Znajomość zmian temperatury, wilgotności, kierunku i prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości pozwala synoptykom meteorologom właściwie przewidywać niebezpieczne zjawiska atmosferyczne. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej od blisko 100 lat skutecznie podąża w tej dziedzinie za światowymi trendami i dostarcza wiarygodnych informacji, z których korzystają m.in. służby lotnicze.



Historia pomiarów aerologicznych w Polsce sięga początku lat 20. XX wieku. Wojskowa i cywilna służba meteorologiczna zaczęły wówczas ściśle współpracować w ramach utworzonego w Państwowym Instytucie Meteorologicznym (PIM) Wydziału Aerologiczno-Wojskowego. Pierwszą sieć aerologiczną stanowiły wojskowe posterunki aerologiczne (jeden z nich w Jabłonie), na których przeprowadzano próby pomiarów za pomocą meteografów unoszonych przez balony na uwięzi. Urządzenia zaopatrzone były w deformacyjne czujniki ciśnienia, temperatury i wilgotności oraz bębny zegarowy z układem rejestracji parametrów. Zebrane dane aerologiczne trafiały do pracowników Wydziału Aerologiczno-Wojskowego PIM,

którzy przeprowadzali ich analizę i przygotowali opracowania statystyczne.

W 1926 roku podjęto decyzję o budowie pierwszego obserwatorium aerologicznego wraz ze stacją latawcową. Dyrekcja PIM zwróciła się do Ministerstwa Rolnictwa z oficjalnym wnioskiem, wskazując Jabłone (obecnie teren ten jest częścią Legionowa) jako miejsce przyszłej stacji. Lokalizację wybrano ze względu na obowiązujący tam zakaz lotów związanych z obecnością Kompanii Balonów Zaporowych, Centralnych Zakładów Balonowych i Wytwórni Wodoru. W 1928 roku rozpoczęto budowę Obserwatorium Aerologicznego, które oddano do użytku trzy lata później.

W nowopowstałym Obserwatorium dokonywano sondowań za pomocą balonów na uwięzi i biplanów - latawców o powierzchni 25 i 32 m². Pomiary sięgały do wysokości 5 km. Pomiary aerologiczne z latawcami i balonami na uwięzi były ciężką i niebezpieczną pracą. Bardzo często mechaniczne rejestratory zrywały się i aby odczytać dane trzeba było prowadzić żmudne i czasochłonne poszukiwania. Na początku lat 30. pojawiły się pierwsze konstrukcje radiosond, które całkowicie zmieniły sposób prowadzenia pomiarów aerologicznych. Radiosondy mierzyły ciśnienie (P), temperaturę (T) i wilgotność (U) za pomocą czujników oraz przekazywały dane do naziemnej stacji radiowej w trakcie lotu balonu swobodnego.

Pierwsze pomiary radiosondażowe przeprowadzono w 1938 roku. Stosowano wówczas radiosondy francuskie firmy Bureau, które transmitowały informacje w paśmie krótkofalowym 28 MHz. Wyposażone były w czujniki ciśnienia (puszka Vidiego), temperatury (bimetal) oraz wilgotności (błona organiczna lub włos ludzki). Dodatkowo dzięki śledzeniu balonu można było opracować jego drogę wznoszenia i uzyskiwać dane pionowego profilu prędkości oraz kierunku wiatru (W).

Wybuch wojny i odbudowa. Obserwatorium w Legionowie zostało zajęte przez Niemców, którzy przeznaczili go na cele niezwiązane z meteorologią, a w 1944 roku całkowicie zburzyli. Pomiary po wojnie wznowiono w 1947 roku w tymczasowej stacji na Bielanych, a od 1952 roku w odbudowanym obserwatorium w Legionowie. Pod koniec lat 50. powstały trzy nowe stacje radiosondażowe w Polsce - we Wrocławiu,



Gmach Obserwatorium Aerologicznego z żelazną wieżą obserwacyjną (zdjęcie z 1938 roku, archiwum IMGW-PIB).

Poznaniu i Koszalinie. Pomiary wykonywano aparatami Langa złożonymi z elementów uzyskanych z magazynów poniemieckich. Lot balonu śledzono teodolitami optycznymi, dlatego informacje o kierunku i prędkości wiatru dostępne były tylko dla sondaży, które odbywały się w ciągu dnia i przy dobrych warunkach widzialności pionowej (zachmurzenie). W latach 1958-1961 zakupiono radioteodolity marki Metox, które wykorzystywały odbierany sygnał radiosondy do śledzenia położenia urządzenia w przestrzeni niezależnie od pory dnia i zachmurzenia.

W okresie 1961-1963 wprowadzono do polskiej służby aerologicznej francuskie radiosondy Metox z dokładniejszymi czujnikami oraz pewniejszym systemem transmisji danych. W 1963 roku pojawiła się nowocześniejsza radiosonda A-22 produkcji radzieckiej, która wraz z dotychczasowym radioteodolitem stworzyła system Metox/A-22 pracujący na stacjach do połowy lat 70., a we Wrocławiu nawet do początku lat 80. A-22 była wyposażona w dokładniejsze od Metoxa czujniki PTU i bardzo stabilny system nadawczy. W latach 1961-1970 sieć radiosondażowa w Polsce składała się z czterech stacji regularnie wykonujących pełne pomiary PTUW (o godz. 00 i 12 UTC) oraz sondaż wiatru W (o godz. 06 i 18 UTC), tzw. radiopilotaż realizowane za pomocą sondy o uproszczonej konstrukcji pozbawionej czujników temperatury i wilgotności. Warto wspomnieć, że radiosonda wiatrowa, ozna-

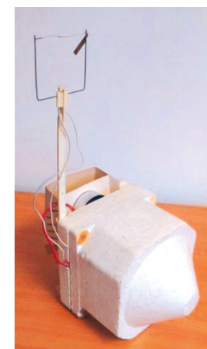
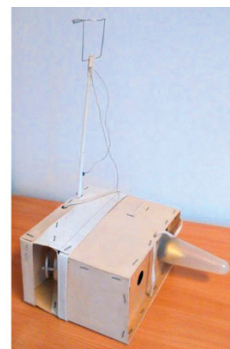


Moment wypuszczenia sondy aerologicznej. W tle budynek Zakładu Aerologii z zamontowanym na dachu radarem MRŁ-2. (zdjęcie z 1976 roku, archiwum IMGW-PIB).

kowana symbolem RMW, była urządzeniem polskiej konstrukcji - produkowano ją w Zakładach Elektronicznych „Wareł”.

Rozwój technologii. Kolejny okres rozwoju aerologii to lata 1971-1991, w których do pomiarów radiosondażowych zaczęto wykorzystywać technikę radiolokacyjną. Pierwszy radar do pomiarów radiosondażowych, Meteoryt 1, został wdrożony w Legionowie 1 lipca 1971 roku. Z wprowadzeniem radarów wiązała się też zmiana radiosond na model RKZ, w których czujnikiem temperatury był termistor zamontowany na metalowej ramce. Pokryto go białą emalią o dużej zdolności odbicia, dzięki czemu nie musiano już stosować osłon przed promieniowaniem słonecznym. Czujnikiem wilgotności była membrana z błony zwierzęcej wmontowana w obudowę radiosondy. Radiosondy te nie miały natomiast czujnika ciśnienia. Pionowy rozkład ciśnienia wyliczany był ze wzoru barometrycznego na podstawie rozkładu temperatury i wilgotności w funkcji wysokości. Dzięki precyzyjnym pomiarom wysokości, obliczana wartość ciśnienia była dokładniejsza niż w przypadku pomiaru puszką Vidiego.

System pomiarowy Meteoryt/RKZ przechodził z czasem modernizację. Radary Meteoryt 1 zostały zastąpione radarami Meteoryt 2 o większym zasięgu, a radiosondy RKZ



Kolejne generacje radiosond, od A-22 (po lewej) stosowanej w latach 60., po RKZ (środek) i MARZ (po prawej) wdrożone w latach 70. (fot. J. Biszczuk-Jakubowska).

- lżejszymi i nowocześniejszymi sondami MARZ. Radiosondy MARZ były efektem miniaturyzacji RKZ, wynikającej z porzucenia techniki lampowej na rzecz półprzewodnikowej. Zmniejszeniu uległy nie tylko wymiary, ale i ciężar. Radiosonda RKZ z baterią gotową do lotu ważyła ok. 1,6 kg, natomiast MARZ tylko ok. 0,5 kg. Czujniki do pomiarów parametrów meteorologicznych były takie same w obu urządzeniach. Wprowadzenie radarów zbiegło się w czasie ze zmianą lokalizacji dwóch stacji aerologicznych. W latach 1971-1972 pomiary z Koszalina przeniesiono do Łeby, stację we Wrocławiu, która znajdowała się w centrum miasta, wyprowadzono na obrzeża - stanęła obok lotniska Strachowice.

Czas automatyzacji - wyżej i według GPSa. Na początku lat 90. na stacjach w Łebie, Legionowie i Wrocławiu wdrożono w pełni zautomatyzowany system sondażowy DigiCORA fińskiej firmy Vaisala. Stacja w Poznaniu została zamknięta wiosną 1992 roku i zakończyła swoją pracę na systemie Meteoryt. Pierwszą sondą używaną w systemie DigiCORA były radiosonda RS80. Miała ona trzy miniaturowe czujniki PTU w postaci kondensatorów. Precyzja pomiarów była nieporównywalna z sondami MARZ. Najlepiej obrazuje to wielkość poprawek radiacyjnych niwelujących efekt zawyżania mierzzonej temperatury w wyniku bezpośredniego promieniowania słonecznego. W sondach MARZ w skrajnych przypadkach (południe w lecie) poprawka ta mogła przekraczać 10°C, natomiast w sondach RS80 nie była większa niż 2,5°C. Nowa sonda przy pomiarach nocnych uwzględniała również wpływ promieniowania podczerwonego ze strony układu ziemia-atmosfera. Obie poprawki

były wprowadzane automatycznie na podstawie terminu pomiaru i wysokości wzlotu radiosondy. Radiosonda wyposażona była również w system nawigacji radiowej do śledzenia toru lotu sondy i nadajnik pracujący w paśmie 403 MHz. System DigiCORA odbierał dane, a wyniki były automatycznie opracowywane i zapisywane w formie wydruków i na nośnikach elektronicznych. W latach 1993-1997 do śledzenia toru lotu radiosondy wykorzystywano system nawigacji radiowej OMEGA, a w kolejnych latach LORAN C. Od 1999 roku rutynowe sondaże były wykonywane unowocześnioną radiosondą RS90. Radiosonda ta miała wielokrotnie cieńszy względem RS80 czujnik temperatury, o średnicy zaledwie 0,1 mm. Bezładność nowego czujnika zmniejszyła się z 2,5 s do 0,2 s, a poprawka radiacyjna z 2,5°C do 0,6°C. Jednocześnie czujnik ten był bardzo delikatny i łatwo dochodziło do jego uszkodzenia podczas przygotowywania i wypuszczania sondy. W sondzie tej po raz pierwszy zastosowano unikalne rozwiązanie pomiaru wilgotności - zamiast jednego czujnika zastosowano dwa, które dodatkowo miały wbudowane grzałki. Podczas procedury startowej oba czujniki wilgotności były wygrzewane w celu usunięcia zanieczyszczeń zgromadzonych podczas magazynowania radiosondy, a w trakcie lotu czujniki działały naprzemiennie - jeden wykonywał pomiar, a drugi był wygrzewany w celu usunięcia z niego skondensowanej pary wodnej i lodu. Dzięki takiemu rozwiązaniu sonda poprawnie mierzyła wilgotność przechodząc przez warstwę chmur.

W 1979 roku uruchomiono w Legionowie systematyczne sondaże rozkładu pionowego ozonu w atmosferze. Początkowo używano czujnika OSE, Brewer-Mast, produkcji

NRD. W 1993 roku została wdrożona nowa sonda ozonowa z czujnikiem ECC-5, firmy Science Pump Corporation z USA, współpracująca z systemem DigiCORA. Od końca 1997 roku używano czujnika ECC-6A, obecnie ECC-6AB. Wszystkie czujniki działają na zasadzie pomiaru prądu przepływającego między dwoma elektrodami zanurzonymi w roztworze jodku potasu, podlegającemu pod wpływem ozonu atmosferycznego procesowi utleniania redukcji. Komora elektrochemiczna, w której odbywa się ten proces jest umieszczona w izolującej obudowie, chroniącej roztwór chemiczny przed zamrożeniem. Powietrze z otoczenia jest podawane do komory za pomocą zasilanej bateryjnie pompki ssąco-tłoczącej. Sygnał z czujnika ozonu za pośrednictwem radiosondy jest przekazywany do stacji naziemnej. Sondaże ozonowe wykonywane są nieprzerwanie do dziś raz w tygodniu, w środę o godz. 12 UTC.

Wraz ze zmianą systemów sondażowych poprawiała się jakość mierzonych parametrów, ale warto też wspomnieć o wysokości sondaży. Profile atmosferyczne mierzone systemem Langa osiągały średnią wysokość ok. 12 km. Przy systemie Metox było to już 17 km, a przy systemie Meteoryt średnia wysokość sondażu wynosiła 22 km. Pionowe profile parametrów meteorologicznych otrzymane z systemu DigiCORA osiągają ponad 30 km. Wysokość radiosondażu zależy przede wszystkim od jakości balonów meteorologicznych. Wykorzystywane początkowo balony wymagały pracochłonnej obróbki termicznej i chemicznej, a na ich jakość miał również wpływ czas składowania. Obecnie wykorzystywane balony lateksowe nie wymagają specjalistycznego przygotowania, mają długi termin użyteczności i osiągają średnie wysokości powyżej 30 km.

W 2004 roku radiosondy RS80 (używane już tylko w sondażach ozonu) i RS90 zostały zastąpione przez model RS92. Nowe sondy różniły się obudową oraz rozwiązaniami elektronicznymi, m.in. zastosowano w nich automatyczne odczytywanie i wprowadzanie do systemu fabrycznych współczynników kalibracyjnych. W 2005 roku nastąpiła pierwsza modernizacja systemów radiosondażowych firmy Vaisala. Stacje aerologiczne zostały wyposażone w systemy DigiCORA MW21, umożliwiające śledzenie radiosondy z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej GPS. Obecnie używane są wyłącznie radio-



Napełnianie balonu meteorologicznego i ręczne wypuszczenie sondażu. (fot. Grzegorz Zabłocki).



Urządzenia Robotsonde w Łebie, Wrocławiu i Tarnowie. (fot. Mariusz Gieryk, Jerzy Jutarski, Grzegorz Zabłocki).

sondy, których pozycję określa się na podstawie GPS.

W 2015 roku została przeprowadzona druga modernizacja systemu Vaisala do wersji MW41, która umożliwiła korzystanie z najnowszej radiosondy RS41. W urządzeniu po raz pierwszy zastosowano platynowy czujnik temperatury, który był powszechnie używany w profesjonalnych stacjonarnych przyrządach pomiarowych. Czujnik wilgotności z wbudowaną grzałką uzupełniono o zintegrowany sensor temperatury, wykorzystywany do korekcji wskazań wilgotności sondy narażonej na bezpośrednie promieniowanie Słońca (ulepszona poprawka radiacyjna). Zmodyfikowanie czujnika temperatury i wilgotności pozwoliło na wyeliminowanie z procedury startowej wstępnej kalibracji sondy w specjalnej komorze klimatycznej o kontrolowanej temperaturze i wilgotności bliskiej zeru.

Radiosonda RS41 dostępna jest w wielu wersjach, m.in. pozbawionej czujnika ciśnienia. Wprowadzenie tego rozwiązania było możliwe dzięki wystarczającej dokładności odczytu wysokości wzlotu radiosondy

z danych GPS, pozwalającej na wyliczenie wartości ciśnienia ze wzoru barometrycznego z akceptowalną dokładnością. Radiosonda bez czujnika ciśnienia jest też tańsza, dlatego od jesieni 2015 roku tylko ten typ sondy jest używany na wszystkich stacjach IMGW-PIB.

Pełna automatyzacja. Jeszcze do niedawna część pomiarów na stacjach aerologicznych w Łebie, Legionowie i Wrocławiu wykonywał obserwator - musiał napełnić balon meteorologiczny wodorem, zamocować jednorazową radiosondę i o określonej godzinie, dwa razy dziennie, wypuścić balon do atmosfery. Śledzenie lotu radiosondy, odbiór zmierzonych danych, ich przetwarzanie i dalsza dystrybucja były już zautomatyzowane. Obecnie cały ten proces jest realizowany bez udziału człowieka. W ramach Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej w dorzeczu Odry i Wisły, finansowanego ze środków Banku Światowego, zrealizowano w okresie 2020-2022 Modernizację Stacji Pomiarów Aerologicznych (zad 4A1.9), której głównym celem było wyposażenie



Robotsonde jest aparatem w pełni automatycznym, którego pracę nadzoruje się zdalnie. Po uzupełnieniu podajnika, mieszczącego 24 zestawy pomiarowe, urządzenie samo napętnia balon wodorem z podłączonych wiązek i wypuszcza radiosondę o określonych porach zgodnie z harmonogramem. U góry po lewej podajnik Robotsonde, Po prawej sondy i balonu już w podajniku – gotowe do wypuszczenia. U dołu napętnianie balonu. (fot. Grzegorz Zabłocki, Krzysztof Adamik).

stacji w pełni automatyczne urządzenia radiosondażowe. Dostawcą aparatury była firma Modem SAS, odpowiedzialna za wyprodukowanie trzech urządzeń Robotsonde, ich dostawę, instalację, wdrożenie do pracy operacyjnej oraz szkolenie personelu.

Nowa aparatura stanęła w Łębie, Wrocławiu oraz Tarnowie, gdzie dotychczas nie prowadzono pomiarów aerologicznych.

Stacja ta jest cennym uzupełnieniem sieci na południu Polski, od dawna oczekiwany przez synoptyków meteorologów. Automaty Robotsonde ograniczają kontakt personelu z wodorem, co było jednym z powodów modernizacji. Na stacji w Legionowie balony wypuszczane są nadal przez obserwatorów ze względu na wykonywane tam pomiary ozonu, których automaty nie obsługują.



Dron latawcowy projektu R2HOME do sprowadzania radiosond. Zasady działania:

1. wznoszenie radiosondy i drona latawcowego pod balonem meteorologicznym; 2. odcięcie balonu na zadanej wysokości; 3. rozwinięcie latawca i aktywacja drona; 4. automatyczny lot drona latawcowego do zadanego miejsca lądowania.

Lot latawca i celność lądowania zależą od sprzyjających warunków pogodowych – siły i kierunku wiejącego wiatru, dlatego to rozwiązanie ma ograniczone zastosowanie. Materiały promocyjne producenta.

Przyszłość przyjazna środowisku.

Pomimo istnienia wielu metod teledetekcyjnych (radary, lidary, sodary, radiometry mikrofalowe, pomiary satelitarne), radiosondażowe pomiary wielkości meteorologicznych w górnych warstwach atmosfery pozostają niezastąpionym źródłem danych ze względu na uzyskiwany dzięki nim szeroki przekrój atmosfery, sięgający od powierzchni ziemi aż do stratosfery. Obecnie największym wyzwaniem dla producentów i użytkowników jest ograniczenie negatywnego wpływu tej branży na środowisko.

Niektóre służby meteorologiczne wprowadziły system odzysku radiosond. Czeski Instytut Hydrometeorologiczny (CHMI) na swoich stronach internetowych oraz ulotce naklejonej na radiosondę informuje znalazcę o nagrodzie za odesłanie radiosondy lub czujnika ozonu. Oczywiście powtórne wykorzystanie urządzenia jest możliwe tylko wtedy, gdy nie uległo ono mechanicznemu uszkodzeniu. Obecnie tylko część odzyskanych radiosond jest sprawna. Przed powtórny użyciem poddaje się je dokładnej kontroli i rekaliibracji, co i tak nie daje gwarancji bezawaryjnej pracy. Rozwiązaniem problemu może być zastosowanie drona latawcowego, który aktywuje się podczas spadku radiosondy i bezpiecznie sprowadza zestaw pomiarowy na ziemię (projekt R2HOME).

System recyklingu może zostać wprowadzony na obszarze, na którym udaje się odnaleźć większość wypuszczonych radio-

sond, ale nie sprawdzi się dla stacji pomiarowych zlokalizowanych np. nad morzem. Dlatego producenci starają się ograniczyć negatywny wpływ ich produktów na środowisko poprzez miniaturyzację urządzeń i ich choć częściowe wykonanie z materiałów biodegradowalnych. IMGW-PIB w automatycznych stacjach Robotsonde używa najmniejszych dostępnych na rynku radiosond typu M20. W porównaniu do poprzedniego, ale wciąż produkowanego modelu M10, radiosonda ta jest znacznie lżejsza (36 g zamiast 150 g), obudowa zawiera cztery razy mniej polistyrenu, płytka z elektroniką jest dwa razy mniejsza, a urządzenie jest zasilane tylko jedną baterią zamiast czterema.

Inny producent systemów radiosondowych, fińska firma Vaisala, przedstawił w 2023 roku przyjazną środowisku wersję radiosondy RS41 (również wykorzystywanej na stacji w Legionowie). W modelu RS41 E w stosunku do standardowej wersji zmniejszono zawartość plastiku o 66 proc., m.in. dzięki wykonaniu obudowy i linki dystansowej z materiałów biodegradowalnych.

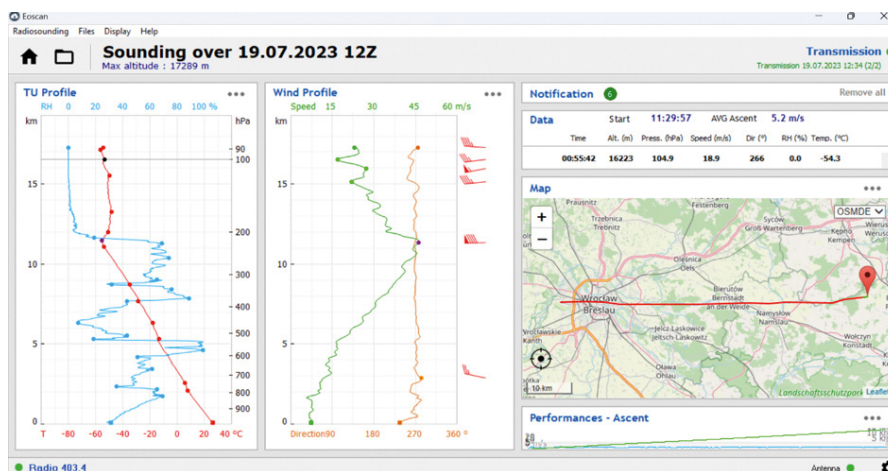
Pomiary tam, gdzie są potrzebne.

Wraz z automatyzacją stacjonarnej sieci pomiarów aerologicznych pojawiła się możliwość budowania tzw. Mobilnych Stacji Meteorologicznych (MSM), wyposażonych m.in. w Mobilne Systemy Radiosondaży Atmosferycznych (MSRA). Takie rozwiązanie jest obecnie wdrażane w IMGW-PIB. Jednym z zadań MSM będzie wykonywanie sondaży, pomiarów i obserwacji na przedpolu prognozowanych zjawisk burzowych, w miejscach ściśle wybranych przez „Burzynkę” lub Synoptyka Krajowego. Z kolei MSRA umożliwiają prowadzenie komercyjnych sondaży aerologicznych, wspierających meteorologiczną osłonę imprez masowych, wydarzeń lotniczych i zawodów sportowych bezpośrednio z miejsca wydarzenia. Zestawy MSRA mogą być również wykorzystywane jako zastępcze stacje sondażowe w przypadku awarii automatu.

Koncepcja wykonywania pomiarów w terenie przy pomocy MSRA zakłada, że w pełni satysfakcjonującym pułapem będzie osiągnięcie tropopauzy. Seria testowych sondaży wykazała, że operując niewielkimi balonami (100 g) wypełnionymi helem i sondą M20 można uzyskać pożądane parametry lotu, tj. prędkości wznoszenia (5 m/s) i maksymal-



Zestaw MSRA. Na rozstawionym trójnogu po lewej antena GPS (1), po prawej Antena UHF 360° do łączności z radiosondą (2). Poniżej stanowisko do napełniania balonów (3). Po prawej od góry: Groundcheck – system weryfikacji i konfiguracji radiosond (4); sterowanie systemem wizualizacji danych (5); odbiornik danych (6). (fot. Jerzy Jutarski).



Zrzut ekranu aplikacji Eoscan z sondażu testowego wykonanego przy użyciu MSRA, Wrocław, 19.07.2023.



Po lewej antena sodaru z 24 głosiłkami, po prawej na pierwszym planie jednostka sterująca sodaru, w tle antena z zamontowaną osłoną akustyczną. (fot. Grzegorz Zabłocki).

nego pułapu (>16 tys. m). Perspektywa integracji aparatury pomiarowej (w tym MSRA) z samochodem z napędem 4x4, wyposażonym w specjalną zabudowę, zdecydowanie zwiększy możliwości wykorzystania terenowych sondaży atmosferycznych w PSHM.

Sondy wielorazowego użytku. Drony są coraz powszechniej wykorzystywane w wielu branżach. Uniwersalność, łatwość obsługi i przystępna cena przyczyniły się do ich popularyzacji również w obszarze monitorowania stanu środowiska – od fotografii terenu w różnych zakresach widmowych (światło widzialne, podczerwień) po pomiar zanieczyszczeń emitowanych z kominów do otoczenia. Nowe możliwości zastosowania dronów dostrzegła Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO), której Komisja ds. Obserwacji, Infrastruk-

tury i Systemów Informacyjnych (INFCOM) zainicjowała w 2021 roku Kampanię Demonstracyjną Bezzałogowych Statków Powietrznych (Uncrewed Aircraft Systems Demonstration Campaign). Celem projektu jest pokazanie, w jaki sposób drony mogą być wykorzystane do pomiarów meteorologicznych. W ramach kampanii, która potrwa do sierpnia 2024 roku, wykonywane będą cykliczne sondáže atmosfery, a system ma być testowany m.in. podczas trwania letniej olimpiady w Paryżu.

Próby wdrożenia bezzałogowych statków powietrznych do służby podejmuje także IMGW-PIB. W 2023 roku zakupiono dron wielowidmowy Yuneec H850RTK z dwuzakresową kamerą (światło widzialne i podczerwień), która służy do obrazowania wpływu otoczenia ogródka meteorologicznego (np. panele fotowoltaiczne) na pomia-

ry wykonywane w ogródku. W przyszłości dron zostanie wyposażony w wiatromierz ultradźwiękowy oraz czujniki do pomiaru temperatury i wilgotności. Tak wyposażona platforma pomiarowa, po uzyskaniu niezbędnych zezwoleń, będzie mogła wykonywać pomiary meteorologiczne na wysokości do 3 km

Inne opcje. Pomiary wykonywane radiosondami są niezastąpione, ale mają swoje ograniczenia. Wysokie koszty radiosond, balonów i gazu napędowego wymuszają na służbach meteorologicznych oszczędne korzystanie z tych rozwiązań. Coraz częściej ogranicza się liczbę rutynowych sondaży, w zamian wykonując pomiary „na żądanie” w sytuacji możliwych wystąpień niebezpiecznych zjawisk. Luki w danych mogą wypełnić systemy teledetekcyjne, mające mniejszą dokładność, ale wykonujące pomiary znacznie częściej i po zdecydowanie niższych kosztach.

Pionowy profil wiatru obrazujący zmienność kierunku i prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości jest informacją pożądaną o wielu zastosowaniach – osłonie operacji lotniczych, analizie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, ocenie energii możliwej do uzyskania w elektrowni wiatrowej. Pomiar może być wykonany przez urządzenia teledetekcyjne, takie jak lidar, sodar, windprofiler. Od 2023 roku podobna aparatura funkcjonuje w IMGW-PIB. Mowa o dopplerowskim sodarze meteorologicznym firmy Metek GmbH.

Sodar działa na podobnej zasadzie jak radar, emitując fale akustyczne i analizując odebrane echo. Urządzenie dostarcza dane o poziomych i pionowych ruchach powietrza w atmosferze do wysokości 1 km. Przyrząd jest bezobsługowy, przystosowany do całorocznej eksploatacji na zewnątrz w każdych warunkach pogodowych.

We współczesnym świecie sprawna i terminowa realizacja wielu usług publicznych (transport, budownictwo) zależna jest od sprawdzalności prognoz meteorologicznych, a te od jakości danych. IMGW-PIB stale modernizuje swoją infrastrukturę pomiarową, a w odpowiedzi na oczekiwania użytkowników wdraża nowe systemy pomiarowe. W przestrzni powietrznej robi się coraz bardziej tłoczno, dlatego informacja o warunkach tam panujących będzie coraz ważniejsza. <

Awaria! Awaria!

IMGW-PIB to jedyna w Polsce instytucja zajmująca się kompleksowych monitorin-
giem i badaniem stanu atmosfery i hydro-
sfery. Dzięki rozbudowanej sieci pomiaro-
wo-obszaryjnej, opartej na najnowszych
urządzeniach i rozwiązaniach technologicz-
nych, państwowa służba hydrologiczno-me-
teorologiczna, którą powierzono IMGW-PIB,
realizowana jest w najwyższych międzyna-
rodowych standardach. Cichymi bohaterami
tej historii są pracownicy serwisu, którzy
bez względu na porę roku, warunki atmosferycz-
ne i zagrożenia docierają do najdalszych
zakątków Polski, aby utrzymać właściwe
funkcjonowanie sieci.

**Anna Goławska: Sieć pomiarowo-
-obszaryjna IMGW-PIB to bardzo
rozległy system, z wieloma różnymi
urządzeniami, która musi być sprawna
24 h na dobę, 365 dni w roku. Jak bar-
dzo istotna jest praca serwisantów i na
czym ona polega?**

Adam Kilarowicz: Rozległa to mało
powiedziane. IMGW-PIB nadzoruje w tej
chwili sieć ponad 1800 punktów pomiaro-
wych rozsiianych po całej Polsce, a nawet na
morzu. Oprócz planowanych kontroli i prze-
glądów, reagujemy na zgłoszenia naszych
synoptyków, którzy na podstawie zewnętrz-
nych źródeł weryfikują stan sieci. Dla przy-
kładu, samych zgłoszeń awaryjnych w 2023
roku było blisko 3 tysiące. Na każde z nich
serwis musi zareagować. Naszym zadaniem
jest nie tylko nadzór nad bezprzerwowym
działaniem danej stacji, aby społeczeństwo
mogłoby być informowane o stanie hydro-
sfery i atmosfery w każdej chwili, ale także
pilnowanie jakości danych. Tym co odróżnia
sieć IMGW od stacji amatorskich, a nawet
większości sieci pomiarowych komercyj-
nych, jest restrykcyjne podejście do wyma-
gań WMO oraz dbanie o jakość i wiarygod-
ność danych.

Piotr Pokrzywiński: Poszczególne gru-
py serwisowe operują na mniejszych bądź
większych obszarach. Na przykład serwis





chojnicki, w którym pracuję, działa na terenie trzech województw: kujawsko-pomorskiego, pomorskiego i zachodniopomorskiego, a zespół składa się z pięciu osób. Stacje są rozlokowane daleko od siebie, więc dojazd do nich to niemała wyprawa. Codziennie musimy być dostępni telefonicznie do godziny 19. W weekendy natomiast są ustalane dyżury, na których czuwamy i interweniuje- my kiedy wystąpi zgłoszenie.

Krzysztof Wesoly: Bardzo ważnym i prestiżowym obszarem działania serwisu jest obsługa systemów AWOS znajdujących się na lotniskach. Z tą kwestią wiąże się znaczne obciążenie pracowników - zarówno w kontekście dość stresujących awarii, ale i konieczności pracy w dyżurach przez siedem dni w tygodniu. Może się zdarzyć, że w niedzielę o godzinie 19 trzeba się pakować i jechać do zgłoszenia.

Z jakimi trudnościami wiąże się ten zawód?

AK: Przede wszystkim jest to praca bardzo wymagająca fizycznie. Urządzenia ulegają awarii głównie podczas złych warunków pogodowych, więc wymiana sprzętu przy dzie- sięciu stopniach mrozu, czy brodząc w lodowatej wodzie, to nasza codzienność. Obiekty bywają trudno dostępne, do wielu można dostać się tylko pieszo. Jak to mówią, im ktoś

ma lepsze auto terenowe, tym dalej po niego musi pojechać traktor, w naszym przypadku również często specjalistyczne pojazdy służby leśnej. Dodatkowo pracujemy na masztach, gdzie o wypadek nie trudno. Ten zawód wymaga dużego skupienia, wielu specjalistycznych szkoleń oraz charakteru.

KW: Bez wątplenia największym utrapieniem jest pogoda. Obsługa sieci telemetrycznej wiąże się z koniecznością pracy w otwartym terenie przez cały rok. Siłą rzeczy deszcz, mróz, upał czy silny wiatr to dla nas chleb powszedni. Do tego dochodzi praca w wysokich górach, gdzie często trzeba dojść na własnych nogach, niosąc na plecach narzędzia. Koledzy z Biura w Gdyni muszą się z kolei mierzyć z Bałtykiem i wszystkim tym, co przynosi morze. Ze względu na odległości między stacjami często pracujemy w nadgodzinach lub też śpimy poza swoim domem.

PP: Uczestniczyłem w naborze serwisantów. Zgłosił się elektronik, który doskonale odpowiadał na pytania, miał doświadczenie i wiedzę idealnie wpisując się w potrzeby serwisu. Po kilkunastu minutach rozmowy zmierzającej we właściwym kierunku oznajmiłem, że zatrudnienie na tym stanowisku wiąże się z licznymi wyjazdami i delegacjami. Niestety kandydat myślał, że jest to praca na miejscu. Natychmiast oznajmił, że nie może jeździć w teren i rezygnuje. Ta krótka

historia pokazuje, że nie jest to praca dla każdego. Serwis stacji pomiarowych to w 90 procentach praca w terenie. Musisz być jednocześnie kierowcą, logistyką, organizatorem, elektroniką i elektrykiem.

Czy w ramach swoich zadań operujecie na określonym obszarze, czy zdarzają się sytuacje nadzwyczajne, alarmowe i trzeba jechać na drugą stronę Polski?

KW: Standardowo operujemy na wyznaczonych dla poszczególnych zespołów obszarach. Zdarzają się oczywiście wyjazdy na drugi koniec Polski, ale to są raczej zaplanowane wcześniej akcje. Ostatnio jeden z naszych kolegów z Krakowa, Maciej Struzik, pojechał do Gdyni i dalej na platformę wiertniczą na Bałtyku. Był ciekawy jak to jest na morzu i koledzy z Gdyni umożliwili mu przeżycie tej przygody (śmiech). Trzeba jednak założyć, że mogą się pojawić ekstremalne sytuacje wymagające wyjazdu na drugi koniec Polski. Zdarza się przecież, że koledzy hydrologicy wspomagają się nawzajem „łapiąc” wysoką wodę. Jeżeli taka woda wyrządzi duże szkody na sieci telemetrycznej, lokalny zespół serwisowy może potrzebować pomocy w odbudowie zniszczonych stacji. Do sytuacji nadzwyczajnych możemy zaliczyć pracę w nocy. Ostatnio diagnozowaliśmy usterkę systemu Ice-Alert na lotnisku w Rzeszowie. Konieczne było zamknięcie obiektu. Zarządca portu umożliwił nam wejście w godzinach nocnych od 1:00 do 4:30. Licząc dojazd i powrót zaliczyliśmy nie dzień, a raczej noc (śmiech).

PP: Nam osobiście nie zdarzyła się sytuacja, że trzeba było jechać bardzo daleko, aby pomóc kolegom z innych ekip. Wyjątkiem są instalacje nowych typów stacji, jak np. na początku lat dwutysięcznych. Montaż i obsługa wszystkich urządzeń wymagała, abyśmy pochyliłi się nad tym razem, żeby zrobić to jednakowo i zgodnie ze sztuką. Wtedy musieliśmy działać wspólnie. Teraz mamy podobny okres - czas Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry i Wisły. Dwa lata temu, w Chojnicach została postawiona pierwsza stacja synoptyczna w ramach w/w projektu. Zaprosiliśmy gości z serwisu z Białegostoku - Tomka Klejną i Tomka Zakrzewskiego. Była to sytuacja nadzwyczajna, ponieważ koledzy byli bardziej obeznani z nowym sprzętem i w znacznym stopniu pomogli postawić oraz uru-



chomić stację synoptyczną. Byli oczywiście obecni przedstawiciele firm, którzy dostarczali elementy, ale to wspólna praca kilku serwisów sprawiła, że odnieśliśmy sukces. Sami nie dalibyśmy rady.

Z jakimi awariami spotykacie się najczęściej, czy mieliście do czynienia z jakimiś problemami nadzwyczajnymi?

AK: Najczęstszą awarią jest brak zasilania na stacji. Historii tego typu jest wiele, czy to uszkodzenie naszej linii podczas remontu dróg, czy dewastacje. Nie wpływa to na ciągłość danych, ponieważ wszystkie stacje mają podtrzymanie awaryjne, jednak wymaga od nas natychmiastowej reakcji, ponieważ systemy zapasowe działają tylko przez jakiś czas. Dużym plusem jest to, że znamy dokładnie moment zaniknięcia zasilania, bardzo blisko współpracujemy z gminami i miastami i bardzo często udaje się ustalić sprawcę. Ogólnie nie warto na własną rękę interesować się tym, co jest w środku, nasi pracownicy terenowi bardzo chętnie odpowiadają na pytania i pokażą jak działa stacja.

KW: Jeżeli chodzi o sytuacje nadzwyczajne w serwisie, to wiążą się one bezpośrednio z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi. Przykładem może być uszkodzenie stacji telemetrycznej, która w trakcie przechodzenia fali powodziowej jest istotna z punktu widzenia osłony jakiegoś obszaru. W takiej sytuacji robimy wszystko, żeby taką stację



uruchomić i w miarę możliwości podtrzymać jej działanie. Specyficznym przypadkiem są awarie na lotniskach. Tam musimy interweniować natychmiast, zwłaszcza jeżeli usterka uniemożliwia prawidłowe zabezpieczenie ruchu lotniczego.

PP: Pamiętam taką sytuację. Wigilia, dzielimy się opłatkiem z rodziną i nagle dzwoni telefon. Z lotniska. Nie działa grupa urządzeń - widzialnościomierz i czujnik wysokości podstawy chmur. Pan, który dzwonił przeproszał, że w takim momencie, ale nie miał innego wyjścia - musiał zgłosić awarię, ponieważ są to kluczowe czujniki dla stacji meteorologicznej na lotnisku. Na szczęście udało się rozwiązać problem przez telefon, zdalnie, dając wskazówki elektrykom portu lotniczego. Inna sytuacja wystąpiła w Darłowie na stacji klimatologicznej. W 2016 roku postawiliśmy pionową siłownię wiatrową, wówczas nowość na naszych obiektach, cie-

sząc się, że będziemy mogli w taki sposób zaopatrywać czujniki w prąd - niezależnie od sieci energetycznej, ze źródeł naturalnych. Minęło pół roku po instalacji i zimą miały miejsce dwa olbrzymie sztormy. Jeden z nich był tzw. sztormem dziesięciolecia, tak silnym, że przerzucał betonowe trójramienne falochrony, które są układane na brzegach. Średnia prędkość wiatru wynosiła wtedy około 25 m/s. Siłownia wiatrowa uległa trwałemu uszkodzeniu. Łopaty były połamane, słup przewrócony. Wszystkiemu były winne wspomniane warunki sztormowe. Szczęście w nieszczęściu, że elementy upadły nie na pozostałe przyrządy i szafę pomiarową, tylko na drugą stronę. Nie było więcej zniszczeń. To była lekcja i nauka na przyszłość. Obecnie jest tam panel solarny, który sprawuje się na tyle dobrze, że nawet w okresie zimowym stacja nie wymaga doładowywania akumulatora.



Czy każdy może pracować jako serwisant? Wymagane są jakieś określone umiejętności, być może są pewne ograniczenia, które wykluczają, np. lęk wysokości, przestrzeni, brak umiejętności pływania?

PP: Co prawda podczas rozmowy o pracę w serwisie pytamy o lęk wysokości, ale nie jest to cecha dyskwalifikująca. Sam borykam się z tym problemem i uważam, że tylko człowiek nieświadomy zagrożenia będzie mówił, że nie ma lęku wysokości. Osoba wykonująca tę pracę musi mieć po prostu szacunek i respekt do zagrożeń jakie wynikają z danych czynności. Mamy szkolenia, odpowiednio certyfikowany sprzęt wysokościowy, które przechodzi odpowiednie przeglądy. Jeśli chodzi o pływanie, to rzadko zdarza się konieczność wchodzenia do wody. Ostatnio przy zakładaniu stacji

hydrologicznych było takich sytuacji więcej, ale w przypadku głębszej wody mamy zawsze wsparcie ekipy hydrologicznej. Spotkałem również osoby, które boją się prądu. Tutaj znów powtórzę - ja także się go boję. Jednak strach ten wynika ze świadomości, co może się stać, jeśli pójdzie coś „nie tak”. Dlatego najważniejsze to starać się wszystko wykonywać zgodnie z zasadami i ze świadomością, że każda sytuacja może generować potencjalne niebezpieczeństwo. Uważam, że każdy może zostać serwisantem. Wystarczy zainteresować się, chcieć zdobyć wiedzę czy otworzyć się na nowe obowiązki. Wszystkiego można się nauczyć, a my z przyjemnością uczymy się od siebie. Wiadomo, elektryk czy elektronik, to wiedza fachowa i ukierunkowana, ale na początek wystarczą podstawy, reszta przychodzi z czasem, doświadczeniem i chęciami.

AK: Pracujemy w wodzie i na wodzie, na wysokościach, mamy do czynienia z owadami, długim przebywaniem na słońcu, mrozem i wzmocnionym wysiłkiem fizycznym. Praktycznie codziennie jest wyjazd w teren, co wymaga skupienia, ponieważ podróżowanie samochodem w Polsce potrafi być bardzo stresujące, a praca musi być wykonana z należytą starannością, aby miała sens. Do tego nawet jeśli pierwotnie nie ma się kierunkowego wykształcenia, trzeba być po części mechanikiem, automatykiem, elektronikiem, budowlańcem, ponieważ w terenie trzeba improwizować, a stacja musi działać. Dobrze jest też mieć szacunek do natury, środowiska, aby nie tracić z oczu celu, gdy którąś z kolei godzinę próbuje się uruchomić w mrozie urządzenie na maszcie. Trzeba być również po prostu sprawnym i zdawać sobie sprawę z własnych ograniczeń. Tworzenie zespołu serwisu to dobranie ludzi o różnych umiejętnościach i zainteresowaniach, aby mogli nawzajem się uzupełniać. Nie wszyscy muszą umieć programować i nie wszyscy muszą umieć spawać, ale na pewno wszyscy muszą się wspierać.

PP: Co charakteryzuje pracę serwisanta? Cierpliwość. Rozmawiałem ostatnio z kolegą z IT i wspólnie doszliśmy do wniosku, że informatykowi ta cierpliwość jest potrzebna jeszcze bardziej. Przy czym praca serwisowa

wa, związana z elektroniką czy elektryką, jest bardzo wymagająca także pod innym względem. Pracujemy z niezwykle droгим sprzętem. Można łatwo coś zepsuć. Wiatromierz to kilkanaście tysięcy złotych, małe urządzenie do mierzenia wysokości pokrywy śnieżnej kosztuje około 30 tysięcy złotych, a wyglądem przypomina kamerkę. Rejestratory i inne przyrządy, które są równie kosztowne, przepalają się i psują od jednego małego błędu czy niedopatrzenia. I są to po prostu błędy nieodwracalne, które łatwo popełnić nieświadomie. Podłączenie układu o niskim napięciu do sieci, gdzie to napięcie jest wyższe, spowodowałoby ogromne straty. Wiedza i wyobraźnia jest bardzo mile widziana. Wiedza, doświadczenie, edukacja kierunkowa są w serwisie konieczne. Pomiar manualny powoli odchodzą. Czujniki, elektronika i automatyzacja to przyszłość. Te dwa argumenty to tylko początek uzasadniania czy praca serwisanta jest potrzebna. Jest i będzie niezbędna.

Praca w terenie to jedno, ale czy poza wyjazdami macie również określone zadania do wykonania w siedzibie firmy?

AK: Oczywiście prace biurowe i raportowanie naszej pracy to bardzo ważny element naszych obowiązków. Procedury wymagają rozliczenia się z każdego przejechanego kilometra, udokumentowania dnia pracy stosownym raportem oraz uzupełnienia stanu sieci. Każde urządzenie jest w ewidencji, każda stacja jest kontrolowana w określonym czasookresie i historia naszych ingerencji musi być widoczna. Wymiana urządzenia wiąże się z zmianą certyfikatu i poprawek danego urządzenia i czas tej zmiany musi być dostępny. Inaczej prace naukowe byłyby obarczone dużą dozą niepewności. Jednym z naszych zadań jest udostępnienie historii danej lokalizacji, aby udowodnić wiarygodność danych. Do tego dochodzi współpraca z innymi jednostkami. Często nasi serwisanci wspomagają swoją wiedzą z zakresu urządzeń inne instytucje, aby dać odpowiedni wkład do projektów naukowych czy inwestycji. Jak mówiłem, ciężko u nas o nudę.

KW: Co rozumiemy przez dokumentowanie naszej pracy? Lub też czym jest praca biurowa w serwisie? Aby wyjechać - musimy szczegółowo wypełnić polecenie wyjazdu. Następnie z magazynu - tego realnego, ale i tego w systemach - trzeba pobrać nie-

zbędne elementy, które umożliwią naprawę czy konserwację stacji. Po powrocie konieczne jest sprawozdanie z przeprowadzonych prac i zaplanowanie kolejnych, co wiąże się z kolejną „papierologią”. Jednak to czynności już na końcu „łańcucha”. Wcześniej mamy do czynienia z fakturami, badaniami rynku, zamawianiem części, uzupełnianiem braków czy uzupełnianiem aktualności w procedurach i instrukcjach. W naszym serwisie, aby ta praca przebiegała płynnie, większość tych obowiązków biorę na siebie. Rozliczenia delegacji, sprawozdania w systemach, księgowości, magazynach. Są oczywiście czynności, które każdy musi wykonać w swoim imieniu i za siebie. Staram się jednak odciążać zespół jak to tylko możliwe, bo najważniejsza jest praca w terenie.

Jak jesteście postrzegani przez społeczeństwo? Wiedzą kim jesteście, jaką pracę wykonujecie? Czy zdarzają się jakieś sytuacje konfliktowe, nieprzyjemne?

AK: Moje doświadczenia pokazują, że ludzie są raczej zaciekawieni i życzliwi. Często jestem zaskoczony ich wiedzą z zakresu meteorologii czy hydrologii, ponieważ potrafią zadać bardzo konkretne i trudne pytania. Widać wyraźnie, że Instytut jest dobrze postrzegany i nie spotykamy się z negatywnymi opiniami twarzą w twarz. W sieciach społecznościowych, gdzie jest anonimowość, sprawa wygląda gorzej, ale taka jest specyfika tego medium.

Macie jakiś apel do ludzi, którzy niszczą - świadomie lub nieświadomie - infrastrukturę pomiarową IMGW?

KW: Na całe szczęście jest to zjawisko coraz rzadsze, co nie zmienia faktu, że takie zdarzenia niestety mają miejsce. Osoby, które dewastują naszą infrastrukturę muszą mieć świadomość, że koszty odbudowy zniszczonej infrastruktury są wysokie. Ale skutki takich działań mogą być poważniejsze. Zniszczona stacja to brak wiedzy o zbliżającym się niebezpieczeństwie i brak ostrzeżeń. Dane z sieci pomiarowo-obszaryjnej IMGW pomagają ludziom uzyskać odszkodowanie za szkody wyrządzone mu przez naturę. Naprawdę nie warto niszczyć czegoś, co służy wspólnemu dobru.

PP: Czujniki i przyrządy pomiarowe to nie są rzeczy przydatne w domu. Nie ma po co ich zabierać ze sobą. Ogrodzenia, kab-

le i inne elementy łatwo się niszczy, dużo trudniej przywraca do działania. Nie warto pozbawiać się wiedzy, a stacje służą temu, aby wiedzieć. Wiedzieć, korzystać z danych, informacji i być bezpiecznym.

Czy to jest wasza praca marzeń i nie zamienilibyście jej na żadną inną?

PP: Do IMGW trafiłem w 1993 roku. Przeszedłem z założeniem, że to na dwa tygodnie, na próbę. Poznałem pracę obserwatora i hydrologa, ale od początku było mówione, że to serwis, naprawa sprzętu i obsługa komputerów są moim zadaniem głównym. Było nas kilku zatrudnionych w takiej właśnie roli na terenie wszystkich oddziałów serwisu w Polsce. Po 1997 roku, kiedy po powodzi zaczęto doposażać stacje, zwrócono uwagę na służbę i wagę tej działalności. Wtedy rozwój sieci i elektronika na stacjach zagościły na dobre, a my po dziś dzień mamy pełne ręce pracy. Ciężkiej pracy, dzięki której już w wielu momentach Instytut okazał się skuteczny w przewidywaniu i prognozowaniu niebezpieczeństw. Dopiero skrajne sytuacje pokazują jak ta praca jest potrzebna i konieczna.

AK: Ten zawód daje mi poczucie celu, że robię coś dla innych. Stawia wyzwania, które nie tylko pozwalają mi się spełniać się jako automatyk, ale też jako zaradny człowiek. Od zawsze interesowałem się nauką, ale jako inżynier lubię bardziej bezpośredni kontakt z urządzeniami niż tylko pracę projektową. Uwielbiam też wymyślać nietypowe rozwiązania oraz pokonywać trudności, co sprawia mi ogromną satysfakcję każdego dnia. I coś czego nie da się kupić - kontakt z naturą oraz wspaniałymi ludźmi. Zwiedziłem mnóstwo ciekawych miejsc i widzę jak Polska się zmieniała przez te 12 lat. Z roku na rok jest u nas piękniej. Do szczęścia brakuje tylko jeszcze lepszej pogody. Czego sobie i wszystkim życzę.

KW: Na pewno jest to praca, która daje dużo satysfakcji i jeżeli ktoś chce, może się rozwijać. Osoby, które nie lubią monotonii w życiu poczuć się spełnione. Różnorodność zadań i problemów cały czas nas zaskakuje. Na chwilę obecną niewielu z nas decyduje się na zmianę miejsca zatrudnienia więc można założyć, że raczej nie zamienilibyśmy jej na żadną inną. ◀

Zdjęcia z archiwum prywatnego: Adam Kilarowicz, Michał Miotke, Leszek Kostrzębski, Aleksander Dombrowski.

Przyszłość – więcej, szybciej, dokładniej

Jakub Sawicki / IMGW-PIB / Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej,
Wydział Inspekcji Sieci Hydrologiczno-Meteorologicznej

Trwa kolejna wielka przemiana Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej. Dzięki Projektowi Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry i Wisły (POPDOW) Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB zyskał możliwość przyśpieszenia automatyzacji oraz rozbudowy sieci pomiarowo-obszaryjnej.

W ramach projektu 150 już istniejących stacji hydrologicznych zostanie zautomatyzowanych i powstanie 100 całkiem nowych punktów pomiarowych, w pełni automatycznych. Na większości stacji będą działać dwa czujniki stanu wody. Powstanie również około 100 automatycznych stacji meteorologicznych oraz nowe stacje klimatologiczne i opadowe.

Na ponad 100 obiektach zostanie wprowadzona automatyzacja bądź zwiększy się zakres pomiarów.

Zmiana polega nie tylko na ilościowym zwiększeniu liczby stacji oraz zagęszczeniu sieci. Dotychczas zainstalowany i już wysłużony automatyczny sprzęt pomiarowy zostanie wymieniony na całkowicie nowy. Oprócz tego montowane będą, dodatkowo,

wcześniej niewykorzystywane urządzenia pomiarowe, które pozwolą na pozyskiwanie większej liczby danych i wprowadzą nowe metodyki pomiarowe.

Po pierwsze cyfra - nowe przyrządy są czujnikami cyfrowymi, a nie analogowymi, jak w większości do tej pory. Po drugie - większe możliwości rejestratorów, które pozwalają na prawie dowolną konfigurację stacji.

Po trzecie - nowości. Na stacjach hydrologicznych wprowadzamy powszechnie automatyczną rejestrację temperatury wody. Do tej pory pomiar prowadzony był głównie przez obserwatorów za pomocą szklanych termometrów oraz nielicznych czujników automatycznych. Po zakończeniu procesu będziemy mogli śledzić na bieżąco temperaturę wody, co pozwoli nam m.in. na ostrzeżenie przed niebezpiecznymi zjawiskami. Na stacjach meteorologicznych inwestujemy w deszczomierze automatyczne, pracujące zgodnie z metodologią polecaną przez Światową Organizację Meteorologiczną. Są to przyrządy wagowe, co znaczy, że opad, który do nich wpada, jest ważony i wartość ta przesyłana jest dalej. Ta metoda pomiarowa pozwala uwolnić się od problemów związanych z dotychczas stosowanymi urządzeniami korytkowo-wywrotnymi (zatykający się lejek oraz woda przelewająca się przez korytko, które nie nadążało za opadem). Na wielu stacjach pojawiają się absolutne nowości, np. czujniki wilgotności gleby pozwalające mierzyć ten parametr na kilku poziomach, aż do metra pod ziemią.

Po czwarte - pomiary zapasowe. Dzięki projektowi POPDOW zwiększy się liczba pomiarów oraz sprzętu zapasowego (wiatromierzy i czujników temperatury).

Po piąte - automatyzacja obserwacji. Nowe przyrządy do pomiaru podstawy chmur pozwalają na zmierzenie wysokości kilku warstw, podają także wielkość zachmurzenia na każdym z wykrytych poziomów, dzięki czemu pozyskujemy dane w czasie, gdy stacja pracuje tylko w trybie automatycznym. Wielokrotnie zwiększy się również liczba czujników wysokości pokrywy śnieżnej, co pozwoli uniezależnić się częściowo od pracy obserwatorów ryczałtowych.

Po szóste - standardy. Zgodnie z wymogami Światowej Organizacji Meteorologicznej nowe przyrządy wprowadzone są do użytku równoległe z dotychczas stosowanymi, a następnie prowadzone są porównania uzyskiwanych wyników. Dotychczas przeprowadzone analizy wskazują utrzymanie odpowiedniej jakości pomiarów oraz podtrzymanie wieloletnich ciągów pomiarowych.

Poza wymienionymi zmianami, w ramach projektu POPDOW kupiliśmy przyrządy do pomiarów aktywności, aerologicznych, pomiaru natężenia przepływu, geodezyjnych czy morskich, ale to już zupełnie inne historie...



fol. SZS/MGKP/PB



fol. K. Borowicki / IAGC/FPB



fol. SZS/MGKP/PB



for. Rafał Lewandowski | IMGW-PIB

Sieć POLRAD po zmianach

Irena Tuszyńska, Sylwia Gzik | IMGW-PIB/Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej, Wydział Teledetekcji Naziemnej

Radar meteorologiczny jest obecnie jedynym środkiem technicznym, który pozwala na naziemną, teledetekcyjną (zdalną) i wielkoobszarową diagnozę stanu atmosfery i zachodzących w niej zjawisk, takich jak chmury, opady deszczu, śniegu lub gradu czy stref zbieżności wiatru. W przeciwieństwie do metod klasycznych, radar umożliwia ciągłe śledzenie wymienionych zjawisk i określania zgodności ich rzeczywistego rozwoju z prognozami. Ma to szczególne znaczenie w wykrywaniu i monitorowaniu przemieszczania się stref intensywnych opadów, jak również szacowania intensywności, sum godzinnych i dobowych oraz średniej sumy opadów w określonej zlewni. Zbierane przez radary dane mają duże znaczenie dla współczesnych hydrodynamicznych modeli hydrologicznych i meteorologicznych. Zmodernizowany w latach 2022-2023 system radarowy POLRAD stanowi, wraz z rozwijanym systemem automatycznych pomiarów meteorologicznych i hydrologicznych, bardzo nowoczesne narzędzie dla sprawnej i wiarygodnej osłony hydrologiczno-meteorologicznej społeczeństwa i gospodarki narodowej prowadzonej przez IMGW-PIB.

Klasyczny radar meteorologiczny wysyła wiązkę mikrofal o polaryzacji liniowej poziomej. Oznacza to, że wektor elektryczny fali (elektromagnetycznej) oscyluje w jednej płaszczyźnie (poziomej). Odbicie fali elektrycznej od powierzchni dielektryka (wody) jest w rzeczywistości generowaniem fali w wyniku zmian orientacji dipoli elektrycznych wody wymuszonej przez falę

padającą. W radach o podwójnej polaryzacji pomiaru dokonuje się wzdłuż dwóch płaszczyzn (pionowej i poziomej) kropli wody. Jest to możliwe dzięki opromienianiu hydrometeorów jednocześnie falą o pionowej i poziomej polaryzacji. W przypadku większych kropli (>1 mm) pomiar falą spolaryzowaną poziomo ZH daje większą wartość odbiciowości niż falą spolaryzowa-

ną pionowo ZV. W ten sposób pozyskuje się dwie różne wartości sygnału odbitego od tych samych kropli, a następnie porównuje się sygnały nadawane z sygnałami zwrotnymi, co umożliwia ocenę wielkości kropelek dominujących i dokładniejsze przeliczanie odbiciowości na natężenie opadu.

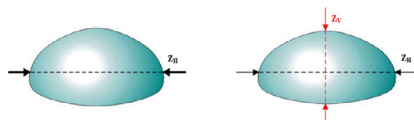
W praktyce technika podwójnej polaryzacji sprowadza się do emisji z kanału

nadawczego jednocześnie dwóch sygnałów; spolaryzowanego poziomo i pionowo, a następnie odbioru sygnału odbitego z obu polaryzacji. Pozyskujemy wówczas zróżnicowaną informację o odnośnie charakterystyk obiektów meteorologicznych ze względu na polaryzację sygnału sondującego; niesymetrycznie rozpraszające obiekty meteorologiczne powodują pojawienie się składnika depolaryzacyjnego zależnego od formy, rozmiaru, orientacji i dielektrycznych właściwości cząstek rozpraszających (hydrometeorów).

Dopplerowskie radary pracujące w sieci IMGW-PIB pozwalają nie tylko na wykrywanie opadowych obiektów meteorologicznych, ale są również w stanie mierzyć prędkość odbijających cząstek. Wykrywanie ruchu należy wówczas rozumieć jako wykrywanie obiektów poruszanych przez wiatr, a ich identyfikacja możliwa jest tylko wówczas, gdy zostaną pozyskane od nich echa zwrotne.

Standardowe pomiary kierunku i prędkości wiatru, jak wszystkie standardowe pomiary w meteorologii, są ograniczone do miejsca, w którym są wykonywane. W przypadku teledetekcji technika radarowa obserwacji wiatru polega na śledzeniu obiektów meteorologicznych (zmian położenia hydrometeorów), będących w ciągłym ruchu, w stosunku do obserwatora (radaru), jak i względem siebie. W tym przypadku metody wyznaczania parametrów pola wiatru bazują głównie na wyznaczeniu dopplerowskiego przesunięcia częstotliwości emitowanego sygnału powodowanego ruchem cząstek chmurowych.

Maksymalna prędkość, która może być poprawnie wyświetlana przez radar dopplerowski zależy od długości fali i częstotliwości emitowanych impulsów. Fale elektromagnetyczne emitowane przez radary pogodowe przemieszczają się z prędkością światła - mierząc czas potrzebny na powrót pojedynczego impulsu, można obliczyć odległość odbijającej cząstki od radaru. Przykładowo, przy 1000 impulsach na sekundę maksymalna odległość jaką impuls może przebyć do odbijającej cząstki, a następnie powrócić do radaru przed wyemitowaniem kolejnego impulsu, wynosi 150 kilometrów i żadne dane nie są wyświetlane poza tym zakresem. Należy zaznaczyć, że większość swojego czasu (ok. 99,8%) radar spędza na „nasłuchiowaniu” powracających impulsów.

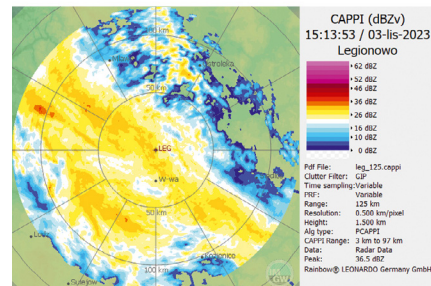
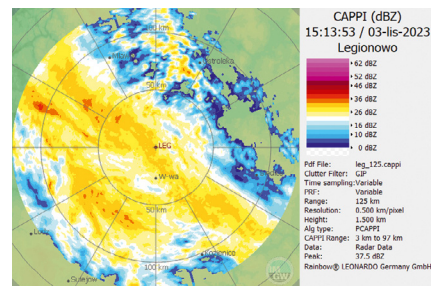


Kształt swobodnie spadającej kropli wody zależy od jej wielkości. Najmniejsze kropelki są prawie idealnie okrągłe, zaś duże krople spadając mają tendencję do „spłaszczenia”. Zmniejszenie „pionowej średnicy” kropli jest tym większe, im większa jest objętość kropli i jej prędkość spadania. W przypadku omiatania wiązką radarową takich spłaszczonych kropeł, powracający sygnał zależy od poziomej polaryzacji fali. Wyjaśnienie: ZH – odbiciowość pozyskana z pomiaru falą spolaryzowaną poziomo, ZV – odbiciowość pozyskana z pomiaru falą spolaryzowaną pionowo.

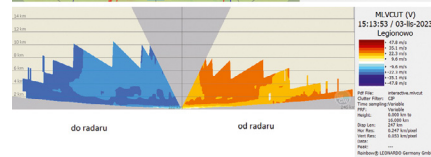
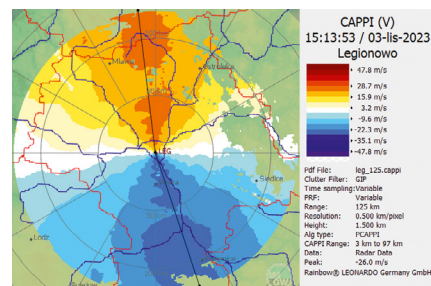
POLRAD i nowa strategia skanowania. Zmodernizowana sieć POLRAD, eksploatowana i zarządzana przez IMGW-PIB, bazuje na urządzeniach pracujących w paśmie C (5,6 GHz) i emitujących wiązkę fali elektromagnetycznej o rozpiętości jednego stopnia. W latach 2022-2023 wszystkie radary wymieniono na magnetronowe typu METEOR 735C, w wersji z podwójną polaryzacją fali elektromagnetycznej (DP), która usprawnia m.in. pomiar intensywności opadów i umożliwia kategoryzację różnych typów hydrometeorów, takich jak: deszcz, grad mżawka czy śnieg. Dzięki nadajnikowi o dużej mocy METEOR 735C działa w trybie jednoczesnego DP prawie bez utraty czułości w porównaniu do konwencjonalnych jednopolarizacyjnych radarów. U uruchomienie kolejnych radarów w sieci POLRAD miało miejsce w miesiącach:

- sierpień 2022 – radar Legionowo (LEG);
- październik 2022 - radar Świdwin (SWI);
- październik 2022 - radar Rzeszów-Jasionka (RZE);
- listopad 2022 – radar Poznań (POZ);
- kwiecień 2023 - radar Użranki (UZR);
- kwiecień 2023 - radar na wzgórzu Ramża (RAM);
- czerwiec 2023 - radar Pastewnik (PAS);
- listopad 2023 - radar na Górze Świętej Anny (GSA);
- grudzień 2023 - radar Brzuchania (BRZ);
- marzec 2024 - radar Gdynia-Szemud (GDY).

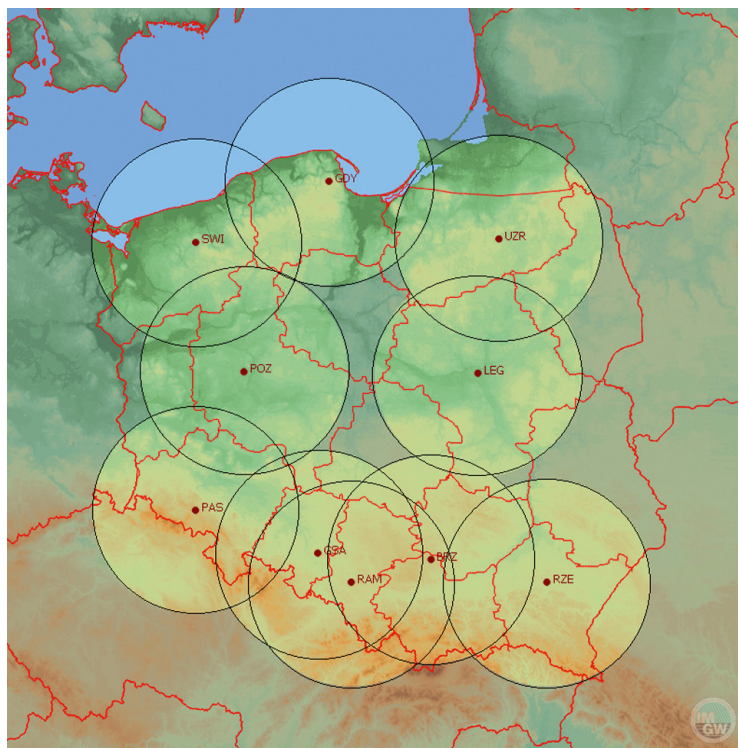
Wymiana urządzeń powiązana była jednocześnie z instalacją nowego, wzbogaconego



Mapa odbiciowości na produkcie: CAPPI (dBZ) z pomiaru falą spolaryzowaną poziomo i na CAPPI (dBZv) z pomiaru falą spolaryzowaną pionowo – dla wysokości 1,5 km n.p.m. – radar LEG.



Radar jest w stanie wykryć ruch tylko bezpośrednio wzdłuż promienia, w kierunku do lub od radaru. Dlatego nie mierzy się całkowitej prędkości wiatru, a jedynie część skierowaną w kierunku do lub od radaru. Jest to ważna koncepcja, którą należy zrozumieć podczas interpretacji obrazów wiatru Dopplera. Na grafikach przedstawiono rozkład prędkości radialnych na produkcie CAPPI (V) Constant Altitude Plan Position Indicator dla wysokości 1,5 km i przekrój MLVCUT (V) Multiple-Line Vertical Cut obrazujący pionowy rozkład prędkości radialnych wzdłuż zaznaczonej na mapie CAPPI(V) linii łamanej.



Obszar domeny sieci POLRAD – na górnej grafice zasięg skanowania dopplerowskiego (125 km), na dolnej – zasięg skanowania klasycznego (250 km), kolor niebieski to radary pokrywające skanowaniem obszar północnej i centralnej Polski, a kolory w odcieniu żółtym – Polski południowej.

dotychczasowe aplikacje, systemu radarowego dostosowanego do nowych możliwości sprzętowych.

Podstawowymi sposobami pozyskania informacji radarowej są przeszukiwanie przestrzenne atmosfery, w wyniku których otrzymuje się surowe (źródłowe) dane we współrzędnych sferycznych zebrane z kolejnych elewacji (kątowności podniesienia anteny). W zmodernizowanej sieci POLRAD dla kolejno uruchamianych radarów zastosowano odmienną, trzyczęściową, strategię skanowania atmosfery:

- I część „wspólna” - wykonywana jest dla najwyższych elewacji i wykorzystywana do stworzenia zarówno danych ze skanowania klasycznego, jak i dopplerowskiego. Zasięg tej części został skrócony (nie ma potrzeby skanowania atmosfery powyżej wysokości, na której nie występują chmury opadowe), co umożliwia uzyskanie dużego zakresu prędkości radialnych (maksymalnie do 47,8 m/s).
- II część typowo „dopplerowska” (wiatrowa) - realizowana dla najniższych elewacji w zasięgu 125 km i umożliwia pomiar prędkości w dużym zakresie (maksymalnie do 47,8 m/s).
- III część typowo „klasyczna” - wykonywana dla najniższych elewacji, podobnie jak część dopplerowska, ale w zasięgu do 250 km, co powoduje, że zakres mierzonych prędkości jest niewielki - dane z tej części są wykorzystywane do wyznaczania produktów opadowych.

Skanowanie zaczynamy „od góry”. Najpierw wykonujemy część „wspólną”, następnie antena porusza się do dołu i realizuje skanowanie „typowo dopplerowskie”, po czym podnosi się oraz opuszcza do najniższej elewacji (0,5°), wykonując skanowanie typowo „klasyczne”. Wszystkie kąty podniesienia anteny dobrane są tak, aby zapewnić optymalne pokrycie skanowanej przestrzeni. Prezentowana strategia skanowania pozwoliła na skanowanie z częstotliwością czasową co 5 minut i umożliwiła pozyskiwanie produktów radarowych co 5 minut (w poprzedniej metodzie co 10 minut).

Wstępne przetwarzanie zebranych w procesie skanowania sygnałów odbywa się na stacji radarowej i jest realizowane przez radarowy procesor sygnału RSP (ang. Radar Signal Processor). Wyko-

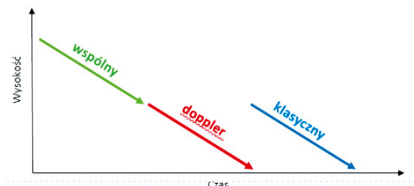
nuje on wstępną obróbkę danych o odbiciowości oraz danych dopplerowskich. Zebrane podczas przeglądu przestrzeni dane są zapisywane w plikach w układzie współrzędnych sferycznych (dane 3D) w dwóch paczkach danych tzw. VOLUM'ach (VOL):

- VOL dopplerowski zawierający część „wspólną” i „dopplerowską”;
- VOL klasyczny utworzony z części „wspólnej” i „klasycznej”.

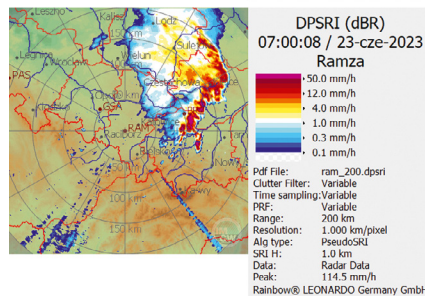
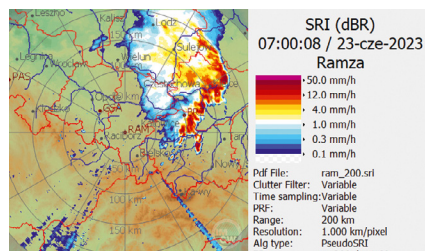
Wykorzystując odpowiednie oprogramowanie, system konwertuje dane typu 3D (z trójwymiarowych) do 2D (dwuwymiarowych) w celu umożliwienia wyświetlania obrazów w układzie kartezjańskim bądź skalarnym; wykonywana jest trójwymiarowa analiza danych i ich interpolacja w azymucie i elewacji. Proces ten zachodzi niemal natychmiastowo w tzw. czasie quasi-rzeczywistym. Jego wynikiem są różnego rodzaju analizy przetworzonego sygnału zwrótnego prezentowane w formie produktów do dalszego przetwarzania lub gotowych map obrazujących określone parametry stanu atmosfery. Dzięki mapom radarowym wiemy, gdzie występują intensywne opady oraz inne groźne zjawiska meteorologiczne, takie jak: ulewy, burze, grad, trąby powietrzne itp.

Zalety pomiaru dual-pol. Zastosowanie we wszystkich nowych radarach pracujących w sieci POLRAD techniki o podwójnej polaryzacji fali elektromagnetycznej, otworzyło wiele nowych możliwości dla meteorologii radarowej. Zebrane dane mogą być wykorzystane do poprawy jakości produktów radarowych i analizy właściwości hydrometeorów w strukturze meteorologicznej. Znaczące poszerzenie zakresu informacji uzyskanych w technikach polarymetrycznych pozwala na realizację zobrazowań umożliwiających dokładniejsze rozróżnianie oraz klasyfikacje ilościową i jakościową obserwowanych obiektów. To pokazuje, że aktualnie rozwój radarów idzie nie tylko w kierunku rozwoju sprzętu lecz skupia się także na opracowywaniu coraz bardziej wyrafinowanych metod przetwarzania sygnału, który otrzymujemy z urządzenia.

Analiza danych pozyskanych z radarów o podwójnej polaryzacji pozwala m.in. na



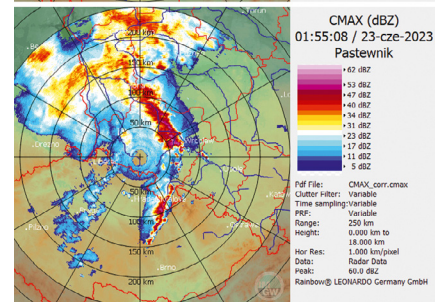
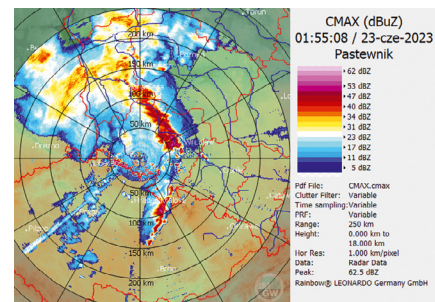
Schemat skanowania atmosfery w cyklu 5-minutowym.



Produkty obrazujące natężenie opadu: SRI(dBR) Surface Rainfall Intensity wygenerowany z danych pochodzących z poziomej polaryzacji i DPSRI(dBR) Dual Polarization SRI uwzględniający także pomiary wykonane falą o pionowej polaryzacji. Słabe echa układające się wzdłuż azymutów na południe od radaru są zakłóceniami od sygnałów WiFi (skrót pojawił się w 1999 r. od nazwy Wireless Fidelity).

korygowanie tłumienia sygnału radarowego wzdłuż trasy propagacji i może znacząco wpływać na wartości opadu wyznaczane przez produkty typu: natężenie opadu, sumy opadu czy wodność obiektów meteorologicznych. Wśród najważniejszych korzyści należy wymienić:

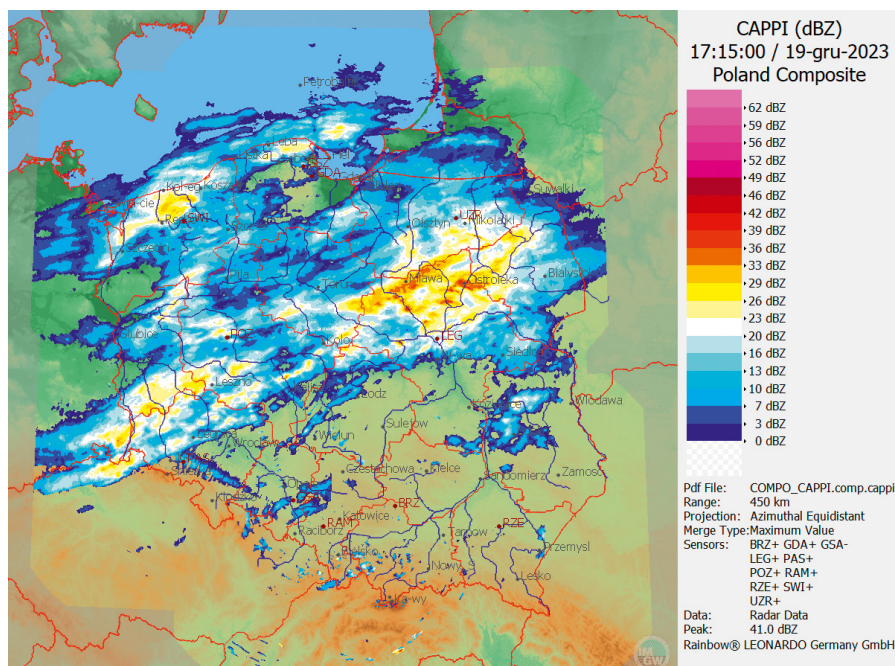
- możliwość wygenerowania dodatkowych produktów;
- poprawę radarowego natężenia opadu;
- możliwość klasyfikacji typów hydrometeorów, w tym do identyfikacji kryształków lodu w chmurach;
- wyznaczanie wysokości warstwy topnienia;



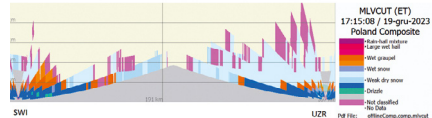
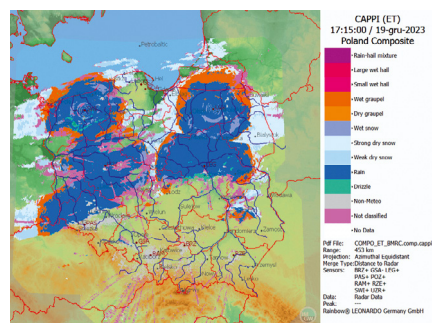
Górna mapa przedstawia dane nieskorygowane z nowego radaru w Pastewniku CMAX (dBuZ), dolna – dane skorygowane CMAX (dBZ). Korekty dokonano poprzez eliminację typowych zakłóceń radarowych, czyli zakłóceń od nadajników WiFi oraz ech stałych. Dodatkowo dane zostały poprawione poprzez wzmocnienie sygnału w strefie wytłumionej przez silne opady (na północ od radaru). Było to możliwe dzięki wykorzystaniu pomiarów z podwójnej polaryzacji. W przypadku jednoczesnego pomiaru falą o podwójnej polaryzacji, na produktach generowanych z danych pozyskanych tylko z pomiaru falą o polaryzacji poziomej widzimy jego wady i ograniczenia pomiarowe, które mogą być korygowane m.in. z wykorzystaniem danych pochodzących z obu pomiarów.

- korygowanie tłumienia powodowanego przez opad wzdłuż trasy propagacji sygnału oraz tłumienia powodowanego przez kopułę radarową;
- lepszą kalibrację radaru;
- identyfikację zakłóceń od ech stałych i anomalnej propagacji;
- korekcję na przesłanianie wiązki radarowej;
- identyfikację ech od „obiektów” biologicznych.

W przypadku radarów dual-pol dużą zaletą jest to, iż można założyć, że „polaryzacyjna technika pozwala na stwo-



Radarowa mapa zbiorcza COMPO_CAPPI(dBZ) dla 1 km n.p.m., której dane posłużyły do wygenerowania mapy COMPO_CAPPI(ET).



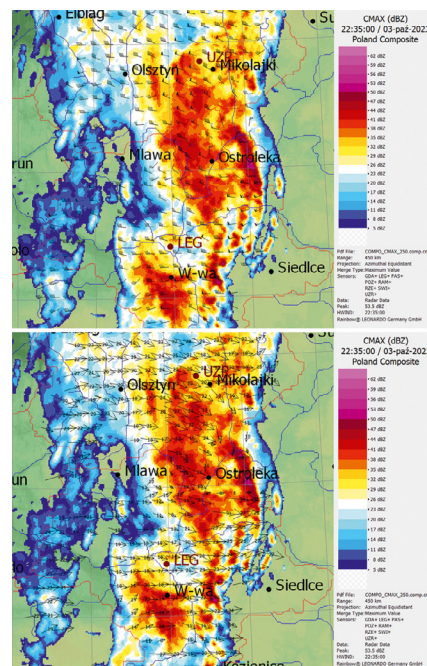
Radarowa mapa zbiorcza rozpoznania typu opadu COMPO_CAPPI(ET) z dnia 19 grudnia 2023 r., godz. 17:15 UTC, i przekrój MLVCUT(ET) z rozpoznania zjawisk w pionowym profilu atmosfery wykonany na kierunku od radaru SWI do radaru UZR – wygenerowane w oparciu o algorytm wykorzystywany w sieci POLRAD.

zalenie metody, za pomocą której można odróżnić deszcz od innych form opadów” (prof. Rody Rogers 1989). Słuszność tego zdania, wypowiedzianego ponad trzy-

dzieści lat temu przez jednego z czołowych meteorologów radarowych, dzisiaj potwierdzają liczne komercyjne realizacje systemów radarowych.

Dzięki radarom o podwójnej polaryzacji mamy możliwość określenia rodzaju zjawisk atmosferycznych. Klasyczne radary nie odróżniały śniegu od deszczu, a wnioskowanie o możliwości pojawienia danego opadu uzależnione było od doświadczenia obserwatora map (analizy danych) radarowych. W sieci POLRAD z nowym typem zainstalowanych radarów mamy zaimplementowanych kilka algorytmów umożliwiających klasyfikację zjawisk meteorologicznych na bazie pozyskanych pomiarów realizowanych falą podwójnie spolaryzowaną.

Z produktów generowanych z danych skanowania zarówno klasycznego, jak i dopplerowskiego mogą być składane mapy zbiorcze. W przypadku kiedy w określonym obszarze dane radarowe nakładają się na siebie, wybierana jest wartość maksymalna (Maximum Value) dla każdego piksela mapy. Wyjątek stanowią mapy rozpoznania typu opadu, gdzie dla obszaru wokół każdego z radarów wybierany jest rodzaj zjawiska rozpoznanego, najbliższego (Distance to Radar) w odniesieniu do danego radaru.



Wycinek z mapy zbiorczej COMPO_CMAX

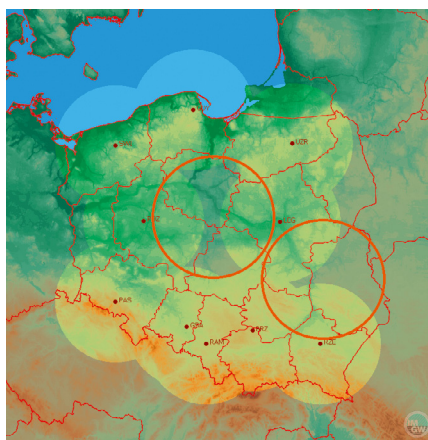
z nałożonymi wektorami wiatru (górną mapą) i strzałkami wiatru (dolna mapa) wraz z podanymi wartościami prędkości, które pochodzą z mapy zbiorczej COMPO_HWIND(V) utworzonej dla wysokości 1,5 km n.p.m. w nowej wersji systemu radarowego. Wszystkie mapy wektorów wiatru poziomego w tym mapy HWIND(V) Horizontal Wind generowane są z danych rozkładu prędkości radialnych w oparciu o zaimplementowane w systemie radarowym algorytmy.

Generowanie produktów radarowych z częstotliwością czasową co 5 minut jest szczególnie przydatne w monitorowaniu zdarzeń ekstremalnych o dużej dynamice. Dla określonego typu zjawisk można wyselekcjonować grupę specjalistycznych produktów najbardziej przydatnych do zobrazowania zdarzenia lub określonych parametrów meteorologicznych atmosfery. Pozwala to użytkownikowi danych radarowych na pozyskanie większej ilości informacji i lepsze zrozumienie aktualnego stanu pogody.

Perspektywy pomiaru dopplerowskiego. W przypadku monitorowania czy analizy danych radarowych pod kątem zdiagnozowania zdarzeń ekstremalnych typu opadowego, możliwe jest przeprowadzenie jej na danych po-



Dot. Rafał Lewandowski | IMGW-PIB



Propozycja zagęszczenia sieci POLRAD o nowe radary.

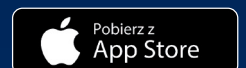
zyskanych ze skanowania klasycznego oraz dopplerowskiego, w trakcie którego dokonywany jest także pomiar odbiciowości (w systemie radarowym na opad przeliczana jest odbiciowość). Z tym, że dla skanowania dopplerowskiego możliwe jest zobrazowanie zdarzeń, gdy zachodzą w odległości nie większej niż 125 km od radaru. Wynika to z możliwości technicznych pomiaru prędkości radarem dopplerowskim (innej metody na dzień dzisiejszy nie ma). Jest to duży problem problemem meteorologii radarowej jeśli chodzi o pomiar zdarzeń ekstremalnych o charakterze wiatrowym. Dodatkowe ograniczenia wynikają w tym wypadku z:

- tzw. horyzontu radarowego (im dalej od radaru tym wiązka biegnie wyżej);
- pomiaru jedynie w obrębie stref opadowych;
- lokalizacji stacji radarowej (jej wysokości n.p.m.).

W celu poprawy monitoringu zdarzeń ekstremalnych typu wiatrowego, na całym obszarze kraju, jedynym rozwiązaniem wymienionych problemów byłoby zagęszczenie stacji radarowych w sieci POLRAD, chociaż o jeden lub dwa radary (obszary zaznaczone na pomarańczowo): w Polsce centralnej i na Lubelszczyźnie, w celu umożliwienia pomiaru dużych prędkości w rotujących wirach w obszarze całej Polski.

CHCESZ WIEDZIEĆ CO CZEKA CIĘ W POGODZIE?

ZAINSTALUJ APLIKACJĘ MOBILNĄ
POGODA DLA POLSKI OD IMGW-PIB



METEO
IMGW-PIB
meteo.imgw.pl

