

Obserwator

SATELITARNE *oczy meteorologów*



Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy

ZNIKAJĄCE JEZIORA > str. 22

Czy Wielkopolska będzie sucha?
Zasoby wodne kurczą się
w niepokojącym tempie

UWAGA, LAWINY! > str. 26

Przed nami sezon narciarski.
Bezpieczeństwo w górach zależy przede
wszystkim od nas samych. Koniecznie
przeczytaj przed wyruszeniem na stok

SMOG. CICHY ZABÓJCA > str. 12

Instytut od ponad 40 lat wspomaga
badania jakości powietrza

o nas

- 3** 100 lat za nami
Chronimy ludzi już od 100 lat.
Poznajcie naszą historię

meteo

- 8** Tatrzańska stacja Gąsienicowa
Historia niezwyklej stacji, która pozwoliła nam
poznać naturę gór

powietrze

- 12** Smog. Cichy zabójca
Instytut od ponad 40 lat wspomaga
badania jakości powietrza

technologie

- 18** Satelitarne oczy meteorologów
Najnowsze technologie w coraz większym stopniu
wspierają międzynarodowe służby w ochronie
społeczeństwa. W jaki sposób IMGW-PIB korzysta
z tych osiągnięć? I czy rola satelitów będzie rosła?

klimat

- 22** Znikające jeziora
Czy Wielkopolska będzie sucha?
Zasoby wodne kurczą się w niepokojącym tempie

bezpieczeństwo

- 26** Uwaga, lawiny!
Przed nami sezon narciarski. Bezpieczeństwo
w górach zależy przede wszystkim od nas samych.
Koniecznie przeczytaj przed wyruszeniem na stok

Obserwator
Gazeta Obserwatora ISSN: 0208-4325

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

Redaktor prowadzący: Rafał Stepnowski
Zespół Redakcyjny: Zespół Komunikacji IMGW-PIB
Grafik prowadzący: Michał Seredin

Kontakt do redakcji: content@imgw.pl

Redakcja nie zwraca materiałów niezamówionych, zastrzega sobie prawo do skrótnych, adiacji i redagowania nadesłanych tekstów. Wszystkie materiały publikowane w Obserwator (Gazeta Obserwatora ISSN: 0208-4325) mogą być przedrukowywane wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść zamieszczanych reklam i ogłoszeń.

**Szanowni Państwo,**

cieszymy się, że mamy okazję podzielić się z wami kolejnym wydaniem magazynu „Obserwator – Gazeta Obserwatora”. Nowy layout, nowe treści, ale to tylko początek. W 2020 roku nasz magazyn popularnonaukowy doczeka się również wersji online. Uruchomiony w formacie magazynu internetowego, będzie informować, w ramach działań edukacyjnych i naukowych, o tym co ważne i istotne w świecie meteorologii i hydrologii, a także, jak zmieniający się klimat wpływa na nas i naturę.

Mamy pragnienie być cenionym ośrodkiem naukowym i badawczym. Chcemy, aby nasza praca była cennym źródłem wiedzy w czasach zmieniającego się klimatu i poszukiwania nowych rozwiązań w dostosowywaniu się do tych zmian. Dlatego jako IMGW-PIB będziemy jeszcze aktywniej edukować, wskazywać trendy, fakty, a ostatecznie dawać propozycje rozwiązań różnych problemów gospodarczych i społecznych.

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej obchodzi w mijającym roku 100-lecie istnienia. To bardzo ważne urodziny, które świętujemy z radością, szacunkiem i dumą. Radością, bo znalezienie odpowiedzi na to, jaka będzie pogoda, daje mnóstwo satysfakcji. Szacunkiem, bo wymaga od nas profesjonalizmu i ciągłego doskonalenia wiedzy. Dumy w chwilach, kiedy spotykamy się z wyrazami uznania za trafne analizy i przewidywania. W imieniu wszystkich, którzy tworzą Instytut, chciałbym podziękować za minione 100 lat.

Pytając, jaka będzie pogoda, pamiętajcie Państwo, że wszystkie dane płyną z jednego źródła – IMGW-PIB.

Z życzeniami dobrej pogody
dr Przemysław Ligenza
Dyrektor IMGW-PIB



100 lat za nami

Rafał Stepnowski

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy świętuje w mijającym roku setne urodziny. To powód do dumy i satysfakcji. Od ponad 36 tysięcy dni staramy się prognozować i informować ludzi o tym, jaka będzie pogoda. A jak wiemy, to ostatnia lub pierwsza rzecz, którą robimy każdego dnia – zadajemy sobie pytanie: jaka dzisiaj i jutro będzie pogoda?

INSTRUKCJA DLA STACJI METEOROLOGICZNYCH SIECI POLSKIEJ

WYDANA PRZEZ

PAŃSTWOWY INSTYTUT METEOROLOGICZNY

w WARSZAWIE.

z 46 RYSUNKAMI.

Wyciąg dla użytku stacji opadowych IV rzędu.

WARSZAWA
NAKLADEM MINISTERSTWA ROLNICTWA I DÓBR PAŃSTWOWYCH
1920.

Pierwsza polska instrukcja prowadzenia pomiarów i obserwacji w stacji meteorologicznej

Białystok był pierwszy. Początki instrumentalnych obserwacji na ziemiach polskich sięgają XVIII wieku. Rozpoczęto wówczas pierwsze zapisy hydrologiczne o stanie wód w rzekach (wodowskaz we Wrocławiu, 1717, wodowskaz w Gdańsku, 1739). Na terenie zaboru pruskiego powołano Służbę Hydrologiczną (1871), a w kolejnych latach podobne instytucje powstały w Galicji (1876) oraz w zaborze austriackim (1893). Pierwszy po-

sterunek meteorologiczny założono w Białymstoku (1881), a cztery lata później powstały Warszawska Sieć Meteorologiczna oraz Biuro i Stacja Centralna przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Stolicy. Był to początek regularnej sieci pomiarowej na ziemiach polskich. Po 27 latach działały już 333 stacje meteorologiczne. Równolegle rozwijana była sieć pomiarów hydrologicznych, w 1918 roku funkcjonowało 260 wodowskazów.

fot. IMGW-PE

Narodziny IMGW. W 1919 roku, po odzyskaniu przez Polskę niepodległości, w Ministerstwie Robót Publicznych powstał Wydział Hydrograficzny, którego zadaniem było badanie zjawisk związanych z przepływem wody. 28 kwietnia tego roku rozporządzeniem Rady Ministrów utworzono przy Ministerstwie Rolnictwa i Dóbr Państwowych Państwowy Instytut Meteorologiczny, który był odpowiedzialny za prowadzenie spostrzeżeń i badań meteorologicznych oraz organizację i zawiadywanie służbą pogody na potrzeby państwa i społeczeństwa. Obie instytucje ściśle ze sobą współpracowały, dając podwaliny pod przyszłą narodową służbę hydrologiczno-meteorologiczną.

Po wojnie, w 1945 roku, powołano Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, na który nałożono obowiązek osłony hydrologicznej kraju oraz odbudowę sieci stacji hydrologicznych i meteorologicznych na terenie Polski.

W końcu w 1973 roku, w wyniku połączenia Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego z Instytutem Gospodarki Wodnej, powstał Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Rozwój działalności. Lata powojenne przebiegały na odbudowie sieci pomiarowej. Do 1949 roku uruchomiono 40 stacji. Stopniowo otwierano również regionalne biura prognoz, a w marcu 1946 roku na antenie Polskiego Radia i w prasie ukazały się pierwsze prognozy pogody. W styczniu 1949 roku Wydział Przewidywań i Informacji Synoptycznych objął działaniem osłonę meteorologiczną lotnictwa cywilnego. Współpraca Instytutu z polskimi służbami lotniczymi trwa z przerwami do dziś. W 1964 roku uruchomiono w Legionowie pierwszy w Polsce radar meteorologiczny. Obecnie Instytut zarządza ośmioma radarami, za pomocą których monitoruje się m.in. opady, wiatr i nagłe zjawiska pogodowe.

Lata 70. to intensywny rozwój w Instytucie systemów operacyjnych opartych na danych satelitarnych. Opracowano metody wykorzystania obrazów satelitarnych do prognozy burz i opadów oraz prowadzono prace nad rozwojem technik transmisji danych do użytkowników. W 1975 roku utworzono Ośrodek Odbioru Danych Satelitarnych z Pracownią Interpretacji Danych Satelitarnych. Cztery lata później rozpoczął się odbiór danych z satelity geostacjonarnego METEOSAT. W 1986 roku zainstalowano w Ośrodku Odbioru i Przetwarzania Danych Satelitarnych w Oddziale IMGW w Krakowie



Pracownik stacji meteorologicznej w Zakopanem podczas prac; 1928



Pomiar temperatury; 1973



Stacja meteorologiczna, Zakopane; 1941

fot. z serwisu www.szukajwarchiwach.pl ze zbiorów Narodowego Archiwum Cyfrowego



Budynek Ministerstwa Robót Publicznych, w którym mieścił się Wydział Hydrograficzny; lata 30.

stację do odbioru transmisji cyfrowych i rozpoczęto operacyjny odbiór danych NOAA. Finałem rozwoju systemów satelitarnych było podpisanie przez Instytut w 1993 roku umowy z organizacją EUMETSAT na korzystanie z kodowanych danych satelitarnych na potrzeby prac naukowych oraz służby meteorologicznej i hydrologicznej.

Po powodzi w 1997 roku, w ramach programu usuwania jej skutków, Instytut otrzymał środki na modernizację służby hydrologiczno-meteorologicznej i jej automatyzację. Powstał system nowoczesnych radarów meteorologicznych POLRAD wraz z systemem przetwarzania i prognozowania zjawisk burzowych PERUN. Zakupiono też superkomputer umożliwiający



Maszt sygnałowy na Helu; lata 30.



Budynek dyrekcji PIM i obserwatorium meteorologiczne, Legionowo; rok nieznany

obliczanie modeli, a służbę terenową wyposażono w nowoczesny sprzęt pomiarowy.

IMGW w XXI wieku. W nowe stulecie Instytut wkroczył jako organizator pierwszego międzynarodowego szkolenia w Polsce z wykorzystaniem danych satelitarnych, potwierdzając swoją ścisłą współpracę z EUMETSAT.



Projekt siedziby PIM; rok nieznany

W 2005 roku powstało Satelitarne Centrum Aplikacyjne na rzecz Hydrologii Operacyjnej EUMETSAT, w którym IMGW koordynuje prace mającymi na celu walidację produktów satelitarnych generowanych przez H-SAF z wykorzystaniem modeli hydrologicznych. Dwa lata później Instytut uruchomił własny serwis pogody online.

W 2009 roku IMGW-PIB został głównym polskim partnerem organizacji EUMETSAT, rok później powstały Centra Modelowania Powodziowego i Suszy, które rozpoczęły realizację największego instytutowego projektu ISOK. W 2011 roku IMGW-PIB uruchomił nieodpłatne udostępnianie danych pomiarowych. Dwa lata później ukazał się pierwszy numer anglojęzycznego czasopisma naukowego „MHWM – Meteorology, Hydrology and Water Management”. Od 2017 roku pełne dane meteorologiczne, hydrologiczne oraz radarowe są dostępne dla ogółu społeczeństwa.

Ludzie IMGW-PIB. Instytut od początku swojego istnienia stawiał na ludzi. Zatrudniał specjalistów i naukowców. Wśród nich są wybitni eksperci, którzy prowadzili przełomowe badania i wdrażali nowoczesne rozwiązania technologiczne.

Codalej? Rok 2020 przyniesie wiele nowości w strategii komunikacji Instytutu, o czym będziemy na bieżąco informować w naszych serwisach online. Szykujcie się!



Samoczynny wodowskaz elektryczny w pobliżu Mostu Kierbedzia; 1932

Tatrzańska stacja Gąsienicowa

Paweł Chrustek, Robert Pyrc

Stacja IMGW-PIB na Hali Gąsienicowej istnieje od 1913 roku. Zbierane w niej dane obserwacyjne od samego początku wykorzystuje się do badań i pomiarów śniegowo-lawinowych. W przyszłości ma ona stać się Centrum Badań Śniegu i Lawin IMGW-PIB. Poznajmy jej historię i powody, dla których jest taka ważna.



foto: P. Chrustek

Ogródek badawczo-pomiarowy z widokiem na Kościelec i fragment Grani Tatr Wysokich

Strategiczna stacja. Obserwacje w stacji meteorologicznej na Hali Gąsienicowej rozpoczęto 1 grudnia 1913 roku. Była to pierwsza górską stacją meteorologiczną na ziemiach polskich. Inicjatorem jej powstania była Sekcja Przyrodnicza Towarzystwa Tatrzańskiego (SPTT), działająca w ścisłej współpracy z Komisją Fizjograficzną Akademii Umiejętności (KFAU). Zainicjowane badania meteorologiczne nawiązywały do celów Towarzystwa Tatrzańskiego, a mianowicie: „Umiejętnego badania Karpat, a w szczególności Tatr i Pienin oraz upowszechniania o nich wiadomości”. Od samego początku kładziono więc duży nacisk, by prowadzone w stacji prace miały wymiar praktyczny i otwarty.

Obecnie stacja na Hali Gąsienicowej jest jedną z ważniejszych stacji meteorologicznych w Tatrach. Reprezentuje warunki klimatyczne górnej granicy lasu. Usytuowana jest na zboczu doliny Suchej Wody, w chłodnym piętrze klimatycznym. Od wschodu, zachodu i południa otoczona jest szczytami tatrzańskimi trzech różnych jednostek fizycznogeograficznych – Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i Tatr Regłowych – o wysokościach względnych dochodzących do 1000 m nad poziom doliny.

W latach 30. XX wieku w stacji prowadzono pomiary ciągłe. Pod koniec 1933 roku w Państwowym Instytucie Meteorologicznym (PIM) opracowano koncepcję budowy na Hali Gąsienicowej obserwatorium meteorologicznego. Projektu nie zrealizowano, najprawdopodobniej ze względu na uwarunkowania lokalizacyjne. Finalnie odstąpiono

od tego pomysłu po wybudowaniu obserwatorium na Kasprowym Wierchu. Podczas II wojny światowej stacja na Hali Gąsienicowej nie prowadziła standardowej działalności, wykonywano jedynie pomiar opadów.

Po wojnie obserwacje wznowiono już w 1945 roku. Od 1948 roku, przy współudziale Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego (PIHM) i na wniosek prof. Władysława Milaty, zaczęła oficjalnie funkcjonować Stacja Badawczo-Naukowa Polskiego Towarzystwa Geograficznego (PTG). Stację włączono też w struktury PIHM i oddano pod opiekę samego Milaty (w tym czasie pełnił on też funkcję Kierownika Zakładu Klimatologii i Meteorologii Instytutu Geografii UJ oraz Kierownika Okręgowego Biura Prognoz PIHM w Krakowie).

W stacji badawczej, poza pomiarami i obserwacjami klimatologicznymi, wykonywano również terminowe pomiary synoptyczne. Najważniejszym jednak kierunkiem działań (przez wzgląd na szczególną lokalizację stacji) miały być pomiary i obserwacje warunków śniegowych, kartowanie form śnieżnych oraz lawin. Do ich realizacji niezbędna była ścisła współpraca z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami badawczymi oraz organizacjami zajmującymi się zagadnieniami śniegowo-lawinowymi.

Epokowa koncepcja. Z inicjatywy prof. Władysława Milaty, w 1949 roku powstała Stacja Badawcza PTG i Stacja PIHM na Hali Gąsienicowej. Analizując literaturę historyczną, można przyjąć, że fundamen-

tem uruchomienia stacji była kontynuacja wcześniej przyjętych założeń Karpackiej Komisji Śniegowej i Lawinowej (KKŚL). Komisję tę prof. Milata zorganizował w 1938 roku w ramach Towarzystwa Krzewienia Narciarstwa (TKN) i przy ścisłej współpracy z PIHM. Samą inicjatywę powołania komisji do dziś uważa się za epokową. Był to krok milowy dla szerokiego, zintegrowanego i dynamicznego rozwoju polskich badań śniegowo-lawinowych i tworzenia ostrzeżeń z tym związanych.

Oficjalne dokumenty historyczne w następujący sposób opisują zakres działania KKŚL: „Program prac Komisji przewiduje badania nie tylko w celach naukowych, ale uwzględnia również w szerokim zakresie potrzeb zimowego ruchu narciarsko-turystycznego w Karpatach”. To stwierdzenie było dla prof. Milaty szczególnie ważne – używał go w niemal każdym artykule opisującym powstanie KKŚL (np. w roczniku „Wierchy”). Podkreślał tym samym, jak wielką wagę ma interdyscyplinarne integrowanie świata nauki i praktyki. Taka postawa była na tamte czasy i w tym obszarze wiedzy niezwykle rzadko spotykana, a sama inicjatywa przełomowa w skali światowej.

Polscy i szwajcarscy pionierzy. W tym czasie działała już m.in. Szwajcarska Komisja do Badań Śniegu i Lawin (1931), jednak systematyczne badania na szerszą skalę rozpoczęto tam w 1936 roku, po wybudowaniu obserwatorium na górze Weissfluhjoch. Warto podkreślić, że założenia rozwojowe, zarówno polskiej, jak i szwajcarskiej organizacji, były bardzo zbliżone

i koncepcyjnie zaawansowane. Wybuch II wojny światowej w istotny sposób ograniczył działania polskiej komisji. W tym samym czasie Szwajcarzy nie mieli tego problemu i prowadzili badania nieprzerwanie. Po zakończeniu wojny prof. Milata powrócił do swoich projektów z jeszcze większym rozmachem. Cenne doświadczenia (w tym zagraniczne na stanowisku synoptyka) pozwoliły mu na szersze spojrzenie. Przełożyło się to na niezwykle rozwojowe działania, prowadzone na wielu polach. Doprowadziły one do rozkwitu nauk geograficznych – meteorologii i klimatologii górskiej – ich popularyzacji oraz praktycznego wykorzystania tej wiedzy w szerokiej skali.

Zmiana polskich granic po wojnie musiała znacznie zmodyfikować pierwotne koncepcje Milaty w zakresie działania Karpackiej Komisji Śniegowej i Lawinowej. Organizacja ta prawdopodobnie przestała też oficjalnie funkcjonować (nie są jednak znane jakiegokolwiek dokumenty opisujące ten fakt). Profesor Milata nie zawiesił jednak działań w tym zakresie i doprowadził m.in. do zainicjowania stacji badawczej na Hali Gąsienicowej, poprzez którą pierwotne koncepcje KKŚL są kontynuowane do dziś. Stacja przyjęła na początku nazwę Stacji Badań Śniegowych. Ważnym punktem zwrotnym była nagła śmierć Milaty w 1954 roku. Jego następcą na stanowisku opiekuna naukowego został prof. Mieczysław Klimaszewski, który poszerzył zakres tematów badawczych realizowanych w stacji o wątek geomorfologiczny. W 1953 roku stała się ona równoległą placówką naukową Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (IGiPZ PAN).

Stacja w zmieniającym się klimacie.

1 stycznia 2019 roku stacja otrzymała status stacji synoptycznej. Z punktu widzenia klimatologicznego, odgrywa ona bardzo ważną rolę w charakteryzowaniu warunków klimatu nie tylko w ujęciu lokalnym, ale również dla analiz szeroko rozumianych warunków w poszczególnych piętrach klimatycznych Tatr i Beskidów. Zaleganie pokrywy śnieżnej w otoczeniu Stacji przez prawie dwie trzecie roku (w wyższych partiach nawet przez cały rok) sprawia, że badania śniegu i lawin mogą być wykonywane tam przez większą część roku i w skali niedostępnej dla innych górskich rejonów w Polsce. To stacja, w której bardzo wyraźnie zaznaczają się procesy inwersyjne termiczne i opadowe. Jej położenie pozwala na

Od początku swojego istnienia stacja na Hali Gąsienicowej funkcjonowała zgodnie z ideami prof. Milaty – w służbie społeczeństwa, na polu szeroko pojętego rozwoju i otwartości, wspierania bezpiecznej aktywności w górach, aktywnej współpracy służb i ośrodków badawczych oraz na innowacyjnych zasadach łączenia wielu dziedzin nauk w kierunku skutecznego realizowania założeń programowych.

określenie charakterystycznych i ekstremalnych zdarzeń pogodowych i klimatycznych. Na Hali Gąsienicowej mierzono najwyższy opad dobowy w Polsce wynoszący 300 mm (30 czerwca 1973) oraz jedną z najwyższych rocznych sum opadów wynoszącą 2626 mm w 2001 roku. Wyniki pomiarów i badań prowadzonych na Hali Gąsienicowej są wykorzystywane w większości opracowań klimatologicznych związanych z tematyką górską, badaniami zmian klimatu oraz w opracowaniach i ekspertyzach meteorologicznych, jak również w pozostałych badaniach naukowych.

Lawiny i śnieg. W Polsce niesystematyczne badania śniegu i lawin sięgają początku XX wieku. Od tego czasu ukazało się szereg publikacji dotyczących śniegu, genezy lawin oraz ich zasięgu. Klasycznym jest dzieło Dobrowolskiego „Historia naturalna lodu”.

Badanie lawin i ostrzeganie społeczeństwa przed tymi zagrożeniami było od początku wpisane w najważniejsze założenia będące podstawą organizacji stacji na Hali Gąsienicowej. W okresach, gdy założenia te były realizowane, jakość generowanych prognoz śniegowo-lawinowych i produktów z tym związanych była bardzo wysoka i były one dostępne dla szerokiego społeczeństwa. Wpływało to bezpośrednio na podniesienie bezpieczeństwa zimowych aktywności w górach. Trudno znaleźć merytoryczne powody, które stałyby na przeszkodzie realizowania takiej strategii obecnie.

Pomimo upływu ponad 80 lat od stworzenia przez prof. Milatę koncepcji Karpackiej Komisji Śniegowej i Lawinowej zapotrzebowanie społeczeństwa na tego typu działania są nadal aktualne. Bez większego ryzyka można stwierdzić, że jest nawet większe, zwłaszcza w kontekście rozwoju społeczeństwa informacyjnego i ciągle zmieniającej się relacji nauka – społeczeństwo. Ta ostatnia wymaga nie tylko większej otwartości i praktyczności ze strony nauki, ale także przeorganizowania sposobu wzajemnej komunikacji.



Budynek stacji zlokalizowany pod stokami Uhroci Kasprowych

foto: P. Chruszek

Smog

Cichy zabójca

•
IMGW-PIB od wielu lat prowadzi badania naukowe i monitoruje poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce. W 2020 roku planuje uruchomienie ogólnodostępnej platformy, która na bieżąco będzie przekazywać dane dotyczące jakości powietrza na obszarze Polski.
•





W naszej strefie klimatycznej „klastyczny” smog jest najsilniejszy od października do lutego. Wtedy intensywnie ogrzewamy domy i mieszkania, więc ilość toksyn w powietrzu szybko rośnie i utrzymuje się na poziomie wielokrotnie przewyższającym dopuszczalne normy, które w Polsce są niestety znacznie wyższe niż w innych krajach UE. Statystyki Europejskiej Agencji Środowiska jasno określają, że zanieczyszczenia powietrza powodują w Polsce 44 tysiące zgonów rocznie. Smog jest przyczyną złego samopoczucia, alergii, bólów głowy, a także poważnych chorób układu sercowo-naczyniowego, układu krążenia, astmy oraz nowotworów. Szkodliwe substancje znajdujące się w smogu, które wdychamy w ciągu dnia, równają się wypaleniu nawet siedmiu papierosów dziennie. Smog jest groźny przede wszystkim dla najmłodszych oraz kobiet w ciąży, których dzieci w wieku płodowym mogą gorzej się rozwijać, a w najgorszym wypadku może dojść do poronienia. Światowa Organizacja Zdrowia uznaje pyły PM_{10} i $PM_{2,5}$ za bardzo niebezpieczne dla zdrowia człowieka ze względu na przedostawanie się drobinek

pyłów wprost przez płuca do krwi, co jest bezpośrednią przyczyną chorób. Stężenie tych pyłów, a także benzoalafirenu w wielu polskich miastach przekracza obowiązujące normy nawet kilkunastokrotnie. Oprócz tego polskie powietrze zawiera wysokie stężenie dwutlenku węgla i tlenków azotu.

Smog powstaje na skutek wymieszania powietrza z zanieczyszczeniami i spalini, powstającymi w efekcie działalności człowieka. Odpowiada za to emisja przemysłowa, coraz większa liczba samochodów, a nade wszystko palenie węglem, drewnem i innymi paliwami stałymi w gospodarstwach domowych. Za jego pojawienie się odpowiada również pogoda, klimat czy ogólne uwarunkowania terenu. O wiele trudniej będzie pozbyć się zanieczyszczeń, gdy jakieś miasto leży w kotlinie, a bezwietrzna pogoda uniemożliwia ich rozprzestrzenienie się i rozrzedzenie, sprawiając, że unoszą się nad lokacją. Niestety, występuje również zjawisko rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń na inne obszary, czyli tzw. smog napływowy. Z pewnością w ten sposób oczyszcza się powietrze w jednym miejscu, jednak staje się ono bardziej zanie-

czyszczone w drugim. Warto też wiedzieć, że w Polsce mamy do czynienia nie tylko ze smogiem typu londyńskiego, lecz również typu Los Angeles, z uwagi na zanieczyszczenia komunikacyjne.

Smog. Cichy morderca. Mikrocząsteczki zawartych w dymie toksycznych związków dostają się przez płuca do krwiobiegu, a z krwią do organów wewnętrznych, m.in. wątroby, serca i mózgu. Powodują w organizmie stany zapalne, które uruchamiają procesy obronne organizmu. Angażuje to i wyczerpuje układ odpornościowy i w efekcie powoduje obniżenie odporności, łatwiej zapadamy na infekcje. Toksyczne działanie smogu można nieświadomie pogłębiać, uprawiając sport – biegając i jeżdżąc na rowerze w skażonym powietrzu. Obecnie dla wielu z nas niska temperatura i śnieg nie są powodem do rezygnacji z roweru i joggingu. Smog jednak powinien nim być. Osoby uprawiające sport wdychają od 10 do 20 razy więcej powietrza niż osoby mniej aktywne. Szczególnie zagrożone skutkami smogu są kobiety w ciąży, ściślej ich nienarodzone dzieci. Szkodliwe substancje, zwłaszcza wę-

glowodory aromatyczne, przenikają z krwioobiegu matki do płodu, pokonując barierę łożyskowo-naczyniową, i powodują uszkodzenia w kształtującym się dopiero organizmie. Badania prowadzone przez kilkanaście lat w Krakowie, jednym z miast o najbardziej zanieczyszczonym powietrzu, wykazały występowanie wielu zaburzeń, m.in. wcześniactwa, niskiej wagi urodzeniowej i mniejszych rozmiarów noworodków. Osoby powyżej 65. roku życia oraz cierpiące na choroby wieńcowe, cukrzycę i przewlekłe choroby układu oddechowego są wymieniane przez lekarzy jako grupa szczególnie narażona na skutki działania smogu i zawarte w nim pyły zawieszone. Zdaniem lekarzy pyły zawieszone nasilają arytmie serca, zarówno migotanie przedsionków, jak i arytmie komorową. Wpływ krążących we krwi cząstek pyłu na blaszki miażdżycowe może prowadzić do zawałów serca i udarów mózgu.

IMGW-PIB na straży. Instytut od wielu dekad prowadzi badania na temat jakości powietrza w Polsce. W ośrodku w Katowicach już w latach 70. prowadzono eksperymentalne badania nad dynamiką zanieczysz-

czeń atmosfery, m.in. przy wykorzystaniu wieży gradientowej masztu TV Katowice oraz chemizmu powietrza. Pionierskie na ówczesne czasy prace pozwoliły na poznanie stanu powietrza atmosferycznego na Górnym Śląsku. Powstała dzięki temu jedna z najdłuższych serii pomiarowych opadu pyłu całkowitego, a później zawieszonego w Polsce. Testowano tu też pierwsze proste modele rozprzestrzeniania zanieczyszczeń.

W Krakowie podejmowano próby poznania, jak przemieszczają się smugi dymowe z wysokich emitorów przemysłowych. W tych badaniach chodziło głównie o zbadanie potencjalnego oddziaływania smug na obszary leśne. Już wtedy zauważono niepokojące zamieranie lasów i podejrzewano, że odpowiadają za to duże zakłady przemysłowe. Dostępne środki techniczne były w owym czasie bardzo ubogie, niemniej jednak już wtedy starano się wykorzystać w tym celu dane satelitarne. W latach 1975-1978 monitoring satelitarny smug dymowych prowadzony był systematycznie. Używano go m.in. do badania wpływu krakowskiej huty na Puszczę Niepołomicką i zażytkowe centrum Krakowa.

Mocnym impulsem do dalszego rozwoju badań nad jakością powietrza był zakup aparatury pomiarowej, tzw. spektrometrów korelacyjnych. Obserwacje prowadzono przy użyciu samochodu przemieszczającego się przy stałych warunkach wiatrowych wokół danego obszaru. Ten sposób umożliwił wyznaczenie emisji z tego właśnie rejonu, bez zanieczyszczeń napływających z zewnątrz. Pomiar wzdłuż granicy państwa pozwolił również określić wielkości przepływu transgranicznego przez Bramę Morawską.

W latach 70. i 80. w społeczeństwie ugruntowało się przekonanie, że to przemysł ciężki jest wyłącznym źródłem zanieczyszczenia środowiska. Wszystko zmieniły wyniki uzyskane w kilku dużych eksperymentach badawczych, w których oddziały IMGW w Krakowie i Katowicach odgrywały wiodącą rolę. Wnioski były jednoznaczne: to emisja z niskich, przy powierzchniowych emitorów – źródeł grzewczych i komunikacji – jest tą, która w największym stopniu wpływa na jakość powietrza w miastach. Uzyskany wynik stanowił duże zaskoczenie.



IMGW-PIB partnerem Smogathonu 2019

Partnerstwo w Smogathonie 2019 to kolejny krok w walce ze smogiem w Polsce. Projekty wyróżnione w Smogathonie mają realny wpływ na walkę ze smogiem. Rozwiązania są wdrażane na całym świecie, by przynieść ulgę mieszkańcom najbardziej zanieczyszczonych miast. Smogathon dysponuje najlepszą na świecie kadrą ekspertów, która sprawdza projekty na wylot, pod kątem potencjału, modelu biznesowego, efektywności, rodzaju technologii, społeczności, administracji oraz innowacji.

Prezydent USA, Bank Światowy i IMGW.

Od początku lat 90. do 2004 roku IMGW był jedną z głównych instytucji eksperckich w zakresie nowoczesnego monitoringu jakości powietrza, zastosowania nowych technik osłony meteorologicznej w badaniach jakości powietrza i modelowania matematycznego stężeń zanieczyszczeń. Było to możliwe dzięki uruchomieniu w 1992 roku pierwszego w Polsce systemu automatycznych pomiarów jakości powietrza w Krakowie. Projekt wspierał ówczesny prezydent USA George Bush, finansowo zaś wspomagała amerykańska Agencja Ochrony Środowiska. Rok później, dzięki pożyczce z Banku Światowego, podobny system powstał w Aglomeracji Górnośląskiej, a IMGW pełnił tu rolę koordynatora systemu.

W Instytucie opracowano wówczas prototyp krótkoterminowej prognozy jakości powietrza opartej na metodach sztucznej inteligencji. Nurt tych badań był systematycznie rozwijany, choć z uwagi na istniejące wówczas ograniczenia obliczeniowe miał charakter eksperymentalny. Niemniej jednak już w 2000 roku elementy dwunastogodzinnej prognozy stężeń znalazły się w codziennych komunikatach o jakości powietrza, które IMGW w Katowicach przysyłał do Centrum Zarządzania Kryzysowego Urzędu Wojewódzkiego. Nie jest zatem prawdziwym twierdzeniem, które obiegało nasz kraj, w wyniku publikacji w którymś z poczytnych portali internetowych, że znana firma w Polsce opracowuje aktualnie pierwszą w świecie prognozę jakości powietrza opartą na sztucznych sieciach neuronowych. Zresztą wątek tworzenia systemu ostrzegawczego przed smogiem będzie miał w IMGW ciąg dalszy.

Rolą IMGW w tym czasie było informowanie władz Krakowa na bieżąco (nie było jeszcze wówczas internetu) o sytuacji meteorologicznej. Jak na tamte czasy stacja meteorologiczna w Czyżynach (dzielnica Krakowa) była bardzo dobrze wyposażona. Pomiary meteorologiczne prowadzone były przez dwie stacje automatyczne, w tym jedną z pomiarami do wysokości 15 m. Dodatkowo już wtedy IMGW dysponował aparaturą do monitorowania warstw areozoli (tzw. lidar) i warstwy granicznej atmosfery (sodar). To właśnie dane z sodaru odgrywały kluczową rolę w zarządzaniu kryzysowym w czasie epizodów smogowych w latach 90. i na początku XXI stulecia. Jeśli sodar pokazywał długotrwałe utrzymywanie się warstw inwersyjnych, a prognozy meteorologiczne nie przewidywały wzrostu prędkości wiatru, władze miasta podejmowały rozmowy z dużymi zakładami przemysłowymi, by prosić o ograniczenie emisji.

XXI wiek. Większa świadomość.

Ogromne zmiany w monitorowaniu jakości powietrza w Polsce przyniosła zmiana przepisów prawnych. W 2004 roku organizację systemów monitoringu przekazano Inspekcji Ochrony Środowiska. Powstały wówczas wspólne sieci pomiarowe, których gęstość dostosowana została do potrzeb badanych regionów. Na szczęście w województwie śląskim szybko dostrzeżono, że monitoring jakości powietrza nawet w nowej formie nie obejdzie się bez osłony meteorologicznej – w tym krótkoterminowej prognozy jakości powietrza. Zadanie to powierzono IMGW w Katowicach. Choć formalnie Instytut nie prowadził zadań związanych z ochroną atmosfery, to ze względu na zdobyte doświadczenia kontynuował badania

w tym zakresie, głównie rozwijając system prognoz. Powstał system oparty na modelu prognozy pogody COSMO LM. Wykorzystuje się w nim metodę data mining, a system opiera się na założeniu, że podobna pogoda w przeszłości na podobnym terenie daje podobne skutki w postaci występujących stężeń zanieczyszczeń powietrza. Ten sposób prognozowania IMGW-PIB realizuje nadal.

Mimo że od stycznia 2019 roku problematyką jakości powietrza zajmuje się Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, to metodyka obserwacji i monitoringu zanieczyszczenia powietrza jest w IMGW-PIB nadal rozwijana i wdrażana. W krakowskim biurze Instytutu opracowany został system prognozy jakości powietrza oparty na modelu obłoku CALPUFF. Jest on z powodzeniem stosowany w pracy operacyjnej prognoz specjalistycznych dla potrzeb miasta.

Czy tę bitwę można wygrać? Czy prowadzone działania badawcze i wdrożeniowe IMGW-PIB przyczyniają się do poprawy jakości powietrza? W sferze mentalnej zapewne tak. Wpisują się one w społeczny dialog o smogu i jego następstwach. Działania te pomagają łagodzić skutki doraźnych zagrożeń poprzez próbę ich zrozumienia i prognozowania. Jednak nie spowodują, że zagrożenie minie. Niezależnie od redukcji emisji istotną rolę w tworzeniu smogu będzie zawsze odgrywać pogoda. Musimy więc również zadbać o klimat.

Dziękujemy pracownikom Zakładu Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza IMGW-PIB z Katowic za pomoc przy realizacji materiału.

SMOG

Nie puszczaj życia z dymem

SMOG – FAKTY

- 30 z 50 miast Unii Europejskiej z najbardziej zanieczyszczonym powietrzem znajduje się w Polsce. W pierwszej dziesiątce tych miast aż sześć to polskie miasta. Dobowy poziom stężenia pyłami zawieszonymi jest w nich przekraczany przez ponad 120 dni w roku.
- Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza jest tzw. niska emisja. To instalacje grzewcze w domach, lokalnych kotłowniach, budynkach użyteczności publicznej i małych przedsiębiorstwach, w których odbywa się spalanie paliw stałych – węgla i jego pochodnych, ekogroszku, drewna i odpadów.
- W zanieczyszczonym powietrzu unoszą się toksyczne mikrocząsteczki, m.in. tlenki siarki, tlenki węgla, tlenki azotu, benzo(a)piren, sadza oraz pyły zawieszone PM_{10} i $PM_{2,5}$.
- To, czym oddychamy, ma wpływ na zdrowie każdego z nas.
- Unoszące się w zanieczyszczonym powietrzu mikrocząsteczki toksyn z łatwością przenikają do płuc i krwiobiegu, a następnie – transportowane wraz z krwią – wyrządzają szkody praktycznie we wszystkich układach i narządach wewnętrznych.
- Niska emisja, główne źródło smogu, przyczynia się do wystąpienia oraz spotęgowania wielu dolegliwości i chorób. Zapalenie gardła, przewlekłe zapalenie oskrzeli, nowotwory i niewydolność płuc, astma oskrzelowa, bezsenność, bóle głowy, choroby oczu (w tym zapalenie spojówek), osłabienie płodności – to tylko niektóre z nich.
- Smog nie oszczędza nikogo. Dzieciom, u których system odpornościowy jeszcze się kształtuje, smog i spaliny szkodzą najbardziej. Stężenie szkodliwych związków chemicznych w powietrzu jest największe na wysokości do 60 cm nad ziemią, a na takiej znajdują się dzieci wozzone w wózkach.
- Smog atakuje bezbronnych. Szkodliwe substancje zawarte w powietrzu, zwłaszcza węglowodory aromatyczne, przenikają z krwiobiegi ciężarnej kobiety do organizmu płodu i powodują uszkodzenia w kształtującym się organizmie.
- Na toksyczne działanie smogu szczególnie narażeni są również seniorzy. Lekarze zgodnie twierdzą, że pyły zawieszone nasilają arytmie serca, zarówno migotanie przedsionków, jak i arytmie komorową. Wpływ krążących we krwi cząsteczek pyłów na blaszki miażdżycowe może prowadzić do zawału serca i udaru mózgu.

SMOG W LICZBACH

Liczby mówią same za siebie.

Komisja Europejska wyliczyła, że zanieczyszczenie powietrza, spowodowane głównie przez spalanie węgla, kosztuje Polskę rocznie **26 mld euro** – 6 proc. naszego PKB.

Z analizy KE wynika, że z powodu chorób wywołanych smogiem Polacy opuszczają w sumie **19 mln dni roboczych** w ciągu roku.

Związane z tym koszty dla Polski i Polaków są ogromne: Koszty ponoszone przez pracowników (leczenie, niższe pensje z powodu zwolnienia lekarskiego) to **1,5 mld euro** rocznie. Aż **88 mln euro** rocznie wynoszą spowodowane smogiem nakłady na opiekę zdrowotną. Straty w rolnictwie (m.in. z powodu mniejszych plonów) sięgają **272 mln euro** rocznie.

Oddychanie zanieczyszczonym powietrzem skraca długość życia nawet o rok.

Według szacunków Europejskiej Agencji Środowiska z powodu zanieczyszczonego powietrza **co roku umiera w Polsce około 50 tys. osób**.

Przebywający około **2 godzin dziennie** na wolnym powietrzu mieszkańiec Krakowa **wdycha rocznie ponad 55 tys. mikrogramów** rakotwórczego benzo(a)pirenu. To tak, jakby w ciągu roku wypalił prawie **4 tys. papierosów**.

Człowiek wdycha około **16 kg powietrza dziennie**. Im bardziej jest ono zanieczyszczone, tym tragiczniejsze skutki zdrowotne wywołuje.

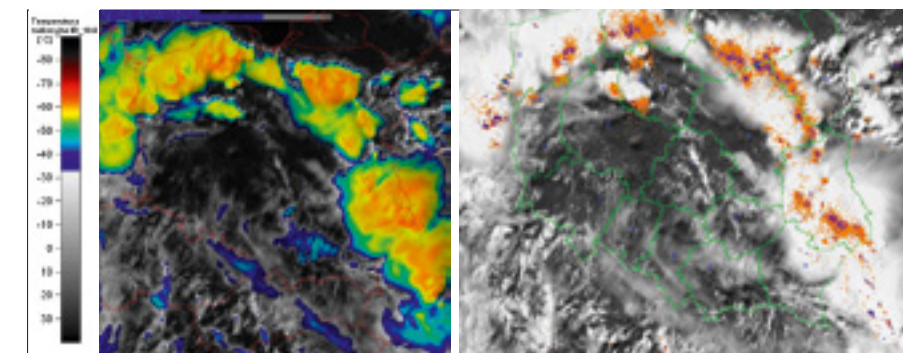
W Polsce domy ogrzewa ponad **5 mln pieców węglowych**, z czego około **70 proc.** to urządzenia o najgorszych standardach emisyjnych lub niespełniające żadnych norm. To one trują najbardziej.

Źródła rakotwórczego benzo(a)pirenu – jednego z najgroźniejszych składników pyłu $PM_{2,5}$: **87 proc.** – indywidualne gospodarstwa domowe, **11 proc.** – przemysł, **2 proc.** – energetyka.

Satelitarne oczy meteorologów

Bożena Łapeta, Mariusz Figurski, Jan Szturc, Andrzej Wyszogrodzki, Grzegorz Nykiel

Satelity odgrywają coraz większą rolę w analizie zjawisk meteorologicznych. Wykorzystuje się je m.in. do wykrywania i śledzenia burz. Są niezwykle ważnym źródłem danych dla systemów ostrzegania, ponieważ pozwalają wskazywać obszary, gdzie niebezpieczne zjawiska pogodowe mogą się dopiero rozwinąć.



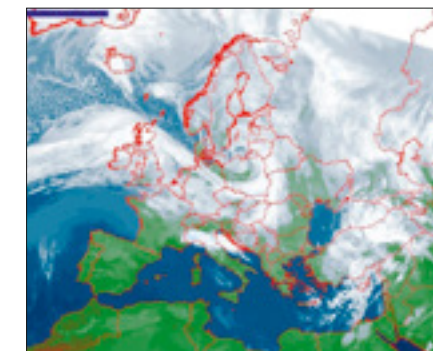
Obraz satelitarne w podczerwieni (lewy panel) oraz obraz w kanale HRV z nałożonymi wyładowaniami (prawy panel) – odpowiednio dobrana paleta barw podkreśla najbardziej wypiętrzone wierzchołki chmur. Pojawianie się struktur w kształcie „O”, „V” i „U” wskazuje na możliwość wystąpienia groźnych zjawisk związanych z tą chmurą, jak wiatr, intensywny deszcz czy grad

Ludzie zawsze pragnęli zrozumieć pogodę. Setki lat temu zmiany warunków atmosferycznych opisywano na podstawie obserwacji fauny i flory. Obecnie, dzięki postępom w nauce i technice, lepiej rozumiemy mechanizmy i prawa rządzące zjawiskami w atmosferze, co pozwala nam przewidywać pogodę znacznie precyzyjniej.

Meteorolodzy do określenia przyszłego stanu atmosfery wykorzystują pomiary z różnych sensorów, skomplikowane modele matematyczne oraz dane z satelitów, które nieustannie monitorują atmosferę ziemską i zjawiska w niej zachodzące. Obserwacje satelitarne, obejmujące zasięgiem cały obszar globu, wprowadziły nową jakość do analizy procesów i zjawisk pogodowych oraz zasadniczo zwiększyły możliwości monitoringu środowiska i zagrożeń naturalnych.

Dane pozyskiwane przez satelity mają bardzo szerokie grono odbiorców i wykorzystywane są obecnie m.in. przy monitorowaniu zmian klimatycznych na obszarach rolnych, w tym oceny stanu pól czy wilgotności gleby. Wspomagają efektywnie gospodarkę wodną w zakresie prognozowania okresów suszy, jak również powstawania anomalii opadowych. Pomagają w racjonalnym planowaniu przestrzennym obszarów zurbanizowanych lub monitoringu jakości powietrza.

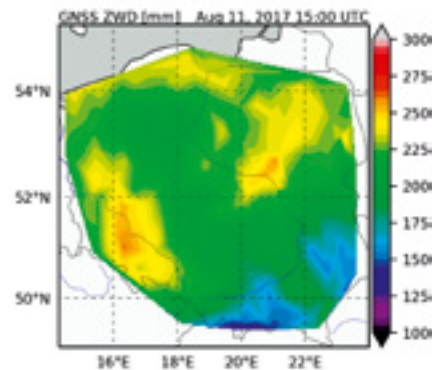
IMGW w dobie meteorologii satelitarnej. Dane satelitarne, w postaci obrazów i produktów satelitarnych, wykorzystywane są w codziennej pracy biur prognoz na całym świecie, jako źródło informacji o stanie atmosfery w skali kontynentu, kraju czy powiatu. Obecnie najważniejszym aparatem jest czujnik SEVIRI znajdujący się na satelitach



Obraz w podczerwieni pokazujący rozkład zachmurzenia (odcienie szarości) oraz układy niskiego i wysokiego ciśnienia nad Europą

geostacjonarnych Meteosat, który dostarcza bardzo dokładne dane dla Europy i części Oceanu Atlantyckiego. Dzięki temu możliwe jest śledzenie zmian zachodzących w atmosferze, a w szczególności przemieszczania się układów frontów oraz rozwoju chmur burzowych i opadowych. Dane z czujnika SEVIRI są odbierane i przetwarzane w ośrodku IMGW w Krakowie, gdzie zlokalizowana jest jedyna w Polsce cywilna naziemna stacja odbioru danych satelitarnych. Na ich podstawie tworzy się mapy i produkty dotyczące m.in. zachmurzenia, zawartości pary wodnej czy prawdopodobieństwa opadu jednostajnego oraz intensywności opadu konwekcyjnego. Wykorzystuje się je do diagnozy sytuacji meteorologicznej oraz do detekcji i monitorowania rozwoju groźnych zjawisk.

Oprócz danych z satelitów geostacjonarnych Meteosat IMGW odbiera i przetwarza dane satelitarne z satelitów okołobiegunowych poruszających się na tzw. niskich orbitach (ok. 800 km nad powierzchnią Ziemi).



Mapa rozkładu części mokrej troposferycznej (ZWD) odniesiona do kierunku zenitu, opracowana z obserwacji GNSS; większa wartość ZWD oznacza większą zawartość pary wodnej w atmosferze

Dane z jednego satelity okołobiegunowego dostępne są dla obszaru Europy Środkowej dwa razy na dobę. Pozwalają one m.in. na śledzenie w atmosferze obecności hydrometeorów, a tym samym obserwowanie opadów oraz kierunku i prędkości wiatru na morzu.

Zaletą pomiarów satelitarnych jest ich dobra rozdzielczość przestrzenna, w czym ustępują jedynie radarom meteorologicznym. Pewien problem stwarza ich niższa rozdzielczość czasowa w przypadku satelitów znajdujących się na niższych (bliższych Ziemi) orbitach. Dlatego meteorolodzy najczęściej wykorzystują dane z satelitów umieszczonych na orbicie geostacjonarnej – są one mniej dokładne, ale za to przekazywane z większą częstotliwością, co pozwala lepiej śledzić zmiany w atmosferze. Satelity dostarczają również informację dla dużych obszarów Ziemi, w tym mórz i oceanów, co jest kluczowe w przypadku globalnych prognoz z wykorzystaniem modeli globalnej cyrkulacji atmosfery.

Obecnie panuje trend łączenia danych pozyskiwanych różnymi technikami pomiarowymi, co umożliwi wykorzystanie zalet poszczególnych technik. Dlatego np. dane satelitarne zestawia się z pomiarami deszczomierzowymi i danymi radarowymi, by zyskać większą wiarygodność prognoz. W IMGW-PIB rozwijany jest wysokiej rozdzielczości model opadów o nazwie RainGRS, w którym efektywnie wykorzystuje się wszystkie trzy źródła danych. Ponadto dane satelitarne służą do wyznaczania takich parametrów jak: parowanie, transpiracja, wilgotność gleby czy roślinności. Informacje te

są bardzo przydatne przy tworzeniu modeli hydrologicznych, np. prognozujących przepływy w rzekach.

Dane satelitarne - czy mają jakieś wady? Pomiary z satelitów meteorologicznych są oczywiście obarczone pewnymi błędami. Najbardziej kłopotliwa jest tzw. paralaksa – efekt niezgodności różnych obrazów tego samego obiektu obserwowanych z różnych kierunków (niezwykle rzadko dostępne są pomiary wykonywane przez satelitę znajdującego się pionowo nad daną lokalizacją). Znaczącą rolę odgrywają też błędy związane z kalibracją czujników satelitarnych oraz przeliczanie bezpośrednio mierzonych wielkości na potrzebne parametry meteorologiczne. Dodatkowym problemem w ostatnim czasie stał się szybki rozwój sieci komórkowych, szczególnie powstająca sieć 5G. Pojawiają się opracowania naukowe dowodzące, że ta bezsprzecznie nowoczesna technologia, która w założeniu ma operować na częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości pary wodnej, może w znacznym stopniu zakłócić sygnały satelitarne i w konsekwencji pogorszyć jakość numerycznych prognoz pogody.

Satelity nawigacyjne i środowiskowe - nowe rozwiązania dla meteorologii. Gęstość pomiarów w czasie i przestrzeni oraz zaawansowane modele meteorologiczne mają bezpośredni wpływ na jakość i dokładność prognoz pogody. Satelity meteorologiczne, będące naszymi „oczami na niebie”, wykorzystują metody teledetekcyjne do monitorowania zmiany atmosfery „od góry”, pomiary naziemne zbierają informację „od dołu”. Efektem pracy tych wszystkich urządzeń jest ogromna ilość danych, które są bazą dla matematycznych modeli pogody. Nadal jednak istnieją obszary, w których współczesna technologia nie do końca się sprawdza. Mowa o próbkowaniu aktualnego składu atmosfery, a zwłaszcza rozkładu pary wodnej.

Para wodna odgrywa kluczową rolę w dynamice i termodynamice atmosfery, w skali lokalnej, regionalnej i globalnej. Jej obecność w atmosferze ziemskiej odpowiada w części za zjawisko efektu cieplarnianego. Informacje o zmianach zawartości pary wodnej w atmosferze uzyskuje się obecnie z sondowań aerologicznych, pomiarów radiometrami mikrofalowymi oraz lidarów meteorologicznych. Pomiary te wykonywane są jednak w niewielu

lokalizacjach na Ziemi, a ich zasięg jest ograniczony do kilkunastu kilometrów nad powierzchnią terenu. W rozwiązaniu tego problemu mogą pomóc inne techniki satelitarne, niezwiązane z bezpośrednio z meteorologią, do których można zaliczyć satelitarne technologie nawigacyjne i radarowe.

Tysiące kilometrów nad naszymi głowami krąży kilka konstelacji satelitów nawigacyjnych (amerykański GPS, rosyjski GLONASS, europejski GALILEO, chiński BeiDou), z których korzystamy w życiu codziennym, chociażby w nawigacji samochodowej. W sumie w kierunku Ziemi sygnały nadaje nieprzerwanie kilkadziesiąt satelitów. Impulsy te, zanim dotrą do odbiornika, muszą pokonać wszystkie warstwy atmosfery, począwszy od jonosfery, a skończywszy na troposferze. Zaawansowane metody matematyczne pozwalają odtworzyć rzeczywistą drogę sygnału, jeśli znamy położenie satelity na orbicie i pozycję najprostszego nawet odbiornika satelitarnego (np. zainstalowanego w naszym smartfonie). Na tej podstawie, dzięki tworzeniu matematycznych kombinacji liniowych obserwacji z satelitów nawigacyjnych, możliwe jest oddzielenie oddziaływania gazów suchych od oddziaływania pary wodnej. Efektywnie uzyskuje się dodatkowo informację o zmianie wilgotności w atmosferze.

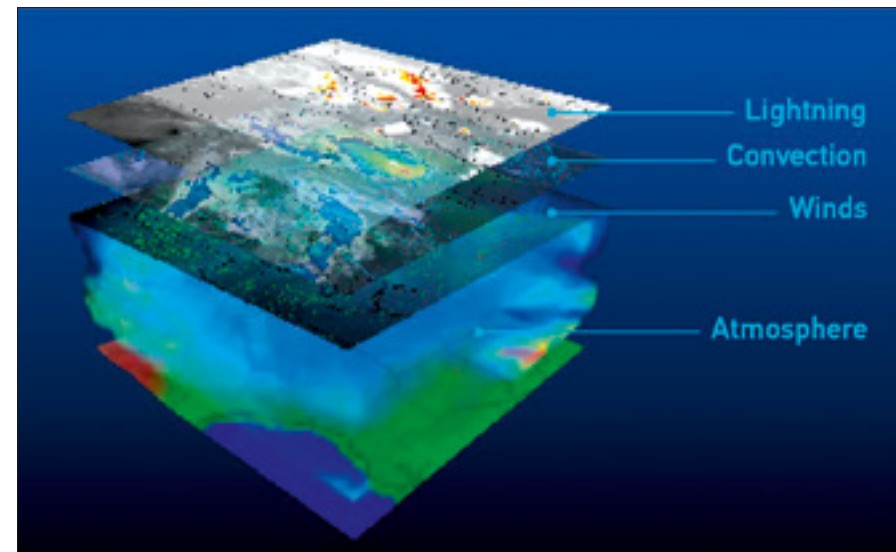
Ten sposób wykorzystania satelitarnych systemów nawigacyjnych stwarza nowe możliwości pozyskiwania dodatkowych informacji dla meteorologii. Szereg ośrodków naukowych prowadzi w tym zakresie badania i testuje wykorzystanie tych danych w numerycznych modelach pogody. Pomimo pierwszych sukcesów nowej metody wyznaczania zawartości pary wodnej w atmosferze (ang. Precipitable Water Vapour) stwierdzono, że jakkolwiek ciekawa, nie jest pozbawiona wad.

Zasadniczym problemem jest fakt, że wyznaczone wartości PWV odpowiadają uśrednionej wilgotności nad odbiornikiem. Bardziej przydatne, z praktycznego punktu widzenia, są profile rozkładu pary wodnej na różnych wysokościach nad powierzchnią Ziemi. Takie dane mogłyby polepszyć prognozy z numerycznych modeli pogody. Powstaje więc pytanie, czy istnieje możliwość zbudowania profilu rozkładu pary wodnej w atmosferze z wykorzystaniem sygnałów GNSS.

Z pewnością nie można tego wykonać przy użyciu tylko jednego odbiornika. Ale już kilka, pracujących synchronicznie w określonym regionie, pozwala na określenie trójwymiarowej struktury wilgotności w atmosferze za pomocą tomografii, w analogiczny sposób jak w przypadku obrazowania medycznego, jednak z wykorzystaniem fal radiowych nadawanych przez satelity nawigacyjne. W ostatnich kilku latach wykonane zostały pierwsze prace badawcze w tym zakresie. Spośród nich najciekawszym rozwiązaniem jest oprogramowanie AWATOS do wyznaczania profili wilgotności, opracowane w Szwajcarii, w Federalnym Instytucie Technologii w Zurychu. Zostało ono przetestowane na kilkunastu poligonach pomiarowych w różnych obszarach kuli ziemskiej, co pozwoliło zweryfikować jakość profili wilgotności uzyskiwanych z obserwacji GNSS. Pozytywne wyniki badań nad tomografią GNSS zaowocowały pierwszym testowym wdrożeniem, w którym obserwacje GNSS pozyskiwane są ze szwajcarskiej sieci stacji referencyjnych AGNES i asymilowane w modelach numerycznych pogody w MeteoSwiss. Warto w tym miejscu nadmienić, że podobne prace badawcze prowadzone są w Polsce, na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu.

Sukcesy osiągnięte we wdrażaniu tomografii GNSS nie są rozwiązaniem ostatecznym. Aby ocenić potencjał tej technologii w procesie zasilania meteorologicznych systemów prognozowania pogody, musi udostępniać ona informacje w czasie prawie rzeczywistym, a jej dokładność być porównywalna z istniejącymi, sprawdzonymi technikami meteorologicznymi. Pomimo ogromnego wzrostu liczby stacji GNSS, pracujących w trybie ciągłym w różnych regionach geograficznych, cały czas pomiary zawartości pary wodnej z GNSS charakteryzują się wysokim czasem próbkowania, lecz stosunkowo słabym próbkowaniem w przestrzeni. Właśnie z tego powodu w środowisku naukowym wzrasta zainteresowanie inną techniką geodezji satelitarnej, jaką jest technika interferometrii radarowej z syntezą apertury (SAR).

Dotychczasowe próby meteorologicznego wykorzystania satelitów SAR pokazują, że rozdzielczość przestrzenna PWV z SAR jest znacznie większa niż rozdzielczość pomiarów GNSS, nawet jeśli pobieranie danych trwa kilka dni. Alternatywnym rozwiązaniem, pozba-



Wizja artystyczna „Kostki Pogody 4D” „4D Weather Cube”, na którą składają się dane z instrumentów MTG próbujących atmosferę w trzech wymiarach. Synoptycy będą mogli śledzić zjawiska meteorologiczne, takie jak konwekcja, wiatr i wyładowania atmosferyczne, a zatem dokładniej wykrywać i prognozować szybko rozwijające się zjawiska pogodowe, takie jak burze (źródło: EUMETSAT)

wionym defektu czasochłonnego pobierania danych, jest koncepcja SAR z wykorzystaniem satelitów geostacjonarnych, które mogłyby zwiększyć szybkość pobierania danych i wyznaczania PWV, kosztem gorszej rozdzielczości przestrzennej, podobnie jak w satelitach meteorologicznych.

Innym rozwiązaniem, które można wykorzystać do badania profili wilgotności atmosfery ziemskiej jest użycie niskoorbitalnych satelitów konstelacji COSMIC (ang. Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate) wyposażonych w odbiorniki GNSS. W satelitach COSMIC do badania atmosfery ziemskiej wykorzystuje się metodę pomiaru okultacji radiowej, która zapewnia pomiar pary wodnej w atmosferze również nad akwenami morskimi i oceanicznymi, gdzie dostęp do innych pomiarów jest praktycznie niemożliwy. Oprócz pomiaru zawartości pary wodnej, okultacja radiowa GNSS wykorzystywana jest do oszacowania trójwymiarowego rozkładu refrakcji atmosferycznej, tak jak się to dzieje w przypadku tomografii GNSS. Metoda okultacji stosowana jest również w astronomii do badania składu atmosfer planet poza Układem Słonecznym.

Satelity przyszłości - prognozowanie wielowymiarowe. Wymienione przykłady nie wyczerpują oczywiście wszystkich możliwych zastosowań

danych satelitarnych w meteorologii, a jedynie pokazują obszary, w których te dane odgrywają istotną rolę. Niemniej najważniejszym aspektem technologii satelitarnej w kontekście monitorowania i prognozowania zjawisk pogodowych, jest rozdzielczość przestrzenna oraz czasowa. Dlatego przy planowaniu kolejnych systemów postawiono przede wszystkim na poprawę jakości otrzymywanych z satelitów danych.

W 2021 roku na orbicie umieszczony zostanie satelita geostacjonarny Meteosat Trzeciej Generacji (MTG). Pierwsze dane będą dostępne prawdopodobnie pod koniec 2022 roku. Stworzy to zupełnie nowe możliwości dla wykorzystania danych satelitarnych w prognozowaniu pogody, a w szczególności w nowcastingu (prognozie pogody „na teraz”). Oczekuje się, że MTG pozwoli na lepsze wykrywanie cienkich cirrusów, rozróżnienie fazy chmur oraz szacowanie zawartości pary wodnej w dolnych warstwach troposfery. Satelita będzie też śledził wyładowania w obszarach nieobjętych przez polską sieć PERUN, co zwiększy dokładność prognoz burzowych. Po raz pierwszy będziemy mieli dostęp do danych, charakteryzujących całą kolumnę atmosfery na obszarze całej Europy i zachodniego Atlantyku, pochodzących z jednej platformy satelitarnej.



600 ha

O TYLE ZMNIJSZYŁA SIĘ
POWIERZCHNIA JEZIOR
Z OBSZARU POJEZIERZA
GNIEŹNIEŃSKIEGO

Znikające jeziora

Bogumił Nowak, Kierownik Pracowni Limnologii IMGW-PIB

Skalę problemu, jakim jest ubytek wód z jezior Pojezierza Gnieźnieńskiego, można zaobserwować m.in. na przykładzie zbiorników położonych na terenie Powidzkiego Parku Krajobrazowego. Tam poziom wody obniżył się na przestrzeni ostatnich 30 lat o kilka metrów.

Największe ubytki wody zaobserwowano w jeziorach Wilczyńskim i Susewskim, w których zwierciadło wody opadło o ponad 5 m. W efekcie akweny Pojezierza Gnieźnieńskiego znacząco zmniejszyły swoją powierzchnię i objętość, a ich płytsze partie całkowicie wyschły. Świadectwem tego zjawiska są stojące na suchym lądzie pomosty czy wodowskazy znajdujące się kilkadziesiąt metrów od linii brzegowej. Ostrożnie szacując, można przyjąć, że łączna powierzchnia jezior z tego obszaru zmniejszyła się o blisko 600 ha, a ich zasoby wodne uszczupliły się o blisko 40 mln m³.

Nic samo nie znika. O zmniejszaniu się zasobów wodnych w rejonie wschodniej Wielkopolski i Kujaw decyduje wiele czynników – antropogenicznych i naturalnych, w tym

zmian klimatycznych. Ponadto w znacznym stopniu wpływ na ich stan ma eksploatacja węgla brunatnego przez konińskie kopalnie.

Pojezierza Gnieźnieńskie i Kujawskie, to obszary o najniższych opadach w Polsce (do 500 mm rocznie, średnia wartość dla Polski to 650 mm), przy wysokim parowaniu z wolnej powierzchni wody (tzw. parowaniu potencjalnym), które w ostatnich latach coraz częściej przekracza wartość 700 mm na rok. Daje to ujemny bilans wodny. Dochodzą do tego jeszcze ewapotranspiracja (parowanie terenowe i pobór wody przez rośliny, które zwiększają się wraz z wydłużeniem sezonu wegetacyjnego) oraz nadmierny pobór wód podziemnych do nawodnień i na cele komunalne. Istotne znaczenie dla kształtowania się stosunków wodnych mają również melioracje wodne, które na szeroką skalę prowadzone były

na omawianym obszarze od ponad 200 lat. Doprowadziły one do przesuszenia zlewni, poprzez szybki odpływ wód z pól i terenów podmokłych oraz odprowadzenie nadwyżek wody z jezior.

Wszystkie wskazane wyżej czynniki przyczyniły się do znacznego ograniczenia zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, ale największą skalę przyjmuje to zjawisko w pobliżu odkrywek węgla brunatnego. W obrębie całego pojezierza ubytek wód z jezior na przestrzeni ostatnich 50 lat wyniósł przeciętnie 0,5-1,0 m i tylko w bliskim sąsiedztwie wyrobisk górnictwa znacznie przekroczył te wartości.

Wielkopolska bez wody? We współczesnym świecie energia elektryczna jest dobrem podstawowym. W Polsce jej produkcja



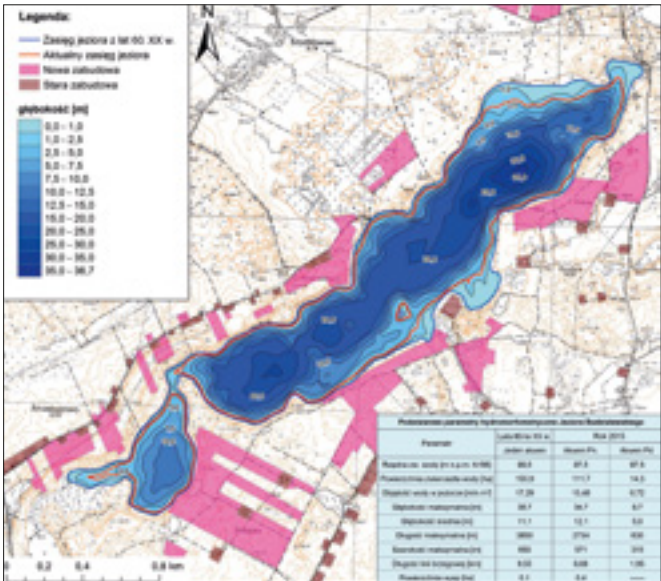
Wyschnięty południowy kraniec Jeziora Mrówieckiego



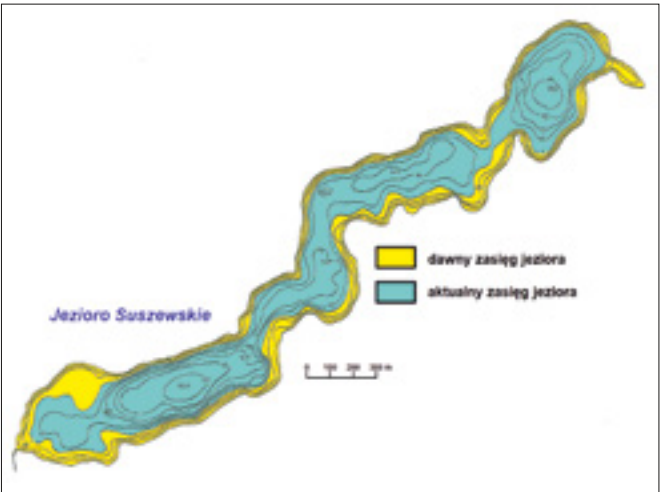
Dawny przesmyk łączący północno-wschodnią odnogę Jeziora Ostrowskiego z jego głównym akwenem



Wyschnięte połączenie jezior Mrówieckiego i Ostrowskiego



Zmiany zasięgu Jeziora Budziszewskiego oraz w strukturze użytkowania terenu w jego zlewni

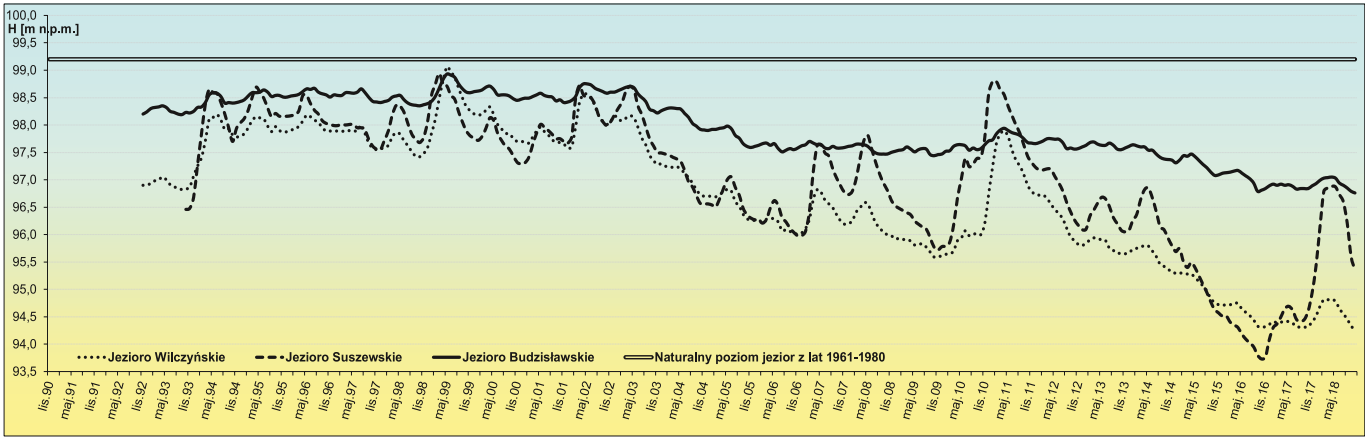


Zmiany zasięgu Jeziora Suszewskiego

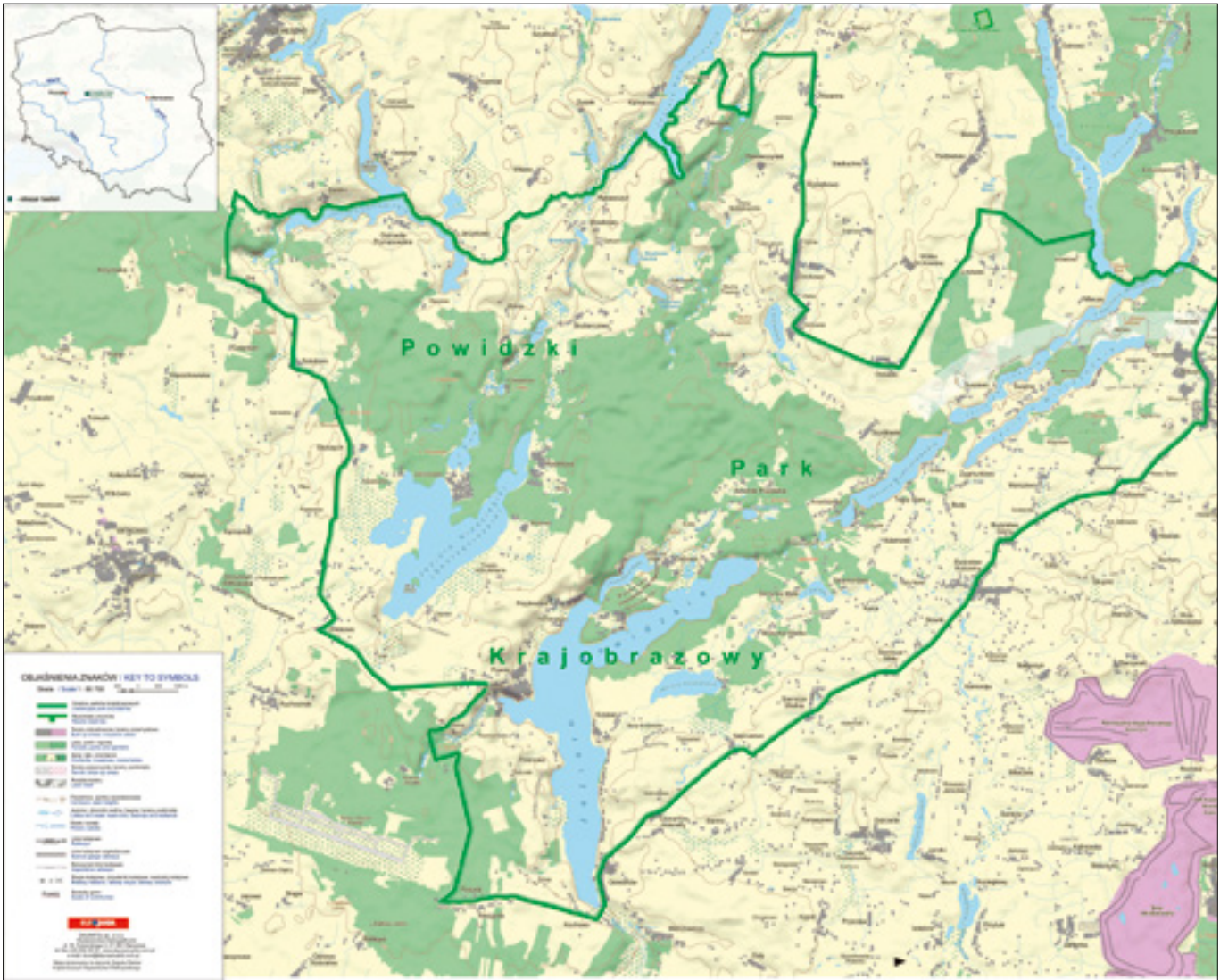
oparta jest na spalaniu węgla kamiennego i brunatnego. Przez najbliższe lata sytuacja ta nie zmieni się i konińskie złoża będą nadal intensywnie eksploatowane. W efekcie problem z dostępnością do wody nie zniknie, a obserwowane zmiany klimatyczne tylko pogłębią deficyty wodne Wielkopolski. Należy zatem podjąć starania, aby w miarę możliwości zahamować ten proces lub, jeśli to możliwe, odwrócić go. Wydaje się to trudne, ale nie jest niemożliwe i wymaga zmian w sposobie gospodarowania wodą.

Przede wszystkim należy pamiętać o tym, aby retencjonować wodę w okresach jej nadwyżek. Z kolei w rejonach pozostających w strefie oddziaływania leja depresji związanego z odkrywkami węgla brunatnego należałoby uruchomić przerzuty wód pochodzących z odwodnień górniczych lub z pobliskich, bardziej zasobnych w wodę zlewni.

Oszczędzajmy wodę. Dlatego przed kolejnym podlewaniem trawy w ogródku albo też przed długim, odpężającym prysznicem warto zastanowić się, czy zużywanie wody na takie cele jest niezbędne, zwłaszcza w sytuacji, gdy wody w Polsce powoli zaczyna nam brakować.



Wahania wybranych jezior rynny powidzko-ostrowskiej



Położenie Powidzkiego Parku Krajobrazowego

UWAGA, LAWINY!

LAWINY SĄ GROŹNE!

- Nawet niewielkie lawiny mogą spowodować śmierć lub kalectwo.
- W około 90% przypadków, zasypani przez lawinę sami doprowadzili do jej wyzwolenia.

Ogólne środki ostrożności zmniejszające ryzyko:

- Śledź na bieżąco pogodę i warunki lawinowe, zaplanuj trasę.
- Miej na sobie nadający detektor lawinowy, zabierz łopatę i sondę.
- Ciągle analizuj pogodę, warunki śniegowe, terenowe, harmonogram wycieczki i czynnik ludzki.
- W miejscach bardzo stromych i wymagających należy poruszać się pojedynczo.

SPRZĘT

Standardowy zestaw lawinowy:

- Detektor lawinowy.
- Łopata.
- Sonda.

Dodatkowo zalecane: Plecak lawinowy.

Inne ważne elementy wyposażenia:

- Aksesoria turystyczne i wspinaczkowe (foki, rakiety śnieżne, raki).
- Apteczka pierwszej pomocy.
- Telefon komórkowy, ewentualnie radio lub telefon satelitarny.
- Pomoce nawigacyjne (mapa 1:25000, GPS, wysokościomierz, kompas).
- Ochrona przed słońcem i zimnem.

PLANOWANIE WYCIECZKI

Cel

Jak najwcześniej rozpoznaj i unikaj potencjalnych problemów (warunki, teren, czynnik ludzki).

SKALA STOPNI ZAGROŻENIA LAWINOWEGO (SKRÓCONA I UOGÓLNIONA)

	Charakterystyka	Zalecenia dla osób poruszających się w terenie zagrożonym
 5 BARDZO WYSOKIE	KATASTROFALNA SYTUACJA Można spodziewać się samorutnego schodzenia wielu dużych i bardzo dużych lawin. Mogą one docierać do dróg i osiedli w dolinie.	Zaleca się zaniechanie wyjść poza otwarte trasy narciarskie i szlaki. Występuje bardzo rzadko. Około 1% wypadków śmiertelnych.
4 WYSOKIE	BARDZO KRYTYCZNA SYTUACJA Możliwe jest samorutne schodzenie często bardzo dużych lawin. Wyzwolenie lawiny jest prawdopodobne na stromych stokach. Typowe jest zdalne wyzwalanie lawin. Często występują dźwięki „wummm” i pęknięcia.	Należy poruszać się po średnio stromym terenie. Należy uważać na strefy akumulacji bardzo dużych lawin. Osoby niedoświadczone powinny pozostać na otwartych trasach narciarskich i szlakach. Obowiązuje zaledwie kilka dni w sezonie zimowym. Około 10% wypadków śmiertelnych.
3 ZNACZNE	SYTUACJA KRYTYCZNA Typowe są dźwięki “wummm” i pęknięcia. Możliwe jest bardzo łatwe wyzwolenie lawiny, szczególnie na stromych stokach wskazanych w komunikacie lawinowym z uwzględnieniem wystawy i wysokości. Możliwe jest samorutne schodzenie lawin, a także zdalne ich wyzwalanie.	NAJBARDZIEJ KRYTYCZNA SYTUACJA DLA TURYSTÓW GÓRSKICH Należy wybrać najlepszą możliwą trasę i podjąć działania w celu zmniejszenia ryzyka. Należy unikać bardzo stromych stoków wskazanych w komunikacie (z uwzględnieniem wystawy i wysokości). Osoby niedoświadczone powinny pozostać na otwartych trasach narciarskich i szlakach. Obowiązuje przez około 30% sezonu zimowego. Około 50% wypadków śmiertelnych.
2 UMIARKOWANE	CZĘŚCIOWO NIEKORZYSTNE WARUNKI Znaki ostrzegawcze mogą wystąpić w pojedynczych przypadkach. Lawiny mogą być wyzwalane w szczególności na bardzo stromych stokach, z wystawą i wysokością wskazaną w komunikacie. Nie należy spodziewać się samorutnego schodzenia stosunkowo dużych lawin.	Trasy należy uważnie dobierać, zwłaszcza na stokach wskazanych w komunikacie (z uwzględnieniem wystawy i wysokości). Po bardzo stromych stokach poruszamy się pojedynczo. Należy zwrócić uwagę na niekorzystną strukturę pokrywy śnieżnej (przetrwiała słaba warstwa). Obowiązuje przez około 50% sezonu zimowego. Około 30% wypadków śmiertelnych.
1 NISKIE	NA OGÓŁ DOGODNE WARUNKI Brak znaków ostrzegawczych. Wyzwolenie lawiny jest możliwe tylko w pojedynczych przypadkach, w szczególności na ekstremalnie stromych stokach.	Po ekstremalnie stromych stokach poruszamy się pojedynczo i wystrzegamy się upadku. Stopień ten obowiązuje przez około 20% sezonu zimowego. Około 5% wypadków śmiertelnych.

Ważne założenia podczas planowania wycieczki:

- Wybierz odpowiednią trasę (wykonalną). Można skorzystać z różnych stron internetowych, map i przewodników.
- Zbierz informacje na temat warunków, terenu i czynnika ludzkiego.
- Nanieś planowaną trasę na mapę topograficzną 1:25000 (Zrób to sam!).
- Wyszukaj i oceń kluczowe fragmenty trasy.
- Ustal punkty decyzyjne i alternatywne plany.
- Przygotuj harmonogram czasowy, ustal godziny graniczne.
- Przejrzyj plan wycieczki i pomyśl, co może pójść nie tak.

Pomoc online w całościowym planowaniu wycieczki:

www.whiterisk.ch/tour (w wybranych krajach europejskich).

UWAGA: Nawet mając dostęp do narzędzi internetowych i ścieżek GPS, nie pomijaj ani nie skracaj żadnego z powyższych punktów.

Mapy

Bardzo przydatne są mapy, na których kąty nachylenia stoków są przedstawione kolorami.

Mapy cyfrowe z różnymi warstwami: mapy.geoportal.gov.pl

Obszary ochrony przyrody: geoserwis.gdos.gov.pl

Ważne: Zabierz na wycieczkę mapę w wersji papierowej.

KOMUNIKAT LAWINOWY

Komunikat lawinowy zawiera informacje na temat aktualnych warunków śniegowych i lawinowych występujących na danym obszarze. **Jest to prognoza przedstawiająca ogólną sytuację lawinową dla regionu - nie dla pojedynczego stoku.** Zagrożenie lawinowe jest opisywane przez stopnie zagrożenia lawinowego, dominujące problemy lawinowe, wizualizacje przedstawiające obszary zagrożone lawinami oraz dodatkowe komentarze.

Stopień zagrożenia zależy od:

- prawdopodobieństwa wyzwolenia lawiny (samorutnej lub wywołanej przez człowieka)
- dystrybucji i częstości występowania niebezpiecznych stoków
- liczby i rozmiarów spodziewanych lawin

Przykład wizualizacji zagrożenia

Przetrwiała słaba warstwa, śnieg przetransportowany przez wiatr. Wystawy i wysokości zaznaczone czarnym kolorem wskazują główne obszary zagrożone lawinami.

WAŻNE OBSERWACJE

Sygnały ostrzegawcze typowe dla znacznego zagrożenia lawinowego (stopień 3) lub wyższego:

- Świeże lawiny deskowe
- Dźwięki „wummm” lub
- Rozprzestniające się pęknięcia pokrywy śnieżnej przy wejściu na jej powierzchnię

Proste obserwacje, wskazujące na wzrost zagrożenia lawinowego:

- Świeży śnieg, wiatr
- Depozyty śniegu przetransportowanego przez wiatr
- Ocieplenie bliskie temperaturze topnienia (0°C, szczególnie po opadach śniegu)

UWAGA: Zbierz jak najwięcej istotnych informacji dotyczących kluczowych fragmentów trasy. Zwróć uwagę na duże dobowe wahania temperatury w okresie wiosennym!

WYPADEK LAWINOWY

Jeśli zostałeś porwany przez lawinę: Spróbuj wydostać się z toru lawiny, pozbądź się kijów narciarskich. Jeśli masz przy sobie plecak lawinowy, odpal go. Tak długo, jak śnieg jest w ruchu, z całych sił staraj się utrzymać na powierzchni. Tuż przed zatrzymaniem trzymaj ręce przy twarzy i staraj się utrzymywać drogi oddechowe wolne od śniegu.

Jeśli nie zostałeś porwany przez lawinę: Obserwuj przemieszczającą się lawinę i osoby przez nią porwane (zapamiętaj punkt, w którym były ostatni raz widziane). Przyjrzyj się sytuacji - przemysł - działają; oceń swoje własne bezpieczeństwo, aby uniknąć kolejnych wypadków. Powiadom służby ratownicze: telefon, radio (jeśli nie ma połączenia, zawiadom je później).

Poszukiwania

- Określ wstępny obszar poszukiwań (w kierunku zejścia lawiny poniżej ostatniego punktu zniknięcia).
- Natychmiast rozpocznij poszukiwania przy użyciu wzroku, słuchu i detektorów (wyłącz wszystkie nieużywane nadajniki - potwierdź to!).
- Po namierzeniu zasypanego, ustal dokładną pozycję za pomocą sondy lawinowej (nie wyciągaj jej po trafieniu!).
- Po zakończeniu poszukiwań ponownie włącz wszystkie detektory na nadawanie.

UWAGA: Ratowanie zasypanych przez towarzyszy ma najwyższy priorytet!

Zgłoszenie wypadku

- Gdzie wydarzył się wypadek?
- Kto dzwoni (nazwisko, numer telefonu, lokalizacja)?
- Co się stało?
- Kiedy zdarzył się wypadek?
- Ile osób jest całkowicie zasypanych, ile udziela pomocy?
- Pogoda w miejscu wypadku?

Ratunek z powietrza

Nie zbliżaj się do helikoptera, dopóki nie zatrzyma się śmigło. Wchodź i wychodź z helikoptera jedynie w towarzystwie członka załogi.

Ważne wskazówki na temat miejsca lądowania:

- Upewnij się, że żadne luźne przedmioty nie leżą w okolicy (ubrania, plecak, itp.). Zwróć uwagę na narty, sondy, itp.
- Gdy śmigłowiec podchodzi do lądowania pozostań w tej samej lokalizacji i uklękni.
- Zawsze utrzymuj kontakt wzrokowy z pilotem.

Odkopywanie

Kop zdecydowanie (systemem „taśmociągu”). Jak najszybciej odkryj głowę i klatkę piersiową, udrożnij drogi oddechowe, sprawdź obecność przestrzeni oddechowej, tzw. poduszki oddechowej (drogi oddechowe wypełnione śniegiem = brak przestrzeni oddechowej).

Pierwsza pomoc

Zgodnie z BLS (Basic Life Support); jeśli nie ma oznak życia, natychmiast rozpocznij resuscytację/Zapobiegaj dalszemu wychłodzeniu/Stale obserwuj i opiekuj się poszkodowanym.

W artykule wykorzystano materiały z: Chrustek P., Fijak S., Świerk M. (red.), 2019, Uwaga Lawiny, wersja polska, Fundacja im. Anny Pasek na licencji WSL/SLF Davos.

Przydatne informacje:

- Tatry: www.topr.pl
- Pozostała część Karpat i Sudety: www.gopr.pl
- Pogoda – warunki aktualne i prognoza: www.pogodynka.pl
- Sytuacja lawinowa w krajach sąsiednich: www.laviny.sk (Słowacja), www.horskasluzba.cz (Czechy), www.snowsaf.at (Słowacja i Czechy)
- Sytuacja lawinowa w pozostałych krajach Europy: www.avalanches.org

Numery alarmowe:

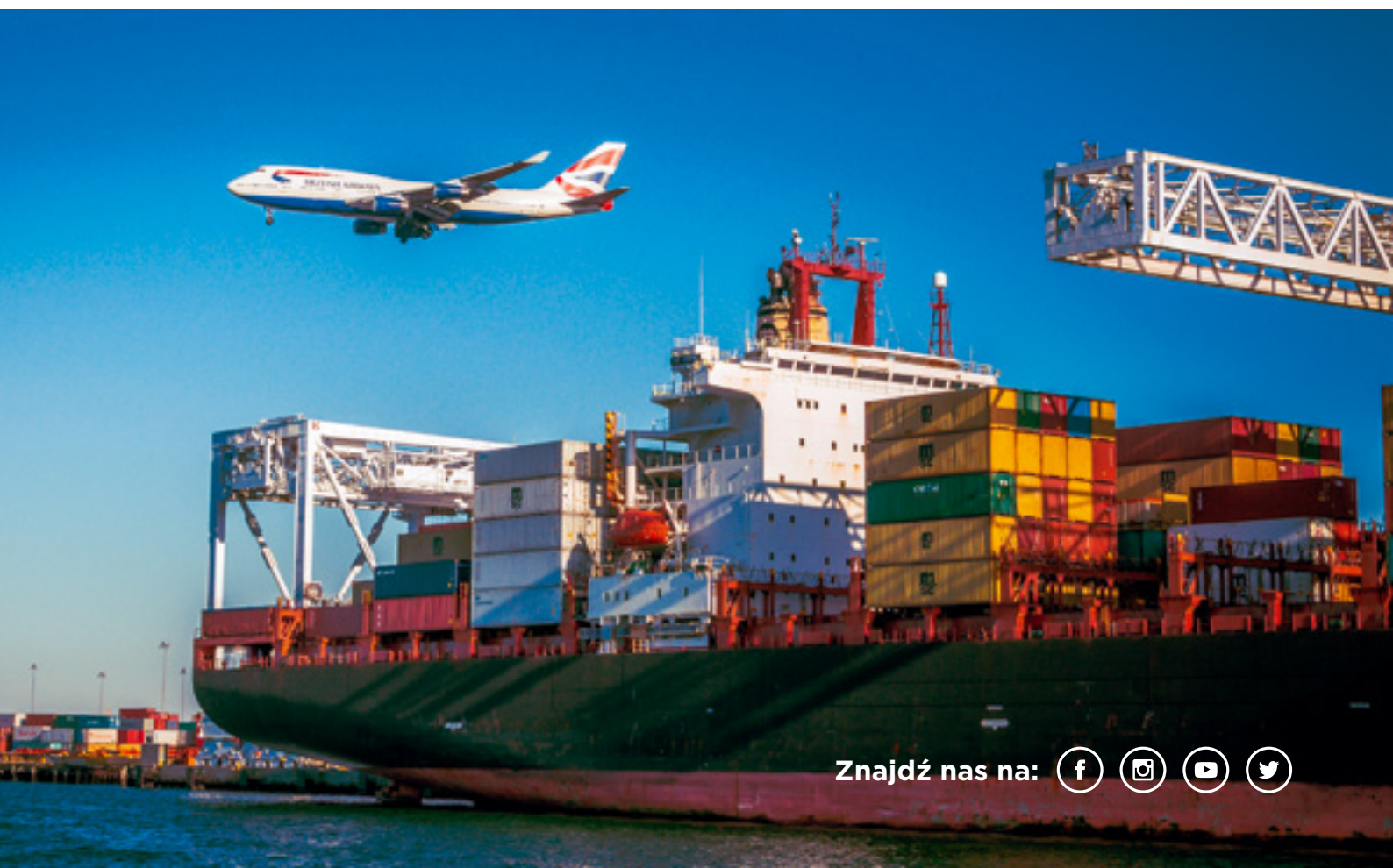
- Polska (GOPR, TOPR): 601 100 300; SOS: 985
- Czechy – SOS/info: +420 1210
- Słowacja – SOS: +421 18 300; info: +421 44 559 16 95
- Ukraina: SOS: 101; info: +380 312 660 701
- Międzynarodowy numer alarmowy: 112
- Aplikacja Ratunek: www.ratunek.eu

Produkty meteorologiczne i hydrologiczne dla administracji,
biznesu i klientów indywidualnych.

PROGNOZUJ TRANSPORT

Modele pogodowe, analizy na podstawie najdokładniejszych
danych satelitarnych, radarowych i systemów naziemnych.
100 lat renomy i doświadczenia najwyższej klasy specjalistów
i ekspertów meteorologii oraz hydrologii.

Dowiedz się więcej www.imgw.pl



Znajdź nas na:

