

WIDOK Z PÓŁNOCY

ACADEMIA: Stacja na Spitsbergenie to która część stulecia polskich ośrodków polarnych, które właśnie obchodzimy?

PIOTR GŁOWACKI: Ta większa. 60 lat temu, w lipcu 1957 r., wypłynęły dwa statki z Polski, które zawiozły ekspedycję i materiały, aby tam zbudować nasz przyczółek na Dalekiej Północy.


Do czego on nam był potrzebny? Szczególnie w latach 50., które nie wydają się specjalnie dobre dla nauki.

Już w 1956 r. mówiono o Międzynarodowym Roku Geofizycznym. Wtedy Polska włączyła się w uruchomienie np. stacji magnetycznej w Wietnamie, więc uznano, że można wziąć też udział w kolejnym przedsięwzięciu. Polska prawdopodobnie była

wówczas przez Rosjan postrzegana jako element ich wsparcia na arenie międzynarodowej na Dalekiej Północy, bo była do zaakceptowania przez państwa zachodnie. Polityka zbiega się czasami w dobrym momencie z inicjatywami naukowymi. Jeśli się to dobrze wykorzysta, można wtedy odnieść sukces.

Dlaczego właśnie tam, czyli we fiordzie Hornsund?

Wybrała go ekspedycja rekonesansowa kierowana przez prof. Stanisława Siedleckiego w 1956 r. Południe Spitsbergenu to na odcinku 40 kilometrów przekrój wszystkich epok geologicznych. Poza tym do fiordu Hornsund uchodzi do morza osiem lodowców o zróżnicowanej dynamice, w tym tych najbardziej reagujących na zmiany klimatyczne.



O Polskiej Stacji Polarnej Hornsund im. Stanisława Siedleckiego na Spitsbergenie mówi **dr hab. Piotr Głowacki** z Zakładu Badań Polarnych Instytutu Geofizyki PAN, którym kierował przez 15 lat.

Kiedy badano południk ziemski w latach 1898–1901, skartowano dokładnie ich zasięgi w tym rejonie. Później były zdjęcia fotogrametryczne, lotnicze, satelitarne. Dziś widzimy więc, jakie jest tempo zmian – np. lodowiec Horn przez te 115 lat wycofał się prawie o 17 km.

To nam źle wróży.

Nie najlepiej. Bo ten fiord ma jako jedyny w nazwie sund, czyli cieśnina. Z naszych badań wynika, że rzeczywiście jest przejście między morzami Grenlandzким i Barentsa charakteryzującymi się różnymi temperaturami i o różnym kierunku prądów. Jeśli ten korek zaniknie, a z symulacji wynika, że może się to stać po 2035 r., możliwe będzie krążenie wody wokół południowej części Spitsbergenu. Prawdopodobnie za-

istnieją wówczas warunki do powstawania cyrkulacji cyklonalnych. Mamy bowiem takie wiry koło Islandii, gdzie rodzi się większość niżów. Te niży w większości przemieszczają się wzdłuż Norwegii w kierunku Spitsbergenu. Jeśli tam się utworzy stały niż, to te islandzkie nie będą miały swobody, więc zostaną wypchnięte na Skandynawię i częściowo na Bałtyk, czyli zaczną oddziaływać także na Polskę. Wówczas będziemy mogli się spodziewać większej liczby zjawisk ekstremalnych i zmiany chociażby opadów atmosferycznych. Zatem nasza stacja może być postrzegana w najbliższych latach także jako element systemu wczesnego ostrzegania dla naszego kraju.

Tam prawie wszystko lepiej widać, nawet do słownie. Powietrze jest czyste, prawie pozbawione zanieczyszczeń, nie ma tak dużych zmian termicz-

■ Nazwa ■
**POLSKA STACJA POLARNA
HORNSUND
IM. STANISŁAWA
SIEDLECKIEGO**

■ Miejsce ■
**ZATOKA BIAŁEGO
NIEDŹWIEDZIA
W FIORDZIE HORNSUND
NA SPITSBERGENIE**

■ Data powstania ■
1957 r.

■ Właściciel ■
INSTYTUT GEOFIZYKI PAN

nych, bardzo często jest mniejsza wilgotność. Nawet na 10 km bez lornetki możemy kontrolować, co się tam dzieje.

To miejsce od początku dawało także innego rodzaju perspektywę?

Tak, w czasach PRL było pod każdym względem otwarciem okna na wielki naukowy świat. Po pierwsze, po wojnie, wyjeżdżając na Zachód, mieszkańcy demoludów musieli mieć wizy. My zaś, dzięki temu, że już w 1931 r. Polska podpisała traktat paryski, mieliśmy tam zagwarantowany swobodny dostęp. Po drugie, kraje pozostające pod wpływami radzieckimi były objęte embargiem na najnowsze technologie. Ale Spitsbergenu to nie dotyczyło. Widziałem np., jak któregoś roku przyjechali do stacji specjaliści z naszego Centrum Badań Kosmicznych. Zastanawiałem się po co, a okazało się, że przylecieli też koledzy z USA i przywieźli aparaturę, za pomocą której do dziś co 20 minut przygotowujemy serwis dla NASA. Wyjeżdżając na pierwsze zimowanie w latach 80., dostałem z PAN komputer Commodore. Dwa miesiące później na Spitsbergen przylecieli Norwegowie z Amerykanami i przywieźli nam PC IBM-a. Zresztą także aparatura, którą przywoziliśmy z Polski, była naprawdę dobra, bo tam nie można było sobie pozwolić na bylejakość, na naprawy czy zwrot. Tam wszystko musiało być najlepsze: począwszy od jedzenia, na ubraniach kończąc. Mieliśmy poczucie komfortu i satysfakcję, że pracujemy na tak dobrym poziomie. Po trzecie w końcu, przewijało się tam sporo naukowców z innych państw. Część polarników pracujących z nimi miała od razu w kieszeni zaproszenie na wyjazd na staż do ich ośrodka. Dlatego mamy też kadrę polarników świetnie wykształconych za granicą.

Nie robiono im kłopotów, np. nie dając dewiz na pobyt?

Nie, bo stosowaliśmy barter. Jeśli zagraniczny gość był w stacji przez tydzień, nasz naukowiec miał tydzień w jego placówce. Do dziś to praktykujemy. W ogóle staramy się być ekonomiczni. Zabieramy np. żywność z Polski, żeby nie wydawać horrendal-

nych kwot, kupując ją w Norwegii. Na stacji zaś obowiązuje zasada: pieniądze są w jednym portfelu i nie ma sztywnych szufladek czy rozliczeń, wiadomo, że wydaje się je rozsądnie, aby jak najlepiej służyły w słusznej sprawie.

Jak w zgodnej rodzinie.

Już przez swojego założyciela, prof. Stanisława Siedleckiego, stacja była nazywana polskim domem pod biegunem. Nikomu nie przychodzi do głowy, żeby żerować na innych czy przejawiać postawy typowe dla „wyścigu szczurów”, bo to jest niemożliwe. Jest się przez wiele miesięcy zdany na partnerskie zachowania i umiejętności. Choćby dlatego, że warunki pogodowe szybko się zmieniają, a w dodatku są niedźwiedzie. Teraz takich wizyt i spotkań z niedźwiedziami jest nieco mniej, ale w czasie mojego pierwszego zimowania naliczyliśmy ich ponad 140, a w czasie drugiego 240. Tam jest naprawdę czasami zoo, tylko odwrotne – to niedźwiedzie zaglądną w okna i obserwują nas.

Kiedy więc polarnik idzie w teren robić jakiegokolwiek pomiary, musi mieć asystę. Bo nie można jednocześnie patrzeć na wskazania przyrządów czy w monitor i rozglądać się, czy nie zbliża się jakieś niebezpieczeństwo. Idzie więc z nim osoba z bronią, która w razie ataku szybko zareaguje, a jeśli zdarzy się wypadek – np. wpadnie się do szczeliny – pomoże wyjść z opresji. Wszyscy musimy mieć pewność, że jeśli pracujemy razem, to możemy na sobie wzajemnie polegać. Jeśli ktoś czegoś nie potrafi, lepiej od razu przyznać się do słabości, a nie zgrywać chojraka. To wszystko też sprawia, że wśród polarników nie ma dziur pokoleniowych – są i doświadczeni, i całkiem młodzi badacze. Mamy naprawdę kompetentnych następców – teraz w Centrum Studiów Polarnych doktoraty robi 26 osób. Również prawie 90-letni prof. Krzysztof Birkenmajer, guru polskiego polarnictwa z obydwu biegunów, bardzo łatwo znajduje z nimi wspólny język.

Wróćmy jeszcze do historii. Zbudowanie stacji na tym terenie to nie taka prosta sprawa?

Tak. Nie ma tam portu, więc statek stał na morzu i z niego wszystko trzeba było dostarczać szalupami lub na wojskowych pontonach. No i cokolwiek można tam zrobić to tylko w okresie lata polarnego, czyli de facto przez dwa miesiące. Zbudowanie wszystkiego tak szybko było niemożliwe, więc przygotowano stację w Polsce w postaci drewnianych elementów-prefabrykatów. I wszystko na te łódki i pontony, a na brzegu metodą na Chińczyka: z ręki do ręki i tak później stacja powstawała jak statek – składano ją z takich żeber.

Przebudowa to kolejny ważny moment w życiu stacji.

Teraz badamy wszystko – od struktur ziemskich na głębokości 10 km do jonosfery, czyli wysokości 600 km nad powierzchnią globu.

DR HAB. PIOTR GŁOWACKI



JAKUB OSTALOWSKI

Tak. Kiedy skończył się rok geofizyczny, zabrakło pieniędzy, żeby być tam na stałe. Stacja była wykorzystywana okresowo, i to nie corocznie, w dodatku tylko w sezonach letnich. Od 1970 r., kiedy nauka troszkę nabrała większego oddechu, ekspedycje były częstsze, organizowane przede wszystkim przez grupę glaciologów prof. Stanisława Baranowskiego z Uniwersytetu Wrocławskiego. W końcu w 1978 r. zdecydowano nie tylko o jej odrestaurowaniu, lecz także uruchomieniu w funkcji ciągłej. Aż trudno sobie wyobrazić, jaki hart ducha musieli przejawiać członkowie ekspedycji, którą kierował prof. Jan Szupryczyński w 1978 r. – miała ona aż 840 ton ładunku. Solidność prac i jakość użytych materiałów mogłem podziwiać w trakcie ostatniej przebudowy w latach 2001–2005, kiedy rozebrano wszystko, co się dało. Belki podwalinowe połączone przez górali bez użycia gwoździ nadal czuć było żywicą.

Przecież pod koniec lat 70. w Polsce był kryzys.

Owszem, ale po pierwsze, wcielano właśnie w życie pomysł otwierania się na Zachód, a po drugie, był powód gospodarczy. Dostęp do bogatych łowisk na Morzu Barentsa miały tylko państwa posiadające tam swoje terytorium lub wkład w badania naukowe. To, że nasza flotyła później upadła i nigdy nie wykorzystywaliśmy limitów połowowych w pełni, to już inna historia.

Z czym wiąże się to, że stacja jest jedyną, która działa na terenie parku narodowego w Arktyce?

Najpierw była stacja, a później – ze względu na unikatowe walory przyrodnicze – Norwegowie utworzyli park. Stację posadowiono na wieloletniej zmarzlinie, która na Spitsbergenie ma średnio grubość 100 m, a w niektórych miejscach dochodzi do 300 m. Każdy nacisk na zamrożony grunt powoduje, że lód się topi. Dlatego stoi na palach – jeśli nacisk w jednym miejscu stopi lód, to inne pale przejmują obciążenie i tak po kolei. Kiedy budynek był stawiany, przechodziło się pod nim na czworakach. Po 60 latach podłoga wystaje nad grunt tylko na jakies

20 cm. Polarnik Kazimierz Zając, który siedem razy już zimował w stacji, zawsze ma ze sobą kulkę z dużego łożyska. Stawia ją w swoim pokoju na podłodze i obserwuje, w którym kierunku się potoczy. Nigdy nie potoczyła się tak samo – za każdym razem stacja ma inne przechylenie.

Jest więc trochę problemów z tą wieloletnią zmarzliną. Ma to też zalety. Nic się w niej nie zakopie, żadnych śmieci, nie wyleje się również nieczystości, bo nic nie wsiąknie do gleby, tylko zostanie w postaci lodospadu lub sopła i będzie źle o nas świadczyło. Mamy więc oczyszczalnię, z której odpadem jest suchy granulak, którym można nawet nieużytki użyźniać. Podobnie jak inne posegregowane i sprasowane odpady oddajemy go Norwegom.

Dlaczego?

Żebyśmy nie byli posądzeni o to, że po drodze do Polski wyrzucimy je do morza. Ale tych odpadów nie jest dużo, mamy tylko trzy rodzaje śmieci: ten granulak z popiołem ze spalarki, szkło i metal, bo mamy dużo opakowań szklanych, puszek, używających się narzędzi, aparatur czy skuterów śnieżnych. Wszystko inne ekologicznie spalamy.

Jako jedyni na Svalbardzie mamy spalarnię śmieci w wysokiej temperaturze, więc nie emitujemy zanieczyszczeń do atmosfery. Jeżeli chodzi o bazę paliw, wyposażyliśmy się w monitorowane zbiorniki dwupłaszczowe, a rurociągi dla bezpieczeństwa, żeby nie doszło do rozlewów, są nawet trzyplaszczowe. Energię elektryczną mamy z prądotwórczych agregatów dieslowskich, w których także odzyskujemy ciepło ze spalin do ogrzewania pomieszczeń.

Tak więc jesteśmy maksymalnie ekologiczni. Przez ostatnie 15 lat gubernator Svalbardu przywozi do nas często gości, w tym ministrów, ambasadorów i parlamentarzystów z innych krajów, pokazując, jak można funkcjonować w parku narodowym, nie powodując zagrożeń czy degradacji środowiska.

Cenne dla Norwegów jest także to, że nasza stacja stoi w miejscu, gdzie ścierają się prądy morskie – ciepły Prąd Zachodniospitsbergeński (jako odnoga Golsztromu) i zimny prąd z Morza Barentsa. Stąd też rozbitkowie czy jakieś zanieczyszczenia w pierwszej kolejności pojawiają się w rejonie naszej stacji. Kiedy w 1986 r. pomiędzy Wyspą Niedźwiedzią a Spitsbergenem zaginęła łódź podwodna z napędem atomowym, to przez trzy tygodnie Norwegowie przylatywali w okolice stacji pobierać próbki wody, żeby je zbadać pod kątem skażenia radioaktywnego. W czasach, kiedy dostępna była łączność tylko na falach radiowych, stacja pełniła funkcję pośrednika w akcjach ratowniczych. Od 1988 r. mamy kontener ratowniczy, w którym poszkodowani mogą przeżyć. Kilka lat temu w głębi fiordu miał wypadek statek wycieczkowy, na który spadł duży obryw lodu z lodowca, było ponad 20 ciężko rannych i wszyscy

Dr hab. Piotr Głowacki

prof. IGF PAN, jest fizykiem i chemikiem, habilitację uzyskał zaś w dziedzinie nauk o Ziemi. Członek Komitetu Badań Polarnych oraz Komitetu Geofizyki PAN. Od 2014 r. przedstawiciel Polski w Svalbard Science Forum, agencji Research Council of Norway – rządowej jednostki doradczej w zakresie badań naukowych w Norwegii. W 2015 r. uhonorowany odznaczeniem „Bene Merito”, przyznawanym przez ministra spraw zagranicznych za zasługi na rzecz wzmocnienia pozycji Polski na arenie międzynarodowej. Na Spitsbergenie zimował dwukrotnie, krótkoterminowo pracował tam ponad 50 razy.

glowacki@igf.edu.pl

ACADEMIA polska na biegunach

Traktat spitsbergeński, zwany także traktatem paryskim

umowa z 9 lutego 1920 r. Jej sygnatariuszami były: Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Dania, Francja, Włochy, Japonia, Holandia i Szwecja, dziś państw jest 42. Zgodnie z tym dokumentem archipelag Svalbard stanowi własność Królestwa Norwegii, ale państwa sygnatariusze mają równe prawo do korzystania z jego zasobów naturalnych i prowadzenia na jego terenie badań naukowych. Polska podpisała traktat 2 września 1931 r.

Międzynarodowy Rok Geofizyczny (MRG, także IGY od ang. International Geophysical Year)

projekt badawczy obejmujący różnorodne badania z zakresu geofizyki podejmowane w okresie od 1 lipca 1957 r. do 31 grudnia 1958 r. Brało w nim udział łącznie 67 krajów z obu stron żelaznej kurtyny. Był rozwinięciem koncepcji Międzynarodowego Roku Polarnego, organizowanego dwukrotnie: odpowiednio 75 i 25 lat wcześniej (w związku z tym spotyka się czasem oznaczenie „III Międzynarodowy Rok Geofizyczny”).

najpierw zostali przywiezieni do nas, gdzie udzielono im pierwszej pomocy, a dopiero później przez dwa dni ewakuowano helikopterami do szpitala.

Ta świetna lokalizacja ma jednak ograniczenia: nie możemy stacji rozbudowywać, ponieważ negatywny wpływ na środowisko by się drastycznie zwiększył. Dlatego też liczba osób, która może tam przebywać, jest ograniczona. Mamy 11-osobową ekipę zimującą oraz do dyspozycji tylko 20 miejsc dla pracowników naukowych z kraju i zagranicy. Ale dzięki temu jest duża konkurencja w dostępie do stacji – przyjeżdżają najlepsi, co przekłada się na dobre rezultaty naukowe.

Jakiego rodzaju?

Na początku stacja miała przede wszystkim profil geofizyczny. Z czasem jednak realizowali tam swoje projekty specjaliści z innych dziedzin, zatem zauważyliśmy, że jej potencjał badawczy i możliwości są dużo większe, dlatego rozszerzano badania i monitoringi o kolejne dziedziny.

Nasza stacja meteo, która jest najbardziej wysuniętą w europejskim sektorze Arktyki stacją synoptyczną, prowadzi kilka monitoringów i co minutę dostarcza online dane do światowego systemu obserwacyjnego. W latach 70. i 80. bardzo ważna była nasza stacja sejsmiczna, bo rejestrowała nie tylko wszelkie naturalne trzęsienia ziemi, ale także wybuchy nuklearne. Do dziś jest jednym z „policjantów” pilnujących tego, co zachodzi lub zdarza się na naszym globie.

Realizujemy średnio 38 grantów, z czego jedna trzecia to pieniądze pochodzące z zagranicy, reszta to projekty krajowe plus koszty utrzymania technicznego stacji, czyli np. miejsc pracy. W sumie Polska wydaje rocznie na badania w Arktyce niespełna 8 mln złotych. Co z tego mamy? Oprócz elementów propagandowych, politycznych czy gospodarczych przede wszystkim duży prestiż naukowy w świecie. Jeśli popatrzymy chociażby na ubiegły rok

– 114 publikacji w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej plus 50 innych w monografiach i wydawnictwach pokongresowych, 160 wystąpień na konferencjach, z czego trzy czwarte na międzynarodowych. Co roku są dwie habilitacje z dziedzin polarnych, od trzech do pięciu doktoratów i około 20 do 25 prac dyplomowych, magisterskich i inżynierskich. Dostarczamy unikatowe dane do wielu światowych centrów i baz danych, z których na zasadach wzajemności korzystają nie tylko nasi polarnicy, lecz także uczeni z innych dziedzin. Mimo że wielu osobom wydaje się, że badania polarne są drogie, mamy najbardziej ekonomiczny wskaźnik wydawania pieniędzy, patrząc na uzyskane efekty naukowe.

Dlaczego pomiary muszą robić ludzie? Technologia tak poszła do przodu – automaty by nie wystarczyły?

Nie. Nie wszędzie automat zastąpi człowieka. Kiedy się zepsuje lub uszkodzą go niedźwiedzie, sam się nie naprawi. Na obserwację meteorologiczną trzeba wyjść co trzy godziny. Popatrzeć, jakie jest zachmurzenie, rozpoznać rodzaj chmur, stwierdzić, na jakiej są wysokości. Trzeba określić widzialność i zmierzyć opad atmosferyczny dwa razy na dobę. Śnieg przynieść do stacji, stopić go, i to nie na piecu, bo odparuje. Jest dwóch meteorologów pracujących na zmianę po 24 godziny, bo jeden człowiek nie może przez rok być co trzy godziny na nogach. Glaciolodzy wychodzą na lodowiec i mierzą, ile napadało śniegu zimą, a ile się go latem wytopiło. Dawniej wszystko musieli namierzać teodolitem, teraz jest łatwiej – są ustawione czujniki GPS i z nich odczytuje się dane, które w stacji się analizuje. Chemik pobiera próbki wszelkiego rodzaju opadów atmosferycznych, a tam prawie codziennie coś pada. Analizuje to pod kątem zanieczyszczeń i z pomocą trajektorii wstecznych dedukuje, skąd



DR HAB. PIOTR GŁOWACKI

to mogło napłynąć i czy są tam elementy identyfikujące, że np. z Rosji czy z Kanady. Oceanograf zajmuje się prądami morskimi. Geofizyk – trzęsieniami ziemi, ale też tą twardą skorupą ziemską czy magnetyzmem. Jonosferyk – wszystkimi efektami zorzowymi, kalibrowaniem danych dla satelitów, a że każdy satelita okołobiegunowy przelatuje w tym rejonie prawie 15 razy na dobę, to jest co robić. Jest także fizyk atmosfery. Bada wszelkiego rodzaju areozole, promieniowanie UV, ilość ozonu. Mechanik wyprawy i tzw. złota rączka, bo przy tak dużej ilości sprzętu mechanik nie jest w stanie wszystkiego ogarnąć. No i w końcu jest kierownik wyprawy, też się go nie zastąpi automatyczną sekretarką.

Tak się to rozrosło, że teraz badamy wszystko – od struktur ziemskich na głębokości 10 km do jonosfery, czyli wysokości 600 km nad powierzchnią globu. Ale uważnie spoglądamy też dużo dalej – w Słońce.

W jakim celu?

Żeby spróbować uniknąć końca świata.

Straszy nas pan?

Nie, wszystko zależy od tego, jak pojmujemy koniec świata. Na przykład dla wielu, szczególnie młodych osób, brak internetu czy łączności lub nawigacji GPS już by nim był. A to nas najprawdopodobniej czeka, tylko nie wiemy dokładnie kiedy i – co najważniejsze – nie mamy na to wpływu.

Wiatr słoneczny i plazma, która biegnie w kierunku Ziemi, ślizga się na otaczającym nas polu magnetycznym, ale dociera do nas dużo bliżej w strefach okołobiegunowych, gdzie to pole jest już inne. Dlatego tam najczęściej obserwujemy zorze, a nie w innych miejscach naszego globu. Jednocześnie wszystkie satelity niegeostacjonarne kilka razy dziennie przelatują przez strefy, gdzie zagęszczenie

tej plazmy jest największe. Jak plazmy będzie dużo, to destrukcja, a nawet spalenie takiego obiektu łatwiejsze. Pięć lat temu w sierpniu po pojawieniu się tylko dwóch plam na Słońcu chiński satelita wojskowy wleciał w taką plazmę i spłonął, a resztki uszkodziły kilka innych satelitów, m.in. tego, który robił nam pomiary do modeli matematycznych związanych ze zmianami pokryw lodowych i ich wpływu na podnoszenie się poziomu mórz i oceanów. To była katastrofa. Dopóki Japończycy nie wysłali nowego satelity, specjaliści byli przez kilka miesięcy bez podstawowego narzędzia dostarczającego dane. W tym samym czasie wystąpiły też największe zakłócenia w przesyłaniu energii elektrycznej (black out) na Alasce i w Kanadzie, bo stacje transformatorowe miały przepięcia. A to były tylko dwie plamki.

Cała rozwinięta w latach 90. technologia łączności satelitarnej funkcjonuje, bo Słońce jest uspięne, jeśli chodzi o ilość wybuchów plazmy. Jak wróci do aktywności takiej, jaka była w latach 70. czy 80. – a zdarza się to cyklicznie – będzie problem.

Plazma ze Słońca do Ziemi dociera w dwa, trzy dni, a rozbłysk wybuchu widać już po ponad ośmiu minutach. Obserwacje pozwalają na modelowanie trójwymiarowe, gdzie będzie największe jej zagęszczenie. Zagrożonym satelitom można starać się pomóc, wyłączając je czasowo, zmieniając ustawienie anten, co zwiększy ich szanse na bezpieczny przelot.

Zatem także Słońce najlepiej widać z północy?

Tak, ale tylko w okresie dnia polarnego. Od 1 listopada do 11 lutego jest poniżej horyzontu.

Z PROF. PIOTREM GŁOWACKIM
 ROZMAWIAŁY ANNA ZAWADZKA
 I KATARZYNA CZARNECKA
 ZDJĘCIA TOMASZ WAWRZYŃIAK

Na zdjęciach od lewej:
 Pomiar przepływu wody w rzece Lorschelva.
 Renifery pasące się na tundrze.
 Sprawdzenie gęstości śniegu w celu określenia jego akumulacji na lodowcu.
 Tundrę tworzą krzewinki, mchy, porosty, a także grzyby.
 Niedźwiedź polarny przy latarni morskiej.

