

# ZASTOSOWANIE METODY GPS W BADANIACH POLARNYCH NA SPITSBERGENIE

Andrzej Pachuta<sup>1</sup>, Kinga Pachuta<sup>2</sup>, Artur Adamek<sup>1</sup>, Janusz Walo<sup>1</sup>,  
Marek Woźniak<sup>1</sup>, Zdzisław Kurczyński<sup>1</sup>

(1) Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

(2) Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## Streszczenie

*W latach 1988–2005 zorganizowane zostały na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej cztery wyprawy polarne. Głównymi celami wypraw było śledzenie ruchu lodowca Hansa położonego w pobliżu polskiej stacji polarnej IGF PAN oraz badanie geodynamiki rejonu fiordu Hornsund. W trzech ostatnich wyprawach w pracach badawczych stosowano głównie technologie pomiarowe GPS. Technologię GPS-RTK wykorzystano również do określenia położenia i zasięgów zbiorowisk roślinności występujących wokół stacji polarnej Hornsund.*

## Abstract

*In the period of 1988-2005 four polar expeditions have been organized by the Warsaw University's of Technology Faculty of Geodesy and Cartography. The main goals of the expeditions were to study the motion of the Hans-glacier situated close by the Polish polar station (belonging to Institute of Geophysics of the Polish Academy of Sciences) and geodynamical studies of the area of Hornsund-fjord. During the last three expeditions mainly GPS satellite measuring technologies were applied. GPS-RTK mode was additionally used to determine situation and limits of plant communities occurring round the Hornsund polar station.*

## 1. Wstęp

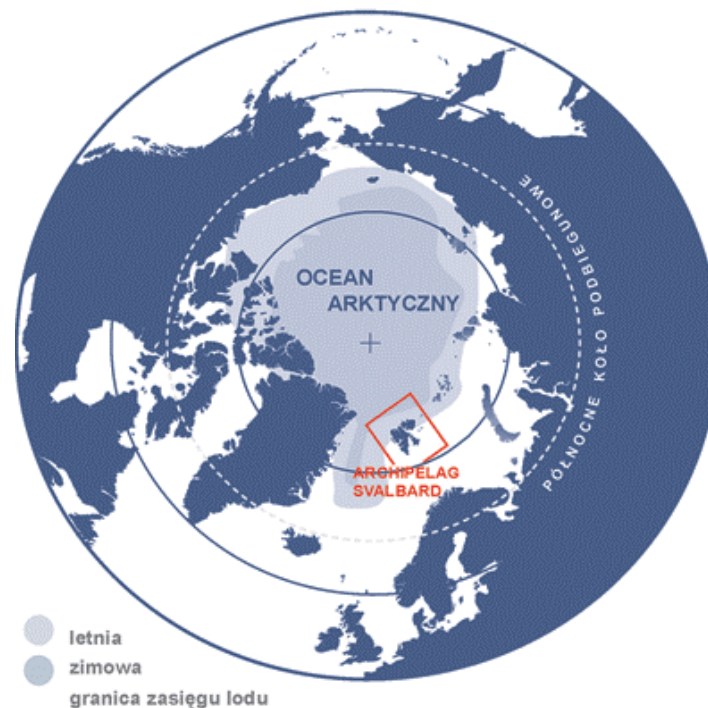
Historia pomiarów geodezyjnych na Spitsbergenie sięga 1932 roku. Kolejne ekspedycje poszerzały nie tylko zakres badań ale również objęły swoim pomiarem co raz to nowe obszary Spitsbergenu realizując prace w trudnych, arktycznych warunkach. Prowadzone od 1978 roku prace badawcze skupiły się w rejonie fiordu Hornsund w okolicy Polskiej Stacji Polarnej PAN. Stacja stała się centrum naukowym i bazą wypadową również dla specjalistów w dziedzinie geodezji. Jednak w latach 90-tych nastąpił „martwy” okres w którym nie realizowano rozpoczętych wcześniej pomiarów. Potrzeba ich kontynuowania została dostrzeżona w 2002 roku. Głównym celem pracy jest przedstawienie możliwości zastosowania nowoczesnej technologii pomiarów satelitarnych GPS dla potrzeb badania przemieszczeń struktur geologicznych oraz monitorowania lodowców. Przeprowadzono praktyczną weryfikację proponowanych technik pomiarowych na Spitsbergenie.

Badania geodynamiczne przeprowadzono w ramach wyprawy studenckiej na Spitsbergen w 2003 roku, kiedy to po raz drugi została pomierzona sieć geodynamiczna, założona w 1988 roku wokół fiordu Hornsund. Określenie parametrów ruchu lodowca było możliwe dzięki analizie danych uzyskanych z Zakładu Badań Polarnych i Morskich Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk oraz wykonaniu pomiarów na lodowcu Hansa w 2004 roku przez studentów i pracowników Politechniki Warszawskiej w ramach XXVII Wyprawy Centralnej.

Zebrane materiały źródłowe w zakresie badania przemieszczeń oraz procesów glacialnych, oraz flory wokół stacji Hornsund jak również wykonane podczas wypraw pomiary były podstawą do przeprowadzenia różnorodnych analiz. Uzyskane wyniki pozwoliły m.in. na określenie przemieszczeń oraz przeprowadzenie szczegółowej analizy zaistniałych zjawisk związanych z dynamiką lodowca Hansa a także możliwości zastosowania technologii satelitarnych w lokalizacji wybranych zbiorowisk roślinnych.

## 2. Podstawowe informacje o Spitsbergenie

Svalbard obejmuje archipelag składając się z 5 większych wysp i szeregu mniejszych, położonych między 76°28' a 80°48' szer. geogr. półn., oraz między 10°28' a 28°50' długo. geogr. wsch. Spitsbergen jest największą wyspą tego archipelagu i należy do najbardziej wysuniętych na północ lądów.



**Rys. 1.** Położenie Spitsbergenu ([www.narval.arktyka.com](http://www.narval.arktyka.com))

Powierzchnia całego archipelagu wynosi około 63 tys. km<sup>2</sup> z czego na Spitsbergen (do 1969. – Spitsbergen Zachodni) przypada około 38 tys. km<sup>2</sup>. Pozostałe wyspy archipelagu to: Nordaustlandet (Ziemia Północno-Wschodnia), Barentsoya (W. Barentsa), Edgeoya (W.Edge'a), Prins Karls Forland (Ziemia Księcia Karola) oraz kilka mniejszych: Kvitøya (Biała Wyspa), Kong Karls Land (Ziemia Króla Karola), Land Bjørnøya (Wyspa Niedźwiedzia).

Na mocy Traktatu Spitsbergeńskiego (1920) zwierzchnictwo nad obszarem Spitsbergenu sprawuje Norwegia, z zapewnieniem równości praw wszystkich sygnatariuszy w zakresie działalności gospodarczej i naukowej. Traktat podpisany został 9 lutego 1920 roku w Wersalu przez przedstawicieli 12 państw. Polska podpisała traktat w 1921 roku.

Spitsbergen posiada wybrzeże bogato rozczłonkowane o licznych zatokach i głęboko wcinających się w ląd fiordach, szczególnie od strony zachodniej i północnej. Pod względem ukształtowania pionowego, Spitsbergen ma charakter zdecydowanie górzysty. Większość obszaru pokrywają spływające lodowce, pomiędzy którymi wystają pasma górskie oraz pojedynczo sterczące skaliste szczyty (nunataki), dochodzące do wysokości ponad 1000 m. Ogółem powierzchnia Spitsbergenu jest w 90% stale zlodowaciała. Najwyższy szczyt położony w rejonie północnym to Newtontoppen (1713m), a w południowym koło Hornsundu to Hornsundtind (1432m).

Polarny klimat archipelagu Spitsbergen, jest pod dużym wpływem różnych prądów morskich. Dominujący wpływ ma bardzo zimny prąd morski płynący od Morza Barentsa. W efekcie, właśnie wschodnia część Spitsbergenu ma najniższą średnią temperaturę roczną, a szeroka strefa paku lodowego często uniemożliwia dostęp do wschodnich brzegów nawet w okresie letnim. Przeciwnie jest zachodnia część Svalbardu, ogrzewana przez ciepły Prąd Zatokowy (Golfstrom) i dostępna dla statków przez całe arktyczne lato. Skutkiem tego, zachodnie wybrzeże posiada zwłaszcza w okresie letnich miesięcy łagodniejszy klimat, niż wewnątrz archipelagu.



**Rys. 2.** Archipelag Svalbard ([www.narval.arktyka.com](http://www.narval.arktyka.com))

Wybrzeże zachodnie, w przeciwieństwie do wschodniego, stwarza dużo lepsze warunki dla rozwoju około 150 gatunków roślin. Zupełny brak drzew i krzewów zastępują liczne gatunki mchów i porostów, przystosowanych do życia w krótkim okresie lata arktycznego. Niezamarzające wody Morza Grenlandzkiego ustalają idealny klimat dla nieprzeliczonych chmur ptactwa. Niektóre gatunki ptaków występują tylko w tej części świata. Archipelag zamieszkuje również kilka gatunków ssaków. Dlatego też, ze względu na unikalność i niepowtarzalność przyrody, ponad połowa powierzchni wysp podlega ochronie w parkach i rezerwach przyrody.

### 3. Wyprawy pracowników i studentów Wydziału Geodezji i Kartografii na Spitsbergen

Pierwsza naukowa wyprawa Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej wyruszyła z Warszawy na Spitsbergen 24 maja 1988 roku. Inicjatorami wyprawy byli geodeci - pracownicy wydziału: prof. dr hab. Jerzy Fellmann, prof. dr hab. Janusz Śledziński, prof. dr hab. Zbigniew Ząbek i dr inż. Andrzej Pachuta.

W wyprawie Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej wzięło udział 6 osób. Kierownikiem wyprawy był dr inż. Andrzej Pachuta, opiekunem naukowym dr inż. Ryszard Preuss. Ponadto uczestniczyło 4 studentów: Jarosław Kutyna, Artur Gustowski, Dariusz Osuch i Piotr Wypych. Program naukowy wyprawy zakładał:

- założenie sieci geodynamicznej wokół Hordu Homsund,
- wykonanie pierwszej serii pomiarów liniowo-kątowych w sieci,
- dowiązanie sieci geodynamicznej do norweskiej osnowy Spitsbergenu,
- założenie niwelacyjnych linii pomiarowych do badania względnych pionowych ruchów skorupy ziemskiej,
- wykonanie pomiarów geodezyjnych i tachimetrycznych w celu opracowania mapy okolic stacji PAN w skali 1:500.

Kolejna wyprawa, w której udział wzięli pracownicy i studenci Wydziału Geodezji i Kartografii PW odbyła się w połowie sierpnia 2003 roku. Wyprawa została zorganizowana przez studentów z Ogólnopolskiego Klubu Studentów Geodezji przy Stowarzyszeniu Geodetów Polskich. W ekspedycji uczestniczyli: dr inż. Zdzisław Kurczyński - opiekun naukowy, Małgorzata Piskorz, Michał Sagan i Artur Adamek - studenci Wydziału GiK. Pozostali członkowie to studenci Akademii Górniczo - Hutniczej w Krakowie (Marta Boroń, Andrzej Pałubski, Leszek Szymała) i Akademii Rolniczej z Wrocławia (Ewa Wielgosz, Mariusz Adamczak, Marcin Cysewski) oraz przedstawiciele sponsora głównego – mgr inż. Adam Domagała i mgr inż. Szymon Wajda (Kurczyński 2003, Pałubski 2004). Ogólnie w wyprawie wzięło udział 12 osób.

Uczestnicy postawili sobie dwa podstawowe cele naukowe: powtórny pomiar poligonu geodynamicznego założonego w 1988 roku na obszarze wokół fiordu Hornsund oraz fotogrametryczna rejestracja zasięgu czoła lodowca Hansa i porównanie go ze stanami wcześniejszymi.

Latem 2004 roku wyruszyła XXVII Wyprawa Centralna PAN do Hornsundu na Spitsbergenie. Razem z nią letnie grupy, m.in. geodeci z Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej: dr inż. Marek Woźniak i Artur Adamek. Plan prac geodezyjnych obejmował między innymi:

- badanie pionowych przemieszczeń stóp fundamentowych pod zbiornikami na paliwo ciekłe w Polskiej Stacji Polarnej,
- pomiar położenia tyczek ablacyjnych na lodowcu Hans przy użyciu techniki GPS.

W sierpniu 2005 roku zorganizowana została kolejna czwarta już wyprawa na Spitsbergen, pod kierownictwem dra Janusza Walo, której zadania objęły:

- założenie tymczasowej stacji referencyjnej GPS,
- wykonanie serii pomiarów GPS na lodowcu Hansa (profile podłużny i poprzeczny),
- pomiar sieci geodynamicznej wokół fiordu Hornsund,
- badanie pionowych przemieszczeń stóp fundamentowych pod zbiornikami na paliwo ciekłe w Polskiej Stacji Polarnej,

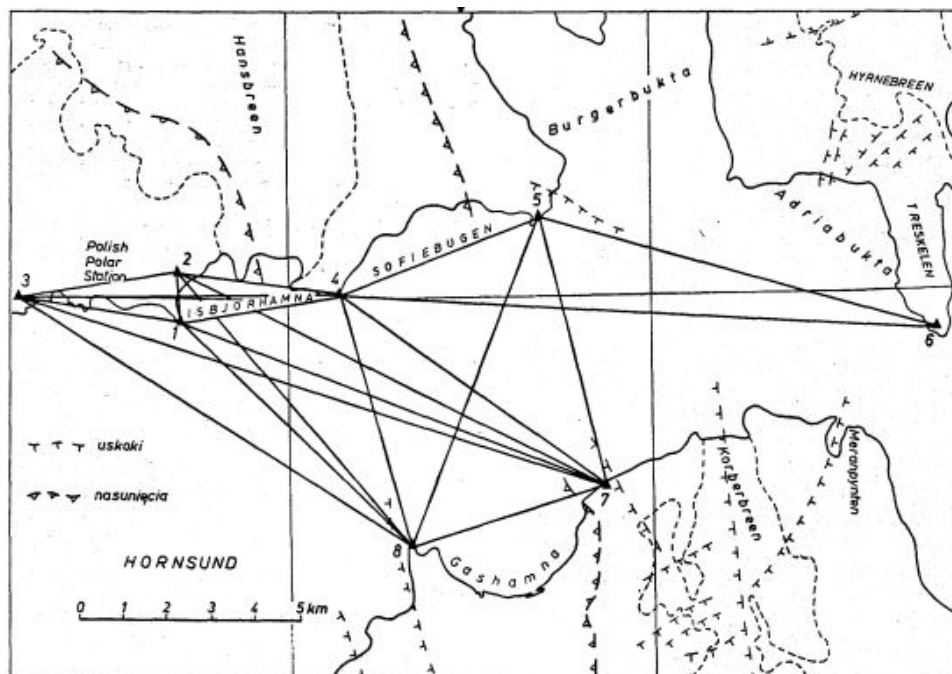
- wykonanie pomiarów GPS w celu określenia położenia oraz zasięgu wybranych zbiorowisk roślin polarnych wokół fiordu Hornsund.

W pracach badawczych uczestniczył mgr Artur Adamek i troje studentów: Kinga Węzka, Znigniew Malinowski i Marcin Rajner.

#### 4. Sieć geodynamiczna na obszarze wokół fiordu Hornsund

Fiord Hornsund kończy się ogromnym lodowcem Horn, który oddziela go od Morza Barentsa. Przypuszcza się, że gdyby lodowiec wytopił się - Hornsund okazałby się być cieśniną, a południowa jego część (Sørkapp) - odrębną wyspą. Dodatkowo geolodzy sugerują, iż Sørkapp przemieszcza się ze względu na bliskość uskoku tektonicznego. Przebiega on około 60 km od zachodniego wybrzeża. Potwierdzeniem tych przypuszczeń mogą być pomiary dynamiki struktur geologicznych wokół fiordu. Zaistniała potrzeba założenia poligonu geodynamicznego, którą zrealizowano w 1988 roku podczas I Wyprawy Pracowników i Studentów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Podstawą do założenia poligonu wokół fiordu Hornsund była mapa uskoków tektonicznych z tego obszaru sporządzona przez dr Ryszarda Szczęsnego. Projekt powstał przy współudziale pracowników Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego (Pachuta, 1989).

Założona sieć wraz z zaznaczeniem pomierzonych elementów jest przedstawiona na rysunku nr 3. Na rysunku tym naniesiono również linie uskoków tektonicznych i nasunięć, co pozwala zauważyć, że zastabilizowane punkty są położone w odmiennych strukturach geologicznych, a więc zgodnie z podstawowym celem, jakiemu osnowa ta ma służyć. Kształt sieci i jej konstrukcja zostały zdeterminowane przez istniejące warunki terenowe oraz możliwości techniczne.



**Rys. 3.** Szkic poligonu geodynamicznego

Do pomiaru wyjściowego sieci geodezyjnej wokół fiordu Hornsund wybrano najlepsze dostępne wówczas w kraju instrumenty geodezyjne oraz zastosowano optymalne metody

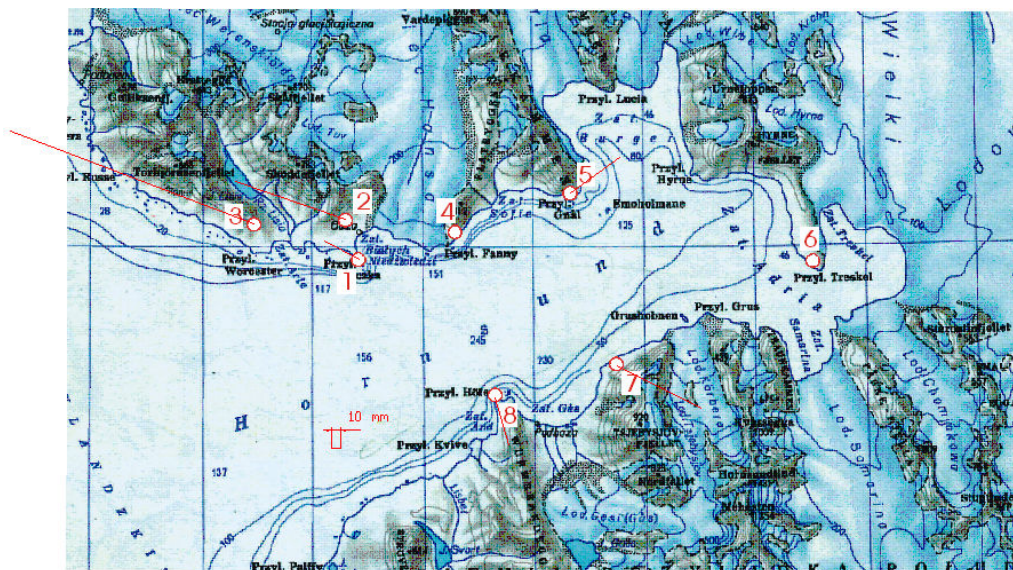
pomiarów mając na uwadze trudne warunki polarne. Pomiaru liniowe w sieci wykonano dalmierzem szwajcarskim Wild Di20, kąty zaś mierzono teodolitem Wild T2. W założonej sieci pomierzono ogółem 20 boków, z czego 12 w kierunku „tam” i „powrót”. Przeciętnie każdy z boków był mierzony w 4 niezależnych seriach, przy czym minimalna liczba serii wyniosła 2, a bok 7-8 pomierzono aż w 9 seriach.

Na możliwość powtórnego wykonania pomiarów geodezyjnych w założonej sieci geodynamicznej wokół fiordu Hornsund przyszło nam poczekać ponad 15 lat. Pomiaru podczas wyprawy w 2003 roku wykonano zestawem sprzętu satelitarnego GPS firmy Trimble: dwoma odbiornikami Trimble model 5700 z antenami bazowymi Zephyr i Zephyr Geodetic i dwoma odbiornikami model 4700 z antenami Micro-centered. Pomiaru wykonano metodą statyczną podczas sześciu 48-godzinnych sesji pomiarowych. Obliczenia wykonano wykorzystując program firmowy Trimble Total Control v.2.60. W roku 2005 powtórzono pomiaru punktów poligonu wykorzystując odbiorniki Leica System 1200<sup>1</sup>. Obserwacje wykonano w sesjach dobowych. Zgromadzone obserwacje zostaną opracowane do końca bieżącego roku.

Na podstawie przeprowadzonego łącznego wyrównania pomiaru uzyskanych podczas pierwszej oraz drugiej wyprawy uzyskano wyniki przedstawione w Tabeli 1. Ich graficzny obraz przedstawiono na rysunku 5.

**Tabela 1** Wykaz składowych przemieszczeń

Nr	dX	dY	m <sub>dX</sub>	m <sub>dY</sub>
1	0.0020	-0.0038	0.0083	0.0094
2	0.0042	-0.0125	0.0083	0.0093
3	0.0103	-0.0271	0.0183	0.0105
4	-0.0000	0.0000	0.0091	0.0090
5	0.0039	0.0055	0.0090	0.0092
7	-0.0047	0.0093	0.0083	0.0091
8	-0.0053	0.0015	0.0095	0.0083



**Rys 4.** Wektory przemieszczeń punktów sieci geodynamicznej

<sup>1</sup> Odbiorniki wypożyczone przez firmę Nadowski Instrumenty Geodezyjne z Tychów

## 5. Badanie ruchu lodowca Hansa

Najważniejszym materiałem wyjściowym do wykonania badań były dane pozyskane z Zakładu Badań Polarnych i Morskich Instytutu Geofizyki PAN. Od wielu lat prowadzone są wszechstronne badania lodowca Hansa (Jania, 1997). W celu śledzenia ruchu lodowca i jego ablacji osadzone zostały w 2000 roku tyczki ablacyjne (Walo i inni, 2005)

W 2004 roku zaproponowano zmianę dotychczasowej techniki pomiaru, wykorzystując geodezyjne odbiorniki GPS. Dzięki ich użyciu było możliwe wyznaczenie pozycji wszystkich tyczek praktycznie w tym samym czasie. Wykonanie pomiarów zmierzających do wyznaczenia pozycji tyczek ablacyjnych na lodowcu Hansa było niewątpliwie trudnym przedsięwzięciem. Jak dotąd nikt wcześniej nie wykonał podobnych obserwacji wszystkich 11 tyczek z dokładnością większą niż  $\pm 1$  metr. Na każdym z punktów pomiarowych znajdujących się na lodowcu wykonano 5-10 minutowe obserwacje, uzyskując wyznaczenie pozycji z błędem średnim poniżej  $\pm 0.05$  m. Mając na uwadze prędkość poruszania się lodowca, dokładność taka jest w zupełności wystarczająca.

Wektory ruchu tyczek ablacyjnych utożsamiane z powierzchniowym ruchem lodowca Hansa wskazują na istnienie kilku prawidłowości. Najważniejszą cechą jest większa o około 10 razy prędkość w osi lodowca oraz tyczek położonych w strefie czołowej lodowca od tyczek znajdujących się w bocznych partiach lodowca. Wartości przemieszczeń wybranych tyczek ablacyjnych oraz prędkości ruchu przedstawiono w tabelach 2 i 3.

**Tabela 2.** *Przemieszczenia tyczek ablacyjnych w badanym okresie (20.06.04 – 12.08.04r.)*

Nr tyczki	dx	dy
1AH	-3,668	0,484
2AH	-6,802	4,963
3AH	-102,896	0,274
4AH	-64,717	7,768
5AH	-37,863	16,753

**Tabela 3.** *Prędkości tyczek ablacyjnych*

Nr tyczki	Dzień [m]	tydzień	miesiąc	rok
1AH	0,01	0,06	0,26	3,15
2AH	0,02	0,14	0,63	7,54
3AH	0,24	1,67	7,23	86,81
4AH	0,14	0,98	4,25	51,04
5AH	0,10	0,68	2,93	35,11

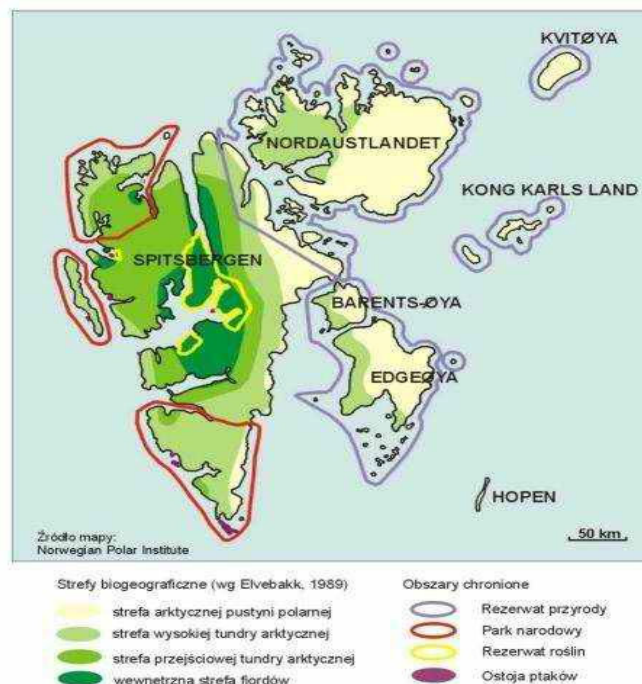
## 5. Wyznaczanie zasięgów zbiorowisk roślin za pomocą techniki GPS

Warunki siedliskowe na Spitsbergenie kształtują: wieczna zmarzlina, która sięga 100-460 m w głąb podłoża, noc polarna, suche powietrze i niskie temperatury. Gleby wykształciły się szczytkowo i fragmentarycznie, w niewielkich zagłębieniach terenu, w dolinach rzek i na skalistych wybrzeżach. Są one ubogie w składniki organiczne i prawie cały rok zmarznięte. W krótkie lato ziemia rozmarza jedynie do głębokości kilkudziesięciu centymetrów. W głębi łądu skały pokrywają pola lodowcowe. Tak więc okrywa roślinna występuje głównie w okolicach wybrzeży.

Większe skupiska roślin pojawiają się tam, gdzie gniazdują liczne ptaki dostarczające dużej ilości nawozu. Wpływ ciepłych prądów morskich powoduje, że zachodnie wybrzeże jest cieplejsze i nawet na północy Svalbardu mogą żyć rośliny. Wschodnia część wyspy może być skuta lodem przez cały rok. Tylko kilka procent obszaru jest uwolnione latem od pokrywy śnieżnej. Pozostała część pozostaje pod wiecznym lodem.

W trakcie lata, krótszego niż dzień polarny, który trwa na archipelagu od 99 do 141 dni, na rozmarzających powierzchniach, wyłaniają się niewielkich rozmiarów rośliny tundry. Przeważnie są to porosty, mchy, wątrobowce, skrzyp i ponad 80 gatunków roślin naczyniowych, głównie naskalnych (Borysiak, Ratyńska 2005). Występują tutaj m.in. kilkudziesięcioletnie wierzby. Karłowate - kilkucentymetrowe "drzewa" *Salix polaris* wyposażone są w trzy, cztery drobne liście i często jeden kwiatostan. Tworzą one skupiska o powierzchni od kilku do kilkudziesięciu cm<sup>2</sup>, w których występują ponadto m.in.: skalnice, rogownice, rdesty, rzeżucha, wiechliny, warzucha, dębik, jaskry, dzwonek, kosmatka, karmnik, szczawie i mak. Często skupiska roślin przybierają formy kęp i poduszek. Ich rozrost uniemożliwiają huragany i niewielka liczba dni słonecznych. Po kilku cieplejszych dniach tworzą one barwną okrywę, charakteryzującą się krótkim sezonem wegetacyjnym, podobnie jak roślinność tundry.

Mimo dużych postępów jakie poczyniono w celu ratowania ekosystemów Svalbardu ich zagrożenie stale rośnie. Jest ono uwarunkowane przez obecność człowieka. Każde przemieszczenie sprzętu i każdy krok ludzi powoduje niszczenie okrywy roślinnej. Jest to szczególnie widoczne na zboczach gór. Niewielka ilość gleby nie spaja skutecznie kamienistego podłoża, a „...osuwające się fragmenty skał zrywają przytulone do nich rośliny odsłaniając długo później leczone rany” (Klich, 2005). O tym, jak wrażliwa jest tutejsza roślinność świadczą wszystkie do tej pory wykonane na Spitsbergenie badania i opisy przyrodników.



**Rys. 6.** Obszary chronione na archipelagu Svalbard



Sytuacja tym bardziej wydaje się niekorzystna, gdy zwróci się uwagę na rozmieszczenie obszarów chronionych na Svalbardzie (Rys. 6). Okazuje się, że tereny gdzie okrywa roślinna jest najbogatsza, znajdują się poza parkami narodowymi i rezerwatami przyrody. Wynika to z faktu, że te same obszary są również atrakcyjne dla człowieka. Przedstawione na mapie strefy najbogatszej tundry arktycznej w dużym stopniu znajdują się poza obszarami chronionymi. Biorąc pod uwagę małą odporność tundry na antropopresję, trudno się oprzeć wrażeniu, że ochrona nie jest wystarczająca (Klich 2005).

W tej sytuacji, mimo utworzenia parków narodowych i rezerwatów na około 60% wyspy, biorąc pod uwagę bardzo powolną odnowę przyrody arktycznej i nasilającą się antropopresję turystyczną należy podjąć:

- działania ograniczające poruszanie się ludzi i przemieszczanie sprzętu do niezbędnych, minimalnych powierzchni i szlaków (pomierzonych geodezyjnie i oznaczonych w terenie oraz naniesionych na mapach),
- rejestrację obszarów i pomiary powierzchni:
  - o pod silnym wpływem antropogenicznym (deptanie, ogrzewanie, budowle i in.),
  - o z okrywa roślinną (określenie % pokrycia powierzchni),powtarzane co kilka lat i weryfikowane w formie opisów oraz aktualizowane na mapach,
- ustalenia powtarzalności gatunków i zmian ich zasięgów.

Niezwykle ważne jest określenie pozycji zarówno gatunków rzadkich jak i wybranych zbiorowisk roślinnych. W pracach tych bardzo przydatne są nowoczesne metody pomiarowe GPS stosowane w geodezji. Pomocnym narzędziem pozwalającym na dokładne zlokalizowanie gatunków rzadkich oraz na określenie pól powierzchni zajmowanych przez poszczególne typy zbiorowisk okazała się technologia RTK. Podczas ostatniej wyprawy, dla omawianych celów wykorzystano metodę RTK, pozwalającą na wyznaczenie żądanych parametrów w czasie rzeczywistym. Metoda ta stosowana dotychczas głównie dla celów geodezyjnych pozwoliła zautomatyzować proces określania miejsca występowania rzadkich gatunków roślin.

## Literatura

- Adamek A.**, *Badanie dynamiki lodowców i struktur geologicznych na Spitsbergenie geodezyjnymi metodami klasycznymi i satelitarnymi*. Praca dyplomowa-magisterska, Warszawa, 2005
- Borysiak J. Ratyńska H.** *Stan badań nad szatą roślinną Spitsbergenu ze szczególnym uwzględnieniem rejonów Bellsund, Hornsund i Kaffioyra*, Poznań 2005.
- Jania J.** *Glacjologia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- Klich D.** *Spitsbergen*. [www.ekoimy.most.org.pl/02\\_2003\\_03\\_artykul.htm](http://www.ekoimy.most.org.pl/02_2003_03_artykul.htm) , 2005
- Kurczyński Z.** *Studenci przemierzają Arktykę*, Magazyn Geoinformacyjny „Geodeta” nr 10/2003.
- Pachuta A.** *Pierwsza wyprawa Wydziału GiK PW na Spitsbergen*, Przegląd Geodezyjny 1989, No 4-5 (18-21), Warszawa 1989.
- Pałubski A.** *Wyrównanie i analiza sieci punktów dla otoczenia fiordu Hornsund*, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2003.
- Walo, J., A.Adamek, A.Pachuta, K.Wężka, Z.Malinowski, M.Rajner:** *Badanie ruchu lodowca na Spitsbergenie*, Podbanske, 2005