

## ZŁODZENIE HORNSUNDU I WÓD PRZYLEGLYCH (SPITSBERGEN) W SEZONIE ZIMOWYM 2010-2011

### ICE CONDITIONS IN HORNSUND AND ADJACENT WATERS (SPITSBERGEN) DURING WINTER SEASON 2010-2011

Grzegorz Kruszewski

Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska  
ul. Sędzickiego 19, 81-374 Gdynia  
krucha@am.gdynia.pl

**Zarys treści.** Sezon lodowy 2010/2011 zaczął się w połowie października. Pierwsze postacie autochtonicznego lodu morskiego zaobserwowano w strefie brzegowej Isbjornhamny 15.10. po spadku dobowej temperatury powietrza poniżej poziomu temperatury zamarzania wody morskiej. Zbliżone do średnich wieloletnich wartości temperatury powietrza okresu listopad – styczeń sprzyjały tworzeniu się lodu w strefie brzegowej Hornsundu. Lód morski o zwartości do 4/10 pojawił się w Hornsundzie w końcu października i utrzymywał w listopadzie. Przebieg warunków lodowych w rejonie południowego Spitsbergenu – zbliżony do normalnego z wielolecia – umożliwiał napływ lodu do fiordu z zewnątrz od połowy grudnia. W tym też okresie w wewnętrznych partiach fiordu zaczął się formować lód stały brzegowy, którego pokrywa w sposób ciągły występowała w N części Brepollen do końca drugiej dekady lipca 2011 (około 7 miesięcy). W okresie maksymalnego rozwoju (druga dekada lutego) lód stały lub całkowicie zwarty pokrywał około 2/3 powierzchni fiordu.

**Słowa kluczowe:** lód morski, sezon lodowy, temperatura wody morskiej, Hornsund, Spitsbergen.

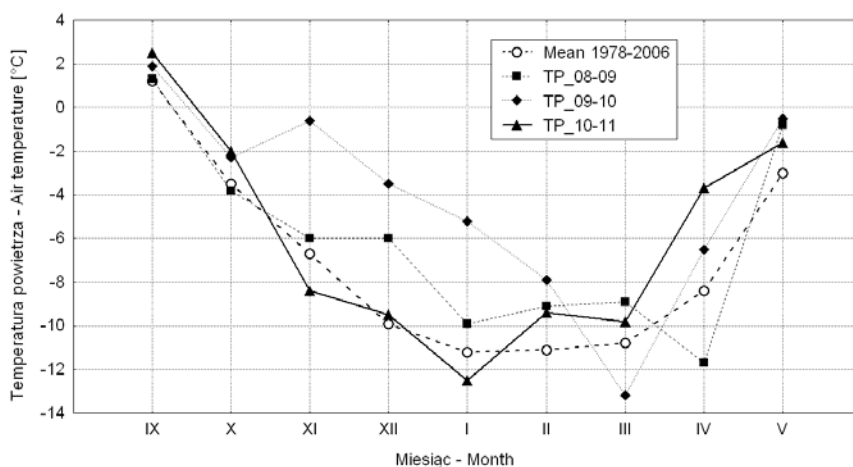
#### 1. Wprowadzenie

W sezonie wyprawowym 2010/2011 kontynuowano obserwacje zjawisk lodowych występujących w Hornsundzie. Ogółem w okresie 07.2010-06.2011 sporządzono 16 szkiców sytuacji lodowej w Isbjornhamnie. Szkice te uzupełniano w miarę możliwości dokumentacją fotograficzną. Materiały obserwacyjne (poza fotografiami) tym razem nie zawierają informacji o przebiegu zjawisk lodowych w osiowej części fiordu, ograniczając się do strefy przybrzeżnej bezpośredniego sąsiedztwa Polskiej Stacji Polarnej PAN. W strefie brzegowej Isbjornhamny dokonywano codziennych pomiarów temperatury wody morskiej, uzupełnianych krótkim opisem sytuacji lodowej – przede wszystkim form i stadiów rozwojowych występującego lodu według terminologii lodów morskich WMO (1970, 1989). Pomiarów temperatury wody prowadzono termometrem wodoszczelnym PT- 401 w rejonie Banachówki. W okresie występowania zjawisk lodowych od 17.10.2010 do marca 2011 pomiarów temperatury wody nie wykonywano. Brak jest także codziennych opisów sytuacji lodowej w rejonie Isbjornhamny z okresu nocy polarnej (listopad 2010 – luty 2011), poza dwoma szkicami. Obserwacje lodowe wykonywali obserwatorzy meteorologiczni XXXIII Wyprawy Polarnej PAN na Spitsbergen: Elżbieta Majchrowska i Łukasz Małarzewski.

Warunki lodowe w rejonie Hornsundu w poszczególnych sezonach zostały opisane w szeregu prac: Görlich i Stepko (1992), Styszyńska i Buchert (2004, 2005), Styszyńska i Kowalczyk (2007), Styszyńska i Rozwadowska (2008), Styszyńska (2009), Kruszewski (2010, 2011). Dotychczasowe spostrzeżenia dotyczące rozwoju i zaniku pokrywy lodowej w poszczególnych latach można obecnie poszerzyć, dysponując praktycznie codziennymi mapami zlodzenia wysokiej rozdzielczości, dostarczonymi przez Norweski Instytut Meteorologiczny (<http://polarview.met.no/>) od czerwca 2009 roku. Potwierdzają one dużą dynamikę zjawisk lodowych w osiowej części Hornsundu, związaną z chwilowymi warunkami anemometrycznymi i sytuacją lodową u wejścia do fiordu. Materiały te uzupełnione analizą map National Ice Center (<http://www.natice.noaa.gov/products/arctic/index.htm>) stanowiły podstawę dla interpretacji przebiegu warunków lodowych na wodach fiordu Hornsund i w jego sąsiedztwie, zwłaszcza dla okresu nocy polarnej.

## 2. Warunki meteorologiczne i hydrologiczne w sezonie lodowym 2010/2011

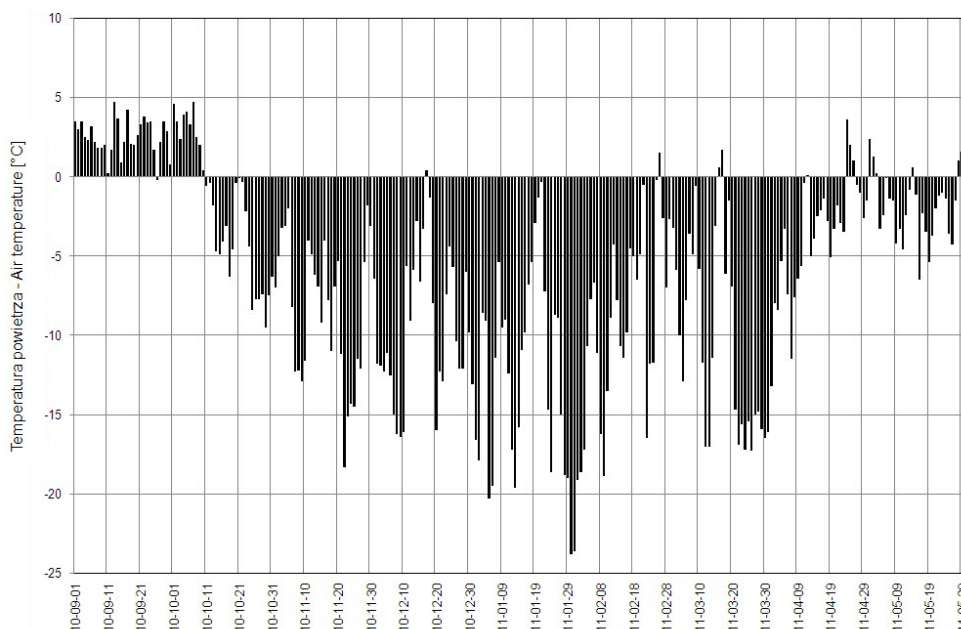
W drugiej połowie roku 2010 spadki średniej dobowej temperatury powietrza poniżej zera odnotowano dosyć późno, bo dopiero w początku drugiej dekady października (patrz Biuletyn meteorologiczny Spitsbergen – Hornsund). Średnia temperatura miesięczna utrzymywała się poniżej zera w okresie od października do maja (ryc. 1). Temperatura we wrześniu i październiku była o 1,3 i 1,5 deg wyższa od średniej wieloletniej, z kolei w listopadzie i styczniu odpowiednio o 1,7 i 1,3 deg niższa. Najmniejsze odstępstwo od normy z lat 1978-2006 wystąpiło w grudniu (+0,4) a największe w kwietniu (+4,7 deg). Luty i marzec także były cieplejsze od normy (+1,7 i +1,0, odpowiednio). Najchłodniejszy okazał się styczeń z temperaturą średnią -12,5°C, potem kolejno: marzec (-9,8), grudzień (-9,5) i luty (-9,4). Warunki termiczne w początkach zimy 2010/2011 – zwłaszcza na tle dwu poprzednich sezonów zimowych – należy uznać za zbliżone do przeciętnych. Druga połowa zimy a zwłaszcza początek wiosny były natomiast cieplejsze od normy.



Ryc. 1. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza (TP) okresu wrzesień – maj w Hornsundzie w sezonie 2010/2011 na tle wartości średnich wieloletnich (Mean 1978-2006) i lat ubiegłych

Fig. 1. Course of mean monthly air temperature (TP) at Hornsund station (September to May) during season 2010/2011 as compared to multiyear (Mean 1978-2006) and last two season conditions.

W przebiegach dobowych dopiero od połowy października temperatura zaczęła spadać do poziomu  $-5^{\circ}\text{C}$ . Większe spadki temperatury dobowej (poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$ ) odnotowano w końcu drugiej dekady listopada. W grudniu, styczniu, lutym i marcu ponad połowa dni w miesiącu charakteryzowała się już temperaturą dobową poniżej tego pułapu (ryc. 2), umożliwiając tworzenie się i przyrost na grubość pokrywy lodowej.



Ryc. 2. Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w Hornsundzie w okresie 01.09.2010 – 31.05.2011

Fig. 2. Course of mean daily air temperature at Hornsund station in the period 01.09.2010 – 31.05.2011.

Grubość lodu autochtonicznego – powstającego „in situ” – zależy przede wszystkim od sumy ujemnych średnich dobowych temperatur powietrza (stopnio-dni mrozu). Szacowanie przyrostu grubości pokrywy lodu stałego może być obarczone szeregiem błędów, wynikających przede wszystkim z obecności pokrywy śnieżnej na lodzie, ale i dynamiki wymiany wody pod pokrywą lodową. Tabela 1 zawiera miesięczne sumy stopnio-dni mrozu w sezonie 2010/2011 i wieloleciu, wraz z odpowiadającą im skumulowaną teoretyczną grubością lodu na koniec poszczególnych miesięcy. Wynika z niej, że do końca października lód mógł osiągać grubość około 12 cm. Warunki termiczne listopada były na tyle sprzyjające, że tylko w tym miesiącu tworzący się „od zera” lód mógł osiągnąć grubość ponad 25 cm (lód młody – young ice), a uwzględniając warunki termiczne października w Hornsundzie łączna grubość lodu w końcu listopada mogła nieznacznie przekraczać 30 cm (lód biały), by na koniec roku 2010 osiągnąć teoretyczną grubość około 50 cm. Według danych z map National Ice Center teoretyczne grubości lodu w tym rejonie Spitsbergenu oscylować powinny na przełomie 2010 i 2011 roku wokół wartości 52 do 62 cm. Z kolei mapy wydawane przez Norweski Instytut Meteorologiczny w ostatniej dekadzie grudnia odnotowują utworzenie się form lodu stałego we wschodniej części fiordu. Do końca marca lód mógł osiągnąć grubość zbliżoną do 90 cm, a więc odpowiadającą warunkom średnim wielolecia. Wyraźnie cieplejszy od normy kwiecień wpłynął na nieznacznie niższą od wieloletniej (ok.

6 cm) teoretycznie wyliczoną maksymalną grubość lodu wynikającą z lokalnych warunków termicznych na koniec sezonu, która wyniosła 97 cm. Analogiczna wartość zamieszczana na mapach amerykańskich jest o 15 cm większa, natomiast dane z elips lodowych dla rejonu Hornsundu jako najwyższe stadium rozwojowe podają lód pierwszoroczny cienki (do 70 cm grubości).

Tabela 1. Miesięczne sumy stopnio-dni mrozu w Hornsundzie i teoretyczny przyrost grubości lodu stałego (bez pokrywy śnieżnej) obliczony według formuły Zubova, w sezonie 2010/2011 oraz wieloletni (1978-2006)

Table 1. Monthly sums of Frost degree-day and theoretical increase in fast ice thickness (without snow cover) calculated with the Zubov formula, during the season 2010/2011 and multiyear period (1978-2006).

Miesiąc Month	Sezon 2010-2011 – Season 2010-2011		Średnia wieloletnia – Many-year average	
	Stopnio-dni mrozu [°C] Frost degree-day [°C]	Grubość lodu [cm] Ice thickness [cm]	Stopnio-dni mrozu [°C] Frost degree-day [°C]	Grubość lodu [cm] Ice thickness [cm]
IX	-0.2	-	-17.5	3
X	-92.4	12	-122.0	17
XI	-251.0	33	-185.0	32
XII	-294.5	51	-307.7	50
I	-388.0	69	-344.6	67
II	-263.8	80	-287.5	79
III	-307.5	91	-338.9	91
IV	-117.0	95	-254.1	100
V	-61.5	97	-97.0	103

Pomiary temperatury wody prowadzone w strefie brzegowej Isbjornhamny zawierają duże luki. Braki w pomiarach wynikały głównie z obecności pokrywy lodowej, która uniemożliwiała dostęp do wody od połowy października do połowy kwietnia, czyli przez 6 miesięcy (tab. 2). Dodatkowo wykorzystywany do pomiarów termometr uległ w początku czerwca 2011 awarii, w związku z czym od 7 czerwca zaprzestano pomiarów temperatury wody. Pomimo dużych luk materiał ten dobrze charakteryzuje osobliwości warunków termicznych wody w strefie brzegowej. Wyraźne spadki temperatury wody do wartości ujemnych (6-13.07; 21.07; 19.08) każdorazowo związane były z obecnością przy brzegu bądź to resztek lodu morskiego z poprzedniego sezonu, bądź gruzu lodowcowego i growlerów z cielenia lokalnych lodowców. Niewykluczone są też błędne odczyty – np. między 12 a 14 września, gdy przy braku zmian sytuacji lodowej w kolejnych dniach (obecności pasu growlerów i gruzu lodowcowego przy brzegu) i dodatniej dobowej temperaturze powietrza temperatura wody w ciągu doby zmalała o prawie 3 deg (do -1.6°C), by ponownie wrócić do poprzedniego poziomu. Interpretacja wyników nie może być jednoznaczna, natomiast pewne jest, że miesięczne temperatury wody okresu lipiec – wrzesień były dodatnie, z maksimum w sierpniu. W połowie października temperatura spadła do poziomu zbliżonego do temperatury krzepnięcia. Po wznowieniu pomiarów do końca maja wartości temperatury wody morskiej były ujemne.

### 3. Złodzenie

#### 3.1. Warunki lodowe w Isbjornhamnie

Szkice sytuacji lodowej w Isbjornhamnie wykonano: 06, 11, 27 lipca; 13, 25 sierpnia; 12 i 23 września 2010 oraz 06, 08 lutego; 05, 18 marca; 20 kwietnia; 05, 10, 24 maja i 19 czerwca 2011. W początkach

lipca 2010 na wodach Hornsundu spotkać można było jeszcze resztki drobnej kry lodu morskiego z poprzedniego sezonu, wynoszone z głębi fiordu. Między 6 a 11 lipca w zachodniej części zatoki doszło do nagromadzenia i zwarcia (do 9/10) drobnych kier lodu morskiego oraz gruzu i pojedynczych growlerów. Strefa ta rozciągała się do 200 m od brzegu (ryc. 3a).

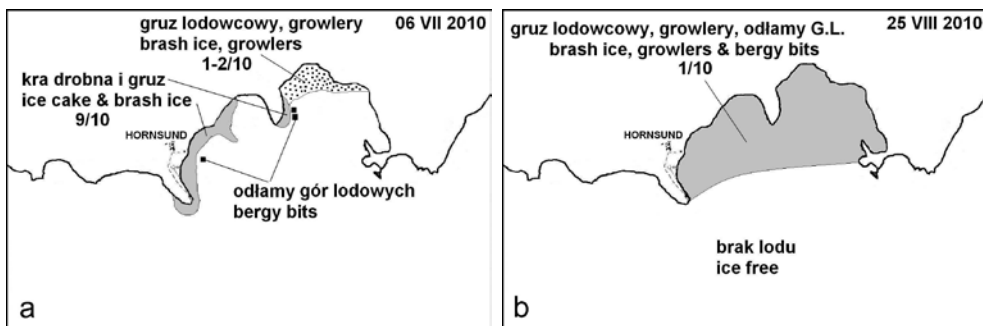
Tabela 2. Temperatura wody powierzchniowej mierzona przy zachodnim brzegu Isbjornhamny. Braki obserwacji ze względu na występujący w strefie brzegowej lód oznaczone „-”; awaria termometru „x”

Table 2. Sea surface temperature measured on the western shore of Isbjornhamna. Lack of observation because of ice existence in coastal zone marked „-”; thermometer failure „x”.

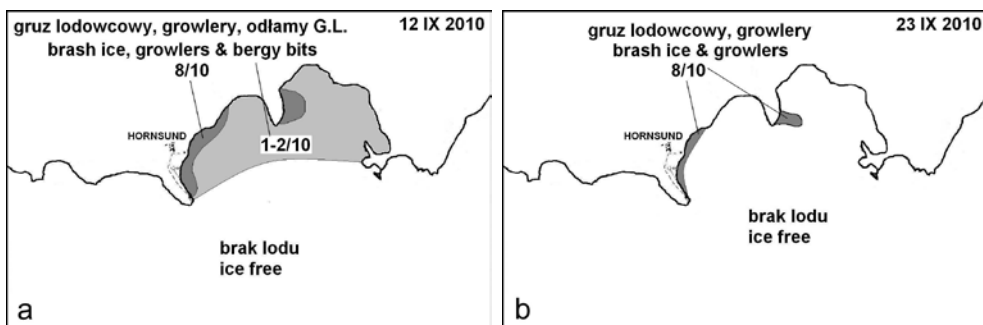
Dzień Day	2010						2011					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
1	2.1	5.4	1.3	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-0.4
2	1.9	4.6	1.7	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-0.5
3	3.2	3.3	1.2	1.1	-	-	-	-	-	-	-1.6	-0.2
4	2.1	4.6	1.9	1.2	-	-	-	-	-	-	-1.6	0.1
5	1.3	4.5	0.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-1.6	0.0
6	-1.1	4.2	1.7	1.2	-	-	-	-	-1.9	-	-1.7	0.0
7	-0.5	3.6	1.1	1.2	-	-	-	-	-	-	-1.7	x
8	-1.0	3.3	2.6	1.2	-	-	-	-	-1.9	-	-1.7	x
9	-1.4	3.5	1.1	1.2	-	-	-	-	-	-	-1.7	x
10	-1.6	3.5	0.6	0.5	-	-	-	-	-	-	-1.8	x
11	-1.5	2.4	1.6	-0.7	-	-	-	-	-	-	-	x
12	-1.5	2.9	1.2	-1.2	-	-	-	-	-	-1.2	-1.3	x
13	-1.3	0.5	-1.6	-1.2	-	-	-	-	-	-	-1.3	x
14	1.4	2.5	1.3	-1.4	-	-	-	-	-	-	-1.4	x
15	3.0	3.3	1.5	-1.5	-	-	-	-	-	-	-1.4	x
16	2.4	2.0	1.4	-1.6	-	-	-	-	-	-1.1	-1.4	x
17	1.2	3.0	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-1.4	x
18	2.3	2.4	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-1.4	x
19	2.0	-0.5	1.2	-	-	-	-	-	-	-1.3	-	x
20	2.1	2.4	1.5	-	-	-	-	-	-	-1.3	-1.2	x
21	-1.4	2.8	1.1	-	-	-	-	-	-	-1.5	-1.3	x
22	3.9	2.8	1.3	-	-	-	-	-	-	-1.8	-1.1	x
23	3.5	2.5	1.0	-	-	-	-	-	-	-1.8	-1.0	x
24	4.1	2.7	0.4	-	-	-	-	-	-	-1.8	-1.0	x
25	3.9	2.5	0.6	-	-	-	-	-	-	-1.7	-1.0	x
26	2.3	3.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-1.6	-0.5	x
27	3.5	2.8	0.5	-	-	-	-	-	-	-1.7	-0.7	x
28	3.3	2.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-1.6	-1.0	x
29	3.2	2.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-1.7	-0.9	x
30	3.3	1.4	-1.5	-	-	-	-	-	-	-1.7	-0.8	x
31	4.7	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.9	x
Min	-1.6	-0.5	-1.6	-1.6	-	-	-	-	-1.9	-1.8	-1.8	-0.5
Max	4.7	5.4	2.6	1.3	-	-	-	-	-1.9	-1.1	-0.5	0.1
Srednia Mean	1.59	2.83	0.98	0.22	-	-	-	-	-1.90	-1.55	-1.27	-0.17

Od połowy lipca do połowy października na wodach zatoki obserwowano jedynie formy lodu lodowcowego. Lód ten – przy ogólnej dużej dynamice ruchu – ma tendencję do gromadzenia się w rejonie

Isbjornhamny, a szczególnie w jej części zachodniej od Wilczekodden do Baranowskiodden. Zjawisko to jest w dużej mierze zależne od przeważającej wschodniej cyrkulacji atmosfery. Po dłuższych okresach występowania wiatrów słabych, ze zmiennych kierunków, gruz lodowy i growlery o ile nie osiadły na dnie w strefie brzegowej najczęściej występują równomiernie na całej powierzchni zatoki, nie przekraczając zwartości 1-2/10 (ryc. 3b). Niemal identyczną sytuację przedstawia (ryc. 4a), z tą jednak różnicą, że 12.09 (po dwóch dobach bardzo słabych wiatrów) zmiana cyrkulacji na wschodnią z równoczesnym wzrostem prędkości wiatru zapoczątkowała wzrost zwartości lodu wzdłuż zachodnich fragmentów brzegu. Charakterystyczną dla utrzymującej się przez kilka dni silnej cyrkulacji wschodniej sytuację lodową prezentuje ryc. 4b. Sporadycznie odnotowuje się dni z brakiem lodu na wodzie. W drugiej połowie roku 2010 sytuacja taka miała miejsce 19 i 30 lipca, 04 i 08 września oraz od 02 do 09 października.



Ryc. 3. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 6 lipca (a) i 25 sierpnia (b) 2010 r.  
 Fig. 3. Distribution of ice in Isbjornhamna on 6 July (a) and 25 August (b) 2010.



Ryc. 4. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 12 (a) i 23 (b) września 2010 r.  
 Fig. 4. Distribution of ice in Isbjornhamna on 12 (a) and 23 (b) September 2010.

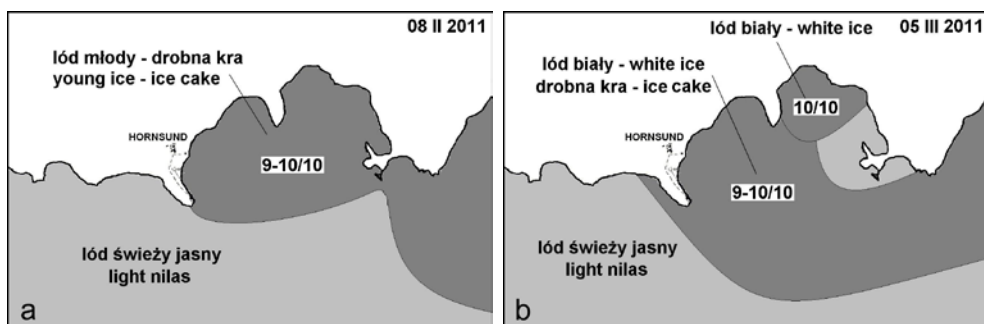
Pierwsze postacie lodu morskiego (lepa lodowa i sryż) pojawiły się przy brzegu, pomiędzy bryłami gruzu lodowcowego 15 i 16 października. Do końca października wzdłuż brzegu utrzymywał się około 20. metrowy zwarty pas gruzu lodowcowego, sryżu i growlerów przysypanych śniegiem, a w zatoce i fiordzie obserwowano liczne growlery i góry lodowe (fot. 1). Obserwacji w kolejnych trzech miesiącach nie wykonywano. Kolejne informacje o sytuacji lodowej pochodzą z 6 i 8 lutego 2011. W tym

okresie Isbjornhamna pokryta była w całości drobną krą lodu młodego (do 30 cm) o niemal całkowitej zwartości, a dalej od brzegu występował lód świeży jasny (ryc. 5a). W rejonie Banachówki utworzył się także tzw. wał lodowy wzdłuż brzegu (z pozmarzanych fragmentów głównie druzgotu lodowcowego wyniesionego i osadzonego na brzegu i śniegu) o wysokości 1-2 m. Od marca ponownie pojawiają się zapiski odnośnie sytuacji lodowej. Na początku miesiąca większość powierzchni zatoki pokryta była lodem białym, który 5 marca (ryc. 5b) przy północnym wietrze był częściowo łamany i wynoszony na wody fiordu. Sytuacja ta nie trwała długo, bo już 7 marca lód ponownie pokrył całą zatokę i widoczną część podejścia do Hornsundu i utrzymywał się do początku kwietnia. W większości były to małe i drobne kry lodu młodego i pierwszorocznego, podlegające w strefie brzegowej spajaniu w jednorodną pokrywę lodu stałego (ryc. 6a).

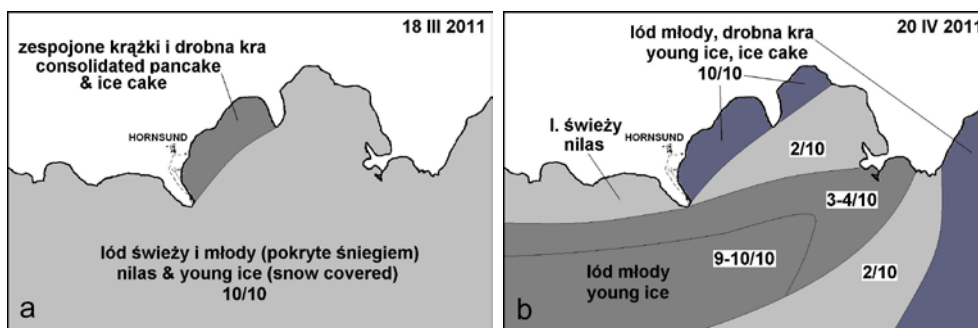


Fot. 1. Początkowe postacie lodu autochtonicznego (sryż i krążki lodowe) w strefie brzegowej Isbjornhamny 25.10.2010

Fot. 1. First autochtonic sea ice forms (shuga and pancake ice) in coastal zone of Isbjornhamna 25.10.2010.



Ryc. 5. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 8 lutego (a) i 5 marca (b) 2011 r.  
Fig. 5. Distribution of ice in Isbjornhamna on 8 February (a) and 5 March (b) 2011.



Ryc. 6. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 18 marca (a) i 20 kwietnia (b) 2011 r.

Fig. 6. Distribution of ice in Isbjornhamna on 18 March (a) and 20 April (b) 2011.

W kwietniu kilkakrotnie dochodziło do łamania lodu w partiach bardziej odległych od brzegu i przemieszczania się go w osi fiordu, co wywierało także wpływ na możliwość wynoszenia lodów z Isbjornhamny, przy nasilaniu się wiatrów wschodnich. Dobrze ilustruje to ryc. 6b, przedstawiająca sytuację z 20 kwietnia. W tym i następnym dniu obserwowano tworzenie się lodu „in situ” w strefie brzegowej (lód świeży), a po raz ostatni w sezonie sytuacja taka wystąpiła w pierwszej dekadzie maja, gdy obserwowano śryż. Sytuacja w maju podlegała szybkim zmianom, związanym z dryfem lodu w osiowych partiach fiordu. W końcu maja wał lodowy wzdłuż brzegu miał jeszcze wysokość około 0,5 m i szybko zanikał. Do końca obserwacji nie zaobserwowano już prób tworzenia się stałej (zespojonej) pokrywy lodu w strefie brzegowej Isbjornhamny, a zwartości dryfującego lodu w czerwcu sporadycznie przekraczały 1/10.

### 3.2. Warunki lodowe w Hornsundzie

W sezonie lodowym 2010/2011 szkiców sytuacyjnych zlodzenia dla całego fiordu nie wykonywano. Przy okazji zapisów odnośnie sytuacji lodowej w Isbjornhamnie pojawiają się sporadycznie informacje o obecności i zwartości lodu na osiowej części Hornsundu. Udostępniona dokumentacja fotograficzna (głównie montaż panoramiczne z okolic Ariekammen) dość dobrze oddaje warunki w Isbjornhamnie, jednak częściowo pozwoliła także na uzupełnienie informacji o obecności lodu w wejściu do fiordu i jego części osiowej. Niestety, nie można jej wykorzystać do wyznaczania położenia skraju lodu we wschodnich partiach fiordu, gdyż są one na większości fotografii niewidoczne. Dokumentacja fotograficzna ani notatki nie obejmują także ponad trzech miesięcy nocy polarnej, czyli okresu formowania się lodu morskiego. W tej sytuacji jedynym źródłem danych o pokrywie lodowej stają się publikowane mapy zlodzenia z rejonu Svalbardu.

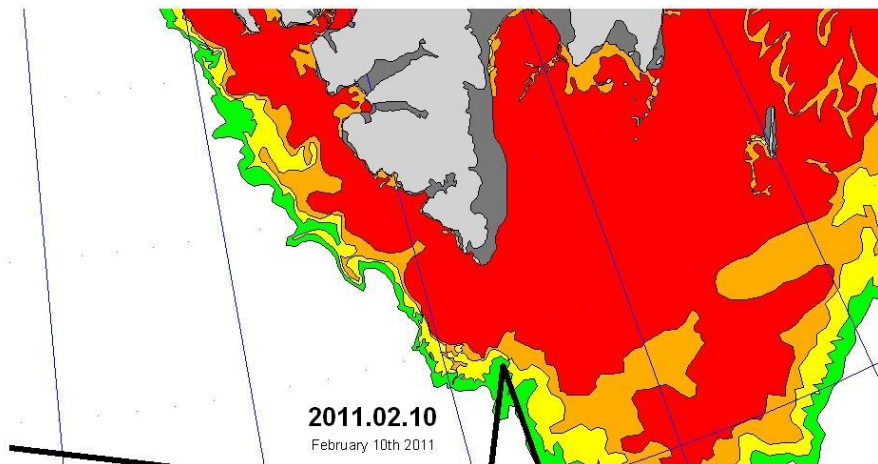
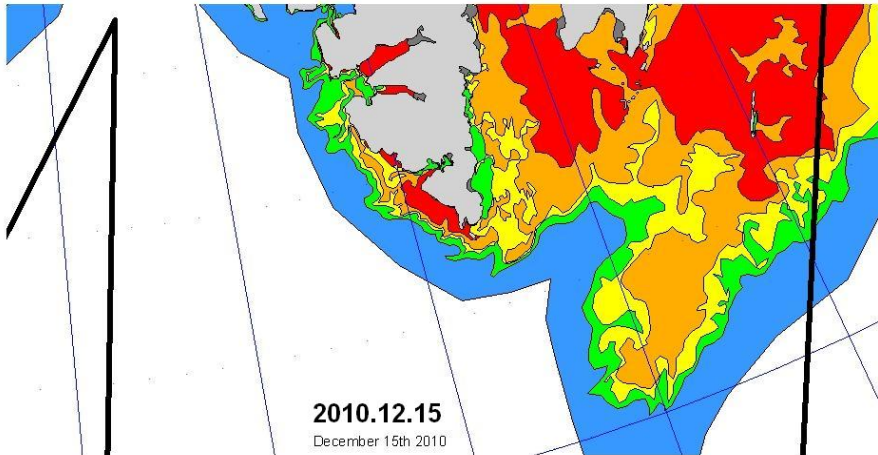
Informacje dostępne z norweskich i amerykańskich map lodowych różnią się zarówno treścią jak i rozdzielczością czasową. Mapy wydawane przez National Ice Center prezentują średnie tygodniowe warunki lodowe. Prezentowany zakres informacji to zwartość lodu, teoretyczna grubość, oraz dane kodowane w postaci elips lodowych dla wybranych rejonów: stadia rozwojowe, częściowe koncentracje a czasem też formy występującego lodu. Mapy norweskie z kolei wydawane są praktycznie codziennie i posiadają lepszą rozdzielczość, jednak ich treść ogranicza się tylko do zwartości lodu. W opracowaniu wykorzystano mapy z obu źródeł, jednak jako podstawę analizy wzięto mapy norweskie.



Lód o zwartościach powyżej 1/10 odnotowano w Hornsundzie po 15 października 2010 r. Do końca miesiąca jego zwartości nie przekraczały 4/10 i to głównie we wschodniej części fiordu. Był to lód lokalny, ponieważ wody na zewnątrz były praktycznie wolne od lodu. W końcu pierwszej dekady listopada na wodach wokół południowego Spitsbergenu zaczął szybko tworzyć i rozprzestrzeniać się lód. Jego zwartość przekraczała momentami 7/10, ale nie dotarł on do Hornsundu, gdzie do końca listopada koncentracja lodu oscylowała od 1 do 4/10. Z początkiem grudnia lód u SE wybrzeży Spitsbergenu zaczął osiągać większą koncentrację (7-10) i rozprzestrzeniać się na południe, by po opłynięciu Sorkappu w połowie grudnia znaleźć się u wejścia do fiordu (ryc. 7 góra). Do końca roku zwartość lodu w Hornsundzie przekraczała 4/10, a w wewnętrznych, wschodnich partiach zaczęła się formować lód stały. W pierwszej połowie stycznia 2011 koncentracja lodu zarówno na przedpolu jak i wewnątrz fiordu wzrastała, osiągając 9/10 i więcej.

W Burgerbukcie, Brepollen i Samarinvagen oraz wzdłuż brzegów osiowej części fiordu uformował się lód stały, który w początku drugiej dekady lutego (ryc. 7 dół) objął swym zasięgiem ponad 2/3 powierzchni Hornsundu. Od końca drugiej dekady stycznia lód ten klasyfikowano jako pierwszoroczny, czyli o grubości powyżej 30 cm. W wolnej od lodu stałego partii osiowej fiordu zwartości lodu tylko sporadycznie spadały poniżej 7, natomiast na zewnątrz fiordu lód utrzymywał bardzo dużą zwartość (9-10) w końcu stycznia i od 9 do 23 lutego. W tym okresie oznaczano go jako lód młody. Nieznaczne spadki zwartości lodu związane były z okresami silnej cyrkulacji wschodniej i rozprzestrzenianiem się pól lodowych dalej na zachód. Po jednym z takich incydentów (24-25.02) w osiowej części fiordu został częściowo połamany lód stały. Jego zasięg obejmował teraz około 1/2 powierzchni fiordu, a krawędź przebiegała od Sofiekammen ku SE, do zachodniego brzegu Samarinvagen.

Każdorazowe osłabienie cyrkulacji ze wschodu, a zwłaszcza krótkie okresy z wiatrami zachodnimi powodowały ponowny wzrost zwartości lodów wzdłuż SW brzegu Spitsbergenu a także w wolnej od lodu stałego zachodniej części fiordu. Sytuacja taka wystąpiła od 28 lutego do 4 marca (zwartość lodu w osi fiordu wzrosła do 9-10), by w kolejnych dniach po zmianie kierunku wiatru spaść nawet poniżej 4/10 (9 i 10 marca) i powtórnie wzrosnąć powyżej 7/10 między 12 a 25 marca. Lód napływowy (allochtoniczny) do przełomu lutego i marca klasyfikowano jako młody, potem stopniowo zwiększa się w paku udział (koncentracja częściowa) lodu pierwszorocznego cienkiego (30-70 cm). Koniec marca i pierwsze dwie dekady kwietnia to okres spadku natężenia zjawisk lodowych (ryc. 8 góra). Zwarcie lodu w Hornsundzie nie przekracza wtedy generalnie 4/10, a mimo to nie obserwowano wyraźnego cofania się krawędzi lodu stałego w głąb fiordu. Od połowy kwietnia do maja wejście do fiordu blokuje pas bardzo zwanego lodu ciągnącego się na północ aż do Bellsundu. Po 20.04 lód ten zaczyna napływać do Hornsundu i szczelnie go wypełnia aż do pierwszych dni maja (fot 2 i 3). Jest to według mapy amerykańskiej z końca kwietnia lód młody (10-30 cm), ze znacznym udziałem białego (30-70 cm grubości), natomiast na kolejnych mapach z maja klasyfikowany jest już jako wyłącznie biały. W początkach maja została połamana pokrywa lodu stałego w Burgerbukcie i częściowo w Brepollen. Wprawdzie mapy z kolejnych dni ukazują ją ponownie na całej powierzchni tej drugiej zatoki w połowie maja, ale jest to chyba błąd interpretacyjny. Przy stosunkowo niewielkiej zwartości lodu dryfującego w końcu maja (maksymalnie do 4/10) łamaniu podlega lód stały w Samarinvagen i SW części Brepollen. Ten pierwszy ostatecznie znika około 10 czerwca, natomiast w Brepollen utrzymuje się aż do końca drugiej dekady lipca. Co ciekawe – lód stały w Brepollen na mapach amerykańskich przestał być zaznaczany już na przełomie lutego i marca. Należy jednak pamiętać, że mapy te cechują się gorszą rozdzielczością. Zwartości lodu dryfującego u wejścia do Hornsundu w czerwcu wahały się od 1-4/10 na



**Svalbard - high resolution ice chart**



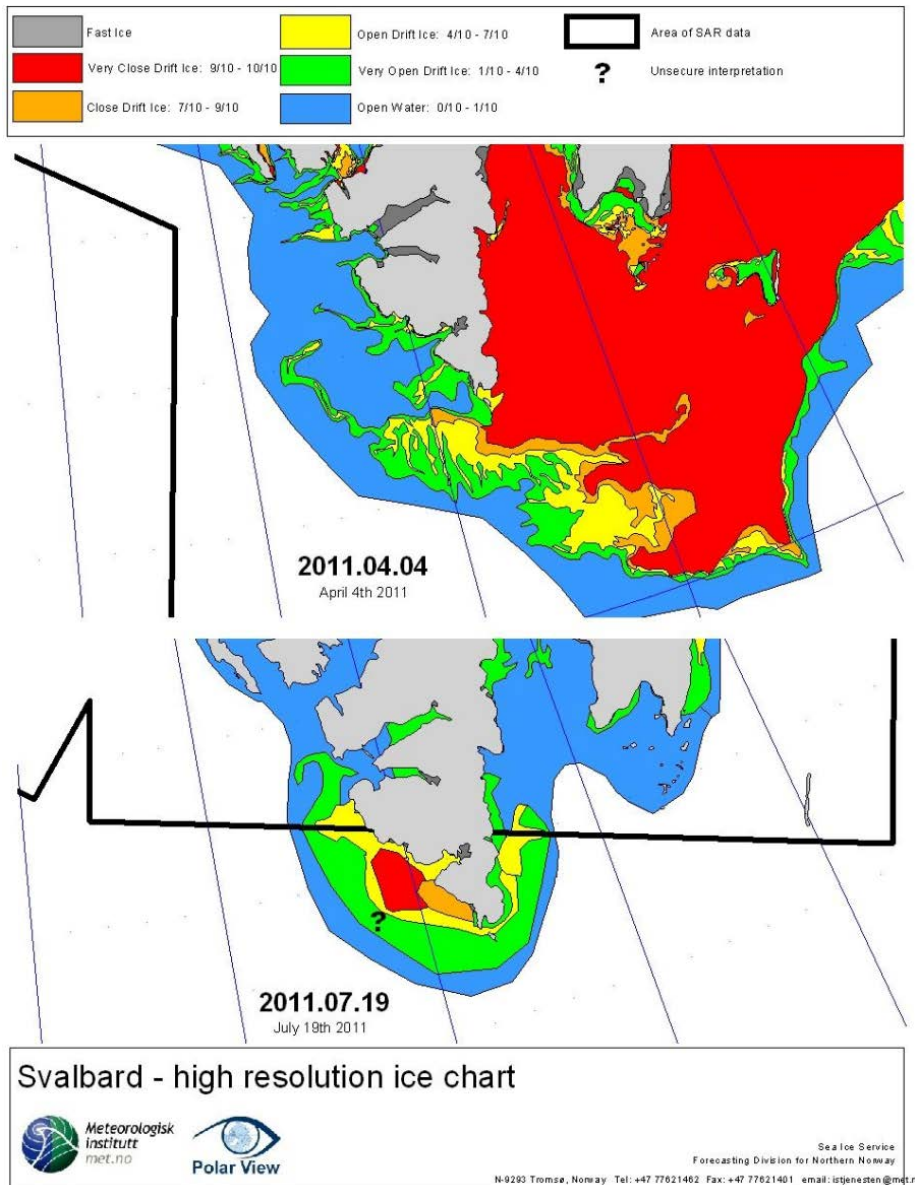
Sea Ice Service  
Forecasting Division for Northern Norway  
N-9293 Tromsø, Norway Tel: +47 77621462 Fax: +47 77621401 email: istjenesten@met.no

Ryc. 7. Rozmieszczenie lodu w rejonie Svalbardu 15 grudnia 2010 i 10 lutego 2011 r.

Fig. 7. Distribution of ice in Svalbard area on 15 December 2010 and 10 February 2011.

początku, poprzez całkowity brak do 1/10 w połowie trzeciej dekady. Wtedy raz jeszcze nastąpił większy wrzut lodu ze wschodniej strony Sorkappu, a ławica lodu o zwartościach do 7/10 sięgnęła aż do Bellsundu (4 i 5 lipca). Na wodach Hornsundu zwanie lodu w pierwszej dekadzie lipca sporadycznie

przekraczało 4/10. Ostatni tego sezonu incydent dryfu zwartej pływy lodowej wzdłuż południowego cypla Spitsbergenu zaczął się 13-14 lipca. Pływa ta rozciągnęła się początkowo pasem wzdłuż zachodniego brzoęu wyspy, po czym zwiększając powierzchnię kosztem zwarteści 19 lipca (ryc. 8 dół) sięgało już do Bellsundu. Między 18 a 19 lipca lody najbardziej zwarte (7-10/10) przemieszczały się wzdłuż wejścia do Hornsundu, wypełniając go prawie całkowicie, a w kolejnych dniach lód ten dotarł aż do wejścia do Isfiordu.



Ryc. 8. Rozmieszczenie lodu w rejonie Svalbardu 4 kwietnia 2011 i 19 lipca 2011 r.

Fig. 8. Distribution of ice in Svalbard area on 4 April 2011 and 19 July 2011.



Fot. 2. Bardzo zwarty pak lodowy (po prawej) w wejściu do Hornsundu 20.04.2011  
Fot. 2. Very close pack ice (at right) at the entrance to the Hornsund Fjord 20.04.2011.



Fot. 3. Sytuacja lodowa w Hornsundzie 05.05.2011. W lewej części zdjęcia widoczna krawędź lodu stałego we wschodniej części fiordu

Fot. 3. Ice situation in Hornsund at 05.05.2011. At the left side of the foto fast ice edge position visible in eastern part of the fjord.

#### 4. Podsumowanie

Sezon lodowy 2010/2011 w Hornsundzie należy uznać za przeciętny pod względem termicznym, lecz z nietypowym, przedłużonym zakończeniem. Na tle dwóch ubiegłych lat sezon wydaje się ostry. Pierwsze postacie lodu morskiego pojawiły się nieco wcześniej, bo już w połowie października. Chłodniejszy od normy listopad i styczeń oraz typowy grudzień stwarzały warunki do rozwoju pokrywy lodowej. Uwzględniając tylko termikę powietrza lód mógł osiągnąć na koniec sezonu teoretycznie grubość zbliżoną do metra (w poprzednim sezonie niecałe 80 cm).

Według map wysokiej rozdzielczości formy lodu stałego w strefie brzegowej pojawiały się już w listopadzie, a w sposób nieprzerwany lód taki funkcjonował od połowy grudnia do połowy lipca, a więc przez ponad 7 miesięcy. W fazie swego maksymalnego rozwoju w połowie lutego lód stały zajmował około 2/3 powierzchni fiordu, a przez ponad miesiąc nieprzerwanie pokrywał około 1/3 jego powierzchni. Lód dryfujący o dużej i bardzo dużej koncentracji (powyżej 7/10) występował na wodach Hornsundu przez praktycznie cały styczeń, luty i pierwszą dekadę marca. Potem ponownie pojawił się na ponad tydzień w marcu oraz w drugiej połowie kwietnia i pierwszej dekadzie maja, co daje z górą trzy i pół miesiąca. Po wyjątkowo łagodnych warunkach lodowych w drugiej połowie maja i czerwcu bardzo nietypowy okazał się dwukrotny „atak” paku lodowego: w początku i drugiej połowie lipca. Takiego incydentu nie notowano w tym rejonie od lat, a w dwóch poprzednich sezonach ostatnie

wejścia paku do fiordu miały miejsce w maju. Niestety braki w obserwacjach prowadzonych na miejscu nie pozwalają w pełni dokonać weryfikacji danych prezentowanych na mapach lodowych wydawanych przez różne ośrodki.

### **Podziękowania**

W opracowaniu wykorzystano dane zgromadzone w bazie wymiany danych GLACIO-TOPOCLIM (strona: [www.glacio-topoclim.org](http://www.glacio-topoclim.org)), Site Hornsund\_01003 (zarządzający Dariusz Puczek) oraz materiały obserwacyjne (szkice i fotografie) wykonane podczas XXXIII Wyprawy Polarnej IGF PAN na Spitsbergen, za których udostępnienie autor serdecznie dziękuje wszystkim, którzy do ich zebrania się przyczynili.

### **Literatura:**

- Biuletyn meteorologiczny Spitsbergen – Hornsund (09.2010 - 05.2011), red. Majchrowska E., Malarzewski Ł., wersja elektroniczna (<http://www.glacio-topoclim.org/index.php/reports>).
- Görlich K., Stepko W., 1992. Hydrological phenomena related to sea-ice cover formation and presence in Hornsund, Spitsbergen. [w:] Landscape, Life World and Man in High Arctic. Institute of Ecology PAS Publishing Office: 83-92.
- Kruszewski G., 2010. Zlodzenie Hornsundu (Spitsbergen) w sezonie zimowym 2008-2009. Problemy Klimatologii Polarnej, 20: 187-196.
- Kruszewski G. 2011. Zlodzenie Hornsundu w sezonie zimowym 2009-2010 (SW Spitsbergen). Problemy Klimatologii Polarnej, 21: 229-239.
- Styszyńska A., Buchert L., 2004. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2003/2004. Polish Polar Studies, XXX Międzynarodowe Sympozjum Polarne, Gdynia: 369-376.
- Styszyńska A., Buchert L., 2005. Warunki lodowe w Hornsundzie i na jego przedpolu w sezonie zimowym 2003/2004. Publications of the Institute of Geophysics PAS D-66 (373):93-105.
- Styszyńska A., Kowalczyk M., 2007. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2005–2006. Problemy Klimatologii Polarnej, 17: 147-158.
- Styszyńska A., Rozwadowska A., 2008. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2006/2007. Problemy Klimatologii Polarnej, 18: 141-160.
- Styszyńska A., 2009. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2007/2008. Problemy Klimatologii Polarnej, 19: 247-267.
- WMO Sea-ice Nomenclature – WMO/OMM/BMO – No. 259, 1970; Suppl. No. 5, 1989.

Wpłynęło: 11 października 2012 r., poprawiono: 25 listopada 2012 r.

### **Summary**

This paper presents the ice conditions in the Hornsund Fjord (Svalbard) during expedition season 2010/2011. Sea ice season started in the mid of October, after clear air temperature drop (Fig. 2). Since this time forms of locally formed ice were present, mainly in coastal zone. To the end of November concentration of ice did not exceed 4/10 (very open drift ice). Close to mean thermal conditions in Hornsund area during winter months (Fig.1, Tab. 1) were favourable for ice development in this region. Theoretical sea ice thickness at the end of the Year 2010 could reach about 50 cm, and close to 1 m

at the end of ice season. Close and very close pack ice (7-10/10) drifting outside the fjord were present since December (Fig. 7). Easternmost inner part of the Hornsund was covered by fast (consolidated) ice since mid of December to the mid of July 2011. During its maximum development in February fast ice covered over 70% of Hornsund area. Close and very close pack ice were present at Hornsund waters in January, February, three weeks of March, second half of April and first week of May – all together over three and half months. Periods of time with smaller ice concentration were connected with strong easterly air circulation. In May and June ice concentration in SW Svalbard area decrease significantly. Last two episodes the very close ice pack flowed into the Hornsund took place in first days and in second half of July 2011 (Fig. 8).

Key words: sea ice, ice season, sea surface temperature, Hornsund, Spitsbergen.