

<p><b>Tytuł kursu/Course title:</b>  <b>PL: Geofizyczne badania fiordów i jezior w obszarach polarnych</b>  <b>EN: Geophysical research of fjords and lakes in polar regions</b></p>
<p><b>Dyscyplina/Discipline:</b> nauki o Ziemi i środowisku/<i>Earth and related environmental sciences</i></p>
<p><b>ECTS:</b> 2</p>
<p><b>Podmiot koordynujący moduł/The entity coordinating the module:</b> Instytut Geofizyki PAN</p>
<p><b>Koordynator/Coordinator:</b>  dr hab. Mateusz Moskalik, Instytut Geofizyki, PAN</p>
<p><b>Prowadzący zajęcia/Lecturers:</b>  1. Dr Maciej Bartosiewicz, Instytut Geofizyki, 6h lectures  2. Dr Oskar Głowacki, Instytut Geofizyki, 2h lectures  3. Dr Vineet Jain, Instytut Geofizyki PAN 2h lectures  4. Dr hab Mateusz Moskalik, Instytut Geofizyki, PAN, 2h lectures  5. Dr Zuzanna Świrad, Instytut Geofizyki 2h lectures  + 2h seminars with all lecturer</p>
<p><b>Opis/Description:</b>  PL:  <i>Limnologia polarna</i> – M. Bartosiewicz 6h  Jeziora to jedne z najważniejszych i najciekawszych elementów krajobrazu rejonów polarnych a ich liczba, na dalekiej północy, stale się zwiększa w wyniku ustępowania wieloletniej zmarzliny i postępującej degradacji lodowców. Jeziora tworzące się na obszarach ustępującego lodu stwarzają warunki odpowiednie dla rozwoju zróżnicowanych biocenoz wodnych oraz przebiegu nowych procesów biogeochemiczne. Ekosystemy te są prawdziwie wyjątkowe również pod względem swoich właściwości fizykochemicznych. Stosunkowo wysokie stężenia zawiesiny w wodach młodych jezior termokarstycznych i proglacialnych ograniczają zasięg promieniowania słonecznego do powierzchni, pozostawiając głębsze warstwy wody w ciemności. Latem powierzchnia nagrzewa się, natomiast wody przydenne pozostają zimne i, przy braku wydajnego mieszania, powoli tracą, metabolicznie cenny, tlen rozpuszczony. W odległości kilku metrów i w czasie kilku dni, wody powierzchniowe i przydenne tych mętnych jezior drastycznie się różnicują pod względem cech chemicznych, biologicznych i ekologicznych. Powierzchnia jest bogata w życie, które znamy, w tym organizmy wyższe i rośliny. Metabolizm foto-autotroficzny w tych dobrze natlenionych wodach wykorzystuje atmosferyczny CO<sub>2</sub>, czyniąc powierzchnie aktywnym absorbentem gazów cieplarnianych. Beztlenowe wody przydenne gromadzą materię organiczną stając generatorem innego, dużo silniejszego, gazu cieplarnianego - metanu. Jeziora rejonów Antarktyki pozostają jeszcze w dużej części niezbadane. Część spośród tych głębokich i pokrytych grubą warstwą lodu zbiorników, jest swoistymi „wehikułami czasu”, w których procesy i organizmy sprzed dziesiątek i setek tysięcy lat funkcjonują niezmiennie aż do dnia dzisiejszego. W czasie cyklu wykładów „Limnologii Polarnej” zapoznamy się z charakterystyką fizyczną, chemiczną i biologiczną jezior Arktyki i Antarktyki w celu zrozumienia interakcji między poszczególnymi komponentami tych ekosystemów które obecnie ewoluują pod silnym wpływem zmian klimatycznych.</p> <p><i>Hydrografia fiordów</i> – V. Jain 2h  Stratyfikacja fiordów arktycznych zmienia się w skali sezonowej i międzyrocznej. Uwarstwienie mas wodnych jest kontrolowane przez szereg procesów wewnętrznych i zewnętrznych. Procesy takie jak topnienie śniegu i lodowców, dopływ rzek, opady, strumień ciepła, wiatr, zasięg lodu morskiego i dopływ mas wody z otwartego morza regulują typowy wzór termohalinowej struktury fiordów arktycznych.</p> <p><i>Oddziaływania lodowiec-ocean</i> – O. Głowacki 2h  Wywołany przez człowieka wzrost emisji gazów cieplarnianych w epoce przemysłowej i wynikające z tego globalne ocieplenie doprowadziły do przyspieszonego wycofywania się lodu lądowego. Duża część utraty masy lodu ma miejsce, gdy lodowce spotykają się z oceanem. Lodowce tracą swoją</p>

masę w wyniku trzech głównych procesów: (i) topnienia powierzchniowego, (ii) topnienia podwodnego na kontakcie z wodą morską i (iii) cielenia się lodowców. Te procesy utraty lodu zostaną omówione w kontekście zmian klimatycznych. Ponadto zaprezentowane zostaną nowe techniki badania granicy lodowiec-ocean, w tym m.in. krioakustykę pasywną, skanowanie laserowe oraz najnowocześniejsze metody wykorzystywane w oceanografii fizycznej fiordów lodowcowych.

*Sedymentacja w fiordach* – M. Moskalik 2h

Zmiany klimatyczne są nieproporcjonalnie silne w Arktyce, która jest najszybciej ocieplającym się regionem na Ziemi. Jedną z obserwowalnych konsekwencji transformacji środowiska Arktyki są szybko wycofujące się lodowce, które pozostawiają za sobą nowe zatoki. Ze względu na cielenie się lodowców, wytapianie podwodne i odprowadzanie wód roztopowych przez wypływy sub i inglacjalne, lodowce są uznawane za główne źródło nie tylko dostaw słodkiej wody do fiordu, ale także substancji mineralnych.

*Interakcja falowania wiatrowego i lodu morskiego oraz procesy brzegowe* – Z. Świrad 2h

W północnoatlantyckim sektorze Arktyki obserwuje się częstsze, dłuższe i silniejsze sztormy. Zasięg lodu morskiego w Arktyce zmniejsza się o >10% na dekadę. W rejonie wybrzeży liczba dni bez lodu podwoiła się w ciągu 30 lat. Wybrzeża Arktyki stają się więc podatne na bezpośrednie działanie fal przez dłuższy czas. Na zwiększoną erozję wpływa także topnienie wieloletniej zmarzliny. Rośnie ryzyko erozji wybrzeża, zalewania falami i powodzi, co zagraża społecznościom i infrastrukturze. Ten moduł skoncentruje się na interakcjach między otwartymi falami oceanicznymi a lodem morskim, transformacją przybrzeżnych fal wiatrowych i procesami przybrzeżnymi. Wprowadzone zostaną techniki monitorowania koncentracji lodu morskiego oraz warunków falowych i lodowych na brzegu, a także modelowania procesów przybrzeżnych.

*Wpływ zmian klimatu na funkcjonowanie fiordów i jezior rejonów polarnych* – studenci 2h

EN:

*Polar limnology* – M. Bartosiewicz 6h

Lakes are one of the most important and interesting features of the polar landscapes. In the far North myriads of thermokarst ponds formed on the rapidly receding permafrost provide habitats for diverse aquatic life and host a diversity of new biogeochemical processes. Some of these lakes are truly remarkable also in their physicochemical structuring. High concentrations of clays in their water column allows radiative heat to be readily trapped in the surface, leaving the bottom in the dark. While the surface heats up during the summer, bottom waters remain cold and become oxygen deprived. Within no more than few meters distance, two worlds exist with strikingly different conditions in the chemical, biological and ecological context. Sunlit surface waters host abundant life as we know it, including higher organisms and plants. Photoautotrophic metabolism in surficial layers often exploits atmospheric CO<sub>2</sub> creating a net carbon sink. Bottom waters remain anoxic under increase organic matter deposition and often produce surprisingly high amounts of a potent greenhouse gas – methane. In the far South, lakes are even more mysterious. Deep and covered by thick layers of ice they are often regarded as “time machines” where processes and organisms from tens and hundreds of thousands of years ago survived unchanged until today. In this lecture we will explore the physical chemical and biological structuring of Arctic and Antarctic lakes. We will look into their functioning and try to understand how the global environmental change affects these unique ecosystems.

*Fjords hydrography* – V. Jain 2h

The stratification of Arctic fjords changes on a seasonal and inter-annual scale. The layering of water masses is controlled by a series of internal and external processes. The processes, like snow and glacier melting, river inflow, precipitation, heat flux, wind, sea ice extent, and changes in water masses with the open sea regulate the typical pattern of the thermohaline structure of Arctic fjords.

*Glacier-ocean interactions* – O. Głowacki 2h

Human-induced increases in greenhouse gases during the industrial era and resulting global warming have led to the accelerated retreat of land-based ice. A large fraction of ice mass loss takes place when glaciers meet the ocean. Marine-terminating glaciers are losing mass as a result of three major processes: (i) surface melting, (ii) submarine melting and (iii) iceberg calving. These processes of ice loss will be discussed in the context of climate shifts. Moreover, novel techniques for studying glacier-ocean boundary will be introduced; that includes, for example, passive cryoacoustics, laser scanning and state-of-the-art methods used in physical oceanography of glacial fjords.

*Sedimentation processes in the fjords* – M. Moskalik 2h

Climate change is disproportionately strong in the Arctic, which is the most rapidly warming region on Earth. One of the observable consequences of the transformation of the Arctic environment is the rapidly receding glaciers, which are leaving behind new bays. Due to glaciers calving, submarine melting and drainage of meltwater through glacial outflows, glaciers are recognised as the main source not only of freshwater supply into the fjord, but also mineral matter.

*Wind wave – sea ice interactions & coastal processes* – Z. Świrad 2h

More frequent, longer and more severe storms have been observed in the North Atlantic sector of the Arctic. Arctic-wide sea ice extent has been decreasing by >10% per decade. At the shore, the number of ice-free days has doubled in 30 years. Arctic coasts are vulnerable to direct wave action during a prolonged time period, as well as increased erosion due to coastal permafrost melting. Hazard of coastal erosion, wave overtopping and flooding is increasing, putting communities and infrastructure at risk. This module will focus on the interactions between open ocean waves and sea ice, nearshore wind wave transformation and Arctic coastal processes. Techniques to monitor sea ice concentration, and wave and ice conditions at the shore, and to model nearshore and coastal processes will be introduced.

*Influence of climate changes on the functioning of fjords and lakes environments in the polar regions* – students 2h

**Zakres tematów/List of topics:**

PL:

Procesy w fiordach (8h), limnologia polarna (6h), wpływ zmian klimatu na funkcjonowanie fiordów i jezior rejonów polarnych (2h)

EN:

Fjords processes (8h), polar limnology (6h), influence of climate changes on the functioning of fjords and lakes environments in the polar regions (2h)

**Forma zajęć/Teaching form:** warsztat/workshop

**Metody dydaktyczne/Teaching methods:**

PL:

wykłady, seminaria, prezentacja aparatury badawczej.

Praca doktoranta: lektura uzupełniająca i korzystanie z elektronicznych źródeł informacji.

Konsultacje online zgodnie z potrzebami studenta. Prezentacja prac własnych.

EN:

lectures, seminars, presentation of research equipment. Presentations own work. PhD student work: supplementary reading and the use of electronic information sources. Online consultations according to the student's needs

**Forma weryfikacji efektów uczenia się/A form of verification of learning outcomes:**

zaliczenie/pass

**Kryteria oceniania i sposób ustalania oceny końcowej/Assessment criteria and the method:**

PL:

Do zaliczenia wymagane będzie: aktywne uczestnictwo w zajęciach. Zaliczenia nie otrzymuje doktorant, który: nie uczestniczył aktywnie w zajęciach.

EN:

Do zaliczenia wymagane będzie: aktywne uczestnictwo w zajęciach. Zaliczenia nie otrzymuje doktorant, który: nie uczestniczył aktywnie w zajęciach.

**Język wykładowy/*Language*:** angielski/*English*

**Realizacja/*Implementation*:** kontaktowa/*in person*

**Miejsce realizacji/*Venue*:** Instytut Geofizyki PAN, w Warszawie, ul. Księcia Janusza 64, 02-785 Warszawa

**Liczba godzin/*Hours*:** 16

**Literatura/*Bibliography*:**

1. Benn DI, Warren CR and Mottram RH (2007) Calving processes and the dynamics of calving glaciers. *Earth-Science Reviews*, 82(3), 143–179 (doi: 10.1016/j.earscirev.2007.02.002)
2. Frederikse T, Landerer F, Caron L, Adhikari S, Parkes D, Humphrey VW, Dangendorf S, Hogarth P, Zanna L, Cheng L and Wu YH (2020) The causes of sea-level rise since 1900. *Nature*, 584(7821), 393–397 (doi: 10.1038/s41586-539 020-2591-3)
3. Roe GH, Christian JE and Marzeion B (2021) On the attribution of industrial-era glacier mass loss to anthropogenic climate change. *The Cryosphere*, 15(4), 1889–1905 (doi: 10.5194/tc-15-1889-2021)
4. Straneo F, Heimbach P, Sergienko O, Hamilton G, Catania G, Griffies S, Hallberg R, Jenkins A, Joughin I, Motyka R, Pfeffer WT, Price SF, Rignot E, Scambos T, Truffer M and Vieli A (2013) Challenges to Understanding the Dynamic Response of Greenland’s Marine Terminating Glaciers to Oceanic and Atmospheric Forcing. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(8), 1131 – 1144 (doi: 10.1175/BAMS-D-12-00100.1)
5. Hop H., Wiencke Ch. (Editors) *The Ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard*. Springer 2019, 562 pp
6. Syvitski J.P.M., Burrell D.C., Skei J.M. *Fjords Processes and Products*. Springer 1986, 379 pp.
7. Dowdeswell J.A., Canals M., Jakobsson M., Todd B.J., Dowdeswell E.K., Hogan K.A. *Atlas of Submarine Glacial Landforms: Modern, Quaternary and Ancient*. Geological society London 2016, 618 pp
8. Warwick F. Vincent and Johanna Laybourn-Parry. *Polar Lakes and Rivers: Limnology of Arctic and Antarctic Aquatic Ecosystems*.
9. Pienitz Reinhard. *Long-Term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes*

and any other journal articles and books related to presented topics.