

**Univerzita Karlova v Praze**

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Ondřej HAVELKA

**MOŽNOSTI VIZUALIZACE VÝVOJE ZALEDNĚNÍ  
ARKTIDY METODAMI TEMATICKÉ  
KARTOGRAFIE**

**WAYS OF CARTOGRAPHIC VISUALIZATION OF  
ARTIC GLACIATION CHANGES BY USING  
METHODS OF THEMATIC CARTOGRAPHY**

*Bakalářská práce*

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Zuzana Žáková

Praha 2015

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Souhlasím s tím, aby práce byla zpřístupněna pro studijní a výzkumné účely.

V Praze dne 25. května 2015

.....

Ondřej Havelka

**Poděkování:**

Rád bych tímto způsobem poděkoval především Mgr. Zuzaně Žákové za vedení mé bakalářské práce, cenné rady, věnovaný čas, odborné připomínky a trpělivost. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

## **Možnosti vizualizace vývoje zalednění Arktidy metodami tematické kartografie**

### **Abstrakt**

Cílem této práce je provést rešerši dostupných geografických dat, týkajících se vývoje zalednění Arktidy, a také posoudit vhodnost užití vybraných metod tematické kartografie ke znázornění geografického jevu změny zalednění v čase. V úvodní části je provedena podrobná rešerše dostupných databází geografických dat, které jsou produkovány zahraničními výzkumnými organizacemi a projekty. Následně je z dostupné české i zahraniční literatury provedena rešerše metod tematické kartografie, která je doplněna o možnosti využití jednotlivých metod ve zkoumaném tématu. Propojení zvolených dat s příslušící metodou znázornění je předvedeno na názorné ukázce mapových výstupů, které jsou přílohou této práce.

**Klíčová slova:** geografická data, metody tematické kartografie, vývoj zalednění

## **Ways of cartographic visualization of arctic glaciation changes by using methods of thematic cartography**

### **Abstract**

The aim of this thesis is to make a research of available geographic data relates to the development of glaciation of the Arctic and also to assess the suitability of selected methods of thematic cartography to represent geographical phenomenon: change of glaciation in time. The first part is devoted to detailed research of the available databases produced by foreign research organizations. This part is followed by research of Czech and foreign literature which is focused on cartographic visualization and methods of thematic cartography suitable for expression of dynamics phenomenon. In the conclusion are shown the ways of proper choice of data with relevant cartographic method, illustrated on the attached maps.

**Keyword:** geographic data, thematic cartography methods, glaciation changes

# Obsah

Přehled použitých zkratk.....	7
Seznam obrázků.....	8
1. Úvod.....	9
2. Cíle práce a použitá metodika .....	10
2.1 Cíle práce .....	10
2.2 Metodika .....	10
3. Geografická data.....	12
3.1 Global Land Ice Measurements from Space .....	12
3.1.1 Randolph Glacier Inventory.....	13
3.2 Glacier Mass Balance and Regime Measurements and Analysis .....	13
3.3 Greenland 5 km DEM, Ice Thickness, and Bedrock Elevation Grids .....	14
3.4 World Glacier Inventory .....	14
3.5 IceBridge MCoRDS L3 Gridded Ice Thickness, Surface, and Bottom, Version 2 .....	15
3.6 GLAS/ICESat 1 km Laser Altimetry Digital Elevation Model of Greenland .	15
3.7 Fluctuations of Glaciers .....	15
3.8 Glacier Mass Balance Bulletin.....	16
3.9 Sea Ice Index .....	16
4. Metody tematické kartografie.....	18
4.1 Metoda bodových znaků .....	18
4.2 Metoda liniových znaků .....	20
4.3 Metoda plošných znaků.....	21
4.4 Metoda izolinií .....	24
4.5 Kartodiagramy.....	25
4.6 Kartogramy .....	27

4.7	Metody pro vyjádření změny jevu v čase .....	28
5.	Kartografické zpracování .....	30
5.1	Volba obsahu mapy .....	30
5.2	Použité metody tematické kartografie.....	35
5.3	Vlastní kartografické zpracování tematické mapy.....	36
5.3.1	Rozsah mořského ledu na území Arktidy .....	36
5.3.2	Specifické ukazatele změny ledovcové plochy pro vybrané ledovce na ostrově Island .....	38
6.	Diskuze .....	40
7.	Závěr.....	42
	Seznam literatury a zdrojů .....	43
	Seznam příloh .....	47

## **Přehled použitých zkratk**

ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
DMT	Digitální model terénu
ERS	European Remote Sensing
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FTP	File Transfer Protocol
GEOSAT	Geodetic Satellite
GIS	Geografický informační systém
GLAS	Geoscience Laser Altimeter System
GLIMS	Global Land Ice Measurements from Space
GML	Geographic Mark-up Language
KML	Keyhole Mark-up Language
ICESAT	Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NSIDC	National Snow and Ice Data Center
PARCA	Program for Arctic Regional Climate Assessment
RGI	Randolph Glacier Inventory
WGI	World Glacier Inventory
WGMS	World Glacier Monitoring Service
WMS	Web Map Service

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Druhy bodových znaků.....	19
Obrázek č. 2: Druhy liniových znaků .....	21
Obrázek č. 3: Druhy plošných znaků .....	22
Obrázek č. 4: Metoda izolinií – vrstevnice .....	25
Obrázek č. 5: Ukázka mapy Rozsah mořského ledu na území Arktidy .....	37
Obrázek č. 6: Ukázka mapy Specifické ukazatele změny ledovcové plochy pro vybrané ledovce na ostrově Island.....	39



# 1. Úvod

Jedním z hlavních podnětů pro vznik této práce byl autorův zájem o tematiku změny zalednění a problematiku znázornění tohoto tématu pomocí metod tematické kartografie, dle správných kartografických podmínek a pravidel. Významnou součástí dnes již téměř každého výstupu vědeckého projektu či výzkumné zprávy je mapa a to v jakékoliv formě či podobě.

Samotnému procesu kartografické vizualizace, chceme-li kartografickému znázornění, předchází, neméně náročná a poctivá, práce sběru dat. Pro vhodné, kvalitní a realitě odpovídající zpracování zadaného tématu do mapy je nutné správně zvolit zdroj a typ dat. Dnes velice populární a veřejností žádané téma globálního oteplování, respektive změna klimatu spojená s táním ledovců, je předmětem studia mnoha vědeckých institucí, vládních či nevládních organizací, ale také např. akademických odborníků. Výsledkem studia těchto výzkumných projektů je často nepřehledné množství dat různého typu, formátu a v neposlední řadě kvality. Právě poslední charakteristika zmiňovaných dat je zásadní pro kartografa a jeho práci. Dnes již existuje mnoho možností na zpracování dat různého formátu nebo typu, ale pokud jsou získávaná data nekvalitní, je omezené množství úkonů, kterými lze zvýšit kvalitu dat. Na základě autorova uvážení bude provedena rešerše dostupných geografických dat, které se týkají zkoumaného tématu vývoje zalednění Arktidy. Součástí práce bude také zhodnocení využitelnosti těchto dat pro zpracování metodami tematické kartografie a vlastní návrh tematických map znázorňujících zkoumanou problematiku změny ledovcové pokrývky Arktidy v časovém horizontu posledních let.

## **2. Cíle práce a použitá metodika**

### **2.1 Cíle práce**

Práce si klade za jeden z cílů provést podrobnou rešerši dostupných geografických dat, které jsou produktem mnoha zahraničních výzkumných organizací zabývajících se sledováním změn klimatu a vývojem zalednění Arktidy. Dále bude provedena rešerše stávajících způsobů mapování a vizualizace již zmiňované tematiky vývoje zalednění Arktidy metodami tematické kartografie. Na základě rešerše bude zvolena nejvhodnější metoda, která bude použita pro tvorbu tematických map znázorňujících změnu ledovcové pokrývky trvale zaledněných ploch na severní polokouli, respektive Arktidy.

### **2.2 Metodika**

Z hlediska struktury bude práce členěna do tří hlavních částí. V první části bude provedena rešerše dostupných dat od zahraničních výzkumných organizací. Následně bude v druhé části provedena rešerše literatury, zabývající se metodami tematické kartografie, které by bylo možné využít pro znázornění změny zalednění. Poslední částí bude samotná kartografická práce, založená na autorově návrhu zpracování dostupných dat vhodnými metodami tematické kartografie.

Základem rešerše dat bude průzkum nabízených geografických dat od mezinárodních organizací, které se zabývají sledováním, výzkumem a sběrem dat. Zájmovým územím této práce je oblast Arktidy. Pro účely této práce bude využit web National Snow and Ice Data Center (NSIDC), což je organizace, která shromažďuje veškerá dostupná data, týkající se kryosféry<sup>1</sup>. V textu budou podrobně popsány jednotlivé projekty jak z hlediska obsahového, tedy čím se daný projekt zabývá, ale i z pohledu uživatelského, tedy v jakém formátu, jaká data a jakým způsobem lze z daného projektu získat.

Na základě dostupné odborné literatury budou podrobně popsány jednotlivé metody tematické kartografie. Popis těchto metod bude doplněn o uvedení možností využitelnosti dané metody pro znázornění zadaného tématu změny zalednění.

---

<sup>1</sup> kryosféra = část litosféry, jejíž teplota je více než dva roky pod bodem mrazu a má tedy zápornou teplotní bilanci (Horník, 1986)

Vzhledem k velkému množství dostupných dat, ale i metod, pro tvorbu map zalednění a vizualizaci změn ledovcové pokrývky, bude provedeno kritické zhodnocení prostorových dat a kartografických metod na základě následujících podmínek:

- 1) Prostorové určení – z dostupných databází popsaných v kapitole č. 3 budou vybrány ty oblasti, které jsou souvisle pokryty pevninskými ledovci nebo mořským ledem.
- 2) Časové určení – pro lokality vybrané na základě první podmínky budou z databází uvedených v kapitole č. 3 vyhledány vhodné časové úseky, tak aby bylo možné zachytit změnu zalednění, a to shodně pro všechny vybrané lokality.
- 3) Parametry změny zalednění – z dostupných dat, splňujících předchozí dvě podmínky, budou vybrány ty parametry, které názorně prokážou změny.
- 4) Na základě výše uvedených podmínek bude specifikován obsah tematických map, pro který následně budou vybrány vhodné metody tematické kartografie uvedené v kapitole č. 4. Samotná tvorba mapy, pak bude realizována v programu ArcMap 10.2.

### 3. Geografická data

Na poli výzkumných organizací, jejichž cílem je především možnost predikce či dokonce prognóza vývoje a změny sledovaného jevu, působí velké množství samostatných projektů a výzkumných týmů, které produkují svá vlastní data v nejrůznější podobě formátů a typů. Výsledná data jsou ve většině případů volně dostupná široké veřejnosti. Následující kapitola podrobně charakterizuje jednotlivé produkty výzkumných projektů, mezi jejichž nejčastější výstupy patří obsáhlé tabulky dat, vztažených k ledovcům ve sledovaném území. Tyto tabulky bývají doplněny o bodové, v některých případech dokonce polygonové, vrstvy ve formátu ESRI shapefile, které obsahují základní informace o ledovcích, jako jsou např. rozloha, souřadnice umístění, datum posledního měření atd. V několikaletých intervalech jsou určitá data publikována v podobě periodik, které slouží především pro možnost celkového přehledu změn v zalednění, ale také např. jako základy pro navazující výzkumy vybraných skupin ledovců. Pro některá zájmová území jsou vytvářeny digitální modely terénu (DMT), příkladem je dnes velice podrobně zkoumané zalednění Grónska, které slouží např. k tvorbě rastrových snímků tloušťky ledu a jeho změně v čase.

#### 3.1 Global Land Ice Measurements from Space

Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) je projekt, jehož cílem je sjednocovat veškerá dostupná data o ledovcích na Zemi, jejich topografii a, pokud je to možné, také o jejich rychlosti pohybu. Primárním zdrojem dat je družice Terra, která je nositelem skeneru ASTER. Posloužit však může tento projekt i jako úložiště dat z jiných zdrojů jako jsou např. Landsat 7 nebo Radarsat. Celkově tato databáze obsahuje údaje o více než 160 000 ledovcích na celé planetě Zemi. Takto velkého množství dostupných dat je docíleno kombinováním dvou největších databází na světě. První z nich je World Glacier Monitoring Service (WGMS) a druhou, která se zabývá Euroasijským kontinentem, je NSIDC.

Přístup k datům je možný několika způsoby. Zajímavým řešením je prohlížeč The GLIMS Glacier Viewer, který umožní uživateli kombinovat různé datové vrstvy a také zvolit zájmové území, pro které lze následně data bezplatně stáhnout do počítače. Další možností je textový vyhledávač dle zadaných parametrů pro data, o která má uživatel

zájem. Přístup k celé databázi je možný přes, dnes velice oblíbenou službu WMS, která ale neumožní následné uložení dat do počítače, slouží pouze k prohlížení. Poslední možností, která by mohla být zajímavá pro uživatele, který se problematikou ledovců zabývá na globální úrovni, je odkaz ke stažení celé GLIMS databáze.

Široká nabídka možností, jak data získat, je doplněna poměrně pestrou nabídkou formátů, ve kterých jsou datasey přístupné ke stažení. Mezi nejznámější patří ESRI shapefile, MapInfo tables, Geographic Mark-up Language (GML), Keyhole Mark-up Language (KML, formát pro Google Earth).

### **3.1.1 Randolph Glacier Inventory**

Randolph Glacier Inventory je databáze obrysů všech ledovců na Zemi, která spadá pod globální projekt GLIMS. Databáze je rozdělena do 19 primárně-ledovcových regionů, které se dělí na 89 sekundárně-ledovcových regionů. Výhodou je možnost stažení dat pro daný region bez nutnosti selekce nebo dalších úprav rozsáhlé databáze GLIMS. Formát, ve kterém má uživatel přístup k datům, je uživatelsky příhodný ESRI shapefile. Aktuální verze databáze má označení 4.0 a byla vydána 1. prosince 2014. Vydávané aktualizace spíše doplňují chybějící informace k ledovcům, aktualizují nepřesnosti.

## **3.2 Glacier Mass Balance and Regime Measurements and Analysis**

Obsahem studie, kterou vypracoval Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, je především prezentace získaných dat různými organizacemi napříč celým světem. Z geografického hlediska lze práci označit jako globální, protože se zabývá více než 300 ledovci, které se nacházejí ve všech vysokých pohořích na planetě Zemi. Při pohledu na časový horizont lze usoudit, že se jedná o poměrně rozsáhlé dílo, které se zabývá sledováním ledovcových režimů od roku 1945 do roku 2003.

Celkový dataset je dostupný na CD-ROM, jakožto příloha studie v papírové podobě. Další možností, jak získat data, je využití FTP na stránkách NSIDC. V obou případech se jedná o sérii tabulek ve formátu .xml. Obsahově je studie koncipována jako podrobný přehled o stavu roční bilance celkové ledovcové masy, úbytek či nárůst oproti předchozím měřenému období, ale také např. informace o nejnižší a nejvyšších nadmořských výškách ledovců.

### **3.3 Greenland 5 km DEM, Ice Thickness, and Bedrock**

#### **Elevation Grids**

V rámci projektu PARCA, který je jedním z mnoha výzkumných programů organizace NASA, vznikl DMT, rastrová síť tloušťky ledu a nadmořské výšky podloží pro území Grónska v prostorovém rozlišení 5 km. Výsledné podoby DMT bylo docíleno propojením dat z družic ERS-1 a GEOSAT (radarový výškoměr), leteckého topografického mapování a výškových fotogrammetrických dat. Pro tvorbu rastru, zobrazujícího tloušťku ledu, bylo využito zhruba 700 000 měřících bodů, získaných v 90. letech Univerzitou v Kansasu. Pro zpřesnění bylo zakomponováno do výpočtů také dalších 30 000 měřících bodů, naměřených v 70. letech Technickou univerzitou v Dánsku. Model nadmořské výšky podloží byl vytvořen pomocí dvou předchozích modelů.

Ke stažení je možné využít FTP, dostupný na stránkách NSIDC, na kterém lze zvolit požadovaný rastr. Formát souborů je ASCII, který lze otevřít např. v ArcInfo dle návodu uvedeného ve složce ke stažení.

#### **3.4 World Glacier Inventory**

Vznik této obsáhlé databáze byl zapříčiněn snahou o sjednocení dat z databáze WGMS v Curychu a NSIDC v Coloradu. Výsledkem propojení těchto dvou obrovských datasetů vznikl souborný dokument, obsahující informace o více než 130 000 ledovcích na celé Zemi. Primárním zdrojem dat bylo letecké snímkování, které doplnily informace vyčtené z map. V současné době je tato databáze nahrazena projektem GLIMS, který je považován za nejobsáhlejší a aktuálně nejvíce doplňovaný o nové informace.

Existuje mnoho možností, jak data z WGI získat. V případě zájmu lze stáhnout kompletní databázi v textovém formátu ASCII z FTP na stránkách NSIDC. Další možností je stažení dat pro požadovaný ledovec nebo jednotlivé údaje (např. zeměpisnou šířku a délku, název ledovce, apod.) pomocí vyhledávacího formuláře. Pro práci s daty o určitém území je také možnost stáhnout konkrétní data, týkající se konkrétního regionu. Kromě samotného textového souboru lze dle výše uvedených možností stáhnout taktéž databázi ve formátu shapefile (pro uživatele GIS software), GMT (pro uživatele GMT software) a KML (pro uživatele, pracující s Google Earth atd.).

### **3.5 IceBridge MCoRDS L3 Gridded Ice Thickness, Surface, and Bottom, Version 2**

Jedním z výzkumných programů organizace NASA, který se zaměřuje na výzkum v polárních oblastech, je operace IceBridge. Základem celé operace bylo letecké snímkování, pomocí multispektrálního radaru, rozsáhlých ploch nad Grónskem a následně i nad Antarktidou. Celá operace IceBridge probíhala od roku 2010 do roku 2012. V průběhu dvou let bylo nasbíráno dostatečné množství pro vytvoření požadované databáze pro oblast 79N, Byrd, Helheim, Jakobshavn, Kangerdlugssuaq, KogeBugt, NWCoast, Petermann, PineIsland, RecoverySlessor, Smith, Thwaites.

Přístup k datům je možný přes FTP na stránkách NSIDC. Lze jednotlivě zvolit stažení dat pro výše uvedené oblasti zájmu. Obsahem dat jsou: složka hranic ledovců ve formátu shapefile (pro uživatele GIS software), složka chyb (textové soubory), složka letových tras (shapefile + textové soubory), složka rastrů o prostorovém rozlišení 500 x 500 metrů (rastr tloušťky ledu + textové soubory) a složka náhledů (obrázky ve formátu .png).

### **3.6 GLAS/ICESat 1 km Laser Altimetry Digital Elevation**

#### **Model of Greenland**

Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) zařízení na družici Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite (ICESat) poskytuje měření terénu, díky kterému lze odvodit tloušťku ledu. Pomocí zmíněného zařízení lze vytvořit digitální model terénu Grónska a Antarktidy a jejich ledovcové pokrývky. Měření probíhalo od února roku 2003 do června roku 2005 pod záštitou Univerzity v Coloradu.

Výsledný digitální model terénu je možné stáhnout přes FTP na stránkách NSIDC. Ve složce ke stažení si lze zvolit elipsoid WGS 84 nebo geoid EGM 96, obě možnosti lze po stažení otevřít pomocí software ENVI. Data používají stereografické polární zobrazení. Jak už název souboru napovídá, prostorové rozlišení rastru je 1 km.

### **3.7 Fluctuations of Glaciers**

Již od roku 1967 vydává World Glacier Monitoring Service publikaci, která se zabývá shrnutím změn ledovcové pokrývky po celém světě v pětiletém intervalu. První vydání je datováno pro období 1959-1965. Aktuálním výtiskem je publikace informující o změnách

v rozloze, tloušťce, objemu a dále také např. o nadmořské výšce pro období od roku 2005 do roku 2010. Oblastí studia je v aktuálním čísle 800 ledovců z 33 států podložených více než 10 000 výzkumy.

Jednotlivé výtisky je možné objednat přímo z WGMS nebo jsou také volně dostupné ke stažení na stránkách téže společnosti v PDF.

### **3.8 Glacier Mass Balance Bulletin**

Periodikum je vydáváno WGMS každé 2 roky za účelem zrychlení přenosu aktuálních informací k veřejnosti. První ročník vyšel v roce 1991 a obsahoval informace o ledovcích z let 1988 a 1989. Aktuální vydání č. 12 informuje o změně ledovců v roce 2010 a 2011. Publikace je členěna do dvou částí dle podrobnosti dat. První částí jsou základní data, která obsahují informace, jako jsou např. specifická míra úbytku, index plošné akumulace sněhu apod., pro vybraných 127 ledovců. V druhé části nalezneme detailní informace o 17 ledovcích, které byly vybrány na základě dlouhodobého historického záznamu o sledování a možnosti odvození různých vztahů s dalšími činiteli, které přispívají např. ke globální oteplování. Jsou zde k nalezení grafy, mapy, ale také třeba fotografie s odbornými komentáři.

Na stránkách WGMS lze stáhnout všechna vydání ve formátu PDF. Pro upřesnění je zde také uvedena informace, že periodikum Glacier Mass Ballance je po provedení korekcí a oprav zdrojem informací pro publikaci s názvem *Fluctuations of Glaciers* (viz kapitola 3.7).

### **3.9 Sea Ice Index**

Projekt Coloradské univerzity, pod záštitou NSIDC, s názvem Sea Ice Index má především za úkol informovat o změně plochy mořského ledu na obou zemských pólech, tedy v okolí Antarktidy a Arktidy. Uveřejňovaná data jsou výsledkem snímání senzorů *the Near-Real-Time DMSP SSMIS Daily Polar Gridded Sea Ice Concentrations*, známého jako NRTSI, a *the Sea Ice Concentrations from Nimbus-7 SMMR and DMSP SSM/I-SSMIS Passive Microwave Data*, známého jako GSFC. Díky těmto senzorům lze produkovat denní a měsíční snímky rozsahu mořského ledu pro sledovaná území již od roku 1978.



Stále aktualizovaný dataset denních i měsíčních snímků je dostupný přes FTP na stránkách NSIDC. Uživatel má možnost stáhnout data jako ESRI shapefile, ASCII textový soubor nebo formát KML pro Google Earth. Prostorové rozlišení dat je 25 km a výchozím typem kartografického zobrazení je polární stereografické. Měsíční údaje jsou uveřejňovány pro koncentraci mořského ledu, její anomálie a trend, dále pak pro rozsah mořského ledu a jeho anomálie (vše dostupné taktéž ve formátu .png). Údaje o denní změně rozsahu a koncentraci mořského ledu jsou taktéž dostupné ve zmíněných formátech, jsou však ještě doplněny o grafy a křivky zobrazující průměrné hodnoty za celou dobu měření (od roku 1978). Zmiňovaná data ve formátu KML, tedy pro zobrazení pomocí Google Earth, poskytují informace o rozsahu mořského ledu v období svého minima (září) a maxima (březen).

## 4. Metody tematické kartografie

Pro účel využití kartografických vyjadřovacích prostředků, kterými jsou např. body, linie či plochy, lze zvolit z široké nabídky metod tematické kartografie pouze jednu, ale i více, v závislosti na množství znázorňovaných jevů. Jak Pravda a kol. (2006) uvádí, volbu metody, která bude vhodná k zobrazení daného typu dat, není možné zjednodušit na princip libovolnosti, ale je třeba držet se pravidel a praktických návodů pro označování jevů kartografickými znaky. Jedním z principů, který poskytuje nejvíce pravidel je princip asociativnosti – asociativní pravidla. „*Asociativnosti se při volbě kartografických znaků dosahuje pomocí shody jevu a znaku v topologii, tvaru, barvě, velikosti, struktuře, orientaci a pomocí dalších přístupů, které představují nebo alespoň naznačují vztahy mezi označovanými jevy*“ (Voženílek, 2011, s. 110). Dle Kraak (2010) je typ mapy volen vhodnou kombinací grafických proměnných se standardizovanými kartografickými metodami. Z definic výše vyplývá, že volba metody, kterou budou příslušná data vizualizována, není možná bez znalosti struktury zdrojových dat a také kartografických pravidel pro aplikaci těchto metod.

Primárním tématem, které má být v této práci kartograficky znázorněno, je vývoj zalednění. Pro výběr metody znázornění je nutné znát typ zdrojových dat a jejich strukturu. Na základě rešerše databází v kapitole 3 lze mezi základní typy dat zařadit body, linie, polygony, tabulky a rastrové snímky. Následující kapitola bude věnována podrobnému popisu jednotlivých metod tematické kartografie, který bude komentován a zhodnocen z hlediska využitelnosti pro sledované téma této práce.

### 4.1 Metoda bodových znaků

Možnost aplikace metody bodových znaků ke znázornění změny zalednění je závislá především na typu parametru, který by měl být touto metodou vizualizován. Například je možné touto metodou zobrazit sledované ledovce a proměnnými parametry odlišit orientaci ledovce vůči světové straně (expozice ledovce), dále změnou velikosti bodového znaku vyjádřit úbytek moci ledovce, případně strukturou charakterizovat, o jaký typ ledovce se jedná. Dále by se dalo využít odlišnosti bodového znaku za účelem rozlišení typu ledovce.

Pro znázornění jevu, u kterého je známa poloha bodu, lze použít metodu bodového znaku. Tento vyjadřovací prostředek může znázorňovat samotný objekt v mapě, jeho vlastnost nebo může být dále kombinován s dalšími metodami tematické kartografie. „Na možnost využití metody bodových znaků lze pohlížet ze dvou hledisek, a to podle kvalitativní nebo kvantitativní použitelnosti parametru bodového znaku“ (Voženílek, 2011, s. 111). Parametry, které je třeba znázornit v mapě, lze odlišit tvarem, velikostí a také např. strukturou či výplní bodového znaku (Kaňok, 1999).

### Tvar

Odlišností tvaru bodových znaků v mapě lze znázornit kvalitativní jevy, zatímco kvantitativní jevy nikoliv. Právě odlišným tvarem bodového symbolu by bylo možné vyjádřit rozdílnost typů ledovců nebo také třeba očíslovat jednotlivé ledovce na určitém území. Druhy bodových znaků jsou znázorněny na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Druhy bodových znaků  
(zdroj: FSV ČVUT)

- geometrické (kruh, čtverec, pravidelný pětiúhelník)
  - výhodou je snadná konstrukce a jednoduchá vzájemná rozlišitelnost
  - nevýhodou je značná abstrakce znaků a nejednoznačná poloha
- alfanumerické (letopočet, chemický prvek)
  - mohou být znaky jen v případě, že nejsou popisem jiného kartografického znaku (nutné dbát na vhodné zvolení parametru písma)

### Velikost

Pro vizualizaci kvantitativních dat, kterými mohou být např. údaje o mocnosti ledovce, lze využít odlišné velikosti jednotlivých bodových symbolů. Velikostí se rozumí rozsah

kresby v jednotkách mapového listu. Kvantita znázorňovaného jevu je úměrná velikosti bodového znaku.

### **Struktura**

Za účelem zlepšení odlišnosti bodových znaků respektive znázorňovaných jevů lze modifikovat vnitřní strukturu respektive vnitřní grafické členění znaku. Je vhodná k odlišení velikosti ledovce, hodnotám roční bilance atd.

### **Výplň**

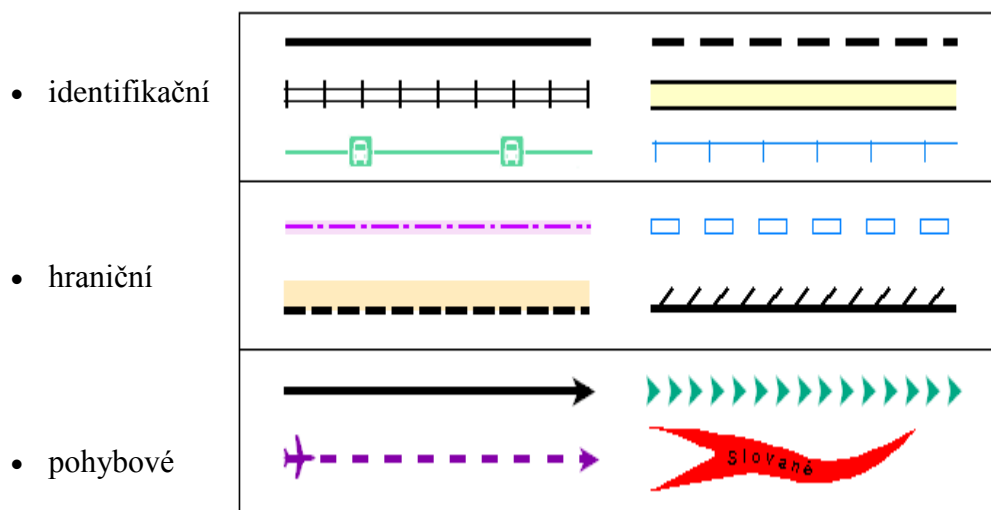
Pomocí rastru nebo barev lze odlišit dílčí strukturu bodového znaku, a tím vizualizovat několik odlišných parametrů pomocí jednoho kartografického vyjadřovacího prostředku. Příkladem může být odlišnou výplní charakterizovaná orientace ledovce. Užití je limitováno velikostí bodového znaku, která musí být dostatečná pro zřetelné rozlišení výplně.

## **4.2 Metoda liniových znaků**

Pro znázornění některého z parametrů zalednění, který je liniového či dokonce pásového charakteru, by bylo možné využít odlišnosti ve struktuře liniového symbolu, značícího typ ledovcového splazu a také jeho směr, který by mohl být znázorněn šipkou příslušné orientace. Stejně jako metoda bodových znaků může být tato metoda jako samostatný vyjadřovací prostředek nebo může být součástí komplexnějších plošných a dalších vyjadřovacích prostředků v různých metodách. Pro liniový znak lze definovat tři parametry – struktura, tloušťka a orientace. Dle zobrazovaných dat, stejně jako u bodového znaku, volíme metody vhodné pro znázornění kvalitativních nebo kvantitativních dat (Kaňok, 1999).

### **Struktura**

Základním rozlišovacím parametrem liniového znaku je jeho struktura. Na základě ní lze rozlišit tři druhy, které jsou znázorněny na obrázku č. 2. Jednotlivé druhy liniové struktury mohou nalézt uplatnění při rozlišování hranice ledovce nebo pouze jeho částí a také jejich změny v čase.



Obrázek č. 2: Druhy liniových znaků  
(zdroj: FSV ČVUT)

### Orientace

K vystižení průběhu jevu je možné parametr liniového jevu znázornit pomocí orientace, která musí odpovídat skutečnosti. Způsoby vizualizace jsou dva a to podélné (tok řeky) nebo příčné (hranice státu). Symbolem, značícím orientaci dané linie, může být např. klín, pás, šipka. Použitím těchto symbolů je do mapy zachycen pohyb ledovce a jeho ledovcových splazů.






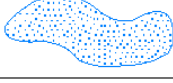

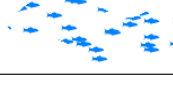
### Tloušťka

Nejvhodnějším způsobem znázornění kvantitativních parametrů liniového jevu, kterými mohou být v případě znázorňování změny zalednění údaje o roční bilanci, je využití rozdílné tloušťky liniového znaku, respektive odlišné příčné vzdálenosti mezi vnějšími okraji kresby. Změnami v tloušťce linie lze vystihnout taktéž kvalitativní vlastnosti jevu, jako jsou např. hranice státu, kraje či obce.

## 4.3 Metoda plošných znaků

Možností, jakými lze znázornit parametry plošného jevu právě touto metodou, je mnoho. Využit lze odlišného obrysu plochy, kterým by mohl být vystižen odhadovaný okraj ledovcové plochy v následujících letech. Další uplatnění lze nalézt v použití rozdílné výplně plochy polygonu za účelem vizualizace některého z kvalitativních parametrů, jako jsou např. expozice ledovce, typ ledovce atd. Pro znázornění kvantitativního jevu touto areálovou metodou, kterým může být například mocnost ledovce, lze využít odstupňovaného odstínu zvolené barvy.

Pro zakreslení plošných prostorových jevů, které lze v daném měřítku znázornit, se využívá právě metody plošných znaků, která je díky celkově vysokému počtu plošných jevů, jednou z nejčastěji využívaných metod tematické kartografie (Voženílek, 2011). Principem je znázorňování plošných jevů pomocí plošných kartografických vyjadřovacích prostředků jako takových nebo začleněním těchto plošek do složitějších metod. Pro plošné znaky lze definovat dvě proměnné, kterými jsou výplň a obrys. Na obrázku č. 3 lze vidět základní typy (Kaňok, 1999).

• vyplněné barvou		
• obrysové		
• vyplněné rastrem		
• vyplněné body		
• vyplněné popisem	<i>Ř á h o l e c</i>	<i>B r ě ě n í k</i>

Obrázek č. 3: Druhy plošných znaků  
(zdroj: FSV ČVUT)

### Obrys

Každý areál, respektive plošný znak, je ohraničen linií. Obrysová linie se řídí všemi pravidly liniového znaku, popsaného v kapitole 4.2 Metoda liniových znaků. Pro obrys areálu platí dle Voženílka (2011) následující pravidla:

- míra jistoty, pravděpodobnosti, přibližnosti a neurčitosti výskytu jevu v areálu se vyjadřuje strukturou obrysové linie:
  - plná linie – užívána pro obrys s nejvyšší jistotou výskytu jevu,
  - čárkovaná linie – užívána pro ohraničení oblasti přibližného výskytu jevu,
  - tečkovaná linie – užívána pro vyznačení oblasti s nejistým ohraničením,
- k vystižení vyhloubeného plošného jevu se užívá obrysová linie s příčnou orientací,

- tloušťkou linie lze vystihnout nadřazenost či podřazenost jevu, a to dle zásady čím nadřazenější areál, tím tlustší linie,
- barva linie se užívá dle pravidel v kartografii, dle konvenčně ustálených barev (např. CHKO – zelená hranice, znečištěná oblast – fialová barva).

## Výplň

Barevným nebo rastrovým zaplněním plochy ohraničeného areálu, respektive plošného znaku, lze vyjádřit kvantitativní nebo kvalitativní vlastnosti znázorňovaného jevu a jeho složek. Pro tvorbu výplní areálů existuje mnoho pravidel a zásad tematické kartografie, mezi zásadní dle Voženilka (2011) patří:

- kvalitativní parametr
  - Kvalitativní (vzorkový) rastr a tóny barev se užívají pro vyjádření kvalitativních vlastností znázorňovaného jevu (též jeho kategorií, typů, druhů), např. expozice či typ ledovce aj.
  - Shodné/podobné/různé jevy se znázorňují navzájem shodnými/podobnými/různými barvami, resp. rastry.
  - Rastr a tóny barev musí u čtenáře co nejvýstižněji a nejnázorněji evokovat znázorňovaný jev, zejména u znázornění kvalitativních dat (tzv. asociativnost).
- kvantitativní parametr
  - Kvantitativní rastr či odstíny barev se používají pro vyjádření kvantitativních vlastností znázorňovaného jevu (jeho intenzity, stupňů), např. mocnost ledovce.
  - Pro dodržení základního pravidla kvantitativního rastru (čím vyšší intenzita jasu, tím intenzivnější rastr) se mění v rastru především tloušťka linie, resp. velikost tečky, a hustota rastru. Pro znázorňování intenzity jevu se preferuje především změna parametru tloušťky, velikosti, resp. hustoty, nikoli změna směru rastru.

- Při použití barvy pro znázornění intenzity jevu se dodržuje základní pravidlo čím vyšší intenzita, tím intenzivnější barva.
- Aby nedocházelo k mylné interpretaci jevu čtenářem, musí být stále zachován vztah mezi intenzitou rastru, resp. intenzitou barvy a intenzitou jevu. Jinak dochází k propadání barev. Nevhodná změna struktury či směru rastru může při čtení vyvolat dojem změny kvality jevu. Tatáž situace může nastat ve stupnici při náhlé změně tónu barvy nebo výrazné změně odstínu barvy.
- Správné barevné řešení intenzivní stupnice (budoucí výplně areálů) nemůže nahradit či zachránit chybné zpracování dat a nesprávné sestavení stupnice.

#### 4.4 Metoda izolinií

Jak Voženílek (2011) uvádí, metoda izolinií je jednou z nejstarších a nejpropracovanějších metod tematické kartografie. Je užívána pro znázornění izolinií<sup>2</sup> a je založena na znázornění tzv. statistického povrchu. Příkladem použití může být zachycení vrstevnic, které značí nadmořskou výšku částí ledovce. Je reprezentován množinou řídicích bodů či pomocí izolinií spojujících místa stejné kvantitativní charakteristiky (viz obrázek č. 4). Pro naše účely nachází tato metoda uplatnění zejména při znázornění vrstevnic a výškových rozdílů, zapříčiněných táním ledovců, ale také např. pro vizualizaci změny umístění teplotních linií jako jsou izotermy.

Aplikace metody izolinií je závislá na třech faktorech:

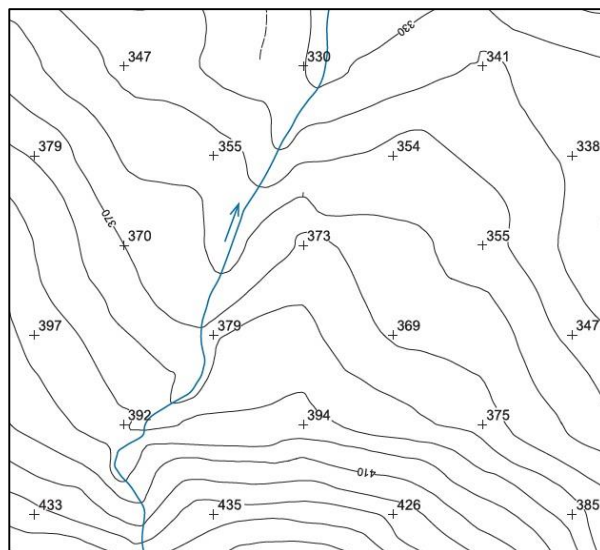
- počtu řídicích bodů,
- lokalizaci řídicích bodů,
- interpolaci hodnot řídicích bodů.

Přesnost interpolace bodů v místech, kde není žádný řídicí bod, je závislá na počtu řídicích bodů v jejich okolí. S rostoucím počtem řídicích bodů roste i přesnost interpolace.

---

<sup>2</sup> izolinie = čára, která spojuje sousední místa se stejnými hodnotami dané veličiny





Obrázek č. 4: Metoda izolinií - vrstevnice  
(zdroj: vlastní zpracování)

## 4.5 Kartodiagramy

Vzhledem k velkému množství typů kartodiagramů najde bezpochyby tato metoda tematické kartografie uplatnění i pro naši oblast zájmu. Příkladem mohou být kartodiagramy znázorňující různé charakteristiky ledovců, jejich časové změny aj.

Pro znázorňování kvantity je možné použít kartodiagramy, které slouží k zobrazení především absolutních hodnot jevu. Jsou vhodné pro srovnání konkrétních hodnot v definovaných územích, např. bilance ledovce apod. (Voženílek, 2011).

Existuje celá řada kartodiagramů, které lze znázornit pro bod, linii nebo plochu, je však potřeba zvolit vhodný tvar, kterým budou zobrazena absolutní data jevu. Základní dělení kartodiagramů využitelných pro zadané téma je bodový a plošný kartodiagram (Kaňok, 1999).

Bodový kartodiagram dle Voženílka (2011) znázorňuje kvantitativní data pomocí diagramů vztažených k bodům (např. meteorologickým stanicím). Plošný kartodiagram znázorňuje kvantitativní charakteristiky daného jevu diagramy vztaženými k ploše (regionu, administrativní jednotce apod.).

Ve své knize Kaňok (1999) o kartodiagramech uvádí, že kromě dělení na bodové, liniové a plošné, je možné dělení dle konstrukce a počtu znázorňovaných jevů. Tímto způsobem lze vytvořit až 24 konstrukčních možností, avšak nejčastěji se využívá zhruba 10 druhů:

jednoduchý, složený, strukturní, součtový, srovnávací, dynamický, segmentový, vektorový, stuhový a anamorfózní. Pro účely této práce jsou níže blíže popsány, dle Voženilka (2011) a Kaňoka (1999), jen ty kartodiagramy, které by bylo možné využít v zadaném tématu změny zalednění.

### **Jednoduchý a složený kartodiagram**

Za účelem zobrazení jednoho samostatného jevu, kterým může být např. mocnost ledovce, lze aplikovat jednoduchý kartodiagram. V případě nutnosti znázornit více jevů náležících k jednomu bodu/linii/ploše je možné použít složený kartodiagram, kde budou jednotlivé jevy odlišeny různými typy diagramů nebo stejným typem, ale kvalitativně rozlišených rastrem či barvou.

### **Strukturní kartodiagram**

Je složen ze stejně velkých diagramů, které jsou strukturně odlišeny pro znázornění jevu v bodech, liniích nebo vyjadřují informace o jevech pro dané plochy. Součtem všech dílčích částí diagramu je vždy 100 %, ale není možné vyčíst jejich přesné hodnoty. Příkladem může být znázornění úbytku ledovcové masy.

### **Součtový kartodiagram**

Základem tohoto typu kartodiagramu je znázorňování absolutních hodnot sledovaného jevu, které jsou zobrazeny pomocí odlišných barev či struktury. Zároveň je možné ze součtového kartodiagramu vyčíst celkový součet hodnot pro sledovaný jev. Vhodným užitím této metody může být znázornění úbytku z celkové plochy ledovce.

### **Srovnávací kartodiagram**

Používá dílčí diagramy, které tvoří dohromady jeden celý kartodiagram. První diagram o konstantní velikosti bývá vykreslen pouze v obrysech, protože vyjadřuje většinou průměrnou či optimální hodnotu na sledovaném území. Velikost druhého diagramu vyjadřuje velikost sledovaného jevu v dané pozici nebo v dílčím území. Tento typ může zobrazovat rozdílnost v bilanci ledovce pro zimní a letní období, jelikož je tento parametr závislý na dalších okolnostech, jako je např. průměrná teplota nebo výška slunce nad obzorem.

## **Dynamický kartodiagram**

V případě nutnosti vystihnout kartodiagramem časově proměnlivé jevy, kterými může být změna v mocnosti či rozloze ledovce, je možné využít dynamického kartodiagramu. K zobrazení se využívají minimálně 3 diagramy, pro každé období samostatný diagram, náležící jednomu bodu či ploše. Pro vizualizaci lze použít základní geometrické tvary, jako jsou např. čtverec, kruh, trojúhelník, ale také třeba linie či sloupce.

Jak Voženilka (2011, s. 130) uvádí „*kartodiagram je plnohodnotné mapové dílo respektující všechny požadavky na kompozici mapy*“. Je tedy nutné doplnit každý kartodiagram příslušnou stupnicí a vzorci, které umožní čtení znázorněných informací.

## **4.6 Kartogramy**

Dle Voženilka (2011, s. 130) „*patří metoda kartogramu mezi dnes nejčastěji užívané kartografické způsoby znázorňování kvantity v geografii, demografii a ekonomii*“. Umožňuje porovnání celků na základě pozorovaného kvantitativního jevu, v některých případech i regionalizaci jevu. Na základě výše uvedeného tedy není překvapující, že si tato metoda najde své uplatnění i v tematice tání ledovců a celkových změn ledovcové plochy. Příkladem může být složený kartogram znázorňující vztah mezi albedem, odrazivostí a teplotou povrchu nebo také např. podíl roční bilance na celkové změně ledovcové masy.

Hlavní charakteristikou kartogramu je zobrazení relativních dat, tedy kvantitativních dat přepočtených na jednotku plochy dílčích celků. Dle konstrukce lze dělit kartogram na 22 odlišných druhů. V počítačovém prostředí je však možné sestavit pouze malé množství druhů kartogramů (Kaňok; 1999). Podrobnější informace, dle Voženilka (2011) a Kaňoka (1999), jsou níže uvedeny pouze pro typy kartogramů, které by bylo možné využít v oblasti studia změny ledovcové plochy.

### **Jednoduchý kartogram**

Slouží k zobrazení pouze jednoho jevu v různých formách znázornění.

- kvalifikační jednoduchý kartogram
  - založen na znázornění rozdílu sledovaného jevu od vypočtené průměrné hodnoty

- např. roční úbytek ledovce z celkové plochy

### **Složený kartogram**

Principem této metody je vhodná kombinace dvou a více jednoduchých kartogramů. Výsledkem jsou barevně a rastrově odlišené územní celky, které poskytují více vypovídajících hodnot a možnost vzájemného porovnání. Specifickým typem kartogramu, který vyjadřuje vztah mezi dvěma jevy, je vztahový kartogram. Vztah mezi jevy je buď zřejmý, nebo statistickými metodami prokázáný a lze pro něj vytvořit následující typy kartogramů.

- kartogram složený korelační – závislost jevu prokázána statisticky (vztah mezi množstvím dopadající sluneční energie a odtávajícím ledem)
- kartogram složený pseudokorelační – staticky nelze prokázat závislost, která je však logická a zjevná z graficky znázorněných jevů (vztah albeda a teploty povrchu)

## **4.7 Metody pro vyjádření změny jevu v čase**

Většina map je limitována pro zobrazení studovaných jevů a procesů v jednom okamžiku. To je z geografického hlediska nedostatečné, protože i chod času musí být brán v potaz, při sledování rozsáhlejších přírodních procesů. Mapování časového rozměru znamená tedy mapování změny v geometrii prostorového jevu, jeho atributů nebo obou parametrů dohromady (Kraak, 2010).

Vizualizace dat, která se mění v čase, je obtížný kartografický úkol. Klasická mapa informuje čtenáře maximálně o třech rozměrech prostorových jevů (délka, šířka a výška). Tematická kartografie, zaměřená na mapování jevů časově proměnlivých, se snaží čtenáři pomocí dalších metod podat informaci o čtvrtém rozměru, kterým je čas (Voženílek, 2011).

Ve své knize Voženílek (2011) uvádí, že dle výsledné podoby znázornění lze rozdělit metody tematické kartografie pro vyjádření dynamiky prostorového jevu na statické a dynamické.

## **Statické metody**

Pro tento druh metody je typické využití grafů, diagramů, map, sérií map stejného území, kde se jev mění v čase. Své použití tato metoda může nalézt při znázornění dat, která jsou prezentována vědeckými organizacemi v podobě tabulek a grafů. Aplikace je možná dvěma způsoby:

- mimo mapu – výsledky metod jsou vloženy do textu (grafy, tabulky),
- součást mapy – grafy, tabulky či diagramy jsou lokalizovány k náležícímu bodu.

## **Dynamické metody**

Nachází své uplatnění především v digitálních vědeckých dokumentech, elektronických mapách či elektronických dokumentech (vč. webových stránek). Dnes velmi užívanou metodou jsou animace, které díky dnešní kvalitě výpočetní techniky jsou součástí velkého množství vědeckých prací.

Možností znázornění dynamiky prostorových jevů v mapách se zabývá ve své knize také M. J. Kraak (2010), který rozlišuje tři základní metody:

### **Jednoduchá statická mapa**

Využívá barevné či strukturní odlišnosti jednotlivých vrstev, které jsou přes sebe překryty. Jednou z možností je např. užití odlišného odstínu barvy ke znázornění změny v rozsahu zalednění na sledovaném území.

### **Série statických map**

Metoda využívá více map pro stejné území, na kterých jsou zobrazeny obdobným způsobem sledované jevy, lišící se znázorňovaným časem. V tomto případě je vhodné zachovat časovou sounáležitost, v opačném případě by mohlo dojít ke zmatení čtenáře. Vhodným příkladem použití této metody může být mapování rozsahu mořského ledu.

### **Animovaná mapa**

Vědeckými pracovníky hojně využívaná metoda je založena na překrývání snímků stejného území, v odlišných časech, pouze v jednom mapovém rámu. Výsledným efektem je měnící se jev pro sledované území.

## 5. Kartografické zpracování

Propojením zvolených geografických dat s jednou či více metodami tematické kartografie, které jsou popsány v kapitole č. 4 Metody tematické kartografie, lze vytvořit mapu, která bude správně znázorňovat ukazatele změny zalednění. Dle postupu uvedeného v metodice bude v následující kapitole popsána práce na tvorbě tematických map odpovídající pravidlům kartografie.

### 5.1 Volba obsahu mapy

Vzhledem k tématu práce, které je prostorově zaměřeno na oblast Arktidy, lze definovat dva základní typy zalednění, které by bylo vhodné ke znázornění v mapách: mořský led a pevninské zalednění.

#### Mořský led

Nejrozšířenější celistvou plochou zalednění v oblasti Arktidy je mořský led, který se rozprostírá na území Severního ledového oceánu. V období maximálního rozsahu zalednění (měsíc únor a březen) se šíří i do přilehlých moří, kterými jsou např. Grónské, Bílé, Baltské či Ochotské.

Pro znázornění mořského ledu a změny v jeho rozsahu bylo vybráno území celé Arktidy. Z důvodu kvalitní a dostupné databáze Sea Ice Index byl pro tvorbu mapy mořského ledu zvolen právě tento zdroj. Tato databáze poskytuje v měsíčních intervalech polygonové vrstvy, které značí hranice mořského ledu, což umožňuje velmi jednoduché znázornění v mapě.

#### Pevninské zalednění

Na rozdíl od znázornění mořského zalednění není vizualizace vývoje pevninského zalednění triviální záležitostí. Nerovnoměrné rozmístění ledovců na území ostrovů a částí pevniny, které z geografického hlediska zahrnuje Arktida, je díky velkému množství kartograficky zpracovatelných parametrů obtížné zobrazit v mapě. Následující část textu bude věnovaná podrobné charakteristice jednotlivých podmínek pro vhodnou volbu zdroje dat.

## **Prostorové určení**

Pro znázornění změny zalednění by bylo možné využít ostrovů přilehlých k euroasijskému kontinentu. Mezi největší ostrovy, vhodné k dalšímu zpracování v této práci, lze jmenovat:

- Grónsko
  - je většinu roku a v téměř celém svém rozsahu zaledněno,
  - rozprostírá se zde Grónský ledovcový štít a jemu přilehlé menší ledovce v okrajových částech, v blízkosti pobřeží.
- Island
  - má velké množství ledovců, kterým dominuje oblast Vatnajökull.
- Souostroví Špicberky
  - se nachází severně od 74. rovnoběžky,
  - kde je více než polovina území pokryta ledovci nebo ledovcovými pláněmi.
- Ruské arktické ostrovy
  - mají velké množství ostrovů či souostroví v pobřežních oblastech Evropy a Asie, které z politického hlediska náleží Rusku,
  - mezi rozlohou největší patří: Země Františka Josefa, Nová Země, Severní Země, Novosibiřské ostrovy a Wranglerův ostrov.

## **Časové určení**

Vývoj zalednění a s ním spojená změna v rozsahu ledovcové pokrývky Arktidy je jev, který je nutné sledovat v průběhu času. Nejedná se o jev krátkodobý, jeho vývoj je možné pozorovat v řádech desítek let. Pro území, zvolená v předchozím odstavci této kapitoly, je nutné nalézt časové intervaly, které budou pro všechny ledovce dané lokality shodné. Právě tento předpoklad se zdá být zřejmý, ale v převažující většině geografických databází, které odpovídají zvoleným lokalitám, není této podmínce vyhověno. Příkladem

může být databáze GLIMS nebo WGI, které obsahují data pouze pro aktuální stav v den měření a postrádají ucelenější časovou řadu.

### **Parametry změny zalednění**

Stanovit změnu v rozsahu zalednění či rozšíření mořského ledu je možné díky pozorování vývoje určitého parametru v průběhu času. Existuje celá řada sledovaných parametrů a charakteristik ledovců, ale pouze některé z nich nám napoví, jakou změnu prodělal sledovaný ledovec od předchozích měření. Jedním z mnoha ukazatelů může být např. průměrná roční bilance ledovce, která nám ukazuje rozdíl mezi vstupem a výstupem ledu, firnu a sněhu. Dalšími ukazateli mohou být prostá změna rozlohy či mocnosti ledovce, změna polohy čela ledovce nebo také např. expozice ledovce, která nás informuje o jeho orientaci vzhledem k světovým stranám. Z hlediska tématu změny zalednění představuje expozice ledovce ukázkou charakteristiky, která může osvětlit vývoj změny zalednění, a z tohoto důvodu může být vhodné zobrazit ji v mapě.

### **Zdroje geografických dat**

V následující části budou popsány možnosti využití databází z kapitoly č. 3 pro sledovaný jev změny zalednění a zhodnoceny na základě podmínek uvedených výše (prostorové a časové vymezení, parametry změny zalednění).

#### **GLIMS**

Pro zájmové území Arktidy je z této databáze možné získat polygonovou a bodovou vrstvu, která zobrazuje lokaci jednotlivých ledovců pro oblast východního pobřeží Grónska, pro ostrov Island a souostroví Špicberky, dále pak pro Ruské arktické ostrovy. Data obsahují údaje o datu měření, rozloze daného ledovce a jeho politické zařazení. Není však možné získat údaje o některém ze sledovaných parametrů zalednění, které jsou uvedeny v odstavci výše, databáze neobsahuje ani žádné informace o jakémkoliv dalším měření v jiných letech.

#### **RGI**

Databáze poskytuje polygonové vrstvy pro vybrané ledovcové regiony, které nesou atributy, jako jsou např. souřadnice XY, sklon nebo také rozloha daného ledovce. Nelze však nalézt jakýkoliv záznam o víceletém měření, které by poskytlo informaci o změně sledovaných parametrů



## GLACIER MASS BALANCE AND REGIME MEASUREMENTS

Formou tabulek jsou prezentována data o více než 300 ledovcích, kterých je však v oblasti Arktidy omezené množství. Databáze poskytuje údaje o ledovcích v Grónsku, Norsku a Špicberkách, Islandu a také Ruských arktických ostrovech. Mezi parametry, které lze z této databáze získat by bylo možné využít některé z námi požadovaných (roční bilance, mocnost, atd.). Výzkumná měření jsou však omezena na rozmezí let 1945 – 2003, v některých letech jsou data neúplná a zejména v posledních letech měření některá data úplně chybí.

## GREENLAND 5 KM DEM, ICE THICKNESS, AND BEDROCK ELEVATION GRIDS

Poskytovaný DMT je omezený pro oblast Grónska, jak již název informuje. Bylo by ho možné využít k zobrazení mocnosti ledu pro období měření, což ale nesplňuje podmínku znázornění časového vývoje sledovaného jevu.

## WORLD GLACIER INVENTORY

Využití této databáze má hlavní nedostatky ve své zastaralosti, měření bylo ukončeno v roce 2003. Bylo by možné využít bodové vrstvy, která znázorňuje umístění zkoumaných ledovců na zemském povrchu, zahrnující sledovaná území (Grónsko, Island, Ruské arktické ostrovy). Pro některé ledovce jsou dostupné informace o typu ledovce, tvaru jeho ledovcového jazyka nebo také např. o maximální nadmořské výšce nebo rozloze, orientaci akumulčních nebo ablačních ploch. Nedostatkem této databáze je chybějící časový horizont, zachycující předchozí měření, z důvodu pouhé aktualizace stávajících dat, bez uchování původních naměřených hodnot.

## ICEBRIDGE MCORDS L3 GRIDDED ICE THICKNESS, SURFACE, AND BOTTOM, VERSION 2

Výsledkem této operace jsou rastrová data, obsahující údaje o tloušťce ledu. Z hlediska územního rozsahu je databáze limitována na vybrané lokace (viz kapitola 3), které jsou nerovnoměrně rozmístěny na území Grónska. Dalším limitujícím faktorem je chybějící časový horizont, jelikož výsledný produkt odpovídá stavu zalednění v době měření, kterým byly roky 2010 – 2012.

## GLAS/ICESAT 1 KM LASER ALTIMETRY DIGITAL ELEVATION MODEL OF GREENLAND

Tento digitální model terénu je obdobný jako v předchozí databázi. Znárodnuje tloušťku ledu na území Grónska v době měření, které v tomto případě probíhalo od roku 2003 do roku 2005. Databáze tedy postrádá požadovaný časový rozsah vystihující změny zalednění.

## FLUCTUATIONS OF GLACIERS

Periodikum, které každých 5 let informuje veřejnost o změnách v zalednění, obsahuje velké množství zkoumaných ledovců, mezi kterými lze nalézt i námi sledované území Arktidy. Velmi obsáhlá je databáze týkající se ostrovu Island, omezené množství dat je dostupné pro Grónsko a další oblasti Arktidy. Vzhledem k textové podobě nelze přímo znázornit konkrétní umístění ledovců v mapě, je však možné z dostupných souřadnic vytvořit odpovídající bodovou vrstvu. Pestrá škála popisovaných parametrů v databázi obsahuje i takové, které byly zmíněny v odstavci výše, který je věnován právě požadovaným parametrům vývoje zalednění, které by bylo možné v mapě znázornit. Příkladem může být v pětiletém horizontu popsána celková bilance pro jednotlivé ledovce, expozice ledovcové plochy, změny v umístění ledovcových jazyků apod.

## GLACIER MASS BALANCE BULLETIN

Ve dvouletém intervalu vydávaná publikace informuje o vybraných ledovcích a meziroční změně jejich parametrů týkajících se zalednění. Poskytuje podrobné informace o 17 ledovcích na světě, mezi kterými jsou 2 v Grónsku a 1 na Špicberkách. Data jsou podložena textovou zprávou, která popisuje změny parametrů, jako jsou např. roční bilance, ale také mapovými výstupy znázorňujícími sledované parametry. Využití tohoto zdroje by bylo možné při zpracovávání malého území, na kterém se nachází popisovaný ledovec.

### **Zvolená podkladová data pro tvorbu tematické mapy**

Na základě podmínek pro volbu dat, rozpracovaných v předchozích odstavcích, byl vybrán pro tvorbu tematické mapy ostrov Island. Pro vybrané území je možné získat data v souvislém časovém horizontu. Pro ostatní jmenované lokace, uvedené v odstavci výše, nebylo možné dohledat z dostupných databází souvislou časovou řadu měření nějakého

z parametrů změny zalednění, který by charakterizoval určitou skupinu ledovců na území vhodném k zobrazení do mapy pro účely této práce. Zdrojem dat o zalednění bylo vybráno periodikum *Fluctuations of Glaciers* (viz kapitola 3.7), které poskytuje ve dvouletém intervalu (2006, 2008 a 2010) informace o vybraných parametrech bilance a expozice devíti ledovců na Islandu. Zvolený dvouletý interval nebyl zvolen náhodně, nýbrž však z důvodu nedostupnosti dat o bilanci či expozici v jiných letech pro sledované ledovce. Výsledný počet zobrazovaných ledovců, který se pro nesplnění podmínky souvislého časového horizontu ostatních ledovců na Islandu, zúžil na pouhých devět, vypovídá o neúplných a nesouvisle naměřených datech ve zkoumaných databázích. K názorné ukázce aplikace některé z metod tematické kartografie je však tento počet dostačující, protože se jedná o malé zobrazované území.

## **5.2 Použité metody tematické kartografie**

*„Výběr vhodné metody pro tvorbu tematické mapy je ovlivněn a určován několika podmínkami či kritérii, z nichž nejdůležitějšími jsou cíl tematické mapy a jeho rozpracování ve spojitosti s určujícími funkcemi mapy, předpokládaná cílová skupina uživatelů, objem sdělovaných informací a kritérium druhu prostorových dat“* (Voženílek, 2011, s. 152). Je tedy zřejmé, že volba metody je závislá na výše uvedených podmínkách. Pro účely této práce budou předpokládanými uživateli ta část laické populace, která se zajímá o vývoj zalednění. Cílem tematických map bude srozumitelné a kartograficky správné znázornění změny zalednění Arktidy. Po zodpovězení výše uvedených základních otázek, potřebných pro správnou kartografickou tvorbu, je možné přejít k výběru vhodných metod, jejichž přehled a podrobný popis je uveden v kapitole č. 4. Výrazným limitujícím faktorem pro aplikaci některé z metod jsou data a jejich atributy, které popisují parametry sledovaného jevu.

Vzhledem k typu zvolených dat pro ostrov Island, která jsou dostupná v podobě tabulek pro parametr bilance a polygonů s atributem popisujícím expozici, je nutné pracovat s metodami, které jsou vhodné ke znázornění těchto informací. Pro vizualizaci bilance ledovců se nabízí využití kartodiagramů, které buď v podobě diagramů, nebo sloupců mohou čtenáři mapy poskytnout srozumitelně informaci o roční bilanci. Druhý parametr expozice ledovce, vzhledem k polygonovému typu dat, lze názorně vizualizovat pomocí areálové metody.

Pro mapu mořského ledu byla zvolena data v podobě polygonových vrstev, a proto se zde nabízí využití speciálních metod pro znázornění změny jevu v čase. Jedním z možných zpracování může být jednoduchá statická mapa, která bude odlišnou barvou jednotlivých překrývajících se polygonů znázorňovat plochy mořského ledu pro vybrané roky. Další možností by mohla být série statických map, která je však obdobou předchozí metody. Je zde pouze pro každý polygon značící rozsah mořského ledu vytvořena samostatná mapa. Zpracování v podobě animace by bylo taktéž možné, ale z důvodu rozsáhlosti postupu tvorby a náročnosti spojené s programováním skriptu pro animaci nebude tato metoda dále zpracovávána.

### **5.3 Vlastní kartografické zpracování tematické mapy**

V předchozí části práce byla provedena volba geografických dat, od který se odvíjel výběr metod tematické kartografie. V následujících odstavcích bude popsána samotná tvorba map.

#### **5.3.1 Rozsah mořského ledu na území Arktidy**

##### **Zdroj dat**

Vzhledem ke kvalitně zpracované databázi prostorových dat, která obsahuje polygonové vrstvy značící rozsah mořského ledu v Arktidě, byl zvolen jako zdroj dat projekt Sea Ice Index (viz kapitola 3.9). Tento projekt byl vybrán také proto, že poskytuje požadovaná data v pětiletých intervalech za posledních 20 let, což je dle autorova názoru dostačující časový rozsah pro účely této práce. Projekt Sea Ice Index poskytuje data v měsíčním intervalu, pro následné kartografické zpracování byla zvolena data pro měsíc únor, jakožto měsíc v období maximálního rozsahu zalednění na severní polokouli.

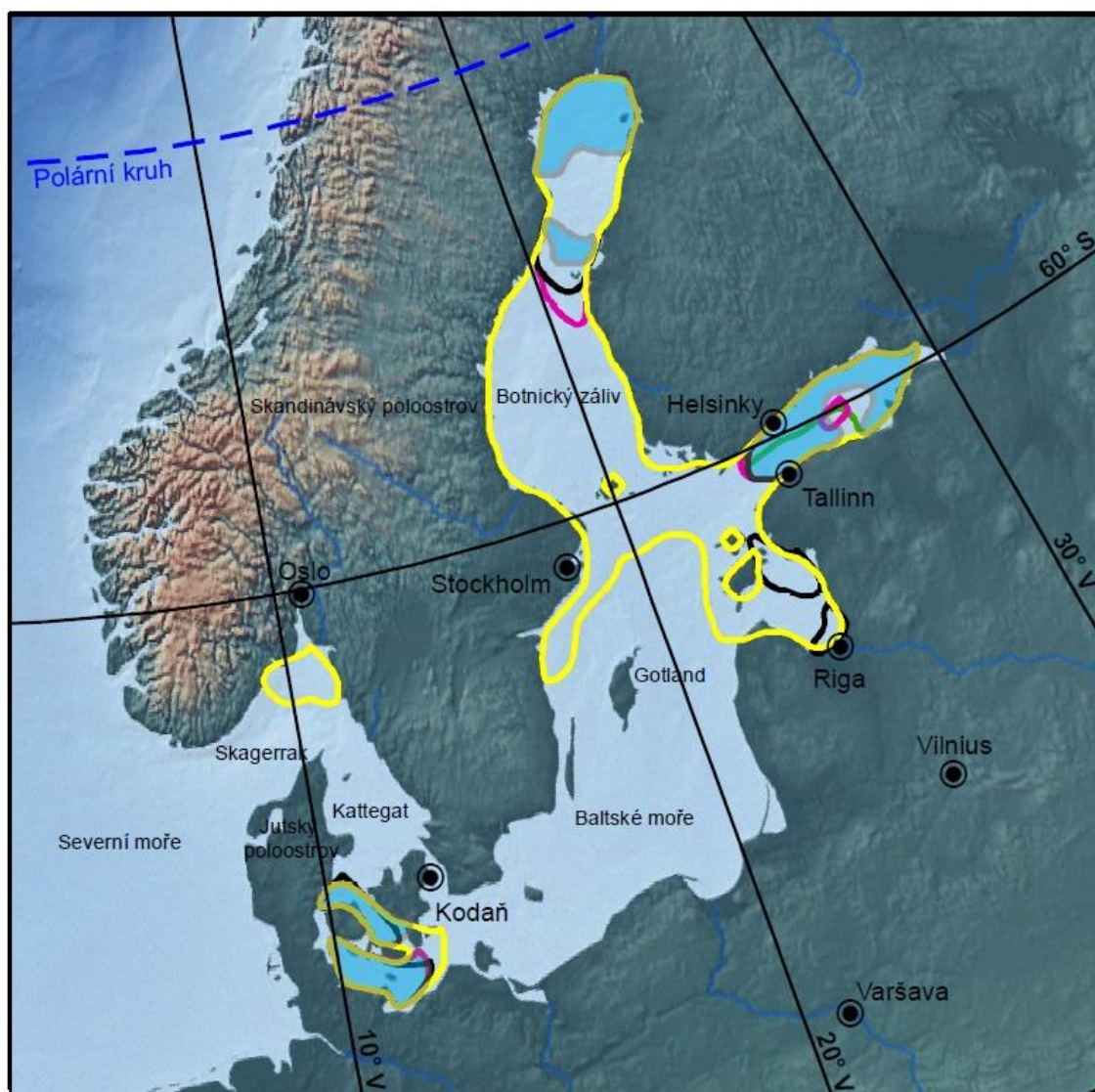
Podkladovými daty byl zvolen rastrový snímek *cross-blended hypso with shaded relief and water* dostupný na webu Natural Earth Data. Ze stejného zdroje byly doplněny hlavní města pro oblast Baltského moře a také řeky či polární kruh.

##### **Tvorba mapy**

Pro vizualizaci zvolených dat byla autorem zvolena areálová metoda, která pro jednotlivá sledovaná období znázorní rozsah mořského ledu odlišnou barvou okrajové linie polygonu a aktuální data byla navíc doplněna modrou výplní, která nám lépe vyznačí rozsah mořského ledu pro rok 2015. Pro navýšení srozumitelnosti mapy byly polygony

odpovídající rozsahu mořského ledu doplněny podkladovou mapou v podobě hypsometrického stínovaného snímku reliéfu.

Pro oblasti zajímavé z hlediska velkých změn či významných rozdílů mezi jednotlivými sledovanými obdobími byly vytvořeny doplňující mapy v odlišném měřítku, které lépe a přehledněji zobrazují rozsah sledovaného jevu při zachování použitých metod tematické kartografie, které byly použity pro ústřední mapu (viz obrázek č. 5).



Obrázek č. 5: Ukázka mapy Rozsah mořského ledu na území Arktidy (zdroj: vlastní zpracování)

### 5.3.2 Specifické ukazatele změny ledovcové plochy pro vybrané ledovce na ostrově Island

#### Zdroj dat

Základním zdrojem informací o bilanci a expozici ledovce je publikace *Fluctuations of Glaciers* (viz kapitola 3.7). Hlavním důvodem, proč byl tento zdroj dat vybrán, jsou souvislé záznamy o sledovaném jevu v jednotném časovém vývoji pro určité množství ledovců, které je možné pro dané území znázornit. Interval měření zpracovávaných dat je v případě této mapy dvouletý a vychází ze dvou ročníků vydání periodika.

Zvolená databáze o změně zalednění byla prezentována na bodech a polygonech, odpovídajících sledovaným ledovcům, které jsou dostupné na webu [glims.org](http://glims.org). Dále byla přehlednost mapy zlepšena použitím rastrového snímku *Elevation map of Europe* dostupného na webu European Environment Agency (EEA). Pro získání bodové vrstvy hlavního města Islandu, polygonové vrstvy ledovcové oblasti Vatnajökul a znázornění řeky byl zdrojem web Natural Earth Data.

#### Tvorba mapy

Pro názorné prezentování výsledků měření v podobě zvolených dat, byla zvolena areálová metoda a metoda kartodiagramů.

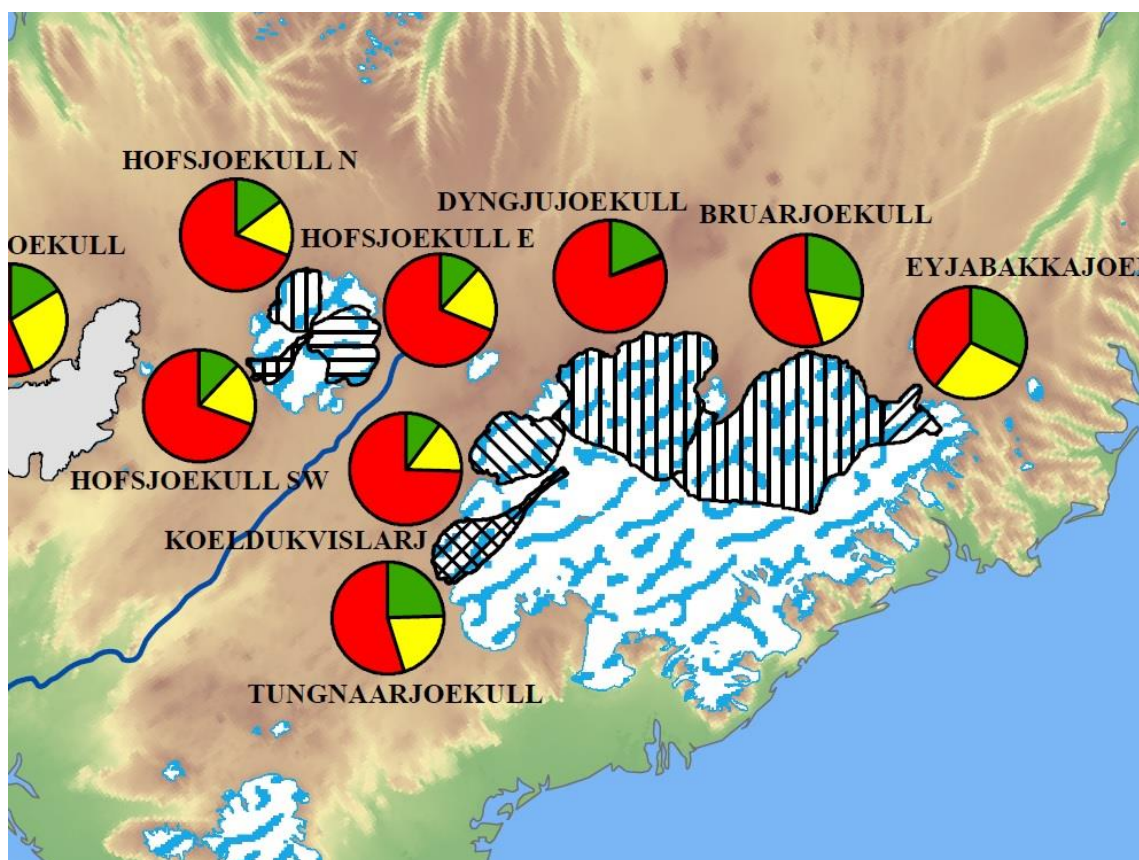
- areálová metoda

První ze jmenovaných metod tematické kartografie, byla aplikována na polygony, které znázorňují územní rozsah ledovce. Dále byl znázorněn další parametr, který je z hlediska charakteristiky ledovce důležitý, a to expozice svahu ledovce. Pro znázornění tohoto parametru bylo použito rastru, který informuje o expozici svahu ledovce.

- metoda kartodiagramů

Polygony, odlišené dle expozice svahu ledovce, byly doplněny o bodové znaky plošně méně rozsáhlých ledovců a k nim náležící diagramy (viz obrázek č. 6). Pomocí této metody tematické kartografie byla znázorněna bilance ledovce, přesněji řečeno podíl sledovaných roků na celkové bilanci. Diagramy nám tedy ukazují, ve kterém roce byla změna ledovce největší a ve kterém naopak nejmenší. Pro doplnění byla do mapy uvedena tabulka s přesnými hodnotami bilance.

Za účelem zlepšení orientace byla mapa doplněna o stručnou mapu Evropy s vyznačenou polohou ostrovu Island.



Obrázek č. 6: Ukázka mapy Specifické ukazatele změny ledovcové plochy pro vybrané ledovce na ostrově Island (zdroj: vlastní zpracování)

## 6. Diskuze

Výzkum, týkající se vývoje zalednění a celkové bilance ledovcové masy na planetě Zemi, je tématem velkého množství odborných organizací a projektů. Výsledkem jejich práce je ve většině případů nepřehledné množství dat různého typu a formátů. Za účelem sjednocení a shromáždění informací o dostupných databázích geografických dat, týkajících se vývoje zalednění Arktidy byla provedena rešerše, jejímž výsledkem je kapitola 3.

Autor práce, jak uvádí v metodice práce (viz kapitola 2.2), využil jako zdroj dostupných geografických dat web NSIDC. I přes nepřehledné množství poskytovaných databází bylo velice obtížné nalézt data vyhovující zadaným podmínkám, zejména díky podmínce o souvislé časové řadě měření. Největším problémem zkoumaných databází jsou chybějící data týkající se sledovaného parametru pro daný ledovec v některých letech uskutečněného měření. Pro oblast Grónska existují pouze lokální databáze, zaměřené na malá území, která jsou nepravidelně rozmístěna v pobřežní části ostrova.

Využití metod tematické kartografie k prezentování výzkumných dat je jednou z možností, jak dnešní čtenáře informovat o zkoumaných jevech a jejich vývoji v čase. Právě k objasnění této problematiky může posloužit kapitola č. 4 této práce, která se věnuje podrobné rešerši jednotlivých metod tematické kartografie.

Tato práce je názornou ukázkou závislosti metod tematické kartografie na typu, kvalitě a atributové bohatosti zdrojových dat. Původní předpoklad o možnosti vytvoření série tematických map, který byl založen na velkém množství dostupných databází, byl touto prací vyvrácen, a to zejména z důvodu nedostatečně obsáhlých databází geografických dat, které neumožnily kartografické zpracování dalších parametrů vývoje zalednění. Jak se v kapitole č. 5.2 ukázalo, pro takto velké zkoumané území, kterým v případě této práce byla oblast Arktidy, není možné vytvořit z dostupných geografických dat souhrnnou mapu, která by podrobně charakterizovala vývoj zalednění. V případě tvorby map většího měřítka, zaměřeného detailněji na určitou část některého z ostrovů Arktidy, by bylo nejspíše možné dosáhnout lepšího vizuálního zpracování a také větší bohatosti kartografické vizualizace.



Ačkoliv práce popisuje velké množství možností kartografického zpracování geografických dat, mohou se vyskytnout potíže či otázky, týkající se správné volby metody nebo naopak problémy s použitím zvolené metody. Vzhledem k pestré škále možností vizualizace geografických dat doporučuje autor této práce v případě potřeby nahlédnout do odborné literatury od českých (V. Voženílek, Z. Murdych, J. Kaňok) či zahraničních (M. J. Kraak, F. Ormeling) autorů.

## 7. Závěr

Hlavním cílem této práce, jak už samotný název napovídá, bylo provést rešerši dostupných geografických dat týkající se vývoje zalednění v oblasti Arktidy a navrhnout možnosti použití metod tematické kartografie při znázorňování změny zalednění.

V úvodní části práce byla provedena rešerše dostupných geografických dat, vztahujících se k danému tématu změny ledovcové plochy. Díky této provedené rešeršní části bylo potvrzeno, že organizace a odborné projekty produkují v dnešní době opravdu velké množství dat, která jsou však publikována v široké škále formátů a typů. Právě sjednocení a shromáždění těchto databází, podrobné popsání jednotlivých zdrojů, ale i přehledné uvedení možností ke stažení databází, lze považovat za jeden z hlavních přínosů této práce. Neuspokojivým výstupem, který plyne z této práce, je fakt, že drtivá většina produkovaných dat je neucelená, databáze většinou neobsahují souvislou řadu měření určitého jevu pro konkrétní ledovce. V kapitole č. 5.1 byla popsána pozitiva a negativa zkoumaných databází, mezi kterými lze nejčastěji nalézt právě zmiňovaný nedostatek v chybějícím souvislém záznamu měření v průběhu času.

Z dostupné české i zahraniční literatury byla provedena rešerše metod tematické kartografie, které by bylo možné dle autora využít ke znázornění změny ledovcové plochy. Ukázalo se, že specializovaných metod pro znázornění změny prostorového jevu v čase je opravdu omezené množství. Je však možné dosáhnout kvalitního kartografického díla pomocí jednodušších a základnějších metod, jakými jsou např. kartodiagramy, kartogramy nebo metoda liniových znaků.

Závěrečnou částí této práce byla tvorba tematických map, která byla založena na autorem zvoleném postupu volby dat a metod tematické kartografie. Jak již bylo zmíněno, největším problémem byla právě volba geografických dat, která by vystihovala vývoj sledovaného jevu v průběhu času. Na základě podmínek pro volbu dat (viz kapitola 2.2) byla vybrána data pro ostrov Island, pro který byla znázorněna bilance ledovcové masy a expozice svahu ledovce. Mapový výstup, který zpracovává zalednění Islandu je přílohou č. 1 této práce. Dalším mapovým výstupem této práce je ukázka použití jednoduché statické mapy (viz kapitola 4.7) k znázornění změny v rozsahu mořského ledu pro zvolené roky, která je přílohou č. 2 této práce.

# Seznam literatury a zdrojů

## Seznam literatury

- BRAŠNOVÁ, K. (2012): Kartografické metody pro vizualizaci časových změn prostorových dat. Magisterská práce. Katedra matematiky, Fakulta aplikovaných věd ZČU, Plzeň, 122 s.
- ČAPEK, R. a kol. (1992): Geografická kartografie. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 373 s.
- HOJOVEC, V. a kol. (1987): Kartografie. 1. vydání. Geodetický a kartografický podnik, Praha, 660 s.
- HORNÍK, S. a kol. (1986): Fyzická geografie II. SPN, Praha, 320 s.
- KAŇOK, J. (1999): Tematická kartografie. 1. vydání. Ostravská univerzita, Ostrava, 318 s.
- KOLÁŘ, J.; HALOUNOVA, L.; PAVELKA, K. (1997): Dálkový průzkum Země 10. ČVUT, Praha, 164 s.
- KOLÁŘ, J. (2003): Geoinformační systémy 10. ČVUT, Praha, 161 s.
- KRAAK, M. (2010): Cartography: Visualization of Geospatial Data. 3. vydání. Prentice Hall, New York, 198 s.
- LANGRAN, G. (1992): Time in Geographic Information Systems. 1. vydání. Taylor & Francis, London, 189 s.
- MURDYCH, Z. (1987): Tematická kartografie. 1. vydání. Ministerstvo školství ČSR, Praha, 250 s.
- PRAVDA, J. (2006): Metódy mapového vyjadrovania. Klasifikacia a ukážky. Geographia Slovaca, č. 21, 127 s.
- POLÁČKOVÁ, J. (2008). Podoba a struktura kvalifikačních prací na katedře. Praha, 2008. Materiál vytvořený J. D. Bláhou pro studenty, kteří píšou svou kvalifikační práci

na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, 53 s.

- ROBINSON, A. (1995): Elements of Cartography. 6. vydání. Wiley, New York, 688 s.
- SOUDKOVÁ, K. (2011): Využití dálkového průzkumu pro identifikaci ústupu zalednění. Bakalářská práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK, Praha, 46 s.
- VÍT, L. (2010): Znázornění času v kartografických dílech na příkladu map historických bitev. Magisterská práce. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK, Praha, 104 s.
- VOŽENÍLEK, V. (2001): Aplikovaná kartografie I: tematické mapy. 2. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 187 s.
- VOŽENÍLEK, V. a kol. (2011): Metody v tematické kartografii. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 205 s.

### **Seznam zdrojů**

- ALLEN, C. (2013): IceBridge MCoRDS L3 Gridded Ice Thickness, Surface, and Bottom. Boulder, Colorado USA: NASA National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/data/IRMCR3> (cit. 6. 4. 2015)
- BAMBER, J. (2001): Greenland 5 km DEM, Ice Thickness, and Bedrock Elevation Grids. Boulder, Colorado USA: NASA National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/data/nsidc-0092> (cit. 6. 4. 2015)
- DIMARZIO, J. (2007): GLAS/ICESat 1 km Laser Altimetry Digital Elevation Model of Greenland. Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/data/nsidc-0305> (cit. 7. 4. 2015)
- DYURGEROV, M. (2005): Glacier Mass Balance and Regime Measurements and Analysis, 1945-2003. Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/data/G10002> (cit. 6. 4. 2015)

- EEA (2010): Elevation Map of Europe. Dostupné z <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/digital-elevation-model-of-europe#tab-gis-data> (cit. 10. 4. 2015)
- FETTERER, F. a kol. (2015): Sea Ice Index. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: [http://nsidc.org/data/seaice\\_index](http://nsidc.org/data/seaice_index) (cit. 7. 4. 2015)
- GLIMS (2014a): GLIMS Glacier Database. Dostupné z: <http://glims.colorado.edu/glacierdata/> (cit. 5. 4. 2015)
- GLIMS (2014b): Informace o produktu. Dostupné z: <http://www.glims.org/About/> (cit. 5. 4. 2015)
- KAŇOK, J. (2007): Kartografické vyjádření dynamiky prostorových jevů. Ostrava, 16 s. Dostupné z: [http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Clanek-kanok.pdf](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Clanek-kanok.pdf) (cit. 16. 4. 2015)
- KARTOGRAFIE (2012a): Druhy bodových znaků. E-learningový portál o tvorbě map. Stavební fakulta ČVUT v Praze. Dostupné z: <http://kartografie.fsv.cvut.cz/1-4-1-bodove-znaky.php> (cit. 20. 4. 2015)
- KARTOGRAFIE (2012b): Druhy liniových znaků. E-learningový portál o tvorbě map. Stavební fakulta ČVUT v Praze. Dostupné z: <http://kartografie.fsv.cvut.cz/1-4-2-liniove-znaky.php> (cit. 20. 4. 2015)
- PATTERSON, T. (2015): Natural Earth. Dostupné z: <http://www.naturalearthdata.com/downloads/> (cit. 17. 4. 2015)
- WGMS (2008): Fluctuations of Glaciers 2000-2005 (Vol. IX). Haeberli, W., Zemp, M., Kääb, A., Paul, F. a Hoelzle, M. (eds.), ICSU (FAGS) / IUGG (IACS) / UNEP / UNESCO / WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 266 s. Dostupné z: [http://www.wgms.ch/fog/wgms\\_2008\\_fogIX.pdf](http://www.wgms.ch/fog/wgms_2008_fogIX.pdf) (cit. 6. 4. 2015)
- WGMS (2012a): Fluctuations of Glaciers 2005-2010 (Vol. X). Zemp, M., Frey, H., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S. U. Hoelzle, M., Paul, F. a W. Haeberli (eds.), ICSU (WDS) / IUGG (IACS) / UNEP / UNESCO / WMO, World Glacier Monitoring

Service, Zurich, Switzerland, 336 s. Dostupné z:

[http://www.wgms.ch/fog/wgms\\_2012\\_fogX.pdf](http://www.wgms.ch/fog/wgms_2012_fogX.pdf) (cit. 6. 4. 2015)

- WGMS (2012b): World Glacier Inventory. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center. Dostupné z: <http://nsidc.org/data/g01130> (cit. 6. 4. 2015)
- WGMS (2013): Glacier Mass Balance Bulletin No. 12 (2010-2011). Zemp, M., Nussbaumer, S. U. Naegeli, K., Gärtner-Roer, I., Paul, F., Hoelzle, M. a Haerberli, W. (eds.), ICSU (WDS) / IUGG (IACS) / UNEP / UNESCO / WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 106 s. Dostupné z: [http://www.wgms.ch/mbb/mbb12/wgms\\_2013\\_gmbb12.pdf](http://www.wgms.ch/mbb/mbb12/wgms_2013_gmbb12.pdf) (cit. 6. 4. 2015)

## **Seznam příloh**

**Příloha č. 1** CD s elektronickou verzí práce

**Příloha č. 2** Specifické ukazatele změny ledovcové plochy pro vybrané ledovce na ostrově Island

**Příloha č. 3** Rozsah mořského ledu na území Arktidy