

# Vinteruppvärmningshändelser i Abisko och Latnjajaure från 1992 till 2017

Studie om fall av extrema  
vinteruppvärmningshändelser  
i nordvästra Lappland



**Daniil Bittenbinder**

Degree of Bachelor of Science  
with a major in Geography  
15 hec

Department of Economy and Society, Human Geography &  
Department of Earth Sciences  
University of Gothenburg  
2021 B-1123



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

# Vinteruppvärmningshändelser i Abisko och Latnjajaure från 1992 till 2017

Studie om fall av extrema  
vinteruppvärmningshändelser  
i nordvästra Lappland

**Daniil Bittenbinder**

ISSN 1400-3821

**B1123**  
**Bachelor of Science thesis**  
**Göteborg 2021**

## Sammanfattning

Under de senaste decennierna har temperaturer i Arktis och Subarktis ökat dramatiskt jämfört med andra delar av världen. Konsekvensen av detta kan vara en ökad frekvens, intensitet och varaktighet av så kallade vinteruppvärmningshändelser. Vinteruppvärmningshändelser definieras i denna studie som två eller fler dagar i rad med en lufttemperatur  $> 0^{\circ}\text{C}$  under vinterhalvåret. Dessa vinteruppvärmningshändelser kan orsaka betydande konsekvenser för ekosystem samt flora och fauna i Subarktis.

Det finns få studier, i vilka man analyserat varaktigheten, frekvensen och intensiteten av dessa vinteruppvärmningshändelser i den subarktiska regionen. I den här studien används lufttemperaturmätningar från stationerna Abisko och Latnjajaure för att identifiera och klassificera vinteruppvärmningshändelser gällande varaktighet, frekvens och intensitet under perioden 1992 till 2017. Vidare undersöks om dessa uppvärmningshändelser kan kopplas till den Nordatlantiska oscillationen samt under vilka månader dessa händelser förekommer.

Resultatet visar på flera uppvärmningshändelser i området. Majoritet av dessa händelser har en varaktighet på mellan 2 till 4 dagar, med den längsta uppvärmningshändelsen på 12 dagar skedd 2011. Under perioden 2000 till 2010 förekom ett stort antal händelser med lång varaktighet. De flesta av uppvärmningshändelserna sker i slutet av april och början av november. En korrelation med faserna av Nordatlantiska Oscillationen testades men visade ingen statistisk signifikant korrelation mellan dessa fenomen under den aktuella perioden mellan åren 1992 och 2017.

Nyckelord: Vinteruppvärmningshändelser, Nordatlantiska Oscillationen, Vintermånader, Abisko, Latnjajaure, Subarktis.

## **Abstract**

Under the last decades there has been a significant warming of the Arctic and Subarctic regions in comparison to other parts of the world. A consequence of this may be an increase in frequency, intensity, and duration of so-called Winter Warming Events. These Winter Warming Events are defined in this study as two or more consecutive days of  $> 0^{\circ}\text{C}$  in a row during the winter months. Winter Warming Events can have significant consequences on the Subarctic eco-system, flora, and fauna.

There have been few studies regarding the duration, frequency, and intensity of these Winter Warming Extremes in the subarctic region. In this study, air temperatures gathered from Abisko and Latnjajaure stations. Was used to identify Winter Warming Extremes after their duration frequency and intensity during the 1992 to 2017 period. Furthermore, this study attempted to show a potential correlation between Winter Warming Events and the North Atlantic Oscillations, as well as the distribution of Winter Warming Events throughout the winter months.

The results showed a number of Winter Warming Events in the region. A majority of these Warming Events lasted between 2 to 4 days. With the most enduring event lasting for twelve days in 2011. A particularly high number of long durations Winter Warming Events occurred during a period from 2000 to 2010. The distribution of Winter Warming Days throughout the winter months, shows most of these Winter Warming Days being concentrated in latter half of April, followed by some concentration at the start of November. An attempt to correlate Winter Warming Events with the North Atlantic Oscillation was made, but results show no statistically significant correlation between these two phenomena during the studied period between 1992 to 2017.

Keywords: Winter-Warming-Events, North Atlantic Oscillation, Winter Months, Abisko, Latnjajaure, Subarctic.

## **Förord**

Från Latnjajaure Field Station vid sjön Latnjajaure i norra Sverige driver Göteborgs universitet en mätstation sedan 1992. Dalgången har upplevt förändring i årlig lufttemperatur under de senaste decennierna. Men hur ändringar sker i andra klimatvariabler eller genom olika säsonger har inte undersökts.

Denna undersökning gjordes med fokus på uppvärmningshändelser. Då när och till vilken grad dessa extrema väderhändelser sker har inte undersökts på en närmare nivå.

Initialt var en studie med fältmoment på agendan, men i början av året 2020, runt månaderna februari – mars övergavs dessa planer på grund av rådande internationella händelser relaterad till Covid 19 samt eventuellt förbud på fältbesök från universitetet. Valet av denna undersökning gjordes inte förens tidiga början av delkursen kring examensarbetet för kandidat i Geografi. Uppsatsförslaget centrerade kring Torneträsk och Abisko, en region som författaren hade tidigare spenderat tid i under en fältkurs under året 2018. Samt även ett antal andra tidigare besök. Så blev denna studie ett bra och intressant alternativ.

## **Tack**

Jag vill tacka till mina handledare Docent Robert G. Björk samt Dr Mats Björkman och Dr David Rayner för hjälp under arbetens gång.

Jag vill även tacka kursansvarig professor Sofia Thorsson för god input vid flera stadier under arbetens gång.

Till sist ville också tacka kurskamrater från Geografiprogrammet för feedback under seminarietillfällena, framför allt ville tacka Lisa My Hedlund och Maria Shmarina för feedback under slutseminariet, vars kommentarer har gett ett stort bidrag till en förbättrad slutversion av detta examensarbete.



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b> .....	<b>7</b>
1.1	<i>Syfte</i> .....	8
1.2	<i>Frågeställning</i> .....	8
<b>2</b>	<b>Kunskapsöversikt</b> .....	<b>9</b>
2.1	<i>Uppvärmningshändelser</i> .....	9
2.2	<i>Ekosystem Påverkan av Uppvärmningshändelser</i> .....	10
2.3	<i>Nordatlantiska Oscillationen</i> .....	11
<b>3</b>	<b>Studieområde</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Data och Metoder</b> .....	<b>14</b>
4.1	<i>Data</i> .....	14
4.2	<i>Identifiering av vinteruppvärmningshändelser</i> .....	15
4.3	<i>Nordatlantiska Oscillationen-Uppvärmningskorrelation</i> .....	16
<b>5</b>	<b>Resultat</b> .....	<b>17</b>
5.1	<i>Abisko Uppvärmningshändelser</i> .....	17
5.2	<i>Latnjajaure Uppvärmningshändelser</i> .....	21
5.3	<i>Fördelningen av Uppvärmningshändelser mellan Vintermånaderna</i> .....	25
5.4	<i>Jämförelser mellan Latnjajaure och Abisko</i> .....	27
5.5	<i>Relationen med Nordatlantiska Oscillationen</i> .....	29
<b>6</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Slutsats</b> .....	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Litteraturförteckning</b> .....	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Bilagor</b> .....	<b>37</b>

# 1 Introduktion

Arktis har i jämförelser med andra delar av världen haft en markant högre uppvärmning till följd av antropogena klimatförändringar. Detta har haft en betydande påverkan på det regionala klimatet och lett till en ökning i extrema väderhändelser.

(Cohen, Screen, & Furtado, 2014). Dessa extrema väderhändelser inkluderar bland annat extrema vinteruppvärmningshändelser som sker då temperaturen ökar snabbt till över 0°C under flera dygn (Bokhorst et al, 2008). Dessa uppvärmningshändelser förekommer oftast också i kombination med ökad nederbörd i form av regn. Detta har betydande konsekvenser för ekosystem, fauna och växtlighet i Arktis och Subarktis (Vikhamar-Schuler et al, 2016). Exempelvis är dessa varma perioder problematiska för växtlighet då de leder till snösmältning och därmed en förlust av snöns värmeisolerande egenskaper (Bokhorst, Bjerke, Melillo, Callaghan, & Phoenix, 2010), vilket kan leda till frost- och frosttorkskador hos vegetationen när temperaturen sjunker (Bokhorst et al, 2008). Nederbörd i form av regn som faller på snö kan dessutom skapa tjocka lager med is, vilket skapar problem för betesdjur att nå vegetationen under snön (Hansen et al, 2014).

Mätningar från Arktis och subarktiska Skandinavien, visar på en ökning av antal extrema vinteruppvärmnings händelser i dessa områden (Vikhamar-Shuler et al, 2016). Bland annat i det nordligaste delarna av Sverige (Bokhorst et al, 2008)

Det finns ett flertal studier kring konsekvenserna och påverkan av extrema värmeperioder under vintern däribland vinteruppvärmningshändelser (Bokhorst et al, 2008; Bokhorst et al, 2009; Bokhorst et al, 2010; Treharne et al, 2019; Pagter, Andersen U, Andersen L, 2015; Hansen et al, 2014; Semenchuk, Elberling & Cooper, 2013), däremot finns få studier av trender och frekvensen av dessa extrema väderhändelser (Cohen et al, 2014; Vikhamar-Schuler et al, 2016; Johansson, Pohjola, Jonasson & Callaghan, 2011) som är svårare att genomföra och således färre. På grund av få dagliga temperaturmätningar över en längre period i den Arktiska regionen (Vikhamar-Schuler et al, 2016).



## ***1.1 Syfte***

Syftet med den här studien är att identifiera vinteruppvärmningshändelser med hjälp av lufttemperaturdata från Abisko och Latnjajaure mätstationer. Förutom att identifiera dessa händelser undersöks frekvensen, intensiteten och varaktigheten av dessa vinteruppvärmningshändelser och hur de varierat under åren 1992–2017. Vidare analyseras om det finns ett samband mellan dessa vinteruppvärmningshändelser och olika faser av den Nordatlantiska oscillationen (NAO). Samt om det förekommer några skillnader mellan tidig vinter (november-december), midvinter (januari-februari) och senvinter (mars-april) månaderna när det gäller frekvensen av dessa uppvärmningshändelser. Resultatet får denna studie förväntas bidra till utökad kunskap om extrema väderhändelser i ett allt varmare klimat.

## ***1.2 Frågeställning***

- Hur skiljer sig frekvensen, intensiteten och varaktigheten av vinteruppvärmningshändelser mellan stationerna i Abisko och Latnjajaure under perioden 1992 till 2017?
- Hur fördelar sig vinteruppvärmningshändelser mellan vintermånaderna från november till april under perioden mellan 1992 och 2017?
- Korrelerar vinteruppvärmningshändelserna med positiva eller negativa NAO faser under perioden 1992 till 2017?

## **2 Kunskapsöversikt**

### ***2.1 Uppvärmningshändelser***

Klimatförändringar kan förknippas bland annat med minskad temperaturvariation och förlust av kalla vintrar (Callaghan et al, 2010). Den globala uppvärmningen har under den senaste decenniet ökat i en snabb takt, Arktis och Subarktis upplever nu bland de högsta temperaturer jämfört med rekonstruerade temperaturnivåer från senaste två tusen åren (Moberg et al, 2005). Uppvärmningen i Svenska Subarktis har också ökat betydligt. Observationer visar på en trend för varmare och blötare klimat i Subarktis under perioden 2000 till 2014 (Vikhamar-Shuler et al, 2016). Den årliga genomsnittstemperaturen är för närvarande över 0°C, vilket kan ha betydande effekter på kryosfären (Callaghan et al, 2010).

Den förhöjda takten på uppvärmning specifikt under vinterhalvåret kan innebära fler tillfällen för vinteruppvärmningshändelser att uppstå. Vilket kan ibland kombineras med regn-på-snöhändelser (Hansen et al, 2014). I Arktis är dessa uppvärmningshändelser svårare att undersöka på grund av låg frekvens av händelser per år samt glest fördelade väderstationer (Hansen et al, 2014). I Subarktis finns det dock bättre möjlighet att studera dessa händelser, då regionen är mer befolkad och har fler stationer med mätningar som sträcker sig längre bak i tid. Tecken på en ökad frekvens av vinteruppvärmningshändelser i Subarktis under de senaste decennierna går att se från mätningar i regionen (Bokhorst et al, 2008).

Under de senaste 90 åren så har uppvärmningshändelserna också ökat i intensitet. Av de mest extrema vinteruppvärmningshändelserna under denna period, skedde 37% under 15 års perioden 2000 till 2014. En liknande period med hög frekvens av extrema vinteruppvärmningshändelser skedde mellan åren 1925 och 1939, då 20% av de mest extrema vinteruppvärmningshändelser skedde (Vikhamar-Shuler et al, 2016).

## ***2.2 Ekosystem Påverkan av Uppvärmningshändelser***

Extrema väderhändelser är en av de viktigare drivkrafterna till förändringar i vegetations biomassa och produktivitet i det Arktiska och Subarktiska ekosystemen (Treharne et al, 2018). Speciellt under vinter kan dessa ekosystem påverkas negativt av dessa extrema väderhändelser. Dock har påverkan under vintertiden fått mindre uppmärksamhet jämfört konsekvenserna av uppvärmning under sommaren (Bokhorst et al, 2009).

Uppvärmning och mer frekvent upptining bidrar till förändringar i snöegenskaper (Callaghan et al, 2011). Uppvärmningens effekt på snö, inkluderar främst i förekomsten av ökad mängd av hårt snölager i början av vintern samt blötsnö i slutet av vintern och början av våren (Johansson, Pohjola, Jonasson & Callaghan, 2011), vilket framför allt beror på ökad temperatur under början och slutet av vinterhalvåret (Johansson et al, 2011).

Vegetation kan främst påverkas genom en förlust av snölager till följt av en vinteruppvärmningshändelse, varefter kallare temperaturer återvänder (Semenchuk, Elberling & Cooper, 2013). Observationen på dvärgbuskar efter vintern 2007 visade på 87% mindre tillväxt under den efterföljande sommar till följd av skador från en uppvärmningshändelse under vintern samma år (Bokhorst et al, 2009). Fler små ökningar i vintertemperaturer kan också orsaka ändringar i fenologiska drag hos vegetation som till exempel svart vinbär, som är mer känsliga för frostsador (Pagter, Andersen & Andersen 2015). Arktisk vegetation har i vissa studier visats ha fenologi som är påverkad av marktemperaturer (Bokhorst et al, 2008). Observationer och testförsök har visat att enstaka vinteruppvärmningshändelser kan ha betydande konsekvenser på knoppproduktion, fenologi och reproduktionsansträngning hos bland annat dvärgbuskar. Dock finns det betydande variation mellan olika arters grad av påverkan av uppvärmningshändelser (Bokhorst et al, 2008). Ökad frekvens av vinteruppvärmningshändelser kan också ha en långsiktigt negativ påverkan på turismen i svenska Subarktiska (Hansen et al, 2014. Vikhamar-Shuler et al, 2016).

### ***2.3 Nordatlantiska Oscillationen***

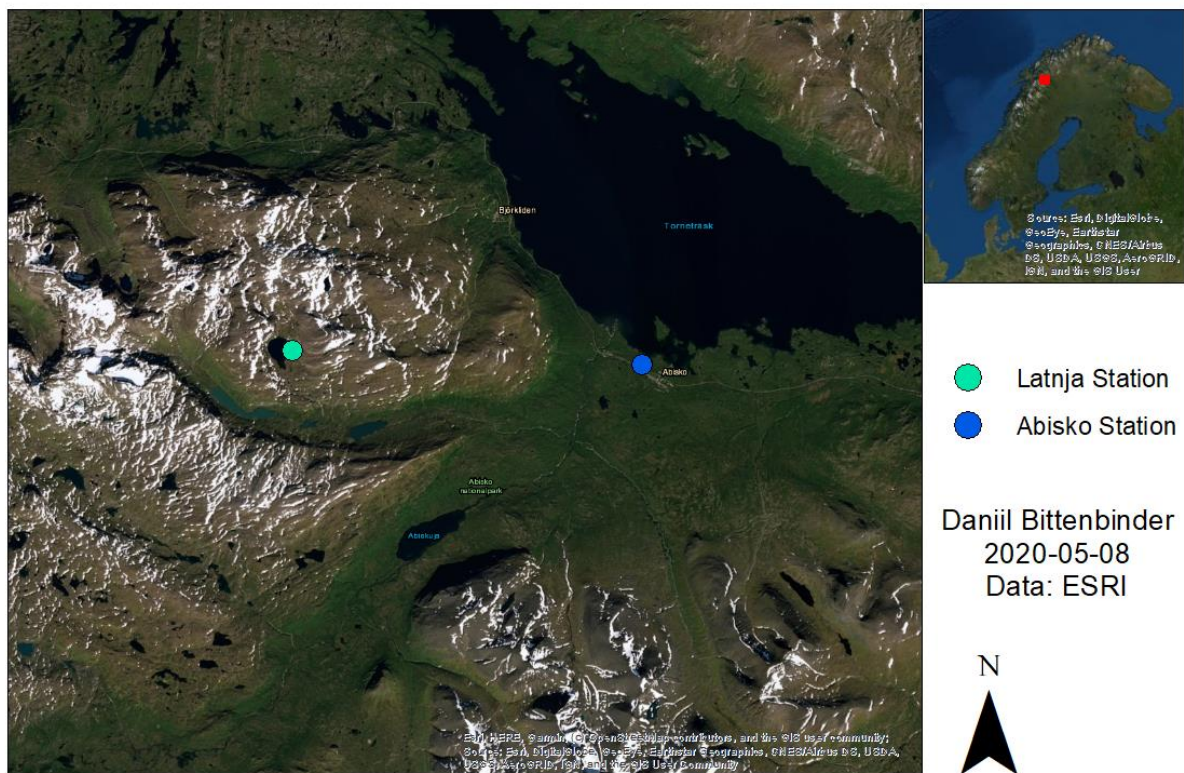
Den Nordatlantiska oscillationen (NAO) är ett väder- och klimatfenomen över Nordatlanten vars svängningar mellan positiv och negativ fas kan resultera i periodvis mildare eller kallare temperaturer under vinterhalvåret i Nordeuropa och Skandinavien (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, 2015). NAO är en atmosfärisk oscillation som uppkommer till följd av tryckskillnaden mellan ett högtrycksområde kring Azorena och ett lågtrycksområde kring Island (NOAA, 2020). I sin positiva fas finns det en hög tryckskillnad mellan dessa två områden, vilket leder till starkare sydvästvindar (SMHI, 2015). Starka positiva faser av Nordatlantiska Oscillationen brukar då associeras med mildare väder över Skandinavien och Nordeuropa (NOAA, 2015).

Om tryckskillnaden istället är liten kan sydvästvinden och det efterföljande lågtrycket från Atlanten hamna i en annan bana än över Nordeuropa, där kyligare luft från Ryssland eller Arktis istället kan svepa in över Skandinavien och Nordeuropa, och leda till kallare vinter samt mildare sommar (SMHI, 2015). Effekt är störst under vinterhalvåret, då cirkulationen i atmosfären inte är lika stark som under sommarhalvåret (SMHI, 2010). Nordatlantiska Oscillationen visar på en betydande säsongsvariation (NOAA, 2015). Positiva eller negativa faser av Nordatlantiska Oscillationen kan normalt omfatta i flera månader i taget (NOAA, 2020).

Det finns flera exempel på Nordatlantiska Oscillationens påverkan under vissa tidsperioder i Skandinavien och Europa. Vintern 2010 var mycket kallare i relation till tidigare och efterföljande vintrar . och sammanföll med en långvarig negativ fas av Nordatlantiska Oscillationen (Cattiaux et al, 2010). Ett exempel på effekten av en positiv fas av Nordatlantiska oscillationen är den medeltida värmeperioden, en period av varmt klimat över Europa från mitten på 900-talet till mitten av 1200-talet. Denna värmeperiod sammanföll med en längre positiv fas av Nordatlantiska Oscillationen (Mann et al, 2009).

### 3 Studieområde

Studien genomförs med hjälp av data från Abisko Naturvetenskapliga Station samt från Latnjajaure Field Station. Båda stationerna är en del av Polarforskningssekretariatet infrastruktur för polarforskning (Polar.se). Abisko stationen ligger nära tätorten Abisko Östra vid Torneträsks södra strand. Latnjajaure stationen ligger vid sjön Latnjajaure väster om Abisko Nationalpark (Figur 1). Stationerna är lokaliserade i nordvästra delarna av Kiruna kommun i övre Norrland. Denna region har sett en ökning av medeltemperaturen med 1.8°C under perioden 1991 - 2019 jämfört med perioden 1860 – 1900 (SMHI, 2020). Säsongsmissigt sker den högsta temperaturökningen under vintern och våren (SMHI, 2020).



Den meteorologiska stationen i Abisko har samlat in data över lufttryck, lufttemperatur, luftfuktighet, vindhastighet, vindriktning och nederbörd sedan 1913. Hela komplexet drivs av Polarsekretariatet, en svensk myndighet med översyn över forskning i Arktis, Subarktisk och Antarktisk (Polar.se). Stationen är belägen 351 meter över havet öster om fjället Nuolja som når en höjd av 1169 meter över havet. Flera kanjoner leder fram till och slutar vid den flackare terrängen kring Abisko. Klimatet i Abisko kan beskrivas som svalt kontinental/subarktisk. Eftersom Abisko stationen är placerad vid sjön Torneträsk södra strand, har sjön en betydande dämpande effekt på lufttemperatur vid strandområdet, till följd av ett större värmeutbyte mellan sjön och omgivande land (Yang, Hanna, Callaghan & Jonasson, 2012).

Forskningsstationen i Latnjajaure ägs av Göteborgs Universitet, medan övrig infrastruktur drivs av Polarsekretariatet (Polar.se). Forskningsstationen ligger öster om sjön Latnjajaure och cirka 15 km väst om Abisko station. Själva stationen och den närliggande sjön ligger cirka 1000 meter över havet och är inklämda mellan flera bergstoppar bland annat Latnjacorru i öst och Latnjachokka i väst. Klimatet här kan också beskrivas som svalt kontinental/subarktisk. Sjön Latnjajaure är som man kan se i översiktskartan (figur 1 ovan) betydligt mindre än Torneträsk, och har då en mindre dämpande effekt på lufttemperatur runt omkring Latnjajaure . I och med den högre höjden och de närliggande bergstopparna, är lufttemperaturen generellt kallare i Latnjajaure än i Abisko (Yang et al, 2012).

## 4 Data och Metoder

### 4.1 Data

Data som använts i denna studie utgörs av lufttemperaturdata från Abisko Naturvetenskapliga Station (stationsnummer 188800) och Latnjajaure Fältstation. Från Latnjajaure finns lufttemperaturmätningar från 1992 och framåt, med en mätning per timma. Från Abisko finns mätningar från 1913 och framåt. Fram till 2015 mättes lufttemperaturen tre gånger per dygn (06.00, 12.00 och 18.00), därefter två gånger per dag (06.00 och 18.00). Lufttemperaturen från Abisko är momentvärden, d.v.s. temperaturen är värdet vid den aktuella tiden. Lufttemperaturen från Latnjajaure är däremot ett medelvärde under en timma. För att kunna jämföra båda stationerna, användes endast mätningar från tiderna som fanns tillgängligt från Abisko station, mätningar som togs klockan 06.00, 12.00 och 18.00 fram tills 2014, samt 06.00 och 18.00 från 2015 till 2017. Då vinteruppvärmningshändelser är ett vinterväderfenomen begränsades jämförelsen till månaderna november till april, vilket innefattar även slutet av hösten och början av våren.

Gällande databortfall, var Latnjajaure station till en viss del mer drabbad än Abisko station. Hur stationerna registrerade mätningar skiljer sig signifikant åt. Latnjajaure station registrerar mätningar främst automatiskt genom olika automatiska sensorer. Vid sensorfel kan temperaturmätningar resultera i felaktiga värden. Främst så avvek dessa mätningar avsevärt från förväntad temperatur i denna region, samt att de felaktiga mätningarna hade stora temperaturskillnader jämfört med mätningar tagna både före och efter sensorfelen. Dessa felaktiga mätningar kunde korrigeras med att ta medelvärdet mellan högsta och lägsta uppmätande lufttemperaturer som hade tagits vid samma mätningstillfälle när huvudtemperatursensorn krånglade. Abisko station registrerar sina mätningar manuellt, vilket gör att den mänskliga faktorn kan ge upphov till felaktiga mätningar.

Databortfallen i Latnjajaure resulterade i att vissa perioder saknade lufttemperaturmätningar överhuvudtaget. Oftast utgjordes dessa av mindre perioder på några dagar eller veckor under början av 90-talet och del av senare 2010-talet. Året 1997 var dock helt utan lufttemperaturmätningar under de utvalda månaderna november till april. Av denna anledning filterades år 1997 bort för både Abisko station och Latnjajaure station. Gällande de andra kortare perioderna med saknade lufttemperaturmätningar från Latnjajaure stationen, så har inga ytterligare åtgärder tagits. För Abisko station fanns det några få dagar utan lufttemperaturmätningar. Men Abisko station var överlag skonsad från större databortfall.



## **4.2 Identifiering av vinteruppvärmningshändelser**

Vinteruppvärmningshändelser definieras i denna studie som en period på minst 2 dagar som har minst en mätning per dag över 2°C eller 5°C. En enskild dag med en mätning per dygn på över 2°C eller 5°C är definieras i denna studie som en uppvärmningsdag.

Uppvärmningshändelserna kategoriseras i två intensitet klasser, d.v.s. händelser över 2°C samt händelser över 5°C. Ytterligare klassas dessa uppvärmningshändelser efter varaktighet, vilket kan vara från 2 dagar upp till 12 dagar långa händelser med temperaturer över 2°C eller 5°C.

Identifieringen av uppvärmningshändelser gjordes i Excel. Först med att synkronisera data från Abisko station och Latnjajaure station för mätningar mellan åren 1992 och 2017. Därefter med en funktion ” $OM(B>2; "X"; "")$ ” som markerade mätningar med temperaturer lika eller högre än 2°C samt senare temperaturer lika eller högre än 5°C som X, och lämnade lufttemperatur mätningar under 2°C eller 5°C som tomma. Denna process gjordes automatiskt, en gång för varje station och intensitet klass, totalt 4 gånger.

När alla mätningar över 2°C och 5°C hade märkts ut kunde uppvärmningshändelser identifieras och klassificeras efter varaktighet. Med detta kunde man se antalet uppvärmningshändelser i relation till deras varaktighet. Till exempel totalt antal 4-Dagars uppvärmningshändelser, hur dessa 4-Dagars uppvärmningshändelser var fördelade, och under vilket del av vinterhalvåret som de flesta uppvärmningshändelser skedde.

Då vissa uppvärmningshändelser kan sträcka sig över två olika månader eller två olika år, så identifierades individuella uppvärmningsdagar i uppvärmningshändelserna också. Till exempel en 3-Dagars uppvärmningshändelser mellan från 30 december till 1 januari. Så distribueras 3 uppvärmningsdagar, klassificeras enligt händelsens varaktighet, mellan månaderna januari och december.

### ***4.3 Nordatlantiska Oscillationen-Uppvärmningskorrelation***

Gällande Nordatlantiska Oscillationen kom tillgängligdata om positiva och negativa faser från en amerikanska myndighet, National Centers for Environmental Information (NOAA). Data var organiserat i tabellformat med månadsvisa värden från 1950 till 2020, som presenteras mellan positiv alternativt negativ medelvärde för varje månad.

För att kunna jämföra uppvärmningshändelserna med NAO data, gjordes det ett flertal korstabeller för både Abisko station och Latnjajaure station. Eftersom data över NAO faser bara fanns i månadsform, representerades vinteruppvärmningshändelserna i korstabellerna som månader med och månader utan uppvärmningshändelser på x-axeln, och NAO månader i positiv eller negativ fas på y-axeln. Ett Chi-Square test gjordes för att se om korrelationen var signifikant mellan månaderna med uppvärmningshändelser och månader med negativt eller positiv fas av Nordatlantiska Oscillation.

## 5 Resultat

Identifiering av vinteruppvärmningshändelser under perioden 1992–2017 kring Abisko station och Latnjajaure station presenteras först, följt av resultatet på fördelningen av vinteruppvärmningshändelser mellan månaderna november till april, därefter några jämförelser mellan uppvärmningshändelser mellan Abisko och Latnjajaure stationer. Till sist presenteras resultatet från korrelationen av vinteruppvärmningshändelser och NAO-faser.

### 5.1 Abisko Uppvärmningshändelser

Under den aktuella perioden 1992–2017 förekommer totalt 159 uppvärmningshändelser över 2°C i Abisko (Tabell 1). Den längsta uppvärmningshändelsen inträffade 2011 och hade en varaktighet på 12 dagar. Av de längsta uppvärmningshändelserna, d.v.s. händelser med en varaktighet mellan 6 och 12 dagar, inträffar mer än hälften av dessa under perioden 2001–2010, där det förekom 11 av total 19 uppvärmningshändelser. Medan den tidigare perioden 1992–2000 hade 3 och efterföljande perioden 2011–2017 hade 4 längre uppvärmningshändelser.

Tabell 1: Fördelningen av uppvärmningshändelser fördelad över tid från Abisko över 2 °C.

Table 1: Distribution of warming events distributed over time from Abisko over 2 °C.

År	2-DAGAR	3-DAGAR	4-DAGAR	5-DAGAR	6-DAGAR	7-DAGAR	8-DAGAR	9-DAGAR	10-DAGAR	11-DAGAR	12-DAGAR	Totalsumma
1992	2		3	1								6
1993	4	2				1						7
1994	5	1		1								7
1995	4	1										5
1996	4											4
1998	3	2					1					6
1999	5	1	1							1		8
2000	1	2										3
2001	3	1		1					1			6
2002	4		2	2						1		9
2003	4	3		1		1		1				10
2004	4	1	1		2							8
2005	3	3		1			1					8
2006	4	4						1				9
2007	3	1		2	1	1						8
2008	3	3	1									7
2009	3	1								1		5
2010		3	1									4
2011	5	2	2	1		1					1	12
2012	2	2										4
2013		1	1	1	1							4
2014	4	3	2		1							10
2015	2		1	1								4
2016	2		1			1						4
2017	1											1
<b>Totalsumma</b>	<b>75</b>	<b>37</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>159</b>

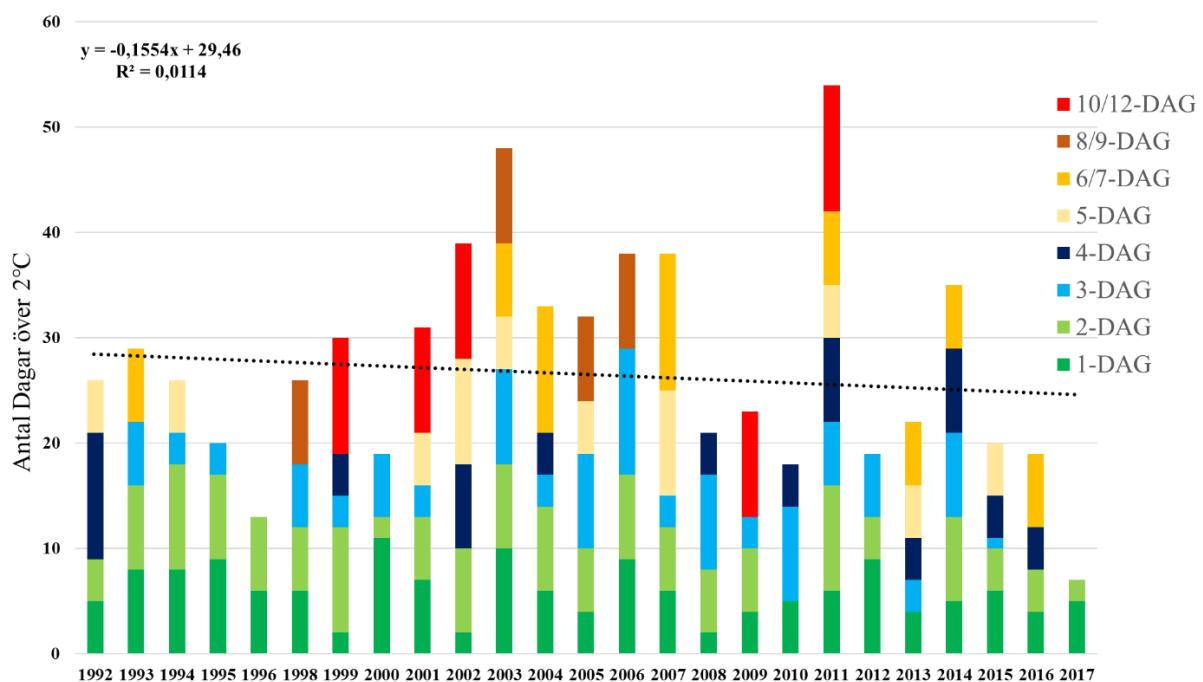
Uppvärmningshändelser över 5°C i Abisko under perioden 1992–2017, förekommer totalt vid 29 tillfällen (Tabell 2). Den längsta uppvärmningshändelsen över 5°C inträffade 2002 och hade en varaktighet på 10 dagar. Den näst längsta uppvärmningshändelsen hade en varaktighet på 4 dagar. Detta gör 10 dagars-uppvärmningshändelsen till något av en avvikelse.

Tabell 2: Fördelningen av uppvärmningshändelser fördelad genom tid från Abisko över 5 °C.

Table 2: Distribution of warming events distributed though time from Abisko over 5 °C.

År	2-DAGAR	3-DAGAR	4-DAGAR	10-DAGAR	Totalsumma
1992					
1993		1			1
1994		1			1
1995					
1996					
1998		1	1		2
1999		1			1
2000		1			1
2001		1	2		3
2002				1	1
2003			2		2
2004		2	1		3
2005		1			1
2006		1		1	2
2007		2		1	3
2008				1	1
2009		1			1
2010					
2011		3	1		4
2012					
2013			1		1
2014					
2015					
2016		1			1
2017					
<b>Totalsumma</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>29</b>

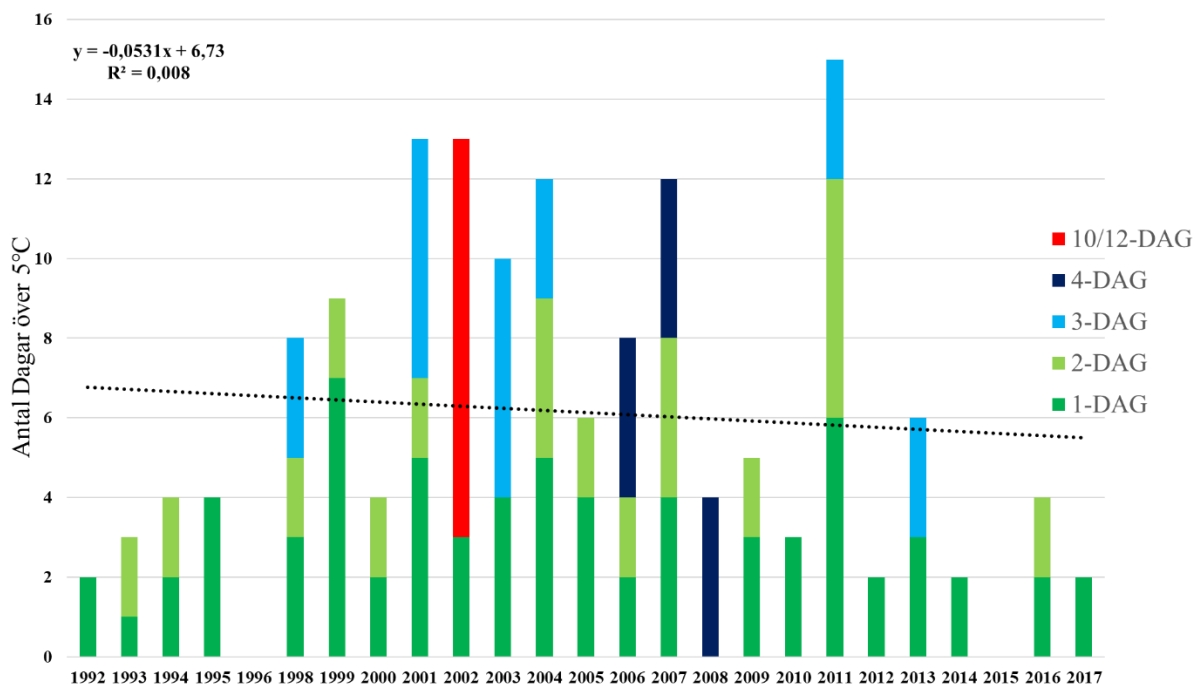
Antalet totala uppvärmningsdagar varierar under åren (Figur 2). Flest uppvärmningsdagar förekommer år 2011. Under perioden 2001 till 2007 förekommer också ett stort antal uppvärmningsdagar med över 30 uppvärmningsdagar per år. Under 2010-talet, förutom åren 2011 och 2014, är antalet uppvärmningsdagar färre med omkring 10 till 20 uppvärmningsdagar per år jämfört med det tidigare årtiondet. Under 1990-talet förekommer 20 till 30 uppvärmningsdagar per år. 1996 sticker dock ut med endast 13 uppvärmningsdagar. 2017 var det enda året här med färre än 10 uppvärmningsdagar. Överlag finns det inget år utan några identifierade uppvärmningsdagar. Trenden visar på en liten minskning av uppvärmningsdagar.



Figur 2: Uppvärmningshändelser indelat i total antal uppvärmningsdagar och varaktighets klasser från Abisko station över 2°C.

Figure 2: Warming events presented in total number of warming days and duration classes from Abisko station above 2°C.

År 2011 har även flest antal uppvärmningsdagar över 5°C, men har dock inga uppvärmningshändelser med längre varaktighet än 3 dagar. Åren 1996 och 2015 har inga identifierade uppvärmningsdagar över 5°C. 90-talet visar på en gradvis ökning från 2 till 8 uppvärmningsdagar mellan 1992 och 1999. 2010-talet visar på ett generellt lågt antal uppvärmningsdagar över 5°C jämfört med tidigare årtionden förutom 2011. Till skillnad mot 2°C uppvärmningsdagar (figur 2) förekommer två år utan några uppvärmningsdagar i Abisko (1996 och 2015). Trenden på uppvärmningsdagar över 5°C är negativ, men betydligt svagare än trenden för 2°C uppvärmningshändelser.



Figur 3: Uppvärmningshändelser indelat i total antal uppvärmningsdagar och varaktighets klasser från Abisko station över 5°C.

Figure 3: Warming events presented in total number of warming days and duration classes from Abisko station above 5°C.

## 5.2 Latnjajaure Uppvärmningshändelser

Under den aktuella perioden 1992–2017 förekommer totalt 31 uppvärmningshändelser över 2°C i Latnjajaure (Tabell 3). Den längsta uppvärmningshändelsen inträffade 2001 och hade en varaktighet på 7 dagar. 18 av de 31 identifierade uppvärmningshändelserna inträffade under åren 2001–2010, 6 under 1992–2000 och slutligen 7 under 2011–2017.

Tabell 3: Fördelningen av uppvärmningshändelser fördelad genom tid från Latnjajaure över 2 °C.

Table 3: Distribution of warming events distributed through time from Latnjajaure over 2 °C.

ÅR	2-DAGAR	3-DAGAR	4-DAGAR	5-DAGAR	6-DAGAR	7-DAGAR	Totalsumma
1992							
1993	1						1
1994		1					1
1995							
1996	1						1
1997							
1998				1			1
1999	2						2
2000							
2001						1	1
2002		1	1				2
2003					1	1	2
2004		2				1	3
2005	1						1
2006	2	1					3
2007	3						3
2008		1					1
2009	2						2
2010							
2011	3	1			1		5
2012							
2013							
2014							
2015	1						1
2016	1						1
2017							
<b>Totalsumma</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>31</b>



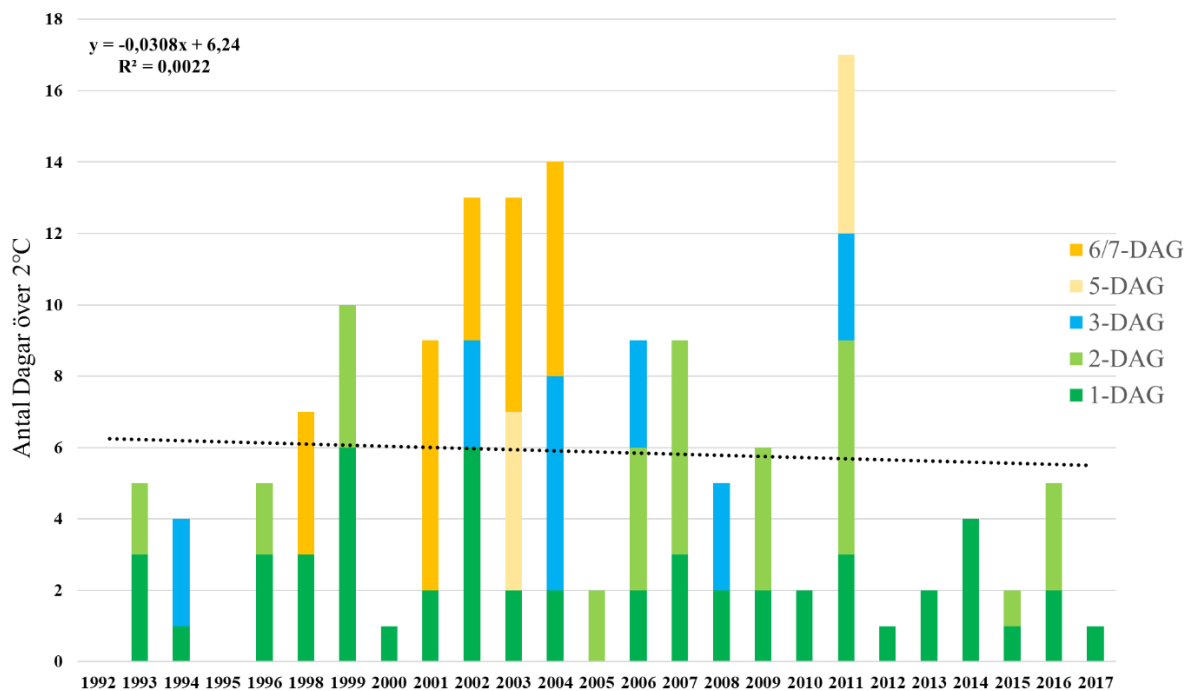
Gällande 5°C uppvärmningshändelser i Latnjajaure, förekommer endast 5 uppvärmningshändelser från denna station (Tabell 4). Den längsta uppvärmningshändelsen har en varaktighet på endast 3 dagar. Majoriteten av de identifierade uppvärmningshändelserna över 5°C förekommer under 2001–2010. Av de 5 uppvärmningshändelserna är 3 identifierade mellan 2001–2011, 1 under innan 2001 och 1 efter 2010.

*Tabell 4: Fördelningen av uppvärmningshändelser fördelad genom tid från Latnjajaure över 5 °C.*

*Table 4: Distribution of warming events distributed through time from Latnjajaure over 5 °C.*

<b>Radetiketter</b>	<b>2-DAGAR</b>	<b>3-DAGAR</b>	<b>Totalsumma</b>
1992			
1993			
1994			
1995			
1996			
1998		1	1
1999			
2000			
2001			
2002			
2003		2	2
2004			
2005			
2006			
2007			
2008		1	1
2009			
2010			
2011		1	1
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
<b>Totalsumma</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

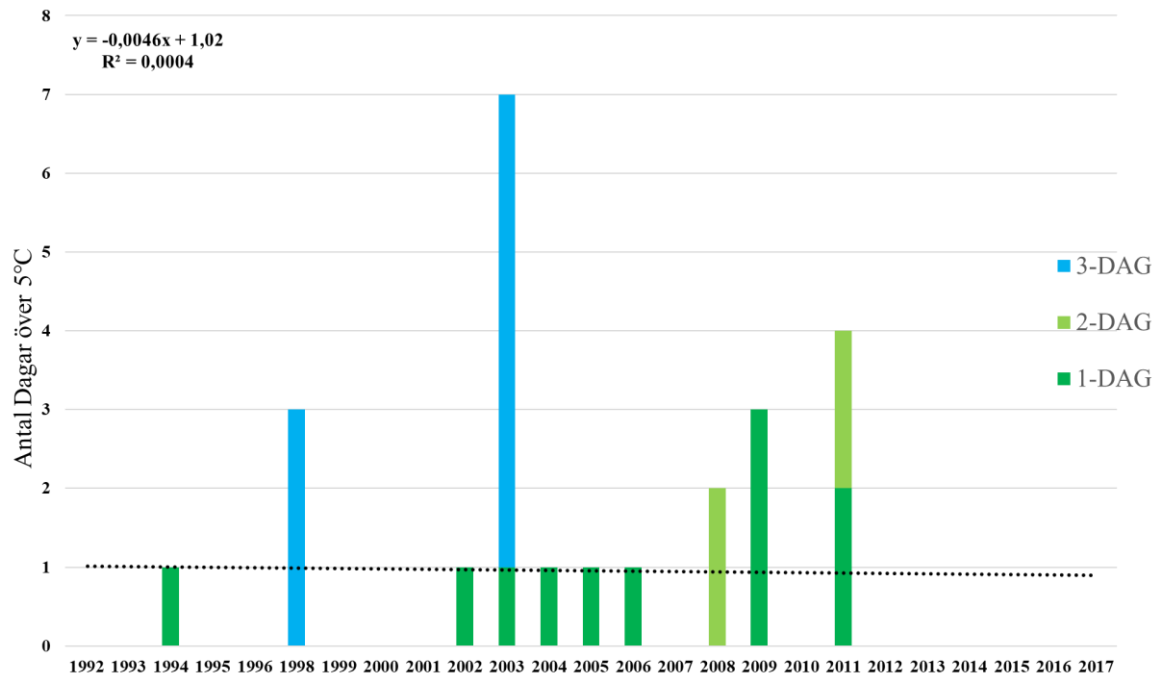
I Latnjajaure varierar antalet uppvärmningsdagar över 2°C mellan åren (Figur 4). Vidare är antalet uppvärmningsdagar flest under 2011. Perioden 2002–2004 visar på ett högt antal uppvärmningsdagar med 13 till 14 uppvärmningshändelser per år, medan år 2001 har de mest varaktiga uppvärmningshändelser på mellan 6 och 7 dagar. Perioden från 2012 och framåt har få uppvärmningsdagar, med endast två uppvärmningshändelser under åren 2015 och 2016. En av dessa händelser sträcker sig över årsskiftet 2015 till 2016, dvs 31 december till 1 januari. Under två år i början av 1990-talet förekommer inga uppvärmningsdagar. Figur 4 visar på en liten nedgående trend i antal uppvärmningsdagar.



Figur 4: Uppvärmningshändelser indelat i total antal uppvärmningsdagar och varaktighets klasser från Latnjajaure station över 2°C.

Figure 4: Warming events presented in total number of warming days and duration classes from Latnjajaure station above 2°C.

Flest antal uppvärmningsdagar förekommer under åren 1998, 2003, och 2011 (figur 5). Från 2012 och framåt förekommer inga uppvärmningsdagar över 5 °C, men detta kan till skillnad från perioden under 90-talet inte förklaras av databortfall, då alla månader under dessa år hade kompletta mätningar. Trenden visar på en liten ökning av uppvärmningsdagar men pga. få dagar är resultatet något ovisst.

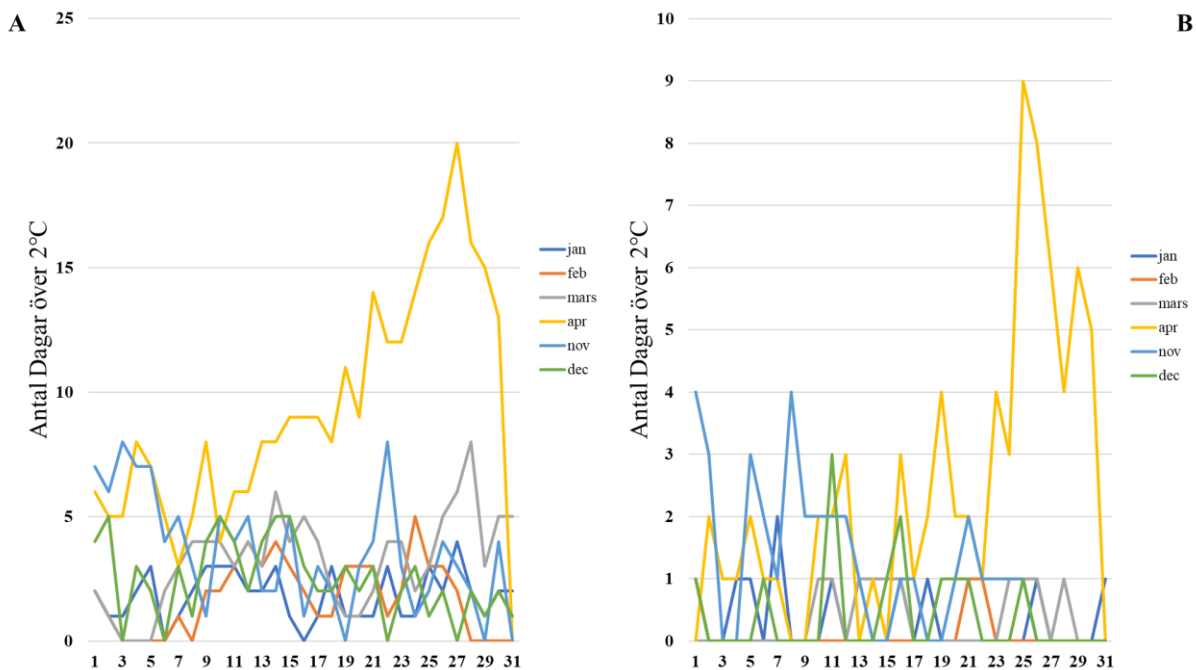


Figur 5: Uppvärmningshändelser indelat i total antal uppvärmningsdagar och varaktighets klasser från Latnjajaure station över 5°C.

Figure 5: Warming events presented in total number of warming days and duration classes from Latnjajaure station above 5°C.

### 5.3 Fördelningen av Uppvärmningshändelser mellan Vintermånaderna

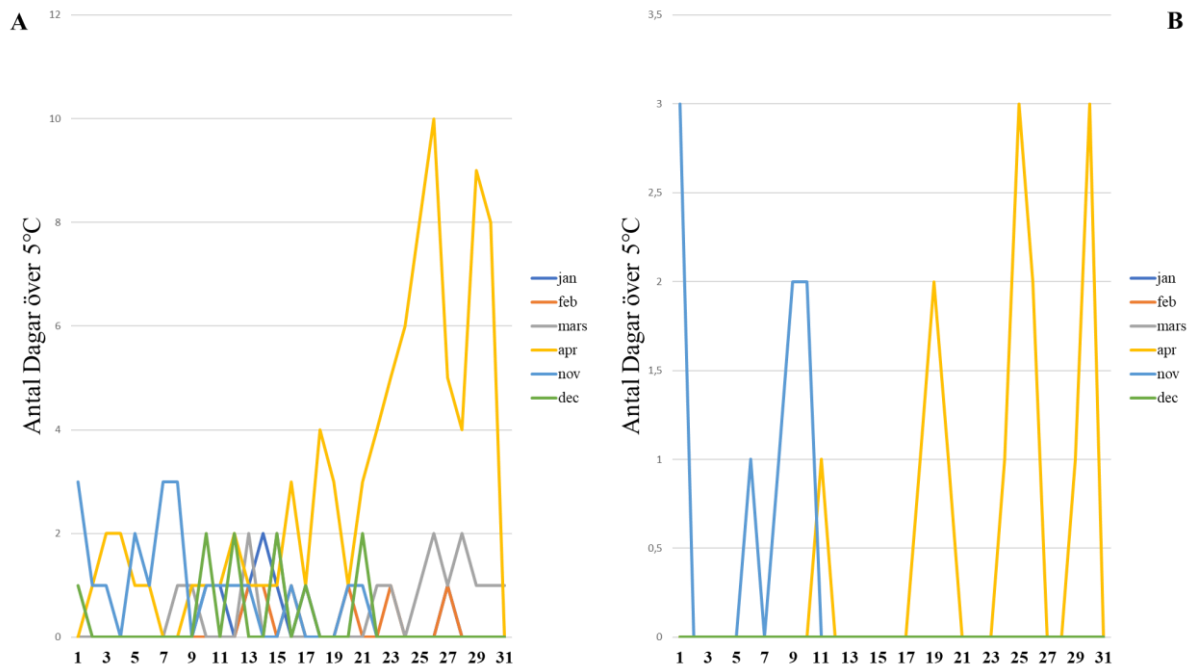
Flest antal uppvärmningshändelser över 2°C under vinterhalvåret förekommer under april månad i både Abisko och Latnjajaure (Figur 6). I april är det specifikt dagarna efter den 15 april som flest dagar med temperaturer över 2°C sker. Tittar man på de andra månaderna är det november som är den månad med näst flest antal uppvärmningsdagar, framförallt i början av november. I Abisko förekommer också ett stort antal uppvärmningsdagar i början av december för (figur 6 A), medan det i Latnjajaure förekommer många dagar i mitten av december (figur 6 B). I Abisko förekommer lika många uppvärmningsdagar i mars som i november, till skillnad från Latnjajaure som har betydligt fler uppvärmningsdagar i november jämfört med mars.



Figur 6: Fördelningen av uppvärmningsdagar över 2°C under månaderna november till april för A) Abisko station och B) Latnjajaure station.

Figure 6: Distribution of warming days over 2°C during the months November to April from A) Abisko station and B) Latnjajaure station.

Precis som för uppvärmningshändelser över 2°C, förekommer uppvärmningshändelserna över 5°C främst under månaderna april och november, specifikt efter den 15 april och början av november (Figur 7A Abisko och 7B Latnjajaure). Men inga uppvärmningsdagar över 5°C identifierades från Latnjajaure station.



Figur 7: Fördelningen av uppvärmningsdagar över 5°C under månaderna november till april i för A) Abisko station och B) Latnjajaure station.

Figure 7: Distribution of warming days over 5°C during the months November to April at A) Abisko station and B) Latnjajaure station.

## 5.4 Jämförelser mellan Latnjajaure och Abisko

Tabell 5 Fördelningen av uppvärmningshändelser över 2°C under månaderna november till april från år 1992 till 2017 i Abisko station (vänster) och Latnjajaure station (höger).

Table 5 Distribution of winter warming events above 2°C during the months of November to April from the years 1992 to 2017 in Abisko station (left) and Latnjajaure station (right).

Abisko	1	2	3	4	11	12	Totalsumma	Latnjajaure	1	2	3	4	11	12	Totalsumma
1992	2	1	1	1		1	6	1992							1
1993	2	1	1	1	2		7	1993				1			1
1994		1		3	1	2	7	1994				1			1
1995	1		1	1		2	5	1995							
1996			1	2	1		4	1996			1				1
1998	1		2	1	2		6	1998				1			1
1999		1	1	2	4		8	1999					2		2
2000			1	2			3	2000							
2001	2			1		3	6	2001				1			1
2002	2		1	3	1	2	9	2002				2			2
2003		2	3	2	3		10	2003				1	1		2
2004		1	1	3	3		8	2004				3			3
2005			2	4	2		8	2005					1		1
2006	1	1		4	2	1	9	2006				2		1	3
2007			4	2	1	1	8	2007			1	1		1	3
2008		1	1	3		2	7	2008				1			1
2009	2		1	2			5	2009	1			1			2
2010	1			3			4	2010							
2011			2	4	6		12	2011				1	4		5
2012			3	1			4	2012							
2013		1		3			4	2013							
2014		1	3	3	1	2	10	2014							
2015			1	2	1		4	2015			1				1
2016			2	1		1	4	2016				1			1
2017		1					1	2017							
<b>Totalsumma</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	<b>54</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>159</b>	<b>Totalsumma</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b></b>	<b>31</b>

I tabell 5 går det att se hur antalet uppvärmningshändelser över 2°C. under månaderna november till april har förändrats under åren 1992–2017. De flesta uppvärmningshändelser förekommer i april och november under perioden 2001 till 2010 såväl i Abisko som Latnjajaure. Latnjajaure har dock överlag betydligt färre uppvärmningshändelser jämfört med Abisko, 31 uppvärmningshändelser jämfört med 159.

Tabell 6: Fördelningen av uppvärmningshändelser över 5°C under månaderna november till april från år 1992 till 2017 i A) Abisko station och B) Latnjajaure station.

Table 6: Distribution of winter warming events above 5°C during the months of November to April from the years 1992 to 2017 at A) Abisko station and B) Latnjajaure station.

Abisko	1	2	3	4	11	12	Totalsumma	Latnja	1	2	3	4	11	12	Totalsumma
1992								1992							
1993				1			1	1993							
1994				1			1	1994							
1995								1995							
1996								1996							
1998			1	1			2	1998				1			1
1999				1			1	1999							
2000			1				1	2000							
2001	1			2			3	2001							
2002				1			1	2002							
2003				1	1		2	2003				1	1		2
2004				3			3	2004							
2005				1			1	2005							
2006				2			2	2006							
2007			1	2			3	2007							
2008				1			1	2008				1			1
2009				1			1	2009							
2010								2010							
2011				1	3		4	2011					1		1
2012								2012							
2013				1			1	2013							
2014								2014							
2015								2015							
2016				1			1	2016							
2017								2017							
<b>Totalsumma</b>	<b>1</b>		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>29</b>	<b>Totalsumma</b>				<b>3</b>	<b>2</b>		<b>5</b>

Liksom för uppvärmningshändelser över 2°C förekommer majoriteten av uppvärmningshändelser över 5°C i april och november under perioden 2001 till 2010 såväl i Abisko som Latnjajaure (Tabell 6). Latnjajaure har dock överlag betydligt färre uppvärmningshändelser jämfört med Abisko, 5 uppvärmningshändelser jämfört med 29 uppvärmningshändelser.



## 5.5 Relationen med Nordatlantiska Oscillationen

Tabell 7 visar resultatet från Chi-Square testet gällande korrelationen mellan identifierade vinteruppvärmningshändelser och faserna av den Nordatlantiska Oscillationen. Testet gjordes på korstabeller som både inkluderade och exkluderade uppvärmningsdagar, men i inget av fallen fanns det någon signifikant korrelation. Testen med uppvärmningsdagarna inkluderat gav lägre p-värde än test som exkluderade uppvärmningsdagar. När uppvärmningshändelser i Abisko från perioden 1966 till 2017 exkluderades visades några korrelationer på högre signifikansnivåer. Framst gäller detta korstabeller där uppvärmningsdagar exkluderades från månader med uppvärmningshändelser och flyttades till månader utan uppvärmningshändelser. Överlag hade Abisko under perioden 1966 till 2017 lägre p-värden än Latnjajaure och Abisko under perioden 1992 till 2017. Men då den perioden inte fanns för Latnjajaure kunde inte en signifikantest göras för den stationen.

Tabell 7: Resultatet av Chi-Square testet på korstabeller (se tabell 8 och 9 i bilagor).

Table 7: Results of Chi-Square test on cross tabulations (see table 8 and 9 in appendices)

<b>Abisko</b>			
<b>Chi-Square Test 2°C events</b>			
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>
<b>B1 With 1-Day</b>	<b>0.7026</b>	<b>.401919</b>	<b>No</b>
<b>B2 Without 1-Day</b>	<b>0.5208</b>	<b>.470486</b>	<b>No</b>
<b>Latnja</b>			
<b>Chi-Square Test 2°C events</b>			
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>
<b>D1 With 1-Day</b>	<b>0.0167</b>	<b>.897142</b>	<b>No</b>
<b>D2 Without 1-Day</b>	<b>0.0154</b>	<b>.901336</b>	<b>No</b>
<b>Abisko</b>			
<b>Chi-Square Test 5°C events</b>			
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>
<b>A1 With 1-Day</b>	<b>0.7477</b>	<b>.387208</b>	<b>No</b>
<b>A2 Without 1-Day</b>	<b>0.4141</b>	<b>.519907</b>	<b>No</b>
<b>Latnja</b>			
<b>Chi-Square Test 5°C events</b>			
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>
<b>C1 With 1-Day</b>	<b>0.6369</b>	<b>.424824</b>	<b>No</b>
<b>C2 Without 1-Day</b>	<b>2.5511</b>	<b>.110216</b>	<b>No</b>

## 6 Diskussion

Som förväntat är frekvensen av 2°C uppvärmningshändelserna betydligt fler i antal än 5°C uppvärmningshändelser, liksom att det finns flera skillnader mellan undersökta stationer. Resultatet från denna studie visar som tidigare studier att frekvensen av vinteruppvärmningshändelser var hög under början av 2000-talet (Vikhamar-Schuler et al. 2016). Under den undersökta perioden 1992–2017 förekom flest antal vinteruppvärmningshändelser under perioden 2001–2010, med 46% av uppvärmningshändelser över 2°C (tabell 1) och 66% av uppvärmningshändelser över 5°C (tabell 2) i Abisko. Motsvarande siffror för Latnjajaure är 58% av uppvärmningshändelser över 2°C (tabell 3) och 60% av uppvärmningshändelser över 5°C (tabell 4).

Existerande studier visar på en trend av ökat antal vinteruppvärmningshändelser sett ur ett 50 årsperspektiv. Modellering visar på en dubbling av framtida frekvensen av vinteruppvärmningshändelser i norra Skandinavien jämfört med perioden 1985–2014 (Vikhamar-Schuler et al, 2016). I denna studie visar resultaten att frekvensen av uppvärmningshändelser under perioden 2011–2017 var lägre än den perioden 2001–2010. Detta gäller speciellt 5°C uppvärmningshändelserna. Med 24% av 2°C- (tabell 1) och 20% av 5°C- (tabell 2) uppvärmningshändelserna i Abisko, och 22% av 2°C- (tabell 3) och 20% av 5°C- (tabell 4) uppvärmningshändelserna i Latnjajaure är trenden snarast den motsatta.

Frekvensen uppvärmningshändelser visar en liten nedåtgående trend (figur 2,3 och 4) för alla utom 5°C uppvärmningshändelser i Latnjajaure (figur 5). Uppgången i Latnjajaure för 5°C uppvärmningshändelser är dock osäker på grund av ett fåtal identifierade uppvärmningshändelser. Den valda perioden 1992–2017 kan ha varit för kort för att se någon betydande trend i frekvensen av uppvärmningshändelser.

Antalet längre vinteruppvärmningstillfällen var fler i Abisko än i Latnjajaure. Med 19 uppvärmningshändelser över 2°C med en varaktighet mellan 6 och 12 dagar. Latnjajaure hade i jämförelse 3 uppvärmningshändelser över 2°C mellan 6 och 12 dagar, vilket kan förklaras av det något mildare klimatet i området där Abisko station befinner sig, på grund av dess lägre altitud och närheten till Torneträsk (Yang et al, 2012).

Av alla år under undersökningsperioden är 2011 exceptionellt, med störst antal uppvärmningshändelser och uppvärmningsdagar över 2°C från båda stationerna (figur 2 och 4), samt över 5°C från Abisko station (figur 3). 2011 hade också den längsta identifierade uppvärmningshändelsen på 12 dagar (tabell 1/figur 2). Detta är intressant då året innan (2010) är känt för att vara särskild kallt i början av året (Cattiaux et al, 2010).

Under midvintern har uppvärmningshändelser över 2°C identifieras i en större mängd endast från Abiskostationen (figur 6). Dessa uppvärmningshändelser kan, speciellt under midvintern, leda till ett delvis nedsmält snölager, som sedan fryser när kallare temperaturer återvänder och då leda till ett hårdare snölager (Callaghan et al, 2011). Detta hårda snölager kan i Abiskoområdet drabba bland annat rennäringen i regionen, då hårdare snö och is kan göra det svårare för renarna att nå vegetationen under snön (Callaghan et al, 2011). Observationer av snöprofiler från svenska Subarktis visar på en ökning av hård snö under början av vintern samt också blötsnö i slutet av vintern och början av våren, vilket har förklarats med ökade temperaturer i början och slutet av snösäsongen (Johansson et al, 2011). Detta verkar stämma väl med resultat från denna studie som visar att uppvärmningshändelser i Abisko och Latnjajaure främst är koncentrerade till början av november och slutet av april (figur 6 och 7).

När det gäller NAO så visade resultatet av Chi-Square testet (tabell 7) ingen signifikant korrelation mellan vinteruppvärmningshändelser och NAO, trots att fler uppvärmningshändelser förekom under en positiv fas av NAO, vilket skulle passa väl med att positiv NAO associeras med högre temperatur än normalt i Nordeuropa (NOAA, North Atlantic Oscillation, 2020). Den undersökta perioden 1992 till 2017 hade överlag fler månader med positiva NAO värden än negativa värden, vilket kan ha bidragit till att Chi-Square testet inte gav en signifikant korrelation.

Mycket av processen för att identifiera uppvärmningshändelser ur lufttemperaturmätningarna gjordes manuellt genom att titta efter och markera datum med mätningar över 5°C och senare 2°C. De försökt att automatisera denna process med funktioner eller genom enklare kodning misslyckades. Även om flera efterföljande inspektioner och kontroller av den manuella processen identifierade och korrigerade ett antal felmärkta uppvärmningshändelser, går det inte att hundraprocent att garantera att det inte finns några uppvärmningshändelser som är längre eller kortare än i verkligheten. Dock så borde det inte finnas några oidentifierade uppvärmningshändelser.

Gällandet skillnader mellan månader inom vinterhalvåret när det gäller vinteruppvärmningshändelser, kan det vara bra i framtida studier att titta på hur chansen av uppvärmningshändelser sker på ett visst datum och om det har förändrats över tid. Inkluderingen av fler mätstationer överlag än de två stationer i denna studie bör ge en mer fullständig bild av utvecklingen av vinteruppvärmningshändelser i Subarktis.

I framtida studier kan identifiering av uppvärmningshändelser i området baserat på mätdata från hela mätperioden 1913 till 2020 från Abisko Naturvetenskapliga Station ge ett bättre underlag för att analysera om det finns en signifikant korrelation mellan uppvärmningshändelser och positiva eller negativa faser av Nordatlantiska Oscillationen.

## 7 Slutsats

Antalet extrema väderhändelser har ökat som en konsekvens av de antropogena klimatförändringar (Hansen et al, 2014. Bokhorst et al, 2010). Mer oregelbundet väder, särskilt under vintern (Pagter & Andersen, 2015) har lett till en ökning av vinteruppvärmningshändelser (Semenchuk, Elberling & Cooper, 2013). I denna studie har frekvensen, intensiteten och varaktigheten av vinteruppvärmningshändelser över 2°C och 5°C i Abisko och Latnjajaure under perioden 1992–2017 undersökts. Totalt identifierades 190 uppvärmningshändelser över 2°C och 34 uppvärmningshändelser över 5°C, med varaktighet på mellan 2 och 12 dagar. Frekvensen av dessa vinteruppvärmningshändelser har under den undersökta perioden ingen uppenbar ökningstrend, istället är trenden nedåtgående för båda stationerna utom 5°C uppvärmningshändelser i Latnjajaure.

Frekvensen av uppvärmningshändelserna var som störst under början av 2000-talet för både Abisko och Latnjajaure. Under perioden 2001–2010 inträffade majoriteten av de mest varaktiga uppvärmningshändelserna, mellan 5 dagar upp till längsta varaktiga uppvärmningshändelsen på 12 dagar, för att sen minska i antal under det efterföljande årtiondet, med undantaget för året 2011 som hade flest antal uppvärmningshändelser och uppvärmningsdagar under hela perioden (1992 till 2017).

Skillnaden mellan Latnjajaure och Abisko är tydlig. Gällande antalet uppvärmningshändelser hade Abisko 128 fler uppvärmningshändelser över 2°C och 24 fler uppvärmningshändelser över 5°C. Dessutom var den mest varaktiga uppvärmningshändelsen 7 dagar i Latnjajaure, vilket skall jämföras med 12 dagar för Abiskostationen. mest.

Uppvärmningsdagar förekom främst i början och slutet av vintern., dvs i början av november och slutet av april för båda stationerna.

En signifikant korrelation kunde inte säkerställas mellan vinteruppvärmningshändelser och Nordatlantiska Oscillationen under perioden 1992 till 2017.

Fortsatta framtida studier kring identifiering av uppvärmningshändelsers frekvens, intensitet och varaktighet bör inkludera fler mätstationer och längre tidsperioder, för att få en klarare bild utöver utvecklingen av vinteruppvärmningshändelser i den skandinaviska subarktiska regionen.

## 8 Litteraturförteckning

Bokhorst, S., Bjerke, J. W., Bowles, F. W., Melillo, J., Callaghan, T. V., & Phoenix, G. K. (2008). Impacts of extreme winter warming in the sub-Arctic: growing season responses of dwarf shrub heathland. *Global Change Biology*, *14*(11), 2603-2612.

Bokhorst, S. F., & Bjerke, J. W. H. Tommervik, TV Callaghan, and GK Phoenix. 2009. Winter warming events damage sub-Arctic vegetation: Consistent evidence from an experimental manipulation and a natural event. *Journal of Ecology*, *97*, 1408-1415.

Bokhorst, S., Bjerke, J. W., Melillo, J., Callaghan, T. V., & Phoenix, G. K. (2010). Impacts of extreme winter warming events on litter decomposition in a sub-Arctic heathland. *Soil Biology and Biochemistry*, *42*(4), 611-617.

Callaghan, T. V., Johansson, M., Brown, R. D., Groisman, P. Y., Labba, N., Radionov, V., ... & Golubev, V. N. (2011). The changing face of Arctic snow cover: A synthesis of observed and projected changes. *Ambio*, *40*(1), 17-31.

Callaghan, T. V., Bergholm, F., Christensen, T. R., Jonasson, C., Kokfelt, U., & Johansson, M. (2010). A new climate era in the sub-Arctic: Accelerating climate changes and multiple impacts. *Geophysical Research Letters*, *37*(14).

Cattiaux, J. (2010). J. Cattiaux, R. Vautard, C. Cassou, P. Yiou, Valérie Masson-Delmotte, F. Codron. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, *37*, L20704.

Johansson, C., Pohjola, V. A., Jonasson, C., & Callaghan, T. V. (2011). Multi-decadal changes in snow characteristics in sub-Arctic Sweden. *Ambio*, *40*(6), 566.

Cohen, J., Screen, J., Furtado, J. *et al.* Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geoscience* *7*, 627–637 (2014). <https://doi.org/10.1038/ngeo2234>

Graham, R. M., L. Cohen, A. A. Petty, L. N. Boisvert, A. Rinke, S. R. Hudson, M. Nicolaus, and M. A. Granskog (2017), Increasing frequency and duration of Arctic winter warming events, *Geoscience. Res. Lett.*, 44, 6974–6983, doi:10.1002/2017GL073395.

Hansen, B. B., Isaksen, K., Benestad, R. E., Kohler, J., Pedersen, Å. Ø., Loe, L. E., ... & Varpe, Ø. (2014). Warmer and wetter winters: characteristics and implications of an extreme weather event in the High Arctic. *Environmental Research Letters*, 9(11), 114021.

Johansson, C., Pohjola, V. A., Jonasson, C., & Callaghan, T. V. (2011). Multi-decadal changes in snow characteristics in sub-Arctic Sweden. *Ambio*, 40(6), 566.

Mann, M. E., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R. S., Hughes, M. K., Shindell, D., ... & Ni, F. (2009). Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly. *Science*, 326(5957), 1256-1260.

Moberg, A., Sonechkin, D. M., Holmgren, K., Datsenko, N. M., & Karlén, W. (2005). Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature*, 433(7026), 613–617.

Pagter, M., Andersen, U. B., & Andersen, L. (2015). Winter warming delays dormancy release, advances budburst, alters carbohydrate metabolism and reduces yield in a temperate shrub. *AoB plants*, 7.

Semenchuk, P. R., Elberling, B., & Cooper, E. J. (2013). Snow cover and extreme winter warming events control flower abundance of some, but not all species in high arctic Svalbard. *Ecology and Evolution*, 3(8), 2586-2599.

Treharne, R., Bjerke, J. W., Tømmervik, H., Stendardi, L., & Phoenix, G. K. (2019). Arctic browning: Impacts of extreme climatic events on heathland ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes. *Global change biology*, 25(2), 489-503.

Vikhamar-Schuler, D., Isaksen, K., Haugen, J. E., Tømmervik, H., Luks, B., Schuler, T. V., & Bjerke, J. W. (2016). Changes in winter warming events in the Nordic Arctic Region. *Journal of Climate*, 29(17), 6223-6244.

Yang, Z., Hanna, E., Callaghan, T. V., & Jonasson, C. (2012). How can meteorological observations and microclimate simulations improve understanding of 1913–2010 climate change around Abisko, Swedish Lapland?. *Meteorological Applications*, 19(4), 454–463.

### **Webbkällor**

Polarforskningssekretariatet. (2019). *Forskning i Abisko*, hämtad den 1 april 2020 från <https://polar.se/forskning-i-abisko/>

Polarforskningssekretariatet, (2020). *Om oss*, hämtad den 1 april 2020 från <https://polar.se/om-oss/>

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2020). *Temperaturens ökning i Sverige sedan 1800-talet*, hämtad den 14 Juni 2020 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/temperaturens-okning-i-sverige-sedan-1800-talet-1.158913>

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2015). *Nordatlantiska Oscillationen NAO*, hämtad den 1 April 2020 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/nordatlantiska-oscillationen-nao-1.13984>

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2020), *North Atlantic Oscillation (NAO)*, hämtad den 1 April från <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao/>

National Weather Service. (2012), *North Atlantic Oscillation (NAO)*, hämtad den 1 April från <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>



## 9 Bilagor

Tabell 8:

Table 8:

<b>Abisko 1966</b>				
<b>Chi-Square Test 5°C events</b>				
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>	<b>p &lt; .10</b>
<b>A1 With 1-Day</b>	<b>1.6719</b>	<b>.196004</b>	<b>No</b>	<b>No</b>
<b>A2 Without 1-Day</b>	<b>3.5639</b>	<b>.05905</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>
<b>Chi-Square Test 2°C events</b>				
	<b>Chi-square</b>	<b>p-value</b>	<b>p &lt; .05</b>	<b>p &lt; .10</b>
<b>B1 With 1-Day</b>	<b>2.838</b>	<b>.092061</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>
<b>B2 Without 1-Day</b>	<b>2.9047</b>	<b>.088319</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>

Tabell 9:

Table 9:

<b>Abisko</b>				<b>Latnja</b>			
<b>Contingency Table 2°C (With 1-Day Thawing)</b>				<b>Contingency Table 2°C (With 1-Day Thawing)</b>			
	<b>Months with 2°C events</b>	<b>Months without 2°C events</b>	<b>Total</b>		<b>Months with 2°C events</b>	<b>Months without 2°C events</b>	<b>Total</b>
NAO-	96	33	129	NAO-	18	36	54
NAO+	149	32	181	NAO+	33	63	96
<b>Total</b>	<b>245</b>	<b>65</b>	<b>310</b>	<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>99</b>	<b>150</b>
<b>Contingency Table 2°C (Without 1-Day Thawing)</b>				<b>Contingency Table 2°C (Without 1-Day Thawing)</b>			
	<b>Months with 2°C events</b>	<b>Months without 2°C events</b>	<b>Total</b>		<b>Months with 2°C events</b>	<b>Months without 2°C events</b>	<b>Total</b>
NAO-	74	55	129	NAO-	10	44	54
NAO+	121	60	181	NAO+	17	79	96
<b>Total</b>	<b>195</b>	<b>115</b>	<b>310</b>	<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>123</b>	<b>150</b>
<b>Contingency Table 5°C (With 1-Day Thawing)</b>				<b>Contingency Table 5°C (With 1-Day Thawing)</b>			
	<b>Months with 5°C events</b>	<b>Months without 5°C events</b>	<b>Total</b>		<b>Months with 5°C events</b>	<b>Months without 5°C events</b>	<b>Total</b>
NAO-	40	89	129	NAO-	6	48	54
NAO+	69	112	181	NAO+	7	89	96
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>201</b>	<b>310</b>	<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>137</b>	<b>150</b>
<b>Contingency Table 5°C (Without 1-Day Thawing)</b>				<b>Contingency Table 5°C (Without 1-Day Thawing)</b>			
	<b>Months with 5°C events</b>	<b>Months without 5°C events</b>	<b>Total</b>		<b>Months with 5°C events</b>	<b>Months without 5°C events</b>	<b>Total</b>
NAO-	17	112	129	NAO-	4	50	54
NAO+	39	142	181	NAO+	2	94	96
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>254</b>	<b>310</b>	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>144</b>	<b>150</b>