

## Endringer i vekstsesongen i Fennoskandia og Kola i perioden 1982-1999 og betydning for reindriften

**Hans Tømmervik<sup>1</sup> Kjell-Arild Høgda<sup>2</sup>, Jan Åge Riseth<sup>3</sup>, Stein-Rune Karlsen<sup>2</sup> & Frans Emil Wielgolaski<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Dept of Arctic Ecology, The Norwegian Institute for Nature Research, The Polar Environmental Centre, N-9296 Tromsø (hans.tommervik @nina.no). <sup>2</sup>NORUT IT, Postboks 6434, Forskningsparken, N-9294 Tromsø, Norway. <sup>3</sup>NORUT Social Science Research, Postboks 6434, Forskningsparken, N-9294 Tromsø, Norway, <sup>4</sup>Institute for Biology, University of Oslo, P.O. Box 1045 Blindern, N-0316 Oslo, Norway.

*Sammendrag:* Det er svært få lange tidsserier av satellittdata som kan brukes til analyse og overvåking av endringer i vekstsesong og effektene av disse endringene. Den eneste lange tidsserie med god nok romlig og temporær oppløsning er det såkalte NOAA AVHRR GIMMS NDVI datasettet som baserer seg på værsatellittdata for tidsrommet 1981-2002. Den romlige oppløsningen på 8 km x 8 km medfører medfører imidlertid at man inkluderer alt fra vatn, åkerlandskap, skog, fjellvegetasjon til breer og bart fjell. Fordelen med dataserien er daglige satellittopptak, og den egner seg godt for å følge "den grønne bølge" i vegetasjonen om våren. For å avgjøre høveligheten av datasettet til vårt formål analyserte vi det sammen med registreringer fra bakken og klimadata for å undersøke om det var noen endringer i vekstsesongens start og slutt i løpet av de siste tyve årene. Vi brukte observasjonsserier for bjørk (*Betula pubescens*) fra ulike observasjonspunkter i området da bjørk gir et signifikant bidrag til refleksjonen fra bakken. Resultatet var en høy og signifikant sammenheng mellom NDVI-dataene og løvsprett for bjørk om våren, mens man for gulning/løvfall om høsten fant en lavere, men sikker (signifikant) sammenheng. Vi fant store regionale forskjeller i trender for start av våren i studieområdet. Våren ser ut til å være enten stabil eller noe forsinket i deler av den nordlig boreale sonen, som dekker deler av de mer kontinentale deler av Nord-Finland (Lapland) og Nord-Sverige (Norrbotten). Den samme trenden er funnet i mer alpine områder både i sydlige og nordlige deler av Norge. I de sydlige vegetasjonssonene (boreonemoral og nemoral sone) er trendene stikk motsatte, og her starter våren opp til flere uker tidligere; dette innbefatter kysten av Vest-Norge. Denne trenden til tidligere vår de senere år har også blitt observert i Vest- og Sentral-Europa og har størst sammenheng med økte middeltemperaturer på våren. Når det gjelder høsten så viser våre resultater at den er forsinket i største parten av området unntatt for den mest kontinentale delen av Nord-Finland og Nord-Sverige. Dette fører til at vekstsesongen ser ut til å være forlenget i størstedelen av Fennoskandia og Kolahalvøya, foruten deler av Norrbotten og Lapland, samt mindre deler av Kolahalvøya. Når det gjelder tiden for "høysommer", fant vi ingen signifikante trender i studieområdet. Hvis disse forandringene med hensyn til start på vår og høst sammen med endringer i vekstsesongens lengde vedvarer i fremtiden, kan dette føre til at man må foreta endringer når det gjelder sesongflyttinger og bruk av de ulike årstidsbeiter. Eksempelvis kan flytting til vår og sommerbeitene foregå tidligere nå en for tyve år siden. Likeledes kan man trolig forlenge oppholdet i sommer- og høstbeitene. Dette vil medføre at bruken og oppholdet på senhøst- og vinterbeitene kan reduseres, noe som må få følger for beregninger av beitekapasiteter for de ulike årstidsbeiter. Disse forandringene kan enkelte steder være positive for reindriften. Vi fant vi større endringer i NDVI (mer biomasse) i større deler av de nordlige deler av studieområdet. Disse endringene kan komme av arealøkning av bjørkeskogsområdene og endringer fra lavdominant vegetasjon til mer lyng-, kratt- og mosedominert vegetasjon innenfor området. Også generell gjengroing av skogsområder og kulturlandskap i hele Fennoskandia fører til at området er mer skogskledt nå enn for tyve år siden, noe som igjen kan føre til redusert beitekapasitet i områder med reindrift. Resultater fra andre prosjekter viser at noen endringene som er registrert ved hjelp av satellittdatasettet, skyldes at fuktighetskrevende planter, som for eksempel skrubber (*Cornus suecica*) og moser, har økt betydelig i dekning de siste tiårene. Dekningen av typiske heiplanter som fjellkrekling (*Empetrum hermaphroditum*), blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og reinlaver er blitt redusert. Kvaliteten på beitene er dermed blitt redusert, og dette er negativt for reindriften. Disse endringene kan ha oppstått som følge av en kombinasjon av beiting, økt nedbør på våren og sommeren, samt høyere temperatur i vekstsesongen.

## Growing season changes in Fennoscandia and Kola peninsula during the period 1982 to 1999 – Implications for reindeer husbandry

*Extended abstract:* Climate change and particularly variations in air temperature have significant impacts on the growth rhythm of plants where these occur at the limits of their natural distribution range, especially at northern latitudes. Our study area, Fennoscandia and Kola Peninsula, is characterized by large regional climatic differences from south to north, from west to east, and from lowland to mountains. Accordingly, the region is well suited for looking for evidence of climatic change and studying regional differences in the response of such change. The International Panel on Climate Change (IPCC) reports that the projected warming in northern Europe is greater than for many other regions of the world. Therefore major physical and ecological changes are expected. On land, there will be a tendency for shifts in major biomes such as tundra and boreal forest. Permafrost will decline, trees and shrubs will encroach northern tundra, and broad-leaved trees may encroach coniferous forests. Net primary productivity in ecosystems is likely to increase. The temperature level at the end of the 20<sup>th</sup> century is ca. 0.5 °C higher than in the 1930 for the Northern hemisphere (IPCC and World Meteorological Organization). Other studies show that in the period 1890-1999, the increase in temperature over Fennoscandia varies between 0.02 (Karasjok) and 0.1 °C decade<sup>-1</sup> (Helsinki), and they also showed that at several stations within the area the spring temperatures have increased steadily throughout the 20<sup>th</sup> century. Most stations experienced low spring temperatures in the beginning of the century, and rather high temperatures around 1950. At present, the winter temperature levels are considerably higher than in the rest of the period. However, at northern stations the winter temperatures were higher in the 1930s than at present. Phenological registrations have been used word-wide to look for possible effects of climate change, but within Fennoscandia the problem is that phenological registrations are sparse. On Kola Peninsula, however, such observations can be tracked back more than 70 years. The few existing historical series may be useful for local studies of climatic and environmental effects through time. However, the rugged topography within the area, with its large variations in micro and local climate and thus growing conditions, makes it difficult to draw conclusions for regions or larger areas. Accordingly, in order to document the effects of the current climatic trend there is a need for objective methods applicable on a regional level. Hence, satellite data is probably the only realistic way of documenting regional trends in phenological events within Fennoscandia and Kola Peninsula. However, there are very few time-series of data available that span a sufficient time-period to be useful for trend analysis. The only long-time series with sufficient spatial coverage and temporal resolution is the NOAA AVHRR GIMMS NDVI dataset produced by Dr. Tucker at NASA, at present covering the period from July 1981 to December 2002. This dataset has been used for several global studies, but for our purpose the main challenge is the low spatial resolution of 8x8 km<sup>2</sup>. For a typical Norwegian coastal area, within one pixel there will be all types of land-cover types from ocean to rich vegetated lowland to non-vegetated high mountains and glaciers. The advantage with this dataset is that it is based on satellite data acquired several times a day, and therefore it is very good to use in order to follow “the green wave” of vegetation during springtime. Accordingly, it is of importance to investigate whether this dataset can be applied to document the regional phenological differences within the region, and whether phenological trends that may be related to climate change is observed. The NOAA AVHRR GIMMS NDVI data set obtained from weather satellites was together with in-situ data and climate data used to investigate regional climatic change impact on the length of the growing season in Fennoscandia and Kola Peninsula during the last two decades. We used phenological observation data for birch (*Betula pubescens*), and birch give a significant contribution to the reflectance from the ground in order to analyze the satellite data. A method using an individual threshold NDVI value for defining the onset of the growing season applied to each pixel for each year was chosen, and a high correlation was found between the NDVI data and in-situ phenological data on onset of leafing of birch. Determining the end of growing season based on a threshold NDVI value shows a lower correlation with surface data, but the timing by the set threshold is observed to measure somewhere in-between the onset of yellowing and all leaves fallen. In general, the results show a pattern according to vegetation zones and the altitude gradient, and partly according to vegetation sections. There are high regional differences in trends in the onset of spring. In the southern part of Fennoscandia, and on the oceanic west coast of Norway, the spring starts considerably earlier in the late nineties compared to the early eighties. The spring is stable or delayed in the northern boreal zone, which occupies large areas of northern Fennoscandia and Kola peninsula, and the same trend is also found in the alpine areas which occupies parts of both southern and northern Norway. The strongest delay occurred in the most continental section of the northern boreal zone. In the entire boreo-nemoral and nemoral zone, which occupy most of the southern part of Fennoscandia, the trend is opposite. In these areas the spring starts considerably earlier, in some parts several weeks. In the most oceanic section, the coastline of Western Norway, the spring also starts earlier. This earlier trend fits with the pattern from western and central Europe, and is likely to be related to increased spring temperature. At the same time the autumn is delayed in the whole area except in the most continental section of northern Fennoscandia (Sweden and Finland) as well as the mountainous areas of northern and southern Norway. This also means that the growing season is prolonged for the whole area, except the northern continental section (northern part of Sweden and Finland and parts of Kola peninsula). In contrast, the timing of midsummer shows less change in all the study area. There is no specific or significant trend for the timing of the peak NDVI value. These changes in the onset of spring and autumn as well as the change in the length of the

growing season may if they seem to be prolonged in the future lead to another use of the reindeer pastures as well as changes in timing of migration and in migration patterns. For example the migration to the summer pastures can start earlier now than 20 years earlier for most of the reindeer husbandry districts in Fennoscandia. In addition the migration back to winter pastures can start later, and this will reduce the length and the use of the autumn, winter and spring pastures, and these changes may be positive. If these trends will be prolonged, we have to recalculate the estimations of the carrying capacity for the different reindeer pastures in Fennoscandia. We have used the NOAA AVHRR GIMMS NDVI dataset to assess the change in maximum NDVI on regional level. It is observed that the trend is towards a higher peak NDVI-value in midsummer in the most of northern Fennoscandia. For larger parts of Fennoscandia the trends are positive and causes for this could be increased extent of the mountain birch forests and changes in the vegetation cover from lichen dominated cover to more heather vegetation and scrubs but these changes may be negative for the reindeer pasture. Also overgrowing of the cultural landscape as well as general increase of the boreal forests may reduce the carrying capacity for the reindeer. It is also observed in the EU-funded HIBECO-project and the NFR (Norwegian Research Council) funded PhenoClim-project that more "humid preferring" plant species, for instance the Lapland dwarf cornel (*Cornus suecica*) and mosses have increased in recent years, while typical heath species as crowberry (*Empetrum hermaphroditum*), bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and reindeer lichens have decreased. The quality of the reindeer pastures is then reduced, and these changes are considered negative for the reindeer husbandry. This may have been caused by a combination of grazing, increased precipitation and higher temperatures during the growing season.

## Innledning

Klimaendringer og spesielt variasjoner i lufttemperatur har stor betydning for plantenes vekstrytme i nordområdene. Vårt studieområde som dekker Fennoskandia og Kolahalvøya preges av store regionale forskjeller i klima både når det gjelder geografi, terreng og høydelag, og er derfor godt egnet for å studere effekter av eventuelle klimaendringer. Det internasjonale klimapanelet (IPCC) rapporterer at de forventede oppvarmingen av jorda er større i Nord-Europa enn i andre deler av verden, og vi kan her forvente betydelige geofysiske og økologiske endringer (McCarty *et al.*, 2001). Middelttemperaturen på den nordlige halvkule var i år 2000 omtrent 0.5 grader høyere enn i 1930. Det er også blitt vist at temperaturøkningen i perioden 1890-1999 varierte fra 0,02 grader pr. tiår i Karasjok til 0,1 grader i Helsingfors (Tveito *et al.*, 2000). Middelttemperaturene for vår og vinter har vist seg å øke for mange meteorologiske stasjoner i Fennoskandia. På land vil disse endringene berøre fjell, viddeområder, tundra og boreale skogsområder (Hultén, 1971; Walther *et al.*, 2002). Utbredelsen av planter og vegetasjonstyper er i stor grad kontrollert av klimaet (Tuhkanen, 1980; Woodward, 1987; Moen, 1999), og de klimaendringer som er påvist og vil komme, vil gi seg utslag i at enkelte arter rykker inn i nye områder, ofte på bekostning av arter som har vært tilpasset et annet klima. Områder med permafrost og palsmyrer vil trolig reduseres (Luoto *et al.*, 2004; Payette *et al.*, 2004), trær og kratt vil rykke inn på vidde- og i tundraområder (Grace *et al.*, 2002; Sturm, 2002; Tømmervik *et al.*, 2004). Andelen av løvtrær i typiske barskogsområder er forventet å øke i omfang (Grace *et al.*, 2002). Netto primær produksjon i de ulike økosystemene er dermed forventet å øke (Tømmervik *et al.*, 2004; 2005).

## Metoder

Fenologiske observasjonsserier har ellers i verden blitt brukt for å se på mulige effekter av klimaendringer, men lange og sammenhengende observasjonsserier er det få av i Fennoskandia (Karlsson *et al.*, 2003). På Kola har vi relativt lange serier som strekker seg tilbake til 1930-tallet (Kozlov & Berlina, 2002). De relativt få historiske seriene av fenologidata som er tilgjengelige, kan være svært så viktige for å studere lokale effekter av klimaendringer, men disse seriene er ikke representative utover det stedet de er registrert, og man kan derfor ikke trekke konklusjoner for større regioner. Vi må derfor enten øke antall observasjonspunkter eller bruke andre objektive metoder som er brukbare på et regionalt nivå (Reed *et al.*, 1994; Myneni *et al.*, 1997; Schwartz *et al.*, 2002). For å dokumentere endringer i vekstsesong og effektene av dette er bruk av satellittdata med ekstraherte vegetasjonsindekser som bl.a. NDVI (Sellers, 1986; Tucker & Sellers, 1986) den mest egnete måten å overvåke dette i et så stort og mangfoldig område som Fennoskandia og Kolahalvøya. Vegetasjonsindeksen som vi bruker i dette prosjektet, den såkalte normaliserte differensielle vegetasjonsindeksen (NDVI), er definert som følger:

$$NDVI = (B2-B1)/(B2+B1) \quad (1)$$

hvor B1 (band1) og B2 (band2) representerer henholdsvis rødt område (B1) og infrarødt område (B2) i det elektromagnetiske spekteret.

Det er svært få lange tidsserier av satellittdata som kan brukes til en slik analyse og overvåking. Den eneste lange tidsserie med god nok kalibrering, romlig og temporær oppløsning er det såkalte NOAA AVHRR GIMMS NDVI<sup>1</sup> datasettet som er produsert av Dr. Tucker ved NASA Goddard Space Flight Centre i USA (Tucker *et al.*, 2001; Zhou *et al.*, 2001). Det datasettet vi har brukt, dekker perioden juli 1981 til og med desember 2002 og er brukt i mange ulike globale studier som har studert endringer i vekstsesonger og biomasse. Problemet for oss med å ta dette datasettet i bruk er at den romlige oppløsningen er på 8 km x 8 km. For kystlandskaper medfører denne lave romlige oppløsningen at man inkluderer alt fra vatn, åkerlandskap, skog, fjellvegetasjon til breer og bart fjell innenfor en og samme piksel. Fordelen med denne dataserien er at den er konstruert på bakgrunn av daglige satellittopptak (2-3 for dagen) og egner seg godt til å følge "den grønne bølge" i vegetasjonen om våren.

På tross av den grove romlige oppløsningen ville vi undersøke om datasettet kunne bli brukt for å dokumentere endringer i de ulike sesongfasene (fenofaser) i Fennoskandia og på Kolahalvøya, og om man kunne registrere endringer som er relatert klimaendringer eller ikke. Vi analyserte derfor dette datasettet (NOAA AVHRR GIMMS NDVI) sammen med registreringer fra bakken som fenologi og pollendata fra bjørk og klimadata for å undersøke om det var noen endringer og trender i vekstsesongens start, slutt og lengde i løpet av de siste tyve årene. Vi brukte observasjonsserier fra bakken for bjørk (*Betula pubescens*) fra ulike observasjonspunkter i området for å kalibrere den satellittbaserte observasjonsserien, da bjørk gir et signifikant bidrag til refleksjonen fra bakken. Blant annet for å overkomme problemet den lave romlige oppløsningen (blandete piksler) medfører over typisk norsk fragmentert terreng, utviklet vi en metode der tersklingsnivået for hvert NDVI piksel ble satt individuelt for å definere start/slutt på vekstsesongen for hvert år (Høgda *et al.*, 2002).

## Resultater og diskusjon

### *Endringer i vekstsesonger*

Generelt viste resultatene et mønster som var avhengig av vegetasjonssone (vegetasjonssoner fra syd til nord), høydeforhold, samt vegetasjonseksjon (kyst – innlandgradienten). I Fig. 1 har vi presentert et kart over Norden og Kolahalvøya som viser endringer i lengde av vekstsesongen for perioden 1982 til og med 1999, men trendene for perioden 1982 til 2002 er imidlertid de samme (Høgda *et al.*, in prep). Vi fant en signifikant sammenheng mellom NDVI-dataene presentert i kartet (Fig. 1) og løvsprett (løvsprickning) og pollen for bjørk om våren (Tabell 1), mens man for gulning/løvfall om høsten (Tabell 1) fant en lavere men sikker (signifikant) sammenheng. Resultatene viser store regionale forskjeller når det gjelder trender for start av våren i studieområdet. Våren ser imidlertid ut til å være enten stabil eller noe forsinket i deler av den nordlig boreale sone, som dekker deler av de mer kontinentale deler av Nord-Finland (Lapland) og Nord-Sverige (Norrboten). I de sistnevnte områder var forsinkelsen av våren størst. Den samme trenden er funnet i mer alpine områder både i sydligere og nordlige deler av Norge. I de sydlige og sydvestlige deler av Fennoskandia, er trenden motsatt, og her starter våren tidligere i slutten av perioden sammenlignet med begynnelsen av 1980-tallet. I de sydligste vegetasjonssonene (boreonemoral og nemoral sone) og i de mest oseriske områdene (seksjonene) i Syd- og Vest-Norge starter våren opp til flere uker tidligere. Denne trenden til tidligere vår de senere år har også blitt observert i Norden av Karlsson *et al.* (2003) og i Vest- og Sentral-Europa (Menzel & Fabian, 1999; Ahas *et al.*, 2002; Sparks & Menzel, 2002; Emberlin *et al.*, 2002), og har størst sammenheng med økte middeltemperaturer om våren (Chmielewski & Rötzer, 2002).

Når det gjelder høsten, viser våre resultater at den er forsinket i største parten av reindriftsområdet i Norden (Tabell 1 og Fig. 1) unntatt for den mest kontinentale delen av Nord-Finland og Nord-Sverige. Dette fører til at vekstsesongen ser ut til å være forlenget i størstedelen av Fennoskandia og Kolahalvøya, foruten deler av Norrbotten og Lapland, samt mindre deler av Kolahalvøya. Når det gjelder tiden for "høysommer", fant vi ingen signifikante trender (endringer) innenfor studieområdet.

---

<sup>1</sup> NOAA AVHRR GIMMS NDVI - The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) provides a measure of the amount and vigor of vegetation at the land surface. The magnitude of NDVI is related to the level of photosynthetic activity in the observed vegetation. In general, higher values of NDVI indicate greater vigor and amounts of vegetation. NDVI is derived from data collected by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) satellites, and processed by the Global Inventory Monitoring and Modeling Studies (GIMMS) at the National Aeronautics and Space Administration (NASA). NDVI is calculated from two channels of the AVHRR sensor, i.e., reflected solar radiation in the near-infrared (NIR) and visible (VIS) wavelengths, using the following algorithm:  $NDVI = (NIR - VIS)/(NIR + VIS)$ .

Table 1. Korrelasjoner mellom start og slutt på vekstsesong (1982-1999) målt med NDVI (satellittmålinger) og fenologiske data (bjørk; løvsprett og gulning), pollen data og klima data (passering av middeltemperatur på 5 °C og 0 °C). Korrelasjonskoeffisient  $r$  signifikant: \* <0.05 og \*\* < 0.01. Trender er målt i dager per år (dag år<sup>-1</sup>) og forskjeller mellom satellittmålinger og bakkemålinger i dager.

Fenologisk observasjonsstasjon	Datatype	Periode	$r$	Trend dag år <sup>-1</sup>	Forskjell mellom bakke- og satellittmålinger (NDVI) i dager
<b>Vår</b>					
Svanhovd (Pasvik), Norge	Løvsprett	1994-99	0.63	1.9	-1
Abisko, Sverige	Løvsprett	1982-99	0.58*	0.7	1
Kevo, Utsjok, Finland	Løvsprett	1982-99	0.86**	0.1	0
Kilpisjärvi, Finland	Løvsprett	1989-99	0.60	1.0	1
Tromsø, Norge	Pollen	1984-99	0.72**	0.9	-14
Trondheim, Norge	Pollen	1982-99	0.59*	-0.4	-15
Karesuando, Finland	Siste dag med snø	1982-98	0.39	0.2	-4
Karesuando, Finland	0 °C	1982-98	0.48	0.2	-29
Karesuando, Finland	5 °C	1982-98	0.36	0.3	-2
<b>Høst</b>					
Svanhovd (Pasvik), Norge	Gulning >50 %	1994-99	0.50	-2.9	-11
Kilpisjärvi, Finland	Gulning >50%	1988-99	0.15	-0.2	3
Karesuando, Finland	5 °C	1982-98	0.60	0.1	-32
Karesuando, Finland	0 °C	1982-98	-0.03	0.1	-8

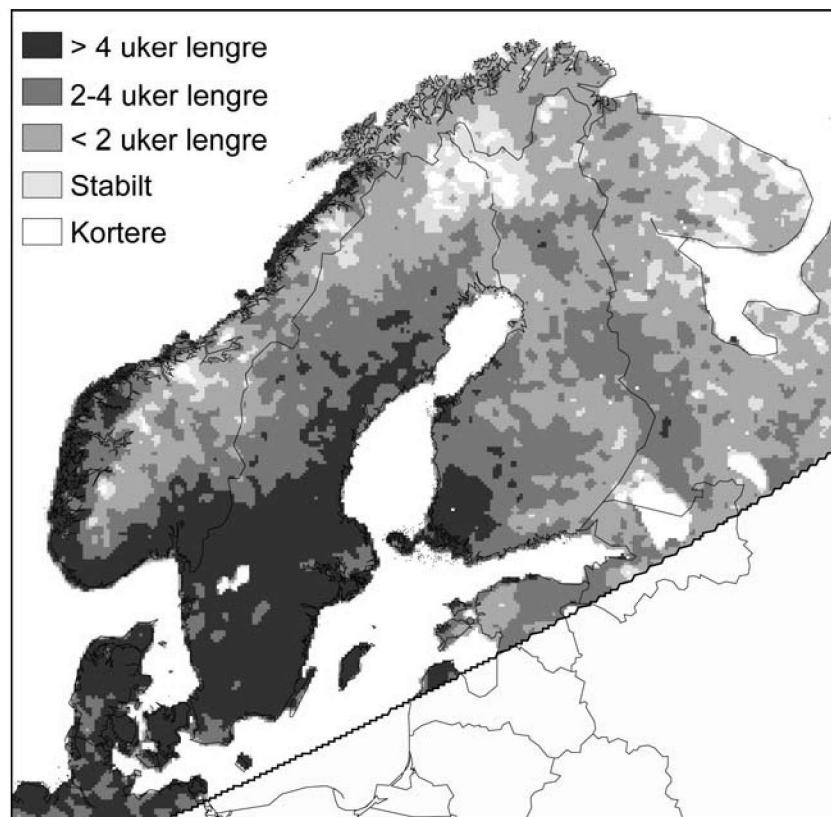


Fig. 1. Endringer i vekstsesongens lengde for Fennoskandia og Kolahalvøya i løpet av perioden 1982 til 1999.

### *Mulige endringer i driftsmønstre og beitekapasiteter*

I Fig. 1 ser man at vekstsesongen er blitt mer enn 2 uker lenger i de fleste reinbeitedistrikter, renbeteslag og samebyer i slutten av perioden sammenlignet med begynnelsen av perioden. Hvis disse forandringene med hensyn til start på vår og høst sammen med endringer i vekstsesongens lengde vedvarer i fremtiden (Tabell 2), kan dette føre til at man må foreta endringer når det gjelder sesongflyttinger og bruk av de ulike årstidsbeiter. Eksempelvis kan flytting til vår og sommerbeitene foregå tidligere nå en for tyve år siden. Likeledes kan man trolig forlenge oppholdet i sommer- og høstbeitene. Dette vil medføre at bruken og oppholdet på senhøst- og vinterbeitene kan reduseres, noe som må få følger for beregninger av beitekapasiteter for de ulike årstidsbeiter (Tabell 2). Disse forandringene kan i enkelte områder være positive for reindriften. Weladji & Holand (2003) og Weladji *et al.* (2003a) har vist at været om sommeren og mengden av insekter (Weladji *et al.*, 2003b) er bestemmende for kalvenes kondisjon og livsløp. Endringer i vekstsesongens lengde vil dermed ha betydning for kalvenes overlevelsessevne og kondisjon.

### *Endringer i vegetasjonen som følge av klima- og andre endringer*

Vi har brukt det samme datasettet fra NASA (NOAA AVHRR GIMMS NDVI) til å dokumentere om det har vært endringer i maksimale NDVI-nivåer i studieområdet (Fig. 2), og her fant vi større endringer i NDVI (mer biomasse) i større deler av de nordlige deler av studieområdet. Områdene i Troms og Kiruna, Finnmarksvidda og Utsjok (innenfor de små "firkantene" i Fig. 2) viser at det her har blitt mer dominans av grønn vegetasjon dvs. skog, lyng- og grasdominert vegetasjon på bekostning av lavdominert vegetasjon (Tømmervik *et al.*, 2004; Thannheiser *et al.*, 2005). Disse endringene kan komme av at arealene av bjørkeskog har økt innenfor reindriftsområdene (Tømmervik, 2004), samt endringer fra lavdominerte vegetasjonstyper til mer lyng-, kratt- og mosedominert vegetasjon innenfor området (Sturm, 2002; Tømmervik *et al.*, 2004; Tømmervik *et al.*, 2005). Også generell gjengroing av skogsområder og kulturlandskap i hele Fennoskandia og Europa (Sparks & Menzel, 2002) fører til at området er mer skogskledt nå enn for tyve år siden, noe som igjen kan føre til redusert beitekapasitet i områder med reindrift (Tømmervik *et al.*, 2004; Tømmervik *et al.*, 2005). Resultater fra det EU-finansierte HIBECO<sup>2</sup>-prosjektet og resultater fra PhenoClim-prosjektet (finansiert av Norges Forskningsråd) viser at noen av de endringer som er registrert ved hjelp av datasettet fra NASA, kommer av at fuktighetskrevede planter, som for eksempel skrubbe ( *Cornus suecica* ) og moser, har økt betydelig i dekning de siste tiårene (Tømmervik *et al.*, 2004; Thannheiser *et al.*, 2005). Dekningen av typiske heiplanter i den glisne bjørkeskogen som fjellkrekling ( *Empetrum hermaphroditum* ), blåbær ( *Vaccinium myrtillus* ) og reinlaver er derimot blitt redusert i samme tidsrom (Tømmervik *et al.*, 2004; Thannheiser *et al.*, 2005) Kvaliteten på beitemat er dermed blitt redusert, og dette er negativt for reindriften. Disse endringene kan ha oppstått som følge av en kombinasjon av beiting, økt nedbør på våren og sommeren, samt høyere temperatur i vekstsesongen (Tømmervik *et al.*, 2004).

Klimaendringer kan også føre til større nedbørmengder i form av snø og regn vinterstid (Wielgolaski, 2001) som kan føre til økt is- og skaredannelse. Plantene kan dermed bli utsatt for oksygenmangel spesielt på vårvinteren (Wielgolaski, 2001). Dette kan føre til reduksjon av viktige reinbeiteplanter som gulskinn ( *Cetraria nivalis* ), lys reinlav ( *Cladonia mitis* ), smyle ( *Deshampsia flexuosa* ), sauesvingel ( *Festuca ovina* ), blåbær ( *Vaccinium myrtillus* ) og tyttebær ( *Vaccinium vitis-idaea* ) (Wielgolaski, 2001). Snørike vintre kan også føre til redusert produksjon og økt dødelighet hos reinsdyr, og spesielt gjelder dette områder med høye reintettheter (Fauchald *et al.*, 2004).

Lengre vekstsesong kan også redusere dekning, produksjon og kvalitet for noen beiteplanter som er tilpasset et mer arktisk klima (Jonasson *et al.*, 1996; Chapin & Shaver, 1996; Alward *et al.*, 1999). Dette er en endring som også kan virke negativt inn på reindriften.

---

<sup>2</sup> HIBECO - Human Interactions with the Mountain Birch Forest ECOSystem

Table 2. Mulige effekter på reindrift på grunn av klimaendringer og endringer i lengde på vekstsesong.

Faktor	Endring	+/-	Økologiske faktorer	Mulige effekter på og endringer av driftsaktiviteter	Andre effekter
<b>Vår</b>	Tidligere vår	+	Bedre beitetilgjengelighet,	Tidligere vårflytting	Større kalveprosent
	Senere vår	-	Dårligere beitetilgjengelighet, Isdannelse: negativ innvirkning på beiteplanter	Senere vårflytting. Reinen må gå fritt og spredt Senvinter/vårbeiter	”Lavdød” på grunn av is og skaredannelser i snøen (oksygenmangel). Tilbakegang for lyng og enkelte grasplanter
<b>Sommer (normalt klima)</b>	Lengre sommer	+	Større beiteproduksjon (grønbeite)	Lengre opphold på sommerbeite	.Større sommerbeitekapasitet Reinen får bedre kondisjon Fare for overutnyttning av sommerbeiter Redusert sommerbeitekapasitet
	Kortere sommer	-	Mindre beiteproduksjon (grønbeite)	Kortere opphold på sommerbeite	
<b>Sommer (fuktigere klima)</b>	Lengre sommer	+/-	Større beiteproduksjon (grønbeite)	Endringer i vegetasjonsdekket, planter tilpasset et mer fuktig klima øker i dekning. Lengre opphold på sommerbeite	Fare for overutnyttning av sommerbeiter Endringer i vegetasjonsdekket kan føre til redusert sommerbeitekapasitet
	Kortere sommer	-	Mindre beiteproduksjon (grønbeite)	Kortere opphold på sommerbeite	Redusert sommerbeitekapasitet Reinen får dårligere kondisjon
<b>Høst</b>	Senere høst	+	Større tilgjengelighet av grønbeite	Senere vinterflytting, lengere opphold på høstbeite	Redusert bruk av vinterbeiteområdene. Reinen får bedre kondisjon. Større kalveprosent våren etter.
<b>Lengde på vekstsesong</b>	Tidligere høst	-	Mindre tilgjengelighet av grønnplanter	Tidligere vinterflytting, kortere opphold på høstbeite	Dårligere kondisjon for reinen
	Lengre	+	Bedring av beitetilgjengelighet	Større sommerbeitekapasitet og antall reinbeitedøgn.	Lengre vekstsesong kan redusere frekvensen og dekingen for noen beiteplanter som er tilpasset et arktisk klima Lengre vekstsesong: bedre kondisjon for reinen
	Kortere	-	Dårligere beitetilgjengelighet	Mindre sommerbeitekapasitet og antall reinbeitedøgn	Kortere vekstsesong: Dårligere kondisjon for reinen
<b>Vinter</b>	Kortere	+	Bedring av beitetilgjengelighet	Større vinterbeitekapasitet og redusert behov for reinbeitedøgn på vinterbeite	Kortere vintersesong: bedre kondisjon for reinen mot våren. Større kalveprosent.
	Lengre	-	Dårligere beitetilgjengelighet	Mindre vinterbeitekapasitet og behov for større antall reinbeitedøgn på vinterbeite	Lengre vekstsesong: Dårligere kondisjon for reinen mot våren

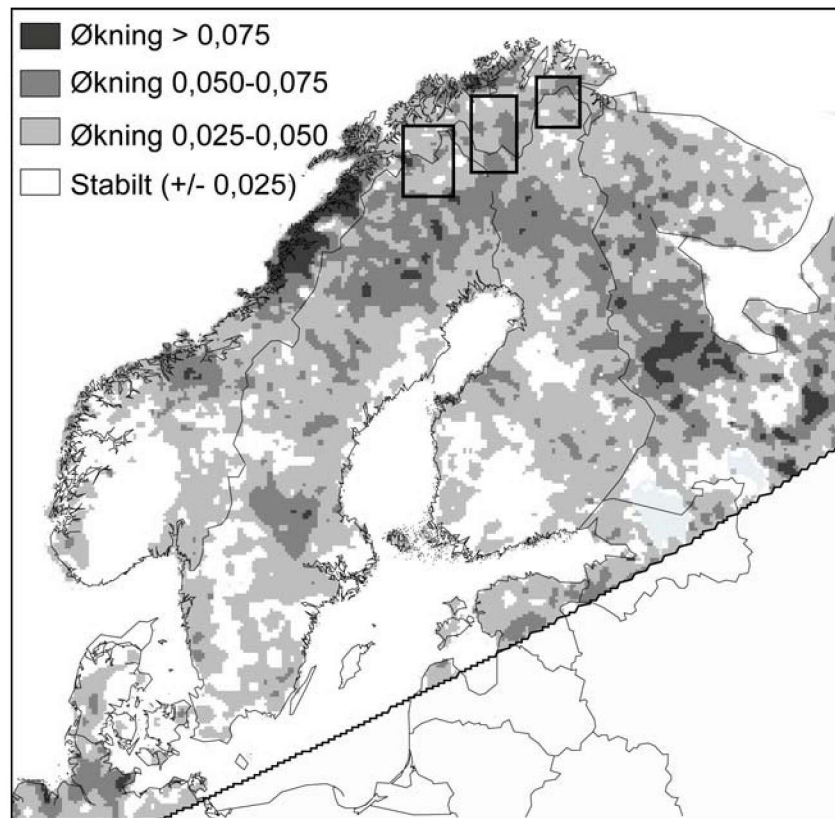


Fig. 2. Kart som viser endringer i NDVI for juli og august i perioden 1982-1999. Områdene i Troms og Kiruna, Finnmarksvidda og Utsjok (innenfor de små "firkantene") viser at det her har blitt mer dominans av grønn vegetasjon dvs. skog, lyng- og grasdominert vegetasjon på bekostning av lavdominert vegetasjon.

## Referanser

- Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, G. & Scheifinger, H. 2002. Changes in European spring phenology. – *International Journal of Climatology* 22:1727-1738.
- Alward, R. D., Detling, J.K. & Milchunas, D.G. 1999. Grassland vegetation changes and nocturnal global warming. – *Science* 283: 229-231.
- Chapin, F.S. & Shaver, G.R. 1996. Physiological and growth responses of arctic plants to a field experiment simulating climatic change. – *Ecology* 77: 822-840.
- Chmielewski, F.-M. & Rötzer, T. 2002. Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. – *Climatic Research* 19: 257-264.
- Emberlin, J., Detandt, M., Gehrig, R., Jaeger, S., Nolard, N. & Rantio-Lehtimäki, A. 2002. Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. – *Int. J. Biometeorol.* 46: 159-170.
- Fauchald, P., Tveraa, T., Henaug C. & Yoccoz N. 2004. Adaptive regulation of body reserves in reindeer, *Rangifer tarandus*: a feeding experiment. – *Oikos* 107: 583-591.
- Grace, J., Berninger, F. & Nagy, L. 2002. Impacts of climate change on the tree line. – *Ann. Bot.* 90: 537 - 544.
- Hultén, E. 1971. *Atlas over växternas utbredning i Norden, Fanerogamer och ormbunkeväxter*. Ed. 2. LVI +531pp. Generalstabens litografiska anstalts förlag, Stockholm, Sweden.
- Høgda, K.A., Karlsen, S.R., Solheim, I., Tømmervik, H. & Ramfjord, H. 2002. The start dates of birch pollen seasons in Fennoscandia studied by NOAA AVHRR NDVI data. – *Proceedings of IGARSS. 24-28 June 2002, Toronto, Ontario, Canada*. ISBN 0-7803-7536-X.
- Høgda, K.A., Karlsen, S.R. & Tømmervik, H. (in prep.). Regional trends in plant phenology in Fennoscandia as measured from satellite data 1982 –2002.
- Jonasson, S., Lee, J.A., Callaghan, T.V., Havstrom, M. & Parsons, A.N. 1996. Direct and indirect effects of increasing temperatures on subarctic ecosystems. – *Ecological Bulletins* 45: 180-191.
- Karlsson, P.S., Bylund, H., Neuvonen, S., Heino, S. & Tjus, M. 2003. Climatic response of budburst in the mountain birch at two areas in northern Fennoscandia and possible responses to global change. – *Ecography* 26: 617-625.



- Keeling, C.D., Chin, F.S. & Whorf, T.P. 1996. Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO<sub>2</sub> measurements. – *Nature* 382: 146-149.
- Klaveness, D. & Wielgolaski, F.-E. 1996. Plant phenology in Norway - a summary of past and present first flowering dates (FFDs) with emphasis on conditions within three different areas. – *Phenology and Seasonality* 1: 47-61.
- Kozlov, M.V. & Berlina, N. G. 2002. Decline in Length of the Summer Season on the Kola Peninsula, Russia. – *Climate Change* 54: 387-398.
- Linkosalo, T. 2000. *Analyses of the spring phenology of boreal trees and its response to climate change*. University of Helsinki Department of Forest. Ecology Publications 22.
- Luoto, M., Fronzek, S., & Zuidhoff, F.S. 2004. Spatial modelling of palusa mires in relation to climate in northern Europe. – *Earth surface processes and landforms* 29: 1373-1387.
- Menzel, A. 2002. Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. – *Climatic Change* 57: 243-263.
- Menzel, A. & Fabian, P. 1999. Growing season extended in Europe. – *Nature* 397: 659.
- Moen, A. 1999. *National Atlas of Norway: Vegetation*. Norwegian Mapping Authority, Hønefoss. 200pp.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. & Nemani, R.R. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386: 698-702.
- Myneni, R.B., Dong, J., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Kauppi, P.E., Liski, J., Zhou, L., Alexeyev, V. & Hughes, M.K. 2001. A large carbon sink in the woody biomass of Northern forests. – *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 98: 14784-14789.
- Payette, S., Delwaide, A., Caccianiga, M., & Beauchemin, M. 2004. Accelerated thawing of subarctic peatland permafrost over the last 50 years. – *Geophysical research letters* 31 (18): Art. No. L18208 SEP 25, 2004.
- Reed, B.C., Brown, J.F., VanderZee, D., Loveland, T.R., Merchant, J.W., Ohlen, D.O. 1994 Measuring phenological variability from satellite imagery. – *Journal of Vegetation Science* 5: 703-714.
- Schwartz, M.D., Reed, B.C. & White, M.A. 2002 Assessing satellite-derived start-of-season measures in the conterminous USA. – *International Journal of Climatology* 22: 1793-1805.
- Sellers, P.J. 1986. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. – *International Journal of Remote Sensing* 1335-1372.
- Sparks, T.H. & Menzel, A. 2002. Observed changes in seasons: an overview. – *International Journal of Climatology* 22: 1715-1725.
- Sturm, M., Racine, C. & Tape, K. 2001. Climate change: Increasing shrub abundance in the Arctic. – *Nature* 411: 546-547.
- Thannheiser, D., Tømmervik, H., & Wehberg, J. 2005. The Vegetation Changes and Recent Impact on the Mountain Birch Forest During the Last 40 Years. – *In: Wielgolaski, F.E. (Ed.). Plant Ecology, Herbivory, and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Springer-Verlag, Berlin. Ecological studies 180: 235-254.
- Tucker, C.J., and Sellers, P.J. 1986, Satellite remote sensing of primary production. – *International Journal of Remote Sensing* 1395-1416.
- Tucker, C.T., Slayback, D.A., Pinzon, J.E., Los, S.O. Myneni, R.B. & Taylor, M.G. 2001. Higher Northern Latitude NDVI and Growing Season Trends from 1982 to 1999. – *Int. J. Biometrol.* 45:184-190.
- Tuhkanen, S. 1980. Climatic parameters and indices in plant geography. – *Acta Phytogeogr. Suecica* 67: 1-105.
- Tveito, O.E., Forland, E., Heino, R., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Dahlström, B., Drebs, A., Kern-Hansen, C., Jönsson, T., Vaarby Laursen, E. & Westman, Y. 2000. *Nordic temperature maps*. DNMI Report 09/00. 54pp.
- Tømmervik, H., Johansen, B., Tombre, I., Thannheiser, D., Høgda, K.A., Gaare, E. & Wielgolaski, F.E. 2004. Vegetation changes in the mountain birch forests due to climate and/or grazing. – *Arctic Antarctic Alpine Research* 36: 322-331.
- Tømmervik, H., Wielgolaski, F.E., Neuvonen, S., Solberg, B. & Høgda, K.A. 2005. Biomass and Production on a Landscape Level in the Northern Mountain Birch Forests. – *In: Wielgolaski, F.E. (Ed.). Plant Ecology, Herbivory, and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Springer-Verlag, Berlin. Ecological studies 180: 53-70.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Frometin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlen, F. 2002. Ecological responses to resnet climate change. – *Nature* 416: March 28
- Weladji, R.B., Holand, O. Yoccoz, N.G. & Lenvik, D. 2003a. Maternal age and offspring sex ratio variation in reindeer (*Rangifer tarandus*). – *Annales Zoologici Fennici* 40: 357-363.
- Weladji, R.B., Holand, O. & Almoy T. 2003b. Use of climatic data to assess the effect of insect harassment on the autumn weight of reindeer (*Rangifer tarandus*) calves. – *Journal of Zoology* 260: 79-85.
- Weladji, R.B. & Holand, O. 2003. Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves. – *Oecologia* 136: 317-323.
- Wielgolaski, F.E. 2001. Field-and bottom layer vegetation mat transplantation. A method to simulate possible effects of climate change. – *Skogøktarritid* 1: 167-170.
- Woodward, F.I. 1987. *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press.

Zhou, L., Tucker, C.J, Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V., Myneni, R.B. 2001. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. – *J. Geophys. Res.* 106(D17): 20069-20083.