



## Sammenhenger mellom biomasse, vegetasjonsindeks og vegetasjonstyper på Svalbard

Bernt Johansen og Hans Tømmervik (Norut Tromsø/NINA)

**I forsknings- og forvaltningssammenheng er det vanlig å dele inn naturmiljøet i ulike trofiske nivå der underliggende nivå er viktig for "vekst og trivsel" på overliggende. Kunnskap om biomasse og produksjonen i vegetasjonsdekket er derfor en avgjørende faktor for god forvaltning av beitedyr (svalbardreinen) og beitende fugler (gås, rype) på Svalbard. I dette prosjektet er det gjort beregninger av biomasse på Nordenskjöld Land.**

Biomasse er betegnelsen for vekten av levende plantedekke pr. arealenhet. Biomassen i Arktis er i stor grad knyttet til temperatur og avtar mot nord og med høyden over havet. I lokal skala er biomassen bestemt av faktorer som næringstilgang, jordsmonn, snødekke, hydrologi og ulike typer antropogen påvirkning. De samme parametrene er på mange måter bestemmende for dannelsen av ulike vegetasjonstyper. Dette forklarer den nære sammenhengen mellom biomasse og vegetasjonsfunn i nordlige områder. Klimastudier har påvist en markert temperaturøkning i Arktis gjennom de siste årtier. Dette har store effekter på plantedekket på Svalbard i form av økt primærproduksjon og økt akkumulering av biomasse. Det er videre påvist en nær sammenheng mellom biomasse målt på bakken og vegetasjonsindekser ekstrahert fra satellitt data. Den mest brukte indeksen for måling av "grønn vegetasjon" er en normalisert vegetasjonsindeks (NDVI). Vegetasjonen på Svalbard er varierende. Den mest frodige vegetasjonen finner vi i fjordområdene i vest, mens nordlige og østlige områder er karakterisert ved et mer sparsomt vegetasjonsdekke. Det åpne landskapet gjør at målinger av biomasse på bakken kan knyttes direkte til målinger av refleksjon og NDVI fra satellitt. Når sammenhengen her er etablert kan biomassen beregnes over store areal. Arealet av ulike vegetasjonstyper er oftest gitt gjennom vegetasjonskart. På Svalbard er det nylig utarbeidet et vegetasjonskart basert på satellitt data. Dette kartet, i kombinasjon med bakkemålt biomasse og NDVI, er her brukt til å beregne stående biomasse for Nordenskjöld Land, Svalbard. Feltarbeidet er gjort i Adventdalen/Bjørndalen og på Kapp Linnè. Prosjektet er finansiert av Svalbard Miljøfond med en egenandel fra Norut Tromsø.

### De viktigste funnene

Det er i denne studien påvist en tilnærmet lineær sammenheng mellom målt biomasse på bakken og NDVI-verdier ekstrahert fra satellitt data. Tilsvarende sammenheng er påvist i forhold til definerte vegetasjonstyper. Arealet av vegetasjonstypene er gitt i et tidligere utarbeidet vegetasjonskart. Det er gjort beregninger av total biomasse for Nordenskjöld Land ved å kople sammen arealtall i vegetasjonskartet med tall for biomasse. Sammenkoplingen er gjort på vegetasjons-type nivå. Totalarealet for Nordenskjöld Land er angitt til 3972 km<sup>2</sup>. Total biomasse er beregnet til 604 400 tonn med et gjennomsnitt på 152 tonn/km<sup>2</sup>. Tilsvarende beregninger er gjort for områdene i låglandet og i fjellet, samt for 12 geografisk avgrensede områder på halvøya. Fjellområdene utgjør et samlet areal på 2386 kvadratkilometer med en samlet biomasse på 224 900 tonn. Dette gir en gjennomsnittlig biomasse på 94 tonn/km<sup>2</sup>. Arealet i låglandet er angitt til 1586 km<sup>2</sup> med en stående biomasse på 379 500 tonn.

Gjennomsnittet her er 239 tonn/km<sup>2</sup>. Av utskilte delområder er låglandsområdene i Reindalen/Berzeliusdalen registrert med høyest biomasse pr arealenhet. Beregningene her viser en gjennomsnittlig biomasse på 288 tonn/km<sup>2</sup>. Områder i låglandet med lave tall for biomasse er Svea-/Kjellstrømdalen (163 tonn/km<sup>2</sup>) og Nordenskjöld-kysten (181 tonn/km<sup>2</sup>).

### **Miljøgevinst**

Prosjektet har fremskaffet konkrete tall for biomasse for viktige vegetasjonstyper på Svalbard. Biomassen er i neste omgang knyttet til normalisert vegetasjonsindeks (NDVI) ekstrahert fra satellitt data. Dette åpner for beregninger av biomasse over store areal. Kunnskap om biomasse og produksjon i plantedekket er viktig for forvaltningen av beitende dyr og fugler på Svalbard (reinsdyr, gås, rype)

### **Hva er viktig for miljøforvaltningen**

Resultatene fra prosjektet er relevant for miljøforvaltningen på flere områder. I forsknings- og forvaltningssammenheng er det vanlig å dele inn naturmiljøet i ulike trofiske nivå der underliggende nivå er grunnlaget for "vekst og trivsel" på overliggende nivå. Kunnskap om biomasse og produksjonen i vegetasjonsdekket er derfor en avgjørende faktor for god forvaltning av eksempelvis beitedyr (reinsdyr) og beitende fugler (gås, rype) på Svalbard. For reinsdyr inndeles beitet etter vinterforhold og sommerforhold. Kvaliteten og tilgang på beite om vinteren er av betydning for bestandsstørrelsen, mens sommerforhold gjenspeiles mer direkte i kroppsvekt og kondisjon hos reinsdyret på høsten. Denne studien legger spesielt til rette for å vurdere beitegrunlaget i sommerbeitet. En beregning av biomassen i ulike delområder på Nordenskjöld Land bidrar til at områdene kan rangeres mot hverandre som beiteland.

### **Oppfølging**

I prosjektet er det gjennomført biomassemålinger på Nordenskjöld Land. Det meste av området finnes i mellom-arktiske tundra sone (MATZ). Denne sonen har det mest gunstige klimaet på Svalbard. Dette gjenspeiles i stor variasjon i plantedekket. En naturlig videreføring av dette arbeidet ville være å gjøre tilsvarende registreringer i de to andre bio-klimatiske sonene på Svalbard, nordlig arktisk tundra sone (NATZ) og polarørken-sonen (APDZ). Med hensyn på beitegrunlaget for svalbardreinen er det behov for å gjøre mer detaljerte målinger rettet mot forholdene i vinterbeitet.

# Sammenhenger mellom biomasse, vegetasjonstyper og NDVI målinger på Svalbard

BERNT JOHANSEN <sup>1)</sup> OG HANS TØMMERVIK <sup>2)</sup>

- 1) Norut – Tromsø, Forskningsparken i Tromsø, N-9294 Tromsø
- 2) Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), Framsenteret, N-9296 Tromsø.

**Abstract.** Several studies have shown a close relationship between vegetation fertility and different vegetation indexes extracted from satellite data. The vegetation fertility in Arctic is at overall scales highly related to temperature. At lower scales surface material, snow cover, hydrology and anthropogenic effects (geese, reindeer) are determinant in constituting the different vegetation communities. The extent and occurrence of different vegetation communities are expressed in vegetation maps. On Svalbard a vegetation map covering the entire archipelago has recently been developed. The map is differentiated into 18 map units showing large areas of non- to sparsely vegetated ground. The most favourable vegetation is seen as productive marshes and moss tundra communities in the lowland. Various mathematical combinations of spectral channels in satellite images have been applied as sensitive indicators of the presence and condition of green vegetation. Today the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) is mostly used to display this information. NDVI is an indicator of the density of chlorophyll and leaf tissue calculated from the red and near infrared bands:  $NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)$ . NDVI gives values between -1 to + 1 where vegetated areas in general yield high positive values, while non-vegetated ground is found on the negative side.

The overall aim of the present study was to test the correlation between NDVI and field- recorded phytomass data on Svalbard, Arctic Norway. During the field study the clip-harvest method was conducted on 104 plot sites in the areas of Adventdalen and at Kapp Linné. Every sites recorded was geo-located using GPS. In the image processing part, the available Landsat 7/ETM+ image from 17th of August 2000, was converted into an NDVI-image. From this image NDVI data at the plot sites were recorded. The NDVI data were recorded inside a circle of 100 m around the measurement centre. The correspondence between the point-recorded phytomass and correspondent NDVI data show a correlation of  $R=0.824$ . Comparable comparison of community based NDVI and recorded phytomass show a correlation of  $R=0.850$ . The recorded correlation of community based NDVI and the plant phytomass were used to estimate the total plant phytomass for the entire Nordenskjöld peninsula, including 12 subareas. In the discrimination of the peninsula six of the subareas are located in the lowland, the remaining six in upland regions. The overall phytomass for the entire Nordenskjöld peninsula ( $3972 \text{ km}^2$ ) is estimated to  $604,4 \text{ tonn} \cdot 10^3$  giving an average amount of  $0.152 \text{ kg/m}^2$ . Correspondent values for lowland and upland areas are  $0.239 \text{ kg/m}^2$  and  $0.094 \text{ kg/m}^2$ , respectively. The most favourable lowland region is estimated for the areas of Reindalen and Berzeliusdalen with a phytomass amount of  $0.288 \text{ kg/m}^2$ . The project has been funded by Svalbard Miljøfond.

## I. INNLEDNING

Det er gjennom de siste tiårene påvist en gradvis økning av årlig middeltemperatur i nordområdene og Arktis (Myneni m.fl. 1997). Temperaturen i nordlige områder er en svært viktig faktor for plantevekst og i mange tilfeller bestemmende for utbredelse og forekomst av en rekke plantearter. Det er videre påvist at aktiviteten av fotosyntese, respirasjon og transpirasjon hos planter øker med økte sommertemperaturer (Walker m.fl.2003). I nordlige områder er temperaturen videre bestemmende for lengden av vekstsesongen. På våren er temperaturen avgjørende for snøsmelting med påfølgende spiring og vekst i plantedeckket. På høsten er temperaturen en av flere faktorer som initierer avslutning av

vekstsesongen. På Svalbard er ulike bioklimatiske regioner etablert med utgangspunkt i ulike temperaturforhold. Biomasse og primærproduksjonen i plantedeckket viser stor variasjon i de ulike regioner (Elvebakk 1994,1996,2005). I den mest gunstige regionen, mellom-arktisk tundra region (MATZ), er plantedeckket variert, mens polarørken sonen (APDZ) er karakterisert ved store areal uten plantedeckke. Mengden biomasse i plantedeckket er i neste omgang bestemmende for næringstilgang til ulike dyrearter. På Svalbard gjelder dette spesielt for svalbardreinen.

Når sollys faller inn på grønn vegetasjon, blir lyset reflektert i den infrarøde delen av spekteret og absorbert av klorofyllet i den røde delen av spekteret. Dette forholdet er unikt for grønt

plantedekke og kan i neste omgang brukes til å måle mengden av grønn vegetasjon kun basert på reflektert stråling. Dersom refleksjonen i nær-infrarødt (NIR) er langt høyere enn tilsvarende refleksjon i synlig rødt, er dette indikasjon på tett og frodig plantedekke. Tilsvarende indikerer låg refleksjon i NIR delen av spekteret og høg refleksjon i synlig rødt vegetasjonsfrie areal.

Bruken av dette forholdet i biomassemålinger ble først utviklet for gras- og engsamfunn i sørlige områder. I de første studiene av dette forholdet ble mengden av biomasse angitt som vegetasjonsindex (VI). Denne indeksen angir refleksjonsforholdet mellom nærinfrarød og rød refleksjon fra plantedekket. I seinere studier er dette forholdet forbedret og uttrykkes i dag gjennom en normalisert vegetasjonsindeks:  $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$ . Denne indeksen opererer i en skala fra -1 til +1. Negative verdier uttrykker areal uten vegetasjonsdekke, mens positive verdier angir vegetert mark. Høye NDVI-verdier angir de mest frodige arealstyper. Det er i dag mulig å måle reflektert stråling i rødt og nær-infrarødt basert på satellitt data. Data fra de amerikanske Landsat satellittene er i en rekke studier brukt til å gi en kartografisk framstilling av NDVI over større geografiske områder.

Målsetningen med dette prosjektet har vært å teste sammenhengen mellom biomasse og ulike vegetasjonstyper på Svalbard. Prosjektet tar utgangspunkt i et vegetasjonskart som nylig er utarbeidet for hele øygruppa (Johansen m fl 2009,2012). I dette kartet er ulike vegetasjonstyper etablert gjennom klassifikasjon og tolkning av satellitt-scener. Fra satellittscenene er det videre mulig å ekstrahere refleksjonsdata i den røde (kanal 3) og nær-infrarøde (kanal 4) delen av spekteret. Ved å sammenholde NDVI verdier ekstrahert fra satellitt data mot biomassemålinger på bakken, vil sammenhengen mellom biomasse og NDVI komme til uttrykk. Punktmålinger av biomasse og NDVI er gjort i to delområder på Svalbard, henholdsvis i Adventdalen/Bjørndalen og på Kapp Linné. Målingene er brukt til å utlede sammenhengen mellom ekstrahert NDVI og biomasse. Etablert sammenheng er brukt til å beregne biomassen for området Nordenskjöld land. Prosjektet er finansiert av Svalbard Miljøfond med egenandeler fra Norut Tromsø.

## II. MATERIALE OG METODE

### 2.1 STUDIEOMRÅDET – SVALBARD OG NORDENSKJÖLD LAND

Svalbard tilhører de arktiske deler av Norge og er lokalisert mellom 74 til 81 grader nordlig lengde og 10 til 35 grader østlig bredde (Fig.1). Området består av mer en 500 små og store øyer med øyene Spitsbergen, Nordaustlandet, Edgeøya og Barentsøya som størst i areal. Øyene har variert topografi med fjell og fjorder som viktige landskapselementer. Mer enn 60 prosent av øygruppa er dekket av breer.

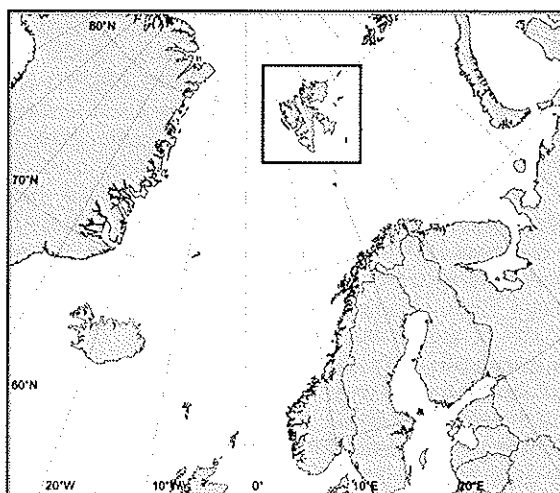


Fig. 1. Svalbard archipelago - Arctic Norway (74-81° N, 10-35° E)

Til tross for sin nordlige beliggenhet har Svalbard et forholdsvis gunstig klima. Mye av dette forklares av golfstrømmen som bringer varme havstrømmer nord til øygruppa, spesielt langs vestkysten av Spitsbergen. I nord og øst er området preget av kalde havstrømmer. Kystområdene er gjennomgående kaldere enn fjordområdene. Middelttemperaturen for juli måned for Isfjord Radio er angitt til +4,8 °C. Tilsvarende temperatur for Longyearbyen er +5,9 °C. På vinteren er temperaturene lave med -12,4 °C som middeltemperatur i februar for Isfjord Radio og -16,2 °C for Longyearbyen. Nedbøren på øygruppa er sparsom med 4-500 mm som årlig middel for kystområdene og 150-250 mm for indre fjordsone. (Longyearbyen – 190 mm i årlig middel). Geologien på Svalbard er variert med formasjoner fra alle geologiske tidsperioder.

Det er i dette arbeidet spesielt fokusert på vegetasjon, naturtyper og biomasse på Nordenskjöld Land (Fig.2). Denne halvøya er lokalisert til de sentrale deler av Vest-Spitsbergen mellom Isfjorden og Van Mijenfjorden. Utstrekningen av halvøya er i dette arbeidet angitt til 3554 km<sup>2</sup>. Vegetasjonsdekket for halvøya i sin helhet er variert. Dalførene i indre fjordsone er frodige med våtmarksområder, eksponerte og etablert tundrasamfunn, snøleiesamfunn og leir/siltflater langs de store elvene med et varierende vegetasjonsdekke. På ytterkysten er Nordenskjöld Land karakterisert ved strandflater, våtmarker og overrislingsmark. Til forskjell fra andre delområder på Svalbard, utgjør breer på Nordenskjöld Land mindre andeler av landarealet, omlag 16 prosent av totalarealet.

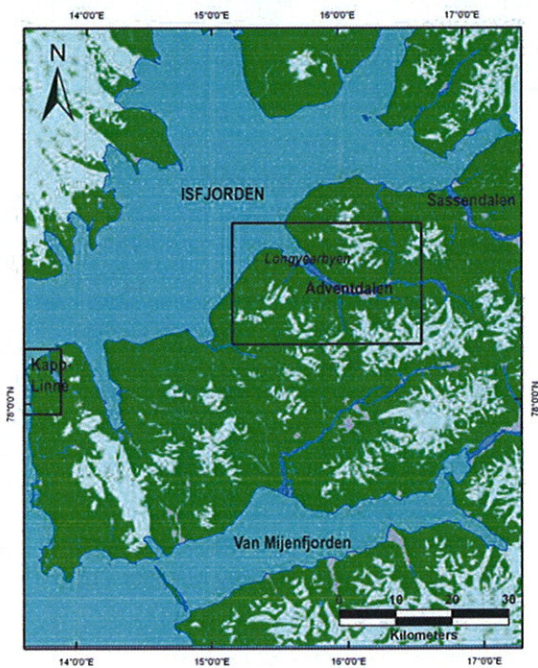


Fig.2. Kart over Nordenskjöld Land. Areal i grønt er isfrie områder. Areal i hvitt angir breer.

## 2.2 BIOMASSEMÅLINGER OG UTTREKK AV NDVI DATA

Måling av biomasse er i dette arbeidet konsentrert til områdene Adventdalen/Bjørndalen og Kapp Linné. I alt 104 områder/bestand er oppsøkt og registrert med hensyn på mengde biomasse (87 i

Adventdalen/Bjørndalen; 17 på Kapp Linné). Under arbeidet med måling av biomasse ble det tatt utgangspunkt i utsnitt fra vegetasjonskartet for Svalbard. Det ble fokusert på å gjøre målinger i flest mulig av vegetasjonsenheter som inngår i kartet. Måling av biomasse ble gjort innen homogene bestand ved bruk av høstingsmetodikken. Registreringene i de ulike bestand ble gjort med varierende rutestørrelse, avhengig av tettheten i vegetasjonsdekket. I tett vegetasjon ble det brukt rutestørrelser på 25 x 40 cm (0,1 m<sup>2</sup>). I middels tett vegetasjon ble det brukt rutestørrelse på 50x50 cm (0,25 m<sup>2</sup>). I åpne bestand og på eksponerte flater ble registreringene gjort med rutestørrelse på 1 x 1 meter. Det ble høstet 1-3 ruter i hvert bestand. Geografisk lokalisering av hvert bestand ble gjort ved bruk av GPS. Høstet biomasse ble under oppholdet på Svalbard tørket og senere veid. Innveing ble gjort på digital vekt med nøyaktighet ned til 1 gram.

Etter avsluttet feltarbeid ble GPS-målinger fra hvert bestand/registreringspunkt transformert til et eget "cover-layer" i ArcGIS. Dette laget ble framstilt på kartografisk form og angitt i en UTM kartprojeksjon, sone 33, WGS84. Rundt senterpunktet i hvert bestand ble det slått en sirkel med radius 100 meter. Innafor denne sirkelen ble det gjort uttrekk av NDVI verdier fra tilgjengelig Landsat scene. Satellittscene brukt i dette arbeidet er fra 17.08.2000. NDVI-verdiene ble til slutt sammenholdt med målte verdier for biomasse. Etter at sammenhengen mellom biomasse og NDVI er etablert, er dette forholdet brukt til å beregne total biomasse for hele Nordenskjöld Land. For å få et bilde av variasjonen i biomasse på halvøya, er området inndelt i 12 delområder, 6 i låglandet og 6 til fjells. Hver av delområdene er oppsummert ved arealtall og beregnet biomasse.

## III. RESULTATER

### 3.1 VEGETASJON OG NATURTYPER I ADVENTDALEN OG PÅ KAPP LINNÉ

Vegetasjonen i Adventdalen/Bjørndalen og på Kapp Linné er vist gjennom utsnitt av vegetasjonskartet for Svalbard. Utsnittene er sammenstilt i figur 3.

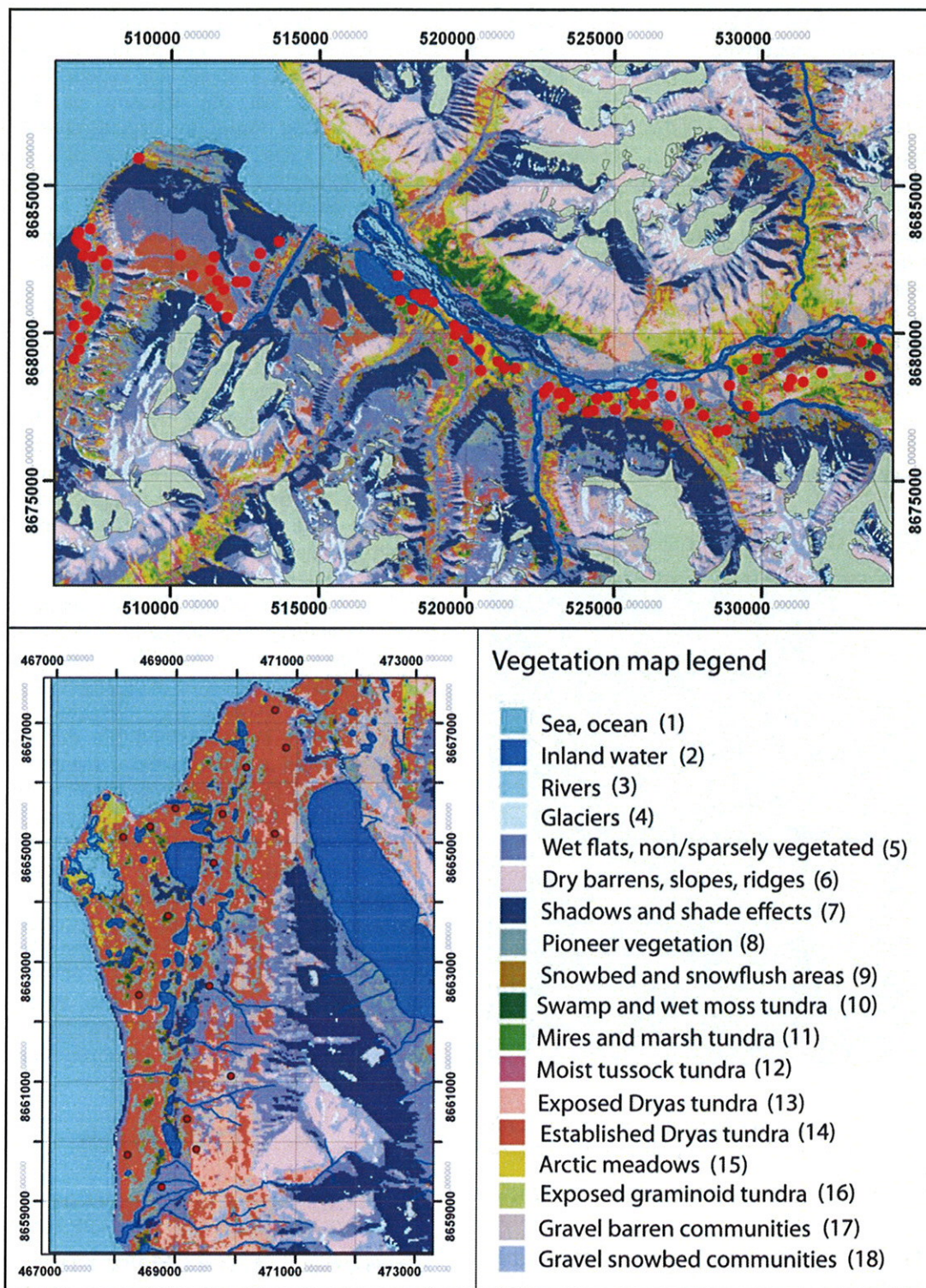


Fig. 3. Vegetasjonskart for Adventdalen/Bjørndalen (A) og Kapp Linné (B). Kartet er inndelt i 18 klasser. Kartlegenden er angitt i figuren over. Punktmålinger for biomasse er angitt med rød prikk.

I tillegg til å gjengi vegetasjonsdekket i valgte delområder på kartografisk form, er områdene og oppsummert gjennom arealstatistikk. Arealtallene er presentert i tabellene 1 og 2.

Kart og arealdata for Adventdalen viser stor variasjon i forekomst av ulike vegetasjonstyper. Selve dalbotnen er karakterisert av elvesletter med grus- og siltmark nærmest elveløpet. Nord for hovedelva finnes store areal av myr og grastundra. Flatene på sørvestsida av dalen er tørrere og karakterisert ved arter som vardefrytle, raudsildre og tundragras. I våtere partier inngår arter som snøull, polarreverumpe sammen med en rekke mosearter. Vegetasjonen i liene er karakterisert ved reinrose og kantlyng over store areal. Vegetasjonen i låglandet er klart adskilt fra fjellet ved markerte rasmarker. Rasmerkene er ustabile og sammenhengende vegetasjon finnes ikke her. Arter som fjellsyre, svalbardvalmue og flere rublom-arter er vanlige her. Vegetasjonen i fjellet er stedvis velutviklet med snøleiesamfunn av dvergssyre og polararve i forsøkninger. På rabbene er arter som svalbardvalmue og snøfrytle vanlige.

Tabell 1. Arealstatistikk - vegetasjonstyper i Adventdalen/Bjorndalen; ekstrahert fra vegetasjonskartet for Svalbard (Johansen et al 2012).

Nr.	Kartenhet	Km <sup>2</sup>	%
1	Hav	75,5	10,6
2	Innsjø	1,5	0,2
3	Elv	10,9	1,5
4	Breer	123,5	17,4
5	Sparsomt vegetert, vått subst	105,6	14,8
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	57,7	8,1
7	Skyggeeffekter	120,5	16,9
8	Pionervegtsjon	34,1	4,8
9	Snøleiesamfunn	8,9	1,3
10	Mosetundra, våtmark	4,0	0,6
11	Myr og grastundra	7,8	1,1
12	Tueformet tundramark	19,1	2,7
13	Eksponert reinrosetundra	15,6	2,2
14	Etablert reinrosetundra	35,7	5,0
15	Arktisk engsamfunn	21,3	3,0
16	Eksponert grastundra	19,1	2,7
17	Grusmark	23,7	3,3
18	Blokkrike snøleier	27,4	3,8
	Totalt	711,9	100,0

Sammenlignet med vegetasjonen i Adventdalen er vegetasjonsdekket på Kapp Linné mer ensformig. Låglandsområdet er en bølgende strandflate. På tørre partier er vegetasjonen karakterisert ved raudsildre- og frytlemark. I forsøkninger opptrer lavarten snøskjerpe. Denne vegetasjonstypen dekker store areal på Svalbard og er særlig utbredt på vestkysten. Av andre arter som er vanlige her er fjellsmelle, snøarve, harerug og polararve.

Under fjellfoten finnes dammer og små tjern omkranset av sumpmark og mosetundra. I nedre del av lia opp mot Linnéfjellet opptrer fjellbunkesamfunn. Denne vegetasjonen har et klart snøleiepreg og opptrer i søkk og langs dreneringsrenner fra fjellet. På enkelte rabber ble det her gjort registreringer av reinrose, selv om denne arten er sjelden området på Kapp Linné.

Fjellene i området er sparsomt vegetert. Blokk og rasmark karakteriserer liene. Knausene i området vest for Linnévannet er karakterisert av gråmose (*Rhacomitrium lanuginosum*) som stedvis dekker store areal.

Tabell 2. Arealstatistikk - vegetasjonstyper på Kapp Linné; ekstrahert fra vegetasjonskartet for Svalbard (Johansen et al 2012).

Nr.	Kartenhet	Km <sup>2</sup>	%
1	Hav	13,0	20,6
2	Innsjø	5,3	8,4
3	Elv	0,2	0,3
4	Breer	0,3	0,6
5	Sparsomt vegetert, våt subst	9,5	15,0
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	2,2	3,6
7	Skyggeeffekter	7,5	11,9
8	Pionervegtsjon	4,2	6,7
9	Snøleiesamfunn	1,0	1,5
10	Mosetundra, våtmark	0,1	0,2
11	Myr og grastundra	0,0	0,1
12	Tueformet tundramark	0,3	0,5
13	Eksponert reinrosetundra	2,7	4,4
14	Etablert reinrosetundra	11,0	17,5
15	Arktisk engsamfunn	0,4	0,7
16	Eksponert grastundra	0,2	0,3
17	Grusmark	2,8	4,5
18	Blokkrike snøleier	2,0	3,2
	Totalt	63,1	100,0

### 3.2 MÅLINGER AV BIOMASSE OG NDVI

En av hovedutfordringene i dette prosjektet har vært å kople sammen punktmålinger av biomasse med tilhørende satellittbaserte registreringer av vegetasjonsindeks (NDVI). Videre er denne informasjonen knyttet til kartenheter i vegetasjonskartet for Svalbard. I dette arbeidet er klasser som definitivt mangler vegetasjonsdekke utelatt i beregningene. Dette gjelder klassene 1-4 i kartet. En oppsummering ulike parametre for gjenstående klasser (5-18) er gitt i tabell 3. I tabellen angir kolonne (1) referansen til angjeldende klasse i vegetasjonskartet. I kolonne (2) angis antall punktmålinger av biomasse innen hver klasse. Gjennomsnittet av punktmålt biomasse er gitt i kolonne (3). Kolonne (4) angir ekstraherte NDVI-verdier i hvert målepunkt. Kolonnene (5) angir gjennomsnittlige NDVI-verdier på klasse-nivå. Kolonne (6) angir justerte tall for biomasse.

Table 3. Biomasse og NDVI målinger fra Adventdalen/Bjorndalen og Kapp Linné.

Kartenhet	Antall punktmålinger	Punktmålt biomasse	Punktmålte NDVI-verdier	NDVI-verdier - klasse-nivå	Justerte biomasse-tall
1	2	3	4	5	6
Veg. klasse	(n)	Kg/m <sup>2</sup>	Index values	Index values	Kg/m <sup>2</sup>
5	7	0,176	0,10	0,06	0,105
6	1	0,16	0,23	0,10	0,143
7	1	0,016	0,00	0,03	0,068
8	7	0,205	0,21	0,21	0,257
9	9	0,338	0,30	0,28	0,332
10	6	0,473	0,42	0,41	0,477
11	12	0,551	0,44	0,44	0,506
12	13	0,486	0,36	0,35	0,412
13	3	0,226	0,21	0,19	0,240
14	16	0,402	0,21	0,22	0,276
15	11	0,505	0,36	0,36	0,423
16	4	0,19	0,41	0,38	0,447
17	7	0,055	0,07	0,08	0,124
18	7	0,137	0,19	0,08	0,126

Tallene som framkommer i tabell 3 er resultatet av beregninger i flere ledd. Som et første steg i sammenkoplingen av de ulike datasettene, er det gjort beregninger av korrelasjonen mellom punktmålt biomasse med tilhørende NDVI data. Sammenhengen her er framstilt grafisk i figur 4. Korrelasjonen mellom datasettene er beregnet til  $R = 0,824$ .

På tilsvarende vis er biomassemålinger for vegeterte arealklasser (5-18) plottet mot gjennomsnittlig NDVI for klassen. Sammenhengen her er vist i figur 5. Korrelasjonen mellom datasettene er beregnet til  $R = 0,850$ .

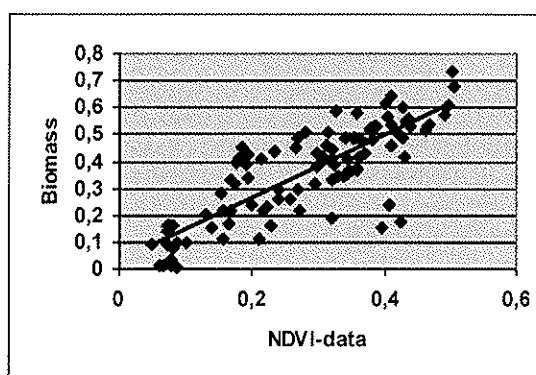


Fig.4. Plott av punktmålt biomasse mot tilsvarende NDVI data.  $R = 0,824$ .

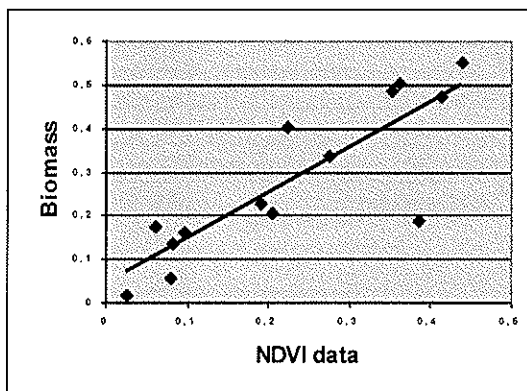


Fig.5. Plott av biomasse mot NDVI for vegeterte klasser(5-18) i vegetasjonskartet.  $R = 0,850$



Beregning av korrelasjon mellom måleserien for biomasse og tilhørende verdier for NDVI, viser en lineær sammenheng. Denne sammenhengen kan uttrykkes i ligningen:  $\text{biomasse} = @ * \text{ndvi} + \beta$ . For datasettet gjengitt i figur 5 er  $@ = 1,07$  og  $\beta = 0,04$ . Når verdiene for  $@$  og  $\beta$  er kjent kan disse verdiene brukes til å beregne verdier for justert biomasse. Justerte tall for biomasse er gitt i kolonne 6 i tabell 3.

Med disse beregningene er nå biomassen for de ulike vegetasjonsklassene i vegetasjonskartet gitt for et areal på en kvadratmeter. Dersom det totale arealet for eksempelvis Nordenskjöld Land er kjent kan en nå beregne biomassen for hele dette området. Dette kan gjøres direkte fra et "NDVI-kart" over området (Fig. 6) eller fra et utsnitt av vegetasjonskartet. Dette fordi begge produktene er i en korrekt geografisk form. Datasettene foreligger med en minste oppløsning på 30 meter. Det kan videre gjøres ulike geografiske avgrensninger av dette området i mindre delområder. I dette arbeidet er Nordenskjöld Land inndelt i 12 delområder. Det er videre gjort en hovedinndeling av areal i låglandet og areal til fjells. Høydekoten som angir 200 meter over havet er her brukt som grenselinje mellom fjell og lågland. Vegetasjonskartet for Nordenskjöld Land er vist i figur 7 med tilhørende delområder i figur 8. Arealstatistikk og beregnet biomasse for hvert delområde er oppsummert i tabellene 4-6. Området i sin helhet med en avgrensning i lågland og fjell, er oppsummert i tabell 7.

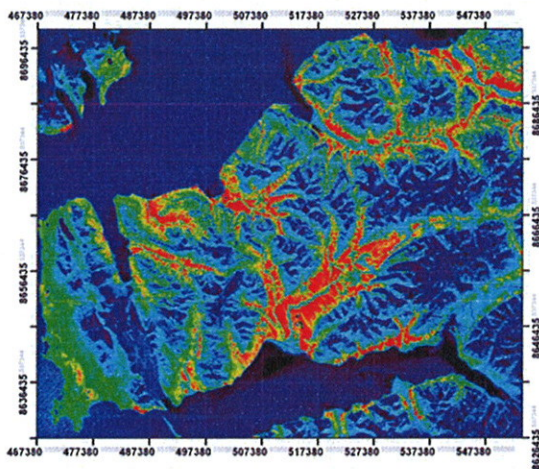


Fig. 6. NDVI-kart over Nordenskjöld Land. Areal i rødt gjengir områder med høye verdier for NDVI.

Areal i svart og mørk blått viser områder med lavest NDVI.

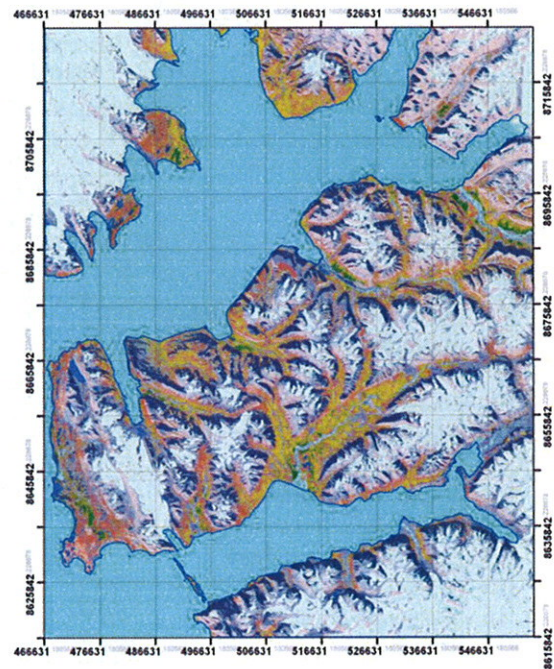


Fig. 7. Vegetasjonskart for Nordenskjöld Land. Legendene til kartet er gitt i fig. 3

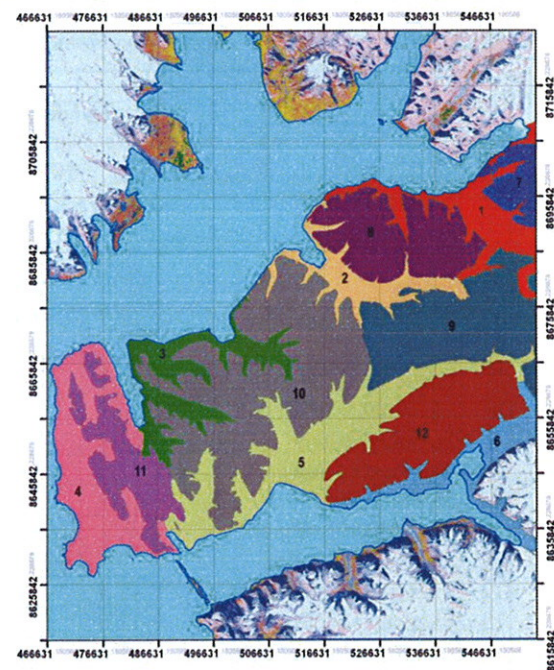


Fig. 8. Nordenskjöld Land – delområder. Områdene er nummerert fra 1-12. Navn på områdene er gitt i tabellene 4-6.

Tabell 4 Areal tall og biomasse for angitt delområder – Nordenskjöld Land

Nr	Vegetation unit	1		2		3		4	
		Sassendalen (lågland)		Adventdalen (lågland)		Colesdalen/Barentsburg (lågland)		Nordenskjöldkysten (lågland)	
		Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>
1	Hav	0,6	0,0	0,9	0,0	0,8	0,0	2,9	0,0
2	Innsjø	0,3	0,0	1,4	0,0	1,3	0,0	16,8	0,0
3	Elv	10,4	0,0	6,7	0,0	1,2	0,0	1,8	0,0
4	Breer	3,2	0,0	0,1	0,0	2,7	0,0	14,5	0,0
5	Sparsomt vegetert, vått subst	21,7	2,3	23,6	2,5	23,3	2,4	77,6	8,2
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	11,5	1,6	5,7	0,8	2,7	0,4	7,2	1,0
7	Skyggeeffekter	29,2	2,0	24,4	1,7	40,2	2,7	35,7	2,4
8	Pionervegtasjon	23,0	5,9	16,2	4,2	32,1	8,3	51,4	13,2
9	Snøleiesamfunn	9,3	3,1	6,0	2,0	10,5	3,5	15,8	5,2
10	Mosetundra, våtmark	9,0	4,3	3,9	1,9	4,5	2,2	4,6	2,2
11	Myr og grastundra	12,8	6,5	6,8	3,4	12,0	6,1	1,3	0,7
12	Tueformet tundramark	25,7	10,6	15,3	6,3	31,1	12,8	5,2	2,1
13	Ekspontert reinrosetundra	6,0	1,4	5,5	1,3	3,5	0,8	21,9	5,3
14	Etablert reinrosetundra	12,6	3,5	10,7	3,0	16,8	4,6	70,2	19,4
15	Arktisk engsamfunn	19,9	8,4	15,6	6,6	26,7	11,3	4,2	1,8
16	Ekspontert grastundra	4,7	2,1	10,4	4,7	14,0	6,2	2,1	0,9
17	Grusmark	5,0	0,6	6,2	0,8	1,0	0,1	21,2	2,6
18	Blokkrike snøleier	7,3	0,9	2,0	0,2	0,9	0,1	10,8	1,4
	Totalt	212,1	53,2	161,5	39,3	225,4	61,6	365,2	66,4
	Gjennomsnitt		0,250		0,243		0,273		0,181

Tabell 5. Areal tall og biomasse for angitt delområder – Nordenskjöld Land

Nr	Vegetation unit	5		6		7		8	
		Reindalen-Berzeliusdalen (lågland)		Svea-Kjellstrømdalen (lågland)		Coloradofjella (fjell)		Bruntoppen-Helvetiafjella (fjell)	
		Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>
1	Hav	3,7	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Innsjø	1,8	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Elv	10,7	0,0	5,4	0,0	1,1	0,0	4,0	0,0
4	Breer	5,2	0,0	7,8	0,0	13,1	0,0	76,4	0,0
5	Sparsomt vegetert, vått subst	69,7	7,3	56,0	5,9	10,1	1,1	42,5	4,5
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	4,1	0,6	6,5	0,9	26,3	3,8	55,5	7,9
7	Skyggeeffekter	27,2	1,8	16,3	1,1	11,1	0,8	76,7	5,2
8	Pionervegtasjon	37,5	9,6	8,0	2,1	2,3	0,6	13,0	3,3
9	Snøleiesamfunn	10,9	3,6	1,9	0,6	0,8	0,3	3,0	1,0
10	Mosetundra, våtmark	9,1	4,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
11	Myr og grastundra	30,4	15,4	2,2	1,1	0,1	0,1	0,7	0,3
12	Tueformet tundramark	46,3	19,1	1,5	0,6	1,0	0,4	4,3	1,8
13	Ekspontert reinrosetundra	11,9	2,9	4,5	1,1	4,1	1,0	10,6	2,5
14	Etablert reinrosetundra	61,3	16,9	8,3	2,3	4,5	1,2	13,9	3,8
15	Arktisk engsamfunn	86,2	36,5	7,0	3,0	1,6	0,7	5,7	2,4
16	Ekspontert grastundra	27,6	12,4	11,9	5,3	2,8	1,3	8,2	3,7
17	Grusmark	11,0	1,4	13,4	1,7	5,9	0,7	14,4	1,8
18	Blokkrike snøleier	4,7	0,6	7,0	0,9	10,3	1,3	20,1	2,5
	Totalt	459,1	132,3	163,1	26,7	95,2	13,1	348,9	40,9
	Gjennomsnitt		0,288		0,163		0,137		0,117

Tabell 6.

Areal tall og biomasse for angitt delområder – Nordenskjöld Land

Nr	Vegetation unit	9		10		11		12	
		Breidnosa-Skolten (fjell)		Central mountains (fjell)		Linnéffjella (fjell)		Gustav-Fjellet (fjell)	
		Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>	Areal km <sup>2</sup>	Biomasse tonn * 10 <sup>3</sup>
1	Hav	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Innsjø	0,1	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0	0,1	0,0
3	Elv	8,9	0,0	6,7	0,0	1,9	0,0	9,2	0,0
4	Breer	202,7	0,0	162,4	0,0	110,7	0,0	193,9	0,0
5	Sparsomt vegetert, vått subst	54,1	5,7	168,0	17,6	36,3	3,8	54,7	5,7
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	47,1	6,7	46,5	6,6	23,3	3,3	34,6	4,9
7	Skyggeeffekter	62,1	4,2	209,1	14,2	32,3	2,2	75,1	5,1
8	Pionervegtasjon	9,7	2,5	33,8	8,7	0,9	0,2	3,1	0,8
9	Snøleiesamfunn	3,4	1,1	5,2	1,7	0,1	0,0	0,8	0,3
10	Mosetundra, våtmark	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Myr og grastundra	0,9	0,5	2,1	1,1	0,0	0,0	0,1	0,1
12	Tueformet tundramark	3,3	1,4	7,8	3,2	0,0	0,0	0,3	0,1
13	Ekspontert reinrosetundra	7,9	1,9	19,9	4,8	1,3	0,3	2,2	0,5
14	Etablert reinrosetundra	10,5	2,9	46,8	12,9	0,9	0,3	2,8	0,8
15	Arktisk engsamfunn	5,0	2,1	17,2	7,3	0,1	0,1	0,4	0,1
16	Ekspontert grastundra	6,9	3,1	16,2	7,2	0,3	0,1	1,5	0,7
17	Grusmark	15,3	1,9	36,3	4,5	11,2	1,4	14,3	1,8
18	Blokkrike snøleier	21,6	2,7	49,2	6,2	15,4	1,9	25,2	3,2
	Totalt	459,9	36,8	828,3	96,2	235,2	13,7	418,5	24,2
	Gjennomsnitt		0,080		0,116		0,058		0,057

Tabell 7.

Areal tall og biomasse for angitt delområder – Nordenskjöld Land

Nr	Vegetation unit	Nordenskjöld Land - låglandsområder		Nordenskjöld Land fjellområder		Nordenskjöld Land totalareal	
		Areal	Biomasse	Areal	Biomasse	Areal	Biomasse
		km <sup>2</sup>	tonn * 10 <sup>3</sup>	km <sup>2</sup>	tonn * 10 <sup>3</sup>	km <sup>2</sup>	tonn * 10 <sup>3</sup>
1	Hav	12,2	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0
2	Innsjø	23,2	0,0	1,5	0,0	24,6	0,0
3	Elv	36,2	0,0	31,8	0,0	68,0	0,0
4	Breer	33,5	0,0	759,3	0,0	792,8	0,0
5	Sparsomt vegetert, vått subst	271,8	28,5	365,7	38,4	637,5	66,9
6	Sparsomt vegetert, tørt subst.	37,7	5,4	233,1	33,3	270,8	38,7
7	Skyggeeffekter	173,0	11,8	466,6	31,7	639,6	43,5
8	Pionervegtasjon	168,3	43,3	62,8	16,1	231,1	59,4
9	Snøleiesamfunn	54,4	18,1	13,3	4,4	67,7	22,5
10	Mosetundra, våtmark	31,4	15,0	0,6	0,3	32,0	15,3
11	Myr og grastundra	65,4	33,1	4,0	2,0	69,5	35,2
12	Tueformet tundramark	125,1	51,5	16,7	6,9	141,8	58,4
13	Ekspontert reinrosetundra	53,3	12,8	46,0	11,0	99,3	23,8
14	Etablert reinrosetundra	179,9	49,6	79,4	21,9	259,3	71,6
15	Arktisk engsamfunn	159,6	67,5	29,9	12,7	189,5	80,2
16	Ekspontert grastundra	70,8	31,6	35,9	16,1	106,7	47,7
17	Grusmark	57,8	7,2	97,4	12,1	155,2	19,2
18	Blokkrike snøleier	32,8	4,1	142,0	17,9	174,7	22,0
	Totalt	1586,5	379,5	2386,0	224,9	3972,5	604,4
	Gjennomsnitt		0,239		0,094		0,152

#### IV. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Denne studien har vist at data fra satellitt kan gi svært verdifull informasjon om vegetasjon og areal typer innen nordområdene og i Arktis. Forekomst og utbredelse av ulike naturtyper framgår oftest fra et vegetasjonskart. Den potensielle bruken av et vegetasjonskart er mangesidig og omfatter forhold som regional analyse av natur og miljø, habitatstudier av dyr og fugler, klimastudier og studier av endringer i vegetasjonsdekket som et resultat av endringer i ulike klimaparametre eller menneskelige inngrep. Ulike typer satellitt data har bidratt til at vi kan studere disse forholdene på en ny og forbedret måte. Studiene kan videre gjøres over store areal og i ulik skala.

Kartlegging og utledninger av naturlig vegetasjon ved hjelp av data fra optiske satellitter har vært gjennomført siden den første Landsat satellitten ble skutt opp tidlig på 70-tallet (Hoffner et al. 1975, Lillesand & Kiefer 1979, Price et al. 1992). Det fysiske grunnlaget for å kunne drive fjernmåling av våre omgivelser, er at de fleste naturlige objekter reflekterer stråling ulikt i de forskjellige delene av det elektromagnetiske spekteret. I praksis vil det si at ulike vegetasjonstyper har sine særegne spektralsignaturer som varierer med bølgelengden av strålingen. Frodig grønn vegetasjon er karakterisert ved sterk refleksjon i den nærinfrarøde delen av spekteret og tilsvarende liten refleksjon i synlig rødt. Åpent vann er karakterisert ved absorpsjon i den midlere infrarøde delen av spekteret. Tilsvarende viser våte naturtyper redusert refleksjon i denne delen av spekteret. Eksponert mark viser en gradvis økning i refleksjonsverdiene med økte bølgelengder. Lavrik mark viser høye refleksjonstall i det synlige området.

I tillegg til å gjenkjenne ulike vegetasjonstyper basert på gitte spektrale mønstre, kan en studere endringer i naturmiljøet over tid ved å sammenligne satellittscener fra ulike tidsperioder mot hverandre. Dersom tilstanden vegetasjonsdekket endrer seg, f.eks ved en uttørring av jordsmonnet, eller ved at vegetasjonen tar skade på grunn av overbeiting, Slike endringer kan observeres ved hjelp av fjernmålingsteknikker, og på grunnlag av den

målte endring kan vi si noe om tilstanden til omgivelsene.

Dette prosjektet tar opp enda et forhold ved bruken av satellitt data. Prosjektet fokuserer på sammenhengen mellom vegetasjonsindeks ekstrahert fra satellitt og frodigheten i vegetasjonsdekket uttrykt ved biomasse. Det er i denne studien påvist en tilnærmet lineær sammenheng mellom målt biomasse i ulike vegetasjonssamfunn og ekstraherte NDVI-verdier på Svalbard. Høyest biomasse er registrert i myr og grasdominert tundra-vegetasjon. Biomassen er her målt til 506 gram/m<sup>2</sup>. Tilhørende NDVI-verdi er målt til 0,44 i en skala fra -1 til +1. Mens frodige samfunn viser høye NDVI-verdier, viser sparsomt vegeterte areal viser lave NDVI-verdier. Åpent vann og isbreer er oftest registrert med negative indekser for NDVI.

Etter at biomassen for hver vegetasjonstype er bestemt innen et areal på en kvadrat meter, er det mulig å oppskalere dette tallet til biomasse uttrykt i tonn pr kvadratkilometer. Kobles vegetasjonskartets areal sammen med stående plantebiomasse er det mulig å utlede totalarealets samlede biomasse. For Nordenskjöld Land er den totale biomassen beregnet til 604 400 tonn plantebiomasse på et samlet area på 3972 kvadratkilometer. Dette utgjør en gjennomsnittlig biomasse for området i sin helhet på 152 gram/m<sup>2</sup>. Det er i dette arbeidet gjort sammenligninger av biomasse for ulike delområder på halvøya, samtidig som det er gjort beregninger av biomassen i låglandet og i fjellområder. Fjellområdene viser lave tall for biomasse, om lag 9 gram/m<sup>2</sup>, mens låglandet er forholdsvis frodig med en gjennomsnittlig biomasse på 239 gram/m<sup>2</sup>. Av utskilte delområder er låglandsområdene i Reindalen/Berzeliusdalen registrert med høyest tall for biomasse pr. arealenhet. Beregningene her viser en gjennomsnittlig biomasse på 288 gram/m<sup>2</sup>. Biomassetallene som her er gjengitt er i samsvar med tilsvarende registreringer fra 1980-tallet (Brattbakk 1986, Spjelkavik 1995).

Dette prosjektet ble formelt igangsatt 1.1.2010 med en varighet på 2 år. Prosjektet har vært finansiert av Svalbard Miljøfond. Norut og NINA takker for oppdraget og ser fram til videre arbeid på Svalbard i årene som kommer.

## V. LITTERATUR

- Brattbakk, I. 1986. Flora og Vegetasjon. In: Øritsland, A. (editor). Svalbardreinen og dens livsgrunnlag. Universitetsforlaget. Oslo: 15-34.
- Elvebakk, A. 1994. A survey of plant associations and alliances from Svalbard. *Journal of Vegetation Science*, 5: 791-802.
- Elvebakk, A. 1999. Bioclimatic delimitation and subdivision of the Arctic. *Det Norske Vitenskaps-Akademi. I. Matematisk Naturvitenskapelig Klasse, Skrifter, Ny serie* 38: 81-112.
- Elvebakk, A. 2005. A vegetation map of Svalbard on the scale 1:3.5 mill. *Phytocoenologia*, 35: 951-967.
- Johansen, B.E., Karlsen, S.R. & Tømmervik, H. 2012. Vegetation mapping of Svalbard utilising Landsat TM/ETM+ data. *Polar Record*, 48, pp 47-63  
doi:10.1017/S0032247411000647
- Johansen, B., Tømmervik, H. & Karlsen, S.R. 2009. Vegetasjonskart over Svalbard basert på satellittdata. Dokumentasjon av metoder og vegetasjonsbeskrivelser. NINA Rapport 456. 54 s.
- Hoffer, R., Flemming, M. and Cray R. 1975. Natural Resource Mapping in Mountain Terrain by Computer Analysis of ERTS-1 Satellite Data. Research bulletin 919. Purdue University.
- Lillesand, T.m. & Kiefer, R.W. 1979. Remote Sensing and Interpretation. J. Wiley & Sons 1979. 612 pp.
- Price, K.B., Pyke, D.A. & Mendes, L. 1992. Shrub Dieback in semiarid Ecosystems: The Integration of Remote sensing and Geographic Information Systems for detecting vegetation changes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 58, No.4, pp 455-463.
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. & Menani, R.R. 1997. Increased plant growth in northern high latitudes from 1981-1991. *Nature* 386: 698-702
- Odasz-Albrigtsen, A-M- 1999. Svalbardreinenens påvirkning av tundravegetasjonen. In: Bengtson, S-A, Mehlum, F & Severinsen, T. (ed). Svalbardtundraens økologi. Norsk Polarinstitutt Meddelelser 150: 95-103.
- Spjelkavik, S. 1995. A satellite-based map compared to a traditional vegetation map of Arctic vegetation in the Ny-Ålesund area, Svalbard. *Polar Record*, 31:257-269.
- Walker, D.A., Epstein, H.E., Jia, G.J., Balsler, A., Copass, C., Edwards, E.J., Gould, W.A., Hollingsworth, J., Knudson, J., Maier, H.A., Moody, A. & Reynolds, M.K. 2003. Phytomass, LAI, and NDVI in northern Alaska: relationship to summer warmth, soil pH, plant functional types, and extrapolation to the circumpolar Arctic. *Journal of Geophysical Research*, 108, 8169.
- Øritsland, N.A. 1985. Svalbardreinen og dens livsgrunnlag. Avslutningsrapport for MAB-Svalbardprosjektet 1975-1985. Norsk Polarinstitutt. 194 pp.

