Klima tolking 2001
IHB 12.09.01

KLIMA I MOSJ: TOLKING

Klima ved norske arktiske stasjoner frem til år 2000

Parametere

Homogeniserte tidsserier av års- og sesongverdier for temperatur og nedbør på Bjørnøya, Hopen, Svalbard Lufthavn, Ny-Ålesund og Jan Mayen utgjør grunnlaget for denne vurderingen. For best mulig å kunne studere langtidsvariasjoner er serier fra noen nedlagte og utenlandske stasjoner benyttet til å forlenge og fylle huller i seriene fra Svalbard Lufthavn og Ny-Ålesund. Temperatur- og nedbørserien fra Svalbard Lufthavn er således basert på observasjoner fra stasjonene Green Harbour, Barentsburg, Longyearbyen og Svalbard Lufthavn. Temperaturserien fra Ny-Ålesund er likeledes basert på observasjoner fra Isfjord Radio og Ny-Ålesund. Metodikken som er benyttet ved skjøting av seriene er beskrevet av Nordli et al. (1996), som også beskriver hvordan hver enkelt serie er homogenitetstestet og justert for de brudd man har registrert som følge av endringer i målemetoder, rutiner, plassering av stasjoner etc. På grunnlag av homogeniserte månedsserier er det beregnet serier av verdier for vinter (des-jan-feb), vår (mar-apr-mai), sommer (jun-jul-aug) og høst (sep-okt-nov), samt årsverdier.

Begrunnelse for valg av parametre

Temperatur og nedbør er klimatiske nøkkelelementer som i stor grad påvirker biota og menneskelig aktivitet. Det er også for disse klimaelementene det er nedlagt størst arbeid når det gjelder homogenitetstesting og justering av observasjonene. Eventuelle trender som detekteres vil derfor være mer pålitelige når det gjelder temperatur og nedbør enn for andre elementer. Temperatur er dessuten det klimaelement som står mest sentralt når det gjelder problematikken rundt øket drivhuseffekt.

Metoder

Tidsutviklingen av temperatur og nedbør er beskrevet ved hjelp av filtrerte serier og trend-tester.

<u>Filtrering av tidsserier</u>
For å få frem variasjoner på 10-års skala er det benyttet et såkalt filter. Dette benyttes istedenfor glidende middelverdier. Forskjellen er at hver enkelt verdi som inngår i en glidende middelverdier teller likt, men de vektes ulikt ved bruk av filtre. Som vekter benyttes her verdier fra en Gauss-fordeling. I dette tilfellet er det benyttet en fordeling med standardavvik på 3. Metoden er beskrevet nærmere av Førland et al. (1997). Nær begynnelsen og slutten av tidsseriene vil de filtrerte verdiene være usikre idet de er basert på færre observasjoner enn de øvrige. Som en tommelfingerregel bør en være skeptisk til det antall verdier først og sist i den filtrerte serien som tilsvarer standardavviket i Gauss-fordelingen, i dette tilfellet altså 3 verdier i hver ende. I figur 1 til 4 er følgelig de tre første og siste verdiene i tidsseriene utelatt.

Trend-test

Det er beregnet lineære trender i seriene fra Svalbard Lufthavn, som er de lengste seriene vi har fra norsk Arktis. Den ikke-parameteriske Mann-Kendall testen er benyttet til å teste signifikansen til trendene. Denne er nærmere beskrevet i Førland et al. (1997).

Filtrerte temperaturserier

Normal årsmiddeltemperatur (middelverdi 1961-1990) varierer fra –1.4 °C på Jan Mayen til –6.7 °C ved Svalbard Lufthav (Tabell 1). De filtrerte tidsseriene for års- og sesongsmiddeltemperatur ligger derfor på forskjellige nivå (Figur 1). Når seriene standardiseres ved å trekke fra middelverdi og dividere på standardavvik (Tabell 2), beskriver de imidlertid ganske lik tidsutvikling (Figur 2).

Årsmiddeltemperatur

På årsbasis viser de filtrerte seriene stort sett en temperaturøkning fra målestart frem til et maksimum på 1930-tallet, som ligger ca. 1 standardavvik (rundt 1.5 °C) over gjeldende normalverdi. Det var et lokalt minimum i 1940-årene og et nytt maksimum i 1950-årene. På 1960-tallet var det et temperaturminimum som ligger ca. 0.5 standardavvik (0.5-1 °C) lavere enn gjeldende normalverdi. Dette er det laveste nivå i alle serier som startet etter 1920. Serien fra Svalbard Lufthavn viser imidlertid at det var enda kaldere før 1920. Fra 1970 har årsmiddeltemperaturen stort sett økt frem til nå. Middelverdien for 1990-årene er likevel, for alle stasjoner med målinger i disse periodene, lavere enn middelverdien for 1930-årene. Serien fra Jan Mayen skiller seg noe fra de andre når det gjelder tidspunkt og amplituder for maksima og minima, men hovedtrekkene er de samme.

Vinter

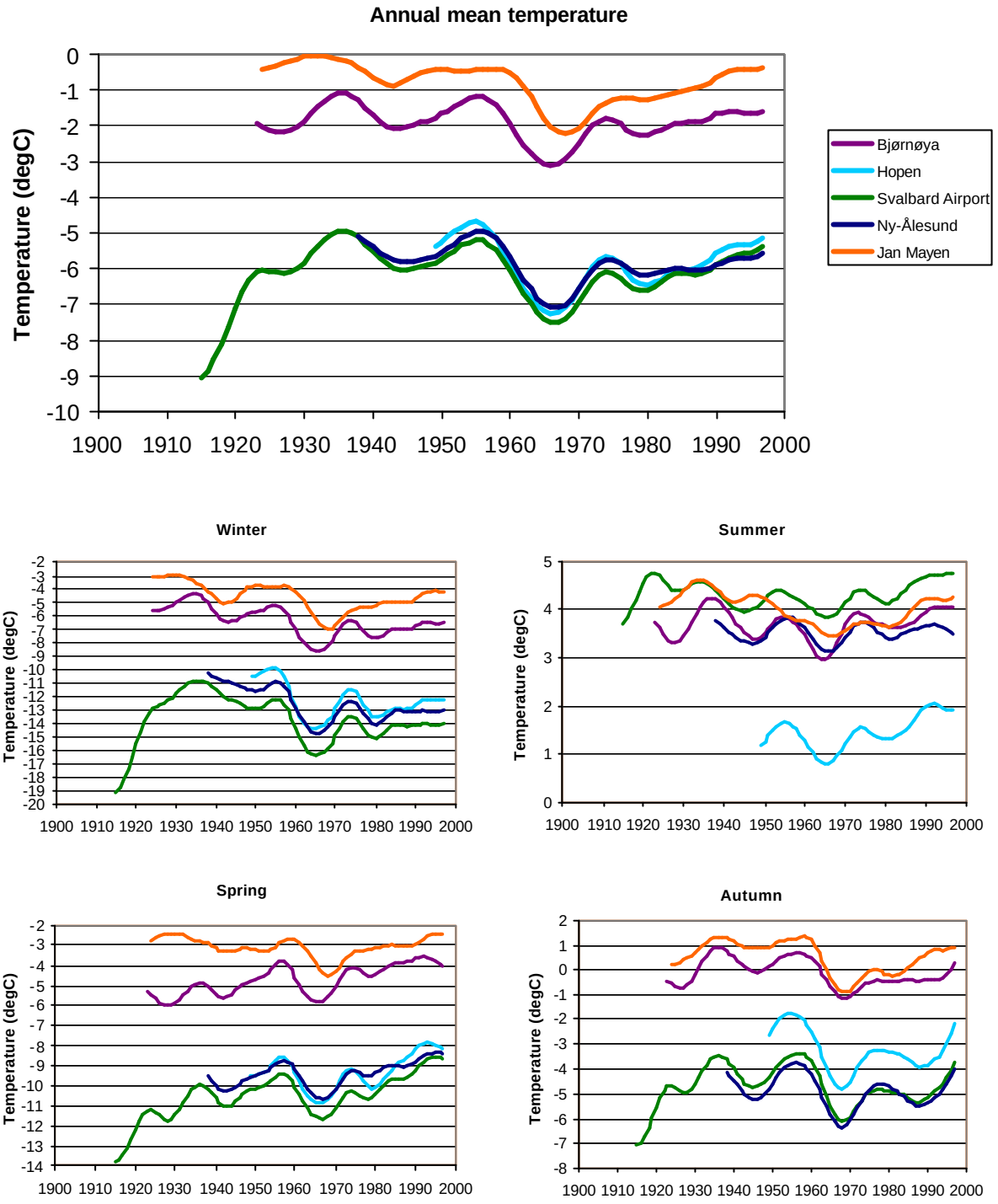
Vintertemperaturen viser i stor grad samme trekk som årsmiddeltemperaturen, skjønt amplitudene i °C er langt større. Kurvene fra Svalbard Lufthavn viser at seriens kaldeste periode var før 1920, dvs før noen av de andre stasjonene ble opprettet. Det var et absolutt temperaturmaksimum på 1930-tallet. Det finnes også i seriene fra Bjørnøya og Isfjord Radio, som her er benyttet til å forlenge Ny-Ålesund serien. Jan Mayen hadde sitt maksimum litt før.

Tabell 1. Normalverdier (gjennomsnitt 1961-90) for lufttemperatur (°C)

ST.NR.	STASJONS NAVN	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
99710	BJØRNØYA	-8.1	-7.7	-7.6	-5.4	-1.4	1.8	4.4	4.4	2.7	-0.5	-3.7	-7.1	-2.4
99720	HOPEN	-14.2	-13.7	-13.7	-11.3	-4.7	-0.4	1.9	2.3	0.7	-3.3	-8.6	-12.2	-6.4
99840	SVALBARD L.H.	-15.3	-16.2	-15.7	-12.2	-4.1	2.0	5.9	4.7	0.3	-5.5	-10.3	-13.4	-6.7
99900	NY-ÅLESUND	-13.9	-14.6	-14.2	-11.1	-4.0	1.5	4.9	3.9	-0.3	-5.7	-10.0	-12.5	-6.3
99950	JAN MAYEN	-5.7	-6.1	-6.1	-3.9	-0.7	2.0	4.2	4.9	2.8	0.1	-3.3	-5.2	-1.4

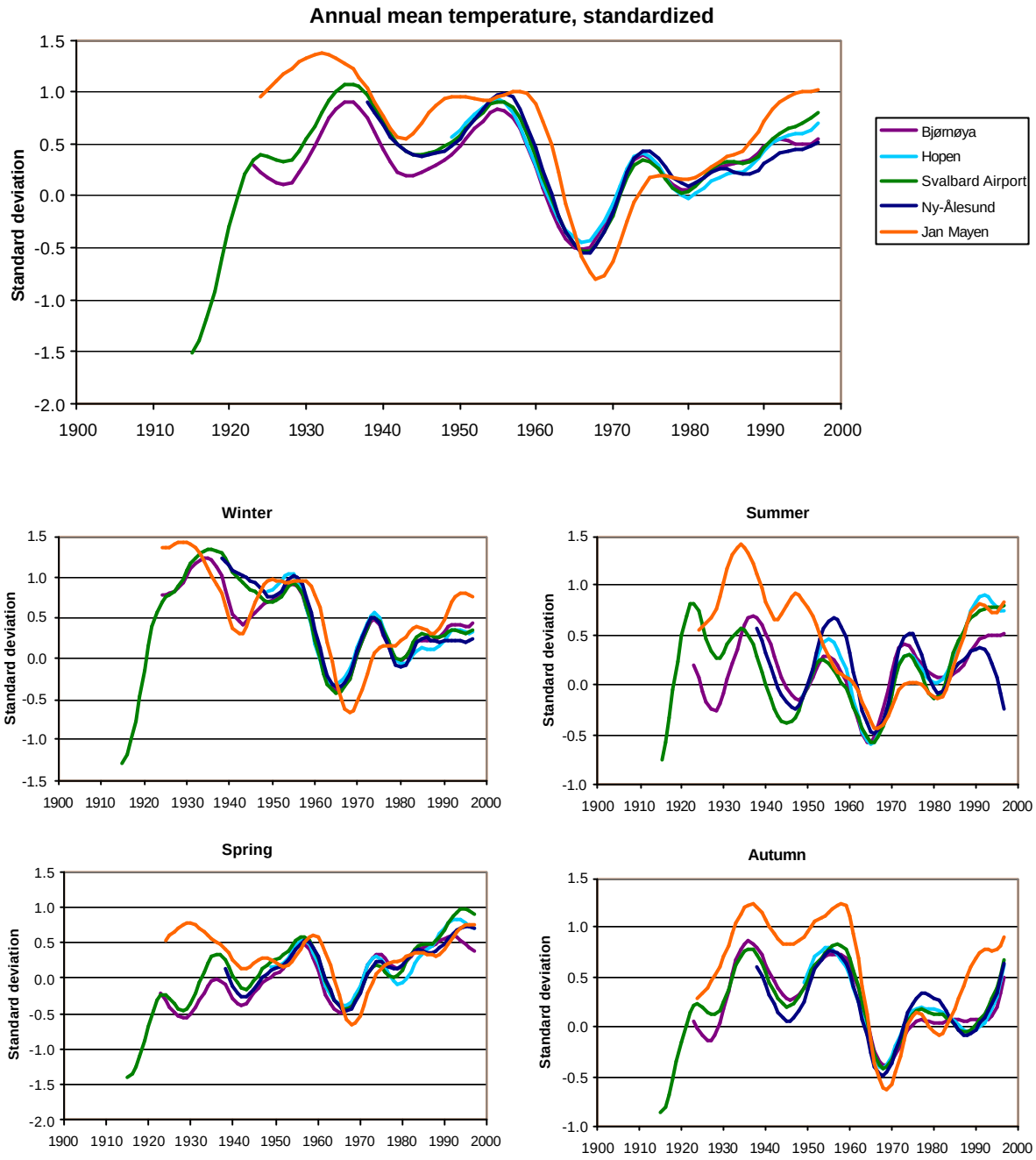
Tabell 2. Standardavvik for lufttemperatur (°C) for normalperioden 1961-90.

ST.NR.	STASJONS NAVN	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
99710	BJØRNØYA	3.7	3.9	4.0	2.2	1.4	1.2	1.2	1.0	1.2	2.0	2.7	3.7	1.4
99720	HOPEN	5.1	4.4	4.8	3.0	1.4	0.8	0.9	1.0	1.3	3.0	4.6	5.2	1.8
99840	SVALBARD L.H.	5.1	3.9	4.1	2.9	1.5	1.2	0.9	0.6	1.6	2.8	3.6	4.6	1.6
99910	NY-ÅLESUND	4.5	3.4	3.7	2.8	1.3	0.9	0.8	0.6	1.7	2.5	3.2	4.1	1.4
99950	JAN MAYEN	3.0	3.1	2.8	1.7	1.0	0.8	0.7	0.9	0.9	1.7	2.1	2.5	1.0



Figur 1. Års- og sesongmiddeltemperatur på de norske arktiske stasjonen. Tidsseriene er filtrert og viser variasjoner på 10-års skala.

På 1960-tallet viser alle seriene et minimum. En forskjell fra årsmiddeltemperaturen er at vintertemperaturen viser et tydeligere lokalt maksimum på 1970-tallet, og deretter et lokalt minimum rundt 1980, før temperaturen igjen øker frem mot 2000.



Figur 2. Standardisert års- og sesongmiddeltemperatur på de norske arktiske stasjonen. Tidsseriene er filtrert og viser variasjoner på 10-års skala. Enheten på y-aksen er standardavvik relativt til middelverdien for perioden 1961-1990.

<u>Vår</u>

Også om våren viser serien fra Svalbard Lufthavn et absolutt temperaturminimum før 1920, og deretter en oppvarming frem mot 1930-årene. Om våren var imidlertid 1950-årene varmere enn 1930-årene ved alle stasjoner bortsett fra Jan Mayen. Deretter følger en rask avkjøling til slutten av 1960-tallet, hvoretter vårtemperaturen igjen har øket, slik at 1990 årene var enda varmere enn 1950-årene.

Sommer

Om sommeren er temperaturvariasjonene typisk langt mindre enn i de andre årstidene (Fig. 1), og amplituden på dekadevariasjonene er typisk <1 °C. Det er en tendens til at de laveste minimumsverdiene finnes i 1960-årene, men serien fra Svalbard Lufthavn viser like kjølige somre før 1920. Hvilken periode som er varmest varierer fra stasjon til stasjon.

Høst

Høsttemperaturen viser, i likhet med vintertemperaturen, stort sett de samme trekk som årsmiddeltemperaturen. Ved Svalbard Lufthavn var perioden før 1920 desidert den kaldeste, men alle stasjoner viste også lave temperaturer i 1960-årene. De varmeste periodene forekom på 1930-tallet og 1950-tallet.

Filtrerte nedbørserier

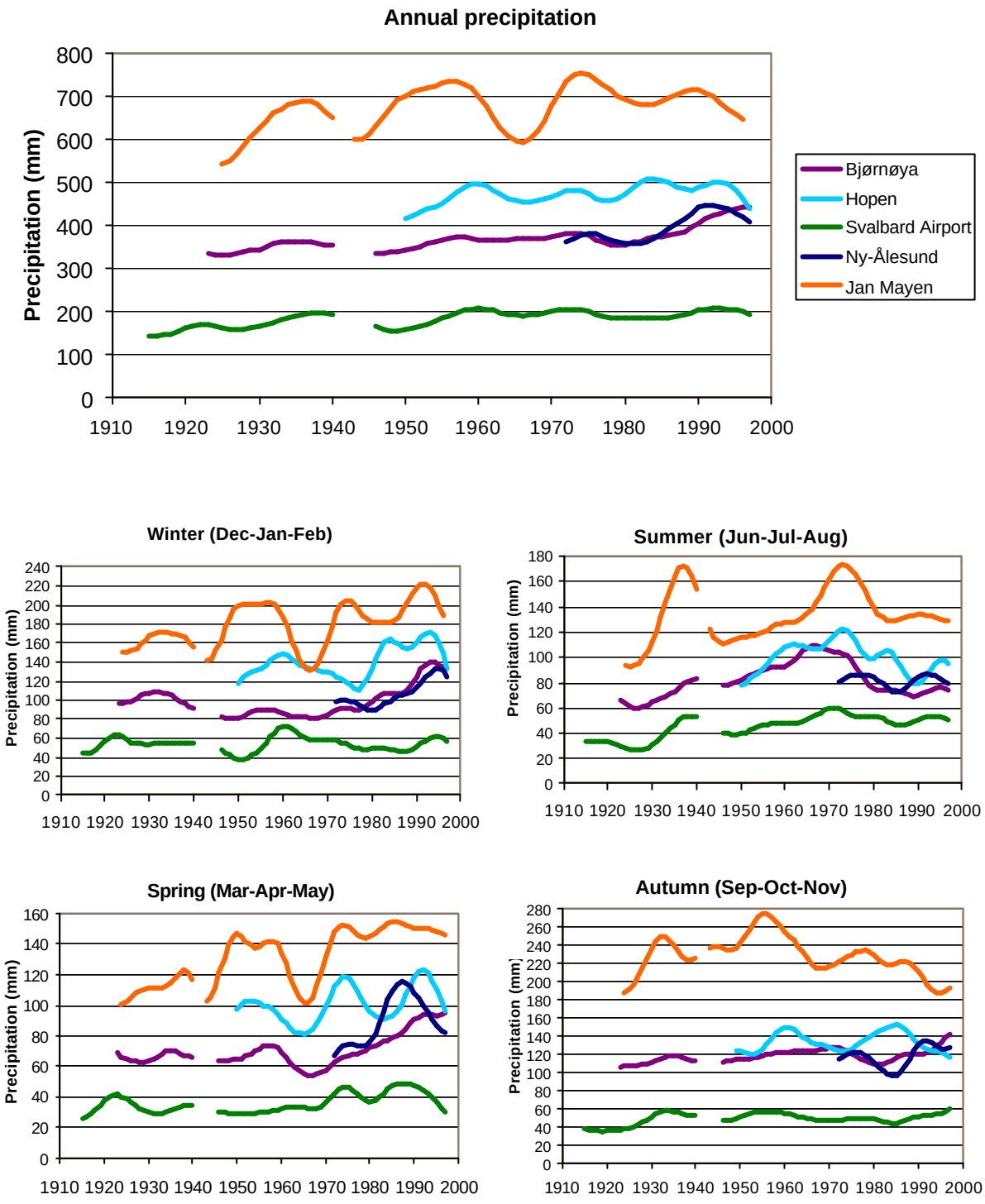
Normal årsnedbør (middelverdi 1961-1990) varierer fra 190 mm på Svalbard Lufthavn til 683 mm på Jan Mayen (Tabell 3). De filtrerte tidsseriene for års- og sesongsmiddeltemperatur ligger derfor på forskjellige nivå (Figur 3). Når seriene standardiseres ved å dividere på middelverdien, beskriver de fortsatt ganske forskjellig tidsutvikling (Figur 4). Dette skyldes dels at nedbør varierer over langt mindre romlig skala enn temperatur, og dels at det er en del problemer knyttet til å måle nedbør i arktiske strøk. Seriene fra Spitsbergen viser imidlertid mange fellestrekk.

Årsnedbør

På årsbasis viser seriene relativt lave verdier før 1930, mens verdiene på 1930-tallet ligger rundt de gjeldende normalverdier. Alle seriene har brudd under 2. verdenskrig, og starter deretter med relativt lave nedbørverdier. På Jan Mayen og Bjørnøya øker nedbøren til et maksimum i 1950-årene, mens Svalbard Lufthavn og Hopen har nedbørmaksimum rundt 1960. Seriene viser deretter mer eller mindre veldefinerte lokale minima på 1960-tallet og rundt 1980, mens de viser maksima på 1970-tallet og 1990-tallet. Nedbørutviklingen på Bjørnøya og spesielt Jan Mayen er noe ute av fase i forhold til Spitsbergen-stasjonene. Det er likevel et fellestrekk at alle stasjoner som starter før 1930 har sine laveste nedbørnivå i denne perioden. Det er på den annen side stor variasjon med hensyn til tidsrom for høyeste nivå. Mens Jan Mayen har sitt høyeste maksimum på 1970-tallet, har Bjørnøya atskillig høyere nivå på 1990-tallet. Ved Svalbard Lufthavn er nivået omtrent det samme rundt 1960 og i begynnelsen av 1990-årene.

Tabell 3. Normalverdier (gjennomsnitt 1961-90) for nedbør (mm)

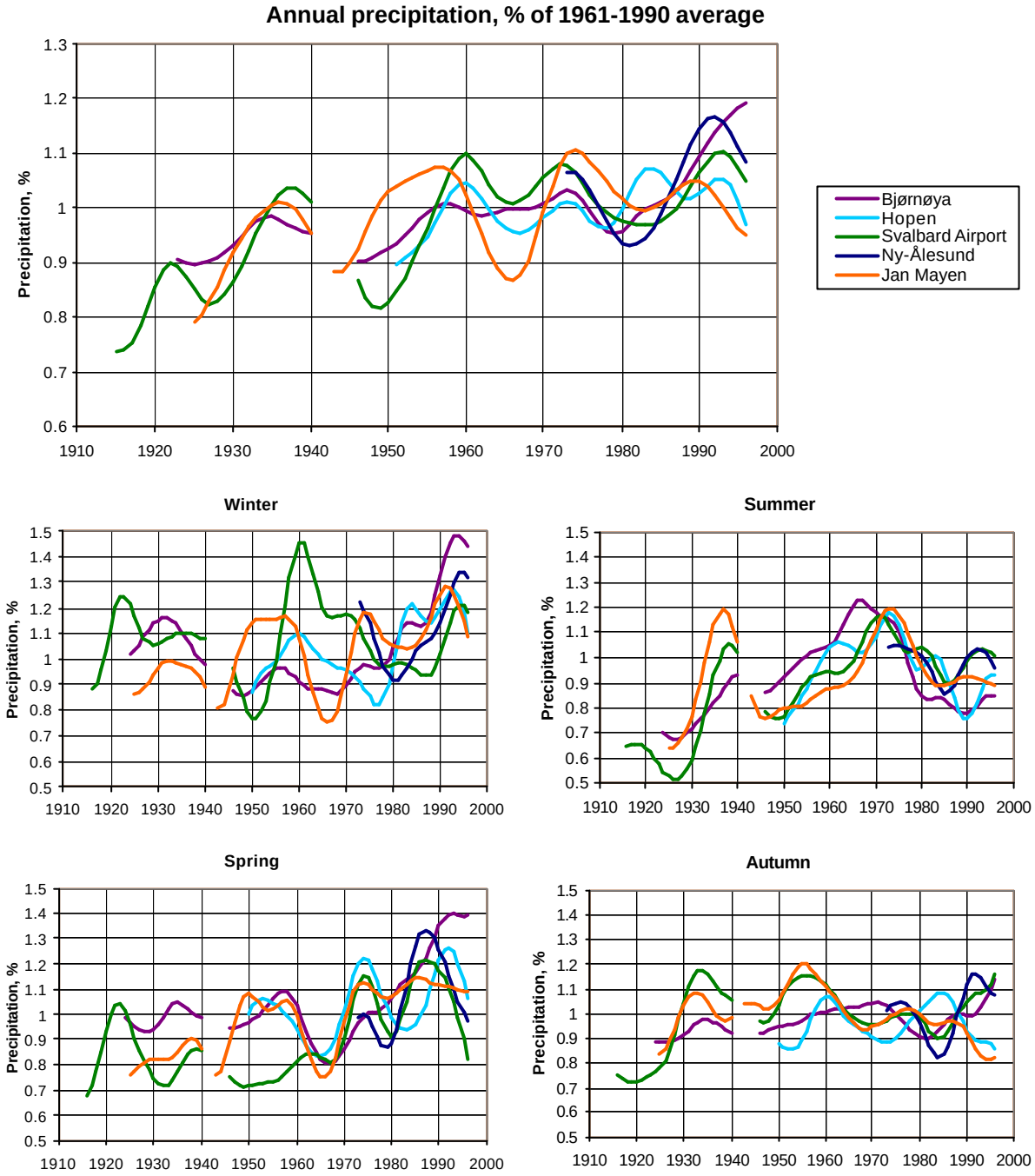
ST.NR.	STASJONS NAVN	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR
99710	BJØRNØYA	30	33	28	21	18	23	30	36	44	44	33	31	371
99720	HOPEN	39	42	41	32	24	30	35	39	46	47	47	54	476
99840	SVALBARD AIRP.	15	19	23	11	6	10	18	23	20	14	15	16	190
99910	NY-ÅLESUND	32	36	45	23	18	18	28	38	46	37	33	31	385
99950	JAN MAYEN	56	53	55	40	40	37	47	61	82	82	65	65	683



Figur 3. Års- og sesongnedbør ved de norske arktiske stasjonen. Tidsseriene er filtrert og viser variasjoner på 10-års skala.

Vinter

Vinternedbøren er beheftet en del støy som skyldes problemer med snøfokk. Blant annet er det mistanke om at maksimaene i 1920-årene og rundt 1960 i den sammenskjøtte serien fra Svalbard Lufthavn delvis skyldes snøfokk. Det samme gjelder Hopens maksimum på 1980-tallet.



Figur 4. Standardisert års- og sesongnedbør på de norske arktiske stasjonen. Tidsseriene er filtrert og viser variasjoner på 10-års skala. Enheten på y-aksen er % av middelverdien for perioden 1961-1990.

Alle serier bortsett fra Svalbard Lufthavn viser høyest nivå for vinternedbør på 1990-tallet. Laveste nivå varierer fra stasjon til stasjon, men finnes for alle stasjoner mellom 1950 og 1980.

Vår
Alle stasjoner har sitt absolutt høyeste nivå for vårnedbør i 1980- eller 1990-årene, og alle viser et nedbørminimum på 1960-tallet. Flere stasjoner har imidlertid hatt like lave eller lavere nedbørnivå tidligere

Sommer
Om sommeren viser alle stasjoner som starter før 1930 lavest nedbørnivå i denne perioden. Høyeste nivå for sommernedbør finnes for alle stasjoner på 1960- eller 1970-tallet. Jan Mayen viser imidlertid et like høyt maksimum i slutten av 1930-årene.

Høst
Også om høsten viser de seriene som starter tidligst et minimum før 1930, men Jan Mayen viser enda litt lavere minimum på 1990-tallet. Spitsbergen-stasjonene og Bjørnøya viser derimot høye nedbørnivå på 1990-tallet. Svalbard Lufthavn viser likevel, i likhet me Jan Mayen, høyest nivå på 1930- og 1950-tallet.

Trendanalyse

Temperatur- og nedbørserien fra Svalbard Lufthavn starter i 1912, og er således våre lengste arktiske serier. For disse har vi beregnet lineære trender på års- og årstidsbasis (Tabell 4). Trendenes signifikans er testet med Mann-Kendalls ikke-parameteriske metode.

Trender i temperatur ved Svalbard Lufthavn
Fra 1912 til 2000 er det en ikke statistisk signifikant positiv trend i årsmiddeltemperaturen. Man kan imidlertid dele perioden i 3 deler med signifikante trender: Det var en statistisk signifikant oppvarming fra 1912 til 1940, det var en statistisk signifikant avkjøling fra 1935 til 1970, og det var signifikant oppvarming i perioden 1965-2000. Alle disse trendene er signifikante på 1% nivå.

Når det gjelder sesongtemperaturene, er det kun om våren vi finner en statistisk signifikant oppvarming for perioden 1912-2000 som helhet. Både vinter, vår og høst finner vi imidlertid signifikant oppvarming i perioden 1912-1940. Om vinteren er også avkjølingen fra 1935 til 1970 statistisk signifikant. Både vår og sommer er det statistisk signifikant oppvarming (minst 10% nivå) i perioden 1965-2000.

Tabell 4. Trender i temperatur- og nedbørserier fra Svalbard Lufthavn, på års- og sesongbasis. . Trender som er signifikante på 1% nivå er gitt i fete typer. Trender som ikke er signifikante minst på 10% nivå står i parentes. Disse er kun gitt for hele perioden 1912-2000.

	Lineære trender i temperatur, ^{o}C pr. 10-år				
PERIODE	ÅR	VINTER	VÅR	SOMMER	HØST
1912-2000	(+0.14)	(+0.04)	**+0.37**	(+0.04)	(+0.11)
1912-1940	**+1.83**	**+3.82**	**+1.67**	-	**+1.55**
1935-1970	**-0.70**	**-1.72**	-	-	-
1965-2000	**+0.66**	-	**+0.50**	+0.26	-
	Lineære trender i nedbør, % pr. 10-år				
PERIODE	ÅR	VINTER	VÅR	SOMMER	HØST
1912-2000	**+2.8**	(-0.0)	+2.8	**+5.1**	**+3.5**
1912-1940	+12.2	-	-	+18.0	+20.2
1935-1970	-	-	-	-	-
1965-2000	-	-	-	-	-

Trender i nedbør ved Svalbard Lufthavn

I perioden 1912-2000 er det en klart statistisk signifikant økning (minst 1%-nivå) i årsnedbøren ved Svalbard Lufthavn. Det er likeledes signifikant økning i sommer- og høstnedbør. Om våren var det statistisk signifikant økning frem til 1998, men lite vårnedbør både i 1999 og 2000 gjør at den positive trenden fra 1912-2000 kun er signifikant på 10% nivå. Om vinteren er det ingen signifikant trend i nedbøren ved Svalbard Lufthavn i noen av de testede periodene.

Årsaker til trender i temperatur og nedbør

Å finne årsaker til klimaendringer og variasjoner er svært innfløkt, da klimaet er et resultat av vekselvirkninger mellom en rekke faktorer som virker på ulike skalaer i tid og rom. Det er likevel gjort en undersøkelse som kan sies å ha relevans for tolkningen av variasjoner i temperatur og nedbør på Svalbard gjennom det 20. århundre. Hanssen-Bauer og Førland (1998) undersøkte i hvilken grad variasjonen i temperatur og nedbør ved Svalbard Lufthavn kan knyttes til variasjoner i atmosfærisk sirkulasjon. Ideen bak studiet er at lokale temperatur- og nedbørforhold kan endre seg på to forskjellige vis: De kan endre seg fordi frekvensen av forskjellige sirkulasjonsforhold endres (for eksempel at det blir hyppigere sønnavind og sjeldnere vind fra andre retninger), eller de kan endre seg ved at luftmassenes egenskaper ved gitte sirkulasjonsforhold endres (for eksempel at luften blir varmere og fuktigere under gitte vindforhold). Ved å finne ut om, og eventuelt hvilke variasjoner som kan forklares ved endringer i atmosfærisk sirkulasjon, kan man komme et skritt nærmere de bakenforliggende årsaker.

Hanssen-Bauer og Førland (1998) konkluderte med at temperaturøkningen fra 1960-årene frem til slutten av tidsserien ble forklart rimelig godt ved endringer i fremherskende atmosfærisk sirkulasjon. En økning i de gjennomsnittlige sydlige og vestlige vindkomponenter i denne perioden har medført øket transport av varm luft til Spitsbergen. Oppvarmingen fra 1912 til 1930-årene ble derimot kun i liten grad forklart ved endringer i atmosfærisk sirkulasjon, spesielt om vinteren og våren. En mulig forklaring på dette er at oppvarmingen frem til 1930-tallet i større grad kan ha vært forårsaket av endringer i havsirkulasjon og isforhold, og de derav følgende vekselvirkninger mellom hav, sjøis og atmosfære.

Når det gjelder nedbørtrendene fra 1912-1998 ved Svabard Lufthavn konkluderte Hanssen-Bauer og Førland (1998) med at disse stor grad kan forklares ved variasjoner i atmosfærisk sirkulasjon. Dette er delvis et resultat av at nedbøren ved Svalbard Lufthavn er av orografisk karakter, og derfor nødvendigvis nær knyttet til den atmosfæriske sirkulasjon.

Et nærliggende spørsmål er hvorvidt sammenhengen mellom temperaturtrender og endringer i atmosfærisk sirkulasjon i perioden 1965-1998 utelukker at disse endringene kan være forårsaket av øket drivhuseffekt. Svaret er at dette på ingen måte kan utelukkes. Det er fullt mulig at øket drivhuseffekt kan resultere i endringer i den atmosfæriske sirkulasjon som igjen medfører lokale endringer i både temperatur og nedbør. Det er imidlertid på dette tidspunkt ikke mulig å si om det er øket drivhuseffekt som ligger bak de sirkulasjonsendringer vi har sett så langt.

Trender ved Svalbard Lufthavn relativt til trender globalt og i Norge.

Økningen i global middeltemperatur gjennom det 20. århundre (ca. 0.6 ^{o}C) er klart statistisk signifikant. Temperaturøkningen på det norske fastland gjennom de siste 100 år ligger mellom ½ og 1 ^{o}C. Også denne er statistisk signifikant i de fleste områder bortsett fra på Finnmarksvidda. Den positive trenden i årsmiddeltemperaturen på Svalbard er større enn de trendene som er funnet på det norske fastland. Den tilsvarer en økning på 1.4 ^{o}C på 100 år, men er likevel ikke statistisk signifikant. Dette skyldes tildels at det er store år-til-år variasjoner i Arktis. Det gjør at "støynivået" blir høyt, og at det kreves sterkere signal for å heve seg over dette. Men det skyldes også at temperaturen på Svalbard og i norsk Arktis generelt har utviklet seg noe annerledes enn den globale middeltemperaturen. Den globale middeltemperatur økte relativt jevnt fra slutten av det 19. århundre til 1940. Deretter fulgte en periode med ganske konstant temperaturnivå fra 1940-1970. Etter dette har temperaturen igjen steget, og nå raskere enn før 1940. På Svalbard har vi derimot hatt to perioder med sterk temperaturøkning avbrutt av en periode med avkjøling. Vi kjenner dette mønsteret også fra det norske fastland, men det er typisk at jo lenger nord vi kommer, jo sterkere er den første oppvarmingen og den påfølgende avkjølingen. Dette innebærer at hele Norge viser et lokalt temperaturmaksimum i 1930-årene. Mens de siste dekaders oppvarming i Syd-Norge har ført til at 1990-årene i snitt har vært enda varmere enn 1930-årene, står 1930-årene på Svalbard fortsatt suverent som det varmeste 10-året i tidsserien. Det er altså forskjellig geografisk signatur på de to periodene med positive temperaturtrender: Mens de siste årenes oppvarming har vært av mer "global karakter", var oppvarmingen før 1940 spesielt sterk på høye nordlige breddegrader, og særlig i den Atlantiske sektor. Denne oppvarmingen betegnes ofte som "the early 20th century warming", og man har ennå ikke full forståelse for hva som har trigget den, og hvorfor den har fått denne spesielle geografiske signaturen.

Den positive nedbørtrenden på Svalbard tilsvarer en økning på 2.8% pr 10-år, og den er statistisk signifikant. Også de fleste steder på de norske fastland opplevde vi en nedbørøkning gjennom det 20. århundre (opp til 1.8% pr 10-år), og økningen er statistisk signifikant i store deler av Vest-, Midt- og Nord-Norge. Nedbørøkningen på Svalbard ser også ut til å inngå i en mer storstilt nedbørøkning på midlere og høye nordlige breddegrader. I snitt antydes en økning på 0.5-1% pr 10-år, og nedbørøkningen på Svalbard ligger altså godt over gjennomsnittet.

Referanser:

Førland, E.J. I.Hanssen-Bauer & P.Ø.Nordli, 1997: Climate statistics and long-term series of temperature and precipitation at Svalbard and Jan Mayen. Norwegian Met. Inst. Report 21/97 KLIMA, 72 pp.

Hanssen-Bauer, I. & E.J.Førland, 1998: Long-term trends in precipitation and temperature in the Norwegian Arctic: can they be explained by changes in atmospheric circulation patterns? Clim Res, 10, 143-153.

Nordli, P.Ø., I. Hanssen-Bauer & E.J. Førland, 1996: Homogeneity analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. Norwegian Met. Inst. Report 16/96 KLIMA, 41 pp.