NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

EN UNDERSØKELSE AV SNØFORDELINGEN I TRE SØR-NORSKE HØYFJELLSFELT

OPPDRAGSRAPPORT
4 - 85

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

OPPDRAGSRAPPORT 4-85

Rapportens tittel:	Dato: 1985-03-25
EN UNDERSØKELSE AV SNØFORDELINGEN I TRE SØR-NORSKE HØYFJELLSFELT	Rapporten er: Åpen
	Opplag: 200

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Morten Johnsrud	Bjørn Wold

Oppdragsgiver:
RÅDET FOR DEN KRAFTVERKSHYDROLOGISKE TJENESTEN

Sammendrag:

Snømålingene i denne undersøkelsen er utført langs faste merkede strekk i feltene Tysso, Nore og Borgund. Det er i tre år utført målinger tilsammen langs 27 strekk (ca 1400 punktmålinger) som utgjør ca 30 km. Målestrekkenes lengde varierer fra 450 m til ca 2000 m, og avstanden mellom målepunktene varierer fra 5 m til 25 m.

Alle tre årene målingene er utført har vært snørike, 1983 er et av de snørikeste år i dette århundre. Dette året registrerte man snødybder på over 10 m. Variasjonskoeffisienten til målingene utført innen et målestrekk varierer fra 0,23 til 0,85 og er i gjennomsnitt for alle målte strekk 0,52. Variasjonskoeffisienten har en tendens til å avta med økende snødybde.

Det er tegnet snøfordelingskurver for målingene fra et felt. Når snødybden er uttrykt i prosent av gjennomsnittsdybden i feltet varierer snøfordelingskurvene lite fra år til år.

Visuelt er samvariasjonen god fra år til år. Samvariasjonen er uttrykt kvantitativt ved å beregne korrelasjonen mellom to og to måleserier fra samme strekk. De år målingene er utført langs nøyaktig samme tracé er korrelasjonen god. Den høyeste korrelasjonskoeffisienten mellom to måleserier er 0,98, disse to målingene er utført med seks ukers mellomrom i Borgundfeltet i 1984.

I 1983 måtte målingene langs fire strekk i Tyssofeltet flyttes 10 m til siden av sikkerhetsmessige grunner, i 1982 var de utført under kraftledningene. Korrelasjonen mellom måleseriene fra 1982 og de andre årene er betydelig dårligere for disse fire strekkene.

ISBN 82-554-0413-9

FORORD

God kjennskap til snøfordelingen i høyfjellsfelt er viktig informasjon i arbeidet med hydrologiske modeller, opplegg av snøundersøkelser og kalibrering av gammametoden.

Denne undersøkelsen ble igangsatt i 1982 med målinger i nedslagsfeltene til Tysso, Nore og Borgund, etter initiativ fra Tom Andersen. "Rådet for den kraftverkshydrologiske tjenesten" bevilget kr 60 000 pr år i 1982 og 1983 og kr 50 000 i 1984 til gjennomføring av undersøkelsen. Hydrologisk avdelings egeninnsats var forutsatt å dekke kr 15 000 pr år. De samlede kostnader har overskredet det budsjetterte beløp, og dette er dekket gjennom øket egeninnsats fra Hydrologisk avdeling.

Databearbeidelsen og rapportering er utført av Morten Johnsrud etter samråd med Tom Andersen. Tegningene er utført av Åse Wenche Lunde og Knut Boge. Feltarbeidet er utført av Bre- og Snøkontorets (VHB) personell i samarbeid med medarbeidere fra de respektive kraftverk. Alt datamateriale er lagt inn på Hydrologisk avdelings nyopprettede snødatabase.

Vi takker Borgund, Nore og Tyssedal kraftverk for bistand ved gjennomføring av målingene.

Oslo, april 1985

Bo Wingård
Fagsjef

INNHOLD Side

1.	INNLEDNING	3
2.	BAKGRUNN FOR PROSJEKTET	3
3.	OPPLEGG AV UNDERSØKELSENE	4
3.1	Feltbeskrivelse	4
3.2	Beskrivelse av måleopplegget	7
3.3	Tetthetsmålinger	10
4.	GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE	11
4.1	Praktiske forhold ved målingene	11
4.2	Usikkerhet i lokalisering av punktene	11
4.3	Usikkerhet i snødybdebestemmelsen	12
5.	RESULTATER OG VURDERINGER	12
5.1	Snøforholdene i måleperioden	12
5.2	Variasjon i snøfordelingen langs strekkene	13
5.3	Variasjon i snøfordelingskurvene fra år til år	15
5.4	Samvariasjon mellom målinger de enkelte år	17
5.5	Vurdering av tetthetsmålingene	21
5.6	Kommentarer til enkelte strekk	21
6.	KONKLUSJONER	26
7.	DIAGRAMMER	27
8.	REFERANSER	42

1. INNLEDNING

Prosjektet har hatt som formål å utvide vår kunnskap om snøfordelingen i høyfjellet i Sør-Norge. Data som gir informasjon om snøfordelingen blir ikke samlet inn ved de rutinemessige snømålinger som foretas av kraftverk og reguleringsforeninger. På det tidspunkt undersøkelsen ble satt i gang hadde man lite kjennskap til snøfordelingen i høyfjellet.

I utgangspunktet var prosjektet planlagt å strekke seg over en toårs periode med innsamling av data våren 1982 og 1983. Vinteren 1982/83 var særdeles snørik. Dette førte til at noen strekk ble målt forskjellig de to årene. På dette grunnlag ble det søkt etter midler hos Rådet for den kraftverkshydrologiske tjenesten for en utvidelse av feltarbeidet med nok en sesong.

Ved valg av delfelt der målingene skulle utføres ble det tatt hensyn til en rekke faktorer. Feltene skulle ha ulike snømengder. Helst skulle feltene være forskjellige ut i fra storstilte variasjoner i topografien. Det skulle være regulerte felt hvor det årlig utføres operative snømålinger i forbindelse med kraftverksdrift. Minst et av feltene skulle inngå i gammamålingsopplegget. Det ble også lagt vekt på mulighet for nært samarbeid med lokale kraftverk med mulighet for bistand av kjentfolk, tilgang på husvære, mulighet for å disponere snøscooter og annet utstyr. Tre felt som samlet tilfredsstilte disse krav ble valgt, Tysso og Nore på Hardangervidda og Borgundfeltet.

I 1980 oppnevnte Rådet en arbeidsgruppe som skulle vurdere snømålinger i forbindelse med kraftverksdrift. I 1982 avsluttet "Snøgruppen" sitt arbeid gjennom rapporten "Snømålinger for kraftverksdrift". Målingene i snøfordelingsprosjektet er lagt opp etter Snøgruppens anbefalinger.

2. BAKGRUNN FOR PROSJEKTET

De snømålinger og snøundersøkelser som er blitt utført i Norge framover mot slutten av 1970 tallet har gitt lite informasjon om snøfordelingen i norske høyfjellsområder. Tradisjonelt har man benyttet punktmålinger, dvs. at man måler snødybden i en rekke punkter innenfor et begrenset område på hver målestasjon og finner en middeldybde man antar er representativ for stasjonen. I tillegg utføres vanligvis en tetthetsmåling ved en snødybde nær middeldybden for stasjonen. Det er kun i et par felt det har vært utført målinger som avviker fra denne målemetodikk og målingene utføres langs faste strekk. Dette gjelder blant annet Trondheim Elektrisitetsverks målinger i Nea og Glommens- og Laagens Brukseierforenings målinger i Vinstravassdraget. De sistnevnte målinger har vært utført langs telefonlinjer i en 20 års periode.

Ved flere av de målemetoder og rutiner som er utviklet for tilsigsprognosering har det vist seg at informasjon om snøfordelingen er viktig. Dette gjelder i første omgang ved utvikling av begreps-

messige hydrologiske modeller, f.eks. HBV-modellen. Til denne tilsigsimuleringsmodellen har man tilpasset en snørutine som tar hensyn til snømassenes fordeling i de forskjellige høydenivåer (Aam og Killingtveit, 1978).

En annen metode som brukes for å bestemme snømagasinet i en del nedbørfelter i Sør-Norge er "Gammastrålingsmetoden". Denne metoden har vært i operativ bruk i Norge siden 1972. Snøens vannekvivalent bestemmes ved at man måler intensiteten i gammastrålingen før og etter snølegging. Ut fra reduksjonen i gammastrålingen kan man bestemme snøens vannekvivalent. Fordi relasjonen mellom snødybden og strålingsreduksjonen er ikke-lineær vil snøfordelingen ha stor innvirkning på måleresultatet. (Johnsrud, 1981). Med den metodikk som er benyttet til nå tar man til en viss grad hensyn til den gjennomsnittlige snøfordelingen gjennom et empirisk formelverk, som er utviklet gjennom kalibrering av ligningene mot måling av snømagasinet utført på bakken. Endringer i snøfordelingen fra år til år blir det ikke tatt hensyn til. Varierende snøfordeling regnes som den dominerende feilkilde ved bruk av gammametoden, og en grundig vurdering av metoden krever kjennskap til snøfordelingens variasjon.

Også for konvensjonelle snøtakseringsmetoder er snøfordelingen av betydning. Fram til nå har man i hovedsak målt i enkelte punkter eller punktsvermer. Med ujevn snøfordeling er sannsynligheten liten for at det enkelte punkt (eller punktsverm) skal være representativ for lokaliteten eller delfeltet. Snøgruppen anbefaler et snømåleopplegg hvor snødekkets variasjon i forskjellige skalaer blir kartlagt. Det anbefales å måle langs faste merkede strekk, slik at man med stor grad av nøyaktighet utfører snødybdemålingen på de samme punktene i terrenget ved hver målerunde.

Det er i de senere år lagt opp noen nye snømåleopplegg basert på Snøgruppens anbefalinger. Blant annet har Statskraftverkene etablert slike måleopplegg for sine nye kraftverksfelt i Eidfjord og Ulla-Førre.

Gjennomføringen av måleopplegget i prosjektet har i tillegg til kartlegging av snøfordeling også gitt erfaring i gjennomføring av et slikt nøyaktig måleopplegg i snørike områder med sterkt varierende værforhold.

3. OPPLEGG AV UNDERSØKELSENE

3.1 Feltbeskrivelse

For gjennomføring av måleopplegget ble de tre feltene Borgund (397 km^2), Nore (2195 km^2) og Tysso (405 km^2) utvalgt (figur 3.1). Det meste av arealet i alle feltene ligger over tregrensen. Samtlige strekk der det er utført målinger ligger over 1100 m o.h. Tyssofeltet i de vestlige deler av Hardangervidda består for det meste av bart fjell med lite løsmasser. Dette er nedbørrike fjellområder og isohydatkartet viser et årlig avløp på 60-70 $l/s.km^2$.

I de høyereliggende delene av Tyssofeltet er det sparsomt med vegetasjon. Den hypsografiske kurve på figur 3.2a viser hvordan snømålestrekkene ble plassert høydemessig. Det laveste strekket ligger i ca 1100 m o.h. mens de 9 andre ligger fra 1300-1470 m o.h.

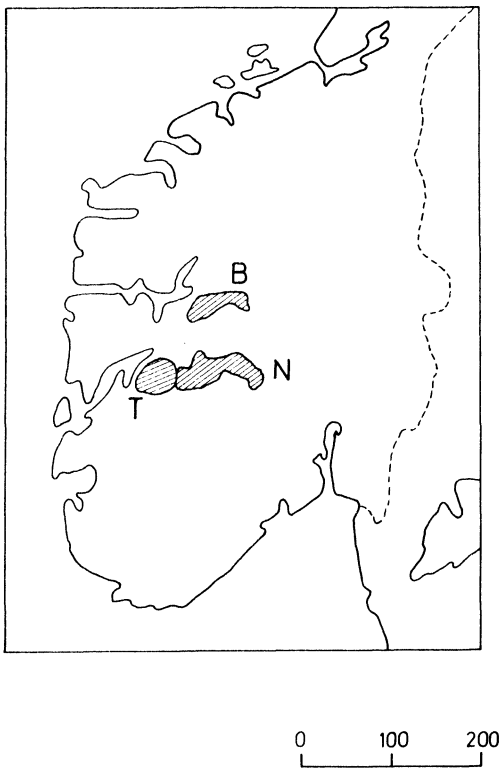


Fig. 3.1 Beliggenhet til de tre feltene i undersøkelsen.
T : Tysso
N : Nore
B : Borgund

Nedslagsfeltet til Tunhovdfjorden (Norefeltet) ligger i de sentrale og østlige deler av Hardangervidda. Morenedekket blir mer framtredende østover på vidda og en mindre andel av arealet er bart fjell. Som kjent avtar nedbøren når man beveger seg østover på Hardangervidda og årlig middelavløp i Norefeltet ligger på ca 25-30 $l/s{\cdot}km^2$. De seks snømålestrekkene i dette feltet ligger mellom 1150 og 1310 m o.h. og er plassert i de sentrale deler av feltet (figur 3.2b).

Borgund kraftverks nedslagsfelt ligger mellom Lærdal og Hemsedal. Som det går fram av den hypsografiske kurven på figur 3.2c ligger store deler av nedslagsfeltet svært høyt (40 % over 1500 m o.h.). Det meste av feltet består av bart fjell og lite løsmasser. Med et midlere årlig avløp 30-45 $l/s{\cdot}km^2$ ligger nedbørmengdene mellom hva man finner i Tysso og Nore. I dette feltet ble det lagt ut 11 målestrekk. Samtlige strekk ligger over 1350 m o.h. Det høyest plasserte av alle målestrekkene i undersøkelsen ligger også i Borgund, 1680 m o.h.

De tre feltene som omfattes av undersøkelsen har relativt ulike snøforhold. I Tyssofeltet er det ikke uvanlig med en vannekvivalent i snøen på over 1000 mm, og i gjennomsnitt over hele feltet er det ikke uvanlig med en vannekvivalent i snødekket som er det dobbelte av hva man finner i Nore.

TYSSO

Nr	Navn	h.o.h.	høyde-forskj.	lengde	avstand ml. målepunkt
		m	m	m	m
1	Juklavatn	1470	80	1015	25
2	Sæhlevarden	1440	30	925	25
3	Skjeldåsvarden	1420	25	690	25
4	Holmevatn	1360	35	690	25
5	Reinakoll	1390	25	705	25
6	Langtjørn	1350	50	1290	25
7	Matskårhæ	1300	90	1290	25
8	Illakleiv	1370	35	1080	25
9	Tresfonn	1460	25	500	25
10	Bersåvatn	1105	20	1050	25

BORGUND

Nr	Navn	h.o.h.	høyde-forskj.	lengde	avstand ml. målepunkt
		m	m	m	m
1	Øljusjødammen	1480	80	530	10
2	Hyttenosi	1400	90	1415	25
3	Graveskardtjern	1355	30	556	25
4	Starsjøen-vest	1370	40	1120	25
5	Skavlevatn	1680	40	870	25
6	Raudbergskarvet	1620	70	1600	25
7	Bjordalsvatn	1600	150	1180	25
8	Kaldavatn	1520	40	865	25
9	Skålanosi	1390	20	455	25
10	Sulemarktjern	1490	0	1070	25
11	Vestbotn	1380	0	725	25

NORE

Nr	Navn	h.o.h.	høyde-forskj.	lengde	avstand ml. målepunkt
		m	m	m	m
1	Nilsebunuten	1235	55	1000(500)	25(5)
2	Skaupsjølægret	1225	10	500	5
3	Geitsjø	1150	25	1200	25
4	Syningen	1310	30	1980(1000)	25
5	Fagerheim	1185	50	1150	25(5)
6	Halnedammen	1160	60	1900(1010)	25(5)

Tabell 3.1 Oversikt over alle målestrekkene som inngår i undersøkelsen. Tallene i parentes angir alternative strekklengder og avstanden mellom målepunktene.

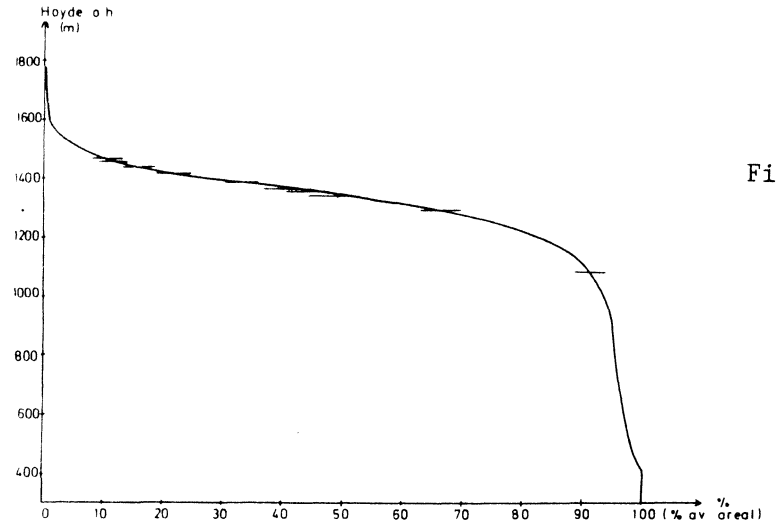
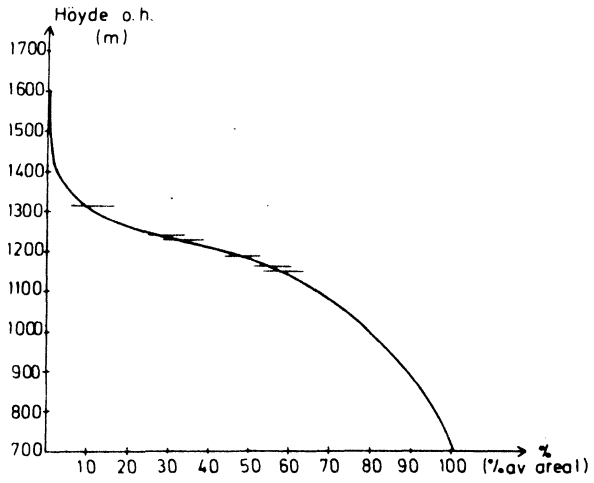
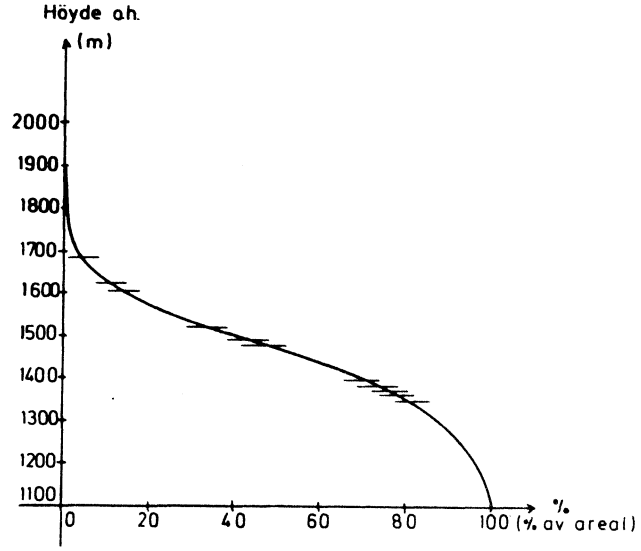


Fig. 3.2 Hypsografisk kurve for feltene med snømåle-strekkene inntegnet.
a) Tysso
b) Nore
c) Borgund

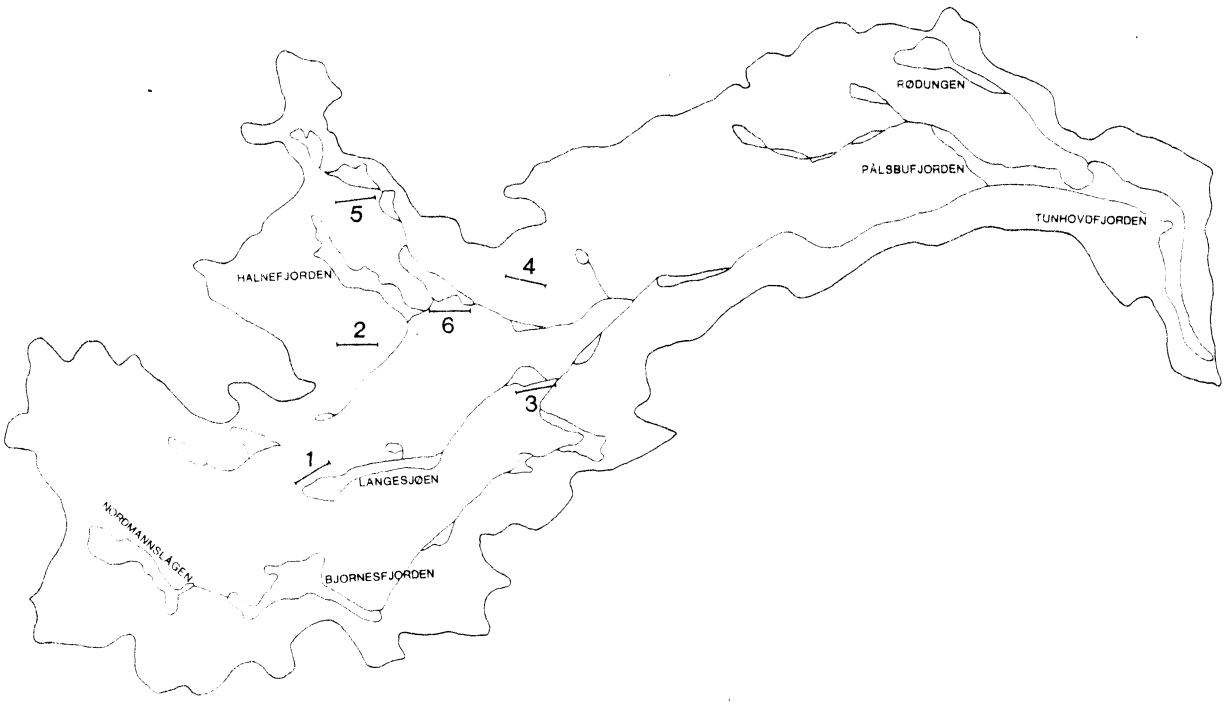




3.2 Beskrivelse av måleopplegget

Til prosjektet var det i første omgang planlagt å samle inn snødata over en to års periode. Den andre vinteren 1982/83 var meget snørik, og på grunn av de store snømengdene ble feltarbeidet utvidet med en tredje målesesong.

Ved plassering av snømålestrekkene ble det lagt vekt på at de geografisk skulle være representative for feltene, og passe inn i det operative snømåleopplegget. Målestasjonene er plassert slik at de forskjellige høydenivåer er godt dekket. Det er også lagt vekt på at målestrekkene er representative for snødekkets variasjon. Tilsammen ble det valgt ut 27 strekk som fordeler seg ved 10 strekk i Tysso, 6 strekk i Nore og 11 strekk i Borgund. Den samlede lengde utgjør ca 30 km og omkring 1400 punktmålinger. I Tyssofeltet har man målt 9150 m fordelt på 372 snødybdemålinger. I Nore har det vært målt forskjellig lengde alle årene, 8290 m i 1982, 5840 m i 1983 og 6260 m i 1984. Den totale målelengde i Borgund utgjør 11050 m fordelt på 480 punktmålinger.



SNØSTREKK I NOREFELTET

SNØSTREKK I BORGUNDFELTET

Fig. 3.3 Kart over feltene i undersøkelsen med strekkene inntegnet.

Høsten 1982 ble de fleste strekk, som ikke var klart definerte langs kraftlinjer etc. merket, slik at de skulle være lette å identifisere vinterstid. Strekkene ble merket med stenger i ende- og mellompunkter, slik at det var fri sikt fra stang til stang. I forbindelse med merkingen av strekkene ble det utført kontrollmålinger av strekkenes lengde.

Noen av målestrekkene i Tysso ble lagt langs kraftlinjer. I 1982 ble snømålingene langs disse strekkene utført under kraftlinjene.

Med de store snømengdene som var i 1983, opp mot 10 m snødybde i enkelte punkter, fant man det nødvendig av sikkerhetsmessige

grunner å flytte målepunktene. Målestrekkene ble parallellforskjøvet 10 m ut fra kraftlinjene. I 1984 fulgte man måleopplegget fra 1983.

Måleopplegget er i hovedsak lagt opp etter Snøgruppens anbefalinger (Andersen o.a. 1982). De fleste av strekkene er veldefinerte med godt merkede stenger ved eventuelle knekkpunkter. Hensikten var å legge opp et måleopplegg der målingene ble utført med stor nøyaktighet. Det skulle også være lett å kunne gjenta målingene fra år til år uten å være avhengig av de samme folkene til å utføre målingene.

Innbyrdes avstand mellom målepunktene i et strekk er den samme, men avstanden kan variere fra strekk til strekk. Strekkenes lengde varierer fra ca 450 m til 2000 m. Samtlige strekk i Tyssofeltet har en avstand mellom målepunktene på 25 m (figur 3.3). I Borgundfeltet er det målt langs 11 strekk, i 10 av disse er avstanden mellom målepunktene 25 m, mens den i et strekk er 10 m (strekk 1). Tabell 3.1.

I Norefeltet har målingene vært utført langs 6 strekk. Målingene er ikke utført etter samme målemetodikk alle årene. Avstanden mellom punktene har variert noe. Det første året ble samtlige strekk utenom ett målt med 25 meters avstand mellom hvert punkt. I 1983 ble målingen i noen av strekkene kombinert med den første uttesting av snøradaren. Dette krevde et måleopplegg med kort avstand mellom målepunktene, noe som førte til at dette året ble de fleste strekk målt med 5 meters avstand mellom hvert stikk. I tillegg var flere av merkestengene snødd ned på grunn av de store snømengdene. Dette førte til at man under måling av enkelte av strekkene kom noe ut av "kurs". For å komme fram til et datamateriale der både målingene fra 1982 og 1983 kunne sammenlignes, gjennomførte man i 1984 et måleprogram der man så godt det lot seg gjøre målte etter begge de tidligere års program. Kun to av strekkene er målt etter det samme måleopplegg alle tre årene.

3.3 Tetthetsmålinger

Antall tetthetsmålinger man bør ta pr. målestasjon er et optimaliseringsproblem hvor man tar hensyn til tiden man bruker pr. snødybdemåling, tetthetsmåling og på å forflytte seg mellom to målestasjoner. Etter Snøgruppens anbefalinger skal det i det minste utføres én snøtaksering ved hver målestasjon. Dessverre har det vært en noe ulik praksis når det gjelder hyppigheten av tetthetsmålinger. I Norefeltet er det utført tetthetsmåling ved hvert strekk alle tre årene. I de to andre feltene har det blitt utført "rutinemessige" snømålinger på samme tidspunkt. Strekkene som har inngått i dette prosjektet har oftest falt sammen med kraftverkenes egne snømålestasjoner. For å spare tid på feltarbeidet har man ønsket å benytte tetthetsmålinger fra de operative snømålingene. I operativ sammenheng er man primært interessert i snøens vannekvivalent ved målestasjonene noe som medfører at snødybde og tetthet blir ikke alltid arkivert. Dette er årsaken til at man for Borgundfeltet står uten tetthetsmålinger i 1982.

4 GJENNOMFØRING AV MÅLINGENE

4.1 Praktiske forhold ved målingene

Under feltarbeidet har man fått disponere lokale kraftverkshytter i fjellet. Dette har vært både tidsbesparende og nyttig for VH's medarbeidere. I feltene Nore og Tysso har man i tillegg til to personer fra VH også hatt med en lokal kjentmann fra kraftverkene, slik at målingene har blitt utført av tre personer. I tillegg til arbeidshjelp og losji har vi også fått disponere annet utstyr som snøscooter, måleutstyr etc.

Målestrekkene har startet fra faste merkede startpunkt. Det er viktig at strekkene blir målt i samme retning ved hver måling, startpunktet bør derfor være entydig merket. Til merking av start- og kontrollpunkter har man brukt stenger, det er viktig at stengene er sterke og godt festet til bakken. Det har vært brukt nøyaktige målebånd av 50 m lengde for å måle seg fram til punktene. Det ble siktet fra merkestang til merkestang for å avvike minst mulig fra kursen på strekket. Avstanden mellom to merkestenger bør ikke være for lang. Man får da problemer med å holde kursen i dårlig vær. Til hvert enkelt målestrekk bør det utarbeides et eget skjema med kontrollpunktene inntegnet på forhånd. På dette skjema bør man også notere kompasskurs fra et fast holdepunkt til startpunktet for å gjøre det enklere å finne fram i dårlig vær. Det har vært tidsbesparende for feltarbeidet å være tre personer om å gjennomføre målingene. Under ideelle forhold har det gått med en uke til målingene i hvert felt i tillegg til reising tur/retur Oslo.

4.2 Usikkerhet i lokalisering av punktene

Strekkene er lagt slik at de skal representere snøfordelingen for den aktuelle målestasjon, dvs. den lokale variasjon. I tillegg tiltopografi vil temperaturen og graden av vinddrift virke inn på snøfordelingen. Det er sparsomt med vegetasjon i disse høyfjellsområdene, og man kan se bort fra den som en innvirkende faktor på snøfordelingen.

Snøgruppen anbefaler et måleopplegg hvor hvert målepunkt kan treffes med en usikkerhet på $\pm$ 1 m. Med den lengde på strekkene, de snødybder og værforhold man har målt i dette måleprogrammet er det svært vanskelig å holde seg innenfor denne marginen, dette på tross av meget nøyaktig utmåling til hvert målepunkt. I strekkenes lengderetning har man hatt mulighet for kontroll ved knekk- og endepunkter. Selv med strenge krav til observatøren er det vanskelig å holde dette kravet til nøyaktighet. Hvis det skal være mulig må man ha flere kontrollpunkter underveis. I tillegg kommer usikkerheten på tvers av strekkets lengderetning. Det er siktet mellom faste merkestenger og usikkerheten på tvers av strekkene vil være mindre enn i lengderetningen, og kan settes til $\pm$ 1 m. Denne usikkerheten vil avta innover mot merkestengene.

I Borgund ligger sluttpunktet for alle strekkmålingene innenfor Snøgruppens "anbefalte" usikkerhet, $\pm$ 1 m. Dette gjelder ikke for de to andre feltene, men usikkerheten langs strekkene ligger innenfor $\pm$ 5 m.

Med usikkerhet i "treff" på hvert målepunkt vil topografiens mikrovariasjon virke inn på snødybdemålingen i hvert punkt. De områdene målingene har funnet sted er ofte vegetasjonsfrie med et stort innslag av stein. Et underlag av denne type med stor variasjon i mikroskala vil virke sterkt inn på snødybden i det enkelte målepunkt i strekket.

4.3 Usikkerhet i snødybdebestemmelsen

Snødybdene er målt ved hjelp av en stikkstang som er satt sammen av 1 m lange ledd. Det er benyttet stikkstenger med en lengde på opptil 10 m. Stengene er skalert med et merke for hver 10. cm, men avlesningen er angitt med en centimeters nøyaktighet. Avlesningsusikkerheten vil være noe avhengig av snøoverflatens beskaffenhet, men kan settes til $\pm$ 1 cm.

Usikkerheten i bestemmelsen av snødybden øker med økende snødybde. Bakkens overflatestruktur og snødekkets lagdeling er faktorer som virker inn på usikkerheten. Ved normale snødybder, fra 1-3 m, hvor man med sikkerhet treffer bakken kan grenseflaten mellom snølaget og bakken bestemmes med $\pm$ 3 cm. Er snødybden stor og det er islag i de nedre deler av snødekket kan man "ta feil av" bakken og et islag, noe som kan føre til betydelige målefeil.

Under normale forhold når både avlesningsusikkerhet og måleusikkerhet er tatt hensyn til, vil usikkerheten i snødybdeangivelsen være mindre enn $\pm$ 4 cm. For de fleste målinger som er utført i denne undersøkelsen utgjør dette mindre enn 2 % av måledybden.

5 RESULTATER OG VURDERINGER

5.1 Snøforholdene i måleperioden

De tre vintrene snømålingene til denne undersøkelsen har blitt utført har vært relativt snørike. Det er noe som går klart fram av Meteorologisk Institutt (MI) snøakkumuleringskart. I følge disse kartene fra 31/3 har det i samtlige tre felt vært over normale snømengder alle tre årene. Den første vinteren 1981/82 var det relativt nær normal snøakkumulasjon, ca 110 % av normalt, i alle tre feltene i 1200 m o.h. nivå. Vinteren 1982/83 er som kjent en av de mest snørike år i Sør-Norge i dette århundre, dette viser også MI's snøakkumuleringskart med ca 160-180 % av det normale i Borgund og ca 200 % av normalt i Tyssofeltet. Norefeltet hadde en kraftig østvest gradient på MI's kart dette året, med nær 200 % av normalt i vest og ca. 130 % i de østlige deler, alt tatt i 1200 m o.h. nivå.

Det siste året 1983/84 var et år som lå mellom de to foregående hva snømengder angikk, ca. 130 % av normalt i Borgund, 110 % i Nore og 120-130 % i Tysso. Denne rangering av snømengdene i 1982, 83 og 84 gjenspeiles som vi skal se også i de resultatene man fikk fra snømålinger.

5.2 Variasjon i snøfordelingen langs strekkene

Alt datamaterialet fra undersøkelsen er presentert grafisk som snøfordelingskurver langs strekkene i kapittel 7. Som figurene i kapittel 7 viser er det de samme punktene som hvert år har de største snødybdene, tilsvarende finner man også de snøfrie områdene på de samme plassene. Det er i hovedsak det samme variasjonsmønsteret i snødekket fra år til år.

For å utrykke variasjonen i snødybden innenfor et målestrekk brukes standardavviket (σ_d). De største standardavvik finner man for de strekkene som hadde de største gjennomsnittlige snødybdene i 1983. Men standardavviket gir ikke noe godt inntrykk av den relative variasjonen, dvs. variasjonen i forhold til den midlere snødybden. For å uttrykke dette brukes variasjonskoeffisienten C_v:

$$C_v = \frac{\sigma_d}{\bar{d}}$$

$\bar{d}$: gjennomsnittlig snødybde i et målestrekk.

Variasjonskoeffisientene varierer relativt mye i disse høyfjellsstrøkene. I fjellområdene over tregrensen i Nord-Sverige angis variasjonskoeffisientene til å ligge mellom 0,30 og 0,70 (Gottschalk og Jutman, 1979), mens man i Orkla på enkelte strekk har variasjonskoeffisienter større enn 1,00 (Sand og Killingtveit, 1983).

For de strekkene som inngår i denne undersøkelsen varierer C_v fra 0,23 til 0,85. I Borgundfeltet finner man både den høyeste og den laveste beregnede variasjonskoeffisient mens gjennomsnittlig variasjonskoeffisient her var C_v = 0,51. I Tyssofeltet er forskjellen mellom høyeste og laveste C_v mindre, fra 0,27 til 0,79 mens den gjennomsnittlige C_v = 0,55. I Nore var C_{vmax} = 0,58 og C_{vmin} = 0,34, med et gjennomsnitt for alle strekkene C_v=0,47. For 64 % av samtlige strekk ble C_v beregnet til å ligge mellom 0,40 og 0,60. (figur 5.1).

Umiddelbart er det vanskelig å se noen sammenheng mellom variasjonskoeffisienten og den gjennomsnittlige snødybden i ett strekk (figur 5.2). Tabell 5.1 viser middelsnødybden langs hvert målestrekk sammen med variasjonskoeffisienten. Både for Tysso og Borgund har året 1983 den klart laveste gjennomsnittlige variasjonskoeffisient. Det samme året har også de desidert største snømengdene. Det er vanskelig å gi en generell regel at de år med store snømengder også vil ha minst relativ variasjon i snødekket, i og med at snøfordelingen er en funksjon av en rekke meteorologiske variable gjennom vinteren. I år med store snødybder vil den del av standardavviket som har sin årsak i topografiens mikrovariasjon utgjøre en mindre andel av middeldybden, mens de variasjoner som skyldes mer storskala fenomener vil utgjøre hoveddelen av standardavviket. Disse storskala variasjonene endrer seg mindre fra år til år. Dette kan være en av årsakene til at C_v i middel er lavere for år med store snødybder.

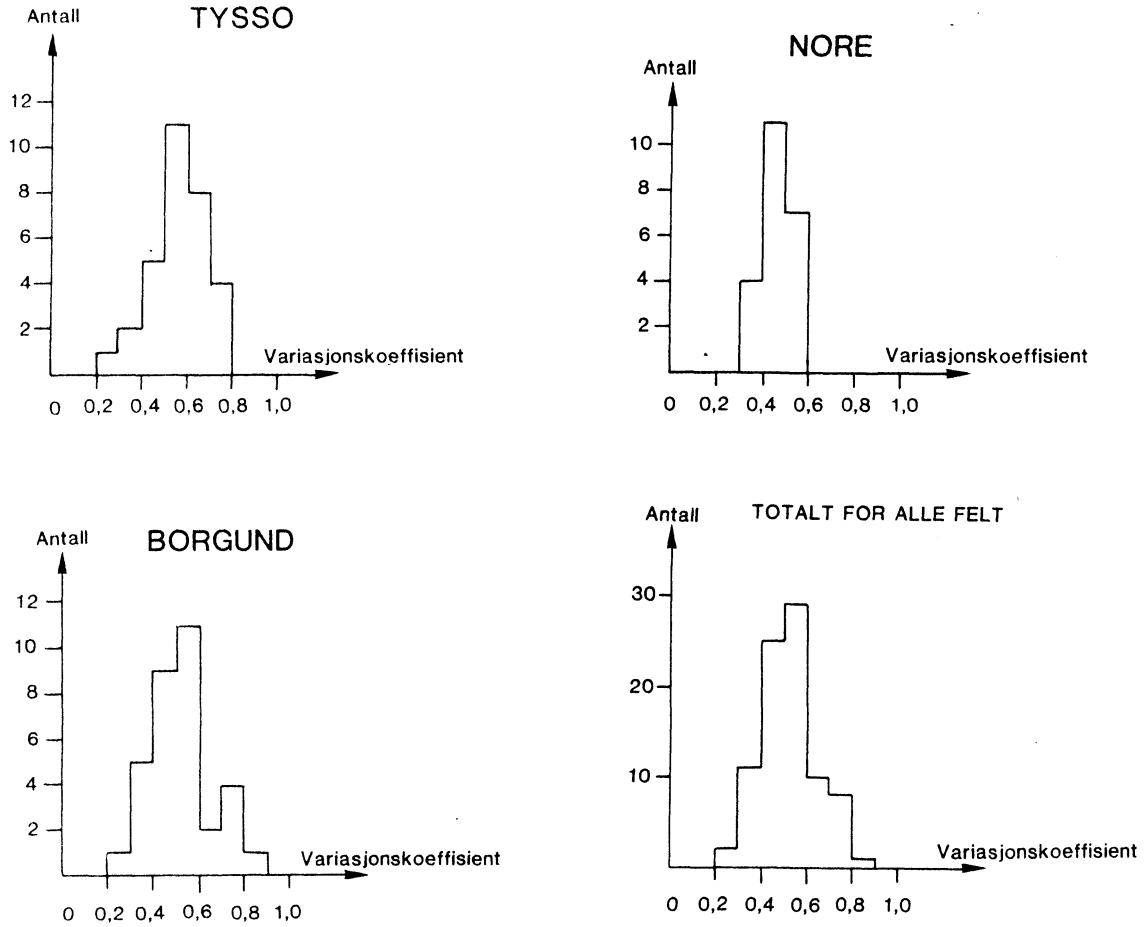


Fig. 5.1 Fordelingen av strekkmålingenes variasjonskoeffisienter i hvert enkelt felt og for alle feltene samlet.

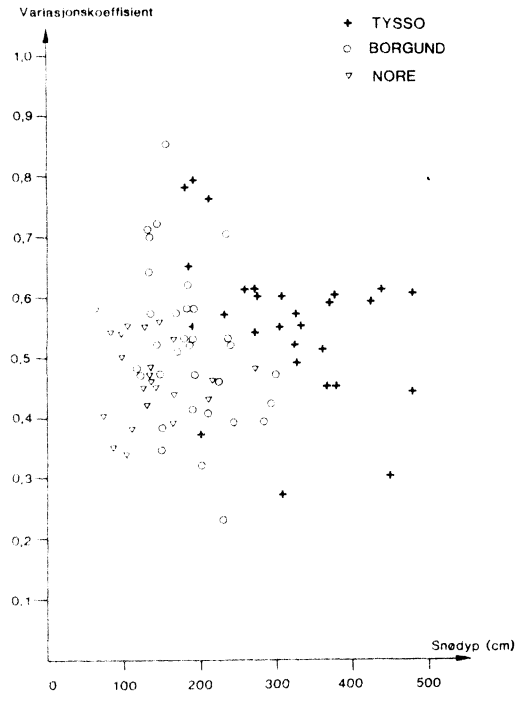


Fig. 5.2 Variasjonskoeffisienten i hvert måletrekk plottet mot den gjennomsnittlige snødybden i måletrekket. Data fra alle målinger som inngår i undersøkelsen er tatt med.

Ved en vurdering av variasjonskoeffisienten (C_v) og den midlere snødybden for de enkelte strekk, finner man at antagelsen i forrige avsnitt stemmer relativt godt. Fra tabell 5.1 ser man at i Tyssofeltet har det året med lavest snødybde for 9 av 10 strekk hatt den høyeste variasjonskoeffisienten. Tilsvarende for det året et strekk har hatt størst snødybde er variasjonskoeffisienten den laveste for 8 av de 10 strekkene.

For Borgund viser også tallene i tabell 5.1 en klar tendens i samme retning. Den laveste snødybden er i 6 av 11 tilfeller knyttet til den høyeste variasjonskoeffisienten, og den høyeste snødybden er i 7 av 11 tilfeller knyttet til laveste variasjonskoeffisient.

Ved en vurdering av variasjonskoeffisientene mot strekkenes høyde over havet kan man ikke påpeke noen sammenheng. Årsaken antas å være at disse strekkene ligger så høyt at den lokale variabilitet i snødekket fra stasjon til stasjon vil ha vesentlig større innflytelse på variasjonskoeffisientene enn variasjonskoeffisientenes variasjon med høyden. Alle strekkene ligger lokalisert innen samme type område i høyfjell over tregrensen.

5.3 Variasjon i snøfordelingen fra år til år

Snøfordelingene er framstilt ved hjelp av sorterte snøfordelingskurver. Disse kurvene er konstruert ved å sortere snødybdene etter avtagende verdi for de strekk (stasjoner) det er ønskelig å ha med i en snøfordelingskurve. Snøfordelingskurvene er her framstilt både i absolutte snødybder og i prosent av middelverdien til alle snødybdene som inngår i fordelingskurven. Den siste framstillingsmåte forenkler sammenligning av de forskjellige snøfordelingskurver, og er her kalt den relative snøfordelingskurve.

Kurvene i figur 5.3 viser den absolutte snøfordeling for samtlige strekk i hvert felt. Hver kurve i et diagram representerer alle målingene i et felt hvert år. Kurvene viser tydelig at snømengdene var de største i 1983 og minst i 1982 for alle tre feltene. I Tysso var 52 % av alle målte snødybder over 4 m i 1983, mens kun 16 % av målingene var over 4 m i 1982. Snømengdene i 1984 varierer relativt sett fra felt til felt. I Tysso var i 1984 målingene nær middel av de to foregående år, mens i Borgund avvek de lite fra 1982 målingene og i Nore avvek de lite fra 1983 målingene.

De relative snøfordelingskurvene er vist i figur 5.4. Variasjonene i de relative snøfordelingskurvene er små fra år til år selv om det er store forskjeller i den gjennomsnittlige snødybden. Dette vises klart for kurvene fra Tyssofeltet der gjennomsnittlig snødybde i 1982 var 220 cm og i 1983 402 cm. I Tysso er den høyest målte snødybden i prosent av middeldybden svært lik fra år til år, ca 270 %, den samme tendens viser kurvene fra Borgund (ca 315 % av middeldybden).

Et karakteristisk trekk ved de relative snøfordelingskurvene for både Tysso og Borgund er hvordan kurvene fra de forskjellige år ligger i forhold til hverandre. Kurven (figur 5.4) for det snørikeste året er flatere i de sentrale partiene for begge disse felt-

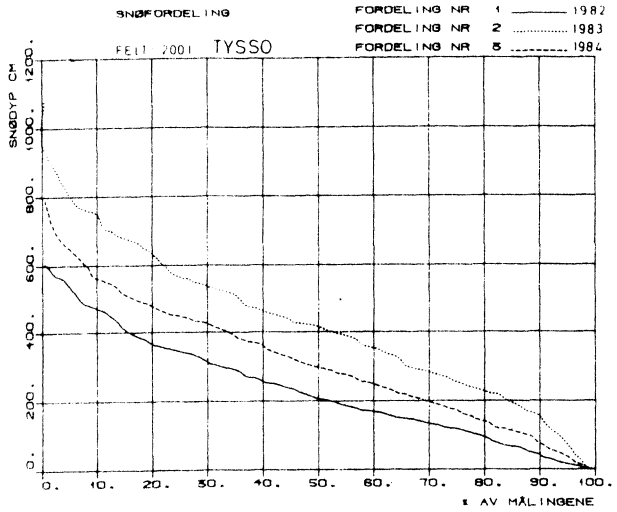
	TYSSO					
År	1982		1983		1984	
Strekk	Snødybde	Cv	Snødybde	Cv	Snødybde	Cv
1	274	0.54	439	0.61	326	0.57
2	308	0.60	480	0.60	375	0.60
3	192	0.55	329	0.49	304	0.55
4	192	0.79	375	0.45	212	0.76
5	237	0.57	447	0.30	371	0.45
6	255	0.58	480	0.44	325	0.52
7	186	0.65	361	0.51	277	0.60
8	182	0.78	372	0.59	258	0.61
9	272	0.61	424	0.59	334	0.55
10	125	0.45	309	0.27	199	0.37
11						
$\bar{d}$	222		402		298	
$\overline{Cv}$		0.61		0.49		0.56

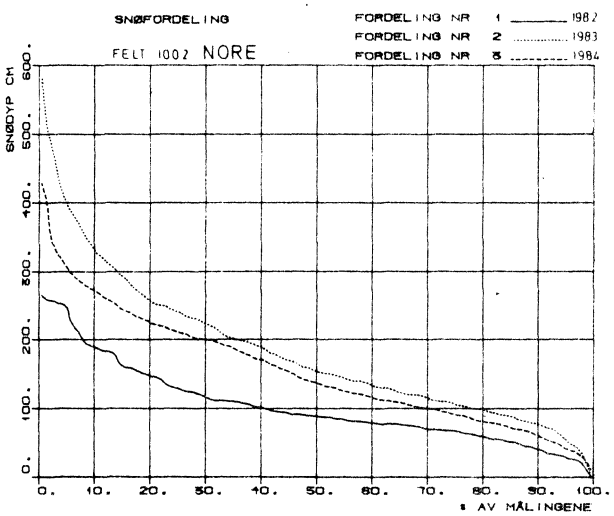
	BORGUND					
År	1982		1983		1984	
Strekk	Snødybde	Cv	Snødybde	Cv	Snødybde	Cv
1	185	0.58	262	0.39	222	0.46
2	136	0.57	236	0.70	156	0.85
3	117	0.48	190	0.41	126	0.43
4	135	0.70	179	0.53	133	0.64
5	146	0.72	191	0.53	133	0.71
6	188	0.52	300	0.47	193	0.47
7	170	0.57	240	0.52	184	0.62
8	192	0.52	292	0.42	236	0.53
9	148	0.47	171	0.51	142	0.52
10	151	0.38	244	0.39	209	0.41
11	149	0.34	230	0.23	202	0.32
$\bar{d}$	156		230		176	
$\overline{Cv}$		0.53		0.46		0.54

NORE

År		1982		1983		1984	
Strekk		Snødybde	Cv	Snødybde	Cv	Snødybde	Cv
1a	Nilsebunuten-V			102	0.34	87	0.35
1b	Nilsebunuten-V-82	74	0.40			130	0.42
1c	Nilsebunuten Ø			220	0.46	166	0.44
2	Skaupsjølægret	98	0.50	164	0.39	142	0.45
3	Geitsjø	64	0.58	132	0.47	110	0.38
4a	Syningen			167	0.53	148	0.56
4b	Syningen-1982	98	0.54			105	0.55
5	Fagerheim	135	0.46	273	0.48	211	0.43
6	Halnedammen	83	0.49	134	0.48	106	0.54

Tabell 5.1 Gjennomsnittlig snødybde og variasjonskoeffisienten for alle strekkene i undersøkelsen.





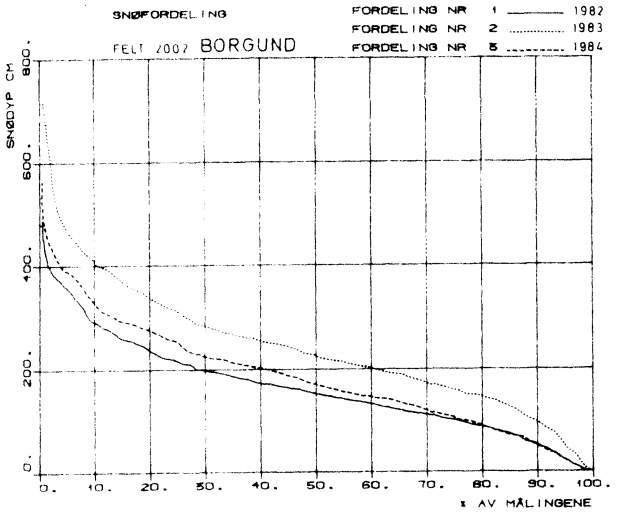
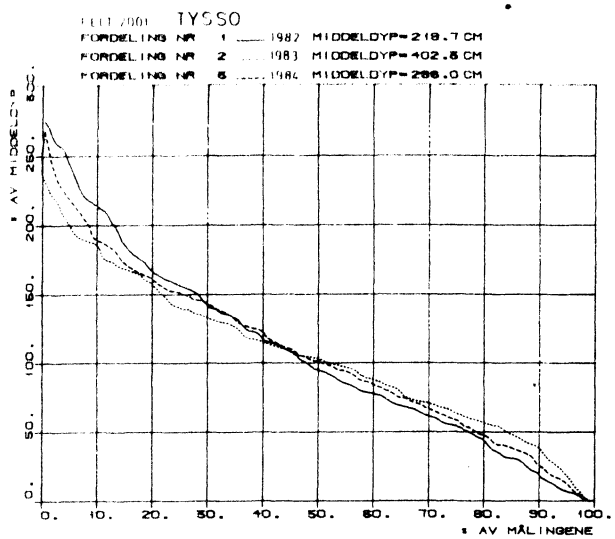


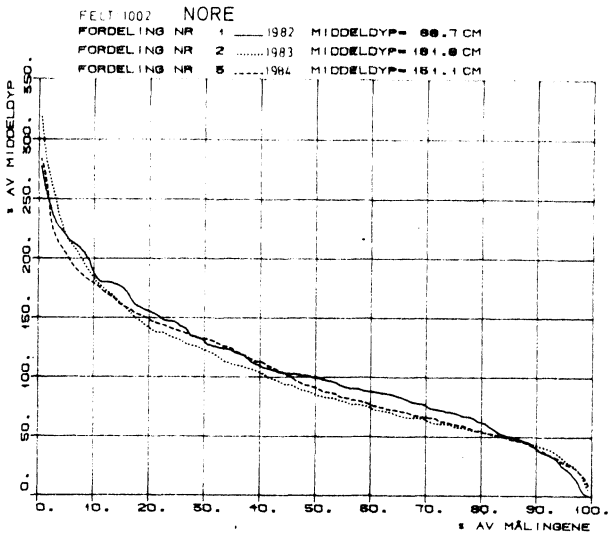
Fig. 5.3 Snøfordelingskurver fra Tysso, Nore og Borgund. Hver kurve representerer et års målinger fra alle strekkene i et felt. Merk at målestokken på Y - aksen varierer.

ene. De relative snøfordelingskurvene for Tysso viser også at den bratteste kurven er fra året med lavest middeldybde. Dette trekket er vanskelig å påpeke i Borgund, men der er differansen i middeldybden liten i 1982 og 1984. Flatere relativ snøfordelingskurve i snørike år stemmer godt overens med at C_v vil ha en tendens til å være lavere når snødybdene er store (se avsnitt 5.2).

5.4 Samvariasjon mellom målinger i de enkelte år

Fra forrige avsnitt ser man at den relative snøfordelingen varierer lite fra år til år. Figurene i kapittel 7 gir et visuelt inntrykk av variasjonene i snøfordelingene langs målestrekkene fra år til år. For å få et kvantitativt uttrykk for variasjonen mellom to måleserier fra samme strekket ved ulike tidspunkt kan man benytte den empiriske korrelasjonskoeffisient (r) (E. Sverdrup 1973).





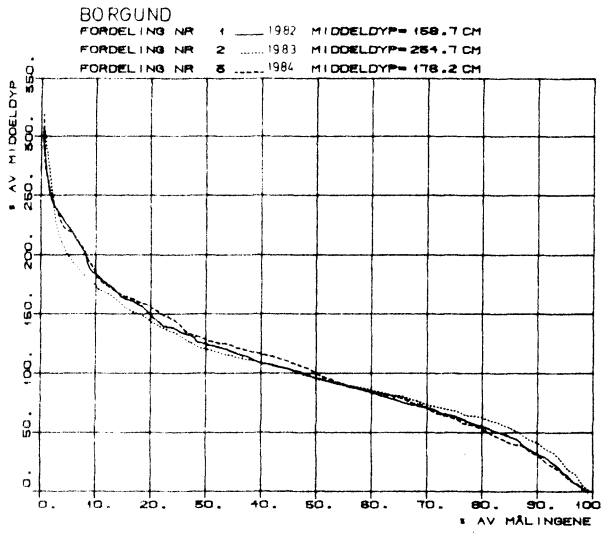


Fig. 5.4 Snøfordelingskurver for feltene Tysso, Nore og Borgund. Snødybden er uttrykt i prosent av den gjennomsnittlige snødybden til alle punktmålingene som inngår i hver kurve.

$$r = \frac{\frac{1}{N}\sum(d_{i,m} - \bar{d}_m)(d_{i,n} - \bar{d}_n)}{\sigma_{d_m}\ \sigma_{d_n}}$$

N: Antall målepunkter i et strekk
d: snødybde
i: målepunkt nr.
m og n: tidspunkt. (måleserier nr.)
$\bar{d}$: gjennomsnittlig snødybde for strekket
σ: Standard avvik av punktmålinger i et strekk.

Korrelasjonskoeffisienten vil variere mellom 1 og -1 avhengig av hvor sterk samvariasjonen er. Ved beregning av samvariasjonen mellom to identiske serier vil r = 1.

Tabell 5.2 viser samvariasjon mellom målingene de forskjellige år i Tysso og Borgund. Som tabellen viser er det sterk samvariasjon mellom målingene fra samme strekket de forskjellige år. For Borgund er midlere korrelasjon godt over 0,8 alle tre årene. Mellom enkelte av måleseriene er korrelasjonen så god som r = 0,96. I 42 % av alle tilfeller i Borgund er samvariasjonen så sterk at $r > 0,90$, og kun i 12 % av alle beregningene gir samvariasjonen en korrelasjon der $r < 0,8$. Dette gir uttrykk for at snøleggingen følger samme mønster fra år til år.

Når det gjelder tabellen for Tyssofeltet er ikke tallene så entydige. Som nevnt måtte fire strekk flyttes i 1983 på grunn av de store snømengdene, dette gjelder stasjonene merket med * i tabellen. Den gjennomsnittlige korrelasjonskoeffisient for årene 1982/83 og 1982/84 er lav (0,69 og 0,66) i forhold til for årene 1983/84 (0,81). Regner man ut snittet for de strekkene som ikke er berørt av flyttingen fra 1982/83 er r = 0,87 og 1982/84 r = 0,78. Dette er middelverdier for korrelasjonskoeffisienten som harmonerer bedre med resultatene fra Borgund. De fire flyttede strekkene gir som man ser fra tabellen et klart lavere gjennomsnitt for 1982/83 og 1982/-84 (h.h.v r_{4-7} = 0,41 og 0,47) enn for 1983/84 (r_{4-7} = 0,79) som er gjort etter likt måleopplegg. De 22 beregningene av samvariasjonen hvor ens måleopplegg er fulgt gir i gjennomsnitt en korrelasjon r = 0,82, som passer relativt godt med resultatene fra Borgund.

Selv om de fire strekkene i Tysso kun er flyttet 10 m på tvers av strekkenes lengderetning gir en sammenligning med de "originale" strekk klare utslag på samvariasjonen. Dette viser blant annet hvor viktig det er å ha klart definerte strekk, hvor man med relativt god nøyaktighet kan gjenfinne de samme målepunkter fra måling til måling. Den sterke samvariasjon man finner i Borgund og Tysso viser at det er liten variasjon i snøleggingsmønsteret fra år til år.

Den sterke samvariasjon man finner mellom de forskjellige måleserier i Tysso og Borgund, finner man også mellom mange av måleseriene i Nore (se tabell 5.2). Samtlige måleserier har positiv korrelasjon selv om den for noen av strekkene er svak. Det er også utført færre beregninger av korrelasjonen mellom måleseriene på grunn av forskjellig måleopplegg. Plottene av snøfordelingene langs strekkene gir et visuelt bilde av samvariasjonene. Kun ved to av stasjonene er målingene utført "likt" alle tre årene, strekk 2 og 3. For det ene av disse strekkene, Skaupsjølægret er det sterk korrelasjon mellom de tre måleseriene (r = 0,77). Gjennomsnittlig er r = 0,56 for alle seriene det er beregnet korrelasjon. Dette er noe lavere enn for de andre feltene, men 30 % har $r > 0,80$ og 54 % $r > 0,7$. Se forøvrig kommentaren til Noremålingene i avsnitt 5.6.

TYSSO

Stasjon	1982/1983	1982/1984	1983/1984
1	0.85	0.74	0.87
2	0.96	0.89	0.93
3	0.91	0.85	0.94
4*	0.68*	0.72*	0.91
5*	-0.06*	0.02*	0.82
6*	0.36*	0.48*	0.56
7*	0.67*	0.66*	0.86
8	0.77	0.80	0.77
9	0.91	0.84	0.86
10	0.80	0.57	0.63
gj.sn	0.69	0.66	0.81°
gj.sn. 1.2.3,8,9,10	0.87	0.78	0.83
gj.sn. 4,5,6,7	0.41	0.47	0.79

BORGUND

Stasjon	1982/1983	1982/1984	1983/1984
1	0.93	0.93	0.96
2	0.80	0.77	0.94
3	0.88	0.94	0.94
4	0.91	0.85	0.80
5	0.89	0.86	0.86
6	0.85	0.81	0.86
7	0.89	0.94	0.90
8	0.86	0.91	0.94
9	0.66	0.95	0.69
10	0.83	0.83	0.96
11	0.77	0.80	0.90
gj.sn.	0.84	0.87	0.88

NORE

Stasjon	1982/83	1982/84	1983/84
1a Nilsebununten-V			0.84
1b Nilsebununten-V-82		0.30	
1c Nilsebununten Ø			0.93
2 Skaupsjølægret	0.77	0.78	0.88
3 Geitsjø	0.49	0.45	0.89
4a Syningen			0.05
4b Syningen 82		0.78	
5 Fagerheim			0.61
6 Halnedammen			0.90

Tabell 5.2 Korrelasjonskoeffientene mellom strekkmålingene for de ulike år.

* Strekket er flyttet 10 m til siden fra 1983.

5.5 Vurdering av tetthetsmålingene

Tetthetsmålingene som er utført i tilknytning til dette prosjektet er utført med den ordinære norske "Songa" prøvetakeren. Tetthetsprøvene er utført på forskjellige snødybder fra 0,7 m til 3,5 m, selv om de fleste snøtakseringene er utført på snødybder rundt 2 m. Topografiske forhold sammen med en del meteorologiske variable vil være bestemmende for pakking av snøen og snødekkets modning gjennom vinteren. Ut fra datamaterialet har det ikke vært mulig å påvise noen sammenheng mellom variasjon av tetthet og høyde over havet. Dette skyldes at samtlige av prøvene er utført i ett typeområde, snaufjell, og de lokale forhold på snøprøvestedet vil være av større betydning.

Datamaterialet viser at de tettheter som er målt ligger mellom 202 kg/m^3 og 463 kg/m^3. Gjennomsnittlig tetthet fra samtlige snøprøver (59) er 384 kg/m^3. Tabell 5.3 viser datamaterialet fra alle prøvene.

Det er gjort en vurdering av tetthetsvariasjonen med snødybden. Problemet er at det er utført få målinger i hvert felt de enkelte år, slik at det er et noe sparsomt grunnlag for en statistisk behandling av datamaterialet. Figur 5.5 viser tetthet plottet mot snødybden for hvert av feltene med trendlinje inntegnet. Trendlinjen er beregnet på grunnlag av samtlige målinger i hvert felt (NB ikke på grunnlag av målinger fra en sesong). Tendensen er den samme for alle feltene: tettheten øker med økende snødybde.

Figur 5.5 viser samtlige tetthetsmålinger fra alle tre feltene. Også til disse punktene er det beregnet en regresjonslinje. Linja er på figur 5.5 tegnet kun opp til 2,40 m snødybde, fordi at man ved en ekstrapolering vil få urimelig store tettheter ved større snødybder. For snødybder over 2,4 m er tettheten satt konstant. (Se Sand og Killingtveit, 1983).

Det er relativt dårlig korrelasjon mellom tetthet og snødybde de enkelte år i hvert felt. Men det er for få målinger hvert år i de enkelte felt til å få et godt statistisk grunnlag. I Tysso er korrelasjonen negativ et år, alle snødybder til snøtaksering dette året er over 2,0 m.

På bakgrunn av målinger fra feltene de enkelte år og sammenstilling av alle snødybder og tettheter (figur 5.5), kan man anta at korrelasjonen er signifikant positiv. Dette passer godt med resultater fra andre rapporter (Sand, Killingtveit, 1983) (Tveit, 1981).

5.6 Kommentarer til enkelte strekk

Plottene i kapittel 7 illustrerer godt snøfordelingen langs de enkelte strekk. Det er derfor ikke funnet nødvendig å kommentere alle målestrekkene separat, men kun de målestrekk der det er utført tilleggsmålinger eller hvor måleopplegget divergerer fra år til år.

TYSSO

	1982		1983		1984	
	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3
1 Juklavatn		339			234	423
2 Sæhlevarden						
3 Skjeldåsvarden		377	325	434	350	430
4 Holmevatn					204	426
5 Reinakoll			251	367	285	420
6 Langtjørn						
7 Matskårhæ			281	459	220	441
8 Illakleiv			265	415		
9 Tresfonn			293	419	265	430
10 Bersåvatn		348	190	415	230	451

BORGUND

	1982		1983		1984	
	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3
1 Øljusjødam			259	425	242	337
2 Hyttenosi			191	379	171	343
3 Graveskardtjern			203	413	182	391
4 Starsjøen Vest			242	419		
5 Skavlevatn			236	409	123	377
6 Raudbergskarvet						
7 Bjordalsbre Nord			209	423	177	386
8 Kaldavatn			244	418	203	394
9 Skålanosi					107	336
10 Sulefjellet			225	415	196	400
11 Vestbotn			235	431		

NORE

	1982		1983		1984	
	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3	Snødybde cm	Tetthet kg/m^3
1 Nilsebunuten	64	272	195	390	100	326
2 Skaupsjølægret	116	340	280	463	192	403
3 Geitsjø	103	326	148	378	134	336
4 Syningen	66	285	122	277	89	323
5 Fagerheim	136	202	178	417	125	353
6 Halnedammen	103	423	128	370	98	297

Tabell 5.3 Oversikt over samtlige tettheter med tilhørende snødybder.

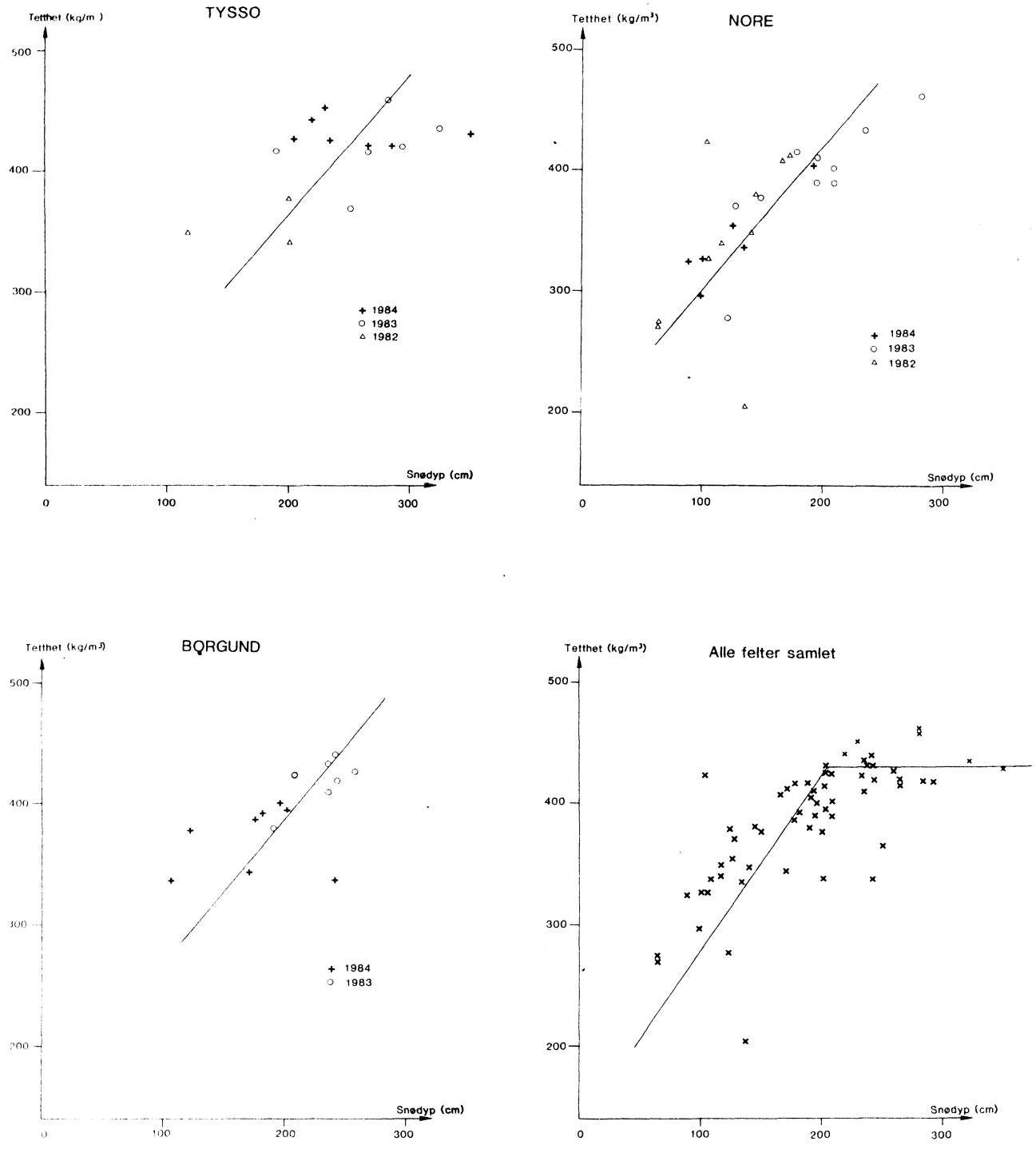


Fig. 5.5 Tettheten plottet mot snødybden for alle tetthetsmålinger som er gjort i hvert felt og for alle feltene samlet.

Borgund strekk 1 og 3

Disse to strekkene er de eneste som har blitt målt flere ganger i løpet av en vinter. I forbindelse med et annet oppdrag ble det utført en måling 16/2-1984. I løpet av de 6 ukene som gikk fram til neste måling økte middelsnødybden ubetydelig. For strekk 1 (Øljusjøen dam) økte middeldybden i fra 204.0 cm til 222,4 cm, en økning på 9,0% og for strekk 3 (Graveskardtjern) var økningen 6,4% fra 118,0 cm til 125,5 cm. Variasjonskoeffisienten avtok fra første til andre måling for begge strekkene fra 0,48 til 0,46 for strekk 1 og fra 0,49 til 0,43 for strekk 3.

Begge disse strekkene har meget sterk samvariasjon mellom de forskjellige måleserier (tabell 5.2). Denne ekstramåling er også sterkt korrelert til de andre målingene som er utført på strekkene.

Korrelasjonen mellom første og andre måling i 1984 for strekk 3 er r= 0,98, som er den høyeste beregnede korrelasjon som forekommer mellom to adskilte målinger i hele undersøkelsen. Begge disse ekstra målingene er plottet inn på figur 7.20 og 7.22 i kapittel 7. Som det går fram fra tabell 5.4 er disse ekstramålingene meget godt korrelert til målingene fra de andre årene på disse strekkene.

Figur 5.6 viser den relative og den absolutte snøfordeling for strekk 1 og 3 fra både februar og mars målingen. Plottene bekrefter at det har vært liten endring i snøfordelingen fra februar til mars.

Tysso strekk 1

I dette strekket er den største snødybde som ble målt i undersøkelsen, over 12,25 m (figur 7.10).

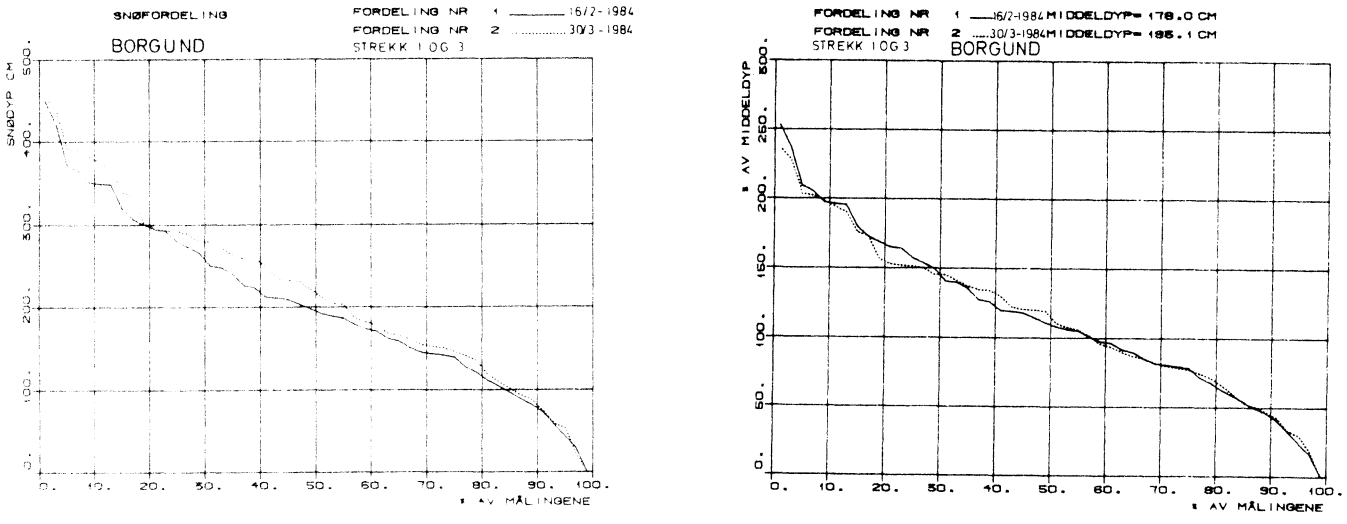


Fig. 5.6 Snøfordelingskurver fra tilleggsmålingen og den ordinære måling i Borgund i 1984. Hver kurve representerer samtlige punktmålinger utført i strekk 1 og 3.
a) Absolutte snøfordelinger.
b) Relative snøfordelinger.

Stasjon \ År	1982	1983	1984
Strekk 1	0.89	0.94	0.93
Strekk 3	0.93	0.93	0.98

Tabell 5.4

Korrelasjonskoeffisienten mellom tilleggsmålingen i 1984 og de andre snømålingene utført langs strekkene 1 og 3 i Borgund.

Strekk 4-7 Tysso

Disse fire strekkene ble flyttet 10 m til siden for målingene i 1983 og 1984. For alle disse strekkene ser vi at samvariasjonen mellom 1983 og 1984 er bedre enn mellom 1982 og de to andre årene. (Figur 7.13 - 7.16 kapittel 7 og tabell 5.2).

Strekk 3 i Nore (Geitsjø)

Plottene på figur 7.5 i kapittel 7 bekrefter den svake samvariasjon som tabell 5.2 viser mellom 1982 målingen og målingene i 1983 og 1984.

Strekk 4 i Nore (Syningen)

Det er lav korrelasjon mellom de to seriene. Ut fra samvariasjonen man finner mellom andre målinger ser det ut til at målingene er utført på forskjellig sted.

Strekk 5 i Nore (Fagerheim)

I 1982 ble målingene utført hver 25 m som figuren 7.8 i kapittel 7 viser. Korrelasjonen mellom 1983 og 1984 fra tabell 5.2 er "bare" 0,61, men plottet avslører at målingene har gradvis forskjøvet seg ettersom man kommer utover i strekket.

Strekk 6 Nore (Halnedammen)

I 1982 ble det målt med 25 m mellom hvert målepunkt, mens det de to siste årene var kun 5 m mellom målepunktene. Figur 7.9 i kapittel 7 viser meget god samvariasjon mellom 1983 og 1984 målingen.

Endring i middeldybde og C_v ved forskjellig avstand mellom punktene

I Norefeltet er det målt for hver 5. m på mange strekk i 1983 og 1984. Enkelte av disse strekkene har opptil 200 målepunkter. Det er beregnet middelsnødybder og variasjonskoeffisienter også for hvert 5. målepunkt (hver 25 m) for disse målestrekkene. Den midlere snødybden i strekkene har endret seg lite selv om antall målepunkter er redusert. For 8 av 11 målinger er avviket gjennomsnittsdybden mindre enn $\pm$ 2%. (Det største avviket er - 8.0%).

Variasjonskoeffisienten økte med økende avstand mellom målepunktene for alle 11 målingene. Den største økningen var på 15.3%, mens den for 6 av 11 strekk var mindre enn 5%.

6. KONKLUSJONER

Det er i undersøkelsen gjennomført snødybdemålinger langs faste merkede målestrekk i feltene Nore, Tysso og Borgund. I høyfjellsfelt med ujevn snøfordeling kreves stor grad av nøyaktighet for å "treffe" målepunktene i strekket innenfor den ønskede grad av usikkerhet $\pm$ 1 m. Målestrekkene var merket med ca 2 m høye rør, og disse funksjonerer også som kontroll- og justeringspunkter for utmålingen til målepunktene. Erfaringene viser at lang avstand mellom målepunktene medfører problemer med å holde retningen på strekket i dårlig sikt.

Variasjonskoeffisientene til snødybdemålingene innen et målestrekk ligger mellom 0,23 og 0,85. For 64% av målingene ligger variasjonskoeffisienten mellom 0,4 og 0,6. Den gjennomsnittlige variasjonskoeffisienten til alle strekkene i ett felt ser ut til å avta med økende gjennomsnittlig snødybde. Årsakene til dette antas å være at mikrovariasjonen i topografien vil utgjøre en mindre andel av standardavviket ved store snødybder. Alle målte strekk ligger over tregrensa og det er ikke påvist noen sammenheng mellom variasjonskoeffisientene og strekkenes høyde over havet. De lokale variasjoner i snødekket dominerer over en eventuell sammenheng mellom variasjonskoeffisienten og høyde over havet.

Den relative snøfordelingskurven (snødybden uttrykt i prosent av middeldybden) for alle snødybdemålingene i et felt viser liten variasjon i snøfordelingen fra år til år, selv om den gjennomsnittlige snødybden varierer mye (f.eks. i Tysso 220 cm i 1982 og 402 cm i 1983).

Snøfordelingen langs målestrekkene viser sterk samvariasjon fra år til år. Der er god korrelasjon mellom måleseriene når målingene er utført langs samme trasé. Både i Borgund og Tysso er gjennomsnittlig korrelasjonskoeffisient større enn 0,8. Den høyeste korrelasjonskoeffisienten mellom to måleserier i et strekk er 0,98. I Tysso ble målingene i fire strekk flyttet 10 m til siden i 1983 og 1984, som førte til en klart svakere korrelasjon med målingene fra 1982. Dette viser hvor viktig det er at samme måletrasé blir fulgt fra år til år.

I tilknytning til snødybdemålingene har det blitt utført tetthetsmålinger med Songarøret som har variert fra 202 kg/m^3 til 463 kg/m^3. Undersøkelsen viser at snøens tetthet øker med økende snødybde, i samsvar med andre tilsvarende undersøkelser.

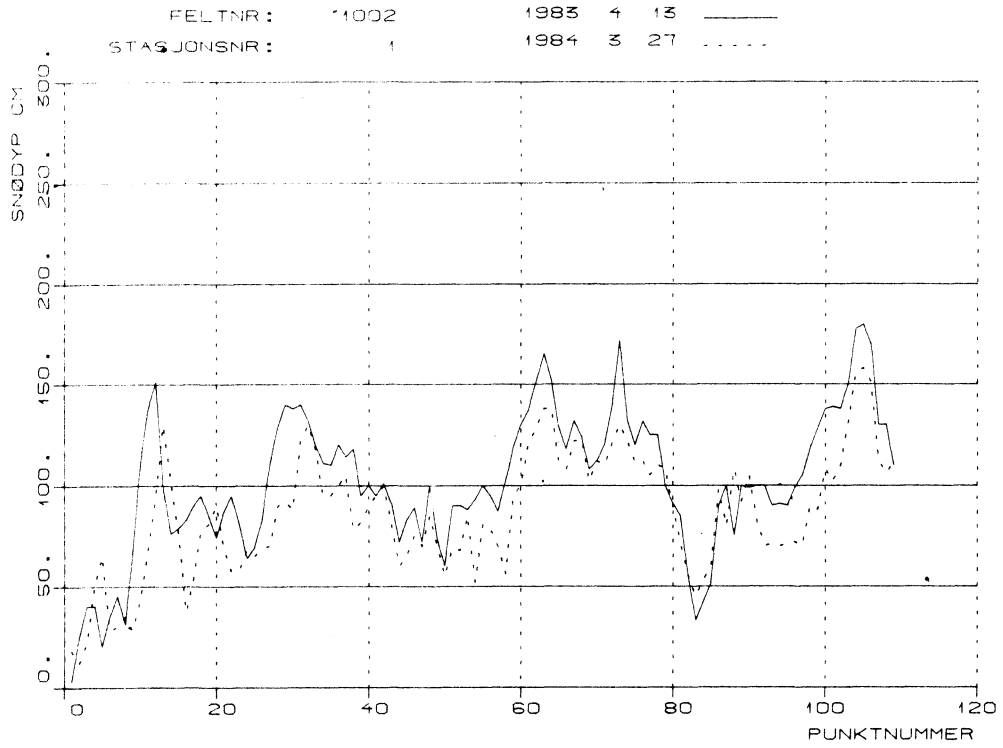


Fig. 7.1 Snøfordelingen langs strekk 1 a (Nilsebunuten vest) i Norefeltet. Målt i 1983 og 1984. Avstanden mellom målepunktene er 5 m.

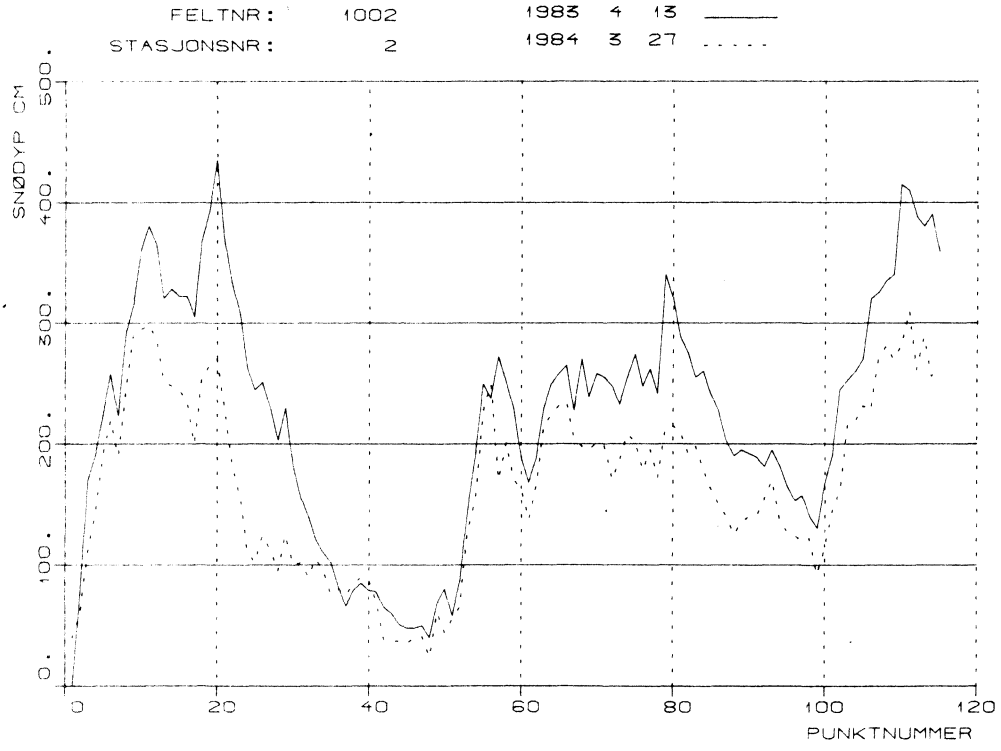


Fig. 7.2 Snøfordelingen langs strekk 1b (Nilsebunuten øst) i Norefeltet. Målt i 1983 og 1984. Avstanden mellom målepunktene er 5 m.

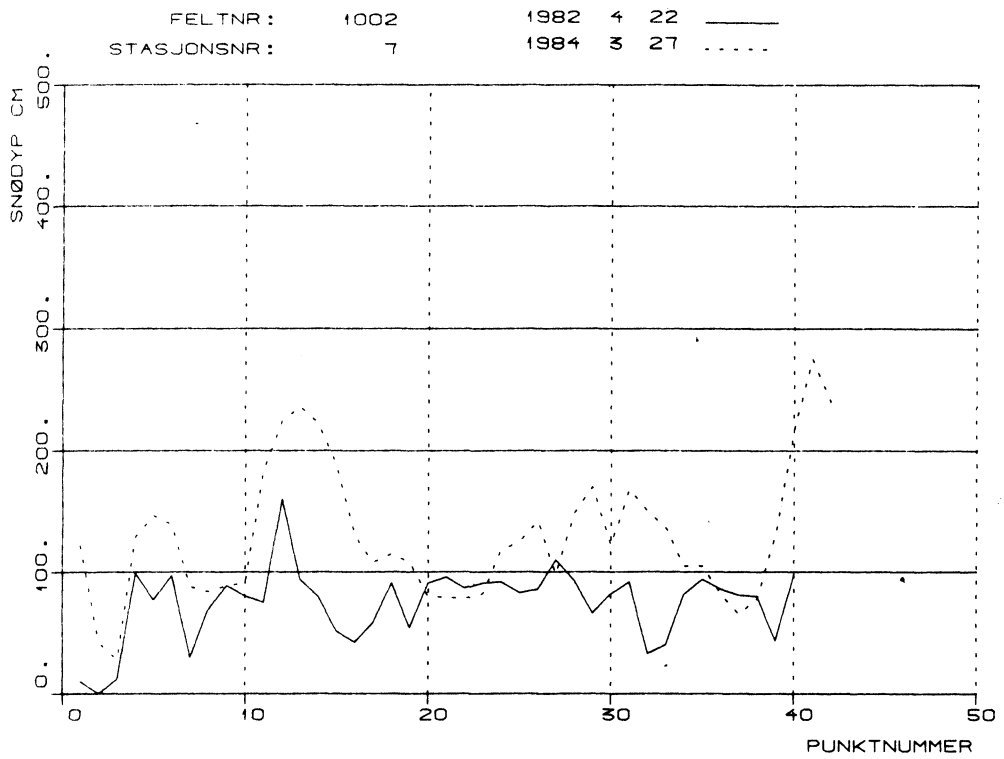


Fig. 7.3 Snøfordelingen langs strekk 1c (Nilsebunuten vest) i Norefeltet. Målt i 1982 og 1984. Avstanden mellom målepunktene er 25 m.

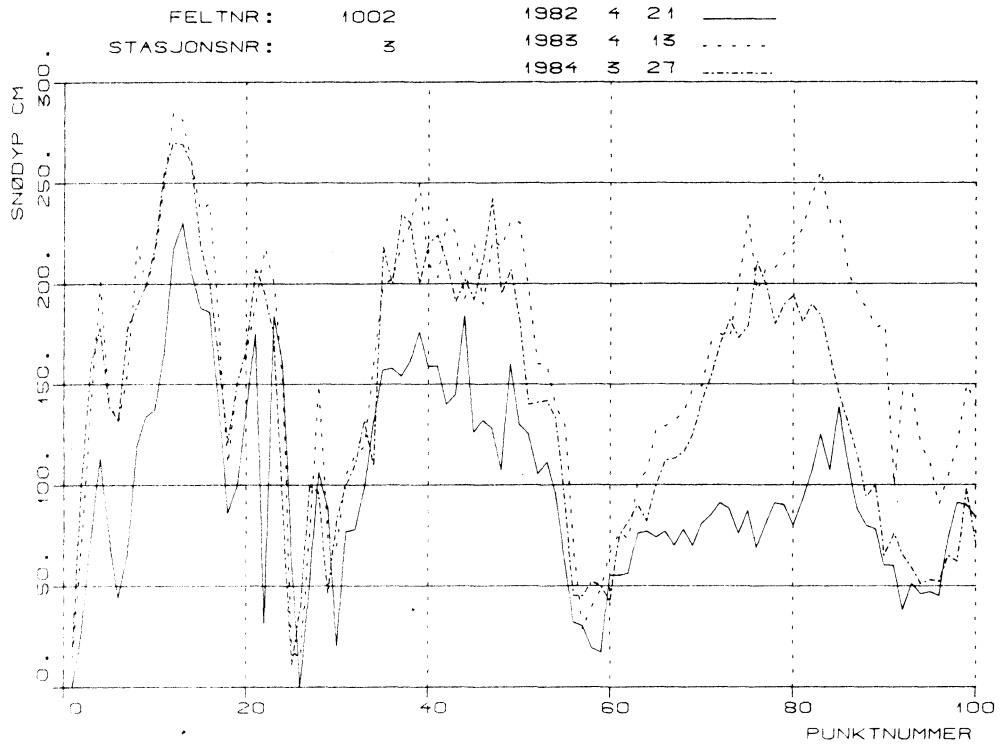


Fig. 7.4 Snøfordelingen langs strekk 2 (Skaupsjølægret) i Norefeltet. Avstanden mellom målepunktene er 5 m.

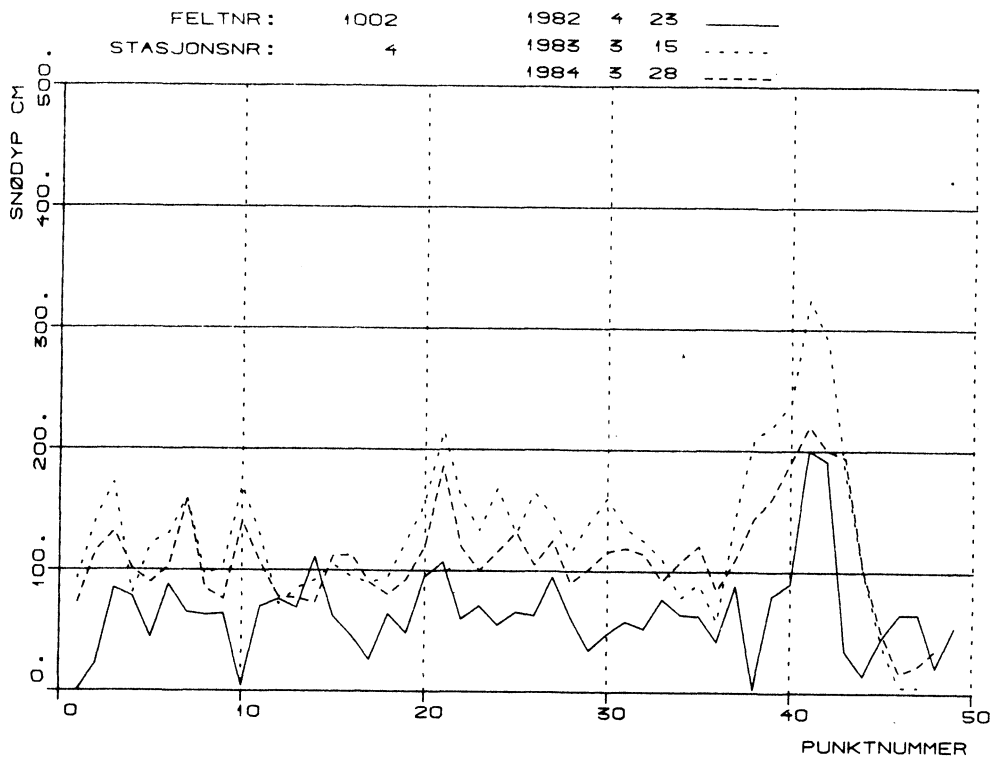


Fig. 7.5 Snøfordelingen langs strekk 3 (Geitsjø) i Norefeltet. Avstanden mellom målepunktene er 25 m.

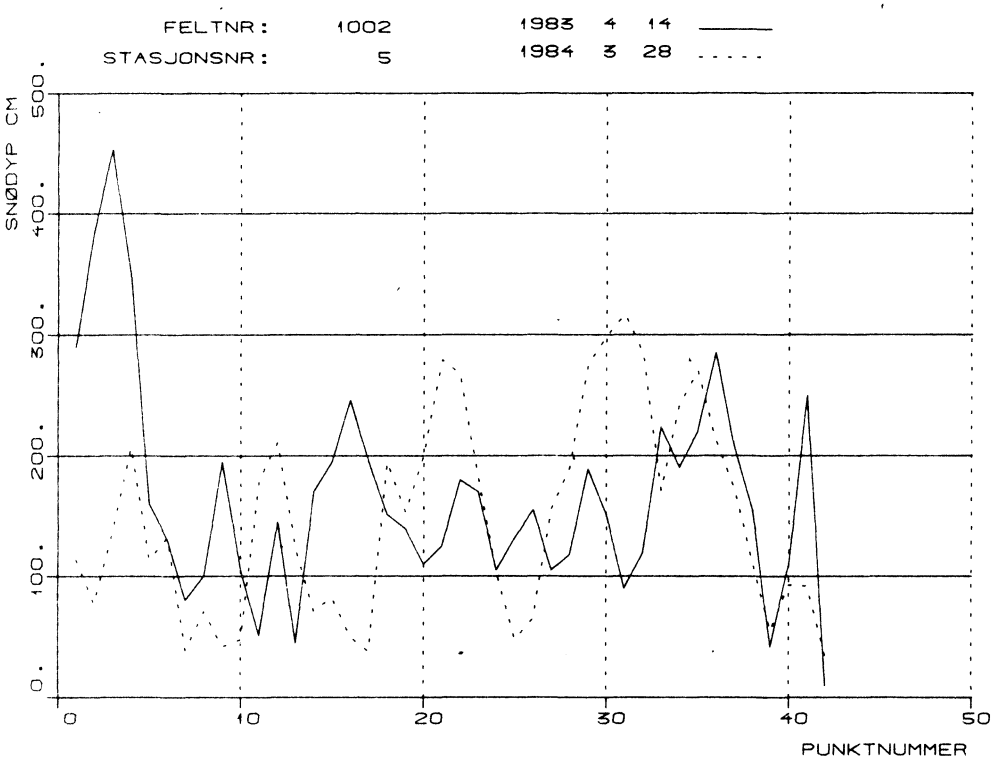


Fig. 7.6 Snøfordelingen langs strekk 4a (Syningen) i Norefeltet. Målt i 1983 og 1984. Avstanden mellom målepunktene er 25 m

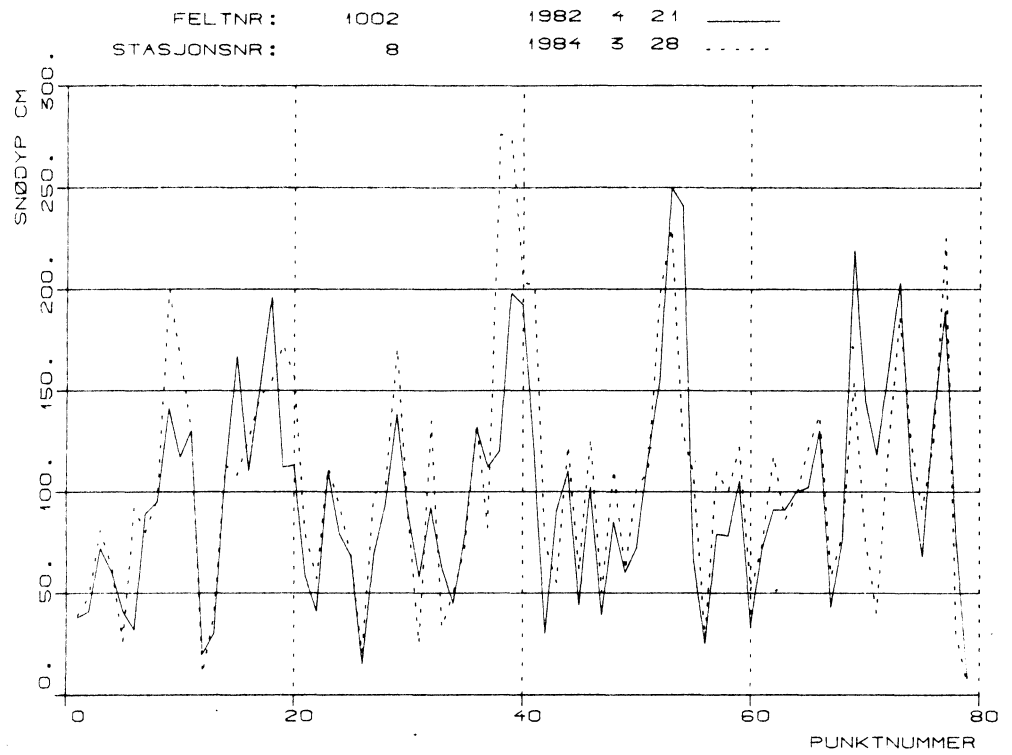


Fig. 7.7 Snøfordelingen langs strekk 4b (Syningen-82) i Norefeltet. Målt i 1982 og 1984. Avstanden mellom målepunktene er 25 m.

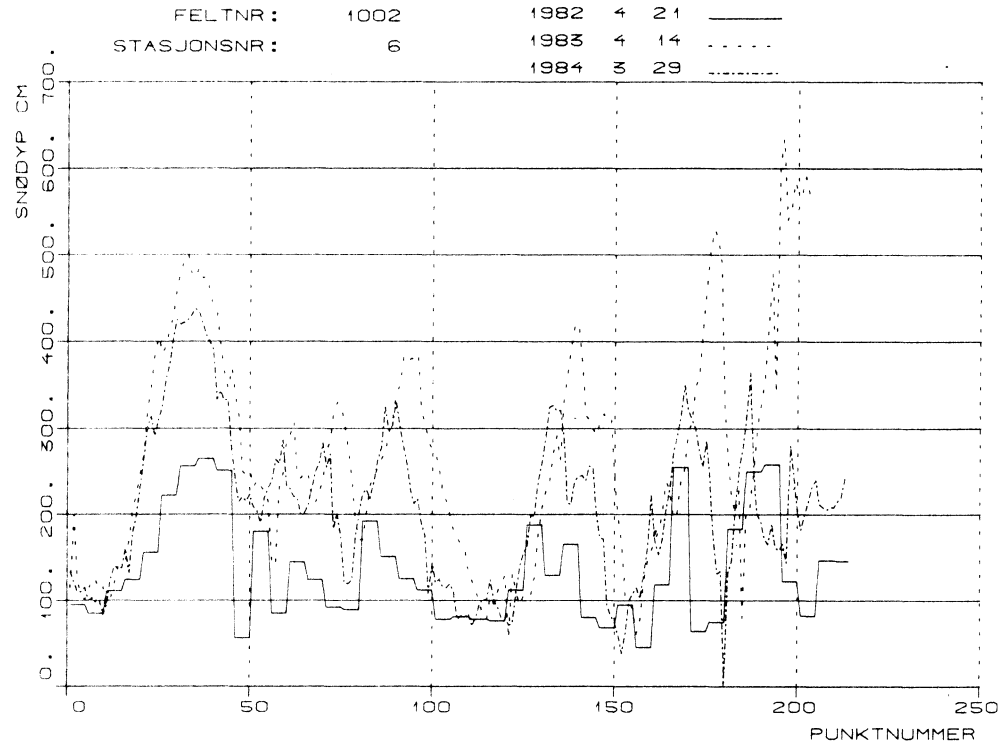


Fig. 7.8 Snøfordelingen langs strekk 5 (Fagerheim) i Norefeltet. Avstanden mellom målepunktene er 25 m i 1982 og 5 m i 1983 og 1984.

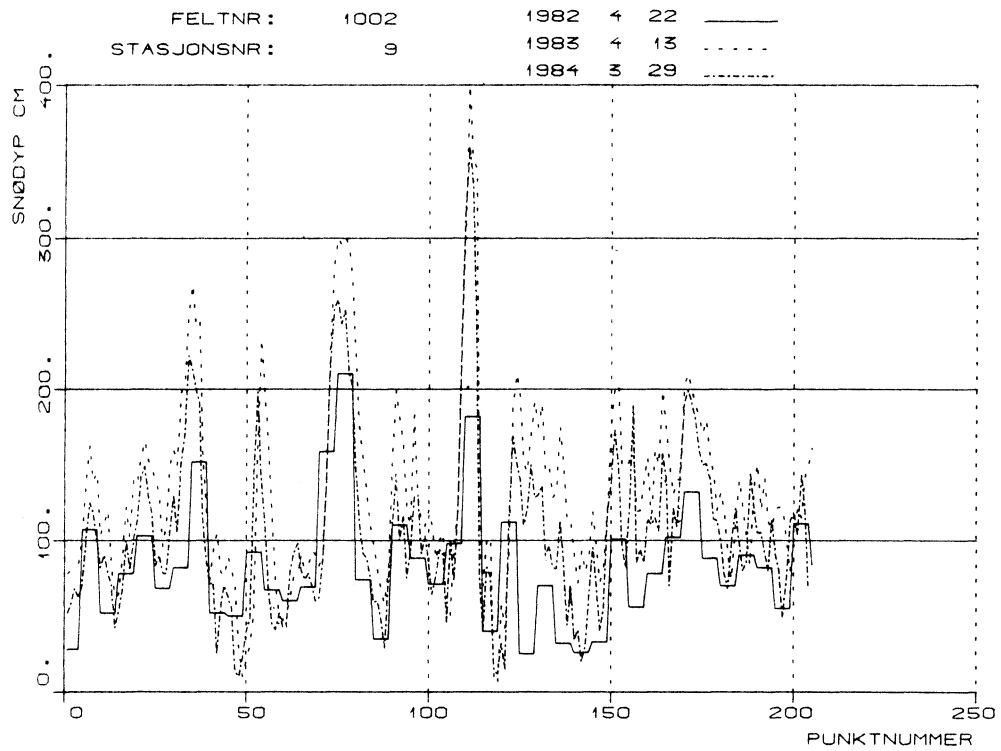


Fig. 7.9 Snøfordelingen langs strekk 6 (Halnedammen) i Norefeltet. Avstanden mellom målepunktene er 25 m i 1982 og 5 m i 1983 og 1984.

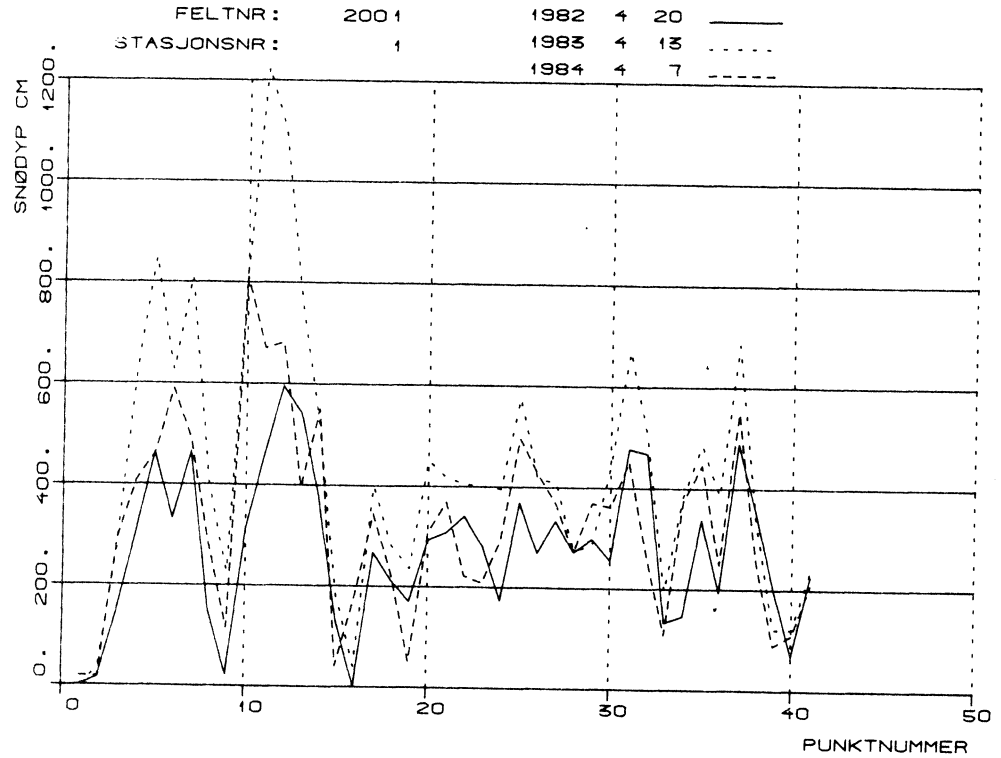


Fig. 7.10 Snøfordelingen langs strekk 1 (Juklavatn) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene.

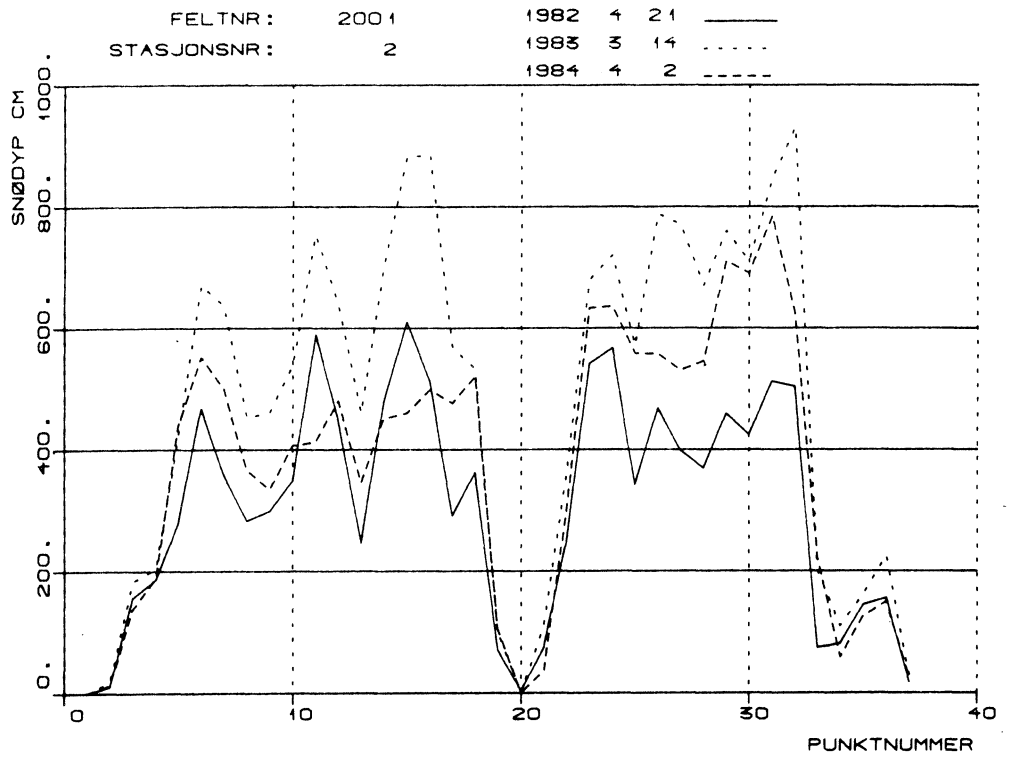


Fig. 7.11 Snøfordelingen langs strekk 2 (Sæhlevarden) i Tyssofeltet, 25 m mellom målepunktene.

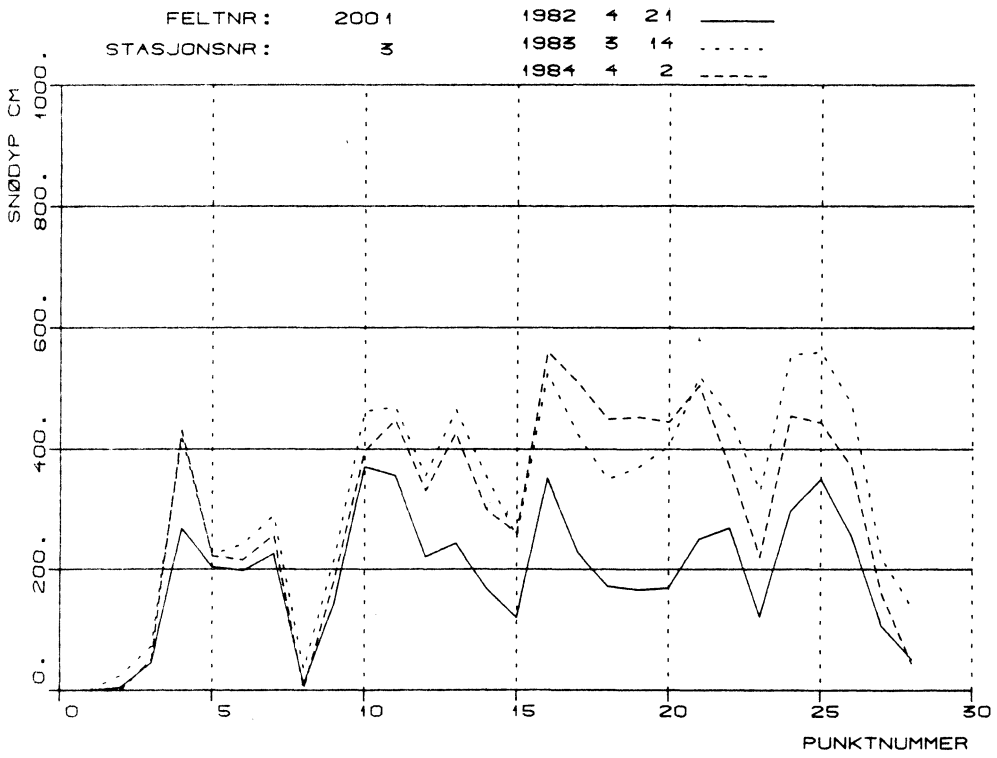


Fig. 7.12 Snøfordelingen langs strekk 3 (Skjeldåsvarden) i Tyssofeltet 25 m mellom målepunktene.

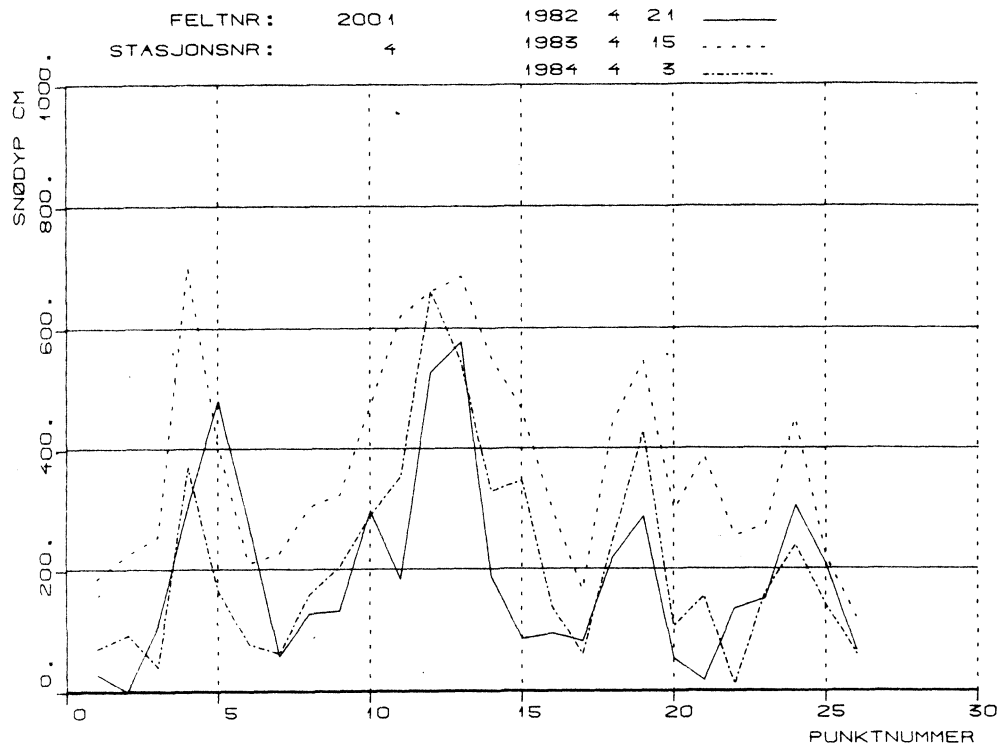


Fig. 7.13 Snøfordelingen langs strekk 4 (Holmavatn) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene. Målingene ble flyttet 10 m til siden fra det opprinnelige strekk i 1983 og 1984.

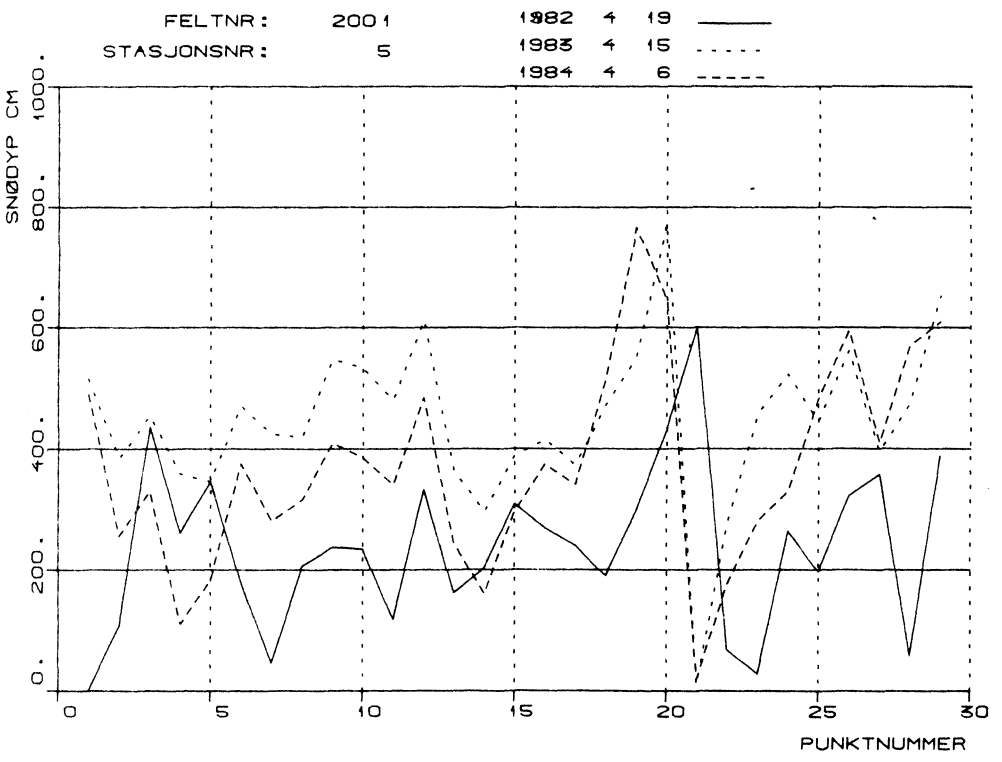


Fig. 7.14 Snøfordelingen langs strekk 5 (Reinakoll) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene. Målingene ble flyttet 10 m til siden i 1983 og 1984.

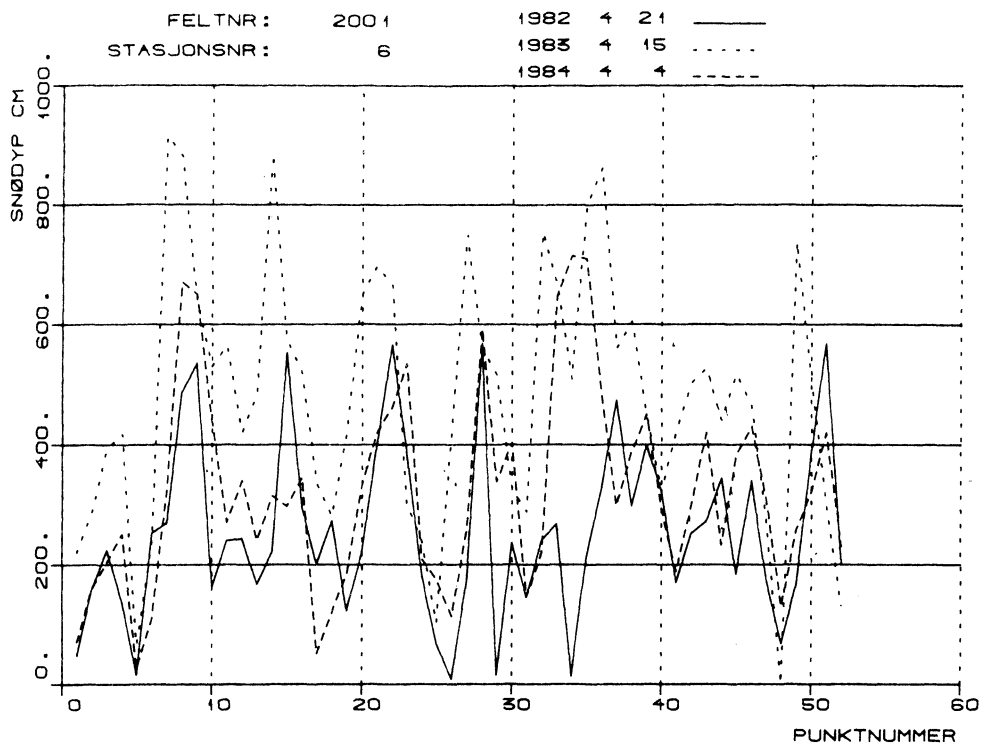


Fig. 7.15 Snøfordelingen langs strekk 6 (Langtjørn) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene. Målingene ble flyttet 10 m til siden i 1983 og 1984.

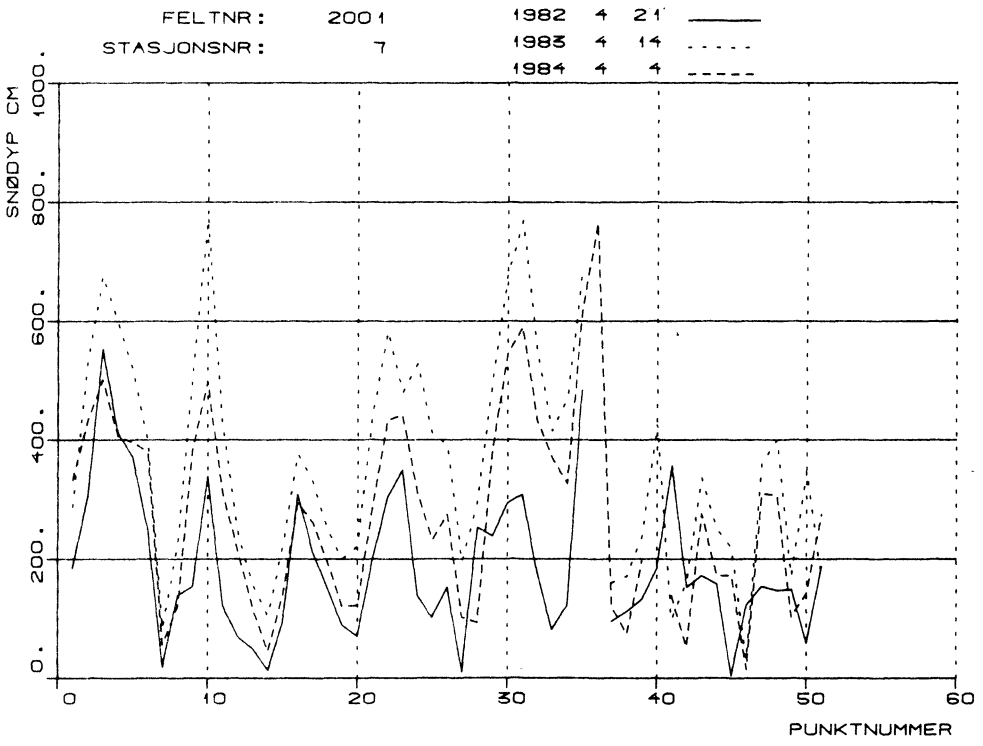


Fig. 7.16 Snøfordelingen langs strekk 7 (Matskårhæ) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene. Målingene ble flyttet 10 m til siden i 1983 og 1984.

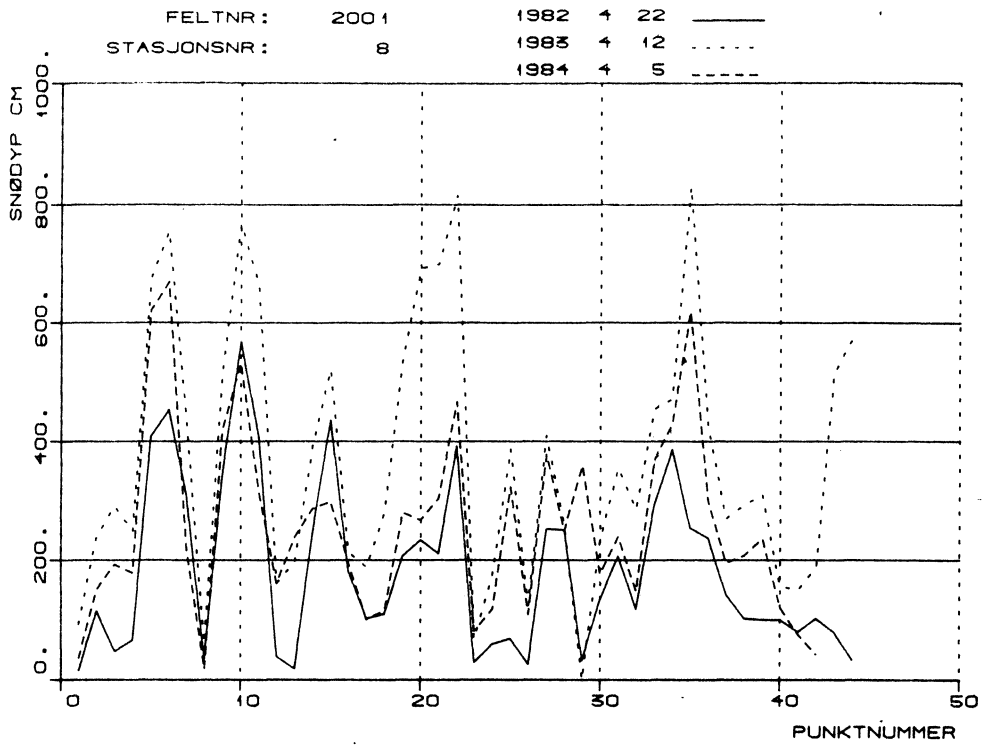


Fig. 7.17 Snøfordelingen langs strekk 8 (Illakleiv) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene.

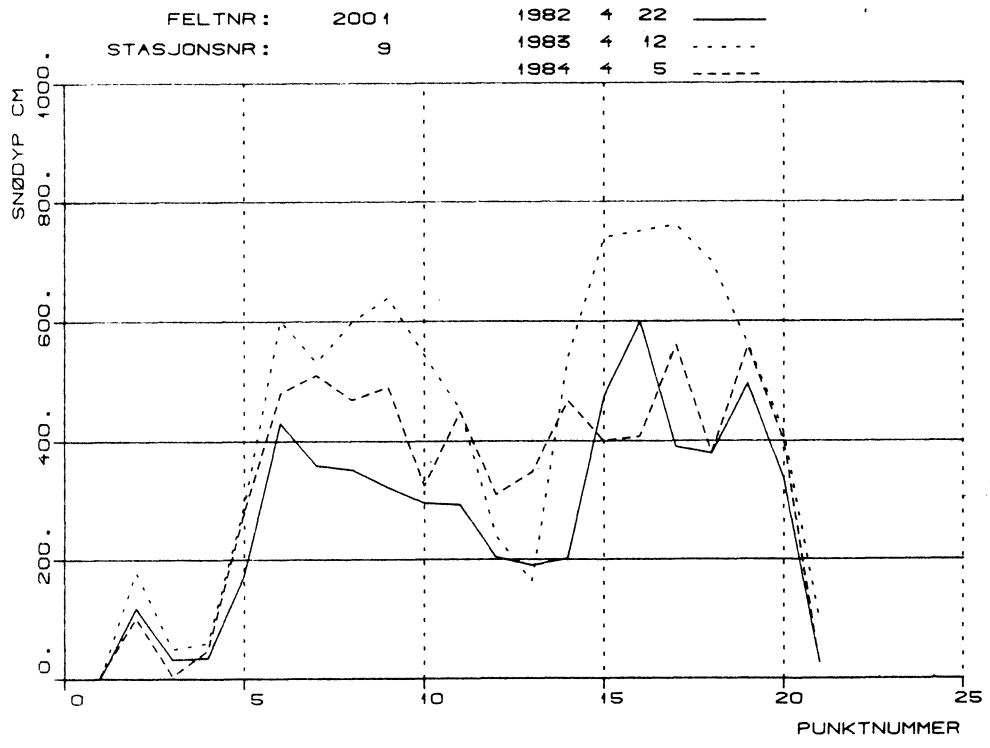


Fig. 7.18 Snøfordelingen langs strekk 9 (Tresfonn) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene.

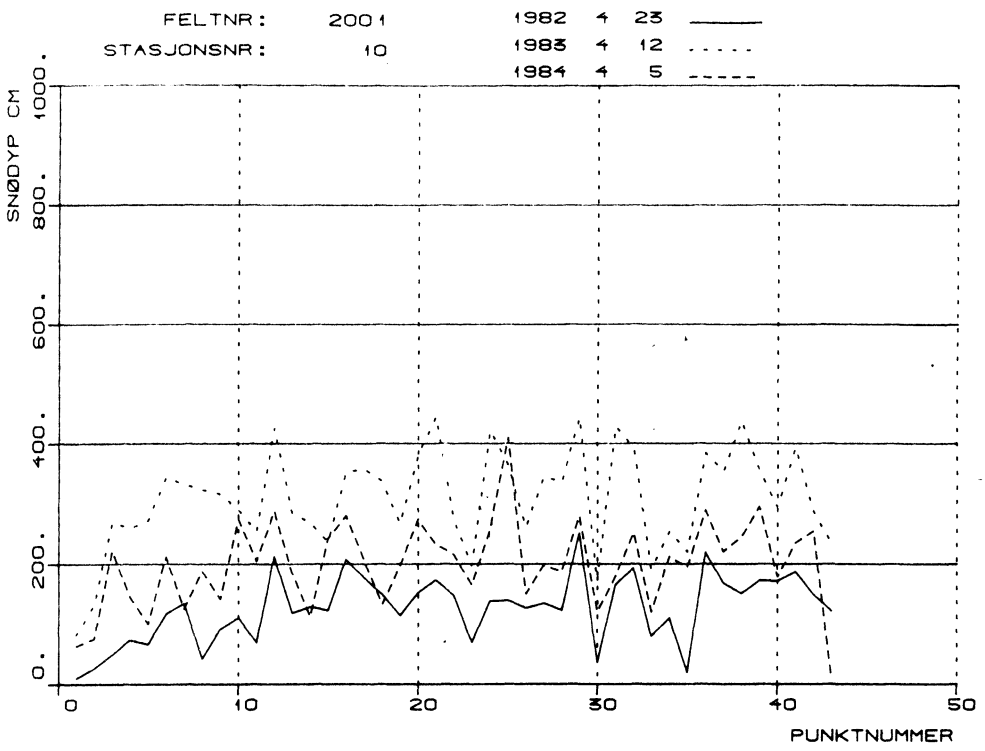


Fig. 7.19 Snøfordelingen langs strekk 10 (Bersåvatn) i Tyssofeltet. 25 m mellom målepunktene.

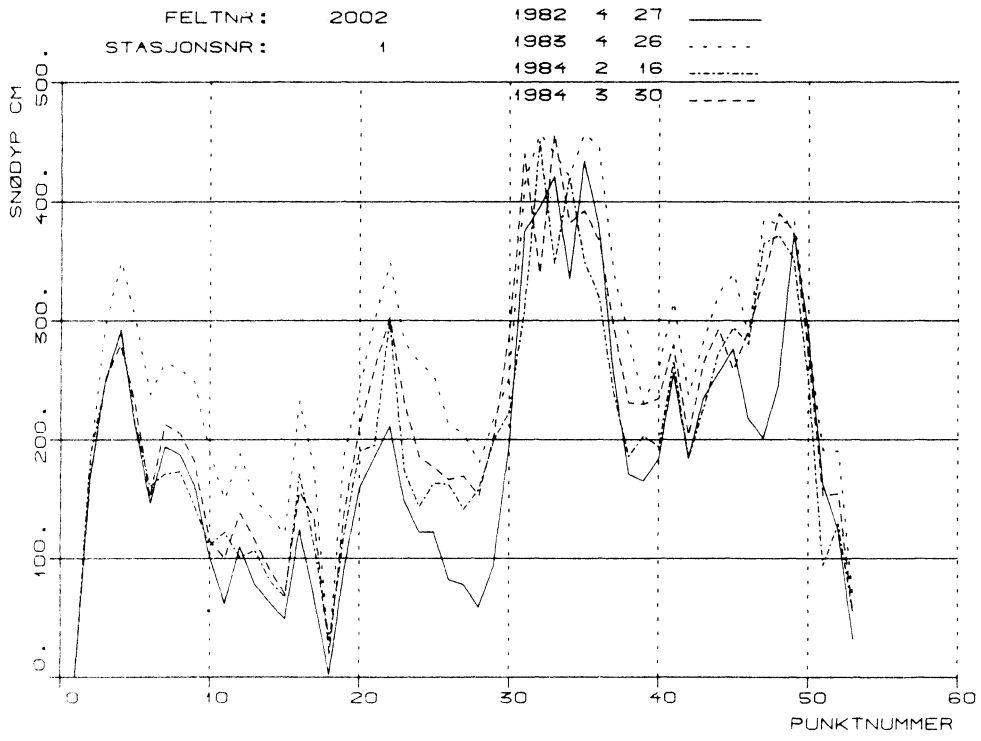


Fig.7.20 Snøfordelingen langs strekk 1 (Øljusjøen dam) i Borgundfeltet. 10 m mellom hvert målepunkt.

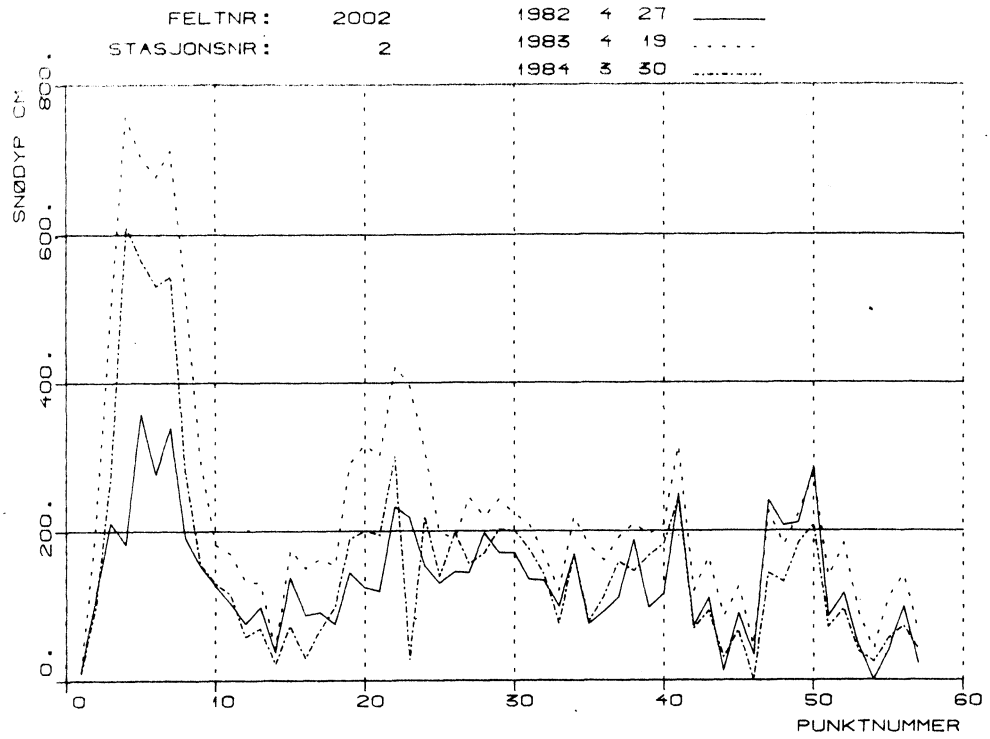


Fig.7.21 Snøfordelingen langs strekk 2 (Hyttenosi) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

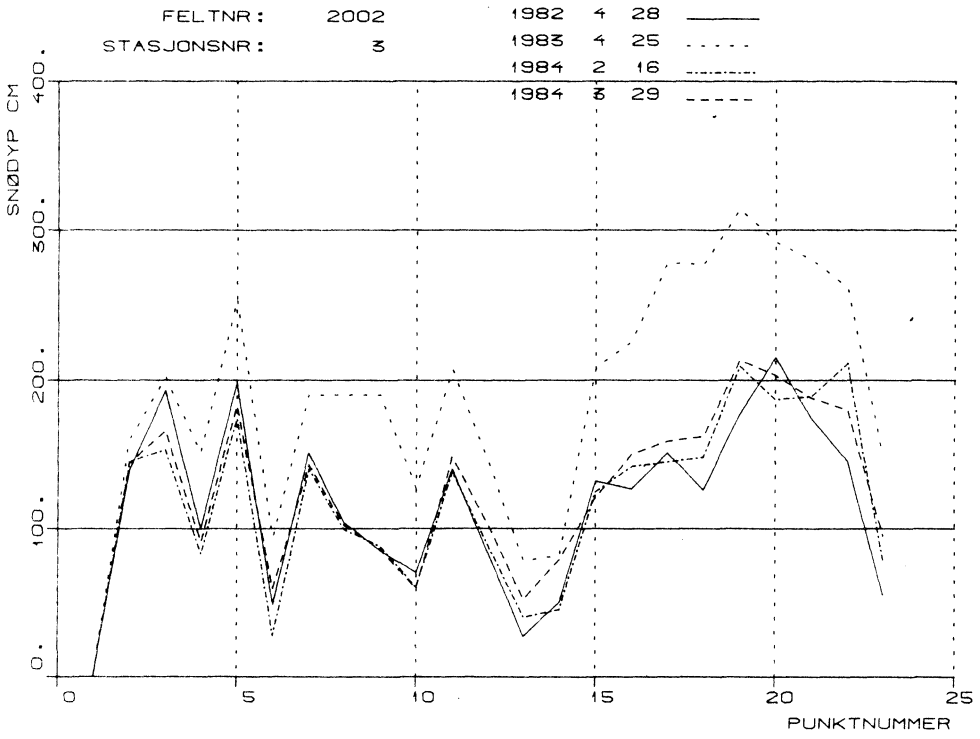


Fig.7.22 Snøfordelingen langs strekk 3 (Graveskardtjern) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

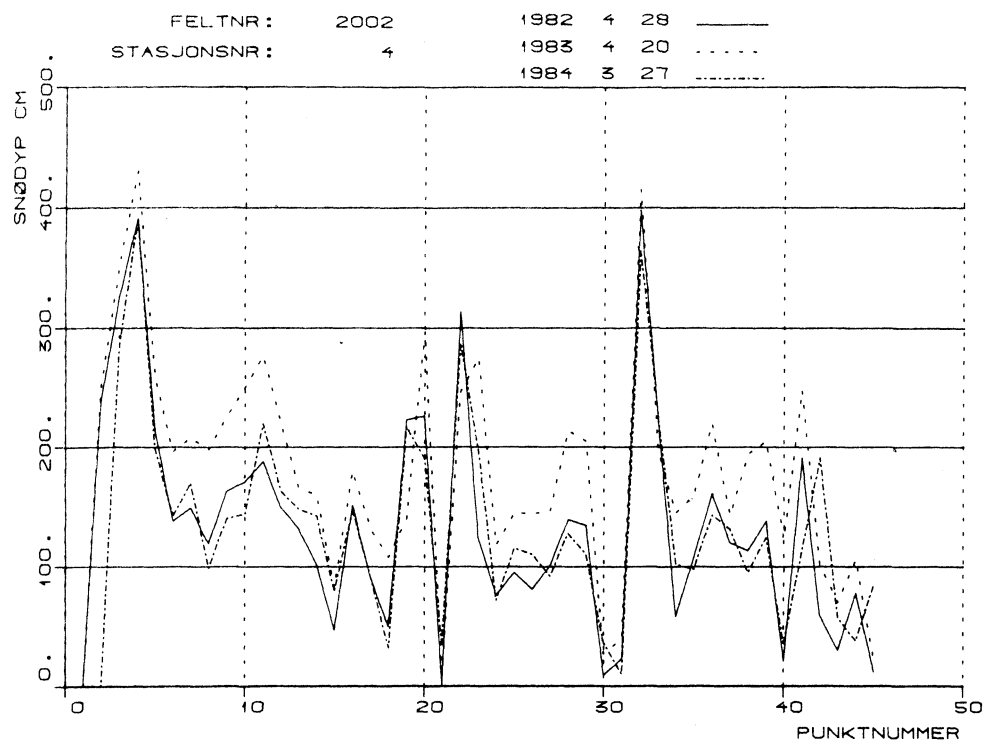


Fig.7.23 Snøfordelingen langs strekk 4 (Starsjøen vest) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

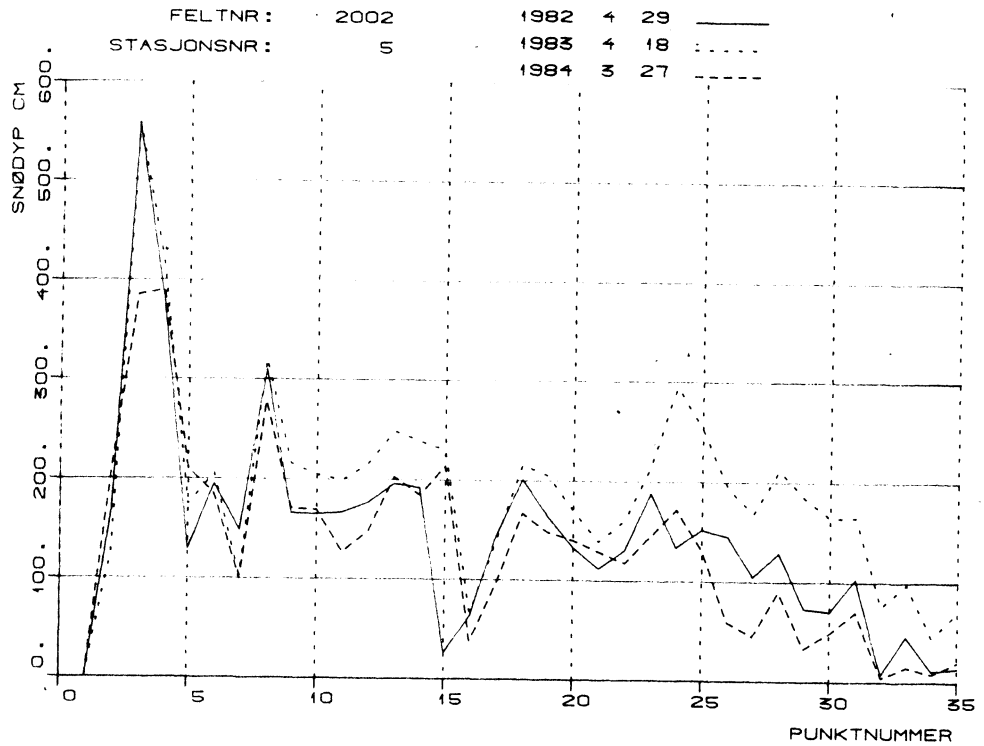


Fig.7.24 Snøfordelingen langs strekk 5 (Skavlevann) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

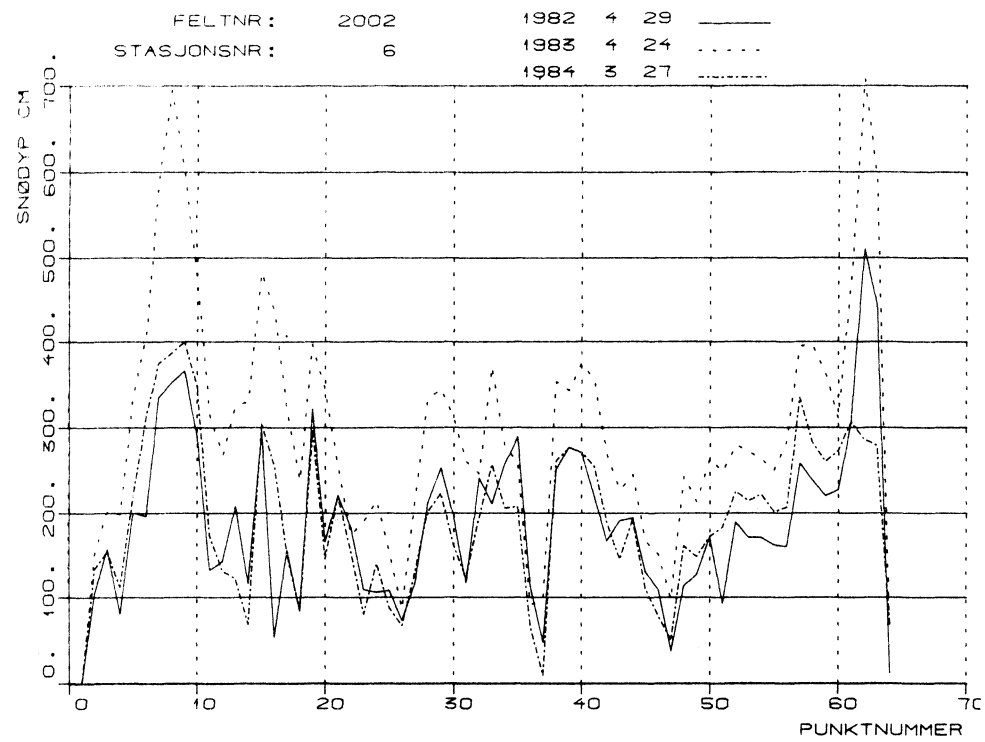


Fig.7.25 Snøfordelingen langs strekk 6 (Raudbergskarvet) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

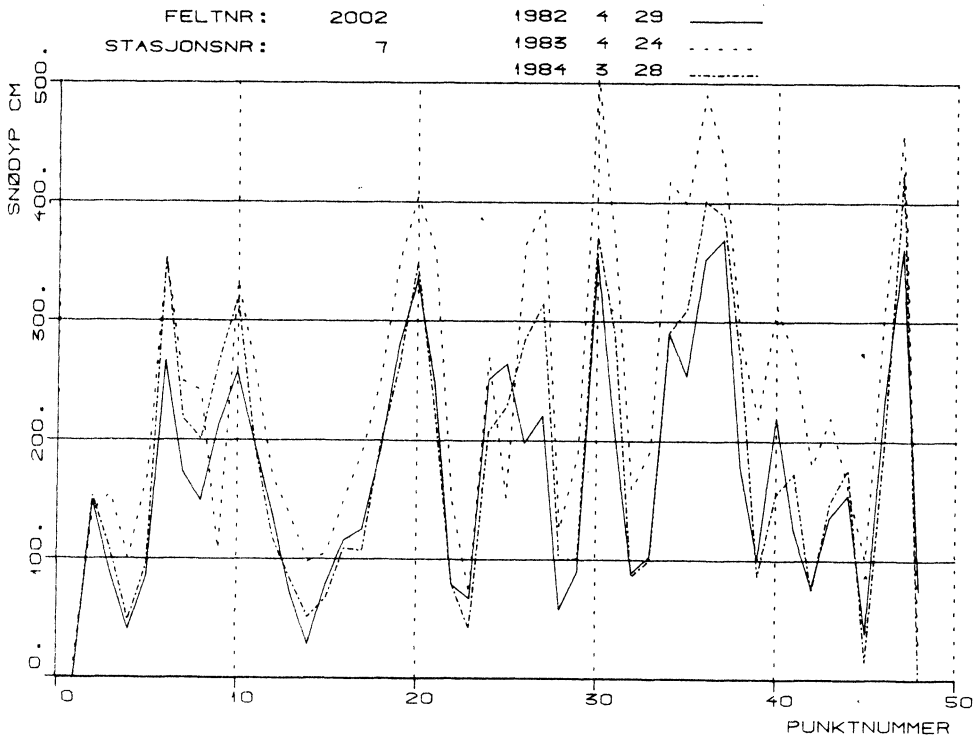


Fig.7.26 Snøfordelingen langs strekk 7 (Bjordalsvann) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

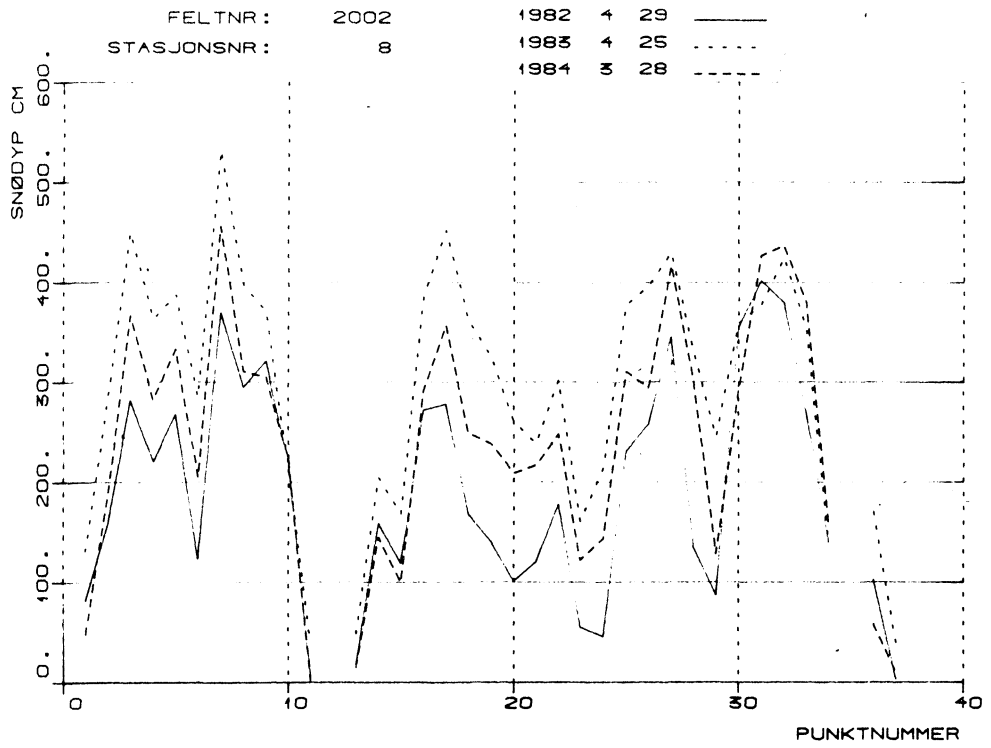


Fig.7.27 Snøfordelingen langs strekk 8 (Kaldavatn) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

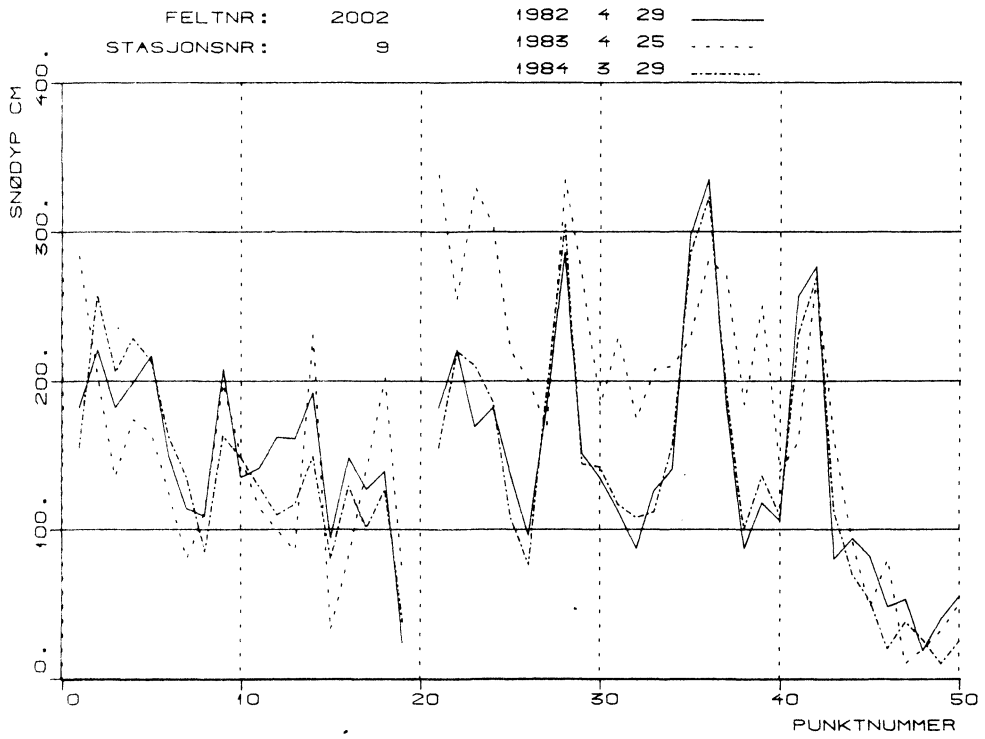


Fig.7.28 Snøfordelingen langs strekk 9 (Skålanosi) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

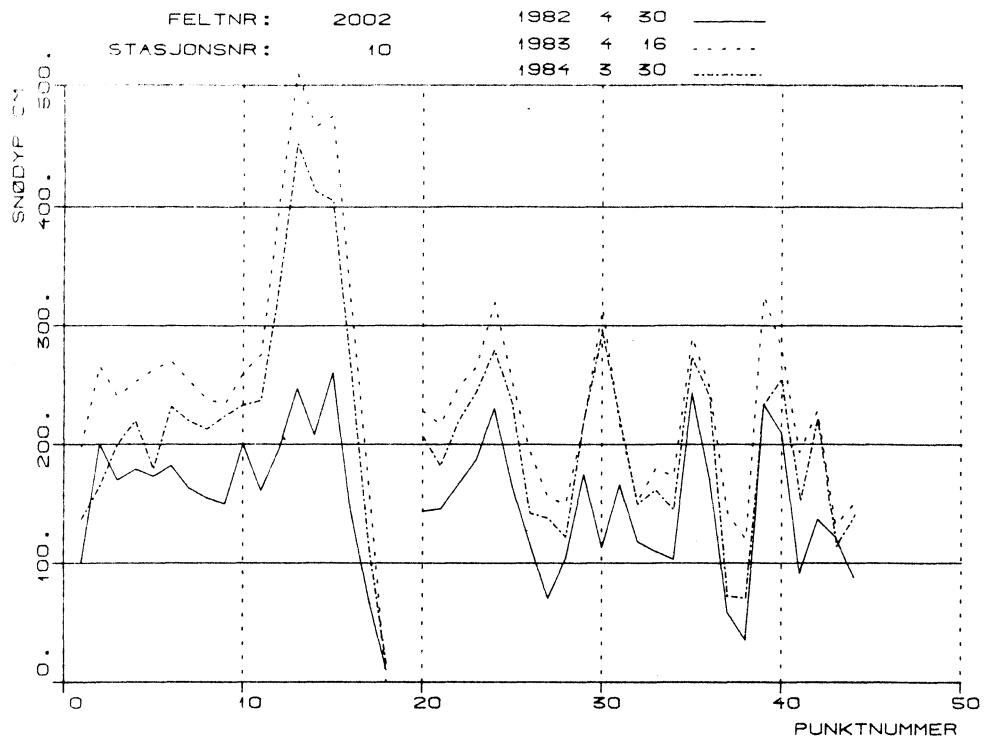


Fig.7.29 Snøfordelingen langs strekk 10 (Sulefjell) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

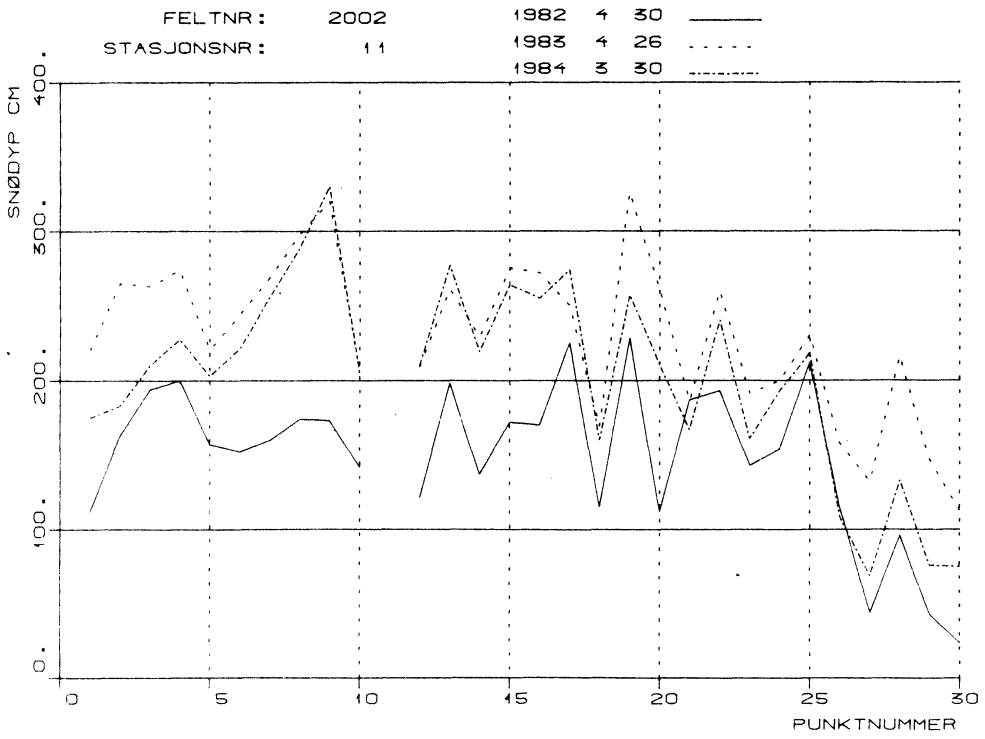


Fig.7.30 Snøfordelingen langs strekk 11 (Vestbotn) i Borgundfeltet. 25 m mellom hvert målepunkt.

8. REFERANSER

Andersen, T., Gottschalk, L., Harestad, J., Killingtveit, Å. og Aam, S.: 1982: Snømålinger for kraftverksdrift. Rapport til Rådet for den kraftverkshydrologiske tjenesten (RKHT).

Gottschalk, L. og Jutman, T.: 1979: Statistical analysis of snow survey data, SMHI. Rapporten Nr. R4020.

Johnsrud, M.: 1981: Måling av snøens vannekvivalent ved naturlig gammastråling under norske forhold. Hovedoppgave i Geofysikk. Universitetet i Oslo.

Killingtveit, Å., og Aam, S.: 1978: En fordelt modell for snøakkumulering- og avsmelting. EFI og NTH.

Sand, K. og Killingtveit, Å.: 1983: Snøforhold i Orklafeltet. Studie av snøfordeling og forslag til snømåleopplegg. Rapport til RKHT. Norges Hydrodynamiske laboratorier.

Sverdrup, E.: 1973: Lov og tilfeldighet, Universitetsforlaget.

Tveit, J.: 1980: Representativitet i snømålesystem ut frå topografiske og morfologiske parametrar. Norges tekniske høgskole, Trondheim.

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
72029383