

ANALYSE AV LAVVANNFØRINGER

FORELØPIG RAPPORT

**NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET**

Norsk hydrologisk komité

Mars 1985

ANALYSE AV LAVVANNFØRINGER
FORELØPIG RAPPORT

**PILOTPROSJEKT: BRUK AV HYDROLOGISK AVDELINGS
PROGRAMVARE FOR ANALYSE AV LAVVANNFØRINGER I
4 FELT I SKIENSVASSDRAGET**

BJARNE KROKLI

**Norsk hydrologisk komité
Mars 1985**

FORORD

Prosjektet "Analyse av lavvannføringer" er delfinansiert av NHK og utføres ved Hydrologisk avdeling, NVE. Prosjektet ble igangsatt i 1984. Som resultat av et forprosjekt ble det publisert et litteraturregister for lavvannføringer i 1983. Fra 1985 er dette prosjektet en del av et program for lavvannshydrologi 1985-88 som administreres av NHK's arbeidsgruppe for lavvannshydrologi.

I denne foreløpige rapporten er det samlet endel benyttede definisjoner til beskrivelse av lavvannføringsperioder. Videre er Hydrologisk avdelings programvare benyttet for analyse av lavvannføringer i 4 felt i Skiensvassdraget. Hydrologisk avdeling er meget interessert i å få høre brukernes reaksjon på den presentasjonsmåte som er benyttet.

Oslo, mars 1985

E. Skofteland
(Prosjektansvarlig)

SAMMENDRAG

Definisjoner. I kap. 2 er det gitt en del definisjoner på begreper som er i bruk i forbindelse med tørke- og lavvannsituasjoner. Et eksempel belyser hvor vanskelig det er å gi en eksakt definisjon på begrepet lavvannføring.

Datagrunnlaget. Kap. 3 tar for seg retningslinjene for stasjonsvalg til en hovedanalyse av lavvannføringer. Kontroll av datagrunnlaget blir også nevnt. Hydrologiske forhold i de 4 felt som har vært brukt i pilotprosjektet blir også beskrevet.

Når opptrer lavvannsperiodene?

Spørsmålet blir besvart i kap. 4 for de 4 feltene ved beregning av middelvannføring for perioden 1922-57. Persentilene 100%, 50%, 25%, 10% og 0% beregnes og data plottes. Det er programmet "Karver 2" som her blir brukt.

Hvor lenge kan en regne med vannføringer under en gitt verdi?

I kap. 5 blyses spørsmålet ved å benytte varighetskurver. Forskjellige typer varighetskurver blir diskutert. Programmet "Varkurv" er brukt.

Hvor stort tilsiqsvolum kan en regne frem til en gitt dato?

Daglige summerte vannføringer frem til en antatt slutt dato for en lavvannsperiode er beregnet for en årrekke. Persentiler beregnes og data plottes. På denne måte skaffer en seg oversikt over tilsiget i en periode med lave vannføringer. I kap. 6 blir programmet "Karsum" brukt til dette.

Hvor stort magasin kreves?

Ved hjelp av reguleringskurver kan en beregne hvor stort magasin som fordres for å holde en gitt minstevannføring i en elv. I kap. 7 er ugunstigste-, bestemmende- og median reguleringskurve plottet ved hjelp av programmene "Regkurv" og "Plotreg".

Var 1976 et tørt år?

En kan få en visuell oversikt over problemet ved å tegne årshydrogrammet opp i samme koordinatsystem som hydrogrammet for middelavrenningen for en årrekke. Dette er gjort i kap. 8 ved hjelp av programmet "Plotser".

Hvor ofte kan en gitt lavvannføring forventes?

Problemstillingen blyses i kap. 9 ved hjelp av frekvensanalyse. Programmet "Ekstrem" brukes til beregning av lavvannsekstremene og foretar tilpassing av frekvensfordelinger. Data kan plottes. Et nytt program, "Ekstvol", er under utprøving. Det kan gi frekvensplott for opp til 10 forskjellige varigheter i samme diagram.

INNHOLD

	Side
1. INNLEDNING	5
2. DEFINISJONER I FORBINDELSE MED LAVVANNSHYDROLOGI	6
3. DATAGRUNNLAGET	9
4. NÅR OPPTRER LAVVANNSPERIODENE?	15
5. HVOR LENGE KAN EN REGNE MED VANNFØRINGER UNDER EN GITT VERDI?	18
6. HVOR STORT TILSIGSVOLUM KAN EN REGNE MED FRAM TIL GITT DATO?	25
7. HVOR STORT MAGASIN KREVES?	28
8. VAR 1976 ET TØRT ÅR?	31
9. HVOR OFTE KAN EN GITT LAVVANNFØRING FORVENTES?	32

1. INNLEDNING

Det ble av styringskomiteén for NHK-prosjektet "Analyse av lavvannføringer" bestemt å starte et pilotprosjekt tidlig i 1984 som skulle være en begynnelse til et større arbeid med analyse av lavvannføringsdata fra en rekke felt.

Pilotprosjektet skulle:

- foreta en stasjonsutvelgelse som skulle gi data til den senere analysen.
- vurdere nødvendigheten av en kvalitetskontroll av vannføringsdata før analysen.
- gi eksempel på hvilke lavvannsanalyser eksisterende program i VH's programbibliotek kan utføre.

Det siste punktet skulle gjennomføres ved å kjøre programmene mot data fra fire felt i Skiensvassdraget. De to første punktene er omtalt i kap.3 og det siste punktet i kap.4 – kap.9. Det er ikke lagt vekt på å komme med konklusjoner i forbindelse med utprøvingen av programmene. Hensikten har mere vært å få en oversikt over mulighetene i programmene og presentere disse. Det vil også bli vurdert endringer i programmene for å øke nytteverdien.

Den store mengden av datautskrifter som programmene gir, er ikke tatt med, utenom det som er brukt i tabeller o.l.

2. DEFINISJONER I FORBINDELSE MED LAVVANNSHYDROLOGI

I internasjonal litteratur er det brukt en rekke begreper og parametre til å beskrive lavvannshydrologiske situasjoner. The World Meteorological Organization har gitt definisjoner på seks typer tørke (Subrahmanyam, 1967):

- a) Meteorologic drought - defined only in terms of precipitation deficiencies in absolute amounts, for specific durations.
- b) Climatological drought - defined in terms of precipitation deficiencies, not in specific quantities but as a ratio to mean or normal values.
- c) Atmospheric drought - definitions involve not only precipitation, but possibly temperature, humidity, or wind speed.
- d) Agricultural drought - definitions involve principally the soil moisture and plant behaviour, perhaps for a specific crop.
- e) Hydrologic drought - defined in terms of reduction of streamflows, reduction in lake or reservoir storage, and lowering of ground-water levels.
- f) Water-management drought - this classification is included to characterize water deficiencies that may exist because of the failure of water-management practices or facilities such as integrated water-supply systems and surface or subsurface storage to bridge over normal or abnormal dry periods and equalize the water supply through the year.

Forskjellige brukergrupper vil trekke inn ulike punkter til en beskrivelse av sin tørkesituasjon. For hydrologisk tørke er definisjonen restriktiv når det gjelder antall parametre, reduksjon i vannføring og reduksjon i magasin (overflate og grunnvann), men spesifiserer ingen grense. Norsk terminologi bruker begrepene lavvannsperiode og lavvannsføring til å beskrive en tørr situasjon i et felt.

Dersom det ikke er breer i et vassdrag, vil normalt vannføringen avta i de periodene det ikke kommer nedbør, eller nedbøren kommer som snø og lagres som snø.

Vannføringen vil da gradvis avta siden vannet må hentes fra feltets egne magasiner.

Året deles derfor naturlig inn i en eller flere lavvannsperioder og høyvannsperioder. Lavvannsperioden kan derfor defineres som den delen av året hvor vannføringen er under en terskelverdi. Denne verdien kan være middelvannføringen.

Dette gir for Østlandet og det meste av Nord-Norge to lavvannsperioder, en om vinteren og en om sommeren, adskilt av vårflommen. For en del kyststrøk på Sørlandet og Østlandet vil det bare være en markert lavvannsperiode da snøen ikke blir liggende. En lavvannsføring er enhver vannføring i lavvannsperioden.

For en bruker vil en lavvannføring-situasjon være en periode med minkende vannføring og hvor vannføringen kan bli uegnet til å fylle hans behov.

Forskjellige definisjoner på lavvannføringer er i bruk (Otnes og Røstad 1978, E. Skofteland, 1976).

- **Absolutt minstevannføring.**
Det er den minste observerte vannføring i uregulert vassdrag i hele den tiden man har observert på vedkommende sted.
- **Gjennomsnittlig minstevannføring.**
Dette er det aritmetiske middel av den minste vannføring som er observert hvert år i uregulert vassdrag. Istedet for ordet gjennomsnittlig brukes idag vel så ofte ordet midlere.
- **Median minstevannføring** er den midterste verdi når man ordner alle årlige minstevannføringer i en rekke med økende verdi.
- **Alminnelig lavvannsføring.**
Dette er et begrep som er kommet inn i den hydrologiske statistikk i Norge på grunn av en spesiell formulering i vårt lovverk. I reguleringslovens paragraf 3 heter det: "Økning av vannkraften beregnes på grunnlag av en økning i vassdragets lavvannføring som reguleringen antas å ville medføre utover den vannføring som har kunnet påregnes år om annet i 350 dager av året".
- **Naturlig lavvannføring.**
For å ta hensyn til varighet og frekvens i vannføringen har NIVA tatt i bruk et nytt begrep, naturlig lavvannføring. Om naturlig lavvannføring uttaler Rørslett "Basert på feltarbeider som er utført, ser naturlig lavvannføring i biologisk sammenheng ut til å falle sammen med vannføring som underskrides høyst 10% av observasjonstiden, 10. persentil".

I amerikanske litteratur brukes mye begrepet "Deficient streamflow" i forbindelse med lavvannføring. Dette defineres slik:

"Deficient streamflow" er vannføring som underskrides høyst 25% av tiden, d.v.s. vannføring under lavere kvartillinje.

I forbindelse med frekvensanalysen i kap.9, ble det i en periode på 36 år sortert ut laveste vannføring for både vinter- og sommersesong, midlet over 7, 30 og 60 døgn. Dette gir 216 lavvannføringer som for felt 491-11, Omnesfoss, ligger mellom 1.3 m^3/s og 41.9 m^3/s . Midlere avløp i perioden er for dette feltet 21.7 m^3/s .

Stor spredning i vannføringene gjør det vanskelig å gi en klar definisjon av hva en lavvannføring er. Kanskje burde en definisjon i denne forbindelse knyttes til et bestemt gjentaksintervall, samtidig som midlingsintervallet også spesifiseres.

Det kan også tenkes at definisjonsspørsmålet må besvares annerledes, f.eks. ved spørsmålstillingen som beskriver en

situasjon. En analyse ved hjelp av forskjellige statistiske mål kan da kanskje besvare brukerens spørsmål. En del tenkte spørsmål fra brukere vedrørende lavvannføringen er stilt opp og forsøkt besvart ved hjelp av eksisterende program ved VH. Disse spørsmål gir overskrift til kapitlene 4-9.

3. DATAGRUNNLAGET

3.1. Nedbørfeltene

Arbeidet med å velge ut nedbørfelt som skal gi datagrunnlag for hovedanalysen har vært lagt til pilotprosjektet. Det er gjort et foreløpig utvalg på ca. 175 vannmerker. Disse er valgt ut i samarbeid med distrikthydrologer ved VH etter følgende kriterier:

- uregulerte felt.
- daglig observasjon av vannstand hele året.
- kontinuerlige observasjoner i så lang tid som mulig, minimum 30 år.
- godt oppmålt vannføringskurve, slik at verdien av lavvannsføringene er relativt god.
- minimal påvirkning av isoppstuvning.
- best mulig homogenitet i seriene med hensyn til lokaliseringen av målestasjon og målemetode (samme kurve) og andre menneskelige inngrep i feltene.

Videre vurdering av disse vannmerkene vil bli gjort under hovedanalysen.

Data til utprøving av VH's eksisterende program som kan tenkes brukt til lavvannsanalyse ble hentet fra 4 felt i Telemark.

Vassdrag: Skienselv.

Stasjoner: 491-11 Omnesfoss,
492-0 Hjartsjø,
494-11 Totak,
496-11 Vinjevatn.

Det foreligger målinger fra felles uregulert periode 1921-1958. Det er få eller ingen isproblemer i forbindelse med målingene i disse feltene. Stasjonene er inntegnet på kart (1:1000000) i fig. 3.1. og feltparametrene er gitt i tabell 3.1. Parametrene er hentet fra "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag", redigert av Bo Wingård (1978).

Som eksempel på godt oppmålte vannføringskurver har en kurvene for de 4 feltene. De er vist i fig. 3.2 og fig. 3.3.

På figurene er avmerket de områdene som dekkes av flygelmålinger og også grensene for lavvannføringene. Bare unntaksvis kan en regne med så godt oppmålt kurve.

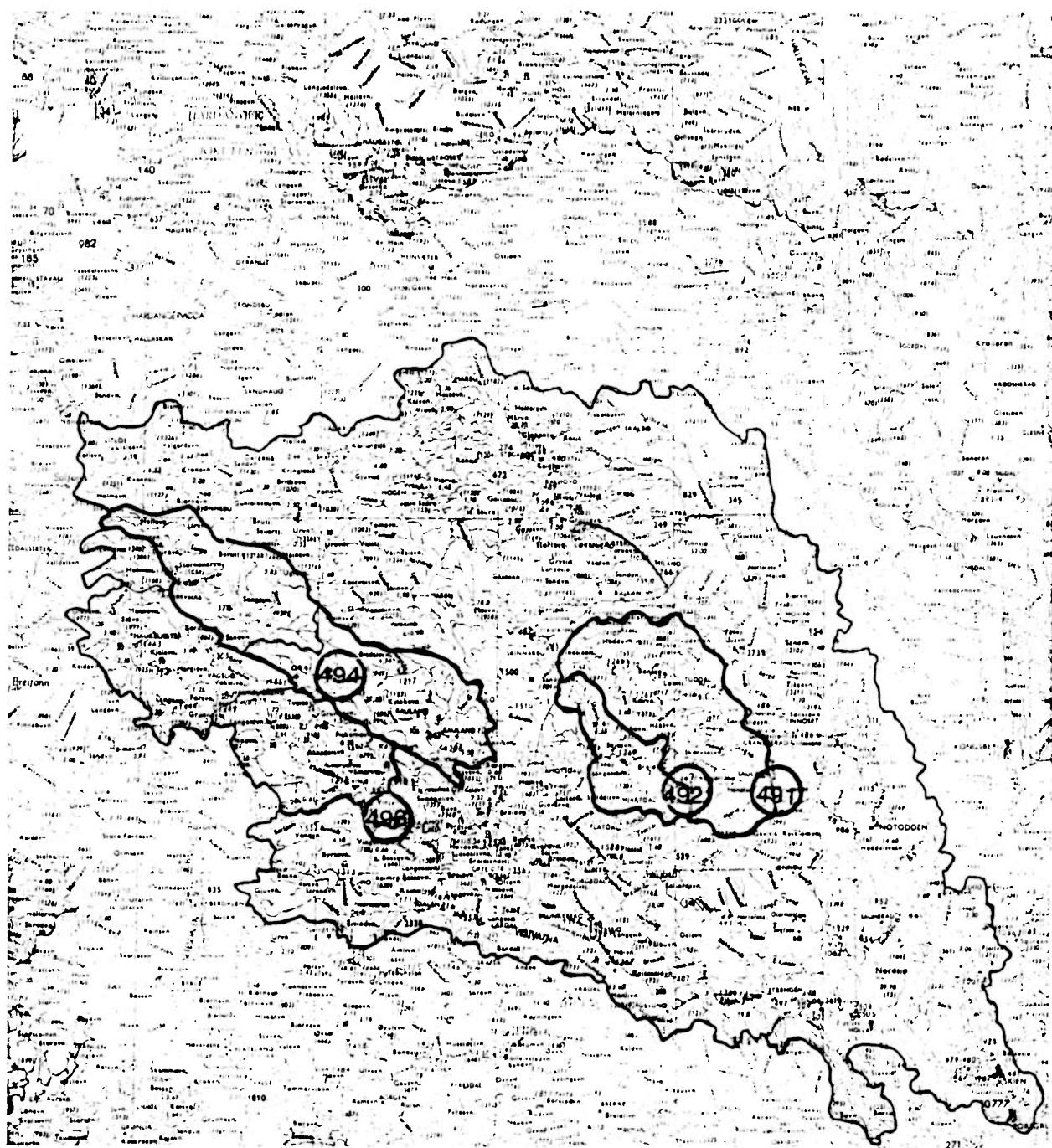


Fig. 3.1. Skjenselv nedbørfelt med delfeltene Omnesfoss, Hjartsjø, Totak og Vinjevatn.

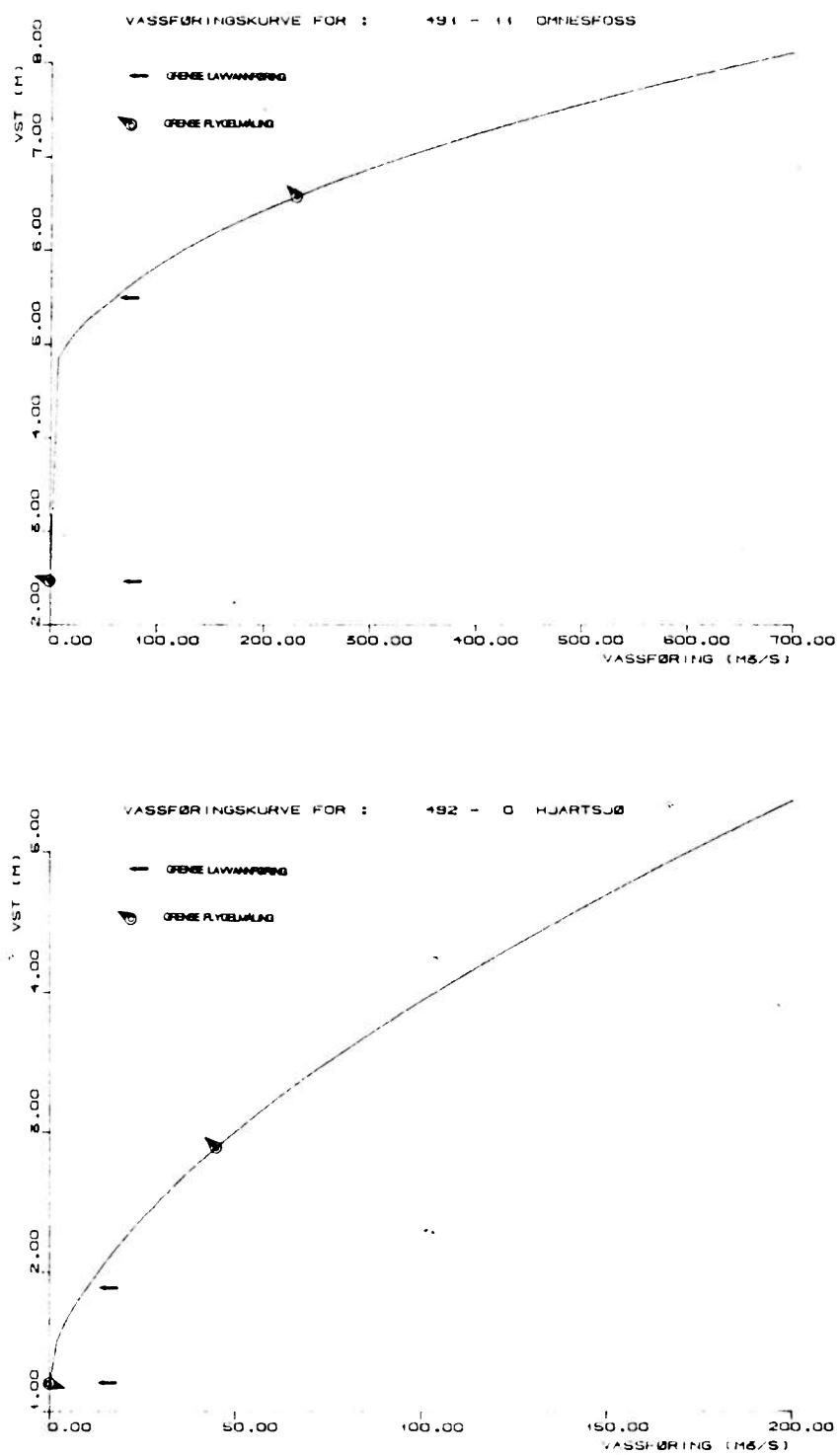


Fig. 3.2 Vannføringskurve for 491-11 og 492-0.

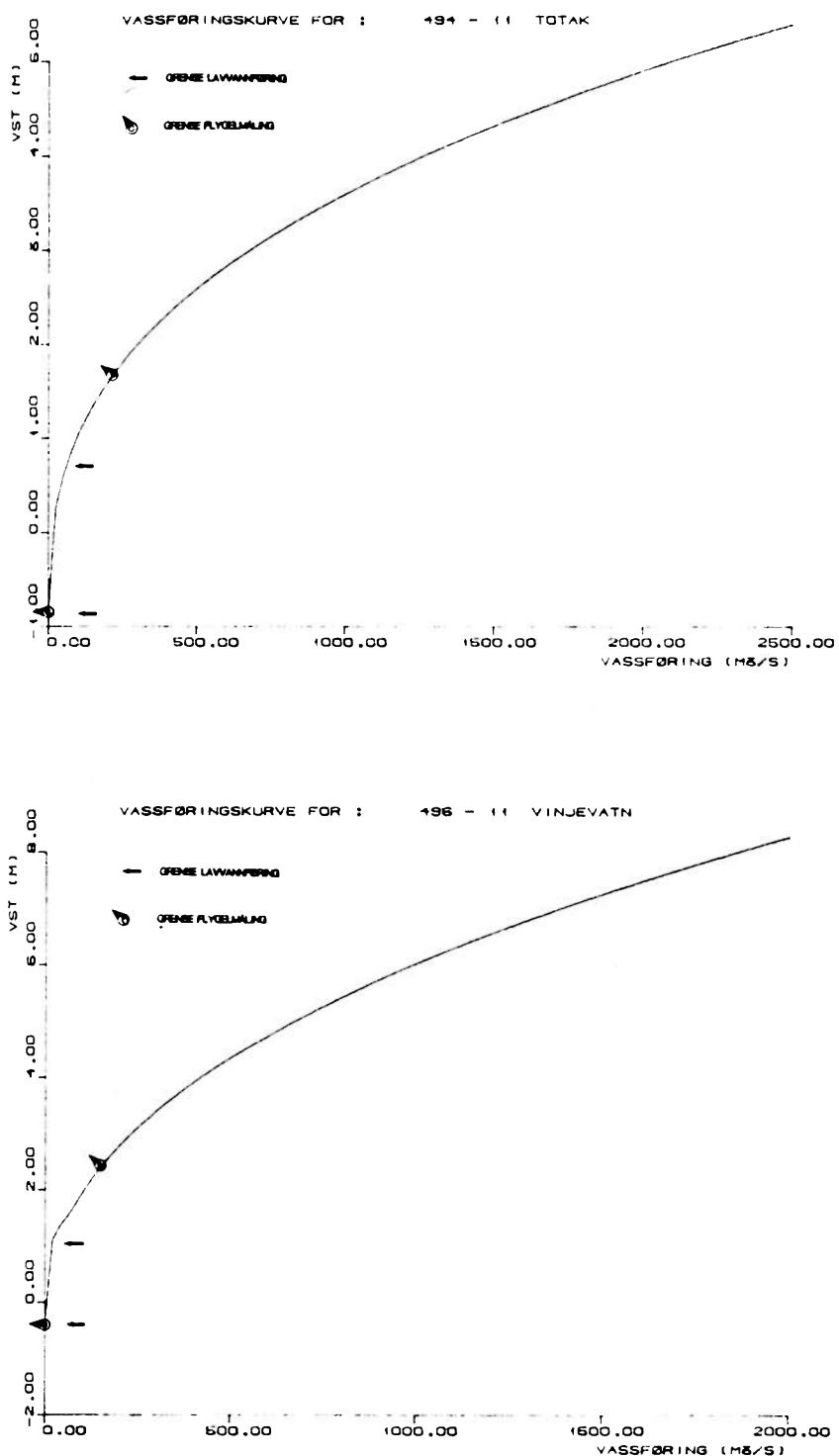


Fig. 3.3 Vannføringskurve for 494-11 og 496-11.

Tabell 3.1.
Feltparametre.

Stasj.	Qn (1/s km ²)	A (km ²)	Lf (km)	Asf (%)	Ase (%)	As (%)	Dh (m)	Rk (m/km)	St (m/km)	F
491-11	27	804	49	30	0.23	3.40	1810	21	21	33
492-0	25	218	26	16	1.20	5.60	1384	21	31	32
494-11	38	799	69	67	6.10	9.20	987	19	12	18
496-11	42	927	65	66	1.10	6.30	1240	20	15	22

Nøkkel for feltparametrene:

Qn: Midlere spesifikk vannføring (1/s km²) beregnet for normal-perioden 1930-60.

A: Nebørfeltets areal (km²).

Lf: Feltaksens lengde (km).

Asf: Areal snaufjell i % av feltarealet.

Ase: Effektiv sjøprosent.

As: Innsjøareal i % av feltarealet.

Dh: Totalt relief (m). Høydeforskjellen mellom målested og høyeste punkt i feltet.

Rk: Midlere feltgradient (m/km).

St: Hovedelvas gradient (m/km).

F: Formfaktor: $F = 100 A/Lf^2$.

3.2 Kontroll av vannføringsdata.

Kvalitetskontroll inngår som rutinearbeid ved innsamling og arkivering av data ved VH. i VH's programbibliotek finnes flere programmer for kvalitetskontroll av data. Disse har vært kjørt mot data fra Stasjon 491-11 og 492-0 uten at det ble oppdaget noe som førte til endring av data. Ved søking etter grove feil, må alle daglige verdier gjennomgåes da det sjeldent vil opptre så store feil at de påvirker middelverdiene. Systematiske feil f.eks. på grunn av feil vannføringsfunksjon eller systematisk feilavlesning er meget vanskelig å oppdage.

Homogenitetsbrudd p.g.a. menneskelig eller annen aktivitet i måleområdet eller i nedbørfeltet før øvrig kan oppdages ved double-mass-analyse. All feilsøking vil imidlertid være meget tid- og ressurskrevende.

3.3 Hydrologiske forhold

Hydrogrammene i figur 3.4. viser spesifikk middelavrenning (l/skm^2) for de fire feltene for perioden 1922-1957. Figuren viser at det er primær vårflokk og sekundær høstflokk i feltene (lavereliggende Østland). Det er markant lavvannføringsperiode om vinteren (des.-april) og en mindre markant periode om sommeren (juli-aug.).

Lavvannføringene bør derfor behandles som to adskilte populasjoner da det statistisk sett ligger ulike forutsetninger til grunn. På vinteren vil det meste av nedbøren magasineres som snø, mens det om sommeren vil være fravær av nedbør og evapotranspirasjon som betinger lavvannføringsituasjonen.

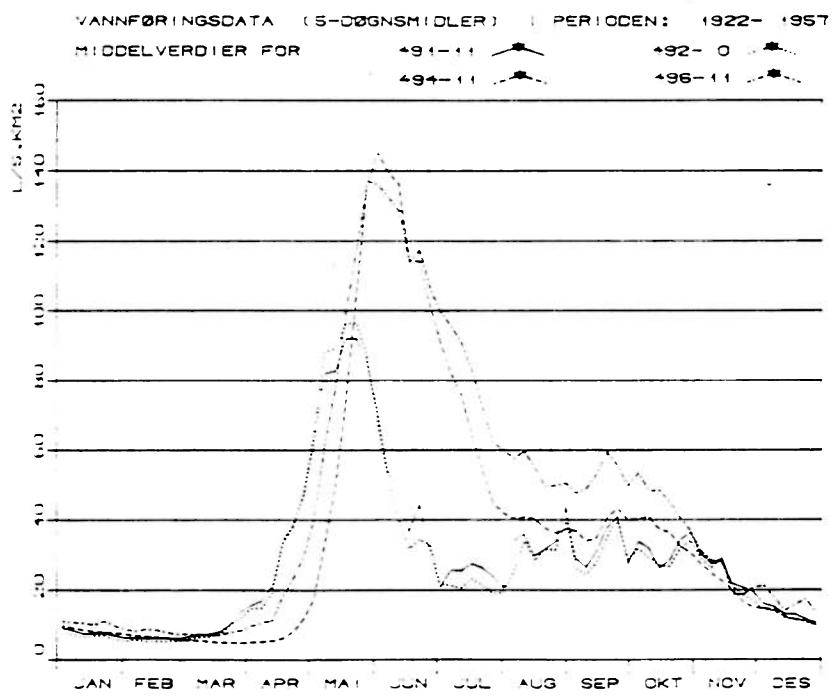


Fig. 3.4. Sesifikke middelvannføringer for feltene 491-11, 492-0, 494-11 og 496-11 i perioden 1922-1957.

4. NÅR OPPTRER LAVVANNSPERIODENE?

For å få et svar på spørsmålet over er de daglige vannføringene for årene 1922-1958 sortert pentadevis. Den laveste verdi for hver pentade er beholdt og persentilene er beregnet ved lineær interpolering.

I fig. 4.1. og fig. 4.2. er disse vannføringene plottet med følgende persentiler: 100% (max), 50% (med), 25% (1 kv), 10% og 0% (min). Konklusjoner en kan trekke:

Alle feltene har en markant vinterlavvannsperiode fra rundt års-skiftet. For feltene 491-11 og 492-0 varer den omtrent ut mars måned. For feltene 494-11 og 496-11 til omtrent 15. april.

Sommerlavvannsperioden er ikke så fremtredende. For feltene 491-11 og 492-0 kan en si at juli er en forholdsvis tørr måned og at august og første halvpart av september er tørre i feltene 494-11 og 496-11.

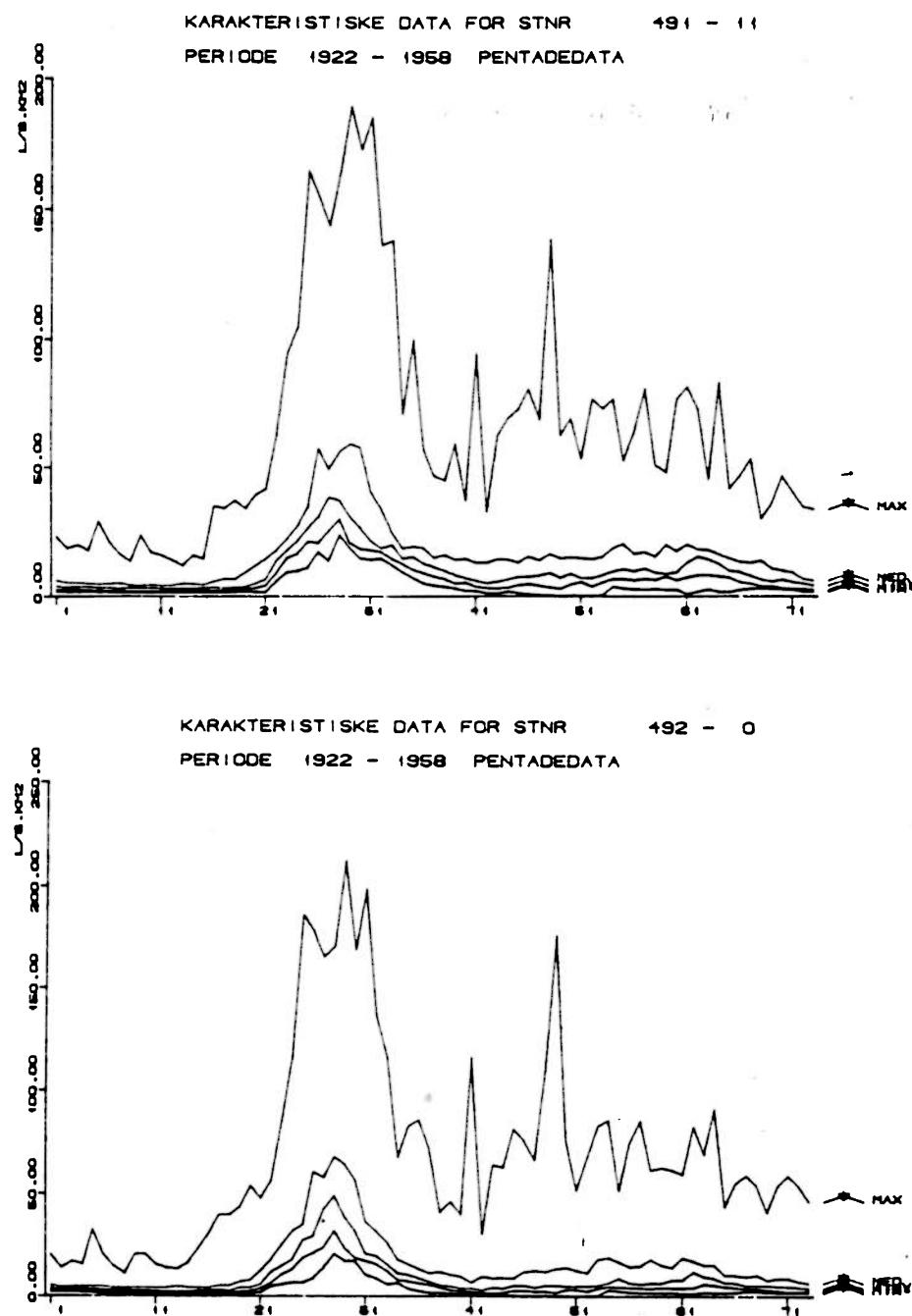


Fig. 4.1. Spesifikke vannføringer for 491-11 Omnesfoss og 492-0 Hjartsjø for perioden 1922-1958. Vannføringene er pentademedier med følgende persentiler: 100% max, 50%, 25%, 10% og 0% (min):

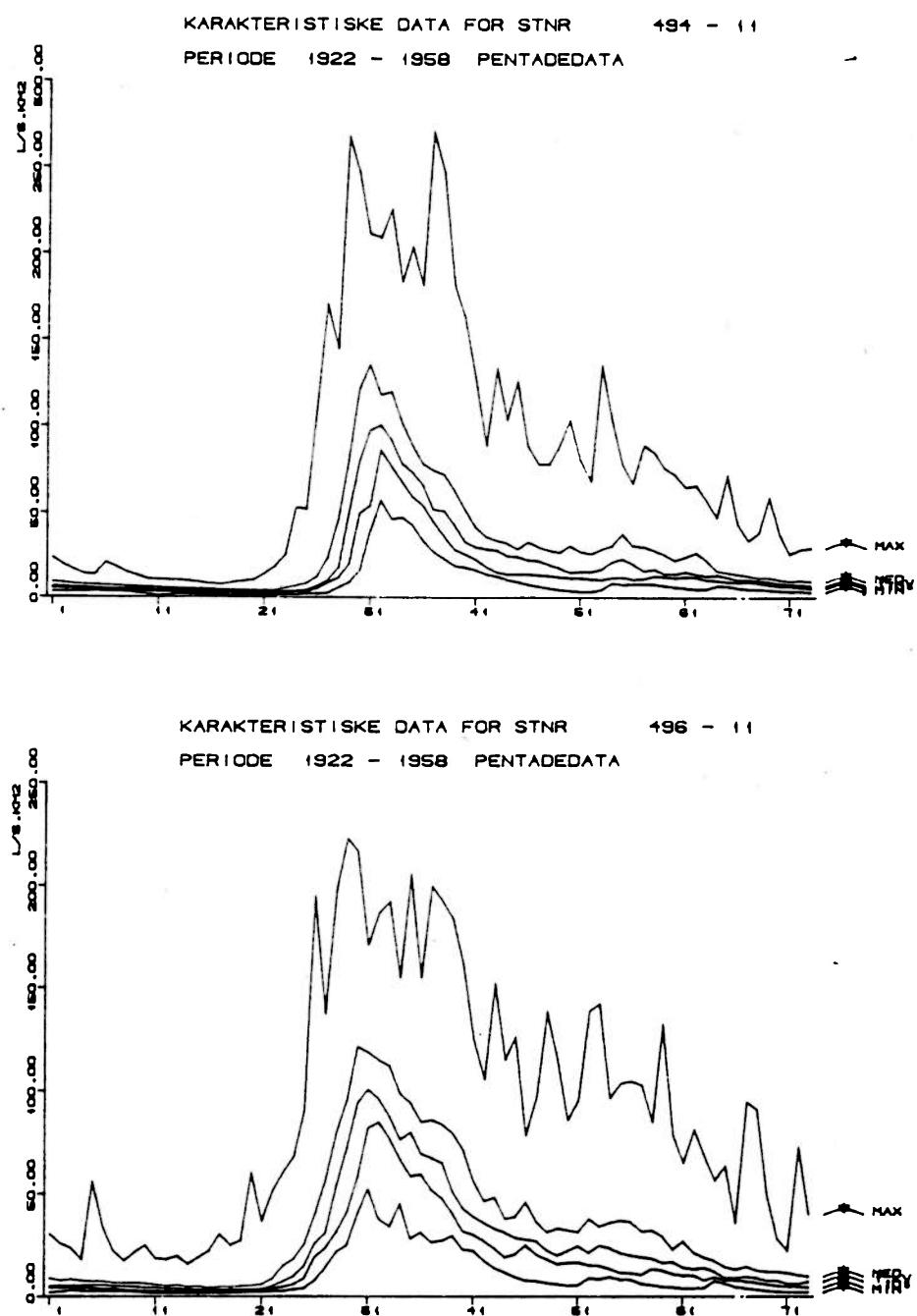


Fig. 4.2. Spesifikke vannføringer for 494-11 Totak og 496-11 Vinjevatn for perioden 1922-1958. Vannføringene er pentademidler med følgende persentiler:
100% (max), 50%, 25%, 10% og 0% (min):

5. HVOR LENGE KAN EN REGNE MED VANNFØRINGER UNDER EN GITT VERDI?

5.1 Generelt om varighetskurver.

En årsvarighetskurve fremstilles ved å finne den tid vannføringen har hatt en viss verdi eller overskredet denne og så fremstille vannføringen grafisk som funksjon av tiden. Dersom en vil finne en middelkurve for en lang serie, er det flere måter å gå frem på:

- a). En kan for gitte vannføringer midle varighetene.
- b). En kan for gitte varigheter midle vannføringene.
- c). En kan trekke kurven for et middelår.
- d). En kan bruke mediankurven.

Kurven i a) vil gå gjennom de to ekstrem-verdiene for perioden, mens kurven i b) vil gå gjennom midlet for flom- og lavvannsekstremene. For mere detaljerte opplysninger om de forskjellige typer varighetskurver vises til Otnes og Røstad (1978).

5.2 Varighetskurver for de fire stasjonene

I fig. 5.1. er gitt eksempler på forskjellige varighetskurver. Dataene er hentet fra vannmerke 491-11. Tre av kurvene er høyeste og laveste årsvarighetskurve for perioden 1922-1958, og som prikket linje på diagrammene er midlere varighetskurve trukket. Her er vannføringene midlet for gitte tidsskritt. I tillegg er årsvarighetskurvene for 1975 og 1976 plottet i hvert sitt diagram. Kurvene forteller f.eks. at i middel er avrenningen mindre enn 50 l/s km² ca. 85% av tiden og at i 1976 var avrenningen mindre enn 8 l/s km² ca. 55% av året.

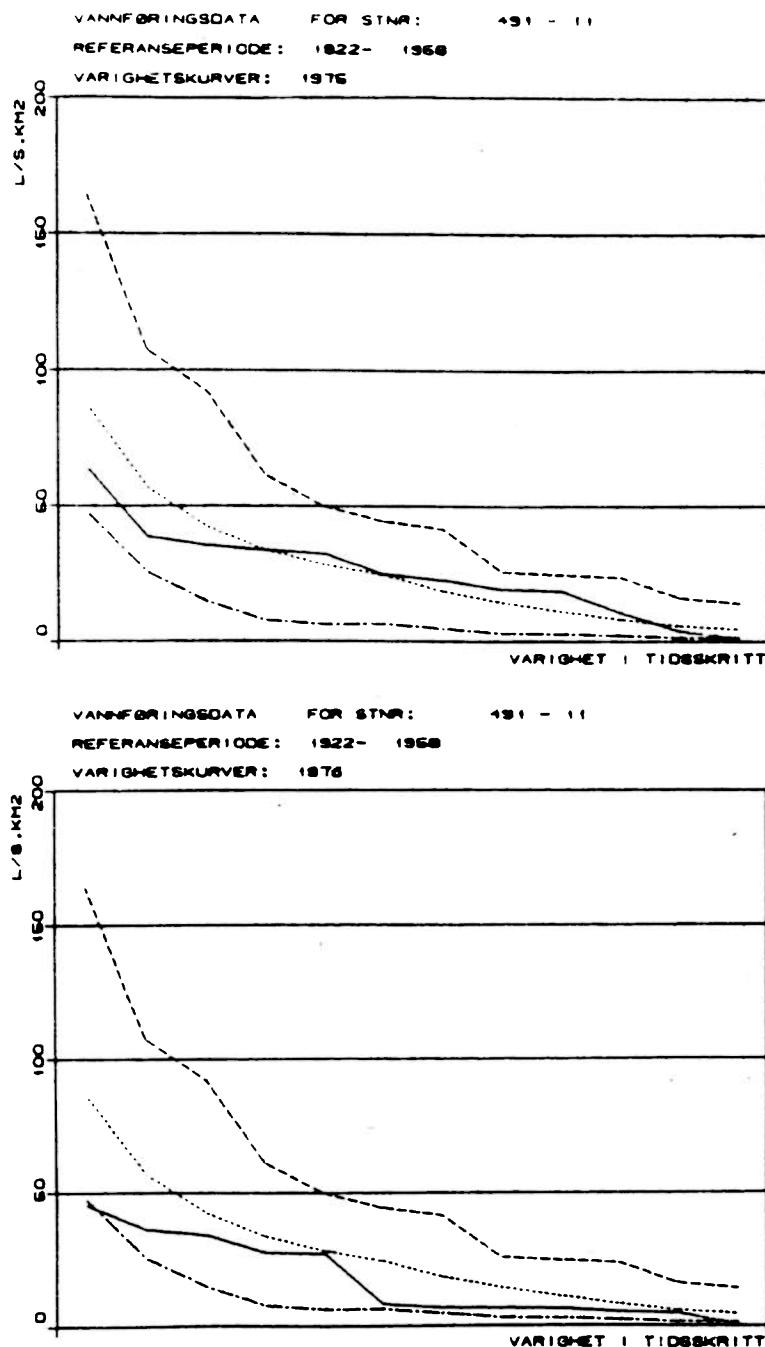


Fig. 5.1. Årsvarighetskurve (hel strek) for 491-11 Omnesfoss.
 Øverst for året 1975, nederst for 1976. Høyeste,
 midlere og laveste årsvarighetskurve for perioden
 1922-1957 er også inntegnet.

En annen type varighetskurve finner en i fig. 5.2. - fig. 5.5. Dette er varighetskurver for hele perioden uten midling, og den horisontale akse er derfor i % av hele perioden. Den vertikale akse angir vannføring i % av årsmiddel.

Vannføringene for hele serien er delt i to populasjoner. Vintersesongen er valgt fra 1.11. til 31.5. og sommersesongen fra 1.6. til 31.10. I hver sesong finnes da normalt en lavvannsperiode og en flomtopp.

Av varighetskurven (hel strek) kan en avlese f.eks. den prosentdel av tiden 25% av årsmiddelvannføring underskrides. Disse verdiene er gitt i tabell 5.1. I samme diagram er trukket en kurve (prikket) som angir hvor stor del av avløpsvolumet som har kommet ved vannføringer mindre eller lik en gitt vannføring. Av diogrammene er det tatt ut volumet som er fremkommet ved vannføringer mindre eller lik 25% av middelvannføring. Disse verdiene finnes også i tabell 5.1.

En tredje kurve (stiplet) viser hvor stor del av avløpsvolumet som kan slukes ved hjelp av en overføring med kapasitet gitt langs ordinataksen.

Tabell 5.1. Prosentdel av tiden 25% av middelvannføring underskrides. Prosent av avløp kommet fra vannføringer mindre enn 25% av middelvannføring.

Vannmerke:	Sommersesong 1.6-31.10		Vintersesong 1.11.-31.5.	
	Prosentdel av tiden:	Prosentdel av avløp:	Prosentdel av tiden:	Prosentdel av avløp:
491-11	15	2	30	4
492-0	24	3	36	5
494-11	10	2	18	4
496-11	7	2	26	4

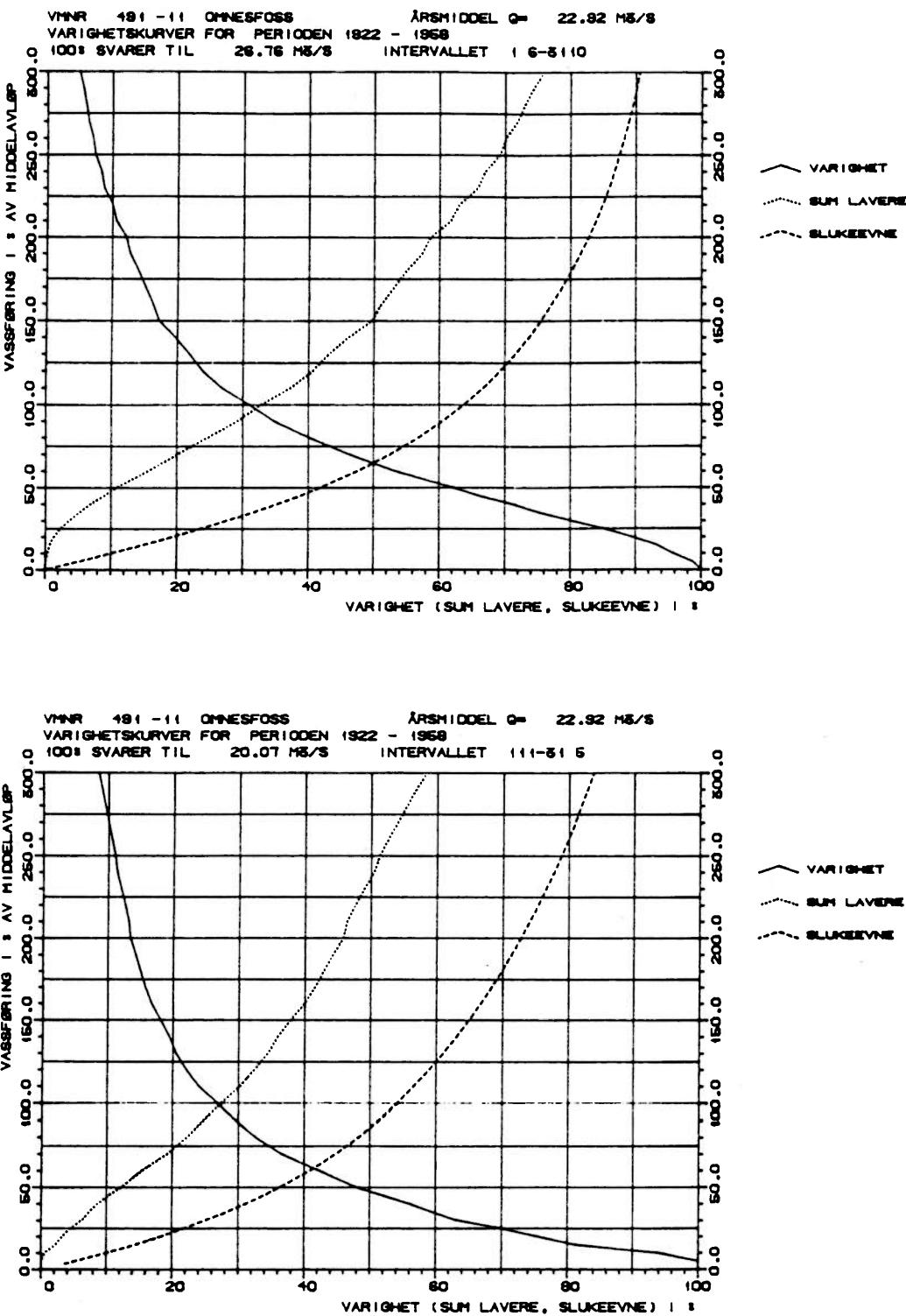


Fig. 5.2. Variettskurver for 491-11 Omnesfoss for perioden 1922-1958.

Øverst: Sommersesong: 1.6.-31.10.

Nederst: Vintersesong: 1.11.-31.5.

Diagrammets horisontale akse gir % av periodelengden. Vertikal akse gir % av middelavløp.

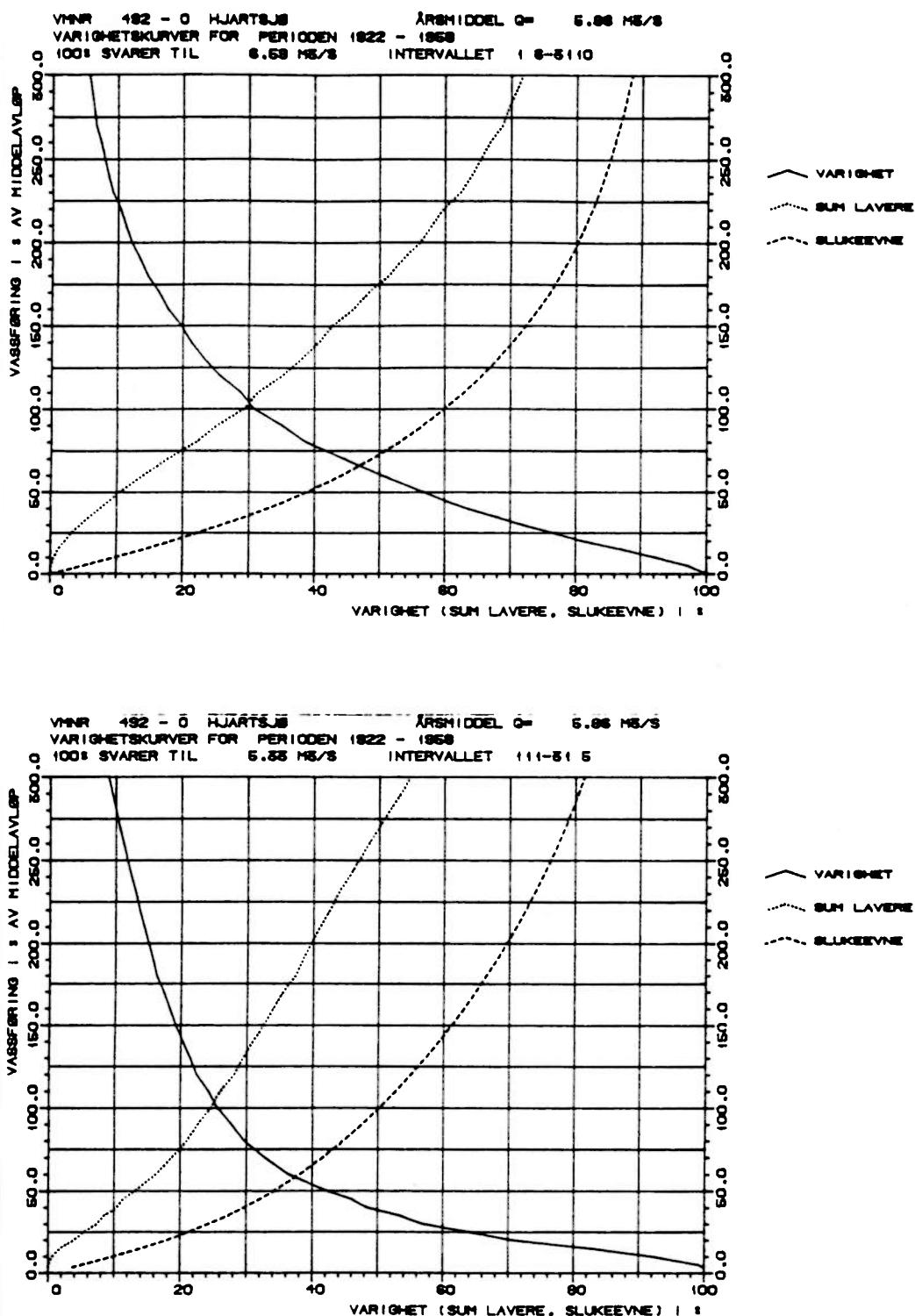


Fig. 5.3. Varighetskurver for 492-0 Hjartsjø. Samme inndeling som for fig. 5.2.

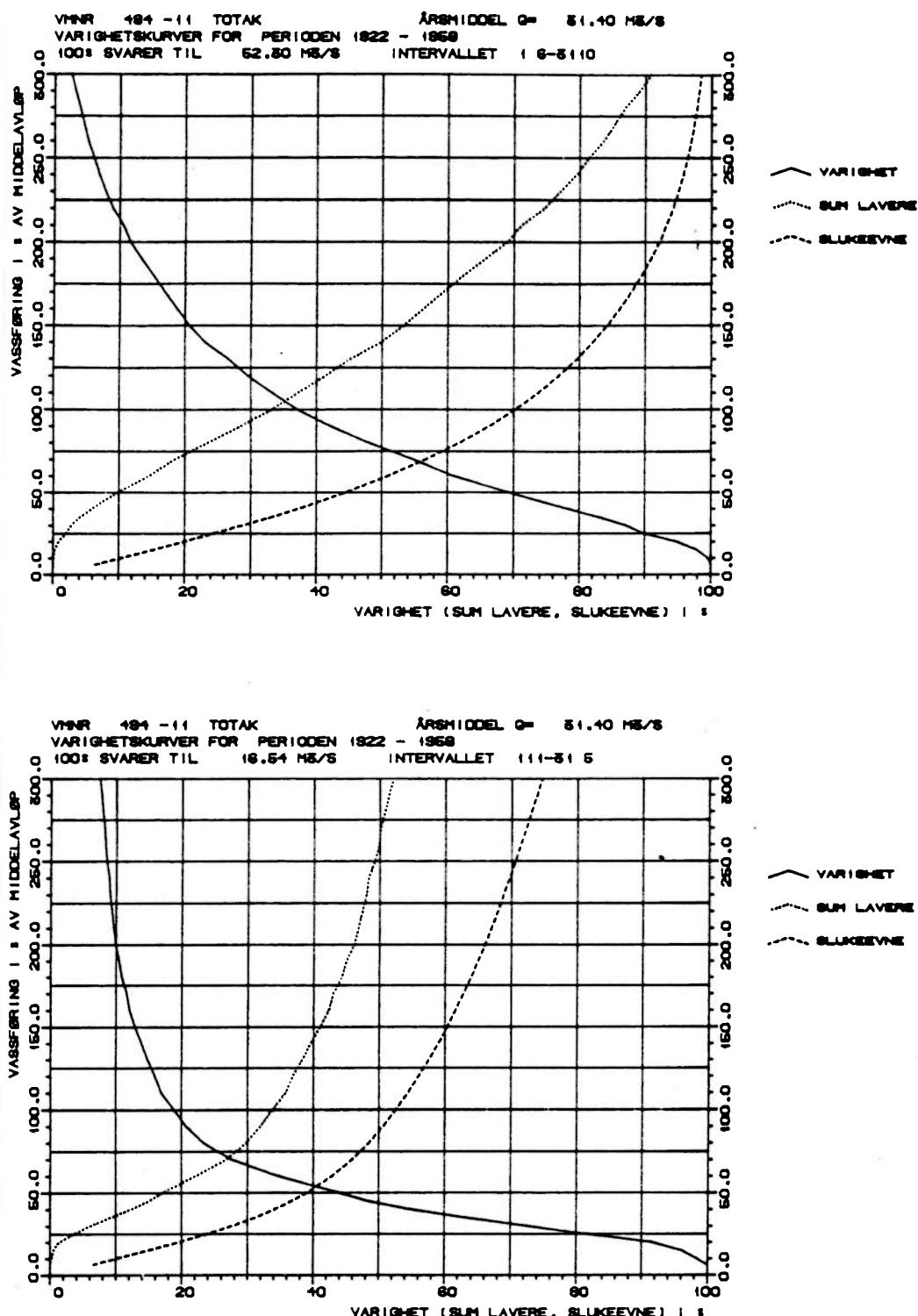


Fig. 5.4. Varighetskurver for 494-11 Totak. Samme inndeling som for fig. 5.2.

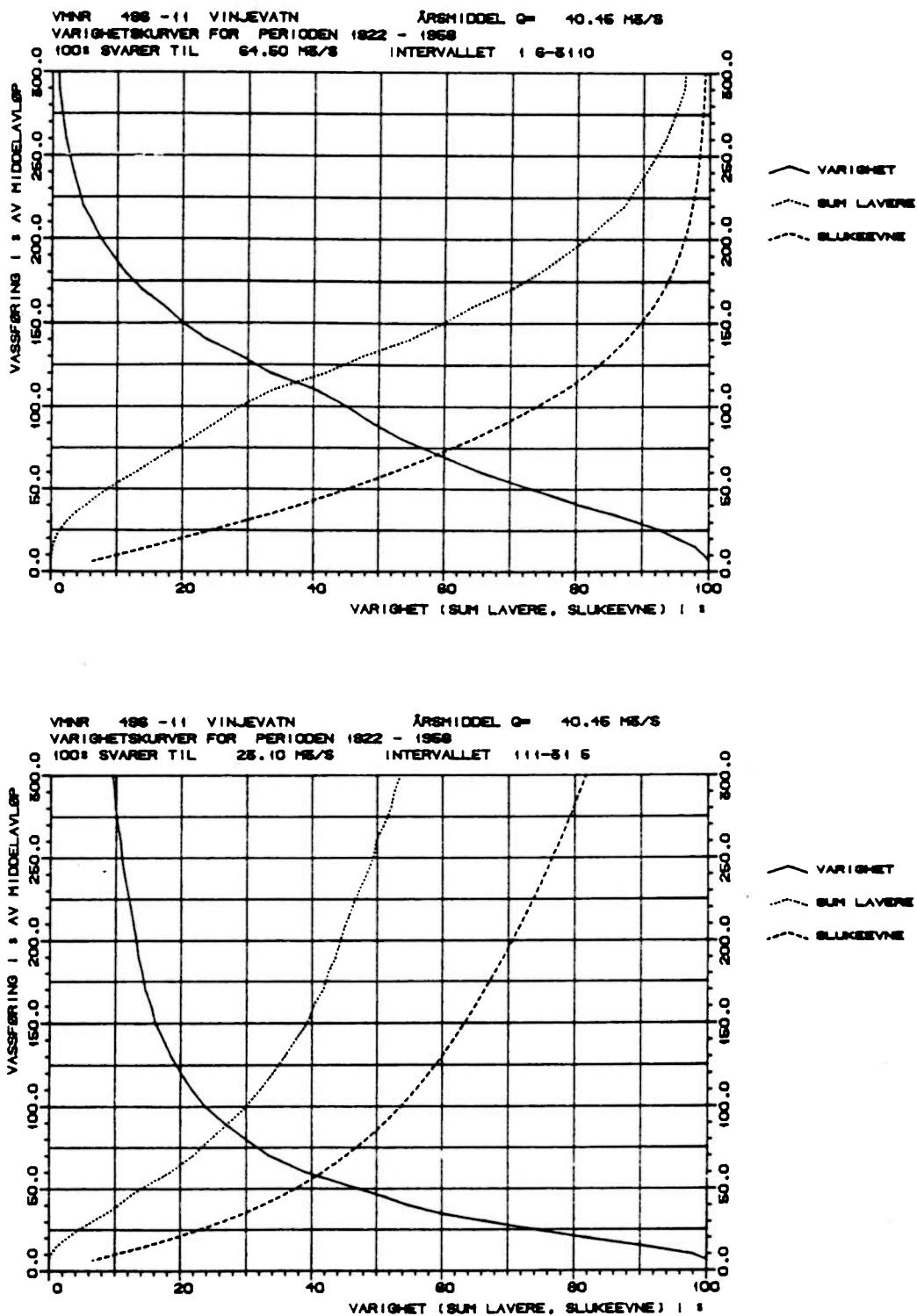


Fig. 5.5. Varighetskurver for 496-11 Vinjevatn. Samme inndeling som for fig. 5.2.

6. HVOR STORT TILSIGSVOLUM KAN EN REGNE MED FRAM TIL GITT DATO?

Beregningene starter med inndeling av året i sesonger. I en lengre periode blir det for hvert år beregnet daglig summert vannføring fram til slutt dato for hver sesong. De daglige summene sorteres og persentilene beregnes. Data blir plottet.

6.1 Beregningene brukte på lavvannsperioden

Dato for sesongslutt er lagt til antatt dato for slutten på lavvannsperioden. I fig. 6.1. og fig. 6.2. er beregningene vist i diagrammer. Det er valgt følgende persentiler: 100%, 50%, 25%, 10% og 0%. Dette svarer til 0%, 50%, 75%, 90% og 100% sannsynlighet for overskridelse. Ved f.eks. å følge 25% persentiler kan en angi tilsigs volumene i lavvannsperiodene (tabell 6.1.).

Tabell 6.1. Beregnet tilsig i lavvannsperiodene med 75% sannsynlighet for overskridelse.

Vannmerke:	Vinterp.: Volum (mill.m ³)	Sommerp.: Volum(mill.m ³)
491-11	1.1.-31.3. 28	1.7.-31.7. 28
492-0	1.1.-31.3. 8	1.7.-31.7. 6
494-11	1.1.-15.4. 38	1.8.-15.9. 92
496-11	1.1.-15.4. 50	1.8.-15.9. 145

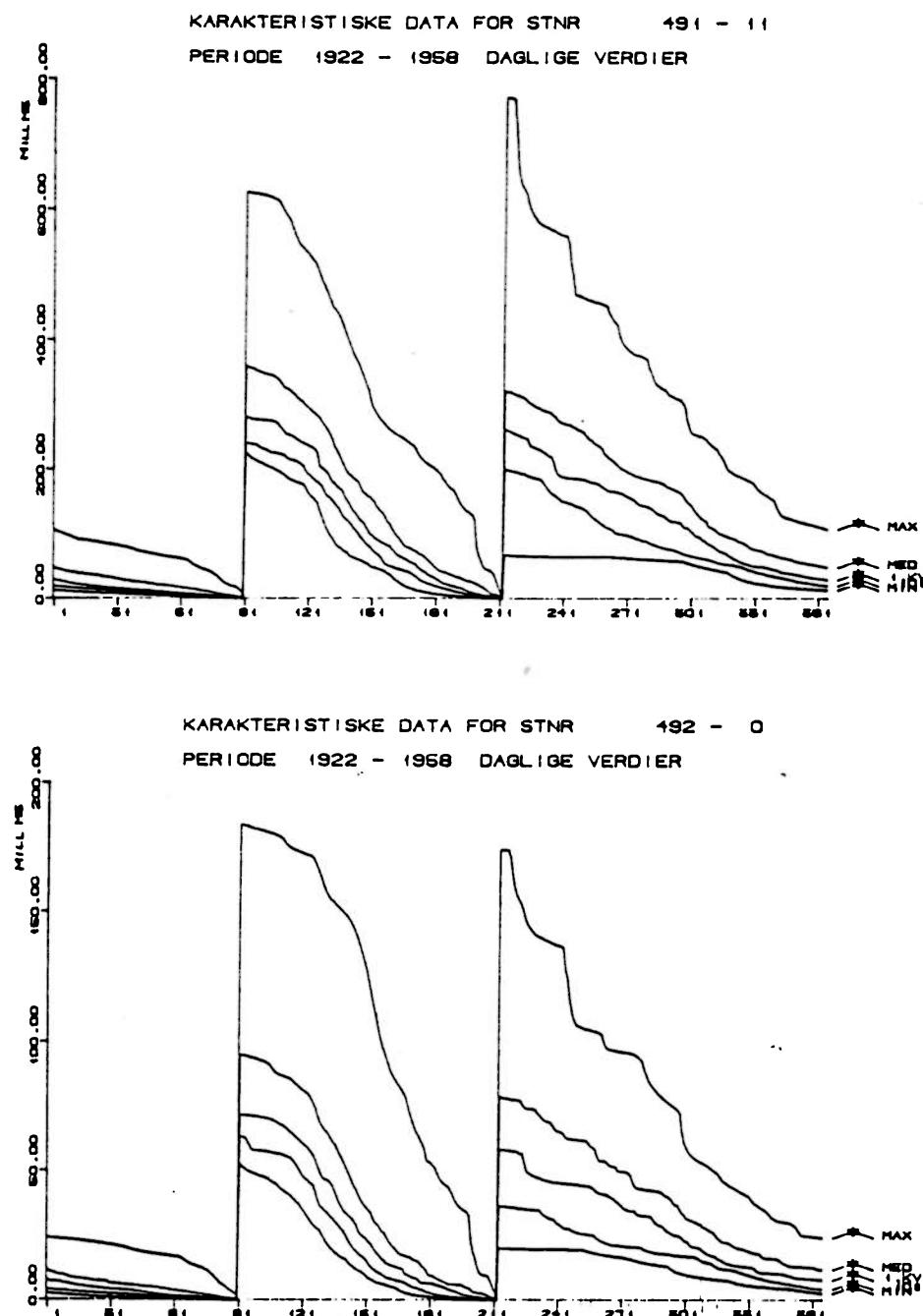
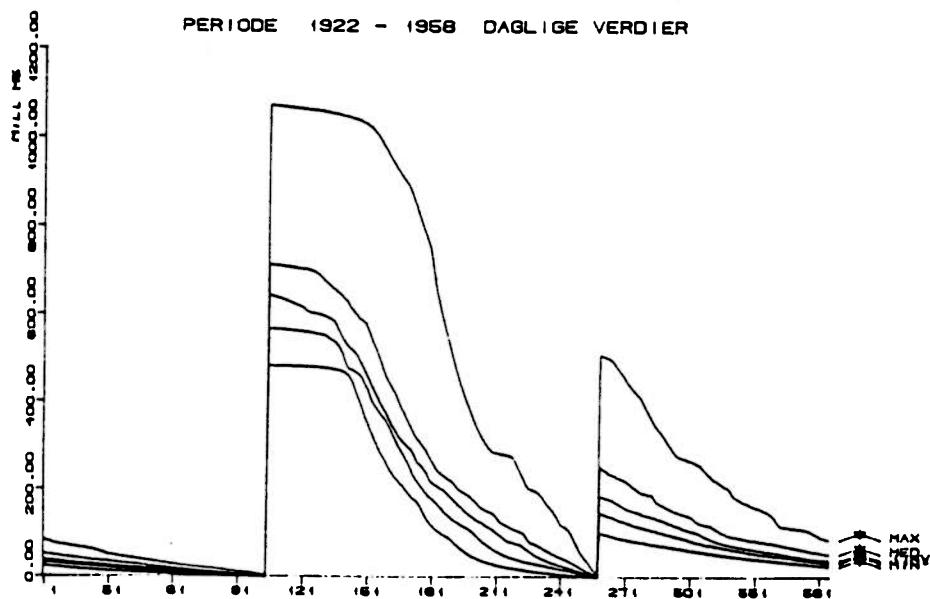


Fig. 6.1. Summerte volumer i mill.m³ frem til antatt slutt på lavvannsperiodene. Gjelder for 491-11 Omnesfoss (øverst) og 492-0 Hjartsjø (nederst):

KARAKTERISTISKE DATA FOR STNR 494 - 11
PERIODE 1922 - 1958 DAGLIGE VERDIER



KARAKTERISTISKE DATA FOR STNR 496 - 11
PERIODE 1922 - 1958 DAGLIGE VERDIER

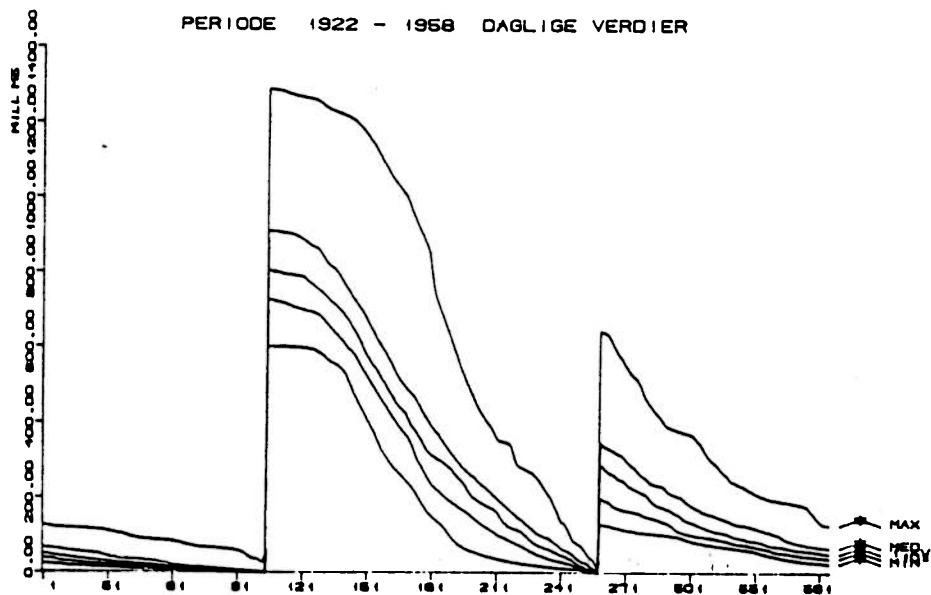


Fig. 6.2. Summerte volumer i mill.m³ fram til antatt slutt på lavvannsperiodene. Gjelder feltene 494-11 Totak og 496-11 Vinjevatn.

7. HVOR STORT MAGASIN KREVES?

Reguleringskurven gir sammenheng mellom regulert vannføring (d.v.s. minstevannføring i reguleringsperioden) og effektivt magasin.

Dersom en tenker seg at det i et vassdrag ble bestemt at det ut fra f.eks. forurensingsproblematikk skulle settes en nedre grense for vannføringen, ville dette kreve et visst effektivt magasin. Reguleringskurven for feltet vil da kunne gi opplysning om størrelsen på magasinet.

I fig. 7.1. og fig. 7.2. er reguleringskurven for feltene 491-11, 492-0, 494-11 og 496-11 plottet for perioden 1922-1957.

Kurvene er:

- a) Ugunstigste reguleringskurve.
- b) Bestemmende reguleringskurve.
- c) Median reguleringskurve.

Ugunstigste reguleringskurve er en omhyllingskurve til alle årlige reguleringskurver i perioden. Bestemmende reguleringskurve vil gi regulerte vannføringer i forhold til nødvendig magasin med 90% sikkerhet og median kurve med 50% sikkerhet.

For nærmere redegjørelse om reguleringskurver henvises til Otnes og Røstad (1978). Av figur 7.1. ser en at dersom regulert vannføring settes til 25% av midlere årsavløp, så angir ugunstigste kurve at det kreves et effektivt magasin for dette formål på ca. 10% av midlere årsavløp. Figur 7.2. gir noe mindre prosent for magasin. Dette viser at selvregulerende evne for disse 2 felt er større.

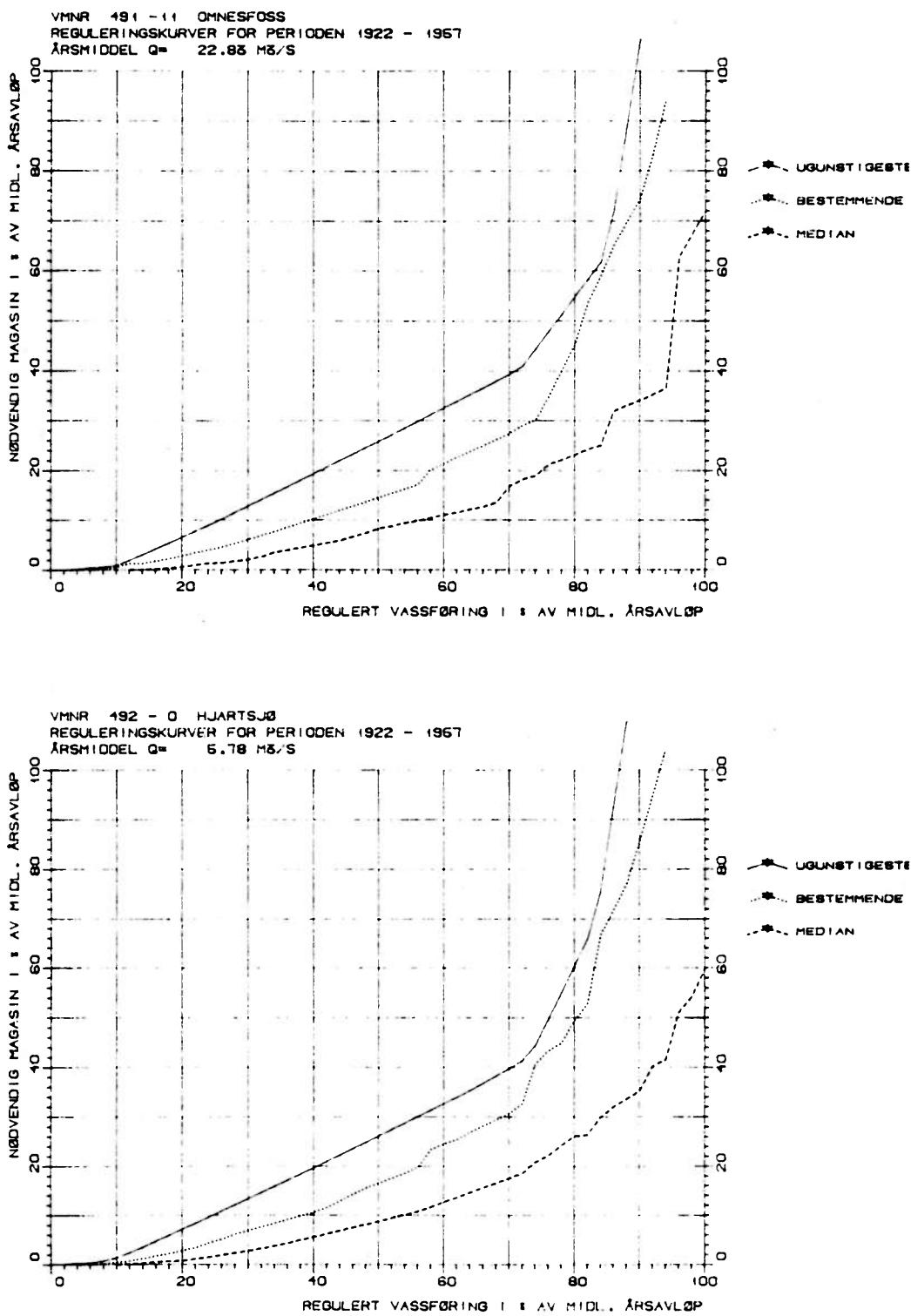


Fig. 7.1. Reguleringskurver.

8. VAR 1976 ET TØRT ÅR?

Et godt middel til å gi oversikt over en slik problemstilling, er å plotte årshydrogrammet for et felt sammen med hydrogrammet som gir middelavrenningen for en årrekke i samme felt.

I fig. 8.1. er hydrogrammet for årene 1975–1977 (ukemidler) plottet sammen med midlet for perioden 1922–1957 for feltet 491-11 Omnesfoss. Ekstremene for den samme perioden er også inntegnet. Av figuren ser en at avrenningen for 1976 var langt lavere enn normalt frem til oktober. En ser også at sommerene 1975 og 1977 var langt "tørrere" enn normalt. For ulike brukere vil spørsmålstillingen fortone seg subjektivt. De som arbeidet i jordbruket ville høyst sannsynlig svare at året 1976 var meget tørt og at årene 1975 og 1977 var tørre. Ser en på totalavløpet, var det for årene 1975–1977:

647, 443 og 815 mill m^3 mens middelavløpet for den lange perioden var 726 mill m^3 . Dette viser at en bør være varsom med å trekke for vide konklusjoner ut fra kurvelesninger i dette tilfellet.

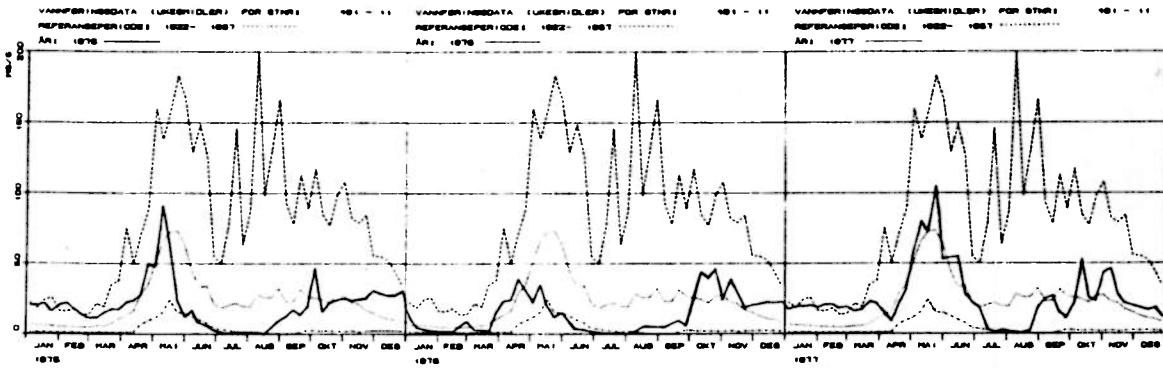


Fig. 8.1 Vannføring (ukemidler) for st. 491-11 for 1975–1977 (hel strek).
Middelvannføringen for perioden 1922–1957 inntegnet (prikket). Øverste og nederste kurve er ekstremene i perioden 1922–1957. Vannføringen i m^3/s .

9. HVOR OFTE KAN EN GITT LAVVANNFØRING FORVENTES?

En måte å besvare spørsmålet på, er å ta i bruk frekvensanalyse. For de fire feltene er året delt i to sesonger - sommersesong fra 1.6. til 31.10. og vintersesong fra 1.11. - 31.5.

For perioden 1922 til 1957 er det for hvert år beregnet laveste middel i hver sesong for 7, 30 og 60 døgn varighet.

I fig. 9.1. til fig. 9.4. er disse verdiene plottet på gumbel-papir. (I enkelte plott er de høyeste vannføringene utelatt p.g.a. målestokken). Hazen plotteposisjonsformel, $T = 2N: 2M - 1$, er brukt. Her er T gjentasintervallet i år, N er antall data (år) og M er rangen. Føringene (x) er ordnet slik at M er lik 1 for den laveste og M er lik N for den høyeste. Den kummulative sannsynlighet for at en vannføring er mindre eller lik x , er da gitt ved:

$$P(x) = 2M - 1: 2N = 1:T.$$

Seks teoretiske fordelingsfunksjoner ble forsøkt tilpasset føringene fra de 4 feltene. Disse var:

- To-parameter log-normal fordeling.
- To-parameter gamma fordeling.
- Ekstremalverdi type 1 (Gumbel) fordeling.
- Ekstremalverdi type 3 (Weibull) fordeling.
- Log-Pearson type 3 fordeling.
- og Tre-parameter log-normal fordeling.

Gumbel og Tre-parameter log-normal fordelingene ga best tilpassing og var omrent likeverdige. Vurderingene er basert på Chi²-tester og på betrakting av kurvenes laveste del. Dersom kurven ligger over de minste observasjonene kan det føre til at estimerte vannføringer blir for høye i en tørkesituasjon. På den andre siden bør en være mistenk som dersom kurven gir negative vannføringer ved lave gjentaksintervall.

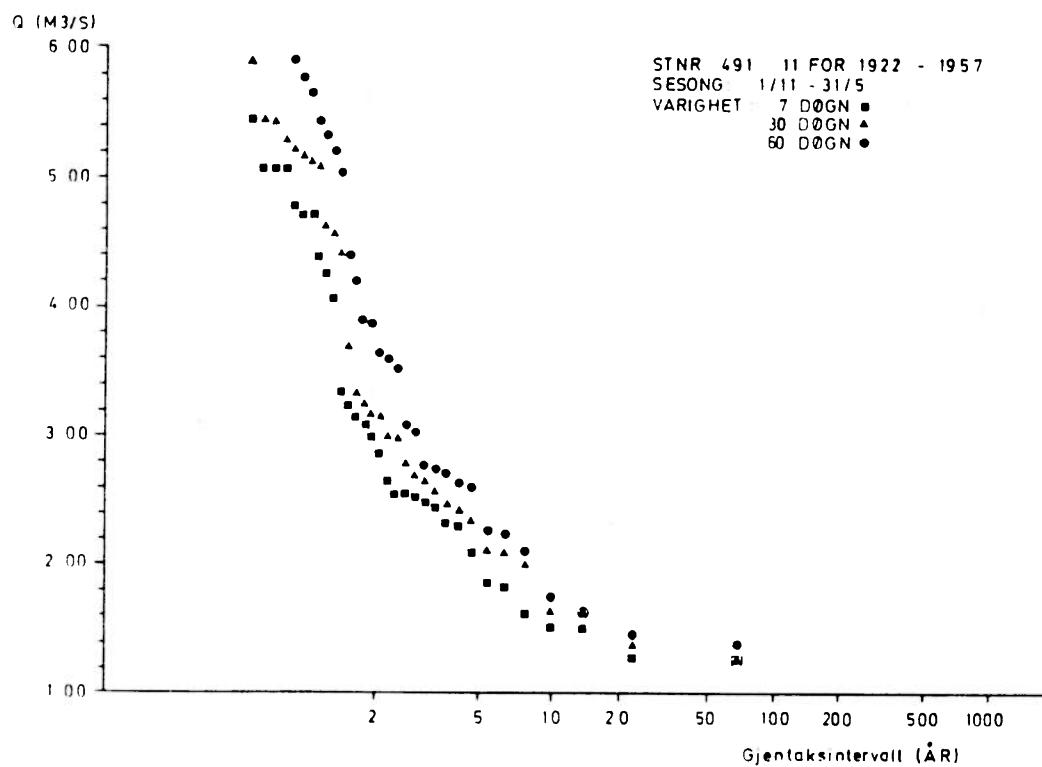
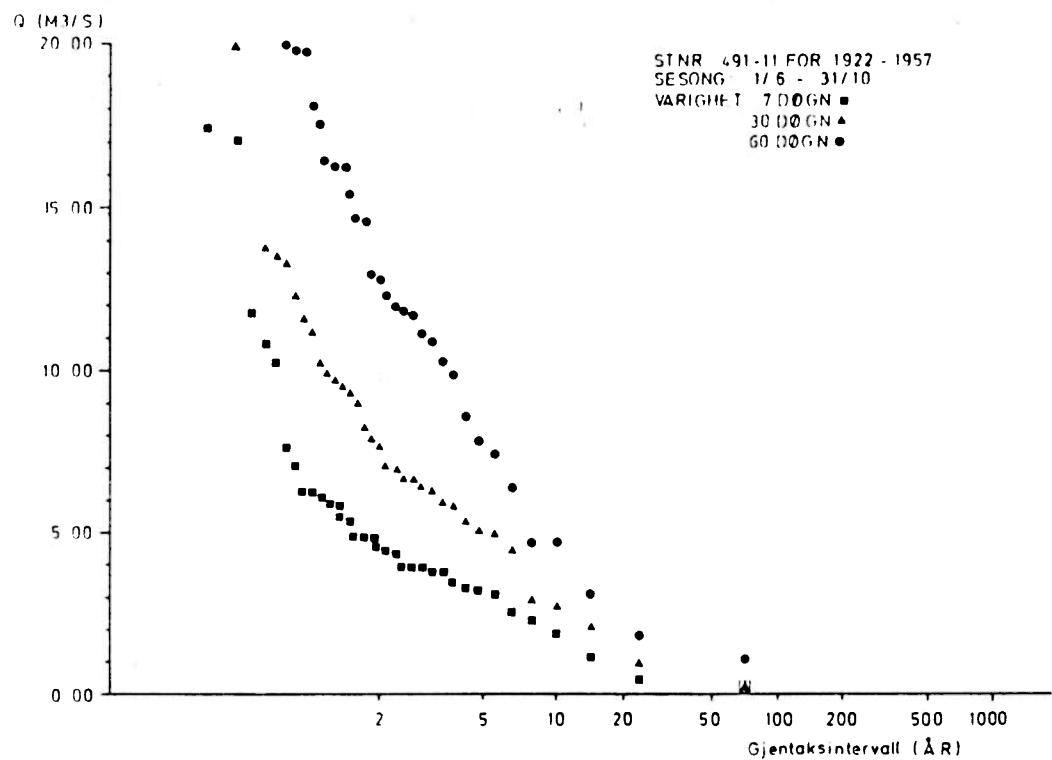


Fig. 9.1. Frekvensplott for årlige lavvannføringer. Året delt i to sesonger. Felt: 491-11 Omnesfoss.

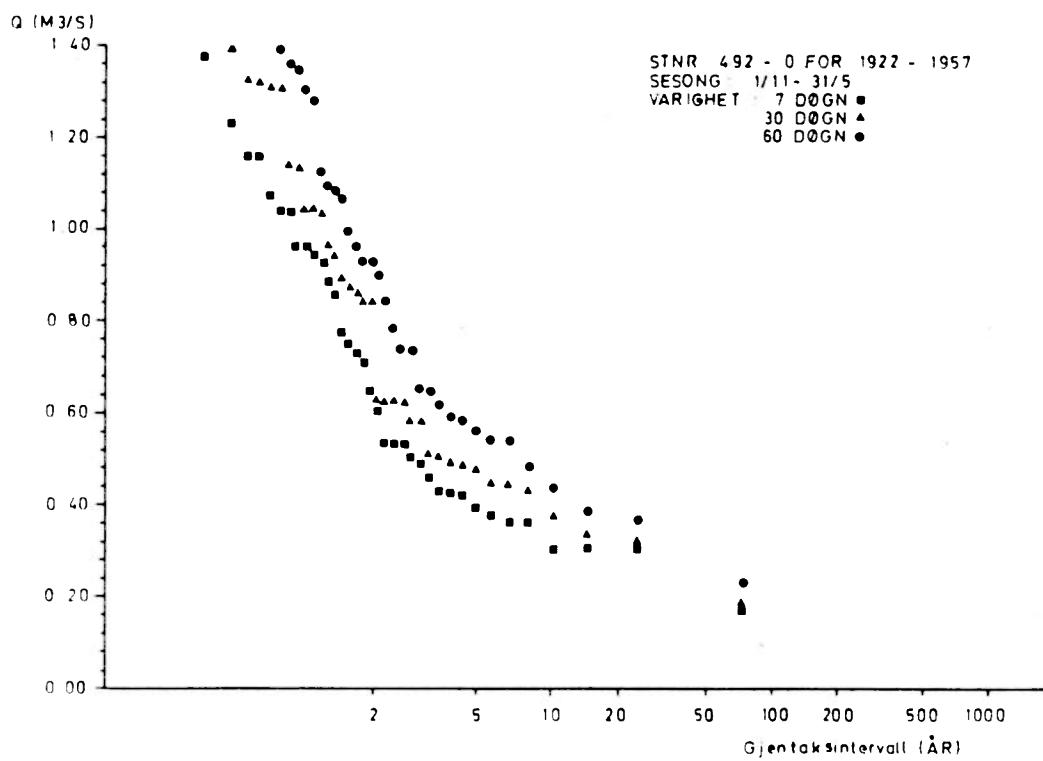
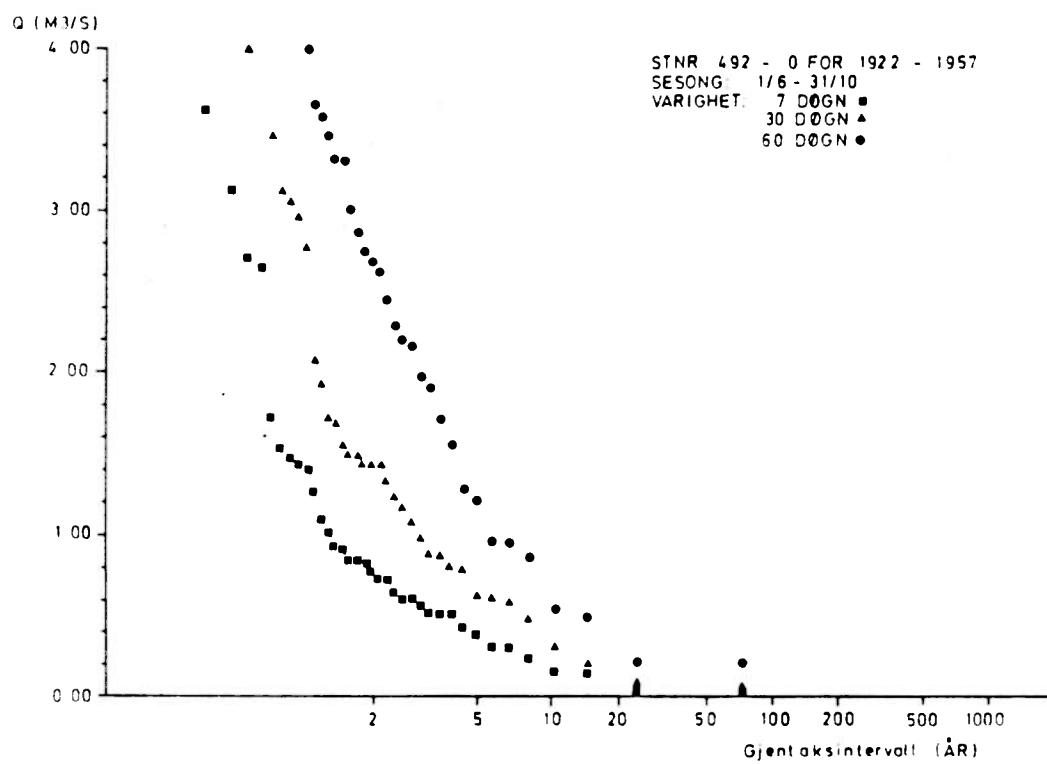


Fig. 9.2. Frekvensplott for årlige lavvannføringer. Året delt i to sesonger. Felt: 492-0 Hjartsjø.

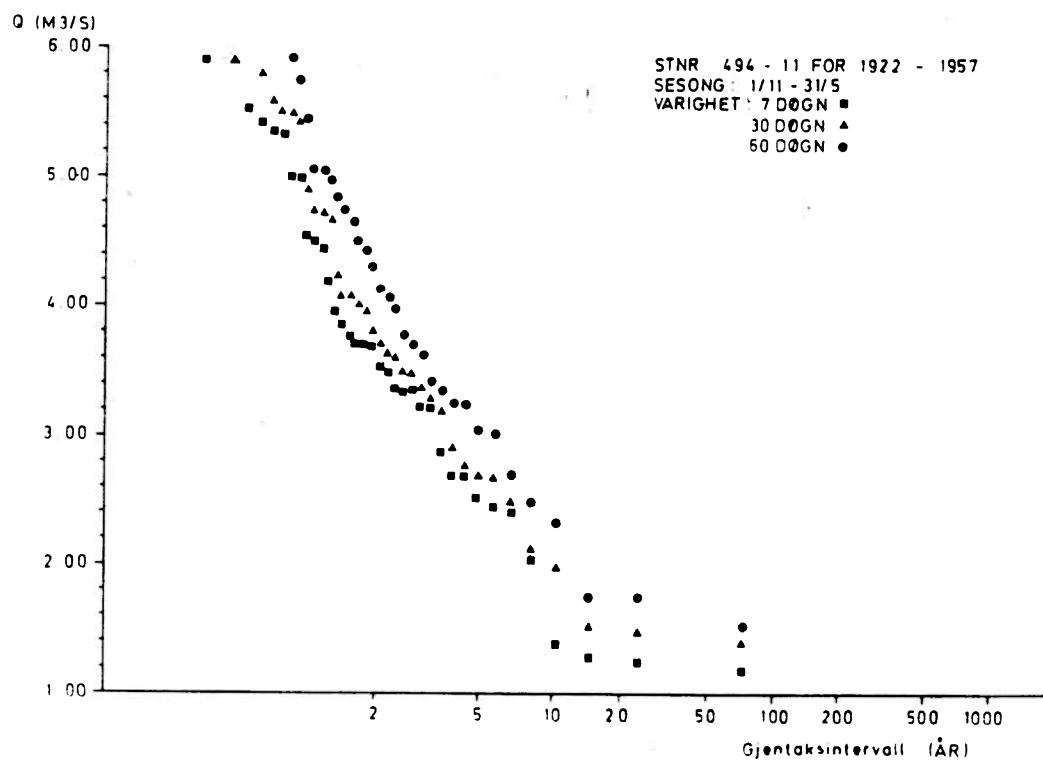
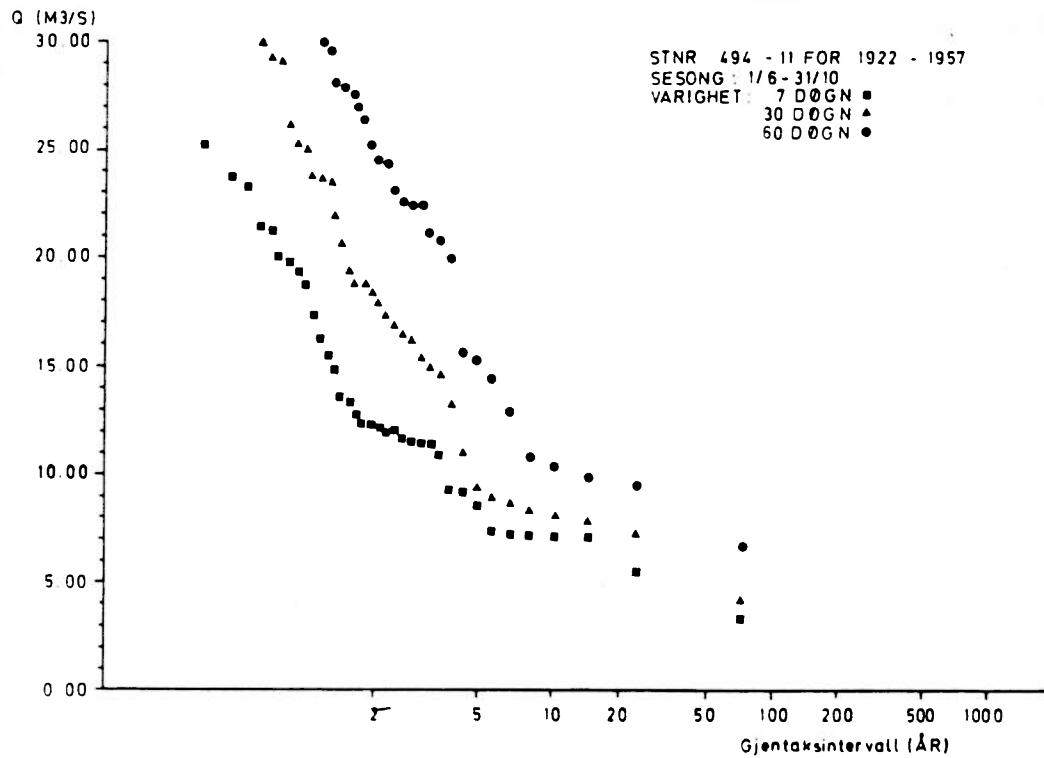


Fig. 9.3. Frekvensplott for årlege lavvannføringer. Året delt i to sesonger.

Felt: 494-11 Totak.

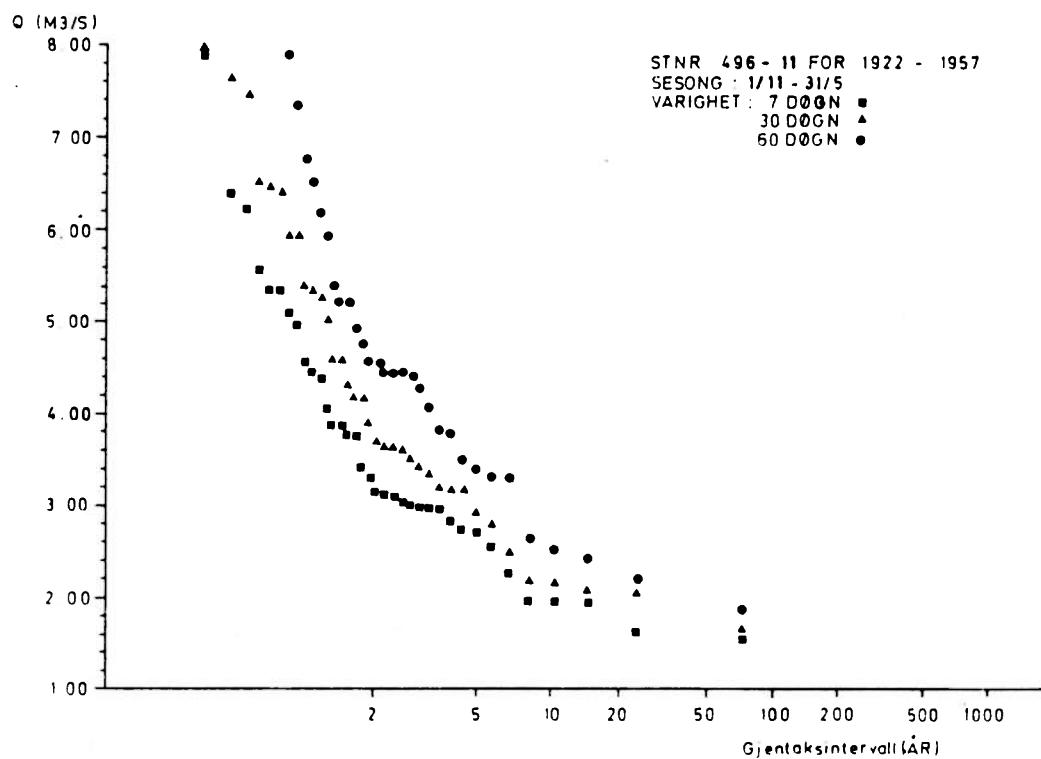
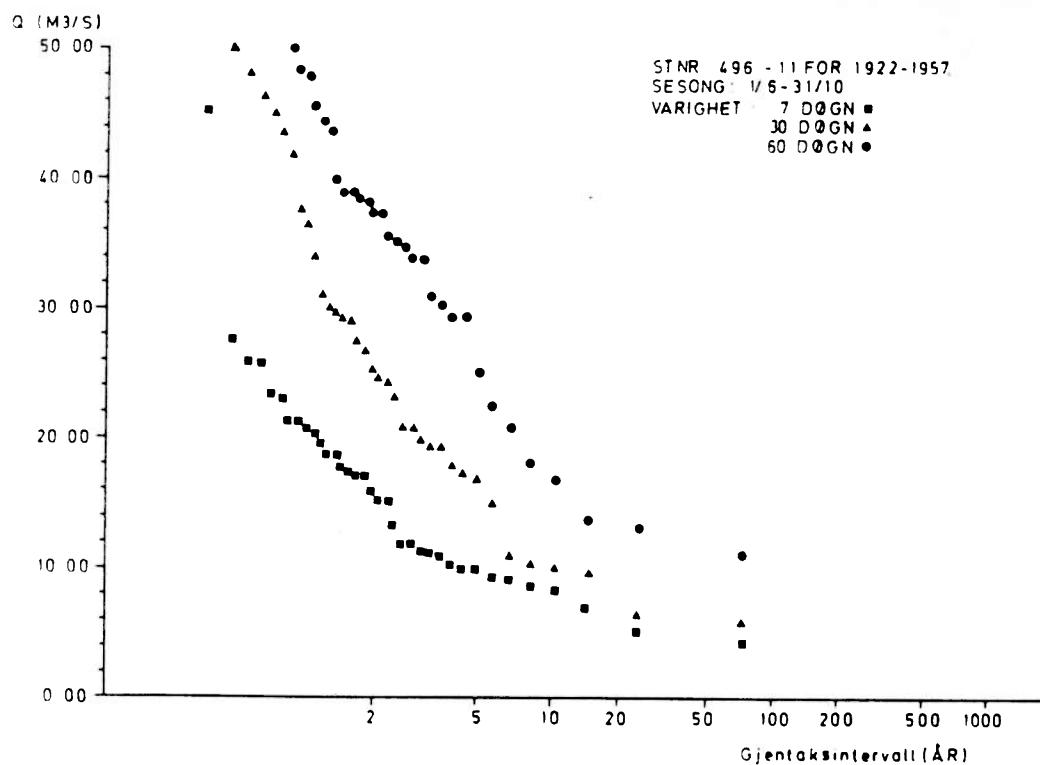


Fig. 9.4. Frekvensplott for årlige lavvannføringer. Året delt i to sesonger.

Felt: 496-11 Vinjevatn.

I fig. 9.5 er tre-parameter log-normalkurver for de fire feltene inntegnet i samme koordinatsystem. Kurvene gir relative lavvannføringer (lavvannsføring dividert med midlere lavvannsføring i perioden) som funksjon av gjentaksintervall. 95% konfidensgrenser er inntegnet for kurven til feltet 491-11 Omnesfoss som er helt trukket. Kurvene for de andre tre feltene er stiplet.

I tabell 9.1. og 9.2. er gitt en del resultater av frekvensanalysen på de fire feltene. Alle tall bygger på Tre-parameter log-normal fordelingen. Tabell 9.1. gir spesifikke sommer- og vinterlavvannføringer ($1/s \text{ km}^2$) for 7, 30 og 60 døgns varighet med 5, 10 og 20 års gjentaksintervall. Verdiene for 7 døgns varighet og 10 års gjentaksintervall er satt parantes rundt.

Tabell 9.2. gir relative vannføringer (lavvannsføring dividert med midlere lavvannsføring for perioden).

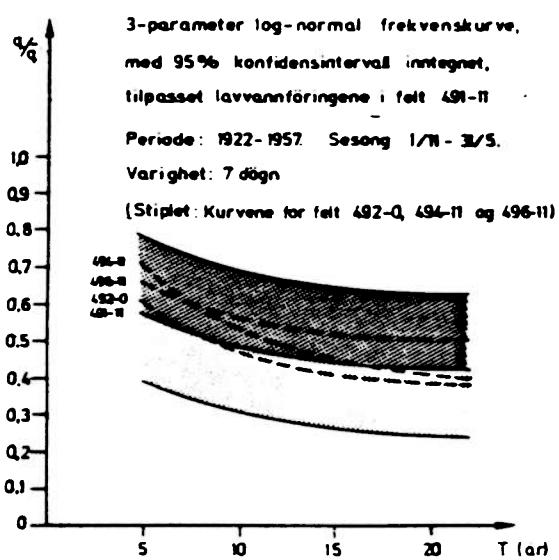
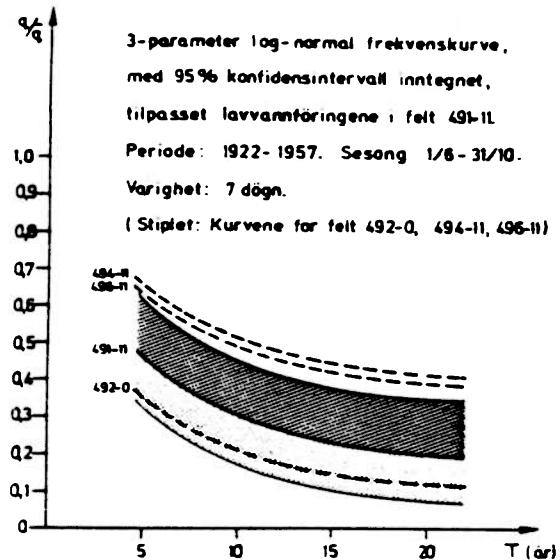


Fig. 9.5. Forholdet mellom aktuell lavvannføring og midlere lavvannføring som funksjon av gjentaksintervall.
Tre-parameter log-normalkurve for felt 491-11 Omnesfoss med 95% konfidensintervall. Stiplete kurver:
Feltene 492-0, 494-11 og 496-11.
Øvre/nedre kurve: Sommer/vintersesong.

Tabell 9.1. Sommer- og vinterlavvannføringer for 4 felt i Skiens-elvvassdraget. Vannføringen i l/s km².

Felt:	Varighet i døgn:	SOMMER:			VINTER:		
		T=5	T=10	T=20	T=5	T=10	T=20
491	7	3.1	(2.0)	1.3	2.4	(2.0)	1.8
	30	5.0	3.3	2.1	2.7	2.2	1.9
	60	8.9	6.0	3.9	2.9	2.4	2.0
492	7	1.6	(1.0)	0.6	1.9	(1.5)	1.6
	30	2.8	1.6	0.9	2.2	1.7	1.4
	60	5.7	3.6	2.2	2.6	2.1	1.7
494	7	10.2	(8.0)	6.4	2.9	(2.2)	1.7
	30	13.4	8.9	5.2	3.1	2.5	1.9
	60	18.7	14.2	10.9	3.5	3.3	2.2
496	7	11.0	(8.6)	6.7	2.7	(2.3)	2.0
	30	17.0	12.5	9.2	3.1	2.6	2.2
	60	27.5	21.2	16.2	3.6	3.0	2.6

Tabell 9.2. Sommer- og vinterlavvannføringer for 4 felt i Skiens-elvvassdraget. Forholdet mellom aktuell verdi og midlere lavvannføring.

Felt:	Varighet i døgn:	SOMMER			VINTER		
		T=5	T=10	T=20	T=5	T=10	T=20
491-11	7	0.5	(0.3)	0.2	0.6	(0.5)	0.4
	30	0.5	0.3	0.2	0.6	0.5	0.4
	60	0.5	0.3	0.2	0.6	0.4	0.3
492-0	7	0.4	(0.2)	0.1	0.6	(0.5)	0.4
	30	0.4	0.2	0.1	0.6	0.5	0.4
	60	0.4	0.2	0.1	0.6	0.5	0.4
494-11	7	0.6	(0.5)	0.4	0.7	(0.5)	0.4
	30	0.6	0.5	0.3	0.7	0.6	0.5
	60	0.6	0.5	0.4	0.7	0.6	0.5
496-11	7	0.6	(0.5)	0.4	0.7	(0.6)	0.5
	30	0.6	0.4	0.3	0.7	0.5	0.5
	60	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4

LITTERATUR:

- Otnes, I., og Røstad, E., 1978: Hydrologi i praksis. 2 utg.
Ingeniørforlaget, Oslo 1978.
- Rørslett, B., 1978: Harte vann og regulering av Øvre Otta. NIVA.
Rapport 0-133/77.
- Skofteland, E., 1976: Ekstreme vannføringer i små nedbørfelter.
Kap. 4 i "Forelesninger i hydrologi" ved
NSF-kurs.
- Subrahmanyam, V.P., 1967: Incidence and spread of continental
drought: WMD, IHD, Reports on WMO/IHD
Project, no. 2, Geneva,
Switzerland.
- Wingård, Bo, 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske
vassdrag. VH rapport nr. 2-78.
- Annen litteratur: Lavvannføringer - litteraturregister.
Norsk hydrologisk komité.
Redaktør Carl Peter Kaas.

**NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT**



72030780



NORGES
VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

Vår ref.

/85-V BK/KB

Vår dato

28.05.85

Side

Deres ref.

Deres dato

NHK's representanter
NHK vararepresentanter
Siv.ing. Erik Røstad A/S
Ing. Chr. F. Grøner A/S
Siv.ing. Elliot Strømme A/S
Hydroconsult
Norsk Vandbygningskontor

LAVVANNSANALYSE

Vedlagte rapport ble utarbeidet i forbindelse med VH's deltagelse i NHK-prosjektet "Analyse av lavvannsføringen". Rapporten gir en oversikt over eksisterende analyseprogrammer ved avdelingen som kan brukes i forbindelse med lavvanns-vurderinger. Det vil i nærmeste fremtid bli gjort en frekvens- og varighetsanalyse på landsbasis, og det er tanken å lage generelle retningslinjer for lavvannsberegninger.

For å få vite brukernes synspunkter ber vi om kommentarer til denne rapporten. Vi er meget interessert i å få Deres oppfatning om hva som bør forandres, eller hvilke mangler det er ved de ulike analyseprogrammene. Vi er spesielt interessert i å få vite hvilke lavvannsparametre De mener det er viktig å få frem ved en slik analyse. Tidsfrist for svar settes til 30. juni 1985.

Vi ber også om at De enten koordinerer svarene fra Deres brukergruppe eller gir oss beskjed hvor De eventuelt sirkulerer rapporten for kommentarer.

Med hilsen

Egil Skofteland
Egil Skofteland

(prosjektansvarlig)

Bjarne Krokli
Bjarne Krokli

Vedlegg

6685o/KB