NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

BREHEIMUTBYGGINGEN

Grunnvannsundersøkelser i Loen og Bødal

OPPDRAGSRAPPORT
3-87

OPPDRAGSRAPPORT 3-87

Rapportens tittel:	Dato: 1987-03-03
BREHEIMUTBYGGINGEN *GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I* *LOEN OG BØDAL*	Rapporten er: Åpen Opplag: 50

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Johan E. Engebak Grunnvannskontoret	Øystein Aars

Oppdragsgiver:

Statkraft

Konklusjoner:

Bødal

Samvirkningen mellom vannstanden i Lovatnet og vannstanden i grunnvannsbrønnene i Bødalen er stor, særlig for rør 1. De andre to rørene er noe påvirket av tilførsler fra høyereliggende terreng og muligens infiltrasjon direkte fra Bødalselva.

Grunnvannstanden synker i forhold til terrenget med økende avstand fra Lovatnet.

Senkningen av grunnvannstanden etter regulering vil bli ubetydelig om vinteren. Om sommeren vil senkingen bli inntil ca. 35 cm. De største endringene vil bli i juni, juli og august.

Loen

Det er stor samvirkning mellom elvevannstanden i Loelva og rørene 2 og 3 i snittet på sørsiden, mens rør 1 ikke er påvirket.

I snittet på nordsiden av Loelva kan en svak elvepåvirkning spores ved rør 4. Rør 5 er lite påvirket, p.g.av drenering parallelt med elva.

Grunnvannstanden følger omtrent terrenget i begge snittene. Endringene i grunnvanstanden etter regulering vil bli ubetydelige om vinteren for rør 2 og 3. Om sommeren kan senkingen bli inntil ca. 25 cm.

FORORD

Fra våren 1973 har Hydrologisk avdeling v/Grunnvannskontoret hatt i oppdrag fra Statkraft å foreta måling av grunnvannsforholdene i Loenvassdraget og Strynselv-vassdraget. I vårt brev av 1.3.1973 ble det foreslått hvilke steder målinger skulle utføres. Målingene er i hovedtrekk utført slik de ble foreslått i dette brev. Oppdraget er bekreftet i årlige bestillinger. Den siste har bestillingsnummer B -01/5282 av 16.4.1986.

Foreliggende rapport omhandler målestedene i Loenvassdraget. Den er basert på målinger utført i tidsrommet 1973-1980. For sammenligning med elvevannstandene har vi anvendt målinger på VM 622 Lovatn.

På grunnlag av de innsamlede data og de simulerte vannføringer etter regulering, har vi utarbeidet tabeller og diagrammer som viser hvilken innflytelse reguleringen vil få på grunnvannstanden. For beregningene har vi gått ut fra alternativene B, C og D i utbyggingsplanen for Breheimen av mars 1980.

Oslo, mars 1987

Arne Tollan
avdelingsdirektør

INNHOLD

		Side
1.	INNLEDNING	3
2	GENERELT OM GRUNNVANN	4
2.1	Grunnvannsforekomster	5
2.2	Grunnvannsmagasinet	6
2.3	Grunnvannstrømning	7
2.4	Grunnvann i fjell	8
3.	GRUNNVANNSUNDERSØKELSER VED VASSDRAGSREGULERINGER	9
3.1	Observasjon av grunnvannstand	9
3.2	Grunnvannsformasjoners geologi	10
4.	ANALYSE AV GRUNNVANNSOBSERVASJONER	10
4.1	Regresjons og korrelasjonsanalyse	11
4.2	Geolimnigrammer	12
4.3	Snittdiagrammer og kotekart	13
4.4	Isoppstuing i elv	13
5.	GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I BØDAL	14
5.1	Klimatiske og hydrologiske forhold i vassdraget	14
5.2	Limnigrammer	15
5.3	Gradienter	16
5.4	Omhyllingskurver	16
5.5	Korrelasjonsanalyse	16
5.6	Masseforhold	17
5.7	Reguleringens innflytelse på vannstanden ved vannmerket i Lovatn	17
5.8	Reguleringens innflytelse på grunnvannstanden i Bødal	18
6.	GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I LOEN	19
6.1	Klimatiske og hydrologiske forhold	19
6.2	Limnigrammer	19
6.3	Gradienter	20
6.4	Omhyllingskurver	21
6.5	Korrelasjonsanalyse	21
6.6	Masseforholdene	22
6.7	Reguleringens innflytelse på grunnvannsforholdene i Loen	23
7.	SAMMENDRAG	24
7.1	Bødal	24
7.2	Loen	24
8.	LITTERATUR	25

1. INNLEDNING

I forbindelse med planene for utnyttelse av vassdragene rundt Jostedalsbreen har Grunnvannskontoret hatt i oppdrag å foreta grunnvannsundersøkelser i de vassdrag som vil bli berørt av utbyggingene. I Stryn kommune er det utført undersøkelser langs Stryneelva, Hjelledøla, Erdalselva, Loelva og Bødalselva.

Undersøkelsene i Loenvassdraget ble satt igang i 1973 som en forundersøkelse før utbygging. Hensikten var i første rekke å klargjøre hvilken innvirkning den uregulerte vannføring og vannstand i elva har på de lave partier langs elva. Elvevannstanden har i vekslende grad innvirkning på grunnvannstanden på disse lave partier.

Som regel er det slik at på strekninger hvor elva har lite fall, vil en finne de steder hvor en regulering vil få størst innvirkning på grunnvannstanden og hvor behov for undersøkelser vil være aktuelt. Hvor fallet er større er terrenget langs elva som oftest brattere og løsavleiringene mindre, og her vil grunnvannsundersøkelser sjelden være påkrevet.

Ved vurdering av grunnvannsforholdene langs elver er det ikke praktisk mulig å etablere målinger ved alle punkter av interesse. En må i stedet ta ut steder som kan være representative for større nærliggende områder.

I 1975 ble det på grunnlag av målinger i tiden april 1973-desember 1974 skrevet en rapport under betegnelsen "Foreløpig rapport om grunnvannsundersøkelser i Stryn kommune 1973-1974" I 1981 ble det utarbeidet en rapport for grunnvannsundersøkelsene i Erdalen og Hjelledalen, Oppdragsrapport 8-81.

Denne rapport behandler grunnvannsforholdene på de områder som vil bli berørt av reguleringer i Loenvassdraget.Undersøkelsene i Bødalen ble lagt til et lavt parti nede ved Lovatnet hvor det ble anlagt et målesnitt. Ved Loelva ble det etablert målinger i to snitt, et på hver side av elva på lave partier nede ved fjorden.

Som grunnlag for utarbeidelse av rapporten har vi anvendt grunnvannsmålinger i tidsrommet 1973-1980. For sammenligning med elvevannstander har vi brukt data for Vm 622-11 Lovatn.

Utbyggingsplanen for Breheimen av mars 1980 har 4 alternativer (A, B, C og D). For Loenvassdraget er alternativene B, C og D sammenfallende. Vi har gått ut fra disse alternativene når det gjelder beregninger og vurderinger av hvilke endringer av grunnvannstanden en utbygging vil medføre.

Etter denne innledning følger et avsnitt om grunnvann generelt. Videre et avsnitt om grunnvannsundersøkelser ved vassdragsreguleringer og de analyse og beregningsmetoder som blir brukt. Tilslutt følger en behandling av de enkelte målestedene i Loenvassdraget.

I avsnittene 2, 3 og 4 er tabellene plassert i teksten. Forøvrig er tabeller og figurer samlet bak.

2. GENERELT OM GRUNNVANN

Grunnvannet dannes ved infiltrasjon og nedsig i undergrunnen av overflatevann, dvs. regnvann, smeltevann fra is og snø, og flomvann fra vassdragene. Etter kortere eller lengre tid i transitt gjennom grunnen, vender grunnvannet tilbake til overflaten som kilder eller direkte som underjordisk tilsig til vassdragene eller havet.

Idet vannet siger ned i grunnen, blir en del holdt tilbake som en tynn hinne omkring jordkornene og i de små åpningene og porene mellom kornene. Dette skjer på grunn av vannets evne til å fukte andre både organiske og uorganiske stoffer som jorda består av (adsorpsjon) og å trenge inn i alle små porer og åpninger mellom kornene (kapillaritet).

Vannet som blir til overs etter at jordas kapillære vannkapasitet er mettet kalles fritt vann. Dette siger videre nedover i jordprofilet gjennom de større hulrom og åpninger inntil det treffer på fjell eller tette jordlag som f.eks. leire. Her demmes det frie vannet opp og fyller alle hulrom og åpninger slik at grunnen blir mettet av vann opp til et bestemt nivå, grunnvannspeilet. Dette er grunnvannsonen eller den mettede sone. Den del av jordprofilet som ligger over grunnvannsonen kalles analogt den umettede sone og vannet i denne for markvann eller jordfukt.

Grunnvannspeilet danner altså skillet mellom den mettede og den umettede sone. Det defineres som det nivå der vannets hydrostatiske trykk er lik atmosfærens trykk. Dette gjelder for geologiske formasjoner hvor jordas struktur er såpass åpen at atmosfæren har fri kontakt med grunnvannet. Markvannet i den umettede sone vil på grunn av kapillariteten, ha et væsketrykk (poretrykk) mindre enn atmosfæretrykket. Dette undertrykket kan måles og markvannsinnholdet bestemmes ved hjelp av et såkalt tensiometer.

Jordsjiktet umiddelbart over grunnvannspeilet kalles den kapillære sone, her trekkes vann opp fra grunnvannet. Den kapillære stigehøyde avhenger sterkt av kornstørrelsen, fra 2–10 cm i fin grus og sand, og opptil 10 m og mer i finkornig materiale (tabell 1). Grunnens kapillaritet medfører at grunnvannspeilet sjelden opptrer som en distinkt flate. Man har heller en kapillær overgangsone hvor alle porer er fylt med vann og jorda mettet, selv om en befinner seg over grunnvannets virkelige nivå. Et lite undertrykk viser imidlertid at vannet i overgangsonen ikke er fritt. Det regnes med innunder markvannet.

Tabell 1. Kapillær stigehøyde (ref. Beskow, 1935).

Materiale	Kornstørrelse	Stigehøyde i enskornet materiale	Stigehøyde i naturlige sedimenter Løs pakning	Tett pakning
	mm	cm	cm	cm
Grus, fin	6 - 2	1 - 3		
Sand, grov	2 - 0,6	3 - 10	3 - 12	4 - 15
" , middels	0,6 - 0,2	10 - 30	10 - 35	12 - 50
" , fin	0,2 - 0,06	30 - 100	30 - 200	40 - 350
Silt, grov	0,06 - 0,02	100 - 300	150 - 500	250 - 800

Tilgang på vann fra den kapillære sone har stor betydning for planteveksten. Jordas evne til å lede kapillært vann beror imidlertid ikke bare på den kapillære stigehøyde, men også i stor grad på den kapillære stigehastighet. Man har at dess finere porer desto lavere hastighet, og dermed lengre tid for passasje av en viss mengde vann. Både stigehøyde og stigehastighet er i første rekke avhengig av kornstørrelsen, men i omvendt forhold. Det optimale forhold med størst evne til å lede kapillært vann har man i jord som ligger på overgangen mellom silt og sand, dvs. mojord (tabell 2). Mojord leder kapillært vann både forholdsvis raskt og høyt og er derfor mindre utsatt for uttørking enn mer grovkornige jordarter. På den annen side er den også relativt mer utsatt for teledannelse om vinteren. Forøvrig beror den kapillære vanntransportkapasitet på jordas pakningsgrad (struktur) og humusinnhold.

Tabell 2. Kapillær stigehastighet (ref. Atterberg).

Materiale	Kornstørrelse mm	Kapillær stigehøyde, cm i tiden 1 døgn	2 døgn	8 døgn	18 døgn	30 døgn
Grus, fin	2 - 5	2,2	2,4	-	-	-
Fin sand/ grov silt	0,05 - 0,10	53	57	85	97	100
Silt, grov	0,02 - 0,05	115	136	166	177	180
Silt, middels	0,01 - 0,02	48	92	193	209	245
Leire	0,001 - 0,002	5,5	-	-	-	-

2.1 Grunnvannforekomster

Våre grunnvannforekomster er stort sett knyttet til større grus og sandformasjoner. Disse skriver seg fra siste istid og ble avsatt ved istidens slutt under avsmeltingen av den mektige iskappe som da dekket landet.

Landet vårt har vært nediset flere ganger og fjellgrunnen er blitt skurt til og utformet av isen under dens stadige bevegelse fra innlandet ut mot kysten. Det tykke isdekket rev løs og malte opp fjellgrunnen til stein og jord. Løsmaterialet ble ført med og avsatt, det finere materiale ute i sjøen og det grovere ved iskanten som store morenerygger (ra).

Da avsmeltingen satte inn ved slutten av siste istid og isen trakk seg tilbake, ble løsmaterialet gjerne liggende som et noenlunde jevntykt lag på fjellgrunnen (bunnmorene). I perioder med uregelmessig avsmelting ble løsmaterialet ofte etterlatt som store opphopninger (endemorene, sidemorene). Der hvor smeltevannet strømmet frem under isen som breelver, ble disse morenene vannbehandlet slik at det ble dannet store deltaer med sortert og gradert materiale, (isranddeltaer). Særlig i dalførene ble det lagt igjen store smeltevannavsetninger (glasifluviale avsetninger).

Etter avsmeltingens slutt begynte elvene og bekkene å grave seg ned i løsavleiringene. Grus og sand ble transportert bort og avsatt på nytt i lavereliggende områder (fluviale avsetninger). De finere fraksjoner ble vasket ut og lagt opp i innsjøer eller ført til havet og avsatt der.

Vi finner alltid fluviale avsetninger langs våre vassdrag i form av deltaer, elveterrasser og elvesletter. Materialet som er avsatt langs elvene er gjerne godt sortert og gradert og dermed lett gjennomtrengelig for vann. Som regel står derfor grunnvannet i deltaer og elvesletter i god hydraulisk kontakt med elv eller innsjø og grunnvannspeilet viser ofte en utpreget samvariasjon med vannstanden i disse. På den annen side har man også spesielt elvesletter med en nokså kompleks oppbygging der undergrunnen består av vekslende lag av finere og grovere materiale (sand og grus) med ofte markert forskjellig permeabilitet. Slike forhold vil selvsagt komplisere samspillet mellom elvevannstand og grunnvannstand.

2.2 Grunnvannmagasinet

Grunnvannmagasinets størrelse beror på utstrekning og mektighet av den grunnvannførende formasjon. I tillegg har formasjonens porøsitet avgjørende betydning. Med porøsitet menes porevolumets andel av formasjonens totale volum. Som før nevnt er imidlertid noe av vannet i porene bundet slik at man må skille mellom porøsitet og effektiv porøsitet (tabell 3). Effektiv porøsitet er den mengde fritt vann formasjonen kan inneholde uttrykt i prosent av formasjonens volum.

Som uttrykk for endring i grunnvannmagasinet har man:

$$dM = dh \cdot n \cdot A$$

der dM er endringen i grunnvannmagasinet, dh er endringen i grunnvannstanden, n er effektiv porøsitet og A er grunnvannformasjonens utstrekning. Grunnvannskillet følger som regel det topografiske vannskillet, men unntak forekommer.

Tabell 3. Representative verdier for porøsitet (ref. Todd, 1980).

Materiale	Kornstørrelse mm	Total porøsitet %	Effektiv porøsitet %
Grus, grov	20 - 60	28	23
" , middels	6 - 20	32	24
" , fin	2 - 6	34	25
Sand, grov	0,6 - 2	39	27
" , middels	0,2 - 0,6	39	28
" , fin	0,06 - 0,2	43	23
Silt	0,002 - 0,06	46	8
Leire	< 0,002	42	3
Myr	-	92	44

Generelt er grunnvannstanden påvirket av nedbør, temperatur, fordunstning, vegetasjonens vannforbruk, tilsig fra høyereliggende områder og drenering til lavereliggende områder. Langs vassdragene står gjerne grunnvannet i god hydraulisk kontakt med disse og varierer som regel i samsvar med elvevannstanden. I Norge har man typisk høy grunnvannstand i forbindelse med snøsmeltingen og nedtiningen av telen. Senhøstes har grunnvannstanden gjerne et mindre maksimum i strøk med markert høstregn, men også generelt på grunn av at fordunstning og plantenes vannforbruk minsker. Utover vinteren synker grunnvannstanden gradvis som følge av at infiltrasjonen stopper opp på grunn av snø og is. Man har også langtidsvariasjoner over flere år i grunnvannstanden, forårsaket av nedbørfattige og nedbørrike årrekker eller perioder.

Variasjonen i grunnvannstanden er mer eller mindre faseforskjøvet i forhold til variasjonens årsak. Denne faseforskyvning kan strekke seg over timer til dager og uker, avhengig av grunnens fuktighetstilstand og gjennomtrengelighet for vann.

2.3 Grunnvannstrømning

Løsmateriale er mer eller mindre permeabelt (gjennomtrengelig for vann). Permeabiliteten øker med kornstørrelsen, dvs. den er liten i leire og stor i sand og grus (tabell 4). Foruten kornstørrelsen er kornformen og sorteringsgraden avgjørende for løsmaterialers hydrauliske egenskaper. Permeabiliteten er størst i løsavsetninger som er transportert og avsatt under vann. I slike avsetninger er finstoffet vasket ut og de grovere fraksjoner gjerne sortert og gradert etter kornstørrelsen. Grovt og enskornig materiale hvor finstoff ikke fyller mellomrommene har størst permeabilitet.

Tabell 4. Representative verdier for permeabilitet (ref. Todd, 1980).

Materiale	Kornstørrelse mm	Permeabilitet cm/s
Grus, grov	20 - 60	$1,7 \times 10^{-1}$
" , middels	6 - 20	$3,1 \times 10^{-1}$
" , fin	2 - 6	$5,2 \times 10^{-1}$
Sand, grov	0,6 - 2	$5,2 \times 10^{-2}$
" , middels	0,2 - 0,6	$1,4 \times 10^{-2}$
" , fin	0,06 - 0,2	$2,9 \times 10^{-3}$
Silt	0,002 - 0,06	$9,3 \times 10^{-5}$
Leire	< 0,0002	$2,0 \times 10^{-7}$
Myr	-	$6,6 \times 10^{-3}$

I løsmateriale strømmer grunnvannet fra et høyere til et lavere nivå. Grunnvannspeilets helning og dybde under jordoverflaten avhenger av flere faktorer som terrengformasjon, klimatiske forhold, grunnens permeabilitet, og eventuell hydraulisk kommunikasjon til elv eller innsjø med gjensidig utveksling av vann. Stort sett

følger grunnvannspeilet terrenget. Grovkornig materiale i grunnen gir imidlertid et mye flatere grunnvannspeil enn finkornig materiale.

Der vannførende formasjoner opptrer mellom ugjennomtrengelige (impermeable) lag, får man innestengt grunnvann. Her står vannet ofte under trykk. Hvis en borer eller graver gjennom det demmende lag, vil vannet stige opp i hullet, enkelte steder over terrengoverflaten hvis trykket er høyt nok (artesisk brønn). Artesisk vann strømmer mot det sted hvor trykket er lavest.

Grunnvann strømmer vanligvis laminært, dvs. rolig, uten hvirvler og med liten hastighet. En egenskap ved laminær strømning er at hastigheten er proporsjonal med den hydrauliske gradient, dvs. med trykkhøydens fall. Dette uttrykkes ved Darcys lov som:

$$v = k \cdot I$$

der v er hastigheten, k er permeabilitetskoeffisienten og I den hydrauliske gradient.

Hastigheten v er her ingen reell hastighet, men en beregningsmessig hastighet som er lik vannføring delt på brutto tverrsnitt. Den virkelige gjennomsnittlige strømningshastighet er v/n, der n er formasjonens effektive porøsitet.

Permeabilitetskoeffisienten uttrykker jordartens hydrauliske ledningsevne. Permeabiliteten er først og fremst avhengig av jordartens egenskaper: effektiv porøsitet, porenes kontinuitet, samt struktur og lagdeling. Vannets egenskaper er også bestemmende: tetthet og viskositet. I lagdelte sedimentære avsetninger er den horisontale permeabilitet ofte større enn den vertikale. Den horisontale permeabilitet kan være retningsavhengig.

Den hydrauliske gradient I er et ubenevnt tall som uttrykker fallet i trykkhøyde pr lengdeenhet i strømretningen, dvs. grunnvannspeilets helning i strømningsretningen.

2.4 Grunnvann i fjell

De fleste bergarter i Norge er lite porøse. Stort sett opptrer derfor vannet som finnes i våre bergarter i sprekker. Kartlegging av grunnvann i fjell krever derfor at man har kjennskap til bergartens sprekkesystemer og hvordan de ble dannet. Hvor mye vann berggrunnen kan oppta og magasinere avhenger av størrelsen, utstrekningen og forbindelsen mellom de enkelte sprekker.

Grunnvannets strømningshastighet er som regel større i oppsprukket fjell enn i løse masser. Vannet samles i hovedkanaler som tilføres vann fra sidesprekker og hastigheten blir da gjerne turbulent.

3. GRUNNVANNSUNDERSØKELSER VED VASSDRAGSREGULERINGER

Elvereguleringer medfører alltid at vannstanden og vannføringen endrer seg fra sin naturlige rytme. Det generelle mønster er at avløpet jevnes ut med reduserte flommer og økt lavvannføring og vannstand, mens middelvannføringen over året forblir den samme. Ved overføring av vann fra et vassdrag til et annet, eller fra et punkt til et annet innen vassdraget, vil virkningene bli mer kompliserte. Middelvannføring det ene sted vil øke, mens elveleiet det andre sted vil bli tilsvarende mer eller mindre tørrlagt.

Når vannstanden i elv eller innsjø på denne måten heves eller senkes, vil grunnvannstanden i tilliggende områder til en viss grad følge med i forandringene. Slike forandringer har stor betydning for allerede etablerte forhold i forbindelse med plantevekst, vannforsyning fra brønner, samt teledannelse.

Da et vassdrags innflytelse på grunnvannstanden avhenger av flere faktorer, må det i hvert tilfelle hvor spørsmålet dukker opp, foretas undersøkelser av grunnvannstand og elvevannstand, jordart, undergrunnens beskaffenhet, overflatens helning og høyde over elvas nivå, nedbørmengde og fordeling av denne, samt temperatur.

3.1 Observasjon av grunnvannstand

For å kunne påvise en eventuell samvariasjon mellom elvevannstand og grunnvannstand må begge observeres over tid. For dette formål plasseres en rekke observasjonsrør i snitt vinkelrett på elva, eller tvers over dalen hvis det gjelder et dalføre. I elva rett ut for observasjonsrørene plasseres et vannstandsmerke (VM) som avleses til samme tid som observasjonsrørene. Er det vanskelig på grunn av spesielle forhold å etablere et VM i elva rett ut for snittet, kan et mer eller mindre nærliggende VM benyttes. Alternativt kan det første røret i snittet settes ned i elvebredden kloss inntil elva slik at det best mulig gjengir vannstandsvariasjonene i elva. Alle observasjonsrør nivelleres inn i et felles høydesystem.

Snittene suppleres gjerne med andre rør, ovenfor eller nedenfor, slik at man får rør plassert i tre-kant for derved å kunne bestemme grunnvannsstrømmens retning.

Det man spesielt ønsker kartlagt er hvorvidt og i hvilken grad vannstandsforholdene i vassdraget virker inn på grunnvannsnivået langs breddene og i tilliggende områder, hvor langt til sidene innvirkningene brer seg, hvor raskt de forplanter seg og hvor raskt de dempes.

Vanligvis måler man grunnvannstanden ved peiling i perforerte observasjonsrør som er drevet eller satt ned i grunnen ved hjelp av skovlbor. Det brukes gjerne ekstra tykkveggede rør, såkalte damprør med indre diameter 34 mm. Observasjonsrøret består av seksjoner på 1,5 m som skjøtes sammen etter hvert som de drives ned. Nederste seksjon er et 1 m langt filterrør med sandspiss i nedre

ende. Observasjonsrørene varierer i dybde etter de lokale forhold, gjerne fra 3 til 10 m. Avlesning av vannstanden skjer ved hjelp av brønnlodd, et målebånd som nederst er forsynt med en peileklokke som ved kontakt med vannflaten gir fra seg en lyd. Avstanden fra vannflaten til rørets overkant avleses direkte på målebåndet. Avlesningshyppigheten beror en del på de lokale forhold, idet en høy permeabilitet i grunnen fordrer hyppigere avlesninger. Vanligvis foretas avlesningen en gang i uken. Vannstanden kan også registreres kontinuerlig ved hjelp av limnigraf (automatisk vannstandsmåler). Dette betinger imidlertid observasjonsrør av grovere dimensjon. Grunnvannstanden kan også måles i åpne brønner, f.eks. gårdsbrønner.

3.2 Grunnvannformasjoners geologi

Ved grunnvannsundersøkelser er det av betydning å skaffe klarhet over grunnvannformasjonens geologiske forhold dvs. mektighet, lagdeling, kornfordeling og sortering, samt permeabilitet og porøsitet. Med dette for øye tar man materialprøver nedover i jordprofilet med skovlbor eller annet egnet prøvetakingsutstyr. Siktekurven for prøvene bestemmes og verdier for midlere kornstørrelse og sortering (enskornighet) taes ut. På grunnlag av materialprøvene kan også grunnens permeabilitet og porøsitet bestemmes enten ved forsøk eller ved hjelp av empiriske formler.

4. ANALYSE AV GRUNNVANNSOBSERVASJONER

Ved vassdragsreguleringer er det nødvendig på forhånd å kunne bedømme inngrepenes virkning på grunnvannstanden langs vassdraget. Som grunnlag for disse vurderinger nyttes de innsamlede observasjoner av elvevannstand og grunnvannstand, samt data fra Hydrologisk avdelings regulære målestasjoner for vannstand og vannføring i vassdraget, og observasjoner fra Meteorologisk institutts stasjoner. Observasjonene bearbeides og tilrettelegges i form av regresjonsligninger og korrelasjonsundersøkelser, geolimnigrammer, snittdiagrammer og kotekart over grunnvannspeilet. Ved vurderingen av observasjonsmaterialet og den mulige sammenheng mellom vannstanden i elva og grunnvannsforholdene langs denne, må en hele tiden ha for øye påvirkningen fra de klimatiske faktorer. Nedbør som fører til økt vannføring i elva vil samtidig ved infiltrasjon fra jordoverflaten heve grunnvannspeilet. Omvendt vil tørke føre til lavere vannstand både i elva og grunnen. Dette må i diagrammene ikke oppfattes som et bevis for at grunnvannsforholdene er påvirket av elvas vannstandsforhold, mens i virkeligheten begge forhold varierer som følge av en ytre, felles påvirkning.

I tillegg er der også andre forhold å ta hensyn til ved en helhetsvurdering av i hvilken grad grunnvannstanden varierer med elvevannstanden. Grunnvannets strømningsretning, nivåforskjellen mellom elvevannstand og grunnvannstand og den naturlige drenering av grunnvannmagasinet, er alle faktorer som må taes med for å kunne

forutsi i hvilken grad endringer i elvevannstanden har innflytelse på grunnvannstanden langs elva.

4.1 Regresjons- og korrelasjonsanalyse

En eventuell samvariasjon mellom grunnvannstanden og elvevannstanden kan undersøkes og klarlegges ved hjelp av regresjons- og korrelasjonsanalyse.

Hvis man i et rettvinklet aksesystem avsetter hvert observasjonspar dannet av de samtidige avlesninger av grunnvannstanden i et rør og elvevannstanden, vil man få et punktdiagram som illustrert i figur 4.1. Her er grunnvannstanden (den avhengige variable) avsatt langs den vertikale akse og elvevannstanden (den uavhengige variable) avsatt langs den horisontale akse. Er det ingen samvariasjon tilstede mellom grunnvannstanden og elvevannstanden, vil punktene fordele seg som en vilkårlig punktskare. Finnes der en samvariasjon derimot, vil denne vise seg ved at punktene grupperer seg i et mer eller mindre bredt bånd. En midlere kurve trukket sentralt gjennom punktgrupperingen vil beskrive den statistiske sammenheng eller relasjon mellom grunnvannstanden og elvevannstanden. Dersom denne relasjonen er rettlinjet, kan den uttrykkes matematisk som en såkalt regresjonsligning i den enkle form $y = ax + b$, hvor a er vinkelkoeffisienten som gir linjens helning med den horisontale akse og b gir linjens skjæringspunkt med den vertikale akse.

En krumlinjet relasjon mellom grunnvannstanden og elvevannstanden vil komplisere de matematiske utregningene betraktelig. I slike tilfeller søker man derfor å tilpasse to og om nødvendig flere rette linjestykker til punktgrupperingene, man får da et tilsvarende antall regresjonsligninger. For eksempel kan relasjonen være forskjellig for sommer- og vinterforhold og/eller for lavere og høyere vannstander. En annen løsning er å matematisk transformere den krumlinjede relasjon til en rettlinjet (logaritmisk fremstilling) og så foreta beregningene.

Samvariasjon mellom to observasjonsserier kalles korrelasjon, og man sier at de to observerte størrelsene er korrelerte. En lineær korrelasjons godhet eller styrke uttrykkes ved hjelp av den såkalte korrelasjonsoeffisient (R), som da altså er et mål for samvariasjonen mellom de to observasjonsseriene. R kan variere fra +1 gjennom null til -1. For $R = 0$ er der ingen korrelasjon, de avsatte punkter i aksesystemet fordeler seg helt vilkårlig i en punktsverm. Dess bedre og tettere punktene konsentrerer seg om den sentrale linjen eller regresjonslinjen desto nærmere vil R ligge 1. For $R = 1$ har man en perfekt korrelasjon hvor alle punktene ligger på regresjonslinjen. En negativ R mellom 0 og -1 viser en omvendt korrelasjon idet høye verdier i det ene datasett da går sammen med lave verdier i det andre datasett, og omvendt.

Tar man kvadratet av korrelasjonskoeffisienten, altså R^2, fremkommer en størrelse som angir den del av variasjonene i den avhengige variable (her grunnvannstanden) som motsvarer variasjonene i den uavhengige variable (her elvevannstanden). Resten av variasjonene i den avhengige variable, dvs. $(1 - R^2)$, må henføres til

andre faktorer. Slike faktorer inkluderer direkte infiltrasjon til grunnvannet fra nedbøren, fordunstning og uttørking av de øvre jordlag, plantenes forbruk av vann, tilsig fra høyereliggende områder og drenering til lavereliggende områder.

I en regresjons- og korrelasjonsberegning lar det seg også gjøre å ta med to (eller flere) såkalte uavhengige variable i en stepregresjon og beregne grunnvannstanden som en statistisk funksjon av f.eks. både elvevannstanden og nedbøren. Det et videre mulig å beregne partielle korrelasjonskoeffisienter som da kvadrert vil uttrykke den relative del av totalvariasjonen i grunnvannstanden som kan tilskrives hver enkelt av disse to faktorene.

Det er viktig å ha klart for seg at det statistiske begrep korrelasjon, ikke forteller noe som helst om hva som er årsak og hva som er virkning, kun hvorvidt to hendelser eller fenomener varierer i takt (eller utakt) med hverandre, dvs. om der er en samvariasjon tilstede og hvor utpreget denne i så fall er. Om den ene hendelsen forårsaker den andre, eller om begge hendelsene er forårsaket av en tredje hendelse må klargjøres utfra kjennskap til de fysiske prosesser som er involvert og deres årsaks/virkningsmekanisme.

Foran er nevnt regresjonslinjens vinkelkoeffisient eller helning med horisontalaksen. En helning på 45° (vinkelkoeffisient 1,0) betyr at vannstandsvariasjonene i grunnvannsrøret ikke er dempet i forhold til vannstandsvariasjonene i elva. Minkende vinkel vil bety en økende dempning av grunnvannstanden. En vinkel større enn 45° vil bety at grunnvannstanden har en større variasjonsbredde enn elvevannstanden, på grunn av andre faktorers innvirkning. En betingelse for resonnementet er at vannstandsmerket i elva er plassert rett ut for grunnvannssnittet. Dersom det sammenlignes med et vannmerke som står i et annet profil, vil forholdet bli annerledes avhengig av de lokale forhold.

En ulempe ved regresjonsanalysen, slik som brukt for vårt formål, er grunnvannstandens forsinkede reaksjon på endringer i elvevannstanden. Det er imidlertid ikke mulig å ta hensyn til tidsforskjellen ved opptegning av punktdiagrammene og beregning av regresjonsligningene så lenge observasjonene foretas manuelt som punktavlesninger med flere dagers mellomrom, og ikke kontinuerlig med automatisk registrering. Man må finne seg i denne ulempen som utgjøres ved at påvirkningsforsinkelsen fører til en økt spredning av punktdiagrammet.

4.2 Geolimnigrammer

I et geolimnigram (grunnvannstandskurve) er grunnvannsavlesningene avsatt i et aksesystem med avlesningene langs den vertikale akse og tiden når avlesningene er foretatt langs den horisontale akse. Med dette får man en kurve som viser hvordan grunnvannstanden varierer med tiden (figur 4.2).

Geolimnigrammet illustrerer grunnvannstandens variasjonsmønster. Vannstanden til enhver tid gjennom månedene og årstidene kan leses direkte ut fra geolimnigrammet. Videre gir geolimnigrammet opp-

lysning om grunnens evne til å lede vann, dvs. permeabilitet og dreneringsforhold. Raskt synkende grunnvannstand etter perioder med stor nedbør eller snøavsmelting viser høy permeabilitet og god drenering, mens langsomt synkende vannstand kan tyde på dårligere dreneringsforhold. Raske og store stigninger skyldes normalt at elva stuver opp grunnvannet eller at området mottar mye vann ved nedbør eller tilsig. Spisse topper indikerer høy permeabilitet og gode dreneringsforhold. Avrundete geolimnigram tyder på at grunnen er mindre permeabel og/eller dårlige dreneringsforhold, eller at grunnvannstanden er påvirket av et jevnt sig fra et høyereliggende område. Økende avstand fra elv eller innsjø bidrar også til å flate ut geolimnigrammet.

For en mer fullstendig vurdering av grunnvannstandens variasjon plotter man i tilknytning til geolimnigrammet også opp elvelimnigrammet samt nedbørmengden fordelt over året.

4.3 Snittdiagrammer og kotekart

Et snittdiagram viser grunnvannsnittets profil (figur 4.3). Terrengets kontur og grunnvannspeilet er tegnet opp i målestokk og observasjonsrørene er lagt inn i korrekt relativ høyde. Snittdiagrammer for flere snitt etter hverandre vil gi grunnlag for opptegning av kotekart av grunnvannspeilet. Et slikt kotekart vil gi svært nyttige opplysninger om grunnvannspeilet, så som helningsgrad og grunnvannets strømningsretning.

4.4 Isoppstuving i elv

Når man som foran nevnt legger opp grunnvannsundersøkelser etter snittmetoden, blir det som regel satt opp et vannstandsmerke (VM) i elva rett ut for hvert snitt for avlesning av elvevannstanden. Det hender imidlertid ofte at et VM ikke lar seg etablere fordi det regelmessig ødelegges av flom eller is. Man benytter da gjerne et mer eller mindre nærliggende VM som står tryggere. En kompliserende faktor som da kommer inn er isoppstuvingen som forekommer i våre elver om vinteren. En eventuell isoppstuving ved et VM vil ikke registreres i de enkelte grunnvannssnitt lenger nede eller oppe i elva. Det omvendte kan også være tilfelle, at det er isoppstuving i elva like nedenfor grunnvannssnittene, men ikke i elva ved VM. Dette fører til en stigende grunnvannstand som da ikke registreres ved VM. Slike forhold vil føre til større spredning i punktdiagrammene og dårligere korrelasjon enn hva det i virkeligheten er, og også gi utslag på elvelimnigrammene og geolimnigrammene som topper. I slike tilfeller kan det være en fordel å utføre korrelasjonsberegningene for sommer og vinter atskilt.

5. GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I BØDAL

Grunnvannsundersøkelsene i Bødal ble lagt til et lavt parti nede ved Lovatnet. Bortsett fra dette lave parti, faller Bødalselva sterkt på hele strekningen. Elvebreddene er også høye og bratte, slik at det bare er dette lave partiet ned mot Lovatnet som kan få endret grunnvannstand av betydning etter reguleringen.

På nordsiden av Bødalselva ble det i 1973 anlagt et snitt, bestående av tre målebrønner, fra Lovatnet og ca. 150 m innover fra vatnet (fig. 5.1, 5.2 og 5.3).

I tillegg til ukentlige måledata i målebrønnene har vi for grunnvannsundersøkelsene også anvendt observasjonsdata fra Vm 622 Lovatn og klimastasjon 5850 Loen. Måledataene har vi anvendt bl.a. til å beregne korrelasjoner mellom vannmerke og rør.

I utbyggingsplanen av mars 1980 er det framstilt tabeller over vannføringene ved Vm 622 Lovatn for forskjellige persentiler før og etter utbygging.

På grunnlag av disse tabeller og vannstand/vannføringskurver for vannmerket har vi framstilt tabell over de tilsvarende vannstander på vannmerket. Ut fra vannstandene på vannmerket og de regresjonsligninger som framkom av korrelasjonsberegningene for måledataene, har vi foretatt beregninger for å vise i hvilken grad elva har influert på grunnvannstanden.

Beregningene er utført etter alternativene BCD, som for Bødal er sammenfallende.

Måledataene er framstilt på følgende måte:

1. Diagram av temperatur- og nedbørdata for nedbørstasjon 5850 Loen i tidsrommet 1973-1980.

2. Limnigrammer og tabeller over vannføring og vannstander ved Vm 622 Lovatn.

3. Korrelasjonsdiagrammer og tabeller for de enkelte rør og Vm 622 Lovatn og for de enkelte rør innbyrdes for tidsrommet 1973-1980.

4. Tabell over regresjonsligninger.

5. Tabeller over reguleringens innflytelse på grunnvannstanden.

De beregnede verdier og de diagrammer som er framstilt på grunnlag av beregningene er middelmaks- og middelmin-verdier. De beregnede verdier kan således avvike noe fra målte verdier.

5.1 Klimatiske og hydrologiske forhold i vassdraget

For de klimatiske forhold har vi anvendt klimastasjon 5850 Loen.I tabell 5.1 er framstilt månedlige og årlige middelverdier for temperaturen i årene 1973-1980, samt temperaturnormalen for 1931-60.

På samme måte har vi i tabell 5.2 framstilt månedlige og årlige middelverdier for nedbøren for det samme tidsrom, samt nedbørnormalen for perioden 1931-60.

Som det framgår av tabellen for nedbør er det enkelte år store avvik fra normalen. I 1973, som var et meget vått år, lå nedbøren 50% over normalen, mens den i 1977 bare var ca. 82% av normalen. Hele perioden 1973-1980 hadde ca. 10% mer nedbør enn normalt.

Vi har også framstilt verdiene for nedbøren i form av diagrammer (fig. 5.4 til 5.12). På samme måte har vi framstilt temperaturen (fig. 5.13 til 5.21).

For å undersøke om nedbøren og temperaturen gjenspeiler seg i vannstanden ved Vm 622 Lovatn har vi framstilt vannstanden ved vannmerket på samme måte som nedbør og temperatur (fig. 5.23 til 5.31).

Når det gjelder nedbøren så gjenspeiler den seg ikke særlig godt i vannstandene ved vannmerket. Til det er det flere årsaker. Klimastasjonen ligger nede ved fjorden i en høyde av 39 m o.h., mens feltet stiger steilt opp mot fjellene og breen, hvor nedbøren i vinterhalvåret faller som snø og avrenningen til vassdraget for en stor del skjer om sommeren. Nedbør og avrenning er også større i høyden enn nede ved klimastasjonen.

Breprosenten i feltet er ca. 36% og nedbør som faller et år kan akkumuleres i breen for å danne avrenning et senere år. Selv ekstremt store nedbørmengder ved nedbørstasjonen viser ikke umiddelbart noen stor økning i vannstanden ved vannmerket.

Temperaturen ved 5850 Loen er heller ikke særlig representativ for feltet som helhet. Temperaturen vil minke opp mot fjellene og breen. Nede i Bødal, som ligger omtrent på samme høyde som klimastasjonen, kan temperaturen om sommeren være litt høyere enn i Loen, men den vil fort minke med høyden. Se fig. 5.22 hvor middagstemperaturen i Bødal er plottet inn mot de tilsvarende middeltemperaturene på klimastasjonen.

Hvis en sammenligner vannstandene på fig. 5.23 til 5.31 med de tilsvarende temperaturer, vil en se at hovedtrekkene i kurvene er forholdsvis like. Vannstanden er på det laveste om vinteren ved lave temperaturer, og den er størst ved høye temperaturer hvor avsmeltingen fra breen er på det største.

5.2 Limnigrammer

Måledataene for grunnvannsrør 1, 2 og 3 i Bødalen har vi framstilt i geolimnigrammer. Dette er gjort for å vise i hvilken grad det er samvariasjon mellom rørene i løpet av året. Limnigrammene viser grunnvannets dybde under bakken i perioden 1973-1980. (fig. 5.32 til 5.39). Figurene viser at det er en stor grad av samvariasjon mellom vannstanden i de tre rørene.

I de samme figurene har vi lagt inn vannstanden for Vm 622 Lovatn, for å vise i hvilken grad det er samvariasjon mellom vannstanden i rørene og vannstanden i Lovatnet. Vannstanden på vannmerket viser, særlig for sommerhalvåret, et mer varierende forløp enn vannstanden i rørene. Dette beror bl.a. på at det på vannmerket er daglige målinger, mens det for rørene er målt ukentlig. Diagrammene viser også at grunnvannstanden blir lavere i forhold til bakken med avstanden fra vatnet.

På fig. 5.40 er geolimnigrammene og vannstandene på vannmerket framstilt som middelverdier for hele måleperioden 1973-1980. Her trer samvariasjonen mellom vannstanden på vannmerket og i rørene tydeligere fram.

Fig. 5.41 og 5.42 viser grunnvannstandene i rørene framstilt i kotehøyder. I fig. 5.41 er et enkelt vilkårlig valgt år framstilt, og i fig. 5.42 er middelverdier for hele måleperioden 1973-1980 framstilt. Bortsett fra en kort periode i månedskiftet juni/juli 1978, viser kurvene at grunnvannet strømmer ut mot Lovatnet.

5.3 Gradienter

For å få et mål på hvor stor stigningen av grunnvannsnivået er mellom rørene, har vi beregnet gradienten i o/oo (5.43 til 5.46). Kurvene viser en ubetydelig større gradient mellom rør 2 og 3 enn mellom rør 1 og 2. I aug. 1980 er gradienten negativ over en kort periode. D.v.s. at grunnvannstrømmen går innover fra vannet. Dette antas å skyldes en kortvarig rask stigning av vannstanden i Lovatnet. Som helhet må det sies at gradienten er liten. Vi kan sammenligne med terrengets stigning. Stigningen av terrenget fra rør 1 til rør 2 ca. 10 $^{o}/_{oo}$, og fra rør 2 til rør 3 ca. 20$^{o}/_{oo}$. Dette viser at grunnvannstanden er synkende i forhold til terrenget, særlig meget mellom rør 2 og 3.

5.4 Omhyllingskurver

Omhyllingskurvene på fig. 5.47 til 5.50, viser i hvilket område vannstandene har variert gjennom året i måleperioden. Den midtre kurve gir medianverdien. For Vm 622 Lovatn, (fig. 5.47), er variasjonsområdet ca. 1,90 m. Omtrent det samme variasjonsområde har rør 1 (fig. 5.48). Rør 2 og rør 3 har et variasjonsområde på litt over 2 m. Omhyllingskurvene viser en synkende grunnvannstand i forhold til terrenget med økende avstand fra Lovatnet.

5.5 Korrelasjonsanalyse

Limnigrammene viser at det er stor samvariasjon mellom vannstanden i Lovatnet og grunnvannstanden på måleområdet i Bødalen. Graden av samvariasjon mellom de enkelte rør og Vm 622-11 Lovatn er vist på korrelasjonsdiagrammene, fig. 5.51 til fig. 5.53. Korrelasjonskoeffisientene, som angir graden av samvariasjon, ligger for rørene 1 - 3 på henholdsvis 0,97, 0,95 og 0,93.

De samme koeffisientene er gjengitt i tabell nr. 5.3. I tillegg har vi her tatt med koeffisientene for rørene innbyrdes. De fleste er en tanke høyere enn mellom rør og vannmerke.

For å undersøke om årstidene har noen innflytelse på samvariasjonen har vi i tabell 5.4 og tabell 5.5 vist korrelasjonskoeffisienter for henholdsvis sommer og vinter. Koeffisientene for sommerhalvåret viser seg her å være enda noe høyere enn for hele året under ett. For vinterhalvåret er korrelasjonskoeffisientene mellom rørene 2 og 3 og vannmerket endel lavere. Dette kan bero på at infiltrasjonen til grunnvannet fra høyereliggende terreng og direkte fra Bødalselva virker særlig sterkt på disse rørene om vinteren. I tabell nr. 5.6 er vist regresjonsligningene mellom vannmerket og rørene, Her ser en at regresjonsfaktorene for rør 2 og rør 3 er henholdsvis 1,06 og 1,08. Noe som indikerer infiltrasjon fra høyereliggende terreng (kfr. avsnitt 4.1, side 10).

5.6 Masseforholdene

Under etableringen av snittet i Bødalen ble det vurdert hva slags masser det var ved prøvebrønnene. Vurderingen gikk ut på at de øverste 4-5 m av jordlaget besto av grove elveavsetninger (grus og stein) med god gjennomtrengelighet for vann (se foreløpig rapport s. 14). I 1980 ble det utført prøvetaking ved rør 1 og rør 2 ned til ca. 80 cm(se fig. 5.54 til fig. 5.58). Begge prøveseriene sluttet på masser som ble angitt som steinlag. Vi har ikke prøver av massene i grunnvannsonen, men målingene viser at det i grunnvannsonen må være meget permeable masser, f.eks. viser gradienten et meget flatt vannspeil (se fig. 5.43 til fig. 5.46). De høye korrelasjoner viser også at permeabiliteten er stor.

5.7 Reguleringens innflytelse på vannstanden ved vannmerket i Lovatn

Det vi hittil har behandlet er forholdene i uregulert elv i en periode på ca. 8 år (1973-1980). På dette grunnlag har vi beregnet og framstilt diagrammer og tabeller. Ved å anta at det tallmateriale som derved er framkommet ikke i vesentlig grad vil bli endret hvis vår måleperiode hadde dekket den periode som er anvendt i utbyggingsplanen (1930-1964), så kan en bruke de tall vi er kommet fram til for perioden 1973-1980 på perioden 1930-1964.

I utbyggingsplanen av mars 1980 er det for Vm 622-11 utarbeidet tabeller som viser vannføringene ved vannmerket. Vannføringene er angitt med pentadeverdier for en rekke forskjellige persentiler. Det er også utarbeidet tilsvarende tabeller som viser vannføringene etter utbygging.

På grunnlag av disse tabeller og vannstand/vannføringskurven for vannmerket, har vi utarbeidet tabell over vannstandene ved vannmerket (tabell nr. 5.7). Tabellen angir verdiene for høy vannstand, median vannstand og lav vannstand i pentadeverdier både før og etter regulering. Av disse tall har vi beregnet størrelsen på den endring av grunnvannstanden som en regulering vil forårsake og vist den i samme tabell.

Tallene er også brukt til å framstille limnigrammer som viser vannstandene gjennom året før og etter regulering for høy vannstand, median vannstand og lav vannstand (se fig. 5.58b til fig. 5.60). Tabellen og limnigrammene viser at vannstanden etter regulering vil bli lavere enn før reguleringen over hele året.

Tabellene og limnigrammene viser også hvordan vannstanden varierer over året, med en vesentlig lavere vannstand om vinteren og en høy vannstand om sommeren. De viser også at endringene etter regulering er små på de lave vannstandene og at de stiger med stigende vannstand.

5.8 Reguleringens innflytelse på grunnvannstanden i Bødal

Korrelasjonsanalysen i avsnitt 5.3 viste høye korrelasjonskoeffisienter mellom rørene i Bødal og Vm 622. Dette gir grunnlag for å anvende regresjonsligningene i tabell 5.6 til å beregne vann- stander i grunnvannsbrønnene ut fra de tilsvarende vannstander på vannmerket.

Ser vi på de enkelte ligninger vil vi se at for rør nr. 1, er regresjonsfaktoren 1,0. D.v.s. at vannstanden ved vannmerket og i røret beveger seg like meget. For rør 2 og rør 3 er regresjonsfaktoren henholdsvis 1,06 og 1,08. D.v.s. at grunnvannstanden beveger seg henholdsvis 6% og 8% mer enn ved vannmerket. Dette skyldes tilførsler av grunnvann fra høyereliggende terreng og muligens direkte infiltrasjon fra Bødalselva. Beregningen er som for vannmerket, satt opp i tabellform (se tabell nr. 5.7 til tabell nr. 5.10).

Som for vannmerket har vi framstilt tallene i tabellen i form av diagrammer (se fig. 5.61 til fig. 5.69).

Av tabellene og diagrammene vil en se at ved rør 1 vil grunnvannstanden bevege seg fra ca. 2,90 m under bakken om vinteren til ca. 0,55 m om sommeren for uregulert elv. Etter regulering blir den laveste grunnvannstand om vinteren praktisk talt som før, mens den om sommeren på det høyeste vil være ca. 0,85 m, altså inntil 30 cm lavere etter regulering.

Ved rør 2 vil grunnvannstanden før regulering bevege seg mellom 3,80 om vinteren og 1,30 om sommeren for uregulert elv og etter regulering mellom 3,80 om vinteren og 1,65 om sommeren. Også her praktisk talt det samme som før regulering om vinteren, mens det om sommeren er en senking på ca. 35 cm etter regulering.

For rør 3 vil de tilsvarende tall bli:

4,92 m, 2,37 m før regulering
4,95 m, 2,72 m etter regulering.

Forskjellen etter regulering vil også her være ubetydelig om vinteren, og om sommeren omtrent den samme som for rør 2.

På fig. 5.70 til fig. 5.73 er forskjellen før og etter regulering vist for seg. Vi ser at forskjellen er størst ved de høye vannstander.

6. GRUNNVANNSUNDERSØKELSENE I LOEN

Grunnvannsundersøkelsene i Loen ble også startet i 1973. Her ble det etablert måling i to snitt bestående av ialt 5 målebrønner. På sydsiden av Loelva og ca. 200 m fra sjøen ble det anlagt et snitt bestående av 3 målebrønner med betegnelsen rør 1, rør 2 og rør 3, med rør 3 nærmest elva (Se oversiktskart over Loelvvassdraget , fig. 6.1, og oversiktsskisse over snittene i Loen, fig. 6.2. Fig. 6.3 og fig. 6.4 viser snittene i profil).

Terrenget er flatt mellom rør 3 og rør 2. Det stiger noe fra rør 2 til rør 1, og sterkere fra rør 1 inn mot dalsiden. Snittet på nordsiden av Loelva består av rør 4 og rør 5. Det ligger ca. 150 m høyere opp i elva enn snittet på sørsiden.

Fra elva og inn til rør 4 stiger terrenget svakt. Fra rør 4 og inn mot rør 5 faller terrenget av, slik at rør 5 ligger lavere enn elva. Fra rør 5 stiger terrenget opp mot en terrasse.

Utenom de områder hvor disse to snittene ligger, vil det ikke være områder hvor grunnvannsendringer, som følge av regulering, vil ha skadelig innflytelse.

I tillegg til de ukentlige målinger i målebrønnene, har vi også for grunnvannsundersøkelsene i Loen anvendt måledata fra Vm 622-11 Lovatn. Framstillingen følger ellers det samme mønster som for Bødal.

6.1 Klimatiske og hydrologiske forhold

Snittene i Loen ligger nær klimastasjon 5850 Loen. Temperatur og nedbør ved snittene vil bli som ved klimastasjonen. Vannføringen i elva er imidlertid mer påvirket av temperaturog nedbørforholdene i feltet som helhet. Avviket kan være stort i forhold til ved klimastasjonen. De vurderinger vi har gjort med hensyn til nedbør og temperaturforholdenes innflytelse på vannføringen i elva og grunnvannsforholdene ved snittet i Bødal, vil i hovedtrekk bli de samme for snittene i Loen. Vi viser til avsnitt 5.1.

6.2 Limnigrammer

Måledataene for grunnvannsbrønnene i hvert av snittene har vi, slik som for Bødal, framstilt som geolimnigrammer i samme diagram. Limnigrammene viser grunnvannets dybde under bakken hvert år i måleperioden 1973-1980.

Fig. 6.5 til fig. 6.12 viser limnigrammene for rørene i snittet på sørsiden av Loelva, og på samme måte viser fig. 6.13 til fig. 6.20 rørene i snittet på nordsiden av elva.

På fig. 6.21 er vist middelverdiene for rørene i snittet på sørsiden av elva for årene 1973-1980, og på fig. 6.22 er det samme vist for snittet på nordsiden.

Vi har også her tegnet inn i figurene vannstandene på vannmerket 622-11 Lovatn, for å se i hvilken grad grunnvannstanden følger vann- standen i elva.

Elvevannstanden viser et mer varierende forløp enn i rørene. For en del skyldes det at målingene på vannmerket er daglige, mens de i rørene er ukentlige.

For snittet på sydsiden av elva vil en likevel se at hovedtrekkene i vannstandsvariasjonene i rørene følger variasjonene i elva. Dette viser seg tydeligere på fig. 6.21 og 6.22, hvor middelvannstanden over hele måleperioden er vist.

Grunnvannsnivåets dybde under bakken er omtrent den samme ved rør 2 og rør 3. Ved rør 1 er grunnvannstanden under bakken gjennomgående over en meter dypere.

Ved snittet på nordsiden av elva er forholdene annerledes. Ved rør nr. 4 kan en gjenfinne hovedtrekkene i elvas vannstandsvariasjoner, men de er svært små. Ved rør 5 er grunnvannsvariasjonene svært små gjennom hele året og en finner ikke noen samvariasjon mellom elvevannstand og grunnvannstand. Grunnvannstandens dybde under bakken er svært jevn over hele året og ligger forholdsvis høyt ved begge rør.

Vi har videre framstilt limnigrammer for rørene med kotehøyder. Fordi kurveforløpene blir de samme som i diagrammene for dybde under bakken, har vi her bare vist kurvene for et vilkårlig valgt år og med middelverdier for måleperioden 1973-1980.

Limnigrammene for snittet på sørsiden av elva, fig. 6.23 og fig. 6.24, viser en meget svak stigning av grunnvannstanden fra rør 3 til rør 2. Fra rør 2 til rør 1 er stigningen betydelig større.

Ved rørene 4 og 5 i snittet på nordsiden av elva er kotehøyden på grunnvannstanden betydelig lavere ved rør 5 enn ved rør 4 (se fig. 6.25 og fig. 6.26). Kotehøydene i diagrammene gir ikke direkte mål på hvor sterk stigning eller fall det er på grunnvannsnivået mellom de forskjellige rør. Årsaken er at avstandene mellom de forskjellige rørene er ulike. Et mer eksakt mål på stigning/fall vil en få ved å beregne gradienten mellom rørene.

6.3 Gradienter

Gradientberegningen for snittet på sørsiden av elva for et vilkårlig valgt år (1978) er vist på fig. 6.27. På fig. 6.28 er

middelverdiene for hele måleperioden vist. Det framgår av figurene at gradienten mellom rør 3 og rør 2 for hele året ligger i underkant av 5 promille. Mellom rør 2 og rør 1 er den opp mot 15 promille, og i korte perioder også høyere. Mellom rør 3 og rør 2 er terrenget helt flatt. Grunnvannsnivået stiger derfor noe i forhold til terrenget. Mellom rør 2 og rør 1 er terrengets gjennomsnittlige stigning ca. 17,3 promille. Grunnvannsnivåets stigning blir litt i underkant av terrengstigningen.

Snittet på nordsiden av elva har en negativ gradient som varierer mellom -6 og -10 promille. D.v.s. at grunnvannsstrømmen går bort fra elva (se fig. 6.29 og fig. 6.30). Terrenget faller også av fra rør 4 til rør 5. Gjennomsnittlig fall er ca. 6,8 promille. Dette må da bety at det ved rør 5 må være en drenering i form av et gammelt elveleie eller et drensgrøftsystem. Selv med den dreneringseffekt som en har, virker området forsumpet.

6.4 Omhyllingskurver

Omhyllingskurvene, fig. 6.31 til fig. 6.35, viser innen hvilke områder grunnvannstandene har beveget seg gjennom året i måleperioden, samtidig som medianverdiene er tatt med. Som nevnt under post 5.4 var variasjonsområdet for Vm 622-11 Lovatn ca. 1,90 m. For rør 1 er variasjonsområdet ca. 2,15 m, for rørene 2 og 3 ca. 1,60 m

Rør 4 og rør 5 på nordsiden av elva har variasjonsområder på henholdsvis ca. 0,85 m og 0,50 m.

6.5 Korrelasjonsanalyse

På fig. 6.36 til fig. 6.40 er vist korrelasjonsdiagrammene mellom Vm 622-11 Lovatn og de forskjellige rørene, med rettlinjet regresjon. Korrelasjonskoeffisientene er for rørene 1 til 3 i snittet på sydsiden av elva henholdsvis 0,56, 0,84 og 0,93. For snittet på nordsiden er koeffisientene for rør 4 og rør 5 0,83 og 0,02. På tabell 6.1 har vi gjentatt de samme koeffisientene og samtidig tatt med koeffisientene mellom rørene innbyrdes.

Av fig. 6.36, korrelasjon mellom rør 1 og Vm 622-11, vil en se at korrelasjonskoeffisienten er 0,56. Samtidig er faktoren i regresjonsligningen 0,39. Dette er for lave tall til å foreta en tallmessig behandling for røret.

For rør nr. 2 er de tilsvarende tallene 0,84 og 0,59. Se fig. 6.37.

For rør nr. 3 er tallene 0,93 og 0,73. Se fig. 6.38.

Betrakter en figurene med de høyeste korrelasjonskoeffisientene vil en se at en rettlinjet korrelasjon dekker punktmengden dårlig ved de lave og høye vannstandene. Dette er særlig framtredende ved rør nr. 3. Vi har derfor i fig. 6.41 lagt inn to regresjonslinjer med knekkpunkt på 70 cm. Disse to linjer vil dekke forholdet mellom

rør 3 og Vm 622-11 Lovatn bedre enn den ene som vi har i fig. 6.38. De to ligningene som vi får for disse to regresjonslinjene har vi så anvendt til beregninger av vannstander i rør 3 i forhold til vann- standene på vannmerket.

Av tabell 6.1 ser en at det mellom rør 3 og rør 2 er en meget høy korrelasjon. Vi har i fig. 6.42 framstilt korrelasjonsdiagrammet for disse to rørene. Av figurene vil det framgå at en rettlinjet regresjonslinje her dekker punktmengden bra.

På fig. 6.23 og fig. 6.24 for limnigrammer framstilt med kotehøyde og på fig. 6.27 og fig. 6.28 for gradienter, framgår det at grunn-vannsnivået mellom rør 3 og rør 2 er ganske flatt. Av snitt-tegningen, fig. 6.3, ser en at rør 3 ligger ca. 15 m fra elva, og hvis grunnvannslinjen trekkes rettlinjet mellom rørene og videre ut til elva, så vil forskjellen mellom elvevannstanden og grunnvann-standen i rør 3 være ubetydelig. På grunnlag av de høye korrela-sjonskoeffisientene mellom rør 3 og rør 2 innbyrdes og korrela-sjonene mellom rør 3 og vannmerket som også er høy, kan en gå ut fra at vannstanden i elva ikke vil avvike mye fra vannstanden i rør 3.

I tabell nr.6.4 har vi framstilt endel av regresjonsligningene for snittene. Vi har satt kryss ved de ligninger som vi har anvendt til beregninger.

I tabell 6.2 og 6.3 er korrelasjonskoeffisientene for sommer-sesongen og vintersesongen beregnet. For de rør som kan beregnes er koeffisientene ikke særlig forskjellige fra helår til sommer-halvår.For vintersesongen er det for det meste høyere korrelasjoner enn for helår og sommersesong (se tabell 6.3).

I tabell 6.4 har vi framstilt en del av regresjonsligningene som har interesse for vurdering og beregning. De ligninger som vi har anvendt i beregninger har vi markert med x.

6.6 Masseforholdene

Under etablering av snittene ble massene anslått til å være grove og lett vanngjennomtrengelige (permeabile). I 1980 ble det tatt noen jordprøver. De fleste prøvene er fra topplaget og gir ikke noe særlig godt bilde av masseforholdene. Ut fra måleresultatene må en ha lov til å anta at antakelsen ved etableringen gir et til-strekkelig riktig bilde av masseforholdene med hensyn til permeabi-litet.

På fig. 6.43 er det vist et kartutsnitt over rørene og stedene det er tatt prøver. Det er her også vist snitt med angivelse av innholdet i de prøver som er tatt.

Fig. 6.44 til fig. 6.51 viser siktekurvene for prøvene.

6.7 Reguleringens innflytelse på grunnvannstanden i Loen

Som nevnt i innledningen til kapittelet er vannstandsdata fra vannmerke 622-11 nyttet ved vurderingen av grunnvannsforholdene både i Bødal og i Loen. Reguleringens innflytelse på vannstanden ved vannmerket er det gjort rede for i avsnitt 5.7.

Av korrelasjonsanalysen i avsnitt 6.5 vil en se at det er stor forskjell på korrelasjonskoeffisientene mellom vannstandene på Vm 622-11 og vannstandene i de enkelte rørene, samt mellom de enkelte rør innbyrdes.

Rør nr. 3, som ligger nærmest elva av rørene i snittet på sørsiden, har høy korrelasjonskoeffisient (0,93) med Vm 622-11 Lovatn. P.g.a. punktmengdens krumming (se fig. 6.38) er vi kommet til at det for beregninger er riktigere å anvende de to regresjonsligninger vi har kommet fram til på fig. 6.41.

Med tilsvarende betraktning som for Bødal i avsnitt 5.7 og 5.8 har vi foretatt beregninger over vannstander før og etter regulering og hvilke endringer en regulering vil medføre for rør 3. Disse beregninger er vist i tabell 6.5.

Av tabellen og av diagrammene, fig. 6.52, fig. 6.53, og fig. 6.54 vil en se at grunnvannstanden under bakken før regulering varierer fra ca. 290 cm om vinteren til ca. 40 cm om sommeren. Etter regulering vil de tilsvarende tall for vinteren bli de samme som før regulering og om sommeren ca. 65 cm. Om vinteren vil endringene etter regulering bli ubetydelige, om sommeren kan endringene gå opp til ca. 25 cm.

For rør 2 har vi foretatt beregningene ut fra tallene for rør 3. Korrelasjonskoeffisienten mellom disse to rørene er svært høy og regresjonslinjen dekker punktmengden i diagrammet meget godt (tabell 6.4 og fig. 6.42).

Regresjonsligningen i tabell 6.4 og fig. 6.42 gir grunnlag for beregningen av tabellverdiene for rør 2. Faktoren i ligningen er 0,89. D.v.s. at endringene i rør 2 vil bli ca. 90% av endringene i rør 3. Tabellverdiene for rør 2 er framstilt i tabell 6.6 og framstilt grafisk i fig. 6.55 til fig.6.57.

Ved rør 1 er korrelasjonskoeffisienten så lav at det ikke er realistisk å foreta beregninger (tabell 6.1-6.3). Fig. 6.23 og 6.24 viser at vannstanden ved rør 1 er ca. 1 meter høyere enn i rør 2 over hele året. Ser en på gradientene mellom rørene i fig. 6.27 og 6.28 viser de at gradienten fra rør 3 til 2 praktisk talt er under 5 0/00, mens den fra rør 2 til 1 for det meste svinger mellom 10 og 17 0/00. Elvepåvirkningen ved rør 1 er betydelig mindre enn ved rør 2 og 3.

Mellom rør 4 og Vm 622 er korrelasjonskoeffisienten 0,83 og regresjonsfaktoren 0,25. Iflg. avsnitt 4.1 gir kvadratet av korrelasjonskoeffisienten (RxR) et mål på hvor stor del av variasjonene for den avhengige variable som forårsakes av den

uavhengige variable og hva som skyldes andre faktorer. Dvs. at ca. 70 % er forårsaket av elvevannstanden. Dette gir noe svakt grunnlag for videre beregninger, som derfor ikke er utført i denne omgang.

Ved rør 5 er relasjonene rør/vannmerke ikke målbare, noe som for en vesentlig grad skyldes den kraftige drenering parallelt med elva, slik som nevnt i avsnitt 6.5.

For rør 3 og rør 2, som vi har beregnet grunnvannstander for som en følge av elvevannstandene, har vi i fig. 6.58 og fig. 6.59 framstilt endringene over året. Hvor det er liten forskjell mellom maks- og minimumsverdier (vinter) er skaleringen litt unøyaktig, men hovedtrekkene i vannstandsendringene skulle tre godt fram.

7. SAMMENDRAG

7.1 Bødal

Det er stor samvirkning mellom vannstanden i Lovatnet og grunnvannsbrønnene i Bødalen, særlig for rør 1. De andre to rørene er noe påvirket av tilførselen fra høyereliggende terreng. Det er muligens også infiltrasjon direkte fra Bødalselva til disse to rørene.

Grunnvannstanden ligger dypere i forhold til terrenget etterhvert som avstanden fra Lovatnet øker.

Senkingen i grunnvannstand etter regulering vil bli ubetydelig om vinteren. Om sommeren vil senkingen kunne bli inntil ca. 35 cm. De største endringene vil bli i juni, juli og august, og da særlig ved de høyeste vannstander. Da beregningene er utført ved hjelp av regresjonsligninger, hvor koeffisientene i ligningene er gjennomsnittstall, vil de utregnede verdier også være gjennomsnittstall.

7.2 Loen

Det er stor samvirkning mellom elvevannstand i Loelva og rørene 2 og 3, i snittet på sørsiden, mens rør 1 ikke er påvirket.

I snittet på nordsiden av Loelva kan en svak elvepåvirkning spores ved rør 4, mens rør nr. 5 er lite påvirket, p.g.a. dreneringen parallelt med elva.

Grunnvannstanden følger omtrent terrenget i begge snittene. Endringene i grunnvannstand etter regulering vil bli ubetydelige om vinteren for rør 3 og rør 2. Om sommeren kan senkingen bli inntil ca. 25 cm.

8. LITTERATUR

Beskow, G.
1935: "Tjälbildning och tjällyftningen", Sveriges Geologiska Undersøkning, C 375, Stockholm.

Atterberg, A.
1903: "Studier i jordanalyse" Nr. 1-6, Kungl. Landbruksakademiets avhandlinger och tidsskrift, Stockholm.

Todd, D.K.
1980: "Groundwater Hydrology", John Wiley & Sons, Inc. New York.

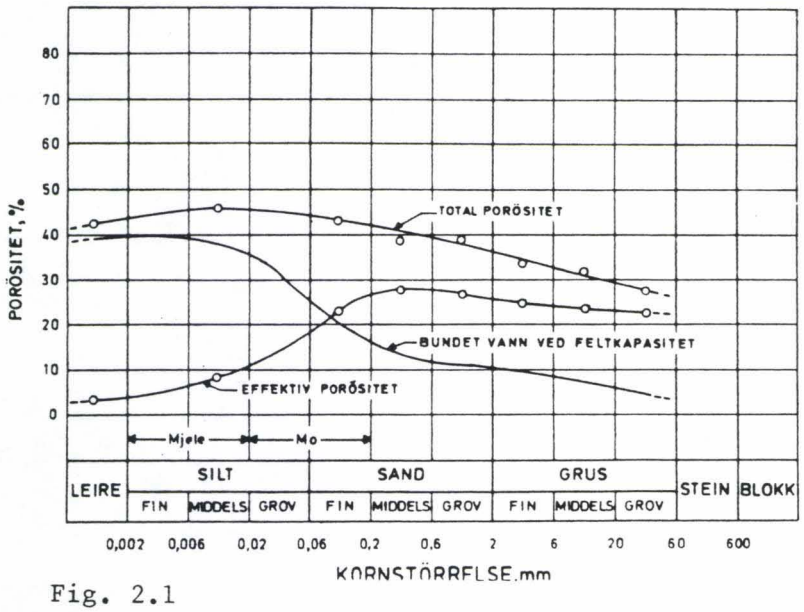

POROSITET, %
80
70
60
50
40
30
20
10
0
TOTAL POROSITET
BUNDET VANN VED FELTKAPASITET
EFFEKTIV POROSITET
Mjele
Mo
LEIRE
SILT
SAND
GRUS
STEIN
BLOKK
FIN
MIDDELS
GROV
FIN
MIDDELS
GROV
FIN
MIDDELS
GROV
0,002
0,006
0,02
0,06
0,2
0,6
2
6
20
60
600
KORNSTØRRELSE,mm

Fig. 2.1

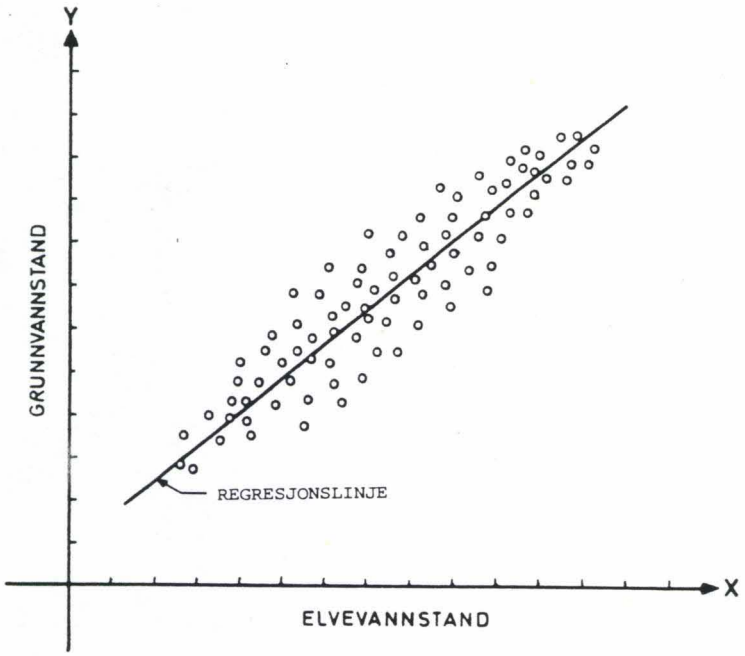

Y
GRUNNVANNSTAND
REGRESJONSLINJE
X
ELVEVANNSTAND

Fig. 4.1

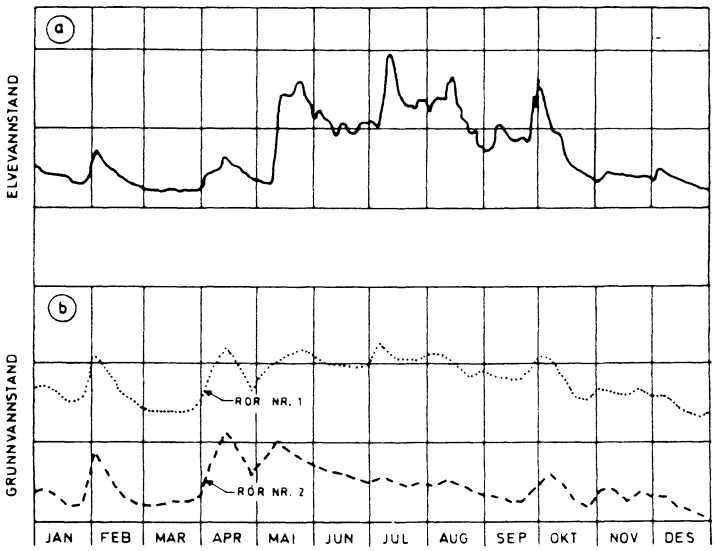

a
ELVEVANNSTAND
b
GRUNNVANNSTAND
RØR NR. 1
RØR NR. 2
JAN
FEB
MAR
APR
MAI
JUN
JUL
AUG
SEP
OKT
NOV
DES

Fig. 4.2

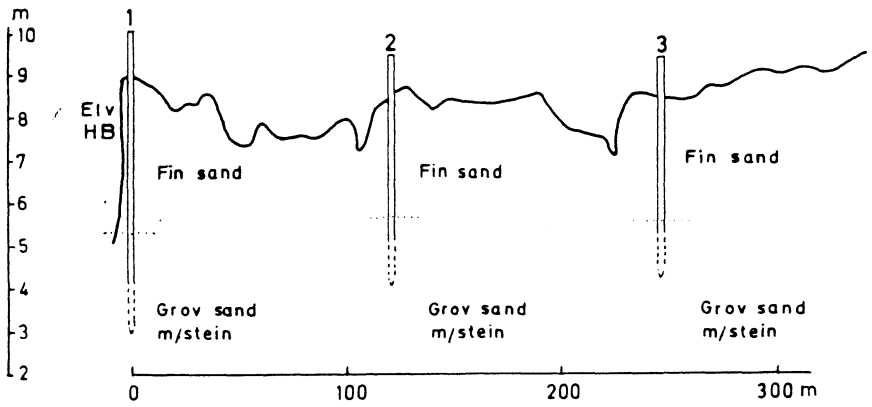
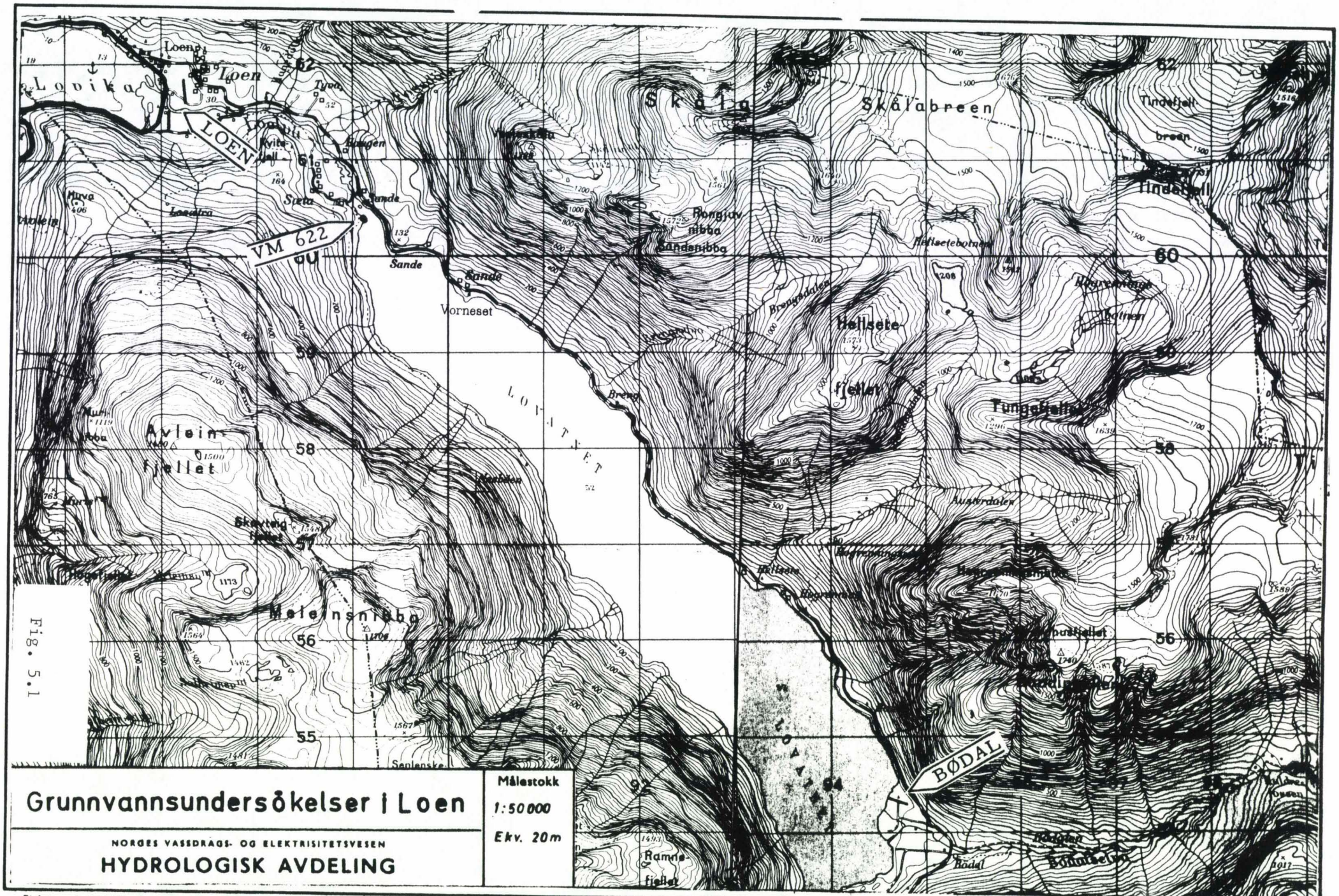

m
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
2
3
Elv
HB
Fin sand
Fin sand
Fin sand
Grov sand
m/stein
Grov sand
m/stein
Grov sand
m/stein
0
100
200
300 m

Fig. 4.3



Flyfotografert 1966. Synfart 1968. Hydrografi etter sjøkart nr. 213. Reprodusert av Defense Mapping Agency Topographic Center U. S. A. 1971. Utgitt 1973.

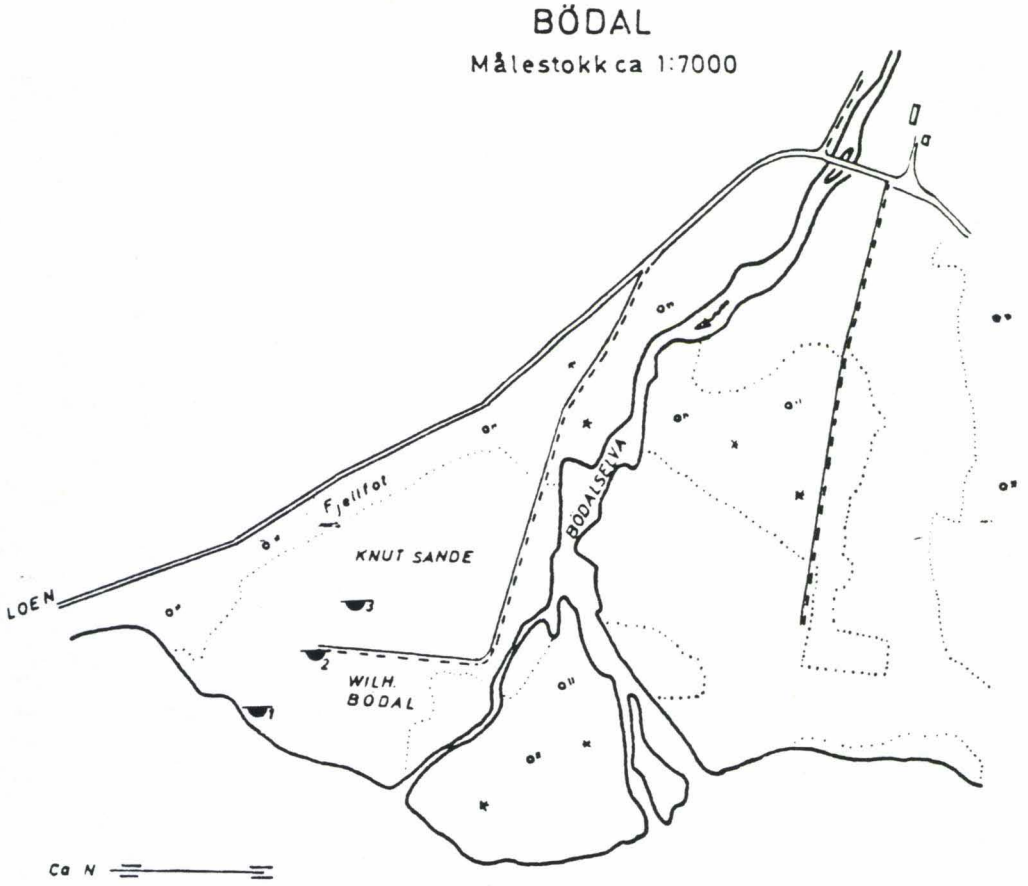

BÖDAL
Målestokk ca 1:7000
LOEN
Fjellfot
KNUT SANDE
BODALSELVA
WILH.
BODAL
1
2
3
Ca N
Grunnvannsrør i Bødal
LOVATNET

Fig. 5.2

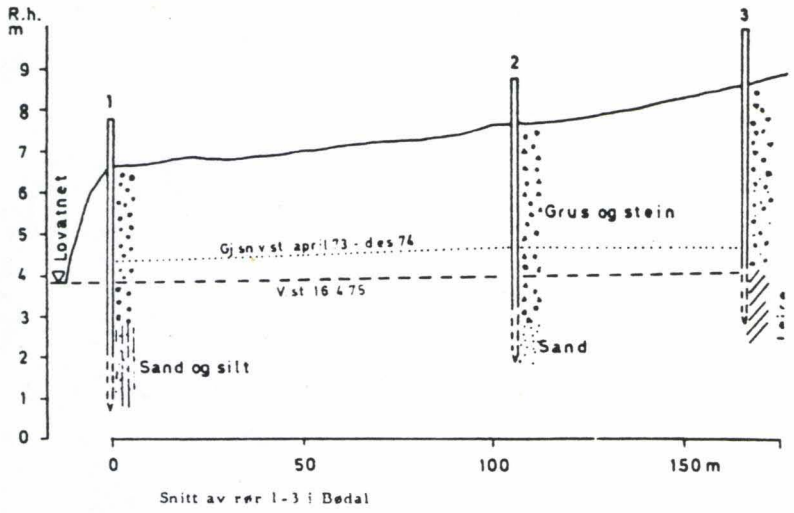

R.h.
m
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1
2
3
Lovatnet
Gjsn.v.st. apr.1973 - des.74
V.st 16.4.75
Sand og silt
Grus og stein
Sand
0
50
100
150 m
Snitt av rør 1-3 i Bødal

Fig. 5.3

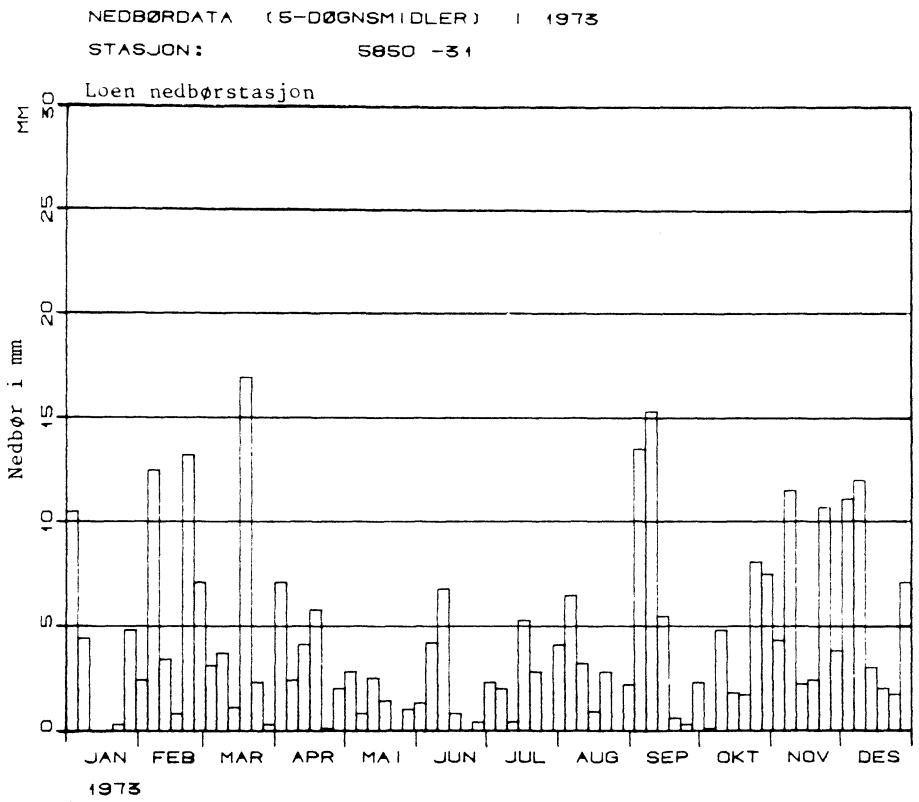

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1973
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
Nedbør i mm
0
5
10
15
20
25
30
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1973

Fig. 5.4

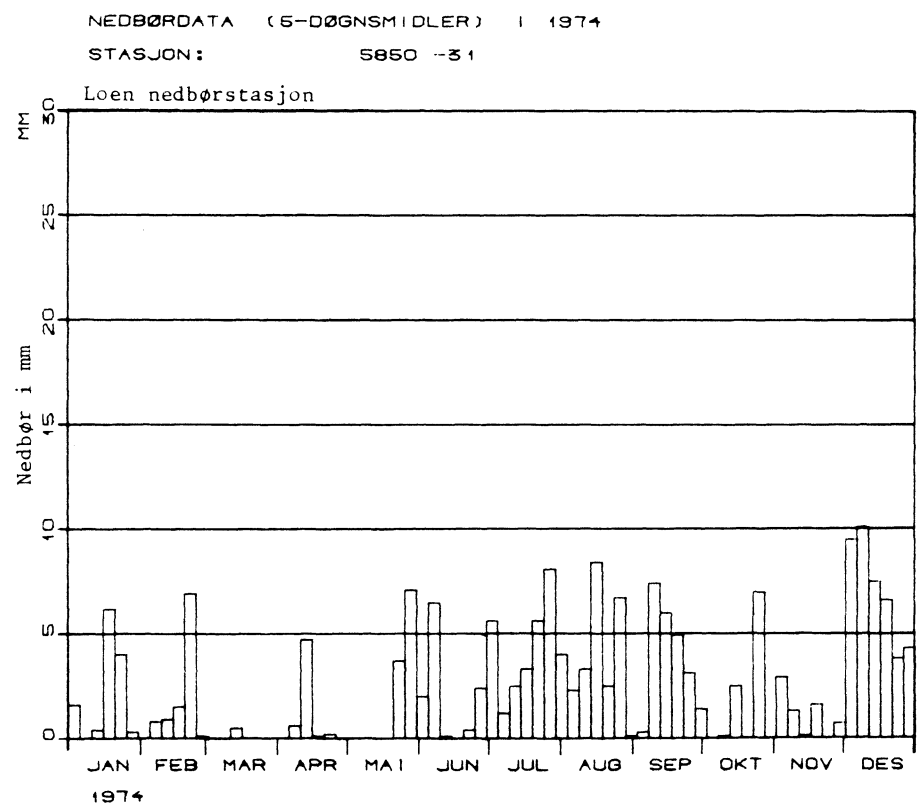

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1974
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
Nedbør i mm
0
5
10
15
20
25
30
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1974

Fig. 5.5

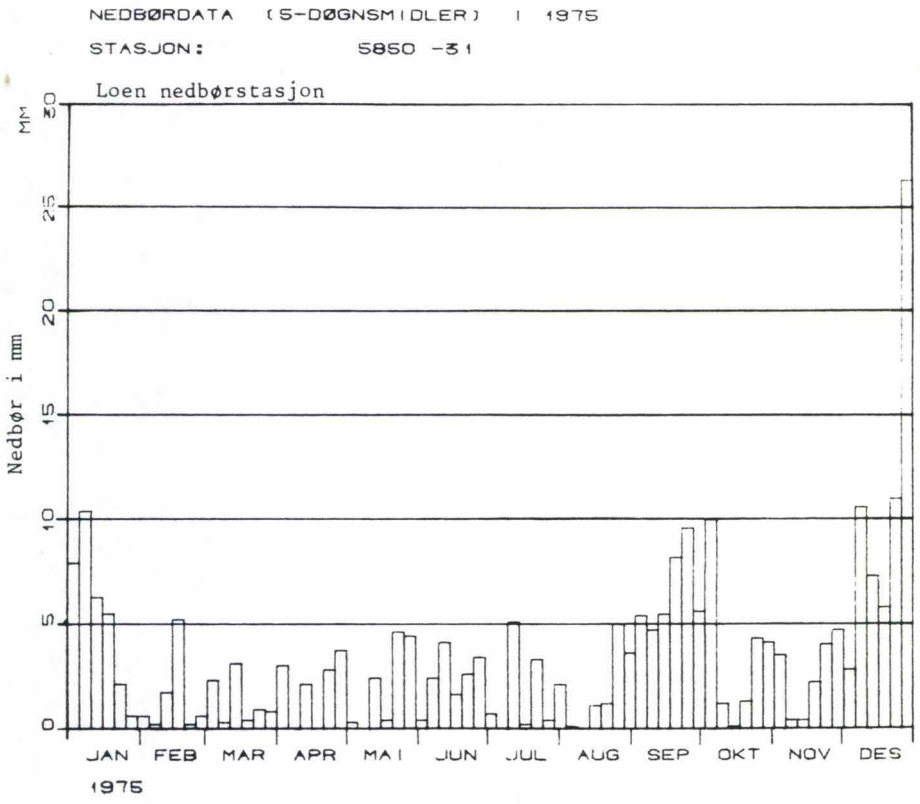

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1975
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
Nedbør i mm
0
5
10
15
20
25
30
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1975

Fig. 5.6

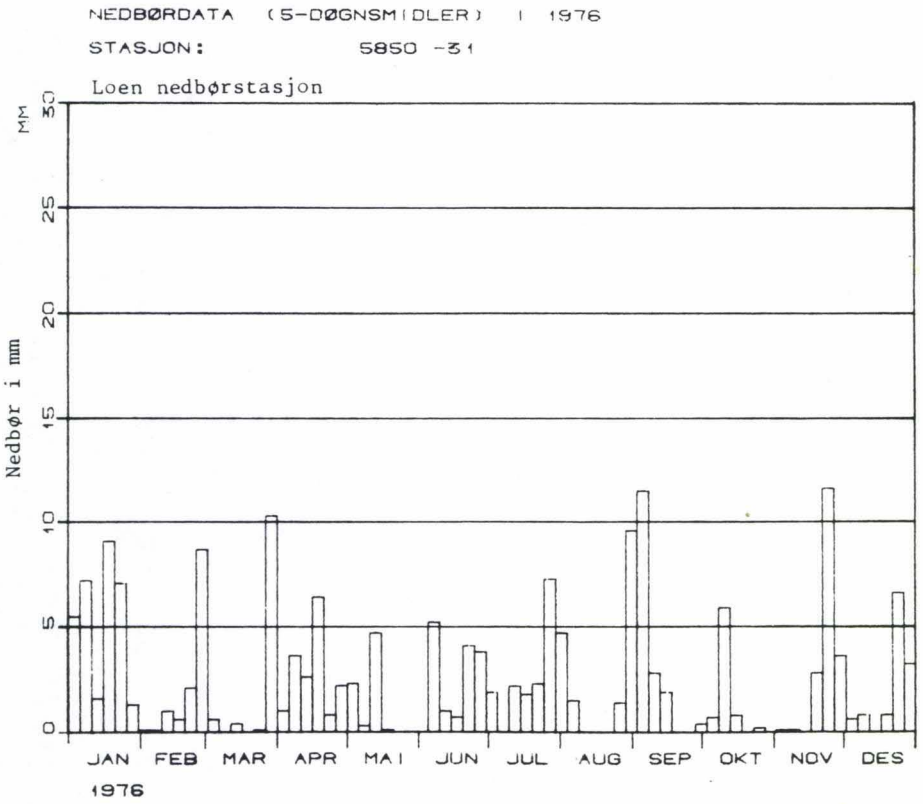

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1976
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
Nedbør i mm
0
5
10
15
20
25
30
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1976

Fig. 5.7

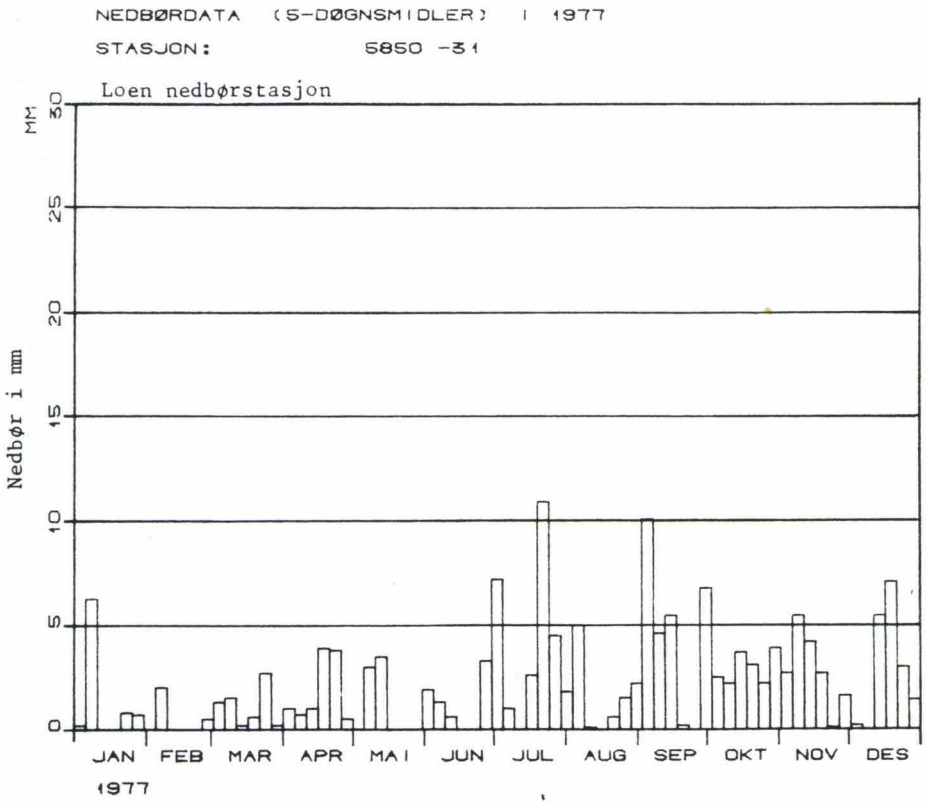

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1977
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
30
25
20
15
10
5
0
Nedbør i mm
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1977

Fig. 5.8

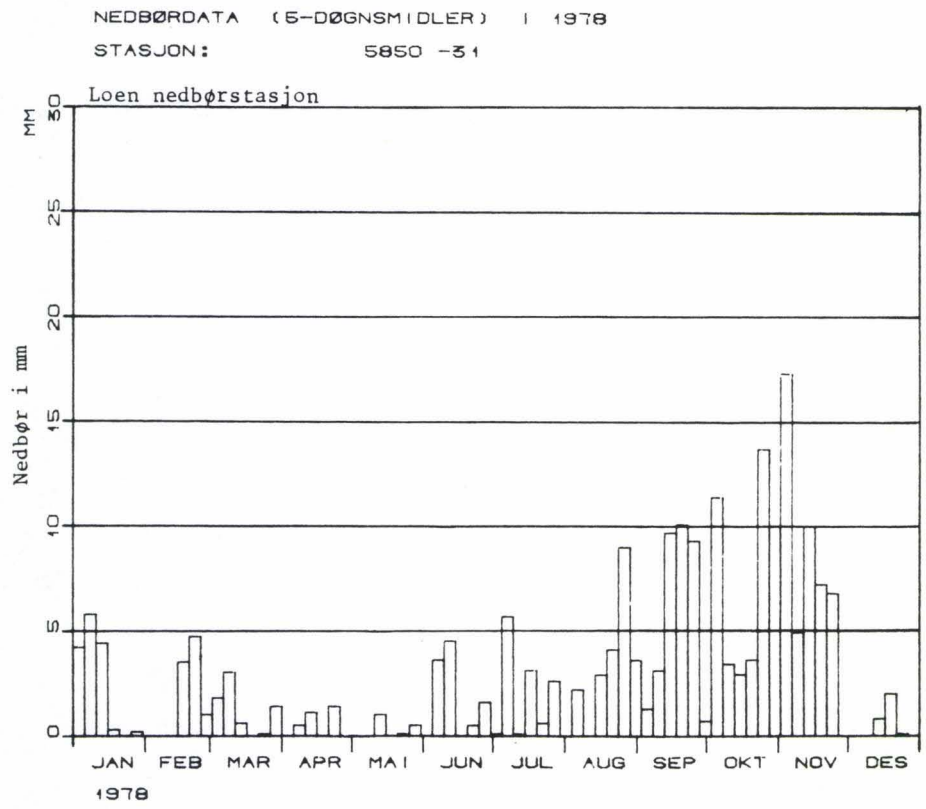

NEDBØRDATA (5-DØGNSMIDLER) I 1978
STASJON: 5850 -31
Loen nedbørstasjon
MM
30
25
20
15
10
5
0
Nedbør i mm
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1978

Fig. 5.9

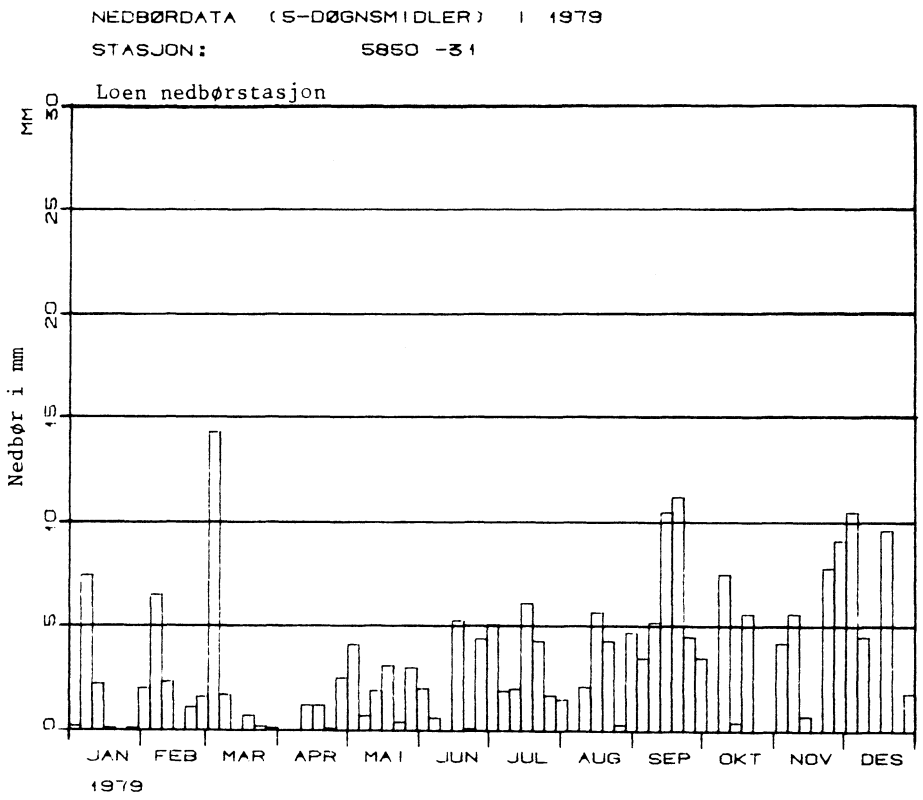


Fig. 5.10

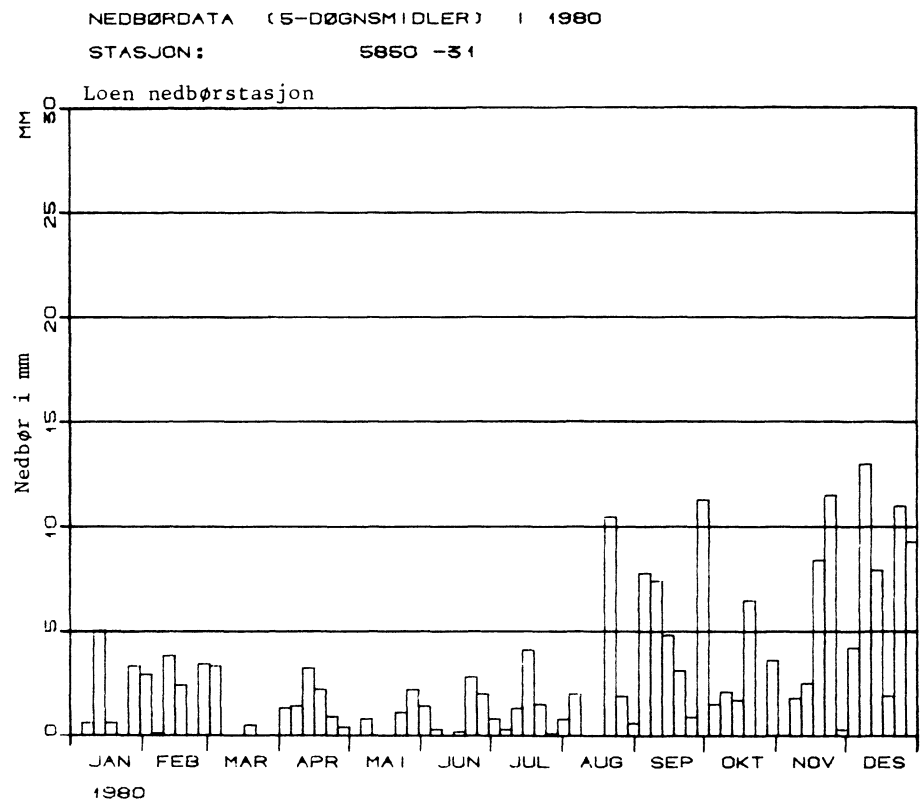


Fig. 5.11

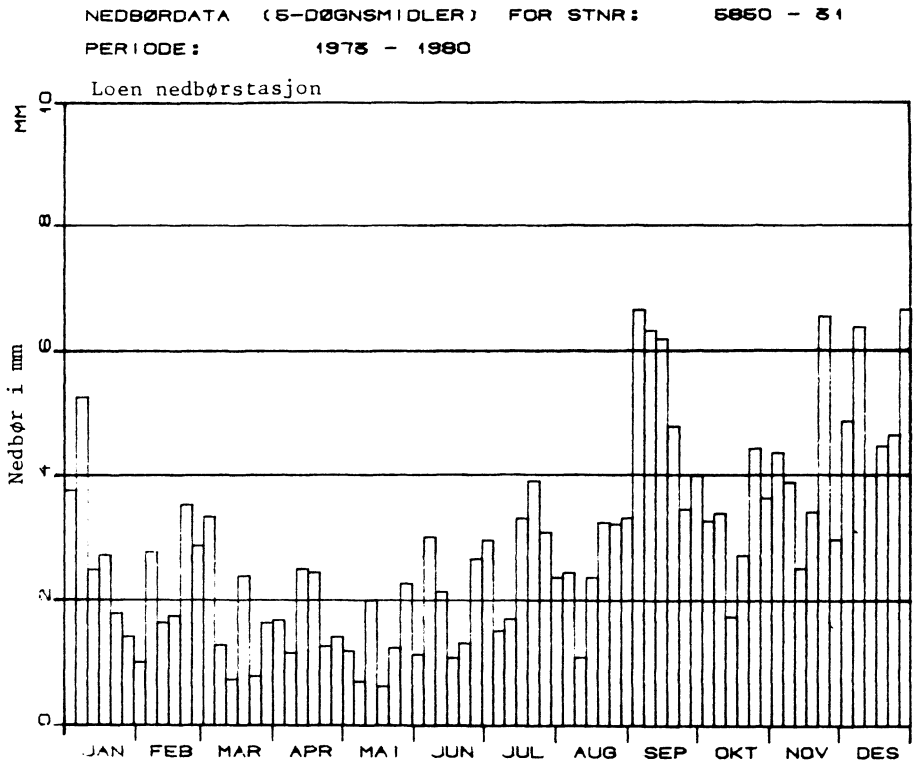


Fig. 5.12

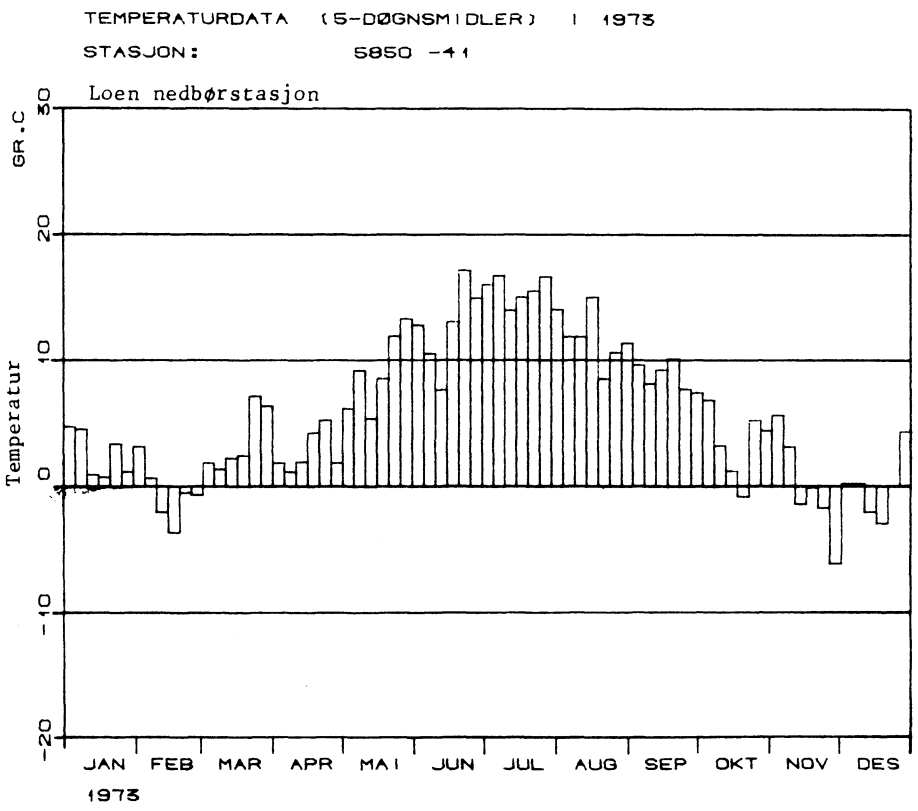


Fig. 5.13

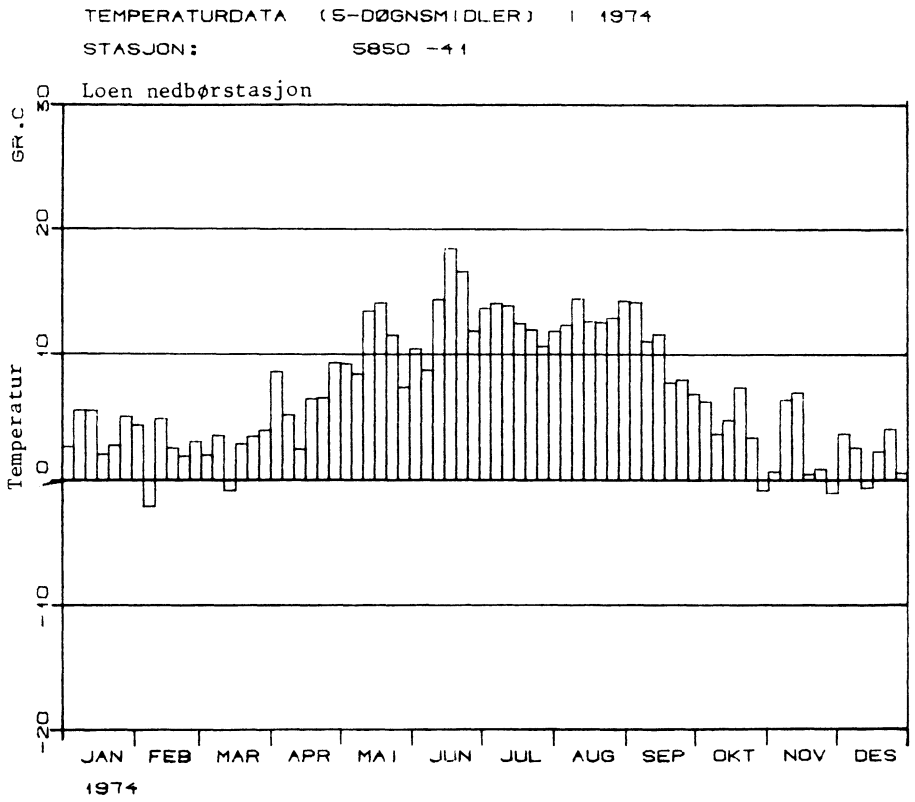


Fig. 5.14

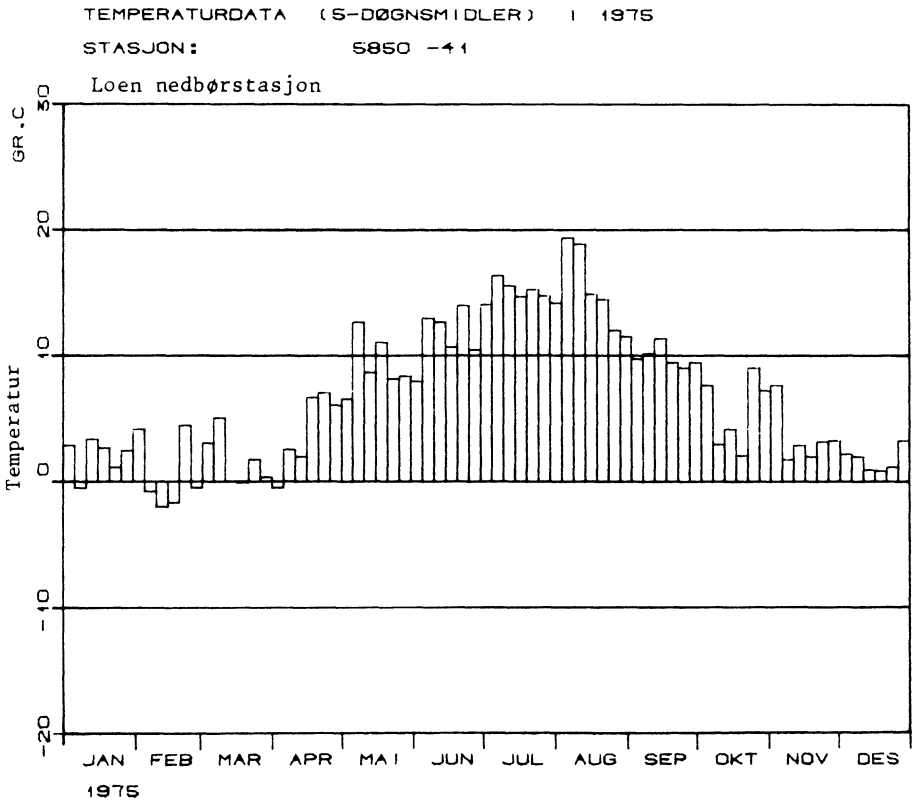


Fig. 5.15

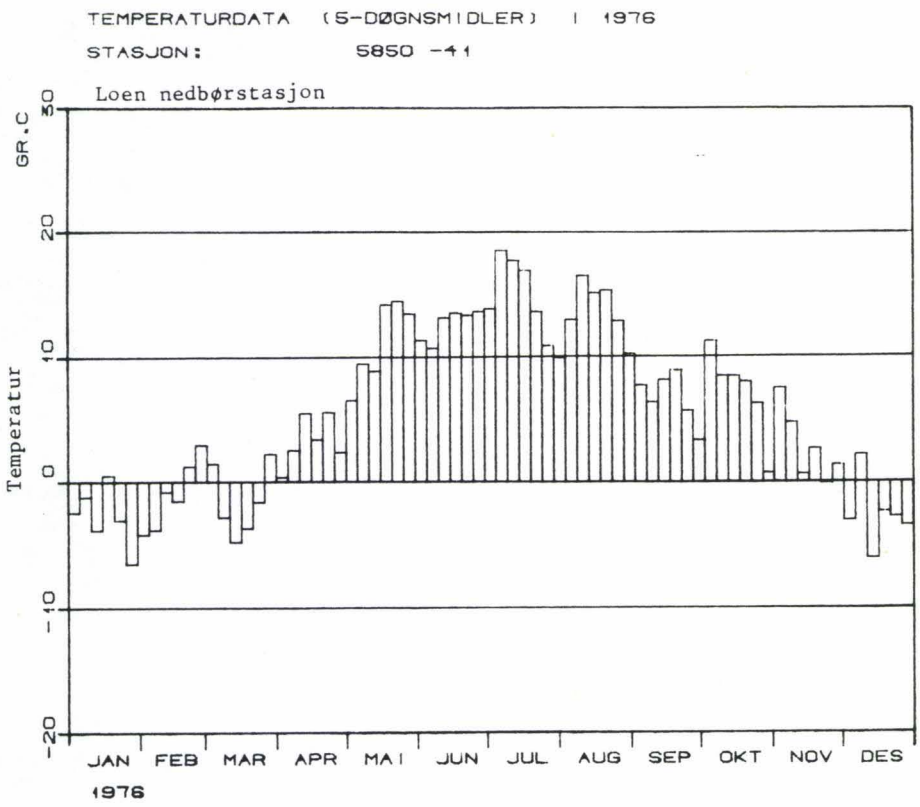


Fig. 5.16

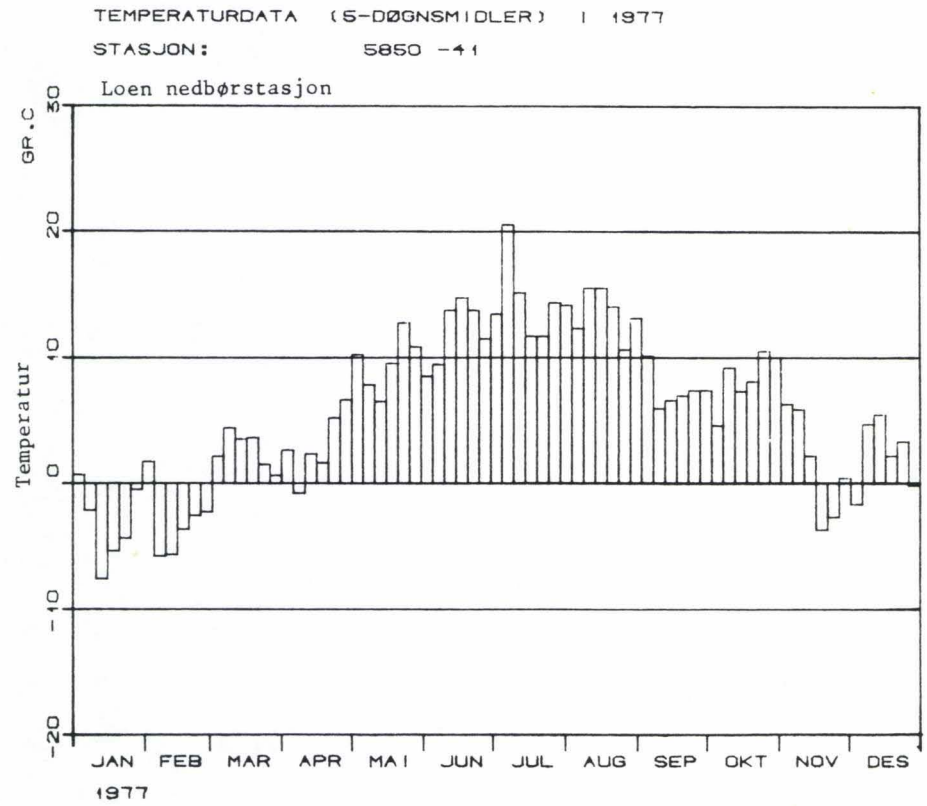


Fig. 5.17

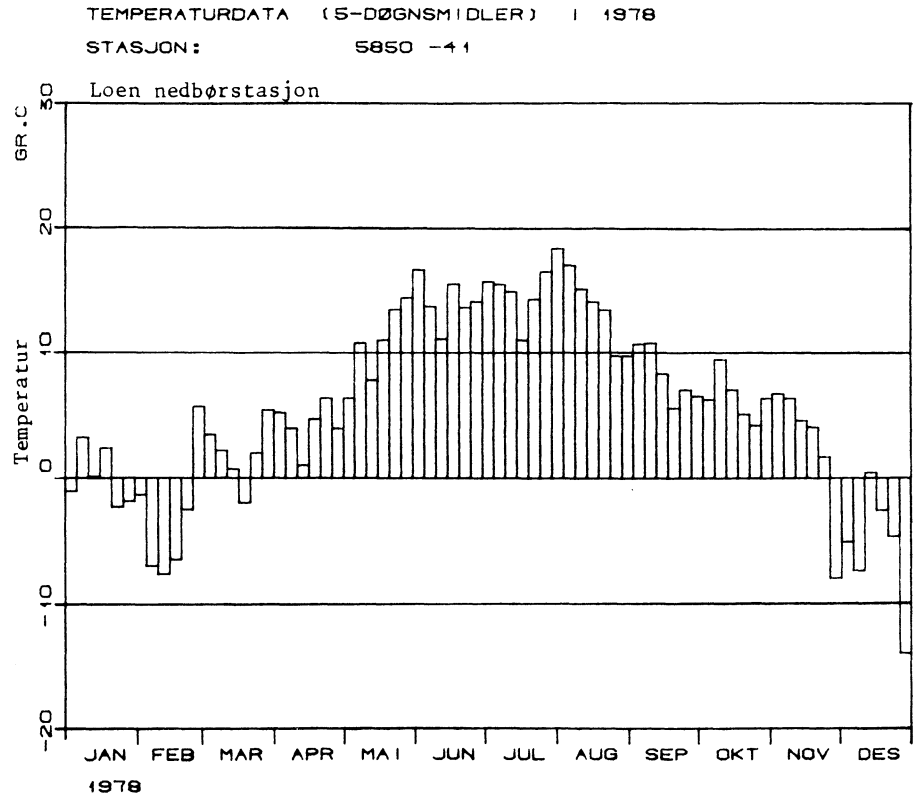


Fig. 5.18

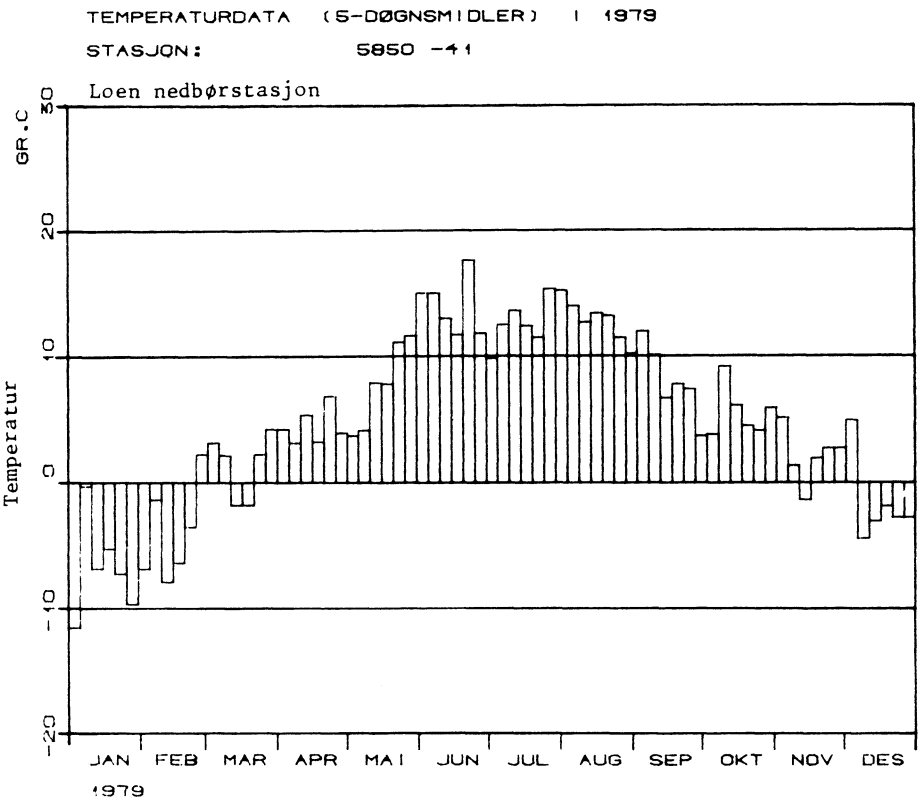


Fig. 5.19

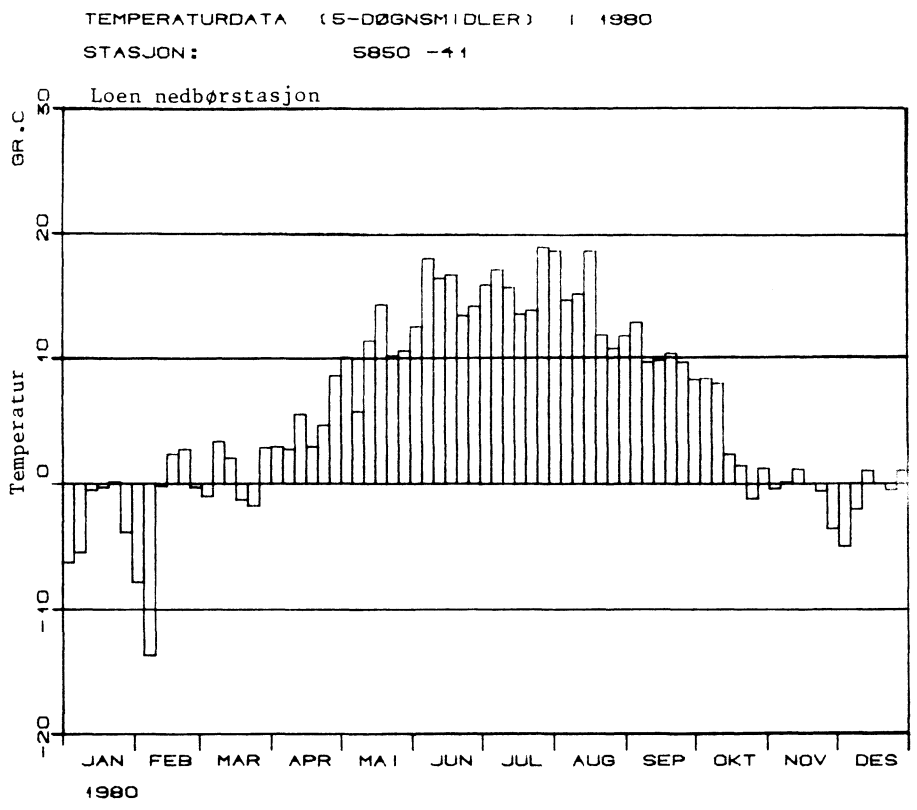


Fig. 5.20

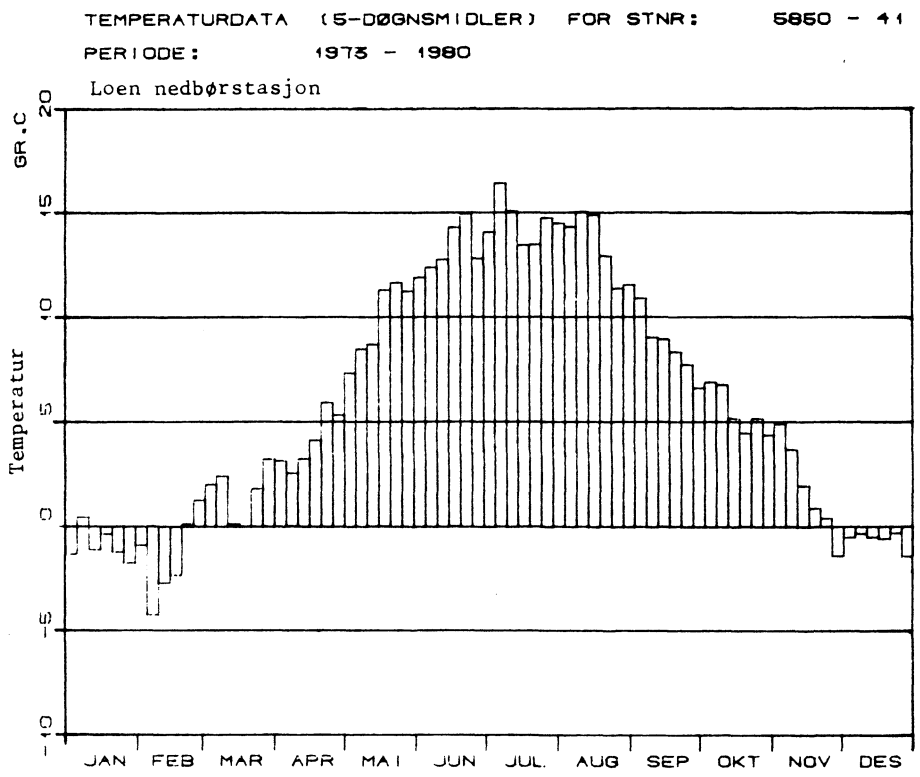


Fig. 5.21

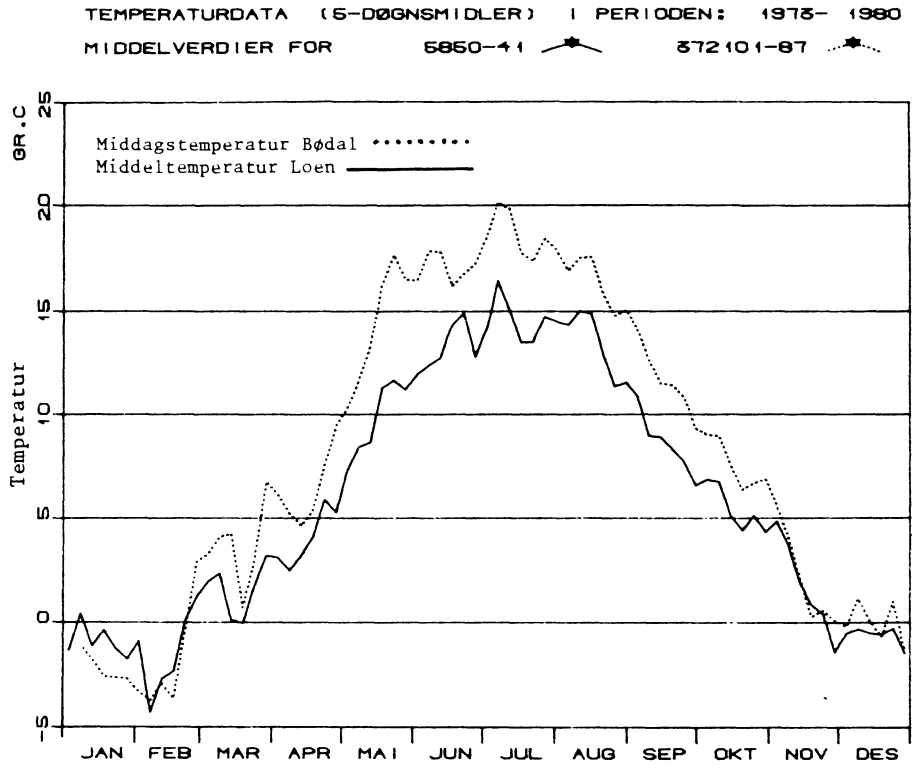


Fig. 5.22

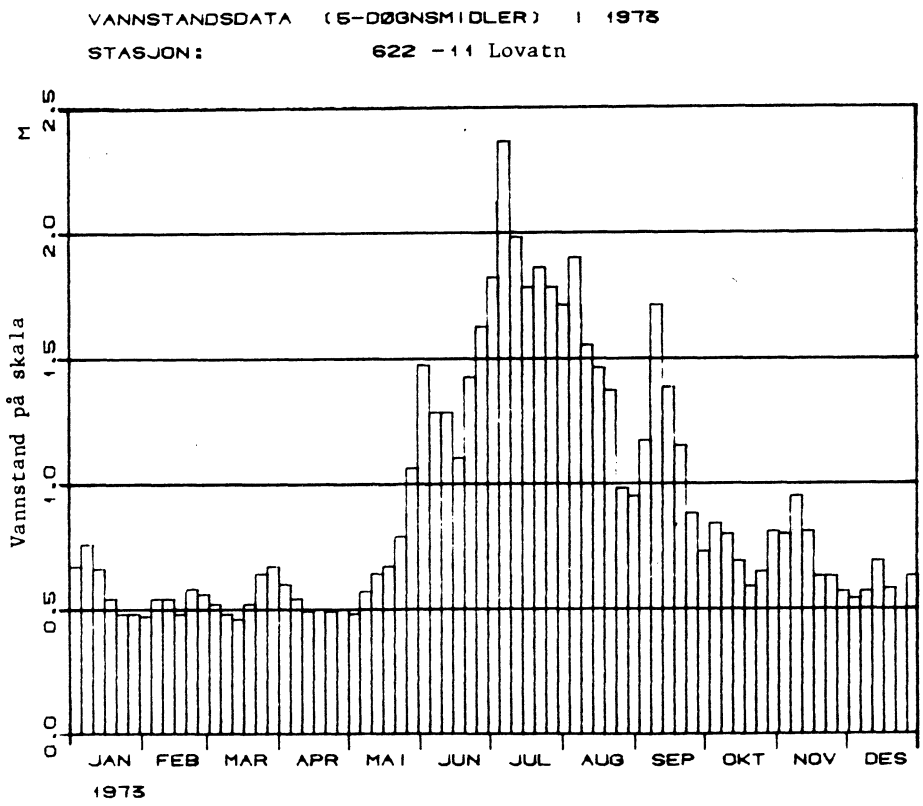


Fig. 5.23

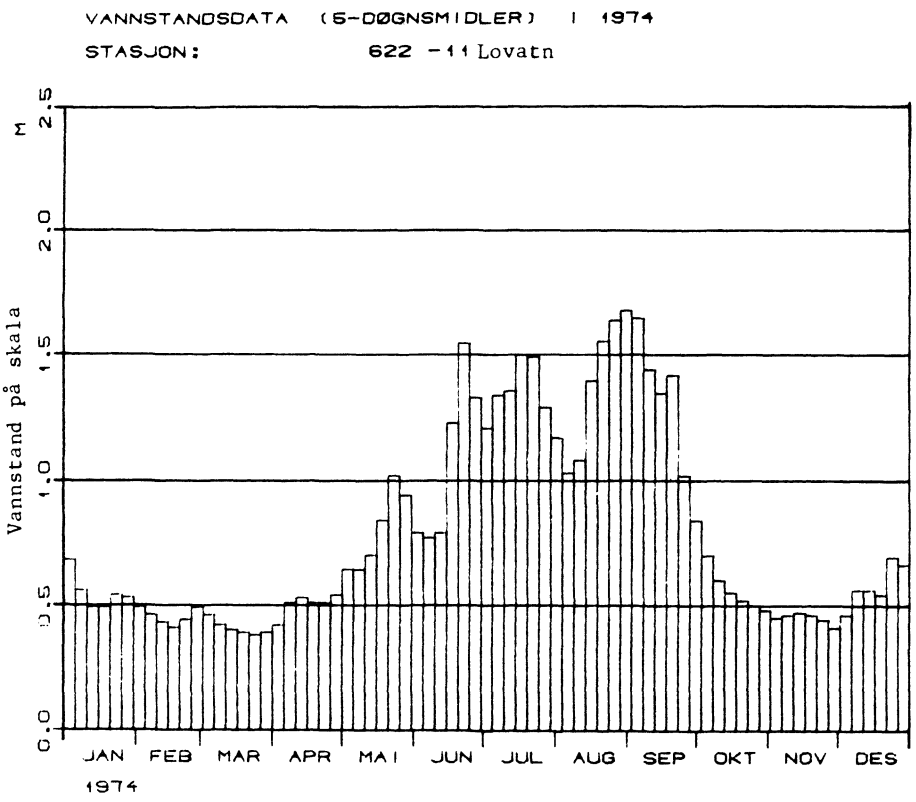


Fig. 5.24

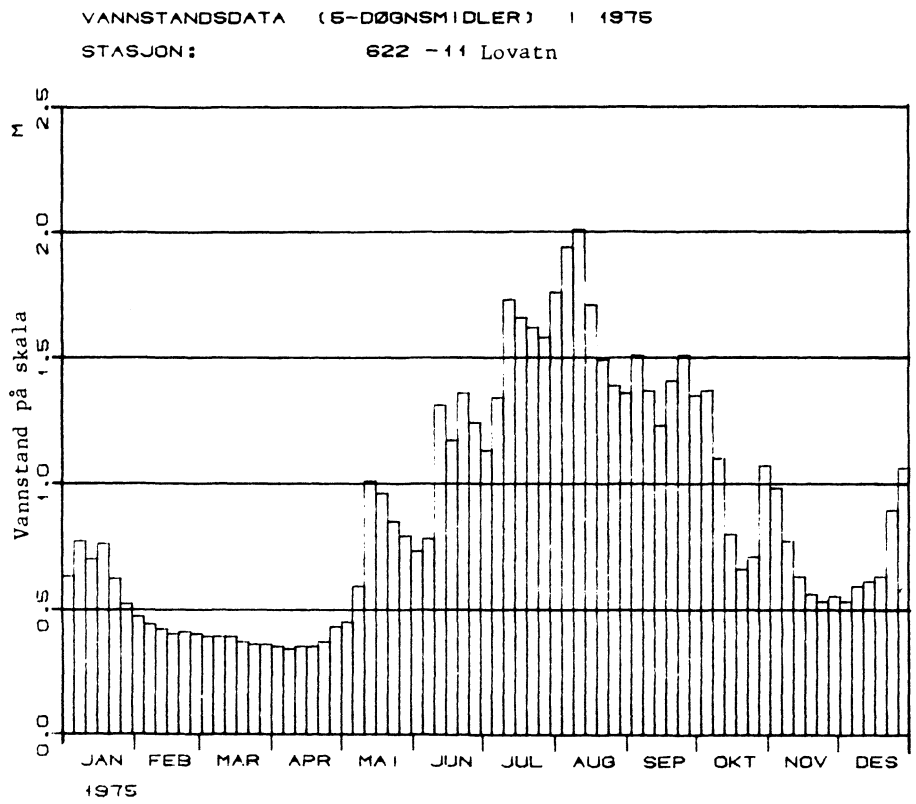


Fig. 5.25

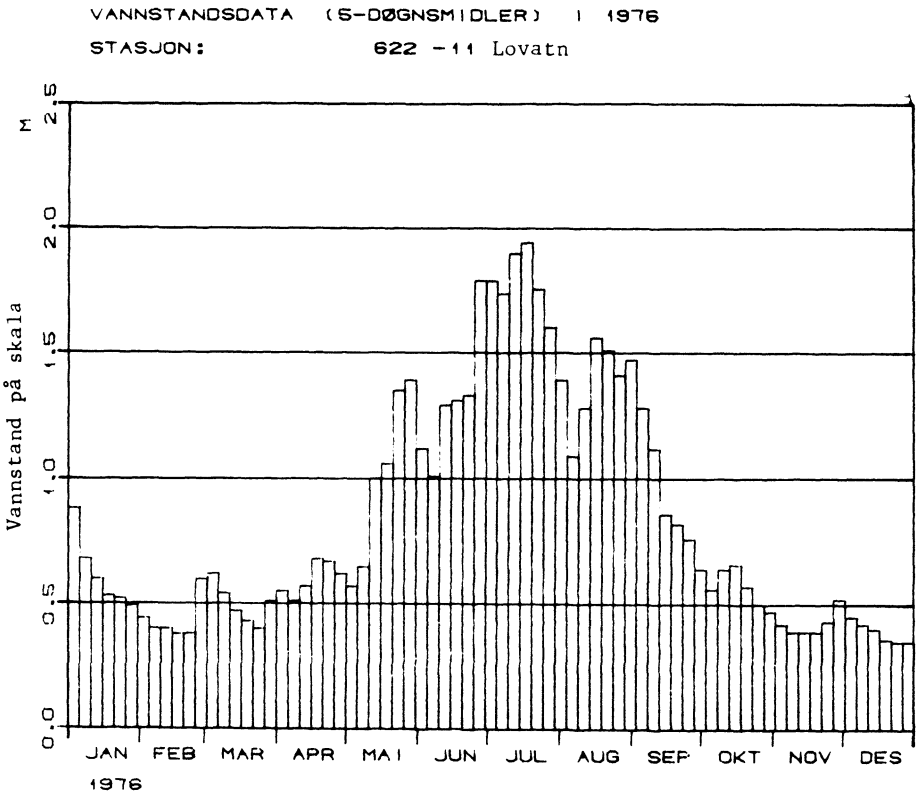


Fig. 5.26

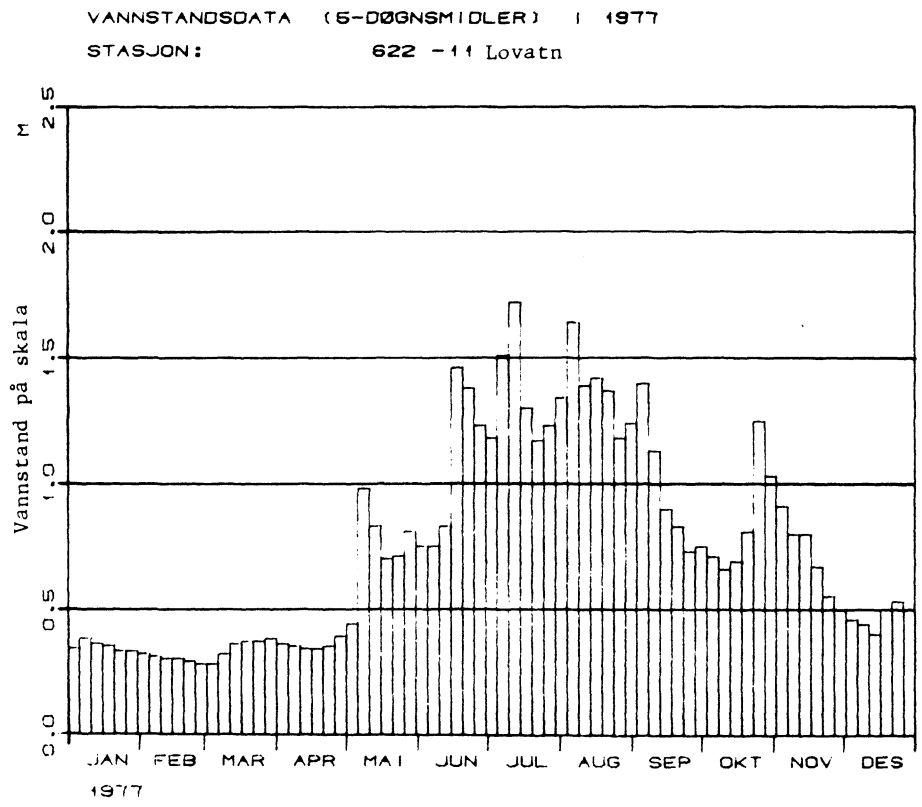


Fig. 5.27

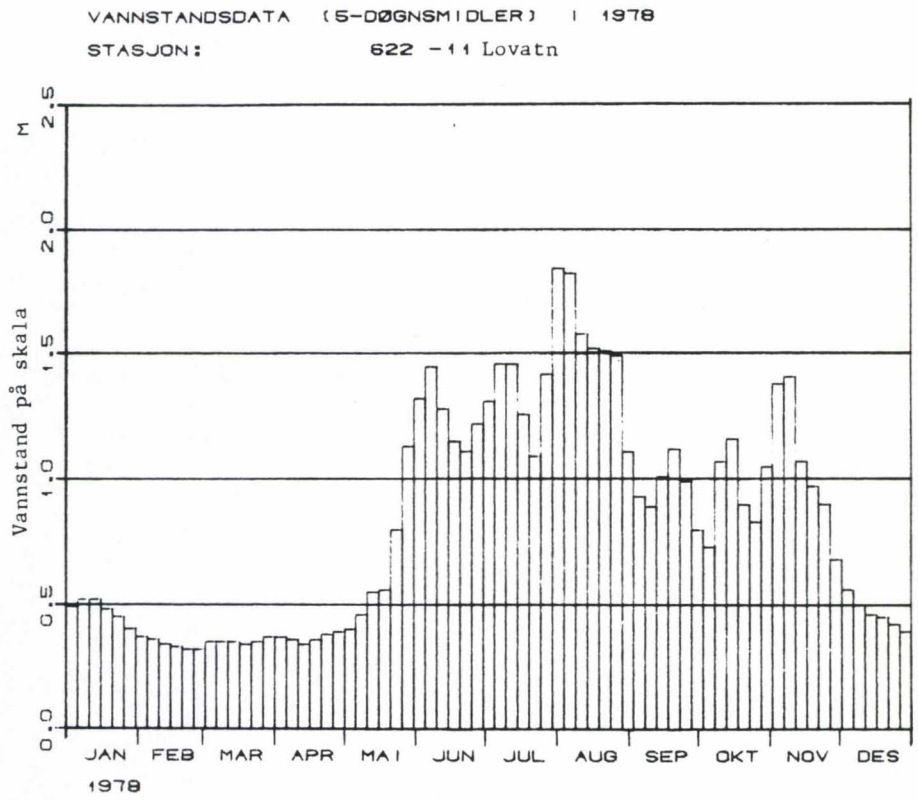


Fig. 5.28

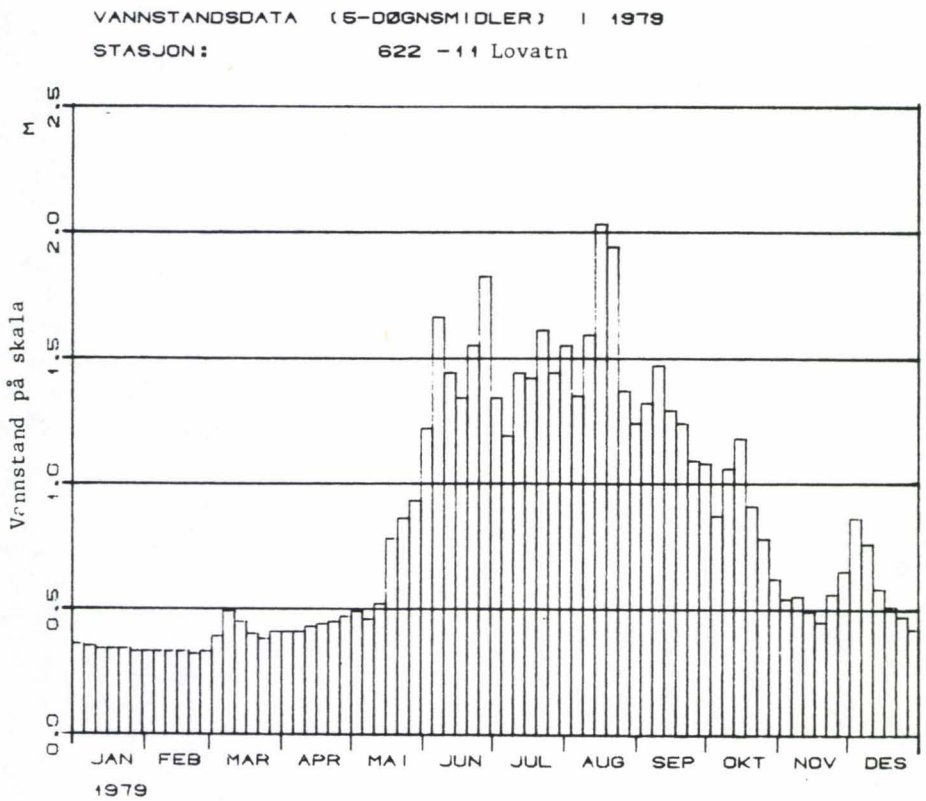


Fig. 5.29

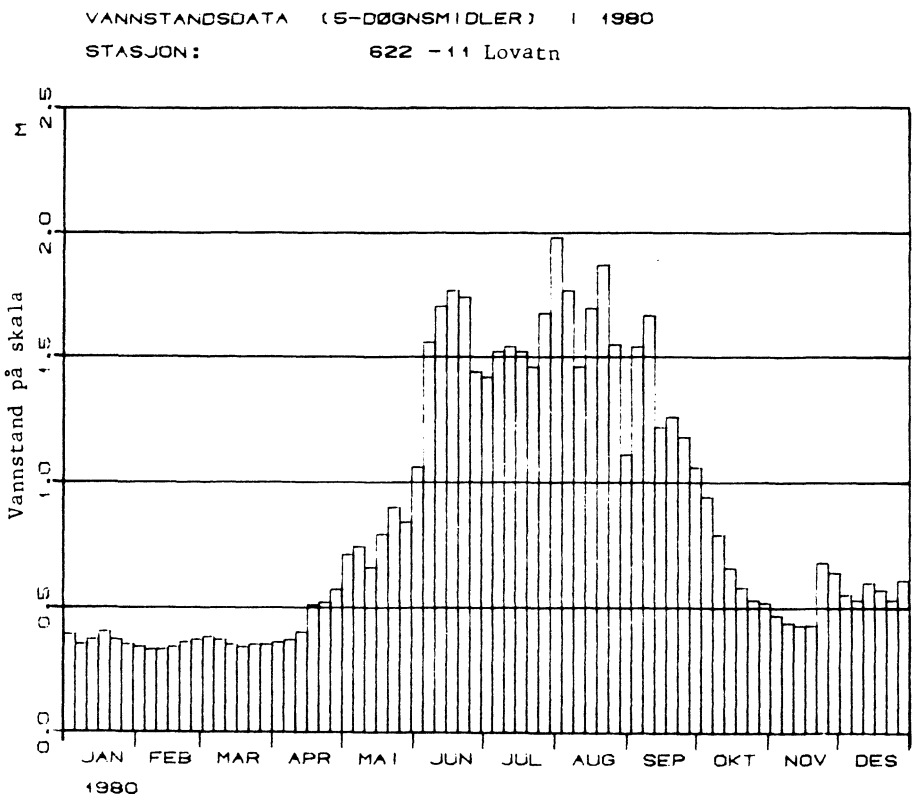


Fig. 5.30

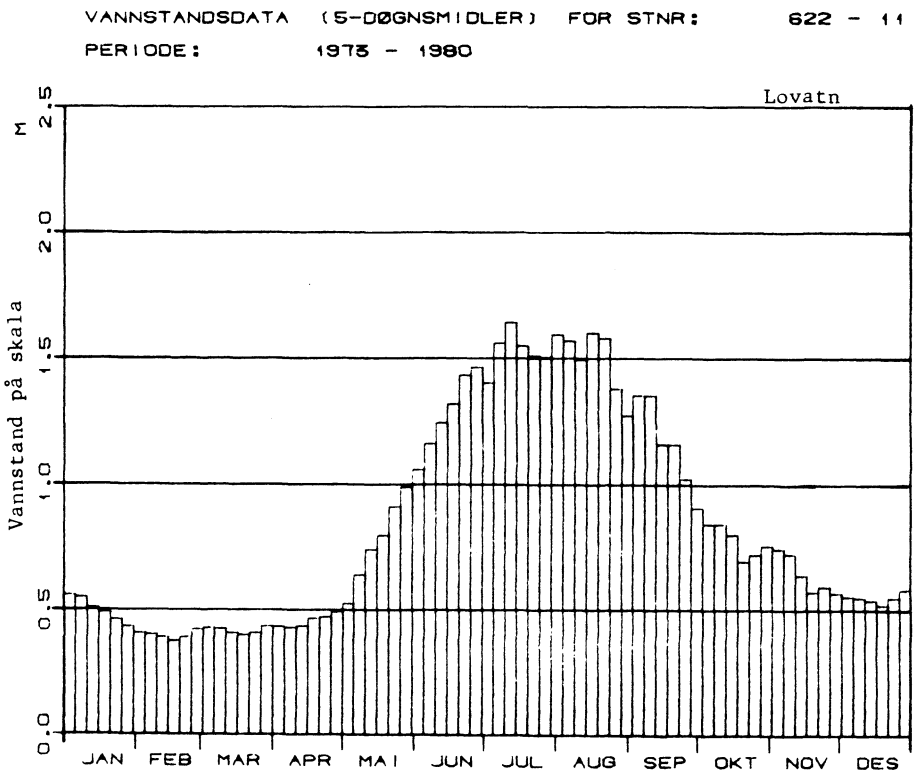


Fig. 5.31

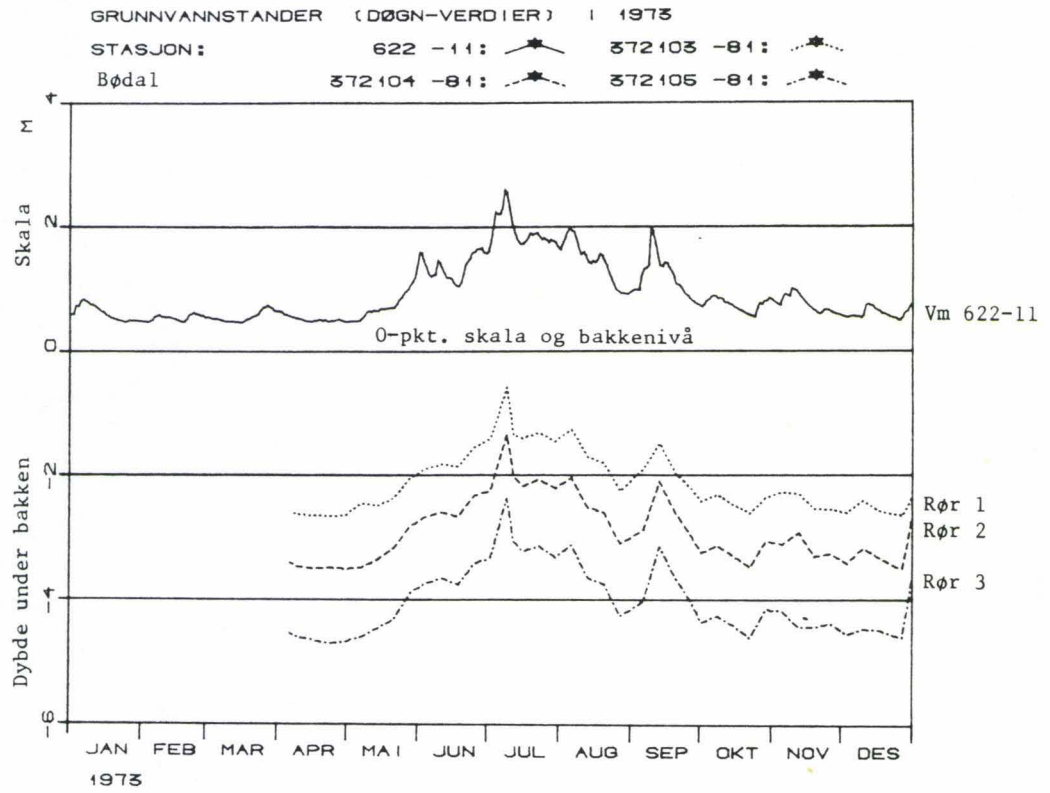


Fig. 5.32

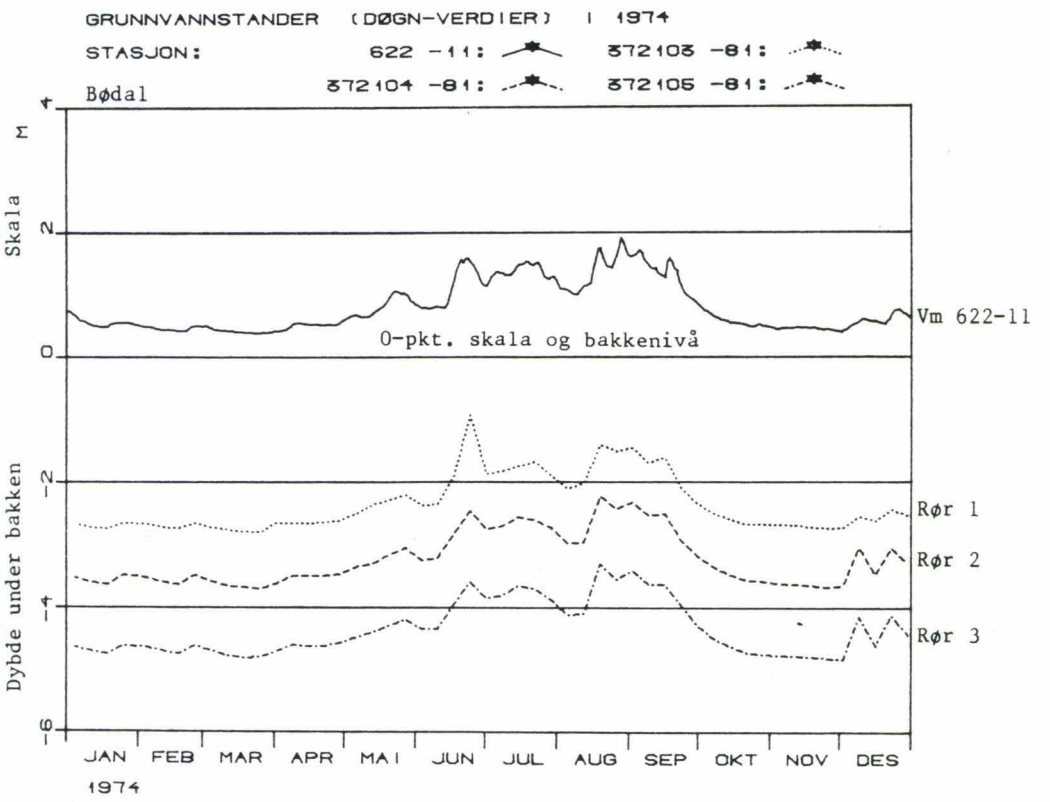


Fig. 5.33

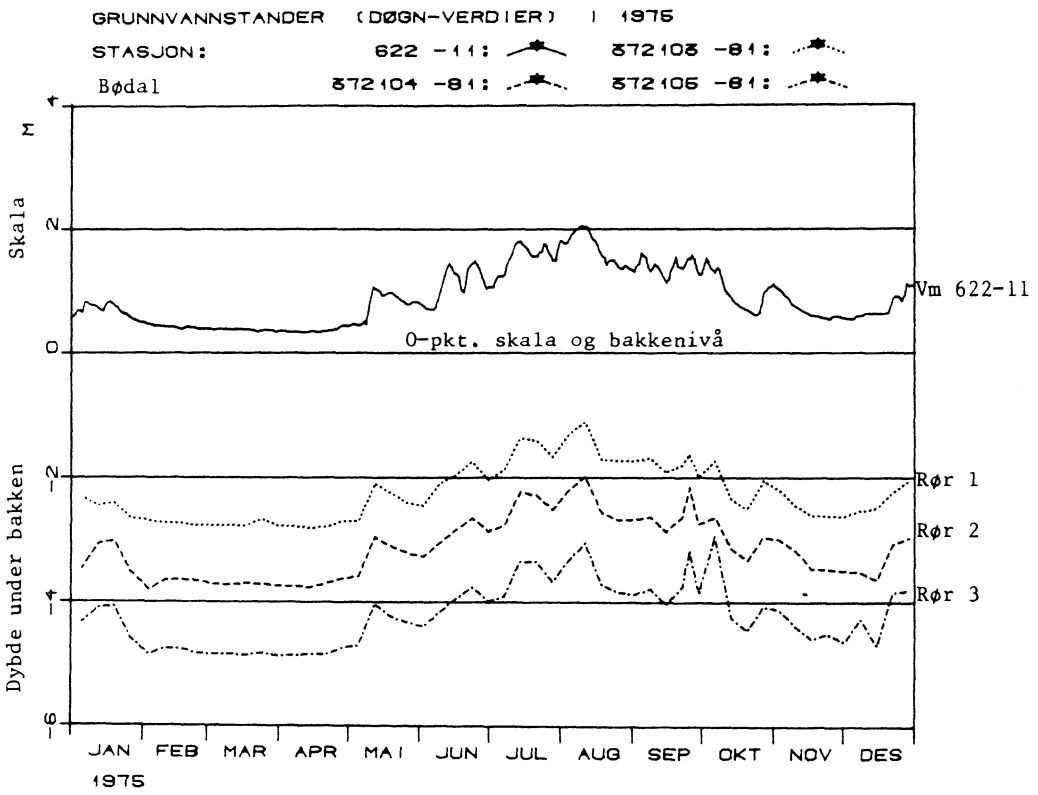


Fig. 5.34

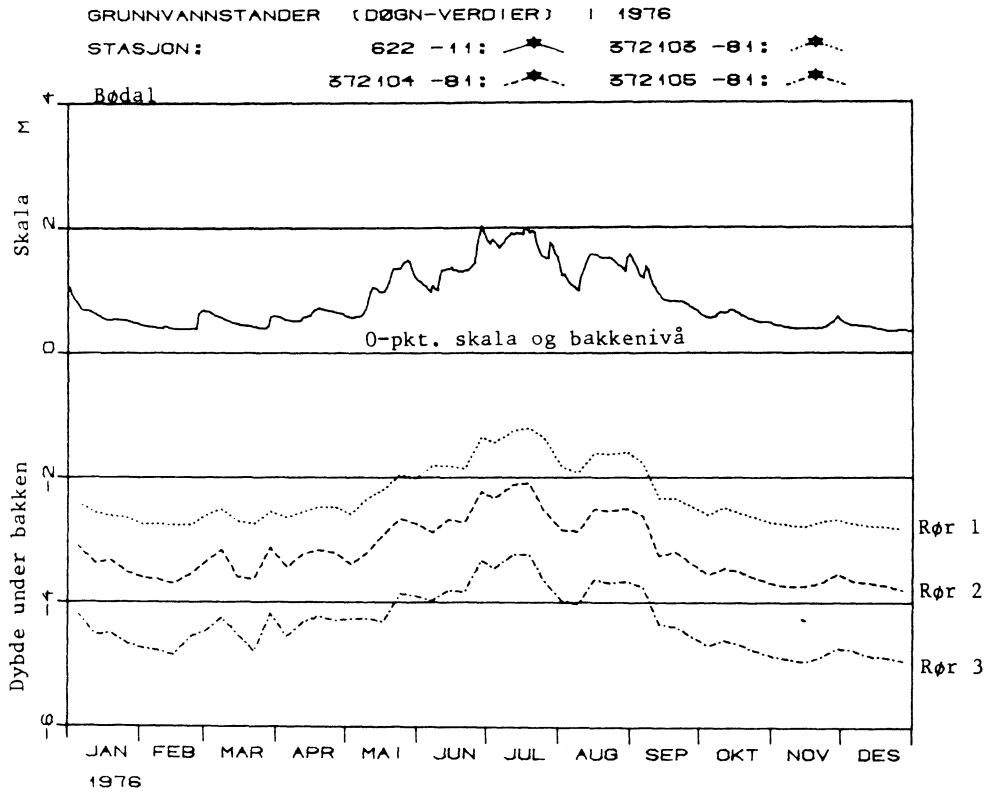


Fig. 5.35

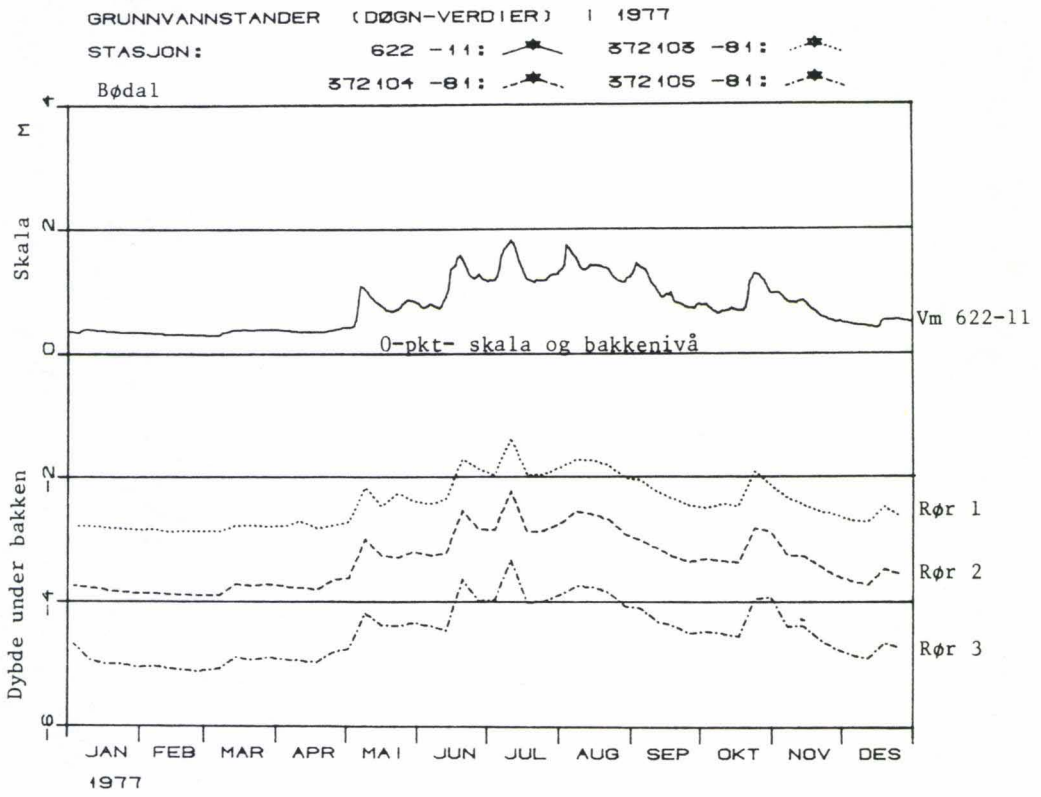


Fig. 5.36

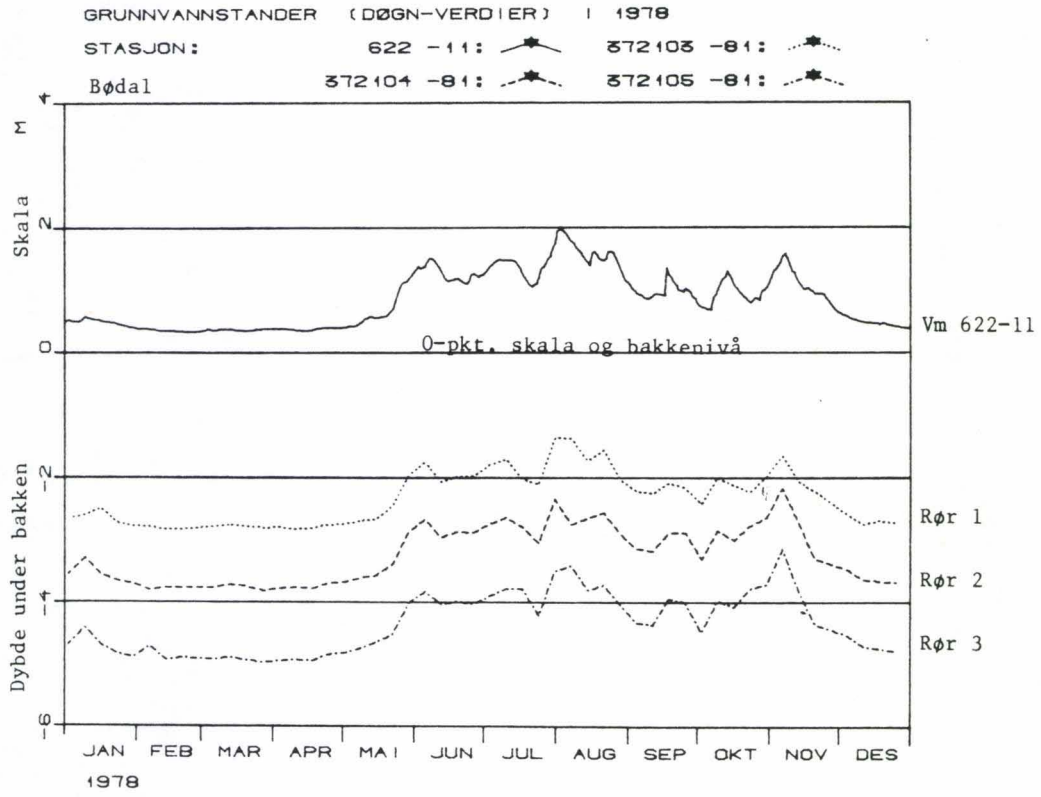


Fig. 5.37

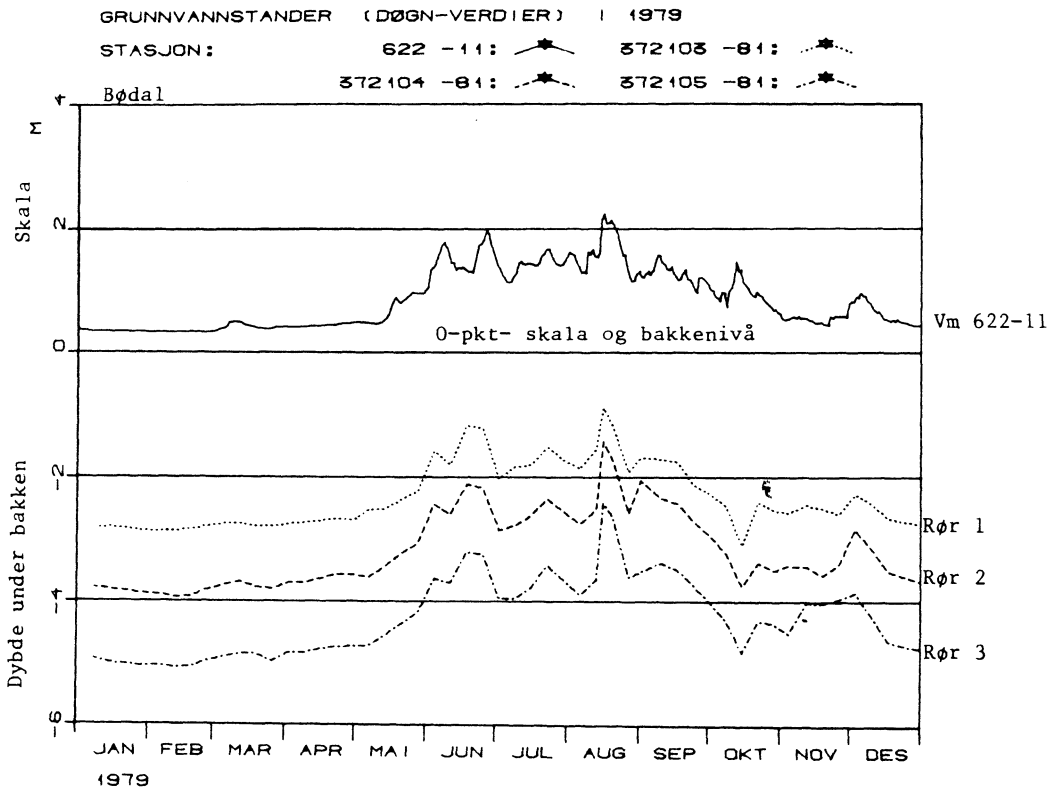


Fig. 5.38

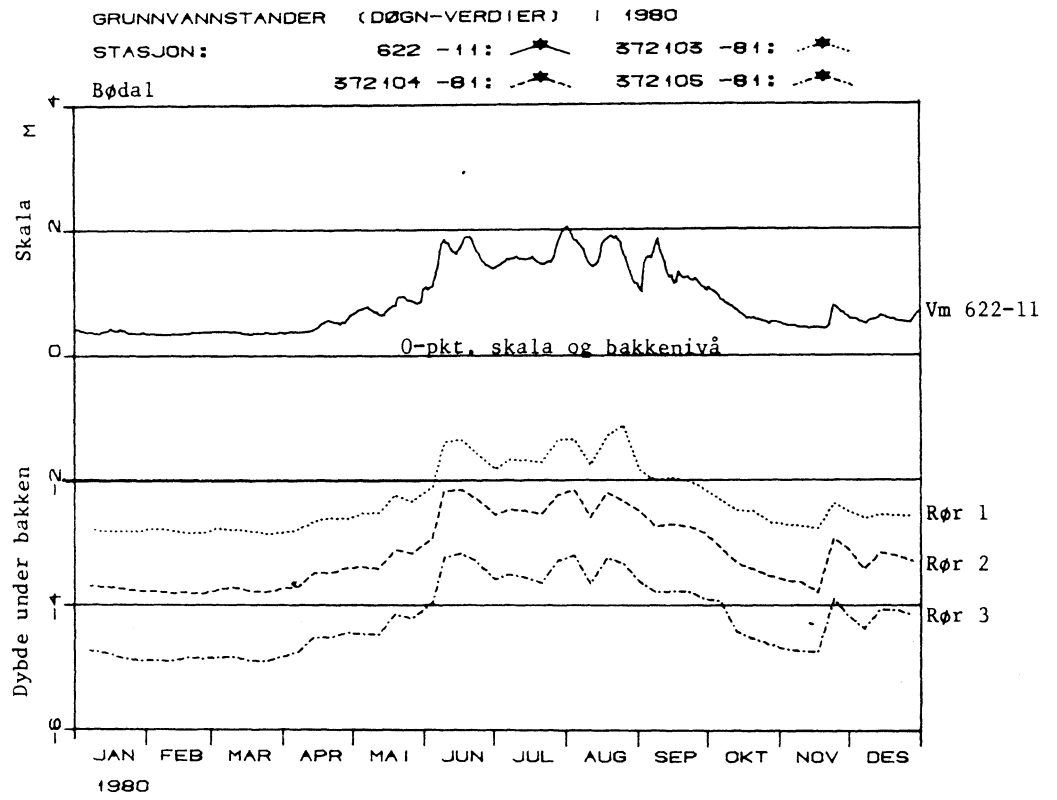


Fig. 5.39

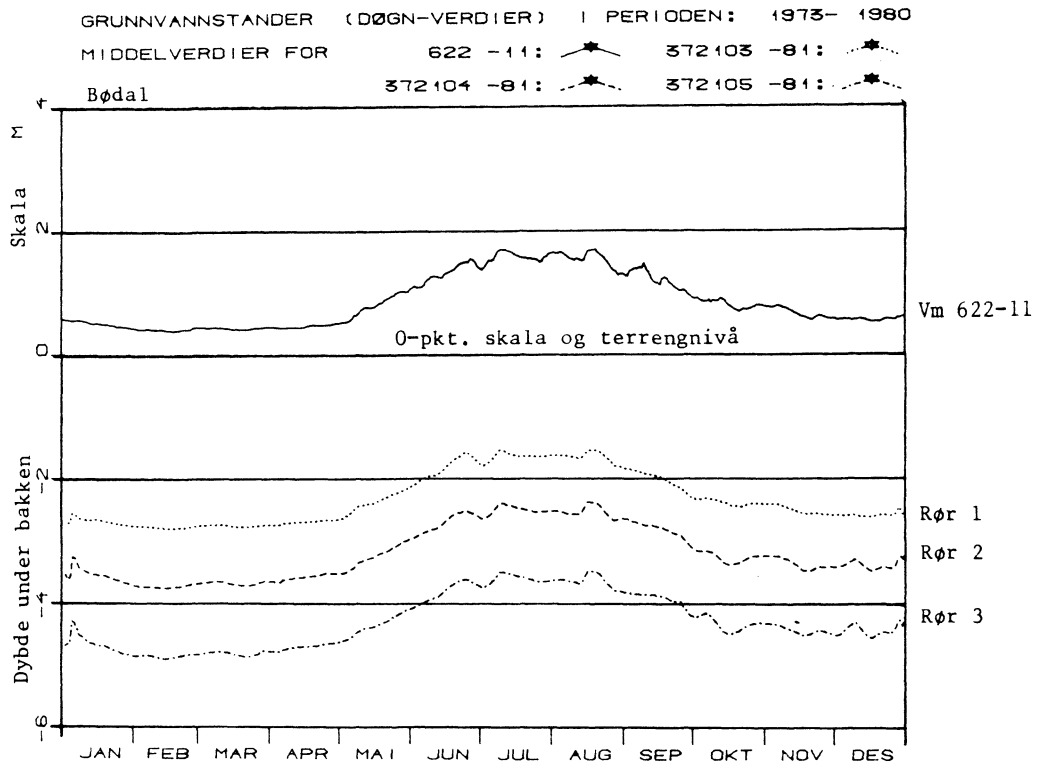


Fig. 5.40

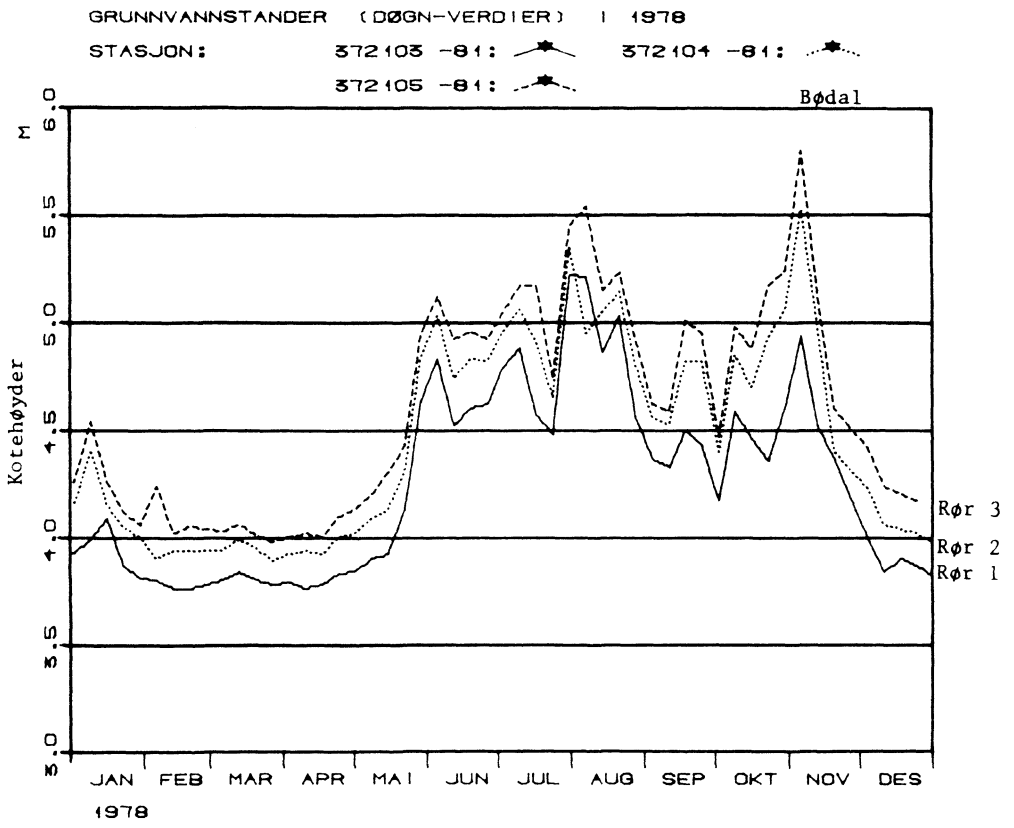


Fig. 5.41

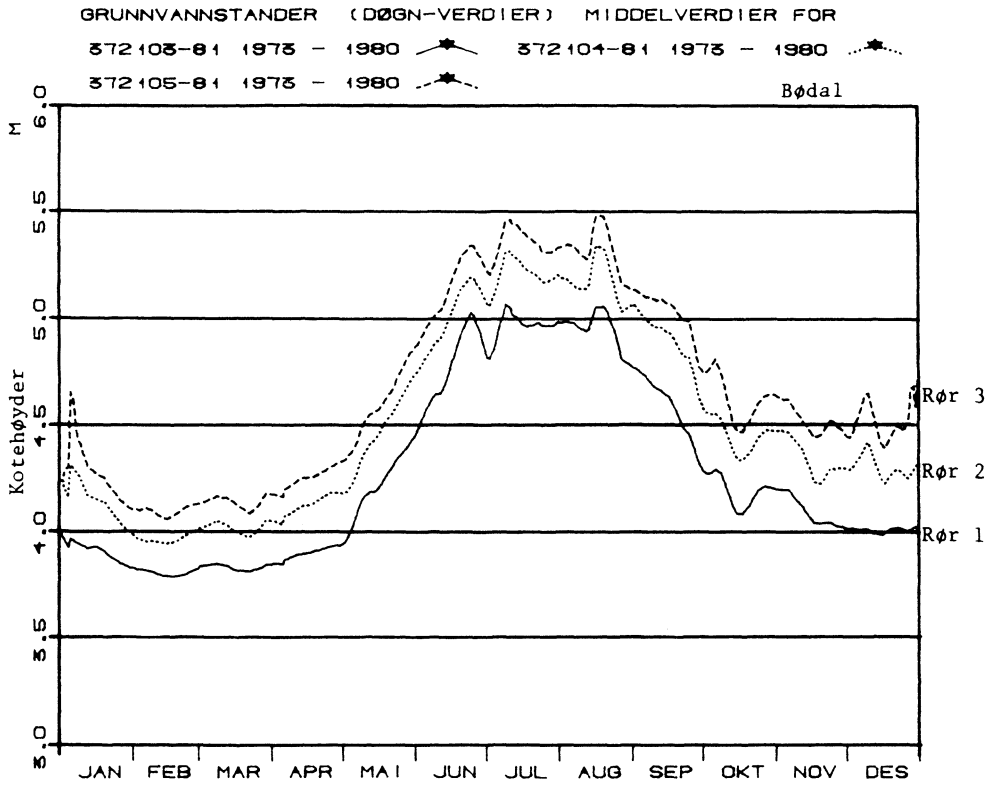


Fig. 5.42

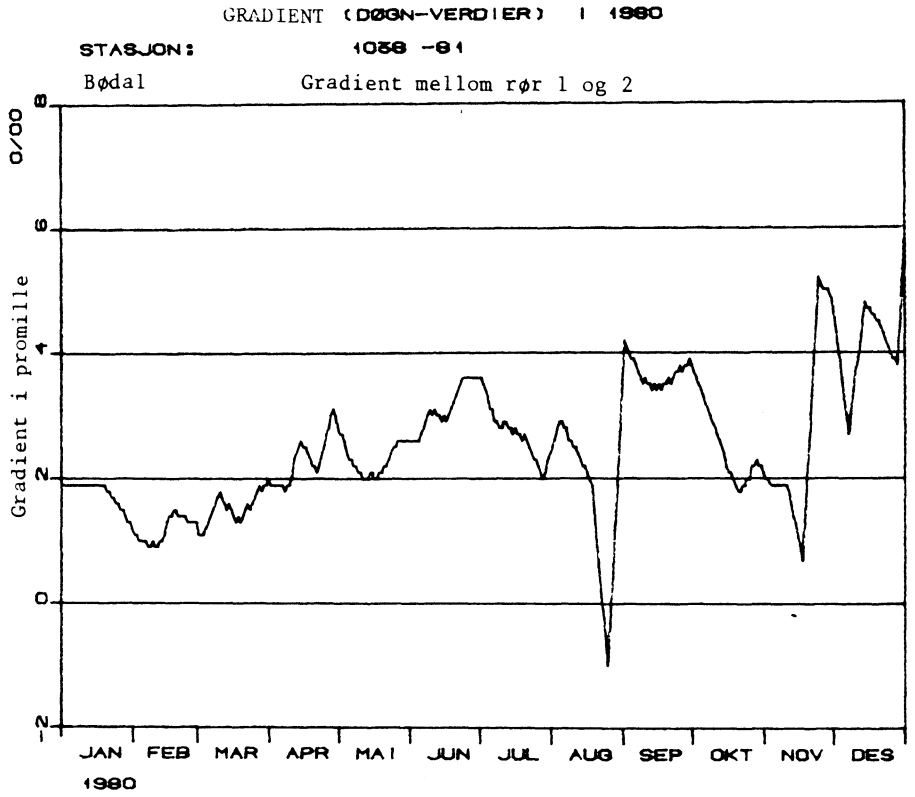


Fig. 5.43

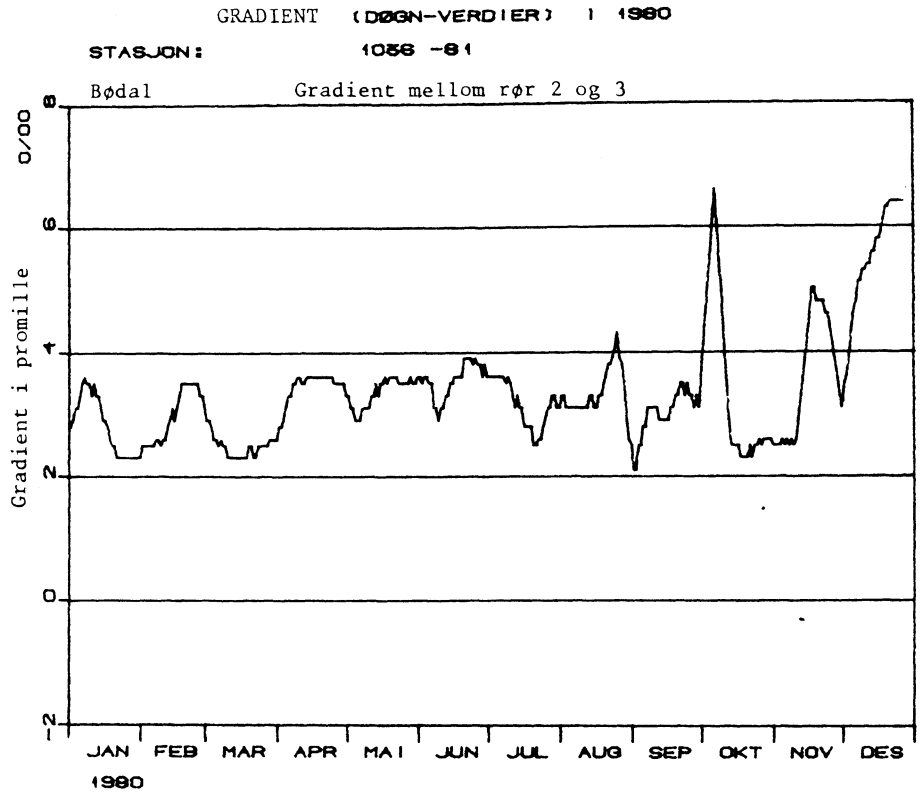


Fig. 5.44

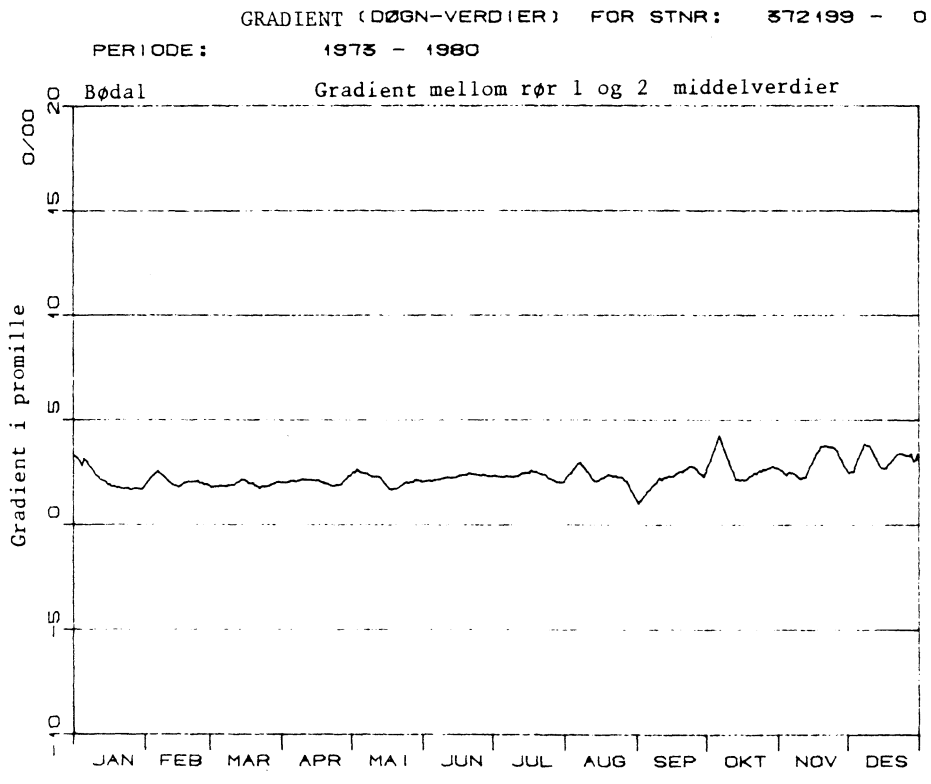


Fig. 5.45

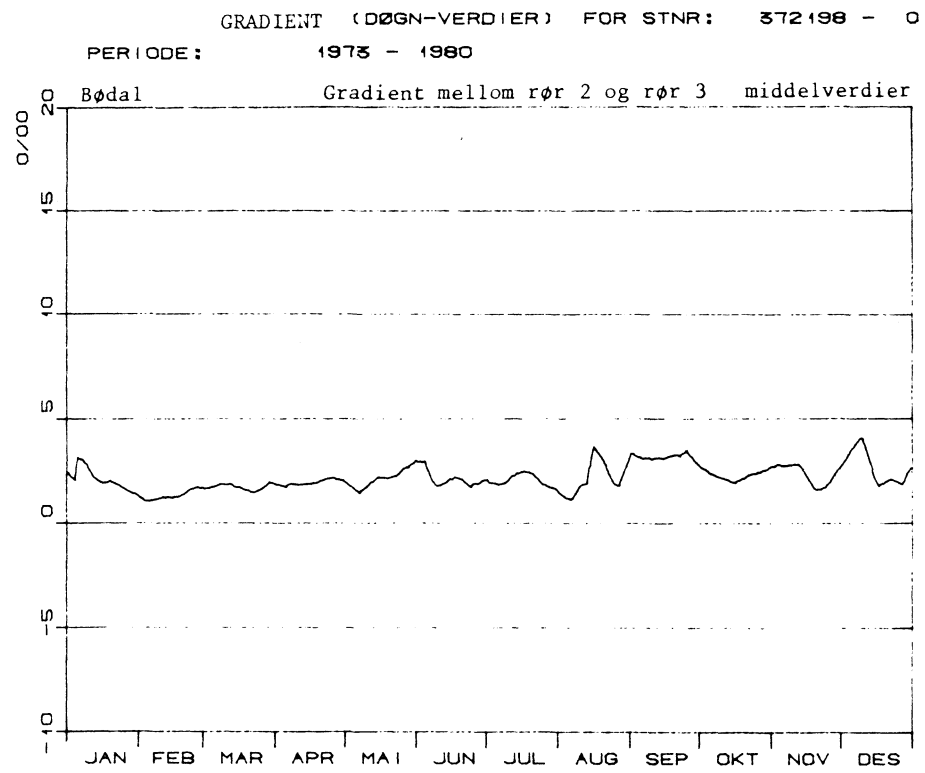


Fig. 5.46

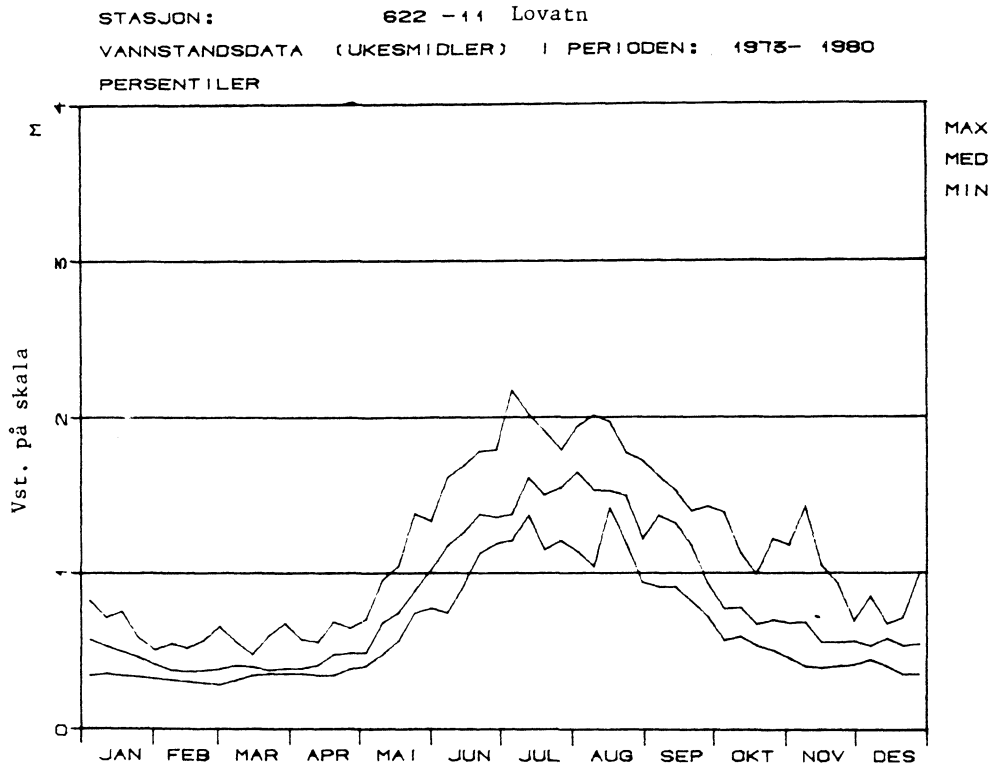


Fig. 5.47

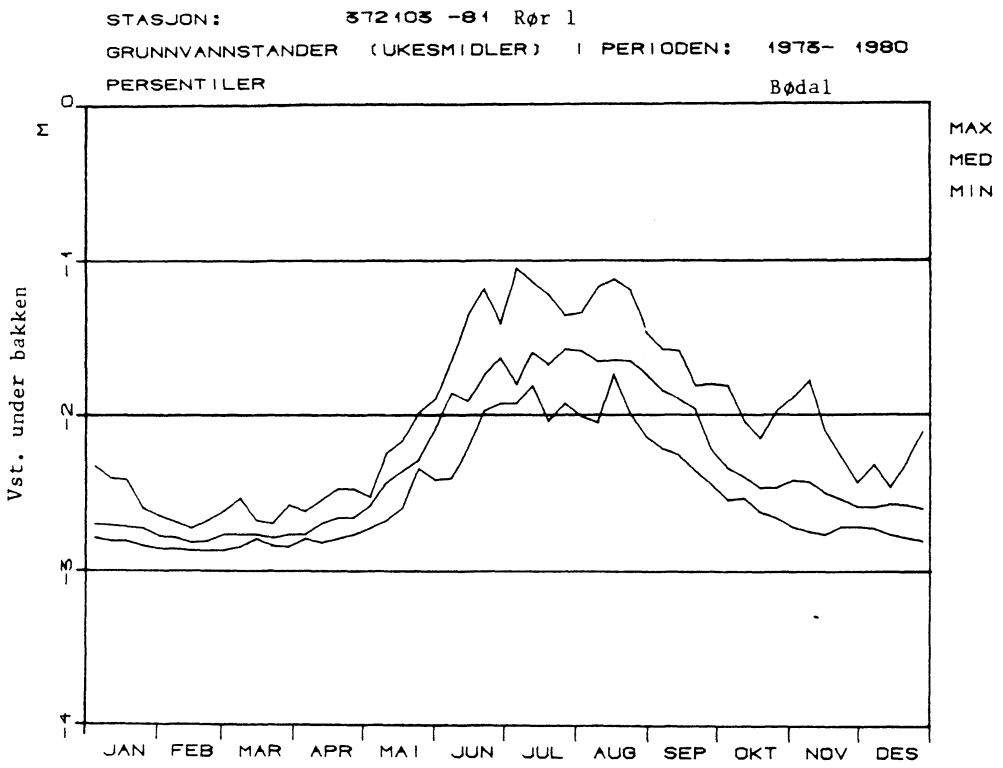


Fig. 5.48

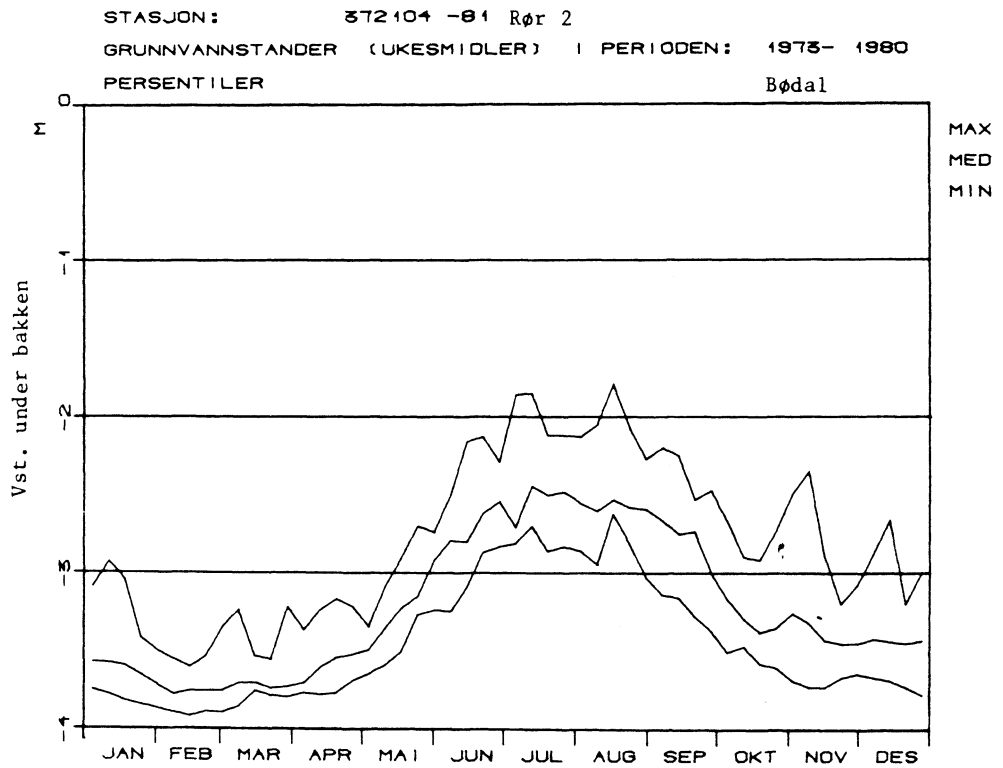


Fig. 5.49

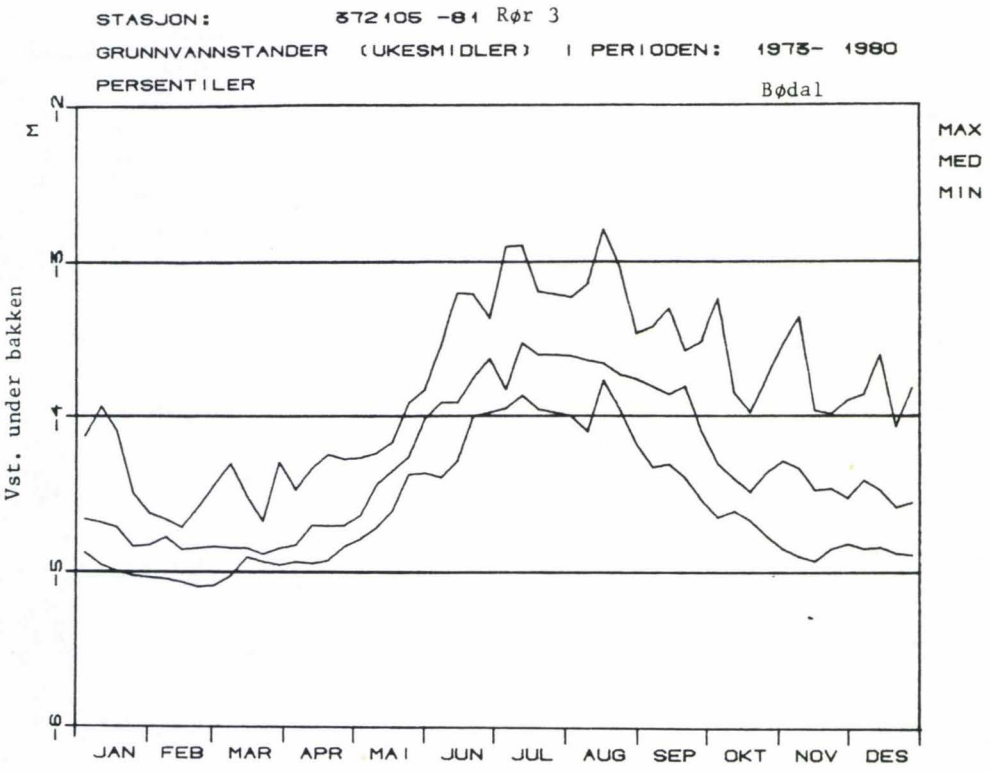


Fig. 5.50

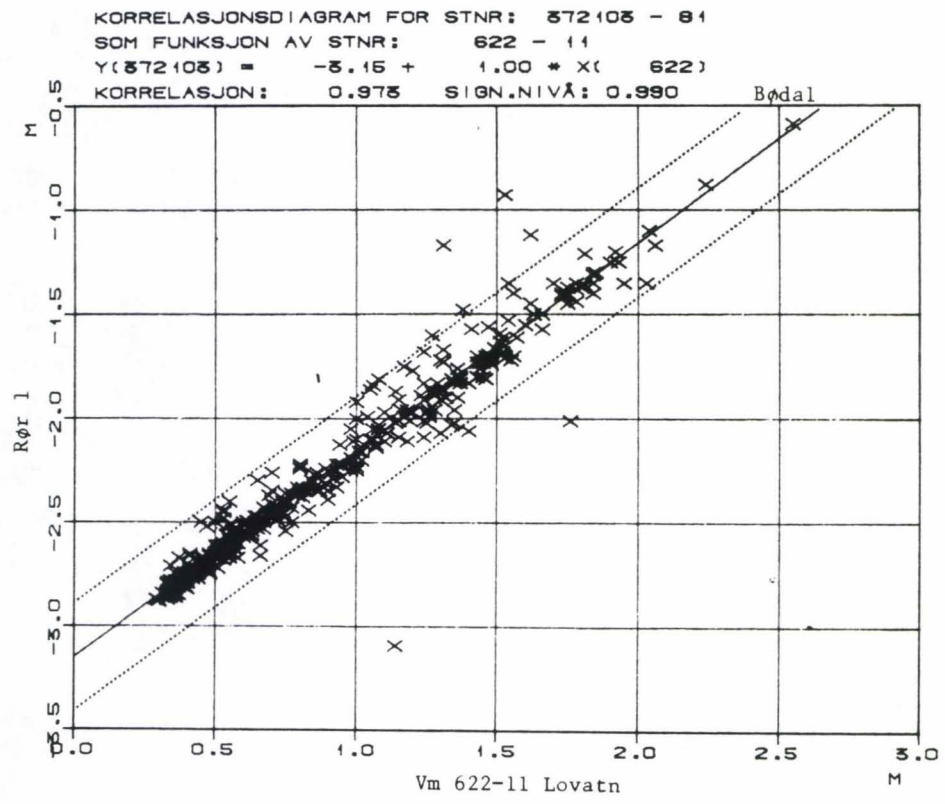


Fig. 5.51

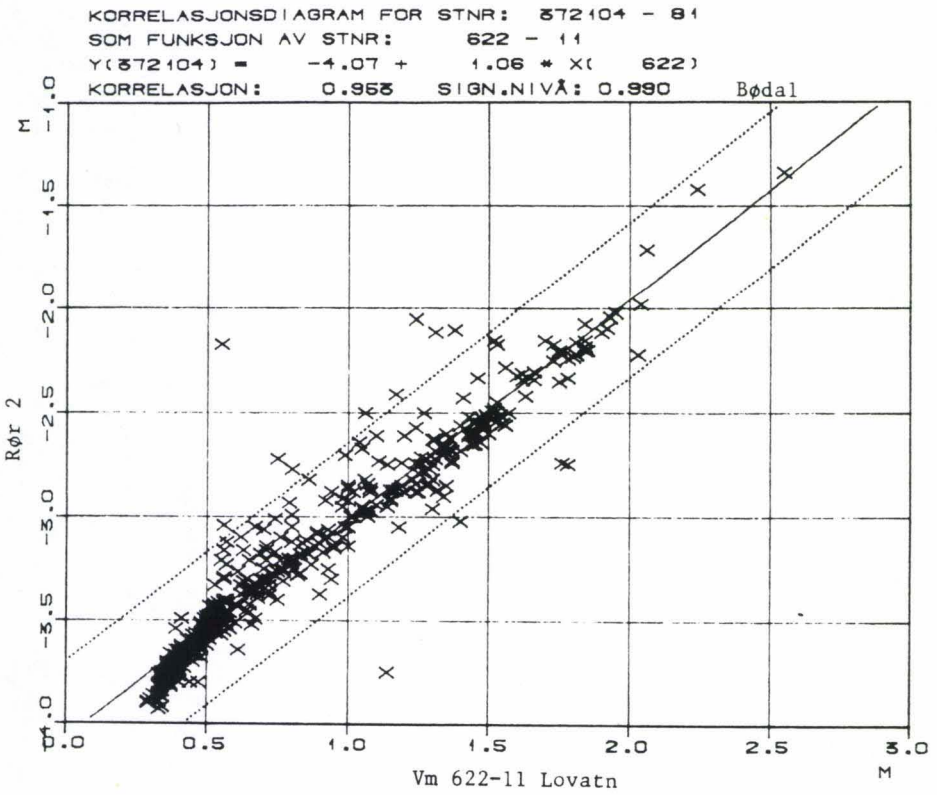


Fig. 5.52

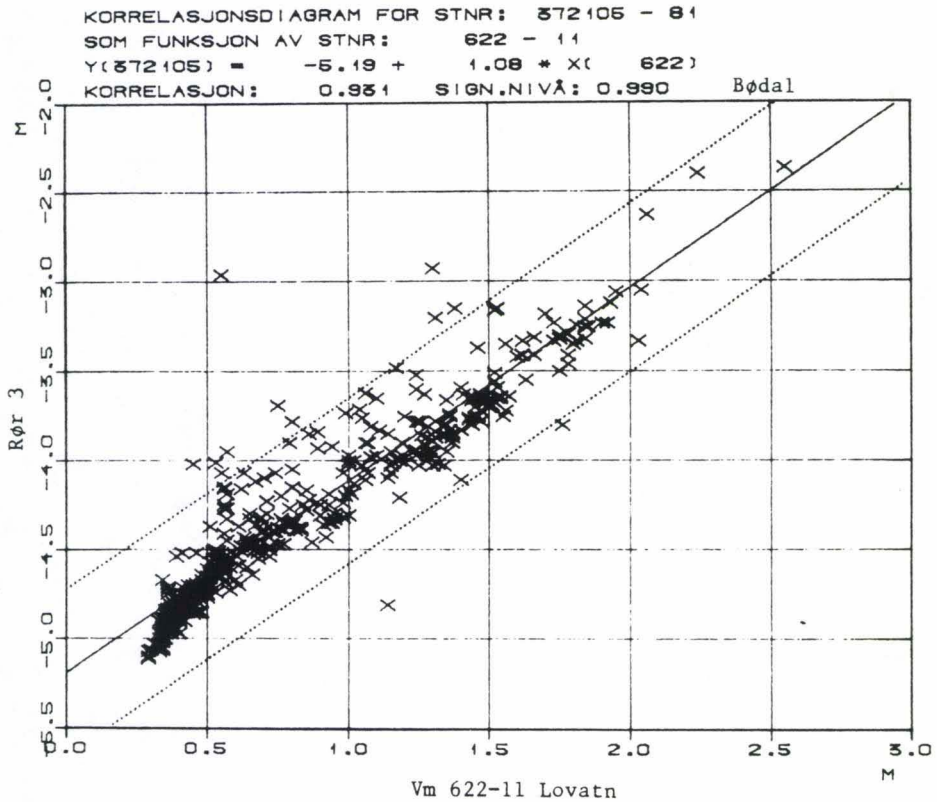


Fig. 5.53

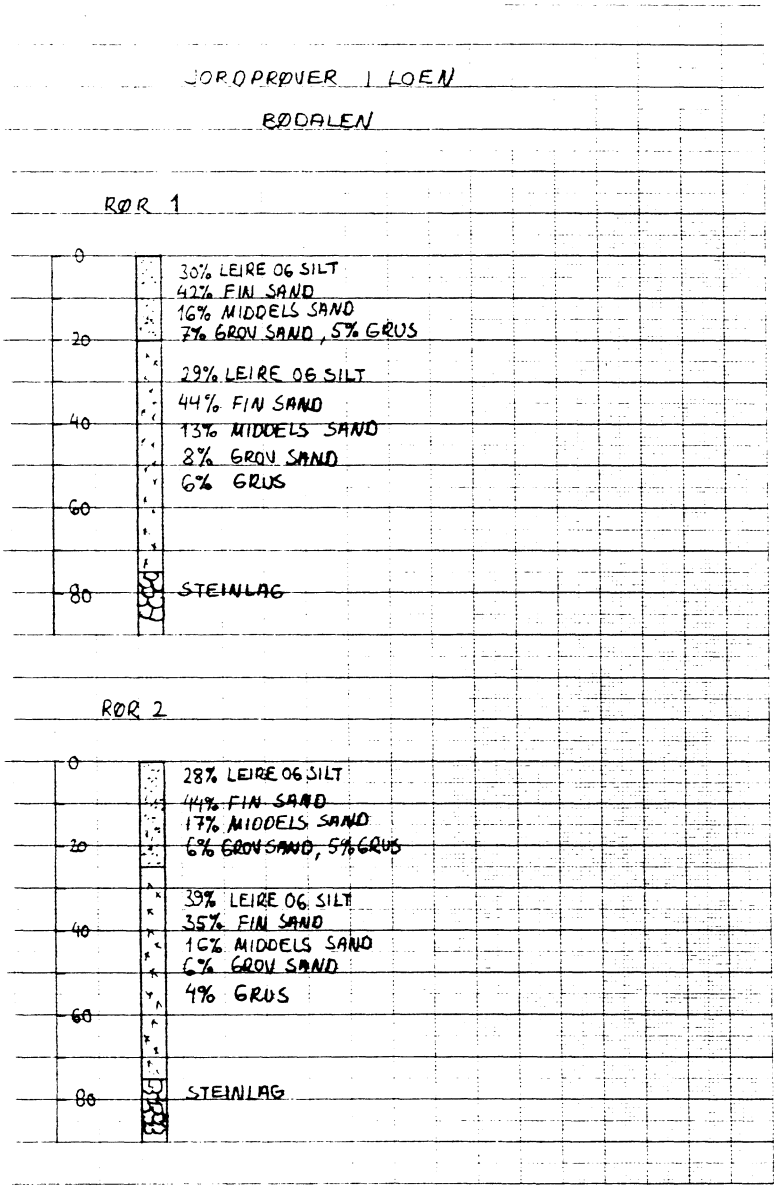

JORDPRØVER I LOEN
BØDALEN
RØR 1
0
20
40
60
80
30% LEIRE OG SILT
42% FIN SAND
16% MIDDELS SAND
7% GROV SAND, 5% GRUS
29% LEIRE OG SILT
44% FIN SAND
13% MIDDELS SAND
8% GROV SAND
6% GRUS
STEINLAG
RØR 2
0
20
40
60
80
28% LEIRE OG SILT
44% FIN SAND
17% MIDDELS SAND
6% GROV SAND, 5% GRUS
39% LEIRE OG SILT
35% FIN SAND
16% MIDDELS SAND
6% GROV SAND
4% GRUS
STEINLAG

Fig. 5.54

Bødal

Rør 2 0 - 20 cm

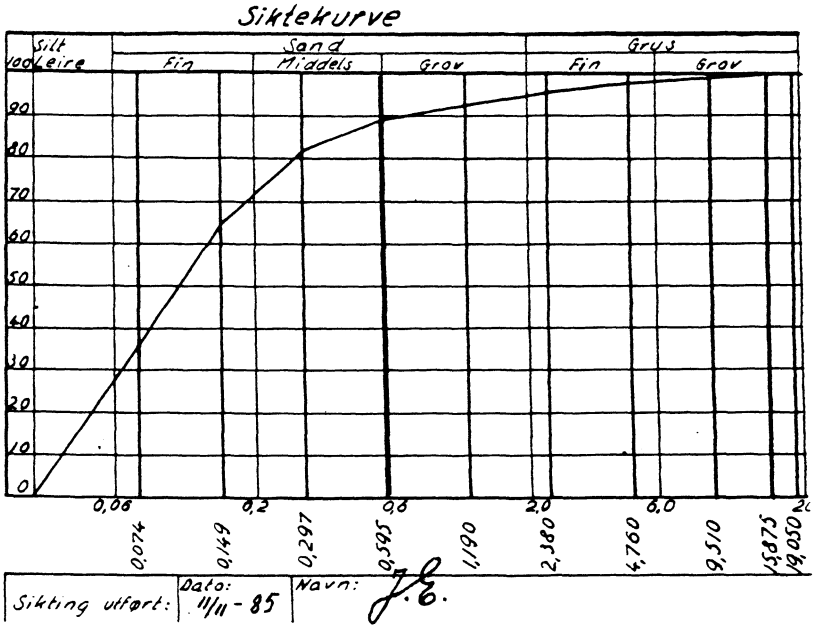


Fig. 5.55

Bødal

Rør 2 20 - 75 cm

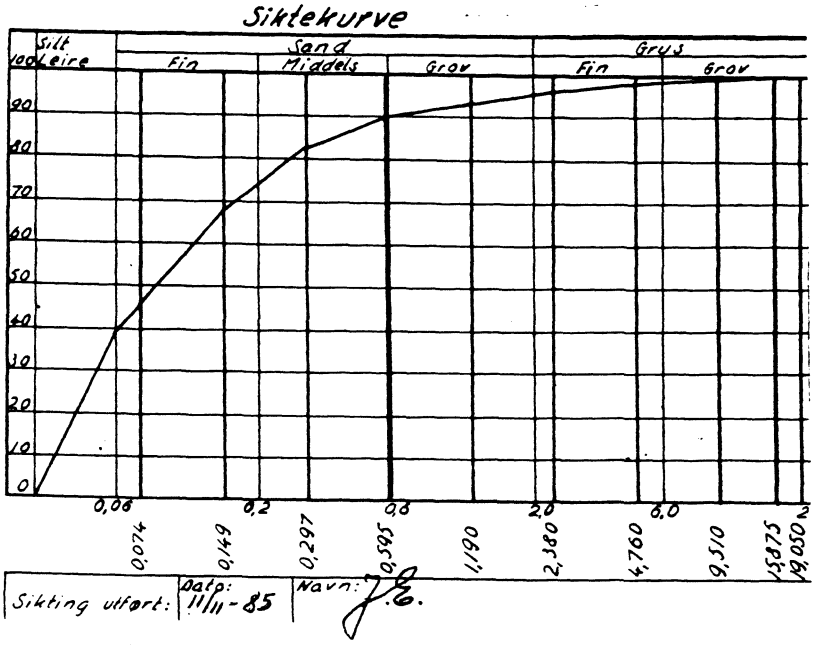


Fig. 5.56

Bødal

Rør 1 0 - 20 cm

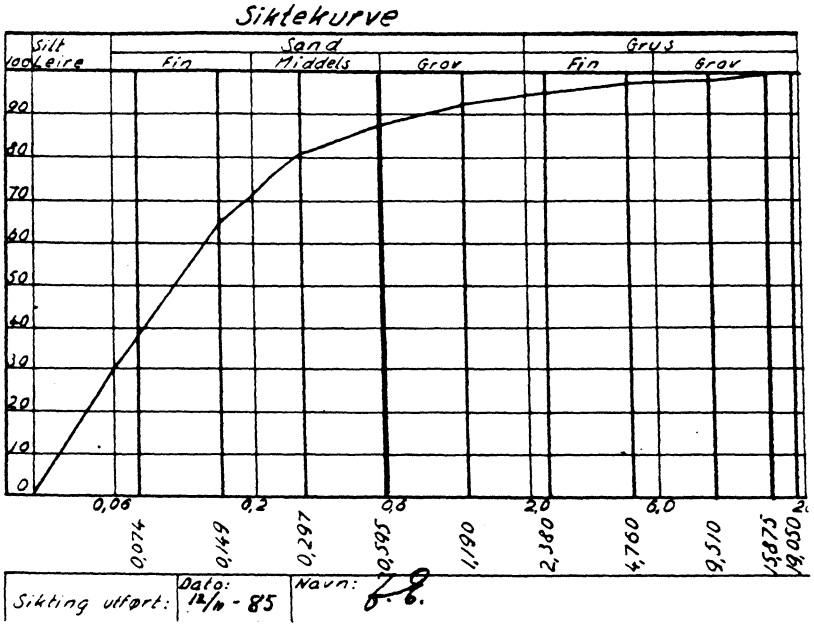


Fig. 5.57

Bødal

Rør 1 20 - 75 cm

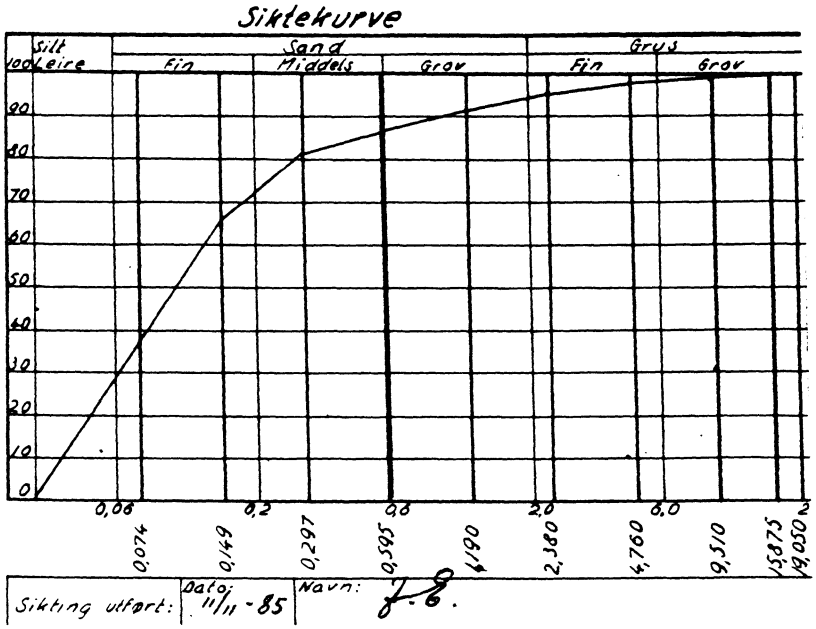


Fig. 5.58

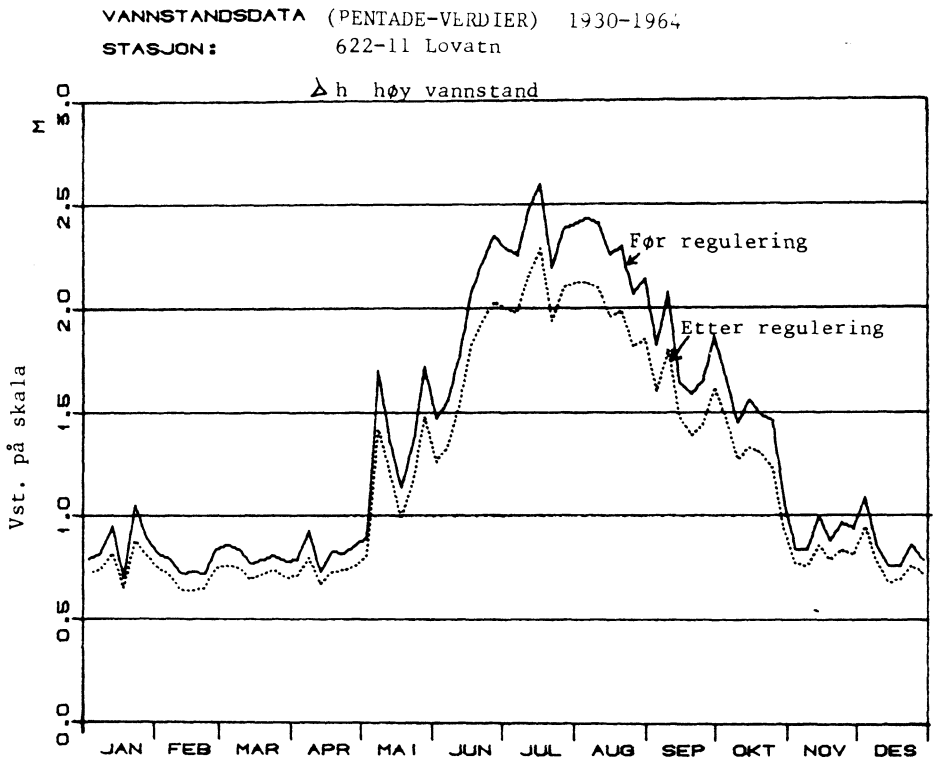


Fig. 5.58b

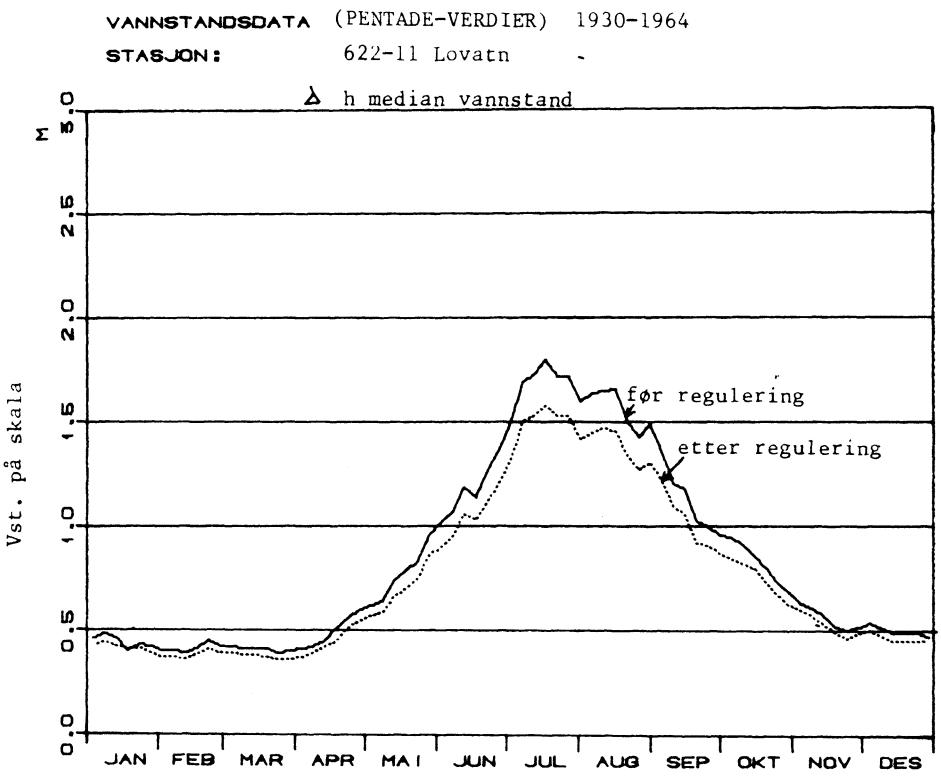


Fig. 5.59

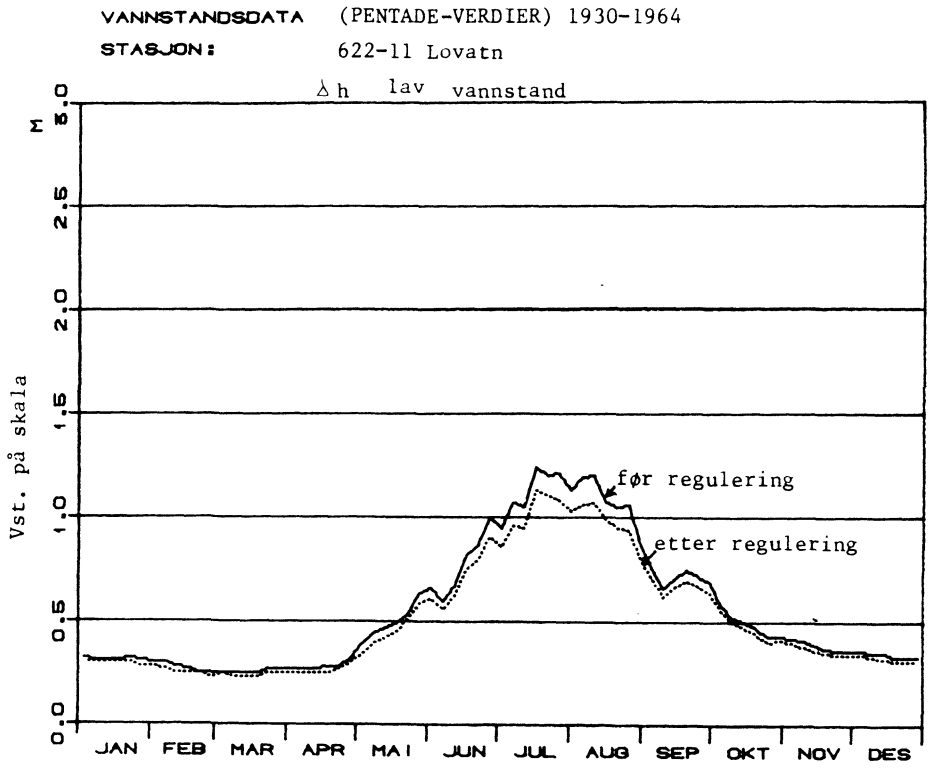


Fig. 5.60

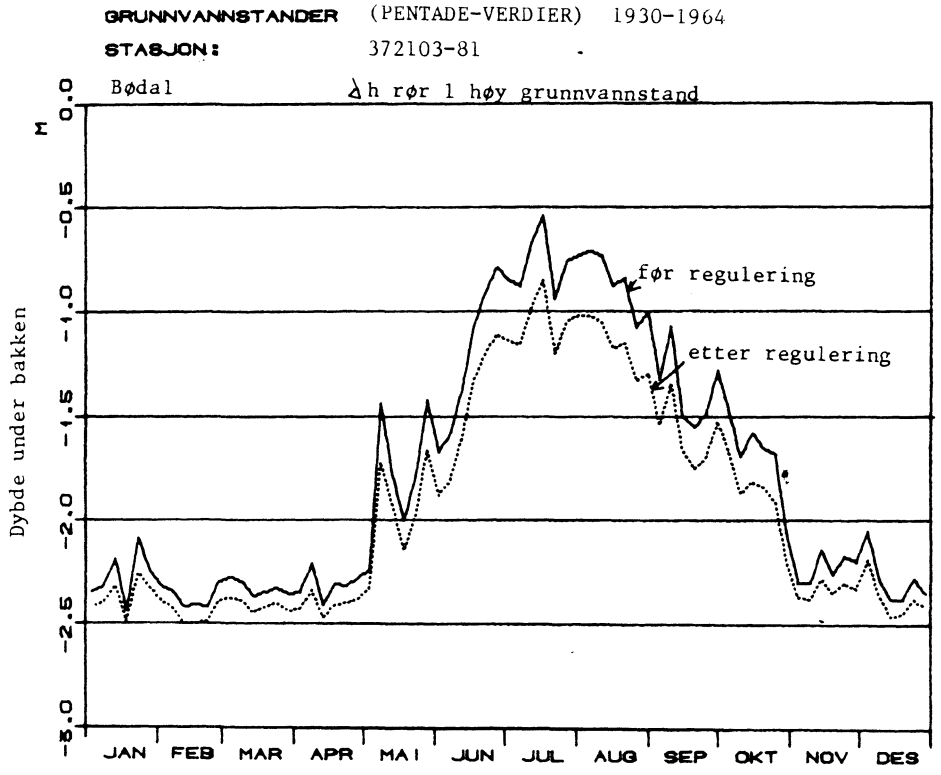


Fig. 5.61

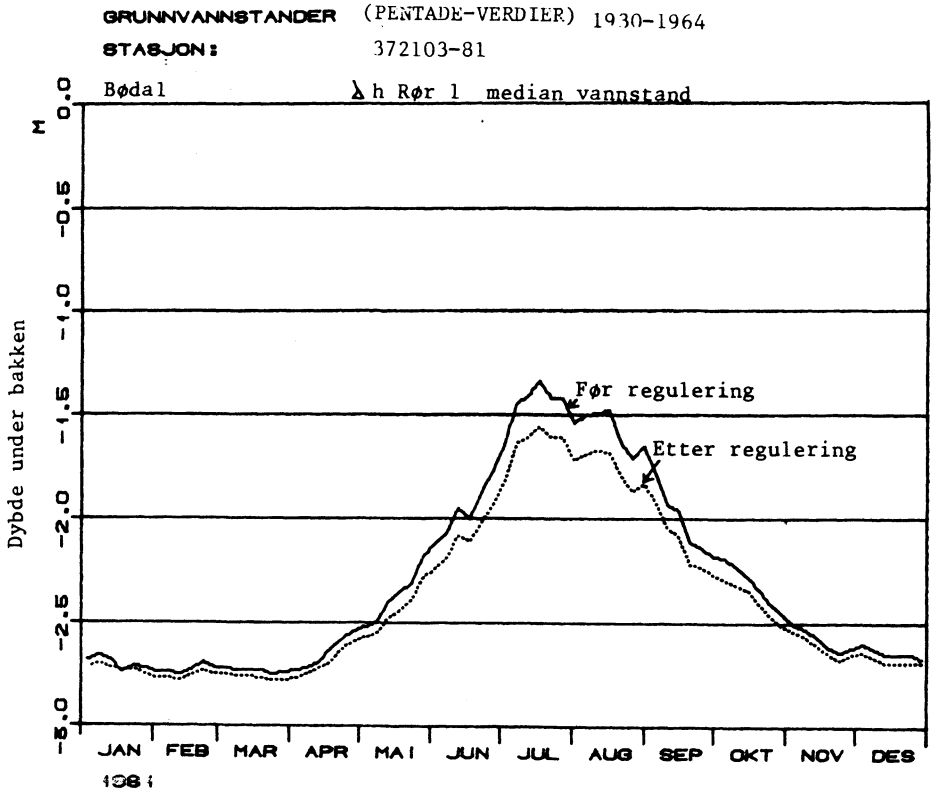


Fig. 5.62

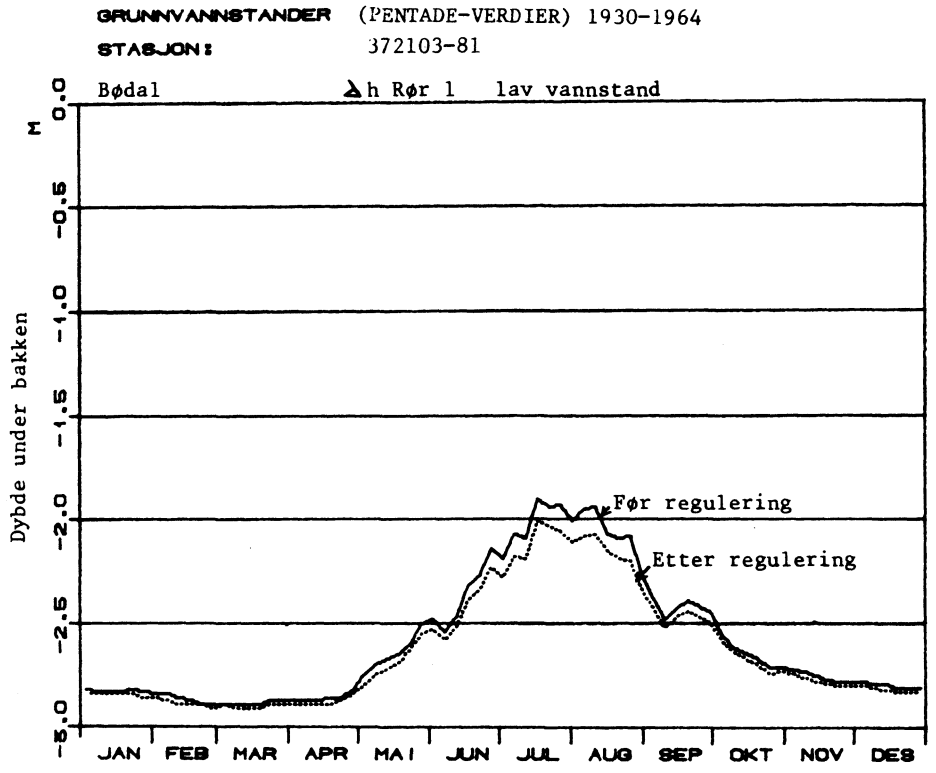


Fig. 5.63

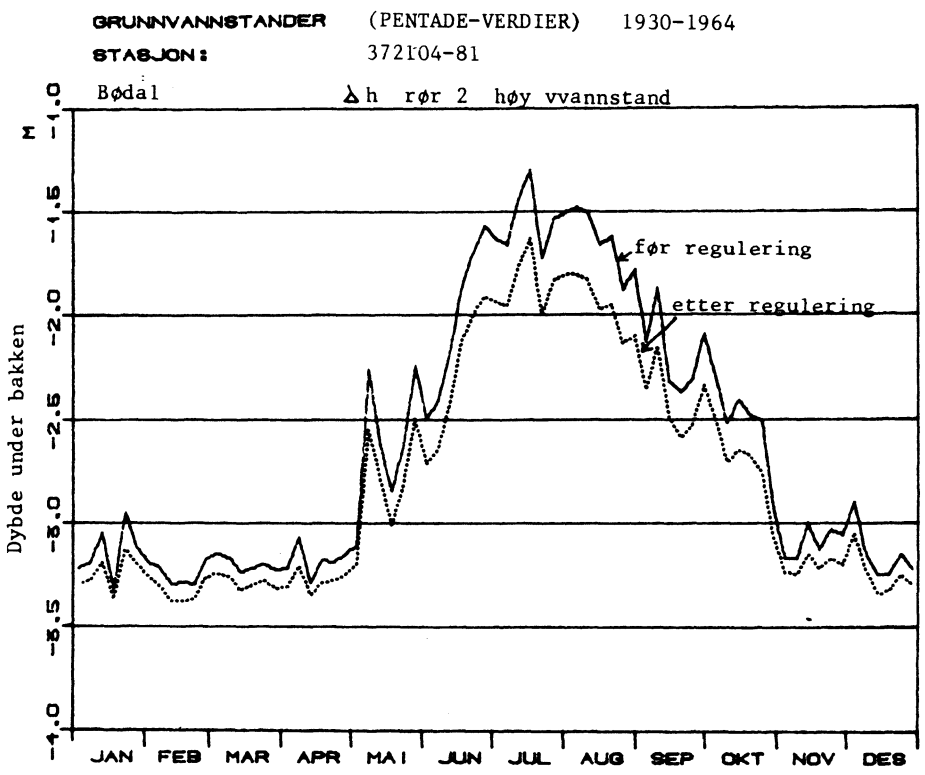


Fig. 5.64

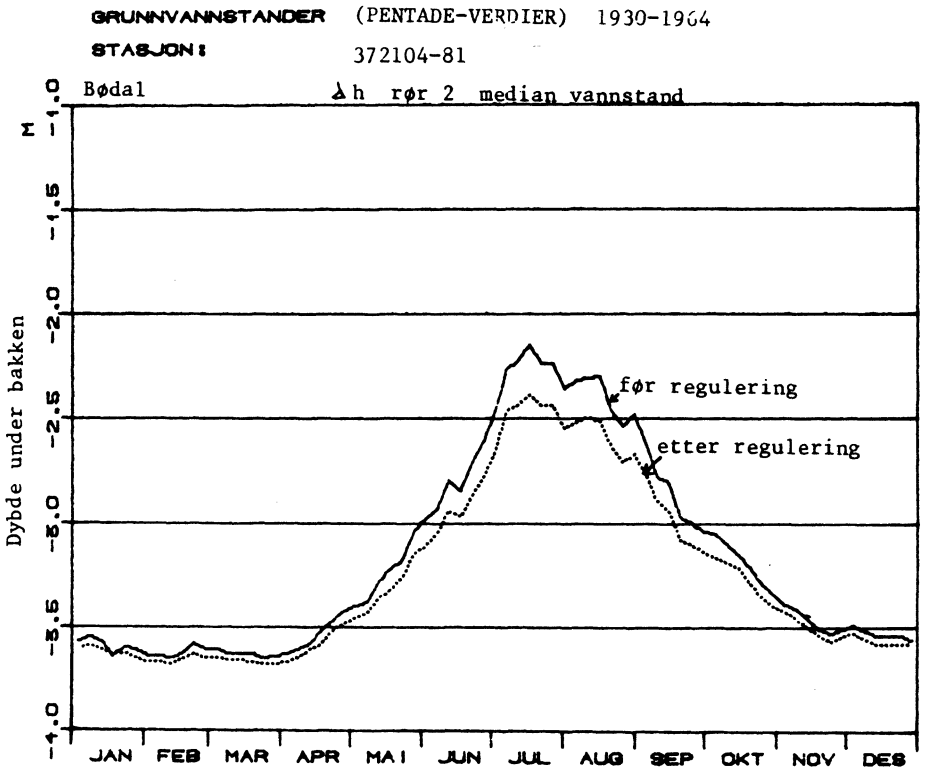


Fig. 5.65

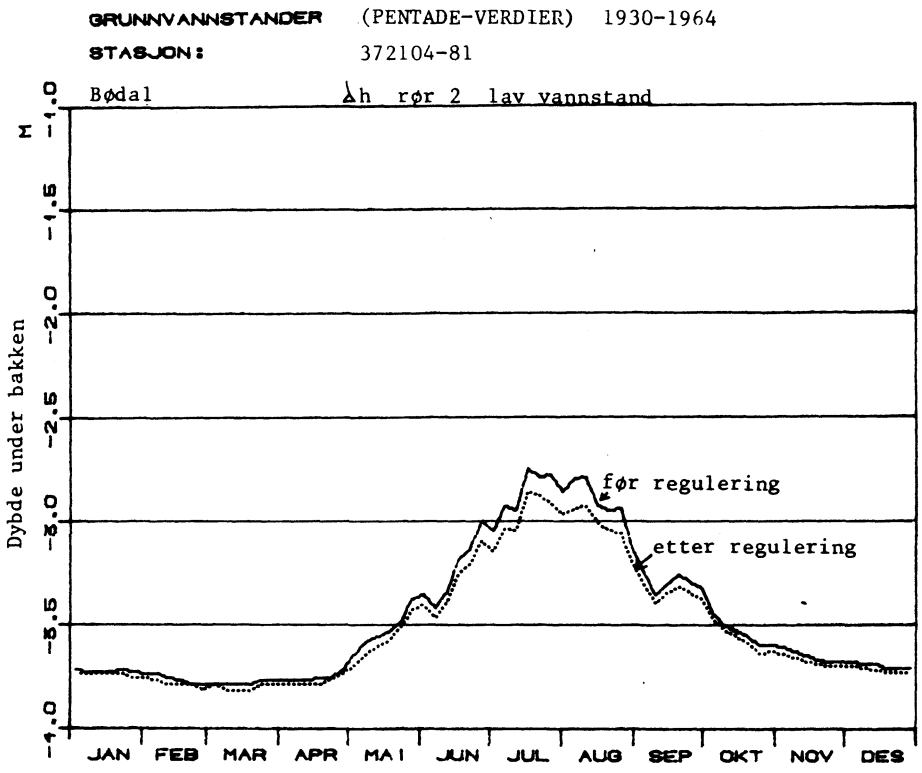


Fig. 5.66

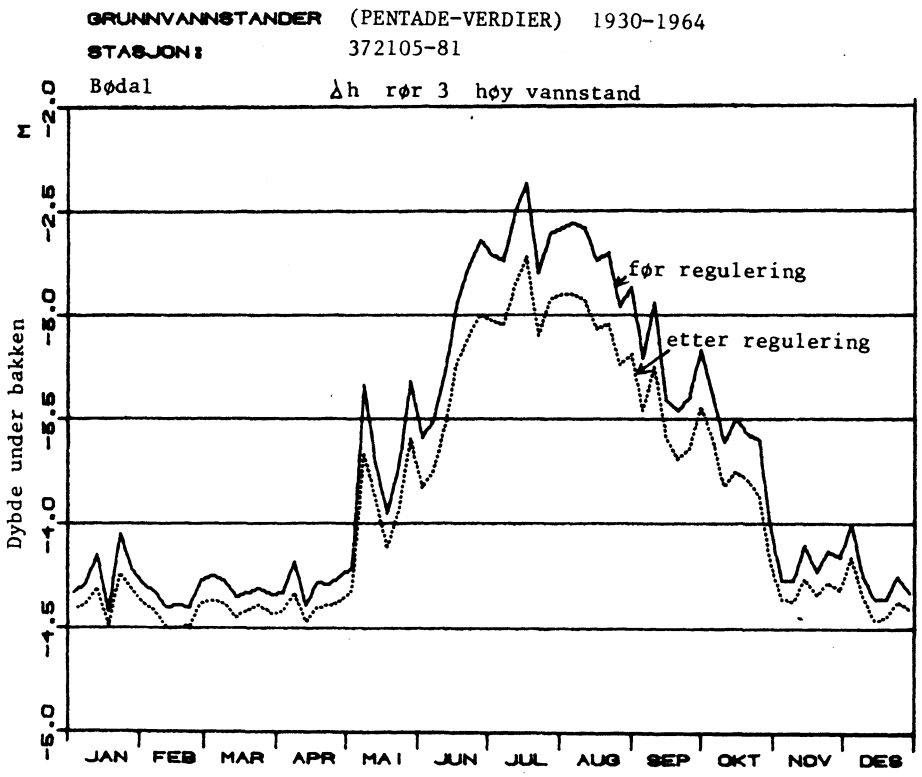


Fig. 5.67

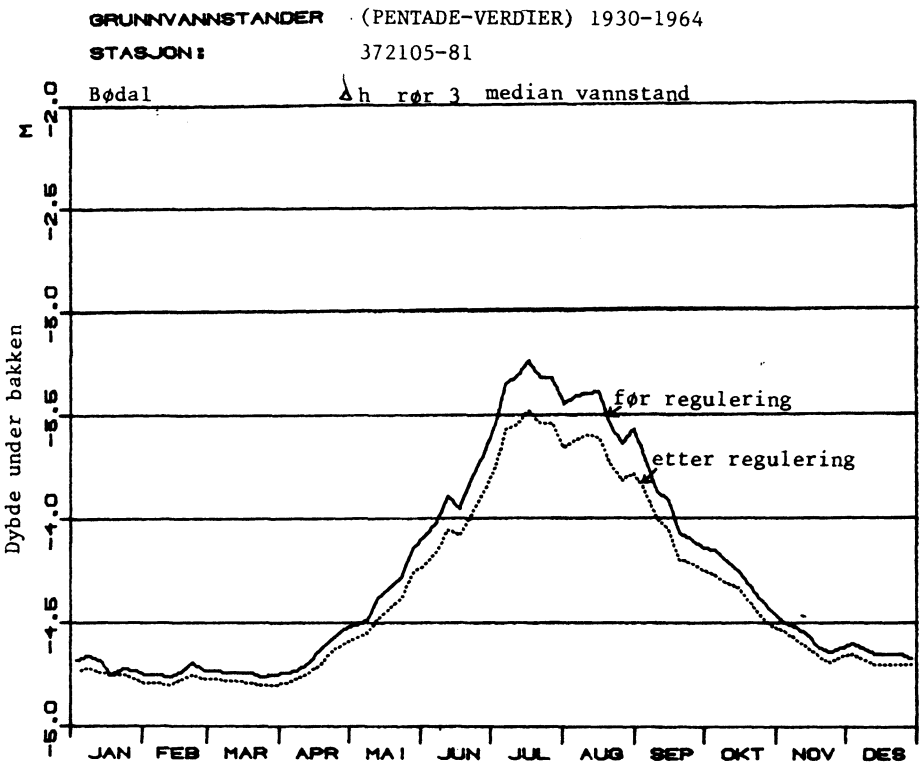


Fig. 5.68

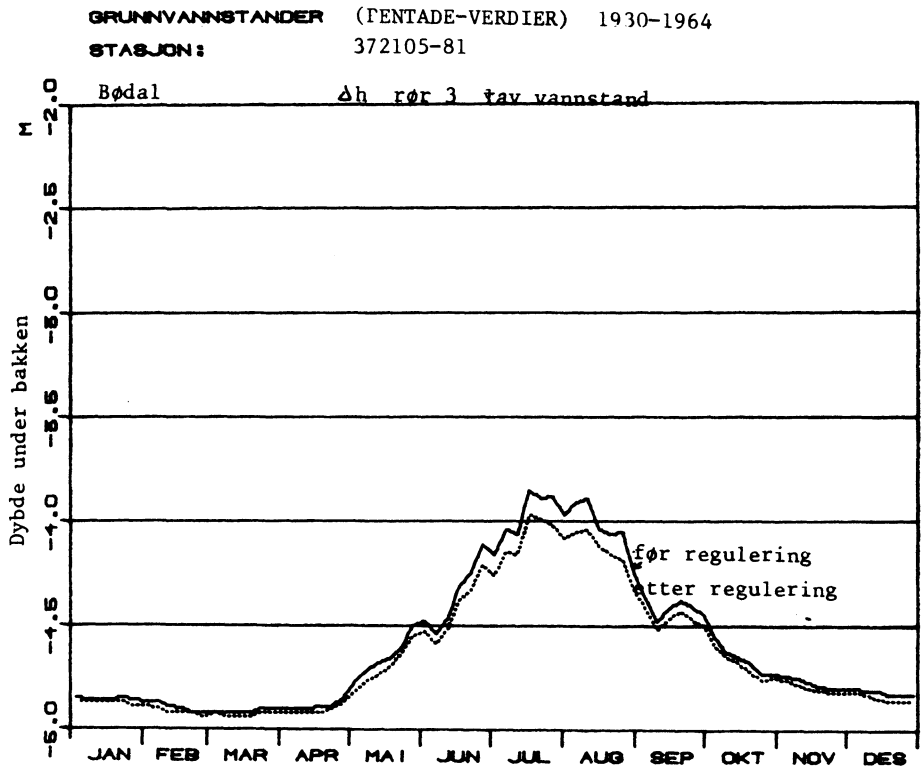
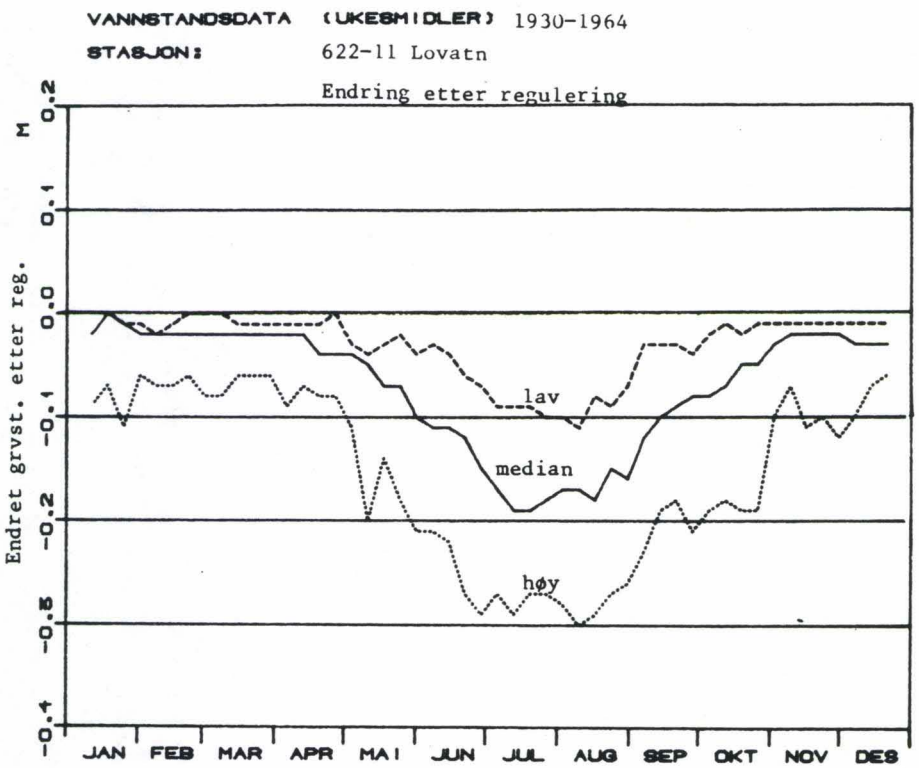
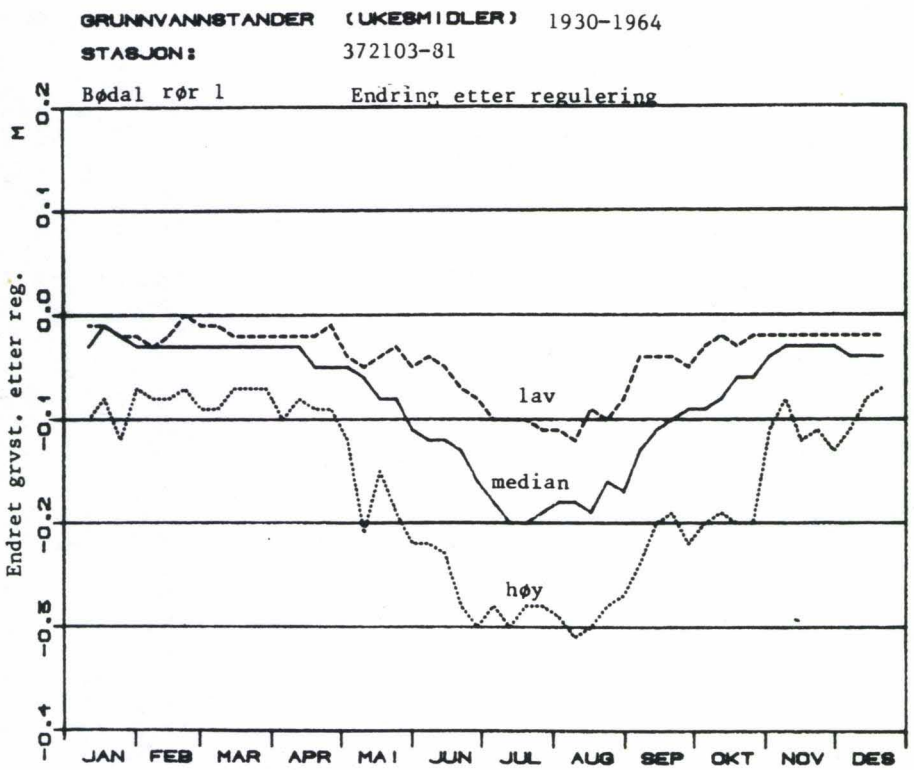


Fig. 5.69



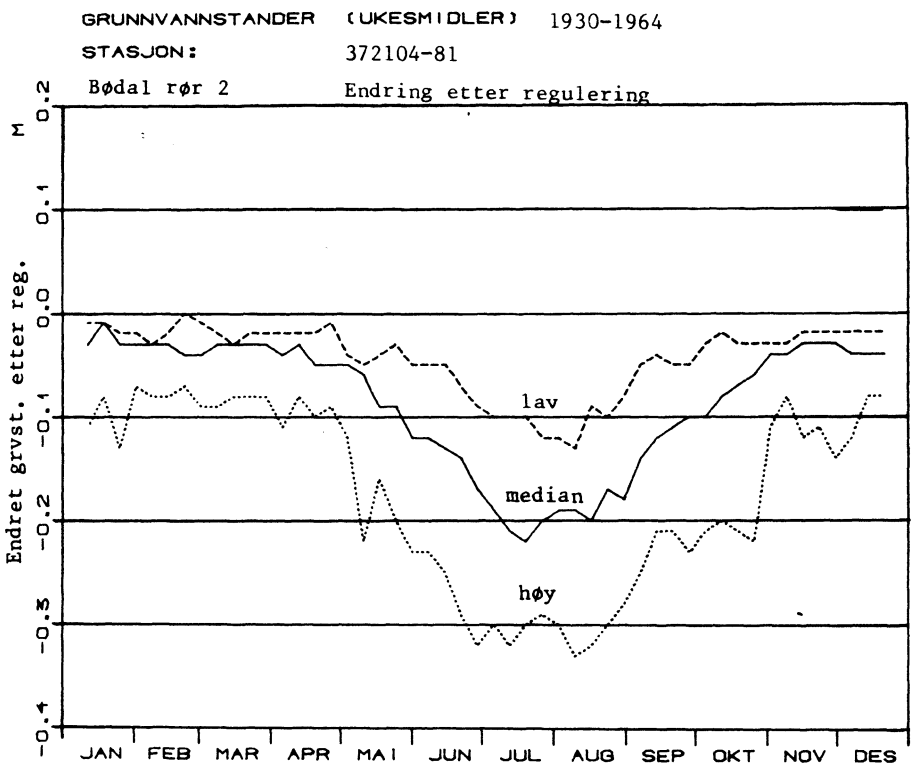
Minusverdier viser senket grunnvannstand
Plussverdier viser øket grunnvannstand

Fig. 5.70



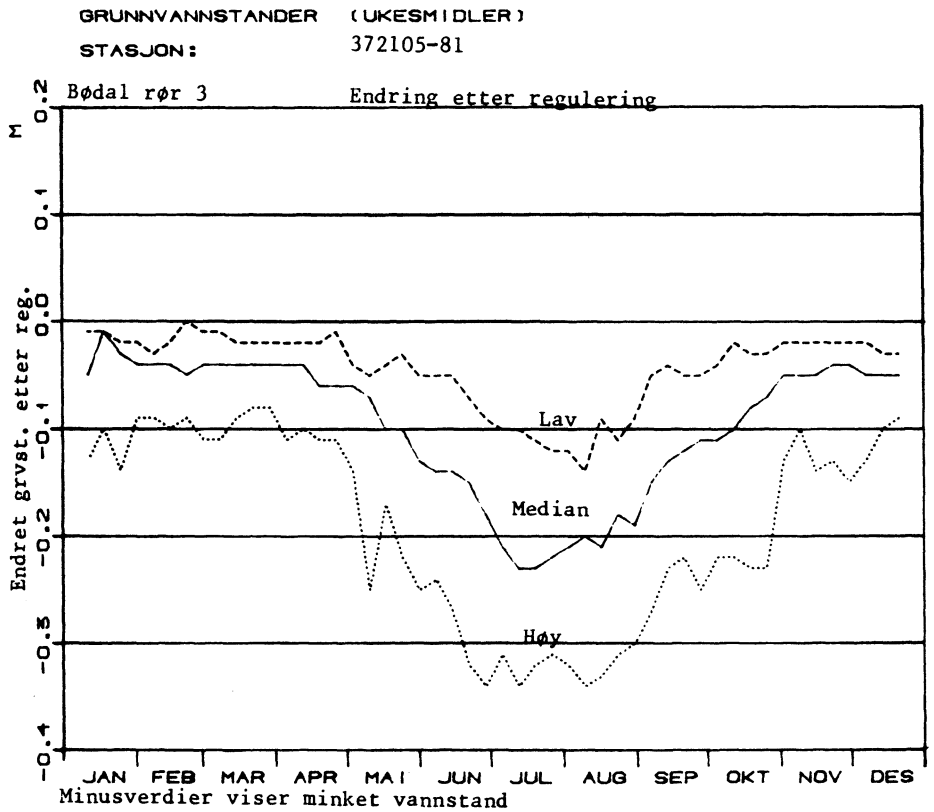
Minusverdier viser senket grunnvannstand
Plussverdier viser øket grunnvannstand

Fig. 5.71



Minusverdier viser senket grunnvannstand
Plussverdier viser øket grunnvannstand

Fig. 5.72



Minusverdier viser minket vannstand
Plussverdier viser øket vannstand

Fig. 5.73

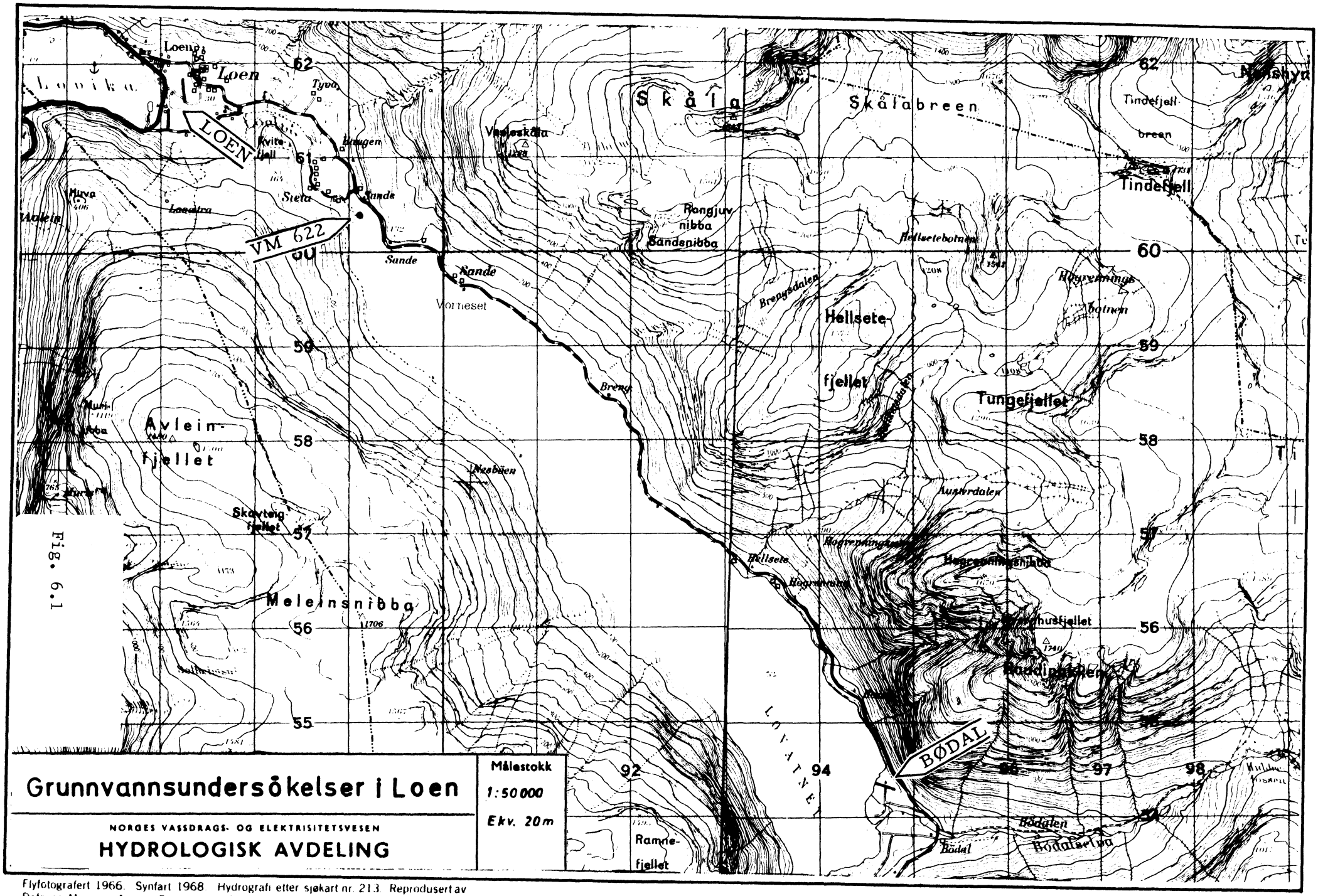


Fig. 6.1

Grunnvannsundersøkelser i Loen

NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN

HYDROLOGISK AVDELING

Målestokk 1:50000

Ekv. 20m

Flyfotografert 1966. Synfart 1968. Hydrografi etter sjøkart nr. 213. Reprodusert av Defense Mapping Agency Topographic Center U. S. A. 1971. Utgitt 1973.

LOEN

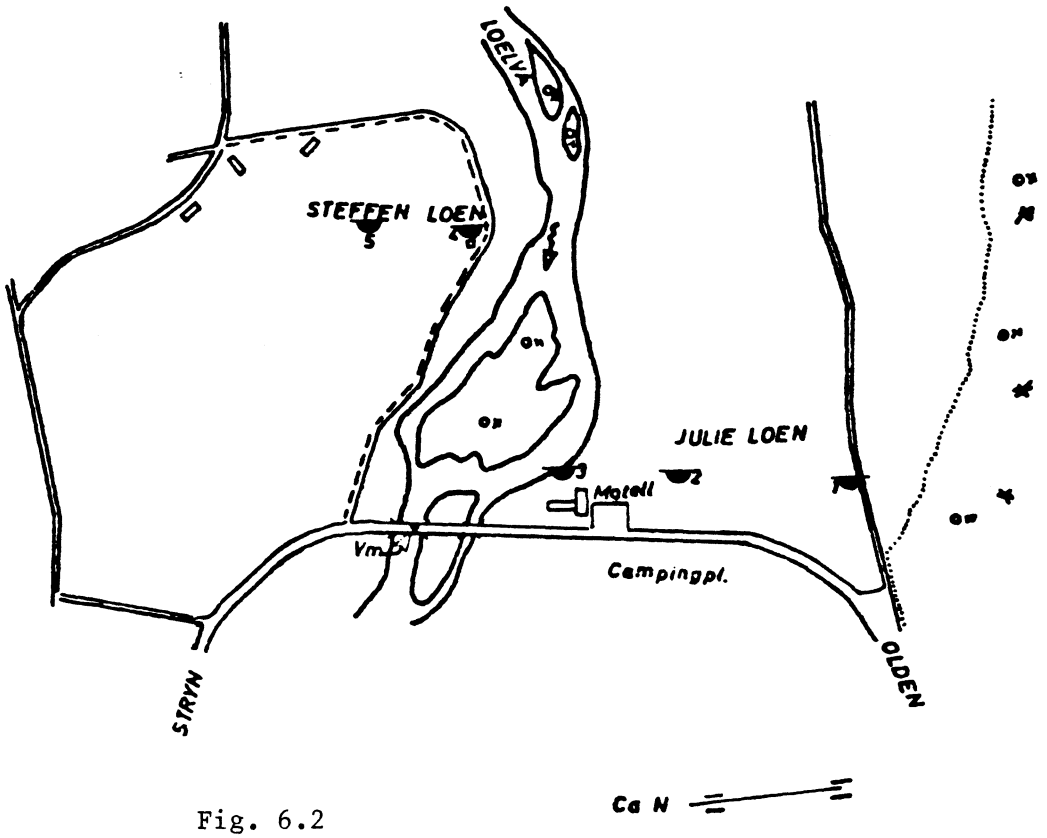


Fig. 6.2

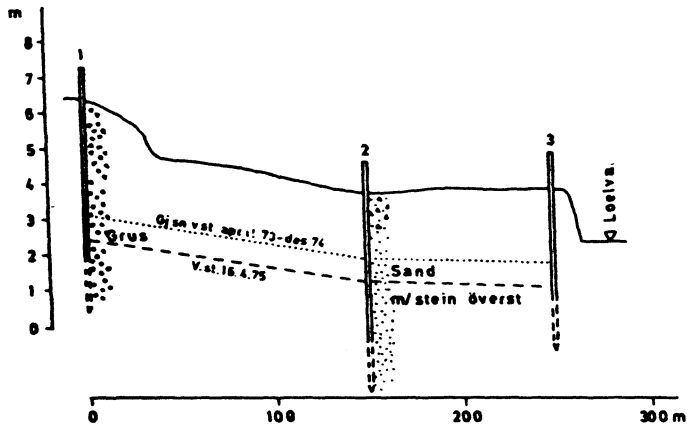


Fig. 6.3

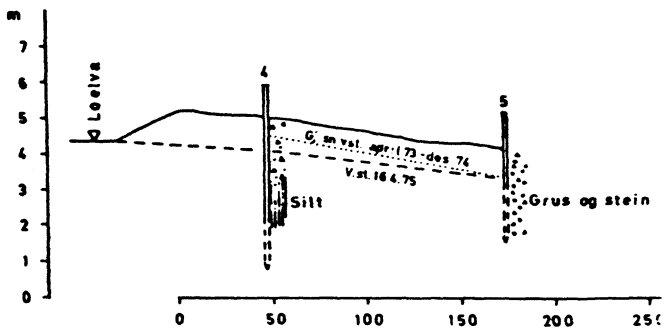


Fig. 6.4

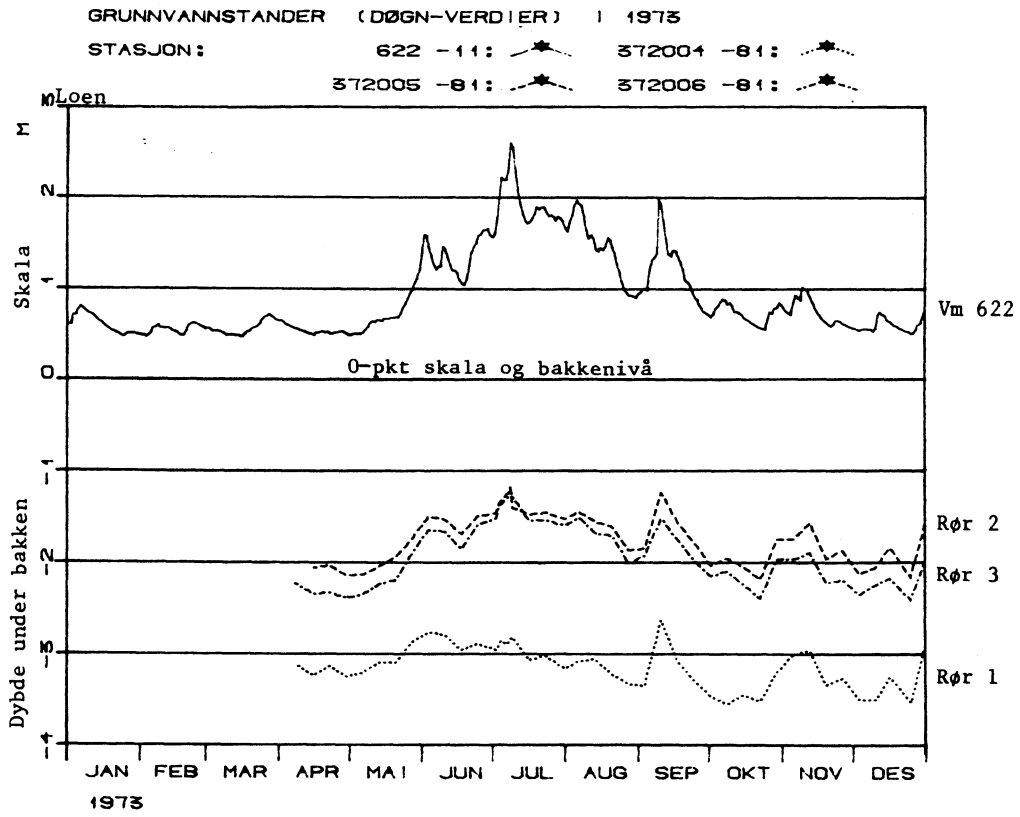

GRUNNVANNSTANDER (DØGN-VERDIER) I 1973
STASJON: 622 -11: 372004 -81:
372005 -81: 372006 -81:
Loen
Skala M
2
1
0
-1
-2
-3
-4
Dybde under bakken
0-pkt skala og bakkenivå
Vm 622
Rør 2
Rør 3
Rør 1
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1973

Fig. 6.5

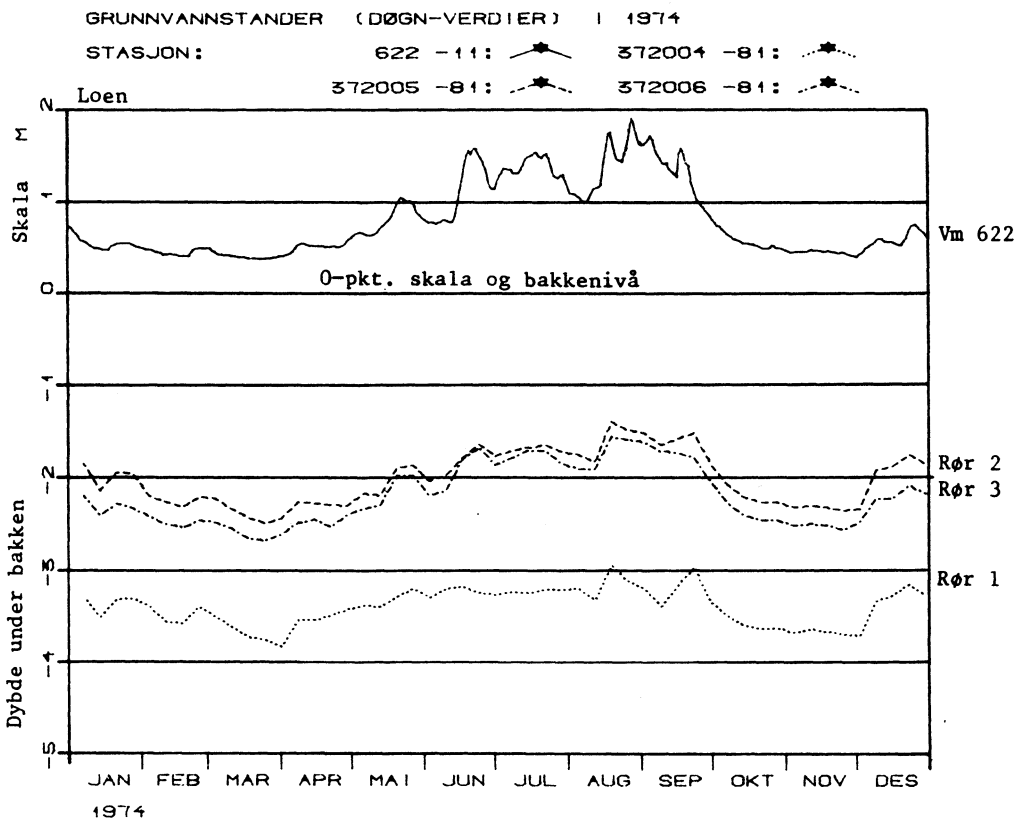

GRUNNVANNSTANDER (DØGN-VERDIER) I 1974
STASJON: 622 -11: 372004 -81:
372005 -81: 372006 -81:
Loen
Skala M
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
Dybde under bakken
0-pkt. skala og bakkenivå
Vm 622
Rør 2
Rør 3
Rør 1
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1974

Fig. 6.6

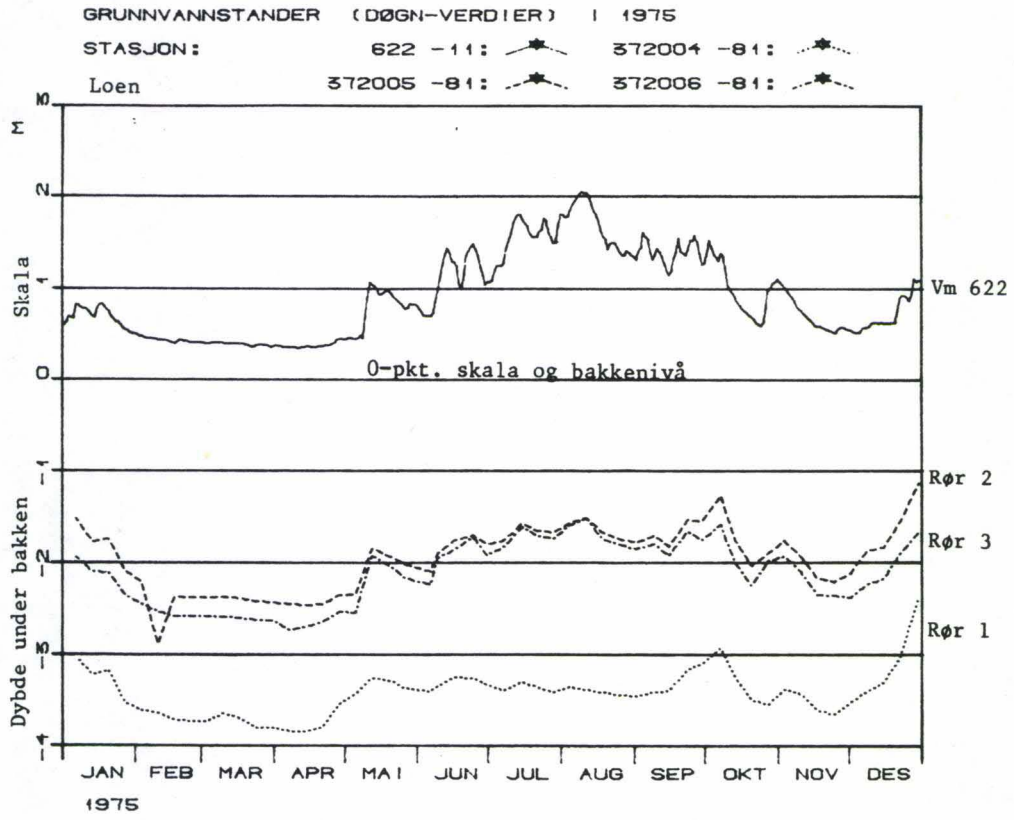

GRUNNVANNSTANDER (DØGN-VERDIER) I 1975
STASJON: 622 -11: 372004 -81:
Loen 372005 -81: 372006 -81:
Skala M
Dybde under bakken
0-pkt. skala og bakkenivå
Vm 622
Rør 2
Rør 3
Rør 1
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1975

Fig. 6.7

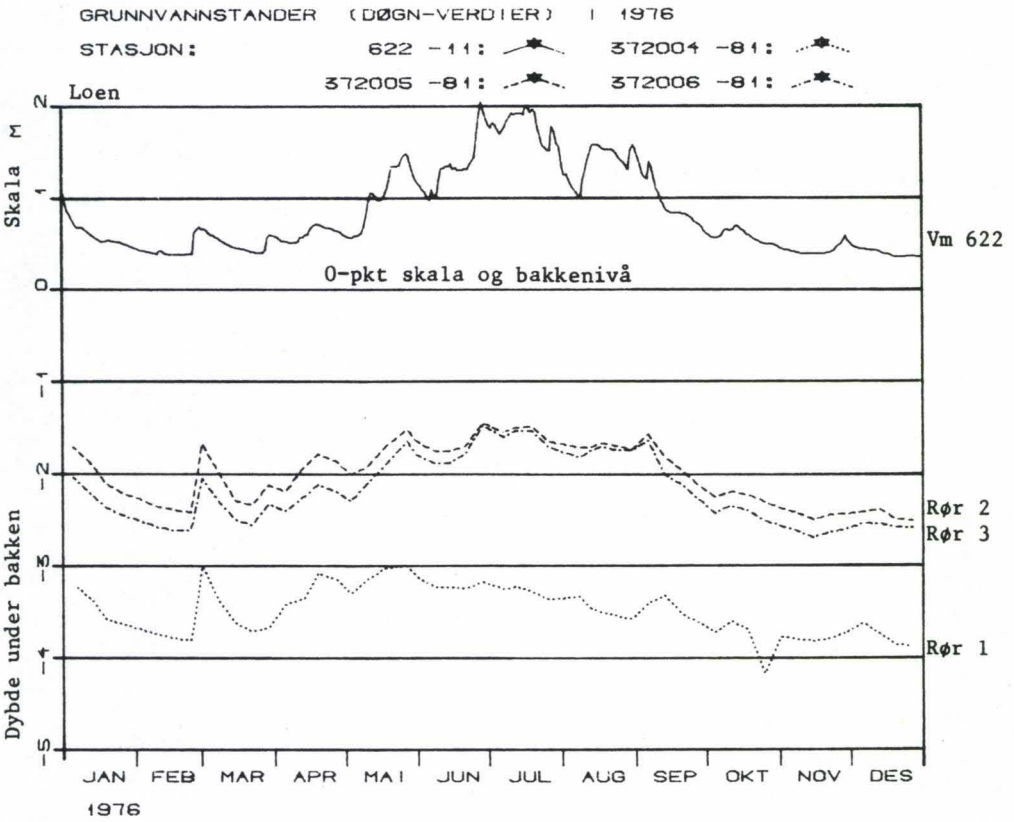

GRUNNVANNSTANDER (DØGN-VERDIER) I 1976
STASJON: 622 -11: 372004 -81:
Loen 372005 -81: 372006 -81:
Skala M
Dybde under bakken
0-pkt skala og bakkenivå
Vm 622
Rør 2
Rør 3
Rør 1
JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP OKT NOV DES
1976

Fig. 6.8

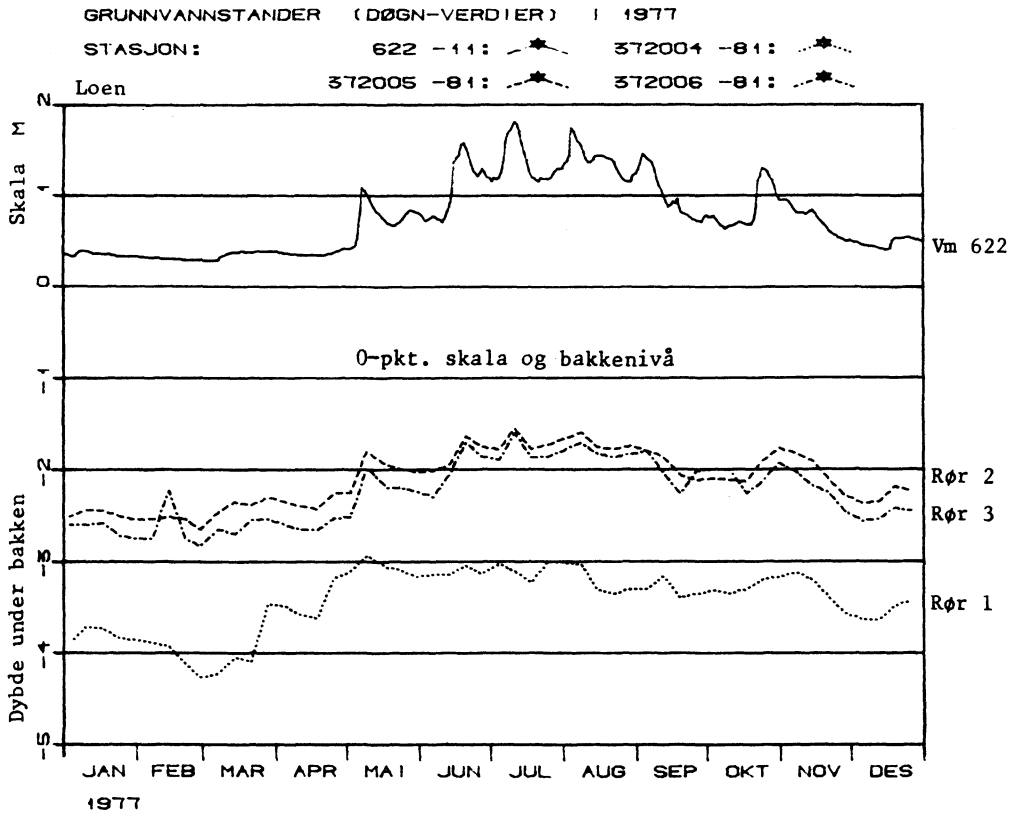


Fig. 6.9

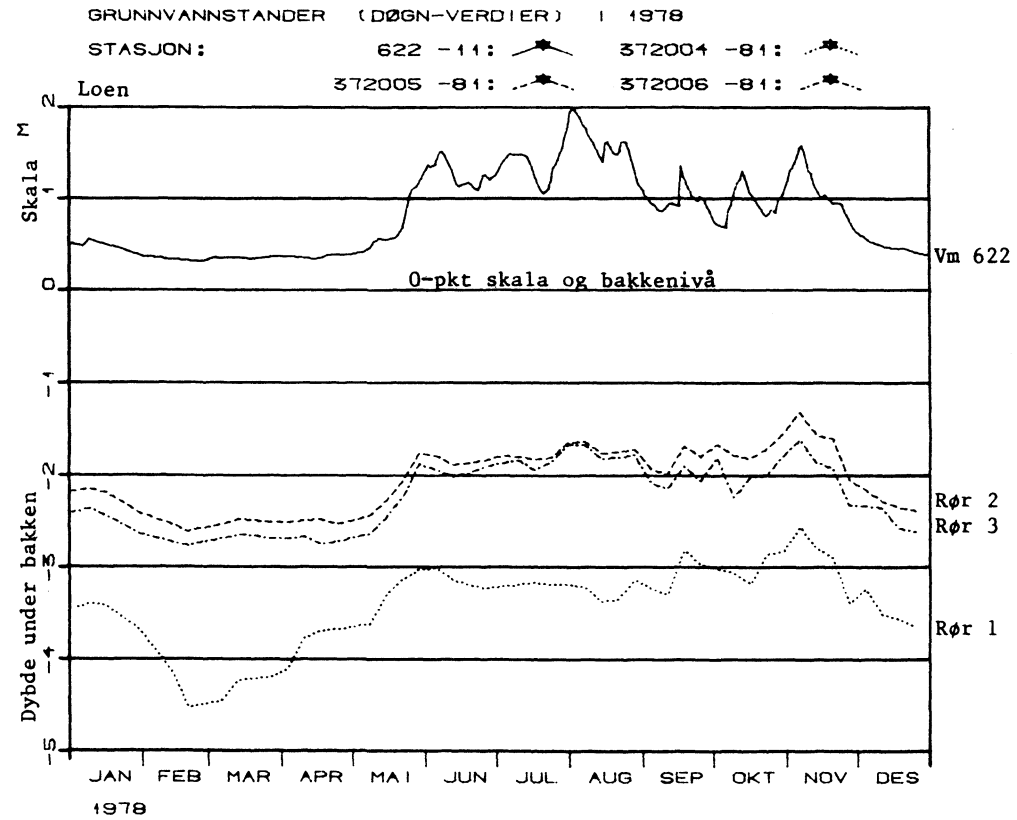


Fig. 6.10

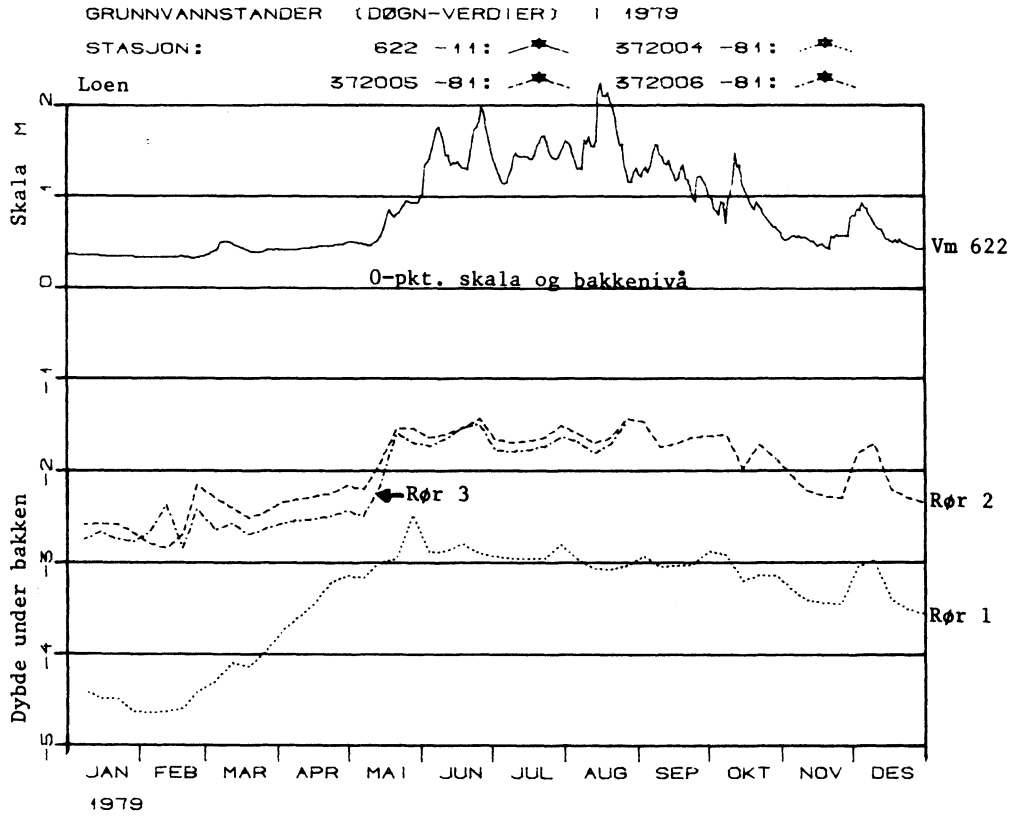


Fig. 6.11

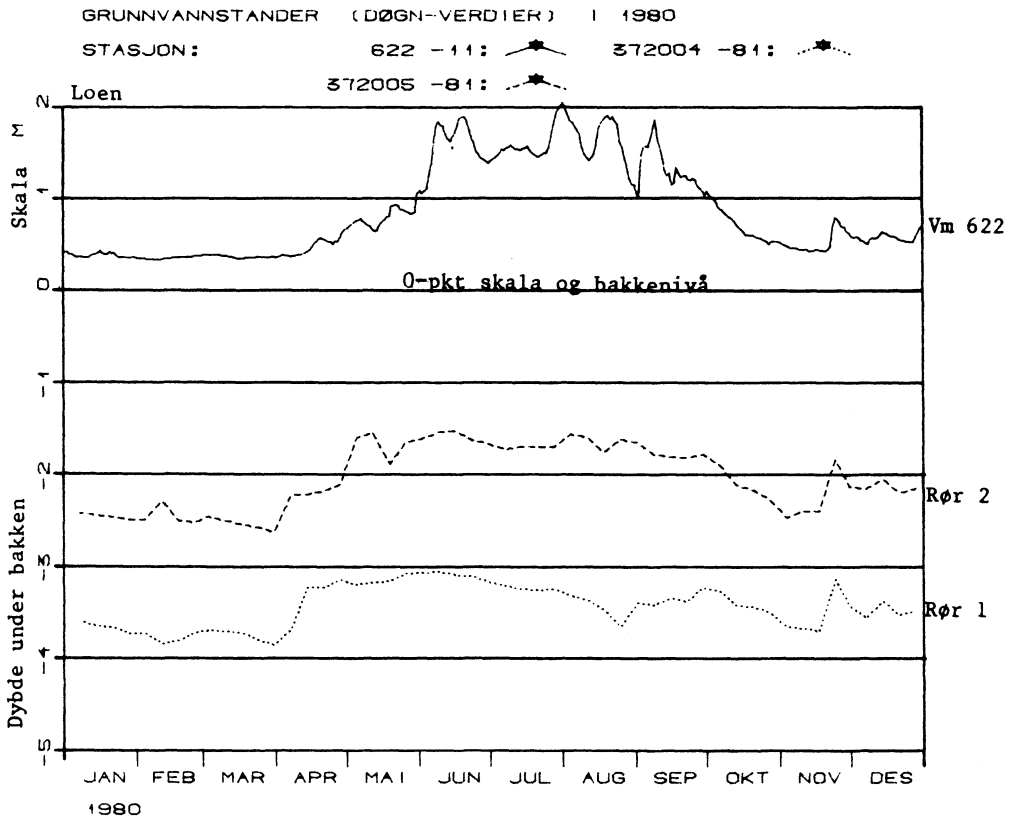


Fig. 6.12

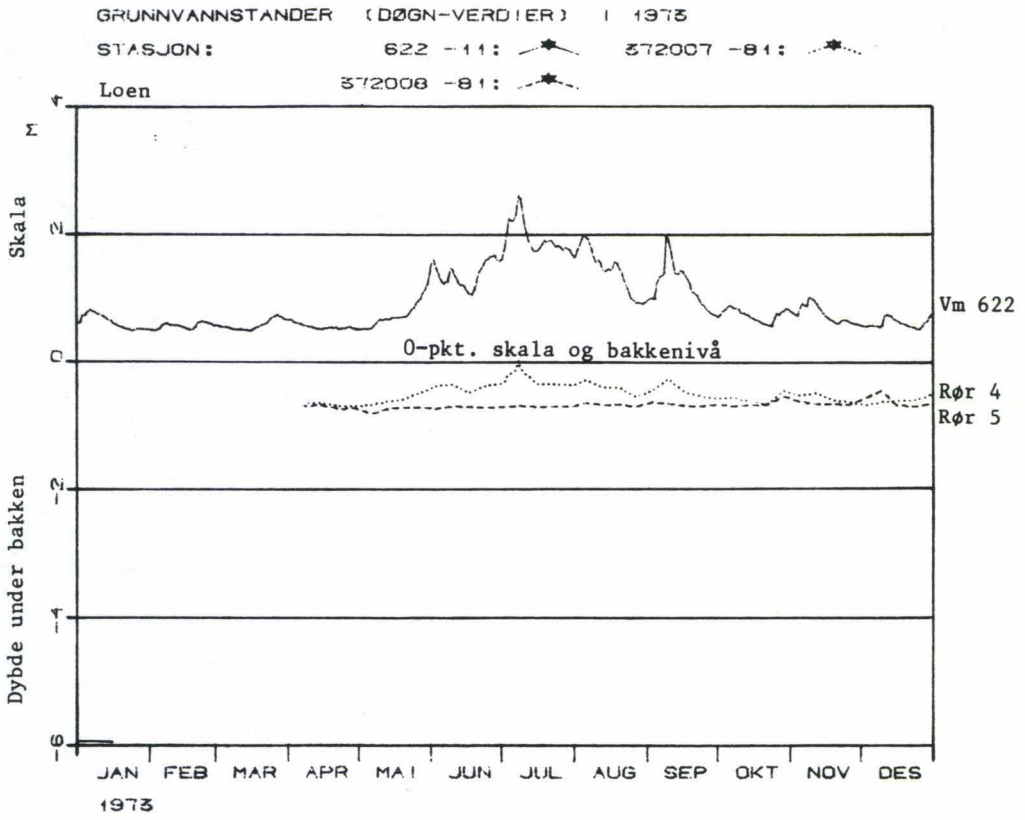


Fig. 6.13

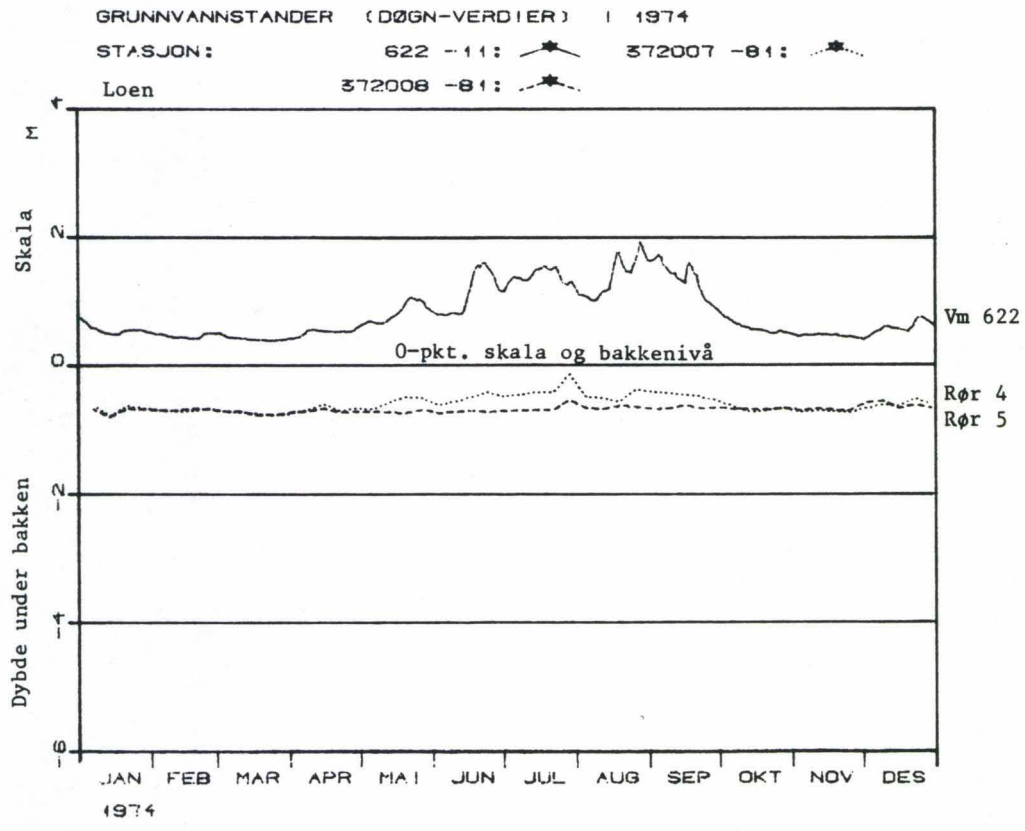


Fig. 6.14

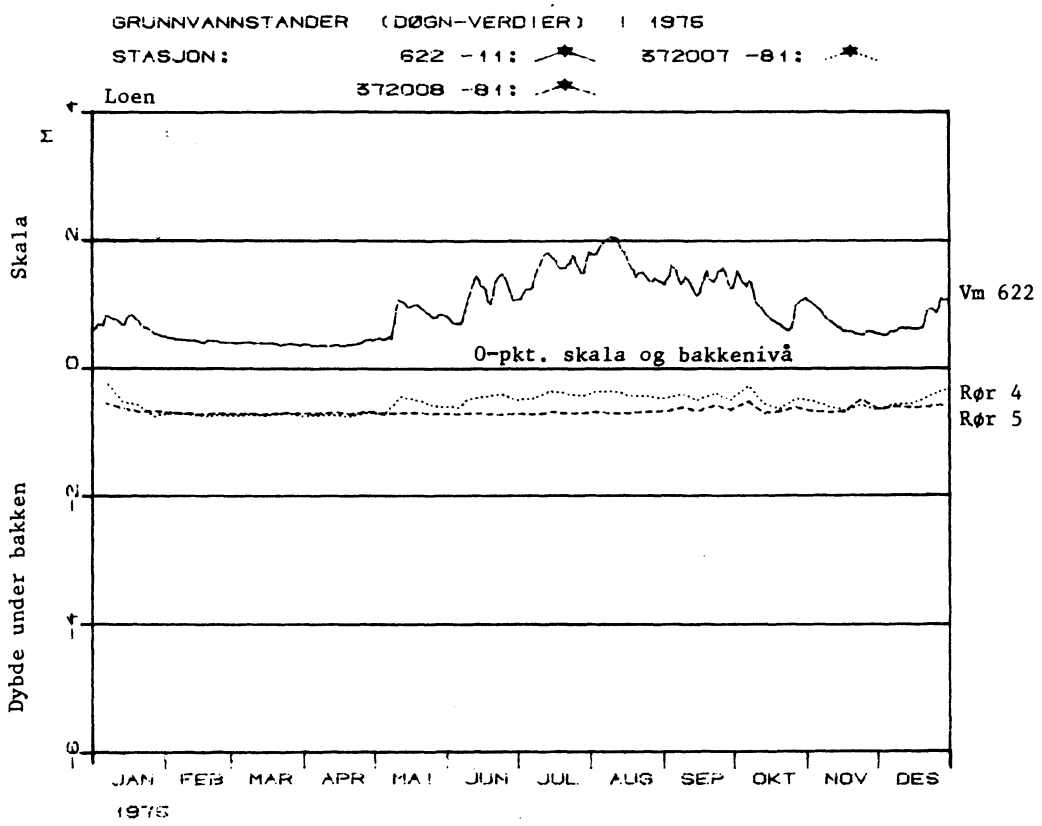


Fig. 6.15

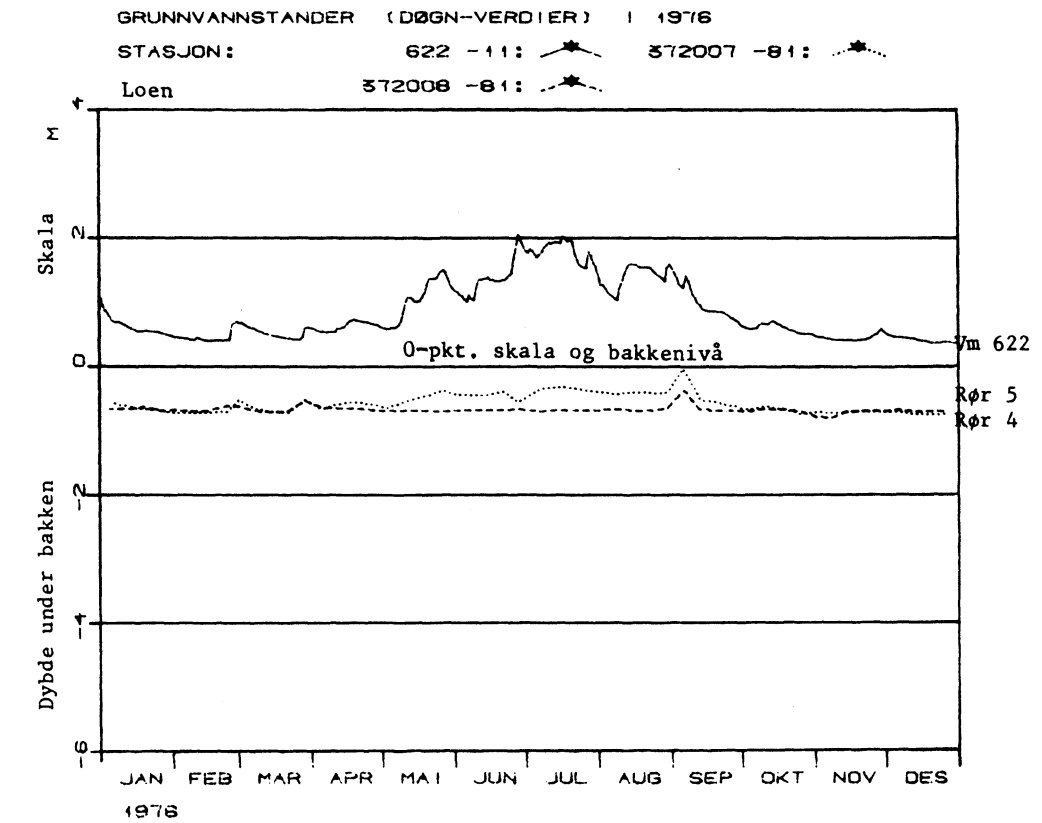


Fig. 6.16

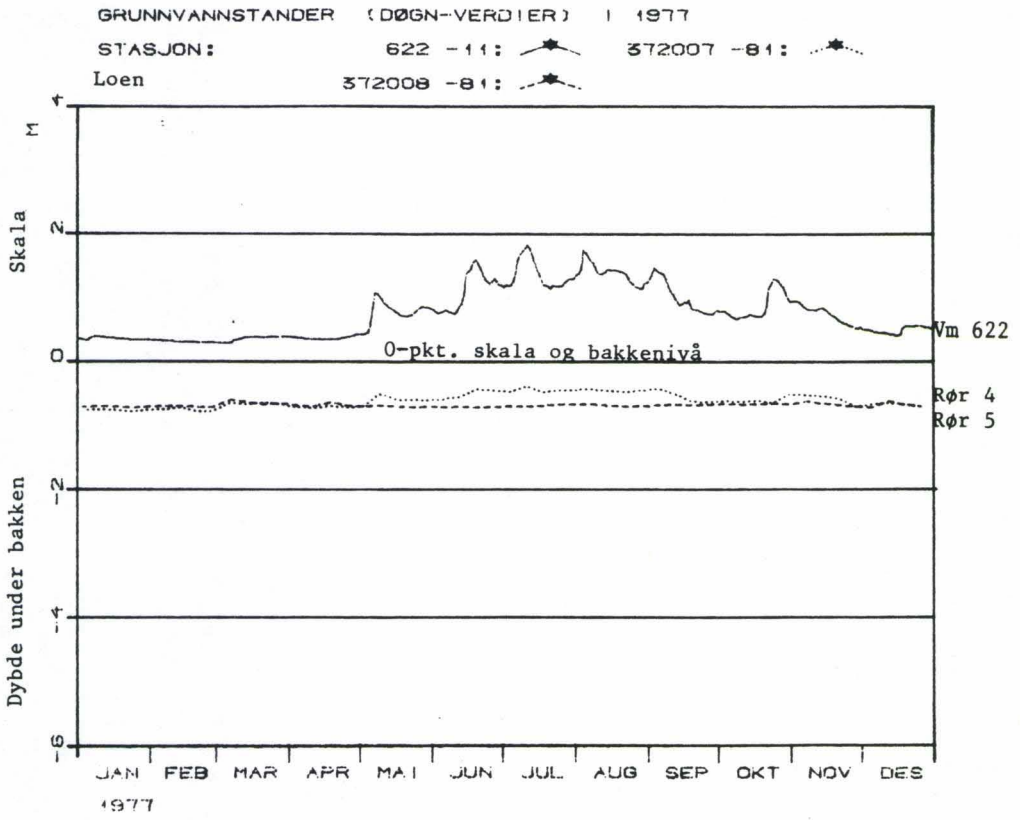


Fig. 6.17

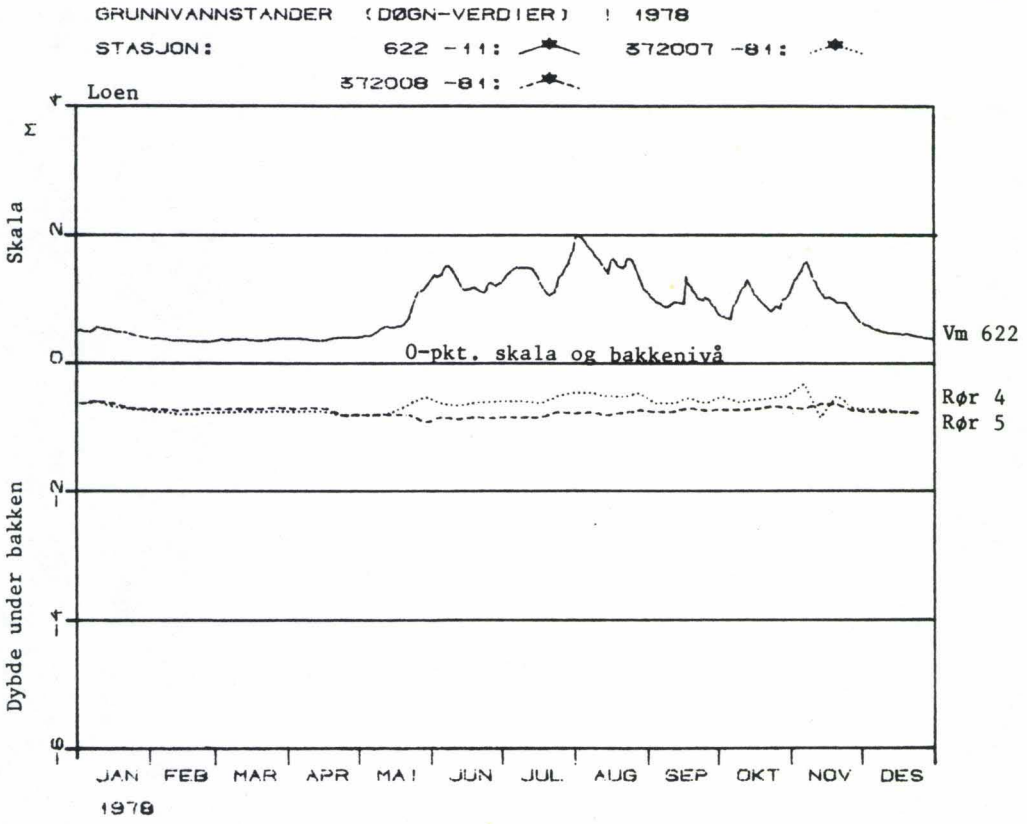


Fig. 6.18

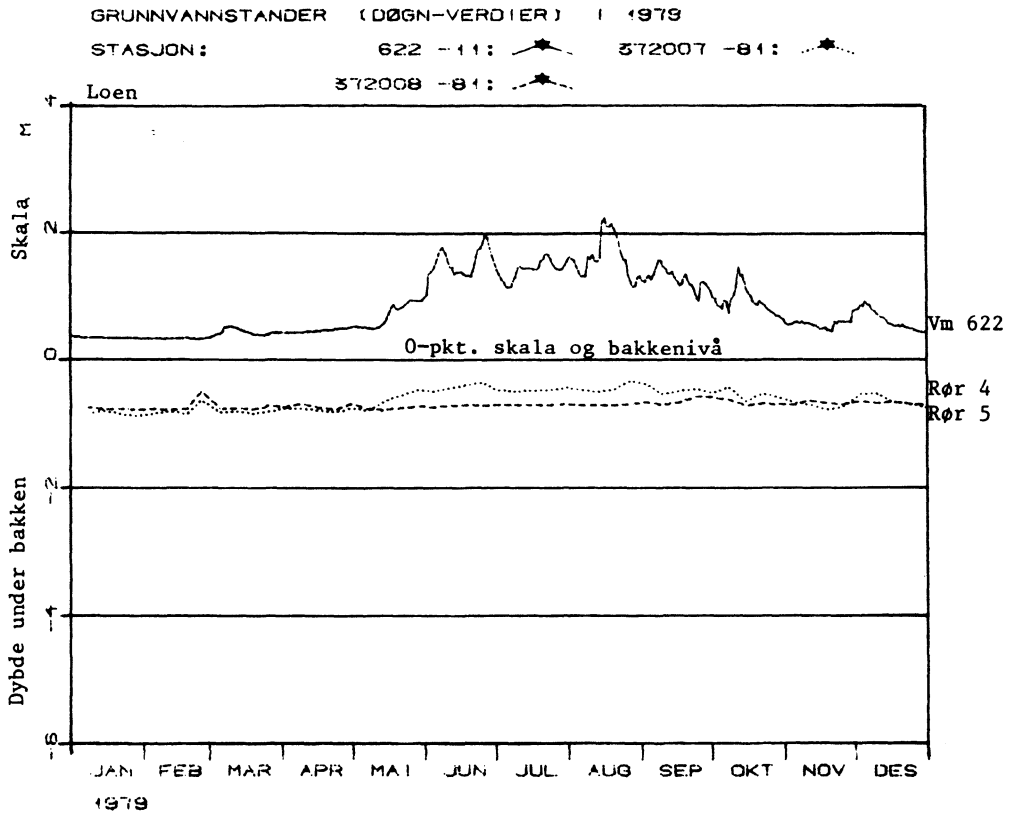


Fig. 6.19

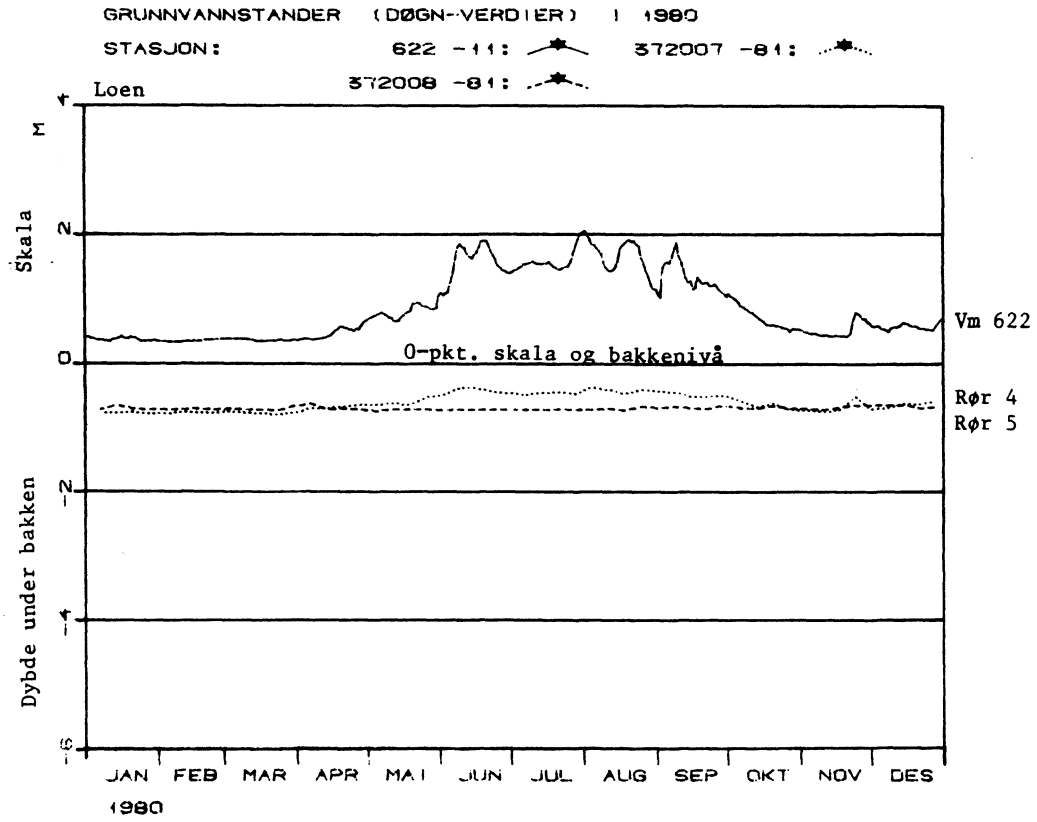


Fig. 6.20

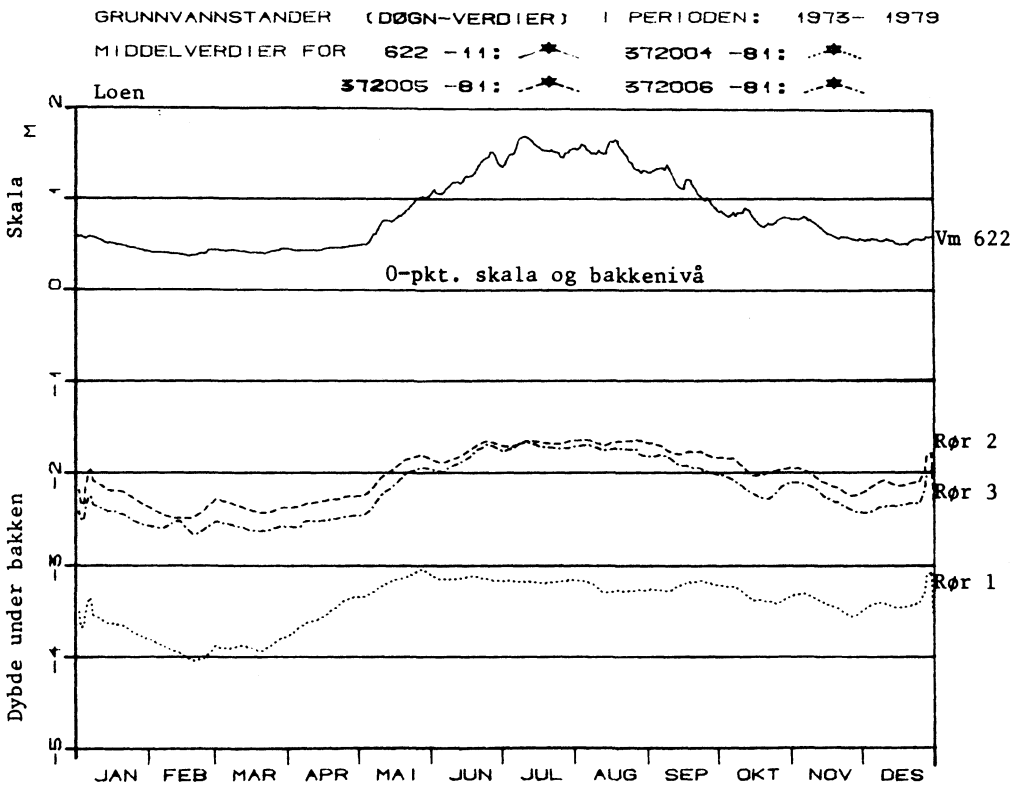


Fig. 6.21

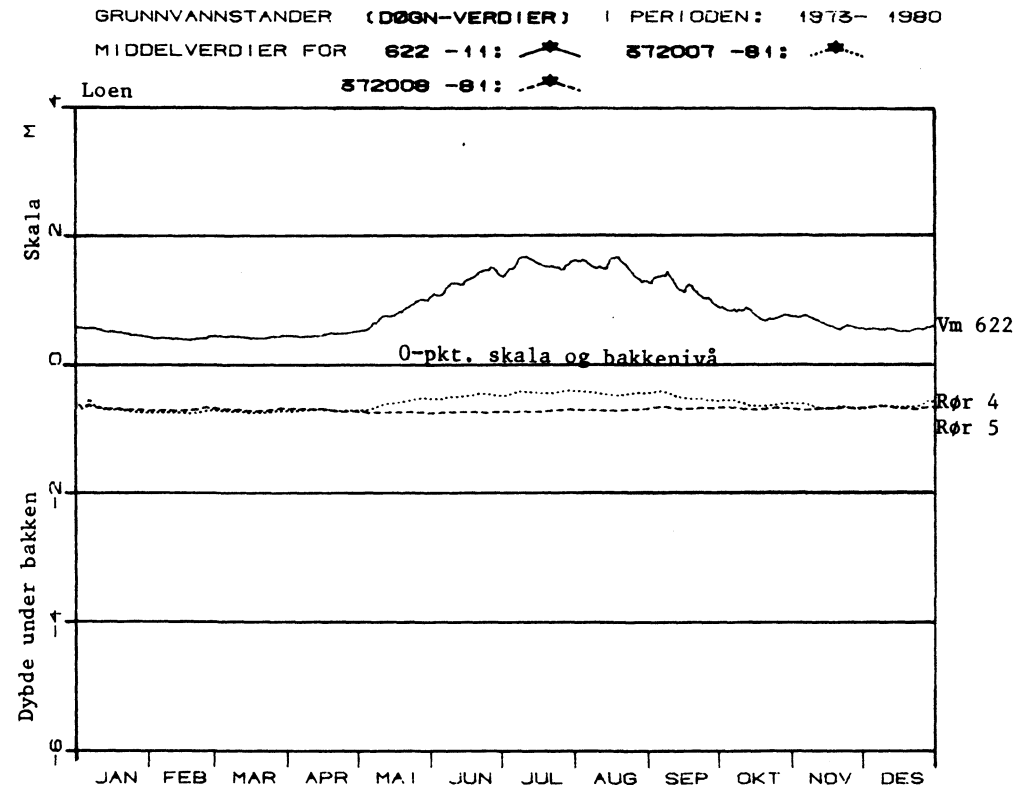


Fig. 6.22

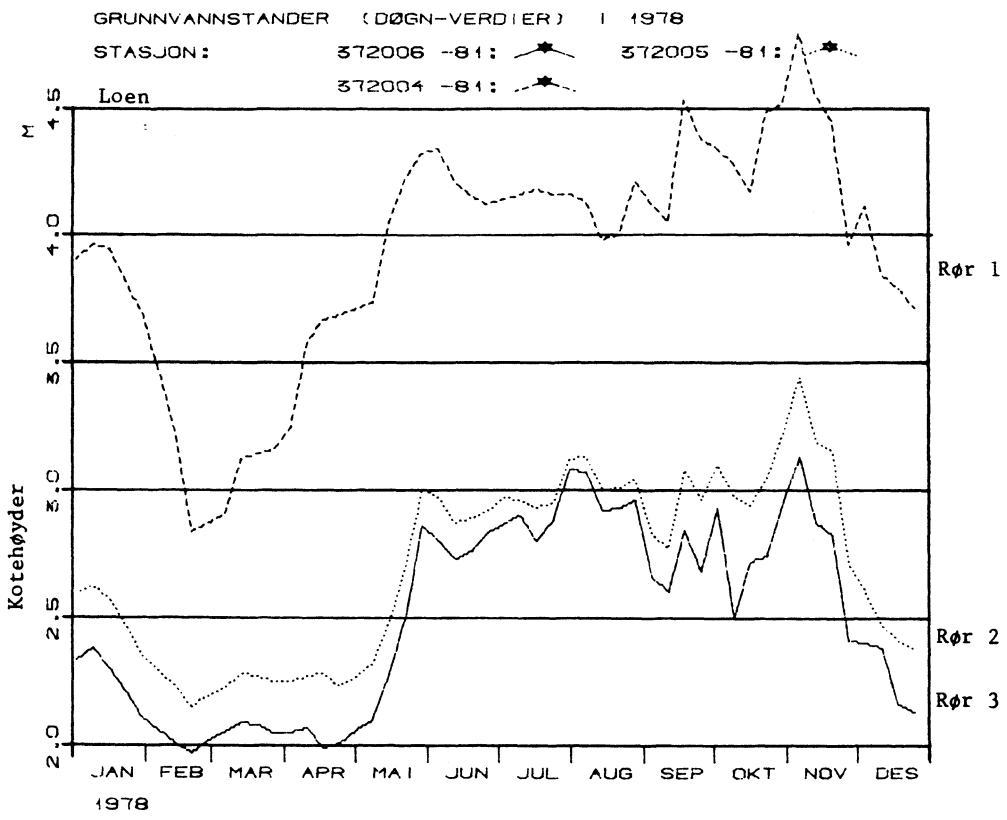


Fig. 6.23

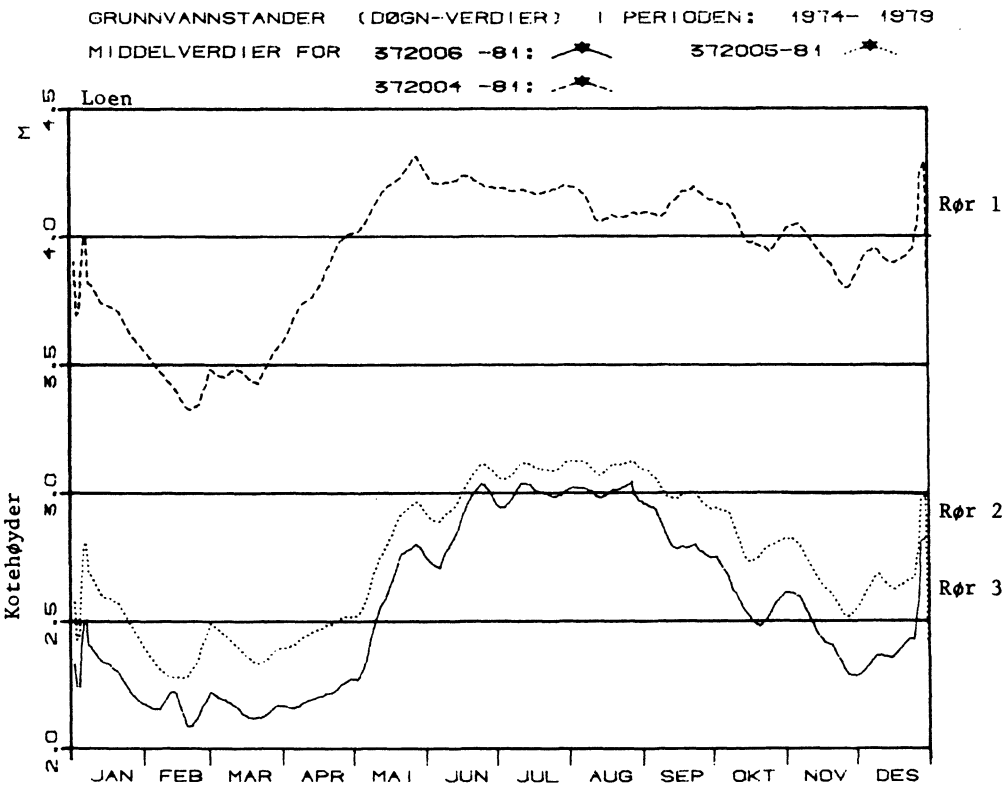


Fig. 6.24

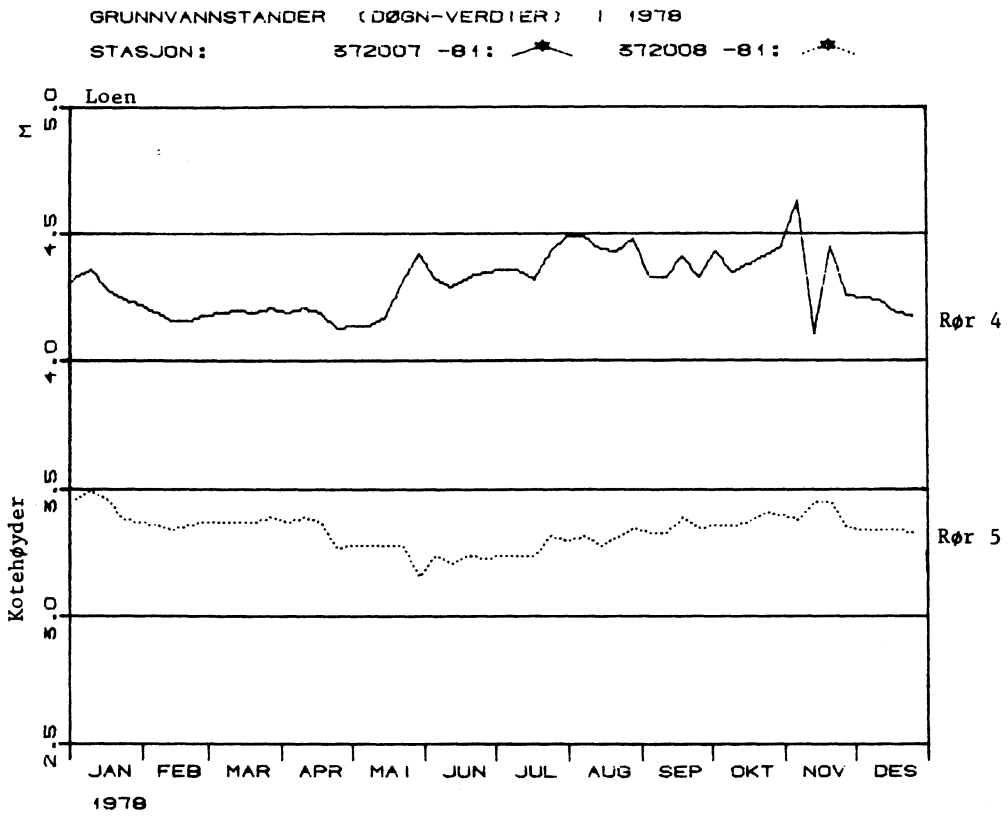


Fig. 6.25

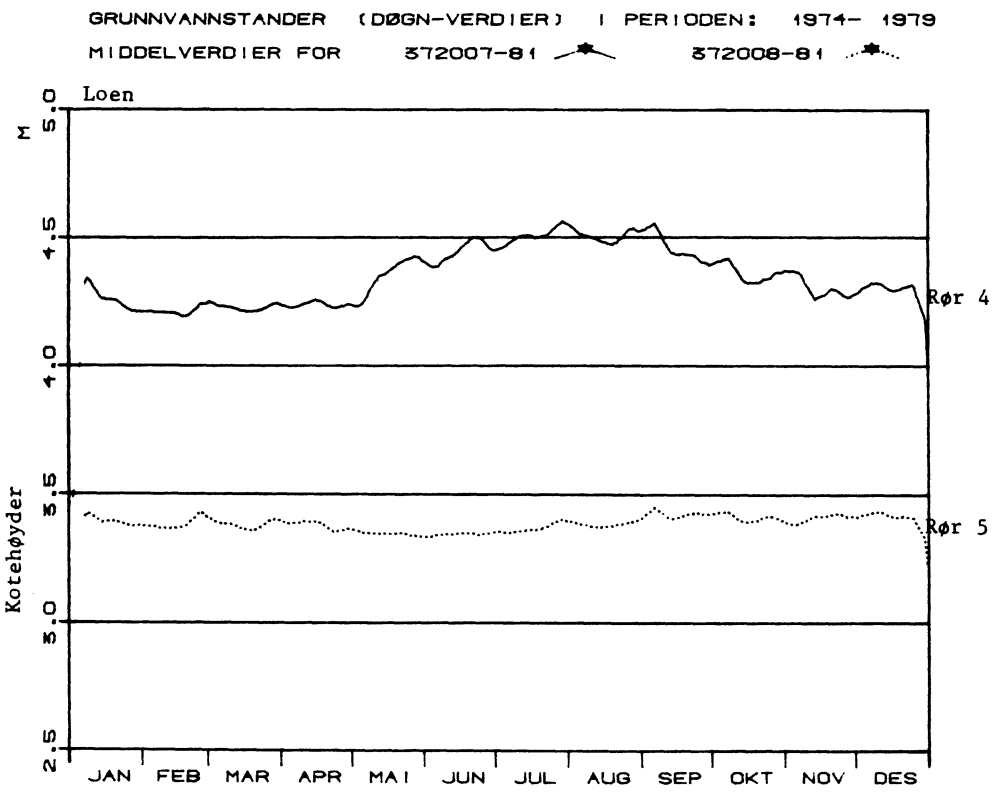


Fig. 6.26

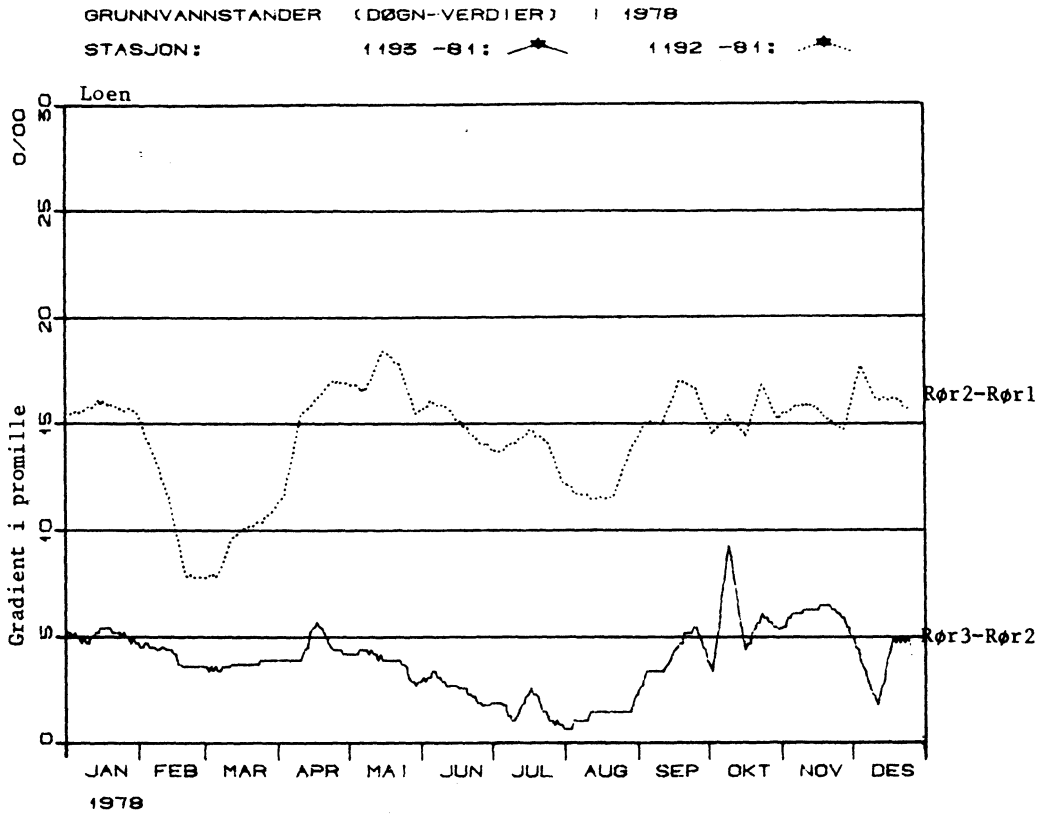


Fig. 6.27

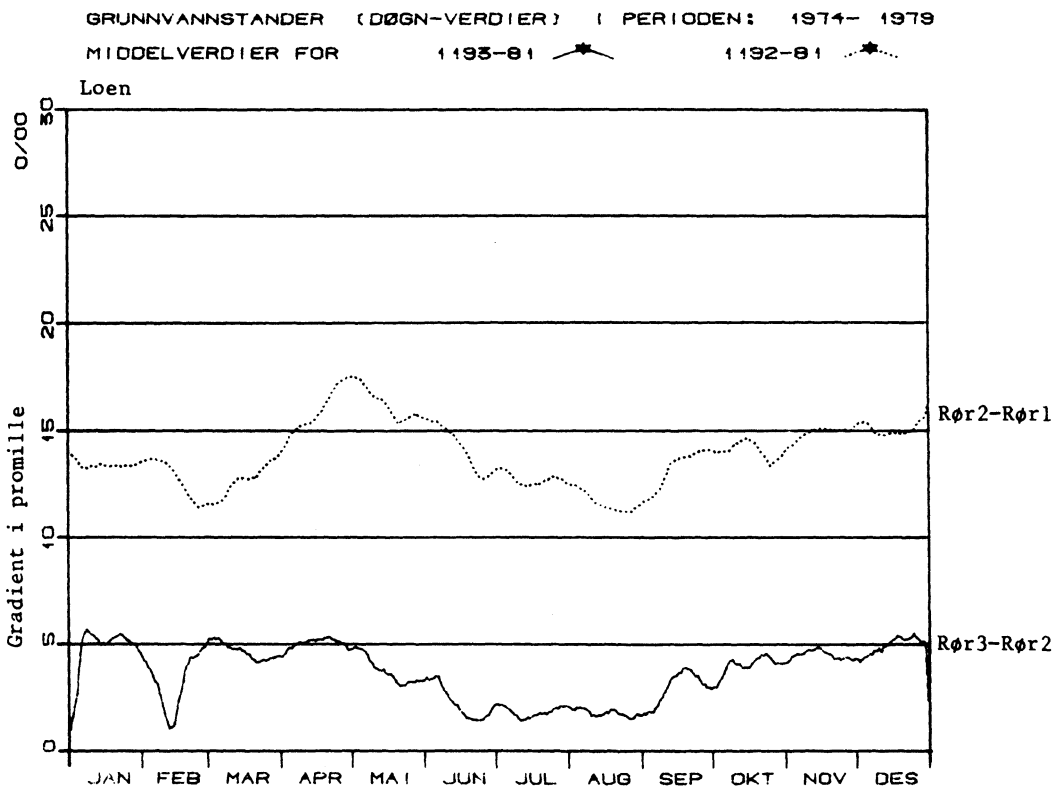


Fig. 6.28

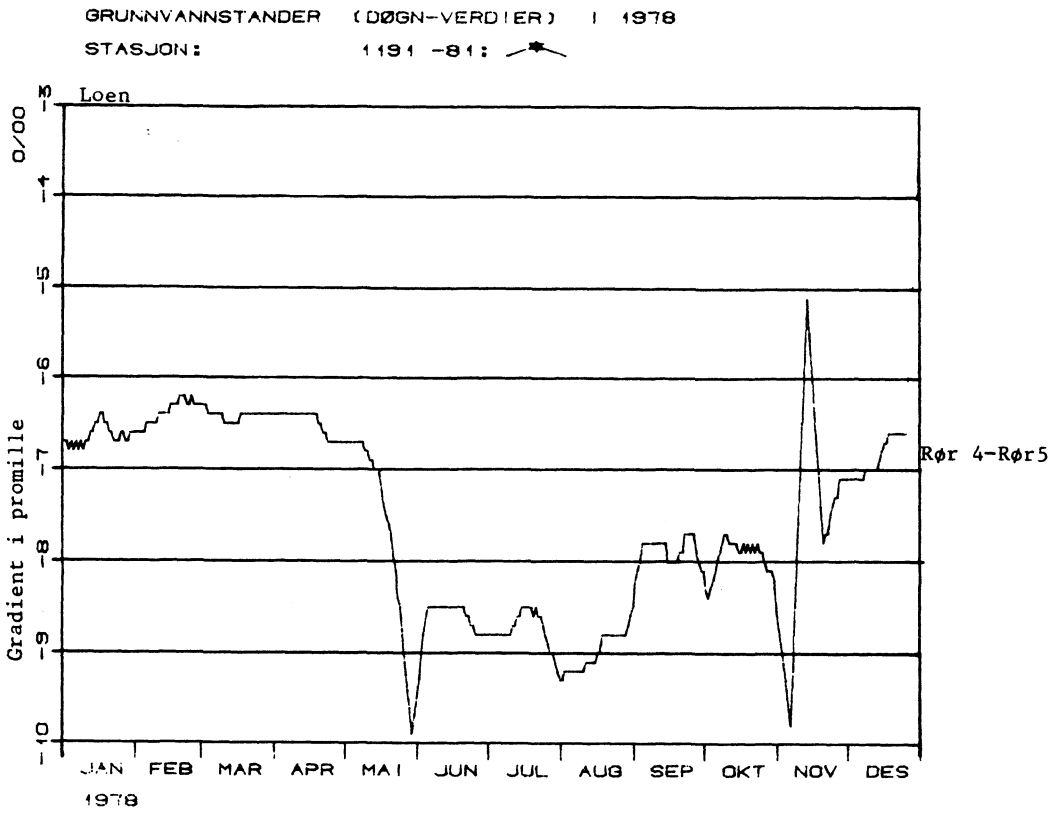


Fig. 6.29

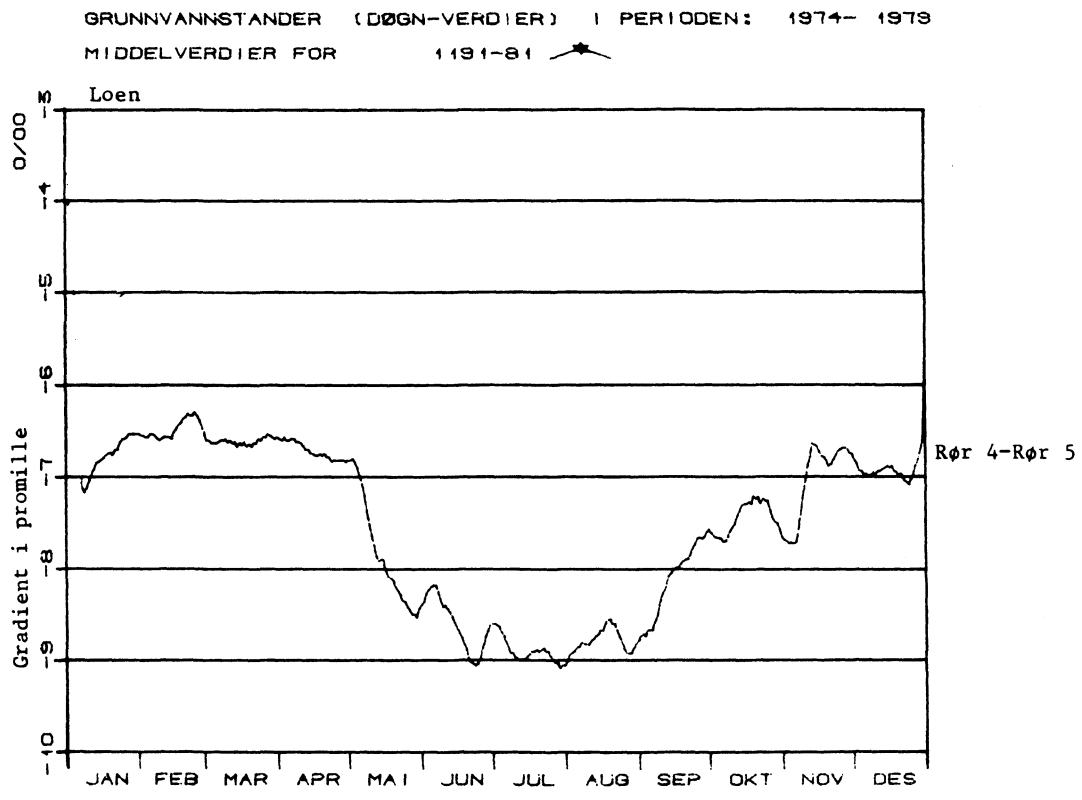


Fig. 6.30

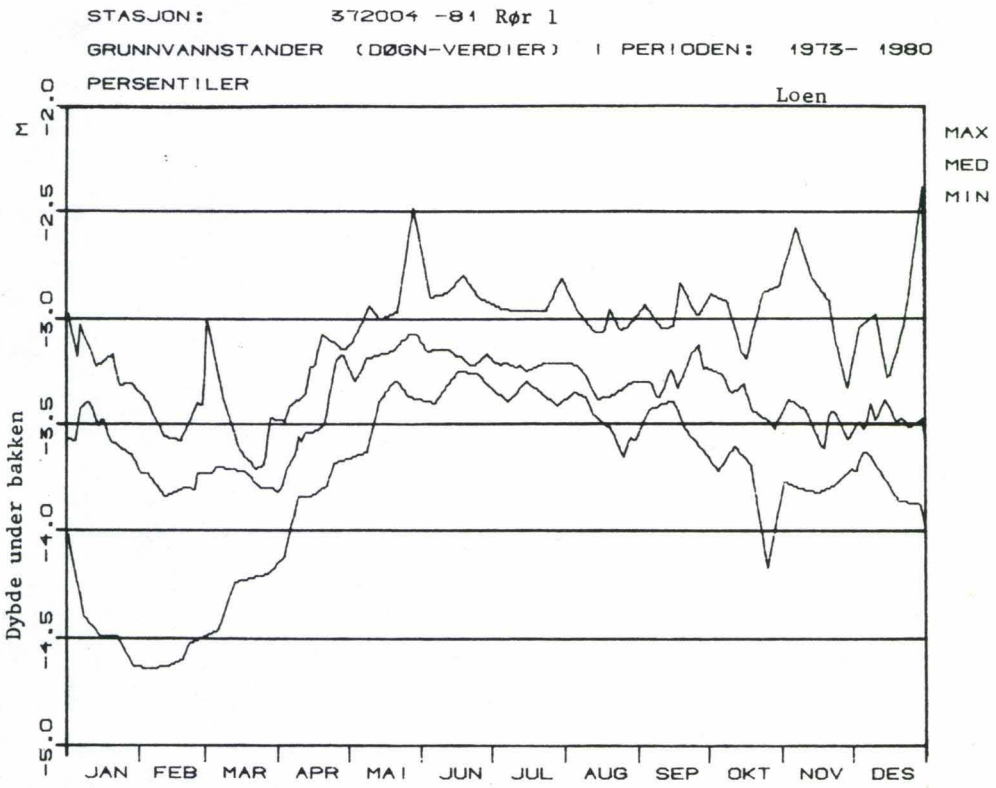


Fig. 6.31

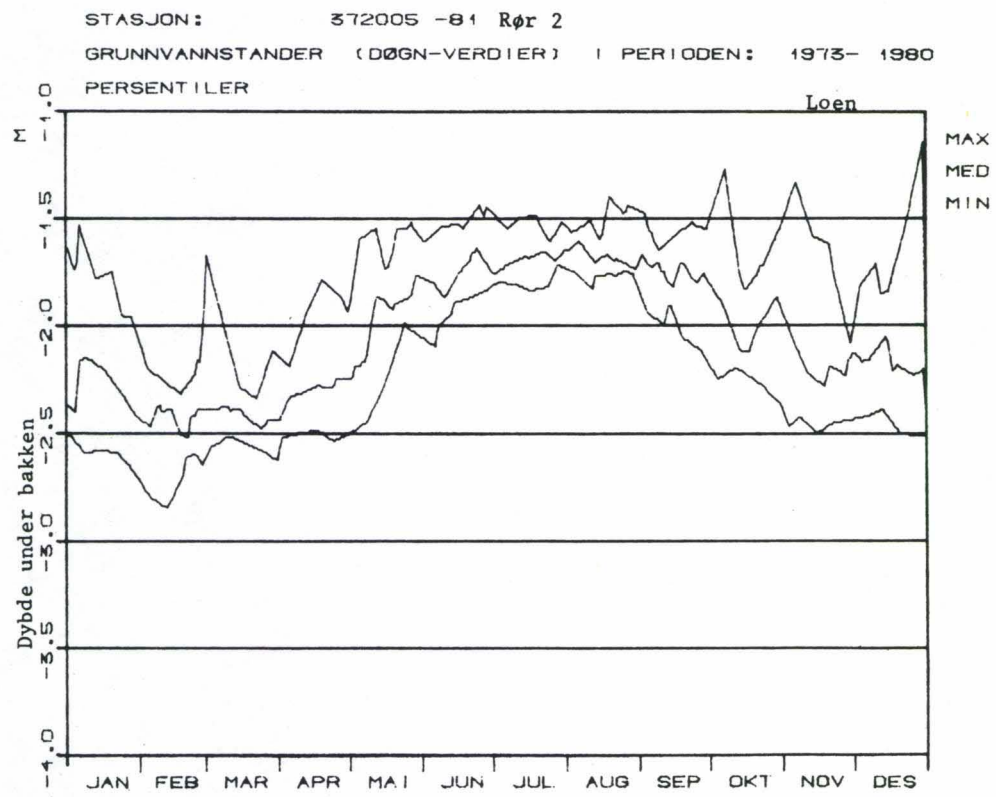


Fig. 6.32

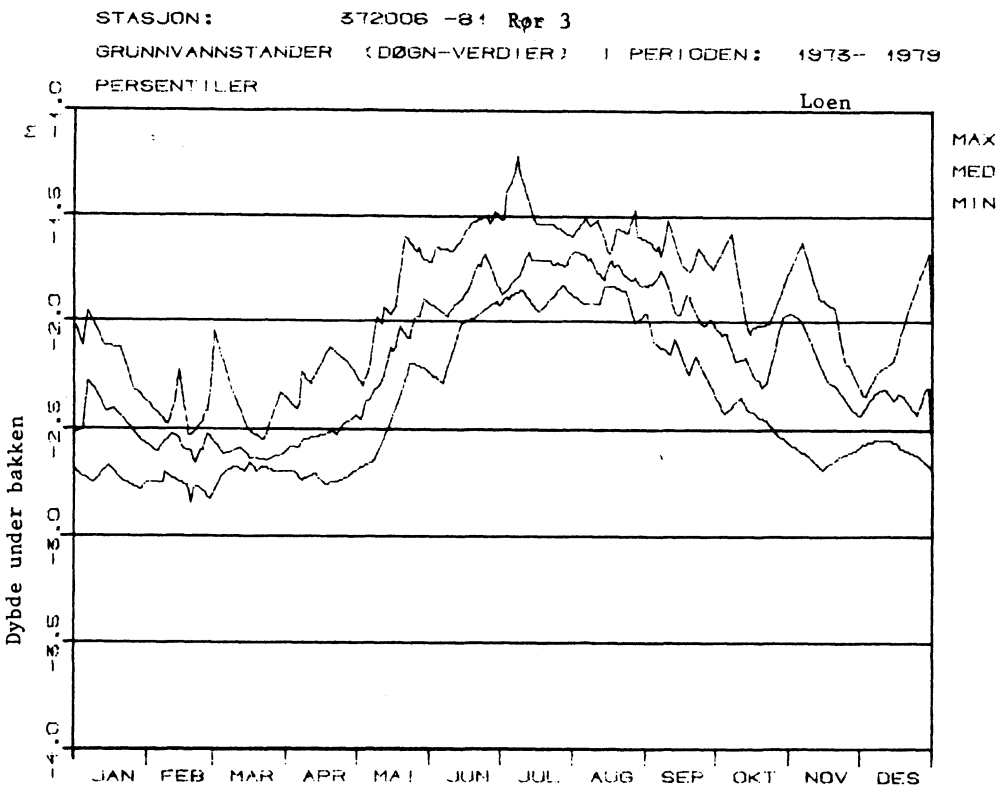


Fig. 6.33

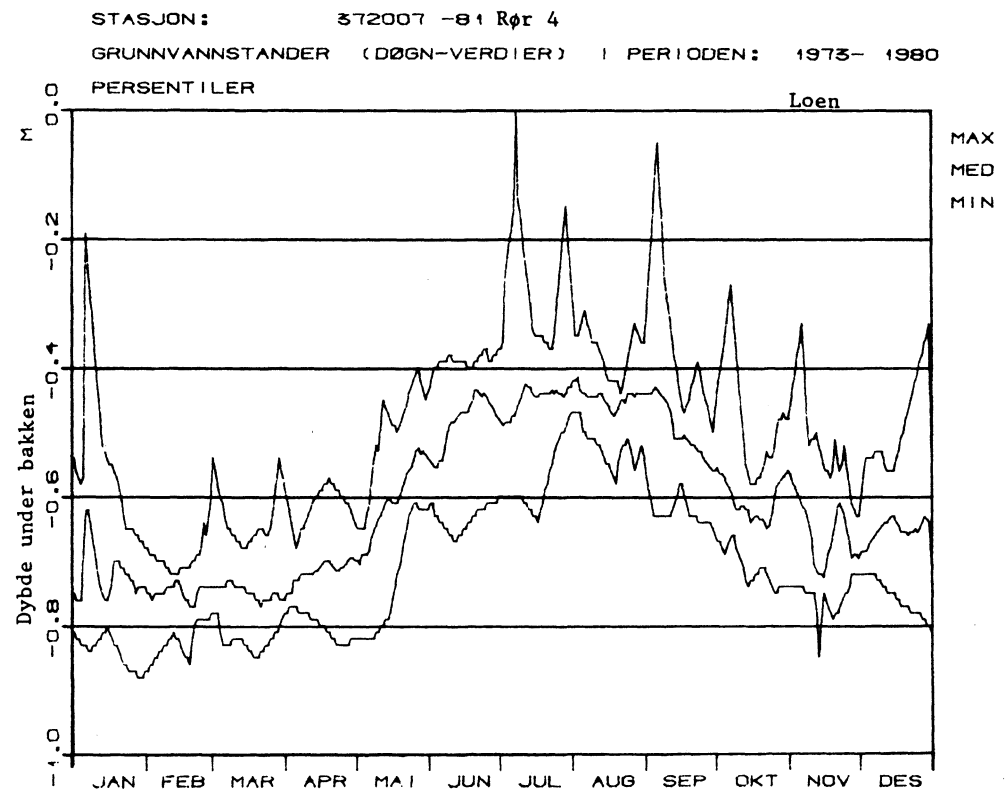


Fig. 6.34

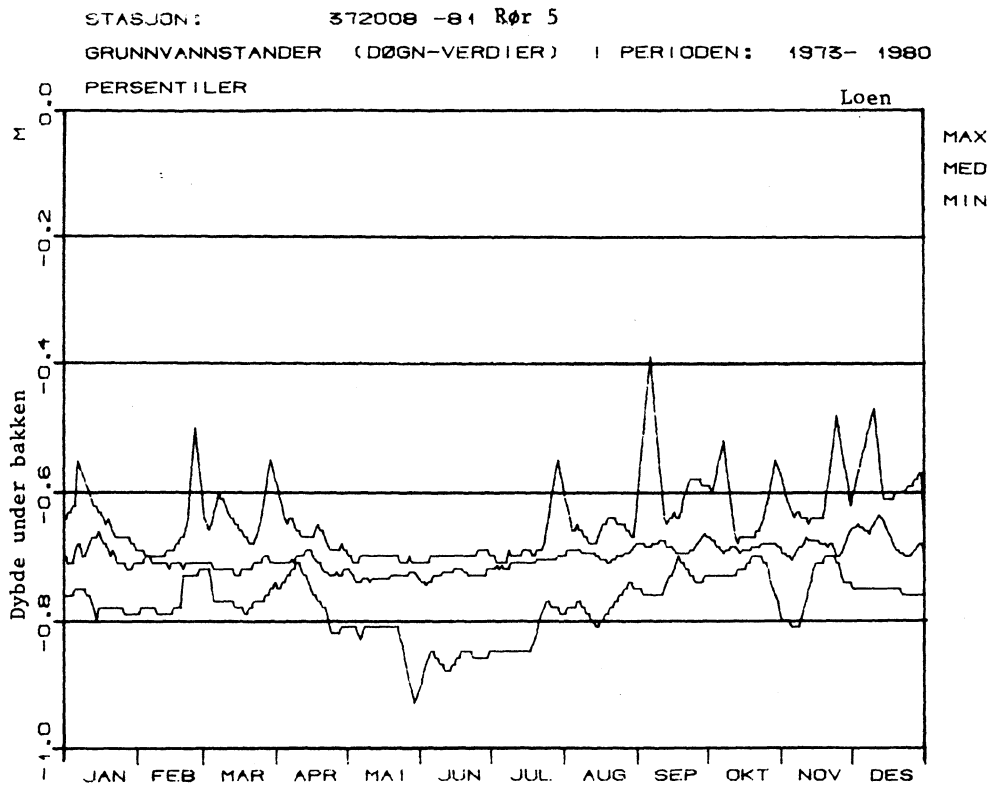


Fig. 6.35

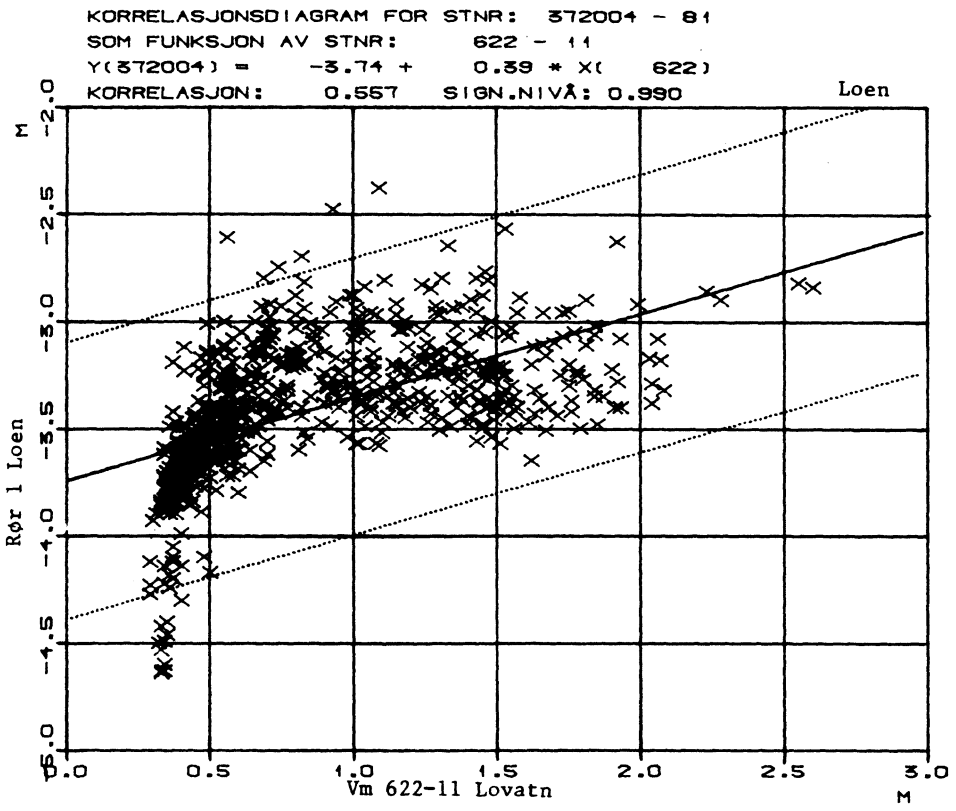


Fig. 6.36

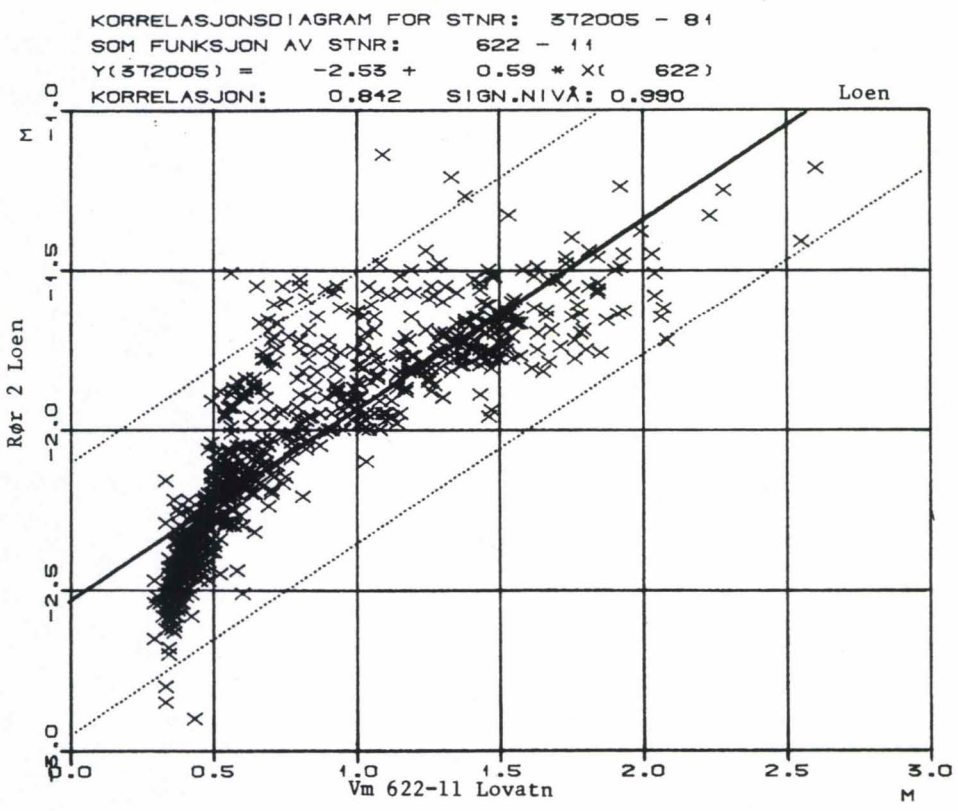


Fig. 6.37

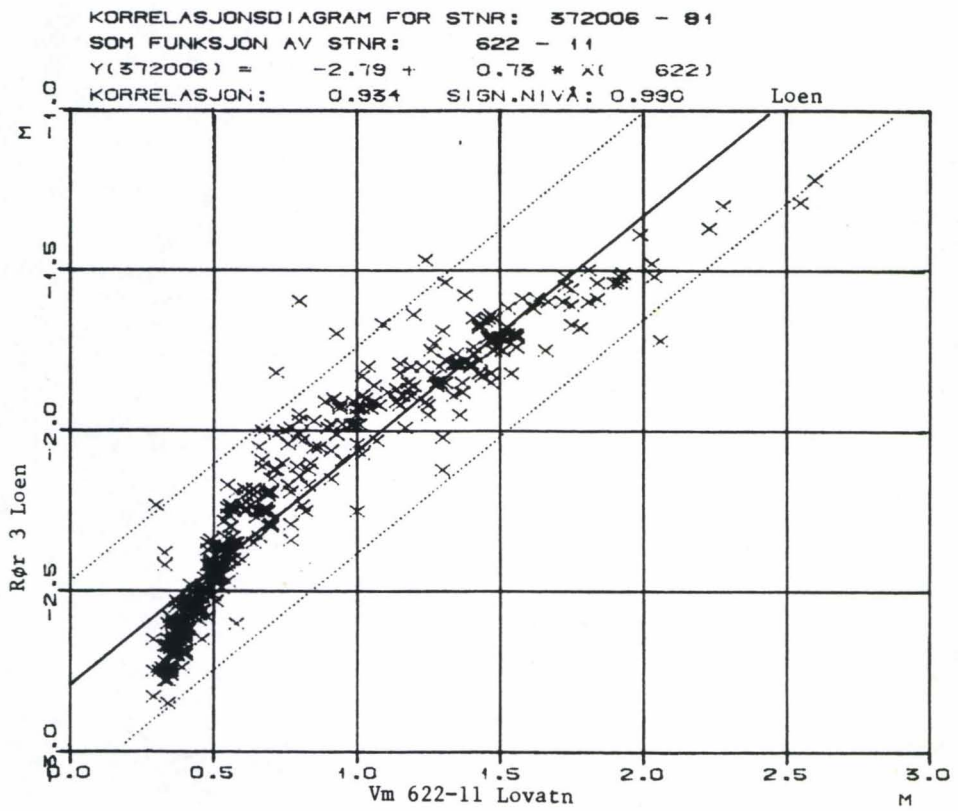


Fig. 6.38

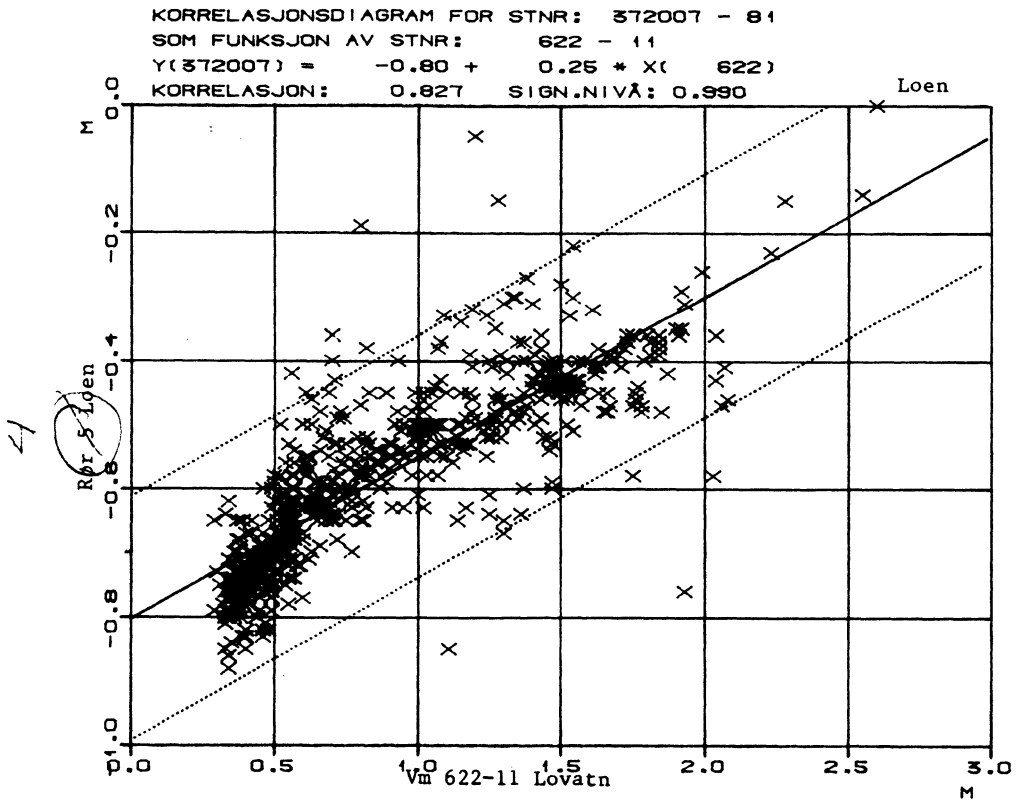


Fig. 6.39

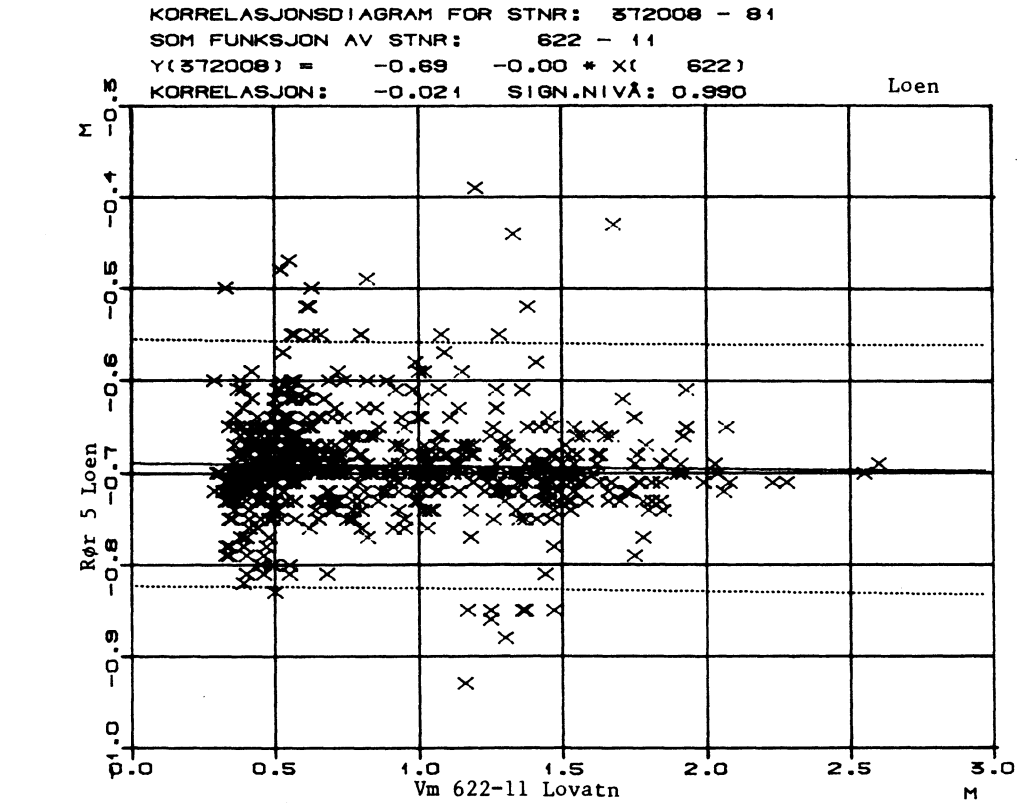


Fig. 6.40

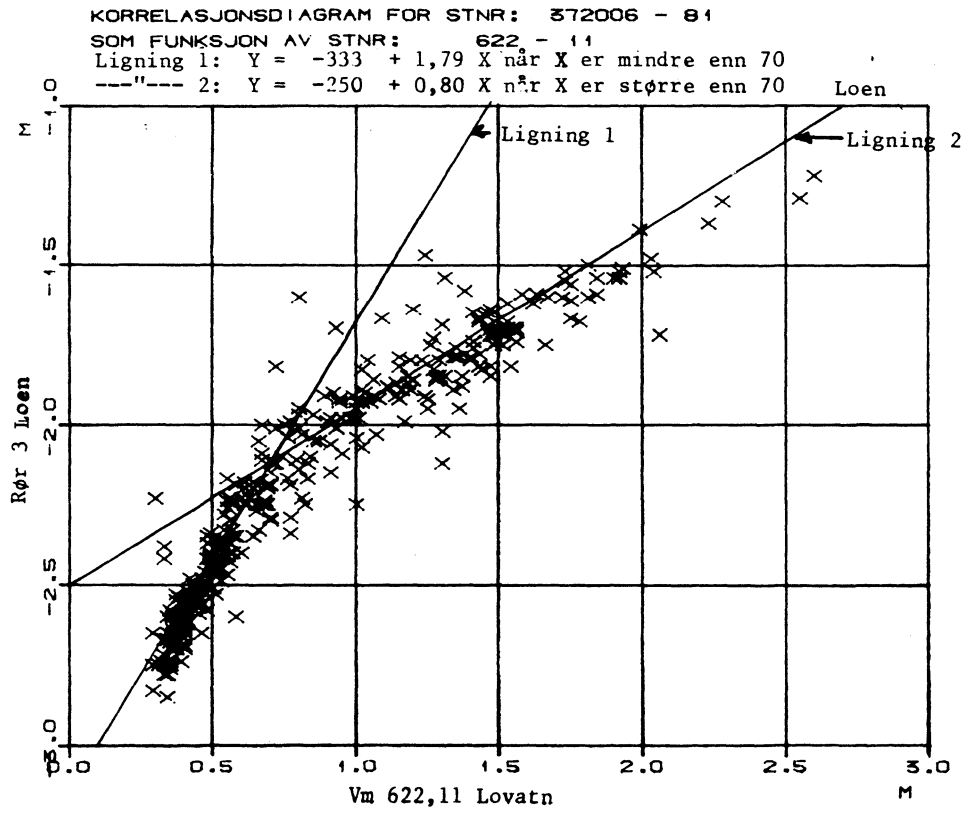


Fig. 6.41

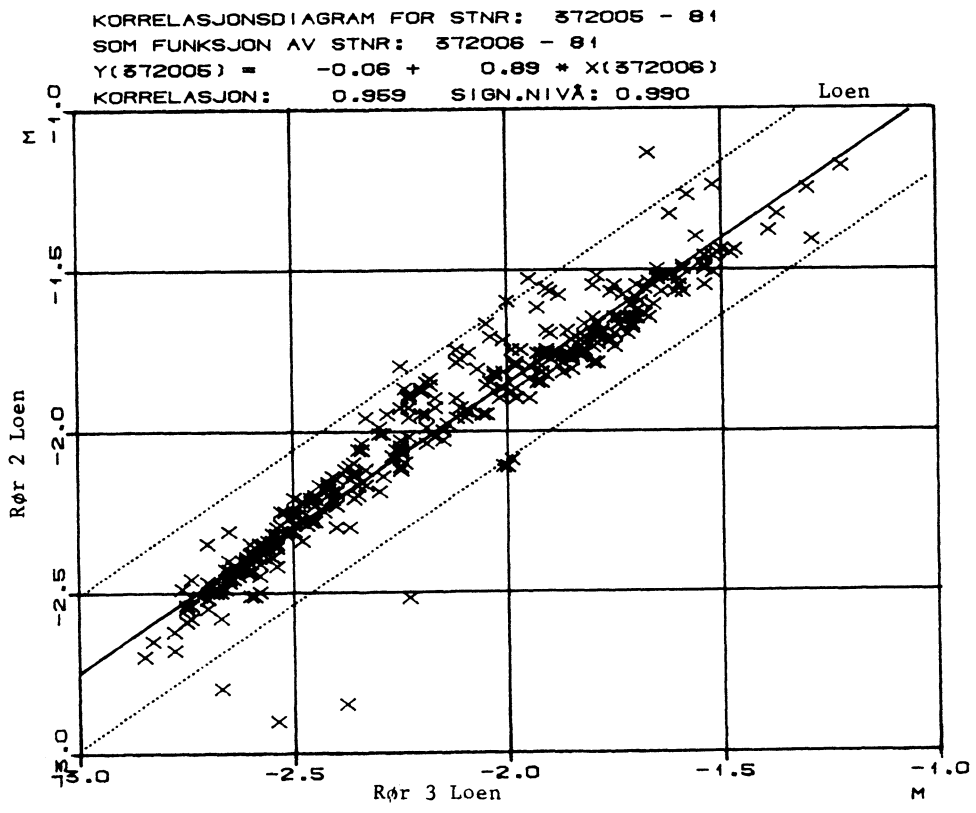


Fig. 6.42

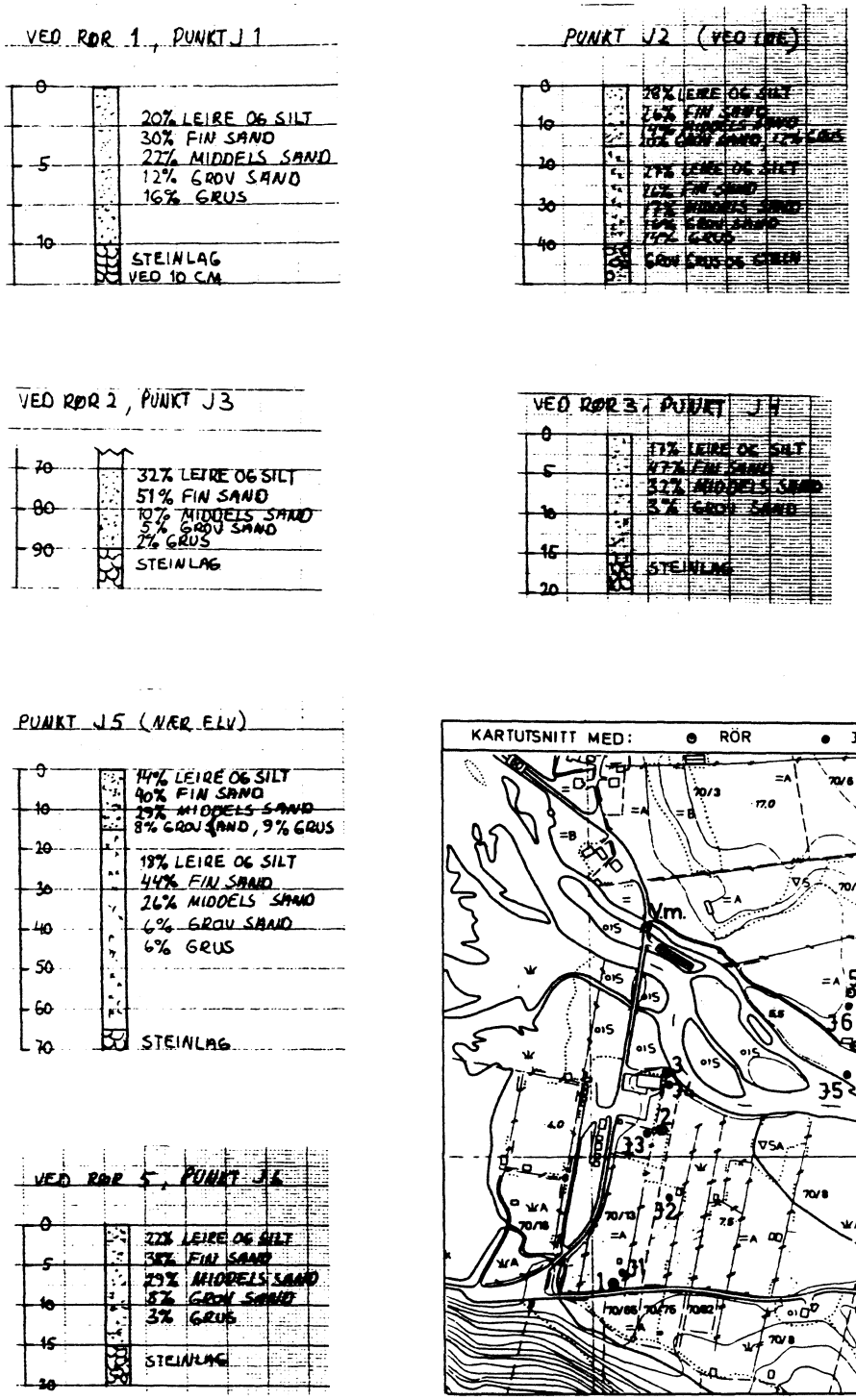

VED RØR 1, PUNKT J 1
0
5
10
20% LEIRE OG SILT
30% FIN SAND
22% MIDDELS SAND
12% GROV SAND
16% GRUS
STEINLAG
VED 10 CM
PUNKT J2 (VED ELV)
0
10
20
30
40
28% LEIRE OG SILT
26% FIN SAND
17% MIDDELS SAND
10% GROV SAND 12% GRUS
27% LEIRE OG SILT
26% FIN SAND
17% MIDDELS SAND
16% GROV SAND
14% GRUS
GROV GRUS OG STEIN
VED RØR 2, PUNKT J3
70
80
90
32% LEIRE OG SILT
51% FIN SAND
10% MIDDELS SAND
5% GROV SAND
2% GRUS
STEINLAG
VED RØR 3, PUNKT J4
0
5
10
15
20
17% LEIRE OG SILT
47% FIN SAND
32% MIDDELS SAND
3% GROV SAND
STEINLAG
PUNKT J5 (NÆR ELV)
0
10
20
30
40
50
60
70
14% LEIRE OG SILT
40% FIN SAND
29% MIDDELS SAND
8% GROV SAND, 9% GRUS
18% LEIRE OG SILT
44% FIN SAND
26% MIDDELS SAND
6% GROV SAND
6% GRUS
STEINLAG
VED RØR 5, PUNKT J6
0
5
10
15
20
22% LEIRE OG SILT
38% FIN SAND
29% MIDDELS SAND
8% GROV SAND
3% GRUS
STEINLAG
KARTUTSNITT MED:
RÖR
JORDPRÖVE
Vm.

Fig. 6.43

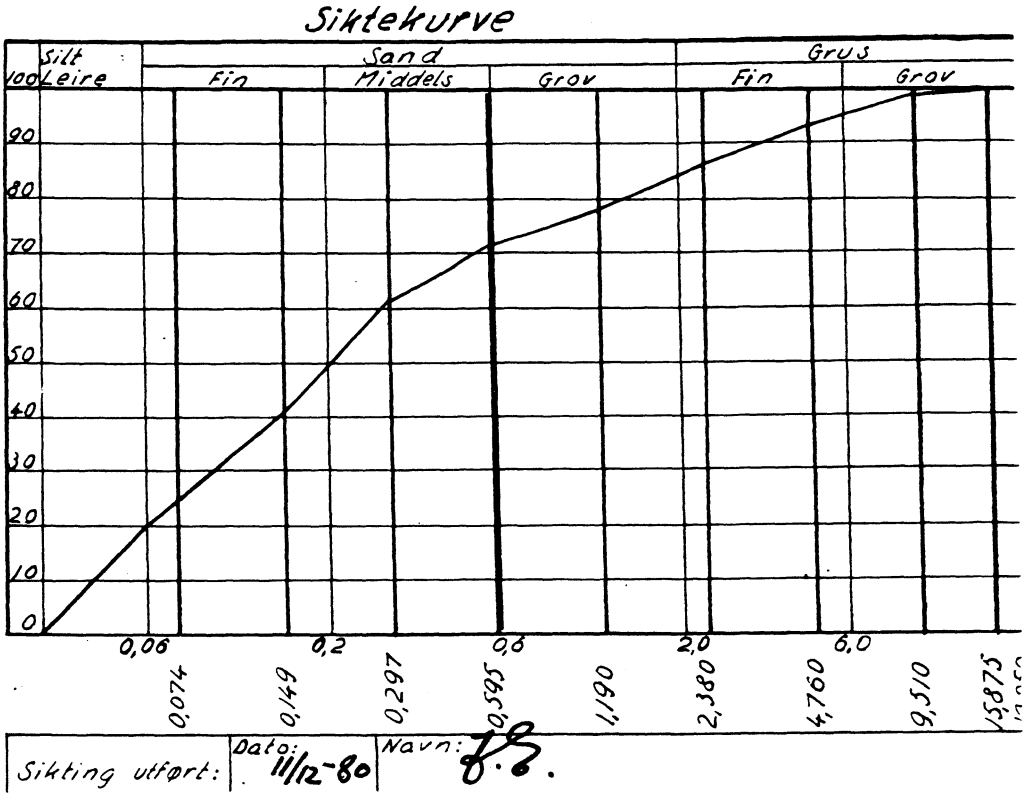


Fig. 6.44 J 1 (Ved rør 1). 0 - 10 cm.

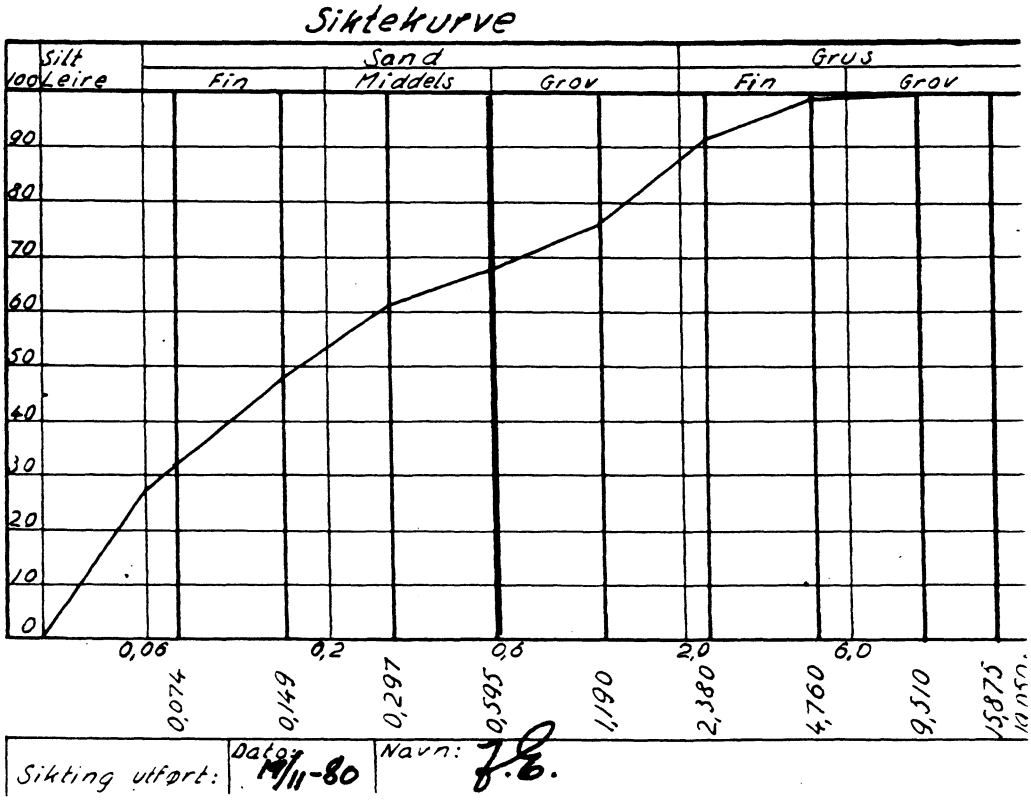


Fig. 6.45 J 2 (ved løe). 0 - 15 cm.

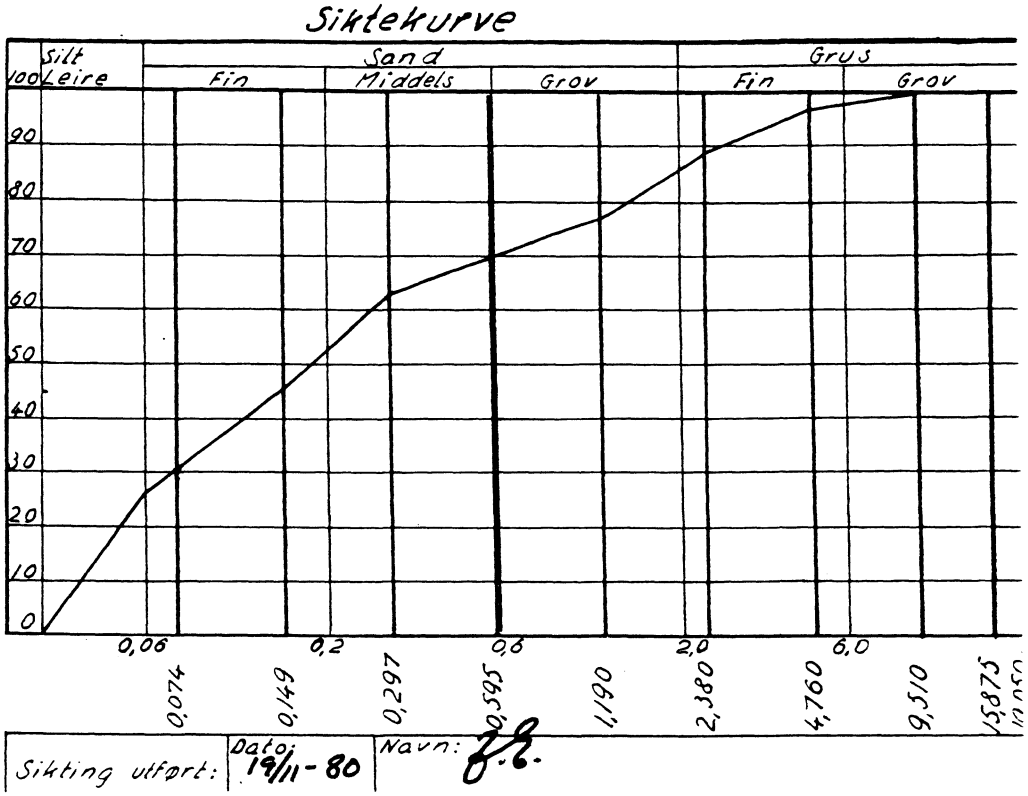


Fig. 6.46 J 2 (ved løe). 15 - 40 cm.

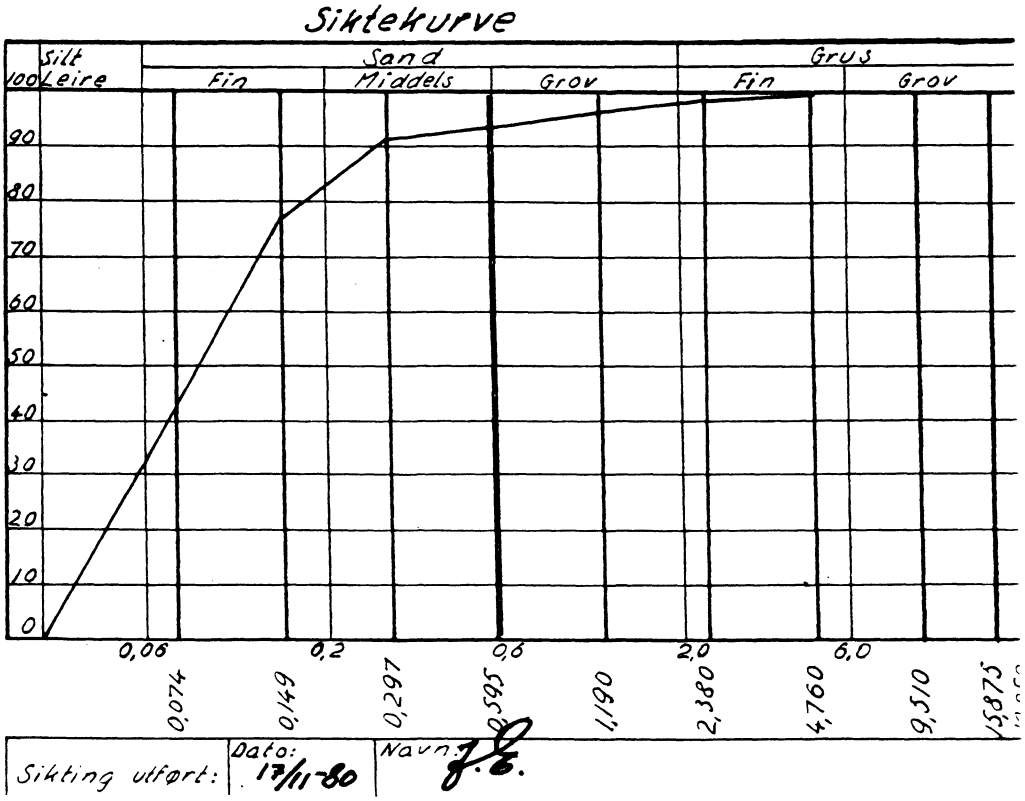


Fig. 6.47 J 3 (ved rør 2). 70 - 90 cm.

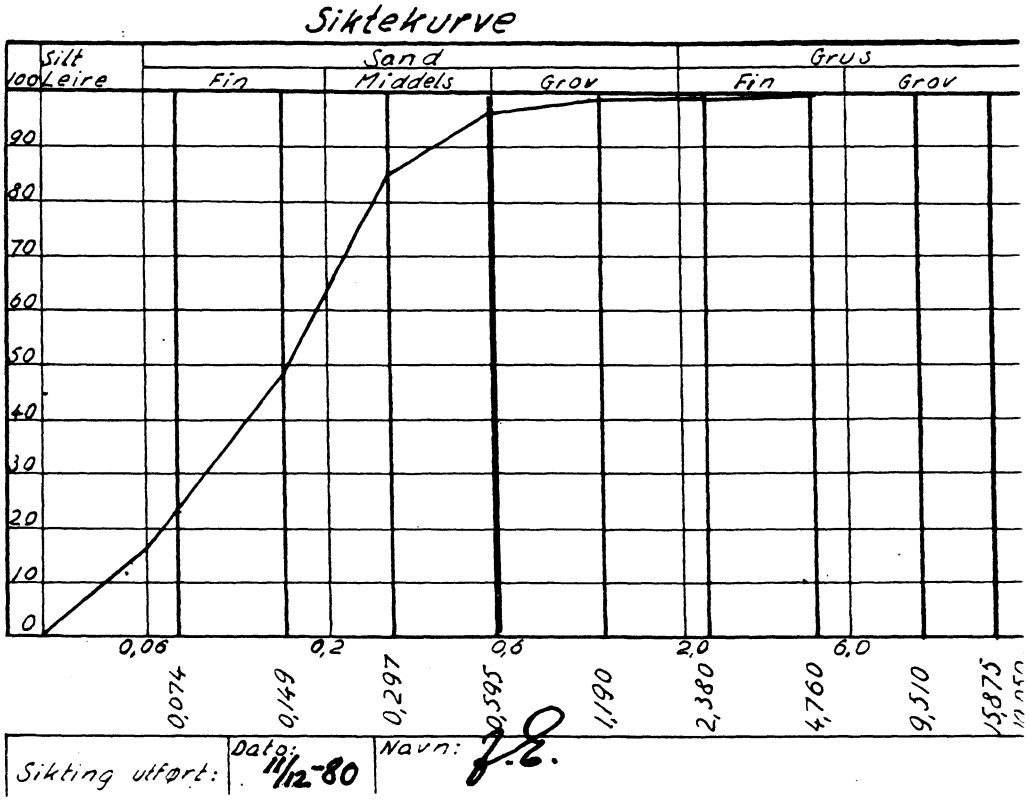


Fig. 6.48 J 4 (ved rør 3). 0 - 15 cm.

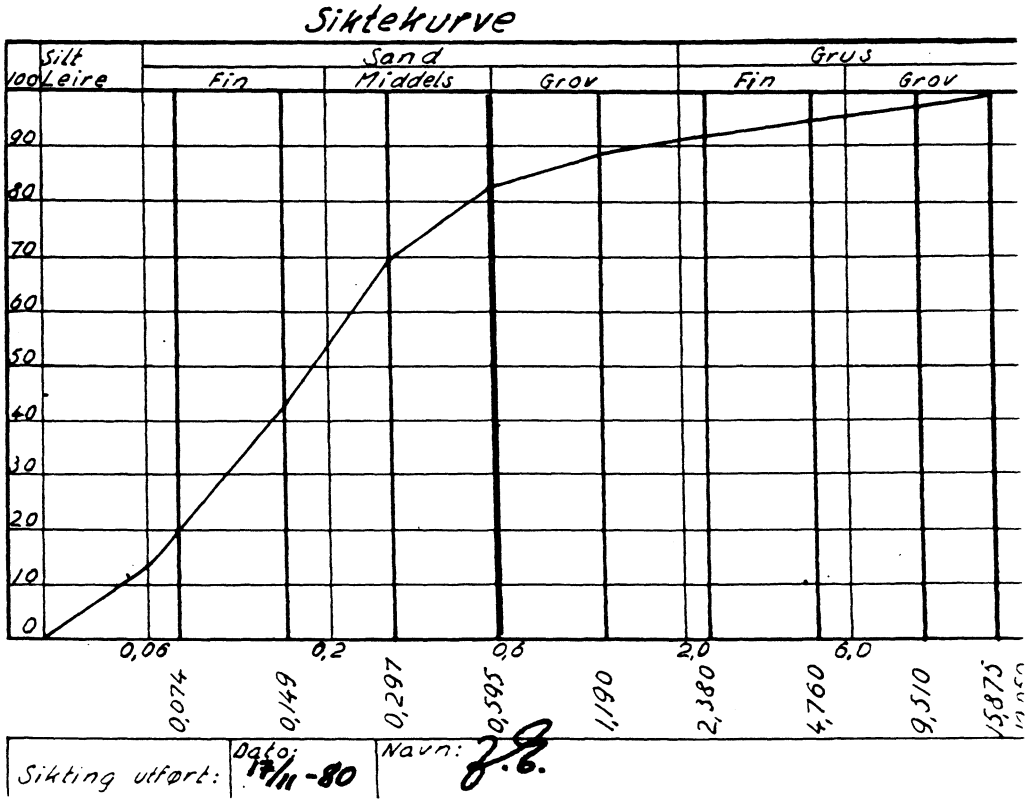


Fig. 6.49 J 5 (nær elva). 0 - 15 cm.

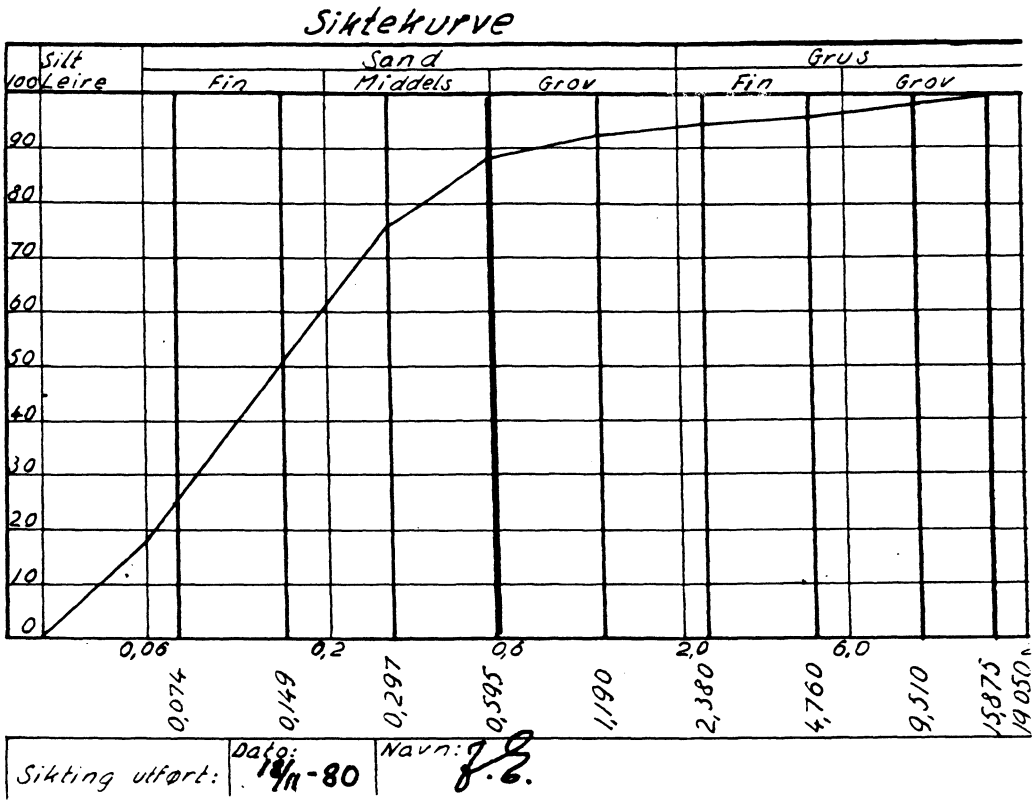


Fig. 6.50 J 5. 15 - 65 cm.

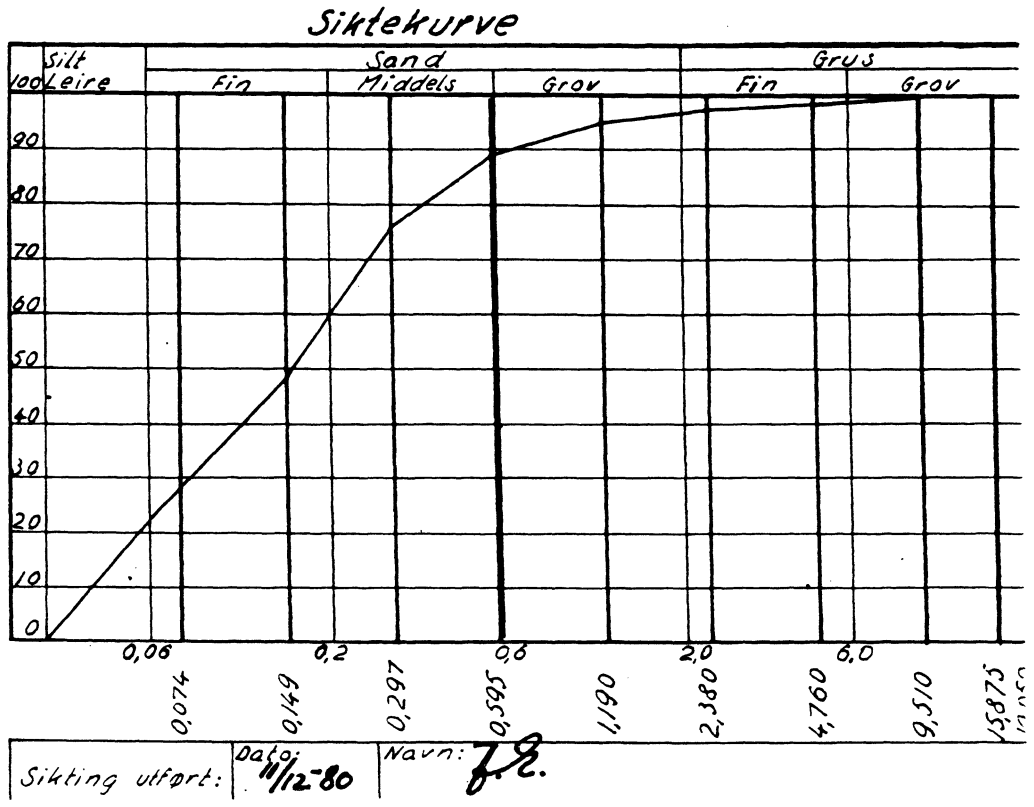


Fig. 6.51 J 6 (rør 5). 0 -15 cm.

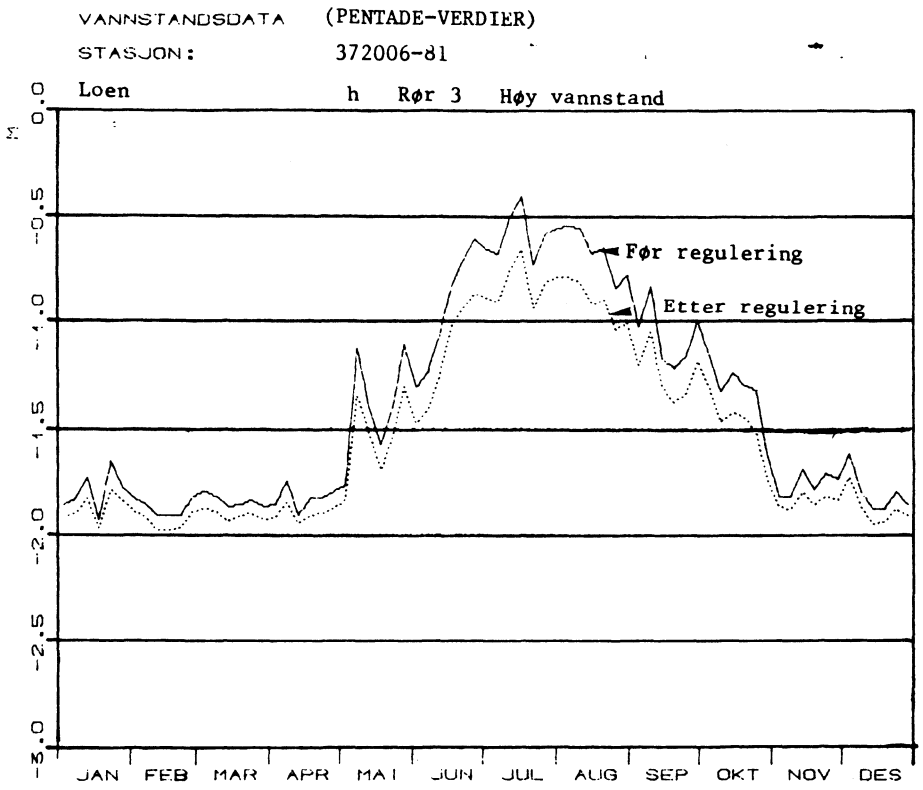


Fig.6.52

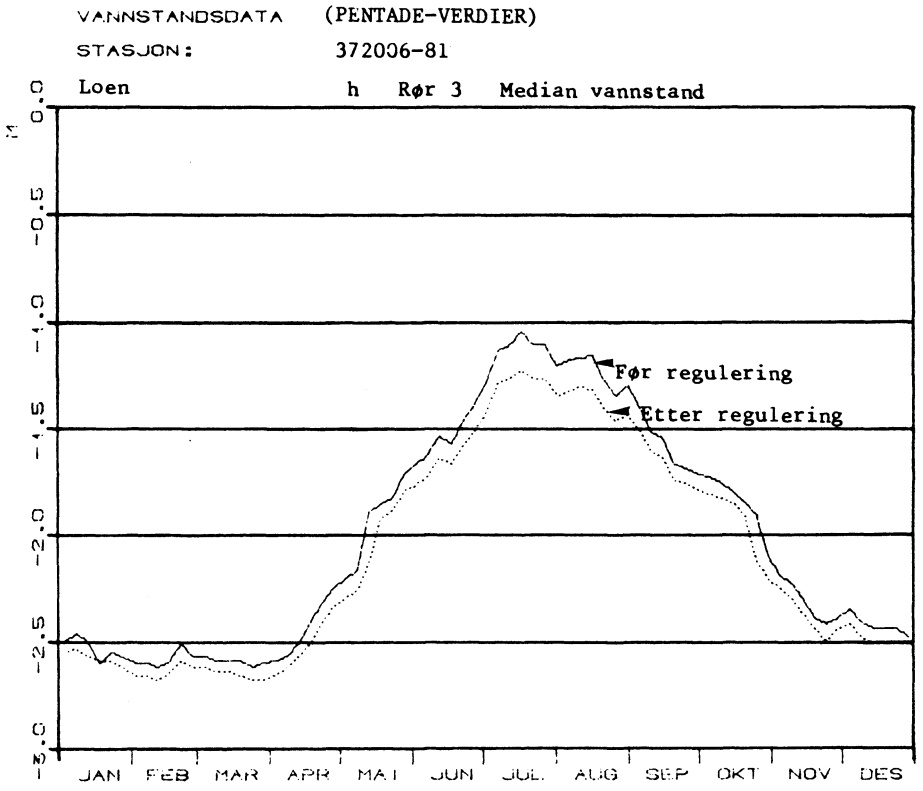


Fig. 6.53

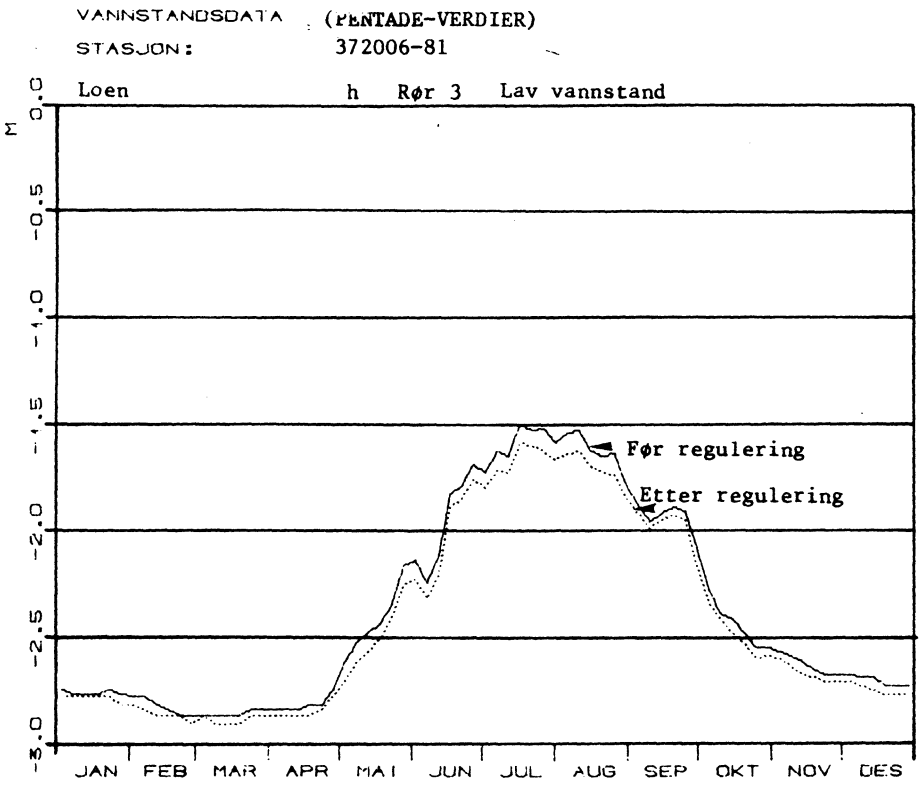


Fig. 6.54

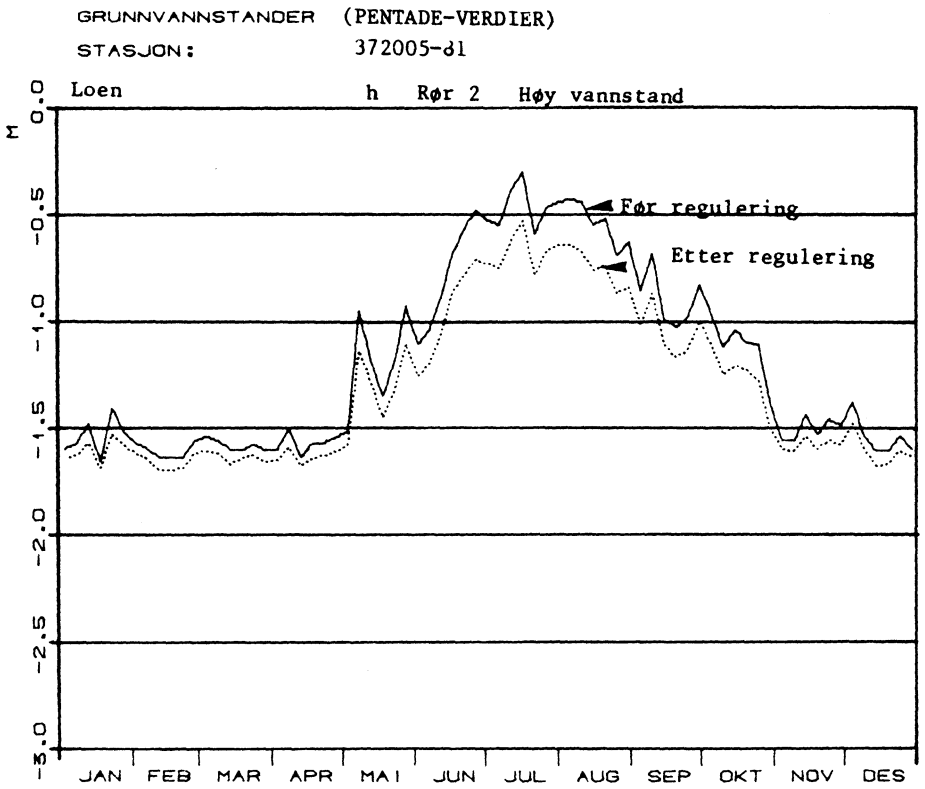


Fig. 6.55

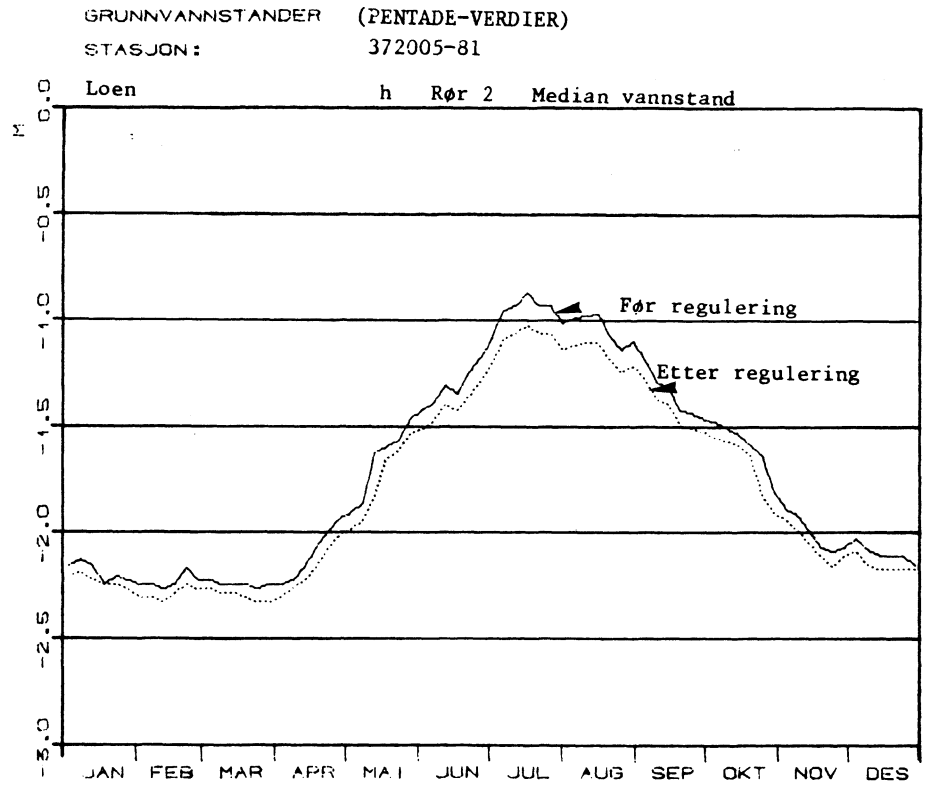


Fig. 6.56

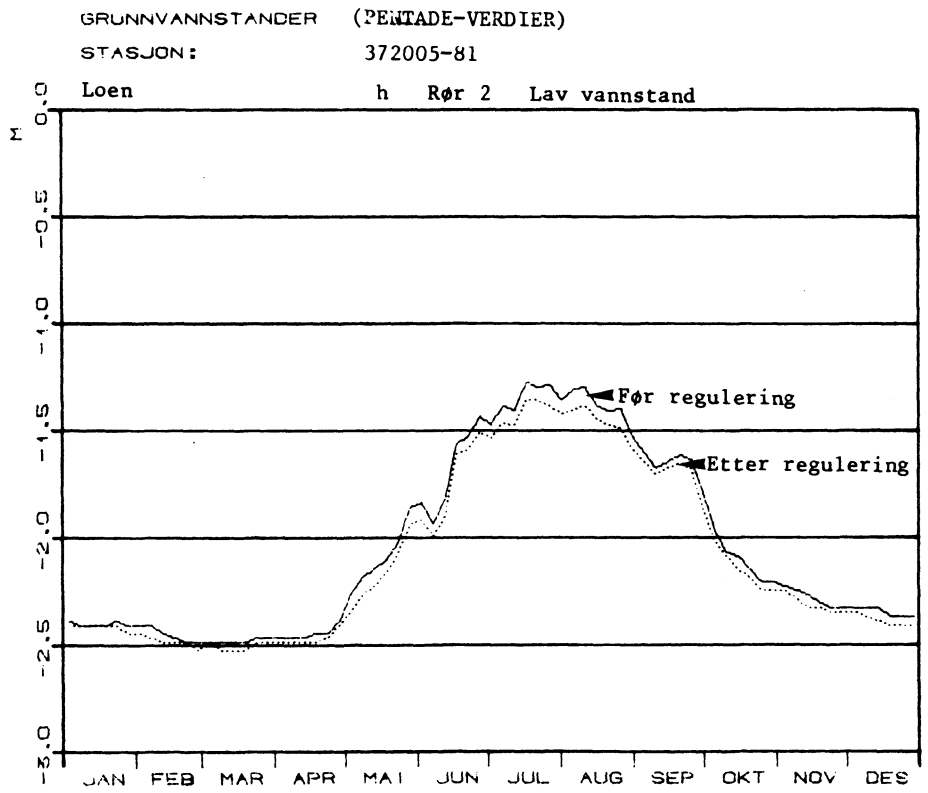


Fig. 6.57

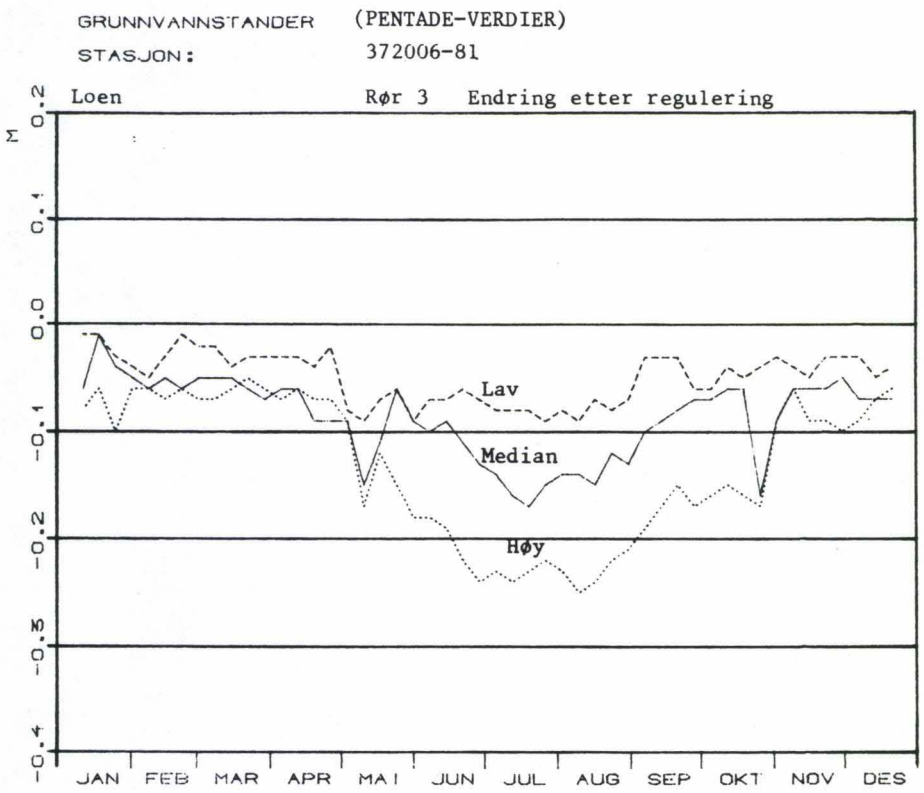


Fig. 6.58

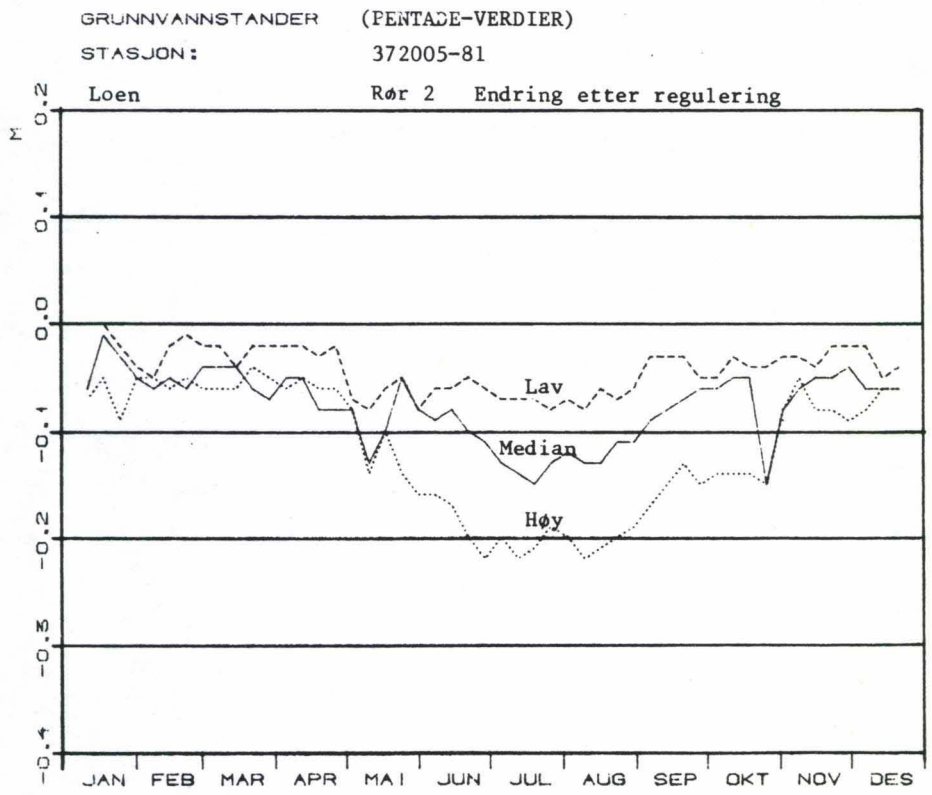


Fig. 6.59

Tabell 5.1

Stasjon 5850-41 Loen

Midl. temp., °C. Månedsverdier 1973-1980 og normalperioden 1931-1960

Det er middelverdier som er listet ut

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året
1973	2,6	-0,7	3,4	2,6	9,3	12,5	15,6	11,7	8,8	3,5	0,3	-0,2	5,7
1974	4,0	2,1	2,5	6,3	10,5	13,6	12,4	12,9	10,6	4,3	2,3	1,9	6,9
1975	2,1	0,2	1,6	3,9	9,1	11,7	15,1	15,1	9,8	5,9	3,5	1,7	6,6
1976	-2,8	-0,9	-1,4	3,2	11,1	12,6	15,0	13,9	7,0	7,0	3,0	-2,7	5,4
1977	-3,0	-3,4	2,6	2,9	9,5	12,1	14,5	13,6	7,9	8,1	1,6	2,2	5,7
1978	0,0	-3,5	1,9	4,1	10,7	14,1	14,8	13,9	8,4	6,3	3,0	-5,7	5,6
1979	-7,0	-4,1	1,4	4,4	7,9	13,9	12,9	12,9	8,4	5,3	2,1	-1,5	4,7
1980	-3,1	-2,6	0,6	4,5	10,3	15,3	16,2	14,3	10,7	3,7	-0,7	-0,7	5,6
Normal 1931-60	-2,0	-2,5	0,5	5,0	9,5	12,6	15,5	14,3	10,4	5,9	3,1	0,6	6,1

Tabell 5.2

Stasjon 5850-31 Loen

Nedbør, mm/døgn. Månedsverdier 1973-1980 og normalperioden 1931-1960

Det er summerte verdier som er listet ut

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året	Årsnedbør
1973	100,8	182,5	152,7	108,2	43,5	68,8	67,5	90,0	185,0	130,2	175,7	185,8	124,2	1490
1974	63,0	52,3	2,9	28,4	56,2	55,4	147,5	122,5	112,5	53,1	33,1	210,6	78,1	937
1975	165,2	40,2	43,4	58,8	60,9	73,5	53,3	49,4	187,4	125,6	70,2	329,3	104,7	1256
1976	159,7	56,3	64,6	83,9	37,6	74,4	82,2	51,1	114,8	38,0	90,5	61,9	76,2	914
1977	41,5	11,4	34,8	55,2	32,8	50,3	123,4	47,3	128,2	101,4	84,1	88,0	66,5	798
1978	75,7	43,9	37,9	16,6	8,1	51,6	62,2	110,0	168,4	220,4	240,9	15,3	87,5	1050
1979	50,7	66,3	87,5	25,8	66,8	71,2	99,7	85,1	199,2	68,7	132,9	137,8	90,9	1090
1980	48,5	47,2	35,5	47,6	21,8	34,1	40,4	78,6	145,9	112,1	122,0	239,5	81,1	973
Normal 1931-60	101	90	71	60	36	56	64	64	102	123	95	108	80,8	970

Tabell 5.3

Bødal korrelasjoner. Hele året.

	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,93	0,95	0,97
Rør 1	0,94	0,96	
Rør 2	0,98		

Tabell 5.4

Bødal korrelasjoner. Sommer.

	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,93	0,94	0,95
Rør 1	0,95	0,96	
Rør 2	0,99		

Tabell 5.5

Bødal korrelasjoner. Vinter.

	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,80	0,84	0,97
Rør 1	0,86	0,89	
Rør 2	0,95		

Tabell 5.6

Bødal.

Regresjonsligninger mellom rørene i Bødal og Vm 622-11 Lovatn.

Hele året

$Y(\text{rør } 1) = -315 + 1{,}00 \cdot X(622)$

$Y(\text{rør } 2) = -407 + 1{,}06 \cdot X)622)$

$Y(\text{rør } 3) = -519 + 1{,}08 \cdot X(622)$

Tabell 5.7

Vannstander ved Vm 622-11 Lovatn

Alternativ B C D

Før og etter regulering. Pentadeverdier

Vannstandsforandring etter regulering

\+ betyr høyere vannstand

\- betyr lavere vannstand

Vst. Pentade	Før regulering Høy cm	Median cm	Lav cm	Etter regulering Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm
1	79	46	32	72	43	30	1	-7	-3	-2
2	82	48	31	74	44	30	2	-8	-4	-1
3	95	46	31	82	42	30	3	-13	-4	-1
Jan 4	70	43	31	65	41	30	Jan 4	-5	-2	-1
5	105	43	32	88	41	30	5	-17	-2	-2
6	89	42	31	81	39	28	6	-8	-3	-3
7	82	40	30	75	37	28	7	-7	-3	-2
8	80	40	30	71	37	27	8	-9	-3	-3
9	72	39	28	64	36	25	9	-8	-3	-3
Feb 10	73	41	27	64	38	25	Feb 10	-9	-3	-2
11	72	45	25	65	41	25	11	-7	-4	0
12	84	42	25	75	39	23	12	-9	-3	-2
13	86	42	25	76	39	25	13	-10	-3	-2
14	84	41	25	75	38	23	14	-9	-2	-2
15	77	41	25	69	38	23	15	-8	-3	-2
Mar 16	79	41	25	72	37	23	Mar 16	-7	-4	-2
17	81	39	27	74	36	25	17	-7	-3	-2
18	78	40	27	70	36	25	18	-8	-4	-2
19	80	41	27	71	37	25	19	-9	-4	-2
20	93	42	27	80	39	25	20	-13	-3	-2
21	73	45	27	67	42	25	21	-6	-3	-2
Apr 22	83	51	28	73	45	25	Apr 22	-10	-6	-3
23	82	56	28	74	51	27	23	-8	-5	-1
24	86	60	32	76	55	30	24	-10	-5	-2
25	90	62	39	81	57	34	25	-9	-5	-5
26	170	64	44	142	59	39	26	-28	-5	-5
27	136	74	47	121	66	42	27	-15	-8	-5
Mai 28	114	79	49	99	70	45	Mai 28	-15	-9	-4
29	135	83	54	117	75	51	29	-18	-8	-3
30	172	96	64	149	86	59	30	-23	-10	-5
31	147	102	66	126	90	61	31	-21	-12	-5
32	156	107	60	135	95	56	32	-21	-12	-4
33	177	120	67	154	106	62	33	-23	-14	-5
Jun 34	207	114	82	182	103	75	Jun 34	-25	-11	-7
35	223	127	87	194	112	80	35	-29	-15	-7
36	235	137	100	204	122	91	36	-31	-15	-9
37	229	153	95	200	132	86	37	-29	-21	-9
38	226	169	108	198	150	96	38	-28	-19	-12
39	247	173	105	216	153	96	39	-31	-20	-9
Jul 40	260	180	124	229	158	113	Jul 40	-31	-22	-11
41	220	172	120	194	153	111	41	-26	-19	-9
42	238	172	121	209	153	108	42	-29	-19	-13
43	241	160	113	212	142	103	43	-29	-18	-10
44	243	164	119	212	145	106	44	-31	-19	-13
45	241	165	120	209	147	108	45	-32	-18	-12
Aug 46	226	166	107	196	146	99	Aug 46	-30	-20	-8
47	230	151	105	199	135	95	47	-31	-16	-10
48	206	143	106	181	127	94	48	-25	-16	-12
49	214	149	87	185	131	80	49	-29	-18	-7
50	182	136	76	160	122	71	50	-22	-14	-5
51	207	121	66	180	110	62	51	-27	-11	-4
52	164	118	71	148	106	67	52	-16	-12	-4
Sep 53	159	103	75	139	92	70	Sep 53	-20	-11	-5
54	165	100	72	144	92	67	54	-21	-8	-5
55	186	96	69	162	88	64	55	-24	-8	-5
56	166	95	58	147	85	55	56	-19	-10	-3
57	145	91	52	128	83	50	57	-17	-8	-2
58	156	86	50	133	80	47	58	-23	-6	-3
Okt 59	149	80	47	130	73	44	Okt 59	-19	-7	-3
60	146	73	43	123	67	40	60	-23	-6	-3
61	107	68	43	93	62	41	61	-14	-6	-2
62	85	63	42	77	60	40	62	-8	-3	-2
63	85	61	41	76	57	38	63	-9	-4	-3
64	100	57	39	86	53	36	64	-14	-4	-3
Nov 65	88	52	37	80	49	35	Nov 65	-8	-3	-2
66	97	50	36	83	46	34	66	-14	-4	-2
67	94	52	36	81	49	34	67	-13	-3	-2
68	109	54	36	95	50	34	68	-14	-4	-2
69	86	51	35	78	47	33	69	-8	-4	-2
70	76	49	35	68	45	32	70	-8	-4	-3
Des 71	76	48	33	69	45	31	Des 71	-7	-3	-2
72	86	48	33	76	45	31	72	-10	-3	-2
73	79	49	33	72	45	31	73	-7	-2	-2

Tabell 5.8

Vannstander ved rør 1 Bødal

Alternativ BCD

Før og etter regulering. Pentadeverdier.

Vannstandsforandring etter regulering

\+ betyr høyere vannstand

\- betyr lavere vannstand

	Før regulering			Etter regulering						
Vst. Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm	Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm
1	235	268	282	242	271	284	1	-7	-3	-2
2	232	266	283	240	270	284	2	-8	-4	-1
3	219	266	283	232	272	284	3	-13	-4	-1
Jan 4	244	274	283	249	273	284	Jan 4	-5	0	-1
5	209	271	282	226	273	284	5	-17	-2	-2
6	225	272	283	233	275	286	6	-8	-3	-3
7	232	274	284	239	277	286	7	-7	-3	-2
8	235	274	284	243	277	287	8	-8	-3	-3
9	242	275	286	250	278	289	9	-8	-3	-3
Feb 10	242	273	287	250	276	289	Feb 10	-9	-3	-2
11	242	269	289	249	273	289	11	-7	-4	0
12	230	272	289	239	275	291	12	-9	-3	-2
13	228	272	289	238	275	289	13	-10	-3	0
14	230	273	289	239	276	291	14	-9	-3	-2
15	237	273	289	245	276	291	15	-8	-3	-2
Mar 16	235	273	289	242	277	291	Mar 16	-7	-4	-2
17	233	275	287	240	278	289	17	-7	-3	-2
18	236	274	287	244	278	289	18	-8	-4	-2
19	235	273	287	243	277	289	19	-8	-4	-2
20	221	272	287	234	275	289	20	-13	-3	-2
21	241	269	287	247	272	289	21	-6	-3	-2
Apr 22	231	263	286	241	269	289	Apr 22	-10	-6	-3
23	232	258	286	240	263	287	23	-8	-5	-1
24	228	254	282	238	259	284	24	-10	-5	-2
25	224	252	275	233	257	280	25	-9	-5	-5
26	144	250	270	172	255	275	26	-28	-5	-5
27	178	240	267	193	248	272	27	-15	-8	-5
Mai 28	200	235	265	215	244	269	Mai 28	-15	-9	-4
29	179	231	260	197	239	263	29	-18	-8	-3
30	142	218	250	166	228	255	30	-24	-10	-5
31	167	212	248	188	224	253	31	-21	-12	-5
32	158	207	254	180	219	258	32	-22	-12	-5
33	137	195	247	160	208	252	33	-23	-13	-5
Jun 34	107	200	232	132	211	239	Jun 34	-25	-11	-7
35	91	187	227	120	202	234	35	-29	-15	-9
36	79	177	214	111	193	223	36	-32	-16	-9
37	85	164	219	114	182	228	37	-29	-18	-9
38	88	145	207	116	164	218	38	-28	-19	-11
39	67	141	209	98	161	219	39	-31	-20	-10
Jul 40	54	134	190	85	156	201	Jul 40	-31	-22	-11
41	94	142	194	120	161	203	41	-26	-19	-9
42	76	142	193	105	161	206	42	-29	-19	-13
43	73	154	201	102	172	211	43	-29	-18	-10
44	71	150	195	102	169	208	44	-31	-19	-13
45	73	149	194	105	167	207	45	-32	-18	-13
Aug 46	88	148	207	118	168	215	Aug 46	-30	-20	-8
47	84	163	209	115	179	219	47	-31	-16	-10
48	108	171	208	133	187	220	48	-25	-16	-12
49	100	165	227	129	183	234	49	-29	-18	-7
50	132	178	238	154	192	243	50	-22	-14	-5
51	107	193	248	134	204	252	51	-27	-11	-4
52	150	196	243	166	208	247	52	-16	-12	-4
Sep 53	155	211	239	175	222	244	Sep 53	-20	-11	-5
54	149	214	242	170	223	247	54	-21	-9	-5
55	128	218	245	152	227	250	55	-24	-9	-5
56	148	219	256	167	229	259	56	-19	-10	-3
57	169	223	262	187	232	264	57	-18	-9	-2
58	158	228	264	181	234	267	58	-23	-6	-3
Okt 59	165	234	267	184	241	270	Okt 59	-19	-7	-3
60	168	241	271	191	247	274	60	-23	-6	-3
61	207	246	271	221	252	273	61	-14	-6	-2
62	230	251	272	237	254	274	62	-7	-3	-2
63	230	253	273	238	257	276	63	-8	-4	-3
64	214	257	275	228	261	278	64	-14	-4	-3
Nov 65	226	262	277	235	265	279	Nov 65	-9	-3	-2
66	217	264	278	230	268	280	66	-13	-4	-2
67	220	262	278	233	265	280	67	-13	-3	-2
68	205	260	278	219	264	280	68	-14	-4	-2
69	228	263	279	236	267	281	69	-8	-4	-2
70	238	265	279	246	269	282	70	-8	-4	-3
Des 71	238	265	281	245	269	283	Des 71	-7	-4	-2
72	228	265	281	238	269	283	72	-10	-4	-2
73	235	267	281	242	269	283	73	-7	-2	-2

Tabell 5.9

Vannstander ved rør 2 Bødal

Alternativ BCD

Vannstandsforandring etter regulering

\+ betyr høyere vannstand

\- betyr lavere vannstand

Vst. Pentade		Før regulering Høy cm	Median cm	Lav cm	Etter regulering Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst Pentade		Høy cm	Median cm	Lav cm
	1	322	357	371	329	360	374		1	-7	-3	-3
	2	319	355	372	327	359	374		2	-8	-4	-2
	3	305	357	372	319	361	374		3	-14	-4	-2
Jan	4	332	360	372	337	362	374	Jan	4	-5	-2	-2
	5	295	360	371	313	362	374		5	-18	-2	-3
	6	312	361	372	320	364	376		6	-8	-3	-4
	7	319	363	374	326	366	376		7	-7	-3	-2
	8	321	363	374	330	366	377		8	-9	-3	-3
	9	329	364	376	338	367	379		9	-9	-3	-3
Feb	10	328	362	377	338	365	379	Feb	10	-10	-3	-2
	11	329	358	379	337	362	379		11	-8	-4	0
	12	317	361	379	326	364	381		12	-9	-3	-2
	13	315	361	379	325	364	379		13	-10	-3	0
	14	317	362	379	326	365	381		14	-9	-3	-2
	15	324	362	379	333	365	381		15	-9	-3	-2
Mar	16	322	362	379	329	366	381	Mar	16	-7	-4	-2
	17	320	364	377	327	367	379		17	-7	-3	-2
	18	323	363	377	332	367	379		18	-9	-4	-2
	19	321	362	377	330	366	379		19	-9	-4	-2
	20	307	361	377	321	364	379		20	-14	-3	-2
	21	328	358	377	335	361	379		21	-7	-3	-2
Apr	22	318	351	376	328	358	379	Apr	22	-10	-7	-3
	23	319	346	376	327	351	377		23	-8	-5	-1
	24	315	342	371	325	347	374		24	-10	-5	-3
	25	311	340	364	320	345	369		25	-9	-5	-5
	26	227	338	359	260	343	364		26	-33	-5	-5
	27	262	327	356	278	336	361		27	-16	-9	-4
Mai	28	285	322	354	301	332	358	Mai	28	-16	-10	-4
	29	263	318	348	282	326	351		29	-19	-8	-3
	30	224	304	338	249	315	343		30	-25	-11	-5
	31	251	298	336	273	311	341		31	-22	-13	-5
	32	241	293	342	263	305	346		32	-22	-12	-4
	33	219	279	335	243	294	340		33	-24	-15	-5
Jun	34	188	285	319	214	297	326	Jun	34	-26	-12	-7
	35	171	272	314	201	287	321		35	-30	-15	-7
	36	158	261	300	191	277	309		36	-33	-16	-9
	37	165	244	305	195	266	315		37	-30	-22	-10
	38	168	228	292	197	248	304		38	-29	-20	-12
	39	146	223	295	178	244	304		39	-32	-21	-9
Jul	40	132	216	275	165	239	286	Jul	40	-33	-23	-11
	41	176	224	279	201	244	288		41	-27	-20	-9
	42	155	224	278	186	244	292		42	-31	-20	-14
	43	152	237	286	182	256	297		43	-30	-19	-11
	44	150	233	280	182	253	294		44	-32	-20	-14
	45	152	232	279	186	251	292		45	-34	-19	-13
Aug	46	168	231	293	199	252	301	Aug	46	-31	-21	-8
	47	164	246	295	196	263	305		47	-32	-17	-10
	48	189	255	294	215	272	306		48	-26	-17	-12
	49	180	249	314	211	267	321		49	-31	-18	-7
	50	214	262	325	237	277	330		50	-23	-15	-5
	51	188	278	336	216	290	340		51	-28	-12	-4
	52	233	281	330	250	294	335		52	-17	-13	-5
Sep	53	238	297	326	259	308	332	Sep	53	-21	-11	-6
	54	232	300	329	254	308	335		54	-22	-8	-6
	55	210	304	333	235	313	338		55	-25	-9	-5
	56	231	305	344	251	316	347		56	-20	-11	-3
	57	253	309	350	271	318	353		57	-18	-9	-3
	58	241	315	353	265	321	356		58	-24	-6	-3
Okt	59	249	321	356	269	328	359	Okt	59	-20	-7	-3
	60	252	328	360	276	335	363		60	-24	-7	-3
	61	293	334	360	307	340	362		61	-14	-7	-2
	62	316	339	361	324	342	363		62	-8	-6	-2
	63	316	341	362	325	345	365		63	-9	-3	-3
	64	300	345	364	315	349	367		64	-15	-4	-3
Nov	65	313	350	366	321	354	368	Nov	65	-8	-4	-2
	66	303	353	367	318	357	369		66	-15	-4	-2
	67	306	350	367	320	354	369		67	-14	-4	-2
	68	291	348	367	305	353	369		68	-14	-4	-2
	69	315	351	368	323	356	370		69	-8	-5	-2
	70	325	354	368	334	358	371		70	-9	-5	-3
Des	71	325	355	370	333	358	372	Des	71	-8	-4	-2
	72	315	355	370	325	358	372		72	-10	-3	-2
	73	322	356	370	329	358	372		73	-7	-2	-2

Tabell 5.10

Vannstander ved rør 3 Bødal

Alternativ BCD

Før og etter regulering. Pentadeverdier

Vannstandsforandring etter regulering

\+ betyr høyere vannstand

\- betyr lavere vannstand

		Før regulering			Etter regulering						
Vst.	Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm	Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst	Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm
	1	433	468	485	441	473	487		1	-8	-5	-2
	2	429	466	486	439	472	487		2	-10	-6	-1
	3	415	468	486	431	474	487		3	-16	-6	-1
Jan	4	442	475	486	449	475	487	Jan	4	-7	0	-1
	5	405	472	485	424	475	487		5	-19	-3	-2
	6	422	473	486	432	477	489		6	-10	-4	-3
	7	429	475	487	438	479	489		7	-9	-4	-2
	8	433	475	487	442	479	490		8	-9	-4	-3
	9	440	476	489	450	480	492		9	-10	-4	-3
Feb	10	439	474	490	450	478	492	Feb	10	-11	-4	-2
	11	440	469	492	449	475	492		11	-9	-6	0
	12	427	473	492	438	477	494		12	-11	-4	-2
	13	425	473	492	437	477	492		13	-12	-4	0
	14	427	474	492	438	478	494		14	-11	-4	-2
	15	435	474	492	445	478	494		15	-10	-4	-2
Mar	16	433	474	492	441	479	494	Mar	16	-8	-5	-2
	17	431	476	490	439	480	492		17	-8	-4	-2
	18	434	475	490	443	480	492		18	-9	-5	-2
	19	433	474	490	442	475	492		19	-9	-5	-2
	20	418	473	490	433	477	492		20	-15	-4	-2
	21	439	469	490	447	474	492		21	-8	-5	-2
Apr	22	428	463	489	440	470	492	Apr	22	-12	-7	-3
	23	429	458	489	439	464	490		23	-10	-6	-1
	24	425	453	485	437	460	487		24	-12	-7	-2
	25	421	451	477	432	458	482		25	-11	-7	-5
	26	334	449	472	366	455	477		26	-32	-6	-5
	27	371	438	468	388	448	474		27	-17	-10	-6
Mai	28	395	433	466	412	443	470	Mai	28	-17	-10	-4
	29	372	428	461	393	438	464		29	-21	-10	-3
	30	332	414	450	359	426	455		30	-27	-12	-5
	31	359	408	448	383	422	453		31	-24	-14	-5
	32	350	402	454	374	416	459		32	-24	-14	-5
	33	327	389	447	353	405	452		33	-26	-16	-5
Jun	34	294	395	431	323	408	438	Jun	34	-29	-13	-7
	35	277	381	425	310	398	433		35	-33	-17	-8
	36	264	370	411	300	388	421		36	-36	-18	-10
	37	271	356	416	303	377	426		37	-32	-21	-10
	38	274	335	404	305	357	415		38	-31	-22	-11
	39	251	331	406	286	354	416		39	-35	-23	-10
Jul	40	237	324	385	272	348	397	Jul	40	-35	-24	-12
	41	280	332	389	310	354	399		41	-30	-22	-10
	42	261	332	388	293	354	402		42	-32	-22	-14
	43	258	345	397	290	366	408		43	-32	-21	-11
	44	256	341	391	290	362	405		44	-34	-21	-14
	45	258	340	389	293	360	404		45	-35	-20	-15
Aug	46	274	339	404	307	361	412	Aug	46	-33	-22	-8
	47	270	355	406	304	373	416		47	-34	-18	-10
	48	296	364	405	324	382	418		48	-28	-18	-13
	49	287	357	425	319	378	433		49	-32	-21	-8
	50	321	371	437	346	387	442		50	-25	-16	-5
	51	294	387	448	325	400	452		51	-31	-13	-4
	52	341	391	442	359	405	447		52	-18	-14	-5
Sep	53	346	407	438	369	420	443	Sep	53	-23	-13	-5
	54	340	410	441	364	421	447		54	-24	-11	-6
	55	317	414	445	344	425	450		55	-27	-11	-5
	56	339	415	456	360	427	460		56	-21	-12	-4
	57	361	420	463	382	431	465		57	-21	-11	-2
	58	350	425	465	375	433	468		58	-25	-8	-3
Okt	59	357	432	468	379	440	472	Okt	59	-22	-8	-4
	60	360	439	473	386	447	476		60	-26	-8	-3
	61	402	445	473	419	452	475		61	-17	-7	-2
	62	427	450	474	436	454	476		62	-9	-4	-2
	63	427	452	475	437	458	478		63	-10	-6	-3
	64	410	456	477	426	462	480		64	-16	-6	-3
Nov	65	423	462	479	434	466	481	Nov	65	-11	-4	-2
	66	413	464	480	428	469	482		66	-15	-5	-2
	67	416	462	480	432	466	482		67	-16	-4	-2
	68	400	460	480	416	465	482		68	-16	-5	-2
	69	425	463	481	435	468	483		69	-10	-5	-2
	70	436	465	481	446	470	485		70	-10	-5	-4
Des	71	436	465	483	445	470	486	Des	71	-9	-5	-3
	72	425	465	483	437	470	486		72	-12	-5	-3
	73	433	467	483	441	470	486		73	-8	-3	-3

Tabell 6.1

Loen korrelasjoner. Hele året.

	Rør 5	Rør 4	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,02	0,83	0,93	0,84	0,56
Rør 1	0,10	0,67	0,76	0,83	
Rør 2	0,19	0,90	0,96		
Rør 3	0,12	0,91			
Rør 4	0,30				

Tabell 6.2

Loen korrelasjoner. Sommer.

	Rør 5	Rør 4	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,06	0,78	0,91	0,76	0,041
Rør 1	-0,12	0,03	0,27	0,37	
Rør 2	0,33	0,76	0,97		
Rør 3	0,32	0,96			
Rør 4	0,54				

Tabell 6.3

Loen korrelasjoner. Vinter.

	Rør 5	Rør 4	Rør 3	Rør 2	Rør 1
Vm 622-11	0,38	0,77	0,99	0,97	0,74
Rør 1	0,41	0,72	0,80	0,86	
Rør 2	0,54	0,97	0,94		
Rør 3	0,50	0,95			
Rør 4	0,64				

Tabell 6.4

Regresjonsligninger Loen.

622-11 Lovatn. Uavhengig variabel

Rør 1	$Y = -374 + 0{,}39 \cdot X$	
Rør 2	$Y = -253 + 0{,}59 \cdot X$	
Rør 3	$Y = -279 + 0{,}73 \cdot X$	
Rør 4	$Y = -\ 80 + 0{,}25 \cdot X$	
Rør 5	$Y = -\ 69 + 0{,}00 \cdot X$	

Fra fig. 6.41

622-11 Lovatn. Uavhengig variabel

Rør 3	$Y = -333 + 1{,}79 \cdot X$	Lign. 1 x)
Rør 3	$Y = -250 + 0{,}80 \cdot X$	Lign. 2 x)

Fra fig. 6.42

Rør 3. Uavhengig variabel

Rør 2	$Y = -\ 6 + 0{,}89 \cdot X$	x)

x) anvendte ligninger for beregninger

Tabell 6.5

Vannstander ved rør 3 Loen

Alternativ BCD

Før og etter regulering. Pentadeverdier

Vannst.forandring etter reg.
+ betyr høyere vannstand
- betyr lavere vannstand

		Før regulering			Etter regulering						
	Vst. Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm	Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst. Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm
	1	186	250	275	191	255	278	1	-5	-5	-3
	2	183	246	277	190	253	278	2	-7	-7	-1
	3	173	250	277	183	257	278	3	-10	-7	-1
Jan	4	193	260	277	197	259	278	Jan 4	-4	-1	-1
	5	165	255	275	179	259	278	5	-14	-4	-3
	6	178	257	277	184	262	282	6	-6	-5	-5
	7	183	260	278	189	266	282	7	-6	-6	-4
	8	186	260	278	192	266	284	8	-6	-6	-6
	9	191	262	282	198	268	287	9	-7	-6	-5
Feb	10	191	259	284	198	264	287	Feb 10	-7	-5	-3
	11	191	251	287	197	259	287	11	-6	-8	0
	12	182	257	287	189	262	291	12	-7	-5	-4
	13	180	257	287	188	262	287	13	-8	-5	0
	14	182	259	287	189	264	291	14	-7	-5	-4
	15	187	259	287	194	264	291	15	-7	-5	-4
Mar	16	186	259	287	191	266	291	Mar 16	-5	-7	-4
	17	184	262	284	190	268	287	17	-6	-6	-3
	18	187	260	284	193	268	287	18	-6	-8	-3
	19	186	259	284	192	266	287	19	-6	-7	-3
	20	175	257	284	185	262	287	20	-10	-5	-3
	21	191	251	284	195	257	287	21	-4	-6	-3
Apr	22	183	241	282	191	251	287	Apr 22	-8	-10	-5
	23	183	232	282	190	241	284	23	-7	-9	-2
	24	180	225	275	188	234	278	24	-8	-9	-3
	25	177	221	262	184	230	271	25	-7	-9	-9
	26	113	217	253	135	226	262	26	-22	-9	-9
	27	140	190	248	152	197	257	27	-12	-7	-9
Mai	28	158	186	244	170	193	251	Mai 28	-12	-7	-7
	29	141	183	235	155	189	241	29	-14	-6	-6
	30	111	172	217	131	180	226	30	-20	-8	-9
	31	131	167	214	148	177	223	31	-17	-10	-9
	32	124	163	225	142	173	232	32	-18	-10	-7
	33	107	154	212	126	164	221	33	-19	-10	-9
Jun	34	83	158	183	103	167	189	Jun 34	-20	-9	-6
	35	71	147	179	94	159	185	35	-23	-6	-9
	36	61	139	169	87	152	176	36	-26	-13	-7
	37	66	129	173	89	143	180	37	-23	-14	-7
	38	68	114	163	91	129	172	38	-23	-15	-9
	39	51	111	165	76	127	173	39	-25	-16	-8
Jul	40	41	105	150	66	123	159	Jul 40	-25	-18	-9
	41	73	111	153	94	127	160	41	-21	-16	-7
	42	59	111	152	82	127	163	42	-23	-16	-11
	43	56	121	159	79	135	167	43	-23	-14	-8
	44	55	118	154	79	133	164	44	-24	-15	-10
	45	56	117	153	82	131	163	45	-26	-14	-10
Aug	46	68	116	163	92	132	170	Aug 46	-24	-16	-7
	47	65	128	165	90	141	173	47	-25	-13	-8
	48	84	135	164	104	147	174	48	-20	-12	-10
	49	78	130	179	101	144	185	49	-23	-14	-6
	50	103	140	188	121	151	192	50	-18	-11	-4
	51	83	152	196	105	161	199	51	-22	-9	-3
	52	118	155	192	131	164	195	52	-13	-9	-3
Sep	53	122	167	189	138	175	193	Sep 53	-16	-8	-4
	54	117	169	191	134	176	195	54	-17	-7	-4
	55	100	172	108	119	179	217	55	-19	-7	-9
	56	116	173	228	131	181	234	56	-15	-8	-6
	57	133	176	239	147	183	242	57	-14	-7	-3
	58	124	180	242	143	185	248	58	-19	-5	-6
Okt	59	130	185	248	145	191	253	Okt 59	-15	-6	-5
	60	132	191	255	151	200	260	60	-19	-9	-5
	61	163	210	255	175	221	259	61	-12	-11	-4
	62	182	219	257	187	225	260	62	-5	-6	-3
	63	182	223	259	188	230	264	63	-6	-7	-5
	64	169	230	262	180	237	268	64	-11	-7	-6
Nov	65	179	239	266	186	244	269	Nov 65	-7	-5	-3
	66	171	242	268	182	250	271	66	-11	-8	-3
	67	174	239	268	184	244	271	67	-10	-5	-3
	68	162	235	268	173	242	271	68	-11	-7	-3
	69	180	241	269	187	248	273	69	-7	-7	-4
	70	188	244	269	195	251	275	70	-7	-6	-6
Des	71	188	244	273	194	251	277	Des 71	-6	-7	-4
	72	180	244	273	188	251	277	72	-8	-7	-4
	73	186	248	273	191	251	277	73	-5	-3	-4

Tabell 6.6

Vannstander ved rør 2 Loen

Alternativ BCD

Før og etter regulering. Pentadeverdier

Vannst.forandring etter reg.
+ betyr høyere vannstand
- betyr lavere vannstand

		Før regulering			Etter regulering						
	Vst. Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm	Høy cm	Median cm	Lav cm	Vst. Pentade	Høy cm	Median cm	Lav cm
	1	160	216	239	164	221	241	1	-4	-5	-2
	2	157	213	241	163	219	241	2	-6	-6	0
	3	148	216	241	157	223	241	3	-9	-7	0
Jan	4	166	225	241	169	225	241	Jan 4	-3	0	0
	5	141	221	239	153	225	241	5	-12	-4	-2
	6	152	223	241	158	227	245	6	-6	-4	-4
	7	157	225	241	162	231	245	7	-5	-6	-4
	8	160	225	241	165	231	247	8	-5	-6	-6
	9	164	227	245	170	233	249	9	-6	-6	-4
Feb	10	164	225	247	170	229	249	Feb 10	-6	-4	-2
	11	164	217	249	169	225	249	11	-5	-8	0
	12	156	223	249	166	227	253	12	-6	-4	-4
	13	154	223	249	161	227	249	13	-7	-4	0
	14	156	225	249	162	229	253	14	-6	-4	-4
	15	160	225	249	167	229	253	15	-7	-4	-4
Mar	16	160	225	249	164	221	253	Mar 16	-4	-6	-4
	17	158	227	247	163	233	249	17	-5	-6	-2
	18	160	225	247	166	233	249	18	-6	-8	-2
	19	160	225	247	165	231	249	19	-5	-6	-2
	20	150	223	247	159	227	249	20	-9	-4	-2
	21	164	217	247	168	223	249	21	-4	-6	-2
Apr	22	157	208	245	164	217	249	Apr 22	-7	-9	-4
	23	157	200	245	163	208	247	23	-6	-8	-2
	24	154	194	239	161	202	241	24	-7	-8	-2
	25	152	191	227	158	199	235	25	-6	-8	-8
	26	95	187	219	114	195	227	26	-19	-8	-8
	27	119	163	215	129	169	223	27	-10	-6	-8
Mai	28	135	160	211	145	166	217	Mai 28	-10	-6	-6
	29	119	157	203	132	162	208	29	-14	-5	-5
	30	93	147	187	111	154	195	30	-18	-7	-8
	31	111	143	184	126	152	192	31	-15	-9	-8
	32	104	139	194	120	148	200	32	-16	-9	-6
	33	89	131	183	106	140	191	33	-17	-9	-8
Jun	34	68	135	157	86	143	162	Jun 34	-18	-8	-5
	35	57	125	153	78	136	159	35	-21	-11	-6
	36	48	118	144	71	129	151	36	-23	-11	-7
	37	53	109	148	73	121	154	37	-20	-12	-6
	38	55	95	139	75	109	147	38	-20	-14	-8
	39	39	93	141	62	107	148	39	-23	-14	-7
Jul	40	30	87	128	53	103	136	Jul 40	-23	-16	-8
	41	59	93	130	78	107	136	41	-19	-14	-6
	42	47	93	129	67	107	139	42	-20	-14	-10
	43	44	102	136	64	114	143	43	-20	-12	-7
	44	43	99	131	64	112	140	44	-21	-13	-9
	45	44	98	130	67	111	139	45	-23	-13	-9
Aug	46	55	97	139	76	111	145	Aug 46	-21	-14	-6
	47	52	108	141	74	119	148	47	-22	-11	-7
	48	69	114	140	87	125	149	48	-18	-11	-9
	49	63	110	153	84	122	159	49	-21	-12	-6
	50	86	119	161	102	128	165	50	-16	-9	-4
	51	68	129	168	87	137	171	51	-19	-8	-3
	52	99	132	165	111	140	168	52	-12	-8	-3
Sep	53	103	143	162	117	150	166	Sep 53	-14	-7	-4
	54	98	144	164	113	151	168	54	-15	-7	-4
	55	83	147	179	100	153	187	55	-17	-6	-8
	56	97	148	197	111	155	202	56	-14	-7	-5
	57	112	151	207	125	157	209	57	-13	-6	-2
	58	104	154	209	121	159	215	58	-17	-5	-6
Okt	59	110	159	215	123	164	219	Okt 59	-13	-5	-4
	60	111	164	221	128	172	225	60	-17	-8	-4
	61	139	181	221	150	191	225	61	-11	-10	-4
	62	156	189	223	160	194	225	62	-4	-5	-2
	63	156	192	225	161	199	229	63	-5	-7	-4
	64	144	199	227	154	205	233	64	-10	-6	-6
Nov	65	153	207	231	160	211	233	Nov 65	-7	-4	-2
	66	146	209	233	156	216	235	66	-10	-7	-2
	67	149	207	233	158	211	235	67	-9	-4	-2
	68	138	203	233	148	209	235	68	-10	-6	-2
	69	154	208	233	160	215	237	69	-6	-7	-4
	70	161	211	233	168	217	239	70	-7	-6	-6
Des	71	161	211	237	167	217	241	Des 71	-6	-6	-4
	72	154	211	237	161	217	241	72	-7	-6	-4
	73	160	215	237	164	217	241	73	-4	-2	-4