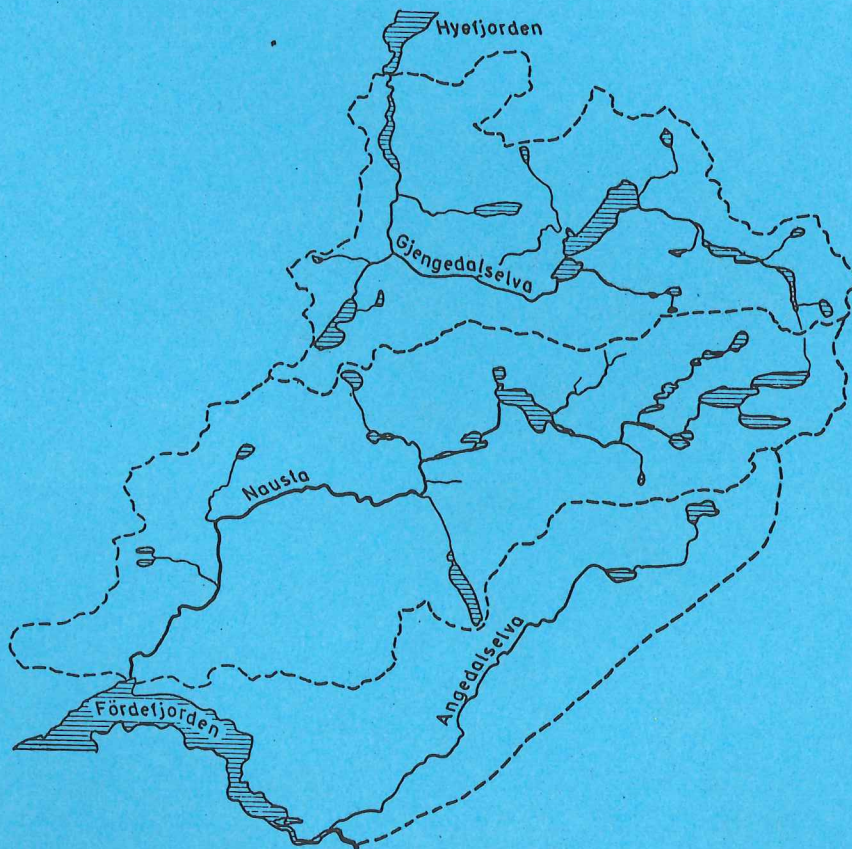


0-48/74 Naustdalsvassdraget; angedalsvassdraget; gjengedalsvassdraget; sogn og fjordane -

0-48/74

NAUSTDALSVASSDRAGET, ANGEDALSVASSDRAGET OG
GJENGEDALSVASSDRAGET, SOGN OG FJORDANE

Vassdragsundersøkelser 1975 - 1976



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

O-48/74

NAUSTDALSVASSDRAGET, ANGEDALSVASSDRAGET OG
GJENGEDALSVASSDRAGET, SOGN OG FJORDANE

Vassdragsundersøkelser 1975 - 1976

Tekstdel

Blindern 30. mai 1977

Saksbehandler: Olav Skulberg

Medarbeidere: Jozsef Kotai
Jan Aanes
Peter Balmér
Torulv Tjomsland

Instituttssjef: Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	8
SAMMENFATTENDE BEMERKNINGER OG TILRÅDNINGER	9
1. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN	14
2. VASSDRAGENE I GEOGRAFISK OG HYDROLOGISK SAMMENHENG	16
3. VANNKVALITET OG BIOLOGISKE FORHOLD	28
3.1 Kjemiske undersøkelser	28
3.1.1 Metoder	28
3.1.2 Hydrokjemiske forhold	30
3.1.3 Regionale og periodiske variasjoner i vannkvalitet	36
3.2 Hydrobiologiske undersøkelser og resultater	40
3.2.1 Bakgrunn	40
3.2.2 Inventering av vegetasjon og fauna	40
Angedalsvassdraget	43
Naustdalsvassdraget	44
Gjengedalsvassdraget	47
Hopsvassdraget	49
3.2.3 Sammenfattende vurdering av de biologiske forhold	50
4. NEDBØRFELTENES BRUK OG VASSDRAGENES FORURESNINGSBELASTNING VANNFORSYNING OG AVLØPSFORHOLD	61
5. GENERELT OM FORURESNINGSVIRKNINGER OG MINSTEVANNFØRING	69
5.1 Begrepene resipient og akseptabel minstevannføring	69
5.2 Vassdragstilstand og forurensningsvirkninger	69
5.3 Temperaturforhold	72
6. OVERSIKT OVER UTBYGGINGSPLANER	74
7. KONSEKVENSER AV UTBYGGING OG REGULERING FOR VASSDRAGENE SOM RESIPIENTSYSTEMER	80
7.1 Bakgrunn	80
7.2 Virkninger av de planlagte vassdragsreguleringer	83

	Side:
8. MINSTEVANNFØRING OG KRAFTUTBYGGINGSALTERNATIVER	91
8.1 Innføring	91
8.2 Reguleringens innvirkning på vannføring	93
8.2.1 Gjengedalsvassdraget - Oma ved innløpet til Ommedalsvatn	93
8.2.2 Naustdalsvassdraget - Nausta ved Hovefossen	101
8.3 Konsekvenser av vannføringsendringene for fosfor- konsentrasjoner - Minstevannføringer	113
8.3.1 Gjengedalsvassdraget	113
8.3.2 Naustdalsvassdraget	114
8.4 Samlet bedømmelse	119
9. HENVISNINGER	123

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
1. Nedbørfelt og vannføring	16
2. Generelle geografiske opplysninger	21
3. Meteorologiske forhold. Månedsgjennomsnitt for 1975 og 30-års-normalen 1931-1960. Førde	24
4. Månedlige gjennomsnitt av vassdragenes vannføring i en 10-års periode og vannføring i Nausta 1975	25
5. Aritmetiske middelerverdier for hydrokjemiske parametre i Nausta 1975	31
6. Aritmetiske middelerverdier for hydrokjemiske parametre i Angedalselva og Gjengedalselva i 1975	32
7. Vassdragsvis oversikt over aritmetiske middelerverdier av utvalgte hydrokjemiske parametre	37
8. Hydrografiske feltobservasjoner fra Angedalsvassdraget	43
9. Hydrografiske feltobservasjoner i Vonavatn, Svodvatn og Nesvatn	46
10. Svodvatn. O ₂ -observasjoner	46
11. Hydrografiske feltobservasjoner i Nausta	47
12. Hydrografiske feltobservasjoner fra Ommedalsvatn og Veslevatn	48
13. Hydrografiske feltobservasjoner fra Gjengedalsvassdraget	49
14. Hydrografiske feltobservasjoner fra Hopsvassdraget	49
15. Mikroskopisk bearbeiding av seston fra Naustdalsvassdraget 11. juni 1976	56
16a. Resultater av vegetasjonsundersøkelser	57
16b. Resultater av vegetasjonsundersøkelser	58
17a. Resultater av faunaundersøkelser	59
17b. Resultater av faunaundersøkelser	60
18. Bruken av nedbørfeltene i områdene ovenfor og nedenfor planlagte reguleringsgrenser	62
19. Bidrag av fosfor fra nedbørfeltene	66
20. Bidrag av nitrogen fra nedbørfeltene	67

	Side:
21. Nedbørfeltenes størrelse før og etter regulering - areal som inngår i kraftutbyggingsplanene	84
22. Beregnede fosforkonsentrasjoner for Naustdalsvass- draget ved midlere 10. persentil og midlere median vannføring i perioden 1. juli - 1. oktober	121
23. Beregnede fosforkonsentrasjoner for Naustdalsvass- draget ved midlere 10. persentil og midlere median vannføring i perioden 1. oktober - 1. mai	122

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
1. Vassdragenes nedbørfelt	17
2. Kartskisse av Gjengedalsvassdraget	18
3. Kartskisse av Naustdalsvassdraget	19
4. Kartskisse av Angedalsvassdraget	20
5. Lengdeprofil av Naustdalsvassdraget og Gjengedalsvassdraget	22
6. Pentademiddel av vannføring i Nausta ved utløp av Nesvatn 1975	26
7. Pentademiddel av vannføring i Nausta ved Hovefoss 1975	27
8. Nausta. Minimums-, maksimums- og aritmetiske middelværdier for spesifikk elektrolytisk ledningsevne i 1975	34
9. Nausta. Minimums-, maksimums- og aritmetiske middelværdier av fosforkomponenter i 1975	38
10. Nausta. Minimums-, maksimums- og aritmetiske middelværdier av nitrogenkomponenter i 1975	39
11. Oppstilling av sestonprøver i glass-skåler	51
12. Sestonmateriale på glassfiberfiltre	51
13. Seston i Nausta. Organisk materiale som tørrvekt. Prøvetaking 11. juni 1976	52
14. Oversikt over stasjonsplassering i vassdragene og reguleringsgrenser (RG)	63
15. Beregnet belastning med fosfor i vassdragene	68
16. Utbyggingsplan : Alternativ I	77
17. Utbyggingsplan : Alternativ II	78
18. Utbyggingsplan : Alternativ III	79
19. Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Varighetskurver	95
20. Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7 d.midler)	96

	Side:
21. Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7 d.midler)	98
22. Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Uregulert	99
23. Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ I og II	100
24. Nausta ved Hovefoss. Varighetskurver	103
25. Nausta ved Hovefoss. Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7 d.midler)	105
26. Nausta ved Hovefoss. Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7 d.midler)	106
27. Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Uregulert	107
28. Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ I	108
29. Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ II	109
30. Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ III	110
31. Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II	111

FORORD

Denne rapport gir en fremstilling av resultatene fra vassdragsundersøkelser utført for å vurdere konsekvenser av planlagte vassdragsreguleringer. Feltundersøkelsene har omfattet en fysisk-kjemisk del og en biologisk del. Det er gjort observasjoner og prøvetaking på utvalgte lokaliteter av elvestrekningene. Den nåværende belastning av de berørte vassdrag er utredet som bakgrunn til å vurdere virkninger på vassdragene av de foreslåtte reguleringer.

Registreringene av virksomheten i nedbørfeltene som influerer vassdragene som resipientssystemer er gjort av Sogn og Fjordane Kraftverk. Overingeniør Rikard Solheim har lagt forholdene tilrette for den praktiske utføring av undersøkelsene. Ved befaringene og gjennomføring av feltarbeid er det gitt hjelp av Sogn og Fjordane Kraftverk. Ingeniør Jan G. Berg har gjort en betydelig innsats i denne sammenheng. Vi takker for det gode samarbeide.

Rapporten omfatter to deler, en tekstdel og en datasamling (O-48/74, Blindern 28. juni 1976).

Blindern, 28. november 1976

Olav Skulberg

SAMMENFATTENDE BEMERKNINGER OG TILRÅDNINGER

Undersøkelser og beregninger

1. Det er i 1975-1976 utført vassdragsundersøkelser av Gjengedalsvassdraget, Naustdalsvassdraget og Angedalsvassdraget. Vannkvalitet og biologiske forhold er beskrevet. Resultatene belyser naturforhold og påvirkninger av vassdragene fra menneskelig virksomhet.

Vassdragene har oligotrofe vannmasser med lite forurensningsbelastning. Den nedre del av Naustdalsvassdraget, og i noen grad også den nedre del av Angedalsvassdraget, viser en større begroing og medfølgende algedrift enn vassdragene forøvrig. Begroingen er satt i sammenheng med gjødslingspåvirkning gjennom tilførsel fra dyrket mark, husdyrhold og befolkning.

2. Sogn og Fjordane kraftverk har gjennomført en grundig registrering av virksomheter og innretninger i nedbørfeltene. På dette grunnlag har vi ved hjelp av nærmere angitte faktorer beregnet belastningen på hovedvassdragene. Registreringene viser også den direkte bruk av vassdragene for vannforsynings- og resipientformål. Denne utnyttelsen er relativt beskjeden under de rådende forhold.

Beregningene viser at vannmassenes innhold av næringssalter hovedsakelig kommer fra naturlige tilførsler, men for Naustdalsvassdragets vedkommende er bidrag fra jordbruksvirksomhet og befolkning også vesentlig.

3. På grunnlag av vassdragsundersøkelsene og belastningsutredningen for nedbørfeltene er det gjort vurderinger av sammenheng mellom forurensningskonsentrasjoner og virkninger på vannkvalitet. Minstevannføringer på utvalgte steder i vassdragene er bedømt med utgangspunkt i kvalitative kjemiske og biologiske hensyn i vassdragene.

Vurderinger og drøftelser

4. De tre hovedalternativer for kraftutbygging er drøftet ut fra resipientvurderinger og med hovedvekt på vannkvalitet og biologiske forhold. Kraftutbygging etter alternativ I eller II og med kraftstasjon ved Styggelifoss vil være den beste løsning ut fra resipientvurderinger. Disse løsninger bør etter vårt skjønn kunne gjennomføres slik at det kan opprettholdes en relativt tilfredsstillende vannkvalitet for lang tid fremover. Disse løsninger vil sikre tilstrekkelig vannføring i Nausta's nedre del, som i dag er mest belastet. Resipientbruken i Gjengedalsvassdraget og delvis Angedalsvassdraget er så beskjedne at det ikke ventes nevneverdige problemer der.

Alternativ III og alternativ I og II med utslipp fra kraftverk i Førdefjorden eller Nausta's nedre del antas å gi så ugunstige resipientforhold at det vil oppstå ulemper.

5. Det er beregnet hvilke fosforkonsentrasjoner som kan forventes i vassdragene ved de forskjellige reguleringsalternativer.

For Gjengedalsvassdraget og Angedalsvassdraget henger fosfortilførslene nøye sammen med den naturlige avrenning. Minstevannføringen i disse vassdragene må derfor stort sett behandles ut fra andre hensyn enn resipientvurderinger.

For Naustdalsvassdraget er situasjonen annerledes. Der har resipientbelastningen allerede i dag ført til at begroingen periodevis blir for stor. Enhver reduksjon av minstevannføringen under dagens forhold vil derfor bli en ulempe.

6. Med bakgrunn i beregningene av fosforkonsentrasjoner og erfaringene fra vassdragsundersøkelsene er det gjort en vurdering av hvor stor minstevannføringen bør være på noen aktuelle steder. Konsentrasjonen 8 µg P/l er satt som kritisk grense. Det er betydelig usikkerhet som gjør seg gjeldende. Vi antar imidlertid at tallene

er tilstrekkelig gode til at de kan bli brukt til tekniske og økonomiske overslag, men vi vil sterkt anbefale at spørsmålet om minstevannføring tas opp til revurdering med jevne mellomrom, etterhvert som man kan konstatere de faktiske virkninger av reguleringsene.

NAUSTDALSVASSDRAGET

Periode 1. mai - 1. oktober

Hovefoss	5	m^3/s
Kallandfoss	4.5	m^3/s
Styggelifoss	2	m^3/s

Periode 1. oktober - 1. mai

Hovefoss	2	m^3/s
Kallandfoss	1.8	m^3/s
Styggelifoss	1.5	m^3/s

For hvert enkelt sted gjelder den angitte minstevannføring i vassdraget oppstrøms utslippet.

GJENGEDALSVASSDRAGET

Ved innløp til Ommedalsvatn.

Minstevannføring i Oma oppstrøms et eventuelt kraftverksutslipp

	1	m^3/s
--	---	---------

ANGEDALSVASSDRAGET

Ingen krav til minstevannføring ut fra resipienthensyn.

7. Vassdragenes betydning for vannforsyning til husholdninger er beskjeden, men de har en utstrakt bruk til vanning av dyr og i jordbrukssammenheng.

Ettersom hovedbelastningen av vassdraget som resipient skjer ved indirekte tilførsler fra landbruk og spredt bebyggelse, er det begrenset hvilke praktiske tiltak som kan settes inn for å lette belastningen. Det må i alt vesentlig dreie seg om driftsformer og dreneringssystemer i landbruket og for enkelthus. Dette er problemer av generell karakter som angår en betydelig del av landets jordbruksområder og som aktualiseres i sammenheng med vassdragsreguleringer.

Langt det viktigste tiltak for å beskytte resipientforholdene i forbindelse med en eventuell regulering blir derfor å sikre minstevannføring i de berørte avsnitt.

Behov for videre undersøkelser

8. Hvis det blir utbygging av de tre vassdragene, vil det være behov for videre undersøkelser. Opplegget vil være avhengig av den utbyggingsplan som velges og av opplysninger om annen utvikling i dette området. Virksomhet i en eventuell anleggsperiode vil dessuten kunne gi påvirkning av vassdragene med direkte og indirekte konsekvenser for vannkvalitet og biologiske forhold.

Følgende typer undersøkelser er aktuelle:

- a) Fortsatte undersøkelser bør klarlegge nærmere forholdet fosforbelastning - begroing, med sikte på å fastlegge sikrere de retningsgivende konsentrasjoner til beregning av minstevannføring.
- b) I de regulerte innsjøer bør hydrografiske og biologiske forhold undersøkes før, under og etter regulering. Dette gjelder spesielt innsjøer som vil få store vannstandsvekslinger og hvor det blir betydelig neddemmet areal (f.eks. Langevatn, Vonavatn, Storevatn).
- c) Etter at regulering er gjennomført bør det etableres et overvåkingsprogram i vassdragene. Dette kan fremskaffe opplysninger om hvordan forholdene i vassdragene blir forandret, og dermed gi grunnlag for å gjennomføre praktiske tiltak som kan motvirke ulemper. Det tenkes her spesielt på revurderinger av kravene til minstevannføringer og vannføringsvariasjoner.

Et overvåkingsprogram må koordineres med den landsomfattende vannressursovervåking som for tiden er under diskusjon og utprøving.

1. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

Drøftelser om vassdragsundersøkelser i forbindelse med planlegging av kraftutbygging i Naustdal/Gjengedal ble av Sogn og Fjordane Kraftverk tatt opp med instituttet i mars 1974. I brev fra Sogn og Fjordane Kraftverk datert 24. juni 1974 ble instituttet bedt om å komme med et framlegg til program for faglige vurderinger av virkninger som en eventuell kraftutbygging kunne få for vannforsyning og resipientforhold i de aktuelle vassdrag.

I brev datert 15. august 1974 foreslo instituttet at det ble foretatt en befarings av vassdragene som inngår i planen for kraftutbyggingen. Befaringen fant sted 6.-8. november 1974 og ble gjennomført av Sogn og Fjordane Kraftverk og instituttet i fellesskap. Det ble gjort orienterende prøvetaking av kjemiske og biologiske forhold. I samtaler med kommunale representanter for Gloppen, Naustdal og Førde ble det gitt redegjørelser for problemer knyttet til bruken av vassdragene, vannforsynings- og resipientforhold. På bakgrunn av befaringsen ble retningslinjer for undersøkelsene trukket opp og undersøkelsesprogram utarbeidet.

Prøvetakingen i vassdragene ble påbegynt i desember 1974. Månedlige innsamlinger og observasjoner er gjennomført på 5 stasjoner i Gjengedalsvassdraget, 9 stasjoner i Naustdalsvassdraget og 3 stasjoner i Angedalsvassdraget. Feltarbeidet ble gjort av Sogn og Fjordane Kraftverk. Prøvene er analysert og bearbeidet ved laboratoriene til instituttet i Oslo.

Et foreløpig program for undersøkelsene var utarbeidet 11. januar 1975. Brev og kontraktutkast for arbeidet ble oversendt til instituttet 7. februar 1975. Det var behov for enkelte avklaringer om innholdet i undersøkelsene. I et møte på instituttet 10. april 1975 ble vassdragsundersøkelsen drøftet med Sogn og Fjordane Kraftverk og Vassdragsdirektoratet. Det ble avtalt å behandle saken i Kontaktgruppen for koordinering av vassdragsundersøkelser med representanter for Statens forurensningstilsyn, Vassdragsdirektoratet og instituttet. På møtet i Kontaktgruppen for koordinering av vassdragsundersøkelser 10. juni 1975 ble undersøkelsesprogrammet godtatt.

To representanter for instituttets tekniske avdeling foretok i tiden 13.-14. mai 1975 en befaring til områdene som eventuelt blir berørt av kraftutbyggingen. Hensikten var å få oversikt over de tekniske anlegg for vannforsyning og avløp. Det ble avklart et opplegg for beregning av forurensningsbelastning av vassdragene. Sogn og Fjordane Kraftverk skulle være behjelpelig med å fremskaffe oversikter over virksomheter og belastningsforhold i nedbørfeltene. Dette materiale danner grunnlag for beregninger av forurensningstilførsler og samlede belastninger.

Arbeidsprogram og omkostningsoverslag for instituttets undersøkelser ble oversendt 3. juni 1975 til Sogn og Fjordane Kraftverk.

Det biologiske feltprogram omfattet prøvetaking og observasjoner i vassdragene ved kulminasjonen av vegetasjonsperioden. Prøvetakingen var planlagt å finne sted 8.-10. september 1975. Det ble gjort forsøk på å gjennomføre innsamlingene av biologiske prøver. På grunn av flomvannføring med vannstander opptil 1,5 m over normalen lot det seg imidlertid ikke gjøre. Da flomforholdene vedvarte måtte instituttet 24. september 1975 gi Sogn og Fjordane Kraftverk beskjed om at fremføringen av undersøkelsen måtte bli forsinket. Det var nødvendig å fremskaffe det resterende biologiske grunnlagsmateriale i vegetasjonsperioden 1976.

Kontrakten mellom Sogn og Fjordane Kraftverk og instituttet forelå ferdig undertegnet 22. oktober 1975.

Arbeidet med å skaffe statistikker og oversikter over vassdragenes hydrologiske situasjon er utført ved Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. I november 1975 mottok instituttet fra Sogn og Fjordane Kraftverk registreringsdata for nedbørfeltene av de tre berørte vassdragene. Det første hydrologiske materiale forelå ved instituttet 19. desember 1975.

Det rutinemessige prøvetakingsprogram for de faste stasjonene i vassdragene var ferdig gjennomført med siste observasjonsserie 8. desember 1975.

Biologiske feltobservasjoner ble utført i Angedalselva, Nausta og Gjengedalselva 8.-12. juni 1976. Feltarbeidet ble gjennomført uten nevneverdige vanskeligheter. På et møte i Sogn og Fjordane Kraftverk 10. juni 1976 ble de foreliggende resultater fra vassdragsundersøkelsen drøftet. De avsluttende biologiske observasjoner i vassdragene ble foretatt i august 1976.

2. VASSDRAGENE I GEOGRAFISK OG HYDROLOGISK SAMMENHENG

Naustdalsvassdraget, Angedalsvassdraget og Gjengedalsvassdraget som inngår i de planlagte reguleringer har sin avrenning fra landområdet mellom Nordfjords fjordarmer i nord, innsjøene Breimsvatnet - Jølstravatnet i øst og sør, Førdefjorden i sør og høgdedraget mot Eimhjellenvatnet i vest. Nedbørfeltene er avgrenset mot Jølstravassdraget og Breimsvassdraget i øst og Eimhjelle-Endestadvassdraget i vest. Figur 1 gir en oversikt over nedbørfeltenes beliggenhet. De enkelte vassdragene er vist i kartskissene figur 2, 3 og 4. I tabell 1 er det gitt karakteristiske data om nedbørfeltenes størrelse og elvenes vannføring.

Tabell 1. Nedbørfelt og vannføring.

Vassdrag	Nedbørfelt km ³	Gjennomsnittlig vannføring m ³ /s
Naustdalsvassdraget	275.3	21.5
Angedalsvassdraget	94.4	7.2
Gjengedalsvassdraget	169.5	14.2

De tre vassdragenes nedbørfelt hører til kommunene Naustdal, Gloppen, Jølster og Førde. Noen generelle opplysninger om geografiske forhold

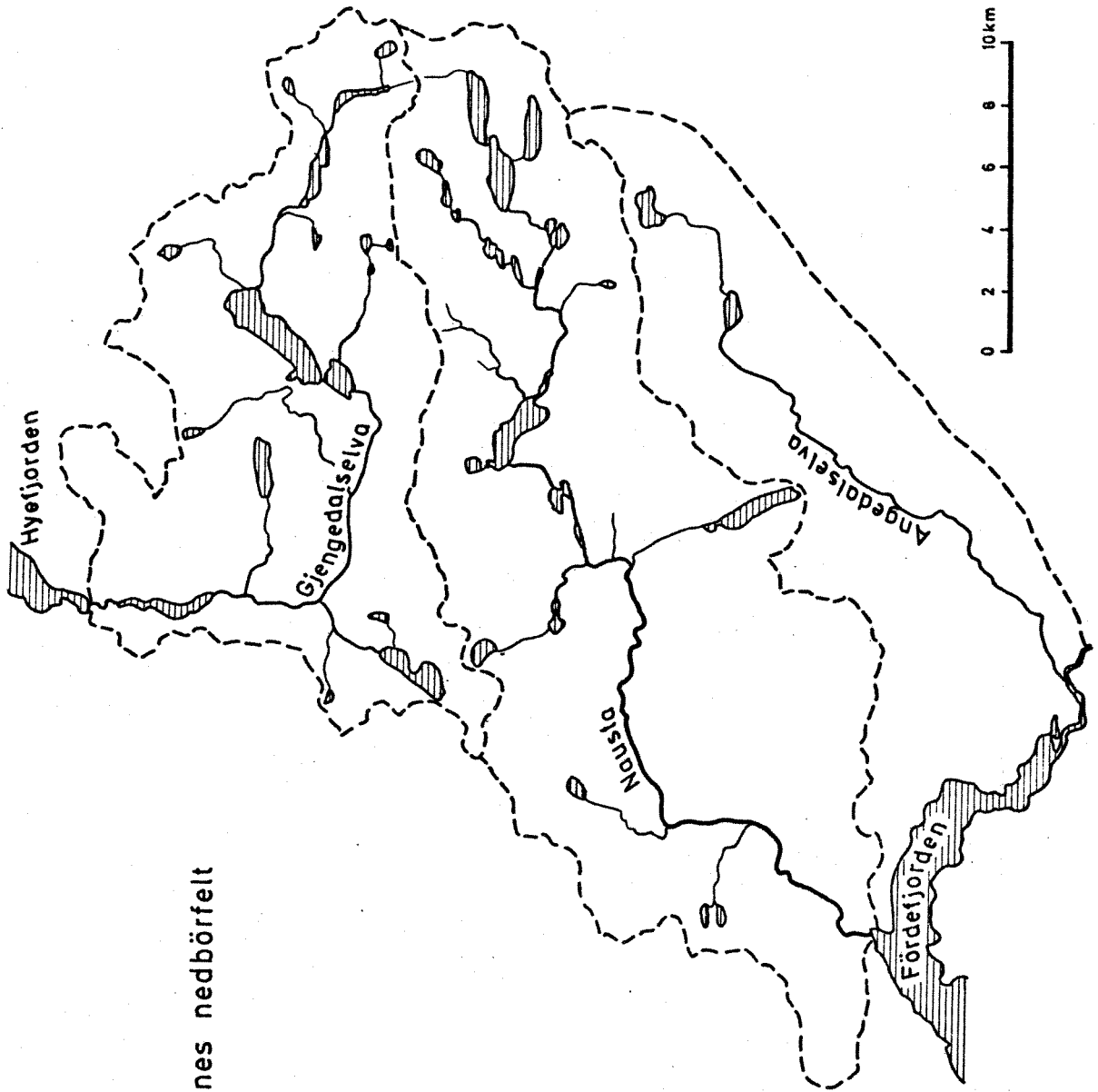
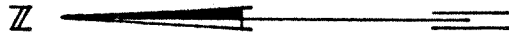


Fig.1

Vassdragenes nedbørfelt

Fig.2 Kartskisse av Gjengedalsvassdraget

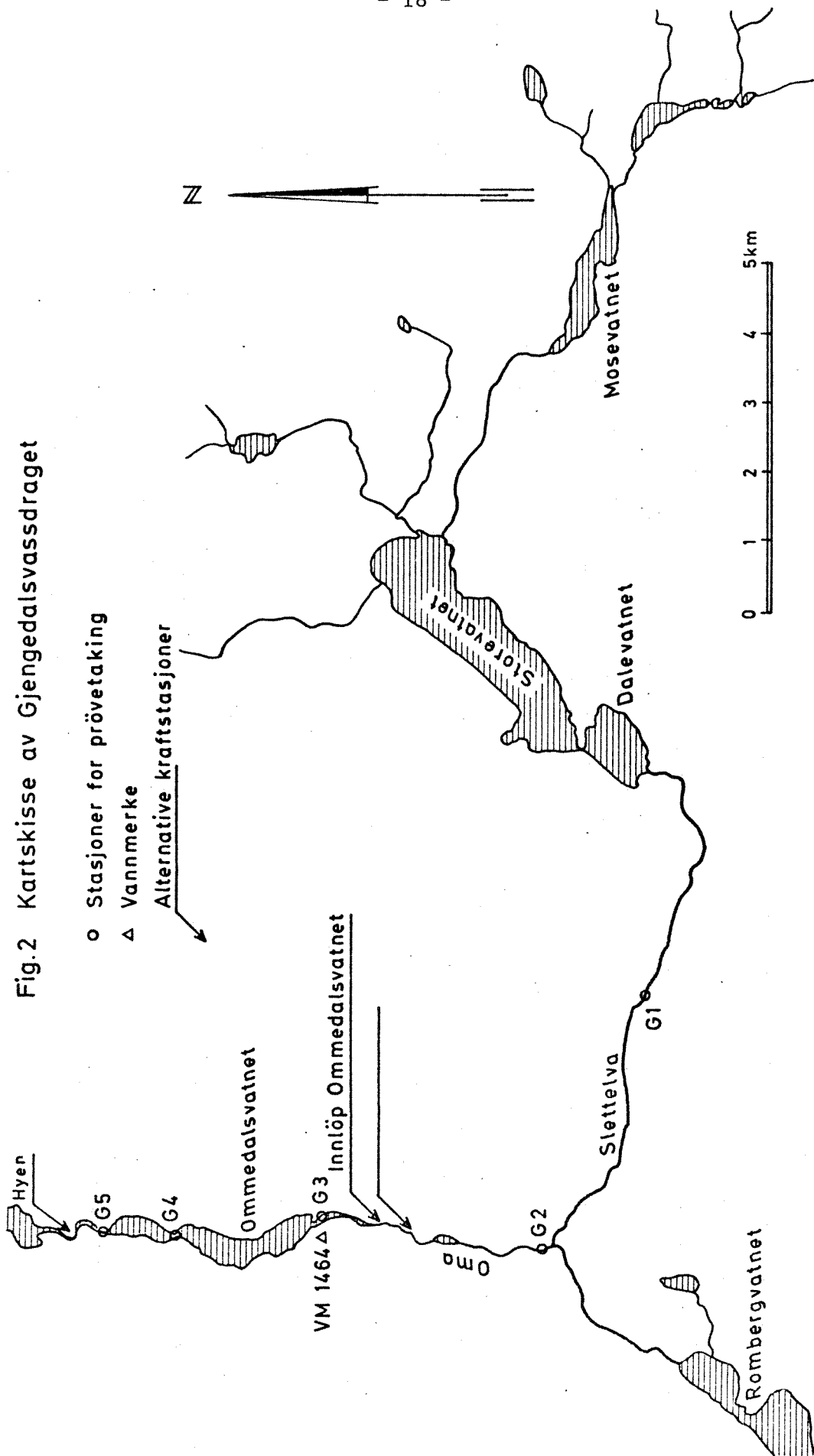


Fig.3 Kartskisse av Naustdalsvassdraget

- o Stasjoner for prøvetaking
- Δ Vannmerke
- Alternative kraftstasjoner

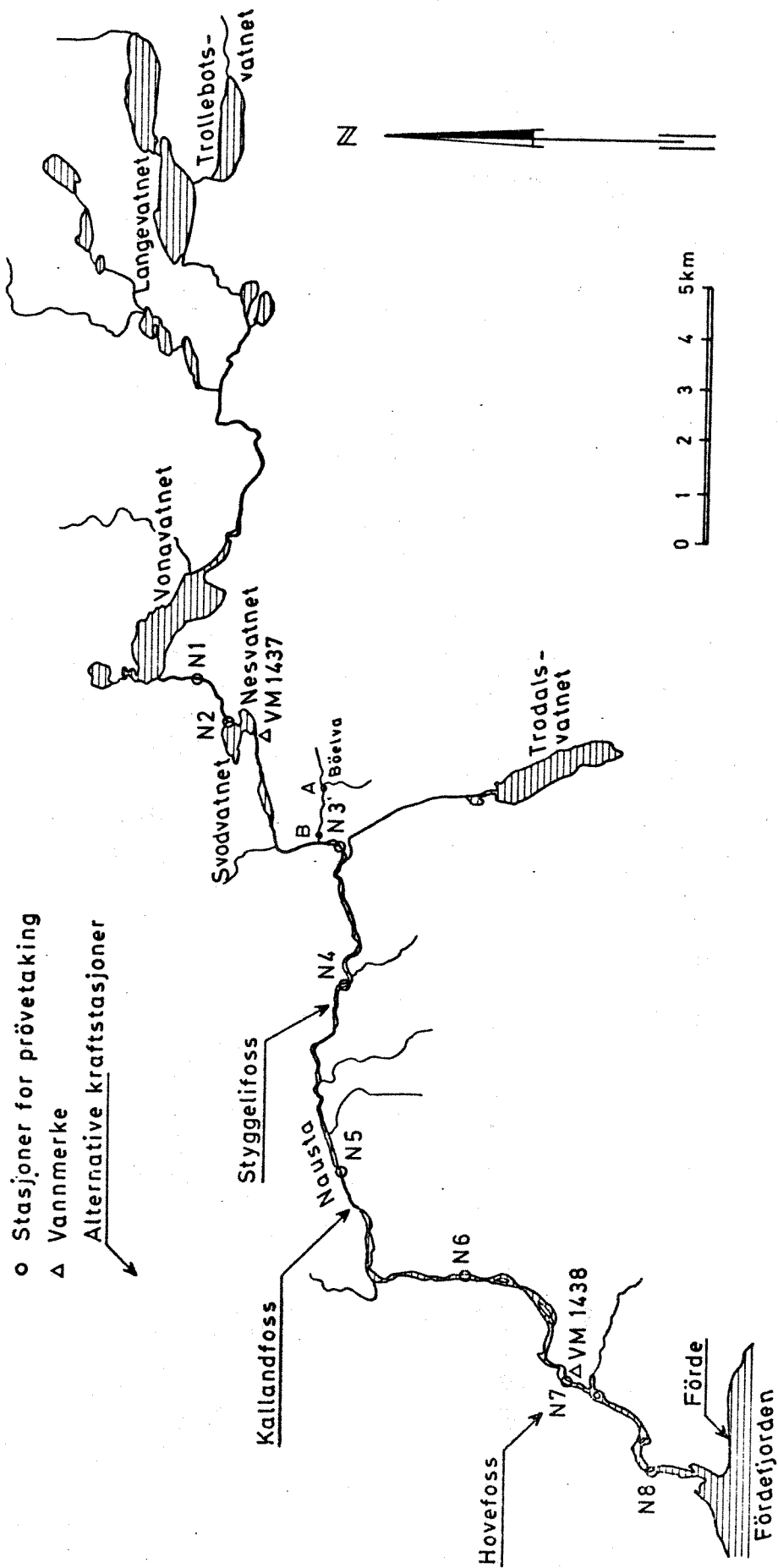
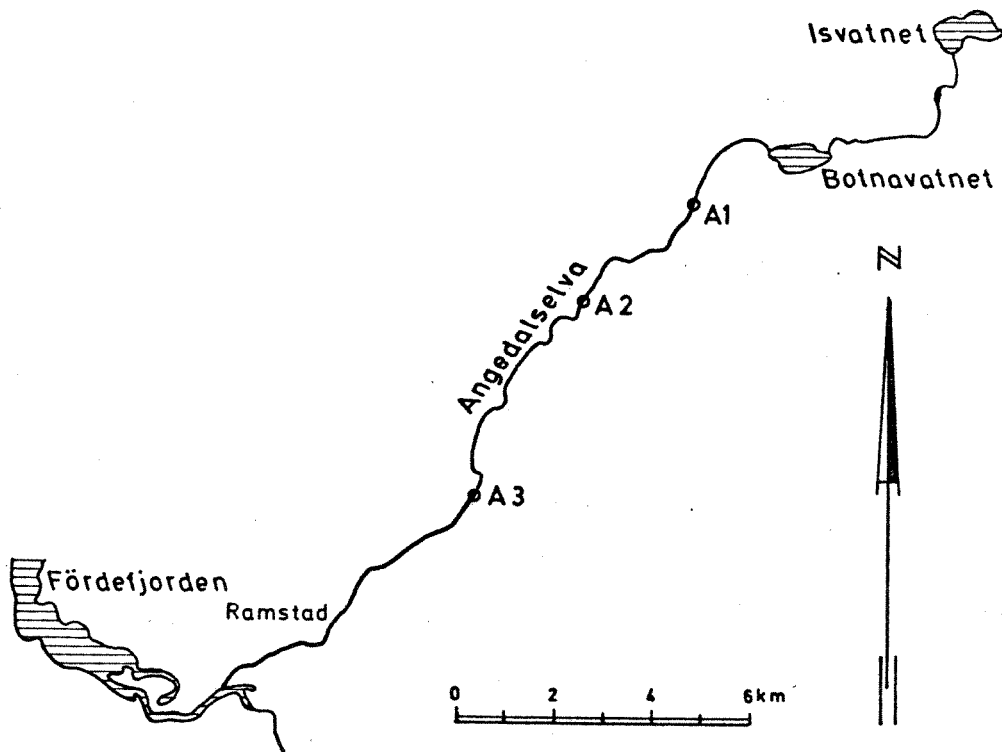


Fig.4 Kartskisse av Angedalsvassdraget

o Stasjoner for prøvetaking



fremgår av tabell 2. Dalføret Naustdal strekker seg i nordøstlig retning fra tettstedet Naustdal ved Førdefjorden og omlag 25 km mot Vonavatnet, 466 m.o.h. Hoveddalføret omfatter et vesentlig jordbruks- og barskogsområde. Angedalen går i nordøstlig retning fra Førde til Botnavatnet 412 m.o.h. I den nederste delen av Angedalen er det bebyggelse med gårdsbruk. Det er barskog i de lavere deler, høyere oppe er det blandingskog og lauvskog. Gjengedal omfatter et system av daler sør for Hyenfjorden, fra Ommedalsvatnet (28 m.o.h.) og opp til Storevatnet (484 m.o.h.). Sammenliknet med de to andre dalene er det sparsom bebyggelse i Gjengedal.

Tabell 2. Generelle geografiske opplysninger. Oppgitt areal i km².

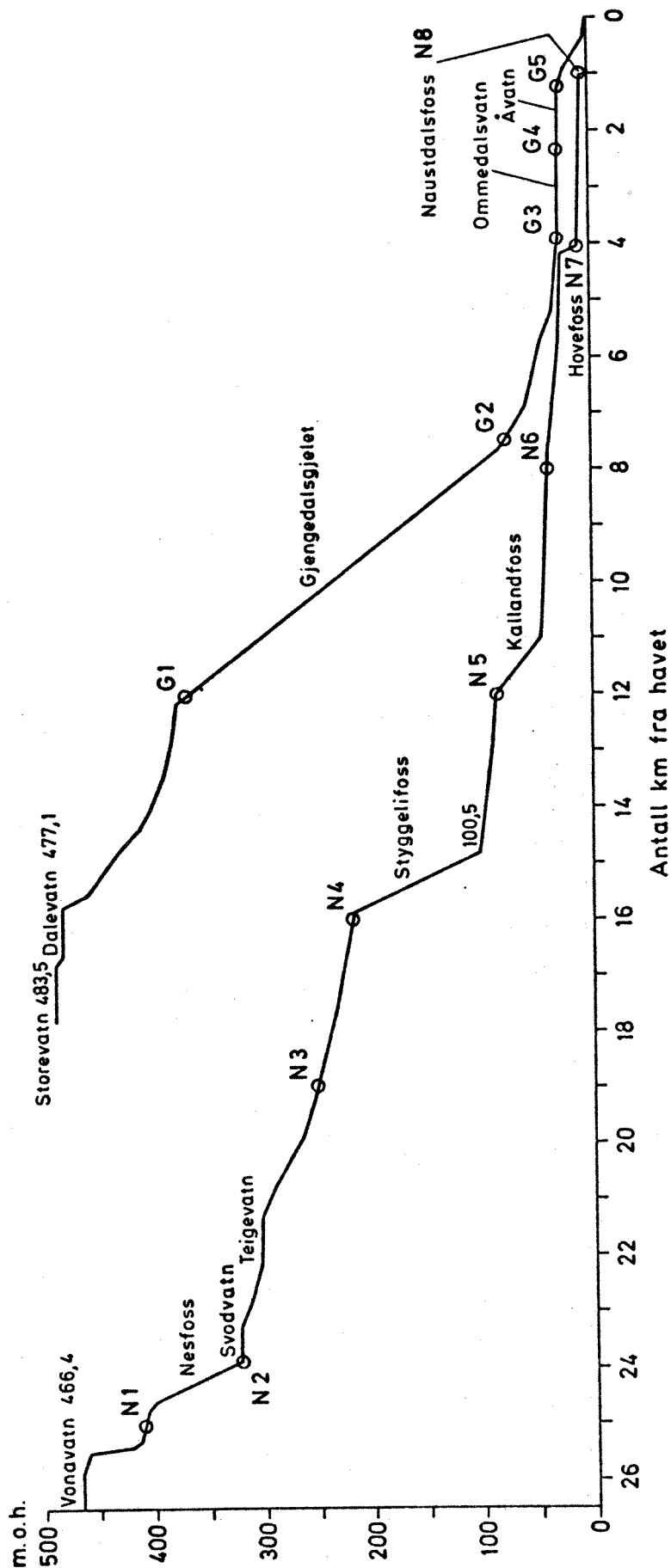
Kommune	Samlet landareal	Jordbruksareal	Skogsareal	Annet areal	Innbyggerantall (1973)
Naustdal	358	18.2	41.1	298.7	2119
Gloppen	1068	35.0	150.1	882.9	5900
Jølster	683	24.8	72.1	586.1	2645
Førde	586	22.1	119.6	444.3	5313

(Statistisk sentralbyrå 1974)

Det er hovedsakelig et fjellområde som utbyggingsplanene omfatter. I figur 5 er det fremstilt lengdeprofiler av Nausta og Gjengedalselva. Særlig i nedbørfeltens østlige strøk er det et kupert terreng med høge fjell (Storevarden-1425 m.o.h., Botnafjellet-1572 m.o.h.). Her er landskapet preget av innsjøer og breer. Bjørkeskogsgrensen ligger i høgdeintervallet 500-600 m.o.h. I sydvendte skråninger kan furuskogen gå opp til 600 m.o.h. (Solheim 1976). Jordbruksvirksomhet foregår fra sjøen og høyt opp i dalene. Gårdsbruk over 200 m.o.h. regnes til fjellområdet (Bruland et al. 1959). Det er gode fjellbeiter i nedbørfeltens høyreliggende deler.

De berggrunnsgeologiske forhold i distriktet er under innledende undersøkelser (Holtedah1 1953, Bryhni et al. 1970). Fremtredende trekk er

Fig.5 Lengdeprofil av Naustdalsvassdraget og Gjengedalsvassdraget



forekomsten av gneis og gneisbeslektede mineraler. To komplekser av bergarter blir skilt ut og regnes henholdsvis til eokambriske og prekambriske formasjoner. Løsavsetningenes forhold fremgår av jordartskart (målestokk 1:20 000) og tilhørende beskrivelse. Jordbunnsforholdene varierer mye med grovkornede, sorterte jordarter i hoveddalførene og morenemateriale som de arealmessig mest utbredte innenfor nedbørfeltene. Naustdal og Angedal hører til dalførene i Sogn og Fjordane som har mye dyrkningsjord.

Observasjoner utført av Det norske meteorologiske institutt (Bruland et al. 1959) viser at det kan være betydelig variasjoner i klimatiske forhold over korte avstander. Det er ikke gjort meteorologiske feltundersøkelser knyttet til planleggingen av vassdragsreguleringene. Nærmeste meteorologiske stasjon er Førde. Distriktet ligger innenfor regnbeltet, med årsnedbør 2171 mm. Værforholdene kan statistisk belyses ved klimadata, blant annet med gjennomsnitt av temperatur og nedbør. I tabell 3 er det gitt opplysninger basert på observasjoner i Førde. Værlaget er i utpreget grad preget av omskiftninger. De brå svingninger over korte tidsrom og korte avstander er fremtredende trekk.

De store variasjoner i nedbør og temperatur gjenspeiles i de hydrologiske forhold i vassdragene. Vannføringen er undersøkt av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Det henvises til hydrologiske data for vannmerkene Nr. 1437 Nesvatn, Nr. 1438 Hovefoss og Nr. 1464 Gjengedalsvatn. Elvene viser stor vannføring om sommeren, liten vannføring om vinteren og uregelmessige flomperioder spredt gjennom årstidene. Vannføringen under prøvetakingen for vassdragsundersøkelsene fremgår av datasamlingen (tabell 27, 0-48/74, Blindern 28. juni 1976). I figur 6 og 7 er pentader for vannføringen i Nausta gjennom 1975 fremstilt grafisk. Vannføringen på stasjonene N7, G3 og A1 som 10-års gjennomsnitt er sammenstilt i tabell 4. Ved vurderingen av resultatene fra feltundersøkelsen av vassdragene er det nødvendig å sammenholde den med de hydrologiske betingelser som var fremherskende i 1975.

Tabell 3. Meteorologiske forhold. Månedsgjennomsnitt for 1975 og 30-års-normalen 1931-1960. Førde.

Luft-temperatur i °C		Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1975		2.6	0.9	2.1	3.7	8.8	11.0	14.3	16.0	10.1	7.0	3.7	1.9
30-års normal		-2.2	-2.1	0.9	4.8	9.8	12.5	14.9	14.0	10.5	6.0	2.6	0.2

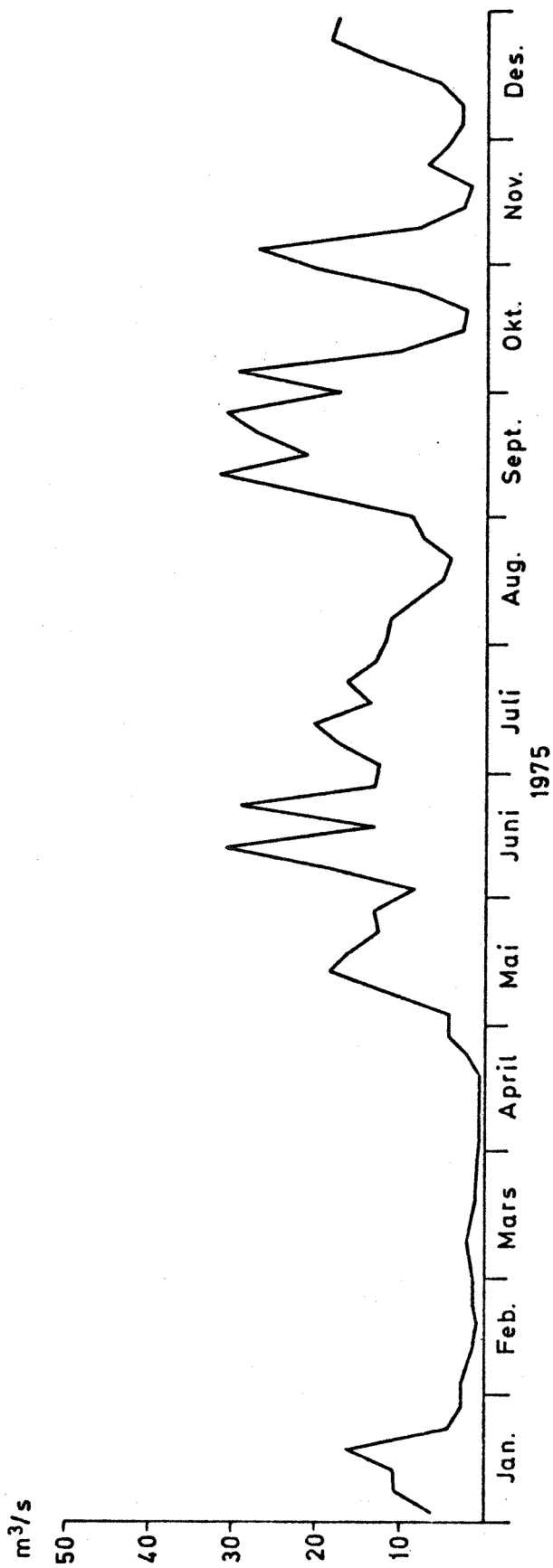
Nedbør i mm		Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
1975		427	111	99	97	69	135	109	84	569	280	330	637
30-års normal		203	170	131	146	82	118	118	130	207	249	201	222

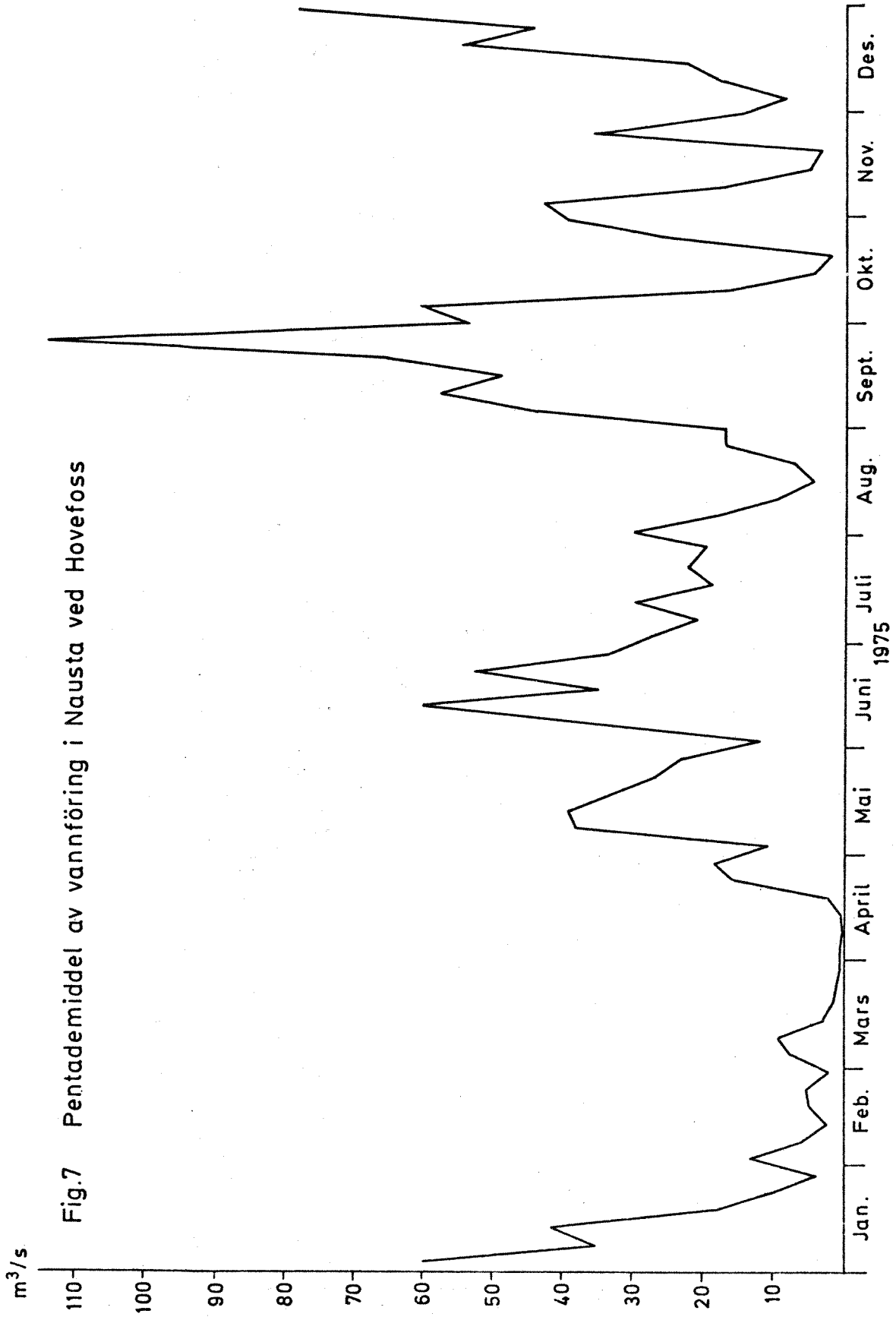
Tabell 4. Månedlige gjennomsnitt av vassdragenes vannføring i en 10-års periode og vannføring i Nausta 1975.

Stasjon	Tidsrom	Jan.	Febr.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.
N7	1964 - 1971	10.6	8.1	10.5	15.0	36.2	36.7	30.1	13.6	30.1	32.0	18.8	14.5
	1975	27.2	5.8	3.7	6.3	28.1	38.3	23.2	13.5	61.3	27.4	19.8	32.8
G3	1964 - 1973	6.4	6.0	3.3	4.5	21.9	33.3	26.2	14.1	19.1	17.4	11.4	6.1
A1	1964 - 1973	1.1	0.8	0.8	1.1	5.2	7.0	5.3	3.2	4.8	4.6	2.8	1.6

(Data fra Norges vassdrags- og elektrisitetstvesen.)

Fig.6 Pentademiddel av vannføring i Nausta ved utløp av Nesvatn





3. VANNKVALITET OG BIOLOGISKE FORHOLD

De kjemiske undersøkelsene er utført for å gi en beskrivelse av vannkvalitet i vassdragene. Det er nødvendig å ha et godt kjennskap til de kjemiske miljøfaktorer for å kunne vurdere biologiske forhold og organismeutvikling. Organismene reagerer på helheter av miljøfaktorer; et kompleks av betingelser må være oppfylt for at en art kan utvikle seg på en vokseplass. Er en enkelt av disse betingelser ikke adekvat representert, er det nok til å utelate arten fra en slik lokalitet. Er miljøfaktoren nær minimums- eller maksimumsgrensen, er den en begrensende faktor for artens utviklingsmuligheter på stedet. På lokaliteter i vassdraget er det imidlertid som regel flere begrensende faktorer som gjør seg gjeldene. Under slike forhold vil alle miljøfaktorer som er representert med verdier avvikende fra optimum, influere populasjonenes størrelse og være medbestemmende for individenes kondisjon.

3.1 Kjemiske undersøkelser

3.1.1 Metoder

Surhetsgrad

pH er uttrykk for vannets surhetsgrad og er bestemt potensiometrisk med pH-meter og glasselektrode.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne

Ledningsevnen er bestemt med Philips PR 9501 - ledningsevneinstrument og måles ved 20°C.

Benevning: mikrosiemens pr. cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Farge

Fargeverdien er et mål for oppløste stoffer som absorberer lys i den synlige del av spekteret.

Fargemålingene er utført med EEL-filterfotometer med 10 cm kuvetter. Prøven sammenliknes med standardløsning av coboltplatinaklorid.

Benevning: mg Pt/l.

Turbiditet

Turbiditet er et mål for prøvens innhold av suspenderte partikler (svevepartikler) og måles ved å registrere partiklenes evne til å reflektere og spre innfallende lys.

Målingene er foretatt på et Hach Laboratory Turbiditetmeter mod. 1860.

Benevning: Jackson Turbidity Units (JTU).

Total fosfor

Vannets totale fosforinnhold er summen av ortofosfat, pyrofosfat, tripolyfosfat og høyere ordens fosfater. Prøvene for total fosfor blir konservert. Analysene foretas med AutoAnalyser etter standard metode.

Benevning: μg P/l, P-komp.

Total nitrogen

Vannets totale nitrogeninnhold er summen av nitrat, nitritt, ammonium og organisk bundet nitrogen.

Prøvene oppsluttes med ultraviolet bestråling og hydrogenperoksyd.

Denne behandling frigjør bundet nitrogen som oksyderes til nitrat.

Den videre analysen foregår etter standard metode for nitrat.

Benevning: μg N/l, N-komp.

Dikromattall (kjemisk oksygenforbruk)

En måte å måle vannets innhold av organisk materiale på, er å oksydere vannets organiske komponenter. Forbruket av oksydasjonsmiddel kan da brukes som mål for organisk stoffinnhold.

Dikromattallet angir den oksygenmengde som er ekvivalent med forbrukt oksydasjonsmiddel.

Benevning: mg O/l.

Klorid

Klorid er bestemt fotometrisk med Technicon AutoAnalyzer. Metoden er basert på reaksjonen mellom kvikksølvrodamid og jern når det er kloridioner tilstede.

Benevning: mg Cl/l.

Kalsium, magnesium og natrium

Disse elementer er alle bestemt med atomabsorbsjonsspektrofotometri (Perkin-Elmer, Model 306).

Benevning: mg/l.

3.1.2 Hydrokjemiske forhold

Resultatene av de kjemiske undersøkelser er samlet i en egen datasamling (NIVA, 24. juni 1975). Vassdragenes kjemiske vannkvalitet blir karakterisert i det følgende.

De hydrokjemiske forhold er behandlet ut fra resultatene fra analysene av vannprøvene innsamlet i 1975 (tabell 5 og 6). Stasjon N9 i Nausta representerer en brakkvannsinfluert lokalitet og holdes derfor utenfor i denne sammenheng.

Alle tre elvene hadde gjennomgående et elektrolyttfattig vann, det vil si at vannet hadde et lavt saltinnhold. Saltene tilføres vannet med nedbøren, gjennom erosjonsprosesser i nedbørfeltet og ved forurensninger. I de aktuelle nedbørfelt er det særlig de løse jordlagenes beskaffenhet som sammen med berggrunnens geologiske egenskaper er bestemmende for vannets ionesammensetning. Saltinnholdet og særlig kalkinnholdet er viktig for vannets bufferevne. Kalsium er dessuten av spesiell biologisk interesse fordi flere organisme-grupper er avhengige av vannets Ca-innhold for å kunne eksistere. Ved å følge variasjoner i vannets saltinnhold fremkommer holdepunkter for å forstå vassdragenes kjemisk stoffomsetning.

De aritmetiske middelværdier for spesifikk elektrolytisk ledningsevne for stasjonene i Nausta varierte mellom 13.3 - 19.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabell 5. Aritmetiske middelværdier for hydrokjemiske parametre i Nausta 1975.

Stasjon	K ²⁰ µS/cm	Ca mg/l	Cl mg/l	P-komp µg P/l	N-komp µg N/l	KOF mg O/l
N1	13.3	0.5	2.3	3	108	<5
N2	13.3	0.5	2.2	3	106	5
N3	14.3	0.5	2.5	4	116	6
N4	14.2	0.5	2.6	5	115	5
N5	15.6	0.6	2.8	8	174	6
N6	16.0	0.7	2.9	8	173	7
N7	16.3	0.7	2.9	12	150	7
N8	19.0	1.2	3.2	10	172	7
N9 ^x	6702	9	2651	10	200	-

^xBrakkvannpåvirket lokalitet.

Tabell 6. Aritmetiske middelveier for hydrokjemiske parametre i Angedalselva og Gjengedalselva i 1975.

Stasjon	K ₂₀ µS/cm	Ca mg/l	Cl mg/l	P-komp µg P/l	N-komp µg N/l	KOF mg O/l
Gjengedalselv						
G1	15.2	0.6	2.4	3	110	6.5
G2	14.9	0.8	2.5	5	141	5.5
G3	15.8	0.7	2.7	5	141	7.8
G4	15.5	0.7	2.7	5	140	7.7
G5	15.3	0.7	2.7	5	179	5.9
Angedalselv						
A1	15.7	0.5	2.4	3	112	5.3
A2	15.8	0.7	2.6	4	150	11.5
A3	16.7	0.7	2.8	6	179	5.1

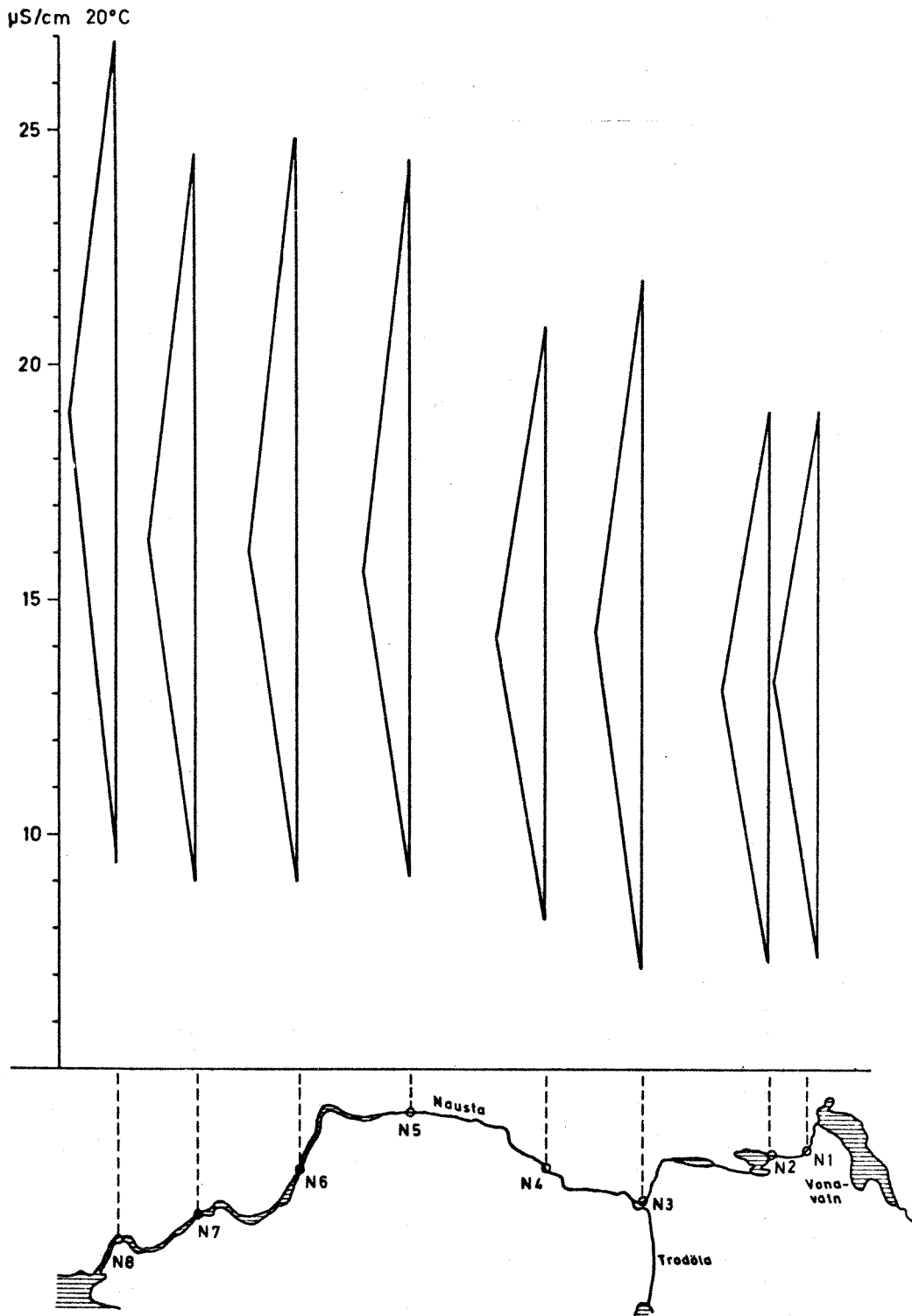
Tilsvarende verdier for Gjengedalselva var 14.9 - 15.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og for Angedalselva 15.7 - 16.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vannmassenes innhold av kalsium var i harmoni med dette i konsentrasjonsområdet 0.5 - 1.7 mg/l Ca. For å illustrere variasjonene i saltinnhold er minimum, maksimum og aritmetiske middelveidier for spesifikk elektrolytisk ledningsevne i 1975 for Nausta fremstilt grafisk i figur 8. Disse resultatene er i god overensstemmelse med de geologiske forhold i berggrunnen i nedbørfeltet (dominert av harde bergarter) og de tiltakende forekomster med løsavsetninger nedover i dalføret.

Den kystnære beliggenhet til vassdragene (som innebærer saltholdig nedbør fra havet) kommer til uttrykk i at natrium (Na^+) på kationssiden og klorid (Cl^-) på anionsiden viser høye verdier i vannmassene. I Nausta varierte f.eks. natriuminnholdet under en karakteristisk vintersituasjon fra 2.2 - 3.0 mg/l Na, mens kalsiuminnholdet samtidig tilsvarende viste konsentrasjoner fra 0.8 - 1.1 mg/l Ca. De aritmetiske middelveidier for klorid var i konsentrasjonsområdet 2.3 - 3.2 mg/l Cl for Nausta, 2.4 - 2.7 mg/l Cl for Gjengedalselva og 2.4 - 2.8 mg/l Cl for Angedalselva.

Vannets surhetsgrad (pH) reguleres i de fleste tilfeller av buffersystemet $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3 - \text{CO}_3$ (karbondioksyd - bikarbonat - karbonatsystemet). Når karbondioksydverdien (CO_2) øker, avtar pH-verdien, og vannet blir surere. Ved at karbondioksyd (CO_2) forbrukes ved algenes og vannplantenes assimilasjon skjer det en relativ økning av bikarbonat (HCO_3) og karbonat (CO_3)-verdiene; pH øker samtidig som oksygen (O_2) frigjøres. Ved organismenes respirasjon og i en viss utstrekning ved nedbrytning av organisk materiale forbrukes oksygen, og karbondioksyd frigjøres; pH avtar. Surhetsgraden henger også sammen med vannets saltinnhold. Jo høyere saltinnholdet er, jo mer buffret er vannet og dette medfører høyere og stabilere pH-verdier. I de aktuelle vanntyper som er noe påvirket av organisk materiale (humus) spiller dessuten humussyrene en viktig rolle for vannets surhetsgrad.

De observerte verdier for Nausta var i pH-området 4.9 - 6.2, for Gjengedalselva pH 4.5 - 6.3 og for Angedalselva pH 5.3 - 6.1. Gjennomgående viste Naustdalsvassdraget en tendens til noe surere vann sammenliknet med de to øvrige vassdragenes forhold.

Fig.8 Nausta. Minimum-, maksimum- og aritmetiske
middelverdier for spesifikk elektro-
lytisk ledningsevne i 1975



Overflatevann inneholder alltid større eller mindre mengder fargede substanser. Disse tilføres til dels fra nedbørområdet, dels er de et resultat av nedbrytning av planter og dyr som produseres i vannforekomstene. Spesielt humusstoffene som i form av sure kolloider av organisk natur, blir tilført innsjøene og vassdragene fra skog- og myrområder i omgivelsene, brunfarger vannet i høy grad. De må ansees som de viktigste faktorer når det gjelder vannets farge. De høyeste fargeverdier (ufiltrerte prøver) ble målt i Gjengedalselva (43.0 - 45.5 mg Pt/l), de laveste i Angedalselva (4.0 - 5.0 mg Pt.l). De høye verdiene målt i Nausta - N7 og N8, 20/2 1975 - hang sammen med sterkt grumsete vann. Det var betydelige variasjoner i alle vassdragenes forhold med hensyn til vannets farge. Det kan som eksempel nevnes at fargeverdiene i Nausta varierte i området 8.0 - 48.5 mg Pt/l. De aritmetiske middelverdier for kjemisk oksygenforbruk varierte mellom 5.5 - 7.8 mg O/l i Angedalselva og < 5.0 - 7.0 mg/l O i Nausta.

Turbiditet er direkte forårsaket av suspenderte partikler i vannmassen, som sand-, leire-, jordpartikler samt diverse partikulært organisk stoff. Jo mer uklart vannet er, jo høyere blir turbiditeten. Vanlig finner en verdier i området 0-1 i naturlige vannforekomster, når vannet ikke blir påvirket av partikulært materiale (jordkolloider, breslam osv.) som særlig skjer ved stor vannføring og ved kraftig nedbør. I overensstemmelse med dette ble det observert verdier i området 0.2 - 5.1 JTU i Nausta, 0.2 - 1.7 JTU i Gjengedalselva og 0.2 - 1.9 JTU i Angedalselva. Dette er lave verdier.

Plantenæringsstoffene (bl.a. fosfor- og nitrogenforbindelser) spiller en avgjørende rolle i vassdragenes biologiske stoffomsetning. Økning av næringssalttilførselen har i mange vassdrag gitt gjødslingseffekter som medfører redusert brukbarhet av vannforekomstene i praktisk sammenheng. Vassdragenes økologiske balanse kan lett forstyres ved forurensing med gjødselstoffer. Dette resulterer oftest i tiltakende begroing og masseforekomster av organismer i vannmassene. Kjennskapet til de hydrokjemiske forhold med hensyn til kon-

sentrasjoner og konsentrasjonsendringer av fosfor- og nitrogenforbindelser er derfor særlig viktige forutsetninger for hydrobiologiske vurderinger.

Gjennomgående var konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser som ble påvist i de tre vassdragene vanlige for landsdelen. Innholdet av fosforforbindelser fremgår av de aritmetiske middelveidier, for Nausta 3-12 $\mu\text{g/l}$ P, for Gjengedalselva 3-5 $\mu\text{g/l}$ P og for Angedalselva 3-6 $\mu\text{g/l}$ P. Med hensyn til nitrogeninnholdet er følgende aritmetiske middelveidier funnet, for Nausta 108-174 $\mu\text{g/l}$ N, for Gjengedalselva 110-179 $\mu\text{g/l}$ N og for Angedalselva 112-179 $\mu\text{g/l}$ N.

3.1.3 Regionale og periodiske variasjoner i vannkvalitet.

For å gjøre sammenlikningen mellom de tre vassdragene klarere, er det i tabell 7 laget en vassdragsvis oversikt over utvalgte hydrokjemiske parametre. Aritmetiske middelveidier for alle observasjoner i de enkelte vassdrag på prøvetakingsdagene i 1975 er stilt sammen. Periodiske variasjoner i konsentrasjonsforholdene i vannmassene er samtidig belyst.

Forandringene av vannkvalitet følger de hydrologiske vekslinger i avrenningsforhold. Overflateavrenning og grunnvannstilsig influerer vannmassenes kjemiske sammensetning. Fosfor- og nitrogenforbindelser i vassdraget er nær knyttet til de biologiske prosesser, og viser av den grunn årstidsvariasjoner.

Sammenfattende kan det fremheves at den rådende vannkvalitet er forholdsvis ensartet i de tre vassdragene. I hovedtrekkene er det naturforholdene i nedbørfeltene som er utslagsgivende for de variasjoner som er påvist. Naustdalsvassdraget's nedre løp - stasjon N5 til N8 - avviker i dette bildet og skal drøftes nærmere.

I figur 9 og 10 er det gjort grafiske fremstillinger av fosfor- og nitrogenkomponenter på stasjonene i Nausta gjennom 1975. Vassdraget oppviser to forskjellige områder ut fra såvel fosfor- som nitrogeninnholdet i vannmassene. I en øvre del av vassdraget (stasjon N1-N4) er forholdene preget av lave verdier for konsentrasjon av fosfor- og nitrogenforbindelser. Samtidig er variasjonene i konsentrasjoner små på de enkelte stasjoner.

Tabell 7. Vassdragsvis oversikt over aritmetiske middelværdier av utvalgte hydrokjemiske parametre.

	Spes. el. ledningsevne $\mu\text{S}/\text{cm } 20^{\circ}\text{C}$											
	29/1	20/2	1/4	22/4	22/5	27/6	14/7	26/8	5/5	21/10	11/11	8/12
Naustdalsvassdraget	20.9	22.5	20.6	21.9	15.3	12.9	9.4	11	9	11.5	11.2	16.4
Gjengedalsvassdraget	20.4	23.2	20.9	20.2	16.2	14.2	9.9	10.1	9.2	13	11.4	15.8
Angedalsvassdraget	20.9	21.9	20.2	18.8	16.2	9.8	9.6	9.7	9.9	21.4	12.7	21.3
	Fosforkomponenter $\mu\text{g P/l}$											
Naustdalsvassdraget	5	12	5	15	5	8	8	8	5	5	4	6
Gjengedalsvassdraget	4	6	4	7	4	4	5	3	6	4	4	6
Angedalsvassdraget	3	3	4	9	4	2	5	5	3	4	3	3
	Nitrogenkomponenter $\mu\text{g N/l}$											
Naustdalsvassdraget	145	212	194	213	90	121	151	86	96	98	104	153
Gjengedalsvassdraget	127	184	195	154	100	132	142	84	128	208	110	150
Angedalsvassdraget	187	207	245	167	113	100	150	83	90	137	127	153
	Kjemisk oksygenforbruk mg O/l											
Naustdalsvassdraget	<5	6.4	5.1	6.8	8.3	5.6	<5	6.9	8.8	<5	5.2	<5
Gjengedalsvassdraget	<5	6.4	5.4	5.3	10.7	5.7	<5	12	7.9	6.5	<5	<5
Angedalsvassdraget	<5	<5	5.4	<5	<5	<5	<5	-	5.8	<5	<5	<5

Fig.9 Nausta. Minimum-, maksimum- og aritmetiske middelverdier av fosforkomponenter i 1975

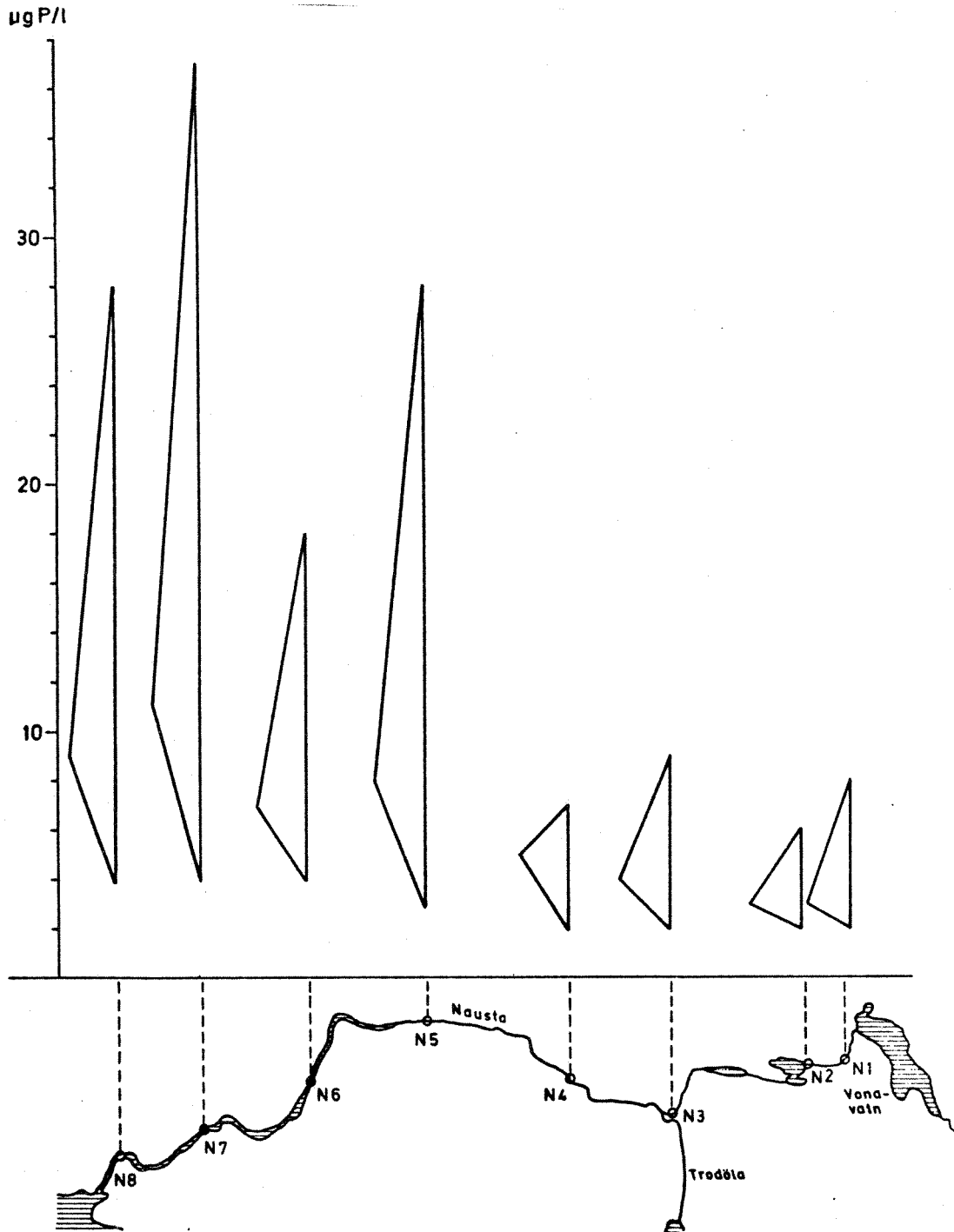
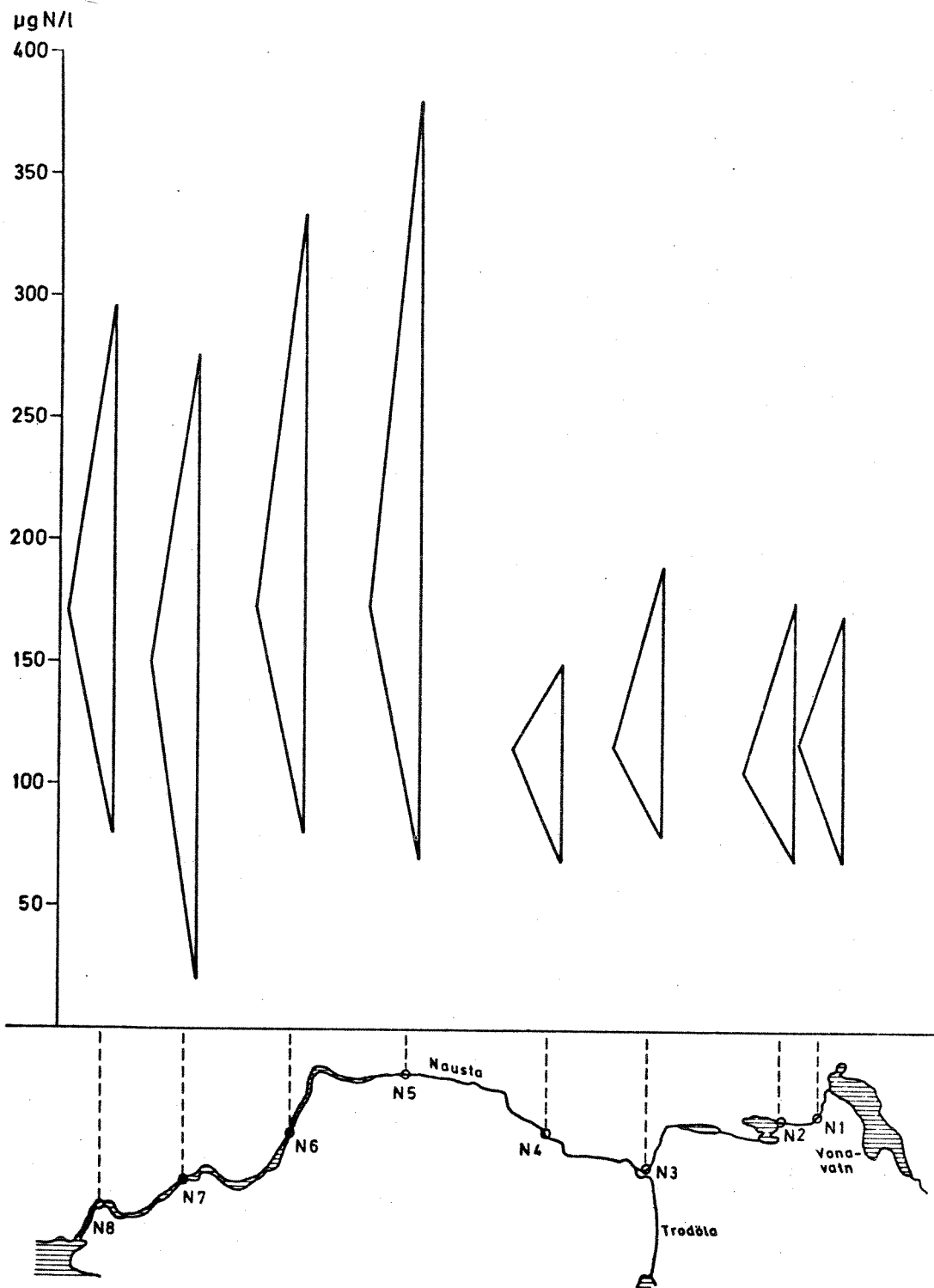


Fig.10 Nausta. Minimum-, maksimum- og aritmetiske middelværdier av nitrogenkomponenter i 1975



I en nedre del av vassdraget (stasjon N5-N8) er det høyere konsentrasjonsnivåer av disse stoffer, samtidig er variasjonsbredden på de enkelte stasjoner større. Forklaringen på disse forhold fremgår av fordelingen av forurensningsbelastning langs Naustdalsvassdraget (se kapittel 4).

3.2 Hydrobiologiske undersøkelser og resultater.

3.2.1 Bakgrunn.

Det er en vanskelig oppgave å utrede de biologiske forhold i et så stort geografisk område som de aktuelle elvesystemer utgjør. En vitenskapelig beskrivelse av de organismesamfunn som vassdragene rommer ville fordre innsats av en rekke spesialister i botanikk og zoologi. Det har derfor vært nødvendig å konsentrere arbeidet om en begrenset beskrivelse av vassdragenes organismeliv rettet mot en resipientbedømmelse innenfor rammen av opplegget som den praktiske problemstilling satte.

En regulering av et vassdragsystem kan medføre dyptgripende endringer av hydrografiske og biologiske forhold. For å vurdere dette nærmere er det viktig å skaffe fram et godt basismateriale som belyser de biologiske systemer i de berørte vassdrag. Et viktig ledd i dette arbeidet er observasjoner av organismesamfunnenes sammensetning og mengdemessige forekomst. De biologiske prosesser og den mengdemessige utvikling av organismer har betydning for vassdragets brukbarhet for ulike formål (resipient - selvrensing). Små endringer i miljøet kan virke inn på organismesamfunnenes artsmessige sammensetning (diversitet) og deres mengdemessige forekomst, ofte før det er mulig å registrere dette på annen måte.

Organismene i et vassdrag fordeler seg mellom samfunn knyttet til et underlag (benthos) og samfunn som lever i de fri vannmasser (plankton og nekton). Det vil imidlertid stadig være et bidrag fra de benthiske samfunn til en drift av organismer og organismefragmenter med det strømmende vann. Etter den innsamlingsmetode som brukes ved undersøkelser av partikkeldriften, er det hensiktsmessig å betegne denne komponent for seston - det som lar seg filtrere fra vannet. Vannmassene i et vassdrag har et naturlig innhold av seston (uorganiske partikler, organiske partikler og organismer). Gjennom utslipp av forurensninger og ved virksomhet i nedbørfeltene kan sammensetting og mengde av seston bli forandret. Både direkte og indirekte har innholdet av seston stor betydning for vannets

brukbarhet til ulike formål. Innholdet av seston i vannmassene varierer meget med tiden. Det er en sammenheng mellom sestoninnhold og vannføring, men det er ikke noe enkelt avhengighetsforhold. Gjennom observasjoner av seston avklares betydningen av nærtransport og langtransport av partikler samt betydningen av organismer og dødt materiale (Lindstrøm et al. 1975).

Benthiske samfunn vil være bundet til et bestemt område av vassdraget. Organismene knyttet til disse samfunn, lever omgitt av strømmende vannmasser som varierer i kjemiske og fysiske egenskaper omkring et gjennomsnitt som er karakteristisk for det aktuelle sted i vassdraget. Vassdragets benthos vil være satt sammen av primærprodusenter, konsumenter og destruenten. Det vil være varierende artssammensetning både kvalitativt og kvantitativt, avhengig av miljøforholdene på de ulike avsnitt i vassdraget. Den mengdemessige utvikling av autotrofe og heterotrofe organismer i de benthiske samfunn benyttes ved en vurdering av vannmassenes belastning med forurensninger. Ved siden av dette er den kvalitative sammensetning av samfunnet viktig ved den biologiske bedømmelse av vassdragstilstander.

3.2.2 Inventering av vegetasjon og fauna.

Da det ville vært meget tidkrevende og vanskelig å fremskaffe kvantitative biologiske data, har det under inventeringen vært lagt vekt på enkle metoder til å få fram et kvalitativt bilde av organismesamfunnene i vassdragene.

Ved befaringen 8.-10. september 1975 var det stor vannføring i elvene, og det var ugunstige forhold for biologiske observasjoner. Samtlige stasjoner ble imidlertid besøkt, og den kjennskap som fremkom om vassdragene var til stor hjelp under inventeringen i 1976.

Inventeringen av Angedals-, Naustdals-, Gjengedals- og Hopsvassdraget (det siste vurderes som et referansevassdrag i det videre arbeidet) ble utført i tidsrommet 8.-16. juni 1976. Tidspunktet ble valgt ut fra hydrologiske og biologiske kriterier.

Materiale og metoder.

Stasjonsvalg.

Ved valg av lokaliteter er det dersom ikke annet er nevnt blitt benyttet de samme stasjoner som ved innsamling av vannprøver til de kjemiske undersøkelser (se figur 2, 3 og 4).

Zoologiske observasjoner.

For å få et bilde av makrovertebratsamfunnenes struktur, deres artsrikdom og mengde ble det på hver stasjon nyttet en vannhåv med maskestørrelse 250 μm til innsamlingen. Metoden går ut på at bunnssubstratet blir rotet opp på 10-60 cm dyp oppstrøms vannhåven. Det oppvirvlede materiale føres ned i håven (Hynes 1961, Frost et al. 1971). 2-3 prøver á 1 min. ble tatt på hver stasjon, fiksert og konservert med etanol. På flere av stasjonene var det under prøvetakingen klekking av steinfluer. Voksne individer ble innsamlet, og dette materialet har vært en verdifull støtte under arbeidet med bestemmelsene.

Observasjoner av vegetasjon.

Fra samtlige stasjoner ble det samlet inn benthiske prøver av makrovegetasjon og mikrovegetasjon. Et representativt utvalg stein fra 10-60 cm dyp ble tatt på land og begroingsorganismer skrapet av. Materialet ble konservert med formalin (Skulberg 1959). For å få et bilde av planktonsamfunnenes sammensetning ble det fra innsjøene i vassdragene tatt ett horisontaltrekk fra robåt med varighet 5 min. Maskestørrelse i planktonhåven var 25 μm .

Målinger av miljøfaktorer.

Parallellt med den biologiske prøvetaking ble følgende parametre målt i felt: Temp., pH, κ_t og O_2 . Innsjøene ble siktedyp og vannfarge registrert. Vannfargen ble bedømt ved å senke en secchi-skive ned til det halve siktedypet.

Bearbeiding.

Den zoologiske delen av materialet er sortert for hånd under binokularlupe (Wild M 5,6x) av Steinar Håland, som også har artsbestemt gruppen *Plecoptera* (Steinfluer). Gruppen *Ephemeroptera* (Døgnfluer) er bestemt til art av Karl Jan Aanes. Den botaniske delen av materialet er bearbeidet av Olav Skulberg.

Feltobservasjoner.

Det skal kortfattet bli gitt noen opplysninger fra feltarbeidet som har verdi for vurderingen av det biologiske materiale. Derved vil en bedre

kunne forstå de faktorer som er med og bestemmer organismenes forekomst og fordeling. Viktige faktorer er her substratforhold, konsentrasjon og fordeling av føde samt fysisk/kjemiske forhold (abiotiske faktorer). Samtidig er individenes adferd (ethologi) viktig i denne sammenheng. Det kan variere med hvilket stadium dyrene befinner seg i.

Angedalsvassdraget.

A1. Oppstrøms Aksla ca 260 m.o.h., innsamlingen er foretatt på elvens østside ca. 50 m ovenfor stedet for fysisk/kjemisk prøvetaking. Lokalteten betegnes som et stryk-foss parti, med sterk strøm. Substratet domineres av blokker og fast fjell med noe mindre stein og grus. Vegetasjonen var sparsom og besto av noe lever-mose og lite begroing (ru steiner) med alger. Grønnalger hadde størst forekomst.

A2. Denne lokaliteten ligger oppstrøms bru (avkjøring fra Bruket), ca. 190 m.o.h. på elvens østside. Prøvetaking er gjort på et langgrunnt område med jevn strøm. Underlaget er her dominert av mindre stein og grus med noe sand. Steinene var glatte og gul/grønne av farge. Begroing med *Hydrurus foetidus* preget lokaliteten, men grønnalger og blågrønnalger var utviklet i frodige forekomster.

A3. Ved "Kjerrestad" ca. 80 m.o.h. Innsamlingen ble foretatt ca. 200 m nedstrøms stedet for fysisk/kjemisk prøvetaking i et rolig strykområde. Substratet består av stein i forskjellig størrelse. Elvekanten er her bygget opp kunstig i forbindelse med flomsikring. Sparsom begroing med mose. Algevegetasjonen var dominert av *Lemanea fluviatilis* og diatomeer.

Tabell 8. Hydrografiske feltobservasjoner fra Angedalsvassdraget.

1976 Dato	Stasjon	t vann °C	t luft °C	pH	K _t	målt ved °C	O ₂ mg/l	% metning
9/6	A1	5.6	20.7	-	-	-	12.9	102.3
"	A2	6.2	23.3	5.4	11.7	17.6	12.4	99.84
"	A3	7.4	20.1	5.6	9.3	13.7	12.2	101.16

Naustdalsvassdraget.

N1. Nedstrøms Vonavatnet "Øyane" ca. 410 m.o.h. på elvens østside og ca. 50 m nedstrøms fysisk/kjemisk prøvetakingssted. Substratet er dominert av stor stein med tett mosebevoksning. Vanskelige innsamlingsforhold for zoologisk materiale. Frodig algebegroing med grønnalger i størst forekomst.

N2. Oppstrøms Svodvatn, ca. 328 m.o.h. og ca. 50 m oppstrøms fysisk/kjemisk prøvetakingssted på elvens sydside. Substrat som for N1. Stor forekomst av vegetasjon med mosearter og grønnalger som dominerende innslag.

Bøelva A. Stasjonen ligger i en bekk ved Storebø, oppstrøms bøgard ca. 340 m.o.h. og 20 m ovenfor bru. Lokaliteten betegnes som et foss og strykparti med blandet stensubstrat med endel mindre stein. Av vegetasjon var det særlig mose og noe algebegroing.

Bøelva B. Oppstrøms samløp Nausta, ca. 270 m.o.h. Materialet er samlet inn på elvens sydside i et område med jevn strøm og blandet steinsubstrat. På stasjonen var det lite mose begroing, men frodig med alger, steinene var gule - grønne av farge (*Hydrurus foetidus*).

N3. Stasjonen ligger oppstrøms Trodøla ca. 250 m.o.h., på Nausta's sydside. Innsamlingen ble foretatt i et område med blandet steinsubstrat, endel større stein og endel mose. Vannstanden var noe over det normale (20 cm). Frodig algevegetasjon med *Tabellaria flocculosa* og *Chantransia chalybea* i stor forekomst.

N4. Nedstrøms Espeland bru, på elvens nordside og ca. 215 m.o.h. Substratet var dominert av mindre stein. Begroing blandt annet med *Hydrurus foetidus*. Særlig artsrik algevegetasjon. *Lemanea fluviatilis* i frodig forekomst.

N5. Oppstrøms Kalland bru ca. 100 m.o.h. Materialet er samlet inn på elvens sydside ca. 200 m oppstrøms bru. Området her er langgrunndt med sterk strøm og blandet steinsubstrat med endel større stein. Begroing som under N4, men markert større biomasse. Særlig stor forekomst av *Hydrurus foetidus*.

N6. Oppstrøms Indrekvam bru, ca. 60 m.o.h. Innsamlingen er utført på elvens vestsida ca. 200 m ovenfor bru hvor substratet besto av større og mindre stein med sand og grus imellom, samt endel større blokker. Stor forekomst av moser. *Lemanea fluviatilis* dannet store bestander. Masseforekomst av *Hydrurus foetidus* på strømhårde områder.

N7. Oppstrøms Hove bru, ca. 25 m.o.h. Innsamlingen er utført på østsiden, hvor fast fjell utgjør en stor del av substratet, dette var dekket med mose, ellers består substratet av mindre stein og grus. Begroingen var hovedsakelig som på stasjon N6, men det var tydelig forurensningsvirkninger med forekomst av sopp, bakterier og protozoer i organismesamfunnene.

N8. Oppstrøms Naustdalsfoss ca. 10 m.o.h. Innsamlingen ble foretatt på en banke av stein og grus på elvens østsida. Begroing med mose og alger (*Hydrurus foetidus*), de samme arter som tidligere, men noe mindre biomasse på denne lokalitet.

N9. Utløp Nausta, 0 m.o.h. Stasjonen er påvirket av brakkvann.

Vonavatn.

Innsjøen ligger 466 m.o.h. og det lå ennå snø ved vannkanten enkelte steder. Siktedypet ble målt til 12,3 m og fargen var grønn. Under målingen var det sol med noe vind. Det ble tatt et horisontaltrekk med planteplanktonhåv (25 µm, 5 min. varighet).

Svodvatn - Nesvatn.

Innsjøene ligger 323 m.o.h. og er forbundet med hverandre via et smalt, grundt område med noe strøm. Siktedypet i Svodvatn ble målt til 13 m og

fargen var grønn. I Nesvatn, hvor største dyp er 7.5 m, var secchi-skiven godt synlig når denne lå på bunnen. Fargen var her også grønn. I overflaten var det i disse innsjøene et stort innslag av partikulært materiale, fragmenter av løv - kvist - lav ol.

Tabell 9. Hydrografiske feltobservasjoner i Vonavatn, Svodvatn og Nesvatn.

Dato 1976	kl.	m.o.h.	Sikte- dyp m	Farge	Temp. 1m °C	Horisontal trekk	pH	κ_t	målt ved °C
10/6	10.30	466	12.3	grønn	5.8	+	5.2	14.3	15.6
11/6	19.00	323	13.0	"	6.0	+	-	-	-
"	18.30	323	Bunn	"	6.0	+	5.5	14.6	20.0

Tabell 10. Svodvatn. O₂-observasjoner.

Dybde	Temp. vann °C	O ₂ mg/l	% O ₂ metning
0 m	6	12.1	96.9
2 m	6	12.0	96.1
4 m	6	11.9	95.3
7 m	6	11.6	92.9
11 m	6	11.6	92.9

Tabell 11. Hydrografiske feltobservasjoner i Nausta.

Stasjon	1976 Dato	Temp. vann °C	Temp. luft °C	pH	K _t	målt ved °C	O ₂ mg/l	% O ₂ metning
N1	10/6	5.4	20.7	5.4	13.0	12.9	12.6	99.3
N2	"	5.9	-	5.3	12.8	12.9	12.4	99.1
A	11/6	6.0	14.8	5.4	9.5	12.0	12.2	98.1
B	"	6.7	15.9	5.4	9.7	12.1	12.1	99.0
N3	"	6.5	15.1	5.3	12.0	12.4	12.2	98.9
N4	"	6.0	16.0	5.6	11.7	12.2	12.3	98.9
N5	12/6	6.9	10.5	5.4	11.2	11.8	-	-
N6	"	7.4	-	5.6	11.0	12.2	12.3	101.9
N7	"	7.6	12.0	5.6	11.2	11.8	11.1	92.4
N8	"	7.6	13.0	5.6	11.3	11.7	12.2	101.5

Gjengedalsvassdraget.

G1. Stasjonen ligger ved Dalheim ca. 60 m nedstrøms kvernhus på elvens nordside, ca. 320 m.o.h. Materialet ble samlet inn på et strykområde mellom to fosser, substratet er karakterisert av stein i blandet størrelse. Mosevegetasjon er fremtredende. Sparsom utvikling av algebegroing.

G2. Stasjonen ligger nedstrøms bru over Gjengedalselva ca. 90 m.o.h. Innsamlingen av materiale ble foretatt på elvens vestsida ca. 30 m nedstrøms bru, i et stryk og fosseparti med sterk strøm. Substratet var dominert av store blokker, med mindre stein og grus imellom. Moser i frodig utvikling, forøvrig diatomeer og noe grønnalger.

G3. Stasjonen ligger 75 m oppstrøms utløp Ommedalsvatn ca. 26 m.o.h., på elvens østside. Den biologiske innsamlingen ble foretatt på et langgrunnt område med jevn strøm, og substrat dominert av mindre stein og grus, endel *Hydrurus foetidus* som var frodig utviklet lengre ute i elven.

G4. Stasjonen ligger i Osen mellom Ommedalsvatn og Veslevatnet, på østsiden ca. 25 m.o.h. Området hvor materialet ble samlet hadde sterk strøm og et substrat av blandet steinstørrelse. Denne type substrat hadde en fra vannkanten og ca. 3 m utover, resten av bunnen var dekket av et kraftig moseteppe.

G5. Stasjonen ligger ca. 100 m nedstrøms Veslevatnet's utløpsos på elvens østside og ca. 22 m.o.h. Innsamlingen er foretatt oppstrøms høl i et område med sterk strøm; store steiner - blokker og endel mose. Vanskelige forhold for zoologisk prøvetaking. Grønnalger og diatomeer preget algevegetasjonen.

Ommedalsvatn.

Innsjøen ligger 25 m.o.h. Siktedypet var her 11.7 m og fargen var grønn. Under prøvetaking var det overskyet vær og litt vind. Det ble videre tatt ett trekk med planteplanktonhåv (25 μ m - 5 min. varighet).

Veslevatn (Åvatn).

Innsjøen ligger ca. 25 m.o.h. Siktedypet var her 11.5 m og fargen var grønn. Observasjonsforholdene var som ved prøvetaking i Ommedalsvatn.

Tabell 12. Hydrografiske feltobservasjoner fra Ommedalsvatn og Veslevatn.

Lokalitet	1976 Dato	kl.	m.o.h.	Sikte- dyp m	farge	Temp. lm	Horison- tal trekk	pH	κ_t	målt ved °C
Ommedalsvn.	14/6	14.00	25	11.7	grønn	-	+	6.1	13.1	20.0
Veslevatn	"	15.00	25	11.5		-	+	5.8	12.9	20.0

Tabell 13. Hydrografiske feltobservasjoner fra Gjengedalsvassdraget.

Stasjon	1976 Dato	Temp. vann °C	Temp. luft °C	pH	κ_t	Målt ved °C	O ₂ mg/l	% O ₂ metning
G1	14/6	5.6	9.7	5.8	13.5	17.8	12.7	101.1 %
G2	"	7.7	10.6	5.8	12.4	17.5	11.6	96.8
G3	13/6	6.7	11.1	5.9	12.2	16.6	12.0	97.8
G4	"	7.4	10.3	5.8	13.5	17.5	12.0	99.5
G5	"	7.2	10.8	5.8	14.0	17.1	11.9	98.6

Hopsvassdraget.

H1. Stasjonen ligger ca. 155 m.o.h. og har koordinatene UTM : 32VLP323471. Det biologiske materiale ble samlet inn 50 m nedstrøms bru på elvens vest-side og oppstrøms øy. Substratet domineres av mindre stein, sand samt endel finere materiale. Sparsom begroing.

H2. Stasjonen ligger nedstrøms Svåfossen ca. 22 m.o.h. og har UTM koordinatene 32VLP343482. Innsamlingen av materiale er utført like nedenfor fossen på nordsiden og i elvens hovedløp. Substratet domineres av grus med endel mindre stein. Sparsom forekomst av moser og alger.

Hopsvatnet.

Siktedypet ble her målt til 12.0 m og fargen var grønn (kl.18.00 - overskyet og grått). Det ble tatt ett horisontaltrekk med planteplanktonhåv (25 μ m - varighet 5 min.). Vannprøve fra innsjøen hadde en pH = 5.6 og $\kappa = 23.0$ målt ved 16.6°C.

Tabell 14. Hydrografiske feltobservasjoner fra Hopsvassdraget.

Stasjon	1976 Dato	Temp. vann °C	Temp. luft °C	pH	κ_t	Målt ved °C	O ₂ mg/l	% O ₂ metning
H1	15/6	7.0	12.9	5.7	22.0	18.0	11.7	96.5 %
H2	14/6	8.1	-	5.7	21.2	16.0	11.6	98.2

Sestonobservasjoner.

Det ble foretatt observasjoner av sestoninnholdet i Angedalselva, Nausta og Gjengedalselva 11. juni 1976. Ved prøvetakingen av materiale ble det benyttet en planteplanktonhåv (25 µm - åpningsdiameter 30 cm). På observasjonssteder med tilnærmet samme strømbetingelser ble det gjort innsamling av 5 minutters varighet. Det innsamlede materiale er undersøkt ved mikroskopisk analyse, og vektbestemmelser av seston er utført.

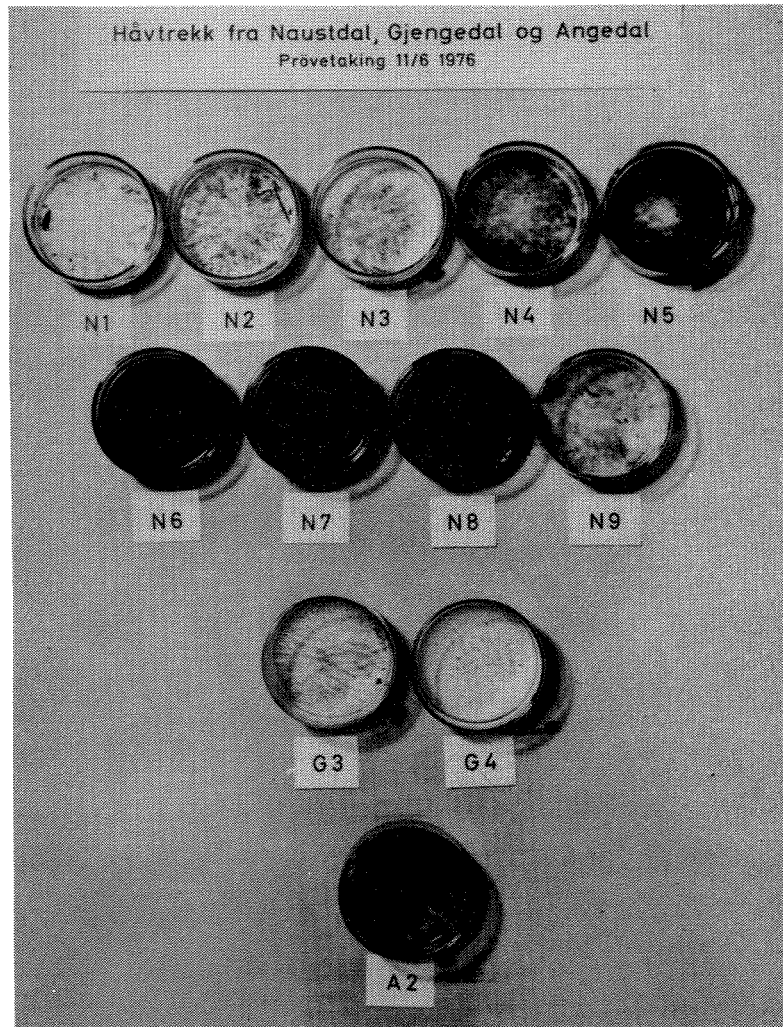
Fotografiene i figur 11 og 12 viser en oppstilling av sestonprøvene fra vassdragene. Resultatene av den mikroskopisk bearbeiding er gitt i tabell 15. Vektbestemmelsene er fremstilt grafisk i figur 13.

Det var et betydelig sestoninnhold i vannmassene i vassdragenes nedre løp. Den mikroskopiske bearbeidingen av sestonprøvene viste at det var løspreven begroing fra vegetasjonen i elvene som hovedsakelig utgjorde det organiske materiale. Det var godt samsvar mellom artene og deres mengdemessige forekomst i sestonet og det som ble observert av begroings-samfunn i elvene. I særlig grad preget *Hydrurus foetidus* algedriften i elvene. På vassdragsstrekningene med sterk begroing med *Hydrurus foetidus* var det denne algen som dominerte organismetransporten i vannmassene (vassdragsstrekningen N5-N8 i Nausta, det nedre løp av Angedalselv). Det er nødvendig å understreke at forholdene i vannmassene som de ble observert under prøvetakingen av seston er resultatet av en utvikling gjennom et lengre tidsrom (forsommer) i vassdragene. Algevegetasjonen uttrykker hvordan summen av miljøfaktorer gjennom et lengre tidsrom setter seg sammen og gir biologiske virkninger.

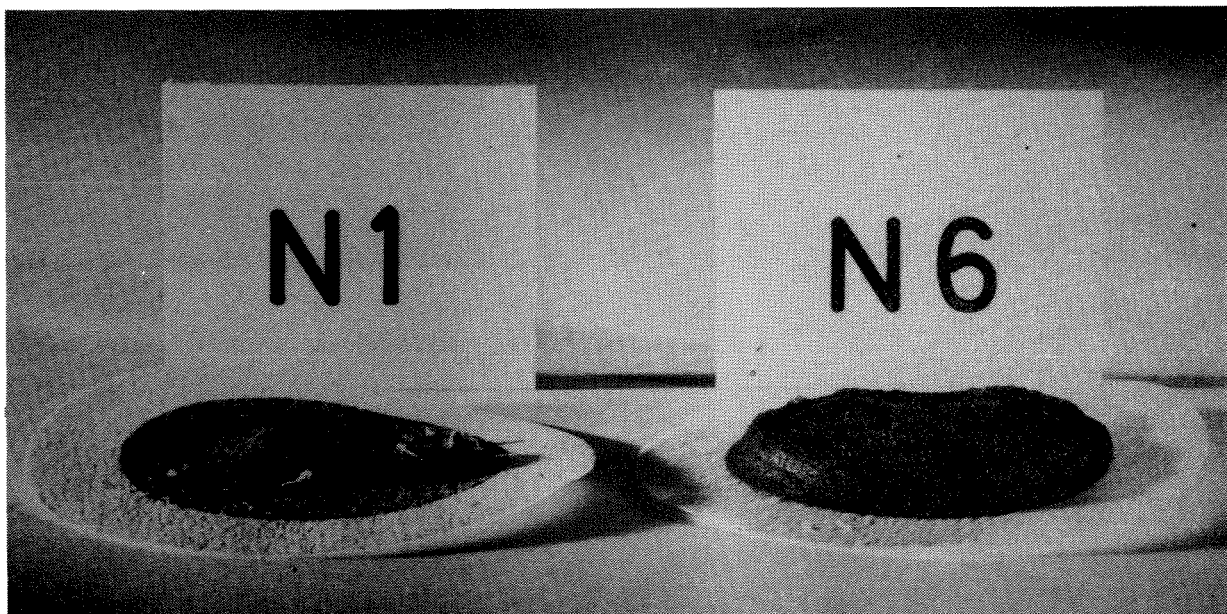
3.2.3 Sammenfattende vurdering av de biologiske forhold.

Resultatene av undersøkelsen av vegetasjon og fauna er sammenstilt i tabellene 16 og 17.

Ved den mikroskopiske bearbeiding av vegetasjonsprøvene (tabell 16) er det gjort en vurdering av de enkelte artenes forekomst. Etter plantesosiologisk forbilde benyttes ved vurderingen en skala for å uttrykke det kvantitative forhold:

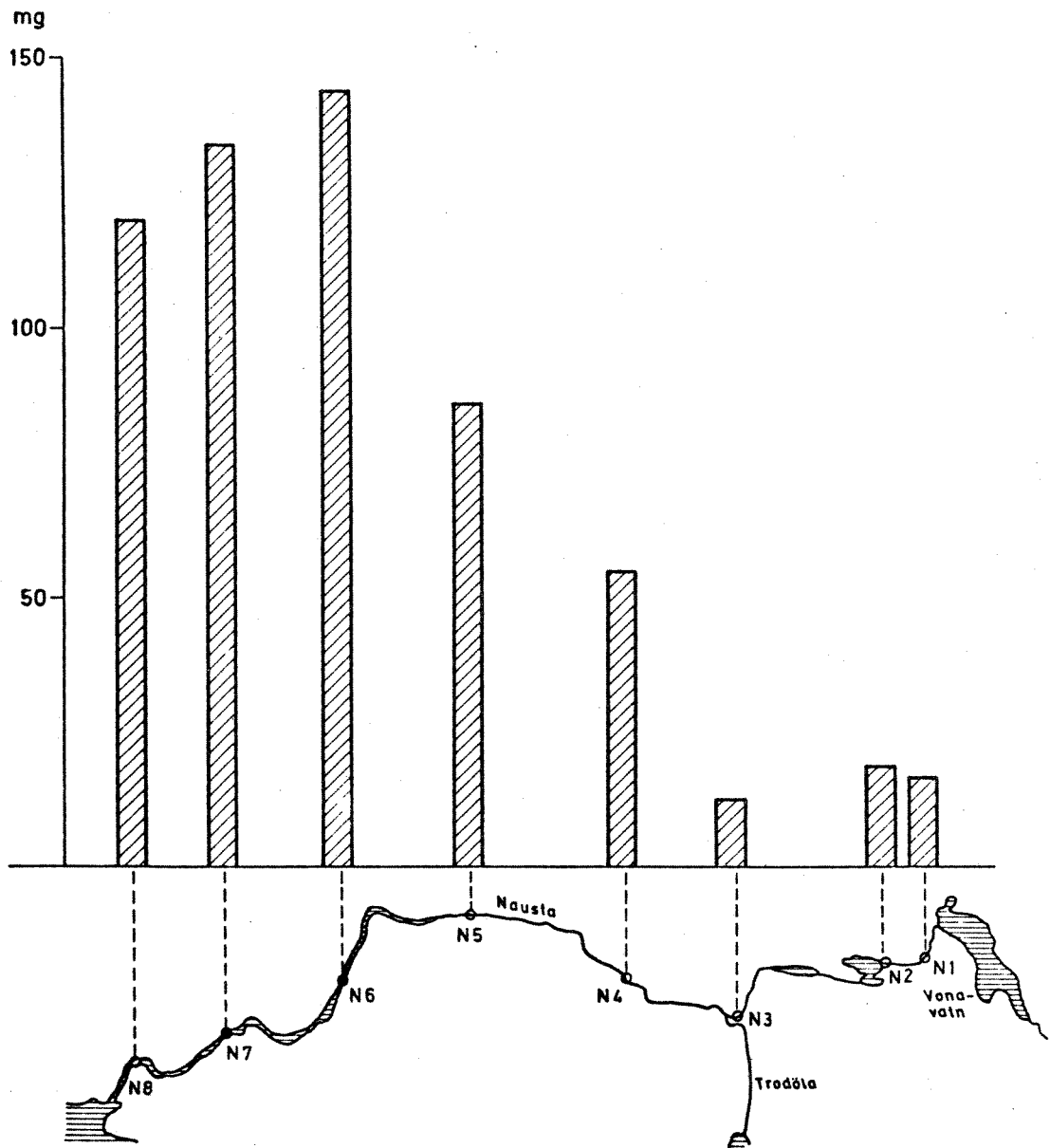


Figur 11. Oppstilling av sestonprøvene i glasskåler.
Skålens diameter er 8 cm.



Figur 12. Sestonmateriale på glassfiberfiltere.
Filternes diameter er 5 cm.

Fig.13 Seston i Nausta. Organisk materiale som torrvekt
Prövetaking 11.juni 1976



+	Forekommer	,	et enkelt eksemplar funnet	
1	Sjelden	,	dekningsgrad	< 1/16
2	Sparsom	,	"	1/8 - 1/16
3	Vanlig	,	"	1/4 - 1/8
4	Hyppig	,	"	1/2 - 1/4
5	Dominant	,	"	1 - 1/2

Faunalisten (tabell 17) gir et bilde av bunndyr samfunnenes oppbygning i de 4 vassdragene ved inventeringen 8.-16. juni 1976. Den relative mengdefordelingen av bunndyr er angitt ved å nytte følgende betegnelser:

+	Forekommer	,	individantall	1 - 4
(x)	Sjelden	,	"	5 - 9
x	Sparsom	,	"	10 - 29
xx	Vanlig	,	"	30 - 69
xxx	Hyppig	,	"	70 - 149
xxxx	Dominant	,	"	> 150

I faunalisten vil en se at det opereres med betegnelsen ubestemt. Dette er gjort for larver som er for små (tidlige instar) eller beskadiget slik at bestemmelse til slekt eller art ikke har vært mulig. Videre kan årsaken være rent taxonomisk, dette er tilfelle for flere *Diptera* (tovinger) familier og innen gruppen døgnfluer gjelder dette særlig for slekten *Baetis*.

Mengden av dødt organisk materiale i prøven (alloktont materiale) er angitt etter visuell bedømmelse ved hjelp av en skala fra I til V, der I står for svært lite og V for svært mye alloktont materiale i prøven.

Høyere vegetasjon med blomsterplanter spiller underordnet rolle på elveavsnittene av de undersøkte vassdrag. Det er imidlertid behov for en videre avklaring av denne vegetasjons betydning i innsjøene og som strandvegetasjon ved vassdragene. Moser dannet et viktig innslag med vanlige arter av bladmoser og levermoser. Mosevegetasjonen hadde tildels stor biomasse og dannet utstrakte vegetasjonsmatter.

Det er algevegetasjonen som likevel utgjør den regionalt mest utbredte vegetasjonstype og som mengdemessig dominerer i vassdragene. I alle tre vassdragene var grønnalger og diatomeer vanlige begroingsalger på samtlige undersøkte stasjoner. Artene *Ulothrix zonata*, *Microspora amoena* og *Tabellaria flocculosa* dannet karakteristiske innslag i samfunnene. Blant rødalgene var *Lemanea fluviatilis* og *Chantransia chalybea* viktige arter. Særlig stor mengdemessig betydning hadde *Hydrurus foetidus* som dannet masseforekomst i Nausta's nedre løp (vassdragsstrekningen N4-N8) og i nedre del av Angedalselva (vassdragsstrekningen A2-A3). Dette kommer tydelig fram i observasjonene av seston (figur 13). Det var en intens algedrift i vannmassene med løsreven begroing av *Hydrurus foetidus* som den vesentlige bestandel. I de nedre deler av Nausta gjorde blågrønnalger seg gjeldende i organismesamfunnene. På vassdragsstrekningen av Nausta fra N7-N9 ble det påvist heterotrof begroing i begrenset utstrekning. Det var sparsom drift av trådbakterier (*Sphaerotilus natans*) i vannmassene.

De dominerende makrovertebratene var steinfluer (stor diversitet) fjærmygglarver, knott, fåbørstemark, larver av stankelbein, vannmidd, vårfluer og døgnfluer. De fleste arter av disse gruppene er viktige næringsdyr for laksefisk. Til de mest alminnelige artene hørte steinfluene *Brachyptera risi*, *Amphinemura stanfussi*, *Protonemura meyeri*, *Amphinemura sulcicollis* og *Leuctra digitata*. De forekom med tildels store individantall. Blant vårfluene dominerte *Rhyacophila nubila* og individer av familien Hydropsychidae. Foruten 3 individer av døgnfluen *Ephemerella aurivillii*, tilhørte resten familien Baëtidae, hvor slekten Baetis med *B. rhodani* dominerte.

De biologiske forhold i de undersøkte vassdrag er særlig hva organismesamfunnenes sammensetning angår først og fremst betinget av naturgitte forhold. En viktig faktor er her strømhastigheten som i sin tur påvirket oksygeninnholdet, temperaturen, bunnssubstratet og næringstilgangen. Da dette er faktorer som varierer fra stasjon til stasjon, gir dette seg utslag i organismesamfunnenes kvalitative og kvantitative sammensetning. De tre vassdragene viser noen hovedtrekk i biologiske forhold som adskiller dem fra hverandre:

- Gjengedalsvassdraget har gjennomgående organismsamfunn som indikerer meget lite påvirkning fra menneskelig virksomhet.
- Naustdalsvassdraget viser i sitt nedre løp (vassdragsstrekningen N4-N9) en påvirkning med økende gjødselstoffbelastning. I hovedtrekkene kan virkningene sammenfattes på følgende måte. En høyning av plantenæringsstoff-konsentrasjonen i vannet medfører at det blir en stimulering av den algevegetasjon som naturlig er tilstede i vassdraget, artene som opprinnelig danner vegetasjonen, får en frodigere utvikling. Når gjødselstoffbelastningen økes inntreer det gradvis en endring av algesamfunnenes sammensetning, og arter som kan være fremmede for vannmassene får en dominerende betydning produksjonsmessig. I denne fase er det gjerne coccale og trichale grønnalger som har størst forekomst. Mottar vannmassene ytterligere større mengder med gjødselstoffer, blir det en markert utvikling mot en algevegetasjon preget av samfunn med flagellater og blågrønnalger i dominans.
- Angedalsvassdraget ligger med sine biologiske særegenheter mellom de to øvrige vassdrag, men nærmer seg likevel mye til Naustdalsvassdragets karakteristikk.

Tabell 16a. Resultater av vegetasjonsundersøkelser.

Gruppe/Art	Stasjon			Angealdselva			Nausta								Gjengedalselva				
	A1	A2	A3	N1	N2	N3	A	B	N4	N5	N6	N7	N8	G1	G2	G3	G4	G5	
SCHIZOMYCETES																			
<i>Cladotrix dichotoma</i> Cohn	1	1					1	1	2	2	3	1							
<i>Lepothrix ochracea</i> Kg.		2		1	1									1		1	2		
<i>Sphaerotilus nantans</i> Kütz.								1	2	2	2	2							
CYANOPHYCEAE																			
<i>Anabaena Bory</i> sp.	1	1									1	2	1	1					
<i>Chamaesiphon</i> cf. <i>incrustans</i> Grunow.				2	1									1					
<i>Diclothrix orsiniana</i> Born. et Flah.	1			1	1		1	2							3	1	1		
<i>Merismopedia</i> cf. <i>punctata</i> Meyen							1				1	1	1						
<i>Nostoc Vaucher</i> sp.	1	1		1															
<i>Oscillatoria Vaucher</i> sp.		+	1				1			1	2	2							
<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	2				2					1	2	3							
<i>Schizothrix Kützing</i> sp.	2			1						1							1		
<i>Stigonema mammosum</i> (Lyngbye) Ag.	1	2-3	3							2	1	2							1
CHLOROPHYCEAE																			
<i>Bulbochaete Agardh</i> sp.	1	1		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
<i>Chlamydomonas Ehrenberg</i> sp.			+						+										
<i>Cosmarium Corda</i> sp.	1			+															
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	2	3						1					1						
<i>Draparnaldia glomerata</i> (Vauch.) Agardh							1												
<i>Hormidium nitens</i> Menegh.	2			3	3	2	2					2							
<i>Microspora amoena</i> (Kützing) Rabenhorst	2	3		2	4			2	3	4	4	4		2	3	4	2		
<i>Microspora loefgreni</i> (Nordst.) Lagerh.	1			3	3			3	3					1					
<i>Mougeotia Agardh</i> sp.		2						3	3	3	2			3	1	2			2
<i>Oedogonium Link</i> sp.			2														2		1
<i>Spirogyra Link</i> sp.	3	1						1	2										1
<i>Staurastrum Meyer</i> sp.		1						+						1					
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	4	3		4	3	2	3	1	3	2	3	1	1	1	3	1	3	1	3

Tabell 16b. Resultater av vegetasjonsundersøkelser.

Gruppe/Art	Stasjon			Angedalselva			Nausta								Gjengedalselva				
	A1	A2	A3	N1	N2	N3	A	B	N4	N5	N6	N7	N8	G1	G2	G3	G4	G5	
BACILLARIOPHYCEAE																			
Achnanthes Bory spp.	1	2	1	1			3	3	3	2	1	2		2				1	
Cymbellea Agardh spp.						1	1	2				1	1	1	1			1	
Eunotia cf. valida Hustedt		1	1						+		1								
Fragilaria cf. capucina Desmazieres		2	1	2	3		3	2	1										
Frustulia rhombooides (Ehr.) de Toni	1	1	1						1	1	1							1	
Gomphonema Agardh sp.		1	3					1	1	2	2	1							
Navicula Bory spp.		2	3	1	1		2	1	1	2	2	3		1				1	
Nitzschia Hassall spp.	2			1					1									1	
Nitzschia palea Kütz.			3				2	2	3	2	4								
Pinnularia Ehrenberg sp.	1	1					1	1	2					1					
Synedra ulna (Nitzsch.) Ehr.	1	2	3	1					1	1	1	3						2	
Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kütz.	1	1	2		2	1	2	1	1	1	2	1		+					
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	3	3	4	2	3	2	1	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	1	
CHRYSOPHYCEAE																			
Dinobryon Ehrenb. sp.					+							1							
Hydrurus foetidus (Vill.) Trev.	1	4	4	1	1	2	1	3	3	4	5	5		1	3	4	1	1	
RHODOPHYCEAE																			
Chantrania chalybea Fries		1	2		3				1	2	3	+					2	1	
Lemanea fluviatilis (L.) Ag.		1	3		3		3	4	4	4	4	1					1		
BRYOPHYTA																			
Drepanocladus exanulatus Gümbr.		1							1	1	1							1	
Drepanocladus fluitans (L.)						2	1							1	1				
Fontinalis antipyretica (L.) Hedw.		2	2	3	3	4	2	1	3	4	3	2	2			1	4	3	
Hygrohypnum ochraceum (Turn.) Loeske		1	1	3	3				1	3	3			3	3	2	2	1	
Marsipella emarginata (Ehrenb.) Dum.	2		2			2		3	4	2									
Nardia compressa (Hook.) Gray	1	1				1		2											
Racomitrium aciculare Brid.			1	1					2	2									

Tabell 17a. Resultater av faunaundersøkelser.

Gruppe / Art.	Stasjon.			Nausta.							
	1	2	3	A	B	4	5	6	7	8	
Turbellaria. (Flimmermark.)					(X)	+					
Oligochaeta. (Påbørstemark.)	+		(X)	+	+	XX	X	X	X	X	
Ephemeroptera. (Døgnfluer.)											
<u>Baëtidae.</u>											
Baetis rhodani. (Pictet)			X		+	X	X	XX	(X)	+	
<u>Ephemerellidae.</u>											
Ephemerella aurivillii. (Bengtsson)								+			
Plecoptera. (Steinfluer.)											
<u>Taeniopterygidae.</u>											
Brachyptera risi. (Morton)	+		XX	XXXX	XX		(X)	+			
<u>Nemouridae.</u>											
Protonemura meyeri. (Pictet)	X	+	XX	(X)	+	(X)	X	+	+		
Amphinemura stanfussi. Ris.		+			+	XX	X	XX	XX	X	
A. sulcicollis. (Stephens)	X	X	XX	X	X	XXX	XX	XX	XXX	X	
Amphinemura sp.									+	+	
Nemora cinerea. (Retzius)	+		+	X	+				X		
Nemurella picteti. Klapalek					+						
<u>Leuctridae.</u>											
Leuctra digitata. Kempny			+	X	X	+					
L. fusca. (L.)											
L. hippopus. Kempny	+		+	+	+						
L. nigra. Olivier				+	+	+					
<u>Perlodidae.</u>											
Diura nanseni. (Kempny)	+			+				+			
Isoperla cf. diformis. Klapalek											
Isogenus cf. nubercula. Newman									+		
<u>Chloroperlidae.</u>											
Chloroperla burmeisteri. (Pictet)			+						+	+	
Plecoptera ubest.				+	+						
Trichoptera. (Vårfluer.)											
<u>Limnephilidae.</u>	+		+	+	+		+			+	
<u>Sericostomatidae.</u>			+	+						+	
<u>Hydropsychidae.</u>	+		(X)		+	XX	X	+	(X)		
<u>Polycentropidae.</u>	+		+						+	+	
<u>Rhyacophilidae.</u>											
Rhyacophila cf. nubila. (Zett.)	+		(X)	+	+	+	X	+	+		
Diptera. (Tovinger.)											
<u>Chironomidae.</u> (Fjærmygg.)	XX	X	XXX	XXX	XXXX	XX	X	XX	XX	X	
<u>Simuliidae.</u> (Knott.)	XX	XXX	(X)	XX	XXX	+	X	X	+	+	
Diptera ubest. Vesentlig fam.											
<u>Tipulidae.</u> (Stankelbein.)	(X)	+	X	(X)	X	X	X	(X)	X	(X)	
Coleoptera. (Biller.)											
<u>Elmidae.</u>											
Hydrachnellae. (Vannmidd.)	(X)	+	XX	X	XXX	XXX	X	X	XXX	XX	
Organisk innh. i substratet.	III	II	II	IV	III	III	II	III	III	II	

Tabell 17b. Resultater av faunaundersøkelser.

Gruppe / Art.	Stasjon.	Angedalselva.			Gjengedalselva.					Hopselva.		
		st 1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	
Turbellaria. (Flimmermark.)		+										+
Oligochaeta. (Fåbørstemark.)		X		+	+	+	(X)	XXX	X	X	XX	
Ephemeroptera. (Døgnfluer.)												
<u>Baetidae.</u>												
Baetis rhodani. (Pictet)			X	XX	XX	X	XX		+			+
<u>Ephemerellidae.</u>												
Ephemerella aurivillii. (Bengtsson)												
Plecoptera. (Steinfluer.)												
<u>Taeniopterygidae.</u>												
Brachyptera risi. (Morton)		XX	XXXX	X	XXX	X						+
<u>Nemouridae.</u>												
Protonemura meyeri. (Pictet)		(X)	XX	+	X	+	X					+
Amphinemura stanfussi. Ris.					(X)	XXX	XXX		+			
A. sulcicollis. (Stephens)		+	XX	(X)	XX	XX	XXXX		+	+		X
Amphinemura sp.												+
Nemora cinerea. (Retzius)			(X)						+			
Nemurella picteti. Klapalek												
<u>Leuctridae.</u>												
Leuctra digitata. Kempny		X	XX		(X)	(X)	XX					
L. fusca. (L.)					+							
L. hippopus. Kempny		(X)		+	(X)	+	+					
L. nigra. Olivier		+	+									
<u>Perlodidae.</u>												
Diura nanseni. (Kempny)		(X)			+	+	+		+			+
Isoperla cf. diformis. Klapalek									+			
Isogenus cf. nubercula. Newman												
<u>Chloroperlidae.</u>												
Chloroperla burmeisteri. (Pictet)						(X)	+					
Plecoptera ubest.			(X)	+	+	+	+		+			(X)
Trichoptera. (Vårfluer.)												
<u>Limnephilidae.</u>		+	(X)	+	+							+
<u>Sericostomatidae.</u>												+
<u>Hydropsychidae.</u>												(X)
<u>Polycentropidae.</u>												+
<u>Rhyacophilidae.</u>												
Rhyacophila cf. nubila. (Zett.)		+	(X)	X	+	X	(X)					(X)
Diptera. (Tovinger.)												
<u>Chironomidae.</u> (Fjærmygg.)		XX	XXXX	XXX	XXX	X	(X)	X	XX	X	X	X
<u>Simuliidae.</u> (Knott.)		X	XXX	+	X	X	X	X	X	X	X	(X)
Diptera ubest. Vesentlig fam.												
<u>Tipulidae.</u> (Stankelbein.)		(X)	X	X	+	(X)	X		+	(X)	(X)	
Coleoptera. (Biller.)												
<u>Elmidae.</u>												
Hydrachnellae. (Vannmidd.)		+	X	XXX	X	X	X		(X)	(X)	(X)	
Organisk innh. i substratet.		I	III	II	III	II	III	III	II	III	II	

4. NEDBØRFELTENES BRUK OG VASSDRAGENES FORURENSNINGSBELASTNING. VANNFORSYNING OG AVLØPSFORHOLD

Høsten 1975 ble det av Sogn og Fjordane Kraftverk gjennomført en fylldig registrering av vassdragenes kulturpåvirkning. Opplegget for registreringene var utformet i samråd med NIVA og bestemt ut fra behovet for å få en beskrivelse av vassdragenes kulturpåvirkning fra jordbruk og husdyrhold samt bosetting for å kunne bedømme belastningen av vassdragene med forurensninger. Materialet som fremkom er utførlig ordnet i en datasamling (Sogn og Fjordane Kraftverk 1975). Det vil i det følgende bli vist til denne samling når det gjelder detaljerte opplysninger om virksomhetene i nedbørfeltene til vassdragene som inngår i reguleringsplanene.

Dalførene langs Naustdalsvassdraget og Angedalsvassdraget er gode jordbruksområder med betydelig husdyrhold. Dalene ved Gjengedalsvassdraget er foreløpig ikke så langt nyttiggjort i sammenheng med jordbruksvirksomhet. For hele området gjelder det at grasarter til høy hører til de viktigste produksjonsplanter. Dyrket eng og kulturbeiter sammen med betydelig fjellbeite legger grunnlaget for husdyrholdet. De kvantitative opplysninger om bosetting, buskap, areal, silo og bruk av kunstgjødsel går fram av datasamlingen for vassdragenes kulturpåvirkning.

I tabell 18 er det gjort en oversikt over hvordan bruken av nedbørfeltene arter seg i områdene ovenfor og nedenfor reguleringsgrensene (se kapittel 6). Det er i hovedtrekkene landskapene i vassdragenes fjellområder som kommer innenfor reguleringsinngrepet. Dette innebærer at det er de mest upåvirkede vannforekomster som vil bli benyttet til kraftforsyningsformål.

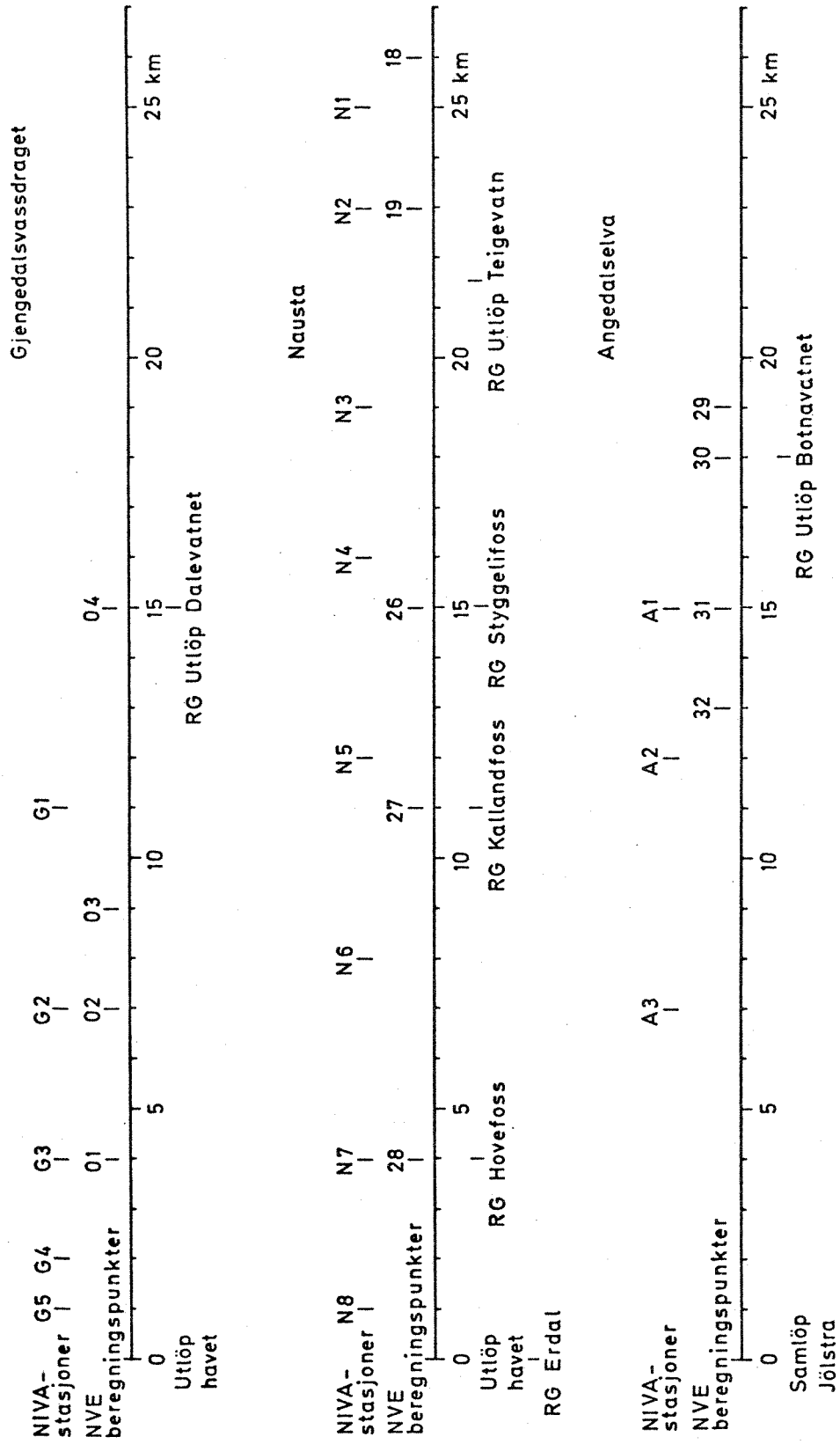
I figur 14 er det gitt en skjematisk skisse av vassdragene med stasjonsplassering og eventuelle reguleringsgrenser. Delområdene som er benyttet ved registreringene av nedbørfeltenes bruk fremgår også. Det skal bli gitt en kortfattet fremstilling av hvordan belastningen av

Tabell 18. Bruken av nedbørfeltene i områdene ovenfor og nedenfor planlagte reguleringsgrenser.

Vassdrag	Utbyggings- alternativ	Ovenfor reguleringsgrense			Nedenfor reguleringsgrense		
		Bosetning Personer	Husdyr Antall storfe enheter	Dyrket mark km ²	Bosetning Personer	Husdyr Antall storfe enheter	Dyrket mark km ²
Gjengedalsvass- draget	I+II+III				132	553	1.7
	I+II A	40	119	0.7	756	2337	8.5
	I+II B	36	116	0.7	720	2221	7.8
	I+II C	36	116	0.7	720	2221	7.8
Naustdalsvass- draget	I+II D	22	80	0.5	734	2257	9.2
	I+II+III				275	1028	4.0
Angedalsvass- draget							

- | | | | | |
|-----|--------------------------------------|---|-----------------|--------------|
| I | Delt utbygging til Hyen og Naustdal. | A | Underalternativ | Erdal |
| II | Samlet utbygging til Naustdal. | B | " | Hovefoss |
| III | Samlet utbygging til Hyen. | C | " | Kallandsfoss |
| | | D | " | Styggeilfoss |

Fig.14 Oversikt over stasjonsplassering i vassdragene og reguleringsgrenser (RG)



vassdraget arter seg med utgangspunkt i resultatene fra registreringene. Beregningsgrunnlaget for vassdragenes forurensningsbelastning (tabell 19 og 20) fremgår av det følgende:

Befolkning (Norsk institutt for vannforskning 1975)

Total fosfor,	1 personekvivalent tilsvarer	2.5 g P/døgn
	eller	0.9125 kg P/år
Total nitrogen.	1 personekvivalent tilsvarer	12.0 g N/døgn
	eller	4.380 kg N/år

Jordbruk og husdyrhold (Norges landbrukshøgskole 1974)

Kunstgjødsel,	total fosfor	-	3 % P pr. tonn
	total nitrogen	-	16 % N pr. tonn
	Utslippsfaktor	-	0.7 % for total fosfor
		-	7.0 % for total nitrogen

Silo,	1 m ³ silopress- saft tilsvarer	-	total fosfor 0.096 kg P
		-	total nitrogen 0.366 kg N
			Utslippsfaktor - 50 %

Husdyr,	alle husdyrenheter er omregnet til storfeenheter.		
	1 storfe tilsvarer	-	1 hest, 10 sauer, 10 geiter, 4,5 griser, 25 rev, 100 høns eller 50 mink.
	1 stofeenhet til- svare	-	7.6 kg P/år
	eller	-	47.4 kg N/år

Naturlig avrenning (Norsk institutt for vannforskning 1972)

Spesifikke verdier, gjødslet mark	- total fosfor	8.0 kg P/år km ²
	total nitrogen	1000 kg N/år km ²
annen mark	- total fosfor	6.0 kg P/år km ²
	total nitrogen	120 kg N/år km ²

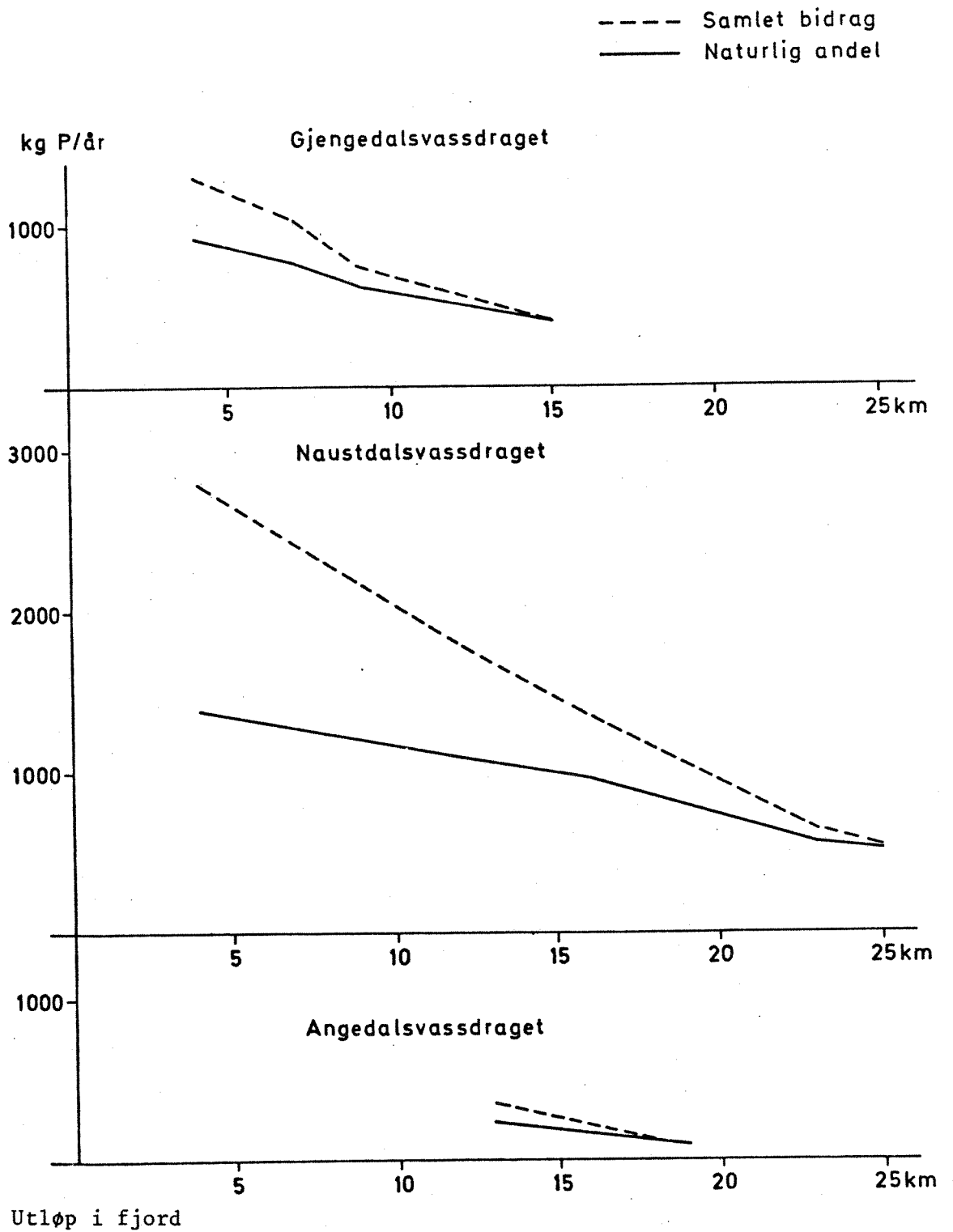
I tabell 19 er bidragene med fosfor-forbindelser fra nedbørfeltet stilt sammen. Tilsvarende data for bidrag med nitrogenforbindelser er stilt sammen i tabell 20. Diskusjonen av reguleringspåvirkninger på biologiske forhold og kvalitative sider ved vannmassene vil mye bli basert på fosfor som begrensende faktor for organisk produksjon i vassdragene. I figur 15 er det gitt en grafisk fremstilling av den beregnede belastning med fosfor-forbindelser i vassdragene med utgangspunkt i den menneskelige virksomhet i nedbørfeltene. Det samlede bidrag og den naturlige andel av belastningen fremgår. Fremstillingen viser at det bare er for Naustdalsvassdragets vedkommende hvor den menneskelige virksomhet i nedbørfeltet fører til en markert belastning av vassdraget. Dette er i god overenstemmelse med erfaringene fra de hydrokjemiske og biologiske undersøkelser (se kapittel 3).

God tilgang på vann preger hele det aktuelle geografiske område. Vannforsyningsanlegg er stort sett i enkel utforming eller under planlagt utbedring. For dalføret ved Naustdalsvassdraget er det under utførelse en offentlig vannforsyning med Solheimsvatnet som råvannskilde. Forsyningsområdet kan dekke hele dalføret fra Førdefjorden og opp til Styggelifoss. Solheimsvatnet inngår ikke i det planlagte innflytelesområdet for vassdragsreguleringene. For de øvrige deler av vassdraget er vannforsynings-situasjonen under utredning. Det er ingen gårder som har vanninntak direkte i hovedelva. Vannforsyningene er ordnet fra kilder, grunnvann eller sidebekker til hovedelva. Vannforsyningene er delvis utilstrekkelig dimensjonert og dekker f.eks. ikke behovet til brannslokking. Tilsvarende situasjon gjelder for nedbørfeltene ved Gjengedalsvassdraget og Angedalsvassdraget. Et fåtall gårder har imidlertid her vanninntak fra hovedelvene. Planer for fellesanlegg er foreløpig ikke utarbeidet. Detaljert oversikt over anlegg for vannforsyning og planer for offentlig vannforsyning er gjort i det utførte registreringsarbeid (Sogn og Fjordane Kraftverk 1975). Vanning av husdyr på beite er i stor utstrekning knyttet til elvene. Jordbruksvanning er på grunn av nedbørforhold hovedsakelig bare aktuelt under ekstreme situasjoner. For spredning av gjødsel benyttes i omfattende grad gylleranlegg. Urin og ekskrementer fra husdyrene slemmes opp i vann og spres i kraftige vannspredeanlegg på jordbruksarealer.

Tabell 20. Bidrag av nitrogen fra nedbørfeltene.

Vassdrag	Stasjoner		Nitrogen kg/år											
	NIVA	NVE	Befolkning		Jordbruk		Sum		Naturlig avrenning		Samlet overrenning			
			Delfelt	Total	Delfelt	Total	Delfelt	Total	Delfelt	Total	Delfelt	Total		
Gjengedals- vassdraget														
"	G1	04	39.4	39.4	33.4	33.4	72.8	72.8	8.136.0	8.136.0	8.136.0	8.136.0	8.136.0	8.136.0
"		03	254.0	293.4	863.4	896.8	1.117.4	1.190.2	4.492.0	12.628.0	4.564.8	12.700.8	4.564.8	12.700.8
"	G3	02	188.4	481.8	1.111.0	2.007.8	1.299.4	2.489.6	3.836.0	16.464.0	4.953.4	17.654.2	4.953.4	17.654.2
Naustdals- vassdraget														
"		06							1.320.0	1.320.0	1.320.0	1.320.0	1.320.0	1.320.0
"		08							904.0	2.424.0	904.0	2.424.0	904.0	2.424.0
"		09							1.104.0	3.528.0	1.104.0	3.528.0	1.104.0	3.528.0
"		013							2.100.0	5.628.0	2.100.0	5.628.0	2.100.0	5.628.0
"		015							1.464.0	7.092.0	1.464.0	7.092.0	1.464.0	7.092.0
"	N1	018							3.552.0	10.644.0	3.552.0	10.644.0	3.552.0	10.644.0
"	N2	019	96.4	96.4	713.0	713.0	809.4	809.4	744.0	11.388.0	1.553.6	12.197.6	1.553.6	12.197.6
"	N4	026	687.7	784.1	3.444.6	4.157.6	4.132.3	4.941.7	7.700.0	19.188.0	11.932.1	24.129.7	11.932.1	24.129.7
"	N5	027	705.2	1.489.3	2.721.2	6.878.8	7.427.4	8.369.1	6.364.0	25.552.0	5.791.4	29.921.1	5.791.4	29.921.1
"	N7	028	1.462.9	2.952.2	7.543.3	14.422.1	9.005.2	17.374.3	1.388.0	26.940.0	14.392.2	44.314.3	14.392.2	44.314.3
Angedals- vassdraget														
"		029							1.824.0	1.824.0	1.824.0	1.824.0	1.824.0	1.824.0
"		030							336.0	2.160.0	336.0	2.160.0	336.0	2.160.0
"	A2	032	284.7	284.7	972.0	972.0	1.256.7	1.256.7	3.328.0	5.488.0	4.584.7	6.744.7	4.584.7	6.744.7

Fig.15 Beregnet belastning med fosfor i vassdragene



5. GENERELT OM FORURENSNINGSVIRKNINGER OG MINSTEVANNFØRING

5.1 Begrepene resipient og akseptabl minstevannføring.

Med resipient forstås vannforekomster (elver, innsjøer osv.) som tjener som mottaker av avløpsvann fra husholdninger, menneskelig virksomhet eller avrenningsvann fra dyrket mark, skog- og landbruksvirksomhet. I resipienten blir forurensningene fortynnet og gjenstand for nedbryting eller fjernet fra vannet gjennom selvrensingsprosesser. Resipientbegrepet anvendes da i en vid betydning. Målsettingen for en resipientbruk av et vassdrag er at en rimelig vannkvalitet skal opprettholdes og at forutsetningen for andre bruksinteresser ikke skal ødelegges samtidig som at hensynet til vassdraget som natur og landskap skal bli ivaretatt.

Akseptabel minstevannføring benyttes om den vannføring som ikke skal underkrides for at sjenerende forurensningstilstander skal unngås i vassdraget. - Ved bestemmelse av minstevannføring, reglement for styring av vannføring og vannstandsvekslinger er det en rekke forhold ut over resipientbruken som kommer i betraktning.

5.2 Vassdragstilstand og forurensningsvirkninger.

Det knytter seg mange interesser til vassdragene, som f.eks. utnyttelse til vannforsyningsformål, resipient for avløpsvann, biologisk produksjon, energiproduksjon, vitenskapelige og kulturelle verdier m.m. Vassdraget er i natursammenheng en del av landskapet hvor mennesker lever. Bosettingen følger vassdragene, og elver og innsjøer har allsidig bruk i næring og dagligliv. God vannkvalitet er i disse forbindelser viktig.

Vassdragene kan imidlertid ikke uten videre tilfredsstille alle bruksområder. Mange bruksmåter får konsekvenser for vannmassenes kvalitet, slik at de økologiske forhold i vassdraget blir forandret. Det er i de fleste tilfeller ikke formulert noen klar målsetting for vassdragene eller om hva som menes med akseptabel vassdragstilstand. Visse holde-

punkter foreligger i lover, administrative ordninger og praksis. Men vurderinger om vassdragene angående disse forhold må i betydelig grad bygge på erfaringer og kvalifisert skjønn. Vurderinger av optimal vassdragsutnyttelse er ennå i sin begynnelse i vårt land (Skulberg 1975).

Når det skal bli gjort beslutninger om minstevannføringer og styring av vannføring og vannstandsvekslinger er det mange hensyn å ta. Jordbruksvirksomhet, fiskeribiologiske forhold, næringer knyttet til rekreasjon osv. hører til blant en rekke bruksinteresser som knytter seg til vannet og som setter fordringer til vannføring og kvalitative sider ved vannmassene. Vassdragene må som naturressurser behandles som helheter i sammenheng med sine nedbørfelt og den samfunnsutvikling som finner sted der.

I det følgende blir det gjort en drøftelse av minstevannføring ut fra forurensningshensyn. Det innebærer bl.a. hvor stor minstevannføringen må være for at en rimelig vannkvalitet skal bli opprettholdt og ikke sjenerende forurensningstilstander skal oppstå i vassdraget (akseptabel minstevannføring, se ovenfor).

Etter påvirkningenes art kan hovedtypene av forurensning av vassdragene regnes til fire kategorier:

- Organiske stoffer som lager problemer ved sin nedbrytning i vannforekomstene (saprobiering).
- Uorganiske stoffer som medfører en gjødslingseffekt i vannforekomstene (eutrofiering).
- Giftstoffer som innvirker på vassdragenes organismeliv (giftvirkninger).
- Patogene organismer som har hygieniske eller epidemiologiske virkninger (sykdomsvirkninger).

Som regel er det alltid en kombinasjon av disse påvirkninger som gjør seg gjeldende i vassdragene. Det er når konsentrasjoner av stoffer og organismer overstiger grenser hvor det inntreffer praktiske vanskeligheter (i vid betydning) for bruken av vannet og vassdragene at vi sier forurensning gjør seg gjeldende. Også forandringer av fysiske faktorer virker inn i denne sammenheng. Endring av vannføring og dermed av strømningsforhold, oppholdstider og vannstandsvekslinger har f.eks. betydning for selvrensningsprosessene. Temperaturpåvirkninger kan medføre forandringer av organismesamfunnene i vassdragene. Erosjonsprosesser influerer partikkeltransport med vannmassene osv.

Forurensning i vassdrag arter seg gjerne ved forandringer i forekomst og utvikling av organismesamfunnene. Det er i regional sammenheng påvist en stadig tiltakende begroing og algeutvikling (saprobiering, eutrofiering) som utslag av forurensningsbelastning og inngrep i vassdragene.

For Naustdalsvassdraget står næringssaltkonsentrasjonene i eutrofieringssammenheng sentralt, og derfor er akseptabel minstevannføring behandlet ut fra tilførselene av slike stoffer.

Vannforekomstene mottar bidrag med næringssalter som til dels har en naturlig opprinnelse i nedbørfeltet og til dels tilføres via kloakkutslipp, industrielle utslipp og avrenning fra jordbruksområder, skog- og jordbruksaktiviteter. Selv om det er en rekke stoffer som inngår blant næringssalter, er det først og fremst fosfor- og nitrogenforbindelser som er særlig betydningsfulle i denne sammenheng. I norske vanntyper er innhold av fosfor-forbindelser gjerne begrensende for primærproduksjon i vassdragene. Moderne rensetekniske tiltak for kloakkvann er bl.a. laget for å begrense tilførselene til vassdragene av disse forbindelser.

Eutrofiering er i de fleste tilfeller et større problem enn saprobiering ved utslipp av kommunalt avløpsvann. Sammensetningen av kloakkvann er slik at eutrofieringsvirkningen vil slå ut ved avløpsvannkonsentrasjoner på noen få prosent av det som skal til for å medføre saprobiering. Hvis det derfor blir satt inn effektive rens tiltak mot eutrofiering, vil

det som regel samtidig bli oppnådd en tilstrekkelig fjerning av organiske stoffer som hindrer at heterotrof begroing vil gjøre seg nevneverdig gjeldende.

Også i sammenheng med forurensningspåvirkninger fra jordbruksvirksomhet representerer eutrofiering særlig vanskelige problemer. Avrenningsvann fra dyrket mark og belastning fra håndtering av gjødsel medfører konsentrasjonsøkninger av plantenæringsstoffer i vassdragene. I større grad enn for husholdningskloakkvanns vedkommende vil disse forurensningskildene være av karakter ikkepunkt-utslipp. Jordbruksforurensninger må derfor behandles med tildels andre tiltak enn de som brukes for områder med bebyggelse.

5.3 Temperaturforhold

Temperaturpåvirkningene i vassdragene som følge av utbyggingen blir utredet av Iskontoret, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Rapport med resultatene fra de aktuelle undersøkelser foreligger ikke når denne rapport blir ferdigstillet (april 1977). Noen generelle forhold kan omtales.

Temperaturen i vannet er en avgjørende produksjonsregulerende faktor i biologisk sammenheng. Temperaturforholdene er i stor utstrekning bestemmende for selvrensingsprosessenes intensitet og dermed for virkninger av forurensninger i vassdrag.

Enhver endring av vannets temperatur i et vassdrag vil få betydning for den biologiske aktivitet og utvikling. Alle organismegrupper eller arter har sine særegne toleranseområder og optimale veksttemperaturer. Utpregede kaltvannsarter vil skades når temperaturen blir for høy (f.eks. over 15°C), mens andre arter har sine optimale vekstbetingelser ved høyere temperaturer. Visse insektslarver (bl.a de fleste steinfluelarver) har sin maksimale tilvekst i vinterperioden, mens andre har sin største om sommeren. De ulike insektenes utklekkingsperioder er f.eks. nært sammenbundet med tilveksthastighet og gunstig temperatur. Selv små forandringer av det naturlige temperaturregime kan derfor lett føre til betydelig forandringer både når det gjelder sammensetning av disse dyresamfunn og de ulike artenes tilvekst - utklekkingsperioder (Macan 1963).

Hvis en regulering medfører at vannets vintertemperatur blir endret, må det regnes med en forskyvning av utklekkingsperioder i tid. Dette kan føre til uheldige samvirkninger med variasjonsmønsteret for elvens vannføring, slik at selve klekkeprosessen og fiskeyngelens livsvilkår kan bli forstyrret (for lav temperatur, liten næringstilgang o.l.). Generelt sett kan endringer av temperaturforholdene få vesentlige konsekvenser for organismesamfunnenes sammensetning og struktur.

Temperaturforholdene har også stor betydning for vassdragenes begroing med alger og høyere planter (Skulberg 1974). Det er fra flere vassdrag kjent at endrede temperaturbetingelser har medført begroingsproblemer i vassdrag.

6. OVERSIKT OVER UTBYGGINGSPLANER OG VASSDRAGSPÅVIRKNING

Kraftutbyggingsplanene for de tre aktuelle vassdrag omfattet opprinnelig fire muligheter til gjennomføring. Disse er omtalt i notat fra Sogn og Fjordane Kraftverk (173.221, Sandane 21.6.1974). I løpet av 1975 ble to av de opprinnelige forslag etter kraftøkonomiske beregninger ikke funnet aktuelle og trukket tilbake. Samtidig ble det fremlagt en ny mulighet til kraftutbygging.

Følgende tre aktuelle utbyggingsalternativ danner bakgrunn for behandling i denne rapport:

- Alternativ I : Delt utbygging til Naustdal og Hyen.
- Alternativ II : Samlet utbygging til Naustdal.
- Alternativ III : Samlet utbygging til Hyen via Storevatnet.

Det vil ikke bli gitt noen gjennomgåelse av utbyggingsplanene, men det vises til Sogn og Fjordane Kraftverks beskrivelse av de tre hovedalternativer. Kartmateriale utarbeidet av Sogn og Fjordane Kraftverk i målestokk 1:50000 (I, II, III, Byggeavdelinga - 29.10.1975) gir nødvendige holdepunkter for å forstå de geografiske tilknytninger for inngrepene i vassdragssystemene og nedbørfeltene.

Av kartskissene i figur 16, 17 og 18 fremgår hovedtrekkene ved de aktuelle utbyggingsalternativer for vassdragene. Det kan nevnes at arealene som inngår i de planlagte vassdragsreguleringer omfatter 53% av nedbørfeltet til Gjengedalsvassdraget, 62% av nedbørfeltet til Naustdalsvassdraget og 30% av nedbørfeltet til Angedalsvassdraget (avhengig av utbyggingsalternativ).

På kartskissen er det samtidig angitt de vassdragsstrekninger som vesentlig blir influert av kraftutbyggingen. Områder av vassdragene er skilt ut etter grad av berøring som vil finne sted. Det er konfliktgrad med hensyn til brukerinteresser knyttet til vannkvalitet og biologisk produksjon som danner utgangspunkt for bedømmelsen.

Områder med sterkt berørte vassdragsavsnitt:

På disse vassdragsavsnitt vil det bli en betydelig reduksjon i vannføring, tildels periodevis tørrlegging. De biologiske forhold vil bli fullstendig endret med hensyn til vegetasjon og fauna. Mosesamfunn vil få utskiftning til tørkeresistente arter. Uregelmessig, periodevis økt vannføring hindrer utvikling mot terrestrisk vegetasjon.

Resipientkapasitet blir sterkt nedsatt på disse vassdragsavsnitt. Selv små forurensningsutslipp vil kunne gi betydelige forurensningsulemper. Vannkvalitet vil bli påvirket i uheldig retning vurdert for vannforsynings- og rekreasjonsformål.

Områder med delvis berørte vassdragsavsnitt:

Vassdragsavsnitt vil få redusert vannføring. Sidevassdrag vil gi et tilnærmet naturlig variasjonsmønster i vannføring gjennom årstidene, men lavere verdier. De biologiske produksjonssystemer vil bli uheldig påvirket. Flommenes spylende virkninger er noe redusert. Økt vinter-vannføring (nedstrøms kraftstasjoner) kan gi årsak til økt forekomst av undervannsvegetasjon. Det kan ventes masseutvikling av alger i vegetasjonsperioden.

Det blir mindre fortynningsvann i vassdraget, forurensningsvirkninger vil gjøre seg sterkere gjeldende sammenliknet med dagens situasjon. Selvrensingsprosessene er negativt influert.

Den kommende samfunnsutvikling i kommunene er ikke fastlagt, og det er heller ikke utarbeidet planer for bruk av nedbørfelt eller vassdrag. Den raskeste samfunnsutvikling kan ventelig finne sted i nedbørfeltene til Naustdalsvassdraget og Angedalsvassdraget.

Vannforsyningsforhold blir delvis skadelidende i de deler av dalførene hvor elvenes vannføring blir sterkt redusert. Dette gjelder både vannforsyninger som direkte er basert på vann fra vassdragene, eller som har grunnvannsforsyning med infiltrering av vann fra elvene. Direkte virkninger av forurensning eller en senket grunnvannsstand vil betinge dette.

Det bør imidlertid med de vanntilganger som finnes i disse områder og med tekniske tiltak ikke være problemer i overskuelig fremtid med å skaffe tilfredsstillende vannforsyning til de lokale samfunn hvis dette planlegges i sammenheng med utbyggingen.

Med den eksisterende befolkning og virksomhet i de aktuelle deler av nedbørfeltene, bør det etter en eventuell regulering være mulig å ta hånd om avløpsvannet fra befolkning på en slik måte at sjenerende forurensningsvirkninger ikke blir fremtredende. Dette forutsetter bruk av rensetiltak og naturlige forutsetninger for behandling av forurensningsproblemene, samt at minstevannføring tilpasses behovet for resipientvann (kapittel 8).



Fig.16 Utbyggingsplan : Alternativ I

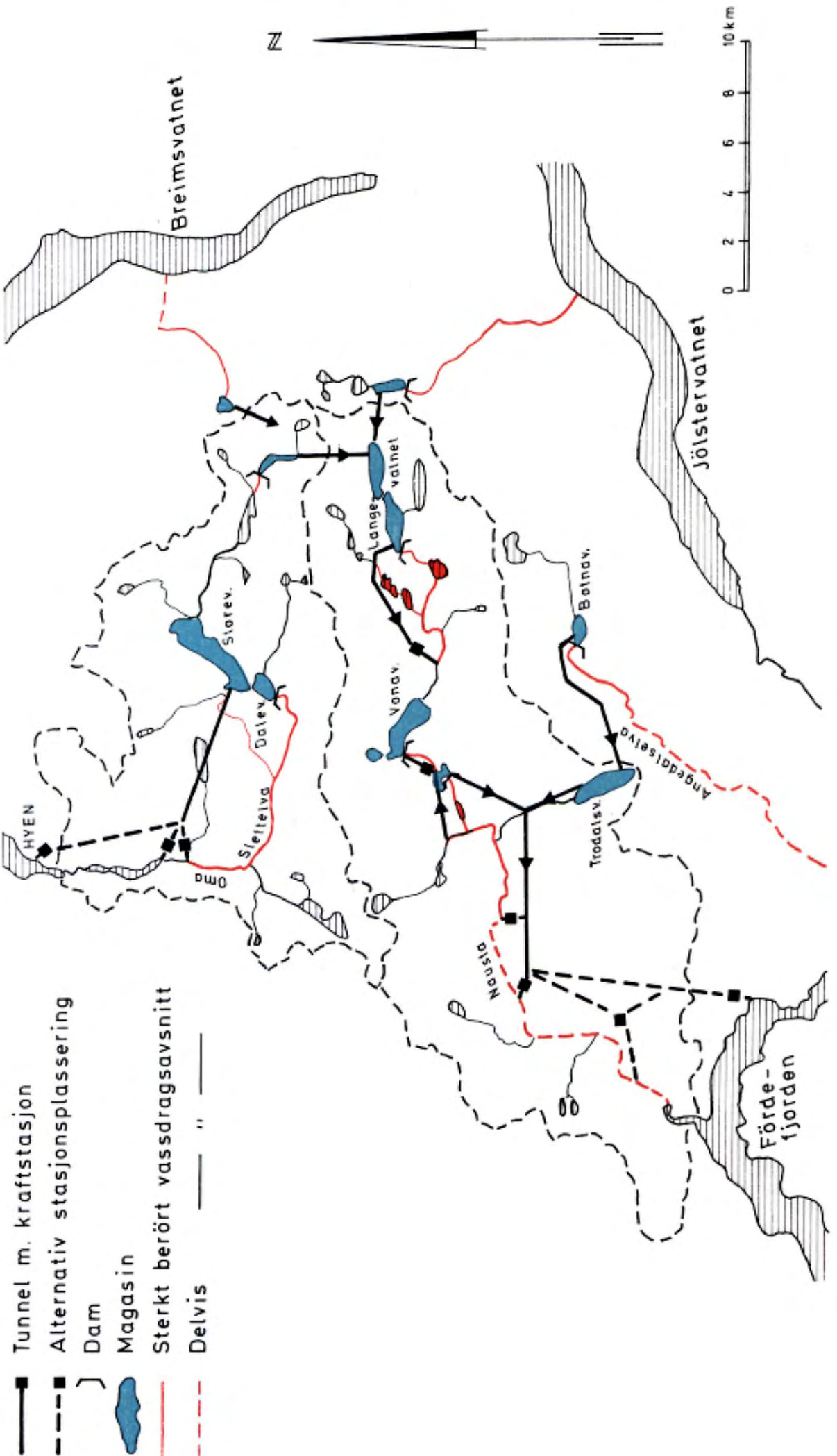
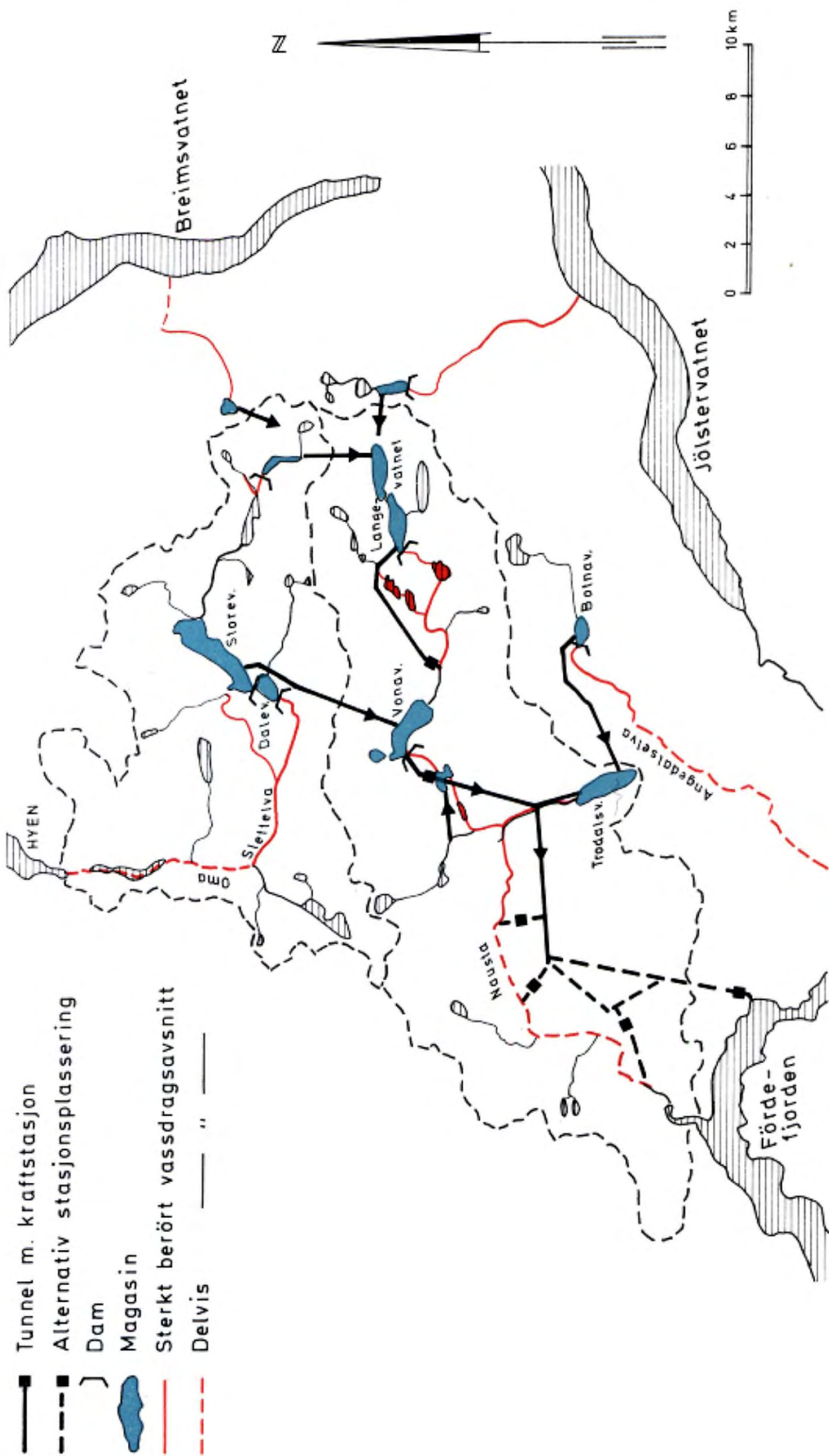








Fig.17 Utbyggingsplan : Alternativ II

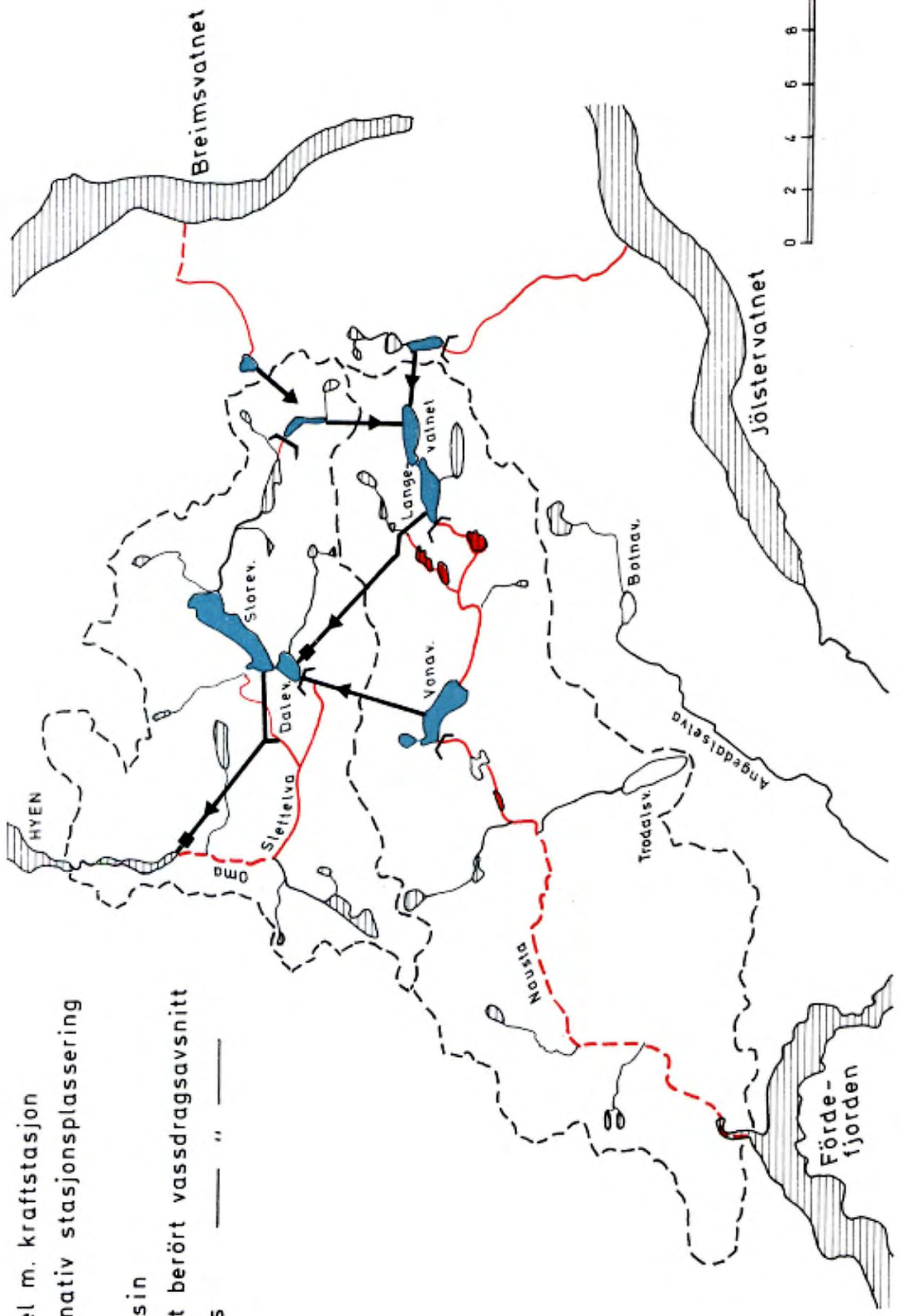


- Tunnel m. kraftstasjon
- Alternativ stasjonsplassering
- ⌋ Dam
- Magasin
- Sterkt berørt vassdragsavsnitt
- Delvis



Fig.18 Utbyggingsplan : Alternativ III

-  Tunnel m. kraftstasjon
-  Alternativ stasjonsplassering
-  Dam
-  Magasin
-  Sterkt berørt vassdragsavsnitt
-  Delvis



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-48/74

NAUSTDALSVASSDRAGET, ANGEDALSVASSDRAGET OG
GJENGEDALSVASSDRAGET, SOGN OG FJORDANE

Vassdragsundersøkelser 1975 - 1976

RETTELSER

- s. 94 : linje 14 - fig. 19 rettes til fig. 20
" 19 - fig. 19 rettes til fig. 20
" 25 - fig. 20 rettes til fig. 21
- s. 97 : " 5 - $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ rettes til $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$
" 18 - fig. 21 rettes til fig. 23
" 23 - fig. 21-22 rettes til fig. 22-23
" 27 - fig. 21-22 rettes til fig. 22-23
- s. 101 : " 3 - fig. 21-22 rettes til fig. 22-23
" 23 - fig. 23 rettes til fig. 25
" 23 - minstevannføringer rettes til maksimalvannføringer
- s. 102 : " 1 - underskridelsesintervall rettes til over-
skridelsesintervall
" 17 - fig. 24 rettes til fig. 26
- s. 104 : " 7 - fig. 25 rettes til fig. 24
" 11 - fig. 25 rettes til fig. 24
" 15 - fig. 25 rettes til fig. 24
" 24 - fig. 26-30 rettes til fig. 27-31
" 27 - fig. 26 rettes til fig. 27
" 29 - fig. 26 rettes til fig. 27
- s. 112 : " 8 - fig. 26 rettes til fig. 27
" 12 - fig. 26-23 rettes til fig. 27-29
" 15 - fig. 29 rettes til fig. 30
" 17 - fig. 30 rettes til fig. 31

7. KONSEKVENSER AV UTBYGGING OG REGULERINGER FOR VASSDRAGENE SOM RESIPIENTSYSTEMER

7.1 Bakgrunn.

En regulering av et vassdragssystem medfører dyptgripende endringer av hydrografiske og biologiske forhold (Sjörs 1956, Reid et al. 1976). Det er en rekke faktorer som virker sammen og betinger dette.

Virkninger av slike inngrep gjør seg gjeldende gjennom fysiske, kjemiske og biologiske faktorer som blir forandret. Endringer av vannføring, av strømforhold og vannstand gjør seg gjeldende ved å forandre det fysiske og kjemiske miljø som vassdraget naturlig har, og livsbetingelsene for organismene blir derved påvirket. Dette medfører at organismsamfunnene forandrer sammensetning og struktur i områder av et vassdrag som er influert av disse inngrep. Organismesamfunnene gjennomfører ved sine livsprosesser et stoffskifte som er en viktig del av vannforekomstenes evne til selvrensning. Organismenes forekomst og mengdemessige utvikling har konsekvenser for vassdragets brukbarhet for ulike formål.

Noen viktige problemer i forbindelse med vassdragsreguleringer kan sammenfattes i følgende punkter:

- Vassdragenes økologiske balanse blir forskjøvet. Inngrepet medfører skadelige påvirkninger for organismelivet i vann- og landområder i de nedbørfelt eller deler av nedbørfelt som blir berørt.
- Forandringer av fysiske, kjemiske og biologiske faktorer har oftest uønskede konsekvenser for vannkvaliteten i vassdragene.
- Selvrenningsprosessene i vassdragene blir påvirket. Forurensningsvirkninger får tildels forsterket effekt. Det blir en nedsatt resipientkapasitet for vassdraget.

- Biologiske produksjonssystemer knyttet til vann- og våtmarkområder blir uheldig påvirket.

I det følgende vil det bli gitt noen eksempler på virkninger som belyser forholdene.

Den naturlige økologiske balanse i vassdrag er tilpasset at vannføringen varierer i løpet av året. Et reguleringsinngrep som i større grad endrer vannføringsmønsteret vil medføre markerte forandringer av denne balanse. Hel utjevning av vannføring over året kan gi skadevirkninger i biologisk sammenheng, men naturligestorflommer i elver medfører også store praktiske skadevirkninger. Vannføringsforholdene i et vassdrag er bestemmende for den fysisk-kjemiske vannkvalitet og for organismelivet som er knyttet til vannforekomsten. I et balansert system er det ikke mulig å endre en faktor uten at det får konsekvenser for andre (Holtan 1975).

Endringer av vannstanden i et vassdrag har betydning for bunnarealenes utstrekning og dermed for selvrensings- og produksjonsforholdene (Hynes 1970). Produksjonen er igjen bl.a. relatert til fiskens næringsforhold og dermed til fiskeavkastningen. Videre kan fiskens gytemuligheter berøres både ved vannstandsendringer og ved strømmingssituasjonen i vassdraget. Endret vannstand medfører endrede lysforhold, som i sin tur påvirker vegetasjonens utbredelse (Sjørs 1971). Endring i strømhastighet har stor betydning i denne sammenheng (Ambühl 1959). Økt vannstand vintertid øker overlevingsmulighetene vesentlig både for såvel alger som høyere vegetasjon som på denne måten delvis unngår isen og kuldens negative påvirkning. Et karakteristisk trekk er at begroingen av alger samt bestanden av høyere vegetasjon øker i de vassdrag som er blitt berørt av reguleringsinngrep (Skulberg 1973).

Ved at høyfjellsvann (som regel saltfattig smeltevann) i perioder blir holdt tilbake fra vassdrag, vil elvevannet nedstrøms periodevis bli sterkt preget av saltrikere grunnvann. I andre perioder når magasintappingen foregår, vil det motsatte bli resultatet. Grunnvannets betydning for variasjonsmønsteret av vannkvaliteten i et vassdrag burde i reguleringsammenheng bli inngående undersøkt. Eventuelle innvirkninger på vannets kjemiske kvalitet kan medføre betydelige påvirkninger av vassdragets organismeliv.

Vannets kjemiske kvalitet i selve innsjømagasinene kan endres ved reguleringsinngrep. Dette har sammenheng med vannføringsreglementet (magasineringsperioden), varierende vannstand og endrede utløpsforhold (Mellquist 1972). Dette vil ha betydning for utløpsvannets kjemiske kvalitet.

Overføring av vann fra et vassdragsavsnitt til et annet, vil også kunne få konsekvenser både for den kjemiske vannkvalitet og for de biologiske forhold (Holtan 1970, Skulberg 1970).

For vassdrag som blir influert av reguleringer, er det særlig forandringene av fortynningsmulighetene og innflytelsen på selvrensingsprosessene som har betydning for elvenes videre brukbarhet som resipienter (Hynes 1960).

Tidspunkt og varighet av lav vannstand er av stor viktighet for de biologiske forhold i vassdragene. Dette henger nøye sammen med hvordan fysiske faktorer påvirkes. Oppvarmingen av vannet om sommeren og frost og isvirkninger om vinteren er betydningsfulle faktorer (Macan 1963).

En mindre vannføring i vassdrag betyr en forsterkning av forurensningenes gjødslingvirkning på vannmassene. Dette vil gjøre seg gjeldende såvel i områder med strømmende vann som i innsjøer. Dette forhold, sammen med at fortynningsmulighetene blir forandret, vil i stor grad nedsette et vassdrags brukbarhet som resipient. Reduserte muligheter for å benytte vassdragets evne til selvrensning betyr generelt at praktiske tiltak må gjennomføres i større utstrekning for å oppnå tilfredsstillende løsninger av forurensningsproblemer.

I enkelte tilfeller og på visse elvestrekninger kan reguleringsinngrep føre til høyere minstevannføring. Sett både fra et resipient- og produksjonssynspunkt er dette av stor betydning. Dermed kan ekstreme forurensningssituasjoner i vassdraget unngås, samtidig som f.eks. fiskens oppvekst og livsvilkår kan bedres (Larkin 1972).

En økt vintervannføring i kombinasjon med en viss temperaturøkning kan i visse elver og elveavsnitt, og da særlig i elver med spesielt lav vintervannføring, bidra til større overlevingsmuligheter for de fleste organismer. På denne måte kan vassdragets produksjonskapasitet høynes bl.a. når det gjelder fiske. Men det kan også innebære større tilgroingsproblemer.

I elver og elveavsnitt der brepåvirkningen vesentlig nedsetter vassdragets og innsjøenes produksjonsnivå, kan en oppdemming og magasinering av brevannet i sommerperioden bidra til en økt produksjonskapasitet som bl.a. kan komme fisket til gode. En stor del av breslammet vil kunne sedimentere i reguleringsmagasin (Nordseth 1974) samtidig som kaldt vann holdes tilbake i produksjonsperioden. Hvis en reduksjon av slammengden ikke fører til uheldige biologiske følger, vil en eventuell senkning av vannets slam- eller partikkelinnhold øke dets brukbarhet som drikkevann, badevann o.l.

Påvirkningenes størrelse og betydning er selvfølgelig avhengig av reguleringsinngrepets omfang, av de generelle naturgitte forhold og nedbørfeltens utnyttelse for de aktuelle vassdrag det gjelder.

7.2 Virkninger av de planlagte vassdragsreguleringer.

Inngrepenes størrelse.

Omfanget av de planlagte vassdragsreguleringer fremgår av størrelsen til nedbørfeltene som berøres. De tre vassdragene som inngår i betraktningene utgjør tilsammen 539 km². I tabell 21 er det ført opp størrelsen av nedbørfeltene til de enkelte vassdragene. Konsekvensene av de tre hovedalternativer for kraftutbyggingen (se kapittel 6) med hensyn til reduksjon i nedbørfeltareal er angitt. Alternativene med delt utbygging til Naustdal og Hyen eller samlet utbygging til Naustdal (alt. I og II) medfører at 288 km² av vassdragenes totale nedbørfelt brukes til reguleringsformål. Alternativet med samlet utbygging til Hyen (alt. III) innebærer bruk av 183 km² nedbørfelt til reguleringsformål.

Tabell 21. Nedbørfeltens størrelse før og etter reguleringsarealer som inngår i kraftutbyggingsplanene.

Vassdrag	Nedbørfelt i km ²			
	Før regulering	Gjenstår uregulert		
		Alt.I	Alt.II	Alt.III
Gjengedalsvassdraget	169.5	80	87	80
Nausta	275.3	105 ^{x)}	105 ^{x)}	182
Angedalselva	94.4	66	66	94.4
	Uregulert felt	251	258	356.4
	Regulert felt	288	288	183

x) Dette areal varierer noe, avhengig av underalternativ.

De ulike alternativer vil innebære forskjeller med hensyn til innsjøareal som blir influert. For alt.I og alt.II inngår det 11.4 km² innsjøareal, mens for alt.III vil 9.5 km² innsjøareal inngå i reguleringen.

Det må regnes med biologiske forandringer i vannmasser som føres gjennom tunnelsystemer, sammenliknet med når vannet får renne på naturlig måte i åpne bekke- og elvesystemer. Avhengig av underalternativer som eventuelt blir realisert vil det bli forskjeller i tunnellengder. I hovedtrekk vil alt. I innebære >42 km tunnellengde, alt. II >37 km tunnellengde og alt. III >30 km tunnellengde. Det gjør seg gjeldende skadevirkninger på organismeliv ved at vannet passerer kraftstasjonenes turbiner. Også antallet kraftstasjoner varierer med de enkelte underalternativer. I alt. I inngår 4 kraftstasjoner, for alt. II og alt. III inngår 2 kraftstasjoner. Skadevirkninger av denne type er ennå lite utredet for våre vassdrag. De er derfor ikke trukket med i sammenheng med den konkluderende behandling i denne rapport.

Forurensning og vassdragsbruk.

Naturforholdene i nedbørfeltene preger i hovedtrekkene vannkvaliteten i vassdragene under dagens situasjon. Selv om det ikke ble observert foru-

rensningsvirkninger som hadde nevneverdig betydning for vannkvalitet ut- over lokale områder, viste vassdragsundersøkelsene tydelig ulikheter i grad av menneskelig påvirkning. Det var Naustdalsvassdraget som frem- hevet seg med biologiske utslag av eutrofiering i sitt nedre løp (se kapittel 3). Angedalsvassdraget nærmet seg dette forhold, mens Gjenge- dalsvassdraget viste liten påvirkning av forurensninger.

Ved en vurdering av konsekvenser som de planlagte vassdragsreguleringer vil ha for forurensningssituasjon og resipientforhold må både fortynnings- muligheter og selvrensningsevne bli trukket inn i bedømmelsen. Det vises i denne sammenheng også til de fiskeribiologiske undersøkelser og ut- redninger.

Det er mulighet for redusert vannkvalitet i vassdragene fordi tilførsler av forurensninger kan gjøre seg sterkere gjeldende. Særlig Naustdalvass- draget er utsatt på denne måte. Med de relativt store områder med dyrket og dyrkbar mark i dalføret vil virksomhet knyttet til jordbruk og hus- dyrhold stadig påvirke vassdraget med forurensninger. Det dreier seg i denne forbindelse hovedsakelig om forurensninger knyttet til ikkepunkt- utslipp. Praktiske tiltak er tildels vanskelig gjennomførbare for å begrense de aktuelle belastninger av vannmassene. For Angedalsvassdragets vedkommende er liknende betraktninger som for Naustdalsvassdraget rele- vante i denne sammenheng. I mindre grad gjelder dette Gjengedalsvass- draget.

NAUSTDAL

Naustdal sentrum forsynes i dag fra Stølsbotn som ligger vest for Naustdal sentrum. Et nytt vannverk er under utbygging. Befolkningen langs Nausta nedstrøms Styggelifoss inklusiv Naustdal sentrum kan bli tilkoblet en felles vannforsyning. Naustdal sentrum tilkobles det nye vannverket innen ett år (1976), og hele området vil være tilknyttet vannverket om ca. 2 år.

Befolkningen i Fimlandsgrenda med Brofløt, i alt 82 personer, har et felles vannverk. Vannkilden er et kraftig oppkomme som ligger like ved Lisjeelva. Vannet tas direkte inn på ledningsnettets via enkel intaks-

ordning. Ved utbyggingsalternativ I + II A, B, C vil Lisjeelva bli tatt inn på tunnell ca. 500 m nedstrøms vannverksinntaket. Vannverket kan bli berørt av utbyggingen ved eventuell grunnvanns-senkning.

På strekningen Styggelifoss - Trodøla hvor det i dag bor 60 personer, og på strekningen opp langs Nausta fra samløp Nausta - Bøelva, er det i dag privat vannforsyning som hovedsakelig er basert på brønner, oppkommer eller inntak i sidebekker.

Det er ikke planlagt noen felles vannforsyningsløsning for disse to områder.

I dag har noen bruk inntak i elver som vil bli berørt, og får ikke felles vannforsyning i fremtiden. Ved utbygging etter alternativ I + II A, B, C vil totalt 5 bruk få sine vanninntak ødelagt. Her har et bruk inntak i Stølselva, to har inntak i Espelandselva, ett har inntak i Rammagjelet, og et bruk har inntak i hovedelven.

Vassdraget brukes i stor utstrekning som reserve-vannforsyning i tørkeperioder eller vinterstid, videre som vannforsyning for gylleranlegg og til vanning av beitedyr.

Antall bruk med gylleranlegg er sterkt økende, og det er sannsynlig at det kan bli flere bruk som vil benytte eventuelt berørte elver som vannforsyning til gylleranlegg.

Det foreligger rammeplan for avløp i Naustdal sentrum, utarbeidet av A/S VIAK. Denne legger opp til samling av alle utslipp nedenfor Naustdalsfossen og føre disse fram til renseanlegg med etterfølgende utslipp i Førdefjorden. Anleggsarbeider for gjennomføring av denne planen vil starte opp i 1977.

For områdene oppstrøms Naustdalsfossen foreligger det ingen planer for felles avløpsordning. Bosettingsstrukturen her er slik at det er lite sannsynlig at noen fellesløsninger vil kunne bli aktuelle.

Med enkelte unntak har alle gårdsbruk langs Nausta med sideelver innlagt vann. Omtrent 70% av disse har klosett og septiktank. Det fremgår av registreringene at halvparten av utslippene går til grøft og halvparten til grunnen.

Det foreligger ikke noen detaljerte oppgaver over de tekniske installasjoner, men med bakgrunn i de oppgitte opplysninger og den standard det generelt sett er på avløpsanlegg i spredt bebyggelse, er det grunn til å anta at det meste av forurensningene fra husholdningene vil nå vassdragene.

Utslippene fra befolkningen utgjør mellom 10 og 20% av total-belastningen på Nausta. I perioder med lav vannføring vil den imidlertid utgjøre en vesentlig større andel. For all ny spredt bebyggelse forlanger de kommunale myndigheter septiktank og infiltrasjon i henhold til forskrifter.

Med det store antall utslipp i grøft er den hygieniske kvaliteten av vannet i sideelvene og også i Nausta diskutabel allerede i dag.

Av gårdsbrukene langs Nausta med sideelver har 153 silo. Bare 12 bruk har kum for oppsamling av pressafter. En stor del av pressaften fra de øvrige siloene må antas å nå fram til Nausta direkte etter indirekte.

Forurensning fra landbruket omfatter dessuten avrenning fra gjødselskjellere. Et spesielt forhold som må vies stor oppmerksomhet, er at i 1975 hadde 15 gårdsbruk ved Nausta gylleranlegg. Det er ikke kjent **hvilken belastning på vassdragene bruken av gylleranlegg kan medføre.** På arealer med stor helling mot elven synes de å utgjøre en betydelig **potensiell forurensningskilde.** Antall gylleranlegg ser ut til å øke kraftig.

Kommunens søppelfyllplass ligger på Jonstad ca. 1 km fra Naustdal sentrum - like oppstrøms Naustdalsfossen. Her fylles opp et tørt elveleie. Ved flom kan elven rive med seg søppel. Fyllplassen er forurensningsmessig bedømt uheldig lokalisert.

GJENGEDAL

Ved Gjengedalsvassdraget er det 23 bruk med tilsammen 120 personer bosatt. Vannforsyninger besørjes stort sett fra private brønner, og det finnes ingen planer om felles vannforsyning her. Ett gårdsbruk har vannforsyning direkte i hovedelva. Ved forringet vannkvalitet kan dette bli ødelagt. Ved grunnvannssenkning som følge av kraftverksutbyggingen kan enkelte brønner bli tørre. Omlag tredjeparten av de private brønner kan bli berørt på denne måten.

Det foreligger ingen planer for felles avløpsløsning her. Bosettingsstrukturen er også slik at fellesløsning er lite hensiktsmessig. Med ett unntak har alle gårdsbruk i vassdraget innlagt vann.

Omtrent halvparten av brukene har klosett og septiktank. 20 utslipp føres til grøft mens bare to dreneres til grunnen. Omlag 10-12% av totalbelastningen stammer fra befolkningen. Ved nybygg forlanges det trekamret septiktank samt infiltrasjon i grunnen. Slam fra septiktankene spres på private jorder.

Av gårdsbrukene i vassdraget har 20 silo. Bare 2 bruk har oppsamlingskum. I 1975 hadde 6 bruk gylleranlegg.

Det finnes ikke kommunale fyllplasser eller kommunal renovasjon i nedbørfeltet.

ANGEDAL

Førde sentrum forsynes i dag fra Bekkjevattnet som ligger syd-vest for byen. Det eksisterende vannverket skal bygges ut for å tilfredsstille det økende vannbehov. Som fremtidige vannkilder er Gravevatnet og Trodalsvatnet utpekt. Det arbeides nå med planer for båndlegging av Gravevatnet.

Vannforsyningen i de øvre deler av Angedalen kommer fra private brønner som neppe vil influeres av en regulering av elven. To bruk har vanninntak direkte i hovedelven mens de øvrige 63 bruk har brønner. Vassdraget benyttes som reservevannforsyning av 26 bruk mens 10 bruk be-

nytter elven for vanning av beitedyr, og 7 bruk benytter elven til vannforsyning for gylleranlegg.

Det foreligger utarbeidet rammeplan for avløp i Førde sentrum utarbeidet av A/S VIAK. Denne plan legger opp til å samle alle utslipp i regulerte områder og føre dem fram til Førdefjorden med utslipp på dypt vann. Gjennomføring av planen er allerede i gang.

Ovenfor regulerte områder foreligger ingen planer om felles avløpsløsning. Med unntak av tre gårdsbruk har alle innlagt vann. To tredjedeler av brukene har klosett og septiktank. Av utslippene føres 36 til grunnen. Septiktankslammet hentes av et privat firma og tømmes i Førdefjorden.

Ved vassdraget er det 57 bruk med siloer og 7 bruk med gylleranlegg. Det er ordnet med kommunalt renovasjon i området. Den kommunale fyllplassen ligger i Hafstadorrådet syd for samløp mellom Angedalselva og Jølstra.

AKTUELLE TILTAK I FORBINDELSE MED EN EVENTUELL VASSDRAGSREGULERING

For tettstedet Naustdal er ved en eventuell regulering ikke noen tiltak aktuelle ut over de som allerede er under gjennomføring eller er planlagt.

En eventuell regulering vil påvirke vannforsyningsforholdene for flere gårdsbruk i Naustdal. Det er ikke mulig innenfor rammen av denne utredning å vurdere mulighetene for alternativ vannforsyning for hvert enkelt gårdsbruk. Med de vanntilganger en har i området vil det neppe være vanskelig å skaffe tilfredsstillende vannforsyning. Kostnadene for dette vil være så fullstendig avhengig av lokale forhold at det vil være uforsvarlig selv å gjøre grove anslag av kostnadene.

I Naustdalsvassdraget kan utslippene fra spredt bebyggelse i perioder med lavvannsføring utgjøre en vesentlig belastning på Naustdalsvassdraget. Forholdene vil forsterkes ved en eventuell vassdragsregulering.

Realiseres vassdragsreguleringen bør de forskrifter som nå blir gjort gjeldende for ny spredt bebyggelse også gjøres gjeldende for den eksisterende bebyggelsen oppstrøms kraftverksutslippet. Kostnadene for disse tiltak er helt avhengig av lokale forhold, men kan grovt anslås til ca. kr. 20.000 pr. gårdsbruk.

Vedrørende forurensningene fra landbruket i Naustdal er det viktig at eksisterende forskrifter for håndtering av silopressaft håndheves. Dette gjelder uavhengig om vassdragene blir regulert eller ikke. Ved en eventuell regulering bør også tiltak som utbedring og nybygging av gjødselkjellere og restriksjoner for håndtering av gjødsel vurderes. Nytteeffekten av slike tiltak er imidlertid ikke mulig å vurdere med nåværende grunnlagsmateriale.

Gylleranleggene er en lite kjent, men potensielt stor kilde for forurensningsbelastning av vassdraget. Restriksjoner for bruk av gyller-anlegg er tiltak som bør vurderes i samband med en eventuell regulering.

I Angedal og Gjengedal er det enkelte gårdsbruk som vil få vannforsyningen påvirket ved en eventuell regulering. Konkretisering utover det som er sagt om Naustdal er ikke mulig.

Når det gjelder avløpsforhold i Angedal og Gjengedal synes det ikke å være aktuelt med tiltak utover de som er bestemt i gjeldende forskrifter.

8. MINSTEVANNFØRINGER OG KRAFTUTBYGGINGSALTERNATIVER

8.1 Innføring

I kapittel 5 ble det gitt en generell bakgrunn om forureningsvirkninger i sammenheng med fastsettelse av minstevannføring. Det vil i det følgende bli gjort en drøftelse av minstevannføring ut i fra resipienthensyn. Det er nødvendig å understreke at det er en rekke forhold ut over resipientbruk som kommer i betraktning ved avgjørelsen om akseptabel minstevannføring (se kapittel 5).

Et viktig forhold som knytter seg til vurderinger av minstevannføring er vannføringens variasjonsmønster gjennom årstidene i vassdragene. Organismelivet i vassdragene er tilpasset et naturlig variasjonsmønster. Ved vurdering av minstevannføringer i et vassdrag er det nødvendig å ta tilstrekkelig hensyn til dette. Stabile organismesamfunn er viktige forutsetninger for vassdragets selvrensningsevne.

Når flommene blir delvis borte fra et vassdrag, vil den opprensning som disse representerer, minske. Dette kan medføre opphoping av stoff i andre elveavsnitt enn tidligere. Forholdet har betydning for bl.a. bunnssubstratets innhold av organisk materiale. På den andre siden vil tilførselen av erosjonsprodukter og stoffer fra elveslettene reduseres. Dette kan ha både positive og negative virkninger for organismesamfunnets sammensetning og utvikling.

Ved bestemmelse av minstevannføringer bør det tilstrebes et variasjonsmønster så nær opp til det naturlige som mulig. Dette kan i noen grad etterkommes ved å holde enkelte deler av nedbørfeltet utenfor reguleringsinngrepet, slik at mindre vassdrag kan gi grunnlag for et naturlig variasjonsmønster i hovedvassdraget.

Vannforekomstene i nedbørfeltene som inngår i de aktuelle vassdragsreguleringer er av oligotrof (næringsstoff-fattig) natur. Blant næringsstoffene er fosfor den begrensende faktor for den biologiske primærproduksjon i vassdragene under de rådende forhold. Forureningsvirkninger vil gjøre seg gjeldende når belastningen av vassdraget med

fosfor medfører at de naturlige organismesamfunn blir utkonkurrert av andre arter. En slik utvikling vil i sin tur innebære at organismesamfunn som følger eutrofiering etablerer seg, og vannkvaliteten vil bli preget av dette både i biologisk og kjemisk sammenheng (Vollenweider 1968). Med utgangspunkt i resultatene fra undersøkelsene i de aktuelle vassdrag og erfaringer av vekstforsøk med algekulturer (Kotai et al. 1976) og regionale limnologiske undersøkelser (Holtan 1975) er det mulig å angi retningsgivende konsentrasjoner for fosforforbindelser i vannmassene. Med dette forstås konsentrasjoner av stoff i vannmassene som ikke bør overstiges for å unngå uheldig eutrofieringsvirkninger.

De foretatte vassdragsundersøkelser i de aktuelle vassdrag er grunnlaget for det faglige skjønn ved fastleggelse av retningsgivende fosforkonsentrasjoner. Observasjonene av de biologiske forhold sammenholdt med de kjemiske analyseresultater fører til at det er rimelig å sette den retningsgivende verdi for fosforforbindelser i disse vanntyper til 7-9 µg P/l. Hvis den midlere fosforkonsentrasjonen blir større enn dette vil det medføre øket begroing og andre eutrofi-virkninger i vassdragene. Vassdragenes praktiske bruksmuligheter vil da bli redusert.

Med dette utgangspunkt og reguleringens innvirkning på vannføringsforholdene kan nødvendige minstevannføringer utledes. Når det gjelder å oppnå retningsgivende konsentrasjonsområde for fosforforbindelser foreligger det ingen vanskeligheter for Gjengedalsvassdraget eller Angedalsvassdraget. Dette er tilfelle uansett valg av hovedalternativ eller underalternativ for kraftutbyggingen. Forholdet henger nøye sammen med at fosforbidraget til disse vassdragene hovedsakelig er bestemt av den naturlige avrenning. Minstevannføring i disse vassdragene må da behandles ut fra andre hensyn enn forurensningskonsentrasjoner.

For Naustdalsvassdraget blir situasjonen anderledes. Her blir det tildels problemer med å oppnå det retningsgivende konsentrasjonsområde for fosforforbindelser. Allerede under dagens vannføringsforhold er denne konsentrasjon periodevis overskredet. Det er den menneskelige virksomhet i nedbørfeltet som er av en størrelsesorden som slår ut i vassdragets tilstand. For å oppnå den retningsgivende fosforkonsentrasjon kan det settes inn tekniske tiltak mot punktutslipp for å redusere forurensningstilførslene. Imidlertid er det vanskelig fordi hovedtyngden av

forurensninger kommer gjennom ikkepunktutslipp (se kapittel 4). Den dominerende delen av forurensningene tilføres imidlertid som ikkepunktutslipp. Det er derfor vanskelig å kompensere for forverrede resipientforhold med tekniske tiltak.

Ved vurdering av minstevannføring blir derfor forurensningssituasjonen i Naustdalsvassdraget avgjørende. Valg av alternativ og underalternativ for kraftutbygging vil være utslagsgivende for hva som kan oppnås siden de ulike alternativer og underalternativer vil gi forskjellig vannmengde på de enkelte vassdragsavsnitt av Nausta.

8.2 Reguleringens innvirkning på vannføringer

Reguleringsalternativene som behandles er omtalt i kapittel 6. Ved alternativ I og II vurderes ulike kraftverks plasseringer. Dersom det ikke spesielt blir nevnt noe annet er vannføringsverdiene ved disse to alternativer regnet som summen av naturlig avløp og utslipp gjennom kraftverket.

Beregningene bygger på NIVA's observasjonsmateriale i 1975, vannføringer i perioden 1964-1973 ved VM 1437 Nesvatn, VM 1438 Hovefoss, VM 1964 Gjengedalsvatn og antatte kraftverksmanøvringer. Vannføringen utenom vannmerkene er funnet ved arealbetraktninger. Dette innebærer en viss usikkerhet som særlig gjør seg gjeldende ved lave vannføringer. F.eks. blir beregnede vannføringer ved enkelte reguleringsalternativer negative. Vannføringsberegningene er utført ved Norges vassdrags og elektrisitetsvesen. De foreliggende hydrologiske data, spesielt for lave vannføringer i Nausta, er beheftet med feil. Ved beregningene er den nyeste vannføringstabell for Hovefoss VM benyttet (Sogn og Fjordane Kraftverk, 173.221.4, Sandane 20.1.1977).

8.2.1 Gjengedalsvassdraget - Oma ved innløpet til Ommedalsvatnet

Sammenlikninger mellom vannføringsverdier før og etter regulering er foretatt oppstrøms utslippet fra et eventuelt kraftverk ved Ommedalsvatn. Regulerede vannføringsverdier (7 døgnmidler) ble beregnet på grunnlag av VM 1464 Gjengedalsvatn og arealbetraktninger for perioden 1964-1973.

Årlige maksimalvannføringer

For å undersøke endringer i årlige maksimalvannføringer, er det utført en frekvensanalyse.

Sannsynligheten (P) for at en bestemt årlig maksimalvannføring skal gjentas eller overskrides er gitt ved formelen:

$$P = \frac{R}{N+1} \cdot 100 (\%) \text{ (Weibull-formelen)}$$

R = ranking nr., maksimal flom gir ranking nr. 1, osv.

N = antall observasjonsår/simuleringsår.

Den statistiske sannsynlighet for at en bestemt årlig maksimalvannføring skal gjentas eller overskrides (T_g) er gitt ved formelen:

$$T_g = \frac{100}{P} \text{ (år)}$$

F.eks. vil en maksimal årlig vannføring med $P = 20\%$ få betegnelsen fem-årsflom ($T_g = 100/20$).

Av fig. 19 ses at en median årlig maksimalflom ($P = 50\%$, $T_g = 2$ år) i uregulert vassdrag og ved reguleringsalternativene II, og I og III er henholdsvis $48 \text{ m}^3/\text{s}$, $21 \text{ m}^3/\text{s}$ og $19 \text{ m}^3/\text{s}$. For 10-årsflommen ($P = 10\%$, $T_g = 10$ år) blir de tilsvarende verdier $69 \text{ m}^3/\text{s}$, $30 \text{ m}^3/\text{s}$ og $27 \text{ m}^3/\text{s}$.

En årlig maksimalvannføring på $48 \text{ m}^3/\text{s}$ økes fra median til størrelsesordenen en 1000-årsflom som følge av regulering (fig. 19). Med et observasjonsmateriale på bare 10 år kan man naturligvis ikke uttale seg om flommer av en slik dimensjon. Overslaget synes imidlertid å vise at vannføringer tilsvarende en uregulert årlig median flom neppe vil forekomme etter en eventuell regulering.

Årlig minstevannføring

Fig. 20 viser resultatet av frekvensanalyse på årlig minstevannføring. Metoden er den samme som for frekvensanalysen for maksimalvannføringer.

Fig.19 Oma ved innløpet til Omedalsvatn. Varighetskurver

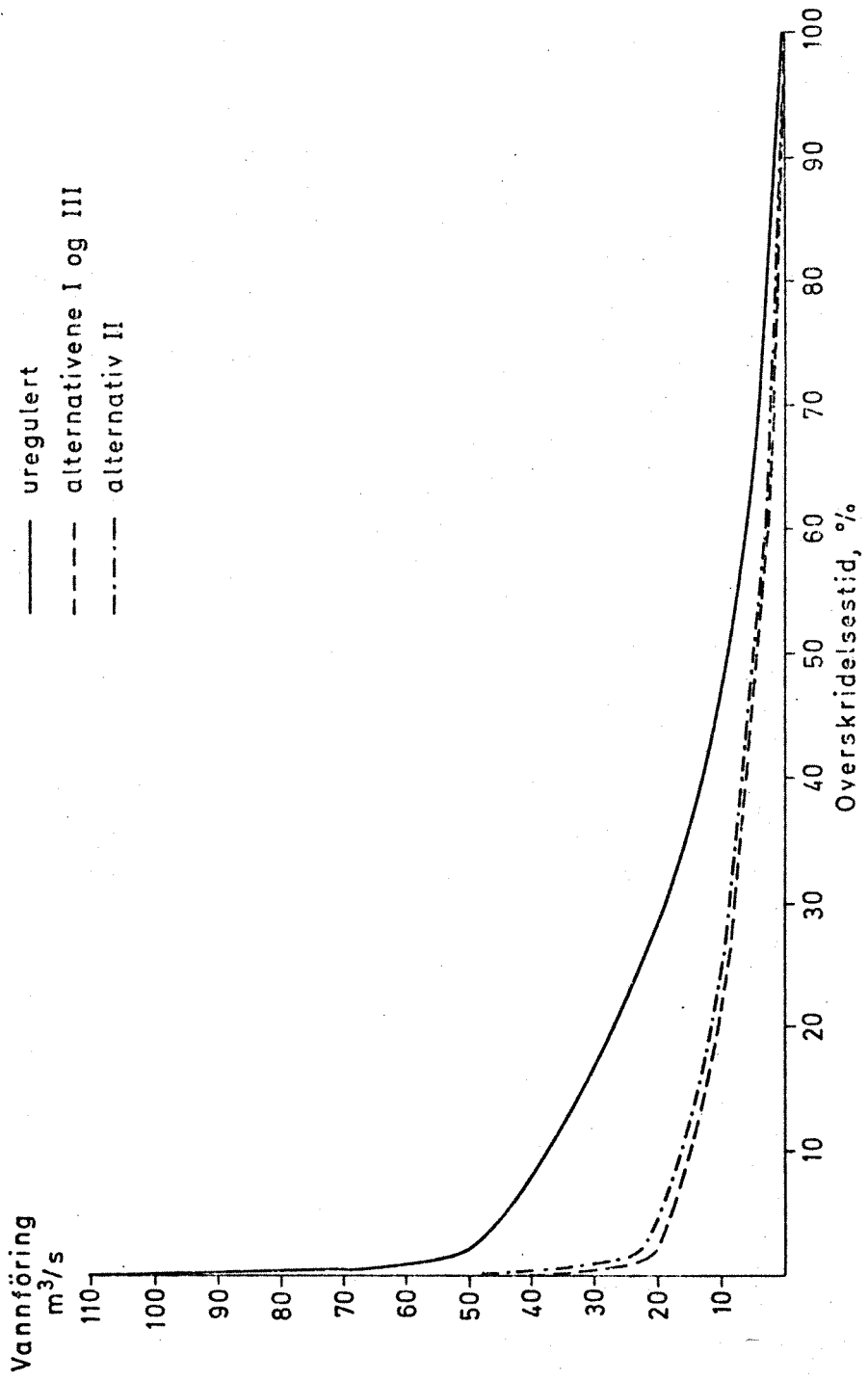
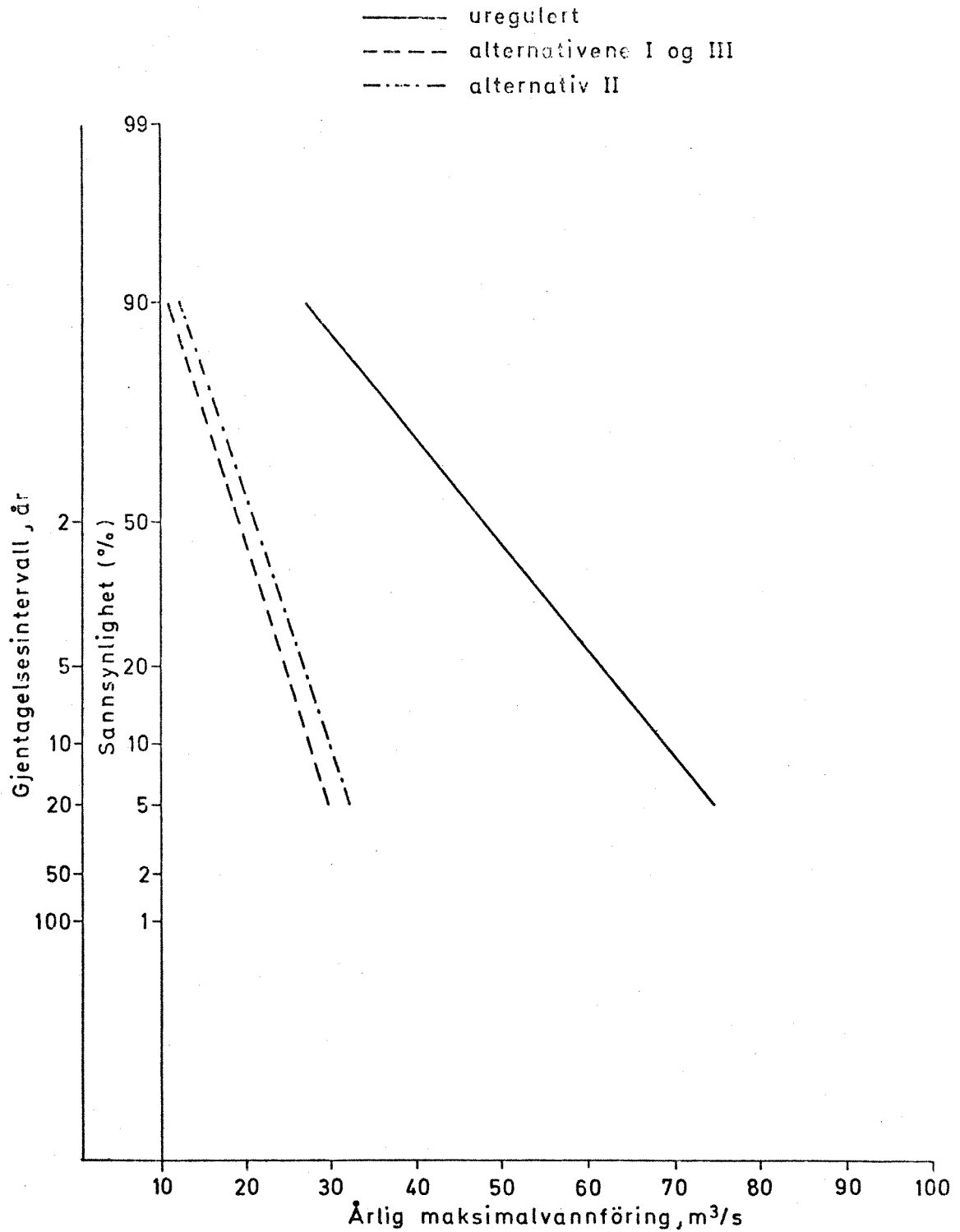


Fig.20 Oma ved innløpet til Ommedalsvatn
Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7d.midler)



13 Det er ikke vesentlige forskjeller mellom de ulike reguleringsalternativene. Median årlig minstevannføring ($P = 50\%$, $T_g = 2$ år) i uregulerte og regulert tilstand er henholdsvis $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ og ca. $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. For 10-års minstevannføringen blir de tilsvarende verdier $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ og $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$. En vannføring på $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ vil i uregulert vassdrag underskrides i middel ca. hvert 10 år. Etter regulering må den samme vannføringen forventes å underskrides ca. annenhvert år.

Det synes som om de årlige minstevannføringene som følge av en eventuell regulering blir vesentlig redusert.

Varighet

Forskjellene som de ulike utbyggingsalternativene medfører, er neglisjerbare. Vannføringer etter regulering blir redusert til ca. 40% av naturlige verdier. Reguleringen medfører økt varighet for lave vannføringer. En naturlig vannføring på $9 \text{ m}^3/\text{s}$ var i perioden 1964-1973 overskredet 50% av tiden. Ved en eventuell regulering ville den ha blitt overskredet i ca. 25% av tiden.

Karakteristiske årsvariasjoner

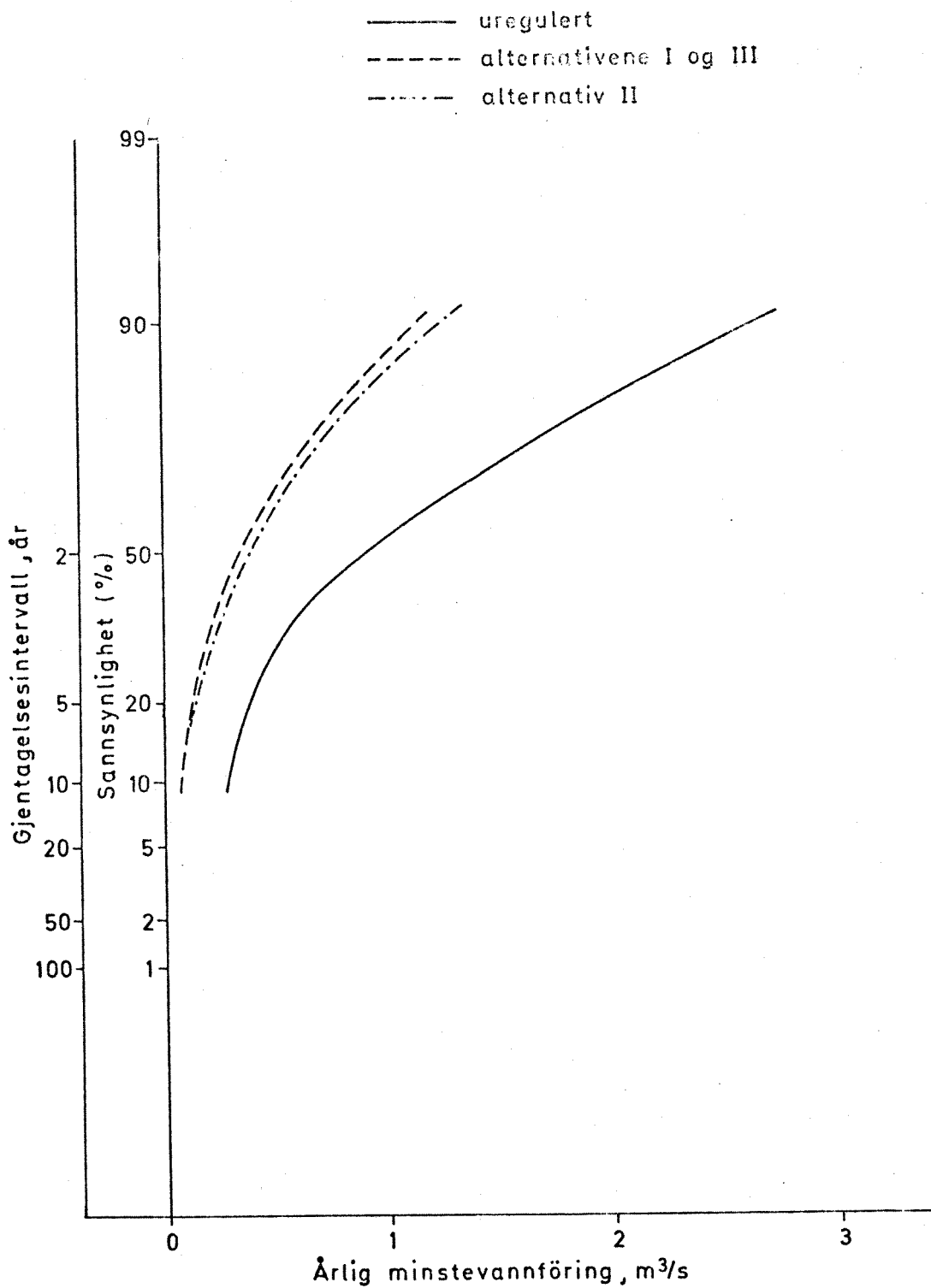
Fig. 21 viser karakteristiske vannføringer (7 døgnmidler) gjennom året for uregulerte og regulerte tilstander (alternativ I og III). For alternativ II vil vannføringene være ubetydelig høyere enn alternativ I og III.

Flomvannføringer

Flomvannføringene blir sterkt dempet (fig. 21-22, maks. og 90. persentil). Dempningen øker med økende flomstørrelse.

Det er karakteristisk med flom om våren/sommeren (mai-juli) p.g.a. snesmelting og en mindre regnflom om høsten. Om vinteren er vannføringene vanligvis små (se fig. 21-22, median), men mildvær eventuelt kombinert med regn kan forårsake høye flommer. Maksimal flom i perioden 1964-1973 ($104 \text{ m}^3/\text{s}$) fant sted i månedsskiftet januar-februar.

Fig.21 Oma ved innløpet til Ommedalsvatn
Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7 d. midler)



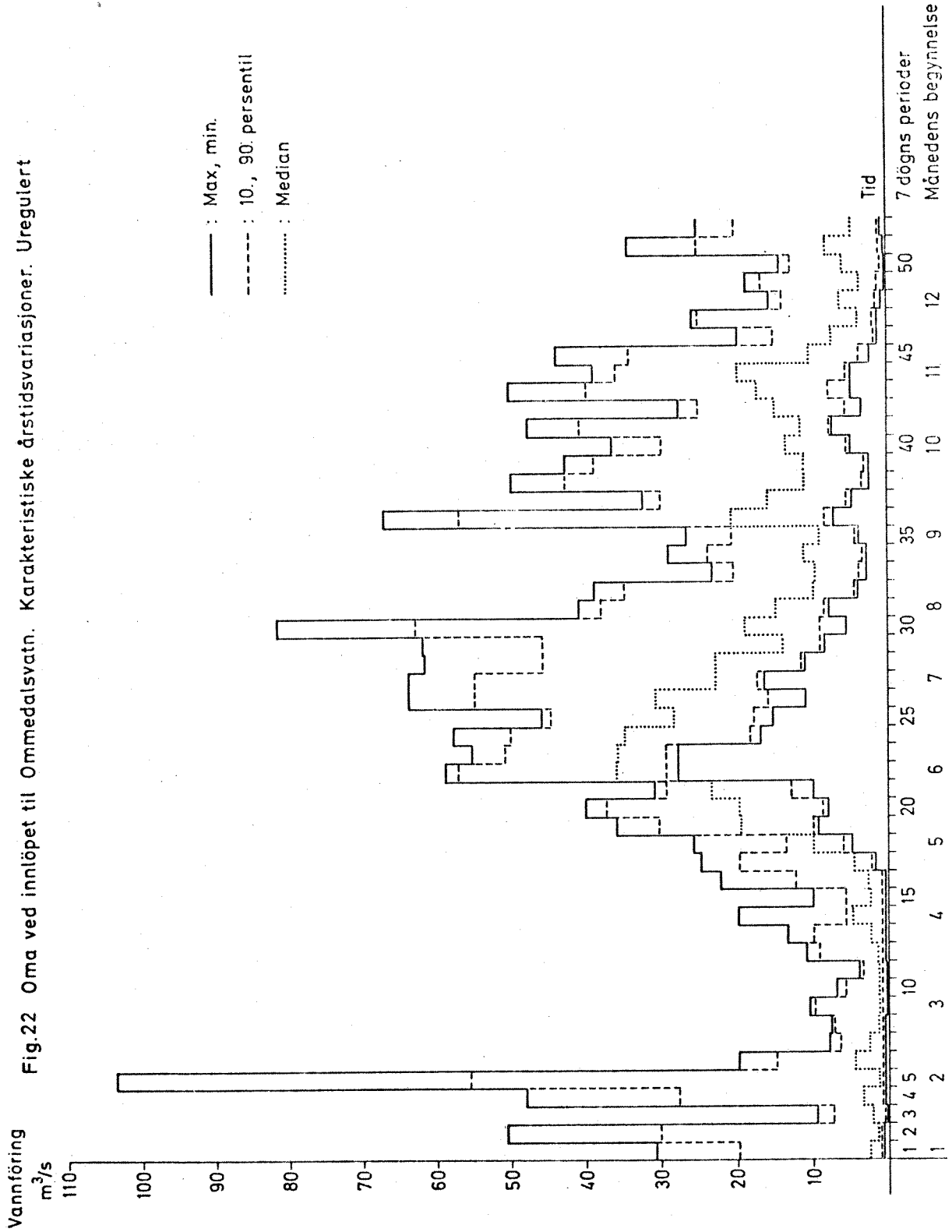
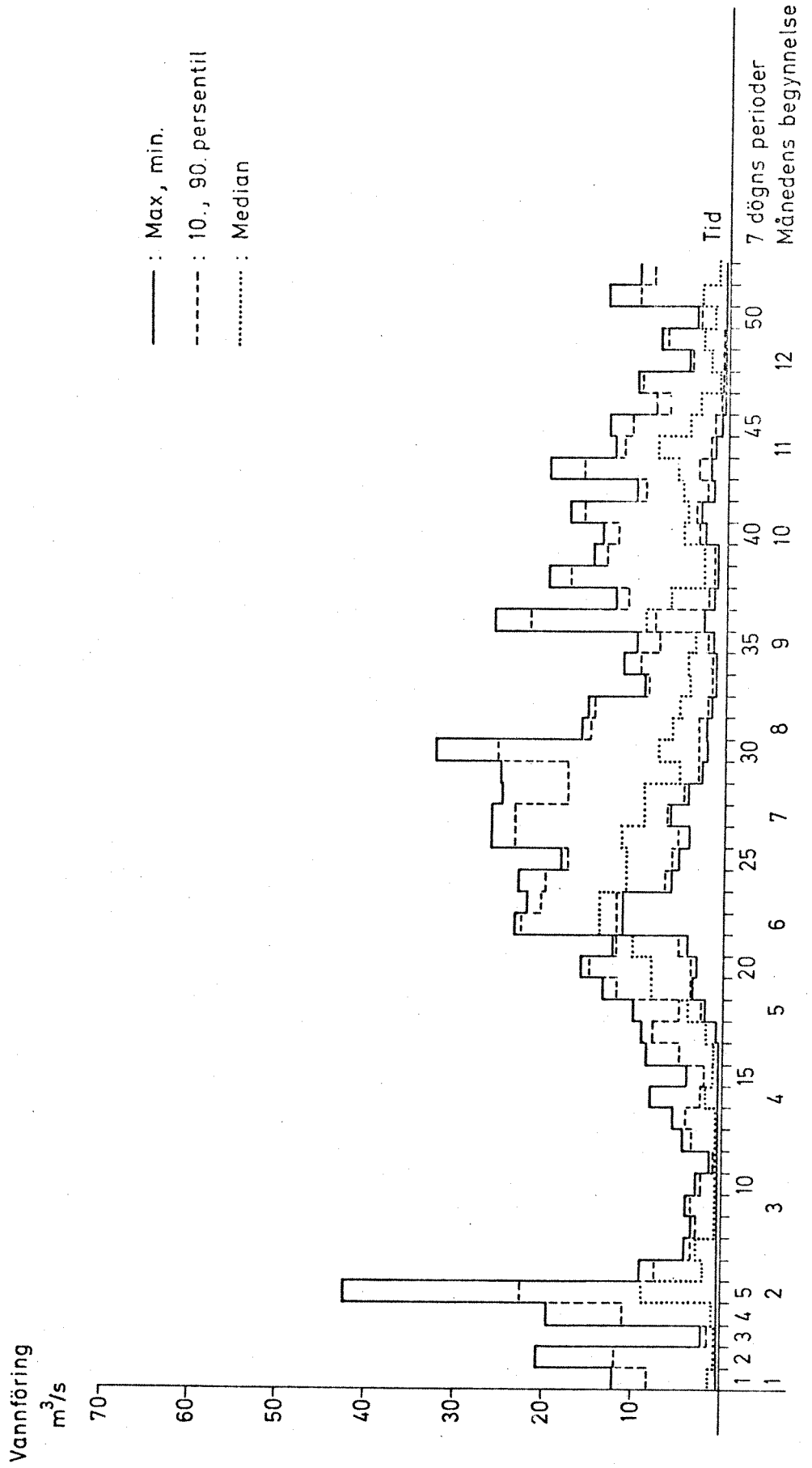


Fig.23 Oma ved innløpet til Ommedalsvatn. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ I og III



Lavvannføringer

En utpreget lavvannsperiode finner sted i perioden november-april (fig. 21-22, min. og 10. persentil, median). Vannføringer som kan forventes å opptre i gjennomsnitt hvert 10. år (10. persentil) reduseres fra intervallet $0.5 \text{ m}^3/\text{s} - 1 \text{ m}^3/\text{s}$ til $0.1 \text{ m}^3/\text{s} - 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ som følge av regulering. I lavvannsperioden mellom vår og høstflom er de tilsvarende verdier $4 \text{ m}^3/\text{s} - 8 \text{ m}^3/\text{s}$ og $1 \text{ m}^3/\text{s} - 3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sammen drag for Gjengedalsvassdraget

Regulering vil føre til en sterk reduksjon i vannføringene. Årlig maksimal og minimal vannføring vil bli vesentlig redusert. Varigheten av lave vannføringer vil øke.

Forskjellene mellom de ulike reguleringsalternativenes innvirkning på vannføringene i Oma oppstrøms Ommedalsvatn må antas å være neglisjerbare.

8.2.2 Naustdalvassdraget - Nausta ved Hovøfossen

Sammenlikninger mellom vannføringsverdiene før og etter regulering er, dersom det ikke spesielt er nevnt, foretatt nedstrøms kraftverksutslipp. Simulerte vannføringsverdier (7 døgnmidler) er beregnet på grunnlag av VM 1437 Nesvatn og VM 1438 Hovøfoss, arealbetraktninger og antatt manøvrering av kraftverkene i perioden 1964-1973. Dataene er oppgitt av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Årlige maksimalvannføringer

Fig. 23 viser resultatet av frekvensanalyse på årlige minstevannføringer. For et overskridelsesintervall på 2 år og 10 år gjelder:

Årlig maksimalvannføring med underskridelsesintervall på:	2 år	10 år
	$\frac{m^3}{s}$	$\frac{m^3}{s}$
Uregulert	70	90
Alternativ I, nedstrøms kraftverksutslipp	30	50
Alternativ II, nedstrøms kraftverksutslipp	58	82
Alternativ III	50	74
Alternativ I og II, oppstrøms kraftverksutslipp	25	32

En årlig maksimalvannføring på $70 \text{ m}^3/\text{s}$ som i uregulert felt overskrides annenhvert år (2 år flom), vil ved reguleringsalternativene II, III, I og oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II få et overskridelsesintervall på henholdsvis 4 år, 7 år, 500 år og 1000 år. De to sistnevnte verdier må ikke tillegges annen vekt enn at de tilhørende vannføringer neppe vil opptre.

Et eventuelt reguleringsinngrep synes i vesentlig grad å redusere den årlige maksimalvannføring.

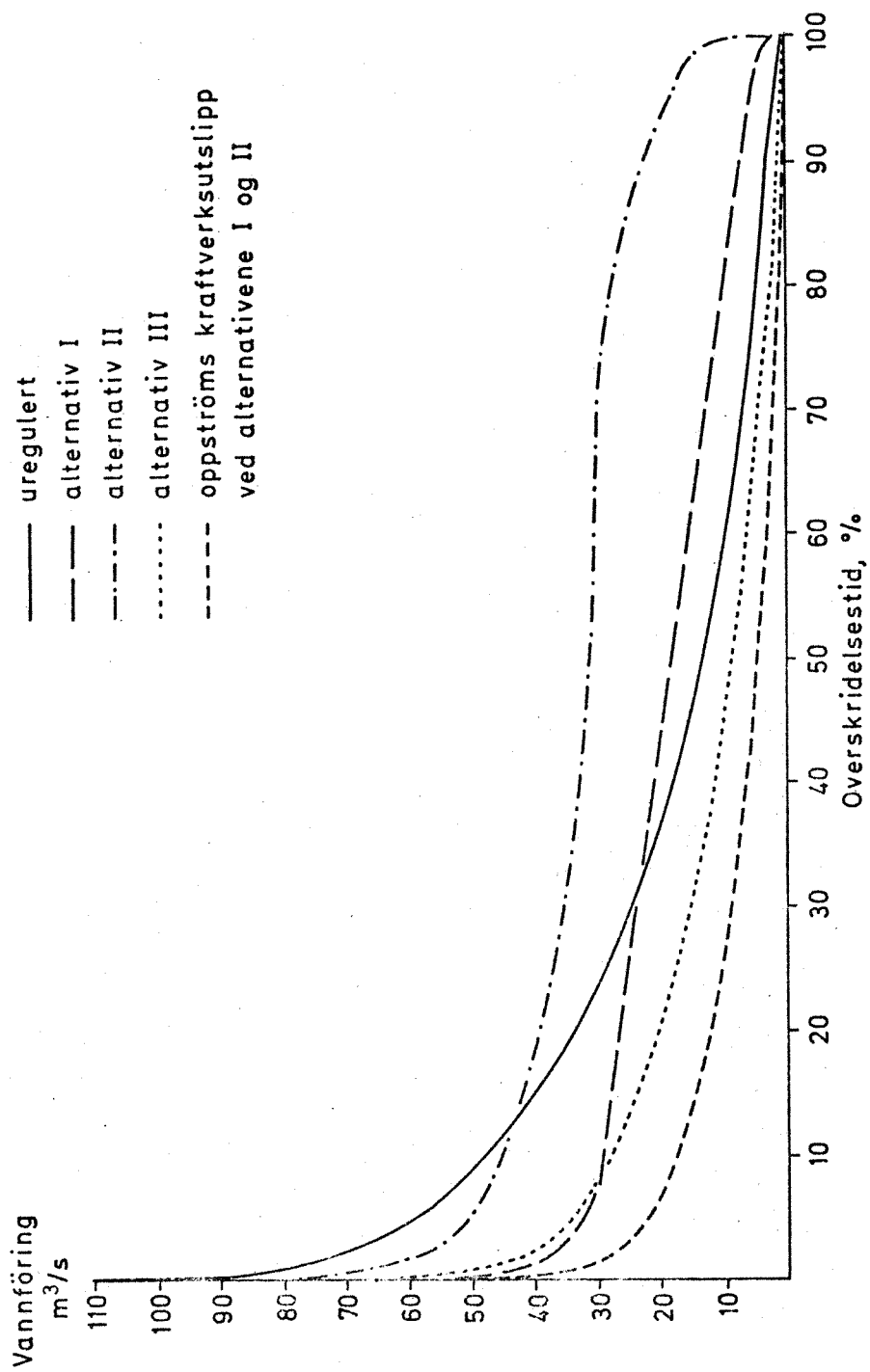
Årlige minstevannføringer

Fig. 24 viser resultatet av frekvensanalyse på årlige minstevannføringer. For underskridelsesintervallet på 2 år (median) og 10 år gjelder:

Årlig minstevannføring med underskridelsesintervall på:	2 år	10 år
	$\frac{m^3}{s}$	$\frac{m^3}{s}$
Uregulert	0.7	ca. 0.3
Alternativ I, nedstrøms kraftverksutslipp	8.2	2.3
Alternativ II, nedstrøms kraftverksutslipp	18.2	14
Alternativ III	0.1	-
Alternativ I og II, oppstrøms kraftverksutslipp	0.2	-

Dette innebærer at for alternativene I og II blir de årlige minstevannføringer vesentlig økt nedstrøms kraftverksutslipp. De øvrige alternativene reduserer minstevannføringene.

Fig.24 Nausta ved Hovefoss. Varighetskurver



Som tidligere nevnt er beregnede lavvannføringer svært usikre. Verdiene for alternativ III og oppstrøms kraftverksutslipp bør bare tillegges den betydning at vannføringene blir lavere enn de tilsvarende uregulerte.

Varigheter

Alternativ I vil medføre redusert varighet av vannføringer over ca. $22 \text{ m}^3/\text{s}$ som tilsvarer en overskridelsestid på 32%, og en økning i varighet av lavere vannføringer (fig. 25). Verdien $13 \text{ m}^3/\text{s}$ som før reguleringen ble overskredet 50% av tiden, vil etter reguleringen overskrides i ca. 70% av tiden.

Alternativ II fører til noe redusert varighet for vannføringer over $43 \text{ m}^3/\text{s}$, og en sterk økning for lavere vannføringer (fig. 25). Verdien $13 \text{ m}^3/\text{s}$ som i uregulerte vassdrag ble overskredet i 50% av tiden, vil etter reguleringen overskrides 99% av tiden.

Alternativ III medfører økt varighet for lave vannføringer i forhold til uregulerte vassdrag (fig. 25). En vannføring på ca. $13 \text{ m}^3/\text{s}$ i uregulert vassdrag ble oversteget i 50% av tiden (1969-1973) vil etter reguleringen overskrides i ca. 30% av tiden.

Ved kraftverksutslipp direkte til Førdefjorden for alternativene I og II eller på vassdragsstrekningen oppstrøms et kraftverksutslipp til Nausta, blir varigheten av lave vannføringer vesentlig økt. Verdien $13 \text{ m}^3/\text{s}$ som i uregulert vassdrag ble overskredet 50% av tiden, vil etter reguleringen overskrides i 15% av tiden.

Karakteristiske årstidvariasjoner

Fig. 26-30 viser karakteristiske vannføringer (7 døgnmidler) gjennom året for uregulert vassdrag og for de ulike reguleringsalternativer.

Flomvannføringer

I naturlig vassdrag (fig. 26, maks. og 90. persentil) er det karakteristisk med flom om våren/sommeren på grunn av snøsmelting og en regnflom om høsten. Om vinteren er vannføringene vanligvis små (se fig. 26,

Fig.25 Nausta ved Hovefoss
 Frekvensanalyse på årlig maksimalvannføring (7d.midler)

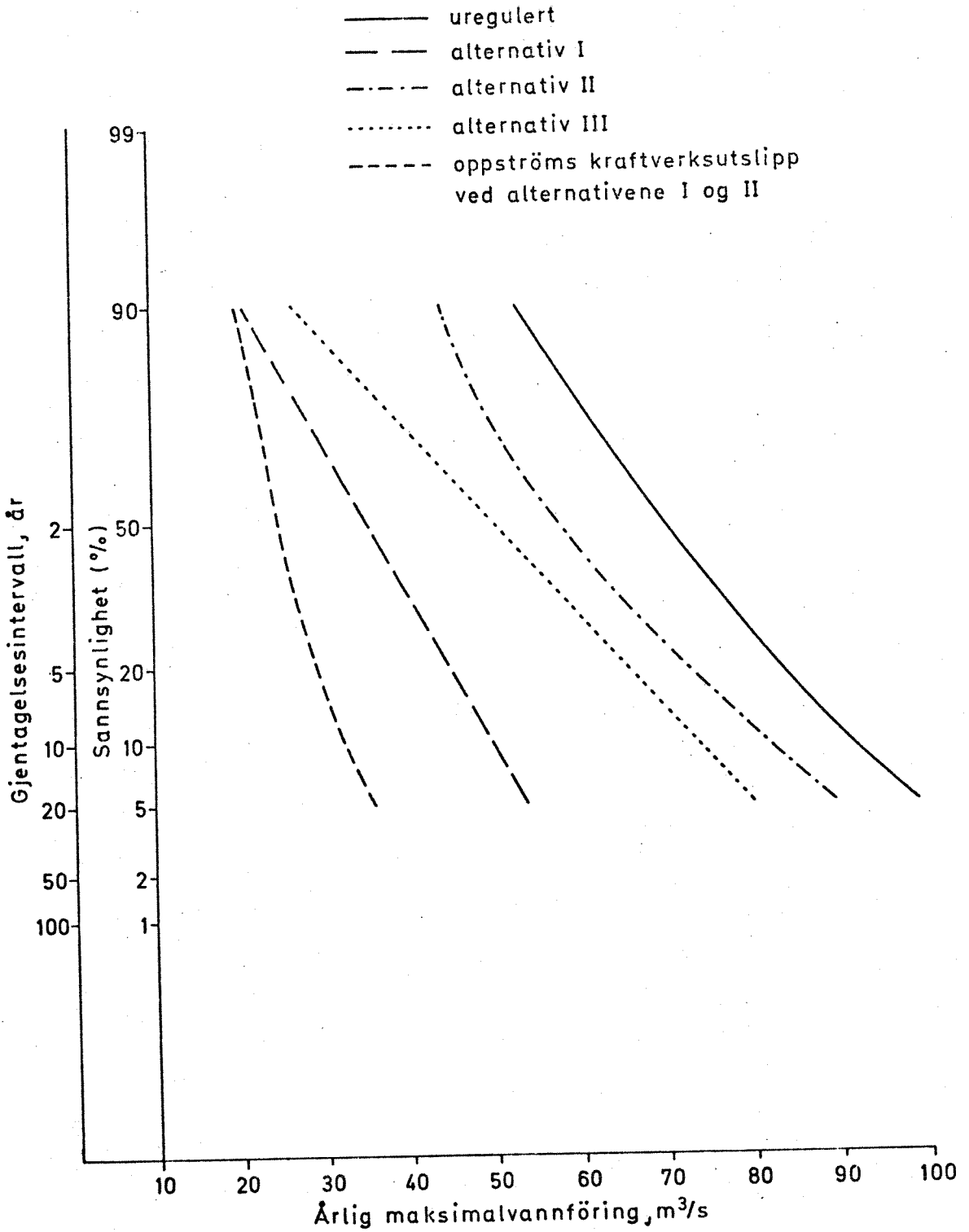


Fig.26 Nausta ved Hovefoss
Frekvensanalyse på årlig minstevannføring (7d. midler)

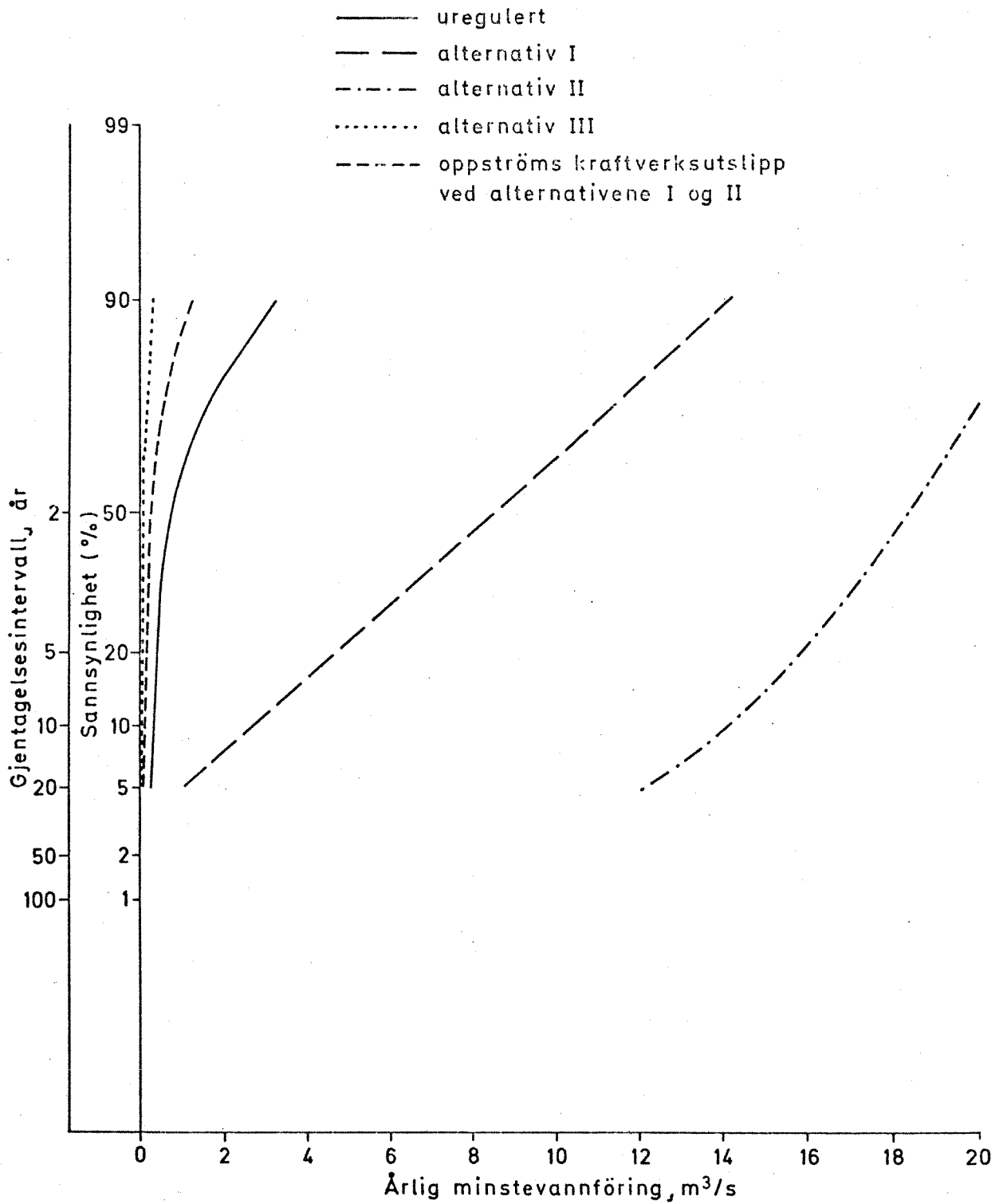


Fig.27 Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Uregulert

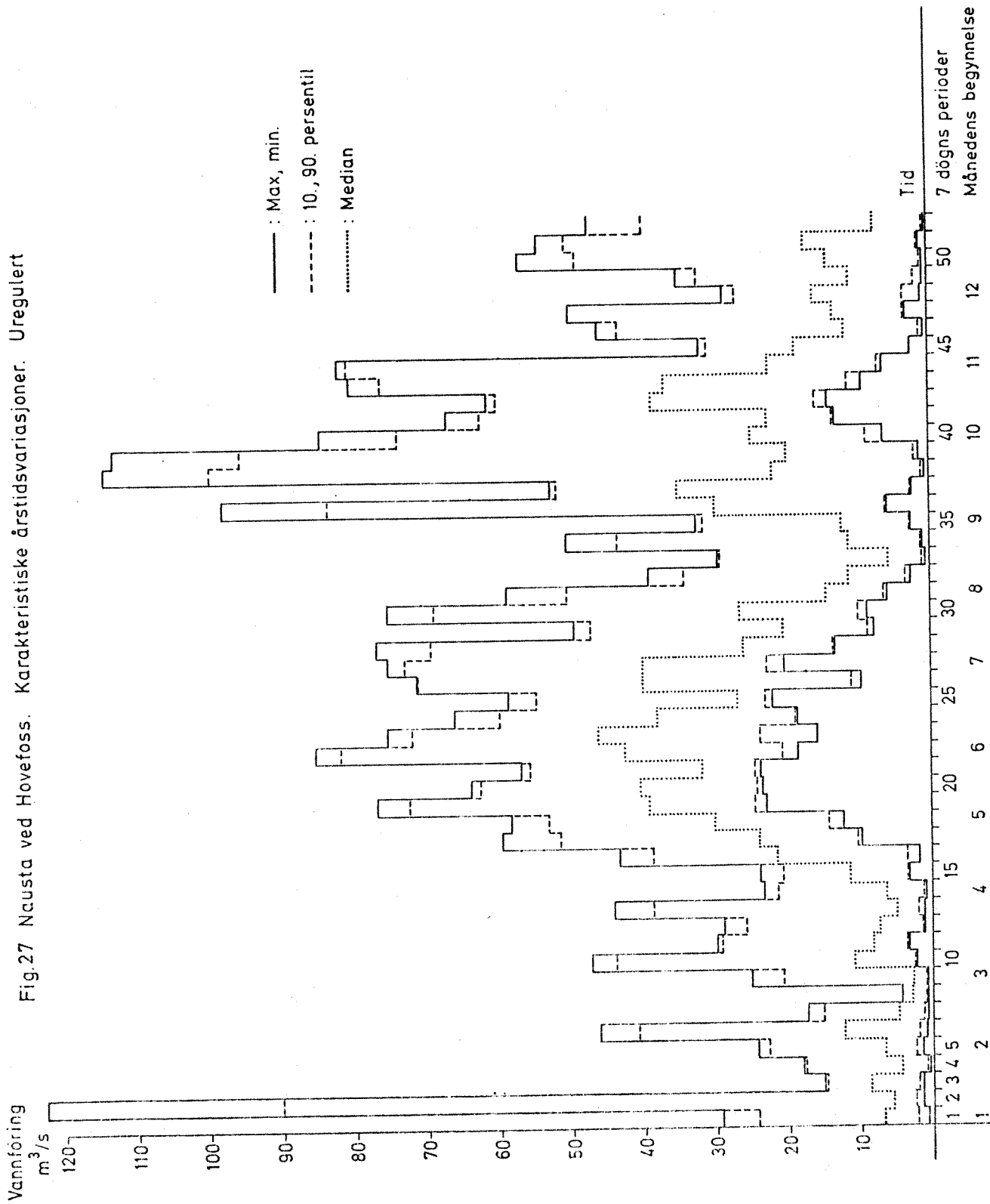


Fig.28 Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ I

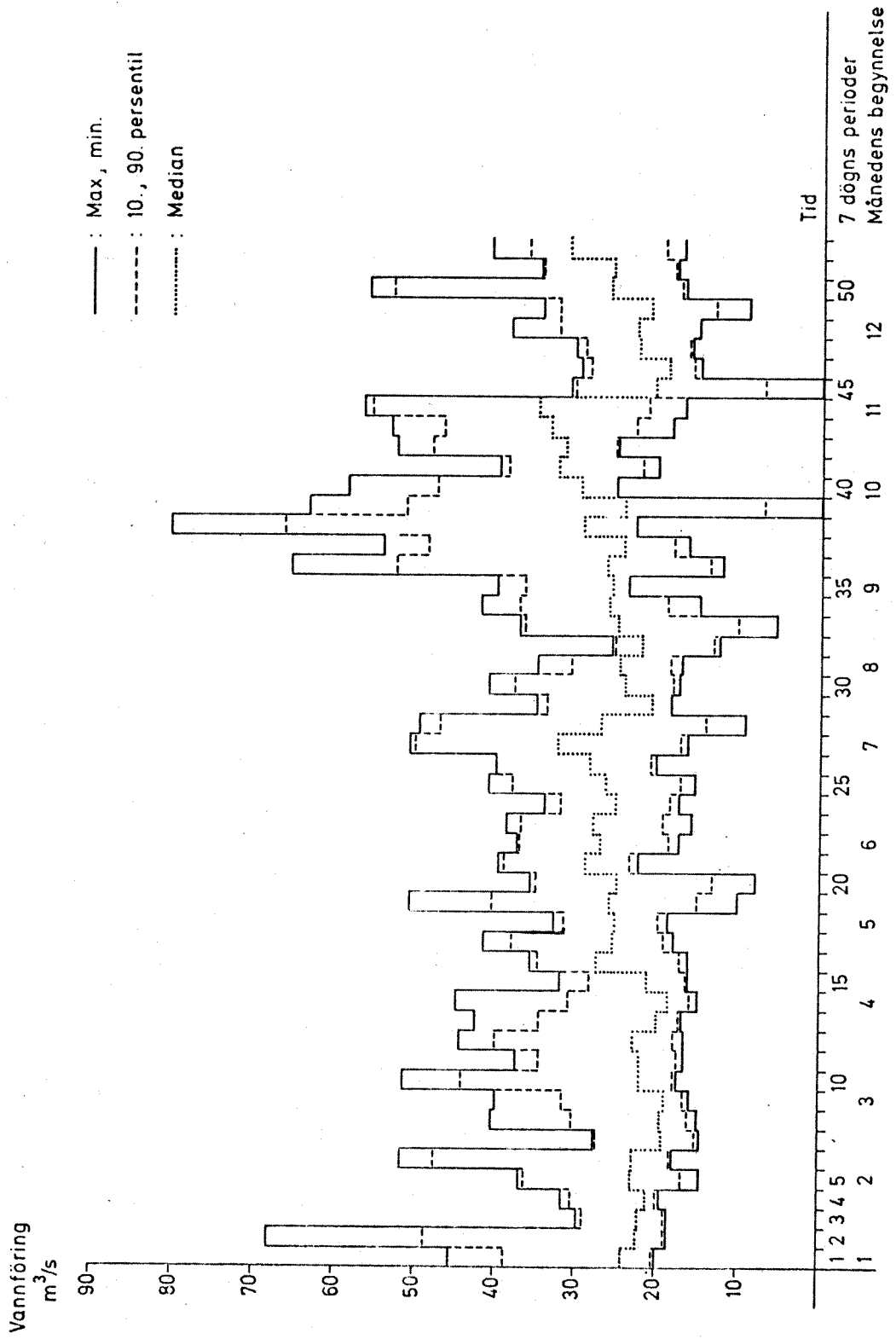
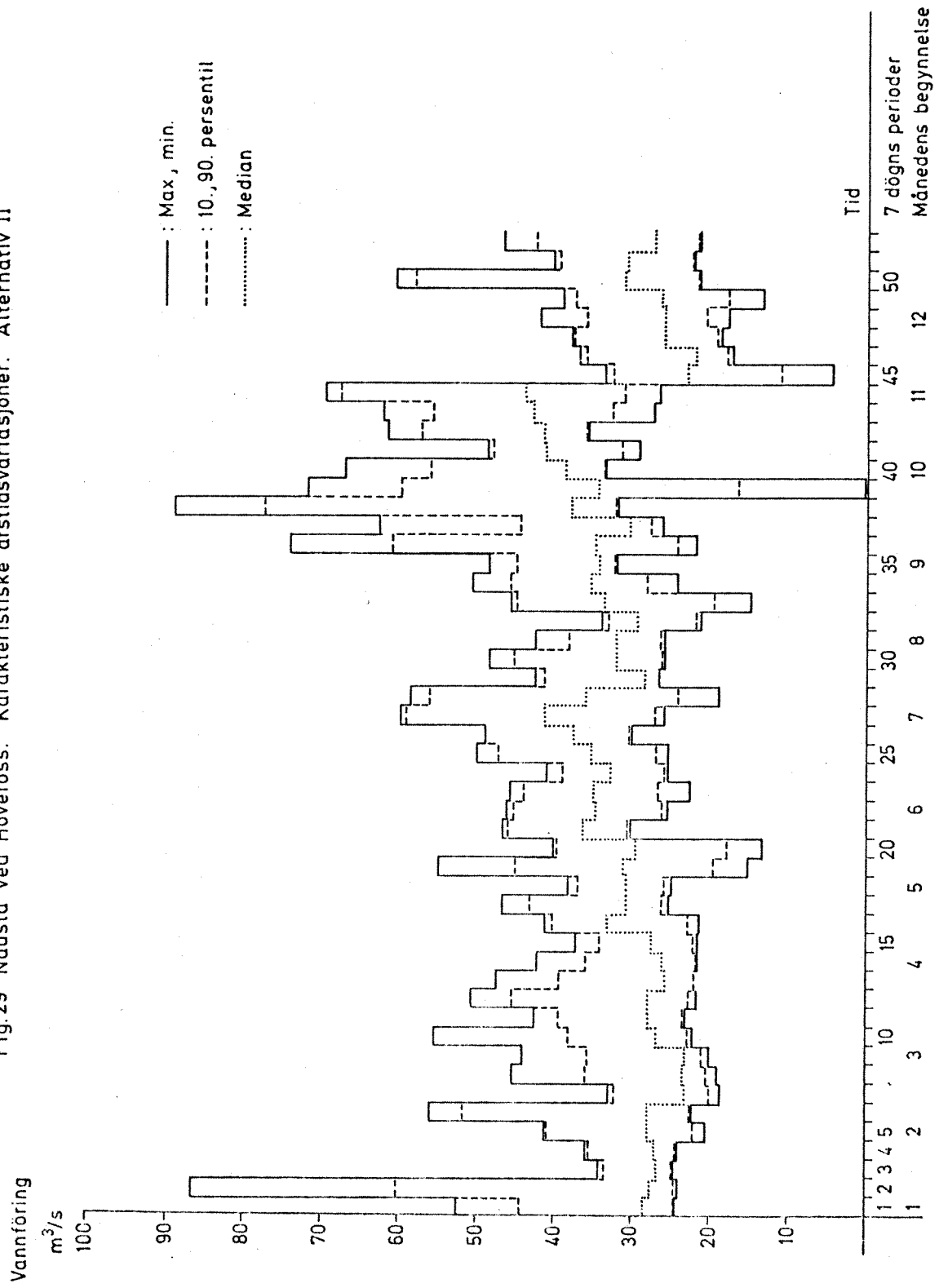


Fig.29 Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Alternativ II



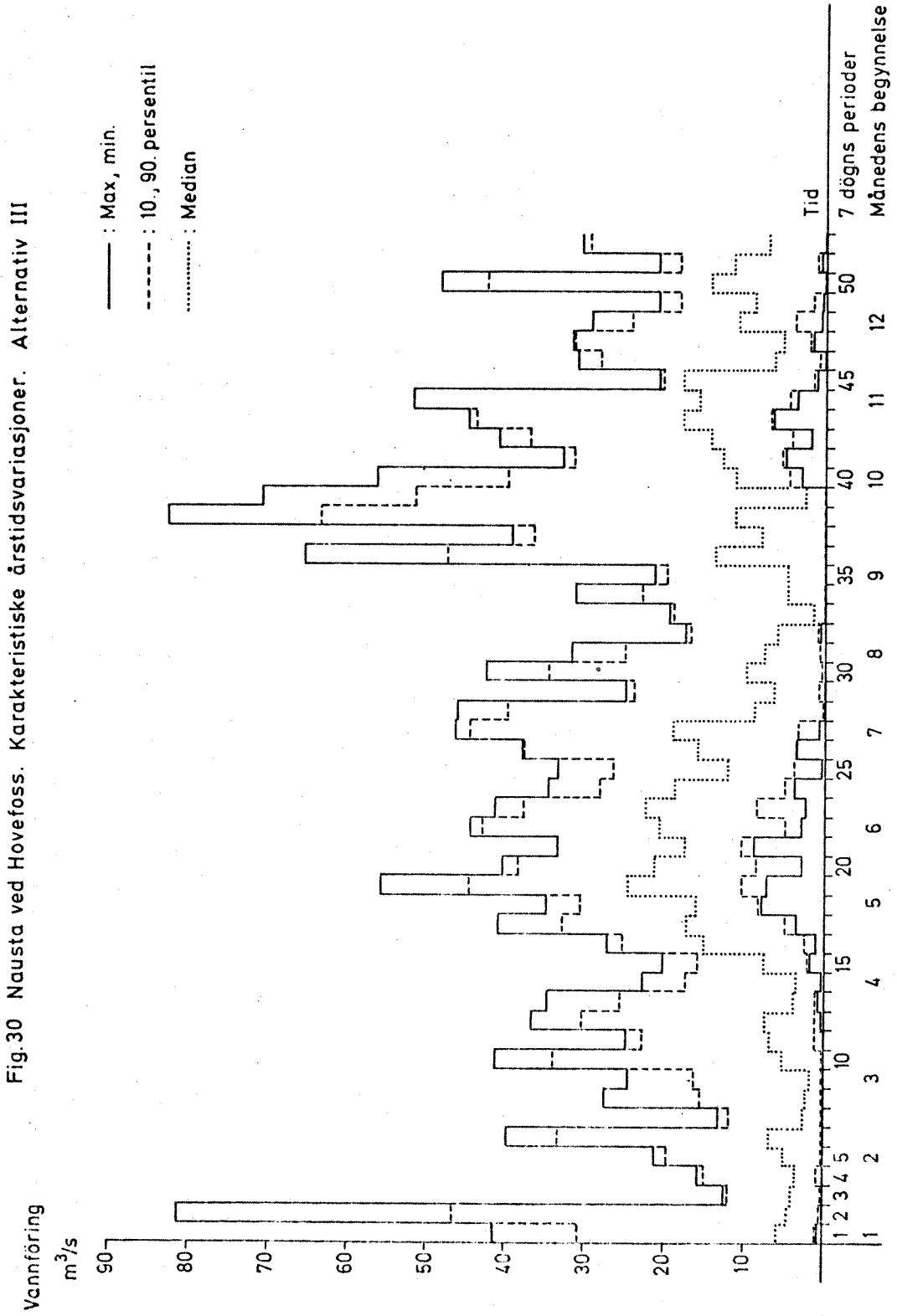
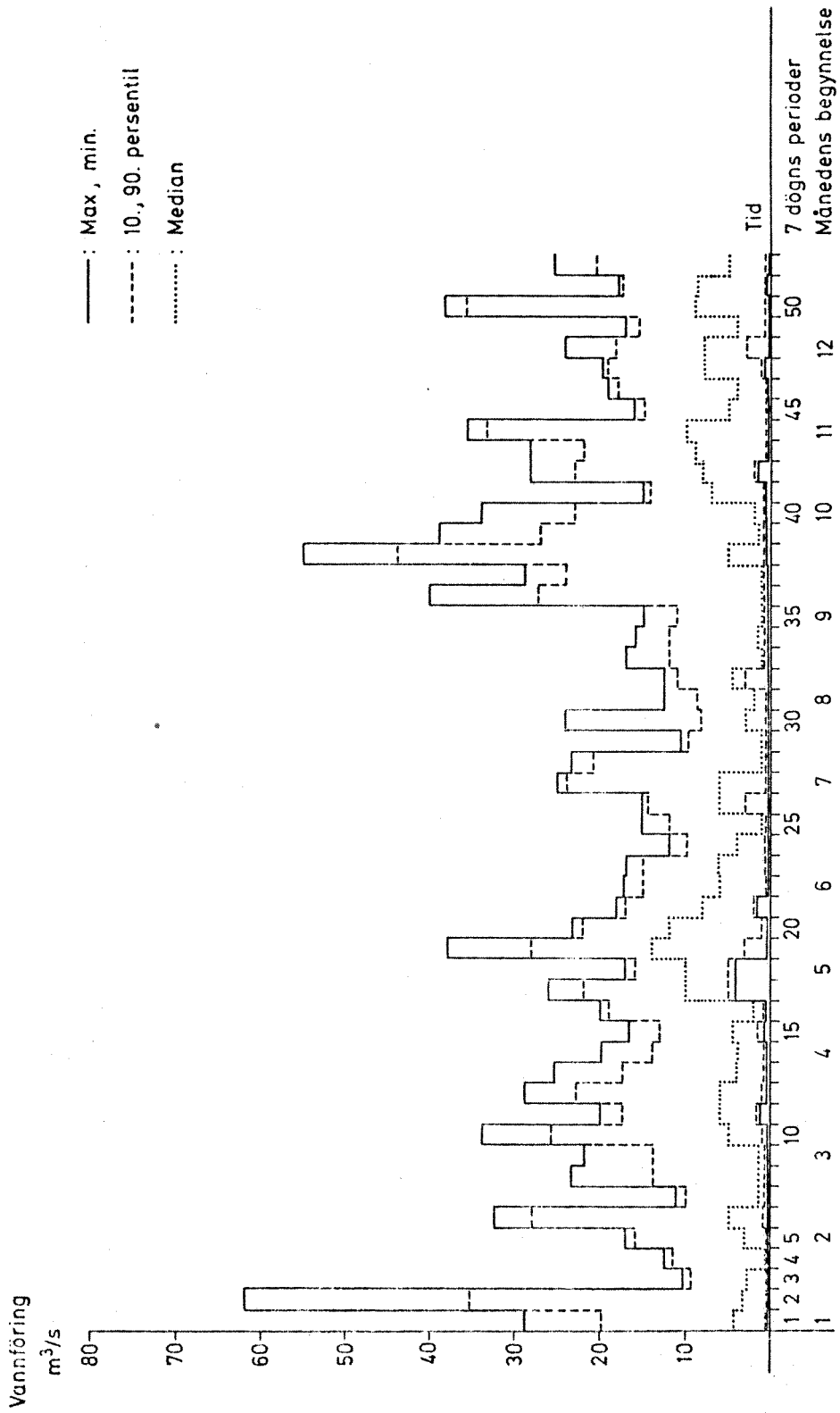


Fig.31 Nausta ved Hovefoss. Karakteristiske årstidsvariasjoner. Oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativene I og II



median), med mildvær kombinert med regn kan forårsake høye flommer. Maksimal flom i perioden 1964-1973 ($126 \text{ m}^3/\text{s}$) fant sted i januar.

Ved samtlige reguleringsalternativer blir flommene sterkt redusert. Dette gjelder i særlig grad vårflommene. Dempningen er særlig stor oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II. De øvrige alternativenes dempning er i samme størrelsesorden.

Lavvannføringer

I naturlige vassdrag (fig. 26, min. og 10. persentil) er det karakteristisk med lavvann om vinteren i perioden november-april og til dels i august/september.

Ved alternativ I og II øker den vannføringen som kan forventes å opptre hvert 10. år (fig. 26-23, 10. persentil) i de nevnte lavvannsperioder fra ca. $3 \text{ m}^3/\text{s}$ til henholdsvis ca. $15 \text{ m}^3/\text{s}$ og ca. $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved alternativ III vil vannføringer med den nevnte gjenntakelsesperiode forventes å bli meget nær $0 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren og sensommers (fig. 29, 10. persentil). Oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II kan vannføringer nær $0 \text{ m}^3/\text{s}$ opptre ved alle årstider (fig. 30, 10. persentil).

Sammendrag for Naustdalsvassdraget.

Reguleringsalternativene I og II medføre henholdsvis moderat og sterk økning av varigheter med høye vannføringer. Det øvrige alternativet har motsatt effekt. Samtlige alternativer reduserer varigheten av høye vannføringer.

Samtlige reguleringsalternativer fører til reduserte årlige maksimalvannføringer. Kraftutslipp nedstrøms Hovefoss eller direkte til Førdefjorden har størst dempende virkning, deretter følger alternativene I, III og II.

Årlig minstevannføring øker meget sterkt ved alternativene I og II. Ved de øvrige alternativene fører reguleringen til reduserte årlige minstevannføringer.

Ved samtlige alternativer blir særlig snøsmelteflommen og i noe mindre grad regnflommene om høsten redusert. Dempningen er spesielt sterk oppstrøms et eventuelt kraftverksutslipp.

Alternativene I og II fører til sterkt økte lavvannføringer. Alternativ III medfører sterkt reduserte lavvannføringer (nær $0 \text{ m}^3/\text{s}$ vinter og sensommers hvert 10. år). Vannføringen oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativene I og II kan hvert 10. år forventes å bli nær $0 \text{ m}^3/\text{s}$ til alle årstider.

En rangering av de ulike reguleringsalternativene ut fra krav til høye lavvannføringer og varigheten av disse blir:

1. Alternativ II: Samlet utbygging til Naustdal, nedstrøms kraftverksutslipp.
2. Alternativ I: Delt utbygging til Naustdal og Hyen, nedstrøms kraftverksutslipp.
3. Alternativ III: Samlet utbygging til Hyen via Storevatnet.

Det vil si at alternativene I og II fører til sterkt økte lavvannføringer nedstrøms utslipp fra kraftverket.

Lavvannføringene vil avta sterkt ved alternativ III og ved alternativene I og II oppstrøms kraftverksutslipp til Nausta.

8.3 Konsekvenser av vannføringsendringene for fosforkonsentrasjoner - minstevannføringer

8.3.1 Gjengedalsvassdraget

Fosforbidraget til dette vassdrag er hovedsakelig bestemt av den naturlige avrenning (ubetydelig påvirket av mennesker). De ulike reguleringsalternativene kan følgelig ikke forventes å endre fosforkonsentrasjonen

i vesentlig grad. Minstevannføringer i disse vassdragene kan fastsettes uten hensyn til forurensningskonsentrasjoner i vannmassene.

Tørrlegging eller for lav vannføring vil få meget uheldige konsekvenser for vassdragets organismsamfunn og de biologiske forhold.

En minstevannføring søkes foreslått ut fra den forutsetning at et harmonisk organismsamfunn kan opprettholdes. I Oma ved innløpet til Ommedalsvatn er midlere lavvannføring om vinteren med underskridelsesintervall på 2 år og 10 år (fig. 21, median og 10. persentil) henholdsvis ca. $3 \text{ m}^3/\text{s}$ og $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$. I tørrvårsperioder om sommeren er de tilsvarende lavvannføringer høyere.

For at ikke reguleringen skal forverre dagens situasjon i særlig grad, synes $1 \text{ m}^3/\text{s}$ å være en rimelig minstevannføring i Oma ved innløpet til Ommedalsvatn oppstrøms et eventuelt kraftverksutslipp.

8.3.2 Naustdalsvassdraget

Fosfortilførslen som skyldes menneskelige aktiviteter antas å være overveiende konstant og uavhengig av lavvannføringer i tørrvårsperioder. Følgelig vil konsentrasjonene endres som følge av reguleringen. Beregningene bygger på observerte fosforkonsentrasjoner i undersøkelsesperioden og de foregående hydrologiske utredningene.

Den fosformengden som pr. tidsenhet passerer et tverrsnitt av elva, er summen av bidraget fra menneskelige aktiviteter (M_M) og bidraget fra naturlig avrenning (M_N):

$$M = M_M + M_N$$

$$K \cdot Q = M_M + K_N \cdot Q$$

$$Q \text{ (m}^3/\text{s)} : \text{ vannføring}$$

$$K \text{ (}\mu\text{g P/l)} : \text{ fosforkonsentrasjonen i vassdraget}$$

$$K_N \text{ (}\mu\text{g P/l)} : \text{ konsentrasjonen i naturlig (ikke menneskepåvirket) vann}$$

For konsentrasjoner i naturlig vann (K_N) ble verdiene fra utløpet av Vonavatn (N) benyttet. Bidraget fra menneskelige aktiviteter (M_M) ble deretter beregnet med kjennskap til vannføring (Q) og konsentrasjoner (K) på observasjonsdagene. Ved å benytte midlere verdier av bidraget fra menneskelige aktiviteter (M_M) og midlere vannføringer (Q) for median og 10. persentil i perioden (1. juli - 1. oktober) og vinter (1. oktober - 1. mai), ble konsentrasjonene ved de ulike reguleringsalternativene beregnet. Resultatene er vist i tabellene 22 og 23.

I vassdraget oppstrøms de befolkede områder vil ikke reguleringsinngrepene påvirke fosforkonsentrasjonene nevneverdig. Dette på grunn av at det her er overveiende naturlig tilsig.

Ved midlere median vannføring (underskrides i gjennomsnitt annet hvert år) i perioden 1. juli - 1. oktober er konsentrasjonene i det uregulerte felt ved Styggelifoss, Kallandfoss og Hovefoss henholdsvis 5 $\mu\text{g P/1}$, 9 $\mu\text{g P/1}$ og 12 $\mu\text{g P/1}$. Ved alternativene I og II blir de tilsvarende konsentrasjoner ikke endret i nevneverdig grad. Ved alternativ III blir det imidlertid en vesentlig økning i konsentrasjonene f. eks. til 25 $\mu\text{g P/1}$ ved Hovefoss.

For midlere 10. persentil av vannføringen (underskrides i gjennomsnitt hvert 10. år) i perioden 1. juli - 1. oktober er konsentrasjonene ved Styggelifoss, Kallandfoss og Hovefoss henholdsvis 8 $\mu\text{g P/1}$, 25 $\mu\text{g P/1}$ og 27 $\mu\text{g P/1}$. Ved alternativene I og II reduseres de tilsvarende verdier vesentlig, f.eks. til henholdsvis 14 $\mu\text{g P/1}$ og 11 $\mu\text{g P/1}$ ved Hovefoss. Alternativ III og i særlig grad oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II blir det en vesentlig konsentrasjonsøkning, f.eks. henholdsvis 77 $\mu\text{g P/1}$ og 260 $\mu\text{g P/1}$ ved Hovefoss.

I uregulerte felt øker konsentrasjonene vesentlig med avtagende vannføring fra median til 10. persentil, f.eks. fra 12 $\mu\text{g P/1}$ til 27 $\mu\text{g P/1}$ ved Hovefoss. Alternativene I og II fører til en meget svak økning (1 $\mu\text{g P/1}$) i de tilsvarende verdier. For alternativ III og i særlig grad oppstrøms kraftverksutslipp ved alternativ I og II stiger konsentrasjonene meget raskt ved avtagende gjentagelsesperiode, f.eks.

en økning på henholdsvis $\mu\text{g P/l}$ og $\mu\text{g P/l}$ ved Hovefoss.

Tabell 23 viser fosforkonsentrasjoner ved de samme lokaliteter og vannføringsfrekvenser som er kommentert ovenfor i perioden 1. oktober - 1. mai. Variasjonsmønsteret ved de ulike reguleringsalternativene er den samme som for sommersituasjonen. Konsentrasjonen er imidlertid lavere.

På grunn av de biologiske prosessers avhengighet av lys og temperatur blir resultatene fra vegetasjonsperioden tillagt avgjørende vekt i vurderingene som følger.

En rangering av de ulike reguleringsalternativene ut fra krav til lave fosforkonsentrasjoner nedstrøms kraftverksutslipp blir:

1. Alternativ II: Samlet utbygging til Naustdal
2. Alternativ I: Delt utbygging til Naustdal og Hyen
3. Alternativ III: Samlet utbygging til Hyen via Storevatnet

Alternativene I og II fører til lavere konsentrasjoner enn i uregulert felt. Dette gjelder særlig for sjeldent forekommende lave vannføringer (f.eks. 10. persentil). Ved disse alternativene gjelder beregningene nedstrøms kraftverksutslipp ved Styggelifoss. Ved kraftverksalternativene med utslipp nedstrøms Styggelifoss eller direkte utslipp til Førdefjorden, vil elvestrekningen fra Styggelifoss til utslippet eller eventuelt helt til utløpet i fjorden få meget høye konsentrasjoner. Alternativ III vil også føre til en sterk økning av fosforinnholdet i forhold til i uregulert vassdrag.

En rangering av alternativene ut fra krav til lave fosforkonsentrasjoner oppstrøms kraftverksutslipp blir:

1. Alternativ III: Samlet utbygging til Hyen via Storevatnet
2. Alternativ I: Delt utbygging til Naustdal og Hyen
3. Alternativ II: Samlet utbygging til Naustdal

Samtlige alternativer fører til større fosforkonsentrasjoner enn i uregulert vassdrag. I de tynt befolkede områdene oppstrøms Styggelifoss er konsentrasjonene i vassdraget vesentlig lavere sammenliknet med forholdene på elvestrekningen nedstrøms.

På grunn av usikkerheten i minstevannføringene er laveste vannføring satt lik $1 \text{ m}^3/\text{s}$ under beregningene. Videre er det nytted midlere verdier av de ulike vannføringsfrekvenser. Det er grunn til å anta at verdier mindre enn $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vil kunne opptre i kortere perioder (jfr. avsnitt 8.2.2). Dette medfører økte konsentrasjoner. De beregnede konsentrasjonsverdier må derfor antas å representere en nedre grense.

Ved vurderingene er fosforkonsentrasjoner på ca. $8 \mu\text{g P/l}$ satt som øvre grense for akseptabel tilstand i sommerhalvåret. Grensen er valgt ut fra biologiske kriterier. I uregulert felt er konsentrasjonene i denne størrelsesorden ved median vannføring (tab. 22). Ved vannføringer med lengre underskridelsesintervall øker konsentrasjonene vesentlig over den satte grense. F.eks. $27 \mu\text{g P/l}$ ved Hovefoss (tab. 22, 10. persentil). Det vil si at fosforinnholdet i vassdraget nedstrøms Styggelifoss ikke tilfredsstiller kravet til ønskelig vannkvalitet. Dersom rensetiltak reduserer fosforkonsentrasjonene til det akseptable i uregulert felt, vil følgelig verdiene også bli akseptable for reguleringsalternativene I og II nedstrøms kraftverksutslipp.

På bakgrunn av den antatte effekt fra eksisterende forurensningsutslipp vil fortsatt konsentrasjonene bli langt over det ønskelige ved alternativ III og ved alternativene I og II mellom Styggelifoss og utslipp fra et eventuelt kraftverk lenger nede i vassdraget.

Ved å legge kraftverksutslipp til Styggelifoss vil forholdene nedstrøms kraftverket forbedres i forhold til i uregulert vassdrag.

Ved å vurdere bidragene med fosforforbindelser og påvirkninger av vassdraget ses at fordelene ved alternativ I og II med utslipp ved Styggelifoss er klart større for strekningen nedstrøms utslippet sammenliknet med ulempene oppstrøms.

Minstevannføring

Beregnet naturlig minstevannføring ved Hovefossen for at en fosforkonsentrasjon på 8 µg P/l skal oppnås:

	vannføring <u>m³/s</u>	underskr. intervall uregulert felt for aug./sept. <u>år</u>
Styggelifoss	3	10
Kallandsfoss	15	2
Hovefoss	30	0.1

Med de rådende forhold i vassdraget er altså kravet oppfylt ved Styggelifoss i ca. 9 av 10 år. Ved Hovefoss bare hvert tiende år. Det vil være urimelig å fastsette minstevannføringskrav ut fra konsentrasjonsbetraktninger på sistnevnte lokalitet med de nåværende tilførsler.

I uregulert felt er midlere median vannføring ca. 15 m³/s i lavvannsperioden august/september (fig. 26). Den tilsvarende midlere vannføring som underskrides i gjennomsnitt hvert 4. og 10. år er henholdsvis ca. 7 m³/s og ca. 3 m³/s. Reguleringer som medfører lavere vannføringer ved de gitte gjentakelsesintervaller, vil følgelig forverre forurensningssituasjonene i vassdraget. Hvis reguleringsinngrepene ikke skal forverre dagens vannkvalitet i vesentlig grad under tørrvårsperioder, synes 5 m³/s å være en rimelig minstevannføring i perioden 1. mai - 1. oktober.

Denne minstevannføring vil medføre en oppfyllelse av kravet til fosforkonsentrasjoner oppstrøms Styggelifoss dersom maksimum 2 m³/s tilføres vassdraget ved kraftverksutslipp.

Om vinteren vil de aktuelle fosforkonsentrasjoner ikke i samme grad være avgjørende for elvas forurensningstilstand. Minstevannføring må for denne periode fastsettes ut fra andre kriterier enn forurensningskonsentrasjoner. Tørrlegging eller for lav vannføring vil imidlertid få sterkt ødeleggende virkninger på vassdragets biologiske forhold.

Minstevannføringen søkes fastlagt ut fra ønske om å opprettholde et harmonisk organismesamfunn. Det tas som utgangspunkt at eksisterende organismesamfunn har klart å tilpasse seg de naturlige lavvannføringer. De hydrologiske data viser at midlere vinterlavvann med underskridelsesperiode på 10 år, 4 år og 2 år (fig. 26) er henholdsvis $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ og $7 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Hovefoss. På denne bakgrunn foreslås $2 \text{ m}^3/\text{s}$ som minstevannføring ved Hovefoss i perioden 1. oktober - 1. mai.

8.4 Samlet bedømmelse

Fosfor er begrensende faktor blant næringsstoffer for den biologiske primærproduksjon i de aktuelle vassdrag. Uheldige biologiske miljøforandringer vil gjøre seg gjeldende ved fosforkonsentrasjoner over ca. $8 \mu\text{g P/l}$. Fosforbidraget som forårsaker forurensning skyldes menneskelige aktiviteter.

I Gjengedalsvassdraget har fosforkonsentrasjonene under rådende forhold ikke forurensende betydning. Dette gjelder uansett reguleringsalternativ. Minstevannføringen foreslås til $1 \text{ m}^3/\text{s}$ i Oma ved innløpet til Ommedalsvatn oppstrøms et eventuelt kraftverk.

I Naustdalsvassdraget ble fosforkonsentrasjoner beregnet for de ulike reguleringsalternativene for vannføringer i lavvannsperioder sommer og vinter med underskridelsesintervaller på 2 år og 10 år.

En rangering av de ulike reguleringsalternativene ut fra krav til lave fosforkonsentrasjoner nedstrøms kraftverksutslipp er:

1. Alternativ II: Samlet utbygging til Naustdal
2. Alternativ I: Delt utbygging til Naustdal og Hyen
3. Alternativ III: Samlet utbygging til Hyen

Alternativene I og II fører til vesentlig lavere fosforkonsentrasjoner enn i uregulert felt. De øvrige alternativer medfører vesentlig økte konsentrasjonsverdier.

Oppstrøms kraftverksutslipp fører alternativ III til vesentlig lavere konsentrasjoner enn alternativ I og II. Samtlige alternativ forårsaker større verdier enn i uregulert felt. Oppstrøms Styggelifoss er konsentrasjonene vesentlig lavere enn nedstrøms.

Nedre deler av Naustdalsvassdraget har på det nåværende tidspunkt for høye fosforkonsentrasjoner (over 8 µg P/l) i lavvannsperioder. Eventuelle rensetiltak kan ikke forventes å redusere fosforinnholdet tilstrekkelig dersom de reguleringsalternativer som øker konsentrasjonen blir valgt.

Ved vurdering av fordeler og ulemper synes alternativ I og II med utslipp ved Styggelifoss å være mest fordelaktig.

Beregning av minstevannføring ut fra konsentrasjonsbetraktninger med dagens fosfortilførsel, fører nedstrøms Styggelifoss til urimelig høye verdier (ca. 30 m³/s ved Hovefoss).

Ved Hovefoss fastlegges følgende minstevannføring ut fra ønske om ikke å forverre vannkvaliteten i forhold til det uregulerte felt:

1. mai - 1. oktober	:	5 m ³ /s
1. oktober - 1. mai	:	2 m ³ /s

Disse minstevannføringene medfører oppfyllelse av kravet til fosforkonsentrasjoner oppstrøms Styggelifoss dersom maksimum 2 m³/s tilføres Nausta som kraftverksutslipp.

Tabell 22. Beregnede fosforkonsentrasjoner for Naustdalsvassdraget ved midlere 10. persentil og midlere median vannføring i perioden 1. juli - 1. oktober.

Lokalitet	Konsentrasjon før regulering µg P/l 10.per- sentil median	Oppstrøms kraftstasjon µg P/l 10.per- sentil median	N e d s t r ø m s k r a f t s t a s j o n		
			Alternativ I µg P/l 10.per- sentil median	Alternativ II µg P/l 10.per- sentil median	Alternativ III µg P/l 10.per- sentil median
Utløp Vonavatn	3	-	-	-	-
Styggelifoss	8	45	6	5	22
Kallandsfoss	25	225	14	11	74
Hovefoss	27	260	14	12	77

Tabell 23. Beregnete fosforkonsentrasjoner for Naustdalsvassdraget ved midlere 10. persentil og midlere median vannføring i perioden 1. oktober - 1. mai.

Lokalitet	Konsentrasjon før regulering µg P/l 10.per- sentil	Oppstrøms kraftstasjon µg P/l 10.per- sentil	N e d s t r ø m s k r a f t s t a s j o n		
			Alternativ I µg P/l 10.per- sentil	Alternativ II µg P/l 10.per- sentil	Alternativ III µg P/l 10.per- sentil
Utløp Vonavatn	3	-	-	-	-
Styggeelifoss	10	21	4	4	22
Kallandsfoss	20	47	6	5	71
Hovefoss	27	63	7	6	63

9. HENVISNINGER

- Ambühl, H.: Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor.
Schweiz. Z. Hydrol. 21, pp. 133-264, 1959.
- Bruland, K. og Morken, G.: Landbruksnæringa i Naustdal.
Særmelding nr. 15, Norges landbruksøkonomiske institutt,
Oslo 1959.
- Bryhni, I. og Grimstad, E.: Supracrustal and infracrustal rocks in
the gneiss region of the Caledonides west of Breimsvatn.
Norges Geologiske Undersøkelser, Nr. 266: 105-140, 1970.
- Frost, S. et al.: Evaluation of a kicking technique for sampling
bottom fauna.
Can. J. Zool. 49: 167-173, 1971.
- Holtan, H.: Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå. Resipientunder-
søkelser i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer 1974-1975.
Norsk institutt for vannforskning 0-151/73. Blindern 1975.
- Holtan, H.: Glåma i Østerdalen - hydrografiske undersøkelser.
Vann, vol. 5, pp. 137-144, 1970.
- Holtedahl, O.: Norges geologi.
Oslo 1953.
- Hynes, H.B.N.: The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream.
Arch. Hydrobiol. 57: 344-388, 1961.
- Hynes, H.B.N.: The Ecology of Running Waters.
Liverpool 1970.
- Institutt for jordskifte og eiendomsutforming: Kart 1:20000.
Arealgrunnlaget for landbruket. Ås 1958.
- Kotai, J.; Krogh, T. og Skulberg, O.: The fertility of some Norwegian
inland waters assayed by algal cultures.
Norsk institutt for vannforskning, Blindern 1976.

Larkin, P.A.: The environmental impact of hydropower.

H.R. Mac Millan lectures for 1971, University of British Columbia,
Vancouver, 1972.

Lindstrøm, E.-A. og Skulberg, O.: Sestonobservasjoner i sammenheng med
praktiske vannundersøkelser. Norsk institutt for vannforskning
1975: 35-47, Oslo 1976.

Macan, T.T.: Freshwater Ecology.

London 1963.

Mellquist, P.: Statistiske analyser av pH-data fra Sira-Kvina-vass-
dragene. VN-rapport: 1-72, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen,
Oslo 1972.

Nordseth, K.: Sedimenttransport i norske vassdrag, sammendrag av
arbeider ved Geografisk institutt, Universitetet i Oslo, 1969-1973.
NVE-Statskraftverkene, 1974.

Norges landbrukshøgskole: Norsk jordbruk og vannressursene Del I,
Vannforurensninger fra jordbruket, regional fordeling og utvikling.
Utredning fra arbeidsgruppe: 1-82. Ås-NLH 1974.

Norsk institutt for vannforskning: Mjøsprosjektet, Fremdriftsrapport
nr. 3A, Undersøkelser 1972. Resultater og kommentarer. O-91/65
Rapport. Blindern, april 1972.

Norsk institutt for vannforskning: Resipientundersøkelser i forbindelse
med planlagte vassdragsreguleringer. O-151/73 Rapport. Blindern,
oktober 1975.

Norsk institutt for vannforskning: Vassdragsundersøkelser i Naustdal,
Gjengedal og Angedal, Sogn og Fjordane. Datasamling 1974-1975,
O-48/74 Rapport. Blindern, 24. juni 1975.

Reid, G. and Wood, R.: Ecology of inland waters and estuaries.
New York 1976.

- Sjørs, H.: Nordisk växtgeografi
Scandinavian University Books, Stockholm 1956.
- Sjørs, H.: Ekologisk botanik.
Biologi 10. Uppsala 1971.
- Skulberg, O.: Biologiske metoder ved forurensningsundersøkelser.
Rapport til Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd,
Blindern 1959.
- Skulberg, O.: Begroing i norske vassdrag. Virkninger av regulering.
Norsk institutt for vannforskning 1973: 27-37. Oslo 1974.
- Skulberg, O.: Vassdragene i morgendagens samfunn. Forskningens ansvar
for å sikre en fornuftig ressursforvaltning.
Forskningsnytt, nr. 8, pp. 8-13, 1975.
- Skulberg, O.: Glåma i Østerdalen - påvirkninger av biologiske forhold.
Vann, vol. 5, pp. 133-136, 1970.
- Solheim, E.: Vegetasjonskartlegging. Vedlegg 1 til "Viltundersøkelser
i Naustdal-Gjengedal 1974-75" av Odd Kjos-Hansen, Rapport nr. 5,
Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, 1976.
- Sogn og Fjordane Kraftverk: Notat 173.221 RS/lit, Byggeavdelinga,
Sandane 21.6.1974.
- Sogn og Fjordane Kraftverk: Nausta-/Gjengedal. VA-registreringer av
kulturpåverknad for Norsk institutt for vannforskning. Byggeav-
delinga, Sverre Sande, Sandane, november 1975.
- Sogn og Fjordane Kraftverk: Brev ref. 173.221.4, Sandane 20.1.1977.