

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: B:ekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-80118
Undernummer:
Løpenummer: 1512
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Vannverksutbygging i Gullfjellet. Vurdering av mulige konsekvenser for resipientforholdene i Arnavassdraget, med særlig vekt på Storelva og Arnavågen.	Dato: 7.7. 1983
Forfatter(e): Karl Jan Aanes NIVA Gjertrud Holtan " Eli-Anne Lindstrøm " Jarle Molvær " <i>Magnus Skålnes, Bergen kommune</i>	Prosjektnummer: 0-80118
	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Bergen/Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 76

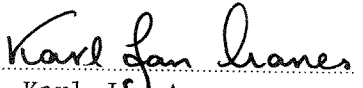
Oppdragsgiver: Anleggsseksjonen, Bergen kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

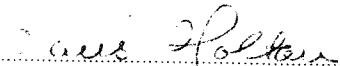
Ekstrakt: Ved gjennomføring av Bergen bys utbygningsplaner for et nytt vannverk i Gullfjellet, vil resipientforholdene i nedre deler av Arnavassdraget berøres. Tilstanden i nevnte vassdrags-avsnitt karakteriseres i dag av store tilførsler av boligkloakk og industriutslipp, tildels med gifteffekter. I bakteriologisk henseende er vannet her av meget dårlig kvalitet. Både begroingen og bunndyrfaunaen er preget av forurensningen. En viktig forurensningskilde er den delen av nedbørfeltet som omfatter Haukelandsvatn og Lona. Arnavågen innenfor terskelen er preget av at det tilføres store mengder organisk materiale og næringssalter. Generelt kan det sies at resipientkapasiteten i den del av vassdraget som omfatter Haukelandsvatn, Lona, Storelva og Arnavågen er betydelig overskredet. Det er i dag allerede etablert et stort behov for en effektiv kloakksanering langs denne delen av vassdraget. For å få en akseptabel vannkvalitet i Arnavassdraget må denne gjennomføres parallelt med utbygning av vannverket og være klar før dette tas i bruk. Omfanget av den kloakksanering som er nødvendig for å få en akseptabel resipientkvalitet når vannverket er etablert, skisseres i rapporten.

4 emneord, norske:
1. Vannverksutbygging
2. Resipientvurdering
3. Eutrofiering/saprobiering
4. Arnavassdraget

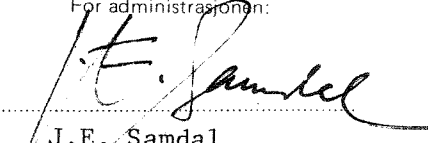

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:


Karl Jan Aanes
Divisjonssjef:


Hans Holtan

For administrasjonen:


J.E. Samdal

A.S. Eikum

ISBN 82-577-0655-8

0 - 80118

VANNVERKSUTBYGGING I GULLFJELLET

Vurdering av mulige konsekvenser for
resipientforholdene i Arnavassdraget, med
særlig vekt på Storelva og Arnavågen

Oslo, 7. juli 1983

Karl Jan Aanes

I N N H O L D

	Side
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	5
1. FORDRD	10
2. INNLEDNING	11
2.1 Bakgrunn og målsetting	11
2.2 Tidligere arbeider og rapporter om Arnavassdraget	12
3. BESKRIVELSE AV ARNAVASSDRAGET	13
3.1 Naturlandskapet	13
3.2 Klima	15
3.3 Arealfordeling	17
3.4 Aktiviteter i nedbørfeltet	18
3.4.1 Bosetting	18
3.4.2 Jordbruk	18
3.4.3 Industri	20
3.4.4 Forurensningstilførsler	22
3.4.5 Håndtering og disponering av avfall - avløpsforhold	23
3.4.6 Konklusjoner	23
3.5 Reguleringsinngrep	24
3.5.1 Eksisterende reguleringer	24
3.5.2 Planlagte reguleringer	25
Vannverket i Bjørndalsvassdraget	25
Senere muligheter	27
Fremtidig kraftproduksjon	28
3.6 Vannføringer	28
3.6.1 Generelt	28
3.6.2 Gjennomsnittlig (midlere) vannføring	29
3.6.3 Minstevannføring (lavvannføring)	30
3.6.4 Anslåtte/beregnete endringer i vannføringer	31
4. ARNAVAGEN	36
4.1 Nåværende tilstand	36
4.2 Konsekvenser for de hydrofysiske forhold av endret ferskvannstilførsel	37
4.3 Forventet tilstand ved redusert ferskvannstilførsel og redusert belastning	38

	Side
5. STASJONSBESKRIVELSE	39
5.1 Formål/hensikt med valgte stasjonsplassering	39
5.2 Fysisk karakterisering	39
6. FYSISK-KJEMISKE MILJØPARAMETRE	41
6.1 Innledning	41
6.2 Prøvetakingsfrekvens og metodikk	41
6.3 Resultater og kommentarer	42
6.3.1 pH og konduktivitet	42
6.3.2 Farge, turbiditet og kjemisk oksyderbarhet (KMnO ₄ -forbruk)	44
6.3.3 Næringsalter	44
6.3.4 Tungmetaller	46
6.3.5 Konklusjoner	47
7. HYDROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER	48
7.1 Bakteriologi	48
7.2 Begroing	48
7.2.1 Innledning	48
7.2.2 Metode og materiale	49
7.2.3 Resultater	49
7.2.4 Konklusjoner	53
7.3 Bunndyrsamfunnenes sammensetning på stasjonene	53
7.3.1 Innledning	53
7.3.2 Stasjonsvalg	54
7.3.3 Metode og materiale	54
7.3.4 Resultater	55
7.3.5 Konklusjoner	58
7.4 Fisk	58
8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	60
8.1 Vurdering av nevnte inngrep på vassdraget ved nåværende forurensningsbelastning	60
8.2 Nødvendige tiltak som må gjennomføres for å opprettholde en akseptabel vannkvalitet i Storelva etter at nevnte vannverksutbygging er gjennomført	60
8.3 Overvåkingsundersøkelser	63
9. REFERANSER	64

F I G U R E R

	Side
1. Arnavassdragets totale nedbørfelt med prøvetakingsstasjoner	14
2. Temperatur- og nedbørobservasjoner ved Fana forsøksstasjon	16
3. Arealfordeling i nedbørfeltet til Haukelandsvatnet, Arnavassdraget og Arnavågen	17
4. Arnavassdraget. Befolkningsfordeling	19
5. Arnavassdraget. Rammeplan for avløp	21
6. Planer for vannverk i Bjørndalsvassdraget	26
7 a-c. Arnavassdraget. Endring i vannføring	33-35
8. Oppholdstiden i brakkvannslaget i Arnavågen sammenliknet med feltmålinger	38
9. Arnavassdraget. pH, konduktivitet og oksyderbarhet på prøvetakingsdagene 1983 og aritmetisk middel for stasjonene 1 - 4. Aritmetisk middel 81-82 for stasjonene I og II	43
10. Arnavassdraget. Næringssalter på prøvetakingsdagene og aritmetisk middel for stasjonene 1 - 4. Aritmetisk middel 81-82 for stasjonene I og II	45
11. Begroingsorganismer. Mengdemessig forekomst og artsrikdom	50

T A B E L L E R

1. Industribedrifter i Arnavassdraget - Indre Arnavåg	20
2. Total tilførsel av organisk stoff og næringssalter	22
3. Beregnet kapasitet for vannverksmagasinet Svartavatn, og Svartavatn med Kortatjørn	25
4. Karakteristiske data for Arnavågen	36
5. Stasjonenes lokalisering, betegnelse og prøvetakingssted	40
6. Similaritetsindeks basert på artene i begroingssamfunnet	52

Tabellene I - X (se VEDLEGG)

SAMMENDRAG - KONKLUSJON

1. NIVA har utført en vassdragsundersøkelse av nedre deler av Arnavassdraget for Anleggsseksjonen ved Bergen kommune. Bakgrunnen for undersøkelsen var ønsket om å få vurdert hvordan resipientforholdene i Storelva og indre deler av Arnavågen vil bli når de planlagte vannverksutbyggingene i Gullfjellet er gjennomført. En ønsket også å få belyst hvilke tiltak som var nødvendig for å opprettholde en akseptabel vannkvalitet på nevnte vassdragsavsnitt.
2. I nedbørfeltet ($54,5 \text{ km}^2$) bor det i dag 5718 personer og tettsted- og jordbruksarealer utgjør hver 8 % av arealet. Langs vassdraget ligger det 6 industribedrifter (tekstil-, mekanisk-, næringsmiddelindustri) med ialt 837 arbeidsplasser. Arnavassdraget drenerer derved et område med betydelig forurensende aktiviteter. Den totale tilførsel til vassdraget av organisk stoff, nitrogen og fosfor er henholdsvis 14121, 58,1 og 8,2 tonn/år. Bidraget av fosfor og nitrogen fra befolkningen er beregnet til henholdsvis 68 og 55 %. Vel 22 % av nitrogenforbindelsene kommer fra gjødsel, og avrenningen fra fyllplassen på Unneland (nedlagt mars 1977) utgjør en ikke ubetydelig nitrogenkilde for Haukelandsvatnet (25 %).
3. Vassdraget er i dag regulert og fallet fra Osavatnet til Espeland utnyttes til produksjon av elektrisk kraft. Reguleringsmagasinet (Svartavatn) er på $2,7 \text{ mill m}^3$ og turbininstallasjonene er 4,0 MVA. Bergen kommune har planer om å utnytte denne magasinkapasiteten som drikkevannskilde for Bergen by, ved at nåværende kraftverk legges ned. Det er i dag ingen krav til minstevannføring ved utløp Osavatn. I kommunens planer er denne satt til $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$.
4. Ved utbygging av vannverket vil den midlere vannføring i Skåldalselv ved utløp Storelva reduseres fra $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$ (i dag) til $1,61 \text{ m}^3/\text{s}$. Lavvannføringen er i dag beregnet til 0,59 og $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ med og uten kraftproduksjon. Lavvannføringen for vannverket er beregnet til $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Ved utløpet i Arnavågen er den midlere vannføring beregnet til $4,78 \text{ m}^3/\text{s}$ i dag. Når vannverket er etablert blir denne $4,40 \text{ m}^3/\text{s}$. Tilsvarende er lavvannføringen beregnet til $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$ ved kraftproduksjon og $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ med det planlagte vannverket i drift. Dagens lavvannføring er beregnet til $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket står

stille (ferie). Ved terskelen i Arnavågen er den midlere ferskvannstransport ut av indre basseng beregnet til $5,25 \text{ m}^3/\text{s}$ under nåværende forhold og $4,87 \text{ m}^3/\text{s}$ med et eventuelt vannverk i drift. Lavvannføringen med kraftverket i drift er $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket står og $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ med et eventuelt vannverk i drift. Alminnelig lavvannføring uten regulering er beregnet til $0,48 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. De fysisk-kjemiske analyseresultatene viser at vassdragets to hovedgrener har en noe ulik vannkvalitet. Skåldalselva har en vannkvalitet fattig på salter og vannet er surt (pH 5,2-5,7). Lona fra Haukelandsvatn har et høyere saltinnhold og en pH nærmere nøytralpunktet (pH 6,1-6,3). Det samme bilde gir analysene av næringssaltene fosfor og nitrogen. I Skåldalselva var disse tilfredsstillende lave, mens verdiene i Lona har økt sterkt og viser at vassdraget her er betydelig påvirket av kloakkvann. Også i Storelva er konsentrasjonen av P og N for høyt i forhold til vassdragets naturlige resipientkapasitet. I analyse materialet for tungmetaller ble det funnet enkelte unaturlige verdier, noe som kan indikere en ytre belastning. Dette støttes av tidligere arbeider i vassdraget.
6. De sanitærbakteriologiske analyseresultatene indikerer meget tydelig den store tilførselen av sanitært avløpsvann som det undersøkte vassdragsavsnittet i dag mottar. Særlig er konsentrasjonene av tarmbakterier svært høye på stasjonen i Lona like før samløp med Storelva og på de to stasjonene i hovedvassdraget nedstrøms Espeland. I bakteriologisk henseende er vannet på dette vassdragsavsnittet av meget dårlig kvalitet. Ut fra en hygienisk kvalitetsvurdering og da med utgangspunkt i de krav Statens institutt for folkehelse har satt til drikkevann og badevann for friluftsbad, er disse overskredet på samtlige stasjoner.
7. Undersøkelsen av begroingen i vassdraget viste at stasjonen i Skåldalselva har en normal artsrikdom og ingen markerte forurensningsindikatorer ble observert. Det er stor ulikhet i begroingssamfunnet mellom denne stasjonen og de øvrige stasjoner i vassdraget. Materialet fra Lona (st. 2) tilsier at innholdet av plantenæringsalter og løst organisk materiale er høyt og organismer som er tolerante for ulike typer av forurensning er tilstede. Begroingsanalysene fra st.

3 og 4 i Storelva viser at disse innbyrdes har mange felles trekk, men samfunnet er svært artsfattig og preges i større grad enn st. 2 av forurensningstolerante organismer. Dette indikerer at det på nevnte avsnitt av Storelva fins stoffer i vannet som virker giftige på de fleste begroingsorganismene.

8. Undersøkelsene av bunndyrsamfunnet gir stort sett det samme bilde av vassdraget som beskrevet under punkt 7. Materialet beskriver stasjonen i Skåldalselva som en naturlig næringsfattig lokalitet, mens forholdene på stasjonen i Lona preges av stor næringsrikhet og organismer som begunstiges av forurensninger. Artsantallet faller sterkt på stasjonene 3 og 4 i Storelva innen viktige organismegrupper i bunnfaunaen. Tilsvarende forhold er registrert når det gjelder tetthet og antall hovedgrupper i bunnfaunaen.

Det biologiske materiale indikerer at den delen av nedbørfeltet som omfatter Haukelandsvatn, Lona og Storelva tilfører vassdraget betydelige mengder kloakkvann. I tillegg er det i materialet funnet klare tegn på at det tilføres vassdraget forurensningskomponenter med gifteffekter.

9. Arnavågen har fram til nylig vært sterkt belastet med avfallsstoffer, og en regner med at ca. 2/3 av fosfortilførselen på årsbasis kommer fra industrielt og kommunalt avløpsvann. Resultatet er i dag at indre bassengs dypvann periodevis har oksygensvikt. Bunnfaunaen er her ødelagt og organismesamfunnene i strandsonen bærer preg av en overbelastning med næringssalter og organisk stoff. Overføring av det kommunale avløpsvannet fra Indre Arna til Sørfjorden vil gi en betydelig reduksjon i belastningen av Arnavågen. Dette må antas primært å redusere planktonproduksjonen i vannmassene og oksygenforbruket i dypvannet, samt endre organismesamfunnet i strandsonen og på hardbunn i gunstig retning. Størrelsen på disse forbedringene vil være betydelig større enn ugunstige virkninger av redusert ferskvannstilførsel ved et eventuelt vannverk.
10. Dersom de fremlagte planene om den nye drikkevannsforsyningen gjennomføres uten at det samtidig kjøres tiltak for å begrense forurensningsbelastningen i vassdraget, vil dette få negative konsekvenser for forurensningssituasjonen i Storelva.

Dette er dels koblet sammen med den reduserte fortykning utslippene til vassdraget da vil få. Dette er særlig utslagsgivende i lavvannsperioder hvor den alminnelige lavvannsføring i Storelva ved Espeland, hvor vannføringen i dag når kraftverket kjøres er $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ og hvis vannverket blir utbygget (trinn 1), vil være $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$. I dag vil denne lavvannføringen når kraftverket står og magasinene fylles være $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ved en "vannverksregulering" vil vannføringen bli jevnere og flomtoppene som i dag har en opprensende og utspylende effekt blir redusert. Dette antas å forverre forurensningsforholdene i vassdraget.

Vassdraget er i dag sterkt forurenset - vassdragets resipientkapasitet må betraktes som oppbrukt, til dels overbelastet. De fremlagte vannverksplaner vil forverre forurensningssituasjonen.

11. Bergen kommune forutsetter at det gjennomføres en sanering av utslipp fra boliger og industri i nedre del av Skåldalselv og langs Storelva før vannverket tas i bruk.

Vi vil anbefale at en mer vidtgående sanering gjennomføres fordi:

Det er i dag allerede etablert et stort behov for en effektiv kloakk-sanering langs vassdraget. Denne bør starte sør for Haukelandsvatn og gå langs vatnets vestsida og videre mot Arnavågen hvor den kobles på kloakktunnelen til Garnes.

Bakgrunnen for at kloakksaneringen også bør ta med nedbørfeltet ved Haukelandsvatn og Lona, altså deler av vassdraget som ikke direkte berøres av vannverksutbyggingen, er knyttet til tre forhold: a) Det er i dag i det biologiske grunnlagsmateriale funnet at utslipp til Storelva hemmer etablering og vekst av begroingsorganismene på dette avsnittet av vassdraget. Konsentrasjonen av næringssalter i Storelva gir i dag muligheter for et vekstpotensiale som er vesentlig større enn det som er dagens situasjon. b) Selv om lavvannføringen ved vannverksutbyggingen vil bli noe større enn ved dagens situasjon (når kraftverket

står) vil det omvendte være tilfelle i Storelva i resten av året. Vannet fra Lona vil da få en dårligere fortynning. c) Haukelandsvatnet er inne i en akselererende eutrofiutvikling. Når bunnvannet blir oksygenfritt finner det sted en intern gjødsling av vannet fra bunnsedimentene og eutrofieringen øker. Dette vil igjen føre til at innholdet av organisk materiale og næringssalter i Lona øker.

Ved en vannverksutbygging slik som tidligere beskrevet, vil effekten av en redusert vannføring i Skåldalselva - når dagens forurensnings-situasjon er bragt under kontroll - ikke føre til endringer av betydning i vassdragstilstanden i Storelva.

Kloakksaneringen bør prioriteres meget høyt i årene som kommer og den bør være gjennomført før vannverket i Bjørndalen er etablert. Hvis ikke dette er tilfelle, kan en risikere meget uholdbare tilstander i Storelva under lavvannsperioder om sommeren.

12. En overvåkingsundersøkelse av vassdraget bør snarest komme i gang. Det bør legges spesiell vekt på å følge effektene av den kloakksaneringsplan som tidligere er omtalt. En vil derved kunne sikre seg at de tiltak som vil bli gjennomført for å bedre forurensningstilstanden i vassdraget gir den forventede virkning for en allsidig bruk av vassdraget i fremtiden.

1. FORORD

En rekke personer har deltatt under innsamling, bearbeidelse og rapportering av det materiale som er grunnlaget for denne rapporten. Foruten undertegnede, som har fungert som saksbehandler for undersøkelsen, har cand. mag. E.-A. Lindstrøm assistert under feltarbeidet og stod da for innsamling av begroingsprøvene fra vassdraget. Hun har også bearbeidet dette materialet og skrevet kapitlet om vassdragets begroingsforhold. Materialet om de sanitærbakteriologiske forhold og vassdragets bunnfauna er innsamlet og beskrevet av K.J. Aanes. Cand. real. J. Molvær har skrevet kap. 4 om Arnavågen. Det øvrige grunnlagsmateriale er i det alt vesentligste innsamlet, bearbeidet og vurdert av cand. mag. Gj. Holtan. Hun har derved ydet en ikke ubetydelig innsats for å få rapporten ferdig til ønsket tidspunkt. Avsnittet om reguleringsinngrep og vannverksplaner er skrevet av overingeniør M. Skålnes. Overingeniør A. Skjervheim har vært vår kontaktperson ved Anleggsseksjonen i Bergen kommune. Videre har dosent H. Holtan i rapporteringsfasen gitt verdifulle råd og kommentarer til bearbeidelsen og tolkingen av materialet. Alle takkes for det gode samarbeidet som har funnet sted, og for å ha hjulpet undersøkelsen fram til sin avslutning.

7. juli 1983

Karl Jan Aanes
cand.real.

2. INNLEDNING

2.1 Bakgrunn og målsetting

På møte i Bergen kommune 15. desember 1980 (møtereferat, 18. desember 1980) ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) anmodet om å utarbeide forslag til undersøkelsesprogram for Arnavassdraget. NIVA ble ellers bedt om å bistå kommunen med faglige råd i forbindelse med foreliggende planer om å anvende vannforekomster i Gullfjellet (Bjørndalsvassdraget) som vannforsyningskilde.

Bakgrunnen for henvendelsen var ønske om å få undersøkt den betydning en slik bruksendring vil ha for vannføringen i Arnavassdraget og følgelig for forurensningssituasjonen.

Et enkelt program ble utarbeidet av NIVA (Holtan, 22. januar 1981) og oversendt kommunen. Bl.a. behandlet programmet viktigheten av oppdatering/registrering av data for forurensningstilførsler og opprettelse av limnigrafer (vannføringsstasjoner).

I brev av 23. mars 1981 ble NIVA engasjert til å forestå et biologisk-kjemisk undersøkelsesopplegg i Arnavassdraget. Kommunen ville selv stå for innhenting og analysering av fysisk-kjemiske prøver, samt fremskaffe opplysninger om hydrologiske data (vannføringer) fra utvalgte stasjoner i vassdraget. Den biologiske befarings samt vurdering og rapportering av undersøkelsene skulle utføres av NIVA.

Den kjemiske prøvetakingen tok til i juli 1981, og biologisk befarings foretatt i august samme år.

Forøvrig er redegjørelse for prosjektet, dets innhold, arbeidsdeling og fremdrift gitt kommunen i notat av 14. januar 1983 (Aanes 1983). Kommunen har dessuten i brevs form (NIVA, 2. mai 1983) fått en foreløpig uttalelse om hvilke konsekvenser en etablering av vannverk i Bjørndalen vil medføre for tilstanden i Arnavassdraget.

2.2 Tidligere arbeider og rapporter om Arnavassdraget

I perioden desember 1978 - august 1979, ble det i regi av Fiskerikonsulenten i Vest-Norge utført en fysisk-kjemisk undersøkelse i Arnavassdraget (Bekkestad 1980). Det er i denne rapporten gitt en oversikt over tidligere fysisk-kjemiske og biologiske undersøkelser i dette vassdraget.

Bergen kommune ønsket i 1980, som en tilvekst til Byfjordprosjektet, å foreta en undersøkelse av en del aktuelle ferskvannsresipienter i kommunen. I denne sammenheng ble Haukelandsvatnet undersøkt i 1981 (Aanes 1982).

For å få kjennskap til råvannskvaliteten i Svartavatn og Korlatjørn ble det av Bergen kommune og Statens institutt for folkehelse (SIFF) i 1976 lagt opp et program for innsamling av prøver. Programmet er gjennomført siden 1976 og pågår fremdeles. Resultatene fra perioden 1976 - 1978 er tatt med i Rapport nr. 2 (Bergen kommune, Hovedvannforsyningen, 1978).

Vedrørende de hydrologiske forhold, har Ivar Kalland i notat av 15. november 1976 utarbeidet en oversikt over endring i middelvannføring over året som følge av kraft- og vannverksregulering. Verdiene er antatte/beregnete. Videre blir Bjørndalsvassdragets hydrologi diskutert i en utredning av 30. januar 1978 av Otto Stephansen. Utredningen bygger på målte vannføringer fra utløp Osavatnet (1936 - 1938), og målinger gjennom kraftstasjonen i Moldalia i perioden 1959 - 1977. I rapport datert 20. desember 1982 om "Gullfjellsvassdraget; Vurdering av produksjonsmuligheter" har Hydrokonsult anslått midlere avløp i vassdraget. Anslaget bygger på nedbørmålinger i området og 3 års observasjoner ved Osavatn. I notat av 10. februar 1983 "Hovedvannforsyningen; Avløp Gullfjellsområdet" av overingeniør Magnus Skålnes, Anleggsseksjonen, Bergen kommune, er bl.a. dette materialet lagt til grunn for beregning av vannføring ved forskjellige situasjoner.

Under planleggingen av nytt vannverk er det dessuten foretatt en rekke utredninger som er listet opp i kap. 9 (Referanser).

I den utstrekning det har vært praktisk mulig er nevnte notater/rapporter/utredninger brukt i forbindelse med dette arbeid.

3. BESKRIVELSE AV ARNAVASSDRAGET

3.1 Naturlandskap

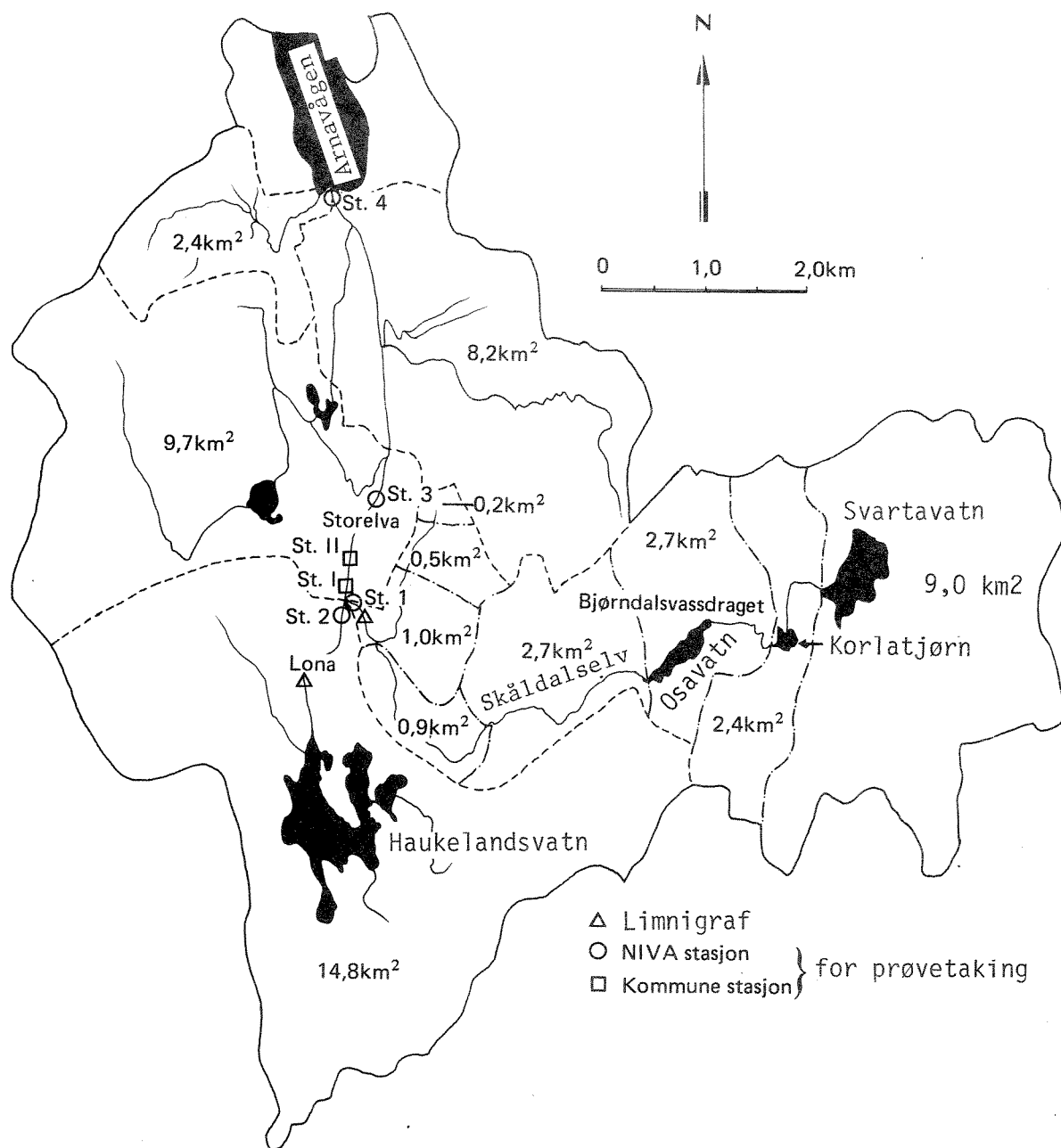
Størstedelen av Arnavassdraget med nedbørfelt (figur 1) ligger i Bergen kommune i Hordaland fylke. Vassdraget omfatter Bjørndalsvassdraget (19,4 km²) og Lona (14,8 km²) som renner sammen ved Espeland ca. 65 m.o.h. og danner Storelva. Storelva renner gjennom Arnadalen og får tilløp fra Tangelands- og Reppardalsvassdraget før den munner ut innerst i Arnavågen i Sørfjorden (52,1 km²).

Bjørndalsvassdraget som berøres av vannverksplanene, har utspring fra nedbørfelt i Gullfjellet med de tre innsjøene Svartavatn (393 m.o.h.), Korlatjørn (342 m.o.h.) og Osavatn (307 m.o.h.). Fra Osavatn renner Skåldalselv som på Espeland har samløp med Lona. Vassdrag og nedbørfelt er typisk for vestnorske kyst- og fjellområder. De høyeste fjellene når vel 900 m.o.h. Nederst i feltet er det noe bjørk. Ellers består vegetasjonen av krattskog, eier og lyng. Fjellområdene er dekket av et tynt lag bunnmorene eller består av bart fjell. Forøvrig er jordsmonnet sparsomt og magert (morene og til dels myr).

Lona renner fra Haukelandsvatnet (0,8 km²) 73 m.o.h. på Espeland. Sammen med Svartavatn på 0,28 km² er disse de største innsjøer i Arnavassdraget. Området omkring Haukelandsvatnet og Lona er relativt flatt. Sørøst for innsjøen består løsmassene av marine avsetninger (jordbruk). Forøvrig består nedbørfeltet av fjell-, skog- og myrområder.

De høyereliggende områder i Tangelands- og Reppardalsvassdraget er dominert av kratt, lyng og snaufjell. I dalførene vil det være en del løsmasser avsatt av istidens elver og breer (omkring Tangelandsvatnet og Krokavatnet; jordbruk), nederst i Storelva marine avsetninger. Under tregrensen på ca 500 m o h er lauvskog vanlig.

Bergartene i nedbørfeltet er sterkt omdannet (metamorfe) i tilknytning til den kaledonske fjellkjedefoldningen. De er sure og tungt oppløselige og bidrar til å gjøre vannet saltfattig.



Figur 1. — Arnassvassdragets totale nedbørfelt, og --- delfelt

- - Bjørndalsvassdragets og Lonas totale nedbørfelt

--- De to vassdrags delfelt

3.2 Klima

Meteorologiske forhold kan forårsake forskjeller i undersøkelsesresultatene fra år til år. I elver vil høyere vannføring føre til økt erosjon fra elveleie og nedbørfelt generelt, og konsentrasjonen av visse stoffer vil dermed stige. Samtidig fortynnes forurensningsutslippene mer enn i år med mindre vann. Det er videre en generell erfaring at det i varme og tørre somrer (produksjonssesongen) kan være kraftigere algeoppblomstringer enn i tilsvarende kjølige somrer. Meteorologiske data er derfor viktige for å få vite noe om situasjonen i forhold til det normale.

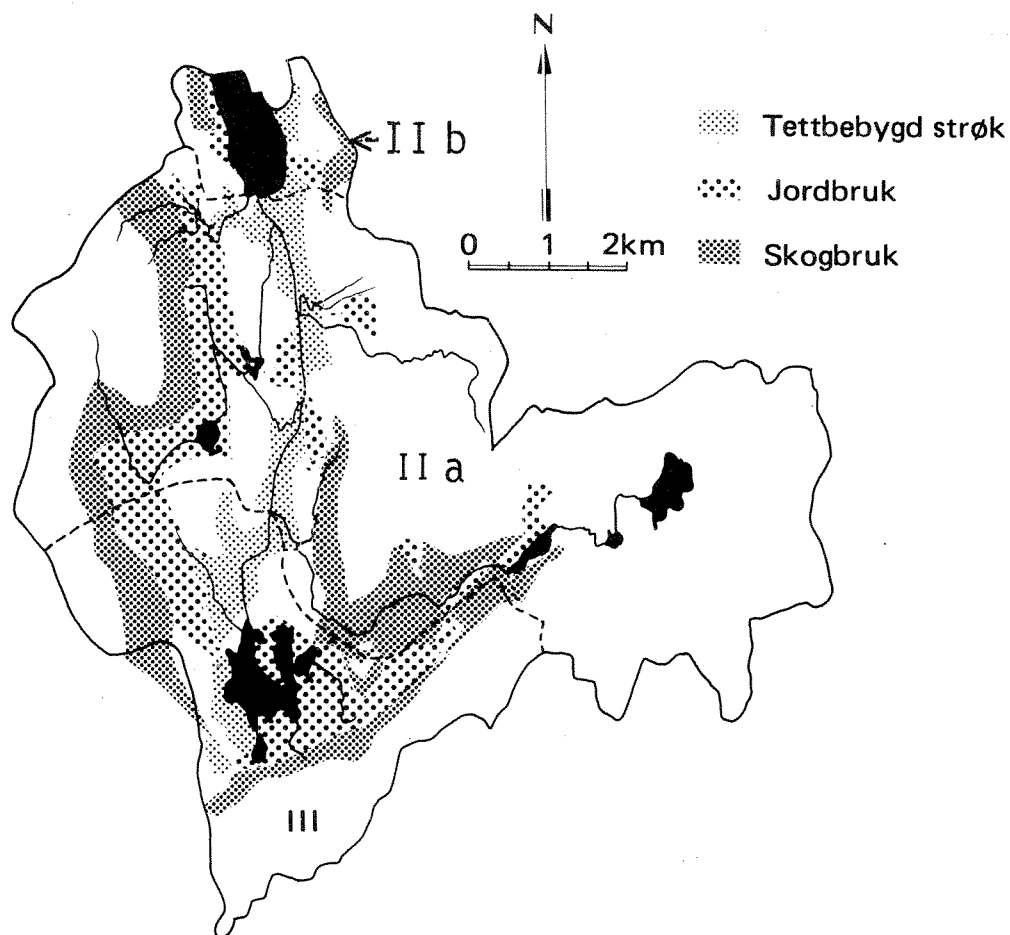
Meteorologiske data fra Fana forsøksstasjon (50 m.o.h.) er fremstilt i figur 2. Temperaturforholdene er i likhet med store deler av kyststrøkene i Norge karakterisert med relativt milde vintre og til dels kjølige somrer. Ved Fana forsøksstasjon var varmeste og kaldeste midlere månedstemperatur henholdsvis $14,6^{\circ}\text{C}$ og $-0,2^{\circ}\text{C}$ i perioden 1931 - 1960. I fjellområdene er det noe kaldere. I 1981 var gjennomsnittstemperaturen over året $6,0^{\circ}\text{C}$, dvs. 1°C lavere enn det normale, i 1982 noe høyere ($7,4^{\circ}\text{C}$). Særlig var desember 1981 kald (7°C kaldere enn normalt).

Klimaet i området er preget av milde og fuktige luftstrømmer fra sørvest, som gir rikelig med nedbør hele året. Ved Fana forsøksstasjon varierte månedlig middelnedbør mellom 88 mm i mai til 249 mm i oktober (figur 2). Både i 1981 og 1982 var årsnedbøren betydelig høyere enn det normale, henholdsvis 2449 og 2537 mm (normal 1975 mm). Det samme var tilfelle i januar og mars måned 1983 (figur 2).

Nedbøren i lavereliggende deler av undersøkelsesområdet er trolig i samme størrelsesorden som ved Fana. Topografien vil imidlertid påvirke fordelingen, slik at nedbøren øker mot fjellområdene (orografisk nedbør). Som følge av høy vintertemperatur (årgjennomsnitt $7,0^{\circ}\text{C}$), faller nedbøren normalt mest som regn i lavereliggende strøk, og en får ikke den karakteristiske vårflommen som er vanlig i innlandsvassdrag.

3.3 Arealfordeling

Arealfordelingen i Arnavassdraget går fram av figur 3 og tabell IA-H (Vedlegg). Arealene er hentet fra rapport utarbeidet av Anleggseksjonen, Bergen kommune: "Vannforurensningskilder i Bergen, Hovedrapport 1976", og skjønsmessig justert/opdatert i forbindelse med dette prosjekt.



Figur 3. Arealfordeling i nedbørfeltet til Haukelandsvatn (III), Arnavassdraget (II a) og Arnavågen (II b)

Ca. 8 % av arealene består av dyrket mark, og ca. 18 % av nedbørfeltet er dekket med skog. Vel 66 % av området består av snaufjell, innsjøer m.m., mens tettstedsarealet utgjør ca. 8 %.

3.4 Aktiviteter i nedbørfeltet

Opplysninger om aktiviteter i nedbørfeltet bygger på data hentet fra rapporten "Vannforurensningskilder i Bergen, Hovedrapport 1976", og er skjønnsmessig oppdatert av Anleggsseksjonen, Bergen kommune. Antall bosatte bygger på folketellingen 1980.

3.4.1 Bosetting

Ved folketellingen i 1980 bodde det tilsammen 5718 personer i nedbørfeltet til Arnavassdraget. Fordelingen går fram av tabell IC (Vedlegg) og figur 4 (tegn. nr. B 7-84. Anleggsseksjonen, Bergen kommune). Opplysningene gitt nedenfor er innhentet fra Anleggsseksjonen, Bergen kommune.

Nedbørfeltet til Haukelandsvatnet (figur 1) er 13,4 km², og det bor (1980) 1276 personer her. Mellom Haukelandsvatnet og samløp Lona - Skåldalselva er nedbørfeltet 1,4 km² og omfatter 898 personer.

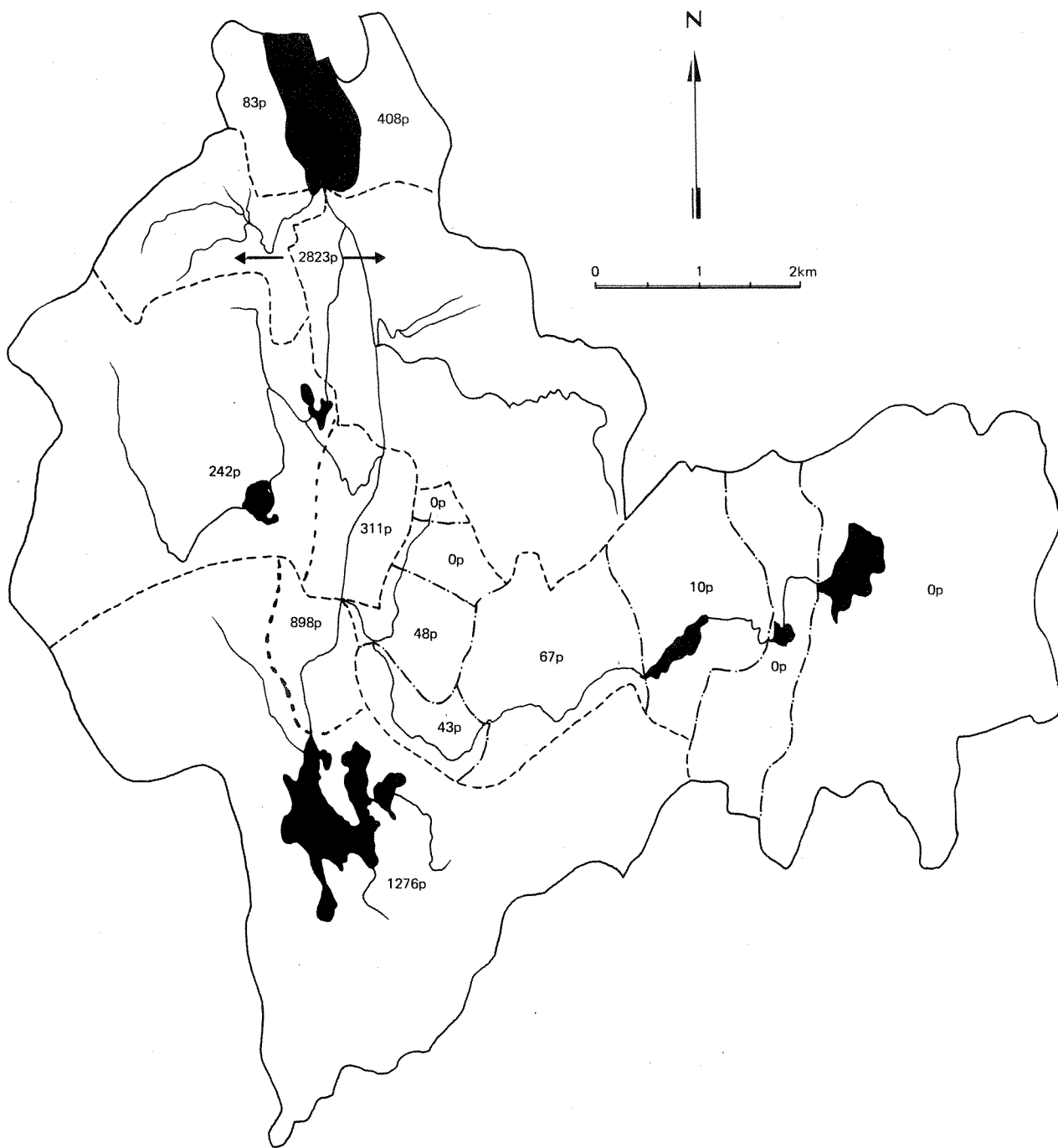
Nedbørfeltet til Skåldalselva - Storelva er på 39,7 km². Innenfor dette feltet bor (1980) i alt 3544 personer. Delfelt ved Arnavågen (10,6 km²) blir sanert sommeren 1983 (kap.3.4.5). En mindre del av feltet sør for Arna Bruk (Arnatveit) omfattes ikke av saneringen (306 personer). Delfeltet Tangeland (9,7 km²) omfatter 553 personer. Av dette forutsettes området ved Storelva (311 personer) sanert før vannverket settes i drift (Skålnes, personlig meddelelse). Det samme gjelder to delfelt på 1,0 og 0,9 km² i Skåldalselvas nedbørfelt med henholdsvis 48 og 43 personer.

Ifølge figur 4 er feltet Arna stasjon - Holmen på 3,1 km².

Etter 1980-tellingen bor det her 83 personer på vestsiden og 408 på østsiden. Området på østsiden vil bli sanert (overført Garnes) sommeren 1983. Det samme gjelder Arnavågens østside utenfor Holmen (terskelen).

3.4.2 Jordbruk

Ifølge tabell IA (Vedlegg 1) er ca. 8 % av nedbørfeltet til Arnavassdraget eller 4,4 km² dyrket areal, hvorav mesteparten ligger tett opp til vassdraget. Generelt er husdyrhold dominerende. Tabell IF (Vedlegg) gir en oversikt over antall dyr (storfe, småfe etc.) totalt og innenfor de forskjellige delfelt.



Figur 4. Arnavassdraget. Befolkningsfordeling

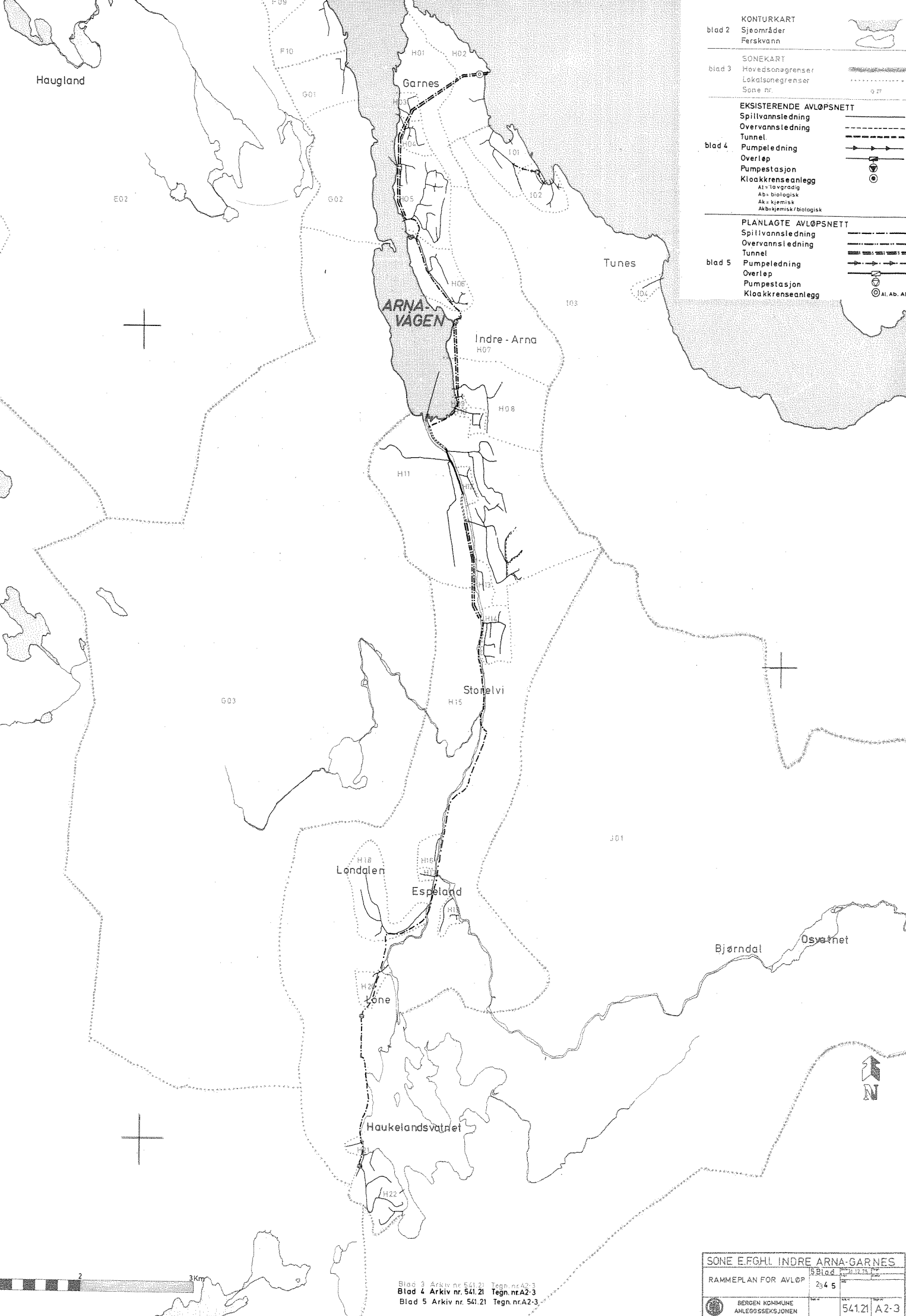
3.4.3 Industri

Oversikt over industribedrifter med antall ansatte og avløpsforhold er gitt i tabellen nedenfor. Opplysningene er innhentet fra Anleggseksjonen, Bergen kommune. Bortsett fra Fretex (Felt III), er alle bedrifter lokalisert i felt IIa-b (figur 5/tegn.nr.A2-3. Anleggseksjonen, Bergen kommune).

Tabell 1. Industribedrifter i Arnavassdraget - Indre Arnavåg

Felt	Sone	Bedrift	Ansatte	Avløpsforhold
I Ib	G06	O.H. Betong	6	Avløp til Arnavågen utenfor Holmen (terskelen)
"	H06	Arna Ferdigbetong *		" " " "
"	"	Pumpefabrikken *	7	" " " "
"	"	Arna ML-stasjon *	3	" " " "
"	H07	BP-Arnatveit	10	Saneres i løpet av 1983
"	"	Arna Bensin & Serv.		" " "
IIa	H11	Toro Næringsmiddel-		
"	"	industri	190	" " "
"	"	Ålgård	100	" " "
"	H14	Arna Bruk	60	" " "
"	H15	Stephansen (Janus)	450	Forutsettes sanert før vannverket tas i bruk
"	"	R. Molland nedlagt		
		Beltemaskin-Service A/S har overtatt lokalene	5	
III	"	Ollmar Teppeindustri nedlagt		
		Fretex har overtatt lokalene (salg av brukte klær)	32	

* Saneres sommeren 1983



blad 2 KONTURKART
Sjømråder
Ferskvann

blad 3 SONEKART
Hovedsonегrenser
Lokalsoneгrenser
Sone nr. 9.27

EKSISTERENDE AVLØPSNETT
Spillvannsledning
Overvannsledning
Tunnel
Pumpeledning
Overløp
Pumpestation
Kloakkrensning
Al = lavgradig
Ab = biologisk
Ak = kjemisk
Ab/kjemisk/biologisk

PLANLAGTE AVLØPSNETT
Spillvannsledning
Overvannsledning
Tunnel
Pumpeledning
Overløp
Pumpestation
Kloakkrensning
Al, Ab, Ak

Blad 3 Arkiv nr. 541.21 Tegn. nr. A2-3
Blad 4 Arkiv nr. 541.21 Tegn. nr. A2-3
Blad 5 Arkiv nr. 541.21 Tegn. nr. A2-3

SONE E.F.G.H.I. INDRE ARNA-GARNES	
RAMMEPLAN FOR AVLØP	Blad 4 5
BERGEN KOMMUNE ARBEIDSSSEKSJONEN	541.21 A2-3

3.4.4 Forurensningstilførsler

Arnavassdraget drenerer et område med betydelig forurensningsskapende aktiviteter. Det er redegjort for dette i rapporten "Vannforurensningskilder i Bergen. Hovedrapport 1976", samt "Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen - Vedlegg til hovedrapport 1976".

Disse rapporter inndeler vassdraget og dets nedbørfelt i 2 soner, nemlig Haukelandsvatn og Arnavågen. Da man i dette tilfelle kun er interessert i Arnavassdraget, er denne inndeling av begrenset verdi. Anleggsseksjonen, Bergen kommune, har derfor delt feltene i (III) Haukelandsvatn (13,4 km²), (IIa) Lona, Skåldalselva, Storelva før utløp i Arnavågen (41,1 km²) og (IIb) Arnavågen fra utløp Storelva til Holmen (terskelen) (3,1 km²). Forurensningstilførslene er skjønnsmessig fordelt på de forskjellige felt, og presentert i tabell 2 nedenfor og tabell IA-H (Vedlegg). Bortsett fra folketallet (1980-tellingen), er materialet fra 1976 (Skålnes, personlig meddelelse.)

Total tilførsel av organisk stoff og næringsalter ifølge nevnte arbeid går fram av tabellen nedenfor.

Tabell 2. Total tilførsel av organisk stoff (årsm.·døgn) og næringsalter (tonn/år).

Folketallet er fra 1980, øvrige tall fra 1976

Utslipp/tilførsel	N e d b ø r f e l t											
	Haukelandsvatn (III) 13,4 km ²			Lona-Skåldalselva-Storelva (IIa) 41,1			Arnavassdraget (IIa + III) 54,5			Indre Arnavåg (IIb) 3,1 km ²		
	Org.stoff årsm.·døgn	Tot-N t/år	Tot-P t/år	Org.stoff årsm.·døgn	Tot-N t/år	Tot-P t/år	Org.stoff årsm.·døgn	Tot-N t/år	Tot-P t/år	Org.stoff årsm.·døgn	Tot-N t/år	Tot-P t/år
Sanitær Prosess	1314	5,85	1,19	4797	21,04	4,38	6111	26,89	5,57	527	2,31	0,61
Fast avfall	2190	4,40	0,01	4000	0,40	0,60	4000	0,40	0,60			
Silo	480	0,44	0,10	640	0,59	0,13	1120	1,03	0,23	50	0,04	0,01
Gjødsel		4,07	0,25		8,92	0,69		12,99	0,94		0,64	0,05
Urbant overvann	110	0,20	0,07	590	1,07	0,42	700	1,27	0,49	50	0,09	0,04
Naturlig areal avrenning		3,54	0,09		7,58	0,24		11,12	0,33		0,55	0,01
Σ	4094	18,45	1,71	10027	39,6	6,46	14121	58,1	8,17	627	3,63	0,72

3.4.5 Håndtering og disponering av avfall - avløpsforhold

Eksisterende og planlagt avløpsnett er vist i figur 5 (tegn. nr. A2-3. Anleggsseksjonen, Bergen kommune).

Ifølge foreliggende klokkeringsplaner skal avløpsvannet fra Indre Arna i løpet av sommeren 1983 føres fram til Garnes i Sørfjorden, hvor det skal avslammes før det føres til fjorden. Kloakkledningen vil utover i 1980-årene bli ført videre, slik at hele området langs Arnavassdraget etter hvert blir avlastet. Foreløpig fremdrift går fram av kap. 3.4.1.

Tilførsel av sigevann til Haukelandsvatnet fra avfallsplassen på Unneland (Neset) - tabellene ID og E, figur 5, er av kommunen forutsatt å opphøre etter 10 års bruk (1987), dvs. før vannverket tas i bruk.

3.4.6 Konklusjoner

Tilførsler av fosfor- og nitrogenforbindelser til Haukelandsvatnet, Arnavassdraget og Arnavågen går fram av tabell 2.

Tabellen viser at befolkningen bidrar med 70 % av fosfor- og vel 30 % av nitrogentilførslene til Haukelandsvatnet. For Arnavassdraget totalt er bidraget av fosfor og nitrogen fra befolkningen beregnet til henholdsvis 68 og 55 %. Vel 22 % av nitrogentilførslene kommer fra gjødsel i begge felt, mens avrenningen fra fyllplassen på Unneland utgjør en ikke ubetydelig nitrogenkilde for Haukelandsvatnet (25 %).

Av total tilførsel til Arnavågen (nærmere behandlet i kap. 4) er fosfor- og nitrogenbidraget fra felt III beregnet til henholdsvis 20 og 30 %, mens bidraget fra felt IIa (Lona-Skåldalselva-Storelva) utgjør ca. 65 % av nitrogen- og 70 % av fosfortilførslene.

Felt IIa bidrar altså med de største belastninger. Innenfor dette felt er utløpselva fra Haukelandsvatnet (Lona) en vesentlig kilde. Analyse-resultater av næringssalter (særlig Tot-P og PO_4 -P, tabellene IV og V i

Vedlegg) indikerer at konsentrasjonene i Lona er betenkelig høye. Særlig er dette foruroligende med tanke på utviklingen i Haukelandsvatnet, men også i vassdraget forøvrig.

Ifølge foreliggende kloakkeringsplaner (kap. 3.4.5) skal avløpsvannet fra Indre Arna i løpet av sommeren 1983 føres fram til Garnes i Sørfjorden. I løpet av 1980-årene vil kloakkledningen bli ført videre, og etter hvert avlaste hele området langs Arnavassdraget.

Hvis man ønsker å unngå en total, irreversibel ødeleggelse av Haukelandsvatnet, må avløpsforholdene i nedbørfeltet til denne innsjø saneres umiddelbart (avskjærende kloakkledninger) (Holtan 1980, Aanes 1982). Dette vil selvfølgelig også i betydelig grad avlaste vassdraget nedstrøms.

3.5 Reguleringsinngrep

3.5.1 Eksisterende reguleringer

Nedbørfeltene til Osavatn (2,7 km²), Korlatjørn (2,4 km²) og Svartevatn (9 km²) utnyttes i dag til kraftproduksjon (samlet nedbørfeltstørrelse 14,1 km²).

Kraftverket på Espeland (Moldalia) ble bygget under og etter siste krig og første aggregat (1,3 MVA) ble satt i drift i 1947. Aggregat nr. 2 (2,7 MVA) ble satt i drift i 1958 samtidig med at ny dam Svartavatn (ca. 12 m høyde) ble fullført.

Kraftverket har inntak for driftstunnel (2x2 m²) i Osavatnet, som er regulert med magasin 0,25 mill. m³. Reguleringsmagasinet i Svartavatn er på 2,7 mill. m³. Det er ikke andre reguleringer i vassdraget.

Fra Osavatn går det driftstunnel til rørgaten. Gjennom tunnel og rørgate ledes vannet fram til kraftstasjonen på Espeland og videre herfra til Skåldalselv før dennes samløp med Lona.

3.5.2 Planlagte reguleringer

Vannverk i Bjørndalsvassdraget

Det er nå aktuelt med utnyttelse av nedbørfeltene til Svartavatn og Korlatjørn for vannverksformål. Planene er vist i figur 6 (tegn. nr. D3-4. Anleggsseksjonen, Bergen kommune).

Nedbørfeltet til Svartavatn er på $9,0 \text{ km}^2$, og denne innsjø er regulert mellom kt. 381 og kt. 392,8. Dette gir en magasin størrelse på $2,7 \text{ mill m}^3$. I første omgang er det ikke tale om ytterligere oppdemning i Svartavatnet.

Nedbørfeltet til Korlatjørn er på $2,4 \text{ km}^2$. Her forutsettes bygget en inntaksdam med fast overløp på kt. 343,5. På det offisielle kart er høyden på Korlatjørn satt til 342,4.

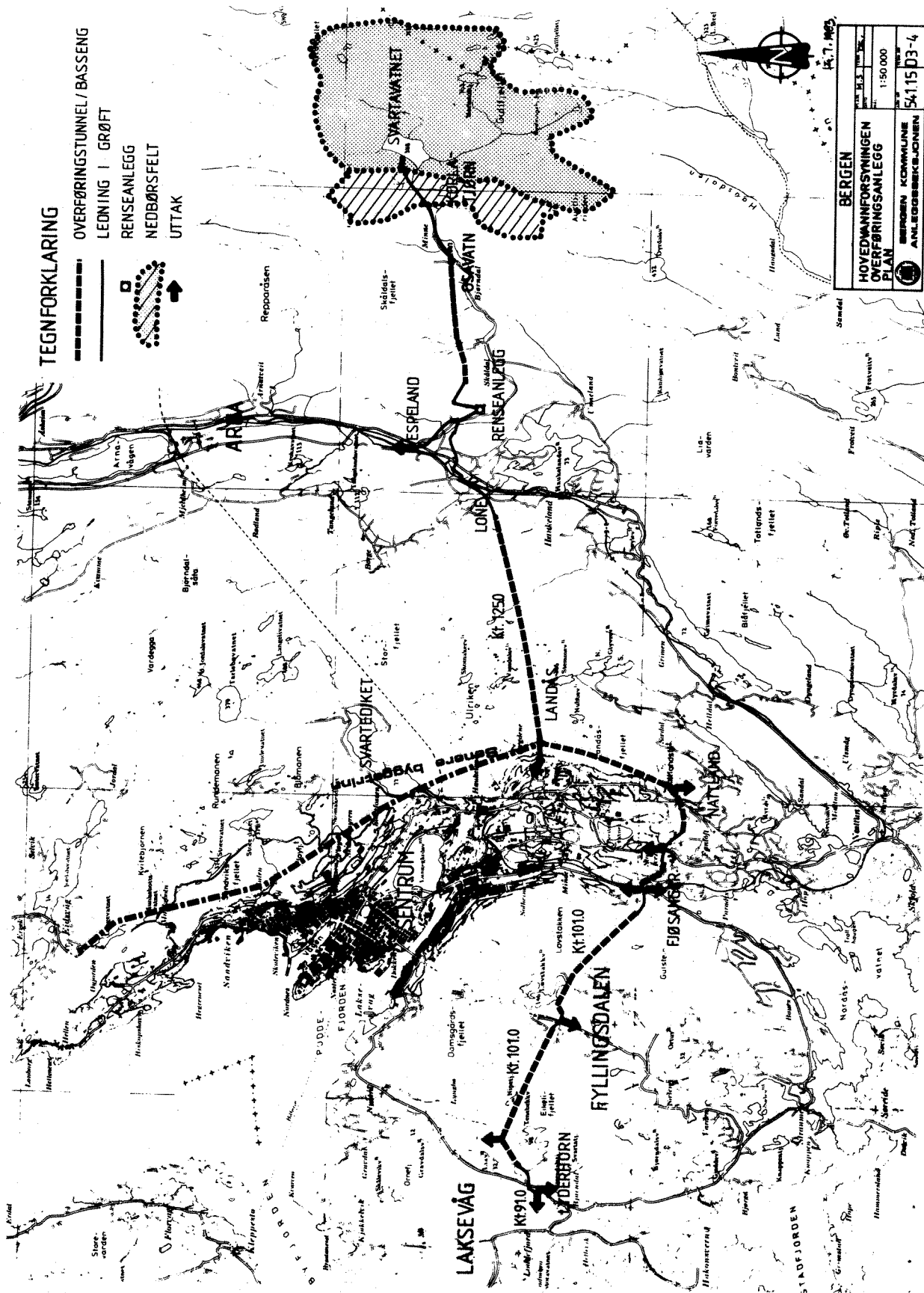
Nedbør- eller avløpsmålinger for vassdraget (kap. 3.6) foreligger bare i begrenset utstrekning (noen få år). Det kan derfor diskuteres hva man skal regne med. For vannforsyningsformål kan det imidlertid forsvares med større forsiktighet i anslagene enn til kraftproduksjon.

Ut fra dette synspunkt har Bergen kommune forutsatt en midlere avrenning tilsvarende 3000 mm. pr. år. Med nåværende regulering i Svartavatn har kommunen beregnet kapasiteten i samsvar med etterfølgende tabell.

Tabell 3. Beregnet kapasitet for vannverksmagasinet Svartavatn, og Svartavatn med Korlatjørn.

Kilde	Avrenning $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	Magasin $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	Regulert vannføring	
			Ugunst. $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	Bestemm. $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$
Svartavatn (381-392,8)	27	2,7	10,9	14,3
Svartavatn (381-392,8) + Korlatjørn	34,2	2,7	11,4	15,6

Beregnete endringer i vassdragets vannføring som følge av vannverksutbyggingen er nærmere beskrevet i Anleggsseksjonens (kommunens) notat av



Figur 6. Planer for vannverk i Bjørndalsvassdraget

10/2 1983: "Hovedvannforsyningen. Avløp fra Gullfjellsvassdraget" og kort referert i kap. 3.6.

Senere muligheter - etter utbygging av Svartavatn og Korlatjørn

Bergen kommune har også sett på andre muligheter ut over utnyttelsen av Svartavatn - Korlatjørn. En av disse muligheter er Gullfjellstjørnane (et felt på 1,15 km²) som forholdsvis enkelt kan overføres til Svartavatnets nedbørfelt.

En annen mulighet er utnyttelse av nedbørfeltet til Dyrdalsvatn, et felt på 3,4 km². Dette kan utnyttes ved en overføringstunnel fra Dyrdalsvatn til Svartavatn. Kommunen har i de foreløpige planer (rapport nr. 1) forutsatt at Dyrdalsvatn ikke skal reguleres.

Både Gullfjellstjørnane og Dyrdalsvatn ligger øverst i Osvasdraget som er fredet mot kraftutbygging.

Det fins også en mulighet til å utnytte feltet Reppardalen/Mindeskaret i Arna ved overføring til Svartavatn.

Kommunen har helt sett bort fra utnyttelse av Osavatn. Som nevnt er dette feltet i dag (2,7 km²) utnyttet til kraftproduksjon.

Man har i dag ingen oversikt over om og når det kan bli aktuelt å utnytte ett eller flere av nevnte nedbørfelt. Det kommer imidlertid neppe på tale de første 20 år, og om det da blir aktuelt avhenger bl.a. av forbruksutviklingen etter år 2000. Det beror også på om man lykkes med hensyn til fornyelse av ledningsnett og lekkasjebekjempelse.

Endelig kan man bygge ny dam i Svartavatnet. Det foreligger planer for en 15 m høyere dam. Prosjektet må ses i sammenheng med utnyttelse av nedbørfelt utenom Svartavatnet.

Sist, men ikke minst, kan man få betydelig kapasitetsøkning ved samkjøring mellom vannverket i Gullfjellet og byens øvrige vannverk.

Framtidig kraftproduksjon

Det er en forutsetning at nåværende kraftverk overtas av kommunen og legges ned. Imidlertid er det i planene for vannverket tatt med to nye kraftverk på steder i systemet der man må redusere trykket likevel. Det øverste ligger ved Osavatnet (silanlegg) og dette utnytter fallet mellom Svartavatn og Osavatn (ca. 85,0 m). Det er her regnet med maskininstallasjon på 425 kW og årlig produksjon på 2,4 GWh.

Det andre kraftverket er bygget inn i vannbehandlingsanlegget på Espeland. Det utnytter fallet mellom Osavatn og vannbehandlingsanlegget (ca. 150,0 m). Det er her planlagt maskininstallasjon på 895 kW og årlig produksjon er beregnet til 4,8 GWh.

Minstevannføring

Som nevnt utnyttes nedbørfeltet til Osavatnet i dag til kraftproduksjon. Det er her et inntaksmagasin på 0,25 mill. m³. Dette magasin foreslår kommunen utnyttet til å holde en minstevannføring i Skåldalselva i lavvannsperioder. Ved utløp Osavatn er minstevannføringen forutsatt å være 0,13 m³/s. Det er i dag ingen bestemmelser om minstevannføring i vassdraget. Ved utløp Osavatn kan den derfor bli 0 (kraftverkssituasjonen). Den stipulerte minstevannføring tilsvarer tilstanden uten regulering.

3.6 Vannføringer

3.6.1 Generelt

Datagrunnlaget om de hydrologiske forhold i vassdraget er pr. i dag mangelfullt. Dette skyldes problemer med limnigrafene som er plassert nederst i Skåldalselva og i Lona.

Det er heller ikke tidligere foretatt avløpsmålinger over en så lang periode at man har pålitelige måleresultater for langtids middelavløp.

Ut fra det som fins av tidligere målinger/beregninger (kap. 2.2) har imidlertid overingeniør Magnus Skålnes, Anleggsseksjonen, Bergen kommune, utarbeidet et notat om "Hovedvannforsyningen. Avløp for Gullfjellsvassdraget." (Bergen Kommune 10/2-83). Opplysningene nedenfor er i hovedsak hentet derfra.

3.6.2 Gjennomsnittlig (midlere vannføring)

På NVEs kart over gjennomsnittlig avløp ($l/s.km^2$) i Norge (Oslo 1956) viser kurvene (isohydratene) verdier fra $75 l/s.km^2$ på Garnes økende til $95 l/s.km^2$ på Haukeland. Dette tilsvarer henholdsvis 2367 mm og 2998 mm avløpen nedbørhøyde. Et gjennomsnitt for dalføret fra Holmen (Arnavågen) til Haukeland (Skåldalen) er $85 l/s km^2$ tilsvarende 2683 mm nedbørhøyde. Målestokken på NVEs kart er 1:400000 og tilnærmelsene blir derfor noe grove. Tendensen med større avløpen nedbør for Arnadalen enn for vestre deler av byfjellene (Mulen-Svartediket-Sædalen) synes imidlertid klar.

Meteorologisk Institutt har utarbeidet kart i målestokk 1:200000 for normal årsnedbør for perioden 1931-1960 (november 1981). For Arnadalen viser dette kart nedbørhøyder fra 2500-3000 mm/år og for Gullfjellet over 3000 mm/år.

Vurdering

For nedbørfeltene i fjellet synes Hydroconsults beregninger og vurderinger rimelig begrunnet (Skålnes 1983). For vassdraget ned til Skåldalen regnes derfor med et midlere avløp på $106 l/s.km^2$ svarende til 3343 mm nedbør pr.år.

For nedbørfeltene nedenfor Skåldalen antas midlere (avløpen) nedbørmengde fra 2500 - 3000 mm/år. Her velges et gjennomsnittstall fra NVEs isohydratkurve på $85 l/s.km^2$ for midlere årsavløp svarende til 2683 mm årlig nedbørhøyde.

Tabell II (Vedlegg) og figur 7a-c viser beregnede gjennomsnittlige vannføringer (m^3/s) ved forskjellige situasjoner og på forskjellige steder i vassdraget.

3.6.3 Minstevannføring (lavvannføring)

For Osvassdraget er det foretatt målinger av lavvannføringen i årene 1934 - 1981, altså i 47 år. Nedbørfeltet er på 49,5 km² og alminnelig lavvannføring er målt til 6,9 % av gjennomsnittsavløp eller 6,5 l/s.km². Gjennomsnittlig nedbørhøyde er målt til (avløp) 2963 mm/år. Vassdragets selvregulerende evne antas i omtrent samme nivå som for Gullfjellsvassdraget.

For Samnangervassdraget er det foretatt målinger av lavvannføringen i årene 1903 - 1912. Feltet er på 102 km² (Kleivevatn) og alminnelig lavvannføring oppgis til 12,5 % av gjennomsnittsavløp eller 12,7 l/s.km². Gjennomsnittlig nedbørhøyde er oppgitt til 3210 mm/år. Den selvregulerende evne for vassdraget må antas større enn for Gullfjellsvassdraget (dvs. større lavvannføring). Ut fra dette skulle en vente at alminnelig lavvannføring for Gullfjellsvassdraget er mindre (i %) enn for Samnangervassdraget og større (i %) enn for Osvassdraget.

Alminnelig lavvannføring settes derfor til 9 % av gjennomsnittlig vannføring for Gullfjellsvassdraget. Dette gir 9,5 l/s.km² ovenfor Skåldal og 7,7 l/s.km² nedenfor.

Tabell III (Vedlegg) og figurene 7a-c viser beregnede/anslåtte verdier for lavvannføringer ved forskjellige situasjoner og på forskjellige steder i vassdraget.

3.6.4 Anslåtte/beregnete endringer i vannføringer

Gjennomsnittlig vannføring ved innløp til Korlatjørn minker fra $1,07 \text{ m}^3/\text{s}$ for nåværende situasjon (K) til henholdsvis $0,69$, $0,65$ og $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ for vannverket, byggetrinn 1 (V1), 2 (V2) og 3 (V3).

Samme sted blir "alminnelig lavvannføring" $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$ med kraftverket i drift og praktisk talt 0 når kraftverket står eller vannverket er utbygget (V1, V2 eller V3).

Korlatjørn - Osavatn. (ca. 900 m)

Her minker gjennomsnittlig vannføring fra $1,28 \text{ m}^3/\text{s}$ til $0,90$ (V1), $0,86$ (V2) og $0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ (V3). Alminnelig lavvannføring endrer seg fra $0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ (k) til $0,03$ (V1), $0,01$ (V2 og V3) og $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket er ute av drift. Tall for vannføring refererer seg til innløp Osavatn.

Osavatn - Skåldalselva, ovenfor kraftstasjonen

Med kraftverket i drift vil gjennomsnittlig vannføring nederst på strekningen endres fra $1,31 \text{ m}^3/\text{s}$ (k) til henholdsvis $1,48$, $1,44$ og $1,12 \text{ m}^3/\text{s}$ for V1, V2 og V3. Alminnelig lavvannføring endres samme sted fra $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ (k og k,u) til $0,08$ (V1), $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ (V2 og V3). Bortsett fra gjennomsnittlig vannføring i byggetrinn 3 (V3) øker vannføringen generelt for hele strekningen når vannverket utbygges.

Skåldalselva nedenfor kraftstasjon - Skåldalselva v/Storelva

Ved utløp til Storelva minker gjennomsnittlig vannføring fra $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$ til henholdsvis $1,61$, $1,57$ og $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ for V1, V2 og V3. Lavvannføringen er beregnet til $0,59 \text{ m}^3/\text{s}$ med kraftverket i drift og $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket står. Lavvannføringen for vannverket er beregnet til $0,09$ (V1) eller $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ (V2 og V3). En regulert minstevannføring på $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (fra Osavatn) kommer her i tillegg (Skålnes, personlig meddelelse).

Lona før Storelva

Dette delfeltet omfattes ikke av kraftverkets tilrenningsarealer eller av vannverksutbyggingen. Tilstanden i Haukelandsvatnet-Lona faller derfor utenfor den aktuelle sak om utbygging av nytt vannverk med kilde i

Gullfjellet. Gjennomsnittlig vannføring er beregnet til $1,28 \text{ m}^3/\text{s}$ og lavvannføringen til $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Storelva, Espeland

Gjennomsnittlig vannføring er her beregnet til $3,27 \text{ m}^3/\text{s}$ med kraftverket i drift. Denne minker til henholdsvis $2,89$, $2,85$ og $2,53 \text{ m}^3/\text{s}$ for vannverket (V1, V2 og V3).

Alminnelig lavvannføring er for naturlig tilstand (uten regulering) beregnet til $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$. Kraftverket i drift bidrar til økning av denne til $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$. Med kraftverket ute av drift er lavvannføringen beregnet til $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$.

For vannverket er lavvannføringen beregnet til $0,21$ og $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$, og i tillegg kommer tilskuddet fra en minstevannføring ved utløp Osavatn.

Storelva, Arnavågen

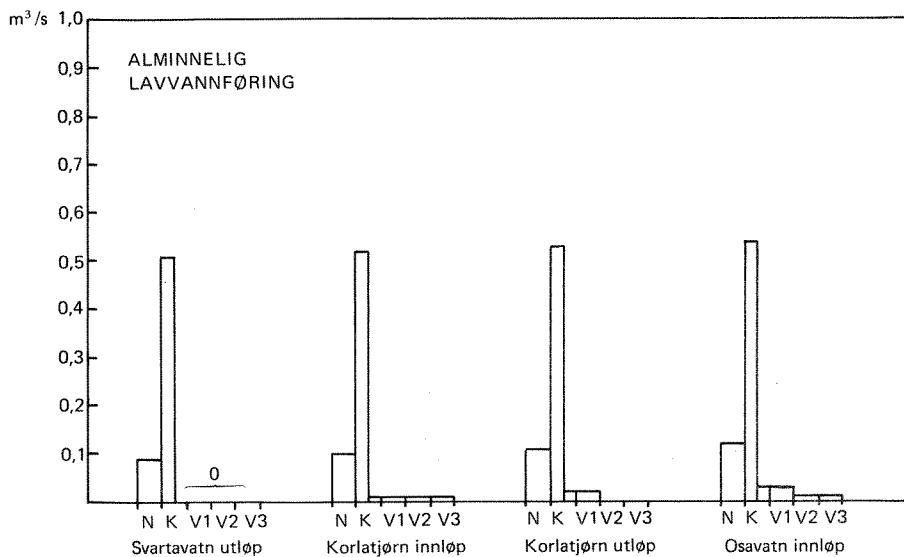
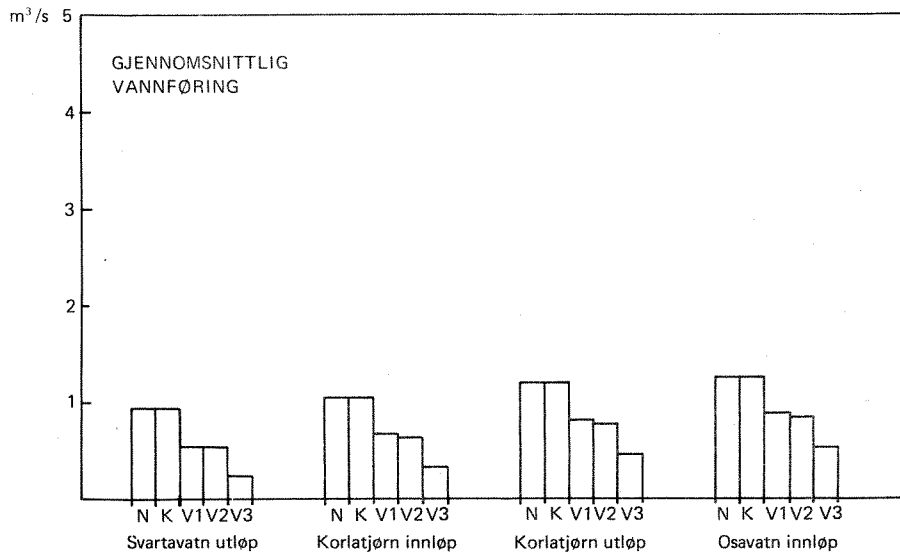
Fra Storelva, ved utløp til Arnavågen, er gjennomsnittlig vannføring beregnet til $4,78 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket er i drift. Etter hvert som vannverket utbygges vil vannføringen etter beregningene minke til henholdsvis $4,40$, $4,36$ og $4,04 \text{ m}^3/\text{s}$ for 1., 2. og 3. byggetrinn.

Lavvannføringen er beregnet til $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket går og til $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ når kraftverket står (fellesferie). For vannverket viser beregningen $0,35$ og $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$, pluss tilskuddet fra minstevannføringen ved utløp Osavatn.

Arnavågen

Som kjent har Arnavågen en terskel ved Holmen og innløpet er her innnevret. På dette sted er avløpen nedbør fra Vågen beregnet til gjennomsnittlig $5,25 \text{ m}^3/\text{s}$ med kraftverket i drift og henholdsvis $4,87$, $4,83$ og $4,51 \text{ m}^3/\text{s}$ fra vannverket, byggetrinn 1., 2 og 3.

Alminnelig lavvannføring uten regulering er beregnet til $0,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Kraftverket i drift øker lavvannføringen til $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ ifølge beregningene. Når kraftverket står antas lavvannføringen lik $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$. For vannverket er lavvannføringen beregnet til $0,39$ og $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$, og som ovenfor kommer bidraget fra minstevannføringen i tillegg.



N : UTEN REGULERING

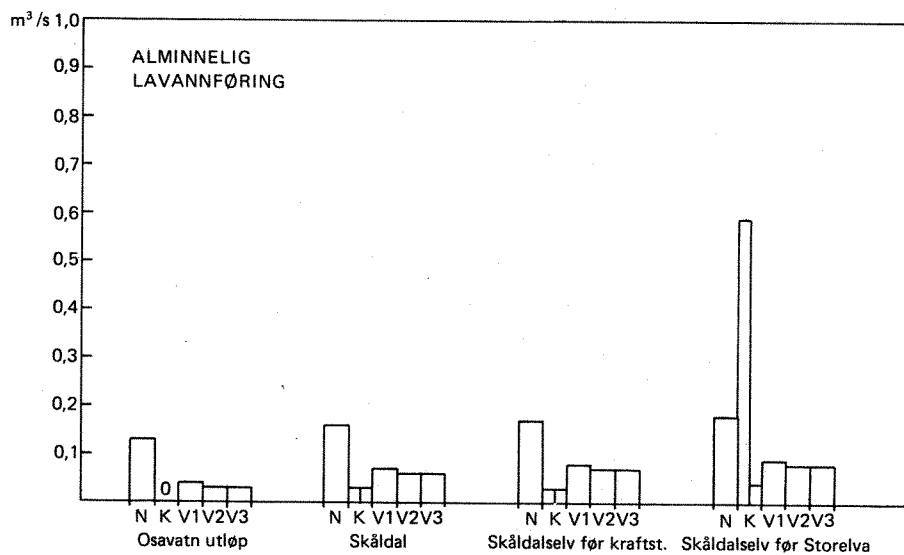
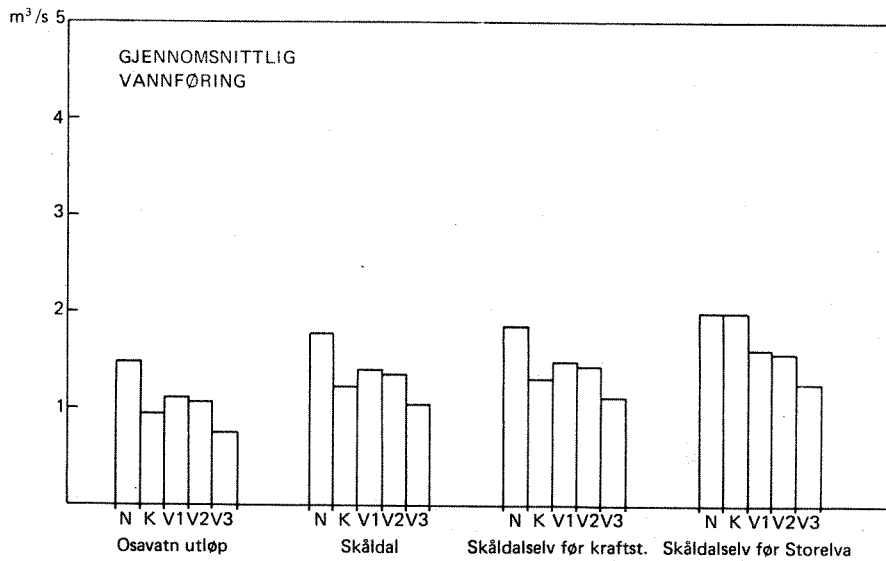
K : NAVÆRENDE KRAFTVERK, MED OG UTEN KRAFTPRODUKSJON

V1 : VANNVERK, SVARTAVATN (381 - 392,8)

V2 : - " - , - " - - " - + KORLATJØRN

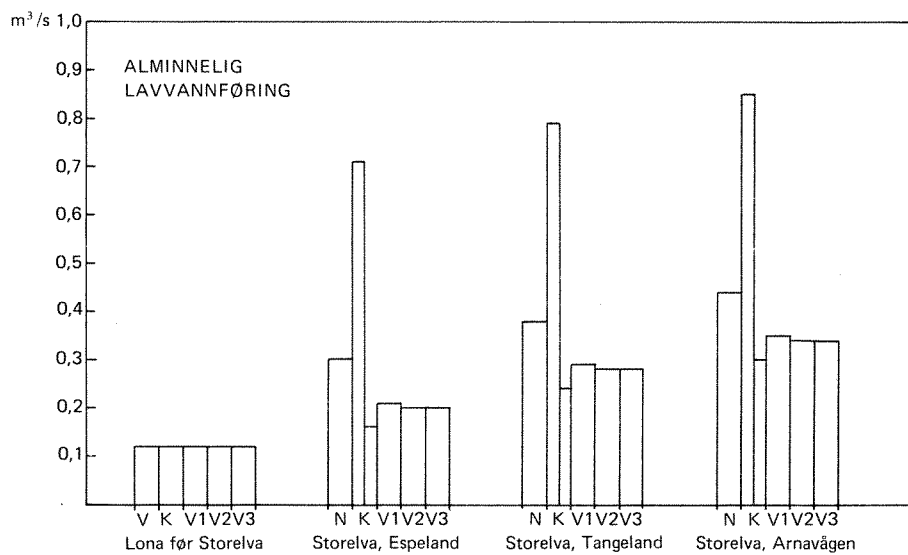
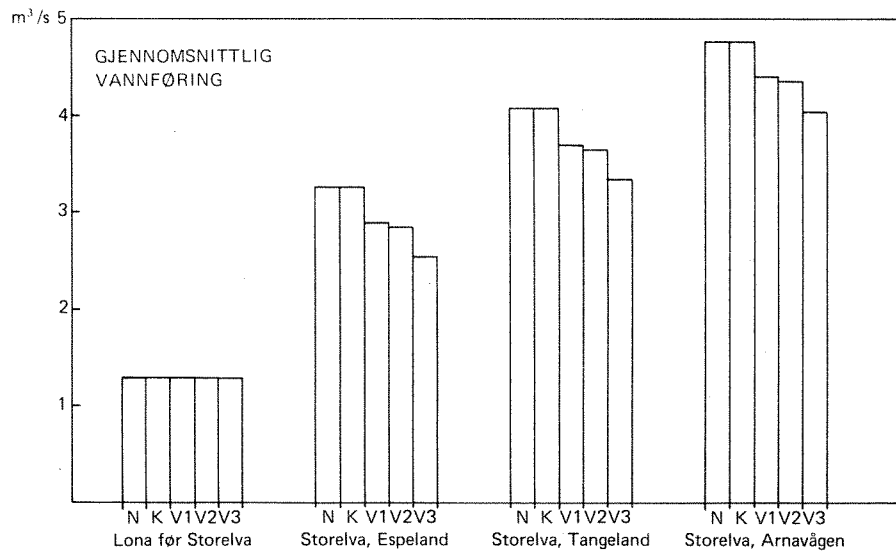
V3 : - " - , - " - (381 - 408) + - " -

Figur 7a Arnavassdraget. Endring i vannføring. Svartavatn utløp - Osavatn innløp.



- N : UTEN REGULERING
- K : NÅVÆRENDE KRAFTVERK, MED OG UTEN KRAFTPRODUKSJON
- V1 : VANNVERK, SVARTAVATN (381 - 392,8)
- V2 : - " - - " - , - " - + KORLATJØRN
- V3 : - " - - " - , (381 - 408) + - " -

Figur 7b Osavatn utløp - Skåldalselva før Storelva. Vannføringen i figur 7b og c må tillegges effektene av en minstevannføring ved utløpet av Osavatn.



- N : UTEN REGULERING
- K : NÅVERENDE KRAFTVERK, MED OG UTEN KRAFTPRODUKSJON
- V1 : VANNVERK, SVARTAVATN (381 - 392,8)
- V2 : - " - - " - , - " - + KORLATJØRN
- V3 : - " - - " - , (381 - 408) + - " -

Figur 7c Lona før Storelva - Storelva, Arnavågen (se fig. 7b).

4. ARNAVÅGEN

4.1 Nåværende tilstand

Arnavågen ligger på sørvest-siden av Sørfjorden, nord for Bergen, se figur 1. Fjorden har en terskel på ca. 7 meters dyp, og området innenfor kan betegnes som indre basseng. Karakteristiske data for fjorden er gjengitt i tabell 4.

Tabell 4. Karakteristiske data for Arnavågen
(etter Hegland 1972)

Lengde	3,8 km
Areal	1,36 km ²
Areal indre basseng	0,68 km ²
Volum indre basseng	933,10 ⁴ m ³
Terskeldyp	7 m
Største dyp indre basseng	26 m
Midlere ferskvannstilførsel	ca. 5 m ³ /s

Tilførslene av fosfor- og nitrogenforbindelser til fjorden ble først beregnet i 1976 (Tregereid 1978). Gjennom dette prosjektet har tilførselstallene blitt ajourført og er gjengitt i tabell 2. Tabellen viser at befolkningen bidrar med ca. 85 % av fosforet og ca. 65 % av nitrogenet. Videre fremgår at tilførslene er konsentrert om det indre fjordområdet. Et massebudsjett for fjorden har vist at ca. 2/3 av fosfortilførselen på årsbasis kommer fra industrielt og kommunalt avløpsvann (Molvær 1983).

Vannutskiftningen i fjorden ble undersøkt i 1970-71 (Hegland 1972). Fra høsten 1979 har Arnavågen vært inkludert i overvåkingsprogrammet for fjordene rundt Bergen (Johannessen 1981, 1982). Resultatene av disse undersøkelsene kan oppsummeres som følger:

- Vannutskiftning
- Utoverstrømmende overflatelag vanligvis 0,5-1,5 m tykt med saltholdighet ca. 2-22 ‰. God vannutskiftning
 - Dypvann periodevis stagnant med oksygenvikt.

- Vannkvalitet
- Relativt høye konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser. Dårlig sikt på grunn av plankton og suspendert materiale
- Biologiske forhold
- Bløtbunnfauna ødelagt i oksygenfattige partier.
 - Organismesamfunnene i strandsonen bærer preg av en viss belastning.

4.2 Konsekvenser for de hydrofysiske forhold av endret ferskvannstilførsel

Av tabell II framgår at nåværende middelvannføring på $5,25 \text{ m}^3/\text{s}$ på grunn av vannverk-utbyggingen kan bli redusert til $4,51 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er en reduksjon på $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$ eller 14 %. Den alminnelige lavvannføring kan bli redusert fra $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ (kraftstasjon i drift) til $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$, dvs. en reduksjon på $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$ eller 57 % (uten regulert minstevannføring).

Mulige primæreffekter av dette er endret saltholdighet i overflatelaget, endret tykkelse av brakkvannslag og endret vannutskiftning i de øverste 6-7 metrene.

Prosjektets ramme gir ikke anledning til noen grundig vurdering av disse forholdene, og vi vil derfor direkte bygge på beregninger av Jacobsen et al. (1982). For overflatelaget er deres resultater oppsummert i figur 8. Av figuren framgår at den aktuelle reduksjonen i middelvannføring ikke vil bety noen vesentlig reduksjon i overflatelagets oppholdstid eller tykkelse. Det samme kan antas å gjelde for saltholdigheten.

Konsekvensene av redusert minstevannføring er vanskeligere å vurdere. Den ferskvannsdrevne estuarine sirkulasjonen som da allerede er svak, kan bli vesentlig redusert. Tidevannutskiftningen og vindgenerert utskiftning vil bli beholdt - sannsynligvis i nær uendret omfang. Totalt sett kan man gå ut fra at endringen ikke betyr noen vesentlig reduksjon i vannutskiftningen. Derimot er det mer sannsynlig at saltholdigheten i Arnavågens indre deler øker og at brakkvannslagets tykkelse avtar.

For vannmassen mellom overflatelaget og terskeldyp gjelder samme vurderinger av vannutskiftningen som foran.

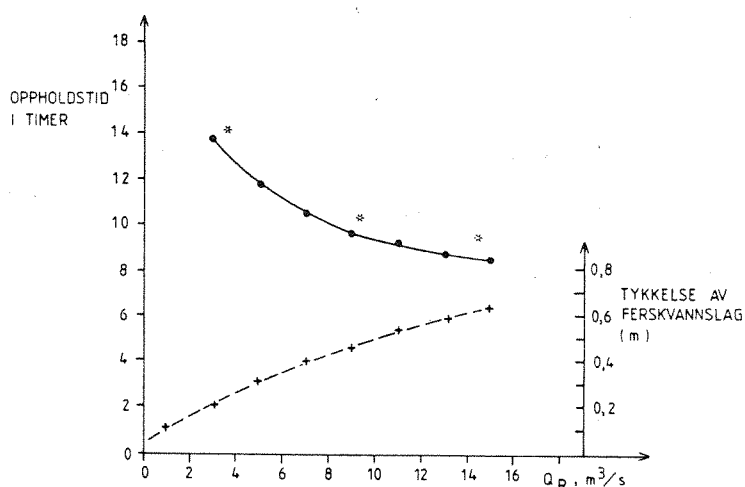
Vannutskiftningen i dypvannet vil ikke bli endret ettersom denne i hovedsaken styres av de hydrografiske forholdene utenfor Arnavågen.

4.3 Forventet tilstand ved redusert ferskvannstilførsel og redusert belastning

Eventuelle endringer i organismesamfunnene i strandsonen og i vannmassene må antas å bli små ved de aktuelle endringer i vannutskiftning, saltholdighet og brakkvannslagets tykkelse. Dette skyldes dels størrelsen av endringene i seg selv og dels fordi tilstanden i fjorden også påvirkes av forholdene i Sørfjorden gjennom vannutskiftningen. Størst usikkerhet knytter seg til forholdene ved lavvannføring - og varighet/hyppighet av slike situasjoner. Dette burde kanskje vurderes nærmere.

Overføring av det kommunale avløpsvannet fra Indre Arna til Sørfjorden vil gi en betydelig reduksjon i belastningen på Arnavågen av fosfor, nitrogen og organisk stoff. Dette må antas primært å redusere planktonproduksjonen i vannmassene og oksygenforbruket i dypvannet samt endre sammensetningen av organismesamfunn i strandsonen og på hardbunn i gunstig retning. Av dette følger at man kan vente bedre sikt i overflatelaget sommerstid og bedre oksygenforhold i fjordens dypvann. I tillegg kommer en forbedring i eventuell forurensning av bakterier/virus i Arnavågens overflatelag.

Størrelsen av disse forbedringene har man ikke grunnlag for å beregne, men det kan neppe være tvil om at de vil være betydelig større enn ugunstige virkninger av redusert ferskvannstilførsel.



Figur 8. Oppholdstiden i brakkvannslaget i Arnavågen sammenlignet med feltmålinger (*). Tykkelsen av ferskvannslaget (brakkvannslaget redusert til saltholdighet $S_1 = 0$) er vist med den stiplede kurven

5. STASJONSBESKRIVELSE

5.1 Formål/hensikt med valgte stasjonsplassering

De forskjellige prøvetakingssteder er merket av på figur 1, og i tabell 5 er det gitt data om stasjonenes lokalisering, betegnelse og prøvetakingssted. Stasjonene I (oppstrøms fabrikk) og II (nedstrøms fabrikk) er valgt av Bergen kommune for å få et bedre bilde av hva utslippet fra fabrikk betyr for vannkvaliteten i Storelva.

Prøvetakingsstasjonene 1 - 4 er valgt av NIVA for å gi et bilde av vannkvaliteten i Arnavassdraget generelt og spesielt ved:

1. Skåldalselva før samløp Lona
2. Lona før samløp Skåldalselva
3. Storelva nedstrøms tettstedet Espeland
4. Storelva ved utløp i Arnavågen - oppstrøms Arna stasjon

Disse stasjoner ble bestemt i forbindelse med prøvetaking av begroingsorganismer og bunndyr i august 1981. De kjemiske og bakteriologiske prøver fra 1983 er fra de samme fire stasjonene.

5.2 Fysisk karakterisering

De valgte lokaliteter er karakterisert ved at elva her gjennomløper mindre strykpartier, og substratet er sammensatt av grus og stein i varierende størrelse. Ut fra forhold som strømhastighet og bunnssubstrat skulle stasjonene være godt egnet til sammenligning av biologiske prøver. Når det gjelder lysinnstråling kan denne være noe lavere på stasjonene 1 og 2. I det første tilfellet på grunn av at elva her har skåret seg ned i terrenget, og ved st. 2 på grunn av en tett trevegetasjon langs elvebreddene.

Spredte målinger av elvevannets temperatur under befaringsene i vassdraget har vist en lavere temperatur på st. 1 (ca. 1,0°C) enn på stasjon 2. Stasjonene 3 og 4 lå omtrent midt mellom disse stasjoner.

Tabell 5. Stasjonenes lokalisering, betegnelse og prøvetakingssted

Stasjonens betegnelse	Prøvetakingssted	UTM koordinater
I	Storelva oppstrøms fabrikk	32 VLM054992
II	Storelva nedstrøms fabrikk	LN054001
St. 1	Skåldalselva oppstrøms bro	LM054997
St. 2	Lona 100 m oppstrøms samløp	LM053997
St. 3	Storelva oppstrøms ved bro	LN055006
St. 4	"	LN056034
Limnigraf - stasjoner	Skåldalselva	LM043996
	Lona	LM042990

6. FYSISK-KJEMISKE MILJØPARAMETRE

6.1 Innledning

Biologiske analyser (f.eks. begroingsorganismer og bunndyr) integrerer forholdene over et mye lenger tidsrom enn uttak av kjemiske prøver som egentlig bare representerer den vannmengden som farer forbi i det man dypper vannhenteren. Prøvetaking ved representative stasjoner minst 1 - helst 2 ganger i måneden over en årssyklus (som foreslått i NIVAs program), er derfor nødvendig (minimum) sammen med korrekte avløps-, nedbør- og temperaturdata, for å kunne gi en vurdering av vassdragets tilstand til enhver tid (utover prøvetakingstidspunkt). Vanntemperaturen er også en viktig parameter i denne sammenheng.

6.2 Prøvetaking og metodikk

Fra 21.7. 1981 til 27.7. 1982 ble det av Bergen kommune samlet inn vannprøver for kjemisk analyse fra Storelva (stasjonene I og II, henholdsvis 8 og 9 ganger). Helseseksjonen i Bergen kommune, avd. for næringsmiddelkontroll har forestått analysene, bortsett fra analyse av tungmetaller. Prøvenes innhold av disse parametre er blitt målt av Vannlaboratoriet i Hordaland fylke (Bergen). Norsk Standard for vannanalyser oppgis å være benyttet ved begge laboratorier.

Tallmaterialet samlet inn fra st. I og II var for lite og for dårlig til å beskrive forholdene på det berørte vassdragsavsnitt. Videre var det i materialet åpenbare feil og svakheter antakelig både knyttet til prøvetaking og analyse, samt et noe uheldig valg av prøvetakingsstasjoner. Dette førte til at en presis tolkning og vurdering av de kjemiske forhold ble vanskelig. Det var derfor nødvendig å supplere dette materialet med ytterligere prøvetakinger i første halvår 1983.

NIVA foretok derfor innsamling av vannprøver i Arnavassdraget (stasjonene 1 - 4, fig. 1) den 9.2., 17.3. og 19.4. 1983. Analysene ble utført ved NIVAs kjemilaboratorium, og følgende komponenter ble målt: pH (surhetsgrad), totalt saltinnhold (konduktivitet), kjemisk oksyderbarhet (KMnO_4 -forbruk) og næringsalter (alle prøver). I februar ble i tillegg innholdet av tungmetaller og alkalitet analysert, mens fargetallet ble målt i prøvene fra april måned.

6.3 Resultater og kommentarer

Analyseresultatene er presentert i tabeller (IV og V i Vedlegg) og i figurene 9 og 10.

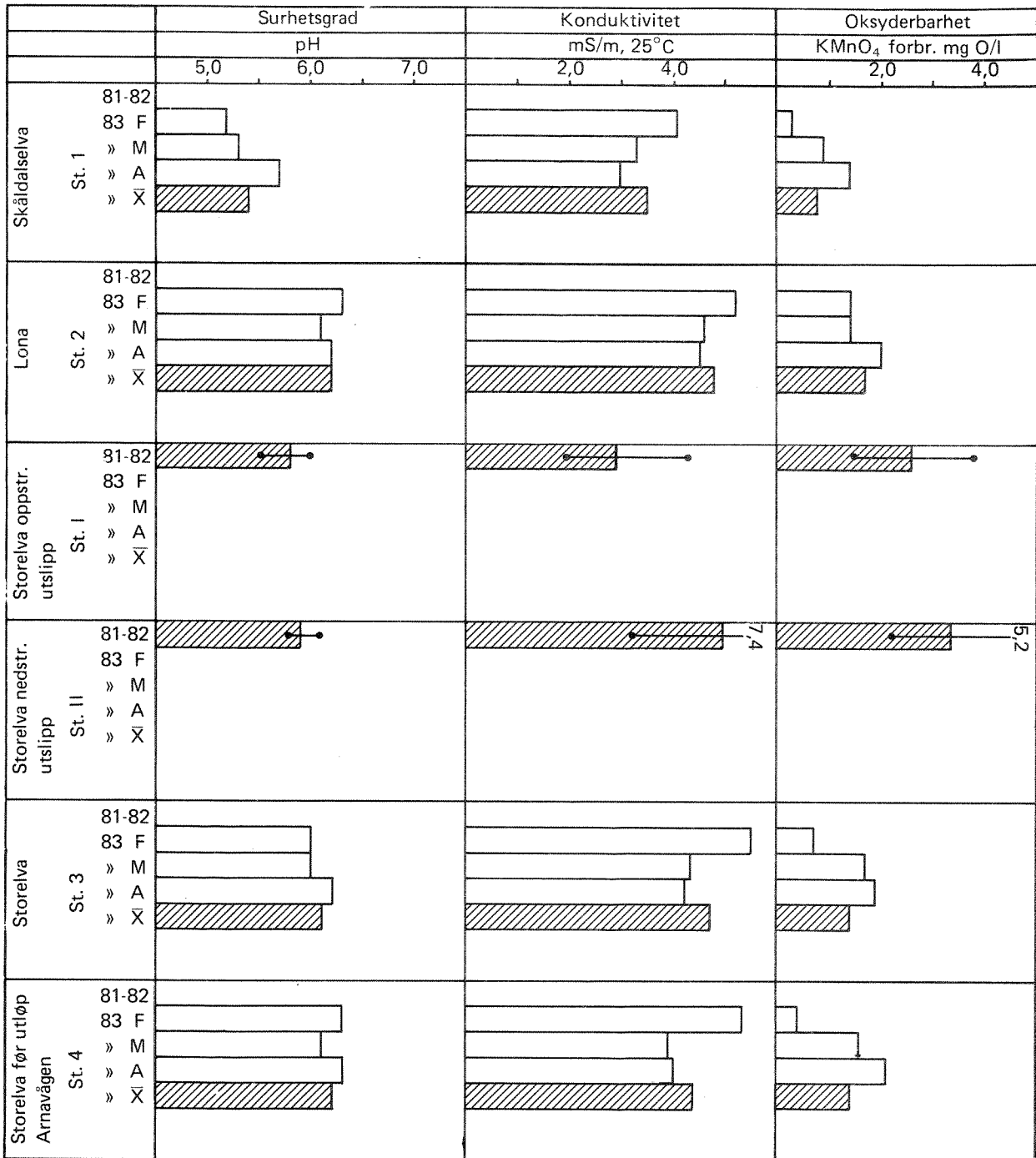
6.3.1 pH og konduktivitet

Kjemisk sett er vann nøytralt når $\text{pH} = 7$, lavere enn 7 er surt, og høyere enn 7 er basisk.

Analyseresultatene indikerer at vannet i Bjørndalsvassdraget (aritmetisk middel, \bar{x} : 5,4) er surere enn i Lona (\bar{x} : 6,2), noe som både har sammenheng med naturgrunnlaget (marine avsetninger ved Haukelandsvatnet) og aktiviteter i nedbørfeltene (mer jordbruk og påvirkning av avløpsvann i nedbørfeltet til Lona). Analyseresultatene fra st. I og II viser at vannet på prøvetakingsdagene var mer påvirket av tilsig fra Bjørndalsvassdraget, som har høyere vannføring (?) enn Lona. De lavere pH-verdiene i prøver fra mars (st. 1 - 4) kan ha sammenheng med regnvær og tilførsel av humussyrer fra myrområder i nedbørfeltet.

Vannets saltinnhold (konduktiviteten) varierer ifølge analyseresultatene (tabell IV, figur 9) fra \bar{x} : 3,5 mS/m (st. 1) til \bar{x} : 4,8 (st. 2). De høyeste verdier ble målt i februarprøvene på stasjonene 3 (5,5) og 4 (5,3), noe som antakelig har sammenheng med lavere nedbør enn normalt i denne måned. Konduktiviteten har vist seg å variere omvendt proporsjonalt med vannføringen og vil være påvirket av forholdet overflate-/grunnvannsavrenning. De to avrenningstyper har forskjellig vannkvalitet og følgelig vil dreneringsmønsteret være med på å styre konsentrasjonene. Av denne grunn kan vannkvaliteten variere over året og mellom ulike år. Materialet er derfor altfor spinkelt til å gi grunnlag for annet enn antakelser.

På grunn av beliggenheten nær kysten (havet) vil sjøsaltkomponentene natrium, klorid og sulfat bidra med en stor del av konduktiviteten i "Storelv-vannet". De høye verdier målt på stasjon 3 og 4 i Storelva har også sammenheng med utslipp fra trikotasjefabrikken. Dette går tydelig fram av resultatene fra st. II (nedstrøms utslipp), mens saltinnholdet oppstrøms fabrikken er preget av vannkvaliteten i Skåldalselva. Analyseresultatene indikerer at vannet i Skåldalselva er fattigere på mineral-salter. Elektrolyttfattig vann har dårlige bufferegenskaper og er følsomt



Figur 9. Arnavassdraget

pH, konduktivitet og oksyderbarhet på prøvetakingsdagene 1983 og aritmetisk middel for stasjonene 1 - 4.

Aritmetisk middel 81 - 82 for stasjonene I og II

overfor virkning av f.eks. humussyrer og sur nedbør. Alkalitetsverdiene var forøvrig lave i alle prøver. Den laveste verdien ble målt i Skåldalselva.

6.3.2 Farge, turbiditet og kjemisk oksyderbarhet (KMnO_4 -forbruk)

Turbiditet og fargetall ble målt i alle prøver fra stasjonene I og II. Verdiene var lave for begge parametre med aritmetisk middel på henholdsvis 0,85 FTU på st. I og 1,08 på st. II. Turbiditetsverdier $<1,0$ og lavt fargetall vitner om klart vann de fleste prøvetakingsdager. De lave fargeverdier kan imidlertid skyldes feil ved denne analyse eller / og forskjell i analysemetodikk (?).

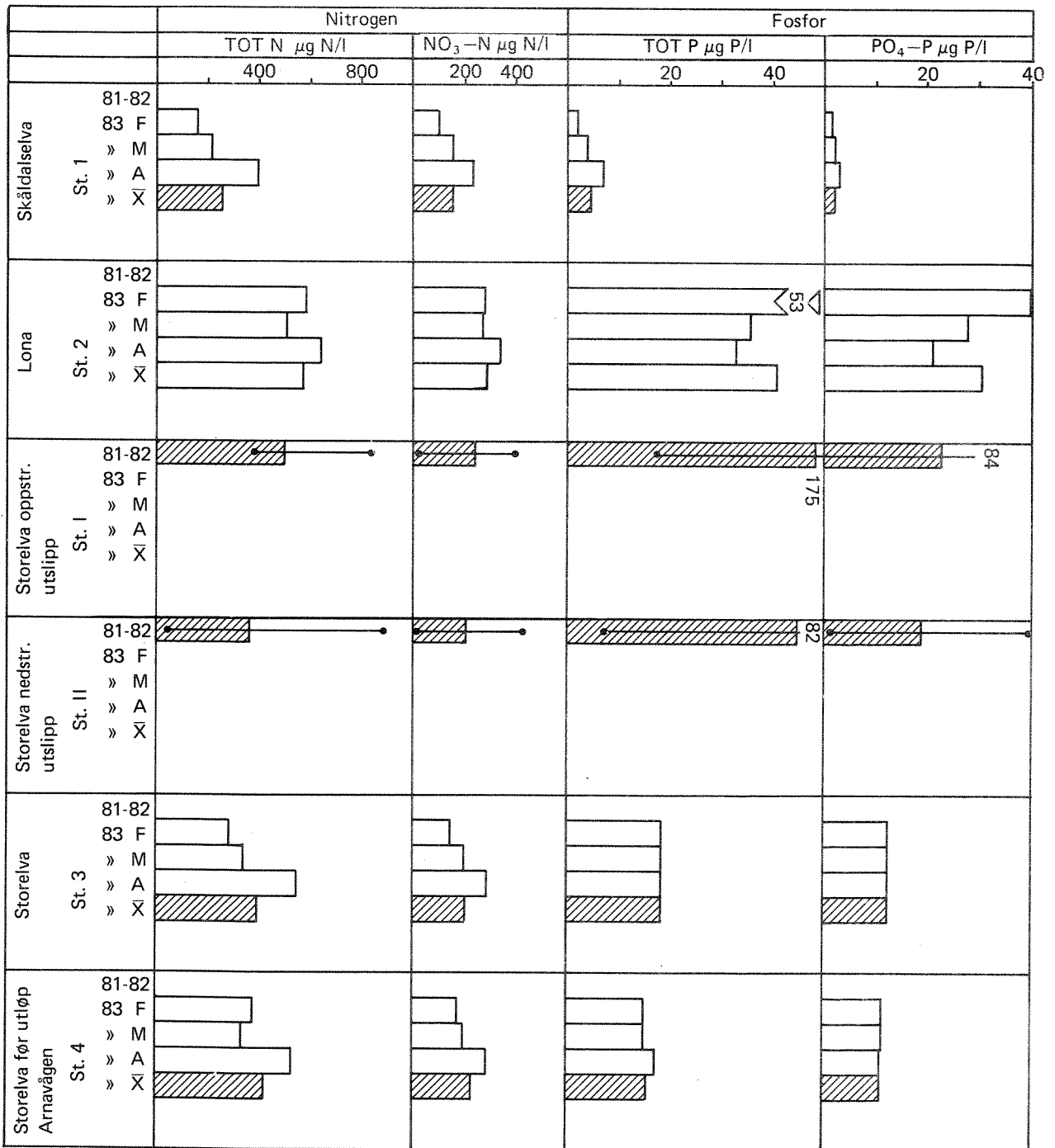
Fargetallet (filtrert) målt i prøver fra stasjonene 1 - 4 den 19.4.83 var betydelig høyere. KMnO_4 -forbruket var også noe høyere ved denne anledning, og varierte i området 1,9 - 2,1 mg O/l for stasjonene 3, 2 og 4, og 1,4 ved st. 1. Dette er forøvrig lave verdier og viser at vannet hadde et tilfredsstillende lavt innhold av organisk materiale på prøvetakingsdagene.

Imidlertid var KMnO_4 -tallet høyere i prøvene fra 1981 - 82, både for st. I og II. Da analysene er utført ved forskjellige laboratorier, er resultatene vanskelige å sammenlikne. Materialet indikerer likevel at prøvene fra st. I antakelig er noe påvirket av organisk stoff eller / og humus fra nedbørfeltet, og prøvene fra st. II også av utslipp fra fabrikk.

6.3.3 Næringssalter

Plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen spiller en avgjørende rolle for den biologiske stoffomsetningen i et vassdrag. Høyere verdier medfører som oftest en uønsket stor begroing. Menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet (kap. 3.4) bidrar til å øke konsentrasjonene av disse stoffene.

Analyseresultatene for nitrogenverdier i prøvene fra st. I og II er vanskelige å tolke (stor variasjonsbredde i materialet og i resultatene fra de forskjellige laboratorier). Resultatene fra st. I ser likevel ut til å vise at påvirkningen fra Lona (jordbruk og kloakkvann) dominerer bildet. Tot-N og nitratverdier fra 1983 (st. 1 - 4) indikerer også dette.



Figur 10. Arnavassdraget

Næringssalter på prøvetakingsdagene 1983 og aritmetisk middel for stasjonene 1 - 4.

Aritmetisk middel 81 - 82 for stasjonene I og II

Innholdet av totalfosfor og ortofosfat var tilfredsstillende lavt i alle prøvene fra Skåldalselva (tabell IV, figur 10) med aritmetisk middel på henholdsvis 4,5 og 2,2 $\mu\text{g P/l}$.

I prøvene fra Lona (st. 2) var derimot både fosfor- og fosfatverdier svært høye, med aritmetisk middel på henholdsvis 40,5 og 30,2 $\mu\text{g P/l}$.

Særlig foruroligende var de høye fosfatverdier, som viser at vassdraget på denne strekning er sterkt påvirket av kloakkvann. Dette korresponderer med resultater fra tidligere undersøkelser (Bekkestad 1980, Aanes 1982). Denne fosforfraksjonen er direkte tilgjengelig for algevekst. Innholdet av Tot-P og $\text{PO}_4\text{-P}$ i prøvene fra Storelva (stasjonene 3 og 4) er også for høyt, men i et helt annet nivå enn for stasjon 2. Resultatene viser at vannet også her er kloakkvannspåvirket (høye fosfatverdier), selv om det er mer fortynnet.

Resultatene fra st. I og II er også for disse analyser vanskelige å tolke, f.eks. virker det ikke rimelig med et innhold av $\text{PO}_4\text{-P}$ på 0 i prøvene fra juli og september 1981 (begge stasjoner).

6.3.4 Tungmetaller

Ved en enkelt anledning ble konsentrasjonen av tungmetaller målt i prøvene fra st. 1 - 4.

Analyseresultatene viser at innholdet av jern (ca 50 $\mu\text{g Fe/l}$) og mangan (ca 11 $\mu\text{g Mn/l}$) var omtrent dobbelt så høyt i "Storelvvannet" som i prøven fra Skåldalselva (henholdsvis 21 $\mu\text{g Fe/l}$ og 7,6 $\mu\text{g Mn/l}$). Dette er antakelig forårsaket av ytre belastning, f.eks. fra nedbørfeltet til Haukelandsvatnet og utslipp fra fabrikk. Konsentrasjonen av jern var imidlertid vesentlig høyere i prøver fra Haukelandsvatnet (august 1981) med målte verdier på 110 $\mu\text{g Fe/l}$ i overflatelagene og aritmetisk middel på ca 90 $\mu\text{g Fe/l}$ (vertikalserie) (Aanes, 1982). Konsentrasjonene for de andre tungmetallene som ble målt den 9.2.83 var lave og i et nivå som ikke regnes å føre til negative effekter i resipienten. Men det skal her legges til at dette materialet refererer seg til en enkelt prøvetaking, og konsentrasjonsnivået bør også undersøkes ved andre årstider.

Analyseresultatene fra stasjonene I og II (1981 og 1982) ligger for jern og mangan i omtrentlig samme nivå, med til dels høye konsentrasjoner av jern (maksimumsverdi på 130 $\mu\text{g/l}$ for st. I, 110 $\mu\text{g/l}$ for st. II). Analyseresultatene for de øvrige tungmetaller kobber, sink, bly og kadmium har vi

vanskelig for å tillegge større verdi da det i materialet er klare analyse-svakheter. Det vil derfor ikke være riktig å arbeide videre med dette materialet nå. Vi vil derimot foreslå (bl.a. nevnt i rapporten fra Haukelandsvatn) at det arbeides videre med å finne kilden(e) til tungmetallene i vassdraget, og videre å få fram et konsentrasjonsnivå som er representativt for de ulike avsnitt av vassdraget gjennom hele året.

6.3.5 Konklusjoner

Analyseresultater fra tidligere undersøkelser (Bekkestad, 1980, Aanes, 1982) viste at prøver fra Haukelandsvatnet og Arnavassdraget forøvrig hadde et betenkelig høyt innhold av næringssalter og tungmetaller. Selv om beregnede tilførselsdata er noe usikre (kap. 3.4) understreker dette materialet sammen med de bakteriologiske analyser (kap. 7.1) at vassdraget tilføres store mengder næringssalter (særlig fosfor) fra kloakkvann.

Ut fra angitt gjennomsnittlig vannføring fra Haukelandsvatnet på $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ og årlig fosforbelastning på 1,57 tonn P, ble midlere fosforkonsentrasjon i tilløpsvannet i notat av 22.1.81 da beregnet til vel $40 \text{ } \mu\text{g P/l}$ (Holtan 1981). Dette er i overensstemmelse med målte verdier fra st. 2; Lona (februar - april 1983), med aritmetisk middel på $40,5 \text{ } \mu\text{g P/l}$, selv om beregnet tilførsel nå oppgis å være noe høyere (1,7 tonn P/år).

De målte konsentrasjoner av næringssalter i prøvene fra st. I og II (81-82) var langt høyere, men vanskelig å sammenlikne (bl.a. på grunn av at forskjellige laboratorier er brukt). Prøvene fra 1983 er imidlertid ikke representative for situasjonen ved lavvannføring (mer nedbør enn normalt), og vil da være høyere. Dette gjelder også konsentrasjonen av tungmetaller, som ifølge tidligere undersøkelser og analyseresultatene fra st I og II er langt høyere enn målte verdier for st. 1 - 4 (vinter - vår 1983). Selv om analyseresultatene fra st. I og II er usikre (kap. 6.3.4) indikerer disse verdier konsentrasjonsnivåer som til tider vil være giftige (dødelige) for levende organismer (kap. 7).

Ved reduksjon av vannføringen vil situasjonen forverres nedstrøms nåværende kraftverk (Skåldalselva), og for Storelva totalt. Særlig gjelder dette situasjoner ved lavvannføring. Tallmaterialet er imidlertid for spinkelt til å angi eksakte konsentrasjoner.

Selv om sanering av kommunalt avløpsvann langs Arnavassdraget etter hvert vil gi en betydelig reduksjon i forurensningsbelastningen på elva, vil tilførselen fra Lona og Haukelandsvatnet fremdeles være like stor, inntil sanering av dette nedbørfelt (kap. 3.4.6) skjer.

7. HYDROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER

7.1 Bakteriologi

Spesielle prøver ble tatt på sterile prøveflasker og analysert ifølge NS-4751; Metoder for bakteriologiske undersøkelser av drikkevann.

Prøvene fra Arnavassdraget er analysert ved Helseseksjonen, Bergen kommune, avdeling for næringsmiddelkontroll. Analyseresultatene er samlet i tabell VI (Vedlegg).

Resultatene indikerer meget tydelig den store tilførselen av sanitært avløpsvann som det undersøkte vassdragsavsnitt i dag mottar. Særlig er konsentrasjonene av tarmbakterier svært høye på stasjonen i Lona like før samløp med Storelva og på de to stasjonene i hovedvassdraget nedstrøms Espeland. At konsentrasjonen var så pass høy i Skåldalselva er bemerkelsesverdig, og det bør arbeides med å finne kilden til disse utlippene. Men det skal samtidig legges til at påvirkningen her er betydelig mindre enn den vi har registrert på de andre stasjonene i vassdraget.

Ut fra en hygienisk kvalitetsvurdering av vannet fra de fire stasjonene i Arnavassdraget og da med utgangspunkt i de krav Statens institutt for folkehelse har satt til drikkevann og badevann for friluftsbad (SIFF, 1976), er disse overskredet på samtlige stasjoner (se tabell VI).

Selv om de indikatorbakteriene som brukes ved en slik kvalitetsvurdering i seg selv ikke er sykdomsfremkallende (patogene), betyr deres nærvær at også patogene mikroorganismer inkludert virus, som skilles ut med avføring, kan være til stede. Dette sett i relasjon til den friluftaktivitet som utøves i og ved de nevnte vassdragsavsnitt (fiske, bading o.l.) og det rekreasjonspotensiale vassdraget vil kunne få gjør at vi vurderer dagens utvikling som meget betenkelig.

7.2 Begroing

7.2.1 Innledning

Betegnelsen "begroing" omfatter i hovedsak bakterier, sopp, alger og moser knyttet til elvebunnen eller annet substrat. I noen tilfeller utgjør andre organismer, eksempelvis primitive fastsittende dyr, en del av

begroingen. Begroingen kan karakteriseres ved biomasse, artssammensetning og romlig utbredelse.

Ved å være bundet til et voksested, vil begroingssamfunnet avspeile miljøfaktorene på voksestedet og integrere denne påvirkningen over tid.

Blant de fysiske faktorene er følgende av særlig betydning for begroingssamfunnet: Lysklima, temperatur-regime, strømhastighet og grad av mekanisk påkjenning.

Begroingen gjenspeiler også vannkjemien, og varierer derfor med lokale geologiske forhold og sivilisatorisk påvirkning.

7.2.2 Metode og materiale

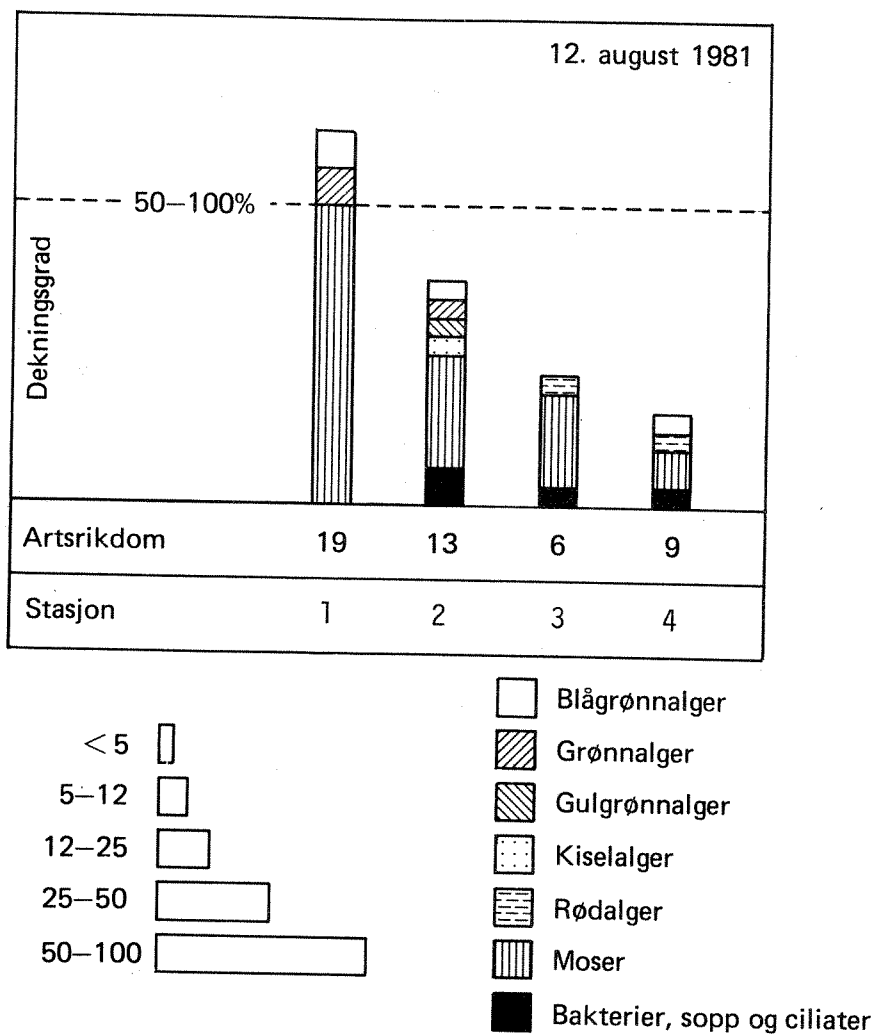
Begroingsmateriale ble samlet ved en befaring i vassdraget 12. august 1981.

Begroingsorganismene vokser ofte i mer eller mindre karakteristiske enheter, som eksempelvis kan ha form av et brunt geléaktig belegg (oftest kiselalger), grønne tråder (oftest grønnalger) eller mørkegrønne "dusker" som kan bestå av rød- eller blågrønnalger. Ved befaringen ble de ulike begroingselementene samlet inn hver for seg, og mengdemessig forekomst av hvert element ble angitt i form av dekningsgrad. Det er en subjektiv vurdering av hvor stor prosentdel av tilgjengelig elveleie som var dekket av vedkommende element.

Det innsamlede materialet ble fiksert i felt og bragt til laboratoriet for videre analyse. Hver arts mengdemessige betydning innen begroingselementet ble bedømt.

7.2.3 Resultater

Resultatene av begroingsanalysen er gjengitt i tabell VII (Vedlegg). Begroingens mengdemessige forekomst og artsrikdom er fremstilt i figur 11.



Figur 11. Begroingsorganismer. Mengdemessig forekomst og artsrikdom

På st. 1, Skåldalselva, dekket moser det meste av elveleiet, blågrønnalger og grønnalger hadde også mengdemessig betydning, se figur 11. Det ble registrert 19 arter i alt på st. 1. Sammenlignet med st. 2, og særlig stasjonene 3 og 4, var begroingen artsrik.

Begroingen på st. 2, Lona, dekket det meste av elveleiet. Til tross for at mange hovedgrupper hadde stor forekomst, ble det observert færre arter enn på st. 1.

Det var mindre begroing på stasjonene 3 og 4 i Storelva enn lenger opp i vassdraget. Begroingen dekket fra 20-40 % av elveleiet og vokste som store tjafser av mose og av rødalgen *Lemanea fluviatilis*. Begroingen var unormalt artsfattig, det gjaldt særlig st. 3 der bare 6 arter ble observert.

Artssammensetning

St. 1: Algevegetasjonen var dominert av blågrønnalger, se tabell VII. På grunn av reguleringen er det her hyppige vannstandsvekslinger i elva. Arter som tåler kortvarig tørrlegging var i overvekt. Det var påfallende lite trådformede grønnalger på st. 1. En del slike alger har vanskelig for å etablere seg i regulerte elver. Det var dårlig lys der prøvene ble tatt og dette er trolig en medvirkende årsak til liten forekomst av trådformede grønnalger på st. 1. Prøvene inneholdt påfallende lite kiselalger, noe som er observert i mange vestlandsvassdrag tidligere. Det er ikke funnet noen god forklaring på forholdet.

Ingen forurensningsindikatorer ble observert og arter som forsvinner ved forurensningsbelastning, f.eks. blågrønnalgen *Stigonema mamillosum*, ble observert.

Mosesamfunnet bestod av arter som trives på lokaliteter med moderat/liten forurensningsbelastning.

St 2: Begroingsamfunnet var preget av forurensningsbelastning. Arter som trives på lokaliteter med høyt næringssaltinnhold, f.eks. gulgrønnalgen *Vaucheria* sp. og grønnalgen *Closterium* cf. *ehrenbergii* hadde stor forekomst. Arter som er tolerante for ulike typer av forurensningsbelastning, f.eks. grønnalgen *Stigeochlonium* cf. *tenue* og kiselalgen *Nitzschia palea* hadde også mengdemessig betydning.

Prøvene inneholdt en ukjent kiselalge som trolig hører til artskomplekset *Fragilaria vaucheria* / *Synedra vaucheria* / *Synedra rumpens*. Represen-tanter for dette artskomplekset forekommer i bl.a. forurensede vassdrag som er sure i varierende grad.

Mosesamfunnet bestod av tre arter som alle er forurensningstolerante.

Prøvene inneholdt endel bakterier, det indikerer løst organisk materiale i vannet.

St. 3 og 4: Tre begroingsorganismer hadde mengdemessig betydning - alle har vid toleranse for ulike miljøpåvirkninger. I tillegg ble

blågrønnalgen *Chamaesiphon* cf. *polymorphus* og endel kiselalger registrert på st. 4. Innholdet i prøvene av bakterier og andre nedbrytere var noe mindre på stasjonene 3 og 4 enn på st. 2.

Similaritetsberegninger

For å få et inntrykk av stasjonenes innbyrdes likhet/ulikhet er det beregnet similaritetsindeks. Sørensens indeks for kvalitative data (Sørensen 1948) er anvendt, som mellom to stasjoner er gitt ved

$$S = 2A/(B+C)$$

hvor A = antall arter felles for to stasjoner

B = antall arter på st. 1

C = do., st. 2.

Indeksen kan teoretisk variere mellom 0 (ingen likhet) og 1 (perfekt overensstemmelse i artsinnhold).

Til tross for at begroingssamfunnet var unormalt artsfattig på stasjonene 3 og 4 og lite egnet for sammenliknende samfunnsanalyser, er resultatet av similaritetsberegningene helt klart.

Tabell 6. Similaritetsindeks (likhet) basert på artene i begroings-
samfunnet

Stasjon	1	2	3
2	0,06		
3	0	0,40	
4	0	0,42	0,63

Begroingen i Skåldalselva (st. 1) viser ingen likhet med begroingen i Storelva (stasjonene 3 og 4), se tabell 6. Den viser også svært liten likhet med begroingen i Lona (st. 2). Stasjonene 3 og 4 viser størst innbyrdes likhet (similaritetsindeks = 0,63).

Likheten mellom stasjonene nedstrøms utløpet av Haukelandsvatn (st. 2) og de to stasjonene nedstrøms Stephansen (stasjonene 3 og 4) er omlag like stor, similaritetsindeks er henholdsvis 0,40 (stasjonene 2 og 3) og 0,42 (stasjonene 2 og 4).

7.2.4 Konklusjoner

Begroingen på st. 1 i Skåldalselva er noe preget av reguleringseffekter. Forøvrig viser begroingen normal artsrikdom og ingen markerte forureningsindikatorer er observert. Det er liten likhet mellom st. 1 og de andre stasjonene. Dette indikerer at vannkjemien på st. 2, st. 3 og st. 4 er vesensforskjellig fra vannkjemien på st. 1.

Begroingssamfunnet på st. 2 tilsier at innholdet av plantenæringsalter og løst organisk materiale er forholdsvis høyt. Organismer som er tolerante for ulike typer av forurensning er tilstede.

Begroingssamfunnet på stasjonene 3 og 4 viser mange felles trekk. Det er svært artsfattig og preges i større grad enn på st. 2 av forurensnings-tolerante organismer. Dette indikerer at det i kortere eller lengre perioder finnes stoffer i vannet som virker giftig på de fleste begroings-organismene. De kjemiske analysene har ikke vist hvilke stoffer det dreier seg om. Fra fargeriet Stephansen A/S slippes det ut bl.a. klorforbindelser. Klorforbindelser brukes bl.a. for å fjerne begroing i avløpsrør o.l. I blekeprosesser kan det dessuten dannes organiske klorforbindelser som kan virke giftig på organismelivet. Tekstilindustrien slipper også ut andre stoffer som kan virke giftig på svært mange organismer. (NIVA 1983, under bearbeidelse.)

På stasjonene 3 og 4 inneholder vannet mye næringsalter og løst organisk materiale. Grunnen til at dette ikke kommer sterkere til uttrykk i begroingen er trolig den nevnte gifteffekt.

7.3 Bunndyrsamfunnenes sammensetning på stasjonene i vassdraget

7.3.1 Innledning

Innsamling av større bunndyr (makrovertebrater) har lenge vært en viktig del av generelle og problemrettede vassdragsundersøkelser. Det som særlig gjør disse organismene velegnet for å studere vannkvaliteten i en

resipient er at bunndyrene gjennom sitt livsløp gir et integrert bilde av tilstanden i vassdraget over lang tid. Samtidig utgjør bunnfaunaen en viktig del av vassdragets selvrenningskapasitet, og bunndyrene er videre viktige næringsobjekter for vassdragets fiskefauna.

Gjennom en analyse av bunndyrsamfunnets strukturelle og funksjonelle oppbygging på et sett med utvalgte stasjoner, vil det være mulig å få fram informasjon om påvirkningstype samt miljøpåvirkningens utstrekning og størrelse. Dersom det blir registrert forandringer i samfunnet på en stasjon gjennom en tidsperiode, indikerer dette forandringer i vannkvaliteten. Det innsamlede bunndyrmateriale har derfor en dobbelt funksjon. Det skal for det første beskrive dagens situasjon på stasjonene i vassdraget, samtidig som det er et referansemateriale for fremtidige undersøkelser.

Bunndyrmaterialet fra Arnavassdraget er fiksert og arkivert ved NIVA og vil være tilgjengelig ved senere undersøkelser i vassdraget.

7.3.2 Stasjonsvalg

Ved valg av lokaliteter for innsamling av bunndyr er det benyttet de samme stasjoner som ved NIVAs innsamling av vannprøver for fysisk-kjemiske og bakterielle analyser (se avsnitt om stasjonsplassering).

7.3.3 Metode og materiale

Ved inventeringen av stasjonene i Storelva, Lona og Skåldalselva i Arnavassdraget ble det benyttet en standardisert håvmetode (maskevidde 0,25 mm) for å få et kvalitativt bilde av organismesamfunnene i vassdraget. Under prøvetakingen settes håven ned mot elvebunnen med åpningen mot strømmen, steinene snus og substratet omrøres med støvelen, mens en beveger seg jevnt mot strømmen i ett minutt. Håven tømmes og prosedyren gjentas 3 ganger.

Bunndyrmaterialet bygger på de to prøvetakingene i juni og august 1981.

7.3.4 Resultater

I tabell VIII er antallet individer i de forskjellige hovedgruppene i bunn-dyrmaterialet stilt sammen, samtidig som det her er gitt opplysninger om gruppenes prosentvise dominans på stasjonene i vassdraget.

I tabell IX-X er artssammensetningen for gruppene vårfluer og steinfluer samlet. For gruppen døgnfluer er data om artssammensetningen gitt i teksten.

Mengdemessig forekomst og variasjon

De undersøkte stasjonene i Arnavassdraget har en rik og variert bunn-fauna når forhold som tetthet og antall grupper pr. stasjon betraktes. Derimot var antallet arter som er registrert i de tre hovedgruppene steinfluer, døgnfluer og vårfluer lavt under prøvetakingen i vassdraget.

Insektlarvene er det dominerende faunainnslag i prøvene, og særlig er populasjonene av fjærmygg- og døgnfluellarver store. Ellers er det få andre grupper som har noen stor tetthet i vassdraget. For visse grupper er det tildels store forskjeller mellom prøvene fra juni og august. Dette er først og fremst knyttet til organismenes livssyklus og dynamiske forhold ellers i vassdraget.

Bunndyrtettheten var under prøvetakingen i juni særlig stor på stasjonen i Lona (st. 2). Den var da mer enn tre ganger større enn på stasjonene i Storelva nedstrøms Espeland (stasjonene 3 og 4). Fra stasjonen i Skåldalselva ble det ikke innsamlet bunndyr i juni.

Den store tettheten av bunndyr på st. 2 viser at det her er gode produksjonsforhold for grupper og arter innen bunnfaunaen som begunstiges av en økt tilførsel av organisk materiale og næringssalter. At tettheten i bunnfaunaen faller så sterkt på stasjonene 3 og 4 i Storelva var uventet. Det er nærliggende å tilskrive dette utslipp som hemmer utviklingen av et naturlig biologisk produksjonspotensiale på dette avsnittet av Arnavassdraget.

Ved prøvetakingen i august var forskjellen i bunndyrtetthet mellom disse tre stasjonene langt mindre. Dette skyldes først og fremst den store tettheten av døgnfluelarver på st. 3 og 4, som består av små (nyklekte) individer av neste års generasjon. Trolig er det små fysiske forskjeller mellom stasjonene (bl.a. vanntemperatur) som fører til at arten det her er snakk om (*Baetis rhodani*) har et noe ulikt klekkingstidspunkt i øvre og nedre deler av vassdraget. Videre kan ulik påvirkningsgrad i tidsperioden før de to prøvetakingene ha hatt betydning for bunnfaunaens utforming. Faktorer som her kan trekkes fram er dels nedbørforhold og vannføringsendringer som påvirker konsentrasjonen av de ulike forbindelsene i vannet. Men vannføringsendringene fører også med seg en utspyling og opprensning av elvebunnen og er videre en viktig faktor til transport (drift) av organismer nedover vassdraget fra mer upåvirkede områder lengre oppe i elva. I tidsperioden mellom de to prøvetakingene har det trolig vært reduserte utslipp til vassdraget på grunn av ferie og stans ved driftet i forbindelse med avviklingen av denne.

Bunndyrtettheten på stasjonen i Skåldalselva (st. 1) var noe mindre i august enn på de andre stasjonene i vassdraget. Dette skyldes som for st. 2 en noe lavere tetthet av døgnfluer, og videre at visse grupper mangler i bunnfaunaen på denne stasjonen. Det siste skyldes dels at dette sidevassdraget er langt mindre påvirket av organisk materiale og nærings-salter, slik at de gruppene og artene i bunnfaunaen som begunstiges under slike forhold ikke finnes (*Aseillus aquaticus*) eller er fåtallig representert på stasjonen. Derimot vil grupper som trives under mer næringsfattede forhold ha økt sin dominans i bunndyrsamfunnet (steinfluer, vannmidd).

Skåldalsvassdraget er i dag regulert (se 3.5), noe som også er med å utforme bunndyrsamfunnets sammensetning, men effekten av denne reguleringen ser ikke ut til å ha noen større virkning på utformingen av bunnfaunaen på denne stasjonen.

Artsrikdom og sammensetning

I tabell IX og X er det gitt en oversikt over de artene som ble funnet innen gruppene vårfluer og steinfluer. For gruppen døgnfluer var materialet totalt dominert av arten *Baetis rhodani*. En art med bred økologisk

toleranse og som begunstiges av en økt tilførsel av organisk materiale og næringssalter. I tillegg ble det funnet 4 eksemplarer av *B. scambus* på st. 1. Denne arten ble også funnet med 3 individer på st. 4 i juni. Ellers ble det funnet noen få individer av arten *B. subalpinus* på st. 2 i juni.

Summeres artsantallet for de tre hovedgruppene vårfluer, steinfluer og døgnfluer, blir dette henholdsvis 11, 8, 6 og 5 for stasjonene 1, 2, 3 og 4. Størst artsrikdom finner vi på st. 1, den stasjonen som er minst påvirket av forurensningskomponenter. Bemerkelsesverdig er det at artsantallet fortsetter å avta fra st. 2 til stasjonene 3 og 4.

Ved å betrakte sammensetningen i bunnfaunaen og da ta for seg de andre hovedgruppene i materialet (tabellVIII) kommer det fram flere interessante forhold som underbygger det bilde vi allerede har beskrevet om resipientforholdene i vassdraget.

På stasjon 1 ble det ikke funnet noen snegler. Dette tilskrives vannets næringsfattige status og forhold knyttet til vannets lave kalkinnhold og surhetsgrad. Men på st. 2 har gruppen derimot stor tetthet som så faller sterkt på stasjonene 3 og 4. Det siste er nærliggende å koble sammen med utslipp av stoffer som virker hemmende på sneglenes livsmiljø.

Steinfluene har størst tetthet i Skåldalselva, noe som naturlig hører sammen med at gruppen trives best på relativt næringsfattige lokaliteter, og hvor vanntemperaturen ikke blir for høy.

Døgnfluene er tidligere omtalt, men det kan kanskje trekkes fram den markerte reduksjonen det er i gruppens tetthet fra st. 2 og til stasjonene 3 og 4 ved prøvetakingen i juni.

Dette gjør seg også gjeldende for gruppen vårfluer både i juni og august. Det samme bilde gjenspeiles også i gruppene fjærmygg og biller i juni-prøven.

Asellus aquaticus (Isopoda) er et lite krepsdyr som kan bli 15 mm langt og blir kalt gråsugg på norsk. Funnet av denne arten i Arnavassdraget er interessant, da den ellers er sjelden på Vestlandet. *A. aquaticus* er

ofte en indikasjon på næringsrikhet og organisk belastning, noe som stemmer bra med det bilde materialet forøvrig gir av vassdraget. Artens tetthet på st. 2 er stor, men som påpekt flere ganger tidligere under vurderingen av bunndyrmaterialet, avtar tettheten også for denne organismen sterkt på stasjonene 3 og 4.

7.3.5 Konklusjoner

Bunndyrsamfunnet på st. 1 i Skåldalselva har en normal og tildels variert sammensetning. Det ble i materialet fra denne stasjonen ikke funnet noe som skulle indikere at dette sidevassdraget i dag er utsatt for noen markert forurensningspåvirkning. Bunnfaunaen var derimot noe preget av vassdragets næringsfattige status, surhet og lave alkalitet.

På stasjonen i Lona (st. 2) viser bunndyrmaterialet en markert endring i forhold til st. 1. Bunnfaunaen har her større tetthet og flere nye grupper er kommet til, men variasjonen/mangfoldet i samfunnet har avtatt. Det ble i materialet fra st. 2 registrert flere organismegrupper som indikerer en økt tilførsel av organisk materiale og plantenæringsalter på denne stasjonen.

Bunndyrsamfunnets sammensetning på stasjonene 3 og 4 viser mange felles trekk. Det er svært artsfattig og preges i større grad enn på st. 2 av forurensningstolerante organismer. Likeså har bunndyrtettheten som helhet og for flere viktige grupper på disse to stasjonene avtatt i forhold til st. 2. Det er derfor nærliggende å tilskrive dette direkte utslipp med egenskaper som hemmer utviklingen av et naturlig biologisk produksjonspotensiale på dette avsnittet av Arnavassdraget.

7.4 Fisk

Det er ikke innsamlet noe eget materiale om fisk eller om fiskeforholdene i forbindelse med denne undersøkelsen. Fra Fiskerikonsulenten for Vestlandet er det opplyst at de ikke har utført slike undersøkelser i den senere tid på det aktuelle avsnittet av Arnavassdraget. Ved laboratoriet for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske (Universitetet i Bergen) ble det

nylig utført en enkel befarings med elektrisk fiskeapparat av nevnte vassdragsavsnitt og da mer av orienterende karakter. Det bilde som man her fikk (Raddum, pers. medd.) var at det nedstrøms samløpet med Skåldalselva og Lona kun finnes enkelte individer av bekkørret. På denne strekningen ned til Arnavågen finnes det ikke noen egen bestand av fisk, men individer som vandrer ned fra områdene oppstrøms Storelva. Det ble ved denne undersøkelsen heller ikke funnet tegn på at det i dag er noen egen reproduksjon av fisk på nevnte vassdragsavsnitt.

8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

Det er i kapittel 7 gitt en orientering om graden og utstrekningen av forurensningseffektene i Storelva. Påvirkningene er tildels betydelige når det gjelder utslipp av kloakkvann til den delen av vassdraget som omfatter Lona og Storelva. Og i tillegg til denne påvirkningen er det i materialet funnet klare tegn på at det tilføres vassdraget forurensningskomponenter med gifteffekter.

8.1 Vurdering av nevnte inngrep for vassdraget ved nåværende forurensningsbelastning

Dersom de fremlagte planene om den nye drikkevannsforsyningen i Bjørndalen gjennomføres uten at det samtidig gjøres tiltak for å begrense forurensningsbelastningen i vassdraget, vil dette få store konsekvenser for forurensningssituasjonen i Storelva.

Dette er dels koblet sammen med den reduserte fortykning utslippene til vassdraget da vil få. Dette er særlig utslagsgivende i lavvannsperioder hvor den alminnelige lavvannsføring i Storelva ved Espeland hvor vannføringen i dag når kraftverket kjøres er $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ og hvis vannverket blir utbygget (trinn 1) vil være $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$, pluss bidraget fra minstevannføring ved utløp Osavatn.

Ellers vil vannføringsmønsteret ved et slikt alternativ bli mer avslepet, noe som resulterer i en jevnere vannføring med færre og mindre flommer i Storelva. Dette er forhold som i dag er medvirkende årsak til at tilstanden som er registrert ikke er verre enn beskrevet.

8.2 Nødvendige tiltak som må gjennomføres for å opprettholde en akseptabel vannkvalitet i Storelva etter at nevnte vannverksutbygging er gjennomført

Rapporten fra undersøkelsene i Haukelandsvatnet i 1981 (Aanes 1982) konkluderer med at det straks må settes inn tiltak for å hindre at innsjøen

blir så eutrof (næringsrik) at det senere blir nødvendig med eget kostbart tiltak både i innsjøen (restaurering) og i nedbørfeltet for å reparere på de skadene som vi nå ser utvikle seg i Haukelandsvatn.

De data som vi nå gjennom denne undersøkelsen har fått fram om forurensningstilstanden, har avslørt at vassdraget i dag tilføres betydelige mengder kloakkvann fra bebyggelsen langs vassdraget. I tillegg til denne tilførselen av organisk materiale, næringsalter og tarmbakterier, slippes det ut forbindelser til Storelva som har gifteffekter på de biologiske organismene i vassdraget.

Bergen kommune foreslår som en forutsetning for at konsesjonen gis, at kloakkutslipp til Arnavågen (østsiden) samt Storelva og nedre del av Skåldalselva saneres før vannverket tas i bruk. Dessuten at det settes krav til en minstevannføring ved utløp Osavatn på $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kloakksaneringen langs vassdraget bør, slik vi ser det starte sør for Haukelandsvatn og gå langs vatnets vestsida og videre mot Arnavågen hvor den kobles på kloakktunellen til Garnes.

En effektiv sanering av utslippene til vassdraget vil føre med seg en betydelig bedring av vannkvaliteten og resipientforholdene i Storelva.

Dette er en noe mer omfattende sanering enn den Bergen Kommune har foreslått. Bakgrunnen for at vi vil ta med deler av nedbørfeltet som ikke direkte berøres av vannverksutbygningen kan sammenfattes under de tre punktene:

- 1) Det er i dag i det biologiske grunnlagsmateriale funnet at utslipp til Storelva hemmer etablering og vekst av begroingsorganismene på dette avsnittet av vassdraget. Konsentrasjonen av næringsalter i Storelva gir i dag muligheter for et vekstpotensiale som er vesentlig større enn det som er dagens situasjon. Ved kloakksaneringen langs Storelva vil gifteeffektene fjernes og næringssaltkonsentrasjonen vil

i stor grad være bestemmende for begroingens sammensetning og mengdemessige forekomst. Den viktigste fosforkilden vil da være bidraget fra Lona, hvor dagens midlere konsentrasjon er så høy som $30 \mu\text{g PO}_4\text{-P}$. Et ortofosfatinnhold så stort at selv ved en sanering av kloakkutslippene til Storelva vil dette gi en markert begroing av nevnte vassdragsavsnitt.

2. Ved vannverksutbygningen i Gullfjellet vil lavvannføringen bli noe større enn ved dagens situasjon (når kraftverket står), mens det omvendte vil være tilfelle i Storelva i resten av året. Fortynningen av Lonavannet blir dårligere og næringssaltkonsentrasjonen høyere, særlig vil dette være tilfelle på den øvre del av Storelva enn den er i dag. Videre er det kjent at begroingsorganismene i noen grad har mulighet for å akkumulere næringsalter til bruk i perioder hvor konsentrasjonen avtar.
3. Haukelandsvatnet er inne i en akselererende eutrofiutvikling, med stor oksygentæring i bunnvannet. Når dette blir oksygenfritt finner det sted en intern gjødsling av vannet fra bunnsedimentene som igjen resulterer i en økt eutrofiering. Dette vil så føre til at innholdet av organisk materiale og næringsalter i Lona øker.

Ved en vannverksutbygging slik som tidligere beskrevet, vil effekten av en redusert vannføring i Skåldalselva - når dagens forurensningssituasjon er bragt under kontroll - ikke føre til endringer av betydning i vassdragstilstanden i Storelva. Vannkvaliteten på dette vassdragsavsnittet vil da ikke være til noe hinder for at ørreten igjen etablerer egne bestander i Storelva, og ellers vil laks og sjø-ørret igjen kunne benytte vassdraget til lek og oppvekst. Men en forutsetning for at dette skal holde er at eutrofiutviklingen i Haukelandsvatnet ikke er kommet for langt (oksygenfrie tilstander i bunnvann og sedimenter, og følgelig fosforfrigjøring).

Vi vil anbefale at kloakksaneringen prioriteres meget høyt i årene som kommer og den bør være gjennomført før vannverket i Bjørndalen er etablert. Hvis ikke dette er tilfelle, kan en risikere uholdbare tilstander i Storelva under lavvannsperioder om sommeren.

8.3 Overvåkingsundersøkelser

En overvåkingsundersøkelse av vassdraget bør snarest komme i gang. Det bør legges spesiell vekt på å følge effektene av den kloakksaneringsplan som tidligere er omtalt. En vil derved kunne sikre seg at de tiltak som vil bli gjennomført for å bedre forurensningstilstanden i vassdraget gir den forventede virkning for en allsidig bruk av vassdraget i fremtiden.

9. REFERANSER

- Bakkestad, F., 1980: Kjemiske undersøkelser av Arnassdraget 1980. Rapport fra DVF (Fiskerikonsulent i Vest-Norge). Bergen, januar 1980.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1976: Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen. Hovedrapport 1976. Bergen, april 1976.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1976: Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen. Vedlegg til hovedrapport 1976. Bergen, oktober 1976.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Vannforurensningskilder i Bergen. Lokalisering og kvantifisering. Hovedrapport 1976. Bergen, februar 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Vannforurensningskilder i Bergen. Saksbehandler: G.T. Trengereid. Bergen, november 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1976: Vannforsyning. Nåværende situasjon. Framtidig forsyningsbehov. Alternative nye vannkilder. Rapport nr. 1. Bergen, mars 1976.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Hovedvannforsyningen. Vannbehandling - Klausulering. Rapport nr. 2. Bergen, februar 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Hovedvannforsyningen. Forprosjekt. Dimensjonering av hovedelementer. Rapport nr. 3, delrapport nr. 1. Bergen, mars 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Hovedvannforsyningen. Forprosjekt. Geologisk / geoteknisk forundersøkelse. Rapport nr. 3, delrapport nr. 2. Bergen, juli 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Hovedvannforsyningen. Forprosjekt. Overføring Svartavatn - Eskeland. Vannbehandlingsanlegg Eskeland. Rapport nr. 3, delrapport nr. 3. Bergen, 1978.
- Bergen kommune, Anleggsseksjonen, 1978: Hovedvannforsyningen. Forprosjekt - Sluttrapport. Rapport nr. 3. Bergen, august 1978.
- Hegland, A., 1972: Arnassdragens hydrografi. Hovedoppgave i oseanografi. 1) Geofysisk institutt. Universitetet i Bergen.
- Hydrokonsult, 1982: Gullfjellvassdraget. Vurdering av produksjonsmuligheter. Sak nr. 3241. Oslo, desember 1982.
- Jacobsen, P., McClimans, A. og Thendrup, A., 1982: Vurdering av renskrav for sjøresipienter. Del 1. Dominerende fysiske prosesser i fjorder og kystfarvann. NHL-rapport 2 83033. Trondheim, desember 1982.
- Johannessen, P., 1981. Resipientundersøkelse av fjorder rundt Bergen. Rapport nr. 1. Tidsrommet fra oktober 1979 til og med desember 1980. Bergen kommune.
- Johannessen, P., 1982: Overvåking av fjordene rundt Bergen 1981. Bergen kommune.
- Kalland, I., 1976: Notat vedrørende endring av vannføring i Arnassdraget som følge av kraft- og vannverksregulering. Prosjektavdelingen, Bergen kommune. Bergen, november 1976.

- Molvær, J., 1983: Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Rapport 2. Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter for nitrogen og fosfor. NIVA-rapport 0-81006. Oslo, mars 1983.
- NIVA 1983. 0-81618. Industriutslipp til vassdrag. Avveininger for å beskytte resipienten, - eksempel fra en tekstilbedrift.
- SIFF, 1976: Kvalitetskrav til vann. Statens trykksakseks. I-2026. Oslo, 1976.
- Skålnes, M., 1983: Notat vedrørende Hovedvannforsyningen. Avløp fra Gullfjellsvassdraget. Prosjektavdelingen, Bergen kommune. Bergen, februar 1983.
- Stephansen, Otto, 1978: Bjørndalsvassdragets hydrologi (Nordre Gullfjellsvassdrag). Bergen, januar 1978.
- Sørensen, T., 1948: A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Biol. Skrifter, 5, paper 4.
- Aanes, K.J., 1982: Kalandsvatn og Haukelandsvatn i Bergen kommune. En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonen i 1981. NIVA-rapport 0-80107. Oslo, mars 1982.
- Aanes, K.J., 1983: Hovedvannforsyningen - Bergen. NIVA-notat 0-80118. Oslo, januar 1983.

- 1) Holtan, H., 1981: Forurensningssituasjonen i Arnavassdraget. NIVA - notat 0-80118. Oslo, januar 1981.

V E D L E G G

Tabellene I - X

- I A-H Forurensningstilførsler fra nedbørfeltet til Haukelandsvatn (III), Lona, Skåldalselva, Storelva før utløp i Arnavågen (II a) og Arnavågen fra utløp Storelva til Holmen (terskelen) (II b)
- II. Arnavassdraget. Gjennomsnittlig vannføring i m³/s
- III. Arnavassdraget. Alminnelig lavvannføring i m³/s
- IV. Arnavassdraget 1983 (st. 1-4). Kjemiske analyseresultater
- V. Storelva. Kjemiske analyseresultater fra 21/7-81 - 27/7-82
- VI. Sanitærbakteriologiske analyseresultater fra de fire stasjonene i Arnavassdraget våren 1982
- VII. Begroingsorganismer samlet i Arnavassdraget 12. august 1981
- VIII. Resultater fra faunaundersøkelsen på stasjonene i Arnavassdraget, 7. juni og 11-12. august 1981.
- IX. Vårfluefaunaen i Arnavassdraget. Arter funnet i materialet fra prøvetakingen i 1981
- X. Steinfluefaunaen i Arnavassdraget. Arter funnet i materialet fra prøvetakingen i 1981

Tabell I - A-H Forurensningstilførsler fra nedbørfeltet til Haukelandsvatn (III), Lona, Skåldalselva, Storelva før utløp i Arnavågen (II a) og Arnavågen fra utløp Storelva til Holmen (terskelen) (II b).

(Folketallet er fra 1980. Øvrige tall fra 1976)

Tabell I A. Arealfordeling (km² og %)

Nedbørfelt	Tettbygde områder		Dyrket mark*		Skogareal		Lite prod. områder		Totalt areal km ²
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
III	0,6	4,5	1,6	11,9	3,5	26,1	7,7	57,5	13,4
II a	3,6	8,8	2,8	6,8	6,2	15,1	28,5	69,3	41,1
III + II a	4,2	7,7	4,4	8,1	9,7	17,8	36,2	66,4	54,5
II b	0,3	9,7	0,2	6,5	0,5	16,1	2,1	67,7	3,1

* Totalt driftsareal

Tabell I B. Arealavrenning (tonn pr. år)

Nedbørfelt	BOF ₇ tett bygd	Nitrogen (tot N):					Fosfor (tot P):				
		tett bygd	dyrket	skog	uprod.	Sum	tett bygd	dyrket	skog	uprod.	Sum
III	2,4	0,2	1,63	0,77	0,92	3,52	0,07	0,01	0,02	0,05	0,15
II a	14,4	1,3	2,8	1,36	3,42	8,88	0,42	0,02	0,04	0,18	0,66
II b	1,2	0,1	0,2	0,1	0,25	0,65	0,04	0,00	0,00	0,01	0,05

Tabell I C. Befolkning, arbeidsplasser, div.pe. og totalt antall sanitære pe.

Nedbørfelt	Resipient	Fast bosatte 1:1 pe.	Antall arbeidspl. 1:1/3 pe.	Diverse pe 1:1 pe.	Sanitær pe totalt
III	Haukelandsvannet	1276	114	0	1314
II a	Arnavågen	4442	1000	22	4797
II b	Arnavågen	491	34	25	527

Tabell I D. Deponi av fast avfall (tonn)

Nedbørfelt	Sone	Anlegg	Start	Stopp	Deponi i tiden		Totalt
					før 1970	1970-76	
III	J01	Neset	1959	010377	8730	12570	21300 (17260)

(): sikkerest fra Danoanlegget.

Tabell I E. Utslipp av sigevann fra fyllplasser i Bergen (tonn/år -76)

Nedbørfelt	Sone	Anlegg	A (m ²)	H (m)	P - E (mm)	BOF ₇	tot N (250) *	Fe (83) *	Zn (0,61) *
III	J01	Neset	10000	5,6	1750	48	4,4	1,4	0,01

* (k) 0 mg/l k(tot P) 0 0,01 x k(tot N)

Tabell I F. Jordbruksdata 1976

Nedbørfelt	Byretall					Gjødselprod. tonn x)	Silofór m ³
	Melkekyr	Storfe	Svin *	Sau	Høns		
III	81	140	24 (12)	222	100	3495	2220
II a	130	260	58 (3)	406	5925	7022	2970
II b	9	19	4	27	423	400	210

* (): derav avlssvin

x) antatt: 14 tonn pr.storfe(hest), 10 sauer, 5 slaktegr., 4 avlssvin og pr. 100 høns. (ca- 0,5% nitrogen, 0,1 % fosfor).

Tabell I G. Produksjon av silosaft og husdyrgjødsel (tonn/år-1976)

Nedbørfelt	BOF ₇ silos.	Nitrogen (tot N):			Fosfor (tot P):		
		silos.	gjødse	sum	silos.	gjødse	sum
II a	27,9	1,2	36,8	38,0	0,25	6,9	7,16
II b	2,0	0,1	2,7	2,8	0,02	0,5	0,52

Tabell I H. Forurensing fra jordbruksdrift (tonn/år-1976)

Nedbørfelt	BOF ₇ silos.	Nitrogen (tot N):				Fosfor (tot P):		
		silos.	husdyr- gjødse	kunst gjødse	sum	silo	husdyr- gjødse	sum
II a	11,2	0,59	7,38	1,54	9,51	0,13	0,69	0,82
II b	0,8	0,04	0,53	0,11	0,68	0,01	0,05	0,06

Tabell II. Arnavassdraget. Gjennomsnittlig vannføring i m³/s

STED I VASSDRAGET	Nedbørfelt km ²	Midlere vannføring m ³ /s				
		uten regulering	Nåv.kraftverk	vannverk		
				Svartavatn	Do. + Korlatjørn	Do. + 15m dam. S.V.
Svartavatn, utløp	9.0	0.95	0.95	0.57	0.57	0.25
Korlatjørn, innløp	10.1	1.07	1.07	0.69	0.65	0.33
Korlatjørn, utløp	11.4	1.21	1.21	0.83	0.79	0.47
Osavatn, innløp	12.1	1.28	1.28	0.90	0.86	0.54
Osavatn, utløp	14.1	1.49	0.94	1.11	1.07	0.75
Skåldal	16.8	1.78	1.23	1.40	1.36	1.04
Skåldalselv før kraftst.	17.7	1.86	1.31	1.48	1.44	1.12
Skåldalselv, før Storelva	19,4	1.99	1.99	1.61	1.57	1.25
Lona, før Storelva	14,8	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
Storelva, Espeland	34.2	3.27	3.27	2.89	2.84	2.53
Storelva, Tangeland	43.9	4.08	4.08	3.70	3.66	3.34
Storelva, Arnavågen	52,1	4.78	4.78	4.40	4.36	4.04
Arnavågen, +Mjeldh.elv	54.5	4.98	4.98	4.60	4.56	4.24
Arnavågen, Holmen	57.6	5.25	5.25	4.87	4.83	4.51

Forutsetninger: Midlere vassføring ned til Skåldal: 106 l/s km²

" " nedenfor " : 85 l/s km²

Tabell III. Arnavassdraget. Alminnelig lavvannføring i m³/s

Sted i vassdraget	Nedbør-felt. km ²	Alm. lavvannføring					
		Uten regulering	kraft- verk		Vannverk		
			i drift	står	V1	V2	V3
					Svarta- vatn	Do. + Korlatjørn	Do. + Oppdem.
Svartavatn, utløp	9.0	0.09	0.51	0.0	0.0	0.0	0.0
Korlatjørn, innløp	10.1	0.10	0.52	0.01	0.01	0.01	0.01
Korlatjørn, utløp	11.4	0.11	0.53	0.02	0.02	0.0	0.0
Osavatn, innløp	12.1	0.12	0.54	0.03	0.03	0.01	0.01
Osavatn, utløp	14.1	0.13	0,-	0,-	0.04	0.03	0.03
Skåldal	16.8	0.16	0.03	0.03	0.07	0.06	0.06
Skåldalselv, før kraftverk	17.7	0.17	0.03	0.03	0.08	0.07	0.07
- " - før Storelva	19,4	0.18	0.59	0.04	0.09	0.08	0.08
Lona, før Storelva	14,8	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Storelva, Espeland	34.2	0.30	0.71	0.16	0.21	0.20	0.20
Storelva, Tangeland	43.9	0.38	0.79	0.24	0.29	0.28	0.28
Storelva, Arnavågen	52.1	0.44	0.85	0.30	0.35	0.34	0.34
Arnavågen + Mjeldheimselv	54.5	0.46	0.87	0.32	0.37	0.36	0.36
Arnavågen, Holmen	57.6	0.48	0.89	0.34	0.39	0.38	0.38

Alm. lavvannføring ned til Skåldal: 9.5 l/s.km²

" " nedenfor " : 7,7 l/s km²

Kommunen har foreslått at det ved utløp Osavatn fastsettes en minstevannføring på 0,1 m³/s, som da må tillegges de beregnete vannføringene i tabell III.

Tabell IV.

Arnavassdraget 1983 (st. 1 - 4). Kjemiske analyseresultater.

Analysene er utført ved NIVA.

Dato Parameter / Enhet		Stasjon 1				Stasjon 2			
		9/2	17/3	19/4	Arit- metisk middel	9/2	17/3	19/4	Arit- metisk middel
Surhetsgrad	pH	5,19	5,29	5,67	5,38	6,29	6,13	6,23	6,22
Konduktivitet	mS/m (25°C)	4,09	3,32	3,01	3,47	5,15	4,60	4,53	4,79
Farge (filtrert)	mg P/l			16				22	
Kjem. oks.forbr.	mg O/l	0,27	0,85	1,4	0,84	1,43	1,39	2,0	1,61
Totalnitrogen	µg N/l	160	210	390	255	590	510	630	575
Nitrat + nitritt	µg N/l	110	140	230	160	280	270	320	290
Totalfosfor	µg P/l	2	4	7	4,5	53	35,5	32,5	40,5
Ortofosfat	µg P/l	1,5	2,0	3,0	2,2	40,5	28,5	21,5	30,2
Alkalitet (pH 4,5)	mekv/l	0,026				0,074			
Jern	µg Fe/l	21							
Mangan	µg Mn/l	7,6							
Kobber	µg Cu/l	0,8							
Sink	µg Zn/l	< 10							
Bly	µg Pb/l	< 0,5							
Kadmium	µg Cd/l	< 0,1							

Dato Parameter / Enhet		Stasjon 3				Stasjon 4			
		9/2	17/3	19/4	Arit- metisk middel	9/2	17/3	19/4	Arit- metisk middel
Surhetsgrad	pH	6,04	6,00	6,23	6,09	6,25	6,07	6,29	6,20
Konduktivitet	mS/m (25°C)	5,52	4,27	4,24	4,68	5,29	3,94	4,00	4,41
Farge (filtrert)	mg P/t			18				20	
Kjem. oks.forbr.	mg O/l	0,66	1,70	1,90	1,42	0,39	1,63	2,1	1,37
Totalnitrogen	µg N/l	280	340	530	385	370	340	520	410
Nitrat + nitritt	µg N/l	150	200	290	215	180	200	290	225
Totalfosfor	µg P/l	18,5	18,5	18,5	18,5	15	16	17,5	16
Ortofosfat	µg P/l	12,5	12,5	13,0	12,7	11,5	11,5	11,0	11,3
Alkalitet (pH 4,5)	mekv/l	0,044							
Jern	µg Fe/l	50				47			
Mangan	µg Mn/l	11,0				11,0			
Kobber	µg Cu/l	1,2				1,1			
Sink	µg Zn/l	< 10				< 10			
Bly	µg Pb/l	< 0,5				< 0,5			
Kadmium	µg Cd/l	< 0,1				< 0,1			

Tabell V.

Storelva. Kjemiske analyseresultater fra 21/7-81 - 27/7-82

Analysene, bortsett fra tungmetaller, er utført ved Helseseksjonen i Bergen kommune, avd. for næringsmiddelkontroll. Analysene av tungmetaller og nitrat merket med * er utført ved Hordaland fylkes vannlaboratorium, Bergen

STASJON I (Oppstrøms utslipp fra fabrikk)

Parameter	Enhet	1981				1982				Aritmetisk middel	Maks.	Min.
		21/7	2/9	25/9	27/10	2/2	4/3	20/4	17/6			
Surhetsgrad	pH	5,9	5,9	5,7	5,7	5,7	6,0	5,5		5,8	6,0	5,5
Konduktivitet	mS/m (25°C)	3,2	2,2	2,4	1,9	4,3	3,8	2,7		2,9	4,3	1,9
Farge	mg Pt/l	5	5	5	< 5	< 5	< 5	< 5			5	< 5
Turbiditet	FTU	1,0	0,82	1,15	0,78	0,68	0,95	0,55		0,85	1,15	0,55
Kjem. oks.forbr.	mg O/l		2,61	3,77	3,16	2,33	2,41	1,52		2,63	3,77	1,52
Totalnitrogen	µg N/l			385	390		830	410		505	830	385
Nitrat + nitritt	µg N/l		< 10*	154/<10*	110/140*		390	340	295*	250	390	< 10
Ammonium	µg N/l			440	210	100	100	40		180	440	40
Totalfosfor	µg P/l	29	22	175	17	40	42	19		49	175	17
Ortofosfat	µg P/l	0	0	84	15	17	24	20		23	84	0
Jern	µg Fe/l		90	40	100	<100	130	<100	40		130	40
Mangan	µg Mn/l		< 10	< 10	< 10	10	20	10	< 50		< 50	< 10
Kobber	µg Cu/l		< 10	< 10	< 10	< 50	< 50	< 50	30		< 50	< 10
Sink	µg Zn/l		90	30	10	10	20	10	80	35	90	10
Bly	µg Pb/l		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	<100		<100	< 10
Kadmium	µg Cd/l		30	4	< 2	< 1	< 1	< 10	< 10		30	< 1

STASJON II (Nedstrøms utslipp fra fabrikk)

Parameter	Enhet	1981				1982					Aritmetisk middel	Maks.	Min.	
		21/7	2/9	25/9	27/10	2/2	4/3	20/4	17/6	27/7				
Surhetsgrad	pH	6,0	6,1	5,8	6,0	6,0	6,1	5,3				5,9	6,1	5,3
Konduktivitet	mS/m (25°C)	3,2	5,2	5,0	4,7	7,4	5,9	3,3				4,96	7,4	3,2
Farge	mg Pt/l	5	5	5	< 5	< 5	< 5	< 5					5	< 5
Turbiditet	FTU	1,3	0,65	2,6	0,62	0,52	1,10	0,80				1,08	2,6	0,52
Kjem. oks.forbr.	mg O/l	-	2,99	4,46	5,24	2,48	2,56	2,20				3,32	5,24	2,20
Totalnitrogen	µg N/l	31	108	465	150		870	570				365	870	31
Nitrat + nitritt	µg N/l	0	0/<10*	390/<10*	110/435*		390	420	230*	250*		220	435	0
Ammonium	µg N/l	-	-	240	270	60	100	60				145	270	60
Totalfosfor	µg P/l	7	13	63	82	61	49	43				45	82	7
Ortofosfat	µg P/l	0	0	21	41	31	25	12				19	41	0
Jern	µg Fe/l		100	90	110	<100	<100	<100	70	< 10			110	< 10
Mangan	µg Mn/l		< 10	< 10	20	10	20	20	< 50	< 50			< 50	< 10
Kobber	µg Cu/l		< 10	< 10	< 10	< 50	< 50	< 50	< 10	60			60	< 10
Sink	µg Zn/l		20	10	20	10	10	40	36	79	28	79	10	
Bly	µg Pb/l		< 10	<210	< 10	< 10	< 10	< 10	<100	<100			<210	< 10
Kadmium	µg Cd/l		10	< 2	10	< 1	< 1	< 10	< 10	< 10			10	< 1

Tabell VI. Sanitærbakteriologiske analyseresultater fra de fire stasjonene i Arnavassdraget våren 1982

Stasjon	Parameter	Dato - Analyseverdi				Min.	Maks.	MiddeI
		9/2	17/3	19/4	25/5			
Arna St. 1	Koliforme bakterier Antall/100 ml 37 °C	79	348	542	348	79	542	329
	Termotolerante koliforme bakterier Antall/100 ml 44 °C	11	79	94	79	11	94	66
	Kimtall: Antall bakt. pr. ml. 20 °C	130	1750	500	190	130	1750	643
Arna St. 2	Koliforme bakterier Antall/100 ml 37 °C	> 1600	> 1600	> 1600	240	240	> 1600	
	Termotolerante koliforme bakterier Antall/100 ml 44 °C	> 1600	> 1600	> 1600	240	240	> 1600	
	Kimtall: Antall bakt. pr. ml. 20 °C	> 3000	> 5000	2500	> 5000	2500	> 5000	> 3875
Arna St. 3	Koliforme bakterier Antall/100 ml 37 °C	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
	Termotolerante koliforme bakterier Antall/100 ml 44 °C	> 1600	> 1600	918	> 1600	918	> 1600	> 1430
	Kimtall: Antall bakt. pr. ml. 20 °C	> 5000	> 3000	> 5000	>10000	> 3000	>10000	> 5750
Arna St. 4	Koliforme bakterier Antall/100 ml 37 °C	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
	Termotolerante koliforme bakterier Antall/100 ml 44 °C	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600	> 1600
	Kimtall: Antall bakt. pr. ml. 20 °C	> 3000	> 5000	1500	> 5000	1500	> 5000	> 3625

SIFFs kvalitetskrav til:

Drikkevann fra overflatevann

Vann til friluftsbad

	37 °C	44 °C
Drikkevann fra overflatevann	Ikke brukbart > 30	0
Vann til friluftsbad	< 50	

Tabell VII

Begroingsorganismer samlet i Arnavassdraget 12. august 1981

Organisme, latinsk navn	Stasjon			
	1	2	3	4
Blågrønnalger				
Aphanocapsa sp.	xx			
Chamaeciphon incrustans		x	x	x
" cf. polymorphus		xxx		xxx
Cyanocystis sp.	x	xx		
Gloeocapsa cf. sanguinea	xx			
Homoeothrix janthia		x		
Hydrococcus rivularis	x			
Oscillatoria sp.			x	x
Phormidium cf. favolearum		xx		
" cf. retzii	x			
" 3-4 μ	xxx			
" 5-6 μ		xx		
Schizothrix sp.	x			
Stigonema mamillosum	xxx			
" sp.	xx			
Uidentifiserte coccale blågrønnalger	xx			
Grønnalger				
Closterium sp.		xx		
Gongrosira sp.	xxx			
Hormidium fluitans	xxx			
Penium sp.	x			
Stigeochlonium sp.		xxx		
Kiselalger				
Cymbella ventricosa "v minuta"				x
Fragilaria sp.				x
Pinnularia sp.				x
Nitzschia cf. palea		xx		x
Synedra cf. variet av rumpens		xxx		
Tabellaria flocculosa	x			
Gulgrønnalger				
Vaucheria sp.		xxx		
Rødalger				
Lemanea fluviatilis			xxx	xxx
Moser				
Fontinalis antipyretica		x	x	
" dalecarlica		x	xxx	xxx
Hygrohypnum ochraceum		xxx	xxx	xxx
" sp.	xx			
Racomitrium aciculare	xxx			
Scapania sp.	xxx			
" sp.	x			
Uidentifisert bladmose	xx			
Bakterier og sopp				
Bakterie agregarter				xxx
Jern bakterier, flere typer			xx	x
Trådbakterier, cf. Sphaerotilus	xxx	x		xx
Uidentifiserte stavbakterier		xx	xx	
Annet				
Ciliater				xx
Cyster (hvilestadier)				x
Fibre, rester av papir	xxx			
Uorganisk belegg			xxx	x

Tabell VIII. Resultater fra faunaundersøkelsen på stasjonene i Arnassdraget, 7. juni og 11-12. august 1981.
 Antall individer pr. prøvetaking (3 x 1 min.).

Bunndyrgrupper	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4							
	12/8-81		7/6-81		12/8-81		7/6-81		11/8-81		11/8-81			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
Fåbørstemark (Oligochaeta)	14	1,3	73	3,9	20	1,5	82	15,2	24	1,8	14	2,5	26	2,1
Snegl (Gastropoda)	-	-	52	2,8	152	11,5	6	1,1	14	1,1	1	0,2	1	<0,1
Muslinger (Bivalvia)	-	-	3	0,2	30	2,3	-	-	5	0,4	-	-	-	-
Steinfluer (Plecoptera)	20	1,9	1	<0,1	-	-	5	0,9	-	-	-	-	5	0,4
Døgnfluer (Ephemeroptera)	395	36,6	335	18	228	17,3	110	20,4	900	68,7	95	16,8	755	61,5
Vårfluer (Trichoptera)	66	6,1	40	2,2	149	11,3	1	0,2	8	0,6	1	0,2	3	0,2
Billier (Coleoptera)	15	1,4	40	2,2	5	0,4	1	0,2	1	<0,1	3	0,5	5	0,4
Fjærmygg (Chironomidae)	480	44,5	1145	61,7	563	42,7	300	55,5	300	22,9	390	69,2	355	28,9
Knott (Simuliidae)	39	3,6	41	2,2	5	0,4	-	-	19	1,4	-	-	12	1
Stankelbeinmygg (Tipulidae)	-	-	6	0,3	2	0,2	23	4,2	-	-	28	5	-	-
Diptera (ubest.)	12	1,1	39	2,1	30	2,3	8	1,5	10	0,8	20	3,6	12	1
Vanmidd (Arachnida)	38	3,5	5	0,3	-	-	1	0,2	18	1,4	1	0,2	8	0,7
Asellus aquaticus	-	-	75	4	134	10,2	3	0,6	11	0,8	10	1,8	46	3,7
Sum	1079		1855		1318		540		1310		563		1228	
Antall grupper	9		13		11		11		11		10		11	

Tabell IX . Vårfluefaunaen i Arnavassdraget. Arter funnet i materialet fra prøvetakingen i 1981.

Art	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4	
	Dato		7/6-81	12/8-81	7/6-81	11/8-81	7/6-81	11/8-81
Rhyacopila nubila	36		6	50	-	6	-	3
Polycentropus flavomaculatus	20		2	3	1	1	1	-
Plectronemia compersa	1		-	-	-	-	-	-
Hydropsyche pellucidula	7		-	91	-	1	-	-
Hydropsyche siiltalai	1		7	-	-	-	-	-
Oxyethira sp.	1		-	-	-	-	-	-
Limnephilidae sp.	-		25	5	-	-	-	-
Sum	66		40	149	1	8	1	3

Tabell X . Steinfluefaunaen i Arnavassdraget. Arter funnet i materialet fra prøvetakingen i 1981.

Amphinemura sp.	-	-	-	-	4	-	-	-
Capnia sp.	16	-	-	-	-	-	-	-
Nemoura sp.	-	1	-	-	1	-	-	-
Protonemura meyeri	2	-	-	-	-	-	-	5
Taeniopteryx nebulosa	2	-	-	-	-	-	-	-
Sum	20	1	0	0	5	0	0	5

Ved gjennomføringen av Bergen bys utbygningsplaner for et nytt vannverk i Gullfjellet, vil resipientforholdene i nedre deler av Arnavassdraget berøres. Tilstanden i nevnte vassdrags-avsnitt karakteriseres i dag av store tilførsler av boligkloakk og industriutslipp, tildels med gifteffekter. I bakteriologisk henseende er vannet her av meget dårlig kvalitet. Både begroingen og bunndyrfaunaen er preget av forurensningen. En viktig forurensningskilde er den delen av nedbørfeltet som omfatter Haukelandsvatn og Lona. Arnavågen innenfor terskelen er preget av at det tilføres store mengder organisk materiale og næringssalter. Generelt kan det sies at resipientkapasiteten i den del av vassdraget som omfatter Haukelandsvatn, Lona, Storelva og Arnavågen er betydelig overskredet. Det er i dag allerede etablert et stort behov for en effektiv kloakksanering langs denne delen av vassdraget. For å få en akseptabel vannkvalitet i Arnavassdraget må denne gjennomføres parallelt med utbygning av vannverket og være klar før dette tas i bruk. Virkningene vil da bli en markert bedring av vannkvaliteten i vassdraget og Arnavågen. Omfanget av den kloakksanering som er nødvendig for å få en akseptabel resipientkvalitet når vannverket er etablert, skisseres i rapporten.