

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-68/76

REGIONALE LABORATORIER FOR KJEMISK VANNANALYSE

Behov for lokaler, utstyr og bemanning

13. oktober 1976

Saksbehandler: Ingvar Dahl

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	4
2. FORUTSETNINGER	5
2.1 Prøvetyper	5
2.2 Analyseparametre	6
2.3 Analysemetoder	11
2.4 Antall analyser	12
3. LABORATORIELOKALER OG INNREDNING	13
3.1 Bygningsmessige detaljer	14
3.1.1 Vann	14
3.1.2 Elektrisitet	14
3.1.3 Ventilasjon	15
3.1.4 Gasser	15
3.2 Laboratorieinnredning	15
4. INSTRUMENTER OG SPESIALUTSTYR	16
4.1 Ambisjonsnivå I	16
4.1.1 pH-meter	17
4.1.2 Konduktometer	18
4.1.3 Turbidimeter	18
4.1.4 Spektrofotometer	18
4.2 Ambisjonsnivå II	19
4.2.1 Autoanalysator	19
4.2.2 Atomabsorpsjonsutstyr	20
5. BEMANNING	22
5.1 Laboratoriesjef	22
5.2 Laboratorieingeniør	23
5.3 Laborant	24
5.4 Oppvaskhjelp	24
6. OMKOSTNINGSOVERSLAG	24
6.1 Etableringsomkostninger	24
6.2 Driftsomkostninger	25
HENVISNINGER	30

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Metoder og utstyr for enkle fysisk-kjemiske analyser	7
2. Metoder og utstyr for bestemmelse av næringssalter og organisk stoff	8
3. Metoder og utstyr for bestemmelse av uorganiske komponenter	9
4. Metoder og utstyr for bestemmelse av spesielle kjemiske komponenter	10
5. Metoder og utstyr for bestemmelse av tungmetaller	10
6. Etableringsomkostninger ved ambisjonsnivå I	26-27
7. Meromkostninger ved utbygging i henhold til ambisjonsnivå II	28
8. Årlige driftsomkostninger ved ambisjonsnivå I	29
9. Årlige driftsomkostninger ved ambisjonsnivå II	29

## 1. INNLEDNING

Bakgrunnen for arbeidet med å bygge opp regionale laboratorier for utførelse av vannanalyser er gitt i Stortingsmelding nr. 44 (1975-76), Tiltak mot forurensninger, hvor det i kapittel 4.9.5 bl.a. heter:

"En nødvendig forutsetning for å kunne drive effektiv tilsynsvirksomhet, er at det finnes kompetente laboratorier lokalt som kan foreta fortløpende analyser av nødvendige kontrollprøver. Departementet har i samarbeid med enkelte fylker begynt arbeidet med å etablere slike laboratorietilbud. En tar primært sikte på å nytte eksisterende laboratorier - - -. Det er neppe aktuelt med mer enn ett slikt laboratorium pr. fylke. Det kan også være hensiktsmessig at flere fylker samarbeider om slike laboratorietilbud."

Synspunkter vedrørende en desentralisert laboratorievirksomhet for vannanalyser fremgår også av vedlegg 4 til Stortingsmelding nr. 107 (1974-75), Om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene.

Ved et møte i Statens forurensningstilsyn (SFT) 12. mai 1976 drøftet representanter for Miljøverndepartementet, SFT og NIVA problemer som knytter seg til opprettelse av regionale vannanalyselaboratorier. Under møtet ble det avtalt at NIVA på fritt grunnlag skulle legge frem forslag til hvilke analyser som med tilstrekkelig grad av nøyaktighet kan utføres ved disse laboratoriene. I tilknytning til dette ble instituttet bedt om å utrede laboratorienes behov for plass, utstyr og personell, samt omtrentlige utgifter til etablering og drift.

Instituttets oppdrag ble ytterligere diskutert på et møte i SFT 30. august 1976, hvor representanter fra Miljøverndepartementet, fylkene, SFT og NIVA var tilstede. Det ble her bestemt at NIVA's utredningsarbeid skulle begrenses til å omfatte kjemiske analyser.

## 2. FORUTSETNINGER

På lengre sikt må de regionale vannanalyselaboratoriene regne med å påta seg en lang rekke arbeidsoppgaver. Laboratoriene bør i prinsippet kunne utføre analyser i forbindelse med

- generell overvåking av vannressursene (overflatevann, grunnvann, nedbør)
- spesielle resipientundersøkelser (innsjøer, elver, estuarer, fjorder)
- overvåking av drikkevannskilder og drift av vannforsyningsanlegg
- kontroll og drift av kloakkrensaneanlegg
- kontroll med sigevann fra søppelfyllinger, slamdeponier, destruksjonsanlegg m.v.
- kontroll med forurensninger fra landbruket, f.eks. avrenning fra gjødselkjellere, surførsiloer og halmlutingsanlegg
- kontroll med industriutslipp

### 2.1 Prøvetyper

Et så omfattende arbeidsprogram som er skissert foran vil medføre at de regionale laboratoriene må kunne analysere et bredt spektrum av prøver, fra ulike typer vann til faste prøver. Av aktuelle analysemedia nevnes i stikkords form: Drikkevann, mer eller mindre påvirket resipientvann (ferskvann, brakkvann, sjøvann), nedbør (regn, sne, smeltevann), overvann, avrenningsvann og sigevann av ulike slag, kommunalt og industrielt avløpsvann, samt kloakkslam og bunnsedimenter.

Denne mangfoldighet hos prøvematerialet - som bl.a. betyr store variasjoner i konsentrasjonene av de forskjellige kjemiske komponenter i prøvene - vil uten tvil skape praktiske problemer under analysearbeidet.

For det første vil det bare unntagelsesvis finnes analysemetoder som dekker hele prøvespekteret. Og for det annet vil risikoen for kontaminering av prøver og utstyr øke betydelig. Eksempelvis vil bestemmelse av små mengder ammonium i naturlig vann vanskelig la seg utføre samtidig med at det analyseres kloakkvann i de samme lokaler.

## 2.2 Analyseparametre

Med utgangspunkt i de prøvetyper som forutsettes undersøkt ved de regionale laboratoriene er det foretatt en sammenstilling av aktuelle analyseparametre. Parametrene, som for oversiktens skyld er inndelt i fem grupper, er oppført i tabell 1-5. Tabellene gir også henvisning til analysemetoder, og angir instrumenter og annet spesialutstyr som trengs til bestemmelsene. Generelt laboratorieutstyr som f.eks. analysevekt og vanlige glassvarer er ikke tatt med, heller ikke kjemikalier.

Ikke alle de oppførte parametre er like viktige, og andre som ikke er med på listene kan eventuelt komme i tillegg. Ved det endelige valg av parametre vil det antagelig - av økonomiske grunner - bli nødvendig å foreta en viss avveining mellom det faglige behov som foreligger og de investeringer ved laboratoriet som dette vil medføre.

Det synes rimelig å legge opp til to ambisjonsnivåer når det gjelder analyseparametre. Det laveste nivået er tenkt å omfatte fysiske parametre og kjemiske komponenter som stort sett kan bestemmes ved hjelp av enkle analyseinstrumenter som pH-meter, konduktometer, turbidimeter og spektrofotometer, foruten forholdsvis konvensjonelt laboratorieutstyr.

Det høyeste ambisjonsnivået dekker i tillegg bestemmelse av metaller ved atomabsorpsjonsspektrofotometri. I de regioner hvor tilgangen på prøver er tilstrekkelig stor, kan det dessuten bli aktuelt å bygge opp automatiske analysesystemer (autoanalysator, "NIVA-lyzer") til bestemmelse av næringssalter og andre komponenter.

Tabell 1. Metoder og utstyr for enkle fysisk-kjemiske analyser

Analyseparameter	Metodehenvisning	Instrumenter og spesial- utstyr
pH	NS 4720	pH-meter
Konduktivitet	NS 4721	Konduktometer
Salinitet	NIVA-forskrift	Normal-sjøvann
Fargetall	NS 4722	Fotometer, alternativt komparator m/fargeskiver
Turbiditet	NS 4723	Turbidimeter
Siktedyp	-	Secchi-skive
Suspendert stoff, tørrstoff	NS 4733	Tørkeskap, filteroppsats, vannstrålepumpe
Suspendert stoff, gløderest	NIVA-forskrift	Som ovenfor + glødeovn
Tørrstoff (inndampningsrest)	NIVA-forskrift	Tørkeskap, varmeplate
Gløderest (av inndampningsrest)	NIVA-forskrift	Som ovenfor + glødeovn
Sedimenterbart stoff	-	Imhoff-glass
Fritt og bundet klor	-	Komparator m/fargeskiver

Tabell 2. Metoder og utstyr for bestemmelse av næringsalter og organisk stoff

Analyseparameter	Metodehenvisning	Instrumenter og spesialutstyr
Ortofosfat-fosfor	NS 4724	Spektrofotometer
Totalt fosforinnhold	NS 4725	Spektrofotometer, trykkoker, stor kokeplate
Ammonium-nitrogen	NS 4746 -	Spektrofotometer. Eventuelt pH-meter eller ionmeter, ammoniakkelektrode, magnetrører
Kjeldahl-nitrogen	-	Kokeplater i serie, destillasjonsapparat. Spektrofotometer, alternativt pH-meter eller ionmeter, ammoniakkelektrode, magnetrører
Nitritt-nitrogen	NS 4744	Spektrofotometer
Nitritt + nitratnitrogen	NS 4745	Spektrofotometer, reduktor
Nitrogeninnhold (totalnitrogen)	NS 4743	Spektrofotometer, reduktor, trykkoker, stor kokeplate
Permanganattall (KOF <sub>perm.</sub> )	NS 4732	Vannbad
Dikromattall (KOF <sub>dikr.</sub> )	NIVA-forskrift	Kokeplater i serie, luftkjølere
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF)	NIVA-forskrifter	Winkler-flasker, termostattert vannbad. Eventuelt manometrisk apparatur



Tabell 3. Metoder og utstyr for bestemmelse av uorganiske komponenter

Analyseparameter	Metodehenvisning	Instrumenter og spesial- utstyr
Klorid	NS 4727	-
Sulfat	SM 427 C	Turbidimeter eller spektrofotometer, magnetrører
Silisium	SM 426 C	Spektrofotometer
Alkalitet	SM 403	pH-meter, magnetrører
Asiditet	SM 402	pH-meter, magnetrører
Total hardhet	NS 4728 -	- Alternativt atomabsorpsjons- spektrofotometer
Kalsium	NS 4726 -	- Alternativt atomabsorpsjons- spektrofotometer
Magnesium	-	Atomabsorpsjonsspektrofotometer
Natrium	-	Atomabsorpsjonsspektrofotometer
Kalium	-	Atomabsorpsjonsspektrofotometer
Oppløst oksygen	NS 4734 -	Winkler-flasker Eventuelt oksygenmåler
Fluorid	NS 4740	pH-meter eller ionmeter, fluoridelektrode, magnetrører

Tabell 4. Metoder og utstyr for bestemmelse av spesielle kjemiske komponenter

Analyseparameter	Metodehenvisning	Instrumenter og spesialutstyr
Sulfid	NS 4735/4737	Spektrofotometer, Winklerflasker, avdrivningsapparat
Totalt cyanidinnhold	NS 4736	Spektrofotometer, destillasjonsapparat
Sekstverdig krom	SM 307 B	Spektrofotometer, skilletrakter
Anioniske overflatestoffer	NS 4739	Spektrofotometer, skilletrakter
Fenoler	NS 4738	Spektrofotometer, destillasjonsapparat, skilletrakter

Tabell 5. Metoder og utstyr for bestemmelse av tungmetaller

Analyseparameter	Metodehenvisning	Instrumenter og spesialutstyr
Jern	NS 4741	Spektrofotometer, trykkoker, stor kokeplate. Alternativt atomabsorpsjonsutstyr
Mangan	NS 4742	
Aluminium	F 4747	
Jern	-	Atomabsorpsjonsspektrofotometer m/hulkatodelamper for bestemmelse av metallene i forholdsvis høye konsentrasjoner (avløpsvann)
Mangan	-	
Aluminium	-	
Bly	-	
Kadmium	-	
Kobber	-	
Krom (totalinnhold)	-	
Nikkel	-	Grafittovn som supplement for flammeløs bestemmelse av metallene i lave konsentrasjoner (mindre påvirket vann)
Sink	-	
Kvikksølv	-	Atomabsorpsjonsspektrofotometer m/hulkatodelampe, kvartskyvette, glassapparat. Alternativt kvikksølvanalysator

### 2.3 Analysemetoder

Det må være en forutsetning at de regionale laboratoriene utfører bestemmelsene i henhold til standardiserte analyseforskrifter, hvis slike foreligger. Hittil er det utgitt Norsk Standard for i alt 24 fysisk-kjemiske vannparametre. Disse metodene er forøvrig felles for de nordiske land.

Kravet om å anvende standardisert metodikk må ikke være til hinder for at laboratorier som finner det hensiktsmessig kan benytte automatiserte versjoner av standardforskriftene. Det må videre være anledning til å ta i bruk mer avanserte analyseteknikker enn de som beskrives i standardene, f.eks. ved bestemmelse av tungmetaller.

Derimot er det helt klart at sterkt forenklede analyseforskrifter - beregnet på feltbruk eller til kontroll av renseanlegg - bare bør benyttes ved orienterende undersøkelser, og at resultatene må betraktes med skepsis. Eksempelvis er enkelte portable analysesett i kuffertformat basert på metoder som ikke hører hjemme i laboratoriemessig sammenheng.

Ved de henvisninger til analysemetoder som er gjort i tabell 1-5, er forskrifter som representerer Norsk Standard angitt med NS, mens forslag til Norsk Standard er betegnet F. I mangel av standardiserte metoder er det i noen tilfelle henvist til interne NIVA-forskrifter. For enkelte parametres vedkommende er det referert til metoder - oppført i tabellene som SM - i "Standard methods for the examination of water and wastewater", 14. utg. (1975). Dette betyr ikke nødvendigvis at disse metodene er ideelle under norske forhold. Som eksempel kan nevnes at sulfatmetoden (SM 427 C) er lite følsom og har en viss tendens til å gi for lave resultater.

Et generelt problem ved vannanalyser - i likhet med andre måleoperasjoner - er manglende overensstemmelse mellom resultater funnet ved forskjellige laboratorier. All erfaring viser at bruk av normerte analysemetoder er et absolutt nødvendig - men ikke tilstrekkelig - hjelpemiddel til å motvirke avviket mellom laboratoriene.

En betingelse for å oppnå tilfredsstillende resultater er at det skjer en grundig innøving av metodene ved hvert laboratorium, slik at laboratoriet klarer å reprodusere sine egne analyseverdier. Skal man dessuten oppnå tilstrekkelig sikkerhet i analysearbeidet forutsetter dette at metodene er i regelmessig bruk ved laboratoriet. Videre må en daglig kontroll av metoder og resultater anses som en integrert og helt nødvendig del av analysene.

En enkel og effektiv måte til å klarlegge divergenser mellom forskjellige laboratoriers analyseresultater er gjennomføring av interkalibreringer, såkalte ringtester. (Med en ringtest forstås sammenligning av de resultater som laboratoriene oppnår ved analyser av et bestemt prøvemateriale). Den største fordelen ved et ringtestsystem er at det gir muligheter til å skjelne mellom systematiske og tilfeldige analysefeil hos deltagerne, og setter derved det enkelte laboratorium i stand til å finne årsakene til feilene. Det har vist seg at det er de systematiske feil som dominerer ved praktisk analyse.

#### 2.4 Antall analyser

For å kunne utøve et effektivt tilsyn med utslipp fra kommunale renseanlegg, industri, landbruk m.v., samt overvåke forurensningssituasjonen i resipientene, vil det i tiden fremover bli nødvendig å koordinere de analysetilbud som finnes på sentralt, regionalt og lokalt hold.

Enklere analyser som pålegges i myndighetenes utslippskonsesjoner vil ikke minst av kapasitetsmessige grunner - måtte utføres ved de respektive renseanlegg og industribedrifter eller ved andre lokale laboratorier. Mer kompliserte analyseoppgaver bør derimot overlates til regionale laboratorier med nødvendig faglig kompetanse og analyseteknisk utstyr.

De regionale laboratoriene bør under alle omstendigheter sikres en tilstrekkelig stor og forholdsvis jevn tilgang på prøver. Det er i denne forbindelse hverken mulig eller ønskelig å fastlegge at hvert laboratorium skal foreta et bestemt antall bestemmelser pr. parameter i et gitt tidsrom. På den annen side bør prøveantallet være såvidt høyt at

det blir mulig å ha et visst rutineopplegg for de parametre som laboratoriet normalt bestemmer.

Det samlede antall enkeltbestemmelser som kan eller bør utføres ved et regionalt laboratorium er vanskelig å anslå og må i noen grad baseres på ren gjetning. Regionens størrelse - både av utstrekning og befolkningsmessig - de typer prøver som skal analyseres og ambisjonsnivået vil hver for seg være utslagsgivende faktorer. Antall analyser vil derfor sannsynligvis kunne variere betydelig fra et regionalt laboratorium til et annet.

Som styringstall ved den foreliggende utredning er det regnet med at analysebehovet ved etablering av et regionalt laboratorium etter laveste ambisjonsnivå vil være 5.000 enkeltbestemmelser pr. år. Etter en viss tid eller ved utbygging i henhold til høyeste ambisjonsnivå antas at behovet vil øke til 10.000 enkeltbestemmelser pr. år.

### 3. LABORATORIELOKALER OG INNREDNING

Behovet for laboratorie plass vil naturligvis avhenge både av de typer analyser som skal utføres og av det samlede antall bestemmelser. Uten nærmere kjennskap til analysevirksomheten ved det enkelte regionale laboratorium er det ikke mulig å fastlegge noe eksakt arealbehov. Som utgangspunkt for den videre planlegging er det imidlertid regnet med behov for en netto gulvflate på ca. 100 m<sup>2</sup> (spiserom og toaletter ikke medregnet). Lokalene bør i et hvert fall være så store at de dekker mer enn det rent øyeblikkelige plassbehov.

Ved bygging og innredning av laboratoriet bør det legges vekt på at aktiviteter som naturlig hører sammen ikke blir adskilt av vegger. På den annen side vil hensyn til kontamineringsfare, behov for spesialanalyser og yrkeshygieniske aspekter tale for en viss oppdeling i rom. Oppdelingen bør gjøres så fleksibel som mulig, bl.a. ved at tekniske installasjoner så langt råd legges til yttervegger eller etasjeskiller.

Følgende romprogram kan antydes:

Kontor for laboratoriesjef

Instrumentlaboratorium med plass for utførelse av renvannsanalyser

Våtkjemisk laboratorium for forbehandling (oppslutning) av spesielle prøver og analyser av avløpsvann

Vaskerom med lager for prøveflasker

Lagerrom for laboratorie- og feltutstyr

Kjølerom for oppbevaring av prøver

### 3.1 Bygningsmessige detaljer

Når det gjelder valg av materialer foreslås brukt helsveiset vinylbelegg på alle gulv. Noen momenter vedrørende tekniske installasjoner for vann, elektrisitet, ventilasjon og gasser er omtalt nedenfor.

#### 3.1.1 Vann

Det installeres varmt og kaldt vann (blandebatterier) til laboratorieoppvaskmaskin, i oppvaskbenk og ved enden av frittstående laboratoriebener. Kaldt vann føres også frem til utslagsvasker, benketrakter, avtrekksskap og vanndestillasjonsapparat. Det våtkjemiske laboratoriet må ha gulvsluk og nøddusj.

#### 3.1.2 Elektrisitet

Det bør legges opp rikelig med doble, 10 A, stikkontakter på vegger, over benker og ved avtrekksskap. Dessuten bør finnes 15 A kontakter for utstyr som glødeovn, varmeplater og vannbad. Laboratorieoppvaskmaskin og vanndestillasjonsapparat vil kunne kreve 3-fase opplegg (35 A). For enkelte analyseinstrumenter kan det være aktuelt med stabilisert spenning og skjerming mot elektromagnetisk støy.

### 3.1.3 Ventilasjon

Det våtkjemiske laboratoriet må ha direkte tilførsel av friskluft fra egne ventiler. Hvert avtrekksskap bør helst ha separat kanal med vifte, og kompensasjonsluften bør forvarmes. Atomabsorpsjonsspektrofotometre krever ekstra godt avsug, og det må monteres en spesiell hette over brennersystemet.

### 3.1.4 Gasser

Opplegg for lysgass er unødvendig; istedet anvendes elektrobrennere. Eventuelt behov for andre gasser dekkes ved gassflasker, mens trykkluft tas fra kompressor.

## 3.2 Laboratorieinnredning

Innredningen av laboratoriet anbefales basert på et standardisert system med moduler på 90 og 120 cm. Leverandørene er behjelpelige med forslag til planløsning.

Laboratorieinnredningen vil bestå av en kombinasjon av frittstående (2-sidige) og veggfaste (1-sidige) benker med skuff- og skapseksjoner, hyller og overskap. I tillegg kommer veiebord, avtrekksskap, oppvaskbenk og utslagsvasker.

Topplaten på laboratoriebenkene bør ha belegg av plastlaminat. Ved enden av frittstående benker foreslås montert dobbeltekum i syrefast, rustfritt stål. Det samme materiale benyttes i oppvaskbenken. Separate utslagsvasker bør være av porselen eller annet keramisk materiale. Det anbefales at avtrekksskap har sidevegger og løfteluke i herdet glass, mens bakvegg og arbeidsplate (bunn) bør være av emaljerte jernplater. Arbeidsplaten må ha forhøyet front for å hindre at væskesøl renner ut av avtrekket.

#### 4. INSTRUMENTER OG SPESIALUTSTYR

Et moderne kjemisk analyselaboratorium er helt avhengig av en viss instrumentell utrustning. Utviklingen på dette området går stadig videre, og for de enkelte instrumentslag eksisterer et utall av merker og modeller. Det er meget vanskelig å ha fullstendig oversikt over markedet, og i denne rapporten er det derfor ikke funnet hensiktsmessig å referere til navngitte produkter eller leverandører.

I en etableringsfase ved laboratoriet vil naturlig nok prisen på instrumenter og utstyr spille stor rolle, men bør ikke gjøres til den avgjørende faktor ved anskaffelsen. Det er viktig at utstyret har et anvendelsesområde som gir god laboratoriemessig dekning for de parametre som man på noe lengre sikt ønsker å bestemme. Ved et fornuftig valg av basisutrustning vil det senere kunne tas i bruk tilleggsutstyr som øker laboratoriets analysepotensial betydelig uten å medføre unødig høye innkjøpsomkostninger.

I det følgende er beskrevet en del instrumenter og spesialutstyr, gruppert under de to ambisjonsnivåene I (lavest) og II (høyest):

##### 4.1 Ambisjonsnivå I

For at analysevirksomheten i det hele tatt skal kunne komme i gang er det nødvendig med betydelige grunnlagsinvesteringer i form av diverse laboratorieutstyr, f.eks. vekter, tørkeskap, glødeovn, brennere, kokeplater, vannbad, filteroppsatser, vanndestillasjonsapparat og en lang rekke andre utstyrsenheter, foruten enklere glassutstyr og kjemikalier. Dette fremgår av omkostningsoverslaget (kapitel 6) med priser oppgitt enten separat eller en bloc.

Av laboratorieinstrumenter må anskaffes pH-meter, konduktometer, turbidimeter og spektrofotometer. Disse fire sentrale instrumentene er nærmere omtalt nedenfor, hvor det er forsøkt å trekke frem momenter som bør ha avgjørende vekt ved valg av fabrikk og modell.



Når det gjelder prøvetagningsutstyr for feltbruk bør som minimum finnes vannhenter, vendetermometer og vinsj med stålwire. Til bestemmelse av klorrest in situ og for eventuell måling av fargetall er forutsatt innkjøpt en komparator med tilbehør. Oksygenmåler vil være meget nyttig både ved resipientundersøkelser og til å følge prosessene i kloakkrensingsanlegg. Det er ikke tatt med utstyr spesielt beregnet på drift eller kontroll av renseanlegg, f.eks. slamlodd, jartestapparat og automatisk prøvetager.

#### 4.1.1 pH-meter

pH-meteret bør ha slike spesifikasjoner at det kan benyttes både til måling av pH med den vanlige glassmembranelektroden og til bestemmelse av andre uorganiske komponenter ved hjelp av spesielle ionselektive membranelektroder. Dette betyr at instrumentet bør være utstyrt med en ekspandert millivoltskala eller ha digitalavlesning. I begge tilfelle må avlesningsnøyaktigheten være  $\pm 0.01$  pH-enhet eller bedre, svarende til  $\pm 1$  mV. Det markedsføres også instrumenter - gjerne betegnet ionmetre - med egne konsentrasjonsskalaer for én- og toverdige ioner.

pH-meteret må videre ha temperaturkompensator (manuell eller automatisk) for området 0-40 °C. De fleste laboratorieinstrumenter er konstruert for å kobles til nett. Fordelen med et batteridrevet pH-meter er at det også kan tjene som feltinstrument. Det finnes pH-metre i handelen med begge tilkoblingsmuligheter.

pH-elektroden kan være bygget sammen med referanselektroden til en kombinert elektrode. Denne er fordelaktig ved at den krever mindre prøvevolum og er enklere å transportere ved målinger i felten. På den annen side er en kombinasjonselektrode mer uoversiktlig ved feilsøking og lite hensiktsmessig dersom det skal bestemmes parametre utover pH.

Av ionselektive elektroder som har fått utstrakt anvendelse innen vannanalyse bør fluoridelektroden og ammoniakkelektroden fremheves. Også for andre parametre, f.eks. cyanid og sulfid, kan det være aktuelt å benytte elektrodemetoder.

#### 4.1.2 Konduktometer

Det anbefales å anskaffe et instrument som er slik kalibrert at det gir direkte avlesning i konduktivitetseenheter (mS/m eller  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). For å dekke de variasjoner i konduktivitetsverdiene som kan forekomme ved analyse av ulike typer vann, bør instrumentet ha minst to målefrekvenser, hver med flere alternative måleområder.

Konduktiviteten øker med ca. 2 % pr. grad i det aktuelle temperaturområde, og mange instrumenter har derfor utstyr for manuell eller automatisk temperaturkompensasjon.

#### 4.1.3 Turbidimeter

Turbiditeten, slik den er definert i Norsk Standard, gir et empirisk uttrykk for lysspredning i en vannprøve, forårsaket av partikulært materiale (svevepartikler) i prøven. Turbiditetsbestemmelser må utføres under strengt fastlagte betingelser.

Instrumentet må være basert på det nefelometriske måleprinsipp, dvs. deteksjon av intensiteten av det lys som spres vinkelrett på innfallsplanet. (Instrumentet burde egentlig kalles et nefelometer, istedenfor den vanlige, men mer upresise betegnelsen turbidimeter). Tallmessige verdier for turbiditet fås ved sammenligning med suspensjoner av et referansemateriale, formazin.

De turbidimetre som finnes i handelen varierer i konstruksjon og fysisk utforming. Av den grunn kan man ikke vente at turbiditetsverdier oppnådd ved instrumenter av forskjellig fabrikat vil vise overensstemmelse. I NS 4723 er det derfor pekt på fordelene ved å benytte instrumenter av et bestemt merke (Hach 2100 A).

#### 4.1.4 Spektrofotometer

En betydelig del av de parametre som er listet i tabell 1-5 kan bestemmes fotometrisk i det synlige spektralområde. Til målingene benyttes et spektrofotometer eller et filterfotometer; førstnevnte er i alminnelighet å foretrekke hvis flere parametre skal bestemmes.

Fordelen med et spektrofotometer er at bølgelengden kan varieres kontinuerlig. Dette vil gi tilnærmet monokromatisk lys ved en hvilken som helst ønsket bølgelengde og sikrer derved god analytisk følsomhet for alle parametre. Et filterfotometer er billigere, men langt mindre fleksibelt, idet anvendelsen begrenses av de filtre som finnes hos et gitt instrument. Filterfotometret gir derfor generelt dårligere følsomhet, men kan ofte med fordel "skreddersys" til en bestemt metode, f.eks. i et automatisk analysesystem.

Spektrofotometeret bør dekke bølgelengdeområdet 350-900 nm og ha lineær presentasjon av måleresultatene i absorpsjons eller konsentrasjonsheter. Moderne instrumenter gir mulighet for elektronisk forsterkning av signalene. Derved kan oppnås høy følsomhet ved analysene uten å måtte øke kvettelengden tilsvarende.

#### 4.2 Ambisjonsnivå II

Under det høyeste ambisjonsnivået er beskrevet utstyr for automatiske fotometriske analyser og atomabsorpsjonsbestemmelser. Hvorvidt slikt utstyr i det hele tatt bør anskaffes blir en vurderingssak, der investeringenes størrelse må veies mot antallet analyser, henholdsvis ønskeligheten av å kunne foreta visse bestemmelser regionalt.

Det er ikke regnet med at de regionale laboratoriene kan disponere økonomiske midler til anskaffelse av mer spesielle instrumenter som karbonanalysator, infrarødspektrofotometer eller gaskromatograf. Disse instrumentene er derfor ikke omtalt i denne utredningen. Polarograf/strippinganalysator er heller ikke tatt med fordi dette er utstyr som krever særlig kvalifisert analysepersonell.

##### 4.2.1 Autoanalysator

Som nevnt tidligere kan en rekke av de parametre som er av interesse for de regionale laboratoriene bestemmes fotometrisk. Slike analyser er ofte kompliserte og tidkrevende å utføre manuelt, og egner seg derfor i prinsippet særdeles godt for automatisering.

Det er vanskelig å angi noen nedre grense for hvor mange bestemmelser som bør utføres før det lønner seg - ut fra arbeidsmessige og økonomiske betraktninger - å automatisere en manuell analyseforskrift. Som et utgangspunkt kan antydes et minimum på 1.000 - 2.000 bestemmelser pr. år, alt etter analysens art. Det vil være lite rasjonelt å analysere mindre enn 50 prøver om gangen. Et moment som taler for automatisering - selv om prøveantallet er i minste laget - er at reproduserbarheten gjennomgående er bedre enn ved manuell utførelse av analysene. Det vil særlig være aktuelt å automatisere metoder til bestemmelse av nitrogen - og fosforparametre og hovedkomponenter som klorid og sulfat.

Det har vist seg at kontinuerlige analysesystemer - såkalte autoanalyser - er de som egner seg best for automatisering av vannanalyser. En autoanalyser er basert på at en proporsjoneringspumpe sender prøver, blindprøver og kalibreringsløsninger fra en prøveskifter gjennom et lukket system av plastslanger og glassspiraler, tilsetter reagenser og adskiller reaksjonsblandingen med luftsegmenter. Etter forskjellige operasjoner som oppvarming og tidsforsinkelse, passerer blandingene gjennomstrømningskyvetten i et filterfotometer, og absorpsjonen blir registrert på en skriver.

Ved NIVA er det gjort gode erfaringer med bruk av automatiske systemer sammensatt av kommersielt tilgjengelige enheter, som tilsammen er vesentlig billigere enn de systemer som leveres komplett på det norske marked. En slik NIVA-lyzer består av følgende hovedkomponenter:

- Prøveskifter
- Proporsjoneringspumpe
- Manifold med slanger, spiraler m.v.
- Varmebad (for enkelte analyser)
- Filterfotometer
- Skriver

#### 4.2.2 Atomabsorpsjonsutstyr

Det foreligger i dag Norsk Standard for fotometrisk bestemmelse av metallene jern og mangan i vann, foruten forslag til en tilsvarende metode for aluminium. For andre metaller er det ikke funnet grunnlag

for å standardisere vanlige fotometriske metoder. En alternativ metode - som kan anvendes til bestemmelse av praktisk talt alle metaller - er atomabsorpsjonsspektrofotometri.

Atomabsorpsjonsanalyse er basert på metallatomenes absorpsjon av energi fra en spesifikk strålingskilde, vanligvis en hulkatodelampe. Metallene overføres i atomær tilstand enten ved direkte innsugning i en gassflamme eller ved hjelp av et elektrisk oppvarmet grafittør, gjerne betegnet grafittovn.

Grunnutstyret for atomabsorpsjonsanalyse består foruten selve spektrofotometeret av hulkatodelamper for hvert metall som skal bestemmes, samt skriver, luftkompressor og avsugningsenhet. Uten å gå i detalj hva angår spesifikasjoner skal nevnes at atomabsorpsjonsspektrofotometeret bør gi mulighet både for analog og digital avlesning av analyse-resultatene. Et dobbeltstråleinstrument er fordelaktig ved at drift forårsaket av strålingskilde og elektronikk kan kompenseres. Falsk absorpsjon som følge av at det dannes partikler i flammen ("scattering") kan oppveies ved å bruke en bakgrunnskorrektor, dvs. en deuteriumlampe som utstråler et kontinuerlig spektrum. Bakgrunnskorreksjon er helt nødvendig ved anvendelse av grafittovn (se nedenfor).

Ved hjelp av det nevnte grunnutstyret kan kationer som tilhører vannets hovedkomponenter, dvs. natrium, kalium, kalsium og magnesium, bestemmes. En rekke andre metallioner kan likeledes bestemmes i de konsentrasjoner som normalt forekommer hos industrielt og kommunalt avløpsvann. I naturlig og lite påvirket vann derimot vil konsentrasjonene av de fleste tungmetaller oftest være så små at en direkte bestemmelse i flamme ikke gir tilstrekkelig følsomhet.

Det er mulig å oppkonsentrere metallene ved hjelp av kompleksdannelse (chelatering) og ekstraksjon med et organisk løsningsmiddel. En slik fremgangsmåte er imidlertid ytterst arbeidskrevende og øker risikoen for kontaminering av prøvene uten å sikre tilstrekkelig følsomhet for alle metaller. Det bør nevnes at ved analyse av sjøvann og brakkvann er ekstraksjon nødvendig for å unngå salteffekter ved bestemmelsen.

Ved å benytte flammeløs atomabsorpsjonsanalyse kan påvisningsgrensene for de forskjellige metaller senkes 1-2 tierpotenser. Tilleggsutstyr for denne teknikken er grafittovn med temperaturprogrammeringsenhet, dessuten bakgrunnskorrektor hvis en slik ikke allerede inngår i grunnutstyret. Ved å koble en spesiell prøveinnføringsenhet til grafittovnen kan presisjon og hastighet ved bestemmelsene økes betydelig, samtidig som kontamineringsfaren nedsettes. For å skaffe rent nok vann til blindprøver og løsninger er et eget ionebyttersystem sterkt å anbefale.

En meget enkel form for flammeløs atomabsorpsjon er den såkalte kald-dampmetoden til bestemmelse av kvikksølv. Kvikksølvet reduseres til metall med kjemiske midler og overføres i dampform ved gjennombobling av prøven med luft. Dampene ledes inn i en kvartskyvette som enten er montert i et vanlig atomabsorpsjonsspektrofotometer eller som inngår i en egen kvikksølvanalysator.

## 5. BEMANNING

Når det gjelder bemanningen ved de regionale laboratoriene er det bruk for personell med varierende bakgrunn til å dekke de ulike arbeidsoppgavene. En nærmere presisering av kravene til de enkeltes kvalifikasjoner er gitt nedenfor.

Det kan være grunn til å peke på behovet for et organisert undervisningsopplegg for laboratoriepersonell, særlig laboranter. Opplæringen bør være utpreget praktisk rettet med øvelser i å utføre aktuelle analyser.

### 5.1 Laboratoriesjef

Laboratoriets sjef skal være faglig og administrativ leder av analysevirksomheten. Dette vil bl.a. medføre ansvar for følgende arbeidsoppgaver:

Ledelse av laboratoriearbeidet, veiledning av det øvrige personell og kontroll med analysedata

Innføring av nye analysemetoder, anskaffelse av instrumenter og utstyr og tilrettelegging for automatisering

Vurdering av analyseresultater og uttalelser i vannkjemiske spørsmål

Bistand internt overfor kolleger ved tilsynet og rådgivning utad overfor kommuner, renseanlegg o.a.

Disse arbeidsoppgavene vil stille store krav til laboratoriesjefens faglige kompetanse, spesielt dersom en utbygging av laboratoriet etter høyeste ambisjonsnivå kommer på tale. Vedkommende må derfor være kjemiker med eksamen fra universitet eller høyskole, fortrinnsvis med spesialutdanning (hovedoppgave, diplomarbeid) innen analytisk kjemi og med praksis fra vannanalyse.

Foruten sin rent kjemisk-analytiske funksjon er det regnet med at laboratoriesjefen vil komme til å bruke omtrent halvparten av arbeidstiden på oppgaver som er mer direkte knyttet til tilsynsvirksomheten. Stillingen bør ikke organiseres lavere enn nivået overingeniør II/avdelingsingeniør I.

## 5.2 Laboratorieingeniør

Dersom laboratoriet skal bygges ut i henhold til høyeste ambisjonsnivå, bør det ansettes en laboratorieingeniør som hovedansvarlig for de avanserte analysesystemene, dvs. autoanalysator og atomabsorpsjonsspektrofotometer. Vedkommende må forestå innkjøring av metoder, utføre eller ha overoppsyn med analysearbeidet, og ha ansvar for kontroll og service i forbindelse med systemene.

Laboratorieingeniøren bør ha eksamen fra kjemilinje ved teknisk skole eller ha annen relevant kjemiutdanning, f.eks. fra distriktshøyskole. Ved enkelte skoler finnes egne studieretninger eller undervisningstilbud i analytisk kjemi.

### 5.3 Laborant

De daglige, mer rutinepregede oppgavene ved laboratoriet forutsettes utført av en laborant. Alt etter antall enkeltbestemmelser og hvor arbeidskrevende analysene er, kan det bli nødvendig å supplere med ytterligere en laborant. Det vil være lite gunstig for kontinuiteten i laboratoriearbeidet at laboranten(e) også tillegges eksterne oppgaver, f.eks. i form av feltarbeid (prøvetagning) eller driftskontroll ved renseanlegg.

Laboranten(e) bør være utdannet ved 1-årig yrkesskole, kjemilinjens. Erfaringer fra eksisterende vannanalyselaboratorier har vist at personell av denne kategori har de ønskede basiskunnskaper i kjemisk analyse, slik at de i løpet av meget kort tid evner å sette seg inn i de spesielle forhold som gjelder vannanalyse.

### 5.4 Oppvaskhjelp

Omhyggelig rengjøring av prøveflasker, glassutstyr m.v. er av avgjørende betydning ved et vannanalyselaboratorium. Til å utføre dette arbeidet bør engasjeres en oppvaskhjelp (timebetalt) på deltid. Arbeidsmengden vil avhenge av om det anskaffes laboratorieoppvaskmaskin eller ikke, men en person i 1/4-stilling vil det i alle tilfelle være behov for.

## 6. OMKOSTNINGSOVERSLAG

### 6.1 Etableringsomkostninger

Utgifter i forbindelse med bygningsmessige arbeider - herunder elektriske installasjoner, rørleggerarbeid og ventilasjon - faller utenfor rammen av denne utredning. Som beregningsgrunnlag for omkostningene ved å føre opp et eget laboratoriebygg, kan antydes ca. kr. 2.000.- pr. m<sup>2</sup> gulvflate.

Tabell 6 gir et overslag over omkostningene ved etablering av et regionalt analyselaboratorium i henhold til ambisjonsnivå I, medregnet utgifter til laboratorieinnredning, analyseinstrumenter, større og



mindre utstyrsenheter, samt glassvarer og kjemikalier. Overslaget bygger på prisnivået i august/september 1976 og inkludere 20 % merverdiavgift.

Tabell 7 inneholder tilsvarende et overslag over de meromkostninger som en full utbygging av laboratoriet etter ambisjonsnivå II vil medføre. Det antas at denne utbyggingen vil skje gradvis.

## 6.2 Driftsomkostninger

Antatte omkostninger ved drift av laboratoriet etter ambisjonsnivå I og II - husleie og strøm/fyringsutgifter ikke medregnet - er oppført i henholdsvis tabell 8 og 9.

Det må avsettes årlige beløp til erstatning og nyanskaffelse av utstyr. I tillegg kommer utgifter til forbruksvarer, i første rekke glassvarer og kjemikalier. Analyseinstrumenter er forutsatt avskrevet i løpet av en periode på 3-5 år.

Ved beregning av de totale lønnsomkostningene er det til personellens lønninger lagt 30 % (for oppvaskhjelpen 20 %) sosiale utgifter.

12/10-1976

IDA/KEN

Tabell 6. Etableringsomkostninger ved ambisjonsnivå I

Type utstyr	Pris (kr.), inkl. mva.	
Laboratorieinnredning		70.000
Analyseinstrumenter		
pH-meter m/referanse- og pH-elektrode	6.000	
Fluoridelektrode	2.500	
Ammoniakkelektrode	2.500	
Konduktometer m/målecelle	6.000	
Turbidimeter	8.000	
Spektrofotometer m/kyvetter	11.000	
BOF-apparat, manometrisk	4.000	
Oksygenmåler m/sensor	9.000	
Fargekomparator m/tilbehør	<u>2.000</u>	50.000
Generelt laboratoriestyr		
Analysevekt	8.000	
Grovvekt (overskålsvekt)	6.000	
Vanndestillasjonsapparat, 8 l/t	6.000	
Vannbad, termostatstyrt	3.000	
Vannbad m/lokk og stativ	3.000	
Kokeplater (6 stk.) i serie	3.000	
Varmeplate, temperaturegulert	2.000	
Trykkoker, 10 l	1.000	
Elektrobrennere (3 stk.)	1.500	
Glødeovn (muffelovn)	4.000	
Tørkeskap	1.500	
Kjøleskap, 170 l	1.500	
Fryseskap, 340 l	3.000	
Ristemaskin	6.000	
Homogenisator	2.000	
Sentrifuge	5.000	
Filteroppsatser (2 stk.)	1.500	
Trillebord	1.000	
Bordkalkulator	1.000	
Laboratorieoppvaskmaskin	<u>20.000</u>	<u>80.000</u>
Overføres		200.000

Tabell 6. forts.

Type utstyr	Pris (kr.), inkl. mva.
Overført	200.000
Prøvetagningsutstyr	
Vannhenter (Ruttner) m/termometer	2.500
Vendetermometer	3.000
Vinsj m/200 m stålwire	<u>3.500</u> 9.000
Enklere utstyr (eksempler)	
Secchi-skive, termometer, prøve- emballasje, stoppeklokke, kolbebyrette, mikropipette, reagenssprøyte, dispenser, diluter, måleskje, spatel, veieskip, magnetrorer, kokeplate (stor), labora- toriejekk, reduksjonsventil, vannstråle- pumpe, filter, inndampningsskål, stativ, klemme, muffe, pipetteskyller, vaske- flaske, plastbeger, slange, tørkestativ, oppvaskkost, feiekost, feiebrett, søppel- dunk, verktøy, verneutstyr	15.000
Glassvarer m.v. (eksempler)	
Imhoff-glass, Pellet-byrette, mikro- byrette, fullpipette, målepipette, dråpe- teller, målesylinder, målekolbe, erlen- meyerkolbe, sugokolbe, rundkolbe, Kjel- dahl-kolbe, oppslutningsflaske, vann- kjøler, luftkjøler, reduksjonskolonne, ionebytterkolonne, eksikator, veieglass, glasstrakt, urglass, begerglass, reagens- rør, dramsglass, reagensflaske, porselens- digel, porselensskål, Büchner-trakt, morter	18.000
Kjemikalier	8.000
Sum (ekskl. bygningsmessige utgifter)	250.000

Tabell 7. Meromkostninger ved utbygging i henhold til ambisjonsnivå II

Type utstyr	Pris (kr.), inkl. mva.	
Autoanalysator, 1-kanals system		
Prøveskifter	14.000	
Proporsjoneringspumpe	16.000	
Varmebad	3.000	
Filterfotometer m/gjennomstrømnings- kyvette	7.000	
Skriver	6.000	
Diverse mindre deler	<u>4.000</u>	50.000
Atomabsorpsjon, grunnutstyr		
Atomabsorpsjonsspektrofotometer, dobbelstråleinstrument m/digital- avlesning og bakgrunnskorrektor	93.000	
Hulkatodelamper (14 stk.)	20.000	
Skriver	11.000	
Luftkompressor	7.000	
Avsugningsenhet	<u>5.000</u>	136.000
Atomabsorpsjon, flammeløs analyse		
Grafittovn	55.000	
Prøveinnføringsenhet	23.000	
Ionebyttersystem	<u>11.000</u>	89.000
Sum		275.000

Tabell 8. Årlige driftsomkostninger ved ambisjonsnivå I

Årsomkostninger	Kr.	
Lønninger og sosiale utgifter		
Laboratoriesjef (o.ing. II), 1/2-stilling	65.000	
Laborant	60.000	
Oppvaskhjelp, 1/4-stilling	<u>12.000</u>	137.000
Laboratorieomkostninger		
Analyseinstrumenter, avskrivninger	15.000	
Utstyr, fornyelse og supplering	30.000	
Forbruksvarer (glassvarer, kjemikalier)	<u>18.000</u>	63.000
Sum (ekskl. utgifter til husleie, strøm m.v.)		200.000

Tabell 9. Årlige driftsomkostninger ved ambisjonsnivå II

Årsomkostninger	Kr.	
Lønninger og sosiale utgifter		
Laboratoriesjef (o.ing. II), 1/2-stilling	65.000	
Laboratorieingeniør	75.000	
Laborant	60.000	
Oppvaskhjelp, 1/4-stilling	<u>12.000</u>	212.000
Laboratorieomkostninger		
Analyseinstrumenter, avskrivninger	35.000	
Utstyr, fornyelse og supplering	50.000	
Forbruksvarer (glassvarer, kjemikalier, gass m.v.)	<u>28.000</u>	113.000
Sum (ekskl. utgifter til husleie, strøm m.v.)		325.000

HENVISNINGER

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Rapport O-38/75, Forslag til nasjonalt program for undersøkelser av resipienter. Del 1, Overvåking av vannkvalitet. A, Generell del. Blindern, 1/6 1976, 40 s. (Saksbehandler: J.E. Samdal).

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Notat O-70/75, Kontroll av utslipp fra industri. Blindern, 17/12 1975, 48 s. (Saksbehandler: R.T. Arnesen).

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Rapport O-35/76, Veiledning for prøvetaking ved avløpsanlegg (Under utarbeidelse, saksbehandler: V. Nilsgård).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION og WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION: Standard methods for the examination of water and wastewater, 14. utg. New York, 1975, 1193 s.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Notat O-70/75, Sammenlikning av analyseresultater ved ringtester. Blindern, 20/3 1976, 8 s. (Saksbehandler: I. Dahl).

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING: Rapport XK-01 1976, Sammenlikning av hydrokjemiske analyseresultater ved ringtester. Konduktivitet, klorid, sulfat, fluorid, total hardhet, kalsium og magnesium. Blindern, 20/9 1976, 37 s. (Saksbehandler: I. Dahl).

TIDSSKRIFT FOR KJEMI, BERGVESEN OG METALLURGI, vol. 35, nr. 3, 1975. (Artikler vedrørende innredning av og utstyr for kjemiske analyselaboratorier. Leverandøroversikter).

HENRIKSEN, A.: NIVA-lyzer. Et enkelt instrument for automatisk fotometri. Vann, vol. 8, nr. 4, 1973, s. 288-290.