

KJ2073 Analytisk miljøkjemi

Laboratoriekurs vår 2014

Innholdsfortegnelse

	Side
1. Vannanalyser	2
1.1. Prøvetaking og konservering av vannprøver	2
1.2. pH	3
1.3. Konduktivitet (elektrisk ledningsevne)	3
1.4. Alkalinitet	4
2. Oppsamling og analyse av luftprøver	6
2.1. Generelt	6
2.2. Bestemmelse av nitrogendioksid	7
3. Litteratur	10



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for kjemi

Trond Peder Flaten, januar 2014
e-post trond.p.flaten@ntnu.no; telefon 73 59 18 06 / 936 42 648

1. Vannanalyser

1.1. Prøvetaking og konservering av vannprøver

En vannprøve må tas slik at den er mest mulig representativ for det vannvolumet og den problemstillingen en er interessert i. I en innsjø er vannmassene inndelt i vertikale sjikt. Ved prøvetaking av en elv bør en være sikker på at eventuelle utslipp over prøvetakingsstedet er godt innblandet. Det er ofte døgnvariasjoner i vannkvalitet, f.eks. i kommunalt avløpsvann. Prøvenes fysikalsk-kjemiske sammensetning må ikke endres vesentlig fra prøvetakingen finner sted til prøven ankommer laboratoriet og analysen finner sted; det er derfor viktig med en riktig prøvetaking og forbehandling av vannprøven. Analysen kan aldri bli mer nøyaktig og representativ enn prøvetakingen gir grunnlag for.

Det enkleste prøvetakingsutstyret er bøtter eller flasker. Dette utstyret kan imidlertid i enkelte tilfeller gi lite representative vannprøver, f.eks. dersom vannet inneholder større mengder faste partikler som skal analyseres. Det er ofte en ujevn fordeling av slike partikler i vannstrømmen, og prøvetakingsutstyr hvor en lar vannet strømme gjennom en prøvebeholder som stenges samtidig i begge ender kan være nødvendig. For prøvetaking av sjikt i vannmassene benyttes ofte prøvehentere som består av en sylinder som senkes ned til det aktuelle dypet langs en line. Sylindren lukkes ved å slippe et lodd ned langs linen; loddet utløser dermed en lukkemekanisme.

Forandringer i vannprøvenes fysikalsk-kjemiske sammensetning kan forårsakes av reaksjoner med prøvebeholderen, adsorpsjon av bestanddeler fra vannet på prøvebeholderens overflate, endring av prøvens surhetsgrad, temperaturvariasjoner og mikrobiologisk aktivitet. For å motvirke slike endringer behandles (konserveres) ofte prøven på ulike måter, avhengig av hvilke analyser som skal foretas (tabell 1). Prøvene bør generelt oppbevares mørkt og kjølig mellom prøvetaking og analyse.

For en rekke komponenter skal prøven ikke komme i kontakt med luft, og analysen bør helst utføres i felt. Dette gjelder f.eks. O_2 , CO_2 , NH_3 , NH_4^+ , H_2S , fri Cl_2 , pH, H_2 , SO_2 , Fe, hardhet, aciditet og alkalinitet.

Tabell 1. Noen eksempler på konserveringsmidler for vannprøver.

Komponent	Konserveringsmiddel
Spormetaller (eks: Ag, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Zn)	HNO_3 , H_2SO_4 , HCl
Fosfor – organisk eller fosfat	$CHCl_3$
Fosfor – totalt	H_2SO_4
Nitrogen – NO_2^- , NO_3^- , NH_3 , organisk N	H_2SO_4
CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , pH	$CHCl_3$
Forhindre groing av organisk materiale	Hg-krystaller

Adsorpsjon av bestanddeler fra vannet på prøvebeholderens overflate reduseres ved bruk av polyetylen- eller polypropylenflasker (eller teflon, men slike flasker er svært dyre) for oppbevaring av prøvene. Vannhenter og emballasje må rengjøres grundig før bruk. Dersom en ønsker å bestemme spormetallioner i vannprøvene bør prøvebeholderne syrevaskes. Ulike systemer for framstilling av såkalt "ultrarent" vann i laboratoriet er kommersielt tilgjengelig. Det er ofte en fordel å skylle prøvebeholderen med små porsjoner av prøven som skal tas før beholderen fylles opp.

Vi skal benytte 0,5 L polyetylenflasker ved prøvetakingen. Prøveflaskene fylles helt opp slik at luftbobler ikke innesluttet. I felt kan vi måle bl.a. temperatur og O₂-konsentrasjon.

Vis forsiktighet ved arbeid med kloakkvannprøver og podemateriale pga. infeksjonsrisiko. Tørk umiddelbart opp eventuelt søl med et papirhåndkle som deretter kastes. Vask hendene godt etter arbeidets slutt.

1.2. pH (jf. Norsk Standard NS 4720)

pH måles så fort som mulig etter prøvetakingen. Temperaturen i prøvene bør være 25 ± 2 °C ved målinger i laboratorium. De fleste moderne instrumenter har imidlertid automatisk temperaturkorreksjon. Prøvene kan under måling avgi eller oppta sure (spesielt CO₂) eller basiske gasser som kan endre pH. I ionefattige prøver med liten bufferkapasitet kan dette gi betydelig endring i pH.

pH-meteret skal generelt kalibreres med en buffer med pH (som oftest pH 7) som antas å ligge i nærheten av prøvenes pH. Instrumentet kontrolleres deretter ved å måle en ny buffer med en pH som avviker minst 2 enheter fra den første (som oftest pH 4), og instrumentet stilles så inn på denne pH-verdien (framgangsmåten kan være ulik for ulike pH-metere). Bufferne bør om mulig velges slik at prøvenes pH ligger mellom buffernes pH.

For hver måling spyles elektrodene med destillert vann og skylles deretter med minst to små porsjoner av prøven før målingen foretas. Spesielt for prøver med liten bufferkapasitet kan det ta betydelig tid før pH-verdien blir stabil. For slike prøver kan det være fordelaktig å benytte røring (beveg prøveglasset eller bruk magnetrører). Husk at røring kan endre prøvens innhold av oppløste gasser. Hvis prøven ikke er i likevekt med CO₂ i atmosfæren, kan en lukket gjennomstrømningscelle være å foretrekke. En endring i prøvens innhold av CO₂ vil gi en forandring i prøvens pH-verdi. Vask elektrodene spesielt grundig etter måling av buffer og forurenset vann. Når instrumentet ikke er i bruk, skal elektrodene oppbevares som beskrevet i bruksanvisningen. Glasselektroden oppbevares vanligvis i destillert vann eller en buffer.

1.3. Konduktivitet (elektrisk ledningsevne) (Norsk Standard NS-ISO 7888)

Konduktivitet er et mål for hvor godt vannet leder elektrisitet. Jo flere ioner i vannet, jo lettere leder vannet elektrisitet. Konduktiviteten er derfor tilnærmet proporsjonal med vannets totale ioneinnhold, men sier lite om *hvilke* ioner som er til stede. De kvantitativt viktigste ioner i de

fleste naturlige ferskvann er Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- og NO_3^- . Konduktivitet måles i Siemens (det inverse av elektrisk motstand) pr. lengdeenhet, vanlig brukte enheter er mS/m og $\mu\text{S}/\text{cm}$. Konduktiviteten varierer med temperaturen, og oppgis vanligvis ved 25 °C. Ved målinger ved andre temperaturer korrigeres resultatene (tabell 2). De fleste instrumenter har imidlertid automatisk temperaturkorreksjon; husk å måle temperatur i hver enkelt prøve og innstill temperaturknappen på instrumentet, da vil displayet vise konduktivitet ved 25 °C og det er ikke nødvendig å multiplisere resultatene med faktorene i tabell 2. **Følg nøye utdelt bruksanvisning for instrumentet.**

Tabell 2. Temperaturkorreksjonsfaktorer for konduktivitet i vann ved 25 °C (Fra Norsk Standard NS-ISO 7888).

t, °C	Faktor	t, °C	Faktor	t, °C	Faktor	t, °C	Faktor
31	0,886	23	1,044	15	1,256	7	1,551
30	0,903	22	1,067	14	1,287	6	1,596
29	0,921	21	1,091	13	1,320	5	1,643
28	0,940	20	1,116	12	1,354	4	1,693
27	0,959	19	1,141	11	1,390	3	1,745
26	0,979	18	1,168	10	1,428	2	1,800
25	1,000	17	1,196	9	1,467	1	1,857
24	1,021	16	1,225	8	1,508	0	1,918

1.4. Alkalinitet (jf. Norsk Standard NS-EN ISO 9963-1)

Alkalinitet er vannets evne til å nøytralisere en sterk syre til en bestemt pH-verdi. Alkaliniteten er altså et mål for vannets totale innhold av basiske stoffer, og foruten bikarbonat, karbonat og hydroksid, omfatter alkaliniteten også bl.a. humusstoffer, aluminater, silikater, fosfater og borater. Alkaliniteten bestemmes vanligvis ved potensiometrisk titrering med saltsyre. Den laveste verdien som kan bestemmes er ca. 0,02 mmol/L. I et karbonatsystem ved romtemperatur ligger ekvivalenspunktet for titrering av karbonat til bikarbonat med syre ved pH omtrent 8,3, og for titrering av bikarbonat til karbonsyre ved pH omtrent 4,5. De nøyaktige pH-verdiene for ekvivalenspunktene er avhengig av karbonatkonsentrasjonen.

a) Kjemikalier og løsninger

1. CO_2 -fritt vann:

Kok destillert eller avionisert vann i 10 minutter i en stor erlenmeyerkolbe og avkjøl til romtemperatur. Vannet hindres i å ta opp karbondioksid under avkjølingen og senere ved at kolbens åpning forsynes med et absorpsjonsrør med et absorpsjonsmiddel for CO_2 (f.eks. Ascarit, som er NaOH på inaktivt bæremateriale). Avkjølingen tar en del tid, selv om den gjøres på is. Pass på å ha rikelig CO_2 -fritt vann, de ulike gruppene kan gjerne samarbeide.

2. Natriumkarbonatløsning, ca. 20 mmol/L:

Natriumkarbonat, Na_2CO_3 (molar masse 105,99), tørkes ved 270-300 °C i 2 timer. Avkjøl i eksikator. Vei inn (nøyaktig, 4 desimaler!) på analysevekt ca. 2,1 gram. Løs i CO_2 -fritt vann i en 1000 mL målekolbe. Beregn løsningens nøyaktige konsentrasjon.

3. Saltsyreløsning, ca. 100 mmol/L:

For bestemmelse av alkalinitet høyere enn 2 mmol/L. Fortynn 8,3 mL konsentrert saltsyre med CO₂-fritt vann til 1 liter. Syreløsningen innstilles slik: Pipetter ut 25 mL Na₂CO₃-løsning (2) og overfør til en titrerkolbe (begerglass av passende størrelse fungerer best). Fortynn med CO₂-fritt vann til ca. 50 mL og titrer potensiometrisk (med pH-meter) med saltsyreløsningen til pH 4,5. Bruk magnetrører. Titrer minst tre paralleller; differansen mellom høyeste og laveste titerverdi skal ikke være større enn 0,05 mL. Konsentrasjonen beregnes etter følgende formel (merk at formelen er korrekt selv om enhetene ikke stemmer):

$$c(\text{HCl}) = \frac{V(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m \cdot 1000 \cdot 2}{V(\text{HCl}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}$$

der

$$\begin{aligned} c(\text{HCl}) &= \text{saltsyrens konsentrasjon (mmol/L)} \\ V(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \text{utpipettert volum av Na}_2\text{CO}_3\text{-løsning (mL)} \\ m &= \text{innveid mengde Na}_2\text{CO}_3 \text{ (g)} \\ V(\text{HCl}) &= \text{titrert volum HCl-løsning (middelverdi) (mL)} \\ M(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= \text{molvekt for Na}_2\text{CO}_3 = 105,99 \text{ (g/mol)} \end{aligned}$$

4. Saltsyreløsning, ca. 20 mmol/L:

For bestemmelse av alkalinitet lavere enn 2 mmol/L. Overfør 200 mL av HCl-løsningen (punkt 3) til en 1 liters målekolbe, og fortynn til merket med CO₂-fritt vann. HCl-løsningen innstilles slik: Pipetter ut 10 mL av Na₂CO₃-løsningen (2), og overfør denne til en titrerkolbe. Fortynn med CO₂-fritt vann til ca. 100 mL, og titrer med den fortynnete saltsyreløsningen; syreforbruket avleses ved pH 4,5 (V₁), titrer videre til pH 4,2 og avles syreforbruket (V₂). Titrer minst tre paralleller; differansen mellom høyeste og laveste titerverdi skal ikke være større enn 0,05 mL. Sett inn i formelen ovenfor (punkt 3) $V(\text{HCl}) = 2V_1 - V_2$, og beregn syrekonsentrasjonen.

b) Framgangsmåte

Prøvene skal ikke konserveres, men oppbevares mørkt og kaldt før analysen. Analysen bør utføres så snart som mulig etter prøvetaking, og prøvene bør ha tilnærmet romtemperatur før titrering. Det utføres dublettanalyser (2 paralleller) for alle prøver; forskjellen i titervolum bør ikke overskride 0,10 mL. Hvis forskjellen er vesentlig større, må minst én ekstra parallell titreres. Nøyaktig 100 mL prøve pipetteres ut og overføres til en titrerkolbe, og magnetrører og pH-elektrode føres ned i kolben. For prøver med alkalinitet over 2 mmol/L titreres med 100 mmol/L saltsyreløsning til pH 4,5. For prøver med alkalinitet under 2 mmol/L titreres med 20 mmol/L saltsyreløsning til pH 4,5, og videre til pH 4,2 (ved beregning av resultatet settes da $V(\text{HCl}) = 2V_1 - V_2$, som ved innstillingen av saltsyreløsningen). Titreringen utføres under effektiv, men ikke kraftig omrøring.

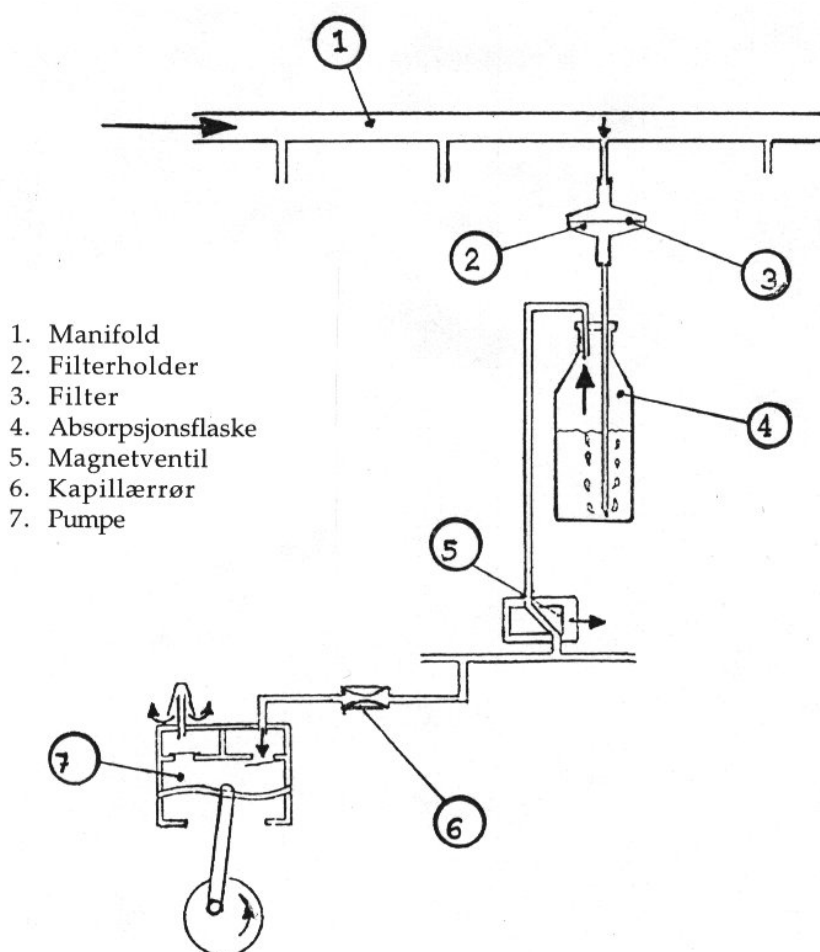
Alkaliniteten oppgis i mmol/L (mekv/L). Alkaliniteten er altså det antall mol pr. liter av baser i vannprøven som har nøytralisert den tilsatte mengden saltsyre.

2. Oppsamling og analyse av luftprøver

(jf. Norsk Standard NS 4850)

2.1. Generelt

Gasser i luft kan måles ved hjelp av en automatisk luftprøvetaker, som suger luft gjennom en absorpsjonsløsning som holder tilbake de gassformige forbindelsene (figur 1). Eventuelt settes et filter (2 og 3 på figuren) med passende porestørrelse i luftstrømmen. Dette filteret skal hindre større partikler å komme med i absorpsjonsløsningen. Hver absorpsjonsflaske (spesielle polyetylenflasker som passer til luftprøvetakeren) tilsettes 100 mL absorpsjonsløsning. **Luftinntaket** bør være minst 3 m over bakken, og ha fritt rom i 1 m omkrets. Luftgjennomstrømningen (antall liter luft pr. time eller m³ pr. døgn) måles med et flowmeter, ellers henvises det til bruksanvisningen for luftprøvetakeren for innstilling og bruk av denne. Husk å merke hver prøveflaske før start. Notér eventuelle forhold som kan ha interesse for resultatvurderingen (værforhold og vindretning for hvert enkelt døgn etc.). En del av vannet i absorpsjonsløsningen vil fordampe under prøvetakingen. Volumet av gjenværende løsning må derfor måles før analyse. For å unngå å forurense prøvene, kan dette gjøres ved å veie de 7 tomme flaskene (med eller uten kork) før prøvetakeren startes, og så veie flaskene med prøvene etter at prøvetakeren er ferdig. Antall g løsning antas lik antall mL løsning.



Figur 1. Prinsippskisse av apparatur for oppsamling av luftprøver. Apparatet suger en konstant luftstrøm i en innstillbar tid gjennom filteret og absorpsjonsflasken. Apparatet har 8 parallelle absorpsjonssystemer som kobles inn etter hverandre ved hjelp av et koblingsur og et programverk.

2.2. Bestemmelse av nitrogendioksid

(jf. Norsk Standard NS 4855)

a) Prinsipp

Luften suges gjennom en absorpsjonsløsning som inneholder trietanolamin, o-metoksyfenol og natriumdisulfitt. Dermed omdannes nitrogendioksid (NO_2) til vannløselig nitritt (NO_2^-). Nitrogenmonoksid (NO) absorberes ikke i absorpsjonsløsningen. Konsentrasjonen av nitritt i løsningen bestemmes spektrofotometrisk etter at nitritt har reagert med sulfanilamid og ammonium-8-anilin-1-naftalen-sulfonat og dannet en farget forbindelse. Absorbansen måles ved 550 nm og er proporsjonal med konsentrasjonen av nitritt i løsningen.

b) Kjemikalier og utstyr

NB! Skyll alt utstyr godt med destillert vann før bruk; husk at konsentrasjonene som skal måles er svært lave.

1. Absorpsjonsløsning

Løs 40 g trietanolamin ($\text{N}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3$), 1,00 g o-metoksyfenol ($\text{o-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{OH}$, guajakol) og 0,50 g natriumdisulfitt ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) i vann i hver sin erlenmeyerkolbe. Overfør til en 2000 mL målekolbe, bland godt og fortynn med vann til merket. Løsningen skal være fargeløs. Absorpsjonsløsningen kan oppbevares i kjøleskap i inntil tre uker. Vei de 7 absorpsjonsflaskene (tomme og tørre). Skyll absorpsjonsflaskene godt, og tilsett hver absorpsjonsflaske 100 mL absorpsjonsløsning, flaskene merkes og settes i prøvetakingsinstrumentet, og instrumentet startes (se bruksanvisning). Ikke slå ut resten av absorpsjonsløsningen, den skal brukes til fortynning under analysene; oppbevar løsningen kaldt og mørkt.

2. Hydrogenperoksidløsning ca. 0,024%

Fortynn 0,2 mL av en 30% hydrogenperoksidløsning (H_2O_2 , står i kjøleskap) med vann til 250 mL. Denne løsningen kan oppbevares i kjøleskap i inntil en måned.

3. Sulfanilamidløsning i 4 M saltsyre

Overfør 2,16 g sulfanilamid ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$) til en 100 mL målekolbe som inneholder ca. 50 mL vann. Tilsett forsiktig 33 mL konsentrert saltsyre, rist til alt stoff er løst, og fortynn med vann til merket. Denne løsningen kan oppbevares i kjøleskap i inntil 14 dager.

4. Koblingsreagens, 0,1%

Løs 0,1 g ammonium-8-anilin-1-naftalen-sulfonat ($\text{NH}_4(-\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}-1-\text{C}_{10}\text{H}_6\text{SO}_3)$) i ca. 50 mL metanol (CH_3OH) i en 100 mL målekolbe. Fortynn med metanol til merket. Hold kolben godt lukket. Unngå i størst mulig grad fordampning av metanol under bruk av reagenset. Koblingsreagenset lages nytt hver dag. Gammelt reagens kan forårsake lave absorbansverdier.

5. Standardløsning I, 1000 mg NO₂⁻/L

Tørk natriumnitritt (NaNO₂) i 2 timer ved 110 °C. Løs 1,500 g NaNO₂ i litt vann, overfør til en 1000 mL målekolbe, og fortynn med vann til merket. Denne løsningen kan oppbevares i kjøleskap i inntil en måned.

6. Standardløsning II, 20 mg NO₂⁻/L

Fortynn 5,0 mL av standardløsning I (5) til 250 mL med absorpsjonsløsning (1). Lag ny løsning hver dag.

7. Standardløsning III, 0,50 mg NO₂⁻/L

Fortynn 5,0 mL av standardløsning II (6) til 200 mL med absorpsjonsløsning (1). Lag ny løsning hver dag.

c) Kalibrering

Lag en serie standardløsninger (**NB! All fortynning foretas med absorpsjonsløsning (1)!**). Til fortynningene brukes pipetter og 25 (evt. 50) mL målekolber, det må brukes så små målekolber for ikke å slippe opp for absorpsjonsløsning (1). Standardløsningene lages i følgende konsentrasjoner:

- 1) 0 mg NO₂⁻/L (blindprøve, ren absorpsjonsløsning (1))
- 2) 0,05 mg NO₂⁻/L
- 3) 0,10 mg NO₂⁻/L
- 4) 0,20 mg NO₂⁻/L
- 5) 0,50 mg NO₂⁻/L (løsning 2-5 lages ved fortynning av standardløsning III (7))
- 6) 1,00 mg NO₂⁻/L
- 7) 1,80 mg NO₂⁻/L (løsning 6-7 lages ved fortynning av standardløsning II (6)).

De 7 standardløsningene behandles på følgende måte for analyse i spektrofotometeret (arbeid med én prøve av gangen):

1. Overfør nøyaktig 5 mL av standardløsningen til en liten erlenmeyerkolbe (eventuelt reagensrør):
2. Tilsett 0,5 mL hydrogenperoksidløsning (2) og bland godt i ca. 15 sekunder.
3. Tilsett deretter nøyaktig 2,5 mL sulfanilamidløsning (3) og bland godt i ca. 30 sekunder.
4. Innen 6 minutter etter tilsetning av sulfanilamidløsning tilsettes 3 mL koblingsreagens (4) og blandes godt i ca. 30 sekunder.
5. Mål absorbansen i løsningen tidligst 1 minutt og senest 40 minutter etter tilsetning av koblingsreagens ved bølglengde 550 nm i et spektrofotometer.

Konstruer kalibreringskurven ved å avsette de målte absorpsjonsverdiene mot konsentrasjonen av nitritt. Kurven skal bli en rett linje med en vinkel som tilsvarer en økning på ca. 0,50 i absorpsjonsverdi for hvert mg NO_2^-/L . Legg kalibreringskurven gjennom origo.

d) Analyse av luftprøvene (absorpsjonsløsningene)

Eksponeerte absorpsjonsløsninger er holdbare i 3 uker dersom de oppbevares mørkt og kjølig.

Først måles volumene av gjenværende absorpsjonsløsning. For å unngå å forurense prøvene gjøres dette ved å veie flaskene med prøvene, og trekke fra vekten av tomme og tørre flasker (de tomme flaskene bør veies før prøvetakingsinstrumentet startes). Tettheten av absorpsjonsløsningen er svært nær 1 g/mL, det kan derfor antas at antall g løsning er lik antall mL løsning.

Nøyaktig 5 mL av hver av de eksponerte absorpsjonsløsningene overføres til små erlenmeyerkolber eller reagensrør, og absorpsjonen måles på nøyaktig samme måte som for standardløsningene (se forrige avsnitt). Bestem konsentrasjonene av nitritt (mg NO_2^-/L) i prøvene vha. kalibreringskurven. Analyser 2 paralleller av hver prøve, i 2 serier (først alle prøvene én gang, deretter alle prøvene en gang til – nytt uttak av 5 mL prøve!). Ved stort sprik må ny(e) parallell(er) analyseres. Etter å ha målt prøvene analyseres 2 av standardene på nytt som en ekstra kontroll.

Resultatene oppgis i $\mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 luft. Husk å benytte de målte volumene av de 7 absorpsjonsløsningene ved omregning fra mg NO_2^-/L til $\mu\text{g NO}_2$ pr. m^3 luft. Mengden luft som ble sugd gjennom absorpsjonsløsningen ble bestemt med flowmeter (L/time) før oppstart av prøvetakingsinstrumentet. NO_2 absorberes ikke fullstendig i absorpsjonsløsningen. For den luftgjennomstrømningen vi benytter, kan absorpsjonseffektiviteten settes til 90%; korriger for dette i beregningene.

Resultatene diskuteres bl.a. i forhold til NO_2 -verdier målt av miljøenheten i Trondheim kommune ved ulike målestasjoner i Trondheim kommune for de samme 7 dagene (<http://www.luftkvalitet.info/SixColumnPage.aspx?pageid=1142&cityid=88>).

3. Litteratur

Norsk Standard **NS 4720**: Vannundersøkelse: Måling av pH, 2. utgave. Norges Standardiseringsforbund, Postboks 353 Skøyen, 0212 Oslo, 1979.

Norsk Standard **NS-ISO 7888**: Vannundersøkelse: bestemmelse av konduktivitet, 1. utgave. Norges Standardiseringsforbund, Postboks 353 Skøyen, 0212 Oslo, 1993.

Norsk Standard **NS-EN ISO 9963-1**: Vannundersøkelse: Alkalitet, potensiometrisk titrering, 1. utgave. Norges Standardiseringsforbund, Postboks 353 Skøyen, 0212 Oslo, 1981.

Norsk Standard **NS 4850**: Luftundersøkelser, Uteluft: Prøvetakingsutstyr for bestemmelse av gassformige svovelforbindelser, 1. utgave. Norges Standardiseringsforbund, Postboks 353 Skøyen, 0212 Oslo, 1980.

Norsk Standard **NS 4855**: Luftundersøkelser, Uteluft: Bestemmelse av nitrogendioksyd, 1. utgave. Norges Standardiseringsforbund, Postboks 353 Skøyen, 0212 Oslo, 1981.

D.A. Skoog, D.M. West og F.J. Holler: *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 6th edition. Fort Worth: Saunders College Publishing, 1992, Chapter 24.