

NILU
Teknisk notat nr 48/73
Referanse: IO-0.03.72
Dato: Desember 1973

"KOMMUNEKASSEN"

En undersøkelse av
pumpekapasitetens stabilitet
samt effekten av ulike
filterarrangementer

av

Odd Anda

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 15, 2007 KJELLER
NORGE

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 <u>INNLEDNING</u>	1
2 <u>LUFTGJENNOMGANGEN</u>	2
2.1 <u>Mekanisk svikt i pumpene</u>	2
2.2 <u>Pumpekapasitet i forhold til variasjoner i nettspenning</u>	7
2.3 <u>Filter og filterholders innvirkning på pumpekapasiteten</u>	8
2.4 <u>Temperatures betydning</u>	12
2.5 <u>Konklusjon</u>	14
3 <u>JAMFØRING AV LUFTGJENNOMGANG OG AVDAMPNING AV ABSORPSJONSVÆSKE</u>	15
4 <u>FORSØKENE PÅ SOLA</u>	17
4.1 <u>Avdampningen</u>	17
4.2 <u>Diskusjon av de øvrige resultater (noen konklusjoner)</u>	19
4.2.1 <u>Normalt prøvetakeroppsett (A-kasse)</u>	19
4.2.2 <u>Prøvetaking uten filter (B-kasse)</u>	20
4.2.3 <u>Jamføring av SO₂-mengdene i A- og B-prøvene</u>	20
4.2.4 <u>Jamførelse av Na⁺ og Mg²⁺-verdiene i A- og B-prøvene</u>	21
4.2.5 <u>Visuell sammenlikning av A- og B-filtrenes svertningsgrad</u>	22
4.2.6 <u>Jamførelse : Filtersvertning - SO₂</u>	22
5 <u>SLUTTORD</u>	23
Tabell 7: Data fra forsøksserien på Sola	24
Tabell 8: Analysetall for forsøksserien fra Sola beregnet på grunnlag av data fra tabell 7	25

"KOMMUNEKASSEN"

En undersøkelse av
pumpekapasitetens stabilitet
samt effekten av ulike
filterarrangementer

1 INNLEDNING

Formålet med denne undersøkelsen var opprinnelig i hovedsak å finne hvilken innflytelse ulike filterarrangementer har på SO_2 -absorpsjonen. I den anledning ble det satt i gang en forsøksserie ved Sola Rådhus i tiden 28. februar - 24. april 1972. Dette stedet ble valgt fordi en fant dårlig overensstemmelse mellom målinger foretatt med NILU's prøvetakere (såkalte kommunekasser) og målinger tatt ved hjelp av "Candle light"-metoden. Nå viste det seg at for å kunne vurdere resultatene fra Sola bedre, var det nødvendig først å vite mer om de luftmengder som er boblet gjennom prøvene. Første del av dette notat vil derfor ta for seg de parametre som en antar kan spille noen rolle i denne sammenheng. Det er brukt data dels fra forsøk i laboratoriet, dels fra NILU's OECD-stasjoner. Det meste av dette tallmaterialet er fra 1973.

I forbindelse med Sola-forsøkene, ble det også målt Mg^{2+} - og Na^+ -innholdet i absorpsjonsløsningen, og svertningen på filtrene ble bedømt visuelt.

2 LUFTGJENNOMGANGEN

Lufttilførselen til bobleflaskene foregår ved at vakuumpumper (beregnet for akvarier) suger luft via trakt, tilførselsslange, manifold, filter, bobleflaske (selve prøveflasken) og gjennom pumpen og ut i fri luft igjen. Det dreier seg om membranpumper, og de er i et antall av 8 i hver prøvetaker. Et urverk sørger for igangsetting av de enkelte pumper etter på forhånd innstilte tidsintervall.

Vi skal først se på hvilke parametre som kan ha innflytelse på pumpekapasiteten (luftgjennomgangen).

2.1 Mekanisk svikt i pumpene

Dataene er hentet fra 7 kasser, og omfatter altså 56 pumper. I tabell 1 angir tallene midlere kapasitet i liter luft pr. time fra 10 påfølgende datoer pr. mnd.

Mnd.	Stasjonsbetegnelse						
	BI	FI	HO	HV	LY	NO	SØ
April 72	114,5			153 ^{*)}	144 ^{*)}	127 ^{*)}	113,5
Mai	112,5			139,5		143	113
Juni	108			133,5	143	134	111,5
Juli	118	120		123	148	138	128
Aug.	121,5	134,5		116	148	143	131,5
Sept.	145 ^{*)}	113,5		110,5	149	140	139
Okt.	138,5	107		96,5	147	135	131
Nov.	125,5	100,5		92,5	140 ^{*)}	127	130,5
Des.	125,5	97,5		128,5 ^{*)}	141	123	119
Jan. 73	131	98		138,5	135	118	120
Feb.	132,5	97	133 ^{*)}	133	138		111,5
Mars	133	99	135	141,5	143		116
April	123,5	98	135	126,5	144		112,5
Mai	132	100,5	131	138	131		110,5
Juni	148	105,5	150	131	146		120
Juli	146,5	111,5	148	113	141		150 ^{*)} ?)
Aug.	146,5	108	146	108	141		135,5

Tabell 1: Midlere pumpekapasitet i liter luft pr time.

*) Man har i disse tilfeller startet fra justerte pumper (150 l/time).

Alle målingene er foretatt med flowmeter umiddelbart etter innsetting av nytt filter.

En ser at pumpene fra justeringsmåneden i flere tilfeller faller i kapasitet etter som tiden går, og stabiliserer seg så noenlunde på en verdi som ligger fra 20 til 50 l/time under den justerte verdi. Dette synes å ta ulik lang tid, fra et par måneder til over et halvt år. Stasjonen LY synes imidlertid å være et unntak. Her er kapasiteten forholdsvis stabil over et lengre tidsrom.

En kan ikke regne nøyaktig med de tall man har i tabellen da en del feilkilder kan være involvert. Det gjelder særlig justeringer av pumpene og bytting av flowmetere som det nå ikke lar seg gjøre å tidfeste. Men dette har eventuelt bare i sjeldne tilfeller forekommet. Det generelle bilde skulle derfor gå frem av tabellen.

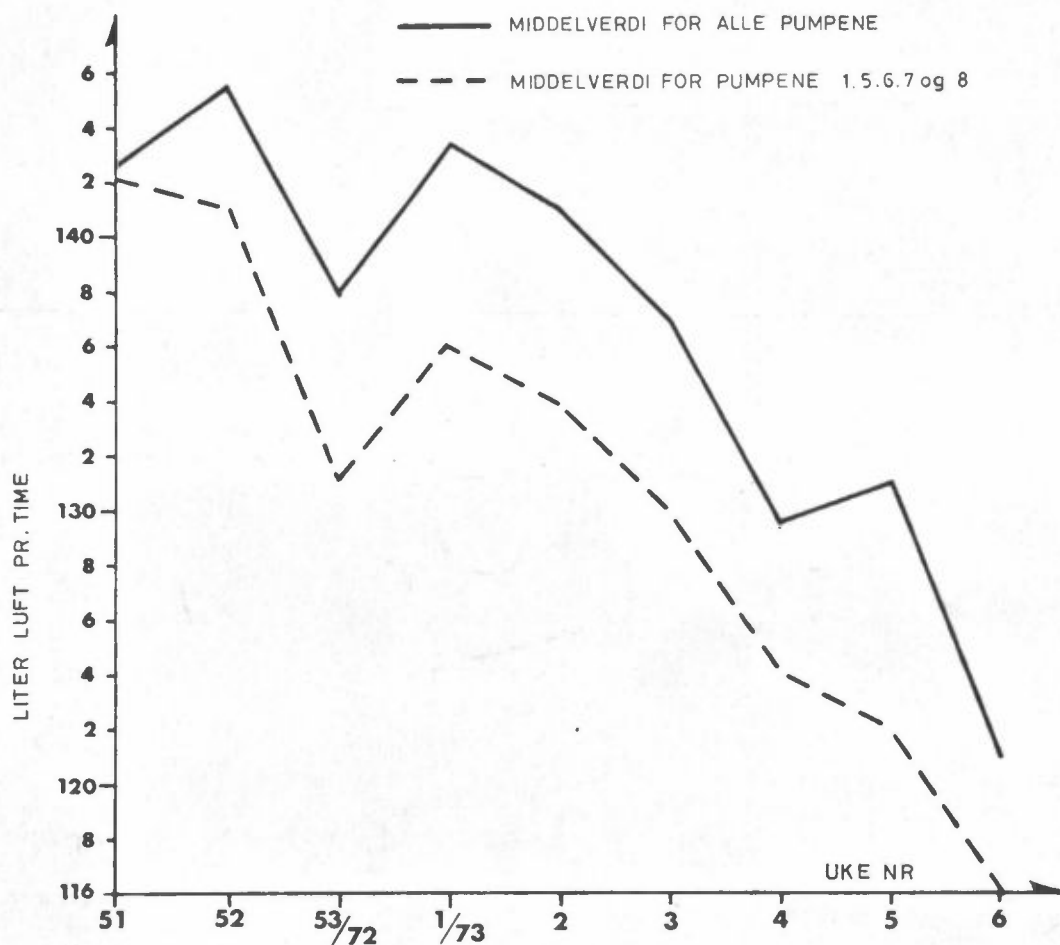
Det er overveiende sannsynlig at avtagende pumpekapasitet skyldes mekaniske forandringer i pumpen enten p.g.a. at stillskruen ristes ut av stilling (p.g.a. vibrasjonene) eller at membranene undergår forandringer under bruk, eller begge deler.

Av tabell 2 går det også frem at pumpene ikke faller like raskt i kapasitet, og denne forskjell i hastighet kan bli så stor at man må anse det for helt nødvendig å måle kapasiteten for hver ny filterinnsetting. Også filtrenes ulike motstand gjør dette nødvendig (se senere).

Uke	Pumpe nummer							
	1	2	3	4	5	6	7	8
51-72	130	160	110	160	130	150	170	130
52	145	160	140	160	130	150	140	140
53	140	155	125	170	130	125	135	125
1-73	140	175	125	170	140	140	130	130
2	145	165	125	170	125	160	125	115
3	135	165	130	150	120	145	130	120
4	130	145	110	160	120	145	115	110
5	125	160	125	155	125	140	110	110
6	115	140	115	135	115	125	110	115

Tabell 2 : Pumpekapasiteter i liter luft pr. time i en kommunekasse over en periode på 9 uker. Perioden starter med justerte pumper.

Tabellen viser videre at pumpe 2 og 4 i alle ukene har kapasiteter som er blant de 2 høyeste av alle pumpene. Pumpe 8 har tall som i alle ukene er blant de to laveste. Dette indikerer at pumpene er utsatt for mekaniske forandringer i ulik grad.



Figur 2: Pumpekapasiteter i liter pr time i en kommunekasse over en periode på 9 uker (data fra tabell 2).

I figur 2 er dataene fra tabell 2 fremstilt grafisk. En ser her tydelig den fallende tendens. I den ene kurven er pumpene 2, 3 og 4 utelukket, på grunn av at disse pumpene ikke synes å ha endret seg noe vesentlig i perioden. En observerer et sterkt fall i uke nr 53 som i stor grad kan tilskrives den ekstra lave verdi for pumpe 6 i denne uke.

Når det gjelder de andre stasjonene, hadde BI, FI og SØ en pumpe hver som stadig hadde lavere kapasitet enn de andre. SØ hadde dessuten en pumpe som viste høyere tall enn de andre. For LY, NO og HO syntes ingen pumper å markere seg, hverken i den ene eller andre retning.

Som konklusjon kan vi da sette :

- 1) Ved langtidsbruk av kommunekassen vil pumpenes kapasitet i gjennomsnitt falle (figur 2), og et fall på ca 20% i løpet av 3 - 4 måneder, synes ikke å være uvanlig. Kapasiteten ser etter hvert ut til å stabilisere seg i en viss grad.
- 2) Avtagningen i kapasitet for den enkelte pumpe tar ulik lang tid. Det er vanskelig å angi noe bestemt tall her fordi man har andre parametre som også virker inn på kapasiteten. Dette kan man se på tabell 2, ved at tallene "hopper" nokså mye opp og ned. Dette skal vi komme inn på siden. Det ser imidlertid ut som fall i kapasitet på noen pumper kan bli fra 10 til 20 liter pr. time i løpet av få uker. Dette tilsvarer da et omtrentlig like stort antall døgns sammenhengende drift for den enkelte pumpes vedkommende. Av og til synes noen pumper å kunne holde seg stabile i månedsvis. Også disse vil ha variasjoner i kapasitetsmålingene, men de skyldes da andre forhold enn mekaniske "feil".

6 av de 56 pumpene som omfattes av tabell 1 avvek i store deler av forsøksperioden mye fra de andre pumpene, dvs. ca. 10%.

Til slutt skal nevnes at en i noen tilfeller har konstatert medsvingning (resonans) av sidepumpen. Dette er naturligvis meget uheldig da man faktisk mister kontrollen med luftgjennomgangen. Erfaringen tilsier at dette ikke synes å være noe stort problem, men en vet lite om hvor hyppig fenomenet egentlig inntreffer. Dette burde undersøkes nøyere.

2.2 Pumpekapasitet i forhold til variasjoner i nettspenning

NILU's instrumentlaboratorium har gjort en del målinger som viser at pumpeeffekten påvirkes helt klart av nettspenningen. Det er et lite antall pumper som er undersøkt, men det ser ut som at kapasitetsøkning fra 5 til 10 l/t pr. 10V fra nettspenning på 190V til 230 er nokså vanlig. Over 230V synes spenningsvariasjonen å bety noe mindre. Det er imidlertid å si til dette at pumpene viser ulik respons på spenningsvariasjoner, og da antallet undersøkte pumper er så lavt, er det naturligvis umulig å få noe korrekt bilde av spredningen. En bør imidlertid være oppmerksom på at den midlere døgnspenning er lavest om vinteren p.g.a. stort strømbehov til oppvarming.

Selv om nettspenningen skulle variere en del i døgnetts løp, er det lite sannsynlig at den midlere spenning vil variere noe særlig fra døgn til døgn. Ut fra dette skulle man tro at nettspenning normalt ikke vil ha noen vesentlig betydning. Dette kan bestyrkes ved en undersøkelse som gikk ut på å følge flere prøvetakere i en måned. En så da om maksimums- - eventuelt minimumsverdiene - for pumpekapasiteten var å finne på samme måledato for alle pumpene i samme prøvetaker. En måler nemlig kapasiteten for alle pumpene samtidig en gang i uken. Maks- og min-verdiene viste seg å være spredd på alle 4 måledatoene. Det er klart at effekten lett kunne maskeres av andre effekter, men undersøkelsen tyder iallfall på at spenningsvariasjoner er av underordnet betydning i denne sammenheng.

Pumpekapasiteten som funksjon av nettspenningens frekvens er ikke undersøkt. Frekvensvariasjoner påvirker kapasiteten, men det er lite trolig at det har noen praktisk betydning, da det midlere frekvenstall over et døgn også her varierer meget lite.

2.3 Filter og filterholders innvirkning på pumpekapasiteten

Det som er av betydning her, er hvorvidt filtre og filterholdere varierer i lufttetthet. Både holdere og filtre blir skiftet en gang i uken i felten. Noen laboratorieforsøk er utført for å klargjøre dette.

Forsøk 1

Samme pumpe ble brukt i dette forsøk hvor 10 tilfeldige filterholdere forsynt med Whatman 40-filtre ble testet for luftgjennomgang. En fikk da følgende kapasitetsmålinger i liter luft pr. time :

137 - 134 - 138 - 137 - 133 - 154 - 125 - 148 - 136 - 130

Her er en differanse mellom høyeste og laveste tall ca 30.

Forsøk 2

En tilfeldig filterholder ble testet 10 ganger med skifting av filter hver gang. Etterpå ble de samme filtrene satt inn i en annen filterholder i samme rekkefølge. Man fikk da følgende resultat :

Med 1. filterholder : 138-144-128-144-124-135-125-138-124-133

Med 2. filterholder : 141-144-133-145-124-138-129-138-125-137

Differansen mellom høyeste og laveste er her ca. 20.

Når vi ser bort fra tallet 154 i forsøk 1 så kan man si at tallene i forsøk 1 og 2 varierer omtrent like mye.

Forsøket viser at praktisk talt alle svingningene i pumpekapasitet kan henføres til filter Whatman 40.

Filterholder nr. 2 ser ut til å tette noe bedre enn nr. 1, men forskjellen er helt uvesentlig.

Forsøk 3

Forsøk av de ovennevnte typer, men med Whatman 1 istedenfor nr. 40 ga ikke samme resultat. En fant ingen vesentlig forskjell i pumpekapasitet ved skifting av disse filtre ved bruk av samme pumpe og holder. Samme filter, men skifting av holdere ga heller intet avvik.

Hvis en for Whatman 40 anvender middeltallet for målingene i forsøk 1 og 2, økte luftgjennomgangen med 13% ved overgang til Whatman 1.

På grunnlag av de ovennevnte forsøk kan en si at hovedårsaken til de sterke fluktuasjoner i pumpekapasitet fra uke til uke for en og samme pumpe må skyldes at luftmotstanden fra filter til filter varierer. Vi skal belyse dette ytterligere. Det er undersøkt 32 pumper fra NILU's observasjonsnett (OECD-prosjekt). Tallene i tabell 3 angir differansen av høyeste og laveste døgncapasitet i en måned i liter luft pr. time. Det er valgt ut et tidsrom hvor pumpene ikke lenger synes å falle i kapasitet som følge av mekaniske endringer (jamfør tabell 1). Forøvrig er prøvetakerne og tidsrommet valgt ut tilfeldig.

		Pumpe nr.							
Stasjon	Dato	1	2	3	4	5	6	7	8
BI	Feb. 73	10	5	30	15	15	20	15	5
FI	" "	5	10	20	10	10	0	15	5
LY	Juni 72	35	5	20	5	10	15	5	35
SØ	Mai 73	20	20	25	20	30	5	15	25

Tabell 3 : Differansen mellom høyeste og laveste døgncapasitet i løpet av 1 mnd. for 32 pumper fordelt på 4 prøvetakere (tallene er i liter luft pr. time).

Det fremgår av tabell 3 at tallene stort sett er av samme størrelsesorden som dem en får ved å skifte fra filter til filter med samme holder og pumpe (jamfør forsøk 2, foran).

Måling av pumpekapasitet før og etter eksponering av filter gir i de samme tilfeller som angitt i tabell 3 følgende:

Tallene angir antall ganger luftgjennomgangen etter eksponering av filter er over, lik eller under den en målte ved innsetting av samme filter. Luftgjennomgangstallene ble avrundet til nærmeste 5 liter pr time.

Stasjon	Over	Lik	Under
BI	20	8	4
FI	5	11	16
LY	8	21	3
SØ	13	16	3
Totalt	46	56	26

Tabell 4: Antall ganger pumpekapasiteten for eksponerte filter har ligget over, på samme nivå, og under kapasiteten for ueksponert filter.

En skulle kanskje ha ventet at kapasiteten alltid ville vært lavest ved eksponert filter på grunn av tilstopping av partikler i filteret. Et annet tilfeldig valgt sett av 32 pumper ga totalsummene 24, 57 og 48, altså nærmest det motsatte resultat av hva tabell 4 viser.

Ut fra dette skulle en kunne slutte at filtrene ikke endrer luftmotstanden tydelig i noen bestemt retning ved eksponering. I noen tilfeller vil den være lavere, andre ganger høyere, men flest ganger nokså lik målingen ved innsetting. Det er ikke lett å gi noen forklaring på hvorfor kontaminerte filtre noen ganger synes

å gi mindre luftmotstand enn rene filtre, men en kan ikke se bort fra at det kan skyldes destruksjon av fibermassen. Når dette inntreffer, er det ofte slik at en får flere tilfeller etter hverandre, men det er også en del enkelttilfeller. Noen sammenheng med luftfuktighet eller SO₂-kontaminert luft synes ikke å foreligge.

Undersøkelser tyder imidlertid på at forholdene kan være noe anderledes i industristrøk hvor en har større støvutslipp. Her synes i de fleste tilfeller tilstoppingen av filterne bli så stor at luftgjennomgangen etter hvert vil bli redusert.

I tabell 5 ser en hvordan differansen mellom eksponerte og rene filtre fordeler seg i antall. Tilfelle nr 1 refererer seg til de 128 filtre som gjelder for prøvene fremstilt i tabell 3. Tilfelle nr 2 er for en annen tilfeldig valgt prøveserie.

	Differansespredning, liter pr time				
	≤ 5	$> 5 \leq 10$	$> 10 \leq 15$	$> 15 \leq 20$	> 20
Tilfelle 1	90	17	10	5	6
Tilfelle 2	82	23	7	9	7
Sum	172	40	17	14	13

Tabell 5: Antall pumper fordelt på ulike intervaller i kapasitetsdifferanse mellom rene og eksponerte filtre.

Ut fra tabell 5 kan vi beregne at i ca 67% av tilfellene lå kapasitetsdifferansen mellom eksponerte og rene filtre i området ± 60 liter luft pr døgn eller i størrelsesområdet $\pm 2\%$ av total luftgjennomgang. Denne variasjon må sies å være helt uvesentlig. I ca 10% av tilfellene lå differansen > 15 liter pr time. Hvis vi i middel regner 20 liter pr time for disse tilfeller, får vi ± 240 liter pr døgn, dvs en spredning på ca $\pm 7,5\%$ av tilfellene.

Ved utregning av SO₂-innholdet i luften bruker en gjennomsnittsverdien for eksponert og rent filter. En må ut fra dette kunne si at den kontrollen en har over luftgjennomgangen i bobleflaskene er tilfredsstillende.

Det hender at filtrene er våte når de tas ut av prøvetaker. En regner med at dette inntreffer om inntaket tettes mens en pumpe er i gang. Dette kan skje ved innsetting av flowmeter. Våte filtre synes ikke å ha noen entydig effekt på pumpekapasiteten. Hull i filteret kan også forekomme. Dette skjer hvis tilførselsrøret fra bobleflasken føres for langt inn i filterholder. Filteret vil da naturligvis ikke yte noen målbar luftmotstand. Begge de to sistnevnte forhold inntreffer sjelden (gjelder under 1% av filtrene), og er således uten særlig betydning. Filtrene vil i slike tilfeller bli uten interesse.

2.4 Temperaturens betydning

Det er foreskrevet at kommunekassen bør stå i et rom hvor temperaturen holdes konstant på ca 20°C.

Dersom lufttemperaturen ute er lavere enn inne vil luften på vei mot bobleflasken varmes opp. Er tilførselsslagen minst 2 m lang vil vi erfaringsmessig få oppvarming av luften til omtrent den temperatur en har i kommunekassen.

Da kommunekassen pr i dag ikke har noen anordning for korrigerende av luftvolum ved endring av romtemperatur er det viktig at denne holdes konstant slik at en vet ved hvilken temperatur en har målt luftgjennomgangen. Da vil en eventuelt siden ha mulighet til å beregne luftvolumet enten referert til NTP eller til den aktuelle utelufttemperatur.

Vi skal se litt på hvilken betydning temperaturen kan ha i praksis.

Ifølge Gay-Lussacs lov gir en temperaturforhøyelse på 1°C ved konstant trykk en gassvolumøkning på 1/273 av en gitt gassmengde ved 0°C.

Hvis vi forutsetter konstant trykk og en luftgjennomgang på 3500 liter i døgnet, så vil en oppvarming av luften fra 0°C til 20°C gi følgende:

$$\frac{v \cdot p}{T} = \frac{v^1 \cdot p}{T^1}$$

hvor v er gjennombølet luftmengde ved 20°C, v^1 er v ved 0°C, T er temperaturen i kommunekassen i Kelvingrader og T^1 er utetemperatur i Kelvingrader, p er lufttrykket.

$$\frac{3500}{273} = \frac{v^1}{293} \quad v^1 = 3755.$$

Dette vil si at en har fått en volumøkning på 255 liter luft (3755 - 3500), eller ca 7,3%. Dette betyr en fortykning av luften, og dermed en tilsvarende reduksjon i SO₂-innhold pr m³ luft i forhold til uteluften. Om vinteren vil en naturligvis ofte ha slike temperaturdifferanser, og også adskillig større sådanne. En kan således om vinteren komme til å måle over 15% lavere SO₂-innhold enn det en har i uteluften i fall temperaturen går under -20°C, og i fall en ikke foretar noen korreksjoner. Hvis vi forutsetter en romtemperatur på 20°C kan en ut fra følgende uttrykk beregne den prosentvise reduksjon i SO₂/m³ luft en får i relasjon til uteluften:

$$100 - 0,34T^1$$

hvor T^1 er utelufttemperaturen i Kelvingrader. Er utetemperaturen høyere enn 20°C vil vi måle et for høyt SO₂-innhold i forhold til uteluften ($0,34T^1 - 100$).

Hvis vi ønsker å relatere SO₂-innholdet til NTP og forutsetter at en i prøvetakerrommet har lufttrykk på 1000 millibar, får en følgende med en luftgjennomgang på 3500 liter pr døgn:

$$\frac{3500 \cdot 1000}{293} = \frac{v^1 \cdot 1013}{273}, \quad v^1 = 3219.$$

Volumendringen blir 281 liter luft eller 8%. Hvis vi altså vil ekvivalere det målte SO₂-innhold til NTP må en øke SO₂-innholdet med 8%.

Konklusjonen på dette blir at kommunekassen bør plasseres i et rom hvor temperaturen er konstant på et nivå som er kjent. Tilførselsslagen bør ikke være under 2 m.

Endringene i luftvolum på grunn av temperatursvingninger vil normalt ikke være så store at en behøver å ta hensyn til dem. Særlig uvesentlig blir dette i sommerhalvåret.

En bør imidlertid være oppmerksom på størrelsesordenen av de feil som på denne måten kan introduseres, og en bør derfor legge forholdene til rette slik at en siden eventuelt kan korrigere for temperaturen om en finner dette nødvendig.

2.5 Konklusjon

Som konklusjon på ovennevnte undersøkelse får en at en ved å måle kapasiteten først med rent filter og deretter med det samme filter etter eksponeringen, får et fullt tilfredsstillende middeltall for luftgjennomgangen. Dette må da tolkes i sammenheng med at kommunekassen ikke er å oppfatte som et presisjonsinstrument når det gjelder luftmengdemåling.

3 JAMFØRING AV LUFTGJENNOMGANG OG AVDAMPNING AV ABSORPSJONSVÆSKE

Da man i Sola-forsøkene ikke foretok målinger av pumpekapa-
 tet med rene og eksponerte filtre, fikk man intet tall for
 midlere luftgjennomgang. Det var da nærliggende å undersøke
 om avdampningen ga et anvendbart uttrykk for luftgjennomstrøm-
 ningen.

Man har i den forbindelse igjen benyttet seg av det tallmateri-
 ale som foreligger fra NILU's OECD-stasjoner. I tabell 6 har
 man fordelt den midlere avdampning på ulike pumpekapa-
 sitetsinter-
 valler.

Øvre del av tabellen omfatter 12 prøver i kronologisk orden i
 hvert intervall pr. prøvetaker. Høyeste og laveste verdi ble
 strøket, og midlet ble regnet ut på grunnlag av de resterende
 10. Dette ble gjort for å eliminere ekstremiteter og lette
 utregningen.

Stasjon	Dato	Pumpekapasitet intervaller (m ³ /døgn)					
		< 2,9	2,9-3,09	3,10-3,29	3,3-3,49	3,5-3,69	>3,69
SØ	1973 sommer	18,5	18	17	20	17,5	20
FI	"	21	21,5	24,5	28	25,5	26,
BI	"	37,5	34,5	34,5	42,5	46,5	47
		< 2,5	2,5-2,95	3 -3,45	3,5-3,95	> 3,95	
SØ	1972 mars	15	14,75	15,5			
HV	mars			37,5	45,25	44,5	
FI	april	19,75	18	14,5			
LY	april		29,5	29,75	34	41	

Tabell 6 : Midlere avdampning i ml fordelt på luftgjennom-
 strømningsintervaller.

Nedre del av tabellen har en grovere intervallinndeling og
 omfatter prøver som gjelder for samme tidsepoke som for Sola-
 prøvene. Antallet i hver intervallgruppe vil her variere sterkt,

og tallene vil således ikke være så representative som i øvre del av tabellen. Tabellen omfatter totalt ca. 300 prøver.

Konklusjonen her er klar nok. Tabellen gir ikke noe entydig bilde av sammenhengen avdampning - pumpekapasitet. Følgelig er det ikke mulig ut fra avdampningsmengden å si noe som helst om luftgjennomstrømningsmengden.

Det er åpenbart at jo mer luft som går gjennom prøveflasken, dess større blir avdampningen, men andre parametre maskerer effekten. Av tabellen kan vi likevel se denne effekten hvis vi sammenlikner avdampningen for de ekstremt høye og ekstremt lave pumpekapasiteter. De maskerende effekter som kommer inn her, er lufttemperatur og -fuktighet både ute og der prøvetaker står plassert. Tallene i tabell 6 tyder på at særlig "klima" i rommet hvor prøvetaker befinner seg, betyr mye. Dette kan vi se ved at hver prøvetaker har et karakteristisk avdampningsnivå som bare i liten grad påvirkes av pumpekapasitet. Feilkilder som er tilstede ved vurderingen av avdampning, er i første rekke lekkasje fra bobleflaskene under transport. Dette vet vi forekommer, men neppe så hyppig at det forskyver hovedbildet.

Luftlekkasje i filterholdere og flaskekork vil av og til medvirke til å redusere målenøyaktigheten av pumpekapasiteten. Dermed mister man litt av den riktige relasjon mellom luftgjennomgang og avdampning. Under avsnitt II, punkt 1, ble det nevnt at ca. 10% av de undersøkte pumpene nokså konstant viste avvikende kapasitet fra de øvrige pumper. Omkring halvparten av disse pumper viste ekstremt liten kapasitet. Her foreligger den mulighet at dette kan skyldes lekkasje i flaskekorken (samme kork brukes hver gang), og ikke alltid nødvendigvis mekaniske forandringer i pumpen. Men selv om lekkasje noen ganger skulle være årsaken, inntreffer dette sjelden.

Konklusjon :

Man kan ikke bruke avdampning som noe mål for luftgjennomgangen i bobleflasken.

4 FORSØKENE PÅ SOLA

Bakgrunnen for undersøkelsen på Sola er utredet i innledningen. To kommunekasser har vært i virksomhet parallelt. Det ble kjørt 24 timers prøver. Den ene prøvetaker ble "kjørt" med normaloppsetning, dvs. med filter plassert foran bobleflasken, gjennom hele forsøksperioden. Den andre prøvetaker ble "kjørt" først i 14 dager uten filter, og deretter med filter plassert bak bobleflasken. Vi kaller normaloppsetningen A-kassen, henholdsvis A-prøver, og den modifiserte oppsetning for B-kassen, henholdsvis B-prøver.

Prøvene ble ukentlig sent fra Sola til NILU for analyse. Skifting av filtre og prøveflasker skjedde hver mandag. Samtidig ble alle pumpene justert ukentlig med kapasitet 150 l pr. time med rent filter.

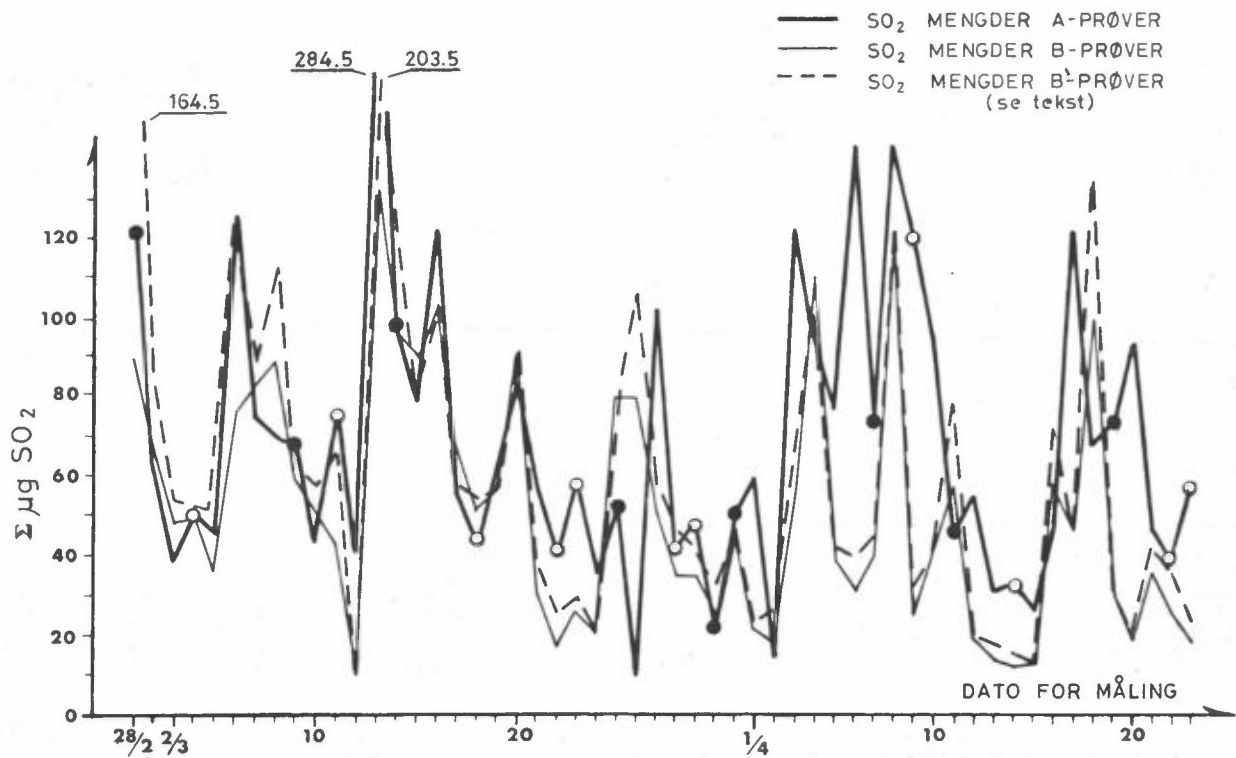
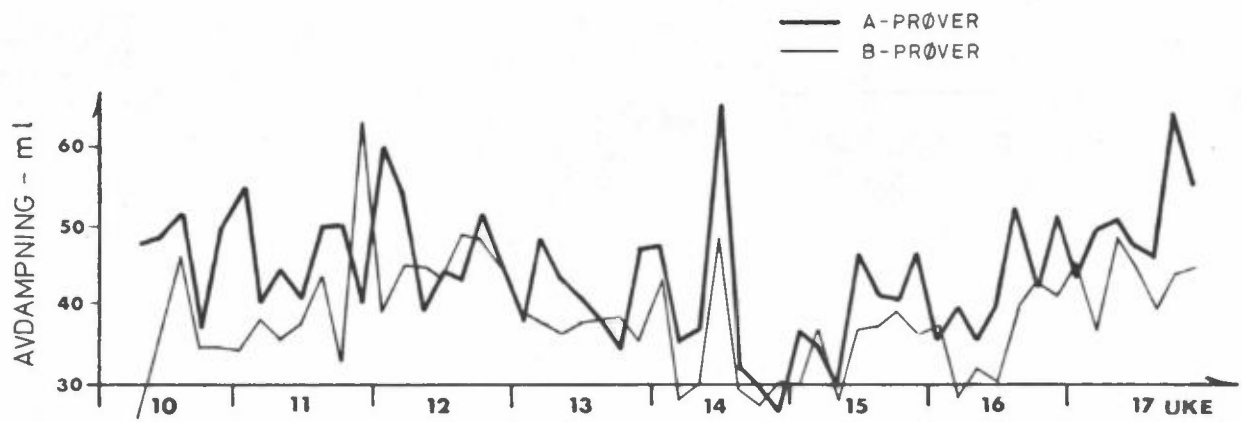
Tabell 7 inneholder alle informasjonen vedrørende denne undersøkelsen.

4.1 Avdampningen

Man har tidligere hørt at avdampningsvolumet ikke kan brukes som uttrykk for luftgjennomgangen. Derimot skulle man vente god sammenheng mellom avdampning i de A- og B-prøver som har gått parallelt, da disse har blitt tatt under de samme meteorologiske forhold. Generelt ligger likevel avdampningen ca 10% høyere for A-prøvene.

Fig. 1, nedre del gir en sammenlikning mellom SO_2 -verdier i kasse A og B. I tillegg er inntegnet en kurve for B-verdier som er korrigeret til de avdampningstall en har for A-verdiene. Kurven er merket B'. (Tallene finner man i tabell 8.) Man ser straks at denne kurve stort sett er bedre korrelert med B-verdikurven enn A-kurven. Av dette kan vi slutte at forskjellen i avdampning i de parallelle prøver ikke kan ha sin vesentligste årsak i den faktiske luftgjennomgang for denne måventes å være korrelert med SO_2 -verdiene.

Det er derfor overveiende sannsynlig at den generelle forskjell i avdampning mellom A og B-prøven skyldes lokale klimatiske forhold på de to steder hvor kassene er plassert. De stod



Figur 1: SO₂-verdier målt i prøver fra kasse A og B (se forøvrig i teksten).

nemlig plassert i ulik avstand fra vindu og ovn, og de stod heller ikke i samme høyde over gulvet.

På øvre del av fig. 1 ser man at sammenhengen mellom avdampningen fra A og B-prøver ikke er særlig god. Dette kan også henge sammen med plasseringen av kassene. I noen få tilfeller, hovedsakelig den 6/3, 11/3 og 13/3 hvor differansen mellom de parallelle prøver er svært stor, er det grunn til å tro at en har hatt en reelt større luftgjennomgang i A-prøvene fordi B'-kurven i disse tilfelle korrelerer meget godt med A-kurven, og ikke i samme grad med B-kurven. Bortsett fra disse tilfeller skulle det ikke være noe grunnlag for å si at luftgjennomgangen generelt har vært påviselig større i den ene enn i den andre kassen.

4.2 Diskusjon av de øvrige resultater (noen konklusjoner)

4.2.1 Normalt prøvetakeroppsett (A-kasse)

I tabell 7 og 8 ser man at havsaltverdiene er høye i uke 14 og 15, og lave de øvrige uker. Dette er interessant fra et kjemisk-analytisk synspunkt. For bestemmelse av SO_4^{2-} anvendes ved NILU for tiden Thorin-metoden. Metoden er følsom for alle metaller (gir interferens). Dette gjør at en ionebytter prøven en har mistanke om inneholder metallioner. Når det gjelder luftprøven, dvs. en prøve bestående av luftgjennomboblet hydrogenperoksydløsning, har man i rutinearbeid sløffet ionebyttingen. I tabell 7 ser man av kolonne 8 og 9 at bestemmelsen av SO_4^{2-} kan bli nokså ukorrekt ved ikke å bruke ionebytting ved et havsaltinnhold som referert til Mg^{2+} er $> 0,025 \mu\text{g/ml}$.

For ukene 10, 11 og 12 ble prøvene bare analysert enten uten eller med ionebytting. Ut fra det forannevnte, vil imidlertid SO_2 -verdiene for kolonne 8 og 9 i tabell 7 sannsynligvis avvike svært lite.

Vi skal senere komme tilbake til prøvenes havsaltinnhold, og her bare konkludere med at luftprøver som skal SO_4^{2-} -bestemmes

med Thorin-metoden, må ionebyttes for å oppnå tilstrekkelig pålitelige resultater under alle forhold.

4.2.2 Prøvetaking uten filter (B-kasse)

De to første ukene av prøveserien ble B-prøvene kjørt uten filter. Her burde man nok ha kjørt B-kassen med normaloppsetning en tid parallelt med A-kassen. Dette ville ha gjort det lettere å oppdage eventuelle effekter ved å modifisere prøvetakingen.

Fra fig. 1 går det frem at avdampningen og også SO_2 -verdiene, det siste særlig for uke 11, for A- og B-prøven følger hverandre heller dårlig. Noe spesielt er det forøvrig ikke å merke seg for disse første to ukene.

4.2.3 Jamføring av SO_2 -mengdene i A- og B-prøvene

Tabell 7 viser at de prøver som har hatt filter foran seg, gir høyere SO_2 -verdier enn de som har hatt filter bak. Totalt sett dreier det seg om hele 48% høyere verdier for A-prøvene. Dette må sies å være noe overraskende. Man har ingen åpenbar forklaring på dette fenomen. Noen antatte muligheter skal dog nevnes.

Om en plasserer ett filter foran og ett bak bobleflasken så får man ikke synlig sværtning av det bakre filter. Tas filteret foran bort, vil det bakre filter sværtes, men mindre enn om filteret hadde stått foran. Dette betyr at man får en større partikkelbelastning av absorpsjonsløsningen enn om filteret var plassert foran. Hvis noen av de i væsken oppfangede partikler har evnen til å oppta anioner, vil man kunne "miste" sulfat i løsningen.

En annen forklaring kan være at partikler som inneholder SO_2 eller svovelsyrlig, og som fester seg til filteret suges ut av partiklene og ned i bobleflasken p.g.a. uttørking, mens partiklene i fall filter hadde manglet, ville ha passert løsningen og blitt borte. For begge disse mulige forklaringer kunne man i så fall tenke seg

at differansen mellom de parallelle prøvene ville være høyest hvor sværtningen av filterene var høyest. Det er imidlertid ikke mulig å finne en slik sammenheng.

En tredje forklaring er at sulfatpartikler som trenger dypere ned i filtermassen, under spesielle forhold, eventuelt etter akkumulering, vil kunne løsrives fra filteret igjen og opptas i absorpsjonsløsningen. X-fluorescensmålinger har nemlig vist at man av og til kan ha relativt høye svovolverdier på filterets bakside.

Konklusjonen på dette må bli at nye undersøkelser er nødvendige for å bringe større klarhet i hva som egentlig skjer når man får høyere SO_4^{2-} -verdier med filter enn uten.

4.2.4 Jamførelse av Na^+ og Mg^{2+} -verdiene i A- og B-prøvene

I havvannet har en vektsmessig ca. 8,4 ganger mer Na^+ enn Mg^{2+} . Dette forhold går stort sett igjen også i nedbør. Det er derfor noe uventet når vi i luftprøvene konsekvent har et noe lavere forholdstall, dvs. vi får en opphoping av Mg^{2+} relativt til Na^+ . Dette er tilfelle både for A- og B-prøver. Det ser altså ut som om Na^+ -ionene lettere passerer gjennom bobleflasken.

Summen av Na^+ og Mg^{2+} gir et ca. 9% høyere tall for B-prøvene totalt sett. I uke 15 har likevel A-prøvene høyere havsaltinnhold. En kan ikke gi noen god forklaring på dette, men bare konstatere at Whatman 40-filterene er lite effektive overfor Mg^{2+} og Na^+ -saltene.

Hvis man regner med at nedbørforholdene på NILU's stasjon på Søyland (ca. 15 km SØ for Ålgård) ikke avviker vesentlig fra forholdene på Sola, kunne man se om hvorvidt det var nedbør eller ikke spilte noen rolle for den oppsamlede havsaltmengde i luftprøven. Undersøkelsen ga et negativt resultat. Det var heller ikke noen entydig sammenheng mellom vindretning og havsaltinnhold i prøven. Det kan dog nevnes at den 3-4/4 hvor Mg^{2+} -verdien når sitt

maksimum for hele forsøksperioden, falt sammen med mye nedbør og sterk vind fra vest.

Det kan vel innvendes mot dette at forsøksserien var for kortvarig til å få noe pålitelig bilde av forholdet mellom de klimatiske forhold og havsaltinnholdet i prøvene. Til det er å si at perioden omfattet et variert "klimaspekter" iallfall vedrørende vindretninger og nedbør.

Til slutt skal bare nevnes at sulfatbidraget fra havet i disse luftprøver er helt neglisjerbart. Et bidrag på eksempelvis $5 \mu\text{g SO}_2$ vil kreve en Mg^{2+} -mengde på ca. $3,6 \mu\text{g}$. Så mye forekommer ikke i noe tilfelle i de aktuelle prøver. Noen korreksjon av luftprøvene skulle således ikke være nødvendig selv om prøvene tas ved kysten.

4.2.5 Visuell sammenlikning av A- og B-filtrenes sværtningsgrad

I tabell 7 har vi i kolonne 10 og 16 rangeringstall (poeng) for filtersværtning. Tallene er fremkommet ved at alle filtrene (A- og B-filter) for en uke ad gangen er lagt frem for visuell betraktning. Det mørkeste filter fikk 1 poeng, det nest mørkeste 2 poeng, osv. Sværtningen var jevnt over svak, og flere filtre manglet faktisk sværtning. Sværtningen var for det meste størst på A-filtrene, dvs. hvor filtrene hadde stått foran flaskene. Det var for så vidt ikke overraskende. Derimot var differansen uventet liten. Bare i ett tilfelle, uke 13, var ukens mørkeste B-filter like mørkt som det mørkeste A-filter. Sammenhengen mellom sværtningen på A- og B-filtrene var god.

4.2.6 Jamførelse : Filtersværtning - SO_2

Det var ikke mulig å finne noen sammenheng mellom sværtning og SO_2 . Dette kan man lett se på fig. 1 hvor de sterkest og svakest sværte filtre pr. uke er merket med henholdsvis mørk og lys ring på kurven. Nå skal man være oppmerksom på at luftforurensningsnivået her var relativt lavt for slike undersøkelser, slik at en eventuell sammenheng lett vil kunne maskeres av andre effekter. Erfaringen fra målinger andre steder tilsier imidlertid at

en slett ikke behøver å ha noen sammenheng her. Dette vil i stor grad avhenge av de meteorologiske forhold, prøvetakerens lokalitet og type forurensningskilder i området.

Et forhold som gjør det noe betenkelig å sammenlikne lave konsentrasjoner fra døgn til døgn når tiden fra prøvetaking til analyse er relativt lang, er prøvenes ustabilitet ved henstand. I dette tilfelle ble dette tidsintervall lengre enn ønskelig p.g.a. avstanden mellom prøvested og laboratorium. SO_2 -innholdet i prøvene har en tendens til å stige ved henstand, (tekn.notat nr. 62/73). Undersøkelser tyder på at dette har sammenheng med anvendelsen av plastflasker. Det er overveiende sannsynlig at det er denne effekten som gjør seg gjeldende når alle mandagsprøvene blir så høye i SO_2 -verdi. Observatøren skifter ut flaskene på mandag. Mandagsprøven vil da bli stående over til neste uke og blir således alltid den eldste prøven. På samme måte finner man gjerne de laveste SO_2 -verdier i slutten av uken.

Hvorvidt den ovenfor nevnte periodisitet også i noen grad kan henge sammen med den menneskelige aktivitet på stedet er ikke brakt på det rene.

5 SLUTTORD

Denne undersøkelsen har kanskje ikke brakt klarhet vedrørende SO_2 -prøvetaking med kommunekassen i den grad som kunne ha vært ønskelig. Men den har forhåpentlig belyst en rekke problemer som det bør arbeides videre med.

Uke nr.	Dato	PRØVETAKER A						PRØVETAKER B				Avdampningsforhold Kol: 3/9	PRØVETAKER B ^{*)}		
		ml avdampning	Total mengde i prøve i / μ g					ml avdampning	Total mengde i prøve i / μ g				Tot.mengde i prøve i / μ g		
			Mg ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺ ekv. Na ⁺	SO ₂ u/ioneb.	SO ₂ m/ioneb.		Mg ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺ ekv. Na ⁺		SO ₂ m/ioneb.	Mg ²⁺	SO ₂ m/ioneb.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	28/2-29/2	48					122	26	0,37	3,33	3,11	89	1,85		164,5
	29/2-1/3	49					61	37	0,32	1,58	2,65	63	1,33		83,5
	2 - 3	52					38,5	46,5	0,27	1,61	2,25	48	1,12		53,5
	4 - 5	37					50,5	35	0,26	3,25	2,21	49	1,06		52
	5 - 6	50					45	35	0,39	3,25	3,25	36	1,43		51,5
	Sum	236				316	179,5	1,61	13,02	13,5	285				405
11	6 - 7	55				126	34,5	0,39	0,96	3,28	75,5	1,59			120
	7 - 8	40,5				74,5	38,5	0,49	2,15	4,12	83	1,07			89
	8 - 9	44,5				69,5	36	0,70	4,16	5,89	89,5	1,24			111
	9 - 10	41				68	38	0,37	1,55	3,10	59	1,08			63,5
	10 - 11	50				42,5	44	0,17	1,68	1,40	50,5	1,14			57,5
	11 - 12	50,5				76,5	33	0,34	3,69	2,81	43,5	1,53			66,5
	12 - 13	40,5				41,5	63,5	0,18	2,01	1,53	13	0,64			8,5
	Sum	322				496,5	287,5	2,64	16,22	22,0	414				516
12	13 - 14	60,5				284,5	39,5	0,42	3,42	3,57	133	1,53			203,5
	14 - 15	54				96,5	45	0,44	3,30	3,69	96,5	1,20			116
	15 - 16	39,5				78,5	45	0,28	1,65	2,31	91	0,88			80
	16 - 17	44,5				122	43,5	0,40	3,39	3,33	101,5	1,02			103,5
	17 - 18	43,5				56,5	49	0,41	1,53	3,42	66,5	0,88			58,5
	18 - 19	52				43	48,5	0,31	1,55	2,58	51,5	1,07			55
	19 - 20	45				60,5	45	0,28	1,10	2,31	58	1			58
	Sum	339				741,5	315,5	2,54	14,94	21,5	598				674,5
13	20 - 21	38	0,50	1,24	4,15	83,5	83,5	39,5	0,36	3,63	3,03	91	0,96	0,35	87,5
	21 - 22	48,5	0,41	0,52	3,45	51,5	56,5	38	1,55	10,54	13,02	31	1,28	1,98	39,5
	22 - 23	43,5	0,34	0,57	2,36	39,5	39,5	37	0,76	6,93	6,30	22	1,18	0,90	26
	23 - 24	41	0,18	0	1,47	65	59	36	0,93	8,06	7,81	28	1,08	1	30
	24 - 25	38,5	0,25	0	2,15	31	34	38,5	0,68	5,54	5,66	21	1	0,68	21
	25 - 26	34,5	0,33	0,66	2,75	52,5	52,5	38,5	0,49	1,85	4,12	80	0,90	0,44	72
	26 - 27	47,5	0,32	0,53	2,62	16	10,5	36	0,51	2,56	4,29	80	1,32	0,67	105,5
	Sum	291,5	2,33	3,52	19,5	339	335,5	265,5	5,28	38,11	44,5	353	6,02	381,5	
14	27 - 28	48	0,57	1,04	4,78	101,5	101,5	43	0,46	2,85	3,82	51,5	1,12	0,52	57,5
	28 - 29	35,5	2,13	11,61	18,06	26	42	28	2,30	13,68	19,44	36	1,27	2,92	45,5
	29 - 30	37	2,08	13,86	17,64	34,5	53,5	30	2,52	18,20	21	35	1,23	3,10	43
	30 - 31	66	1,29	8,16	10,88	10	20,5	48,5	1,70	11,33	14,42	23	1,36	2,31	31,5
	31/3-1/4	32	2,24	14,96	19,04	27	51	29,5	2,19	16,22	18,33	46	1,08	2,37	49,5
	1 - 2	30	2,03	12,60	17,15	35	59,5	27,5	2,03	10,88	17,04	22	1,09	2,21	24
	2 - 3	27	2,34	14,60	19,71	0	14,5	30,5	2,36	15,29	19,81	17,5	0,89	2,10	27
	Sum	275,5	12,68	76,83	106,5	234	342,5	237	13,56	88,45	114	231	15,53	278	
15	3 - 4	37,5	2,50	15,63	20,94	59,5	122	30	2,80	10,50	23,45	57	1,25	3,50	71
	4 - 5	35	2,60	16,25	21,78	62	94,5	37	2,52	9,45	21,11	110,5	0,95	2,39	105
	5 - 6	30	2,10	14	17,50	35	77	28	2,16	10,80	18	39,5	1,07	2,31	42,5
	6 - 7	47	2,65	31,80	22,60	74	144	37	1,69	9,45	15,75	31,5	1,27	2,40	40
	7 - 8	41,5	2,34	17,55	19,43	0	73	37,5	1,88	9,38	15,63	40,5	1,11	2,09	45
	8 - 9	41	2,36	20,65	19,77	76,5	144	39	2,44	12,20	20,44	115,5	1,05	2,56	121,5
	9 - 10	47	2,65	15,90	22,26	63,5	122	36,5	2,54	9,53	21,27	25,5	1,29	3,28	33
	Sum	279	17,20	131,78	144,5	370,5	776,5	245	16,23	71,31	136,5	420	18,53	458	
16	10 - 11	36	2,56	16	21,44	64	95,5	37,5	2,50	18,75	20,94	43,5	0,96	2,40	41
	11 - 12	40	0,18	3	1,50	36	45	28,5	0,43	3,58	3,58	57,5	1,40	0,60	80,5
	12 - 13	30,5	0,28	3,48	2,43	35	55,5	32	0,27	3,40	2,38	20,5	0,95	0,26	19,5
	13 - 14	40	0,30	3	2,52	21	31,5	30	0,28	3,50	2,45	14	1,33	0,37	18,5
	14 - 15	52,5	0,29	2,38	2,38	31	33	40	0,30	3	2,52	12	1,31	0,39	15,5
	15 - 16	42,5	0,35	2,88	2,88	23	26	43	0,34	2,85	2,85	14	1	0,34	14
	16 - 17	51,5	0,19	2,43	1,70	43	48,5	41,5	0,59	5,85	4,97	58,5	1,24	0,74	72,5
	Sum	293	4,15	33,17	35	253	335	252,5	4,71	40,93	39,5	220	5,09	261,5	
17	17 - 18	43,5	0,40	2,83	3,39	113	121,5	45	0,55	8,25	4,68	47	0,97	0,53	45,5
	18 - 19	49,5	0,45	2,52	3,79	68	68	37	0,50	6,30	4,22	101	1,34	0,67	135,5
	19 - 20	51	0,34	2,45	2,94	73,5	73,5	48,5	0,46	2,58	3,86	31	1,05	0,48	32,5
	20 - 21	48	0,31	2,60	2,60	91	93,5	44,5	0,50	5,55	4,16	19,5	1,08	0,54	21
	21 - 22	46	0,54	2,70	4,59	0	46	39,5	0,61	6,05	5,14	36,5	1,16	0,71	42,5
	22 - 23	64,5	0,36	3,55	3,02	44	39	44	0,56	5,60	4,76	25	1,47	0,82	36
	23 - 24	55,5	0,45	4,45	3,78	60	58	45	0,55	5,50	4,68	19	1,23	0,68	23,5
	Sum	358	2,85	21,10	24	449,5	498,5	303,5	3,73	39,83	31,5	279	4,43	336,5	

*) Prøvetaker B': Man har her brukt Mg²⁺ og SO₂-verdiene for prøvetaker B, og regnet ut på grunnlag av avdampningstallene for A-prøvene.

Tabell 8: Analysetall for forsøksserien fra Sola beregnet på grunnlag av data fra tabell 7.