

Hovedoppgave for  
cand.scient.-graden

**Bjørn Østerhus**

**DOM fraksjonering og  
karakterisering**

**KJEMISK INSTITUTT**

Det matematisk-naturvitenskapelige  
fakultet

**UNIVERSITETET I OSLO 03/2001**



## Forord

Dette forordet ble utarbeidet en sen kveld i likhet med store deler av denne hovedoppgaven. Heftet du nå holder i hånden, har jeg brukt omtrent dobbelt så lang tid som det i utgangspunktet var meningen at jeg skulle (les: ville). Tenkte det var på tide å gjøre seg ferdig nå som Lånekassa bestemt mener jeg har brukt lang nok tid. Innad på instituttet er det få som vil kvitte seg med oss hovedfagstudenter. Har alltid ment (og kommer sannsynligvis alltid til å mene) at to år på hovedfag er mer enn nok. Dette med tid blir alltid nevnt i slike forord; så derfor refererer jeg til dem.

Jeg har ikke klart meg alene disse årene. Rolf og Hans Martin fortjener en stor takk fordi døren alltid står åpen (bokstavelig talt). Oppgaven hadde nok fortvilt enhver leser uten deres forslag, kommentarer og rettelser. Vil også takke Nicholas Clarke ved Norsk Institutt for Skogforskning og Kevin Bishop ved Sveriges Landbruks Universitet for hjelp til prøvetaking, nedbørsdata og feltbeskrivelser. Uten kommentarer fra Tone hadde ikke labforsøkene gått som de skulle. Ellers vil jeg takke resten av miljøkjemigruppen for de eneste faglige diskusjonene jeg har hatt (og en del sosiale da...). Det er viktig med sosiale sysler her i livet, det være seg endeløse kjøreturer til Gardermoen, fotball i London eller julebord og tematurer av varierende seriøsitet.

Vil også gjerne takke familie og venner, spesielt mor og far. Masse støtte og råd samt litt finansielle tilskudd har vært til uvurderlig hjelp! Det å høre "Æ' du'kke færdi snart?" fra venner noen hundre ganger har også hjulpet godt.

Håper ikke jeg har glemt noen nå. Si ifra, så får jeg gi ut et supplementshefte. Tror nesten dette holder, det er mye annet gøy på sidene som kommer...

Blindern, 23. Januar 2001  
Bjørn Østerhus

# DOM fraksjonering og karakterisering

## Forord

## Innholdsfortegnelse

## Tabell- og figurfortegnelse

<b>1 Sammendrag og innledning</b>	<b>1</b>
<b>2 Teori</b>	<b>2</b>
2.1 <i>Litt historikk</i>	2
2.2 <i>Forsurende komponenter i atmosfæren - Utslipp og transport</i>	3
2.3 <i>Effekter av sur nedbør på planter og dyr</i>	5
2.4 <i>Sur nedbør i Norge</i>	6
2.5 <i>Jordhorisonter og profiler</i>	8
2.5.1 <i>Sammensetning av jord</i>	8
2.5.2 <i>Horisont- og profilbeskrivelse</i>	8
2.6 <i>Overflateladning på partikler</i>	9
2.6.1 <i>Dannelse av overflateladning</i>	9
2.6.2 <i>Kationbytte</i>	10
2.6.3 <i>Anionabsorpsjon</i>	12
2.7 <i>CO<sub>2</sub> systemet</i>	12
2.8 <i>Jordforsuring</i>	13
2.9 <i>Naturlig organisk materiale (NOM)</i>	14
2.9.1 <i>Struktur og egenskaper</i>	15
2.9.2 <i>Dannelse av NOM</i>	16
2.9.3 <i>Betydning for kjemien i jorda</i>	17
2.10 <i>Aluminium</i>	19
2.10.1 <i>Oppløsning av aluminium</i>	19
2.10.2 <i>Aluminium, organisk materiale og kalking</i>	20
2.10.3 <i>Modell for interaksjon mellom DOC og aluminium</i>	21
<b>3 Feltbeskrivelse</b>	<b>23</b>
3.1 <i>Birkenes</i>	24
3.1.1 <i>Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn</i>	25
3.1.2 <i>Feltarbeid</i>	26
3.2 <i>Gardermoen</i>	26
3.2.1 <i>Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn</i>	27
3.3 <i>Nordmoen</i>	28
3.3.1 <i>Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn</i>	29
3.3.2 <i>Prøvetaking</i>	30
3.4 <i>Svarthberget</i>	30
3.4.1 <i>Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn</i>	31
3.5 <i>Annen forskning i feltene</i>	32
<b>4 Analysemetoder</b>	<b>33</b>
4.1 <i>Fraksjonering av løst organisk materiale (DOC)</i>	33
4.1.1 <i>DOC fraksjonene</i>	33
4.1.2 <i>Forbehandling av prøver</i>	34
4.1.3 <i>Preparering av kolonnematerialet</i>	34

4.1.4	Separeringen	35
4.1.5	Utregning	37
4.1.6	Reproduserbarhet	37
4.2	<i>Bestemmelse av TOC/DOC</i>	38
4.2.1	Totalt organisk karbon analyse	39
4.2.2	UV absorbanse ved 254 nm	39
4.3	<i>Ionekromatografi</i>	42
4.3.1	Prinsipp for ionekromatografi	42
4.3.2	Måling av konduktivitet	42
4.3.3	Prøveopparbeidelse	43
4.3.4	Instrumenter og utstyr	44
4.4	<i>Atomabsorpsjonsspektrofotometri</i>	45
4.4.1	Prinsipper for atomabsorpsjon og atomemisjon	45
4.4.2	Prøveopparbeidelse	46
4.4.3	Instrumenter og utstyr	46
4.5	<i>Aluminiumsfraksjonering</i>	46
4.6	<i>pH titrering</i>	48
4.6.1	Bufferkapasitet	48
4.6.2	Eksperimentelt	50
4.6.3	Grans plott	53
4.7	<i>Tilsetning av aluminium til prøver</i>	55
4.7.1	Forbehandling og oppbevaring av prøver	55
4.7.2	Analyse	55
4.7.3	Konkurrerende adsorpsjon	56
4.7.4	Spesieringsprogrammer	56
<b>5</b>	<b>Resultater eller observasjoner</b>	<b>58</b>
5.1	<i>pH titrering</i>	58
5.1.1	Bufferkapasitet	58
5.1.2	Andre undersøkelser	63
5.1.3	Resultater fra Grans plott	65
5.2	<i>Tilsetning av aluminium</i>	67
5.2.1	Det organiske materialets evne til å kompleksere aluminium	67
5.2.2	Variasjoner i konsentrasjon av ulike Al-fraksjoner ved tilsetning av aluminium	68
5.2.3	Bestemmelse av komplekseringskonstanter	72
5.2.4	Målte data sammenliknet med spesieringsprogrammer	74
5.2.5	Resultater fra ALCHEMI uten endrede konstanter	75
5.2.6	Protolyse- og komplekseringskonstanter i ALCHEMI	76
<b>6</b>	<b>Konklusjoner og anbefalinger</b>	<b>79</b>
6.1	<i>pH titrering</i>	79
6.2	<i>Tilsetning av aluminium</i>	80
6.3	<i>Forslag til videre arbeid</i>	81
	<b>Referanseliste</b>	<b>82</b>
	<b>Appendiksfortegnelse</b>	
	<b>Appendikser</b>	

## Tabell- og figurfortegnelse

### FIGURER:

- Figur 2.2.1: "Observert årlig avsetning av sulfat med nedbøren". (Stordal & Hov, 1993).
- Figur 2.4.1: "Variasjon i mengden uorganisk aluminium". (SFT, 1996).
- Figur 2.4.2: "Landareal i km<sup>2</sup> med skader på fiskebestander p.g.a. sur nedbør i fylker i Sør-Norge". Fra Kroglund et al., 1994.
- Figur 2.9.1: "Foreslått struktur på fulvussyre". (Stumm & Morgan, 1981. Etter Schnitzer & Kahn, 1972).
- Figur 2.9.2: "Skjematisk figur for struktur til humussyre". (Fra Schulten & Schnitzer, 1993).
- Figur 3.1: "Kart over feltene". Nordmoen og Gardermoen befinner seg ved punkt 2, Svartberget ved punkt 3 og Birkenes ved punkt 4.
- Figur 3.1.1: "Birkenes feltet. Fylte sirkler er lysimeter plot (prøver i denne oppgaven er tatt fra plott D), grop for prøvetaking av jordprøver betegnes med kvadrater og dammen i hovedbekken er trekanten på figuren. BIE02 er merket av som stjerne". Fra Mulder et al., 1990.
- Figur 3.1.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking i Birkenes". (Clarke, pers. med.).
- Figur 3.2.1: "Feltskisse over Gardermoen". Fra French et al., 1994.
- Figur 3.2.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking på Gardermoen". (DNMI, 2000).
- Figur 3.3.1: "Feltskisse over Nordmoen". Fra Groseth, 1999.
- Figur 3.3.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking på Nordmoen". (DNMI, 2000).
- Figur 3.4.1: "Feltskisse over Svartberget feltet." Fra Petterson & Bishop, 1996.
- Figur 3.4.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking i Svartberget". (Bishop, pers. med.).
- Figur 4.1.1: "Skisse for fraksjonering av DOC, trinn 3 og 4".
- Figur 4.2.1: "UV/DOC regresjon, DOC 1".
- Figur 4.2.2: "Sammenlikning av regresjonslinjer".
- Figur 4.3.1: "ASRS suppressor".
- Figur 4.5.1: "Aluminium fraksjoneringsskjema (fra Driscoll, 1984)".
- Figur 4.6.1: "Grans plott for Birkenes Ubehandlet".
- Figur 4.6.2: "Apparatur for pH-titrering".
- Figur 5.1.1: "Bufferkapasitetskurve for BIE02 Ubehandlet".
- Figur 5.2.1: "Plott for bestemmelse av N og K".
- Figur 5.2.2: "Grenseverdi for N".

### TABELLER:

- Tabell 2.10.1: "Stabilitetskonstanter og termodynamiske data".
- Tabell 3.1: "Miljøgradienter for prøvefeltene".
- Tabell 3.2: "Kort oversikt over viktige parametre for feltene".
- Tabell 3.3.1: "Jordprofil på Nordmoen." (Fra Groseth, 1999).
- Tabell 4.1.1: "Egenskaper for kolonnematerialer brukt til karbonfraksjonering". (Fluka, 1993; Fluka, 1995).
- Tabell 4.1.2: "Gjennomsnittlig standardavvik (Alle måltall for DOC fraksjonene er i mgC/l)".
- Tabell 4.2.1: "Resultater fra regresjoner mgC/l og UV-abs.".
- Tabell 4.5.1: "Egenskaper for Amberlite IR-120".
- Tabell 4.6.1: "Mengde HCl og NaOH tilsatt til prøvene". A: HCl, B: NaOH
- Tabell 4.6.2: "Syre/base tilsatt til prøver; pH før og etter behandlingene".
- Tabell 4.6.3: "Aluminium-/jern- og karboninnhold i Birkenes og Svartbergets fraksjoner før tilsetning".

- Tabell 5.1.1: "logK verdier fra andre undersøkelser". Alle resultater er behandlet med ionestyrke 0.1, temperatur 25°C.
- Tabell 5.1.2: "Mengder syre i fraksjonene (tall i parentes angir laveste og høyeste verdi regnet ut fra standardfeilen til hver av x-koeffisientene)".
- Tabell 5.1.3: "Resultater fra Olivers metode".
- Tabell 5.1.4: "Lineære områder og kvadratet av korrelasjonskoeffisientene".
- Tabell 5.2.1: "Totale mengder aluminium i prøver".
- Tabell 5.2.2: "Sammenligning av verdier".
- Tabell 6.1.1: "Topper i bufferdiagrammene". (Se også tekst i kapittel 5.1.1).

# KAPITTEL 1 Sammendrag og innledning

I all jordvæske og overflatevann finnes naturlig løst organisk materiale (DOM). DOM inneholder et stort antall forskjellige organiske forbindelser, og sammensetningen varierer sterkt fra sted til sted. I prøveløsningen finnes derfor forbindelser med mange forskjellige syre- og komplekseringsegenskaper. På grunn av fuktig, kaldt klima og skrinn jord har nordiske land høye konsentrasjoner av DOM i jordvæske og overflatevann. DOM virker som en kompleksdanner og binder aluminium og jern som metallorganiske komplekser. I antropogent forsurede områder er konsentrasjonen av aluminium høy, og en stor del av det løste aluminiumet blir kompleksert av DOM. En antakelse er at DOM konsentrasjonen går ned i antropogent forsurede områder (Vance & David, 1989). En viktig effekt av dette er at fraksjonen av uorganisk aluminium øker fremfor organisk kompleksert aluminium. Det er det uorganiske aluminiumet som først og fremst er giftig overfor fauna og planterøtter. Enkelte DOM fraksjoner fjernes mer (felles ut) fra jordvæske og overflatevann enn andre ved økt ionestyrke kombinert med en avtaking i pH (Tipping, 1990). Det er også indikasjoner på at den hydrofobe syrefraksjonen er den viktigste til å kompleksere aluminium (Taugbøl, 1993; Mykkelbost et al., 1995).

Hovedhensikten med denne oppgaven har vært å prøve å finne protolyse- og komplekseringskonstanter for naturlig løst organisk materiale (DOM). Dette fordi slike likevektskonstanter ville være verdifulle til blant annet simuleringsmodeller. Det er foretatt basetitreringer av bekkevann fra Birkenes i Sør-Norge og Svartberget i det nordlige Sverige. I tillegg er det tilsatt økende mengder med  $Al^{3+}$  til bekkevann fra de to nevnte felter. Dette er gjort for å undersøke om henholdsvis protolyse- og komplekseringskonstanter lar seg bestemme. Et annet poeng har vært å undersøke om det finnes forskjeller mellom disse to feltene med tanke på mengden antropogen forsurening. Bekkevannet har blitt fraksjonert for å undersøke om de forskjellige fraksjonene kompleksere aluminium ulikt. En hypotese har vært at en, ved laboratorieforsøk der hydrofobe og hydrofile syrer titreres med base og aluminium, vil kunne finne klare forskjeller i titerkurvene og derved kunne si noe om den kjemiske betydningen til de forskjellige DOM fraksjonene. Det er antatt at det ikke ville kunne oppnås å finne likevektskonstanter unntatt muligens i fraksjonene. Teoretiske verdier fra modelleringsprogrammet ALCHEMI er sammenlignet med de instrumentelt målte verdier. Det pågår for tiden et større internasjonalt prosjekt (Natural Organic Matter in the Nordic Countries – NOMiNiC) med hovedformål å karakterisere DOM på samme måte som i denne oppgaven, dog i noe større skala og omfang. Det har også tidligere vært forsøkt å karakterisere de kjemiske egenskapene til DOM uten særlig hell. Som nevnt i starten av dette kapitlet er DOM rikt sammensatt og inneholder sannsynligvis en rekke forskjellige protolyse- og komplekseringskonstanter. Det er da også hovedkonklusjonen i denne oppgaven; det organiske materialet har sannsynligvis en mengde protolysekonstanter. Hva angår komplekseringskonstanter mellom organisk materiale og aluminium: Ingen klare konstanter er funnet, men forskjeller mellom feltene er tydelige. Svartbergets hydrofobe syrer står for det meste av komplekseringen for dette feltet. Svartberget synes også å kunne kompleksere større mengder aluminium enn Birkenes, men her er det usikkert om prøvene fra Svartberget er tilsatt nok aluminium. Dette fordi det er høyere konsentrasjon av DOM i Svartberget.

Andre felter er også undersøkt med hensyn på de vanligste ioner og organisk materiale.

## KAPITTEL 2 Teori

### 2.1 Litt historikk

Kononova (1961).

Moderne begreper om jordhumus har utviklet seg som et resultat av mange år med undersøkelser. Grunnen til at problemet med humus har fått så mye oppmerksomhet, er delvis forklart ut i fra dets omfattende betydning for jords fruktbarhet, prosesser som danner jord og delvis av dets kompleksitet som gjorde det nødvendig å nærme seg problemet fra forskjellige vinklinger. Tendensen i undersøkelsene og utviklingen av synspunkter på hovedaspektene til problemet var, i hver enkelt periode, i høy grad berørt av utviklingsstadiet til andre vitenskapsgrener. Typisk for historien til undersøkelser av humus var forsøket på å utvikle visse betydningsfulle sider ved emnet før tilstrekkelig framskritt i beslektede fag hadde kommet.

Den innledende perioden til studiet av humus begynte i andre del av det attende århundre. I begynnelsen av 1760-årene ga Wallerius og Lomonosov ut hver sin bok der de blant annet beskrev dannelsen av humus som et resultat av nedbrytning av planter og dyr. De Saussure var den første (i 1804) til å vise at humusforbindelser inneholder mer karbon og mindre hydrogen og oksygen enn de opprinnelige planterester.

I den første halvdel i det nittende århundre utviklet undersøkelser om humusforbindelsers kjemiske karakter seg. Omkring 1830 fant Sprengel at humussyrer har en negativ ladning og er en sterkere syre enn karbonsyre. Metodene han brukte for å isolere humussyrer og for undersøkelser av deres kjemiske karakter ble vanligvis godtatt og har, til en viss grad, beholdt sin betydning frem til i dag. I slutten av 1830-årene skjelnet den svenske vitenskapsmannen Berzelius mellom: (1) humussyrer løselig i alkalisk/basisk løsning, (2) humin – inert form og (3) ”crenic” og ”apocrenic” syrer. ”Crenic” og ”apocrenic” var syreforbindelser som sammen med jern ble felt ut fra mange jernholdige vann. Berzelius så på ”apocrenic” syrer som et oksidasjonsprodukt fra ”crenic” syrer. Disse ideene ble videreført av hans elev Mulder frem til omkring 1860. Både Mulder og en russer ved navn German mente at forskjellige humusforbindelser var kjemisk individuelle forbindelser. I årene som fulgte kom en rekke vitenskapsmenn med nye individuelle syrer som en følge av sine ”forgjengere”.

Pasteurs undersøkelser, som etablerte vitenskapen om biokjemien til mikrober, førte til at dannelsen av humus, som et resultat av biologiske prosesser, ble begynt studert i den andre halvdel av det nittende århundre. Verkene til Dokuchaev og Kostychev var av en slik historisk betydning at de utgjorde en ny epoke i studiet av jordhumus. Jord ble sett på som et naturlig legeme dannet gjennom en kombinert mekanisme av naturlige faktorer og aktiviteten til levende organismer. Etterfølgere og elever utviklet disse ideene og undersøkelsene av humus ble bredere, dypere og mer bestemt.

I de to første tiårene i det tjuende århundre kom det nye fakta om opphavet til humusforbindelser og rollen til mikroorganismer. Fra 1908 til 1930 arbeidet Schreiner og Shorey med å ekstrahere organisk materiale fra jord for deretter å fraksjonere og rengjøre ekstraktet. Deres arbeid var presist, men hadde også en forsinkende effekt på utviklingen av humusforskning. Ideene deres avledet oppmerksomheten til de fleste forskere på den tiden fra ren forskning på humusforbindelser. Undersøkelser av humusforbindelser som en gruppe komplekse forbindelser med spesifikk karakter fortsatte i denne perioden av andre forskere. Blant de viktige arbeidene her var arbeidene til Odén (1912 til 1919). Odén mente man kunne dele humusforbindelser inn i følgende grupper: humus kull, humussyrer, hymatomelansyre og



fulvussyrer. Kolloid-kjemiske og fysisk-kjemiske egenskaper til humusforbindelser og hans ultramikroskopiske studier er andre interessante undersøkelser Odén er kjent for.

I denne perioden ble ideen om at humusforbindelser var produkter fra en syntese mer og mer sikker. Det var ikke lenger noen tvil om tilstedeværelsen av nitrogen i humussyrer, og i andre undersøkelser ble det bevist at humussyrer hadde aromatisk karakter. Undersøkelsene til Trusov inneholder mange verdifulle ideer. Trusov forsket på opphavet til humusforbindelser og mekanismen bak dannelsen av humus. En av ideene hans var at aromatiske forbindelser kan omdannes til humusforbindelser ved en oksidering til quinoner av mikroorganismers enzymer fulgt av en kondensering av quinonene til dannelsen av komplekse produkter med mørk farge. En av Trusovs samtidige, Shmuk, var opptatt av humusforbindelsenes kjemiske karakter, struktur og fysisk-kjemiske egenskaper og deres arbeider var således utfyllende. Shmuk viste at humussyrer inneholder hydroksyl- (fenol) og karboksylgrupper. En annen viktig del av hans arbeid, var hans undersøkelser om i hvilke former nitrogen finnes i jorda. Han så på nitrogen som en bestanddel i humussyrer. I tillegg til tilstedeværelse av nitrogen, indikerte hans undersøkelser at benzenringer forekommer i humussyrer.

Russeren Williams arbeidet videre med ideene til Dokuchaev og Kostychev. Det underliggende prinsippet i alt arbeidet til Williams var ideen om at dannelsen av humus var et system av beslektede biologiske fenomener, styrt av loven om kontinuerlig bevegelse. I 1939 kom Williams med konklusjonen at humusforbindelser var en gruppe organiske forbindelser med spesifikk karakter lik de beskrevet av Berzelius.

I årene 1920-1940 var det to motstridende syn på opphavet til humusforbindelser. Fischer og Schrader, og Fuchs mente i 1920-årene og 1930-årene at hovedkilden var lignin som gjennomgikk komplekse omforminger, blant annet oksidasjon og kondensasjon. Marcusson (1922-1927) mente imidlertid at kilden var cellulose. Mange andre forskere på denne tiden støttet de to forskjellige synspunktene. Waksman og medarbeidere støttet lignin-teorien med noen modifikasjoner i 20- og 30- årene. Fra 1930 til 1960 viste en rekke forskere muligheten for at opphavet til humusforbindelser kunne være annet enn lignin. Det ble også vist at produktene av aktiviteten og forbrenningen av forskjellige mikroorganismer kan danne forbindelser av lignende karakter som humus.

I de senere årene har forskere fra mange land og grener innen vitenskapen gjort nye fremskritt. Nye kjemiske analysemetoder har hjulpet til å avsløre karakteristiske trekk i strukturen, og biokjemiske undersøkelser, blant annet, har fremkommet med viktig informasjon om opphav og dannelsesprosesser.

Nyere resultater fra forskningen rundt organisk materiale beskrives i kapittel 2.9.

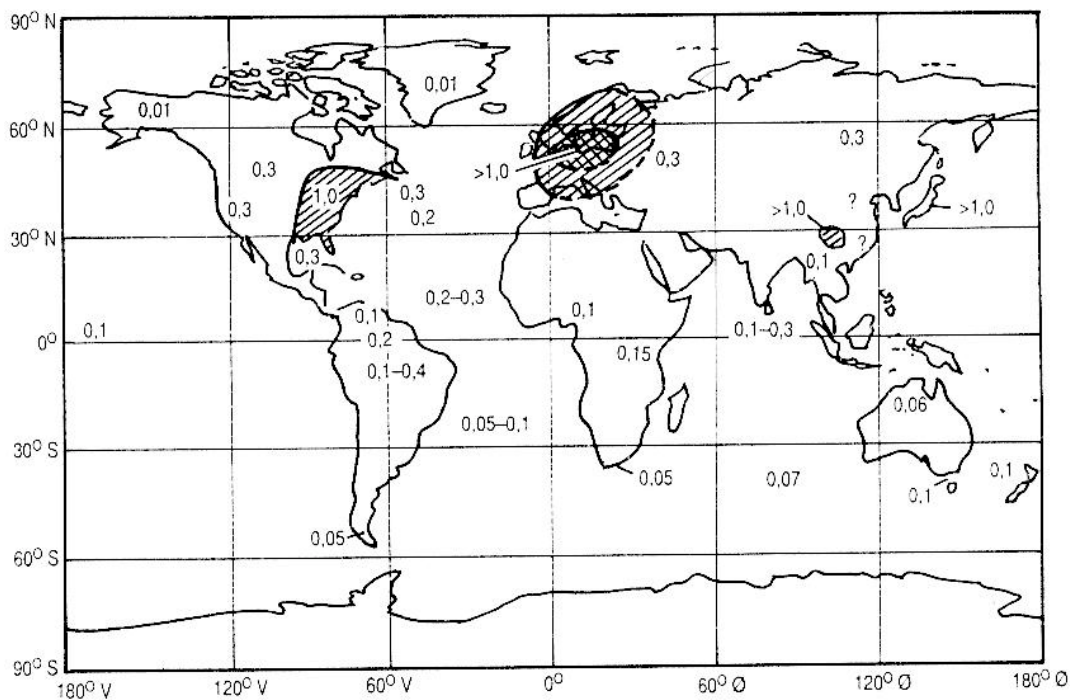
## ***2.2 Forsurende komponenter i atmosfæren - utslipp og transport***

Stordal & Hov, 1993 hvis ikke annet angitt.

Opphavet til forsurende komponenter i nedbøren er i hovedsak nitrogenoksider og svoveldioksid. Nitrogenoksider ( $\text{NO}_x$ ) slippes ut i atmosfæren for det meste som NO som oksideres videre til  $\text{NO}_2$ . En stor del av utslippene er antropogent, antakelig omkring 60 %, og skyldes forbrenning av fossilt brennstoff og biomasse.  $\text{NO}_x$  omdannes fotokjemisk til salpetersyre som lett løses i skydråper og dissosieres til  $\text{H}^+$  og  $\text{NO}_3^-$ . Svoveldioksid slippes ut ved forbrenning av svovelholdig kull (brunkull) og olje, og ved industriell smelting av malm. Omkring 80 % av det antropogene utslippet stammer fra forbrenning av fossilt brennstoff. Fra 1860 til 1980 økte det globale utslippet av antropogent  $\text{SO}_2$  fra ca. 5 til ca. 100 Tg(S)/år ( $100 \cdot 10^{12}$  g(S)/år). Naturlig utslipp av svoveldioksid,  $\text{SO}_2$ , skjer for eksempel fra vulkaner, men også fra nedbrytning av sulfider.

De europeiske svovelutslippene er kraftig redusert siden 1980. I Øst-Europa skyldes reduksjon av utslipp først og fremst økonomiske nedgangstider og overgang til markedsøkonomi, som har ført til industrinedleggelse og redusert kraftproduksjon. I Vest-Europa skyldes reduksjonene som oftest installasjon av renseanlegg. Energien som brukes til transport i EU har økt med over 40% i perioden 1980-1996. Mye av svovelutslippene kommer som regel fra store kilder, mens nitrogenutslippene i større grad er knyttet til mange små kilder, spesielt mobile. Kraftverk, industriprosesser, spesielt metallurgisk industri, og transport er de viktigste kildene til utslipp som fører til sur nedbør (SFT, 2000a).

Antropogent utslipp av  $\text{SO}_2$  og  $\text{NO}_x$  fører til sur nedbør særlig i Europa, østlige deler av Nord-Amerika og et område i Kina som vist av figur 2.2.1. Trender i mengden av nitrat og sulfat i luft har vært analysert i en iskjerneprobe fra Grønland. Iskjernen dekket perioden 1869-1984. Dataene viste at den delen av sulfatmengden som ikke stammer fra sjøsalt, har økt med en faktor 3 siden århundreskiftet, og nitratmengden er fordoblet siden 1955. Økningen i sulfat og nitrat på Grønland henger trolig sammen med veksten i antropogent utslipp i Nord-Amerika og Europa.



Figur 2.2.1: "Observert årlig avsetning av sulfat med nedbøren". Verdiene er gitt i  $\text{g(S)/(m}^2\cdot\text{år)}$ . (Stordal & Hov, 1993). Området i Kina er nok større nå.

Forurensninger med oppholdstid i atmosfæren på noen dager eller mer, kan transporteres over store avstander, for eksempel mellom ulike deler av Europa eller Nord-Amerika (regional skala). Forurensninger som bidrar til sur nedbør, er eksempler på regionale forurensninger. Transport innenfor grenselaget og mellom grenselaget og den frie troposfæren (den delen av troposfæren som ligger rett over grenselaget) er viktig for regionale problemer. Grenselaget er den nederste delen av troposfæren som er under direkte innflytelse av jordoverflaten. Tykkelsen varierer sterkt i løpet av et døgn og kan være alt fra et par titalls meter til omtrent 2 km.

## 2.3 Effekter av sur nedbør på planter og dyr

Overrein et al., 1980 hvis ikke annet angitt.

Målinger i 1960-årene indikerte at nedbøren i Europa begynte å bli surere frem til 1980. Nyere undersøkelser har imidlertid vist at nedfallet av sur nedbør grovt sett er halvert siden 1980 (SFT, 2000a). Målinger av svovelkonsentrasjoner i luft og nedbør i Sør-Norge viser også betydelig reduksjon i svovelutslipp i årene etter 1980 (NILU, 2000a). Det årlige spredningsmønsteret for surhet i nedbøren viste da at forurensningene muligens kunne bli transportert av vindstrømmer over store avstander fra de sterkt industrielle områdene i det Sentrale Europa. I 1972 startet et prosjekt som en følge av økt bekymring, spesielt i de skandinaviske landene, for at sur nedbør var årsaken til forandringer i det naturlige miljøet. Prosjektet ble kalt "Acid Precipitation – Effects on Forest and Fish" (The SNFS-projekt). Her følger noe av det som fremkommer i denne rapporten.

Et antall sammenlignbare og eksperimentelle undersøkelser har frembragt bevis som støtter den teoretiske antakelsen om at sur nedbør kan resultere i endringer i jordas egenskaper. Påvirkninger på egenskapene til jorda fra dette endrede kjemiske klimaet er vist ved senkning av pH og basemetning så vel som økt utvasking. Direkte kontakt mellom sur nedbør og vegetasjon fører til økt utvasking av en del elementer fra løvverket. Nedbør vasker også av tørr-avsatte stoffer på vegetasjonen. Den totale effekten er en konsentrasjonsøkning av de fleste forbindelser i nedbør som faller gjennom løvverket.

I de fire sørligste fylkene i Norge forsvant mer enn halvparten av fiskebestandene i perioden fra 1940 til 1980. Høy dødelighet for egg og fiskeyngel blir regnet som den vanligste årsaken for nedgang i fiskebestanden. Grunnen til stor fiskedød for voksen fisk er fysiologisk stress fra toksiske kombinasjoner av vannets surhet og aluminium løst i vann. Giftighet av aluminium er avhengig av vannets pH, og den ser ut til å ha et maksimum ved en pH på rundt 5. Fisken i sure vann forsvinner ikke på grunn av matmangel. Færre mattyper overlever imidlertid, og de som har en fordel i sure vann kan bli dominerende. De undersøkelsene som er gjort tyder på at virvelløse dyr med mye kalsium i skallet, som snegler, muslinger og krepsdyr, er blant de første som forsvinner i surt vann (SFT, 2000b).

Undersøkelser av fiskefauna og invertebrater i sure lokaliteter viser at der hvor fiskefaunaen er skadet, vil også invertebratene være skadet. Artsantallet vil være avhengig av lokalitetenes opprinnelige vannkvalitet og mangfold av arter (Kroglund et al., 1994). Kroglund et al. (1994) nevner også at endring i næringstilgang og/eller toksiske effekter vil ha en negativ innvirkning på fugler som lever av fisk og invertebrater som direkte er påvirket av surgjøring. Den toksiske virkningen blir først gjeldende når den kommer i kontakt med organismen. Siden det for fisk og andre vannåndende dyr er sanseorganer på overflaten og gjellene som er de mest utsatte organene, vil det av den grunn være her effektene av surgjøring er størst. Følgene av dette kan være endring i unnvikelses- og fluktrespons, evnen til å søke mat og redusert appetitt (Kroglund et al., 1994).

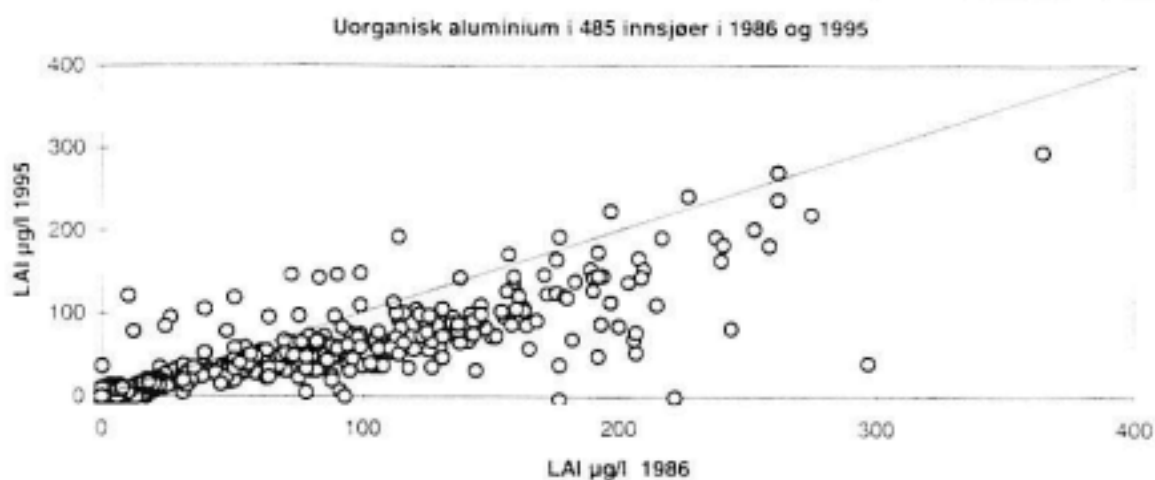
Produktene av aluminiumhydrolysering,  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$  og  $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$ , blir ofte ansett for å være de giftigste for fisk.  $\text{Al}^{3+}$  er også ansett å være giftig for både vannorganismer og planterøtter.  $\text{Al}^{3+}$  er også giftig overfor trerøtter, selv om mye høyere konsentrasjoner av  $\text{Al}^{3+}$  i jordløsning trengs for å kreve en giftig reaksjon sammenlignet med giftighet av  $\text{Al}^{3+}$  overfor fisk i overflatevann (Sullivan, 1994). Organisk materiale kan kompleksere aluminium. Disse organiske aluminium forbindelsene fører til økt mobilitet og lavere toksisitet; de er mindre giftige for ferskvannsf fauna og planterøtter enn de frie uorganiske akvo-kompleksene av aluminium. En undersøkelse av lakselarver fra eggsekker som ble utsatt for varierende sure ferskvann gjort av Lydersen et al. (1990b) viste ingen akutt toksisitet overfor organiske aluminiumkomplekser.

Sterk forsuring av jord fører til vesentlig økning i konsentrasjonen av  $\text{Al}^{3+}$  og andre aluminiumspesier i jordvæske. Aluminium forårsaker mangel på fosfor, kalsium, magnesium, jern og kalium i planter. Filipek (1994) observerte ikke vekst hos noen planter i jord med store mengder utbyttbart aluminium i jorda. Noen plantearter i granskog som er avhengige av et næringsrikt jordsmonn forsvinner på grunn av forsuringen, mens andre blir mer sjeldne (SFT, 2000b).

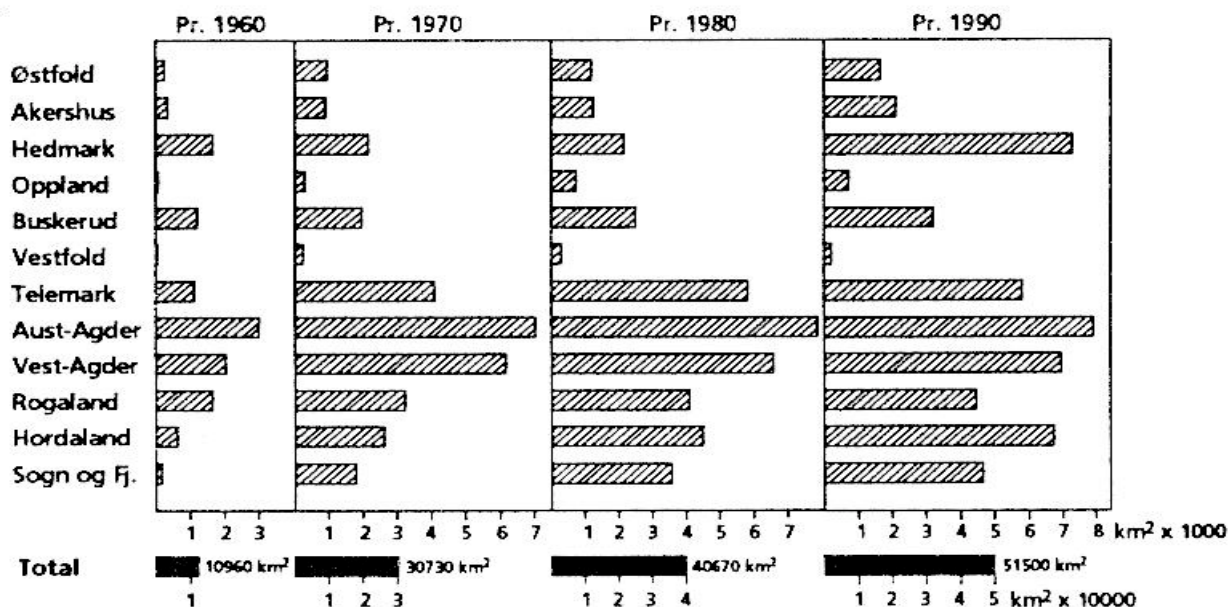
## 2.4 Sur nedbør i Norge

I Norge er ferskvann det økosystemet som er mest sensitivt for forsuring. Områder i Sør-Norge har lav tålegrense (se under) for forsuring. Kalking av vassdrag er et viktig tiltak for å bøte på de verste skadene. Kalking er mest omfattende i Telemark, Agderfylkene og Rogaland, og for tiden blir om lag 3000 lokaliteter kalket. En undersøkelse av 90 tilfeldig utvalgte kalkingslokaliteter viste at det var sunne fiskebestander og godt artsmangfold av dyreplankton og bunndyr i 85-90% av de undersøkte innsjøene. (SFT, 2000a).

Sur nedbør gjør ikke nødvendigvis alle vann og jordsmonn surere. Naturlig dannelse av jord er fra starten av en surgjørende prosess i fuktig tempererte klimaer. Avsatt syre kan reagere med organisk materiale (Krug & Frink, 1983). Svake organiske syrer byttes ut med de sterke mineralske syrene fra nedbøren (Krug, 1991), og løseligheten til makromolekyler av humus og fulvus nedsettes (Krug & Isaacson, 1984). Dette gjør at surheten ikke nødvendigvis blir mye større, men endringer kan for eksempel sees ved at ferskvann blir klarere (humus løst i vann både farger og surgjør vannet (Krug & Frink, 1983)). Organiske syrer utgjør enkelte steder mesteparten av det organiske materialet. Disse vil da også være en viktig kilde til naturlig surhet (Vogt et al., 1994). En undersøkelse av Mykkelbost et al. (1995) viste at fraksjonen med hydrofobe syrer avtar i større grad enn hydrofile syrer ved surgjøring. Det ble også funnet at de hydrofobe syrene har sterkere bindingssteder overfor aluminium enn hydrofile syrer. En hypotese er da at mengden uorganisk aluminium vil øke med større grad av sur nedbør. Det er påpekt at aluminiumkonsentrasjonen i overflatevann øker med økt surhetsgrad i jord og jordvæske (Cronan & Schofield, 1979). Nyere undersøkelser viser at det i alle landsdeler i Norge (med unntak av Nord-Norge) er nedgang i konsentrasjonen av  $\text{Al}^{3+}$  og økning av pH i innsjøer (SFT, 1996), se også figur 2.4.1.



Figur 2.4.1: "Variasjon i mengden uorganisk aluminium". (SFT, 1996).



Figur 2.4.2: "Landareal i km<sup>2</sup> med skader på fiskebestander p.g.a. sur nedbør i fylker i Sør-Norge". Fra Kroglund et al., 1994.

Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) kan sees på som en kjemisk indikator på skadelig forurensning. Kroglund et al. (1994) mener man kan ha områder, hvor det ikke er sur nedbør, med lav ANC uten at dette innvirker på invertebrater og fisk. Dette menes mulig fordi den giftige formen for aluminium i særlig grad tilføres vassdrag som er påvirket av sur nedbør. Frigjøring av H<sup>+</sup> samt uorganisk aluminium er det som avgjør om en forurensning får en biologisk betydning, siden det er disse stoffene som i seg selv (virkning av H<sup>+</sup> på andre stoffer) er giftige. (Kroglund et al., 1994).

Det er vist at kronetettheten er uvanlig lav i omtrent 19% av nåletrærne i Norge, hovedsakelig eldre trær. Misfarging av nåler har også fått større utstrekning, og omtrent hvert tiende nåletrær viser tegn til gulfarging. Disse skadene kan være forårsaket av en gjensidig påvirkning mellom forurensning og klimatiske stressfaktorer. Kronetettheten er lavest og misfarging av nåler mest utstrakt i områder der hvor forurensningen er stor og de kritiske belastningene er lave. En stor del av inntaket av nitrogenforbindelser til jorda blir absorbert av trær og annen vegetasjon. På lang sikt kan økende nitrogeninntak føre til utskiftning av dagens plantesamfunn med andre arter. Nitrogen virker som gjødsel, men kan på egen hånd forårsake næringsubalanse og få planter til å lide av mangelsykdommer, som for eksempel kaliummangel, (Statens forurensningstilsyn, 1996).

Norge har forpliktet seg til å redusere utslippene av svoveldioksid til maksimalt 22000 tonn i 2010 i henhold til Göteborg-protokollen av 1999. Dette tilsvarer 58% reduksjon i forhold til 1990. For nitrogen skal Norge ikke slippe ut mer enn 156000 tonn nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og 23000 tonn ammoniakk (NH<sub>3</sub>). Dette tilsvarer en reduksjon på 28% for NO<sub>x</sub> og en stabilisering av NH<sub>3</sub> i forhold til 1990. (SFT, 2000a).

## **2.5 Jordhorisonter og profiler**

### **2.5.1 Sammensetning av jord**

Bolt & Bruggenwert (1976) hvis ikke annet angitt.

Jordsystemet er en blanding av faste stoffer, gasser og væsker. Væskene inneholder mineraler og organiske forbindelser, og sammensetninger av disse varierer fra sted til sted avhengig av berggrunn, klima og lignende. Den faste fasen består av uorganiske og organiske komponenter. For de uorganiske komponentene kan man skille mellom materialer med stor spesifikk overflate og de grove materialene med en liten spesifikk overflate (liten betydning med tanke på adsorpsjon).

Alle organiske komponenter stammer fra biomassen som er karakteristisk for en ”levende” jord. Både levende organismer og organiske komponenter, dannet ved nedbrytelse av de levende organismene, kan betraktes som organiske komponenter i jord. Også her kan man skille mellom to forskjellige grupper. Den ene er materialer hvor strukturen til opphavet fremdeles kan skjernes, den andre gruppen inneholder materialer som er fullstendig forråtnet. Denne siste gruppen blir ofte omtalt som humus.

Væskefasen til jorda er vanligvis en fortennet, vandig løsning av kjente salter fra ionene Na, K, Mg, Ca, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> osv. I tillegg kan den inneholde små mengder av mange andre ioner. Organiske forbindelser vil også finnes. Væskefasen forandres imidlertid stadig, da nytt vann kommer til i form av nedbør, kunstig vanning, avrenning til grunnvann og overflatevann, opptak til planter og til gassfasen.

Volumet til gassfasen i jord er utfyllende til innholdet av fuktighet, summen av begge utgjør porevolumet i jorda. Det er en gradvis økning av CO<sub>2</sub> konsentrasjon med dybden fra ca. 0.03 % ved overflaten til ca. 1-5 % under sonen med planterøtter. Denne økningen er fulgt av en senkning av O<sub>2</sub> konsentrasjonen.

Infiltrasjonskapasiteten til en jord er den største infiltrasjonen som kan skje i jorda. Med infiltrasjon menes vannets inntrenging i bakken. Hvis regnets eller snøsmeltningens intensitet overskrider jordas infiltrasjonskapasitet, samles overskuddsvannet på overflaten og det dannes overflateavrenning. Infiltrasjonskapasiteten avhenger av konduktivitet og lagringsmuligheter i de ulike sjiktene. Generelt avtar både konduktivitet og porøsitet nedover en jordprofil. Forekomsten av vegetasjon spiller en stor rolle for lagringen. Jordoverflatens helning innvirker ikke på infiltrasjonskapasiteten, men hellende overflater minker lagringsmulighetene på overflaten og i de øverste sjiktene (Grip & Rohde, 1991). Både overflateavrenning, grunnvann og jordvæske vil kunne tilføres til bekker og overflatevann.

### **2.5.2 Horisont- og profilbeskrivelse**

Bridges, Batjes & Nachtergaele 1998 hvis ikke annet angitt.

O-horisont: Dette er også en organisk overflatehorisont dannet fra oppsamlet organisk materiale avsatt på overflaten. Denne er imidlertid ikke mettet med vann. Den består vanligvis av delvis nedbrutt organisk materiale.

A-horisont: En mineralsk overflatehorisont hvor fuktet organisk materiale har samlet seg opp. Denne horisonten er derfor noe mørkere enn den underliggende B-horisonten.

E-horisont: En eluvial horisont under O- og A-horisontene med et lavere innhold av organisk materiale og en lysere farge. Konsentrasjoner av kvartssand, silt og andre mineraler

finnes her. Denne horisonten er dannet ved tap av jern, aluminium eller fin leire som har blitt transportert til den underliggende B-horisonten.

B-horisont: En horisont under A- og eventuelt E-horisonten karakterisert ved en sammenblandet konsentrasjon av fin leire (Bt), jern (Bs), aluminium (Bs) eller humus (Bh) enkeltvis eller i kombinasjoner. Denne horisonten er også karakterisert ved en relativ opphopning av sesquioksider (Bs) eller ved en endring i jordmateriale som har en blokkliggende eller prismatisk struktur eller en mer intensiv farge (Bw). Sesquioksider er oksider av jern og aluminium og/eller deres hydrater. Sesquioksidene har høy ladningstetthet på overflaten, stort spesifikt overflateareal og finnes i sterkt forvitrede jordsmonn. De har en gul- eller rødaktig farge (som reflekteres i jorda avhengig av det relative innholdet av de respektive mineralene) (Tan, 2000).

C-horisont: Materiale som finnes i de dypere jordlag, vanligvis opphavsmateriale, er knapt påvirket av jorddannelsen. Det meste av dette materialet i denne horisonten er noe endret av forvitningsprosesser. Det er en gradvis overgang mellom B-horisonten og C-horisonten. (Buringh, 1979).

De jordtyper som er vanligst i Norden er histosoler og podsoler. Eksempel på en podsol finnes under:

- 0-12cm (O) *follic horisont*; delvis nedbrutte planterester som hovedsakelig stammer fra mose.
- 12-32cm (E) *albic horisont*; lys grå, litt grusaktig leirjord, strukturløs.
- 32-47cm (Bhs) *spodic horisont*; mørk rød til mørk brun grusaktig leirjord med fremtredende platestruktur.
- 47-62cm (Bgs) *spodic horisont*; lys grå til sterkt brun grusaktig leirjord med svak platestruktur, *gleyic properties*.
- 62-87cm (BCg) lys grå leirjord med sterke brune spragler, *gleyic properties*, strukturløs.
- 87+ cm (C) blek brun grusaktig sand. *Gleyic properties*: Mettet med grunnvann.

For beskrivelse av uthevede betegnelser, se appendiks M.

## **2.6 Overflateladning på partikler:**

### **2.6.1 Dannelse av overflateladning**

Bolt & Bruggenwert (1976) hvis ikke annet angitt.

De uorganiske komponentene i jord er mange, men de fleste av dem er ikke viktige med tanke på adsorpsjon og løselighet. De såkalte leiremineralene er av spesiell interesse. Disse har en dominerende rolle i mange jordsmonn. Dette er mest på grunn av deres (ofte) store overflate som i sin tur er forbundet med deres gitterstruktur. Disse silikatmineralene har en lagdelt struktur. Det er to hovedtyper: 2:1 lagdelingen har to lag av SiO<sub>4</sub> – tetraedre med et



oktaedrisk  $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$  lag imellom. Den andre hovedtypen er 1:1 lagdelingen som har alternerende lag av tetraedriske  $\text{SiO}_4$  lag og oktaedriske  $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$  lag. 2:1 lagene blir holdt sammen enten av et ”mellomlags” kation (som i smektitt) eller av et oktaedrisk mellomlag (som i kloritt). 1:1 lagene blir holdt sammen av at oktaedrenes ytre oksygenbindinger deler protoner med tetraederet i det neste laget. Et typisk mineral som er bundet sammen på denne måten er kaolinitt (Appelo & Postma, 1996).

Under dannelsen av leiremineralene har det skjedd en substitusjon av Si- og Al-atomer med andre atomer med omtrent samme størrelse, men lavere valens. Dette fører til at leiregitteret får en konstant negativ ladning som blir kompensert for med adsorpsjon av en ekvivalent ladning andre kationer (Ca, Mg, K, Na osv.). Disse kationene (som ikke er en del av krystallgitteret) er imidlertid dissosiert fra overflaten når leiremineralet er i kontakt med vann. Hos oksidene blir elektronøytraliteten i det indre opprettholdt av den spesielle tredimensjonale koordineringen av metallioner (Si, Al, Fe osv.) med oksygenioner. Koordineringen ved overflaten er, siden dette er et avsluttende lag, ufullstendig. Dette kompenseres for ved at protoner, i tilstrekkelig antall, bindes til oksygen ved overflaten. Man får da MOH strukturer hvor M er det indre gitteret, O er overflateoksygenet og H er det nøytraliserende proton. I kontakt med vann vil protonene dissosiere, og overflateladningen til oksider er sterkt avhengig av pH i løsningen. En tredje kategori av faste overflater i jord er de indre og ytre overflatene til bestanddeler av organisk materiale. Stor overflate er viktig, og derfor er produkter som er fullstendig nedbrutt, også kalt humus, av interesse. Humus kan sees på som en forgrenet, kveilet polymer med karakteristiske grupper inneholdende hydroksyl og karboksyl som kan dissosiere avhengig av pH i løsningen. Overflateladningen til bestanddelene til organisk materiale er derfor negativ og variabel. Ved stort overskudd av protoner (lav pH), kan overflaten ha et overskudd av positiv ladning.

Når disse overflatene er i kontakt med en væske, for eksempel vann, dissosierer kationene vekk fra den negative overflaten og skaper/formidler en elektrisk ladning. Det er imidlertid elektrostatisk krefter som holder ionene i nærheten av den ladde overflaten. Avhengig av nærheten av ladningene på overflaten, forsterker de elektriske feltene til de individuelle ladningene hverandre og forårsaker et kombinert elektrisk felt i væskelaget motstående til den faste overflaten. Dette feltet vil tiltrekke seg de dissosierte ionene (og andre ioner med samme ladning), og disse vil samle seg nærme den ladde overflaten. Den resulterende romlige fordelingen av ladning har fått navnet ”det elektriske dobbeltlag”. Tykkelsen til dette dobbeltlaget er avhengig av bl.a. saltkonsentrasjonen i væsken rundt partiklene. Tykkelsen vil avta ved høy konsentrasjon og ved høy valens på motionet, mens den vil stige ved lave konsentrasjoner. Omtrentlige tykkelser er 50 Å- 400 Å. Siden motionene (kationene i dette tilfellet) i utgangspunktet kan bevege seg fritt i løsningen, er de påvirket av to krefter med motvirkende tendens: a) de blir trukket mot overflaten av det elektriske feltet (adsorpsjons tendens) og b) de har en tendens til å fordele seg selv jevnt gjennom hele væskefasen ved diffusjon (diffusjons tendens). Med andre ord kan man si at distribusjonen strever mot minst mulig energi, men også mot maksimal entropi. Dette resulterer i en fordeling som korresponderer til at systemet har minst mulig ”fri energi”, og man får en ”opphopningssone” nær overflaten og en gradvis mindre konsentrasjon av ioner ved økende avstand til overflaten.

## 2.6.2 Kationbytte

Bolt & Bruggenwert (1976) hvis ikke annet angitt.

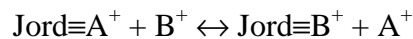
Kationbytte virker som en midlertidig buffer i situasjoner som ikke er i likevekt. Slike situasjoner kan være resultatet av forurensning, forsuring eller bevegelige salt/ferskvann



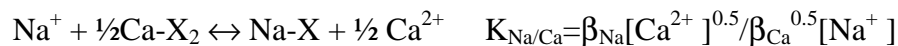
grenser. Faste stoffer med stor spesifikk overflate har størst adsorpsjonkapasitet og befinner seg i leirefraksjonen ( $< 2 \mu\text{m}$ ). De grove kornene i sedimentene er ofte belagt med organisk materiale og oksyhydroksider av jern. Adsorpsjonskapasiteten er derfor forbundet med leireinnholdet ( fraksjonen  $< 2 \mu\text{m}$ ), leireminerale, organisk materiale (% C) og oksid- og hydroksid innholdet (Appelo & Postma, 1996).

Løste ioner fra jorda kan utgjøre en pH-buffer i løsningen, hvis de løste ionene er konjugerte syre-base par. Bufferkapasiteten, og bufferens pH, avhenger i jordsmonn av type og mengde mineraler. Surgjøring av jord blir motvirket av nøytraliseringsprosesser med basiske mineraler. Protoner i løsning erstatter basekationene  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  og  $\text{Ca}^{2+}$  fra ionebytteseter på leireoverflaten (kationbytte). (Spiro & Stigliani, 1996).

Siden de faste partiklene i jorda ofte har en negativ ladning blir elektronøytralitet opprettholdt av et overskudd av kationer i nærheten av overflaten. Disse kationene kan byttes ut med andre kationer og elektronøytralitet allikevel beholdes. Slike kationer kan for eksempel være  $\text{H}^+$  ioner frigjort fra planterøtter,  $\text{K}^+$  ioner fra gjødselsalter,  $\text{NH}_4^+$  fra gjødsel og andre kilder,  $\text{Na}^+$  ioner fra sjøvann (fra for eksempel sjøsprøyt), tungmetaller fra avfallsvann osv. Under er kationbytte beskrevet:



Pilen indikerer at utbytningen er reversibel. Den må også være likeverdig slik at to monovalente kationer kan byttes ut mot et divalent kation. Eksperimentelle forsøk viser at radiusen til det hydratiserte kation er avgjørende, og at leire relativt sett foretrekker monovalente ioner som følger den lyotropiske rekken:  $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} \cong \text{NH}_4 > \text{Na} > \text{Li}$ . For divalente kationer, er  $\text{Ca}^{2+}$  fortrukket fremfor  $\text{Mg}^{2+}$ , mens dens selektivitet fremfor Ba, Sr, Zn, Co, Ni, Cu er omtrent lik. En måte å sette opp et uttrykk for dette kan være:



$\beta_i$  er milliekvivalenter I-X<sub>i</sub> per 100g sediment dividert med CEC (se under). Her er det brukt ekvivalente brøkdeler av utbyttbare kationer for aktiviteten til de adsorberte kationene. Måten som er brukt over er i samsvar med Gaines-Thomas konvensjonen. (Appelo & Postma, 1996)

Den totale mengden utbyttbare kationer per vektenhet jord kalles "cation exchange capacity", CEC, til jorda. Den vanligste benevnningen er mekv/100g (jord), og vanligvis varierer CEC fra 1 til 100 mekv per 100 gram jord. CEC defineres etter formelen:

$$\text{CEC} = 10^5 \text{ S} * \Gamma \text{ (mekv/100 g)}$$

hvor S er spesifikt overflateareal ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) til den faste fasen og  $\Gamma$  er overflateladningen (kekv/ $\text{m}^2$ ). Prosent basemetning i jorda defineres som den prosentandelen av den totale CEC som er avbalansert av basekationene ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ):

$$\text{BS} (\%) = (\text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) * 100 / \text{CEC}$$

Det er en tendens til at jordsmonn med lav pH har lav basemetning, selv om korrelasjonen mellom pH og basemetning ikke er særlig høy (McBride, 1994).

Oksider og hydroksider av Al, Fe, Mn og Si innehar liten eller ingen permanent overflateladning, men utvikler kation- og anionbytte kapasitet (CEC og AEC) som en følge av adsorpsjonen av  $\text{H}^+$  og  $\text{OH}^-$ . Disse mineraloverflatene er amfotære. Målet på relativ affinitet for  $\text{H}^+$  og  $\text{OH}^-$  for amfotære mineral overflater er gitt av "Point of zero charge" (PZC), som er

den pH ved hvilket overflatens negative ladning er lik overflatens positive ladning. (McBride, 1994).

### 2.6.3 Anionadsorpsjon

Bolt & Bruggenvert (1976) hvis ikke annet angitt.

Som nevnt i 2.6.1 er overflaten til den faste fasen som oftest negativt ladet. Det kan også forekomme positiv ladning på både oksidoverflater (fortrinnsvis Fe- og Al-oksider/hydroksider) og i kantene på leireminerale ved pH-verdier under 7. Adsorpsjon av anioner kan følgende skje her. Imidlertid kan anionene bli støtt bort fra det diffuse dobbeltlaget dannet fra negativt ladde overflater. Netto adsorpsjon vurdert eksperimentelt må derfor tolkes som summen av en negativ og en positiv mengde.

Den vanligvis begrensede kapasiteten til å adsorbere anioner er sensitiv overfor pH og elektrolyttnivå. Selektiviteten til de positive setene, med tanke på forskjellige anioner, er som regel mye større enn det som er tilfelle for kationadsorpsjon. Dette har forbindelse med den sammensatte karakter til mange anioner. I tillegg er også den lavere grad av hydratisering, som en følge av at anioner er større sammenliknet med kationer, en medvirkende årsak. Som for kationer kan en også sette opp lyotropiske rekker for adsorpsjon av anioner:  $\text{SiO}_4 > \text{PO}_4 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 \approx \text{Cl}$  (Tan, 2000). Nitrat- og klorid-ioner er som regel utsatt for negativ adsorpsjon. Adsorpsjon av fosfat er utbredt i sure jordsmonn.

Når adsorpsjon av anioner er forårsaket av elektrostatiske krefter, kalles det ikke-spesifikk adsorpsjon. To typer ikke-spesifikk adsorpsjon finnes; negativ og positiv adsorpsjon. Adsorpsjon som er forårsaket av ikke-elektrostatiske krefter kalles spesifikk adsorpsjon. I spesifikk adsorpsjon går anionet inn i krystallen eller strukturen, og reaksjonen finner sted inne i koordinasjonssfæren.

Frastøtningen av anioner fra negativt ladde overflater kalles negativ adsorpsjon. Anionene blir støtt ut fra det elektriske dobbeltlaget, som for det meste er satt sammen av kationer. Utelukkelse av anioner fra dobbeltlaget forårsaker at anionene konsentreres i løsning.

Positiv adsorpsjon av anioner er adsorpsjon og konsentrering av anioner på den positivt ladde overflaten eller kantene på leireminerale. Anionbyttekapasiteten (AEC) til jord er vanligvis betraktelig mindre enn kation byttekapasiteten (CEC).

Negativ adsorpsjon av anioner er en skadelig prosess. Når anionene blir støtt bort, øker sjansene for utvasking. Dette er negativt siden anioner er viktige kilder til næringsmidler for plantevekst. (Tan, 2000).

## 2.7 $\text{CO}_2$ -systemet:

Appelo & Postma (1996) hvis ikke annet angitt.

Røtters respirasjon eller oksidering/nedbrytning av organisk materiale er hovedkilden til  $\text{CO}_2$  i jord. Sammensetningen av gass i jorda er ganske forskjellig fra den i atmosfæren; p.g.a. organismers respirasjon er  $\text{CO}_2$  konsentrasjonen i jord opp til et par hundre ganger høyere enn den i atmosfæren. Derfor er vanligvis jordvæske overmettet med  $\text{CO}_2$  når den kommer til overflaten og har en tendens til å miste  $\text{CO}_2$  (Stumm & Morgan, 1981).  $\text{CO}_2$  gass som løses i vann gir  $\text{CO}_{2(\text{aq})}$  og forbinder seg til en viss grad til vannmolekyler og danner karbonsyre,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :



Karbonsyren løses deretter til karbonat- og bikarbonat-ioner. I følge Henrys lov er løseligheten av  $\text{CO}_2$  i vann avhengig av  $\text{CO}_2$  trykket:

$$P(\text{CO}_2) = X \cdot k_H$$

hvor  $X$  er molbrøken,  $k_H$  er Henrys konstant og  $P(\text{CO}_2)$  er  $\text{CO}_2$  trykket.

På grunn av regnvannets likevekt med atmosfærens  $\text{CO}_2$ , er det naturlig surt. Dette ser man av reaksjonene over, som viser at det dannes karbonsyre. Atmosfærisk  $\text{CO}_2$  senker pH i regnvann til 5.7. Til denne pH hører også bidragene fra andre sure bestanddeler i atmosfæren, spesielt naturlig til stedevedende  $\text{HNO}_3$  og  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Disse syrene kan begge dannes naturlig:  $\text{HNO}_3$  stammer fra  $\text{NO}$  som oppstår ved lyn og skogbranner,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oppstår fra vulkaner og biologiske svovelforbindelser. Ved en naturlig bakgrunnskonsentrasjon innvirker vanligvis ikke disse syrene på regnvannets pH, selv om surheten i noen forurensede områder kan være godt under 5.7. Det dannes da sur nedbør, og det er ikke uvanlig i forurensede områder med en pH i regnvann som ligger i området 3.5 – 5. (Spiro & Stigliani, 1996).

Når regnvann siver gjennom det øverste jordlaget, kan pH synke til omkring 4.7 som en følge av den høye  $\text{CO}_2$  konsentrasjonen. Andre prosesser, inkludert løsning av naturlige organiske syrer, kan gi like lav eller lavere pH.

## 2.8 Jordforsuring:

Reuss & Johnson (1986) hvis ikke annet angitt.

En av de viktigste karakteristikkene til jord er kationbyttekomplekset. Når man ser på organisk materiale, oppstår ladningene hovedsakelig fra ioniseringen av  $\text{H}^+$  fra hydroksyl, fenol og enolgrupper. I alkaliske eller nøytrale jordsmonn er de negativt ladde kompleksene dominert av basekationene ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  og  $\text{Na}^+$ ). I sur mineraljord er dette komplekset vanligvis dominert av aluminiumforbindelser ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  og  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ ) dannet ved oppløsning av jordmineraler i sure omgivelser. I sur organisk jord kan  $\text{H}^+$  være det dominerende utbyttable kation. Surheten til jord er derfor bestemt av forholdet mellom mengdene basekationer og de sure aluminiumforbindelsene på ionebyttekomplekset. Prosesser som vil ha lett for å surgjøre jorda inkluderer de som har en tendens til å øke antall negative ladninger, som for eksempel opphopning av organisk materiale eller leiredannelse, eller de som fjerner basekationer, som for eksempel utvasking av baser i sammenheng med et anion fra en sterk syre. Prosesser som har lett for å gjøre en jord mer basisk vil addere basekationer, enten fra utenforliggende kilder eller fra forvitring av jordmineraler, eller redusere negativ ladning, noe som kan skje under ødeleggelse av organisk materiale ved brann.

Sure jordsmonn er vanligvis karakterisert ved relativt høye konsentrasjoner av aluminiumforbindelser, spesielt  $\text{Al}^{3+}$  ionet, i løsnings. Dette ionet er toksisk for en del planter i så lave konsentrasjoner som et par milligram per liter.

Hovedvirkningen av sur nedbør på et system er fjerning av base og mobilisering av aluminium. Effektene av disse prosessene kan imidlertid endres som en følge av forskjell i forbindelser og sammensetningen av løsninger. Andre faktorer som for eksempel forvitring av mineraler og forandringer av innholdet i organisk materiale, er også av betydning.

Betegnelsen ”surgjøring” som har vært anvendt for jordsystemer, refererer egentlig til en kompleks mengde av prosesser. Den kan ikke kvantitativt beskrives av en enkel indeks. Noen av de mest nyttige begreper i dette henseendet, er de faktorer som har å gjøre med

kapasitet og intensitet. Kapasitet refererer til den totale lagring av en eller flere komponenter og, uttrykt i jordforsuring, ville vanligvis referere til lagringen av protoner og  $\text{Al}^{3+}$  (skjønt ikke nødvendigvis på ionisk form), eller til lagringen av basekationer på ionebyttekomplekset eller i forvitrede mineraler. Intensitet refererer til konsentrasjonen i løsning til enhver tid eller, i tilfellet med  $\text{H}^+$ , pH i løsning. For kapasitetsfaktorer er den mest sannsynlige effekten av sur nedbør en økning i den utbyttbare surhet og en reduksjon i de utbyttbare baser. Reduksjonen i utbyttbare baser forekommer gjennom utskiftning av basekationer på ionebyttekomplekset med aluminiumforbindelser. Basekationene blir så utvasket fra systemet i sammenheng med sterke sure anioner ( $\text{SO}_4^{2-}$  eller  $\text{NO}_3^-$ ) fra sur nedbør.

Høsting av vegetasjon forårsaker utførsel av basekationer, og gjendyrking etter høsting kan forårsake ytterligere surgjøring av jordsmonn, spesielt i kalsiumsamlende arter som *Quercus* og *Carya* spp. (Johnson et al., 1982). Uten høsting vil den surgjørende effekten av kationopphopning fortsette så lenge som tilvekst av biomasse fortsetter. Brann kan snu denne opphopningen, men også forårsake alkalisering av overflaten uten vesentlig å motvirke surgjøringen av de dypere jordlag forårsaket av kationopptak av trær (Grier, 1975). Forsuring som et resultat av planteopptak av basekationer blir ofte forklart å være forårsaket av løslatelse av  $\text{H}^+$  ioner som tenkes å komme fra planterøtter i bytte for basekationer (Matzner, 1983; Matzner & Ulrich, 1983; Miller, 1983; Reuss, 1975, 1977). Den andre hovedprosessen der fjerning av baser finner sted er utvasking. Prinsippet for elektronøytralitet krever en balanse mellom positiv og negativ ladning i løsning. Derfor kan bare basiske kationer i løsning fjernes i sammenheng med et mobilt anion.

Tilførte ammoniumioner ( $\text{NH}_4^+$ ) til jorda kan omdannes raskt til  $\text{NO}_3^-$  ved prosessen nitrifisering. Endringene per mol  $\text{NH}_4^+$  til  $\text{NO}_3^-$  danner teoretisk 2 mol  $\text{H}^+$ . Nitrogen fra sur nedbør kan også vise seg å ha gunstige effekter ved å levere næring og forbedre plantevekst. Imidlertid er mesteparten av nitrogenet som taes opp av planter i jorda i form av  $\text{NH}_4^+$  fra planterøtter (Xiaoping et al., 1994).

I de fleste nøytrale eller moderat sure jordløsninger er det dominerende anion  $\text{HCO}_3^-$ , og aktiviteten i løsning er avhengig av pH og partialtrykket av  $\text{CO}_2$ . Jordforsuring under påvirkning av et surt anion som  $\text{SO}_4^{2-}$  er sjeldent i naturlige systemer. Etter hvert som surheten øker, avtar konsentrasjonen av  $\text{HCO}_3^-$  raskt. Med mindre mengden av  $\text{CO}_2$  i jorda er 10 ganger høyere enn mengden i atmosfæren, vil sannsynligvis ikke noen betydelig utvasking av baser i sammenheng med  $\text{HCO}_3^-$  forekomme hvis pH i jordvæsken er mindre enn 5.0. Selv ved 100 ganger mengden av atmosfærisk  $\text{CO}_2$ , vil utvasking av  $\text{HCO}_3^-$  faktisk opphøre ved en pH under ca. 4.7. Den samlede forståelsen av  $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3^-$  likevekten er at jordforsuring fra utvasking av basekationer i sammenheng med  $\text{HCO}_3^-$  er selvbegrensende, og etter et visst punkt fås forsuring, forårsaket av utvasking av basekationer, bare hvis andre kilder til anioner er til stede.

## **2.9 Naturlig organisk materiale (NOM):**

Forskningsresultater viser at terrestrisk og akvatisk naturlig organisk materiale (NOM) har innvirkning på egenskapene til de forurensende stoffer. Både terrestrisk og akvatisk NOM foreligger med forskjellig struktur, bindinger og løselighetsgrad både i fast- og væskeform. Naturlig organisk materiale kan deles i to kategorier: løst (DOM) og partikulært (POM) organisk materiale (Riley & Chester, 1971). Naturlig organisk materiale er definert som alt nedbrutt materiale fra planter og dyr. Disse organiske forbindelsene inneholder karbon med unntak av karbon i form av karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ), karbonater, karbid og cyanider (Saar & Weber, 1982). Typiske konsentrasjoner av organisk materiale i ferskvann er noen få mgC/l,

men i myrer eller sumpvann kan konsentrasjonene komme opp i 50 mgC/l (Stumm & Morgan, 1981).

### 2.9.1 Struktur og Egenskaper

Humusforbindelser farger vann og har høy molekylvekt. Gjennomsnittlig molekylvekt for humusforbindelser kan strekke seg fra 500 til 5000 for fulvussyrer og fra 3000 til 1000000 for humussyrer (Stevenson, 1982). De danner små aggregater ( $<2 \mu\text{m}$ ) på overflater. Alt etter deres atferd i væsker ved forskjellig pH, er humusforbindelser som oftest delt inn i tre grupper:

Humussyrer: de sure komponentene til humusforbindelsene som er løselige i baser, men som feller ut i syrer.

Fulvussyrer: de sure komponentene til humusforbindelsene som er løselige i både syrer og baser.

Huminer: humusforbindelsenes komponenter som verken er løselige i syrer eller baser.

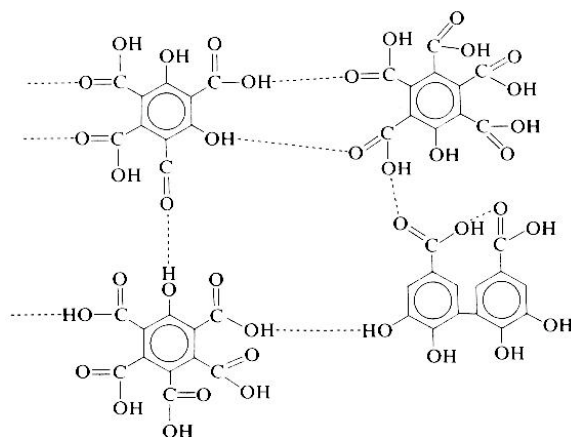
Både løseligheten i vann og de sure og reduserende egenskapene avtar i rekkefølgen: fulvussyrer, humussyrer og huminer, mens molekylstørrelsen øker (Scheffer & Schachtschabel, 1989). Strukturen til humusforbindelser er sterkt relatert til de biologiske komponenter de er dannet av. Den største forskjellen blant disse biologiske komponenter er mellom dem som stammer fra marine og landlige miljøer. Humussyrer fra landlige miljøer som generelt har sitt opphav i lignin, er mer aromatiske enn marine humussyrer. Marine humusstoffer inneholder mer protein og karbohydratrester, som hovedsakelig er de viktigste delene til marine alger. De lavmolekulære humusforbindelsene er mer utbredt i sedimenter og i elver og sjøvann, mens de tyngre dominerer i jord (Malcolm & McCarthy, 1982).

En generell molekylstruktur til en akvatiske humus syre kan bestå av:

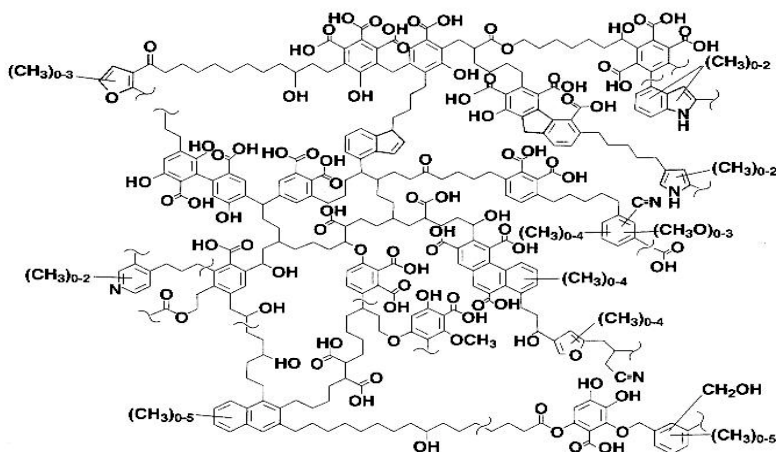
- enkle aromatiske ringer med hovedsakelig fra tre til seks substituentter som alkyl forgrening, karboksylsyrer, keton eller hydroksylgrupper.
- korte alifatiske karbonkjeder
- polysykliske ringstrukturer inkludert polynukleære aromatisk-alifater og sammenspleidede ringer med innblandet furan og sannsynligvis pyridin.

Disse strukturelle grunntrekkene er til stede i temmelig generaliserte former og er ikke eksklusive. Aromatiske segmenter kan for eksempel inneholde varierende isomerer i forskjellige substitusjonsmønstre, eller de polysykliske strukturer trenger ikke være begrenset til to eller tre store ringsystemer (Liao et al. 1982).

Fulvussyrene, de mest hydrofile i flere klasser av geopolymere, har et bredt spekter av aromatiske og alifatiske strukturer med mange oksygen-holdende funksjonelle grupper, spesielt  $-\text{COOH}$  og  $-\text{OH}$ . Disse funksjonelle grupper, som kan protoniseres eller deprotoniseres, setter fulvussyrer i stand til å oppføre seg som polyelektrolytter (Saar & Weber, 1982). Intermolekulære interaksjoner mellom humusmolekyler og intramolekulære interaksjoner mellom et molekyls funksjonelle grupper forandrer de kjemiske og fysiske egenskapene til humusmateriale i forskjellige akvatiske miljøer. Disse interaksjonene kontrollerer størrelsen, formen og polariteten til humusforbindelsene. Både polare og upolare interaksjoner antas å være ansvarlige for aggregering av humusmateriale selv om upolare interaksjoner antas være ubetydelige for humus- og fulvussyrer. Molekulære interaksjoner til DOM er avhengig av både temperatur, pH, ionestyrke, type ioner i løsning og andre typer kjemiske parametre. For intermolekulære interaksjoner er konsentrasjonen av DOM også viktig (Sclautman & Morgan, 1993).



Figur 2.9.1: "Foreslått struktur på fulvussyre". (Stumm & Morgan, 1981. Etter Schnitzer & Kahn, 1972).



Figur 2.9.2: "Skjematisk figur for struktur til humussyre". (Fra Schulten & Schnitzer, 1993).

## 2.9.2 Dannelse av NOM

Alt nedbrytningsmateriale fra planter, dyr og deres avfallsprodukter som finnes i og oppå mineraljorda tilhører det organiske materiale i jorda. Primære materialer er:

- biomasse fra grønne planter, produsert av fotosyntese, som faller ned på bakken.
- nedbrutte røtter.
- organiske sekreter fra planterøtter og mikroorganismer.
- døde "jorddyr" og mikroorganismer.
- i jordbruksarealer: rester fra innhøsting og gjødsling.

I jordprofilen avtar utbredelsen av nedbrytning og humifisering fra topp til bunn.

Mineralisering og humifisering foregår i tre faser. Den første starter før eller rett etter nedbrytningen av organismen av enzymreaksjoner. I cellene blir høypolymere substanser nedbrutt i separate elementer ved hydrolysering og oksidering i enzymreaksjoner (stivelse blir til sukker, aminosyrer blir splittet av proteiner). En del av mineralnæringer, som for eksempel Fe, K, Mg, blir løst og kan vaskes ut med regnvann.

I den andre fasen blir biomasse redusert til små biter av organismer tilhørende makro- og mesofaunaen. Under denne prosessen blir grunnplanterestene i jordoverflaten ført ned i

dypere jordlag. Mens det passerer gjennom tarmene/porene blir restene fordøyd, spesielt av jordormer, og blandet godt med jordpartikler (bioturbering).

De reduserte delene av både planter, dyremateriale og ekskrementer fra ”jorddyr” blir omdannet av mikroorganismer i den tredje fasen. Substanser med lav molekylvekt, som for eksempel karbohydrater, blir nedbrutt først. Under denne nedbrytingsprosessen, forsvinner den originale molekylstrukturen til biomassen (Giesekeing, 1975; Kononova, 1966; Scheffer & Schachtschabel, 1989; Schnitzer & Kahn, 1978).

Elver integrerer biogeokjemiske prosesser som foregår i hele deres nedbørsfelt og inneholder dermed organisk materiale syntetisert og nedbrutt i både jord- og akvatiske miljøer. Hovedkomponentene i det organiske materiale kan identifiseres: tilført, vanskelig nedbrytbart materiale, det forholdsvis labile bidrag dannet på stedet og den antropogene tilførselen til elven. Relativt få karakteriseringer av biokjemiske hovedbestanddeler som karbohydrater, proteiner og lignin er gjort (Ertel et al., 1986; UNESCO, 1987).

Under humifiseringsprosessen av organisk materiale er økning i den aromatiske karakter til materialet og i karboninnholdet observert. Videre er også kondensering av umettede alifatiske kjeder med hverandre observert i tillegg til økning i karboksyl- og metoksylinnholdet. For akvatisk humusmateriale minker vanligvis karbon, hydrogen og nitrogeninnhold med økende molekylvekt til materiale. For oksygen var det motsatte vanligvis riktig. Akvatiske fulvussyrer har flere grupper inneholdende oksygen enn fulvussyrer av jord. Fulvus- og humussyrer av akvatisk opphav likner hverandre mer enn tilsvarende forbindelser i jord (Visser, 1983).

### 2.9.3 Betydning for kjemien i jorda

Schnitzer & Kahn, 1972 hvis ikke annet angitt.

Når et metallion reagerer med en elektron donor, kalles den resulterende forbindelsen et kompleks eller koordinasjonsforbindelse. Hvis liganden har to eller flere donorgrupper slik at en eller flere ringer dannes, kalles produktet en kjelatforbindelse eller et metallkjelat. De vanligste donorgruppene i avtagende affinitet for metallionene er enolat ( $-O^-$ ) > amin ( $-NH_2$ ) > azo ( $-N=N-$ ) > ring N ( $=N-$ ) > karboksylat ( $-COO^-$ ) > eter ( $-O-$ ) > karbonyl ( $-C=O$ ). Andre donor grupper er sulfonsyre ( $-SO_2OH$ ), hydroksyl ( $-OH$ ) og sulfhydryl ( $-SH$ ). Stabiliteten til humus-metallkompleksene følger Irving-Williams rekken:  $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+} > Mg^{2+}$ . Dannelsen av metallkjelat eller metallkomplekser involverer ofte en utskiftning av et hydrogenion mot metallionet. For humussyrer og fulvussyrer, som inneholder mange sure grupper, resulterer de mange utbyttede hydrogenionene vanligvis til et fall i pH i løsningen. Dette fallet i pH sees ofte på som en kvalitativ indikator på kompleksdannelse.

Nyutfelt Fe og Al hydroksider adsorberer humussyrer og fulvussyrer. Al hydroksidene er mer aktive i denne adsorpsjonen enn Fe hydroksidene. Når Fe og Al hydroksider blir tilsatt humussyrer og fulvussyrer i overskudd i løsning kan mer  $Fe^{3+}$  og  $Al^{3+}$  løses ut. Fulvussyrer har lettere for å gå i løsning enn humussyrer.

I tillegg til å reagere med metallioner og hydroksi-oksider, reagerer også humusforbindelser med leire og danner komplekser med varierende stabilitet og egenskaper. Disse reaksjonene er viktige ved dannelse av stabile aggregater, og således påvirke fuktighet og luftsystemene i jord. De kan også beskytte humusforbindelser mot biologisk nedbrytning og redusere bindingskapasiteten til jorda. Leire kan også katalysere reaksjoner til organiske forbindelser adsorbent til leirens overflate. De viktigste mekanismene for reaksjoner mellom leire og humusforbindelser er: anionbytte-reaksjoner eller ikke-spesifikk adsorpsjon, ligandbytte-reaksjoner eller spesifikk adsorpsjon og hydrogenbinding. Anionbytte reaksjoner

er knyttet til rollen som jern og aluminium spiller ved leirens overflate. Disse danner raskt polyhydroksi-komplekser hvor humusforbindelser bindes. Siden positive områder vanligvis eksisterer på aluminium og jern-hydroksider, i det minste under en pH på 8, bindes organiske anioner til disse ladningene med coulombisk tiltrekning. Adsorpsjonen av organiske anioner blir lett snudd ved utbytting med klorid og nitrat. Organiske anioner kan også bli erstattet ved å heve pH til 8 eller 9, slik at den positive ladningen til hydroksidene blir nøytralisert.

Ligandbytte-reaksjoner går ut på at anionet trenger gjennom koordinasjonsskallet til et jern- eller aluminiumatom på overflaten av hydroksidet og blir innlemmet i overflatens hydroksyllag. Anionet kan ikke byttes ut ved utvasking med klorid, det er ikke følsomt overfor elektrolytt-konsentrasjonen, men overfor pH.

Hydrogenbinding er en ekstremt viktig bindingsprosess, spesielt i store molekyler hvor additive bindinger av denne typen kombinert med høy molekylvekt kan danne relativt stabile komplekser.

Organiske kjemikalier og nitrogenholdige forbindelser kan også reagere med humusforbindelser. Av spesiell interesse her er reaksjoner mellom humusforbindelser og toksiske forurensninger.

Tungmetaller, og også mange toksiske organiske forbindelser, ender opp/forsvinner som avsetninger og nedgravd i jord og sedimenter. Tungmetaller akkumuleres ofte i de øverste jordlagene. De blir derfor lett tatt opp av vekstrøtter. Humus forbindelser binder lett kationer av tungmetaller til seg og ekstraherer dem ved ionebytte fra vannet omkring. Det er hovedsakelig –COOH grupper i humus og fulvussyrer som kompleksere. Tungmetaller adsorberes ofte, som mange andre kjemikalier, på overflaten til partikler, spesielt organiske partikler som er løst i vann. Generelt adsorberes tungmetaller fremfor å være løst som frie ioner eller som komplekser med løselige biomolekyler som fulvussyrer. (Baird, 1998).

En annen sak med betydelig økonomiske følger er reaksjoner mellom humusforbindelser og nitrogenholdige forbindelser som for eksempel urea. Karakteren og graden av adsorpsjon avhenger av: den kjemiske beskaffenheten og strukturen til humusforbindelsene, karakterer og egenskaper til den reagerende nitrogenholdige forbindelsen og under hvilke forhold reaksjonene finner sted.

Organiske jordforbindelser er i stand til å danne komplekse koblinger av forskjellige slag med metaller ved ionebytte, adsorpsjon på overflater og kjelatdannelse. Alt etter de forskjellige sannsynlige typer koblinger mellom funksjonelle grupper i humussyrer og de uorganiske jordkomponentene, kan man skille mellom tre hovedtyper av metallorganiske derivater: (1) Den ioniske typen med deltagelse av karboksyl og fenol hydroksylgrupper, fører til de korresponderende humater og fulvater ved den kjente reaksjonen med saltdannelse. (2) Den halvioniske typen, dannet ved koordinasjonskoblinger med deltagelse av amino-, imino-, keto- og tioeter grupper, fører til kompleksforbindelser av kjelattypen. (3) En type som er dannet ved polariseringseffekter og hydrogenbro-bindinger med spesiell deltagelse av funksjonelle endegrupper som danner forbindelser av adsorpsjonstypen.

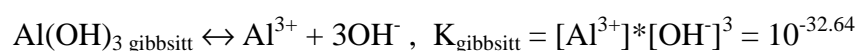


## 2.10 Aluminium:

Appelo & Postma (1996) hvis ikke annet er angitt.

### 2.10.1 Oppløsning av aluminium

Forvitring av silikamineraleer gjør at aluminium frigjøres. Produkter av forvitring er for eksempel kaolinit (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>), montmorillonitt (Na<sub>0.5</sub>Al<sub>1.5</sub>Mg<sub>0.5</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>) og gibbsitt (Al(OH)<sub>3</sub>). Gibbsitt dannes typisk i tropiske områder med mye nedbør og under veldrenerte betingelser. Det er ofte antatt at det er en likevekt med gibbsitt som er med på å styre aluminiumkonsentrasjonen. Hovedgrunnen til at gibbsitt ofte blir brukt som referanse for aluminiumløseligheten i overflatevann og jordvæske er at flere mineraler som inneholder aluminium synes å opptre lignende som gibbsitt så vidt aluminiumløselighet angår (Driscoll, 1980; Paterson et al., 1990). May et al. (1979) fant at spodosol Bs horisonter raskt oppnådde likevekt med gibbsitt i et kontrollert laboratorieforsøk. Dahlgren et al. fant omtrent det samme i 1990. De konkluderer med at aktiviteten til akvatisk Al så ut til å være kontrollert av likevekt med en mineralsk fase Al(OH)<sub>3</sub>. Denne hadde en løselighet lik den til syntetisk gibbsitt (pK<sub>so</sub> = 8.1).



Man ser ut fra denne likningen (løselighetsproduktet til gibbsitt) at aktiviteten til aluminium i vann, [Al<sup>3+</sup>], er sterkt avhengig av pH. Løst aluminium har en tendens til å danne hydroksykomplekser som kan øke løseligheten av gibbsitt. Stabiliteten til de viktigste Al-hydroksy kompleksene er ført opp under:

Tabell 2.10.1: "Stabilitetskonstanter og termodynamiske data".

Reaksjon	Log K	ΔH <sup>0</sup> <sub>r</sub> (25°C)
Al <sup>3+</sup> + H <sub>2</sub> O ↔ Al(OH) <sup>2+</sup> + H <sup>+</sup>	- 4.99	11.9
Al <sup>3+</sup> + 2H <sub>2</sub> O ↔ Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup> + 2H <sup>+</sup>	- 10.13	22.0
Al <sup>3+</sup> + 4H <sub>2</sub> O ↔ Al(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 4H <sup>+</sup>	- 22.05	44.1

Plotter man p{Al<sup>3+</sup>} mot pH vil man i følge likningen over få et stigningstall på 3. Det er ofte sett at stigningstallet for løselighet av aluminium er under 3. Spesielt er jordvæske med pH<4.1 generelt undermettet med hensyn på Al(OH)<sub>3</sub> og graden av undermetning synes å øke med avtagende pH (Berggren, 1992; Mulder & Stein, 1994). Sullivan & Cosby (1997) foreslo å bruke verdi på 1 i gibbsitt formuleringen for bestemmelse av labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) og en verdi på 2 for bestemmelse av Al<sup>3+</sup>. Al-likevekten er temperaturavhengig. Dette sees for eksempel av Tabell 2.10.1 (ΔH<sup>0</sup><sub>r</sub>).

Al(OH)<sub>3</sub> fasene som oftest blir brukt som modell for løseligheten til aluminium er bl.a. syntetisk gibbsitt (log K = 8.11 ved 25°C) og naturlig gibbsitt (log K = 8.77 ved 25°C) (May et al., 1979; Mulder & Stein, 1994). Stumm & Morgan (1996) oppgir pK verdier for krystallinsk og amorf gibbsitt til henholdsvis å være -8.11 og -10.8. Berggren & Mulder (1995) bruker -7.74 for makrokrystallinsk gibbsitt, men det er her tatt i betraktning kompleksering av aluminium med organiske ligander i pH buffere. Alle pK verdier gjelder ved 25°C og er avhengige av temperatur. Mulder & Stein (1994) fant at løseligheten til aluminium i jordvæske fra tre sure jordsmonn i Nederland ikke ble kontrollert ved likevekt med en enkel mineralfase som gibbsitt. I undersøkelsen ble det også funnet at jordvæsken ble

undermettet med hensyn på gibbsitt med økende konsentrasjon av  $\text{SO}_4^{2-}$  og  $\text{NO}_3^-$ . En rekke andre undersøkelser konkluderer med at sammenhengen mellom  $\text{Al}^{3+}$  og pH ikke passer overens med løseligheten til gibbsitt (Berggren & Mulder, 1995; Krám et al., 1995; Sullivan & Cosby, 1997; Sullivan et al., 1986). Krám et al. (1995) fant at bekkekonsentrasjonen av Ali var nær likevekt med løseligheten til jurbanitt. Andre undersøkelser (Förster, 1986; Neal et al., 1986; Nordstrom & Ball, 1986) foreslår også at jurbanitt er løselighetskontrollerende, men jurbanitt har aldri blitt identifisert i sedimenter, jord eller sure jordsmonn i skog (Appelo & Postma, 1996; Berggren, 1992). Jurbanitt ( $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$ ) blir diskutert av Reuss & Johnson (1986) som kontrollerende for  $\text{SO}_4^{2-}$  og  $\text{Al}^{3+}$  i jordsmonn hvor konsentrasjonen av  $\text{SO}_4^{2-}$  er høy. Seip et al. fant i 1989 ved undersøkelse av bekkevann og jordvæske fra Birkenes i Sør-Norge at en enkel likevekt med gibbsitt eller kaolinitt ikke kan forklare aluminiumkonsentrasjoner i de nevnte vann/væsker. De konkluderte også med at konsentrasjonen av Ali i bekkevann mest sannsynlig ikke korresponderte med likevekt med jurbanitt.

En undersøkelse av Berggren & Mulder (1995) konkluderte med at løseligheten til aluminium i mange sure mineral jordhorisonter er kontrollert av komplekseringsreaksjoner med organisk jordmateriale (SOM). Berggren fant i 1992 at relativt store organisk bundne fast fase sammenslutninger av aluminium kontrollerer  $\text{Al}^{3+}$ -konsentrasjonen i jordvæske. Den totale mengden aluminium i løsnings består av både kompleksert og ikke kompleksert aluminium. Vanligvis må kompleks mellom aluminium og fluorid, organisk materiale og sulfat (ikke så viktig som de to andre) taes i betraktning (Driscoll, 1980).

Aluminiumoppløsning utgjør en buffereffekt fordi hydrogenioner forbrukes i reaksjonen:



Denne effekten reduseres imidlertid ved høyere pH-verdier ( $>5.5$ ) på grunn av hydrolysering av  $\text{Al}^{3+}$  dannet i oppløsningsreaksjonen (reaksjonen går da motsatt vei) (Sullivan, 1994). Reaksjonen over er også likningen som viser  $\text{Al}^{3+}$  i jordvæske i likevekt med den faste fasen gibbsitt. Fra likningen kan man sette opp en lineær sammenheng mellom logaritmen til aluminiumkonsentrasjonen og pH:

$$p\{\text{Al}^{3+}\} = pK_{\text{gibbsitt}} + 3\text{pH}$$

$\{\text{Al}^{3+}\}$  er aktiviteten til  $\text{Al}^{3+}$  i løsnings.  $pK_{\text{gibbsitt}}$  har flere forskjellige verdier i litteraturen (se over).

## 2.10.2 Aluminium, organisk materiale og kalking

Kompleksring mellom aluminium og humus ved varierende pH har fått betydelig oppmerksomhet (Dickson, 1980; Driscoll, 1980; Driscoll, 1984; Thurman, 1985) siden det er ment at aluminium er viktig i akvatiske systemer som pH buffer, i næringssyklus (gjennom reaksjoner med fosfor) og som gift (Driscoll, 1984). Labilt uorganisk aluminium forklarer det meste av økningen i aluminium på grunn av forsurening. Komplekse bindingsreaksjoner med DOC utgjør en viktig mekanisme i å redusere de toksiske effektene til aluminium (Driscoll, 1980). En undersøkelse har vist at ved  $\text{pH}=4.5$  var både aluminium og humusforbindelser toksiske, men sammen virket de antagonistisk og reduserte de toksiske effektene til hverandre (Kullberg et al., 1993).

Overflatevann er generelt mest sure (lavest pH og ANC, høyest Ali) under perioder med høy avrenning, som under snøsmelting om våren og i tilfeller med mye regn (Rosenqvist, 1978; Sullivan & Cosby, 1997).

Forskjellige jordhorisonter har ulik aluminiumkjemi. Utfelling og oppløsning av aluminiummineraler er en vesentlig mekanisme for å kontrollere  $Al^{3+}$  bevegelse eller konsentrasjonsendring i de dype horisonter. Organisk kompleksert aluminium ser ut til å spille en viktig rolle ved transport av aluminium fra den øvre del til underliggende deler av jorda. Organiske komplekser løses opp i den nedre del av jorda og frigjør aluminium som feller ut som et aluminium trihydroksid eller et aluminiumsilikatmineral (Xiaoping et al., 1994). Kationbytte reaksjoner og organisk kompleksing kontrollerer aktiviteten til uorganisk monomert aluminium i de øvre jordlag (Xiaoping et al., 1994).

Den viktigste faktoren som har innvirkning på mobiliteten til aluminium i jord, er pH siden den kontrollerer først og fremst løseligheten av aluminiumholdige mineraler så vel som kationbyttelikevekter og aluminiumspesiering i væskefasen. Mengden og sammensetningen av organisk materiale i jord er en annen avgjørende faktor for aluminiumtransport i jorda: den faste fasen har lett for å redusere mobiliteten til aluminium, og løst organisk materiale (DOC) øker mobiliteten og transporten til aluminium på grunn av kjelat prosesser og redusert adsorpsjon og lagdeling av leiremineraler (Stepniewski et al., 1994).

Cronan & Schofield (1979) fremsatte en hypotese om at den historiske utviklingen av opphopning av aluminium i mineralske jordhorisonter er endret som en følge av sur nedbør.

Rosseland et al. (1990) fant at når surt, aluminiumsrikt vann blandet seg med kalket vann, førte den økte pH i de blandede vannmassene til dannelsen av aluminiumpolymerer/kolloider. Partikkelvekst resulterte i utfelling av aluminium. Denne utfellingen kan ha vært årsaken til de observerte flekkene av aluminium på gjellene til fisk hentet fra blandingssonen. Dette bidrar til den raske dødeligheten til fisk.

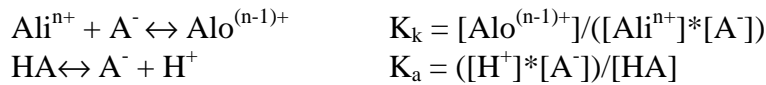
Kalktilsetning øker vannets pH og alkalinitet, og reduserer mengden giftig uorganisk aluminium til stede i sure overflatevann. Under en viss periode etter pH økningen er imidlertid giftigheten av aluminium enda mer akutt enn i ubehandlede sure aluminiumsrike vann. Denne særdeles akutte giftighet henger sammen med den dynamiske aluminiumskjemien som forekommer under startfasen til polymeriseringen av aluminium når de lavmolekulære aluminiumspesiene fra surgjort vann begynner å polymerisere som en konsekvens av økt pH. Idet aluminiumspolymeriseringen fortsetter, øker imidlertid polymerene i størrelse og deres kationiske egenskaper blir av den grunn redusert. Den mest sannsynlige årsaken til den reduserte giftigheten av aluminium observert etter den innledende pH økningen i vannet er derfor de tidsavhengige fysiske-kjemiske endringene hos aluminiumpolymerene (Lydersen et al., 1994).

### 2.10.3 Modell for interaksjon mellom DOC og aluminium

Man ønsker å finne ut hvor mange binding seter det er per mgC, og hvor sterke disse setene er for forskjellige DOC-fraksjoner. I konkurranse med andre ioner, der  $H^+$  er av størst betydning, bindes aluminium av DOC.

En enkel aluminiums komplekseringsmodell (Taugbøl, 1993) ble brukt til å tolke resultatene fra forsøket med tilsetning av aluminium i varierende mengder. Det er vist (Taugbøl et al., 1993) at en modell som inneholder bidentat kompleksing av aluminium og en enkelttrinns protolyse er en god antakelse med den gitte kvaliteten på normale felldata. En modell med DOC-molekyler med identiske binding seter medfører imidlertid betydelige avvik fra virkeligheten. Antar man at uorganisk aluminium (Ali) bindes til ett negativt ladet

sete ( $A^-$ ) på humusmaterialet og danner organisk kompleksert aluminium ( $Al_o$ ) og i tillegg antar at  $H^+$  konkurrerer med aluminium om disse setene får man følgende likninger:



Det totale antallet seter kan uttrykkes (i mol/l) ved DOC (mgC/l) multiplisert med N (N = antall bindingseter ( $\mu$ mol per mg C)). Som nevnt i forrige avsnitt, komplekseres de aktive setene (N) på DOC med  $Al_i$  og danner et organisk aluminiumkompleks ( $Al_o$ ). Setene kan også reagere med  $H^+$  og protonisere humussyrer (HA), eller de kan være negativt ladde ligander ( $A^-$ ):

$$N*DOC = [HA] + [A^-] + [Al_o]$$

Setter man likevektsuttrykkene over inn i denne likningen får vi følgende sammenheng:

$$\begin{aligned} N*DOC &= [Al_o] + [Al_o]/([Al_i]*K_k) + ([H^+]*[A^-])/K_a \\ &= [Al_o] + [Al_o]/([Al_i]*K_k) + ([H^+]*[Al_o])/([Al_i]*K_a*K_k) \\ &= [Al_o] + ([Al_o]/[Al_i])*(1/K_k + [H^+]/(K_k*K_a)) \end{aligned}$$

Man ser av uttrykket at  $(1/K_k + [H^+]/(K_k*K_a))$  vil være konstant når pH er konstant. Denne konstanten gir et kombinert mål på styrken av bindingsegenskapene til humussetene for Al og  $H^+$ . Konstanten kan kalles  $K'$  og man får følgende;

$$K' = 1/K_k + [H^+]/(K_k*K_a)$$

og

$$N*DOC = [Al_o]*(1 + K'/[Al_i])$$

Forandrer vi litt på denne får vi:

$$[Al_o]/DOC = (N*[Al_i])/([Al_i] + K')$$

I dette siste uttrykket har man tre målbare størrelser ( $Al_o$ ,  $Al_i$  og DOC) og to ukjente konstanter (N og  $K'$ ) som vil kunne variere for forskjellige fraksjoner av DOC. Når  $[Al_i]$  går mot uendelig, vil funksjonsverdien gå mot N. Organisk bundet aluminium per mg C går mot en grenseverdi fordi humusmaterialet mettes med aluminium. Ved lave  $Al_i$ -verdier vil funksjonen være tilnærmet lineær i  $Al_i$ .  $K'$  vil være lav for organisk materiale med sterke bindingsseter og høy for materiale med svake seter.  $[Al_o]/DOC$  vil ha et kort og bratt lineært parti og gå raskt mot metning ved en liten  $K'$ , mens kurven for en stor  $K'$  vil stige langsommere med et lengre lineært område. Stigningskoeffisienten for det lineære området er bestemt av  $N/K'$ .

Man kan da finne N og  $K'$  ved å plote resultater i et XY diagram. Plottes  $[Al_o]/DOC$  mot  $[Al_i]$  vil man kunne finne den omtalte grenseverdien, N. Forandrer man litt på likningen over får man følgende:

$$DOC/[Al_o] = 1/N + K'/N*1/[Al_i]$$

Plotter man  $DOC/[Al_o]$  mot  $1/[Al_i]$  skal man få en rett linje, og de to parametrene N og  $K'$  leses av i diagrammet.

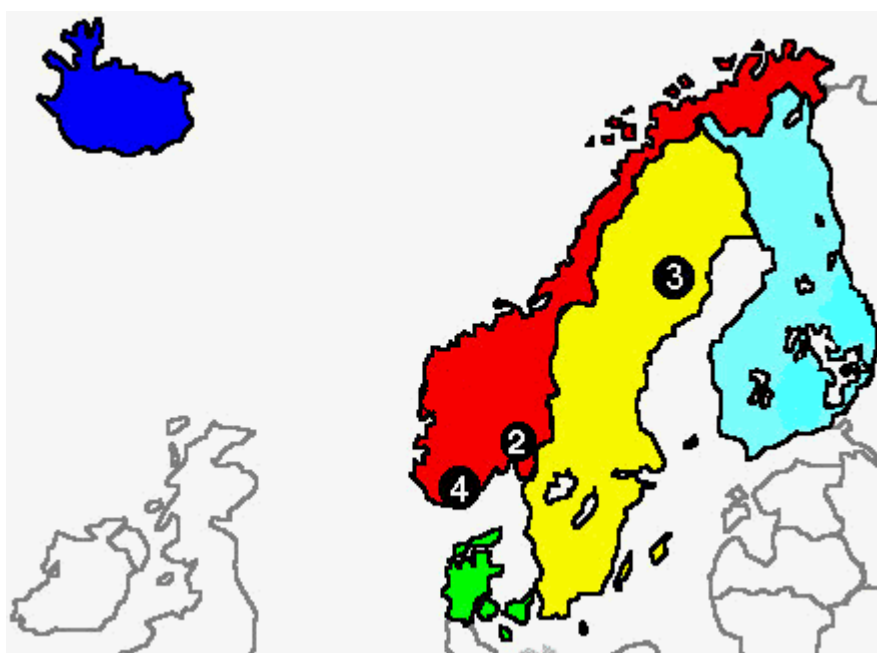
## KAPITTEL 3 Feltbeskrivelse

Feltene som inngår i denne oppgaven er valgt på bakgrunn av både likheter og forskjeller. Miljøfaktorer som type vegetasjon (furu-/granskog) og jordsmonnstype (podsol-/myrjord) er tilnærmet likt i alle prøvefeltene (se tabell 3.2). Andre miljøgradienter som klima og sur nedbør er noe varierende på prøvefeltene imellom (se tabell 3.1).

Tabell 3.1: "Miljøgradienter for prøvefeltene".

	Klima	Sur nedbør		Menge DOM
		Deposisjon	Ali	
Birkenes	Nemoral	Mye	Mye	Middels
Nordmoen Referanse	Boreo-nemoral	Middels	Middels	Middels
Nordmoen Prøveflate	Boreo-nemoral	Middels	Mye	Middels
Gardermoen	Boreo-nemoral	Middels	Mye	Mye
Svartberget	Boreal	Lite	Lite	Mye

For laboratorieforsøkene er det valgt overflatevann fra Birkenes og Svartberget. Grunnen til dette kan sees av tabell 3.1, hvor det er forskjeller i mengden uorganisk aluminium, løst organisk materiale og ikke minst belastning av sur nedbør.



Figur 3.1: "Kart over feltene". Nordmoen og Gardermoen befinner seg ved punkt 2, Svartberget ved punkt 3 og Birkenes ved punkt 4.

Tabell 3.2: ”Kort oversikt over viktige parametre for feltene”.

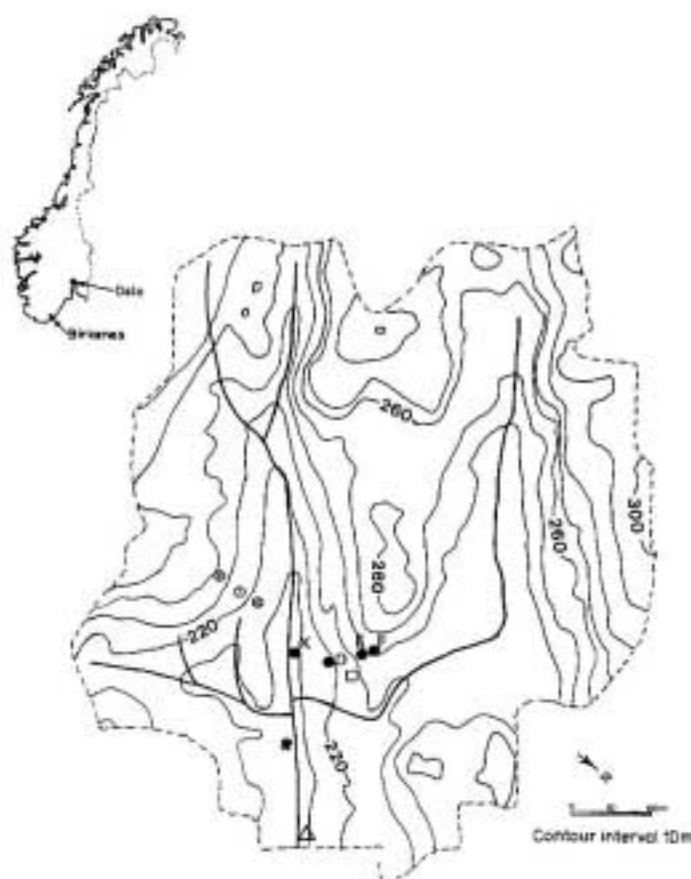
	<b>BIRKENES</b>	<b>GARDERMOEN</b>	<b>NORDMOEN</b>	<b>SVARTBERGET</b>
Plassering	Sør-Norge, 30 km N for Kristiansand	Sør-Norge, 40 km N for Oslo	60°16'N 11°06'E, 60 km N for Oslo	64°14'N 10°46'E, 60 km NV Umeå
Størrelse	0.41 km <sup>2</sup>	-	-	50 hektar
Høyde over havet	185-275 m.o.h.	Ca. 200 m.o.h.	Ca. 210 m.o.h.	235-310 m.o.h.
Nedbørshøyde	1370 mm	794 mm (utregnet)	880 mm	Ca. 710 mm
Årsmiddeltemp.	6.6°C	Som Nordmoen	4.3°C	0°C
Berggrunn	Biotitt, granitt	Se kapittel 3.2.1	Gneiss, granitt	Skifer, plagioklas
Jordsmonn	Podsol	Sand, silt	Jernpodsol	Podsol
Vegetasjon	Gran, furu, løvtrær	Bartrær (furu)	Gran	Furu, gran
Skogbunn	Mose, gress	Gress	Mose, blåbær	Lyng, mose, gress

### 3.1 Birkenes

Dette feltet befinner seg ca. 30 km nord for Kristiansand i Sør-Norge. Området er på 0.41 km<sup>2</sup> og befinner seg i en del av landet der antropogent atmosfærisk nedbør er størst. I 1998 var årlig gjennomsnittlig konsentrasjon i nedbøren 0.53 mg(S)/l. Denne verdien er korrigert for sjøsalter (NILU, 2000b). Bekkevannet er surt, gjennomsnittlig årlig pH er omtrent 4.6 – 4.7, selv om det ser ut til at surheten minker (SFT, 1999). I 1998 var middelverdien i nedbøren 4.50 (NILU, 2000b) og gjennomsnittlig lufttemperatur er 6.6°C.

Høyden over havet varierer fra 185 til 275 m.o.h. Feltet består av to forbundne daler som inngår i feltet og er omgitt av til dels bratte bakkeskråninger/åssider. Tre små 2. ordens bekker drenerer området og løper sammen til en 3. ordens bekk omtrent 150 meter ovenfor en V-formet grunn dam (se figur 3.1.1).

Birkenes har et fuktig klima med en gjennomsnittlig nedbør på 1370 mm per år hvor omkring 1075 mm renner av som bekkevann (SFT, 1986). Vinterstid blir nedbør lagret som snø, selv om smelteperioder midtvinters er vanlig.



Figur 3.1.1: "Birkenes feltet. Fylte sirkler er lysimeter plott (prøver i denne oppgaven er tatt fra plott D), grop for prøvetaking av jordprøver betegnes med kvadrater og dammen i hovedbekken er trekanten på figuren. BIE02 er merket av som stjerne". Fra Mulder et al., 1990.

### 3.1.1 Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn

Jordsmonn ved Birkenes har vært studert av Brække, 1980; Dale et al., 1974; Frank, 1980 og Mulder et al., 1990. Over en berggrunn av biotitt og granitt er 79% av feltet dekket av mineraljord, 17% består av mose og myrer og 4% er fjell. Grunn mineraljord (podsol og sur brunjord) har utviklet seg i moreneavsetninger i skråninger og høydedrag, og er den dominerende jordtypen i feltet sammen med tynn organisk jord på grunnfjell (Mulder et al., 1991). Dybden av mineralavsetninger minker typisk med økende høyde fra omtrent 1 meter ved foten av skråningen til 0 ved toppene. Avsetninger fra istiden består for det meste av morene, med en leiredel hovedsakelig under 6% og en grusdel mindre enn 30%. I disse avsetningene, under et organisk eller humisk lag på omtrent 10 cm, har sur eller oligotrof mineraljord utviklet seg. Disse varierer fra podsoler (Spodosoler) til sur brunjord. Områdene rundt bekkene i dalbunnen (7% av feltet) er dekket av myr med en tykkelse på 0.1 meter til 2.5 meter.

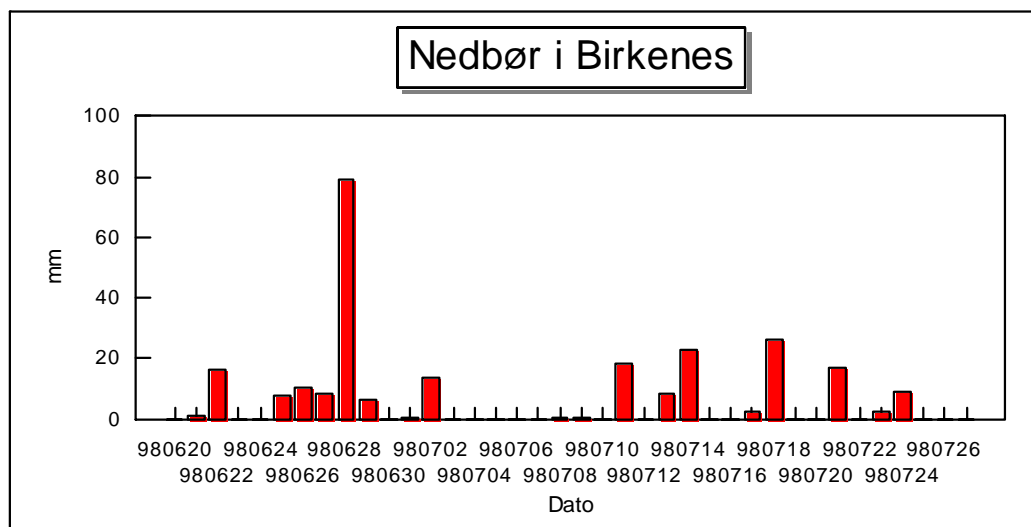
Vegetasjonen er kartlagt av Dale et al., 1974. Skogen består av 89% nåletrær med gran i dalbunnen og i skråningene, og for det meste furu på høydedragene. Bjørk og andre løvtrær vokser i noen sørvendte skråninger. For detaljert beskrivelse av feltet og området se

### 3.1.2 Feltarbeid

Feltarbeidet ble startet den 20. juli 1998. Denne dagen ble bekkevannet samlet inn. Bekken hadde liten vannføring. Prøvene ble samlet inn fra plottet BIE02 som ligger i dalbunnen (se figur 3.1.1). pH og ledningsevne samt temperatur ble målt umiddelbart. Prøvene ble senere oppbevart mørkt på kjølerom før transport til Oslo hvor resten av analysene ble foretatt. Prøvetakingsutstyr for oppsamling av jordvæske var i feltet og ble igangsatt samme dag. Oppsamlingsflasker med vakuum ble delvis gravd ned og delvis dekket til med jord og mose. Det ble brukt to oppsamlingsflasker. Den ene for B-horisonten (lysimeter nr. 15) og den andre for O-horisonten (lysimeter nr. 10 og nr. 11).

Dagen etter (den 21. juli) var det kraftig regnvær (se figur 3.1.3). Oppsamlingsflaska for B-horisonten var full. pH, ledningsevne og temperatur ble målt halvannen time senere og deretter oppbevart som bekkevannet.

I dagene som fulgte ble batteriene på vakuumpumpen byttet. Det var derfor kontinuerlig vakuum på oppsamlingsflaska. Den 24. juli var det en regnbyge på formiddagen. Lysimeter nr. 10 ble tatt ut av oppsamlingsflaska og resten av prøvetakingsperioden ble kun lysimeter nr. 11 prøvetatt. Den 27. juli ble utstyret pakket sammen. pH, ledningsevne og temperatur på siste prøve ble målt og satt mørkt og kjølig for transport til Oslo sammen med resten av prøvene.



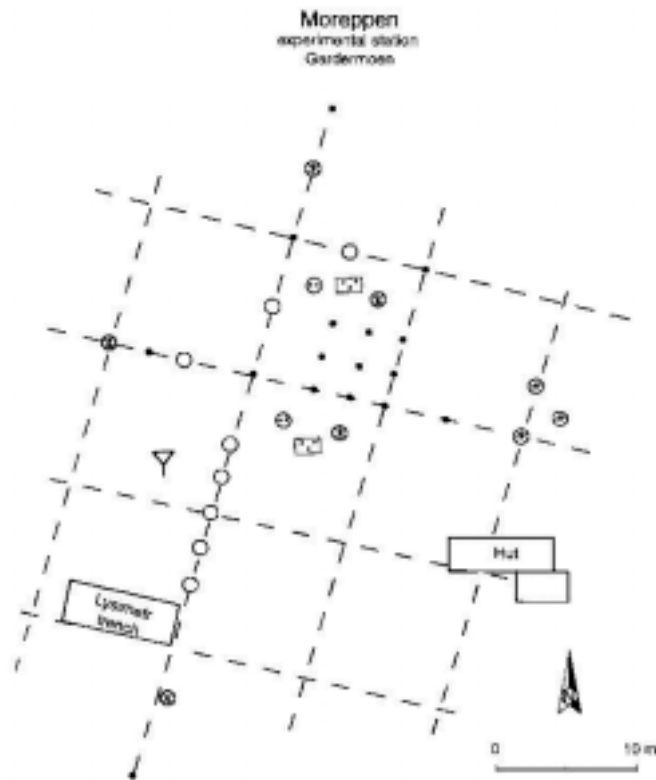
Figur 3.1.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking i Birkenes". (Clarke, pers. med.). Sum nedbør siste 30 døgn var 250 mm.

### 3.2 Gardermoen

Gardermoen (ved Romerike) befinner seg på Hauer seter deltaet omtrent 40 km nord for Oslo in Sør-Norge. Hauer seter deltaet er en akvifer bestående av sand med singelområder over siltholdige glacial marine avsetninger (Jørgensen & Østmo, 1990). Tykkelsen på den umettede sonen varierer mellom 1 og 30 meter. Denne akvifer er kjent som det største grunnvannsreservoaret i Norge som ikke er sperret inne. Grunnvannet drenerer mot kilder



langs grensen av deltaet i nær kontakt med de underliggende marine leirer. På det sandige jordsmonnet har podsolprofiler utviklet seg. Området er hovedsakelig dekket av skog med bartrær. Gjennomsnittlig høyde over havet for området er 200 meter. Gardermoen har et moderat kontinentalt klima. Den gjennomsnittlige utregnede årlige nedbøren er 794 mm (regn: 508 mm, regn og snø: 34 mm, snø: 250 mm) og evapotranspirasjonen er 400 mm per år. Mer enn 50% av grunnvannsoppfyllingen forekommer under perioden med snøsmelting (3-5 uker) (Jørgensen & Østmo, 1990). Se også kapittel 3.3 for opplysninger om nedbør og temperaturer.

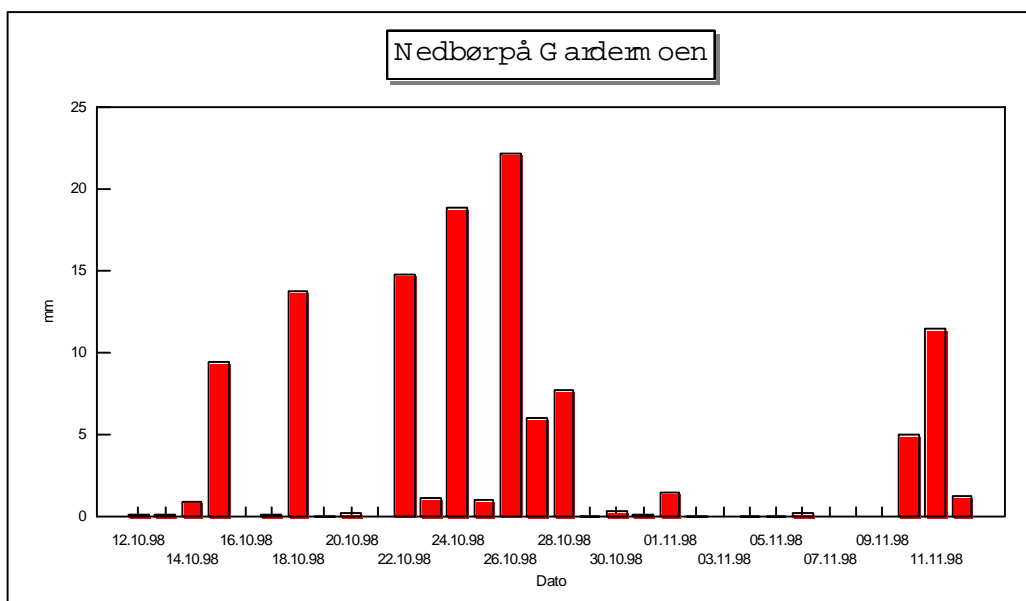


Figur 3.2.1: "Feltskisse over Gardermoen". Fra French et al., 1994. Jordvæskeprøvene til denne oppgaven er hentet fra nordveggen i "Lysimeter trench".

### 3.2.1 Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn

Forskningsstasjonen "Moreppen", hvor feltet er, ligger på et grunnvannskille i et flatt område uten overflateavrenning. Grunnvannsnivået er omtrent 4 m under overflaten. Det eksperimentelle området befinner seg i et skogsområde som ble hogget ned for omtrent 20 år siden. Det er nå grodd til med furu (*Pinus sylvestris*) og en bunnvegetasjon av gress (*Deschampsia flexuosa*). I 1992 ble det påbegynt et arbeide med å grave en stor grop. Denne er 7.5 m lang, 3 m bred og 2.4 m dyp. Prøvene til denne oppgaven er tatt fra nordveggen i denne gropa. French et al. (1994) beskriver denne mer detaljert. Nordveggen ble i utgangspunktet benyttet som referanse da de andre veggene/sidene ble tilsatt kjemikalier. Lysimetrene er av typen PRENART "Suction Cup".

Mine jordvæskeprøver ble tatt den 12. november 1998. Nedbøren i dagene før prøvetaking er vist av figuren under:

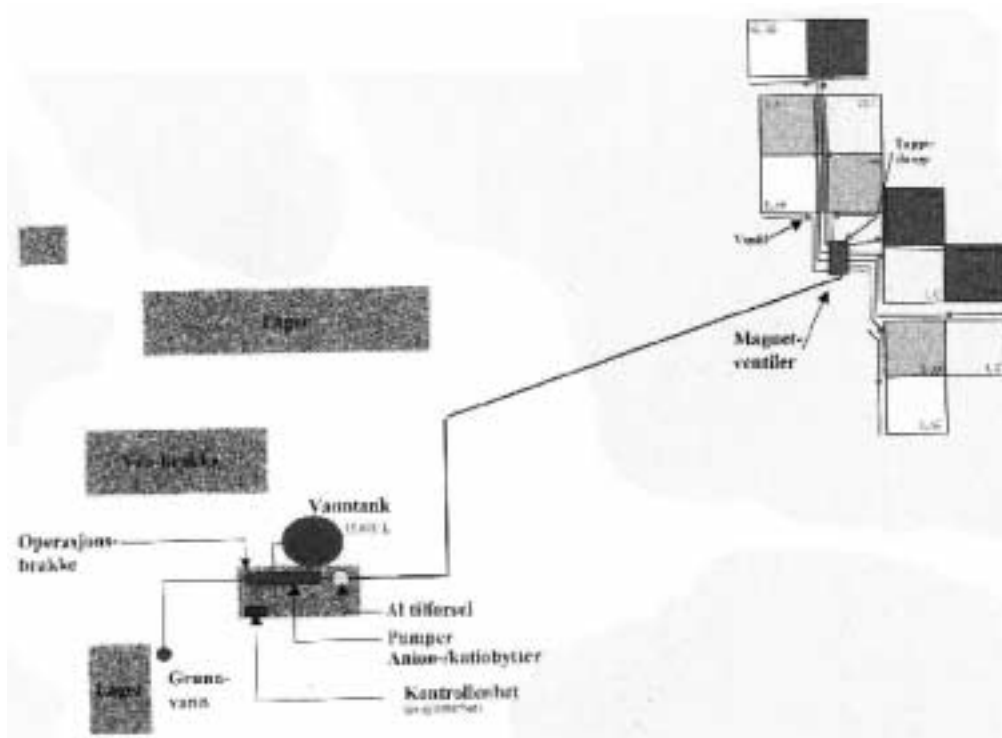


Figur 3.2.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking på Gardermoen". (DNMI, 2000). Sum nedbør siste 30 døgn var 117 mm.

### 3.3 Nordmoen

Nordmoen forsøksfelt ( $60^{\circ}16'N$   $11^{\circ}06'E$ ) ligger omtrent 6 mil fra Oslo sentrum i nordlig retning. Feltet ligger ca. 210 m.o.h. Basert på data fra Gardermoen værstasjon er det for Nordmoen 80 dager med snø i året og 73 dager med annen nedbør. Av dagene med nedbør var det 22 dager med mer nedbør enn 10 mm og 110 dager med nedbør over 1 mm. (Stuanes et al., 1979). Tallene er beregnet ut fra perioden 1970 – 1979. Gjennomsnittlig årlig nedbør var 880 mm og gjennomsnittlig temperatur for området er beregnet til  $4.30^{\circ}C$ , med 171 dager under  $0^{\circ}C$  (Stuanes et al., 1979). Disse tallene gjelder også for Nordmoen.

I 1996 ble kunstig vanning på forsøksfeltet startet. Behandlingsflatene er delt opp i 12 flater som får ulik behandling; tre serier med fire ulike behandlinger. Det finnes 3 kontrollflater og 3 ganger 3 flater som blir tilført ulike konsentrasjoner av  $AlCl_3$ . Kontrollflatene blir tilført ionebyttet vann. Behandlingsflatene er behandlet med flere grunntilførsler av aluminium. Det vannes ukentlig gjennom hele vekstsesongen, det vil si fra midt i mai til oktober. Et vanningssystem, bestående av pumper, anion/kationbytter, doseringstank for aluminium og ledningssystem, er satt opp og gir de enkelte flatene riktig behandling. Hele oppsatsen styres via en programmerbar kontrollenhet. Beskrivelse av de tekniske installasjonene og feltbehandlingene er gitt i Groseth (1999).



Figur 3.3.1: "Feltskisse over Nordmoen". Fra Groseth, 1999.

### 3.3.1 Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn

Området anses som svært homogent med hensyn på topografi, terreng, vegetasjon og jordprofil. Nordmoen tilhører den boreale vegetasjonssonen. Området hvor forsøksflatene ligger er hovedsakelig bevokste av gran (*Picea abies*). Grantrærne ble plantet for ca. 50 år siden. Bunnvegetasjonen domineres av blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og mose (hovedsakelig *Pleuzium schreberi*, *Dicranum* spp.). Spredt finnes også noe gress og sopp. (Stuanes et al., 1979). Nordmoen er en stor flat glasitfluvial avsetning fra siste istid, med et ca. 60 m dypt sandlag over grunnfjell bestående av prekambriske gneiser og granitter. Jordprofilen klassifiseres som en jernpodsol, med horisontinndelingen beskrevet under:

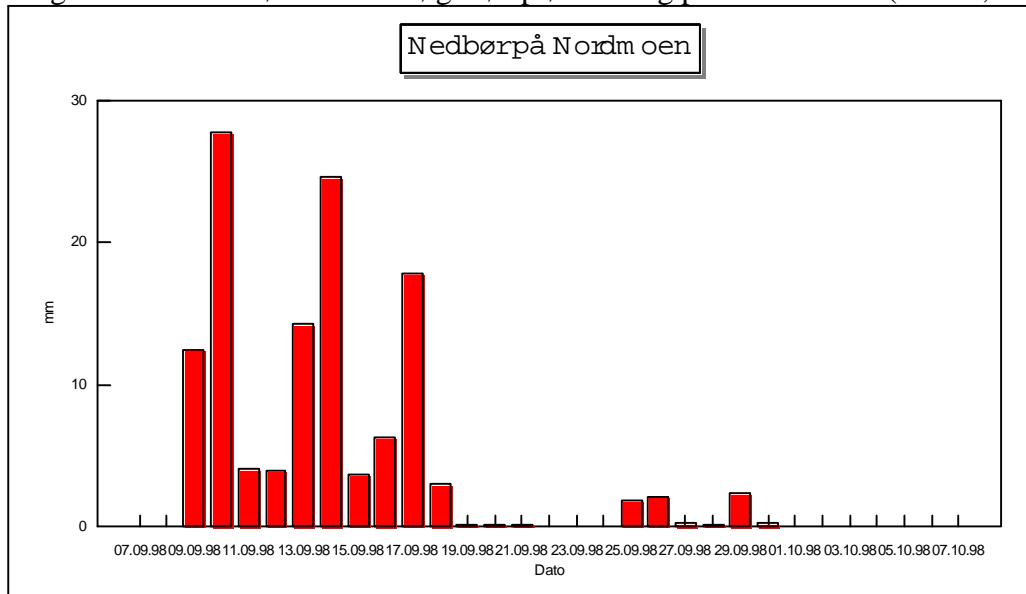
Tabell 3.3.1: "Jordprofil på Nordmoen." (Fra Groseth, 1999).

Horisont	Dyp (cm)	Beskrivelse
O	8-0	Svært mørk rødbrun/svart. Delvis dekomponert organisk materiale.
E	0-2	Mørk grå til brun. Steinfri sandig silt.
B <sub>h</sub>	2-6	Mørk rødbrun/brun. Steinfri sandig silt.
B <sub>s</sub>	6-22	Sterk brun. Steinfri sandig silt.
2C <sub>1</sub>	22-57	Olivenbrun. Steinfri sand.
2C <sub>2</sub>	57-92	Olivenbrun. Steinfri sand.
3C	92+	Olivengrå. Steinfri sand.

### 3.3.2 Prøvetaking

Jordvæskeprøvene fra Nordmoens O-horisont ble samlet den 7. oktober 1998 av Tore Groseth. Analysene er utført ved Universitet i Oslo sammen med alle andre prøver til denne oppgaven. Det er ikke analysert jordvæske fra B-horisonten fra dette feltet. Nedbøren siste dager før prøvetaking er vist på figuren under:

Figur 3.3.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking på Nordmoen". (DNMI, 2000).

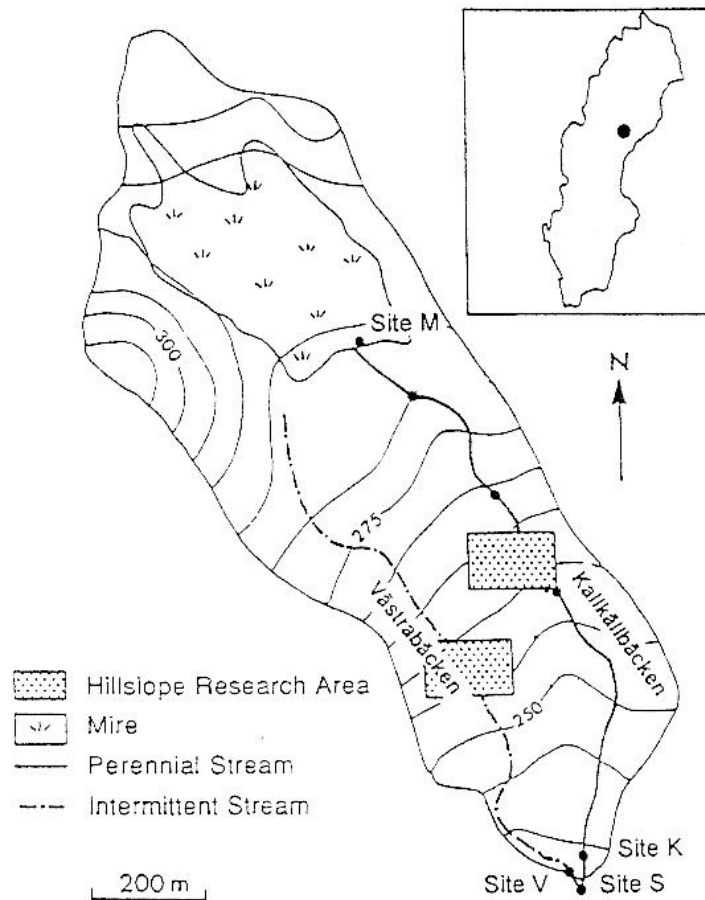


Sum nedbør siste 30 døgn var 125 mm.

### 3.4 Svartberget

Svartberget forsøkspark er et 50 hektar stort forsøksområde 60 km nordvest for Umeå, Sverige (64°14' N, 10°46' E). Feltet ligger 235-310 meter over havet. Avløpsnettet består av to bekkkanaler som ble gravd dypere i 1930 årene for å øke dreneringen av skogen. Hovedbekken har øverst en flere meter dyp åpen myr på 8 hektar.

Overflatevannene i Svartberget er i perioder ganske sure. Dette skyldes hovedsakelig organiske syrer (Seip et al., 1990). Antall mm nedbør for området er 710 og omtrentlig pH i bekker er fra 4.0 til 6.8 med volum vektet gjennomsnitt på 4.7. Årlig døgnmiddel for temperaturen er 0°C (middelverdi 1980-1998) (SLU, 2001).

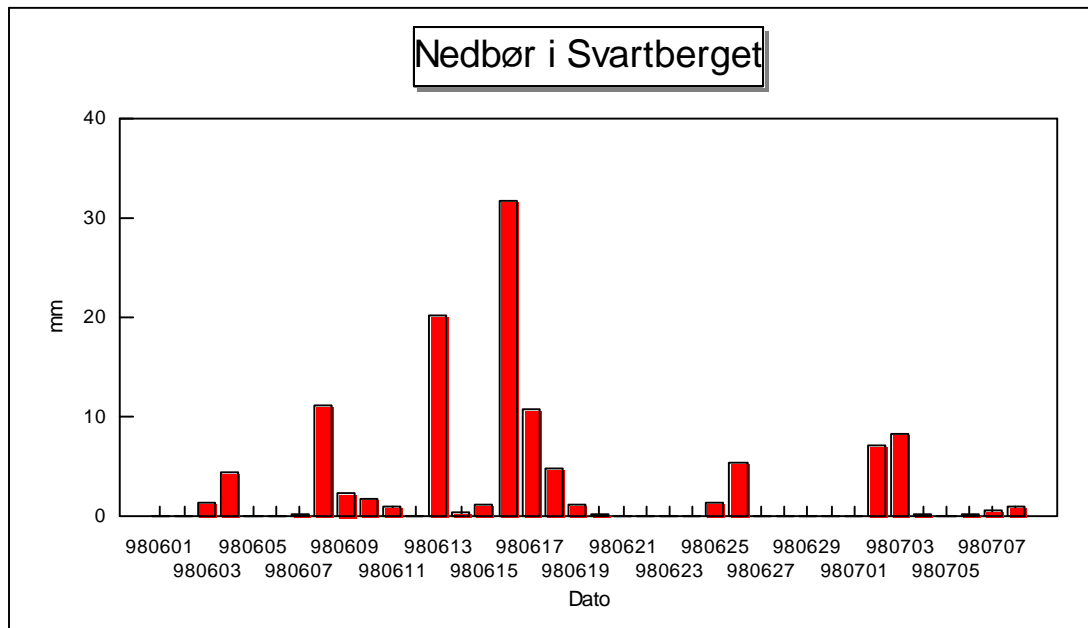


Figur 3.4.1: "Feltskisse over Svartberget feltet." Fra Petterson & Bishop, 1996.

### 3.4.1 Berggrunn, vegetasjon og jordsmonn

Forsøksområdet er beplantet med voksen furu (*Pinus sylvestris*) på høyere terreng og gran (*Picea abies*) i lavereliggende områder. Bakken er dekket av en blanding av lyng (*Calluna vulgaris*), bær (*Vaccinium myrtillus* og *Vacc. Vitisidaea*) og gress (for det meste *Deschampsia flexuosa*). Bunnlaget er en blanding av lav (*Cladonia* spp.) og mose på bakketoppene, mose (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*) i åssidene og våt mose (*Sphagnum* spp. og *Polytrichum* spp.) i bunnen av skråningene motstående til bekk kanalene.

Berggrunnen i Svartberget inneholder horisonter av biotitt-plagioklas og grafittsulfid skifer og er dekket av lokalt avledet glasial morene. Siden forsøksfeltet vender mot sørøst, var det på lesiden for den dominerende isbevegelsen under siste istid. Den høyeste kystlinjen var ved 255-260 m og passerte derfor gjennom den sentrale delen av feltet. Bakketoppene er dekket av en kompakt sandig morene. I skråningene er morenen dekket av en heterogen, mindre kompakt morene, dominert av sandfraksjonen. Det er rikelig med linser av godt sortert materiale. Morenen i de lavere delene av feltet er kompakt og har et høyere innhold av silt enn de øvre delene. Jordsmonnet i hele feltet er av typen podsol. For detaljert beskrivelse av feltet og området se NOMiNiC Mid-Term-Report (<http://www.kjemi.uio.no/envir/nominic/mid-term-report/mid-term-report.htm>).



Figur 3.4.2: "Nedbør siste 30 døgn før prøvetaking i Svartberget". (Bishop, pers. med.).  
Sum nedbør siste 30 døgn var 112 mm.

Prøvene av både jordvæske og bekkevann ble samlet av folk ved Sveriges Landbruksuniversitet (SLU) den 8. juli 1998. De ankom Universitetet i Oslo den 10. juli.

### 3.5 Annen forskning i feltene

Birkenes har i lengre tid vært et skogforskningsfelt, og mange prosjekter har hatt undersøkelser her. I den siste tiden har feltet blitt brukt i NOMiNiC-prosjektet sammen med blant annet feltet i Svartberget.

Moreppen, prøvetakingsfeltet på Gardermoen, har vært brukt av Norges Landbrukshøgskole og Universitetet i Oslo med forskjellig aktivitet. Feltet på Nordmoen er mye brukt av Norsk Institutt for Skogforskning.

# KAPITTEL 4 Analysemetoder

## 4.1 Fraksjonering av løst organisk karbon:

Fraksjoneringen er utført etter en metode utviklet av Leenheer og Huffman (Leenheer & Huffman, 1976; Leenheer & Huffman, 1979; Leenheer, 1981). Metoden er senere noe modifisert (Easthouse et al., 1992). Man separerer fraksjonene fra hverandre ved å pumpe prøveløsningen gjennom tre seriekoblede glasskolonner som inneholder tre forskjellige typer kolonnemateriale. Etter separasjonen sitter man igjen med seks fraksjoner med ulike egenskaper.

### 4.1.1 DOC fraksjonene

De seks fraksjonene er definert ut fra separasjonsmetoden og består av forbindelser med lignende egenskaper. XAD-8 kolonnen adsorberer hydrofobt (HPO) materiale og slipper gjennom hydrofilt (HPI) materiale. HPO og HPI deles videre opp i syrer, baser og nøytrale. Hydrofile baser (HPI-B) adsorberes til kationbyttekolonnen som etterfølger XAD-8 kolonnen. Hydrofile syrer (HPI-A) adsorberes til slutt i anionbyttekolonnen som er den tredje og siste i rekken. De hydrofile nøytrale (HPI-N) adsorberes ikke til noen av kolonnene og kan samles opp etter å ha latt et dødvolum på 50-100 ml passere. Hydrofobe baser (HPO-B) elueres ut av XAD-8 kolonnen med 0.1 M saltsyre, mens de hydrofobe syrene (HPO-A) elueres ut med 0.1 M NaOH. Dette gjøres mest effektivt ved å pumpe syre/base motsatt vei. Hydrofobe nøytrale (HPO-N) er så sterkt bundet til dette kolonnematerialet at det først må tørkes for deretter å soxhlet-ekstraheres slik at analyse av HPO-N kan foretas. En Soxhlet-ekstraksjon er grundig, og man ekstraherer kontinuerlig ved å la apparaturen stå i opptil flere timer (Skoog et al., 1993). De hydrofobe fraksjonene er generelt større og mer aromatiske enn de hydrofile fraksjonene, noe som beskrives nærmere under (Leenheer & Huffman, 1979):

- hydrofobe baser: aromatiske aminer med en og to ringer, unntatt pyridin.
- hydrofobe syrer: alifatiske karboksylsyrer med fem til ni karbonatomer, aromatiske karboksylsyrer med en eller to ringer, fenoler med en eller to ringer, fulvussyrer.
- hydrofobe nøytrale: hydrokarboner; alifatiske alkoholer, amider, estere, ketoner og aldehyder > fem karbonatomer; alifatiske karboksylsyrer og alifatiske aminer > ni karbonatomer; aromatiske karboksylsyrer og aromatiske aminer med tre eller flere ringer.
- hydrofile baser: alifatiske aminer  $\leq$  ni karbonatomer, aminosyrer, pyridin.
- hydrofile syrer: alifatiske syrer  $\leq$  fem karbonatomer, polyfunksjonelle syrer.
- hydrofile nøytrale: alifatiske amider, alkoholer, aldehyder, estere og ketoner  $\leq$  fem karbonatomer; polyfunksjonelle alkoholer; karbohydrater.

## 4.1.2 Forbehandling av prøver

Prøveløsningene ble etter innsamling ikke ytterligere konservert før videre analyser. Etter prøvetaking stod prøvene i polyetylen (PE) kanner og PE flasker. Disse var fra før av vasket i maskin, syrevasket (1% HNO<sub>3</sub>) og til slutt skyllet med ionebyttet vann til konduktiviteten var tilnærmet lik ionebyttet vann (mindre enn 1 µS/cm). Før DOC fraksjoneringen ble de imidlertid filtrert gjennom et membranfilter med porestørrelse på 0.45 µm. Dette ble gjort fordi partikler vil ødelegge kolonnematerialets adsorbenter (Leenheer, 1981).

## 4.1.3 Preparering av kolonnematerialet

Det brukes tre forskjellige kolonnematerialer. Hver av dem har forskjellige egenskaper. I forhold til den opprinnelige metoden er to av kolonnematerialene byttet ut på grunn av tilgjengelighet (dette gjelder kationbytter og anionbytter). Disse har imidlertid ikke vist noen signifikant endring hva resultater angår (Rikheim, 1996).

### Amberlite XAD-8:

XAD-8 er et ikke-ionisk kolonnemateriale med høy adsorpsjonskapasitet, lav tverrbindingsgrad og stort overflateareal. Materialet som brukes er en akrylester hvor man har et polymert nettverk. På grunn av den lave tverrbindingsgraden og materialets svake polaritet, brytes det lett ned under bruk og kan lekke organiske forbindelser (Mykkelbost, 1995). Man kan kompensere for dette ved å kjøre regelmessige blindprøver og å foreta følgende vaskeprosedyre av kolonnematerialet før bruk:

Ca. 30 gram kolonnemateriale ble først dekantert med teknisk metanol for å få bort de minste partiklene. Dette ble gjort to ganger, andre gangen ble kolonnematerialet stående i metanol i 24 timer før dekantering. Deretter ble kolonnematerialet overført til en ekstraksjonshylse og Soxhlet ekstrahert i 24 timers sekvenser med h.h.v. teknisk metanol, aceton og dietyler. Kolonnematerialet ble lagret i pro analysi (p.a.) metanol på brune glassflasker. Før første gangs bruk vaskes også den ferdig pakkede kolonnen med h.h.v. 0,1N HCl, 0,1N NaOH, metanol og karbonfritt, ionebyttet vann. Før gjentagne ganger vaskes kolonnen med 0,1N HCl, 0,1N NaOH og karbonfritt, ionebyttet vann.

### Amberlite 200:

Dette kolonnematerialet består av styren tverrbundet med divinylbenzen. Sulfonsyre (-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>Na<sup>+</sup>) er den aktive ionebyttergruppen. Den høye tverrbindingsgraden medfører eksklusjon av makromolekyler og liten partikkeldiffusjonshastighet (Greibrokk et al., 1994). Ca. 30 gram kolonnemateriale ble Soxhlet ekstrahert i 24 timer med teknisk metanol og lagret på samme måte som XAD-8. Før hver fraksjonering vaskes den pakkete kolonnen med 1N NaOH for å desorbere organiske baser, 2M HCl for å mette kolonnematerialet med H<sup>+</sup> ioner og til slutt med karbonfritt, ionebyttet vann (Leenheer & Huffman, 1976). Det opprinnelige kolonnematerialet som ble brukt var Bio-Rad AG MP-50.

### Amberlite IRA-68:

I den opprinnelige metoden til Leenheer & Huffman (1979) anvendte man en sterk anionbytter. Det opprinnelige kolonnematerialet som ble brukt var Bio-Rad AG MP-1. Easthouse et al. (1992) gikk over til å bruke en svak anionbytter på grunn av problemer med irreversibel adsorpsjon av både uorganiske og organiske anioner. Dette var Bio-Rad 3-X-4.



I tillegg var det lengre diffusjonstid for store molekyler som humusmateriale fra makroporestrukturen ved bruk av sterk anionbytter. På grunn av at den svake anionbytteren har noe redusert adsorpsjonsevne av syrer, bruker man dobbel mengde kolonnemateriale (Rikheim, 1996).

Amberlite IRA-68 er basert på en akryl-divinylbenzen og har et tertiært amin som funksjonell gruppe. Kolonnematerialet har høy kapasitet for store organiske molekyler (Fluka, 1995). Dette kolonnematerialet ble innført fordi tilgjengeligheten av de andre var svært dårlig. Ca. 30 gram kolonnemateriale ble Soxhlet ekstrahert i 24 timer med teknisk metanol og lagret på samme måte som XAD-8 og 200. Den pakkete kolonnen renses mellom hver fraksjonering med 2N NaOH, 1N HCl og karbonfritt, ionebyttet vann. Som for kationkolonnen blir dette gjort for å fjerne kontamineringer og for å mette kolonnematerialet med utbyttbare ioner (OH<sup>-</sup> i dette tilfellet).

Tabell 4.1.1 "Egenskaper for kolonnematerialer brukt til karbonfraksjonering". (Fluka, 1993; Fluka, 1995).

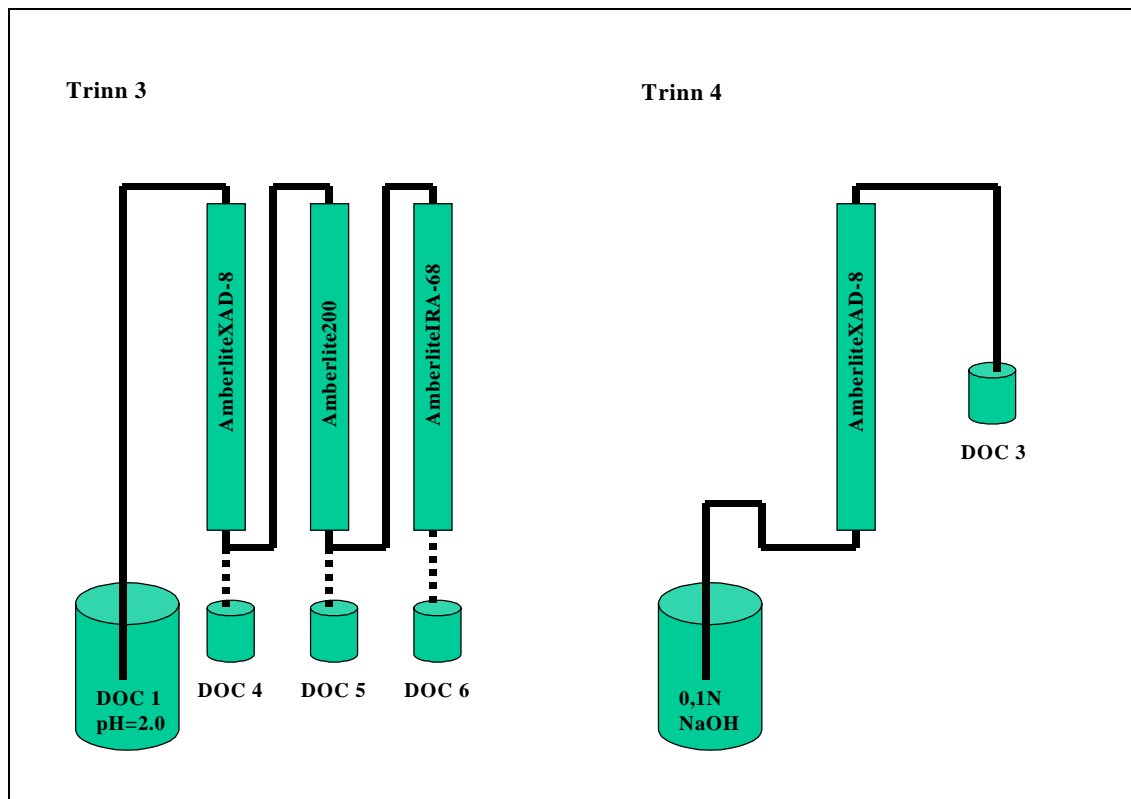
	Amberlite XAD-8	Amberlite 200	Amberlite IRA-68
Produsent	Fluka	Fluka	Fluka
Matriks	Akrylester	Styren-DVB	Akryl-DVB
Funksjonalitet	Svak polar	Sulfonsyre	Tertiært amin
Ionisk form		Na <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>
Kapasitet (mekv/ml våt)		1,75	1,60
pH område		0-14	0-7
Sann tetthet (g/ml våt)	1,09	1,26	1,06
Effektiv størrelse (mm)		0,40-0,50	0,35-0,45
Størrelse (mesh)	20-50	20-50	20-50
Overflateareal (m <sup>2</sup> /g)	140		

Alle kolonnematerialene ble byttet etter 4-6 fraksjoneringer. Blindprøver ble kjørt før første prøveløsning og etter siste. Blindprøver ble laget ved å pH-justere karbonfritt, ionebyttet vann med HCl til en pH=2. Disse viste imidlertid ingen store endringer eller absorpsjon ved måling ved 254 nm.

#### 4.1.4 Separeringen

1. Prøven på 180 ml surgjøres til pH=2 med konsentrert HCl før den pumpes gjennom kolonnesystemet (XAD-8, kationbytter og sist anionbytter). Surgjøringen gjøres for å øke adsorpsjonen ved å dempe syrenes ionisering (Leenheer & Huffman, 1976). Alle HPO adsorberes til XAD-8 kolonnen. Dette medfører at prøven man samler etter siste kolonne (anionbyttekolonnen) inneholder kun HPI-N siden HPI-B og HPI-A adsorberes h.h.v. til kationbyttekolonnen og anionbyttekolonnen.
2. Prøven man samler opp etter kationkolonnen inneholder HPI-A i tillegg til HPI-N.
3. Deretter samler man opp en prøve etter XAD-8 kolonnen. Denne inneholder alle HPI.
4. Etter dette pumpes resten av prøven igjennom XAD-8 kolonnen slik at alt HPO skal adsorberes. Ved hjelp av enkel matematikk etter karbonanalyse, kan konsentrasjonene til de forskjellige fraksjonene beregnes. Dette blir beskrevet i kapittel 4.1.5.

5. Man eluerer ut HPO-A ved å pumpe 23 ml 0.1 M NaOH gjennom XAD-8 kolonnen. HPO-N blir sittende på kolonnen, men kan beregnes ved å subtrahere alle andre fraksjoner fra totalprøven. HPO-B blir imidlertid også med i denne siste fraksjonen, men utgjør en svært liten del av det totale DOC (Ranneklev, 1993).



Figur 4.1.1: "Skisse for fraksjonering av DOC, trinn 3 og 4".

Fraksjonene i figuren inneholder følgende karbonforbindelser:

- DOC 1\* = HPO + HPI
- DOC 3 = HPO-A
- DOC 4 = HPI-A, HPI-B og HPI-N
- DOC 5 = HPI-A og HPI-N
- DOC 6 = HPI-N

Det blir også tatt ut 23 ml av prøveløsningen før fraksjoneringen begynner slik at man har en totalprøve. Denne kalles DOC 1. DOC konsentrasjonen er for det meste målt ved UV adsorpsjon ved 254 nm. Det ble tilsatt konsentrert  $H_2SO_4$  til alle fraksjoner før UV adsorbans ble målt. Fraksjonene hadde da en pH på 2. Det er også foretatt målinger med en Astro 2100 TOC karbonanalysator.

### 4.1.5 Utregning

For å regne ut konsentrasjonen av de enkelte fraksjoner blir disse først analysert for DOC (se 4.2 for detaljer).

$$\text{Total hydrofob DOC (mg/l)} = \text{DOC 1} - (1,0^\alpha * \text{DOC 4})$$

$\alpha$  : 1,125 er en fortynningsfaktor som er lik totalvolum delt på prøvevolum. Metoden sier at under punkt 1 skal 160 ml prøve kjøres igjennom for så å etterfølges av 20 ml ionebyttet karbonfritt vann (totalt 180 ml). Dette ble ikke gjort; i denne oppgaven ble kun 180 ml prøve pH-justert til 2 for deretter å følge punkt 3. Fortynningsfaktoren blir da lik 1 i dette tilfellet.

$$\text{Total hydrofil DOC (mg/l)} = 1 * \text{DOC 4}$$

$$\text{Hydrofobe baser DOC (mg/l)} = (\text{DOC 2} * 0,023)/0,180$$

0,023 er fraksjonens volum i liter

0,180 er prøvevolumet i liter

$$\text{Hydrofobe syrer DOC (mg/l)} = (\text{DOC 3} * 0,023)/0,180$$

$$\text{Hydrofobe nøytrale DOC (mg/l)} = \text{Total hydrofob DOC}$$

– hydrofobe baser DOC

– hydrofobe syrer DOC

$$\text{Hydrofile baser DOC (mg/l)} = 1 * (\text{DOC 4} - \text{DOC 5})$$

$$\text{Hydrofile syrer DOC (mg/l)} = 1 * (\text{DOC 5} - \text{DOC 6})$$

$$\text{Hydrofile nøytrale DOC (mg/l)} = 1 * \text{DOC 6}$$

### 4.1.6 Reproduserbarhet

Det har i denne oppgaven ikke blitt testet metodens reproduserbarhet. Dette er imidlertid gjort før av andre (Haakonsen, 1996; Leenheer & Huffman, 1979; Mykkelbost, 1995; Ranneklev, 1993). Metoden egner seg best for prøver med DOC konsentrasjoner i området 5-25 mgC/l. Det er mulig å analysere prøver med DOC innhold høyere enn 25 mgC/l, men da må prøvevolumet senkes. Prøver med mindre enn 5 mgC/l kan også analyseres, men resultatene vil være utsatt for en relativt høy feilprosent som primært skyldes DOC bestemmelsen ved så lave konsentrasjoner (Leenheer & Huffman, 1976). Mykkelbost (1995) fant at ”de høyeste standardavvikene ble funnet i prøver med høyt DOC innhold (> 20 mgC/l).” Ser man hvor mye dette utgjør i prosent, er det prosentvise standardavviket mindre for prøver med høyt DOC innhold. Dette gjør at det er vanskelig å tolke resultatene fra Leenheer-Huffman fraksjoneringen med lavere total DOC enn 5 mgC/l. Noen fraksjoner (HPI-N, HPI-B og HPO-N) må også tolkes med forsiktighet siden disse fraksjonene har et DOC innhold på < 5 mgC/l.

Tabell 4.1.2: ”Gjennomsnittlig standardavvik (Alle måltall for DOC fraksjonene er i mgC/l) ”.

	HPI-N	HPI-A	HPI-B	HPO-A	HPO-N
Leenheer & Huffman, 1979 <sup>α</sup>	0.3	0.5	0.5	0.1	0.4
Ranneklev, 1993	0.4	0.8	-	0.8	0.7
Mykkelbost, 1995	0.3	1.7	1.2	0.8	0.4
Haakonsen, 1996 <sup>β</sup>	0.1	0.4	0.2	0.2	0.7
Denne oppgaven <sup>γ</sup>	0.9	1.2	0.8	1.1	0.7

α: Gjelder kun for blindprøven.

β: Basert på regresjoner (UV/DOC)

Alle andre resultater er basert på reelle karbonmålinger.

γ: Se tekst.

Sammenligningsgrunnlaget er ikke det samme for disse tallene. Ranneklev og Mykkelbost har sine resultater fra analyser på karbonanalysator, mens Haakonsen har sine fra analyse på UV-absorbans. Tallene fra Leenheer & Huffman (1979) er gjennomsnittlig avvik som kan forventes for en blindprøve. Denne presisjonen er summen av variabiliteten i blindverdiens DOC som blir eluert fra kolonnene og variabiliteten i DOC bestemmelsen. Tallene fra denne oppgaven er standard avvik for blindprøver kjørt på karbonanalysator. Disse er ikke analysert som paralleller, men er regnet ut i fra alle de blindprøver som er analysert til forskjellige tider. Denne oppgavens standardavvik er antakelig høyere enn de verdier som her er framstilt fordi det også vil være usikkerhet (et visst standardavvik) forbundet med variabiliteten uteluert fra kolonnene (se over). Det vil si at man også hadde fått et standardavvik ved å analysere paralleller av blindverdiene.

En av prøvene (Svartberget SVA-E) i denne oppgaven hadde en DOC konsentrasjon nær 25 mgC/l (24,17 mgC/l) målt på TOC analysator, denne ble fortynnet 1:1 før fraksjonering. Mine blindprøveverdier for fraksjoneringen viste ingen store forskjeller eller lekkning av organisk materiale fra kolonnene. Generelt var HPO-A blindprøven høyere enn de andre, men dette vil ikke ha noen særlig betydning for måltallet i prøvens HPO-A blindprøven. Dette fordi også måltallet til prøvens DOC 3 er høyere enn de andre fraksjonene. Noen av kjøringene med blindprøver viste imidlertid et signifikant innhold av karbon. Om dette virkelig er organisk materiale er heller usikkert da alle blindprøvefraksjonene i en kjøring hadde samme absorbans (bortsett fra DOC 3). Andre blindprøver igjen hadde negativ absorbans. Det har vist seg i etterkant at den ene kuvetten gir høyere bakgrunnsverdi enn den andre. Dette indikerer at kuvettene kan gi uriktige resultater hvis man ikke er oppmerksom på forskjellen mellom dem. Hvis dette også var tilfellet da målingene av fraksjonene ble foretatt, kan det forklare resultatene som tilsier organisk materiale i blindprøvefraksjonene.

## 4.2 Bestemmelse av TOC/DOC:

Bestemmelse av karbon i prøver ble gjort på to måter. Først ble det målt UV absorbans ved 254 nm. Ved hjelp av regresjonslikninger (UV vs. DOC) kan karboninnholdet uttrykkes i mg/l. Den andre metoden er karbonanalysator og bruk av eksterne standarder for utregning av karboninnholdet.

## 4.2.1 Totalt organisk karbon analyse

Instrumentet måler Totalt Uorganisk Karbon (TIC) og Totalt Organisk Karbon (TOC) ved å omdanne det organiske materialet til karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Mengden gass måles med en IR detektor. Uorganiske karbonkomponenter er relativt lette å omdanne til CO<sub>2</sub>. Først blir syre tilsatt til prøven slik at pH er under 2. Dette gjør at karbonat spesiene blir protonert og karbonsyre dannes. Oksygen blir så ført gjennom prøven og blåser ut CO<sub>2</sub> (dette kalles "sparging" - avgassing). CO<sub>2</sub> ledes så til detektoren for måling. Organiske karbon komponenter er vanskeligere å bryte ned. En stor mengde energi er nødvendig for klare dette. Denne energien tas i dette instrumentet fra en ovn/reaktorrør som holder ca. 680°C og det organiske materialet omdannes til CO<sub>2</sub>. Forbrenningen, som er forårsaket av den høye varmen, lettes ved hjelp av til stedevarende O<sub>2</sub>-gass og en platinapalladium katalysator. Mellom reaktorrøret og detektoren er det plassert en termoelektrisk kjøler og en kjølefelle som hindrer vann i å nå detektoren. Den genererte gassen ledes til slutt til detektoren. Manualen til instrumentet oppgir deteksjonsgrensen til å være 0.2 mgC/l (Zellweger, 1998). Denne deteksjonsgrensen kan være lavere avhengig av kvaliteten på blindprøven. I følge Koprivnjak et al. (1995) er dette prinsippet bedre enn persulfat/UV oksidasjon, som gir en underestimert av TOC. I en eldre utgave av manualen til instrumentet (Operations Manual, 1996), er standard avviket til instrumentet oppgitt å være ± 2% for kjøringer opp til 100 ppm og ± 4% for kjøringer opp til 10 ppm. Driften til instrumentet er oppgitt å være mindre enn ± 2% per 24 timer.

Muligheten for kontamineringer i prøven er store. Problemet kan unngås ved bruke karbonfritt vann, rene kjemikalier og å brenne glassutstyr før bruk. Vannet som er brukt til fortyninger, blindprøver, rensning av injeksjonstabling og lignende, er garantert å inneholde <5 ppb karbon ("Total Oxidisable Carbon"). Alt glassutstyr som ble brukt til oppbevaring av standarder var først brennt i ovn over natten ved 500°C. Det ble kun brukt glass av merket "DURAN" som er garantert å tåle oppvarming til 500°C uten at volumet forringes (KEBOLab, 97). Kaliumhydrogenftalat ble brukt som reagens for organisk karbonstandard. Det ble først laget en stamløsning inneholdende 1 gC/l. Standarder ble så pipettert ut fra denne. Oksyngengassen som ble brukt var av typen O<sub>2</sub> 5.0 levert av AGA. Denne gassen har ifølge produsenten en renhetsgrad som tilsier 99.999% O<sub>2</sub>. Alle prøver ble filtrert gjennom et 0.45 µm membranfilter før analyse.

## 4.2.2 UV absorbanse ved 254 nm

Alle prøvene var filtrert gjennom 0.45 µm membranfilter før absorbanse ble målt. Instrumentet som ble brukt var et Shimadzu UV-1201 UV-VIS Spektrophotometer. Dette instrumentet har en nøyaktighet på ±0.005 absorbanseheter (ved en absorbanse på 1.000) og en repeterbarhet på ±0.002 absorbanseheter (ved en absorbanse på 1.000). Absorpsjonsområdet er oppgitt som absorpsjon fra -0.3 til 3 (Shimadzu, 1992). Til målinger ved bølgelengder på 254 nm brukes det en deuteriumlampe. Ved denne bølgelengden absorberer konjugerte dobbeltbindinger, blant annet aromatiske forbindelser, og introduisering av alkylgrupper har liten innvirkning på bølgelengdens maksima eller intensitet (Kemp, 1991). Det ble brukt kvartskuvetter med en cellelengde på 1 cm. Disse ble skyllet godt med ionebyttet, karbonfritt vann mellom hver gang.

Alle Leenheer-fraksjonene ble tilsatt konsentrert svovelsyre til en pH på ca. 2 før måling av absorbanse. Dette fordi fraksjonene har vidt forskjellig pH etter fraksjoneringen, og absorbanse til humusmolekylene endres med pH (Schnitzer & Kahn, 1972). Fraksjonenes

absorbans ble målt umiddelbart etter fraksjonering og oppbevart i dramsglass brent ved 500°C. Dramsglassene ble oppbevart mørkt på kjølerom (4°C) for senere å analyseres på karbonanalysator.

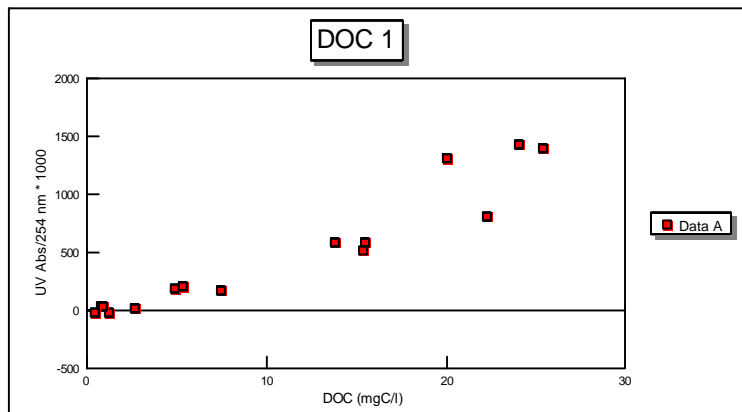
Ved utregning av konsentrasjon ble det brukt regresjoner funnet ved analyser på karbonanalysator. Dette gjøres ved å plote mgC/l fra karbonanalysen mot UV-absorbansen ved 254 nm, for deretter å finne den beste regresjonen (med eller uten konstantledd) for punktene. Mykkelbost gjorde i 1995 et forsøk for å finne regresjoner til de forskjellige fraksjonene etter Leenheer fraksjoneringen. Hun fant at det var ulik regresjon for fraksjonene. Det samme gjorde Rikheim i 1996. Dette stemmer godt overens med at fraksjonene inneholder vidt forskjellige organiske komponenter; fraksjonene forventes å inneholde ulikt antall konjugerte dobbeltbindinger (Leenheer & Huffman, 1979). Både Mykkelbost og Rikheim hadde et stort antall frihetsgrader, mens det i denne oppgaven er mellom 10 og 20 frihetsgrader. Korrelasjonskoeffisienten ble omkring 0.9 bortsett fra for hydrofile nøytrale (DOC 6) hvor karboninnholdet er lavt. I tabellen under summeres regresjoner opp:

Tabell 4.2.1: "Resultater fra regresjoner mgC/l og UV-abs."

		Antall prøver utelatt	X-koeffisient	Konstantledd	R <sup>2</sup>	Frihetsgrader
<b>DOC 1 Total</b>	Mykkelbost	1	0,022	1,72	0,95	79
		1	0,024	-	0,93	80
	Rikheim	6	0,024	1,48	0,93	133
		6	0,025	-	0,93	134
	Denne oppgaven	1	0,017	2,66	0,91	13
		1	0,019	-	0,86	14
<b>DOC 3 HPO-A</b>	Mykkelbost (+ HPO-N)	2	0,020	3,70	0,89	77
		2	0,023	-	0,86	78
	Rikheim	18	0,022	2,10	0,95	126
		18	0,023	-	0,94	127
	Denne oppgaven	3	0,015	5,60	0,86	12
		3	0,017	-	0,83	13
<b>DOC 4 HPI-A, -B, -N</b>	Mykkelbost	1	0,019	1,28	0,69	79
		1	0,031	-	<0,5	80
	Denne oppgaven	0	0,019	1,23	0,89	15
		0	0,023	-	0,82	16
<b>DOC 5 HPI-A, -N</b>	Mykkelbost (HPI-B, ikke A)	1	0,023	1,13	0,69	77
		1	0,033	-	<0,5	78
	Rikheim	8	0,036	0,14	0,83	143
		8	0,037	-	0,83	144
	Denne oppgaven	0	0,019	1,24	0,90	15
		0	0,023	-	0,80	16
<b>DOC 6 HPI-N</b>	Mykkelbost	0	-	-	<0,5	44
		0	-	-	<0,5	45
	Denne oppgaven	0	-	-	<0,5	15
		0	-	-	<0,5	16

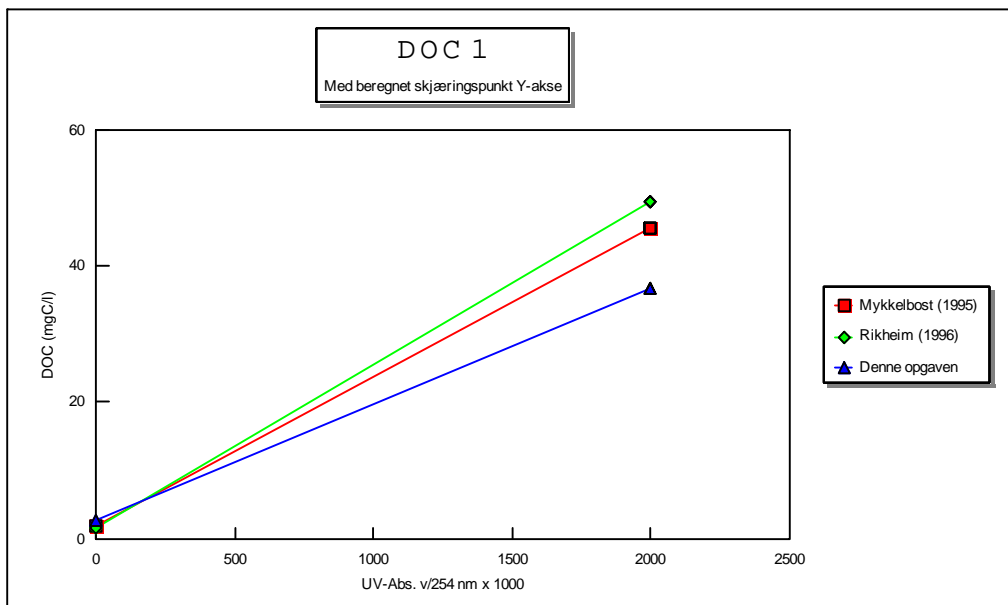
Resultater i denne oppgaven er fra UV- og DOC-målinger fra forskjellige typer jordvæske og bekkevann prøvetatt i Birkenes og Svartberget samt noen blindprøver. For hver fraksjon er det to rader. Den øverste er regresjon med konstantledd, den nederste er regresjonslinje uten konstantledd (går igjennom origo). En grunn til at X-koeffisientene i denne oppgaven er lavere enn tilsvarende koeffisienter hos Mykkelbost (1995) og Rikheim (1996) kan være at prøvene er fra forskjellige steder.

Et eksempel på et regresjonsplott er vist på neste side:



Figur 4.2.1: "UV/DOC regresjon, DOC 1".

Under er regresjonslinjene til Mykkelbost (1995) og Rikheim (1996) sammenliknet med mine egne. Det er vist figuren for DOC 1, det vil si regresjonen mellom UV-absorbansen og DOC-verdiene til prøve før fraksjonering. Resten av figurene finnes i appendiks G. Som regel ligger denne oppgavens linje under de to andre.



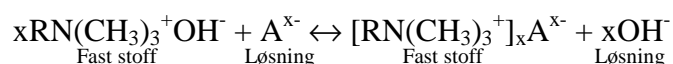
Figur 4.2.2: "Sammenlikning av regresjonslinjer".

## 4.3 Ionekromatografi:

### 4.3.1 Prinsipp for ionekromatografi

Skoog & Leary, 1992

Metoden baserer seg på separering og bestemmelse av ioner ved hjelp av ionebytte i materialer. I disse prosessene har man en likevekt mellom ioner i løsning og ioner med lik ladning på overflaten til et nært uløselig, høymolekylært fast stoff. Anionkolonnene som ble brukt i dette tilfellet, inneholdt kvartære amingrupper, og reagerer som følger:



Anioner i løsning vil forflytte seg gjennom kolonnen med en rekke utskiftninger mellom den stasjonære og den mobile fasen. Retensjonen er avhengig av ionenes affinitet til disse amingruppene. Forsøk viser at polyvalente ioner blir holdt sterkere tilbake enn monovalente ioner. Innen disse ladningsgruppene er imidlertid forskjellene relatert til størrelsen på det hydratiserte ion så vel som andre egenskaper. For anioner minker affiniteten til et kolonnemateriale for et ion relativt til et annet ion for et sterkt basisk kolonnemateriale i denne rekkefølgen:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{C}_2\text{O}_4^{2-} > \text{I}^- > \text{NO}_3^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{HCO}_2^- > \text{CH}_3\text{CO}_2^- > \text{OH}^- > \text{F}^-$ . Rekkefølgen kan være noe avhengig av type kolonnemateriale og reaksjonsbetingelser.

### 4.3.2 Måling av konduktivitet

Dionex, 1991 hvis ikke annet angitt.

Konduktiviteten/ledningsevnen til en løsning måles ved å tilsette vekselstrøm mellom to elektroder i en ledningsevne celle. Negativt ladde anioner vandrer mot den positive elektroden og positivt ladde kationer vandrer mot den negative elektroden. Den inverse av løsningsens målte motstand er konduktansen, målt i siemens (S). Løsningsens ledningsevne er konduktansen som blir målt i en standardcelle inneholdende elektroder med  $1 \text{ cm}^2$  overflateareal holdt 1 cm fra hverandre.

Ledningsevnedektoren har høy sensitivitet og er universell for ladde spesier. Den høye sensitiviteten er imidlertid en ulempe fordi man trenger høy elektrolyttkonsentrasjon for å eluere ut analyttionene på en rimelig tid. Ledningsevnen til mobilfasen (i dette tilfellet  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ ) kunne således ha overskygget ledningsevnen til analyttionene. Dette problemet unngås ved å sette inn en eluentsuppressor før dektoren. Hensikten er å bytte ut natriumionene i mobilfasen med hydrogenioner. Mobilfasen består da av kun  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , og karbonsyren vil stort sett foreligge udisosiert (se også nedenfor). Mobilfasen vil derfor ikke bidra signifikant til ledningsevnen (Skoog & Leary, 1992).

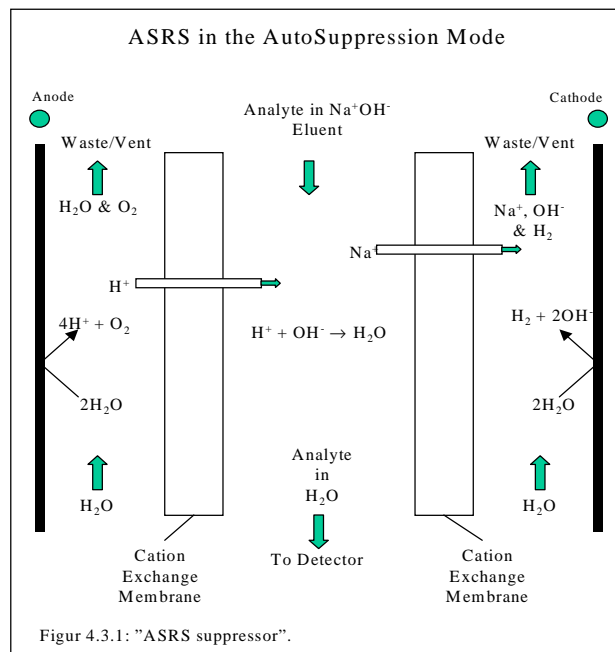
Konduktiviteten til en fortynnet løsning er summen av de individuelle bidragene til konduktiviteten av alle ionene i løsning multiplisert med deres konsentrasjon, m.a.o. er konduktiviteten direkte proporsjonal med konsentrasjonen. Dette er kalt Kohlraushs lov om uavhengig vandring. Den sier at hvert ion bærer dens del av den totale konduktivitet uten å være påvirket av andre ioner i løsning. Øker imidlertid løsningsens konsentrasjon, vil den direkte proporsjonaliteten mellom konduktivitet og konsentrasjon forsvinne. Vanligvis vil ikke dette være noe problem i ionekromatografi idet man som oftest har konsentrasjoner under 1 millimolar.



Mobiliteten, og derfor også konduktiviteten, er sterkt påvirket av temperatur. Ionekromatografen som er brukt i denne oppgaven kompenserer for dette. Den korrigerer den målte konduktiviteten til det som ville vært målt ved 25°C og multipliserer konduktiviteten med en temperaturkompensasjons-faktor.

Forbindelser som blir detektert ved hjelp av konduktivitet er av natur ioniske. Ionebytte og ion-par kromatografi er av den grunn de viktigste separasjonsmetodene. Disse metodene trenger eluenter som inneholder sterke elektrolytter. Dette problemet er diskutert over.

Inne i suppressoren dannes det  $H^+$  og oksyngengass ved anoden og  $H^+$  og  $OH^-$  - ioner ved katoden. Hydrogenionene diffunderer gjennom en kationbytte membran og nøytraliserer  $CO_3^{2-}$  - og  $HCO_3^-$  - ioner i løsningen til karbonsyre ( $pK_a = 6.2$ ).  $Na^+$  - ioner fra løsningen diffunderer fra løsningen gjennom membranen og føres bort fra suppressoren sammen med  $OH^-$  på andre siden (se figur 4.3.1). Suppressoren øker signalet og demper i tillegg bakgrunnskonduktiviteten (og derfor også drift og støy i baselinjen).



Figur 4.3.1: "ASRS suppressor".

### 4.3.3 Prøveopparbeidelse

Alle prøver ble filtrert før analyse. Først filtreres prøven gjennom et 0.45 µm membranfilter. Deretter blir prøver med en absorbans større enn 0.1 (v/254 nm) i tillegg filtrert gjennom et IC/RP Plus filter for å fjerne organisk materiale (organiske anioner) som kan interferere med deteksjonen og for å beskytte kolonnene. Shotyk (1993) viste at filtrering med denne type filter ikke påvirker konsentrasjonen av ioner i prøven.

For å få en mest mulig korrekt måling av den første toppen (F<sup>-</sup>) ble det rett før analyse tilsatt 1% 100\* eluentløsning for å unngå "vanddipp" eller "systemdipp". Vanddippen oppstår på grunn av at prøveløsningen har mye mindre ledningsevne enn eluentløsning og dette sees på kromatogrammet som en omvendt topp (signalet med eluent gjennomstrømning settes til 0

ved analysens start). Denne kommer rett før  $F^-$  blir detektert og kan lage problemer med avlesningen av  $F^-$ . Alle standarder og blindprøver ble behandlet på samme måte, men uten filtrering da dette gjøres automatisk i vannreanseanlegget.

Alle salter som ble brukt er tørket i varmeskap og oppbevart i eksikator før utveiling. De er også frie for krystallvann før tørking. Vann brukt til fortynning og til blindprøver er karbonfritt ionebyttet vann med spesifikk resistans på 18.2 M $\Omega$ cm. Standarder ble analysert både før og etter prøvene samt et par ganger i prøveseriene.

Eluentløsningen avgasses før analyse og blir satt under nitrogenatmosfære under kjøring. Nitrogen brukes også ellers i instrumentet bl.a. for å operere injeksjonsporter og lignende.

#### 4.3.4 Instrumenter og utstyr

Det ble brukt følgende instrumentering ved ionekromatograferingen:

- Dionex DX-100 Ion Chromatograph
- IonPac®AG4A-SC Guard Column (4\*50 mm, P/N 043175) & IonPac®AS4A-SC Analytical column (4\*250 mm, P/N 043174)
- Anion Self-Regenerating Suppressor-I (4-mm) (ASRS-I (4-mm), P/N 043189)
- Gilson 221XL Liquid Handler (autosampler)
- Gilson 720 Keypad Software
- Gilson Minipuls 3 Peristaltic Pump
- Perkin Elmer Nelson 1020LC Plus (Integrator)

Det ble brukt følgende utstyr og kjemikalier til prøveoppbeidelse:

- Alltech Maxi-Clean IC/RP Plus Cartridges
- Gilson Minipuls 3 Peristaltic Pump
- Sartorius Cellulose Nitrate Filter 0.45  $\mu$ m
- Millipore Glassware for filtrering
- Millipore MilliQ Plus 135 w/0.22  $\mu$ m filter (karbonfritt vann)
- Salter :
  - NaHCO<sub>3</sub> p.a. MERCK
  - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> vannfri, purum p.a. MERCK
  - Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vannfri, p.a. MERCK
  - NaNO<sub>3</sub> p.a. MERCK
  - NaF p.a. MERCK
  - NaCl ren KeboLab

## 4.4 Atomabsorpsjonsspektrofotometri:

### 4.4.1 Prinsipper for atomabsorpsjon og atomemisjon

Vandecasteele & Block, 1993 hvis ikke annet angitt.

Både atomabsorpsjon og atomemisjon, hvor prøveløsningen blir tilført termisk energi i form av en flamme, ble brukt i denne oppgaven. De kjemiske komponentene i løsningen dissosierer til frie atomer, og forskjellige lyskilder ved spesielle bølgelengder velges til de ulike prosessene og elementene. På andre siden av flammen finnes en monokromator og en detektor. Monokromatoren har som oppgave å dele opp de forskjellige bølgelengdene fra lyset som kommer fra lyskilden. I monokromatoren isoleres så den linjen som er av interesse. Valget av en spesiell kilde og en spesiell bølgelengde i den kilden, er det som avgjør bestemmelsen av et element i nærvær av andre.

Atomabsorpsjon: Av interesse her er mengden lys ved en bestemt bølgelengde som blir absorbert når lyset passerer gjennom skyen av atomer. Jo større antall atomer i lysveien, jo mer lys blir absorbert. Ved å måle mengden lys som absorberes kan en kvantitativ bestemmelse av mengde analytt til stede gjøres.

Atomemisjon: Her utsettes prøveløsningen for så høy termisk energi at atomene i flammen finnes i sin eksiterte tilstand, i stand til å emitte lys. Atomer i eksitert tilstand vil umiddelbart og spontant returnere til grunntilstanden. Overskuddet av energi, ved at atomene returnerer til grunntilstanden, avgis som emittert lys. Siden hvert atom har en unik elektronstruktur, vil bølgelengdene i det emitterte lyset være unike. Emisjonsspektrumet til et atom som er utsatt for en slik energikilde, består av en samling av lovlige emisjonsbølgelengder, vanligvis kalt emisjonslinjer. Dette emisjonsspektrumet kan brukes til en unik karakteristikk for kvalitativ identifisering av et element. Ved å måle intensiteten til det emitterte lyset kan man få en kvantitativ bestemmelse av et element. Jo høyere antall atomer, jo høyere intensitet på det emitterte lys.

Den delen av atomabsorpsjonsspektrofotometeret som overbringer lyset fra kilden til monokromatoren kalles fotometeret. Det finnes tre typer. Det som skiller dem er muligheten for å fange opp drift i systemet (som for eksempel drift i lampeintensitet og andre elektroniske avvik). Med automatiserte systemer kan man med den typen som kalles "double-beam" fotometer, også begynne å analysere med liten eller ingen oppvarming av lampene som ellers er nødvendig.

Absorbansen er den mest passende måten å karakterisere absorpsjon i absorpsjonsspektrofotometri. Dette fordi denne mengden (absorbansen =  $A$ ), i følge Beers lov ( $A=abc$ ), har en lineær sammenheng med konsentrasjonen ( $c$ ). Absorbansen finnes ved å ta logaritmen til forholdet mellom intensiteten til det opprinnelige lyset over intensiteten til det reduserte lyset ( $A = \log(I_0/I)$ ).

Prøven føres inn i instrumentet og blandes med en oksiderende gass. Denne blir så sprayet inn som en sky av små væskepartikler i et blandekammer hvor brenngassen tilsettes. Denne blandingen kommer så til brennerhodet hvor vannet fordampes og atomisering av atomene i prøven foregår. Ved hjelp av spoilere, kollisjonkuler, oppnår man små, tilnærmet like væskedråper. Kun en liten del av prøveløsningen når brennerhodet, resten ledes bort gjennom et sluk med en væskefelle. Det finnes forskjellige brennerhoder for de ulike gassblandinger som brukes. (Beaty & Kerber, 1993).

#### 4.4.2 Prøveopparbeidelse

Alle prøver ble filtret gjennom 0.45 µm membranfilter. Til prøven ble det så tilsatt lantanoksid (10% 0.1 M La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 50% HCl). Dette gjøres fordi lantan fungerer som ionebuffer og binder til seg anioner som ellers ville ha dannet komplekser med lav flyktighet med kationene som skal bestemmes. Dette gjelder først og fremst fosfat og kalsium (Skoog et al., 1993), og ved bestemmelse av magnesium med til stede av aluminium (Skoog & Leary, 1992). Alle standarder og blindprøver ble også tilsatt lantanoksid.

#### 4.4.3 Instrumentering og utstyr

Ved analysene ble det brukt følgende instrumenter:

- Perkin Elmer 5000 Atomic Absorption Spectrophotometer
- Perkin Elmer 4000 Atomic Absorption Spectrophotometer
- Shimadzu AA-670 Atomic adsorption/flame emission spectrophotometer

Perkin Elmer 4000 ble brukt til analyse av aluminium. Perkin Elmer 5000 ble brukt til analyse av jern, og Shimadzu AA-670 ble brukt til analyse av natrium, kalium, magnesium og kalsium.

Til standarder og prøveopparbeidelse ble følgende utstyr og reagenser brukt:

- Spectrascan elementstandarder fra Teknolab A/S
- Millipore MilliQ Plus 135 (karbonfritt, ionebyttet vann)

#### 4.5 Aluminiumsfraksjonering:

Alle bekkevannsprøver og jordvæskeprøver samt alle løsningene til aluminiumsforsøket er fraksjonert etter en metode beskrevet av Barnes og Driscoll (Barnes, 1975; Driscoll, 1984). Metoden går ut på at man kompleksbinder aluminiumspesier til hydroxyquinoline. Dette komplekset ekstraheres så over fra vannfasen med metylisobutylketon (MIBK). Dette komplekset er farget og absorberer lys ved 395 nm i et spektrofotometer. Ved denne bølgelengden absorberer også jern, derfor korrigerer man for dette ved å subtrahere prøvens absorbans ved 600 nm, hvor bare Fe absorberer, multiplisert med 1.12. De labile og ikke-labile jernfraksjonene (henholdsvis Fe<sub>i</sub> og Fe<sub>o</sub>) som er antatt å korrespondere til Al<sub>i</sub> og Al<sub>o</sub> fraksjonene, bestemmes ved å måle absorpsjonen av Fe-komplekset med 8-hydroxyquinoline ved 600 nm i de aluminiumfraksjonerte prøvene (Vogt et al., 1994).

I en 26 ml oppsamlertrekt tilsettes det i rekkefølge: 0.22 ml fenolrødt, 2.2 ml 8-hydroxyquinone, 0.22 ml 25% NH<sub>3</sub>, 0.84 ml ammoniakk/acetat buffer og 8.4 ml metylisobutylketon (MIBK). Fenolrødt brukes som indikator og farger vannfraksjonen rød, 8-hydroxyquinone er kompleksbinderen som aluminiumspesiene bindes til, ammoniakken tilsettes for å høyne pH-verdien i løsningen, buffer settes til for å holde en bestemt pH-verdi (se under) og MIBK er den organiske fasen som det kompleksbundne aluminiumet går over i. Denne blandingen ristes i 20 sekunder for så å bli stående til fasene har skilt seg. Vannfasen kastes og den organiske fasen samles opp for senere å bli analysert på spektrofotometer.

Ekstraktene med MIBK kan stå lagret i forkant av analyse i flere uker hvis de blir oppbevart mørkt og kaldt (Barnes, 1975).

I 1984 kom Driscoll med en utvidet versjon av Barnes metode for måling av aluminium. Denne prosedyren resulterer i bestemmelsen av syreløselig aluminium, ikke-labilt monomert aluminium og labilt monomert aluminium (se figur 4.5.1). Syreløselig aluminium inkluderer kolloidalt aluminium og ekstremt ikke-labile organiske komplekser. Ikke-labilt monomert aluminium inkluderer monomere organiske aluminiumskomplekser. Labilt monomert aluminium består av akvokomplekser så vel som uorganiske komplekser med aluminium. Syre-reaktivt aluminium (Alr) analyseres ved å surgjøre prøveløsningen til pH=1 med 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, la løsningen stå i en time for deretter å bruke metoden til Barnes. Monomert aluminium (Ala) er simpelthen Barnes metode. Aluminium i prøven skilles i komponentene ikke-labilt aluminium (Alo) og labilt aluminium (Ali) ved hjelp av en sterk sur kationebytter (Amberlite IR-120). Kationebytteren adsorberer Ali og ikke-labilt monomert aluminium (Alo) finnes ved å la prøveløsningen passere gjennom kolonnen. Løsningen som samles opp, kjøres gjennom Barnes metode.

Tabell 4.5.1: "Egenskaper for Amberlite IR-120".

	Ionisk form	Tetthet (våt)	Størrelse	pH-område	Kapasitet (våt)
Amberlite IR-120	H <sup>+</sup>	1.27 g/ml	0.45-0.60 mm	0-14	1.9 mekv/ml

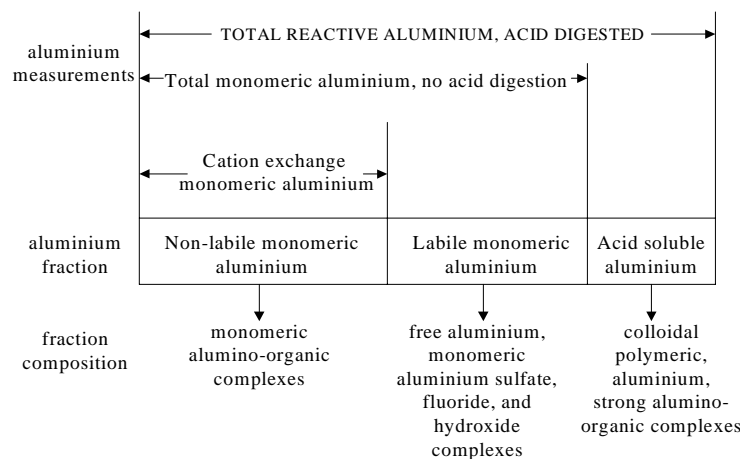
Dette kolonnematerialet er på H<sup>+</sup>-form. Noen av disse H<sup>+</sup> ionene byttes ut med Na<sup>+</sup> ioner slik at løsningen i kolonnen har omtrent samme pH som prøveløsningen. Med omtrent samme pH menes at prøvene ligger maksimalt en halv pH-enhet fra kolonnens pH-verdi. Dette gjøres for at pH i prøveløsningen etter kolonnen ikke endres vesentlig. En forskjell i pH mellom prøven og kolonnematerialet kan resultere i utfelt aluminium i kolonnen. Etter å ha latt et dødvolum passere, samles prøven opp. Mellom hver prøve renser man med 1\*10<sup>-4</sup> M NaCl eluent løsning.

Aluminium blir kompleksert med 8-hydrokxyquinoline før pH økes for å hindre endring av fordelingen av aluminium mellom monomere og polymere former.

Interferenser: En pH under 8.5 velges fordi magnesium og kalsium hydrokxyquinolater dannes sakte ved en pH på 8.5. En pH over 8 blir valgt fordi lav gjenvinning av aluminium kan skje hvis uløselige aluminium hydroksider dannes eller hvis relativt stabile komplekser av aluminium fluorid er til stede. Uløselige aluminium hydroksider har en tendens til å dannes i et pH område mellom 4 og 8 (Barnes, 1975).

Hvis lagringstiden mellom prøvetaking og analyse/fraksjonering er for lang, kan monomere aluminiumspesier til stede endres til polynukleære former og endelig til partikler med betydelig størrelse og kjemisk stabilitet (Hem & Roberson, 1967; Smith & Hem, 1972). Analytiske data vil da være underestimert.

Ved å trekke Alo fra Ala får man en verdi for uorganisk, akvatisk aluminium (Ali) eller labilt monomert aluminium. Kolloidalt og/eller ekstremt ikke-labile organiske komplekser av aluminium finnes ved å trekke Ala fra Alr. Den uorganiske spesieringen av aluminium blir kalkulert ved å bruke målte verdier for labilt monomert aluminium, pH, fluorid og sulfat innsatt i en tilgjengelig modell.



Figur 4.5.1: "Aluminium fraksjoneringskjema (fra Driscoll, 1984)".

I forsøk gjort av Barnes (1975) fant man at gjennomsnittlig "gjenvinning" i prosent var 102% med standardavvik på  $\pm 8.5\%$ . I dette forsøket hadde man en ubehandlet prøve og en prøve tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  fra hvert felt. Original mengde  $\text{Al}^{3+}$  i prøvene var fra 1.0 til 36.7  $\mu\text{g}$  med et gjennomsnitt på 8.7  $\mu\text{g}$ . Mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  var fra 2 til 10  $\mu\text{g}$ . Gjennomsnittlig forskjell mellom mengde  $\text{Al}^{3+}$  "gjenvunnet" og den beregnede mengden  $\text{Al}^{3+}$  til stede var 1.06  $\mu\text{g}$  med spenn fra  $-1.8$  til  $+3.7$   $\mu\text{g}$  og et standardavvik på 0.9. Vogt (1989) gjorde også gjenvinningsforsøk hvor metoden til Barnes (1975) ble sammenlignet med en analytisk teknikk som innebar målinger med en fluoridelektrode. Den generelle konklusjonen ble at Ali fraksjonen var overestimert med en faktor på mellom 0.1 og 0.2. Det var imidlertid store variasjoner i resultatene (Vogt, 1989).

Undersøkelser gjort av Driscoll (1984) viste at Amberlite IR-120 viste en sterk affinitet overfor aluminium, og kolonnen holdt fullstendig tilbake oppløste uorganiske aluminiumspesier. Organisk bundet aluminium ble ført gjennom kolonnen uten konkurranse med bindingssetene, også ved varierende pH-verdier i kolonnen. Dette forsøket hadde imidlertid noen begrensninger (Driscoll, 1984).

## 4.6 pH titrering:

Hensikten med dette forsøket er å sammenligne protolysekonstantene til forskjellige humusfraksjoner isolert ved Leenheers metode på bekkevann fra Birkenes og Svartberget (se 4.6.2). Det ble også kjørt en prøve gjennom en sterk sur kationebytter. I tillegg har man en ubehandlet fraksjon. En kan da studere eventuelle forskjeller i protolysekonstanter til de svake organiske syrene fra et område lite belastet med sur nedbør (Svartberget) med et område belastet med sur nedbør (Birkenes).

### 4.6.1 Bufferkapasitet

En betegnelse på hvor effektiv en løsning står imot pH endringer ved tilsetning av syre eller base, er bufferkapasitet (Bates, 1964). Van Slyke innførte i 1922 noe han kalte for bufferverdien  $\beta$  for å få et kvantitativt mål på denne effekten, relatert til pH og dissosiasjonskonstanter:

$$\beta = dC_b/dpH \quad (\text{ekv/l})$$

hvor  $dC_b$  er basetilsetningen gitt som økt mengde base i løsningen.  $dpH$  er den endring i pH som forårsakes av basetilsetningen. Bufferkapasiteten kan også uttrykkes utfra endring i mengde syre i løsningen siden syretilsetningen  $dC_s$  er det samme som  $-dC_b$ , (Bates, 1964; Faust & Aly, 1981; Hägg, 1954; Stumm & Morgan, 1981).

En viss bufferkapasitet vil også løsninger med bare sterke syrer og baser ha:

$$\begin{aligned} \beta &= dC_b/dpH \\ &= [(-dc_H^+/-dlogc_H^+) + (-dc_{OH^-}/-dlogc_{OH^-})] \\ &= 2.303 [c_H^+ + c_{OH^-}] \end{aligned}$$

For mer komplekse løsninger, med et antall svake syre-basepar  $c_{si}$ - $c_{bi}$ , blir uttrykket (enverdige svake syre-basepar) for  $\beta$  slik:

$$\beta = 2.303 [c_H^+ + c_{OH^-} + \sum_i (c_{si} * c_{bi}) / (c_{si} + c_{bi})]$$

Uttrykket endres noe for flerverdige syrer (Bates, 1964; Hägg, 1954; Stumm & Morgan, 1981). Ut i fra likningene over ser man at  $\beta$  kontrolleres ved konsentrasjonen av  $H^+$ - og  $OH^-$  -ioner. Dette gjelder for pH mindre enn 3 eller større enn 11. Mellom disse pH-verdiene influeres også  $\beta$  av svake syrer.

Fra bufferlikningen  $pH = pK_a - \log (c_s/c_b)$  har vi at bufferkapasiteten er størst når  $c_s$  er lik  $c_b$  for et korresponderende syre-basepar. Det vil si når pH er lik  $pK_a$ . Bufferområdet for en syre er innenfor pH-intervallet  $pH = pK_a - 1$  til  $pH = pK_a + 1$ . Dette medfører at innenfor pH-intervallet 3 til 11 vil maksimal bufferkapasitet inntre ved de pH-verdier som tilsvarer  $pK_a$  for de ulike svake syrene som løsningen inneholder. Bufferkapasitetsnivået, det vil si høyden på toppen ved pH lik  $pK_a$ -verdiene, bestemmes av konsentrasjonen av de svake syrene. Slike endringer vil kunne komme fram ved å plote  $\beta$  som en funksjon av pH. Mer synlige vil slike endringer i  $\beta$  bli ved å plote  $\log (\beta/2.3)$  mot pH, noe som senere omtales som bufferkapasitetskurver. I slike diagrammer/kurver er likningen nedenfor plottet mot pH:

$$\log \left( \frac{\frac{V_e * 0.01}{10^6 * (0.1 + V_e * 10^{-6})} - \frac{V_{e-1} * 0.01}{10^6 * (0.1 + V_{e-1} * 10^{-6})}}{2.3 * DOC(mgC) * (pH_e - pH_{e-1})} \right)$$

Man kan også lage en annen type kurver som gir en kurve som går motsatt vei (vises som en topp) av den som er nevnt over. Denne kan være lettere å tolke. Likningen under plottes også som en funksjon av pH. Som for den første likningen, er denne også avhengig av kun pH og volum base tilsatt ( $V_e$ ) ved den aktuelle pH-verdien (e er en tilfeldig valgt tilsetning):

$$\log \left( \frac{\frac{V_e * 0.01}{10^6 * (0.1 + V_e * 10^{-6})} - \frac{V_{e-1} * 0.01}{10^6 * (0.1 + V_{e-1} * 10^{-6})}}{2.3 * (pH_e - pH_{e-1})} \right) - (-pH_e *)$$

Uttrykket  $-pH_e^*$  byttes ut med  $-14+pH$  for funksjonsverdier etter  $pH=7.00$ . Ved integrasjon av bufferkapasitet over et  $pH$ -område får man ANC (Acid Neutralizing Capacity). I naturlig vann brukes også betegnelsen alkalinitet (ALK) (Stumm & Morgan, 1981). Endring i alkalinitet er et mål på forsurening. Sammenhengen mellom ALK (måleverdi) og  $\beta$  er som følger:

$$\beta = dALK/dpH$$

Alkalinitet kan defineres utfra en av sidene (se under) til følgende likning (Reuss & Johnson, 1986):

$$\begin{aligned} ALK &= (2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+]) - (2[SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [Cl^-] + [F^-]) \\ &= ([HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] + [RCOO^-] + [Al(OH)_4^-]) - ([H^+] + \Sigma[Al^+]) \end{aligned}$$

hvor  $RCOO^-$  refererer til svake organiske anioner og  $\Sigma Al^+$  betegner summen av alle positivt ladde aluminiumspesier. Disse er  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)^{2+}$  og  $Al(OH)_2^+$ , og en vanlig antakelse er betrakte disse som sure (Henriksen, 1980; Reuss & Johnson, 1985). Reuss et al. (1986) foreslår å bruke den nederste likningen for ANC, da den er relativt konservativ med hensyn på oppløsning og utfelling av aluminiumbærende mineraler. Likningen over følger av en ionebalance:

$$\begin{aligned} \text{Ionebalance: } 2[Ca^{2+}] + 2[Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+] + \Sigma[Al^+] + [H^+] &= [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] \\ + [OH^-] + [RCOO^-] + [Al(OH)_4^-] + 2[SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [Cl^-] + [F^-] \end{aligned}$$

I sure systemer ( $pH < 5$ ) kan  $CO_3^{2-}$  vanligvis trygt sees bort i fra (Reuss & Johnson, 1986). Ionekonsentrasjonen er oppgitt i  $\mu\text{ekv/L}$ . Det øverste uttrykket for alkalinitet (ALK) definerer alkalinitet som mikroekvivalenter per liter positiv ladning mens det nederste definerer alkalinitet som mikroekvivalenter per liter negativ ladning. Hvis vannet inneholder sterke organiske anioner, vil dette medføre at venstre/øvre og høyre/nedre side av likningen over ikke vil være like. Ved å benytte uttrykket til venstre/øverst for likhetstegnet, vil det føre til en overestimert av alkaliniteten dersom vannet inneholder sterke organiske anioner (Hansen, 1991). Med dette menes at  $[RCOO^-]$  skal stå blant anionene dersom den organiske syren er sterk og blant kationene dersom den er svak (i likningen for alkalinitet).

## 4.6.2 Eksperimentelt

Alt bekkevann er filtrert gjennom et  $0.45 \mu\text{m}$  membranfilter v.h.a. vannstrålepumpe før eventuelle fraksjonerings. Det organiske materialet løst i bekkevannet ble fraksjonert, og følgende eksperimentelt bestemte fraksjoner fåes:

- HPI: - prøve surgjort til  $pH=2$  med kons. HCl og pumpet gjennom XAD-8 kolonnemateriale i  $1 \text{ mL/min}$ .
- HPO-A: -de hydrofobe syrene som er adsorbent til XAD-8 kolonnen elueres med  $0.1 \text{ M NaOH}$  og fortynnes  $1:10$ .
- Renset: - prøve surgjort til  $pH=3.3-3.6$  renses for polyvalente uorganiske metall kationer ved bruk av sterk kationbytter, Amberlite IR-120 (egentlig bare ionebyttet).
- Ubehandlet: - i tillegg har man en ubehandlet prøvefraksjon.



Man sitter da igjen med fire fraksjoner fra hvert av feltene. Disse hadde stor forskjell i pH etter behandling og ble pH-justert til ca. 3.6 før titreringsstart. Molværsmyr & Lund (1983) konkluderte med at et pH-område fra 3.6 til 10.3 vil være tilstrekkelig for de fleste ferskvann. Barnard & Bisogni (1985) mente derimot at betydelige feil kunne bli gjort ved å starte en basetitrering ved denne pH (se også kapittel 6.1). Det ble også tilsatt 2 ml 1 M NaCl for å holde en høy, tilnærmet lik ledningsevne. Prøvene ble så titrert med ca. 0.01 M NaOH til en pH på rett over 10. Alle tilsetninger som er gjort til prøveløsningene er satt opp i tabell 4.6.1 under. I denne tabellen er antall mol tilsatt de forskjellige fraksjonene ført opp. Detaljerte endringer i pH står i tabell 4.6.2 (under). Det er brukt Finnpietter ved alle disse pH-justeringene. Luten som var brukt til titreringene ble etter titreringene innstilt mot en kjent mengde KH-ftalat. Det ble gjort tre paralleller, og lutens styrke ble funnet til å være 0.0098 M.

Tabell 4.6.1: "Mengde HCl og NaOH tilsatt til prøvene". A: HCl, B: NaOH

Mol HCl og NaOH tilsatt til 100 ml prøveløsning.				
	Før XAD-8	Før Amberlite IR-120	Etter XAD-8	Før titrering
<b>Birkenes:</b>				
<i>Ubehandlet</i>				2E-5 A
<i>HPO-A</i>	1.28E-3 A		1E-3 A	1.43E-3 A
<i>HPI</i>	1.28E-3 A			1.2E-3 B
<i>Renset</i>		1.93E-4 A		5E-5 B
<b>Svartberget:</b>				
<i>Ubehandlet</i>				3E-5 A
<i>HPO-A</i>	1.16E-3 A		1E-3 A	1.26E-3 A
<i>HPI</i>	1.16E-3 A			1.03E-3 B
<i>Renset</i>		7.73E-5 A		2E-6 A

Titrerløsningen i titrercellen ble gjennomboblet med N<sub>2</sub>-gass i ca. 15 minutter før titreringsstart. Bobling av N<sub>2</sub>-gass foregikk litt forskjellig for fraksjonene:

Birkenes Original: Kun N<sub>2</sub> over løsningen

Birkenes HPO-A: Kun N<sub>2</sub> over løsningen

Birkenes HPI: Kun N<sub>2</sub> over løsningen

Birkenes Renset: Kun N<sub>2</sub> over løsningen

Svartberget Original: Boblet N<sub>2</sub> i løsningen

Svartberget HPO-A: Boblet N<sub>2</sub> i løsningen

Svartberget HPI: Boblet N<sub>2</sub> i løsningen

Svartberget Renset: Boblet N<sub>2</sub> i løsningen

Alle titreringer ble utført i N<sub>2</sub>-gass atmosfære og ved 25 °C v.h.a. varmebad. Se fig. 4.6.2.

Tilførsel av N<sub>2</sub>-gass blir gjort for å holde eventuell karbondioksid borte fra løsningen som skal titreres (Masini, 1993; Seymour et al., 1977). De eksperimentelle betingelsene skulle optimalt sett vært like for begge feltene. Dette ble ikke gjennomført, men forskjellen skulle ikke medføre store følger.

Tabell 4.6.2: ”Syre/base tilsatt til prøver; pH før og etter behandlingene”.

Tilsetning av HCl og NaOH til de forskjellige fraksjonene.			
	Justert fra	Justert til	Justert med og for hvilken behandling
Birkenes Ubehandlet	4.79	2.02	3.3 ml kons. HCl til 3 l (Før XAD-8)
Svartberget Ubehandlet	4.76	2.00	3.0 ml kons. HCl til 3 l (Før XAD-8)
Birkenes Ubehandlet	4.59	2.81	0.5 ml kons. HCl til 3 l (Før Ionbytte)
Svartberget Ubehandlet	4.84	3.26	0.2 ml kons. HCl til 3 l (Før Ionbytte)
Birkenes:	Justeringer før titrering (i 100 ml prøveløsning)		
<i>Ubehandlet</i>	4.93	3.72	10 µl 2M HCl
<i>HPO-A</i>	11.96	3.66	120 µl kons. + 20 µl 1M + 200 µl 0.1M HCl
<i>HPI</i>	1.96	3.61	1200 µl 1M NaOH
<i>Renset</i>	3.22	3.87	50 µl 1M NaOH
Svartberget :	Justeringer før titrering (i 100 ml prøveløsning)		
<i>Ubehandlet</i>	4.88	3.61	30 µl 1M HCl
<i>HPO-A</i>	11.89	3.66	100 µl kons. + 100 µl 1M HCl
<i>HPI</i>	1.97	3.68	1030 µl 1M NaOH
<i>Renset</i>	3.71	3.67	20 µl 0.1M HCl

Grunnen til at verdiene til samme fraksjoner har ulik pH, er at de er målt ved forskjellig tidspunkt. Det er ganske store variasjoner og grunnen til dette er usikker.

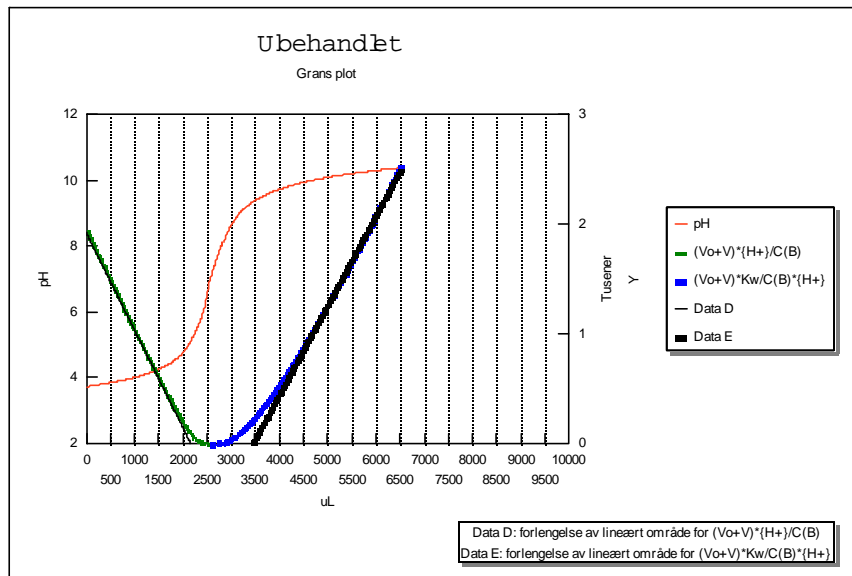
Andre parametre som har betydning for pH-titreringene står oppført i tabell 4.6.3.

Tabell 4.6.3: ”Aluminium-/jern- og karboninnhold i Birkenes og Svartbergets fraksjoner før tilsetning”.

	Mengde karbon i mg/l		Ala (M)	Alo (M)	Ali (M)	Fe (mg/l)
	TOC	UV-Abs.				
Birkenes						
<i>Ubehandlet</i>	4.82	5.74	2.2E-5	1.9E-5	2.9E-6	0
<i>HPO-A</i>	5.04	4.40	2.1E-5	1.8E-5	2.5E-6	
<i>HPI</i>	4.67	3.89	2.3E-5	1.9E-5	3.7E-6	
<i>Renset</i>	4.89	5.54	2.1E-5	1.8E-5	2.2E-6	0
Svartberget						
<i>Ubehandlet</i>	24.17	30.40	2E-5	1.9E-5	5.6E-7	1.14
<i>HPO-A</i>	15.03	24.17	1.9E-5	1.9E-5	7.4E-7	
<i>HPI</i>	4.97	5.83	2.1E-5	1.8E-5	3.1E-6	
<i>Renset</i>	20.20	30.40	2E-5	1.9E-5	6.7E-7	1.01

### 4.6.3 Grans plot

Mengden svake syrer finnes ved å behandle data fra titreringsforsøket i et diagram. X-aksen er volum tilsatt base. For oversiktens skyld er det to Y-akser. pH-aksen på vestre side gjelder for titerkurven:



Figur 4.6.1: "Grans plott for Birkenes Ubehandlet".

I diagrammet plottes følgende funksjoner mot volum tilsatt base:

$$Y_1 = (V_0 + V) * [H^+] / C_B \quad \text{for pH fra start til 7.0}$$

$$Y_2 = (V_0 + V) * K_w / (C_B * [H^+]) \quad \text{for pH fra 7.0 til slutt}$$

der  $V_0$  er prøvevolum ved start,  $V$  er volum tilsatt base,  $[H^+]$  er konsentrasjonen av hydrogenioner,  $K_w$  er vannets ioneprodukt og  $C_B$  er konsentrasjonen til titranden.

$Y_1$  går mot 0 når pH stiger mot 7 og  $Y_2$  går mot uendelig når pH stiger fra 7 (høyre y-akse på figur 4.6.1). Titrering av bare sterke syrer ville ha resultert i at funksjonene  $Y_1$  og  $Y_2$  falt sammen ved pH lik 7.0. Hvis prøven også inneholder svake syrer, vil  $Y_1$  og  $Y_2$  bøye av i ekvivalensområdet (Hansen, 1991). Grunnen til dette er at de svake syrene vil dissosiere mer og mer ettersom pH i løsningen øker. For å finne mengden sterke og svake syrer i prøven, må man forlenge grafenes lineære områder slik at de skjærer x-aksen. Dette ble gjort ved visuelt å bestemme de lineære områdene til  $Y_1$  og  $Y_2$ , for deretter å bruke regresjonsdata for dette området til å ekstrapolere slik at linjene skjærer x-aksen. Ved blant annet å se på regresjonskoeffisienten,  $R^2$ , er det mulig å sjekke om det lineære området man har valgt er best mulig.

Mengden sterke syrer kan finnes ved å trekke mengde tilsatt syre før titrering fra mengde base brukt til ekvivalenspunktet:

$$[SA] = [V(Y_1=0) * C_B - \text{mengde syre tilsatt}] / V_0 \quad (\text{ekv/L})$$

Mengden svake syrer bestemmes ved differansen mellom skjæringspunktene til  $Y_1$  og  $Y_2$ :

$$[WA] = [(V(Y_2=0) - V(Y_1=0) * C_B) / V_0] \quad (\text{ekv/L})$$

Med  $Y_1=0$  og  $Y_2=0$  menes skjæringspunktet til disse funksjonenes forlengelse med x-aksen. For å være sikker på at alle svake syrer er udissoiserte ved titreringens begynnelse, tilsettes det en sterk syre for å justere pH i prøven til ca 3.6 før titreringsstart (se kapittel 6.1).



Figur 4.6.2: "Apparatur for pH-titrering".

Apparatur brukt til pH-titreringer:

- Stempelbyrette Metrohm 715 Dosimat
- pH-meter Orion EA 920
- pH-elektrode Orion ROSS Combination electrode 81-02
- Magnetrører IKA MINI-MR
- Varmebad fra HETO (25°C)
- Titrercelle laget ved Glassblåseriet ved UiO

Kjemikalier brukt til pH-titreringer:

- NaCl, teknisk, fra KeboLab til justering av ledningsevne.
- NaOH pellets, p.a. fra FLUKA
- Ionebyttet vann fra Millipore Milli-Q PLUS 185
- Reference inner filling solution 810007 fra Orion

- Buffer  $4.00 \pm 0.01$  fra MERCK
- Buffer  $7.00 \pm 0.01$  fra MERCK
- N<sub>2</sub>-gass fra AGA
- Ascarite fra Arthur H. Thomas Company
- KH-ftalat fra FLUKA

## **4.7 Tilsetning av aluminium til prøver:**

Hensikten med dette forsøket var å sammenligne hvor godt forskjellige humusfraksjoner isolert ved Leenheers metode kompleksere aluminium og hvor raskt de mettes relativt til mengden organisk karbon. Det ble brukt bekkevann fra Birkenes i Sør-Norge (sur nedbør belastet) og fra Svartberget i Nord-Sverige (lite sur nedbør belastet). Svartberget har høy mengde DOM og borealt klima, mens Birkenes har en noe lavere mengde DOM og et nemoralt klima (se også kapittel 3). Man kan da studere hvor mye Al som må tilsettes til DOC fra et ikke sur nedbør belastet område før vi får samme mengde uorganisk aluminium som i et sur nedbør belastet område ved samme pH.

### **4.7.1 Forbehandling og oppbevaring av prøver**

De to bekkevannsprøvene (Birkenes og Svartberget) ble fraksjonert på lik måte ved forskjellige metoder. 10 liter av hver ble først filtrert gjennom et 0.45 µm membranfilter. Det ble så delt opp i tre 3 liters batcher. En av disse ble beholdt som en ubehandlet prøve. Nummer to ble pumpet gjennom en sterk kationebytter, Dowex 50W-X8 (H<sup>+</sup>-form), og den tredje ble pumpet gjennom 33 ml Amberlite XAD-8. Kationebytteren skulle vært Amberlite IR-120, det er denne som er brukt i metoden til Driscoll (Driscoll, 1984), men ved en feiltakelse ble Dowex brukt i stedet. Den hydrofobe delen sitter igjen på XAD-8 kolonnen og de hydrofobe syrene ble eluert ut med 300 ml 0.1 M NaOH og fortynnet til 3 liter med ionebyttet, karbonfritt vann. Man sitter da igjen med to ganger fire fraksjoner. For både bekkevann fra Birkenes og Svartberget har man følgende: 3 liter ubehandlet prøve, 3 liter som er rensert for polyvalente uorganiske kationer, 3 liter med hydrofile (syrer, baser og nøytrale) og 3 liter med hydrofobe syrer. Fra hver av disse fraksjonene ble det pipettert ut 7 ganger 150 ml i brune glassflasker (som på forhånd var brent ved 500°C i ovn). Deretter ble det tilsatt 0, 0.45, 1.5, 3, 4.5, 7.5 og 15 ml 0.5 mM AlCl<sub>3</sub>-løsning.

Til sammen har man nå 56 prøver, hver med ulikt innhold av aluminium. Disse ble justert slik at de hadde samme pH som seriens ubehandlede prøve og samme konduktivitet som den prøven i serien med høyest konduktivitet. Med en serie menes de fire prøvene (ubehandlet, hydrofobe, hydrofile og rensert) som er tilsatt samme mengde aluminium. For verdier; se appendiks H. Så ble prøvene satt på vannbad ved 25°C i 8 uker før analyse. Etter 8 uker ble prøvene målt for pH og ledningsevne og justert hvis endringer fra forrige justering hadde skjedd. Prøvene ble så satt ytterligere 3 uker på vannbad ved 25°C. Ledningsevne og pH ble målt enda en gang, og to prøver ble justert.

### **4.7.2 Analyse**

Det ble til slutt analysert som beskrevet i 4.5. Det var kun prøvevolum nok til å måle Ala og Alo. Prøvene med 0, 1.5, 5 og 10 µM (tall ikke korrigert for volumendringer) ble

analysert samme dag og prøvene med 15, 25 og 50  $\mu\text{M}$  (tall ikke korrigert for volumendringer) ble analysert dagen etter. Absorbansen til alle fraksjonene ble målt senere på dagen etter at fraksjoneringen ved dag to var ferdig.

Resultater blir presentert og diskutert i kapittel 5.2 og kapittel 6.2.

### 4.7.3 Konkurrerende adsorpsjon

Mykkelbost undersøkte i 1995 om DOC materiale adsorberes til kolonnematerialet Amberlite IR-120. UV absorbans ved 254 nm ble målt før og etter fraksjonering. Gjennomsnittlig ble 8% av DOC materialet adsorbent til kolonnen. De forskjellige fraksjonene viste imidlertid litt forskjellig adsorpsjon. Gjennomsnittlig 3% av DOC materialet ble adsorbent for den hydrofile fraksjonen, mens for den hydrofobe fraksjonen ble gjennomsnittlig 11% adsorbent. Forskjellen mellom fraksjonene var likevel ikke signifikant når hun tok standardavviket i betraktning.

Det viste seg at mengde adsorbent DOC til kolonnen hadde en tilnærmet lineær sammenheng med mengden tilsatt aluminium. Jo høyere konsentrasjon tilsatt aluminium, jo mer DOC ble adsorbent på kolonnen. Siden kolonnematerialet er en kationbytter, vil positive overflater på DOC materialet kunne adsorberes. Det kan derfor tenkes at dess mer aluminium som tilsettes jo større positive overflater og lettere adsorpsjon.

I dette forsøket ble det ikke brukt Amberlite IR-120, men Dowex 50W-X8 (på  $\text{H}^+$ -form). Det er ikke gjort noen undersøkelser på om Dowex gir de samme resultater som Mykkelbost fant, men kolonnematerialene er av samme type og kan tenkes å virke likt med tanke på adsorpsjon av DOC materiale.

### 4.7.4 Spesieringsprogrammer

For å regne ut teoretiske verdier, av for eksempel ioneladning og kompleksert aluminium, ble forskjellige modeller tatt i bruk. De teoretiske verdiene ble så sammenlignet med de målte. Taugbøls modell er nevnt over (se kapittel 2.10.3). I tillegg er ALCHEMI og Olivers metode brukt.

ALCHEMI er en enkel likevektsmodell som kan brukes til å vurdere spesieringen og kjemien til aluminium i sure vann (Schecher & Driscoll, 1987). Det finnes i spesieringsprogrammet en del parametre som kan justeres på. Viktigst, i dette tilfellet, er vel at man kan velge en diprotisk eller triprotisk organisk syremodell eller se bort fra organiske anioner. Forskjellen er de organiske spesiene man får ved diprotisk eller triprotisk organisk anion syremodell. Den numeriske betraktningmåten som er brukt likner den som brukes i den mer omfattende likevektsmodellen MINEQL+. ALCHEMI har imidlertid et begrenset anvendelsesområde og var utviklet for beregninger i et spesifikt fysisk-kjemisk system; surt vann med lav ionestyrke. I pH-området 3.5 til 8 var maksimal avvik mellom ALCHEMI og MINEQL+ for alle aluminiumspesier 4%. Svake variasjoner mellom modellenes utdata kan bl.a. skyldes at ALCHEMI ikke tar hensyn til Fe og Mn i ionestyrke beregninger og komplekseringer som reduserer anioner tilgjengelig for aluminium (Schecher & Driscoll, 1987). Schecher & Driscoll (1988) fant at for beregninger med faste pH-verdier, var usikkerheten i modellens utdata liten.

MINEQL+ er et kjemisk likevekt modelleringsystem (Schecher & McAvoy, 1998). I denne oppgaven var komplekseringskonstantene for  $\text{Al}^{3+}$  med organisk materiale i ALCHEMI og MINEQL+ like. Den siste modellen som ble brukt, modellen til Oliver et al. (1983), er en av de mest brukte metodene for å beregne organisk surhet (Kortelainen, 1993). Modellen

trenger bare DOC og pH målinger fra en naturlig vannprøve og gir et estimat for organisk anion. Fra Oliver et al. (1983) har vi at innholdet av karboksylsyrer i vandige humusforbindelser er nært 10  $\mu\text{ekv}/\text{mgC}$  ( $\pm 10\%$ ). Følgende likninger kan brukes til å regne ut konsentrasjonen av organiske anioner:

$$\text{pK} = 0.96 + 0.90 \cdot \text{pH} - 0.039 \cdot (\text{pH})^2$$

$$[\text{A}] = (\text{K} \cdot [\text{C}_T]) / (\text{K} + [\text{H}^+]) \quad \text{og} \quad \text{C}_T = [\text{DOC}] (\text{mg/L}) \cdot 10 \mu\text{ekv}/\text{mg}$$

Setter vi sammen disse likningene, får vi et uttrykk for utregning av [A] som bare inneholder kjente størrelser. Utregningen av  $\text{C}_T$  stammer fra at vi ønsker å regne ut konsentrasjonen av organiske anioner, og som beskrevet over vet man innholdet av syrer i humusforbindelser.

Tallkonstantene over vil antakelig variere fra sted til sted. Wilkinson et al. (1992) argumenterer for at konstantene/koeffisientene som er oppgitt av Oliver et al. (1983) kun er brukbare innen det området hvor kalibreringen fant sted. De mener også at koeffisientene også kun kan brukes i fravær av metall-DOM komplekser siden isoleringen av organiske syrer, i utviklingen av modellen, var å fjerne komplekserte metaller.

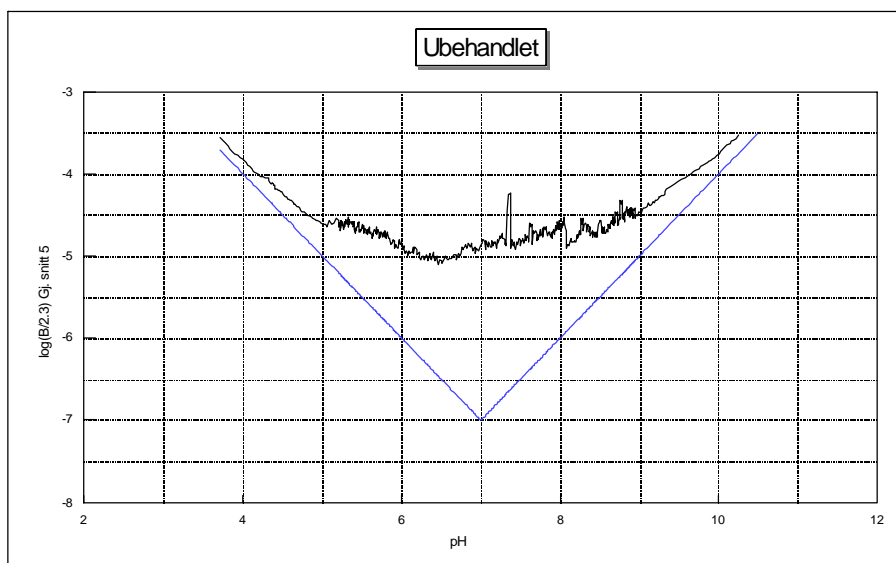
# KAPITTEL 5 Observasjoner og resultater

## 5.1 pH titrering

### 5.1.1 Bufferkapasitet

Som nevnt i 4.6.1, vil maksimalt bidrag fra et syre-basepar inntre ved en pH-verdi tilsvarende  $pK_a$ -verdien til en svak syre. Siden svake syrer kan virke som buffere, er det naturlig å forvente at bufferkapasiteten vil variere med konsentrasjonen av svake syrer.

I dette forsøket er det tilsatt så lite som 2  $\mu$ l av gangen i det området omkring ekvivalenspunktet hvor pH stiger mye. Dette gjør at en titrering består av mange punkter. For å få bort støy, brukes bufferdiagrammene med glidende gjennomsnitt. Med dette menes at man tar gjennomsnittet av, for eksempel, fem og fem punkter. De første fem punkter danner utgangspunktet for det første tall som skal plottes. Tall nummer to som plottes er gjennomsnittet av punkt 2 til punkt 6 og så videre. Denne fremgangsmåten reduserer støy, og bufferkapasitetskurven blir enklere å tolke. Nedenfor vises bufferkapasitetskurven for Birkenes ubehandlede prøve.



Figur 5.1.1: "Bufferkapasitetskurve for BIE02 Ubehandlet". Verdier er per mg C.

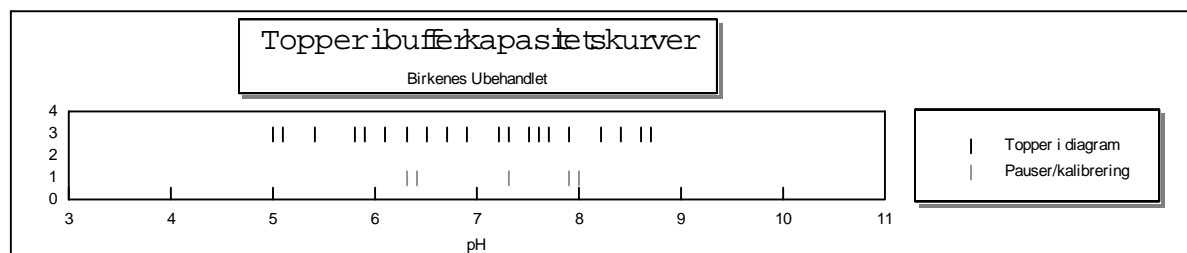
Slike kurver er laget for alle fraksjoner for de to feltene (se appendiks A). Ved tolkning av kurver må man ta hensyn til alle hendelser under titreringsforløpet. pH i titrercellen har en tendens til å drifte. Endringer i pH vil føre til markerte endringer i bufferkapasitetskurvene. Kalibrering av elektroder og andre tidkrevende pauser gjør at pH endres betraktelig, og en gjennomgang av alle kurver med tanke på slike endringer er derfor nødvendig. Ved volumtilsetninger av titrand på 2  $\mu$ l, hadde hver tredje tilsetning lett for å være høyere enn de to foregående. Dette var spesielt tilfelle når pH-endringene ikke var større enn omkring 0.005 til 0.01 enheter per volumtilsetning. Grunnen til dette er uklar, men kan ha sammenheng med det forholdsvis lille volumet som tilsettes. Resultatet av dette oppfattes i



kurver som støy. For å unngå brudd i kurvene, ble verdier justert litt slik at pH øker hele tiden. Ved for eksempel kalibrering av elektroden, kan den avleste pH ha sunket som en følge av kalibreringen. Endring i  $H^+$ -konsentrasjonen er da negativ. Ved å ta logaritmen til negative tall får man ingen verdi; altså brudd i kurven. Endringer i pH som en følge av for eksempel kalibrering, blir korrigert for ved å trekke fra eller legge til differansen mellom tallene slik at pH øker jevnt (se eksempler nedenfor). Uten denne korrigeringen, ville kurvene ha fått unaturlige hopp underveis. Forsøket ble gjennomført delvis som en test for hvordan slike titreringer best mulig kan gjennomføres. Skal slike metoder brukes på nytt, bør det vurderes hvor mange punkter som er nødvendig og om utstyret som er brukt er godt nok.

For beskrivelsene av bufferdiagrammene under finnes det detaljerte gjennomganger av titreringsforløpene i tabeller i appendiks T. Figurer er også laget for å sjekke om enkelte topper kan forklares av for eksempel kalibrering av elektroden (se også betraktninger i teksten under). Figurene kommer fortløpende i teksten og har med alt som kan betegnes som topper. Y-aksene i figurene har ingen betydning.

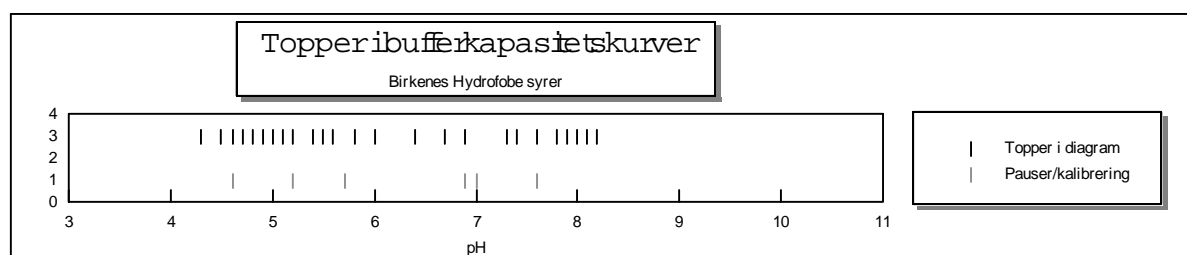
### PRØVER FRA BIRKENES. UBEHANDLET:



Ved  $pH \approx 7.4$  er det en stor topp i kurven. Som beskrevet ovenfor, sank pH som en følge av en pause i titreringen. For å unngå brudd i kurven, ble pH-verdier etter dette justert. Tre pH-verdier på rad har da fått en tilnærmet lik pH, noe som resulterer i en mindre pH-endring enn ellers. Av denne grunn får kurven syv punkter (glidende gjennomsnitt) som er høyere enn de andre. Ved  $pH \approx 8.1$  synker kurven raskt. Dette skyldes pH-kalibreringen som ble gjort. I dette området var endring i pH større enn ellers, noe som fører til at bufferkapasiteten avtar.

Ut ifra diagrammet kan man skjelle flere topper. To av disse er beskrevet/forklart over. En topp befinner seg ved en  $pH \approx 8.3$ . En annen synlig topp befinner seg ved  $pH \approx 6.8$ . Man kan så vidt anta en topp ved  $pH \approx 5.2$ , men dette er akkurat i det 2  $\mu$ l tilsetninger begynner. Dette kan derfor ha en betydning for hvordan kurven ser ut. Ved  $pH \approx 7.6$  kan man også skjelle en topp, i likhet med  $pH \approx 8.5$ ,  $pH \approx 8.7$  og  $pH \approx 8.8$ .

### HYDROFOBE SYRER (FIGUR A1.2 I APPENDIKS):

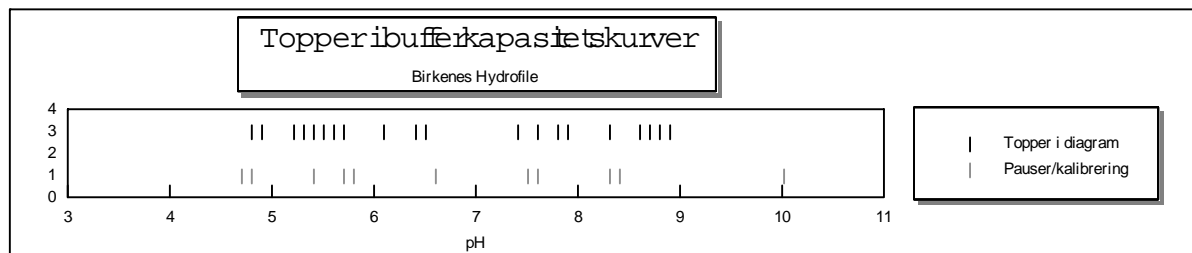


Topp i kurven ved  $\text{pH} \approx 4.7$ ; denne skyldes at magnetrøreren stoppet. Justeringer av pH-verdiene i dette området fører til liten endring av pH. Dette resulterer i økning av bufferkapasiteten.

For denne fraksjonen finnes mange små topper. Toppen ved  $\text{pH} \approx 4.7$  er allerede beskrevet. Ved  $\text{pH} = 4.53$  begynte 2  $\mu\text{l}$  tilsetninger og uregelmessigheter her bør sees bort ifra. Det finnes imidlertid en ganske klar topp ved  $\text{pH} \approx 4.4$ . Topper finnes også ved disse pH-verdier:  $\text{pH} \approx 5.2$ ,  $\text{pH} \approx 6.1-6.2$ ,  $\text{pH} \approx 6.8$ ,  $\text{pH} \approx 7.3$ ,  $\text{pH} \approx 7.5$ ,  $\text{pH} \approx 7.8$ ,  $\text{pH} \approx 7.9$  og  $\text{pH} \approx 8.1$ . Ved  $\text{pH} = 8.23$  slutter 2  $\mu\text{l}$  tilsetningene, og uregelmessigheter her bør også sees bort ifra.

Ved tilsvarende antall 2  $\mu\text{l}$  tilsetninger økte pH mindre i forhold til ved 10  $\mu\text{l}$  tilsetninger. pH sank hvis man ventet for lenge før neste tilsetning.

#### HYDROFILE (FIGUR A1.3 I APPENDIKS):

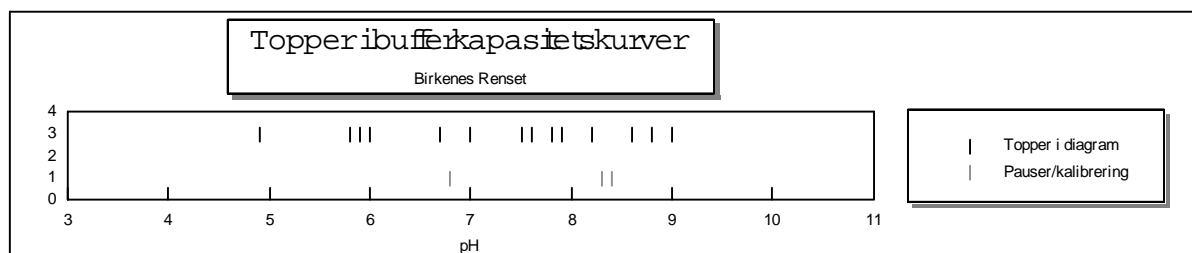


Toppen ved  $\text{pH} \approx 4.9$  skyldes pause og recalibrering av elektroden. Justering av verdier gjør at en liten endring i pH-verdien for et punkt får fem av verdiene i kurven til å bli høye (glidende gjennomsnitt). Etter toppen ved  $\text{pH} \approx 5.4$ , synker kurven brått. Denne senkningen kommer av en pause og medfølgende høy endring i pH. Ved  $\text{pH} \approx 5.9$  synker kurven igjen brått. Denne gang er det en recalibrering som resulterer i høy endring av pH. Toppen ved  $\text{pH} \approx 7.7$  kan skyldes recalibreringen som ble foretatt her, men resultatene viser ingen klare antydninger.

Det finnes synlige topper ved følgende pH-verdier:  $\text{pH} \approx 5.4$ ,  $\text{pH} \approx 6.2$ ,  $\text{pH} \approx 6.5$ ,  $\text{pH} \approx 7.5$ ,  $\text{pH} \approx 7.7$  og  $\text{pH} \approx 7.9$ .

Fra  $\text{pH} \approx 4.4$  til  $\text{pH} \approx 4.6$  hadde pH-verdiene en tendens til å synke (mer enn vanlig) ved å vente en stund før neste tilsetning. Fra  $\text{pH} \approx 4.6$  til  $\text{pH} \approx 4.8$  hadde pH-verdiene en tendens til å stige (mer enn vanlig) hvis man også her ventet en stund før neste tilsetning.

#### RENSSET (FIGUR A1.4 I APPENDIKS):



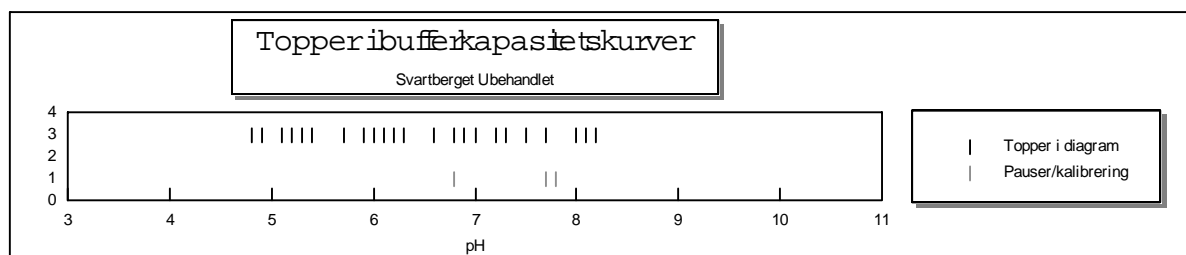
Ved  $\text{pH} = 5.1$  begynner 2  $\mu\text{l}$  tilsetninger og ved  $\text{pH} = 4.85$  begynner 10  $\mu\text{l}$  tilsetninger. Disse to overgangene forklarer sannsynligvis toppen ved  $\text{pH} \approx 5.0$ . Man kan også skjelne en svak, ganske bred topp ved  $\text{pH} \approx 7.0$ .

Det finnes også en topp ved  $\text{pH} \approx 8.3$ ,  $\text{pH} \approx 8.7$  og  $\text{pH} \approx 9.1$ .

Ved tilsvarende antall 2  $\mu\text{l}$  tilsetninger økte pH mindre enn ved 10  $\mu\text{l}$  tilsetninger. pH synker hvis man ventet for lenge før neste tilsetning.

## PRØVER FRA SVARTBERGET.

### UBEHANDLET (FIGUR A2.1 I APPENDIKS):



Toppen ved  $\text{pH} \approx 7.8$  kommer av at det er en  $50 \mu\text{l}$  tilsetning innimellom  $10 \mu\text{l}$  tilsetninger. Dette resulterer i fem høye verdier for bufferkapasitet. Den raske stigningen fra  $\text{pH} \approx 7.9$  til  $\text{pH} \approx 8.1$  skyldes en pause på 1 minutt i tillegg til at det ble tilsatt  $50 \mu\text{l}$  i et steg istedenfor  $10 \mu\text{l}$ .

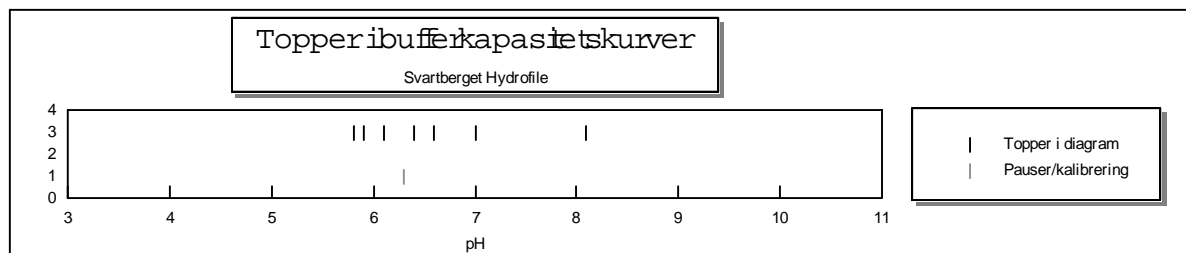
Omkring  $\text{pH} = 7.0$  hadde pH en tendens til å synke litt hvis tiden mellom hver tilsetning ble for lang. Rundt  $\text{pH} = 7.5$  sank pH enda raskere, og etter/over  $\text{pH} = 8.0$  var det vanskelig å bestemme hvor likevekt var (stabil pH-meter).

### HYDROFOBE SYRER (FIGUR A2.2 I APPENDIKS):



For denne fraksjonen kan man tydelig se støyen som fremkommer ved å ha små tilsetninger av base ( $2 \mu\text{l}$ ). Fra  $\text{pH} \approx 6.2$  til  $\text{pH} \approx 7.3$  er det brukt  $2 \mu\text{l}$  tilsetninger, mens det for de øvrige områdene er brukt  $10 \mu\text{l}$ . Toppen ved  $\text{pH} \approx 6.4$  skyldes en mindre endring i pH enn ellers i området. Som før resulterer dette i en forhøyet bufferkapasitet for de fem punktene rundt denne pH. Stigningen ved  $\text{pH} \approx 6.1$  skyldes overgangen til  $2 \mu\text{l}$  tilsetninger. Senkningen av kurven mellom  $\text{pH} \approx 7.2$  og  $\text{pH} \approx 7.3$  skyldes overgangen til  $10 \mu\text{l}$  tilsetninger. Bufferkapasiteten er direkte avhengig av den endringen i pH og i konsentrasjonen av  $\text{OH}^-$  som følger av tilsetning av titranden, i dette tilfellet NaOH. Når man da endrer tilsetningen av lut fra 2 til  $10 \mu\text{l}$  eller omvendt, vil bufferkapasiteten da få en merkbar avtagning/økning.

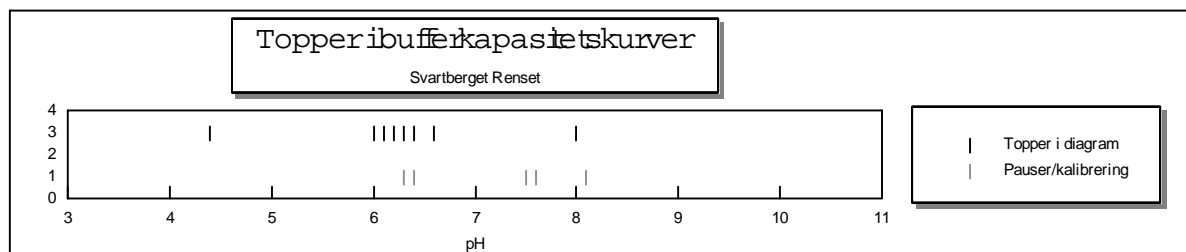
### HYDROFILE (FIGUR A2.3 I APPENDIKS):



Også ved denne fraksjonen er det kun brukt 2 µl tilsetninger fra pH≈6.1 til pH≈6.8. Her er det imidlertid noen ganske kraftige utslag på kurven. Ved pH≈5.9 stiger kurven kraftig. Dette skyldes sannsynligvis at volum tilsatt base går fra 10 µl til 2 µl. Man får da en markant mindre endring i pH og et hopp i bufferkapasiteten. Fallet i kurven ved pH≈7.1 skyldes fire tilsetninger på 2 µl innimellom tilsetninger på 10 µl. Stigningen fra pH≈6.8 til pH≈7.1 skyldes det motsatte; nemlig at man går over fra å tilsette 2 µl til å tilsette 10 µl. Toppen ved pH≈8.1 til pH≈8.3 skyldes at endring i pH med ett blir stor da man går fra 10 µl tilsetninger til 50 µl tilsetninger. Det at toppen/bufferkapasiteten blir mindre igjen, er sannsynligvis et resultat av at det ved en tilsetning var en særdeles liten endring av pH. Toppen ved pH≈6.7 skyldes en tilsetning på 10 µl. Det er regnet ut verdier på 2 µl for å kompensere for dette. Denne utregningen resulterer i et par punkter med lave pH-endringer med større endringer i bufferkapasitet på begge sider.

Etter pH≈7.0 sank pH litt mellom hver tilsetning hvis man ventet en stund mellom hver tilsetning. Ved samme volum tilsatt, vil mange små volumtilsetninger gi lavere økning i pH enn få store volumtilsetninger.

RENSET (FIGUR A2.4 I APPENDIKS):



Den lille toppen ved pH≈4.5 skyldes fem tilsetninger på 2 µl mellom tilsetninger på 10 µl. Fra pH≈6.2 til pH≈6.5 er det tilsetninger på 2 µl. Rundt pH≈6.7 er det også 10 tilsetninger på 2 µl. Støyen eller klyngen med topper ved pH fra 6.2 til 6.5 skyldes små tilsetninger av base. Toppen ved pH≈6.7 skyldes også overgangen mellom små og store tilsatte volumer av base. Resultatet igjen av slike overganger er at endringen i pH blir liten. Som før resulterer dette igjen i et hopp i bufferkapasiteten. Den lille toppen ved pH≈8.2 skyldes antakelig pausen ved dette tidspunktet. Justeringen som ble gjort for å holde pH stigende førte til at det ved et punkt ble mindre endring av pH enn "normalt" i området. På grunn av det glidende gjennomsnittet, blir fem punkter på kurven for bufferkapasiteten påvirket. I dette tilfellet som en liten topp.

Grunnen til at prøvene for Svartberget har en så liten andel av 2 µl tilsetninger i forhold til 10 µl, er at det under titreringen ble vurdert å bruke mindre tilsetninger når endring i pH var større enn ca. 0.02-0.03. Vurderingen hadde som grunnlag i at pH endret seg periodisk ved små tilsetninger. Det vil si at når pH endret seg med bare ca. 0.002 pH-enheter ved små tilsetninger, var omtrent hver tredje eller fjerde tilsetning høyere enn de andre. Det var også vanskelig å avgjøre når pH-meteret var stabilt (eller om det hadde endret verdi i det

hele tatt). Viktigheten av å titrere noenlunde homogent under hele titreringen var heller ikke klart.

For Svartbergets ubehandlede prøve og rensed prøve, ligger bufferkapasiteten under bufferkapasiteten til rent vann. Det samme gjelder for Svartbergets hydrofobe syrer ved pH under 4.8. Bufferkapasiteten til Svartbergets ubehandlede prøve blir høyere enn linjen for rent vann ved pH=5.16, for den rensede prøven er den tilsvarende verdien pH=5.09. Ser men på den andre siden av diagrammet, krysser Svartbergets ubehandlede og rensede prøve linjen for rent vann igjen. pH-verdiene når dette skjer er for den ubehandlede prøven 9.21 og for den rensede prøven 9.04. Ingen av prøvene/fraksjonene fra Birkenes har dette fenomenet.

Bufferkapasiteten som er beskrevet i teksten over er dividert med mg karbon for den enkelte fraksjon. For Svartbergets fraksjoner; Ubehandlet, Hydrofobe syrer (HPO-A) og Renset er denne faktoren en del høyere enn resten. Dette gir seg utslag i at bufferkapasiteten er lavere enn den for rent vann (som rett og slett er konsentrasjonen av  $H^+$ ). Dette kan tyde på at det virkelige karboninnholdet er lavere enn de verdiene man har benyttet som er eksperimentelt funnet. Svartbergets Hydrofile (HPI) fraksjon divideres med en faktor som er lavere enn dette. Den Hydrofile fraksjonen har heller ikke det fenomen at kurven for bufferkapasiteten ligger under kurven for rent vann. Dette gjelder også for samtlige fraksjoner av Birkenes' bekkevann.

### **SAMMENLIGNING AV BIRKENES OG SVARTBERGET:**

Svartberget har generelt lavere bufferkapasitetsnivå enn Birkenes. Men som nevnt i avsnittet over kan dette være på grunn av at karboninnholdet som er brukt for Svartbergets fraksjoner i denne oppgaven er høyere enn det som virkelig er til stede. Prøvene/fraksjonene til Birkenes har alle lavest bufferkapasitet ved pH≈6.5. Denne bunnen på kurven er ganske klar for alle fraksjoner. Birkenes rensede fraksjon har denne bunnen ved pH≈6.3 og i tillegg en annen bunn i kurven ved pH≈7.3. Denne siste har imidlertid litt høyere bufferkapasitet enn den første. Svartbergets prøver ser også ut til å ha noenlunde det samme mønsteret. Den ubehandlede prøven har minst bufferkapasitet ved pH≈6.3, fraksjonen med hydrofobe syrer ved pH≈6.5. Fraksjonene med hydrofile og rensed prøve er derimot ikke lett å bestemme, men man kan ane en omtrentlig bunn ved pH≈6.5. Svartbergets hydrofile prøve har også det høyeste bufferkapasitetsnivået av samtlige prøver, samtidig som det er den eneste fraksjonen hos Svartberget hvor hele kurven ligger over linjene som angir titrering av rent vann.

Det finnes flere topper for Birkenes prøvene enn for Svartberget. Det er mulig dette skyldes bruk av 2 µl tilsetninger over et større område, og at disse tilsetninger muligens fremkaller det som sees som "topper" i figurene.

## **5.1.2 Andre undersøkelser**

Det er gjort en rekke andre undersøkelser som innebærer en titrering av humus og/eller fulvussyrer i vann (Aleixo et al., 1992; Bergelin et al., 2000; Masini, 1993; Masini, 1994; Masini et al., 1998; Paxéus & Wedborg, 1985). De fleste av disse bruker fulvus/humussyrer som er kommersielt produsert.

Paxéus & Wedborg (1985) titrerte fulvussyre konsentrert fra elven Göta. Det ble funnet at de tre sureste gruppene var karboksyliske. De brukte en ikke-lineær regresjonsmetode, basert på konsentrasjonen av karboksyl og fenol grupper bestemt ved IR og  $^{13}C$ -NMR spektre, til å vise at fulvussyre kan titreres som en blanding av seks enprotiske syrer. De fant at stabilitetskonstantene generelt øker med økende temperatur og minker med økende ionestyrke.

I en oppgave av Masini et al. (1998) er det brukt to metoder for utregning. I begge tilfeller ble "the discrete site model" tatt i bruk. Med det menes at humussyrene blir betraktet som en blanding av enprotiske syrer. Titreringene ble gjennomført fra pH=3.0 til 11.5 med standard 0.1M NaOH og den samme NaCl konsentrasjonen i humus syreblandingen som ble titrert. Det viste seg at modeller med fem og seks binding seter var de som stemte best overens med eksperimentelle data, både ved bruk av lineære og ikke-lineære teknikker, fra potensiometrisk titrering.

Resultater av Masini (1993) viste at indikasjonen på at to eller tre typer karboksylgrupper i polyelektrolytter med høy molmasse, kan ha vært påvirket av en matematisk form som følge av å ignorere elektrostatiske interaksjoner. Suspensjonen av humussyrer ble titrert med standard NaOH inneholdende den samme konsentrasjonen NaCl som den titrerte løsningen. Data ble behandlet med en lineær utregningsmetode utviklet for bestemmelse og karakterisering av svake enprotiske syrer i blandinger. Databehandling karakteriserte fem typer titrerbare grupper (HA1 til HA5). De tre sureste typene HA1, HA2 og HA3 kan tilskrives karboksylgrupper. Deres konsentrasjoner var ikke vesentlig endret ved forandringer i ionestyrke. Disse resultatene antyder til stede værelsen av en reell kjemisk heterogenitet blant karboksylgruppene. Fenoliske grupper er blitt karakterisert i klassene HA5 og HA6. Imidlertid ser summen av grupper i hver klasse ut til å være mindre enn det totale antall mmol fenole grupper. Det kan forklares med at de store elektrostatiske effektene gjør at en del av disse gruppene opptrer som svake syrer slik at de ikke kan bestemmes ved den benyttede fremgangsmåten. HA4 og HA5 kan være henholdsvis sekundære aminer og fenoliske grupper. Påvirkningen av elektrostatiske interaksjon på eksperimentelle resultater viste seg som en systematisk økning av  $pK_a$  verdier med minkende ionestyrke. En følge av en liten ladning er at de elektrostatiske interaksjonseffektene på dissosiasjonkonstantene kan sees bort ifra for fulvussyrer som foreslått av Paxéus & Wedborg (1985). (Masini, 1993).

Bergelin et al. (2000) fant at den gjennomsnittlige spesifikke bufferkapasiteten for alle undersøkte horisonter og felter, bestemt ved Gran titreringer, var  $8.8 \pm 0.5 \mu\text{mol H}^+/\text{mg DOC}$ . De høyeste bufferkapasitetene ble sett for O-horisonløsninger og verdiene avtok nedover i jordprofilen som for DOC verdiene. Ved bruk av protonaffinitet-spektre fant man følgende  $pK_a$ -verdier;  $pK_a=4.1$ ,  $pK_a=5.4$  og  $pK_a=6.7$ . De sure setene med  $pK_a = 4.1$  korresponderer antakelig med dissosieringen av protoner fra R-COOH grupper på overflaten av humus forbindelser. Den observerte  $pK_a = 6.7$  kan ha en sammenheng med reaksjonen som  $\text{CO}_2$  (g) har med vann til å danne  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . De identifiserte lav molekylær vekt (LMW) syrene har  $pK_a$  verdier i områdene 2.5-3.0, 3.5-4.5 og 5.5-6.0. Den viktigste LMW syren for bufferkapasitet var sitronsyre. Det var også denne syren som generelt var til stede i høyest konsentrasjon i de øverste jordlagene. (Bergelin et al., 2000).

I 1992 brukte også Aleixo et al. lineære likninger i behandlingen av titreringskurver. Dette ledet til karakteriseringen av seks titrerbare grupper. Metoden var basert på metoden til Seymour et al. (1977), hvor titrerkurven er segmentert og linearisert ved bruken av lineære funksjoner (modifiserte Gran funksjoner) som tillater bestemmelsen av konsentrasjonen og likevektskonstanten til hver titrerbare gruppe. Modifiserte Gran funksjoner er en samling av lineære likninger basert på en streng ladning-masse balanse som beskriver likevekten involvert i en titrering av blandinger av svake enprotiske syrer med til stede værelse av en sterk syre. Verdiene funnet i dette arbeidet og de fra litteraturen, spesielt de fra Paxéus & Wedborg (1985), indikerer at de tre første gruppene i humus syren som blir titrert, med  $pK_a$  verdier 3.39, 4.78 og 6.06, skyldes karboksylgrupper. Gruppene med  $pK_a$  verdier 7.44 og 9.03 kan skyldes sekundære eller til og med tertiære aminer som kan titreres sammen med fenoler.  $pK_a$  verdien som ble oppnådd for den sjette titrerte gruppen er 10.73. Denne kan tildeles fenoliske grupper.

Tabell 5.1.1: "logK verdier fra andre undersøkelser". Alle resultater er behandlet med ionestyrke 0.1, temperatur 25°C.

	Log K <sub>1</sub>	Log K <sub>2</sub>	Log K <sub>3</sub>	Log K <sub>4</sub>	Log K <sub>5</sub>	Log K <sub>6</sub>
F <sub>Aa</sub> , Paxéus & Wedborg (1985)	2.66	4.21	5.35	6.65	8.11	9.54
F <sub>As</sub> , Aleixo et al. (1992) <sup>a</sup>	2.75	4.38	5.59	6.85	8.40	9.78
H <sub>Aa</sub> , Aleixo et al. (1992) <sup>a</sup>	2.84	4.25	5.30	6.35	7.43	9.08
A <sub>HA</sub> , Aleixo et al. (1992), l.r.	3.39	4.78	6.06	7.44	9.03	10.73
V <sub>HA</sub> , Masini et al. (1998), l.r.	3.4	5.02	6.5	8.17	9.70	
A <sub>HA</sub> , Masini et al. (1998), l.r.	2.85	4.60	6.02	7.4	8.7	9.8

a: resultater er fra Paxéus & Wedborg (1985).

l.r.: lineær regresjon (modifiserte Gran funksjoner).

F<sub>Aa</sub>: fulvussyre fra akvatisk miljø.

F<sub>As</sub>: fulvussyre fra jord.

H<sub>Aa</sub>: humussyre fra akvatisk miljø.

V<sub>HA</sub>: "vermicompost"/"meitemark-humus" humus syre.

A<sub>HA</sub>: humussyre fra Aldrich.

### 5.1.3 Resultater fra Grans plott

I tabellen under summeres mengde sterke og svake syrer opp. Resultatene er hentet fra fremgangsmåte skissert i kapittel 4.6.3.

Tabell 5.1.2: "Mengder syre i fraksjonene (tall i parentes angir laveste og høyeste verdi regnet ut fra standardfeilen til hver av x-koeffisientene)".

	[WA] µekv/L	[WA] µekv/mgC
<b>BIRKENES</b>		
<i>Ubehandlet</i>	<b>126.9</b> (126.1 – 127.7)	<b>26.3</b> (26.2 – 26.5)
<i>HPO-A</i>	<b>348.1</b> (346.5 – 349.7)	<b>69.1</b> (68.7 – 69.4)
<i>HPI</i>	<b>186.4</b> (182.7 – 190.1)	<b>39.9</b> (39.1 – 40.7)
<i>Renset</i>	<b>117.0</b> (115.8 – 118.3)	<b>23.9</b> (23.7 – 24.2)
<b>SVARTBERGET</b>		
<i>Ubehandlet</i>	<b>325.7</b> (323.6 – 327.7)	<b>13.5</b> (13.4 – 13.6)
<i>HPO-A</i>	<b>394.1</b> (391.2 – 397.0)	<b>26.2</b> (26.0 – 26.4)
<i>HPI</i>	<b>277.3</b> (276.2 – 278.4)	<b>55.8</b> (55.6 – 56.0)
<i>Renset</i>	<b>310.8</b> (309.6 – 312.1)	<b>15.4</b> (15.3 – 15.4)

Den mengde svake syrer som gis i tabell 5.1.2 er summen av svake uorganiske syrer (aluminium, silika, ammonium) og svake organiske syrer (Oliver et al., 1983).

Karboksylinnholdet i humus ble i 1983 estimert av Oliver et al. til å være nær 10 µekv/mgC (±10%). Henriksen & Seip (1980) rapporterte bidraget fra svake syrer til organisk karbon å være 5.5 µekv/mgC for et stort antall overflatevann og elver i Sør-Norge og Skottland. Den totale konsentrasjonen av svake syrer i disse prøvene ble målt med en modifisert prosedyre av Grans titrering. Kortelainen fant i 1993 at gjennomsnittlig total mengde organiske syrer var 9.7 µekv/mg DOC. Brukes Olivers metode (se kapittel 4.7.4) på denne oppgavens pH- og DOC-verdier, får man noe lavere verdier for mengden svake syrer. Disse er gitt i tabell 5.1.3. Se også appendiks D for resultater av Olivers metode brukt på aluminiumsfraksjonene.

Tabell 5.1.3: "Resultater fra Olivers metode".

Fraksjoner uten tilsetninger av aluminium.	pH	DOC ppm Fra TOC-an.	Olivers metode [A] ueq/L	[WA] fra Grans plott.	Olivers metode [A] ueq/L per mgC/l	[WA] fra Grans plott. per mgC/l
Birkenes BIE 02 Ubehandlet	5.06	4.82	37.50	<b>126.9</b>	7.78	26.3
Birkenes BIE 02 HPO-A	5.48	5.04	42.91	<b>348.1</b>	8.52	69.1
Birkenes BIE 02 HPI	4.89	4.67	34.68	<b>186.4</b>	7.43	39.9
Birkenes BIE 02 Renset	5.37	4.89	40.82	<b>117.0</b>	8.34	23.9
Svartberget SVA-E Ubehandlet	5.28	24.17	197.95	<b>325.7</b>	8.19	13.5
Svartberget SVA-E HPO-A	5.24	15.03	121.98	<b>394.1</b>	8.12	26.2
Svartberget SVA-E HPI	4.66	4.97	34.40	<b>277.3</b>	6.93	55.8
Svartberget SVA-E Renset	5	20.20	154.75	<b>310.8</b>	7.66	15.4

Nøyaktigheten til resultatene (i hovedsak for tabell 5.1.2, men også for tabell 5.1.3) er vanskelig å oppgi. Først må usikkerheten i mgC nevnes å være unøyaktig (se kommentar i kapittel 5.1.1 om Svartbergets prøver). Mengde svake og sterke syrer blir som sagt bestemt av skjæringspunktene med x-aksen. Da disse (skjæringspunktene) finnes ved å velge en lineær forlengelse av Gran funksjonene, vil usikkerheten forbundet med riktigheten av resultatet allerede være valgt og ligger i metoden som er brukt. Kommentarer til metoden finnes i kapittel 6.1 hvor en artikkel av Barnard & Bisogni (1985) er brukt som bakgrunn. De lineære forlengelsene/linjene er valgt slik at regresjonen mellom linjene og Gran funksjonene er best mulig. I tillegg er det satt et minstekrav til antall felles punkter. Usikkerheten i selve regresjonen kan derimot oppgis siden den direkte ledes ut ifra kalkuleringen (se tabell 5.1.2). Denne usikkerheten går på presisjonen til resultatet i motsetning til metodevalget som går på nøyaktigheten.

For linjene som gir første skjæringspunkt ( $Y_1$ ) er det forsøkt valgt en korrelasjonskoeffisient opphøyd i andre som gir en verdi  $> 0.9999$ . For linjen som gir andre skjæringspunkt ( $Y_2$ ) er denne verdien forsøkt valgt  $> 0.999$ . Det er ikke alle fraksjoner som oppfyller dette valgte kravet. Som nevnt i forrige avsnitt har man også satt et krav til område som regresjonen regnes ut ifra. Dette er satt til minimum 1000  $\mu$ l NaOH tilsatt, dvs. 100 punkter. Ingen av disse kravene lar seg imidlertid teoretisk forsvare (Barnard & Bisogni, 1985). I tabellen under er alle fraksjonenes lineære områder og korrelasjonskoeffisient satt inn:

Tabell 5.1.4: "Lineære områder og kvadratet av korrelasjonskoeffisientene".

	Lineært Område	$R^2$	Lineært Område	$R^2$
Birkenes Ubehandlet	0-1550	0.9999008	4530-6500	0.9992696
Birkenes HPO-A	0-1660	0.9999007	8260-9500	0.9992619
Birkenes HPI	0-2190	0.9999026	5330-6500	0.9926478
Birkenes Renset	0-1200	0.9998052	4130-5500	0.9977215
Svartberget Ubehandlet	0-1560	0.9998012	8250-10000	0.9985088
Svartberget HPO-A	0-1320	0.9990105	8370-9500	0.9984741
Svartberget HPI	0-1510	0.9999025	7100-8500	0.9995003
Svartberget Renset	0-1380	0.9998025	7610-10000	0.9992995

Det vil også foreligge instrumentelle feil. I denne oppgaven er det brukt pH-elektrode og stempelbyrette som vil kunne gi en tilfeldig feilprosent.

Stempelbyretten har en vekselenhet som tar 20 ml. Det oppgis et avvik fra Metrohm ved dette volumet på  $\pm 30 \mu$ l (Metrohm, 1993). Maksimal relativ feil er 0.15%. Målinger har vist at disse feilgrensene også gjelder for mindre volumer, og at disse mindre volumene kan



ligge noe utenfor feilgrensene ettersom målefeilen blir viktigere (Metrohm, 1993). Varierende utpippeterte volumer NaOH vil i utgangspunktet bli fanget opp av pH-meteret. Kurven som plottes (Grans plott) med tilsatt mengde NaOH og pH-verdier vil som en følge av dette bli feilaktig. Endringer vil kunne sees som et skift i verdien for der hvor  $Y_1$  og  $Y_2$  skjærer x-aksen. Dette ble testet ved å plote kurven på nytt med omregnede verdier for tilsatt mengde lut. Det ble derimot ikke tatt hensyn til standardfeilen til x-koeffisientene (som nevnt over er denne metodebetinget) ved betraktning av denne relative feilen. Det viste seg at resultatene i stor grad forelå uendret. Utrengnet mengde svake og sterke syrer viste for noen fraksjoner kun mindre endringer. For Svartbergets fraksjoner og Birkenes ubehandlede, hydrofobe syrer og rensede fraksjon fikk ikke dette noen konsekvenser. Birkenes HPI fikk såpass skift i skjæringspunkt med x-aksen at mengden sterke og svake syrer endret seg. For HPI var mengden svake syrer 37.4  $\mu\text{ekv/L}$  og 37.6  $\mu\text{ekv/L}$  (mot 37.6  $\mu\text{ekv/L}$  før). Mengde sterke syrer har ingen betydning i denne sammenheng. Dette er kun mindre endringer og i forhold til standardfeilen til x-koeffisienten vil dette ikke utgjøre noen store avvik. Det er tatt med  $\pm 0.15\%$  i regningen.

Apparatur brukt til pH-målingene er beskrevet/nevnt under. I følge ISO 10523 (1994) kan standard avvik være opptil  $\Delta\text{pH} = 0.05$ . Avviket kan være så høyt på grunn av uunngåelige interferenser, for eksempel i vann med lav konduktivitet.

## ***5.2 Tilsetning av aluminium***

I utgangspunktet var det meningen at mulige  $K_k$  verdier (komplekseringskonstanter) skulle finnes ved bruk av regresjoner som forklart i kapittel 5.2.3. Da det viste seg at de fleste resultatene ikke ga glatte kurver, er det lagt en del vekt på drøfting av metode, sammenligning av de to feltene og resultater funnet i litteraturen.

### **5.2.1 Det organiske materialets evne til å kompleksere aluminium**

I den rensede fraksjonen er det fire ganger så mye karbon i Svartberget som i Birkenes. Det er mer aluminium per mg karbon i Birkenes enn i Svartberget i denne fraksjonen, bortsett fra ved store tilsetninger av aluminium (det snakkes her om  $\text{Al}_0$ ). Dette skyldes blant annet at det organiske materialet i Birkenes blir mettet med aluminium ved store tilsetninger. På grunn av at det er mer organisk materiale i Svartberget, kan det kompleksere mer aluminium i prøver fra dette feltet. Figurer finnes i appendiks K.

Av total DOC er det i Birkenes like mye HPI som HPO-A. For Svartberget utgjør HPO-A omtrent  $\frac{3}{4}$  og HPI omtrent  $\frac{1}{4}$  av total DOC. Mengden hydrofobe syrer er 3 ganger så høy for Svartberget. Ser man på hva som kompleksere aluminiumet i den rensede fraksjonen, finner man "løsningen" ved å se på den hydrofile og den hydrofobe fraksjonen. Det er omtrent like mye aluminium ( $\text{Al}_a$ ) per mg karbon i Birkenes og Svartbergets fraksjon med hydrofobe syrer. Forskjellen ligger i at aluminiumet for det meste foreligger som organisk bundet ( $\text{Al}_0$ ) i Svartberget, mens det i Birkenes' prøve foreligger som uorganisk, labilt aluminium ( $\text{Al}_i$ ). I de hydrofile fraksjonene er det for både Birkenes og Svartberget  $\text{Al}_i$  som utgjør det meste av aluminiumet. Med andre ord kompleksere HPO-A bedre tilsatt aluminium enn HPI.

For Birkenes ser man at det for den hydrofile fraksjonen bare er en svak økning i konsentrasjonen av kompleksert aluminium. For de hydrofobe syrene synker konsentrasjonen av kompleksert aluminium svakt ved økt konsentrasjon av aluminium i løsning. Summen av disse observasjonene kan sees i den rensede fraksjonen som en liten økning i mengden

kompleksert aluminium. Mengden  $Al_0$  flater imidlertid ut ved store konsentrasjoner aluminium i løsnings.

Den rensede fraksjonen til Svartberget har en klar økning i mengden kompleksert aluminium. For Svartberget er det tydelig at det er de hydrofobe syrene som hovedsakelig står for denne komplekseringen. Den hydrofile fraksjonen viser også komplekseringsegenskaper, men ved høye konsentrasjoner av aluminium i løsnings avtar disse. Årsaken til dette er uklar.

Mykkelbost et al. fant i 1995 at HPO-A, ved lave  $Al_0$  konsentrasjoner, har sterkere bindingssteder for aluminium enn HPI, men at HPI har større antall steder per mg C.

## 5.2.2 Variasjoner i konsentrasjon av ulike $Al$ -fraksjoner ved tilsetning av aluminium

Svartberget har en høy andel av  $Al_0$  i alle fraksjoner (bortsett fra HPI). Petterson & Bishop fant i 1996 at 20-30% av aluminium i Västrabäcken var forbundet med humusforbindelser (Västrabäcken er den bekken hvor mine prøver er tatt). Det var også en økning i den totale konsentrasjonen aluminium med økende innhold av organisk materiale. Det oppgis også en stabilitetskonstant for kompleksering av aluminium med organisk materiale;  $\log \beta = 4,74$ . En økning i denne verdien under vårflom stemte overens med den observerte store andelen av totale mengder aluminium og jern som var bundet til humusfraksjonene ved denne anledning. De organiske syrene hadde dessuten en tendens til å være surere i denne perioden enn andre deler av året (Petterson & Bishop, 1996).

Birkenes har en høy andel av  $Al_0$  i alle fraksjoner. Lydersen (1991) fant at mens organisk-kompleksert aluminium dominerer i organisk-sure systemer, finnes labile uorganiske aluminiumspesier i høye konsentrasjoner i områder med sur jord som er surgjort med mineralske syrer.

HPO-A fraksjonen antas å inneholde flest fulvussyrer (Aiken, 1988) og vil derfor forventes å være best korrelert til organisk kompleksert  $Fe_0$  og  $Al_0$  (Vogt et al., 1994). Hydrofile syrer har konsekvent større utbytbar surhet og ladningstetthet sammenlignet med hydrofobe syrer (Kortelainen et al., 1992).

Det er i utgangspunktet høyest konsentrasjon av aluminium ( $Al_0$ ) i Birkenes, men etterhvert som mengden tilsatt aluminium økes, finner man mer aluminium i Svartberget - dette gjelder for "Ubehandlet". For HPO-A er det over dobbelt så mye  $Al_0$  i Svartberget som i Birkenes. For HPI er det mer  $Al_0$  i Birkenes enn i Svartberget uansett tilsatt mengde aluminium. For "Renset" er det mer aluminium i Svartberget enn i Birkenes bortsett fra der hvor det er tilsatt mest aluminium.

For "Ubehandlet" stiger mengden  $Al_0$  i Svartberget hele tiden, mens den er tilnærmet konstant for Birkenes. Det samme gjelder for HPO-A. Dette kan for Svartberget sin del tyde på at det organiske materialet i utgangspunktet ikke er mettet. Man skulle da få liten eller ingen økning i mengden  $Al_0$  for denne fraksjonen. En viss økning vil forventes. For Birkenes derimot skulle dette tyde på metning av det organiske materialet og dermed en økning av  $Al_0$ . Dette er da også tilfelle.

For HPI er også  $Al_0$  tilnærmet konstant for Birkenes, mens  $Al_0$  for Svartberget stiger litt for så å avta igjen. For "Renset" stiger  $Al_0$  for både Svartberget og Birkenes, men stigningen er svak for Birkenes.

Hvis man legger sammen mengde tilsatt aluminium med den opprinnelige konsentrasjonen ( $Al_0$ ) får man en total beregnet aluminiumkonsentrasjon forutsatt at alt er løst. Som det går frem av teksten under, er mye "borte". Aluminiumet vil i disse tilfellene være felt ut eller det foreligger som bundet i polymere.

Tabell 5.2.1: "Totale mengder aluminium i prøver".

	Tilsatt ( $\mu\text{M}$ )	Opprinnelig ( $\mu\text{M}$ )	Totalt ( $\mu\text{M}$ )	Eksperimentelt funnet ( $\mu\text{M}$ Ala)
Birkenes Original	44,98	10,03	55,01	33,92
Birkenes HPO-A	44,98	2,12	47,10	9,05
Birkenes HPI	44,98	15,20	60,18	57,29
Birkenes Renset	44,98	3,50	48,48	34,32
Svartberget Original	44,98	5,68	50,66	39,11
Svartberget HPO-A	44,98	6,51	51,49	27,39
Svartberget HPI	44,98	10,23	55,21	41,03
Svartberget Renset	44,98	4,38	49,36	30,10

Figurer til beskrivelsene under finnes i appendiks L.

### **PRØVER FRA BIRKENES:**

#### UBEHANDLET:

Alo er stort sett konstant uavhengig av tilsetning (varierer fra 4,5 til 6,0). Ali minker fra 5,6 (0,0 $\mu\text{M}$  tilsatt) til 3,6 (5,0 $\mu\text{M}$  tilsatt) for så å stige jevnt opp til 28,5.

#### HYDROFOBE SYRER/HPO-A:

Alo er også her konstant (en variasjon mellom 0,8 og 1,2), mens Ali endres mellom 0,7 og 1,5 frem til 15  $\mu\text{M}$  tilsatt, hvor Ali ser ut til å stige jevnt. Beklageligvis mangler prøven med 25  $\mu\text{M}$  tilsatt. Påfallende her er den lave konsentrasjonen (9,0) som den største tilsetningen Ala har.

#### HYDROFILE/HPI:

Alo er konstant (varierer mellom 2,4 og 3,3). Ala stiger jevnt fra 15,2 til 57,3, og det er følgelig Ali som utgjør det meste av denne konsentrasjonen.

#### RENSET:

Her stiger både Alo og Ali. Ali har en jevn stigning fra 1,1 til 29,1, mens Alo stiger svakt fra 2,4 til 5,3 (synker imidlertid til 5,2 i siste tilsetning). Dette kan kanskje tyde på metning av det organiske materialet på grunn av at siste tilsetning er dobbelt så stor som den forrige (h.h.v. 25  $\mu\text{M}$  og 50  $\mu\text{M}$ ).

### **BIRKENES - OPPSUMMERING:**

Hvis man ser på den prøven som er tilsatt mest aluminium i hver fraksjonen, er det store forskjeller mellom konsentrasjonene. I den ubehandlede fraksjonen og den rensede fraksjonen er det liten forskjell (h.h.v. 33,9 og 34,3). Disse verdiene er imidlertid små i forhold til hva prøven egentlig inneholder av aluminium (h.h.v. 55,0 og 48,5 – se også tabell 5.2.1). HPO-A og HPI har 9,1 og 57,3 som målte konsentrasjoner (de inneholder 47,1 og 60,2). Tallene som angir hvor mye prøvene skal inneholde er bare mengde aluminium tilsatt pluss den mengde som er målt i den fraksjonen som ikke er tilsatt aluminium i det hele tatt.

### **PRØVER FRA SVARTBERGET:**

#### UBEHANDLET:

Alo stiger fra 4,9 til 24,5. Ali har også en stigning fra 4,5 til 14,6 etter å være stabil (varierer mellom 0,8 og 1,3) ved de fire første tilsetninger. Konsentrasjonene for Ali er h.h.v. 13,3 og

14,6 for de to siste tilsetninger; med andre ord en liten økning. Total aluminiumkonsentrasjon (Ala) stiger fra 5,7 til 39,1.

#### HYDROFOBE SYRER/HPO-A:

Ali varierer mellom 0,4 og 2,9. Aluminiumkonsentrasjonen totalt stiger jevnt fra 6,5 til 27,4. Mykkelbost et al. (1995) fant betydelige mengder Alo i HPO-A fraksjonen (uten tilsetning) for bekkevann tatt fra HUMEX feltet i Midt-Norge. De mente grunnen til dette var at noe av aluminiumet var så sterkt bundet til seter på HPO-A at kompleksene til og med var intakt etter fraksjoneringen gjennom XAD-8 kolonnen.

#### HYDROFILE/HPI:

Alo stiger fra 4,1 til 8,9, men synker så til h.h.v. 5,4 og 5,2 ved de to siste tilsetninger. Ali varierer mellom 6,1 og 12,2 for så å stige til 22,3 og 35,8 ved to siste tilsetninger. Dette tyder på at det organiske materialet blir mett. Ved de to siste tilsetninger vil da overskudd av aluminium tilsatt foreligge som uorganiske akvakomplekser.

#### RENSSET:

Ali stiger fra 0,7 til 4,1 (varierer litt opp og ned ved de tre minste tilsetninger) for så å avta til 0,8 i den største tilsetningen. Totalkonsentrasjonen stiger jevnt fra 4,4 til 30,1.

### **SVARTBERGET - OPPSUMMERING:**

Også for Svartberget er det forskjeller i den mest konsentrerte prøven. Det er ikke de ekstreme forskjellene som for Birkenes, men fraksjonene varierer allikevel litt. Den ubehandlede prøven har en Ala-konsentrasjon på 39,1 ( $\mu\text{M}$ ), og verdiene for HPO-A, HPI og rensset prøve er h.h.v. 27,4, 41,0 og 30,1.

### **BIRKENES OG SVARTBERGET SAMMENLIGNET:**

#### UBEHANDLET PRØVE:

Ser man på totalmengden aluminium, er det ikke så stor forskjell mellom de to feltene (skiller ca. 4-5  $\mu\text{M}$  på det meste). Avhengig av mengde tilsatt aluminium varierer forskjellen litt. Det er en sterkere stigning for Svartberget, noe som innebærer at konsentrasjonen av aluminium i Svartberget er 5  $\mu\text{M}$  høyere enn i Birkenes ved 50  $\mu\text{M}$  tilsetning, mens den er ca. 4  $\mu\text{M}$  lavere i prøven uten tilsetning. Dette skyldes stort sett at både Ali og Alo stiger i Svartbergets ubehandlede prøve mens Alo i Birkenes er noenlunde konstant (Ali stiger). Disse data er sammenlignet med modellberegninger gjort i bl.a. ALCHEMI (se kapittel 5.2.5). Konklusjonen der er at uorganisk, labilt aluminium (Ali) har god overensstemmelse med resultatene fra modellen. Dette kan tyde på utfelling av aluminium, i modellen som naturlig eller syntetisk gibbsitt, i Birkenes prøve.

#### HYDROFOBE SYRER/HPO-A:

I fraksjonen med hydrofobe syrer er det en klar forskjell mellom feltene, nemlig det at den totale mengden aluminium omtrent ikke stiger for Birkenes. Dette skyldes antakelig utfelling. Også her kan man se på sammenligningen av de målte verdier med modellberegninger (kapittel 5.2.5). Svartberget har en jevn stigning. Selv om dette feltet hadde større konsentrasjon (4,4  $\mu\text{M}$ ) av aluminium i prøven uten tilsetning enn tilsvarende prøve for Birkenes, er konsentrasjonen av aluminium i den mest konsentrerte prøven mye høyere for Svartberget enn for Birkenes (h.h.v. 27,4 og 9,0). Det er Alo som utgjør mesteparten av det totale aluminiumet for Svartberget da konsentrasjonen av Ali er nær konstant. For Birkenes er det motsatt; her er Alo så å si konstant, mens Ali stiger. Det som er slående her, er at denne fraksjonen har liten gjenfunnet mengde aluminium for begge feltene (spesielt for Birkenes).

#### HYDROFILER/HPI:

Totalkonsentrasjonen for begge feltene stiger jevnt. Birkenes har en litt brattere kurve enn Svartberget og får derfor en noe større konsentrasjon i de største tilsetninger. Ellers forholder feltene seg likt i forhold til hverandre. Ali stiger noenlunde jevnt, mens Alo er konstant uansett mengde tilsetning. For denne fraksjonen har begge feltene høy konsentrasjon i den mest konsentrerte prøven.

#### RENSET PRØVE:

Feltene har omtrent samme konsentrasjon i prøver uten tilsetning av aluminium. I den mest konsentrerte prøven er også feltene sammenlignbare med en forskjell på 4,2 µM (Birkenes høyest). Birkenes hadde noe lavere konsentrasjon for ikke tilsatt prøve (0,8 µM). Ser man på Alo, stiger Birkenes svakt ved gradvis større tilsetning, mens Svartberget har en mye brattere kurve. Alo utgjør 97% av total mengde aluminium i den mest konsentrerte prøven for Svartberget, mens det samme forholdet for Birkenes er 15%. Ali stiger for Birkenes jevnt og utgjør mesteparten av all aluminium, mens Ali for Svartberget stiger svakt og avtar i den mest konsentrerte prøven.

### **HVOR GODT KOMPLEKSERER FORSKJELLIGE HUMUSFRAKSJONER ISOLERT VED LEENHEERS METODE ALUMINIUM?**

Birkenes ubehandlede prøve kompleksierer ikke tilsatt aluminium i det hele tatt. Verdien for organisk bundet aluminium (Alo) er tilnærmet konstant (øker fra 4.5 ved ikke tilsatt aluminium til 5.5 ved 50 µM tilsatt).

Birkenes prøve med hydrofobe syrer kompleksierer heller ikke tilsatt aluminium. Verdien for organisk bundet aluminium (Alo) er tilnærmet konstant (øker fra 1.0 ved ikke tilsatt aluminium til 0.8 ved 50 µM tilsatt).

Heller ikke Birkenes prøve med hydrofile kompleksierer tilsatt aluminium. Verdien for organisk bundet aluminium (Alo) er tilnærmet konstant (øker fra 2.5 ved ikke tilsatt aluminium til 3.3 ved 50 µM tilsatt).

Ser man på Birkenes prøve som er renset for polyvalente uorganiske kationer, ser man en liten forskjell fra de øvrige fraksjonene. Verdien for organisk bundet aluminium (Alo) øker fra 2.4 ved ikke tilsatt aluminium til 5.2 ved 50 µM tilsatt.

Omtrent halvparten av aluminiumet som ikke er organisk bundet, finnes for den ubehandlede fraksjonen som Ali. Resten foreligger som utfelt aluminium. Andelen Ali stiger, i forhold til utfelt aluminium, etter hvert som mengde tilsatt  $Al^{3+}$  øker. Den rensede fraksjonen viser noenlunde samme mønster. For de hydrofobe syrene øker mengden Ali noe med økende mengde tilsatt  $Al^{3+}$ , men mesteparten av aluminiumet felles ut. Mengden aluminium i den hydrofile fraksjonen foreligger derimot som Ali (mellom 67% og 92% av total mengde).

Den ubehandlede prøven til Svartberget kompleksierer tilsatt aluminium godt. Fra å ha en konsentrasjon på organisk bundet aluminium på 4.9 uten tilsatt aluminium, er verdien 24.5 ved 50 µM aluminium tilsatt. Med andre ord er 39% av det tilsatte aluminiumet kompleksert. Man ser imidlertid en trend ved at jo mer aluminium som tilsettes, jo mindre av aluminiumet blir prosentvis kompleksert. Ved 1.5 µM tilsetningen er 63% av det tilsatte aluminiumet kompleksert, mens ved de resterende tilsetninger blir kompleksert h.h.v. 47%, 47%, 41% og 40%.

Svartbergets fraksjon med hydrofobe syrer har noenlunde det samme hendelsesforløpet som den ubehandlede fraksjonen. Forskjellen er at en, ved å ta en og en prøve i stigende rekkefølge, øker komplekseringsgraden fra 34%, 41% til 46% for så å virke stabil med 39%, 39% og 41% kompleksering av det tilsatte aluminium.

Fraksjonene med hydrofile er litt interessante. De fire minste tilsetninger viser en kompleksering på h.h.v. 59%, 32%, 40% og 32%. De to mest konsentrerte prøvene derimot, har så liten kompleksering som h.h.v. 5% og 2%.

De rensede fraksjonene til Svartberget har en synkende komplekseringsgrad (65%, 54%, 49% og 45% for de fire minste). De to mest konsentrerte prøvene (49% og 51%) har muligens oppnådd det organiske materialets metningsgrad.

### HVOR MYE ALUMINIUM MÅ TILSETTES TIL SVARTBERGET FØR VI FÅR SAMME MENGDE UORGANISK ALUMINIUM SOM I BIRKENES?

For de ubehandlede fraksjonene ser vi at Birkenes har  $5.6 \mu\text{M}$  uorganisk aluminium (Ali) i prøven uten tilsetninger. Svartberget har i tilsvarende prøve  $0.8 \mu\text{M}$ . Da kurvene for mengde Ali plottet mot mengde aluminium ikke er lineære, er det vanskelig å bruke disse som regresjonslinjer man kan lese av (se appendiks L). Det vil si at hvis man har en verdi på y-aksen og vil finne den korresponderende verdien på x-aksen, kan resultatet bli heller dårlig. Det er derfor brukt skjønn for å finne frem til avleste x-akse verdier som passer sammen målte y-akse verdier.

For Svartbergets ubehandlede prøve må man tilsette omtrent  $15 \mu\text{M}$  aluminium for å oppnå samme mengde Ali som det i utgangspunktet er i Birkenes. Skal man betrakte de hydrofobe fraksjonene på samme måte, får man et problem. Dette fordi Svartberget i utgangspunktet har høyere konsentrasjon av Ali enn Birkenes. For den hydrofile fraksjonen må det tilsettes i overkant av  $15 \mu\text{M}$  aluminium til Svartberget før denne får samme mengde Ali som Birkenes. I underkant av  $10 \mu\text{M}$  må tilsettes Svartbergets rensede prøve for å oppnå samme konsentrasjon Ali som for Birkenes rensede prøve.

### 5.2.3 Bestemmelse av komplekseringskonstanter

Av alle mine totalt 8 fraksjoner, er det bare to som gir fornuftige resultater ved å plote som beskrevet i 2.10.3 (Mykkelbost et al., 1995). Disse fraksjonene er Birkenes BIE02 rensset og Svartberget SVA-E Ubehandlet. Under vises utregning med Birkenes BIE02 rensset:

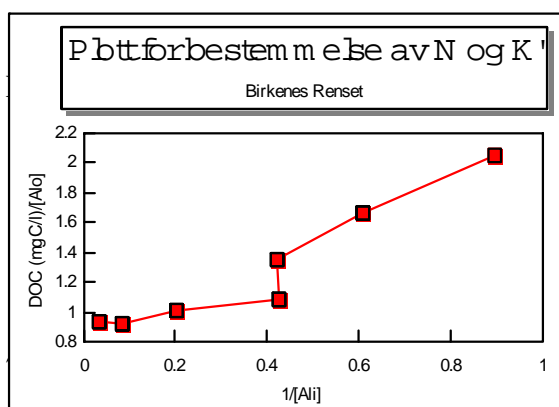
$N = 1,08$  fra grenseverdiplott (se figur 5.2.2)

Og  $1/N = 0,78$  fra plott for bestemmelse av  $N$  og  $K'$  (se figur 5.2.1)  $\Rightarrow N = 1,28$

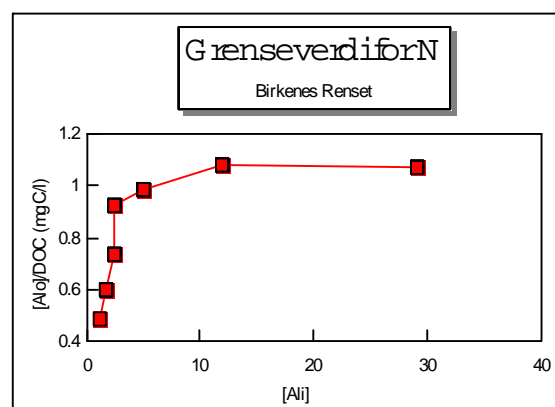
Stigningstallet,  $K'/N = 1,34 \Rightarrow K' = 1,71$  fra regresjonsplott

Og Stigningstallet,  $K'/N = 1,34 \Rightarrow K' = 1,44$  (m/innsatt  $N$ -verdi) fra grenseverdiplott

Regresjonsplott er  $\text{DOC (mgC/l)}/[\text{Al}]$  plottet som en funksjon av  $1/[\text{Ali}]$  (beskrevet i 2.10.3). Det som her er kalt grenseverdiplott, er forholdet  $[\text{Al}]/\text{DOC (mgC/l)}$  plottet som en funksjon av  $[\text{Ali}]$ . Når  $[\text{Ali}]$  går mot uendelig, skal da  $[\text{Al}]/\text{DOC}$  gå mot en grenseverdi,  $N$ . Som før betyr  $N$  antall aktive seter. Som verdi for DOC er resultatene fra TOC-analysator brukt.



$K''$ .



Bruker man en antatt  $K_a$  verdi på  $3 \cdot 10^{-5}$  (Mykkelbost et al., 1995) kan man regne ut  $K_k$ :

$$K' = 1/K_k + [H^+]/(K_k \cdot K_a)$$

$$1,71 = 1/K_k + 10^{-5,06}/(K_k \cdot 3 \cdot 10^{-5})$$

$$K_k = (1 + 10^{-5,06}/3 \cdot 10^{-5})/1,71$$

$$K_k = 0,75 \text{ (fra regresjonsplott)}$$

$$K_k = 0,90 \text{ (fra grenseverdiplott)}$$

Her er det brukt gjennomsnittlig pH til Birkenes Renset (5.06) for utregning av  $[H^+]$ . I tabellen under er gjennomsnittet av pH for de syv delprøvene i hver fraksjon brukt som verdi.  $3 \cdot 10^{-5}$  er valgt fordi en pH på 4.4 til 4.7 indikerer en  $K_a$ -verdi på  $3 \cdot 10^{-5}$  (Mykkelbost et al., 1995). Prøvene i denne oppgaven hadde en gjennomsnittlig pH på 5.05 (gjennomsnittet av alle delprøver). Dette kan tyde på at  $K_a$  burde vært  $9 \cdot 10^{-6}$ . Verdiene for  $K_k$  blir da noe høyere, men denne  $K_a$ -verdien har ingen referanse i litteraturen.

Det samme kan gjøres for den resten av fraksjonene. Resultatene fra disse utregningene finnes i appendiks S.

Sammenligner man de verdiene som fåes her med verdier funnet av Mykkelbost (1995), Taugbøl et al. (1993) og Vogt & Taugbøl (1994) ser man at de forskjellige verdiene ikke korrelerer. Alle fraksjoner i denne oppgaven er tatt med, selv om ikke alle gir like fornuftige resultater. Sammenligningen er satt opp under i en tabell.

Tabell 5.2.2: "Sammenligning av verdier".

Fraksjon	Ionestyrke	R <sup>2</sup>	Prøver	pH	K'	K <sub>k</sub>	N
BIE02 Renset	Justert	0,91	1	5,06	1,71	0,75	1,28
SVA-E Ubehandlet	Justert	0,85	1	5,07	2,22	0,58	0,83
B total (Mykkelbost <sup>†</sup> )	Justert	0,98	5	4,5	2,7	0,8	1,4
A total (Mykkelbost <sup>†</sup> )	Justert	0,93	6	4,5	6,7	0,3	1,3
A HPI (Mykkelbost <sup>†</sup> )		0,56	5	4,5	23,2	0,1	4,3
A HPO-A (Mykkelbost <sup>†</sup> )		0,97	6	4,5	0,7	3,1	1,3
B HPO-A (Mykkelbost <sup>†</sup> )		0,94	5	4,5	2,5	0,8	3,2
High DOC (Taugbøl <sup>‡</sup> )				4,52		>10 <sup>9</sup>	0,58
Low DOC (Taugbøl <sup>‡</sup> )				4,6		3·10 <sup>5</sup>	1,5
O-horisont (Vogt <sup>⊥</sup> )		0,55	45	~4.0		345	0,9
B-horisont (Vogt <sup>⊥</sup> )		0,60	189	~4.5		0,12	2,5

A; behandlingsside, innsjøprøve

B; referanseside, innsjøprøve

High DOC; høy DOC konsentrasjon, bekkevann

Low DOC; lav DOC konsentrasjon, bekkevann

O-horisont; jordvæske Birkenes

B-horisont; jordvæske Birkenes

<sup>†</sup>: Mykkelbost, 1995

<sup>‡</sup>: Taugbøl et al., 1993

<sup>⊥</sup>: Vogt & Taugbøl, 1994

Lydersen et al. (1990a) observerte at temperaturen merkbart påvirket polymeriseringen og utfellingen av hydroksi-Al-komplekser. Identiske løsninger med uorganisk aluminium ble lagret i en måned ved h.h.v. 2°C og 25°C. I løsningen lagret ved 25°C, varierte pH fra 4.83 til 5.07, mens i den korresponderende løsningen lagret ved 2°C varierte pH fra 5.64 til 5.78. Ved 25°C, til tross for den lave pH, forsvant signifikante mengder polymere aluminiumspesier fra

løsning ved utfelling. Betydelige mengder polymere aluminiumspesier ble dannet ved 2°C, men hoveddelen av polymerene var fremdeles til stede som kolloider i løsning.

Mykkelbost (1995) lagret sine prøver til aluminiumforsøket ved 4°C, mens det i denne oppgaven ble brukt vannbad ved 25°C. Dette kan muligens forklare noen av de forskjeller som er mellom disse resultatene.

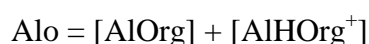
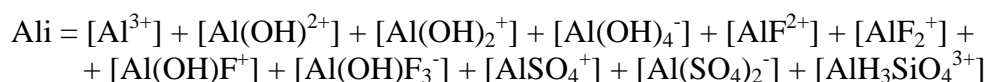
De konstanter som er funnet med metoden beskrevet ovenfor er, under våre eksperimentelle betingelser, betingede. Konstantene som blir brukt i ALCHEMI er ikke sammenlignbare med de som er funnet i denne oppgaven. Poenget med kapittel 5.2.6 var å undersøke om protolyse- og komplekseringskonstantene i ALCHEMI beskriver mine resultater bra eller om endringer av disse ville passe bedre.

## 5.2.4 Målte data sammenliknet med spesieringsprogrammer

Konsentrasjonene for enkelte ioner er ikke målt instrumentelt. Fraksjonene Ubehandlet, hydrofobe syrer (HPO-A) og hydrofile (HPI) er målt for alle kationer ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  og  $\text{Ca}^{2+}$ ). Birkenes og Svartbergets rensede fraksjoner er instrumentelt målt for  $\text{Ca}^{2+}$ , men ved en feiltakelse er det satt inn en konsentrasjon på  $1 \cdot 10^{-8}$ . Betydningen av dette vil antakelig være liten, da den målte konsentrasjonen var i størrelsesorden  $10^{-6}$ . De rensede fraksjonene er målt for magnesium, men ligger under deteksjonsgrensen. Antakelig er disse byttet ut i kolonnen. Man har regnet med en konsentrasjon tilnærmet lik null for både  $\text{Mg}^{2+}$  og  $\text{Ca}^{2+}$  ved beregninger (gjelder for de rensede fraksjonene). For  $\text{K}^+$  antok man at HPO-A og HPI fraksjonene inneholdt samme mengde som i den ubehandlede fraksjonen. Dette fordi analyseverdiene var svært usikre.

Man tok i alle beregningene hensyn til fortynningen fra de ulike tilsetninger av løsninger.

Ved utregning av Ali og Alo fra ALCHEMI ble følgende likninger brukt (Hansen, 1991):



Det er den samme modellen som blir brukt i ALCHEMI. Både ALCHEMI og MINEQL+ regner 0.043 mol syre per mol DOC. ALCHEMI betegner denne som en korreksjonsfaktor (Schecher, 1989). I motsetning til ALCHEMI, må man i MINEQL+ sette inn verdiene selv.

I ALCHEMI har man muligheten til å velge om løsningen skal ha noen interaksjon med en fast fase. Det er mulig å blant annet velge ingen interaksjon, om stoffer skal kunne felles ut eller om væsken skal være i likevekt med en fast fase. Den faste fasen kan velges til gibbsitt (forskjellige former), kaolinit eller halloysitt. Det er i denne oppgaven kun undersøkt de to førstnevnte typer interaksjon med naturlig og syntetisk gibbsitt. Hvis man sammenligner disse med de målte verdiene, kan man si noe om hvilken organisk syre modell som passer best.

## 5.2.5 Resultater fra ALCHEMI uten endrede konstanter

I disse analysene er Ala brukt som input. Det er i tillegg gjort endringer i både komplekseringskonstanter og protolysekonstanter for å se om det ville ha noen innvirkning på



resultatene (kapittel 5.2.6). Først kommer en beskrivelse av resultater uten noen endrede konstanter, men med totalt aluminium (Ala) brukt som input. Muligheten med konstant likevekt med en fast fase er ikke brukt da dette antakelig ikke vil være en riktig beskrivelse av det naturlige miljø.

I appendiks O finnes figurer for teksten under. For Birkenes ubehandlede fraksjon med uorganisk aluminium faller kurvene for "No Solids Present" (NSP) og "Precipitated Synthetic Gibbsite" (PSG) sammen. Kurven for "Precipitated Natural Gibbsite" (PNG) ligger nærmere de målte verdiene for fraksjonene Renset, Hydrofile (HPI) og Hydrofobe syrer (HPO-A) enn NSP og PSG. For den ubehandlede fraksjonen faller også kurven for PNG sammen med NSP og PSG bortsett i fra i det siste punktet hvor den ligger nærmere den målte verdien. Det er generell god tilpasning mellom kurvene, spesielt for den ubehandlede fraksjonen. De andre fraksjonene får mindre god korrelasjon kurvene imellom ved de høyeste tilsetninger av aluminium.

For organisk bundet aluminium er ikke kurvene like sammenfallende. Her er det relativt store forskjeller mellom kurvene. Kurvene for NSP og PSG opptrer imidlertid på lik måte som for uorganisk aluminium i alle fraksjoner. I Birkenes ubehandlede fraksjon med organisk bundet aluminium faller også PNG-kurven sammen med NSP og PSG nær alle punkter (unntaket er det siste punktet). De målte verdier er større for alle punkter, selv om ALCHEMI's utregnede verdier nærmer seg de målte ved de største aluminiumtilsetninger. For fraksjonene HPO-A og HPI er det kurven for PNG som har de høyeste verdiene. For HPO-A har alle kurver omtrent samme konsentrasjon ved lave tilsetninger. NSP og PSG har kurver som også har samme verdinivå som de målte verdier også ved høye aluminiumtilsetninger. PNG har omtrent fire ganger så høye konsentrasjoner ved de høyeste tilsetninger. Det samme er tilfellet for HPI, men her har NSP, PSG og målte verdier litt lavere (omtrent halvparten) konsentrasjon enn PNG ved lave tilsetninger. Birkenes rensede fraksjon har generelt dårlig tilpasning mellom alle kurver. De målte verdier har høyest konsentrasjoner til å begynne med, men ved de høyeste tilsetninger av aluminium er det PNG som gir de høyeste verdiene. NSP og PSG har igjen sammenfallende kurver, og disse gir lavest konsentrasjon i alle punkter (bortsett fra det andre punktet).

Svartbergets fraksjoner med uorganisk aluminium har en generell trend med at kurvene for NSP, PNG og PSG faller sammen ved tilnærmet alle tilsetninger. Kurven for PNG gir litt høyere konsentrasjon ved de to høyeste tilsetninger av aluminium for ubehandlet og rensed fraksjon. For HPO-A og HPI gir PNG kun høyere konsentrasjon ved det siste punktet. De målte verdiene har lavere konsentrasjon av uorganisk aluminium for bortimot alle punkter. Unntakene er nest siste punkt for den ubehandlede fraksjonen og siste punkt for den hydrofile fraksjonen. Samsvaret mellom resultatene fra ALCHEMI og de målte verdier er varierende. Den hydrofobe syrene viser dårligst korrelasjon av fraksjonene. De instrumentelt målte verdiene har to til fire ganger lavere konsentrasjon av uorganisk aluminium enn resultater fra ALCHEMI. Ubehandlet og hydrofil fraksjon har omtrent samme forhold kurvene imellom.

For organisk bundet aluminium ser man noen av de samme trendene som for uorganisk aluminium i Svartbergets fraksjoner. Kurvene for NSP, PNG og PSG faller stort sett sammen. Unntakene for PNG er de samme for organisk bundet aluminium og uorganisk aluminium. De målte verdiene gir høyere konsentrasjoner av bundet organisk aluminium i så å si alle punkter bortsett fra nest siste punkt for den ubehandlede fraksjonen og siste punkt for den hydrofile fraksjonen. Dette er det motsatte av hva som er tilfellet for uorganisk aluminium. Ellers er det god tilnærming kurvene imellom for både den ubehandlede og den rensede fraksjonen.

Ved å se systemene hver for seg er det mulig å se om resultatene fra ALCHEMI peker i noen spesiell retning. Det er her brukt tre forskjellige systemer; et hvor ingen faste stoffer er

til stede i løsnings (NSP), og de to resterende har henholdsvis naturlig (PNG) og syntetisk (PSG) gibbsitt til stede i løsnings som, ved ”overanstrengelse” av løselighetsbetingelsene, kan felle ut av løsnings. I systemet hvor ingen faste stoffer er til stede vil den totale aluminiumkonsentrasjonen være bestemt av input verdiene. For de to andre systemene med utfelling gjelder de samme betingelser som i et system uten faste stoffer, men ved overskridelser av løselighetsbestemmelsene vil totalkonsentrasjonen til aluminium være kontrollert av oppløsningen til det valgte faste stoff (her: naturlig og syntetisk gibbsitt).

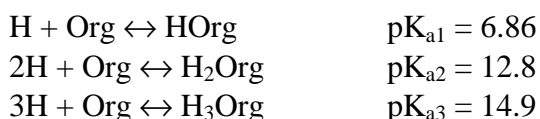
De instrumentelt målte verdier for Birkenes viser en stigende kurve for uorganisk aluminium med økende mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$ , mens man for organisk bundet aluminium ser at kurvene flater ut med økende mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$ . Svartbergets målte verdier for organisk bundet aluminium gir en stigende kurve for samtlige fraksjoner med unntak av den hydrofile. For Svartbergets målte verdier er det kun den hydrofile fraksjonen som har stigende mengde uorganisk aluminium med økende mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$ . De hydrofobe syrer viser en nær konstant konsentrasjon uorganisk aluminium (noe stigende for så å flate ut). Den ubehandlede fraksjonen har en liknende, men mer markert, kurve som hydrofobe syrer. Det samme er tilfellet også for den rensede fraksjonen. Her synker imidlertid kurven i det siste punktet. I teksten under er endringer av modellens konstanter beskrevet.

## 5.2.6 Protolyse- og komplekseringskonstanter i ALCHEMI

For å se om endringer i protolysekonstantene og komplekseringskonstantene i ALCHEMI påvirker resultatene, ble dette prøvd ut. Komplekseringskonstantene mellom aluminium og det organiske materialet er:



Disse er prøvd endret til henholdsvis 7 og 10 for den første komplekseringskonstanten og 12 og 15 for den andre.



Protolysekonstantene er endret til 5 og 8 for den første, 10 og 14 for den andre og 13 og 16 for den tredje protolysekonstanten. Alle verdier er hentet fra spesieringsprogrammet (ALCHEMI 4.0).

Protolysekonstanter og komplekseringskonstanter påvirker hverandre. I tillegg er ladningen til det organiske materialet av betydning. Disse tre faktorene henger sammen og påvirkes av hverandre. Ladningen til det organiske materialet er ikke analytisk undersøkt i denne oppgaven. Hvis denne ladningen er i samme størrelsesorden som anionunderskuddet (mengden anioner subtrahert fra mengden kationer), vil protolyse- og komplekseringskonstantene være nær dem som finnes i prøven. Denne kommer utregnet av ALCHEMI hvis overflatekompleksing inkluderes. Det er i denne oppgaven ikke inkludert overflatekompleksing.

Konstantene er prøvd endret til både en lavere og en høyere verdi enn den oppgitte. Det er i utgangspunktet kun endret en verdi om gangen. Dette for ikke å få for mange resultater. For komplekseringskonstantene er det imidlertid kjørt to analyser med begge konstanter endret. Den ubehandlede fraksjonen til Birkenes blir brukt som eksempel. I tillegg

til ikke å la noen faste stoffer være til stede i løsningen, har man også kjørt analyser med mulig utfelling av naturlig og syntetisk gibbsitt hvis løsningens egenskaper overskrides i så måte. Alle endringer er relative, dvs. de er sett ut fra figurer med innsatte verdier. Verdiene finnes i tabeller i appendiks F.

For uorganisk aluminium i en løsning uten faste stoffer til stede får man ikke store endringer ved å sette komplekseringskonstantene ( $pK_k$ ) lavere (en og en, eller begge) enn de originale. Settes de derimot høyere (en og en, eller begge), gir dette en lavere beregnet aluminiumkonsentrasjon ( $Al_i$ ). Det motsatte er tilfellet for organisk bundet aluminium; høyere  $pK_k$  gir høyere beregnet aluminiumkonsentrasjon ( $Al_o$ ), mens man ved å sette  $pK_k$  lavere enn utgangspunktet får generelt liten endring. For både uorganisk og organisk bundet aluminium er det eksakt samme resultat hvis man inkluderer muligheten for utfelling av naturlig gibbsitt. Dette tyder på at ingen utfelling har skjedd. Med syntetisk gibbsitt til stede blir det heller ingen store forskjeller, men i de to siste punktene gir tilstedeværelsen av syntetisk gibbsitt kontra naturlig gibbsitt litt høyere verdier med lavere innsatte  $pK_k$  verdier. For organisk bundet aluminium er det bare små endringer i de samme punktene. En høyere  $pK_k$ -verdi forventes, i henhold til likningene over, å gi mer kompleksert aluminium ( $Al_o$ ) og dermed også lavere uorganisk aluminium ( $Al_i$ ).

Protolysekonstantene ( $pK_a$ ) er kun endret en av gangen enten lavere eller høyere enn de som ligger i programmet. Ser man på uorganisk aluminium først, finner man at forskjeller i beregnet aluminium som følge av endringer av  $pK_a$  generelt øker jo mer  $Al^{3+}$  som er tilsatt. Uten faste stoffer til stede kan det også sees at endringer av  $pK_{a2}$  gir størst utslag. Settes denne lavere gir ALCHEMI lavere beregnet aluminiumkonsentrasjon ( $Al_i$ ) og omvendt. Man kan også se at en høyere  $pK_{a1}$  gir høyere beregnet aluminiumkonsentrasjon. For organisk bundet aluminium er det større variasjon. Igjen er det  $pK_{a2}$  som ser ut til å ha størst innflytelse på beregnet aluminium, men også  $pK_{a1}$  gir mindre utslag. Imidlertid gir høyere verdier for både  $pK_{a1}$  og  $pK_{a2}$  lavere beregnet aluminium og lavere verdier høyere beregnet aluminiumkonsentrasjon (det motsatte var tilfellet for uorganisk aluminium). Sammenligner man dette med analyse med mulighet for utfelling av naturlig gibbsitt er det kun de to siste punktene for høy  $pK_{a1}$  som endres. Dette gjelder både uorganisk og organisk bundet aluminium og verdien til beregnet aluminium i disse punktene er litt lavere for naturlig gibbsitt. Ser man så på beregnet aluminium i systemet med syntetisk gibbsitt er det kun variasjon i siste punkt for begge endringer i  $pK_{a3}$  og for lavere  $pK_{a1}$ . I tillegg er det en liten forskyvning i de to siste punktene med høyere  $pK_{a2}$ . Som for naturlig gibbsitt innbefatter dette både uorganisk og organisk bundet aluminium.

Det er generelle trender som går igjen. Summerer man disse opp for begge feltenes fraksjoner får man følgende konklusjoner:

- nedjusterte  $pK_a$ -verdier gir lavere beregnet Al-konsentrasjon for uorganisk aluminium, men høyere Al-konsentrasjon for organisk bundet aluminium.
- oppjusterte  $pK_a$ -verdier gir høyere beregnet Al-konsentrasjon for uorganisk aluminium, men lavere Al-konsentrasjon for organisk bundet aluminium.
- $pK_{a1}$ -verdier gir mindre avvik fra "normalen" enn  $pK_{a2}$ -verdier (uansett opp- eller nedjustert).
- systemer med mulig utfelling av naturlig og syntetisk gibbsitt gir omtrent samme resultater som et system uten faste stoffer til stede. For systemer med naturlig gibbsitt gir oppjustert  $pK_{a1}$  lavere Al-konsentrasjon enn uten faste stoffer. Systemer med syntetisk gibbsitt gir lavere Al-konsentrasjoner med mindre avvik mellom varierende  $pK_a$ -verdier.
- oppjusterte  $pK_k$ -verdier gir lavere beregnede aluminiumkonsentrasjoner for uorganisk aluminium, men høyere for organisk bundet aluminium.
- nedjusterte  $pK_k$ -verdier gir høyere beregnede aluminiumkonsentrasjoner for uorganisk aluminium, men lavere for organisk bundet aluminium.

- $pK_{k1}$ -verdien gir mindre avvik fra "normalen" enn  $pK_{k2}$ -verdien, bortsett fra for de hydrofobe syrene.

- systemer med mulig utfelling av naturlig og syntetisk gibbsitt gir omtrent samme resultater som et system uten faste stoffer til stede. For systemer med naturlig gibbsitt gir de nedjusterte  $pK_k$ -verdiene lavere Al-konsentrasjon enn systemet uten faste stoffer. Systemet med syntetisk gibbsitt gir lavere Al-konsentrasjoner enn systemet uten faste stoffer uansett opp- eller nedjustering av  $pK_k$ -verdiene. Mange av betraktningene i kapittel 5.2.6 kan sees direkte utfra likevektsuttrykkene. De endringer som beskrives er i mange tilfeller forutsigbare, men det ble vurdert interessant å undersøke allikevel. Resultatene blir beskrevet under.

### **HVORDAN PASSER SÅ DE INSTRUMENTELT MÅLTE VERDIENE INN MED DISSE JUSTERINGENE?**

Kurvene for Birkenes fraksjoner ligger omtrent der hvor kurvene for ikke-justerte komplekseringskonstanter gjør. Den ubehandlede fraksjonen heller litt mot oppjusterte  $pK_k$ -verdier, fraksjonene med hydrofobe syrer og hydrofile grenser litt mot de nedjusterte  $pK_k$ -verdiene og den rensede fraksjonen korrelerer best mot kurven hvor ingen justeringer er foretatt. Det er også bra sammenheng mellom uorganisk og organisk bundet aluminium. Ser man så på hvordan Birkenes fraksjoner korrelerer med justeringer av  $pK_a$ -verdier, finner man også her god sammenheng mellom uorganisk og organisk bundet aluminium. Den ubehandlede fraksjonen heller litt mot nedjusterte  $pK_a$ -verdier. Både de hydrofobe syrene og de hydrofile heller i motsetning til ubehandlet fraksjon mot oppjusterte protolysekonstanter, mens den rensede fraksjonen korrelerer best mellom nedjusterte og ikke-justerte  $pK_a$ -verdier.

Alle Svartbergets fraksjoner har en sammenheng med en mellomting mellom oppjusterte og ikke-justerte  $pK_k$ -verdier for både uorganisk og organisk bundet aluminium. Kurvene for samtlige Svartbergets fraksjoner samsvarer ganske bra med en mellomting mellom nedjustert  $pK_{a2}$  og kurvene uten justeringer. Dette fordi de instrumentelt målte verdiene ligger nærmest kurven med nedjustert  $pK_{a2}$  ved lav tilsetning av  $Al^{3+}$  og nærmest kurvene uten justeringer ved høyere tilsetninger av  $Al^{3+}$ . Kurven for nedjustert  $pK_{a1}$ -verdi har små til ingen avvik fra ikke-justerte beregnede aluminiumkonsentrasjoner.

## **KAPITTEL 6 Konklusjoner og anbefalinger**

### **6.1 pH titrering**

Metoden er ikke god nok. Den titreringen som tok lengst tid var på 9½ timer. Elektroden var ikke stabil over dette tidsrommet, og kalibreringer ble gjort underveis. Andre titreringer igjen tok "bare" 3-4 timer, men en kalibrering ble allikevel gjort. Nødvendige pauser ble også tatt. Alle korrigeringer som er gjort underveis for kurver i dette forsøket, bør unngås. Opptil 1000 avlesninger per titrering er kanskje også i meste laget. Ved en manuell titrering som dette har vært, hadde det antakelig holdt med omkring 100 punkter gjennom en titrering på ca. en time.

Det er også andre problemer knyttet til denne analysemetoden. Barnard & Bisogni (1985) konkluderte med to hovedproblemer i forbindelse med bestemmelsen av sterke og svake syrer ved hjelp av Grans plott. Det første er overestimering av sterk syre på bekostning av en underestimering av svake syrer. Dette er en teoretisk feil og størrelsen er en funksjon av konsentrasjonen og styrken til de svake syrene i prøven. I undersøkelsen til Barnard & Bisogni (1985) er underestimeringen på omkring 50  $\mu\text{ekv/l}$ . Det andre hovedproblemet er overestimering av total surhet. Dette er et analytisk problem som skyldes en liten mengde  $\text{CO}_3^{2-}$  ( $\text{CO}_2$ ) som er til stede i titranden. Overestimeringen funnet var i størrelsesorden 19  $\mu\text{ekv/l}$ . Feilen øker med mengden total surhet da det forbrukes mer  $\text{CO}_2$ -kontaminert titrand til økende total surhet (Barnard & Bisogni, 1985).

Problemet med at noe av de svake syrene blir identifisert som sterk syre kan reduseres, men ikke elimineres, ved å surgjøre prøven med sterk syre før titrering. Et annet problem her er antakelsen om at alle svake syrer er protonisert i det lave pH-området. Dette er sjelden tilfelle for fortynnet surt overflatevann (Barnard & Bisogni, 1985). Det vil alltid være nok udissoiserte svake syrer i disse prøvene til at de ved et hvilket som helst punkt på kurven forårsaker en signifikant feil i estimeringen av punktet hvor ekstrapoleringen av  $Y_1$  (se kapittel 4.6.3) skjærer x-aksen. Molværsmyr & Lund (1983) mente at en surgjøring ned til  $\text{pH}=3.6$  var nok for å få korrekte resultater. De viste gjennom et forsøk at videre surgjøring ikke hadde noen effekt på resultatene. Hvis prøven imidlertid inneholder syrer med lave  $\text{pK}_a$ -verdier, må lav start-pH brukes, men fra  $\text{pH}\approx 3.6$  til  $\text{pH}\approx 10.3$  er tilstrekkelig for de fleste prøver (Molværsmyr & Lund, 1983).

Overestimering av total surhet kan i følge Barnard & Bisogni (1985) bare løses praktisk ved å velge en prosedyre som coulometrisk titrering. De mener også at  $\text{CO}_2$  i prøven ( $\text{pH}<5$ ) kan fjernes ved å boble nitrogen i prøven i ca. 10 minutter.  $\text{CO}_2$  i titranden kan derimot ikke fjernes, men man kan (som det er gjort i dette forsøket) ha lufting gjennom en "Ascarite" luftventil (Barnard & Bisogni, 1985).

Man kan så nevne mulige operasjonelle feil ved pH-instrumenteringen. På grunn av varierende "junction potential" mellom buffere og prøveløsning kan pH-målingene ha en så høy feil som 0.05 pH-enheter. En stor elektrodedrift kan også påregnes når pH-elektroden flyttes fra en buffer med høy ionestyrke til en prøve med lav ionestyrke (Barnard & Bisogni, 1985).

Bestemmelse av  $\text{pK}_a$ -verdier/topp i bufferdiagrammer er avhengig av å ha en "glatt" kurve uten korreksjoner (som er unaturlige), men er korreksjonene riktige vil diagrammene også være korrekte. Manuelle endringer av tilsatt base byr på problemer. Dette betyr også at alle prøver bør behandles likt. Med dette menes bobling med nitrogen og ikke minst tilsetninger av base. Det at det i denne oppgaven er tilsatt varierende mengder, til ulike stadier i titreringen, titrand har vist seg å være ugunstig. De "sprangene" i kurvene som fåes er beskrevet i kapittel 5.1.2 i teksten, men kan kortfattet gjengis her. Ved å endre volum tilsatt base (fra lite volum til større volum eller motsatt), vil endringen i avlest pH bli høyere/lavere enn forrige tilsetning. Bufferkapasiteten er utregnet i fra både tilsatt volum base og endring i pH som en følge av tilsatt base, og vil være følsom overfor "unormale" endringer. Bufferkapasiteten er endring i konsentrasjonen av  $\text{OH}^-$  dividert med endring av pH. Kurven som plottes er logaritmen av bufferkapasiteten dividert med 2.3. Det kan diskuteres hvorvidt slike endringer av volum tilsatt base har noen effekt på kurven, men ut i fra resultatene i denne oppgaven er det sannsynlig at "sprangene" nevnt over kommer som en følge av dette.

En hovedkonklusjon på pH titreringene er at prøvene har et bredt spekter av  $\text{pK}_a$  verdier. I kapittel 5.1.2 beskrives en del andre undersøkelser som er gjort med pH-titreringer av organisk materiale. For det meste er det her snakk om syntetisk materiale. I tabellen under er de mest iøynefallende topper i denne oppgaven satt opp:

Tabell 6.1.1: ”Topper i bufferdiagrammene”. (Se også tekst i kapittel 5.1.1).

Birkenes Ubehandlet					5.2				6.8	7.4	7.6			8.3	8.5	8.7	8.8
Birkenes HPO-A	4.4	4.5	4.7		5.2		6.1		6.8	7.3	7.5	7.8	7.9	8.1			
Birkenes HPI				4.9		5.4	6.2	6.5			7.5	7.7	7.9				
Birkenes Renset				5.0					7.0					8.3		8.7	9.1
Svartberget Ubehandlet												7.8					
Svartberget HPO-A								6.4									
Svartberget HPI									6.7					8.2			
Svartberget Renset		4.5					6.2	6.5	6.7					8.2			
Sum topper i område	1	2	1	2	2	1	3	3	5	2	3	3	2	5	1	2	2

## 6.2 Tilsetning av aluminium

For Svartbergets ubehandlede prøver, prøvene med hydrofobe syrer og prøvene som er rensset ser alle ut til å ha nådd en viss grad av metning. Som nevnt i 5.2.1 er det for Svartberget fraksjonen med hydrofobe syrer som står for mesteparten av komplekseringen av tilsatt  $\text{Al}^{3+}$ . Ubehandlet og HPO-A ender begge opp på omkring 40% som et tall på andel av tilsatt aluminium som finnes som organisk bundet aluminium etter henstand. Det at den rensede prøven ser ut til å kompleksere 50% kan skyldes at det har skjedd en endring i likevekt mellom løst aluminium og bundet aluminium som en følge av at polyvalente uorganiske ioner er fjernet. Av samme grunn kan de rensede prøvene til Birkenes fremvise en viss kompleksering av tilsatt aluminium. Prosentvis kompleksering av tilsatt aluminium er; 37%, 24%, 21%, 16%, 12% og 6%. Av dette kan man lese at jo mer uorganisk aluminium som tilsettes, jo mindre av dette komplekseres. Som nevnt i kapittel 5.2.2 for Birkenes Renset, øker mengden kompleksert aluminium frem til nest høyeste tilsetning. Her ser det ut til at metning inntreffer.

Ut fra de målte verdier, ser man at konsentrasjonen av aluminium i løsning (Ala) er lavere enn det som kunne forventes ved å ta hensyn til tilsatt  $\text{Al}^{3+}$ . En kan anta at den mengden aluminium som ikke fanges opp av Ala finnes utfelt eller som polymert aluminium. Ved å plote denne mengden aluminium som en funksjon av delprøvene (tilsatt aluminium), vil man kunne se om dette inntreffer etter en viss mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  (se appendiks N for figurer).

For fraksjonene Ubehandlet, Hydrofobe syrer (HPO-A) og Renset er det ingen indikasjon på at utfelling/polymerisering skjer ved en bestemt mengde tilsatt aluminium. Mengden aluminium i løsning som ikke måles som Ala stiger jevnt med økende tilsetninger av  $\text{Al}^{3+}$  bortsett fra for fraksjonen Ubehandlet. Her avtar konsentrasjonen av polymert/utfelt aluminium ved den nest største delprøven (nest største tilsetningen). For Svartberget er dette tilfellet også for delprøven før den nest største. Birkenes og Svartbergets hydrofile (HPI) fraksjoner har mindre entydige trender. Frem til ca.  $6\mu\text{M}$  tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  varierer mengden polymert aluminium lite og ser ut til å være omtrent 0. Etter dette stiger kurven for Svartbergets hydrofile fraksjon, mens Birkenes stiger frem til omtrent  $15\mu\text{M}$  tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  for så å avta igjen og deretter flate ut.

MINEQL+ og ALCHEMI har de samme komplekseringskonstanter og protolysekonstanter. Det er derfor kun diskutert resultatene fra ALCHEMI. Utfelling og metning av det organiske materialet i prøvene kan også sees fra beregningene gjort i ALCHEMI. Det at kurver for systemer med mulighet for utfelling av faste stoffer avviker fra kurven med systemet hvor ingen faste stoffer er til stede i løsning skulle tyde på at utfelling har forekommet eller at prøven er overmettet. Dette er tilfellet for alle mine fraksjoner i større

eller mindre grad med hensyn på systemet med mulig utfelling av naturlig gibbsitt. Birkenes viser stor grad av utfelling/overmetning. Svartberget når ikke slik tilstand før ved store tilsetninger av  $\text{Al}^{3+}$ . For Svartbergets ubehandlede og rensede fraksjon får man, i følge ALCHEMI, overmetning eller utfelling ved delprøven med  $\sim 25 \mu\text{M Al}^{3+}$  tilsatt, og for de to andre fraksjonene for Svartberget ikke før ved  $\sim 50 \mu\text{M Al}^{3+}$  tilsatt. Bortsett fra Birkenes ubehandlede fraksjon, som bare oppnår høye nok konsentrasjoner ved  $\sim 50 \mu\text{M Al}^{3+}$  tilsatt, gir resultatene fra ALCHEMI kurver med utfelling/overmetning uansett tilsatt mengde  $\text{Al}^{3+}$ . Hvis man derimot ser på ALCHEMIs resultater for syntetisk gibbsitt, vil ingen av fraksjonene til hverken Birkenes eller Svartberget gi utfelling eller overmetning. Generelt virker det som om det er best tilpasning for de instrumentelt målte verdier med et system hvor naturlig gibbsitt har mulighet for å felle ut.

Ser man på de beregninger som er gjort med varierende komplekseringskonstanter og protolysekonstanter, finner man at det stort sett er best korrelasjon uten endringer. Det ville vært interessant å inkludere overflatekompleksing. Da hadde man fått ut organisk ladning som ville vært nyttig i sammenligningen av denne oppgavens resultater med de som kommer utregnet fra ALCHEMI. Spesielt med tanke på konstantene og endring av disse ville verdier som omhandler overflatekompleksing og ladningen på overflaten kommet til god nytte.

### ***6.3 Forslag til videre arbeid***

Metoden til pH-titreringen brukt i denne oppgaven bør endres. For det første bør titreringene automatiseres. Dette vil forhåpentligvis gjøre kurvene glattere. Man vil da også unngå mistanken om at iøynefallende topper kan skyldes menneskelige feil. Usikkerheten vil dermed være instrumentell.

For tilsetning av aluminium, bør det legges vekt på å tilsette aluminium i forhold til karbonmengden i prøven. Dette for at totalmengden aluminium per mg karbon ikke varierer så mye. Man burde kanskje også bestemme totalt aluminium i prøven med for eksempel ICP/AAS for å sjekke at summen stemmer. Et problem her kan være deteksjonsgrensene. Men man har da en sjekk på for eksempel muligheten for feil i tilsetning.

## Referanseliste

- Aiken, G.R. Isolation and concentration techniques for aquatic humic substances. In: Aiken, G.R., McKnight D.M., Wershav R.L. & MacCarty P. (eds.), *Humic substances and characterization*. New York, NY: John Wiley & Sons; 1988: 363.
- Aleixo, L.M., Godinho, O.E.S. & da Costa, W.F. Potentiometric study of acid-base properties of humic acid using linear functions for treatment of titration data. *Analytica Chimica Acta*, 257, 1992, s. 35-39.
- Appelo C.A.J. & Postma D., *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam: A.A. Balkema, 1996.
- Baird, C., *Environmental Chemistry*, 2<sup>nd</sup> ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1998.
- Barnard, T.E. & Bisogni, J.J. Jr., Errors in Gran Function Analysis of Titration Data for Dilute Acidified Water. *Water Resources*, Vol. 19, No. 3, s. 393-399, 1985.
- Barnes R.B. The determination of specific forms of aluminium in natural waters, *Chem. Geol.* 15, 1975, s. 177-191.
- Bates, R.G., *Determination of pH. Theory and practice*. Wiley & Sons, 1964.
- Beaty, R.D. & Kerber, J.D., *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. USA: The Perkin-Elmer Corporation. 1993.
- Bergelin, A., van Hees, P.A.W., Wahlberg, O. & Lundstrøm, U.S. The acid-base properties of high and low molecular weight organic acids in soil solutions of podzolic soils. *Geoderma*, 94, 2000, s. 223-235.
- Berggren, D. Speciation and Mobilization of Aluminium and Cadmium in Podzols and Cambisols of S. Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1992, 62, s. 125-156.
- Berggren, D. & Mulder, J. The role of organic matter in controlling aluminium solubility in acidic mineral soil horizons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 59, No. 20, 1995, s. 4167-4180.
- Bishop, K.H. Personlig meddelse. Mottatt regnearksfil med nedbørsdata fra Svartberget, 2000.
- Bolt G.H. & Bruggenwert M.G.M., *Soil Chemistry, A. Basic Elements*. The Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V., 1976.
- Bridges, E.M., Batjes, N.H. og Nachtergaele, F.O., *World Reference Base for Soil Resources: Atlas*. Leuven: Publishing Company Acco, 1998.
- Brække, F.H. 1980. Ion transport and sulphur turnover in peatland II. SNFS-project. IR 60/80. 86 s.
- Buringh, P., *Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions*, 3<sup>rd</sup> ed. Wageningen, the Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1979.
- Clarke, N. Personlig meddelse. Mottatt regnearksfil med nedbørsdata fra Birkenes. Data er fra Kjetil Tørseth & Wenche Aas, NILU, 2000.
- Cronan, C.S. & Schofield, C.L. Aluminium leaching response to acid precipitation: effects on high-elevation watersheds in the northeast US. *Science*, 204, 1979, s. 305-306.
- Dahlgren, R.A., McAvoy, D.C. & Driscoll, C.T. Acidification and Recovery of a Spodosol Bs Horizon from Acidic Deposition. *Environ. Sci. Technol.*, No. 24, 1990, s. 531-537.
- Dale, T., Henriksen, A., Joranger, E. & Krog, S. 1974. Water- and precipitation Chemical studies in the Birkeland catchment in the period July, 20, 1973, to April 31, 1975 (In Norwegian). SNFS-project, TN 1/74. 45 s.



- Dickson, W. Properties of acidified waters. In: *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precipitation, SNSF project*. Drabløs, D. & Tollan, A. (eds). Ås-NLH, Norway, 1980, s. 75-83.
- Dionex Corporation, DX-100 Ion Chromatograph Operators Manual. Document No. 034364, Release 3, September 1991.
- DNMI, klimaavdelingen. Det norske meteorologiske institutt. Døgnverdier for nedbør ved stasjon 4780 Gardermoen. 2000.
- Driscoll, C.T. Chemical characterization on some dilute acidified lakes and streams in the Adirondack region of New York State. (Doctoral dissertation, Cornell University, USA, 1980).
- Driscoll C.T. A procedure for the fractionation of aqueous aluminium in dilute acid water. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 16, 1984, s. 267-283.
- Easthouse K.B., Mulder J., Christophersen N. & Seip H.M. Dissolved Organic Carbon in Soil and Stream Water During Variable Hydrological Conditions at Birkenes, Southern Norway. *Water Resour. Res.* 28, 1992, s. 1585-1596.
- Ertel, J.R., Hedges, J.I., Devol, A.H., Richey, J.E. and Ribeiro, M. *Limnol. Oceanogr.* 31, 739-754 (1986).
- Faust, S.D. & Aly, O.M. *Chemistry of natural waters*. Ann Arbor Science, 1981.400p.
- Filipek, T. *The content of exchangeable aluminium in soils and plant growth*. Artikkel presentert ved 3<sup>rd</sup> Polish-Scandinavian Workshop holdt i Lublin Technical University, Lublin, Poland, September 19-21, 1994. I *Journal of Ecological Chemistry*, v. 3, No. 3, Spesial issue, 1994.
- Fluka, *Chemika-Biochemika*, produktkatalog, 1993/94.
- Fluka, *Chemika-Biochemika*, produktkatalog, 1995/96.
- Frank, J. Soil Survey at Birkenes, a small catchment in Aust-Agder county, Southern Norway (In Norwegian). *SNFS-project*, TN 60/80. 1980, 41 s.
- French, H., Swensen, B., Englund, J.-O., Meyer, K.-F. & van der Zee, S.E.A.T.M. *A lysimeter trench for reactive pollutant transport studies*. Future Groundwater Resources at Risk, IAHS Publication No. 222, 1994.
- Förster, R.A. A multicomponent transport model. *Geoderma* 38, 1986, s. 261-278.
- Gieseking, J.E., *Soil Components volume 1 Organic Components*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag New York Inc., 1975.
- Greibrokk T., Lundanes E. & Rasmussen K.E. *Kromatografi*. Universitetsforlaget, 1994.
- Grier, C. C. Wildlife Effects on Nutrient Distribution and Leaching in a Coniferous Ecosystem. *Can. J. For. Res.* 5: 1975, s. 595-607.
- Grip H. & Rodhe A. *Vattnets väg från regn til bäck*. Uppsala: Hallgren & Fallgren Studieförlag AB., 1991.
- Groseth, T., *Løslighet av aluminium i humussjiktet*. Cand. Scient. oppgave, UiO. 1999.
- Haakonsen G. Jordvæske I et dystroft nedbørfelt. Empirisk testing av konseptuelle modeller på data fra HUMEX-prosjektet. Hovedfagsoppgave I miljøkjemi, Universitetet I Oslo, 1996.
- Hägg, G. *Kemisk reaktionslära – en inledning til analysens teori*. Almquist & Wiksell, 1954. Kap. 12.
- Hansen, R.V., Bufferkapasitet, sterke og svake syrer i naturlig vann. (Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo, Kjemisk Institutt, 1991).
- Hem, J.D. & Roberson, C.E. Form and stability of aluminium hydroxide complexes in dilute solution. *U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap.* 1827-A. 1967 55 s.

- Henriksen, A. Acidification of freshwaters – a large scale titration. s. 68-74 i Drabløs, D. & Tollan, A. *Ecological Effects of Acid Precipitation*, Mysen, Norge: Johs. Grefslie Trykkeri A/S, 1980.
- Henriksen, A & Seip, H.M. Strong and weak acids in surface waters of southern Norway and southwestern Scotland. *Water Res.*, 14, 1980, s. 809-813.
- ISO 10523: 1994 (E). *International Standard*. Water quality – Determination of pH.
- Johnson, D. W., West, D. C., Todd, D. E. & Mann, L. K. Effects of Saw-log vs. Whole-tree Harvesting on the Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Calcium Budgets of an Upland Mixed Oak Forest. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* 56, 1982, s. 1304-1309.
- Jørgensen, P. & Østmo, S.R. *Hydrogeology in the Romerike area, southern Norway*. NGU Bulletin. 418. 1990. s. 19-26.
- KEBOLab, Laboratoriekatalogen 97, s. 978.
- Kemp, W., *Organic Spectroscopy*. 3<sup>rd</sup> ed. Great Britain: The MacMillan Press Ltd. 1991.
- Kononova, M.M., *Soil Organic Matter* (oversatt fra russisk av Nowakowski, T.Z. & Greenwood, G.A.). Oxford, London, New York, Paris: Pergamon Press, 1961.
- Kononova, M. M. *Soil Organic Matter*. 2<sup>nd</sup> ed., Pergamon Press, 1966, s. 13-45.
- Koprivnjak J.F., Blanchette J.G., Bourbonniere R.A., Clair T.A., Heyes A., Lum K.R., McCrea R. & Moore T.R. The understanding of concentration of dissolved organic carbon in freshwaters. *Wat. Res.* Vol. 29. No. 1, 1995, S. 91-94.
- Kortelainen, P. Contribution of organic acids to the acidity of Finnish lakes. *Publications of the Water and Environmental Research Institute*. National Board of Waters and the Environment, Finland. No. 13, 1993.
- Kortelainen, P., David M.B., Roila T. & Mäkinen I. Acid-base characteristics of organic carbon in the HUMEX lake Skjervatjern. *Environ. Int.*, 18, 1992, s. 621-630.
- Krám, P., Hruška, J., Driscoll, C.T. & Johnson, C.E. Biogeochemistry of Aluminium In a Forest Catchment In The Czech Republic Impacted by Atmospheric Inputs of Strong Acids. *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 1995, s. 1831-1836.
- Kroglund, F., Hesthagen, T., Hindar, A., Raddum, G.G., Staurnes, M., Gausen, D. & Sandøy, S. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. *Utredning for Direktoratet for Naturforvaltning*. Nr. 1994-10, 1994.
- Krug, E.C. Review of acid-deposition-catchment interaction and comments on future research needs. *J. Hydrol.*, vol. 128, 1991, s. 1-27.
- Krug, E.C. & Frink, C.R. Acid Rain on Acid Soil: A New Perspective, *Science*, vol. 221, 1983, s. 520-525.
- Krug, E.C. & Isaacson, P.J. Comparison of water and dilute acid treatment on organic and inorganic chemistry of leachate from organic rich horizons of an acid forest soil, *Soil Sci.*, 137, 1984, s. 370-378.
- Kullberg, A., Bishop, K.H., Hargeby, A., Jansson, M. & Petersen, R.C. The ecological significance of dissolved organic carbon in acidified waters. *Ambio*. Vol. 22, No. 5, 1993, S. 331-337.
- Leenheer, J.A. & Huffman, E.W.D. Classification of organic solutes in water by using macroreticular resins. *J. Res. U.S. Geol. Surv.* 4, 1976, s. 737-751.
- Leenheer, J.A. & Huffman, E.W. Analytical method for dissolved organic carbon fractionation, *Water-Resources Invest.* 79-4, *U.S. Geol. Surv.*, 1979.
- Leenheer, J.A. Comprehensive approach to preparative isolation and fractionation of dissolved organic carbon from natural waters and wastewaters, *Envir. Science. & Tech.*, 15, 1981, s. 578-587.
- Liao, W., Christman, R.F., Johnson, J.D., Millington, D.S. and Hass, J.R. *Environ. Sci. Technol.* 16, 1982, s. 403-410.

- Lydersen, E., Aluminium in dilute acidic freshwaters –chemical, analytical and biological relevance. (Doctoral dissertation, University of Oslo, Norway, 1991).
- Lydersen, E., Salbu, B., Poleo, A.B.S. & Muniz, I.P. The influences of temperature on aqueous aluminium chemistry. *Water, Air, and Soil Pollution* 51, 1990a. S. 203-215. In: Lydersen, E. Aluminium in dilute freshwaters – Chemical, analytical and biological relevance. (Doctoral dissertation, University of Oslo, Department of Biology, 1991).
- Lydersen, E., Poleo, A.B.S., Muniz, I.P., Salbu, B. & Bjørnstad, H.E. The effects of naturally occurring high and low molecular weight inorganic and organic species on the yolk-sack larvae of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to acidic aluminium-rich lake water. *Aquatic Toxicology*, 18, 1990b, s. 219-230.
- Lydersen, E., Poleo, A.B.S., Petersen, M.N., Riise, G., Salbu, B., Kroglund, F. & Rosseland, B.O. *The importance of 'in situ' measurements to relate toxicity and chemistry in dynamic aluminium freshwater systems.* Artikkel presentert ved 3<sup>rd</sup> Polish-Scandinavian Workshop holdt i Lublin Technical University, Lublin, Poland, September 19-21, 1994. I *Journal of Ecological Chemistry*, v. 3, No. 3, Spesial issue, 1994.
- Malcolm, R.L. & McCarthy, P. *Environ. Sci. Technol.* 6, 20A, 1982.
- Masini, J.C. Evaluation of neglecting electrostatic interactions on the determination and characterization of the ionizable sites in humic substances. *Analytica Chimica Acta*, 283, 1993, s. 803-810.
- Masini, J.C. The use of linear potentiometric titration curves in the determination of alkalinity and acid-base properties of diluted solutions of humic substances. *Talanta*, Vol. 41, No. 8, 1994, s. 1383-1389.
- Masini, J.C., Abate, G., Lima, E.C., Hahn, L.C., Nakamura, M.S., Lichtig, J. & Nagatomy, H.R. Comparison of methodologies for determination of carboxylic and phenolic groups in humic acids. *Analytica Chimica Acta*, 364, 1998, s. 223-233.
- Matzner, E. Balance of Element Fluxes Within Different Ecosystems Impacted by Acid Rain. S. 147-155. In: Ulrich, B. and Pankrath, J. (eds.), *Effects of Accumulation of Air Pollutants on Forest Ecosystems*, Reidel, Boston, 1983.
- Matzner, E. & Ulrich, B. The Turnover of Protons by Mineralization and Ion Uptake. S. 93-103. In: Ulrich, B. & Pankrath, J. (eds.), *Effects of Accumulation of Air Pollutants on Forest Ecosystems*, Reidel, Boston, 1983.
- May, H.M., Helmke, P.A. & Jackson, M.L. Gibbsite solubility and thermodynamic properties of hydroxy-aluminum ions in aqueous solution at 25°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 43, 1979, s. 861-868.
- McBride, M.B., *Environmental Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press, 1994.
- Metrohm. Instructions for use, 715 Dosimat Series 06-. 8.715.1013, 93.08, Ti/gg.
- Miller, H. Studies of Proton Fluxes in Forests and Heaths in Scotland. S. 183-193. In: Ulrich, B. & Pankrath, J. (eds.), *Effects of Accumulation of Air Pollutants on Forest Ecosystems*. Reidel, Boston, 1983.
- Molværsmyr, K. & Lund, W. Acids and Bases in Fresh Waters Interpretation of Results From Gran Plots. *Water Res.*, 1983, Vol. 17, No. 3, s. 303-307.
- Mulder, J., Christophersen, N., Hauhs, M., Vogt, R.D., Andersen, S. & Andersen, D.O. Water Flow paths and hydrochemical controls in the Birkenes catchment as inferred from a rainstorm high in seasalts, *Water Resour. Res.*, 26, 1990, s. 611-622.
- Mulder, J., Pijpers, M. & Christophersen, N. Water Flow Paths and the Spatial Distribution of Soils and Exchangeable Cations in an Acid Rain-Impacted and a Pristine Catchment in Norway. *Water Resour. Res.* Vol. 27, 1991, S. 2919-2928.

- Mulder, J. & Stein, A. The solubility of aluminium in acidic forest soils: Long-term changes due to acid deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58, 1994, s. 85-94.
- Mykkelbost T.C. Jordvæskkjemi I HUMEX-feltet. Organiske og uorganiske komponenter og deres endringer ved forsuring. Hovedfagsoppgave I miljøkjemi, Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo, 1995.
- Mykkelbost, T.C., Vogt, R.D., Seip, H.M. & Rise, G. Organic Carbon Fractionation Applied to Lake- and Soil Water at the Humex Site. *Environmental International*, 21, 6, 1995, s. 849-859.
- Neal, C., Smith, C.J., Walls, J. & Dunn, C.S. Major, minor and trace element mobility in the acidic upland forested catchment of the upper River Severn, Mid Wales. *J. Geol. Soc.* 143, 1986, s. 635-648.
- NILU, 2000a. *Sur nedbør* [online]. NILU. Available from: [HTTP://www.nilu.no/informasjon/tema/tt-sur-ned-n.html](http://www.nilu.no/informasjon/tema/tt-sur-ned-n.html) [Accessed 290600].
- NILU, 2000b. *Emep* [online]. NILU. Available from: [http://www.nilu.no/projects/ccc/timeseries/NO01\\_year.dat](http://www.nilu.no/projects/ccc/timeseries/NO01_year.dat)
- Nordstrom, D.K. & Ball, J.W. The geochemical behavior of aluminium in acidified surface waters. *Science*, 232, 1986, 54-56.
- Oliver, B.G., Thurman, E.M. & Malcolm, R.L. The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 47, 1983, s. 2031-2035.
- Operations Manual. Astro Model 2100 Laboratory TOC analyzer. Zellweger Analytics, 1996.
- Overrein, L.N., Seip, H.M. & Tollan, A. Acid precipitation – effects on forest and fish, Final report of the SNSF-project 1972-1980, *Fagrappport FR 1980*, 1980.
- Paterson, E., Goodman, B.A. & Farmer, V.C. The chemistry of aluminium, iron and manganese oxides in acid soils. In: Ulrich, E. & Sumner, M.E. (eds.) *Soil Acidity*. Springer-Verlag, New York, 1990.
- Paxéus, N. & Wedborg, M. Acid-Base Properties of Aquatic Fulvic Acid. *Analytica Chimica Acta*, 169, 1985, s. 87-98.
- Petterson, C. & Bishop, K. Seasonal Variations of Total Organic Carbon, Iron, and Aluminium On The Svartberget Catchment in Northern Sweden. *Environment International*, Vol. 22, No. 5, 1996, s. 541-549.
- Ranneklev, S.B. Natural organic components in soilsolution and surface water and their change by acidification (In Norwegian), master degree thesis in environmental chemistry, Department of Chemistry, University of Oslo, 1993.
- Reuss, J.O. Chemical/biological Relationships Relevant to Ecological Effects of Acid Rainfall. EPA-660/3-75-032. Corvallis. Oreg., 1975.
- Reuss, J.O. Chemical and Biological Relationships Relevant to the Effect of Acid Rainfall on the Soil-Plant System. *Water Air Soil Pollut.* 7, 1977, s. 461-478.
- Reuss, J.O. & Johnson, D.W. Effects of Soil Processes on the Acidification of Water by Acid Deposition. *J. Environ. Qual.*, Vol. 14, no. 1, 1985, s. 26-31.
- Reuss, J.O., Christophersen, N. & Seip, H.M. A critique of models for freshwater and soil acidification. *Water Air Soil Pollution*, 30, 1986, s. 909-930.
- Reuss, J.O. & Johnson, D.W., *Acid deposition and the acidification of Soils and Waters*. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, New York Inc., 1986.
- Rikheim B. Variasjoner i organisk og uorganisk kjemi i et dystroft nedbørsfelt – En effekt av kunstig sur nedbør eller naturlige variasjoner?, Hovedfagsoppgave i miljøkjemi, Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo, 1996.

- Riley, J.P. & Chester, R. *Introduction to marine chemistry*. London: Academic Press, 1971.
- Rosenqvist, I. Th. Alternative sources for acidification of river water in Norway. *The Science of the Total Environment*, 10, 1978, s. 39 – 49.
- Rosseland, B.O., Eldhuset, T.D. & Staurnes M. Environmental effects of aluminium, *Environmental Geochemistry and Health*, vol. 12, 1990, s. 17-27.
- Saar, R.A. & Weber, J.H. *Environm. Sci. Technol.*, 16, 510A, 1982.
- Schecher, W.D. ALCHEMI 4.0 Chemical Equilibrium Program, 1989.
- Schecher, W.D. & Driscoll, C.T. An Evaluation of Uncertainty Associated With Aluminium Equilibrium Calculations. *Water Resources Research*, Vol. 23, No. 4, April 1987.
- Schecher, W.D. & Driscoll, C.T. An Evaluation of the Equilibrium Calculations Within Acidification Models: The Effect of Uncertainty in Measured Chemical Components. *Water Resources Research*, Vol. 24, No. 4, April 1988.
- Schecher, W.D. & McAvoy, D.C. *MINEQL+ A Chemical Equilibrium Modeling System. Version 4.0 for Windows. User's Manual*. 1<sup>st</sup> ed. Hallowell, Maine: Environmental Research Software, 1998.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (ed.). *Lehrbuch der Bodenkunde*, 12. Auflage, Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1989.
- Schnitzer, M. & Khan, S.U., *Humic substances in the environment*. New York: Marcel Dekker Inc., 1972.
- Schnitzer, M. & Khan, S.U., *Soil Organic Matter*. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1978.
- Schulten, H.R. & Schnitzer, M. A state of the art structural concept for humic substances. *Naturwissenschaften*, 80, 1993, s. 29-30.
- Sclautman, M.A. & Morgan, J.J. *Environ. Sci. Technol.* 27, 1993, s. 961-969.
- Seip, H.M., Andersen, D.O., Christophersen, N., Sullivan, T.J. & Vogt, R.D. Variations in concentrations of aqueous aluminium and other chemical species during hydrological episodes at Birkenes, Southernmost Norway. *Journal of Hydrology*, 108, 1989, s. 387 – 405.
- Seip, H.M., Blakar, I.A., Christophersen, N., Grip, H. & Vogt, R.D. Hydrochemical studies in Scandinavian catchments. In: Mason, B.J. *The surface waters acidification programme*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Seymour, M.D., Clayton, Jr., J.W. & Fernando, Q. Determination of pK<sub>a</sub> Values of Acid Components in Atmospheric Condensates by Linearization of Segmented Titration Curves. *Analytical Chemistry*, Vol. 49, No. 9, August 1977.
- SFT, 1986. The Norwegian monitoring programme for long-range transported air pollutants. Results 1980-1984. The Norwegian State Pollution Control Authority (SFT). Oslo, Norway.
- SFT, 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Rapport 677/96.
- SFT, 1999. Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 1998. SFT-rapport 781/99.
- SFT, 2000a, 310300. *Miljøstatus i Norge Sur nedbør* [online]. Statens forurensningstilsyn. Available from: [wysiwyg://34/http://www.mistin.dep.no/Tema/Klimaluftstøy/Luft/sur\\_nedbor/sur\\_nedbor.stm](http://www.mistin.dep.no/Tema/Klimaluftstøy/Luft/sur_nedbor/sur_nedbor.stm) [Accessed 300600].
- SFT, 2000b, 310300. *Miljøstatus i Norge Sur nedbør* [online]. Statens forurensningstilsyn. Available from:

wysiwyg://36/http://www.mistin.dep.no/Tema/Klimaluftstøy/Luft/sur\_nedbor/sur\_nedbor\_skader.stm [Accessed 300600].

- Shimadzu corporation. *Instruction manual UV-1200 spectrophotometer*. Japan: Shimadzu. 1992.
- Shotyk, W. Ion chromatography of organic rich natural waters from peatlands. I.  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and oxalate. *Journ. Of Chrom.*, vol. 640, 1993, s. 309-316.
- Skoog, D.A. & Leary, J.J. *Principles of Instrumental Analysis*, fourth edition, Orlando, Florida 32887, US: Saunders College Publishing, a Harcourt Brace Jovanovich College Publisher, 1992, s. 196-230.
- Skoog, D.A., West, D.M. & Holler, F.J. *Fundamentals of analytical chemistry*, 6<sup>th</sup> ed. USA: Ed. Saunders College Publishing, 1993.
- SLU, 2001. *Vindelns försöksparker* [online]. SLU. Available from: <http://www.vfp.slu.se/index.asp?id=21> [Accessed 100101].
- Smith, R.W. & Hem, J.D. Effect of aging on aluminium hydroxide complexes in dilute aqueous solutions. *U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap. 1827-D*. 1972. 51s.
- Spiro, T.G. & Stigliani, W.M., *Chemistry of the Environment*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1996.
- Statens forurensningstilsyn. *Pollution in Norway*. TA-1302/1996.
- Stepniewski, W., Dudzinska, M.R. & Pawlowski, L. *Aluminium transport in soil with particular emphasis on the role of organic matter*. Artikkel presentert ved 3<sup>rd</sup> Polish-Scandinavian Workshop holdt i Lublin Technical University, Lublin, Poland, September 19-21, 1994. I *Journal of Ecological Chemistry*, v. 3, No. 3, Spesial issue, 1994.
- Stevenson, F.J. *Humus Chemistry*. New York: Wiley, 1982.
- Stordal, F. Og Hov, Ø. *Luftforurensninger. Sur nedbør – ozon – drivhuseffekt.*, Universitetsforlaget AS. 1993.
- Stuanes, A., Røsberg, I. & Huse, M. Norway spruce site, 1979, artikkelmauskript.
- Stumm, W. & Morgan, J.J. *Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*, 2<sup>nd</sup> Ed., Wiley-Interscience publications, Wiley & Sons, Inc., 1981.
- Stumm, W. & Morgan, J.J. *Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. 3<sup>rd</sup> Ed., New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- Sullivan, T.J. *Progress in quantifying the role of aluminium an acidification of surface and soil waters*. Artikkel presentert ved 3<sup>rd</sup> Polish-Scandinavian Workshop holdt i Lublin Technical University, Lublin, Poland, September 19-21, 1994. I *Journal of Ecological Chemistry*, v. 3, No. 3, Spesial issue, 1994.
- Sullivan, T.J. & Cosby, B.J. Modeling the concentration of aluminium in surface waters. 1997, s. 643-659.
- Sullivan T.J., Seip, H.M. & Muniz, I.P. A Comparison of Frequently Used Methods for the Determination of Aqueous Aluminium. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, Vol. 26, 1986, s. 61-75.
- Tan, K.H., *Environmental Soil Science.*, 2<sup>nd</sup> ed., rev. And expanded. New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., 2000.
- Taugbøl, G., Hydrogeochemical modelling of acid waters. Cation exchange and dissolved organic carbon interactions. (Doktorgradsavhandling, Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo, Norge, 1993).
- Taugbøl, G., Seip, H.M. & Christophersen, N. Interactions of organic substances with Al and  $\text{H}^+$  in soil- and surface waters: Two chemical equilibrium models and a concept for statistical testing of models. (I doktoravhandling, Universitetet i Oslo, Kjemisk Institutt, 1993).

- Thurman, E.M. Humic substances in Groundwater. In: Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L. & MacCarthy, P., *Humic substances in Soil, Sediment and Water. Geochemistry, Isolation and characterization*. John Wiley & Sons, 1985.
- Tipping, E. Interactions of organic acids with inorganic and organic surfaces. In: Perdue, E.M. and Gjessing, E.T., eds. *Organic acids in aquatic ecosystems*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1990.
- UNESCO, Report and Series No 32. Land sea boundary flux of contaminants, 1987.
- Vance, G.F. & David, M.B. Effect of acid treatment on dissolved organic carbon retention by spodic horizon, *Soil Sci. Am. J.*, 53, 1989, s. 1242-1247.
- Vandecasteele, C. & Block, C.B. *Modern Methods for Trace Element Determination*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd. 1993.
- Visser, S.A. *Environ. Sci. Technol.* 17, 1983, s. 412-417.
- Vogt, R.D., An Experimental Approach to Aluminium Mobilization and Water Flowpaths At The Birkenes Catchment, Southern Norway. Hovedfagsoppgave i miljøkjemi ved Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo, 1989.
- Vogt, R.D., Ranneklev, S.B. & Mykkelbost, T.C. The Impact of Acid Treatment on Soilwater Chemistry at the HUMEX Site. *Environment International*, Vol. 20, No. 3, 1994, s. 277-286.
- Vogt, R.D. & Taugbøl, G. A model of dissolved organic carbon, aluminium and H<sup>+</sup> interactions in soil water. In: *Humic Substances in the Global Environment and Implication on Human Health*, Ed. By Senesi, N. & Miano, T.M., Elsevier Science B.V., 1994, s. 1195-1200.
- Wilkinson, K.J., Jones, H.G., Campbell, P.G.C. & Lachance, M. Estimating organic acid contributions to surface water acidity in Quebec (Canada). *Water, Air and Soil Pollution*, 61, 1992, s 57-74.
- Xiaoping, Z., Pawlowski, L., Kotowski, M. & Siek, A. *Mechanisms of aluminium mobilization in soils*. Artikkel presentert ved 3<sup>rd</sup> Polish-Scandinavian Workshop holdt i Lublin Technical University, Lublin, Poland, September 19-21, 1994. I *Journal of Ecological Chemistry*, v. 3, No. 3, Spesial issue, 1994.
- Zellweger Analytics. *LabTOC2100 User Manual*, J252.61e. Zellweger Analytics Inc.: 11/1998.

# Appendiksfortegnelse

## Appendiks A:

Figurer som viser bufferkapasiteten til de forskjellige fraksjonene. Y-aksen har verdier fra et glidende gjennomsnitt av fem punkter.

**A1:** Birkenes.

**A2:** Svartberget

## Appendiks B:

Grans plott for feltenes forskjellige fraksjoner.

**B1:** Birkenes

**B2:** Svartberget

## Appendiks C:

Plott for å finne antall binding seter, N og verdien til  $K'$ . Figurene med grenseverdier skal gi en verdi for antall binding seter, N.

**C1:** Birkenes

**C2:** Svartberget

## Appendiks D:

Figurer som viser konsentrasjoner organiske anioner beregnet etter Olivers metode plottet som en funksjon av mengde tilsatt aluminium.

## Appendiks E:

Figurene viser sammenhengen mellom verdier fra TOC-analysator og absorbanse fått ved analyse ved 254nm på spektrofotometer.

## Appendiks F:

Tabeller som viser utdata fra ALCHEMI med endrede konstanter. Beregninger i ALCHEMI er gjort med Ala brukt som total aluminium innverdi.

**F1:** endrede protolysekonstanter.

**F2:** endrede komplekseringskonstanter.

## Appendiks G:

Figurene viser denne oppgavens UV/TOC-regresjonslinjer sammenlignet med de fra Mykkelbost (1995) og Rikheim (1996).

## Appendiks H;

Tabeller som viser alle justeringer av pH og ledningsevne gjort for fraksjonene og delprøvene.

## Appendiks I:

Absorbanser og utregnede konsentrasjoner for alle fraksjoner og delprøver tilhørende labforsøket med tilsetning av varierende mengder  $Al^{3+}$ .

## Appendiks J:

Tabeller med alle data fra pH-titreringene.

## Appendiks K:

Figurene viser, separat, feltenes fraksjoner. Her er aluminium per mg karbon fremstilt. Ala, Alo og Ali har samme betydning som beskrevet i kapittel 4.5.

## Appendiks L:

Figurer som viser  $\mu M$  aluminium målt som en funksjon av  $\mu M$   $Al^{3+}$  tilsatt. Ala, Alo og Ali har samme betydning som beskrevet i kapittel 4.5. Felter og fraksjoner vises hver for seg.

## Appendiks M:

Betegnelser som er brukt for jordprofiler i kapittel 2.5. Forklaringene er hentet fra Bridges et al., 1998.



**Appendiks N:**

Figurer som viser utregnede mengder aluminium som foreligger utfelt eller som polymert aluminium. Disse mengdene/konsentrasjonene er plottet som en funksjon av mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  i delprøvene.

**Appendiks O:**

Figurer med sammenligning av instrumentelt målte verdier og modellberegninger gjort i ALCHEMI.

**O1:** Birkenes

**O2:** Svartberget

**Appendiks P:**

Tabell med verdier for alle analyser gjort på TOC-analysator. Benevninger i parentes, for eksempel (bo040399) er et filnavn med dato for analyse.

**Appendiks Q:**

Tabell med verdier fra analyse på ionekromatograf.

**Appendiks R:**

Tabell med verdier fra analyse på atomabsorbsjonspektrofotometer.

**Appendiks S:**

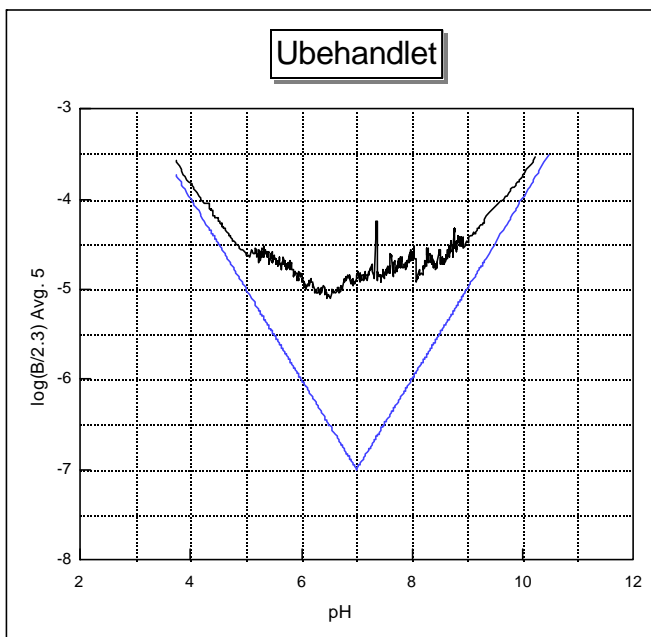
Tabell med resterende verdier fra Tabell 5.2.2: "Sammenligning av verdier".

**Appendiks T:**

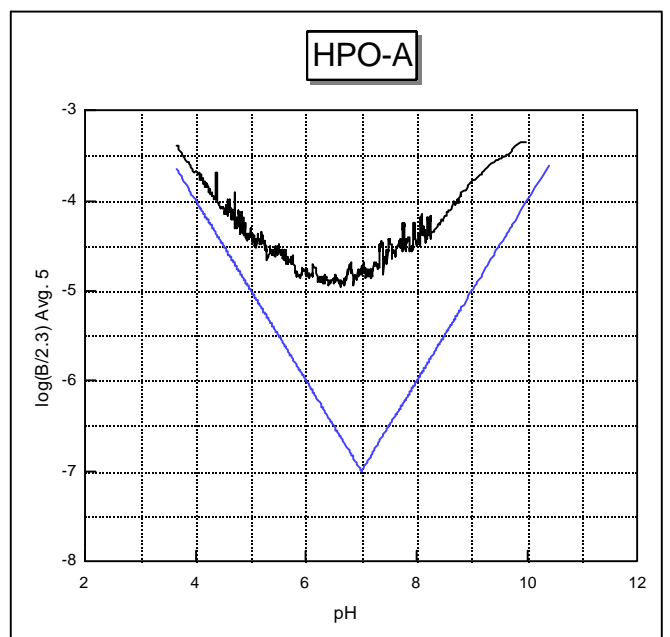
Tabeller som inneholder detaljerte gjennomganger av hvert titreringsforløp.

## Appendiks A1:

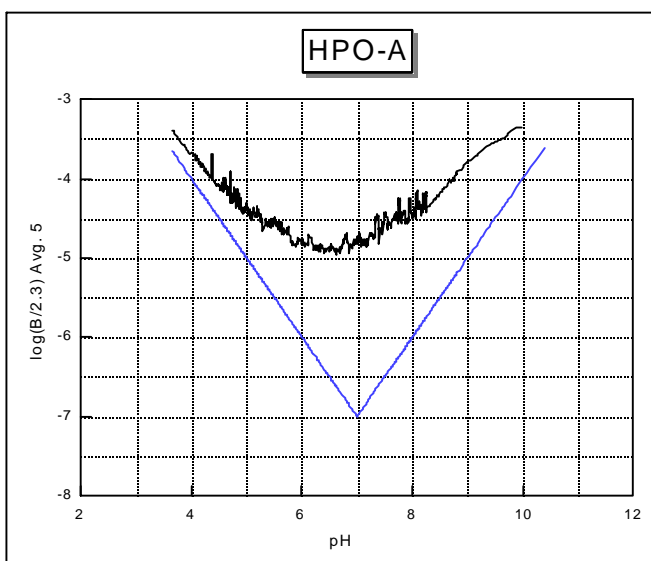
Figurer som viser bufferkapasiteten til de forskjellige fraksjonene. Y-aksen har verdier fra et glidende gjennomsnitt av fem punkter.



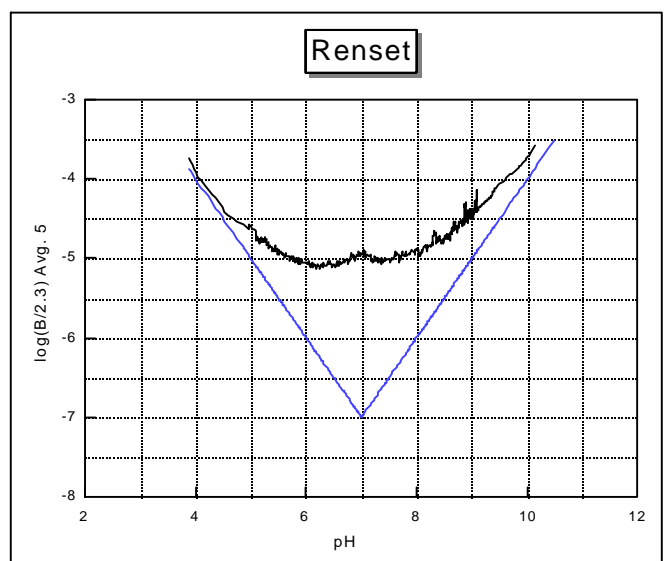
Figur A1.1: "Birkenes ubehandlet":



Figur A1.2: "Birkenes hydrofobe syrer".



Figur A1.3: "Birkenes hydrofile".

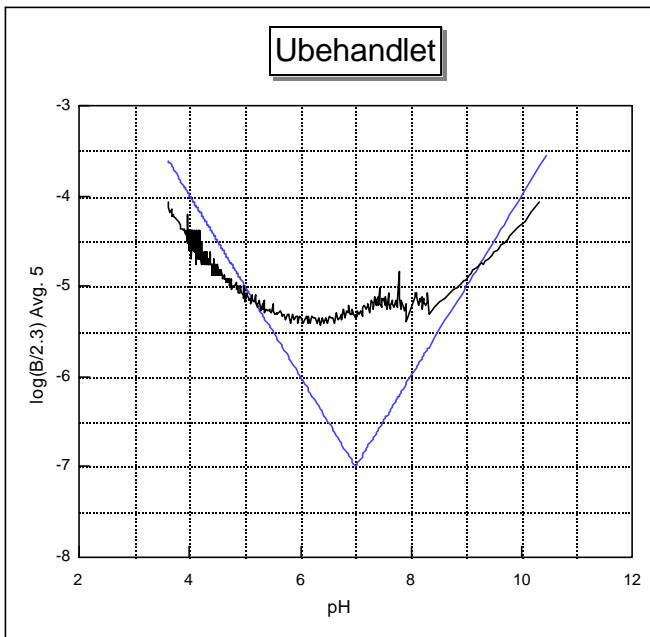


Figur A1.4: "Birkenes rensset".

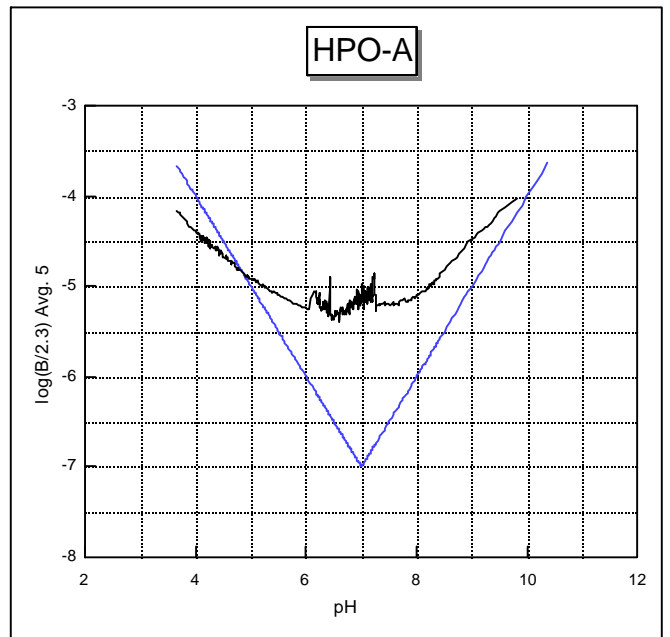
## Appendiks A2:

Figurer som viser bufferkapasiteten til de forskjellige fraksjonene. Y-aksen har verdier fra et glidende gjennomsnitt av fem punkter.

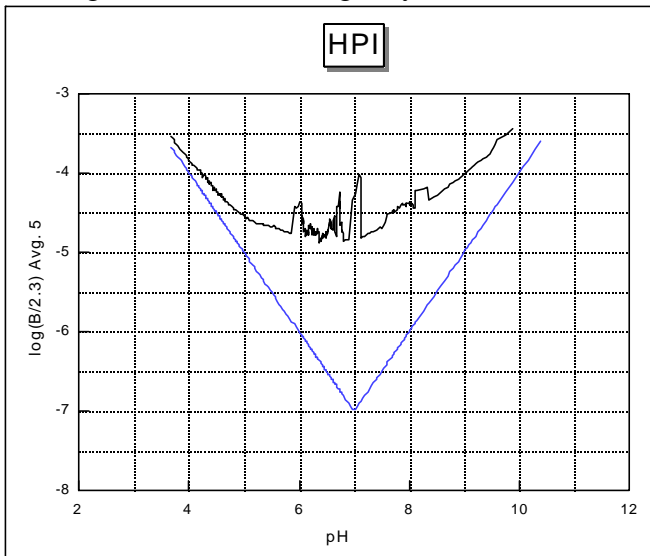
Figur A2.1: "Svartberget ubehandlet".



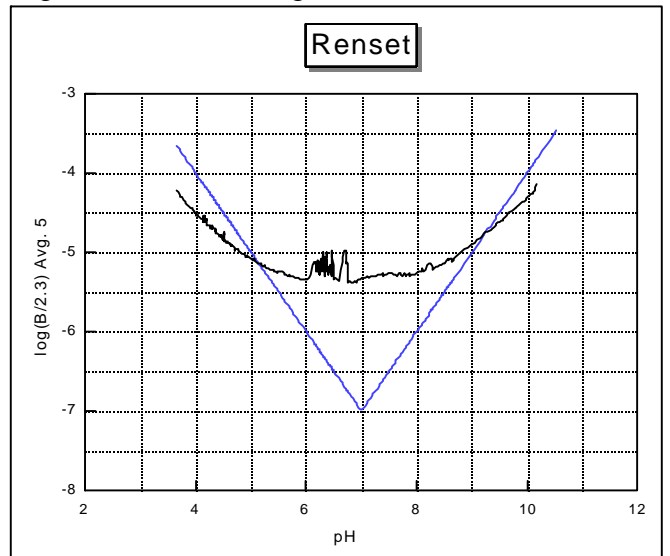
Figur A2.2: "Svartberget hydrofobe syrer".



Figur A2.3: "Svartberget hydrofile".

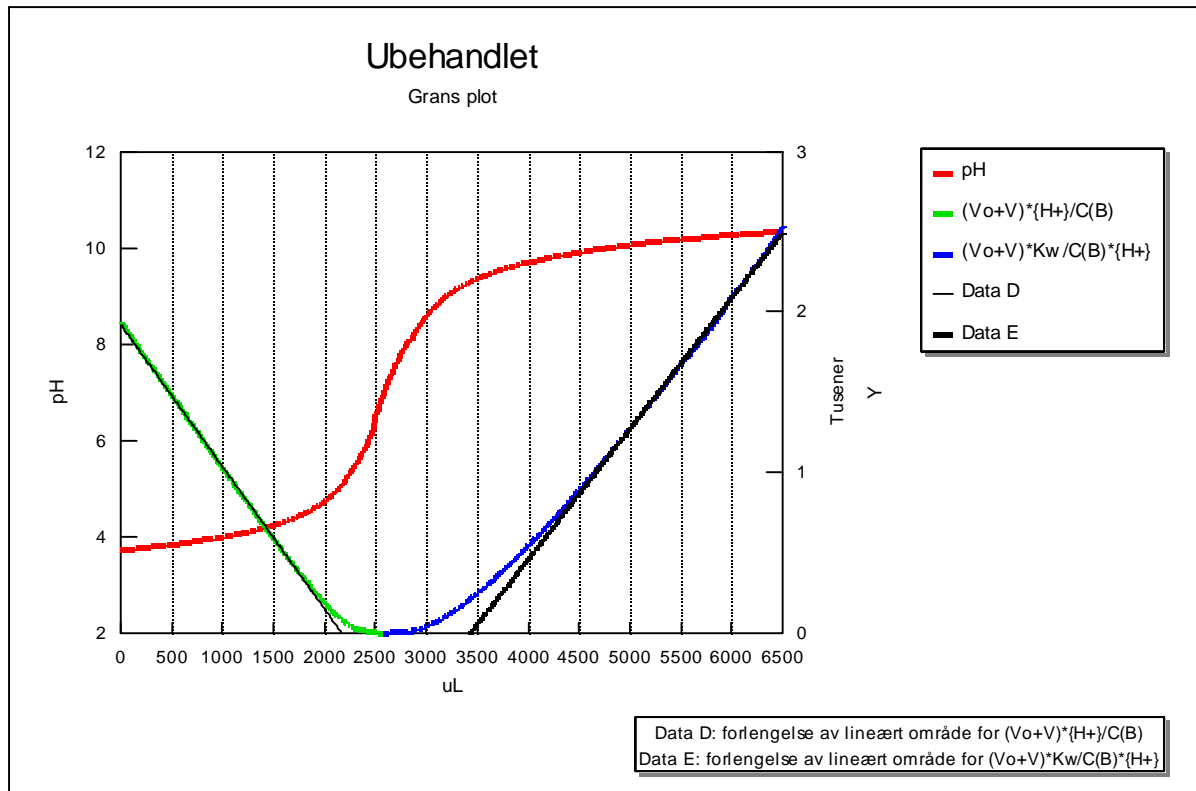


Figur A2.4: "Svartberget rensset".

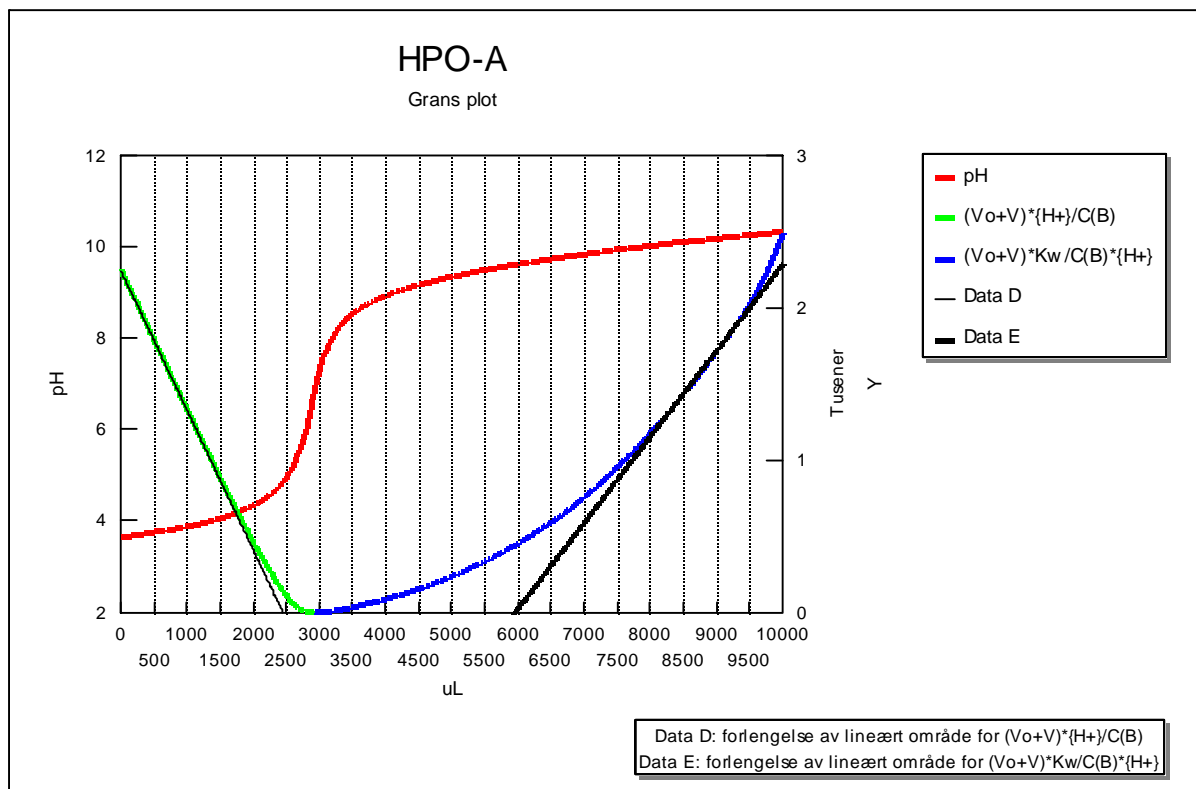


## Appendiks B1:

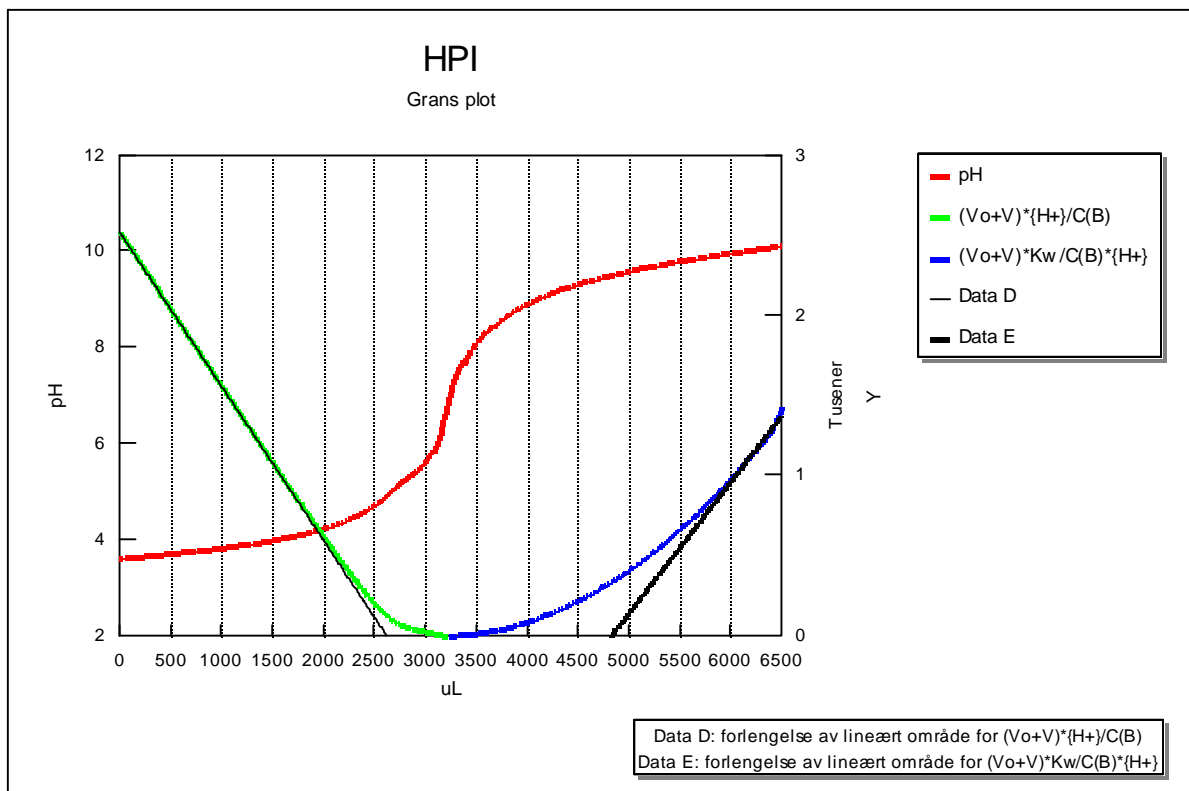
Grans plott for feltenes forskjellige fraksjoner.



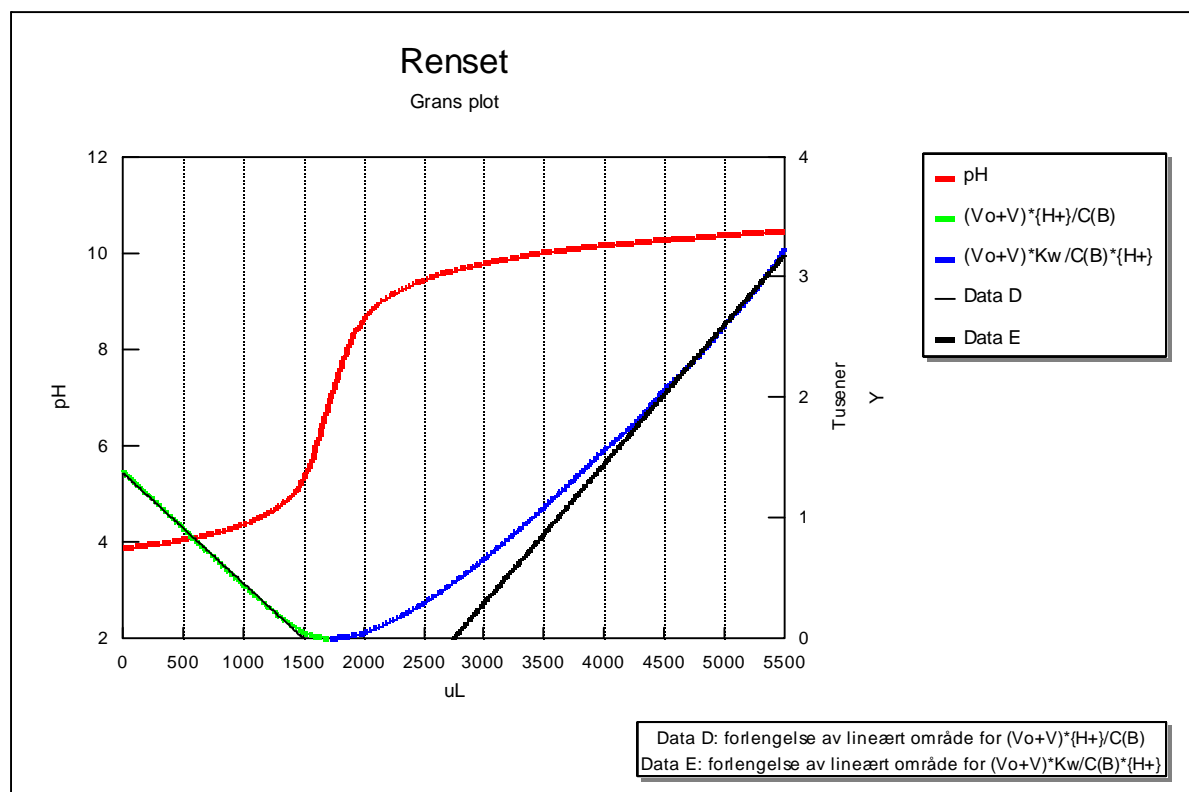
Figur B1.1: "Birkenes ubehandlet".



Figur B1.2: "Birkenes hydrofobe syrer".



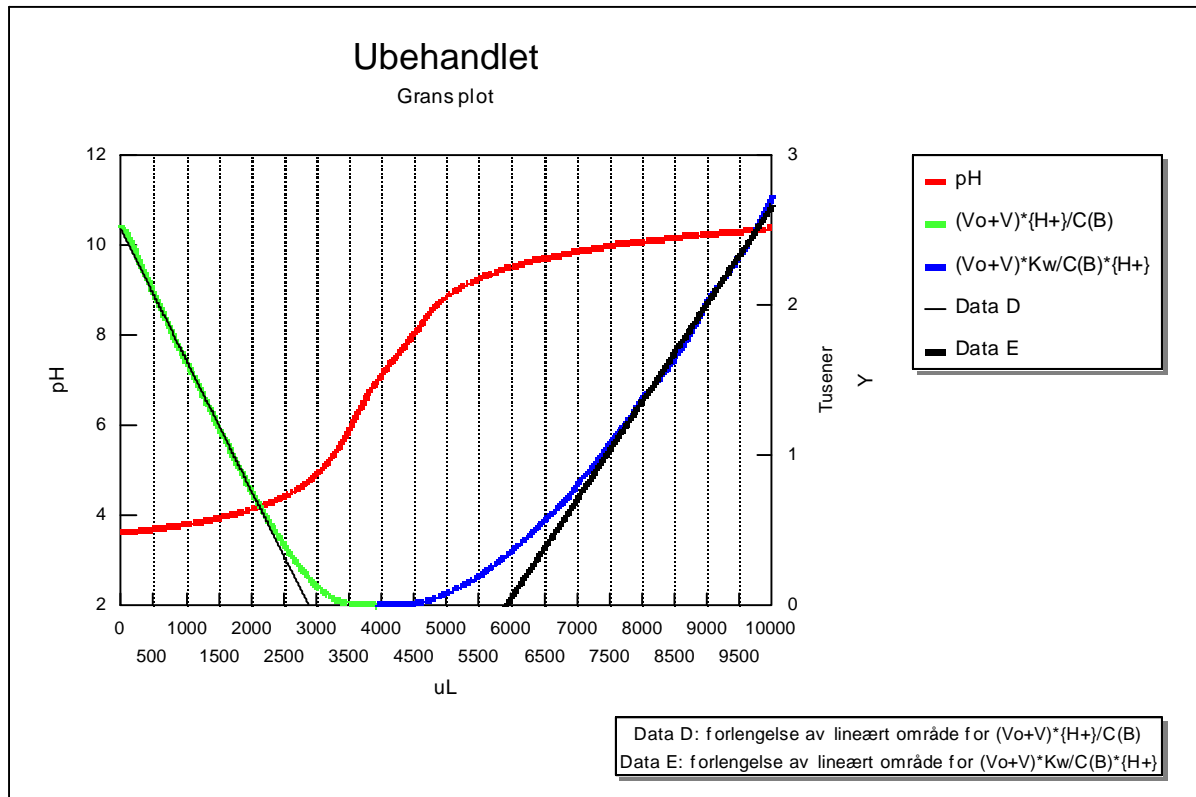
Figur B1.3: "Birkenes hydrofile".



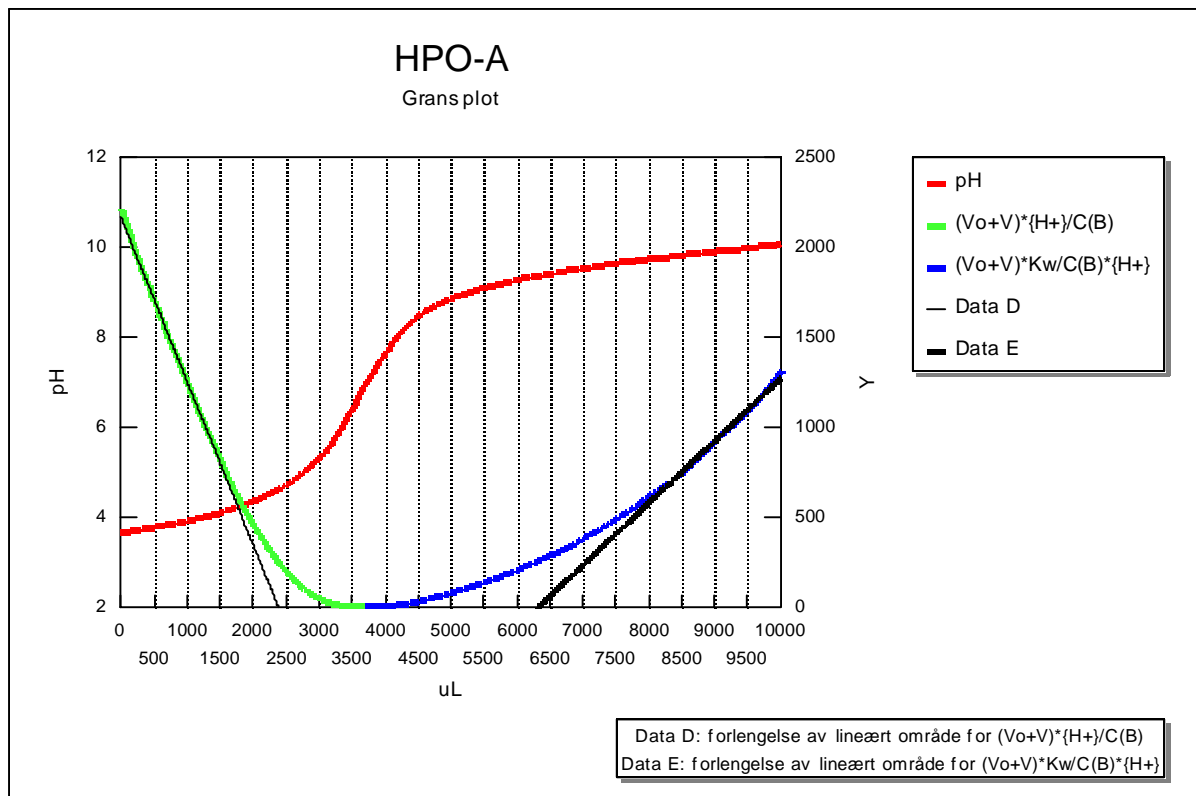
Figur B1.4: "Birkenes rensset".

## Appendiks B2:

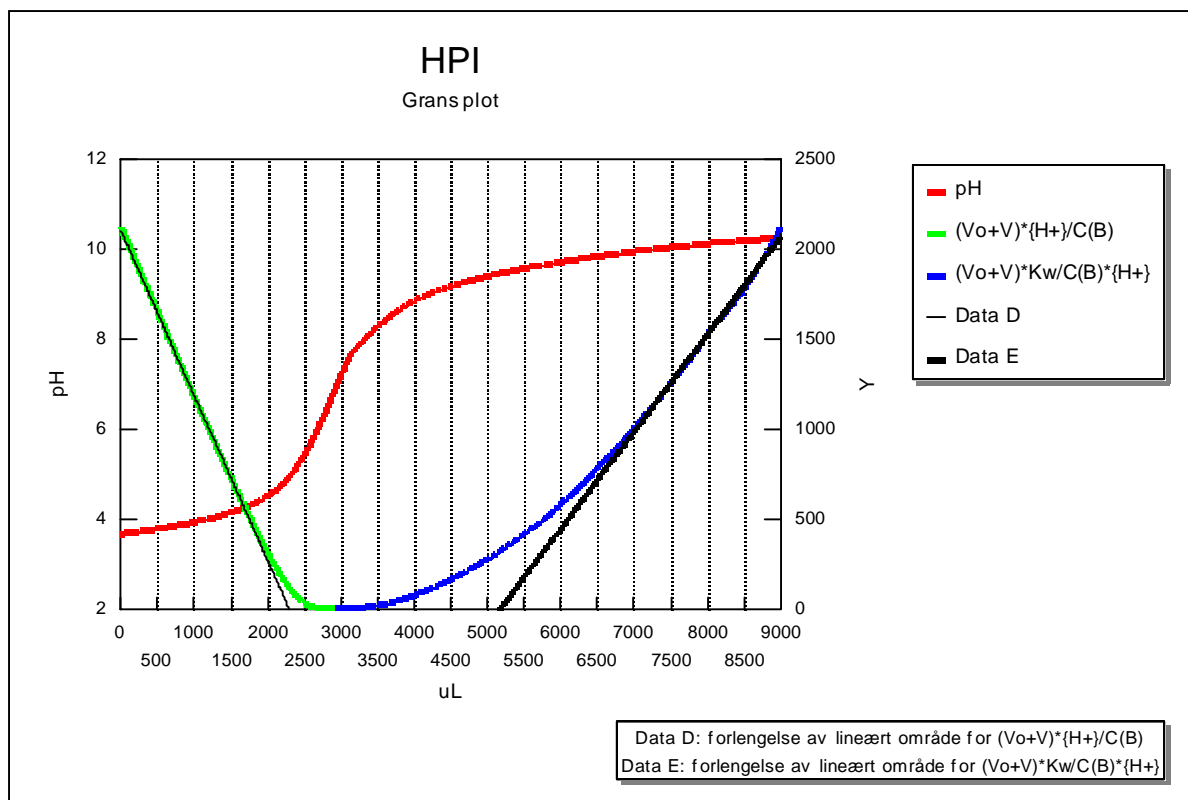
Grans plott for feltenes forskjellige fraksjoner.



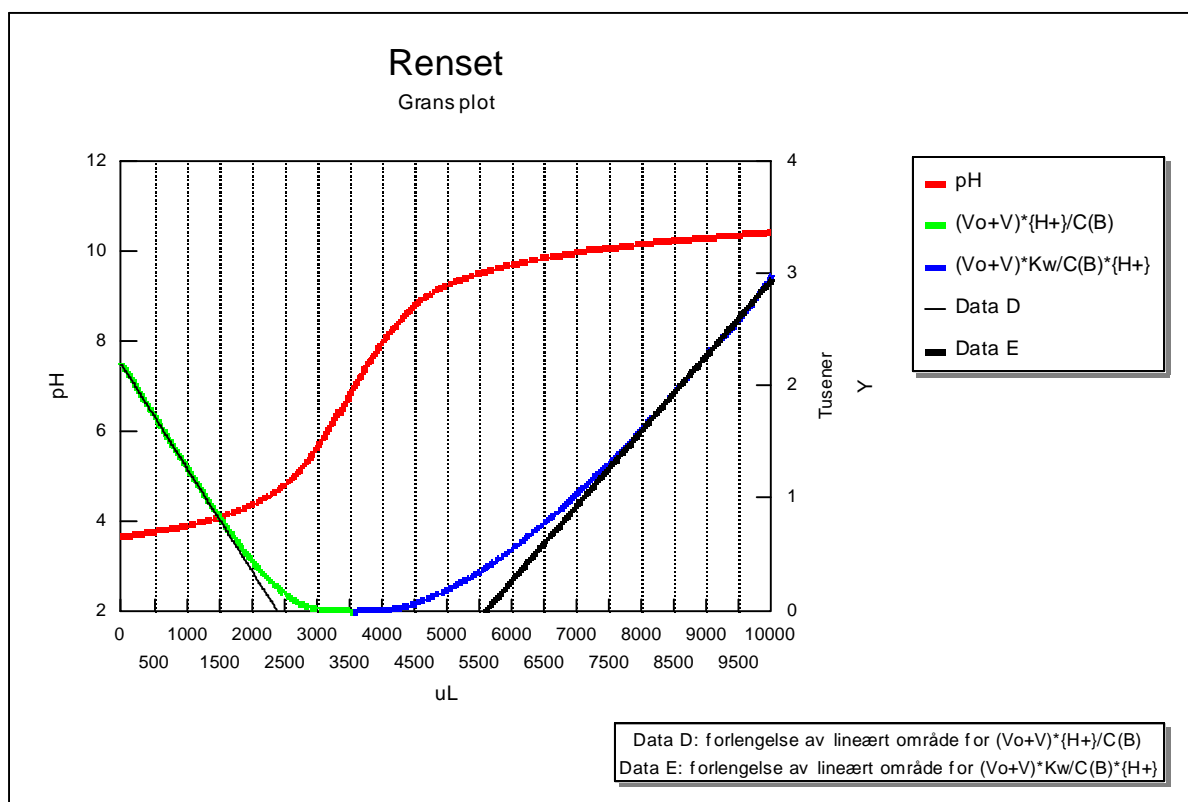
Figur B2.1: "Svartberget ubehandlet".



Figur B2.2: "Svartberget hydrofobe syrer".



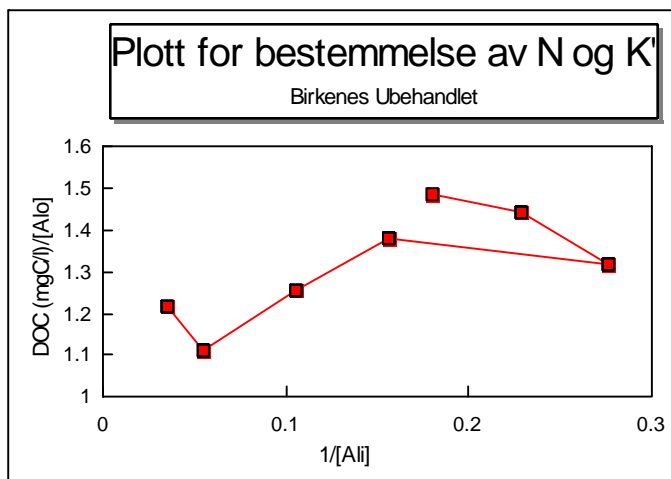
Figur B2.3: "Svartberget hydrofile".



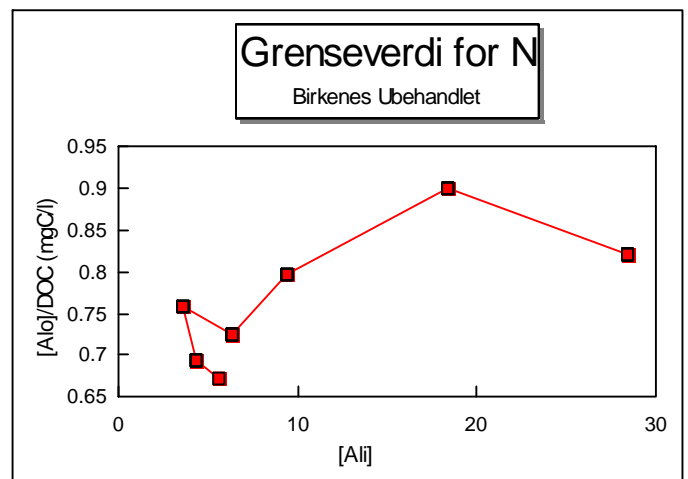
Figur B2.4: "Svartberget rensset".

## Appendiks C1:

Plott for å finne antall binding seter, N og verdien til  $K'$ . Figurene med grenseverdier skal gi en verdi for antall binding seter, N.

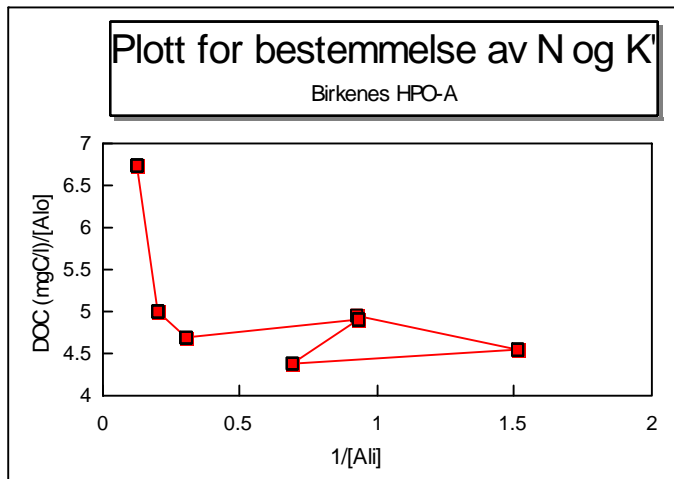


Figur C1.1

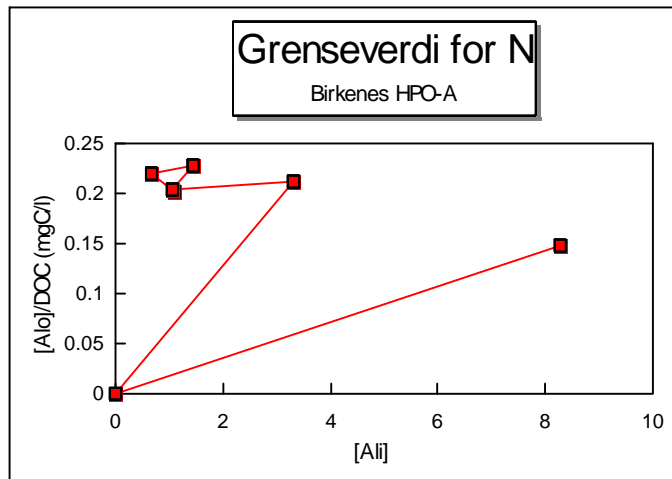


Figur C1.2

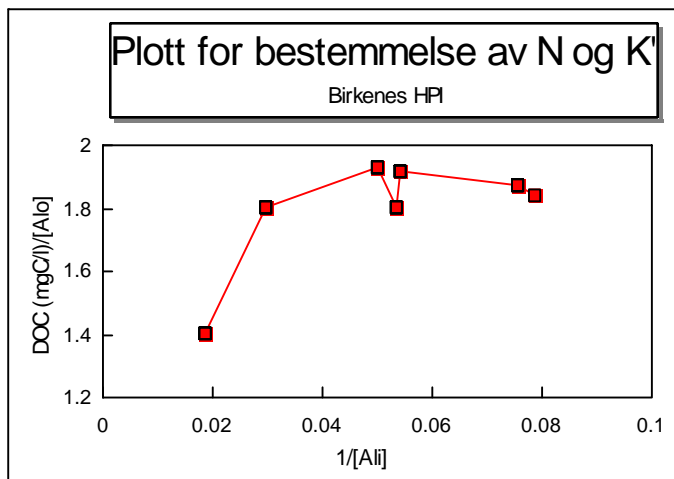




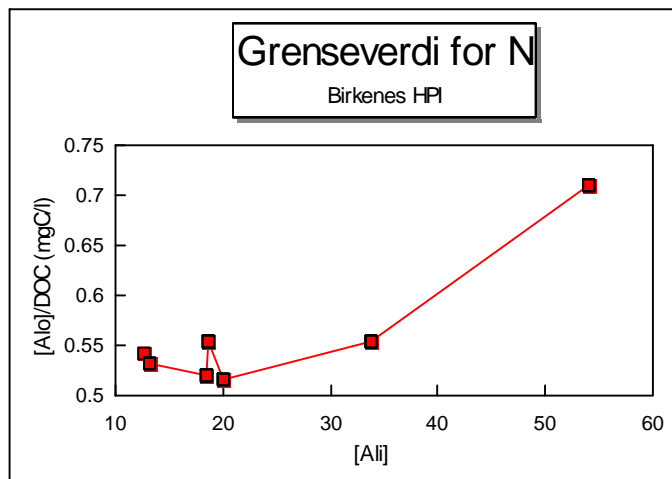
Figur C1.3



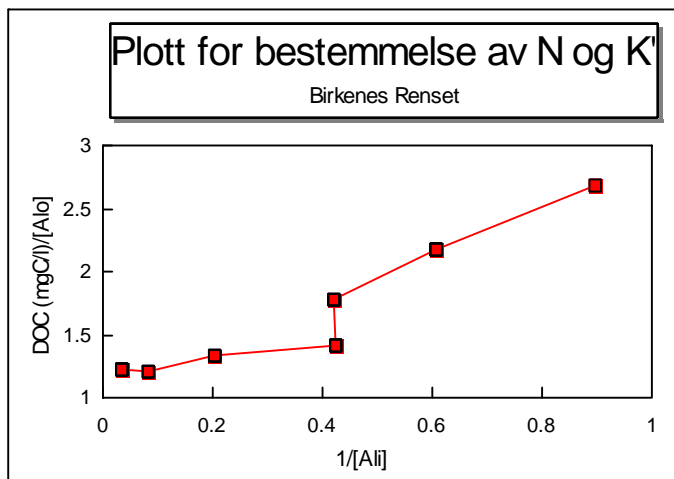
Figur C1.4



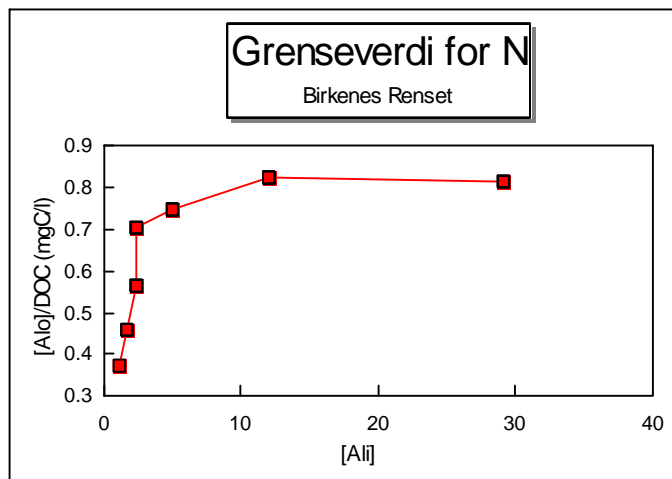
Figur C1.5



Figur C1.6



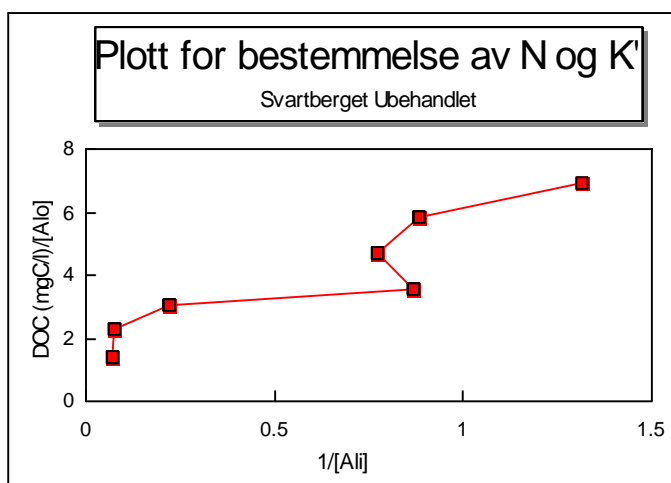
Figur C1.7



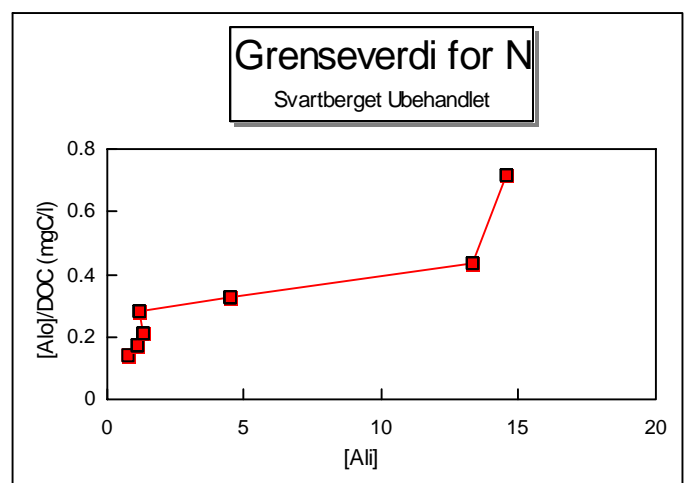
Figur C1.8

## Appendiks C2:

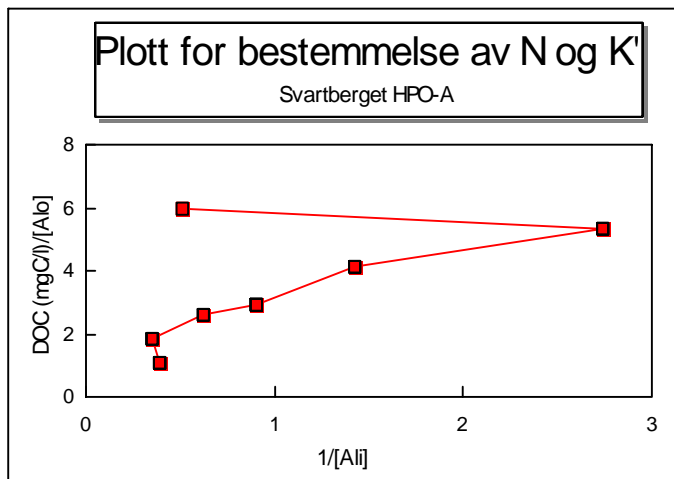
Plott for å finne antall bindingseter, N og verdien til  $K'$ . Figurene med grenseverdier skal gi en verdi for antall bindingseter, N.



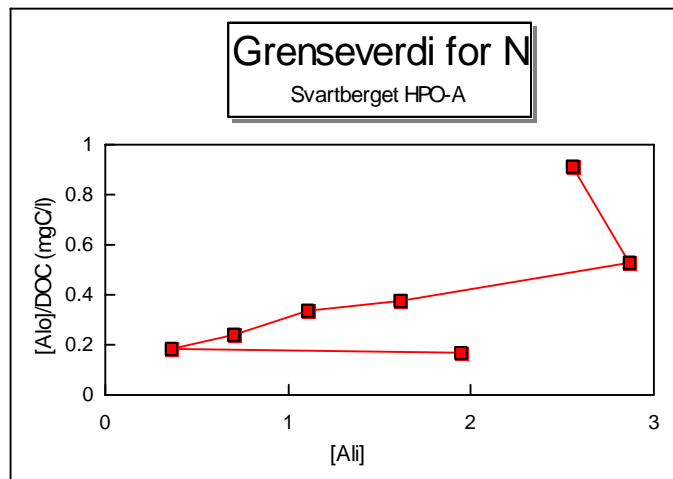
Figur C2.1



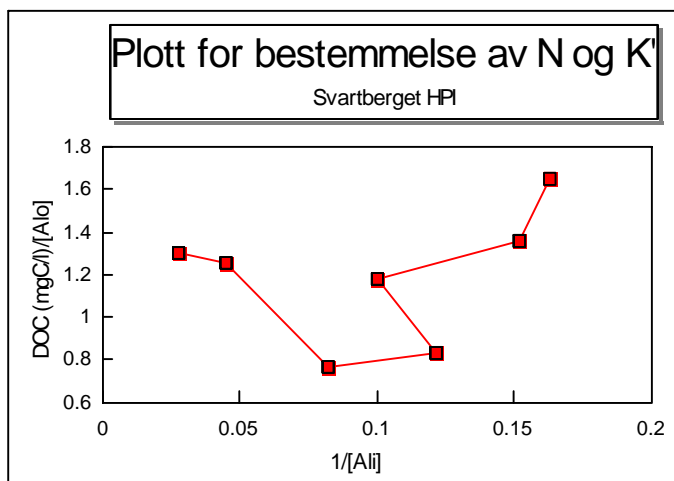
Figur C2.2



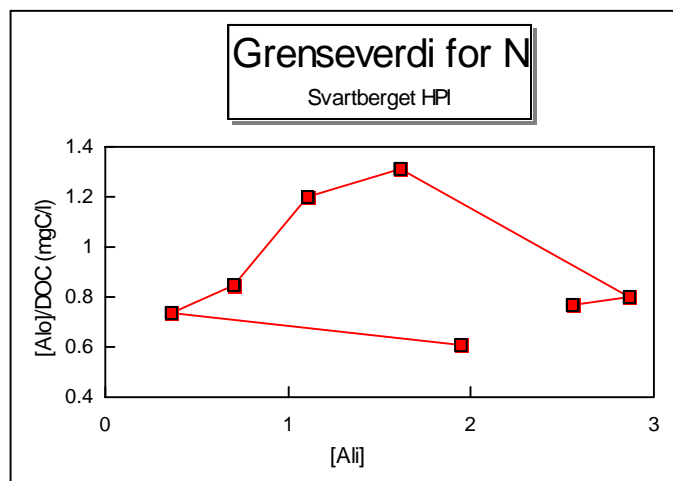
Figur C2.3



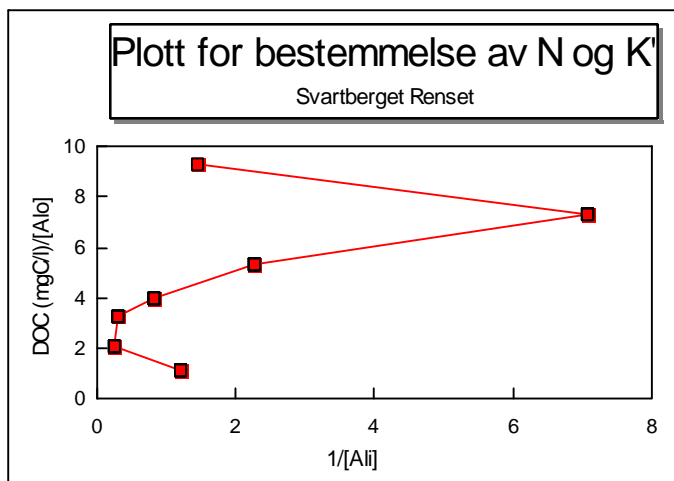
Figur C2.4



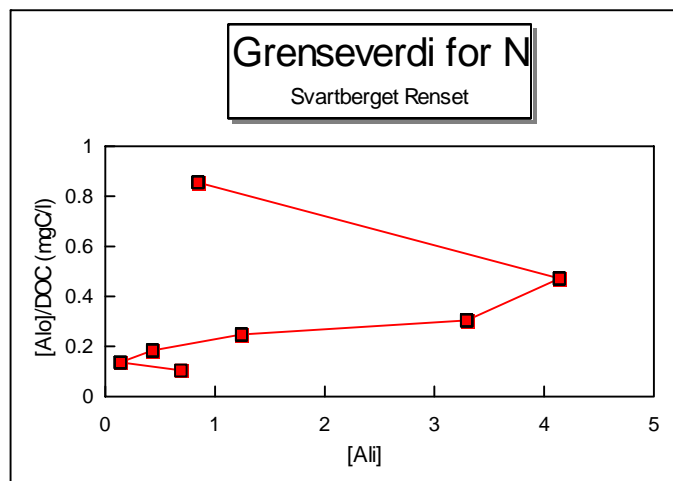
Figur C2.5



Figur C2.6



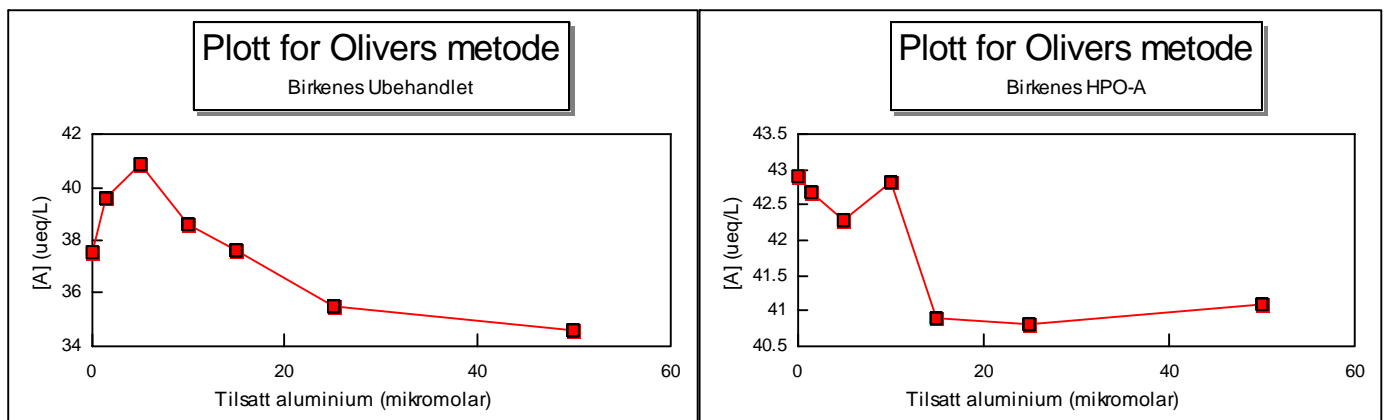
Figur C2.7



Figur C2.8

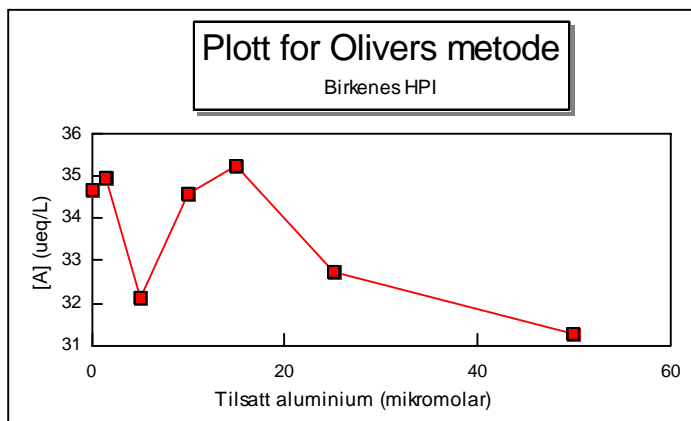
## Appendiks D:

Figurer som viser konsentrasjoner organiske anioner beregnet etter Olivers metode plottet som en funksjon av mengde tilsatt aluminium.

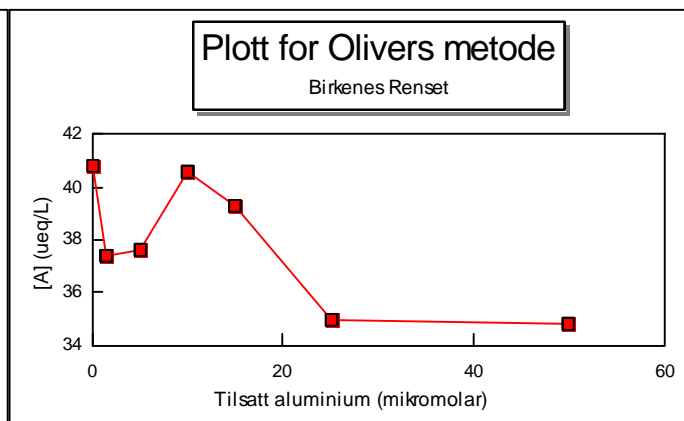


Figur D.1

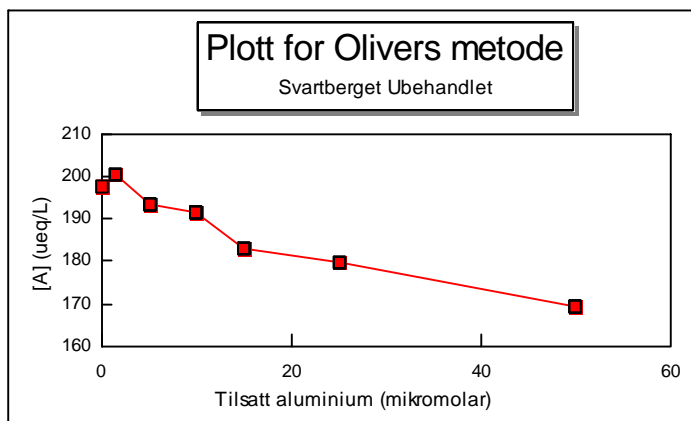
Figur D.2



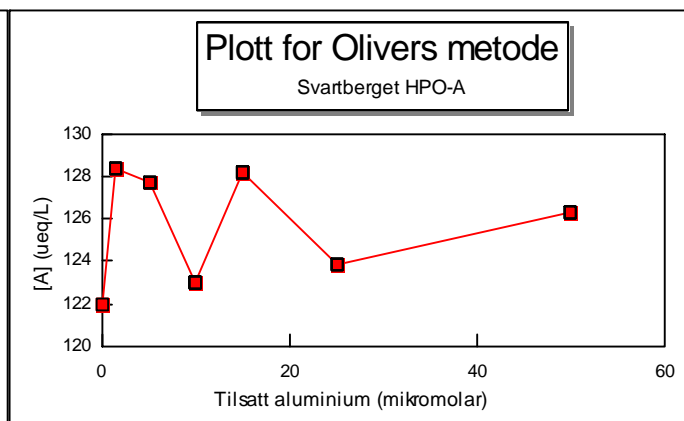
Figur D.3



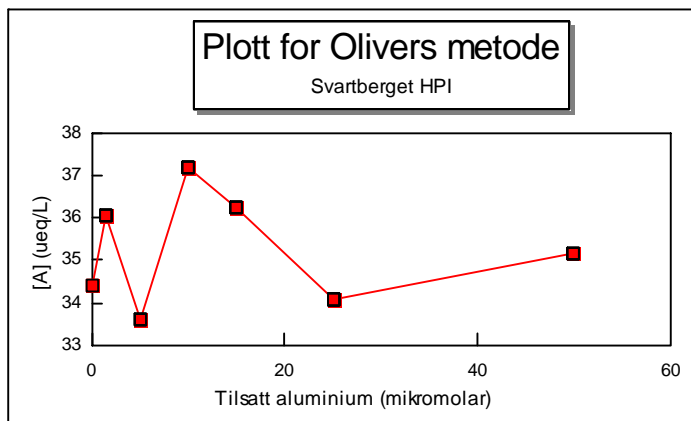
Figur D.4



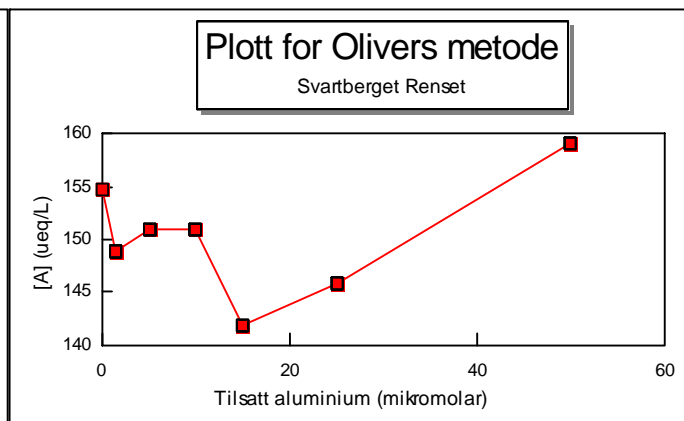
Figur D.5



Figur D.6



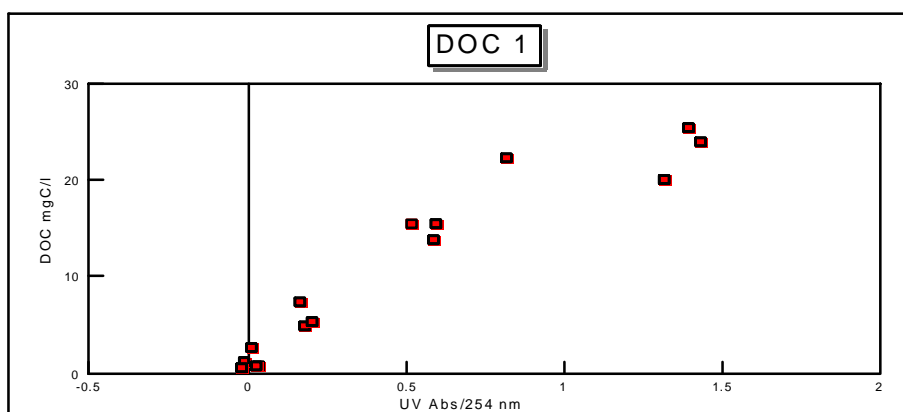
Figur D.7



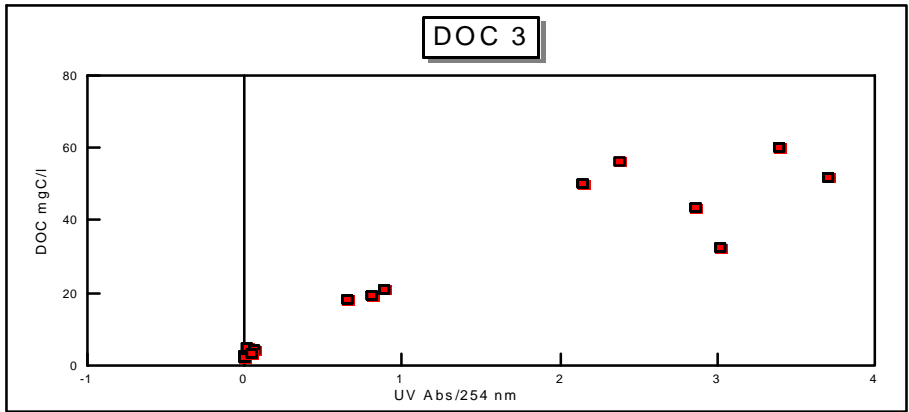
Figur D.8

## Appendiks E:

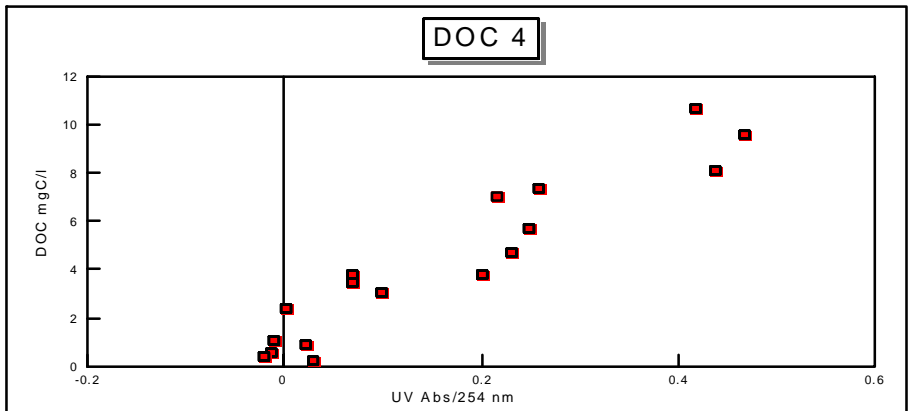
Figurene viser sammenhengen mellom verdier fra TOC-analysator og absorbanse fått ved analyse ved 254nm på spektrofotometer.



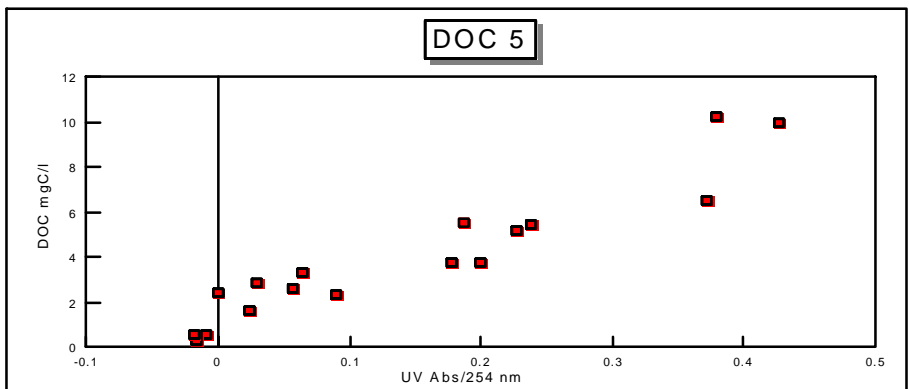
Figur E.1: "Alle verdier for DOC1 fra Leenheer-fraksjoneringene".



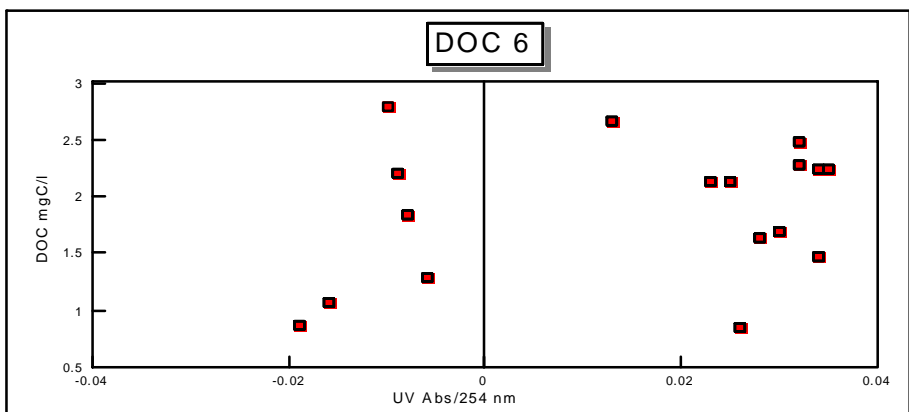
Figur E.2: "Alle verdier for DOC3 fra Leenheer-fraksjoneringene".



Figur E.3: "Alle verdier for DOC4 fra Leenheer-fraksjoneringene".



Figur E.4: "Alle verdier for DOC5 fra Leenheer-fraksjoneringene".



Figur E.5: "Alle verdier for DOC6 fra Leenheer-fraksjoneringene".

## **Appendiks F1:**

Tabeller som viser utdata fra ALCHEMI med endrede protolysekonstanter. Beregninger i ALCHEMI er gjort med Ala brukt som total aluminium innverdi. Vanligvanligvanlig betegner at henholdsvis  $pK_{a1}$ ,  $pK_{a2}$  og  $pK_{a3}$  er uendret. Tall satt inn for "vanlig" betyr at denne protolysekonstanten er justert til denne verdien.



	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP	NSP
	vanlig	vanlig	vanlig	vanlig	8vanlig	8vanlig	8vanlig	vanlig	vanlig
	Totalt organisk	Uorganisk	Totalt organisk	Uorganisk	Totalt organisk	Uorganisk	Totalt organisk	Uorganisk	Totalt organisk
	bundet aluminium	Aluminium	bundet aluminium	Aluminium	bundet aluminium	Aluminium	bundet aluminium	Aluminium	bundet aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	1.51448486E-07	8.78276560E-06	4.48426588E-08	8.89352949E-06	6.4555780E-07	8.27160002E-06	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	2.29003362E-07	7.55994920E-06	4.66272785E-08	7.74241618E-06	6.00155690E-07	7.18964598E-06	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	3.59249568E-07	7.04549195E-06	5.56681947E-08	7.34345364E-06	6.52116623E-07	6.76028308E-06	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.8443553E-07	9.86549670E-06	3.43540306E-07	9.80311917E-06	8.82690028E-08	1.00728948E-05	1.03154808E-06	9.08188804E-06	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	7.16133644E-07	1.32880337E-05	2.40249384E-07	1.38009224E-05	2.11556303E-06	1.17766266E-05	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	2.69211328E-06	2.14545896E-05	1.42717976E-06	2.27510973E-05	6.61587331E-06	1.73767982E-05	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	5.14767690E-06	2.86958098E-05	5.37914151E-06	2.84627569E-05	3.36746731E-06	3.04863396E-05	1.14637512E-05	2.23078071E-05	
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.10258527E-06	1.00607488E-06	1.25721929E-06	8.51692124E-07	4.70982690E-07	1.63809956E-06	1.50173025E-06	6.08105621E-07	
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	9.17822526E-07	8.69582672E-07	1.04076473E-06	7.46939360E-07	3.99295980E-07	1.38822526E-06	1.28632617E-06	5.02549278E-07	
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	1.38070008E-06	1.24137713E-06	1.53702837E-06	1.08496783E-06	6.54110795E-07	1.96910955E-06	1.90476563E-06	7.17700042E-07	
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.13364364E-06	9.81267691E-07	1.28016953E-06	8.34956859E-07	5.05916484E-07	1.60949211E-06	1.54037748E-06	5.75699317E-07	
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	2.37289838E-06	2.01387084E-06	2.54703284E-06	1.83950027E-06	1.33201023E-06	3.05607852E-06	3.31985859E-06	1.06542341E-06	
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	3.39415100E-06	2.60280134E-06	3.62482281E-06	2.37174347E-06	1.95689377E-06	4.04107258E-06	4.64339387E-06	1.35155857E-06	
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	5.37226157E-06	3.67130744E-06	5.73617801E-06	3.30714885E-06	3.12922587E-06	5.91517457E-06	7.14773461E-06	1.89405538E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.72075060E-06	1.04737917E-05	4.99549127E-06	1.01988647E-05	2.82920642E-06	1.23663269E-05	9.00622466E-06	6.18234015E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	5.21506130E-06	1.04612020E-05	5.51142227E-06	1.01646343E-05	3.16697599E-06	1.25103700E-05	9.47012858E-06	6.20008956E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	5.08554406E-06	1.57248905E-05	3.35096483E-06	1.74598527E-05	1.17535834E-05	9.05509865E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 10	6.83016578E-06	1.44014447E-05	7.16883454E-06	1.40626549E-05	4.36117136E-06	1.68716110E-05	1.22910563E-05	7.93843334E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 15	7.66529943E-06	1.46673265E-05	8.06806703E-06	1.42644453E-05	4.83112956E-06	1.75020539E-05	1.27841261E-05	9.54607045E-06	
Birkenes BIE 02 HPI 25	8.48532306E-06	2.78538938E-05	8.76435465E-06	2.75748530E-05	6.08774596E-06	3.02515422E-05	1.50561711E-05	2.12827478E-05	
Birkenes BIE 02 HPI 50	9.53873316E-06	4.77511651E-05	9.75336057E-06	4.75365363E-05	7.46360527E-06	4.98263051E-05	1.58451479E-05	4.14447171E-05	
Birkenes BIE 02 Renset 0	1.73638447E-06	1.75685971E-06	1.92239895E-06	1.57043913E-06	8.44737893E-07	2.65080445E-06	2.43412965E-06	1.05839072E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	1.96493989E-06	2.61270720E-06	1.10707638E-06	3.47165999E-06	3.18929738E-06	1.38567905E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 5	2.59870864E-06	3.37776762E-06	2.75559461E-06	3.22072135E-06	1.53709745E-06	4.44019863E-06	4.26764427E-06	1.70596137E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 10	3.86745462E-06	3.01586324E-06	4.18286041E-06	2.69931041E-06	2.10458125E-06	4.78118401E-06	5.11202919E-06	1.76841974E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 15	5.25096633E-06	4.47539409E-06	5.59529837E-06	4.13095691E-06	3.08371345E-06	6.64387859E-06	7.34448994E-06	2.37927215E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 25	6.24079936E-06	1.10170315E-05	6.48055979E-06	1.07772620E-05	4.29424566E-06	1.29636451E-05	1.21900237E-05	5.06725732E-06	
Birkenes BIE 02 Renset 50	9.22236497E-06	2.43986651E-05	1.02158101E-05	2.41052182E-05	7.34157198E-06	2.69794727E-05	1.60973688E-05	1.82236770E-05	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	2.15921366E-06	3.32788261E-06	9.27257114E-07	4.57008661E-06	3.19199342E-06	2.30980091E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.91562816E-06	3.87703516E-06	3.21751955E-06	3.57403148E-06	1.53271917E-06	5.28020222E-06	4.25065704E-06	2.55151895E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	3.68433775E-06	4.72244565E-06	2.06456410E-06	6.37716300E-06	5.21701623E-06	3.17456628E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	5.13406388E-06	5.45528277E-06	3.29713527E-06	7.33243913E-06	6.97937650E-06	3.57789515E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	8.04552559E-06	7.44582602E-06	6.00559829E-06	9.51224472E-06	1.08733156E-05	4.55674489E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 25	1.73490396E-05	1.08986285E-05	1.76978831E-05	1.05486383E-05	1.41507773E-05	1.41085685E-05	2.21478067E-05	6.04196559E-06	
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 50	2.34613696E-05	1.56434070E-05	2.38541319E-05	1.52503156E-05	1.95388934E-05	1.95685654E-05	3.19638676E-05	7.10389921E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	4.64340804E-08	4.31094869E-06	9.83212506E-09	4.33854148E-06	1.56162755E-07	4.22805791E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	9.38037778E-08	3.45473216E-06	1.26965838E-08	3.51294735E-06	1.77085305E-07	3.39523458E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	1.44671831E-07	4.84313240E-06	2.03573935E-08	4.93969575E-06	2.79465278E-07	4.73916876E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	1.56668159E-07	7.33924857E-06	3.19968248E-08	7.44853888E-06	4.64797252E-07	7.07136599E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	4.80506108E-07	8.38118016E-06	7.21902639E-08	8.75117675E-06	8.69333404E-07	8.03262486E-06	
Svarterberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	8.91125457E-07	1.34793021E-06	2.01089304E-07	1.42160074E-05	2.00963758E-06	1.23095715E-05	
Svarterberget SVA-E HPO-A 50	4.67674089E-06	2.06569306E-05	5.41184134E-06	1.98337967E-05	1.91398527E-06	2.37405775E-05	7.58099650E-06	1.74127644E-05	
Svarterberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	1.20626243E-07	9.53071794E-06	6.46591344E-08	9.59094936E-06	1.06466458E-06	8.51830350E-06	
Svarterberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	3.06527225E-07	1.07594056E-05	1.41816389E-07	1.09361769E-05	1.62833064E-06	9.34135402E-06	
Svarterberget SVA-E HPI 5	5.99952841E-07	1.49184168E-05	6.28347800E-07	1.48888077E-05	3.79017458E-07	1.51485650E-05	3.28877948E-06	1.20823751E-05	
Svarterberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	1.54841792E-06	1.44735772E-05	7.70546722E-07	1.52851366E-05	4.16258255E-06	1.17051906E-05	
Svarterberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	2.87428072E-06	1.80294983E-05	1.70088862E-06	1.92271035E-05	6.82941944E-06	1.39329437E-05	
Svarterberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	4.15975603E-06	2.35028282E-05	2.89142731E-06	2.47779640E-05	1.04250499E-05	1.71579996E-05	
Svarterberget SVA-E HPI 50	8.68348927E-06	3.23187470E-05	8.93397535E-06	3.20678845E-05	6.47325005E-06	3.45318487E-05	1.55419656E-05	2.54440441E-05	
Svarterberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.86617710E-06	1.50319910E-06	2.07471915E-06	2.29658361E-06	3.73583933E-06	6.33457452E-07	
Svarterberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.94155996E-06	1.85647439E-06	2.21183869E-06	2.58744844E-06	4.07325512E-06	7.23239261E-07	
Svarterberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	4.58390527E-06	2.23343110E-06	3.46206406E-06	3.35668358E-06	5.89208112E-06	9.22938659E-07	
Svarterberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	6.98904780E-06	2.80794249E-06	5.38485227E-06	4.41336004E-06	8.64000613E-06	1.15398657E-06	
Svarterberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	9.18459942E-06	4.56247756E-06	7.32709566E-06	6.42025381E-06	1.22627215E-06	1.48139514E-06	
Svarterberget SVA-E Renset 25	1.43490706E-05	5.84130708E-06	1.46295499E-05	5.56077522E-06	1.15963804E-05	8.59429286E-06	1.83753924E-05	1.81221101E-06	
Svarterberget SVA-E Renset 50	2.44667122E-05	5.62850326E-06	2.50367004E-05	5.05830508E-06	1.93437288E-05	1.07523196E-05	2.79003886E-05	2.19188474E-06	

Tabell F1.1a: "Resultater No solids present".

	NSP vanlig14vanlig Totalt organisk bundet aluminium	NSP vanlig14vanlig Uorganisk Aluminium	NSP vanligvanlig13 Totalt organisk bundet aluminium	NSP vanligvanlig13 Uorganisk Aluminium	NSP vanligvanlig16 Totalt organisk bundet aluminium	NSP vanligvanlig16 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.00963062E-08	8.92985248E-06	1.29523098E-07	8.80558699E-06	1.28263202E-07	8.80689804E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.57381055E-08	7.77349503E-06	1.78926578E-07	7.60957669E-06	1.78025924E-07	7.61047952E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.60891454E-08	7.37261617E-06	2.58172645E-07	7.14480725E-06	2.57418264E-07	7.14553963E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.45814975E-08	1.01403436E-05	2.84585034E-07	9.86533887E-06	2.82692833E-07	9.86733672E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.77889938E-08	1.39976408E-05	6.26538419E-07	1.33840995E-05	6.21475283E-07	1.33895652E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	3.01599047E-07	2.38996452E-05	2.52716481E-06	2.16240534E-05	2.50082511E-06	2.16511024E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	7.25904108E-07	3.31377187E-05	5.15217919E-06	2.86912767E-05	5.09549583E-06	2.87483465E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	2.75002668E-07	1.83439720E-06	1.10268217E-06	1.00597806E-06	1.10144951E-06	1.00720954E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	2.16961713E-07	1.57071711E-06	9.17916558E-07	8.69488809E-07	9.16720673E-07	8.70682554E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	3.44674398E-07	2.27909032E-06	1.38084808E-06	1.24122901E-06	1.37896615E-06	1.24311257E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	2.88190834E-07	1.82752987E-06	1.13374532E-06	9.81166098E-07	1.13245198E-06	9.82458338E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	5.77142512E-07	3.81125246E-06	2.37327337E-06	2.01349527E-06	2.36850852E-06	2.01826750E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	8.51616491E-07	5.14665908E-06	3.39467924E-06	2.60227069E-06	3.38796876E-06	2.60900489E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	1.45544660E-06	7.58923808E-06	5.37298735E-06	3.67058123E-06	5.36376230E-06	3.67981172E-06
Birkenes BIE 02 HPI 0	7.33058396E-07	1.44623761E-05	4.72346624E-06	1.04710742E-05	4.68914259E-06	1.05054203E-05
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	8.71379429E-07	1.48059479E-05	5.21769817E-06	1.04585633E-05	5.18434468E-06	1.04919391E-05
Birkenes BIE 02 HPI 5	6.19084803E-07	2.01918325E-05	4.90461861E-06	1.59059067E-05	4.82684167E-06	1.59837188E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	1.18546733E-06	2.00474325E-05	6.83386038E-06	1.43977486E-05	6.78715752E-06	1.44444706E-05
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.48491487E-06	2.08486998E-05	7.66846896E-06	1.46641561E-05	7.62834064E-06	1.47042953E-05
Birkenes BIE 02 HPI 25	1.40298315E-06	3.49364087E-05	8.49247202E-06	2.78467446E-05	8.40244245E-06	2.79367771E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.59129698E-06	5.56986495E-05	9.54937986E-06	4.77405183E-05	9.41571923E-06	4.78741798E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	4.27148348E-07	3.06930898E-06	1.73658949E-06	1.75665420E-06	1.73398286E-06	1.75926707E-06
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.20305064E-07	4.25902955E-06	1.85624088E-06	2.72157984E-06	1.84662148E-06	2.73121400E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	4.67277616E-07	5.51049145E-06	2.59966883E-06	3.37680654E-06	2.58749998E-06	3.38898662E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	1.06642079E-06	5.82004664E-06	3.86787465E-06	3.01544210E-06	3.86253383E-06	3.02079698E-06
Birkenes BIE 02 Renset 15	1.29150846E-06	8.43643458E-06	5.25190854E-06	4.47445209E-06	5.23993998E-06	4.48641768E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	9.86279037E-07	1.62716755E-05	6.24577172E-06	1.10120589E-05	6.18312208E-06	1.10747109E-05
Birkenes BIE 02 Renset 50	1.89146088E-06	3.24296025E-05	9.92912205E-06	2.43919080E-05	9.84387875E-06	2.44771518E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	4.07544764E-07	5.09926274E-06	1.93722020E-06	3.54993347E-06	1.93249109E-06	3.55467422E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	8.13874413E-07	6.01474803E-06	2.91599910E-06	3.87666191E-06	2.91128502E-06	3.88140559E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	9.55778266E-07	7.50904049E-06	3.43859634E-06	4.97328152E-06	3.43028301E-06	4.98175798E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	1.61379525E-06	9.04284524E-06	4.88177712E-06	5.71336182E-06	4.87086214E-06	5.72452845E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	2.65094549E-06	1.28862076E-05	7.81861279E-06	6.7638906E-06	7.79509117E-06	7.70028027E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	6.15563247E-06	2.21124571E-05	1.73530215E-05	1.08946140E-05	1.73025356E-05	1.09455062E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	6.51716573E-06	3.25930158E-05	2.34728759E-05	1.56318926E-05	2.33274629E-05	1.57774016E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 0	2.96257270E-09	4.34373571E-06	3.66883397E-08	4.31823210E-06	3.64603840E-08	4.31840453E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.15467867E-09	3.51764391E-06	6.43986932E-08	3.47580194E-06	6.42143788E-08	3.47593433E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	9.58406598E-09	4.94808683E-06	1.00708942E-07	4.87725123E-06	1.00402042E-07	4.87748909E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.02671468E-08	7.46764606E-06	1.22566730E-07	7.36908777E-06	1.21894948E-07	7.36967593E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	3.43372692E-08	8.78575646E-06	3.41811042E-07	8.50612082E-06	3.40858118E-07	8.50698191E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	6.97462034E-08	1.43565635E-05	7.13874700E-07	1.36680169E-05	7.10733651E-07	1.36711693E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 50	9.45552502E-07	2.48135407E-05	4.67741742E-06	2.06561731E-05	4.66881871E-06	2.06658009E-05
Svarberget SVA-E HPI 0	8.03555411E-09	9.65195182E-06	1.13843514E-07	9.53801327E-06	1.10701930E-07	9.54139268E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.19701577E-08	1.10647559E-05	2.83342145E-07	1.07842917E-05	2.78310257E-07	1.07896926E-05
Svarberget SVA-E HPI 5	4.88593556E-08	1.54922199E-05	6.01299245E-07	1.49170130E-05	5.84595679E-07	1.49344277E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	1.59319545E-07	1.59228546E-05	1.44169121E-06	1.45854393E-05	1.42716441E-06	1.46006579E-05
Svarberget SVA-E HPI 15	3.53735527E-07	2.05957468E-05	2.73501600E-06	1.81719562E-05	2.70614612E-06	1.82022897E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	5.11003206E-07	2.71664774E-05	4.03463146E-06	2.36287315E-05	3.96520242E-06	2.36985886E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	1.57011874E-06	3.94393521E-05	8.69026148E-06	3.23119648E-05	8.60496187E-06	3.23973899E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	9.12609412E-07	3.46027038E-06	2.77651895E-06	1.59306141E-06	2.76909628E-06	1.60050142E-06
Svarberget SVA-E Renset 1.5	8.06021066E-07	3.99456579E-06	2.86666510E-06	1.93145771E-06	2.85454229E-06	1.94360194E-06
Svarberget SVA-E Renset 5	1.37630745E-06	5.44353614E-06	4.47006244E-06	2.34741879E-06	4.45598575E-06	2.36151776E-06
Svarberget SVA-E Renset 10	2.18655158E-06	7.61243312E-06	6.83320222E-06	2.96396204E-06	6.81365852E-06	2.98352755E-06
Svarberget SVA-E Renset 15	2.21220654E-06	1.15355429E-05	9.02040293E-06	4.72671726E-06	8.96266516E-06	4.78446869E-06
Svarberget SVA-E Renset 25	4.08888014E-06	1.61020748E-05	1.43540794E-05	5.83629738E-06	1.42906059E-05	5.89978189E-06
Svarberget SVA-E Renset 50	1.06462709E-05	1.94501560E-05	2.44690315E-05	5.62618321E-06	2.44395414E-05	5.65568284E-06

Tabell F1.1b: "Resultater No solids present".

	PNG vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG Uorganisk Aluminium	PNG 5vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG Uorganisk Aluminium	PNG 8vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG Uorganisk Aluminium	PNG vanlig10vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	1.51448486E-07	8.78276560E-06	4.48426588E-08	8.89352949E-06	6.4555780E-07	8.27160002E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	2.9003362E-07	7.55994920E-06	4.66272785E-08	7.74241618E-06	6.00155690E-07	7.18964598E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	3.59249568E-07	7.04549195E-06	5.56681947E-08	7.34345364E-06	6.52116623E-07	6.76028308E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.84435553E-07	9.86549670E-06	3.43540306E-07	9.80311917E-06	8.82690028E-08	1.00728948E-05	1.03154808E-06	9.08188804E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	7.16133644E-07	1.32880337E-05	2.40249384E-07	1.38009224E-05	2.11556303E-06	1.17766266E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	2.69211328E-06	2.14545896E-05	1.29266862E-06	2.21422406E-05	6.61587331E-06	1.73767982E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	5.14767690E-06	2.86958098E-05	5.37914151E-06	2.84627569E-05	1.91291741E-06	2.47442443E-05	1.14637512E-05	2.23078071E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.10258527E-06	1.00607488E-06	1.25721929E-06	8.51692124E-07	7.51526627E-08	4.51770348E-07	1.50173025E-06	6.08105621E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	9.17822526E-07	8.69582672E-07	1.04076473E-06	7.46939360E-07	9.04082888E-08	4.97342324E-07	1.28632617E-06	5.02549278E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	1.38070008E-06	1.24137713E-06	1.53702837E-06	1.08496783E-06	1.10941066E-07	6.13666058E-07	1.90476563E-06	7.17700042E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.13364364E-06	9.81267691E-07	1.28016953E-06	8.34956859E-07	8.19536450E-08	4.52025174E-07	1.54037748E-06	5.75699317E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	2.37289838E-06	2.01387084E-06	2.54703284E-06	1.83950027E-06	2.40930280E-07	1.06523439E-06	3.31985859E-06	1.06542341E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	3.39415100E-06	2.60280134E-06	3.62482281E-06	2.37174347E-06	2.52816809E-07	1.08523250E-06	4.64339387E-06	1.35155857E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	3.21519937E-06	2.35443325E-06	3.91472090E-06	2.35441771E-06	2.21150484E-07	9.45881940E-07	7.14773461E-06	1.89405538E-06
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.72075060E-06	1.04737917E-05	4.99549127E-06	1.01988647E-05	1.03237400E-06	6.58673822E-06	9.00622466E-06	6.18234015E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	5.21506130E-06	1.04612020E-05	5.51142227E-06	1.01646343E-05	9.19657687E-07	5.90081860E-06	9.47012858E-06	6.20008956E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	5.08554406E-06	1.57248905E-05	3.04548170E-06	1.60006513E-05	1.17535834E-05	9.05509865E-06
Birkenes BIE 02 HPI 10	6.83016578E-06	1.44014447E-05	7.16883454E-06	1.40626597E-05	1.10900846E-06	6.46644501E-06	5.21209191E-06	6.78843334E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	6.37783851E-06	1.18113100E-05	6.92237541E-06	1.18113079E-05	8.09819437E-07	5.32158311E-06	1.27841261E-05	9.54607045E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	8.48532306E-06	2.78538938E-05	8.76435465E-06	2.75748530E-05	2.40960435E-06	1.18758550E-05	1.50561711E-05	2.12827478E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	9.53873316E-06	4.77511651E-05	9.75336057E-06	4.75365363E-05	4.14090551E-06	2.28310880E-05	1.58451479E-05	4.14447171E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	1.73638447E-06	1.75685971E-06	1.92239895E-06	1.57043913E-06	1.24819801E-07	8.35194639E-07	2.43412965E-06	1.05839072E-06
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	1.96493989E-06	2.61270720E-06	7.36224544E-07	2.73257910E-06	3.18929738E-06	1.38567905E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	2.59870864E-06	3.37776762E-06	2.75559416E-06	3.22072135E-06	6.58248123E-07	2.61902072E-06	4.26764427E-06	1.70596137E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	2.46773844E-06	2.19842982E-06	3.14755156E-06	2.19840266E-06	1.46149104E-07	9.09502547E-07	5.11202919E-06	1.76841974E-06
Birkenes BIE 02 Renset 15	3.77190554E-06	3.38095491E-06	4.44547686E-06	3.38094639E-06	2.94824639E-07	1.47336849E-06	7.34448994E-06	2.37927215E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	6.24079936E-06	1.10170315E-05	6.48055979E-06	1.07772620E-05	2.03683744E-06	6.28905487E-06	1.21900237E-05	5.06725732E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	9.92236497E-06	2.43986651E-05	1.02158101E-05	2.41052182E-05	2.21774610E-06	6.78310100E-06	1.60973688E-05	1.82236770E-05
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	2.15921366E-06	3.32788261E-06	9.27257114E-07	4.57008661E-06	3.19199342E-06	2.30980091E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.91562816E-06	3.87703516E-06	3.21751955E-06	3.57403148E-06	6.93440721E-07	3.87269670E-06	4.25065704E-06	2.55151895E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	3.68433775E-06	4.72244565E-06	1.47080135E-06	5.68770739E-06	5.21701623E-06	3.17456628E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	5.13406388E-06	5.45528277E-06	1.82868559E-06	6.04532067E-06	6.97937650E-06	3.57789515E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	8.04552559E-06	7.44582602E-06	4.18101804E-06	8.39934840E-06	1.08733156E-05	4.55674489E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 25	1.73490396E-05	1.08986285E-05	1.76978831E-05	1.05486383E-05	5.72095871E-06	9.50016948E-06	2.21478067E-05	6.04196559E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 50	2.34613696E-05	1.56434070E-05	2.38541319E-05	1.52503156E-05	1.34210192E-05	1.52061857E-05	3.19638676E-05	7.10389921E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	4.64340804E-08	4.31094869E-06	9.83212506E-09	4.33854148E-06	1.56162755E-07	4.22805791E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	9.38037778E-08	3.45473216E-06	1.26965838E-08	3.51294735E-06	1.77085305E-07	3.39523458E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	1.44671831E-07	4.84313240E-06	2.03573935E-08	4.93969575E-06	2.79465278E-07	4.73916876E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	1.56668159E-07	7.33924857E-06	3.19968248E-08	7.44853888E-06	4.64797252E-07	7.07136599E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	4.80560108E-07	8.38118016E-06	7.21902639E-08	8.75117675E-06	8.69333404E-07	8.03262486E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	8.91125457E-07	1.34793021E-05	2.01089304E-07	1.42160074E-05	2.00963758E-06	1.23095715E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 50	4.67674089E-06	2.06569306E-05	5.41184134E-06	1.98337967E-05	3.32401324E-07	1.49464444E-05	7.58099650E-06	1.74127644E-05
Svarterberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	1.20626243E-07	9.53071794E-06	6.46591344E-08	9.59094936E-06	1.06466458E-06	8.51830350E-06
Svarterberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	3.06527225E-07	1.07594056E-05	1.41816389E-07	1.09361769E-05	1.62833064E-06	9.34135402E-06
Svarterberget SVA-E HPI 5	5.99952841E-07	1.49184168E-05	6.28347800E-07	1.48888077E-05	3.79017458E-07	1.51485650E-05	3.28877948E-06	1.20823751E-05
Svarterberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	1.54841792E-06	1.44735772E-05	7.70546722E-07	1.52851366E-05	4.16258255E-06	1.17051906E-05
Svarterberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	2.87428072E-06	1.80294983E-05	1.62329573E-06	1.89742485E-05	6.82941944E-06	1.39329437E-05
Svarterberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	4.15975603E-06	2.35028282E-05	2.89142731E-06	2.47779640E-05	1.04250499E-05	1.71579996E-05
Svarterberget SVA-E HPI 50	8.68348927E-06	3.23187470E-05	8.93397535E-06	3.20678845E-05	2.46809566E-06	2.13426582E-05	1.55419656E-05	2.54440441E-05
Svarterberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.86617710E-06	1.50319910E-06	2.07471915E-06	2.29658361E-06	3.73583933E-06	6.33457452E-07
Svarterberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.94155996E-06	1.85647439E-06	2.21183869E-06	2.58744844E-06	4.07325512E-06	7.23239261E-07
Svarterberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	4.58390527E-06	2.23343110E-06	3.46206406E-06	3.35668358E-06	5.89208112E-06	9.22938659E-07
Svarterberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	6.98904780E-06	2.80794249E-06	4.21256415E-06	3.74310201E-06	8.64000613E-06	1.15398657E-06
Svarterberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	9.18459942E-06	4.56247756E-06	7.32709566E-06	6.42025381E-06	1.22627215E-05	1.48139514E-06
Svarterberget SVA-E Renset 25	1.43490706E-05	5.84130708E-06	1.46295499E-05	5.56077522E-05	7.29407813E-06	5.74793137E-06	1.83753924E-05	1.81221101E-06
Svarterberget SVA-E Renset 50	1.90984900E-05	4.39359601E-06	2.17981673E-05	4.39359391E-06	1.73976603E-06	1.81568902E-06	2.79003886E-05	2.19188474E-06

Tabell F1.2a: "Resultater Precipitated Natural Gibbsite".

	PNG vanlig14vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG vanlig14vanlig Uorganisk Aluminium	PNG vanligvanlig13 Totalt organisk bundet aluminium	PNG vanligvanlig13 Uorganisk Aluminium	PNG vanligvanlig16 Totalt organisk bundet aluminium	PNG vanligvanlig16 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.00963062E-08	8.92985248E-06	1.29523098E-07	8.80558699E-06	1.28263202E-07	8.80689804E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.57381055E-08	7.77349503E-06	1.78926578E-07	7.60957669E-06	1.78025924E-07	7.61047952E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.60891454E-08	7.37261617E-06	2.58172645E-07	7.14480725E-06	2.57418264E-07	7.14553963E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.45814975E-08	1.01403436E-05	2.84585034E-07	9.86533887E-06	2.82692833E-07	9.86733672E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.77889938E-08	1.39976408E-05	6.26538419E-07	1.33840995E-05	6.21475283E-07	1.33895652E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	3.01599047E-07	2.38996452E-05	2.52716481E-06	2.16240534E-05	2.50082511E-06	2.16511024E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	7.25904108E-07	3.31377187E-05	5.15217919E-06	2.86912767E-05	5.09549583E-06	2.87483465E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.65178702E-07	1.32007726E-06	1.10268217E-06	1.00597806E-06	1.10144951E-06	1.00720954E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	1.81485861E-07	1.40301841E-06	9.17916558E-07	8.69488809E-07	9.16720673E-07	8.70682554E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	2.06713456E-07	1.65140750E-06	1.38084808E-06	1.24122901E-06	1.37896615E-06	1.24311257E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.71594513E-07	1.30959563E-06	1.13374532E-06	9.81166098E-07	1.13245198E-06	9.82458338E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	3.27041683E-07	2.60104121E-06	2.37327337E-06	2.01349527E-06	2.36850852E-06	2.01826750E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	3.36725595E-07	2.65809638E-06	3.39467924E-06	2.60227069E-06	3.38796876E-06	2.60900489E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	3.09415435E-07	2.35440641E-06	3.21645020E-06	2.35443321E-06	3.20059079E-06	2.35443369E-06
Birkenes BIE 02 HPI 0	7.33058396E-07	1.44623761E-05	4.72346624E-06	1.04710742E-05	4.68914259E-06	1.05054203E-05
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	7.80203917E-07	1.36532124E-05	5.21769817E-06	1.04585633E-05	5.18434468E-06	1.04919391E-05
Birkenes BIE 02 HPI 5	6.19084803E-07	2.01918325E-05	4.90461861E-06	1.59059067E-05	4.82684167E-06	1.59837188E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	8.86364918E-07	1.58666637E-05	6.83386038E-06	1.43977486E-05	6.78715752E-06	1.44444704E-05
Birkenes BIE 02 HPI 15	7.11994512E-07	1.18114119E-05	6.38204880E-06	1.18113100E-05	6.32883431E-06	1.18113102E-05
Birkenes BIE 02 HPI 25	1.40298315E-06	3.49364087E-05	8.49247202E-06	2.78467446E-05	8.40244245E-06	2.79367771E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.5912698E-06	5.56986495E-05	9.54937986E-06	4.77405183E-05	9.41571923E-06	4.78741798E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	2.18632172E-07	2.06605487E-06	1.73658949E-06	1.75665420E-06	1.73398286E-06	1.75926707E-06
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.20305064E-07	4.25902955E-06	1.85624088E-06	2.72157984E-06	1.84662148E-06	2.73121400E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	4.67277616E-07	5.51049145E-06	2.59966883E-06	3.37680654E-06	2.58749998E-06	3.38898662E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	2.38870100E-07	2.19839548E-06	2.46852868E-06	2.19842976E-06	2.45850115E-06	2.19843044E-06
Birkenes BIE 02 Renset 15	3.66920386E-07	3.38094250E-06	3.77360464E-06	3.38095488E-06	3.75207700E-06	3.38095528E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	9.86279037E-07	1.62716755E-05	6.24577172E-06	1.10120589E-05	6.18312208E-06	1.10747109E-05
Birkenes BIE 02 Renset 50	1.46686769E-06	2.49230412E-05	9.92912205E-06	2.43919080E-05	9.84387875E-06	2.44771518E-05
Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	4.07544764E-07	5.09926274E-06	1.93722020E-06	3.54993347E-06	1.93249109E-06	3.55467422E-06
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	8.13874413E-07	6.01474803E-06	2.91599910E-06	3.87666191E-06	2.91128502E-06	3.88140559E-06
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	9.55778266E-07	7.50904049E-06	3.43859634E-06	4.97328152E-06	3.43028301E-06	4.98175798E-06
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	1.61379525E-06	9.04284524E-06	4.88177712E-06	5.71336182E-06	4.87086214E-06	5.72452845E-06
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	2.65094549E-06	1.28862076E-05	7.81861279E-06	6.7638906E-06	7.79509117E-06	7.70028027E-06
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	4.49351251E-06	1.81813122E-05	1.73530215E-05	1.08946140E-05	1.73025356E-05	1.09455062E-05
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	6.51716573E-06	3.25930158E-05	2.34728759E-05	1.56318926E-05	2.33274629E-05	1.57774016E-05
Svartberget SVA-E HPO-A 0	2.96257270E-09	4.34373571E-06	3.66883397E-08	4.31823210E-06	3.64603840E-08	4.31840453E-06
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	6.15467867E-09	3.51764391E-06	6.43986932E-08	3.47580194E-06	6.42143788E-08	3.47593433E-06
Svartberget SVA-E HPO-A 5	9.58406598E-09	4.94808683E-06	1.00708942E-07	4.87725123E-06	1.00402042E-07	4.87748909E-06
Svartberget SVA-E HPO-A 10	1.02671468E-08	7.46764606E-06	1.22566730E-07	7.36908777E-06	1.21894948E-07	7.36967593E-06
Svartberget SVA-E HPO-A 15	3.43372692E-08	8.78575646E-06	3.41811042E-07	8.50612082E-06	3.40858118E-07	8.50698191E-06
Svartberget SVA-E HPO-A 25	6.97462034E-08	1.43565635E-05	7.13874700E-07	1.36680169E-05	7.10733651E-07	1.36711693E-05
Svartberget SVA-E HPO-A 50	6.07898816E-07	2.23087240E-05	4.67741742E-06	2.06561731E-05	4.66881871E-06	2.06658009E-05
Svartberget SVA-E HPI 0	8.03555411E-09	9.65195182E-06	1.13843514E-07	9.53801327E-06	1.10701930E-07	9.54139268E-06
Svartberget SVA-E HPI 1.5	2.19701577E-08	1.10647559E-05	2.83342145E-07	1.07842917E-05	2.78310257E-07	1.07896926E-05
Svartberget SVA-E HPI 5	4.88593556E-08	1.54922199E-05	6.01299245E-07	1.49170130E-05	5.84595679E-07	1.49344278E-05
Svartberget SVA-E HPI 10	1.59319545E-07	1.59228546E-05	1.44169121E-06	1.45854393E-05	1.42716441E-06	1.46006579E-05
Svartberget SVA-E HPI 15	3.53735527E-07	2.05957468E-05	2.73501600E-06	1.81719562E-05	2.70614612E-06	1.82022897E-05
Svartberget SVA-E HPI 25	5.11003206E-07	2.71664774E-05	4.03463146E-06	2.36287315E-05	3.96520242E-06	2.36985886E-05
Svartberget SVA-E HPI 50	1.55719311E-06	3.92490614E-05	8.69026148E-06	3.23119648E-05	8.60496187E-06	3.23973899E-05
Svartberget SVA-E Renset 0	9.12609412E-07	3.46027038E-06	2.77651895E-06	1.59306141E-06	2.76909628E-06	1.60050142E-06
Svartberget SVA-E Renset 1.5	8.06021066E-07	3.99456579E-06	2.86666510E-06	1.93145771E-06	2.85454229E-06	1.94360194E-06
Svartberget SVA-E Renset 5	1.37630745E-06	5.44353614E-06	4.47006244E-06	2.34741879E-06	4.45598575E-06	2.36151776E-06
Svartberget SVA-E Renset 10	2.18655158E-06	7.61243312E-06	6.83320222E-06	2.96396204E-06	6.81365852E-06	2.98352755E-06
Svartberget SVA-E Renset 15	2.21220654E-06	1.15355429E-05	9.02040293E-06	4.72671726E-06	8.96266516E-06	4.78446869E-06
Svartberget SVA-E Renset 25	4.08888014E-06	1.61020748E-05	1.43540794E-05	5.83629738E-06	1.42906059E-05	5.89978189E-06
Svartberget SVA-E Renset 50	1.91041834E-06	4.39359358E-06	1.91084736E-05	4.39359600E-06	1.89820878E-05	4.39359618E-06

Tabell F1.2b: "Resultater Precipitated Natural Gibbsite".

	PSG vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG Uorganisk Aluminium	PSG 5vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG 5vanligvanlig Uorganisk Aluminium	PSG 8vanligvanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG 8vanligvanlig Uorganisk Aluminium	PSG vanlig10vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG vanlig10vanlig Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	1.51448486E-07	8.78276560E-06	4.48426588E-08	8.89352949E-06	6.4555780E-07	8.27160002E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	2.29003362E-07	7.55994920E-06	4.66272785E-08	7.74241618E-06	6.00155690E-07	7.18964598E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	3.59249568E-07	7.04549195E-06	5.56681947E-08	7.34345364E-06	6.52116623E-07	6.76028308E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.84435553E-07	9.86549670E-06	3.43540306E-07	9.80311917E-06	8.82690028E-08	1.00728948E-05	1.03154808E-06	9.08188804E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	7.16133644E-07	1.32880337E-05	2.40249384E-07	1.38009224E-05	2.11556303E-06	1.17766266E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	2.69211328E-06	2.14545896E-05	1.29266862E-06	2.21422406E-05	6.61587331E-06	1.73767982E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	3.57479871E-06	2.47442423E-05	3.83116292E-06	2.47442423E-05	1.91291741E-06	2.47442443E-05	1.14637512E-05	2.23078071E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	3.80645482E-07	4.51753089E-07	5.54147768E-07	4.51751662E-07	7.51526627E-08	4.51770348E-07	1.04555158E-06	4.51750979E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	4.32511163E-07	4.97327561E-07	6.10421552E-07	4.97326822E-07	9.04082888E-08	4.97342324E-07	1.27000563E-06	4.97327135E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	5.04612727E-07	6.13676443E-07	6.94404462E-07	6.13670162E-07	1.10941066E-07	6.13666058E-07	1.55885806E-06	6.13666073E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	4.02888271E-07	4.52005886E-07	5.76896154E-07	4.52004409E-07	8.19536450E-08	4.52025174E-07	1.14782862E-06	4.52003682E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	8.69278031E-07	1.06523435E-06	1.08779094E-06	1.06530518E-06	2.40930280E-07	1.06523439E-06	3.31905792E-06	1.06523435E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	8.98637744E-07	1.08523239E-06	1.11876134E-06	1.08523238E-06	2.52816809E-07	1.08523250E-06	3.46975135E-06	1.08523460E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	8.17216776E-07	9.45881797E-07	1.03131992E-06	9.45881774E-07	2.21150484E-07	9.45881940E-07	3.06777281E-06	9.45881723E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	2.37053009E-06	6.58673809E-06	2.63344616E-06	6.58673808E-06	1.03237400E-06	6.58673822E-06	9.00622466E-06	6.18234015E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	2.17569056E-06	5.90081786E-06	2.43147069E-06	5.90081779E-06	9.19657687E-07	5.90081860E-06	9.01040477E-06	5.90081831E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	5.08554406E-06	1.57248905E-05	3.04548170E-06	1.60006513E-05	1.17535834E-05	9.05509865E-06
Birkenes BIE 02 HPI 10	2.46655167E-06	6.46644457E-06	2.72331938E-06	6.46644452E-06	1.10900846E-06	6.46644450E-06	9.96821379E-06	6.46644413E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.98845565E-06	5.32157933E-06	2.23950988E-06	5.32157880E-06	8.09819437E-07	5.32158311E-06	8.37284321E-06	5.32157388E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	4.18722240E-06	1.18758033E-05	4.43948218E-06	1.18757971E-05	2.40960435E-06	1.18758550E-05	1.34352536E-05	1.18756590E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	6.05900420E-06	2.28310864E-05	6.28317432E-06	2.28310863E-05	4.14090551E-06	2.28310880E-05	1.50708608E-05	2.28310819E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	5.44076226E-07	8.35194612E-07	7.33962215E-07	8.35234569E-07	1.24819801E-07	8.35194639E-07	1.75581514E-06	8.35195222E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	1.96493989E-06	2.61270720E-06	7.36224544E-07	2.73257910E-06	3.18929738E-06	1.38567905E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	1.74051791E-06	2.61904272E-06	1.99289724E-06	2.61903141E-06	6.58248123E-07	2.61902072E-06	4.26764427E-06	1.70596137E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	6.06643218E-07	9.09502251E-07	8.01049478E-07	9.09502251E-07	1.46149104E-07	9.09502547E-07	2.05623276E-06	9.09502173E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	9.92080275E-07	1.47336751E-06	1.21304823E-06	1.47336737E-06	2.94824639E-07	1.47336849E-06	3.97062669E-06	1.47336701E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	3.74135046E-06	6.28904548E-06	3.99911986E-06	6.28904444E-06	2.03683744E-06	6.28905487E-06	1.21900237E-05	5.06725732E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	3.96356406E-06	6.78309569E-06	4.21939953E-06	6.78309504E-06	2.21774610E-06	6.78310100E-06	1.36150145E-05	6.78308035E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	2.15921366E-06	3.32788261E-06	9.27257114E-07	4.57008661E-06	3.19199342E-06	2.30980091E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.90805857E-06	3.87269859E-06	3.21751955E-06	3.57403148E-06	6.93440721E-07	3.87269670E-06	4.25065704E-06	2.55151895E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	3.68433775E-06	4.72244565E-06	1.47080135E-06	5.68770739E-06	5.21701623E-06	3.17456628E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	5.13406388E-06	5.45528277E-06	1.82868559E-06	6.04532067E-06	6.97937650E-06	3.57789515E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	8.04552559E-06	7.44582602E-06	4.18101804E-06	8.39934840E-06	1.08733156E-05	4.55674489E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 25	1.25656191E-05	9.50062183E-06	1.38411088E-05	9.50033623E-06	5.72095871E-06	9.50016948E-06	2.21476987E-05	6.04196559E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 50	2.25142448E-05	1.52060095E-05	2.37538683E-05	1.52060339E-05	1.34210192E-05	1.52061857E-05	3.19638676E-05	7.10389921E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	4.64340804E-08	4.31094869E-06	9.83212506E-09	4.33854148E-06	1.56162755E-07	4.22805791E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	9.38037778E-08	3.45473216E-06	1.26965838E-08	3.51294735E-06	1.77085305E-07	3.39523458E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	1.44671831E-07	4.84313240E-06	2.03573935E-08	4.93969575E-06	2.79465278E-07	4.73916876E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	1.56668159E-07	7.33924857E-06	3.19968248E-08	7.44853888E-06	4.64797252E-07	7.07136599E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	4.80506108E-07	8.38118016E-06	7.21902639E-08	8.75117675E-06	8.69333404E-07	8.03262486E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	8.91125457E-07	1.34793021E-05	2.01089304E-07	1.42160074E-05	2.00963758E-06	1.23095715E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 50	1.49454718E-06	1.49471235E-05	2.04533672E-06	1.49466666E-05	3.32401324E-07	1.49464444E-05	4.69533171E-06	1.49464430E-05
Svarterberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	1.20626243E-07	9.53071794E-06	6.46591344E-08	9.59094936E-06	1.06466458E-06	8.51830350E-06
Svarterberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	3.06527225E-07	1.07594056E-05	1.41816389E-07	1.09361769E-05	1.62833064E-06	9.34135402E-06
Svarterberget SVA-E HPI 5	5.99952841E-07	1.49184168E-05	6.28347800E-07	1.48888077E-05	3.79017458E-07	1.51485650E-05	3.28877948E-06	1.20823751E-05
Svarterberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	1.54841792E-06	1.44735772E-05	7.70546722E-07	1.52851366E-05	4.16258255E-06	1.17051906E-05
Svarterberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	2.87428072E-06	1.80294983E-05	1.62329573E-06	1.89742485E-05	6.82941944E-06	1.39329437E-05
Svarterberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	4.15975603E-06	2.35028282E-05	2.89142731E-06	2.47779640E-05	1.04250499E-05	1.71579996E-05
Svarterberget SVA-E HPI 50	4.20261244E-06	2.13426280E-05	4.44311930E-06	2.13426253E-05	2.46809566E-06	2.13426582E-05	1.42682046E-05	2.13425977E-05
Svarterberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.86617710E-06	1.50319910E-06	2.07471915E-06	2.29658361E-06	3.73583933E-06	6.33457452E-07
Svarterberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.94155996E-06	1.85647439E-06	2.21183869E-06	2.58744844E-06	4.07325512E-06	7.23239261E-07
Svarterberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	4.58390527E-06	2.23343110E-06	3.46206406E-06	3.35668358E-06	5.89208112E-06	9.22938659E-07
Svarterberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	6.98904780E-06	2.80794249E-06	4.21256415E-06	3.74310201E-06	8.64000613E-06	1.15398657E-06
Svarterberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	9.18459942E-06	4.56247756E-06	7.32709566E-06	6.42025381E-06	1.22627215E-05	1.48139514E-06
Svarterberget SVA-E Renset 25	1.40917163E-05	5.74796282E-06	1.46295499E-05	5.56077522E-06	7.29407813E-06	5.74793137E-06	1.83753924E-05	1.81221101E-06
Svarterberget SVA-E Renset 50	5.26429100E-06	1.81568827E-06	6.23759868E-06	1.81568819E-06	1.73976603E-06	1.81568902E-06	2.21352701E-05	1.81569494E-06

Tabell F1.3a: "Resultater Precipitert Synthetic Gibbsite".

	PSG vanlig14vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG vanlig14vanlig Uorganisk Aluminium	PSG vanligvanlig13 Totalt organisk bundet aluminium	PSG vanligvanlig13 Uorganisk Aluminium	PSG vanligvanlig16 Totalt organisk bundet aluminium	PSG vanligvanlig16 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.00963062E-08	8.92985248E-06	1.29523098E-07	8.80558699E-06	1.28263202E-07	8.80689804E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.57381055E-08	7.77349503E-06	1.78926578E-07	7.60957669E-06	1.78025924E-07	7.61047952E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.60891454E-08	7.37261617E-06	2.58172645E-07	7.14480725E-06	2.57418264E-07	7.14553963E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.45814975E-08	1.01403436E-05	2.84585034E-07	9.86533887E-06	2.82692833E-07	9.86733672E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.77889938E-08	1.39976408E-05	6.26538419E-07	1.33840995E-05	6.21475283E-07	1.33895652E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.25097743E-07	2.21432302E-05	2.52716481E-06	2.16240534E-05	2.50082511E-06	2.16511024E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	3.04729504E-07	2.47442592E-05	3.57969371E-06	2.47442423E-05	3.51833094E-06	2.47442424E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	3.63975700E-08	4.51778699E-07	3.80733930E-07	4.51753087E-07	3.79610436E-07	4.51753103E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	4.00193666E-08	4.97352450E-07	4.32624288E-07	4.97327560E-07	4.31187818E-07	4.97327571E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	4.56325503E-08	6.13666060E-07	5.04763312E-07	6.13676435E-07	5.02851993E-07	6.13676533E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	3.78218972E-08	4.52035738E-07	4.02987171E-07	4.52005885E-07	4.01731095E-07	4.52005903E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	7.25770092E-08	1.06523446E-06	8.69691023E-07	1.06523435E-06	8.64459896E-07	1.06523435E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	7.47578683E-08	1.08523261E-06	8.99076600E-07	1.08523239E-06	8.93518731E-07	1.08523239E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	6.86122613E-08	9.45882024E-07	8.17586165E-07	9.45881797E-07	8.12906077E-07	9.45881797E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	1.94454905E-07	6.58673849E-06	2.37302797E-06	6.58673809E-06	2.34160077E-06	6.58673809E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	1.77154376E-07	5.90081982E-06	2.17786528E-06	5.90081786E-06	2.15048668E-06	5.90081787E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.59309279E-07	1.60006533E-05	4.90461861E-06	1.59059067E-05	4.82684167E-06	1.59837188E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	2.02301961E-07	6.46644564E-06	2.46924243E-06	6.46644457E-06	2.43540305E-06	6.46644458E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.61133132E-07	5.32158732E-06	1.99032684E-06	5.32157933E-06	1.96675354E-06	5.32157938E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	3.72616580E-07	1.18759491E-05	4.19355457E-06	1.18758031E-05	4.11430615E-06	1.18758051E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	6.12438469E-07	2.28310925E-05	6.07000342E-06	2.28310864E-05	5.93282379E-06	2.28310865E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	4.83024555E-08	8.35194669E-07	5.44254125E-07	8.35194612E-07	5.41996885E-07	8.35194612E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.50216744E-07	2.73269306E-06	1.85624088E-06	2.72157984E-06	1.84662148E-06	2.73121400E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	1.40297965E-07	2.61902074E-06	1.74196306E-06	2.61904264E-06	1.72373368E-06	2.61904372E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	5.28217673E-08	9.09502724E-07	6.06861511E-07	9.09502251E-07	6.04092796E-07	9.09502251E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	8.16087939E-08	1.47336919E-06	9.92617590E-07	1.47336751E-06	9.85817001E-07	1.47336752E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	3.20513112E-07	6.28907181E-06	3.74658029E-06	6.28904546E-06	3.68104173E-06	6.28904574E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	3.43377910E-07	6.78311042E-06	3.96930057E-06	6.78309567E-06	3.89745334E-06	6.78309586E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	3.09027036E-07	4.60582012E-06	1.93722020E-06	3.54993347E-06	1.93249109E-06	3.55467422E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.54084424E-07	3.87270189E-06	2.90907928E-06	3.87269823E-06	2.89613182E-06	3.87270525E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	4.11407202E-07	5.68746330E-06	3.43859634E-06	4.97328152E-06	3.43028301E-06	4.98175798E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	4.67481689E-07	6.04537897E-06	4.88177712E-06	5.71336182E-06	4.87086214E-06	5.72452845E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	8.17057117E-07	8.39884190E-06	7.81861279E-06	7.67638906E-06	7.79509117E-06	7.70028027E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	1.02463637E-06	9.50028116E-06	1.25793368E-05	9.50061752E-06	1.24068234E-05	9.50067423E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	2.01602919E-06	1.52060095E-05	2.25494929E-05	1.52060095E-05	2.21086255E-05	1.52060096E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 0	2.96257270E-09	4.34373571E-06	3.66883397E-08	4.31823210E-06	3.64603840E-08	4.31840453E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.15467867E-09	3.51764391E-06	6.43986932E-08	3.47580194E-06	6.42143788E-08	3.47593433E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	9.58406598E-09	4.94808683E-06	1.00708942E-07	4.87725123E-06	1.00402042E-07	4.87748909E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.02671468E-08	7.46764606E-06	1.22566730E-07	7.36908777E-06	1.21894948E-07	7.36967593E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	3.43372692E-08	8.78575646E-06	3.41811042E-07	8.50612082E-06	3.40858118E-07	8.50698191E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	6.97462034E-08	1.43565635E-05	7.13874700E-07	1.36680169E-05	7.10733651E-07	1.36711693E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 50	1.34178348E-07	1.49464525E-05	1.49499327E-06	1.49471229E-05	1.48933123E-06	1.49471310E-05
Svarberget SVA-E HPI 0	8.03555411E-09	9.65195182E-06	1.13843514E-07	9.53801327E-06	1.10701930E-07	9.54139268E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.19701577E-08	1.10647559E-05	2.83342145E-07	1.07842917E-05	2.78310257E-07	1.07896926E-05
Svarberget SVA-E HPI 5	4.88593556E-08	1.54922199E-05	6.01299245E-07	1.49170130E-05	5.84595679E-07	1.49344278E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	1.59319545E-07	1.59228546E-05	1.44169121E-06	1.45854393E-05	1.42716441E-06	1.46006579E-05
Svarberget SVA-E HPI 15	2.60706216E-07	1.89751496E-05	2.73501600E-06	1.81719562E-05	2.70614612E-06	1.82022897E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	5.11003206E-07	2.71664774E-05	4.03463146E-06	2.36287315E-05	3.96520242E-06	2.36985886E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	3.65702195E-07	2.13427638E-05	4.20898619E-06	2.13426279E-05	4.12922134E-06	2.13426288E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	5.97873061E-07	2.72561196E-06	2.77651895E-06	1.59306141E-06	2.76909628E-06	1.60050142E-06
Svarberget SVA-E Renset 1.5	8.06021066E-07	3.99456579E-06	2.86666510E-06	1.93145771E-06	2.85454229E-06	1.94360194E-06
Svarberget SVA-E Renset 5	7.93820754E-07	3.78553998E-06	4.47006244E-06	2.34741879E-06	4.45598575E-06	2.36151776E-06
Svarberget SVA-E Renset 10	7.94648819E-07	3.74324749E-06	6.83320222E-06	2.96396204E-06	6.81365852E-06	2.98352755E-06
Svarberget SVA-E Renset 15	1.62077180E-06	8.87609690E-06	9.02040293E-06	4.72671726E-06	8.96266516E-06	4.78446869E-06
Svarberget SVA-E Renset 25	1.19028419E-06	5.74798736E-06	1.41102405E-05	5.74795903E-06	1.38778780E-05	5.74802126E-06
Svarberget SVA-E Renset 50	4.26760470E-07	1.81568969E-06	5.26775858E-06	1.81568827E-06	5.22393059E-06	1.81568828E-06

Tabell F1.3b: "Resultater Precipitated Synthetic Gibbsite".

## **Appendiks F2:**

Tabeller som viser utdata fra ALCHEMI med endrede komplekseringskonstanter.

Beregninger i ALCHEMI er gjort med Ala brukt som total aluminium innverdi. Vanligvanlig betegner at henholdsvis  $pK_{k1}$  og  $pK_{k2}$  er uendret. Tall satt inn for "vanlig" betyr at denne komplekseringskonstanten er justert til denne verdien.

	NSP Vanlig Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	NSP Vanlig Vanlig Uorganisk Aluminium	NSP 7 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	NSP 7 Vanlig Uorganisk Aluminium	NSP 10 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	NSP 10 Vanlig Uorganisk Aluminium	NSP Vanlig 12 Totalt organisk bundet aluminium	NSP Vanlig 12 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	4.89805443E-08	8.88916754E-06	1.79474896E-06	7.10485040E-06	9.05320157E-08	8.84586009E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	4.97749477E-08	7.73926198E-06	2.33706141E-06	5.51137988E-06	1.42710409E-07	7.64592884E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	5.72179631E-08	7.34192664E-06	2.93223962E-06	4.62487575E-06	2.20915667E-07	7.18163334E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.8443553E-07	9.86549670E-06	9.50459977E-08	1.00656784E-05	2.89838443E-06	7.17297075E-06	2.17071146E-07	9.93665271E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	2.59621621E-07	1.37800318E-05	4.14975178E-06	9.60057158E-06	4.62256652E-07	1.35614006E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	1.52614796E-06	2.26498910E-05	8.40590877E-06	1.54771997E-05	1.78937983E-06	2.23805410E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	5.14767690E-06	2.86958098E-05	3.55375117E-06	3.02990983E-05	1.28653542E-05	2.08758329E-05	3.64468975E-06	3.02076818E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.10258527E-06	1.00607488E-06	4.78703799E-07	1.63035364E-06	2.02084944E-06	9.44667458E-08	1.03549447E-06	1.07311722E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	9.17822526E-07	8.69582672E-07	4.00978788E-07	1.38646552E-06	1.71299670E-06	8.06800012E-08	8.57246880E-07	9.30066217E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	1.38070008E-06	1.24137713E-06	6.71002359E-07	1.95218696E-06	2.48868373E-06	1.38485057E-07	1.28723852E-06	1.33493493E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.13364364E-06	9.81267691E-07	5.06834361E-07	1.60585306E-06	2.03038330E-06	9.08109113E-08	1.06629346E-06	1.04857641E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	2.37289838E-06	2.01387084E-06	1.37509089E-06	3.01295798E-06	4.05584738E-06	3.31309254E-07	2.17057048E-06	2.21651242E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	3.39415100E-06	2.60280134E-06	2.01869358E-06	3.97925298E-06	5.53590296E-06	4.59628269E-07	3.11141007E-06	2.88574674E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	5.37226157E-06	3.67130744E-06	3.20830826E-06	5.83608224E-06	8.37859309E-06	6.62160660E-07	4.97317844E-06	4.07055919E-06
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.72075060E-06	1.04737917E-05	3.09885412E-06	1.20966529E-05	1.05602189E-05	4.62204841E-06	3.61865362E-06	1.15765186E-05
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	5.21506130E-06	1.04612020E-05	3.42179842E-06	1.22554387E-05	1.10992042E-05	4.56426623E-06	4.12169361E-06	1.15552113E-05
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	3.59966154E-06	1.72111907E-05	1.23151366E-05	8.49298199E-06	3.06988693E-06	1.77409687E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	6.83016578E-06	1.44014447E-05	4.67385491E-06	1.65587250E-05	1.40053902E-05	7.22196333E-06	3.15534434E-06	1.58771585E-05
Birkenes BIE 02 HPI 15	7.66529943E-06	1.46673265E-05	5.16261170E-06	1.71706447E-05	1.47156553E-05	7.61229307E-06	6.30142376E-06	1.60309798E-05
Birkenes BIE 02 HPI 25	8.48532306E-06	2.78538938E-05	6.45594232E-06	2.98833347E-05	1.55990339E-05	2.07399183E-05	6.06554734E-06	3.02738162E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	9.53873316E-06	4.77511651E-05	7.82209596E-06	4.94678116E-05	1.58562594E-05	4.14339567E-05	6.34589283E-06	5.09440234E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	1.73638447E-06	1.75685971E-06	6.88228835E-07	2.62724958E-06	3.24133688E-06	2.57079148E-07	1.61142689E-06	1.88212695E-06
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	1.16664936E-06	3.41170058E-06	3.81868545E-06	7.55997731E-07	1.52905745E-06	3.04919810E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	2.59870864E-06	3.37776762E-06	1.63539608E-06	4.34184327E-06	5.05268329E-06	9.19759501E-07	2.16818331E-06	3.80850008E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	3.86745462E-06	3.01586324E-06	2.15145709E-06	4.73426675E-06	6.33221471E-06	5.49390277E-07	3.61842440E-06	3.26544179E-06
Birkenes BIE 02 Renset 15	5.25096633E-06	4.47539409E-06	3.19362159E-06	6.53390715E-06	8.67996617E-06	1.04110010E-06	4.76202057E-06	4.96484634E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	6.24079936E-06	1.10170315E-05	4.49454726E-06	1.27633382E-05	1.31823327E-05	4.07465101E-06	4.55324789E-06	1.27046360E-05
Birkenes BIE 02 Renset 50	9.22236497E-06	2.43986651E-05	7.62153106E-06	2.66995964E-05	1.66446491E-05	1.76769733E-05	7.55891908E-06	2.67621879E-05
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	9.62757802E-07	4.53386804E-06	4.80018537E-06	7.88769090E-07	1.73454127E-06	3.75344318E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.91562816E-06	3.87703516E-06	1.56007064E-06	5.25229065E-06	6.11729973E-06	7.83451765E-07	2.70103543E-06	4.09332363E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	2.16114951E-06	6.27843603E-06	7.05321833E-06	1.38649230E-06	3.10060745E-06	5.31817193E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	3.39610924E-06	7.23153214E-06	8.84226947E-06	1.74077194E-06	4.45904751E-06	6.14580492E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	6.17403456E-06	9.34187225E-06	1.23991864E-05	3.01095259E-06	7.01006316E-06	8.49647529E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 25	1.73490396E-05	1.08986285E-05	1.44987326E-05	1.37598301E-05	2.36609965E-05	4.49466964E-06	1.56244673E-05	1.26310744E-05
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 50	2.34613696E-05	1.56434070E-05	2.00269298E-05	1.90802961E-05	3.26719812E-05	6.38463351E-06	1.92497140E-05	1.98578745E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	1.04775717E-08	4.33792944E-06	8.81923013E-07	3.69000323E-06	2.82270360E-08	4.32460269E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	1.25090218E-08	3.51319829E-06	1.40741614E-06	2.53837179E-06	5.53175141E-08	3.48229805E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	2.07506605E-08	4.93931263E-06	1.96698541E-06	3.48018846E-06	8.56187083E-08	4.88894963E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	3.34123255E-08	7.44727817E-06	2.20665680E-06	5.61140266E-06	9.67597514E-08	7.39169442E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	7.09538059E-08	8.75230469E-06	4.20613670E-06	5.23070025E-06	2.95427885E-07	8.54813014E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	2.07289313E-07	1.42086498E-05	5.87760711E-06	8.52381359E-06	5.87203998E-07	1.38022017E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 50	4.67674089E-06	2.06569306E-05	1.91851981E-06	2.37363295E-05	1.39715247E-05	1.06300977E-05	4.27429335E-06	2.11074550E-05
Svarterberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	6.65842697E-08	9.58885504E-06	1.24476669E-06	8.32643147E-06	5.71636101E-08	9.59902863E-06
Svarterberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	1.48198116E-07	1.09293295E-05	2.36700174E-06	8.55328849E-06	1.68939156E-07	1.09070728E-05
Svarterberget SVA-E HPI 5	5.99952841E-07	1.49184168E-05	3.96771771E-07	1.51308991E-05	3.35884874E-06	1.20076718E-05	3.01016642E-07	1.52303223E-05
Svarterberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	7.86075251E-07	1.52693250E-05	5.69460502E-06	1.00628388E-05	1.04322994E-06	1.50022523E-05
Svarterberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	1.73319695E-06	1.91942027E-05	8.15770093E-06	1.25277575E-05	1.96740815E-06	1.89555930E-05
Svarterberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	2.94477347E-06	2.47243629E-05	1.07290462E-05	1.68465375E-05	2.55204542E-06	2.51189087E-05
Svarterberget SVA-E HPI 50	8.68348927E-06	3.23187470E-05	6.55496379E-06	3.44500432E-05	1.61941239E-05	2.47892559E-05	6.51460185E-06	3.44904514E-05
Svarterberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.15041465E-06	2.22063287E-06	4.12423039E-06	2.47916242E-07	2.50598372E-06	1.86433289E-06
Svarterberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.29408732E-06	2.50507727E-06	4.39781830E-06	4.00135844E-07	2.46918327E-06	2.32969702E-06
Svarterberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	3.60851976E-06	3.21009349E-06	6.34498820E-06	4.71269856E-07	3.96731657E-06	2.85089981E-06
Svarterberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	5.59509787E-06	4.20302658E-06	9.17561790E-06	6.18729612E-07	6.12201103E-06	3.67579378E-06
Svarterberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	7.57397669E-06	6.17332950E-06	1.25424348E-05	1.20110494E-06	7.28440082E-06	6.46295486E-06
Svarterberget SVA-E Renset 25	1.43490706E-05	5.84130708E-06	1.19731579E-05	8.27148034E-06	1.88987956E-05	1.28775936E-06	1.22738278E-05	7.91677998E-06
Svarterberget SVA-E Renset 50	2.44667122E-05	5.62850326E-06	1.98063482E-05	1.02896613E-05	2.91559653E-05	9.34227021E-07	2.32421257E-05	6.85341021E-06

Tabell F2.1a: "Resultater No solids present".



	NSP Vanlig 15 Totalt organisk bundet aluminium	NSP Vanlig 15 Uorganisk Aluminium	NSP 7 12 Totalt organisk bundet aluminium	NSP 7 12 Uorganisk Aluminium	NSP 10 15 Totalt organisk bundet aluminium	NSP 10 15 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.78149517E-06	7.11809706E-06	7.41300181E-09	8.93252772E-06	2.53942055E-06	6.36930695E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.77365840E-06	6.04576219E-06	9.66190648E-09	7.77961214E-06	2.87948366E-06	5.00593845E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	1.89662549E-06	5.57602630E-06	1.36756462E-08	7.38486653E-06	3.35329004E-06	4.24810218E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.54743537E-06	7.52482320E-06	1.65537682E-08	1.01497396E-05	3.63122927E-06	6.44766437E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	4.09474866E-06	9.65878103E-06	4.23539560E-08	1.40155230E-05	5.15225891E-06	8.54925142E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	9.19810351E-06	1.46286122E-05	2.54560766E-07	2.39476558E-05	1.00636718E-05	1.36985141E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	1.40131555E-05	1.96971890E-05	6.45570214E-07	3.32195002E-05	1.46569817E-05	1.90326210E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.90574453E-06	2.07783327E-07	1.55992597E-07	1.95362254E-06	2.04453984E-06	7.10795625E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	1.62113789E-06	1.71110727E-07	1.26923791E-07	1.66090574E-06	1.73434774E-06	5.97626189E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	2.36863623E-06	2.56941429E-07	2.10721892E-07	2.41333187E-06	2.52698289E-06	1.00604610E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.92098445E-06	1.98516172E-07	1.67289408E-07	1.94864695E-06	2.05332975E-06	6.80976146E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	3.94300197E-06	4.43407960E-07	3.99302036E-07	3.98947587E-06	4.15964789E-06	2.28413990E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	5.40160057E-06	5.93387558E-07	5.95905834E-07	5.40260906E-06	5.67294678E-06	3.23437169E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	8.17244787E-06	8.68077565E-07	1.01102665E-06	8.03374223E-06	8.55101787E-06	4.90286473E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	1.10164017E-05	4.16334789E-06	6.10670383E-07	1.45856143E-05	1.15456929E-05	3.62989728E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	1.14607209E-05	4.20036528E-06	7.16745013E-07	1.49641409E-05	1.20147087E-05	3.64227125E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	1.38436174E-05	6.96352856E-06	5.83762522E-07	2.02272317E-05	1.42567440E-05	6.55030981E-06
Birkenes BIE 02 HPI 10	1.45195423E-05	6.70769877E-06	9.99705885E-07	2.02333397E-05	1.50530537E-05	6.17212299E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.49946292E-05	7.33288273E-06	1.21081300E-06	2.11229245E-05	1.55279922E-05	6.79846472E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	1.61700922E-05	2.01696072E-05	1.29264916E-06	3.50465986E-05	1.63225659E-05	2.00168362E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.64089251E-05	4.08809271E-05	1.55444440E-06	5.57354961E-05	1.64776458E-05	4.08124133E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	3.06709624E-06	4.28984131E-07	2.67671068E-07	3.22910009E-06	3.31140220E-06	1.88168957E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.87408537E-06	7.00759776E-07	2.53751486E-07	4.32562324E-06	4.08859406E-06	4.87169959E-07
Birkenes BIE 02 Renset 5	5.10006776E-06	8.72410964E-07	3.65832702E-07	5.61197076E-06	5.35915932E-06	6.13956879E-07
Birkenes BIE 02 Renset 10	6.06658732E-06	8.13481459E-07	6.98164696E-07	6.18855876E-06	6.46776596E-06	4.15134493E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	8.50917497E-06	1.21198245E-06	9.28883622E-07	8.79930598E-06	8.94065731E-06	7.80774473E-07
Birkenes BIE 02 Renset 25	1.40037714E-05	3.25278868E-06	8.83910284E-07	1.63740072E-05	1.44218914E-05	2.83443112E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	1.70580907E-05	1.72638347E-05	1.71911929E-06	3.26019445E-05	1.72009434E-05	1.71205417E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	4.47801778E-06	1.08619635E-06	2.72393990E-07	5.23734497E-06	5.04005234E-06	5.69880948E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.66493358E-06	1.20083520E-06	5.43356181E-07	6.29143926E-06	6.33430611E-06	5.85984143E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	6.81600285E-06	1.61178192E-06	7.09242941E-07	7.76006422E-06	7.47635771E-06	9.89507425E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	8.65361175E-06	1.92240320E-06	1.25896488E-06	9.40206684E-06	9.35770206E-06	1.25067638E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	1.26371845E-05	2.77342932E-06	2.24923375E-06	1.32892616E-05	1.32766020E-05	2.14244507E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	2.41487081E-05	3.99695446E-06	5.38833955E-06	2.28801416E-05	2.48093125E-05	3.32728688E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	3.39219926E-05	5.10916270E-06	6.10919302E-06	3.30008293E-05	3.44203728E-05	4.59951551E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 0	6.32483167E-07	3.87347962E-06	1.89801760E-09	4.34462103E-06	1.26519796E-06	3.41176591E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.87394012E-07	3.03483248E-06	3.12542538E-09	3.51989488E-06	1.69144283E-06	2.34656605E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	1.06099154E-06	4.14614914E-06	4.96738006E-09	4.95188874E-06	2.36220216E-06	3.19692781E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.58624897E-06	6.12059665E-06	6.38834163E-09	7.47117213E-06	2.86360389E-06	5.08506541E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	2.55068552E-06	6.57913746E-06	1.77192878E-08	8.80095777E-06	4.79042798E-06	4.77417528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	4.63215132E-06	9.69621571E-06	4.26302158E-08	1.43854642E-05	6.86800521E-06	7.62608528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 50	1.17091905E-05	1.29387427E-05	5.68051418E-07	2.52302395E-05	1.49927449E-05	9.63115382E-06
Svarberget SVA-E HPI 0	1.99051667E-06	7.53688728E-06	7.48772065E-09	9.65261353E-06	2.34335019E-06	7.16750641E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.96334343E-06	7.92201007E-06	1.89623289E-08	1.10679820E-05	3.51873565E-06	7.33941048E-06
Svarberget SVA-E HPI 5	4.76532155E-06	1.05008802E-05	4.70165735E-08	1.54936642E-05	5.18918886E-06	1.00455512E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	6.09339550E-06	9.63539361E-06	1.30253396E-07	1.59526095E-05	6.92429052E-06	8.74764597E-06
Svarberget SVA-E HPI 15	8.92957495E-06	1.17044256E-05	3.05287461E-07	2.06449121E-05	9.68803644E-06	1.08945545E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	1.24432734E-05	1.50791090E-05	4.84772275E-06	2.71934548E-05	1.29911612E-05	1.45093789E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	1.68757718E-05	2.41045215E-05	1.43437928E-06	3.95752259E-05	1.71390454E-05	2.38422014E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	4.14795065E-06	2.24464916E-07	7.53690756E-07	3.61934018E-06	4.23998798E-06	1.33617182E-07
Svarberget SVA-E Renset 1.5	4.50725989E-06	2.91474832E-07	7.02447393E-07	4.09819682E-06	4.60087421E-06	1.98775375E-07
Svarberget SVA-E Renset 5	6.44430675E-06	3.72568376E-07	1.17496553E-06	5.64468780E-06	6.56871224E-06	2.49261747E-07
Svarberget SVA-E Renset 10	9.29689736E-06	4.98000286E-07	1.87141344E-06	7.92757693E-06	9.45418026E-06	3.41712101E-07
Svarberget SVA-E Renset 15	1.29483631E-05	7.94825046E-07	2.05496416E-06	1.16927788E-05	1.31006696E-05	6.42682664E-07
Svarberget SVA-E Renset 25	1.92326381E-05	9.53467858E-07	3.67896817E-06	1.65119954E-05	1.94359213E-05	7.50217871E-07
Svarberget SVA-E Renset 50	2.90876706E-05	1.00251153E-06	8.65333618E-06	2.14431241E-05	2.94482499E-05	6.42461801E-07

Tabell F2.1b: "Resultater No solids present".

	PNG Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG Vanlig Uorganisk Aluminium	PNG 7 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG 7 Vanlig Uorganisk Aluminium	PNG 10 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PNG 10 Vanlig Uorganisk Aluminium	PNG Vanlig 12 Totalt organisk bundet aluminium	PNG Vanlig 12 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	4.89805443E-08	8.88916754E-06	1.79474896E-06	7.10485040E-06	9.05320157E-08	8.84586009E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	4.97749477E-08	7.73926198E-06	2.33706141E-06	5.51137988E-06	1.42710409E-07	7.64592884E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	5.72179631E-08	7.34192664E-06	2.93223962E-06	4.62487575E-06	2.20915667E-07	7.18163334E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.84435553E-07	9.86549670E-06	9.50459977E-08	1.00656784E-05	2.89838443E-06	7.17297075E-06	2.17071146E-07	9.93665271E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	2.59621621E-07	1.37800318E-05	4.14975178E-06	9.60057158E-06	4.62256652E-07	1.35614006E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	1.52614796E-06	2.26498910E-05	8.40590877E-06	1.54771997E-05	1.78937983E-06	2.23805410E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	5.14767690E-06	2.86958098E-05	3.55375117E-06	3.02990983E-05	1.28653542E-05	2.08758329E-05	3.64468975E-06	3.02076818E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.10258527E-06	1.00607488E-06	3.46591291E-07	1.32007229E-06	2.02084944E-06	9.44667458E-08	1.03549447E-06	1.07311722E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	9.17822526E-07	8.69582672E-07	4.00978788E-07	1.38646552E-06	1.71299670E-06	8.0680012E-08	8.57246880E-07	9.30066217E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	1.38070008E-06	1.24137713E-06	5.16065444E-07	1.65139731E-06	2.48868373E-06	1.38485057E-07	1.28723852E-06	1.33493493E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.13364364E-06	9.81267691E-07	3.69622834E-07	1.30958989E-06	2.03038330E-06	9.08109113E-08	1.06629346E-06	1.04857641E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	2.37289838E-06	2.01387084E-06	1.10825704E-06	2.60102291E-06	4.05584738E-06	3.31309254E-07	2.17057048E-06	2.21651242E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	3.39415100E-06	2.60280134E-06	1.16060271E-06	2.65803317E-06	5.53590296E-06	4.59628269E-07	2.79281929E-06	2.65801358E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	3.21519937E-06	2.35443325E-06	1.01272715E-06	2.35440640E-06	8.37859309E-06	6.62160660E-07	2.60053254E-06	2.35445684E-06
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.72075060E-06	1.04737917E-05	3.09885412E-06	1.20966529E-05	1.05602189E-05	4.62204841E-06	3.61865362E-06	1.15765186E-05
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	5.21506130E-06	1.04612020E-05	3.42179842E-06	1.22554387E-05	1.10992042E-05	4.56426623E-06	4.12169361E-06	1.15552113E-05
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	3.59966154E-06	1.72111907E-05	1.23151366E-05	8.49298199E-06	3.06988693E-06	1.77409687E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	6.83016578E-06	1.44014447E-05	4.48047693E-06	1.58666617E-05	1.40053902E-05	7.22196333E-06	5.35212782E-06	1.58666618E-05
Birkenes BIE 02 HPI 15	6.37783851E-06	1.18113100E-05	3.47430532E-06	1.18113372E-05	1.47156553E-05	7.61229307E-06	4.68765060E-06	1.18113219E-05
Birkenes BIE 02 HPI 25	8.48532306E-06	2.78538938E-05	6.45594232E-06	2.98833347E-05	1.55990339E-05	2.07399183E-05	6.06554734E-06	3.02738162E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	9.53873316E-06	4.77511651E-05	7.82209596E-06	4.94678116E-05	1.58562594E-05	4.14339567E-05	6.34589283E-06	5.09440234E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	1.73638447E-06	1.75685971E-06	5.80652309E-07	2.06599489E-06	3.24133688E-06	2.57079148E-07	1.61142689E-06	1.88212695E-06
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	1.16664936E-06	3.41170058E-06	3.81868545E-06	7.55997731E-07	1.52905745E-06	3.04919810E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	2.59870864E-06	3.37776762E-06	1.63539608E-06	4.34184327E-06	5.05268329E-06	9.19759501E-07	2.16818331E-06	3.80850008E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	2.46773844E-06	2.19842982E-06	6.73804430E-07	2.19839542E-06	6.3321471E-06	5.49390277E-07	2.04418275E-06	2.19846949E-06
Birkenes BIE 02 Renset 15	3.77190554E-06	3.38095491E-06	1.34999884E-06	3.38094249E-06	8.67996617E-06	1.04110010E-06	2.98237751E-06	3.38097683E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	6.24079936E-06	1.10170315E-05	4.49454726E-06	1.27633382E-05	1.31823327E-05	4.07465101E-06	4.55324789E-06	1.27046360E-05
Birkenes BIE 02 Renset 50	9.92236497E-06	2.43986651E-05	7.30463417E-06	2.49231295E-05	1.66446491E-05	1.76769733E-05	7.23206575E-06	2.49231354E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	9.62757802E-07	4.53386804E-06	4.80018537E-06	7.88769090E-07	1.73454127E-06	3.75344318E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.91562816E-06	3.87703516E-06	1.56007064E-06	5.25229065E-06	6.11729973E-06	7.83451765E-07	2.70103543E-06	4.09332363E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	2.16114951E-06	6.27843603E-06	7.05321833E-06	1.38649230E-06	3.10060745E-06	5.31817193E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	3.39610924E-06	7.23153214E-06	8.84226947E-06	1.74077194E-06	4.45904751E-06	6.14580492E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	6.17403456E-06	9.34187225E-06	1.23991864E-05	3.01095259E-06	7.01006316E-06	8.49647529E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	1.73490396E-05	1.08986285E-05	1.44987326E-05	1.37598301E-05	2.36609965E-05	4.49466964E-06	1.56244673E-05	1.26310744E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	2.34613696E-05	1.56434070E-05	2.00269298E-05	1.90802961E-05	3.26719812E-05	6.38463351E-06	1.92497140E-05	1.98578745E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	1.04775717E-08	4.33792944E-06	8.81923013E-07	3.69000323E-06	2.82270360E-08	4.32460269E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	1.25090218E-08	3.51319829E-06	1.40741614E-06	2.53837179E-06	5.53175141E-08	3.48229805E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	2.07506605E-08	4.93931263E-06	1.96698541E-06	3.48018846E-06	8.56187083E-08	4.88894963E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	3.34123255E-08	7.44727817E-06	2.20665680E-06	5.61140266E-06	9.67597514E-08	7.39169442E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	7.09538059E-08	8.75230469E-06	4.20613670E-06	5.23070025E-06	2.95427885E-07	8.54813014E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	2.07289313E-07	1.42086498E-05	5.87760711E-06	8.52381359E-06	5.87203998E-07	1.38022017E-05
Svarberget SVA-E HPO-A 50	4.67674089E-06	2.06569306E-05	1.49140685E-06	2.23096807E-05	1.39715247E-05	1.06300977E-05	4.27429335E-06	2.11074550E-05
Svarberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	6.65842697E-08	9.58885504E-06	1.24476669E-06	8.32643147E-06	5.71636101E-08	9.59902863E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	1.48198116E-07	1.09293295E-05	2.36700174E-06	8.55328849E-06	1.68939156E-07	1.09070728E-05
Svarberget SVA-E HPI 5	5.99952841E-07	1.49184168E-05	3.96771771E-07	1.51308991E-05	3.35884874E-06	1.20076718E-05	3.01016642E-07	1.52303223E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	7.86075251E-07	1.52693250E-05	5.69460502E-06	1.00628388E-05	1.04322994E-06	1.50022523E-05
Svarberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	1.73319695E-06	1.91942027E-05	8.15770093E-06	1.25277575E-05	1.96740815E-06	1.89555930E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	2.94477347E-06	2.47243629E-05	1.07290462E-05	1.68465375E-05	2.55204542E-06	2.51189087E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	8.68348927E-06	3.23187470E-05	6.55496379E-06	3.44500432E-05	1.61941239E-05	2.47892559E-05	6.51460185E-06	3.44904514E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.15041465E-06	2.22063287E-06	4.12423039E-06	2.47916242E-07	2.50598372E-06	1.86433289E-06
Svarberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.29408732E-06	2.50507727E-06	4.39781830E-06	4.00135844E-07	2.46918327E-06	2.32969702E-06
Svarberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	3.60851976E-06	3.60851976E-06	6.34498820E-06	4.71269856E-07	3.96731657E-06	2.85089981E-06
Svarberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	5.59509787E-06	4.20302658E-06	9.17561790E-06	6.18729612E-07	6.12201103E-06	3.67579378E-06
Svarberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	7.57397669E-06	6.17332950E-06	1.25424348E-06	1.20110494E-06	7.28440082E-06	6.46295486E-06
Svarberget SVA-E Renset 25	1.43490706E-05	5.84130708E-06	1.19731579E-05	8.21748034E-06	1.88987956E-05	1.28775936E-06	1.22738278E-05	7.91677998E-06
Svarberget SVA-E Renset 50	1.90984900E-05	4.39359601E-06	7.90031720E-06	4.39368174E-06	2.91559653E-05	9.34227021E-07	1.47132280E-05	4.39360944E-06

Tabell F2.2a: "Resultater Precipitated Natural Gibbsite".

	PNG Vanlig 15 Totalt organisk bundet aluminium	PNG Vanlig 15 Uorganisk Aluminium	PNG 7 12 Totalt organisk bundet aluminium	PNG 7 12 Uorganisk Aluminium	PNG 10 15 Totalt organisk bundet aluminium	PNG 10 15 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.78149517E-06	7.11809706E-06	7.41300181E-09	8.93252772E-06	2.53942055E-06	6.36930695E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.77365840E-06	6.04576219E-06	9.66190648E-09	7.77961214E-06	2.87948366E-06	5.00593845E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	1.89662549E-06	5.57602630E-06	1.36756462E-08	7.38486653E-06	3.35329004E-06	4.24810218E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.54743537E-06	7.52482320E-06	1.65537682E-08	1.01497396E-05	3.63122927E-06	6.44766437E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	4.09474866E-06	9.65878103E-06	4.23539560E-08	1.40155230E-05	5.15225891E-06	8.54925142E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	9.19810351E-06	1.46286122E-05	2.54560766E-07	2.39476558E-05	1.00636718E-05	1.36985141E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	1.40131555E-05	1.96971890E-05	6.45570214E-07	3.32195002E-05	1.46569817E-05	1.90326210E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.90574453E-06	2.07783327E-07	8.46951661E-08	1.32008302E-06	2.04453984E-06	7.10795625E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	1.62113789E-06	1.71110727E-07	9.70488082E-08	1.40301893E-06	1.73434774E-06	5.97626189E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	2.36863623E-06	2.56941429E-07	1.15208078E-07	1.65141640E-06	2.52698289E-06	1.00604610E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.92098445E-06	1.98516172E-07	8.98434125E-08	1.30960208E-06	2.05332975E-06	6.80976146E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	3.94300197E-06	4.43407960E-07	2.11178144E-07	2.60104933E-06	4.15964789E-06	2.28413990E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	5.40160057E-06	5.93387558E-07	2.19271532E-07	2.65811318E-06	5.67294678E-06	3.23437169E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	8.17244787E-06	8.68077565E-07	1.96774951E-07	2.35440641E-06	8.55101787E-06	4.90286473E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	1.10164017E-05	4.16334789E-06	6.10670383E-07	1.45856143E-05	1.15456929E-05	3.62989728E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	1.14607209E-05	4.20036528E-06	6.32088573E-07	1.36532124E-05	1.20147087E-05	3.64227125E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	1.38436174E-05	6.96352856E-06	5.83762522E-07	2.02272317E-05	1.42567440E-05	6.55030981E-06
Birkenes BIE 02 HPI 10	1.45195423E-05	6.70769877E-06	7.36857492E-07	1.58666640E-05	1.50530537E-05	6.17212299E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.49946292E-05	7.33288273E-06	5.66078567E-07	1.18114185E-05	1.55279922E-05	6.79846472E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	1.61700922E-05	2.01696072E-05	1.29264916E-06	3.50465986E-05	1.63225659E-05	2.00168362E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.64089251E-05	4.08809271E-05	1.55444440E-06	5.57354961E-05	1.64776458E-05	4.08124133E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	3.06709624E-06	4.28984131E-07	1.25529046E-07	2.06609097E-06	3.31140220E-06	1.88168957E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.87408537E-06	7.00759776E-07	2.53751486E-07	4.32562324E-06	4.08859406E-06	4.87169959E-07
Birkenes BIE 02 Renset 5	5.10006776E-06	8.72410964E-07	3.65832702E-07	5.61197076E-06	5.35915932E-06	6.13956879E-07
Birkenes BIE 02 Renset 10	6.06658732E-06	8.13481459E-07	1.41473256E-07	2.19839550E-06	6.46776596E-06	4.15134493E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	8.50917497E-06	1.21198245E-06	2.46585360E-07	3.38094250E-06	8.94065731E-06	7.80774473E-07
Birkenes BIE 02 Renset 25	1.40037714E-05	3.25278868E-06	8.83910284E-07	1.63740072E-05	1.44218914E-05	2.83443112E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	1.70580907E-05	1.72638347E-05	1.32304238E-06	2.49230412E-05	1.72009434E-05	1.71205417E-05
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	4.47801778E-06	1.08619635E-06	2.72393990E-07	5.23734497E-06	5.04005234E-06	5.69880948E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.66493358E-06	1.20083520E-06	5.43356181E-07	6.29143926E-06	6.33430611E-06	5.85984143E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	6.81600285E-06	1.61178192E-06	7.09242941E-07	7.76006422E-06	7.47635771E-06	9.89507425E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	8.65361175E-06	1.92240320E-06	1.25896488E-06	9.40206684E-06	9.35770206E-06	1.25067638E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	1.26371845E-05	2.77342932E-06	2.24923375E-06	1.32892616E-05	1.32766020E-05	2.14244507E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	2.41487081E-05	3.99695446E-06	3.72317316E-06	1.81813397E-05	2.48093125E-05	3.32728688E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	3.39219926E-05	5.10916270E-06	6.10919302E-06	3.30008293E-05	3.44203728E-05	4.59951551E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 0	6.32483167E-07	3.87347962E-06	1.89801760E-09	4.34462103E-06	1.26519796E-06	3.41176591E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.87394012E-07	3.03483248E-06	3.12542538E-09	3.51989488E-06	1.69144283E-06	2.34656605E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	1.06099154E-06	4.14614914E-06	4.96738006E-09	4.95188874E-06	2.36220216E-06	3.19692781E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.58624897E-06	6.12059665E-06	6.38834163E-09	7.47117213E-06	2.86360389E-06	5.08506541E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	2.55068552E-06	6.57913746E-06	1.77192878E-08	8.80095777E-06	4.79042798E-06	4.77417528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	4.63215132E-06	9.69621571E-06	4.26302158E-08	1.43854642E-05	6.86800521E-06	7.62608528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 50	1.17091905E-05	1.29387427E-05	3.39641235E-07	2.23087261E-05	1.49927449E-05	9.63115382E-06
Svarberget SVA-E HPI 0	1.99051667E-06	7.53688728E-06	7.48772065E-09	9.65261353E-06	2.34335019E-06	7.16750641E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.96334343E-06	7.92201007E-06	1.89623289E-08	1.10679820E-05	3.51873565E-06	7.33941048E-06
Svarberget SVA-E HPI 5	4.76532155E-06	1.05008802E-05	4.70165735E-08	1.54936642E-05	5.18918886E-06	1.00455512E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	6.09339550E-06	9.63539361E-06	1.30253396E-07	1.59526095E-05	6.92429052E-06	8.74764597E-06
Svarberget SVA-E HPI 15	8.92957495E-06	1.17044256E-05	3.05287461E-07	2.06449121E-05	9.68803644E-06	1.08945545E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	1.24432734E-05	1.50791090E-05	4.84772275E-07	2.71934548E-05	1.29911612E-05	1.45093789E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	1.68757718E-05	2.41045215E-05	1.41409792E-06	3.92493027E-05	1.71390454E-05	2.38422014E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	4.14795065E-06	2.24464916E-07	7.53690756E-07	3.61934018E-06	4.23998798E-06	1.33617182E-07
Svarberget SVA-E Renset 1.5	4.50725989E-06	2.91474832E-07	7.02447393E-07	4.09819682E-06	4.60087421E-06	1.98775375E-07
Svarberget SVA-E Renset 5	6.44430675E-06	3.72568376E-07	1.17496553E-06	5.64468780E-06	6.56871224E-06	2.49261747E-07
Svarberget SVA-E Renset 10	9.29689736E-06	4.98000286E-07	1.87141344E-06	7.92757693E-06	9.45418026E-06	3.41712101E-07
Svarberget SVA-E Renset 15	1.29483631E-05	7.94825046E-07	2.05496416E-06	1.16927788E-05	1.31006696E-05	6.42682664E-07
Svarberget SVA-E Renset 25	1.92326381E-05	9.53467858E-07	3.67896817E-06	1.65119954E-05	1.94359213E-05	7.50217871E-07
Svarberget SVA-E Renset 50	2.90876706E-05	1.00251153E-06	1.36240148E-06	4.39359358E-06	2.94482499E-05	6.42461801E-07

Tabell F2.2b: "Resultater Precipitated Natural Gibbsite".

	PSG Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG Vanlig Uorganisk Aluminium	PSG 7 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG 7 Vanlig Uorganisk Aluminium	PSG 10 Vanlig Totalt organisk bundet aluminium	PSG 10 Vanlig Uorganisk Aluminium	PSG Vanlig 12 Totalt organisk bundet aluminium	PSG Vanlig 12 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.29423286E-07	8.80569086E-06	4.89805443E-08	8.88916754E-06	1.79474896E-06	7.10485040E-06	9.05320157E-08	8.84586009E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.78855536E-07	7.60964790E-06	4.97749477E-08	7.73926198E-06	2.33706141E-06	5.51137988E-06	1.42710409E-07	7.64592884E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	2.58113257E-07	7.14486491E-06	5.72179631E-08	7.34192664E-06	2.93223962E-06	4.62487575E-06	2.20915667E-07	7.18163334E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.84435553E-07	9.86549670E-06	9.50459977E-08	1.00656784E-05	2.89838443E-06	7.17297075E-06	2.17071146E-07	9.93665271E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	6.26137863E-07	1.33845319E-05	2.59621621E-07	1.37800318E-05	4.14975178E-06	9.60057158E-06	4.62256652E-07	1.35614006E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	2.52507496E-06	2.16261996E-05	1.40557516E-06	2.21422313E-05	8.40590877E-06	1.54771997E-05	1.72212225E-06	2.21422227E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	3.57479871E-06	2.47442423E-05	2.06231453E-06	2.47442440E-05	1.28653542E-05	2.08758329E-05	2.13721978E-06	2.47442438E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	3.80645482E-07	4.51753089E-07	7.69815757E-08	4.51770040E-07	2.02084944E-06	9.44667458E-08	3.24222185E-07	4.51754039E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	4.32511163E-07	4.97327561E-07	9.09729088E-08	4.97342245E-07	1.71299670E-06	8.06800012E-08	3.65490790E-07	4.97328225E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	5.04612727E-07	6.13676443E-07	1.15484211E-07	6.13666058E-07	2.48868373E-06	1.38485057E-07	4.18341734E-07	6.13681931E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	4.02888271E-07	4.52005886E-07	8.21803553E-08	4.52025135E-07	2.03038330E-06	9.08109113E-08	3.42655082E-07	4.52006936E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	8.69278031E-07	1.06523435E-06	2.54685879E-07	1.06523439E-06	4.05584738E-06	3.31309254E-07	6.75431603E-07	1.06523435E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	8.98637744E-07	1.08523239E-06	2.67352042E-07	1.08523249E-06	5.53590296E-06	4.59628269E-07	6.95085190E-07	1.08523240E-06
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	8.17216776E-07	9.45881797E-07	2.31725213E-07	9.45881935E-07	8.37859309E-06	6.62160660E-07	6.41153472E-07	9.45881823E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	2.37053009E-06	6.58673809E-06	1.18131146E-06	6.58673820E-06	1.05602189E-05	4.62204841E-06	1.50338106E-06	6.58673815E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	2.17569056E-06	5.90081786E-06	1.03705615E-06	5.90081848E-06	1.10992042E-05	4.56426623E-06	1.40961854E-06	5.90081820E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.89841288E-06	1.59121153E-05	3.32797719E-06	1.60006513E-05	1.23151366E-05	8.49298199E-06	2.73563688E-06	1.60006514E-05
Birkenes BIE 02 HPI 10	2.46655167E-06	6.46644457E-06	1.24008189E-06	6.46644495E-06	1.34437654E-05	4.64645413E-06	1.56188586E-06	6.46644482E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.98845565E-06	5.32157933E-06	9.07568199E-07	5.32158267E-06	1.29355384E-05	5.32157325E-06	1.31352362E-06	5.32158116E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	4.18722240E-06	1.18758033E-05	2.64179199E-06	1.18758472E-05	1.44946169E-05	1.18756480E-05	2.39602979E-06	1.18758555E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	6.05900420E-06	2.28310864E-05	4.44179815E-06	2.28310877E-05	1.50906927E-05	2.28310819E-05	3.27653555E-06	2.28310889E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	5.44076226E-07	8.35194612E-07	1.30409765E-07	8.35194637E-07	3.24133688E-06	2.57079148E-07	4.46130453E-07	8.35194613E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	1.85548144E-06	2.72234046E-06	7.99349528E-07	2.73257492E-06	3.81868545E-06	7.55997731E-07	1.26982224E-06	2.73256196E-06
Birkenes BIE 02 Renset 5	1.74051791E-06	2.61904272E-06	7.26607078E-07	2.61902072E-06	5.05268329E-06	9.19759501E-07	1.19433731E-06	2.61909919E-06
Birkenes BIE 02 Renset 10	6.06643218E-07	9.09502251E-07	1.51979098E-07	9.09502539E-07	6.33221471E-06	5.49390277E-07	4.92076677E-07	9.09502285E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	9.92080275E-07	1.47336751E-06	3.14267628E-07	1.47336844E-06	8.67996617E-06	1.04110010E-06	7.52564271E-07	1.47336773E-06
Birkenes BIE 02 Renset 25	3.74135046E-06	6.28904548E-06	2.1835850E-06	6.28905386E-06	1.31823327E-05	4.07465101E-06	2.22743894E-06	6.28905356E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	3.96356406E-06	6.78309569E-06	2.37016860E-06	6.78310045E-06	1.50382766E-05	6.78307883E-06	2.33541261E-06	6.78310058E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 0	1.93684782E-06	3.55030675E-06	9.62757802E-07	4.53386804E-06	4.80018537E-06	7.88769090E-07	1.73454127E-06	3.75344318E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 1.5	2.90805857E-06	3.87269859E-06	7.16265426E-07	3.87269666E-06	6.11729973E-06	7.83451765E-07	2.36919715E-06	3.87269824E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 5	3.43794138E-06	4.97394932E-06	1.61396011E-06	5.68759798E-06	7.05321833E-06	1.38649230E-06	3.10060745E-06	5.31817193E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 10	4.88091702E-06	5.71424175E-06	1.96683957E-06	6.04532055E-06	8.84226947E-06	1.74077194E-06	4.24713286E-06	6.04532053E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 15	7.81675651E-06	7.67827457E-06	4.52767244E-06	8.39911345E-06	1.23991864E-06	3.01095259E-06	6.77722510E-06	8.39881420E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 25	1.25656191E-05	9.50062183E-06	6.18791326E-06	9.50016818E-06	2.36609965E-05	4.49466964E-06	8.05917321E-06	9.50016581E-06
Svarterberget SVA-E Ubehandlet 50	2.25142448E-05	1.52060095E-05	1.42945160E-05	1.52061353E-05	3.26719812E-05	6.38463351E-06	1.29300936E-05	1.52062199E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 0	3.66703396E-08	4.31824571E-06	1.04775717E-08	4.33792944E-06	8.81923013E-07	3.69000323E-06	2.82270360E-08	4.32460269E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 1.5	6.43841841E-08	3.47581237E-06	1.25090218E-08	3.51319829E-06	1.40741614E-06	2.53837179E-06	5.53175141E-08	3.48229805E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 5	1.00684779E-07	4.87726995E-06	2.07506605E-08	4.93931263E-06	1.96698541E-06	3.48018846E-06	8.56187083E-08	4.88894963E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 10	1.22513720E-07	7.36913419E-06	3.34123255E-08	7.44727817E-06	2.20665680E-06	5.61140266E-06	9.67597514E-08	7.39169442E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 15	3.41736033E-07	8.50618860E-06	7.09538059E-08	8.75230469E-06	4.20613670E-06	5.23070025E-06	2.95427885E-07	8.54813014E-06
Svarterberget SVA-E HPO-A 25	7.13627038E-07	1.36682643E-05	2.07289313E-07	1.42086498E-05	5.87760711E-06	8.52381359E-06	5.87203998E-07	1.38022017E-05
Svarterberget SVA-E HPO-A 50	1.49454718E-06	1.49471235E-05	3.35507838E-07	1.49464444E-05	1.39715247E-05	1.06300977E-05	1.24685981E-06	1.49475978E-05
Svarterberget SVA-E HPI 0	1.13590420E-07	9.53828551E-06	6.65842697E-08	9.58885504E-06	1.24476669E-06	8.32643147E-06	5.71636101E-08	9.59902863E-06
Svarterberget SVA-E HPI 1.5	2.82940468E-07	1.07847228E-05	1.48198116E-07	1.09293295E-05	2.36700174E-06	8.55328849E-06	1.68939156E-07	1.09070728E-05
Svarterberget SVA-E HPI 5	5.9952841E-07	1.49184168E-05	3.96771771E-07	1.51308991E-05	3.35884874E-06	1.20076718E-05	3.01016642E-07	1.52303223E-05
Svarterberget SVA-E HPI 10	1.44053923E-06	1.45866462E-05	7.86075251E-07	1.52693250E-05	5.69460502E-06	1.00628388E-05	1.04322994E-06	1.50022523E-05
Svarterberget SVA-E HPI 15	2.73267420E-06	1.81743509E-05	1.66426247E-06	1.89742482E-05	8.15770093E-06	1.25277575E-05	1.96740815E-06	1.89555930E-05
Svarterberget SVA-E HPI 25	4.02908273E-06	2.36343145E-05	2.94477347E-06	2.47243629E-05	1.07290462E-05	1.68465375E-05	5.82504542E-06	2.51189087E-05
Svarterberget SVA-E HPI 50	4.20261244E-06	2.13426280E-05	2.52110356E-06	2.13426568E-05	1.53871164E-05	2.13425976E-05	2.49482516E-06	2.13426575E-05
Svarterberget SVA-E Renset 0	2.77593364E-06	1.59364809E-06	2.15041465E-06	2.22063287E-06	4.12423039E-06	2.47916242E-07	2.50598372E-06	1.86433289E-06
Svarterberget SVA-E Renset 1.5	2.86570746E-06	1.93241699E-06	2.29408732E-06	2.50507727E-06	4.39781830E-06	4.00135844E-07	2.46918327E-06	2.32969702E-06
Svarterberget SVA-E Renset 5	4.46895219E-06	2.34853078E-06	3.60851976E-06	3.621009349E-06	6.34498820E-06	4.71269856E-07	3.96731657E-06	2.85089981E-06
Svarterberget SVA-E Renset 10	6.83166182E-06	2.96550417E-06	4.70423188E-06	3.74310086E-06	9.17561790E-06	6.18729612E-07	6.12201103E-06	3.67579378E-06
Svarterberget SVA-E Renset 15	9.01583784E-06	4.73128346E-06	7.57397669E-06	6.17332950E-06	1.25424348E-06	1.20110494E-06	7.28440082E-06	6.46295486E-06
Svarterberget SVA-E Renset 25	1.40917163E-05	5.74796282E-06	7.93955423E-06	5.74792970E-06	1.88987956E-05	1.28775936E-05	8.50255504E-06	5.74792858E-06
Svarterberget SVA-E Renset 50	5.26429100E-06	1.81568827E-06	1.88965757E-06	1.81568896E-06	2.91559653E-05	9.34227021E-07	3.82713905E-06	1.81568847E-06

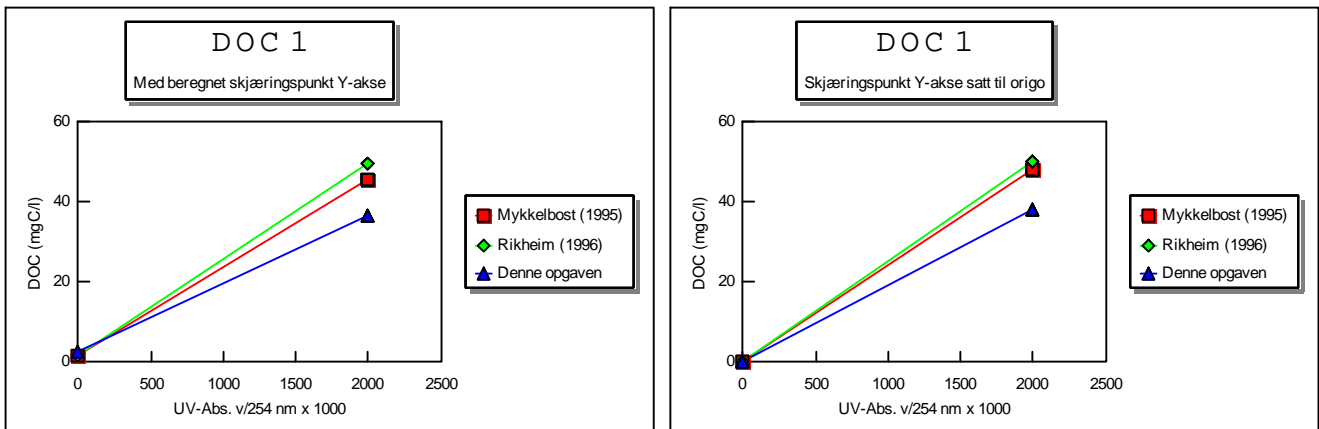
Tabell F2.3a: "Resultater Precipitert Synthetic Gibbsite".

	PSG Vanlig 15 Totalt organisk bundet aluminium	PSG Vanlig 15 Uorganisk Aluminium	PSG 7 12 Totalt organisk bundet aluminium	PSG 7 12 Uorganisk Aluminium	PSG 10 15 Totalt organisk bundet aluminium	PSG 10 15 Uorganisk Aluminium
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	1.78149517E-06	7.11809706E-06	7.41300181E-09	8.93252772E-06	2.53942055E-06	6.36930695E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	1.77365840E-06	6.04576219E-06	9.66190648E-09	7.77961214E-06	2.87948366E-06	5.00593845E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	1.89662549E-06	5.57602630E-06	1.36756462E-08	7.38486653E-06	3.35329004E-06	4.24810218E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	2.54743537E-06	7.52482320E-06	1.65537682E-08	1.01497396E-05	3.63122927E-06	6.44766437E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	4.09474866E-06	9.65878103E-06	4.23539560E-08	1.40155230E-05	5.15225891E-06	8.54925142E-06
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	9.19810351E-06	1.46286122E-05	1.88444142E-07	2.21433334E-05	1.00636718E-05	1.36985141E-05
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	1.40131555E-05	1.96971890E-05	2.68558354E-07	2.47442601E-05	1.46569817E-05	1.90326210E-05
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1.90574453E-06	2.07783327E-07	1.85975079E-08	4.51784143E-07	2.04453984E-06	7.10795625E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	1.62113789E-06	1.71110727E-07	2.13215924E-08	4.97358194E-07	1.73434774E-06	5.97626189E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	2.36863623E-06	2.56941429E-07	2.53311865E-08	6.13666061E-07	2.52698289E-06	1.00604610E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1.92098445E-06	1.98516172E-07	1.97323849E-08	4.52003671E-07	2.05332975E-06	6.80976146E-08
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	3.94300197E-06	4.43407960E-07	4.66272404E-08	1.06523448E-06	4.15964789E-06	2.28413990E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	5.40160057E-06	5.93387558E-07	4.84313608E-08	1.08523263E-06	5.67294678E-06	3.23437169E-07
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	8.17244787E-06	8.68077565E-07	4.34197387E-08	9.45882043E-07	8.55101787E-06	4.90286473E-07
Birkenes BIE 02 HPI 0	1.10164017E-05	4.16334789E-06	1.59166941E-07	6.58673851E-06	1.15456929E-05	3.62989728E-06
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	1.14607209E-05	4.20036528E-06	1.42498546E-07	5.90081991E-06	1.20147087E-05	3.64227125E-06
Birkenes BIE 02 HPI 5	1.38436174E-05	6.96352856E-06	4.31907953E-07	1.60006533E-05	1.42567440E-05	6.55030981E-06
Birkenes BIE 02 HPI 10	1.43659975E-05	6.46644427E-06	1.66960767E-07	6.46644568E-06	1.50530537E-05	6.17212299E-06
Birkenes BIE 02 HPI 15	1.35968285E-05	5.32157323E-06	1.27212494E-07	5.32158764E-06	1.47779648E-05	5.32190581E-06
Birkenes BIE 02 HPI 25	1.56307483E-05	1.18756368E-05	3.40298096E-07	1.18759512E-05	1.59372573E-05	1.18756339E-05
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.61330302E-05	2.28310815E-05	5.96946333E-07	2.28310925E-05	1.62647522E-05	2.28310815E-05
Birkenes BIE 02 Renset 0	3.06709624E-06	4.28984131E-07	2.76173653E-08	8.35194684E-07	3.31140220E-06	1.88168957E-07
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.87408537E-06	7.00759776E-07	1.15909819E-07	2.73270704E-06	4.08859406E-06	4.87169959E-07
Birkenes BIE 02 Renset 5	5.10006776E-06	8.72410964E-07	1.06593287E-07	2.61902074E-06	5.35915932E-06	6.13956879E-07
Birkenes BIE 02 Renset 10	6.06658732E-06	8.13481459E-07	3.11474870E-08	9.09502782E-07	6.46776596E-06	4.15134493E-07
Birkenes BIE 02 Renset 15	8.50917497E-06	1.21198245E-06	5.45468263E-08	1.47336932E-06	8.94065731E-06	7.80774473E-07
Birkenes BIE 02 Renset 25	1.40037714E-05	3.25278868E-06	2.84069481E-07	6.28907232E-06	1.44218914E-05	2.83443112E-06
Birkenes BIE 02 Renset 50	1.61808888E-05	6.78307766E-06	3.07598942E-07	6.78311068E-06	1.65898404E-05	6.78307725E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 0	4.47801778E-06	1.08619635E-06	1.91602802E-07	4.60591451E-06	5.04005234E-06	5.69880948E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.66493358E-06	1.20083520E-06	1.48694066E-07	3.87270845E-06	6.33430611E-06	5.85984143E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 5	6.81600285E-06	1.61178192E-06	2.75617478E-07	5.68746699E-06	7.47635771E-06	9.89507425E-07
Svarberget SVA-E Ubehandlet 10	8.65361175E-06	1.92240320E-06	3.24455968E-07	6.04542677E-06	9.35770206E-06	1.25067638E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 15	1.26371845E-05	2.77342932E-06	6.43188082E-07	8.39885401E-06	1.32766020E-05	2.14244507E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 25	2.41487081E-05	3.99695446E-06	8.42870098E-07	9.50029685E-06	2.48093125E-05	3.32728688E-06
Svarberget SVA-E Ubehandlet 50	3.39219926E-05	5.10916270E-06	1.85251679E-06	1.52060096E-05	3.44203728E-05	4.59951551E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 0	6.32483167E-07	3.87347962E-06	1.89801760E-09	4.34462103E-06	1.26519796E-06	3.41176591E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 1.5	6.87394012E-07	3.03483248E-06	3.12542538E-09	3.51989488E-06	1.69144283E-06	2.34656605E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 5	1.06099154E-06	4.14614914E-06	4.96738006E-09	4.95188874E-06	2.36220216E-06	3.19692781E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 10	1.58624897E-06	6.12059665E-06	6.38834163E-09	7.47117213E-06	2.86360389E-06	5.08506541E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 15	2.55068552E-06	6.57913746E-06	1.77192878E-08	8.80095777E-06	4.79042798E-06	4.77417528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 25	4.63215132E-06	9.69621571E-06	4.26302158E-08	1.43854642E-05	6.86800521E-06	7.62608528E-06
Svarberget SVA-E HPO-A 50	1.17091905E-05	1.29387427E-05	7.46737367E-08	1.49464590E-05	1.49927449E-05	9.63115382E-06
Svarberget SVA-E HPI 0	1.99051667E-06	7.53688728E-06	7.48772065E-09	9.65261353E-06	2.34335019E-06	7.16750641E-06
Svarberget SVA-E HPI 1.5	2.96334343E-06	7.92201007E-06	1.89623289E-08	1.10679820E-05	3.51873565E-06	7.33941048E-06
Svarberget SVA-E HPI 5	4.76532155E-06	1.05008802E-05	4.70165735E-08	1.54936642E-05	5.18918886E-06	1.00455512E-05
Svarberget SVA-E HPI 10	6.09339550E-06	9.63539361E-06	1.30253396E-07	1.59526095E-05	6.92429052E-06	8.74764597E-06
Svarberget SVA-E HPI 15	8.92957495E-06	1.17044256E-05	2.22911369E-07	1.89752512E-05	9.68803644E-06	1.08945545E-05
Svarberget SVA-E HPI 25	1.24432734E-05	1.50791090E-05	4.84772275E-06	2.71934548E-05	1.29911612E-05	1.45093789E-05
Svarberget SVA-E HPI 50	1.64869715E-05	2.13438406E-05	3.29869997E-07	2.13427673E-05	1.68841721E-05	2.13434875E-05
Svarberget SVA-E Renset 0	4.14795065E-06	2.24464916E-07	4.57374073E-07	2.72562595E-06	4.23998798E-06	1.33617182E-07
Svarberget SVA-E Renset 1.5	4.50725989E-06	2.91474832E-07	7.02447393E-07	4.09819682E-06	4.60087421E-06	1.98775375E-07
Svarberget SVA-E Renset 5	6.44430675E-06	3.72568376E-07	6.42970268E-07	3.78554777E-06	6.56871224E-06	2.49261747E-07
Svarberget SVA-E Renset 10	9.29689736E-06	4.98000286E-07	6.43852928E-07	3.74310042E-06	9.45418026E-06	3.41712101E-07
Svarberget SVA-E Renset 15	1.29483631E-05	7.94825046E-07	1.48115730E-06	8.87609695E-06	1.31006696E-05	6.42682664E-07
Svarberget SVA-E Renset 25	1.92326381E-05	9.53467858E-07	1.03705576E-06	5.74799038E-06	1.94359213E-05	7.50217871E-07
Svarberget SVA-E Renset 50	2.90876706E-05	1.00251153E-06	3.02512796E-07	1.81568978E-06	2.94482499E-05	6.42461801E-07

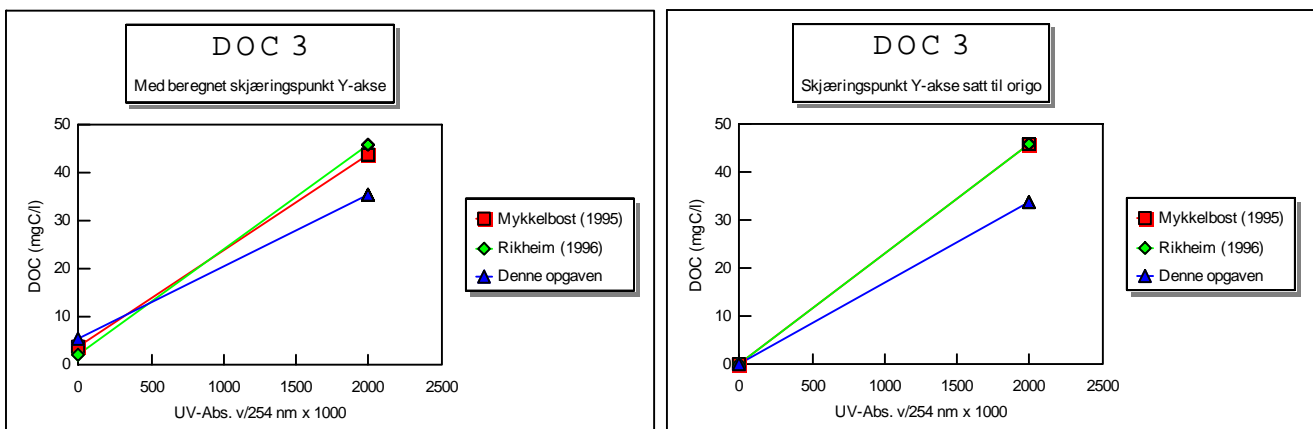
Tabell F2.3b: "Resultater Precipitated Synthetic Gibbsite".

## Appendiks G:

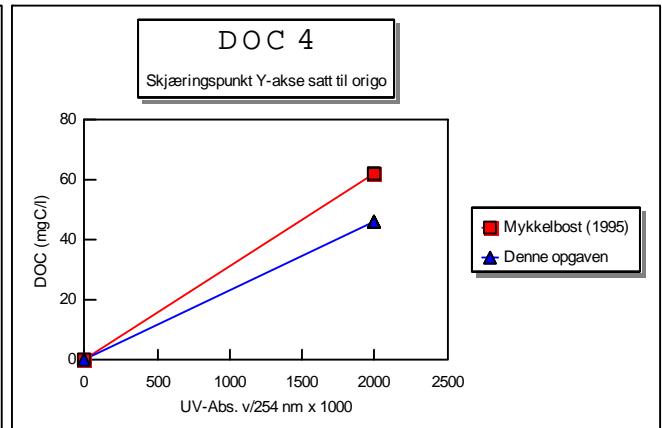
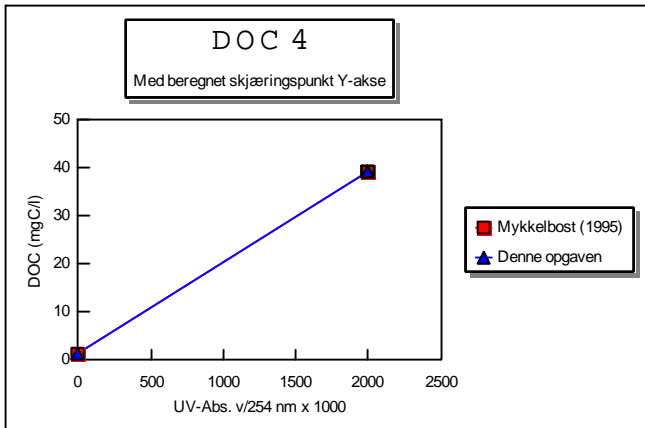
Figurene viser denne oppgavens UV/TOC-regresjonslinjer sammenlignet med de fra Mykkelbost (1995) og Rikheim (1996).



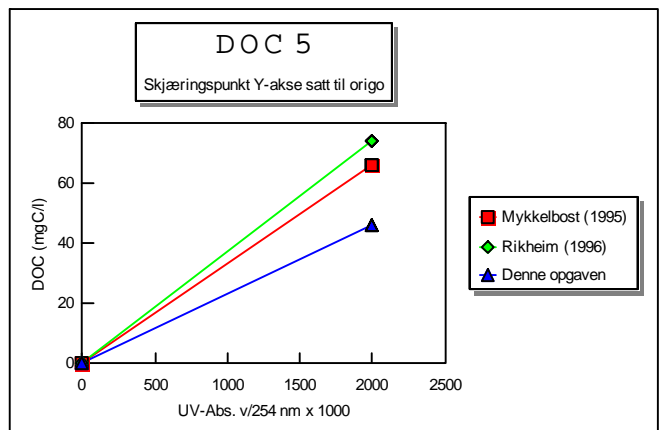
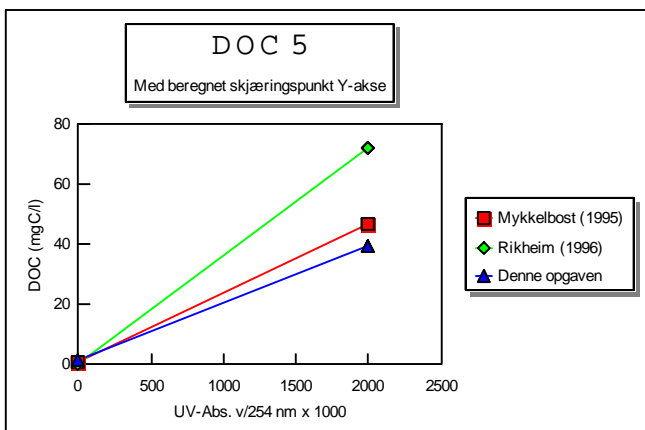
Figur G.1a: "Regresjon beregnet skj.pkt DOC1". Figur G.1b: "Regresjon skj.pkt lik 0 DOC1".



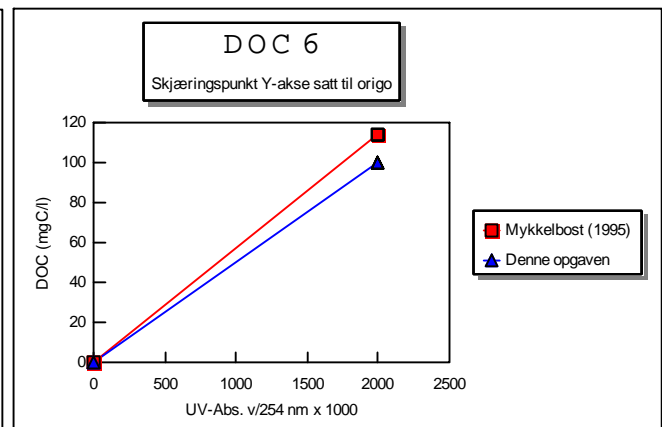
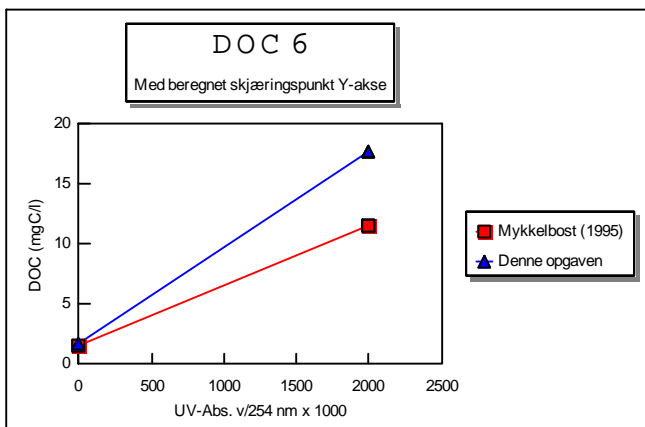
Figur G.2a: "Regresjon beregnet skj.pkt DOC3". Figur G.2b: "Regresjon skj.pkt lik 0 DOC3".



Figur G.3a: "Regresjon beregnet skj.pkt DOC4". Figur G.3b: "Regresjon skj.pkt lik 0 DOC4".



Figur G.4a: "Regresjon beregnet skj.pkt DOC5". Figur G.4b: "Regresjon skj.pkt lik 0 DOC5".



Figur G.5a: "Regresjon beregnet skj.pkt DOC6". Figur G.5b: "Regresjon skj.pkt lik 0 DOC6".

## Appendiks H;

Tabeller som viser alle justeringer av pH og ledningsevne gjort for fraksjonene og delprøvene.

	pH justering Fra Dato:100299	Til	Antall mikroliter	NaOH/HCl	Kommentar
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	5.05				
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	12	3.03	200	kons. HCl	til 5,09 m/160 1M NaOH + 20 1M NaOH, 10 kons HCl
Birkenes BIE 02 HPI 0	2.03	10.8	1800	1M NaOH	til 4,75 m/40 1M NaOH +1ml 1MNaOH,20kons.HCl
Birkenes BIE 02 Renset 0	3.18	4.87	110	1M NaOH	
Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	4.95				
Svartberget SVA-E HPO-A 0	12.03	3.87	170	kons. HCl	til 4,82 m/110 1M NaOH
Svartberget SVA-E HPI 0	2.04	5.21	1620	1M NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 0	3.76	4.72	30	1M NaOH	
	Dato:110299				Alle løsninger er 1 molar
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	5.1				
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	12.1	3.63	1690	HCl	til 9,43 m/100 NaOH + til 5,44 m/60 HCl
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	2.05	5.27	2010	NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	3.19	6.48	120	NaOH	til 4,58 m/10 HCl
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.04				
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	12.01	3.18	1500	HCl	til 6,14 m/150 NaOH + til 5,06 m/20 HCl
Svartberget SVA-E HPI 1.5	2.07	4.93	2070	NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 1.5	3.79	4.66	30	NaOH	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	5.13				
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	12.02	5.41	1520	HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 5	2.03	11.39	2000	NaOH	til 4,99 m/350 HCl
Birkenes BIE 02 Renset 5	3.2	5.56	115	NaOH	
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	5.04				
Svartberget SVA-E HPO-A 5	12.01	3.3	1500	HCl	til 5,02 m/100 NaOH
Svartberget SVA-E HPI 5	2.05	11.5	2000	NaOH	til 4,95 m/460 HCl
Svartberget SVA-E Renset 5	3.79	4.82	30	NaOH	
	Dato:120299				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	5.05				
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	12.05	4.7	1660	HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 10	2.04	4.82	1730	NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 10	3.2	5.28	114	NaOH	
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	5				
Svartberget SVA-E HPO-A 10	11.97	3.22	1500	HCl	til 4,79 m/110 NaOH
Svartberget SVA-E HPI 10	2.06	4.68	1620	NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 10	3.79	4.88	30	NaOH	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.13				
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	12.06	3.5	1600	HCl	til 4,83 m/50 NaOH
Birkenes BIE 02 HPI 15	2.02	4.88	1710	NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 15	3.19	5.29	113	NaOH	
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	4.94				
Svartberget SVA-E HPO-A 15	11.98	4.24	1300	HCl	til 4,68 m/10 NaOH
Svartberget SVA-E HPI 15	2.07	5.1	1610	NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 15	3.79	4.75	30	NaOH	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	5.07				
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	12.06	3.59	1600	HCl	til 5,51 m/50 NaOH
Birkenes BIE 02 HPI 25	2.03	6.1	1700	NaOH	til 5,16 m/10 HCl
Birkenes BIE 02 Renset 25	3.31	9.78	110	NaOH	til 4,68 m/70 HCl
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	5.03				
Svartberget SVA-E HPO-A 25	11.98	4.27	1300	HCl	til 4,73 m/10 NaOH
Svartberget SVA-E HPI 25	2.07	9.31	1600	NaOH	til 5,51 m/40 HCl
Svartberget SVA-E Renset 25	3.8	4.94	30	NaOH	
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	5.14				
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	12.03	4.28	1550	HCl	til 5,04 m/10 NaOH
Birkenes BIE 02 HPI 50	1.96	5.89	1700	NaOH	til 4,87 m/10 HCl
Birkenes BIE 02 Renset 50	3.23	9.48	111	NaOH	til 5,24 m/20 HCl
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	5				
Svartberget SVA-E HPO-A 50	11.95	5.23	1280	HCl	
Svartberget SVA-E HPI 50	2.01	7.49	1550	NaOH	til 4,72 m/30 HCl
Svartberget SVA-E Renset 50	3.74	4.81	30	NaOH	

Tabell H1: "Første justering av pH for fraksjoner og delprøver".



	pH justering Fra Dato:160499	Til	Antall mikroliter	NaOH/HCl	Kommentar
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	5.57	4.45	10	1M HCl	til 4,92 m/50 0,1M NaOH
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	7.14	5.1	20	1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.45	4.88	50	0,1M NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 0	5.48				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	5.22				
Svartberget SVA-E HPO-A 0	6.48	4.99	20	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 0	4.61				
Svartberget SVA-E Renset 0	4.93				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	5.59	5.12	20	0,1 M HCl	
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	6.88	5.02	20	1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	4.48	4.91	50	0,1M NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	4.87				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.26				
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	6.5	5.2	120	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 1.5	4.39	4.77	50	0,1M NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 1.5	4.78				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	5.36				
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	6.64	5.25	20	1M HCl	+ 80 0,1M HCl
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.56				
Birkenes BIE 02 Renset 5	5.68	4.84	40	0,1M HCl	
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	5.12				
Svartberget SVA-E HPO-A 5	6.58	5.16	20	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 5	4.54				
Svartberget SVA-E Renset 5	4.83				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	5.13				
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	6.51	5.08	10	1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 10	4.2	4.91	120	0,1M NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 10	5.22				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	5.06				
Svartberget SVA-E HPO-A 10	6.41	4.94	20	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 10	4.35	4.96	80	0,1M NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 10	4.84				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.05				
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	6.42	4.84	10	1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 15	4.42	5.05	100	0,1M NaOH	
Birkenes BIE 02 Renset 15	5.11				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	4.92				
Svartberget SVA-E HPO-A 15	6.15	5.25	10	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 15	4.48	4.86	50	0,1M NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 15	4.66				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	4.85				
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	6.47	5.23	10	1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPI 25	4.69				
Birkenes BIE 02 Renset 25	4.74				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	4.85				
Svartberget SVA-E HPO-A 25	6.06	5.02	10	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 25	4.62				
Svartberget SVA-E Renset 25	4.75				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	4.8				
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	5.2				
Birkenes BIE 02 HPI 50	4.56				
Birkenes BIE 02 Renset 50	4.76				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	4.67				
Svartberget SVA-E HPO-A 50	6.05	5.14	10	1M HCl	
Svartberget SVA-E HPI 50	4.42	4.87	100	0,1M NaOH	
Svartberget SVA-E Renset 50	4.46	5.18	110	0,1M NaOH	

Tabell H2: "Andre justering av pH for fraksjoner og delprøver".

	pH justering Fra Dato:040599	Til	Antall mikroliter	NaOH/HCl	Kommentar
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	5.06				
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	5.48				
Birkenes BIE 02 HPI 0	4.89				
Birkenes BIE 02 Renset 0	5.51	5.37	10	1M HCl	+ 10 1M NaOH
Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	5.28				
Svartberget SVA-E HPO-A 0	5.24				
Svartberget SVA-E HPI 0	4.66				
Svartberget SVA-E Renset 0	5				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	5.29				
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	5.45				
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	4.92				
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	4.99				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	5.35				
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	5.5				
Svartberget SVA-E HPI 1.5	4.81				
Svartberget SVA-E Renset 1.5	4.86				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	5.46	5.4	30	0,1M HCl	
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	5.78				
Birkenes BIE 02 HPI 5	4.64				
Birkenes BIE 02 Renset 5	5.01				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	5.18				
Svartberget SVA-E HPO-A 5	5.47				
Svartberget SVA-E HPI 5	4.59				
Svartberget SVA-E Renset 5	4.91				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	5.18				
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	5.47				
Birkenes BIE 02 HPI 10	4.88				
Birkenes BIE 02 Renset 10	5.34				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	5.14				
Svartberget SVA-E HPO-A 10	5.28				
Svartberget SVA-E HPI 10	4.92				
Svartberget SVA-E Renset 10	4.91				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	5.07				
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	5.24				
Birkenes BIE 02 HPI 15	4.95				
Birkenes BIE 02 Renset 15	5.19				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	4.96				
Svartberget SVA-E HPO-A 15	5.49				
Svartberget SVA-E HPI 15	4.83				
Svartberget SVA-E Renset 15	4.7				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	4.86				
Birkenes BIE 02 HPO-A 25					
Birkenes BIE 02 HPI 25	4.7				
Birkenes BIE 02 Renset 25	4.76				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	4.89				
Svartberget SVA-E HPO-A 25	5.31				
Svartberget SVA-E HPI 25	4.63				
Svartberget SVA-E Renset 25	4.79				
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	4.77				
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	5.26				
Birkenes BIE 02 HPI 50	4.56				
Birkenes BIE 02 Renset 50	4.74				
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	4.69				
Svartberget SVA-E HPO-A 50	5.41				
Svartberget SVA-E HPI 50	4.73				
Svartberget SVA-E Renset 50	5.11				

Tabell H3: ”Tredje justering av pH for fraksjoner og delprøver”.

	Ledn.evne Fra Dato:130299	Til	Antall mikro- liter 1M NaCl	Kommentar	Ledn.evne Dato:160499
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	52	1631	1830		1610
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	1377	1628	320		1621
Birkenes BIE 02 HPI 0	1627				1670
Birkenes BIE 02 Renset 0		1638	1710		1616
Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	44	1407	1800		1394
Svartberget SVA-E HPO-A 0	1227	1382	200		1374
Svartberget SVA-E HPI 0	1374				1366
Svartberget SVA-E Renset 0	152	1373	1620		1355
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	50	1487	1970		1467
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	1378	1491	140		1481
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	1489				1477
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	348	1487	1520		1467
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	86	1324	1626		1308
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	1170	1327	202		1318
Svartberget SVA-E HPI 1.5	1328				1319
Svartberget SVA-E Renset 1.5	147	1327	1570		1309
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	78	1700	2130		1666
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	1216	1707	650		1684
Birkenes BIE 02 HPI 5	1699				1672
Birkenes BIE 02 Renset 5	315	1698	1860		1674
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	38	1654	2160		1627
Svartberget SVA-E HPO-A 5	1099	1658	730		1635
Svartberget SVA-E HPI 5	1657				1637
Svartberget SVA-E Renset 5	145	1657	2010		1630
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	47	1453	1850		1410
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	1203	1450	320		1419
Birkenes BIE 02 HPI 10	1449				1415
Birkenes BIE 02 Renset 10	316	1453	1540		1417
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	40	1320	1730		1283
Svartberget SVA-E HPO-A 10	1104	1318	280		1291
Svartberget SVA-E HPI 10	1320				1293
Svartberget SVA-E Renset 10	145	1604	1950		1564
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	65	1431	1810		1383
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	1230	1434	270		1391
Birkenes BIE 02 HPI 15	1433				1388
Birkenes BIE 02 Renset 15	312	1433	1510		1388
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	43	1315	1700		1265
Svartberget SVA-E HPO-A 15	1025	1316	370		1276
Svartberget SVA-E HPI 15	1316				1278
Svartberget SVA-E Renset 15	139	1312	1560		1268
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	42	1436	1850		1362
Birkenes BIE 02 HPO-A 25	1218	1433	280		1364
Birkenes BIE 02 HPI 25	1435				1369
Birkenes BIE 02 Renset 25	362	1438	1450		1365
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	42	1327	1720		1262
Svartberget SVA-E HPO-A 25	1024	1321	390		1258
Svartberget SVA-E HPI 25	1324				1266
Svartberget SVA-E Renset 25	139	1327	1580		1259
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	41	1436	1860		1313
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	1182	1437	335		1314
Birkenes BIE 02 HPI 50	1439				1317
Birkenes BIE 02 Renset 50	328	1440	1510		1316
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	38	1330	1720		1212
Svartberget SVA-E HPO-A 50	1012	1327	411		1209
Svartberget SVA-E HPI 50	1329				1219
Svartberget SVA-E Renset 50	136	1327	1590		1211

Tabell H4: ”Justering av ledningsevne for fraksjoner og delprøver”.

## Appendiks I:

Absorbanser og utregnede konsentrasjoner for alle fraksjoner og delprøver tilhørende labforsøket med tilsetning av varierende mengder  $Al^{3+}$ .

Prøveidentifikasjon	Alo 395 nm	Alo 600 nm	Alo Korrigert	Alo uM	Ala 395 nm	Ala 600 nm	Ala Korrigert	Ala uM	Ali uM
Blank I	0.012	0	0.012	0.629	0.002	0	0.002	0.1267	
Blank II	-0.001	0	-0.001	0.0138	-0.001	0	-0.001	-0.016	
Blank III	0.001	0	0.001	0.1085	0.003	0.001	0.00188	0.1209	
Blank IV	-0.001	0	-0.001	0.0138	-0.001	0	-0.001	-0.016	
Blank V	0.001	0	0.001	0.1085	0.003	0.001	0.00188	0.1209	
Standard 40 ugAl/l	0.034	0.002	0.03176	1.5642	0.037	0.003	0.03364	1.6332	
Standard 100 ugAl/l	0.077	0	0.077	3.7051	0.075	0	0.075	3.6025	
Standard 200 ugAl/l	0.156	0	0.156	7.4437	0.156	0	0.156	7.4592	
Standard 400 ugAl/l	0.309	0.001	0.30788	14.631	0.315	0.001	0.31388	14.977	
Standard 600 ugAl/l	0.468	0.001	0.46688	22.156	0.459	0.001	0.45788	21.833	
Standard 800 ugAl/l	0.63	0.001	0.62888	29.822	0.596	0.005	0.5904	28.143	
Standard 1000 ugAl/l	0.786	0.004	0.78152	37.046	0.786	0.004	0.78152	37.243	
Blank II I	0.012	0.001	0.01088	0.576					
Blank II II	-0.001	0	-0.001	0.0138					
Blank II III	0.003	0	0.003	0.2031					
Blank II IV	0.005	0.002	0.00276	0.1918					
Blank II V	0.003	0	0.003	0.2031					
Standard II 40 ugAl/l	0.033	0	0.033	1.6229					
Standard II 100 ugAl/l	0.077	0.001	0.07588	3.6521					
Standard II 200 ugAl/l	0.153	0	0.153	7.3018					
Standard II 400 ugAl/l	0.303	0.001	0.30188	14.347					
Standard II 600 ugAl/l	0.468	0.003	0.46464	22.05					
Standard II 800 ugAl/l	0.607	0.003	0.60364	28.628					
Standard II 1000 ugAl/l	0.754	0.001	0.75288	35.691					
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 0	0.1	0.006	0.09328	4.4756	0.219	0.008	0.21004	10.032	5.5567
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 1.5	0.104	0.007	0.09616	4.6119	0.197	0.008	0.18804	8.9848	4.3729
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 5	0.112	0.006	0.10528	5.0434	0.189	0.007	0.18116	8.6572	3.6137
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 10	0.105	0.004	0.10052	4.8182	0.248	0.012	0.23456	11.2	6.3816
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 15	0.115	0.004	0.11052	5.2914	0.317	0.007	0.30916	14.752	9.4604
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 25	0.132	0.006	0.12528	5.9899	0.52	0.008	0.51104	24.364	18.374
Birkenes BIE 02 Ubehandlet 50	0.123	0.008	0.11404	5.458	0.724	0.011	0.71168	33.917	28.459
Birkenes BIE 02 HPO-A 0	0.024	0.003	0.02064	1.0379	0.055	0.01	0.0438	2.1169	1.079
Birkenes BIE 02 HPO-A 1.5	0.026	0.003	0.02264	1.1326	0.046	0.008	0.03704	1.7951	0.6625
Birkenes BIE 02 HPO-A 5	0.028	0.004	0.02352	1.1742	0.068	0.012	0.05456	2.6293	1.455
Birkenes BIE 02 HPO-A 10	0.022	0.001	0.02088	1.0493	0.054	0.009	0.04392	2.1226	1.0734
Birkenes BIE 02 HPO-A 15	0.023	0.001	0.02188	1.0966	0.105	0.012	0.09156	4.391	3.2944
Birkenes BIE 02 HPO-A 25				0				0	0
Birkenes BIE 02 HPO-A 50	0.016	0.001	0.01488	0.7653	0.205	0.014	0.18932	9.0457	8.2804
Birkenes BIE 02 HPI 0	0.058	0.006	0.05128	2.4879	0.332	0.012	0.31856	15.199	12.711
Birkenes BIE 02 HPI 1.5	0.057	0.006	0.05028	2.4406	0.341	0.011	0.32868	15.681	13.241
Birkenes BIE 02 HPI 5	0.057	0.007	0.04916	2.3876	0.451	0.013	0.43644	20.812	18.424
Birkenes BIE 02 HPI 10	0.058	0.005	0.0524	2.5409	0.461	0.014	0.44532	21.235	18.694
Birkenes BIE 02 HPI 15	0.051	0.002	0.04876	2.3687	0.483	0.013	0.46844	22.336	19.967
Birkenes BIE 02 HPI 25	0.059	0.006	0.05228	2.5353	0.776	0.012	0.76256	36.34	33.805
Birkenes BIE 02 HPI 50	0.072	0.004	0.06752	3.2565	1.216	0.012	1.20256	57.29	54.034
Birkenes BIE 02 Renset 0	0.057	0.007	0.04916	2.3876	0.083	0.009	0.07292	3.5034	1.1158
Birkenes BIE 02 Renset 1.5	0.072	0.01	0.0608	2.9385	0.109	0.012	0.09556	4.5814	1.643
Birkenes BIE 02 Renset 5	0.084	0.008	0.07504	3.6124	0.135	0.009	0.12492	5.9794	2.367
Birkenes BIE 02 Renset 10	0.1	0.005	0.0944	4.5286	0.153	0.008	0.14404	6.8898	2.3612
Birkenes BIE 02 Renset 15	0.108	0.007	0.10016	4.8011	0.216	0.011	0.20368	9.7295	4.9283
Birkenes BIE 02 Renset 25	0.117	0.006	0.11028	5.2801	0.373	0.01	0.3618	17.258	11.978
Birkenes BIE 02 Renset 50	0.115	0.005	0.1094	5.2384	0.728	0.007	0.72016	34.321	29.083

Tabell II: "Absorbanser og utregnede konsentrasjoner for standarder og Birkenes' prøver".

Svartberget SVA-E Ubehandlet 0	0.265	0.145	0.1026	4.9166	0.3	0.162	0.11856	5.6765	0.7599
Svartberget SVA-E Ubehandlet 1.5	0.277	0.138	0.12244	5.8555	0.322	0.157	0.14616	6.9907	1.1352
Svartberget SVA-E Ubehandlet 5	0.326	0.155	0.1524	7.2734	0.364	0.165	0.1792	8.5639	1.2905
Svartberget SVA-E Ubehandlet 10	0.351	0.134	0.20092	9.5695	0.378	0.137	0.22456	10.724	1.1541
Svartberget SVA-E Ubehandlet 15	0.384	0.135	0.2328	11.078	0.502	0.157	0.32616	15.561	4.483
Svartberget SVA-E Ubehandlet 25	0.466	0.135	0.3148	14.959	0.61	0.015	0.5932	28.276	13.317
Svartberget SVA-E Ubehandlet 50	0.657	0.125	0.517	24.528	1	0.16	0.8208	39.113	14.585
Svartberget SVA-E HPO-A 0	0.13	0.031	0.09528	4.5702	0.172	0.032	0.13616	6.5146	1.9444
Svartberget SVA-E HPO-A 1.5	0.133	0.024	0.10612	5.0832	0.144	0.027	0.11376	5.448	0.3648
Svartberget SVA-E HPO-A 5	0.165	0.024	0.13812	6.5976	0.184	0.028	0.15264	7.2992	0.7017
Svartberget SVA-E HPO-A 10	0.224	0.028	0.19264	9.1777	0.25	0.031	0.21528	10.282	1.1041
Svartberget SVA-E HPO-A 15	0.24	0.022	0.21536	10.253	0.281	0.029	0.24852	11.864	1.6116
Svartberget SVA-E HPO-A 25	0.328	0.023	0.30224	14.364	0.396	0.031	0.36128	17.233	2.869
Svartberget SVA-E HPO-A 50	0.547	0.021	0.52348	24.834	0.606	0.028	0.57464	27.392	2.5579
Svartberget SVA-E HPI 0	0.195	0.098	0.08524	4.0951	0.333	0.106	0.21428	10.234	6.1391
Svartberget SVA-E HPI 1.5	0.207	0.092	0.10396	4.981	0.36	0.105	0.2424	11.573	6.5921
Svartberget SVA-E HPI 5	0.217	0.087	0.11956	5.7192	0.452	0.109	0.32992	15.74	10.021
Svartberget SVA-E HPI 10	0.258	0.079	0.16952	8.0836	0.435	0.083	0.34204	16.317	8.2338
Svartberget SVA-E HPI 15	0.272	0.077	0.18576	8.8521	0.549	0.096	0.44148	21.052	12.2
Svartberget SVA-E HPI 25	0.136	0.021	0.11248	5.3842	0.634	0.047	0.58136	27.712	22.328
Svartberget SVA-E HPI 50	0.122	0.012	0.10856	5.1987	0.908	0.042	0.86096	41.025	35.827
Svartberget SVA-E Renset 0	0.249	0.154	0.07652	3.6824	0.285	0.173	0.09124	4.3757	0.6933
Svartberget SVA-E Renset 1.5	0.282	0.165	0.0972	4.6611	0.285	0.165	0.1002	4.8024	0.1413
Svartberget SVA-E Renset 5	0.315	0.162	0.13356	6.3818	0.333	0.17	0.1426	6.8212	0.4394
Svartberget SVA-E Renset 10	0.351	0.153	0.17964	8.5625	0.381	0.157	0.20516	9.7999	1.2374
Svartberget SVA-E Renset 15	0.382	0.145	0.2196	10.454	0.474	0.166	0.28808	13.748	3.2945
Svartberget SVA-E Renset 25	0.498	0.143	0.33784	16.049	0.597	0.155	0.4234	20.191	4.142
Svartberget SVA-E Renset 50	0.767	0.134	0.61692	29.256	0.786	0.138	0.63144	30.097	0.8404

Tabell I2. ” Absorbanser og utregnede konsentrasjoner for Svartbergets prøver”.

## **Appendiks J:**

Tabeller med alle data fra pH-titreringene.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
0	3.721	2232	5.297	2432	6.045	2630	7.305	2828	8.002	3030	8.694
100	3.743	2234	5.304	2434	6.062	2632	7.311	2830	8.009	3032	8.698
200	3.766	2236	5.307	2436	6.072	2634	7.326	2832	8.024	3034	8.704
302	3.79	2238	5.316	2438	6.081	2638	7.344	2834	8.031	3036	8.708
400	3.814	2240	5.321	2440	6.096	2640	7.352	2836	8.039	3038	8.711
500	3.841	2244	5.333	2442	6.107	2642	7.364	2838	8.057	3040	8.72
600	3.869	2246	5.342	2444	6.117	2644	7.371	2842	8.077	3042	8.725
700	3.9	2248	5.347	2446	6.133	2646	7.382	2844	8.084	3044	8.727
800	3.932	2250	5.35	2448	6.145	2648	7.39	2846	8.1	3046	8.732
900	3.967	2252	5.361	2450	6.153	2650	7.402	2848	8.107	3048	8.735
1000	4.003	2254	5.366	2452	6.17	2652	7.389	2850	8.113	3050	8.74
1050	4.023	2256	5.371	2454	6.179	2654	7.391	2852	8.127	3054	8.751
1100	4.044	2260	5.385	2456	6.194	2656	7.404	2854	8.134	3056	8.754
1150	4.065	2262	5.39	2458	6.201	2658	7.412	2856	8.139	3058	8.758
1200	4.087	2264	5.397	2460	6.22	2660	7.42	2858	8.151	3060	8.764
1250	4.111	2266	5.404	2462	6.227	2662	7.435	2860	8.156	3062	8.766
1300	4.135	2268	5.407	2464	6.239	2664	7.444	2862	8.161	3064	8.77
1350	4.163	2270	5.412	2466	6.256	2666	7.449	2864	8.177	3066	8.776
1400	4.19	2272	5.423	2468	6.268	2668	7.465	2866	8.182	3068	8.78
1450	4.219	2274	5.429	2470	6.28	2670	7.475	2868	8.184	3070	8.783
1500	4.25	2276	5.433	2472	6.292	2672	7.484	2870	8.196	3072	8.788
1550	4.283	2278	5.44	2474	6.313	2674	7.499	2872	8.204	3074	8.792
1600	4.319	2280	5.45	2476	6.325	2676	7.506	2874	8.208	3076	8.794
1610	4.326	2282	5.455	2478	6.335	2678	7.512	2876	8.213	3078	8.799
1620	4.333	2284	5.464	2480	6.356	2680	7.529	2880	8.24	3080	8.802
1630	4.34	2286	5.467	2482	6.368	2682	7.537	2882	8.244	3082	8.806
1640	4.348	2288	5.474	2484	6.378	2684	7.543	2884	8.25	3084	8.811
1650	4.355	2290	5.479	2486	6.399	2686	7.551	2886	8.256	3086	8.814
1660	4.364	2292	5.486	2488	6.413	2688	7.569	2888	8.264	3088	8.818
1670	4.372	2294	5.491	2490	6.421	2690	7.576	2890	8.268	3090	8.823
1680	4.381	2296	5.502	2492	6.442	2692	7.584	2892	8.273	3092	8.828
1690	4.39	2298	5.509	2494	6.456	2694	7.589	2894	8.281	3094	8.83
1700	4.398	2300	5.513	2496	6.493	2696	7.607	2896	8.294	3096	8.833
1710	4.405	2302	5.522	2498	6.515	2698	7.614	2898	8.298	3098	8.838
1720	4.414	2304	5.527	2500	6.534	2700	7.619	2900	8.304	3100	8.842
1730	4.424	2306	5.531	2502	6.544	2702	7.631	2902	8.316	3110	8.862
1740	4.434	2308	5.541	2504	6.568	2704	7.639	2904	8.321	3120	8.886
1750	4.443	2310	5.546	2506	6.581	2706	7.645	2906	8.329	3130	8.905
1760	4.453	2312	5.552	2508	6.593	2708	7.657	2908	8.338	3140	8.924
1770	4.462	2314	5.562	2510	6.613	2710	7.664	2910	8.343	3150	8.944
1780	4.472	2316	5.567	2512	6.627	2712	7.666	2912	8.35	3160	8.961
1790	4.482	2318	5.572	2514	6.638	2714	7.679	2914	8.36	3170	8.977
1800	4.493	2320	5.579	2516	6.648	2716	7.688	2916	8.367	3182	8.999
1810	4.503	2322	5.589	2518	6.664	2718	7.695	2918	8.372	3190	9.011
1820	4.513	2324	5.596	2520	6.688	2720	7.709	2920	8.381	3200	9.027
1830	4.524	2326	5.6	2522	6.7	2722	7.716	2922	8.388	3210	9.044
1840	4.534	2328	5.61	2524	6.712	2724	7.719	2924	8.393	3220	9.059
1850	4.546	2330	5.615	2526	6.722	2726	7.736	2926	8.396	3230	9.071
1860	4.56	2332	5.622	2528	6.736	2728	7.743	2930	8.418	3240	9.087
1870	4.57	2334	5.627	2530	6.75	2730	7.75	2932	8.423	3250	9.102
1880	4.582	2336	5.637	2532	6.762	2732	7.764	2934	8.429	3260	9.116
1890	4.594	2338	5.644	2534	6.774	2734	7.769	2936	8.434	3270	9.128
1900	4.608	2340	5.65	2536	6.793	2736	7.775	2938	8.444	3280	9.141
1910	4.62	2342	5.66	2538	6.804	2738	7.79	2940	8.449	3290	9.153
1920	4.634	2344	5.667	2540	6.812	2740	7.795	2942	8.453	3300	9.167
1930	4.646	2346	5.672	2542	6.83	2742	7.8	2944	8.461	3310	9.179
1940	4.661	2348	5.682	2544	6.84	2744	7.813	2946	8.471	3320	9.189
1950	4.675	2350	5.687	2546	6.847	2746	7.818	2948	8.475	3330	9.201
1960	4.689	2352	5.692	2548	6.866	2748	7.823	2950	8.482	3340	9.212
1970	4.706	2354	5.705	2550	6.873	2750	7.837	2952	8.489	3350	9.224
1980	4.72	2356	5.711	2552	6.887	2752	7.844	2954	8.497	3400	9.28
1990	4.735	2358	5.715	2554	6.894	2754	7.848	2956	8.502	3450	9.332
2000	4.752	2360	5.727	2556	6.906	2756	7.852	2958	8.507	3500	9.379
2010	4.769	2362	5.734	2558	6.915	2758	7.859	2960	8.516	3550	9.422
2020	4.787	2364	5.739	2560	6.921	2760	7.877	2962	8.521	3600	9.463
2030	4.804	2366	5.751	2562	6.942	2762	7.882	2964	8.525	3650	9.501
2040	4.823	2368	5.758	2564	6.951	2764	7.887	2966	8.533	3700	9.537
2050	4.843	2370	5.763	2566	6.958	2766	7.896	2968	8.538	3750	9.571
2060	4.862	2372	5.773	2568	6.975	2768	7.903	2970	8.543	3800	9.602
2070	4.881	2374	5.78	2570	6.985	2770	7.911	2972	8.552	3850	9.633
2080	4.902	2376	5.785	2572	6.996	2772	7.916	2974	8.555	3900	9.662
2090	4.924	2378	5.798	2574	7.004	2774	7.923	2976	8.559	3950	9.69
2100	4.946	2380	5.804	2576	7.022	2776	7.937	2978	8.567	4000	9.715
2110	4.969	2382	5.809	2578	7.03	2778	7.942	2980	8.573	4050	9.741
2120	4.991	2384	5.822	2580	7.041	2780	7.948	2982	8.576	4100	9.765
2130	5.015	2386	5.828	2582	7.055	2782	7.96	2984	8.585	4150	9.787
2140	5.041	2388	5.833	2584	7.063	2784	7.965	2986	8.59	4200	9.81
2150	5.063	2390	5.847	2586	7.072	2786	7.97	2988	8.593	4250	9.83
2160	5.093	2392	5.854	2590	7.098	2788	7.982	2990	8.597	4300	9.851
2170	5.118	2394	5.859	2592	7.107	2790	7.987	2992	8.605	4350	9.871
2180	5.146	2396	5.866	2594	7.114	2792	7.991	2994	8.607	4400	9.89
2190	5.172	2398	5.876	2596	7.129	2794	8.005	2996	8.614	4450	9.909
2200	5.203	2400	5.892	2598	7.141	2796	8.008	2998	8.617	4500	9.926
2202	5.206	2402	5.9	2600	7.146	2798	8.013	3000	8.622	4600	9.96
2204	5.215	2404	5.909	2602	7.162	2800	8.024	3002	8.627	4700	9.993
2206	5.22	2406	5.915	2604	7.172	2802	8.031	3004	8.633	4800	10.024
2208	5.223	2408	5.925	2606	7.179	2804	8.034	3006	8.638	4900	10.051
2210	5.232	2410	5.933	2608	7.195	2806	8.044	3008	8.644	5000	10.079
2212	5.239	2412	5.943	2610	7.202	2808	8.05	3010	8.648	5100	10.104
2214	5.244	2414	5.952	2612	7.216	2810	8.055	3012	8.652	5200	10.128
2216	5.249	2416	5.968	2614	7.221	2812	8.067	3014	8.655	5300	10.151
2218	5.256	2418	5.976	2616	7.238	2814	8.07	3016	8.662	5400	10.173
2220	5.261	2420	5.983	2618	7.246	2816	8.074	3018	8.667	5500	10.195
2222	5.264	2422	5.997	2620	7.254	2818	8.088	3020	8.668	6000	10.29
2224	5.271	2424	6.007	2622	7.267	2820	8.093	3022	8.675	6500	10.37
2226	5.28	2426	6.012	2624	7.276	2822	7.968	3024	8.679		
2228	5.285	2428	6.029	2626	7.281	2824	7.973	3026	8.682		
2230	5.289	2430	6.038	2628	7.299	2826	7.99	3028	8.691		

Tabell J.1: “Komplett datasett fra titrering av Birkenes Ubehandlet”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
0	3.656	2216	4.55	2412	4.817	2610	5.273	2806	6.122	3006	7.418
10	3.678	2218	4.553	2414	4.821	2612	5.281	2808	6.141	3008	7.435
200	3.695	2220	4.555	2416	4.824	2614	5.287	2810	6.147	3010	7.438
300	3.716	2222	4.557	2418	4.828	2616	5.29	2812	6.165	3012	7.457
400	3.738	2224	4.558	2420	4.834	2618	5.323	2814	6.173	3014	7.466
500	3.761	2226	4.56	2422	4.836	2620	5.329	2816	6.192	3016	7.471
600	3.783	2228	4.563	2424	4.838	2622	5.339	2820	6.218	3018	7.476
700	3.807	2230	4.565	2426	4.845	2624	5.344	2822	6.227	3020	7.492
800	3.835	2232	4.567	2428	4.848	2626	5.354	2824	6.246	3022	7.495
900	3.863	2234	4.57	2430	4.85	2628	5.36	2826	6.254	3024	7.512
1002	3.892	2236	4.572	2432	4.855	2630	5.366	2828	6.272	3026	7.514
1050	3.906	2238	4.574	2434	4.859	2632	5.375	2830	6.282	3028	7.53
1100	3.923	2240	4.577	2436	4.86	2634	5.379	2832	6.299	3030	7.535
1150	3.94	2242	4.579	2438	4.865	2636	5.387	2834	6.308	3032	7.54
1200	3.956	2244	4.581	2440	4.869	2638	5.391	2836	6.325	3034	7.556
1250	3.973	2246	4.582	2442	4.872	2640	5.396	2838	6.334	3036	7.561
1300	3.992	2248	4.586	2444	4.876	2642	5.403	2840	6.354	3038	7.566
1350	4.011	2250	4.588	2446	4.879	2644	5.413	2842	6.363	3040	7.58
1400	4.032	2252	4.591	2448	4.883	2646	5.418	2844	6.384	3042	7.583
1450	4.053	2254	4.593	2450	4.888	2648	5.425	2846	6.392	3044	7.595
1500	4.075	2256	4.595	2452	4.891	2650	5.43	2848	6.413	3046	7.602
1510	4.078	2258	4.596	2454	4.894	2652	5.435	2850	6.42	3048	7.607
1520	4.082	2260	4.6	2456	4.9	2654	5.442	2852	6.442	3050	7.619
1530	4.087	2262	4.601	2458	4.902	2656	5.449	2854	6.454	3052	7.623
1540	4.092	2264	4.605	2462	4.912	2658	5.454	2856	6.465	3054	7.638
1550	4.096	2266	4.607	2464	4.914	2660	5.465	2858	6.484	3056	7.642
1560	4.101	2268	4.608	2466	4.917	2662	5.47	2860	6.496	3058	7.645
1570	4.106	2270	4.612	2468	4.922	2664	5.475	2862	6.506	3060	7.659
1580	4.11	2272	4.614	2470	4.926	2666	5.485	2864	6.527	3062	7.657
1590	4.115	2274	4.615	2472	4.931	2668	5.491	2866	6.535	3064	7.657
1600	4.12	2276	4.619	2474	4.935	2670	5.494	2868	6.556	3066	7.668
1610	4.123	2278	4.622	2476	4.94	2672	5.504	2870	6.565	3068	7.671
1620	4.129	2280	4.626	2478	4.943	2674	5.508	2872	6.585	3070	7.685
1630	4.134	2282	4.627	2480	4.948	2676	5.518	2874	6.592	3072	7.688
1640	4.139	2284	4.629	2482	4.952	2678	5.523	2876	6.613	3074	7.699
1650	4.144	2286	4.632	2484	4.955	2680	5.529	2878	6.622	3076	7.702
1660	4.149	2288	4.634	2486	4.962	2682	5.539	2880	6.642	3078	7.711
1670	4.154	2290	4.638	2488	4.966	2684	5.544	2882	6.654	3080	7.714
1680	4.16	2292	4.639	2490	4.969	2686	5.547	2884	6.666	3082	7.726
1690	4.165	2294	4.643	2492	4.974	2688	5.56	2886	6.678	3084	7.73
1700	4.17	2296	4.646	2494	4.978	2690	5.566	2888	6.701	3086	7.742
1710	4.175	2298	4.648	2496	4.983	2692	5.57	2890	6.709	3088	7.743
1720	4.18	2300	4.65	2498	4.986	2694	5.582	2892	6.73	3090	7.754
1730	4.185	2302	4.653	2500	4.991	2696	5.587	2894	6.742	3092	7.757
1740	4.192	2304	4.655	2502	4.995	2698	5.592	2896	6.756	3094	7.768
1750	4.198	2306	4.658	2504	4.998	2700	5.603	2898	6.766	3096	7.774
1760	4.203	2308	4.662	2506	5.007	2702	5.607	2900	6.787	3098	7.778
1770	4.21	2310	4.664	2508	5.01	2704	5.618	2902	6.794	3100	7.788
1780	4.215	2312	4.667	2510	5.012	2706	5.622	2904	6.816	3102	7.792
1790	4.22	2314	4.669	2512	5.019	2708	5.632	2906	6.821	3104	7.804
1800	4.225	2316	4.672	2514	5.023	2710	5.637	2908	6.844	3106	7.806
1810	4.232	2318	4.676	2516	5.026	2712	5.649	2910	6.849	3108	7.816
1820	4.237	2320	4.677	2518	5.033	2714	5.654	2912	6.871	3110	7.821
1830	4.244	2322	4.681	2520	5.036	2716	5.665	2914	6.977	3112	7.824
1840	4.251	2324	4.684	2522	5.04	2718	5.668	2916	6.901	3114	7.835
1850	4.256	2326	4.686	2524	5.048	2720	5.68	2918	6.911	3116	7.837
1860	4.263	2328	4.689	2526	5.052	2722	5.685	2920	6.921	3118	7.847
1870	4.27	2330	4.691	2528	5.055	2724	5.697	2922	6.94	3120	7.852
1880	4.277	2332	4.693	2530	5.061	2726	5.703	2924	6.954	3122	7.856
1890	4.282	2334	4.698	2532	5.066	2728	5.715	2926	6.961	3124	7.866
1900	4.289	2336	4.7	2534	5.069	2730	5.72	2928	6.982	3126	7.871
1910	4.298	2338	4.703	2536	5.074	2732	5.732	2930	6.989	3128	7.876
1920	4.305	2340	4.705	2538	5.078	2734	5.739	2932	7.009	3130	7.881
1930	4.311	2342	4.708	2540	5.086	2736	5.744	2934	7.015	3132	7.887
1940	4.318	2344	4.714	2542	5.091	2738	5.759	2936	7.037	3134	7.892
1950	4.325	2346	4.719	2544	5.095	2740	5.766	2938	7.044	3136	7.897
1960	4.332	2348	4.721	2546	5.102	2742	5.778	2940	7.019	3138	7.902
1970	4.341	2350	4.73	2548	5.105	2744	5.782	2942	7.025	3140	7.911
1980	4.348	2352	4.722	2550	5.109	2746	5.796	2944	7.042	3142	7.916
1990	4.356	2354	4.724	2552	5.116	2748	5.801	2946	7.047	3144	7.919
2000	4.365	2356	4.727	2554	5.121	2750	5.803	2948	7.069	3146	7.93
2010	4.372	2358	4.729	2556	5.126	2752	5.803	2950	7.076	3150	7.938
2020	4.379	2360	4.731	2558	5.133	2754	5.816	2952	7.099	3152	7.947
2030	4.387	2362	4.736	2560	5.135	2756	5.827	2954	7.106	3154	7.949
2040	4.394	2364	4.738	2562	5.143	2758	5.835	2956	7.125	3156	7.957
2050	4.394	2366	4.741	2564	5.147	2760	5.853	2958	7.131	3158	7.962
2060	4.399	2368	4.745	2566	5.15	2762	5.863	2960	7.152	3160	7.966
2070	4.406	2370	4.748	2568	5.159	2764	5.872	2962	7.159	3162	7.973
2080	4.417	2372	4.752	2570	5.162	2766	5.882	2964	7.18	3164	7.976
2090	4.425	2374	4.755	2572	5.169	2768	5.894	2966	7.187	3166	7.981
2100	4.436	2376	4.758	2574	5.174	2770	5.903	2968	7.207	3168	7.988
2110	4.443	2378	4.76	2576	5.178	2772	5.922	2970	7.213	3170	7.992
2120	4.453	2380	4.764	2578	5.187	2774	5.932	2972	7.233	3172	8
2130	4.462	2382	4.767	2580	5.19	2776	5.942	2974	7.24	3174	8.004
2140	4.472	2384	4.771	2582	5.197	2778	5.951	2976	7.249	3176	8.007
2150	4.481	2386	4.774	2584	5.2	2780	5.968	2980	7.282	3178	8.014
2160	4.493	2388	4.776	2586	5.209	2782	5.975	2982	7.292	3180	8.016
2170	4.501	2390	4.781	2588	5.212	2784	5.992	2984	7.309	3182	8.023
2180	4.512	2392	4.783	2590	5.219	2786	5.997	2986	7.314	3184	8.028
2190	4.52	2394	4.79	2592	5.221	2788	6.016	2988	7.331	3186	8.033
2200	4.532	2396	4.791	2594	5.23	2790	6.027	2990	7.336	3188	8.038
2202	4.534	2398	4.793	2596	5.235	2792	6.035	2992	7.354	3190	8.042
2204	4.536	2400	4.796	2598	5.238	2794	6.051	2994	7.356	3192	8.049
2206	4.539	2402	4.8	2600	5.247	2796	6.058	2996	7.373	3194	8.05
2208	4.541	2404	4.805	2602	5.25	2798	6.075	2998	7.376	3196	8.057
2210	4.543	2406	4.809	2604	5.257	2800	6.082	3000	7.393	3198	8.059
2212	4.546	2408	4.812	2606	5.261	2802	6.101	3002	7.4	3200	8.066
2214	4.548	2410	4.814	2608	5.269	2804	6.112	3004	7.409	3202	8.068

Tabell J.2a: “Komplett datasett fra titrering av Birkenes Hydrofobe syrer”.



ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
3204	8.073		
3206	8.078	4400	9.13
3208	8.081	4450	9.15
3210	8.088	4500	9.171
3212	8.09	4600	9.211
3214	8.097	4700	9.248
3216	8.1	4800	9.285
3218	8.103	4900	9.319
3220	8.109	5004	9.354
3222	8.112	5100	9.383
3224	8.114	5200	9.414
3226	8.119	5300	9.443
3228	8.124	5400	9.471
3230	8.128	5500	9.498
3232	8.133	5600	9.526
3234	8.137	5700	9.552
3236	8.142	5800	9.578
3238	8.145	5900	9.602
3240	8.148	6000	9.626
3242	8.152	6100	9.65
3244	8.159	6202	9.674
3246	8.164	6300	9.697
3248	8.168	6400	9.719
3250	8.171	6500	9.74
3252	8.174	7000	9.847
3254	8.18	7500	9.945
3256	8.181	8000	10.033
3258	8.187	8500	10.116
3260	8.193	9000	10.192
3262	8.197	9500	10.26
3264	8.199	10000	10.347
3266	8.204		
3268	8.207		
3270	8.211		
3272	8.216		
3274	8.218		
3276	8.223		
3278	8.224		
3280	8.231		
3290	8.25		
3300	8.269		
3310	8.288		
3320	8.307		
3330	8.324		
3340	8.34		
3350	8.357		
3360	8.373		
3370	8.386		
3380	8.404		
3390	8.418		
3400	8.431		
3410	8.443		
3420	8.459		
3430	8.471		
3440	8.483		
3450	8.497		
3460	8.507		
3470	8.519		
3480	8.53		
3490	8.542		
3500	8.554		
3510	8.562		
3520	8.574		
3530	8.585		
3540	8.595		
3550	8.605		
3560	8.614		
3570	8.624		
3580	8.635		
3590	8.643		
3600	8.652		
3610	8.661		
3620	8.667		
3630	8.676		
3640	8.686		
3650	8.695		
3660	8.704		
3670	8.712		
3680	8.719		
3690	8.728		
3700	8.735		
3710	8.743		
3720	8.752		
3732	8.761		
3740	8.766		
3750	8.774		
3800	8.811		
3850	8.843		
3900	8.876		
3950	8.907		
4000	8.936		
4050	8.964		
4100	8.992		
4150	9.017		
4200	9.04		
4250	9.064		
4300	9.086		
4352	9.109		

Tabell J.2b: “Komplett datasett fra titrering av Birkenes Hydrofobe syrer”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
0	3.608	2216	4.39	2412	4.599	2608	4.896	2804	5.254	3000	5.627
100	3.625	2218	4.391	2414	4.601	2610	4.899	2806	5.256	3002	5.629
200	3.643	2220	4.393	2416	4.602	2612	4.902	2808	5.258	3004	5.632
300	3.662	2222	4.395	2418	4.608	2614	4.908	2810	5.26	3006	5.637
400	3.682	2224	4.396	2420	4.609	2616	4.911	2812	5.263	3008	5.652
500	3.703	2226	4.398	2422	4.611	2618	4.914	2814	5.27	3010	5.66
600	3.724	2228	4.399	2424	4.614	2620	4.92	2816	5.272	3012	5.663
700	3.747	2230	4.4	2426	4.618	2622	4.923	2818	5.275	3014	5.675
800	3.77	2232	4.402	2428	4.62	2624	4.926	2820	5.277	3016	5.68
900	3.795	2234	4.403	2430	4.623	2626	4.932	2822	5.28	3018	5.684
1000	3.821	2236	4.405	2432	4.625	2628	4.935	2824	5.284	3020	5.692
1050	3.835	2238	4.407	2434	4.627	2630	4.94	2826	5.287	3022	5.696
1100	3.849	2240	4.408	2436	4.63	2632	4.944	2828	5.29	3024	5.699
1150	3.864	2242	4.41	2438	4.633	2634	4.947	2830	5.296	3026	5.709
1200	3.88	2244	4.414	2440	4.635	2636	4.95	2832	5.299	3028	5.713
1250	3.895	2246	4.415	2442	4.639	2638	4.956	2834	5.301	3030	5.716
1300	3.912	2248	4.417	2444	4.64	2640	4.959	2836	5.304	3032	5.722
1350	3.928	2250	4.419	2446	4.642	2642	4.964	2838	5.308	3034	5.734
1400	3.945	2252	4.42	2448	4.647	2644	4.968	2840	5.308	3036	5.739
1450	3.964	2254	4.422	2450	4.649	2646	4.969	2842	5.315	3038	5.744
1500	3.983	2256	4.426	2452	4.651	2648	4.975	2844	5.316	3040	5.749
1510	3.986	2258	4.427	2454	4.654	2650	4.98	2846	5.318	3042	5.759
1520	3.991	2260	4.429	2456	4.656	2652	4.981	2848	5.325	3044	5.763
1530	3.995	2262	4.432	2458	4.659	2654	4.988	2850	5.327	3046	5.77
1540	3.998	2264	4.434	2460	4.663	2656	4.992	2852	5.328	3048	5.775
1550	4.001	2266	4.436	2462	4.666	2658	4.995	2854	5.332	3050	5.785
1560	4.007	2268	4.438	2464	4.668	2660	5	2856	5.335	3052	5.79
1570	4.01	2270	4.439	2466	4.671	2662	5.004	2858	5.337	3054	5.794
1580	4.013	2272	4.441	2468	4.673	2664	5.007	2860	5.342	3056	5.806
1590	4.019	2274	4.444	2470	4.677	2666	5.012	2862	5.345	3058	5.811
1600	4.022	2276	4.446	2472	4.68	2668	5.016	2864	5.345	3060	5.814
1610	4.027	2278	4.448	2474	4.681	2670	5.019	2866	5.352	3062	5.826
1620	4.031	2280	4.45	2476	4.686	2672	5.024	2868	5.354	3064	5.831
1630	4.036	2282	4.451	2478	4.688	2674	5.028	2870	5.356	3066	5.838
1640	4.039	2284	4.453	2480	4.69	2676	5.03	2872	5.363	3068	5.85
1650	4.044	2286	4.455	2482	4.695	2678	5.036	2874	5.364	3070	5.855
1660	4.05	2288	4.458	2484	4.697	2680	5.04	2876	5.368	3072	5.86
1670	4.053	2290	4.459	2486	4.699	2682	5.043	2878	5.369	3074	5.871
1680	4.058	2292	4.462	2488	4.704	2684	5.047	2880	5.376	3076	5.878
1690	4.063	2294	4.463	2490	4.706	2686	5.05	2882	5.378	3078	5.883
1700	4.067	2296	4.465	2492	4.709	2688	5.053	2884	5.38	3080	5.815
1710	4.072	2298	4.469	2494	4.711	2690	5.057	2886	5.387	3082	5.822
1720	4.077	2300	4.47	2496	4.716	2692	5.06	2888	5.388	3084	5.832
1730	4.082	2302	4.472	2498	4.718	2694	5.067	2890	5.39	3086	5.849
1740	4.086	2304	4.474	2500	4.721	2696	5.071	2892	5.397	3088	5.858
1750	4.091	2306	4.475	2502	4.724	2698	5.074	2894	5.399	3090	5.874
1760	4.096	2308	4.477	2504	4.728	2700	5.078	2896	5.4	3092	5.885
1770	4.099	2310	4.481	2506	4.73	2702	5.081	2898	5.407	3094	5.892
1780	4.104	2312	4.482	2508	4.733	2704	5.084	2900	5.409	3096	5.908
1790	4.11	2314	4.484	2510	4.736	2706	5.09	2902	5.411	3098	5.918
1800	4.115	2316	4.487	2512	4.74	2708	5.093	2904	5.418	3100	5.925
1810	4.12	2318	4.489	2514	4.742	2710	5.098	2906	5.421	3102	5.94
1820	4.125	2320	4.491	2516	4.745	2712	5.102	2908	5.424	3104	5.951
1830	4.13	2322	4.493	2518	4.748	2714	5.103	2910	5.426	3106	5.957
1840	4.135	2324	4.494	2520	4.75	2716	5.108	2912	5.433	3108	5.975
1850	4.141	2326	4.496	2522	4.755	2718	5.112	2914	5.435	3110	5.983
1860	4.146	2328	4.499	2524	4.757	2720	5.115	2916	5.436	3112	5.992
1870	4.151	2330	4.501	2526	4.759	2722	5.12	2918	5.443	3114	6.007
1880	4.156	2332	4.503	2528	4.764	2724	5.122	2920	5.447	3116	6.016
1890	4.161	2334	4.505	2530	4.766	2726	5.126	2922	5.448	3118	6.024
1900	4.166	2336	4.508	2532	4.769	2728	5.131	2924	5.455	3120	6.042
1910	4.173	2338	4.511	2534	4.774	2730	5.134	2926	5.458	3122	6.05
1920	4.178	2340	4.513	2536	4.776	2732	5.136	2928	5.46	3124	6.059
1930	4.185	2342	4.515	2538	4.779	2734	5.141	2930	5.464	3126	6.076
1940	4.19	2344	4.517	2540	4.783	2736	5.145	2932	5.467	3128	6.085
1950	4.197	2346	4.518	2542	4.786	2738	5.146	2934	5.473	3130	6.093
1960	4.202	2348	4.522	2544	4.788	2740	5.151	2936	5.477	3132	6.113
1970	4.209	2350	4.523	2546	4.793	2742	5.154	2938	5.481	3134	6.122
1980	4.216	2352	4.527	2548	4.797	2744	5.157	2940	5.464	3136	6.131
1990	4.221	2354	4.529	2550	4.799	2746	5.162	2942	5.467	3138	6.159
2000	4.228	2356	4.53	2552	4.802	2748	5.163	2944	5.481	3140	6.162
2010	4.235	2358	4.534	2554	4.807	2750	5.167	2946	5.486	3142	6.17
2020	4.242	2360	4.535	2556	4.809	2752	5.172	2948	5.491	3144	6.191
2030	4.247	2362	4.539	2558	4.812	2754	5.175	2950	5.495	3146	6.2
2040	4.256	2364	4.541	2560	4.817	2756	5.177	2952	5.505	3148	6.212
2050	4.262	2366	4.542	2562	4.819	2758	5.181	2954	5.509	3150	6.222
2060	4.269	2368	4.544	2564	4.822	2760	5.186	2956	5.512	3152	6.235
2070	4.276	2370	4.548	2566	4.826	2762	5.187	2958	5.521	3154	6.261
2080	4.283	2372	4.549	2568	4.829	2764	5.189	2960	5.525	3156	6.273
2090	4.29	2374	4.553	2570	4.831	2766	5.193	2962	5.527	3158	6.289
2100	4.297	2376	4.554	2572	4.836	2768	5.198	2964	5.536	3160	6.299
2110	4.305	2378	4.556	2574	4.838	2770	5.201	2966	5.54	3162	6.318
2120	4.312	2380	4.56	2576	4.843	2772	5.203	2968	5.543	3164	6.332
2130	4.321	2382	4.561	2578	4.845	2774	5.208	2970	5.553	3166	6.352
2140	4.328	2384	4.563	2580	4.848	2776	5.21	2972	5.557	3168	6.359
2150	4.335	2386	4.566	2582	4.853	2778	5.213	2974	5.56	3170	6.388
2160	4.343	2388	4.568	2584	4.846	2780	5.218	2976	5.569	3172	6.402
2170	4.35	2390	4.57	2586	4.849	2782	5.22	2978	5.572	3174	6.414
2180	4.359	2392	4.573	2588	4.854	2784	5.222	2980	5.575	3176	6.44
2190	4.367	2394	4.577	2590	4.861	2786	5.227	2982	5.584	3178	6.455
2200	4.376	2396	4.578	2592	4.865	2788	5.23	2984	5.588	3180	6.466
2202	4.378	2398	4.58	2594	4.868	2790	5.232	2986	5.591	3182	6.469
2204	4.379	2400	4.584	2596	4.873	2792	5.237	2988	5.594	3184	6.507
2206	4.381	2402	4.587	2598	4.877	2794	5.239	2990	5.605	3186	6.534
2208	4.383	2404	4.589	2600	4.878	2796	5.241	2992	5.608	3188	6.552
2210	4.384	2406	4.592	2602	4.883	2798	5.246	2994	5.612	3190	6.565
2212	4.386	2408	4.594	2604	4.887	2800	5.249	2996	5.62	3192	6.593
2214	4.388	2410	4.596	2606	4.89	2802	5.249	2998	5.624	3194	6.61

Tabell J.3a: "Komplett datasett fra titrering av Birkenes Hydrofile".

ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
3196	6.624	3392	7.714	3588	8.309	3792	8.631	3978	8.876
3198	6.653	3394	7.733	3590	8.315	3784	8.631	3980	8.878
3200	6.672	3396	7.742	3592	8.317	3786	8.633	3982	8.88
3202	6.689	3398	7.75	3594	8.324	3788	8.638	3984	8.883
3204	6.703	3400	7.757	3596	8.328	3790	8.64	3986	8.885
3206	6.722	3402	7.768	3598	8.329	3792	8.643	3988	8.887
3208	6.737	3404	7.776	3600	8.336	3794	8.646	3990	8.888
3210	6.768	3406	7.783	3602	8.338	3796	8.648	3992	8.86
3212	6.782	3408	7.792	3604	8.345	3798	8.652	3994	8.894
3214	6.795	3410	7.805	3606	8.348	3800	8.655	3996	8.895
3216	6.819	3412	7.812	3608	8.35	3802	8.658	3998	8.897
3218	6.838	3414	7.819	3610	8.353	3804	8.66	4000	8.899
3220	6.85	3416	7.833	3612	8.359	3806	8.664	4010	8.911
3222	6.881	3418	7.838	3614	8.36	3808	8.667	4020	8.921
3224	6.897	3420	7.843	3616	8.367	3810	8.669	4030	8.931
3226	6.909	3422	7.855	3618	8.369	3812	8.672	4040	8.943
3228	6.938	3424	7.857	3620	8.372	3814	8.676	4050	8.954
3230	6.95	3426	7.869	3622	8.378	3816	8.677	4060	8.962
3232	6.962	3428	7.874	3624	8.383	3818	8.681	4070	8.973
3234	6.99	3430	7.88	3626	8.384	3820	8.682	4080	8.983
3236	7	3432	7.892	3628	8.39	3822	8.684	4090	8.993
3238	7.029	3434	7.897	3630	8.393	3824	8.689	4100	9.002
3240	7.036	3436	7.9	3632	8.396	3826	8.691	4110	9.01
3242	7.063	3438	7.915	3634	8.402	3828	8.693	4120	9.021
3244	7.077	3440	7.921	3636	8.405	3830	8.698	4130	9.031
3246	7.091	3442	7.926	3638	8.409	3832	8.7	4140	9.039
3248	7.101	3444	7.938	3640	8.412	3834	8.703	4150	9.048
3250	7.123	3446	7.942	3642	8.415	3836	8.705	4160	9.057
3252	7.135	3448	7.947	3644	8.419	3838	8.706	4170	9.067
3254	7.145	3450	7.959	3646	8.422	3840	8.71	4180	9.074
3256	7.168	3452	7.964	3648	8.427	3842	8.712	4190	9.082
3258	7.182	3454	7.969	3650	8.434	3844	8.715	4200	9.091
3260	7.19	3456	7.98	3652	8.438	3846	8.717	4250	9.134
3262	7.214	3458	7.985	3654	8.44	3848	8.72	4300	9.173
3264	7.223	3460	7.99	3656	8.445	3850	8.724	4350	9.211
3266	7.232	3462	7.998	3658	8.446	3852	8.725	4400	9.245
3268	7.254	3464	8.002	3660	8.448	3854	8.729	4450	9.28
3270	7.263	3466	8.005	3662	8.453	3856	8.732	4500	9.312
3272	7.273	3468	8.017	3664	8.455	3858	8.734	4600	9.374
3274	7.287	3470	8.019	3666	8.46	3860	8.736	4700	9.431
3276	7.299	3472	8.025	3668	8.45	3862	8.739	4800	9.484
3278	7.311	3474	8.038	3670	8.42	3864	8.743	4900	9.535
3280	7.323	3476	8.04	3672	8.423	3866	8.744	5000	9.584
3282	7.335	3478	8.048	3674	8.428	3868	8.748	5100	9.628
3284	7.345	3480	8.05	3676	8.434	3870	8.749	5200	9.671
3286	7.359	3482	8.06	3678	8.439	3872	8.751	5300	9.712
3288	7.371	3484	8.064	3680	8.444	3874	8.755	5400	9.752
3290	7.389	3486	8.067	3682	8.447	3876	8.758	5500	9.789
3292	7.398	3488	8.076	3684	8.452	3878	8.76	5600	9.825
3294	7.403	3490	8.079	3686	8.458	3880	8.761	5700	9.862
3296	7.422	3492	8.083	3688	8.459	3882	8.765	5800	9.896
3298	7.429	3494	8.093	3690	8.466	3884	8.767	5900	9.927
3300	7.433	3496	8.095	3692	8.47	3886	8.77	6000	9.958
3302	7.453	3498	8.102	3694	8.473	3888	8.772	6100	9.989
3304	7.46	3500	8.107	3696	8.478	3890	8.776	6200	10.018
3306	7.467	3502	8.109	3698	8.48	3892	8.779	6300	10.045
3308	7.483	3504	8.119	3700	8.483	3894	8.78	6400	10.071
3310	7.491	3506	8.123	3702	8.489	3896	8.784	6500	10.119
3312	7.497	3508	8.126	3704	8.49	3898	8.785		
3314	7.512	3510	8.129	3706	8.497	3900	8.787		
3316	7.518	3512	8.135	3708	8.499	3902	8.791		
3318	7.524	3514	8.143	3710	8.502	3904	8.792		
3320	7.542	3516	8.147	3712	8.507	3906	8.796		
3322	7.548	3518	8.154	3714	8.509	3908	8.797		
3324	7.551	3520	8.155	3716	8.514	3910	8.799		
3326	7.566	3522	8.16	3718	8.518	3912	8.803		
3328	7.57	3524	8.166	3720	8.521	3914	8.804		
3330	7.582	3526	8.171	3722	8.525	3916	8.806		
3332	7.589	3528	8.176	3724	8.528	3918	8.809		
3334	7.592	3530	8.183	3726	8.533	3920	8.811		
3336	7.608	3532	8.186	3728	8.535	3922	8.813		
3338	7.611	3534	8.19	3730	8.54	3924	8.816		
3340	7.615	3536	8.198	3732	8.543	3926	8.818		
3342	7.625	3538	8.202	3734	8.545	3928	8.82		
3344	7.627	3540	8.203	3736	8.552	3930	8.823		
3346	7.637	3542	8.21	3738	8.554	3932	8.825		
3348	7.639	3544	8.212	3740	8.555	3934	8.827		
3350	7.652	3546	8.217	3742	8.561	3936	8.83		
3352	7.657	3548	8.222	3744	8.562	3938	8.832		
3354	7.661	3550	8.226	3746	8.567	3940	8.833		
3356	7.673	3552	8.233	3748	8.569	3942	8.837		
3358	7.678	3554	8.237	3750	8.574	3944	8.839		
3360	7.682	3556	8.24	3752	8.578	3946	8.84		
3362	7.692	3558	8.248	3754	8.581	3948	8.844		
3364	7.697	3560	8.252	3756	8.583	3950	8.846		
3366	7.702	3562	8.253	3758	8.59	3952	8.847		
3368	7.707	3564	8.261	3760	8.591	3954	8.851		
3370	7.719	3566	8.264	3762	8.595	3956	8.852		
3372	7.626	3568	8.267	3764	8.598	3958	8.854		
3374	7.63	3570	8.274	3766	8.602	3960	8.858		
3376	7.647	3572	8.278	3768	8.604	3962	8.859		
3378	7.654	3574	8.279	3770	8.609	3964	8.861		
3380	7.652	3576	8.286	3772	8.612	3966	8.864		
3382	7.666	3578	8.29	3774	8.614	3968	8.866		
3384	7.669	3580	8.293	3776	8.619	3970	8.868		
3386	7.688	3582	8.3	3778	8.621	3972	8.87		
3388	7.692	3584	8.302	3780	8.624	3974	8.871		
3390	7.707	3586	8.307	3782	8.628	3976	8.873		

Tabell J.3b: “Komplett datasett fra titrering av Birkenes Hydrofile”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
0	3.867	1584	5.866	1780	7.437	1976	8.557	2172	9.049
100	3.898	1586	5.878	1782	7.458	1978	8.562	2174	9.051
200	3.932	1588	5.89	1784	7.472	1980	8.572	2176	9.056
300	3.968	1590	5.913	1786	7.482	1982	8.579	2178	9.059
400	4.009	1592	5.927	1788	7.505	1984	8.584	2180	9.063
500	4.054	1594	5.937	1790	7.519	1986	8.596	2182	9.068
602	4.104	1596	5.961	1792	7.529	1988	8.603	2184	9.069
700	4.157	1598	5.975	1794	7.553	1990	8.61	2186	9.073
800	4.218	1600	5.987	1796	7.562	1992	8.615	2188	9.076
900	4.29	1602	6.009	1798	7.584	1994	8.626	2190	9.08
1000	4.373	1604	6.02	1800	7.598	1996	8.631	2192	9.081
1050	4.421	1606	6.044	1802	7.608	1998	8.636	2194	9.085
1100	4.472	1608	6.056	1804	7.631	2000	8.642	2196	9.088
1150	4.531	1610	6.068	1806	7.643	2002	8.651	2198	9.092
1200	4.595	1612	6.092	1808	7.653	2004	8.655	2200	9.095
1250	4.669	1614	6.107	1810	7.677	2006	8.663	2210	9.111
1300	4.755	1616	6.119	1812	7.686	2008	8.669	2220	9.126
1350	4.854	1618	6.143	1814	7.709	2010	8.672	2230	9.142
1360	4.879	1620	6.159	1816	7.715	2012	8.686	2240	9.159
1370	4.899	1622	6.174	1818	7.74	2014	8.689	2250	9.173
1380	4.923	1624	6.186	1820	7.752	2016	8.694	2260	9.186
1390	4.949	1626	6.212	1822	7.762	2018	8.703	2270	9.2
1400	4.977	1628	6.23	1824	7.785	2020	8.71	2280	9.214
1410	5.006	1630	6.243	1826	7.798	2022	8.713	2290	9.228
1420	5.028	1632	6.26	1828	7.807	2024	8.722	2300	9.241
1430	5.063	1634	6.278	1830	7.831	2026	8.727	2310	9.253
1440	5.094	1636	6.291	1832	7.841	2028	8.732	2320	9.267
1442	5.097	1638	6.321	1834	7.848	2030	8.741	2330	9.278
1444	5.106	1640	6.338	1836	7.873	2032	8.746	2340	9.291
1446	5.114	1642	6.348	1838	7.885	2034	8.75	2350	9.303
1448	5.121	1644	6.376	1840	7.895	2036	8.758	2360	9.314
1450	5.128	1646	6.391	1842	7.917	2038	8.763	2370	9.326
1452	5.137	1648	6.405	1844	7.924	2040	8.767	2380	9.336
1454	5.142	1650	6.429	1846	7.945	2042	8.774	2390	9.348
1456	5.152	1652	6.439	1848	7.955	2044	8.779	2400	9.358
1458	5.159	1654	6.467	1850	7.964	2046	8.782	2410	9.369
1460	5.166	1656	6.476	1852	7.985	2048	8.789	2420	9.379
1462	5.18	1658	6.503	1854	7.993	2050	8.794	2432	9.393
1464	5.187	1660	6.517	1856	8.002	2052	8.798	2440	9.4
1466	5.193	1662	6.531	1858	8.012	2054	8.805	2450	9.408
1468	5.204	1664	6.557	1860	8.023	2056	8.808	2500	9.458
1470	5.212	1666	6.57	1862	8.044	2058	8.813	2550	9.501
1472	5.218	1668	6.584	1864	8.054	2060	8.82	2600	9.542
1474	5.228	1670	6.608	1866	8.064	2062	8.823	2650	9.58
1476	5.236	1672	6.624	1868	8.071	2064	8.829	2700	9.618
1478	5.242	1674	6.634	1870	8.085	2066	8.836	2750	9.653
1480	5.254	1676	6.66	1872	8.095	2068	8.839	2800	9.685
1482	5.261	1678	6.674	1874	8.108	2070	8.846	2850	9.716
1484	5.267	1680	6.686	1876	8.118	2072	8.849	2900	9.745
1486	5.28	1682	6.708	1878	8.137	2074	8.853	2950	9.773
1488	5.286	1684	6.72	1880	8.147	2076	8.86	3000	9.8
1490	5.293	1686	6.74	1882	8.156	2078	8.863	3050	9.826
1492	5.307	1688	6.749	1884	8.176	2080	8.868	3100	9.852
1494	5.314	1690	6.77	1886	8.187	2082	8.873	3150	9.874
1496	5.321	1692	6.784	1888	8.194	2084	8.879	3200	9.899
1498	5.335	1694	6.796	1890	8.213	2086	8.88	3254	9.921
1500	5.343	1696	6.816	1892	8.218	2088	8.887	3300	9.94
1502	5.35	1698	6.83	1894	8.235	2090	8.891	3350	9.96
1504	5.36	1700	6.84	1896	8.244	2092	8.894	3400	9.981
1506	5.374	1702	6.859	1898	8.252	2094	8.899	3450	9.998
1508	5.383	1704	6.911	1900	8.266	2096	8.904	3500	10.017
1510	5.39	1706	6.918	1902	8.275	2098	8.908	3600	10.053
1512	5.4	1708	6.847	1904	8.282	2100	8.911	3700	10.084
1514	5.41	1710	6.961	1906	8.297	2102	8.915	3800	10.115
1516	5.421	1712	6.971	1908	8.303	2104	8.92	3900	10.145
1518	5.436	1714	6.992	1910	8.318	2106	8.925	4000	10.172
1520	5.446	1716	7.002	1912	8.327	2108	8.928	4500	10.291
1522	5.453	1718	7.011	1914	8.334	2110	8.934	5000	10.387
1524	5.469	1720	7.028	1916	8.349	2112	8.939	5500	10.48
1526	5.479	1722	7.039	1918	8.356	2114	8.942		
1528	5.486	1724	7.049	1920	8.363	2116	8.944		
1530	5.503	1726	7.07	1922	8.377	2118	8.951		
1532	5.512	1728	7.078	1924	8.38	2120	8.954		
1534	5.522	1730	7.089	1926	8.395	2122	8.958		
1536	5.538	1732	7.106	1928	8.399	2124	8.961		
1538	5.548	1734	7.116	1930	8.413	2126	8.966		
1540	5.557	1736	7.125	1932	8.422	2128	8.968		
1542	5.574	1738	7.146	1934	8.427	2130	8.973		
1544	5.582	1740	7.158	1936	8.44	2132	8.977		
1546	5.6	1742	7.166	1938	8.447	2134	8.982		
1548	5.608	1744	7.18	1940	8.453	2136	8.985		
1550	5.625	1746	7.197	1942	8.465	2138	8.987		
1552	5.637	1748	7.209	1944	8.472	2140	8.992		
1554	5.646	1750	7.22	1946	8.477	2142	8.995		
1556	5.665	1752	7.23	1948	8.489	2144	8.999		
1558	5.677	1754	7.242	1950	8.442	2146	9.004		
1560	5.686	1756	7.258	1952	8.45	2148	9.008		
1562	5.704	1758	7.28	1954	8.462	2150	9.011		
1564	5.713	1760	7.294	1956	8.467	2152	9.016		
1566	5.732	1762	7.303	1958	8.481	2154	9.018		
1568	5.746	1764	7.323	1960	8.49	2156	9.021		
1570	5.755	1766	7.337	1962	8.495	2158	9.025		
1572	5.775	1768	7.346	1964	8.509	2160	9.028		
1574	5.789	1770	7.367	1966	8.516	2162	9.032		
1576	5.798	1772	7.38	1968	8.521	2164	9.037		
1578	5.82	1774	7.391	1970	8.534	2166	9.04		
1580	5.834	1776	7.413	1972	8.538	2168	9.042		
1582	5.844	1778	7.425	1974	8.55	2170	9.047		

Tabell J.4: “Komplett datasett fra titrering av Birkenes Renset”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt	
	pH		pH		pH		pH
0	3.605	2280	4.284	3260	5.364	4240	7.597
100	3.62	2290	4.289	3270	5.387	4250	7.616
200	3.637	2300	4.294	3280	5.408	4260	7.633
300	3.656	2312	4.301	3290	5.43	4270	7.651
400	3.674	2320	4.306	3300	5.451	4280	7.671
500	3.695	2330	4.313	3310	5.473	4290	7.688
600	3.715	2340	4.319	3320	5.496	4300	7.706
700	3.736	2350	4.325	3330	5.515	4310	7.726
800	3.758	2360	4.332	3340	5.537	4320	7.742
900	3.781	2370	4.338	3350	5.561	4330	7.75
1000	3.805	2380	4.344	3360	5.584	4340	7.766
1050	3.817	2390	4.351	3370	5.608	4350	7.787
1100	3.83	2400	4.358	3380	5.631	4360	7.804
1150	3.843	2410	4.365	3390	5.653	4370	7.823
1200	3.857	2420	4.37	3400	5.677	4380	7.842
1250	3.871	2430	4.377	3410	5.703	4390	7.844
1300	3.885	2440	4.384	3420	5.727	4400	7.862
1350	3.9	2450	4.391	3430	5.755	4450	8.004
1400	3.914	2460	4.398	3440	5.779	4460	8.019
1450	3.93	2470	4.407	3450	5.803	4470	8.033
1500	3.945	2480	4.414	3460	5.829	4480	8.047
1510	3.949	2490	4.421	3470	5.859	4490	8.062
1520	3.952	2500	4.427	3480	5.883	4500	8.081
1530	3.956	2510	4.434	3490	5.911	4510	8.1
1540	3.959	2520	4.441	3500	5.937	4520	8.116
1550	3.962	2530	4.45	3510	5.962	4530	8.133
1560	3.966	2540	4.457	3520	5.992	4540	8.148
1570	3.968	2550	4.464	3530	6.018	4550	8.169
1580	3.971	2560	4.472	3540	6.045	4560	8.185
1590	3.975	2570	4.481	3550	6.075	4570	8.202
1600	3.978	2580	4.488	3560	6.103	4580	8.221
1610	3.981	2590	4.497	3570	6.128	4590	8.238
1620	3.985	2600	4.505	3580	6.158	4600	8.252
1630	3.99	2610	4.512	3590	6.184	4650	8.369
1640	3.994	2620	4.521	3600	6.215	4700	8.47
1650	3.997	2630	4.529	3610	6.241	4750	8.558
1660	4	2640	4.538	3620	6.268	4800	8.638
1670	4.004	2650	4.547	3630	6.294	4850	8.707
1680	4.007	2660	4.555	3640	6.325	4900	8.77
1690	4.011	2670	4.564	3650	6.351	4950	8.83
1700	4.014	2680	4.573	3660	6.383	5000	8.884
1710	4.02	2690	4.581	3670	6.41	5050	8.934
1720	4.023	2700	4.59	3680	6.436	5100	8.984
1732	4.026	2710	4.599	3690	6.466	5150	9.027
1740	4.03	2720	4.609	3700	6.493	5200	9.068
1750	4.033	2730	4.618	3710	6.523	5250	9.105
1760	4.039	2740	4.628	3720	6.548	5300	9.141
1770	4.042	2750	4.637	3730	6.574	5350	9.175
1780	4.046	2760	4.647	3740	6.6	5400	9.208
1790	4.051	2770	4.657	3750	6.626	5450	9.239
1800	4.054	2780	4.668	3760	6.657	5500	9.272
1810	4.059	2790	4.678	3770	6.68	5600	9.332
1820	4.063	2800	4.688	3780	6.708	5700	9.389
1830	4.066	2810	4.699	3790	6.735	5800	9.441
1840	4.071	2820	4.709	3800	6.759	5900	9.489
1850	4.075	2830	4.72	3810	6.787	6000	9.534
1860	4.08	2840	4.73	3820	6.808	6100	9.577
1870	4.083	2850	4.742	3830	6.834	6200	9.616
1880	4.087	2860	4.752	3840	6.856	6300	9.654
1890	4.092	2870	4.765	3850	6.879	6400	9.689
1900	4.096	2880	4.777	3860	6.898	6500	9.723
1910	4.101	2890	4.789	3870	6.877	7000	9.875
1920	4.104	2900	4.801	3880	6.901	7500	9.999
1930	4.108	2910	4.813	3890	6.922	8000	10.102
1940	4.113	2920	4.825	3900	6.946	9000	10.264
1950	4.116	2930	4.837	3910	6.973	10000	10.388
1960	4.123	2940	4.848	3920	6.998		
1970	4.127	2950	4.861	3930	7.02		
1980	4.132	2960	4.873	3940	7.044		
1990	4.135	2970	4.887	3950	7.066		
2000	4.141	2980	4.901	3960	7.091		
2010	4.144	2990	4.915	3970	7.111		
2020	4.149	3000	4.927	3980	7.13		
2030	4.154	3010	4.941	3990	7.151		
2040	4.159	3020	4.955	4000	7.172		
2050	4.163	3030	4.97	4010	7.191		
2060	4.168	3040	4.986	4020	7.209		
2070	4.173	3050	4.998	4030	7.232		
2080	4.179	3060	5.013	4040	7.249		
2090	4.184	3070	5.031	4050	7.266		
2100	4.187	3080	5.045	4060	7.284		
2110	4.192	3090	5.06	4070	7.305		
2122	4.199	3100	5.076	4080	7.32		
2130	4.203	3110	5.093	4090	7.339		
2140	4.208	3120	5.109	4100	7.356		
2150	4.213	3130	5.128	4110	7.371		
2160	4.218	3140	5.143	4120	7.39		
2170	4.223	3150	5.16	4130	7.402		
2180	4.229	3160	5.178	4140	7.42		
2190	4.234	3170	5.193	4150	7.44		
2200	4.239	3180	5.211	4160	7.456		
2210	4.244	3190	5.231	4170	7.473		
2220	4.249	3200	5.25	4180	7.489		
2230	4.256	3210	5.268	4190	7.508		
2240	4.262	3220	5.285	4200	7.523		
2250	4.267	3230	5.307	4210	7.544		
2260	4.274	3240	5.326	4220	7.558		
2270	4.279	3250	5.347	4230	7.576		

Tabell J.5: “Komplett datasett fra titrering av Svartberget Ubehandlet”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt	
	pH		pH		pH		pH		pH		pH
0	3.665	2280	4.549	3260	5.833	3568	6.636	3764	7.12	5800	9.218
102	3.687	2290	4.556	3270	5.856	3570	6.644	3766	7.122	5900	9.251
200	3.711	2300	4.563	3280	5.88	3572	6.649	3768	7.128	6000	9.283
300	3.734	2310	4.572	3290	5.904	3574	6.655	3770	7.132	6100	9.314
400	3.756	2320	4.578	3300	5.926	3576	6.661	3772	7.135	6200	9.344
500	3.782	2330	4.585	3310	5.951	3578	6.667	3774	7.144	6300	9.371
600	3.806	2340	4.594	3320	5.98	3580	6.672	3776	7.147	6400	9.398
700	3.834	2350	4.601	3330	6.004	3582	6.68	3778	7.153	6500	9.424
800	3.861	2360	4.609	3340	6.03	3584	6.685	3780	7.158	7000	9.546
900	3.889	2370	4.618	3350	6.056	3586	6.689	3782	7.16	7500	9.654
1000	3.92	2380	4.625	3360	6.082	3588	6.697	3784	7.166	8000	9.752
1050	3.935	2390	4.634	3370	6.107	3590	6.703	3786	7.17	8500	9.841
1100	3.953	2400	4.642	3380	6.137	3592	6.706	3788	7.171	9000	9.924
1150	3.97	2410	4.649	3390	6.164	3594	6.715	3790	7.18	10000	10.07
1200	3.989	2420	4.658	3400	6.192	3596	6.722	3792	7.182	11000	10.197
1250	4.006	2430	4.666	3402	6.194	3598	6.726	3794	7.187	12000	10.305
1300	4.025	2440	4.675	3404	6.197	3600	6.734	3796	7.189		
1350	4.042	2450	4.684	3406	6.201	3602	6.739	3798	7.192		
1400	4.063	2460	4.692	3408	6.209	3604	6.742	3800	7.202		
1450	4.082	2470	4.699	3410	6.213	3606	6.747	3810	7.226		
1500	4.103	2480	4.708	3412	6.216	3608	6.752	3820	7.25		
1510	4.108	2490	4.718	3414	6.223	3610	6.756	3830	7.273		
1520	4.111	2500	4.727	3416	6.228	3612	6.764	3840	7.3		
1530	4.116	2510	4.735	3418	6.232	3614	6.768	3850	7.321		
1540	4.122	2520	4.746	3420	6.24	3616	6.775	3860	7.347		
1550	4.129	2530	4.754	3422	6.242	3618	6.779	3870	7.367		
1560	4.132	2540	4.765	3424	6.251	3620	6.783	3880	7.393		
1570	4.137	2550	4.775	3426	6.254	3622	6.789	3890	7.415		
1580	4.142	2560	4.784	3428	6.257	3624	6.795	3900	7.438		
1590	4.147	2570	4.794	3430	6.266	3626	6.799	3910	7.46		
1600	4.151	2580	4.803	3432	6.271	3628	6.809	3920	7.486		
1610	4.156	2590	4.815	3434	6.276	3630	6.813	3930	7.51		
1620	4.16	2600	4.823	3436	6.28	3632	6.818	3940	7.53		
1632	4.166	2610	4.834	3438	6.285	3634	6.821	3950	7.554		
1640	4.17	2620	4.844	3440	6.295	3636	6.825	3960	7.58		
1650	4.175	2630	4.854	3442	6.299	3638	6.83	3970	7.601		
1660	4.18	2640	4.865	3444	6.304	3640	6.835	3980	7.623		
1670	4.185	2650	4.875	3446	6.311	3642	6.838	3990	7.649		
1680	4.191	2660	4.887	3448	6.316	3644	6.847	4000	7.671		
1690	4.196	2670	4.897	3450	6.321	3646	6.85	4010	7.693		
1700	4.199	2680	4.908	3452	6.325	3648	6.854	4022	7.724		
1710	4.204	2690	4.92	3454	6.332	3650	6.862	4030	7.74		
1720	4.211	2700	4.93	3456	6.337	3652	6.866	4040	7.759		
1730	4.215	2710	4.944	3458	6.34	3654	6.869	4050	7.783		
1740	4.22	2720	4.956	3460	6.35	3656	6.876	4060	7.803		
1750	4.225	2730	4.968	3462	6.356	3658	6.879	4070	7.826		
1760	4.23	2740	4.978	3464	6.359	3660	6.881	4080	7.851		
1770	4.235	2750	4.99	3466	6.369	3662	6.888	4090	7.87		
1780	4.241	2760	5.002	3468	6.373	3664	6.892	4100	7.889		
1790	4.246	2770	5.015	3470	6.376	3666	6.898	4110	7.91		
1800	4.251	2780	5.027	3472	6.387	3668	6.902	4120	7.932		
1810	4.256	2790	5.039	3474	6.392	3670	6.909	4130	7.951		
1820	4.263	2800	5.051	3476	6.397	3672	6.916	4140	7.968		
1830	4.266	2810	5.065	3478	6.407	3674	6.919	4150	7.99		
1840	4.273	2820	5.077	3480	6.411	3676	6.921	4160	8.006		
1850	4.278	2830	5.089	3482	6.418	3678	6.926	4170	8.027		
1860	4.284	2840	5.101	3484	6.426	3680	6.934	4180	8.044		
1870	4.289	2850	5.116	3486	6.432	3682	6.94	4190	8.061		
1880	4.296	2860	5.128	3488	6.44	3684	6.943	4200	8.08		
1890	4.301	2870	5.142	3490	6.38	3686	6.948	4210	8.095		
1900	4.306	2880	5.156	3492	6.375	3688	6.952	4220	8.112		
1910	4.311	2890	5.168	3494	6.383	3690	6.958	4230	8.128		
1920	4.316	2900	5.182	3496	6.388	3692	6.964	4240	8.147		
1930	4.323	2910	5.196	3498	6.394	3694	6.965	4250	8.162		
1940	4.328	2920	5.213	3500	6.4	3696	6.97	4260	8.178		
1950	4.335	2930	5.227	3502	6.406	3698	6.976	4270	8.191		
1960	4.341	2940	5.24	3504	6.416	3700	6.981	4280	8.207		
1970	4.346	2950	5.258	3506	6.422	3702	6.989	4290	8.222		
1980	4.353	2960	5.271	3508	6.428	3704	6.993	4300	8.234		
1990	4.358	2970	5.287	3510	6.438	3706	6.995	4310	8.248		
2000	4.365	2980	5.301	3512	6.443	3708	7.001	4320	8.263		
2010	4.37	2990	5.32	3514	6.449	3710	7.005	4330	8.277		
2020	4.375	3000	5.333	3516	6.461	3712	7.008	4340	8.289		
2030	4.382	3010	5.349	3518	6.466	3714	7.015	4350	8.303		
2040	4.387	3022	5.366	3520	6.476	3716	7.019	4360	8.317		
2050	4.394	3030	5.382	3522	6.481	3718	7.021	4370	8.327		
2060	4.401	3040	5.401	3524	6.486	3720	7.027	4380	8.342		
2070	4.406	3050	5.418	3526	6.497	3722	7.032	4390	8.354		
2080	4.413	3060	5.435	3528	6.502	3724	7.036	4400	8.365		
2090	4.418	3070	5.452	3530	6.507	3726	7.041	4450	8.43		
2100	4.425	3080	5.47	3532	6.519	3728	7.044	4500	8.487		
2110	4.43	3090	5.487	3534	6.522	3730	7.049	4550	8.54		
2120	4.437	3100	5.504	3536	6.532	3732	7.055	4600	8.588		
2130	4.444	3110	5.523	3538	6.538	3734	7.06	4650	8.63		
2140	4.451	3120	5.542	3540	6.545	3736	7.062	4700	8.672		
2150	4.458	3130	5.559	3542	6.553	3738	7.068	4752	8.712		
2160	4.465	3140	5.58	3544	6.56	3740	7.07	4800	8.746		
2170	4.47	3150	5.599	3546	6.565	3742	7.074	4850	8.78		
2180	4.478	3160	5.618	3548	6.576	3744	7.079	4900	8.813		
2190	4.485	3170	5.639	3550	6.581	3746	7.082	4950	8.844		
2200	4.492	3180	5.659	3552	6.584	3748	7.085	5000	8.873		
2210	4.497	3190	5.68	3554	6.594	3750	7.091	5100	8.926		
2220	4.504	3200	5.702	3556	6.6	3752	7.094	5200	8.978		
2230	4.513	3210	5.721	3558	6.608	3754	7.098	5300	9.024		
2240	4.52	3220	5.742	3560	6.612	3756	7.104	5400	9.069		
2250	4.527	3230	5.764	3562	6.618	3758	7.108	5500	9.108		
2260	4.534	3240	5.787	3564	6.625	3760	7.111	5600	9.148		
2270	4.541	3250	5.809	3566	6.629	3762	7.118	5700	9.184		

Tabell J.6: “Komplett datasett fra titrering av Svartberget Hydrofobe syrer”.

ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt		ul 0,0098 M NaOH tilsatt	
	pH		pH		pH		pH
0	3.683	2280	4.941	2796	6.49	3700	8.575
100	3.704	2290	4.962	2800	6.508	3750	8.635
200	3.725	2300	4.981	2802	6.515	3800	8.691
300	3.747	2310	5.001	2804	6.52	3850	8.743
400	3.771	2320	5.022	2806	6.532	3900	8.791
500	3.795	2330	5.042	2808	6.538	3950	8.837
600	3.822	2340	5.066	2810	6.543	4000	8.877
700	3.85	2350	5.085	2812	6.555	4050	8.916
800	3.879	2360	5.111	2814	6.56	4100	8.952
900	3.911	2370	5.135	2816	6.563	4150	8.988
1000	3.944	2380	5.159	2818	6.575	4200	9.023
1050	3.962	2390	5.181	2820	6.58	4250	9.055
1100	3.98	2400	5.207	2822	6.584	4300	9.084
1150	3.998	2410	5.231	2824	6.592	4350	9.114
1200	4.017	2420	5.258	2826	6.599	4400	9.143
1250	4.039	2430	5.284	2828	6.608	4450	9.17
1300	4.06	2440	5.311	2830	6.611	4500	9.196
1350	4.084	2450	5.335	2832	6.62	4600	9.247
1400	4.108	2460	5.364	2834	6.632	4700	9.295
1450	4.132	2470	5.39	2836	6.639	4800	9.338
1500	4.158	2480	5.421	2838	6.644	4900	9.38
1510	4.163	2490	5.446	2840	6.646	5000	9.419
1520	4.168	2500	5.472	2842	6.654	5100	9.459
1530	4.175	2510	5.503	2844	6.659	5200	9.495
1540	4.18	2520	5.534	2846	6.665	5300	9.529
1550	4.187	2530	5.561	2848	6.675	5400	9.563
1560	4.192	2540	5.588	2850	6.682	5500	9.596
1570	4.197	2550	5.619	2860	6.725	6000	9.74
1580	4.204	2560	5.65	2862	6.737	6500	9.865
1590	4.209	2570	5.676	2864	6.738	7000	9.972
1600	4.216	2580	5.71	2866	6.744	7500	10.064
1610	4.221	2590	5.741	2868	6.754	8000	10.147
1620	4.228	2600	5.773	2870	6.759	9000	10.282
1630	4.235	2610	5.804	2872	6.762	10000	10.394
1640	4.24	2620	5.837	2874	6.774		
1650	4.247	2630	5.871	2876	6.78		
1660	4.253	2640	5.907	2878	6.785		
1670	4.26	2650	5.941	2880	6.79		
1680	4.267	2660	5.973	2890	6.84		
1690	4.274	2670	6.016	2900	6.883		
1700	4.281	2680	6.049	2910	6.927		
1710	4.288	2682	6.05	2920	6.968		
1720	4.293	2684	6.061	2930	7.011		
1730	4.301	2686	6.066	2940	7.049		
1740	4.308	2688	6.069	2950	7.097		
1750	4.315	2690	6.078	2952	7.099		
1760	4.324	2692	6.083	2954	7.1		
1770	4.33	2694	6.086	2956	7.102		
1780	4.337	2696	6.098	2958	7.102		
1790	4.346	2698	6.103	2960	7.104		
1800	4.354	2700	6.11	2970	7.15		
1810	4.361	2702	6.114	2980	7.193		
1820	4.368	2704	6.127	2990	7.236		
1830	4.377	2706	6.134	3000	7.276		
1840	4.387	2708	6.139	3010	7.31		
1850	4.394	2710	6.145	3020	7.346		
1860	4.402	2712	6.16	3030	7.384		
1870	4.411	2714	6.165	3040	7.415		
1880	4.419	2716	6.174	3050	7.456		
1890	4.428	2718	6.179	3060	7.483		
1900	4.438	2720	6.189	3070	7.519		
1910	4.445	2722	6.196	3080	7.55		
1920	4.457	2724	6.201	3090	7.578		
1930	4.466	2726	6.213	3100	7.605		
1940	4.476	2728	6.22	3120	7.675		
1950	4.486	2730	6.223	3130	7.696		
1960	4.496	2732	6.237	3140	7.715		
1970	4.505	2734	6.242	3150	7.73		
1980	4.517	2736	6.247	3160	7.749		
1990	4.527	2738	6.259	3170	7.773		
2000	4.536	2740	6.264	3180	7.79		
2010	4.548	2742	6.27	3190	7.806		
2020	4.56	2744	6.281	3200	7.83		
2030	4.572	2746	6.288	3210	7.844		
2040	4.582	2748	6.293	3220	7.862		
2050	4.596	2750	6.305	3230	7.874		
2060	4.606	2752	6.311	3240	7.893		
2070	4.62	2754	6.317	3250	7.907		
2080	4.63	2756	6.329	3260	7.924		
2090	4.645	2758	6.335	3270	7.936		
2100	4.655	2760	6.341	3280	7.953		
2110	4.669	2762	6.352	3290	7.972		
2120	4.685	2764	6.357	3300	7.986		
2130	4.698	2766	6.352	3310	7.998		
2140	4.712	2768	6.357	3320	8.017		
2150	4.724	2770	6.371	3330	8.029		
2160	4.739	2772	6.381	3340	8.048		
2170	4.755	2774	6.388	3350	8.062		
2180	4.77	2776	6.402	3360	8.075		
2190	4.786	2778	6.412	3370	8.089		
2200	4.803	2780	6.417	3380	8.106		
2210	4.816	2782	6.429	3390	8.12		
2220	4.834	2784	6.438	3400	8.137		
2230	4.852	2786	6.443	3452	8.255		
2240	4.868	2788	6.459	3500	8.331		
2250	4.888	2790	6.465	3550	8.35		
2260	4.905	2792	6.471	3600	8.434		
2270	4.923	2794	6.484	3650	8.508		

Tabell J.7: “Komplett datasett fra titrering av Svartberget Hydrofile”.

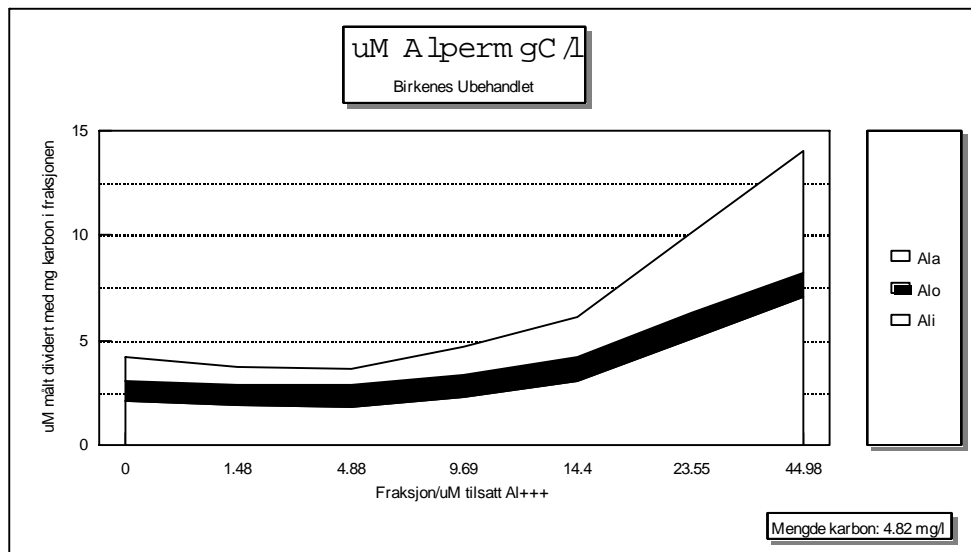
ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH	ul 0,0098 M NaOH tilsatt	pH
0	3.666	2240	4.555	3204	6.169	3650	7.207	6000	9.714
100	3.686	2250	4.565	3206	6.171	3660	7.232	6100	9.746
200	3.705	2260	4.574	3208	6.174	3670	7.256	6200	9.777
302	3.727	2270	4.583	3210	6.181	3680	7.279	6300	9.808
400	3.75	2280	4.593	3212	6.185	3690	7.303	6400	9.835
500	3.772	2290	4.601	3214	6.188	3700	7.322	6500	9.863
600	3.798	2300	4.61	3216	6.195	3710	7.347	6600	9.889
700	3.824	2310	4.619	3218	6.198	3720	7.371	6700	9.914
800	3.851	2320	4.629	3220	6.2	3730	7.394	6800	9.938
900	3.879	2330	4.639	3222	6.207	3740	7.414	6900	9.963
1000	3.909	2340	4.648	3224	6.212	3750	7.44	7000	9.985
1050	3.925	2350	4.658	3226	6.214	3760	7.462	7100	10.005
1100	3.942	2360	4.667	3228	6.222	3770	7.486	7200	10.026
1150	3.959	2370	4.677	3230	6.226	3780	7.505	7300	10.047
1200	3.976	2380	4.687	3232	6.228	3790	7.524	7400	10.066
1250	3.994	2390	4.698	3234	6.236	3800	7.55	7500	10.084
1300	4.012	2400	4.706	3236	6.24	3810	7.571	8000	10.172
1350	4.033	2410	4.718	3238	6.245	3820	7.596	8500	10.249
1400	4.052	2420	4.728	3240	6.248	3830	7.62	9000	10.316
1450	4.073	2430	4.739	3242	6.253	3840	7.638	10000	10.428
1500	4.093	2440	4.751	3244	6.258	3850	7.648		
1510	4.098	2450	4.763	3246	6.262	3862	7.679		
1520	4.102	2460	4.773	3248	6.265	3870	7.696		
1530	4.107	2470	4.783	3254	6.284	3880	7.72		
1540	4.112	2480	4.795	3256	6.286	3890	7.742		
1550	4.117	2490	4.807	3258	6.293	3900	7.768		
1560	4.122	2500	4.819	3260	6.298	3910	7.787		
1570	4.126	2510	4.83	3262	6.3	3920	7.814		
1580	4.131	2520	4.842	3264	6.308	3930	7.835		
1590	4.136	2530	4.856	3266	6.312	3940	7.856		
1600	4.141	2540	4.868	3268	6.313	3950	7.878		
1610	4.146	2550	4.88	3270	6.322	3960	7.904		
1620	4.152	2560	4.893	3272	6.327	3970	7.928		
1630	4.155	2570	4.905	3274	6.329	3980	7.947		
1640	4.16	2580	4.919	3276	6.337	3990	7.971		
1650	4.167	2590	4.933	3278	6.341	4000	7.99		
1660	4.17	2600	4.945	3280	6.344	4010	8.015		
1670	4.176	2610	4.959	3290	6.379	4020	8.032		
1680	4.181	2620	4.974	3292	6.382	4030	8.053		
1690	4.188	2630	4.988	3294	6.384	4040	8.075		
1700	4.191	2640	5.001	3296	6.391	4050	8.093		
1710	4.196	2650	5.015	3298	6.394	4060	8.111		
1720	4.203	2660	5.029	3300	6.397	4072	8.139		
1730	4.208	2670	5.044	3302	6.404	4080	8.156		
1740	4.213	2680	5.062	3304	6.408	4090	8.175		
1750	4.219	2690	5.075	3306	6.411	4100	8.173		
1760	4.225	2700	5.089	3308	6.418	4110	8.192		
1770	4.231	2710	5.106	3310	6.422	4120	8.214		
1780	4.236	2720	5.12	3312	6.428	4130	8.233		
1790	4.241	2730	5.135	3314	6.432	4140	8.251		
1800	4.248	2740	5.153	3316	6.434	4150	8.269		
1810	4.254	2750	5.17	3318	6.442	4160	8.292		
1820	4.26	2760	5.187	3320	6.446	4170	8.309		
1830	4.265	2770	5.202	3322	6.449	4180	8.324		
1840	4.27	2780	5.218	3324	6.456	4190	8.342		
1850	4.277	2790	5.237	3326	6.459	4200	8.362		
1860	4.282	2800	5.254	3328	6.463	4210	8.378		
1870	4.289	2810	5.271	3330	6.47	4220	8.393		
1880	4.294	2820	5.288	3332	6.394	4230	8.41		
1890	4.303	2830	5.309	3340	6.405	4240	8.429		
1900	4.308	2840	5.326	3350	6.427	4250	8.445		
1910	4.315	2850	5.345	3360	6.458	4260	8.46		
1920	4.32	2860	5.366	3370	6.482	4270	8.474		
1930	4.327	2870	5.384	3380	6.506	4280	8.491		
1940	4.332	2880	5.403	3390	6.533	4290	8.505		
1950	4.339	2890	5.422	3400	6.563	4300	8.52		
1960	4.346	2900	5.443	3410	6.587	4310	8.532		
1970	4.351	2910	5.465	3420	6.614	4320	8.548		
1980	4.359	2920	5.486	3430	6.642	4330	8.563		
1990	4.364	2930	5.505	3432	6.642	4340	8.577		
2000	4.371	2940	5.529	3434	6.642	4350	8.591		
2010	4.378	2950	5.549	3436	6.648	4400	8.678		
2020	4.385	2962	5.575	3438	6.65	4450	8.752		
2030	4.392	2970	5.592	3440	6.655	4500	8.817		
2040	4.399	2980	5.613	3442	6.659	4554	8.879		
2050	4.406	2990	5.637	3444	6.659	4600	8.931		
2060	4.413	3000	5.657	3446	6.664	4650	8.98		
2070	4.421	3010	5.683	3448	6.669	4700	9.027		
2080	4.428	3020	5.704	3450	6.673	4750	9.071		
2090	4.435	3030	5.728	3460	6.707	4800	9.113		
2100	4.443	3040	5.754	3470	6.734	4850	9.152		
2110	4.45	3050	5.778	3480	6.762	4900	9.186		
2120	4.459	3060	5.8	3490	6.793	4950	9.221		
2130	4.466	3070	5.824	3500	6.82	5000	9.255		
2140	4.474	3080	5.85	3510	6.846	5050	9.284		
2150	4.481	3090	5.874	3520	6.879	5100	9.315		
2160	4.49	3100	5.898	3530	6.904	5150	9.344		
2170	4.497	3110	5.925	3540	6.932	5200	9.372		
2180	4.505	3120	5.948	3552	6.963	5250	9.398		
2190	4.514	3130	5.979	3560	6.987	5300	9.423		
2200	4.522	3140	6.003	3570	7.011	5350	9.447		
2202	4.524	3150	6.028	3580	7.035	5400	9.471		
2204	4.524	3160	6.056	3590	7.059	5450	9.494		
2206	4.526	3170	6.082	3600	7.088	5500	9.516		
2208	4.528	3180	6.109	3610	7.114	5600	9.561		
2210	4.531	3190	6.135	3620	7.134	5700	9.602		
2220	4.538	3200	6.162	3630	7.158	5800	9.641		
2230	4.548	3202	6.162	3640	7.186	5900	9.677		

Tabell J.8: “Komplett datasett fra titrering av Svartberget Renset”.

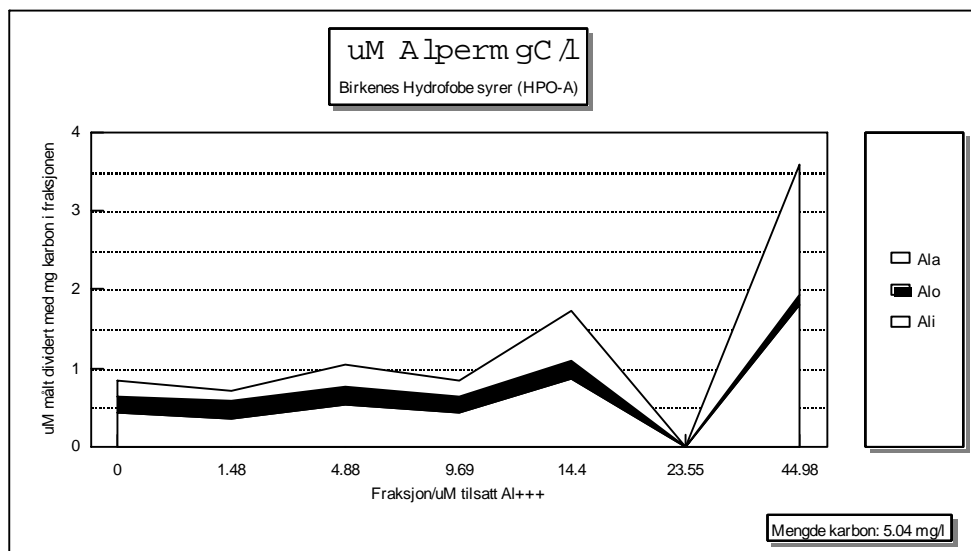


## Appendiks K:

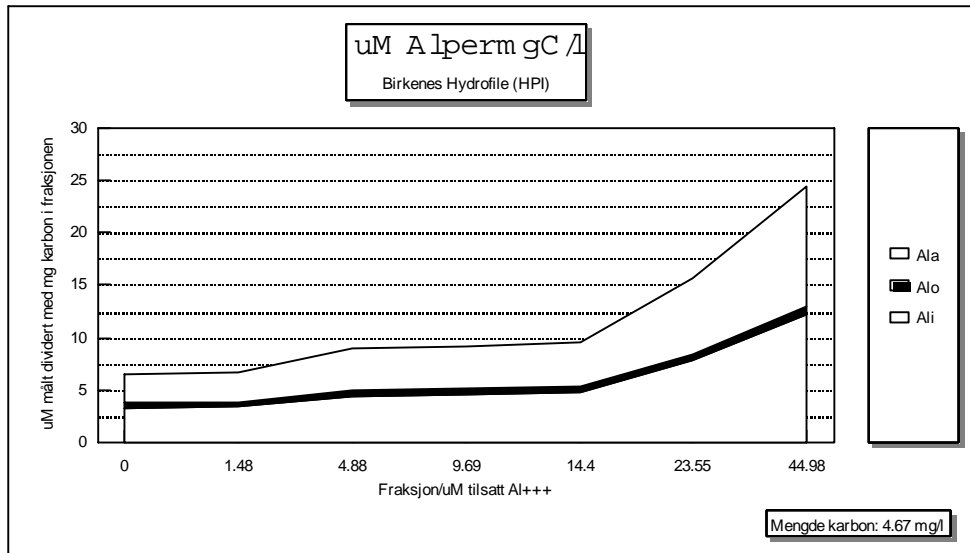
Figurene viser, separat, feltenes fraksjoner. Her er aluminium per mg karbon fremstilt. Ala, Alo og Ali har samme betydning som beskrevet i kapittel 4.5.



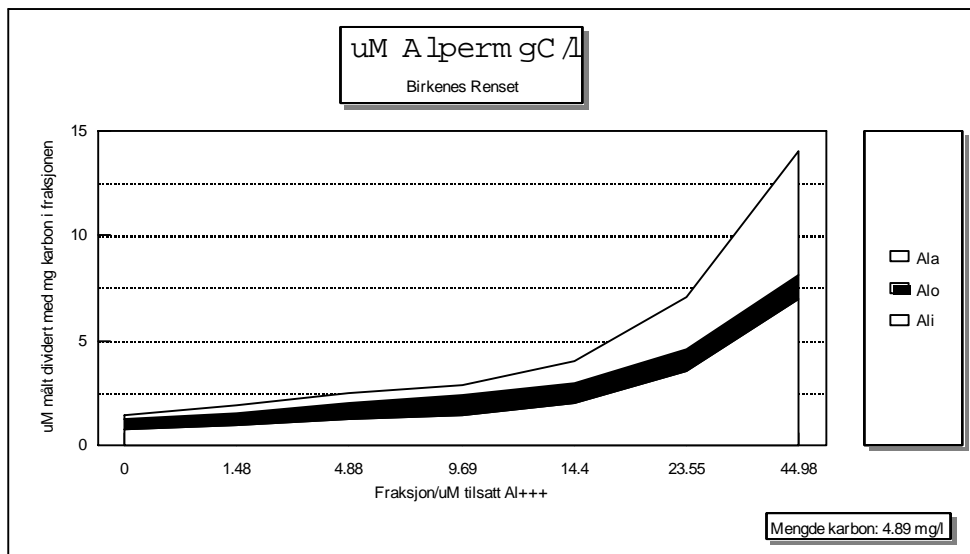
Figur K.1: "Birkenes Ubehandlet, µM Al per mg karbon".



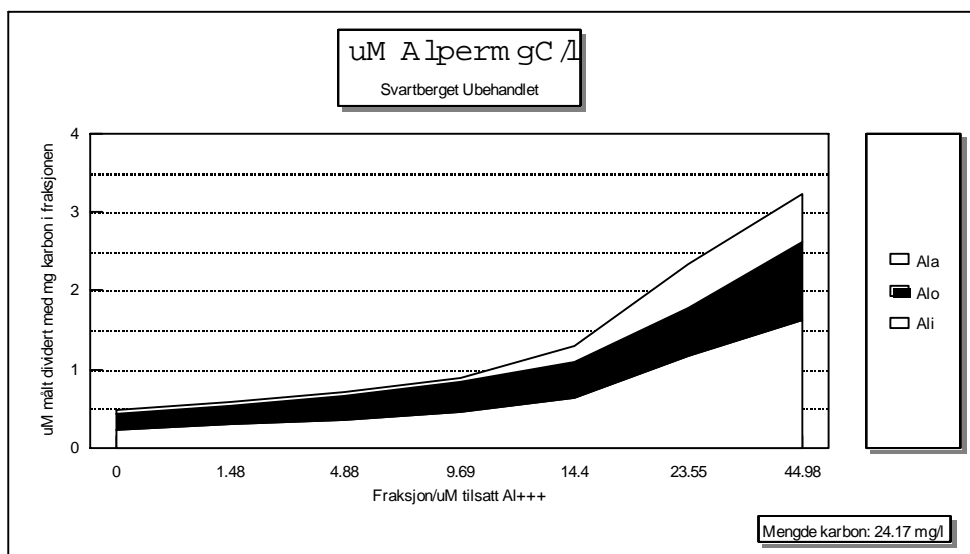
Figur K.2: "Birkenes Hydrofobe syrer (HPO-A), µM Al per mg karbon".



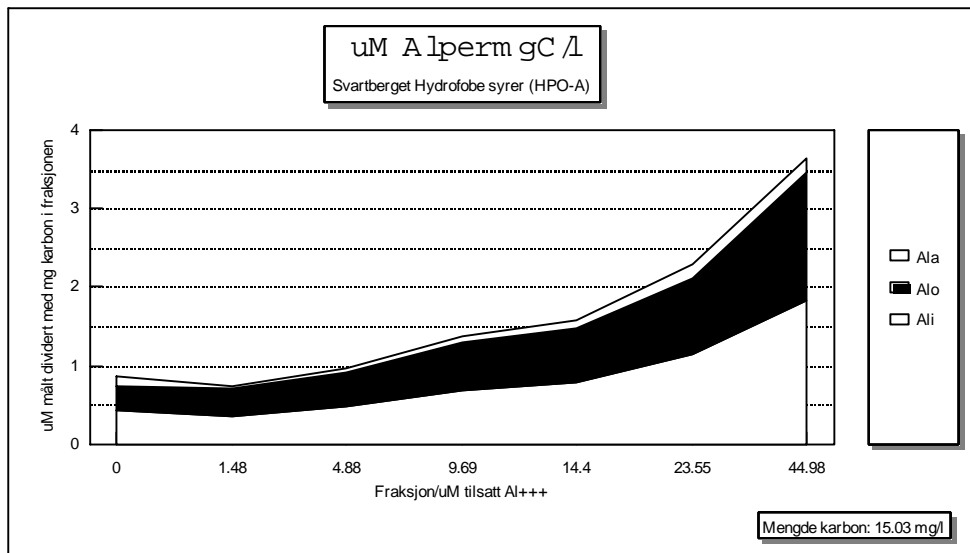
Figur K.3: "Birkenes Hydrofile (HPI),  $\mu\text{M}$  Al per mg karbon".



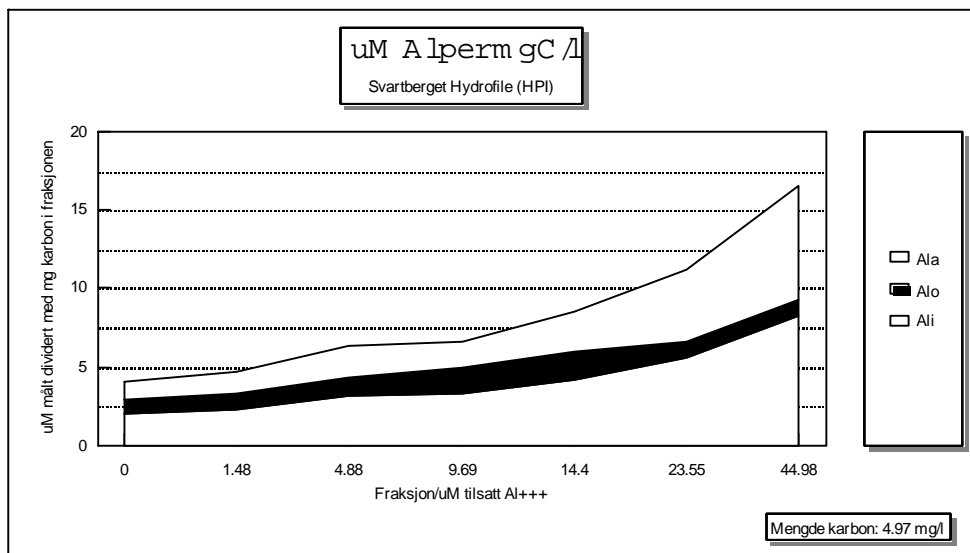
Figur K.4: "Birkenes Renset,  $\mu\text{M}$  Al per mg karbon".



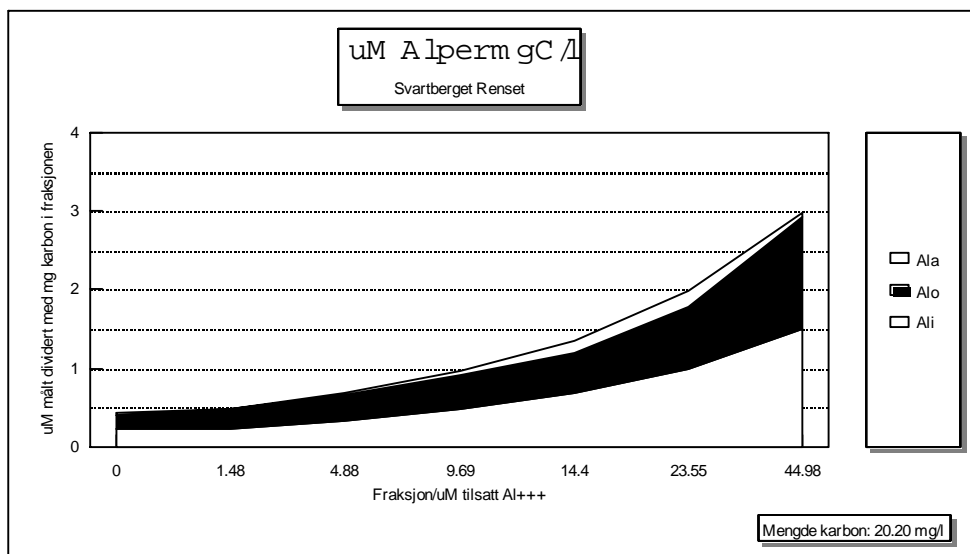
Figur K.5: "Svartberget Ubehandlet,  $\mu\text{M}$  Al per mg karbon".



Figur K.6: ” Svartberget Hydrofobe syrer (HPO-A),  $\mu\text{M Al}$  per mg karbon”.



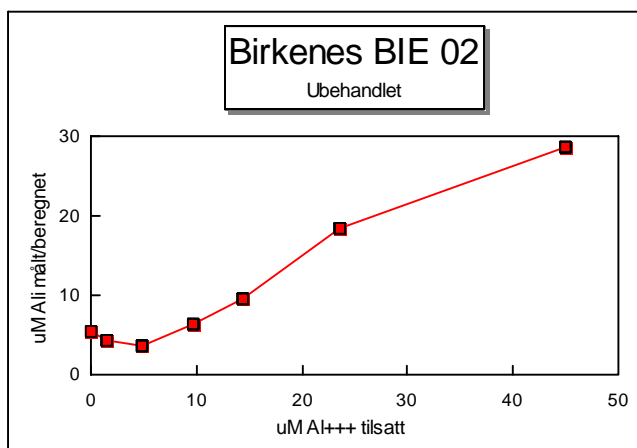
Figur K.7: ” Svartberget Hydrofile (HPI),  $\mu\text{M Al}$  per mg karbon”.



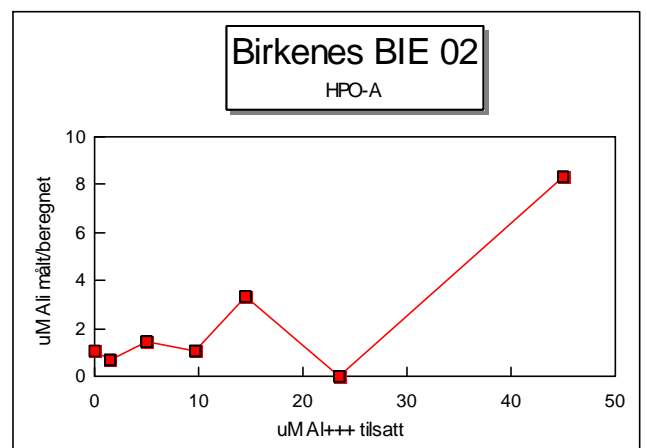
Figur K.8: ”Svartberget Renset,  $\mu\text{M Al}$  per mg karbon”.

## Appendiks L:

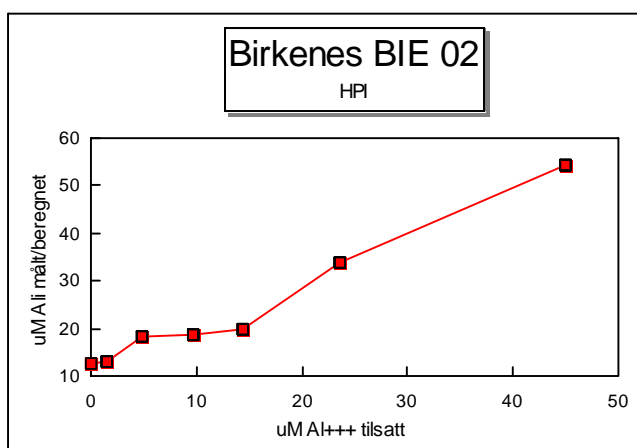
Figurer som viser  $\mu\text{M}$  aluminium målt som en funksjon av  $\mu\text{M Al}^{3+}$  tilsatt. Ala, Alo og Ali har samme betydning som beskrevet i kapittel 4.5. Felter og fraksjoner vises hver for seg.



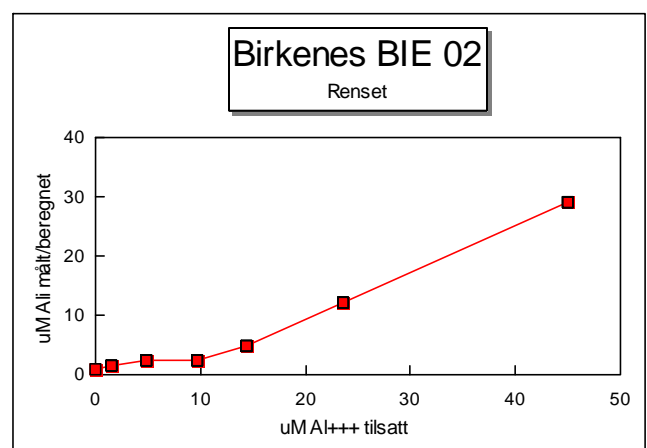
Figur L.1a



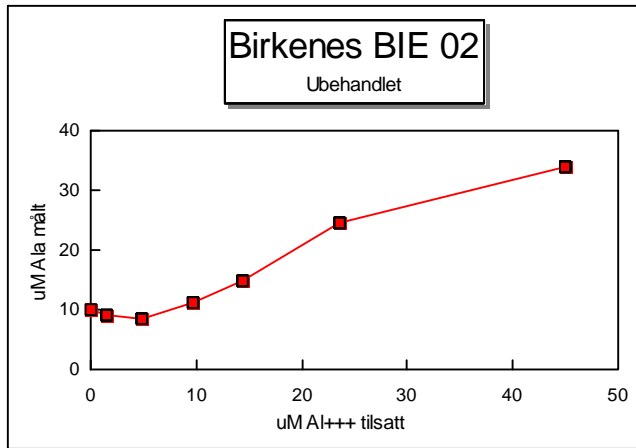
Figur L.1b



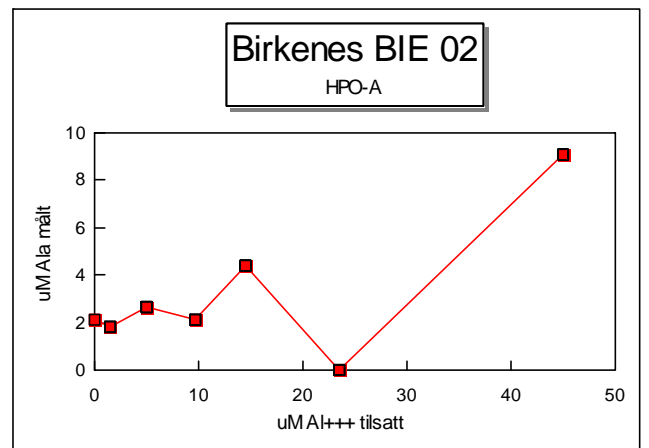
Figur L.1c



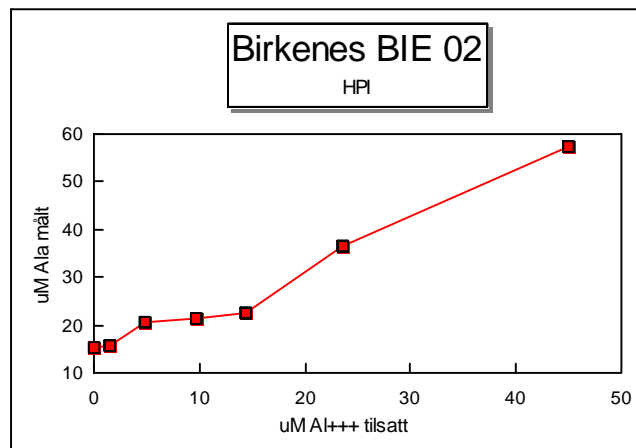
Figur L.1d



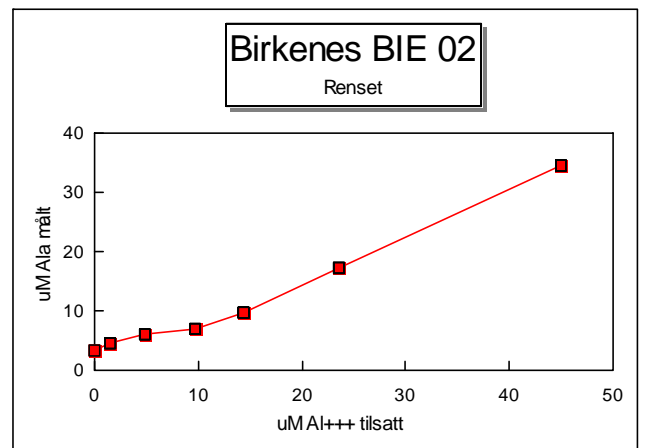
Figur L.2a



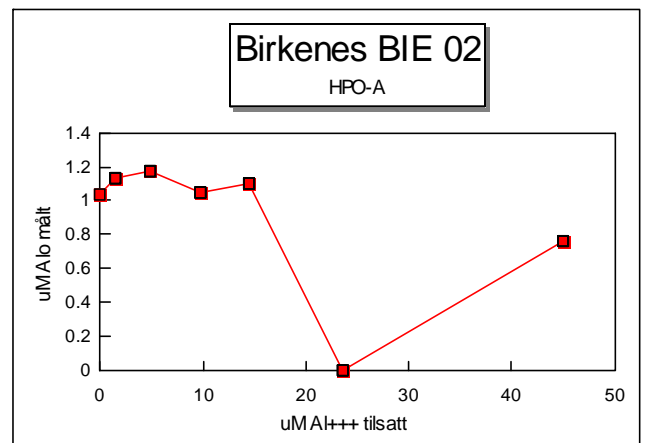
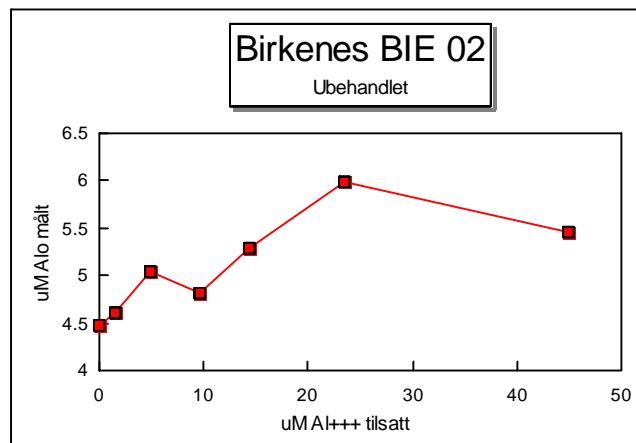
Figur L.2b



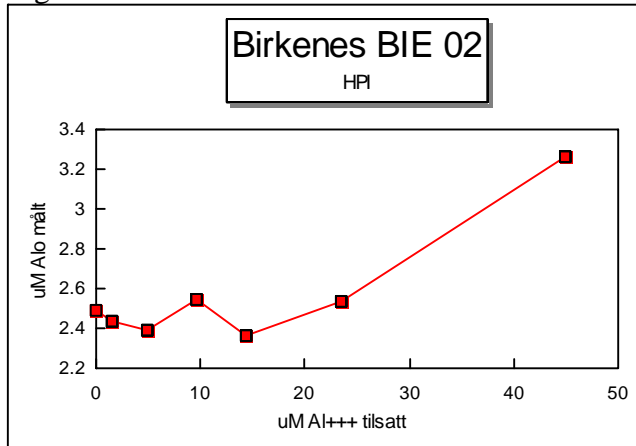
Figur L.2c



Figur L.2d

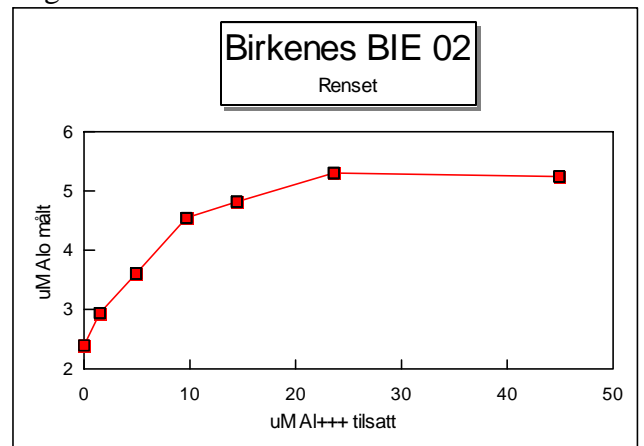


Figur L.3a

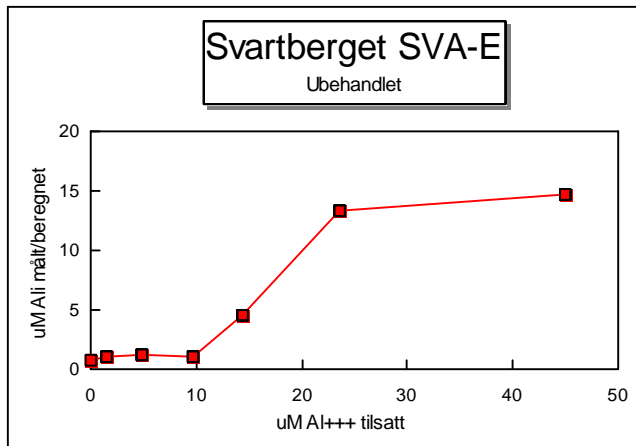


Figur L.3c

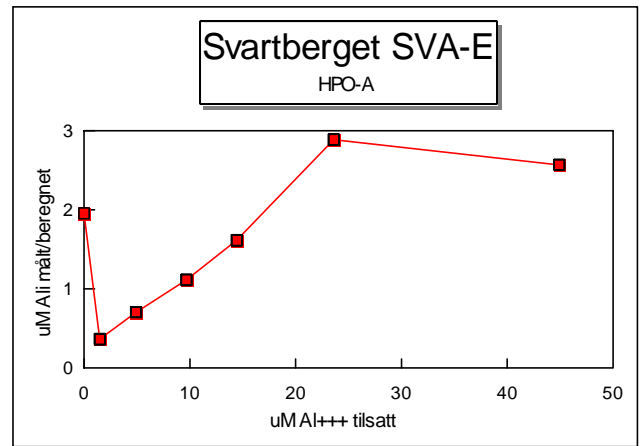
Figur L.3b



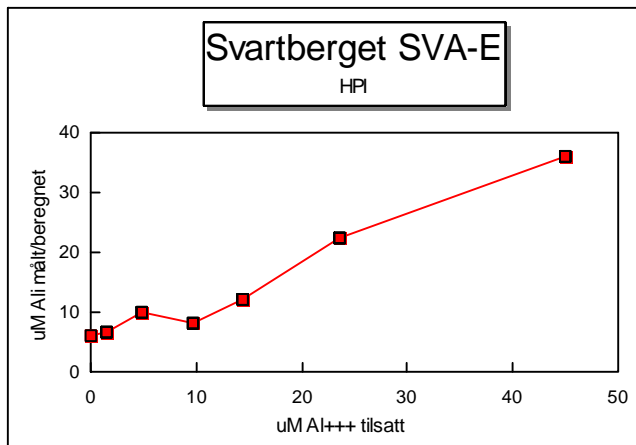
Figur L.3d



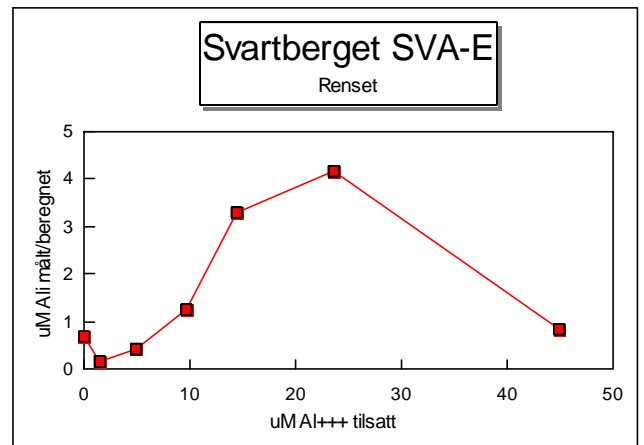
Figur L.4a



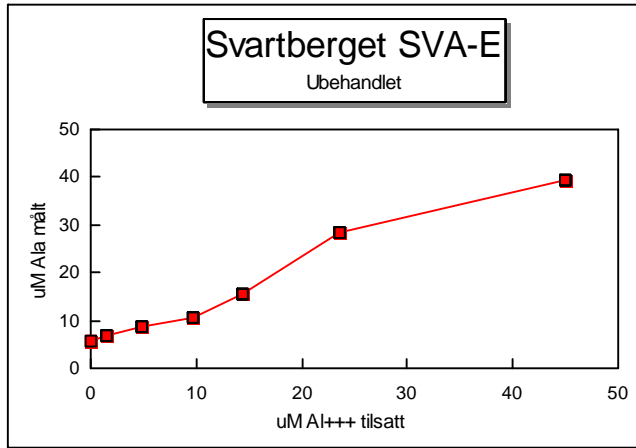
Figur L.4b



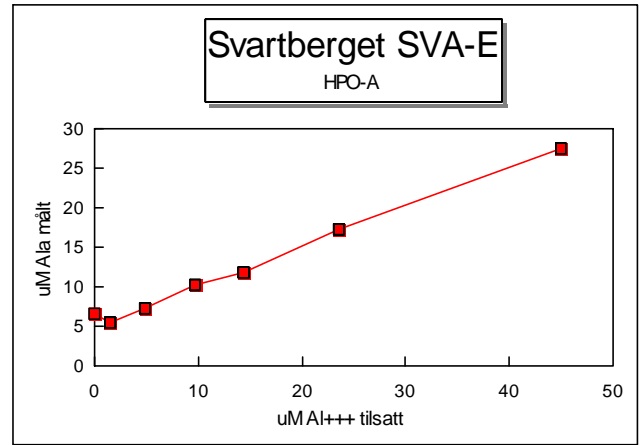
Figur L.4c



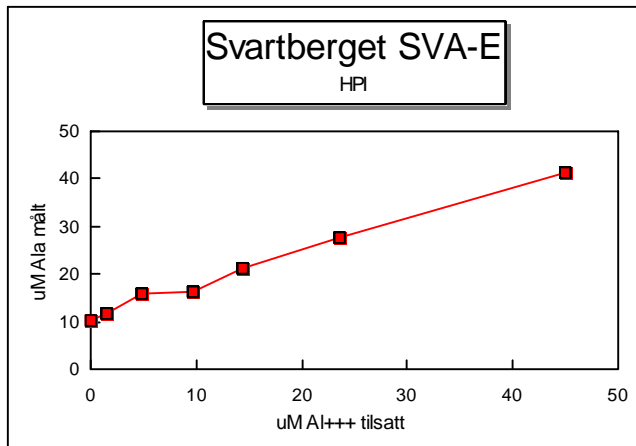
Figur L.4d



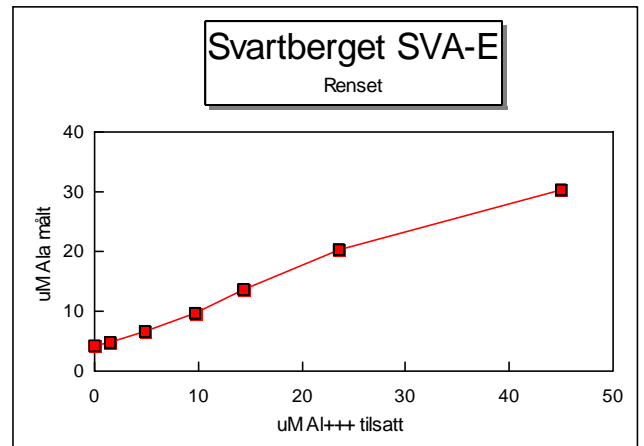
Figur L.5a



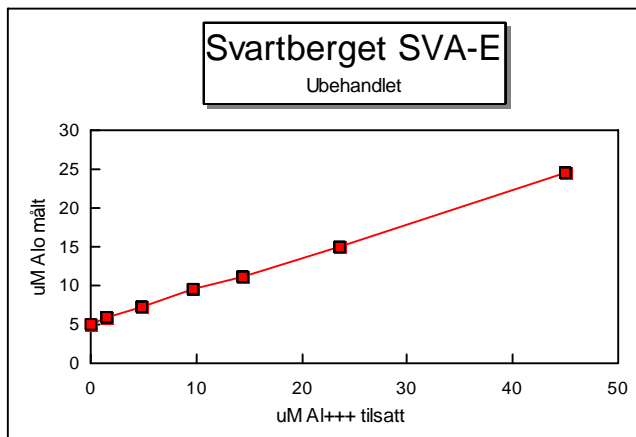
Figur L.5b



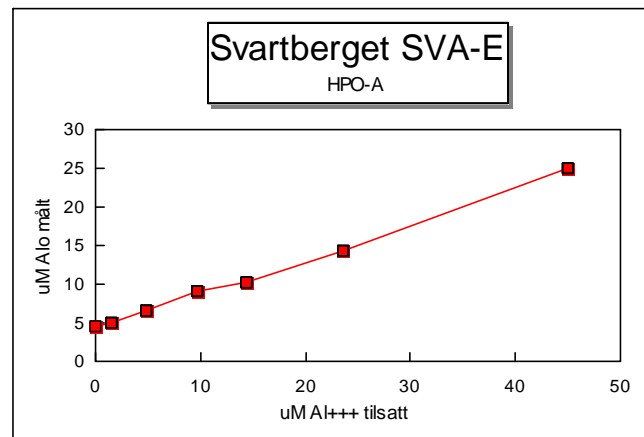
Figur L.5c



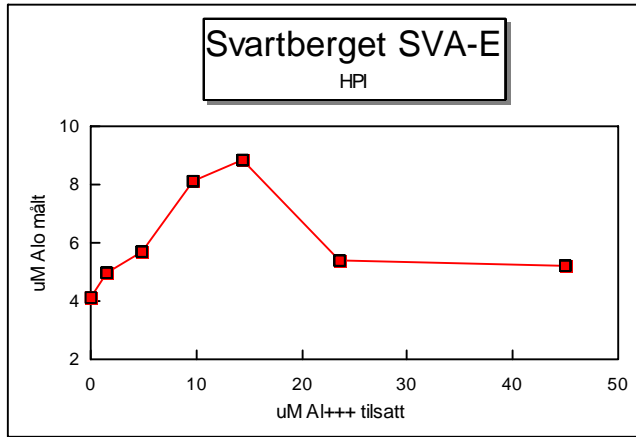
Figur L.5d



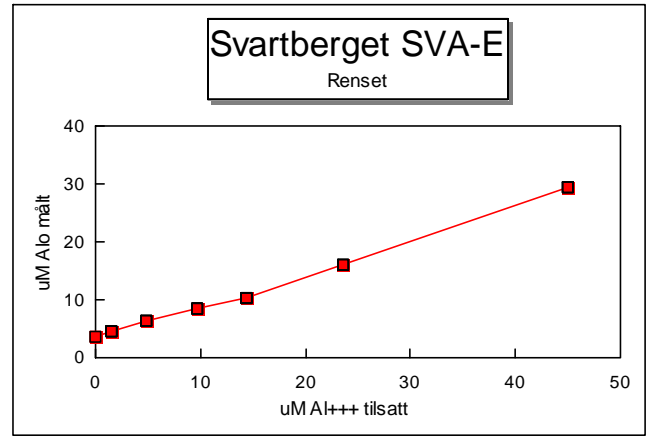
Figur L.6a



Figur L.6b



Figur L.6c



Figur L.6d



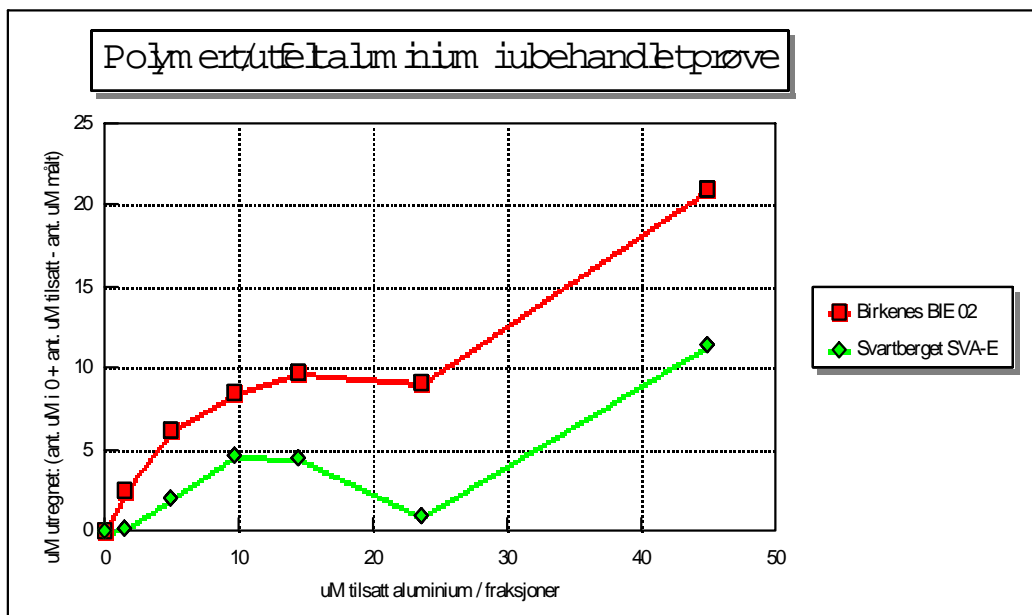
## Appendiks M:

Betegnelser som er brukt for jordprofiler i kapittel 2.5. Forklaringene er hentet fra Bridges et al., 1998.

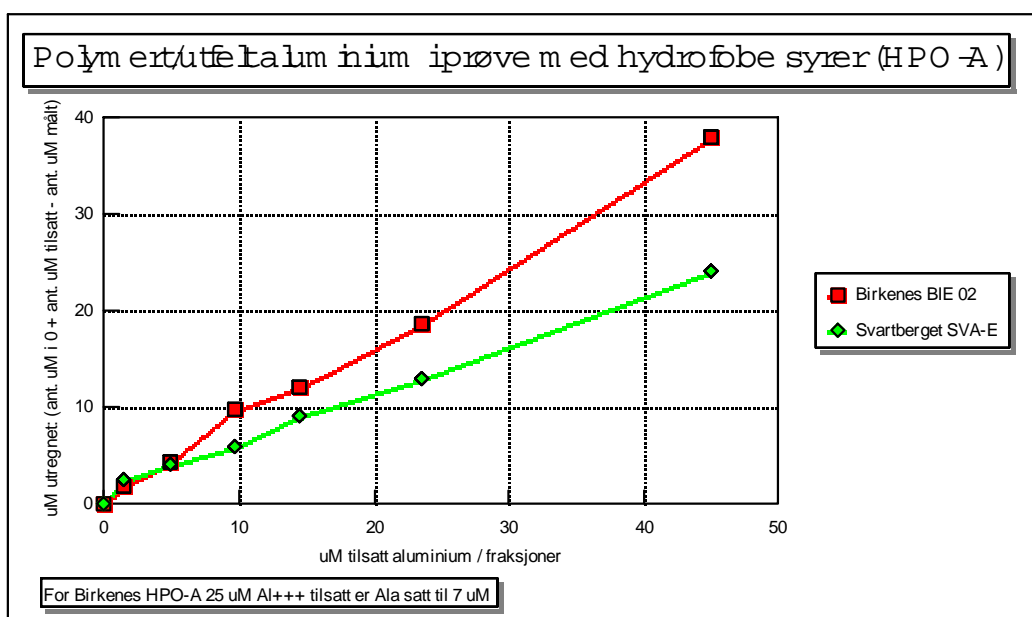
- Histic horisont*: >20 % organisk materiale, vannmettet minst en måned per år.  
Dybde på minst 10 cm over steingrunn, eller 40 cm eller mer på mineralsk jordmateriale og mangler en *andic* horisont.
- Folic horisont*: luftig, mettet mindre enn en måned per år.  
Dybde på minst 10 cm over steingrunn, eller 40 cm eller mer på mineralsk jordmateriale og mangler en *andic* horisont
- Andic horisont*: dannet fra pyroklastiske materialer med lav tetthet, stor fosfatretensjon og betydelige mengder av ekstraherbart aluminium og jern.
- Ochric horisont*: grunn, blek farget horisont med et gjennomsnitt på 1 % organisk materiale.  
Inneholder en opphopning av organisk materiale, jern og aluminium innenfor 200 cm av jordoverflaten
- Spodic horisont*: sort eller orange-brun farge forårsaket av opphopning av amorft jern, aluminium og organisk materiale.  
Inneholder en opphopning av organisk materiale, jern og aluminium innenfor 200 cm av jordoverflaten
- Albic horisont*: blekt farget, med svak strukturell utvikling og ofte sandig.  
Kan være tilstede innenfor 200 cm av jordoverflaten.

## Appendiks N:

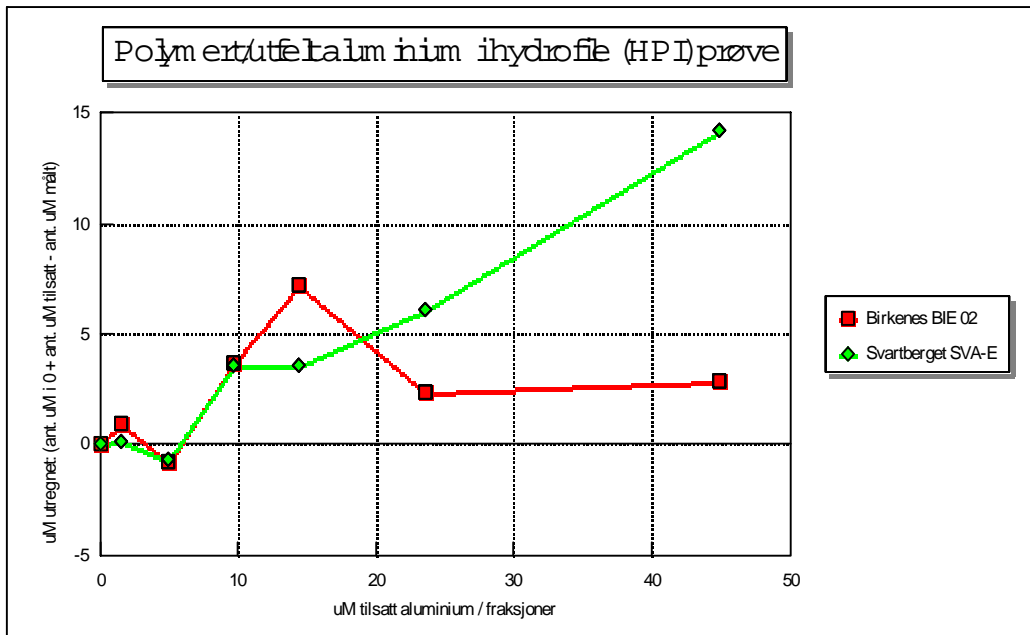
Figurer som viser utregnede mengder aluminium som foreligger utfelt eller som polymert aluminium. Disse mengdene/konsentrasjonene er plottet som en funksjon av mengde tilsatt  $\text{Al}^{3+}$  i delprøvene.



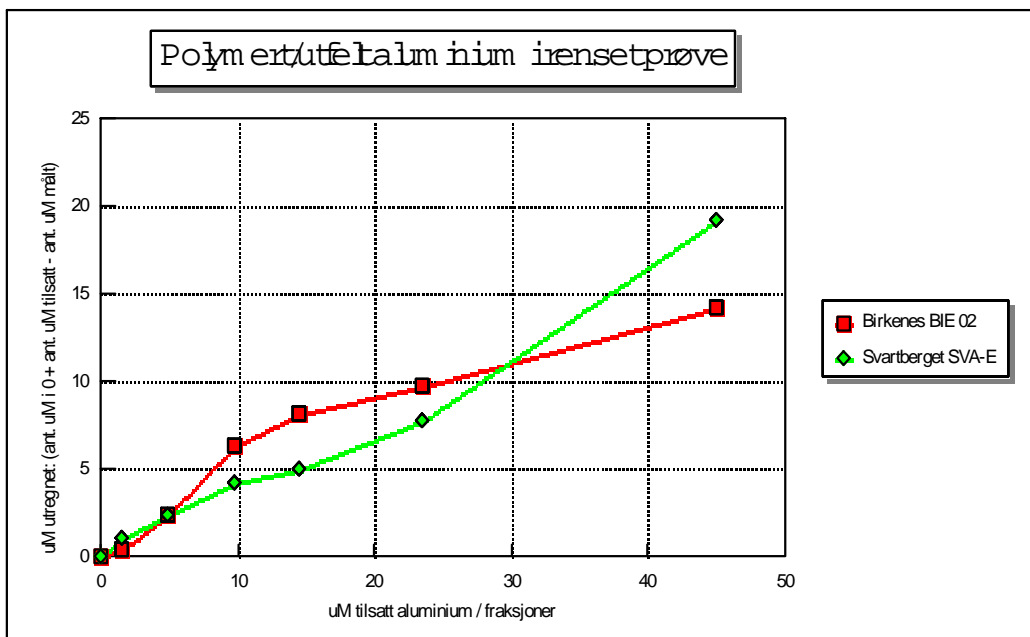
Figur N.1: "Utregnet utfelt aluminium i ubehandlede prøver".



Figur N.2: "Utregnet utfelt aluminium i prøver med hydrofobe syrer".



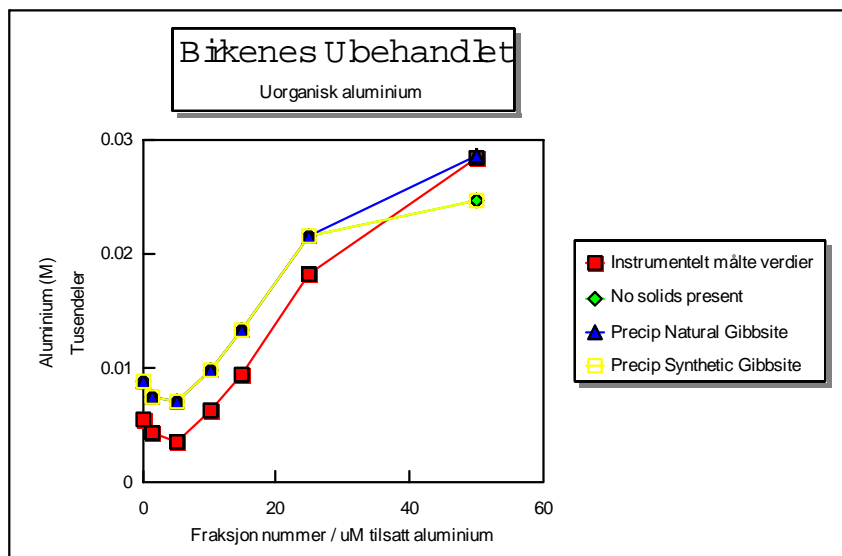
Figur N.3: "Utregnet utfelt aluminium i prøver med hydrofile".



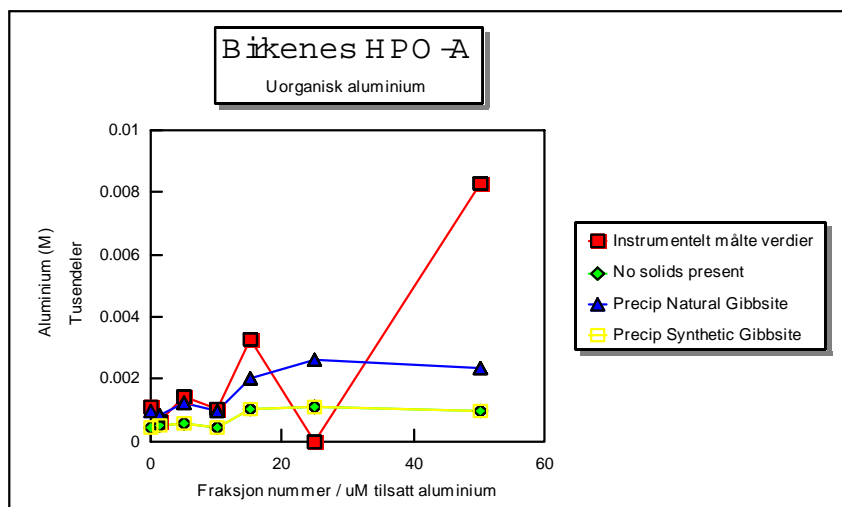
Figur N.4: "Utregnet utfelt aluminium i rensede prøver".

## Appendiks O1:

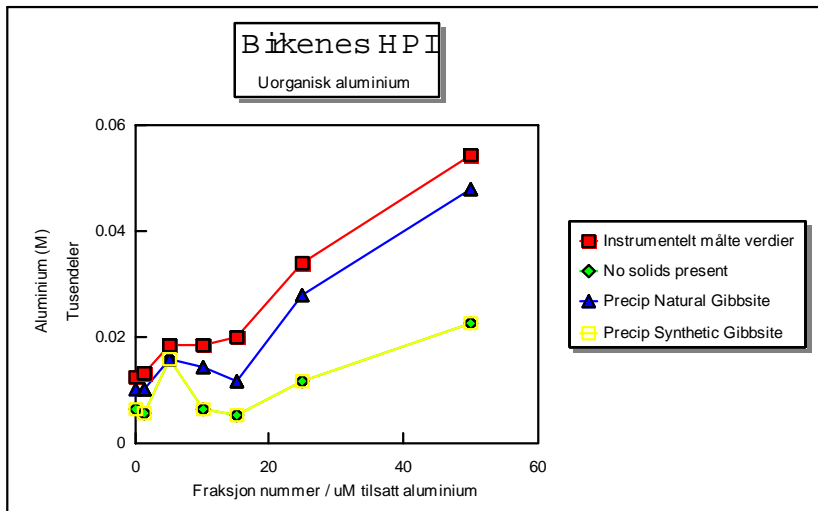
Figurer med sammenligning av instrumentelt målte verdier og modellberegninger gjort i ALCHEMI.



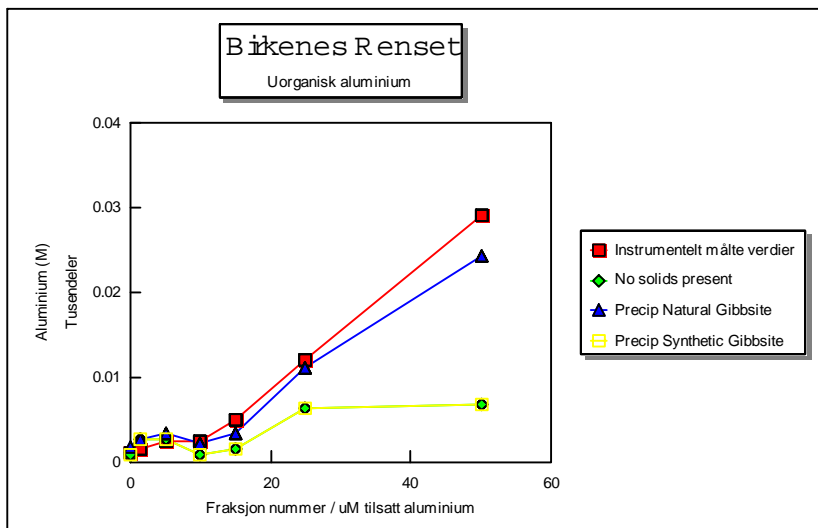
Figur O1.1: "Birkenes Ubehandlet, Uorganisk aluminium".



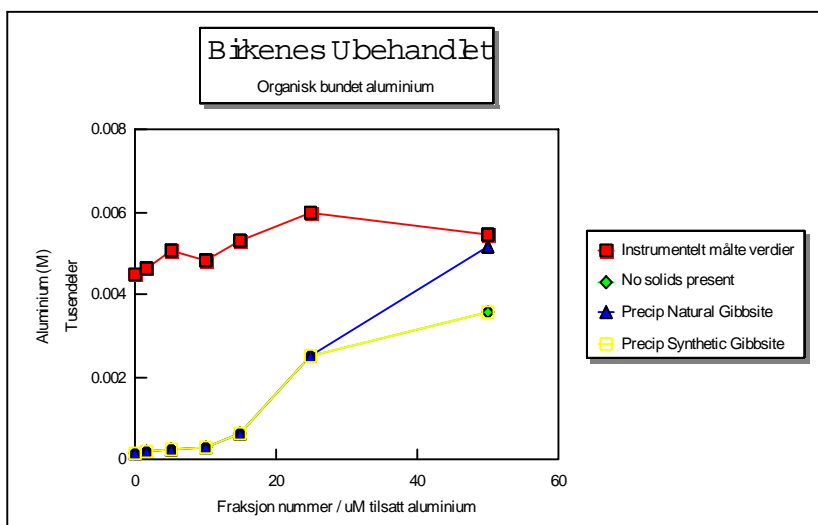
Figur O1.2: "Birkenes Hydrofobe syrer, Uorganisk aluminium".



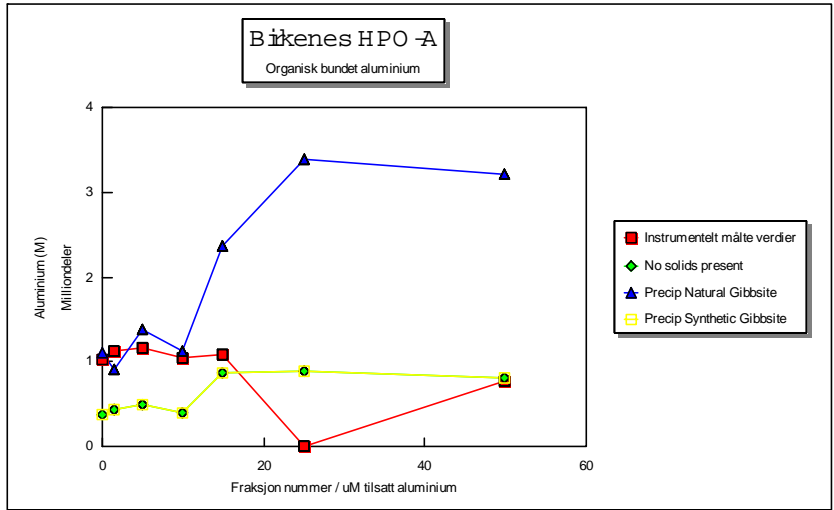
Figur O1.3: "Birkenes Hydrofile, Uorganisk aluminium".



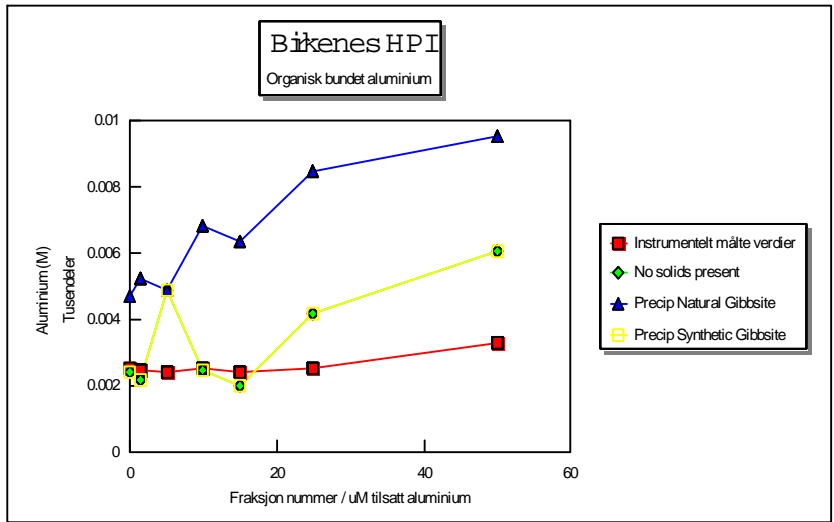
Figur O1.4: "Birkenes Renset, Uorganisk aluminium".



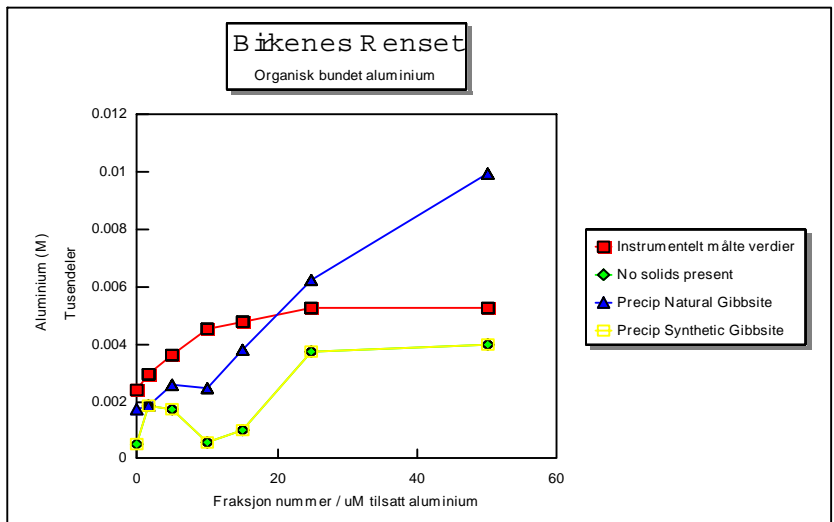
Figur O1.5: "Birkenes Ubehandlet, Organisk aluminium".



Figur O1.6: "Birkenes Hydrofobe syrer, Organisk aluminium".



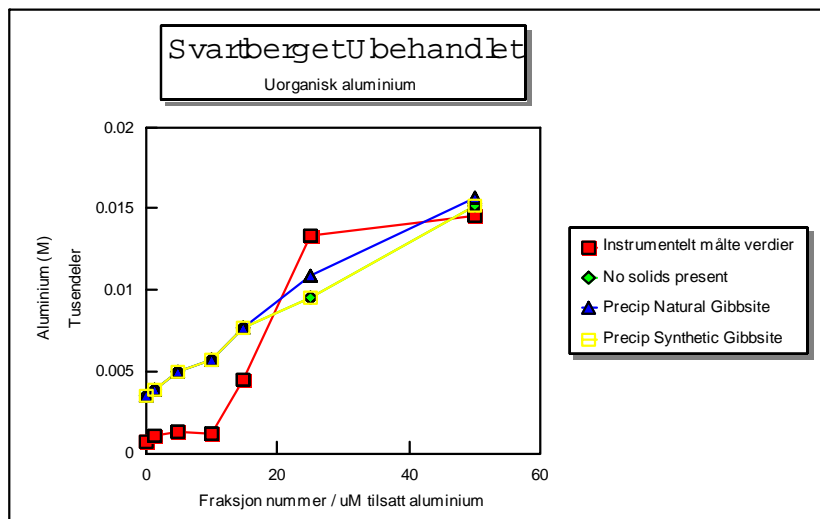
Figur O1.7: "Birkenes Hydrofile, Organisk aluminium".



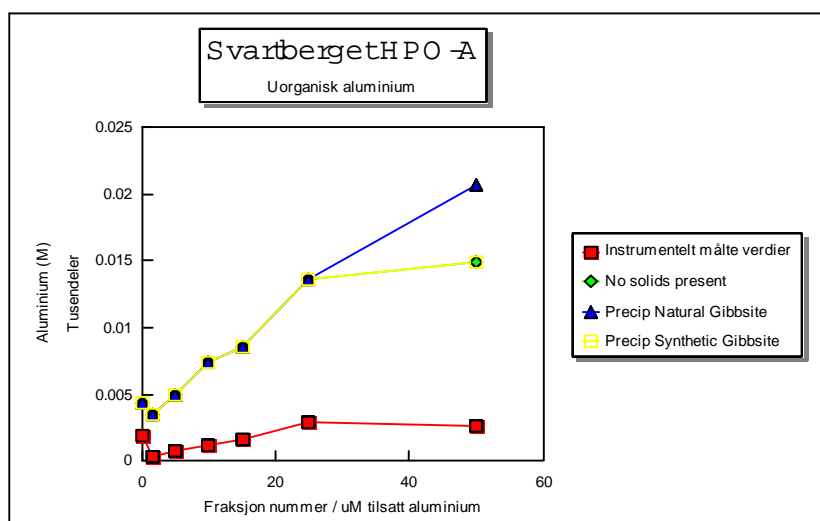
Figur O1.8: "Birkenes Renset, Organisk aluminium".

## Appendiks O2:

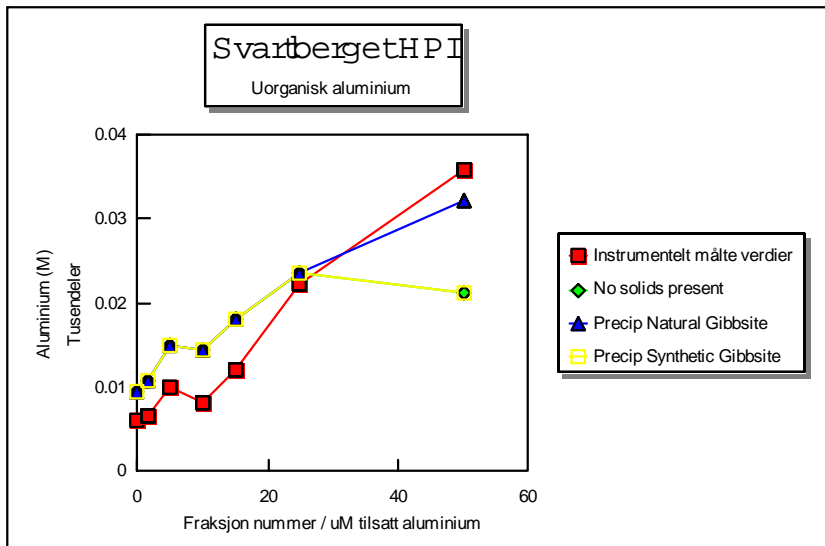
Figurer med sammenligning av instrumentelt målte verdier og modellberegninger gjort i ALCHEMI.



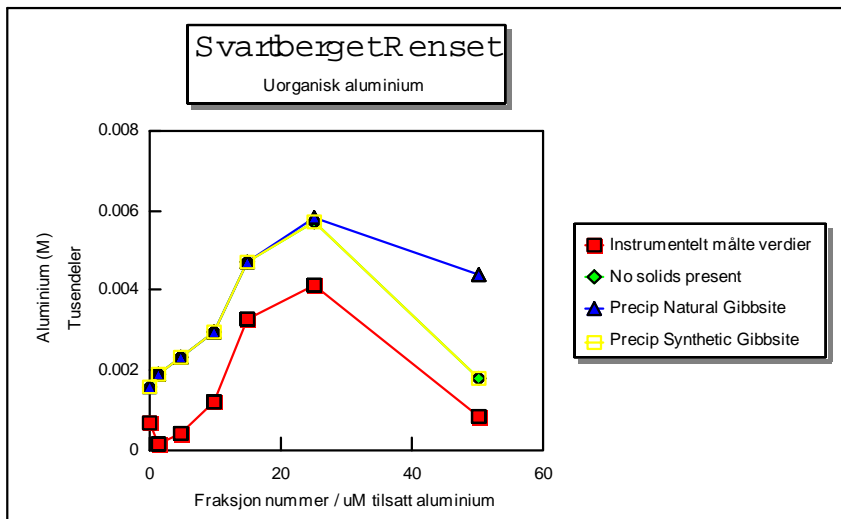
Figur O2.1: "Svarberget Ubehandlet, Uorganisk aluminium".



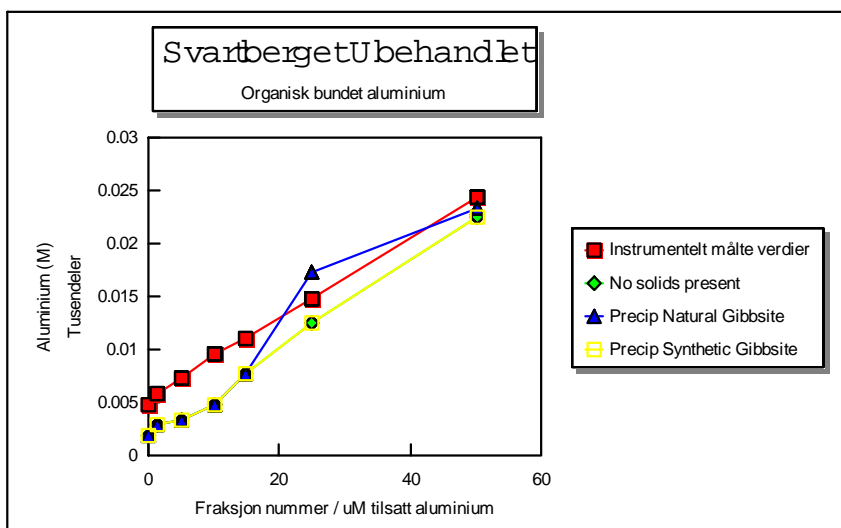
Figur O2.2: "Svarberget Hydrofobe syrer, Uorganisk aluminium".



Figur O2.3: "Svarberget Hydrofile, Uorganisk aluminium".

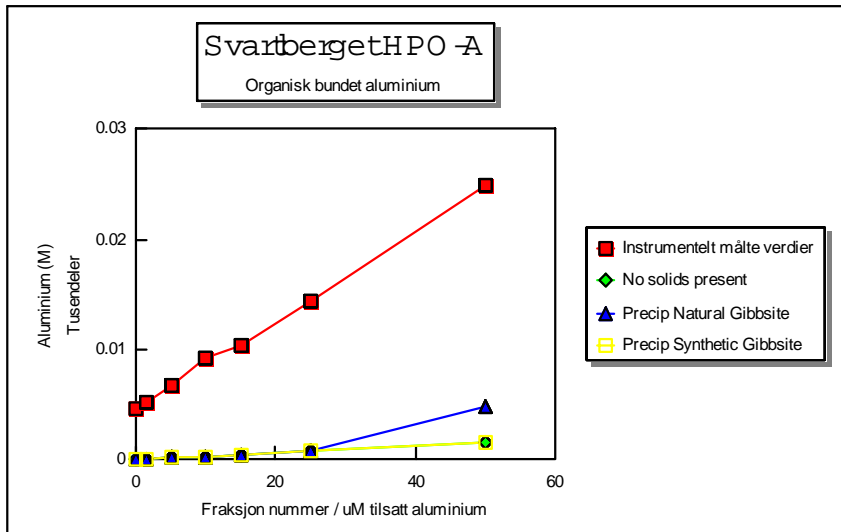


Figur O2.4: "Svarberget Renset, Uorganisk aluminium".

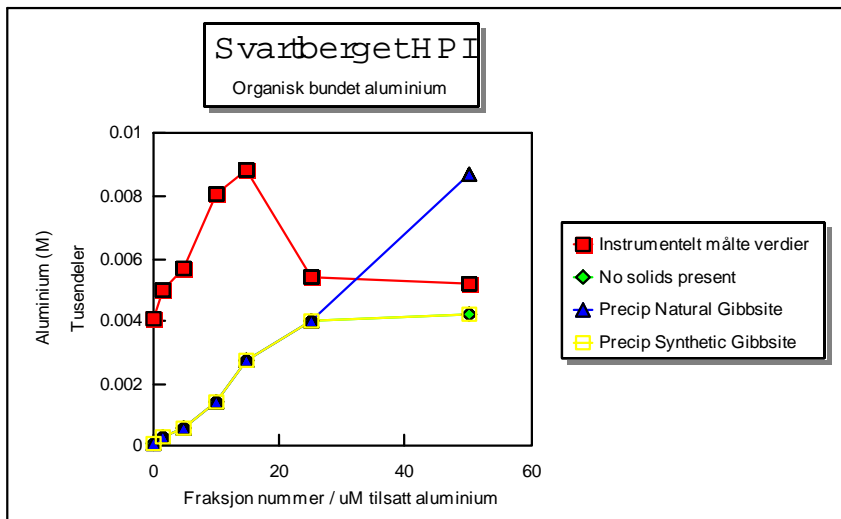


Figur O2.5: "Svarberget Ubehandlet, Organisk aluminium".

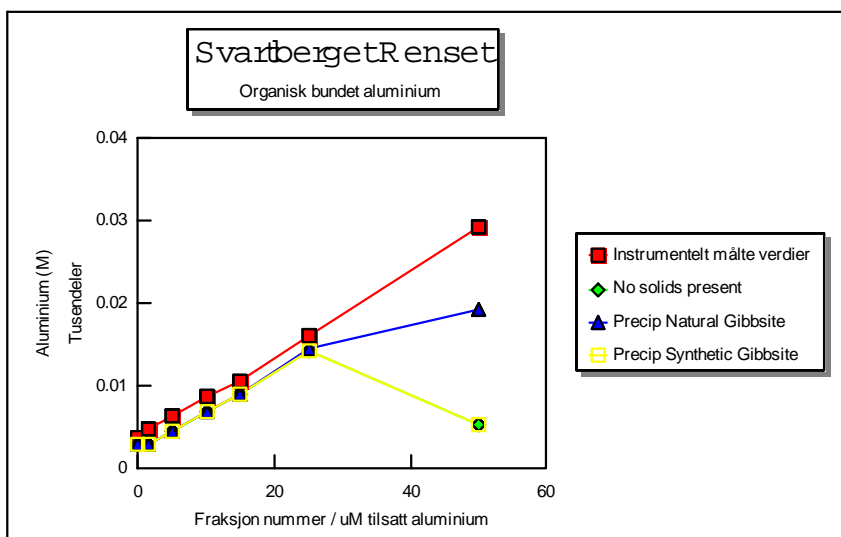




Figur O2.6: "Svartberget Hydrofobe syrer, Organisk aluminium "



Figur O2.7: "Svartberget Hydrofile, Organisk aluminium "



Figur O2.8: "Svartberget Renset, Organisk aluminium "



## Appendiks Q:

Tabell med verdier fra analyse på ionekromatograf.

Prøveidentifikasjon	F-		F-		CI-		CI-		NO---		NO---		SO4--		SO4--	
	uM	Gj. snitt	uM	Antall	uM	Std. dev.	uM	Antall	uM	Std. dev.	uM	Antall	uM	Std. dev.	uM	Std. dev.
Birkenes BIE 02	8,61	1	0,00	1	100,30	0,00	5,22	1	0,00	26,60	1	0,00	26,60	1	0,00	0,00
BIE 02 Original	20,36	2	11,34	1	126,76	0,00	24,64	1	0,00	49,26	2	3,69	49,26	2	3,69	3,69
BIE 02 HPO-A	86,68	2	120,29	1	39,29	0,00	65,81	2	83,28	77,42	2	64,21	77,42	2	64,21	64,21
BIE 02 HPI	249,42	2	345,85	0	NA	0,00	75,58	2	97,22	90,53	2	70,64	90,53	2	70,64	70,64
BIE 02 Cleaned	2,04	1	0,00	1	17,28	0,00	2,78	1	0,00	11,78	1	0,00	11,78	1	0,00	0,00
Birkenes A-horisont	5,02	2	0,84	1	338,24	0,00	13,01	2	5,01	23,53	2	6,30	23,53	2	6,30	6,30
Birkenes B-horisont	5,41	1	0,00	1	125,49	0,00	3,49	1	0,00	30,61	1	0,00	30,61	1	0,00	0,00
Svartberget SVA-E	8,18	2	2,90	0	NA	0,00	7,01	2	4,43	21,58	2	12,90	21,58	2	12,90	12,90
SVA-E Original	165,22	2	219,49	1	32,26	0,00	61,20	2	82,06	84,15	2	62,38	84,15	2	62,38	62,38
SVA-E HPO-A	311,49	2	370,13	1	54,41	0,00	65,66	2	81,84	58,55	2	70,96	58,55	2	70,96	70,96
SVA-E HPI	22,87	1	0,00	1	44,41	0,00	4,45	1	0,00	30,78	1	0,00	30,78	1	0,00	0,00
SVA-E Cleaned	156,60	2	218,58	1	466,35	0,00	62,73	2	85,11	81,34	2	68,36	81,34	2	68,36	68,36
Svartberget A-horisont	7,52	3	9,00	1	278,92	0,00	11,55	3	9,04	30,50	3	8,94	30,50	3	8,94	8,94
Svartberget B-horisont	59,28	3	91,50	1	421,71	0,00	10,94	3	7,64	45,70	3	11,66	45,70	3	11,66	11,66
Gardermoen A-horisont	43,03	3	41,32	2	511,36	32,44	2.374,24	1	0,00	85,03	3	57,14	85,03	3	57,14	57,14
Gardermoen B-horisont	23,22	3	6,69	1	1.964,37	0,00	908,22	2	30,90	146,99	3	48,67	146,99	3	48,67	48,67
Nordmoen A-horisont 3	180,93	2	250,26	2	31,04	0,70	63,22	2	87,70	59,06	2	74,93	59,06	2	74,93	74,93
Nordmoen A-horisont 11	10,45	1	0,00	1	983,49	0,00	19,31	1	0,00	24,76	1	0,00	24,76	1	0,00	0,00

## Appendiks R:

Tabell med verdier fra analyse på atomabsorpsjonspektrofotometer.

Prøveidentifikasjon	Na+	K+	Mg++	Antall analyser	Mg++ mg/L	Avg.	Mg++ Std. dev.	Ca++	Antall analyser	Ca++ Std. dev.	Al+++	mg/L	Fe++	Antall analyser	Fe++ Std. dev.
	mg/L	mg/L	mg/L		mg/L			mg/L			mg/L	mg/L	mg/L		
Birkenes BIE 02			0,20		0,12			0,71		0,50	0,00	NA	NA		0,00
Birkenes BIE 02 Ubehandlet	2,30	2,90	NA		0,00			NA		0,00		0,00	0,00	2	0,00
Birkenes BIE 02 HPO-A	177,5	0,4	0,07	2	0,04			4,22		2,98		NA	NA		0,00
Birkenes BIE 02 HPI	2,5	11,9	0,14	2	0,13			0,78		0,55		NA	NA		0,00
Birkenes BIE 02 Renset	48,52	5,08	0,00	2	0,00			0,13		0,09		0,00	0,00	2	0,00
Birkenes O-horisont	2,51	3,11	0,25		0,14			0,44		0,31	0,23	0,00	0,00	2	0,00
Birkenes B-horisont	3,30	9,61	0,21		0,12			0,23		0,16	0,23	0,00	0,00	2	0,00
Svartberget SVA-E			0,57		0,33			2,02		1,43	0,00	NA	NA		0,00
Svartberget SVA-E Ubehandlet	1,19	2,46	NA		0,00			NA		0,00		1,15	1,15	2	0,00
Svartberget SVA-E HPO-A	148,4	0,4	0,53	2	0,31			3,92		2,77		NA	NA		0,00
Svartberget SVA-E HPI	2,5	6,5	0,69	2	0,40			2,11		1,49		NA	NA		0,00
Svartberget SVA-E Renset	113,35	3,86	0,00	2	0,00			0,11		0,08		1,01	1,01	2	0,00
Svartberget A-horisont	1,91	412,37	0,21		0,12			0,84		0,59	0,62	0,25	0,25	2	0,08
Svartberget B-horisont	1,66	0,20	0,50		0,29			1,83		1,29	0,00	0,11	0,11	2	0,15
Nordmoen O-horisont 3	0,11	0,00	0,00	2	0,00			0,17		0,12		0,00	0,00	2	0,00
Nordmoen O-horisont 11	0,27	0,40	0,40	2	0,23			2,68		1,90		0,00	0,00	2	0,00
Gardeimoen A-horisont	6,11	95,52	0,24	3	0,04			2,15	*	0,01		0,00	0,00	2	0,00
Gardeimoen B-horisont	5,17	67,80	0,231305	3	0,05			1,10	*	0,03		0,00	0,00	2	0,00

## Appendiks S:

Tabell med resterende verdier fra Tabell 5.2.2: "Sammenligning av verdier".

Fraksjon	Ionestyrke	R <sup>2</sup>	Prøver	pH	K'	K <sub>k</sub>	N
BIE02 Ubehandlet	Justert	0.49	1	5,10	0.89	1.42	1.19
BIE02 HPO-A	Justert	0.31	1	5,38	-0.16	-7.31	0.18
BIE02 HPI		0.45	1	4,79	3.63	0.42	0.65
BIE02 Renset	Justert	0,91	1	5,06	1,71	0,75	1,28
SVA-E Ubehandlet	Justert	0,85	1	5,07	2,22	0,58	0,83
SVA-E HPO-A	Justert	0.32	1	5,39	0.52	2.18	0.80
SVA-E HPI		0.08	1	4,74	1.63	0.99	1.33
SVA-E Renset	Justert	0.27	1	4,90	0.18	7.72	0.49

## Appendiks T:

Tabeller som inneholder detaljerte gjennomganger av hvert titreringsforløp.

Tabell T.1a: ”Detaljer i pH-titreringen for Birkenes Ubehandlet”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	2496	6.464	6.493	6.96	7.00	4.02	4.00	Kalibrering av elektrode	-0.029
	2650	7.402	7.389					Pause i 3 minutter	0.013
4 timer	2822	8.096	7.968	7.01	7.00	3.97	4.00	Kalibrering av elektrode	0.128
6 timer	6500	10.370	10.353					Pause i 30 minutter	0
	6500	10.353	10.407	6.95	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode	0

Tabell T.1b: ”Detaljer i pH-titreringen for Birkenes Hydrofobe syrer (HPO-A)”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
	2344-2350	4.174	4.730					Magnetrører stoppet	-0.008
	2352	4.730	4.722					Magnetrører i gang	0.001
2 timer	2618	5.300	5.323	6.96	7.00	4.00	4.00	Kalibrering av elektrode	-0.023
	2750	5.815	5.803					Pause i 10 minutter (pH ved 2752 µl: +0.005)	0.012
4 timer	2940	7.059	7.019	6.99	7.00	4.00	4.00	Kalibrering av elektrode	0.040
	3062	7.664	7.657					Pause i 2 minutter	0.007
	3630-3640	9.661	9.667					Magnetrører stoppet	0
	3642	9.667	9.686					Magnetrører i gang	0
7 timer	10000	10.324	10.347	6.98	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode	0
	10000	10.347	10.313					Pause i 20 minutter	0

Tabell T.1c: ”Detaljer i pH-titreringen for Birkenes Hydrofile (HPI)”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	2584	4.857	4.846	6.98	7.00	4.00	4.00	Pause i 10 minutter og kalibrering av elektrode	0.011
	2940	5.486	5.464					Pause i 5 minutter	0.022
4 timer	3080	5.897	5.815	7.01	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode	0.082
	3202	6.684	6.689					Pause i 5 minutter	-0.005
6 timer	3372	7.724	7.626	6.98	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode	0.098
	3668	8.464	8.450					Pause i 5 minutter	0.014
8 timer	3670	8.450	8.420	6.99	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode (pH ved 3670: +0.001)	0.030
9.5 timer	6500	10.098	10.119	7.00	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode	0

Tabell T.1d: ”Detaljer i pH-titreringen for Birkenes Renset”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	1704	6.871	6.911	7.00	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode	-0.040
4 timer	1950	8.496	8.442	6.99	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode og pause i 10 minutter	0.054
5.5 timer	5500	10.468	10.480	7.00	7.00	4.00	4.00	Kalibrering av elektrode	0

Tabell T.2a: ”Detaljer i pH-titreringen for Svartberget Ubehandlet”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	3870	6.922	6.877	6.99	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode	0.045
	4390	7.864	7.844					Pause i 1 minutt	0.020

Tabell T.2b: ”Detaljer i pH-titreringen for Svartberget Hydrofobe syrer (HPO-A)”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	3490	6.444	6.380	7.03	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode og pause i 15 minutter	0.064
	3492								0.006

Tabell T.2c: ”Detaljer i pH-titreringen for Svartberget Hydrofile (HPI)”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	2766	6.364	6.352	6.96	7.00	4.01	4.00	Kalibrering av elektrode og pause i 15 minutter	0.012
4.5 timer	10000	10.394	10.394	7.00	7.00	4.00	4.00	Kalibrering av elektrode	0

Tabell T.2d: ”Detaljer i pH-titreringen for Svartberget Renset”.

Tid etter start	µl NaOH tilsatt	pH før hendelse	pH etter hendelse	Buffer 7.00		Buffer 4.00		Hendelse	Verdi tillagt etter hendelse
				Fra	Til	Fra	Til		
2 timer	3332	6.475	6.394	7.01	7.00	3.99	4.00	Kalibrering av elektrode og pause i 10 minutter	0.081
	3850	7.662	7.648					Pause i 1 minutt	0.014
	4100	8.190	8.173					Pause i 1 minutt	0.017