

# Kaks og borevatn frå boring av energibrønnar

Karakterisering og analyser

**Kim Runar Søgner Haugsbø**

Geologi

Innlevert: Mai 2013

Hovedveileder: Bjørge Brattli, IGB

Medveileder: Bjørn Frengstad, NGU  
Randi Kalskin Ramstad, Asplan Viak

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Institutt for geologi og bergteknikk





---

## Samandrag

I denne oppgåva blir det undersøkt i kva grad partikkelureining frå boring av energibrønner er ei belastning for miljøet. Det blir gjort samanlikningar med utslepp frå veg, i forhold til kornstorleik og kor store mengder av slike partiklar som blir sluppe ut årleg. 58 kaksprøver frå 53 lokalitetar blir sikta og 23 prøver av borevatn blir analysert. 73 XRD-analyser blir gjennomført totalt, av desse er 43 på bulkprøver frå kakset, 5 på finfraksjonen ( $<63\text{ }\mu\text{m}$  kornstorleik) frå kakset, og 25 på finfraksjonen frå partiklane i borevatnet. Av desse blir data frå dei prøvene ein har gode metadata for, behandla vidare.

Dataa viser at kornkurvene til bergartane fell i to grupper. Den eine gruppa har veldig like kornkurver, medan dei for den andre gruppa varierer mykje meir. XRD-dataa blir brukt til å undersøke om innhaldet av visse mineral heng saman med andre parameterar.

Konklusjonen er at borkaksutslepp ikkje er ei stor kjelde til partikkelureining. Mest vatn kjem frå dei krystalline bergartane. Ein fann ingen samanheng mellom vassgivarevne for brønn og finstoffinnhald i borevatnet. Vidare arbeid kan være å jobbe vidare med prøvematerialet som er grunnlag for denne oppgåva.

## Abstract

This thesis investigates to what degree particle emissions from the drilling of energy wells is an environmental problem. Comparisons with road emissions are made, with regard to grain size distribution and amount of particles released annually. 58 samples of cuttings from 53 localities are sieved and 23 samples of water produced while drilling is analysed. In total, 73 X-ray diffraction analyses are completed, 43 of which are from bulk samples of the cuttings, 5 are from the finest fraction of the cuttings ( $<63\text{ }\mu\text{m}$  grain size), and 25 are from the finest fraction of the particles in the water. Of these, data from those for which good metadata exist, are examined further.

The data show that the grain size distribution curves fall into two categories. One group is comprised of very similar curves, and those of the other are more varied. XRD data is used to ascertain whether certain minerals are connected to other parameters.

The conclusion is that these kinds of emissions are a not very important source of particle pollution. Crystalline rocks give the most water. No con-

---

nection is found between amount of water produced from a well and amount of fine material in the water. Further work can be to continue working with the sample material that is the basis of the present thesis.

---

## Føreord

Tiefe Brunnen muss mann graben  
wenn mann klares Wasser will

Sitatet over er frå songen *Rosenrot* av det tyske industrial-metal-bandet *Rammstein*. Det er ei konsis oppsummering av bakgrunnen for denne oppgåva, sjølv om det først og fremst er energibrønner ho handlar om. Kanskje kunne ein for dette føremonet skrive teksten om til

Tiefe Brunnen muss mann graben  
wenn mann viele Energie will

Det ville fortsatt rime.

Denne oppgåva er skriven for eit større publikum enn dei fleste masteroppgåver. Det har blitt sagt at interessa for resultata av undersøkingane ho omhandlar er stor, og at ho vil bli lest av ein del menneske. Difor inneheld ho kanskje noko meir og variert bakgrunnsmateriale enn vanleg ville vere i eit arbeid meint kun for akademika.

Eg ynskjer først og fremst å takke rettleiarane mine, professor Bjørge Brattli ved Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, Dr. ing. Bjørn Frengstad ved NGU og Dr. ing. Randi Kalskin Ramstad ved Asplan Viak og Institutt for geologi og bergteknikk ved NTNU.

Takk til alle borefirmaa (tabell 3.1) for velvilje og hjelp til innsamling av prøvemateriale. Det hadde sjølvstendig ikkje vore mogleg å gjennomføre dette arbeidet utan dette samarbeidet. Kvar gong eg har ringt og bedt om å få kome innom borestadar har eg fått rikeleg med adresser å reise til. Eg vil i den forbindelse spesielt takke Bjørn Einar Barman i Universal Brønnboring AS og Guro Myhre i Brødrene Myhre AS for grundig gjennomføring og organisering av prøveinnsamling i sine firma.

Takk også til Gunnar Vistnes ved Ingeniørgeologilaboratoriet på Institutt for geologi og bergteknikk, og til Miriam Søggen Haugsbø for å ha vært nidkjær i tenesta som korrekturlesar.

---

# Innhald

Føreord . . . . .	iii
<b>1 Innleiing</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for oppgåva . . . . .	2
1.1.1 Hovedspørsmål som skal besvarast i denne oppgåva . .	2
1.1.2 Ureining . . . . .	3
Generelt om ureining . . . . .	3
Ureining av ferskvatn . . . . .	4
1.1.3 Søknadsprosess for påslepp av borevatn i Oslo kommune	4
1.1.4 Straffesak mot Båsum Boring AS . . . . .	6
1.1.5 Skoklefalltjern . . . . .	8
<b>2 Borutstyr og problemstillingar</b>	<b>11</b>
2.1 Borutstyret; Down The Hole og topphammar . . . . .	11
2.1.1 Boravvik . . . . .	13
2.2 Grunnen til at ein brønn produserer vatn . . . . .	13
2.2.1 Strøymingslikningar . . . . .	16
2.3 Renseløysingar for slamhaldig vatn . . . . .	17
2.3.1 Naturleg utfelling . . . . .	18
2.3.2 Tilsetting av flokkuleringsmiddel . . . . .	19
2.3.3 Infiltrasjon . . . . .	21
2.4 Effekten av slam på levande organismar . . . . .	21
2.4.1 Fisk . . . . .	22
Gråelva i Stjørdal . . . . .	23
Laksefisk . . . . .	23
2.4.2 Plankton . . . . .	24
2.5 Om elver og sedimenttransport . . . . .	25
2.5.1 Menneskeleg påverknad på sedimentproduksjon og trans- port . . . . .	26
2.6 Sedimentproduksjon generelt . . . . .	27
2.7 Vegstøv . . . . .	28

2.8	Bergartar som gir mykje vatn . . . . .	30
2.9	Steinstøv som gjødsel . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>35</b>
3.1	Prøveinnsamling . . . . .	35
3.1.1	Innsendte prøver . . . . .	37
3.1.2	Sjølvplokka prøver . . . . .	40
3.1.3	Prøvenummerering . . . . .	42
3.2	Klassifisering . . . . .	42
3.3	Analyser . . . . .	42
3.3.1	Røntgendiffraksjon . . . . .	43
	Fråskilling av prøver . . . . .	44
	Preparering for XRD . . . . .	44
3.3.2	Sikting av kaks . . . . .	48
	Testsikting . . . . .	49
3.3.3	Vatn . . . . .	54
	Framgangsmåte for handtering av vassprøver . . . . .	54
3.3.4	Håndstykke . . . . .	54
3.4	Databehandling . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Data</b>	<b>59</b>
4.1	Klassifisering av lokalitetar . . . . .	59
4.2	Sikteprøver . . . . .	64
4.2.1	Andel av kakset som er mindre enn 63 µm, skilnad mellom bergartar . . . . .	66
4.2.2	Kornkurver for bergartar . . . . .	69
4.2.3	Inndeling i grovkornige og finkornige bergartar . . . . .	73
4.3	XRD-resultat . . . . .	76
4.3.1	Mineralinnhald i <i>suspendert materiale</i> samanlikna med mineralinnhald i <i>borekaks</i> . . . . .	79
4.3.2	Mineralinnhald i <i>borekaks</i> og finstoffandel i <i>borekaks</i> . . . . .	83
4.3.3	Mineralinnhald i <i>bulkprøver av borekaks</i> og mineralinnhald i <i>finstoff frå borekaks</i> . . . . .	88
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>91</b>
5.1	Skilnad på kornkurvene til ulike bergartar . . . . .	91
5.1.1	Andel av kakset som endar som finstoff . . . . .	91
5.1.2	Skilnad mellom finkornige og grovkornige bergartar . . . . .	93
5.2	Borrigg med støvsugar påmontert . . . . .	94
5.3	Vassgivarevne . . . . .	95
5.3.1	Vassgivarevne og finstoffinnhald i <i>borevatnet</i> . . . . .	98

## INNHALD

---

5.4	Mineralinnhald i <i>suspendert materiale</i> samanlikna med mineralinnhald i <i>bulkprøver av borekaks</i> . . . . .	100
5.5	Mineralinnhald i <i>finstoffprøver av borekaks</i> samanlikna med mineralinnhald i <i>bulkprøver av borekaks</i> . . . . .	100
5.6	Turbiditet som kriterie for å vurdere slamgehalt . . . . .	100
5.7	Samanlikning med vegstøv . . . . .	102
5.7.1	Mengdeberekning borekaks . . . . .	104
5.8	Borkaks sin verknad ved utslepp til vassdrag . . . . .	105
5.8.1	Mengdeberekning for utslepp frå eitt borhol . . . . .	105
<b>6</b>	<b>Konklusjon og vidare arbeid</b>	<b>107</b>
6.1	Vidare arbeid . . . . .	107
<b>A</b>	<b>Korrespondanse</b>	<b>115</b>
<b>B</b>	<b>Tabell over alle sikteanalyser</b>	<b>121</b>
B.1	XRD-tabell . . . . .	123
B.2	Lokalitetar med beskrivelse frå NGU sine databasar . . . . .	141
<b>C</b>	<b>Kildekode</b>	<b>149</b>
C.1	Parsing . . . . .	149
C.2	Plott og diagram . . . . .	151
C.3	XRD-data . . . . .	160
<b>D</b>	<b>Dom mot Båsum</b>	<b>191</b>





# Figurar

1.1	Prinsippskisse av ureining og naturtilstand . . . . .	4
2.1	Borsynk som funksjon av borholdsdjup . . . . .	12
2.2	Geysir i Lommedalen . . . . .	15
2.3	<i>Kaxlådan.</i> . . . .	19
2.4	Mobilt renseanlegg for borevatn . . . . .	20
2.5	Elvesvingar. . . . .	25
2.6	Kornkurve for vegstøv frå ei gate i Australia. . . . .	30
2.7	Boxplot over vassgivarevne for hovedbergartar i Noreg . . . . .	32
2.8	Frekvensfordeling vassgivarevne <i>kalkstein</i> . . . . .	33
3.1	Framsida av prøveinnsamlingsprosedyra. . . . .	38
3.2	Baksida av prøveinnsamlingsprosedyra. . . . .	39
3.3	Reiserute første turné . . . . .	41
3.4	Prinsippet for røntgendiffraksjon. . . . .	43
3.5	Maling av prøver i mikroniseringsmølle. . . . .	46
3.6	Preparering av prøver for XRD. . . . .	47
3.7	Prøve på benk og i XRD-maskina. . . . .	48
3.8	Framgangsmåte for våtsikting av kaks. . . . .	50
3.9	Sikting av kaks. . . . .	51
3.10	Endeleg kornkurve for prøvenummer BØ og UN. . . . .	53
3.11	Utdrag frå fil med måledata og notatar . . . . .	55
3.12	Utdrag av tabseparerte data. . . . .	56
3.13	emacs org-mode. . . . .	57
4.1	Kart over prøvene frå Oslofeltet . . . . .	63
4.2	Boxplot over alle prøvene, gruppert etter kornstorleik. . . . .	65
4.3	Boxplot over alle prøvene, kumulative verdier. . . . .	66
4.4	Boxplot over dataa i tabell 4.4. . . . .	68
4.5	Histogram for sikteanalyse fraksjon $<63\text{ }\mu\text{m}$ . . . . .	68
4.6	Kornkurver for kalkstein. . . . .	69

4.7	Kornkurver for leirskifer. . . . .	70
4.8	Kornkurver for granittisk gneis. . . . .	70
4.9	Ikkje kumulative kornkurver for granittisk gneis. . . . .	71
4.10	Kornkurver for glimmergneis. . . . .	71
4.11	Ikkje kumulative kornkurver for glimmergneis. . . . .	72
4.12	Ikkje kumulative kornkurver for kalkstein og leirskifer. . . . .	72
4.13	Kornkurver for prøver klassifisert som <i>finkornige</i> . . . . .	74
4.14	Kumulative kornkurver for prøver klassifisert som <i>finkornige</i> . . . . .	74
4.15	Kornkurver for prøver klassifisert som <i>grovkornige</i> . . . . .	75
4.16	Kumulative kornkurver for prøver klassifisert som <i>grovkornige</i> . . . . .	75
4.17	Mineralklassifisering . . . . .	76
4.18	Søylediagram over XRD-prøver . . . . .	78
4.19	Søylediagram over XRD-prøver, bulk. . . . .	79
4.20	Scatterplot for VF mot KB for sjiktsilikat . . . . .	80
4.21	Scatterplot for VF mot KB for karbonat . . . . .	80
4.22	Scatterplot for VF mot KB for kvarts . . . . .	81
4.23	Scatterplot for VF mot KB for feltspat . . . . .	81
4.24	Scatterplot for VF mot KB, alle mineralgrupper . . . . .	82
4.25	Scatterplot for VF mot KB, alle mineralgrupper, <10 % . . . . .	83
4.26	Scatterplot for kvartsinnhald og andel av kakset i visse fraksjonar. . . . .	84
4.27	Kvartsinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset. . . . .	85
4.28	Innhald av sjiktsilikat i bulkprøver av kaks mot andel av kakset under 63 $\mu\text{m}$ . . . . .	86
4.29	Innhald av sjiktsilikat i bulkprøver av kaks mot andel av kakset mellom 63 $\mu\text{m}$ og 125 $\mu\text{m}$ . . . . .	86
4.30	Feltspatinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset. . . . .	87
4.31	Karbonatinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset. . . . .	87
4.32	Scatterplot for KF mot KB, alle mineralgrupper . . . . .	88
4.33	Scatterplot for KF mot KB, alle mineralgrupper, <10 % . . . . .	89
5.1	Scatterplot av andel finstoff mot vassgivarevne for brønnen. . . . .	92
5.2	Myhre sine prøver frå brønnar bora med rigg påmontert støvsugar. . . . .	95
5.3	Vassgivarevne for lokalitetane frå tabell 4.1 . . . . .	97
5.4	Scatterplot av finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønnen, <63 $\mu\text{m}$ . . . . .	99
5.5	Prøvenr. MT, mineralinnhald i <i>kaks bulk</i> og <i>vatn finstoff</i> . . . . .	101
5.6	Prøvenr. BA, mineralinnhald i <i>kaks bulk</i> og <i>vatn finstoff</i> . . . . .	102
A.1	Følgebrev. . . . .	116

## FIGURAR

---

A.2	Framsida av informasjonsskrivet. . . . .	117
A.3	Baksida av informasjonsskrivet. . . . .	118
A.4	Oppgåvetekst . . . . .	119
A.5	Prøveliste . . . . .	120



# Tabellar

1.1	Grenseverdier for påsepp av vatn til offentlig avløpsnett i Oslo	5
1.2	Verdier frå Rambøll sin rapport frå Skoklefalltjern . . . . .	9
1.3	Metallureiningar i overflatevatn . . . . .	10
1.4	Resultat, analyse av borkaks Nesodden . . . . .	10
2.1	Tabell over vegstøvprøver delt i tre fraksjonar. . . . .	29
2.2	Tabell over vegstøvprøver delt i fire fraksjonar. . . . .	29
2.3	Målingar av partikkelstorleik på vegstøv. . . . .	29
3.1	Firma som har levert prøver.Det er totalt 52 prøver. . . . .	36
3.2	testsikting av BØ-kaks. . . . .	52
3.3	testsikting av UN-kaks. . . . .	53
4.1	Tabell over lokalitetar med UTM-koordinatar . . . . .	60
4.2	Statistikk for dei ulike storleiksfraksjonane. . . . .	64
4.3	Statistikk for finfraksjon (<63 µm) etter bergart. . . . .	67
4.4	Statistikk for finfraksjon ( <63 µm) etter bergart. . . . .	67
4.5	Gruppering av mineral . . . . .	77
5.1	Verdier frå tabell 2.3 Interpolerte og ekstrapolerte . . . . .	103
5.2	Inngangsparameterar mengde borkaks. . . . .	104
B.1	Kornstorleikssfordeling for alle prøvene. . . . .	122
B.2	XRD-resultat . . . . .	123
B.3	Lokalitetar . . . . .	141



# Kapittel 1

## Innleiing

I takt med at bruk av undergrunnen vert meir utbreidd både for uthenting og dumping av varme vert miljøproblem knytt til boring av dei nødvendige brønnane ei stadig viktigare problemstilling, som i det siste har fått aukande merksemd frå styresmaktene og borebransjen sjølv.

Giftig er kakset ikkje, med mindre berggrunnen sjølv er det. Kakset er naturleg, det består ganske enkelt av knust berg. Det er ikkje tilsett noko anna enn rein luft og grunnvatn. Grunnen til at handtering av slikt materiale likevel vert rekna som eit potensielt miljøproblem, er at det inneheld mykje finkornig materiale. Medianen for dataa presentert i kapittel 4 er at 12,49 % har kornstorleik under  $63\text{ }\mu\text{m}$ , og kjem under definisjonen *finstoff*. Dette er materiale som lett lar seg vaske ut og kan bli frakta langt av rennande vatn. Det aller finaste materialet kan til og med la seg bere av vinden. Fokus frå styresmakter og bransje er altså først og fremst retta mot partikkelutslepp.

Luftbore støv blir ansett som eit alvorleg *helseproblem* for menneske, men det er ikkje vanleg å snakke om det som eit *miljøproblem* i den forstand. Støvutslepp får ein berre når brønnen har veldig lita vassgivarevne, og det kan uansett enkelt eliminerast ved å tilsette små mengder vatn under boring. Dei problematiske partikkelutsleppa frå brønnboring er altså ikkje til luft, dei er til vatn, og oppstår når brønnen produserer svært store mengder vatn.

Eksempel på utslepp som har skjedd i seinare tid er å finne i avsnitt 1.1.4 og 1.1.5. Dette er typiske eksempel på utslepp som alle etterkvart er einig om burde vore unngått. Dei oppstår av same grunn som andre uønska utslepp av potensielt miljøfarlege stoff; ved tankeløyse, feilvurderingar eller hastverk. Utslepp som skjer med overlegg kor motivet er å spare pengar på avfallshandtering, får vi håpe er skjeldan.

Det er naturleg å skrive litt om naturleg sedimentproduksjon i ei slik oppgåve, for å få ein kontrast til det menneskelege bidraget. Kapittel 2.5 tar for seg dette. Det er også naturleg å samanlikne borekaks med andre typar menneskelege sediment, for eksempel vegstøv, som det står om i kapittel 2.7.

## 1.1 Bakgrunn for oppgåva

### 1.1.1 Hovedspørsmål som skal besvarast i denne oppgåva

- karakterisere borekaks og borevatn frå boring av energibrønner i Noreg
- Samanlikne mineralogi for borevatn og borekaks
- Samanlikne mengde og karakter for borekaks og vegstøv
- undersøke litteratur om konsekvensar av utslepp av finfraksjonen av borekaks til vassdrag på økosystem nedstrøms, med hensyn på
  - kornform og -storleik
  - tilslamming av botnen
- Undersøke litteratur om renseløysingar for borevatn
- Undersøke kva skilnadar det er mellom bergartane for problemstillingane over

Desse spørsmåla er forsøkt svart på gjennom litteraturstudium og eit prøvetakings- og analyseprogram. Først og fremst er det spørsmålet om kva andel av kakset som er finkornig nok til å late seg transportere med vatn som har fått fokus, samt om det er store forskjellar mellom bergartane.

For å svare på problemstillinga til denne oppgåva er det nyttig å ta utgangspunkt i *forurensningsloven* (Miljøverndepartementet, 1981). Denne seier at det i utgangspunktet er ulovleg å ureine. Sjølv om lova for å mogleggjere økonomisk aktivitet opnar for ureining til dømes som følgje av mellombels anleggsverksemd, er desse forholda likevel regulerte.

Ved boring i tettbygde strøk er det ofte nødvendig å samle opp kakset og få det levert til godkjent oppsamlingsplass. Nokre borefirma har eigne løysingar i form av fleirkamra containrar eller tankar, men det vanlegaste er å leige standard avfallscontainerar på rundt 8 m<sup>3</sup> til 10 m<sup>3</sup> til å samle opp kakset.



## 1.1. BAKGRUNN FOR OPPGÅVA

---

I dei fleste tilfelle er det eit visst vassinnslag i ein brønn under boring, noko som nøytraliserer svevestøvproblemet. På den andre sida blir store mengder vatn eit problem i seg sjølv, viss ein ikkje har høve til å bli kvitt det. Det ideelle er å la vatnet infiltrere ned i grunnen av seg sjølv, på ein stor plen eller liknande.

Ute i felten er ikkje dette alltid mogleg. Mykje boring foregår i tettbygde strøk der det ikkje er areal tilgjengeleg for infiltrasjon. Vatnet vil havne i containeren i lag med kakset, og viss brønnen produserer mykje vatn vil det snart renne over med vatn fullt av slam. Det er for tungvint å frakte containerar fulle med vatn til deponi, og det vanlege er difor å kvitte seg med vatnet lokalt og berre frakte vekk kakset som ligg igjen i containeren.

Det er her problema kan oppstå. Eigarar av leidningsnett og kummar er ikkje alltid så glade for at slamhaldig vatn skal renne ned i kummar og fylle sandfang eller i verste fall blokkere leidningar. Likeeins er det uheldig viss vatnet renn direkte ut i vassdrag og våtmarksområde. Dette kan få konsekvensar spesielt for fiskeegg og -yngel, samt deira byttedyr.

### 1.1.2 Ureining

#### Generelt om ureining

Ureining kan ta mange former, det kan vere i form av støy, lys og varme, eller meir handgripelege ting som giftige kjemikalier, støv, partiklar og klimagasar. Det treng ikkje vere slik at ureininga er direkte giftig: viss avrenning frå landbruksverksemd fører til kraftig algevekst er det konsentrasjonen av ureininga som er for stor, ikkje stoffa i utsleppet som i seg sjølv er uheldig for økosystemet. Her er det *mengda* som tel. Er utsleppa små nok blir dei brotne ned i naturen utan observerbare konsekvensar.

I andre tilfelle er det ikkje noko nedre grense for konsentrasjonar som kan seiast å vere utan konsekvensar. Dette gjeld særskilt tungmetall. Dei er *grunnstoff*, stoff som ikkje kan brytast ned og forsvinne. Slike stoff blir i nokre tilfelle tatt opp i næringskjeda og oppkonsentrert. Dette er særskilt eit problem for dyr høgt oppe i næringskjeden, til dømes menneske(Mattilsynet, 2013).

I tillegg har ein essensielle grunnstoff som er absolutt nødvendige for at ein organisme skal fungere, men som i høge konsentrasjonar er giftige. Kva stoff dette gjeld vil variere frå art til art. Kopar er til dømes essensielt for fosterutvikling hos pattedyr, men giftig i større mengder(Lee et al., 2001; Gaetke

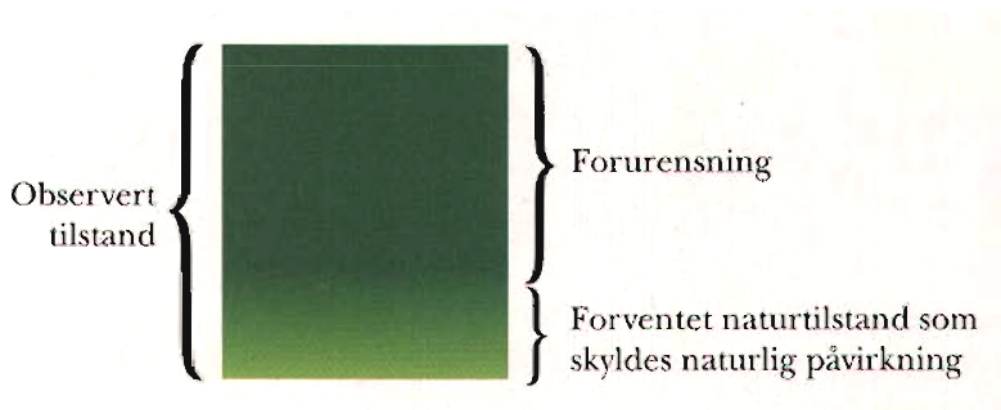
og Chow, 2003). Det same stoffet er giftig for mange organismar i vatn sjølv i svært låge konsentrasjonar(Santore et al., 2001).

For å gjere biletet endå meir komplisert vil ulike stoff påvirke kvarandre. Eit eksempel er sink sin effekt på opptaket av kopar hos menneske: Høgt inntak av sink vil gi redusert opptak av kopar, og avhengig av koparinnhaldet i kosten kan *det* gi mangelsjukdommar(Sandstead, 1995).

Alt i alt betyr dette at det er fornuftig å vere føre var når det gjeld utslepp av potensielt farlege stoff til naturen.

### Ureining av ferskvatn

Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) <sup>1</sup> ga i 1997 ut *Veiledning 97:04 Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann*, som inneheld detaljerte retningslinjer for korleis ein skal gå fram for å bestemme om ferskvatn er ureina eller ikkje(Klif (SFT), 1997). Figur 1.1 er henta derifrå. Han illustrerer at ein vil forvente å finne eit visst naturleg bakgrunnsnivå av potensielt giftige stoff.



Figur 1.1: Prinsippkisse av ureining og naturtilstand. Etter Klif (SFT) (1997)

#### 1.1.3 Søknadsprosess for påslepp av borevatn i Oslo kommune

I Oslo er utslepp av borevatn regulert gjennom eit frivillig søknadssystem. Dersom søknaden blir godkjend får utbygger lov til å sleppe vatnet til ein kum som kommunen anviser. Det blir stillt ei rekke krav til vatnet, blant anna

---

<sup>1</sup>Dåverande Statens forurensningstilsyn (SFT)

## 1.1. BAKGRUNN FOR OPPGÅVA

---

eit maksimalt partikkelinnhald på 400 mg/l for påslepp til *spillvannsledning*, eventuelt kan Fylkesmannen stille strengare krav viss vatnet skal sleppast til *overvannsledning* (Oslo kommune, 2013). Det blir forutsett at vatnet blir rensa ved sedimentering i fleirkamra container (Oslo kommune, 2012).

I skriv frå Oslo kommune vert grenseverdier for avløpsvatnet sitt innhald av ei rekke stoff oppgitt. Kommunen har følgande målsetjing med oppretting av slike verdier:

Vår målsetting er at resipienter skal tilføres så lite forurensning som mulig, at renseanleggene skal kunne driftes optimalt, og at det avløpsslammet som produseres skal ha en kvalitet som tilfredsstiller kravene for jordbruksanvendelse (Oslo kommune, 2013, side 1).

I tabell 1.1 er desse grenseverdiane oppgitt. For at desse verdiane skal vere lett samanliknbare med verdier andre plassar i denne oppgåva er tala her gitt i µg/l, heller enn mg/l, er brukt i originalen. Også Klif (SFT) (1997) brukar µg/l som eining.

Vidare står det i skrivet frå kommunen at verdiane i tabell 1.1 er *veiledende* grenseverdier, men det står òg at det er *øvre* grenser som må respekterast til ei kvar tid (Oslo kommune, 2013). Tankegangen er at vatn som inneheld miljøgifter skal rensast på staden, der det er mest konsentrert, heller enn at sterkt ureina vatn skal tynnast ut av reinare vatn og seinare bli rensa på eit sentralt anlegg mot ein mykje høgre kostnad.

For brønnboring er det nok kravet om maksimalt innhald av suspendert materiale på 400 mg/l, eventuelt lågare, som er mest relevant. Ved store vassmengder kan det vere ei utfordring å få finstoffet til å sedimentere i containeren.

### 1.1.4 Straffesak mot Båsum Boring AS

Etter lengre tids konflikt mellom Oslo kommune og firmaet Båsum Boring AS gjekk Oslo kommune til anmeldelse. Det gjaldt 6 tilfelle av utslepp av borevatn til ulike vassdrag i Oslo i perioden november 2004 til mai 2010.

25. august 2011 avsa Oslo Tingrett dom i saka mellom *Den offentlige påtalemyndighet* og *Båsum Boring AS*. Båsum blei dømt til å betale 600000 kroner i bot for 6 tilfelle av brot på «forurensningsloven, § 78 andre ledd første straffalternativ jf § 7 første ledd, jf § 48a, jf straffeloven § 63 og straffeloven § 61» (Oslo tingrett, 2011).

Tabell 1.1: Grenseverdier for påsepp av vatn til offentleg avløpsnett i Oslo. Etter Oslo kommune (2013). I originalen er verdiane oppgitt som mg/l, her:  $\mu\text{g/l}$ . I tillegg er grenseverdiane for Tilstandsklasse V frå Klif sin rettleiar Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann oppgitt (Klif (SFT), 1997).

Stoff	Grenseverdi ( $\mu\text{g/l}$ )	
	Oslo kommune	Tilstandsklasse V
Aluminium	30 000	
Arsen	1000	
Bly	50	5
Jern	5000	
Kadmium	2	0,4
Klorid	$2,5 \times 10^6$	
Kopar	200	6
Kobolt	5	
Krom, 3-verdig	50	50
Krom, 6-verdig	0	
Kvikksølv	2	0,02
Magnesium	$3 \times 10^5$	
Nikkel	50	10
Olje	50 000	
Sink	500	100
Sulfat, sulfitt	$3 \times 10^5$	
Sulfid	5000	

Saka blei anka, og fjerde oktober 2012 kom dommen i Borgarting Lagmannsrett (Borgarting lagmannsrett, 2012) som laud på 400000 for fire tilfelle av ureining. Denne dommen er gjengitt i D. Retten finn at det ikkje er snakk om *kortvarig miljøpåverknning*, det er heller ikkje grunn til å sjå på utsleppa som *vanlig forurensning* frå anleggsdrift, i og med at problemet berre oppstår ved ein ganske liten andel av boringane. § 8 i *forurensningsloven*, om unntak for forbud mot ureining for mellombels anleggsdrift, får altså ikkje anvending her. Spørsmålet retten behandlar var ikkje om utsleppa hadde ført til ureining, det står rett ut i dommen at det er nok at utsleppet har medført *mulighet* for skade:

At det ikke er ført bevis for at partikkelutslippene faktisk har medført skade i de enkelte tilfellene, er ikke avgjørende, da *mulighet* for skade eller ulempe for miljøet er tilstrekkelig (Borgarting lagmannsrett, 2012, side 5).

## 1.1. BAKGRUNN FOR OPPGÅVA

---

Retten bemerker vidare:

Etter lagmannsrettens vurdering får heller ikke forurensingsloven § 7 andre ledd siste punktum anvendelse i saken. Her fastsettes som nevnt at plikten til å iverksette tiltak er begrenset til tiltak som står i et rimelig forhold til skader og ulemper som skal unngås. Ved boring av energibrønner dreier det seg om relativt enkle og rimelige tiltak; og fremst at man ved planlegging av boringen også tar forurensningsfaren i betraktning, at man har containerkapasitet og annet sikringsutstyr tilgjengelig, for eksempler matter for tildekking av sluk, at man under boringen følger med på hvor vannet tar vegen, og at man om nødvendig stanser boringen inntil tilstrekkelige sikringstiltak er iverksatt. Dette tilsier, slik retten ser det, at det er fullt mulig og ikke uforholdsmessig å forebygge utslipp på en adekvat måte (Borgarting lagmannsrett, 2012, side 6).

Borgarting lagmannsrett meiner med andre ord at desse tiltaka står i *rimeleg forhold* til dei *skader og ulemper som skal unngås*. Tiltaka handlar mest om planlegging, overvaking og beredskap, og om rutiner. Boremannskapet må ganske enkelt ved stor vassproduksjon følge med på kvar vatnet blir av, og enten sørge for at det får infiltrere grunnen, eller samle det opp og late finstoffet felle seg ut inntil vatnet tilfredsstiller krav for utslepp. Alternativet er å avbryte boringa til ein kan kontrollere vatnet.

Dommen er anka til høgsterett, men viss han blir ståande er det rimeleg å tenke at han vil skape presedens, og at det i framtida vil bli forventet at den som utfører boring vil gjere sitt ytterste for å unngå utslepp.

Lagmannsretten mener at det ikke har vært fare for *stor skade*, da det ikke gjelder utslipp av giftige eller farlige stoffer, men om partikler av leire og stein som naturlig fins i de aktuelle områdene. Lagmannsretten mener derimot på samme måte som tingrettens flertall at det foreligger skjerpene omstendigheter. I den forbindelse legger retten vekt på at det gjelder gjentatte overtredelser begått over flere år og at de fire overtredelsene Båsum nå dømmes for, samt det forholdet som er foreldet, avdekker mangelfulle og sviktende rutiner og at selskapet ikke har tatt forurensningsrisikoen tilstrekkelig på alvor. Som gjennomgangen over viser, er det heller ikke slik at problemet med avrenning av boreslam til vassdrag, nødvendigvis henger sammen med ekstremt store vannmengder som det er vanskelig å forutse og sikre seg mot på en fullgod måte (Borgarting lagmannsrett, 2012, side 8).

Retten ser det som skjerpande at Båsum etter deira vurdering har hatt *mangelfulle og sviktende* rutiner og at selskapet ikkje har tatt ureiningsrisikoen på alvor. Dette må soleis stå som ei åtvaring til andre aktørar i bransjen om at ikkje berre utstyr, men også rutiner for handtering av avvik og haldningar i bedrifta må vere i orden.

Saka var oppe i Høgsterett 29. april 2013, men det har i skrivande stund ikkje blitt offentleggjort noko avgjerd.

### 1.1.5 Skoklefalltjern

Skoklefalltjern er eit lite vatn i Nesodden kommune. Vatnet er karakterisert som ein *viktig* lokalitet i *Biologisk mangfold i Nesodden kommune* (Bratli, 2003). Spesielt mange fugleartar har blitt observert her, og vegetasjonen rundt blir karakterisert som *forholdsvis variert* (Bratli, 2003). Alle dei kjende amfibia lever her ifølge Nesodden Kommune sin oversikt (Nesodden Kommune, 2007).

Dei mange dammane på Nesodden er ein del av eit spesielt kulturlandskapet som vaks fram frå 1870-talet. Eksport av is var ei lukrativ næringsverksemd, og på Nesodden var det gode tilhøve for “dyrking” om vinteren, om ein berre hadde ope vatn som kunne fryse til. Moderne kjøleanlegg har forlengst gjort slutt på isskjæring som næringsvei, men mange av dammane står der den dag i dag, og når naturlege tjern og myrer kjem i tillegg gjer dette at Nesodden er unik i Noreg som amfibiehabitat (Sandaas, 2007). Kommunen har tatt sitt ansvar som forvaltar av desse verna områda på alvor. Dei har difor eit velutvikla kontrollsystem for verksemd som foregår i og nær definerte lokalitetar, blant anna Skoklefalltjern.

17. oktober 2012 mottok Skoklefalltjern noko kaks og borevatn under boring av ein energibrønn ca 150 m frå vatnet. Kakset hadde blitt sluppe utfor ein bratt vegskråning, beståande av grov sprengstein, som endte i ein grunn dam oppdemt av ein gangsti. Mykje av kakset hadde nådd botnen av skråningen og runne utover i dammen. Kommunen reagerte med å stoppe boringa og prøveta kakset og vatnet i den vesle elva som drenerte dammen og leidde til Skoklefalltjern.

Rambøll blei engasjert for å undersøke innhald av tungmetall i elvevatnet og tjernet, og vurdere om Skoklefalltjern hadde blitt ureina av boringa. Rambøll tok sine eigne prøver 29 oktober 2012, og hadde i tillegg måleresultat frå prøver tatt i Skoklefalltjern året før, 10 oktober 2011. Ein tabell frå rapporten

## 1.1. BAKGRUNN FOR OPPGÅVA

som viser resultatene av analysene for tungmetall av alle tre prøvesetta er gjengitt i tabell 1.2.

Tabell 1.2: Verdier fra Rambøll sin rapport fra Skoklefalltjern (Rambøll, 2012).

Parametere	Enhet	Klifs tilstandsklasser for metaller etter veileder 97:04					Målestasjon		
		I "Bakgrunn"	II "God"	III "Moderat"	IV "Dårlig"	V "Svært dårlig"	Elvevann 17.10 2012	Skokle- falltjern 10.10. 2011	Skokle- falltjern 29.10. 2012
Arsen	µg/l	2	2-4,8	4,8-8,5	8,5-85	>85	10		0,364
Kadmium, Cd	µg/l	0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	>0,4	0,071	<0.05	0.0112
Krom, Cr (total)	µg/l	0,2	0,2-2,5	2,5-10	10-50	>50	5,2	<0.9	0,286
Kobber, Cu	µg/l	<0,6	0,6 - 1,5	1,5 - 3	3 - 6	>6	5,2	1,98	2,01
Nikkel, Ni	µg/l	<0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 5	5 - 10	>10	39	1,32	0,839
Bly, Pb	µg/l	0,5	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5	49	<0.5	1,49
Sink, Zn	µg/l	<5	5 - 20	20 - 50	50 - 100	>100	150	5,3	1,49
Kvikksølv, Hg	µg/l	0,002	0,002-0,005	0,005-0,01	0,01-0,02	>0,02	0,021		0,003

Som tabell 1.2 viser, er målingene gjort av Rambøll fra sjølve tjernet dels høyere, dels lågere i 2012 samanlikna med litt tidlegare på året i 2011. Måleverdiane fell stort sett i kategoriane *I Bakgrunn* og *II God*, med nokre verdier i kategori *III Moderat* etter skalaen i Klif sin rettleiar (Klif (SFT), 1997). Konklusjonen frå Rambøll var at elvevatnet *var* ureina, men at ureininga ikkje kom frå borkaket (Rambøll, 2012).

Elvevatnet er ei anna sak, her er dei fleste måleverdiane i kategori *V Svært dårlig*, og det einaste av dei åtte metallene i vatnet *ikkje* er særskilt ureina av, er kadmium. Tabell 1.3 viser elvevatnet samanlikna med overflatevatn frå forskjellige kjelder. Det ser ut til at vatnet med hensyn på sink tilsvarar avrenning frå ein sterkt trafikkert veg. Med tanke på nikkel er elvevatnet meir ureina enn alle eksempla i Meland (2012), bortsett frå det urensa vaskevatt frå Nordbytunnelen. Koparverdiane er betrakteleg lågere enn alle eksempla. Når det gjeld krom er verdiane som forventet for det bustad-/villaområdet elva renn igjennom. Det er veldig mykje bly i vatnet, 10 gongar meir enn det som skal til for at vasskvaliteten blir kategorisert som *svært dårlig*. Dette er også langt over dei høgaste verdiane frå vegvatn i tabell 1.3.

Kaket blei òg prøvetatt, og resultatene, presentert i tabell 1.4 viser at innhaldet av alle metallene er godt under grenseverdiane, med unntak av for kvikksølvverdiane, der måletekniske grunnar gjer at verdien blir sett over grenseverdien. Det ser difor ikkje ut som at boringa var kjelda til ureininga i elvevatnet, som jo *var* sterkt ureina.

Tabell 1.3: Typiske verdier for innhald av metallureiningar i overflatevatn frå ulike kjelder, etter Meland (2012). For samanlikning er måleverdiar frå tabell 1.2 for elvevatnet prøvetatt av Nesodden kommune 17 oktober 2012 (*utheva*).

Kjelde	Ureiningskomponentar (µg/l)					
	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn
Sentrumsområde	20	0,5	5	30	10	140
Bustad-/villaområde	4	0,2	4	10	6	30
Bustad-/rekkehusområde	5	0,2	5	15	7	40
Bustad-/blokkbebyggelse	7	0,25	6	20	9	45
Næringsområde	20	0,5	5	30	10	140
Veg, ÅDT 5000	14	0,3	1	38	1	62
Veg, ÅDT 30000	31	0,4	5	72	4	197
Urensa vaskevatn frå Nordbyttunnelen, ÅDT 30000	29	0,5	64	238	58	1281
Rensa vaskevatn frå Nordbyttunnelen	10	0,2	7	56	13	909
<b>Elvevatn prøvetatt 17. oktober 2012</b>	<b>49</b>	<b>0,071</b>	<b>5,2</b>	<b>5,2</b>	<b>39</b>	<b>150</b>

Tabell 1.4: Resultat frå metallanalyse av borkaks frå energibrønnen på Nesodden. Etter Rambøll (2012). Fotnote (\*) frå originalen: “Kvikksølv er ikke påvist i prøven, deteksjonsgrensen for kvikksølv er over tilstandsklasse 1 derfor faller kvikksølv innunder tilstandsklasse 2.” Merk at eininga her er mg/kg, og ikkje µg/l, som i tabellane over.

Klifs tilstandsklasser for metaller etter veileder 97:04 (TA1468/1997)			Målestasjon
Parametere	Enhet	Tilstandsklasse 1 - Meget god	Boreslam 29.10 2012
<b>Arsen</b>	<b>mg/kg</b>	< 5	<0,5
<b>Kadmium, Cd</b>	<b>mg/kg</b>	< 0,5	<0,10
<b>Kobber, Cu</b>	<b>mg/kg</b>	<30	3,97
<b>Nikkel, Ni</b>	<b>mg/kg</b>	< 50	8,6
<b>Bly, Pb</b>	<b>mg/kg</b>	<50	3,1
<b>Sink, Zn</b>	<b>mg/kg</b>	<150	28,1
<b>Kvikksølv, Hg</b>	<b>mg/kg</b>	<0,15	<0,20*
<b>pH</b>		>6,5	8,7



# Kapittel 2

## Borutstyr og problemstillingar

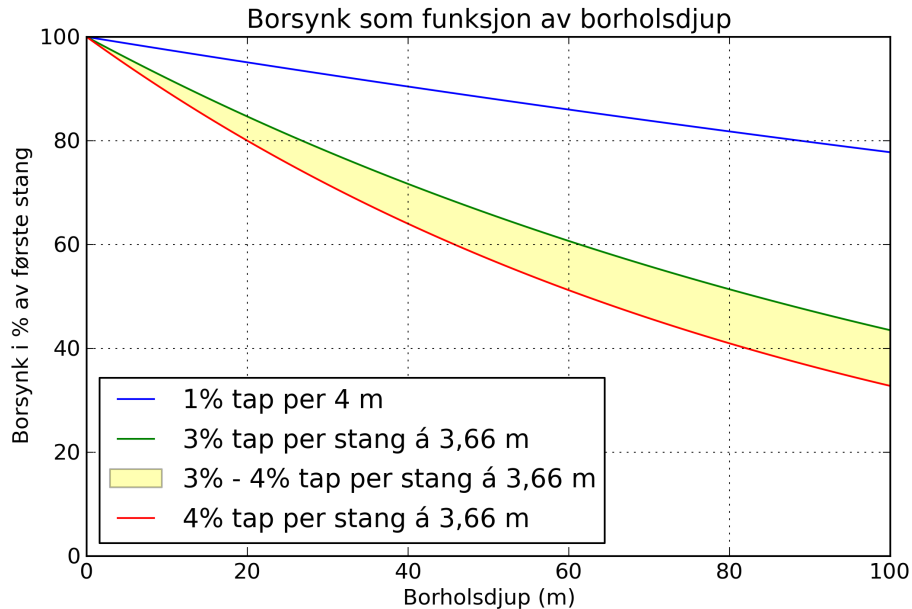
### 2.1 Borutstyret; Down The Hole og topphammar

Norske brønnborarar borar med trykkluftdrive slagbor. Sjølve boret består av borkrune, borhammar og borstenger. Nede i botnen av borholet, på enden av borstrengen, sit ei borkrune av stål, med innstøpte bits av karbidstål. Rett over borkruna sit borhammaren. Over desse to vitale delane er det så mange 3-meters borstenger som nødvendig for å nå opp til overflata. Dette kallar ein *Down The Hole* (DTH) utstyr, på norsk også kalla senkborutstyr.

Alternativet er å ha hammaren på toppen av borstrengen (topphammar), noko som er ein vanleg konfigurasjon for boring av den type grunne hol ein fyller med sprengstoff i anleggsdrift. For boring av djupare hol, som for energiboring, fungerer topphammar dårleg. Dette kjem av at energien frå hammaren ved topphammarboring må forplante seg i form av ei trykkbølge gjennom heile borstrengen, som jo består av stenger på nokre meters lengde som er skrudd saman. Kvar gong denne bølga passerer koplingen mellom to borstenger vil ein del av energien bli reflektert tilbake og gå tapt. Dette energitapet vert vidare forsterka av gnissing mot borholsveggen og bøying av borstrengen. Til saman gir dette eit stadig aukande tap i penetrasjonsrate under boring. Med andre ord; jo djupare holet blir, jo meir tid og energi må ein bruke for å bore den neste meteren.

I følge Olsen (2009) energitapet per lengdeining for topphammarboring 3-4 gonger større enn ved senkboring. Denne studien viste at for topphammarboring var energitapet 3 % til 4 % per stang, som i dette tilfelle var på 3,66 m,

medan senkboring hadde eit energitap på 1 % per 4 m. Desse tala er plotta i figur 2.1 for borholdsdjup opp til 100 m.



Figur 2.1: Teoretisk borsynk som funksjon av borholdsdjup for topphammarboring og senkboring, for verdiane oppgitt i Olsen (2009).

Ved å velge ei løysing der borhammaren er plassert nærast mogleg borkruna slepp ein i stor grad unna problemet med energitap som funksjon av djupna, skissert i figur 2.1. Energien må likevel overførast til borhammaren på eit vis, og ved senkboring skjer dette ved trykkluft. I staden for å slå mot toppen av ei lang stang, som er tilfellet ved topphammarboring, sender ein store mengder luft under høgt trykk gjennom den hule borstrengen ned til hammaren. Lufta får ein frå ein kraftig kompressor.

Lufta som vert pumpa ned må etter kvart opp igjen. Dette er løyst gjennom at borkruna har større diameter enn borstrengen, og lufta kan difor finne vegen opp igjen mellom borholsveggen og borstrengen. På vegen opp tek lufta med seg kakset og eventuelt vatn som lek inn. Dette er ein nødvendig funksjon, då ein utan å fjerne kakset ikkje vil kunne bore. Det er difor viktig å sende ned tilstrekkeleg med luft eller ei anna fluid for å fjerne kakset uansett kva metode ein brukar for boringa.

Ved stort vassinnslag i brønnen vil boringa gå tyngre. Dette kjem av at vatnet må løftast ut av holet av luftstraumen. Dette krev energi, og den må kome

## 2.2. GRUNNEN TIL AT EIN BRØNN PRODUSERER VATN

---

frå trykklufta. Når energien i trykklufta går med til å løfte ut vatn blir det mindre til overs til å drive borhammaren.

### 2.1.1 Boravvik

Eit ferdig bora hol har ofte eit betydeleg avvik frå ei rett linje. Det er mange ting som vil kunne verke inn på kor stort avviket blir. For lange hol blir geologien viktig, då foliasjon og lagdeling i berget vil styre boret. Ein kan motverke avvik ved å vere nøyaktig med ansett, å halde matetrykket nede og å bruke nyslipt borkrune. For drikkevass- og energibrønnar er det vanlegvis ikkje så viktig om ein borar rett, men desse varierende avvika kan vere med på å forklare kvifor det kan vere så stor skilnad i vassgivarevne mellom brønnar (Avsnitt 2.2), og det er ein av grunnane til at det er vanskeleg å vite på førehand kor stor vassgivarevna til ein brønn blir.

## 2.2 Grunnen til at ein brønn produserer vatn

Ein vil, ved boring nedover i grunnen, etter få meter vere kome under **grunnvasspegelen**. Grunnvasspegelen er den flata under bakken der poretrykket er lik atmosfæretrykket (Brattli, 2009). Frå dette nivået aukar trykket jamnt nedover i bakken. Vi kallar det det *hydrostatiske* trykket, som betyr at det er trykket vatnet står under når det er i ro. Trykket på eit punkt tilsvarar massen til ei vassøyle med høgd lik djup under grunnvasspegelen.

$$P = \rho g h_p \quad (2.1)$$

Der

$P$  er trykket c

$\rho$  er densitet

$g$  er tyngdeakselerasjon

$h_p$  er høgda av vassøyla

Under grunnvasspegelen er alle porerom fyllte med vatn under trykk. Porene vil difor gi frå seg vatn viss det opnar seg eit tomrom, for eksempel ved boring av ein grunnvassbrønn. Ein slik brønn vil noko tid etter boring få ein vasstand som tilsvarer nivået på grunnvasspegelen.

Det er stor forskjell på dei hydrogeologiske forholda i lausmasser og berg. I lausmassar strøymmer vatnet i poreromma mellom partiklane. For lausmasser grovare enn siltfraksjon er den effektive porøsiteten<sup>1</sup> høg, gjerne 25 % til 35 % (Brattli, 2009). Det vil seie at ikkje berre er det plass til mykje vatn i materialet, men vatnet kan også strøyme. På feltskala gjer dette at ein kan behandle matariala i undergrunnen som kontinuerlige, og ein kan snakke om hydraulisk konduktivitet (leiingsevne) på same måte som ein snakkar om elektrisk konduktivitet i metall. Dette gjer at ein har nytte av erfaringar frå boringa av éin brønn under boringa av ein nabobrønn.

*Berg* har generelt lågare porøsitet enn lausmasser. På fastlandet i Noreg er det vanleg at effektiv porøsitet er under 1 % (Nilsen og Palmstrøm, 2000). Sidan den effektive porøsiteten er så liten kan ein nokre gonger bore brønnar som er så tørre at kakset kjem opp tørt frå ein set i gang til brønnen er ferdigbora. Når det skjer er det ikkje fordi det ikkje er vatn i grunnen. Det er heller ikkje fordi vatnet ikkje står under same trykk som det ville gjort viss brønnen var bora til tilsvarende djup i eit meir permeabelt materiale. Det er ganske enkelt fordi bergmassen er så lite gjennomtrengelig at sjølv ikkje det hydrostatiske trykket på 100 m eller 200 m er nok til å presse vatnet ut i borholet tilstrekkeleg fort til at kakset blir fukta. Vassgivarevna er i slike tilfeller nesten utelukkande knytt til *sprekkene*.

Det er sprekkene som gjer at vatn strøymmer i det krystalline berget. Det er alltid sprekker i berget. Ein finn ofte at sprekkene tilhører forskjellige populasjonar, kalla sprekkesett. Dette omgrepet refererer til grupper av sprekker som har liknande romleg orientering og frekvens. I tillegg finn ein tilfeldige sprekker, og større opningar kalla slepper eller svakhetssoner. Desse kan vere fleire meter vide, vere opne og fyllte med vatn eller med forvitningsmateriale som lett lar seg vaske ut når vatnet begynner å strøyme.

Ein vil ofte kunne identifisere store svakhetssoner frå spor i terrenget. Ved å anslå vinkelen til utgåande av svakhetssona kan ein ekstrapolere nedover i djupet med ei viss grad av sikkerheit. Dette er ein teknikk som blir brukt ved boring av drikkevassbrønnar. Ved boring av ein slik brønn er ein jo ute etter vatn, så ein vil gjerne prøve å treffe med borholet der fleire slike soner møtes.

Dersom ein treff på ei slik sleppe, enten ein går inn for det eller ikkje, kan eit borhol som frå før var tørt bli til ein geysir (Sjå figur 2.2) som sprutar vatn titals meter opp i lufta. Sidan ein ikkje veit nøyaktig verken kor boret

---

<sup>1</sup>Effektiv porøsitet er den andelen av poreromma som kommuniserer, altså porer som ei fluid kan strøyme mellom

tar vegen nede i grunnen eller nøyaktig kor ein ville risikert å treffe sleppa, eller om ho i det heile tatt er utholdande nok til at ho eksisterer på det djup der boret måtte befinne seg, er det ikkje mogleg å forutsjå med stor grad av sikkerheit kor mykje vatn som vil strøyme frå ein gitt brønn.



*Figur 2.2: Geysir i Lommedalen. Berget var tydelegvis svært oppsprukke her. Lokalt ML2 (sjå tabell4.1 og ) er nabobrønnen til brønnen på biletet. Kvar gong boringa stoppa eit minutt eller to fordi ei ny stang måtte skøytast inn fyllte brønnen seg med vatn, og når lufttrykket kom tilbake hadde geysiren utbrot. Legg merke til kollektorslangen som glir opp frå brønnen og pent og pynteleg legg seg i ein kveil rundt borholet.*

### 2.2.1 Strøymingslikningar

Teoretisk er strøyming av ei fluid i eit porøst medium beskrive av **Darcy** si strøymingslikning (Brattli, 2009):

$$Q = -KA I \quad (2.2)$$

Her er

$Q$  = strøymingsrate

$K$  = hydraulisk konduktivitet

$A$  = gjennomstrøymingsareal

$I$  = hydraulisk gradient

Dette betyr at ved aukande konduktivitet  $K$ , gjennomstrøymingsareal  $A$  og gradient  $I$  aukar strøymingsrata  $Q$  óg. Det negative forteiknet betyr at strau-  
men går frå høgt til lågt hydraulisk potensial. I dette forholdet kan ein høg  
gradient  $I$  bli oppvegd av ein veldig låg konduktivitet  $K$ , slik at lite vatn vil  
strøyme.

Som nemnt i kapittel 2.2 er ikkje norske bergartar særskilt porøse. Bergmas-  
sen er inhomogen og diskontinuerlig, og strøyming foregår langs sprekkar.  
Dette gjer at likning (2.2) ikkje vil beskrive forløpet bra for strøyming i berg.  
I praksis er strøymingsraten avhengig av avstanden mellom sprekkene og kor  
mange sprekkar det er.

Ein kan bytte ut  $K$  i likning (2.2) med eit uttrykk  $K_b$  som tek hensyn til  
sprekkene sin innbyrdes avstand og opning (Brattli (2009):

$$K_b = \frac{ge^3}{12\nu s} \quad (2.3)$$

Her er

$K_b$  = hydraulisk konduktivitet

$e$  = sprekkelopning

$\nu$  = kinematisk viskositet for væska

$s$  = innbyrdes avstand mellom sprekkene

Frå likning (2.3) kjem det fram at viss sprekkelopninga  $e$  blir dobla, blir konduktiviteten 8 gongar større. Ei dobling i sprekkfrekvensen  $1/s$  vil derimot berre føre til ei dobling av konduktiviteten. Med andre ord er det *sprekkeopninga* som mest bestemmer strøymingsraten: éi stor sprekk har meir å bety enn mange små.

## 2.3 Renseløysingar for slamhaldig vatn

Prinsippet for rensing av borvatn er enkelt. Ein slepp vatnet opp i eit kar der det får vere mest mogleg i ro, og dermed vil til slutt alt fast stoff synke til botnen av karet. Det reine vatnet kan ein dekantere frå toppen av karet.

Ein kan ha to typar straum, laminær og turbulent. Ved laminær straum fell partiklane jamnt mot botnen av sedimenteringskaret. Når det blir så sterk straum at det blir turbulens i karet vil partiklar kunne bli haldne i suspensjon på ubestemt tid, heilt til vatnet roar seg.

For glatte, runde kuler som fell uavhengig av kvarandre i eit fluid med *laminær* straum er synkehastigheit gitt av **Stokes lov**:

$$v_s = \frac{2}{9} \frac{(\rho_p - \rho_f)}{\mu} g R^2 \quad (2.4)$$

Der

$v_s$  er synkerate

$\rho_p$  er densiteten til partiklane

$\rho_f$  er densiteten til fluidet

$\mu$  er fluida sin dynamiske viskositet

$g$  er tyngdeakselerasjonen

$R$  er radius til partiklane

Altså avheng synkeraten av storleik (radius) på partiklane, tyngdeakselerasjon, differansen i densitet mellom fluid og partikkel, og av fluidet sin dynamiske viskositet.

Denne samanhengen gjeld for idealiserte tilfeller. I naturen er ikkje alle partiklar runde og glatte, og dei fell ikkje uforstyrra uavhengig av kvarandre,

så likning (2.4) vil overestimere farten til partiklane. Likevel er det eit godt utgangspunkt for å forstå mekanismane som verkar.

### 2.3.1 Naturleg utfelling

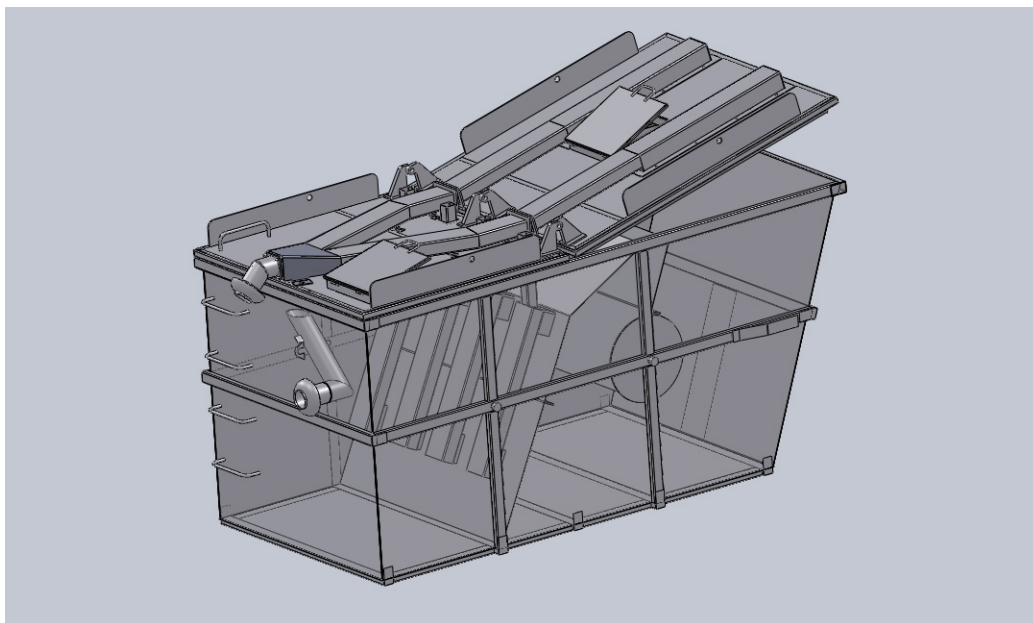
Når blandinga av kaks, vatn og trykkluft kjem inn i sedimenteringskaret er det i stor fart, og ofte støtvis, med alternerande bølger av kaks/vatn og luft. For å få utfelling av finstoff må vatnet få roe seg, og det er difor ein fordel å ha fleire kammer i containeren. Det første kammeret vil bli anrika på det grovaste materialet, og vatn med høgt innhald av finstoff vil skvulpe over i neste kammer, der det ikkje er så turbulent. Her vil partiklar med mindre storleik enn i første kammer kunne fellast ut. Ved enden av dette kammeret kan vatnet renne over i tredje kammer, der endå finare materiale vil samle seg på botnen. Vatnet vil slik heile vegen gå mot rolegare forhold.

Heile tida medan vatnet bevegar seg frå kammer til kammer synk partiklane, og sidan overløpet mellom kammera er på toppen vil det for kvart kammer det har passert innehalde færre og finare partiklar. Jo djupare ned ein kjem i kvart kammer, jo større konsentrasjon av partiklar vil det vere. Sidan tida vatnet er i kvart kammer er avhengig av kor mykje vatn som til ei kvar tid renn inn i kammeret vil ein auke i mengda produsert vatn føre til at ein mindre andel av partikkelinnhaldet vil bli utfeltt.

Ved store mengder borvatn får ein altså først den effekten at partiklane vil ha kortare tid på seg til å synke til botnen av karet. Så, ved dei største vassmengdene, vil ein ha så mykje turbulens i systemet at finare partiklar ikkje vil få tid til å synke før dei har passert ut av systemet.

*Kaxlådan* er eit system som består av ein fleirkamra container som fungerer etter prinsippet beskrive over (Tautech, 2013). Ei skisse er i figur 2.3 Eit spesielt utforma innløp er med på å dempe spruten, og fleire kammer som endar i eit høgt montert overløp gjer at ein utnyttar rommet betre enn i ein standard tippcontainer som avbilda i figur 2.4.





*Figur 2.3: Kaxlådan. Spesialcontainer for å samle borkaks frå boring av energi- og drikkevassbrønnar. Frå (Tautech, 2013)*

### 2.3.2 Tilsetting av flokkuleringsmiddel

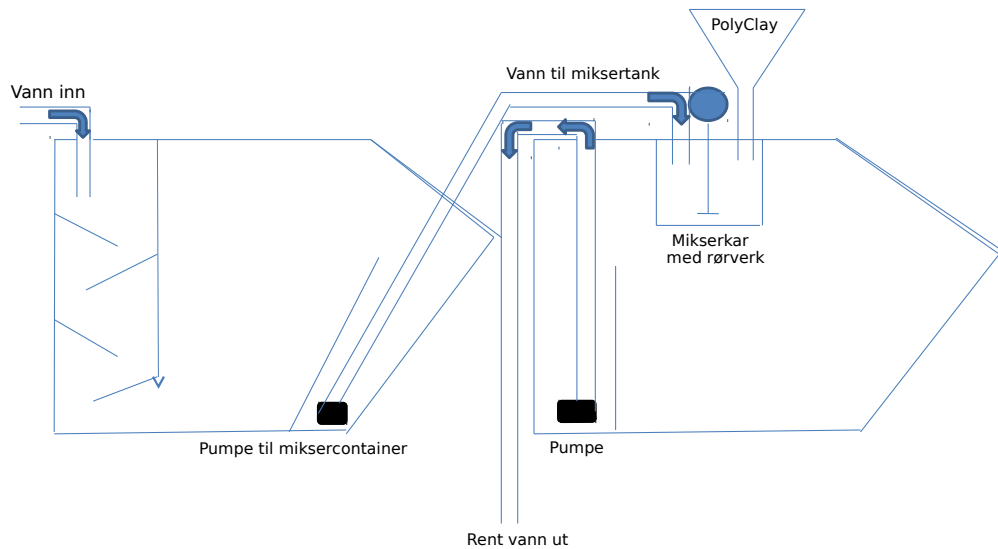
Ein metode for å få fortgang i utfellingsprosessen er å tilsette vatnet flokkuleringsmiddel. Middela får partiklane til å klumpe seg saman (flokkulere), og ein går dermed frå å ha ei mengd med små partiklar til i praksis å ha færre og større partiklar. Storleiken på partiklane har som kjent stor betydning for kor fort dei synk. I likning (2.4) er  $R$  kvadrert, så dobling av radius vil gi firedobla synkerate.

Figur 2.4 viser ei skisse av eit mobilt renseanlegg utvikla av firmaet Nordisk Vannteknikk AS.

Skissa viser to containerar, kvar delt i fleire kammer, der vatnet kjem inn på toppen i den første, blir ført ned mot botnen og over i eit lite kammer der ei pumpe fører det vidare til eit miksekar. Her blir eit flokkuleringsmiddel tilsett og blanda godt av eit røreverk. Etter miksekaret får partiklar så lov til å felle seg ut i eit stort kar før det ferdig rensa vatnet renn over ein kant og kan pumpast ut.

Å bruke eit slikt system vil komplisere logistikken rundt boringa. For det første går det ikkje an å bruke *ein* standard tippcontainer av det slaget ein kan leige frå eit kvart firma som driv med containerutleige, ein må ha *fleire*

### MOBILT RENSEANLEGG



Figur 2.4: Mobilt renseanlegg for borevatn. Etter Nordisk Vanntechnik AS (2013).

containerar, og dei må vere *spesielt* utrusta. Ein er også avhengig av å ha med seg tilstrekkelege mengder av flokkuleringsmiddelet. Alt dette medfører ekstra kostnader. I tillegg må ein vere sikker på at sjølve *flokkuleringsmiddelet* ikkje tilfører vatnet miljøgifter som er verre enn dei partiklane det skal hjelpe til med å fjerne.

I og med at ukontrollerbare vassmengder ikkje er normaltilstanden under boring vil det ikkje vere nødvendig å bruke eit så avansert system kvar gong ein borar. Ofte vil ein kunne late vatnet infiltrere uansett. Det er nok derfor mest truleg at eit borefirma ikkje vil bruke eit slikt system på alle oppdrag, berre der det både er stor risiko for å støte på store vassmengder og vanskeleg å kvitte seg med vatnet på vanleg måte. Kanskje kunne eit slikt system vore haldt i beredskap, så ein kunne tilkalle hjelp til dei brønnane ein hadde problem med.

### 2.3.3 Infiltrasjon

Den enklaste måten å kvitte seg med produsert vatn er å late det infiltrere ned igjen i grunnen. Etter kvart som vatnet perkolerer gjennom den umetta sona og når ned igjen til grunnvatnet vil sjølv dei minste partiklane bli filtrert ut. Har ein nok plass, kan ein infiltrere så mykje vatn som ein måtte ha behov for. Det er i tettbygde strøk ein vil ha problem med at grunnen blir metta, og ikkje kan ta til seg meir vatn.

Kor mykje vatn som kan infiltrere ei gitt overflate per tidseining varierer særskilt med(Dingman, 2008):

- Overflate
- Jordart
- Fuktinnhald

## 2.4 Effekten av slam på levande organismar

Utslepp av støv til luft er ikkje eit problem for brønnborebransjen, Ved å tilsette små mengder vatn til kakset med det same det kjem opp av borholet unngår ein dette på ein enkel måte. Det er vanleg at borrhigane som blir brukte til brønnboring i Noreg har påmontert ein tank med vatn for dette føremålet.

Potensielle utslepp til overflatevatn er på den andre sida ei veldig relevant problemstilling for bransjen. Som beskrive i 2.5 er det til ei kvar tid mykje sediment i fluks i alle jordas elver, og slik har det vore sidan lenge før livet oppstod. Livet har altså alltid levd med elver som transporterer naturlege sediment. Dette betyr likevel ikkje at eit høgt innhald av partiklar nødvendigvis er gunstig for organismane som måtte befinne seg i det turbide vatnet. Det er tvert imot ofte ganske skadeleg.

Ei rekke negative effektar slam har på akvatiske økosystem kan nemnast(Berger et al., 1994, 1997):

**Tilslamming** av:

**gytegroper** for fisk

**leveområde** for botndyr

**Redusert** primærproduksjon, på grunn av:

**utestenging** av lys

**abrasjon** av algefilm ved grovare partiklar

**Større** mortalitet for zooplankton

Høgt slaminnhald i vatnet har konsekvensar først og fremst for botndyra og for plankton, der det kan påvisast skadeverknadar alt ved 10 mg/l og for egg og yngel av fisk. Vaksen fisk tåler ganske høge konsentrasjonar av slam, over 1000 mg/l, men blir ramma indirekte ved at det blir mindre føde sidan byttedyra blir påverka, og ved at gyteplassane blir dårligare (Hessen, 1992).

### 2.4.1 Fisk

I sitt mykje siterte verk *Water Quality Criteria for Freshwater Fish* tek Lloyd og Alabaster føre seg eit stort tal publiserte og upubliserte kjelder i høve suspenderte partiklar og effektar på uttaket av fisk i eit vassdrag. Følgande grenser for bakgrunnskonsentrasjon vert sette fram med tanke på *uttak* av fisk:

**<25 mg/l:** Ingen bevis for at fisket blir påverka

**25 mg/l til 80 mg/l:** Noko reduserte uttak av fisk

**80 mg/l til 400 mg/l:** Usannsynleg med bra fiske

**>400 mg/l:** I beste fall svært dårleg fiske

Den generelle trenden i datagrunnlaget til Lloyd og Alabaster (1982) er at det er best fiske ved lite slaminnhald og dårlegare ved høgt, men det er stort spenn og ingen skarpt definerte grenser. Sidan det her er snakk om *fangst* kjem fleire effektar i spel.

*For det første* har fiskemetode betydning, viss vatnet har dårleg sikt ser ikkje fisken agnet. Fiskar ein med garn kan det vere ein fordel at fisken ikkje ser, garnfiske etter laks i grumsete vatn blir nemnt som eksempel på at fisk gjerne navigerer gjennom eit område med mykje sediment sjølv om dei føretrekker klart vatn.

*For det andre* vil fisken flytte seg oppover eller nedover vassdraget, og ofte til sideelver ved høge partikkelkonsentrasjonar (Lloyd og Alabaster, 1982; Hessen, 1992; Berger et al., 1997, 1994).

I eit eksperiment omtalt i Lloyd og Alabaster (1982) overlevde samtlege regnbueørret 40 veker i vatn med 200 mg/l finstoff frå vasking av steinkull. I same

## 2.4. EFFEKTEN AV SLAM PÅ LEVANDE ORGANISMAR

---

eksperiment døydde nær 80 % av same art ved same konsentrasjon av *granfibrer*. Cellulosefibrer blei brukt i fleire eksperiment, og ga i nokre tilfeller svært høg mortalitet, i andre låg.

Ei lang rekke eksperiment blir sitert, og resultata spriker mykje. Lloyd og Alabaster konkluderer med at fisk oftast vil overleve kortvarig eksponering for konsentrasjonar på fleire tusen mg/l, men gjelleskadar kan oppstå. Partikkeltype har ofte meir å bety enn konsentrasjon, men dette avheng av art. Fibrige partiklar er ofte ekstra skadelege, men dette varierer óg frå art til art. Ved låg temperatur er toleransen høgare.

### Gråelva i Stjørdal

I Berger et al. (1994) og Berger et al. (1997) blir Gråelva, ei sideelv til Stjørdalselva, undersøkt med hensyn på partikkelinnhald og bestand av fisk og botndyr før, under og etter elveforbygging. Denne elva har eit høgt *naturleg* innhald av suspendert finstoff som følge av at ho renn gjennom eit landskap med mykje marine avsetningar, blant anna store forekomstar av kvikkleire, som elva lett kan grave i. Denne studien finn at det for denne elva er mest fisk og botndyr i dei delane av elva med klarast vatn. NVE gjorde så stabiliseringstiltak i form av steinsetting av elvebreddene og botnen i delar av vassdraget, noko som gjorde at elva ikkje kunne grave like mykje i leira. Nye målingar viste redusert innhald av suspendert materiale, og auke i fiskebestand.

### Laksefisk

Laksefisk vil gyte i sediment med kornstorleik i grus- og blokkfraksjon. Her kan egga kome titals cm ned i substratet og ligge relativt beskytta, samtidig som det er god gjennomstrøyming av friskt, oksygenrikt vatn i desse grove sedimenta. Ved tilslamming blir hulromma mellom desse grove partiklane tetta, og dei naturlege omgjevnadane for fisken vert endra. Fisken sine instinkt vil styre han til dei beste gyteplassane, og viss gamle gyteplassar blir dårlegare kan dette føre til at fisken flyttar til det som før var dei nest beste gyteplassane. Dette skulle i neste omgang føre til ein dårlegare bestand.

For laksefisk er det altså først og fremst dårlegare overlevelse for yngel og egg som er dei direkte effektane av tilslamming. For å få nevneverdige konsekvensar for gyteplassar i elva må partikkeltilførselen vere av eit visst omfang, då det ikkje krev så reint lite materiale for å dekke botnen av ei elv. Elver er

dessutan effektive til å sortere materiale. Det er dét som er årsaken til at desse gunstige gyteplassane har oppstått. Tilslamming på meir permanent basis, nok til å permanent øydelegge gyteplassar, forutset nokolunde kontinuerlig eller tilbakevendande tilførsel av sediment, og sjølv då vil elva sannsynlegvis ikkje plutselig begynne å deponere silt der ho før la frå seg grus.

Partiklane har ulike karakteristika ikkje berre med hensyn på storleik, men også når det gjeld form. Difor undersøkte Hessen i 1992 om borestøv eller breslam gir mekaniske skadar på gjeller eller filterapparatet for plankton. Etter ei veke med eksponering fant ein ikkje skader, dette med unntak av for dei høgste konsentrasjonane i studien (500 mg/l), der små skadar blei observert for borstøv. I studien brukte ein *ørretyngel* med gjennomsnittsvekt 7,5 g og zooplanktonet *Daphnia magna*.

Det blei observert akutt dødelighet i eitt tilfelle under studien. Fire fisk døyde i løpet av fire timar etter tilsetting av den høgste konsentrasjonen av borstøv ved 16 °C. Det er ikkje klart om dette var på grunn av sprengstoffrestar i borstøvet<sup>2</sup>, eller om det var kornforma som var avgjerande.

I andre forsøk i same studie viste effekten av høg temperatur seg å overskygge effekten av slam. Forsøket utført ved 8 °C viste at kontrollgruppa hadde ein signifikant høgare såkalt *kondisjonsfaktor* ( $K = 100 \frac{\text{vekt}}{\text{lengde}^3}$ ), medan  $K$  i tilsvarende forsøk ved 16 °C var størst for den borstøveksponerte gruppa (Låg  $K$  betyr avmagra fisk).

### 2.4.2 Plankton

Zooplankton viste seg i Hessen sin studie å ha ei mykje lågare tålegrense. Vaksne dyr tålte sjølv høge partikkellkonsentrasjonar (100 mg/l) godt, men kontrollgruppa har elleve gonger fleire juvenile individ alt ved den lågaste konsentrasjonen i forsøket (10 mg/l). Ved 100 mg/l overlever *ingen* juvenile til vaksen alder. Dei vaksne fortset likevel også ved denne konsentrasjonen å legge egg. Dette tydar på at ein populasjon av plankton ville fått skadeverknadar av sjølv eit lite utslepp av slam, men når dei vaksne individa klarer seg vil kortvarig påverknad ikkje åleine utrydde populasjonen, sjølv om eitt kull av den oppveksande slekta skulle bli totalt utrydda.

Det er dog verdt å merke seg at desse individa levde i prøverør med god tilgang på mat og under ellers gunstige forhold. I naturen er livet jevnt over

---

<sup>2</sup>Støvet kom frå eit tunnelanlegg, og det hadde eit innhald av ammonium og nitrat som kunne vere akutt giftig for fisk.

## 2.5. OM ELVER OG SEDIMENTTRANSPORT

---

vanskelegare enn det er i fangenskap. Zooplanktonet er jo mat for dyr høgare oppe i næringskjeden, og i naturen vil ikkje dei som lever av plankton ta pause for at bestanden skal ta seg opp igjen. Difor vil ein ikkje nødvendigvis kunne overføre erfaringane frå labførsøka direkte til naturen. partikkelutslepp vil då kunne få større konsekvensar enn viss ein skalerer opp resultata over.

## 2.5 Om elver og sedimenttransport

Heilt sidan planeten kolna tilstrekkelig til at vassdamp begynte å kondensere til nedbør og flytande vatn kunne eksistere på overflata har vatn runne mot havet og frakta med seg løyste og suspenderte forvittringsprodukt.

Ei elv i naturen er enten i likevekt i forhold til sedimenttilførsel eller på veg mot ei likevekt. Ei elv som er i likevekt vil deponere like mykje sediment som ho eroderer. Ho vil erodere der vatnet renn fort og deponere der det renn sakte. Kornstorleiken på sedimenta som ligg på botnen forskjellige stadar i vassdraget vil også variere med farten på vatnet, grovare der det er stri straum.

Totalt blir det i Vörösmarty et al. (2003) anslått at elver flyttar 35 Gt til 40 Gt over korte distansar kvart år. Dette er store tal, men det er ikkje nødvendigvis slik at det gir så synlege resultat frå år til år. Elver vil heile tida grave i yttersving og deponere i innersving, og over tid fører dette til danninga av *meandrar*, elvesvingar. Figur 2.5 viser ei elveslette fullstendig dekkja av forlatte elvesvingar.

Når elva arbeider seg fram og tilbake over ei elveslette på denne måten flyttar ho heile tida materiale mot havet, ho kan aldri flytte noko mot straumen. Kvar gong noko blir flytta på blir det sortert, dei største og tyngste partiklane legg seg først til ro, og jo mindre og lettare partiklane er jo lenger vil dei bli frakta. Kapittel 2.3 tar for seg kor fort partiklar fell i ei roleg vør.

Enten ho eroderer mykje eller lite vil ein gitt strekning av elva tilsynelatande ikkje endre seg så mykje med tida. For eksempel, viss botnen av elva er dekkja av grus vil han fortsette å vere det. Dette betyr ikkje at grusen ligg i ro, alt saman bevegar seg kontinuerlig nedover mot havet eller innsjøen elva til slutt munnar ut i. Grunnen til at botnen kan vere den same år etter år samtidig som *materialet* han består av kan vere på veg nedover elva er at strekningen får tilført like mykje grus på oppstraumssida som han mistar på nedstraumssida.



*Figur 2.5: Elvesvingar. Rio Negro, Patagonia, Argentina (NASA, 2010).*

Ei elv eller del av ei elv som ikkje lenger er i likevekt, på grunn av forbigåande endringar i sedimenttilførsel som at eit ras har demt opp ein del av elva, vil bevege seg mot den gamle likevektstilstanden.

Permanente endringar, som nye jordbrukspraksisar, endringar i vegetasjonsdekke eller klimaendringar vil føre til at elva vil gå mot ei ny likevekt, som ikkje er den same som eksisterte før. Denne prosessen vil kunne medføre at sonene med forskjellig kornstorleik migrerer i elveløpet.

### **2.5.1 Menneskeleg påverknad på sedimentproduksjon og transport**

Mengda sediment som når havet no i forhold til før menneska begynte å dyrke jorda er halvert (Montgomery, 2007), men lokalt har likevel erosjonen auka mykje (Hooke, 1999). Dette tyder på at mykje sediment blir fanga i menneskeskapte sedimentasjonsbasseng. Levetida til kunstige dammar i mange land er begrensa til nokre få hundre år nettopp av den grunn at det fyller seg opp med sediment i bassenget som dammen demmer opp.



## 2.6. SEDIMENTPRODUKSJON GENERELT

---

Vörösmarty et al. (2003) såg på 633 av dei største reservoara i verda og kom fram til at frå 1950 til 1968 auka andelen av elvetransportert sediment som blei fanga i desse reservoara frå 5 % til 15 %. Frå 1968 til 1980 dobla dette seg igjen til 30 %, for så å stabilisere seg. I tillegg til dette kjem 23 % som dei same forfattarane estimerer blir halde tilbake i 45000 mindre reservoar.

Desse tala gjeld berre regulerte vassdrag. Inkluderer ein uregulerte vassdrag ser ein at desse knapt 46000 reservoara samlar opp 25 % til 30 %, eller 4 Gt/år til 5 Gt/år av den globale elvetransporterte sedimentfluksen. Det blir vidare argumentert for at menneskeleg sedimentproduksjon og oppfangning no er så omfattande at det bør takast hensyn til i studier av globale massefluksar.

## 2.6 Sedimentproduksjon generelt

Generelt har nedslagsfelt med mykje *nedbør*, store *høgdeforskjellar* og høg *temperatur* størst sedimentproduksjon. Motsatt kan ein seie: jo tørrare, flattare og kaldare — jo mindre erosjon. Eit spesialtilfelle er der temperaturen svingar mykje rundt frysepunktet til vatn. Der vil ein i nokre tilfelle ha stor mekanisk forvitring uansett.

Den gjennomsnittlege globale sedimentproduksjonen, for *både suspendert og oppløyst materiale* er  $135 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$ . Talet varierer frå mindre enn  $1 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$  for elvene Jenisej og Dnepr til meir enn  $50\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$  for elver som drenerer lett eroderbare løssområde i Kina (Allen og Allen, 2005).

Desse tala kan vi samanlikne med tala for Gråelva, omtalt i 2.4. Gjennomsnittleg innhald av suspendert materiale i denne elva var  $82,5 \text{ mg/l}$  før elveforbygginga, og middelvassføringa er oppgitt til  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  til  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dette gir ein total fluks av suspendert materiale på  $82,5 \text{ g/s}$  til  $165 \text{ g/s}$ . Viss vi velger middelvarden ( $124 \text{ g/s}$ ), får vi ein fluks på  $10,7 \text{ t/d}$ , eller  $3900 \text{ t/år}$ . Nedslagsfeltet til Gråelva er  $47 \text{ km}^2$ , og årleg sedimentproduksjon blir då i dette vassdraget, for suspendert materiale åleine,  $83 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$ .

I Berger et al. (1994) blir det oppgitt måleverdiar for ein del ion løyst i vatnet òg. Summen av dei viktigaste er  $69 \text{ mg/l}$ . Dette tilsvarer, etter same framgangsmåte som over,  $104 \text{ g/s}$ ,  $8,9 \text{ t/d}$ ,  $3,3 \times 10^3 \text{ t/år}$  og  $69 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$ .

Totalt gir dette for nedslagsfeltet  $153 \text{ t}/(\text{km}^2 \text{ år})$  i sedimentproduksjon. Dette er vel og merke snittdata for berre eitt år, og gjeld for middelvassføring. Det er kjent at elver fraktar mesteparten av sedimenta sine under flommar, fordi elva då har kraft til å grave. Grunnen til at elveforbyggingsprosjektet i Gråelva

blei starta var nettopp at det er mykje kvikkleire i området, og ein ville redusere faren for store leirskred. Ein må difor anta at sedimentproduksjonen i vassdraget over lengre tid er *betydeleg* høgare enn desse anslaga.

## 2.7 Vegstøv

I Meland (2012) kan vi lese at produksjonen av partiklar frå vegtrafikk er betydelege, for Festningstunnelen med årsdøgntrafikk (ÅDT) på 80 000 i Oslo sitt vedkommande: 57 t/(km år), for Nordbyttunnelen med ÅDT på 25 000: 15 t/(km år). Desse tala har ein kome fram til ved å analysere vaskevatn (tunnelar med så høg trafikkbelastning blir vaska opptil 12 gongar i året).

I ein tunnel vil ein på ein måte nødvendigvis få meir representative tal enn ein ville fått utandørs, fordi all ureining som ikkje er i gassform eller suspendert i lufta vil ende i dreneringssystemet. Partiklar vil følge med vaskevatnet, og ende opp i sandfang, sedimentasjonsbasseng eller feiebil. Tunnelar har alltid innlekkasje i større eller mindre grad, så ein vil ikkje tape noko vatn langs trasèen. På ein anna måte får ein mindre representative tal: Vegdekket i ein tunnel blir ikkje utsett for dei same påkjenningane frå vær og vind som ein veg i dagen blir. Vegslitasjen er dobbelt så høg ved våt vegbane (Ministerråd., 1993).

Totalt blir det slitt vekk rundt 300 000 t vegdekke kvart år i Noreg, ikkje langt ifrå 1 t/(km<sup>2</sup> år) når ein deler det på fastlandet sitt *landareal* (305 470 km<sup>2</sup>) (Statistisk sentralbyrå, 2012). Dette blir for det aller meste avsett mindre enn 20 m frå vegen (Ministerråd., 1993). Materialet må vere ganske grovt for å falle ned etter så kort transport. berre 2 % er finare enn 10 µm. I tabell 2.1 og 2.2 kan ein sjå kornfordelinga på vegstøv som blei samla inn i Oslo våren 1985.

I Thorpe og Harrison (2008) kjem det fram at i nordiske land, der ein brukar piggdekk og strøsand på vegane, kan opptil 90 % av vegstøvet bestå av støv frå vegdekket og sanden. Resten er slitasjeprodukt frå bremsar og dekk, og partikkelutslepp frå ufullstendig forbrenning. Som dei fleste som forskar på vegstøv er Thorpe og Harrison mest opptatt av dei inhalerbare fraksjonane <10 µm, og spesielt karcinogene stoff frå bremsar og dekk, men dei har data også for kornstorleikar som er i det storleiksområdet denne oppgåva handlar om.

## 2.7. VEGSTØV

Tabell 2.1: Tabell over vegstøvprøver delt i tre fraksjonar, etter Larssen (1987)

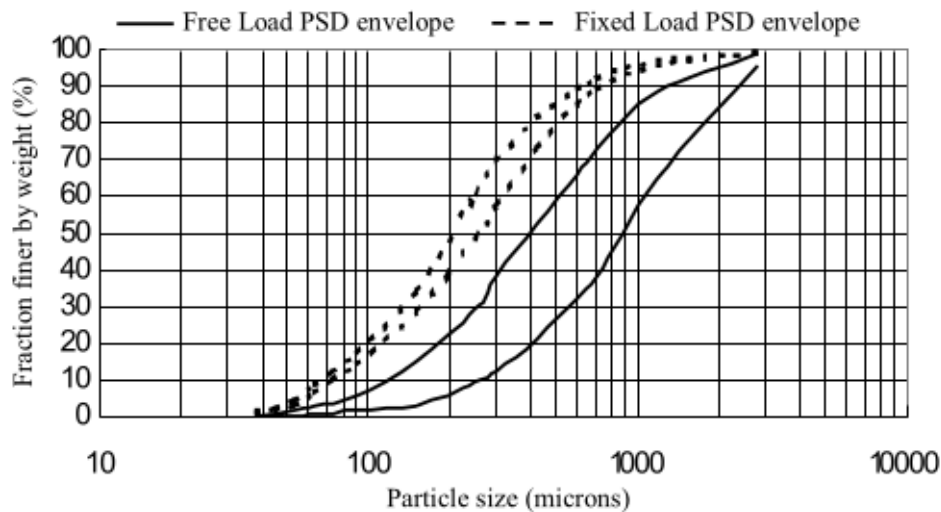
Målestad	Vekt-%			Vekt (g)
	<36 $\mu\text{m}$	36–100 $\mu\text{m}$	>100 $\mu\text{m}$	
Trondheimsveien I	1,13	45,03	53,84	106,04
Trondheimsveien II	1,45	47,09	51,84	89,05
Store Ringvei III	1,93	19,32	78,75	136,41
Bygdøy Allé I	1,54	18,82	79,64	88,34
Hausmanns gt. II	1,78	49,27	48,96	133,88
Strømsveien I	1,89	18,04	80,06	93,00
Strømsveien II	2,17	20,55	77,28	58,06
Gjennomsnitt	1,70	31,16	67,20	

Tabell 2.2: Tabell over vegstøvprøver delt i fire fraksjonar, etter Larssen (1987)

Målestad	Vekt-%				Vekt (g)
	<10 $\mu\text{m}$	10–36 $\mu\text{m}$	36–100 $\mu\text{m}$	>100 $\mu\text{m}$	
Store Ringvei I	0,08	4,08	31,75	64,09	118,85
Store Ringvei II	0,06	1,54	24,00	74,4	166,41
Hausmanns gt. I	0,17	2,37	20,15	77,31	87,38
Gjennomsnitt	0,10	2,66	25,30	71,93	

Tabell 2.3: Målingar av partikkelstorleik på vegstøv etter Hedalen (1994)

Lysopning sikt ( $\mu\text{m}$ )	Kumulativ vekt-%							
	60	74	104	210	417	833	1651	3327
Gjennomsnitt	14,35	15,33	20,90	35,00	51,29	66,46	79,50	87,11
Standardavvik	9,84	10,12	12,25	16,60	19,14	18,70	16,05	12,83



Figur 2.6: Vaze og Chiew (2002) sine funn. Kumulativ kornstorleiksfordeling for vegstøv frå ei gate i Australia. Free load er det som lot seg støvsuge, fixed load er det som løst ved børsting. PSD står for Particle Size Distribution (partikkelstorleiksfordeling).

## 2.8 Bergartar som gir mykje vatn

Noregs geologiske undersøking ga i 2010 ut ein rapport om vassgivarevne for ulike bergartar på Austlandet. Dei brukte GRANADA<sup>3</sup>, NGU sin brønndata-base, for å finne data for vassgivarevne for brønnar som allereie var bora for drikkevatt, undersøking eller energiføremål og samanstilte dette med geologiske kart. Målet med arbeidet var å finne ut om ein kunne bruke desse dataa for å forutsjå innlekkasje under driving av ein tunnel på RV4 mellom Sinsen og Gjelleråsen, og om ein burde velge den eine eller den andre av to moglege ruter (Gundersen og de Beer, 2010).

Ein endte opp med eit stort datasett for mange bergartar. Ifigur 2.7 er gjengitt eit boxplot frå ovannemnde rapport som viser median, 25- og 75-kvartil for vassgivarevne for hovedbergartar. Merk at dette boxplottet skil seg frå dei som kjem seinare i denne oppgåva<sup>4</sup> ved at berre sjølv *boksen*, altså det som er mellom 25- og 75-kvartil, er teikna inn, ikkje ekstremverdiane.

Det er dei ekstreme verdiane som er interessante i samband med denne oppgåva, sidan det er dei som gir uhandterbare vassmengder. Eit eksempel på

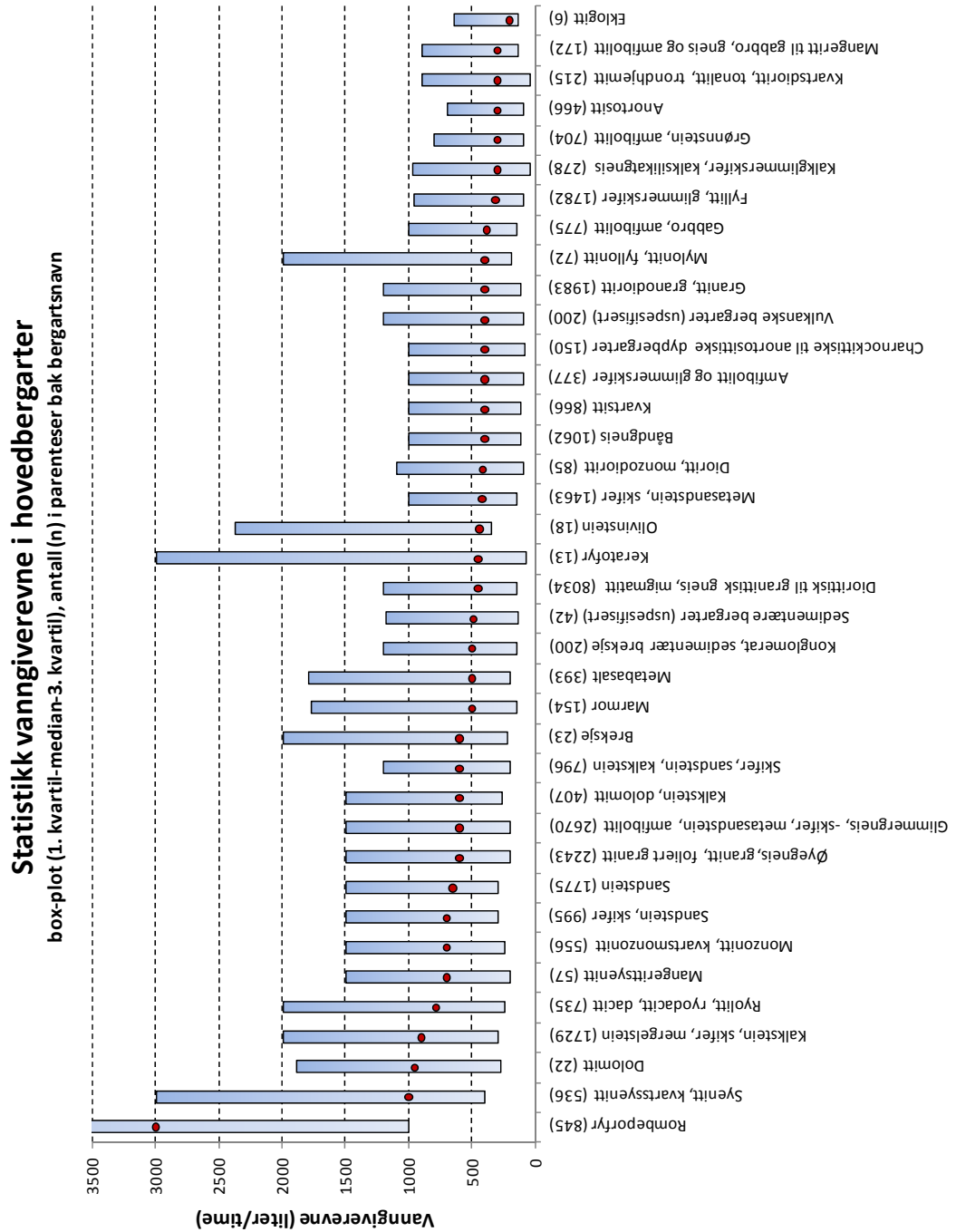
<sup>3</sup>Tilgjengeleg på nett: <http://geo.ngu.no/kart/granada> (NGU, 2013b)

<sup>4</sup>Sjå for eksempel figurane 4.2 og 4.3 og forklaring på boxplot i ??.

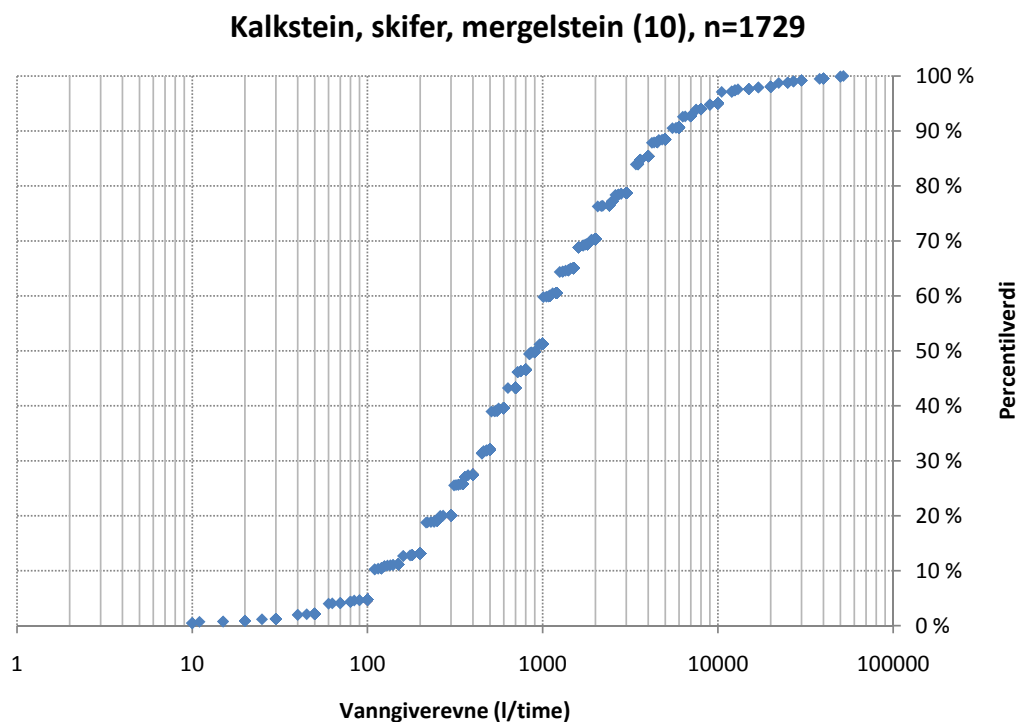
## 2.8. BERGARTAR SOM GIR MYKJE VATN

---

dette ser ein på ein anna figur frå same rapport (figur 2.8). Her er den kumulative frekvensfordelinga for dataa for ein bergart framstillt. Kurva har ein tydeleg  $\int$ -form på det halvlogaritmiske plottet, noko som betyr at det er veldig store variasjonar i datasettet, sjølv om 50 % av verdiane er samla på midten.



Figur 2.7: Boxplot over vassgiverevne for hovedbergartar i Noreg. Frå Gundersen og de Beer (2010).



Figur 2.8: Kumulativ frekvensfordeling for vassgiverevne for brønnar bora i kalkstein, skifer eller mergelstein. Frå Gundersen og de Beer (2010).

## 2.9 Steinstøv som gjødsel

I eit område med frodig jordsmonn vil borkakset innehalde næringsstof som plantene har nytte av. Dette vil ha ein gjødslingseffekt. Er brønnen bora i ein næringsfattig bergart vil kakset gi opphav til eit tilsvarende skrint jordsmonn. Om det er ynskjeleg eller ikkje med gjødslingseffekt avheng av kor brønnen er bora.

I Mattilsynet (2012) er *steinmel* oppført i liste 1: *Ikke-økologisk gjødsel og strømidler*, del 2: *Mieralske gjødsel og jordforbedringsmidler*, utan anmerkningar i kolonna for *Beskrivelse, krav til sammensetning og betingelser*. I samme dokument er *steinmel* oppført i liste 2: *Plantevern*, del C: *Hjemmelagde planteuttrekk og preparater (plantestyrkende middel)*, gruppe 1: *Planter o.a. uten særlige merknader*.

Norsk senter for økologisk landbruk seier derimot følgande (min utheving):

Det er ingen begrensing på bruk av steinmjøl av silikatmi-

neraler i reglene for økologisk landbruksproduksjon (Debio per januar 2003). Mjølet må imidlertid ha en *kjent sammensetning* (liste 1C i Debio-regelverket), og innholdet av tungmetaller må ikke overstige visse grenseverdier (tabell 11.1).

(Serikstad, 2003)

Det har blitt utført forsøk med borkaks frå eit granittbrot i Australia som gjødsel på sandig jord (Bolland og Baker, 2000). Resultatet blei dels redusert avling, dels ingen effekt samanlikna med kunstgjødsel. Kunstgjødsel ga rundt tredobla avling samanlikna med ingen gjødsel.

Barral Silva et al. (2005) finn at støvet frå saging av granittblokker i Galicia, Spania, kan brukast for å heve pH i det sure jordsmonnet der i området. Ved å tilføre større mengder av det lett tilgjengelege og billige steinmjølet treng ein ikkje importere kalk utanfrå.

I Bakken et al. (2000) kan ein lese om ein serie med testar som utført på avgang og biprodukt frå mineralproduksjon, samt materiale frå moglege førekomstar av steinmjøl direkte for bruk som gjødsel eller jordforbetringsmiddel. Karbonatitt, nefelinsyenitt, biotittkonsentrat, epidotskifer,

Bioforsk anbefaler ved gjødsling med steinmjøl at materialet blir malt til gjennomsnittleg kornstørrelse 0,1 mm og at ingen partiklar er større enn 0,5 mm. Forklaringa er at eit meir finkornig materiale har større spesifikk overflate. Større spesifikk overflate gir raskare forvitring, og dermed blir næringstoffa fortare tilgjengelege for plantene. Eventuelle tungmetall i bergarten vil bli frigjort óg. Viss innhaldet av tungmetall er høgt vil ikkje materialet være eigna som jordforbetringsmiddel.



# Kapittel 3

## Metode

### 3.1 Prøveinnsamling

Dei fleste av prøvene har blitt samla inn av forfattaren på prøvesamlingsturnéane. Nokre har borefirmaa samla sjølv. Frå kvar lokalitet blei det uansett samla inn ein eller fleire av følgande:

- Vassprøve
- Kaksprøve
- Håndstykke

Av ulike grunnar har det ikkje blitt samla inn alle typar av materiale frå alle lokalitetar. For håndstykkene sin del er det jo naturleg at ein må ha blotningar i nærleiken for å kunne ta prøva. Når det gjeld kaks og vatn så har prøvene nokre gongar blitt tatt etter avslutta boring, der kaks og/eller vatn gjekk i lukka system og var utilgjengeleg for prøvetaking ettersom boremannskapet ikkje var til stades. Andre gongar blei det vurdert som uforsvarleg å klatre opp i store containerar åleine for å ta prøver i tilfelle ein ikkje skulle komme seg utav igjen utan hjelp.

Tabell 3.1 viser alle firma som har levert prøver, kortform av firmanamnet og kor mange prøver firmaet har levert. Prøvene blei samla inn i september og oktober 2012, med unntak av prøvene frå Heistad Brønnboring AS og prøvene Brødrene Myhre AS tok sjølv, som blei samla inn i perioden april til juni 2012.

Tabell 3.1: Firma som har levert prøver. Det er totalt 52 prøver.

Firmanamn <b>Kortform</b>	Adresse	Prøver
Båsum Boring Trøndelag AS <b>Båsum Trøndelag</b>	Naustmælen 11 7353 BØRSA	3
Asker og Bærum Brønnboring AS <b>Asker og Bærum</b>	Bjørklundsvn 19 1396 BILLINGSTAD	2
Kraft Energi- & Brønnboring AS <b>Kraft</b>	Vålerveien 157 1599 MOSS	6
Universal Brønnboring AS <b>Universal</b>	Casper Stormsvei 14 0664 OSLO	11
Brødrene Myhre AS <b>Myhre</b>	Hadelandsveien 841 3520 JEVNAKER	12
Båsum Boring AS <b>Båsum</b>	Slettemoen Industriområde 3535 KRØDEREN	6
Hallingdal Bergboring AS <b>Hallingdal</b>	Ylivegen 7 Gullhagen 3570 ÅL	2
Brustugun Bergboring AS <b>Brustugun</b>	2690 SKJÅK	2
Heistad Brønnboring AS <b>Heistad</b>	Hen 6320 ISFJORDEN	2
Nordenfjeldske Brønn- og Spesialboringer AS <b>Nordenfjeldske</b>	2283 ÅSNES FINNSKOG	2
Vestnorsk Brunnboring AS <b>Vestnorsk</b>	Høylandsvegen 333 5913 EIKANGERVÅG	4
Norsk Boreteknikk AS <b>Norsk Boreteknikk</b>	Myrabakken Næringsssenter 6010 ÅLESUND	1

#### 3.1.1 Innsendte prøver

I mars 2012 blei det sendt ut eit skriv til 13 borefirma. Skrivet inneheldt noko informasjon om gjennomføringa av prøveinnsamlinga, litt om grunnen for at arbeidet hadde blitt sett igang, foreløpig oppgåvetekst for denne oppgåva og eit liste som kunne fyllast ut med informasjon om innsamla prøver etterkvart som kvart firma samla inn prøvene. Alle desse skriva er lagt ved i tillegg A.

Prosedyra for prøveinnsamling som blei sendt til dei 13 borefirma var:

- Samle vatn på brusflaske
  - Merke flaske med firma, prøvenummer, dato, stad
- Fylle kaks i pose
  - Merke med prøvenummer
- Finne håndstykke, viss det er mogleg
- Legge ved kopi av brønnskjema
- Samle alt i ein pose

Alle prøvene skulle så samlast på ein stad og bli henta. I tillegg var det meininga at borarane skulle ta bilete av boreutstyr og container og sende inn på MMS. Alt dette er framstilt grafisk i figurane 3.1 og 3.2.

Prøvene som dei ulike borefirmaa samla inn sjølv blei stort sett levert med kopi av NGU sitt brønnskjema, som uansett må fyllast ut for kvar brønn. Informasjonen på dette skjemaet blir lagt inn i NGU sin brønndatabase. Brønnskjemaet inneheld mykje nyttig informasjon, som føremålet med brønnen, geografiske koordinat, djupne, enkel borelogg og kor mykje vatn brønnen gav.

Enkelte prøver blei levert med anna merking, med informasjon skrive direkte på flasker og posar eller på vedlagte eller påklistra lappar og papirark.



Figur 3.1: Framsida av prøveinnsamlingsprosedyra.

### 3.1. PRØVEINNSAMLING

---



1. Ta helst et bilde av kaks og gjerne også boreoppsett/container med mobilkamera.
2. Send mms til Kim Runar Søgner Haugsbø på telefon: 99 01 30 58. Angi borested og prøvenummer.

*Figur 3.2: Baksida av prøveinnsamlingsprosedyra.*

### 3.1.2 Sjølvplukka prøver

Dei fleste av prøvene blei samla under tre turnéar i Sør-Noreg. Framgangsmåten var: om morgonen å ringe til dei borefirma i tabell 3.1 som ein hadde grunn til å tru opererte i det området ein måtte befinne seg i, for å finne ut kvar det foregjekk boring. Når ein så hadde fått oppgitt nokre lokalitetar gjaldt det å plotte ei rute som ville tillate ein å kome innom flest mogleg borhol i løpet av dagen. Totalt blei det tilbakelagt rundt 6000 km i bil under prøveinnsamlinga. Figur 3.3 viser reiseruta for første tur.

Bergboring er ein aktivitet som innebærer ein del logistiske utfordringar. Ein skal ha med seg ein borrygg som veg 15 t og ein kompressor som veg 10 t. Ofte er ein så langt frå heimebasen at mannskapet overnattar i nærleiken av arbeidsstaden. Blir det havari på utstyret, eller boringa går seinare pga geologiske forhold, må flytting til neste stad utsettast. Motsett kan ein bli ferdig før ein hadde venta, og ein flyttar tidlegare enn ein først hadde planlagt. Slike ting gjer at planlegginga av køyreruta helst måtte foregå same morgon som ein skulle besøke ein lokalitet viss ein ville unngå bomturar.

### 3.1. PRØVEINNSAMLING

---



Figur 3.3: Reiserute første turné. B: Vestnes, C: Volda, D: Skei, E: Vestnorsk Brunnboring AS, F: Haugastøl, G: Hallingdal Bergboring AS, H: Båsum Boring AS, I: Brødrene Myhre AS, J: Grønland, L: Nesoddtangen, M: Maries vei, N: Lommedalen, O: Nannestad, Q: Trondheim.

### 3.1.3 Prøvenummerering

Kvar lokalitet har ein kode som består av eit prefiks og eit postfiks. Prefikset er første bokstav i firmanamnet og postfikset er første bokstav i namnet på lokaliteten, med mindre dette ikkje blir unikt, i så fall har neste bokstav blitt brukt. Til eksempel: Hallingdal Bergboring og Heistad Brønnboring AS byrjar begge på H. Heistad Brønnboring AS sine kodar startar med *H*, som ein ville forvente, men Hallingdal Bergboring sine har kodar som byrjar med *Ha*. Frå Hallingdal Bergboring finst det to prøver, den eine frå Haugastøl, den andre frå Hemsedal. Dei har fått henholdsvis *HaH* og *HaHe* som kodar.

Lokalitetsnamna er ikkje valde ut etter strenge kriterier. Dei er ei slags populæradresse, mest fordi det er mykje lettare å skilje dei ulike prøvene frå kvarandre når ein kan hugse ein stad og eit firma heller enn eit nummer. Dei er velt ut frå lokale stadnamn, namn på bydelar eller gater.

Eit tillegg i koden av enten *.K* eller *.V* betyr henholdsvis *kaks*- eller *vassprøve*. Altså vil prøvekode *HaHe.K* bety at det er snakk om kaksprøva frå Hallingdal Bergboring sin brønn i Hemsedal, og, hadde det eksistert ei vassprøve frå den lokaliteten ville ho vore merka med *HaHe.V*.

For XRD-prøvene kjem til slutt i koden ein av bokstavane *F* eller *B*, som står for *finstoff* eller *bulk*. *.VF* betyr at vi har å gjere med XRD-analyse av *vatn finstoff*, *.KB* betyr *kaks bulk*.

I tabellB.2 er alle 73 XRD-prøvene lista opp etter sin prøvekode.

## 3.2 Klassifisering

Kvar prøve blei klassifisert etter NGU sine berggrunnskart på nett for dei aktuelle koordinatane (NGU, 2013a). Beskrivelsen er gjengitt ordrett i tabell B.3, og i forenkla versjon i 4.1.

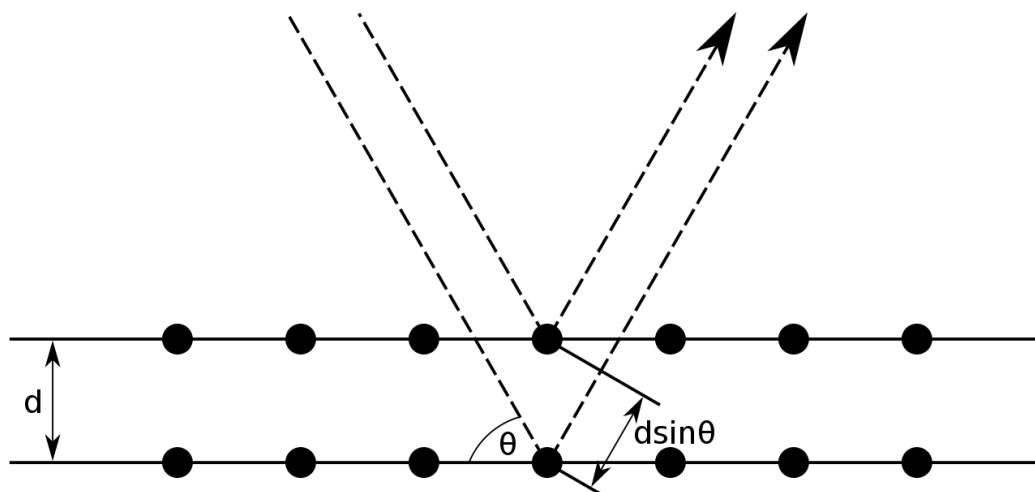
## 3.3 Analyser

Analyser som blei gjort:

- Sikting (vatn, kaks)
- Røntgendiffraksjon (slam frå vatn, kaks)



### 3.3.1 Røntgendiffraksjon



Figur 3.4: Prinsippet for røntgendiffraksjon. Dei svarte sirklane symboliserer atom.  
Figur: Furiouslettuce (2009)

Prinsippet for Røntgendiffraksjon (XRD) er enkelt, og metoden har vore brukt i over 100 år. Ein maler prøven ned til eit fint pulver, så sender ein røntgenstråler inn i stoffet og måler vinkelen for den strålinga som kjem ut igjen. Sjå figur 3.4. Ein varierer vinkelen kontinuerlig for den inngåande strålinga både i horisontalplanet og vertikalplanet, og ein endar slik opp med ei stor mengd med enkeltmålingar. Sidan ein måler alle vinklar vil ein óg måle dei vinklane som tilfredstiller likning (3.1). Desse vinklane vil avmerke seg på diffraktogrammet.

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (3.1)$$

- $n$  er eit heiltal
- $\lambda$  er bølgelengda til røntgenstrålinga
- $d$  er avstanden mellom to plan i krystallstrukturen
- $\theta$  er vinkelen for innkommande stråling

Desse spesielle vinklane gir konstruktiv interferens mellom stråling diffraktert frå ulike plan i krystallstrukturen, og vil komme til syne som ein topp i strålingsintensitet på diffraktogrammet. Sidan storleiken på  $d$  varierer frå mellom ulike mineral kan ein identifisere dei minerala som er til stades i ei prøve ved å lese av kva vinklar som gir ein topp i intensitet (Dutrow og Clark,

2012). Sidan denne metoden har vore i bruk så lenge finst det utfyllande databasar, som inneheld vanlege og uvanlege mineral, til bruk ved fortolking avdata.

XRD-prøvene må helst malast ned til ein storleik på rundt 10  $\mu\text{m}$ . Det er ein fordel om ein kan male på ein skånsam måte, og at ein ikkje maler for lenge, då dette kan resultere i at prøvematerialet mistar krystallstrukturen og blir **amorft**. Eit amorft materiale har ikkje krystallstruktur og gir støy på diffraktogrammet.

### Fråskilling av prøver

Det er tre forskjellige typar XRD-prøver. Dei består av følgande materiale:

**Bulkprøver frå kaks.** Skilt frå kaksprøva ved hjelp av ein prøvesplittar.

Dette var det første som blei gjort med prøvene, om nødvendig blei dei tørka lett først, for lettare å gå gjennom splittaren. Desse prøvene er så representative for kakset som er praktisk mogleg. I resultata seinare i oppgåva (kapittel 4) har desse prøvene kodar som endar med *.KB*.

**Finstoffprøver frå kaks.** Tatt frå finfraksjonen ( $<63\mu\text{m}$ ) etter sikting.

Desse har kodar som endar med *.KF*.

**Finstoffprøver frå suspendert materiale i borevatn.** Tatt etter tørking av finfraksjonen ( $<63\mu\text{m}$ ) frå våtsikting av borevatnet. Kodane til desse prøvene endar med *.VF*.

### Preparering for XRD

**Maling** Bulkprøvene blei for det meste malt på ingeniørgeologilabben, i to minutt i ei slyngemølle med kammer av stål. Nokre av prøvene blei malt i tre minutt, og fenkelte blei i tillegg malt i mikroniseringsmølla på XRD-laben. Dette for å undersøke om det var noko særleg skilnad i kor godt eigna materialet var for XRD-analyser etter forskjellig behandling. På grunn av feil bruk av slyngemølla i starten blei prøvene ikkje skikkeleg nedknust, og det gjekk litt tid på å finne ut kvifor.

Slamprøvene blei alle saman malt i mikroniseringsmølla på røntgenlabben i to minutt (Figur 3.5). Mølla består av eit sylindrisk kammer i plast med 48 sylindrar av korund inni. Mellom desse korundsylindrane legg ein eit par gram av det ein ønskjer å male ned, og fyller på med ca 10 ml sprit. Mølla vibrerer på ein slik måte at alt saman spinn rundt inne i møllekammeret, og

### 3.3. ANALYSER

---

mineralkorna blir knust mellom kontraroterande korundsyndrar i eit bad av sprit. Dette gir effektiv og skånsam nedknusing.

For å få det ferdig knuste prøvematerialet ut av møllekammeret tømmer ein innhaldet over i ei stålsikt over ei petriskål merka med prøvenummer, og let slammet renne ned i skåla. Ein skyller med meir sprit frå spruteflaske.

Etter maling tørkar ein petriskåla i tørkeskap på 105 °C inntil spriten har fordampa, det vil seie i 45 min eller meir.

Etter nedmaling fyller ein ei skei med prøvemateriale i ein prøvehaldar og fordeler det godt med ei glasplate til ein har ei jevn og flat overflate, sjå figur 3.6. Ein tørkar av kanten på prøvehaldaren med spritfukta papir og merkar han med prøvenummeret. Prøvehaldaren blir plassert i eit stativ som tek opptil 15 prøver. Det er plass til 6 slike stativ bak glaset i røntgenapparatet, og ein mekanisk arm kan hente kvar enkelt prøve og plassere ho under røntgenstrålen. Når ein har ført prøvene inn i systemet kan maskina analysere fortløpande og lagre data til ei fil for kvar prøve. Det tar maskina 70 min å samle data for ei prøve for  $2\theta$  frå 0° til 65°.



(a) Før maling.



(b) Etter maling.



(c) Mikroniseringsmølla.



(d) Malt slam i sprit før tørking.

Figur 3.5: Maling av prøver i mikroniseringsmølle.

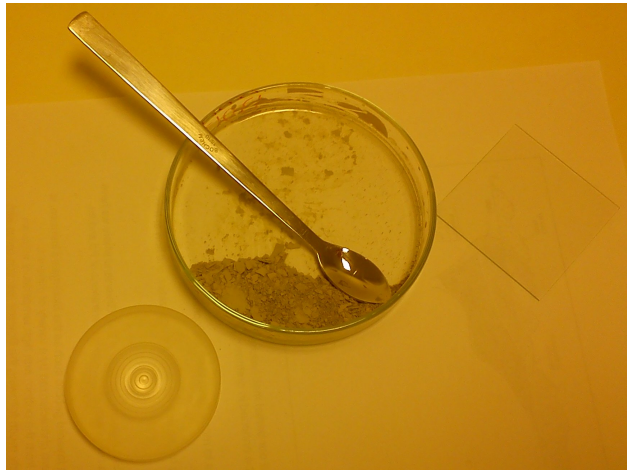


### 3.3. ANALYSER

---



(a) Petriskål med prøvemateriale i, etter tørking.



(b) Prøvehaldar, skjei, petriskål og glasplate.

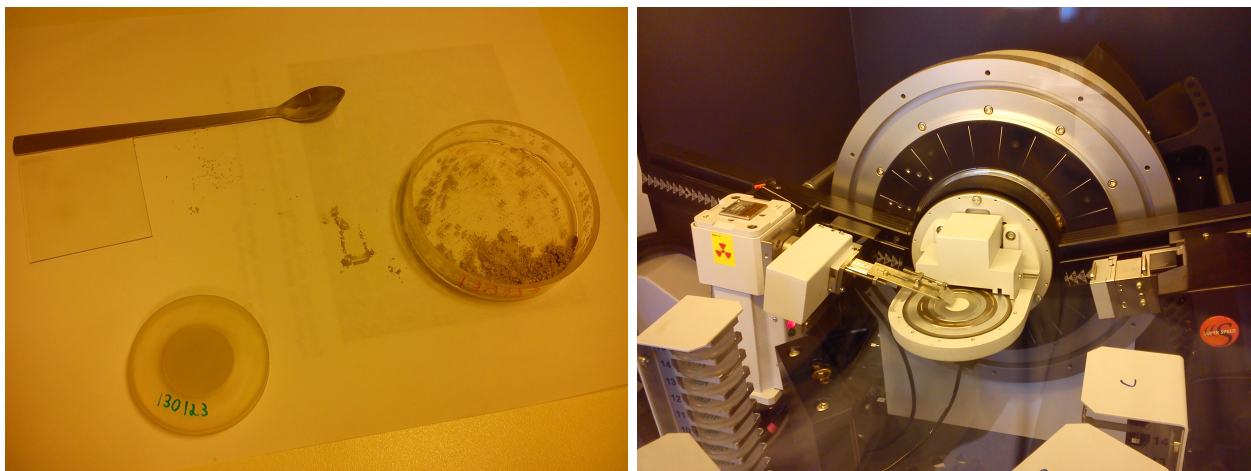


(c) Haug med prøvemateriale.



(d) Fordeling av prøvemateriale.

Figur 3.6: Preparering av prøver for XRD.



(a) Ferdig preparert prøve.

(b) Røntgenstrålinga er på.

Figur 3.7: Prøve på benk og i XRD-maskina.

### 3.3.2 Sikting av kaks

Det var stor variasjon i mengda kaks kvar enkelt prøve bestod av. Avhengig av kor mykje materiale ein hadde blei derfor enten alt materialet eller berre noko av det sikta for å finne kornfordelinga. Spennet er frå rundt 600 g til 1500 g for dei utførte sikteanalysene. I dei tilfeller der det var meir materiale enn dette blei prøvene først tørka i tørkeskap på 105 °C før dei blei splitta i ein splitter, for å få skilt ifrå ein mest mogleg representativ prøve. Ei prøve på 40 g for røntgendiffraksjon blei samtidig fråskilt.

Vidare vart det finaste materialet skilt frå kaksprøvene ved å skylle prøva grundig i reint vatn og våtsikte dette på ei 63  $\mu\text{m}$  sikt, over ei på førehand vegd glasskål (figur 3.8). Deretter vart dei to fraksjonane ein sat igjen med (større og mindre enn 63  $\mu\text{m}$ ) tørka i tørkeskap på 105 °C over natta. Skåla med den fine fraksjonen blei vegd, og vekta av skåla både tom før skylling og etter tørking blei notert. Finstoffet blei skrappt ut av glasskåla og tatt vare på. Det grove materialet (>63  $\mu\text{m}$ ) blei så sikta tørt.

Siktinga gjekk føre seg på ingeniørgeologilaben ved Institutt for Geologi og Bergteknikk, ved hjelp av ein siktesats bestående av 9 sikter med lysopning på 16 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,125 mm og 0,063 mm.

Før sikting veg ein alle siktene tomme, og noterer vekta. Så stablar ein siktene slik at den med minst lysopning er nedst og den med høgst er øverst. Nedst er ein tett behaldar som det aller finaste materialet blir samla opp i. Med stabelen i avtrekkskap tømmer ein prøvematerialet opp i den øverste sikta,

### 3.3. ANALYSER

---

set på loket og plasserer stabelen i siktemaskina. Maskina stiller ein inn på å gå ei viss tid. Dei fleste prøvene blei sikta i 20 min, bortsett frå dei som er beskrivne i 3.3.2.

Etter sikting veg ein siktene på nytt. Differansen mellom vekta av siktene før og etter sikting er lik vekta av materialet som er på sikta etter sikting. Det er denne differansen, *i prosent av den totale vekta av prøven*, som er oppgitt i plott og tabellar elles i denne oppgåva.

Kornform har stor betydning for resultatet av ei sikteanalyse. Det er dei minste dimensjonane som bestemmer om eit korn går igjennom sikta eller ikkje (Fernlund, 1998). Stengelege korn vil kunne gå igjennom sikta sjølv om den lengste aksen er mykje lenger enn dei to kortaste. Flate korn kan gå igjennom sikta diagonalt på høgkant. Her har vi å gjere med korn som har eit forhold mellom kortaste og lengste akse på rundt 3, og mellom kortaste og nest kortaste akse på rundt 1,5. Det er altså eit visst avvik frå tilfellet der alle aksane er like lange, og kornet er kulerundt.

Når partiklane blir rista i siktemaskina er det tilfeldig om dei fell på ein slik måte at dei kan kome igjennom sikta. Jo lengre ein siktar, jo fleire korn vil gå gjennom sikta på høgkant, fordi dei stadig får nye sjansar til å treffe opningen på rett måte.

#### Testsikting

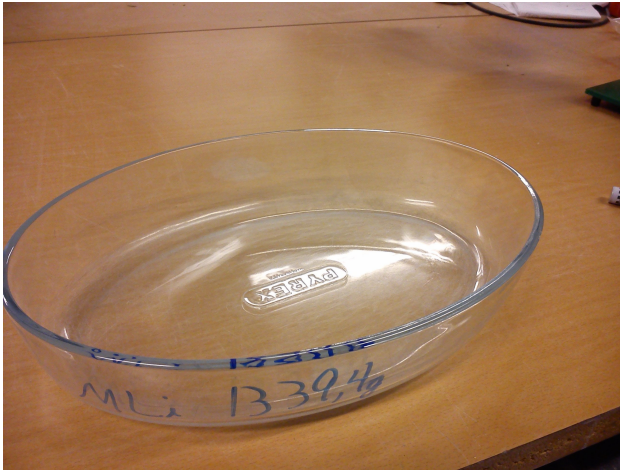
Eit par prøver blei sikta i fleire intervall på 5 min og vegd mellom kvart intervall, med siktemål om å finne ut kor lang tid som var nødvendig for å få eit brukbart resultat.

Dette gav interessante data i seg sjølv. Ein kan sjå i tabell 3.2, prøvenummer BØ, at for den grovaste fraksjonen (i dette tilfellet er det 4 mm og større) minkar vekta ganske jevnt for kvart intervall, og for sikta med opning 2 mm varierer vekta i eit lite intervall medan for dei finare fraksjonane stig vekta jevnt.

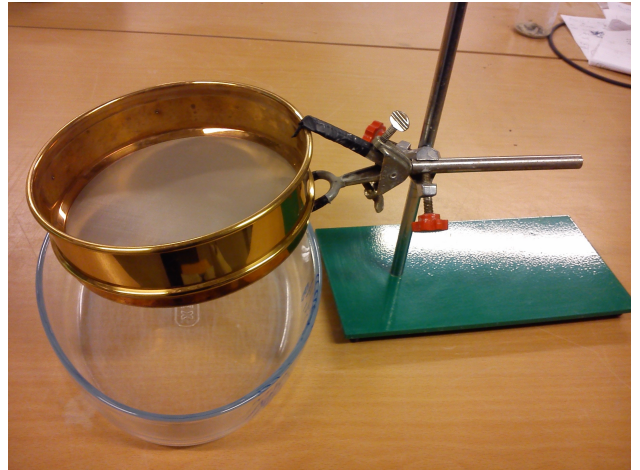
Etter kortare eller lengre tid ser det ut til at vekta til kvar sikt når eit likevektsnivå der like mykje materiale kjem til frå sikta over som sikta sjølv dryssar ned på sikta under. Den finaste sikta, på 63  $\mu\text{m}$  stabiliserer seg først, etter 20 min. Det ser òg ut til at 125  $\mu\text{m}$ -sikta har stabilisert seg mot slutten av måleserien. Vekta av siktene med opning 1 mm og 2 mm stig i takt med at vekta av den grovaste sikta på 4 mm synk.

Dette kan kome av at store korn blir knust til mindre korn på toppen, sidan





(a) Ein begynner med ei tom skål merka med prøvenummer og tomvekt.



(b) Skåla plasserer ein under sikta.



(c) Så tømmer ein skyllevatnet over sikta.



(d) Noko går igjennom sikta, noko blir igjen på oversida.

Figur 3.8: Framgangsmåte for våtsikting av kaks.



### 3.3. ANALYSER



(a) Maskina utset siktene for rotasjon og slag.



(c) Sikter etter sikting.



(b) Veking av sikter etter sikting.



(d) Ferdig sikta prøve pakka fraksjonsvis i plastposar.

Figur 3.9: Sikting av kaks.

energikonsentrasjonen på kontaktflatene vil vere størst under kollisjonar mellom store korn. Lenger nede i stabelen av sikter blir energikonsentrasjonane mindre og mindre under kollisjonane, og bergarten sin styrke er høg nok til å motstå kreftene. Bergarten i prøvenummer BØ er ein kalkstein.

Tabell 3.3 viser situasjonen for prøvenummer UN, ein gneis frå Nesodden. Det er i utgangspunktet mykje mindre av det grove materialet i denne prøva. I denne måleserien synk vekta av alle fraksjonane heile tida, med unntak av 4 mm-fraksjonen, som består av eitt enkelt korn allereie etter 10 min, og 63  $\mu\text{m}$ -fraksjonen, som etter cirka 30 min begynner å stige. Vekta av den finaste fraksjonen, <63  $\mu\text{m}$ , stig sjølvstøtt også her heile tida.

Dei to prøvene er veldig forskjellige når det gjeld kornkurve (figur 3.10), noko som sikkert forklarar ein del av forskjellen i utvikling gjennom den timen testsiktinga føregjekk.

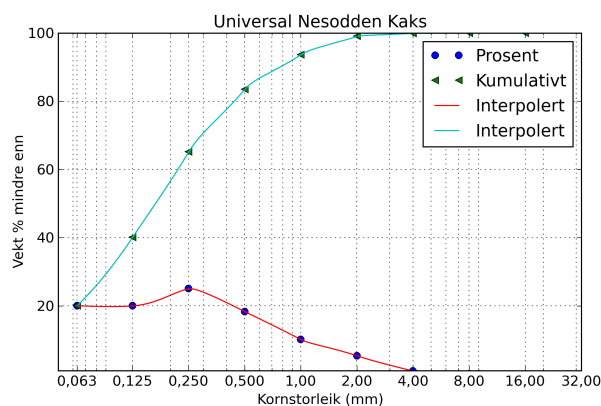
Tabell 3.2: testsikting av BØ-kaks.

	Vekt av sikt og innhald, i gram.							
	<0,063 mm	0,063 mm	0,125 mm	0,25 mm	0,5 mm	1 mm	2 mm	4 mm
Tara	380,6	300,7	294,2	311,0	342,3	392,0	416,8	444,1
5 min	402,2	332,6	351,8	410,6	499,3	597,3	582,1	517,3
10 min	402,7	332,8	352,2	411,1	500,6	598,0	582,9	512,9
15 min	403,0	332,9	352,4	411,5	501,1	598,7	582,4	511,4
20 min	403,2	333,0	352,5	411,7	501,4	599,1	582,5	510,2
25 min	403,3	333,0	352,6	411,8	501,7	599,5	582,4	509,3
30 min	403,4	333,0	352,7	412,0	501,9	599,7	582,3	508,6
35 min	403,5	333,0	352,7	412,1	502,1	599,7	582,7	507,9
40 min	403,5	333,0	352,8	412,1	502,2	599,9	582,6	507,1
45 min	403,5	333,0	352,7	412,1	502,3	600,3	582,7	506,7
50 min	403,6	333,0	352,8	412,2	502,5	600,5	583,0	506,0
55 min	403,7	333,0	352,9	412,3	502,7	600,5	582,9	505,7
60 min	403,7	333,0	352,8	412,3	502,6	600,7	583,1	505,1

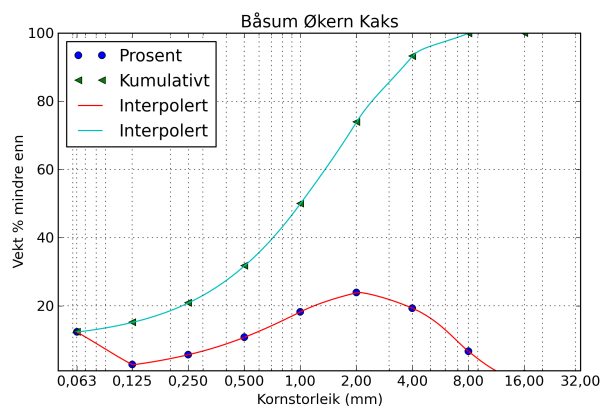
### 3.3. ANALYSE

Tabell 3.3: testsikting av UN-kaks.

Sikt	Vekt av sikt og innhald, i gram.							
	<0,063 mm	0,063 mm	0,125 mm	0,25 mm	0,5 mm	1 mm	2 mm	4 mm
Tara	380,5	293,5	294,0	310,5	341,8	391,7	416,8	444,0
5 min	446,5	403,4	437,6	416,7	400,0	423,4	422,8	444,6
10 min	448,1	404,3	436,9	415,7	399,9	422,9	422,6	444,4
15 min	449,0	404,6	436,6	415,3	400,0	422,7	422,5	444,4
20 min	449,6	404,7	436,3	415,0	400,0	422,5	422,4	444,4
25 min	450,0	404,9	436,2	414,9	399,9	422,4	422,3	444,4
30 min	450,3	404,9	436,1	414,8	400,0	422,4	422,2	444,4
35 min	450,5	404,9	436,0	414,7	399,9	422,3	422,1	444,4
40 min	450,7	405,0	435,9	414,6	399,9	422,3	422,1	444,4
45 min	450,9	405,0	435,9	414,6	399,9	422,3	422,1	444,4
50 min	451,0	405,0	435,8	414,5	399,8	422,2	422,0	444,4
55 min	451,1	405,1	435,7	414,5	399,9	422,2	422,0	444,4
60 min	451,2	405,1	435,7	414,4	399,8	422,1	422,0	444,4



(a) UN-kaks.



(b) BØ-kaks.

Figur 3.10: Endeleg kornkurve for prøvenummer BØ og UN.

### 3.3.3 Vatn

Den andelen av materialet som lar seg suspendere er det som er mest interessant med tanke på problemstillinga i denne oppgåva. Difor blei det samla inn slamprøver frå dei lokalitetane der det var mogleg. Der kakset kom opp heilt tørt blei det naturleg nok ikkje tatt prøve av vatn. Der boringa var avslutta før prøvetaking var det heller ikkje alltid mogleg å få tatt vassprøve. For dei fleste lokalitetane blei dette likevel gjort.

Prøvene blei lagra på brus- og mineralvatnflasker frå prøvetaking- til analysetidspunktet. Denne emballasjen blei vald fordi ein hadde grunn til å tru at han ville vere lett tilgjengeleg for boremannskapa. Det var meininga at prøveinnsamlinga skulle vere til minst mogleg ulempe for alle som hjalp til med å samle inn prøver. Eigne prøveflasker ville vore tungvint å måtte frakte rundt på. Tanken var at dette skulle gi større oppslutnad om prosjektet, og at ein dermed ville få inn fleire prøver.

#### Framgangsmåte for handtering av vassprøver

Vekt eller volum av full flaske blei notert. Leiingsevna blei målt med eit dertil eigna apparat i klart vatn dekantert frå prøveflaska. Leiingsevne i  $\mu\text{S}$  og temperatur i  $^{\circ}\text{C}$  blei notert. Deretter blei slammet rista opp og våtsikta på same måte som kakset, på ei  $63\text{ }\mu\text{m}$  sikt. Slik fekk ein to fraksjonar, over og under  $63\text{ }\mu\text{m}$ . Dei to fraksjonane blei tørka over natta på  $105^{\circ}\text{C}$  og deretter vegd. Vekta av den tomme flaske blei notert.

Oppsummert:

- Vege flaske med innhald
- Måle av elektrisk leiingsevne
- Våtsikte av innhaldet
- Vege flaske tom

### 3.3.4 Håndstykke

Håndstykkene som blei samla inn har det ikkje blitt nødvendig å bruke.

### 3.4. DATABASEHANDLING

---

```
* TODO Båsum Trøndelag[3/21]
** TODO Dalheimslyngen[1/6]
   :PROPERTIES:
   :Prøvenr: BTrD
   :Dato:
   :Lat: 574215
   :Lon: 7032314
   :sone: 32V
   :Adresse: Dalheimslyngen 1
   :Vatn: t
   :Kaks: t
   :Håndstykke:
   :Tatt_sjølv:
   :END:
*** TODO Vatn[/]
**** TODO Sikting
**** TODO XRD
*** TODO Kaks[1/2]
**** DONE Sikting
      CLOSED: [2013-02-08 vie 16:22]
      - State "DONE"          from "TODO"          [2013-02-08 vie 16:22]

#+TBLNAME:BTrD-kaks
#+CAPTION:
|-----+-----+-----+-----+-----+-----|
|          | < 0,063 mm | < 0,063 mm | 0,063 mm | 0,125 mm | 0,25 mm |
|          | frå skylling |          |          |          |          |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----|
| Tara      |      4038.8 |      379.5 |      302.8 |      296.3 |      310.1 |
| Brutto    |      4297.8 |      425.0 |      356.0 |      350.6 |      372.2 |
```

*Figur 3.11: Utdrag frå fil med måledata og notatar*

## 3.4 Databehandling

Det var ein del data å handtere i løpet av arbeidet med denne oppgåva. Spesielt var det mange linjer med måledata frå sikteanalysene, og desse blei førte inn i ei fil av *.org*-format, ved hjelp av *org-mode* i *emacs*. Eit eksempel er vist i figur 3.11 og figur 3.13. Eit pythonscript (tillegg C.1) set om dette til maskinlesbare data i tabseparert csv-format.

Firma	Lokalitet	Prøvetype	Datatype	< 0,063 mm f			
Båsum	Trøndelag	Dalheimslyngen	Kaks	Tara	4038.8	379.5	302.8
Båsum	Trøndelag	Dalheimslyngen	Kaks	Brutto	4297.8	425.0	356.0
Båsum	Trøndelag	Dalheimslyngen	Kaks	Tara	0	379.6	303.1
Båsum	Trøndelag	Dalheimslyngen	Kaks	Brutto	0	437.4	365.8
Båsum	Trøndelag	Sverdrupsvei	Kaks	Tara	1391.7	379.5	302.8
Båsum	Trøndelag	Sverdrupsvei	Kaks	Brutto	1583.8	393.6	329.7

Figur 3.12: Utdrag av tabseparerte data.

Ein kan sjå at enkelte linjer begynner med ei stjerne. Tal stjerner avgjer nivået. Ei stjerne er det øvste nivået. Det svarer til *firma*. Neste nivå, med to stjerner, svarer til *lokalitet*. Tre stjerner betyr *prøvetype*, det vil seie enten *vatn*, *kaks* eller *håndstykke*. Neste nivå fortel kva type data eller notatar avsnittet inneheld. Det vi er interessert i her er tabellane som inneheld måledata frå sikteanalysene. Desse tabellane er enkle å kjenne igjen sidan dei startar med teksten «| Tara » eller «| Brutto ». Viss ein så lagar eit program som kan halde styr på dei ulike nivåa av stjerner, og som kan plukke ut tabellane, er det enkelt å skrive dataa til ei ny fil som inneheld meir konsentrerte data på forma

<Firma, lokalitet og anna metadata> <data>.

Dette er vist i utdrag 3.12.

Eit *Python*-script behandlar data og genererer plott, diagram og ein del av tabellane, i denne oppgåva. Dette fungerer ved hjelp av *matplotlib*, eit pythonbibliotek for visualisering av data (Hunter, 2007). I tillegg C.2 er det scriptet som tar seg av mykje av formateringa av data, og generering av ein del plott vedlagt. Systemet er i stand til å plote eit vilkårleg tal sikteprøver så lenge dataa er strukturerte som i eit av utdraga over, også vist i figur 3.13.

For kvar lokalitet blir det plotta eit diagram som viser kornkurva til kakset. Øvst står firmanamn og lokalitetsnamn. Kumulativ kornstorleik blir framstilt med grønne trekantar, kornstorleik for kvar fraksjon med blå fyllte sirkular. Teiknforklaringa blir plassert automatisk der det måtte passe best, etter kvar det er ledig plass i diagrammet. Y-aksen viser prosent, X-aksen viser storleiken på siktene.

Dataa blir plotta der X-aksen viser lysopninga til sikta som er *større* enn den sikta materialet havna på i analysen. Diagrammet framstiller med andre ord for dei kumulative dataa summen av alt materiale med kornstorleik *mindre* enn det som er oppgitt på X-aksen.

### 3.4. DATABASEHANDLING

```
File Edit Options Buffers Tools Org Tbl nXhtml Help
#+COLUMNS: %25ITEM %Dato %Prøvenr %Vatn %Kaks %Håndstykke %3PRIORITY %TAGS %0TODO
* TODO Båsum Trøndelag[3/21]

** TODO Dalheimslyngen[1/6]
:PROPERTIES:
:Prøvenr: BTRD
:Dato:
:Lat: 574215
:Lon: 7032314
:sone: 32V
:Adresse: Dalheimslyngen 1
:Vatn: t
:Kaks: t
:Håndstykke:
:Tatt_sjølvs:
:END:
*** TODO Vatn[/]
**** TODO Sikting
**** TODO XRD
*** TODO Kaks[1/2]
**** DONE Sikting
CLOSED: [2013-02-08 vie 16:22]
- State "DONE" from "TODO" [2013-02-08 vie 16:22]

#+TBLNAME:BTRD-kaks
#+CAPTION:
|< 0,063 mm|< 0,063 mm|0,063 mm|0,125 mm|0,25 mm|0,5 mm|1 mm|2 mm|4 mm|8 mm|
|frå skylling|
|Tara|4038.8|379.5|302.8|296.3|310.1|341.5|391.0|416.3|443.2|465.0|
|Brutto|4297.8|425.0|356.0|350.6|372.2|435.1|517.3|555.0|531.2|465.0|
|Netto|259.0|45.5|53.2|54.3|62.1|93.6|126.3|138.7|88.0|0.0|
|Tara|379.6|303.1|296.6|310.5|342.0|391.8|416.3|443.2|465.0|
|Brutto|437.4|365.8|354.7|371.3|429.4|500.2|511.2|485.1|465.0|
|Netto|0.0|57.8|62.7|58.1|60.8|87.4|108.4|94.9|41.9|0.0|
|Total|259.0|103.3|115.9|112.4|122.9|181.0|234.7|233.6|129.9|0.0|
|Total|362.3|115.9|112.4|122.9|181.0|234.7|233.6|129.9|0.0|
|Prosent|24|8|8|8|12|16|16|9|
-U:--- prøver-min.org 1% (51,0) Hg:12 [(Org zx vl Wrap Abbrev)]--[6:27 (Databehandling)]-----
```

Figur 3.13: emacs org-mode.





# Kapittel 4

## Data

### 4.1 Klassifisering av lokaliteter

Lokalitetane som prøvene er henta frå er lista opp i tabell 4.1 med bergartsklassifisering etter NGU sine kart på nett(NGU, 2013a). Bergarten kartet angir for overflata i punktet brønnen var bora på, er utgangspunktet. Nokre prøver kjem åpenbart frå ein annan bergart enn det kartet tilseier, for eksempel MTrF og MTrG. Dei kjem frå den underliggande syenitten, og ikkje kalksteinen som er kartlagt i overflata. I slike tilfelle har XRD-data blitt brukt for å finne ut kva bergart det er snakk om.

I tabell 4.1 er berre dei prøvene som har ein kjent posisjon med. Det er av ulike grunnar store hol i datagrunnlaget her. Når det manglar data for finstoffinnhald er det fordi det ikkje har blitt analysert noko prøve frå lokaliteten. Manglar det data for djup eller vassgivarevne er det fordi data manglar i NGU sin brønndatabase (Sjå NGU (2013b)).

Tabell 4.1: Tabell over lokaliteter med UTM-koordinatar (EPSG:32632),prøvenummer, bergart, djup av borhol, suspendert stoff (SS) mindre enn  $63\mu\text{m}$  i g/l, andel SS mindre enn  $63\mu\text{m}$  i prosent av totalt tørrstoffinnhald i vatnet, og vassgivarevne til brønnen. Manglande data er markert med - .

Firma	Lokalitet	UTM sone 32		Prøvenr.	Bergart	Djup (m)	SS (g/l)	Andel SS <63 $\mu\text{m}$ (%)	Vassgivarevne (l/h)
		Aust	Nord						
Båsum Trøndelag	Dalheimsslyngen	574215	7032314	BTrD	grønnstein	160	-	-	275
	Sverdrupsvei	568254	2033623	BTrS	grønnstein	180	-	-	275
	Harald Langhelle	568440	7030986	BTrH	grønnstein	230	0,38	100,00	275
Asker og Bærum	Kolsås	583869	6643630	AK	sandstein	210	3,14	100,00	-
	Østerås	589692	6646506	AOE	leirskifer	130	-	-	-
Kraft	Moss	594112	6587778	KM	granittisk gneis	-	-	-	-
	Hafrsfjordsgata	594947	6643577	KHa	kalkstein	240	630,22	80,93	-
	Asker	582872	6638397	KA	leirskifer	190	-	-	-
	Høvik	588533	6640746	KH	leirskifer	240	5,82	33,80	-
	Skjetten	612279	6649950	KS	glimmergneis	120	163,16	78,86	-
	Schøyen	593167	6636151	KSc	granittisk gneis	250	-	-	-
Universal	Svartskog	597839	6628057	USv	glimmergneis	150	0,98	100,00	4500
	Nesodden	595955	6622493	UN	glimmergneis	-	0,76	90,91	100
	Ulvøya	599172	6638101	UU	leirskifer	200	-	-	450
	Uranienborg	596332	6644012	UUr	kalkstein	210	32,22	100,00	550
	Asker	585307	6638539	UA	leirskifer	190	-	-	1000
	Asker 2	580571	6635041	UAs	leirskifer	190	-	-	200
	Strømmen	612145	6648263	USt	glimmergneis	150	-	-	4000

Tabellen fortset på neste side

Firma	Lokalitet	UTM sone 32		Prøvenr.	Bergart	Djup (m)	SS (g/l)	Andel SS <63 µm (%)	Vassgivarevne (l/h)
		Aust	Nord						
	Trosterudveien	595405	6647635	UT	leirskiifer	170	26,42	100,00	100
	Nannestad	610129	6673174	UNa	intrusiv	200	-	-	4000
	Skøyen	603130	6642727	US	granittisk gneis	200	-	-	4000
Myhre	Trantjern	584806	6678538	MTrF	intrusiv	60	-	-	750
	Trantjern	584806	6678538	MTrG	intrusiv	60	-	-	750
	Maurtvedtgutua	592082	6686899	MMF	leirskiifer	140	-	-	1001
	Maurtvedtgutua	592082	6686899	MMG	leirskiifer	140	-	-	1001
	Maurtvedtgutua	592082	6686899	MM	leirskiifer	140	1,69	52,00	1001
	Nesodden	592551	6636236	MN	granittisk gneis	200	-	-	2000
	Lommedalen	583539	6647744	ML	vulkansk	129	-	-	5000
	Lommedalen 2	583662	6646630	ML2	vulkansk	200	-	-	8000
	Grua	591572	6681454	MG	kalkstein	140	-	-	200
	Tuddal	488399	6620925	MT	metasediment	108	0,59	100,00	300
	Eina	589313	6712683	ME	leirskiifer	66	0,07	33,33	-
	Engnestangen	575602	6696127	MEn	glimmergneis	170	0,35	100,00	3000
	Lier	568784	6625223	MLi	intrusiv	190	19,27	68,65	1500
	Bjørntjernlia	555478	6689637	MB	intrusiv	120	-	-	120
	Siggerud	606184	6632840	MS	granittisk gneis	59	6,89	81,58	10000
Båsum	Økern	600487	6644692	BOE	leirskiifer	-	76,86	35,68	-
	Ravnsborg	247103	6644333	BR	leirskiifer	-	-	-	-
	Grønland	566952	6623486	BG	vulkansk	-	17,92	100,00	-
	Asker	579314	6634132	BA	leirskiifer	-	22,45	97,54	-

*Tabellen fortset på neste side*

Firma	Lokalitet	UTM sone 32		Prøvenr.	Bergart	Djup (m)	SS (g/l)	Andel SS <63 µm (%)	Vassgivarevne (l/h)
		Aust	Nord						
	Ingierstrand	598081	6632297	BI	glimmergneis	-	444,53	80,14	-
	Nordstrand	600381	6636839	BN	granittisk gneis	-	-	-	-
Hallingdal	Haugastøl	437798	6706630	HaH	granittisk gneis	120	-	-	-
	Hemsedal	482083	6748138	HaHe	leirskifer	120	-	-	240
Brustugun	Skei	366158	6828119	BrS	granittisk gneis	-	-	-	-
	Førde	337011	6814694	BrF1	glimmergneis	165	18,00	77,84	20000
	Førde	337011	6814694	BrF2	glimmergneis	165	19,67	28,93	20000
Heistad	Støren	573979	6987442	HS	metasediment	100	-	-	-
	Molde	412722	6959400	HM1	granittisk gneis	190	137,00	22,27	-
	Molde	412722	6959400	HM2	granittisk gneis	190	-	-	-
	Molde	412722	6959400	HM3	granittisk gneis	190	-	-	-
Norsk Boreteknikk	Volda	350150	6893803	NoV	granittisk gneis	-	-	-	-



Figur 4.1: Kart over prøvene frå Oslofeltet. Prøvenr i gul sirkel markerer lokalitetane. Det er nokre lokalitetar som ligg så tett at dei er vanskelege å sjå. Dette gjeld MTrF og MTrG, og MMF, MMG og MM, henholdsvis vest og nord for MG, og MN og KSc på Nesoddtangen. Utforma i samarbeid med Rand Kalskin Ramstad.

## 4.2 Sikteprøver

Det er 58 sikteprøver totalt, men ein manglar posisjonar for nokre av dei. Sidan ein ikkje kan bruke kartet til å klassifisere prøver utan kjent opphav er dei dette gjeld ikkje med i tabell 4.1. Hovuddelen av analysearbeidet er gjort på dei som kjem frå lokalitetane i tabell 4.1, og siktekurvene frå dei overskytande prøvene er berre med i tabell 4.2.

Statistikk for dei ulike fraksjonane er samanstilt i tabell 4.2. Det er noko forskjell på fraksjonane. Dataa for kornstorleik mellom 1,00 mm og 2,00 mm har størst median. Størst gjennomsnitt og standardavvik har fraksjonen  $<63\mu\text{m}$ .

Tabell 4.2: Median, gjennomsnitt og standardavvik for alle fraksjonane i sikteanalysene av kaks, for alle 58 prøvene.  $\tilde{x}$ =median,  $\bar{x}$ =gjennomsnitt,  $\sigma$ =standardavvik.

Fraksjon (mm)	vekt-%				
	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\sigma$	min	max
$<0,063$	12,49	19,06	15,89	1,92	73,56
$0,063 - 0,125$	7,98	9,15	6,42	1,31	28,09
$0,125 - 0,250$	10,49	12,14	6,94	2,90	32,09
$0,250 - 0,500$	12,65	12,93	5,63	3,32	26,97
$0,500 - 1,00$	12,9	13,79	6,35	0,84	31,39
$1,00 - 2,00$	16,08	14,77	7,82	0,38	29,20
$2,00 - 4,00$	12,58	12,46	8,24	0,32	31,37
$4,00 - 8,00$	3,5	5,27	4,68	0,02	17,71
$8,00 - 16,00$	0,07	0,43	1,28	0	8,99

Forklaring til boxplottet:

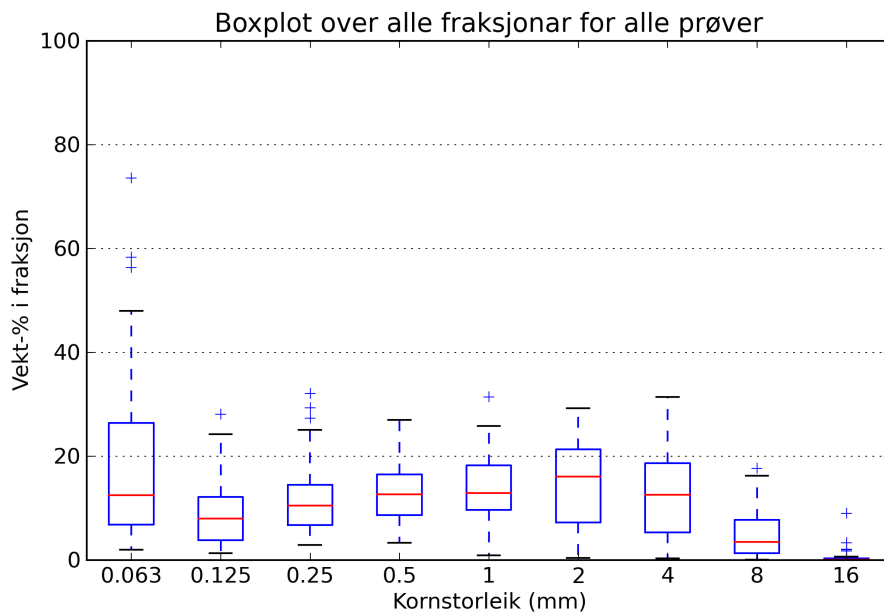
- *Boksen* markerer kva som er mellom nedre og øvre kvartil.
- *Medianen* er den raude streken midt i boksen.
- Dei *stipla* linjene som endar i ein kort strek på tvers markerer observasjonar innanfor  $1,5 \cdot (\text{øvre kvartil} - \text{nedre kvartil})$ .
- Observasjonar som ikkje fell innanfor områda som er beskrivne over blir markert med eit lite *kryss*.

Boxplotta viser på ein oversiktleg måte variasjonen i dataa.

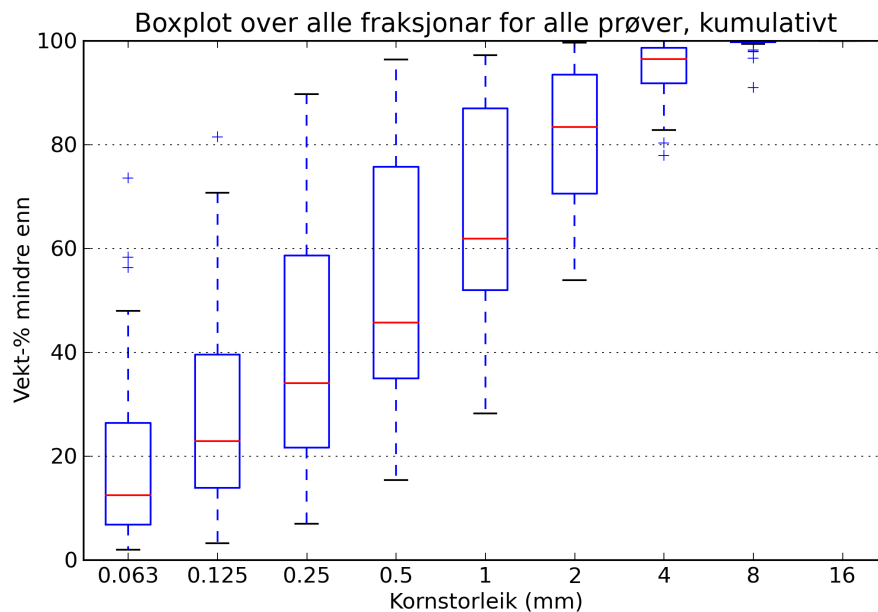
## 4.2. SIKTEPRØVER

---

På boxplottet i figur 4.2 er prøvene delt inn etter kornstorleik, og alle målingar frå same sikt er plotta i lag. Lengst til venstre finn vi oversikta over måleverdiane for det materialet som gjekk igjennom sikta med lysopning  $63\mu\text{m}$ , og lengst til høgre for det som gjekk igjennom sikta med lysopning 16 mm, men ikkje den med lysopning 8 mm.



Figur 4.2: Boxplot over alle prøvene, gruppert etter kornstorleik.



Figur 4.3: Boxplot over alle prøvene, kumulative verdier.

#### 4.2.1 Andel av kakset som er mindre enn $63\ \mu\text{m}$ , skilnad mellom bergartar

Det er finfraksjonen som er mest interessant. Det er den som vil kunne bli frakta med rennande vatn og vere eit problem ved utslepp. Statistikk for finfraksjonen *for dei prøvene som har blitt kopla til ein posisjon*, og dermed er med i tabell 4.1, er difor oppgitt i tabell 4.3 og 4.4 for kvar bergart. Prøvene *MMF, MMG, MTrF og MTrG* er frå Myhre sin rigg med støvsugar<sup>1</sup>, og er derfor ikkje representative for kakset; *MMF og MTrF* er anrika på finstoff, og *MMG og MTrG* er anrika på grovare materiale. Desse prøvene er difor tatt ut av datasettet i tabell 4.4.

Det er få bergartar som kan skilte med mange prøver, berre gneisane og leirskiferen skiller seg ut ved å vere talrike. Desse best representerte bergartane, har alle median- og gjennomsnittsverdiar som ligg nær verdiane for datasettet sett under eitt.

Histogram over fraksjon  $<63\ \mu\text{m}$  etter bergartsklassifikasjonen frå tabell 4.1 er vist i figur 4.5. Det er fleire toppar på histogrammet, ein for eit finstoffinnhald på rett over 20 %, ein for rett over 10 %, og ein for rundt 5 %.

<sup>1</sup>Meir om støvsugarsystemet og prøvene i 5.2



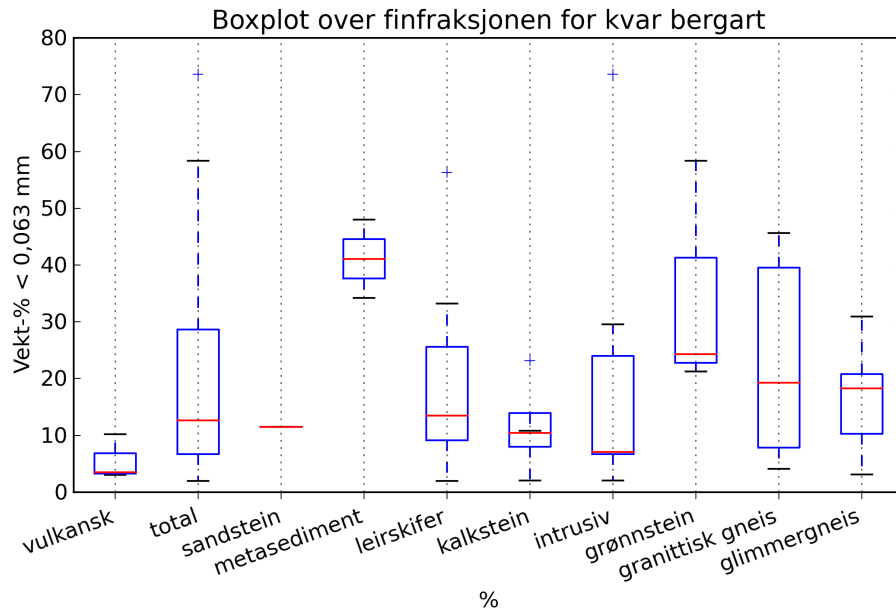
## 4.2. SIKTEPRØVER

Tabell 4.3: Statistikk for finfraksjon ( $<63\mu\text{m}$ ) etter bergart.  $\tilde{x}$ =median,  $\bar{x}$ =gjennomsnitt,  $\sigma$ =standardavvik.

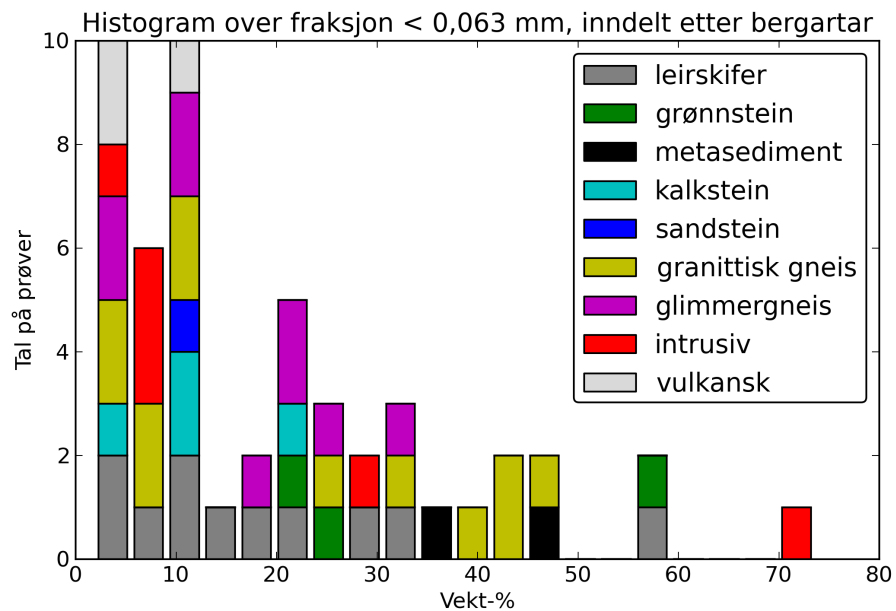
Bergart	vekt-%					$n$
	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\sigma$	$min$	$max$	
total	12,62	19,87	16,62	1,92	73,56	51
leirskifer	13,43	18,88	15,09	1,92	56,33	11
grønnstein	24,25	34,58	16,82	21,20	58,30	3
metasediment	41,06	41,06	6,89	34,17	47,95	2
kalkstein	10,39	11,49	7,58	2,00	23,19	4
sandstein	11,44	11,44	0,00	11,44	11,44	1
granittisk gneis	19,25	22,81	16,15	4,10	45,59	12
glimmergneis	18,28	16,24	8,86	3,05	30,90	9
intrusiv	7,01	20,96	25,14	2,05	73,56	6
vulkansk	3,50	5,55	3,27	2,98	10,17	3

Tabell 4.4: Statistikk for finfraksjon ( $<63\mu\text{m}$ ) etter bergart.  $\tilde{x}$ =median,  $\bar{x}$ =gjennomsnitt,  $\sigma$ =standardavvik. Utan prøvene MMF, MMG, MTrF og MTrG.

Bergart	vekt-%					$n$
	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	$\sigma$	$min$	$max$	
total	12,62	18,53	14,16	1,92	58,30	47
leirskifer	13,43	16,17	9,81	1,92	33,20	9
grønnstein	24,25	34,58	16,82	21,20	58,30	3
metasediment	41,06	41,06	6,89	34,17	47,95	2
kalkstein	10,39	11,49	7,58	2,00	23,19	4
sandstein	11,44	11,44	0,00	11,44	11,44	1
granittisk gneis	19,25	22,81	16,15	4,10	45,59	12
glimmergneis	18,28	16,24	8,86	3,05	30,90	9
intrusiv	7,01	11,39	10,65	2,05	29,49	4
vulkansk	3,50	5,55	3,27	2,98	10,17	3



Figur 4.4: Boxplot over dataa i tabell 4.4.

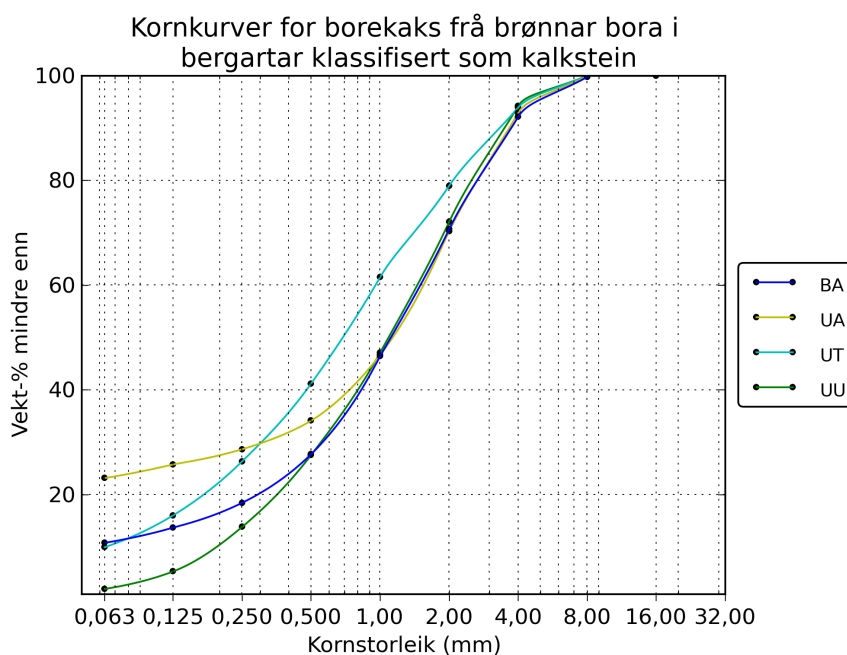


Figur 4.5: Histogram som viser kor mykje av materialet i prøva som var under  $63\mu\text{m}$ . X-aksen viser vekt-%, og Y-aksen viser kor mange prøver som inneheldt så mange vekt-% som angitt på X-aksen.

### 4.2.2 Kornkurver for bergartar

Når ein har gruppert prøvene etter bergarten dei er bora i, kan ein framstille kornkurver for fleire bergartar i same diagram. Figur 4.6 og figur 4.7 viser dei prøvene som er klassifisert som henholdsvis kalkstein og leirskifer. Kurvene ser ut til å konvergere mot høgre i diagrammet, mest tydeleg for diagrammet over kalkstein. Sjølv om desse prøvene har stor varians for andel av kakset som fell i finfraksjonen, er det lite varians for dei kumulative verdiane mot høgre i diagrammet. I teiknforklaringa kjem lokalitetskodane i alfabetisk rekkefølge.

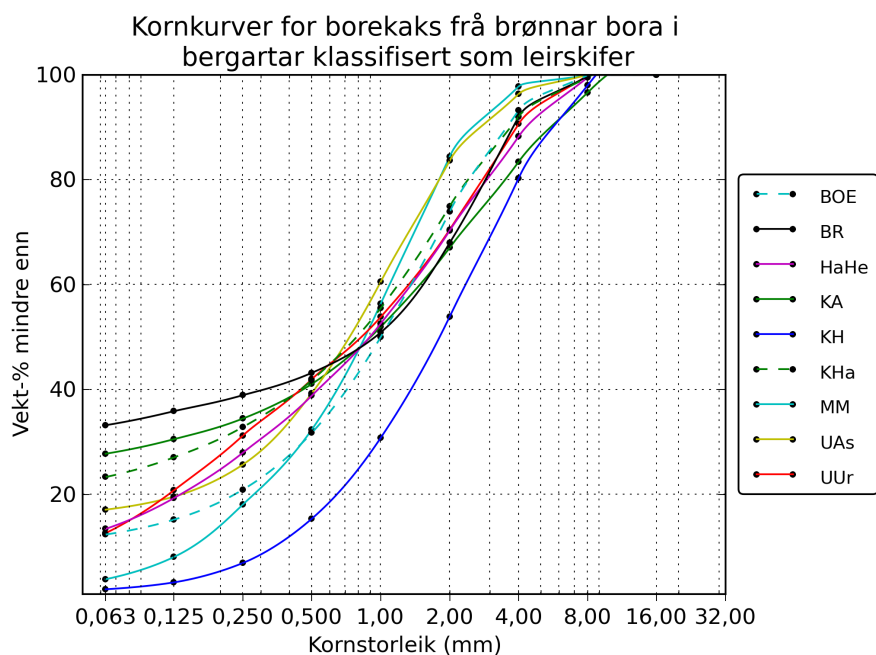
Det ser ut til at for desse kurvene så har dei prøvene som har lite materiale i den aller finaste fraksjonen ( $63\text{ }\mu\text{m}$ ) ofte meir i den litt grovare ( $125\text{ }\mu\text{m}$  til  $1,00\text{ mm}$ ). Kurvene er veldig like for desse prøvene når ein ser på ikkje kumulative data (figur 4.12). Alle prøvene har ein topp mellom  $1,00\text{ mm}$  og  $4,00\text{ mm}$ , dei fleste på  $2,00\text{ mm}$ .



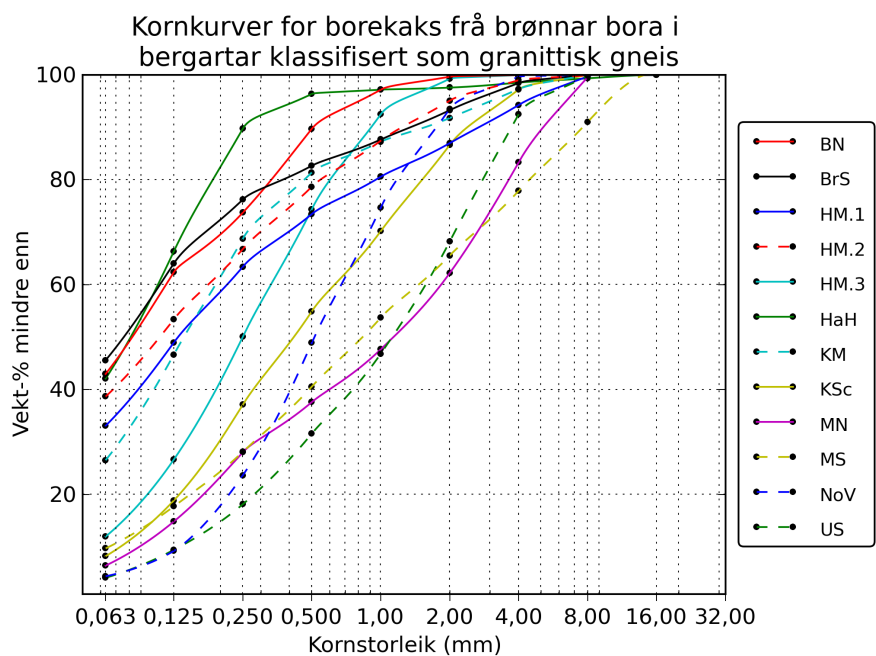
Figur 4.6: Kornkurver for kalkstein.

For ein del andre bergartar ser ein ikkje ein slik tendens til at kurvene konvergerer. Gneisane (figurane 4.8 og 4.10) illustrerer dette godt. Endå tydelegare er det på dei ikkje-kumulative kornkurvene i figur 4.9 og 4.11. Her er det meir kaotisk, nokre kurver har ein topp til venstre i diagrammet, andre til høgre.

Det er stor forskjell på figurane 4.8 til 4.11 og figur 4.12.

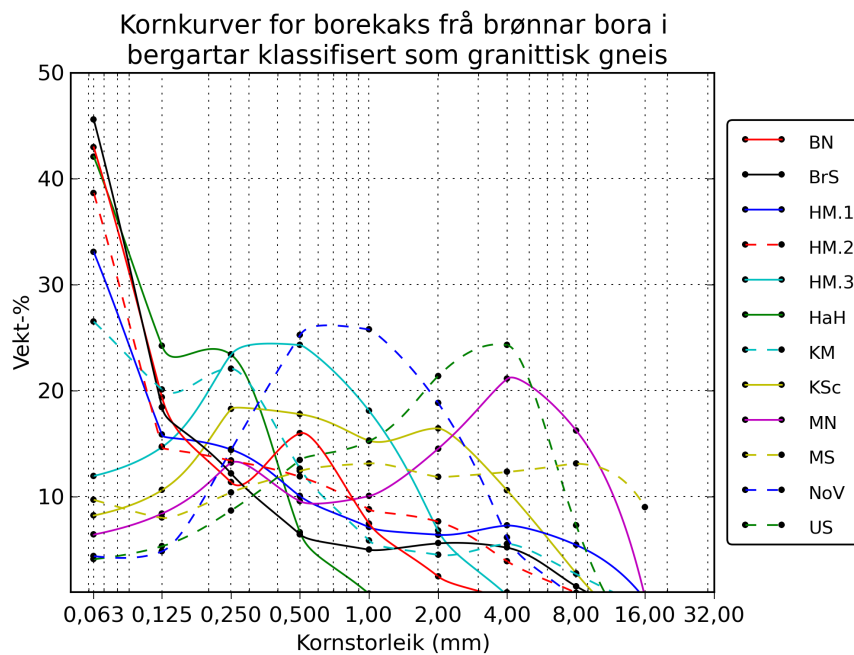


Figur 4.7: Kornkurver for leirskifer.

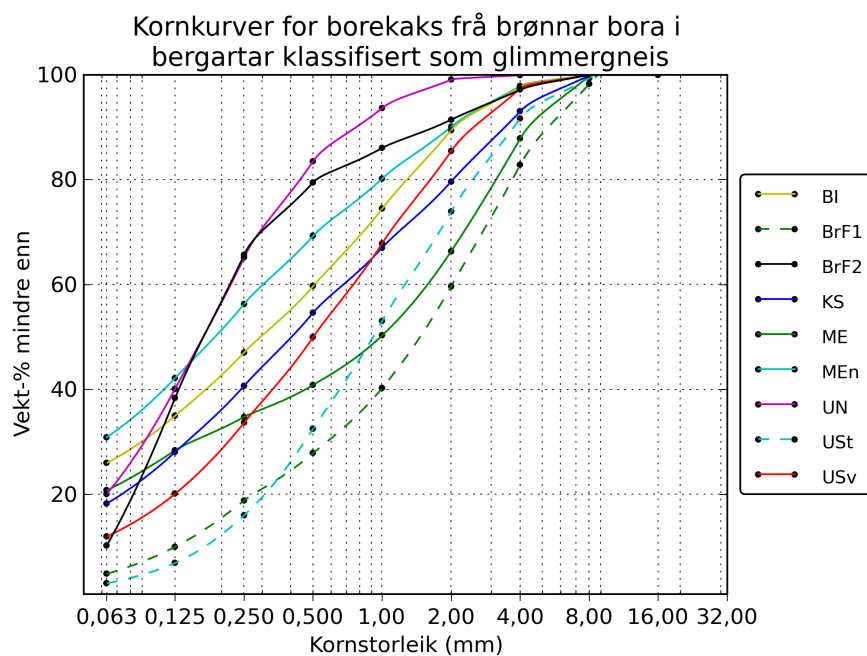


Figur 4.8: Kornkurver for granittisk gneis.

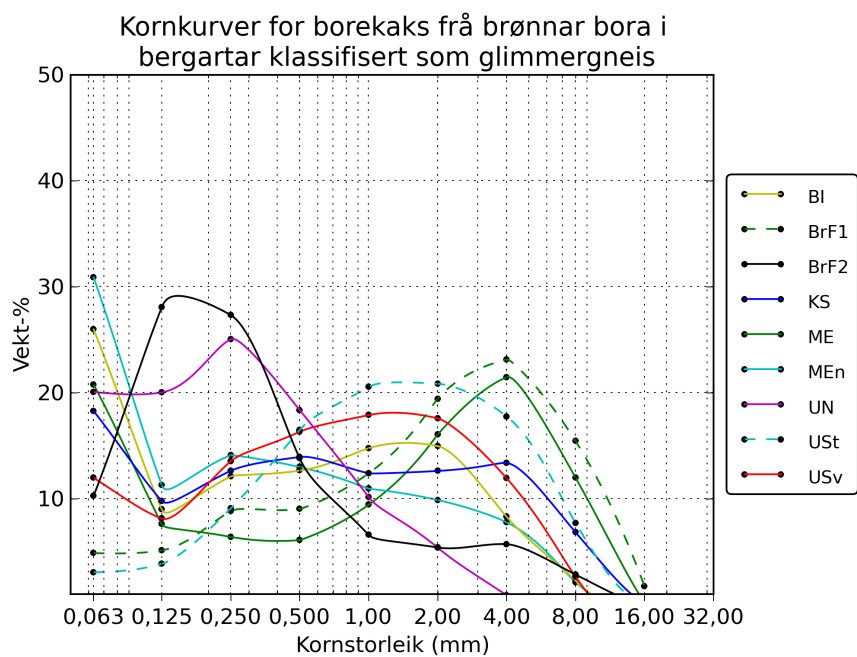
## 4.2. SIKTEPRØVER



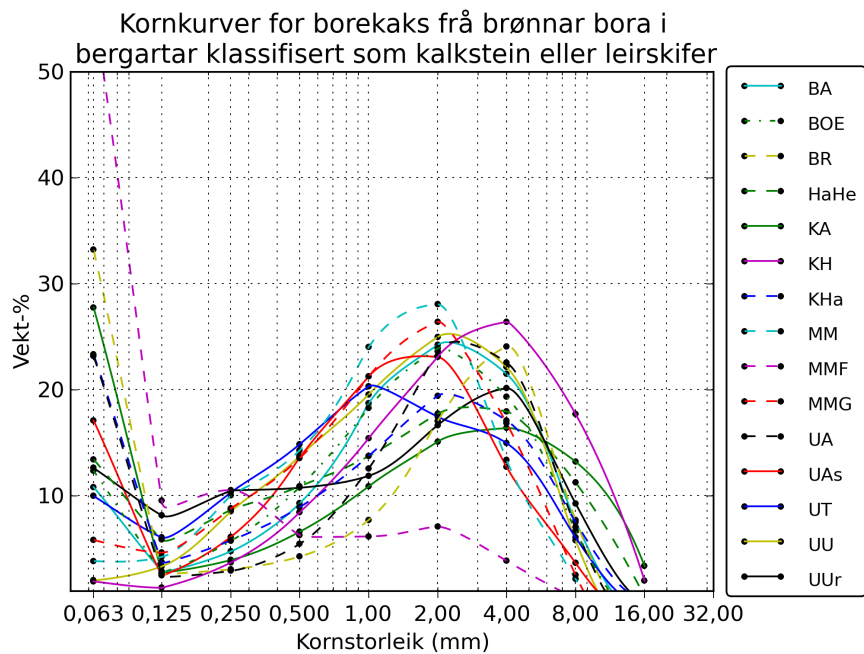
Figur 4.9: Ikkje kumulative kornkurver for granittisk gneis.



Figur 4.10: Kornkurver for glimmergneis.



Figur 4.11: Ikkje kumulative kornkurver for glimmergneis.



Figur 4.12: Ikkje kumulative kornkurver for kalkstein og leirskifer. Her er kalkstein og leirskifer slått saman.

### 4.2.3 Inndeling i grovkornige og finkornige bergartar

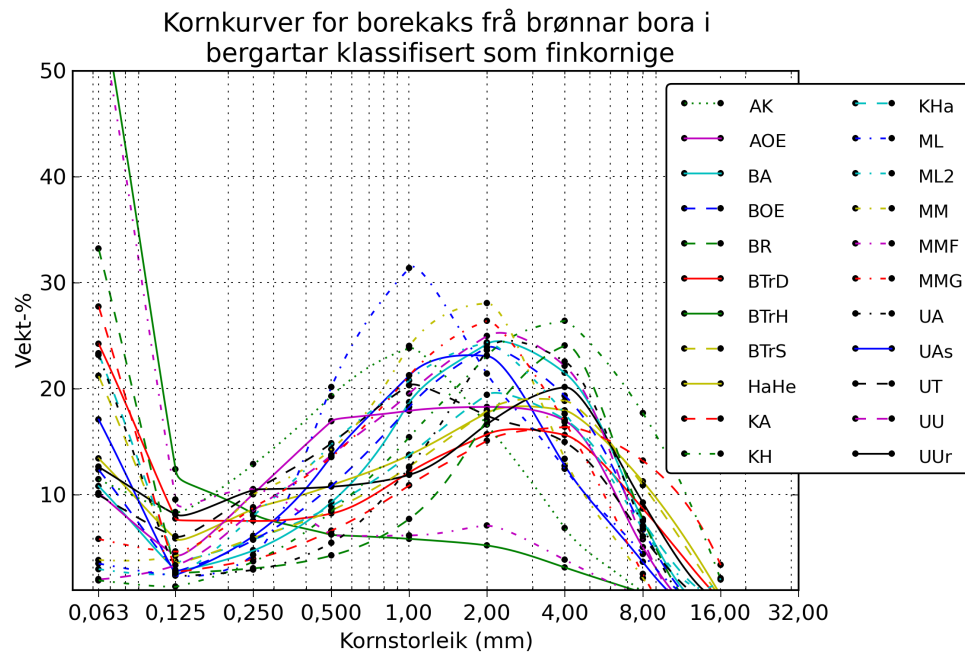
Med bakgrunn i ovanståande observasjon om at kornkurvene for enkelte bergartar passar inn i eit mønster, medan andre ikkje gjer det, blei bergartane så delt i to grupper; finkornige og grovkornige. Desse er vist i figurane 4.13 og 4.16.

Dei bergartane som er klassifisert som grovkornige er:

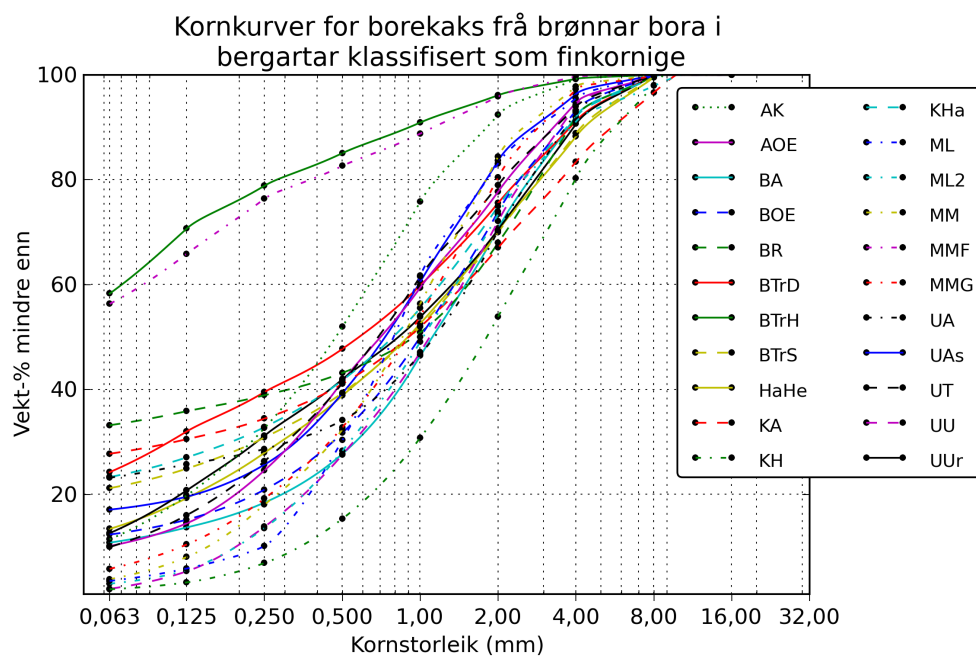
- Glimmergneis
- Granittisk gneis
- Intrusiv
- Metasediment

Dei finkornige er:

- Kalkstein
- Leirskifer
- Grønnstein
- Vulkanske
- Sandstein



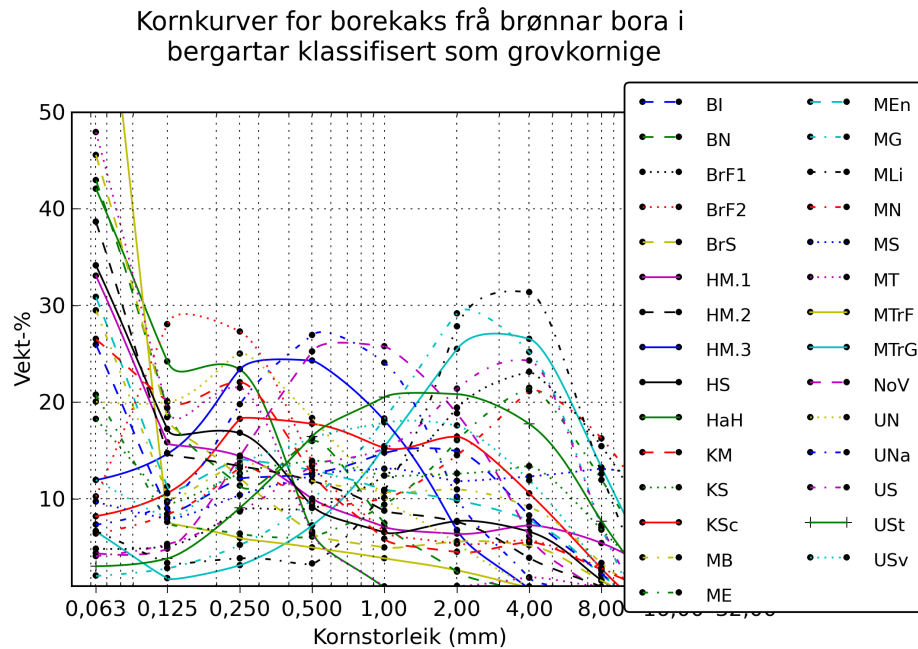
Figur 4.13: Kornkurver for prøver klassifisert som finkornige



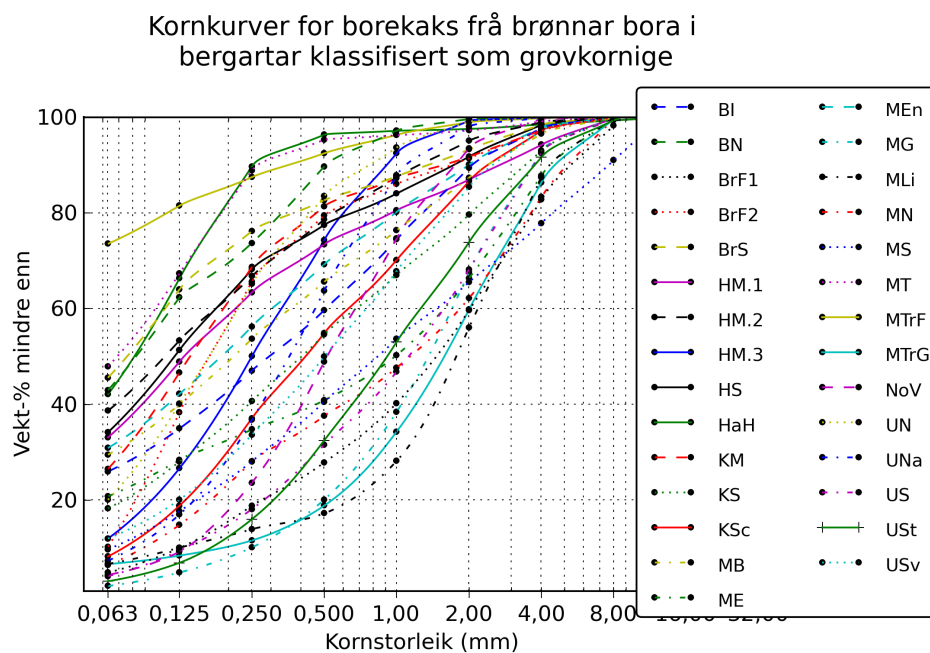
Figur 4.14: Kumulative kornkurver for prøver klassifisert som finkornige



## 4.2. SIKTEPRØVER



Figur 4.15: Kornkurver for prøver klassifisert som grovkornige



Figur 4.16: Kumulative kornkurver for prøver klassifisert som grovkornige

### 4.3 XRD-resultat

I XRD-dataa har det vore identifisert mange ulike mineral. Det er ikkje hensiktsmessig å behandle desse kvar for seg, og for å kunne presentere dataa på ein meir oversiktleg måte har dei ulike minerala blitt delt inn i til saman 8 grupper. Inndelinga er vist i tabell 4.5. Gruppene er ikkje systematisk inndelt. Nokre grupper er på veldig generelt nivå, andre er veldig spesifikke. Til dømes: gruppa *sulfid-oksider* inneheld alle sulfid og oksid, medan gruppa *kvarts*, berre inneheld eitt enkelt, men veldig vanleg mineral; kvarts. Figur 4.17 skisserer tankegangen bak mineralklassifiseringssystemet, gjennom nokre eksempel.

Figur 4.17: Mineralklassifisering

Nivå ein	Nivå to	Nivå tre	Nivå fire	Nivå fem
Silikat	Tektosilikat	Silika		Kvarts
		Feltspat	Plagioklas	Albitt Anortitt
			Kalifeltspat	Mikroclin Ortoklas
	Sjiktsilikat	Leirmineral		Kaolinit Illitt
		Glimmer		Muskovit Biotitt
	Kjedesilikat	Pyroksen	Diopsid – heidenbergitt	Diopsid Augitt
			Natriumpyroksen	Ægerin
		Amfibol	Hornblende	Magnesium- hornblende
			Tremolittserien	Aktinolit
	Ikkje silikat	Sulfid		Pyritt Pyrrhotitt
		Oksid		Magnetitt

Viss ein skulle gjort dette systematisk og halde seg til eitt nivå i klassifiseringssystemet hadde det enten blitt veldig mange kategoriar, eller veldig få. I forhold til denne oppgåva er nivå ein, to og tre i systemet for generelle, medan

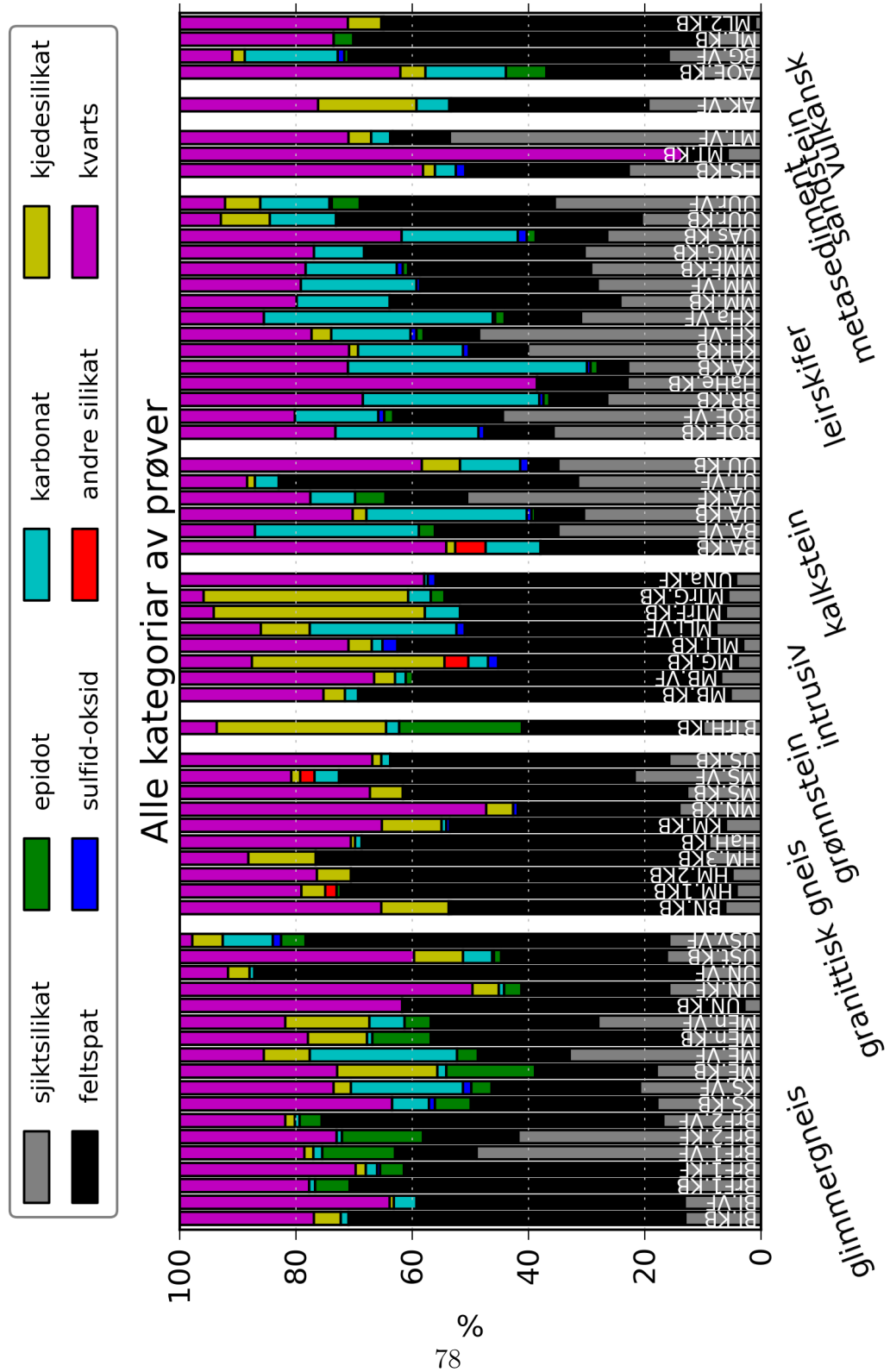
nivå fire og fem er for detaljerte. Difor har ein gått for eit hybridsystem.

Figur 4.18 viser eit søylediagram over mineralgruppene som er identifisert i datamaterialet. Prøvene er gruppert etter bergartane på NGU sine kart, som i tabell 4.1. I Oslofeltet er kart over Oslofeltet brukt til dette, utanfor dette området er NGU sine kart på nett brukt (Lutro og Nordgulen, 2008; NGU, 2013a).

*Tabell 4.5: Gruppering av mineral. Mineralnamn er på engelsk, som dei blei levert etter tolking av røntgendata.*

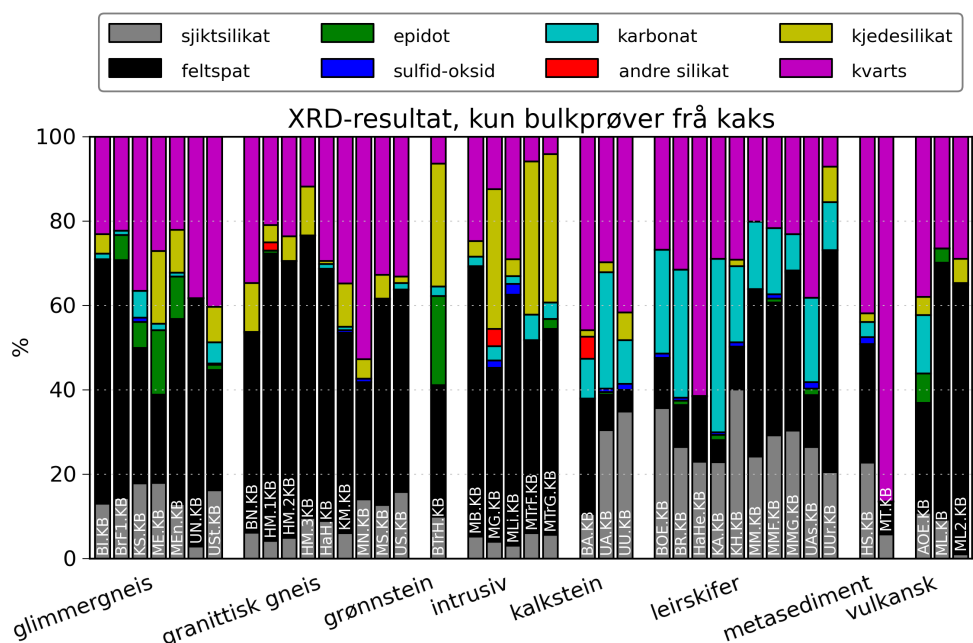
Mineralgruppe	Mineral	Mineralgruppe	Mineral
karbonat	Magnesite	sulfid-oksidi	Pyrite
	Calcite		Pyrrhotite 3T
	Dolomite		Hematite
	Siderite		Magnetite
	Aragonite		
kjedesilikat	Hornblende RoundRobin	feltspat	Albite intermediate
	Hornblende magnesian iron		Microcline maximum
	Actinolite		Anorthite
	Diopside		Microcline intermediate2
	Augite Px		Microcline intermediate1
	Aegirine		Albite
			Orthoclase
kvarts	Quartz		Sanidine Na0.1
sjiktsilikat	Chlorite IIb	epidot	Epidote
	Phlogopite 1M Mica		Clinozoisite
	Muscovite 2M1	andre silikat	Titanite
	Biotite 1M Mica		Grossularia
	Illite		Cordierite
	Kaolinite (BISH)		
	Montmorillonite		
	Sepiolite		
	Muscovite 1M		
	Talc		

Figur 4.19 viser det same som figur 4.18, men her er berre *bulkprøvene* med. Bulkprøvene representerer *heile* kaksprøven, og dermed alle kornstorleikar. Framgangsmåte for fråskilling av materiale for dei ulike typane XRD-prøver er nøgnare forklart i 3.3.1.



Figur 4.18: Søylediagram over XRD-prøver med kjende koordinatar. Gruppert etter bergart langs x-aksen og i mineralkategoriar langs Y-aksen.

### 4.3. XRD-RESULTAT



Figur 4.19: Søylediagram over XRD-prøver frå bulkprøvene av kaks. Ellers som 4.18

Kategoriane i figur 4.18 og 4.19 kjem i alfabetisk rekkefølge. Prøvene innad i kvar kategori er også arrangert i alfabetisk rekkefølge. Slik vil prøver frå same firma og lokalitet hamne ved sida av kvarandre.

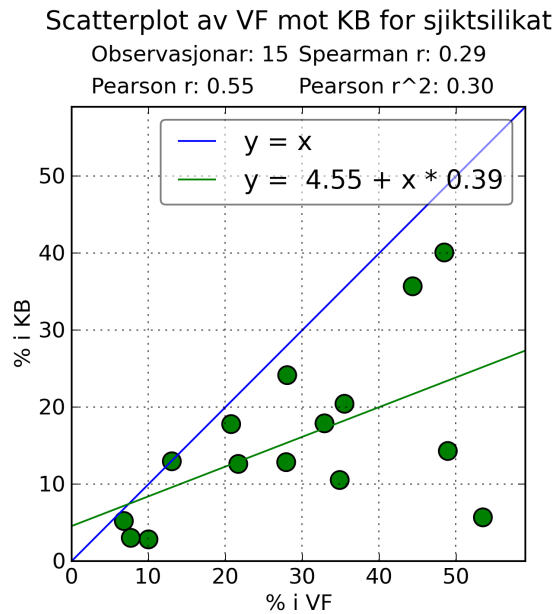
#### 4.3.1 Mineralinnhald i *suspendert materiale* samanlikna med mineralinnhald i *borekaks*

Totalt er det 15 eksempel på at det eksisterer XRD-data for både *bulkprøven*, og finfraksjonen av *slammet i borevatnet*. Her kan ein dermed samanlikne innhald av mineralet i slammet, med innhaldet i kaksprøven, frå *same lokalitet*. Dette kan ein gjere ved eit scatterplott, der den eine aksen viser mineralinnhald i slamprøven, og den andre aksen viser mineralinnhald i bulkprøven.

Det er 4 slike plott på dei neste sidene, to for mineralgrupper som er oppkonsentrerte i slam (figur 4.20 og 4.21), og to for mineralgrupper som er utarma i slammet (figur 4.22 og 4.23). For desse fire plotta gjeld følgande:

Kvar prikk er ein lokalitet. Blå strek markerer ingen forskjell mellom prøvene. Grøn strek er regresjonslinja for datasettet. VF står for *vatn finstoff*. KB står for *kaks bulk*. Altså viser x-aksen kor mange prosent av mineralet det var i

*finstoffet i vatnet, og y-aksen viser kor mange prosent det var av mineralet i bulkprøven av kakset for den lokaliteten som prikken symboliserer.*

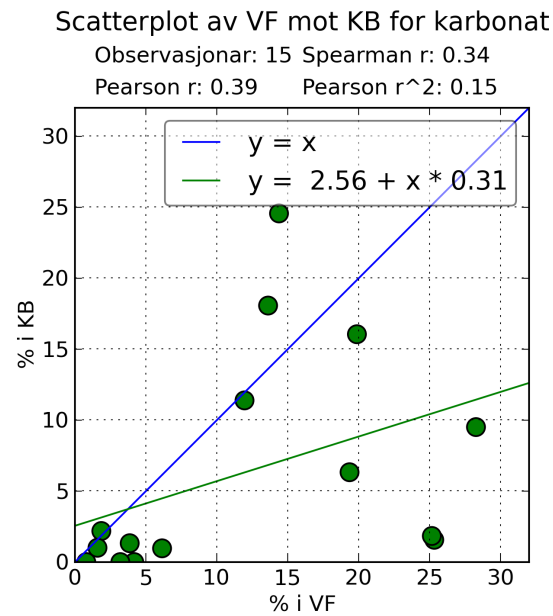


*Figur 4.20: Scatterplot for VF mot KB for sjiktsilikat. Sjå tekst for utfyllande forklaring.*

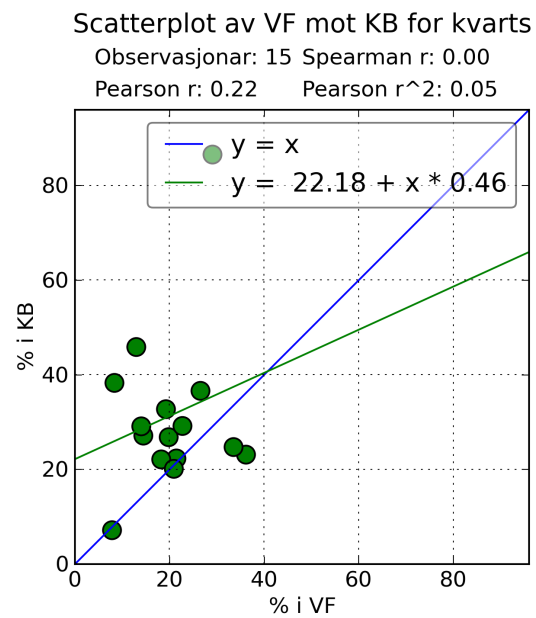
Figur 4.24 og 4.25 viser alle minerala som var å finne både i vatn finstoff (VF) og kaks bulk (KB) plotta i same diagram, for alle prøver.

### 4.3. XRD-RESULTAT

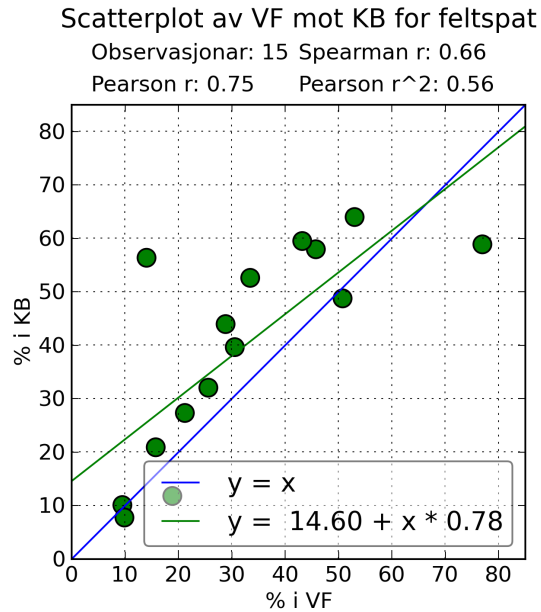
---



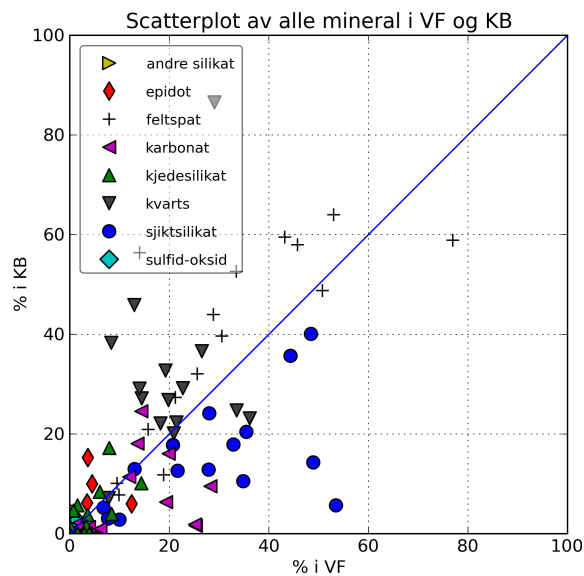
Figur 4.21: Scatterplot for VF mot KB for karbonat. Sjå tekst for utfyllande forklaring.



Figur 4.22: Scatterplot for VF mot KB for kvarts. Sjå tekst for utfyllande forklaring.



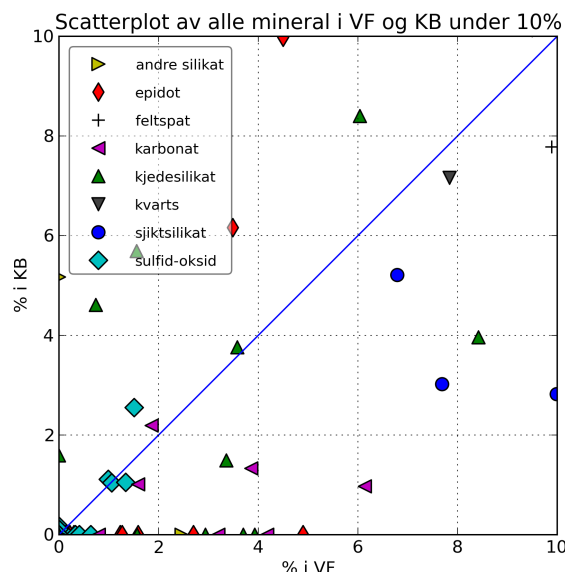
Figur 4.23: Scatterplot for VF mot KB for feltspat. Sjå tekst for utfyllande forklaring.



Figur 4.24: Scatterplot for VF mot KB med alle mineralgrupper plotta i same diagram. Ellers som for figur 4.20 til 4.23.



### 4.3. XRD-RESULTAT



Figur 4.25: Scatterplot for VF mot KB med alle mineral plotta i same diagram, zooma inn på området under 10 %. Ellers som 4.24

#### 4.3.2 Mineralinnhald i *borekaks* og finstoffandel i *borekaks*

Det er ingen veldig tydelege samanhengar mellom innhaldet av spesifikke mineral og mengda av borekakset som er i finstoffraksjonen, eller for den saks skuld, andre fraksjonar. Sjå figurane 4.26 til 4.31. Det kan hende ein kunne funne slike samanhengar viss ein hadde hatt kontroll på kor utvaska prøvene var. Dei fleste prøvene i datasettet kjem frå brønnar som produserte vatn, og då vil kakset ha blitt sortert i større eller mindre grad av rennande vatn etter at det kom ut av kaksklokka.

Dette gjeld i høgste grad for kvarts. Høgste Pearson-korrelasjon er så låg som 0,12 for fraksjonane 0,500 mm til 1,00 mm og 4,00 mm til 8,00 mm plotta mot innhald av kvarts i bulk av prøven.<sup>2</sup> Sjå figur 4.26. For finstoff er korrelasjonen for dei tre vanlegaste mineralgruppene også låg.

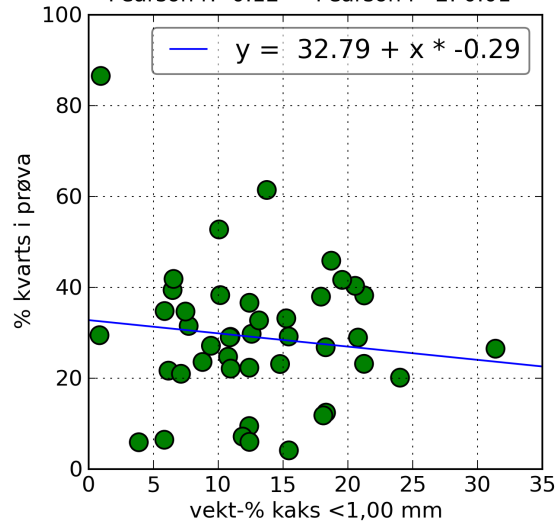
Den svært kaksrike prøven *MT* har høg andel av kakset i fraksjonen <63  $\mu\text{m}$ . Betyr dette at ein kan trekke slutning om at høgt kvartsinnhald gir finkornig kaks? Ikkje viss ein skal dømme etter figur 4.27. Her er det ingen samanheng

<sup>2</sup>Pearson-korrelasjon nær 1 eller  $-1$  betyr at den eine variabelen tilsynelatande aukar eller minkar som ein funksjon av den andre.

Innhald av kvarts i prøva mot andel av kaks < 1,00 mm

Observasjonar: 43 Spearman r: 0.00

Pearson r: -0.12 Pearson r<sup>2</sup>: 0.01

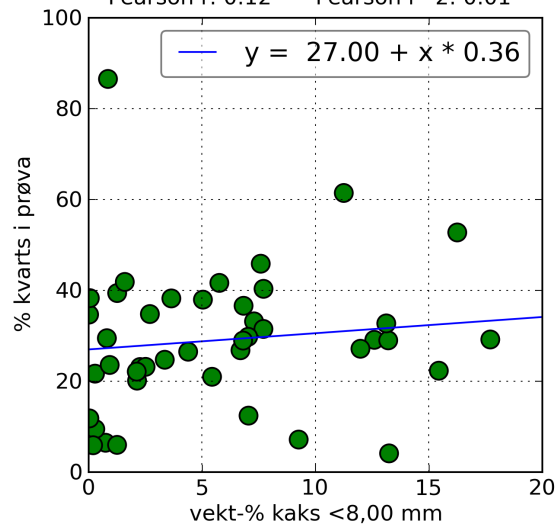


(a) Kvartsinnhald i bulkprøver av kaks mot andel av kakset mellom 0,500 mm og 1,00 mm

Innhald av kvarts i prøva mot andel av kaks < 8,00 mm

Observasjonar: 43 Spearman r: 0.04

Pearson r: 0.12 Pearson r<sup>2</sup>: 0.01



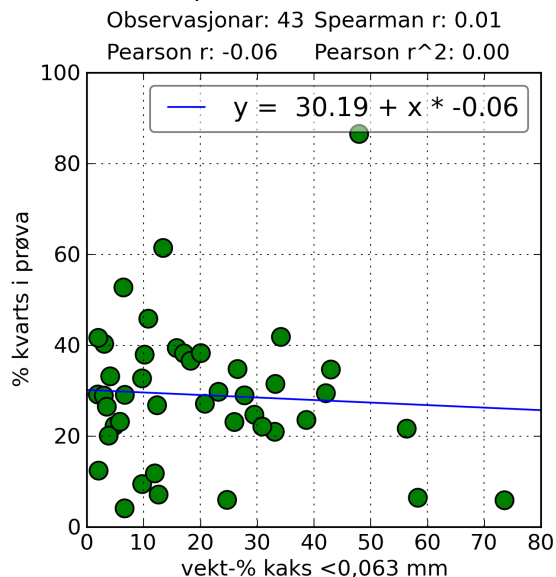
(b) Kvartsinnhald i bulkprøver av kaks mot andel av kakset mellom 4,00 mm og 8,00 mm

Figur 4.26: Scatterplot for kvartsinnhald og andel av kakset i visse fraksjonar.

### 4.3. XRD-RESULTAT

mellom kvartsinnhald og finstoffinnhald.

Innhald av kvarts i prøva mot andel av kaks < 0,063 mm



Figur 4.27: Kvartsinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset.

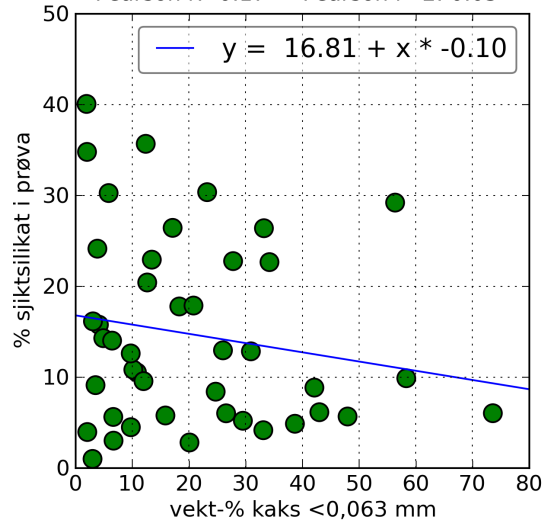
Heller ikkje for to andre svært vanlege grupper av mineral ser det ut til å vere nokon samanheng. Tilsvarande plott som i 4.27 er vist i 4.30 og 4.31 for feltspat og karbonat.

For andre mineralgrupper er det ein viss korrelasjon: For muskovitt, som finst i totalt 38 bulkprøver, er det ein svakt negativ korrelasjon mellom innhald av mineralet i bulkprøven og andel av kakset for fraksjonane *under* 0,500 mm og ein svak positiv korrelasjon mellom same parametrar for fraksjonane *over* 0,500 mm. Dette er vist for nokre fraksjonar i figurane 4.28 og 4.29.

Innhald av sjiktsilikat i prøva mot andel av kaks < 0,063 mm

Observasjonar: 43 Spearman r: 0.02

Pearson r: -0.17 Pearson r<sup>2</sup>: 0.03

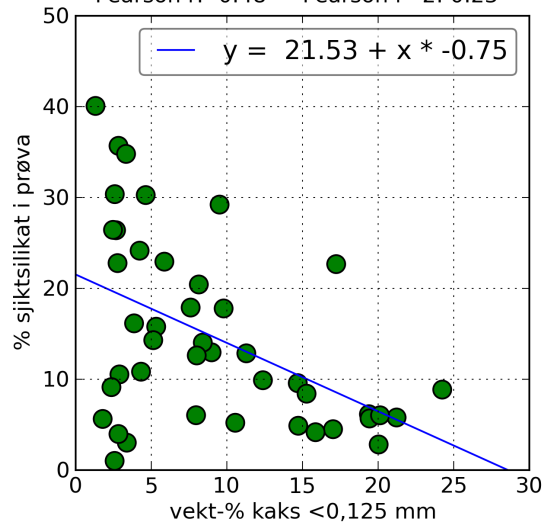


Figur 4.28: Innhald av sjiktsilikat i bulkprøver av kaks mot andel av kakset under  $63\mu\text{m}$

Innhald av sjiktsilikat i prøva mot andel av kaks < 0,125 mm

Observasjonar: 43 Spearman r: 0.17

Pearson r: -0.48 Pearson r<sup>2</sup>: 0.23

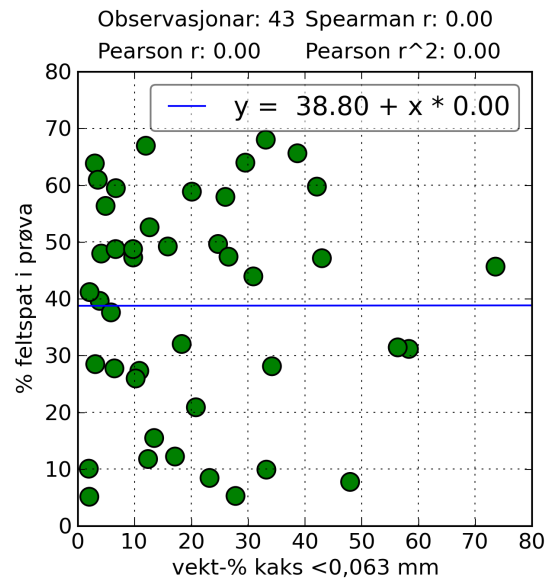


Figur 4.29: Innhald av sjiktsilikat i bulkprøver av kaks mot andel av kakset mellom  $63\mu\text{m}$  og  $125\mu\text{m}$

### 4.3. XRD-RESULTAT

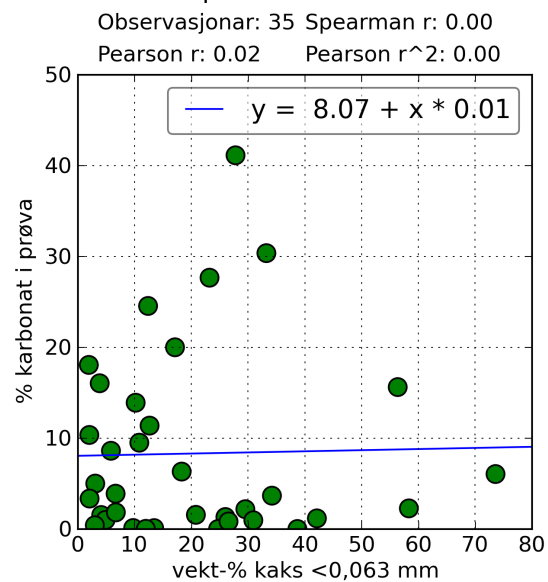
---

Innhald av feltspat i prøva mot andel av kaks < 0,063 mm



Figur 4.30: Feltspatinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset.

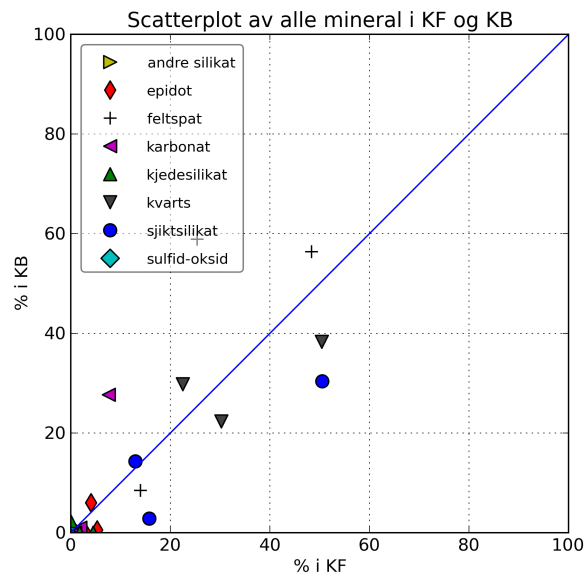
Innhald av karbonat i prøva mot andel av kaks < 0,063 mm



Figur 4.31: Karbonatinnhald i bulkprøven mot finstoffinnhald i kakset.

### 4.3.3 Mineralinnhald i *bulkprøver av borekaks* og mineralinnhald i *finstoff frå borekaks*

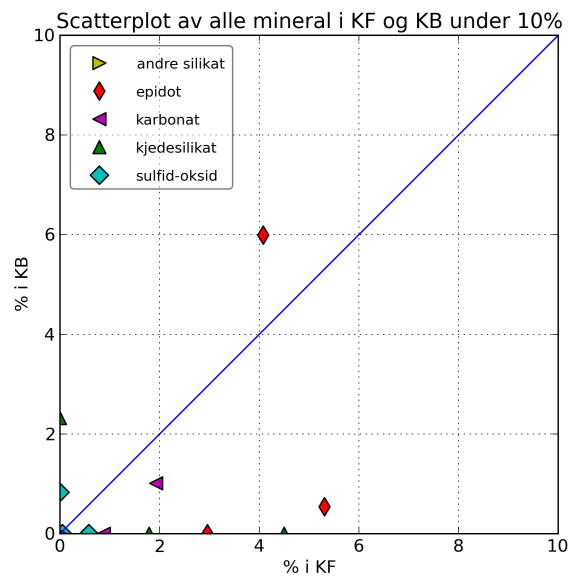
Her er mineralinnhald i bulkprøver og finstoffprøver plotta mot kvarandre. Datagrunnlaget er lite. Plotta liknar veldig på dei i kapittel 4.3.1, skilnaden er at andre data er plotta på x-aksen.



Figur 4.32: Scatterplot for KF mot KB med alle mineralgrupper plotta i same diagram. Ellers som for figur 4.20 til 4.23.

### 4.3. XRD-RESULTAT

---



Figur 4.33: Scatterplot for KF mot KB med alle mineralgrupper plotta i same diagram. Ellers som for figur 4.20 til 4.23.





# Kapittel 5

## Diskusjon

### 5.1 Skilnad på kornkurvene til ulike bergartar

Det er stor skilnad i kornkurvene frå prøve til prøve. For nokre bergartar er variasjonen stor også innad i gruppa, medan for andre er alle kornkurvene frå same bergart like.

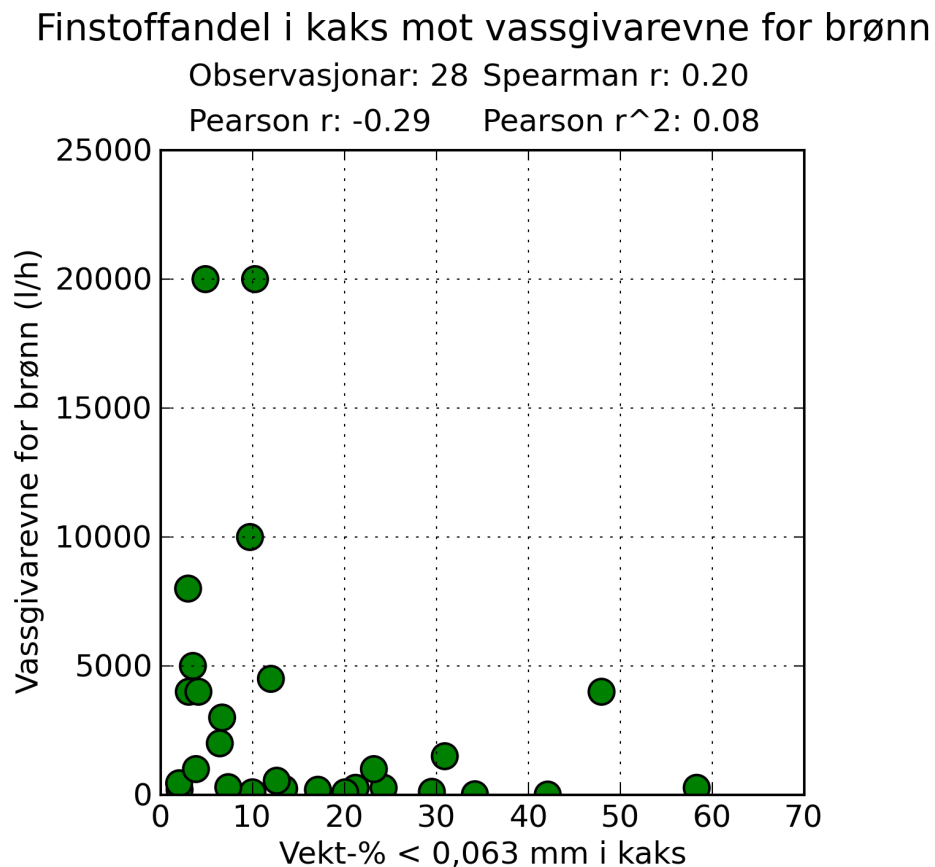
#### 5.1.1 Andel av kakset som endar som finstoff

I tabellane 4.3 og 4.4 er oppgitt statistikk for finfraksjonen ( $<63\text{ }\mu\text{m}$ ) for dei ulike bergartane. Tabell 4.4, der dei misvisande støvsugarprøvene er fjerna, gir eit meir representativt bilete. Spesielt endrar maksimumsverdiane seg, og nettopp desse verdiane er interessante, då dei sannsynlegvis representerer prøver frå tørre eller nesten tørre brønnar, og dermed har kornkurver som er meir representative for bergarten, enn dei prøvene der ein uviss andel har blitt vaska ut.

Jo meir vatn brønnen produserer, jo mindre finstoff vil bli liggande i kakshaugen eller containeren, og jo meir vil bli frakta vekk med vatnet. Prøvene med finstoffinnhald nær medianen representerer difor brønnar med vassgivarevne nær medianen.

Med eit stort nok datasett, som også hadde innehalde gode data om *aktuell* vassproduksjon frå brønnen på det tidspunkt prøva blei tatt, kunne ein på denne måten tenke seg at det var mogleg å finne eit uttrykk for *innhald av suspendert materiale i borevatnet som funksjon av vassgivarevne* for ulike

bergartar. I datasettet som tabell 4.1 er basert på, har ein ikkje slik informasjon om aktuell vassproduksjon. Det ein *har*, for dei fleste prøvene, er vassgivarevne for den ferdige brønnen og ei kaksprøve tatt på uvisst djup i brønnen. Ein dårleg erstatning, men ein kan plote denne vassgivarevna mot andelen av kakset som er mindre enn  $63\ \mu\text{m}$ . Dette er gjort i figur 5.1.



*Figur 5.1: Scatterplot av andel finstoff mot vassgivarevne for brønnen.*

Særskilt god korrelasjon er det ikkje mellom dei to parameterane for dette datasettet, men ein kan sjå at det er stort spenn i verdiane for andel kaks  $< 63\ \mu\text{m}$  ved lita vassgivarevne, medan det for brønnane med vassgiverevne over  $5000\ \text{l/h}$  er mindre skilnad og mindre verdiar, stort sett mellom 3 og 10 %.

Ein kan difor tenke seg at dei prøvene som ligg langs y-aksen på figur 5.1 ville bevega seg nedover mot x-aksen viss brønnen hadde gitt mindre vatn. For tørre forhold ville alle brønnar plotta langs x-aksen, så difor kan det vere

## 5.1. SKILNAD PÅ KORNBURVENE TIL ULIKE BERGARTAR

---

rimeleg å anta at skilnaden mellom gjennomsnittleg innhald av finstoff i tørre prøver og innhaldet for våte prøver representerer det som har blitt skylt vekk med borevatnet, sidan det ser ut til at alle prøvene endar på omtrent same innhald av finstoff ved vassgivarevne over cirka 5000 l/h.

Når det gjeld histogrammet over kaksandel i finaste fraksjon, figur 4.5, er det fem verdiar som ikkje nødvendigvis bør takast like alvorleg som dei andre. Dette gjeld dei tre mest ekstreme verdiane lengst til høgre i diagrammet, og to frå venstre ytterkant.

Dei to første er *MMF* og *MTrF*, støvsugarprøvene som er nemnde over i dette delkapitlet og i 5.2. Desse er ikkje representative for borekakset, då dei har gått igjennom eit tottrinns filtersystem som deler kakset i ein grov og ein fin del. Desse prøvene representerer den fine fraksjonen frå dette systemet. På motsatt side av histogrammet er det to prøver som representerer den grove delen frå desse lokalitetane.

Grønnsteinsprøva som skil seg ut er prøvenummer *BTrH*, frå ein lokalitet der det var stor lausmasseoverdekning (>50 m) bestående av marin leire, og det er grunn til å tru at kaksprøven inneheld ein del av denne leira, sidan den blei fylt i same container som kakset frå bergboringa.

### 5.1.2 Skilnad mellom finkornige og grovkornige bergartar

Kapittel 4.2.2 tek for seg kornkurvene for dei ulike prøvene inndelt etter bergart. Kornkurvene for nokre bergartar viser eit tydeleg mønster, med ein topp på rundt 2,00 mm. Dette gjeld kalkstein, leirskifer, grønnstein og dei magmatiske bergartane. (figur 4.12). Andre bergartar, som gneisane, granittane og metasedimenta, viser ikkje ein slik konsentrasjon av maksimumsverdiar på noko kornstorleik (figur 4.9).

Det kan sjå ut som om det er kornstorleiken i bergarten som bestemmer kornstorleiken i kakset, men ikkje på den mest åpenbare måten. Det ville vere nærliggande å tru at ein finkornig bergart skulle gi eit finkornig kaks. Dataa tyder likevel på at det *motsatte* er tilfelle.

Grunnen til dette kan vere at dei finkorna bergartane er homogene samanlikna med bergartar som består av større korn. Ein gneis vil ha foliasjon, som medfører at kornstorleik og mineralogi varierer over korte avstandar, for eksempel soner av glimmer, og årar av kvarts. Granittane vil gjerne ha

store krystallar av feltspat, og mindre krystallar av kvarts og endå mindre krystallar av glimmer.

Borutstyret verkar på den måten at det dels knuser materialet som er direkte under stiftane på borkruna, og dels induserar strekkspenningar i berget rundt stiftene. Viss dei induserte spenningane overgår tålegrensa til bergarten vil det føre til at sprekker åpnar seg, og viss sprekka når fram til ei fri flate vil det bli slått laus eit flak frå overflata. Ein svak bergart vil late denne prosessen gå fortare.

Når ein slik tek verkemåten til borutstyret i betraktning kan ein forklare at ein kan få grovare kaks frå boring i svake, finkornige bergartar.

## 5.2 Borrigg med støvsugar påmontert

Brødrene Myhre har ein borrigg med eit spesielt støvsugarsystem som separerer tørt kaks i to fraksjonar, og det blei tatt prøver av begge fraksjonane for å samanlikne. Denne støvsugaren er tostegs. Det første steget er ein syklon, det andre er eit filter, som automatisk blir banka med ujamne mellomrom. Resultatet er at ein ikkje får støvproblem, og at kakset blir samla i to haugar, den eine svært finkorna. Dette systemet fungerer berre på tørt kaks. Dei prøvene dette gjeld er  $MTrF$ ,  $MTrG$ ,  $MMF$  og  $MMG$ . Prøver som endar i  $F$  er dei finkornige prøvene frå filteret, og prøvene som endar i  $G$  er dei grovkornige prøvene frå syklonen. Kornkurver for desse prøvene er vist i figur 5.2, i lag med kornkurva for den vanlege kaksprøven frå lokalitet  $MM$ .

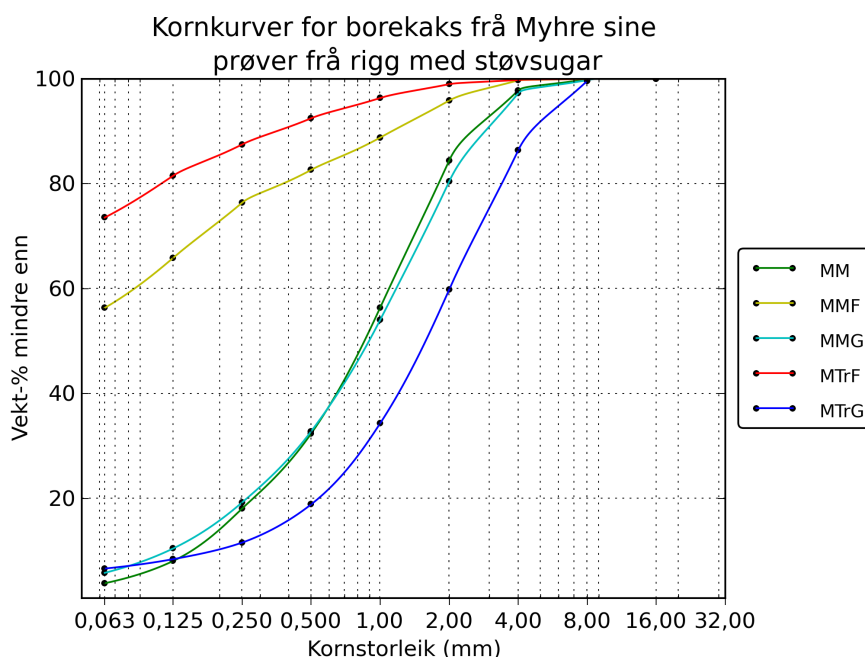
Dette var ein lokalitet med noko vatn<sup>1</sup>, men ikkje veldig mykje samanlikna med mange andre (sjå figur 5.3). Etter boring blei brønnen, som vanleg er, spytt ei stund. Vatnet som kom opp under dette arbeidet rann over kakset der prøva blei tatt, så prøva representerer nok materiale som er meir utvaska enn vanleg. Kurva for dette utvaska kakset ( $MM$ ) er nesten identisk med kurva for kakset frå syklonen.

For desse lokalitetane finst det XRD-analyser av både den fine og den grove fraksjonen frå støvsugaren. For lokalitet  $MM$  også for den vanlige kaksprøven frå lokaliteten. I figur 4.19 kan ein sjå at det er liten skilnad på mineralogien til materialet frå støvsugar, syklon og den våte kaksprøva for lokalitet  $MM$ . Dette tyder på at utgangsmaterialet for alle prøvene er like, og når kornkurvene til prøve  $MM$  og  $MMG$  i tillegg er så like som dei er, tyder det på at det som

---

<sup>1</sup>i følge brønndatabasen (NGU, 2013b) *meir enn 1000 l/h*

### 5.3. VASSGIVAREVNE



Figur 5.2: Myhre sine prøver frå brønnar bora med rigg påmontert støvsugar.

har blitt vaska ut av prøve *MM* hypotetisk sett ville hatt ei kornkurve som likna på kornkurva til *MMF*.

Viss dette er tilfelle for fleire prøver, så er det mogleg å bruke forholdet mellom støvsugarmaterialet og syklonmaterialet som ein proxy for mengda finstoff som har blitt skylt vekk.

## 5.3 Vassgivarevne

Det er store skilnadar mellom bergartar når det gjeld vassgivarevne, både for datasettet presentert i forrige kapittel og for det mykje større datasettet til Gundersen og de Beer (2010) omtalt i kapittel 2.8. Variasjonen ser ut til å vere stor for alle bergartane som blei undersøkt i rapporten (Gundersen og de Beer, 2010).

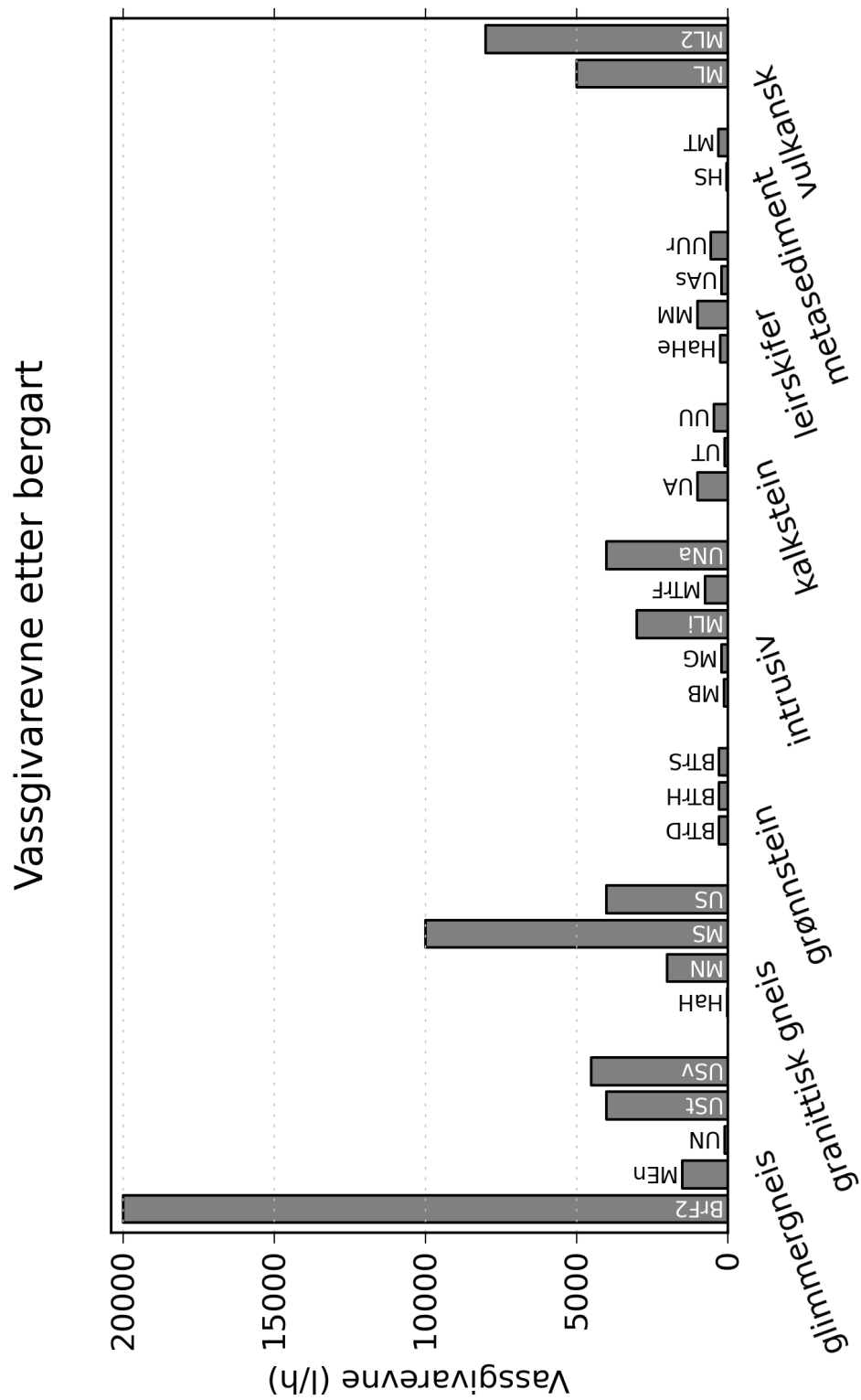
Sidan forfattarane berre viser dei midterste 50 % av datasettet er det ikkje mogleg å seie stort meir enn at mindre enn 25 % av brønnane bora i ein viss bergart vil ha ei vassgivarevne som overgår eit visst nivå. Desse dataa ber dessutan preg av å vere veldig grove anslag, sidan halvparten av 75-persentilane fell på veldig “runde” tal: to på 3000 l/h, fire på 2000 l/h, seks

på 1500 l/h, og fem på 1000 l/h. Seks av medianverdiane fell óg på tilsvarande “runde” tal (Gundersen og de Beer, 2010, vedlegg 2).

Dataa for vassgivarevne som ligg til grunn for *denne* oppgåva er stort sett henta frå same database som i Gundersen og de Beer (2010), og er lista opp i tabell 4.1. For nokre brønnar som ikkje har dukka opp i databasen blei det notert verdiar i felt. Metoden var uansett den same: anslått av bormannskapet ved å sjå cirka kor stor pumpekapasitet som måtte til for å lense containeren, eller ganske enkelt på augemål ut frå kor stor straum det såg ut til å vere ut frå kaksklokka (kaksklokka er der kaks og vatn kjem ut i friluft).

Vassgivarevna frå tabell 4.1 er plotta i figur 5.3 med same inndeling som for XRD-resultata i figur 4.18. Det ser absolutt ut som, etter dette datasettet å dømme, at det er dei krystalline bergartane som gir mest vatn. Gneisane, intrusiva og dei vulkanske bergartane har alle fleire brønnar som når over 2000 l/h. Aller mest vatn kom det frå ein brønn Brustugun Bergboring AS bora i Førde. Nest høgst kjem brønnane bora i basalt/rombeporfyr i Lommedalen (*ML* og *ML2*). *ML2* var også opphav til geysiren avbildia i figur 2.2. Prøvene bora i grønnstein, kalkstein, leirskifer og metasediment gav tilsynelatande mindre vatn enn 1000 l/h.

### 5.3. VASSGIVAREVNE



Figur 5.3: Vassgivarevne for lokalitetane frå tabell 4.1

### 5.3.1 Vassgivarevne og finstoffinnhald i *borevatnet*

I figur 5.4a er *finstoffinnhald i borevatnet* plotta mot *vassgivarevne for brønnen*, for dei prøvene der ein har ein verdi å plote for begge variablane. Figuren viser at det stor variasjon mellom brønnane. I figur 5.4b er dei prøvene som inneheld  $<1$  g/l suspendert stoff framheva.

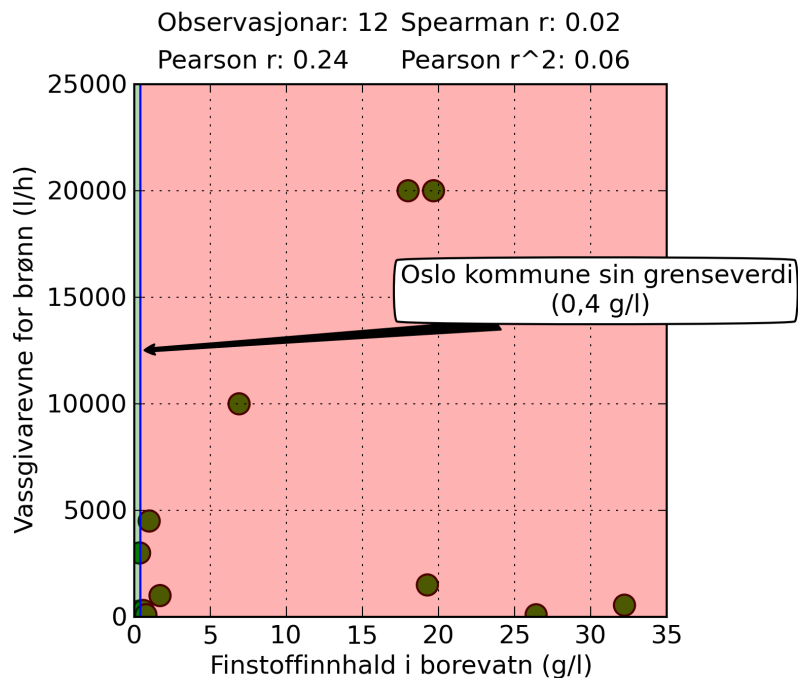
Oslo kommune sin grenseverdi for innhald av suspendert materiale for påslepp av borevatn til sitt leidningsnett, er på 400 mg/l. Den er markert med blå vertikal strek på plottet. Det er berre tre av prøvene i dette datasettet som er under denne grensa, og berre to av prøvene i figur 5.4a, som altså berre framstiller data for dei brønnane der ein har ein verdi for begge variablane.

Som nemnt i 5.3, har ein ikkje informasjon om aktuell vassproduksjon frå brønnen ved prøvetaking av verken kaks eller vatn. Difor er ikkje dataa for finstoffinnhald i vatnet nødvendigvis representative. I tillegg har vassprøvene blitt tatt i ulike situasjonar etter utløpet frå borutstyret. Nokre av prøvene er direkte frå kaksklokka, nokre er frå containeren, andre frå pumpa som lensar containeren og til slutt er nokre er tatt direkte frå dammar på bakken.



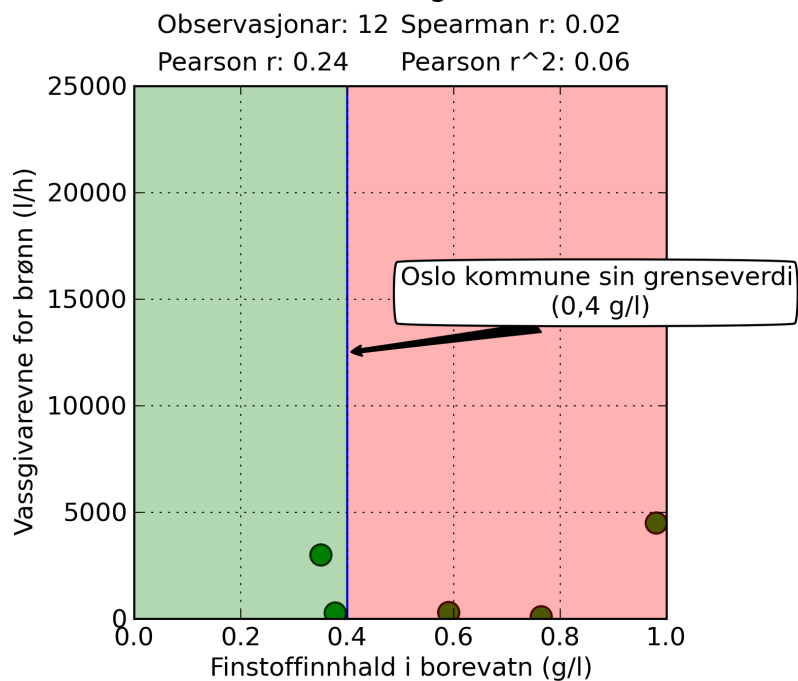
### 5.3. VASSGIVAREVNE

#### Finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønn



(a) Alle prøvene det finst data for

#### Finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønn, <1 g/l



(b) Prøvene som har finstoffinnhald i vatnet <1 g/l

Figur 5.4: Scatterplot av finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønnen, for finstoffinnhald <1 g/l. Lysegrønt er under Oslo kommune sin grenseverdi for påslepp av vatn til leidningsnett. Sjølve grenseverdien er markert med blå vertikal strek.

## 5.4 Mineralinnhald i *suspendert materiale* samanlikna med mineralinnhald i *bulkprøver av borekaks*

Mange prøver har XRD-resultat frå både finstoff frå vatn og bulkprøver av kakset. Scatterplotta i kapittel 4.3.1 framstiller desse dataa.

Sidan prøvene kan vere tatt ved vidt forskjellige tidspunkt, og vere frå heilt forskjellige djup i brønnen, er det ikkje sikkert at bulk- og slamprøvene representerer same utgangsmateriale. Ein kunne fått betre data med tanke på å samanlikne skilnadar og likskapar i mineralogi mellom desse viss ein hadde tatt prøve av kaks og vatn samtidig, i det det kom opp frå brønnen.

## 5.5 Mineralinnhald i *finstoffprøver av borekaks* samanlikna med mineralinnhald i *bulkprøver av borekaks*

I kapittel 4.3.3 er det scatterplot av bulkprøver av borekaks mot finstoffprøver av borekaks. Datagrunnlaget her er for lite til å konkludere om enkelte mineral blir oppkonsentrert i finfraksjonen.

## 5.6 Turbiditet som kriterie for å vurdere slamgehalt

I følge Allen (2013) det god korrelasjon mellom turbiditet og mengda suspendert stoff for tre undersøkte elver, men det er *avhengig av vann- og sedimenttype* (Allen, 2013, side 23). Med andre ord kan ein for ei spesifikk elv finne ein samanheng viss ein først gjennomfører eit prøvetakingsprogram og deretter analyserer prøver for både turbiditet og suspendert stoff. På same måte skulle ein tru det var mogleg å finne ein samanheng mellom turbiditet og innhald av slam for borevatn, men berre viss ein veit kva bergart som er opphavet. Visste ein det kunne ein kalibrert finstoffinnhald mot turbiditet for kvar bergart.

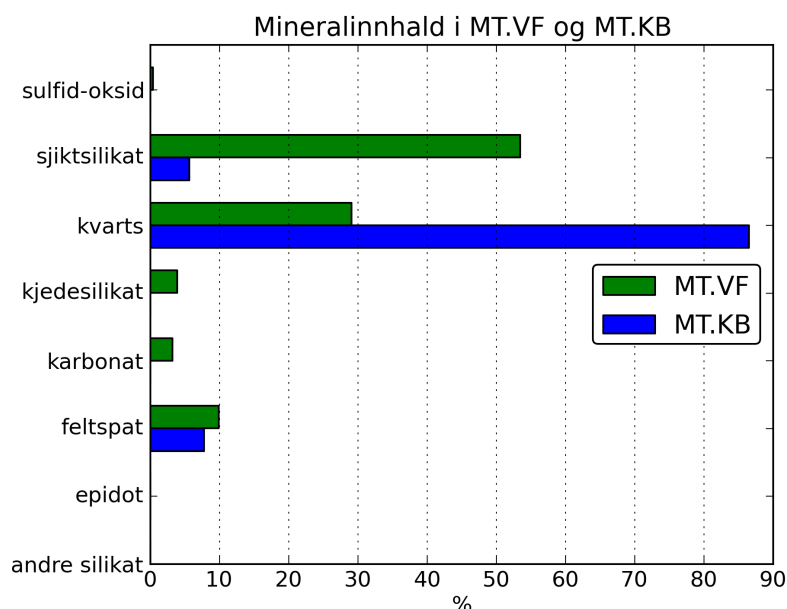
Det eksisterer ein kompliserande faktor for tilfellet borevatn samanlikna med ei elv. Samansetninga av ei elv sitt sedimentinnhald vil vere nokså lik frå dag

## 5.6. TURBIDITET SOM KRITERIE FOR Å VURDERE SLAMGEHALT

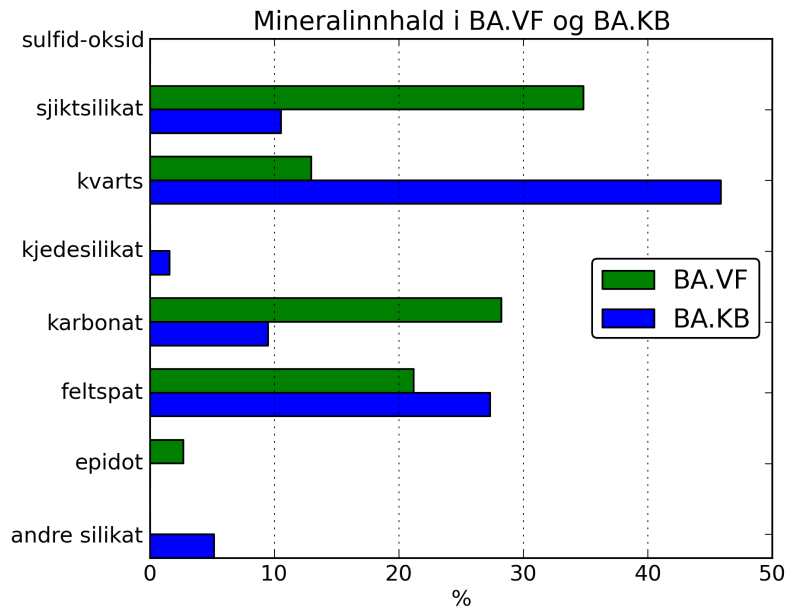
til dag, sidan elva går gjennom dei same områda kvar dag, og ho blir tilført omtrent like mykje sediment frå kvart område kvar dag.

Borevatn vil ikkje nødvendigvis ha same regelmessige samanheng med opphavsmaterialet, fordi finstoffet i dei tilfella der ein brønn produserer mykje vatn ofte vil kome frå sprekkefylling, og ikkje frå den nedknuste bergmassen. Figur 4.20 underbygger denne tankegangen, han viser at sjiktsilikat for alle 15 prøvene desse dataa eksisterer for er oppkonsentrert i *finstoffet frå vatnet* samanlikna med *bulkprøven av borekaket*. Det er likevel stor skilnad på i kor stor grad dei forskjellige vassprøvene er oppkonsentrerte på sjiktsilikat.

Eksempel på lokalitetar der ein kan sjå korleis mineralinnhaldet varierer frå *kaks* til *suspendert stoff* i vatnet er MT (figur 5.5) og BA (figur 5.6).



Figur 5.5: Prøvenummer MT, mineralinnhald i kaks bulk (.KB) og vatn finstoff (.VF)



Figur 5.6: Prøvenummer BA, mineralinnhald i kaks bulk (.KB) og vatn finstoff (.VF)

## 5.7 Samanlikning med vegstøv

I 2.7 er det fleire tabellar over kornfordelinga til vegstøv, frå fleire forfattarar. Dette går an å samanlikne med data for borekaks frå kapittel 4. Veg er ei viktig kjelde til partikkelureining, og vegar finn ein overalt, så det er naturleg å samanlikne med.

Larssen (1987) brukte sikter med minste lysopning 36  $\mu\text{m}$  og 100  $\mu\text{m}$ . I denne oppgåva er minste lysopningar 63  $\mu\text{m}$  og 125  $\mu\text{m}$ . Det går difor ikkje å samanlikne direkte, men det går an å interpolere.

Interpolerer ein lineært mellom 36  $\mu\text{m}$  og 100  $\mu\text{m}$  (formel (5.1)) for gjennomsnittsverdiane i tabell 2.1 finn ein at cirka 15 % er mindre enn 63  $\mu\text{m}$ . Tilsvarende for tabell 2.2: 13 %. Ikkje ulikt 4.2, som oppsummerer sikteprøvene som er datagrunnlag for denne oppgåva.

$$y = y_0 + (y_1 - y_0) \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (5.1)$$

For tabell 2.3, som berre viser data for kornstorleik <3327  $\mu\text{m}$ , kan ein bruke formel 5.2 for å extrapolere til 100 %. Ein får då at 100 % vil falle på korn-

## 5.7. SAMANLIKNING MED VEGSTØV

---

storleik 6,166 mm. Dette er ikkje ulikt borekakset. I følge tabell 4.2, er berre 5,27 % av materialet i fraksjonen 4 millim til 8 millim, og 0,43 % i fraksjonen 8 mm til 16 mm.

$$y(x_*) = y_{k-1} + \frac{x_* - x_{k-1}}{x_k - x_{k-1}}(y_k - y_{k-1}) \quad (5.2)$$

*Tabell 5.1: Verdier frå tabell 2.3 Interpolerte og ekstrapolerte til same lysopningar som i kapittel 4.*

Lysopning sikt ( $\mu\text{m}$ )	Kumulativ vekt-%						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Gjennomsnitt	14,56	23,69	38,15	54,32	69,12	81,08	90,20

Les ein av figur 2.6, som framstiller vegstøv frå ei gate i Australia, får ein eit tal på circa 7 % for kornstorleik  $< 63 \mu\text{m}$ .

Det ser alt i alt ut som om vegstøv og kaks har samanliknbart innhald av finstoff, oftast ein stad mellom 10 og 20 %. Både vegstøv og kaks vil bli sortert og flytta på av vatn, og begge deler vil difor ha mista ein større eller mindre del av finstoffet sitt. Vegstøvet vil ha best forutsetningar for å miste finstoff, då det ligg svært eksponert for vær og vind, og i tillegg blir virvla opp av trafikk.

Tabell 5.2: Inngangsparameterar for anslag av mengde produsert borkaks per år frå energiboring i Noreg.

Parameter	Verdi
Radius i mm ( $r$ )	68
Meter per hol ( $h$ )	200
Densitet i kg/m <sup>2</sup> ( $\rho$ )	2,5
Tal hol ( $n$ )	4500

### 5.7.1 Mengdeberekning borekaks

Brønnboring produserer knapt 33 000 t partiklar kvart år viss ein brukar formel (5.3), og puttar inn verdiane frå tabell 5.2. Tala er typiske for brønnboring i Noreg(NGU, 2013b).

$$m_{kaks} = \pi r^2 h \rho n \quad (5.3)$$

Her er

- $m_{kaks}$  massen av kakset
- $r$  radius av borholet
- $h$  djup av brønnen
- $\rho$  densitet av bergmassen
- $n$  tal hol

I følge Allen (2013) det problem med handtering av borevatnet for 2 til 3 % av brønnane som blir bora. Viss ein reknar med at alt finstoffet i kakset, 10 % til 20 %, blir tatt med av vatnet i desse 3 % av tilfella, og ellers brukar tala over, endar vi opp med eit tal på 200 t/år for utslepp frå brønnboring.

I kapittel 5.7 er det argumentert for at finstoffinnhaldet i vegstøv og borkaks er samanliknbart. Viss ein vidare antar at same mengd med finstoff vil renne av frå vegen som frå ein brønn der vatnet ikkje blir handtert skikkeleg så vil desse 200 t med borkaks tilsvare 1000 t til 2000 t partikkelutslepp frå vegtrafikk.

Dette er 0,33 % av den samla årlege vegslitasjen, eller slitasjen frå litt under 20 km veg med årsdøgntrafikk (ÅDT) på 80 000, tilsvarande Festningstunelen i Oslo, eitt av eksempela til Meland (2012). I følge same forfattar er

partikkelutsleppa frå ein slik veg 57 t/(km år). Meir om dette i kapittel 2.7.

Problemet med dette reknestykket er at dataa frå tabell 5.2 er for *kaksprøver*, tatt frå containerar og kakshaugar utan tanke på kor stor andel av finstoffet som allereie var utvaska på det tidspunktet prøven blei tatt. sjå avsnitt 5.1.1. talet representerer difor ikkje det som blir vaska vekk, men det som *ligg igjen* etter at vaskinga er avslutta.

Det talet ein eigentleg burde rekna med her er skilnaden mellom ei tørr prøve og den prøva ein finn i kakshaugen. Dette talet ville representere den delen av kakset som faktisk hadde blitt vaska vekk.

Ein anna ting som kompliserer dette reknestykket er eventuelle slepper som ein kan treffe på under boring. Desse vil kunne tilføre mange gangar meir finkornig materiale enn det sjølve boringa produserer.

## 5.8 Borkaks sin verknad ved utslepp til vassdrag

Partikkelinnhald i elvevatn og partikkelinnhaldet sin verknad på livet i elvene er omtalt i kapittel 2. Det skal ikkje så mykje finstoff til for å påverke økosystemet, men verknadane ser ut til å vere forbigåande når det er snakk om episodiske utslepp som for brønnboring sitt vedkommande.

### 5.8.1 Mengdeberekning for utslepp frå eitt borhol

Tilsvarande reknestykke som i avsnitt 5.7.1 kan ein gjere for ein enkelt brønn. Med tala frå tabell 5.2 og likning (5.3) modifisert for å gjelde ein enkelt brønn får ein då at det vil bli produsert 7263 kg borkaks totalt. Viss ein brukar gjennomsnittsverdien frå tabell 4.4 for alle prøver (18,53 %) for andel av borkakset som er i finfraksjonen, får ein at 1346 kg er mindre enn 63 µm.

Ei elv som Gråelva, omtalt i kapittel 2.6, fraktar naturleg denne mengda med suspendert materiale på ganske nøyaktig tre timar ved bruk av gjennomsnittleg vassføring og gjennomsnittleg innhald av suspendert materiale, så for ei slik elv burde ikkje eit utslepp av borevatn ha nokon negativ effekt.





# Kapittel 6

## Konklusjon og vidare arbeid

1. Tilførsel av borekaks til vassdrag vil ikkje ha langvarige konsekvensar for økosystemet.
2. Samanlikna med vegstøv er bergboring ei lite viktig kjelde til partikkelureining.
3. Bidraget av finstoff frå slepper til borevatnet er ikkje talfesta.
4. For dataa som har blitt behandla i denne oppgåva er det ikkje god korrelasjon mellom finstoffinnhald i borekaks og vassgivarevne for brønnen.
5. Ein får grovare kaks frå finkornige bergartar enn frå grovkornige sådanne.
6. Intrusive og vulkanske bergartar og gneis gir mest vatn ( $>2000\text{ l/h}$ ) ifølge datasettet brukt i denne oppgåva.
7. Grønnstein, kalkstein, leirskifer og metasediment gir mindre ( $<1000\text{ l/h}$ ).
8. Det er for lite datagrunnlag for å finne samanhengar mellom mineralinnhald i *bulkprøver* og *finfraksjonsprøver* for borekaks.
9. Finstoffandelen i borekaset varierer ikkje systematisk med innhald av vanlege mineral, kanskje med unntak av for sjiktsilikat.

### 6.1 Vidare arbeid

Prøvematerialet brukt i denne oppgåva er lagra ved Institutt for geologi og bergteknikk. Det finst 58 sikteprøver, kvar delt i 9 fraksjonar. Det finst 28

vassprøver som er analysert, der tørrstoffet er delt i to fraksjonar, større enn og mindre enn 63  $\mu\text{m}$ . I tillegg kjem rundt 20 vassprøver som ikkje er analysert. Dette går an å jobbe vidare med på ulike måtar.

Ein kan:

- analysere finfraksjonen (63  $\mu\text{m}$ ) vidare, for å finne kornfordelingskurva for silt- og leirfraksjonen.
- samanlikne borekakset vidare mot naturlege og antropogene partikkeltypar.
- utføre kjemiske analyser og fleire mineralogiske analyser. Dette kan ein bruke til å:
  - finne eventuelle samanhengar mellom mineralinnhald i ulike prøve-typar.
  - undersøke kva tungmetall o.a. som finst i borekakset og samanlikne med gjeldande grenseverdier.

I tillegg kan ein:

- ta fleire prøver, med betre kontroll på ulike parametrar som kan påverke resultatet, og sjå om samanhengane blir tydelegare.
- undersøke kor mykje av finstoffet i brønnar med høg vassgivarevne som kjem frå sleppemateriale.
- Undersøke tørre og våte prøver av same bergart og/eller frå same brønn for om mogleg finne ut kor stor del av kakset som faktisk blir skylt vekk.

# Litteratur

Joseph Allen. Avrenning fra borehull i fjell med fokus på oslo kommune, 2013. URL [http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/808455/05\\_Allen\\_Joseph.pdf](http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/808455/05_Allen_Joseph.pdf).

Philip A. Allen og John R. Allen. *Basin analysis: principles and applications*. Blackwell, Malden, Mass., 2005. ISBN 0-632-05207-4.

A. K. Bakken, H. Gautneb, T. Sveistrup, og K. Myhr. Crushed rocks and mine tailings applied as k fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(1):53–57, January 2000. ISSN 1385-1314, 1573-0867. doi: 10.1023/A:1009709914578. URL <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1009709914578>.

M.T. Barral Silva, B. Silva Hermo, E. García-Rodeja, og N. Vázquez Freire. Reutilization of granite powder as an amendment and fertilizer for acid soils. *Chemosphere*, 61(7):993–1002, November 2005. ISSN 0045-6535. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.03.010. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653505004121>.

H. M. Berger, J. B. Breistein, B. M. Larsen, og T. Nøst. Gråelva-mindre leirslam gir mer bunndyr og fisk. sluttrapport 1991-95. *NINA oppdragsmelding*, 468:1–42, 1997. ISSN 0802-4103.

Hans Mack Berger, June Britt Breistein, Terje Henrik Nøst, og Bjørn Mejdeil Larsen. Effekter av redusert slamtilførsel på vannkvalitet, bunn-og fiskefauna i gråelva. forundersøkelser 1990 - 1992. *NINA oppdragsmelding*, (291), June 1994. ISSN 0802-4103. URL <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/oppdragsmelding/291.pdf>.

M. D. A. Bolland og M. J. Baker. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from western australia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(1):59–68, January 2000. IS-

- SN 1385-1314, 1573-0867. doi: 10.1023/A:1009757525421. URL <http://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1009757525421>.
- Borgarting lagmannsrett. Dom, oslo statsadvokatembete mot båssum boring AS. Dom 11-164083AST-BORG/03, Oslo, October 2012.
- Harald Bratli. *Biologisk mangfold i Nesodden kommune*. Number 03/2003 in NIJOS rapport. Ås, March 2003. ISBN 82-7464-306-2. URL [http://www.skogoglandskap.no/filearchive/Rapport\\_03\\_03.pdf](http://www.skogoglandskap.no/filearchive/Rapport_03_03.pdf).
- Bjørge Brattli. *Fysisk og kjemisk hydrogeologi*. Kompendium. Trondheim, 3. utgave edition, January 2009.
- S. Lawrence Dingman. *Physical hydrology*. Waveland Press, Long Grove, Ill., 2008. ISBN 978-1-57766-561-8.
- Barbara L Dutrow og Christine M. Clark. X-ray powder diffraction (XRD). [http://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/XRD.html](http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html), 2012. URL [http://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/XRD.html](http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html).
- Joanne M.R. Fernlund. The effect of particle form on sieve analysis: a test by image analysis. *Engineering Geology*, 50(1-2):111-124, September 1998. ISSN 0013-7952. doi: 10.1016/S0013-7952(98)00004-0. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795298000040>.
- Furiouslettuce. English: Bragg diffraction planes, April 2009. URL <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:BraggPlaneDiffraction.svg>.
- Lisa M. Gaetke og Ching Kuang Chow. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*, 189(1-2):147-163, July 2003. ISSN 0300-483X. doi: 10.1016/S0300-483X(03)00159-8. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300483X03001598>.
- Pål Gundersen og Hans de Beer. Statistikk vanngiverevne i forskjellige bergarter. ForForUT deloppgave 3. statusrapport 2009. NGU rapport 2009.066 ISSN 0800-3416, Norges geologiske undersøkelse, February 2010.
- Tom Hedalen. *Vegslitasje - partikkelstørrelsesfordeling*, volume STF36 A94011. SINTEF., Trondheim, 1994. ISBN 82-595-8559-6.
- Dag Hessen. Uorganiske partikler i vann; effekter på fisk og dyreplankton. NIVA-RAPPORT 2787, Norsk institutt for vannforskning, September 1992.

## LITTERATUR

---

- R. Hooke. Spatial distribution of human geomorphic activity in the united states: Comparison with rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24(8):687–692, 1999.
- J.D. Hunter. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science Engineering*, 9(3):90–95, 2007. ISSN 1521-9615. doi: 10.1109/MCSE.2007.55.
- Klif (SFT). Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.–SFT-veiledning 97: 04. SFT-veileder, TA-1468/1997, 1997.
- S. Larssen. Støv fra asfaltveier. karakterisering av luftbåret veistøv. fase 1: Målinger i oslo, våren 1985 [dust from asphalt roads. characterization of air-borne road dust. phase 1: Measurements in oslo, spring 1985]. *OR*, 53: 87, 1987.
- Jaekwon Lee, Joseph R. Prohaska, og Dennis J. Thiele. Essential role for mammalian copper transporter *ctrl* in copper homeostasis and embryonic development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(12): 6842–6847, May 2001. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.111058698. URL <http://www.pnas.org/content/98/12/6842>. PMID: 11391005.
- R. Lloyd og J. S. Alabaster. *Water quality criteria for freshwater fish*. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Butterworths, London, 1982. ISBN 0-408-10849-5.
- O. Lutro og Ø. Nordgulen. Oslofeltet, 2008.
- Mattilsynet. Veileder b. utfyllende informasjon om økologisk landbruksproduksjon — 1. Technical report, December 2012. URL [http://www.mattilsynet.no/om\\_mattilsynet/gjeldende\\_regelverk/veiledere/veileder\\_b\\_utfyllende\\_informasjon\\_om\\_okologisk\\_landbruksproduksjon.2651/BINARY/Veileder%20B.%20Utfyllende%20informasjon%20om%20%C3%B8kologisk%20landbruksproduksjon](http://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_b_utfyllende_informasjon_om_okologisk_landbruksproduksjon.2651/BINARY/Veileder%20B.%20Utfyllende%20informasjon%20om%20%C3%B8kologisk%20landbruksproduksjon).
- Mattilsynet. Utvider advarsel mot dypvannsfisk i hardangerfjorden. [http://www.matportalen.no/uonskedestoffer\\_i\\_mat/tema/miljogifter/utvider\\_advarsel\\_mot\\_dy](http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/utvider_advarsel_mot_dy) February 2013. URL [http://www.matportalen.no/uonskedestoffer\\_i\\_mat/tema/miljogifter/utvider\\_advarsel\\_mot\\_dypvannsfisk\\_i\\_hardangerfjorden](http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/utvider_advarsel_mot_dypvannsfisk_i_hardangerfjorden). En ny undersøkelse viser at det er høye nivåer av kvikksølv i brosme og blålange fra ulike posisjoner i Hardangerfjorden. Mattilsynet utvider derfor advarselen mot å spise brosme og blålange

fisket innenfor en linje mellom Flornes (Tysnes) og Breidvika/Bleikneset (Husnes).

Sondre Meland. Tunnelvaskevann — en kilde til vannforurensning. *Vann*, side 12, 2012. ISSN 0042-2592.

Miljøverndepartementet. *Forurensningsloven*. Number LOV-1981-03-13-6. March 1981. ISBN 82-504-1304-0. URL [http://lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/all/nl-19810313-006.html&emne=forurensning\\*&&](http://lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/all/nl-19810313-006.html&emne=forurensning*&&).

Nordisk Ministerråd. *Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje*. Nordisk Ministerråd, Kbh., 1993. ISBN 9291203726 9789291203727.

David R Montgomery. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33):13268–13272, August 2007. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.0611508104. URL <http://www.pnas.org/content/104/33/13268>.

NASA. English: The rio negro is recognizable by astronaut crews from orbit as one of the most meandering rivers in south america. in this astronaut photograph, the entire floodplain (mostly ~10 kilometers wide) is covered with curved relicts of channels known as meander scars. meander scars show the past positions of river bends. the rio negro is a dramatic example of how mobile a river can be; these meanders were produced as the river snaked across the plain in the very recent geological past, probably during the last few hundred years., January 2010. URL [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio\\_Negro\\_Floodplain,\\_Patagonia,\\_Argentina\\_2010-01-04\\_lrg.jpg?uselang=es](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_Negro_Floodplain,_Patagonia,_Argentina_2010-01-04_lrg.jpg?uselang=es).

Nesodden Kommune. Amfibiestatus nesodden 2007, 2007. URL <http://www.nesodden.kommune.no/Filnedlasting.aspx?MIId1=147&FilId=150>.

NGU. Berggrunnskart på nett. <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>, 2013a. URL <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>.

NGU. GRANADA. <http://geo.ngu.no/kart/granada/>, 2013b. URL <http://geo.ngu.no/kart/granada/>.

Bjørn Nilsen og Arild Palmstrøm. *Engineering geology and rock engineering*, volume no. 2 of *Handbook (Norsk Bergmekanikkgruppe)*. Norwegian Group for Rock Mechanics, Oslo, 2000. ISBN 82-91341-33-8.

Nordisk Vannteknikk AS. Mobilt renseanlegg, March 2013.

## LITTERATUR

---

- Vegard Olsen. *Rock Quarrying : Prediction Models and Blasting Safety*. dissertation, Norwegian University of Science and Technology, 2009. URL <http://ntnu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:237295>. Rock Quarrying : Prediction Models and Blasting Safety.
- Oslo kommune. Vedtak om krav til påslipp av rensset borevann til offentlig avløpsvann – brev frå oslo kommune til kraft energi & brønnboring AS, October 2012.
- Oslo kommune. Veiledende grenseverdier for påslipp av avløpsvann fra virksomhet til offentlig avløpsnett. Technical report, Vann- og avløpsetaten, Oslo, February 2013. URL <http://www.vann-og-avlopsetaten.oslo.kommune.no/getfile.php/vann-%20og%20avl%C3%B8psetaten%20%28VAV%29/Internett%20%28VAV%29/Dokumenter/Veiledende%20grenseverdier%20for%20p%C3%A5slipp%20av%20industriavl%C3%B8psvann%20til%20offentlig%20avl%C3%B8psnett.pdf>.
- Oslo tingrett. Dom, den offentlige påtalemyndighet mot båssum boring AS. Dom 11-057018MED-OTIR/07, Oslo, August 2011. URL <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=13de8e0d7d4506d8&mt=application/pdf&url=https://mail.google.com/mail/?ui%3D2%26ik%3Da8659359d9%26view%3Datt%26th%3D13de8e0d7d4506d8%26attid%3D0.1%26disp%3Dsafe%26zw&sig=AHIEtbQauAtmhsyZDlo9INbojb-8lJag6w>.
- Rambøll. Rapportering av analyseresultater (oppdrag 1121002). Technical Report m-not-001, Oslo, November 2012.
- Kjell Sandaas. Amfibier på nesodden 2007. Technical report, Nesoddtangen, November 2007. URL <http://www.nesodden.kommune.no/Filnedlasting.aspx?Mid1=147&FilId=149>.
- H. H. Sandstead. Requirements and toxicity of essential trace elements, illustrated by zinc and copper. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61(3):621S–624S, January 1995. ISSN 0002-9165, 1938-3207. URL <http://ajcn.nutrition.org/content/61/3/621S.1>. PMID: 7879727.
- Robert C. Santore, Dominic M. Di Toro, Paul R. Paquin, Herbert E. Allen, og Joseph S. Meyer. Biotic ligand model of the acute toxicity of metals. 2. application to acute copper toxicity in freshwater fish and daphnia. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(10):2397–2402, 2001. ISSN 1552-8618. doi: 10.1002/etc.5620201035. URL <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620201035/abstract>.

- Grete Lene Serikstad, editor. *Økologisk handbok Jordkultur og næringstilgang*. NORSØK og Gan forl., Oslo, 2003. ISBN 8249204603 9788249204601. URL <http://www.agropub.no/id/1544>.
- Statistisk sentralbyrå. Minifakta om norge 2012. <http://www.ssb.no/a/minifakta/>, 2012. URL <http://www.ssb.no/a/minifakta/>.
- Tautech. Produkter - tautech. <https://sites.google.com/site/tautechse/produkter>, 2013. URL <https://sites.google.com/site/tautechse/produkter>.
- Alistair Thorpe og Roy M. Harrison. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review. *Science of The Total Environment*, 400(1–3):270–282, August 2008. ISSN 0048-9697. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.06.007. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896970800658X>.
- J Vaze og Francis H.S Chiew. Experimental study of pollutant accumulation on an urban road surface. *Urban Water*, 4(4):379–389, December 2002. ISSN 1462-0758. doi: 10.1016/S1462-0758(02)00027-4. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075802000274>.
- Charles J Vörösmarty, Michel Meybeck, Balázs Fekete, Keshav Sharma, Pamela Green, og James P.M Syvitski. Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global and Planetary Change*, 39(1–2):169–190, October 2003. ISSN 0921-8181. doi: 10.1016/S0921-8181(03)00023-7. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818103000237>.



# Tillegg A

## Korrespondanse

Følgande dokument blei sendt til borefirmaa:

- Følg brev (Figur A.1)
- Informasjonsskriv (Figur A.2 og A.3)
- Prosedyre (Figur 3.1 og 3.2)
- Oppgåvetekst (Figur A.4)
- Prøveliste (Figur A.5)

## TILLEGG A. KORRESPONDANSE

---

Masterstudent  
Kim Runar Søgne Haugsbø  
Institutt for Geologi og Bergteknikk — NTNU  
Sem Sælands veg 1  
N-7491 TRONDHEIM

Trondheim, 15. mars 2012

Borefirma  
ved Kontaktperson  
Adresse  
  
N-0000 POSTSTAD

### Prøveinnsamling i samband med brønnboring

Dette brevet blir sendt ut til borefirma som har vist interesse for å være med på å samle inn prøver for bruk i ei masteroppgåve i geologi ved NTNU. Oppgåva handlar om handtering av slamhaldig borevatn. Mitt navn er Kim Runar Søgne Haugsbø, og eg er studenten som skal skrive oppgåva. Hovedveileder for oppgåva er professor ved Institutt for Geologi og Bergteknikk Bjørge Brattli, eksterne veilederar er Randi Kalskin Ramstad frå Asplan Viak og Bjørn Frengstad frå Norges geologiske undersøkelse.

I det vedlagte informasjonsskrivet og i oppgåveteksten til masteroppgåva går det an å lese meir om denne konkrete problemstillinga. I denne konvolutten ligg følgande:

- Eit kort informasjonsskriv om prøveinnsamlinga og dei involverte
- Ei prøveliste, der ein fortløpande kan føre opp kva prøver som blir samla inn
- Ein poster med illustrert prosedyre for prøveinnsamling
- Oppgåveteksten for masteroppgåva

Om de har kommentarar til opplegget eller er interesserte i meir informasjon, ta enten kontakt med meg eller ein av mine veilederar (sjå kontaktinformasjon i tabell 1 i det vedlagte informasjonsskrivet).

Med helsing

Kim Runar Søgne Haugsbø  
Tlf: 99 01 30 58  
epost: [kimrunar@stud.ntnu.no](mailto:kimrunar@stud.ntnu.no)

4 vedlegg: Oppgåvetekst, poster, prøveliste og informasjonsskriv

*Figur A.1: Følgebrev.*

## Prøveinnsamling

### Kvifor?

Føremålet med dette arbeidet er å finne ut meir om partikkelutslepp frå brønnboring. Oslo kommune og Fylkesmannen i Oslo og Akershus er bekymra for eventuelle skadeverknadar av borkaks og borevatn som havnar i vassdrag og overvannssnett, og har satt strenge krav til utslipp frå boring. Slam er ikkje alltid så bra for verken fisk, plankton, planter eller botndyr. Det er heller ikkje gunstig å fylle opp det kommunale ledningsnett med sediment.

Ein veit ikkje kva betydning utslepp frå boring har samanlikna med andre kjelder. Difor er det på sin plass å samanlikne utslepp frå brønnboring med andre utsleppskjelder, som vegslitasje, jordbruk, anleggsarbeid, pukkverk og gruvedrift. I tillegg vil ein sjå på naturlege kjelder til finkornige sediment. Mange elver fraktar jo heilt naturleg store mengder leire, sand og grus.

Ein vil samanlikne kornform, kornstørrelsesfordeling og mineralogi, og ikkje minst sjå på kor store mengder dei ulike kjeldene står for. Målet er å finne fornuftige grenser for utslepp som ikkje er eit problem for livet i elvene, samtidig som at det ikkje skal bli for vanskeleg og dyrt å bore for energi og grunnvatn.

I tillegg vil ein kartlegge i kva bergartar det er eit problem med handtering av borevatn og eventuelt om boring i visse bergartar må sjåast på som spesielt ugunstig, og kor ein kan forvente å møte desse bergartane rundt om kring i landet.

For at ein skal kunne gjere dette på ein god måte må ein ha eit så stort datagrunnlag som mogleg i form av kaksprøver og prøver av borevatn. Prøver frå alle bergartar og geografiske område er interessante.

Det vil ikkje være mogleg å gjennomføre innsamling av prøver utan hjelp frå borebransjen, så all hjelp med dette arbeidet vil bli sett stor pris på!

### Tidsplanen

Planen er å begynne med innsamling av prøver våren 2012 og halde fram med innsamling til ein har fått nok materiale. Kor tid ein er ferdig vil difor avhenge av kor mange brønnborarar som sender inn prøver. Analyser vil bli utført til dels fortløpande, men det arbeidet vil nok ikkje komme skikkeleg igang før til hausten 2012. Mai 2013 er frist for levering av masteroppgåva, så innan den tid bør ein ha nådd fram til nokre

16. mars 2012

konklusjonar. Eventuelt vil ein kunne formidle noko av resultata før den tid. Nokon av dei involverte vil kome og hente prøvene i løpet av mai eller juni i år.

## Det som er interessant å ha med

**Prøve av vatn**, for eksempel på 1,5 l brusflaske eller liknande. Vil bli analysert for å finne innhald av suspendert finstoff, kornstørrelsesfordeling, mineralogi og kornform.

**Håndstykke** av bergart viss det er praktisk mogleg å få tak i. Ca. knyttnevestort, eller 10x10x10 cm. Det vil bli produsert tynnslip for mikroskopering og samanlikning av kornform og kornstørrelse med kaks og suspendert materiale.

**Foto** av kaks og gjerne boreoppsett/kontenar, tatt med mobilkamera eller det som måtte være tilgjengeleg.

**Koordinat/stad** for å vite kvar prøva kjem frå.

**Kaksprøve** for å samanlikne med analyser frå slamfraksjon og eventuelt håndstykke.

**Brønnskjema** fylt ut og levert på vanleg måte.

## Kontaktinformasjon

Tabell 1: Deltakarar; ta gjerne kontakt om det er interesse for meir informasjon.

<b>Kim Runar Søgner Haugsbø</b>			
Student	Tlf	Mobil:	99 01 30 58
NTNU	email	kimrunar@stud.ntnu.no	
<b>Randi Kalskin Ramstad</b>			
Dr. ing	Tlf	Mobil:	97 51 39 42
Asplan Viak	email	RandiK.Ramstad@asplanviak.no	
<b>Bjørn Frengstad</b>			
Dr. ing	Tlf	Mobil:	97 67 07 67
Norges geologiske undersøkelse		Kontor:	73 90 43 80
	email	Bjorn.Frengstad@NGU.NO	
<b>Bjorge Brattli</b>			
Professor Dr. ing	Tlf	Mobil:	97 87 93 75
NTNU		Kontor:	73 59 48 21
	email	bjorge.brattli@ntnu.no	

---

## Oppgåvetekst

15. mars 2012

Ved boring av energibrønner i bergartar som avgir mykje vatn kan handtering av slamhaldig borevatn vere eit problem. Problemet oppstår viss ein i tillegg ikkje har tilstrekkeleg areal i nærleiken til infiltrasjon av vatnet ein pumpar opp.

- Kva bergartar fører til store mengder vatn?
  - Kvar vil ein måtte forvente å støte på slike bergartar ved boring av brønner?
- Kva bergartar gir store mengder slam?
  - Kva andel av kakset er finkornig nok til å følge med vatnet til vassdrag eller avløpsnett?
- Alternativ for å bli kvitt vatnet:
  - Kommunen sitt avløpsnett
    - \* Volumbetraktning i forhold til rensekapasitet og volum av nedstrøms sedimentasjonsbasseng
    - \* Tungt materiale samanlikna med organisk materiale, fare for at det synk og blir liggande på botnen av leidningane, plutseleg utvasking av slike proppar ved stor nedbør.
    - \* Slippeffekt ved utslepp av store mengder angulært materiale i silt- og sandfraksjon.
  - Lokale vassdrag
    - \* Effekt på økosystem
      - Fisk og partikkelform, partikkelkonsentrasjon
      - Miljøgifter som går i løysing
      - Tilslamming, effekt på bentisk fauna og flora
      - Effekt av plutseleg auke i vassføring
    - \* Estetiske hensyn
    - \* Samanlikna med volum, kornform, kornfordelingskurve og mineralogi for naturlige og kunstige lokale kjelder til sediment
- Kva kan gjerast for å motverke eventuelle negative konsekvensar av utslepp?

*Figur A.4: Oppgåvetekst*

**Prøveliste**

**Firma:** . . . . .

Oversikt over prøver innsamla i samband med undersøkingar av borevatn 2012.

Provenr.	Dato	Stad	Namn	MMS

*Figur A.5: Prøveliste*

## Tillegg B

### Tabell over alle sikteanalyser

Her er alle plotta med prosentvis oversikt over alle kaksprøvene.

## TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

*Tabell B.1: Kornstorleikssfordeling for alle prøvene.*

Firma	Lokalitet	< 63 µm	63 µm	125 µm	250 µm	500 µm	1 mm	2 mm	4 mm	8 mm
Båsum Trøndelag	Dalheimslyngen	24.25	7.76	7.52	8.23	12.11	15.71	15.63	8.69	0.10
	Sverdrupsvei	21.20	3.72	5.94	8.52	12.65	17.94	18.86	10.90	0.27
	Harald Langhelle	58.30	12.38	8.18	6.21	5.84	5.21	3.13	0.75	0.00
Asker og Bærum	Kolsås 1	11.44	8.35	12.86	19.31	23.82	16.58	6.83	0.79	0.00
	Østerås	10.17	4.32	10.10	16.93	17.92	18.29	16.98	5.04	0.25
Kraft	Moss	26.53	20.13	22.09	12.64	5.86	4.52	5.53	2.70	0.00
	Hafrsfjordgata 1	23.32	3.74	5.78	8.93	13.76	19.43	17.09	7.50	0.46
	Asker	27.76	2.77	3.93	6.60	10.89	15.10	16.38	13.21	3.36
	Høvik	1.92	1.31	3.69	8.44	15.43	23.11	26.40	17.71	1.98
	Skjetten	18.28	9.79	12.63	13.94	12.41	12.62	13.38	6.83	0.13
	Schøyen	8.23	10.62	18.26	17.79	15.29	16.44	10.59	2.77	0.00
Universal	BEB 6	10.47	7.17	12.14	13.82	15.06	22.27	16.30	2.78	0.00
	Svartskog	11.98	8.13	13.54	16.31	17.89	17.58	11.93	2.62	0.00
	Nesodden	20.07	20.04	25.05	18.36	10.15	5.38	0.89	0.05	0.00
	Ulvøya	2.00	3.33	8.50	13.73	19.56	24.98	22.13	5.76	0.00
	Uranienborg	12.62	8.15	10.45	10.75	11.88	16.66	20.14	9.26	0.10
	Asker	23.19	2.59	2.90	5.45	12.57	23.61	22.57	7.03	0.09
	Asker 2	17.10	2.47	6.11	13.61	21.26	23.09	12.72	3.64	0.00
	Strømmen	3.05	3.86	9.09	16.49	20.56	20.85	17.76	7.71	0.63
	Trosterudveien 25c	9.98	6.07	10.30	14.86	20.33	17.46	14.96	6.05	0.00
	Nannestad	7.35	9.66	19.80	26.97	24.08	10.22	1.84	0.10	0.00
	Skøyen	4.10	5.33	8.70	13.46	15.25	21.39	24.30	7.29	0.19
Myhre	Trantjern 1	73.56	7.96	5.97	4.99	3.87	2.64	0.81	0.20	0.00
	Trantjern 2	6.63	1.79	3.16	7.28	15.45	25.51	26.56	13.24	0.38
	Maurtvedtgutua 1	56.33	9.52	10.53	6.26	6.16	7.07	3.85	0.28	0.00
	Maurtvedtgutua 2	5.82	4.63	8.78	13.55	21.24	26.40	16.83	2.51	0.23
	Maurtvedtgutua 3	3.83	4.23	10.00	14.28	24.02	28.06	13.36	2.13	0.08
	Nesodden	6.43	8.41	13.19	9.57	10.06	14.53	21.13	16.25	0.42
	Lommedalen	3.50	2.37	4.31	20.15	31.39	21.40	12.43	4.39	0.06
	Lommedalen 2	2.98	2.58	8.02	14.75	20.78	24.37	17.62	6.81	2.10
	Grua	2.05	2.83	5.24	9.99	18.31	29.20	25.19	7.05	0.12
	Tuddal	47.95	19.43	21.51	6.44	0.94	1.00	1.89	0.85	0.00
	Eina	20.78	7.60	6.40	6.09	9.43	16.06	21.47	11.98	0.18
	Lier	6.68	3.38	3.86	3.32	10.94	27.86	31.37	12.59	0.00
	Engnestangen	30.90	11.29	14.10	12.99	10.95	9.88	7.77	2.12	0.00
	Bjørntjernlia	29.49	10.56	13.70	11.89	10.75	10.99	9.18	3.35	0.09
	Siggerud	9.71	8.01	10.41	12.43	13.15	11.86	12.34	13.12	8.99
Båsum	Økern	12.35	2.83	5.72	10.83	18.28	23.90	19.34	6.69	0.05
	Ravnsborg	33.20	2.67	3.05	4.26	7.72	17.06	24.06	7.70	0.28
	Asker	10.81	2.89	4.74	9.29	18.72	24.23	21.48	7.59	0.25
	Ingierstrand	25.98	8.99	12.09	12.66	14.77	14.96	8.30	2.27	0.00
Hallingdal	Nordstrand	42.98	19.39	11.36	15.98	7.47	2.48	0.32	0.02	0.00
	Haugastøl 1	42.09	24.24	23.40	6.62	0.84	0.38	0.97	0.80	0.66
Brustugun	Hemsedal	13.43	5.87	8.66	10.89	13.74	17.73	17.94	11.25	0.49
	Skei	45.59	18.45	12.20	6.44	5.00	5.59	5.19	1.55	0.00
	Førde 1	4.87	5.13	8.82	9.04	12.40	19.42	23.14	15.44	1.74
Heistad	Førde 2	10.26	28.09	27.33	13.80	6.58	5.40	5.71	2.84	0.00
	Støren	34.17	17.23	16.82	9.29	6.55	7.72	6.62	1.59	0.00
	Molde 1	33.09	15.86	14.46	10.05	7.12	6.41	7.28	5.44	0.30
	Molde 2	38.66	14.72	13.40	11.88	8.79	7.64	3.90	0.93	0.08
Nordenfjeldske	Molde 3	11.96	14.69	23.41	24.31	18.10	6.79	0.71	0.03	0.00
	Elverum 2	15.83	21.22	29.32	19.25	6.47	3.36	3.29	1.26	0.00
	Magnor 1	18.82	10.69	16.07	21.00	17.81	10.84	3.47	1.30	0.00
	Magnor 2	7.16	10.38	21.12	22.44	16.43	11.92	7.24	3.11	0.20
	Magnor 3	9.73	17.02	32.09	22.29	12.39	4.57	1.62	0.29	0.00
	Magnor 4	24.69	15.27	18.04	18.16	12.40	6.24	3.95	1.25	0.00
Norsk Boretteknikk	Magnor 5	5.59	4.14	10.92	20.74	20.60	16.10	13.59	7.70	0.61
	Volda	4.39	4.84	14.41	25.25	25.78	18.84	6.15	0.34	0.00



## B.1 XRD-tabell

Tabell over mineralinnhald i alle XRD-prøver. For kvar prøve sortert alfabetisk etter mineralnamn.

*Tabell B.2: XRD-resultat*

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
MM.KB	Albite intermediate	5,8
	Anorthite	27,19
	Calcite	15,64
	Chlorite IIb	1,75
	Magnesite	0,41
	Microcline maximum	6,67
	Muscovite 2M1	3,26
	Phlogopite 1M Mica	19,14
	Quartz	20,13
HM.2KB	Albite intermediate	46,31
	Calcite	0,01
	Chlorite IIb	2,24
	Hornblende RoundRobin	5,87
	Microcline intermediate2	19,34
	Muscovite 2M1	2,64
	Quartz	23,58
KS.KB	Albite	20,33
	Calcite	6,33
	Chlorite IIb	10,05
	Epidote	6,16
	Microcline intermediate1	11,74
	Muscovite 2M1	7,74
	Pyrite	1,05
	Quartz	36,61
BR.KB	Albite	5,48
	Calcite	29,42
	Chlorite IIb	16,12
	Dolomite	0,95
	Epidote	1,06
	Microcline intermediate1	4,46
	Muscovite 2M1	10,28

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Pyrite	0,73
	Quartz	31,51
UAs.KB	Albite	7,67
	Calcite	20,01
	Chlorite IIb	11,77
	Epidote	1,56
	Microcline intermediate1	4,58
	Muscovite 2M1	14,67
	Pyrite	1,5
	Quartz	38,23
USt.KB	Albite	22,08
	Calcite	4,43
	Chlorite IIb	5,96
	Epidote	1,23
	Hornblende RoundRobin	8,49
	Magnesite	0,58
	Microcline intermediate1	6,44
	Muscovite 2M1	10,19
	Pyrite	0,28
	Quartz	40,34
HM.1KB	Albite	36,0
	Chlorite IIb	2,0
	Cordierite	1,88
	Diopside	3,74
	Epidote	0,8
	Hornblende RoundRobin	0,38
	Microcline maximum	32,05
	Muscovite 2M1	2,17
	Quartz	20,98
MTrG.KB	Albite	29,85
	Calcite	3,9
	Chlorite IIb	2,26
	Diopside	33,86
	Epidote	2,31
	Hornblende RoundRobin	1,39
	Microcline intermediate2	18,93

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Muscovite 2M1	3,37
	Quartz	4,12
UA.KB	Albite	4,27
	Biotite 1M Mica	2,55
	Calcite	27,67
	Chlorite IIb	13,48
	Diopside	0,95
	Epidote	0,54
	Hornblende RoundRobin	1,37
	Microcline maximum	4,21
	Muscovite 2M1	14,34
	Pyrite	0,83
	Quartz	29,78
MMF.KB	Anorthite	25,95
	Calcite	15,63
	Chlorite IIb	4,68
	Diopside	0,05
	Epidote	0,89
	Microcline intermediate1	5,52
	Muscovite 2M1	2,02
	Phlogopite 1M Mica	22,52
	Pyrrhotite 3T	1,06
	Quartz	21,67
KH.KB	Albite	8,43
	Biotite 1M Mica	4,85
	Calcite	18,07
	Chlorite IIb	15,12
	Hornblende magnesian iron	1,49
	Illite	0,13
	Kaolinite (BISH)	3,07
	Microcline intermediate1	1,68
	Muscovite 2M1	16,91
	Pyrite	1,04
	Quartz	29,19
HaH.KB	Albite	39,87
	Calcite	1,18

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Chlorite IIb	0,08
	Hornblende RoundRobin	0,71
	Microcline maximum	19,91
	Montmorillonite	0,09
	Muscovite 2M1	1,92
	Phlogopite 1M Mica	6,77
	Quartz	29,47
MMG.KB	Anorthite	33,03
	Calcite	8,62
	Chlorite IIb	3,71
	Microcline intermediate2	4,6
	Muscovite 2M1	1,98
	Phlogopite 1M Mica	24,58
	Pyrite	0,02
	Pyrrhotite 3T	0,3
	Quartz	23,17
HS.KB	Albite intermediate	28,15
	Calcite	3,68
	Chlorite IIb	1,33
	Hornblende RoundRobin	2,03
	Muscovite 2M1	3,51
	Phlogopite 1M Mica	17,83
	Pyrrhotite 3T	1,6
	Quartz	41,86
MTrF.KB	Albite	19,45
	Albite intermediate	8,68
	Calcite	6,06
	Chlorite IIb	4,27
	Diopside	34,65
	Hornblende RoundRobin	1,64
	Muscovite 2M1	1,77
	Orthoclase	17,56
	Quartz	5,91
US.KB	Albite	21,59
	Albite intermediate	3,51
	Calcite	1,55

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Chlorite IIb	6,15
	Hornblende RoundRobin	1,49
	Muscovite 2M1	3,92
	Orthoclase	3,48
	Phlogopite 1M Mica	5,71
	Quartz	33,18
	Sanidine Na0.1	19,41
BrF1.KB	Albite	36,7
	Calcite	1,01
	Chlorite IIb	1,78
	Epidote	5,99
	Microcline intermediate1	19,68
	Muscovite 2M1	3,41
	Phlogopite 1M Mica	9,11
	Quartz	22,32
HM.3KB	Albite intermediate	41,98
	Biotite 1M Mica	4,46
	Calcite	0,03
	Chlorite IIb	5,11
	Hornblende RoundRobin	11,59
	Microcline intermediate1	21,18
	Orthoclase	3,82
	Quartz	11,82
BOE.KB	Albite	8,4
	Calcite	23,36
	Chlorite IIb	17,75
	Dolomite	1,2
	Illite	3,79
	Microcline maximum	3,41
	Muscovite 2M1	14,15
	Pyrite	1,11
	Quartz	26,82
UN.KB	Albite	30,52
	Chlorite IIb	0,64
	Microcline intermediate1	28,37
	Phlogopite 1M Mica	2,18

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Quartz	38,29
HaHe.KB	Albite	7,45
	Chlorite IIb	5,93
	Magnesite	0,11
	Microcline intermediate1	8,06
	Muscovite 2M1	17,01
	Quartz	61,44
BA.KB	Albite	17,03
	Calcite	9,43
	Chlorite IIb	4,53
	Dolomite	0,08
	Hornblende RoundRobin	1,59
	Microcline intermediate1	10,31
	Muscovite 2M1	6,0
	Quartz	45,87
	Titanite	5,17
BrF1.KF	Albite	28,48
	Biotite 1M Mica	1,65
	Calcite	1,93
	Chlorite IIb	3,06
	Epidote	4,08
	Hornblende RoundRobin	1,79
	Microcline intermediate1	19,89
	Phlogopite 1M Mica	8,28
	Pyrrhotite 3T	0,58
	Quartz	30,26
NM.3KB	Albite intermediate	37,68
	Anorthite	9,62
	Augite Px	3,54
	Calcite	0,12
	Chlorite IIb	0,62
	Hornblende RoundRobin	35,07
	Muscovite 2M1	3,88
	Quartz	9,47
NM.4KB	Albite intermediate	44,49
	Anorthite	5,19

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Augite Px	1,97
	Calcite	0,01
	Chlorite IIb	3,78
	Hornblende RoundRobin	33,93
	Muscovite 2M1	4,63
	Quartz	5,99
KA.KB	Albite	3,86
	Calcite	38,77
	Chlorite IIb	13,19
	Dolomite	2,37
	Epidote	1,2
	Illite	0,34
	Microcline maximum	1,45
	Muscovite 2M1	9,25
	Pyrite	0,57
	Quartz	29,0
ML.KB	Albite	38,18
	Chlorite IIb	1,05
	Epidote	3,36
	Illite	6,7
	Microcline intermediate2	22,81
	Muscovite 2M1	1,38
	Pyrite	0,01
	Quartz	26,5
UUr.KB	Albite	28,03
	Anorthite	11,27
	Calcite	11,39
	Chlorite IIb	13,24
	Diopside	5,0
	Hornblende RoundRobin	3,4
	Microcline intermediate2	13,32
	Muscovite 2M1	7,19
	Quartz	7,16
UT.VF	Anorthite	28,53
	Biotite 1M Mica	15,94
	Calcite	4,1

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Chlorite IIb	1,55
	Hornblende RoundRobin	1,27
	Microcline intermediate1	23,0
	Muscovite 2M1	13,94
	Quartz	11,68
MS.VF	Albite	26,0
	Biotite 1M Mica	5,5
	Calcite	4,18
	Chlorite IIb	2,59
	Diopside	0,62
	Epidote	0,13
	Hornblende RoundRobin	0,94
	Microcline maximum	24,76
	Muscovite 2M1	13,58
	Quartz	19,24
	Titanite	2,46
AK.VF	Albite	10,6
	Anorthite	17,05
	Calcite	5,69
	Chlorite IIb	4,73
	Diopside	3,1
	Hornblende RoundRobin	13,78
	Microcline intermediate1	6,3
	Phlogopite 1M Mica	14,64
	Pyrrhotite 3T	0,23
	Quartz	23,88
NE.VF	Albite	18,25
	Calcite	1,04
	Chlorite IIb	3,2
	Diopside	1,45
	Epidote	3,72
	Hornblende RoundRobin	6,28
	Illite	2,05
	Microcline intermediate1	11,17
	Muscovite 2M1	10,29
	Quartz	42,55

*Tabellen fortset på neste side*



## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
UN.VF	Albite	32,9
	Calcite	0,8
	Chlorite IIb	3,27
	Epidote	0,22
	Hornblende magnesian iron	3,7
	Illite	0,15
	Microcline intermediate1	44,05
	Muscovite 2M1	6,57
	Quartz	8,35
NM.VF	Albite	3,36
	Calcite	11,29
	Chlorite IIb	4,08
	Clinozoisite	0,35
	Epidote	2,45
	Hornblende RoundRobin	58,61
	Microcline intermediate1	7,05
	Muscovite 2M1	4,45
	Pyrrhotite 3T	0,09
	Quartz	8,27
USv.VF	Albite	32,1
	Augite Px	4,47
	Calcite	6,97
	Chlorite IIb	13,34
	Epidote	4,2
	Hornblende RoundRobin	0,78
	Microcline maximum	30,52
	Muscovite 2M1	2,37
	Pyrite	1,02
	Pyrrhotite 3T	0,35
	Quartz	2,18
	Siderite	1,69
ME.VF	Albite	8,28
	Augite Px	5,84
	Calcite	25,32
	Chlorite IIb	18,43
	Epidote	3,64
	Hornblende RoundRobin	2,1

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Microcline maximum	7,47
	Muscovite 2M1	14,45
	Quartz	14,46
BI.VF	Albite	34,06
	Calcite	3,86
	Chlorite IIb	6,78
	Epidote	0,3
	Hornblende RoundRobin	0,74
	Microcline maximum	11,69
	Muscovite 2M1	6,25
	Pyrite	0,14
	Quartz	36,16
KH.a.VF	Albite	7,62
	Calcite	39,32
	Chlorite IIb	13,94
	Epidote	1,6
	Microcline intermediate1	5,48
	Muscovite 2M1	17,01
	Pyrite	0,48
	Quartz	14,55
MB.VF	Albite	23,61
	Augite Px	3,58
	Calcite	1,86
	Chlorite IIb	2,31
	Clinozoisite	1,23
	Microcline maximum	29,4
	Phlogopite 1M Mica	4,48
	Quartz	33,53
BOE.VF	Albite	7,75
	Calcite	14,38
	Chlorite IIb	18,33
	Epidote	1,59
	Microcline intermediate1	11,11
	Muscovite 2M1	26,02
	Pyrite	0,99
	Quartz	19,82

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
BrF2.VF	Albite	32,11
	Augite Px	1,72
	Calcite	0,68
	Chlorite IIb	1,72
	Epidote	3,84
	Muscovite 2M1	3,43
	Orthoclase	26,67
	Phlogopite 1M Mica	11,58
	Quartz	18,16
	Siderite	0,09
BG.VF	Albite	21,06
	Calcite	16,01
	Chlorite IIb	6,98
	Clinozoisite	0,74
	Diopside	2,12
	Hematite	0,26
	Muscovite 2M1	4,7
	Phlogopite 1M Mica	4,12
	Pyrite	0,84
	Quartz	9,09
	Sanidine Na0.1	34,06
BA.VF	Albite	6,58
	Calcite	28,26
	Chlorite IIb	12,46
	Epidote	2,7
	Microcline intermediate1	14,63
	Muscovite 2M1	22,4
	Quartz	12,97
BrF1.VF	Albite	8,3
	Calcite	1,59
	Chlorite IIb	3,08
	Diopside	1,57
	Epidote	12,44
	Microcline intermediate1	5,73
	Phlogopite 1M Mica	45,84
	Quartz	21,45

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
UUr.VF	Albite	21,65
	Calcite	11,95
	Chlorite IIb	22,95
	Clinozoisite	4,9
	Diopside	3,29
	Hornblende RoundRobin	2,75
	Microcline intermediate1	11,8
	Muscovite 2M1	8,99
	Pyrite	0,33
	Quartz	7,84
	Sepiolite	3,54
MLi.KB	Aegirine	2,51
	Albite	39,29
	Chlorite IIb	0,91
	Diopside	1,45
	Dolomite	1,84
	Hematite	2,55
	Microcline intermediate1	20,22
	Muscovite 2M1	2,11
	Quartz	29,11
MT.KB	Microcline maximum	7,78
	Muscovite 2M1	5,68
	Quartz	86,54
KM.KB	Actinolite	10,31
	Albite	10,56
	Albite intermediate	28,77
	Calcite	0,84
	Chlorite IIb	1,79
	Microcline maximum	8,11
	Phlogopite 1M Mica	4,24
	Pyrrhotite 3T	0,61
	Quartz	34,79
BI.KB	Albite	34,09
	Augite Px	4,61
	Calcite	1,33
	Chlorite IIb	7,16

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Microcline maximum	23,88
	Muscovite 2M1	5,8
	Quartz	23,13
MB.KB	Albite	32,98
	Augite Px	3,76
	Calcite	2,19
	Chlorite IIb	2,67
	Microcline maximum	31,02
	Muscovite 2M1	2,54
	Pyrite	0,11
	Quartz	24,73
BTrH.KB	Albite	31,09
	Augite Px	3,67
	Calcite	2,28
	Chlorite IIb	9,7
	Epidote	21,09
	Hornblende RoundRobin	25,41
	Microcline maximum	0,11
	Muscovite 2M1	0,19
	Quartz	6,46
AOE.KB	Albite	17,56
	Calcite	13,91
	Chlorite IIb	3,24
	Diopside	2,48
	Epidote	6,97
	Hornblende RoundRobin	1,85
	Microcline intermediate1	8,44
	Phlogopite 1M Mica	7,59
	Quartz	37,96
NE.2KB	Albite	29,1
	Chlorite IIb	0,02
	Diopside	4,22
	Epidote	0,4
	Hornblende RoundRobin	0,95
	Microcline maximum	20,14
	Muscovite 2M1	0,68

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Phlogopite 1M Mica	5,09
	Quartz	39,41
MEn.KB	Actinolite	5,77
	Albite	35,73
	Calcite	0,97
	Chlorite IIb	10,19
	Diopside	4,35
	Epidote	9,98
	Microcline intermediate1	8,24
	Muscovite 2M1	2,66
	Quartz	22,12
MEn.VF	Albite	24,96
	Calcite	5,32
	Chlorite IIb	19,88
	Diopside	5,22
	Dolomite	0,82
	Epidote	4,5
	Hornblende RoundRobin	9,16
	Microcline maximum	3,88
	Muscovite 2M1	8,02
	Quartz	18,24
BrF2.KF	Albite	6,09
	Calcite	0,95
	Chlorite IIb	0,2
	Epidote	13,88
	Microcline maximum	10,35
	Muscovite 2M1	6,48
	Phlogopite 1M Mica	35,01
	Quartz	27,03
HM.VF	Actinolite	6,65
	Albite	6,98
	Albite intermediate	24,22
	Augite Px	1,0
	Calcite	0,27
	Chlorite IIb	3,68
	Microcline intermediate1	16,83

*Tabellen fortset på neste side*

## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Muscovite 2M1	3,68
	Phlogopite 1M Mica	18,26
	Quartz	18,43
BN.KB	Albite	19,62
	Albite intermediate	9,87
	Chlorite IIb	3,89
	Diopside	5,32
	Hornblende RoundRobin	6,34
	Microcline maximum	17,68
	Muscovite 2M1	2,26
	Pyrrhotite 3T	0,34
	Quartz	34,68
MG.KB	Anorthite	22,7
	Calcite	3,36
	Chlorite IIb	2,46
	Diopside	26,01
	Grossularia	4,19
	Hornblende RoundRobin	7,12
	Orthoclase	18,51
	Phlogopite 1M Mica	1,51
	Pyrrhotite 3T	1,72
	Quartz	12,43
UU.KB	Albite	2,48
	Augite Px	6,64
	Calcite	10,36
	Chlorite IIb	12,9
	Illite	6,19
	Microcline intermediate1	2,69
	Muscovite 2M1	15,71
	Pyrite	1,37
	Quartz	41,65
ML2.KB	Albite	43,75
	Calcite	0,42
	Chlorite IIb	0,09
	Diopside	4,62
	Hornblende RoundRobin	1,14

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Microcline maximum	20,11
	Muscovite 2M1	0,92
	Quartz	28,95
ME.KB	Albite	12,83
	Augite Px	5,01
	Calcite	1,57
	Chlorite IIb	4,35
	Epidote	15,27
	Hornblende RoundRobin	12,19
	Microcline intermediate1	8,09
	Muscovite 2M1	1,97
	Phlogopite 1M Mica	11,57
	Quartz	27,15
MN.KB	Albite	20,72
	Augite Px	4,6
	Chlorite IIb	4,89
	Microcline maximum	7,05
	Muscovite 2M1	9,14
	Pyrite	0,86
	Quartz	52,75
MS.KB	Albite	22,68
	Augite Px	5,23
	Chlorite IIb	2,59
	Hornblende magnesian iron	0,46
	Microcline maximum	26,1
	Muscovite 2M1	2,91
	Phlogopite 1M Mica	7,12
	Pyrrhotite 3T	0,17
	Quartz	32,73
UN.KF	Albite intermediate	17,14
	Anorthite	3,82
	Calcite	0,88
	Chlorite IIb	0,58
	Diopside	1,87
	Epidote	2,96
	Hornblende RoundRobin	2,63

*Tabellen fortset på neste side*



## B.1. XRD-TABELL

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Microcline maximum	4,43
	Muscovite 2M1	12,27
	Phlogopite 1M Mica	2,94
	Pyrite	0,05
	Quartz	50,44
UA.KF	Albite intermediate	4,54
	Biotite 1M Mica	3,33
	Calcite	7,65
	Chlorite IIb	7,97
	Clinozoisite	5,31
	Illite	30,22
	Microcline maximum	9,46
	Muscovite 1M	9,01
	Quartz	22,52
UNa.KF	Albite	29,28
	Calcite	0,62
	Chlorite IIb	1,16
	Magnetite	1,28
	Microcline intermediate1	22,46
	Phlogopite 1M Mica	3,07
	Quartz	42,12
KH.VF	Albite	6,02
	Augite Px	3,36
	Calcite	12,81
	Chlorite IIb	24,55
	Clinozoisite	1,27
	Microcline intermediate2	3,48
	Muscovite 2M1	23,91
	Pyrite	0,62
	Pyrrhotite 3T	0,44
	Quartz	22,73
	Siderite	0,8
KS.VF	Albite	14,68
	Augite Px	2,94
	Calcite	19,35
	Chlorite IIb	12,65

*Tabellen fortset på neste side*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Prøvenummer	Mineralnamn	Andel (%)
	Epidote	3,49
	Microcline intermediate1	10,93
	Muscovite 2M1	8,09
	Pyrite	1,34
	Quartz	26,54
MT.VF	Albite	2,13
	Augite Px	3,93
	Biotite 1M Mica	6,3
	Calcite	3,2
	Chlorite IIb	10,0
	Kaolinite (BISH)	9,23
	Microcline intermediate1	7,76
	Muscovite 2M1	27,95
	Pyrite	0,41
	Quartz	29,08
MM.VF	Anorthite	25,51
	Calcite	19,87
	Chlorite IIb	2,12
	Microcline intermediate1	5,05
	Muscovite 2M1	1,79
	Phlogopite 1M Mica	21,67
	Pyrrhotite 3T	0,64
	Quartz	20,91
	Talc	2,45
MLi.VF	Aegirine	5,57
	Albite	26,09
	Aragonite	4,55
	Calcite	20,6
	Chlorite IIb	3,65
	Diopside	2,85
	Hematite	1,51
	Microcline intermediate1	17,11
	Muscovite 2M1	4,04
	Quartz	14,02

B.2. LOKALITETAR MED BESKRIVELSE FRÅ NGU SINE  
DATABASAR

## B.2 Lokaltetar med beskrivelse frå NGU sine databasar

Tabell B.3: Lokaltetar

Firma	UTM sone 32 (EPSG:32632)		Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
	Aust	Nord		
<b>Båsum Trøndelag</b>				
Dalheimsslyngen	574215	7032314	Grønnstein og grønnskifer med lag av kvartskeratofyr	N250
Sverdrupsvei	568254	2033623	Grønnstein (metabasalt) og grønnskifer udifferensiert. Hovedsakelig deformert putelava med enkelte lag av sur lava, kiselstein, tuffitt, gjennomsett av diabsaganger, surlig i den vestre delen	N50
Harald Langhelle	568440	7030986	Grønnstein (metabasalt) og grønnskifer udifferensiert. Hovedsakelig deformert putelava med enkelte lag av sur lava, kiselstein, tuffitt, gjennomsett av diabsaganger, surlig i den vestre delen	N50
<b>Asker og Bærum</b>				
Kolsås	583869	6643630	Sandstein, fin- til middelskornet, med steddannede, konglomerater, sandstein og siltstein med karbonatknoller og steddannede konglomerater (et. 10)	N50

Tabellen fortsetter på neste side.

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
Østerås	589692	6646506	Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein. økt innslag av kalkstein mot øvre del av formasjonen (et. 6)	N50
<b>Kraft</b>				
Moss	594112	6587778	Granittisk gneis, fin- til middelskornet	N50
Hafrsfjordsgata	594947	6643577	Knollekalk (et. 4a $\beta$ ), Skifer (et. 4a $\alpha$ )	N50
Asker	582872	6638397	Skifer, siltig til sandig (et. 4d $\delta$ - 5a). Kalkstein, skifer og knollekalk (et. 4d). Skifer, lysgrå, siltig (et. 4c $\gamma$ ), Knollekalk, skifer med kalksteinslag (et. 4c $\beta$ ), Skifer, svart (et. 4c $\alpha$ )	N50
Høvik	588533	6640746	Skifer og kalkstein i veksling (et. 4b $\delta$ ). Skifer, gråsvart, med spredte kalksteinslinser (et. 4b $\gamma$ ). Knollekalk, forholdsvis massiv (et. 4b $\beta$ ). Skifer, brunlig (et. 4b $\alpha$ )	N50
Skjetten	612279	6649950	Granat-biotittgneis, biotitt-muskovittgneis, stedvis amphibolitt og kalksilikatlinser, stedvis migmatittisk (Stora Le-Marstrandformasjonen)	N50
Schøyen	593167	6636151	Granittisk til tonalittisk øyegneis	N50

*Tabellen fortsetter på neste side.*

## B.2. LOKALITETAR MED BESKRIVELSE FRÅ NGU SINE DATABASAR

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
<b>Universal</b>				
Svartskog	597839	6628057	Granat-biotittgneis, biotitt-muskovittgneis, stedvis amphibolitt og kalksilikatlinser, stedvis migmatittisk (Stora Le-Marstrandformasjonen)	N50
Nesodden	595955	6622493	Psammittisk til semipelittisk biotitt- og muskovitttholdig paragneis med kalksilikat-linser	N50
Ulvøya	599172	6638101	Skifer, grågrønn og rød, med tynne lag av kalkstein, dels knollekalk (Vikformasjonen et. 7c), Kalkstein, tett, småknollet og grovknollet (Rytteråkerformasjonen et. 7a-7b)	N50
Uranienborg	596332	6644012	Knollekalk (Vollformasjonen et. 4a) og skifer (Elnesformasjonen et. 4a)	N50
Asker	585307	6638539	Skifer og kalkstein i veksling, knollekalk og skifer	N50
Asker 2	580571	6635041	Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein. økt innslag av kalkstein mot øvre del av formasjonen (et. 6)	N50

*Tabellen fortsetter på neste side.*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
Strømmen	612145	6648263	Granat-biotittgneis, biotitt-muskovittgneis, stedvis amphibolitt og kalk-silikatlinser, stedvis migmatittisk (Stora Le-Marstrandformasjonen)	N50
Trosterudveien	595405	6647635	Skifer, siltig til sandig (et. 4dδ - 5a). Kalkstein, skifer og knollekalk (et. 4d). Skifer, lysgrå, siltig (et. 4cγ), Knollekalk, skifer med kalksteinslag (et. 4cβ), Skifer, svart (et. 4cα)	N50
Nannestad	610129	6673174	Granitt, grovkornet	N50
Skøyen	603130	6642727	Tonalittisk til granittisk gneis, grå, middels- til grovkornet	N50
<b>Myhre</b> Trantjern	592551	6636236	Kalkstein (kalkarenitt), sedimentær kalkbreksje, sandstein, underordnet kalkholdig og siltig leirskifer. Ca. 40 m.	N50
Maurtvedtgutua	592082	6686899	Leirskifer, kalkstein og knollet kalk (Kirkerudgruppen, Elnesformasjonen, Furu-bergformasjonen, etg. 4a-b) / hornfels nær dypbergarter	N50
Nesodden	592551	6636236	Granittisk til tonalittisk øyegneis	N50

*Tabellen fortsetter på neste side.*

## B.2. LOKALITETAR MED BESKRIVELSE FRÅ NGU SINE DATABASAR

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
Lommedalen	583539	6647744	Sedimenter, vesentlig sandstein og konglomerat	N50
Lommedalen 2	583662	6646630	Kvartssyenittporfyr	N50
Grua	591572	6681454	Kalkstein, leirholdig, siltstein og skifer (Kjørvenformasjonen etg. 4d) / hornfels nær dypbergarter	N50
Tuddal	488399	6620925	Kvartsitt og kvartsskifer	N250
Eina	589313	6712683	Glimmerskifer, kvartsmuskovittskifer, metasandstein og biotittgneis; stedvis lag med hornblendegneis, amfibolitt og antatt meta-dacitt	N250
Lier	568784	6625223	Porfyrgranitt med kvartsfenokrystaller; rødbrun eller grågrønn	N50
Engnestangen	<i>Det manglar data for denne lokaliteten.</i>			
Bjørntjernlia	555478	6689637	Granitt, grå til grårosa, middels- til grovkornet, stedvis porfyrisk, stedvis med bruddstykker av sidebergartene (Flågranitten)	N250
Siggerud	606184	6632840	Granodiorittisk øyegneis, rosa med K-feltspat (5-10 cm)	N50

*Tabellen fortsetter på neste side.*

TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
<b>Båsum</b>				
Økern	600487	6644692	Leirskifer, mergelskifer og kalkstein, ordovicisk alder	N250
Ravnsborg	247103	6644333	Skifer, siltig til sandig (et. 4dδ - 5a). Kalkstein, skifer og knollekalk (et. 4d). Skifer, lysgrå, siltig (et. 4cγ), Knollekalk, skifer med kalksteinslag (et. 4cβ), Skifer, svart (et. 4cα)	N50
Asker	579314	6634132	Skifer, grågrønn og rød, med tynne lag av kalkstein, dels knollekalk et. 7c. Kalkstein, tett, småknollet og grovknollet (et. 7a-7b)	N50
Grønland	566952	6623486	Latitt, rombeporfyr (RP1,RP2 = rombeporfyr lava nr. 1,2 osv., RPL = lokalrombeporfyr lava)	N250
Ingierstrand	598081	6632297	Granittisk til granodiorittisk gneis, migmatittisk og biotittrik med grå øyne av kalifeltspat (1-2 cm)	N50
Nordstrand	600381	6636839	Tonalittisk til granittisk gneis, grå, middels- til grovkornet	N50
<b>Hallingdal</b>				
Haugastøl	437798	6706630	Øye- og flasergneis, foliert porfyrisk granitt til granodioritt med grunnmasse rik på biotitt, stedvis rik på hornblende	N50

*Tabellen fortsetter på neste side.*



## B.2. LOKALITETAR MED BESKRIVELSE FRÅ NGU SINE DATABASAR

Lokalitet	Aust	Nord	Beskrivelse frå NGU sine kart	Kjelde
Hemsedal	482083	6748138	Kvartsrik fyllitt og kvartsskifer, lys, med lag av svart fyllitt, uensartet; Ørnbergformasjonen, kambrium til mellomordovicium	N50
<b>Brustugun</b> Skei	366158	6828119	Granittisk ortogneis med bånd eller striper, nokre stader migmatittisk, gneis med diorittisk til granittisk samansetjing, nokre stader augegneis	N250
Førde	337011	6814694	Båndet kvartsfattig biotitt-plagioklas-gneis (antatt metagråvakke) med soner av glimmerskifer, kvartsitt og amfibolitt	N250
<b>Heistad</b> Støren	573979	6987442	Hornblende-biotittskifer (kalksilikatgneis)	N250
Molde	412722	6959400	Gneis, ikkje inndelt, for det meste kvartsdiorittik, nokre stader migmatittisk	N250
<b>Nordenfjeldske</b>				
<i>Det manglar posisjon for resten av prøvene.</i>				

## TILLEGG B. TABELL OVER ALLE SIKTEANALYSER

---

# Tillegg C

## Kildekode

### C.1 Parsing

For å få dataa over på eit format som ei datamaskin kan jobbe med må fila gåast igjennom linje for linje, og dei linjene som inneheld data må bli behandla på ein anna måte enn det som er reine kommentarar. Denne prosessen blir kalla «parsing» på engelsk, som betyr *å forstå betydningen av noko*. Koden under hentar ut data om kvar sikteanalyse og skriv det til ei ny fil i eit tabseparert format.

---

```
1  # This Python file uses the following encoding: utf-8
2  import os
3
4  def isStar(tekst):
5      if tekst.startswith('*'):
6          return True
7
8  def numStar(tekst):
9      return len(tekst)
10
11 def todoCheck(liste):
12     todos = ['TODO', 'IN_PROGRESS', 'DONE', 'CANCELLED']
13     todoTag = liste
14     if todoTag in todos:
15         return True
16     else:
17         return False
18
19 def equalize(x,y):
20     if len(x) > len(y):
```

```

21         y.extend([0.0] * (len(x) - len(y)))
22     else: x.extend([0.0] * (len(y) - len(x)))
23
24     fil=open('prøver-min.org', 'r')
25     data=fil.readlines()
26     fil.close()
27
28     firma = None
29     lokalitet = None
30     proeveType = None
31     dataType = None
32     brutto = []
33     tara = []
34     varTabell = False
35
36     fil=open("utdata-min.dat","w")
37     fil.write("Firma \t Lokalitet \t Prøvetype \t Datatype \t < 0,063 mm frå \
38     skylling\t < 0,063 mm frå sikting \t 0,063 mm \t 0,125 mm \t 0,25 mm \t \
39     0,5 mm \t 1 mm \t 2 mm \t 4 mm \t 8 mm \t 16 mm \n")
40     for i in data:
41         if i.count(":noexport:") != 0:
42             continue
43         i2=i.split()
44         i3=i.split("|")
45         tabellinje = i3
46         tabellinje.pop(0)
47         tabellinje = [x.strip() for x in tabellinje]
48         tabellinje = [x.replace(',', '0') if x is ',' else x for x in tabellinje]
49         if i2:
50             tekst=i2[0]
51
52             if isStar(tekst) == True:
53                 level=numStar(tekst)
54
55                 if todoCheck(i2[1]) == True:
56                     headline = i2[2:]
57                 else:
58                     headline = i2[1:]
59
60                 headline = [x[:-5] if x[-1] == "]" else x for x in headline]
61                 test = (str(headline).split("[")[1]).strip(',')
62                 test = [x.strip(',') for x in headline]
63                 test = ', '.join(test)
64                 test = test.partition("[")[0]
65                 headline = test
66
67                 if level == 1:
68                     firma = headline
69                     print "Firma: " + firma

```

## C.2. PLOTT OG DIAGRAM

---

```
70
71     elif level == 2:
72         lokalitet = headline
73         print "      Lokalitet: " + lokalitet
74
75     elif level == 3:
76         proeveType = headline
77         if proeveType.startswith("Kaks"):
78             print "          " + proeveType
79
80     elif level == 4:
81         dataType = headline
82
83     elif i2[0]=="|":
84         metaData = [firma,lokalitet,proeveType]
85         utData = "\t".join(str(x) for x in metaData) + "\t"
86
87         if tabellinje and tabellinje[0] == "Tara":
88             utData+="\t".join(tabellinje)+"\n"
89             fil.write(utData)
90
91         elif tabellinje and tabellinje[0] == "Brutto":
92             utData+="\t".join(tabellinje)+"\n"
93             fil.write(utData)
94
95         varTabell = erTabell
96         erTabell = True
97
98     else:
99         erTabell = False
100         tara = []
101         brutto = []
102
103         forrigeFirma = firma
104         forrigeLokalitet = lokalitet
105
106         forrigeProeveType = proeveType
107         forrigeDataType = dataType
108
109 fil.close()
```

---

## C.2 Plott og diagram

Denne koden genererer ein del plott og diagram som er brukt i denne oppgåva, og formaterer data slik at dei passar for koden i avsnitt C.3.

```
1 # This Python file uses the following encoding: utf-8
2 # -*- coding: utf-8 -*-
3 import os
4 import re
5 import math
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import numpy as np
8 import scipy as sp
9 import csv
10 import codecs
11 from scipy.interpolate import interp1d,spline
12 from scipy import stats
13 from matplotlib.mlab import stineman_interp
14
15 def transpose(array):
16     arrayTransposed = zip(*array)
17     arrayTransposed = [list(x) for x in arrayTransposed]
18     arrayTransposed = [sorted(x) for x in arrayTransposed]
19     return arrayTransposed
20
21 def asciify(tekststreng):
22     tekststreng = tekststreng.replace(' ', '-')
23     tekststreng = tekststreng.replace(u'å', 'aa')
24     tekststreng = tekststreng.replace(u'æ', 'ae')
25     tekststreng = tekststreng.replace(u'ø', 'oe')
26     tekststreng = tekststreng.replace(u'Å', 'aa')
27     tekststreng = tekststreng.replace(u'Æ', 'ae')
28     tekststreng = tekststreng.replace(u'Ø', 'oe')
29     return tekststreng
30
31 def subtract(x,y):
32     return x-y
33
34 def plotfig(prosent,kumprosent,figurNamn):
35     print "Plottar ", figurNamn
36     fig=plt.figure(figsize=(8.0, 5))
37     ax=fig.add_subplot(111)
38     label = firma + ", " + lokalitet
39     y1 = stineman_interp(xnew,xinter,prosent,None)
40     y2 = stineman_interp(xnew,xinter,kumprosent,None)
41     y2 = [x if x < 100 else 100 for x in y2]
42     ax.semilogx(xinter,prosent,'o',xinter,kumprosent,'<',xnew,y1,'-',xnew,y2,\
43                '-')
44     plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
45     plt.ylabel(unicode('Vekt % mindre enn', "UTF-8"))
46     plt.title(figurNamn)
47     plt.axis([0.05,10,1,100])
48     plt.xticks(xakse,('0,063','0,125','0,250','0,500','1,00','2,00','4,00',\
```

## C.2. PLOTT OG DIAGRAM

---

```
49         '8,00', '16,00', '32,00'))
50     ax.grid(which='both')
51     plt.legend(['Prosent', 'Kumulativt', 'Interpolert', 'Interpolert'], loc='best')
52     fig.savefig(asciiify("fig-big/" + figurNamn + '.png'), format='png', dpi=300)
53     plt.close()
54
55 def plotHist(data, histNamn):
56     print "Plottar histogram over konstorleik for " , histNamn
57     histNamn = str(histNamn)
58     data = [float(x) for x in data]
59     median = round(np.median(data), 2)
60     mean = round(np.mean(data), 2)
61     stddev = round(np.std(data), 2)
62     frakMax = round(max(data), 2)
63     frakMin = round(min(data), 2)
64     histStats.append([histNamn, median, mean, stddev, frakMin, frakMax])
65     h1 = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
66     ax1 = h1.add_subplot(111)
67     n, bins, patches = ax1.hist(data, bins=20)
68     plt.xlabel(unicode('%', 'UTF-8'))
69     plt.ylabel(unicode('Tal på prøver', 'UTF-8'))
70     plt.title(unicode("Histogram over kornstorleik " + histNamn + ' mm', \
71                     'UTF-8'))
72     saveString = "hist-big/" + str(histNamn).replace('.', '-') + ".png"
73     saveString = unicode(saveString, 'UTF-8')
74     plt.annotate(unicode("Målingar:", 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.8), xytext=\
75 (0.6, 0.85), textcoords='figure fraction')
76     plt.annotate(unicode(str(sum(n)), 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.8), xytext=(0.85, 0.85)\
77 , textcoords='figure fraction', horizontalalignment = 'right')
78     plt.annotate(unicode("Median:", 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.7), xytext=(0.6, 0.80), \
79                 textcoords='figure fraction')
80     plt.annotate(unicode("%.2f" % median, 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.7), xytext=\
81                 (0.85, 0.80), textcoords='figure fraction', \
82                 horizontalalignment = 'right')
83     plt.annotate(unicode("Gjennomsnitt:", 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.6), xytext=\
84                 (0.6, 0.75), textcoords='figure fraction')
85     plt.annotate(unicode("%.2f" % mean, 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.6), xytext=\
86                 (0.85, 0.75), textcoords='figure fraction', \
87                 horizontalalignment = 'right')
88     plt.annotate(unicode("Standardavvik:", 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.5), xytext=\
89                 (0.6, 0.70), textcoords='figure fraction')
90     plt.annotate(unicode("%.2f" % stddev, 'UTF-8'), xy=(0.6, 0.5), xytext=\
91                 (0.85, 0.70), textcoords='figure fraction', \
92                 horizontalalignment = 'right')
93     h1.savefig(asciiify(saveString), dpi=300)
94     plt.close()
95
96 def plotBox(data, namn, tittel='Boxplot', kum=True):
97     print "Plottar boxplot, filnamn = " + namn + ".png\""
```

```

98     h2 = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
99     ax2 = h2.add_subplot(111)
100    plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', 'UTF-8'))
101    if kum:
102        plt.ylabel(unicode('Vekt-% mindre enn', 'UTF-8'))
103    else:
104        plt.ylabel(unicode('Vekt-% i fraksjon', 'UTF-8'))
105
106    plt.title(unicode(tittel, 'UTF-8'))
107    ax2.set_xticklabels(xakse)
108    ax2.yaxis.grid(which='major')
109    ax2.set_ylim(0,100)
110    ax2.boxplot(data)
111    plt.savefig(asciiify('box-big/' + namn + '.png'), dpi=300)
112    plt.annotate(unicode('Brødrene Myhre Trantjern 1', 'UTF-8'), xy=(1,73.56)\
113 , xytext=(-0.8, 85), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
114 'black', arrowstyle='->'))
115    plt.annotate(unicode('Båsum Trøndelag Harald Langhelle', 'UTF-8'), xy=(1,58.3)\
116 , xytext=(3, 85), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
117 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.2", relpos=(0., 0.)))
118    plt.annotate(unicode('Brødrene Myhre Maurtvedtgutua 1', 'UTF-8'), xy=(1,56.33)\
119 , xytext=(2.5, 75), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
120 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.05", relpos=(0., 0.)))
121    plt.annotate(unicode('Brustugun Førde 2', 'UTF-8'), xy=(2,28.09)\
122 , xytext=(1.8, 62), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
123 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.4", relpos=(0., 0.)))
124    plt.annotate(unicode('Brustugun Førde 2', 'UTF-8'), xy=(3,27.33)\
125 , xytext=(1.8, 62), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
126 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.5", relpos=(0., 0.)))
127    plt.annotate(unicode('Nordenfjeldske Magnor 3', 'UTF-8'), xy=(3,32.09)\
128 , xytext=(2.2, 48), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
129 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.0", relpos=(0.5, 0.)))
130    plt.annotate(unicode('Nordenfjeldske Elverum 2', 'UTF-8'), xy=(3,29.32)\
131 , xytext=(2, 55), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
132 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.4", relpos=(0., 0.)))
133    plt.annotate(unicode('Brødrene Myhre Lommedalen', 'UTF-8'), xy=(5,31.39)\
134 , xytext=(4.5, 62), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
135 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=-0.2", relpos=(0.25, 0.)))
136    plt.annotate(unicode('Kraft Høvik', 'UTF-8'), xy=(8,17.71)\
137 , xytext=(5.8, 34), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
138 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.0", relpos=(1., 0.)))
139    plt.annotate(unicode('Brødrene Myhre Siggerud', 'UTF-8'), xy=(9,8.99)\
140 , xytext=(5.8, 44), bbox=dict(boxstyle="round4", fc="w"), arrowprops=dict(facecolor=\
141 'black', arrowstyle='->', connectionstyle="arc3,rad=0.0", relpos=(0.5, 0.)))
142    plt.savefig(asciiify('box-big/' + namn + '-boxplot-ann.png'), dpi=300)
143    plt.close()
144
145 def firmaDiffCalc(brutto,tara,figurNamn):
146     diff = map(subtract,brutto,tara)

```



## C.2. PLOTT OG DIAGRAM

---

```
147     totalVekt = sum(diff)
148     diffProsent = [(x/totalVekt)*100 for x in diff]
149     kumsum = np.cumsum(diffProsent)
150     plotfig(diffProsent,kumsum,figurNamn)
151
152 def diffCalc(brutto,tara,firma, lokalitet):
153     figurNamn = firma + " " + lokalitet
154     figurNamn = unicode(figurNamn, "UTF-8")
155     diff = map(subtract,brutto,tara)
156     diffArray.append(diff)
157     totalVekt = sum(diff)
158     diffProsent = [(x/totalVekt)*100 for x in diff]
159     diffProsentArray.append(diffProsent)
160     diffProsentNamn.append(figurNamn)
161     kumsum = np.cumsum(diffProsent)
162
163     if figur:
164         plotfig(diffProsent,kumsum,figurNamn)
165
166     if vedlegg:
167         diffLinje = [firma.decode('utf-8'),lokalitet.decode('utf-8')] + \
168             [("%.2f" %x for x in diffProsent)]
169         diffTable.append(diffLinje)
170         vedleggFil.write("\\begin{figure}[tbp]\\n" + "\\centering\\n")
171         vedleggFil.write("\\includegraphics[width=\\textwidth]{\\
172     ./parsing/plot-min/fig-big/" + asciiify\\
173     (figurNamn) + ".png}\\n" + "\\caption[Kornkurve for ".decode('utf-8') + \\
174     firma.decode('utf-8') + " " +lokalitet.decode('utf-8').replace("Kaks","") +"]\\
175     {Kornstorleiksfordeling for ".decode('utf-8') + firma.decode('utf-8') + " " + \\
176     lokalitet.decode('utf-8').replace("Kaks","") + "}\\n")
177         vedleggFil.write("\\label{app:fig:" + asciiify(firma.decode('utf-8'))\\
178     [0:3]) + ":" + asciiify(lokalitet.decode('utf-8')[0:3]) + str(sisteTal\\
179     (lokalitet)) + "}\\n")
180         vedleggFil.write("\\end{figure}\\n\\n")
181
182     if lagre:
183         csvwriter = csv.writer(kaksFil, delimiter = '\\t')
184         kaksMeta = kodeDict[firma][lokalitet]
185         kaksData = [kaksMeta] + diffProsent
186         csvwriter.writerow(kaksData)
187
188 def sisteTal(tekst):
189     treff = re.search(r'\\d+$',tekst)
190     return int(treff.group()) if treff else ''
191
192 def plotTotal(data,x,namn):
193     print "Plottar alle kornkurver i same diagram, filnamn = \'",namn, '.png\\'',
194     total = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
195     ax3 = total.add_subplot(111)
```

```

196     plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
197     plt.ylabel(unicode('Vekt % mindre enn', "UTF-8"))
198     plt.title(unicode(namn, 'UTF-8'))
199     plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
200                       '8,00', '16,00', '32,00'))
201     ax3.grid(which='both')
202     plt.axis([min(xakse), max(xakse), 0, 100])
203
204     for item in data:
205         itemsum = np.cumsum(item)
206         ax3.semilogx(x, item, x, itemsum)
207
208     plt.savefig(asciiify(unicode('total-big/' + namn + "-prosent-og-kumulativt", \
209                               'UTF-8')+'.png'), dpi=300)
210
211     plt.close()
212     total = plt.figure(figsize=(8, 5))
213     ax3 = total.add_subplot(111)
214     plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
215     plt.ylabel(unicode('Vekt % mindre enn', "UTF-8"))
216     plt.title(unicode(namn, 'UTF-8'))
217     plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
218                       '8,00', '16,00', '32,00'))
219     ax3.grid(which='both')
220     plt.axis([min(xakse), max(xakse), 0, 100])
221     for item in data:
222         ax3.semilogx(x, item)
223     plt.savefig(asciiify(unicode('total-big/' + namn + "-prosent", 'UTF-8')\
224                               +'.png'), dpi=300)
225
226     plt.close()
227     total = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
228     ax3 = total.add_subplot(111)
229     plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
230     plt.ylabel(unicode('Vekt % mindre enn', "UTF-8"))
231     plt.title(unicode(namn, 'UTF-8'))
232     plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
233                       '8,00', '16,00', '32,00'))
234     ax3.grid(which='both')
235     plt.axis([min(xakse), max(xakse), 0, 100])
236     for item in data:
237         itemsum = np.cumsum(item)
238         ax3.semilogx(x, itemsum)
239     plt.savefig(asciiify(unicode('total-big/' + namn + "-kumulativt", 'UTF-8')+\
240                               +'.png'), dpi=300)
241
242     plt.close()
243
244     fil=open('utdata-min.dat', 'r')
245     data=fil.readlines()
246     fil.close()

```

## C.2. PLOTT OG DIAGRAM

---

```
245 vedlegg = True
246 figur = True
247 lagre = True
248 meta = data[0].split("\t")
249 xakse = [0.063,0.125,0.25,0.5,1,2,4,8,16,32]
250 xinter = xakse[:-1]
251 xnew = np.logspace(math.log10(min(xinter)),math.log10(max(xinter)),10000)
252 xnew2 = np.linspace(0.01,8,500)
253 lokalitet, forrigeLokalitet = None, None
254 firma, forrigeFirma = None, None
255 diffTable = []
256 figNamn = None
257 firmaTara = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
258 firmaBrutto = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
259 tara = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
260 brutto = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
261 diffArray = []
262 diffProsentArray = []
263 diffProsentNamn = []
264 histStats = [["namn","median","gjennomsnitt","standardavvik","minimum","maximum"]]
265 clearpageCount = 0
266 if vedlegg:
267     vedleggFil = codecs.open("plots.tex", encoding = 'utf-8', mode = "w")
268
269 if lagre:
270     kaksFil = open('kaksData.csv','w')
271     kodeFil = open('fimalokkodar.csv','r')
272     csvreader = csv.reader(kodeFil, delimiter = '\t')
273     kodeDict = {}
274     print type(csvreader)
275     for row in csvreader:
276         print '----'
277         print row
278         if row[0] not in kodeDict.keys():
279             kodeDict[row[0]] = {row[1]:row[2]}
280         else:
281             kodeDict[row[0]][row[1]] = row[2]
282
283     print kodeDict
284
285 for i in data[1:]:
286     linje=i.split("\t")
287     firma = linje[0]
288     lokalitet = str(linje[1])+ " " + str(linje[2])
289     proveeType = linje[2]
290     dataType = linje[3]
291     linjeData = linje[4:14]
292     linjeData[1] = float(linjeData[0])+float(linjeData[1])
293     linjeData.pop(0)
```

```

294     linjeData.extend([0.0] * (len(xinter) - len(linjeData)))
295
296     if forrigeLokalitet != lokalitet and forrigeLokalitet != None and \
297         forrigeFirma != None:
298
299         if clearpageCount % 2 == 0 and vedlegg:
300             vedleggFil.write("\clearpage\n")
301             diffCalc(brutto,tara,forrigeFirma, forrigeLokalitet)
302             clearpageCount +=1
303             firmaBrutto = [sum(x) for x in zip(brutto,firmaBrutto)]
304             firmaTara = [sum(x) for x in zip(tara,firmaTara)]
305
306             if forrigeFirma != firma and forrigeFirma != None:
307                 firmaNamn = unicode(forrigeFirma,'UTF-8')
308                 firmaDiffCalc(firmaBrutto,firmaTara,firmaNamn)
309                 firmaTara = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
310                 firmaBrutto = [ 0.0 for x in range(len(xinter))]
311
312     linjeData = [float(x) for x in linjeData]
313
314     if forrigeLokalitet == lokalitet:
315
316         if dataType == "Tara":
317             tara = [sum(x) for x in zip(tara,linjeData)]
318
319         if dataType == "Brutto" and nesteBrutto == False:
320             brutto = [sum(x) for x in zip(brutto,linjeData)]
321
322     if forrigeLokalitet != lokalitet and dataType == "Tara":
323         tara = linjeData
324         nesteBrutto = True
325
326     if nesteBrutto == True and dataType == "Brutto":
327         brutto = linjeData
328         nesteBrutto = False
329
330     forrigeFirma = firma
331     forrigeLokalitet = lokalitet
332
333     diffCalc(brutto,tara,firma, lokalitet)
334     firmaBrutto = [sum(x) for x in zip(brutto,firmaBrutto)]
335     firmaTara = [sum(x) for x in zip(tara,firmaTara)]
336     firmaNamn = unicode(firma + " totalt",'UTF-8')
337     firmaDiffCalc(firmaBrutto,firmaTara,firmaNamn)
338     diffProsentArrayKumulativt = [np.cumsum(x) for x in diffProsentArray]
339     diffProsentArrayTransposed = transpose(diffProsentArray)
340     diffProsentArrayKumulativtTransposed = transpose(diffProsentArrayKumulativt)
341     plotBox(diffProsentArrayTransposed,'prosent', 'Boxplot over alle fraksjonar for alle prøver')
342     plotBox(diffProsentArrayKumulativtTransposed,'kumulativt', \

```

## C.2. PLOTT OG DIAGRAM

---

```
343         'Boxplot over alle fraksjonar for alle prøver, kumulativt')
344 histArray = []
345 histArray = [i for x in diffProsentArrayTransposed for i in x]
346 plotHist(histArray, 'Alle kornstorleik')
347
348 for x in zip(diffProsentArrayTransposed, xinter):
349     histData = x[0]
350     histNamn = x[1]
351     plotHist(histData, histNamn)
352
353 plotTotal(diffProsentArray, xinter, 'Alle målingar')
354
355 utfil = open('statsfil.dat', 'w')
356 csvwriter = csv.writer(utfil, delimiter = '\t')
357 csvwriter.writerows(histStats)
358 utfil.close()
359 if vedlegg:
360     data = u"\\begin{table}\n" + "\\scriptsize\n"
361     vedleggFil.write(data)
362     data = "\\label{app:tab:kaks}\n"
363     vedleggFil.write(data)
364     data = u"\\caption{Kornstorleikssfordeling for alle prøvene.}\n"
365     vedleggFil.write(data)
366     vedleggFil.write("\\makebox[\\textwidth]{\n" + "\\begin{tabular}{*{11}{r}}\n")
367     vedleggFil.write("\\toprule\n")
368     vedleggFil.write("Firma & Lokaltet & < \\SI{63}{\\micro\\metre} & \\SI{63}{\\micro\\metre} & \\SI{125}{\\micro\\metre} & \\SI{125}{\\micro\\metre} & \\SI{250}{\\micro\\metre} & \\SI{250}{\\micro\\metre} & \\SI{500}{\\micro\\metre} & \\SI{1}{\\milli\\metre} & \\SI{2}{\\milli\\metre} & \\SI{4}{\\milli\\metre} & \\SI{8}{\\milli\\metre} \\\\\\" + "\n")
369     micro\\metre} & \\SI{125}{\\micro\\metre} & \\SI{250}{\\micro\\metre} & \\SI{250}{\\micro\\metre} & \\SI{500}{\\micro\\metre} & \\SI{1}{\\milli\\metre} & \\SI{2}{\\milli\\metre} & \\SI{4}{\\milli\\metre} & \\SI{8}{\\milli\\metre} \\\\\\" + "\n")
370     \\SI{500}{\\micro\\metre} & \\SI{1}{\\milli\\metre} & \\SI{2}{\\milli\\metre} & \\SI{4}{\\milli\\metre} & \\SI{8}{\\milli\\metre} \\\\\\" + "\n")
371     & \\SI{4}{\\milli\\metre} & \\SI{8}{\\milli\\metre} \\\\\\" + "\n")
372
373     for x in diffTable:
374         firma = x[0]
375
376         if firma != forrigeFirma:
377             vedleggFil.write('\\midrule\n')
378             vedleggFil.write(('&'.join(x) + '\\\\ \n').replace("Kaks", ""))
379
380         else:
381             vedleggFil.write(('&' + '&'.join(x[1:]) + '\\\\ \n').replace("Kaks", ""))
382         forrigeFirma = firma
383
384     vedleggFil.write("\\bottomrule\n" + "\\end{tabular}\n" + "}\n")
385     vedleggFil.write("\\end{table}\n\n")
386     vedleggFil.close()
387
388 if lagre:
389     kaksFil.close()
```

---

## C.3 XRD-data

Denne koden behandler XRD-dataa og genererer tabell B.2, og figurar som figur ?? og figur ??.

---

```
1 # This Python file uses the following encoding: utf-8
2 # -*- coding: utf-8 -*-
3 import os
4 import re
5 import math
6 import matplotlib.pyplot as plt
7 import numpy as np
8 import scipy as sp
9 import csv
10 import codecs
11 import scipy.stats as stats
12 import itertools
13 from matplotlib.mlab import stineman_interp
14 import operator
15
16 def asciify(tekststreng):
17     tekststreng = tekststreng.replace(' ', '-')
18     tekststreng = tekststreng.replace(u'å', 'aa')
19     tekststreng = tekststreng.replace(u'æ', 'ae')
20     tekststreng = tekststreng.replace(u'ø', 'oe')
21     tekststreng = tekststreng.replace(u'Å', 'aa')
22     tekststreng = tekststreng.replace(u'Æ', 'ae')
23     tekststreng = tekststreng.replace(u'Ø', 'oe')
24     return tekststreng
25
26 def vatnBar(data,namn,grupper,tittel=None,ylabel=None, maxVerdi = None):
27
28     h1 = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
29     ax1 = h1.add_subplot(111)
30     labels = []
31     legendItems = []
32     barParts = {}
33     ind =[]
34     i = 0
35     xticks=[]
36     xlabel=[]
37     endra=True
38     teljar=0
39
40     for l,w in sorted(grupper.items()):
41
42         endra=False
```

```
43
44     for k,v in sorted(data.items()):
45         if k.split('KB')[0].split('KF')[0].split('VF')[0].strip('.') in w:
46             labels.append(k)
47             ind.append(i)
48             i+=1
49             endra=True
50             print v
51             for m,x in v.items():
52                 if m not in barParts.keys():
53                     barParts[m]=[]
54                     barParts[m].append(x)
55     if endra:
56         xlabel.append(unicode(1,'UTF-8'))
57         i+=1
58
59     grenser = []
60     forrige=0
61     for i,j in enumerate(ind):
62         if j-1 != forrige:
63             grenser.append(j)
64         forrige = j
65
66     for i,j in enumerate(grenser):
67         if j == max(grenser):
68             xticks.append((j+max(ind)+1)/2.0)
69         else:
70             xticks.append((grenser[i+1]+j-1)/2.0)
71
72     farge = itertools.cycle(['0.5', 'k', 'g', 'b', 'c', 'r', 'y', 'm'])
73     bredde = 0.3
74     bottoms = np.zeros(len(labels))
75     rects = []
76     pos = [x + 0.3 for x in ind]
77
78     for m,x in barParts.items():
79         rects.append(ax1.bar(pos,x,label=m,color = farge.next(),bottom=bottoms))
80         bottoms = [x+y for x,y in zip(bottoms,x)]
81
82     if tittel != None:
83         tittel = plt.title(tittel)
84         tittel.set_y(1.09)
85     if len(rects) > 1:
86         leg = ax1.legend(loc='center', bbox_to_anchor=(0.5,1.2),fancybox=True,ncol=4)
87         leg.get_frame().set_alpha(0.5)
88
89     if maxVerdi == None:
90         maxVerdi = max([rect.get_height() for rect in rects[0]])
91
```

```

92     offset = 0.01*maxVerdi
93
94     for rect in rects[0]:
95         height = rect.get_height()
96         pos = int(rect.get_x())
97         tekst = labels[ind.index(pos)]
98
99         if (height < 0.10*maxVerdi):
100             yloc = height + offset
101             clr = 'black'
102             align = 'bottom'
103         else:
104             yloc = 0.01*maxVerdi
105             clr = 'white'
106             align = 'bottom'
107
108         xloc = rect.get_x()+rect.get_width()/2.0
109         ax1.text(xloc, yloc, tekst, horizontalalignment='center',
110                 verticalalignment=align, color=clr, rotation = 90, size = 'x-small')
111
112         if height > maxVerdi:
113             yloc = maxVerdi
114             if maxVerdi < 50:
115                 verdiTekst = '(%3.2f)'%(height)
116             else:
117                 verdiTekst = '(%3.0f)%(height)
118
119             ax1.text(xloc, yloc, verdiTekst, horizontalalignment='center',
120                     verticalalignment='top', color=clr, rotation = 90, size = 'x-small')
121             ax1.text(xloc, yloc*1.03, '>', horizontalalignment='center',
122                     verticalalignment='bottom', color='k', rotation = 90, size = 'x-small')
123
124     plt.subplots_adjust(left=0.15, right=0.95, top=0.8, bottom=0.15)
125     if len(rects) > 1:
126         plt.axis([0,max(ind)+1.3,0,100])
127     else:
128         plt.axis([0,max(ind)+1.3,0,maxVerdi*1.02])
129     ax1.set_xticks(xticks)
130     ax1.yaxis.grid(which='major',color='0.75')
131
132     if ylabel != None:
133         ax1.set_ylabel(ylabel)
134
135     ax1.tick_params(axis='x',direction='out', bottom='off',top='off')
136     ax1.tick_params(axis='y',direction='inout')
137     # ax1.xaxis.tick_bottom()
138     ax1.set_xticklabels(xlabels,rotation=20,ha='right')
139     plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/stackbar/' + namn.replace(' ', '-') .replace('.', '-')
140                                     .replace('\n', '-') .replace('--', '-') + '.png')),dpi=300)

```



### C.3. XRD-DATA

---

```
141     plt.close()
142
143     def stackBar(data,namn,grupper,tittel=None,ylabel=None):
144
145         h1 = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
146         ax1 = h1.add_subplot(111)
147         labels = []
148         legendItems = []
149         barParts = {}
150         ind = []
151         i = 0
152         xticks=[]
153         xlabel=[]
154         endra=True
155         teljar=0
156
157         for l,w in sorted(grupper.items()):
158             endra=False
159             for k,v in sorted(data.items()):
160                 if k.split('KB')[0].split('KF')[0].split('VF')[0].strip('.') in w:
161                     labels.append(k)
162                     ind.append(i)
163                     i+=1
164                     endra=True
165                     for m,x in v.items():
166                         if m not in barParts.keys():
167                             barParts[m]=[]
168                             barParts[m].append(x)
169             if endra:
170                 xlabel.append(unicode(1,'UTF-8'))
171                 i+=1
172
173         grenser = []
174         forrige=0
175         for i,j in enumerate(ind):
176             if j-1 != forrige:
177                 grenser.append(j)
178             forrige = j
179
180         for i,j in enumerate(grenser):
181             if j == max(grenser):
182                 xticks.append((j+max(ind)+1)/2.0)
183             else:
184                 xticks.append((grenser[i+1]+j-1)/2.0)
185
186         farge = itertools.cycle(['0.5', 'k', 'g', 'b', 'c', 'r', 'y', 'm'])
187         bredde = 0.3
188         bottoms = np.zeros(len(labels))
189         rects = []
```

```

190     pos = [x + 0.3 for x in ind]
191
192     for m,x in barParts.items():
193         rects.append(ax1.bar(pos,x,label=m,color = farge.next(),bottom=bottoms))
194         bottoms = [x+y for x,y in zip(bottoms,x)]
195
196     if tittel != None:
197         plt.title(tittel)
198     if len(rects) > 1:
199         leg = ax1.legend(loc='center', bbox_to_anchor=(0.5,1.2),fancybox=True,ncol=4)
200         leg.get_frame().set_alpha(0.5)
201
202     for rect in rects[0]:
203         height = rect.get_height()
204         pos = int(rect.get_x())
205         tekst = labels[ind.index(pos)]
206
207         if (height < 8):
208             yloc = height + 1
209             clr = 'white'
210             align = 'bottom'
211         else:
212             yloc = 1
213             clr = 'white'
214             align = 'bottom'
215
216         xloc = rect.get_x()+rect.get_width()/2.0
217         ax1.text(xloc, yloc, tekst, horizontalalignment='center',
218                 verticalalignment=align, color=clr, rotation = 90, size = 'x-small')
219
220     plt.subplots_adjust(left=0.10, right=0.95, top=0.8, bottom=0.15)
221     if len(rects) > 1:
222         plt.axis([0,max(ind)+1.3,0,100])
223     else:
224         plt.axis([0,max(ind)+1,0,max([rect.get_height() for rect in rects[0]])])
225     ax1.set_xticks(xticks)
226     ax1.yaxis.grid(which='major',color='0.75')
227
228     if ylabel != None:
229         ax1.set_ylabel(ylabel)
230
231     for t in leg.get_texts():
232         t.set_fontsize('small')    # the legend text fontsize
233
234     ax1.tick_params(axis='x',direction='out', bottom='off',top='off')
235     ax1.tick_params(axis='y',direction='inout')
236     # ax1.xaxis.tick_bottom()
237     ax1.set_xticklabels(xlabels,rotation=20,ha='right')
238     plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/stackbar/' + namn.replace(' ','-'))\

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
239                                     .replace('.', '-') .replace('\n', '-')\
240                                     .replace('--', '-') +\
241                                     '.png')) , dpi=300)
242     plt.close()
243
244 def plotHist(data, histNamn, xNamn='X', bins=None, mappe='hist', label=None):
245     print "Plottar histogram for " , histNamn
246     histNamn = str(histNamn)
247
248     h1 = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
249     ax1 = h1.add_subplot(111)
250
251     if bins == None:
252         bins = 20
253
254     if label != None:
255         labels = label
256         farge = itertools.cycle(['0.5', 'g', 'k', 'c', 'b', 'y', 'm', 'r', '0.85'])
257         fargar= [farge.next() for all in labels]
258         n, bins, patches = ax1.hist(data, bins, histtype='barstacked', label=label, color=fargar)
259
260     else:
261         n, bins, patches = ax1.hist(data, bins)
262
263     plt.legend(fancybox=True)
264
265     plt.xlabel(unicode(xNamn, 'UTF-8'))
266     plt.ylabel(unicode('Tal på prøver', 'UTF-8'))
267     plt.title(unicode("Histogram over " + histNamn,
268                       'UTF-8'))
269     saveString = "xrd/" + mappe + '/' + str(histNamn).replace('.', '-') .replace('\n', '-')\
270                 .replace('--', '-')\
271                 .replace(' ', '-') .replace('--', '-') + ".png"
272     saveString = unicode(saveString, 'UTF-8')
273     h1.savefig(asciiify(saveString), dpi=300)
274     plt.close()
275
276 def plotFig(data, figurNamn, kum=True, begge=False):
277     print "Plottar " , figurNamn
278     fig=plt.figure(figsize=(8.0, 5))
279     ax=fig.add_subplot(111)
280     labelTeljar = 0
281     punkt = '.'
282     figHandles = []
283     figLabels = []
284     for k,v in data.items():
285         if labelTeljar < 7:
286             marker = '-'
287             elif labelTeljar < 14:
```

```
288         marker = '--'
289     elif labelTeljar < 21:
290         marker = '-.'
291     elif labelTeljar < 28:
292         marker = ':'
293     else:
294         marker = '-'
295         punkt = '+'
296     if kum:
297         vsum = np.cumsum(v)
298     else:
299         vsum = v
300
301     y1 = stineman_interp(xnew,xinter,v,None)
302     y2 = stineman_interp(xnew,xinter,vsum,None)
303     y2 = [x if x < 100 else 100 for x in y2]
304
305     sumv = ax.semilogx(xinter,vsum,punkt,c='k')
306     inter = ax.semilogx(xnew,y2,marker)
307     figHandles.append((sumv[0],inter[0]))
308     if begge:
309         figLabels.append(k+' kumulativt')
310     else:
311         figLabels.append(k)
312
313     if begge:
314         prosv = ax.semilogx(xinter,v,punkt,c='k')
315         inter2 = ax.semilogx(xnew,y1,marker)
316         figHandles.append((prosv[0],inter2[0]))
317         figLabels.append(k+' prosent')
318
319     labelTeljar +=1
320
321     hl = sorted(zip(figHandles, figLabels),
322                 key=operator.itemgetter(1))
323     figHandles, figLabels = zip(*hl)
324     plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
325     if kum:
326         plt.ylabel(unicode('Vekt-% mindre enn', "UTF-8"))
327     else:
328         plt.ylabel(unicode('Vekt-%', "UTF-8"))
329
330     tittel = plt.title(unicode(figurNamn, 'UTF-8'))
331
332     if kum:
333         plt.axis([0.05,10,1,100])
334     else:
335         plt.axis([0.05,10,1,50])
336     plt.xticks(xakse,('0,063','0,125','0,250','0,500','1,00','2,00','4,00',\
```

### C.3. XRD-DATA

---

```
337             '8,00','16,00','32,00'))
338     ax.grid(which='both')
339     ax.tick_params(axis='x',direction='out',top='off')
340     box = ax.get_position()
341     ax.set_position([box.x0, box.y0, box.width * 0.8, box.height])
342     print figHandles
343     print figLabels
344     print repr(figHandles)
345     if labelTeljar <= 16:
346         if begge:
347             leg = ax.legend(figHandles, figLabels, loc='center left', bbox_to_anchor=(0.9, 0.5),\
348                             fancybox=True)
349         else:
350             leg = ax.legend(figHandles, figLabels, loc='center left', \
351                             bbox_to_anchor=(1, 0.5),fancybox=True)
352     elif labelTeljar <= 24:
353         leg = ax.legend(figHandles, figLabels, loc='upper left', ncol=2,\
354                             bbox_to_anchor=(0.8, 1.0),fancybox=True)
355         plt.subplots_adjust(left=0.1, right=0.8, top=0.9, bottom=0.1)
356     elif labelTeljar <= 32:
357         tittel.set_y(1.09)
358         leg = ax.legend(figHandles, figLabels, loc='upper left', ncol=2, \
359                             bbox_to_anchor=(0.8, 1.09),fancybox=True)
360         plt.subplots_adjust(left=0.1, right=0.75, top=0.83, bottom=0.1)
361     else:
362         leg = ax.legend(figHandles, figLabels, loc='center left', ncol=3, \
363                             bbox_to_anchor=(0.8, 0.5),fancybox=True)
364         plt.subplots_adjust(left=0.1, right=0.6, top=0.9, bottom=0.1)
365
366     # leg.get_frame().set_alpha(0.5)
367     for t in leg.get_texts():
368         t.set_fontsize('small')    # the legend text fontsize
369
370     if kum:
371         fig.savefig(asciiify(unicode('xrd/kornkurve/kornkurve-' + \
372                                     figurNamn.replace(' ','-').replace('/','-')\
373                                     .replace('\n','-').replace('--','-')\
374                                     + '.png','UTF-8'))), format='png',dpi=300)
375     else:
376         fig.savefig(asciiify(unicode('xrd/kornkurve/kornkurve-ikkje-kum-' + \
377                                     figurNamn.replace(' ','-').replace('/','-')\
378                                     .replace('\n','-').replace('--','-')\
379                                     + '.png','UTF-8'))), format='png',dpi=300)
380     plt.close()
381
382 def plotTotal(data,x,namn):
383     print "Plottar alle kornkurver i same diagram, filnamn = \"",namn, ".png\"'"
384     total = plt.figure(figsize=(8.0, 5))
385     ax3 = total.add_subplot(111)
```

```

386 plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
387 plt.ylabel(unicode('Vekt-% mindre enn', "UTF-8"))
388 plt.title(unicode(namn, 'UTF-8'))
389 plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
390                    '8,00', '16,00', '32,00'))
391 ax3.grid(which='both')
392 plt.axis([min(xakse), max(xakse), 0, 120])
393
394 for item in data:
395     itemsum = np.cumsum(item)
396     ax3.semilogx(x, item, x, itemsum)
397
398 plt.savefig(asciiify(unicode('total-big/' + namn + "-prosent-og-kumulativt")\
399                        .replace('\n', '-') .replace('--', '-') + \
400                        '.png'), dpi=300)
401 plt.close()
402 total = plt.figure(figsize=(8, 5))
403 ax3 = total.add_subplot(111)
404 plt.xlabel(unicode('Kornstorleik (mm)', "UTF-8"))
405 plt.ylabel(unicode('Vekt-% mindre enn', "UTF-8"))
406 plt.title(unicode(namn, 'UTF-8'))
407 plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
408                    '8,00', '16,00', '32,00'))
409 ax3.grid(which='both')
410 plt.axis([min(xakse), max(xakse), 0, 120])
411 ax3.tick_params(axis='x', direction='out')
412 for item in data:
413     ax3.semilogx(x, item)
414 plt.savefig(asciiify(unicode('total-big/' + namn + "-prosent",)\
415                        .replace('\n', '-') .replace('--', '-') \
416                        + '.png'), dpi=300)
417 plt.close()
418
419 def extendDict(Dict):
420     nyDict= {}
421     lengste = max([len(x) for x in Dict.values()])
422     for k,v in Dict.items():
423         nyV=[x for x in v]
424         padding = [0 for x in np.arange(lengste - len(v))]
425         nyV.extend(padding)
426         nyDict[k]=nyV
427     return nyDict
428
429 def xyPlot(plotNamn, xData, yData, xNamn='X', yNamn='Y', mappe='', strek=False, vStrek\
430           =False, patchLabel=False, xMax=False, yMax=False, intc=True):
431     print 'Plottar ', plotNamn
432     plot = plt.figure(figsize = (8.0,5))
433     ax = plot.add_subplot(111)
434     tittel = plt.title(plotNamn)

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
435 plt.xlabel(xNamn)
436 plt.ylabel(yNamn)
437
438 if strek:
439     x=np.arange(math.ceil(max([max(x,y) for x,y in zip(xData,yData)])*1.1)+1)
440     ax.plot(x,x,label = 'y = x')
441     ax.set_xlim(left=0,right=max(x))
442     ax.set_ylim(bottom=0,top=max(x))
443
444 if xMax:
445     ax.set_xlim(right=xMax)
446 if yMax:
447     ax.set_ylim(top=yMax)
448
449 if vStrek:
450     ax.axvline(x=vStrek)
451
452 ax.scatter(xData,yData,c='green',s=100)
453 ax.grid(True)
454 plt.subplots_adjust(left=0.0, right=1.0, top=0.8, bottom=0.1)
455 ax.set_xlim(left=0)
456 ax.set_ylim(bottom=0)
457 xLeft,xRight = ax.get_xlim()
458 yBottom,yTop = ax.get_ylim()
459 ax.set_aspect(1./ax.get_data_ratio())
460 slope,intercept,corr,dummy,dummy = stats.linregress(xData,yData)
461
462 if patchLabel:
463     patch=ax.axvspan(0,vStrek,fc='g',alpha=0.3)
464     patch2=ax.axvspan(vStrek,xRight,fc='r',alpha=0.3)
465     plt.annotate(unicode(patchLabel,'UTF-8'), xy=(vStrek,(yTop-yBottom)/2)\
466 , xytext=(0.5,0.5 ),textcoords='figure fraction',bbox=dict(boxstyle="round4",\
467 fc="w"),arrowprops=dict(facecolor='black', arrowstyle='fancy',connectionstyle=\
468 "arc3,rad=0.0",relpos=(0.5, 0.)),multialignment='center')
469
470 if intc:
471     if not np.isnan(slope) and not np.isnan(intercept):
472         xReg = np.linspace(xLeft,xRight,(xRight-xLeft)/10)
473         regLinje = [intercept + x*slope for x in xReg]
474         ax.plot(xReg,regLinje,label='y = %3.2f + x * %3.2f' % \
475             (float(intercept), float(slope)))
476
477
478 spearman = stats.spearmanr(xData,yData)[0]
479
480 plt.annotate(unicode("Pearson r: %1.2f" % corr , 'UTF-8'), xy=(0.6,0.8), \
481             xytext=(0.3,0.82),textcoords='figure fraction')
482 plt.annotate(unicode("Observasjonar: %2.f" % len(xData) , 'UTF-8'), xy=(0.7,0.9),\
483             xytext=(0.3,0.87),textcoords='figure fraction')
```

```

484 plt.annotate(unicode("Pearson r2: %1.2f" % corr**2 , 'UTF-8'), xy=(0.7,0.9), \
485               xytext=(0.5,0.82),textcoords='figure fraction')
486 plt.annotate(unicode("Spearman r: %1.2f" % spearman**2 , 'UTF-8'), xy=(0.7,0.9), \
487               xytext=(0.5,0.87),textcoords='figure fraction')
488 # plt.legend(loc='center right', bbox_to_anchor=(0.1, 1),fancybox=True)
489 leg = ax.legend(loc='best', fancybox=True)
490 if leg:
491     leg.get_frame().set_alpha(0.5)
492 tittel.set_y(1.15)
493 plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/' + mappe + plotNamn.replace(' ', '-')\
494                       .replace('.', '-') .replace(',', '-')\
495                       .replace('<', '-') .replace('/', '-')\
496                       .replace('\n', '-') .replace('--', '-')\
497                       .replace('---', '-') + '.png')),dpi=300)
498 plt.close()
499
500 def xyMultiPlot(plotNamn, xData, yData, xNamn='X', yNamn='Y', xLim=None, yLim=None, classP
501 plot = plt.figure(figsize = (10.0,6))
502 ax = plot.add_subplot(111)
503 tittel = plt.title(unicode(plotNamn, 'UTF-8'))
504 plt.xlabel(xNamn)
505 plt.ylabel(yNamn)
506 xMax = [max(x) for x in xData.values()]
507 yMax = [max(x) for x in yData.values()]
508 figHandles = []
509 figLabels = []
510 x=np.arange(max(xLim,yLim)*1.1)
511 ax.plot(x,x,label = 'x=y')
512
513 if xLim:
514     ax.set_xlim(left=0,right=xLim)
515 else:
516     ax.set_xlim(left=0,right=max(x))
517
518 if yLim:
519     ax.set_ylim(bottom=0,top=yLim)
520 else:
521     ax.set_ylim(bottom=0,top=max(y))
522
523 farge = itertools.cycle(['b', 'k', 'r', 'c', 'm', 'y', 'g', '0.25', '0.75'])
524 merke = itertools.cycle(['o', '+', 'd', 'D', '<', '>', '^', 'v', '.', 'x', ',', \
525                          's', 'p', '+', 'o', '+', 'o', '+', 'o', '+'])
526 if classPlot:
527     for k, v in xData.items:
528         ba,dummy,end = k.rpartition('.')
529         if end == 'KB':
530             motsatt = 'KF'
531         elif end == 'KF':
532             motsatt = 'KB'

```



### C.3. XRD-DATA

---

```
533
534     marker = merke.next()
535     c = farge.next()
536     scatKB = ax.scatter(v, yData[ba], c = c, marker = marker, s=50)
537     figHandles.append(scatKB)
538     figLabels.append(k)
539     if ba+'.KF' in xData.keys():
540         print 'moar lolz'
541         scatKF1 = ax.scatter(KB[ba+'.KF'],yData[ba], c = c, marker = marker, s = 50)
542         scatKF2 = ax.scatter(KB[ba+'.KF'],yData[ba], c = 'w', marker = '+', s = 50)
543         figHandles.append((scatKF1,scatKF2))
544         figLabels.append('Kaks finstoff')
545
546     else:
547         for k,v in xData.items():
548             marker = merke.next()
549             c = farge.next()
550             if min(v) < xLim and min(yData[k]) < xLim:
551                 scat = ax.scatter(v, yData[k], c=c, marker=marker, s=80)
552                 figLabels.append(k)
553                 figHandles.append(scat)
554
555     box = ax.get_position()
556     ax.set_position([box.x0, box.y0, box.width * 0.8, box.height])
557     ax.grid(True)
558
559     hl = sorted(zip(figHandles, figLabels),
560                 key=operator.itemgetter(1))
561     figHandles, figLabels = zip(*hl)
562
563     leg=ax.legend(figHandles, figLabels,loc='best',fancybox=True,scatterpoints=1)
564     for t in leg.get_texts():
565         t.set_fontsize('small')    # the legend text fontsize
566     leg.get_frame().set_alpha(0.5)
567     # ax.legend(figHandles, figLabels, loc='center left', bbox_to_anchor=(1.0, 0.5),\
568     #           fancybox=True, scatterpoints=1)
569     # tittel.set_y(1.75)
570     ax.set_aspect(1./ax.get_data_ratio())
571     plt.subplots_adjust(left=-0.1, right=1.0, top=0.9, bottom=0.1)
572     plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/'+ plotNamm.replace(' ','-').replace('.', '-')\
573         .replace('\n', '-').replace('--', '-')\
574         .replace('%', '-').strip('--') + '.png')),dpi=300)
575     plt.close()
576
577 def xyDiff(plotNamm,diffData):
578     ax2 = plot.add_subplot(111)
579     plt.cla()
580     ax2.plot(diff,'bo')
581     plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/'+ plotNamm.replace(' ','-').replace('.', '-')\
```

```

582                                     .replace('\n','').replace('--','') +\
583                                     'diff.png')),dpi=300)
584     plt.close()
585
586     def stolpeDiagram(plotNamn,minDict):
587         plot = plt.figure(figsize = (8.0,5))
588         ax = plot.add_subplot(111)
589         plt.title(unicode(plotNamn,'UTF-8'))
590         plt.xlabel(unicode('%','UTF-8'))
591         #     plt.ylabel(unicode('vekt-%','UTF-8'))
592         stolpar = len(minDict.items())
593         bredde = 1/(float(stolpar)+1)
594         lokListe = sorted(minDict.keys())
595         minListe = []
596
597         for i in lokListe:
598             lokMineral = minDict[i]
599             minListe.extend(lokMineral.keys())
600         alleMineral = sorted(list(set((x for x in minListe))))
601         posisjonar = np.arange(len(alleMineral))
602         k = 0
603         plotVerdiar = []
604         fargar = itertools.cycle(['b', 'g', 'r', 'c', 'm', 'y', 'k'])
605         for each in lokListe:
606             for i in alleMineral:
607                 if i in minDict[each].keys():
608                     plotVerdiar.append(minDict[each][i])
609                 else:
610                     plotVerdiar.append(0)
611
612             plotVerdiar = [float(x.replace(',','.')) if type(x) == str else \
613                             float(x) for x in plotVerdiar]
614             pos = posisjonar + (bredde*k)
615             farge = fargar.next()
616             plt.barh(pos,plotVerdiar,height=bredde,label=each,color=farge)
617             k +=1
618             plotVerdiar = []
619         handles, labels = ax.get_legend_handles_labels()
620         ax.xaxis.grid(which='major')
621         ax.legend(handles[:::-1], labels[:::-1],loc=7,fancybox=True)
622         plt.yticks(posisjonar+bredde,alleMineral)
623         plt.subplots_adjust(left=0.3, right=0.9, top=0.9, bottom=0.1)
624         plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/'+ plotNamn.replace(' ','').replace('.', '-')\
625                                     .replace('\n','').replace('--','')\
626                                     + '.png')),dpi=300)
627     plt.close()
628
629     def plotBox(data,namn,xlim=None,ylim=None,tittel='Boxplot',\
630                 vert=False,ytext=None,xtext=None,korn=False):

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
631     print "Plottar boxplot, filnamn = " + namn + ".png\"
632     h2 = plt.figure(figsize=(8.0, 5.0))
633     ax2 = h2.add_subplot(111)
634     plt.title(tittel)
635     plt.xlabel(unicode('%', 'UTF-8'))
636
637     if korn == False or isinstance(data, dict):
638         dataListe = [data[x] for x in sorted(data.keys(), reverse=True)]
639         if vert == False:
640             ax2.set_yticklabels(sorted(data.keys(), reverse=True))
641         else:
642             ax2.set_xticklabels(sorted(data.keys(), reverse=True), rotation=20, ha='right')
643             ax2.tick_params(axis='x', direction='out', top='off')
644     else:
645         dataListe = data
646
647     ax2.xaxis.grid(which='major')
648     if ytext!=None:
649         plt.ylabel(ytext)
650     if xtext!=None:
651         plt.xlabel(xtext)
652     if korn:
653         plt.xticks(xakse, ('0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', \
654                             '8,00', '16,00', '32,00'))
655     if xlim!=None:
656         ax2.set_xlim(left=0, right=xlim)
657     if ylim!=None:
658         ax2.set_ylim(bottom=0, top=ylim)
659     if vert:
660         ax2.boxplot(dataListe)
661     else:
662         ax2.boxplot(dataListe, vert=0)
663
664     plt.subplots_adjust(left=0.1, right=0.9, top=0.9, bottom=0.2)
665
666     plt.savefig(asciiify(unicode('xrd/' + namn.replace(' ', '-') \
667                                     .replace('\n', '-') .replace('--', '-') + \
668                                     '.png', 'UTF-8')), dpi=300)
669     plt.close()
670
671     diff = False
672     boxplot = False
673     scatter = False
674     scatter2 = False
675     scatter3 = False
676     scatter4 = False
677     kornkurver = False
678     kornkurver2 = False
679     kornkurver3 = False
```



### C.3. XRD-DATA

---

```
729
730     for namn in mineralNamnSortert[1:]:
731         utfil.write("&" + namn + "&" + str(mineral[namn]) + "\\\n")
732 utfil.write("\\bottomrule\n")
733 utfil.write("\\end{longtable}\n")
734
735 innfil.close()
736 utfil.close()
737
738 innfil = open('kaksData.csv','r')
739 csvreader = csv.reader(innfil, delimiter = '\t')
740 kaksData = {}
741 for row in csvreader:
742     kaksData[row[0].rstrip('K').rstrip('.')] = [float(x) for x in row[1:]]
743
744
745 print 'Tal kaksprøver = ' , len(kaksData.keys())
746 print 'Tal duplikat = ' , (len(kaksData.keys()) - len(set(kaksData.keys()))))
747 lokXRD = [x[:-1] for x in proeveNummer]
748
749
750 for i in kaksData.keys():
751     if i not in lokXRD:
752         print '<' + i + '> er ikkje å finne i lista over XRD-prøver'
753
754 innfil.close()
755
756 innfil = open('bergartar.csv','r')
757
758 csvreader = csv.reader(innfil, delimiter = '\t')
759 bergartar = {}
760 xyLok = {}
761 for row in csvreader:
762     xyLok[row[0]] = [int(row[-2]),int(row[-1])]
763     if row[1] not in bergartar.keys():
764         bergartar[row[1]] = []
765
766     bergartar[row[1]].append(row[0])
767
768 innfil.close()
769
770 innfil = open('vatn-enkel.csv','r')
771
772 vatnData = {}
773 csvreader = csv.reader(innfil, delimiter = '\t')
774 for row in csvreader:
775     vatnData[row[0]] = [float(x.replace(',','.')) for x in row[1:]]
776
777 innfil.close()
```

```

778
779 innfil = open('mineralliste.csv','r')
780
781 mineralKategoriar = {}
782 csvreader = csv.reader(innfil, delimiter = '\t')
783 for row in csvreader:
784     if row[1] not in mineralKategoriar:
785         mineralKategoriar[row[1]] = []
786         mineralKategoriar[row[1]].append(row[0])
787
788 innfil.close()
789 slamMedVatn = {}
790 vatnMedSlam = {}
791 vatn = {}
792 innfil = open('vatn-slam.csv','r')
793 csvreader = csv.reader(innfil, delimiter = '\t')
794 for row in csvreader:
795     if row[-1] != '-':
796         vatn[row[0]] = float(row[-1].replace(',','.'))
797     if row[-3] != '-' and row[-1] != '-':
798         slamMedVatn[row[0]] = float(row[-3].replace(',','.'))
799         vatnMedSlam[row[0]] = float(row[-1].replace(',','.'))
800
801 innfil.close()
802 print vatn
803 xyPlot(unicode('Finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønn','UTF-8'),\
804         slamMedVatn.values(),vatnMedSlam.values(),\
805         xNamn=unicode('Finstoffinnhald i borevatn (g/l)','UTF-8'),\
806         yNamn=unicode('Vassgivarevne for brønn (l/h)','UTF-8'),vStrek=0.4,\
807         patchLabel='Oslo kommune sin grenseverdi\n (0,4 g/l)',intc=False)
808
809 xyPlot(unicode('Finstoffinnhald i vatn mot vassgivarevne for brønn, <1 g/l',\
810               'UTF-8'),slamMedVatn.values(),vatnMedSlam.values(),xNamn=\
811               unicode('Finstoffinnhald i borevatn (g/l)','UTF-8'),\
812               yNamn=unicode('Vassgivarevne for brønn (l/h)','UTF-8'),xMax=1,\
813               vStrek=0.4,patchLabel='Oslo kommune sin grenseverdi\n (0,4 g/l)',intc=False)
814
815 vatnPlot = vatn.copy()
816 vatnPlot.pop('MMF')
817 vatnPlot.pop('MMG')
818 vatnPlot.pop('MTrF')
819 vatnPlot.pop('MTrG')
820 kaksDataVatn = {x:kaksData[x][0] for x in vatnPlot.keys()}
821
822 xyPlot(unicode('Finstoffandel i kaks mot vassgivarevne for brønn','UTF-8'),\
823         kaksDataVatn.values(),vatnPlot.values(),\
824         xNamn=unicode('Vekt-% < 0,063 mm i kaks','UTF-8'),\
825         yNamn=unicode('Vassgivarevne for brønn (l/h)','UTF-8'),intc=False)
826

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
827 leiingsEvne = [v[4] for v in vatnData.values()]
828 SS = [(v[2] + v[3]) / v[0] for v in vatnData.values() if v[0] > 0]
829 print vatnData.values()
830 SSfin = {k.split('.')[0]:{'finstoffs':v[3]/v[0]} for k, v in vatnData.items()}
831 if hist:
832     plotHist(leingsEvne,'leingssevne',xNamm='MikroSiemens')
833     plotHist(SS,'SS-bin',xNamm = 'SS i g/l',bins=[0,1,2,5,10,20,50,100,200,500,1000])
834     plotHist(SS,'SS',xNamm = 'SS i g/l')
835     plotHist([x for x in SS if x<1000],'SS-1000',xNamm = 'SS i g/l')
836     plotHist([x for x in SS if x<100],'SS-100',xNamm = 'SS i g/l')
837     plotHist([x for x in SS if x<10],'SS-10',xNamm = 'SS i g/l')
838     plotHist([x for x in SS if x<1],'SS-1',xNamm = 'SS i g/l')
839
840 nyDict = {}
841
842 for i in mineralliste:
843     for k,v in i.items():
844         if k in nyDict.keys():
845             nyDict[k].append(v)
846         else:
847             nyDict[k] = [v]
848
849 if boxplot:
850     plotBox(nyDict,'boxplot-alle')
851
852 nyDict2 = {k:v for k,v in nyDict.items() if len(v) > 5}
853
854 nyDict3 = extendDict(nyDict)
855
856 if boxplot:
857     plotBox(nyDict2,'boxplot-meir-enn-fem')
858     plotBox(nyDict3,'boxplot-padded')
859
860 plotLok = [['MT.VF','MT.KB'],['BI.VF','BI.KB'],['BrF1.VF','BrF1.KF','BrF1.KB']]
861 plotLok.append(['BrF1.VF','BrF1.KB'])
862 plotLok.append(['UN.VF','UN.KF','UN.KB'])
863 plotLok.append(['UN.VF','UN.KB'])
864 plotLok.append(['BA.VF','BA.KB'])
865 plotLok += [['BI.VF','BI.KB']]
866 plotLok += [['BOE.VF','BOE.KB']]
867 plotLok += [['BrF2.VF','BrF2.KF']]
868 plotLok += [['HM.VF','HM.2KB']]
869 plotLok += [['KH.VF','KH.KB']]
870 plotLok += [['HM.VF','HM.1KB','HM.2KB','HM.3KB']]
871 plotLok += [['MTrG.KB','MTrF.KB']]
872 plotLok += [['MMG.KB','MMF.KB']]
873
874 skalPlottast = {}
875 xrdData=dict(zip(proeveNummer,mineralliste))
```

```

876 for i in plotLok:
877     for j in i:
878         skalPlottast[j]=xrdData[j]
879         stolpeDiagram(' '.join(i),skalPlottast)
880         skalPlottast = {}
881
882 scatterMin = []
883 scatterDataX = {}
884 scatterDataY = {}
885 aListe = ['VF','VF','KF']
886 bListe = ['KB','KF','KB']
887
888 for a,b in zip(aListe,bListe):
889     for i in proeveNummer:
890         if i.endswith(a) and i.replace(a,b) in proeveNummer:
891             for j in xrdData[i].keys():
892                 if j in xrdData[i] and j in xrdData[i.replace(a,b)]:
893                     if j not in scatterMin:
894                         scatterMin.append(j)
895                     if j not in scatterDataX:
896                         scatterDataX[j]=[]
897                     if j not in scatterDataY:
898                         scatterDataY[j] = []
899                     scatterDataX[j].append(xrdData[i][j])
900                     scatterDataY[j].append(float(xrdData[i.replace(a,b)][j]))
901
902 if scatter:
903     for j in scatterMin:
904         xyPlot('Scatterplot av '+a+' mot '+b+' for '+j,scatterDataX[j],\
905               scatterDataY[j],'% i ' + a,'% i ' + b,strek=True)
906         xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b+' , under 50%',\
907                     scatterDataX,scatterDataY,'% i ' + a,'% i ' + b,xLim=50,yLim=50)
908         xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b,scatterDataX,\
909                     scatterDataY,'% i ' + a,'% i ' + b,xLim=100,yLim=100)
910         xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b+' , under 10%',\
911                     scatterDataX,scatterDataY,'% i ' + a,'% i ' + b,xLim=10,yLim=10)
912         plotBox(scatterDataX,'box-min-' + a + '-' + b,tittel='Boxplot for ' + a + \
913                 ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
914         plotBox(scatterDataY,'box-min-' + b + '-' + a,xlim=50,tittel='Boxplot for ' + \
915                 b + ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
916         plotBox(extendDict(scatterDataX),'box-min-' + a + '-' + b + '-pad',\
917                 xlim=50,tittel='Boxplot (utfyllt) for ' + a + \
918                 ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
919         plotBox(extendDict(scatterDataY),'box-min-' + b + '-' + a + '-pad',\
920                 xlim=50,tittel='Boxplot(utfyllt) for ' + b + \
921                 ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
922
923 scatterMin = []
924 scatterDataY = {}

```



### C.3. XRD-DATA

---

```
925     scatterDataX = {}
926
927     """
928     Lage kornkurver for Myhre sin støvsugar
929     """
930     myhre={}
931     myhre['MMF'] = kaksData['MMF']
932     myhre['MMG'] = kaksData['MMG']
933     myhre['MM'] = kaksData['MM']
934     myhre['MTrF'] = kaksData['MTrF']
935     myhre['MTrG'] = kaksData['MTrG']
936
937     plotFig(myhre, 'Kornkurver for borekaks frå Myhre sine\n prøver frå rigg med støvsugar')
938     MT = {'MT':kaksData['MT']}
939     plotFig(MT, 'Kornkurve for Myhre si prøve frå Tuddal', begge=True)
940
941     """
942     Plotte boxplot for dei individuelle prøvetypane, VF = Finstoff i vassprøve,
943     KF = finstoff i kaks, KB = kaks bulk
944     """
945
946     proeveTypar = ['VF','KF','KB']
947     typeDict= {}
948     if boxplot:
949         for a in proeveTypar:
950             for i in proeveNummer:
951                 if i.endswith(a):
952                     for j in xrdData[i].keys():
953                         if j not in typeDict.keys():
954                             typeDict[j]=[]
955                         typeDict[j].append(float(xrdData[i][j]))
956
957         plotBox(typeDict,'box-type-' + a,tittel='Boxplot for alle mineral i ' + a)
958         plotBox(extendDict(typeDict),'box-type-' + a +'-pad',tittel=\
959             'Boxplot (utfyllt) for alle mineral i ' + a)
960         typeDict = {}
961
962
963     """
964     Plotte kornkurver for dei prøvene der det er mest av eit visst mineral
965     """
966
967     maxMineral = {}
968
969     for i in xrdData.keys():
970         for mineral in xrdData[i].keys():
971             if xrdData[i][mineral] == max(xrdData[i].values()) and i.endswith('B'):
972
973                 if mineral not in maxMineral.keys():
```

```

974         maxMineral[mineral] = []
975         maxMineral[mineral].append(i)
976
977     maxLok = {}
978
979
980     if kornkurver:
981         for k,v in maxMineral.items():
982             for i in v:
983                 i_strip = i.split('KB')[0].split('KF')[0].split('VF')[0].strip('.')
984                 maxLok[i_strip] = kaksData[i_strip]
985                 plotFig(maxLok, 'Kornkurver for borekaks frå brønnar der\n det er Mest av mineralet
986                 maxLok = {}
987
988     sikter = ['0,063', '0,125', '0,250', '0,500', '1,00', '2,00', '4,00', '8,00', '16,00']
989     mineralIProeve = {}
990     kornScatter = {}
991
992     for i in xrdData.keys():
993
994         for mineral in xrdData[i].keys():
995
996             if i.endswith('B'):
997
998                 if mineral not in mineralIProeve.keys():
999                     mineralIProeve[mineral] = []
1000
1001                 mineralIProeve[mineral].append(i)
1002
1003                 if mineral not in kornScatter.keys():
1004                     kornScatter[mineral] = {}
1005                     kornScatter[mineral]['mineral'] = []
1006                     kornScatter[mineral]['sikter'] = {}
1007
1008                     for sikt in sikter:
1009                         kornScatter[mineral]['sikter'][sikt] = []
1010
1011                 kornScatter[mineral]['mineral'].append(xrdData[i][mineral])
1012
1013                 for sikt,kaks in zip(sikter,kaksData[i.split('KB')[0].strip('.')]):
1014                     kornScatter[mineral]['sikter'][sikt].append(kaks)
1015
1016     mineralLok = {}
1017
1018     if kornkurver2:
1019
1020         for k,v in mineralIProeve.items():
1021             for i in v:
1022                 i_strip = i.split('KB')[0].split('KF')[0].split('VF')[0].strip('.')

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
1023         mineralLok[i_strip] = kaksData[i_strip]
1024     plotFig(mineralLok,'Kornkurver for borekaks som Inneheld mineralet '+k)
1025     mineralLok = {}
1026
1027 if kornkurver3:
1028     print bergartar.keys()
1029     print kaksData.keys()
1030     for loks in bergartar.values():
1031         for lok in loks:
1032             if lok in kaksData.keys():
1033                 print lok,' er i kaksData.keys()'
1034             else:
1035                 print lok,' er ikkje i kaksData.keys()'
1036
1037 for ba,loks in bergartar.items():
1038
1039     plottast = {x:kaksData[x] for x in loks if x in kaksData.keys()}
1040     if 'MMF' or 'MTrF' in plottast.keys():
1041         plottast.pop('MMF',None)
1042         plottast.pop('MMG',None)
1043         plottast.pop('MTrF',None)
1044         plottast.pop('MTrG',None)
1045     plotFig(plottast,'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i\n bergartar '\
1046             'klassifisert som '+ba)
1047     plotFig(plottast,'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i\n bergartar '\
1048             'klassifisert som ' + ba ,kum=False)
1049     plottast3 = [x for x in plottast.values()]
1050     plottast3= zip(*plottast3)
1051     plotBox(plottast3,'Boxplot klassifisert som ' + ba,tittel=unicode(\
1052             'Boxplot over kornkurver foklassifisert som '+ba,'UTF-8'),\
1053             vert=True,ylim=50,korn=True,xtext=unicode(\
1054             'Kornstorleik (mm)', 'UTF-8'),ytext=unicode('Vekt-%', 'UTF-8'))
1055
1056 kalkOgSkiifer = {x:kaksData[x] for x in bergartar['kalkstein']}
1057 skiifer = {x:kaksData[x] for x in bergartar['leirskiifer']}
1058 kalkOgSkiifer.update(skiifer)
1059 plotFig(kalkOgSkiifer,'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n '\
1060         'bergartar klassifisert som '\
1061         'kalkstein eller leirskiifer')
1062 plotFig(kalkOgSkiifer,'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n '\
1063         'bergartar klassifisert som '\
1064         'kalkstein eller leirskiifer',kum=False)
1065 ksArray=[]
1066 for v in kalkOgSkiifer.values():
1067     for i,x in enumerate(v):
1068         if not len(ksArray) > i:
1069             ksArray.append([x])
1070         else:
1071             ksArray[i].append(x)
```

```

1072
1073     plotBox(ksArray, 'Boxplot over kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n '\
1074               'bergartar klassifisert som kalk'\
1075               'eller leirskiifer', tittel='Kalk eller leirskiifer', vert=True,\
1076               ylim=50, korn=True, ytext=unicode('Vekt-%', 'UTF-8'), xtext=unicode(\
1077               'Kornstorleik (mm)', 'UTF-8'))
1078
1079     finkornig = kalkOgSkiifer.copy()
1080     finkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['grønnstein']})
1081     finkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['vulkansk'] if\
1082                       x in kaksData.keys()})
1083     finkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['sandstein']})
1084     plotFig(finkornig, 'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n bergartar '\
1085               'klassifisert som finkornige')
1086     plotFig(finkornig, 'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n bergartar '\
1087               'klassifisert som finkornige', kum=False)
1088     finkornigBox = [x for x in finkornig.values()]
1089     finkornigBox = zip(*finkornigBox)
1090     plotBox(finkornigBox, 'Boxplot over kornkurver for borekaks frå brønnar '\
1091               'bora i \n bergartar klassifisert som finkornige', tittel=unicode(\
1092               'Finkornige prøver', 'UTF-8'),\
1093               vert=True, ylim=50, korn=True, ytext=unicode('Vekt-%', 'UTF-8'),\
1094               xtext=unicode('Kornstorleik (mm)', 'UTF-8'))
1095     grovkornig = {x:kaksData[x] for x in bergartar['glimmergneis']}
1096     grovkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['granittisk gneis']})
1097     grovkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['intrusiv']})
1098     grovkornig.update({x:kaksData[x] for x in bergartar['metasediment']})
1099
1100     plotFig(grovkornig, 'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n bergartar '\
1101               'klassifisert som grovkornige')
1102     plotFig(grovkornig, 'Kornkurver for borekaks frå brønnar bora i \n bergartar '\
1103               'klassifisert som grovkornige', kum=False)
1104     grovkornigBox = [x for x in grovkornig.values()]
1105     grovkornigBox = zip(*grovkornigBox)
1106     plotBox(grovkornigBox, 'boxplot over kornkurver for borekaks frå brønnar '\
1107               'bora i \n bergartar klassifisert som grovkornige',\
1108               tittel=unicode('Grovkornige prøver', 'UTF-8'), vert=True, ylim=50,\
1109               korn=True, ytext=unicode('Vekt-%', 'UTF-8'), xtext=unicode(\
1110               'Kornstorleik (mm)', 'UTF-8'))
1111
1112
1113     if scatter2:
1114         for mineral, data in kornScatter.items():
1115             for sikt, verdier in data['sikter'].items():
1116                 if len(verdiar) > 1:
1117                     xyPlot('Scatterplot av '+mineral+' mot '+sikt, verdier, data[\
1118                             'mineral'], sikt, mineral, mappe='scatter-frak/')
1119
1120     lokDiff = []

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
1121 minDiff = []
1122 qDiff = []
1123
1124 """
1125 For kvart mineral: plott eit scatterplot som viser avstand mellom prøver på
1126 x-aksen og differanse i mineralinnhald på y-aksen.
1127 """
1128 if diff:
1129     for mineral,lok in mineralIProeve.items():
1130         xyLoks = {k:v for k,v in xyLok.items() if k+'B' in lok}
1131
1132         if len(xyLoks.keys()) > 1:
1133             for aKey,aValue in xyLoks.items():
1134                 for bKey,bValue in xyLoks.items():
1135                     xDiff = abs(bValue[0]-aValue[0])
1136                     yDiff = abs(bValue[1]-aValue[1])
1137                     xyDiff = math.sqrt(xDiff**2+yDiff**2)
1138                     if xyDiff != 0:
1139                         lokDiff.append(xyDiff)
1140                         minDiff.append(abs(xrdData[aKey+'B'][mineral] -\
1141                                         xrdData[bKey+'B'][mineral]))
1142             xyPlot('scatter-'+mineral,lokDiff,minDiff,'avstand','differanse '\
1143                   'i % for ' + mineral,mappe='scatter-xy-diff/')
1144             minDiff = []
1145             lokDiff = []
1146
1147 """
1148 minNamm = []
1149 for v in mineralListe:
1150     for mineral,verdi in v.items():
1151         if mineral not in minNamm:
1152             minNamm.append(mineral)
1153 """
1154
1155 kategoriData = {}
1156 for kategori, kategoriMineral in mineralKategori.items():
1157     for lokalitet,lokalitetMineral in xrdData.items():
1158         kategoriSum = sum([lokalitetMineral[x] for x in kategoriMineral if \
1159                             x in lokalitetMineral])
1160
1161
1162     if lokalitet not in kategoriData.keys():
1163         kategoriData[lokalitet] = {}
1164
1165     kategoriData[lokalitet][kategori] = kategoriSum
1166
1167 skalPlottast = {}
1168 for i in plotLok:
1169     for j in i:
```

```

1170         skalPlottast[j]=kategoriData[j]
1171     stolpeDiagram('Mineralinnhald i ' + ' og '.join(i),skalPlottast)
1172     skalPlottast = {}
1173
1174     scatterKat = []
1175     scatterKatDataY = {}
1176     scatterKatDataX = {}
1177
1178     print kategoriData
1179     print xrdData
1180     print aListe
1181     print bListe
1182     print proeveNnummer
1183
1184     for a,b in zip(aListe,bListe):
1185         for i in proeveNnummer:
1186             if i.endswith(a) and i.replace(a,b) in proeveNnummer:
1187                 for j in kategoriData[i].keys():
1188                     if j in kategoriData[i] and j in kategoriData[i.replace(a,b)]:
1189                         if j not in scatterKat:
1190                             scatterKat.append(j)
1191                         if j not in scatterKatDataX:
1192                             scatterKatDataX[j]=[]
1193                         if j not in scatterKatDataY:
1194                             scatterKatDataY[j] = []
1195                         scatterKatDataX[j].append(kategoriData[i][j])
1196                         scatterKatDataY[j].append(float(\
1197                             kategoriData[i.replace(a,b)][j]))
1198
1199     if scatter4:
1200         print scatterKat
1201         print scatterKatDataY
1202         print scatterKatDataX
1203         for j in scatterKat:
1204             xyPlot('Scatterplot av '+a+' mot '+b+' for '+j,scatterKatDataX[j],\
1205                 scatterKatDataY[j],'% i ' + a,'% i '+ b,strek=True)
1206             xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b+' under 50%',\
1207                 scatterKatDataX,scatterKatDataY,'% i ' + a,'% i '+ b,\
1208                 xLim=50,yLim=50)
1209             xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b,scatterKatDataX,\
1210                 scatterKatDataY,'% i ' + a,'% i '+ b,xLim=100,yLim=100)
1211             xyMultiPlot('Scatterplot av alle mineral i '+a+' og '+b+' under 10%',\
1212                 scatterKatDataX,scatterKatDataY,'% i ' + a,'% i '+ b,\
1213                 xLim=10,yLim=10)
1214             plotBox(scatterKatDataX,'box-kat-' + a + '-' + b,tittel='Boxplot for ' \
1215                 + a + ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
1216             plotBox(scatterKatDataY,'box-kat-' + b + '-' + a,xlim=50,tittel=\
1217                 'Boxplot for ' + b + ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
1218             plotBox(extendDict(scatterKatDataX),'box-kat-' + a + '-' + b + '-pad',\

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
1219         xlim=50,tittel='Boxplot (utfyllt) for ' + a + \
1220         ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
1221     plotBox(extendDict(scatterKatDataY),'box-kat-' + b + '-' + a + '-pad',\
1222         xlim=50,tittel='Boxplot(utfyllt) for ' + b + \
1223         ' i scatterplotta for ' + a + '-' + b)
1224
1225     scatterKat = []
1226     scatterKatDataY = {}
1227     scatterKatDataX = {}
1228
1229     kbKatData = {x:y for x,y in kategoriData.items() if x.endswith('B')}
1230     kfKatData = {x:y for x,y in kategoriData.items() if x.endswith('KF')}
1231     vfKatData = {x:y for x,y in kategoriData.items() if x.endswith('VF')}
1232
1233     kbkfKatData = {x:y for x,y in kfKatData.items() if x.split('KF')[0] + 'KB'\
1234                     in kbKatData.keys()}
1235     kbkfKatData.update({x:y for x,y in kbKatData.items() if x.split('KB')[0] + \
1236                        'KF' in kfKatData.keys()})
1237
1238     altKatData = {}
1239
1240     altKatData.update(kbKatData)
1241     altKatData.update(kfKatData)
1242     altKatData.update(vfKatData)
1243     print len(kbKatData.keys())
1244     print len(kfKatData.keys())
1245     print len(vfKatData.keys())
1246     for k,v in kbKatData.items():
1247         print 'for kb:', k,v
1248     for k,v in kfKatData.items():
1249         print 'for kf:', k,v
1250     for k,v in vfKatData.items():
1251         print 'for vf:', k,v
1252     stackBar(kbKatData,'bulk',bergartar,unicode('XRD-resultat, kun bulkprøver frå'\
1253         ' kaks','UTF-8'),'%')
1254     stackBar(kfKatData,'kaks-finstoff',bergartar,unicode('XRD-resultat for finstoff'\
1255         ' av kaks','UTF-8'),'%')
1256     stackBar(vfKatData,'vatn-finstoff',bergartar,unicode('XRD-resultat, for finstoff'\
1257         ' av suspendert materiale frå borevassprøver','UTF-8'),'%')
1258     stackBar(kbkfKatData,'kaks-bulk-finstoff',bergartar,unicode('XRD-resultat, for '\
1259         'bulk og finstoff frå kaksprøver','UTF-8'),'%')
1260     stackBar(altKatData,'alt',bergartar,\
1261         unicode('Alle kategoriar av prøver','UTF-8'),'%')
1262     stackBar(kategoriData,'alt2',bergartar,\
1263         unicode('Alle kategoriar av prøver','UTF-8'),'%')
1264     """
1265     for lok,data in kategoriData.items():
1266         print 'lok. = ',lok
1267         for kat,verdi in data.items():
```

```

1268         print kat, ' = ',verdi
1269     """
1270     print kategoriData
1271     print vatnData
1272     stolpeVatn = {k:{'vatn':v} for k,v in vatn.items()}
1273     stolpeVatn.pop('MMF',None)
1274     stolpeVatn.pop('MMG',None)
1275     stolpeVatn.pop('BrF1',None)
1276     stolpeVatn.pop('MTrG',None)
1277     print stolpeVatn
1278     vatnBar(stolpeVatn, 'vatn', bergartar, \
1279             unicode('Vassgivarevne etter bergart','UTF-8'), 'Vassgivarevne (l/h)')
1280     vatnBar(stolpeVatn, 'vatn-5000', bergartar, \
1281             unicode('Vassgivarevne etter bergart','UTF-8'),\
1282             'Vassgivarevne (l/h)',maxVerdi=4000)
1283     print SSfin
1284     vatnBar(SSfin, 'finstoff', bergartar,\
1285             unicode('Finstoffinnhald etter bergart','UTF-8'), \
1286             'Finstoffinnhald (g/l)')
1287     vatnBar(SSfin, 'finstoff-30', bergartar, \
1288             unicode('Finstoffinnhald etter bergart','UTF-8'),\
1289             'Finstoffinnhald (g/l)',maxVerdi = 30)
1290
1291     kategoriIProeve = {}
1292     kategoriLok = {}
1293     kategoriScatter = {}
1294
1295
1296     for i in kategoriData.keys():
1297
1298         for kategori in kategoriData[i].keys():
1299             if i.endswith('B'):
1300
1301                 if kategori not in kategoriIProeve.keys():
1302                     kategoriIProeve[kategori] = []
1303
1304                 kategoriIProeve[kategori].append(i)
1305
1306                 if kategoriData[i][kategori] !=0:
1307                     if kategori not in kategoriScatter.keys():
1308                         kategoriScatter[kategori] = {}
1309                         kategoriScatter[kategori]['kategori'] = []
1310                         kategoriScatter[kategori]['sikter'] = {}
1311
1312                     for sikt in sikter:
1313                         kategoriScatter[kategori]['sikter'][sikt] = []
1314
1315                 kategoriScatter[kategori]['kategori']\
1316                 .append(kategoriData[i][kategori])

```



### C.3. XRD-DATA

---

```
1317
1318         for sikt,kaks in zip(sikter,kaksData[i.split('KB')[0].strip('.')]):
1319             kategoriScatter[kategori]['sikter'][sikt].append(kaks)
1320
1321 if kornkurver4:
1322
1323     for k,v in kategoriIProeve.items():
1324         for i in v:
1325             i_strip = i.split('KB')[0].split('KF')[0].split('VF')[0].strip('.')
1326             kategoriLok[i_strip] = kaksData[i_strip]
1327             plotFig(kategoriLok,'Kornkurver for prøver som inneheld '+ k)
1328             kategoriLok = {}
1329
1330 if scatter3:
1331     for kategori , data in kategoriScatter.items():
1332         if data['kategori'] !=0:
1333             print data['kategori']
1334             for sikt,verdiar in data['sikter'].items():
1335                 if len(verdiar) > 1:
1336                     xyPlot(unicode('Innhald av ' + kategori + ' i prøva mot '\
1337                         'andel av kaks < ' + sikt + ' mm','UTF-8'), verdiar, \
1338                         data['kategori'], unicode('vekt-% kaks <' + sikt + ' mm'),\
1339                         unicode('% ' + kategori +u' i prøva'), mappe = \
1340                             'scatter-frak-kategori/')
1341
1342 kaksSum = [[],[],[],[],[],[],[],[],[]]
1343 for k,v in kaksData.items():
1344     for i in v:
1345         for j,l in enumerate(v):
1346             kaksSum[j].append(l)
1347
1348 kaksSnitt = [sum(x)/len(x) for x in kaksSum]
1349
1350 itemz = {0:{},1:{},2:{},3:{},4:{},5:{},6:{},7:{},8:{}}
1351 for i,j in enumerate(kaksSum):
1352     itemz[i]['snitt'] = sp.mean(j)
1353     itemz[i]['sigma'] = sp.std(j)
1354
1355
1356
1357 plotFig({'snitt':[v['snitt'] for k,v in itemz.items()]},'snittfig')
1358
1359 hist = {}
1360 baStats = {}
1361 #baUtListe = ['MTrF','MTrG','MMG','MMF']
1362 baUtListe = []
1363 statsBergartar = bergartar.copy()
1364
1365 for k,v in statsBergartar.items():
```

```

1366     for ba in baUtListe:
1367         if ba in v:
1368             v.remove(ba)
1369     for l in v:
1370         if k not in hist.keys():
1371             hist[k] = []
1372
1373         if l.split('KB')[0].strip('.') in kaksData.keys():
1374             hist[k].append(kaksData[l.split('KB')[0].strip('.')][0])
1375             for i,j in enumerate(kaksData[l.split('KB')[0].strip('.')]):
1376                 if k not in baStats.keys():
1377                     baStats[k] = [[],[],[],[],[],[],[],[],[],[]]
1378                 baStats[k][i].append(j)
1379
1380 labels = [unicode(l,'UTF-8') for l in hist.keys()]
1381 data = [v for v in hist.values()]
1382
1383 baKaksStats = {}
1384 lokBA = []
1385
1386 [lokBA.extend(x) for x in bergartar.values()]
1387
1388
1389 for i in kaksData.keys():
1390     if i not in lokBA:
1391         print '<' + i + '> er ikkje å finne i lista over BA-prøver'
1392
1393 plotHist(data,'fraksjon < 0,063 mm, inndelt etter bergartar',mappe='hist-ba',\
1394          label=labels,xNamn='Vekt-%')
1395
1396 for k,v in baStats.items():
1397
1398     if k not in baKaksStats.keys():
1399         baKaksStats[k] = [[],[],[],[],[],[],[],[],[],[]]
1400
1401     for i,j in enumerate(v):
1402         baKaksStats[k][i] = j
1403
1404 utfil = open('bastats.tex','w')
1405 utfil.write('Bergart & median & snitt & standardavvik & Tal prøver\\\\\\n')
1406
1407 total = [[],[],[],[],[],[],[],[],[],[]]
1408 for k,v in baStats.items():
1409     for i,l in enumerate(v):
1410         total[i].extend(l)
1411 baStats['total'] = total
1412
1413 baStatsBox = {}
1414 for k,v in baStats.items():

```

### C.3. XRD-DATA

---

```
1415
1416     med = sp.median([x for x in v[0]])
1417
1418     snitt = sp.mean([x for x in v[0]])
1419
1420     stdavvik = sp.std([x for x in v[0]])
1421
1422     baMax = max([x for x in v[0]])
1423
1424     baMin = min([x for x in v[0]])
1425
1426     baN = len(v[0])
1427
1428     utfil.write(k + '& %2.2f & %2.2f & %2.2f & %2.2f & %2.2f & %2i \\\n' % \
1429                  (med, snitt, stdavvik, baMin, baMax, baN))
1430
1431     baStatsBox[unicode(k, 'UTF-8')] = [x for x in v[0]]
1432
1433
1434 plotBox(baStatsBox, 'bergartboxplot', xlim=None, ylim=None, tittel='Boxplot' \
1435         +' over finfraksjonen for kvar bergart', vert=True, \
1436         ytext='Vekt-% < 0,063 mm', xtext=None, korn=False)
1437
1438 utfil.close()
```

---



Tillegg D

Dom mot Båsum



## BORGARTING LAGMANNSRETT

DOM

---

**Avsagt:** 04.10.2012 i Borgarting lagmannsrett,

**Saksnr.:** 11-164083AST-BORG/03

**Dommere:**

Lagdommer  
Lagdommer  
Sorenskriver

Sveinung Koslung  
Anne-Mette Dyrnes  
Tore Lindseth

**Meddommere:**

Seniorrådgiver  
Kontorleder  
Direktør  
Content Manager

Laura Michelle Arlov  
Anne Lise Bråten Kjernlie  
Erik Oftedal  
Andreas Kaare Fjeld

---

Siktet

Båsum Boring AS

Advokat Knut Helge  
Hurum

Påtalemyndighet

Oslo Statsadvokatembeter

Politiadvokat Christian  
Stenberg

Båsum Boring AS, organisasjonsnummer 976 138 805, ble ilagt forelegg utarbeidet av Politimesteren i Oslo den 16. februar 2011, for overtredelse av

**Forurensningsloven § 78 annet ledd første straffalternativ jf § 7 første ledd, jf. strl §48a**

for å ha hatt, gjort eller satt i verk noe som kan medføre fare for forurensning, uten at det er lovlig etter §§ 8 eller 9, eller tillatt etter § 11, når overtredelsen har voldt fare for stor skade eller ulempe eller det for øvrig foreligger skjerpene omstendigheter

Når et straffebed er overtrådt av noen som har handlet på vegne av et foretak, kan foretaket straffes.

**Grunnlag:**

**a)**

Torsdag 11. november 2004 i Svenstuveien 10B i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Skådalsbekken inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

**b)**

Tirsdag 29. mai 2007 i Borgestadveien 16 i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Borgestadbekken inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

**c)**

Fredag 9. mai 2008 i Nypeveien 5 i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Nilserudbekken inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

**d)**

Mandag 28. september 2009 på Alfaset 3. Industrivei 25 i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Alnaelva inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

**e)**

Onsdag 30. september 2009 i Nypeveien 9 i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Nilserudbekken inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

**f)**

Torsdag 6. mai 2010 i Sørkedalsveien 106 i Oslo slapp ansatte i Båsum Boring AS ut avløpsvann i Teigenbekken inneholdende betydelige mengder suspendert tørrstoff.

Forelegget ble ikke vedtatt, og saken ble deretter fremmet for Oslo tingrett som avsa dom 25. august 2011 med slik domsslutning:

1. Båsum Boring AS, organisasjonsnummer 976 138 805 frifinnes for inndragningskravet.
2. Båsum Boring AS, organisasjonsnummer 976 138 805, dømmes for overtredelse av forurensningsloven § 78 annet ledd første straffalternativ jf § 7 første ledd, jf. strl §48a, jf straffeloven § 63 og straffeloven § 61, til bot til statskassen på 600 000 – sekshundretusen – kroner.
3. Saksomkostninger idømmes med 20 000 – tjuetusen – kroner.

Båsum Boring AS har anket dommen til Borgarting lagmannsrett. Anken gjelder lovanvendelsen og bevisvurderingen under skyldspørsmålet, subsidiært straffutmålingen.

Ankeforhandling ble holdt 18. og 19. september 2012 i Borgarting lagmannsretts hus. Selskapets representant Trond Ivar Båsum og åtte vitner ga forklaring. Øvrig bevisførsel framgår av rettsboka.

Aktor nedla påstand om at Båsum Boring AS dømmes i samsvar med forelegget til en bot stor 600 000 kroner samt ilagt sakskostnader etter rettens skjønn.

Forsvareren nedla påstand om at Båsum Boring AS frifinnes, subsidiært blir ansett på mildeste måte.

**Lagmannsretten bemerker:**

*Kort om bakgrunnen*

Båsum Boring AS (heretter Båsum) er et større borefirma og driver blant annet med boring av energibrønner. I en energibrønn hentes varme fra berggrunnen, som utnyttes i varmegjeller, og som gir en stabil og miljøvennlig oppvarmingskilde. Det bores gjerne 100-300 meter dypt, og det blir tilført vann under boringen. Under boringen støter man ofte på mindre eller større vannlommer i fjellet, og i noen svært få tilfeller kommer det store mengder vann opp fra borehullet. Tiltalen (forelegget) gjelder tilfeller der boring av slike brønner har medført at slamholdig vann fra boringen har rent ut i vassdrag.

Grunnlaget for tiltalen er at vannet inneholder borkaks og partikler fra grunnen i slike konsentrasjoner at det er egnet til å forurense bekker og elver. Slammet kan legge seg som et "lokk" på bunnen og føre til dårligere vekstforhold for planter og bunndyr, samt også påvirke kvaliteten på gyte- og oppvekstforholdene for fisk (spesielt laks og ørret). Slammet kan holde seg i vassdraget gjennom lang tid, og ved flom eller kraftig regn kan slamlaget flytte seg nedover bekken og forurense nye områder.

Ved boring av energibrønner er det vanlig å samle spillvannet opp i containere, med mindre man har et tilstrekkelig og egnet areal for fri avrenning til grunnen. I containeren vil partiklene etter hvert synke til bunns (sedimentere), slik at det rene vannet kan pumpes ut. Slammet som blir igjen i containeren, kan så kjøres til en godkjent fyllplass. Hvis det kommer opp svært mye vann, eller utskillingen går sakte, vil behovet for containere øke. Andre aktuelle tiltak for å unngå forurensning til vassdrag er å dekke til nærliggende sluk, grave grøfter eller legge ut sandsekker. Ved større prosjekter, der det skal bores mange brønner, vil man gjerne anlegge et basseng som det slamholdige vannet samles opp i.



Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune (VAV) har ved ulike anledninger fått melding om, eller kommet over, tilfeller der det ved boring av energibrønner i regi av Båsum har kommet spillvann ut i bekker og elver. Det har vært dialog mellom VAV og selskapet om spørsmålet, og det ble også holdt et møte mellom partene i januar 2010, der kommunen skisserte noen enkle og praktiske tiltak for å unngå forurensning. Båsum har på sin side brukt ressurser på forsøk med bruk av filter og kjemikalier for å effektivisere utskillingen av partikler fra spillvannet, men hittil uten særlig resultat. På bakgrunn av de ulike episodene som framkommer av tiltalen, samt ett tidligere tilfelle fra 2000, besluttet Oslo kommune ved VAV å gå til politianmeldelse av Båsum.

### *Kort om lovgrunnlaget*

Tiltalen gjelder overtredelse av forurensningsloven § 78 andre ledd første straffalternativ, jf § 7 første ledd, jf straffeloven § 48a, ved i alt seks ulike anledninger (bokstavene a-f).

Forurensningsloven gir en vid definisjon av hva som menes med forurensning. Av § 6 framgår at tilførsel av blant annet fast stoff til vann omfattes når dette er eller kan være til skade eller ulempe for miljøet. I § 7 første ledd forbys blant annet å "sette i verk noe som kan medføre fare for forurensning" med mindre det gjelder lovbestemte unntak eller er gitt særskilt tillatelse. I andre ledd er den ansvarlige pålagt å sørge for tiltak for å hindre at forurensning inntreffer, men likevel slik at plikten er begrenset til tiltak som står i rimelig forhold til skader og ulemper som skal unngås. Av lovens § 2 nr 1 tredje punktum framgår som en retningslinje at "loven skal nyttes for å oppnå en miljøkvalitet som er tilfredsstillende ut fra en samlet vurdering av helse, velferd, naturmiljøet, kostnader forbundet med tiltakene og økonomiske forhold".

Unntatt fra forbudet mot å forurense er blant annet "vanlig forurensning" som kommer fra midlertidig anleggsvirksomhet, jf § 8 første ledd nr 3. Av samme paragraf tredje ledd følger videre at forurensning "som ikke medfører nevneverdige skader eller ulemper" kan finne sted uten tillatelse. For utslipp av sanitært avløpsvann må det likevel normalt søkes om tillatelse.

Forurensning i strid med loven er straffbart etter forurensningsloven § 78 første ledd og straffes med bøter eller fengsel inntil tre måneder. Hvis overtredelsen har voldt fare for stor skade eller ulempe, eller det foreligger skjerpene omstendigheter, forhøyes strafferammen til fengsel i to år, jf § 78 andre ledd første straffalternativ. Både forsettlig og uaktsom overtredelse rammes. Foreldelsesfristen er fem år, jf straffeloven § 67 første ledd.

Ved overtredelser begått av noen på vegne av et selskap, kan også selskapet straffes, jf straffeloven § 48a. I § 48b er oppregnet noen momenter som det særlig skal legges vekt på ved avgjørelsen av om selskapet skal straffes, herunder overtredelsens grovhet og om overtredelsen kunne vært unngått ved forebyggende tiltak.

## *Skyldspørsmålet*

Trond Ivar Båsum, som møtte som selskapets representant for lagmannsretten, bestred ikke at boringen medførte at det rant slamholdig vann til vassdrag ved de seks episodene som er omfattet av tiltalen. Han bestred derimot straffeskyld på samtlige punkter.

Lagmannsretten kommer senere noe tilbake til de enkelte episodene, særlig i forbindelse med uaktsomhetsvurderingen, men drøfter først enkelte spørsmål av generell betydning.

Avrenning av slamholdig vann til vassdrag i forbindelse med grunnboring er et miljøproblem som er gitt økt oppmerksomhet fra miljømyndighetene i seinere år, og som også borebransjen selv har begynt å gripe fatt i. Det synes nå å være enighet mellom bransjen og myndighetene om at avrenning av boreslam til vassdrag ikke skal forekomme, og at det er nødvendig med gode rutiner og forebyggende tiltak for å unngå dette. Hva som er riktig og nødvendig i de enkelte tilfellene, kan det likevel være delte meninger om. VAV har med henblikk på boring i Oslo gitt noen generelle råd, men overlatt til selskapene og bransjen selv å utforme konkrete rutiner og forholdsregler på området.

Lagmannsretten legger etter bevisførselen til grunn at skadevirkninger på plante- og dyreliv i vassdrag kan oppstå ved relativt lave konsentrasjoner av slampartikler i spillvannet, og at den grensa som VAV praktiserer for å tillate utslipp til avløpsnett, 400 mg suspendert tørrstoff per liter vann, ikke utgjør noen nedre grense for forurensningsfare.

Når det gjelder bevisvurderingen knyttet til partikkelkonsentrasjonen i de aktuelle utslippene, bemerker lagmannsretten at det er framlagt bildemateriale, avviksmeldinger, rapporter, korrespondanse og resultater fra laboratorieprøver. Dette materialet, samt det forhold at utslippene i de fleste tilfellene er observert direkte i terrenget av avløpsetatens erfarne folk, gjør at retten ikke er i rimelig tvil om at utslippene ved alle seks tilfeller klart utgjør en nevneverdig forurensningsfare. Det legges videre til grunn at en boring vanligvis varer 1-2 arbeidsdager og at det således ikke er tale om en helt kortvarig miljøpåvirkning. At det ikke er ført bevis for at partikkelutslippene faktisk har medført skade i de enkelte tilfellene, er ikke avgjørende, da *mulighet* for skade eller ulempe for miljøet er tilstrekkelig. Retten antar for øvrig at det vil være svært krevende å gjøre en sikker påvisning av slike skadevirkninger det her er tale om.

Lagmannsretten mener at de aktuelle utslippene ikke er lovlige etter unntaksregelen i forurensningsloven § 8 første ledd nr 3. Selv om boring av energibrønner normalt vil være midlertidig anleggsvirksomhet, er avrenning av boreslam til bekker og elver i forbindelse med boring av energibrønner ikke "vanlig" forurensning som man sedvanlig må regne med fra slik virksomhet. Dette illustreres ved at problemet oppstår bare helt unntaksvis ved det store antallet slike boreoppdrag Båsum utfører årlig (ca 1200).

Etter lagmannsrettens vurdering får heller ikke forurensningsloven § 7 andre ledd siste punktum anvendelse i saken. Her fastsettes som nevnt at plikten til å iverksette tiltak er begrenset til tiltak som står i et rimelig forhold til skader og ulemper som skal unngås. Ved boring av energibrønner dreier det seg om relativt enkle og rimelige tiltak; først og fremst at man ved planlegging av boringen også tar forurensningsfaren i betraktning, at man har containerkapasitet og annet sikringsutstyr tilgjengelig, for eksempler matter for tildekking av sluk, at man under boringen følger med på hvor vannet tar vegen, og at man om nødvendig stanser boringen inntil tilstrekkelige sikringstiltak er iverksatt. Dette tilsier, slik retten ser det, at det er fullt mulig og ikke uforholdsmessig å forebygge utslipp på en adekvat måte.

Det forhold at energibrønner med varmepumpe generelt anses som en miljøvennlig teknologi som samfunnet ønsker å stimulere, kan etter rettens vurdering ikke lede til at utslipp av boreslam til vassdrag i forbindelse med boring av slike brønner kan anses lovlig etter forurensningsloven. Dette må i alle fall gjelde så lenge det er så vidt enkelt og billig å forebygge slike utslipp.

Det samme forholdet tilsier at borefirmaet Båsum bør ilegges foretaksstraff, jf straffeloven §§ 48a og 48b. Etter lagmannsrettens vurdering dreier det seg her om gjentatte tilfeller av klart mangelfulle sikringstiltak eller manglende årvåkenhet mot forurensning i forbindelse med boreoppdrag. Det bemerkes i den forbindelse at Oslo kommune ved VAV ut fra sin erfaring har funnet grunn til å gå til politianmeldelse av Båsum, etter det retten forstår som det eneste borefirmaet.

#### *De enkelte straffbare forholdene*

Forsvareren har på vegne av Båsum anført at forholdet i post a er foreldet, og lagmannsretten er enig i dette. Når det legges til grunn at forholdene omfattes av forurensningsloven § 78 andre ledd, er foreldelsesfristen fem år, jf straffeloven § 67 første ledd. Forholdet i post a fant sted 11. november 2004, og dette er mer enn fem år forut for utferdigelsen av forelegget. Spørsmålet er likevel om forholdene i tiltalen kan anses som ett sammenhengende straffbart forhold, slik møtende aktor har gjort gjeldende. Det vises til at de straffbare forholdene er beskrevet som selvstendige forhold i forelegget, og dette er etter lagmannsrettens syn korrekt. Forholdet i post b, som er det andre i tidslinja, skjedde nesten to år og sju måneder senere enn forholdet i post a, og på et annet sted, om enn også i Oslo kommune. Det foreligger her etter rettens vurdering så vidt lang avstand og løs tilknytning mellom de enkelte handlingene at det er naturlig å betrakte dem som særskilte forbrytelser. Etter dette skal Båsum frifinnes for post a.

Forholdet i post b gjelder utslipp til Borgestadbekken 29. mai 2007. Her ble Båsums folk "tatt på fersken" av medarbeidere fra VAV etter tips fra en melder. Borerne nektet i første omgang å stanse boringen. Det synes klart at borerne ikke hadde gjort tilstrekkelige undersøkelser på forhånd med hensyn til nærliggende sluk og bekk og at de under utførelsen heller ikke fulgte godt nok med på hvor vannet tok vegen. Lagmannsretten finner det utvilsomt at Båsums medarbeidere opptrådte uaktsomt.

Forholdet i post c gjelder utslipp til Nilserudbekken 9. mai 2008. Vannet ble her ledet til et lite skogsområde som Båsum hadde benyttet i forbindelse med et tidligere boreoppdrag. Båsum hadde ikke oppdaget at det var en kum på området, som vannet rant til og derfra til bekken. Båsums folk er å bebreide for manglende forhåndsundersøkelser og manglende tilsyn under boringen. Det foreligger uaktsomt forhold.

Forholdet i post d gjelder utslipp til Alnaelva 28. september 2009. Episoden gjaldt et større prosjekt, der det ble boret 12-14 brønner. Det ble brukt oppsamlingscontainer og derfra ble vannet ledet til privat overvannsnett som viste seg å lede rett til Alnaelva. I forbindelse med boring av brønn nr ti, ble det utløst svært store vannmengder, med det resultat at det kom spillvann ut i elva. Retten mener at Båsums folk burde ha forvissnet seg om at privat kum ikke gikk direkte til vassdrag. På den andre sida er det på det rene at det var eksepsjonelt mye vann å håndtere og at boringen ble stanset straks man ble oppmerksom på forurensningen. Overingeniør Vivi Paulsen i VAV har i sin vitneforklaring for retten gitt uttrykk for at hendelsen muligens kunne ses på som et uhell. Etter dette har lagmannsretten kommet til at uaktsomt forhold ikke er bevist ut over rimelig tvil. Båsum frifinnes på denne bakgrunn for post d.

Forholdet i post e gjelder nytt utslipp til Nilserudbekken 30. september 2009. Her ble slamholdig vann fra container ført ut i vegsluk som leder til bekk i den tro at vannet var reint. Det foreligger her en klar feilvurdering som kan ha sammenheng med mangelfulle rutiner med hensyn til å la vannet få stå lenge nok i containeren til at partiklene utskilles. Uaktsomhet foreligger.

Forholdet i post f gjelder utslipp til Teigenbekken 6. mai 2010. Her gjorde Båsum en prøveboring ute på et større tomteområde. Det kom ganske mye vann, og slamholdig vann rant ut i bekken. Ut fra beskrivelsen i dokumentene synes det klart at slangeutløpet fra boringen burde vært lagt til et annet sted på området, eventuelt brukt container. Videre har det skortet på visuell kontroll med hvor vannet tok vegen. Retten finner det bevist at det er utvist uaktsomhet av Båsums medarbeidere.

Etter dette frifinnes Båsum for postene a og d, men dømmes for postene b, c, e og f.

## *Straffutmålingen*

Båsum har tidligere vedtatt et forelegg for å ha forurenset ved utslipp av boreslam til vassdrag. Forelegget fra 23. februar 2000 gjaldt den gang overtredelse av forurensningsloven § 78 første ledd bokstav b. Forholdet tillegges en viss vekt i skjerpende retning, men straffeloven § 61 første ledd får ikke anvendelse, jf andre ledd andre punktum.

Forelegget nå er tatt ut etter forurensningsloven § 78 andre ledd første straffalternativ, som gjelder overtredelse som har voldt fare for stor skade eller ulempe eller det for øvrig foreligger skjerpende omstendigheter. Lagmannsretten mener at det ikke har vært fare for *stor* skade, da det ikke gjelder utslipp av giftige eller farlige stoffer, men om partikler av leire og stein som naturlig fins i de aktuelle områdene. Lagmannsretten mener derimot på samme måte som tingrettens flertall at det foreligger skjerpende omstendigheter. I den forbindelse legger retten vekt på at det gjelder gjentatte overtredelser begått over flere år, og at de fire overtredelsene Båsum nå dømmes for, samt det forholdet som er foreldet, avdekker mangelfulle og sviktende rutiner og at selskapet ikke har tatt forurensningsrisikoen på tilstrekkelig alvor. Som gjennomgangen over viser, er det heller ikke slik at problemet med avrenning av boreslam til vassdrag, nødvendigvis henger sammen med ekstremt store vannmengder som det er vanskelig å forutse og sikre seg mot på en fullgod måte.

Ved straffutmålingen må det legges betydelig vekt på de skjerpende omstendighetene i saken. Saken viser at selskapet ikke har lagt tilstrekkelig vekt på sikringstiltak og gode rutiner for å unngå forurensning til tilliggende vassdrag ved brønnboring. Manglende bevissthet rundt dette synes å ha gjort seg gjeldende både i selskapets ledelse og hos mannskapene ute på den enkelte anleggsplass. Ved ingen av tilfellene har Båsum selv meldt fra til kommunen om forurensningen. På den andre siden har lagmannsretten ikke funnet bevis for at nedprioritering av sikringstiltak har vært bevisst økonomisk motivert fra selskapets side. Det virker også som at ledelsen i selskapet nå har tatt mer innover seg betydningen av et målrettet arbeid for å motvirke forurensningsfaren.

Ved utmålingen av botens størrelse legger lagmannsretten til grunn at Båsum har økt driftsinntektene fra 44 millioner i 2006 til 118 millioner kroner i 2011 og at selskapet har hatt betydelige overskudd hvert år i den nevnte perioden.

Etter en samlet vurdering har lagmannsretten kommet til at boten passende kan settes til 400 000 kroner.

Da anken delvis har ført fram, ilegges ikke sakskostnader.

Dommen er enstemmig.

### **D o m s s l u t n i n g:**

1. Båsum Boring AS, organisasjonsnummer 976 138 805, frifinnes for foreleggets poster a og d.
2. Båsum Boring AS, organisasjonsnummer 976 138 805, dømmes for fire over-  
tredder av forurensningsloven § 78 andre ledd første straffalternativ, jf § 7  
første ledd, jf straffeloven § 48a, jf straffeloven § 63 første ledd, til en bot på  
400 000 – firehundretusen – kroner.
3. Sakskostnader ilegges ikke.

Sveinung Koslung

Anne-Mette Dyrnes

Tore Lindseth

Laura Michele Arlov

Anne Lise Bråten Kjernlie

Erik Oftedal

Andreas Kaare Fjeld

Bekreftes for  
førstelagmannen:



# Register

amorf, 44

Darcy, 16

grunnvasspegelen, 13

Stokes lov, 17