



Etnedal kommune

Hydrogeologiske forundersøkelser ved Bruflat

Utgave: 1
Dato: 2010-06-16

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver: Etnedal kommune
Rapportnavn: Hydrogeologiske forundersøkelser ved Bruflat
Utgave/dato: 1 / 2010-06-16
Arkivreferanse: <http://bikube/Oppdrag/524292>

Oppdrag: 524292 – Hydrogeologiske undersøkelser ved Bruflat
Oppdragsbeskrivelse: Asplan Viak har utført geofysiske og hydrogeologiske undersøkelser ved Bruflat i Etnedal kommune (georadarmålinger, sonderboring, undersøkelsesbrønn)
Oppdragsleder: Forbord Rolf E.
Fag: VAR
Tema: Grunnvann, hydrogeologi, forundersøkelse
Leveranse: Rapport

Skrevet av: Rolf Forbord

Egenkontroll 16/6-2010; Rolf Forbord

Dato og signatur:
Sidemannskontroll: Bernt Olav Hilmo

Dato og signatur: 16.06.2010 Bernt O. Hilmo

Asplan Viak AS www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Etnedal kommune for å undersøke mulighetene for å utnytte grunnvann fra løsmasser som vannkilde til planlagt etablering av fiskeoppdrett i Bruflat.

Tor Ivar Gullord har vært Etnedal kommune sin kontaktperson for oppdraget. Rolf Forbord har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	III
1 Innledning	1
1.1 Formål og bakgrunn	1
1.2 Gjennomføring	1
2 Metoder og metodikk	3
2.1 Georadarmålinger	3
2.2 Sonderboring og 5/4" undersøkelsesbrønn	3
3 Resultater fra område 1	4
4 Resultater fra område 2	6
5 Resultater fra område 3	8
5.1 Georadarmålinger og sonderboring	8
5.2 Løsmassenes vanngivende egenskaper	10
5.3 Grunnvannets fysisk – kjemiske kvalitet	12
6 Plassering og dimensjonering av produksjonsbrønn	14
6.1 Forslag til plassering og brønnløsning – Diskusjon	14
6.2 Dimensjonering av produksjonsbrønn	16
6.1 Sikring av nye produksjonsbrønn	16
7 Oppsummering og konklusjon	18
8 Videre arbeid	19

FIGURLISTE

Figur 1. Utsnitt fra kvartærgeologisk kart (NGU), som viser det undersøkte området og eksisterende fjellbrønn. ..	1
Figur 2. Flybilde med lokalisering av de 3 lokalitetene som er undersøkt.....	2
Figur 3. Kartutsnitt med lokalisering av georadarprofiler P1 til P3 i område 1.	4
Figur 4. Radarprofil 1, 2 og 3 i område 1.	5
Figur 5. Kartutsnitt med lokalisering av georadarprofiler P4 til P6 i område 2.	6
Figur 6. Radarprofil 4 sør for sideelva i område 2.....	6
Figur 7. Radarprofil 5 og 6 på jordet i sentrum.	7
Figur 8. Lokalisering av georadarprofil P7 og P8, sonderboring-1 og undersøkelsesbrønn-1 i område 3.	8
Figur 9. Radarprofil 7, med sonderboring 1 og undersøkelsesbrønn 1 inntegnet (fra N mot S langs elva).	9
Figur 10. Radarprofil 8 fra sør mot nord langs østsiden av jordet.	9
Figur 11. Kartutsnitt med plassering av prøveboring/produksjonsbrønn og peilebrønner.	15

Tabeller

Tabell 1. Sonderboring 1.	10
Tabell 2. Resultater fra undersøkelsesbrønn 1 i sonderboring 1.	11
Tabell 3. Sorterings- og permeabilitetsverdier(K), angivelse av % -andel >0,8mm i sedimentprøver fra Ub-1.....	11
Tabell 4. Brønnspesifikasjoner for produksjonsbrønn plassert ca. 24 meter sør for Ub-1.	16

VEDLEGG

Vedlegg 1: Kornfordelingskurver fra Ub-1

Vedlegg 2: Analyseresultater fra Ub-1

1 INNLEDNING

1.1 Formål og bakgrunn

Asplan Viak er engasjert av Etnedal kommune for å undersøke mulighetene for å utnytte grunnvann fra løsmasser som vannkilde til planlagt etablering av fiskeoppdrett i Bruflat.

Bruflat sentrum forsynes i dag fra et 80 meter dypt borehull i fjell. Brønnen er lokalisert ved Juvberg, og har en dokumentert kapasitet på 10 m³/t. Selv om dette er en usedvanlig god fjellbrønn, har den ikke stor nok kapasitet til å levere til et oppdrettsanlegg i tillegg til sentrum.

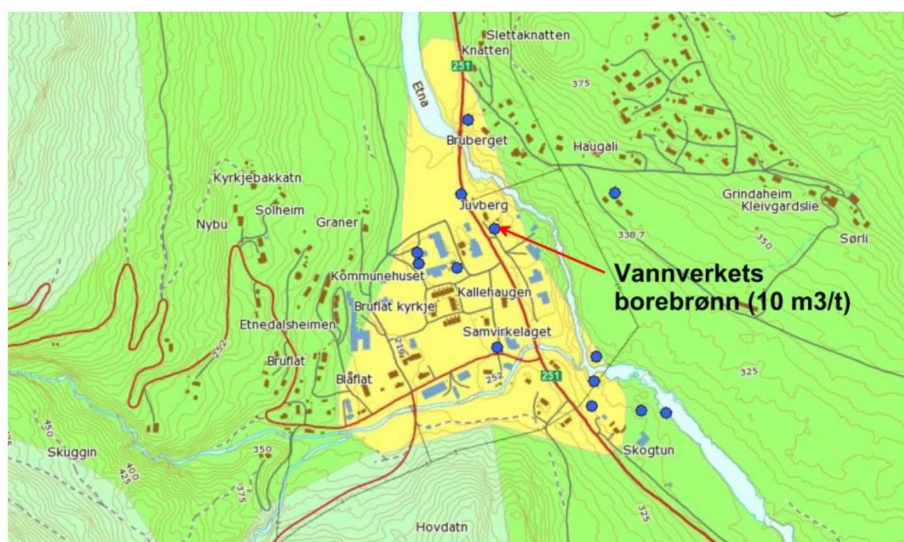
Vannbehovet til fiskeoppdrettsanlegget er oppgitt til 5 l/s (18 m³/t).

1.2 Gjennomføring

Feltarbeidet ble utført 13. og 14. april 2010 av Rolf Forbord. Sissel Tvedten deltok under befarings- og geofysiske målinger. Arbeidet omfattet:

- Områdebefaring
- Georadarmålinger (10 profiler)
- 2 stk. sonderboringer (i omtrent samme punkt pga rørbrudd)
- Nedsetting av 2 stk. 5/4" undersøkelsesbrønner (i omtrent samme punkt pga rørbrudd)
- Testing av løsmassenes vanngivende egenskaper
- Feltnålinger av temperatur og elektrisk ledningsevne
- Uttak av sediment- og grunnvannsprøve

Georadarprofil 9 og 10 ble gått ved Etnedal skole, i samband med bygging av hall på flaten nord for skolen. Disse målingene er beskrevet i eget notat: Georadarmålinger ved Etnedal skole, 7.5.2010. Kornfordelingsanalyser er utført ved Miljøgeologi AS sitt sedimentlaboratorium i Son. Vannanalyser er utført ved NGU sitt laboratorium i Trondheim.



Figur 1. Utsnitt fra kvartærgeologisk kart (NGU), som viser det undersøkte området og eksisterende fjellbrønn.

Løsmassene i Bruflatområdet domineres av bunnmorene og elveavsetninger langs Etna, se figur 1. Bortsett fra strekningen nord for brua (område 3), har Etna erodert seg ned til fjell, se figur 2.

Basert på kart- og flybilder kombinert med områdebefaring, ble det utført undersøkelser i 3 områder:

1. Flaten nord for sentrum og nordover til Etna
2. Flatene/vifta lang sideelva i sentrum (lengst sør i området).
3. Flaten på østsiden av Etna nord for brua



Figur 2. Flybilde med lokalisering av de 3 lokalitetene som er undersøkt.

2 METODER OG METODIKK

2.1 Georadarmålinger

Georadar er et geofysisk måleinstrument som sender elektromagnetiske bølger ned i bakken som reflekteres og mottas i en antenneenhet. Refleksjonene viser lagdeling og strukturer i grunnen, og metoden gir indikasjoner på løsmassetykkelse, løsmasstype og dyp til grunnvannsspeil. En sikrere tolkning av georadarmålingene krever boringer for å kunne relatere refleksjonsmønsteret på georadarprofilene til dokumenterte løsmasseprofil.

Målingenes dybderekkevidde/penetrasjon er avhengig av flere faktorer:

- Løsmasstype. Finkornige løsmasser gir dårligere penetrasjon enn grove sedimenter.
- Elektrisk ledningsevne i grunnvannet. Høy elektrisk ledningsevne som kan skyldes hardt grunnvann, høyt innhold av ioner/salter, marint påvirket grunnvann (saltvann) eller forurenset grunnvann gir dårligere penetrasjon.
- Overflateforhold. Hardt pakke løsmasser (vei), aurbellelag/jernutfelling, gjødsling av dyrket mark og veisaltning er eksempler på overflateforhold som gir redusert penetrasjon.

Georadarmålingene gir ikke sikker påvisning av grunnvann eller løsmassenes vanngivende egenskaper, men de gir et godt grunnlag for å velge ut områder for mer detaljerte undersøkelser i form av boringer og undersøkelsesbrønner. Metoden er spesielt egnet mht å finne de største mektigheter av permeable sedimenter (**sand/grus**) innenfor et område, noe som ofte kan medføre vesentlig mindre behov for prøveboringer.

For å kartlegge forholdene ved de 3 lokalitetene er det til sammen kjørt 8 georadarprofiler i området (totalt 1320 meter). Det er benyttet 100 MHz signal, for å oppnå maksimalt penetrasjonsdyp. Alle målingene er filtrert for å forsterke signal - støy forholdet. Dybden som georadarmålingene viser, er et resultat av bølgehastigheten som benyttes. I det aktuelle området er det benyttet 90 m/μs (bølgehastighet i vannmettet sand). Det er ikke foretatt høydekorreksjon av profilene. Terengoverflaten opptrer på grunn av dette som flat, mens et noe undulerende grunnvannsspeil derfor skyldes topografien.

2.2 Sonderboring og 5/4" undersøkelsesbrønn

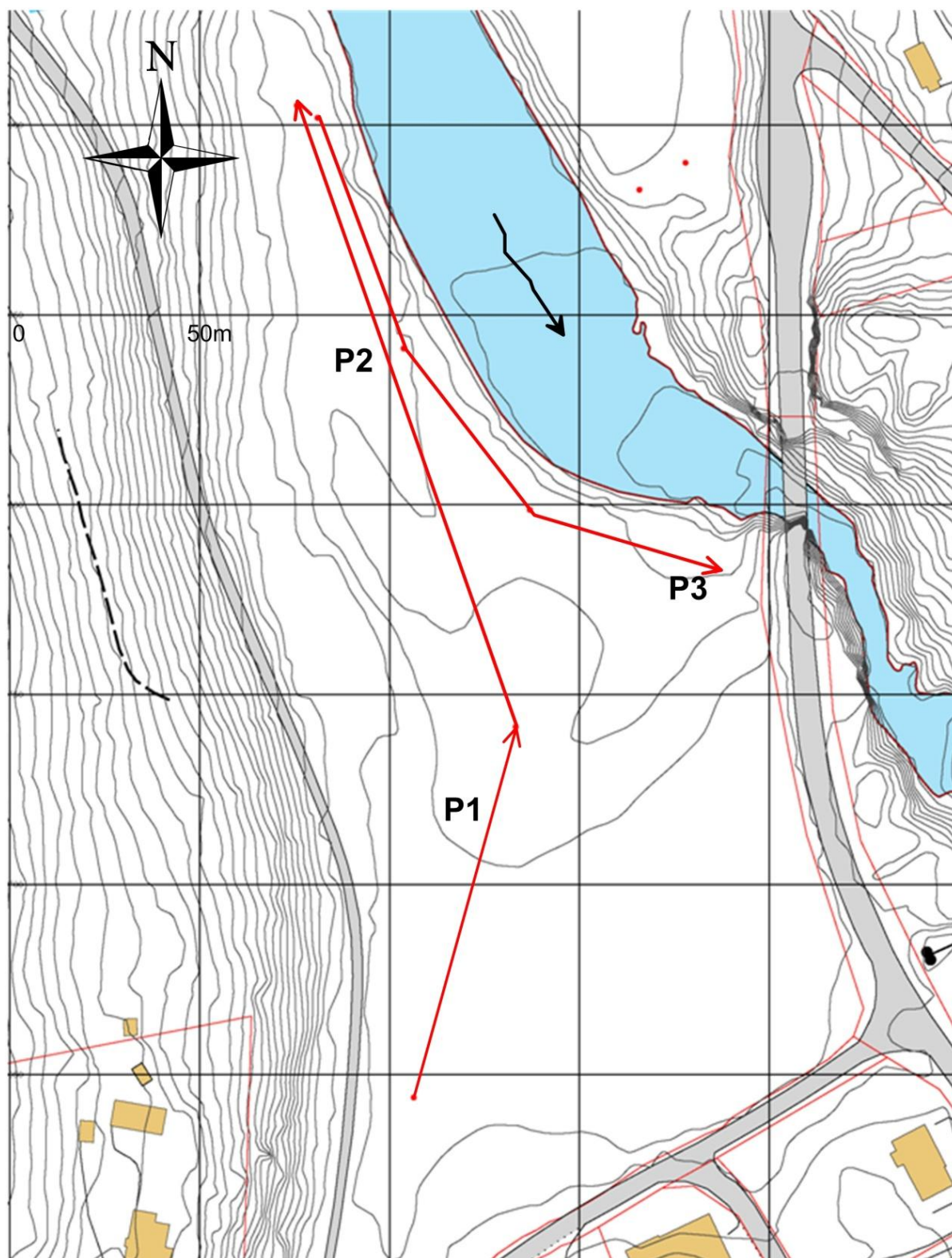
Sonderboringene ble plassert på grunnlag av georadarmålingene, og i ett område hvor det er aktuelt med brønnetablering. Boringene er utført med bærbart utstyr (motorhammer og 25mm borstål med 40mm 4-kantspiss). Tolkning av boringene baserer seg på synkehastighet, dreiemotstand, lyd ved dreining og motstand/lyd under oppjekking.

I punkt hvor sonderboringene indikerte muligheter, er det drevet ned 5/4" undersøkelsesbrønner påmontert 1,5 meter lang sandspiss. Undersøkelsesbrønnene er benyttet til å teste løsmassenes vanngiverevne i ulike nivå, samt til uttak av vann- og sedimentprøver.

Sedimentprøvene er tørrsiktet, og kornfordelingskurvene benyttes til beregning av hydrauliske parametere og til dimensjonering av brønnfilter. Det ble også foretatt feltmålinger av temperatur og ledningsevne av utpumpet grunnvann, samt tatt 1 stk. grunnvannsprøve for analyse av fysisk-kjemiske parametere. På grunn av kort pumpetid har det ingen hensikt å analysere på bakteriologiske parametere.

3 RESULTATER FRA OMRÅDE 1

Det ble gått 3 radarprofiler på flaten nord for sentrum, se figur 1. Fjell i dagen ble observert ved brua over Etna (øst for enden av P3).



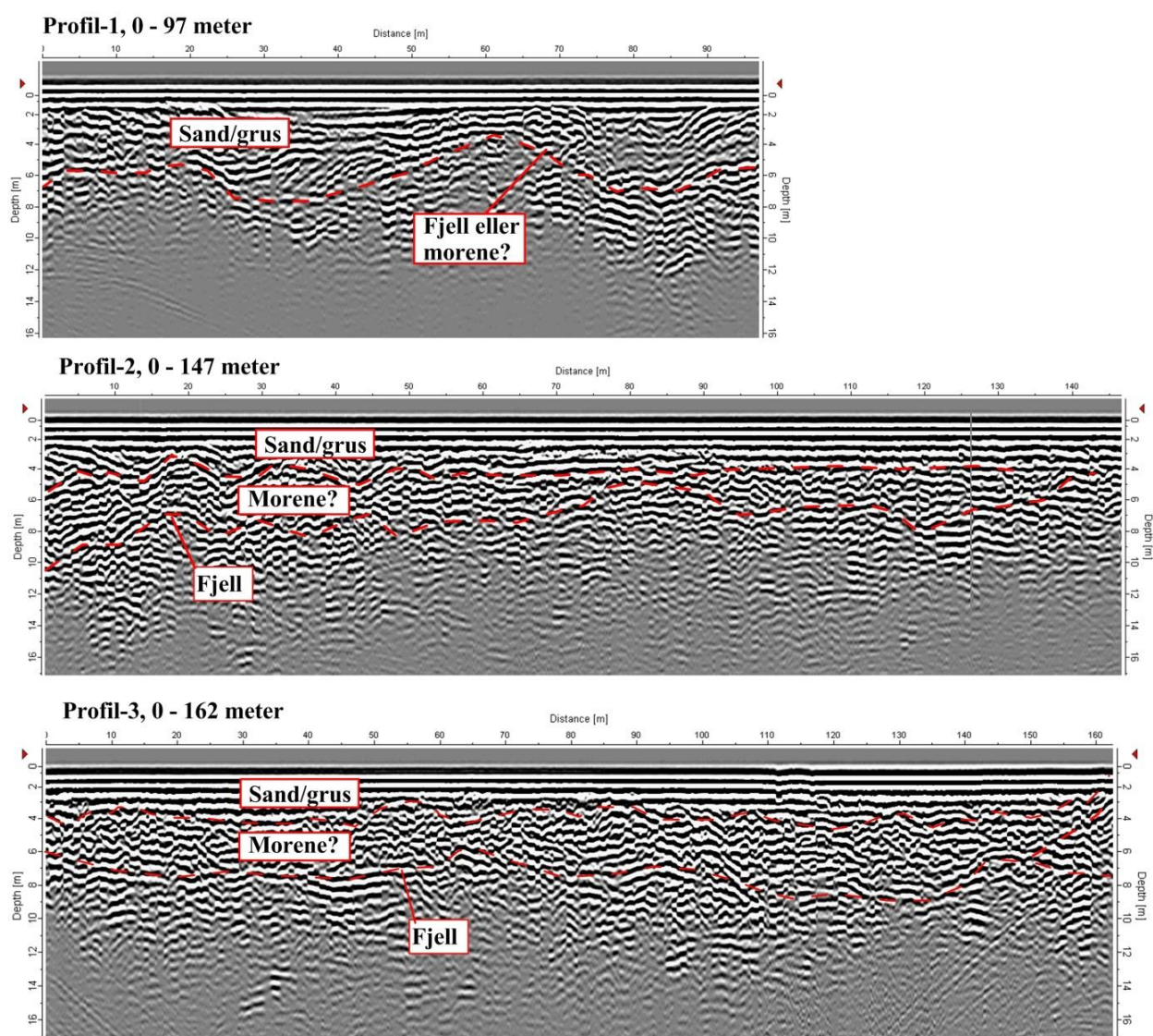
Figur 3. Kartutsnitt med lokalisering av georadarprofiler P1 til P3 i område 1.

Radarprofil 1 går fra sør mot nord og stanser midt ute på jordet, se figur 3. Henholdsvis 30 og 80 meter ut i profilet sees 2 gjenfylte erosjonskanaler hvor reflektorene kan tolkes som 7-8 meter med sand og grus, deretter morene over fjell. Det er vanskelig å tolke om reflektorene mot dypet representerer morene eller fjell.

Profil 2 fortsetter nordover der P1 stanser. Mektigheten av sand og grus ser ut til å avta mot nord. Stort sett er det neppe mer enn 5-6 meter med løsmasser over fjell i hele profilet, og løsmassene domineres med stor sannsynlighet av morene.

Profil 3 går sørover langs vassdraget. Også dette profilet indikerer at løsmassene over fjell i hovedsak består av morene med dårlige egenskaper mht vannuttak.

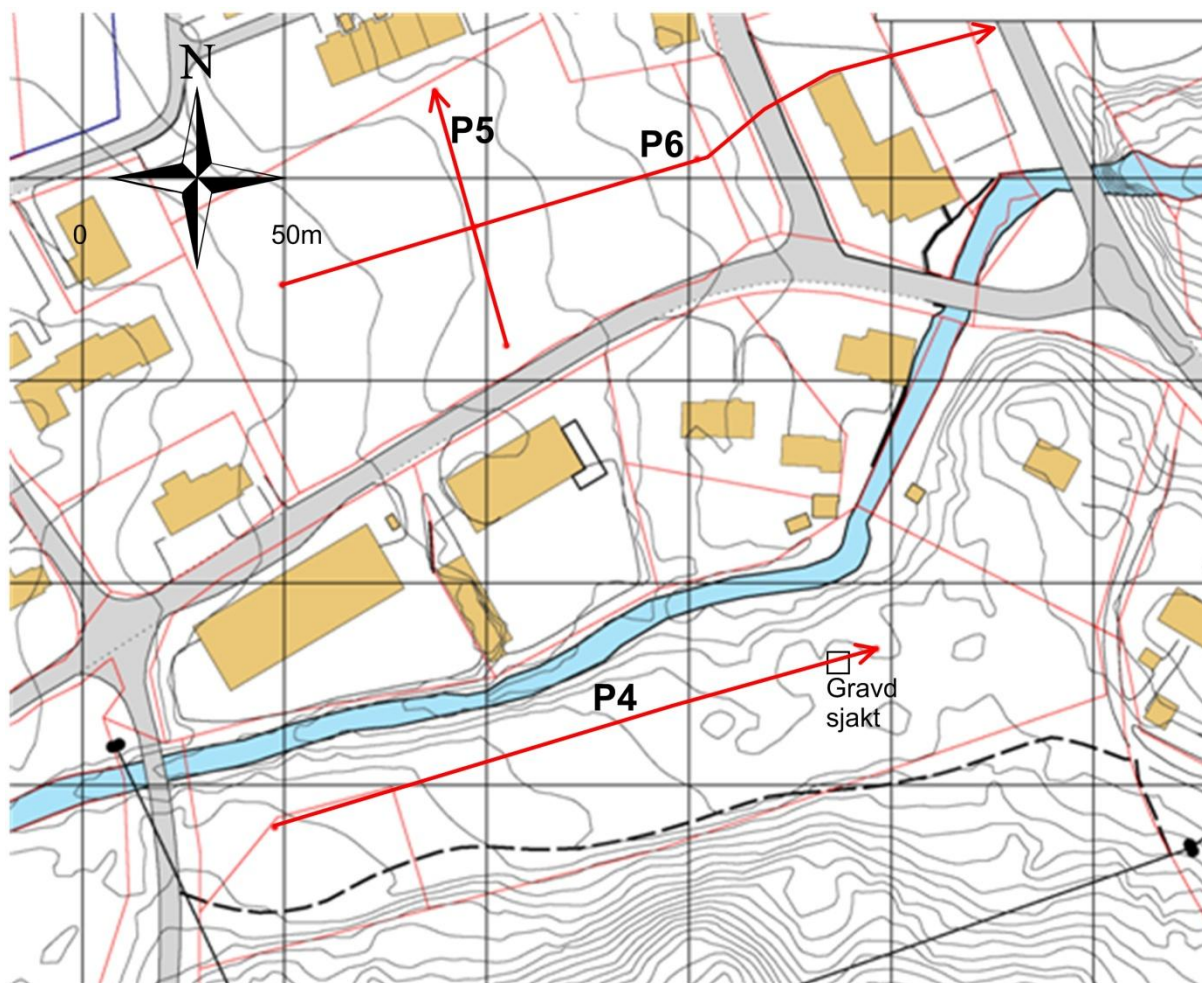
På grunn av liten mektighet med permeabel sand og grus ble det ikke utført borer i dette området.



Figur 4. Radarprofil 1, 2 og 3 i område 1.

4 RESULTATER FRA OMRÅDE 2.

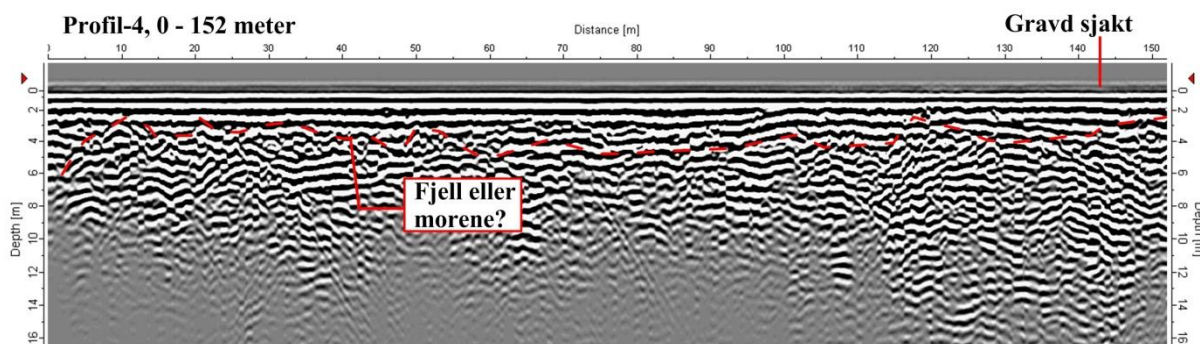
Det ble gått 3 radarprofiler i område 2. Profil 4 sør for sideelva og profil 5 og 6 på et jorde midt i sentrum av Bruflat. Sjaking med gravemaskin ble utført i enden av profil 4.



Figur 5. Kartutsnitt med lokalisering av georadarprofiler P4 til P6 i område 2.

Også i område 2 indikerer radarmålingene at det er grunnlendt på morene og fjell i området.

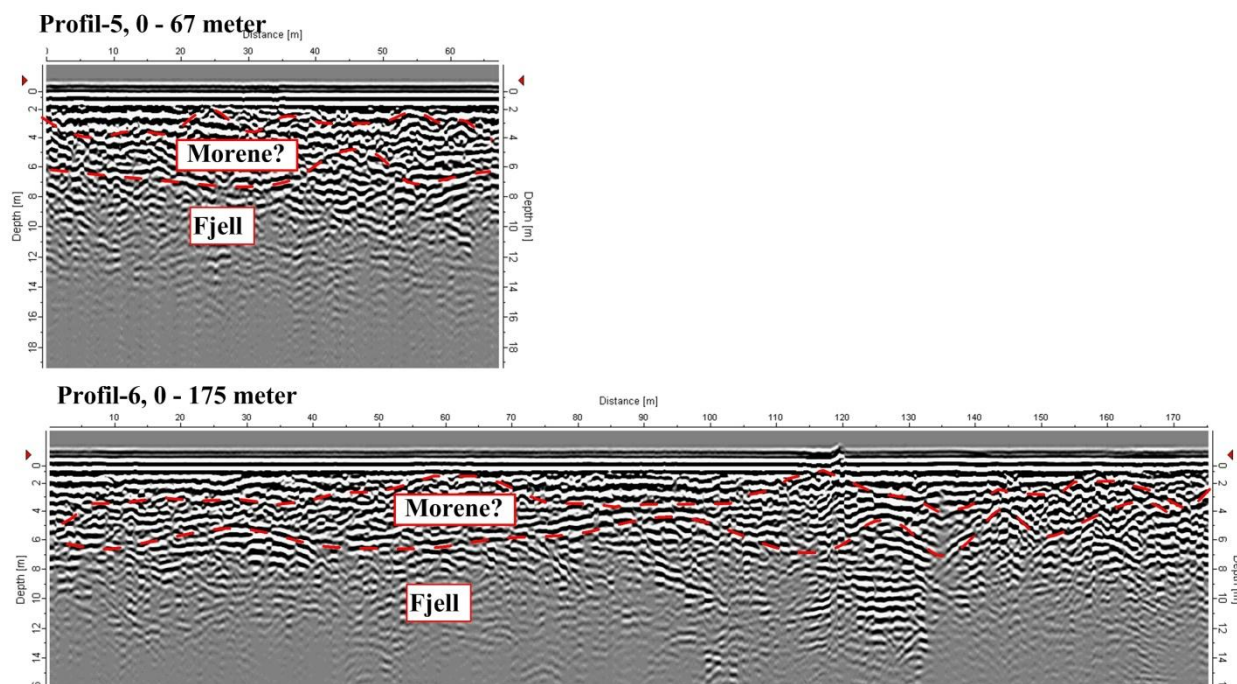
Profil 4 indikerer at det neppe er mer enn 2-4 meter med sand/grus over morene eller fjell i dette området.



Figur 6. Radarprofil 4 sør for sideelva i område 2.

Dette bekreftes av en gravd sjakt utført 12 meter fra enden av profil 4. Sjaktingen viser 2 meter med elvegrus og stor stein over fast lagret steinig morene. Det slo inn noe vann i sjaktveggen på 2,5 meters dyp, men massene under var så tette at vannet ble stående i gropa.

Profil 5 og 6 på jordet i sentrum viser mye det samme. Det er neppe mer en 2-3 meter med sand/grus over morene eller fjell i dette området. Det ble derfor ikke utført ytterligere undersøkelser i form av borer.

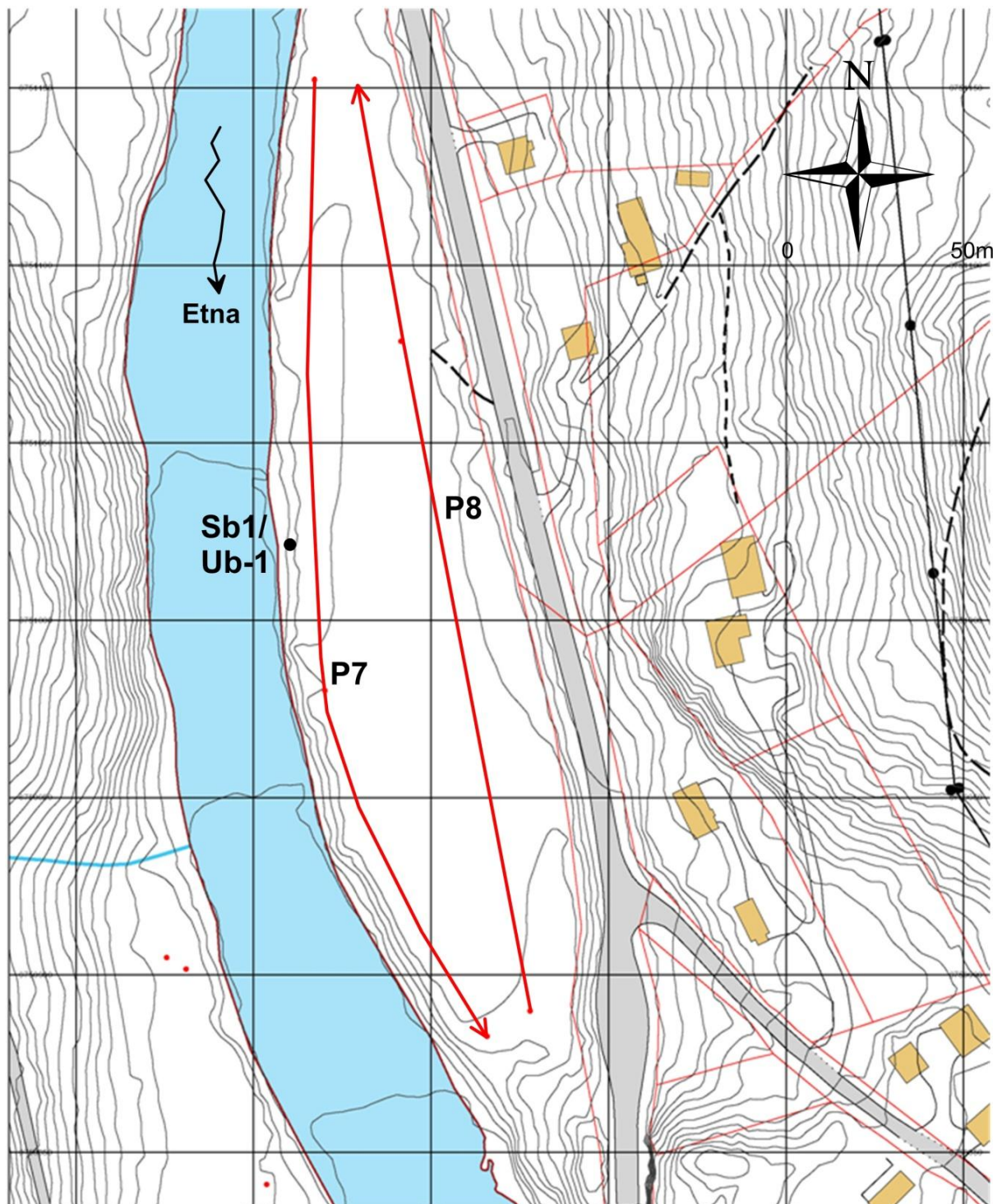


Figur 7. Radarprofil 5 og 6 på jordet i sentrum.

5 RESULTATER FRA OMRÅDE 3

5.1 Georadarmålinger og sonderboring

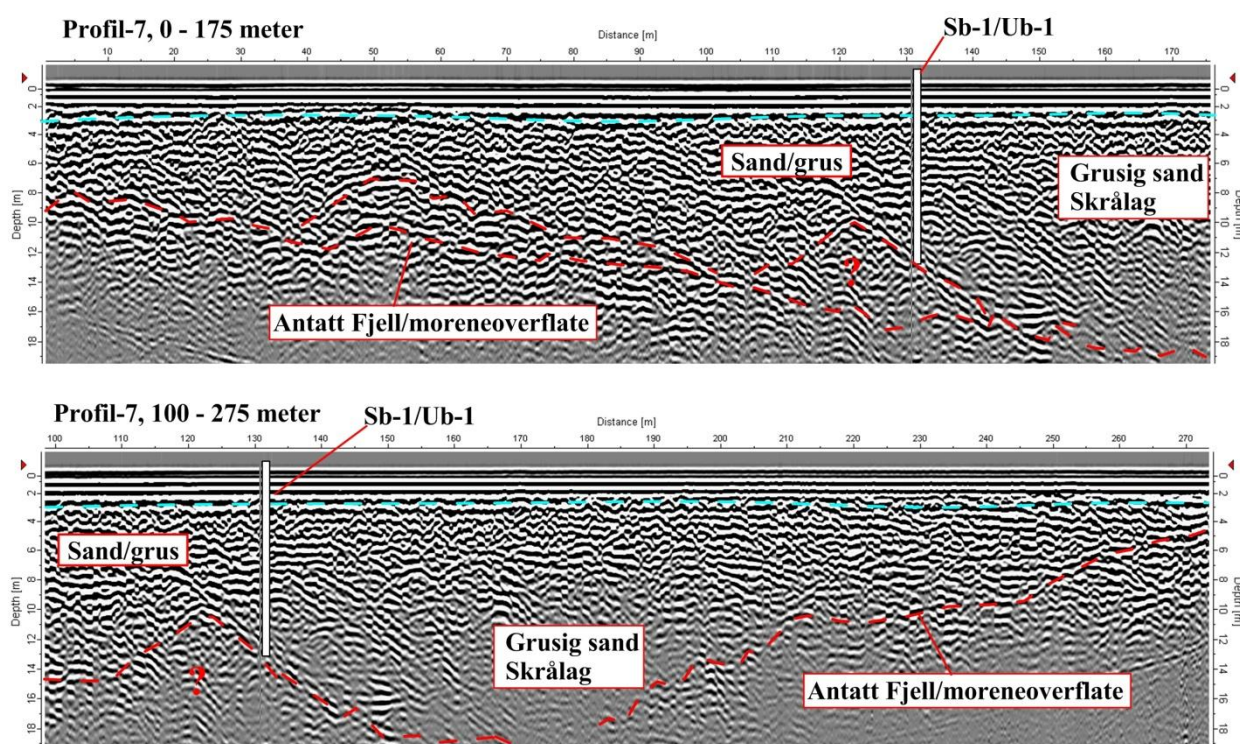
Det ble gått 2 profiler på flaten nord for brua på østsiden av Etna, se figur 8.



Figur 8. Lokalisering av georadarprofil P7 og P8, sonderboring-1 og undersøkelsesbrønn-1 i område 3.

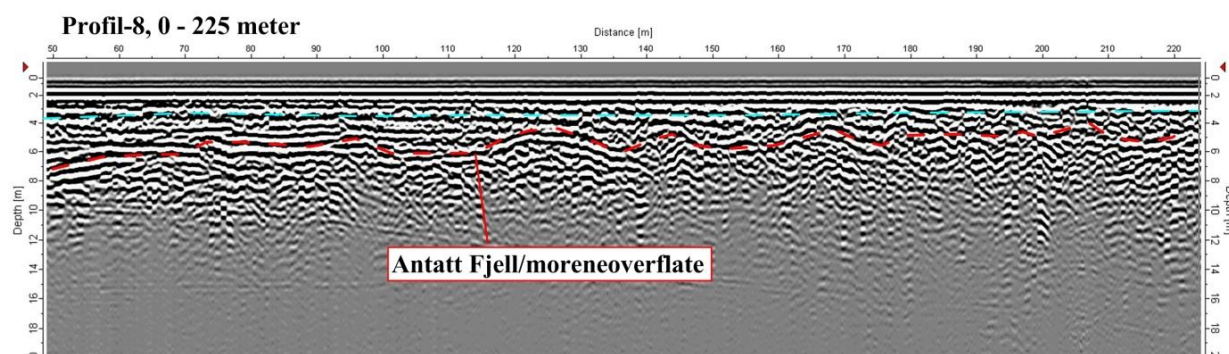
Profil 7 går fra nord mot sør langs jordekanten opp på elvesletta, som ligger 2,5-3 meter høyere enn elva. I dette profilet ser man reflektorer som representerer sedimentstrukturer mer typiske for sand- og grusavsetninger, og en tydelig grunnvannsreflektor (grunnvannsspeilet) på ca. 3 meters dyp. Mektigheten av sand og grus øker fra nord mot sør, spesielt etter 100-130 meter, avhengig av om en oppstikkende reflektor er en fjellterskel eller ikke (se "?" på figur 9). Fra 130 meter og utover til 170 meter ser man deltaskrålag ned til 15-17 meters dyp. Fra 180 meter og videre sørover tolkes en dypere liggende reflektor som fjelloverflaten, som stiger opp etter som man nærmer seg brua hvor det er fjell i dagen.

De dypere liggende skrålagene er mest tydelig i området fra 130 til 155 meter, og det kan være dette området som har de mest vanngivende sedimentene til størst dyp. Fra 155 meter og videre blir reflektorene i dypet mer utydelige, noe som kan indikere en et mer finstoffholdig sediment.



Figur 9. Radarprofil 7, med sonderboring 1 og undersøkelsesbrønn 1 inntegnet (fra N mot S langs elva).

Profil 8 går fra sør mot nord langs østsiden av jordet (nærmere veien). Profilet viser tydelig hvordan mektigheten av sand og grusmasser avtar til 4-6 meter når man nærmer seg fjellsiden i øst.



Figur 10. Radarprofil 8 fra sør mot nord langs østsiden av jordet.

Sonderboring 1 ble utført 131 meter ut i profil 7 (se figur 8 og 9) og 2 meter lavere i terrenget enn radarprofilen oppe på sletta. Man prøvde først å bore oppe på sletta, men dette gikk ikke på grunn av meget steinige masser. Boringen viser vekslende lag av grusig sand og sandig grus med varierende innhold av stein. Boringen ble avsluttet i meget steinige masser på 11 meters dyp. Dette tilsvarer da 13 meters dyp under sletta. Borsynk på 15-23 sekund pr. meter i sand og grus indikerer normalt permeable masser med gode vanngivende egenskaper.

Tabell 1. Sonderboring 1.

	Sonderboring 1/undersøkelsesbrønn 1	Borsynk	
Dato:	14.4.2010	s/m	
Koordinater	X: 534709.917, Y: 6751021.268		
Dyp u/ terreng (m)	Løsmassetype		Dyp u/ elvesletta (m)
0-1	Steinig grus		2-3
1-2	Sandig grus		3-4
2-3	Steinig sand/grus		4-5
3-4	Grusig sand		5-6
4-5	Grusig sand	17	6-7
5-6	Sandig grus	18	7-8
6-7	Sandig grus (stein)	18	8-9
7-8	Sandig grus	17	9-10
8-9	Sandig grus	15	10-11
9-10	Sandig grus (stein)	23	11-12
10-11	Steinige masser		12-13
	Avsluttet mot stein på 11 meter		

5.2 Løsmassenes vanngivende egenskaper

Både georadarmålinger og sonderboring indikerte 12-14 meter med vannmettede og permeable sedimenter i området ved boring 1. Det ble derfor etablert en undersøkelsesbrønn i borepunktet.

Undersøkelsesbrønnen ga 1,2 l/s (70 l/min) i nivåene fra 3-4,5 og 4,5-6 meters dyp, se tabell 2. Dette tilsvarer nivåer fra 5-6,5 og 6,5-8 meter under terreng oppe på sletta.

Erfaringsmessig vil man ved etablering av fullskala rørbrønn i løsmasser hvor sandspissen gir 70 l/min eller mer få godt tilsig mot et kontinuerlig slissefilter. Man er i tillegg rimelig sikker på at kapasiteten i det dypeste nivået skyldes at røret var knekt før pumpingen startet. Uten rørbrudd ville spissen gitt 200-250 l/min (3-4 l/s).

I nivået 3-4,5 meter var det vanskelig å få partikkelfritt vann på grunn av et vist siltinnhold. I nivået fra 4,5-6 meter ble grunnvannet klart og uten synlige partikler etter 30 minutters pumping.

Det ble gjort 2 forsøk på å drive ned sandspissen dypere enn 6 meter, men dette medførte rørbrudd ved begge forsøk. Etter første rørbrudd måtte det utføres ny sonderboring, da massene var forsteinige til å slå rør på direkten (uten forboring). Grusmassene inneholder så mye stor stein, at det er nesten umulig å komme dypere uten borerigg.

Tabell 2. Resultater fra undersøkelsesbrønn 1 i sonderboring 1.

Sted: Bruflat, Etnedal kommune			Undersøkelsesbrønn 1a og 1b			Dato: 14.4.2010	
Koordinater:		Sone:	Ø-V: 534709.917			N-S6751021.268	
Brønntype: Ø32 mm rør med 1,5 m sandspiss med slisset filter							
Grunnvannsnivå: ca. 1,0 m under terreng.							
Merknad: 2 spisser til 6 m under terreng, rørbrudd på 4,5 meters dyp i begge							
Dyp (m)	Løsmasstype	Slam farge	Kapasitet l/s	Prøver	Temp °C	Ledningsevne µS/cm	Merknad
3-4,5	Grusig sand	Brun	1,2 l/s	VP, SP	2,0	53,2	Noe turbid vann etter 30 minutters pumping
4,5-6	Sandig grus	Brun	1,2 l/s	VP, SP	2,1	54,6	Spylevann forsvinner innimellom. Klart etter 30 minutter.

Kornfordelingskurver for oppspylte masseprøver fra de to nivåene fremgår av vedlegg 1. I tabell 3 er hydraulisk ledningsevne (permeabiliteten K) beregnet ved hjelp av Gustafson's formel. Permeabiliteten K er et uttrykk for massenes evne til å transportere vann.

Prøven fra 3-4,5 meters dyp viser en dårlig sortert grusig sand med et siltinnhold på 4 %. Permeabiliteten er beregnet til 27,6 m/d.

Prøven fra 4,5-6 meter viser en godt sortert grusig sand, som ikke inneholder silt. Sorteringsgraden er beregnet til 2,8 og permeabiliteten til 300 m/d. På grunn av rørbrudd har man ikke sedimentprøver fra større dyp, og derfor ikke nok data til å beregne permeabilitet i flere nivåer. Beregninger av Transmissiviteten (profilpermeabiliteten) blir derfor meget usikre.

Tabell 3. Sorterings- og permeabilitetsverdier(K), angivelse av % -andel >0,8mm i sedimentprøver fra Ub-1

Dyp (m)	Ub-1 Løsmasstype	* d ₁₀	* d ₆₀	Sortering d ₆₀ /d ₁₀	Permeabilitet (K, m/sek)	Permeabilitet (K, m/d)	% grovere enn 0,8 mm
3-4,5	Grusig sand	0,175	1,5	8,5	3,2E-04	27,6	70
4,5-6	Sandig grus	0,56	1,6	2,86	3,5E-03	300	80

Ytelsen til en løsmassebrønn er avhengig av løsmassenes hydrauliske ledningsevne (massenes evne til å transportere vann), tykkelsen av vannførende lag (m), og hvor stor senkning som kan tillates og forholdene for nydannelse av grunnvann. Produktet av massenes hydrauliske ledningsevne (K) og mektigheten av vannførende lag (m) kalles Transmissivitet (T), og gir et mål for vannstrømningen.

1) Transmissivitet $T = K \times m$ (hvor K er permeabilitet og m er vannførende mektighet)

Man har videre som eksempel benyttet den laveste verdien for permeabilitet fra nivået 3-4,5 meter (27,6 m/d). Forutsatt en midlere permeabilitet av denne størrelsesorden, og vannmettet mektighet på 13 meter, blir transmissiviteten T lik 359 m²/d. Teoretisk avsenkning i en brønn ved uttak av $Q_{dim}=18$ m³/t kan beregnes med formelen:

$$2) S_{well} = \frac{Q}{2\pi T} \cdot \ln \frac{R_0}{r} \text{ (Thiem)}$$

Parametrene i formelen er:

S_{well} = Beregnet avsenkning ved uttak av Q (maksimal senkning i brønnen kan settes til 7,0 m)

Q = Dimensjonerende vannmengde lik 18 m³/t

T = Transmissivitet = 359 m²/d

R_0 er influensradius som settes til 100 m

r er brønnens radius = 0,084 m

Innsatt formelen gir de beregnede verdier for Transmissivitet fra den laveste permeabilitetsverdien en avsenkning av størrelsesorden 1,34 meter ved uttak av 18 m³/t. Settes transmissiviteten til det halve blir avsenkningen 2,68 meter. Verdiene er i dette tilfellet høyst teoretiske, men viser likevel at et grunnvannsuttak av denne størrelse vil være mulig i området ved Ub-1. Eksempelvis vil en avsenkning av størrelsesorden 2,68 meter medføre at man fortsatt har en tilgjengelig vannhøyde på 7 meter i en brønn med filter fra 13-16 meter under terreng i det aktuelle området.

5.3 Grunnvannets fysisk – kjemiske kvalitet

Under uttak av vann- og sedimentprøver ble det observert gråbrun slamfarge ned til 6 meters dyp, se tabell 2. Brunfargen viser at det er oksiderende forhold i den delen av grunnvannssonen man fikk undersøkt, med utfelt jern i sedimentet.

Grunnvannets elektriske ledningsevne og temperatur ble registrert under pumping, jevnfør tabell 2 og 3. Vannets elektriske ledningsevne er direkte proporsjonal med innholdet av løste bestanddeler (ioner i form av løste mineraler og salter).

Ned til 6 meter ble grunnvannets temperatur målt til 2-2,1 °C. På samme tidspunkt ble vanntemperaturen i Etna målt til 0,1 °C. Såfremt man hadde kommet dypere, ville kontrasten mellom grunnvannstemperaturen og elva vært enda større.

Grunnvannets elektriske ledningsevne ble målt til 53,2 og 54,6 µS/cm i Ub-1. Ledningsevnen i Etna ble målt til 39 µS/cm. Grunnvannets lave ledningsevne viser at innholdet av løste bestanddeler er lavt, noe som både reflekterer at man pumper på overflatenært grunnvann, og mineralsammensetningen i løsmasser og berggrunn. Normalt vil ledningsevnen øke noe mot dypet, som følge av lengre oppholdstid.

Det ble tatt 2 grunnvannsprøver, hvorav prøven fra 4,5-6 meter er analysert mht fysisk-kjemiske parametere. Analyseresultatene er vist i vedlegg 2.

Grunnvannet fra 4,5-6 meter reagerer surt og har lav alkalitet (pH=6,67 og alkalitet=0,28 mmol/l). Fargetallet er lavere enn 2.

Innholdet av kalsium er analysert til 7 mg/l og magnesium til 0,7 mg/l. Nitrat målt som NO₃ foreligger i lav konsentrasjon (3,36 mgNO₃/l), noe som indikerer liten påvirkning fra dyrket mark.

Innholdet av jern, mangan og øvrige metaller og salter er lavt. Kobber og øvrige tungmetaller er ikke påvist over laboratoriets deteksjonsgrenser. **Med unntak for turbiditet tilfredsstiller alle parametere Drikkevannsforskriftens krav til godkjent drikkevann.** Turbiditeten skyldes imidlertid at prøven er tatt etter kun 30 minutters pumping på en sandspiss med 3mm lysåpning. Ved lengre pumping eller pumping fra en brønn med et bedre tilpasset filter vil turbiditeten ikke være noe problem.

Den analyserte vannprøven representerer et overflatenært grunnvann og er av orienterende karakter (viser det naturlige grunnvannets sammensetning). Det ligger en viss usikkerhet i at man ikke fikk tatt prøver på større dyp.

Ved et kontinuerlig grunnvannsuttak vil man øke gjennomstrømningshastigheten og dermed redusere vannets oppholdstid i magasinet. Det kan derfor inntreffe mindre endringer i vannkvalitet når en ny grunnvannsbrønn tas i bruk. Dette må dokumenteres ved langtidsprøvepumping med uttak av grunnvannsprøver.

6 PLASSERING OG DIMENSJONERING AV PRODUKSJONSBØNN

6.1 Forslag til plassering og brønnløsning – Diskusjon

De utførte georadarmålinger viser at område 3 er det beste og trolig eneste området hvor det er gunstige forhold for uttak av grunnvann fra løsmasser i det undersøkte området.

I profil 7 øker mektigheten av sand og grus fra nord mot sør, se figur 9 side 9. Fra 130 meter og utover til 170 meter i profilet ser man deltaskrålag ned til 15-17 meters dyp. De dypere liggende skrålagene er mest tydelig i området fra 130 til 155 meter, og det kan være dette området som har de mest vanngivende sedimentene til størst dyp. Fra 155 meter og videre blir reflektorene i dypet mer utydelige, noe som kan indikere en et mer finstoffholdig sediment.

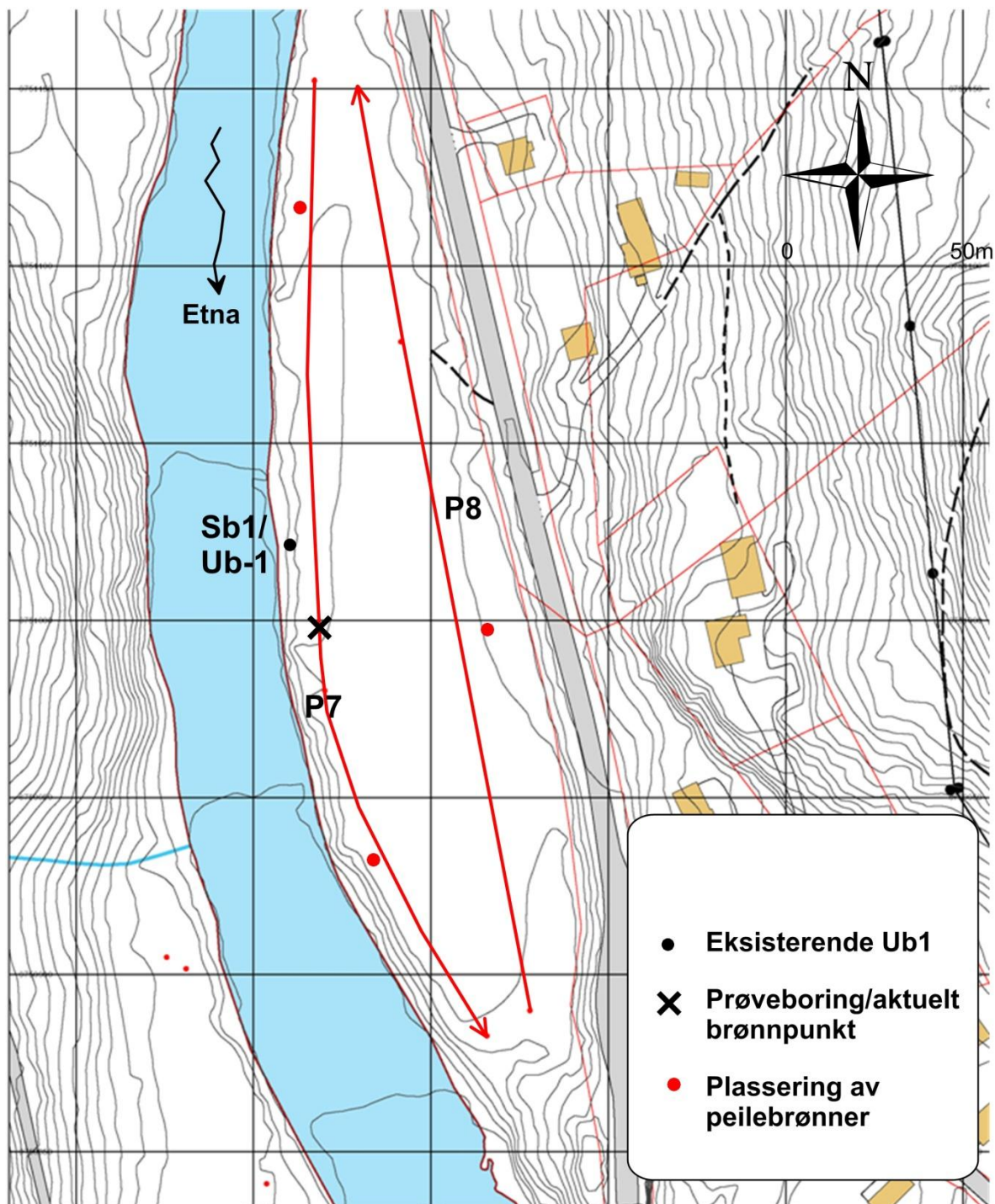
Sonderboring 1 utført 131 meter ut i profil 7, viser gunstige løsmasser ned til 13 meters dyp (målt fra elvesletta), hvor boringen ble avsluttet i meget steinige løsmasser. En grunnvannsprøve fra 6,5-8 meters dyp (målt fra elvesletta), viser et vann av god kvalitet, hvor alle parametere tilfredsstiller Drikkevannsforskriftens krav. Selv om man mangler data fra større dyp, er indikasjonene gode nok til at man anbefaler å gå videre.

Det foreslås en prøveboring med liten Odex-dimensjon (115 eller 140) i et punkt 155 meter ut i radarprofil 7. Dette blir 24 meter sør for undersøkelsesbrønn 1. Boringen utføres i samme runde som brønnetableringen, og settes oppe på elvesletta (dyrket mark) for å unngå at brønnpunktet blir flomutsatt. Man bør holde seg helt ute på kanten mot elva, fordi radarprofil 8 viser at mektigheten avtar raskt når man beveger seg østover. Boringen utføres for å oppnå best mulig plassering av inntaksfilteret i produksjonsbrønnen. Det monteres 2" filter og stigerør av plast i boringen, slik at denne kan fungere som peilebrønn under påfølgende prøvepumping.

Ved prøveboring tas det ut sedimentprøver fra vannspeilet og ned til fjell eller morene. Ut fra radarprofil 7 kan det være 16-17 meter med sand/grus over morene eller fjell i dette punktet. Under uttak av sedimentprøver beskrives fargen på masseprøvene. Filteret i produksjonsbrønnen settes fortrinnsvis i masser med brun farge, for å unngå eventuelle problemer med jern og mangan mot dypet. Såfremt slamfargen er brun ned til morene eller fjell, settes filteret så dypt som mulig, forutsatt at sand/grusmassene er permeable/grove nok. Det anbefales at hydrogeolog er til stede under denne prøveboringen.

I tillegg til prøveboringen og produksjonsbrønnen må det bores ned ytterligere 3 peilebrønner for måling av grunnvannsnivå under prøvepumping. De 2 sandspissene som ble slått ned i forundersøkelsen kan ikke brukes som peilebrønner på grunn av rørbrudd. En produksjonsbrønn nr. 2 etableres senere, hvis langtidsprøvepumpingen dokumenterer tilfredsstillende kapasitet og kvalitet.

Kart med plassering av prøveboring/produksjonsbrønn og 3 peilebrønner fremgår av figur 11 neste side. Dimensjonering av fullskala produksjonsbrønn fremgår av avsnitt 6.2.



Figur 11. Kartutsnitt med plassering av prøveboring/produksjonsbrønn og peilebrønner.

6.2 Dimensjonering av produksjonsbrønn

Det etableres i første omgang 1 produksjonsbrønn 1-2 meter fra ny prøveboring, se plassering på figur 11. Prøveboring og etablering av produksjonsbrønn gjøres i samme runde.

Aktuell brønndiameter er styrt av ønsket vannuttak/pumpestørrelse. For uttak av dimensjonerende vannmengde lik $18 \text{ m}^3/\text{t}$ (5 l/s), vil det greie seg med brønn med diameter 168 mm (6,5" brønn). Med tanke på fleksibilitet med hensyn til vannmengde, pumpestørrelse og annen instrumentering (trykkføler), anbefales etablering av brønn med diameter 219mm.

Kornfordelingsanalysene på prøver fra undersøkelsesbrønn 1 ned til 6 meters dyp (8 meter under sletta) viser at man ut fra disse prøvene kunne valgt 1,5mm slissebredde. Siden man ikke har sedimentprøver fra dypere lag eller aktuelt brønnpunkt, settes slissebredden til 0,8mm. Dette sikrer at man unngår problemer med sandinngang gjennom filteret, såfremt massene skulle være mer finkornige.

De oppgitte dybder og lengder i tabellen 4 forutsettes at det er 18 meter til morene eller fjell i brønnpunktet, og kan derfor bli endret med bakgrunn i resultatene fra prøveboringen.

Tabell 4. Brønnspesifikasjoner for produksjonsbrønn plassert ca. 24 meter sør for Ub-1.

Godskvalitet, brønnarmatur	Syrefast stål
Totalt brønndyp (under terreng)	18,5 meter
Vinkel fra horisontallinjen	Loddboring (90°)
Diameter stigerør	219,1/213,9 mm
Stigerørslengde (m)	15 meter + 1 meter over terreng = 16,0 meter
Filtertype	Kontinuerlig slissefilter i beiset utførelse
Diameter filter	217mm
Filterlengde	3 meter
Filterplassering	15,0-18,0 under terreng
Slissebredde/lysåpning	0,8mm
Sumprør	0,5 meter

For å unngå turbulent strømming gjennom filteret må vannuttaket være tilpasset åpent innstrømningsareal (perforasjon) i filteret. For stor vannhastighet kan forårsake omlagring av sedimentet og kavitasjon på filteret. Den kritiske hastighet for filtre av den aktuelle type er angitt til 3 cm/s. Hastigheten gjennom filteret er en funksjon av forholdet mellom vannuttaket og filterets samlede lysåpning.

Filteret i brønnen har et åpent areal på ca. 28 %. Ved uttak av $Q_{\text{dim}} = 18 \text{ m}^3/\text{t}$ er hastigheten gjennomfilteret 0,88 cm/s. Dette er 29 % av den kritiske hastigheten. Det dimensjonerte filteret muliggjør i teorien uttak opp mot $60 \text{ m}^3/\text{t}$ uten at man får turbulent strømming.

6.1 Sikring av nye produksjonsbrønn

Ved senkhammerboring blir massene rundt brønnrøret omrørte og løst lagret. For å unngå vertikal nedtrengning av vann med kort oppholdstid langs stigerøret, skal brønnene sikres med svelleleire fra 1 meter over øvre filterkant og 1 meter videre under opptrekking av foringsrøret.

Foringsrøret settes igjen som ekstra beskyttelse fra 2 meter over øvre filterkant. Deretter fylles det svelleleire mellom foringsrør og stigerør og legges svelleleire på utsiden av foringsrøret fra terrengoverflaten og ned til ca. 0,5 meters dyp.

7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

De utførte undersøkelser viser gode muligheter for uttak av de aktuelle mengder grunnvann ($18 \text{ m}^3/\text{t}$) fra løsmassene under elvesletta i område 3. Foreliggende analyser på en grunnvannsprøve fra 6,5-8 meters dyp (målt fra elvesletta) viser at grunnvannets naturlige kvalitet er god.

En rørbrønn med filteret plassert så dypt nede i grunnvannssonen som mulig, vil med stor sannsynlighet gi vann av stabil og god kvalitet på grunn av lang oppholdstid i grunnen.

Vi anbefaler derfor at det utføres en prøveboring 24 meter sør for undersøkelsesbrønn 1, og deretter etableres en fullskala prøvebrønn ved denne prøveboringen. Plassering av brønn og brønnspesifikasjoner fremgår av avsnitt 6. I forbindelse med brønnboring nedbores det 3 peilebrønner for måling av grunnvannsnivå. Produksjonsbrønn nr. 2 etableres senere, hvis langtidsprøvepumpingen dokumenterer tilfredsstillende kapasitet og kvalitet.

Etter brønnetablering må brønnen kapasitetstestes og deretter langtidsprøvepumpes med uttak av $18 \text{ m}^3/\text{t}$ (5 l/s) for å dokumentere kapasitet og vannkvalitet over tid. I tillegg benyttes dataene til å vurdere influens- og tilsigsområdet, som igjen danner grunnlag for beskyttelsessoner (klausulering) av grunnvannsmagasinet. Forslag til videre arbeid fremgår av avsnitt 8.

8 VIDERE ARBEID

De utførte undersøkelser viser gode muligheter for uttak av de aktuelle mengder grunnvann (18 m³/t) fra løsmassene under elvesletta i område 3. Det foreslås at tilbudsforespørsel sendes til 3-4 forskjellige boreentreprenører.

Parallelt med brønnboringen må det settes ned 3 peilebrønner for måling av grunnvannsnivå under prøvepumping. Produksjonsbrønnen testpumpes først i ca 1 dag for bestemmelse av brønnnyttelse og hydrauliske parametere (kapasitetstest). For å få en sikker dokumentasjon på både fysisk-kjemisk og hygienisk vannkvalitet, samt brønnens og magasinetts kapasitet gjennomføres så en prøvepumping over minst 6 måneder. I prøvepumpingsperioden måles grunnvannsnivået i peilebrønnene og produksjonsbrønnen, det måles temperatur og elektrisk ledningsevne i felt og det tas vannprøver for vannanalyser. Resultatet av prøvepumpingen benyttes til å:

- Avklare behov for vannbehandling
- Utarbeide beskyttelsesplan i form av sonegrenser med aktivitetsregulerende bestemmelser (klausulering)
- Gi datagrunnlag for konsesjonssøknad
- Foreslå sikring rundt selve brønnen
- Foreslå plassering av ytterligere enn produksjonsbrønn basert på resultatene fra langtidsprøvepumping

Asplan Viak bistår gjerne videre med følgende arbeider.

- Tilbudsforespørsel til boreentreprenører
- Oppfølging under brønnetablering.
- Korttids testpumping av brønnen (trinnvis pumpetest for bestemmelse av spesifikk kapasitet).
- Utarbeide manual for langtidsprøvepumping
- Oppstart og bistand under langtidsprøvepumping av brønn.
- Søknad om plangodkjenning i henhold til Drikkevannsforskriften.
- Utarbeide beskyttelsesplan (klausulering) og sette opp forslag til avtaler med grunneiere som blir berørt av klausuleringen av brønnområdet.
- Søknad om endelig godkjenning av vannverket i henhold til Drikkevannsforskriften.
- Søknad om uttak av grunnvann i henhold til Vannressursloven (NTE).
- Detaljprosjektering av hele grunnvannsanlegget (brønnområde, ledningsnett, vannbehandling etc.).

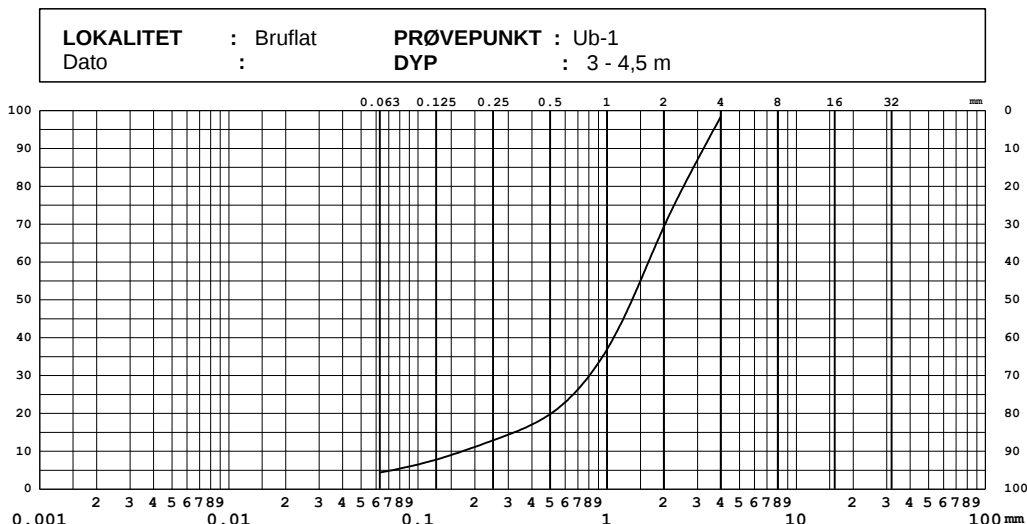
VEDLEGG

Vedlegg 1: Kornfordelingskurver fra Ub-1

Vedlegg 2: Analyseresultater fra Ub-1

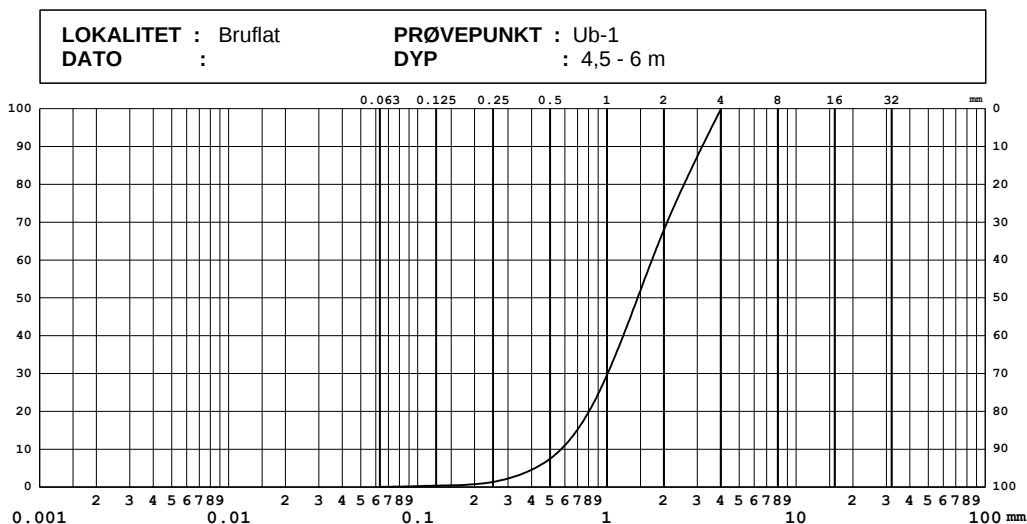
Vedlegg 1: Kornfordelingskurver fra Ub-1

VEKT-% FINERE ENN D (SIKTEGGJENNOMGANG)



VEKT-% GROVERE ENN D (SIKTEREST)

VEKT-% FINERE ENN D (SIKTEGGJENNOMGANG)



VEKT-% GROVERE ENN D (SIKTEREST)

Vedlegg 2: Analyseresultater fra Ub-1

Brønnr./sted:	Enhet	Ub-1 4,5-6 m		
Dato		14.04.2010		
Brønntype		undersøkelsesbrønn		
Analysenr. (NGU)		2010.017		
Brønndimensjon (mm)				
Koordinater:				
Sone		32V		
X-koordinat				
Y-koordinat				
Fysisk/kjemisk		Felt	Lab	Grenseverdi
Surhetsgrad	pH		6,67	6,5-9,5
Ledningsevne	mS/m		5,39	250
Temperatur	°C			
Alkalitet	mmol/l	0,28		
Fargetall	mg Pt /l	<2		20
Turbiditet	FNU	10,2		4
Anioner				
Fluorid	mg F/l	< 0.05		1,5
Klorid	mg Cl/l	1,34		200
Nitritt	mg NO2/l	< 0.05		0,16
Bromid	mg Br/l	< 0.1		
Nitrat	mg NO3/l	3,36		44
Fosfat	mg PO4/l	< 0.2		
Sulfat	mg SO4/l	4,9		100
Sum ALK og anioner	mekv/l	0,42		
Kationer				
Silisium	mg Si /l	1,800		
Aluminium	mg Al/l	<0.02		0,2
Jern	mg Fe/l	0,0139		0,2
Magnesium	mg Mg/l	0,669		
Kalsium	mg Ca/l	7,010		
Natrium	mg Na/l	1,180		200
Kalium	mg K/l	0,520		
Mangan	mg Mn/l	0,0059		0,05
Kobber	mg Cu/l	<0.005		0,1
Sink	mg Zn/l	0,006		0,3
Bly	mg Pb/l	<0.005		0,01
Nikkel	mg Ni/l	<0.005		0,02
Kadmium	mg Cd/l	<0.0005		0,005
Krom	mg Cr/l	<0.002		0,05
Fosfor	mg P/l	<0.05		1,1
Sum kationer	mekv/l	0,46		
lonebalanseavvik	mekv/l	4,5		