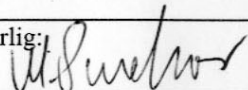


Rapport nr.: 2002.082		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvann og grunnvarme fra dype dalfyllinger langs Glåma			
Forfatter: Hansen, L., Rohr-Torp, E., Tønnesen, J.F, Rønning, J. S. & Mauring, E.		Oppdragsgiver: Norge geologiske undersøkelse	
Fylke: Hedmark		Kommune: Grue, Åsnes, Våler, Elverum og Stor-Elvdal	
Kartblad (M=1:250.000) Hamar, Torsby, Lillehammer		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Brandval 2015 I, Flisa 2016 II, Våler 2016 III, Elverum 2016 IV, Løten 1916 I, Rena 1917 II, Evenstad 1917 I, Myklebysjøen 1917 IV, Koppang 1918 III	
Forekomstens navn og koordinater: Se sammendrag		Sidetall: 47	Pris: 212 kr
Feltarbeid utført: 6.-16.04.2000	Rapportdato: 24.01.2005	Prosjektnr.: 294300	Ansvarlig: 

### Sammendrag:

Refleksjonsseismiske profiler (6) og sonderboringer (13) er utført i Glåmas dalføre med henblikk på å finne dyptliggende grunnvanns- og grunnvarmeressurser, og samtidig øke kjennskapet til de dype dalfyllinger langs Glåma. Boringene fordeler seg over kommunene Grue, Åsnes, Våler, Elverum og Stor Elvdal:

Kommune	sted	boring	koordinater UTM sone 32		refleksjons- seismikk	vedlegg
			nord	øst		
Grue	Kirkenær	701	6705200	337580		1a
Åsnes	Ferder Camping, Flisa	698	6720770	636850	ja	1b
Våler	Øyset, Haslemoen	697	6724650	659243	ja	1c
Våler	Ormsetenga	690	6726666	655912		1d
Våler	Overflatevannverk	669	6727150	655550		1d
Våler	Gangvei langs Glåma	691	6728553	654652	ja	1e
Våler	Gangvei langs Glåma	696	6728643	654650		1e
Våler	Brenna	692	6732160	653400		1f
Elverum	Heradsbygd	700	6743950	643870		1g
Elverum	Heradsbygd	695	6743950	643870		1g
Stor Elvdal	Evenstad Skogskole	694	6811924	610846	ja	1h
Stor Elvdal	Koppangøyene	693	6825499	608738	ja	1i
Stor Elvdal	Prestenget	699	6813840	601930	ja	1j

Kun i én boring ble det funnet dyptliggende vannførende lag av grov grus med potensial for varmeutnyttelse (boring 691 i Våler). Høyt jern- og manganinnhold hindrer imidlertid utnyttelse av resursene.

Regionalgeologisk kjennskap og viten om grusavsetninger er en fordel ved leting og planlegging av geofysiske forundersøkelser og boring med henblikk på å finne dyptliggende grunnvanns- og grunnvarmeressurser. Undersøkelsene krever imidlertid risikovillig kapital, og de få data presentert i denne rapport antyder at dyptliggende grunnvann- og grunnvarmeresurser som er tilgjengelige med det anvendte boreutstyret, ikke er utbredt i Glåmas dalføre.

Emneord: Glåmadalføret	kvartærgeologi	dalfyllinger
grunnvann	boring	geofysikk
grunnvarme	refleksjonsseismikk	

## **INNHold**

1.	KONKLUSJONER .....	4
2.	INNLEDNING .....	4
2.1	Noen eksempler på dyptliggende grunnvannsressurser i Norge .....	5
3.	OMRÅDEBESKRIVELSE .....	6
3.1	Valg av lokaliteter .....	6
4.	TIDLIGERE ARBEIDER .....	6
5.	METODER OG UTFØRELSE .....	9
5.1	Refleksjonsseismikk .....	9
5.2	Sonderboringer .....	9
5.3	Prøvepumping .....	10
5.4	Praktiske problemer .....	10
6.	RESULTATER .....	10
6.1	Grue .....	10
6.2	Åsnes .....	10
6.3	Våler .....	11
6.3.1	Anlegg av prøvebrønn .....	11
6.4	Elverum .....	12
6.5	Stor-Elvdal .....	12
7.	DISKUSJON .....	12

## **VEDLEGG**

- Vedlegg 1: Oversiktskart med boringer og seismikkdata
- Vedlegg 2: Glåmdalens kvartærgeologi: dalfyllingernes oppbygging og dannelse
- Vedlegg 3: Refleksjonsseismikk -metodebeskrivelse
- Vedlegg 4: Referanselister

## 1. KONKLUSJONER

Mulighetene for utnyttelse av grunnvann og noen typer av grunnvarmeressurser er oftest knyttet til de grove avsetningstyper som for eksempel sand og grus. Slike sedimenttyper er alminnelig i lagene nær overflaten. Grusforekomster begravd på stort dyp, for eksempel under finkornede hav- og fjordavsetninger, er mindre kjente. Sand- og grusforekomster begravd på stor dybde har den fordel å inneholde oppvarmet grunnvann på grunn av de overdekkende avsetningers isolerende egenskaper. Derfor er det ønskelig å kunne lokalisere grusforekomster på større dyp. Dette er umulig uten geologiske forundersøkelser. Videre er en god forståelse for de ulike sedimenters dannelse og forekomstmåte er en fordel ved leting. En kombinasjon av geofysikk og boring, helst med kraftig utstyr, anbefales ved forundersøkelsene.

Undersøkelsene her utført i Glåmas dalføre består av 6 refleksjonsseismiske profiler og 13 boringer. Kun en lokalitet i Våler, ved boring 691, viser grus på stort dyp. Installasjon av en prøvepumpe viste at grusavsetningen var et grunnvannsreservoar med en ytelse på 15 l/s og en temperatur på 8 grader. Disse verdier viser at det burde være et reservoar med mulighet for både grunnvanns- og grunnvarmeutnyttelse. Imidlertid er jern og manganinnholdet for høyt.

Kjennskapet til oppbyggingen av de dypere deler av Norges daler begrenser seg til det helt generelle, og tilgjengelige data er begrenset. Forståelsen av dalfyllinger og deres oppbygging gir ny informasjon om det norske landskaps dannelse og er nyttig ved leting etter nye ressurser. Dette vil på sikt bidra positivt til fremtidig planlegging og optimal utnyttelse av tilgjengelige ressurser.

## 2. INNLEDNING

Kunnskapen om løsmassefordeling og hydrogeologi i de dypeste delene av norske dalfyllinger er svært mangelfull. Undersøkelser har vært konsentrert om de øvre delene på grunn av tekniske og økonomiske begrensninger og på grunn av at de øvre sedimentlag tradisjonelt er blitt utnyttet som lett tilgjengelige grunnvannsreservoarer, og grus- og sandressurser. En stor del av Norges infrastruktur finnes i dalene og disse utbygges stadig mer. Derfor er det økt press på de tilgjengelige ressurser, og risikoen for forurensning av ressursene nær overflaten dermed er blitt større. Hittil har det vist seg at grunnvann innhentet fra større dyp ofte har forhøyede temperaturer og med fordel kan utnyttes til oppvarming ved hjelp av varmpumper (se avsnitt 2.1). Utover de praktiske aspekter nevnt ovenfor har dalfyllinger også forskningsmessig interesse idet de er hittil uutforskede arkiver med informasjon om vårt fortids klima over lengre tidsrom. Det er derfor flere grunner til å utforske de dypere deler av dalene. Følgelig ble pilotprosjektet 'grunnvann og grunnvarme i dype dalfyllinger' iverksatt i 1999 med utgangspunkt i Glåmas dalføre på Østlandet.

Prosjektet er i sin helhet finansiert av NGU. Hensikten med denne rapporten er å oppsummere data og resultater fra undersøkelsene, å gi forslag til dannelse av deler av Glåmdalens løsmasseinnfylling, og generelt å diskutere mulighetene for utnyttelse av grunnvarme og grunnvann fra dype dalfyllinger.

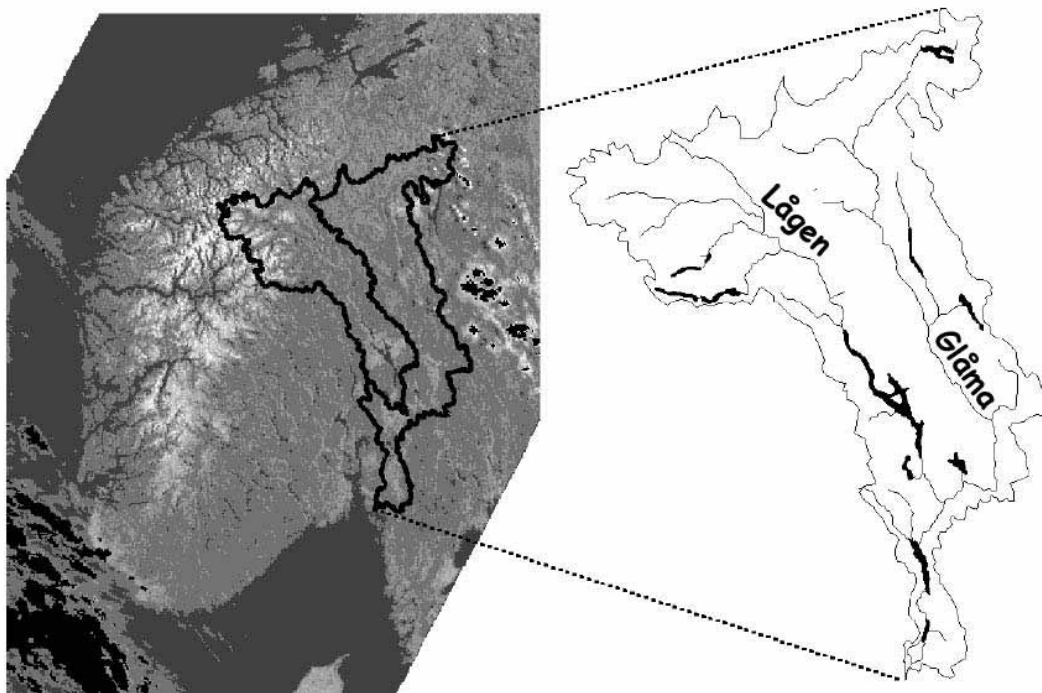
Rapporten gir først en kort beskrivelse av det undersøkte område langs Glåma og utvelgelse av lokaliteter for geologisk undersøkelse med henblikk på å finne potensielle grunnvanns- og grunnvarmeforekomster i de dypere deler av dalfyllingene. De anvendte metoder beskrives før det gjøres en kort oppsummering av de utførte boringer og geofysiske undersøkelser. Data og detaljkart presenteres i vedlegg 1. Vedlegg 2 gir en introduksjon til kvartærgeologi, til Glåmdalens kvartærgeologiske historie og til dalfyllinger. Dessuten gis det forslag til

geologisk tolkning av de utførte boringer og seismiske profiler presentert i vedlegg 1. En detaljbeskrivelse av den refleksjonsseismiske metode presenteres i vedlegg 3. Vedlegg 4 er referanseliste og oppsummerer tidligere grunnundersøkelser langs Glåma.

## 2.1 Noen eksempler på dyptliggende grunnvannsressurser i Norge

I senere år har enkelte dype grunnvannsforekomster blitt registrert:

- Flå i Hallingdal har sin vannforsyning fra en 60 m dyp rørbrønn. Filteret står i grov sand, mens massene over består av tett silt og finsand.
- Hvittingfoss syd for Kongsberg forsynes fra en 50 m dyp rørbrønn. Også her ble grovkornete masser påtruffet under mektige siltlag. Nær sjøen i Lierdalen og i Drammen by har to ca. 100 m dype boringer gjennom leire, kommet ned i vannførende grus over fjell. Disse to uavhengige brønnene pumpes mot varmpumper, og fyrer henholdsvis gartneri og kontorbygg. Temperatur på opptil 10° C er her registrert i grunnvannet under leira (Båsum Boring pers. comm.).
- 45 m dype energibrønner benyttes av Lufthavnen på Gardermoen til oppvarming og avkjøling.
- 30-40 m dype brønner i grovere løsmasser med potensial for energiutnyttelse er utført i Melhus og Sel kommuner.



**Figur 1.** Oversikt over Glåmas og Lågens nedslagsfelter der tilsammen utgjør 41.795 m<sup>2</sup>.

### 3. OMRÅDEBESKRIVELSE

Prosjektområdet er lagt til Glåmas dalføre mellom Kongsvinger i syd og Atna i nord. Den undersøkte delen av dalføret strekker seg over flere kommuner i Hedmark Fylke: Grue, Åsnes, Våler, Elverum og Stor-Elvdal. Glåma er Norges lengste elv (Fig. 1 og 2).

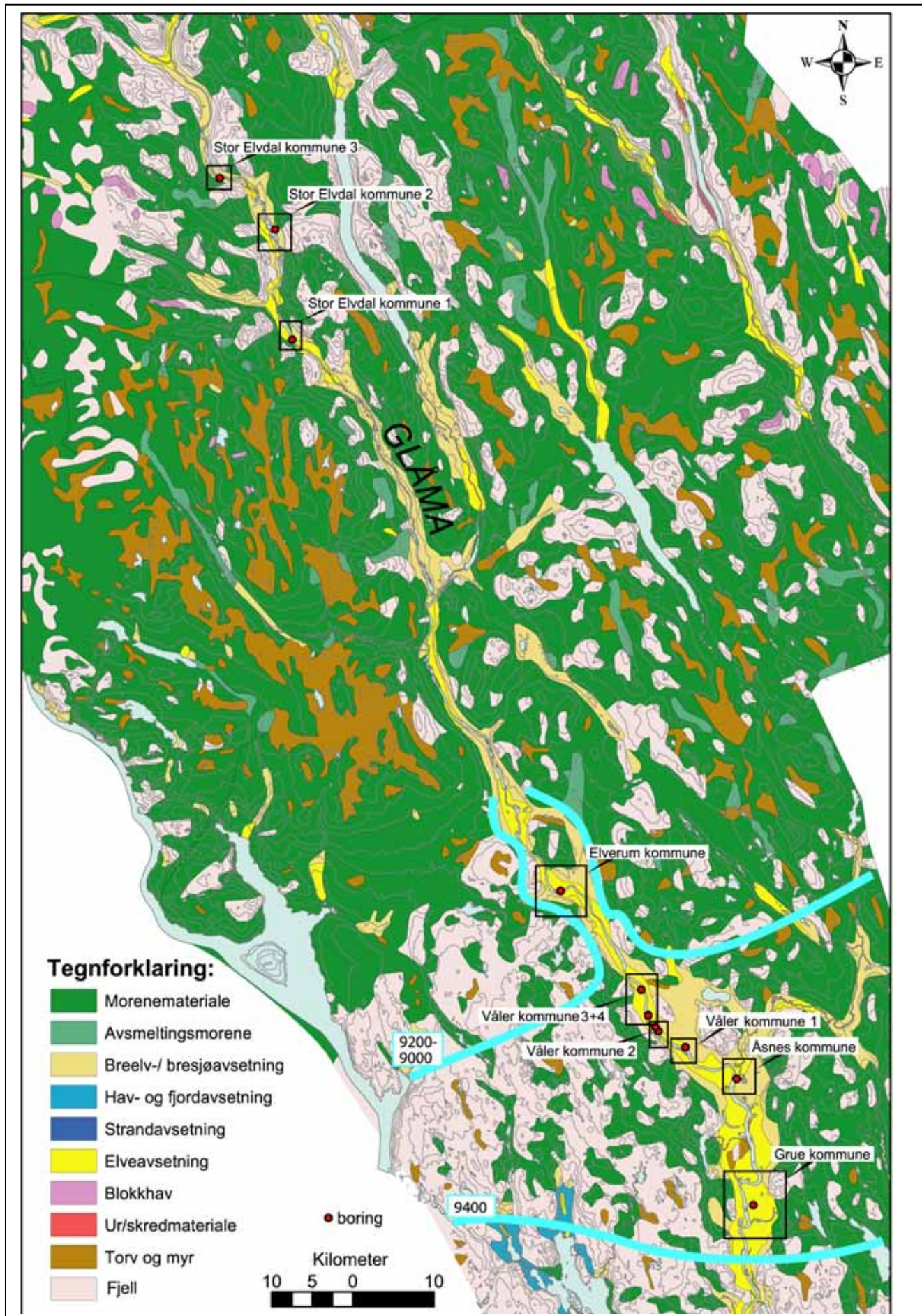
#### 3.1 Valg av lokaliteter

Borepunktene i dalføret ble valgt slik at de fortrinnsvis, men ikke nødvendigvis, ble lagt til lokaliteter der det kan være behov for grunnvarme/vannforsyning (tettsteder, industri, skoler, turistnæring, kirkebygg, idrettsanlegg osv.). Potensielle brukere ble registrert og forespurt før utvelgelsen av borelokaliteter. Dette skulle gjøre det lettere å skaffe delfinansiering til driving av produksjonsbrønn, samt oppfølgende undersøkelser. Ved utvelgelse av borelokaliteter, ble det også lagt vekt på tidligere kvartærgeologiske, geofysiske og hydrogeologiske undersøkelser, og det ble tilstrebet en mest mulig jevn fordeling langs dalføret. De dype undersøkelsene er utført ved en kombinasjon av refleksjonsseismikk og sonderboringer. I enkelte boringer ble det utført prøvepumping. I alt ble det utført 13 dype undersøkelsesboringer og 6 refleksjonsseismiske profiler:

Kommune	sted	boring	koordinater UTM sone 32		refleksjonsseismikk	vedlegg
			nord	øst		
Grue	Kirkenær	701	6705200	337580		1a
Åsnes	Ferder Camping, Flisa	698	6720770	636850	ja	1b
Våler	Øyset, Haslemoen	697	6724650	659243	ja	1c
Våler	Ormsetenga	690	6726666	655912		1d
Våler	Overflatevannverk	669	6727150	655550		1d
Våler	Gangvei langs Glåma	691	6728553	654652	ja	1e
Våler	Gangvei langs Glåma	696	6728643	654650		1e
Våler	Brenna	692	6732160	653400		1f
Elverum	Heradsbygd	700	6743950	643870		1g
Elverum	Heradsbygd	695	6743950	643870		1g
Stor Elvdal	Evenstad Skogskole	694	6811924	610846	ja	1h
Stor Elvdal	Koppangøyene	693	6825499	608738	ja	1i
Stor Elvdal	Prestenget	699	6813840	601930	ja	1j

### 4. TIDLIGERE ARBEIDER

Hedmark Fylke er blitt kartlagt mht kvartærgeologi og geomorfologi i målestokk 1:250 000 (Sollid & Kristiansen 1983, Fig. 2). Tabell 1 gir en forklaring av jordartene presentert på det kvartærgeologiske kart. Det er dessuten gjort detaljerte geologiske undersøkelser i enkelt-områder. Dette gjelder området ved Elverum som er beskrevet og kartlagt i 1: 50 000 (Bargel 1982). Dette arbeidet inkluderer grunnundersøkelser vha seismikk. Dessuten finnes det kvartærgeologiske kart for Braskereidfoss og Jømna i 1:20.000 (Bargel 1981; Goffeng & Bargel 1986). For Haslemoen er det utarbeidet en avsetningsmodell og utført en hydrogeologisk analyse (Riis 1992). For Elverumsområdet er det gjort kartlegging av grunnvarmepotensiale på grunnlag av grunnundersøkelser (Kalskin & Hilmo 1999a; 1999b). På Terningmoen i Elverum er det gjennomført undersøkelser og prøvepumping av fullskala brønn med tanke på grunnvarme til militærleiren (Rohr-Torp 2003). På Rena har Norges vassdrags- og energidirektorat de seneste år gjennomført detaljerte undersøkelser med tanke på samspill mellom elv og grunnvann (Colleuille et al. 2004a, 2004b, 2004c). Det er tidligere gjort en mengde grunnundersøkelser blant annet i forbindelse med grunnvannsutvinning og flomutsatte områder i Glåmas dalføre (Vedlegg 4). Ut over de som er beskrevet av Riis (1992) er undersøkelsene av de dypere deler av Glåmas dalfyllinger som presentert i denne rapport de eneste i sitt slag.



**Tabell 1:** Jordarter på det kvartærgeologiske kart (modifisert fra Thoresen 2000).

Type	Beskrivelse	Dannelse og forekomst
Morene- materiale	En blanding av leire, silt, sand, grus og blokk med lav rundingsgrad og liten eller ingen lagdeling.	Avsatt etter transport av bre som har løsrevet og knust materialet fra fjell og løsmasser. Forekommer i sammenhengende eller usammenhengende dekker ofte over store arealer i alle høyder.
Avsmeltnings- morene	Som morenemateriale, men grovere.	Som morenemateriale, men spesielt dannet ved nedsmelting av bre.
Breelv- avsetninger	Lagdelt grus og sand. De enkelte korn er forholdsvis godt avrundet.	Avsatt av strømmende smeltevann fra breer på sletter og i deltaer. Materialet kan også være avsatt i eller under breen og forekommer i dag som rygger (åser). Finsand, silt og leire er transportert bort til hav, bresjø eller innsjø.
Bresjø- avsetninger	Lagdelt sand, silt og leire.	Avsatt i bredemt sjø.
Elve- avsetninger	Lagdelt sand og grus. De enkelte korn er godt avrundet. Siltlag forekommer også.	Avsatt av elver på elvesletter, på terrasser, i vifter og i deltaer. Mye finkornigt materiale er transportert til hav, fjord og innsjø.
Hav- og fjord avsetninger	Silt og leire med mindre mengder finsand og grovere materiale. Kan være lagdelt eller massivt.	Avsatt som slam i hav og fjord som tilføres dette fine materiale fra elver. Grovere materiale kan være tillført av strømmer langs havbunnen, isfjell eller is fra elver.
Strand- avsetninger	Stein, grus og sand ofte med skjell. Ofte lagdelt.	Forekommer som et tynt dekke noen ganger med strandrygger på toppen.
Forvittrings- materiale	Skarpkantet sand og grus med gradvis overgang til fjell.	Dannet ved fysisk eller kjemisk nedbryting av berggrunnen.
Ur/ skredmateriale	Blokk og stein som ligger langs bratte fjellskrenter og dalsider.	Er dannet ved steinsprang, snøskred og/eller andre skred.
Blokkhav	Kantede blokker i løs pakning.	Frostsprengt fjell.
Myr	Torv	Dannet ved vekst av organisk materiale i forsenkninger med dårlig drenering, der nedbrydningen har vært liten.

## 5. METODER OG UTFØRELSE

### 5.1 Refleksjonsseismikk

Refleksjonsseismikk gir informasjon om lagdeling i løsmassene og dyp til fjell. Anvendelse av metoden er avhengig av god forplantning av høyfrekvent energi. Dette krever som regel at grunnvannsspeilet ligger tilnærmet i nivå med terrengoverflaten. Refleksjonsseismiske målinger var derfor bare mulig ved en del av borelokalitetene.

Målingene beskrevet i denne rapporten omfatter 6 refleksjonsseismiske profiler. Ett profil (lokalitet Åsnes kommune 2) ble målt allerede i 1991 (Rønning og Mauring 1992), mens de øvrige ble målt i perioden 6-12 april 2000 av Tønnesen og Iversen (NGU). Målingene i 2000 ble utført på isoverflate med noe snødekke på Glåma. Det ble benyttet "common depth point"-teknikk (CDP), men selve opptaksteknikken er en del modifisert i forhold til beskrivelsen gitt i vedlegg 3.

Som opptaksenhet ble det benyttet en sand/snøkabel (snow-streamer) utlånt fra Universitetet i Tromsø. Den har 24 geofoner som er montert med innbyrdes avstand på 5 m. Kabelen kan trekkes fram langs profiletretningen med håndkraft eller slepes etter motorisert kjøretøy, for eksempel snøscooter. I denne undersøkelsen ble det brukt håndkraft. Det ble registrert på 24 geofoner samtidig, og en fikk derved en 12-folds dekning i refleksjonene (jf. Vedlegg 3) Skuddpunkt ble plassert 5 m fra endegeofon nærmest trekkenden på kabelen. Denne skuddgeofon-formasjonen ble opprettholdt langs hele profilet ved at både skuddpunkt og geofonkabel ble flyttet 5 m fram langs profiletretningen for hvert skudd. Ved oppstart av hvert måleprofil ble det før første flytting av kabelen også plassert skuddpunkt ved de 4 geofonene nærmest trekkenden på kabelen for å få øket måledekningen av reflektorer under målekabelen.

Som energiseringskilde ble elektriske momenttennere anvendt. Det ble boret hull gjennom isen og tenneren ble plassert i vannet under eller eventuelt nede i løsmasser der isen lå direkte på elveavsetninger. I ett tilfelle ble det forsøkt å bedre signal/støy-forholdet ved bruk av små dynamittladninger i tillegg til elektriske tennere.

Som registreringsinstrument ble det benyttet en 24 kanals digital seismograf av typen ABEM Terraloc MK6. For hvert skudd ble det gjort registreringer fra alle geofonene langs kabelen. Opptakstiden i profilene var enten 250 eller 500 ms.

Etterfølgende dataprosessering og framstilling av seismiske seksjoner er utført på NGU. Her ble hastighet tolket frem ved prosesseringen benyttet til dybdekonvertering av de seismiske seksjonene. Programvaren som ble benyttet har ikke mulighet til å migrere data og det vil derfor være en del kunstige effekter i vedlagte profiler, bl.a. slakere fall enn det reelle. Et V-formet refleksjonsmønster kan være et resultat av en kunstig såkaldt "bow-tie" effekt (vedlegg 1h).

### 5.2 Sonderboringer

Tidligere ble grunnvannsundersøkelser i løsmasser utført med bærbar Pionär boremaskin. Vanlig prosedyre var å avslutte undersøkelsesboringene etter at en kom ned i finstoff (silt/leire) under overliggende grove sedimenter. I senere år benyttes beltegående Borros og Hafo boremaskiner, men også nå avsluttes de aller fleste boringer på dyp mindre enn 30 m dersom boringen har nådd ned i finstoff. Videre foretas undersøkelsesboringene ved



neddrivning av 5/4" damprør. Vann- og masseprøver hentes opp ved hjelp av sugepumpe. Dette innebærer i praksis at der grunnvannsnivået er mer enn ca. 6 m under overflaten får vi ikke sugd opp prøver ettersom løftehøyden blir for stor for sugepumpen.

I utgangspunktet skulle boringene utføres med NGUs Hafo borerigg, som i egnete masser har kapasitet til å nå ned til store dyp (mer enn 100 m). Det skulle sonderbores i hvert punkt, og dersom det ble funnet indikasjoner på permeable grove masser på stort dyp under finstoffet, skulle det drives en prøvebrønn i form av 50 mm rør med sandspiss. Vannprøvetaking der det er dypt til grunnvannsspeilet, ville måtte foretas med NGUs «miljøpumpe» som går i 50 mm rør. NGUs boreutstyr er i letteste laget, og miljøpumpen ville kunne slites fort om det er mye slam i vannet. Der økonomien tillot det, skulle det derfor leies inn utstyr for å sette en større prøvebrønn med filter.

### **5.3 Prøvepumping**

Bortsett fra boring 691 nær Våler sentrum, der en prøvebrønn ble etablert, er det bare utført sonderboringer under prosjektet. Dette fordi sonderboringene ikke ga indikasjoner på vannførende grovt materiale på stort dyp utenom boring 691. Derfor er prøvepumping bare gjennomført i dette ene borepunktet. Prøvepumpingen er beskrevet under avsnitt 6.3.1.

### **5.4 Praktiske problemer**

HAFO-riggen som ble brukt til boringene i prosjektet var i spedeste laget for å gjennomføre boringene på ca. 80 m. De to meter lange sonderstengene er kostbare, og det er meget kostbart å miste krone og deler av borestrengen. Dette begrenser sterkt hvor lenge en tør å bore med slag på slike dyp. Følgelig kan flere av dypene som angir antatt fjell i virkeligheten representere grus og stein som er det en håpet på å finne på stort dyp.

På grunn av mangel på sonderstenger mot slutten av feltarbeidet ble det valgt områder nordover i Østerdalen der en ikke forventet svært store dyp.

Det er begrenset hva en får av sikker informasjon om lagfølgen ved sonderboring uten prøvetaking. Prøvetaking øker kostnaden per boring.

## **6. RESULTATER**

I det følgende blir oppnådde resultater for hvert av de undersøkte områdene presentert.

### **6.1 Grue**

Det ble ikke utført geofysiske undersøkelser, men det ble gjort en sonderingsboring ved rensanlegget, Kirkenær. Boringen viser at det finnes sand, finsand og silt ned til fjell som ble påtruffet på 54,5 meters dyp (Vedlegg 1a).

### **6.2 Åsnes**

Det ble utført en boring og et seismisk profil ved Ferder camping i Åsnes Kommune, Flisa (Vedlegg 1b). Boring stoppet på 86 meters dyp, hvilket muligvis er ved fjelloverflaten. Seismikken tilsier at denne flate er forholdsvis jevn i det undersøkte området. En klar reflektor ved ca. 150 ms (112 meters dyp) kan også være fjellreflektor. I så fall kan lagpakken fra ca. 86 til 112 meters dyp være morenemateriale eventuelt godt sortert grov grus.

### 6.3 Våler

Det ble utført 6 boringer i Våler Kommune og to seismiske profiler. De viste stor variasjon mht dyp til fjell (Vedlegg 1c, 1d, 1e og 1f). I boring 669 ble fjell påtruffet på kun 5 meters dyp under sand, grus og stein. Ved Øyset ble fjell ikke påtruffet ved boring. Seismikken viser at fjelloverflaten muligvis ligger på 80 meters dyp og det indikeres flere lag fra borhullets slutt til fjellreflektoren. Massesammensetningen her er ikke kjent. I boring 690, 691, 696 og 692 finnes det 45 til 80 m silt og siltig finsand under 10-20 m sand og finsand og fjell er påtruffet på 80-90 meters dyp bortset fra boring 692 der fjell er påtruffet på 55 meters dyp. De mektige finkornede avsetninger er lagdelte, hvilket fremgår av boringene og av det seismiske profil i vedlegg 1c og 1e. I boring 691 ble det i tillegg registrert grov grus mellom 75 og 80 meters dyp. Et tynnere gruslag ble registrert over antatt fjell i boring 696. Våler kommune var interessert i mulighetene for grunnvannsforsyning, samt grunnvannsbasert oppvarming og kjøling av aldershjemmet ca. 400 m nordøst for borepunktet. De finansierte derfor en prøvebrønn ved boring 691 (vedlegg 1e).

#### 6.3.1 Anlegg av prøvebrønn

Prøvebrønnen, som ble anlagt av brønnboringsfirmaet Brødrene Myhre A/S, bestod av et 193 mm stålrør som ble drevet til fjell på 80 m. Røret var åpent i bunnen uten filter. Boringen ble utført 9 – 10 februar 2000. Det ble montert senkpumpe, og brønnen ble prøvepumpet med uttak ca. 10 000 l/t (snaut 3 l/s) over en 3 måneders periode.

Kapasiteten var stabil, med vannstand 3-4 m under brønntoppen, tilsvarende vannstanden i Glåma. Imidlertid var innholdet av Fe og Mn for høyt til å tilfredsstille drikkevannsnormene, henholdsvis ca 6 og 1 mg/l. Verdiene avtok noe i løpet av pumpeperioden. Øvrige parametere tilfredsstilte drikkevannsnormene.

Kommunen var interessert i å gå videre med undersøkelsene. Derfor ble det i februar 2001 montert en 150 mm filterbrønn inni den gamle. Det ble montert et 4 m rustfritt Con Slot filter fra 76-80 m, med et 76 m rustfritt stigerør til overflaten. Det gamle arbeidsrøret ble trukket opp til over filteret. På denne måten fikk brønnen en vesentlig økt kapasitet, og derved økt utskifting av vannet i dypet. En håpet på denne måten å redusere vannets innhold av Fe og Mn. Brønnen ble prøvepumpet fra 20. februar 2001 til midten av november samme år, altså snaut 9 måneder. Brønnen ble nå pumpet med uttak ca. 10 l/s, tilsvarende Våler sentrums vannbehov. Utpumpet vann ble ført til Glåma. I pumpeperioden var vannstanden i brønnen hele tiden nær konstant, og tilsvarte vannstanden i Glåma. Dette viste at kapasiteten var tilstrekkelig til å dekke behovet.

Ved pumpestart var jern- og manganinnholdet henholdsvis 4,90 og 1,00 mg/l. Begge verdier viste en svakt synkende tendens frem til juli-august da de var henholdsvis 3 og 0,7, hvorefter de igjen steg til 4,80 og 0,712 mg/l i november. Etter dette ble prosjektet og prøvepumpingen avsluttet. Jern- og mangananalysene ble utført ved Næringsmiddeltilsynet i Glåmdal, senere Lab Analyser AS.

Jern og manganinnholdet forringer ikke bare drikkevannskvaliteten, men er også problematisk på grunn av utfellinger i grunnvanns- og grunnvarmeinstallasjoner.

## 6.4 Elverum

I Elverum ble det utført to sonderboringer, hvor fjell i den ene ble påtruffet på over 75 meters dyp (Vedlegg 1g). Løsmassene består av siltige masser med lite innslag av sand/grus i boring 700. De øverste 10-15 m domineres av sand.

## 6.5 Stor-Elvdal

Det ble utført tre boringer i Stor-Elvdal kommune (vedlegg 1h, 1i og 1j). Fjell ble påtruffet på mellom 35 og 80 meters dyp. Avsetningene domineres av sand i de øverste 10-15 meter. Løsmassene i boring 694 og 693 består av silt og finsand overlappet av sand grus og stein. Løsmassene i boring 699 domineres av grusig sand. De seismiske profiler viser noen lagdeling i løsmassene og de seismiske profiler ved Evenstad skogskole og ved Koppangøyene viser hellende fjell under løsmassene (vedlegg 1h, 1i).

## 7. DISKUSJON

Potensialet for utnyttelse av grunnvann og grunnvarme i både de grunne og dype dele av dalførene er for en stor del avhengig av tilstedeværelsen av grovere vannførende lag. Derfor er det spesielt viktig å fokusere på kartlegging av den romlige utbredelse av grovere vannførende materiale i forhold til finkornige, tette masser og i forhold til fjellgrunn. Dette er både tids- og ressurskrevende og krever risikovillig satsning på området.

Av de beskrevne boringer fra Glåmas dalføre viser kun en liten del tilstedeværelse av grusavsetninger på større dyp. Dette viser at sannsynligheten for at treffe disse vannførende lag er ganske liten uten forundersøkelser og geofysikk er nødvendig før kostbar boring settes i verk. Kraftig borutstyr er en fordel da grove masser, særlig når de treffes på stort dyp, er vanskelig at bore i. Derfor kan 'antatt fjell' i noen av de presenterte boringer i virkeligheten bestå av for eksempel grov morene med potensial for grunnvann- og grunnvarmeutnyttelse.

Kjennskap til dyptliggende sand- og grusavsetningers dannelse, samt av regionens kvartærgeologiske historie er en fordel ved leting. En del av disse grove avsetninger er sannsynligvis grov morene eller er avsatt av smeltevann fra istidens breer. Derfor er nyttig å kjenne til områder der istidens breer har vært utsatt for stor avsmeltning og der breene muligvis har stanset opp i en periode under deres tilbakesmeltning ved slutten av siste istid. Sannsynlige posisjoner for sistnevnte er innsnevninger i dalene og ved fjellterskler hvor tilstedeværelsen av større grusakkumulasjoner muligvis kan gjenkjennes på geofysiske profiler. Leting ved fjellterskler og ved fjellinnsnevninger kan derfor være hensiktsmessig, men det kreves gode forundersøkelser for å bestemme fjellets beliggenhet og lagdeling. Grusavsetningene i boring 691 og 696 ved Våler er muligvis knyttet til smeltevannsavsetninger ved en fjellterskel.

Den kontinuerlige utvikling av metoder for eksempel innen geofysikk vil uten tvil gi mulighet for økt innsamling av data i fremtiden. Best egnet er kanskje refleksjonsseismikk som kan gi detaljer i lagdelingen, men sier ikke noe om materialsammensetningen. Refleksjonsseismikk på is ved hjelp av en 'snow streamer' er en relativ rask metode som gir god oppløsning ned til 100-200 meters dyp. Imidlertid kan det være vanskelig at finne egnede elver med sikre isforhold. Andre geofysiske metoder som for eksempel georadar, gravimetri og resistivitet kan også være nyttige ved undersøkelse av dalfyllinger, men det er begrensninger. Georadar har en maksimal rekkevidde på 30-40 meters dyp. Gravimetri angir kun dyp til fjell og kan ikke

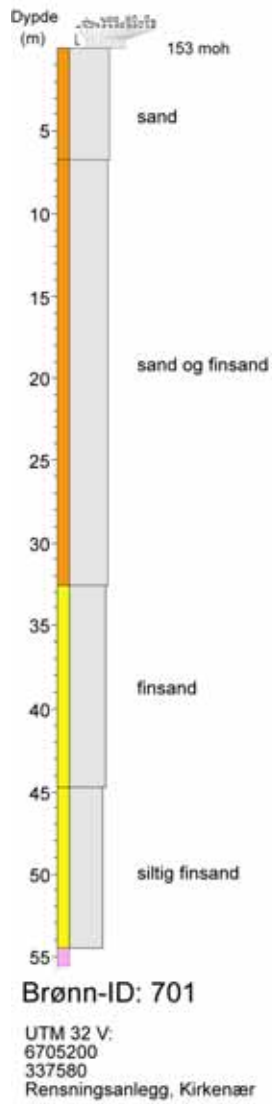
skille forskjellige lag. Resistivitet har dårlig oppløsning ned mot 100 meters dyp, men kan gi informasjon om løsmasstype. Tolkning av de geofysiske data krever imidlertid verifisering vha boredata, men de geofysiske data vil hjelpe til optimal utvelgelse av borpunktene. Sonderboring kan gi en oversikt over de lokale løsmassenes variasjon i dypet. Prøvepumping er den eneste måte at vise om et grunnvannsreservoar er stort nok og av passende kvalitet for utnyttelse.

# VEDLEGG 1: OVERSIKTSKART MED BORINGER OG SEISMIKKDATA

## Oversikt:

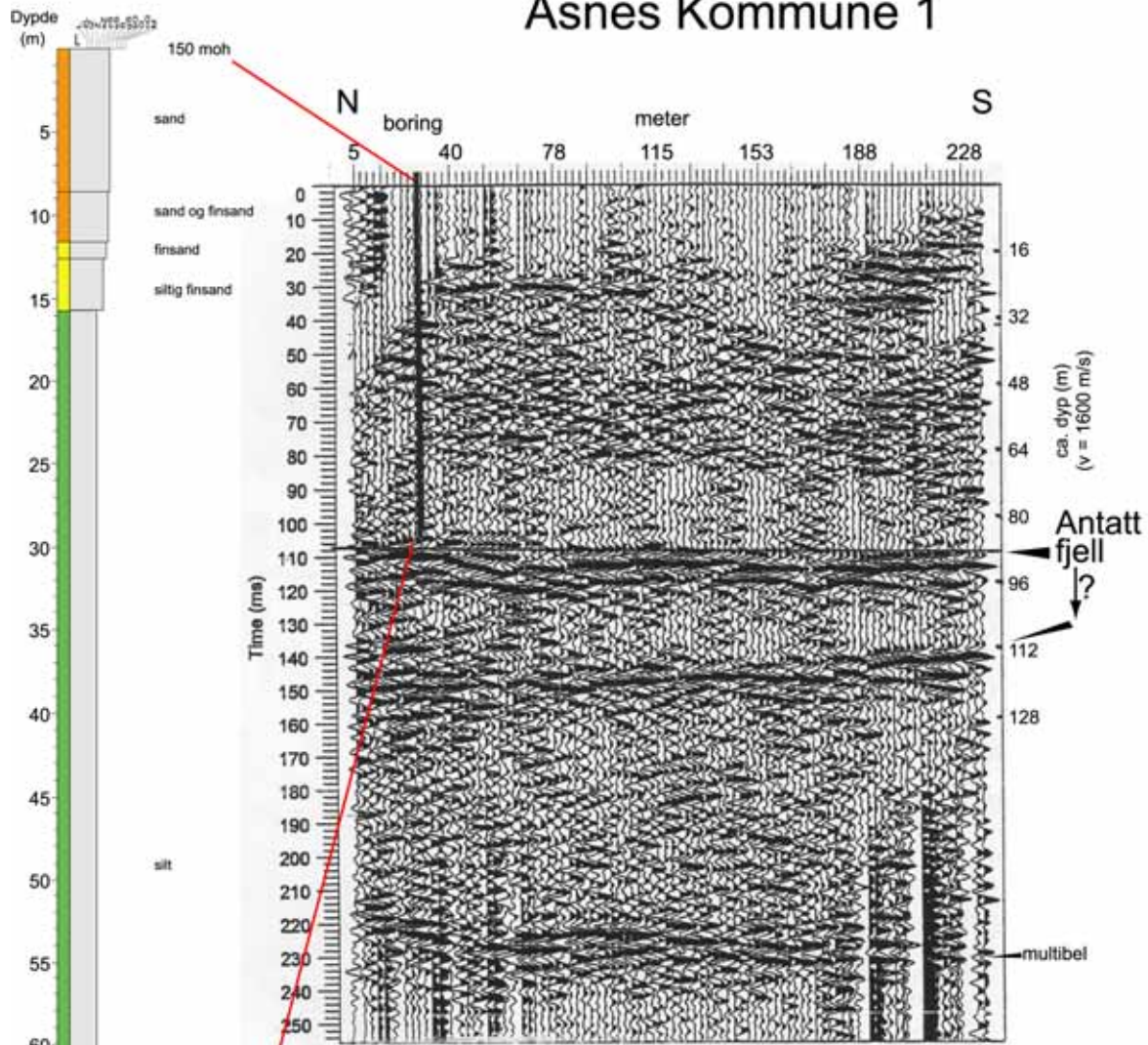
vedlegg	Kommune	sted	boring	koordinater UTM sone 32		refleksjons- seismikk
				nord	øst	
1a	Grue	Kirkenær	701	6705200	337580	
1b	Åsnes	Ferder Camping, Flisa	698	6720770	636850	ja
1c	Våler	Øyset, Haslemoen	697	6724650	659243	ja
1d	Våler	Ormsetenga	690	6726666	655912	
1d	Våler	Overflatevannverk	669	6727150	655550	
1e	Våler	Gangvei langs Glåma	691	6728553	654652	ja
1e	Våler	Gangvei langs Glåma	696	6728643	654650	
1f	Våler	Brenna	692	6732160	653400	
1g	Elverum	Heradsbygd	700	6743950	643870	
1g	Elverum	Heradsbygd	695	6743950	643870	
1h	Stor Elvdal	Evenstad Skogskole	694	6811924	610846	ja
1i	Stor Elvdal	Koppangsøyene	693	6825499	608738	ja
1j	Stor Elvdal	Prestenget	699	6813840	601930	ja

# Grue Kommune, Kirkenær



L	leire
zL	siltig leire
IZ	leirig silt
Z	silt
sZ	sandig silt
zS	siltig sand
sS	fin sand
S	sand
gS	grusig sand
sG	sandig grus
G	grus
cG	grov grus
M(orene)	slamleir
Antatt fjell	

# Åsnes Kommune 1

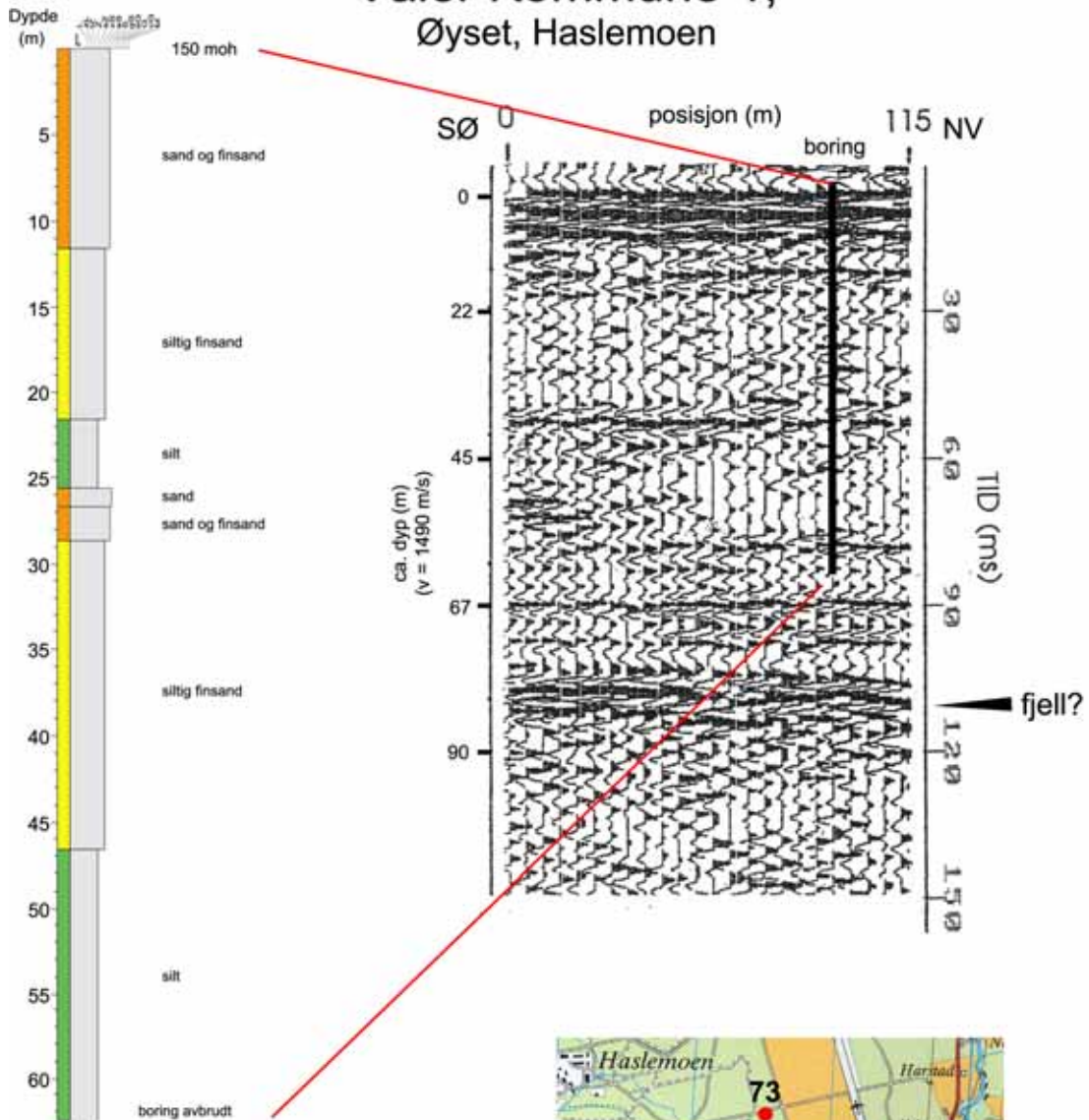


Brønn-ID: 698  
 UTM 32 V  
 6720770  
 636850  
 Ferder Camping  
 Flisa

- L leire
- zL siltig leire
- IZ leirig silt
- Z silt
- sZ sandig silt
- sS siltig sand
- S fin sand
- S sand
- gS grusig sand
- sG sandig grus
- G grus
- cG grov grus
- M(orene) diamikton
- Antatt fjell



# Våler Kommune 1, Øyset, Haslemoen



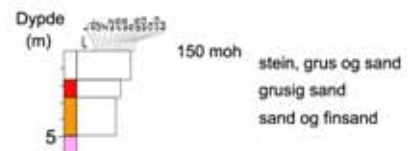
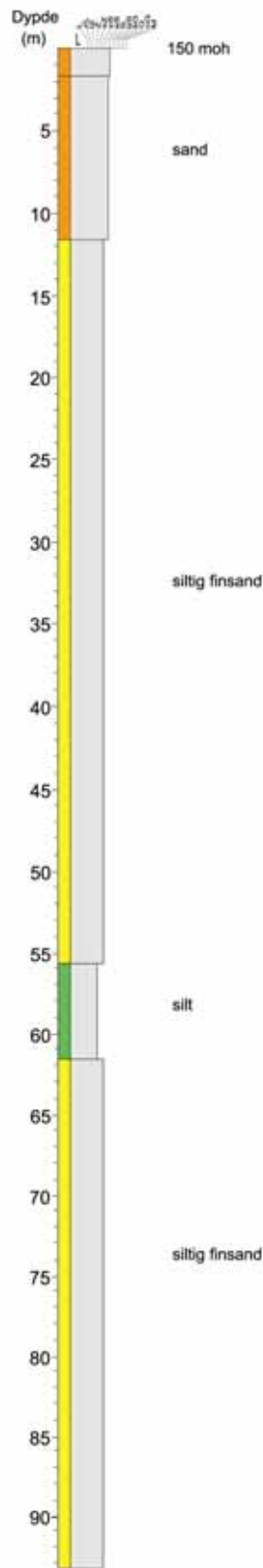
Brønn-ID: 697  
 UTM 32 V  
 6724650  
 659243  
 Øyset, Haslemoen

L	leire
zL	siltig leire
IZ	leirig silt
Z	silt
sZ	sandig silt
zS	siltig sand
sS	fin sand
S	sand
gS	grusig sand
sG	sandig grus
G	grus
cG	grov grus
M(orene)	klamikkon
Antatt fjell	





# Våler Kommune 1



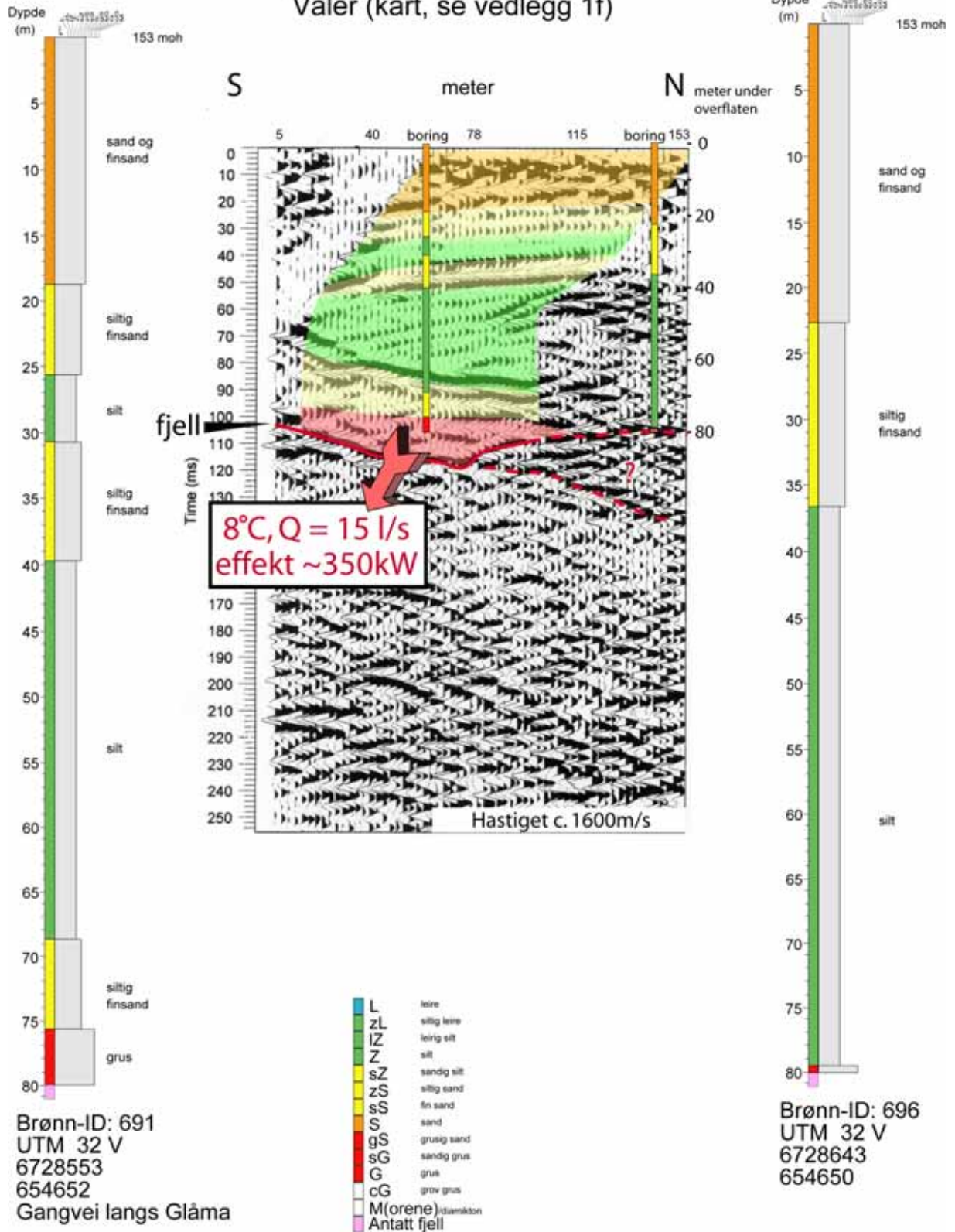
Brønn-ID: 669  
 UTM 32 V  
 6727150  
 655550  
 Vannverk



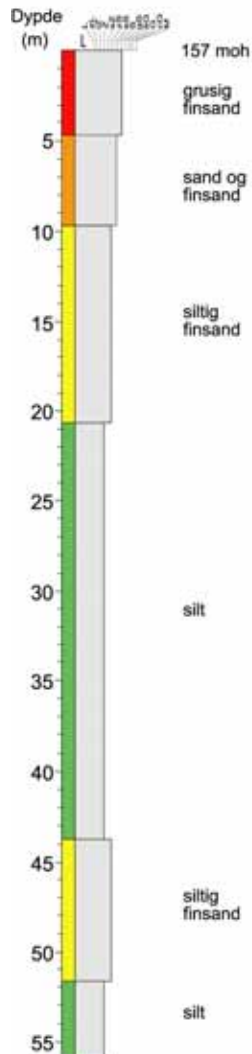
- L leire
- zL siltig leire
- IZ leirig silt
- Z silt
- sZ sandig silt
- zS siltig sand
- sS fin sand
- S sand
- gS grusig sand
- sG sandig grus
- G grus
- cG grov grus
- M(ørene) diamikton
- Antatt fjell

Brønn-ID: 690  
 UTM 32 V  
 6726666  
 655912  
 Ormsetenga

### Våler Kommune 3, Våler (kart, se vedlegg 1f)



# Våler Kommune 4, Brenna



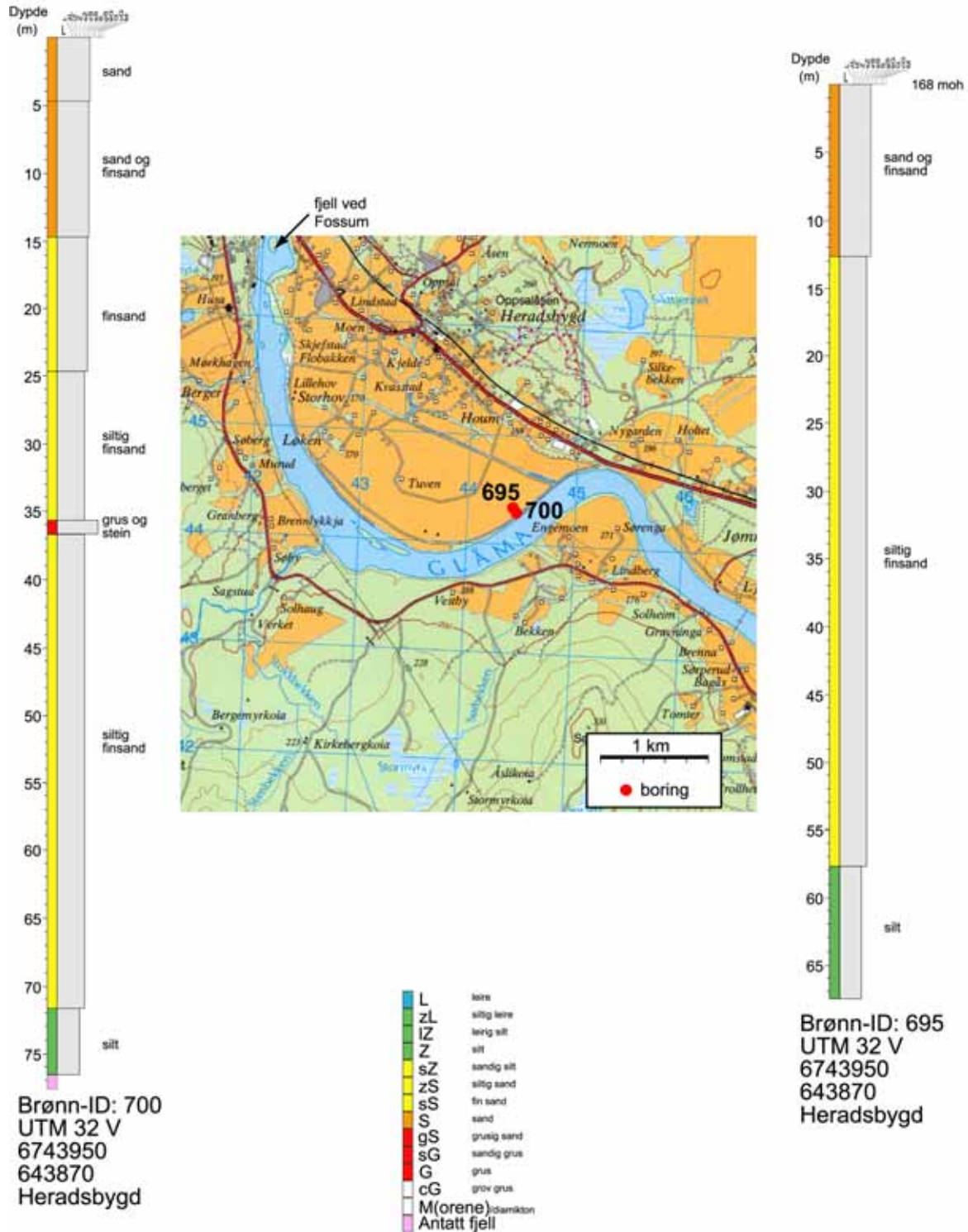
Brønn-ID: 692  
 UTM 32 V  
 6732160  
 653400  
 Brenna



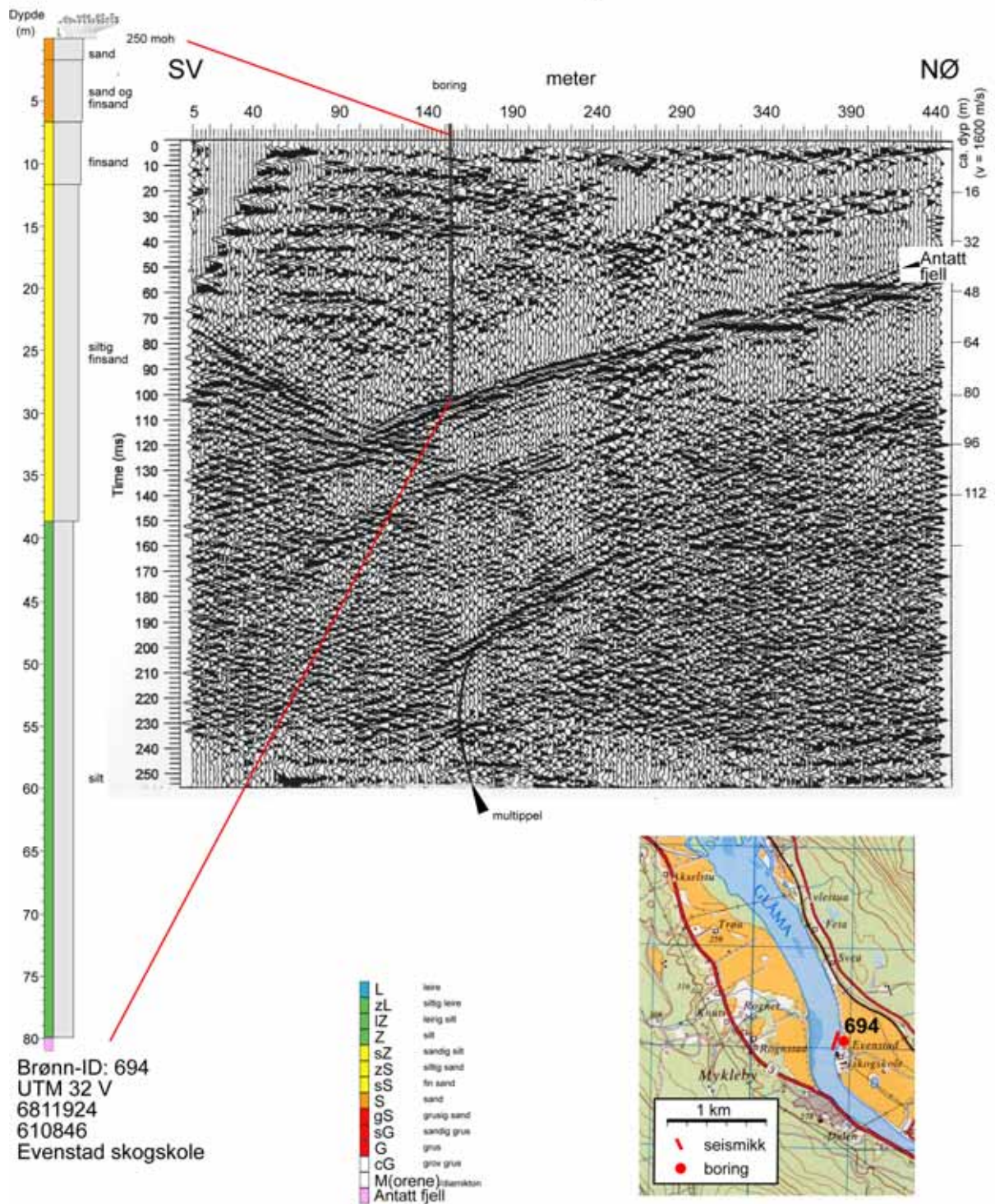
se vedlegg 1e

- L leire
- zL siltig leire
- IZ leing silt
- Z silt
- sZ sandig silt
- zS siltig sand
- sS fin sand
- S sand
- gS grusig sand
- sG sandig grus
- G grus
- cG grov grus
- M(orene) diamikton
- Antatt fjell

## Elverum Kommune, Heradsbygd

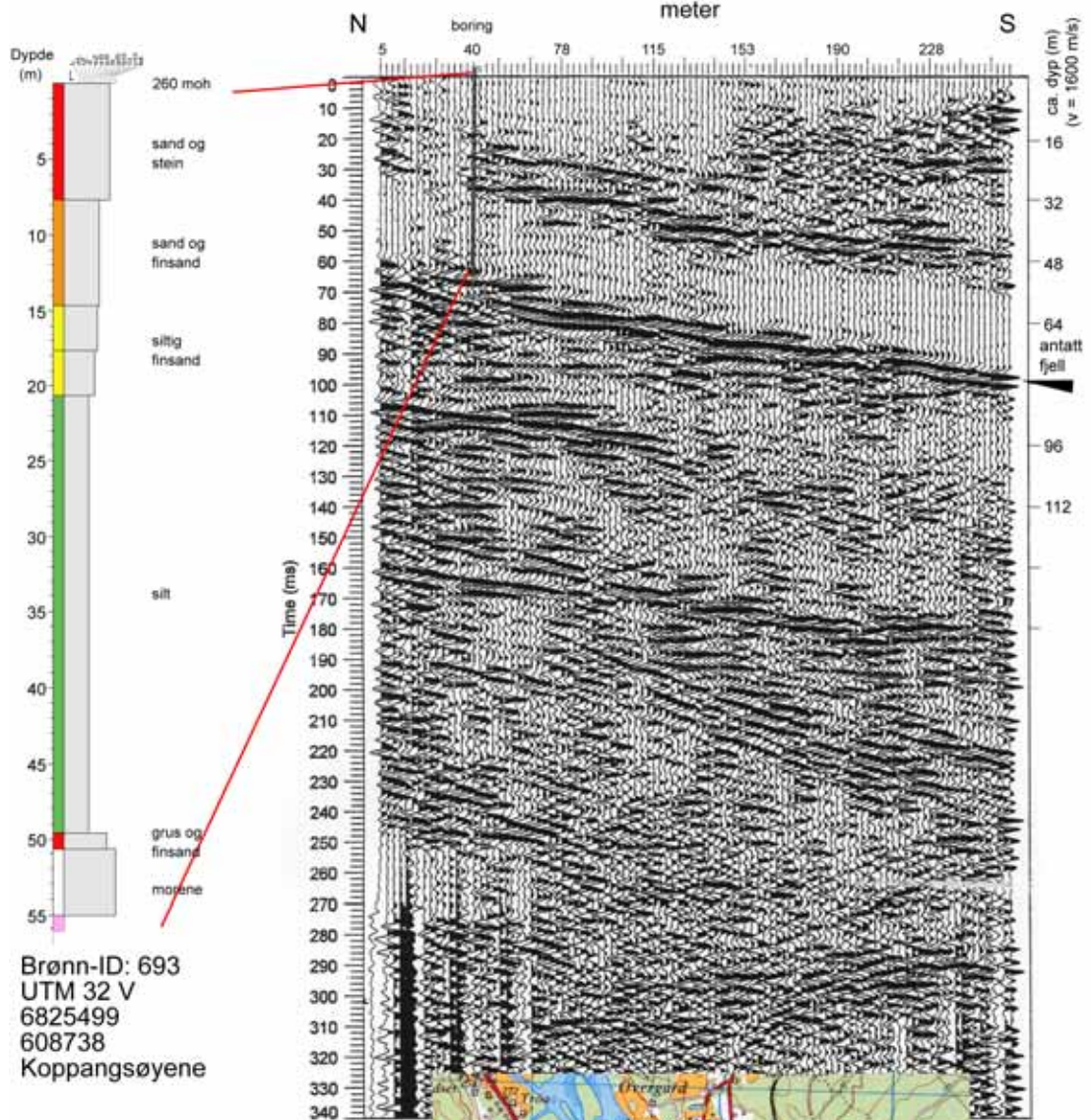


# Stor Elvdal Kommune 1, Evenstad Skogskole

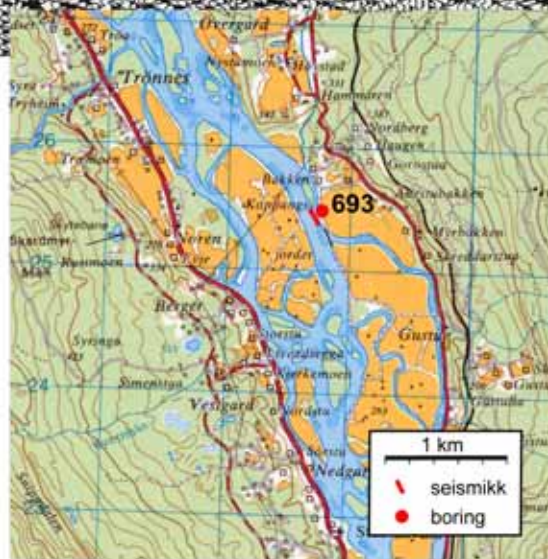


# Stor Elvdal Kommune 2, Koppangsøyene

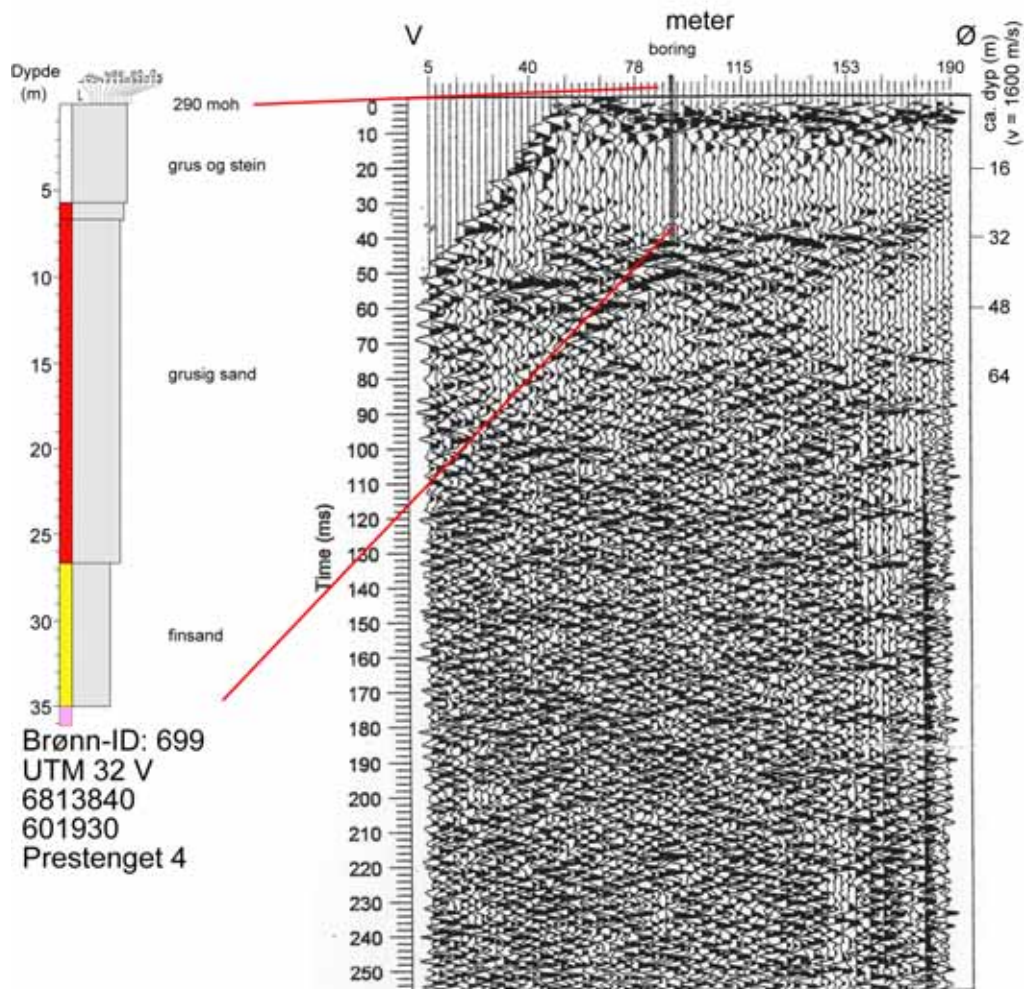
Vedlegg 1i



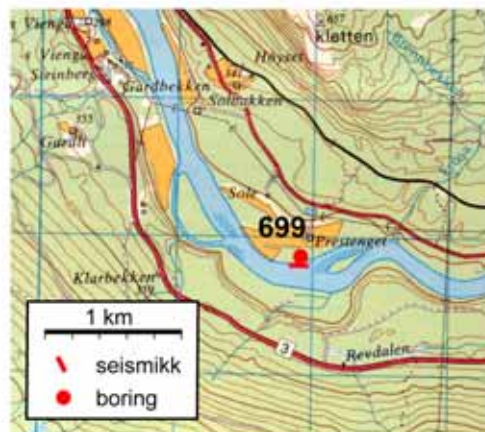
- L leire
- zL siltig leire
- IZ leire silt
- Z silt
- sZ sandig silt
- zS siltig sand
- sS fin sand
- S sand
- gS grusig sand
- sG sandig grus
- G grus
- cG grov grus
- M(orene) morene
- Antatt fjell



## Stor Elvdal Kommune 3, Prestenget



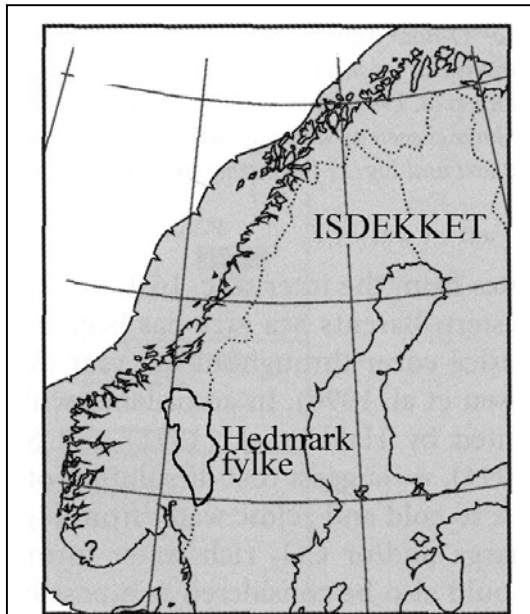
L	leire
zL	siltig leire
IZ	leire silt
Z	silt
sZ	sandig silt
zS	siltig sand
sS	fin sand
S	sand
gS	grusig sand
sG	sandig grus
G	grus
cG	grov grus
M(orene)	diamikton
Antatt fjell	



**VEDLEGG 2:  
GLÅMDALENS KVARTÆRGEOLOGI:  
DALFYLLINGENES OPPBYGGING OG DANNEELSE**



## VEDLEGG 2: GLÅMDALENS KVARTÆRGEOLOGI: DALFYLLINGERNES OPPBYGGING OG DANNEELSE



**Figur V2.1.** Isens utbredelse i Norge for 16 tusen år siden (Olsen et al. 2001).

### **Kvartærgeologi**

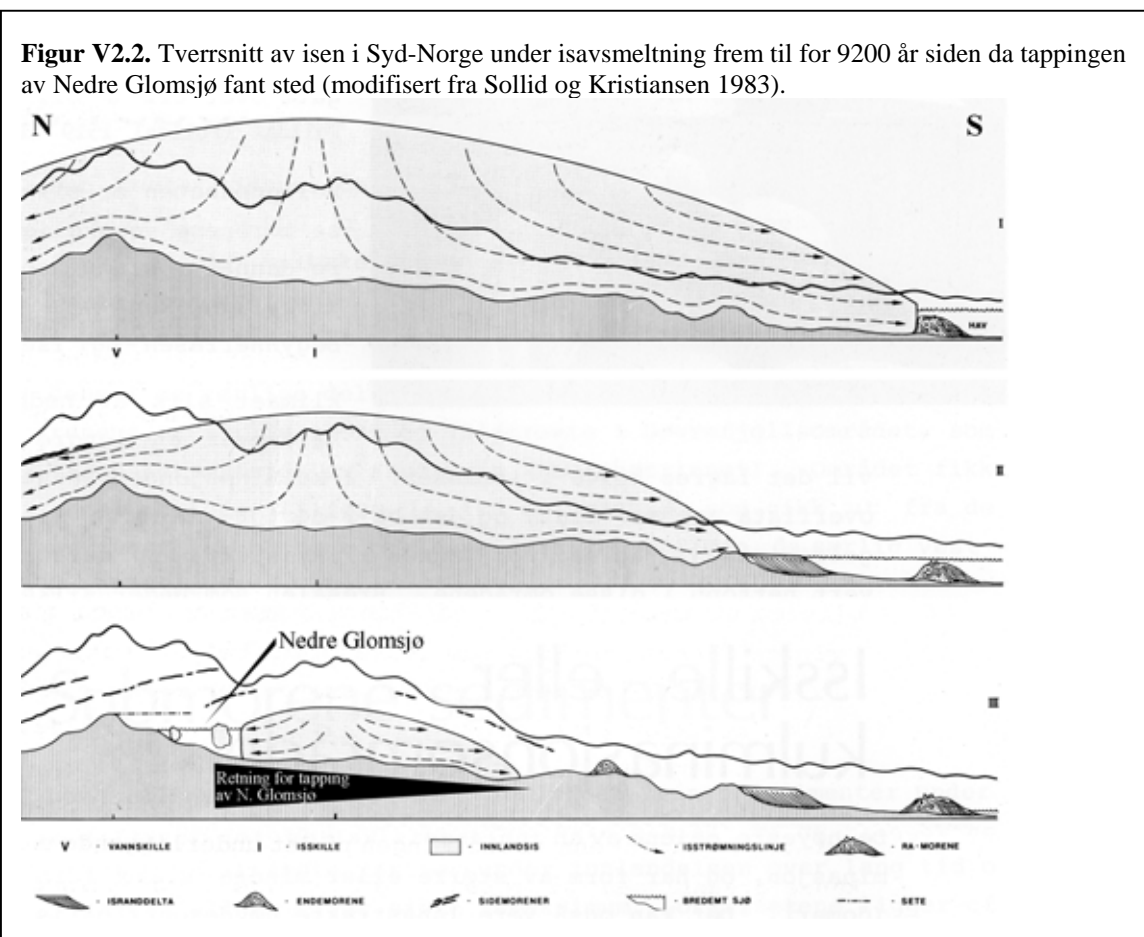
Kvartærgeologi handler om jordens yngste bergarter. Disse ble dannet innenfor de siste 2,5 millioner år i perioden som kalles kvartærtiden. I denne periode var store deler av den nordlige halvkule periodevist dekket av is, hvilket har hatt stor innflytelse på landskapets utforming. Norge er ingen unntagelse. Istidens breer eroderte fjell og daler. De avsatte også forskjellige typer av løsmasser i landskapet så som morene og smeltevannsavsetninger. Isens utbredelse i Norge for 16 tusen år siden er vist på figur V2.1. Isen hadde med sin enorme vekt presset ned landmassene så mye at dalene ble overskyldet av havet og omdannet til fjorder i takt med isens tilbakesmelting. Det maksimale nivå som havet nådde kalles den marine grense, hvilket kan ses som hevede strandlinjer som noen steder finnes over 200 m over dagens havnivå. En tommelfingerregel sier at den marine grense er

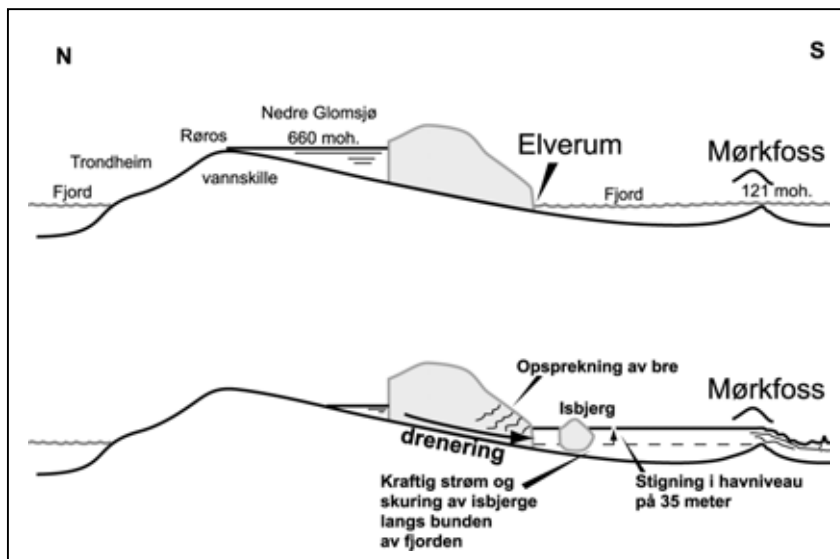
høyest der det tidligere isdekket var tykkest og hadde presset landmassene lengst ned. I fjordene ble det avsatt store mengder av finkornige sedimenter (silt og leire) som ble skyllet ut fra breer og elver. Landet hevet seg fordi det ikke lengre ble tynget ned av tykke breemasser. Derfor forekommer det i mange av de norske dalførene store mengder av silt og leire over det nåværende havnivå. Det kan nevnes at så langt inn i landet som ved Kirkenær, Hedmark, har en funnet fossilt saltvann under marine sedimenter ved brønnboring. I takt med landhevingen ble avsetning av leire og silt noen steder avløst av avsetning av sand og grus på grunnere vann. Etter videre oppløfting eroderes avsetningene av dagens elver som også avsatte sand og grus over de øvrige avsetningene. En mer omfattende og illustrert beskrivelse av Norges landskaps dannelse og kvartærgeologi er bl.a. beskrevet i Andersen (2000). Utbredelsen av de forskjellige avsetningstyper i overflaten fremgår av et Kvartærgeologisk kart (Fig. 2 i rapporten). En beskrivelse og forklaring av de vanligste løsmassetypene fremgår av Tabell 1 i rapporten.

### **Glåmdalens kvartærgeologiske historie**

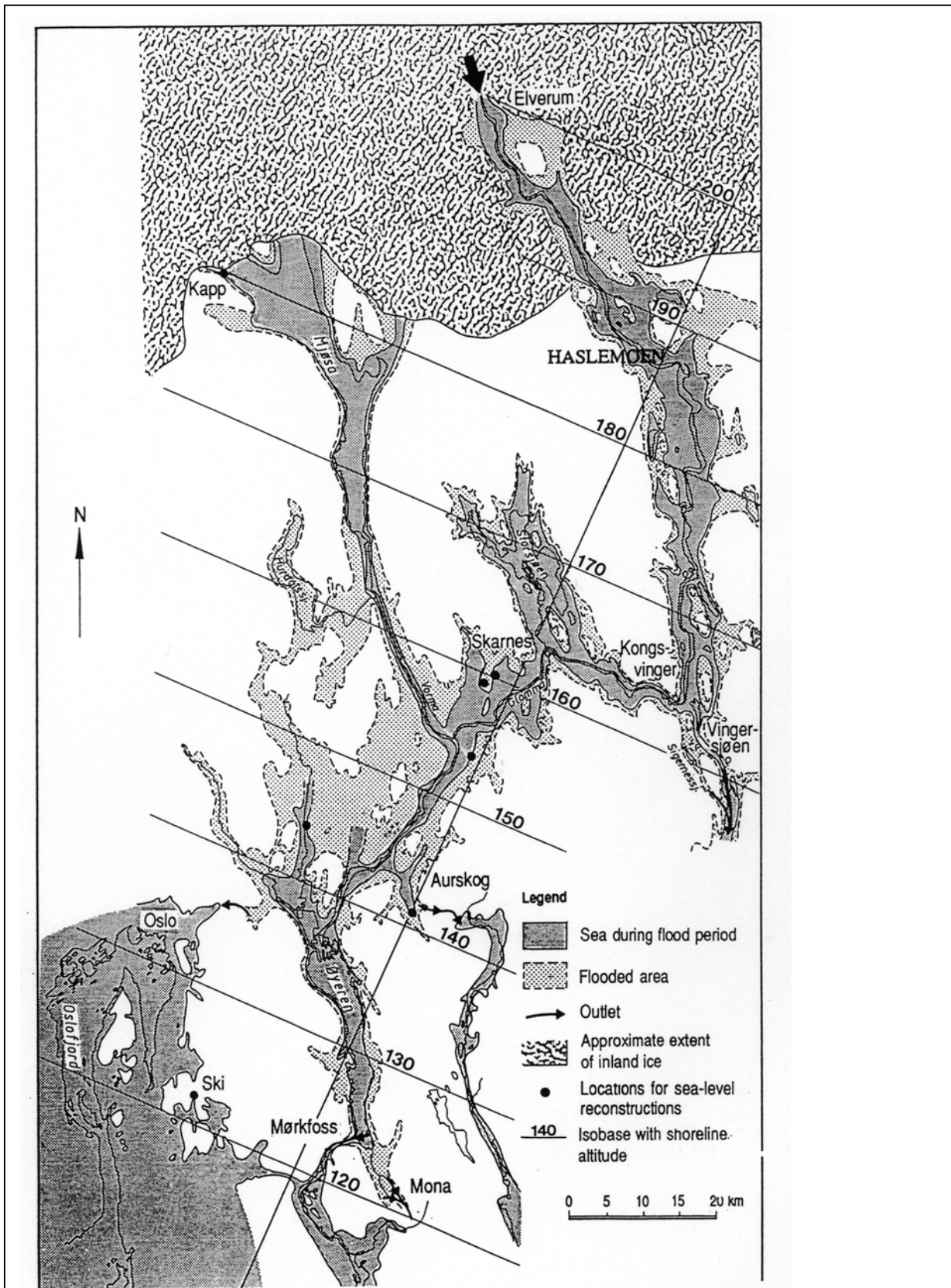
Under avsmelting av isdekket i Norge mot slutten av istiden ble isens utbredelse mindre og brerandens posisjon i Vest-Norge rykket østover mens den i Syd-Norge rykket nordover. Dalførene ble omdannet til fjordarmer som ble gradvis forlenget i takt med isens tilbaketrekking nordover. Brerandens tilbakerykking vises i dag av ryggformede avsetninger i terrenget, morenerygger eller israndsdeltaer, som ble dannet ved breens rand under kortvarige pauser i tilbakerykkingen eller kortvarige fremrykk. Under breens fortsatte smelting ble det etter hvert dannet store bredemte innsjøer mellom den midtnorske fjellkjeden og ismassene som lå tilbake sydenfor (Fig. V2.2). Den største sjøen blir kalt for 'Nedre Glomsjø'. Grunnen til at en stor del av den resterende breisen lå syd for fjellkjeden var at istidens bredekke under sin maksimale utbredelse var tykkest på denne side av kjeden og derfor sist smeltede bort. I Glåmas dalføre var en fjordarm som strakte seg langt nordover til breens rand ved Elverum.

Etter hvert ble isdekket for tynt til å kunne oppdemme 'Nedre Glomsjø'. For c. 9200 år siden brøt vannmassene gjennom den resterende is, hvilket skapte en katastrofeaktig avtapping av sjøen som inneholdt ca. 100 km<sup>3</sup> vann (Longva & Thoresen 1991; Fig. V2.2). Bresjøen, som dekket områder nord for Storsjøen, ble sannsynligvis tappet gjennom Rendalen som munner ut i Glåmdalen ved Rena. Vannet løp ut i fjorden ved Elverum, hvor vannstanden steg 35 m på grunn av de enorme vannmengder. Hele Glåmas dalføre mot sør ble rammen om en rivende strøm, som hadde utløp gjennom en innsnevring ved Mørkfoss (Fig. V2.3). Tappingen forårsaket oversvømmelse av store områder langs dalføret (Fig. V2.3). Etter denne tappingen dannet det seg en annen bredemt sjø i den øvre del av Glåmas dalføre, Jutulhoggsjøen, som ble tappet 2-300 år etter Nedre Glomsjø (Sollid & Kristiansen 1983). Denne tapping var dog av vesentlig mindre dimensjoner enn den forrige. I dag finnes det ingen direkte spor etter hvor høyt havet stod langs Glåma ved tappingen av Nedre Glomsjø. Indirekte spor viser at nivået muligvis var ca. 157 m høyere enn i dag ved Vormas innløp i Glåma og ca. 200 m ved Elverum (Longva & Thoresen 1991; Riis 1992; Fig. V2.4). Under tappingen steg og falt vannstanden kortvarig som beskrevet ovenfor. I årtusener etter falt havnivået gradvis til det nåværende på grunn av landhevingen. Dette resulterte i at eldre fjordavsetninger i Glåmas dalføre ble hevet over havet og gradvis erodert av elven som utviklet seg til det som nå er Glåma.





**Figur V2.3.** Skisse av tappingen av Nedre Glomsjø. Tappingen fant blant annet sted gjennom Glåmas dalføre syd for Elverum. Se figur 7 for plassering av Mørkfoss syd øst for Oslo (modifisert fra Longva og Thoresen 1991)



**Figur V2.4.** Kart over området mellom Elverum og Oslo med utbredelse av fjordarmer under breisens tilbakesmeltning i slutten av siste istid. Under tapping av bredemte sjøer ble store områder oversvømt langs fjordene. Nivået av den marine grense er angitt med tall. Den marine grense stiger mot nordøst (Longva 1994).

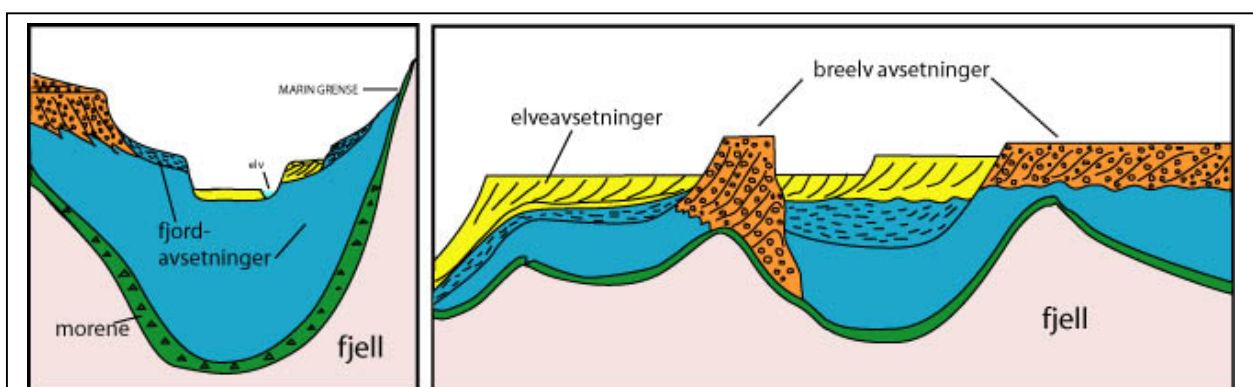
## Generelt om dalfyllinger

Tilbaketrekning av Istidens breer og de store endringer som er skjedd i landskapet siden istiden, har hatt stor innflytelse på fordelingen av løsmasser i nåtidens daler. Sedimentdekket over fjell er ofte tykt i de sentrale deler av dalene men fjellterskler kan forekomme (Fig. V2.5). Dalfyllinger er lagdelte og kan bli flere hundre meter tykke. De daler, som på et tidspunkt har vært overskyttet av sjø har noen generelle felles trekk: Dypest finnes de eldste avsetninger av morenemateriale som ble avsatt den gang breen dekkede området. Over dette finnes de finkornige fjordavsetninger ofte av stor mektighet. Nærmere overflaten finnes grovere avsetninger avsatt på grunnere vann og øverst finnes yngre elveavsetninger. Det finnes dog store variasjoner i lagdelingen fra dal til dal og på forskjellige plasser innen for det samme dalføre avhengig av lokale geologiske og topografiske forhold.

I mange dalfører finnes fjordavsetninger ikke bare på dypet, men også i overflaten langs dalsidene mens yngre elveavsetninger er begrenset til lavereliggende nivåer, ofte i terrasser, sentralt i dalføret langs den nåværende elv. Grunnen til dette er at havnivået falt etter istiden slik at fjordbunnen ble hevet høyt over nåtidens havnivå. Samtidig har elver etter hvert erodert i disse sedimentene og avsatt elveavsetningene på suksessivt lavere nivåer.

Andre variasjoner er store grusakkumulasjoner i deler av eller på tvers av noen daler. Disse akkumulasjonene ble formet i kontakt med breis i perioder med stor isavsmeltning eller ved en langvarig posisjon av en brerand ved en innsnevring av den tidligere fjord for eksempel ved fjellterskler. Disse grusavsetninger, kalles breelvavsetninger, kan nå finnes i overflaten i kontakt med både strand- og fjordavsetninger. De kan være av stor mektighet og kan derfor også forekomme helt eller delvis begravd under hav- og fjordavsetninger. Andre faktorer som kan ha vesentlig betydning for dalfyllingers oppbygging kan for eksempel være skred langs med sidene av dalen eller store sjøavtappinger. Sistnevnte har funnet sted i stor målestokk i Glåmas dalføre i slutten av istiden (jvf. forrige avsnitt). Over marin grense finnes ingen fjordavsetninger, men andre avsetningstyper dannet over havet (tabell 1, se rapporttekst).

Studier om dalfyllinger i Norge er få. Noen av de mest detaljerte undersøkelser er gjort i Målselvdalen, Troms (Eilertsen 2002; Eilertsen et al. in press). I 2004 ble prosjektet SEDITRANS påbegynt om dalfyllinger i et transekt fra dal til fjord i Stryn (Stalsberg et al. 2005).



**Figur. V2.5.** Prinsippskisse over dalfyllinger i et tverrsnitt og et langsgående snitt i Målselvdalen (modifisert fra Eilertsen 2002).

## TOLKNING AV DATA: GEOLOGISK OPPBYGGING

Samlet gir resultatene av de geofysiske undersøkelser og boring presentert ovenfor, et lite innblikk i deler av løsmassenes oppbygging i Norges lengste dalføre. De unike dataene er begrenset, men gir likevel noe ny viten.

Data fra de dype boringene i Glåmas dalføre er samlet i et profil som representerer et lengdeprofil gjennom Glåmas dalføre (Fig. V2.6). Boringene, som er presentert i detalj i vedlegg 1, er plassert i rett høyde i forhold til hverandre. Følgende er en oppsummering av de viktigste resultatene kombinert med data fra noen tidligere undersøkelser.

### Fjelltopografien

Fjelltopografien forventes å kunne variere mye langs Glåmdalen, på samme måte som fjelltopografien er kjent å variere under løsmasser i fjorder. En god del av de dype boringene dokumentert i denne rapport finnes nær elvens nåværende løp, dvs sentralt i dalføret, og flere boringer er over 70 m. Seismikken viser dybder som lokalt overstiger 100 m, hvilket bekreftes av Bargel (1983). Grunnundersøkelser viser at fjell også kan ligge på grunnere dyp nær de mer sentrale deler av dalføret. Det gjelder for eksempel for et område der dalbunnen breder seg ut ved Haslemoen i boring 76 og 73 (Vedlegg 1c, Fig. 2 i rapport). Likeledes viser seismiske linjer, som til sammen nesten dekker et tverrsnitt av dalen nær Glåma nord for Elverum, at fjelloverflaten under ca. 20 m med løsmasser er jevn og svakt undulerende (Bargel 1983). Fjell forventes også å finnes på grunnere dyp langs med dalsidene. En enkelt boring traff fjell på bare 5 meters dyp (lok. 669, vedlegg 1d) nær Eidsfossen og fjellblotninger i eller langs elven kan representere fjellterskler. Det finnes andre blotninger av fjell langs Glåma, for eksempel nord for boring 692 ved Fossvika og fjell ved Fossum (Fig. V2.6, vedlegg 1d, 1f, 1g). En tilsynelatende V-formet fjelltopografi under løsmassene i Stor Elvdal (vedlegg 1h) er sannsynligvis ikke reell men en kunstig effekt (se kapittel 5 i rapporten).

### Løsmassenes oppbygging

Boringene presentert på figur V2.6 viser at de dype delene av Glåmas dalfyllinger for en stor del er oppbygd av silt og finsand i oppadgrovende lagserier med sand og grus nær overflaten. En del av boringene mellom Heraldsbygd i Nord og Haslemoen i syd inneholder variasjoner fra dette overordnede mønster, med innslag av både grovere og finere lag i lagfølgene.

En viktig observasjon er tilstedeværelsen av et c. 5 meter tykt grusig lag over fjell på c. 80 meters dyp i boring 691 og tildels 696. Disse forekomster finnes <1 km oppstrøms Eidsfossen ved Våler (vedlegg 1f). Prøvepumping viser, at grunnvannsreservoaret, og derfor avsetningene, må ha en viss utbredelse (se avsnitt 6.3.1 i rapport). Et forslag til utbredelse av disse grove avsetninger er vist med rød farge på det seismiske profil ved boring 691 og 696 (vedlegg 1e). Avsetningen er foreslått å utgjøre den nederste del av en lagpakke av siltig finsand over grus som til sammen heller svakt mot nord. Deler av grusavsetningen ligger muligvis i en forsenkning som antydnet på figuren, men det krever flere undersøkelser å avgjøre lagets nøyaktige geometri. En ca. 25 m tykk lagpakke av silt over ovennevnte sand- og grusavsetning utviser sydlig hellende reflektorer. De øverste 20 m består av sandige avsetninger med mer uregelmessige reflektorer.

De øvrige seismiske profiler i vedlegg 1 viser mindre markante refleksjonsmønstre. Det er en tendens i noen av de seismiske profilene at (deler av) tykke siltede lagpakker utviser et nesten transparent eller svakt refleksjonsmønster, mens sandige lagpakker nær overflaten utviser mer

uregelmessige refleksjoner (vedlegg 1b, 1c, 1h og 1i). Nivået for antatt fjell er angitt på de seismiske profiler samt potensielle multipler.

### **TOLKNING AV DATA: DANNELSE**

Hensikten med følgende avsnitt er å skissere noen tolkningsmuligheter for deler av løsmassene i Glåmas dalføre. Disse skal kun fungere som innspill til fremtidige, mer detaljerte undersøkelser, og som inspirasjon til undersøkelser i andre dalfører.

#### **Dannelse av fjelltopografien**

Erosjon og utforming av fjelltopografien under løsmassene og i høydedragene langs Glåmas dalføre er skjedd over en periode som rekker lengre tilbake i tid enn Kvartærtiden (Gjessing 1956). Selv om elveerosjon sannsynligvis har spillet en rolle i perioder er det generelt akseptert at utdypningen av norske daler er sterkt påvirket av breenes enorme erosjonsevne. Dette regnes da også for den viktigste årsak til utdypning av Glåmas dalføre, og forklarer også tilstedeværelse av markante fjellterskler.

Glacial erosjon er kjent å resultere i U-formede dalprofiler (Gjessing 1956). Det refleksjonsseismiske profil i midten av dalføret ved boring 694 i Stor-Elvdal antyder en V-formet dalbunn, hvilket typisk kunne knyttes til erosjon av rennende vann og elvenedskjæring. Imidlertid er det dog sannsynlig at V-profilet er et resultat av en såkalt 'bow-tie' effekt, og anses som kunstig (se kapittel 5 i rapporten).

#### **Oppfylling av fjord- og dalbassenget etter siste istid**

Utgangspunktet for tolkning av Glåmas dalfyllinger er at avsetning hovedsakelig er funnet sted i forbindelse med og etter tilstedeværelsen av de siste breer i området og at eldre avsetninger er fjernet av glacial erosjon. Dette kan begrunnes med at det, i det minste med de eksisterende data, ikke umiddelbart finnes spor etter gjentatte glaciasjoner. Det er registrert mindre variasjoner i sedimentene, som kan forklares ved prosesser under og etter siste breavsmeltning i området.

Den overordnede oppadgrovende tendens av avsetningene avspeiler oppfylling av et fjord- og dalbasseng under forhold med generelt tiltagende energi. Dette stemmer godt overens med den generelle forståelse av områdets geologiske historie med tilbakesmeltning av breer ved slutten av istiden med tilhørende oversvømmelse av dalsystemet av havet under dannelse av en dyp fjord. Breen avsatte spredte moreneavsetninger, som stedvis finnes i dalføret, og i fjorden ble det akkumulert tykke silt- og sandavsetninger sannsynligvis i forbindelse med deltautbygging. Fjorden ble etterfølgende fylt opp med sediment samtidig med tilbaketrekning av havet under landhevningen etter istiden. Elveavsetninger ble avsatte i øverste del av dalfyllingene. Et forhøyet innhold av klor i grunnvannet er et av argumentene for en marin opprinnelse av de mest finkornede avsetninger i området (første avsnitt i vedlegg 2, se sammenfatning i Riis 1982). Den maksimale høyde av havet, den marine grense, under avsmeltningen fra siste istid var knapt 190 m (iflg. Longva 1994). Det regnes derfor med at en stor del av de silt- og finsandholdige sedimenter i boringene syd for Elverum er avsatte i en langstrakt fjordarm. De seismiske profiler fra Åsnes og Våler kommuner dekker deler av disse fjordsedimenter og utviser noe lagdeling (vedlegg 1b, 1c, 1e). En sydlig hellende lagdeling i en 25 m tykk lagpakke av silt pålapper en markant nordlig hellende reflektor (vedlegg 1e). Reflektorene avspeiler en skrålagning dannet ved utbygging mot syd av sedimenter på fjordbunnen over et nordlig hellende underlag av grovere materiale over fjell. Store sedimentbølger i finkornet materiale med storskala skrålagning er observert i noen norske fjorder og tolkes som avsatte i forbindelse med flomhendelser (Bøe et al. 2004).

Tapping av Nedre Glomsjø under avslutningen av siste istid har satt sine spor i dalføret, som diskutert nedenfor. Det er dog også andre mindre ekstreme prosesser, både under deglasiasjonen og senere under isfrie forhold, som kan forklare sedimentvariasjonene. Dette kunne for eksempel være brefluktasjoner, mindre tappings- eller smeltevannshendelser eller endret sedimenttilførsel. Andre muligheter er strømningsmønstre i den daværende fjorden, hvor for eksempel fjellterskler og innsnevninger kan forsterke strømmene, eller prosesser knyttet til påvirkning fra sidedaler eller steile fjellpartier. Nærmere tolkning av avsetningsprosessene krever mer detaljerte feltundersøkelser.

**Elveavsetningene:** Den yngste del av dalfyllingene består av terrasser med elveavsetninger som finnes i flere nivåer langs med den nåværende Glåmas løp. Til forskjell fra de dypere deler av løsmassene er det forholdsvis enkelt å oppnå data fra denne del, for eksempel fra kart og flyfotos. Det er gjort flere studier av disse avsetninger bla vha. georadar på grunn av problemstillinger omkring flom (vedlegg 4). I Glåmas dalføre er det utbredte finkornede avsetninger på elveterrassene som kan være avsatt i stillestående vann eller ved flom ('Koppjord', se sammenfattende beskrivelse i Riis 1992). Glåmaelvens forløp varierer etter vannføringen og der elven slynger seg (meandrerer), vil elven justere sitt løp så den blir mer rettlinjert under flom. Elvens forløp kan også variere på en lengre tidsskala alt etter vannføring (klima), sedimenttransport og menneskelige inngrep (elveforebygging mv.) samt regionale og lokale variasjoner i erosjonsbasis. For eksempel vises det på kart at Glåma tidligere har hatt et meandrerende løp i Grue og Åsnes kommuner, mens elvens nåværende løp er mer rett (vedlegg 1a og 1b). Dette kan skyldes at klimaet de siste 2000 år er blitt kaldere og fuktigere hvilket har økt vannføringen (Bogen 1993). Et annet eksempel er det forgrenede forløp av Glåma ved Koppangsøyene i Alvdal der dalen bredder seg ut og bygges opp. Elvebassenget er sannsynligvis ikke i likevekt med dagens regimer (Nordseth 1973a; 1973b, se diskusjon nedenfor). Disse eksempler viser at analyse av elvesletter kan inneholde informasjon om dalens sedimentologiske utvikling over et lengre tidsrom.

### **Dyptliggende grusavsetninger**

Uklarheten mht geometrien av grusforekomsten i boring 691 i Våler (vedlegg 1e) gjør det vanskelig å tolke dannelsesprosessen og det er flere muligheter. En av de mer opplagte muligheter er avsetning fra smeltevann i forbindelse med fremrykk eller tilbakesmelting av en bre i dalføret, enten under breen eller langs breens front. Store grusavsetninger avsatt av smeltevann ved bre kan dannes ved fjellterskler eller fjordinnsnevninger, og dette kan skje både på oppstrøms og nedstrøms side av fjellterskelen (Lønne et al. 2001). På denne måte kunne den dyptliggende grusavsetning ved boring 691 være knyttet til en breelavsetning ved fjellinnsnevningen ved Eidfossen <1 km mot syd (se kart i vedlegg 1d). Forbindelse mellom grusavsetningen, en eventuell brekontaktavsetning, og en innsnevring i fjell må dog bekreftes ved ytterligere undersøkelser. En alternativ forklaringsmodell er at sedimentet består av en vifte som bygde seg ut under havnivå for eksempel ved munningen av en sidedal. Sistnevnte mulighet synes dog mindre sannsynlig da det ikke finnes noen større sidedaler i nærheten av denne del av Glåmas dalføre.

### **Mulige avsetninger dannet under tapping av Nedre Glomsjø**

Deler av avsetningene på det kvartærgeologiske kart over Elverumområdet avspeiler tapningen av Nedre Glomsjø. Dette gjelder store mengder av breelavsetninger med et utbredt dekke av vindavsetninger, samt elveavsetninger med dødisgroper. Breelavsetningene kan forklares som avsatte under en katastrofisk tappingshendelse, og vindavsetningene ble dannet etter tapningen på grunn av stor tilgjengelighet av sand. Elveavsetninger med dødisgroper kan i følge denne modell forklares ved begravelse av løsrevne isfjell som gradvis smeltet til etter



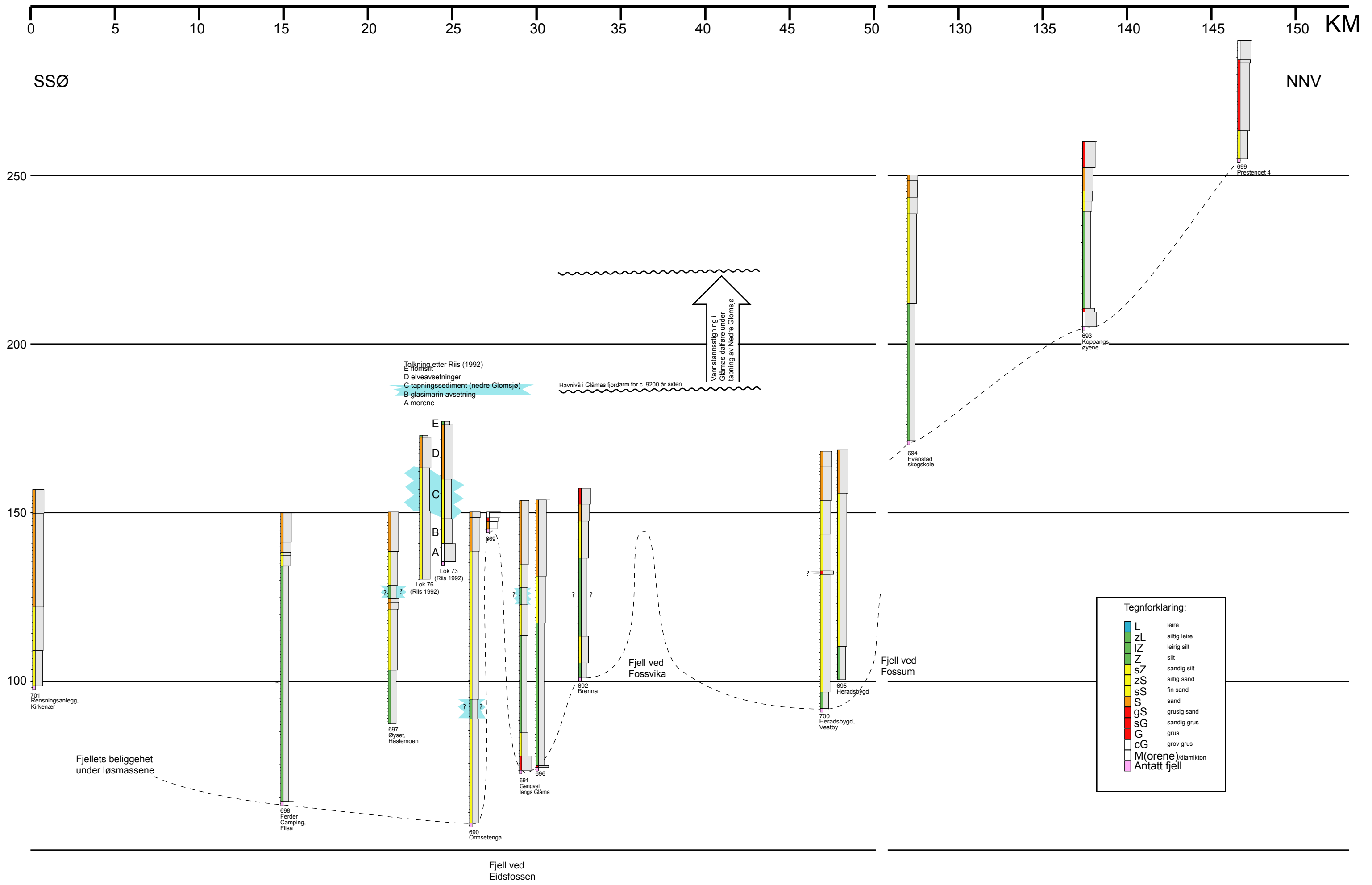
havet hadde forlatt området (Longva 1994). Lagpakke C i boring 73 og 76 på Haslemoen beskrives som en 10 m tykk fluvial siltenhet avsatt under drukning av dalføret under tappingen av Nedre Glomsjø (Fig. V2.6, Riis 1992). Utbredde mer finkornede sedimenter etter denne tappingskatastrofe er registrert lenger mot syd utenfor den del av Glåmas dalføre som omtales i denne rapport ('Romerriksmjelen', Longva & Bakkejord, 1990; Longva & Thoresen, 1991).

Det er ikke mulig å gjøre en detaljert stratigrafisk analyse på de her rapporterte sonderboringer i Fig. V2.6, da dette krever uforstyrret prøvetaking. Det er likevel noen deler av lagfølgene i sonderboringerne som potensielt kunne være avsatt ved drukning av dalføret under nevnte tapningskatastrofe, som -sin størrelse tatt i betraktning- kan forventes å ha satt sine spor. Dette gjelder intervaller med siltet sediment i boring 697, 690, 691 og eventuelt deler av boring 692 (angitt med spørsmålstejn i Fig. V2.6). Plassering av disse sedimenter på forskjellig nivå i lagfølgene er ikke overraskende, da eventuelle avtapnings-sedimenter ville bevares på forskjellig nivå i et tverrsnitt av dalen. Således kan man forvente høyere beliggende avsetninger nær dalsidene og lavere beliggende avsetninger sentralt i dalføret, svarende til formen av den daværende fjorden. Det er også sannsynlig at tappings-sedimentene varierer i kornstørrelse og tykkelse både på tvers av og langs med dalføret. Sistnevnte avspeiles i kontrasten mellom de grove breelavsetninger ved Elverum i nord og de finkornede avsetninger ('Romerriksmjelen') syd for det undersøkte området. På denne måte kan det grovere lag, som finnes i midten av boring 700 nær Elverum, representere sporene etter en flomhendelse eller tapningskatastrofe nær kildeområdet. Det er ikke registrert noen markante variasjoner i de sydligst beliggende boringer (boring 698 og 701, Fig. V2.6). Det er mulig at en sydlig beliggenhet i dalføret samt at dalføret her er relativt bredt har gjort at sporene fra tapningskatastrofen her er mindre tydelige.

### **Mulig begravde innsjøavsetninger ved Koppangøyene**

Det er bemerkelsesverdig at det finnes > 30 m tykke siltavsetninger over marin grense ved Koppangøyene ved Alvdal (boring 693, vedlegg 1i; Fig. V2.6). Det finkornede, ensartede materiale må være avsatt i et basseng med stillestående vann over den antatte marine grense. En nærliggende tolkning er avsetning i et innsjøbasseng under og etter tilbakesmelting av de siste breer i området. Bassenget er etterfølgende blitt utfyllt av sediment. Den sydlige terskel for et sådant innsjøbasseng kunne enten være en fjell- eller moreneterskel eller en terskel dannet ved sedimentutbygging ved munningen av en sidedal som for eksempel viften ved Imsadalens innløp i Glåmdalen syd for Koppangøyene. Her innsnevres Glåmas løp på grunn av tilførsel av sediment fra sidedalen, hvilket har bidratt til dannelse av Messeltfossen (Nordseth 1973a; 1973b). Under flom forsinkes Glåmas avstrømning gjennom Messeltfossen. Området ved Koppangøyene er karakterisert, som navnet tilsier, av store, stabile øyer mellom flere grene av Glåmas elveløp i et område der dalen er forholdsvis bred. Dette forgrenede elveforløp minner om en deltaslette og atskiller sig vesentlig fra Glåmas enkle elveløp syd og nord for Koppangøyene. Elveforløpet betegnes som 'flettet' av Nordseth (1973a; 1973b). På grunn av de store relativt stabile øyer kan elveløpet også betraktes som tilnærmet 'anastomoserende'. Anastomoserende elveløp dannes typisk i områder med lav gradient og stigende erosjonsbasis for eksempel forårsaket ved gradvis oppdemning (Leeder 1999; Collinson 1996). Utbygging av sediment ved munningen av Imsa kan ha bidratt til sistnevnte.

Ifølge tolkningen av sedimentene i boring 693 eksisterte det i en periode etter siste istid ved Koppangøyene en innsjø parallelt med Storsjøen i nabadalføret mot øst. Et mindre basseng og en større sedimenttilførsel har resultert i utfylling av innsjøen ved Koppangøyene, mens Storsjøen fortsatt eksisterer i dag.



Figur V2.6

**VEDLEGG 3:  
Refleksjonsseismikk  
-metodebeskrivelse**

### VEDLEGG 3: REFLEKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Refleksjonsseismikk anvendt på løsmasser er tilpasning og modifisering av konvensjonelle refleksjonsseismiske teknikker. I mange tilfeller kan refleksjonsseismikk være et alternativ til refraksjonsseismikk ved undersøkelse av løsmassestratigrafi og fjelltopografi under løsmasser.

#### Oppløsning/dybderekkevidde

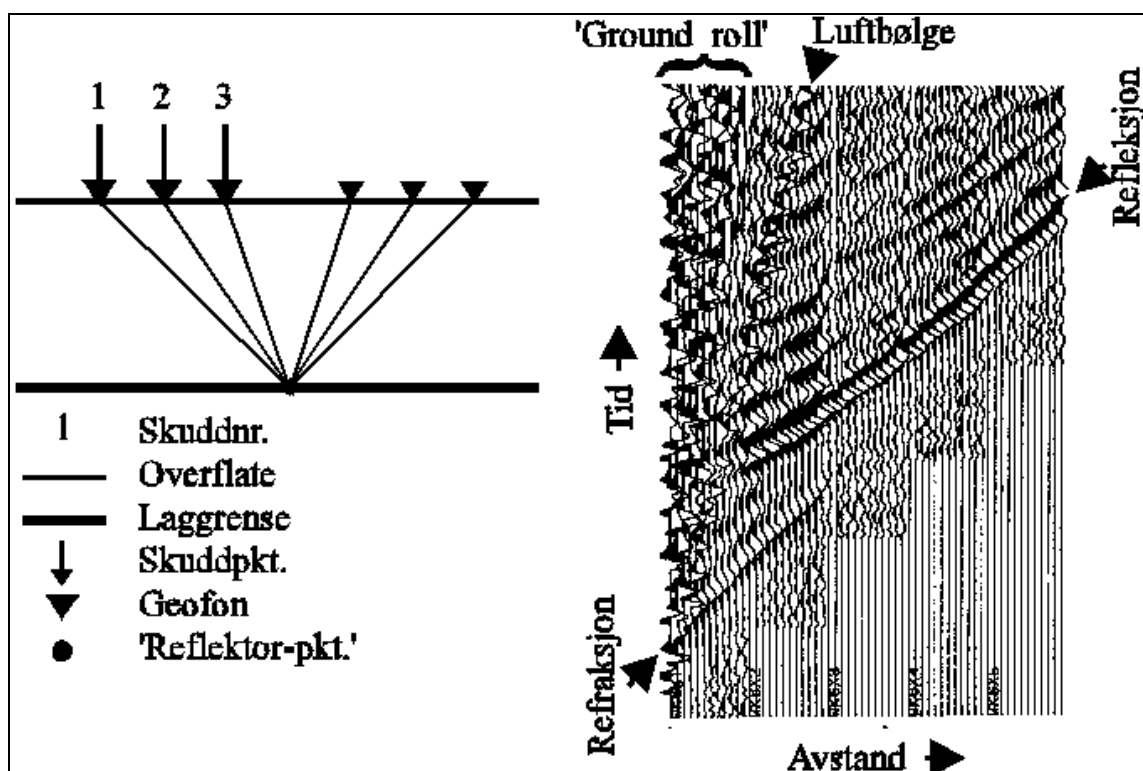
I løpet av de siste årene har det skjedd en utvikling av digitalt refleksjonsseismisk utstyr i retning av høyere oppløsning og mindre tidkrevende prosessering. Oppløsningen er proporsjonal med registrerte signalers frekvensinnhold og seismisk hastighet. Man anvender derfor energiseringskilder som gir høyfrekvent energi. Et eksempel på en slik kilde er haglpatroner avfyrt fra en spesiellagde bølge. Ytterligere framheving av høye frekvenser oppnås ved anvendelse av geofoner med høy egenfrekvens (50 eller 100 Hz), samt analog og digital frekvensfiltrering. En utvikling av seismografer i retning av økende dynamikkområde bidrar også til høyere oppløsning. Reflektorer kan under 'gunstige forhold' (se under) kartlegges på dyp i området 10 - flere hundre meter ved denne metoden. Ved en frekvens på 300 Hz og seismisk hastighet på 2000 m/s, kan man teoretisk sett skille lag med en mektighet større enn 2 m.

#### Anvendelse/Fordeler og ulemper

Anvendelsen av refleksjonsseismikk avhenger av god forplantning av høyfrekvent energi. Metoden egner seg derfor best der man ved overflaten har finkornige, vannmettede løsmasser. Dette gir best 'kobling' med bakken for skudd og geofoner. Metoden gir dårlige resultater ved grovkornige, tørre masser og over fyllinger og myr. Ved slike grunnforhold bør refraksjonsseismikk benyttes. I forhold til refraksjonsseismikk gir refleksjonsseismikk en mer direkte og detaljert avtegning av lag i jorda, og man har ikke de samme problemer med blindsonelag og hastighetsinversjon. Metoden gir derimot dårligere informasjon om lagenes seismiske hastigheter og tykkelser. Ønskes informasjon om lag grunnere enn 10 m, benyttes refraksjonsseismikk.

#### 'Common depth point (CDP)'

Ved NGU har man tilpasset programvare og utrustning til en måleteknikk kalt 'common depth point'. Teknikken er skissert i figuren på neste side. Det velges en fast avstand mellom skudd og geofonrekke. Avstanden bør være så stor at overflatebølger (Rayleigh-bølger) og luftbølger, som alle betraktes som støy, ankommer geofonene etter signal fra den dypeste laggrense man vil kartlegge (se figur på neste side). Det registreres på 12 kanaler, som gir 6-fold dekning av hvert 'reflektor-punkt'. Et CDP-opptak oppnås ved at første skudd registreres på geofonene 1-12. Deretter flyttes skuddpunktet fram en avstand som tilsvarer geofonavstanden, og man registrerer på geofonene 2-13. Man 'skyver' altså geofonrekka framover i profilretningen. Som vi ser av figuren, oppnås en 6-fold dekning av hvert reflektorpunkt fra og med det sjette skuddet. Data fra hvert skudd blir lagret for seinere prosessering. En bemanning på 3 personer har vist seg å være optimal ved utførelsen av CDP-målinger. Når man benytter teknikken CDP, kan man under 'normale' forhold profilere 300-400 m pr. dag.



Figuren til venstre viser et opplegg for målinger ved 'common depth point'-teknikken. Figuren til høyre viser et utvalg av seismiske hendelser som er vanlige i et opptak.

### Prosessering

Prosessering av CDP-data er meget tidkrevende, og krever en rask PD med stor lagringskapasitet. De viktigste prosesseringstrinn skal her skisseres;

- 1) Oppbygging av geometrifiler. Her leses inn navn på råopptaksfiler med tilhørende skuddpkt.-plassering. En kan her avgjøre om et opptak skal utelates ved CDP-sorteringen. Data for beregning av statisk korreksjon kan også leses inn (statisk korreksjon utføres for å fjerne effekten av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget). Data om selve oppdraget/profilet leses inn og lagres i en parameterfil.
- 2) Editering av råopptak. Man ser på hvert opptak for å fjerne eventuelle traser (eng.: trace) med dårlig oppløsning eller dårlig signal/støy-forhold. Disse trasene vil da ikke benyttes ved stacking (se under) av data.
- 3) Bestemmelse av filterparametre. Prosesseringsprogrammene som benyttes kan utføre båndpassfiltrering, F-K-filtrering og dekonvolving ved sortering eller stacking. Det er oftest vanlig (og nødvendig) å utføre båndpassfiltrering. Ved båndpassfiltrering konstrueres et filter slik at man fjerner de frekvenser som ligger utenfor frekvensområdet for refleksjoner, og/eller de frekvenser som er representert i støy. F-K-filtrering og dekonvolving brukes bare unntaksvis ved prosesseringen, og omtales ikke nærmere.
- 4) Sortering av CDP-data. Ved sorteringen plukker man ut traser med felles midtpunkt og grupperer disse ('CDP gathers'). Filtrering kan utføres under sorteringen.
- 5) Hastighetsanalyse. Gjennomsnittlig seismisk hastighet ned til reflektorer bestemmes for enkelte 'CDP gathers'. Disse hastighetene benyttes ved NMO ('Normal Moveout') før stacking

(se under). Hastighetsanalyse kan utføres på 3 forskjellige måter, der den vanligste er tilpasning av en hyperbel over tydelige refleksjoner som framtrer i en 'CDP-gather'.

6) Muting. Utføres på 'CDP gathers' for å fjerne støy innenfor et tidsvindu som defineres av bruker. Vanlig støy kan være luftbølger fra skuddet, Rayleigh-bølger eller refraksjoner.

7) Stacking. Data for hver 'CDP gather' slås sammen etter at NMO-korreksjon er utført. Filtrering (båndpass, F-K eller dekonvolvering) kan utføres før eller etter stacking.

8) 'Residual statics'. Fjerner resterende effekt av ujevn topografi og variasjoner i hastighet i det øverste laget (se pkt. 1). Prosedyren er basert på at en gjennomgående, kraftig reflektor opptrer i den seismiske tidsseksjonen. Ved å legge en linje langs denne reflektoren, vil programmet gå inn på hver 'CDP gather' og justere trasene i tid slik at stackingen langs reflektoren/linjen blir optimal. Deretter må en på nytt utføre hastighetsanalyse og stacking. 'Residual statics' utgjør ofte siste trinn i prosesseringen.

### Plotting

Ved plotting av seismisk seksjon benyttes AGC ('automatic gain control') for å normalisere amplituder og for å framheve svake reflektorer. Grafisk framstilles amplitudeutslag v.h.j.a. en kombinasjon av 'wiggle trace' og 'variable area' (som i figuren). Plottet kan skrives ut i bestemte filformat eller sendes direkte til skriver eller plotter. I tillegg til seismisk seksjon blir detaljer om oppdrag, opptaksparametre og prosessering skrevet ut.

### Tolkning

Tolkning av ferdig prosessert seismisk seksjon baserer seg på gjenkjenning og sammenknytning av refleksjoner. Sammenholdt med opplysninger om seismiske hastigheter avledes en geologisk modell, der man også trekker inn resultater fra eventuelle andre undersøkelser.

## **P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER**

<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>&lt; 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

## **VEDLEGG 4: Referanselister**

## VEDLEGG 4a: REFERANSELISTE FOR DENNE RAPPORT

Andersen, B.G. 2000: Istider i Norge. Landskap formet av istidenes breer. Universitetsforlaget, Oslo. 216 s.

Bargel, T.H. 1981: Jømna, CWX 065066, kvartærgeologisk kart, M. 1:20.000. Norge geologiske undersøkelser.

Bargel, T.H. 1982: Elverum, kvartærgeologisk kart 2016 IV – M 1 : 50 000. Norge geologiske undersøkelser

Bargel, T.H. 1983: Elverum. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 2016 IV – M 1 : 50 000 (Med Fargetrykt kart). Norges geologiske undersøkelser, Skrifter 38, nr. 376.

Bogen, J. 1993: Fluviale Processer. I Faugli, P.E., Erlandsen, A.H., Eikenæs, O. (Red.): Inngrep i vassdrag. Konsekvenser og tiltak –en kunnskapsoppsummering. NVE Publikasjon nr. 13, bind 1. 96-124.

Bøe, R., Bugge, T., Rise, L. Eidnes, G., Eide, A. & Muring, E (2004): Erosional channel incision and the origin of large sediment waves in Trondheimsfjorden, central Norway. *Geomarine Letters*.

Colleuille, H, Pedersen, T.S & Dimakis, P. 2004a: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 1. Formål og metoder. Norges vassdrags- og energidirektorat. 67 s.

Colleuille, H, Pedersen, T.S, Dimakis, P & Frengstad, B. 2004b: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger. Norges vassdrags- og energidirektorat. 165 s.

Colleuille, H, Wong, W.K & Dimakis, P. 2004c: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering. Norges vassdrags- og energidirektorat. 115 s.

Collinson, J.D. 1996: Alluvial sediments. In: Reading, H.G. (Ed): *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 687 s.

Eilertsen, R. 2002: Sedimentological and geophysical investigation of valley-fill sediments in Målselv, northern Norway. Ph. D. thesis. Department of Geology. University of Tromsø. 90 s.

Eilertsen, R., Corner, G.D., Aasheim, O., Andreassen, K., Kristoffersen, Y. & Ystborg, H. (in press): Valley-fill stratigraphy and evolution of the Målselv fjord valley, northern Norway, *in*: Dalrymple, R.W., Leckie, D. and Tilman, R., eds, *Incised-valley systems in time and space*: SEPM Special Publication.

Goffeng, G. & Bargel, T.H. 1986: Braskereidfoss CWX 063064-20, kvartærgeologisk kart, M. 1:20.000. Norges geologiske undersøkelser.

Gjessing, J. 1956: Om Iserosjon, fjorddal- og dalendedannelse. *Norsk Geografisk tidsskrift* 15. 243-269.



- Kalskin, R. & Hilmo, B.O. 1999a: Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum. NGU Rapport 99.008, 63 s.
- Kalskin, R. & Hilmo, B.O. 1999b: Kartlegging av grunnvarme i Elverum. Kommunal teknikk nr. 10, 8-11.
- Leeder, M. 1999: Sedimentology and Sedimentary Basins. From Turbulence to Tectonics. Blackwell Science, Oxford. 592 s.
- Longva, O. 1994: Flood deposits and erosional features from the catastrophic drainage of Preboreal glacial lake Nedre Glomsjø, SE Norway. Ph.D. thesis. Department of Geology. University of Bergen. 116 s.
- Longva, O. & Bakkejord, K.J. 1990: Iceberg deformation and erosion in soft sediments Southeast Norway. Marine Geology 92, 87-104.
- Longva, O. & Thoresen, M.K. 1991: Iceberg scours, iceberg gravity craters and current erosion marks from a gigantic Preboreal flood in southeastern Norway. Boreas 20, 47-62.
- Lønne, I., Nemeč, W., Blikra, L.H. & Lauritsen, T. 2001: Sedimentary architecture and dynamic stratigraphy of a marine ice-contact system. Journal of Sedimentary Research 71, 6. 922-943.
- Nordseth, K. 1973a: Fluvial Processes and Adjustments on a Braided River. The Islands of Koppangøyene on the River Glomma, Norsk geografisk tidsskrift 27. 77-108.
- Nordseth, K. 1973b: Floodplain Construction on a Braided River. The Islands of Koppangøyene on the River Glomma, Norsk geografisk tidsskrift 27. 109-126.
- Olsen, L., Sveian, H., & Bergstrøm, B., 2001: Rapid adjustments of the western part of the Scandinavian Ice sheet during the Mid and Late Weichselian – a new model. Norsk Geologisk Tidsskrift 81, 93-118.
- Riis, V. 1992: Avsetningsmodell og hydrogeologi av Haslemoen. Cand. Scient.–oppgave i geologi. Institutt for Geologi. Universitetet i Oslo. 168 s.
- Rohr-Torp, E.: 2003. Terningmoen – infrastruktur, vurdering av prøvepumpingsresultater og anbefaling for videre fremdrift. NGU Rapport 2003.065. 14 s.
- Sollid, J.L. & Kristiansen, K. 1983: Hedmark Fylke. Kvartærgeologi og geomorfologi. Beskrivelse til kart 1 : 250.000. Miljøverndepartementet. Avdeling for naturvern og friluftsliv. Rapport T-543. 101 s.
- Rønning, J.S. & Muring, E., 1992: Georadar og refleksjonsseismiske målinger på Haslemoen, Våler Kommune, Hedmark. NGU Rapport 91.270.

Stalsberg, K., A. Burki, V., Derron, M.H., Hansen, L., Husum, P.A., Larsen, E., Lyså, A., Nesje, A. & Tønnesen, J.F. 2005: SEDITRANS: Valley-to-fjord sediment transport – processes and products. Project outline and preliminary results. Abstract. Norsk Geologisk Forenings Vinterkonferanse, Abstracts and Proceedings of the Geological Society of Norway, 1, 112.

Sørensen, R. 1983: Glacial deposits in the Oslofjord area. In: Ehlers, J. (Ed.): Glacial deposits in North-West Europe. Balkema, Rotterdam. 470 s.

Thoresen, M.K. 2000: Kwartærgeologisk kart over Norge. Tema: Jordarter. Norges geologiske undersøkelse. Kart med beskrivelse. 64 s.

## **VEDLEGG 4b: TIDLIGERE UNDERSØKELSER I GLÅMDALEN/ØSTERDALEN** **Hydrogeologiske og geofysiske undersøkelser i løsmasser**

### Kongsvinger kommune

- 1974 – NGU rapport. Kartlegging av grunnvannsforholdene ved Kongsvinger Vannverk, Granli. Forslag til klausulområder. 16.07.74.
- 1981 – NGU Rapport O-81002. Kongsvinger vannverk på Granli, Hedmark fylke. Rehabilitering av defekt 20" brønn - plassering av ny(e) brønn(er). 05.03.81.
- 1981 – NGU Rapport, serienr. 1871. Seismisk grunnundersøkelse, Kongsvingerområdet.
- 1981 – NGU Rapport, serienr. 1925. Seismisk grunnundersøkelse, Kongsvingerområdet.
- 1981 - NGU Rapport O-81002. Ny borebrønn for Kongsvinger vannverk på Granli. Forundersøkelser. 05.05. 81.
- 1982 – Rapport fra Norsk vandbyggningskontor. 459 - Kongsvinger II. Grunnvannsmålinger SIVA. 03.82.
- 1982 – NGU Rapport, serienr. 1925. Seismisk grunnundersøkelse, Kongsvingerområdet.
- 1982 – NGU Rapport O-82006. 459- Kongsvinger II. Grunnvannsmålinger SIVA. 21.10.82.
- 1986 – NGU Rapport 86.220. Undersøkelsesboringer i forbindelse med plassering av nye grunnvannsbrønner på Granli, Kongsvinger vannverk. Internt nr. 101741, 01.12.86.
- 1987 – NGU Rapport 87.071. Kongsvinger vannverk – Granli. Grunnvannsmodell og simulering av ulike belastninger. 02.87.

### Grue kommune

- 1979 – Vannressurskart 2016 II, Flisa M 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" med Beskrivelse. Spesiell rapport nr. 16. NGU.
- 1998 – NGU Rapport 98.121. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Braskereid, Våler, Kveset og Stemsrud, 1998.

### Åsnes kommune

- 1968 – NGU brev. Vedr. vannforsyning til Flisa vannverk. 13.09. 68
- 1969 – NGU brev. Vannforsyning Flisa. 22.09.69.
- 1970 – NGU brev. Serienr. Hy 00414. Vannforsyning Flisa.
- 1973 – NGU brev. Rapport fra Norges geologiske undersøkelse vedrørende grunnvannsforsyning til A/S W. Jordan børste og penselfabrikk, Flisa. 19.09.73
- 1973 – NGU brev. Rapport fra Norges geologiske undersøkelse vedrørende tilleggsundersøkelser i forbindelse med grunnvannsutvinning ved/på Jordan børste og penselfabrikks eiendon, Flisa. 23.10.73.
- 1979 – Vannressurskart 2016 II, Flisa M 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" med Beskrivelse. Spesiell rapport nr. 16. NGU.
- 1981 – Universitetet i Oslo. Seismiske og elektriske målinger på Myrmoen og Syverstuneset ved Flisa. Rapport fra Institutt for geologi v. Morten Sand. 05.81.
- 1991 – NGU Rapport 91.255. Georadarmålinger ved Kvesetenga, Flisa.
- 1997 – NGU Rapport 97.013. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Lauten og Arneberg i Åsnes kommune.
- 1998 – NGU Rapport 98.121. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Braskereid, Våler, Kveset og Stemsrud, 1998.

### Våler kommune

- 1965 – NGU brev. Serienr. HY-00409. Vedr. grunnvannsforsyning til Braskereidfoss.
- 1972 – NGU brev. Rapport fra Norges geologiske undersøkelse vedrørende utvidelse av grunnvannsforsyningen til Braskereidfoss, Våler kommune, Hedmark fylke. 07.11.72.

1973 – NGU brev. Utvidelse av grunnvannsanlegget på Braskereidfoss. 26.03.73.  
1979 – Vannressurskart 2016 II, Flisa M 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" med Beskrivelse. Spesiell rapport nr. 16. NGU.  
1982 – Vannressurskart 2016 III, Våler M 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" med Beskrivelse. Spesiell rapport nr. 30. NGU.  
1982 – NGU Rapport O-81100. Grunnvannsanlegget på Braskereidfoss.  
1986 – NGU Rapport 86.138. Vedrørende videre utbygging av grunnvannsanlegget på Braskereidfoss i området på østsiden av Glomma ved Braskereidfoss kraftverk.  
1987 – NGU Skrifter 77. Kwartærgeologiske og hydrogeologiske forhold i en løsmasse akvifer under marin grense i Solør, Sørøst Norge.  
1991 – NGU Rapport 91.230. Grunnvannsforsyning fra Braskereidfoss Vannverk. Prøvepumping og sikringssoner. Internt nr. 103770.  
1991 – NGU Rapport 91.270. Georadar og refleksjonsseismiske målinger på Haslemoen.  
1993 – NGU Rapport 92.318. Georadarmålinger på Haslemoen, Våler kommune, Hedmark.  
1995 – NGU Rapport 95.052. Testmålinger med georadar utført på Haslemoen, Våler kommune, Hedmark.  
1998 – NGU Rapport 98.121. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Braskereid, Våler, Kveset og Stemsrud.  
2000 – NGU Rapport 2000.129. Georadarmålinger for grunnvannsundersøkelser ved Braskereidfoss vannverk.

#### Elverum kommune

1958 – NGU Årbok 1958, s. 160-170. Serienr. 205. Rørbrønner ved Rena og Elverum. Meddelelse fra vannboringsarkivet nr. 8.  
1962 – NGU Årbok 1962, s. 87-101. Serienr. 215. Rørbrønner. Meddelelse fra vannboringsarkivet nr. 12.  
1972 – NGU Rapport serienr. 1753. Seismiske grunnundersøkelser, Grindalsmoen, Elverum.  
1973 – NGU brev. Grunnundersøkelser i Heradsbygd. 23.01.73.  
1974 – NGU Rapport, serienr. 1135. Seismisk undersøkelse Grindalsmoen. Upublisert.  
1976 – NGU Rapport serienr. 1309. Seismiske målinger i traktene Elverum-Kongsvinger-Sør-Odal, Hedmark fylke. Upublisert.  
1979 – NGU Rapport HY-00428. Strandfossen kraftverk, Elverum.  
1979 – NGU Rapport HY-00020. Strandfossen kraftverk, Elverum.  
1980 – NGU Rapport, serienr. 1681. Seismisk undersøkelse Løvbergsmoen, Elverum. Upublisert.  
1980 – NGU Rapport HY-00014. Grunnvannsforekomsten på Grindalsmoen, Elverum kommune.  
1980 – NGU Rapport O-79064 (HY-00479). Grunnvannsforekomsten på Grindalsmoen, Elverum kommune.  
1981 – Vannressurskart 2016 IV, Elverum M 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" med Beskrivelse. Spesiell rapport nr. 31. NGU.  
1983 – NGU Rapport O-82063. Grunnvannsforsyning Grindalsmoen, Elverum kommune.  
1991 – NGU Rapport, serienr. 1752. Seismiske grunnundersøkelser Elverum, Hedmark.  
1991? NGU Rapport, serienr. 1752/A. Seismisk grunnundersøkelse Elverum.  
1991 – NGU Rapport, serienr. 1752/B. Seismiske grunnundersøkelser Elverum, Hedmark.  
1997 – NGU Rapport 97.012. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Øksna og Heradsbygd i Elverum.  
1998 – NTNU Bergavd. Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum. Hovedoppgave, Randi Kalskin.  
1998 – NGU Rapport 98.045. Georadarundersøkelse av flomutsatte områder nær Glåma ved Elverum og Heradsbygd.

1999 – NGU Rapport 99.008. Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum.

1999 – NGU Rapport 99.024. Georadarmålinger i forbindelse med kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser ved Elverum.

2003 – NGU Rapport 2003.065. Terningmoen – infrastruktur, vurdering av prøvepumpingsresultater og anbefaling for videre fremdrift. 14 s.

#### Åmot kommune

1958 – NGU Årbok 1958, s. 160-170. Serienr. 205. Rørbrønner ved Rena og Elverum. Meddelelse fra vannboringsarkivet nr. 8.

1962 – NGU Årbok 1962, s. 87-101. Serienr. 215. Rørbrønner. Meddelelse fra vannboringsarkivet nr. 12.

1973 – NGU Rapport, serienr. 1225. Seismisk undersøkelse Rena, Åmot, Hedmark.

1976 – NGU Rapport O-76.124 (HY 00191). Grunnvannsforsyning Rena.

1981 – NGU Rapport, serienr. 1821. Seismiske målinger på Hovdmoen nord for Rena.

1982 – NGU Rapport O-82002. Grunnvann Rena, prosjektnr. O-82002 Pumpeforsøk i forbindelse med klausulerings/sikringstiltak.

1983 – NGU Rapport O-83000. Undersøkelsesboring for anlegg av brønn 2 ved Prestsjøen, Rena.

1990 – NGU brev. Rena kartongfabrikk. Utbygging av grunnvannsanlegget. 18.12.90.

1997 – NGU Rapport 97.011. Georadarundersøkelse av flomutsatt område ved Åsta i Åmot kommune.

2004 - Norges vassdrags- og energidirektorat. (002.Z) Rapport 1, 67 s. Formål og metoder. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark.

2004 - Norges vassdrags- og energidirektorat. (002.Z) Rapport 2, 165 s. Materiale og feltmålinger. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark.

2004 - Norges vassdrags- og energidirektorat. (002.Z) Rapport 3, 115 s. Grunnvannsmodellering. Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark.

#### Stor-Elvdal

1972 – NGU Rapport HY-00417. Uttalelser fra Norges geologiske undersøkelse etter grunnundersøkelser i forbindelse med vannforsyning Koppang.

1986 – NGU Rapport 86.112. Seismiske målinger Koppang vannverk.

1987 – NGU Rapport 87.019. Koppang vannverk,. Beskyttelse av vannkilden på Myrstad.

NGU – brev. Koppang vannverk, forslag til ny rørbrønn. 30.04.91.