

Rapport nr.: 2004.048		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Jernbanetrasé Sandvika-Lysaker – sammenstilling av geologiske data			
Forfatter: Øystein Nordgulen, Ole Lutro & John Dehls		Oppdragsgiver: Jernbaneverket Utbygging	
Fylke: Akershus		Kommune: Bærum	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814-1 Asker	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 26 Kartbilag: 9	Pris:
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 10.11.2004	Prosjektnr.: 296100	Ansvarlig:
<p><b>Sammendrag:</b></p> <p>I forbindelse med detaljplanlegging av ny dobbeltsporet jernbanestrekning på 6,7 km fra Lysaker til Sandvika har Norges geologiske undersøkelse (NGU), på oppdrag fra Jernbaneverket Utbygging, utført en oppgradering av det geologiske grunnlagsmaterialet og framstilt dette i digital form. Det meste av strekningen skal bygges som en 5,5 km lang fjelltunnel. Langs to kortere strekninger vest for Lysaker og sør for Engervannet (øst for Sandvika) går traséen i dagen.</p> <p>Tunnelen vil krysse flere forkastninger, sprekkesoner og eruptivganger der det kan oppstå problemer med stabilitet og/eller innlekkasje av grunnvann som kan medføre skade på installasjoner og miljø på overflaten. Det antas at de største forkastningene kan gi svakhetssoner med mulig leiromvandling i en bredde på minst 10-20 meter normalt på forkastningen. En økt grad av oppsprekking vil gjerne forekomme i avstander på flere titalls meter fra forkastningen.</p> <p>Sammen med rapporten leveres det to hovedkart (M 1:10.000) som dekker hele traséen. I tillegg vedlegges sju detaljkart i stor målestokk (M 1:2.500). Det understrekes at kartene i stor målestokk representerer kun en forstørrelse av informasjonen gitt på hovedkartene og at de ikke innebærer en større grad av nøyaktighet i tolkning enn det som går fram av hovedkartene.</p> <p>På grunnlag av tilgjengelig informasjon og analyse av data oppsummert i denne rapporten anbefales det oppfølgende undersøkelser og boring i følgende områder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forkastningssone langs området ved Stasjonsveien (pelnr 11740-11790)</li> <li>• Forkastningssone som følger søkket langs Kirkeveien og krysser traseen ved pelnr 11270</li> <li>• Flere mulige forkastningssoner langs søkket ved Storengveien (pelnr 8700-8450)</li> </ul> <p>Det kan også være fornuftig å bore i følgende områder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Området ved Halvorsens vei øst for Engervannet (pelnr 12700)</li> <li>• Strekningen Storengveien-Lysaker</li> </ul> <p>NGU anbefaler at det utføres brønnboring med påfølgende detaljert logging og prøvepumping. Dersom prøver av fjellet er nødvendig for mekanisk testing og andre analyser, bør det utføres kjerneboring. Det er vesentlig at alle boringer blir gjennomført med best mulig retningskontroll og at avviksmåling blir utført i alle borehull.</p>			
Emneord: Berggrunnsgeologi	Strukturgeologi	Forkastning	
Sprekkesone	Fagrapport	Tolkning	

## INNHold

1.	INNLEDNING .....	4
2.	DATAGRUNNLAG, GJENNOMFØRING OG ANALYSE.....	4
3.	OPPSUMMERING AV GEOLOGISKE OG STRUKTURGEOLOGISKE FORHOLD	6
3.1	Kambrosiluriske bergarter.....	6
3.2	Folding og lagstilling i de kambrosiluriske bergartene.....	7
3.3	Lagflateparallel oppsprekking og yngre kløv med slakt fall.....	13
3.4	Forkastninger og sprekkesoner.....	15
3.5	Gangbergarter.....	17
3.6	Innsynkning.....	18
4.	BESKRIVELSE AV TRASÉEN MED ANBEFALINGER.....	19
4.1	Strekningen Engervannet – Halvorsens vei – Stasjonsveien .....	19
4.2	Strekningen Stasjonsveien – Høvikveien – Gjønnesveien.....	19
4.3	Strekningen Gjønnesveien – Krokfaret – Gamle Ringeriksvei.....	20
4.4	Strekningen Gamle Ringeriksvei – Storengveien .....	21
4.5	Strekningen Storengveien – Lysaker.....	22
4.6	Oppsummering .....	22
5.	VURDERING AV BOREMETODE OG INFORMASJON FRA BOREHULL .....	23
6.	VIDERE BRUK AV RAPPORT OG KARTMATERIALE.....	23
7.	KONKLUSJON .....	24
8.	REFERANSER .....	25

## FUGURER

Figur 1 Skjematisk illustrasjon av foldestil i de kambrosilurske bergartene.

Figur 2 Eksempel på folder i kambrosiluriske bergarter.

Figur 3. Eksempel på sen kløv i kambrosiluriske bergarter.

Figur 4. Stereoplott som viser konturerte poler til målinger av lagflater og yngste kløv.

Figur 5. Stereoplott (undre halvkule) som viser retningen for foldeakser.

Figur 6. Eksempel på komplisert forkastningsmønster og på tett oppsprekking i lysegrå, finkornet gang nær N-S forkastning.

Figur 7. Målinger av forkastninger og sprekker.

## TABELL

Tabell 1. Oversikt som viser inndeling av de kambrosilurske bergartene.

## KARTBILAG

Tegning 2004.048-01 Geologisk kart

Tegning 2004.048-02 Kart med høydemodell og radardata

Tegning 2004.048-03 Detaljkart 1

Tegning 2004.048-04 Detaljkart 2

Tegning 2004.048-05 Detaljkart 3

Tegning 2004.048-06 Detaljkart 4

Tegning 2004.048-07 Detaljkart 5

Tegning 2004.048-08 Detaljkart 6

Tegning 2004.048-09 Detaljkart 7

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med detaljplanlegging av ny dobbeltsporet jernbanestrekning på 6,7 km fra Lysaker til Sandvika har Norges geologiske undersøkelse (NGU) utført en oppgradering av det geologiske grunnlagsmaterialet og framstilt dette i digital form. Hensikten med arbeidet er å gi et best mulig geologisk grunnlag for den videre planlegging av anlegget, og særlig for vurdering av ingeniørgeologiske og hydrogeologiske forhold i forbindelse med tunnelene.

Det meste av strekningen skal bygges som en 5,5 km lang fjelltunnel. Langs to kortere strekninger vest for Lysaker og sør for Engervannet (øst for Sandvika) går traséen i dagen. Landskapet i området er preget av langstrakte, lave åsrygger som følger strøket (ØNØ-VSV) i kambrosilurbergartene. Langs forsenkninger i terrenget mellom høydedragene er det løsmasser av varierende tykkelse; mye av dette er marin leire.

Rapporten gjør rede for hvilke data som er benyttet og gir en kort, generell beskrivelse av de geologiske forholdene i det undersøkte området. Forholdene langs traseen blir beskrevet, og det gis til slutt en vurdering av de viktigste konklusjonene som kan trekkes på grunnlag av arbeidet.

## 2. DATAGRUNNLAG, GJENNOMFØRING OG ANALYSE

Grunnlagsmaterialet for rapporten omfatter:

- NGU-rapport 98.124: Geologisk og strukturgeologisk kartlegging for Jernbaneverket Utbygging i Asker og Bærum (Nordgulen et al. 1998), inkludert grunnlagsmateriale fra feltkartlegging i 1998.
- Rapport fra detaljert tidligere kartlegging i forbindelse med planlegging av VEAS-tunnelen, utført av Bockelie (1979, 1980).
- Rapport om injeksjon langs VEAS-tunnelen (Arbeidsgruppe for injeksjonsmetoder; skaffet til veie av P. Bollingmo, Multiconsult AS).
- Andre publikasjoner, kart og datasett i NGUs arkiv, inkludert kart over eruptivganger i Bærum publisert av Sæther (1947) og grunnlagsdata for kartblad Asker (Naterstad et al. 1990).

I tillegg har Jernbaneverket Utbygging skaffet til veie:

- Digitale topografiske data med 1 meters koteavstand over det aktuelle området. Med datasettet følger infrastruktur og gatenavn.
- Digital versjon av planlagt trasé og for VEAS-tunnelen inkludert tverrslaget fra Gamle Ringeriksvei i retning Stabekk.

På bakgrunn av dette materialet og andre tilgjengelige datasett har NGU:

- Brukt digitale kartdata tilsendt fra Jernbaneverket til å framstille en digital høydemodell over området.

- Framstilt digital versjon av geologisk kart med utgangspunkt i tidligere kart supplert med nødvendig informasjon fra grunnlagsmaterialet (tegning 2004.048-1). Nummerering på kart og i tegnforklaring følger kartblad Asker (Naterstad et al. 1990). På grunnlag av høydemodellen er det også framstilt en tolkning av lineament med høy vinkel på ØSØ-VSV-orientert lagning. Disse lineamentene antas å representere forkastninger, sprekker, ganger, eller en kombinasjon av disse. Forløpet av VEAS-tunnelen, som går omtrent parallelt med jernbanetraseen et stykke lenger nord, er også tatt med på kartet. I tillegg er tverrslaget mot Stabekk tatt med. Dette gjør det lettere å bruke erfaring og informasjon om for eksempel geologiske forhold, svakhetssoner og injeksjon fra dette prosjektet (jfr Løset 1989).
- Kombinert data fra den digitale høydemodellen med digital versjon av planlagt trasé og framstilt geologisk lengdeprofil langs traséen (vertikal overforhøyning 2,5x horisontal lengde) der bergartsgrenser, ganger og forkastninger/sprekkesoner er indikert. Dette er tatt med på tegning 2004.048-1.
- Tilpasset informasjon om innsynkning basert på NGUs inSAR-data (radardata målt fra satellitt) og koblet disse til høydemodell for å kunne lokalisere områder med naturlig innsynkning som kan ha interesse for planlegging av tunnelen (tegning 2004.048-2).
- Framstilt sju geologiske kart i stor målestokk (M 1:2500) over området langs traséen. Disse er vedlagt som tegninger nummerert fra 2004.048-3 i vest til 2004.048-9 i øst og viser også veier og bygninger. På disse kartene er det tatt med lengdeprofil og utvalgte tverrprofil uten vertikal overforhøyning for å vise topografien til side for tunneltraseen i de antatt mest kritiske områdene. Tegningene inneholder i tillegg egne kart med samme utsnitt og målestokk, der geologisk informasjon er drapert over høydemodellen for å vise traseens forløp i forhold til topografi og geologi.
- Oppsummert geologiske forhold og kommet med forslag og anbefalinger til oppfølgende undersøkelser, f. eks. boring og mer detaljerte studier av svakhetssoner i noen prioriterte områder.

Høydedata ble levert i form av høydekonturer med 1 meters avstand. Datasettet ble overført til et triangulært, irregulært nettverk (TIN = triangular irregular network) ved bruk av ArcInfo. Ved å bruke bi-lineær interpolasjon ble datasettet deretter satt inn i et nytt 'grid' som kan brukes til å lage flere typer figurer som framhever mer eller mindre lineære topografiske trekk, f. eks. lineamenter (Nordgulen & Dehls 2003). Den enkleste av disse figurene lages ved å bruke en kunstig lyskilde som framhever topografien. Ved å variere lysvinkelen kan en fokusere på ulike topografiske trekk. Slike kart er i denne rapporten brukt i lineamentstolkning og som underlag for annen kartframstilling.

Radardata målt fra satellitt (inSAR-data) kan brukes til å bestemme vertikale bevegelser i bakken. Bakgrunnen for teknikken er detaljert beskrevet i Dehls & Nordgulen (2003) og Rønning (2003). Det finnes radardata fra perioden fra 1992 til høsten 2000. Grunnleggende prosessering av data fra det aktuelle området ble gjennomført i 2003 og basert på en lineær modell gir dette gjennomsnittlig bevegelse for en fast reflektor innenfor dette tidsrommet. Dette gir nyttig informasjon om potensialet for naturlig innsynkning i områder med

løsmasser. I dette prosjektet er informasjonen om innsynkning (målt i mm/år) plottet som fargekodete punkt på et kartunderlag som viser den digitale høydemodellen (tegning 2004.048-2).

### **3. OPPSUMMERING AV GEOLOGISKE OG STRUKTURGEOLOGISKE FORHOLD**

Berggrunnskart over området ble oppdatert av NGU i 1998, og områdets geologi er gjort detaljert rede for i NGU-rapport 98.124 (Nordgulen et al. 1998) og i andre dokumenter som inngår i grunnlagsmaterialet. Den planlagte jernbanetraséen mellom Sandvika og Lysaker går i kalkstein, knollekalk, skifer og kalksandstein (se kart og profil, tegning 2004.048-1) av samme type som langs traséen Asker-Jong. Bergartenes generelle egenskaper i tunnelsammenheng skulle dermed være godt kjent. I denne rapporten vies derfor spesielle trekk som forkastninger, sprekkesoner og eruptivganger størst oppmerksomhet. Det er fordelingen av disse som har størst betydning for videre forundersøkelser, planlegging av miljøovervåking, og for driving av tunnelen.

#### **3.1 Kambrosiluriske bergarter**

Innen Oslofeltet er de kambro-siluriske bergartene (ca 540 - 415 millioner år gamle) delt inn i fem grupper. Disse er:

Ringeriksgruppen (yngst);	sen-silur
Holegruppen;	yngste tidligsilur
Bærumgruppen;	eldste tidligsilur
Oslogruppen;	mellom- og senordovicium
Røykengruppen (eldst);	kambrium og tidligordovicium

De enkelte gruppene er inndelt i formasjoner med en lagtykkelse fra <10 m til >100 m (Worsley et al. 1983, Owen et al. 1990). På de vedlagte kart og profil er bergartene gitt et nummer tilsvarende det en finner i tegnforklaringen. I noen tilfeller er flere formasjoner slått sammen til en enhet på kartet. En oversikt som viser hvilke bergarter som er vanlige i hver enhet er gitt i tabell 1. Der er det også tatt med inndeling av bergartene i såkalte etasjer som har vært vanlig å bruke i Oslofeltet. I noen tilfeller er etasjene delt inn i underetasjer (a,b,c), og disse kan igjen være inndelt i tynnere enheter ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ).

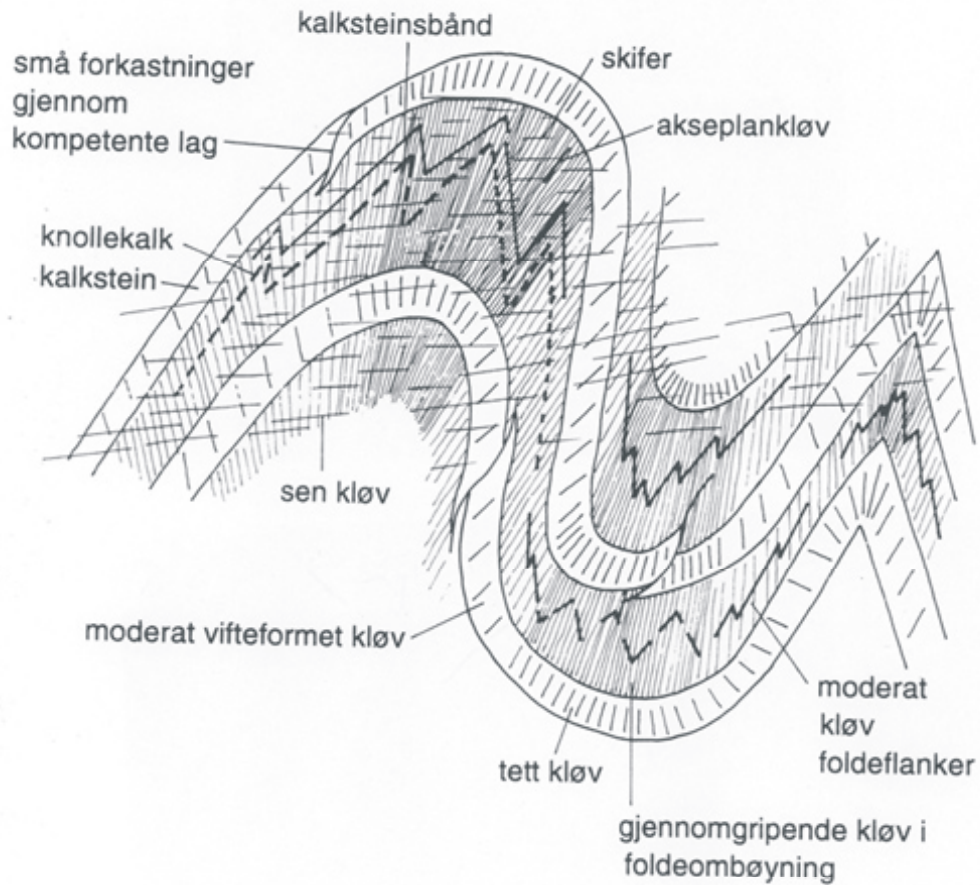
Den planlagte traséen vil vestover fra Lysaker gå i vekslende skifer og knollekalk (etasje 4). Knollekalk er et begrep som i Oslofeltet omfatter bergarter med svært varierende innslag av kalklag eller lag av kalkknoller i en finkornet skifer, siltig skifer eller siltstein. Omtrent 2 km øst for Engervann treffer traséen på kalksandstein (Langøyformasjonen, etasje 5b) og følger denne eller knollekalk langs strøket fram til Sandvika.

Nummer	Gruppe	Formasjon	Etasje	Viktigste bergarter
78	Ringeriksgr.		10	Sandstein
79	Holegr.	Steinsfjordfm.	9	Kalkstein, mergelstein, leirstein
80	«	Malmøyfm.	8c	Kalkstein, leirstein
81	Bærumsg.	Skinnerbuktfm.	8ab	Skifer
82	«	Vikfm. og Rytteråkerfm.	7	Kalkstein, leirskifer øverst
83	«	Solvikfm.	6	Skifer med lag av siltstein og kalkstein
84	Oslogr.	Langøyfm.	5b	Kalksandstein
85	«	Flere fm.	4c-d	Skifer med kalkknoller, knollekalk
87	«	Flere fm.	4a-b	Skifer, kalkstein, knollekalk
89	«	Vollfm.	4a <sub>β</sub>	Knollekalk
90	«	Elnesfm.	4a <sub>α</sub>	Skifer

Tabell 1. Oversikt som viser inndeling av de kambrosilurske bergartene brukt på kart og profil i denne rapporten. Inndeling og nummerering tilsvarer det som er brukt på kartblad Asker (Naterstad et al. 1990).

### 3.2 Folding og lagstilling i de kambrosilurske bergartene

Selv om de kambrosilurske bergartene i Oslofeltet er påvirket av riftprosesser i karbon-perm, er strukturene i stor grad preget av utviklingen under den kaledonske fjellfoldingen da bergartene ble utsatt for kompresjonskrefter fra nordvest. Lagpakken ble deformert og omdannet, og som det framgår av vedlagte kart og profil, er bergartene skjøvet mot SSØ og foldet med slakt stupende akser med retning ØNØ eller VSV (figur 5). Foldestilen er imidlertid mer komplisert enn det som framkommer på tidligere publiserte regionale berggrunnskart. Generelt vil foldegeometrien i en pakke av lag være kontrollert av lagtykkelser, lagenes kompetanse (dvs. evne til å motstå deformasjon), forholdet mellom lagtykkelser, kontraster i kompetanse innen lagpakken og grad av forkortning av lagpakken. Kambrosilurbergartene i Asker og Bærum utgjør en tykk lagpakke som ble deformert ved skyving over et basalt glideplan i alunskifer. Bergartene består av relativt tykke, inkompetente skifre, gjerne med knoller og bånd av kalk, og noen tynnere, mer kompetente kalk- og sandsteinsenheter. Disse hovedtypene av bergarter vil derfor reagere ulikt på deformasjon. Forkortningen av lagpakken er også stor, antagelig et sted rundt 60%, og omfatter både folder og forkastninger. Stor forkortning i kombinasjon med nevnte kontraster i mekaniske egenskaper internt i lagpakken gir en foldestil hvor de kalk- og sandsteinslagene har en tett, elliptisk form, og gjerne er brutt opp av forkastninger, mens det i internt i skifrene typisk finnes spisse, tette folder. Langs akseplanet til foldene er det i variabel grad utviklet en kløv, som varierer i orientering og intensitet avhengig av bergartstypen og plassering i folden. Disse forholdene er illustrert i figur 1.



Figur 1. Skjematisk illustrasjon som viser et eksempel på foldestil i de kambrosilurske bergartene (nord mot venstre i figuren). Akseplankløv er variabelt utviklet i området. En yngre kløv som heller slakt mot NNV finnes de fleste steder (se figur 3).



Figur 2. Eksempel på folder i kambrosilurske bergarter. A) Tett fold i knollekalk. B, under) Storskala tett fold i knollekalk; nord mot venstre .

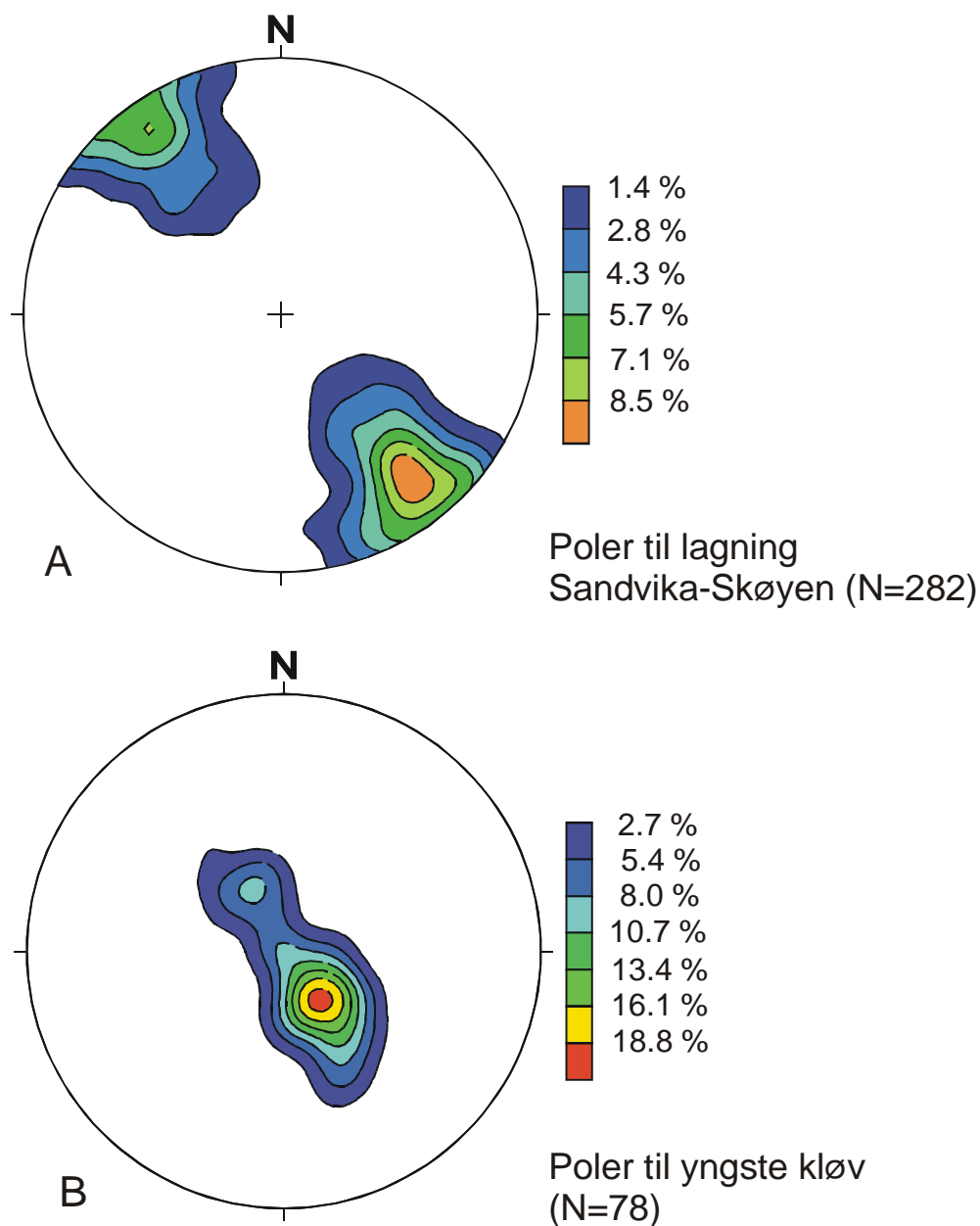




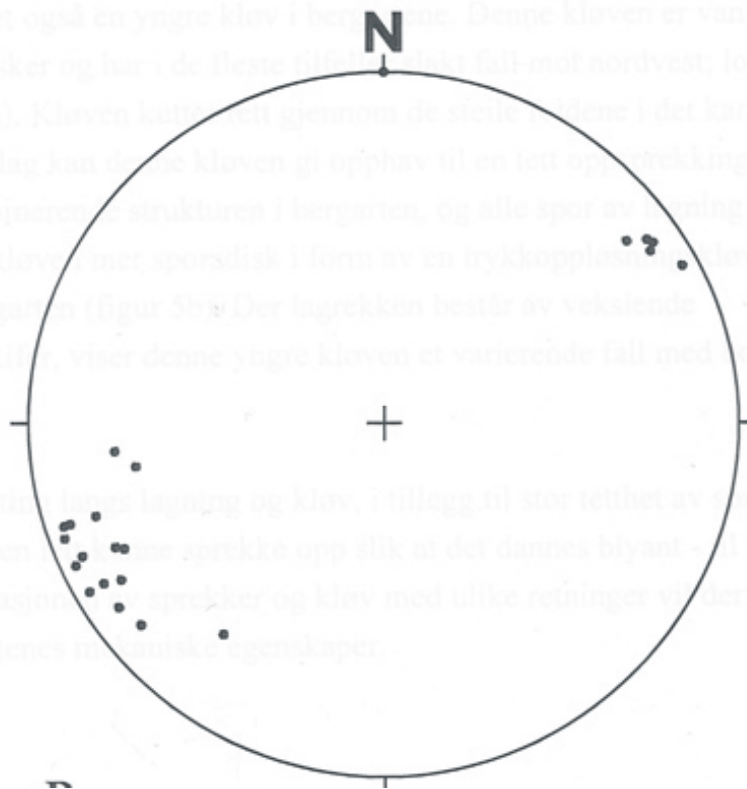
Figur 3. Eksempel på sen kløv i kambrosilurske bergarter. A) Knollekalk og skifer med gjennomgripende, slakt hellende kløv.



Figur 3. Eksempel på sen kløv i kambrosilurske bergarter. B) Kløv i kalkrike lag.



Figur 4. A) Stereoplott (undre halvkule) som viser konturerte poler til målinger av lagflater. Figurene viser at lagene i stor grad har steile fall mot NNV. B) Stereoplott (undre halvkule) som viser konturerte poler til målinger av yngste kløv. Figuren viser at denne kløven stort sett faller slakt mot NNV, og stevdvis mot SSØ.



Figur 5. Stereoplott (undre halvkule) som viser retningen for foldeakser. Aksene stuper slakt mot VSV eller ØNØ.

I det kartlagte området er foldene overveiende tette med akseplan som heller steilt mot NNV. I mange tilfeller faller lagene både på den nordvestre og den sørøstre foldesjenkelen (flanken) mot nordvest. Dette er illustrert på figur 2b og kommer også klart fram i figur 4, som viser konturerte poler til lagflatemålinger. Foldeombøyningen er gjerne skarpt definert bare innenfor noen få meter (figur 2). På grunn av at det i store deler av området er sparsomt med blotninger, er foldeombøyningene sjelden observert med unntak i noen få vegskjæringer og kystprofil. Den foldestilen som er framstilt i profilene er derfor en skjematisk tolkning basert på feltobservasjoner og antatte lagtykkelser slik de framkommer i områder med bedre datagrunnlag. Foldene er i mange tilfeller modifisert og oppkuttet av flere typer forkastninger. Langs de fleste profiler er det ikke nok blotninger til foldestil, forkastninger og ganger kan rekonstrueres i detalj. På det geologiske kartet (tegning 2004.048-1) er målinger av strøk og fall angitt. Noen av målingene representerer små enkeltblotninger. I andre tilfeller viser målingen lagenes generelle orientering langs en større fjellblotning i vegskjæring eller lignende. Plasseringen av målepunkt skulle være nøyaktig nok til at kartet og detaljkartene kan brukes som blotningskart.

### **3.3 Lagflateparallell oppsprekking og yngre kløv med slakt fall**

Sprekker parallelt med lagflatene er særlig til stede der en har grense mellom to bergarter med ulike mekaniske egenskaper. Slike sprekker har trolig oppstått fordi lagene har reagert ulikt på deformasjon under folding av bergarten. Lokalt der lagene har slake fall kan dette gi stabilitetsproblemer ettersom bergartsflak kan løsne fra taket i tunnelen. Løset (1981a) nevner at slike sprekker kan lede vann.

I skifer og i skifrige lag i knollekalk finnes det mindre, plane sprekker som er parallelle med lagflatene. Dette er trolig en kompaksjonskløv som gir til dels tett oppsprekking. I noen områder, der det er tette foldeombøyninger, observeres en yngre kløv som er parallelle med akseplanene i tette folder (figur 1). Kløven er dermed parallelle med eller danner en liten vinkel med oppsprekking langs lagflatene. Der denne kløven viser en vinkel med lagningen, er den stort sett steilere enn lagflatene.

De fleste steder finnes det også en yngre kløv i bergartene. Denne kløven er vanlig forekommende i Oslo-Asker og har i de fleste tilfeller slakt fall mot nordvest; lokalt mot sørøst eller vest (figur 4b). Kløven kutter rett gjennom de steile foldene i det kartlagte området (figur 1). I enkelte skiferlag kan denne kløven gi opphav til en tett oppsprekking (figur 3a), og lokalt er kløven den dominerende strukturen i bergarten, og alle spor av lagning er utvisket. I kalkholdige lag opptrer kløven mer sporadisk i form av en trykkoppløsningskløv som ikke gir oppsprekkingsplan i bergarten (figur 3b). Der lagrekken består av vekslende sandstein/kalkstein og skifer, viser denne yngre kløven et varierende fall med bøyning fra lag til lag.

I skiferlag med god splitting langs lagning og kløv, i tillegg til stor tetthet av sprekker normalt på lagningen, vil bergarten lett kunne sprekke opp slik at det dannes blyant - til linjalformede biter (figur 3a). Kombinasjonen av sprekker og kløv med ulike retninger vil derfor kunne ha konsekvenser for bergartenes mekaniske egenskaper.



Figur 6A. Eksempel på komplisert forkastningsmønster med tallrike reversforkastninger i en bredde på ca. 5 m. Nord er mot venstre på bildet. Lokalitet: Torstaddammen, Asker.



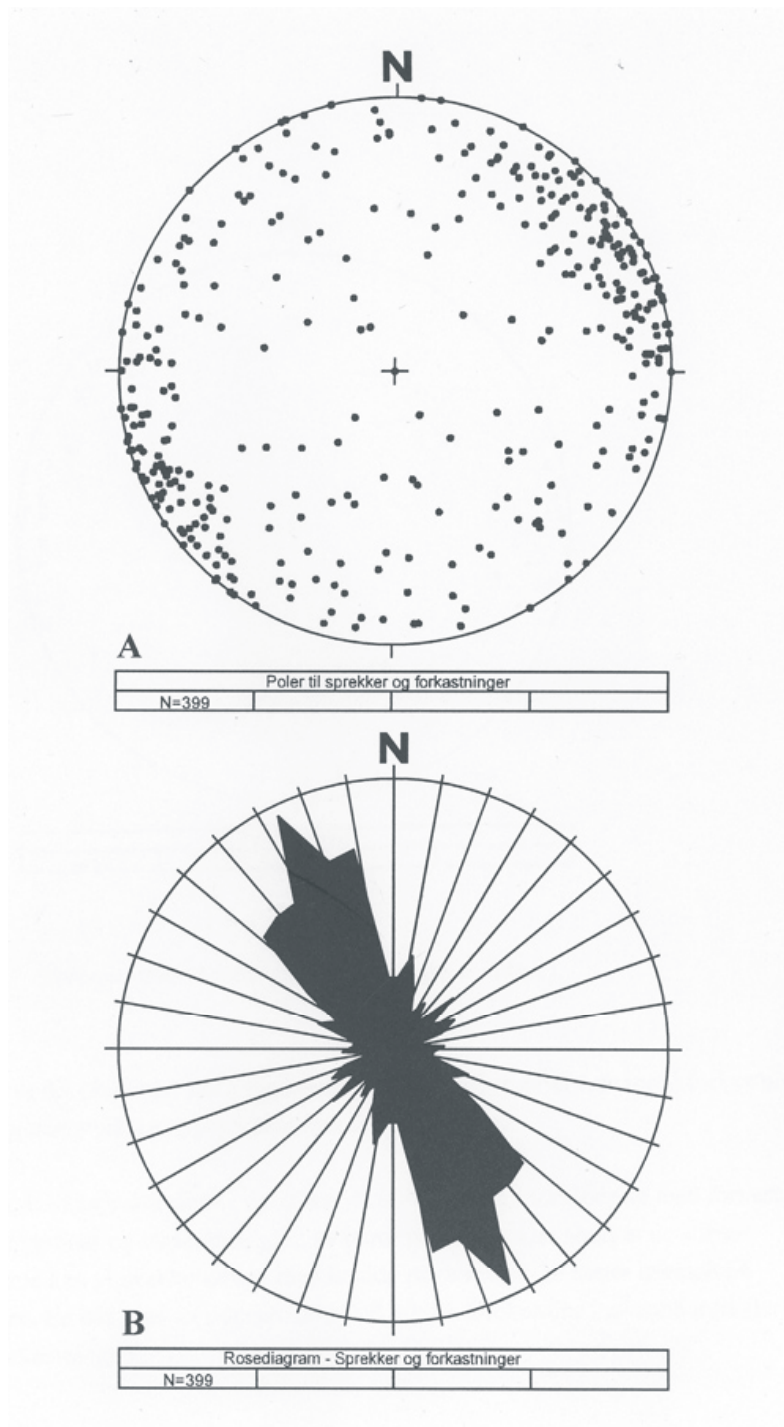
Figur 6B. Tett oppsprekking i lysegrå, finkornet gang nær N-S-forkastning. Målestokk = 50 cm. Lokalitet: Høvikveien, Bærum

### 3.4 Forkastninger og sprekkesoner

Forkastninger og sprekkesoner har påvirket bergartene både i sen-kaledonsk og permisk tid, og det kan heller ikke utelukkes at bevegelser også har funnet sted i middel- og nytiden. Under framskyvning av de kaledonske dekkene ble kambrosilurbergartene foldet og samtidig gjennomført av forkastninger som har modifisert foldenes form. Dette har i de fleste tilfeller skjedd ved at antiklinalene er brutt av reversforkastninger som følger strøkretningen (ØNØ-VSV) og heller mot nordvest. Den nordvestre sjenkelen (flanken) av foldene er derfor forkastet opp i forhold til den sørøstlige sjenkelen. Erfaringer fra VEAS-tunnelen viser at det kan være flere dm tykke leirsoner langs slike forkastninger (Løset 1989). Generelt er mange foldeombøyninger erstattet av større og mindre sprekker og forkastninger som til sammen vil kunne utgjøre en svakhetszone parallelt med strøket. Svakhetssonene kan ha leirsoner og de kan være delvis åpne og danne kanaler for gjennomstrømning av vann. Det kan være vanskelig å skjelne mellom slike svakhetssoner og lag av svake bergarter som gir opphav til løsmassefylte daler og søkk langs strøkretningen. Sprekker forekommer dessuten gjerne langs grensen mellom to bergarter med ulike mekaniske egenskaper, for eksempel mellom skifer og sandstein eller skifer og kalkstein.

Forkastninger eller sprekker av antatt permisk alder med varierende størrelse opptrer på så godt som alle lokaliteter. Den klart dominerende orienteringen er steilt NV-SØ til NNV-SSØ (Figur 7). Det finnes også forkastninger med retning NNØ-SSV. Mindre sprekker (lengde 20-50 cm) orientert steilt NNV-SSØ finnes også, og opptrer stedvis i antall på 3-10 pr. meter. Det finnes også flere andre mindre utviklede sprekkesett. Flere sprekker og forkastningssoner, særlig innenfor den sedimentære lagrekken, har et belegg av kalkspat, eller sprekkenes er fylt med kalkspat, kloritt eller leire.

Noen forkastninger med orientering NV-SØ til N-S har så stor bevegelse at de gir utslag på forløpet av bergartsgrenser. Disse følger gjerne overdekkede forsøkninger i terrenget og kan dermed forutsies med relativt stor grad av sikkerhet selv om de ikke kan observeres direkte. For denne rapporten har vi supplert tidligere tolkninger med å bruke detaljerte digitale høydedata for å kartlegge lineamenter som kan representere sprekkesoner eller forkastninger i fjell. På kartet er de områdene som kan ha betydning for tunneltraseen tatt med i tolkningen. Merk at tolkningen i deler av dette området er vanskelig på grunn av løsmasser og tett utbygd infrastruktur. Lagningen i kambrosilur-bergartene kommer flere steder tydelig fram som parallelle rygger og søkk orientert ca. 050° (tegning 2004.048-2). Disse er brutt av både viktige, regionale sprekkesoner og mindre sprekker med lokal utbredelse. De større forkastningene vil utgjøre svakhetssoner med sterkt oppknyt fjell og varierende grad av leiromvandling. Løset (1981) nevner at det langs forkastningene kan forekomme leiromvandling i opptil flere meters bredde. I kjernen av forkastningen vil det som regel være liten vannlekkasje, men det vil derimot være sterk oppsprekking med stor sjans for lekkasje i fjellet til side for forkastningen.



Figur 7. Målinger av forkastninger og sprekker. Figuren viser at de fleste er orientert NNV-SSØ, og med en forholdsvis jevn fordeling av sprekker med annen orientering. A) Poler (undre halvkule). B) Rosediagram.

De største forkastningene og sprekkesonene vil utgjøre svakhetssoner og er til vanlig satt sammen av et nettverk av større og mindre bevegelingsplan og nedknust berg atskilt av partier som er mindre påvirket. Svakhetssonenes bredde vil generelt være størst langs forkastninger med stor utstrekning, og i nærheten av disse vil det være vesentlig høyere sprekketetthet enn i god avstand fra slike. Generelt vil økt grad av oppsprekking forekomme i avstander på flere titalls meter fra store forkastninger (Løset 1981, Braathen & Gabrielsen 2000). En tunnel som krysser en større forkastning med liten vinkel vil dermed kunne gi høy oppsprekingsgrad og dårlig bergkvalitet over lengre strekninger.

Nyere undersøkelser i regi av NGU har vist at det i juratiden foregikk tropisk dypforvitring med dannelse av svelleleire og kaolin langs sprekk- og forkastningssoner (Olesen 2004). Metoden bygger på en analyse der en kombinerer detaljert topografi/bathymetri med magnetiske data målt fra helikopter og fly. Den fungerer best der forvitringen gir omvandling av magnetiske mineraler, og det er en klar sammenheng mellom dypforvitring og svakhetssoner i Drammens- og Iddefjordsgranitten. En gjennomgang av datasett fra det aktuelle området viser ingen områder med markant dypforvitring. Dette kan ha sin årsak i at metoden har begrensninger i lav-magnetiske avsetningsbergarter som de kambrosilurske bergartene i Bærum. Det kan derfor ikke utelukkes at soner med omvandling relatert til dypforvitring kan finnes langs de største forkastningene.

### **3.5 Gangbergarter**

Området er karakterisert ved en stor hyppighet av permiske ganger med retning omtrent N-S til NNV-SSØ eller langs strøket (ØSØ-VSV). Gangene er blottet mange steder og har en bredde mellom noen cm og flere titalls meter. De tykkeste står gjerne opp som rygger i terrenget. I mange tilfeller vises gangene bare i mindre blotninger som gjør det umulig å fastslå bredde, strøkretning og fall med stor grad av sikkerhet. Noen steder er det observert sterk oppsprekking av gangbergarter nær inntil forkastninger, og gangene er i mange tilfeller sterkere oppsprukket og mer omvandlet enn sidebergartene.

Løset (1981) har i en rapport om VEAS-tunnelen, som i dette området går omtrent parallelt med og nord for den planlagte traséen (tegning 2004.048-1), oppgitt gjennomsnittlig 10,7 % gangbergarter på strekningen. På grunnlag av tilgjengelig informasjon antas det at tunnelen vil krysse opptil 20-30 eruptivganger pr km. Noen få av disse kan være bredere enn 10 m (Sæther 1947).

En detaljert undersøkelse av gangene mellom Sandvika og Lysaker er publisert av Sæther (1947). Gangene fra Sæthers kart er digitalisert og lagt inn på kartet med mindre justeringer der det er ny informasjon. Selv om det må antas en viss feilmargin i plassering av enkelte ganger fra Sæthers kart, gir dette verdifulle data for planlegging av tunnelen. På kartet er gangene inndelt i tre typer:



- diabas
- syenittiske (til granittiske) ganger
- rombeporfyr

På kartet og i profilet er alle ganger med ukjent bredde eller bredde mindre enn 1-2 m vist med tynn strek. Andre ganger er vist med sann tykkelse på kartet og i profilet (se under). Det er vanlig at gangene gjør små hopp sidelengs. Ganger som står mer eller mindre parallelt med strøkretningen i kambrosilurbergartene er vanligvis lagganger (sills) og kan ha variabelt fall. De vil også kunne kutte opp eller ned mellom ulike lagflater eller danne en liten vinkel med lagningen. Disse forholdene gjør det vanskelig å forutsi det nøyaktige forløpet av hver enkelt gang fra overflaten og ned mot tunnelnivå. Lagganger er satt inn i profilene parallelt med det generelle fallet i sidebergarten, som i dette området er steilt (ca 70°) mot NNV. I profilene er det tatt hensyn til at ØNØ-VNV-orienterte lagganger vil få økt tilsynelatende tykkelse i tunnelsnittet. Ved å anta at gangene har et fall på 70°, vil dette medføre at tilsynelatende tykkelse blir omtrent 50% større en sann tykkelse. Selv om vi ikke kjenner gangenes nøyaktige forløp, bredde og fall, vil kartet og profilene i det minste gi en god indikasjon på hvor stort innslag av betydelige gangbergarter det er langs de enkelte deler av traséen.

Et stort antall steile ganger følger den viktige sprekkeretningene NNV-SSØ til N-S, og står dermed mer eller mindre normalt på tunneltraséen. Graden av oppsprekking i gangene varierer betydelig. Vanligvis er det en konsentrasjon av sprekker langs grensen mot sidebergarten. Dette kan delvis skyldes at gangbergarten har sprukket opp under avkjøling, og delvis at gangenes mekaniske egenskaper gjør at de har lettere for å sprekke opp enn sidebergartene. Langs noen av disse kan reaktivering av forkastningsaktiviteten gi opphav til sterk oppsprekking langs deler av gangen. I mange tilfeller er sprekkene kittet sammen (mest kalkspat), og disse gangene gir ikke opphav til store problemer. Åpne sprekker langs grensen mellom ganger og sidebergart gjør disse utsatt for vannlekkasje. Faren for vannlekkasje vil være særlig stor der gangene krysser eller følger forkastninger og knusningssoner i sidebergartene. Med utgangspunkt i en analyse av injeksjonsresultater fra VEAS-tunnelen har Løset (1989) konkludert med at ca 50% av gangene krever mye injeksjon, 25% middels injeksjon, mens 25% er tette. På grunnlag av dette må det antas at det i tilknytning til minst halvparten av gangene langs traséen finnes åpne sprekker som kan gi opphav til vannlekkasje.

### **3.6 Innsynkning**

Radardata målt fra satellitt (inSAR-data) viser at innsynkning i området dekket av kartet har foregått lokalt og er konsentrert til steder der det antas å være dyprenner fylt med løsmasser. Selv om årsaken til dette kan variere, viser det at slike områder har potensiale for til dels betydelig innsynkning.

## **4. BESKRIVELSE AV TRASÉEN MED ANBEFALINGER**

### **4.1 Strekningen Engervannet – Halvorsens vei – Stasjonsveien**

Den vestligste delen av tunnelstrekningen (tegning 2004.048-3 og -4) går i knollekalk og kalksandstein. Traséen går i hovedsak parallelt med lagningen som har generelt fall 50-80° mot NNV. Et ca 100 m bredt søkk i terrenget og fjelloverflaten ved Halvorsens vei øst for Engervannet (pelnr 12700) indikerer en svakhetssone i berggrunnen under et relativt tynt lømassedekke. Søkket markerer et brudd i et markant topografisk element definert av kalksandstein (etasje 5b) som følger strøket mot ØNØ. En NNV-rettet diabasgang (ca 2m brei; Sæther 1947) krysser traséen (pelnr 12720), og det er sannsynlig at det finnes økt sprekketetthet og/eller forkastninger med orientering NNV-SSØ til N-S. Av fire refraksjonsseismiske profil i området er det kun ett ØSØ-VNV-orientert profil på skrå av traséen like nord for Halvorsens vei (pelnr 12700) som viser en lavhastighetszone (3900 m/s) omtrent ved planlagt trasé (GEOMAP 94632, tegning 12). Radardata viser ikke særlig innsykning like over trasénivå.

Borehull parallelt med traséen bør settes slik at det når gang(er) og antatt forkastning. En eventuell boring i dette området kan i utgangspunktet bli problematisk på grunn av tett infrastruktur. Dermed blir praktiske forhold avgjørende for hvordan borehull kan settes. Området anses ikke som særlig utsatt for drenering av grunnvann, og vil ikke være det høyest prioriterte i et begrenset boreprogram.

### **4.2 Strekningen Stasjonsveien – Høvikveien – Gjønnnesveien**

Denne delen av tunnelen (tegning 2004.048-5 og -6) går overveiende i kalksandstein (etasje 5b). En steil NNV-orientert forkastning som kommer tydelig fram som et søkk på detaljert høydemodell krysser traséen like øst for Stasjonsveien (pelnr 11740-11790). I samme område er det kartlagt en N-S-forkastning som trolig krysser NNV-forkastning i eller like sør for traséen. Tunnelen går her fra skifer/knollekalk og inn i kalksandstein med fall ca 65° mot NNV. Eruptivganger er ikke funnet langs forkastningen, men strøk-parallele lagganger av diabas og mænaitt kan fortsette inn i forkastningen fra vest.

To kryssende forkastninger (sprekkesoner) med høy vinkel på tunnelen gir stort potensiale for oppsprekking i berggrunnen både i området ved forkastningene og langs tunneltraséen til side for disse. Borehull i dette området bør derfor prioriteres høyt. En bedre forståelse av forholdene i tunnelnivå kan oppnås ved å sette på et borhull nord for traséen og la dette gå parallelt med traséen fra vest mot øst eller omvendt, avhengig av praktiske forhold på stedet. Mer nøyaktig plassering og retning avgjøres av lokale forhold.

Et markert N-S-lineament med regional utstrekning som sannsynligvis representerer en viktig forkastningssone, følger søkket langs Kirkeveien og krysser traséen omtrent ved pelnr 11270. En steil eruptivgang følger mer eller mindre parallelt med N-S-forkastningen. I tillegg finnes det en NNV-forkastning som krysser N-S-forkastningen omtrent i traséen. Ca 100 m videre mot nordøst, ved pelnr 11170, skjæres traséen av nok et markert lineament. Langs dette finnes det ingen kjente gangbergarter og lineamentet tolkes som en steil forkastning eller sprekkesone. Langs hele denne strekningen går traséen i kalksandstein som er gjennomført av flere ganger som er omtrent strøk-parallelle eller har retning NNV-SSØ.

Kort oppsummert vil tunnelen i det omtalte området skjære gjennom flere betydelige forkastninger/sprekkesoner og flere gangbergarter med ulike retninger. Fjelloverdekning er minimum ca 30 m (basert på trasénivå vist i profilet). Bedre kunnskap om fjellet i trasénivå kan oppnås ved boring fra nordsiden for traséen og la borehullet gå parallelt med traséen (mot nordøst eller sørvest) inn mot søkket (pelnr 11270) der forkastningene antas å finnes. Borehullet bør settes slik at en får god informasjon om antatt oppsprekking i fjellet ut til sidene for forkastningene. Boring gjennom forkastning ved pelnr 11170 kan også være nyttig, men bør ikke prioriteres i første omgang.

Flere relativt tykke ganger og noen antatt mindre forkastninger er til stede mellom pelnr 10900 østover til pelnr 10300. De fleste er steile og kan være betydelig oppsprukket. En grå, syenittisk eruptivgang som følger Høvikveien mot nordøst er kuttet av en NNV-SSØ forkastning og er trolig også oppsprukket langs gangens strøkretning. Gangen er sterkt oppsprukket (se Figur 8b i NGU-rapport 98.124) og viser at tett oppsprekking forekommer inn mot forkastningen. Området bør imidlertid ikke prioriteres i et begrenset boreprogram.

### **4.3 Strekningen Gjøannesveien – Krokfaret – Gamle Ringeriksvei**

I et område mellom pelnr 10300 og 10000 er det overdekning langs en 300 m lang strekning som begynner 100 m øst for Gjøannesveien (tegning 2004.048-6). Bergarten her er skifer og knollekalk, men dyp til fjell er ikke kjent. Det overdekkede området ligger langs et strøk-parallelt søkk i fjelloverflaten med relativt få datapunkt fra radarmålinger. Merk at ca 500 m mot sørvest er det registrert en konsentrasjon av punkt med relativt stor innsynkning som kan være relatert til forkastninger/sprekker/gangbergarter.

Mellom Krokfaret og Gamle Ringeriksvei (tegning 2004.048-7) er det også overdekket langs en strekning på mer enn 250 m (pelnr 9800-9650). Bergartene i området er knollekalk og skifer (etasje 4). To refraksjonsseismiske profil langs traséen ved Krokfaret viser dyp til fjell på opptil 15 m. Det finnes fire ca. 10 m brede soner (målt langs profilet) med seismisk hastighet på 3400-4000 m/s (GEOMAP 94632, tegning 24). Sonenes orientering kan ikke fastslås, og de kan representere NNV-SSØ til N-S-orienterte svakhetssoner i form av forkastninger eller oppknuste gangbergarter. Sonene kan imidlertid også tenkes å ha utstrekning parallelt med strøket, dvs ØNØ-VSV.

I et område langs traséen (9650-9350) vest for Gamle Ringeriksvei er det også mye overdekning, og her finnes det ikke data fra seismiske undersøkelser. En relativt bred N-S-orientert gang krysser traséen ved pelnr 9570 og fortsetter nordover til en liten dam øst for Krokfaret.

Med så mye overdekning som det finnes langs traséen i området mellom pelnr 10300 og 9350 bør oppfølgende refraksjonsseismikk prioriteres i dette området, særlig med henblikk på å fastslå forløpet av svakhetssoner. Det vil være av stor betydning å fastslå om det finnes svakhetssoner som har en liten vinkel med tunneltraséen. På grunnlag av slike undersøkelser bør det avklares om boring er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig informasjon om fjellet langs denne strekningen.

#### **4.4 Strekningen Gamle Ringeriksvei – Storengveien**

Øst for Gamle Ringeriksvei går traséen i knollekalk og skifer, og krysser et område med eruptivganger i området Festningsveien - Skogveien (tegning 2004.048-7). Mørk oppsprukket skifer med steilt fall finnes i minst 15 m bredde ved Festningsveien; denne vil trolig krysse traséen ved pelnr 9150-9200.

Ved Storengveien (pelnr 8700-8450) går traséen under et søkk med forholdsvis tykk løsmasse-overdekning (ca 10 m) langs en strekning på ca 250 m (tegning 2004.048-8). Avstand fra fjelloverflate til toppen av tunnelen er ned mot 20 m (basert på trasé innlagt i profil). Søkket i fjelloverflaten følger Storengveien og går parallelt med strøket i knollekalk/skifer. Blotninger av skifer (Venstøpformasjonen, etasje 4c<sub>α</sub>) med en tildels flattliggende kløv ved Jarbanen (sør for Jar kirke) ca 500 m ØNØ for traséen kan tyde på at søkket delvis er litologisk betinget. Denne bergarten følger grensa mellom midtre og øvre ordovicium (enhet 84 og 85 på kartet), og kan dermed skjære traséen ved pelnr 8400 og 8300. Data fra radarmålinger viser ikke spesielt stor innsynkning i løsmasser langs søkket. Observasjoner langs strøket 500-600 m sørvest for traséen viser at det finnes flere ganger som trolig fortsetter under overdekning langs søkket. Refraksjonsseismiske målinger er utført i to profil langs traséen (GEOMAP 94632, tegning 25) viser at det finnes fire soner med hastighet mellom 3000 og 4000 m/s. Ved pelnr 8650 (mellom Løkkestien og Storengveien) er det en 50 m bred sone med hastighet <4100 m/s, inkludert en ca 10 m bred sone med 3000 m/s. Videre finnes det ca 10 m brede soner ved pelnr 8610 (4000 m/s) og pelnr 8560 og 8500 (3000 m/s). Selv om orienteringen av sonene med lav seismisk hastighet er usikker, er det grunn til å anta at det går flere svakhetssoner betinget av forkastninger, sprekkesoner og eventuelt oppsprukne gangbergarter langs søkket.

Boring i området ved Storengveien bør prioriteres høyt. På begge sider av søkket er fjelloverflaten forholdsvis bratt, og det kan settes på borehull som går parallelt med traséen inn mot søkket. Dette vil kunne avklare forholdene langs kanten av søkket. For å nå inn til

svakhetssoner ved Storengveien sentralt i søkket (pelnr 8550-8650), må det bores fra øst eller vest gjennom løsmasser ned mot disse sonene. Retning og vinkel for eventuelle borehull bør være slik at en går gjennom flanken og inn mot antatte svakhetssoner, og vil ellers måtte tilpasses praktiske forhold. Endelig utsetting av disse boringene bør avklares ved befaring i området.

#### **4.5 Strekningen Storengveien – Lysaker**

Traséen går under et høyledrag med hovedsakelig knollekalk gjennomsatt av flere tykke ganger (tegning 2004.048-8 og -9). Noen av gangene med retning langs strøket er mer enn 10 m brede. I følge Sæther (1947) er de fleste av disse lagganger og er satt inn i profilene parallelt med det generelle fallet, som er steilt mot NNV. Merk at hellingen på laggangene er svært usikkert. Etersom traséen har liten vinkel med gangene, er det svært vanskelig å forutsi hvor de vil skjære tunnelen. Gangene kan ha sterk grad av oppsprekking og lokal påvirkning i løsmasselommer over tunnelnivå er derfor mulig. En NNV-forkastning krysser traséen omtrent ved tunnelåpningen ved Marstranderveien og antas å gi opphav til refraksjonsseismiske hastighet på 3700 m/s (GEOMAP 94632, tegning 26). Selv om det kan finnes sårbare lommer i fjellet fylt med løsmasser, er det generelt relativt lite løsmasseoverdekning. Merk at det finnes en liten dam med omkringliggende løsmasser ved pelnr 8100. Området krever aktsomhet, men boring i dette området bør ikke prioriteres høyt i første omgang.

#### **4.6 Oppsummering**

Følgende områder anbefales sterkt for boring:

- Forkastningssone langs området ved Stasjonsveien (pelnr 11740-11790)
- Forkastningssone som følger søkket langs Kirkeveien og krysser traséen ved pelnr 11270
- Flere mulige forkastningssoner i overdekket område langs søkket ved Storengveien (pelnr 8700-8450)

Videre anbefales det at boring vurderes langs strekningen Gjønnnesveien-Krokfaret-Gamle Ringeriksvei etter at det er utført nye seismiske undersøkelser i området.

Ved vurdering av boring bør følgende områder ha mindre prioritet:

- Området ved Halvorsens vei øst for Engervannet (pelnr 12700)
- Strekningen Storengveien-Lysaker

## **5. VURDERING AV BOREMETODE OG INFORMASJON FRA BOREHULL**

Langs det meste av tunnelstrekningen er avstanden fra overflaten ned til tunnelnivå mindre enn 60 m. Borehullene vil dermed bli forholdsvis korte. Det er avgjørende at borehullene treffer de kritiske delene av fjellet slik at det oppnås bedre forståelse av geologiske forhold langs tunnelen. Best mulig retningskontroll under boring kombinert med avviksmåling er derfor nødvendig.

Kjerneboring kan vurderes dersom det er behov for mekanisk testing av bergartene, nærmere kunnskap om mineralogi/omvandling, og vurdering av sprekker og sprekkefylling. Avviksmåling må utføres i slike hull.

Et godt alternativ er boring og logging av borehull ved hjelp av optisk televiwer. Logging av borehullet vil gi avviksmåling og informasjon om fordeling av sprekker og sprekkeorientering i borehullet. I tillegg får en informasjon om en rekke andre geofysiske parametre som er nyttige i forståelse av fjellets egenskaper (Elvebakk et al. 2001). Slike borehull kan også brukes til prøvepumping for å få kunnskap om bergartenes hydrologiske egenskaper (se oppsummering i Rønning 2003).

## **6. VIDERE BRUK AV RAPPORT OG KARTMATERIALE**

Data, kart og tolkninger som er lagt fram i denne rapporten er basert på tilgjengelige materiale slik det framgår av kapittel 2 (se over). Det understrekes at videre arbeid i prosjektet må ta hensyn til dette grunnlagsmaterialet. Geologiske kart som ligger ved denne rapporten viser en tolkning av geologiske forhold basert på observasjoner fra feltkartlegging og mindre justeringer etter lineamentstolkning av digitale høydedata. Graden av nøyaktighet i tolkningen vil være avhengig både av blotningsgrad og hvor kompliserte de geologiske forholdene er i et gitt område. Området som omfattes av denne rapporten er strukturgeologisk komplisert (se kap. 3.2), og derfor må forløpet av bergartsgrenser anses som usikre der det er få blotninger. Langs profilene må plasseringen av bergartsgrenser, ganger, forkastninger og sprekkesoner i trasénivå anses å være veiledende. På det geologiske kartet (tegning 2004.048-1) er målinger av strøk og fall angitt. Noen av målingene representerer små enkeltblotninger. I andre tilfeller viser målingen lagenes generelle orientering langs en større fjellblotning i vegskjæring eller lignende. Plasseringen av målepunkt skulle være nøyaktig nok til at kartet og detaljkartene (tegning 2004.048-3 til -9) kan brukes som blotningskart.

Detaljkartene i målestokk 1:2500 (tegning 2004.048-3 til -9) er i hovedsak sammenstilt med tanke på å effektivisere videre feltoppfølging og planlegging av boring, seismiske undersøkelser osv. Disse kartene representerer kun en forstørrelse av informasjonen på hovedkartet, og det presiseres at den store målestokken ikke betyr en større grad av

nøyaktighet i tolkningen enn det som framgår av kartet i M 1:10000. Det er dermed avgjørende at det gjennomføres supplerende feltundersøkelser for en mer nøyaktig tolkning av kritiske områder og soner langs traséen.

## 7. KONKLUSJON

De dominerende bergartene langs traséen er vekslende skifer, knollekalk, kalk og kalksandstein med overveiende steilt hellende lagning mot nord-nordvest. I skifrige lag finnes det en lagparallell oppsprekking. Langs grensen mellom lag med ulike mekaniske egenskaper kan det være åpne sprekker der det kan forekomme innsig av vann. Bergartenes yngste kløv er stedvis såpass gjennomgripende at det kan være fare for oppsprekking langs slakt hellende plan, særlig i skiferhorisonter. Kombinasjonen av lagflater, kløv- og sprekkeretninger gjør at skifrige bergarter lett sprekker opp i blyant- til linjalformede biter.

Tunnelen vil krysse flere forkastninger, sprekkesoner og eruptivganger der det kan oppstå problemer med stabilitet og/eller innlekkasje av grunnvann som kan medføre skade på installasjoner og miljø på overflaten. Det antas at de største forkastningene kan gi svakhetssoner med mulig leiromvandling i en bredde på minst 10-20 meter normalt på forkastningen. En økt grad av oppsprekking vil gjerne forekomme i avstander på flere titalls meter fra forkastningen. Strøkparallelle forkastninger (ØSØ-VSV) som gjerne følger foldeombøyninger gir også opphav til svakhetssoner med en del leiromvandling. Det er en god del mindre sprekker i berggrunnen. De fleste av disse er orientert steilt NV-SØ til NNV-SSØ. Sprekkene kan ha belegg av kalkspat eller være fylt med kalkspat, kloritt eller leirminerale.

Ulike typer gangbergarter utgjør trolig omtrent 10 % av traséen. En del av gangene kan være sterkt oppsprukket eller det kan forekomme konsentrasjon av sprekker langs grensen mellom ganger og sidebergart. Mulighet for vannlekkasje og økt behov for injeksjon må ventes i slike soner og spesielt der gangbergarter faller sammen med eller skjæres av forkastninger og knusningssoner.

Flere steder langs traséen finnes det forkastninger og strekninger der berggrunnen er dekket med løsmasser. I disse områdene bør det vurderes om oppfølgende undersøkelser, for eksempel seismikk og fjellboring, skal iverksettes for å avdekke svakhetssoner som kan gi stabilitetsproblemer og som kan medføre stor risiko for vannlekkasje og endring av grunnvannsnivå. På grunnlag av tilgjengelig informasjon og analyse av data oppsummert i denne rapporten anbefales det oppfølgende undersøkelser og boring i følgende prioriterte områder:

- Forkastningssone langs området ved Stasjonsveien (pelnr 11740-11790)
- Forkastningssone som følger søkket langs Kirkeveien og krysser traséen ved pelnr 11270

- Flere mulige forkastningssoner langs søkket ved Storengveien (pelnr 8700-8450)

Det kan også være fornuftig å bore i følgende områder:

- Området ved Halvorsens vei øst for Engervannet (pelnr 12700)
- Strekningen Storengveien-Lysaker

NGU anbefaler at det utføres brønnboring med påfølgende detaljert logging og prøvepumping. Dersom prøver av fjellet er nødvendig for mekanisk testing og andre analyser, bør det utføres kjerneboring. Det er vesentlig at boring utføres med best mulig retningskontroll og at avviksmåling blir utført i alle borehull.

## 8. REFERANSER

Braathen, A. & Gabrielsen, R. 2000: Bruddsoner i fjell – oppbygning og definisjoner. Norges geologiske undersøkelse, Gråsteinen 7, 20s.

Bockelie, J.F. 1979: Kloakktunnel vest. Geologisk kart med profil Sandvika-Lysaker (3050-6300 m). NGI

Bockelie, J.F. 1980: Kloakktunnel vest. Geologisk kart med profil Høvikveien -Vækerøveien (4900-7600 m). NGI

Dehls, J.F. & Nordgulen, Ø. 2003: Analysis of InSAR data over Romeriksporten. NGU Rapport 2003.076; og "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Rapport nr. 37. Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling, Oslo 2003.

Elvebakk, H., Braathen, A., Rønning, J.S. & Nordgulen, Ø. 2001: Tunnelprosjektet – borehullslogging og strukturgeologiske studier Gualia, Lunner kommune. NGU Rapport 2001.117; og "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Rapport nr. 10. Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling, Oslo 2001.

Løset, F. 1981: Ingeniørgeologiske erfaringer fra kloakktunnelen Lysaker-Slemmestad. Fjellsprenningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1981.

Løset, F. 1989: Analyse av injeksjonsresultater fra VEAS-tunnelen. NTNf-prosjekt nr. 25141. Intern NGI-rapport.

Naterstad, J., Bockelie, J.F., Bockelie, T.G., Graversen, O., Hjelmeland, H., Larsen, B.T. & Nilsen, O. 1990: Asker 1814-1, berggrunnskart M 1:50000. Norges geologiske undersøkelse.



Nordgulen, Ø. & Dehls, J.F. 2003: Bruk av digitale høydedata i strukturgeologisk analyse. Eksempel fra Oslo kommune. NGU Rapport 2003.076; og "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Rapport nr. 24. Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling, Oslo 2003.

Nordgulen, Ø., Lutro, O., Solli, A., Roberts, D. & Braathen, A. 1998: Geologisk og strukturgeologisk kartlegging for Jernbaneverket Utbygning i Asker og Bærum. NGU Rapport 98.124, 27s.

Olesen, O. 2004: Problemene skyldes dypforvitring. *GEO* 7 (7), 18-20.

Owen, A.W., Bruton, D.L., Bockelie, J.F. & Bockelie, T.G. 1990: The Ordovician successions of the Oslo Region. *Nor. geol. unders. Special Publication* 4, 54pp.

Rønning, J.S. 2003: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler: Delprosjekt A, Forundersøkelser – Sluttrapport. Publikasjon nr. 102, Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen.

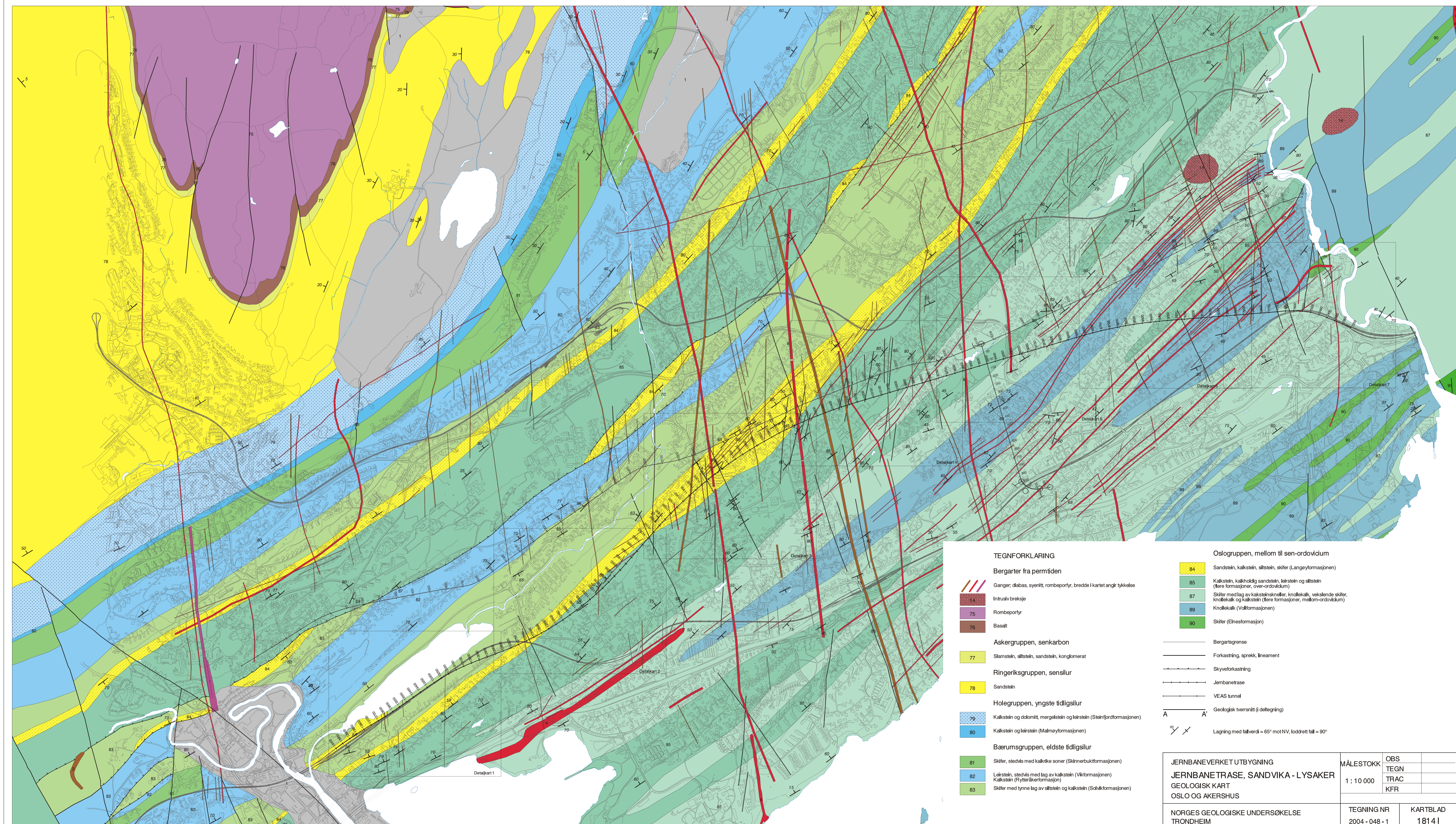
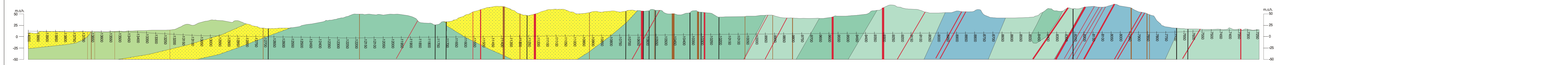
Sæther, E. 1947: Studies on the igneous rock complex of the Oslo Region. VIII. The dykes in the Cambro-Silurian of Bærum. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. i Oslo, I Mat.-Naturvid. Kl. 1947*, 3, 60 s.

Worsley, D, Aarhus, N., Bassett, M.G., Howe, M.P.A., Mørk, A. & Olaussen, S. 1983: The Silurian succession of the Oslo Region. *Nor. geol. unders. Bull.* 384, 57s.

Andre kilder:

Arbeidsgruppe for injeksjonsmetoder. Rapport nr 2, desember 1988.

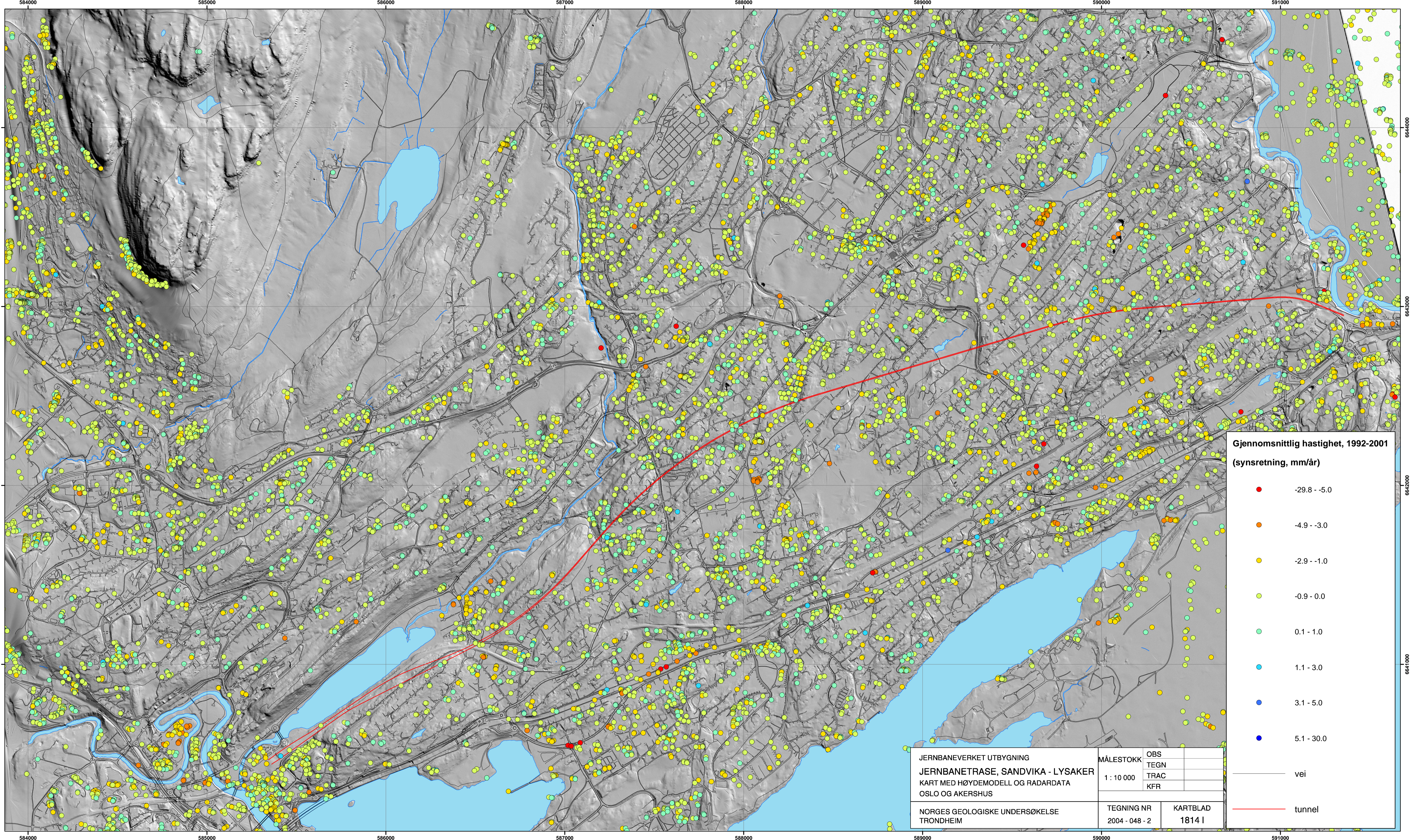
GEOMAP. Rapport fra oppdragsnr. 94632 (1995). Grunnundersøkelser og refraksjonsseismikk.



- TEGNFORKLARING**
- Bergarter fra permiden**
- Ganger; diabas, syenitt, rombeporfyr, bredde i kartet angir tykkelse
  - Intrusiv brekke
  - Rombeporfyr
  - Basalt
- Askergruppen, senkarbon**
- Sluttstein, siltstein, sandstein, konglomerat
- Ringierksgruppen, sensilur**
- Sandstein
- Holegruppen, yngste tidligsilur**
- Kalkstein og dolomitt, mergetstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
  - Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)
- Bærumgruppen, eldste tidligsilur**
- Skifer, stedvis med kalkrike soner (Skinnerbuktaformasjonen)
  - Leirstein, stedvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
  - Kalkstein (Rytteråkerformasjonen)
  - Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

- Oslogruppen, mellom til sen-ordevikum**
- Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
  - Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (flere formasjoner, over-ordevikum)
  - Skifer med lag av kalksteinsknoller, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (flere formasjoner, mellom-ordevikum)
  - Knollekalk (Vollformasjonen)
  - Skifer (Elnesformasjonen)
- Geologiske symboler:**
- Bergartsgrense
  - Forkastning, sprekk, lineament
  - Skyveforkastning
  - Jernbanetrase
  - VEAS tunnel
  - Geologisk tversnitt (i deltegning)
- Other symbols:**
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, lodrett fall = 90°

JERNBANEVERKET UTBYGNING		MÅLESTOKK	OBS
JERNBANE TRASE, SANDVIKA - LYSAKER		1 : 10 000	TEGN
GEOLOGISK KART			TRAC
OSLO OG AKERSHUS			KFR
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD
TRONDHEIM		2004 - 048 - 1	18141

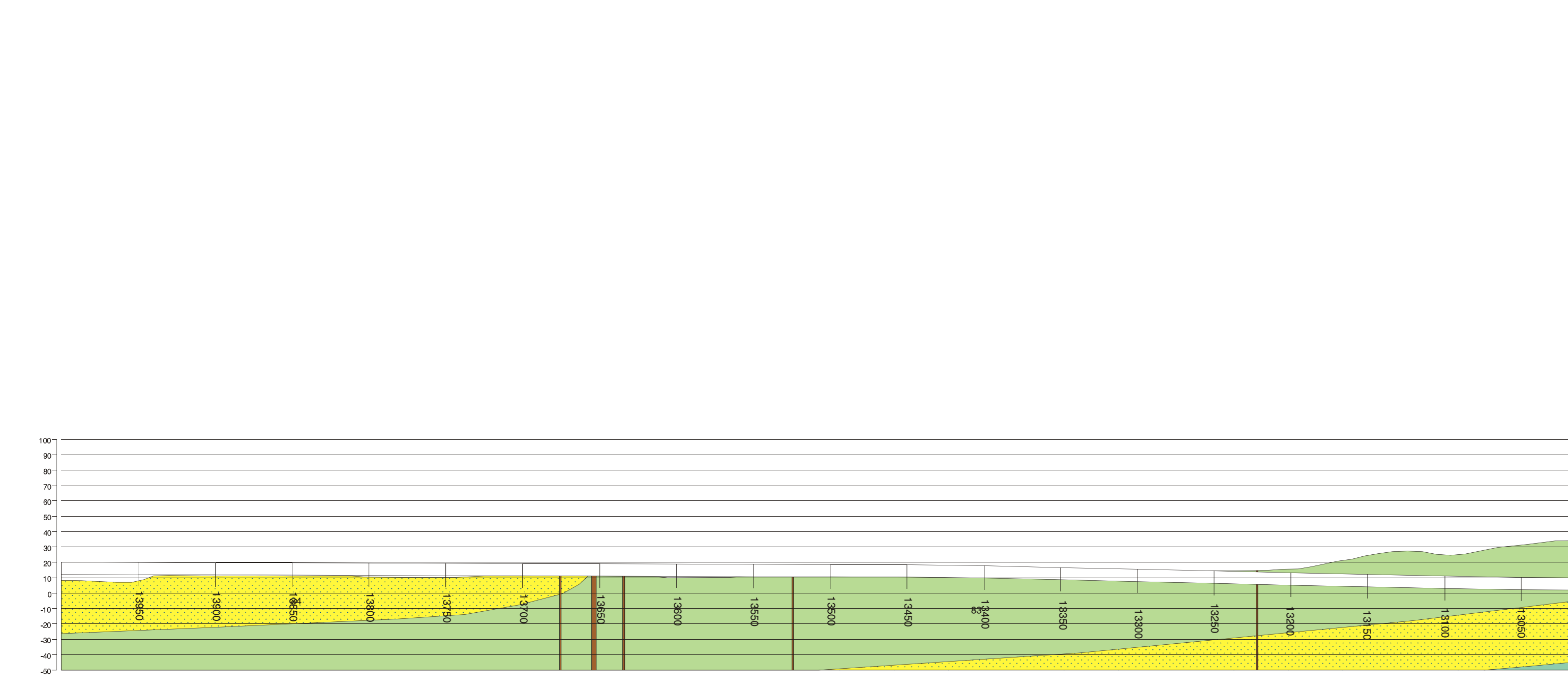
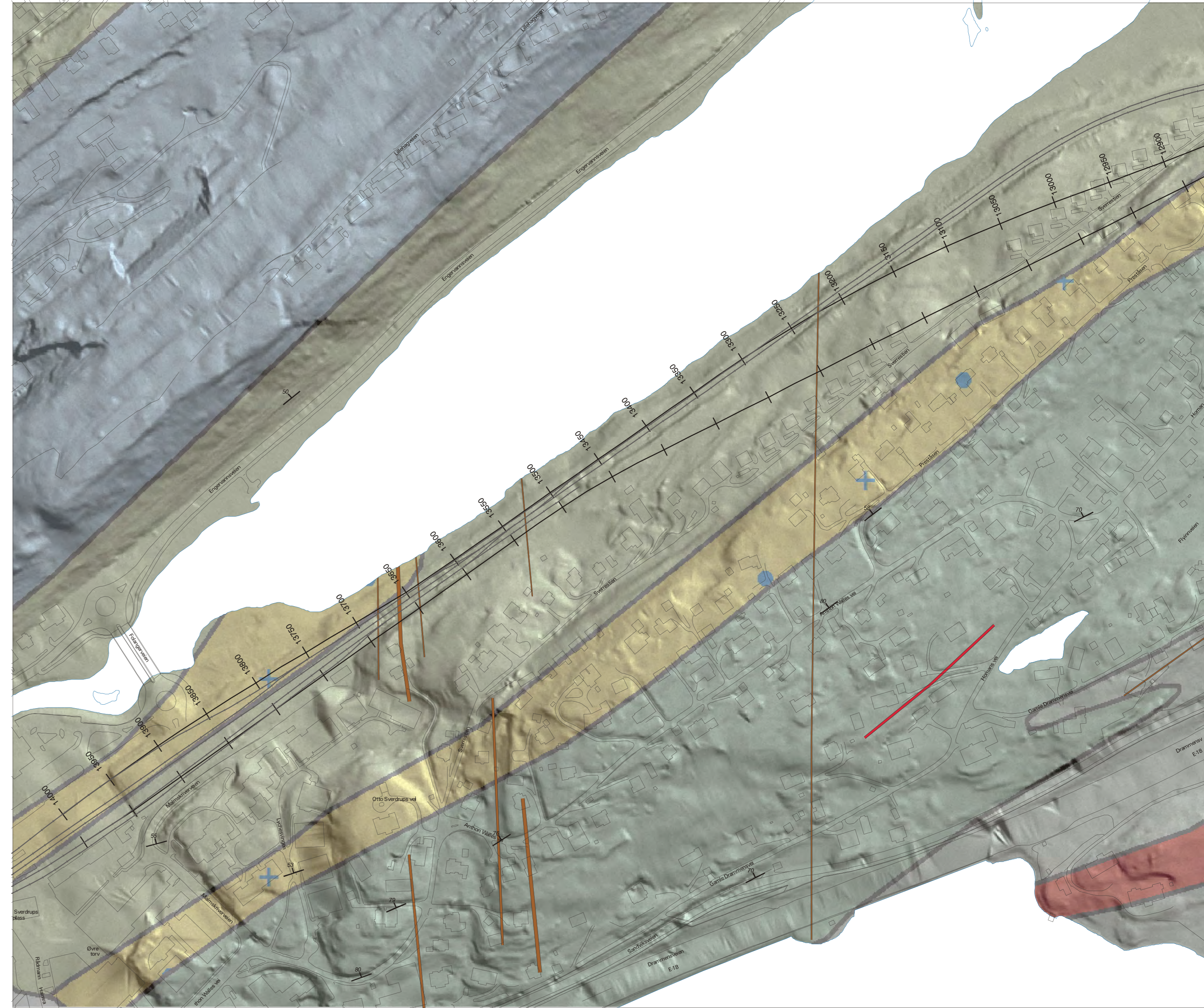
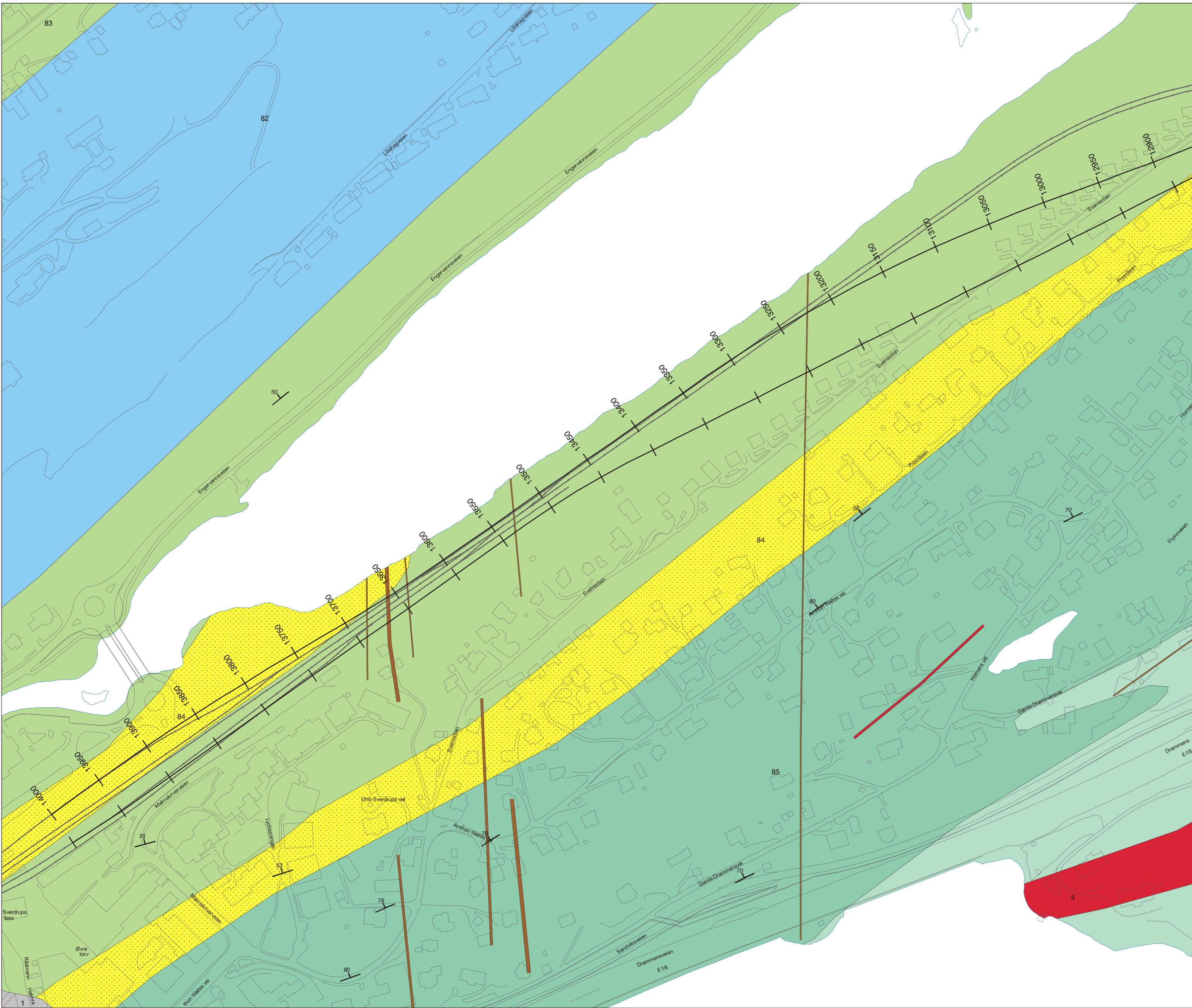


**Gjennomsnittlig hastighet, 1992-2001  
(synsretning, mm/år)**

- -29.8 - -5.0
- -4.9 - -3.0
- -2.9 - -1.0
- -0.9 - 0.0
- 0.1 - 1.0
- 1.1 - 3.0
- 3.1 - 5.0
- 5.1 - 30.0

- vei
- tunnel

JERNBANEVERKET UTBYGNING JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER KART MED HØYDEMODELL OG RADARDATA OSLO OG AKERSHUS	MÅLESTOKK	OBS	
	1 : 10 000	TEGN	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD	
	2004 - 048 - 2	1814 I	



**TEGNFORKLARING**

**Bergarter fra permiden**

- Ganger; diabas, syenitt, rombeporfy, bredde i kartet angir tykkelse
- Intrusiv brekseje
- Rombeporfy
- Basalt

**Askergruppen, senkarbon**

- Slamstein, siltstein, sandstein, konglomerat

**Ringeriksgruppen, sensilur**

- Sandstein

**Holegruppen, yngste tidligsilur**

- Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
- Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)

**Bærumgruppen, eldste tidligsilur**

- Skifer, stedvis med kalkrike soner (Skinnerbuktoformasjonen)
- Leirstein, stedvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
- Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

**Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**

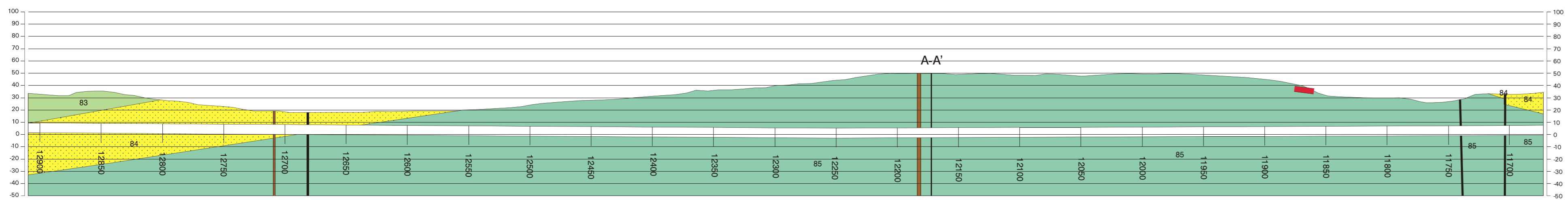
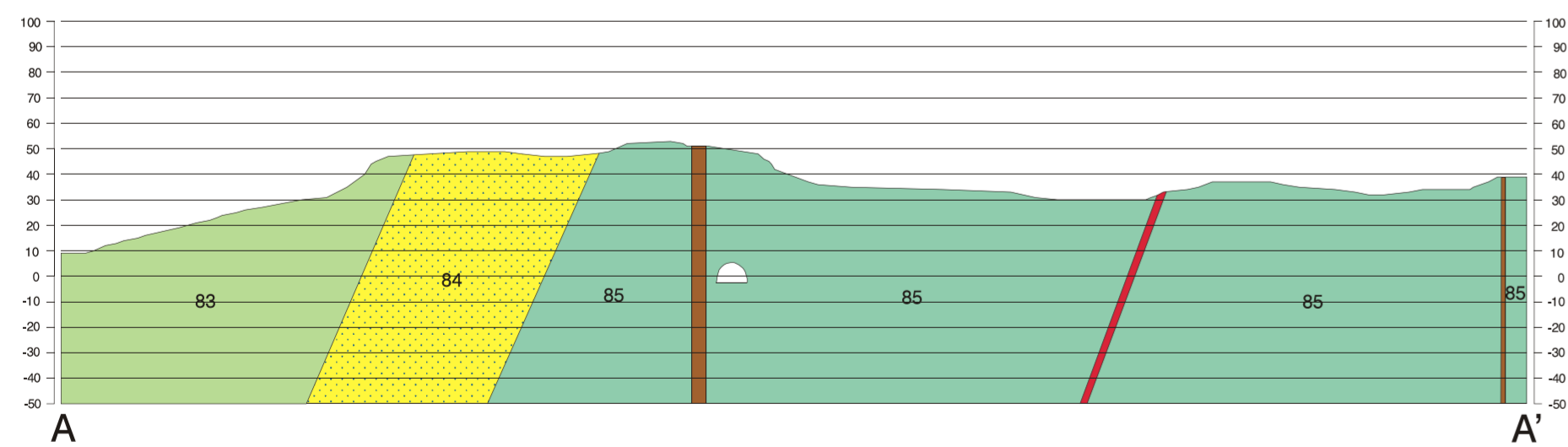
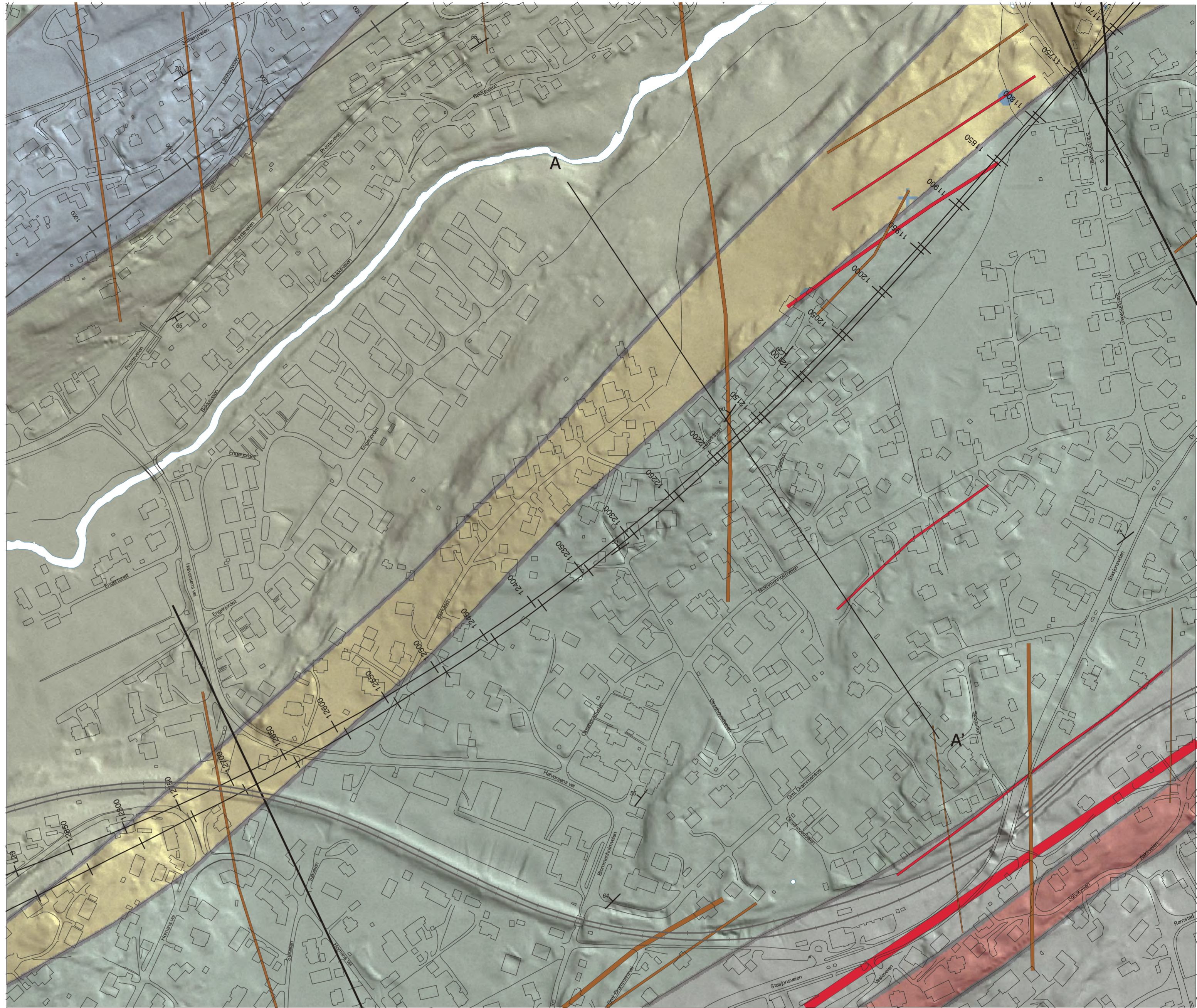
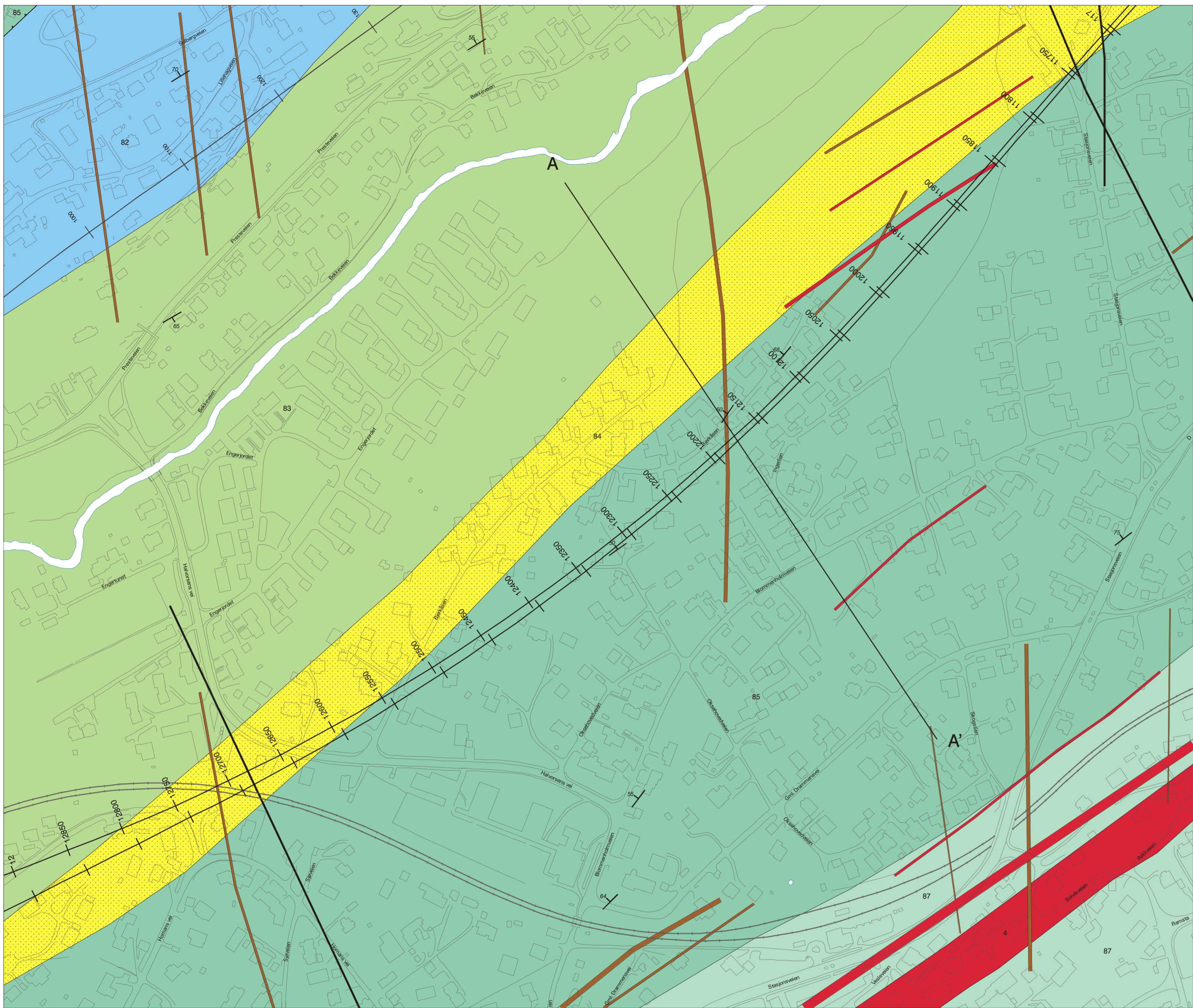
- 84 Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
- 85 Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein (flere formasjoner, over-ordovicium)
- 87 Skifer med lag av kalksteinskivler, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (flere formasjoner, mellom-ordovicium)
- 89 Knollekalk (Vollformasjonen)
- 90 Skifer (Eneformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyveforkastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tversnitt (i deltegning)

Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°

Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> DETALJKART 1 OSLO OG AKERSHUS		<b>MÅLESTOKK</b> 1 : 2 500	<b>OBS</b> <b>TEGN</b> <b>TRAC</b> <b>KFR</b>
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		<b>TEGNING NR</b> 2004 - 048 - 3	<b>KARTBLAD</b> 1814 I



**TEGNFORKLARING**

**Bergarter fra permiden**

- Ganger; diabas, syenitt, rombeporfyr, bredde i kartet angir tykkelse
- Intrusiv breksje
- Rombeporfyr
- Basalt

**Askergruppen, senkarbon**

- Slamstein, siltstein, sandstein, konglomerat

**Ringierksgruppen, sensilur**

- Sandstein

**Holegruppen, yngste tidligsilur**

- Kalkstein og dolomitt, mergetstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)

- Kalkstein og leirstein (Malmeøyformasjonen)

**Bærumgruppen, eldste tidligsilur**

- Skifer, stedsvis med kalkrike soner (Skinnerbuktaformasjonen)

- Leirstein, stedsvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)

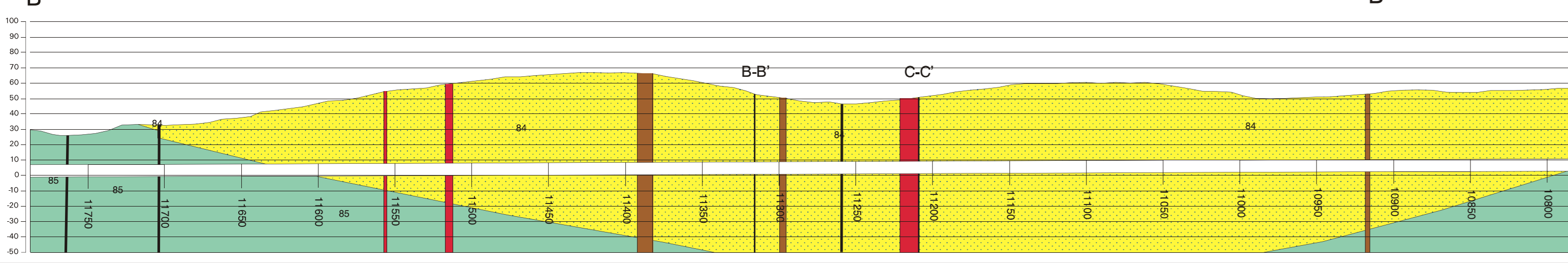
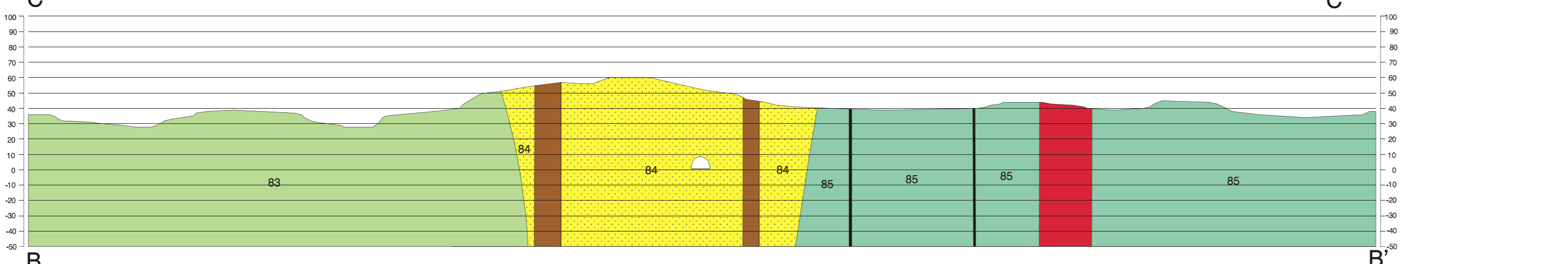
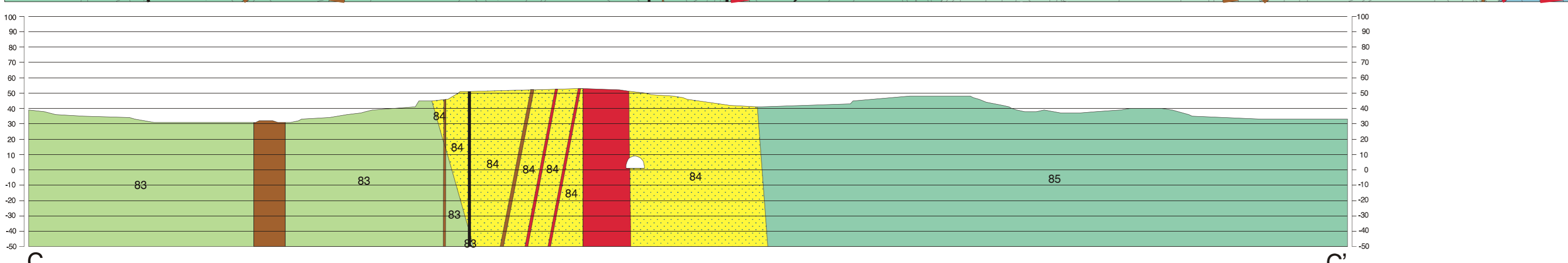
- Skifer med tynde lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

**Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**

- 84 Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
- 85 Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (føre formasjoner, over-ordovicium)
- 87 Skifer med lag av kalksteinskjeller, knollekalk, vokstende skifer, knollekalk og kalkstein (føre formasjoner, mellom-ordovicium)
- 89 Knollekalk (Vollformasjonen)
- 90 Skifer (Elnesformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyveforkastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tversnitt (i deltegning)
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
- Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> <b>DETALJKART 2</b> <b>OSLO OG AKERSHUS</b>	<b>MÅLESTOKK</b> 1 : 2 500	OBS
		TEGN
		TRAC
<b>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE</b> <b>TRONDHEIM</b>	<b>TEGNING NR</b> 2004 - 048 - 4	<b>KARTBLAD</b> 1814 I

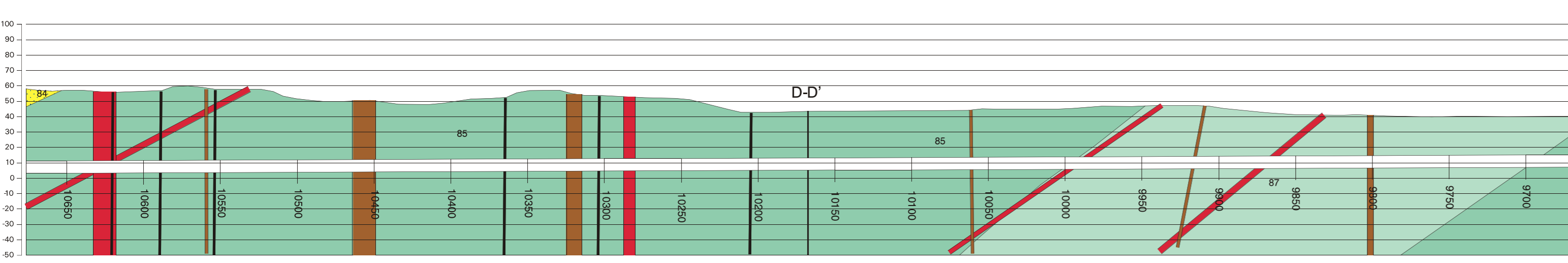
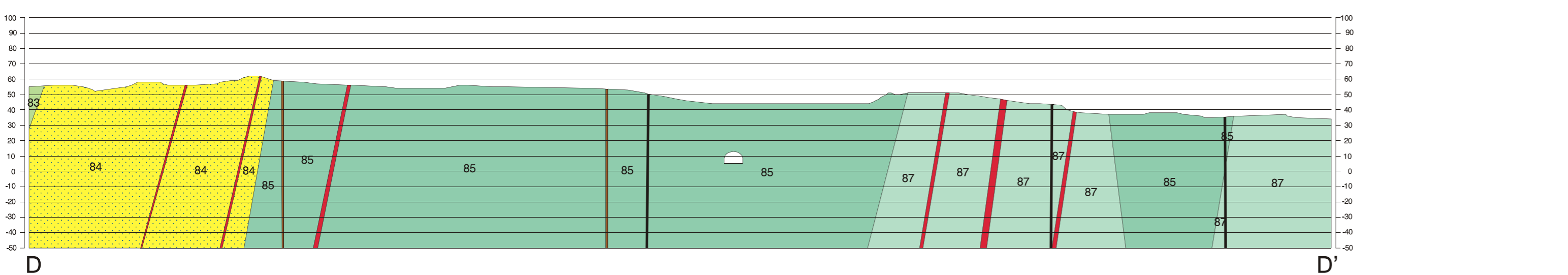
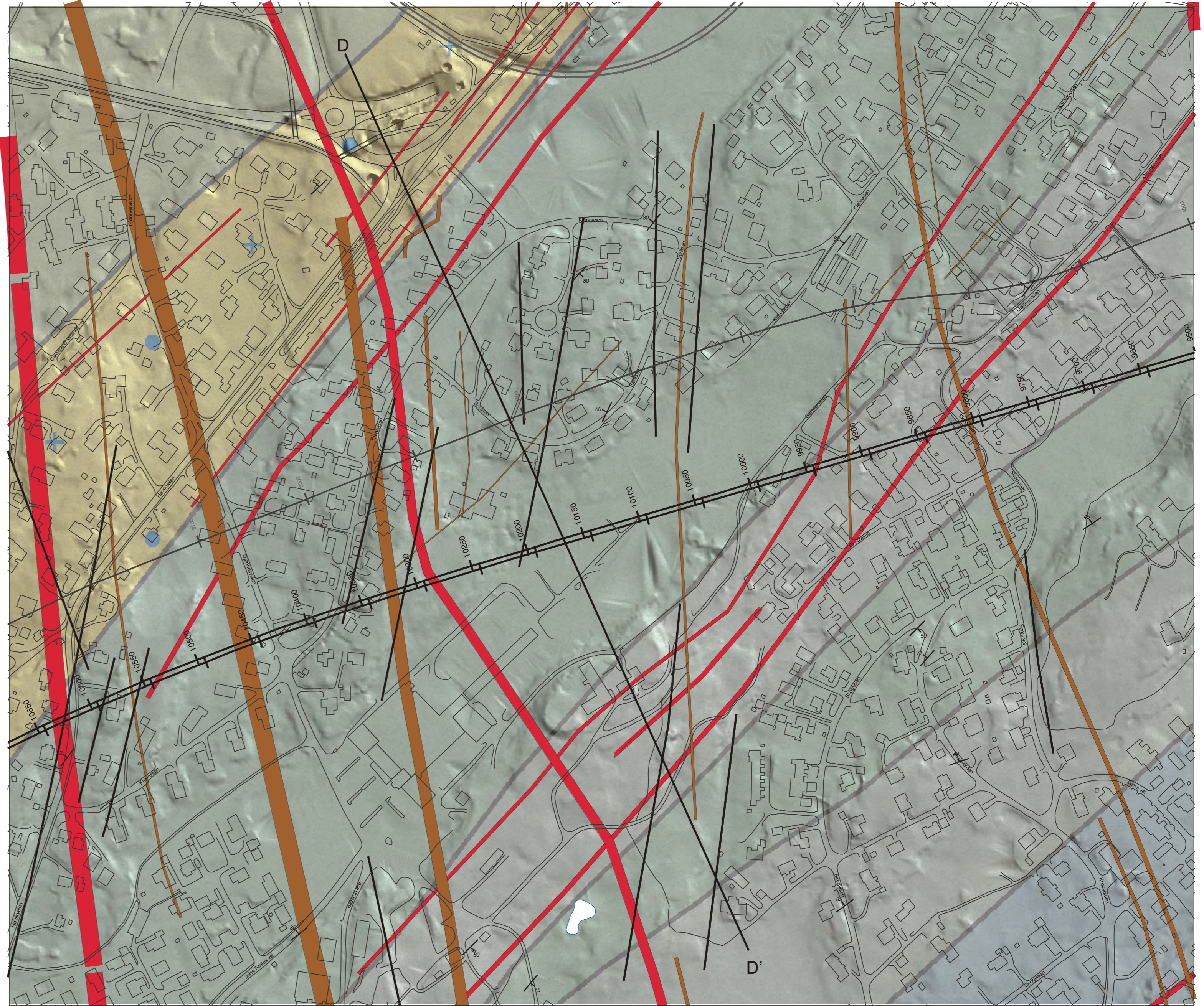
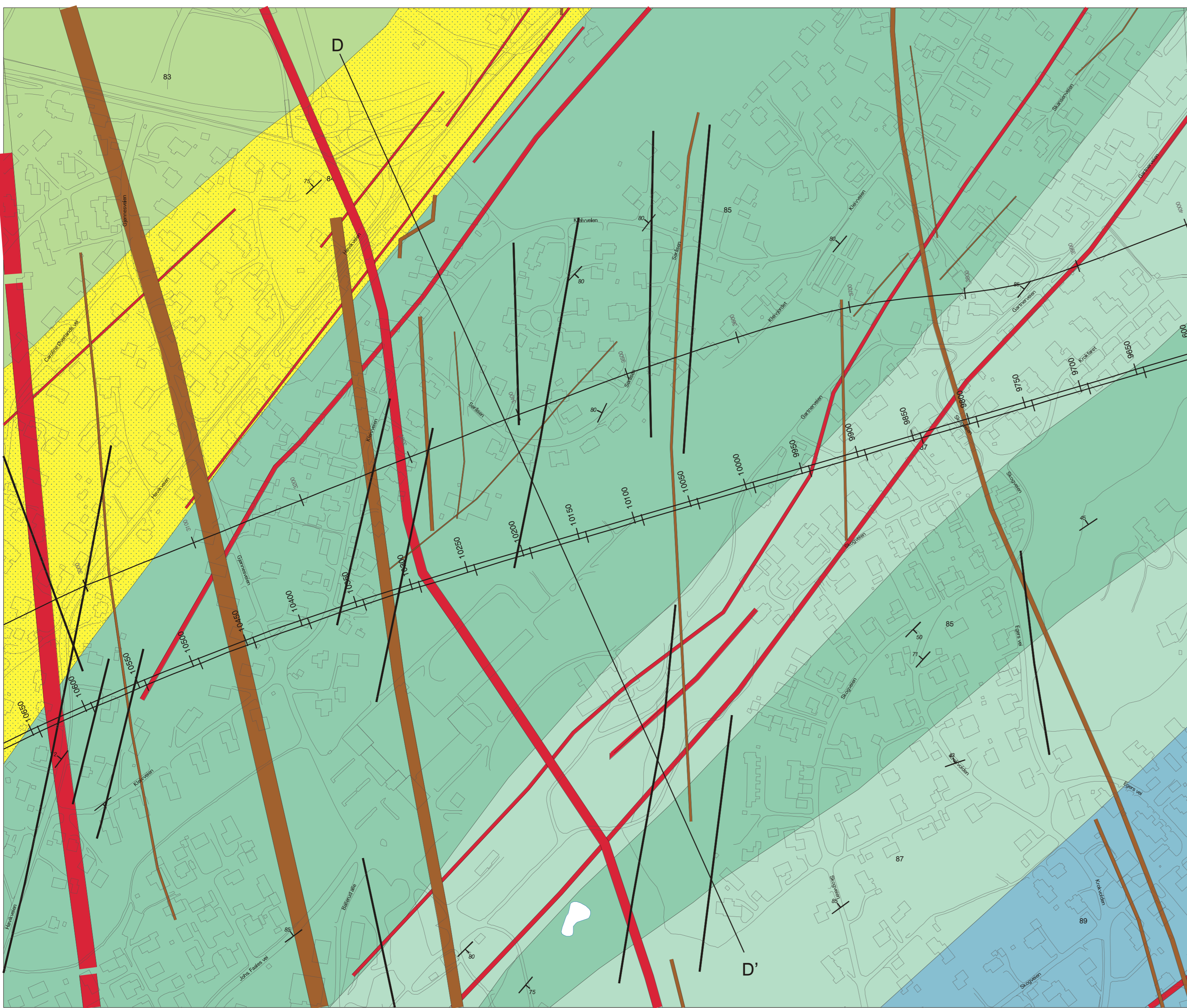


- TEGNFORKLARING**
- Bergarter fra permiden**
- Ganger, diabas, syenitt, rombeperlyr, bredde i kartet angir tykkelse
  - Intrusiv brekksje
  - Rombeperlyr
  - Basalt
- Askergruppen, senkarbon**
- Slanstein, siltstein, sandstein, konglomerat
  - Sandstein
- Ringersgruppen, sensilur**
- Sandstein
- Holegruppen, yngste tidligsilur**
- Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
  - Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)
- Bærumgruppen, eldste tidligsilur**
- Skifer, stedvis med kalkrike soner (Skinnerbukformasjonen)
  - Leirstein, stedvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
  - Kalkstein (Rytteråkerformasjonen)
  - Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

- Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**
- Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
  - Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (flere formasjoner, over-ordovicium)
  - Skifer med lag av kalksteinskjeller, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (flere formasjoner, mellom-ordovicium)
  - Knollekalk (Vollformasjonen)
  - Skifer (Elnesformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyveforkastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tversnitt (i deltegning)
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
- Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> <b>DETALJKART 3</b> <b>OSLO OG AKERSHUS</b>		<b>MÅLESTOKK</b> 1 : 2 500	<b>OBS</b> <b>TEGN</b> <b>TRAC</b> <b>KFR</b>
<b>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE</b> <b>TRONDHEIM</b>		<b>TEGNING NR</b> 2004 - 048 - 5	<b>KARTBLAD</b> 1814 I



TEGNFORKLARING

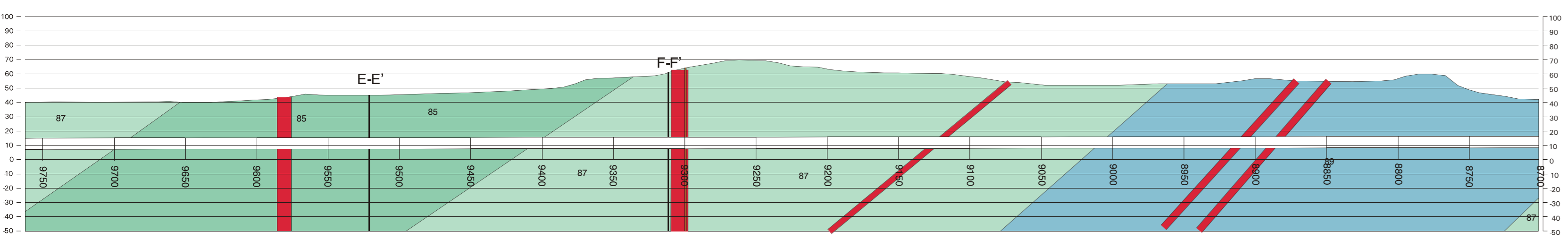
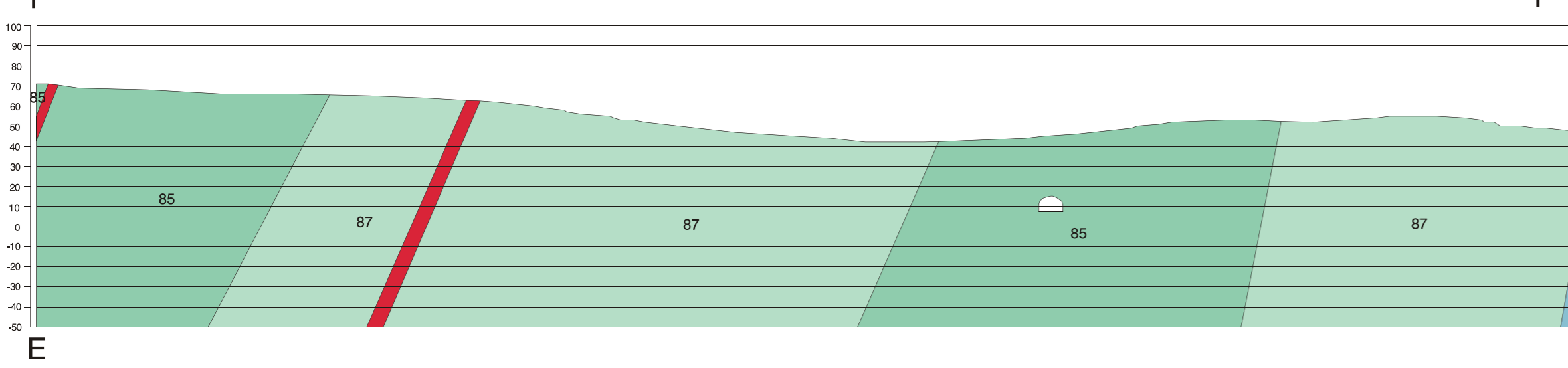
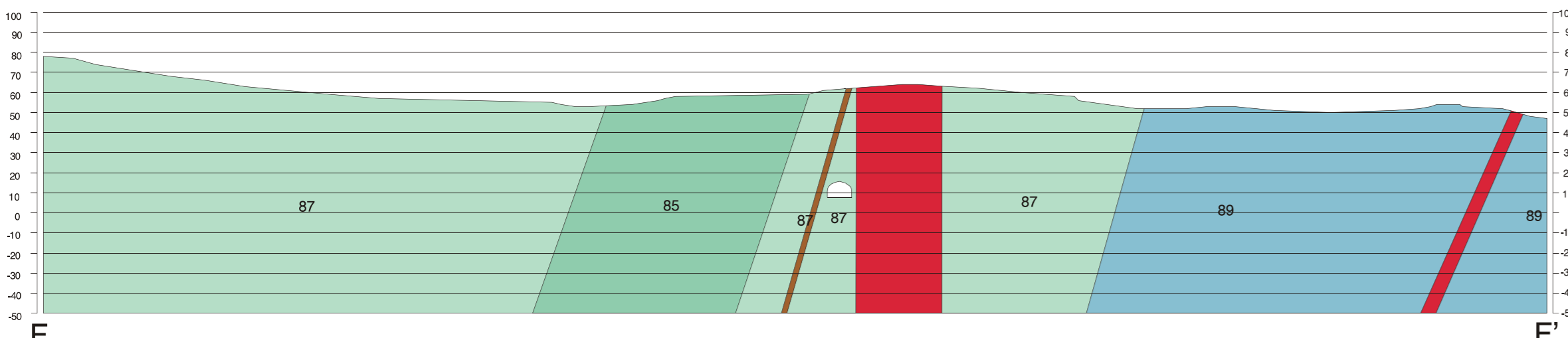
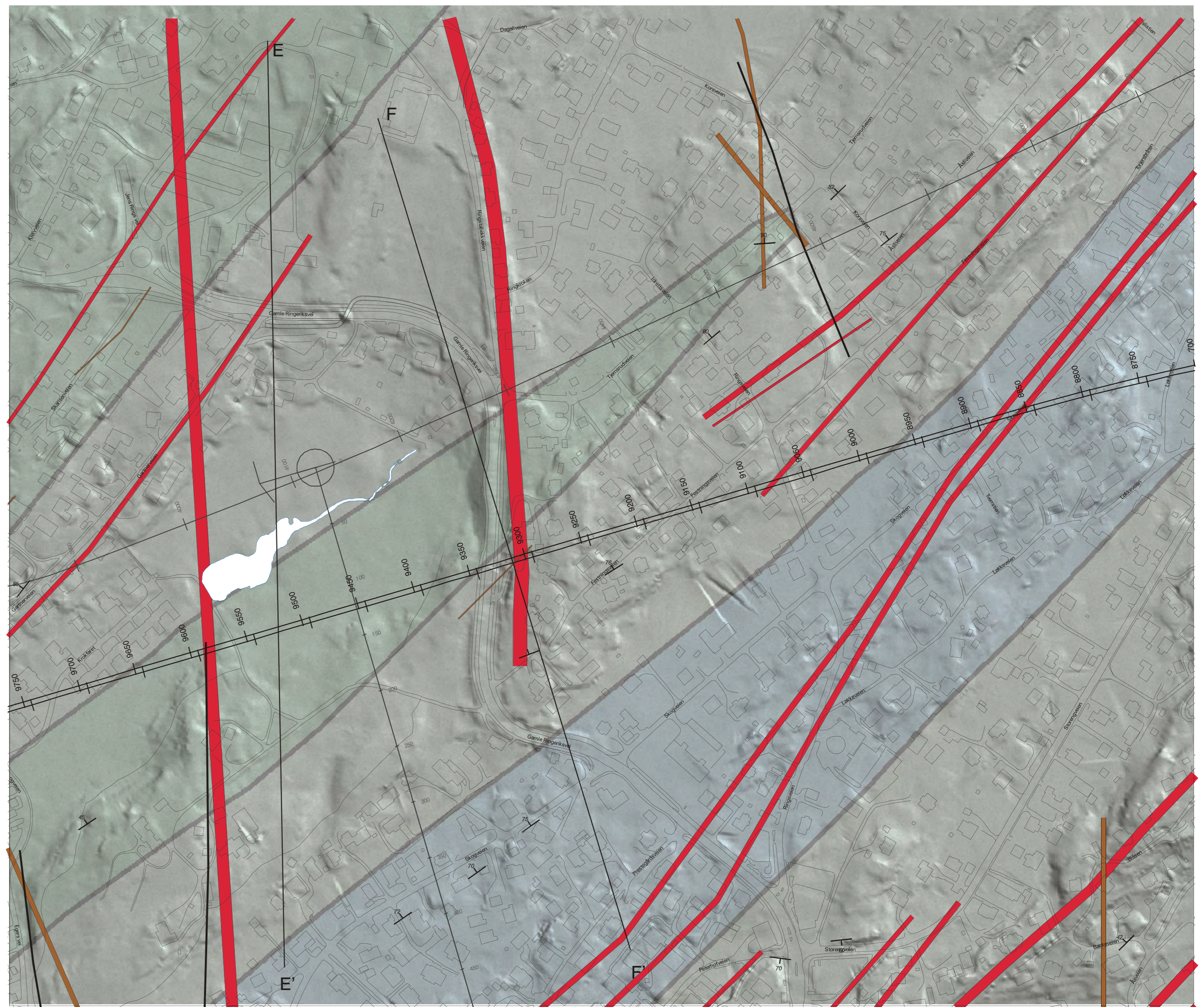
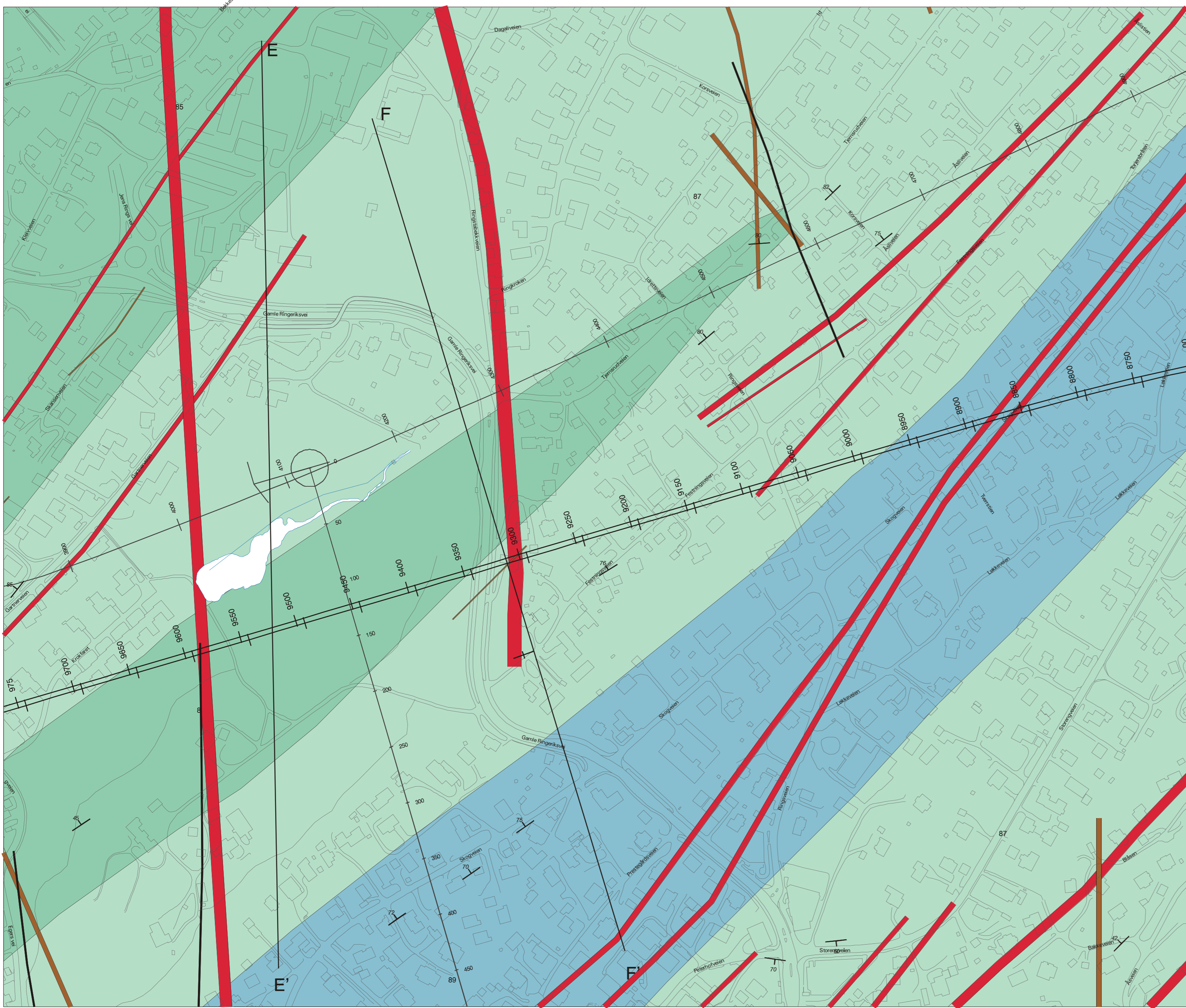
- Bergarter fra permiden**
- 14 Ganger; diabas, syenitt, rombeporfy, bredde i kartet angir tykkelse
  - 75 Intrusiv brekseje
  - 76 Rombeporfy
  - 76 Basalt
- Askergruppen, senkarbon**
- 77 Slamstein, siltstein, sandstein, konglomerat
- Ringriksgruppen, sensilur**
- 78 Sandstein
- Holegruppen, yngste tidligsilur**
- 79 Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
  - 80 Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)
- Bærumgruppen, eldste tidligsilur**
- 81 Skifer, stedvis med kalkrike soner (Skinnerbuktfformasjonen)
  - 82 Leirstein, stedvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
  - 83 Kalkstein (Flytteråkerformasjonen)
  - 83 Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

Oslgruppen, mellom til sen-ordovicium

- 84 Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
- 85 Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (flere formasjoner, over-ordovicium)
- 87 Skifer med lag av kalksteinskjeller, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (flere formasjoner, mellom-ordovicium)
- 89 Knollekalk (Vollformasjonen)
- 90 Skifer (Elnesformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyveforkastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tverrsnitt (i deltegning)
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
- Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> DETALJKART 4 OSLO OG AKERSHUS		MÅLESTOKK 1 : 2 500	OBS TEGN TRAC KFR
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		TEGNING NR 2004 - 048 - 6	KARTBLAD 18141

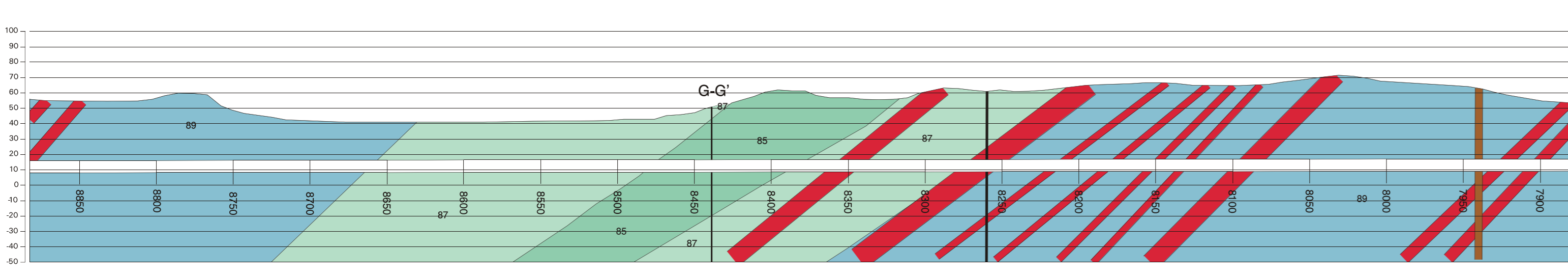
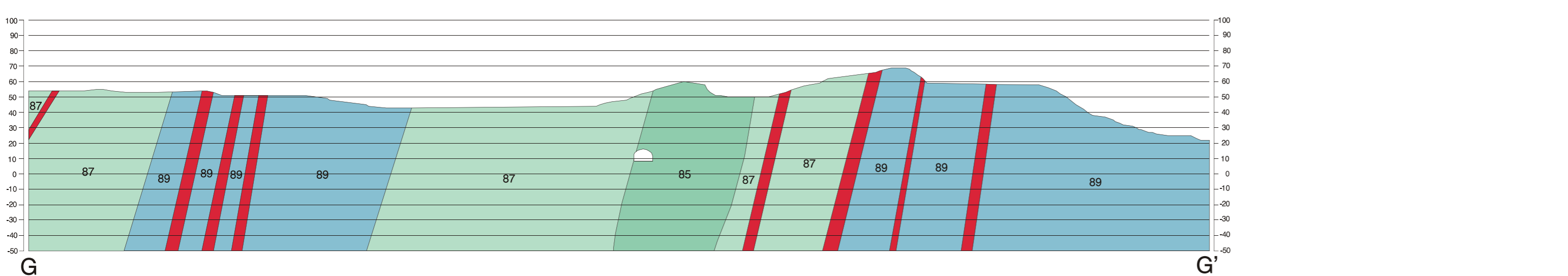
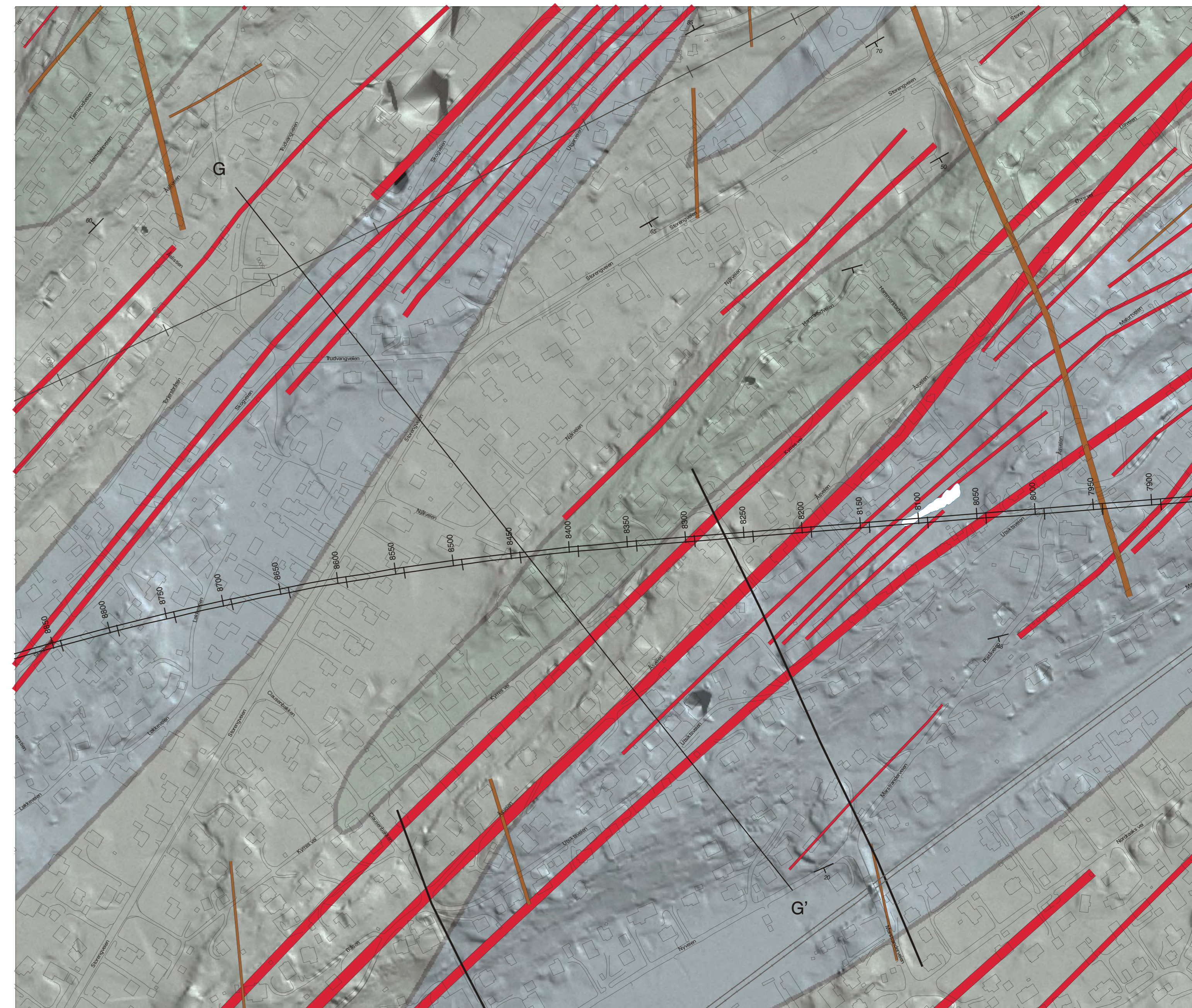
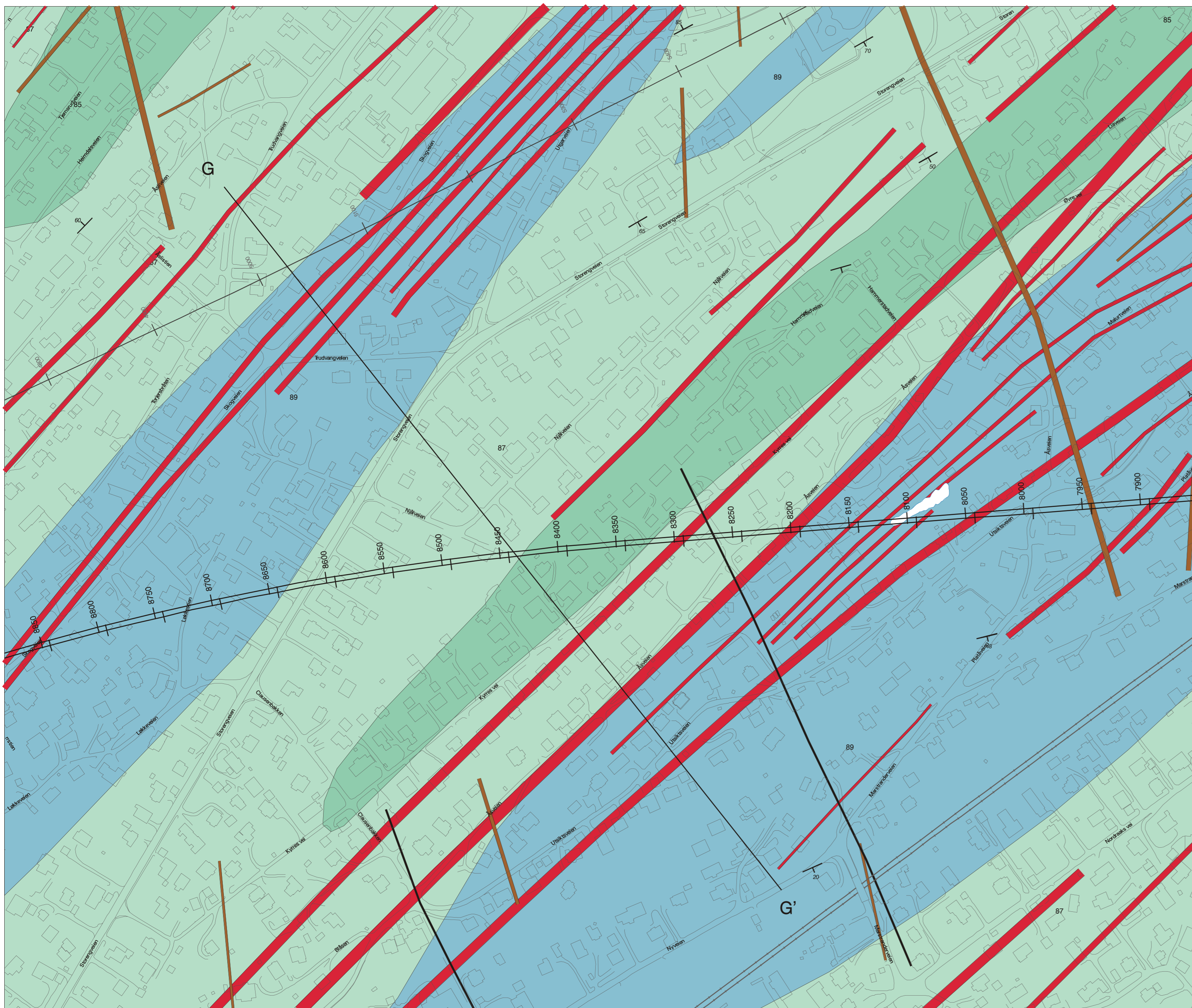


- TEGNFORKLARING**
- Bergarter fra permtiden**
- Ganger; diabas, syeritt, rombeporfy, bredde i kartet angir tykkelse
  - Intrusiv breksjø
  - Rombeporfy
  - Basalt
- Askergruppen, senkarbon**
- Slamstein, siltstein, sandstein, konglomerat
  - Sandstein
- Ringierksgruppen, sensilur**
- Sandstein
- Holegruppen, yngste tidligsilur**
- Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfordformasjonen)
  - Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)
- Bærumgruppen, eldste tidligsilur**
- Skifer, stedsvis med kalkrike soner (Skinnerbuktfomasjonen)
  - Leirstein, stedsvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
  - Kalkstein (Rytteråkerformasjonen)
  - Skifer med tykke lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

- Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**
- Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
  - Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (fjere formasjoner, over-ordovicium)
  - Skifer med lag av kalksteinskjeller, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (fjere formasjoner, mellom-ordovicium)
  - Knollekalk (Vollformasjonen)
  - Skifer (Elnesformasjonen)
- Geologisk tversnitt (i deltegning)**
- Bergartsgrense
  - Forkastning, sprekk, lineament
  - Skyveforkastning
  - Jernbanetrase
  - VEAS tunnel
  - Geologisk tversnitt (i deltegning)
  - Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
  - Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> <b>DETALJKART 5</b> <b>OSLO OG AKERSHUS</b>		<b>MÅLESTOKK</b> 1 : 2 500	<b>OBS</b> <b>TEGN</b> <b>TRAC</b> <b>KFR</b>
<b>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE</b> <b>TRONDHEIM</b>		<b>TEGNING NR</b> 2004 - 048 - 7	<b>KARTBLAD</b> 1814 I





**TEGNFORKLARING**

**Bergarter fra permiden**

- Ganger; diabas, syenitt, rombeporfy, bredde i kartet angr tykkelse
- Intrusiv brekksje
- Rombeporfy
- Basalt

**Askergruppen, senkarbon**

- Slamstein, siltstein, sandstein, konglomerat

**Ringeriksgruppen, sensilur**

- Sandstein

**Holegruppen, yngste tidligsilur**

- Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
- Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)

**Bærumgruppen, eldste tidligsilur**

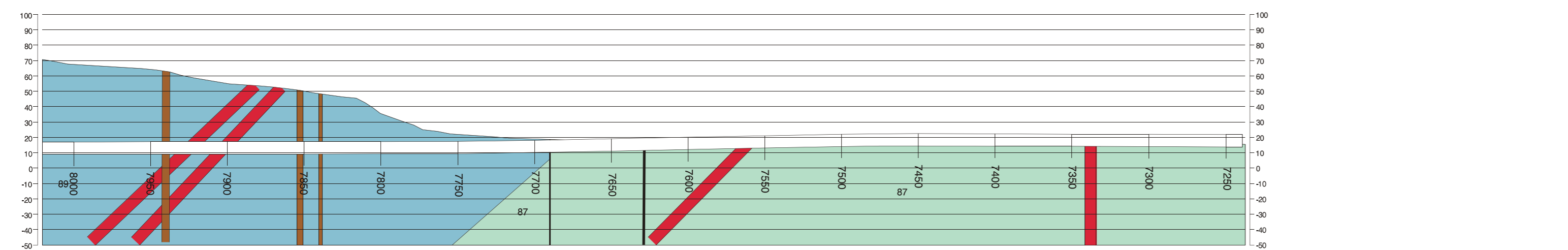
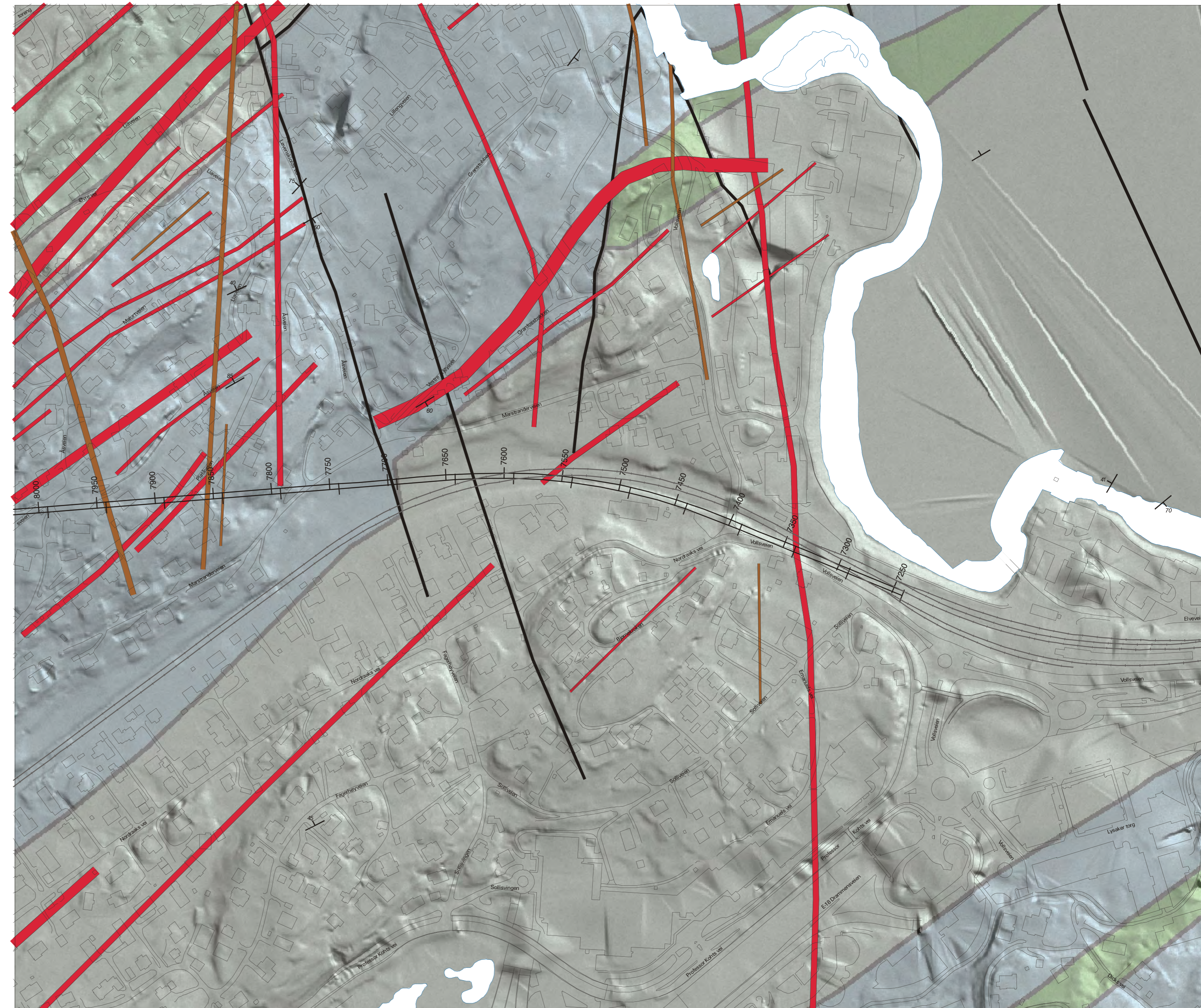
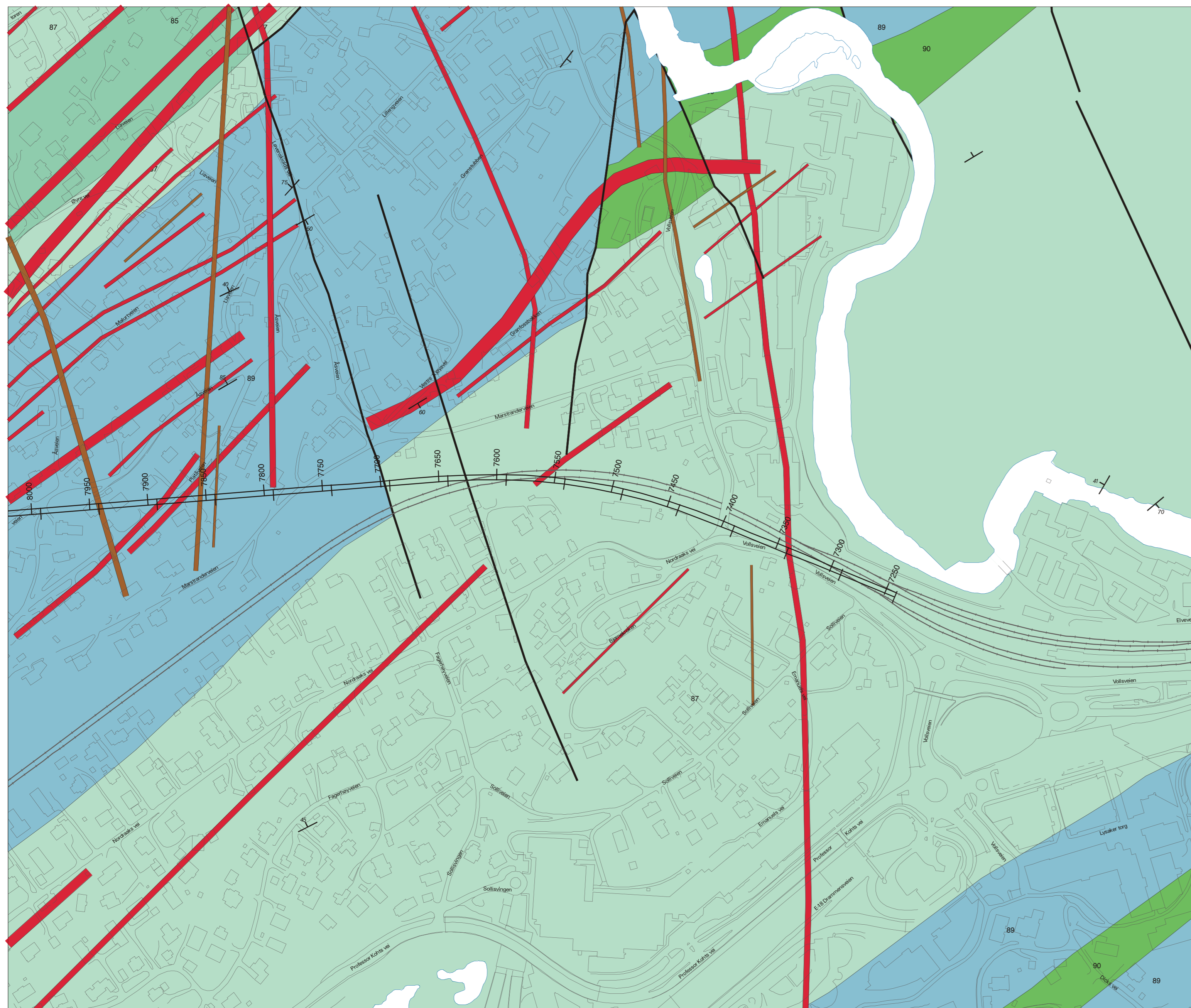
- Skifer, stedvis med kalkrike soner (Skinnerbuktfformasjonen)
- Leirstein, stedvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
- Skifer med tynde lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

**Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**

- Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
- Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (flere formasjoner, oven-ordovicium)
- Skifer med lag av kalksteinkneller, knollekalk, vekslende skifer, knollekalk og kalkstein (flere formasjoner, mellom-ordovicium)
- Knollekalk (Vollformasjonen)
- Skifer (Elnesformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyvelforkastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tversnitt (i deltagning)
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
- Tunnel

<b>JERNBANEVERKET UTBYGNING</b> <b>JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER</b> <b>DETALJKART 6</b> <b>OSLO OG AKERSHUS</b>		<b>MÅLESTOKK</b> 1 : 2 500	<b>OBS</b> TEGN TRAC KFR
<b>NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE</b> <b>TRONDHEIM</b>		<b>TEGNING NR</b> 2004 - 048 - 8	<b>KARTBLAD</b> 18141



**TEGNFORKLARING**

**Bergarter fra permiden**

- Ganger; diabas, syenitt, rombeporfy, bredde i kartet angir tykkelse
- Intrusiv breksje
- Rombeporfy
- Basalt

**Askergruppen, senkarbon**

- Slåmstein, siltstein, sandstein, konglomerat

**Ringerikgruppen, sensilur**

- Sandstein
- Kalkstein og dolomitt, mergelstein og leirstein (Steinfjordformasjonen)
- Kalkstein og leirstein (Malmøyformasjonen)

**Bærumgruppen, eldste tidligsilur**

- Skifer, stedsvis med kalkrike soner (Skinnerbukformasjonen)
- Leirstein, stedsvis med lag av kalkstein (Vikformasjonen)
- Kalkstein (Fytteråkerformasjonen)
- Skifer med tynne lag av siltstein og kalkstein (Solvikformasjonen)

**Oslogruppen, mellom til sen-ordovicium**

- 84 Sandstein, kalkstein, siltstein, skifer (Langøyformasjonen)
- 85 Kalkstein, kalkholdig sandstein, leirstein og siltstein (Bere formasjoner, over-ordovicium)
- 87 Skifer med lag av kalksteinskeller, knollekalk, vekstende skifer, knollekalk og kalkstein (Bere formasjoner, mellom-ordovicium)
- 89 Knollekalk (Vollformasjonen)
- 90 Skifer (Elnesformasjonen)

- Bergartsgrense
- Forkastning, sprekk, lineament
- Skyvetforskastning
- Jernbanetrase
- VEAS tunnel
- Geologisk tverrsnitt (i deltegnning)
- Lagning med fallverdi = 65° mot NV, loddrett fall = 90°
- Tunnel

JERNBANEVERKET UTBYGNING		MÅLESTOKK	OBS
JERNBANETRASE, SANDVIKA - LYSAKER		1 : 2 500	TEGN
DETALJKART 7			TRAC
OSLO OG AKERSHUS			KFR
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE		TEGNING NR	KARTBLAD
TRONDHEIM		2004 - 048 - 9	1814 I