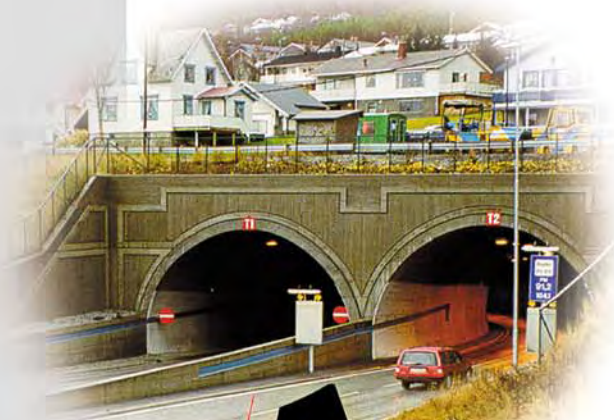


MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER

Rapport nr: **24**

Bruk av digitale høydedata i
strukturgeologisk analyse:
Eksempel fra Oslo kommune



A



Intern rapport nr. 2315



Statens vegvesen

Rapport nr.: 2003.013		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Bruk av digitale høydedata i strukturgeologisk analyse: Eksempel fra Oslo kommune.				
Forfatter: Øystein Nordgulen & John Dehls		Oppdragsgiver: NGU/Miljø- og samfunnstjenlige tunneler, Statens Vegvesen		
Fylke: Oslo/Akershus		Kommune: Oslo		
Kartblad (M=1:250.000) Oslo & Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1914-4 Oslo, 1814-1 Asker, 1815-2 Oppkuven, 1915-3 Nittedal		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 10	Pris:	
		Kartbilag: 1		
Feltarbeid utført: -	Rapportdato: 18.02.03	Prosjektnr.: 2827.02	Ansvarlig:	
<p>Sammendrag:</p> <p>I delprosjekt A (Forundersøkelser) av FoU-prosjektet 'Miljø- og samfunnstjenlige tunneler' (2001-2003) er det lagt vekt på forbedre forundersøkelsene gjennom å utvikle nye teknikker eller ta i bruk kjente teknikker på en ny måte. Denne rapporten beskriver hvordan detaljerte digitale høydedata fra Oslo kommune kan brukes til å kartlegge lineamenter som kan representere sprekkesoner eller forkastninger i fjell.</p> <p>Etter avtale med Oslo Kommune ved Plan- og bygningsetaten fikk FoU-prosjektet stilt til rådighet et digitalt datasett som dekker hele kommunen. Dette ble brukt til å framstille en høydemodell som grunnlag for tolkning av lineamenter i prekambriske bergarter i Østmarka, kambrosilurske bergarter i Oslo og permiske bergarter i Nordmarka.</p> <p>Tolkningen gir et godt bilde av både viktige, regionale sprekkesoner og forkastninger og mindre sprekker med lokal utbredelse. En analyse av lineamentenes orientering gir en fordeling som samsvarer med det som er vanlig i Oslofeltet. Noen lineamentspopulasjoner forekommer over hele området, mens andre populasjoner har mer lokal utbredelse avhengig av berggrunnen. Tolkningen indikerer at det innen det sterkt overdekkede kambrosilururområdet i Oslo finnes flere viktige N-S-orienterte forkastninger eller sprekkesoner.</p> <p>Digitale høydedata gir et viktig supplement til andre typer data og kan brukes direkte sammen med andre digitale datasett (flybilder, satellittbilder, geofysiske fly- og helikoptermålinger). Sammenlignet med andre typer data gir bruk av detaljerte, digitale terrengmodeller en rekke fordeler. Det er lettere å få fram et ensartet datasett, særlig i tettbygde strøk, i områder med mye infrastruktur (der flymålinger kan ha begrenset verdi), eller i områder med tett vegetasjon der vanlige flybilder gir svært lite informasjon. Det er videre mulig å bruke ulike analyser av datasettet for å framheve (eller dempe ned) topografiske trekk, blant annet ved skyggelegging, helningsanalyse og framstilling av 3D-modeller. En annen fordel er at det ved bruk av samme datasett til en viss grad er mulig å gjennomføre tolkninger på ulike detaljeringsnivå. I sammenheng med utbygging vil denne typen data kunne gi en effektivisering av forundersøkelsene ved at mye informasjon om berggrunnen blir tilgjengelig på et tidlig stadium i planleggingen.</p>				
Emneord: Berggrunnsgeologi		Strukturgeologi		Forkastning
Sprekkesone		Fagrapport		

INNHold

1.	FORORD / INNLEDNING.....	1
2.	DATAGRUNNLAG OG -ANALYSE.....	1
3.	BERGGRUNNEN – EN KORT OPPSUMMERING.....	1
4.	REGIONALE LINEAMENTER.....	3
5.	TOLKNING AV LINEAMENTER FRA HØYDEDATA	4
6.	VURDERING AV RESULTATENE OG KONKLUSJON	9
7.	REFERANSER	10

1. FORORD / INNLEDNING

FoU-prosjektet 'Miljø- og samfunnstjenlige tunneler' gjennomføres i perioden 2001-2003 med støtte fra NFR, statlige institusjoner, konsulenter og anleggsbransjen. I delprosjekt A (Forundersøkelser) er det lagt vekt på å forbedre forundersøkelsene gjennom å utvikle nye teknikker eller ta i bruk kjente teknikker på en ny måte. NGU har gjennom flere år brukt digitale høydemodeller for å tolke geologiske forhold både på land, i fjorder og på sokkelen. Erfaringer fra utbyggingsprosjekter NGU har gjennomført, blant annet i regi av Jernbaneverket, har vist at svært detaljerte terrengmodeller (1-meters koteavstand) gir gode resultater med hensyn til å kunne forutsi forløpet av svakhetssoner i form av oppkust fjell langs forkastnings- og sprekkesoner. Muligheten for digital visualisering og analyse av høydedata har vist seg å kunne gi mye informasjon, særlig i områder der det er vanskelig å finne andre kilder til informasjon om strukturer i berggrunnen. Det ble derfor bestemt at denne teknikken skulle prøves i tettbygde strøk, blant annet med utgangspunkt i en tunnel i T-baneringen. Denne tunnelen går i tettbygd strøk der muligheten for å observere geologiske strukturer på overflaten er svært begrenset.

2. DATAGRUNNLAG OG -ANALYSE

Etter avtale med Oslo Kommune ved Plan- og bygningsetaten fikk FoU-prosjektet 'Miljø- og samfunnstjenlige tunneler' stilt til rådighet et digitalt datasett som dekker hele kommunen. Datasettet kan brukes vederlagsfritt av NGU under den forutsetning at det vil bli brukt kun til dette forskningsprosjektet.

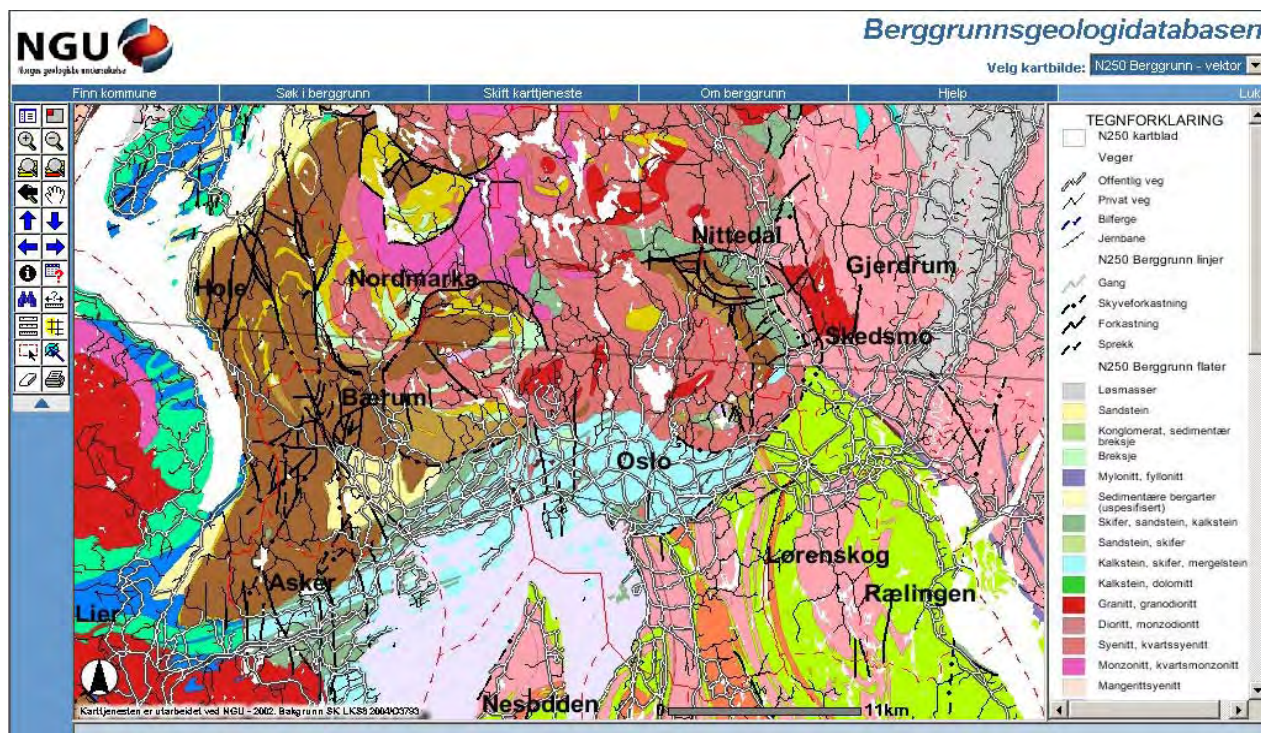
Høydedata ble levert i form av knapt 20 millioner ujevnt fordelte punktmålinger. Målingene ble overført til et triangulært, irregulært nettverk (TIN = triangular irregular network) ved bruk av ArcInfo. Ved å bruke bi-lineær interpolasjon ble datasettet deretter satt inn i et nytt 'grid' som kan brukes til å lage flere typer figurer som framhever mer eller mindre lineære topografiske trekk, f. eks. lineamenter. 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. En annen type bilde lages ved å kalkulere terrengets helling i hvert punkt der en for hver utregning tar hensyn til et område som tilsvarer 7 pixler i datasettet. Ved å sette en terskel for kalkulererte verdier kan en framheve bratte terrengformer.

Retningen på digitaliserte lineamenter kan analyseres ved å bruke en metode basert på å telle antall ganger et sett med parallelle linjer skjærer forskjellige objekter med ulik retning. Antall skjæringer er en periodisk funksjon av α ('telleretningen') og kan uttrykkes som en Fourier-rekke (Launeau & Robin 1996). På grunnlag av Fourier-funksjonen kan en kalkulere et rosedigram der konsentrasjonen av sprekker langs en bestemt retning er bestemt av både antall lineamenter og lengden på lineamentene.

3. BERGGRUNNEN – EN KORT OPPSUMMERING

Oslo kommune ligger i hovedsak innenfor det som i norsk geologi er kjent som Oslofeltet. Feltet utgjør en ca 30-60 km bred sone som strekker seg fra Mjøstraktene i nord til ytre Oslofjord i sør. Oslofeltet utgjør en del av en rift- eller grabenstruktur (Osloriften) og ble dannet ved strekking, fortynning og oppsprekking av jordskorpa i periodene karbon og perm (Dons & Larsen 1978, Larsen et al. 1995). I øst og vest er feltet begrenset av forkastningssoner med retning omtrent N-S som skiller feltets hovedsaklig kambrosiluriske og permiske bergarter fra eldre grunnfjellsbergarter (Ramberg et al. 1977). Området som omfattes av denne rapporten ligger i østre del av Oslofeltet. Berggrunnen i området kan i utgangspunktet inndeles i tre provinser (figur 1):

- Prekambriske grunnfjellsbergarter i det sørlige området Nesodden-Lørenskog.
- Kambrosilurske bergarter i Oslo sentrum og deler av Groruddalen.
- Permiske bergarter i fra Nordmarka Sørkedalen – Maridalen – Nittedal og videre nordover.



Figur 1. Oversiktskart som viser hovedtrekkene i berggrunnen i Oslo og tilstøtende områder (se NGUs nettside: www.ngu.no). Kommunegrensene er vist med røde linjer. Se tekst for kort beskrivelse av berggrunnsgeologi. For mer detaljert informasjon om berggrunnen henvises det til NGUs trykte kart over området (Berthelsen et al. 1996, Nordgulen 1999).

De prekambriske bergartene (Graversen 1984, Graversen & Pedersen 1999) består av:

1. Lagdelt til laminerte biotitt-muskovittgneis med enkelte lag av kalksilikatbergarter.
2. Diorittisk til tonalittisk, middelskornet gneis
3. Granittisk til granodiorittisk gneis.
4. Amfibolitt. Flere typer som forekommer som meter- til 10m-tykke soner i de andre bergartene.

Bergartene i gruppe 2 og 3 er dypbergarter som har gjennomsatt bergartene i gruppe 1 og størknet som større og mindre intrusive kropper. I tillegg finnes det stedvis permiske gangbergarter som skjærer en gjennomgripende NNV-SSØ-orientert foliasjon i de prekambriske bergartene.

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

1. Ringeriksgruppen (yngst); sen-silur
2. Holegruppen; yngste tidligsilur
3. Bærumsgruppen; eldste tidligsilur
4. Oslogruppen; mellom- og senordovicium
5. Røykengruppen (eldst); kambrium og tidligordovicium

De eldste bergartene (gruppe 2-5, total tykkelse ca 500 m) er omdannede marine avsetninger som kalkstein, skifer, dolomitt og mindre mengder sandstein. De enkelte gruppene er inndelt i formasjoner med en lagtykkelse fra <10 m til >100 m (Worsley et al. 1983, Owen et al. 1990). Ringeriksgruppen har en tykkelse på ca 1200 m og består hovedsakelig av kontinentale sandsteiner avsatt i elver (denne er ikke blottet i området som omfattes av denne rapporten).

Den kambrosiluriske lagpakken ble deformert og omdannet under den kaledonske fjellfoldingen. Bergartene ble foldet med akser som har retning omtrent ØNØ-VSV. Det meste av lagpakken ble påvirket av skyveforkastninger som fraktet bergartene sørover relativt til deres opprinnelige avsetningssted. Skyveforkastningene er mange steder slakt hellende og følger et bestemt dyptliggende nivå i lagene, men mot deres utgående kan forkastningene være steile og skjære opp gjennom lagene. Dette kan ha gitt opphav til kompliserte geologiske forhold med hyppig repetisjon av bergarter i blokker atskilt av steile forkastninger. Lagningen i det undersøkte området heller generelt slakt mot NNV. En mer utførlig beskrivelse av strukturell utvikling i disse bergartene finnes blant annet i NGU-rapport 98.124 (Nordgulen et al. 1998).

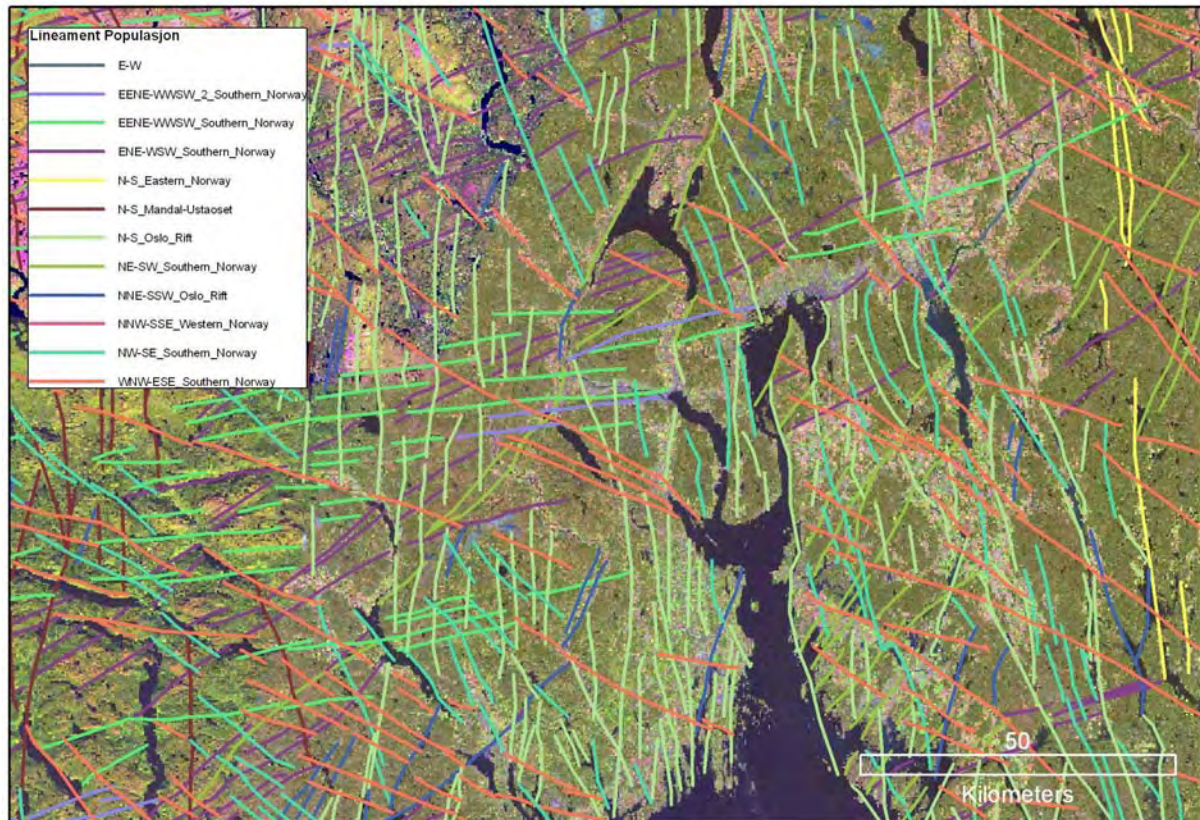
De permiske bergartene i det nordlige området domineres av syenitt (grefsen-syenitt) og alkali-syenit (nordmarkitt) med mindre innslag av ekeritt (alkali-granitt) (Sæther 1947, Larsen et al. 2001, Olerud 2002). I Alnsjøfeltet (Naterstad 1978) finnes det sedimentære og vulkanske bergarter som er eldre enn og kuttet av de intrusive bergartene.

4. REGIONALE LINEAMENTER

NGU har i samarbeid med Prof. Roy Gabrielsen (UiB) laget et nytt, digitalt lineamentskart over Norge (Gabrielsen et al. 2002). Kartet representerer en regional tolkning og inneholder ca 7800 lineamenter som er identifisert fra et sammensatt Landsat TM 7 datasett (15m pixelstørrelse) som er tolket i målestokk 1:750.000. Datasettet kan legges over alle typer digitale satellittdata, flyfoto, topografiske data og geologiske og geofysiske kart. Undersøkelser i felt viser at tolkede lineamenter som regel viser seg å være forkastninger eller viktige sprekkesoner. Det er imidlertid viktig å merke seg at tolkningen er skala-avhengig og at datasettet ikke er tenkt brukt direkte i detaljundersøkelser i lokale områder. I slike tilfeller gir dette datasettet det regionale bildet. For forundersøkelser i forbindelse med tunneler og andre installasjoner i berg må det gjennomføres en ny tolkning på basis av andre og mer detaljerte bakgrunnsdata. Bruk av høydedata er ett av flere datasett som kan være til nytte i en slik sammenheng.

Et utsnitt av databasen fra et område tvers over Oslofeltet er vist i fig. 2. Kartet viser viktige regionale lineamenter som, basert på retning og stil, er inndelt i populasjoner vist med forskjellige farger på kartet. Merk at topografiske trekk med sterk kurvatur, for eksempel kalderaer eller ring-strukturer relatert til vulkansk aktivitet, ikke er tatt med i denne tolkningen. Kartet viser en viktig N-S til NNV-SSØ-orientert populasjon som forekommer i

en ca 100 km bred sone i området rundt Oslo. Disse lineamentene representerer forkastninger eller bruddsoner som var oppstod eller ble reaktivert i permisk tid.



Figur 2. Utsnitt fra NGUs regionale lineamentsdatabase. Lineamentene er inndelt i populasjoner som er gitt forskjellig farge (se Gabrielsen et al. 2002 for en detaljert beskrivelse).

5. TOLKNING AV LINEAMENTER FRA HØYDEDATA

Høydemodeller kan framstilles fra digitale høydedata i ulike målestokker. Som et eksempel på en relativt detaljert høydemodell er data fra Statens Kartverk i målestokk 1:50000 brukt til å lage en modell for det sentrale Østlandet (Fig. 3). Et slikt datasett gir et godt bilde av de viktigste lineamentene og viser klare forskjeller mellom grad av oppsprekking i ulike områder. Ved å sammenligne med den regionale lineamentsdatabasen (Fig. 2) er det klart at klart at mange regionale lineamenter kommer tydelig fram i denne målestokken. Oppløsningen er imidlertid ikke så god at det lokale oppsprekkingsmønsteret i berggrunnen kommer fram på en klar måte.

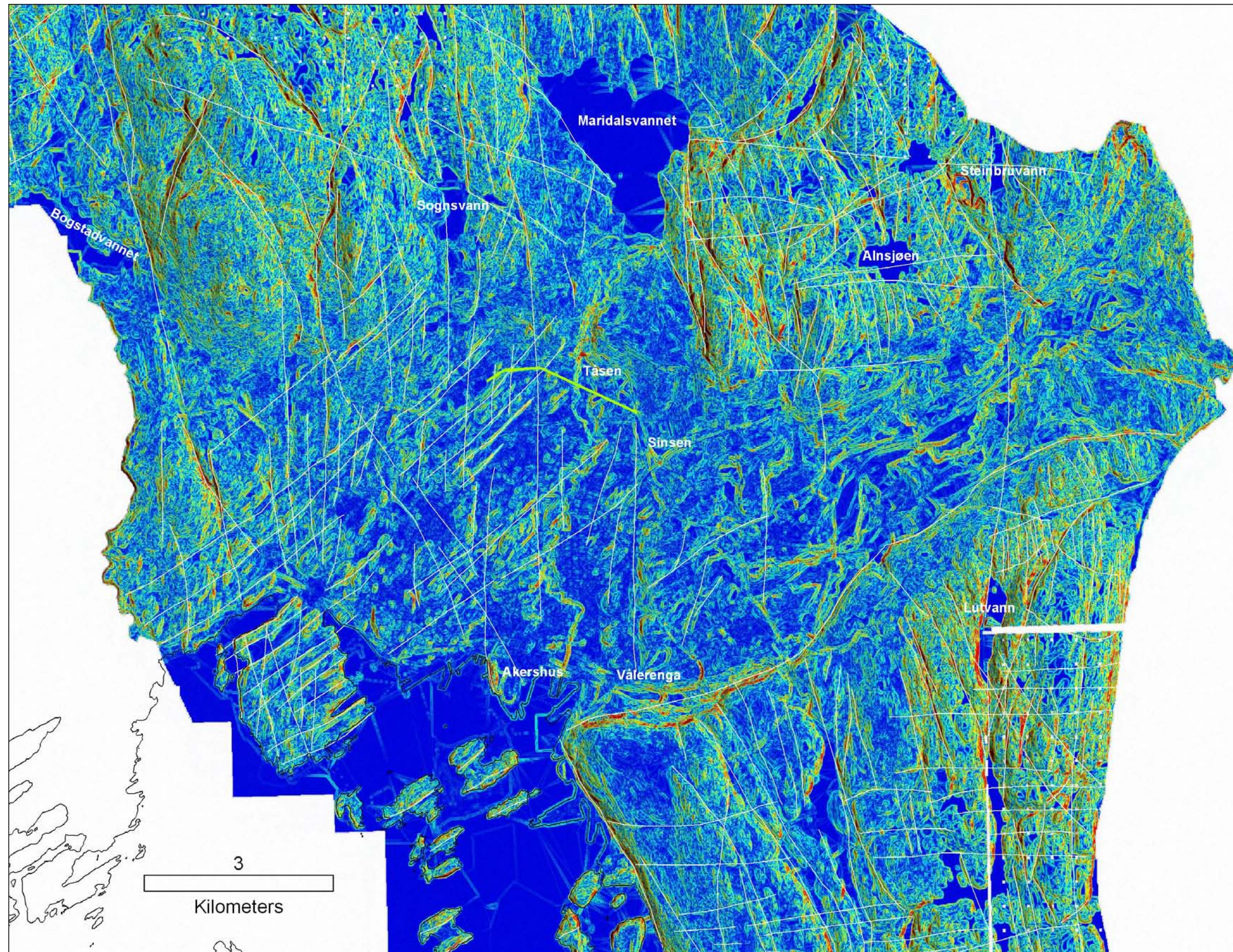
Vi har tolket lineamenter basert på høydedata innenfor Oslo kommune. De lineære topografiske elementene kan i utgangspunktet representere forkastninger og sprekkesoner (for definisjon av begreper, se Braathen & Gabrielsen 2000), og i noen tilfeller lagning eller andre bergartsgrenser. I tillegg til lineære soner (lineamenter) viser tolkningen også noen strukturer som relateres til kaldera-dannelse eller intrusive aktivitet i Oslofeltet.



Figur 3. Høydemodell over Oslo med omkringliggende områder. Regionale topografiske trekk og store lineamenter kommer godt fram. Modellen er laget på grunnlag av kart i M 1:50000 (Statens Kartverk).



Figur 4. Fordeling av lineamenter i Oslo kommune (se kartbilag 1). Den klart dominerende populasjonen hele området sett under ett er orientert N-S til NNV-SSØ. Området er også inndelt i sub-områder og viser hvordan fordelingen av sprekker varierer. Fordelingen av lineamenter i sub-områdene A, B, C og D er vist i egne diagram (se tekst).



Figur 5. Utsnitt som viser det sentrale området i Oslo kommune. Figuren illustrerer hvordan analyse av helningsvinkel får fram topografiske trekk. Merk meget tett oppsprekking i de prekambriske bergartene rundt Lutvann.

For området sett under ett er de viktigste lineamentsretningene ca. N-S til NNV-SSØ (160-175° grader) (Kartbilag 1; Fig. 4). Dette samsvarer med en viktig regional bruddpopulasjon relatert til permisk oppsprekking i Oslofeltet (Gabrielsen et al. 2002). Flere av de viktige, kjente forkastningene i Oslofeltet følger denne retningen, blant annet forkastningen langs østsiden av Bunnefjorden, og langs vestsiden av Nesodden. En betydelig forkastning som går i retning NNV fra Bygdøy og gjennom Sørkedalen er parallell med og utgjør et element i en viktig regional forkastning ('Isidalen-Krokkleiva transfer fault'). Denne sonen deler Osloriften i to segmenter; Vestfoldgraben i sør og Akershusgraben i nord (Larsen et al. 1995).

Lineament med retning ca. 160° i de prekambriske gneisene ligger parallelt med foliasjonen i bergartene (Fig. 4, delområde A). Det finnes også et viktig sprekkesett med retning ca. Ø-V (085°); kartet viser at dette forekommer hyppig i de prekambriske bergartene og er tilsynelatende mindre utbredt ellers. Datasettet viser at noen områder er generelt sterkere oppsprukket enn det som er vanlig. Dette kommer godt fram på et utsnitt som viser variasjon i helningsvinkel (Fig. 5). Her er det tydelig at området rundt Lutvann er gjennomslått av tette, omtrent N-S-orienterte sprekker og forkastninger.

Området i de permiske bergartene ved Alnsjøen (Fig. 4, delområde B) viser sterk NNV-SSØ-oppsprekking og en del lineament med retning Ø-V. Noen få lineamenter samsvarer med kjente bergartsgrenser, for eksempel mellom vulkanske bergarter og dypbergarter ved Alnsjøen (NØ på kartet). Merk at disse ikke nødvendigvis er sprekker eller forkastninger.

Lagningen i kambrosilur-bergartene (Fig. 4, delområde C) kommer flere steder tydelig fram som parallelle rygger og søkk orientert ca. 050°. Merk at tolkningen i deler av dette området er vanskelig på grunn av mye løsmasser og tett utbygd infrastruktur. Store moreneavsetninger sør for Maridalsvannet og Sognsvann kommer tydelig fram. Lagningen i kambrosilur-bergartene utgjør et karakteristisk topografisk trekk som brytes av flere gjennomgående N-S-orienterte forkastninger eller sprekkesoner. I flere tilfeller kan følges inn fra kambrosilurbergarter i Oslo og inn i de permiske bergartene i Nordmarka. Noen av disse forkastningene har forholdsvis store spranghøyder og deler kambrosilurområdet inn i blokker. En større N-S-forkastning som er tolket fra Lutvann nordover til Steinbruvannet avgrenser kambrosilurbergartene fra de prekambriske gneisene i øst (Fig. 5). Av andre viktige forkastninger/sprekkesoner orientert N-S kan nevnes 1) forkastning Vålerenga – Sinsen (ned i øst), og 2) forkastning vest for Akershus (ned i vest). Blokken mellom disse forkastningene utgjør en horst der grunnfjell og alunskifer er blottet i dagen. Innenfor denne blokken er det en antatt N-S-orientert forkastning eller sprekkesone som strekker seg fra Tåsen i retning Bjørvika. Denne henger sannsynligvis sammen med et lineament med tydelig topografisk uttrykk i permiske bergarter sørvest for Maridalsvannet (Fig. 5). I T-banetunnelen er det rapportert om et ca 30 m bredt parti ved Tåsen der det er sterkt oppknust diabas og syenittporfyr (Boge et al. 2002). Dette er gangbergarter som trolig følger denne N-S-orienterte sprekkesonen, og som er blitt oppknust ved senere bevegelse langs de samme retningene.

I permiske bergarter lengst nord på kartet (Fig. 4, delområde D) finnes det semi-sirkulære strukturer som er relatert til kaldera-dannelse, ringganger eller representerer intern variasjon i sonerte, intrusive bergartskropper. De viktigste lineamentene er forkastninger og sprekkesoner orientert NNV-SSØ (ca 160°). Mindre framherskende sprekker har retning ca 120° forekommer hovedsakelig i denne delen av det kartlagte området. Disse er parallelle med en regional populasjon som krysser Oslofeltet (se Fig. 2). I tillegg finnes det en tydelig oppsprekking med retning omtrent Ø-V som gir seg utslag i korte riss i berggrunnen. Disse strukturene gir ikke opphav til særlig mange kartleggbare lineamenter, men viser at det finnes en sprekkeretning som er parallell med Ø-V-orienterte sprekker i de prekambriske bergartene.

6. VURDERING AV RESULTATENE OG KONKLUSJON

Resultatene av analysen gir en fordeling av lineamenter som samsvarer med det som er vanlig i Oslofeltet. Med unntak for lineamenter som representerer lagning eller bergartsgrenser, gir tolkningen et godt bilde av både viktige, regionale sprekkesoner og mindre sprekker med lokal utbredelse. Sammenlignet med den regionale tolkningen utført på grunnlag av Landsat satellittdata (Fig. 2) er det god overensstemmelse i den forstand at viktige lineamenter som er markant definert topografisk kommer fram i begge tolkninger. Det er imidlertid viktig å merke seg at noen lineamenter i den regionale tolkningen ikke gir et sammenhengende topografisk utslag i større målestokk. Dette er et godt eksempel på at en regional tolkning ikke kan overføres direkte til en tolkning som er utført på et mer detaljert datasett.

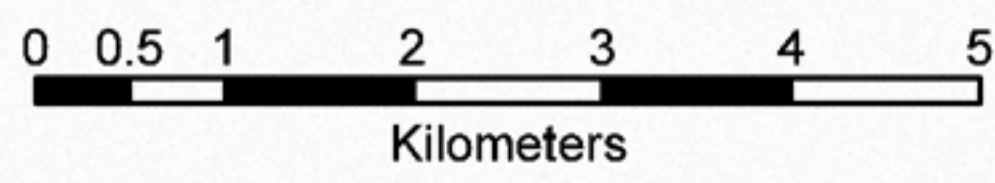
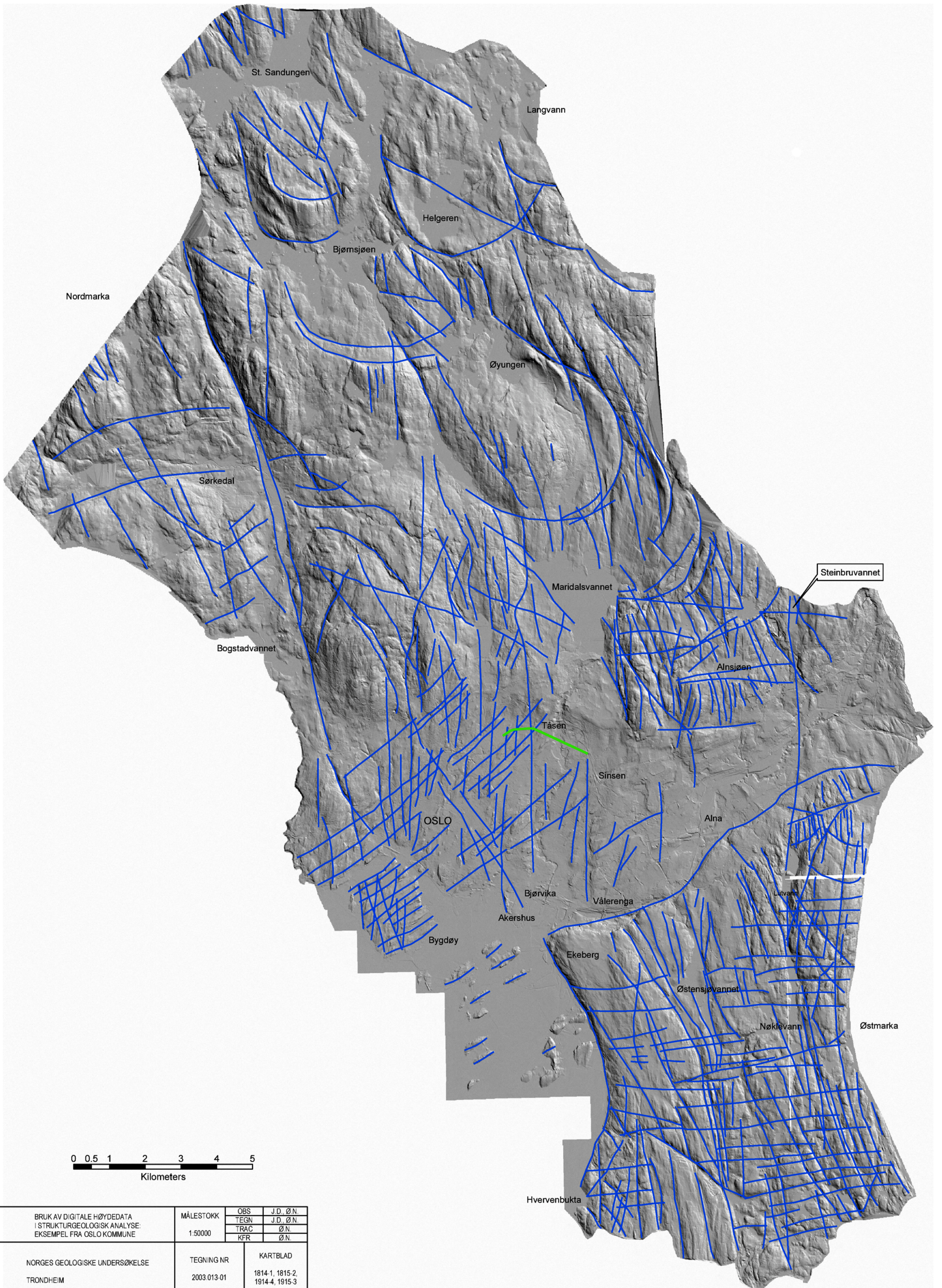
Som nevnt over gir digitale høydemodeller med god oppløsning muligheter for å framstille kart/bilder med skyggerelieff som framhever og synliggjør terrengformer i stor målestokk. Det er også mulig å framstille andre kart som viser for eksempel terrengets helning. Ettersom datasettet har meget god oppløsning, vil alle lineamenter av ulike slag kunne kartlegges. En god del av denne informasjonen kunne en også fått fram ved hjelp av flybildetolkning eller ved tolkning av høydedata med mindre oppløsning. Sammenligning med data fra geofysiske helikoptermålinger fra den nordlige delen av Oslo, viser også godt samsvar med slike datatyper. Bruk av detaljerte digitale terrengmodeller gir imidlertid en rekke fordeler. Det er lettere å få fram et uniformt datasett, særlig i tettbygde strøk, i områder med mye infrastruktur, eller i områder med tett vegetasjon der vanlige flybilder gir svært lite informasjon. Det er videre mulig å bruke ulike analyser av datasettet for å framheve (eller dempe ned) topografiske trekk, blant annet ved skyggelegging, helningsanalyse og framstilling av 3D-modeller.

En annen fordel er at det ved bruk av samme datasett til en viss grad er mulig å gjennomføre tolkninger på ulike detaljeringsnivå. Slike tolkninger kan i neste omgang sammenstilles med kart eller andre data i egnet målestokk. I sammenheng med utbygging vil denne typen data kunne gi en effektivisering av forundersøkelsene ved at mye informasjon om berggrunnen blir tilgjengelig på et tidlig stadium i planleggingen.

Avhengig av formålet med tolkningen gir disse teknikkene flere fordeler ved tolking av strukturelle trekk i berggrunnen. På samme måte som på land vil detaljerte batymetriske data kunne gi viktig informasjon om berggrunnen i fjordområder; slike datasett vil derfor være av stor verdi ved planlegging av tunneler under fjorder.

7. REFERANSER

- Berthelsen, A., Olerud, S. & Sigmond, E.M.O. 1996: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart OSLO 1: 250000. Norges geologiske undersøkelse.
- Boge, K., Åndal, T., Aasen, O. & Kjølberg, R. 2002: Sluttrapport for injeksjonsarbeidene ved T-baneringen. Miljø- og samfunnstjenlige tunneler, rapport nr. 16. Vegdirektoratet.
- Braathen, A. & Gabrielsen, R.G. 2000: Bruddsoner i fjell – oppbygning og definisjoner. Norges geologiske undersøkelse, Gråsteinen 7, 20s.
- Dons, J.A. & Larsen, B.T. (eds) 1978: The Oslo Paleorift: A review and guide to excursions. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 337*, 199pp.
- Gabrielsen, R.H., Braathen, A., Dehls, J. & Roberts, D. 2002: Tectonic lineaments of Norway. *Norwegian Journal of Geology 82*, 153-174.
- Graversen, O. 1984: Geology and structural evolution of the Precambrian rocks of the Oslofjorden-Øyeren area, southeast Norway. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 398*, 1-50.
- Graversen, O. & Pedersen, S. 1999: Timing of Gothian structural evolution in SE Norway: a Rb-Sr whole-rock age study. *Norsk Geologisk Tidsskrift 79*, 47-56.
- Larsen, B.T., Nilsen, O., Sæther, E. & Lutro, O. 2001: Oppkuven 1815-II, foreløpig berggrunnskart M 1:50000, digital utgave. Norges geologiske undersøkelse.
- Larsen, B.T., Olaussen, S., Bockelie, J.F., Worsley, D. & Gabrielsen, R.H. 1995: *Sedimentology and tectonics of the Oslo Graben: a guide to excursions*.
- Launeau, P. & Robin, P. Y. F. 1996: Fabric analysis using the intercept method. *Tectonophysics 267(1-4)*, 91-119.
- Naterstad, J. 1978: Nittedal Cauldron (Alnsjøen Area). In: Dons, J.A. & Larsen, B.T. (eds): The Oslo Paleorift. A review and guide to excursions. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 337*, 99-103.
- 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. 1999: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart HAMAR 1: 250000. Norges geologiske undersøkelse.
- Nordgulen, Ø., Lutro, O., Solli, A., Roberts, D. & Braathen, A. 1998: Geologisk og strukturgeologisk kartlegging for Jernbaneverket Utbygging i Asker og Bærum. NGU-rapport 98.124, 27s.
- Olerud, S. 2002: Nannestad 1915-3, berggrunnskart M 1:50000, digital utgave. Norges geologiske undersøkelse.
- Owen, A.W., Bruton, D.L., Bockelie, J.F. & Bockelie, T.G. 1990: The Ordovician successions of the Oslo Region. *Norges geologiske undersøkelse Special Publication 4*, 54pp.
- Ramberg, I.B., Gabrielsen, R.H., Larsen, B.T. & Solli, A. 1977: Analysis of fracture pattern in southern Norway. *Geologie en Mijnbouw 56*, 295-310.
- Sæther, E. 1947: Studies on the igneous rock complex of the Oslo Region. VIII. The dykes in the Cambro-Silurian of Bærum. *Skrifter Norske Videnskabers Akademi 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. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 384*, 57s.



BRUK AV DIGITALE HØYDEDATA I STRUKTURGEOLOGISK ANALYSE: EKSEMPEL FRA OSLO KOMMUNE	MÅLESTOKK 1:50000	OBS	J.D. Ø.N.
		TEGN	J.D. Ø.N.
		TRAC	Ø.N.
		KFR	Ø.N.
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 2003 013-01	KARTBLAD 1814-1, 1815-2, 1914-4, 1915-3	