

Rapport nr.: 2001.109		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske målinger i forbindelse med undersøkelse av Bubakk klebersteinsforekomst, Tynset kommune, Hedmark.			
Forfatter: Torleif Lauritsen og Jomar Gellein		Oppdragsgiver: NGU/Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider	
Fylke: Hedmark		Kommune: Tynset	
Kartblad (M=1:250.000) Røros		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1619 IV, Kvikneskogen	
Forekomstens navn og koordinater: Bubakk klebersteinsforekomst 568486 6922433 Sone 32V, Datum WGS84		Sidetall: 32 Kartbilag: 3	Pris: 145,-
Feltarbeid utført: September 2001	Rapportdato: 12.02.2002	Prosjektnr.: 2945.00	Ansvarlig:
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med detaljkartlegging av Bubakk klebersteinsforekomst er det utført geofysiske bakkemålinger i form av georadarmålinger og magnetiske målinger over forekomstens utgående og dens umiddelbare nærhet. I tillegg er det foretatt georadarmålinger over en skrottpipp sør for forekomsten. Det er også utført laboratoriemålinger av magnetisk susceptibilitet på 42 bergartsprøver fra området.</p> <p>Hensikten med georadarmålingene var å finne tykkelsen av løsmasseoverdekningen og om mulig å skille mellom deponert materiale og den naturlige løsmasseavsetningen. I store deler av det undersøkte området har det vært mulig å detektere fjelloverflata, men georadarbølgens dybderekkevidde er begrenset i partier med relativt stor mektighet av deponert materiale. Dette skyldes trolig finstoffdominerte masser med relativ høy elektrisk ledningsevne som demper energien i georadarbølgene. Tykkelsen av deponerte masser i sør antas å ligge på maks ca. 3 meter. Mengden av deponert materiale her er beregnet til ca. 6000 m<sup>3</sup>. Deponert materiale vest for klebersteinsberget ser ut til å bestå av to horisontale lag. Det underste laget består trolig av finstoffdominerte masser. Maksimum dyp til fjell tolkes til å være ca. 5 meter. Grensen mot fast fjell (under finstofflaget) er vanskelig å detektere med sikkerhet. Dyp og sammensetning av det underste finstofflaget er derfor noe usikker og må eventuelt verifiseres med boring. Dypet til fast fjell under myrområdet like nordvest for krana er tolket til ca. 4 meter, mens under sletta hvor krana står antas en løsmassetykkelse på minimum 2 meter og maksimum 3-4 meter.</p> <p>De magnetiske totalfeltmålingene hadde som oppgave å kartlegge forekomstens horisontale utbredelse under overdekket. Klebersteinen i den blottede forekomsten ga ingen signifikante magnetiske anomalier. En moderat anomali sentralt i forekomstens utgående samsvarer med et parti serpentinit. Anomalien ser ut til å fortsette under overdekket, i sørøstlig retning, hvor den øker i styrke og bredde. En svak anomali i myrområdet nordvest for forekomsten kan skyldes kleberstein eller serpentinit. Begge disse anomaliene bør verifiseres med kjerneboring. Øvrige magnetiske anomalier kan forklares med ulike sidebergarter anriket på magnetitt.</p> <p>Susceptibilitetsmålingene viser at serpentinitprøvene i gjennomsnitt er mer magnetiske enn hovedtyngden av klebersteinsprøvene. Kun to klebersteinprøver gir verdier på størrelse med serpentiniten. Øvrige bergarter har susceptibilitetsverdier på samme nivå som hovedtyngden av klebersteinen, eller litt lavere. En granatbiotitt-kvartsbergart skiller seg ut med høyere susceptibilitetsverdi tilsvarende middelverdien for serpentinit.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Magnetometri	
Bakkemålinger	Petrofysikk	Løsmasser	
Kleberstein	Naturstein	Fagrapport	

## INNHold

1. INNLEDNING .....	5
2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER .....	5
3. MÅLEMETODER, UTFØRELSER OG PROSESSERINGER .....	5
3.1 Georadar .....	6
3.2 Magnetometri .....	6
4. RESULTATER OG KOMMENTARER .....	7
4.1 Georadar .....	7
4.2 Magnetometri .....	9
5. KONKLUSJON .....	10
6. REFERANSER .....	12

## FIGURER

Figur 1:	Magnetisk totalfelt, profil 290 N
Figur 2:	Magnetisk totalfelt, profil 300 N
Figur 3:	Magnetisk totalfelt, profil 310 N
Figur 4:	Magnetisk totalfelt, profil 320 N
Figur 5:	Magnetisk totalfelt, profil 330 N
Figur 6:	Magnetisk totalfelt, profil 340 N
Figur 7:	Magnetisk totalfelt, profil 350 N
Figur 8:	Magnetisk totalfelt, profil 360 N
Figur 9:	Magnetisk totalfelt, profil 370 N
Figur 10:	Magnetisk totalfelt, profil 380 N
Figur 11:	Magnetisk totalfelt, profil 390 N
Figur 12:	Magnetisk totalfelt, profil 400 N
Figur 13:	Magnetisk totalfelt, profil 410 N
Figur 14:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Kleberstein
Figur 15:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Serpentinitt
Figur 16:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Amfibolitt
Figur 17:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Glimmerskifer
Figur 18:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Kvartsdioritt
Figur 19:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Metagabbro
Figur 20:	Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Granat-biotitt-kvartsbergart

## TABELLER

Tabell 1:	Prøveliste for petrofysiske lab.målinger på bergartsprøver fra Bubakk Klebersteinsforekomst.
-----------	--

## TEKSTBILAG

Tekstbilag 1:	Georadar – metodebeskrivelse
Tekstbilag 2:	Magnetometri – metodebeskrivelse

## KARTBILAG

Kartbilag 2001.109 -01:	Oversiktskart, M 1:50 000
-02:	Georadarprofiler og magnetiske målepunkter, M 1:1000
-03:	Magnetisk totalfelt, M 1:250

## DATABILAG

Databilag 2001.109-01:	Georadaropptak
------------------------	----------------

## 1. INNLEDNING

NGU har utført georadarmålinger, magnetiske totalfeltmålinger og laboratoriemålinger av magnetisk susceptibilitet i forbindelse med detaljkartlegging av en klebersteinforekomst vest for gården Bubakk i Tynset kommune. Forekomstens beliggenhet er vist på oversiktskart i kartbilag –01.

Hensikten med georadarmålingene var å kartlegge fjelloverflata under løsmassene og om mulig å skille mellom deponert materiale og naturlige grus- og moreneavsetninger. Georadarmålinger over skrotdeponi sør for forekomsten hadde til hensikt å estimere mengden av deponert materiale her.

Formålet med de magnetiske målingene var å se om klebersteinforekomsten ga magnetiske anomalier som kunne brukes til å spore utbredelsen under overdekning. I etterkant av feltarbeidet ble det utført petrofysiske lab.målinger på prøver fra de ulike bergartstypene i området, for å finne hvilke bergarter som bidro til magnetiske anomalier.

## 2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Også tidligere har NGU utført geofysiske undersøkelser av denne forekomsten.

I 1972 ble det, i forbindelse med en geologisk befarings av Bubakkforekomsten, innsamlet 26 bergartsprøver for vurdering av muligheten for å bruke geofysiske kartleggingsmetoder (Frigstad 1973). Petrofysiske målinger på disse prøvene ga en kontrast i egenvekt mellom sidebergarter og kleberstein på  $0,08 \text{ g/cm}^3$ . Kontrasten ble betraktet som for liten til at gravimetrisk målinger kunne benyttes til en kartlegging av klebersteinens utbredelse. Magnetisk susceptibilitet på klebersteinsprøvene ble målt til mellom 0,0006 og 0,0046, med et gjennomsnitt på 0,0019. Det oppgis ikke om måleenheten er cgs eller SI. Sannsynligvis opereres det med måleenhet cgs. Verdiene skal i så fall multipliseres med 4 for å få SI-enhet. Sidebergartene viste en susceptibilitet på 0 (null), bortsett fra fyllitt nord for forekomsten, som varierte mellom 0,005 og 0,1. På grunn av fyllittens beliggenhet ble det antatt at den ikke ville innvirke på muligheten for å vurdere klebersteinens utbredelse. Forskjellen på gjennomsnittlig susceptibilitet mellom sidebergartene (bortsett fra fyllitten) og klebersteinen ble betraktet som stor nok til at magnetiske bakkemålinger ble anbefalt.

I 1974 ble det utført diamantboringer og magnetiske bakkemålinger over forekomsten (Frigstad 1975). Diamantboringene viste at verken klebersteinen eller den hardere serpentiniten inneholder magnetitt, kun litt magnetkis. Resultatene fra de magnetiske målingene er ikke presentert i rapporten fra 1975. Det nevnes at innholdet av magnetkis er for lite til at klebersteinen og serpentiniten lar seg påvise ved disse målingene. Det ser derimot ut til at de mest sentrale delene av serpentiniten har gitt positive anomalier. Det framgår ikke av rapporten hvilket omfang de magnetiske bakkemålingene har hatt.

På bakgrunn av disse usikkerhetene, og med dagens forbedrede utstyr, ble det besluttet å foreta nye magnetiske målinger over forekomsten i 2001.

## 3. MÅLEMETODER, UTFØRELSER OG PROSESSERINGER

Georadarmålingene og de magnetiske målingene ble utført langs de samme profiler. Profilene ble forsøkt lagt i øst/vest-retning i et egendefinert koordinatsystem (kartbilag –02). Langs

profilene ble det målt ut og satt ned avstandsmerker (trestikker) påskrevet koordinater for hver 10 meter. Avstandsmerkene er satt ut med kompass og målebånd. Profilenes endepunkter og eventuelle knekkpunkter er koordinatfestet ved hjelp av differensiell GPS. Georadarprofilenes UTM-koordinater i WGS84-datum (Sone 32) er presentert i databilag –01.

### 3.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med digital georadar av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 200 MHz-antenner (over deponi i sør) og 100 MHz-antenner (i de øvrige profiler), samt 1000 V sender. Profilene er målt med total opptakstid på 1000 ns. Samplingsintervallet var 0,8 ns og signalene ble summert 8 ganger ved hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstanden var 1 m og målepunktavstanden 0,20 m. På grunn av unøyaktig flytting av antennene vil posisjonene som er angitt øverst på opptakene, ikke alltid stemme nøyaktig med avstander på kartet eller avstandsmerkene langs profilene. I slike tilfeller kan en støtte seg til merknader nederst på opptakene som angir passering av grøfter, fjellblotninger og avstandsmerker. Posisjonene som er angitt øverst på opptakene forteller for øvrig hvilken vei profilene er målt.

Ved utplotting av georadaropptakene ble det benyttet forsterkningstype SEC (Spreading and Exponential Compensation) med en dempningsfaktor på 0,3 dB/m. Over deponi lengst i sør (profilene 200 og 220) og over deponert materiale vest for klebersteinsberget (profilene 330, 340, 350 og 360) ble georadarbølgenes penetrasjonsdyp redusert. Dette kan skyldes relativt god elektrisk ledningsevne i finstoffdominert deponert materiale slik at energien i georadarbølgene blir absorbert i dette mediet. En vil derfor kun få avtegnet svake eller ingen reflektorer i og under deponiene. I disse tilfellene har en benyttet AGC-forsterkning (Automatic Gain Control) med en vindusbredde på 6 pulser. Denne forsterkningen er invers proporsjonal til styrken av reflekterte signaler, men med en vindusbredde på bare 6 pulser vil sterke refleksjoner likevel kunne skilles fra svake refleksjoner. AGC-forsterkning er effektiv for å avbilde svake reflektorer som ofte er vanlig ved godt elektrisk ledende materiale. Radarbølgenes gjennomsnittlige vertikale hastighet ble satt til 0,06 m/ns og 0,08 m/ns. Hastighetene er benyttet ved beregning av dyp under terrengoverflata (dybdekonvertering) og representerer et gjennomsnittlig erfaringstall for henholdsvis myrmateriale (profilene 400 og 410) og vannmettet sand og grus.

For å få en så nøyaktig framstilling av opptakene som mulig, har en foretatt terrengkorreksjon av profilene. Terrenghøydene er hentet fra digitalt kart med 20 cm koteavstand, og opptakene er forsynt med høydeakser som refererer til havoverflata.

### 3.2 Magnetometri

De magnetometriske målingene som ble utført var målinger av jordens totale magnetfelt. Disse målingene gir i hovedtrekk opplysninger om berggrunnens magnetittinnhold. En kort beskrivelse av målemetoden er gitt i tekstbilag 2.

Målingene ble utført med et protonmagnetometer av type Scintrex ENVI-MAG med en målenøyaktighet på  $\pm 1$  nT. Målesonden ble plassert 2 meter over bakken. Hver målings

varighet ble satt til 2 sekunder, som gir en følsomhet på 0.1 nT. Et protonmagnetometer av type Scintrex MP-3 ble brukt som basemagnetometer for korrigerende av daglige variasjoner i magnetfeltet. Dette instrumentet har en målenøyaktighet på  $\pm 1$  nT. De magnetiske forholdene var meget stabile i måleperioden.

## 4. RESULTATER OG KOMMENTARER

### 4.1 Georadar

Opptakene og profilenes beliggenhet er vist i databilag –01. Opptakene er presentert med en opptakstid på 400 ns. Det er ikke registrert relevante reflektorer nedenfor dette nivået. Posisjonsbeskrivelsene i teksten nedenfor refererer til posisjonene øverst i opptakene. Opptakene er til dels vanskelige å tolke grunnet finstoffdominerte masser som demper energien i georadarbølgene. Særlig gjelder dette over deponi i sør og over mulig deponerte masser umiddelbart vest for klebersteinsberget.

#### Profilene 200 og 220 (deponi i sør)

200 MHz antenner ble benyttet for å få en så god oppløsning i topplaget som mulig. Profilene ble lagt over den antatt tykkeste delen av deponiet. Opptakene viser en markert reduksjon i radarbølgenes penetrasjonsdyp over deponert materiale. Dette kan skyldes godt elektrisk ledende finstoff i deponerte masser (for eksempel leirmineraler). Dempningen av radarbølgene gjør at det blir vanskelig å detektere en klar overgang mellom deponert materiale og opprinnelig terrengoverflate. Tykkelsen av deponiet antas likevel å ligge på maks ca. 3 m i de to opptakene. Omrisset av deponiet sees tydelig i terrenget og mengden av deponert materiale beregnes til ca. 6000 m<sup>3</sup>.

#### Profil 290

For å unngå for stor dempning av radarbølgene ble det, fra og med dette opptaket, benyttet antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptaket viser ingen indikasjoner på deponert materiale. Gjennomsnittlig dyp til fjell ligger i dette profilet på ca. 3 meter. Løsmassene tolkes som sand/grus. Rett ut for hver ende av profilet sees fjell i dagen.

#### Profil 300

Tykkelsen av løsmassene ser ut til å være 2-3 meter i første halvdel av profilet, og øker til 3-4 meter mot øst. Redusert penetrasjon mellom posisjonene 6 og 45 kan indikere deponert materiale mellom disse to posisjonene, men det er vanskelig å detektere et tydelig skille mellom påfyllte masser og tidligere terreng. På bakgrunn av reflektormønsteret i opptaket har en likevel antydning av opprinnelig terrengoverflate (angitt med orange på databilag –01), men denne er usikker.

#### Profil 310

Mellom posisjonene 24 og 28 sees fjell i dagen. Fra posisjon 28 til posisjon 68 indikeres deponerte masser som reduserer penetrasjonen. Største tykkelse av deponert materiale ser ut til å være ca. 3 meter (posisjonene 55 til 63).

#### Profil 320

Deponerte masser ser ut til å ligge fra posisjon 21 til enden av profilet i vest. Her er penetrasjonen liten, bortsett fra mellom posisjonene 24 og 27 hvor profilet går over en dam. Fjelloverflata antas å ligge relativt grunt i dette området. Størst mektighet av deponert materiale sees mellom posisjonene 59 og 65, hvor tykkelsen antas å være 2-3 meter. Fra posisjon 0 til posisjon 21 tolkes løsmassene som sand/grus.

### Profil 330

Nesten hele profil 330 ser ut til å være dekket av deponert materiale (fra posisjon 4). Dyp til fjell er maks ca. 4 meter. Deponert materiale ser ut til å bestå av to horisontale lagpakker; et topplag (grå) over mulige finstoffdominerte masser med liten eller ingen reflektivitet (lys gul). Laggrensen mot fjell (under finstofflaget) er vanskelig å detektere med sikkerhet. Eksistensen av det underste finstofflaget er derfor noe usikker og bør verifiseres med boring. Profilet ender mot bart fjell, i posisjon 27, men helningsvinkelen på fjelloverflata er trolig for stor til at den lar seg registrere i opptaket ( $>45^\circ$ ).

### Profil 330A

Fjell observeres i dagen ved posisjon 0 og posisjon 8. Fra posisjon 10 øker tykkelsen av løsmassedekket gradvis mot øst. Maksimum grusetykkelse antas å være ca. 3 meter.

### Profil 340

Deponerte masser med relativt god elektrisk ledningsevne gjør det vanskelig å detektere fjelloverflata mellom posisjonene 0 og 28. Det antas et maksimum dyp til fjell på ca. 3 meter, men svak reflektivitet gjør tolkingen av fjellreflektoren høyst usikker.

### Profil 340A

Bart fjell sees ved posisjon 33. Største løsmassetykkelse (ca. 3 meter) ser ut til å ligge ved posisjon 14.

### Profil 350

Maks dyp til fjell tolkes til å være ca. 5 meter. Det kan også i dette opptaket se ut til at deponert materiale består av to lagpakker; et topplag og en underliggende finstoffpakke, men demping av georadarbølgenes energi gjør det vanskelig å detektere fjelloverflata i opptaket. I hver ende av profilet ble fjell observert i dagen.

### Profil 350A

Fjellblotninger ble observert ved posisjonene 0 og 4. Reflektormønsteret fra løsmassene indikerer et skille mellom flyttede masser (gul) og urørte naturlige avsetninger (orange). Størst tykkelse av påfylte masser (4 meter) ser ut til å ligge under veien (posisjon 12-13).

### Profil 360

Også i dette opptaket er det vanskelig å detektere fjelloverflata fordi energien i georadarbølgene blir absorbert i godt elektrisk ledende masser. Dyp til fjell ser ut til å ligge rundt 4 meter, men kan være noe mindre.

### Profil 360A

Bart fjell sees i slutten av profilet (posisjon 24). Dyp til fjell er trolig størst under veien og er tolket til ca. 6 meter.

### Profil 370

Fjelloverflata er vanskelig å detektere. Særlig svak er fjellreflektoren mellom posisjonene 16 og 37. Dette kan skyldes at løsmassene over er godt elektrisk ledende og at energien i georadarbølgene dermed blir absorbert. Tykkelsen av løsmassene er her estimert til maks ca. 4 meter. På østsiden av det lavest liggende partiet sees et annerledes reflektormønster. Her tolkes løsmassene som naturlig avsatt sand/grus med mulig finere fraksjoner mot dypet. Ved posisjon 60 er dyp til fjell maksimum 5-6 meter.

### Profil 380

Fram mot posisjon 7 sees blottet fjell. Det er vanskelig å følge fjelloverflata herfra. Mellom posisjonene 15 og 32 er fjellreflektoren svak. Dette skyldes trolig overliggende finstoffdominerte masser med god elektrisk ledningsevne som svekker energien i georadarbølgene. Fjelloverflata kan muligens erkjennes på maksimum ca. 4 meters dyp i dette partiet. Øst for krana antas en løsmassetykkelse på maksimum 3-4 meter.

### Profil 390

Fjell stikker opp ved posisjon 27-28. Øst for fjellblotningen ser dyp til fjell ut til å ligge på ca. 4-5 meter og løsmassene her tolkes som naturlig avsatt sand og grus. På sletta vest for posisjon 27-28 antas en lagrekke med sand/finsand over sand/grus. Den totale løsmassetykkelsen her er 3-4 meter.

### Profil 400

Profilet går stort sett over myr og vannmettet sand/grus. I opptaket er det benyttet en hastighet på 0,06 m/ns. Denne hastigheten er et gjennomsnitt av hastighet for myr (0,04-0,05 m/ns) og vannmettet sand (0,07-0,08 m/ns). En fjellblotning sees ved posisjon 34. Vest for denne går profilet i myrterreng. Opptaket indikerer her en myrtykkelse på maks ca. 2 meter. På østsiden av fjellblotningen antas største dyp til fjell å ligge rundt 3 meter ved posisjon 50.

### Profil 410

I dette opptaket er det også benyttet en hastighet på 0,06 m/ns, fordi størstedelen av profilet går over myr med underliggende sand. Fra posisjon 0 til posisjon 45 er løsmassesevensene tolket som ca. 2 meter myr over sand/grus. Størst løsmassemekthet sees mellom posisjonene 24 og 30 hvor dyp til fjell antas å ligge rundt 6-7 meter.

### Profil vei

Profilet starter fra posisjon 6 på profil 390. Profilet går langs en vei, på ei fylling, med bratt skrånende terreng ned på begge sider. Flere kraftige reflektorer gjør det vanskelig å skille ut en fjellreflektor i opptaket. Størst dyp til fjell antas likevel å være 6-7 meter (ved posisjon 5).

## **4.2 Magnetometri**

Det er utført laboratoriemålinger av magnetisk susceptibilitet på 42 prøver fordelt på 7 bergartstyper i området. Resultatet av målingene er vist i tabell 1 og som histogrammer i figurene 14-20. Målingene viser grovt sett at serpentinitprøvene i gjennomsnitt er mer magnetiske enn hovedtyngden av klebersteinprøvene. Kun to klebersteinprøver gir verdier på størrelse med serpentiniten. Øvrige bergarter har like store eller til dels litt lavere gjennomsnittsverdier enn hovedtyngden av klebersteinen. En prøve med granat-biotitt-kvartsbergart skiller seg ut med susceptibilitetsverdi på høyde med middelverdien for serpentinit. Ellers er det observert magnetitrike bånd i bergartene i utkanten av det undersøkte området (Grenne og Heldal 2001).

Histogrammet for kleberstein (figur 14) viser at frekvensfordelingen er bimodal med en svakt magnetisk gruppering (5 prøver) med aritmetisk middelverdi  $830 \times 10^{-6}$  SI og en høyere magnetisk mindre gruppering (2 prøver) med aritmetisk middelverdi  $18328 \times 10^{-6}$  SI. Den svakt magnetiske grupperingen representerer trolig størst omvandlingsgrad, mens den høymagnetiske er uomvandlet og inneholder trolig magnetitt.

Figur 15 viser frekvensfordelingen for serpentinit (15 prøver). Den største grupperingen (14 prøver) har aritmetisk middelverdi på  $7493 \times 10^{-6}$  SI, mens en enkelt høymagnetisk prøve ligger på  $70897 \times 10^{-6}$  SI.

Histogrammene for amfibolitt (5 prøver), glimmerskifer (5 prøver) og kvartsdioritt (5 prøver) er presentert i figurene 16, 17 og 18. Disse viser et aritmetisk middel på henholdsvis  $501 \times 10^{-6}$  SI,  $384 \times 10^{-6}$  SI og  $343 \times 10^{-6}$  SI. Frekvensfordelingen for metagabbro (figur 19) er basert på 3 prøver og gav et aritmetisk middel på  $357 \times 10^{-6}$  SI, mens den ene prøven med granat-biotitt-kvartsbergart har en verdi på  $7049 \times 10^{-6}$  SI.

Resultatene fra de magnetiske bakkemålingene er presentert som kurveplott i figurene 1-13, og som konturkart i farger i kartbilag –03. Det magnetiske bildet kompliseres noe av bidrag fra krana og dens festeanordninger (stålwire). Klebersteinen i det blottede berget i forekomsten gir tilsynelatende ingen magnetiske anomalier. En moderat anomali sentralt i forekomstens utgående (profil 340) samsvarer med et parti serpentinit (egentlig serpentinrik kleberstein) (Grenne og Heldal 2001). Anomalien ser ut til å fortsette under overdekket, i sørøstlig retning, hvor den øker i styrke og bredde. Dette kan indikere at serpentinitsonen utvider seg mot sørøst, men anomaliårsaken under løsmassene må verifiseres med kjerneboringer. En lokal svak anomali sees i nordre del av forekomstens utgående. Årsaken til denne kan være serpentinholdig kleberstein. De øvrige deler av utgående gir ingen magnetiske anomalier, noe som indikerer relativt ren kleberstein.

Et kraftig anomalt område lengst vest er overdekket av løsmasser og kilden til dette høymagnetiske området er således ikke kjent. Kjerneboringer vil kunne avdekke anomaliårsaken, men anomaliene er trolig for store til å kunne skyldes serpentinit eller kleberstein

Like nord og nordvest for krana og umiddelbart øst for denne, sees en sammenhengende anomalisonen. Lokale topper i sonen er forårsaket av tidligere og nåværende festeanordninger til krana. Bergartene i området er assosiert med magnetitrike bånd og disse er trolig hovedårsaken til anomalibildet (Grenne og Heldal 2001). En magnetisk svak utløper fra denne anomalisonen, i sørøstlig retning, sees like vest/sørvest for krana. Anomalisonen kan representere kleberstein eller serpentinit (Grenne og Heldal 2001), men fordi fjellet her er dekket av myr må anomaliårsaken bekreftes med kjerneboring.

Lengst øst i det målte området sees et forhøyet magnetisk nivå. Også i dette området er det påvist bergarter med sannsynlig magnetittinnhold (Grenne og Heldal 2001).

## 5. KONKLUSJON

### Georadar:

Opptakene er til dels vanskelige å tolke grunnet finstoffdominerte masser som demper energien i georadarbølgene. Særlig gjelder dette over deponi i sør og over mulig deponerte masser umiddelbart vest for klebersteinsberget.

Tykkelsen av deponerte masser i sør antas å ligge på maksimum ca. 3 meter. Mengden av deponert materiale her er beregnet til ca.  $6000 \text{ m}^3$ . Deponert materiale vest for



klebersteinsberget ser ut til å bestå av to horisontale lag; et topplag over mulige finstoffdominerte masser. Maksimum dyp til fjell tolkes til å være ca. 5 meter. Grensen mot fast fjell (under finstofflaget) er imidlertid vanskelig å detektere med sikkerhet. Eksistensen av det underste finstofflaget er derfor noe usikker og bør verifiseres med boring. Dypet til fast fjell under myrområdet like nordvest for krana er tolket til ca. 4 meter, mens under sletta hvor krana står antas en løsmassetykkelse på minimum 2 meter og maksimum 3-4 meter.

#### Magnetometri:

Susceptibilitetsmålingene viser at serpentinitprøvene i gjennomsnitt er mer magnetiske enn hovedtyngden av klebersteinsprøvene. Kun to klebersteinprøver gir verdier på størrelse med serpentiniten. Øvrige bergarter har store eller litt lavere gjennomsnittsverdier enn hovedtyngden av klebersteinen. En prøve med granat-biotitt-kvartsbergart skiller seg ut med susceptibilitetsverdi på høyde med middelverdien for serpentinit.

Klebersteinen i den blottede forekomsten gir ingen signifikante magnetiske anomalier. En moderat anomali sentralt i forekomstens utgående samsvarer med et parti serpentinrik kleberstein. Anomalien ser ut til å fortsette under overdekket, i sørøstlig retning, hvor den øker i styrke og bredde. En svak anomali i myrområdet nordvest for forekomsten kan skyldes kleberstein eller serpentinit. Begge disse anomaliene bør verifiseres med kjerneboring. Øvrige magnetiske anomalier skyldes trolig magnetittholdige sidebergarter.

## 6. REFERANSER

Frigstad, O.F. 1973: Undersøkelse av klebersteinsforekomst, Bubakk, Tynset kommune, Hedmark fylke. *NGU Rapport 1211*. 15s.

Frigstad, O.F. 1975: Diamantboring av klebersteinsforekomst, Bubakk, Tynset, Hedmark. *NGU Rapport 1312*. 24s.

Grenne, T. og Heldal, T. 2001: Fremtidige driftsmuligheter og kulturminnevern i Bubakk klebersteinsforekomst, Kvikne. Foreløpig rapport. *NGU Rapport 2001.110*. 16s.

### GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\varepsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\varepsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\varepsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\varepsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

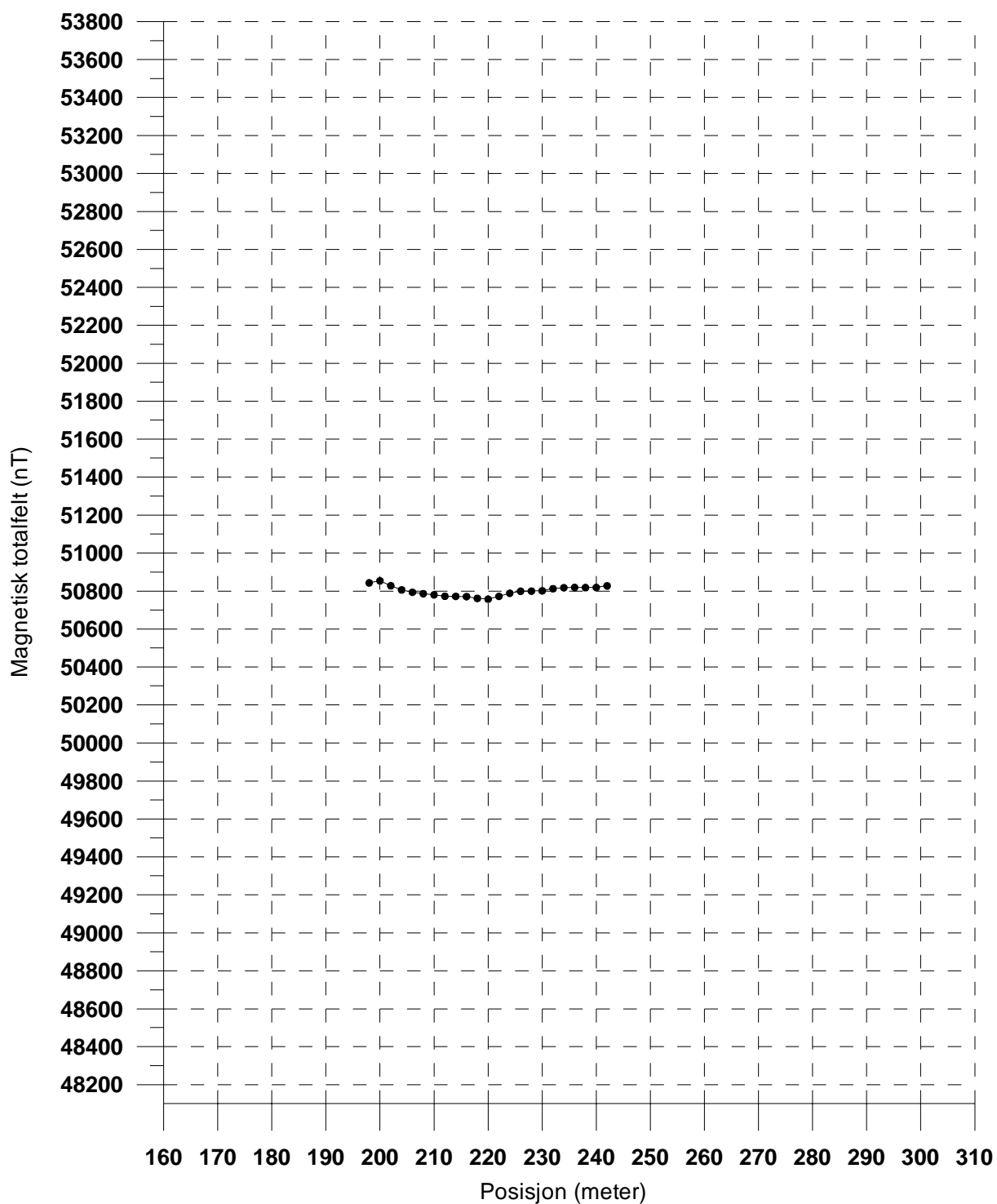
Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

### **MAGNETOMETRI - METODEBESKRIVELSE**

Ved magnetiske målinger kartlegges bergartenes magnetiske egenskaper. I praksis er det bare mineralet magnetitt som gir anomalier, og magnetiske målinger gir derfor et bilde av bergartenes magnetittinnhold. Ved undersøkelse av deponi eller målinger ved tekniske anlegg vil jernholdige gjenstander kunne være opphav til magnetiske anomalier.

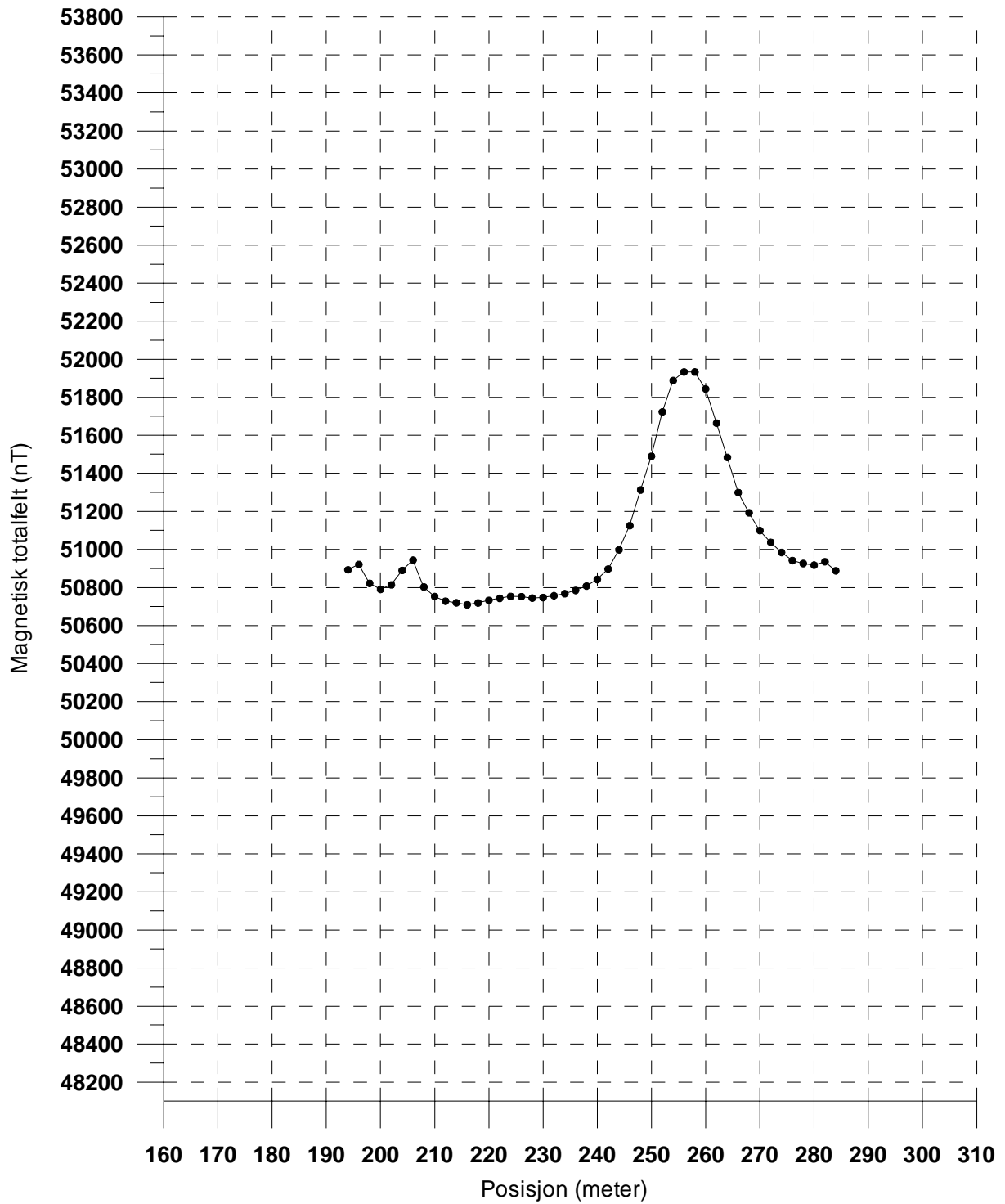
Metoden fungerer ved at magnetiserbare objekter som plasseres i jordas magnetfelt selv vil indusere et magnetfelt. Styrken av dette feltet vil være avhengig av objektets volum, dets evne til å la seg magnetisere (susceptibilitet) og geometri. Vanligvis er dette feltet rettet med jordfeltet, og den totale feltstyrken blir høyere enn stedets normale verdier (positive anomalier). På grunn av geometri og eventuell remanent magnetisering kan imidlertid det induserte feltet også svekke totalfeltet (negative anomalier).

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 290N**



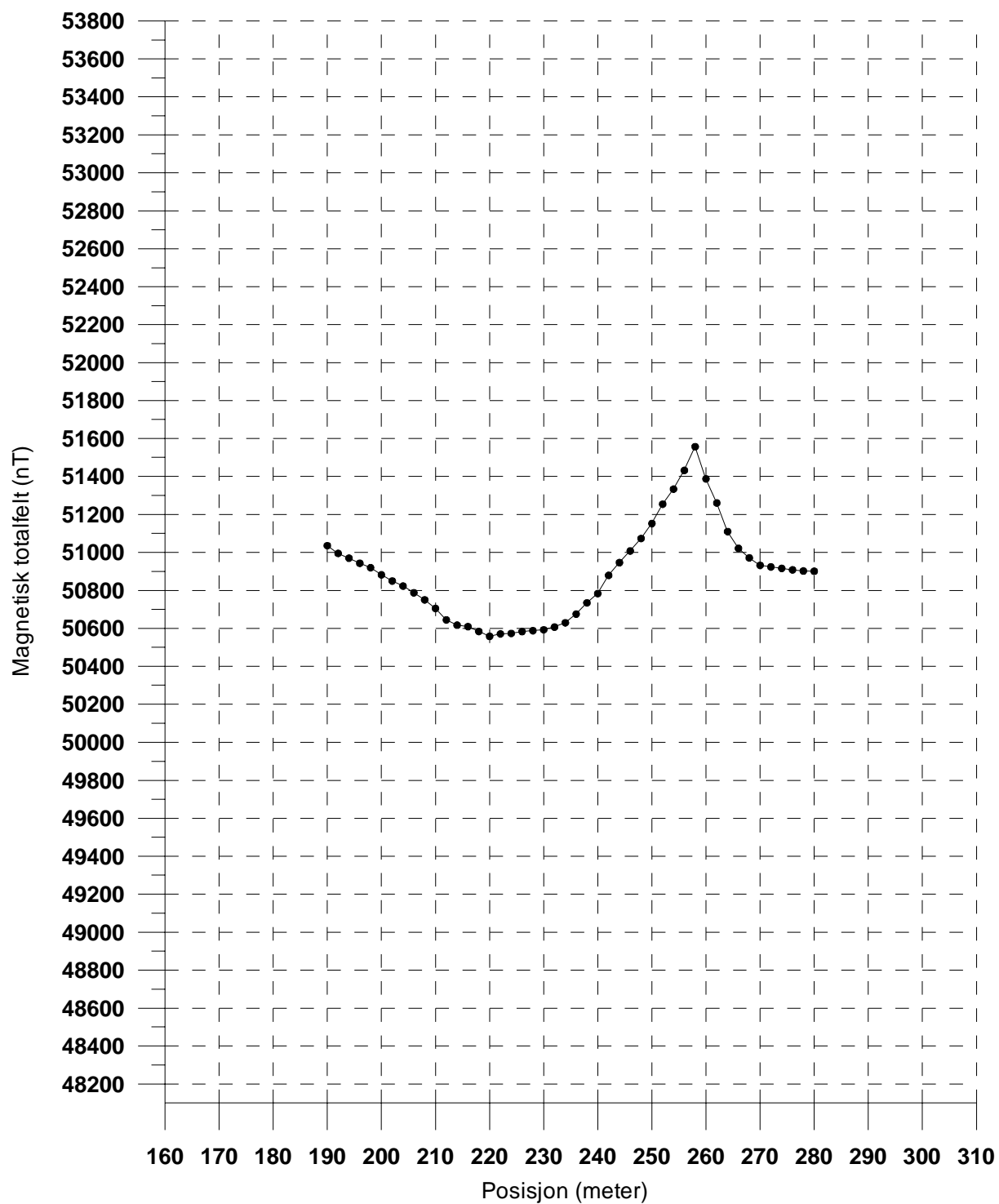
Figur 1: Magnetisk totalfelt profil 290 N

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 300N**



*Figur 2: Magnetisk totalfelt profil 300 N*

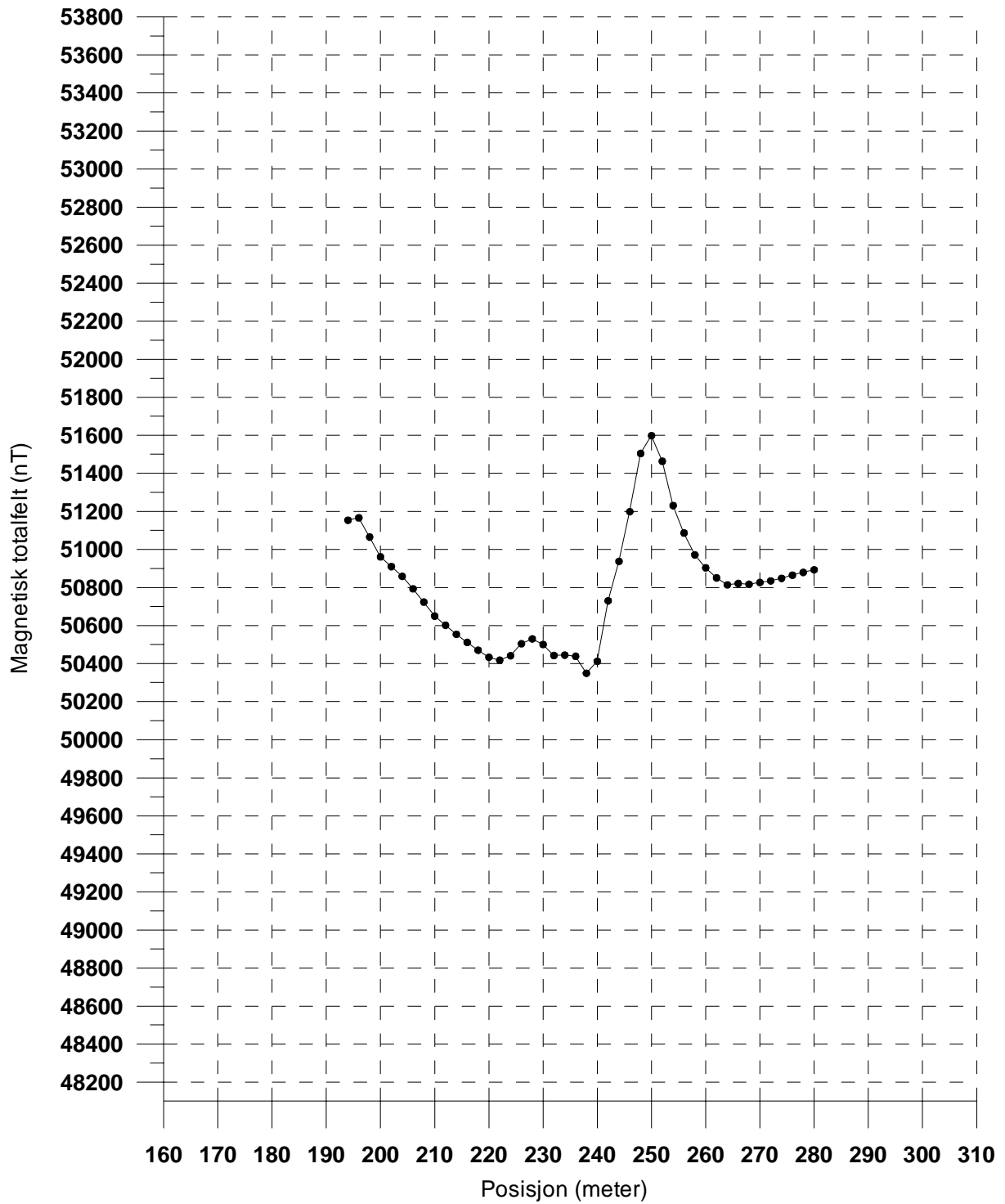
**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 310N**



*Figur 3: Magnetisk totalfelt profil 310 N*

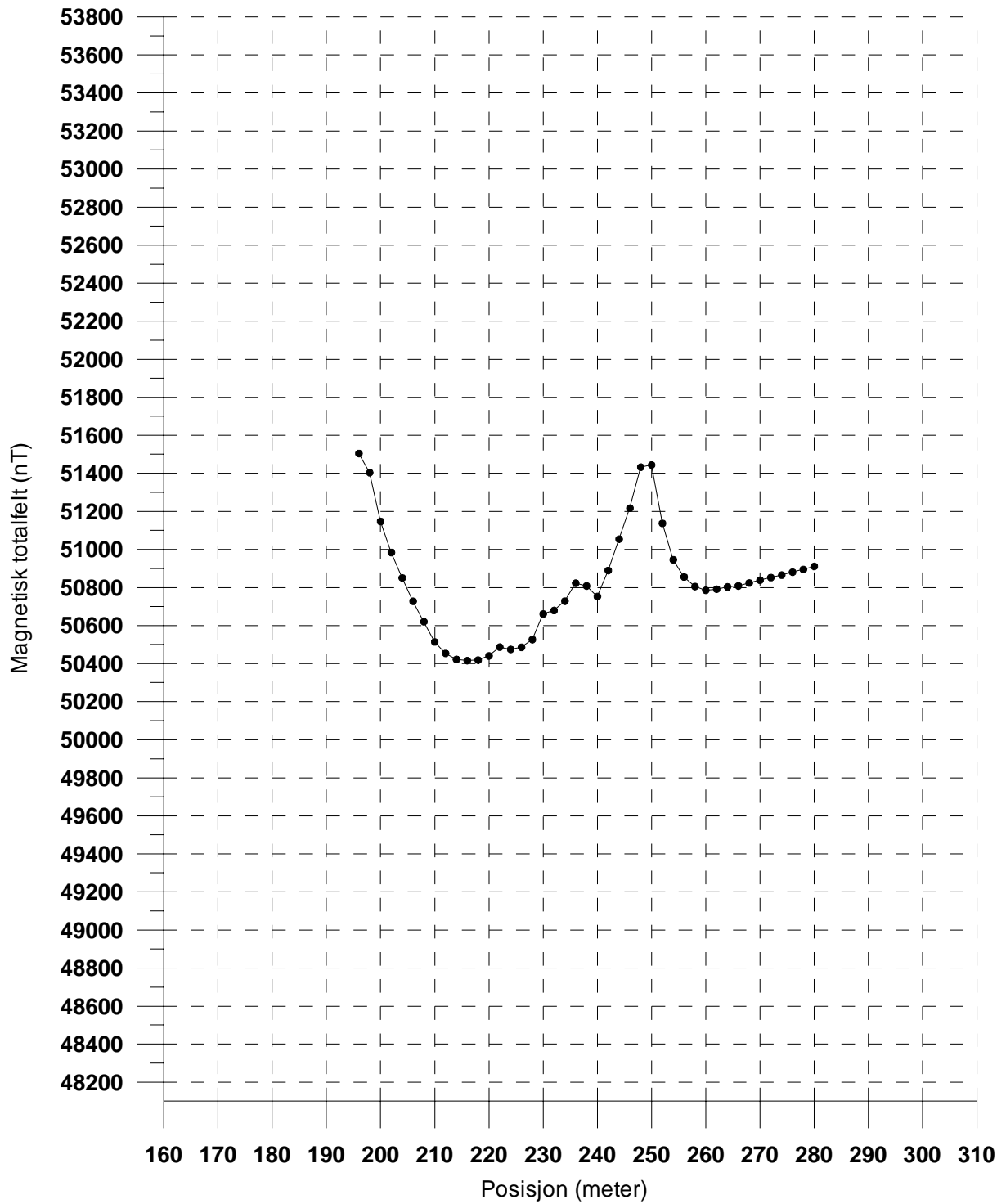


**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 320N**



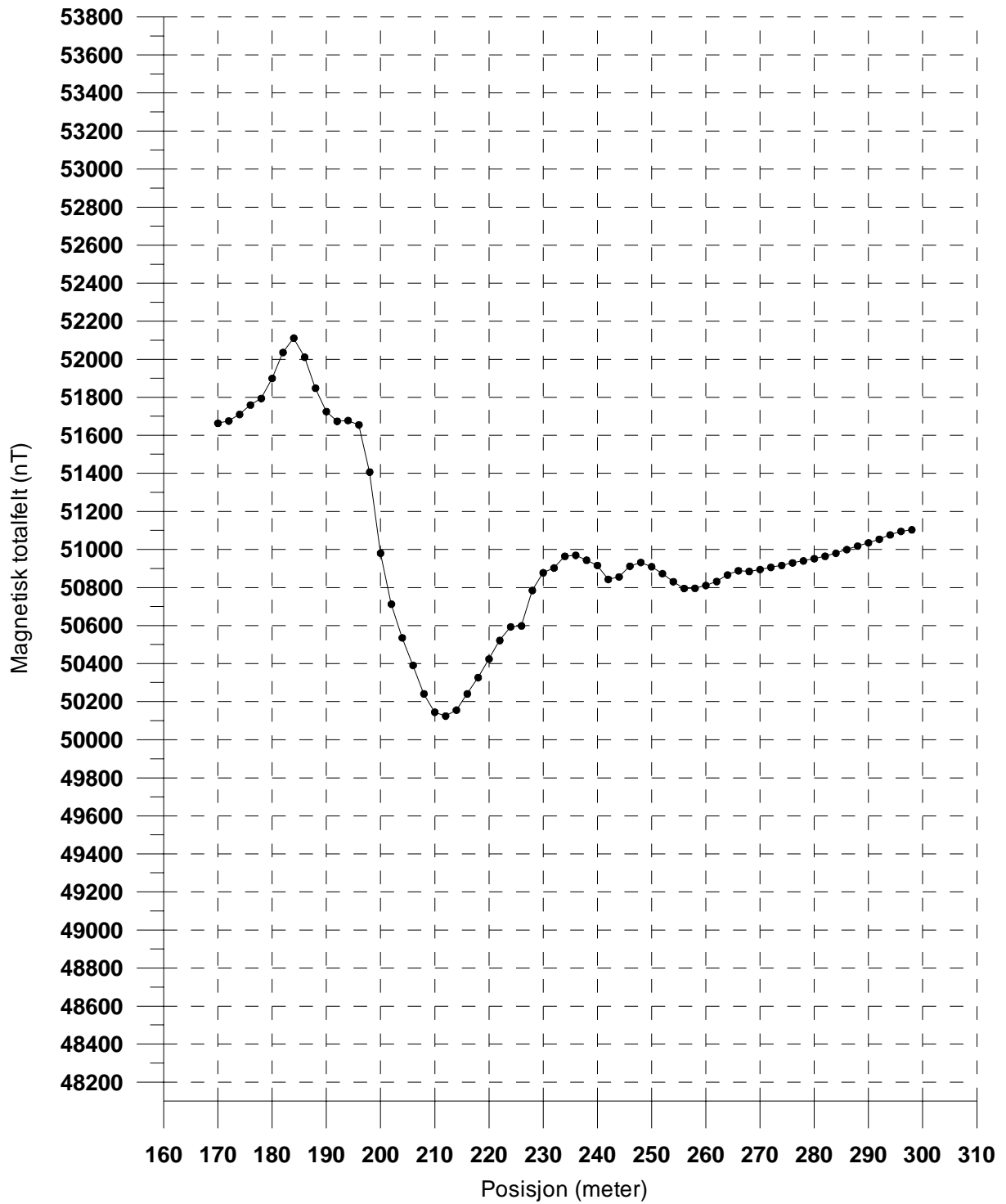
*Figur 4: Magnetisk totalfelt profil 320 N*

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 330N**



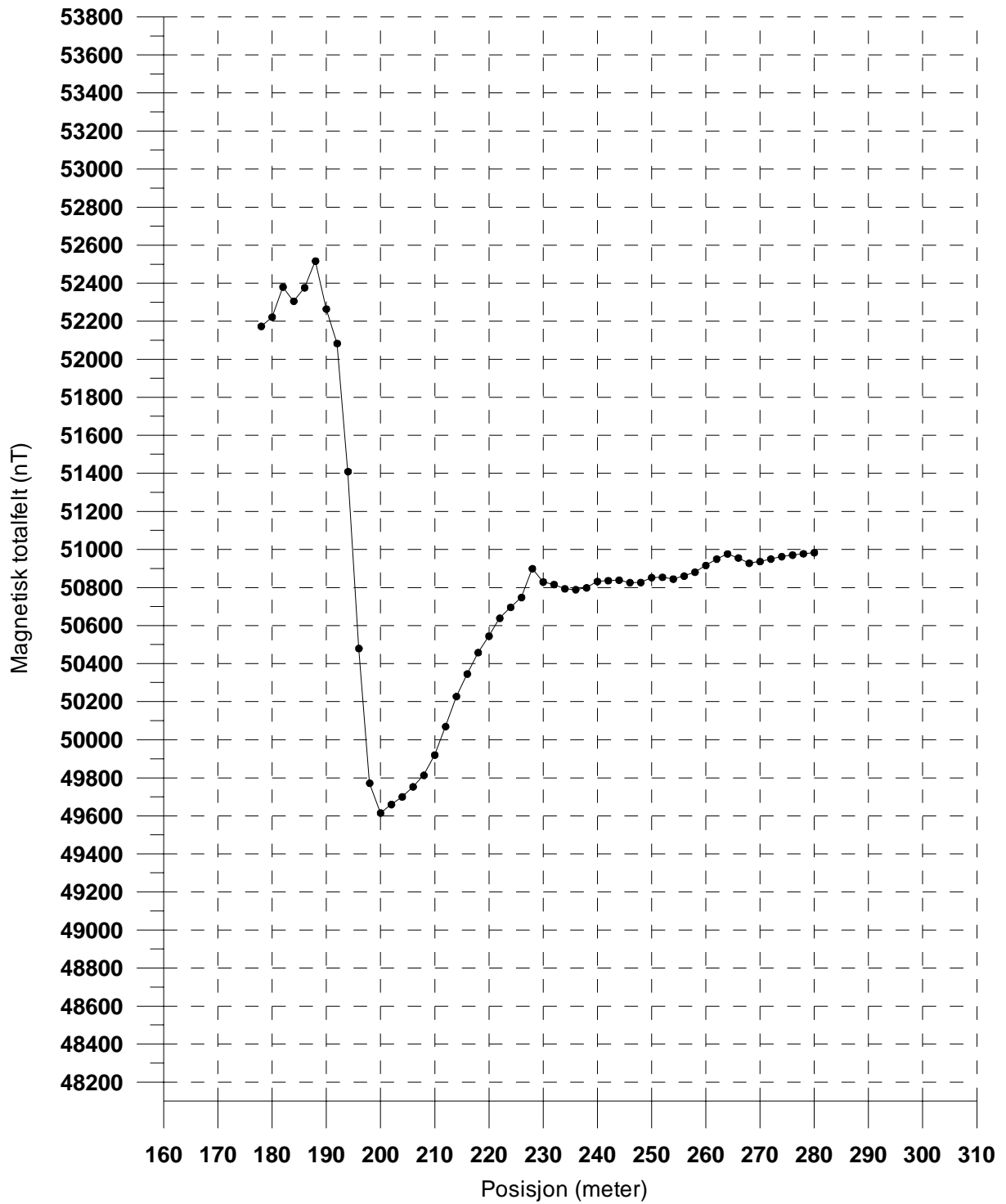
*Figur 5: Magnetisk totalfelt profil 330 N*

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 340N**



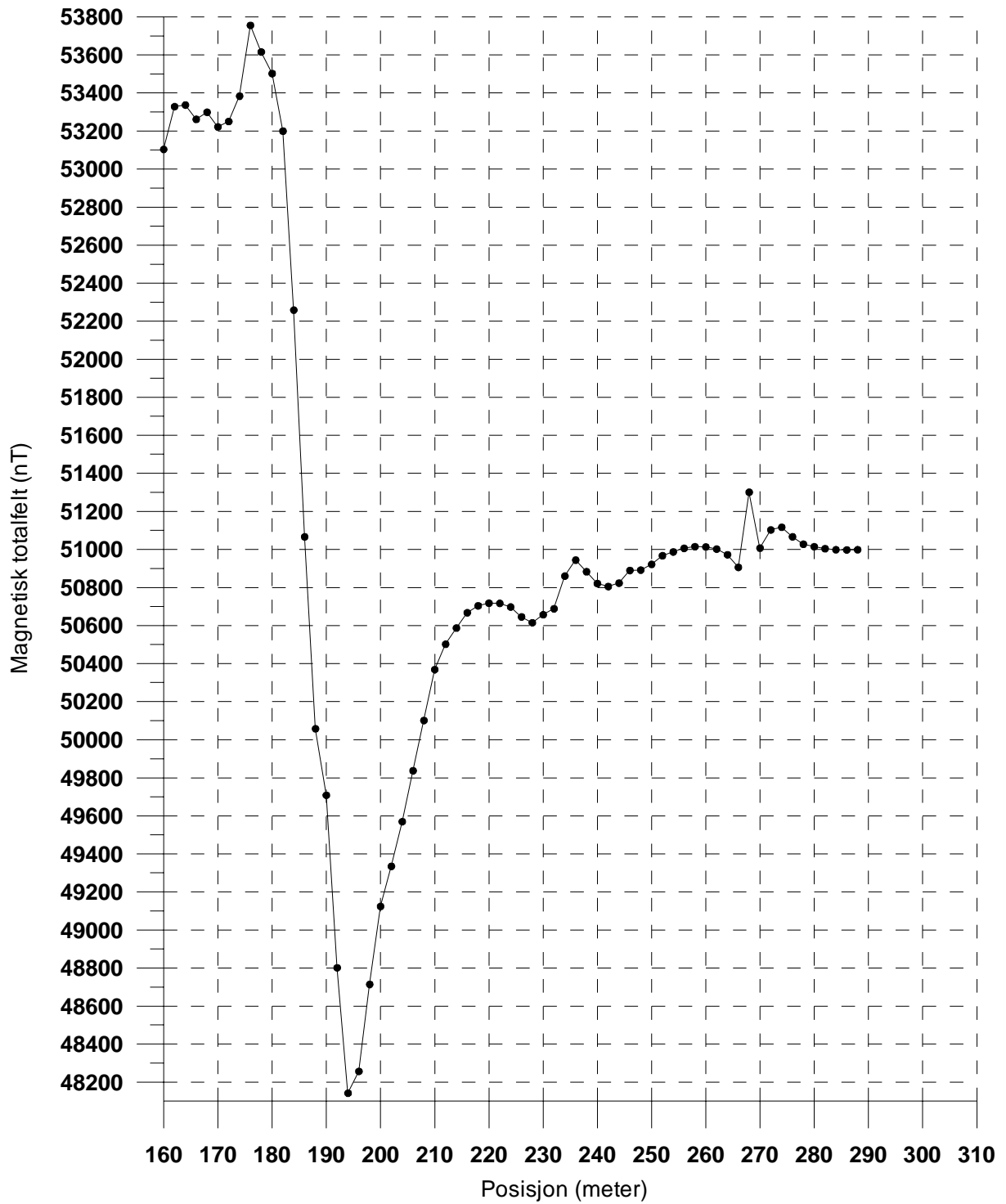
*Figur 6: Magnetisk totalfelt profil 340 N*

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 350N**



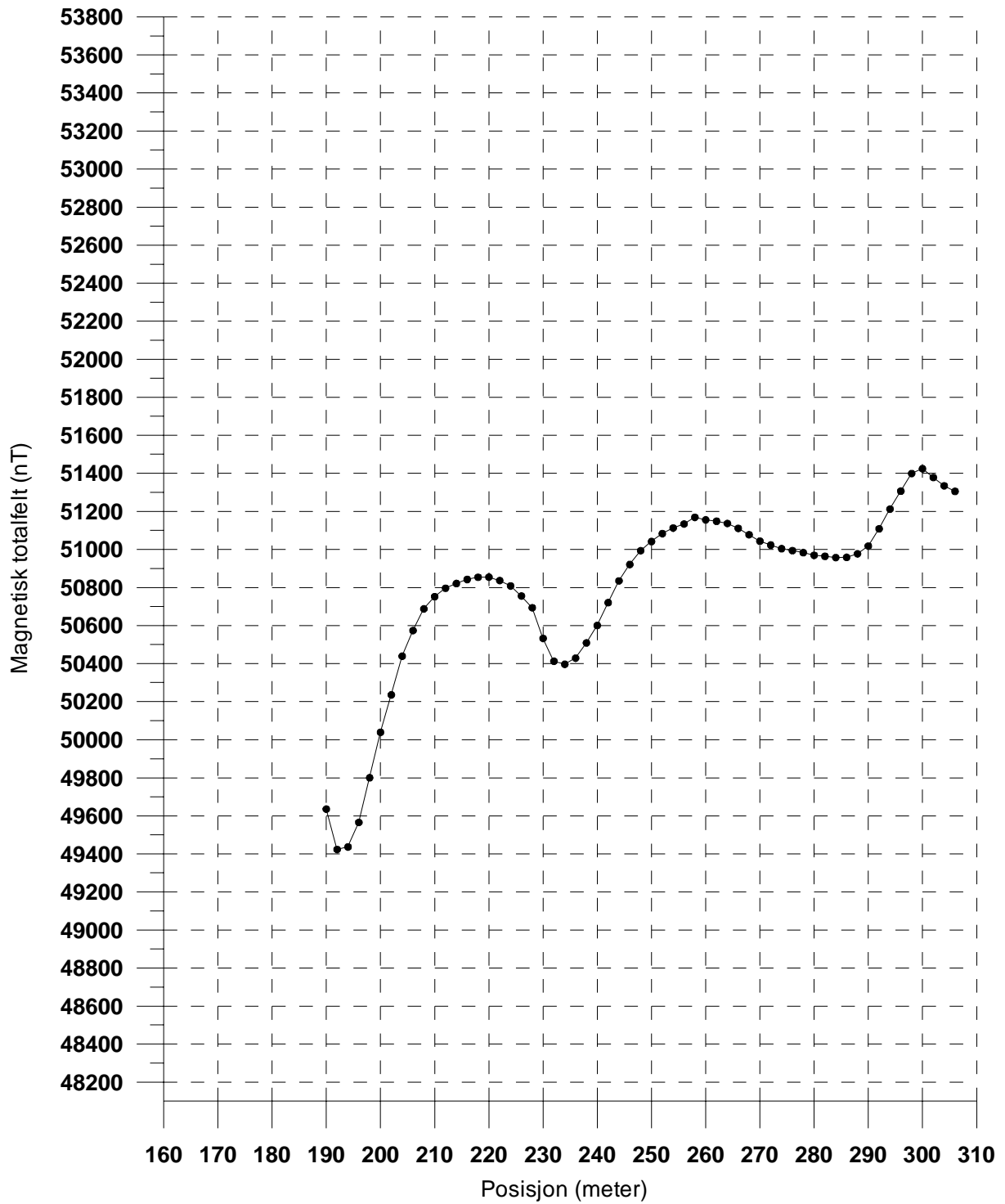
Figur 7: Magnetisk totalfelt profil 350 N

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 360N**



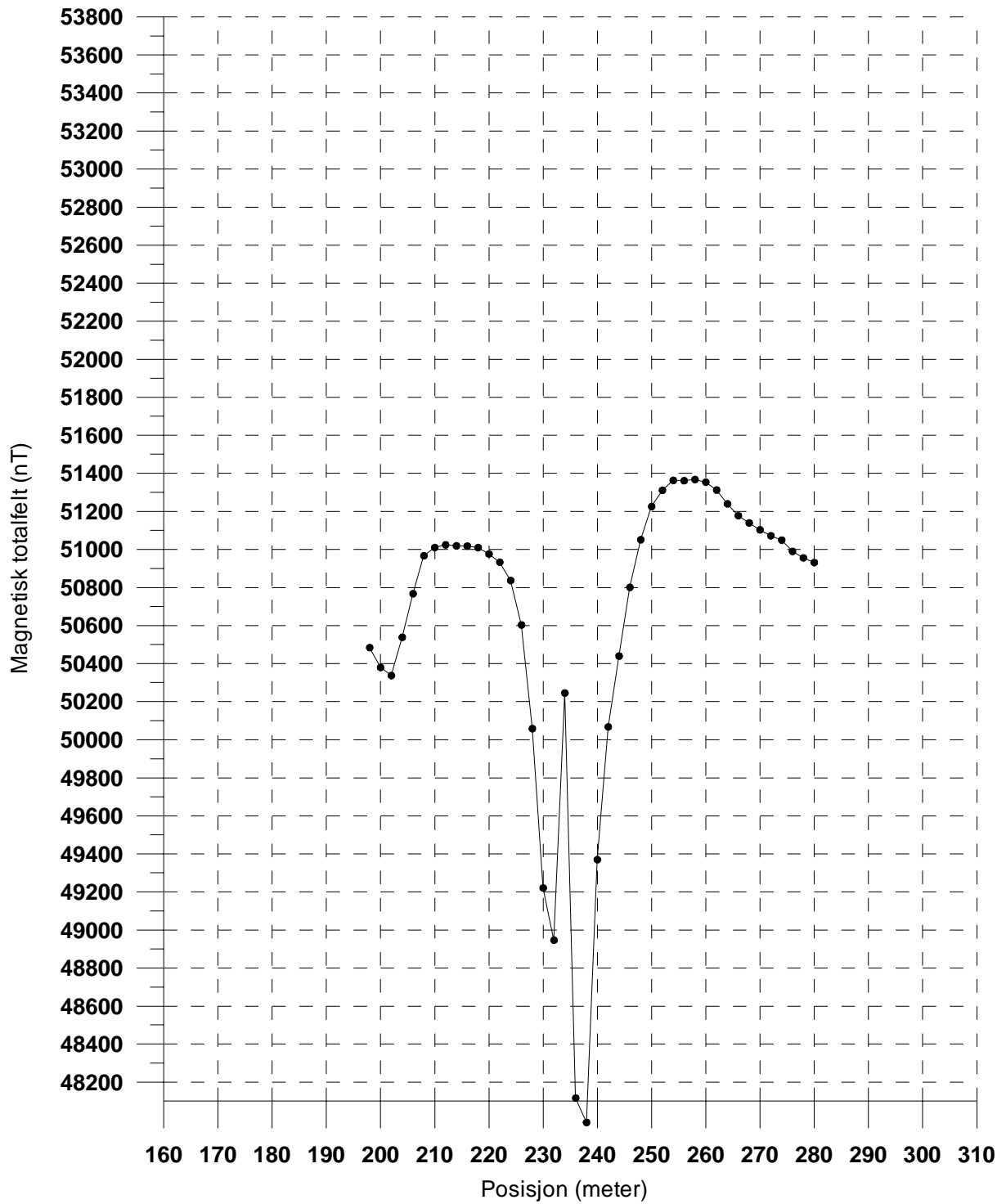
Figur 8: Magnetisk totalfelt profil 360 N

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 370N**



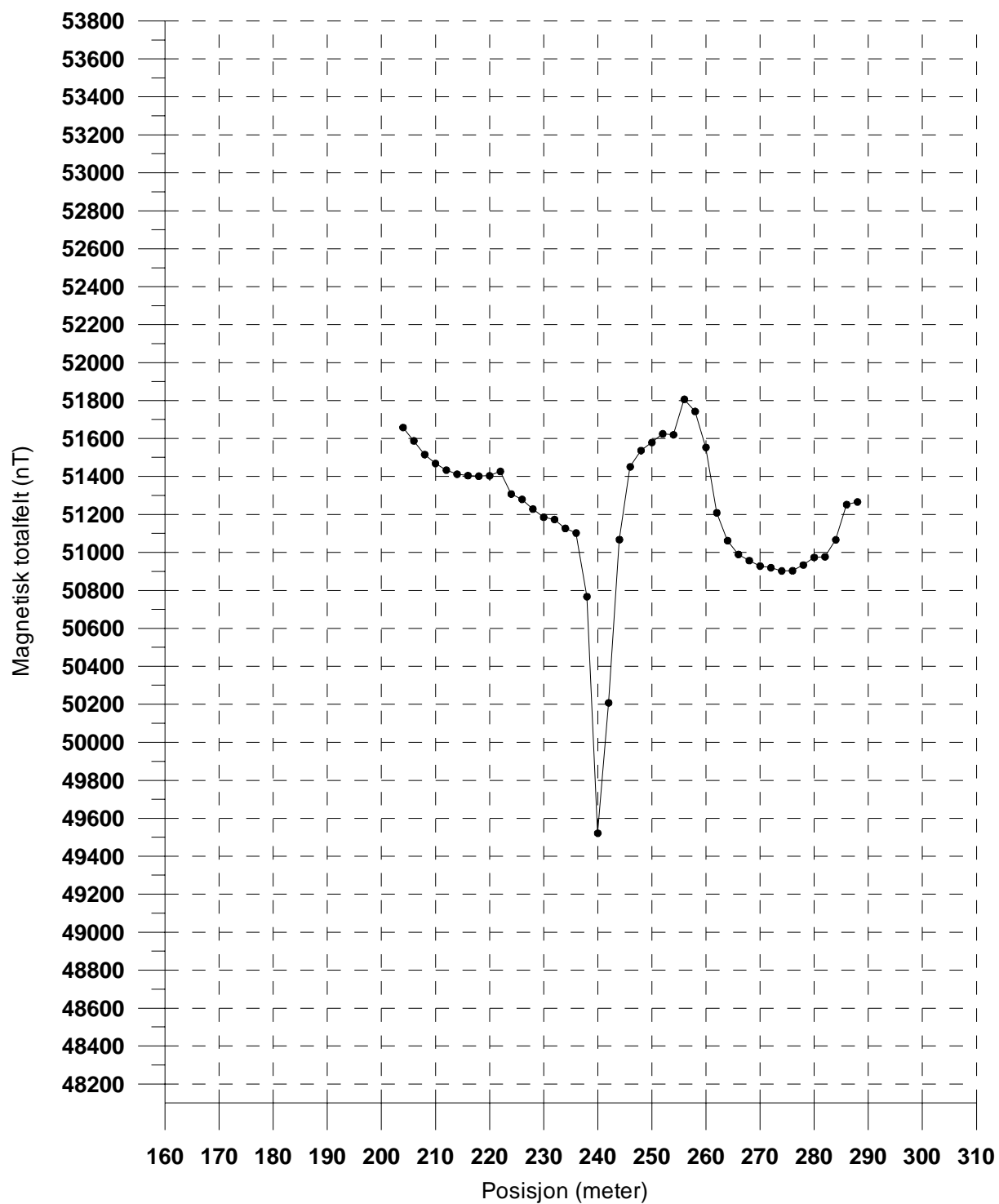
Figur 9: Magnetisk totalfelt profil 370 N

**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 380N**



*Figur 10: Magnetisk totalfelt profil 380 N*

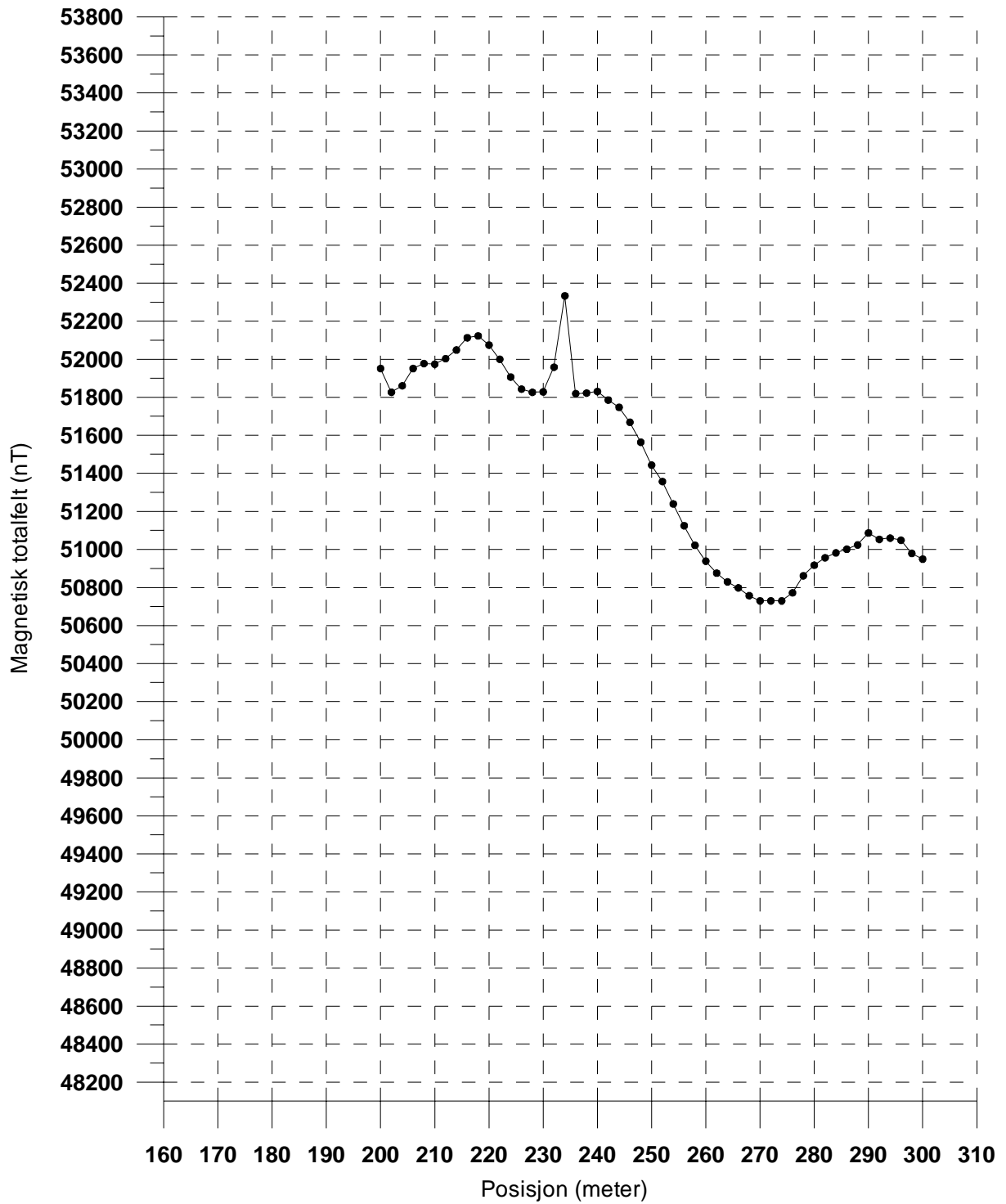
**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 390N**



*Figur 11: Magnetisk totalfelt profil 390 N*

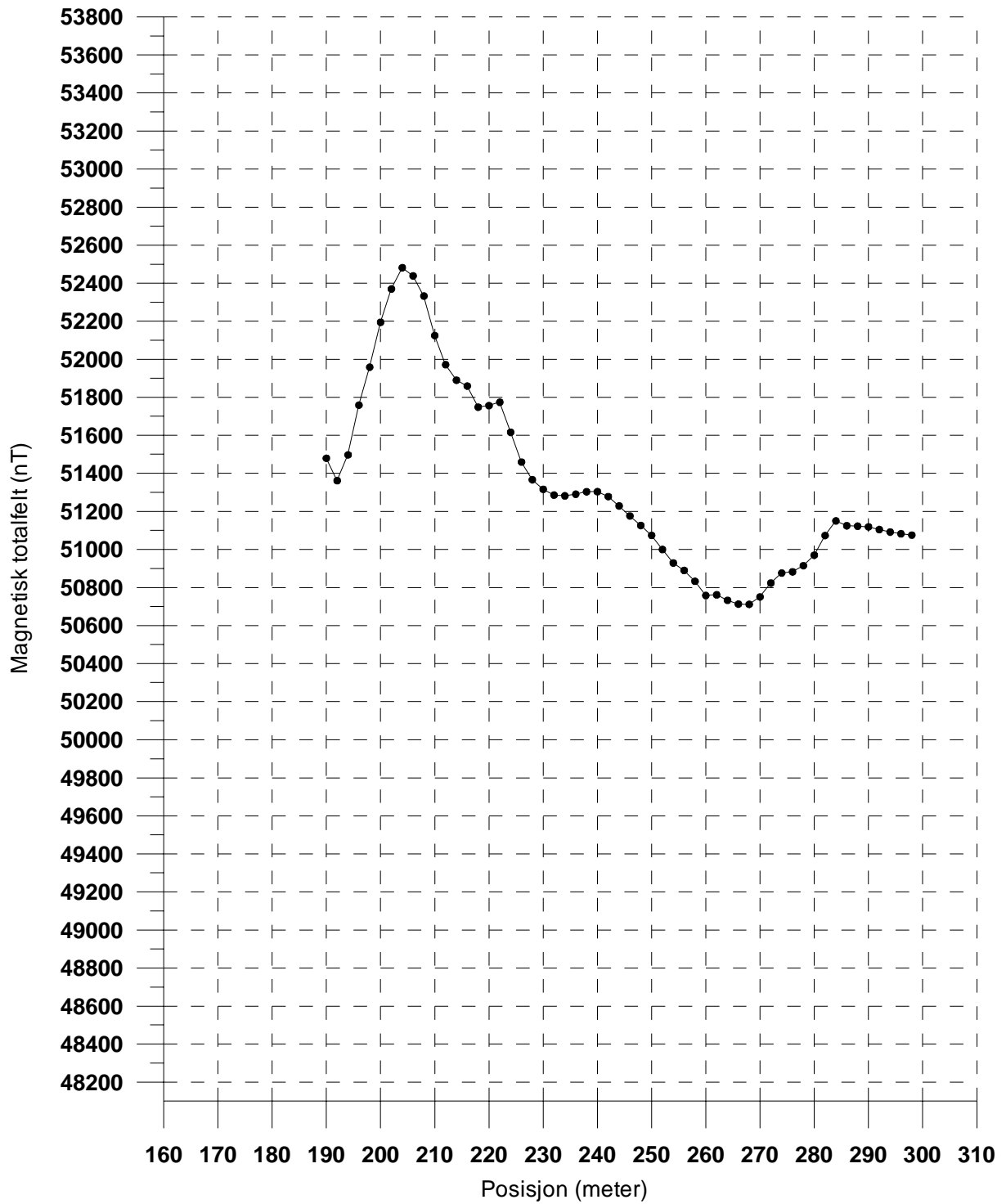


**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 400N**

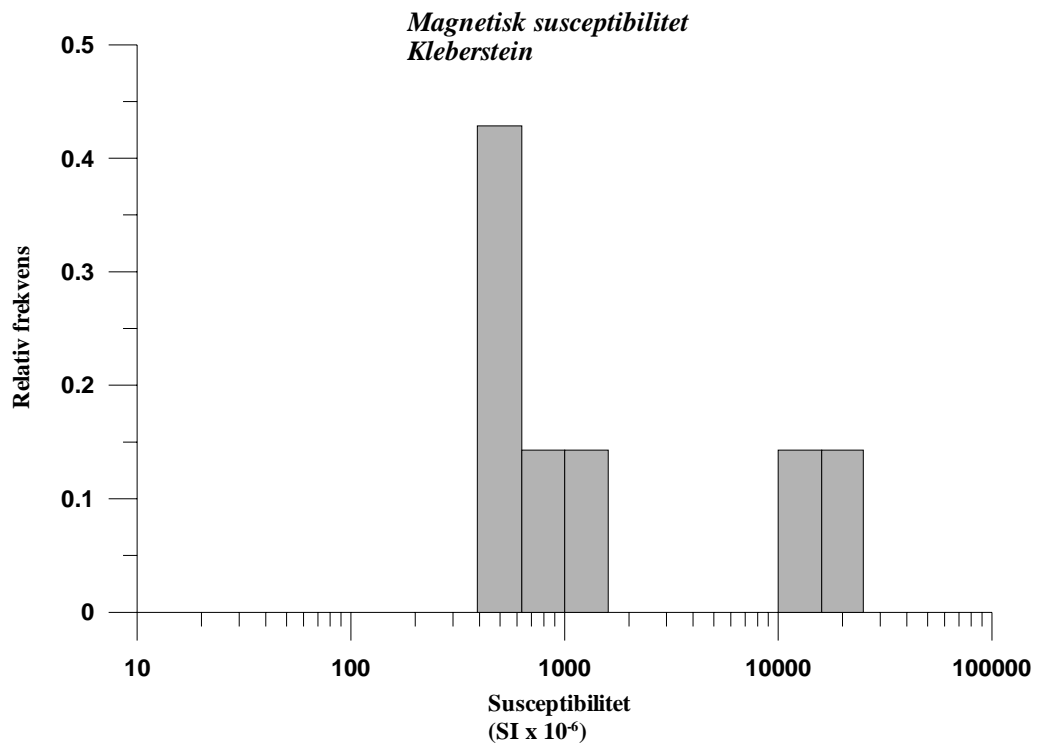


*Figur 12: Magnetisk totalfelt profil 400 N*

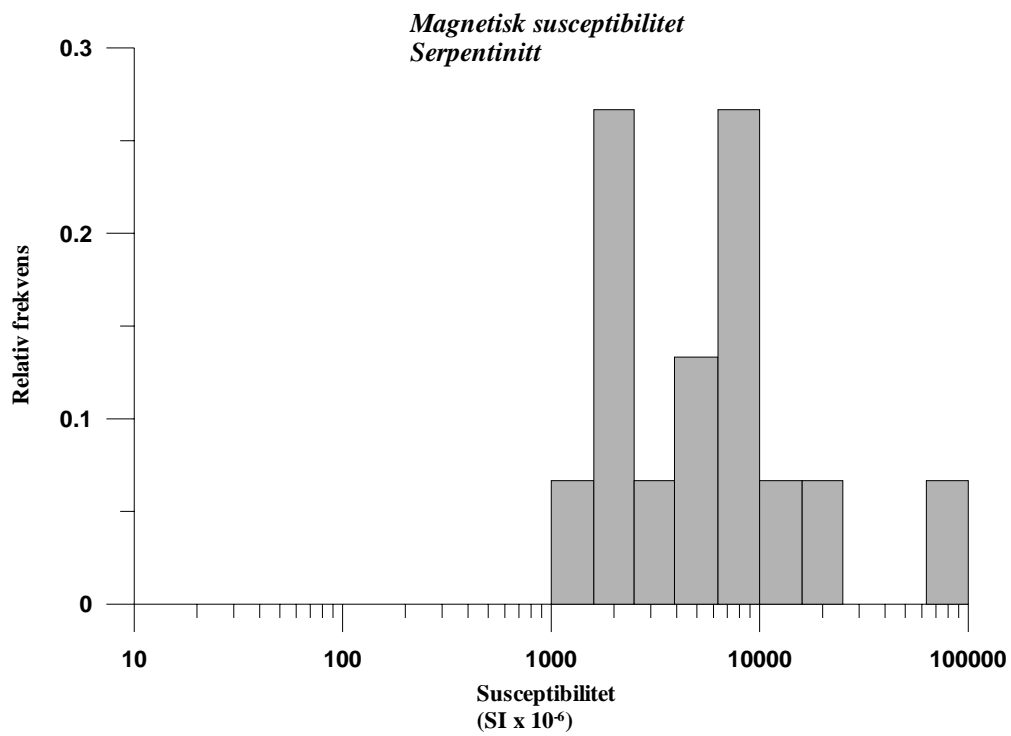
**BUBAKK KLEBERSTEINSFOREKOMST**  
**Magnetisk totalfelt**  
**Profil 410N**



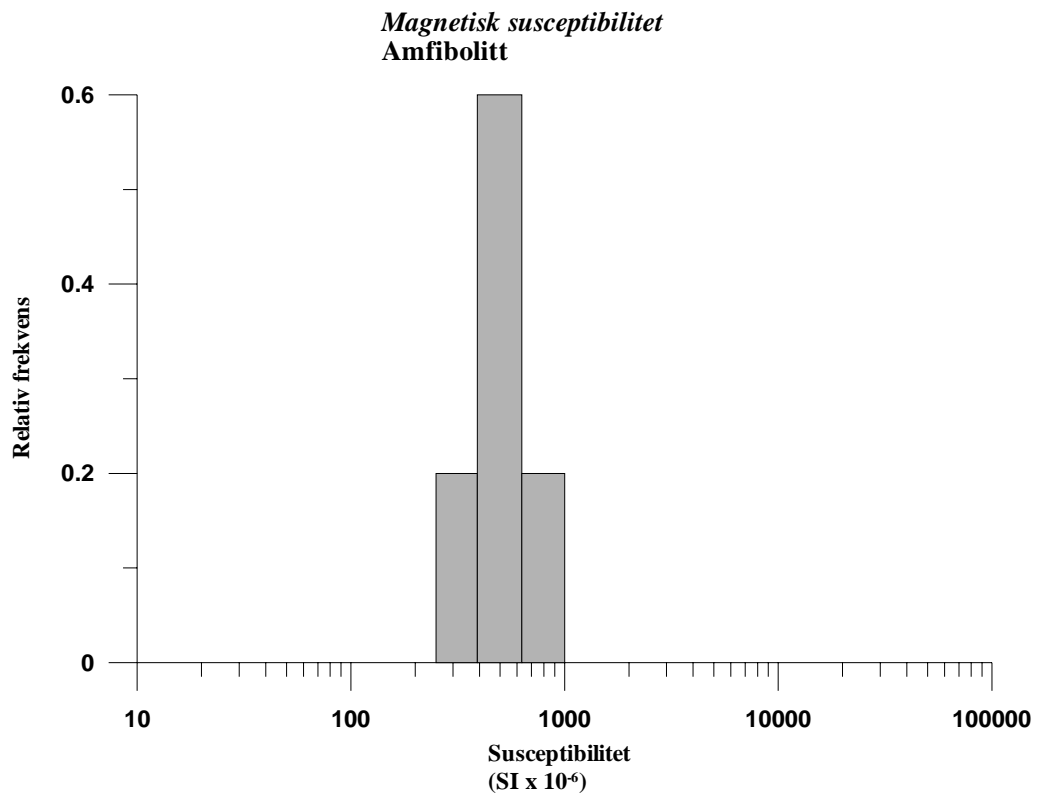
Figur 13: Magnetisk totalfelt profil 410 N



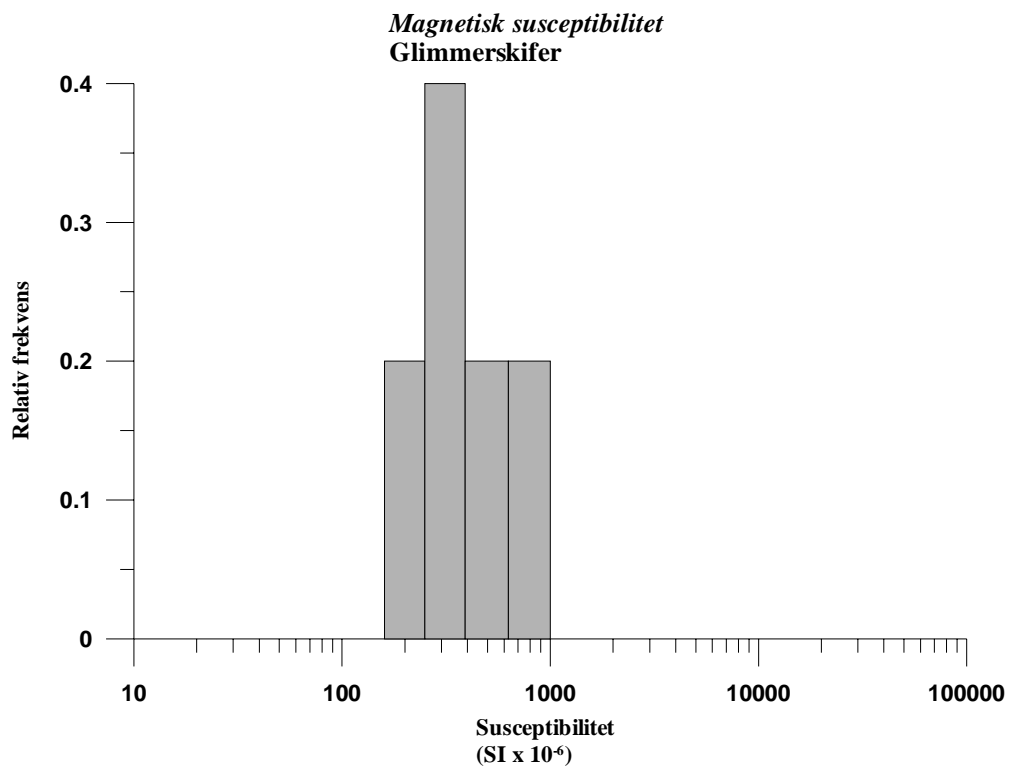
Figur 14: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Kleberstein (n=7)



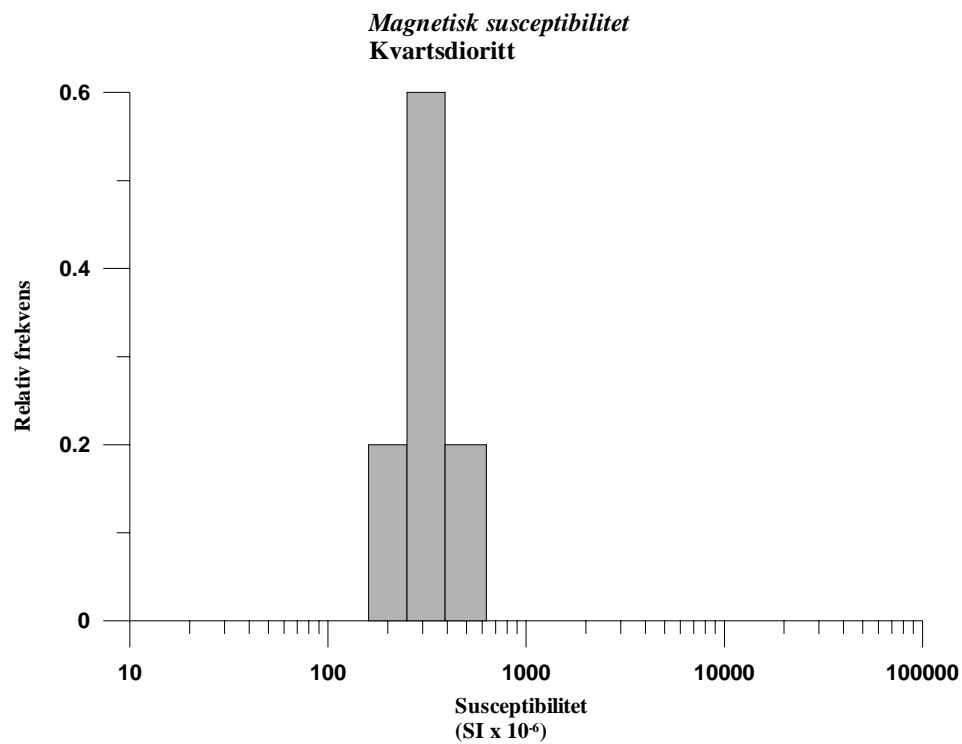
Figur 15: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Serpentinitt (n=15)



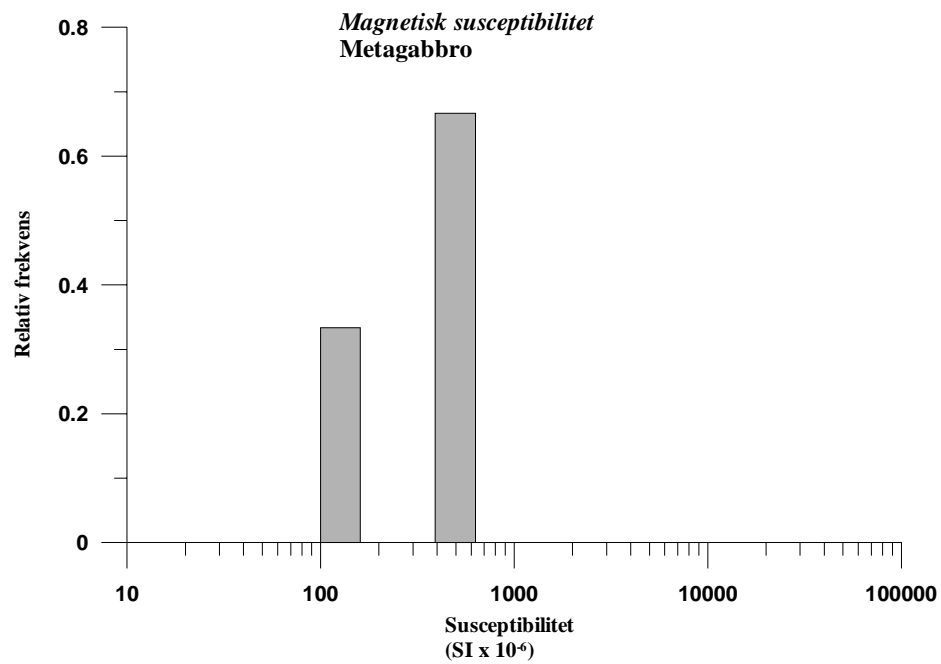
Figur 16: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Amfibolitt (n=5)



Figur 17: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Glimmerskifer (n=5)

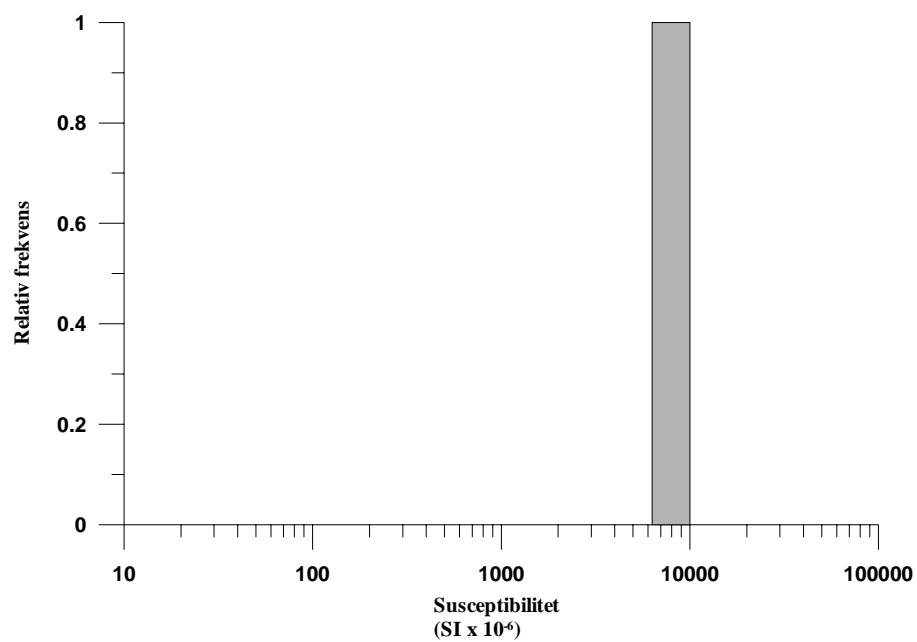


Figur 18: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Kvartsdioritt (n=5)



Figur 19: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Metagabbro (n=3)

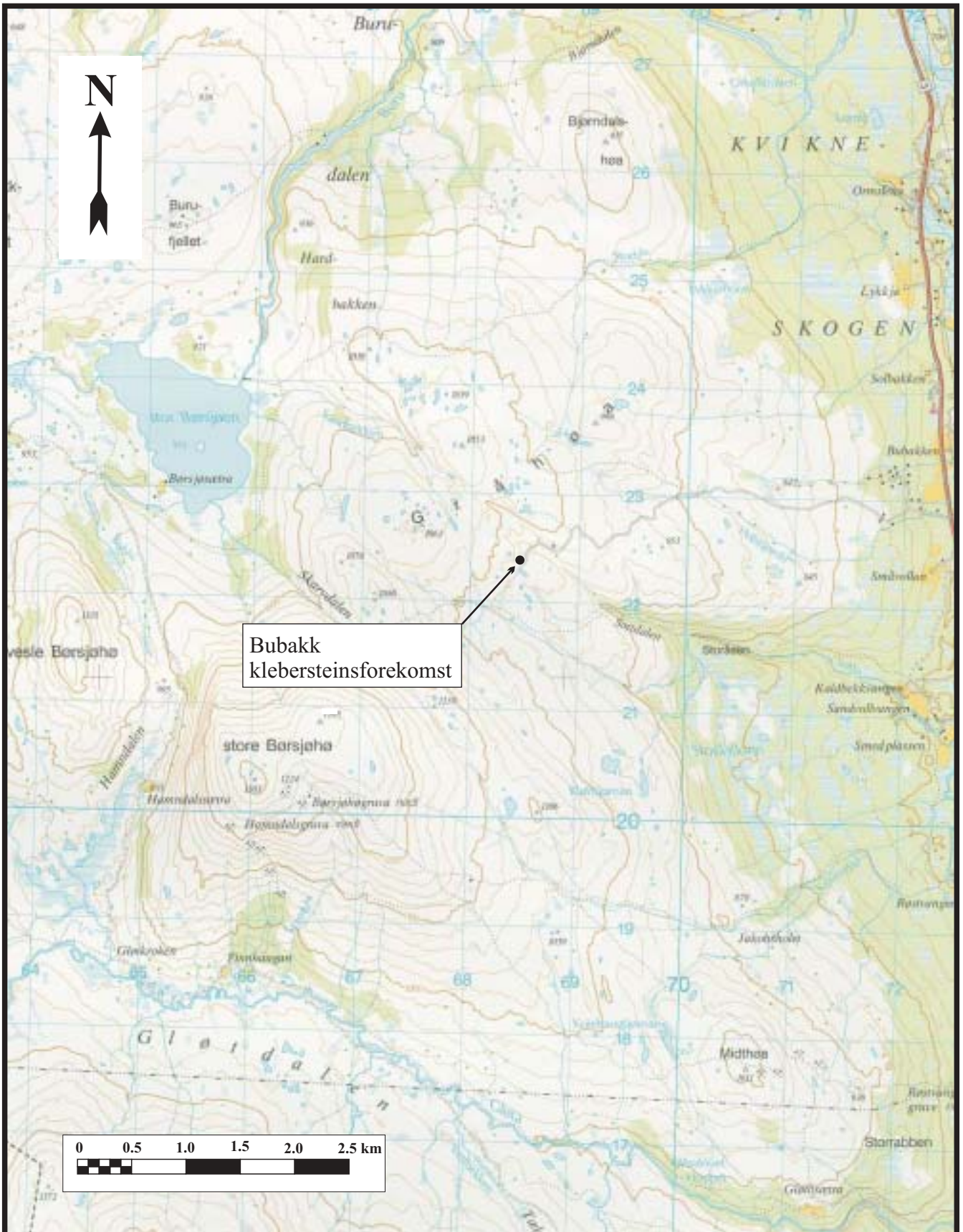
*Magnetisk susceptibilitet*  
**Granat-biotitt-kvartsbergart**



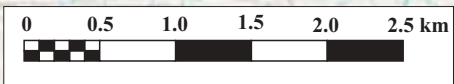
*Figur 20: Lab.målinger av magnetisk susceptibilitet på Granat-biotitt-kvartsbergart (n=1)*

Prøve	Kartblad nr. (M711)	Sone	Koordinater (WGS84)		Litologisk kode	Metamorfose- kode	Stratigrafisk kode	Bergartsnavn	Volume (cm <sup>3</sup> )	Tetthet (kg/m <sup>3</sup> )	Susceptibilitet (SI x 10 <sup>-6</sup> )	Remanens (mA/m)
			Øst	Nord								
TG-01-01	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	226.08	2754	70897.1	1866.4
TG-01-02	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	74.12	2731	2838.5	150.5
TG-01-03	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	217.02	2742	11199.2	193.9
TG-01-04	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	208.7	2729	1820.5	82.1
TG-01-05	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	116.29	2765	7111.2	680.9
TG-01-06	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	127.77	2719	23381	566.7
TG-01-07	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	328.8	2730	7672.9	134.9
TG-01-08	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	190.58	2733	2207.5	17.1
TG-01-09	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	89.7	2720	4188.5	25.1
TG-01-10	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	185.09	2777	4108.8	25.5
TG-01-11	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	95.62	2819	15612.9	132
TG-01-12	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	67.57	2764	8587.7	255
TG-01-13	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	185.78	2836	1558	77.2
TG-01-14	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Serpentinit	57.48	2757	8201.1	112.9
TG-01-15	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	169.11	2873	561.4	33.2
TG-01-16	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	230.76	2868	21043.1	81.1
TG-01-17	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	236.23	2839	507.1	29.2
TG-01-18	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	97.77	2877	948	431.1
TG-01-19	1619-4	32V	568490	6922430	M24	H	GUL	Kleberstein	200.73	2866	574.3	15.9
TG-01-20A	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	93.08	2721	1165.9	18.8
TG-01-20B	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	46.42	2764	1656.3	15.3
TG-01-20C	1619-4	32V	568490	6922430	M12	H	GUL	Talkrik-serpentinit	28.72	2748	2441.4	24.8
TG-01-22A	1619-4	32V	568434	6922363	M11	H	GUL	Amfibolitt	178.48	3060	696.6	4
TG-01-22B	1619-4	32V	568452	6922358	M25	H	GUL	Granat-biot-kvar.b.a	121.17	3110	7049.1	1917.2
TG-01-23	1619-4	32V	568513	6922483	M11	H	GUL	Amfibolitt	173.38	2803	404.1	7.1
TG-01-24	1619-4	32V	568485	6922548	S24	H	GUL	Glimmerskifer	194.32	2774	314.1	3.7
TG-01-25	1619-4	32V	568511	6922541	S24	H	GUL	Glimmerskifer	85.73	2728	237.3	8.3
TG-01-26	1619-4	32V	568523	6922514	S24	H	GUL	Glimmerskifer	257.06	2801	325.3	3.9
TG-01-27	1619-4	32V	568448	6922405	M11	H	GUL	Amfibolitt	88.32	2701	281.5	11.4
TG-01-28	1619-4	32V	568448	6922405	I55	H	GUL	Metagab/leucogab.	114.54	2926	513.1	6.2
TG-01-29	1619-4	32V	568448	6922405	I55	H	GUL	Leucogab/kvartsdior	38.08	2688	118.7	26.5
TG-01-30	1619-4	32V	568450	6922399	M11	H	GUL	Amfibolitt	119.34	2978	549.3	8.4
TG-01-31	1619-4	32V	568426	6922489	I25	H	GUL	Kvartsdioritt(?)	151.98	2776	371.8	212.8
TG-01-32	1619-4	32V	568434	6922486	I25	H	GUL	Kvartsdioritt(?)	90.87	2783	248.7	40
TG-01-33	1619-4	32V	568440	6922494	I55	H	GUL	Metagabro	108.1	2893	439.1	9.3
TG-01-34	1619-4	32V	568440	6922494	V25	H	GUL	Metadoleritt(?)	178.14	2899	482.2	4
TG-01-35	1619-4	32V	568440	6922494	S24	H	GUL	Glimmerskifer	268.96	2893	630.4	4.6
TG-01-36	1619-4	32V	568433	6922499	I25	H	GUL	Kvartsdioritt(?)	127.18	2759	266.6	12.5
TG-01-37	1619-4	32V	568447	6922503	I25	H	GUL	Kvartsdioritt(?)	116.48	2857	446.3	0
TG-01-38	1619-4	32V	568491	6922375	S24	H	GUL	Glimmerskifer	230.46	2791	411.9	3.1
TG-01-39	1619-4	32V	568560	6922498	M11	H	GUL	Amfibolitt	200.27	3060	575.6	3.6
TG-01-40	1619-4	32V	568650	6922546	I25	H	GUL	Kvartsdiorittisk-ga.	88.63	2965	382.5	11.4

Tabell 1: Prøveliste for petrofysiske lab.målinger på bergartsprøver fra Bubakk klebersteinsforekomst



Bubakk  
klebersteinsforekomst



NGU/Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider

Oversiktskart

# BUBAKK

TYNSET KOMMUNE, HEDMARK

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT J.G/T.L. Sept. 2001

TEGN T.L. Nov. 2001

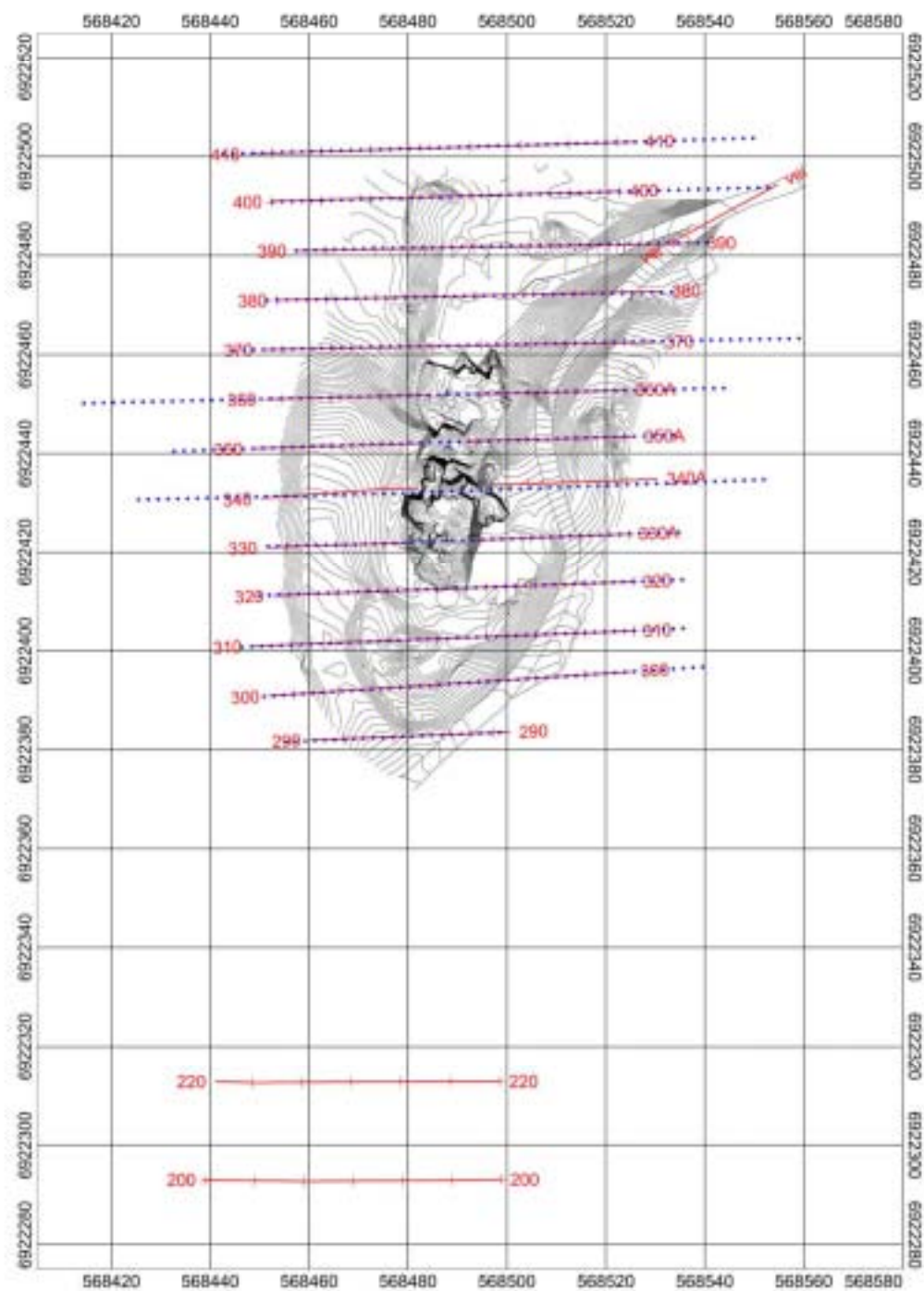
TRAC

KFR

KARTBILAG NR  
2001.109-01

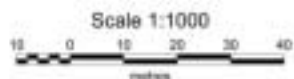
KARTBLAD NR  
1619 IV





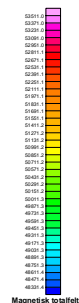
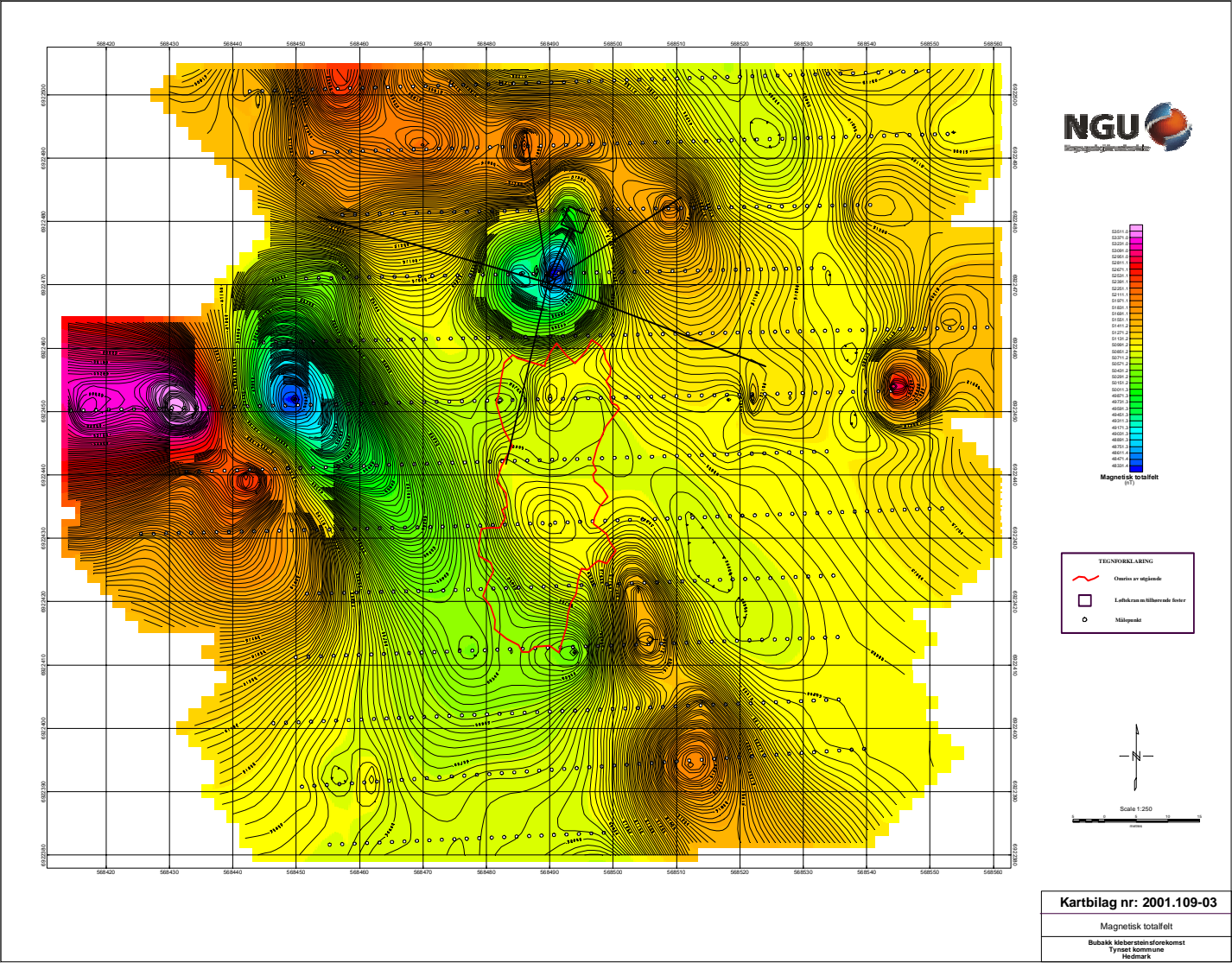
TEGNFORKLARING

- Georadarprofil  
m/merke for hver 10 m
- Magnetiske målepunkt



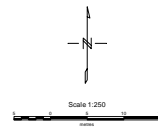
Kartbilag nr. 2001.109-02

Georadarprofiler og magnetiske målepunkt  
Bubakk klebersteinsforekomst  
Tynset kommune, Hedmark



TEGNSYMBOLÄRNING

- Översikt av vägstråk
- Lufthärens och Kårens försäkringsbyrå
- Måttstämplat

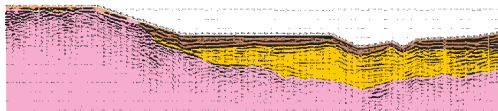


Kartbilag nr: 2001.109-03

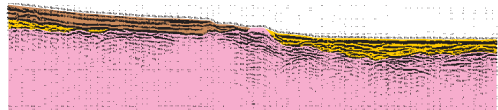
Magnetisk totalfält

Buback Klöversten sförelsekonst  
Tyrsjö kommun  
Hedmark

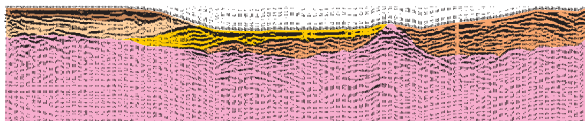
PROFIL 410



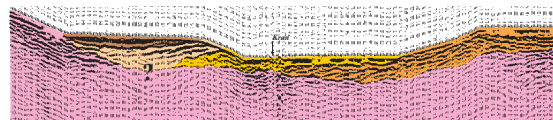
PROFIL 400



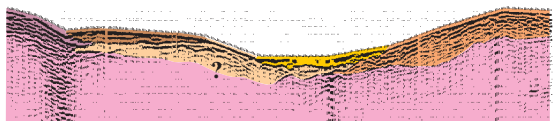
PROFIL 390



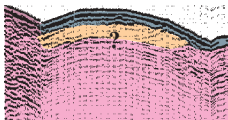
PROFIL 380



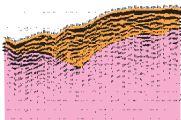
PROFIL 370



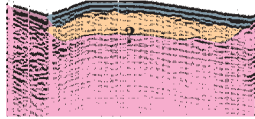
PROFIL 360



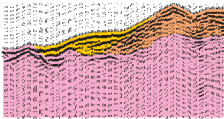
PROFIL 360A



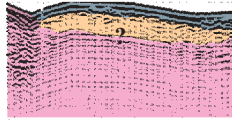
PROFIL 350



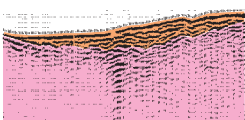
PROFIL 350A



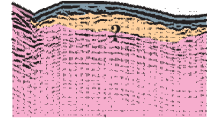
PROFIL 340



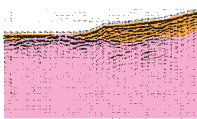
PROFIL 340A



PROFIL 330



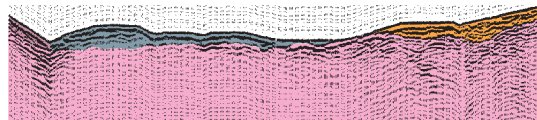
PROFIL 330A



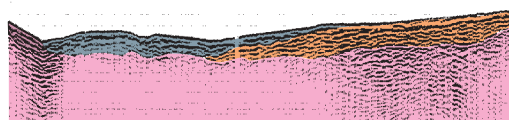
PROFIL 320



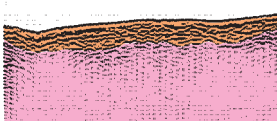
PROFIL 310



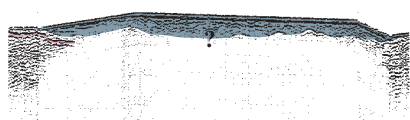
PROFIL 300



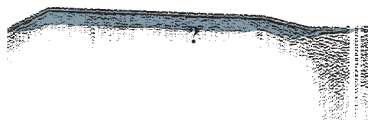
PROFIL 290



PROFIL 200 (200MHz)



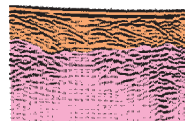
PROFIL 220 (200MHz)



TEGNFORKLARING (oppsett)

	Tolket fjell
	Skredmateriale
	Fyllmasse
	Myr
	Grus/vand
	Sand/finsand
	Silt
	Usikker laggrense

PROFIL VEI



Georadapprofilies UTM\_koordinater (Sone 32V, WGS84)

Profil 200

568439 6922293  
568459 6922293  
568489 6922293  
568499 6922293

Profil 220

568441 6922313  
568449 6922313  
568479 6922313  
568489 6922313  
568499 6922313

Profil 290

568400 6922382  
568501 6922384

Profil 300

568452 6922391  
568526 6922394

Profil 310

568448 6922401  
568526 6922404

Profil 320

568453 6922411  
568526 6922414

Profil 330

568452 6922421  
568479 6922422

Profil 330A

568496 6922423  
568526 6922424

Profil 340

568450 6922431  
568476 6922433  
568482 6922433

Profil 340A

568497 6922434  
568530 6922435

Profil 350

568449 6922441  
568483 6922442

Profil 350A

568492 6922443  
568526 6922443

Profil 360

568451 6922451  
568484 6922452

Profil 360A

568494 6922452  
568524 6922453

Profil 370

568451 6922461  
568530 6922463

Profil 380

568454 6922471  
568531 6922473

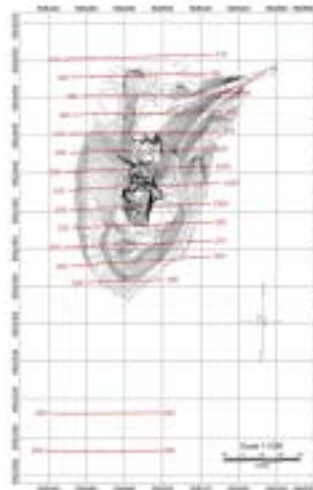
Profil 390

568457 6922481  
568529 6922483

Profil 400

568453 6922491  
568523 6922493

Profil 410



TEGNFORKLARING (Kart)

	Georadprofil
--	--------------