

## METODEBESKRIVELSE SLINGRAM

Slingram er en elektromagnetisk målemetode med mobil sender og mottaker. Metoden brukes til å kartlegge elektriske ledere i undergrunnen, og egner seg godt for oppfølging av flymålinger. Det fysiske grunnlaget er at det induseres strømmer i en leder når det utsettes for et ytre elektromagnetisk felt.

Den tradisjonelle slingram består av to spoler, sender og mottaker som vanligvis er forbundet med en kabel. Det brukes ofte flere frekvenser. Ved slingrammålinger på bakken flyttes sender og mottaker i trinn langs måleprofilen og stilles opp i samme innbyrdes avstand hver gang. Avstanden mellom spolene kan være 25 – 100 m. Så lenge ingen leder er tilstede i undergrunnen vil primærfeltet fra senderspølen være uforstyrret og det vil ligge et konstant felt over mottakerspølen. Når systemet kommer inn over ledende soner, vil primærfeltet indusere virvelstrømmer i disse. Disse strømmene danner et sekundærfelt som ved målingene registreres som en forandring av feltstyrken i mottakerspølen. Feltstyrken måles i forhold til (i % av) primærfeltet. Både reell- og imaginærkomponent (i fase og ut av fase med primærfeltet) måles. Rett over lederen vil primærfeltet være svekket av sekundærfeltet, og den avleste verdien blir negativ. Figur 1 viser måleprinsippet og hvordan en slingramanomali over en steil leder ser ut.

### Apparatur for bakkemålinger.

NGU har to slingramutrustninger for bakkemåling:

**Scintrex, Genie**, opererer på 4 frekvenser, 112 Hz, 337 Hz, 1012 Hz og 3037 Hz. Det spesielle med denne utrustningen er at instrumentet måler bare totalfeltet for hver av frekvensene, og det trengs derfor ingen kabel mellom sender og mottaker. Ved å normalisere måleverdier i høyere frekvenser mot feltet i lavere frekvens kan topografiske effekter kanselleres. Systemet blir derved godt egnet for målinger i områder med store hødeforskjeller.

**Apex Max Min**, opererer med 5 frekvenser, 222 Hz, 444 Hz, 888 Hz, 1777 Hz og 3555 Hz. Dette instrumentet måler både reell og imaginærkomponent for hver av frekvensene.

Det trengs to personer for operere begge utrustningene.

### Helikoptermålinger.

Ved tradisjonelle elektromagnetiske målinger fra helikopter (og fly) benyttes i prinsippet Slingram-metoden. Sender og mottagerspole monteres da i en bombe som er ca 6 meter lang. Orienteringen av sender- og mottagerspole kan være horisontale ("horizontal co-planar"), eller med felles spoleakse ("Coaxial"). Den førstnevnte gir best kobling med horisontale ledere, mens den andre gir best respons på vertikale ledere. På denne måten kan ledernes fall estimeres. Ved å variere frekvensen får en informasjon om ledningsevneforholdene, og en kan i tillegg variere dybderekkevidden ved at lavere frekvenser trenger dypere ned i bakken.

NGUs utrustning er bygd av firmaet **Geotech Inc** i Canada. Systemet har følgende spoleorienteringer og frekvenser:

Coplanar:	880, 6601 og 34133 Hz
Coaxial:	901 og 701 Hz.

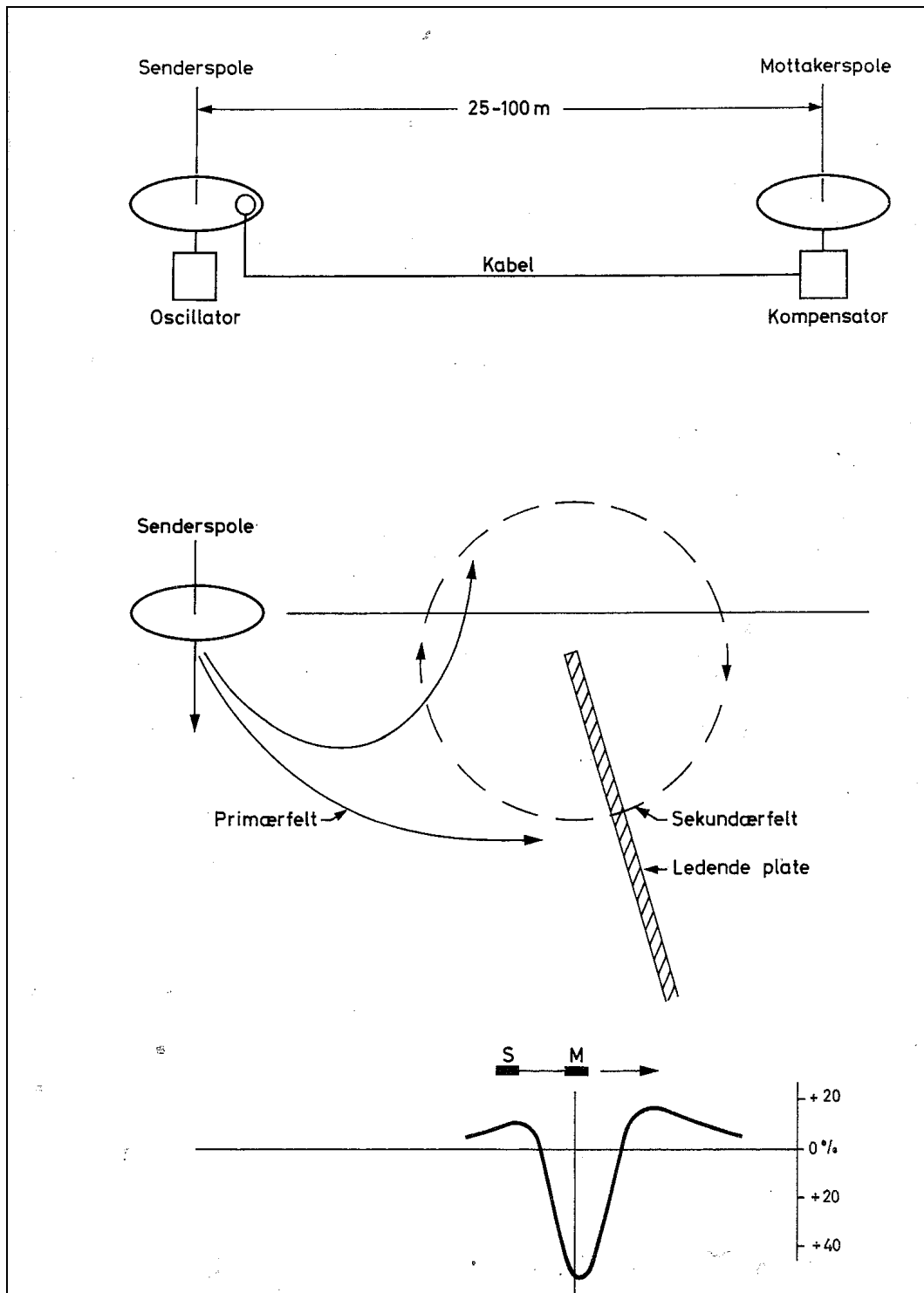
På grunn av den korte avstanden mellom sender og mottager blir anomaliforløpet ved helikoptermålinger forskjellig fra det en får ved bakkemålinger.



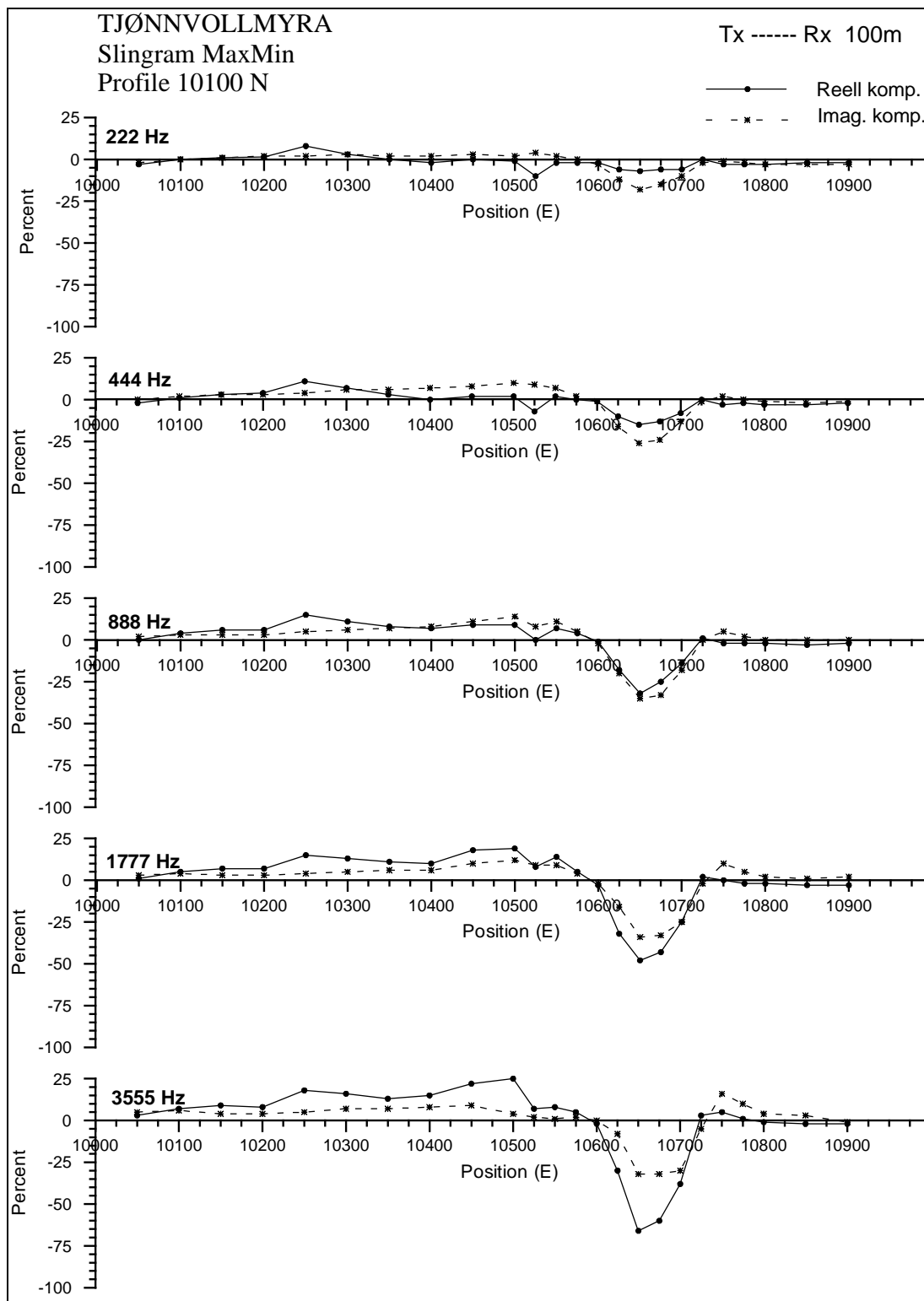
Bilder: EM-sensor som slepes under helikopter (til venstre). Senderspoler i ene enden av sonden (øverst til høyre) og mottagerspoler i andre enden. Like ved mottagerspolene finnes også sensoren som måler det totale magnetfeltet (bilde nederst til høyre). Midt i sonden ligger elektronikken for sender- og mottager-systemet. Her finnes også et sett mindre og svakere sendere som kansellerer primærfeltet i målespolene.

### **Eksempler på målekurver fra bakkemålinger.**

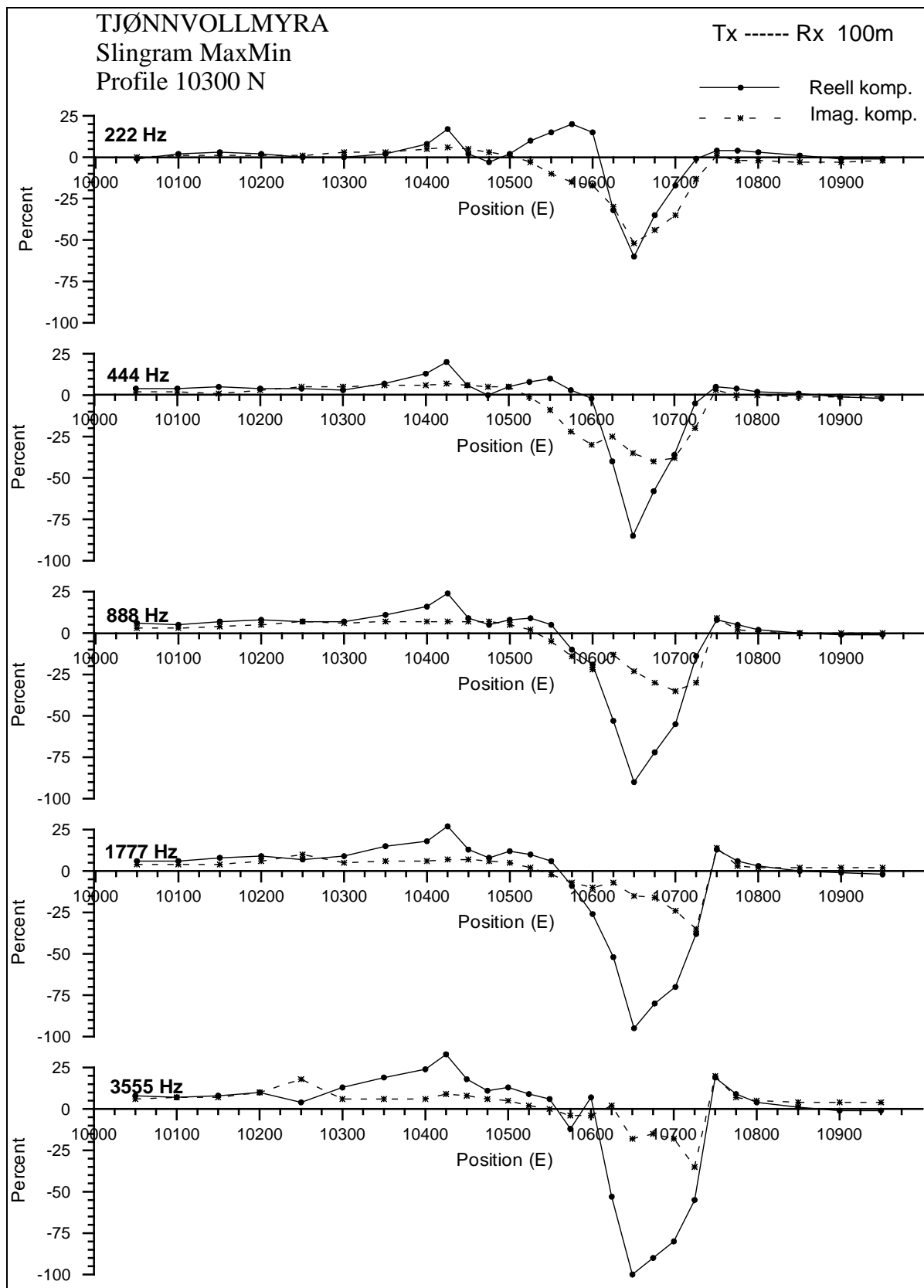
Slingram egner seg godt til å detektere grunne ledere som for eksempel utgående under overdekke. Maksimum dybderekkevidde er 50 – 100 m. Ved å måle på forskjellige frekvenser kan en gjøre en kvalitativ vurdering av ledningsevnen. Lav frekvens gir liten respons på dårlige ledere. Figur 2 og 3 viser 2 profiler målt med 5 frekvens Apex. Den indikerte lederen på profil 10100N er har dårligere ledningsevne enn lederen på profil 10300N som indikeres sterkt på alle frekvenser.



Figur 1. Måleprinsipp for Slingram. Primærfelt fra sender inducerer strømmer i den ledende platen og det elektromagnetiske sekundærfeltet fanges opp av mottagerspolen. På grunn av en fasedreining i bakken kan en måle en komponent som er i fase med primærfeltet og en som er ut av fase (Realdel og Imaginærdel).



Figur 2. Slingramkurver målt over relativt dårlig leder. Merk relativt dårlig respons på de laveste frekvensene (222 og 444 Hz).



Figur 3. Slingramkurver målt over relativt god leder. Anomaliutslaget er jevnt over større for alle frekvenser og spesielt er det markerte utslag for de laveste frekvensene (222 og 444 Hz).