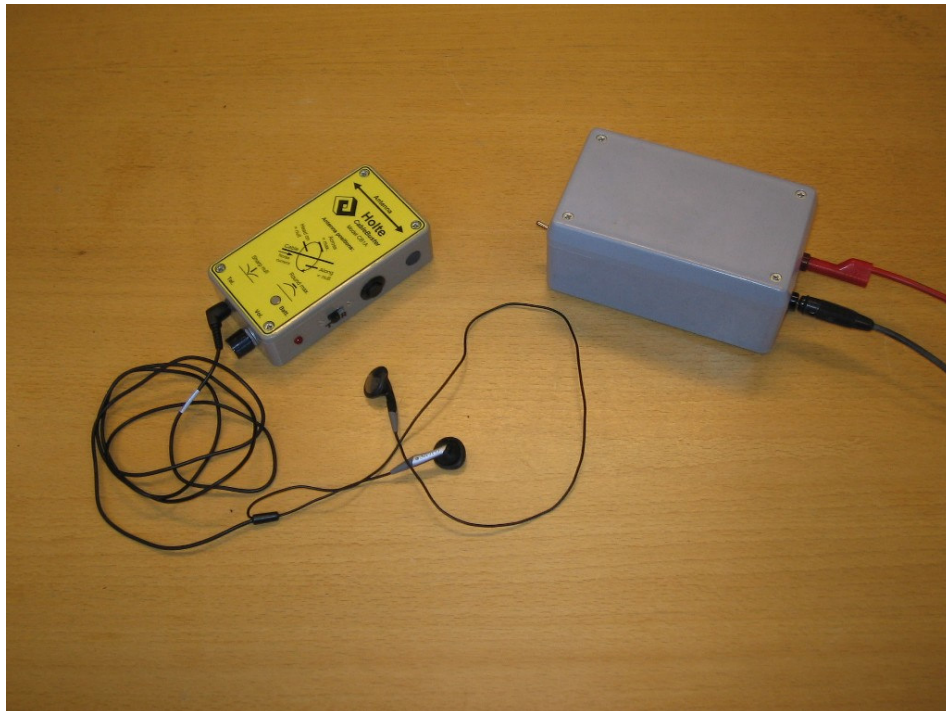


Brukerveiledning for passiv kabelsøker



Bildet viser prototyper av kabelsøkemottaker og signalinjektor

Siv. ing. Stian Holte
Frogsv. 41
3611 Kongsberg
stiaholt@online.no

Brukerveiledning for passiv kabelsøker

Hva kan detekteres?

Kabelsøkemottakeren "hører" radiostøy fra bl.a. kabler i bakken. Vanlige strømkabler og telekabler med bredbånds- eller ISDN-signaler høres på flere meters avstand. Skjermede kabler og koaksialkabler (kabel-TV) er teoretisk støyfrie, men kan likevel oftest detekteres ved at de er befyngt med mantelstrømmer i det frekvensområdet mottakeren er følsom for. Utilkoblede kabler genererer ikke egen støy, men kan ofte påvises ved at de virker som antenner og plukker opp radiosignaler fra luften. Vannrør av metall kan mange ganger påvises på samme måte som utilkoblede kabler, hvis de ligger i tørr jord eller steinfylling, eller hvis de fungerer som jordledning for f.eks. en husinstallasjon (vanlig i gamle hus). Rene fiberkabler og vannledninger av plast kan ikke detekteres.

I tilfeller hvor det er for lite naturlig støy, eller at man har behov for å spore en spesiell kabel blant flere andre, kan signalinjeksjon benyttes. En egnet signalinjektor med en karakteristisk putrelyd er utviklet og vil være tilgjengelig i 2009.

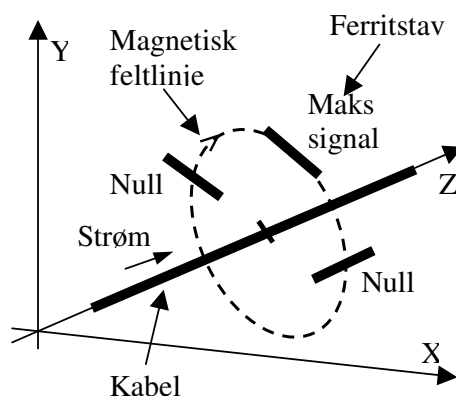
Hvordan virker den?

Kabelsøkemottakeren fanger opp høyfrekvent magnetisk støy fra kabler og andre strømledere. Magnetfeltet sirkulerer rundt kablen og trenger godt igjennom både våt og tørr jord og stein. Antennen er en liten søkespole viklet på en ferritstav¹. Den er bare følsom for feltkomponenter på langs av staven, derfor får man maks. signal med ferritstaven på tvers av kablen og ingenting når den peker langsetter eller rett imot. (*Ikke noe signal i plan som skjærer kablen på langs.*) Dette kan utnyttes til å bestemme kabelens løperetning og peke ut retningen mot kablen. Mottakeren har ikke noe display, man hører signalet med hodetelefon.

For å gjøre maksima og minima tydeligere har den en hjelpefunksjon i form av en tonemodulasjon med frekvens (tonehøyde) som øker med signalstyrken.

Signalstyrken er omvendt proporsjonal med avstanden fra kablen.

Derfor fås best signal nede ved bakken.



Maks. signal på tvers av kablen, null signal langsetter eller rett imot.

¹ Ferrit = Jernoksidholdig keramikk med spesielle magnetiske egenskaper (ferrit: av ferrum = jern)

Hvordan lokalisere en kabel?

Antennestaven sitter i enden av boksen (*stikker litt ut på begge sider i demovarianten*). Maks. signal fås når den peker på tvers av kabelen som søkes. Signalstyrketoppen er ganske rund, men minimumet (nullgjennomgangen) når den peker langsetter eller rett mot kabelen er skarpt. Boksen kan holdes flatt eller på høykant, det eneste som betyr noe er antennestavens pekeretning.

Søketeknikk:

Søketeknikken er ganske lik den en hund bruker når den følger et spor. Først streifer den på kryss og tvers til den får farten av sporet, så snuser den seg frem etter lukten (signalstyrken) ved å krysse frem og tilbake over det. Søkemottakeren har i tillegg en mulighet som hunden ikke har: Den kan peke ut retningen mot kabelen og kabelens løperetning når signalet først er funnet.

1. **Grovpeiling:** Hold mottakerboksen med antennestaven (kortsiden) horisontalt på tvers av kabelens antatte løperetning og beveg den rettlinjet frem og tilbake til sidene til du finner maksimum signal. Tonemodulasjonen gjør det lett å høre signalstyrkeendringer. Roter boksen frem og tilbake horisontalt og søk i forskjellige retninger hvis signalet er vanskelig å finne. Maksima og minima høres lettest ved flytende bevegelser.
2. **Finne løperetning:** Når du har funnet støymaksimum er du ganske nær rett over kabelen. Finn løperetningen ved å vri boksen med antennestaven horisontalt til signalet forsvinner / blir svakest mulig. (Høres tydelig ved å vri boksen frem og tilbake.)
3. **Nøyaktig posisjonsbestemmelse:** Snu boksen slik at antennestaven (den korte enden) står vertikalt og vipp den frem og tilbake på tvers av løperetningen. Du vil finne en nullgjennomgang (signalminimum) som angir retningen mot kabelen. Nullgjennomgang rett nedover betyr normalt at du står rett over kabelen.
4. **Dybdebestemmelse:** Dybden bestemmes ved krysspeiling. Merk posisjonen rett over kabelen og gå ut til siden og ta ny peiling. Nullgjennomgang i 45° vinkel mot bakken (horisontalplanet) betyr at avstanden fra posisjonen rett over kabelen til der hvor siktelinjen fra ferritantennen skjærer bakken er lik dybden. Best nøyaktighet oppnås ved å krysspeile fra begge sider og ta gjennomsnittet. (*Generelt er dybden $D = \text{avstand fra senter / tangens til vinkelen}$. Tangens til $45^\circ = \text{tg } 45^\circ = 1$*)



Grovsøk – finne og følge maksimum signal



Sveip til høyre



Sveip til venstre



Posisjonsbestemmelse – rett ned her ligger kabelen



Dybdebestemmelse – krysspeiling fra høyre



Dybdebestemmelse – krysspeiling fra venstre



Her endte kabelaen

Feilkilder:

Ingen måling er feilfri, og det finnes noen feilkilder som en må være oppmerksom på:

1. **Nabokabler:** Det er vanskelig (umulig) å bestemme korrekt posisjon og dybde hvis man hører signaler fra flere kabler samtidig. Minimum (nullgjennomgang) fra en kabel kan drukne i signaler fra nabokabler. Krysspeiling på dybden blir usymmetrisk og unøyaktig. Hvis støysignalene er identiske, kan man få falske nullgjennomganger. Det er grunn til mistanke hvis man finner flere støymaksima (antenne vannrett) ved siden av hverandre eller har signal over alt, men ikke finner noe tydelig maksimum. (*På den annen side forteller det jo at det er opptil flere kableri bakken under der du står.*) Dersom du alltid får et tydelig signal med antennestaven (kortenden av boksen) vertikalt, kommer det sannsynligvis fra en kabel et sted ute på siden. Signaler fra flere kabler samtidig kan være ganske forvirrende.
2. **Luftspenn og kabelnedføringer:** Kabler i luftspenn gir samme slags støy og kan gi samme slags problemer som nabokabler i bakken. Høyspentlinjer støyer kraftig. Hvis du får merkelige resultater, kikk opp og se om du står under et luftspenn, spesielt om du er nær en stolpe med nedføring. Støyende kabelnedføringer kan gjøre det umulig å få fornuftige peilinger på kabler i bakken i området rundt.
3. **Radiosignaler fra fjerne kilder:** De samme radiosignalene, som kan være nyttige for å gi hørbare signaler i utilkoblede kabler, kan fanges opp direkte av mottakeren og gi misvisning (retningsfeil og usymmetriske dybdemålinger). En test er å gå vekk fra kabelen og lytte etter signaler som har konstant styrke og kommer fra samme retning uansett ståsted. Det er signaler fra fjerne radiosendere eller naturlig støy fra atmosfæren eller solen. Nivået på slike signaler er minst når antennestaven står vertikalt eller peker mot signalkilden.
4. **Kurve med liten radius:** Der hvor kabelen går i sving får man en feltkonsentrasjon og maks. signal i innersvingen og "rett ned-peilinger" som ligger utenfor svingen. Dybdepeilingene blir usymmetriske, men dybden (gjennomsnitt) kan fortsatt bestemmes med bra nøyaktighet hvis ikke feilen er for stor. Feilen øker med avstanden til kabelen og kan bli betydelig ved kombinasjon av dyptliggende kabel og skarp sving. Nøyaktigheten blir bedre jo nærmere en kommer kabelen.
5. **Sløyfer og avstikkere:** Hvis kabelen går i en hårnålsløyfe med tur- og returledning tett inntil hverandre - f.eks. fra en grøft i veien bort til en lysmast og tilbake igjen - vil avstikkeren sannsynligvis ikke kunne detekteres fordi den samme støystrømmen går tur-retur i det samme sporet og feltene nøytraliserer hverandre. Det samme gjelder for en kort blindstubb.
6. **Gjerder og rekkverk av metall:** Hvis kabelen ligger tett inntil f.eks. et nettinggjerde, kan feil oppstå ved at kabelsignalet smitter over slik at du hører mer signal fra gjerdet enn fra kabelen. Lett å sjekke: Hold mottakerboksen med antennestaven loddrett eller på tvers mot toppen av gjerdet. Dersom du hører et forsterket kabelsignal, er saken klar. Da vet du at kabelen går ganske tett inntil eller kanskje under gjerdet, men du kan ikke bestemme nøyaktig posisjon og dybde.
7. **Lokal støy fra motorer og elektrisk/elektronisk utstyr** kan gjøre det umulig å få fornuftige målinger. **Stopp motoren på gravemaskinen** og slå av evt. PC-er, skjermer og annet elektronisk utstyr i nærheten. Også lysdimmere, sparelamper, TV-apparater og batteriladere etc. kan gi støyproblemer. Elektriske likestrømsmotorer og motordrifter med frekvensomformer er kraftige støykilder som gir gode sporings-signaler i tilkoblede kabler, men kan forårsake alvorlige forstyrrelser i sine nære omgivelser.

Mottiltak:

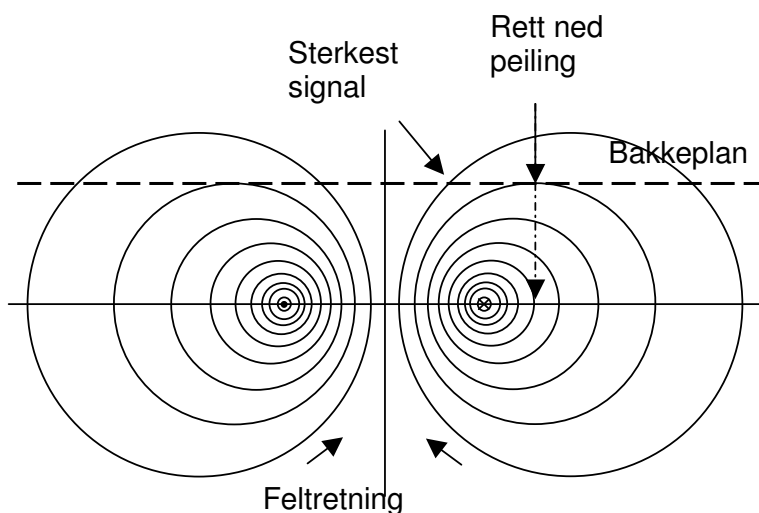
Feilene fra 1. til 3. kan i hovedsak elimineres med signalinjeksjon, d.v.s. påtrykk av et eget dominerende signal i den kabelen man søker etter. Det medfører at man må ha tilgang til kabelen og rigge seg til med signalinjeksjon før man kan måle. (Det er allerede utviklet en passende signalinjeksjonssender som gir et tydelig, godt gjenkjennelig pulset signal.)

Feiltype 4. (Avvik i svinger) er gitt av fysikkens lover og felles for alle typer måleutstyr. Teoretisk mulig å korrigere matematisk.

Feiltype 5. (Sløyfer og avstikkere) er også prinsipiell og gitt av naturens lover. Det eneste som kan hjelpe er signalinjeksjon i enden av sløyfen eller avstikkeren (ved f.eks. lysmast) eller - avhengig av forholdene på stedet - jording på samme sted ved passiv måling.

Feiltype 6. (Smitting) kunne ha vært redusert (men ikke eliminert) med lavere målefrekvens, men det har andre ulemper.

Feiltype 7. (Lokal støy) unngås ved å slå av utstyr som forstyrrer eller bruke signalinjeksjon for å overdøve de uønskede signalene.



Feltfortrengning: Snitt av felt mellom to parallelle ledere eller i en ring.

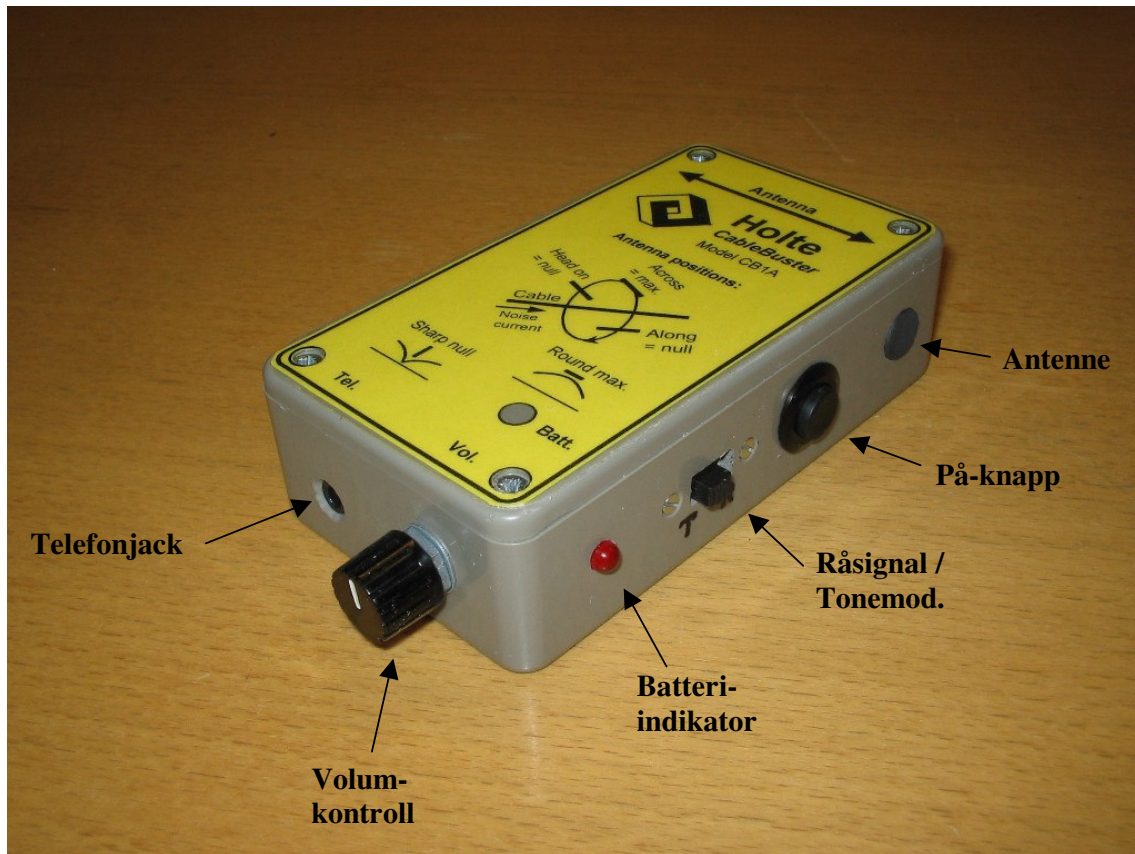
Inngående strøm (inn i papiret) til høyre, utgående strøm (ut av papiret) til venstre (samme strøm inn og ut). Sterkest signal der hvor feltlinjene ligger tettest. Rett ned peiling ligger utenfor lederen, men feilen blir mindre med minskende avstand.

Det samme fenomenet, men i mindre grad, gjør seg gjeldende i en åpen kurve.

Denne typen feil er felles for alle slags instrumenter og kan bli stor ved kombinasjon av dyptliggende kabel og skarp sving.

Tekniske spesifikasjoner

Mål og vekt	110x70x31 mm, ca.150g
Frekvensområde	ca. 133kHz \pm ca. 7,5kHz
Følsomhet	Ikke målt, men tilstrekkelig (ekstern støy er dominerende)
Dynamikkområde	>70dB
Temperaturområde	-20 til +50°C (?)
Batteri	9V "brannvarslerbatteri" (IEC 6LR61)
Strømforbruk	ca. 27mA
Batteri-indikator	Lysdiode som slukner når batterispenningen faller under ca.7V
Volumkontroll	Logaritmisk potensiometer
Valg av modus	Skyvebryter for valg mellom råsignal og tonemodulert signal
Av- og påslag	Tidsbegrenset. Trykk på knapp gir strøm i ca. 2min.
Telefonjack	3,5 mm stereo hodetelefonbøssing
Antenne	Pick up-spole på 67mm lang, 10mm \emptyset ferritstav



Bildet viser et eksemplar av 2. generasjons prototype med front. Det vil bli noen mindre endringer på produksjonsmodellen.