



Georadar - metodblad

Mätning med georadar används som förundersökningsmetod för att kartlägga jordlagerföljd och djup till berg. Metoden kan också användas för att lokalisera rör och ledningar eller gömda föremål.

Metodbeskrivning

Utrustningen består av en antennenhet med sändare och mottagare, en kontrollenhet som styr mätprocessen samt en datorenhet för lagring av mätdata. Normalt ingår även ett dragfordon i utrustningen.

Metoden bygger på att en kortvarig radiopuls sänds ner i marken varefter ekon från pulsen registreras av mottagaren. Ekon uppstår när den utsända radiovågen stöter på ett medium med förändrade elektromagnetiska egenskaper. På så sätt kan olika jordlagergränser eller bergytan registreras med hjälp av radarvågor.

Mätningarna görs under rörelse varvid proceduren utsändning/avlyssning vanligen görs med dm-korta längdintervall längs mätlinjerna. På registreringarna läggs ekona från varje enskild mätpunkt intill varandra så att en ekolodslignande bild växer fram. En sådan registrering kallas för radargram.

Syftet med metodblad för de geofysiska metoderna och tillämpningar är att skapa ett hjälpmedel som ger en översiktlig bild av metoderna och deras tillämpning samt ge exempel på redovisning. Beställare av geofysiska undersökningar har ofta att välja mellan olika metoder och varianter på deras tillämpning för samma uppdrag vilket kan göra metodvalet svårt.

Svenska Geotekniska Föreningen

Fältkommittén i samarbete med Bo Löfroth.

Kontaktperson

Agne Gunnarsson, agne.gunnarsson@v.se

Användningsområden

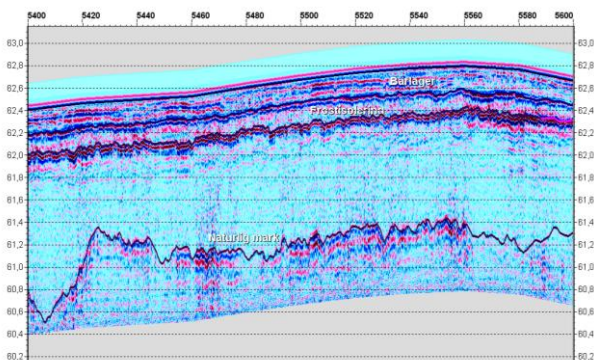
Georadar är en mångsidig mätmetod med flera olika tillämpningsområden. Den kan användas för att kartlägga jordlagerföljder och djup till berg, undersöka befintliga konstruktioner som vägar eller järnvägar, eller för att lokalisera ledningar och föremål i marken. I vissa fall kan metoden användas för att kartlägga vattendjup eller grundvattennivåer. Gemensamt för de flesta tillämpningar är att bästa utbyte erhålls när metoden används som komplement till andra undersökningsmetoder.

Geologiska och geotekniska tillämpningar

En vanlig tillämpning är kartläggning av jordlagerföljd och bergnivå inför nya väglinjer eller ledningsdragningar. Normalt används lågfrekventa antenner i registret 100 – 200 MHz.

Befintliga konstruktioner

Väggroppar kan undersökas med avseende på lagerjocklekar och bankmäktighet. Mätningarna görs från bil med högupplösande antenner i registret 500 – 1000 MHz. Trots de höga frekvenserna kan tunna yttnära skikt som asfalt och bärlager vara svåra att urskilja.



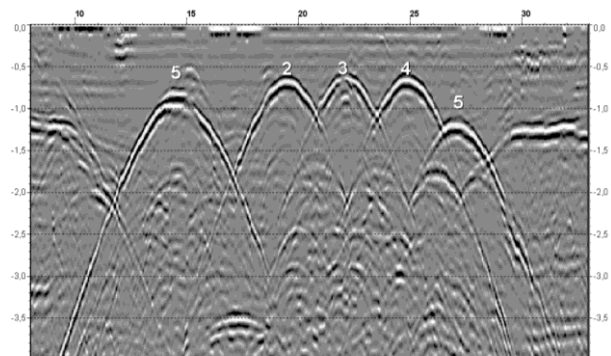
Registrering av vägbank, 800 MHz

Miljörelaterade tillämpningar

En vanlig tillämpning är att använda georadar för att lokalisera nedgrävda föremål som gamla tankar eller ledningar. Metoden kan också nyttjas för att kartlägga markens sårbarhet för föroreningar.

Is, vattendjup, torvdjup, grundvatten

Metoden lämpar sig väl för kartläggning av istjocklek på vintervägar, måttliga vattendjup i sötvatten, torvmäktigheter eller djup till grundvatten. Kartläggning av grundvattennivåer förutsätter att jordmaterialet består av sand eller grus. I jordar med kapillär stigning kan grundvattenytan ej urskiljas.



Registrering av bränslecisterner, 500 MHz

I vilka typer av jordar/material kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lera, sulfidjord	X			
Silt		X		
Sand/grus				X
Morän			X	
Lermorän	X			
Torv				X
Is, sötvatten				X
Bräckvatten	X			
Fyllningsjord		X		
Sprängsten		X		
Betong			X	

Används ej metoden är inte lämplig/relevant i den aktuella jorden/materialet
 Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden/materialet
 Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden/materialet
 Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden/materialet

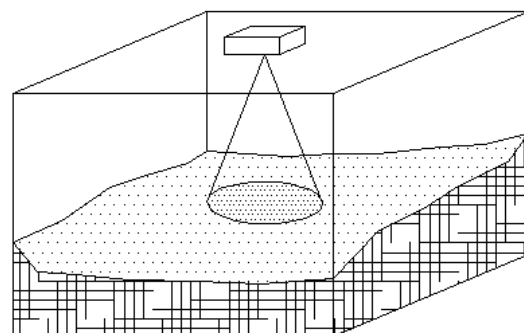
Kapacitet

Mätkapaciteten beror framförallt av framkomligheten i mätområdet. I obanad terräng kan man räkna med en kapacitet på 2 – 4 km/dag. Görs mätningar längs väg kan mätsträckan däremot uppgå till flera mil/dag.

Kvalitet

Georadarn mäter gångtider med mycket hög noggrannhet. Den höga noggrannheten är i regel inte möjlig att bibehålla i de beräknade djupvärdena. Orsakerna till detta är flera:

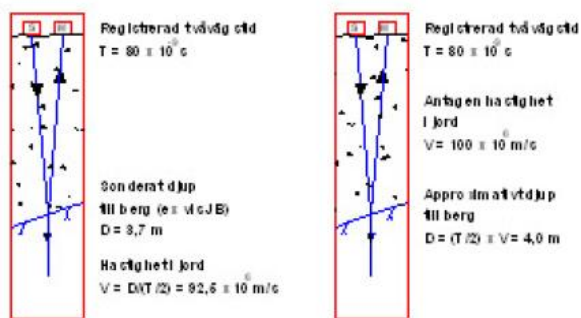
- Hastighetsskillnader förekommer mellan olika jordar och varierar även något inom ett och samma material.
- Metoden är utjämnande i likhet med alla andra geofysiska metoder. Radarekot från en bergyta kommer snarare från en träffyta än från en punkt rakt under antennen. Träffytans storlek ökar med djupet. Därmed ökar även den utjämnande effekten.
- Geometriska fel i läge i förhållande till tänkt mätlinje. Sådana fel är speciellt svåra att undvika vid mätning i terräng.
- Registreringarna är ibland komplicerade och svåra att tolka. Bergytan kan t ex vara svåra att definiera i detalj om bergytan är mycket ojämn eller om övergången är rösad med stora block.



Radarevågens träffyta ökar med djupet

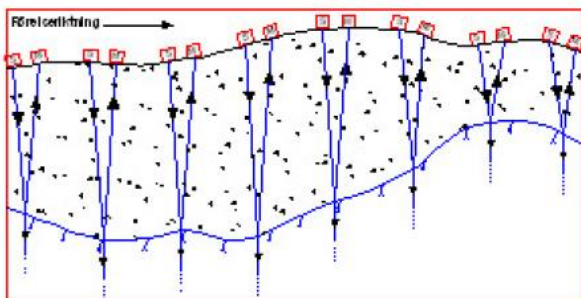
Princip för mätning

Radarekon registreras alltid med ett tidsmått, s k "tvåvägstid". Tvåvägstiden är den tid det tar för en radarpuls att fortläpa sig från sändaren ned till den reflekterande horisonten och därefter upp till markytan, där den registreras av mottagaren. Tvåvägstiden kan konverteras till ett djup om pulsens utbredningshastighet i marken är känd. Hastigheten är inte enhetlig utan varierar mellan olika material beroende på deras förmåga att lagra elektrisk laddning. Denna förmåga styrs i hög grad av vatteninnehållet. En vattenmättad jord ger en låg utbredningshastighet, medan torra jordar ger höga utbredningshastigheter. För djupberäkningar är det därför viktigt att ha god kännedom om utbredningshastigheten. Ett bra sätt att kontrollera detta är att jämföra radarregistreringen av t ex en bergyta med Jb-sonderingar eller provgropar. Finns inga sådana möjligheter måste i regel en approximativ hastighet ansättas, utifrån tumregler och erfarenhet.



Mätdjup och upplösning

Djupkänningen begränsas av radarvågornas dämpning och spridning i jordmaterialen. Dämpningen styrs bl a av markens ledningsförmåga och av dess dielektriska egenskaper.



Djupkänningen kan uppgå till över 30 m i material med låg ledningsförmåga (ex vis torr sand) medan penetrationen i välledande material (ex vis leror) kan vara begränsad till mindre än 1 meter. I de flesta fall bör man räkna med ett penetrationsdjup på mindre än 10 meter.

Djupkänningen beror även på radarvågornas frekvens. Olika antenner (25 – 1000 MHz) väljs utifrån undersökningens syfte. Lågfrekventa antenner tränger bättre ner på djupet men ger en låg upplösning. Högfrekventa antenner ger mindre penetration, men hög detaljåtergivning. Med 1000 MHz antenn kan man nå en upplösning på ett fåtal cm, medan lågfrekventa antenner kan ha en upplösning på ca en halv meter på större djup.

Fördelar - nackdelar

Till metodens fördelar hör bl a den höga mätkapaciteten. Metoden är dessutom oförstörande och vållar i regel inga eller mycket små markskador. Resultaten ger en sammanhängande bild av undergrunden och kan ofta preliminärtolkas redan i fält, vilket kan utnyttjas för att styra mätprogrammets omfattning och inriktning.

Nackdelar består främst av att metoden är områdesspecifik, dvs nedträngningsdjup och tolkningsbarhet är beroende av det material man mäter i. Välledande material som leror, sulfidjordar, eller bräckvatten tillåter ingen eller mycket liten nedträngning. Störda material som fyllnadsmaterial med heterogen sammansättning kan ge komplicerade och svårtolkade reflexmönster. För att uppnå hög noggrannhet i djupbestämningar krävs i regel kalibreringar mot kända djup.

Dokumentation och redovisning

Redovisning omfattar normalt skriftlig rapport sk RGeo med någon form av grafisk återgivning av tolkade mätresultat. Originaldata, dvs mätdata som inte utsatts för någon subjektiv behandling i form av processering, längdkorrigerig eller liknande ingår normalt ej i redovisningen men bör arkiveras och finnas tillgängliga hos utföraren. Beroende på undersökningarnas art kan varianter på redovisningsform förekomma. Exempelvis kan vid renodlad föremålslokalisering (rör, cisterner eller liknande) redovisningen i sin enklaste form begränsas till utsättning av lokaliserade lägen i fält.

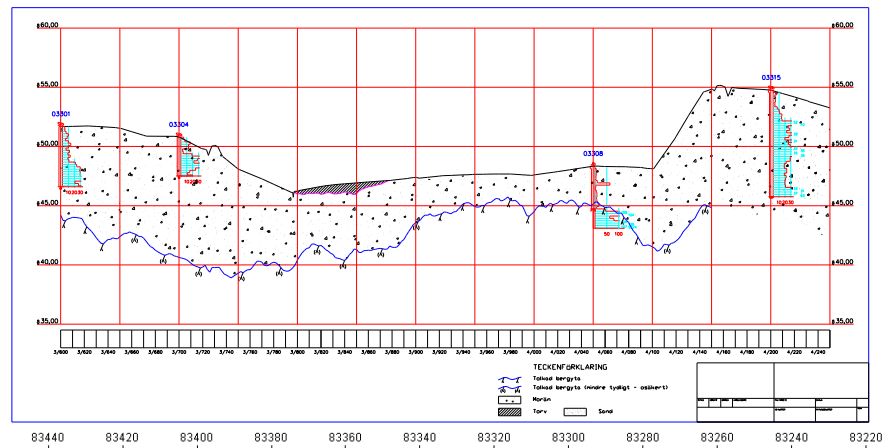
Skriftlig rapport bör normalt innefatta:

- Allmän beskrivning av utförda arbeten och dess omfattning
- Redovisning av använd mätutrustning och mätfrekvens(er)
- Redovisning av tillgängligt referensmaterial alternativt att referenser saknas
- Uppgift om ansatta utbredningshastigheter
- Resultatbeskrivning och kommentarer till utförd tolkning. Bedömning av tolkningens grad av säkerhet/osäkerhet

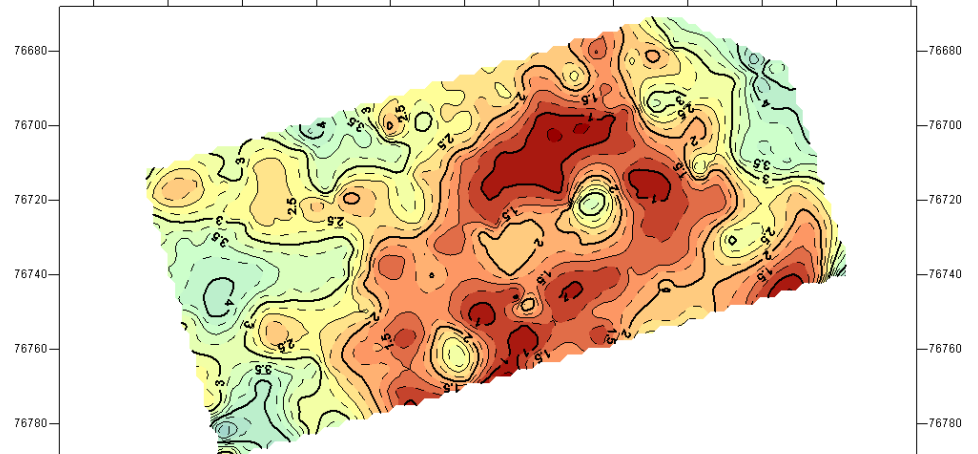
Grafisk redovisning kan utgöras av:

- Tolkningsritning av jordlagerföljd och bergnivå i profil/sektion
- Tolkningsritning av jorddjup eller motsvarande i plan
- Bearbetade registreringar med införd tolkning
- Geotekniska fältundersökningar redovisas tillsammans med undersökningen

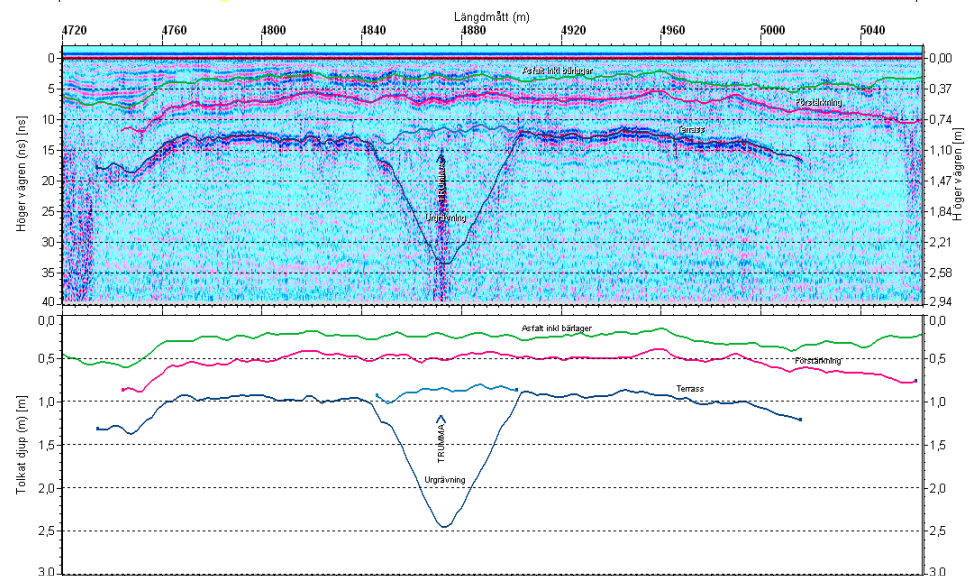
Exempel på tolkningsritning av jordlagerföljd och bergnivå i profil/sektion



Exempel på tolkningsritning i plan med redovisat jorddjup.



Exempel på registrering av mätning på väg, med införd tolkning



Litteratur och referenser

Reynolds, J. M., 1998. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-96802-1.

Mera allmän beskrivning finns bl a i:

Triumf, Carl-Axel., 1992. Geofysik för geotekniker – metoder och tillämpningar. Byggforskningsrådet. ISBN 91-540-5493-1