

Ondergrondse-
Radio Communicatie

Ondergrondse-Radio Communicatie

Inleiding:

Zoals reeds gemeld in Onderwater-Radio Communicatie is het zeer moeilijk om radiogolven doorheen vaste- en vloeistoffen te leiden, dit te wijten aan absorptie. De topografie van het aardoppervlak beïnvloedt de propagatie van radiogolven. Bijgevolg is ook bij grondgolfpropagatie de signaalsterkte afhankelijk van de geleidbaarheid, deze ligt tussen 0,1 en 30mS/m. Van bestaande curven kan men zien dat de conductiviteits resultaten een verschil tot 44dB in veldsterktewaarde kunnen bedragen en dit voor een 1MHz signaal op een afstand van 100km. Hoe lager de frequentie, hoe beter het doordringings vermogen door de bodem. Radiosignalen die de grond raken stoppen niet maar dringen door in de bodem. De demping aan het oppervlak van de aardkorst (sedimentair- of afzettingsgesteente) bedraagt $\sigma = 10^{-3}$ tot 10^{-2} ohm/m. Bij dergelijk medium is een golf praktisch gedempt bij afstanden van $\leq \lambda$, bij lager maken van deze golflengte kan men dus verder doordringen. Bij dieptes van 3 à 7km is σ gereduceerd tot 10-11ohm/m. Bij verder stijgen van de temperatuur (dus dieper) verhoogt de ionisatie (inverse ionisatie) en stijgt de geleidbaarheid.

In mediums met grote geleidbaarheid (σ) zal het absorptiecoëfficiënt stijgen met de frequentie. Daarom worden voor ondergrondse radio communicatiefrequenties kleiner dan 300KHz gebruikt.

Verder onderzoek wordt gedaan naar het gebruik van hogere frequenties zoals VHF, UHF, en zelfs GHz systemen (veiligheidssystemen).

Systemen zoals Flexabert, PED en Telemag-Transtel US worden verder behandeld.

Een beetje geschiedenis:

Nicola Tesla was één van de eerste die lange draden ging gebruiken (Systeme Nicola) die aan de uiteinden met de aarde werden verbonden om het signaal van de zender in de aarde te induceren. In vaktaal wordt dit "Earth current principle" genoemd. Veldtelefoon en ééndraad systemen waren de eerste hulpmiddelen om ondergronds (grotten en mijnen) te kunnen communiceren.

In de jaren 80 (1980) zijn de Engelsen gestart met wat ze noemden de "cave radio". Hiervoor gebruikten ze VLF met 87KHz als zendfrequentie. Met een loopantenne konden afstanden van 150m diep worden gehaald. Normale VLF antennes konden niet gebruikt worden (te grote λ). Om die rede werd enkel de zendenergie omgevormd tot EM golven. 87KHz betekent echter een antenne van ongeveer 3,5Km, daarom gebruikte men magnetische loopantennes (in feite een spoel met een diameter van 1m). Omdat deze antenne omnidirectioneel is was er minder atmosferische ruis. Daarna verschenen de Molophone en de Ogophone waarmee enkel de Britten nu nog mee werken.

Nog te vermelden dat geïnteresseerden in "cave radio's" verenigd zijn in de GREG, een onderdeel van de BCRA (British Cave Research Association).

In Zwitserland bouwde men (1980) het Hölloch systeem dat steunt op het principe van "Earth Current". Dit waren grotradioradio's die ook in de VLF band werkten, met als antenne het 2 draden systeem. Hier ook was de zender er aan de ene kant mee verbonden en de andere kant met de aarde. Er werden zeer goede resultaten bereikt, zelfs tot 900m doorheen de rots. Sinds 1993 is er een eerste VHF relais beschikbaar voor grotonderzoek. In de VLF en LF banden (1990) werd er gewerkt met frequenties tussen 10 en 150 KHz. In plaats van dipool antennes wordt het signaal geïnjecteerd met geïsoleerde draden aan elektroden in de grond. John Hey, speoloog, radioamateur (G3TDZ) bouwde de zeer bekende grotradioradio (Heyphone) en wordt hier verder een klein overzicht van gegeven.

De John Hey radio:

Te vermelden is dat het hier in feite om inductiezenders gaat, omdat het inductiegolven zijn die in de aarde dringen.

De tranceiver is een enkel- kanaal- half duplex-SSB in LF en werkt op 87KHz. De bandbreedte is bij SSB de hoogste geluidsfrequentie. Voor Heyphone is deze 2,6 KHz en er wordt in USB gewerkt. Het gebruikte segment is 87KHz- 89,6KHz. Het gebruik ervan kan zowel als grot of aan de oppervlakte gebruikt worden en is voorzien van een baken dat in morsecode uitzendt. Ze werken echter het meest met draadantennes eerder dan met loopantennes, deze laatste worden echter specifiek in mijnen gebruikt.

Aardantennes zijn vlug samen te stellen. Al wat er nodig is zijn twee draden, weg van de tranceiver en in tegengestelde richting, waarbij de uiteinden met elektrodes aan de aarde worden verbonden. (zie fig.1). De lengte van de draden is 10m elk en moet voldoen aan een gebruik bij 3 à 5A en waarvan er twee paar nodig zijn.

De loop daareentegen kan bestaan uit een zeskant met 22 windingen soepele draad van 0,75mm² en heeft een diameter van 1m. Ze is opgebouwd op drie kruiselings gemonteerde houten latten die indien opgevouwen vervoerd kunnen worden in een pvc buis van 110mm. Deze antenne moet echter afgestemd zijn op de frequentie (dit is niet nodig bij gebruik van een aardantenne) en is uitgevoerd met een C in serie of parallel met de spoel. De waarde van C is afhankelijk van de inductantie van de loop. $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ waarbij f in Hz, L in H en C in F (hier is f = 88,3KHz, midden van de band).

Om de eindtrap aan te passen aan de aardweerstand van de aarde wordt een transformator toegepast met verschillende aftakkingen (verschillende aardweerstand) en wordt achter het TX/RX relais geplaatst.

Verdere ondergrondse communicatie systemen:

Het toepassingsgebied is uiteraard legio, grondonderzoek, tunnelbouw, mijnen en geologisch onderzoek (kolen, gas, olie, ertsen, enz.).

Radiogolven hebben zoals we reeds weten een kenmerkende verzwakking of demping in rotsen en andere lagen en dit naarmate de elektrische geleidbaarheid van het medium verandert tussen zender en ontvanger. De elektrische geleidbaarheid (σ) en de relatieve permittiviteit (ϵ_r) hebben een bepalend effect op elektromagnetische systemen.

Deze parameters beïnvloeden de keuze van de antenne en antenne doelmatigheid waarbij de transmissieverliezen en faseshift het propagatiepad domineren. Waarden van σ en ϵ_r zijn bijgevolg een noodzakelijke kennis en zijn bovendien frequentieafhankelijk. Labo – en andere metingen laten toe deze te testen.

Een voorbeeld van de geleidbaarheid uit een Amerikaanse koolmijn:

Er wordt een verschil gemaakt tussen verticale – en horizontale geleidbaarheid

| zelfde dikte: h/m | kolen σ_c (mho/m) | rots σ_r (mho/m) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1,5 | $0,3 \times 10^{-4}$ | 0,085 |

σ_c = verticale of transversaalse geleidbaarheid van kolen

σ_r = verticale of transversaalse geleidbaarheid van rots

absorptie coëfficiënt α wordt gegeven in dB/100ft

| | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| nog enkele waarden: $\rho = 1/\sigma$ | graniet $\rho =$ | $100 - 1 \times 10^6 \Omega/m$ |
| | zand $\rho =$ | $1 - 1000 \Omega/m$ |
| | zeewater $\rho =$ | $0,2 \Omega/m$ |

Uit de vele meetmethoden worden hier enkele systemen voorgesteld

Brugmethode:

Het toestel bestaat uit een plaatcondensator waartussen de te meten stof is aangebracht (diëlectricum) waarbij de bovenplaat met een micrometer aangestuurd wordt, de gebruikte frequenties zijn van 10^{-2} tot 10^9 Hz.

Antenne input impedantie methode:

De input impedantie van de antenne, dicht tegen de aarde, is afhankelijk van de elektrische parameters van de grond. Horizontale lineaire antennes dichtbij de resonantielengte en binnen $1/\lambda$ van de grond hebben de efficiëntie voor de bepaling van σ en ϵ_r aangetoond. Antennes die op de grond blijven liggen zijn bijna even effectief als deze die tegen de aarde gekoppeld zijn. Verticale antennes zijn voor deze toepassing niet zo effectief dan de horizontale.

Metingen door middel van boorgaten:

Metingen door middel van boorgaten worden eveneens gebruikt om σ en ϵ_r te bepalen. De methode bestaat er in 2 boorgaten te maken waarbij in het ene boorgat de zender wordt neergelaten en in het andere de ontvanger (hole to hole transmission). Op deze manier meet men de absolute verzwakking en de faseshift (voor cw signalen) of aankomsttijd (pulssignalen). Afstand tussen de 2 boorgaten, groter dan de golfte, leveren betrouwbare data. Ook metingen met 3 en 4 boorgaten worden toegepast.

Voor zee- en zoetwater is $\epsilon_r = 80$, 1 à 5 mho/m, rotsgrond: $\epsilon_r = 7$, droge grond: $\epsilon_r = 4$ en zandgrond geeft bij 25°C volgende ϵ_r

| ϵ_r bij frequentie (Hz) | | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|
| 10^3 | 10^6 | 10^9 | 10^9 |
| 2,91 | 2,59 | 2,55 | 2,55 |

Radio Imaging Methode: (RIM)

Is een EM radiogolf transmissie methode die gebruik maakt van relatief lage frequenties. Typische meetafstanden zijn van 100 tot 200 voet, afhankelijk van de geologische laag. Ze meten de verzwakte radiogolf signalen en faseshift van boorholte tot boorholte.

De data wordt gebruikt om tomografische beelden (tomograms) te maken en identificeert geologische structuren (zie fig.2 en fig.3).

De EM golven signaleren een demping als een verandering in de geleidbaarheid tussen zender en ontvanger. Multi stralingspaden meten doorheen het medium door de zender te verplaatsen ten opzichte van de ontvanger.

RIM maakt gebruik van 50KHz loopantennes, bij frequenties van 50-100-300KHz. Boorholtes kunnen tot 300m van elkaar liggen maar de beste penetratieafstand is 165m. De apparatuur registreert signalen met amplitudes van 1nV.

Beveiligingssystemen:

Flexabert: is een evacuatiesysteem in de LF-band en geeft informatie aan een mijnwerkerslamp ontvanger. Het is een enkelweg systeem met een 10 tot 120m draad loopantenne die bovengronds de mijn is geplaatst. Het ontvangt een evacuatiesignaal die een lamp (led) doet flitsen.

PED: een systeem dat werkt op een frequentie van 1KHz dat digitale signalen naar de mijnwerkers zend, het kan zowel individueel, een groep, of het voltallig ondergronds personeel bereiken. Bij het ontvangen van een bericht flitst er een lamp waarbij het bericht verschijnt.

Telemag-Transtel US: telemag is een draad "through the earth" (TTE) tweeweg spraak en data communicatiesysteem dat werkt op 4KHz. Het is een vast, station tot station, systeem. De ondergrondse- en oppervlakte antennes bestaan uit een loop met een diameter van 60 voet en is getest tot een diepte van 300 voet. De werkfrequenties zijn 400Hz-600Hz-3KHz.

Principe en voorbeeld van radio locatie:

Om het in kaart brengen van een plaats in een onderwater gelegen grot te bepalen, bestaat de traditionele methode erin, gebruik te maken van een richtkoord, die in secties verdeeld is en tevens ook gebruikt wordt om de diepte te meten. Daar deze methode om diverse redenen niet altijd haalbaar is moet men zijn toevlucht nemen door gebruik te maken van een radio locatie systeem.

Zoals we weten is gebruik van radiogolven doorheen water en rots op zijn minst niet eenvoudig. Een magnetisch veld kan echter wel penetreren doorheen water en rots. Daarom wordt een staafmagneet verticaal in de grot opgehangen, waarbij de waarnemer aan het oppervlak het magnetisch veld meet tot wanneer het punt gevonden wordt waarbij het veld verticaal is. Dit punt is direct boven de staafmagneet in de grot, dit wordt "ground zero" geheten (zie fig.4).

Hij kan ook de dikte van de rots meten door het punt te meten waar het magnetisch veld onder een hoek van 45° ten opzichte de horizontale te voorschijn komt. Door de afstand te meten van dit punt tot

"ground zero" en dit te vermenigvuldigen met 1,77 kan men dus de diepte van de staafmagneet meten.

Spijtig genoeg werkt dit systeem niet in de praktijk omdat het veld van een staafmagneet veel te zwak is.

In plaats van de staafmagneet maken we gebruik van een spoel waardoor we een wisselstroom sturen met een audio frequentie. Dit magnetisch veld door de spoel geproduceerd heeft dezelfde vorm als het veld van een staafmagneet, maar dit is nu een wisselend veld. Dit veld kan opgenomen worden door een tweede spoel dewelke verbonden is met een versterker en een koptelefoon. De operator kan nu het magnetisch veld horen. Het aardmagnetisch veld heeft geen effect, daar het niet in tijd verandert en geen toon opwekt.

De richting van het magnetisch veld wordt bepaald door een proces of "nulling". De ontvanstspoel wordt zo gedraaid totdat men geen signaal meer hoort. Dit noemt men de "nul" positie. Op dit punt bevindt zich de as van de ontvangerspoel in een rechte hoek tot het magnetisch veld. Op "ground zero" is het magnetisch veld verticaal en de ontvanger zal "nul" aangeven wanneer de spoel zich horizontaal bevindt. Om het exacte "ground zero" te vinden moet de spoel "nul" horizontaal zijn en het heeft geen belang in welke richting men de spoel draait. De "nul" methode kan ook gebruikt worden om het 45° punt te vinden en zo de diepte te bepalen.

Een veel belangrijker benadering vind je op Google: BCRA Creg Compass Points #10

Enkele radiolocatie frequenties: 874Hz – 3496Hz (bakens) 27 – 87 – 115 – 185KHz

Bron:

CRO hey Phone Communications system by Chris Trayner

Bringing Geophysics into Mine: Radio Attenuation Imaging and Mine Geology –Scott Thomas-Steven Hinde

www.scavalon.be

www.vollok.nl

www.GRPS.be/docs/Regards_71_Nicola.pdf

links:

<http://radiolocation.tripod.com>

<http://hamil.org/swt/index.htm>

internet:

an introduction to cave radio location

radiolocation for cave surveying

thru-the- earth radiolocation

Januari 2012
maurits on4apn

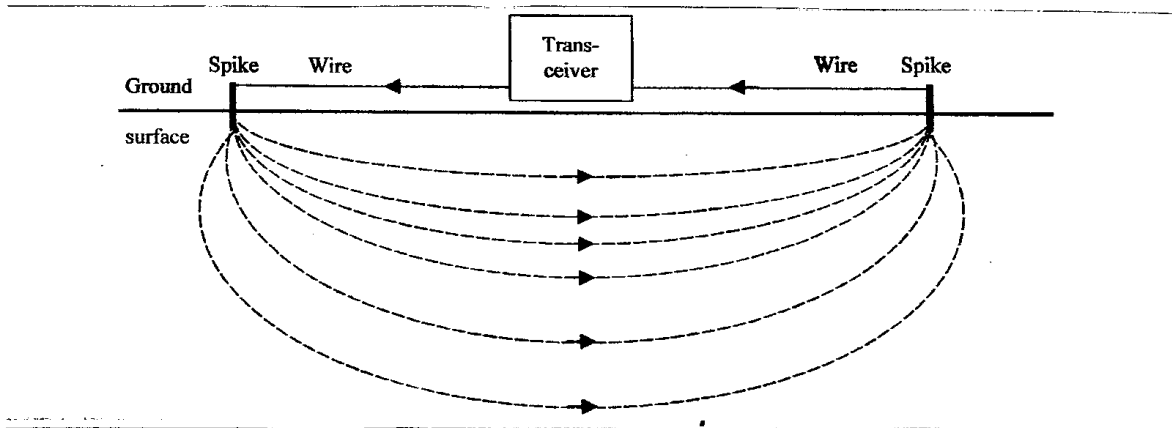


Figure 1 - Current paths in an Earth Loop Antenna. The arrows show the direction of current flow. The dashed lines indicate the spread of the current underground. The paths shown are only an approximation. In reality, the current spreads out deep down into the earth and as high as the surface. This is a 2-dimensional section, and the current also flows above and below the plane of the page.

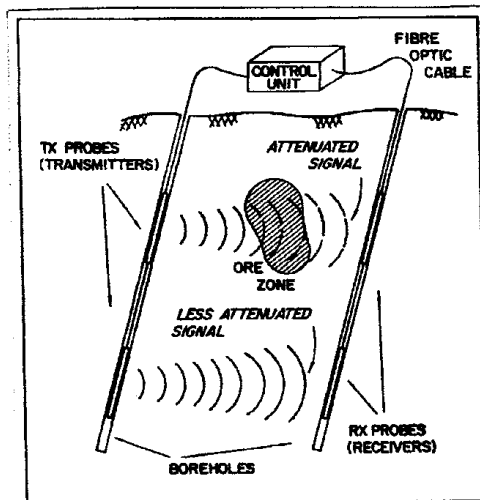
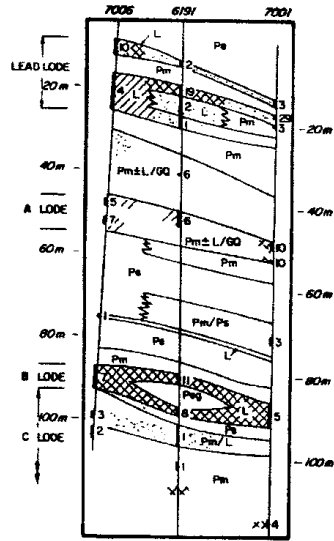
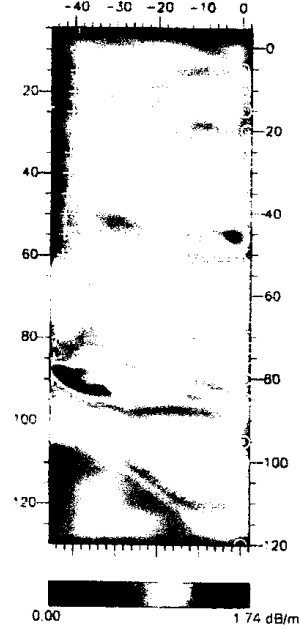


FIGURE 2
Crosshole scanning between drillholes using the FBM II borehole system.

Broken Hill - Tamo 2 (Tx 7006 : Rx 7001)

- Source
0 Receiver



| KEY | |
|-----------------------------|------------------|
| XXXX | + 10% Pb + Zn |
| //// | 7 - 10% Pb + Zn |
| | 3 - 7% Pb + Zn |
| L | LEODE |
| GQ | GARNET QUARTZITE |
| Peg | PEGMATITE |
| Pe | PELITE |
| Pm | PSAMMOPELITE |
| NUMBERS INDICATE Pb GRADE % | |

FIGURE 3
Crosshole RIM image from Broken Hill (left) and interpreted geological section (right). Boreholes 7006 to 7001. The holes are 40 m apart. The tomogram shows three zones of high attenuation corresponding to the Lead Lode, A Lode and B Lode.

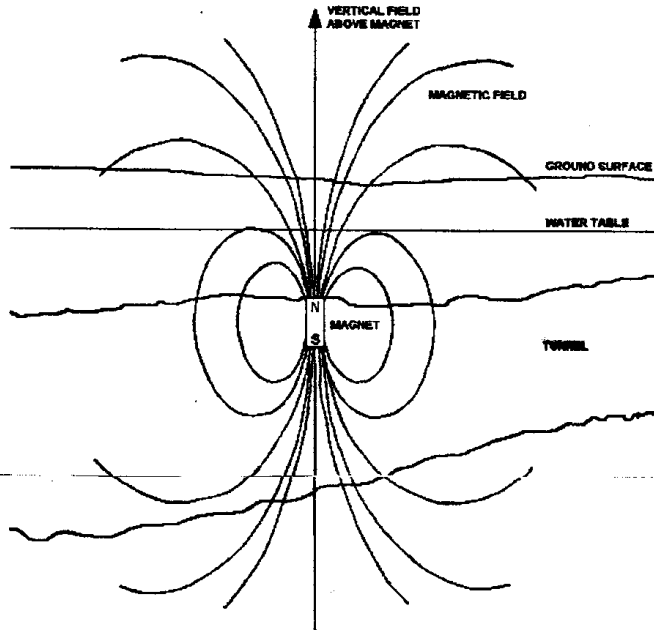


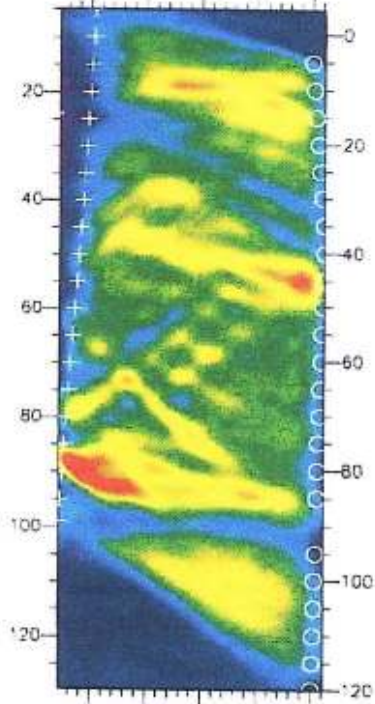
Figure 4

Magnetic field produced by a bar magnet in a cave passage

Broken Hill - Tomo 2 (Tx 7006 : Rx 7001)

- Source
O Receiver

-40 -30 -20 -10 0



0.00 1.74 dB/m