

REFRAKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Metoden grunner seg på at lydens forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter. Ved utføring av refraksjonsseismiske målinger benyttes vanligvis dynamitt eller en slegge som energikilde. Oppsatte lydbølger fanges opp av geofoner (land) eller hydrofoner (sjø) og disse sendes inn på en digital registreringsenhet (seismograf). Ved tolkninger benyttes vanligvis den første bølgefront som når geofonene, P-bølgen.

Bruk av refraksjonsseismikk metoden forutsettes at undergrunnen kan beskrives med en forholdsvis enkelt modell av mer eller mindre horisontale lag med homogene seismiske parameter. Ved å måle tiden fra et skudd går av til lydbølgen når en geofon, kan materialenes P-bølgehastighet og lagtykkelser beregnes.



Bilde: Seismograf (24 kanaler),
batteri, triggspole og avfyringsenhet.

En 'lydstråle' fra sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallsloddet, slik at

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når $R=90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i_c = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Forplantningen av seismiske bølger langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng

utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan det oppnås en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene.

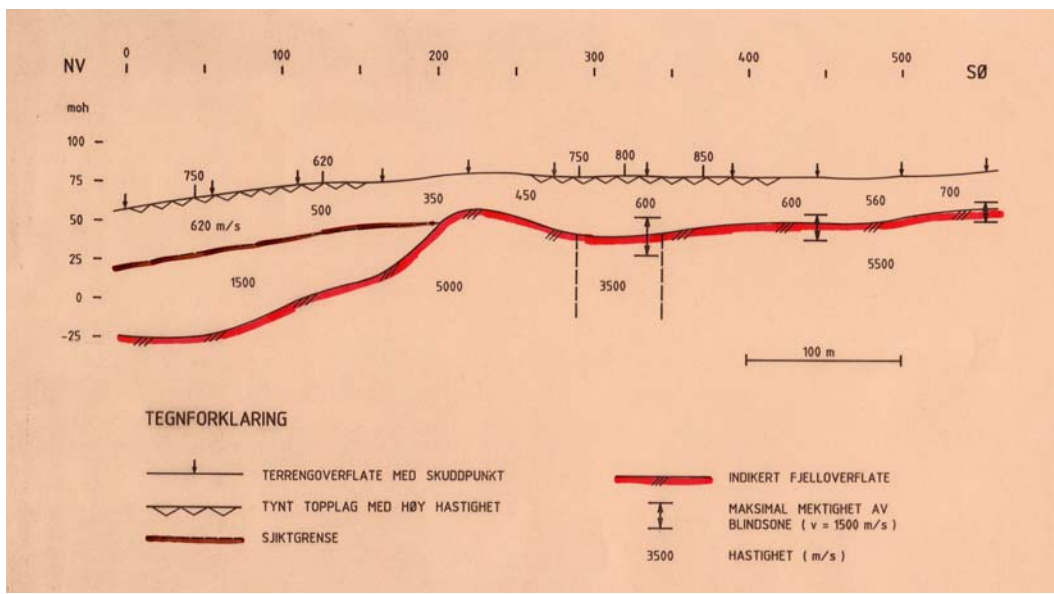
Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor (< 25 grad).

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnete. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende, hastighetsinversjon. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnete dyp øker med antall sjikt.

Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene. Som en gylden regel regnes usikkerheten i dybdeangivelse på 1 meter ned til 10 meters dyp og deretter 10 % av beregnet dyp.

Jordarter	P-bølgehastighet (m/s)	Bergarter, ikke oppsprukket	P-bølgehastighet (m/s)
Torv	150 – 500	Sandstein	3000 – 3500
Leire (tørr)	600 – 1200	Kalkstein	4000 – 6000
Sand (tørr)	400 – 900	Dolomitt	2500 – 6500
Grus (tørr)	400 – 1000	Kvartsitt	5500 – 6000
Morene (tørr)	400 – 1600	Granitt	4800 – 5500
Leire (vannmettet)	1200 – 1600	Gneis	4700 – 5800
Sand (vannmettet)	1400 – 1800	Diabas	5700 – 6500
Grus (vannmettet)	1400 – 1900	Gabbro	6200 – 6700
Morene (løs)	1500 – 1900	Ultramafisk	6500 – 7500
Morene (hard)	1900 – 2800		

Tabell 1: P-bølgehastighet i noen geologiske materialer. Data er hentet fra norske erfaringer (NGU og Geomap as). S-bølgehastigheten er ofte lik ca 60 % av P-bølgehastigheten (varierer). Oppsprekning av bergarten og leiromvandling vil kunne redusere hastighetene betydelig.



Figur 1: Eksempel på tradisjonell refraksjonsseismisk tolkning. Profilet viser lagdeling i løsmassene som er forenlig med tørr grus (350 – 600 m/s) over vannmettet sand/grus (1500 m/s). Fjellet synes å ha god kvalitet (5000 m/s) bortsett fra en ca 50 m bred sone med hastighet 3500 m/s. Stedvis finner en dagnært problemer med hastighetsinversjon 750 – 850 m/s over 350 – 620 m/s, og mot høyre kan vannmettet sand/grus ligge i en blindsoner. Maksimal tykkelse av dette laget er angitt med piler.