



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

## JARÐVIÐNÁM VIÐ HÁSPENNULÍNUR

Línuleið: Fljótsdalur - Akureyri -  
Sprengisandur - Hrauneyjafoss - Hvítá.

Birgir Jónsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

R.I-90/01

Júlí 1990

DB GRÆNARGERÐASAFN



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

Verknúmer: 958000

## JARÐVIÐNÁM VIÐ HÁSPENNULÍNUR

Línuleið: Fljótsdalur - Akureyri -  
Sprengisandur - Hrauneyjafoss - Hvítá.

Birgir Jónsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

BJ-90/01

Júlí 1990

## JARÐVIÐNÁM Á HÁSPENNULÍNULEIÐ: FLJÓTSDALUR-AKUREYRI-HRAUNEYJAFOSS- HVÍTÁ.

Að beiðni Þorgeirs J. Andréssonar verkfræðings á Línudeild Landsvirkjunar tók Vatnsorkudeild Orkustofnunar að sér að áætla jarðviðnám í yfirborðslögum á háspennulínuleið frá Fljótsdal, um Akureyri, suður Bleiksmýrardal og Sprengisand að Hrauneyjafossi. Einnig var áætlað jarðviðnám á línuleiðinni frá Hrauneyjafossi ofan Hreppa til Hlöðufells.


Áætlun þessi um jarðviðnám í yfirborðslögum er byggð á viðnámsmælingum, sem voru gerðar fyrir 1976, en í viðauka sem hér fylgir er lýst hvernig slíkar mælingar eru framkvæmdar.

Árið 1976 tók Davíð Egilson og fl. saman fyrir undirritaðan töflu byggða á eldri viðnámsmælingum í ýmsum gerðum af yfirborðslögum. Fylgir sú tafla hér með lítið breytt, en í henni eru yfirborðslögin flokkuð í 13 flokka eftir jarðviðnámi.

Undirritaður kynnti sér þau gögn sem til eru um línuleiðina, og reyndi að flokka hana niður í búta sem samsvara flokkunum í meðfylgjandi töflu. Flokkun þessi hlýtur að vera ónákvæm og í flestum tilfellum voru ekki nægar upplýsingar til að skipta línuleiðinni í litla búta. Því var það ráð tekið að skipta leiðinni niður í a.m.k. nokkurra km. langa kafla og gefa þeim nokkurs konar meðaleinkunn, byggða á áður nefndri töflu.

Á meðfylgjandi kortum er línuleiðinni skipt í kafla og hver kafli merktur með númeri viðeigandi flokks af töflunni. Í öllum tilfellum er um nokkurt svið að ræða innan hvers flokks og lækkar viðnámið ætíð með auknum raka.

Virðingarfyllst

  
Birgir Jónsson

Heimildir:

Davíð Egilson 1976. Tafla yfir viðnámsmælingar í yfirborðslögum. Fylgiskjal 17 í ; Framvinduskýrslu 3, 1975-77, Raflínunefnd, nóv.1977.

Orkustofnun, ódagsett: Lýsing á viðnámsmælingu.

Myndamöppur og kort frá Þorgeiri J. Andéssyni, Landsvirkjun.

Auk þess var stuðst við nákvæm landakort og jarðfræðikort, þar sem þau voru fyrir hendi og eins var leitað til ýmissa starfsmanna Orkustofnunar sem þekktu til á hinum ýmsu köflum línuleiðarinnar.



Viðnámsgildi nokkura yfirborðslaga niður á 1-1,5 m dýpi.

Gerð yfirborðslaga	Eðlisviðnám Ω m		Ath.
(1) Hveraummyndun	1-	100	Viðnám vex með aukinni sandblöndun og minnkandi raka
(2) Mýri	40-	250	Viðnám lækkar með aukinni rotnun og raka.
(3) Mold	60-	500	Viðnám lækkar með auknum raka.
(4) Þurr mói	250-	1.000	Viðnám lækkar með auknum raka.
(5) Sandborinn melur	500-	2.000	Viðnám lækkar með auknum raka.
(6) Leirborinn sandur	100-	2.000	(Ekki jökulmelur).
(7) Sandborin mól, rök	100-	700	Viðnám lækkar með auknum raka.
(8) Gróf mól, yfirleitt rök	500-	2.000	Viðnám lækkar með auknum raka.
(9) Þurr, gróf mól og þurr sandur	5.000-	28.000	Viðnám lækkar með auknum raka.
(10) Móhella, blaut	200-	500	
(11) Mórena	1.000-	8.000	Viðnám vex með þökkun.
(12) Moldarblandið hraun eða urð	300-	5.000	Viðnám lækkar með aukinni mold og raka.
(13) Gjall og gjallkennt hraun	500-	50.000	Viðnám lækkar með auknu vatni og raka.





















# VIÐNÁMSMÆLINGAR

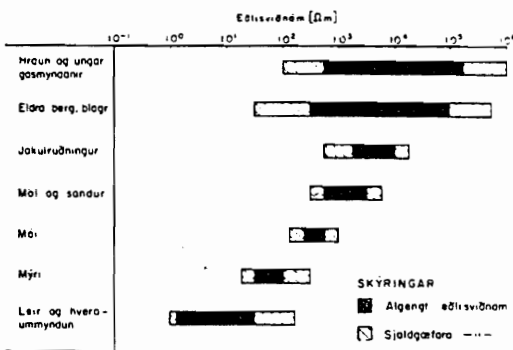
## Frumkönnun fyrir mannvirkjagerð

### 1. Inngangur.

Viðnámsmælingar hafa verið notaðar hér á landi við jaróhitaleit í nokkra áratugi og gefist mjög vel. Á seinni árum hefur þeim einnig verið beitt með góðum árangri við ferskvatnsleit og frumkönnun fyrir mannvirkjagerð. Grein þessi fjallar um notkun, túlkun og notaðgildi viðnámsmælinga við slíka frumkönnun. Markmið viðnámsmælinga þar er að finna þykkt laga með mismunandi eðlisviðnámi. Þessi viðnámslög gefa vísbendingu um jarólagaskipan á mælistað.

#### 1.1. Eðlisviðnám.

Eðlisviðnám er mælikvarði á það hve vel efni leiða rafstraum. Algengasta eining þess er  $\Omega m$  (ohm-m). Margir þættir ráða eðlisviðnámi jarólaganna en mest áhrif hefur vatnsmagn í jarólagunum og magn uppleystra efna (t.d. salts) í vatninu. Flestar berg og steintegundir leiða rafstraum afar illa þegar þær eru þurrar. Venjulega er vatn með uppleystum efnum í jarólagunum. Slíkar vatnslausnir leiða rafstraum mun betur en fasta efnið og hafa því afgerandi áhrif á hve vel jarólagin leiða, þar sem þær skammhleypa rafstraumnum framhjá háviðnáminu. Mynd 1 sýnir algengt eðlisviðnám jarólaganna hérlendis.



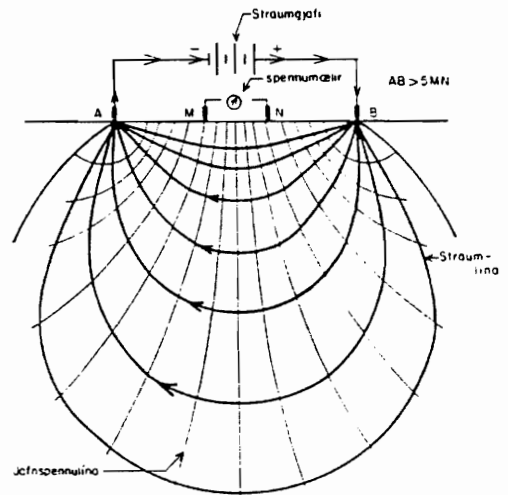
Mynd 1 Algengt eðlisviðnám nokkurra jarólaganna

Myndin er mjög einfölduð og byggir ekki á skipulegrum gagnasöfnun, heilstu frávik eru ekki innifalín í henni.

#### 1.2. Eðli mæliaóferðar.

Mælingin er fólgin í því að rafstraumur er sendur gegnum jarólagin um tvö skaut A og B, og spennufallið milli annarra tveggja skauta M og N síðan

mælt (sjá mynd 2). Viðnámið sem ákvarðast af mældum straum- og spennugildum og uppröðun rafskauta kallast sýndarviðnám ( $\rho_a$ ). Má líta á það sem eins konar meðaltal af eðlisviðnámi undirliggjandi jarólaganna. Margs konar uppsetningar á



Mynd 2 VIÐNÁMSMÆLING-SCHLUMBERGER UPPSETNING

Straumur er sendur eftir jarólagunum um skautin A og B. Spennufallið sem verður við það, er mælt milli tveggja annarra skauta, M og N

rafskautum hafa verið reyndar, en sú sem mest hefur verið notuð undanfarið er hin svokallaða Schlumberger uppsetning (mynd 2). Hún hefur marga kosti unfram aðrar og er mælt með notkun hennar.

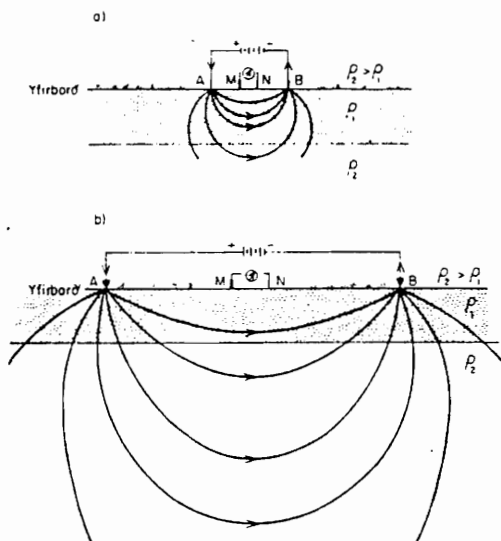
### 2. Mæliaóferðir.

Tvær algengustu aðferðir viðnámsmælinga eru dýptarmælingar og lengdarmælingar.

#### 2.1. Dýptarmæling.

Dýptarmæling er notuð til að kanna fjölda, eðlisviðnám og þykkt mismunandi viðnámslaga undir mælistað. Hún er framkvæmd með því að lengja bilið milli straumskauta eftir hvern einstakan aflestur. Við það eykst hlutfallslega rafstraumurinn sem fer eftir dýpri jarólagum (mynd 3). Sýndarviðnám er reiknað fyrir hvert skautabil og teiknað upp á móti lengd straumarms ( $AB/2$ ) á log-log pappír. Ferillinn sem kemur fram við það er nefndur mæliferill.

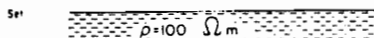
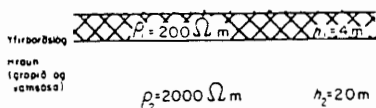




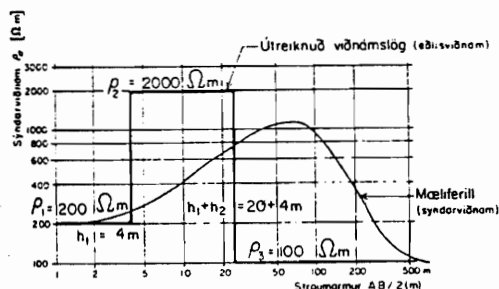
Mynd 3  
DYPTARMÆLING

Þegar bilid milli straumskautanna er aukid eykst sa hluti straumsins sem fer eftir dypru jarðlagum

Upplýsingar um eðlisviðnám og þykkt undirliggjandi viðnámslaga eru fólgnar í mæliferlinum. Markmið úrvinnslu dýptarmælinga er að leysa mæliferilinn upp í þessi lög (mynd 4). Nefnist það túlkun.



a) Dæmi um hugsalega viðnáms- og jarðlaga skipan



b) Mæliferill yfir jarðlagaskipan í lið a), og útreiknuð viðnámslög

Mynd 4  
DYPTARMÆLING

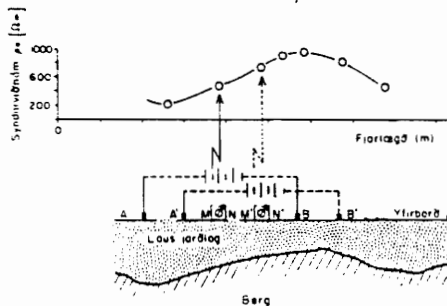
Túlkun dýptarmælinga byggist á eftirfarandi forsendum: 1) Hvert viðnámslag hafi óbreytt eðlisviðnám og nái í láréttu plani töluvert út fyrir svæði sem hefur fjarlægð milli straumskauta að þvermáli. 2) Viðnámslögin liggja hallalítið hvert ofan á öðru.

3) Hvert viðnámslag sé það greinilegt að það komi skýrt fram við mælingu. Við túlkun er mæliferillinn borinn saman við ferla sem eru reiknaðir út frá láréttum lögum með gefnum viðnáms- og þykktarhlutföllum. Mæliferillinn endurspeglar lög af sömu viðnáms- og þykktarhlutföllum og sá reikniferill sem fellur best að honum.

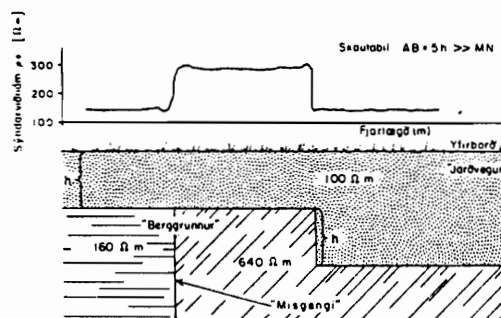
Viðnámslögin má síðan tengja jarðfræði svæðisins og fá þannig nákvæmari mynd af svæðinu. Á það skal leggja ríka áherslu að slík tenging verður ávallt matsatriði þar sem viðnámslög þurfa ekki að fylgja jarðlagaskipan, þótt þau geri það oft.

## 2.2. Lengdarmæling.

Lengdarmæling hefur yfirleitt þann tilgang að fá vitneskju um hve þykkur jarðvegur liggur ofan á föstu bergi. Mæliaðferðin hefur einnig verið notuð til að finna huldur sprungur og misgengi.



a) Skautin eru öll færð til, eftir hvern aflestur og annar tekinn. Sýndarviðnám er reiknað út í hverjum mælipunkti og teiknað á mál-fjarlægð hans frá upphafsstað



b) Breyting á jarðvegsþykkt getur hugsalega haft sömu áhrif á sýndarviðnám eins og breyting í viðnámi berggrunns

Mynd 5  
LENGDARMÆLING

Lengdarmæling er framkvæmd með því að mæla breytingu á sýndarviðnámi eftir einhverri ákveðinni línu fyrir tiltekið fast skautabil. Miðja mæliuppsetningar er því flutt eftir hvern aflestur og annar aflestur tekinn í næsta mælipunkti. Sýndarviðnám í hverjum

mælipunkti er teiknað á móti fjarlægð hans frá upphafspunkti mælinínu (mynd 5a). Lögum þess ferils sem við það fæst, getur endurspeglad breytilega jarðvegsþykkt á línunni eða óreglu í jarðlagaskipan eins og ganga, sprungur eða misgengi (mynd 5b). Slík túlkun verður þó ávallt að taka mið af jarðfræði svæðisins, öðrum jarðeðlisfræðilegum, mælingum eða borholum.

### 3. Nákvæmni, notagildi og kostnaður.

Þessi kafli fjallar einungis um grunnar mælingar (0-100 m). Notagildi víðnámsmælinga við könnun á dýpri jarðlögum er háð allt öðrum forsendum.

#### 3.1. Notagildi.

Frumkönnun fyrir mannvirki byggir að mestu á þykktarákvörðun og styrkleikamati jarðlaga. Þykktarákvörðun er yfirleitt mun fljótvirkari og ódýrari með víðnáms- og jarðsveiflumælingum en beinum mælingum (boranir og gryfjutaka). Hljóðbrotsmæling (seismic refraction) er að mörgu leyti heppilegri en víðnámsmæling við slíka frumkönnun. Hún er nákvæmari í dýptarákvörðun og mælir hljóðhraða í jarðlögum sem gefur visbendingu um styrkleika þeirra. Rétt er þó að hafa í huga að túlkun allra jarðeðlisfræðilegra mælinga byggist á gefnum forsendum. Veruleg frávik frá þessum forsendum geta komið fram á einstökum svæðum. Túlkun mælinganna verður þá mjög frábrugðin raunveruleikanum. Þess vegna er mikill kostur að hafa borholu á svæðinu til að sannreyna túlkunina. Þegar borhola er ekki til staðar er mjög æskilegt að nota dýptarmælingu til að kanna hvort forsendur túlkunar á hljóðbrotsmælingunni standist. Í dýptarmælingu mælast aðrir eiginleikar jarðlaganna en í hljóðbrotsmælingu. Það er því afar sjaldgæft að forsendur beggja mæliaðferðanna bresti samtímis. Dýptarmælingar eru annars sjaldnast notaðar nema þegar saman fer að mjög dýrt er að beita beinum mælingum og hljóðbrotsmælingarnar bregðast. Dæmi um slíkar aðstæður er þegar ákvarða þarf þykkt á hraunlagastafli sem liggur ofan á þykku seti.

Lengdarmælingar eru sérlega hentugar til að meta þykkt lausra jarðlaga í fljótandi mýrum þar sem erfitt er að koma við þungum tækjum og hljóðbrotsmælingarnar bregðast algjörlega. Einnig er hagkvæmt að nota lengdarmælingu til að tengja á milli beinna mælinga. Þá má fækka dýrum athugunum án þess að nákvæmni skerðist að nokkrum mun.

#### 3.2. Nákvæmni.

Nákvæmni víðnámsmælinga við þykktarákvörðun er að mestu háð því hversu réttar þær forsendur eru sem notaðar eru við túlkun (sbr. kafla 2). Standist þær

forsendur ekki getur komið fram mikil skekkja. Aðrir óvissupættir og skekkjuvaldar eru einnig hugsanlegir: Mæliferrill yfir þunnu lagi með háu víðnámi getur t.d. litið svipað út og mæliferrill yfir þykkara lagi með lægra víðnámi. Stundum getur orðið mjög erfitt að greina þar á milli. Stærstu og alvarlegustu skekkjurnar verða þó þegar víðnámsskil falla ekki saman við jarðlagaskil. Sem dæmi má nefna að þar sem jökulruóningar og basaltklöpp hafa svipuð víðnámsgildi er stór hætta á að talið verði að allt víðnámslagið sé basaltklöpp þótt í raun liggja þykkur jökulruóningur ofan á klöppinni. Frávikin í slíkum tilfellum geta numið mörg hundruð prósentum. Þykktarákvarðanir út frá víðnámsmælingu verða því að hafa stuðning frá beinum mælingum, t.d. borholum eða öðrum mælingum sem gerðar eru á svæðinu til samanburðar. Ef nauðsyn krefur er hin jarðeðlisfræðilega mynd leiðrétt á slíkum samanburðarpunktum. Yfirleitt er talið að dýptarákvörðun við samlegar aðstæður og dýpi minna en 100 m sé nákvæm upp á ± 1%.  
 3.3. Kostnaður.

#### 3.3. Kostnaður.

Yfirleitt vinna 4 menn að dýptarmælingu, þótt nægt sé að komast af með þrjá við bestu skilyrði. Fjórði maðurinn gerir kleift að grófvinnu úr mælingum á staðnum. Þannig er strax hægt að fá lauslegar niðurstöður og mat á gæðum mælingarinnar. Í ljósi þessa mats er síðan tekin ákvörðun um frekari aðgerðir. Í fjögurra manna flokki er verkaskiptingin þannig: Einn mælir, annar reiknar út og vinnur úr niðurstöðum og tveir fara rafskautin til.

Tíminn sem fer í mælingarnar er mjög háður lengd mælinanna, yfirferð á mællandi og þeim tíma sem tekur að aka milli mælistaða. Við góðar aðstæður þar sem stutt er á milli mælinga og land er slétt, má búast við eftirfarandi fjölda dýptarmælinga á dag:

	350 m straumarmur	1500 m straumarmur
4 menn	6 mæl/dag	2 mæl/dag
3 "	4-6 " "	1-2 " "

Dagur er hér skilgreindur sem 12 tímar. Yfirferð í lengdarmælingu með 4 mönnum og 25 m færslu ætti að vera í kringum 2 km á dag. Miðað við verðlag í maí 1978 er kostnaður á mælidag áætlaður:

	Einingarverð:	Heildarverð
	kk.	kk.
Menn (4)	50	200
(kaup, gisting, fæði)		
Bíll	10	10
Tækjaleiga	20	20
Túlkun		
(auk skrst. kostn)	20	20
Samtals		250 kkr.

Ófyrirséð er 10%.

Kostnaður á dag er því um 280 þús. kr.