



**ORKUSTOFNUN**

**Áætlun um S-bylgju mælingar til að meta  
skerstuðul setlaga. Þróun aðferða og prófun  
þeirra á setlögum við Hróarslæk á  
Rangárvöllum**

**Ólafur G. Fóvenz,  
Karl Gunnarsson,  
Einar Kjartansson**

**Greinargerð ÓGF-KG-EiK-95-01**



## Áætlun um S-bylgju mælingar til að meta skerstuðul setlaga. Próun aðferða og prófun þeirra á setlögum við Hróarslæk á Rangárvöllum

Þessi áætlun er tekin saman að beiðni Jóns Skúlasonar hjá Almennu verkfræðistofunni. Markmið mælinganna er að þróa aðferðir til að meta skerstuðul setlaga og prófa þær síðan í setlögum við Hróarslæk á Rangárvöllum. Tilgangur þess að meta skerstuðul er að nota hann í útreikninga á áhrifum jarðskjálfta á burðargetu setlaganna með tilliti til ysjumyndunar.

Skerstuðul setlaga má fá út úr mælingum á S-bylgju hraða í þeim ef eðlismassi þeirra er þekktur. Samband S-bylgjuhraða ( $V_s$ ), eðlismassa ( $\rho$ ) og skerstuðuls ( $\mu$ ) er

$$V_s^2 = \mu / \rho$$

Mælingar á S-bylgjuhraða geta aðallega farið fram með þrennu móti; með hefðbundinni bylgjubrotsmælingu, með svokölluðum milliholumælingum eða með yfirborðsbylgjum (Rayleigh bylgjum).

Ef nota á bylgjubrotsmælingu til S-bylgjumælinga þarf að útbúa sérstakan S-bylgjugjafa og nota lárétt liggjandi geófóna á stað lóðréttra geófóna. Úrvinnslan er hefðbundin bylgjubrotsúrvinnsla og takmörkun aðferðarinnar hinar sömu og almennt í bylgjubrotsmælingum. Þannig er t.d. nær ógerlegt að mæla bylgjuhraða í setlögum sem liggja undir lagi með hærri hraða, eins og t.d. hraunlagi. Tveir slæmir gallar eru á þessari aðferð. Í fyrsta lagi er lóðrétt upplausn léleg og í öðru lagi hefur aðferðin tilhneigingu til að gefa hæsta gildi á hraða ef um lagskipt setlög er að ræða og það er trúlega ekki sú stærð sem er áhugaverðust. Með venjulegum bylgjubrotsmælingum fæst verulega minni upplausn en í milliholumælingum. Reikna má með að fyrir þau 5-6 m þykku setlög, sem um er að ræða við Hróarslæk fengist eitt meðalgildi S-bylgjuhraða á hverjum stað, sem mælt yrði og það gildi gæti jafnframt verið hámarksgildi. Lárétt upplausn gæti orðið um 10 m, ef mælt er þétt. Orkustofnun ræður yfir fullnægjandi tækjabúnaði til slíkra mælinga. Meðfylgjandi kostnaðaráætlun fyrir S-bylgjurefraksjón gengur út frá mælingum í einn dag, ásamt nauðsynlegum undirbúningi og úrvinnslu á eftir.

Milliholumælingar gefa mun meiri upplausn en bylgjubrotsmælingar og er þeim mælingum aðallega beitt erlendis til slíkra rannsókna. Þá eru boraðar holur niður í setlögin og þær fóðraðar með rörum. 3 holur þarf fyrir hverja mælingu og bil milli þeirra er haft fáeinir metrar. Settur er niður sérhannaður hátíðni S-bylgjugjafi í eina holanna og þriggja þátta borholubylgjunemi í hinar og S-bylgjuhraðinn milli holanna mældur sem fall að dýpi. Að auki þarf að mæla halla holanna. S-bylgjugjafinn og borholunemarnir eru ekki til á landinu og þarf að afla þeirra til slíkra mælinga, leigja þau kaupa eða smíða. Meðfylgjandi kostnaðaráætlun felur því í sér tæpar 300 þúsund krónur í stofnkostnað. Þessi mæliaðferð er augljóslega talsvert dýrari en hefðbundin bylgjubrotsmæling en upplýsingaranar eru að sama skapi nákvæmari og áreiðanlegri.

Nota má yfirborðsbylgjur til að mæla S-bylgjuhraða í setlögum sem liggja ofan á berggrunni. Mæliaðferðin er einföld og líkist mæliaðferð við refraksjónsmælingar en í stað þess að nota P eða S-bylgjur eru notaðar yfirborðsbylgjur sem auðvelt er að framkalla. Úrvinnslan er hins vegar talsvert flókin og krefst góðrar þekkingar á bylgjufræðum. Bandaríska jarðtæknifyrirtækið Marshall Silver and Associates Ltd. framkvæmdi árið 1984 bæði milliholu- og yfirborðsbylgjumælingar á ýmsum stöðum við stíflustæði Landsvirkjunar. Niðurstöðurnar þeirra sýna almennt gott samræmi milli þessara mæliaðferða við ákvörðun á S-bylgjuhraða, þótt upplausn milliholumælinganna sé heldur meiri. Þar sem yfirborðsbylgjuaðferðin krefst ekki borana er hún í eðli sínu talsvert ódýrari í framkvæmd en milliholumæling og e.t.v. fullnægjandi á mörgum stöðum. Orkustofnun hefur tækjabúnað til slíkra mælinga en hefur ekki gert slíkar mælingar og á þar af leiðandi ekki hugbúnað til þess. Hins vegar er til staðar næg þekking til að koma upp slíkum hugbúnaði með viðráðanlegum tilkostnaði.

Ef líkur eru til að mælingar á S-bylgjuhröðum verði algengar hérlendis í framtíðinni er það vel þess virði að reyna að koma upp hér heppilegri tækni til að mæla hann með tilliti til ákvörðunar á skerstuðli. Til þess að svo megi verða er rétt að reyna allar þrjár mæliaðferðir á sama stað og bera niðurstöðurnar saman. Komi mæling með yfirborðsbylgjum vel út mætti aðallega beita þeirri aðferð í framtíðinni enda yrði hún talsvert ódýrari í framkvæmd en milliholumæling.

Ljóst er að talsverður kostnaður fylgir slíkri tilraun. Þar sem þróun slíkra aðferða samrýmist ágætlega þeim markmiðum stofnunarinnar að annast undirbúning fyrir virkjanir, er Orkustofnun er tilbúin að taka þátt í þessari aðferðapróun t.d. með því að leggja fram á sinn kostnað hluta þeirrar vinnu sem til þarf að þróa aðferðirnar. Kostnaðaráætlun um aðferðaprófun eins og lýst er hér að ofan er á næstu blaðsíðu.

Aðstæður við Hróarslæk á Rangárvöllum sýnast heppilegar til að gera slíka tilraun með lágmarks tilkostnaði.

<b>Kostnaðaráætlun fyrir prófun á aðferðum til S- bylgjumælinga við Hróarslæk á Rangárvöllum</b>						
	fj. dagar	tímar/dag	fjöldi manna	ein.verð	Verð	
<b>Milliholumæling:</b>						
Fræðilegur undirbúningur	3	8	1	2806	67.344	
Tækjaútvegur/smíði	3	10	1	2806	84.180	
Prófanir á tækjum	1	12	1	2806	33.672	
Krossholumæling	2	14	2	2806	157.136	
Bíll	3		1	7454	22.362	
Fæðispeningar	3		2	3850	23.100	
Úrvinnsla	5	8	1	2806	112.240	
Tæki til krossholumælinga (leigð eða keypt)					200.000	
Borholur					150.000	
<b>Samtals</b>					<b>850.034</b>	
<b>S-bylgju refraksjon:</b>						
Undirbúningur	2	8	1	2806	44.896	
Mælingavinna	1	14	2	2806	78.568	
Tækjaleiga, refraksjónstæki	1		1	42440	42.440	
Bíll	1		1	7454	7.454	
Fæðispeningar	1		2	3850	7.700	
Úrvinnsla/skýrsla	2	8	1	2806	44.896	
<b>Samtals</b>					<b>225.954</b>	
<b>Yfirborðsbylgjumæling:</b>						
Gerð hugbúnaðar til úrvinnslu	15	8	1	2806	336.720	
Mælingar	2	14	2	2806	157.136	
Bíll	1		2	7454	14.908	
Mælitæki	1		2	42440	84.880	
<b>Samtals</b>					<b>593.644</b>	
<b>Öll verð eru án virðisaukaskatts</b>						