



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

NÁTTÚRUHAMFARIR OG VIRKJANIR

eftir

Hauk Tómasson jarðfræðing

Október 1972

Orkustofnun
Raforkudeild

NÁTTÚRUHAMFARIR OG VIRKJANIR

eftir

Hauk Tómasson jarðfræðing

Október 1972

E f n i s y f i r l i t

	bls.
1. Inngangur	1
2. Landrek	1
3. Vinnuaðferðir jarðfræðinnar	2
4. Flæðigos	3
5. Smágos	4
6. Öskugos	4
7. Sprungumyndanir	4
8. Áhrif mannvirkja	5
9. Jökulhlaup	6
10. Lokaorð	7

Jarðfræðikort af Íslandi

1. Inngangur

Í sambandi við hagnýtingu vatnsafls Íslands leynast ýmsar hættur vegna afla þeirra, sem mynda og móta landið. Þetta má kalla jarðfræðilega áhættu og er í því sambandi ekki átt við byggingartæknileg vandamál, sem orsakast af jarðfræðilegum aðstæðum, heldur þá áhættu sem venjulega gengur ekki inn í verkfræðilega og hagkvæmniútreikninga. Flest þessara atriða er ekki hægt að taka inn í þessa reikninga því allan talnalegan grunn vantar en það er þó alls ekki ástæða til að gleyma því alveg að jarðfræðileg áhætta er engan veginn jafn mikil alls staðar.

Líta má á kerfi raforkuvera á Íslandi, sem einskonar tryggingarfélag. Með heppilegri dreifingu virkjana getur þetta tryggingarfélag verkað vel og hindrað meiriháttar truflanir á öflun raforku er leiða myndu af sér stórkostleg þjóðhagsleg skakkaföll. Eins og nú er, með meirihluta raforkunnar frá einu orkuveri, getur þetta ekki orðið, en við stefnumörkun í raforkumálum mætti hafa þetta meira í huga en gert hefur verið hingað til. Sá galli er við þetta sjónarmið að það hvetur ekki til þess að fullvirkja eina á, en oft er það hagkvæmt vegna betri nýtingar sameiginlegra mannvirkja og jafnvel nauðsynlegt með tilliti til ísmyndunar í ánum. Jarðfræðileg áhætta skapar því vissa spennu í vali virkjunarstaða þar sem stangast á hrein hagkvæmnis sjónarmið og öryggisatriði.

2. Landrek

Þau atriði, sem hér um ræðir og haft geta áhrif á öryggi orkumannvirkja eru fyrst og fremst í sambandi við eldvirkni og jarðskorpuhreyfingar. Samkvæmt þeim kenningum, sem hvað vinsælastar eru af jarðfræðingum í dag, er landið að gliðna um Miðatlantshafshrygginn, sem liggur í gegnum það frá suðvestri til norðausturs, og rekur þá spildurnar austan og vestan megin

hryggjarins hvora frá annarri með hraða, sem verið getur allt að 2 cm á ári. Í sambandi við þessa gliðnun er eldvirknin eðlileg afleiðing hennar. Þessi gliðnun á sér stað í fjölda-
mörgum sprungum á nokkuð breiðu belti, sem við köllum hið virka gosbelti Íslands.

Nú er verulegur hluti vatnsafls Íslands á þessu virka belti svo varla verður hjá því komizt að virkja árnar, sem um þau renna. Auk þess getur eldvirknin haft áhrif út fyrir það svæði, sem eldvirkin á sér stað á, með hraunrennsli, öskufalli og jökul-
hlaupum.

3. Vinnuaðferðir jarðfræðinnar

Ein af grundvallarsetningum jarðfræðinnar er að nútíðin er lykill að fortíðinni. Með þessu er átt við að þeir kraftar, sem virka á jörðina í dag, hafi alltaf gert það og á nokkurnvegin sama hátt. Því eigi að nota þekkingu á samspili aflu í nútímanum til þess að túlka forn jarðlög. Þessi gullna regla hefur gefizt mjög vel þótt í jarðlögum séu varðveitt ummerki um atburði, sem svo sjaldgæfir eru að þröng skilgreining á hugtakinu nútíð gerir þessa atburði að undantekningum frá aðalreglunni. Á sama hátt verðum við að ætla að nútíminn og nánasta fortíð sé lykill að nánustu framtíð.

Nánasta fortíð jarðfræðilega séð er um 10.000 ár eða tíminn frá lokum síðusta jökulskeiðs en á þeim tíma hefur landið í stórum dráttum verið eins og það er núna. Það er þessi tími, jarðfræðilega kallaður nútími, sem við notum í okkar hugleiðingum sem lykil að framtíðinni.

4. Flæðigos

Á meðfylgjandi jarðfræðikorti sjást hraunlög frá þessum tíma, eldvirknilínur og sigdældir. Þessi svæði eru í mestri jarðfræðilegri áhættu og skal nú rætt nánar hver hún er.

Það blasir við að stór svæði hafa þakizt hrauni á síðustu 10.000 árum. Stundum hefur þetta orðið í miklum flæðigosum, þar sem hraunið rennur mjög hratt tugi km frá upptökum. Síðasta flæðigosið var í Lakagígum 1783 eða fyrir um 190 árum. Við Tungná hafa 8 flæðigos af þessari gerð orðið á nútíma, og í Skaftafellssýslu hafa auk Lakagossins orðið nokkur fleiri flæðigos þótt þau séu ekki eins vel þekkt og við Tungná. Norðanlands hafa flæðigos orðið mörg og hraunstraumur runnið niður helztu dali í Þingeyjarsýslu, svo sem Bárðardal, Laxárdal, niður í Kelduhverfi og ofar að Jökulsá á Fjöllum.

Tjón af völdum flæðigosa getur verið margvíslegt, svo sem:

1. Mannvirkin eyðileggjast í hraunstraumum. Ekki er líklegt að öll mannvirki einnar virkjunar eyðileggist í hraunstraum en einhver þeirra geta gert það.
2. Rennsli ána getur breytt sér svo og allar aðstæður í nágrenni virkjunarstaðar verða aðrar en áður. Mannvirki geta því komið að takmörkuðu gagni þótt óskemmd séu.
3. Verulegar rekstrartruflanir, sem stafa af því að árnar geta þorrið við það að renna út á glóandi hraunin.

Tíðni flæðigosa er lítil á hverjum stað. Mest er hún við Tungná þar sem vitað er um 10 flæðigos á nútíma þar af 8 mjög víðáttumikil. Frá Lakagígum og Eldgjá hafa nokkur stórhraun runnið, og í hverjum dal frá Skjálfandafljóti að Jökulsá á Fjöllum einnig minnst 2 en í flestum eitthvað fleiri. Flæðigos virðast hafa verið tíðari á fyrri hluta nútíma en á síðasta árpúsundi en á þeim tíma hefur aðeins eitt stórt flæðigos orðið. Meðaltíðni stórra flæðigosa á landinu er sennilega helmingi meiri, eða um 2 á árpúsundi.

5. Smágos.

Miklu tíðari en hin stóru flæðigos eru smá eldgos, en frá þeim ná hraunin aðeins stutt frá eldstöðvum og valda tjóni á tiltölulega afmörkuðu svæði nærri eldstöð, í mesta lagi fáeina km frá henni. Óviða er þessi gerð hraungosa hættuleg þar sem þau ná svo skammt frá upptökum sínum eða aðeins örfáa kílómetra. Hættulegt geta þau þó verið virkjunum, sem liggja í eldstöðvum eða í næsta nágrenni við þær. Helzt virðast virkjanir í Jökulsá á Fjöllum vera á svona áhættusvæði en bæði Tungná og Skaftá þvera stórar gossprungur, sem falla undir fyrri flokkinn.

6. Öskugos.

Mikil öskugos geta valdið verulegu tjóni við virkjanir þótt varla sé þar um að ræða algera eyðileggingu. Tjónið af öskugosi er sennilegast rekstrartruflun um lengri eða skemmri tíma þar sem aurburður er gífurlegur í öskugosi og fyrst á eftir og hefur tilhneigingu til að fylla uppistöðulón. Mestu öskugosin hafa verið í Heklu og Kötlu en einnig aðrir staðir í Vatnajökli vestanverðum svo og Askja kunna að hafa valdið verulegum öskugosum. Stór öskugos eru venjulega nokkur á öld eða að minnsta kosti 2-3. Tjón sem öskugos er líklegt að valda minnkar nokkurn veginn með kvaðrati fjarlægðar frá gosstað.

7. Sprungumyndanir.

Eldvirknin er eins og áður segir aðeins önnur hlið þess kraftasamspils, sem gliðnun Íslands um Miðatlantshafssprunguna er. Hin hliðin er sprungu- og sigdældamyndun, sem er í mjög nánu sambandi við eldvirknina. Þessi sigdældamyndun er yfirleitt meðfram eldstöðvunum og er sýnd þannig á kortinu. Mest er hún áberandi utan aðal eldvirknilína á svæðinu meðfram Jökulsá á Fjöllum. Sprungur þessar kunna að valda margvíslegum erfiðleikum og þá einna alvarlegast í sambandi við stíflugerð. Þegar hreyfing

verður í undirstöðu stíflu er stöðugleika hennar mjög hætt og þegar hreyfing er mjög mikil má vænta að hún bresti eða geti ekki staðizt nema með mjög verulegri endurbyggingu og tæmingu vatnsins fyrir ofan stífluna.

Allt Ísland er að meira eða minna leyti sprungið og eru yfirleitt áberandi sprungur utan eldvirku beltanna. Þessar sprungur eru á eldra og heillegra bergi og margar hverjar virðast vera víxl-gengissprungur en ekki gliðnunarprungur. Við sumar þessara sprunga verða sterkastir jarðskjálftar á landinu. Við þessar sprungur er hreyfing miklu sjaldgæfari og sennilega minna hættuleg en við sigdældasprungurnar.

8. Áhrif mannvirkja

Það hefur smám saman orðið æ ljósara að stór mannanna verk geta haft veruleg áhrif á jarðfræðilegt jafnvægi jarðskorpunnar í kring. Frægast er þetta í sambandi við stórar stíflur, sem margar hverjar hafa útleyst verulega jarðskjálfta á fyrstu notkunarárnum. Einnig minni röskun á jafnvægisástandi kann að valda jarðskjálftum og er frægasta dæmi þess, þegar dæling á geislavirkum úrgangi niður í djúpa holu á Denver svæðinu í Bandaríkjunum olli jarðskjálftum þar á svæði sem annars hafði verið laust við þá.

Hér á landi er hætt við að lítil þúfa geti velt þungu hlasi á vissum svæðum landsins. Við Langöldu við Tungná er tilraunasvæði þar sem vatnssuppistaða hefur verið mynduð í jarðfræðilegu umhverfi, sem liggur milli hins mjög virka eldvirkni og sigdælda beltis og svæðisins þar utan við með áberandi víxlhengjum. Á þessu svæði inn að sigdældabeltinu eru sprungur ekki mjög áberandi í landslagi, sem stafar af vissum jarðfræðilegum aðstæðum en ekki að svæðið sé minna sprungið en önnur.

Vorið 1971 opnuðust sprungur í þessu tilraunavatni og síðan þá hefur tvisvar orðið þar hreyfing á sprungum. Þessar sprungur ógnuðu einu sinni öryggi stíflunnar, er myndar vatnið, en hafa í hin skiptin fyrst og fremst valdið leka. Gera má ráð fyrir að þetta sé vandamál á nokkurra km breiðu beltí nálægt jaðri virku eldvirknilínanna.

9. Jökulhlaup

Ekki er öll áhætta náttúrunnar fyrir mannvirki í ánum upptalin en þá. Það sem eftir er að telja eru jökulhlaup en þau geta stórkostlegust orðið í sambandi við eldvirkni eða jarðhita undir jöklum. Einnig geta þau orðið vegna jökulstíflaðra lóna við jökuljaðar. Jökulhlaup hafa komið í ár úr Vatnajökli og einnig ár Mýrdals- og Eyjafjallajökuls.

Stórkostlegustu jökulhlaupin eru úr Kötlu og hlaup úr Grímsvötnum fyrir 1938. Jarðfræðileg ummerki hlaupa eru þó lang mest við Jökulsá á Fjöllum og við Hvítá í Árnessýslu. Jökulhlaupið í Hvítá í Árnessýslu var örugglega í lok síðasta jökulskeiðs fyrir nærri 10.000 árum og í dag eru engin skilyrði til þess að það geti endurtekizt. Aftur á móti er ekkert því til fyrirstöðu að stórhlaup geti komið í Jökulsá á Fjöllum hvenær sem er. Stærsta jökulhlaupið þar var fyrir um 2.000 árum vantanlega við gos í Kverkfjöllum. Þetta hlaup var örugglega mörg hundruð þúsund m^3 /sek í hámarki og var mjög mikill landmótunarvaldur þótt stutt staði.

Hin minni jökulhlaup gera ekki aðrar kröfur til mannvirkja en þau að yfirföll taki rennslið og mannvirki kaffærist ekki vegna bakvatns. Flest eru jökulhlaupin ekki stærri en svo að venjulegir flóðareikningar næga til þess að taka tillit til þeirra. En þau stærstu eru miklu stærri en svo og geta valdið svo mikilli umsköpun landslags að virkjunarstaður er ekki á sama stað fyrir og eftir og því nánast gjöreyðilegging mannvirkja.

Flestar þær ár, sem svo er ástatt um hafa aldrei komið til greina til virkjunar. Þannig er um árnar á Skeiðarársandi og úr sunnanverðum Mýrdalsjökli. Aftur á móti þykir Jökulsá á Fjöllum mjög koma til greina til virkjunar þrátt fyrir þessa áhættu og aðrar hættur.

Tilraun til þess að leggja mat á hin ýmsu áhættuatriði er varla gerleg með nokkurri nákvæmni. Meðfylgjandi kort gefur þó hugmynd um hvar áhættusvæðin liggja en það er fyrst og fremst við eldvirknilínur og sprungulínur og í dölum, sem liggja frá eldvirknilínum eða jöklum sem eldvirknilína liggur undir. Á sumum vatnsviðum fara saman öll eða flest hættuatriðin, t.d. við Jökulsá á Fjöllum en í öðrum eru varla nokkur atriðanna virk eða líkleg að valda tjóni, til dæmis austanlands, og á Miðnorðurlandi. Einnig eru efri hluti Hvítár í Árnessýslu og Efri Þjórsá á hættulitlun svæðum.

10. Lokaorð.

Óvíða er hættan af náttúruhamförum svo mikil að telja verði hreina fjarstæðu að virkja. Reiknað fyrir einhvern stað er líkleg tíðni flæðigosa 1 á árpúsundi þar sem það er hátt, kannske eitthvað meiri um smágos á svæðum þar sem ár renna um gosstaði. Jarðskorpuhreyfing er minni en einn millimetrí á ári við virkar sprungur en það kann að vaxa við virkjanir á vissu belti. Stórjökulhlaup hefur verið eitt á landinu á 8.000 árum. Líkur á að náttúran valdi stórtjóni er því varla meiri en svo sem 500-1.000 ára flóð, sem svo er kallað. Það eru því nokkrar líkur á að hvaða virkjunarstaður sem er geti skilað arði áður en hann eyðileggst í náttúruhamförum ef reiknað er með að 50 ár þurfi til afskriftar á virkjunum.

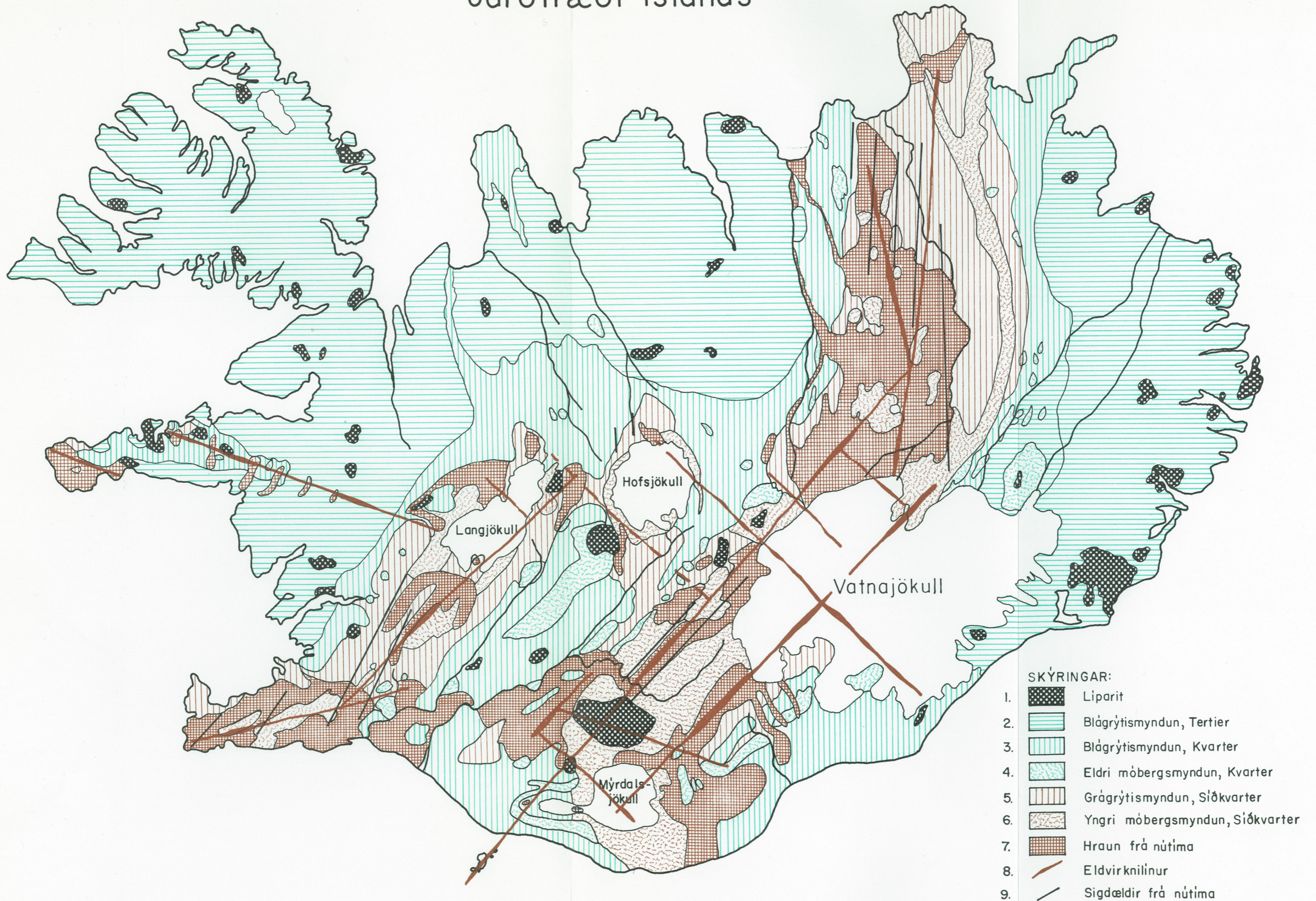
En þessar líkur eru mismiklar eftir stöðum; sumstaðar nokkurn-
vegin öruggt en annars staðar lítið meira en sennilegt ef það
þá nær því. Til þess að "Tryggingafélag" virkjana á Íslandi
virki vel og geti haft tiltölulega lágt "iðgjald", verðum við
að setja einhverjar virkjanir á þau svæði, sem eru örugg vegna
náttúruhamfara. Ef raforka heldur áfram að vaxa í verði, virkjum
við hina staðina einnig, en þá verða þeir tiltölulega lítil hluti
heildarinnar.

Þessar hugleiðingar eru fyrst og fremst ætlaðar þeim, sem ákvarð-
anir þurfa að taka í virkjunarmálum til þess að þeir geri sér
grein fyrir að virkjunaráætlunin er aldrei fullreiknuð ef náttúru-
hamfarir eru þar ekki teknar inn í dæmið á sama hátt og náttúru-
vernd og ef til vill fleira. Að árekstur kunnir að verða á milli
hinna ýmsu sjónarmiða er augljóst, en í ákvörðunartöku má ekki
alveg gleyma neinu því atriði sem þar getur haft áhrif.

Reykjavík 3. okt. 1972










Haukur Tómasson

Jarðfræði Íslands



0 50 100 km

SKÝRINGAR:

1.  Liparit
2.  Blágrýtismyndun, Tertier
3.  Blágrýtismyndun, Kvarter
4.  Eldri móbergsmyndun, Kvarter
5.  Grágrýtismyndun, Síðkvarter
6.  Yngri móbergsmyndun, Síðkvarter
7.  Hraun frá nútíma
8.  Eldvirknilínur
9.  Sigðædir frá nútíma