

Leó Kristjánsson

Um silfurberg frá Helgustöðum og þróun vínsinda



Hér verður fjallað stuttlega um kristalla svokallaðs silfurbergs sem er afbrigði steindarinnar kalkspats, CaCO_3 . Höfundur hefur kannað hvaða not voru fyrir efni þetta í raunvínsindum, einkum á 19. öld, og að auki skoðað tengsl þess við verkfræði og iðnað annarsvegar, og lífvísindi og læknisfræði hinsvegar. Mikilvægasti eiginleiki silfurbergsins í þessu tilliti er svonefnt tvöfalt ljósbrotn, sem nýttist í tiltekin ljós- og sjóntæki, en einnig kom það að miklu gagni við ýmsar aðrar rannsóknir.

Það silfurberg sem þannig var notað í ljósfræði, virðist nær eingöngu hafa komið frá Helgustöðum í Reyðarfirði fram yfir 1920. Úr efninu frá Helgustöðum mátti kljúfa stóra skástrendinga af mjög tæru efni, sem var sjaldgæft að finna annarsstaðar þótt kalkspat sé algengt í bergi víða um lönd. Eitthvert magn af álíka góðum kristóllum hafði þó fundist um og upp úr 1900 á Krímskaga, í 2-3 fylkjum Bandaríkjanna, og við Hoffell í Hornafirði.

Umfjöllun um málefni námannna á Helgustöðum og Hoffelli má finna hér og hvar í innlendum dagblöðum, tímaritum, bókum, og kynningarritum fyrir ferðamenn síðustu áratugina. Ekki fara þessar heimildir alltaf rétt með staðreyndir, og er orðið tímabært að tek-ið sé saman heillegt sagnfræðilegt rit um námurekstur þennan og útflutning. Lítið var ritað á íslensku fram til 1995 um notkun silfurbergsins í rannsóknum: má helst nefna grein Sveins Þórðarsonar í Náttúrufræðingnum 1945 sem er hin fróðlegasta þótt þar sé fárra heimilda getið. Höfundur birti fyrst grein um málid í ráðstefnuriti 1996 en síðan tvaer í tíma-

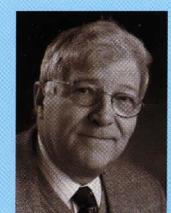
ritinu Jökli, og nú nýverið grein í bandarísku tímariti. Umfangsmest er þó fjörlituð skýrsla sem kom út í september 2001. Sjá nánar skrá um þessi skrif hér í lokin og geta þeir sem vilja fengið ókeypis eintök af þeim.

Um jarðfræði Reyðarfjarðar

Á árunum frá 1955 og eithvað fram yfir 1965 vann enskur jarðfræðingur, G. P. L. Walker, að rannsóknum á jarðlögum Austfjarða ásamt nemendum sínum. Vönduð kortlagning þeirra breytti mjög hugmyndum um myndun berggrunns Íslands og eðli eldvirkni hér. Meðal annars benti Walker á tilvist svonefndra „megineldstöðva“, þ.e. svæða þar sem tiltekin merki eru um mikla eldvirkni. Pessi svæði eru oft nokkrir km í þvermál, hringlaga eða aflöng að formi. Blandast þar ýmis inniskot og aðrar jarðmyndanir, s.s. líparíthraun, saman við hinn reglulega stafla blágrýtisлага sem er auðkennandi fyrir Ísland utan gosbeltanna. Ein þessara eldstöðva er á því svæði Austfjarða sem Walker lýsti fyrst í grein í vísindatímariti 1959; hún liggur þvert yfir Reyðarfjörð og er um 11 milljón

Frá gangamunna Helgustaðanámu-nnar. Sér inn Reyðarfjörð.

Ljósm. Kristinn Á. Þorsteinsson.



Leó Kristjánsson sérfræðingur á jarðeðlisfræðistofu Raunvínsindastofnunar Háskóla Íslands.

ára gömul. Kristallar þeir af silfurbergi, sem ásamt geislasteinum (seólítum) urðu til við Helgustaði, má reikna með að séu myndaðir nálaegt miðju megineldstöðvarinnar sem útfellingar úr jarðhitavatni við einhver sérstök skilyrði hvað varðar hringrás þess. Þetta er þó ókannað mál.

*Eitt dæmi af
mjög mörgum
um árangur
þessara nýju
rannsókna, er
svarið við
spurningunni:
hví er himinn-
inn blár?*

Notkun silfurbergskristalla

Silfurbergi var safnað stopult við Helgustaði allt frá 1668 eða fyrr. Bárust kristallarnir til útlanda eftir ýmsum leiðum, svo sem gegnum verslunarstaði eða með fiskimönnum og ferðalöngum. Ljóst virðist, að skipulagður námu-rekstur á Helgustöðum náði hámarki á árunum 1863-1872 undir stjórn C. D. Tulinius kaupmanns á Eskifirði.

Og til hvers var svo silfurbergið notað í vísindunum? Sú notkun var mjög fjölbreytt, vegna þess hve góður efniviður til rannsókna íslensku kristallarnir reyndust vera. Ekki er hægt að fara út í þær rannsóknir í smáatriðum í þessari grein, svo hér er aðeins lausleg upptalning á helsta árangri þeirra (einkum á árabilinu 1780-1920) á nokkrum sviðum:

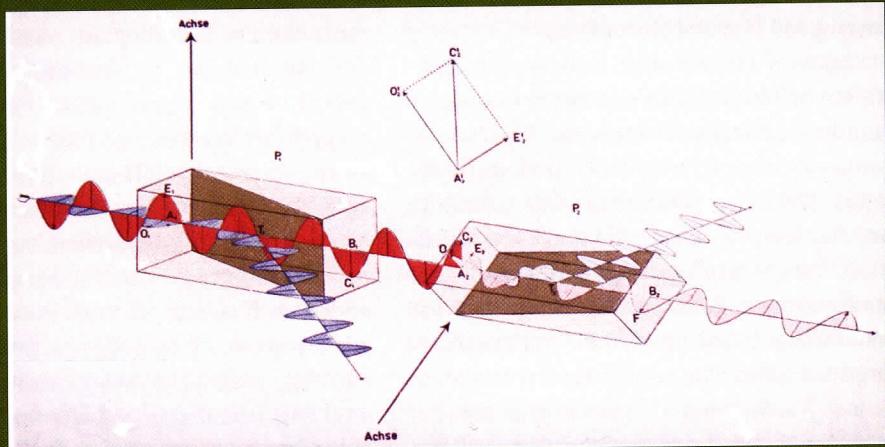
- Rannsóknir á íslensku kristöllunum urðu ásamt öðru til þess að auka mjög skilning á kristöllum almennt. Þetta gildir ekki síst um þau rúmfræðilegu lögmál sem stjórna öllu formi kristalla, og margskonar leiðir til að flokka þá eftir lögum. Einnig juku þessar rannsóknir skilning á eðliseiginleikum kristalla svo sem rafleiðni og segul-

mögnun: þeir eiginleikar eru m.a. breytilegir eftir stefnu innan kristallsins.

ii) Á árabilinu 1815-1830 sannfærðust menn smám saman um með tilraunum, að allt ljós og sömuleiðis var mageislun væri sveifluhreyfing, fremur en agnastraumur eins og flestir töldu á 18. öld. Hið tvöfalta ljósbrot, sem var óvenju áberandi og auðvelt að rannsaka í silfurbergi (þó það komi fyrir í flestum kristölluðum efnum), átti þátt í þessari þróun og einkum í þeirri óvæntu niðurstöðu að „hreyfingin“ í ljósbylgjunni færí fram þvert á útbreiðslustefnu ljósgeisla. Hin nýja þekking á ljósiniu efldi mjög áhuga á ljósfræði og skyldum viðfangsefnum eins og hljóðbylgjum. Hún opnaði síðan leið til margskonar nýrra rannsókna á eðli efna, út frá því hvernig þau gefa frá sér ljós, hvernig þau brjóta ljósgeisla eða endukasta honum, gleypa í sig ljós og svo framvegis. Eitt dæmi af mjög mörgum um árangur þessara nýju rannsókna, er svarið við spurningunni: hví er himinninn blár? Greining á ljósi með silfurbergi átti verulegan þátt í að vísa mönnum leiðina að því, kringum 1870.

iii) Rannsóknir á íslensku silfurbergi, og á öðrum efnum með hjálp ljóseiginleika þess, flýttu efalítið fyrir þeirri kenningu J. C. Maxwells (um 1864), að ljós sé samsett úr raf- og segulbylgjum. Þær áttu einnig

Mynd 1. Svona virka Nicol-prismi (úr bók H. Schulz og A. Gleichen: Die Polarisationsapparate und ihre Verwendung, 1919). Prismun tvö eru eins, hvort um sig límt saman úr tveim silfurbergsfleygum. Ljósgeisli kemur frá vinstri. Aðeins ljóssveiflur í sömu átt og kanturinn sem merktur er „Achse“ á vinstra prismaðu komast beint í gegn um það; ljóssveiflur sem stefna þvert á þann kant, speglast til hliðar frá samskeytum fleyganna og eru úr sögunni. Með því að snúa samsvarandi kanti seinna prismsans 0-90° frá stefnu kants hins fyrra, breytist magn og sveiflustefna þess ljóss sem sem seinna prismað hleypir í gegnum sig. Milli prismaðanna var venjulega sett eitthvert efni eða tilraunabúnaður, og þá kannað hvaði hafði á sveiflur ljóssins.

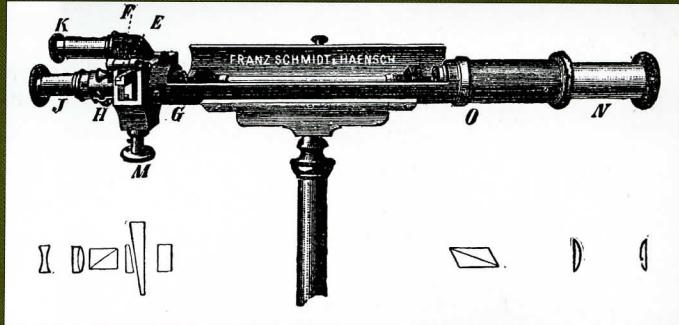


þátt í að flýta fyrir almennum stuðningi eðlisfræðinga við þá kenningu og staðfestingu hennar með tilraunum. Þetta opnaði síðan enn ný notkunarsvið fyrir ljós við könnun efniseiginleika kringum aldamótin 1900. Einnig gegndi silfurberg (íslenskt og erlent) lengi allmerku hlutverki í þeirri könnun á byggingu kristallaðra efna með röntgengeislu sem hófst 1913, og það tengdist mælingum á sumum grundvallarstærðum eðlisfræðinnar, svo sem hleðslu rafeindarinnar og hraða ljóssins.

Nicol-prismu og ljóstæki með þeim

Svonefnd Nicol-prismu, sem fundin voru upp 1829 og síðar endurbætt margvíslega, voru silfurbergsstrendingar sem sniðnir voru til á sérstakan hátt. Með því að beina ljósgeisla gegnum þau gátu menn stýrt sveifluhreyfingu ljóssins sem komst í gegn (Mynd 1). Með þeim mátti einnig greina hvert hreyfingin í ljósgeisla sem fél af slíkt prisma stefndi. Auk Nicol-prismanna notuðu menn ýmsa fleyga, kubba og þynnur úr silfurbergi við þessar ljósfræðirannsóknir, en slíkir íhlutir voru þó oftar úr kvarsi eða enn öðrum glærum kristöllum. Nicol-prismun voru einkum byggð inn í ferns konar tæki til rannsókna og hagnýtra nota:

- Bergfræðismásjár, sem áttu verulegan þátt í miklum framförum í kristallafræði, steindafraði, bergfræði og jarðfræði almennt frá því um 1860. Helst voru þær notaðar til þess að bera kennsl á hinum ýmsu steindir í bergi, með því að skoða örþunna gegnsæja sneið af bergsýni. Er horft var á slíka sneið gegnum Nicol-prismu, sáust mismunandi steindir hver í sérstökum lit, þótt engir slíkir litir sœust í bergsneiðinni í venjulegu hvítu ljósi. Þetta má skýra þannig, að hver steind í þynnunni hafi tiltekin áhrif á sveiflustefnu ljóss sem í gegnum hana fer, háð bylgjulengd (þ.e. lit) þess. Breytileg efnasamsetning sumra steinda endurspeglar aðstæður við uppruna bergsins, og með athugun á þessum ljósfræðilegu eiginleikum steindanna með Nicol-prismum mátti áætla hana. Sú aðferð var mun fljótlegri en efnagreining, og henni mátti beita á örsmá korn. Smásjár með slíkum prismum gerðu einnig mikið

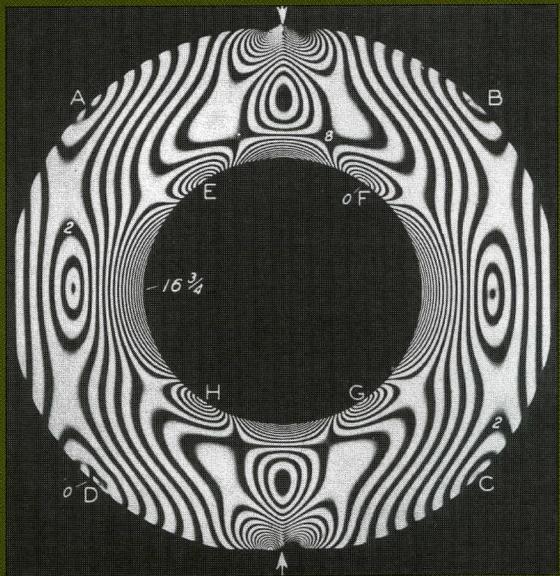


Mynd 2. Ljóssnúningsmælir (úr bók G. W. Rolfe: The Polariscopic in the Chemical Laboratory, 1905). Ljós frá lampa fer gegnum lítið silfurbergsprisma hægra megin í tækinu og síðan völvu í glerröri. Með því að horfa í tækið vinstra megin frá og mæla með öðru silfurbergsprisma (ásamt kvarsfleygum) hve mikið sveiflustefna ljóssins breytist á leiðinni eftir vökvum, fast upplýsingar um efnið í honum. Einfalt er það til dæmis að mæla magn sykurefnis í vatnslausn, og voru þessi tæki mjög notuð m.a. í ýmsum sykuriðnaði, matvælarannsóknum, og meðferð við sykursýki. Með flóknari búnaði af þessu tagi má kanna byggingu sameinda vökvans.

gagn, t.d. við námavinnslu, í rannsóknum á dýra- og plöntuvefjum, í málumfræði, og í könnun á kristöllunarferlum (m.a. í mikilvægum iðnaðarefnum eins og sementi, og síðar svonefndum „fljótandi kristöllum“ sem nú eru notaðir í úrum og tölvuskjáum). Auk smásjánna voru smíðuð margháttuð sérhæfð bergfræði-rannsóknatæki með Nicol-prismum.

- Tæki sem mætti kalla *ljóssnúningsmæla* (polarimeters) gátu m.a. mælt vissar breytingar á sveiflustefnu ljóss, sem verða smá saman á leið ljóssins gegnum sum efni. Ein gerð þeirra (Mynd 2) varð afar gagnleg í rannsóknum og hagnýtingu á margskonar lífrænum efnasamböndum, einkum sykurefnum hverskonar en einnig t.d. olíum og sýrum úr jurtaríkinu, og síðar allskyns flóknari efnum eins og lífhvötum (ensínum). Jafnframt urðu þessar rannsóknir beinlínis til að vekja skilning á því hvernig hegðun þessara efna stýrist af þrívíðri byggingu sameinda þeirra. Áttu þar hlut að málir margir þekktir vísindamenn, svo sem M. Faraday og L. Pasteur. Er vart ofmælt að það starf (allt frá 1840 og einkum kringum aldamótin 1900) hafi orðið ein af undirstöðum þekkingar nútímans í lífrænni efnafraði, lífefnafræði og lífvísindum almennt. Annað afbrigði ljóssnúningsmælanna var notað um aldamótin til að rann-

Áttu þar hlut að málir margir þekktir vísindamenn, svo sem M. Faraday og L. Pasteur.



Mynd 3. Ljósfjöðrunaráhrif (úr II. bindi bókar M.M. Frocht: Photoelasticity, 1948). Hér hefur ljós farið gegnum Nicol-prísla (eða hliðstæðan búnað) og glært líkan af t.d. skífu eða þunnum rörbút sem er undir álagi (örvir). Breidd líkansins er um 4 cm. Ef hið upplýsta líkan er skoðað gegnum samskonar prísla, sjást dökkar rendur sem endurspeglar breytingar á ljósbroti í efnum. Álagskraftarnir reynast valda mestum innri spennum á þeim stöðum í líkaninu sem rendurnar liggja þéttast. Slík skoðun kom við að gagni við burðarþolsþátt hönnunar bygginga-, vela- og verkfærahluta næstu háltu oldina ður en tölur komu til sögunnar, því að í flestum hag-nýtum tilfellum var of flókið að reikna þessar spennur út og mjög seinlegt að mæla þær með öðrum aðferðum.

saka margskyns yfirborðsfleti og þynnur efna, síðar m.a. hálfleiðara þá sem rafeindatækni nútímans byggir á.

- iii) Með því að láta ljósgeisla fara gegnum tvö Nicol-príslu og snúa öðru þeirra, má breyta að vild styrk þess ljóss sem í gegn kemst (Mynd 1). Voru þessi príslu því höfð í margskyns tæki til að mæla ljós-magn, ekki síst svonefnnda *litrófs-ljósmaela* (spectro-photometers). Notkunarsvið ljósmaelanna nádi meðal annars yfir rannsóknir á birtu stjarnanna, könnun á dofnun ljóss á leið sinni gegnum efni, mælingar á magni uppleystra efna (svo sem í rannsóknum í lífefna- og læknisfræði), flúrljómun, og litaskynjun augans, svo eitthvað sé nefnt.
- iv) Enn má telja hér rannsóknatækni sem nefna mætti *ljósfjöðrunaráhrif* (photoelasticity) og var fyrst lýst 1815. Hún er nokkuð hliðstæð við bergfræðismá-sjárnar, en var beitt talsvert af eðlis- og verkfræðingum á 20. öld til að skoða líkön úr gleri (og síðar

glærum gerviefnum) af mannvirkja- og vélahlutum. Þegar horft er á þessa hluti gegnum Nicol-príslu, sjást í þeim litarendur sem endurspeglar þær innri spennur sem álagskraftar valda í viðkomandi hlut (Mynd 3). Þessi tækni hafði áhrif á þróun burðarþolsfræða og hönnunar, og nýttist sömuleiðis við prófanir á gæðum glers sem notað var í vönduð ljóstæki.

Nóbelsverðlaun

Til marks um mikilvægi silfurbergs (þá oftast í formi Nicol-prísla, og að öllum líkindum íslensks) í raunvísindum má nefna, að það kom talsvert við sögu í nokkrum þeirra uppgötvana sem Nóbelsverðlaun í eðlis- og efnaræði voru veitt fyrir á árabilinu 1901-1930. Til dæmis hefðu rannsóknir E. Fishers í efnasmíði sykurefna (efnafræði 1902) tæpast verið gerlegar án ljós-snúningsmæla. Einnig er viðurkennt, að nýjar hugmyndir A. Werners um eðli efnatengja í sameindum (efnafræði 1913) fengu að verulegu leyti staðfestingu í tilraunum hans og annarra með þess konar tækjum. Sömuleiðis voru mælingar á sveiflustefnum ljóss með silfurbergspríslum þáttur í mikilvægum rannsóknum á útteislun ljóss frá heitu gasi í segulsviði (Zeeman-hrif, eðlisfræði 1902), á eiginleikum svifefna (colloids, efnafræði 1925), og á svonefnndri Raman-ljós-dreifingu (eðlisfræði 1930). Meðal vísindamanna sem gerðu merkar athuganir með hjálp silfurbergs eða lögðu fram fræðilega túlkun slíkra mælinga, þótt þeir fengju Nóbelsverðlaun fyrir óskyldar uppgötvunar, voru tveir þeir fyrstu (1901): W. C. Röntgen í eðlisfræði og J. H. van't Hoff í efnafræði, sem og Rayleigh lávarður (eðlisfræði 1904).

Lok námarekstursins

Námavinnsla á Helgustöðum var stopul eftir 1872 og má merkja að mikil ekla var orðin á silfurbergi til rannsókna og ljóstækjasmíða upp úr 1880. Síðast var unnið í námunni 1920-1925 undir stjórn Helga H. Eiríkssonar verkfræðings, eins og lesa má í ævisögu hans eftir Guðmund G. Hagalín. Nokkur útflutningur var frá námu við Hoffell í Hornafirði frá því um 1911 og e.t.v. fram yfir 1930. Notendurnir erlendis reyndu mjög að finna leiðir til að nýta efnið sem best og jafnframt að finna staðgengla fyrir það, með misjöfnum árangri. Upp úr 1920 kom silfurberg frá Suður-Afríku á markaðinn og virðist það hafa átt meginþátt í endalokum námarekstursins á Helgustöðum, fremur en að gæða-kristallar hafi verið uppurnir þar. Hins vegar bera ýmsar erlendar heimildir því vitni, að framboð á silfurbergi hafi enn löngum verið ónógt eftir þetta, jafnvel fram yfir 1960. Svonefndar Polaroid-þynnur tóku að nokkru við hlut-

verki þess eftir 1933, en dugðu þó ekki eins vel á sumum notkunararsviðum. Silfurberg í ljós-tæki er nú unnið í ýmsum löndum, m.a. Mexikó, Brasilíu og Rússlandi.

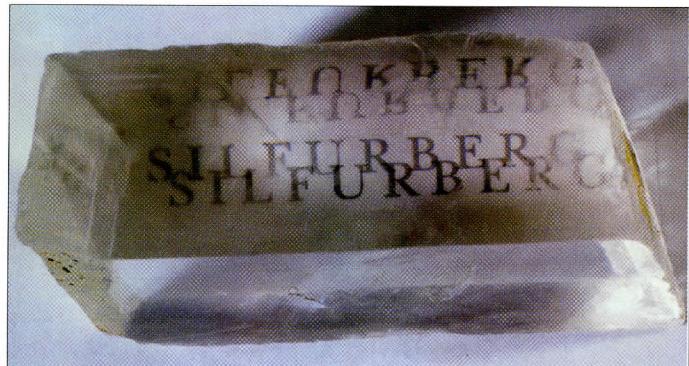
Eftir að kristallanámi til útflutnings lauk við Helgustaði, fékk gallað efni sem afgangs hafði orðið í námurekstrinum, gagnlegt hlutverk í iðnsögu landsmanna. Um alllangt skeið var það unnið til nota með öðrum mulningi í mýrhúð utan á byggingar (fyrst Þjóðleikhúsið, um 1933), og hefur sómt sér þar vel.

Til umhugsunar

Silfurbergið, undir nafninu *Iceland spar, spath d'Islande o.s.frv.*, er eitt fárra fyrirbrigða úr ríki náttúrunnar sem kennd eru við Ísland. Um fjöllun kennslu- og fraðibóka um ýmsa grundvallarþætti í ljósfræði, kristallafræði og fleiri vísindasviðum alla 19. og 20. öldina hefur mjög byggt á eiginleikum þess. Án námunnar hefðu sumar mikilvægar framfarir innan eðlis- og náttúruvísinda þessa tímabils líkast til orðið talsvert seinna en í raun varð og mannlif víðast í heiminum væri því með nokkuð öðrum brag.

Stundum er um það rætt hér á Íslandi, hvort landsmenn hafi skilið eftir sig þau spor í heimsmenningunni eða sögu mannkyns sem aðrir taki eftir. Eru þá gjarna nefnd í því samhengi íslenskt mál og fornritin, stjórnarhættir, og landafundir í vesturvegi fyrir árbúsundi. Hefur talsverð áhersla verið lögð á að kynna þessi framlög okkar fyrir fólk í innanlands sem utan, ekki síst ferðamönnum. Það gleymist hins vegar oft, að hugtakið menning nær ekki bara yfir atriði eins og söguritun og aðra orðræðu, listir, og útfærslu hugmynda s.s. í heimspeki, stjórnálum og menntun. Afar mikilvægur þáttur menningar og jafnframt sá þáttur sem hvað mest hefur staðið undir velmegun þjóðanna, eru raunvisindi og verkmennning: þekking mannsins á lögmalum og öflum náttúrunnar og hæfileiki hans til að nýta þau sér til hagsbóta. Þegar sá þáttur er tekinn með í umræðuna um framlag Íslands til umheimsins, er ljóst að silfurbergsnámuna við Helgustaði má telja til merkstu sögustaða landsins.

Náman á Helgustöðum hefur að formi til verið friðlýst sem náttúrvætti síðan 1. des. 1975 en höfundi virðist hún, umhverfi hennar, og saga námurekstursins, hafa fallið um of í gleymsku. Mættu hinir ýmsu aðilar sem þau



mál kunna að varða, bæði á Austfjörðum og á landsvísu, huga að því að vekja aukna athygli á sögu námunnar. Endurbætur á aðgengi að henni munu vera hafnar að frumkvæði heimamanna. Kostnaður við frekara starf á þeim vettvangi (að teknu tilliti til verndarsjónarmiða) og útgáfu kynningarrefnis mun eflaust skila sér fljótt með fjölgun ferðalanga. Jafnframt þarf að huga að frekari öflun heimilda og minja er varða silfurbergið, og rannsóknum á allri jarðfræði svæðisins kringum námuna. Síðar mætti m.a. útbúa myndefni um þessi mál fyrir sjónvarp, og setja upp safndeild eða sýningu um þau á Eskifirði.

Silfurbergs-strendingur úr Helgustaðanámunni.

Ljósm. Hjálmar R. Bárðarson.

Rit um notkun silfurbergs e. Leó Kr.

Silfurberg – ein merkasta steind í sögu raunvisinda. *Eðlisfræði á Íslandi VIII* (fjölit), ritstj. Helga Tulinius, 97-106. Eðlisfræðifélag Íslands, 1996.

Upphaf smásjárrannsókna á þunnsneiðum af bergi, og nokkur tengsl þess við Ísland. *Jökull* 48, 55-61, 2000.

Silfurberg: einstæð saga kristallanna frá Helgustöðum. *Jökull* 50, 95-108, 2001.

Silfurberg og þáttur þess í þróun raunvisinda og ýmissar tækni, einkum á 19. öld: minnisblöð og heimildaskrá. Fjöldituð skýrsla Raunvisindastofnunar Háskólags, RH-7-2001, fyrst útgáfa, 126 bls. + 36 myndasíður. Önnur útgáfa með leiðréttингum og margháttuðum viðbótum er í undirbúningi á haustmánuðunum 2002.

Iceland spar: the Helgustadir calcite locality and its influence on the development of science. Journal of Geoscience Education 50(4), 419-427, 2002.

Nokkrar heimildir um silfurberg

Geir Hólm: Silfurbergsnáman við Helgustaði. *Sjómannadagsblað Austurlands* 2001: 18.

Guðmundur G. Hagalín: *Eldur er beztur*. Iðunn, Reykjavík 1970.

Sigurður Sveinn Jónsson: Helgustaðanáman. *Steinn - blað félags áhugamanna um steinafræði*. 1. tbl. 1988: 6-7.

Sveinn Þórðarson: Saga silfurbergsins. *Náttúrurfraeðingurinn* 15 (2) 1945: 96-107.

Walker, G. P. L.: Geology of the Reydarfjörður area, Eastern Iceland. *Quart. Journal of Geology Society*: London 1957. 114: 367-393.