



Um rafsegulsvið og háspennulínur.

Upplýst umræða.

Sumt af því sem við raunvísindamenn erum að vinna með vekur mikinn áhuga almennings en er mjög erfitt að fjalla um án þess að grípa til fræðanna. Fræðin eru ekki eru því miður ekki með nein einföld svör á reiðum höndum. Svör okkar við spurningum sem almenningu veltir fyrir sér vilja því á köflum verða leiðinleg, illskiljanleg og valda þá um leið óþarfa tortryggni. Sumir notfæra sér þessa tortryggni og ala á henni og afla sér tekna með því að selja fólki ýmsar lausnir til að bjarga því frá þessari „vá“. Ungir verkfræðingar þurfa því að vera undirbúnir því að geta svarað fólki með skiljanlegum hætti og án fordóma eða yfirlætis, en alltaf er hætta á því að menn falli í þá gryfju.

Umræða í fjölmiðlum og fyrirspurnir Alþingismanna varðandi rafsegulsvið benda til þess að okkur hafi ekki tekist nógu vel til hvað varðar að upplýsa almenning um rafsegulsvið, eðli þeirra og tilvist og áhrif þeirra á hluti eða skepnur og þá helst mannskepnuna. Það er auk þess eðli vísindanna að afneita aldrei neinu heldur einungis að efast og leiða líkur að einhverju. Þetta er hugsunarháttur sem hentar illa í almennt umræðu og að ekki sé talað um þegar umræðan berst inn í Alþingishúsið.

Þessi samtekt byggist á efni sem tekið hefur verið saman á undanförunum árum af undirrituðum og finna má frekari heilmildir t.d. á heimasíðum Samorku, Landsvirkjun og Landnets.

Rafsegulsvið

Rafsegulsvið eru vel þekkt og skilgreind fyrirbrigði í eðlisfræðinni og hafa þær reikniðferðir sem eðlisfræðingar nota til að lýsa þeim nýst vel í rúma öld. Raftæki og mælitæki sem við notum í dag byggja á útreikningum út frá þessum reikniðferðum. Auðvelt er að mæla þessi svið og sýnir reynslan að útreikningar falla vel að mældum gildum.

Við upplifum þyngdarsvið jarðar á þann veg að við „höldum okkur á jörðinni“ og við sjáum eplin falla til jarðar af því að jörðin togar í það (gagnkvæmt reyndar). Við upplifum raf- og segulsvið á svipaðan hátt. Hlutir með gagnstæðum hleðslum eða pólum dragast að hvor öðrum og öfugt. Rafsegulsviðin virðast virka meira abstrakt á almenning og margt fólk virðist vera hrætt við þessi svið þó það hafi engar áhyggjur af t.d. þyngdarsviðinu. Rafsvið hafa auk þess „sloppið betur“ en segulsvið, sem almenningur virðist oft á tíðum hræddari við.

Rafsegulbylgjur geta verið mjög mismunandi eftir því hver tíðni þeirra er. Áhrif þeirra á efni eru mjög háð bylgjulengdinni en minni bylgjulengdir hafa mun meiri áhrif á efni. Þetta kemur fram í því að örbylgjur ($\lambda < 1$ cm) sem stefnt er á takmarkað svæði (örbylgjupykkni) geta hitað upp efni. Bylgjulengd þeirra getur verið af svipaðri stærðargráðu og sameindir efnisins, örbylgjurnar koma sameindunum á hreyfingu sem síðan veldur því að þær hitna vegna núningsins milli þeirra. Rafsegulbylgjur frá háspennulínunum hafa 6000 km bylgjulengd (6370 km frá yfirborði jarðar að miðju hennar).

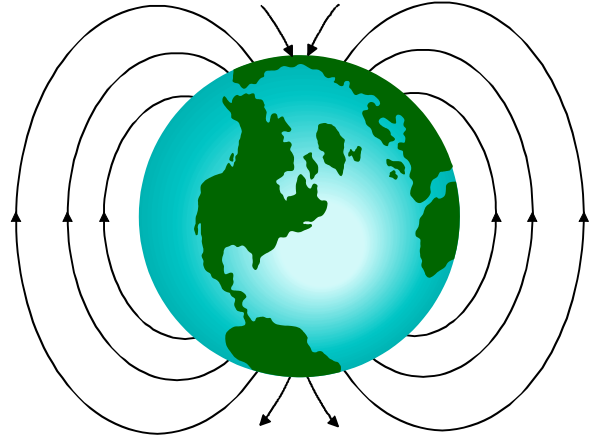
Á jörðinni eru náttúruleg áhrif bæði rafsviðs og segulsviðs. Þessi svið eru að sveiflast og breytast þó það séu kannski ekki miklar sveiflur í hlutfalli við stærð þessara sviða.

Við erum stöðugt í rafsviði sem stafar venjulega af því að skýin eru neikvætt hlaðin miðað við jörð. Andrúmsloft hefur svokallaða þolspennu upp á 2-3 kV/mm. Venjulega er spennunumur skýja og jarðar það litill að hann liggur langt undir þessari þolspennu.

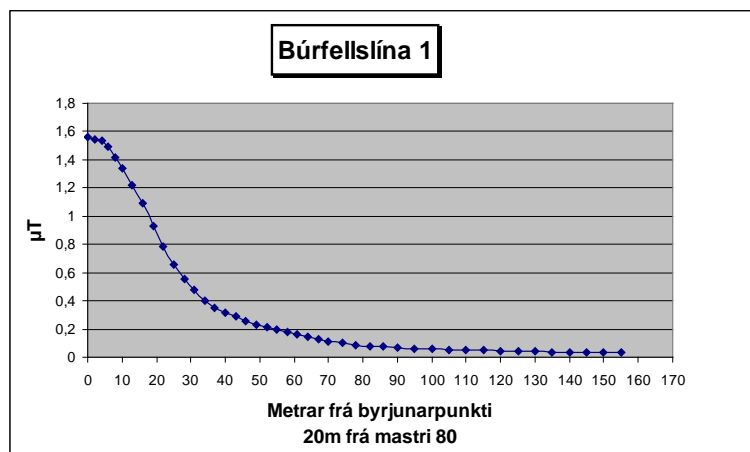


Þegar eldingaveður á sér stað t.d. í miklu uppstreymi sem veldur núningi sameinda andrúmsloftsins þá gerist það hinsvegar að spennunumurinn verður meiri en þólspena andrúmslofts og eldingin slær niður.

Jörðin er svokallaður seguldípóll. Flestir kannast við að hafa séð venjulegt segulstál. Það er líka seguldípóll. Seguldípóll samanstendur af norður og suðurpól og leitar segulsviðið frá norðurpóli til suðurróls. Reyndar er það þannig að suðursegulpóll jarðar er í norður Kanada og norður segulpóllinn er á Suðurheimskautilslandinu, eins og fram kemur á meðfylgjandi mynd. Við erum því stöðugt í segulsviði jarðar sem er nánast fast (0 Hz) en þó eru nokkrar sveiflur í því háð sólstormum og fleiri náttúrufyrirbrigðum. Náttúrulegt segulsvið jarðar, það segulsvið sem fólk er jafnan í, er að meðaltali um 50 μT . Reikna má með um 1% náttúrulegu flökti vegna sólgosa, norðurljósa og hamfara á sólu. Breytingin eða flöktið er meira frá sólu en t.d. frá rafmagnslínunum.



Bæði raf- og segulsvið minnka hratt í aukinni fjarlægð frá aflgjafa sínum eða í hlutfallinu $1/r^2$ eða $1/r^3$. (r er fjarlægðin frá sviðsgjafanum og að staðnum þar sem sviðið er mælt). Á mynd 1 sýnir mælingu segulsviðs sem gerð var fyrir nokkrum árum við Búrfellslínu 1. Glögggt má sjá hve sviðið fellur hratt með fjarlægðinni. Af þeim sökum er sviðið oftast mælt á milli mastra þar sem línan hefur sigið niður og nær jörðu (hér 20 m frá mastri nr. 80 í línunni).

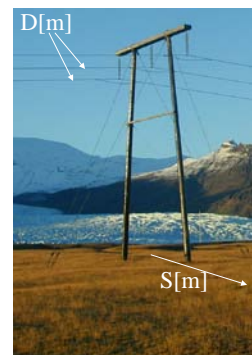


Mynd 1: Mæling á segulsviði út frá Búrfellslínu 1 á Reykjum á Skeiðum.

Oft á tíðum virðist hræðsla fólks við segulsvið aukast þegar um er að ræða línur á hærri spennum. 220 kV línur valda meiri ugg en t.d. 66 kV línur. Segulsviðið er alfarið háð straumnum í leiðaranum og hefur þar af leiðandi ekkert með spennuna á línunni að gera. Auk þess eru línur á lægri spennum mun nær jörðu og því kemst fólk í meiri nálægð við þær.

Ef vitað er hve mikill straumur hleypur í nálægri háspennulínu er auðvelt er að gera lauslega athugun á því í hve miklu segulsviði viðkomandi stendur. Við getum tekið dæmi af einni byggðalínunni þar sem t.d. fer 420 A straumur.

$$\begin{aligned} B &= 0,35 \frac{I \cdot d}{S^2} \\ &= 0,35 \frac{420 \cdot 5}{30^2} \\ &= \underline{\underline{0,8 \mu T}} \end{aligned}$$





Rannsóknir á áhrifum rafsegulsviðs

Vitað er að jónandi geislun það er þegar tíðni rafsegulsviðsins er komið yfir 10^{15} Hz hefur áhrif á lífverur og getur valdið sjúkdómum.

Umræður um áhrif rafsegulsviðs, með lægri tíðni en 10^{15} Hz, á lifandi verur hafa verið talsverðar á undanförunum árum og gerðar hafa verið rannsóknir víða um lönd. Þar hefur verið reynt að sýna fram á og rannsaka áhrif rafsegulsviðs á krabbamein, þ.e. að dvöl í rafsegulsviði auki líkur á krabbameini.

Þessar rannsóknir hafa bæði verið svokallaðar faraldsfræðilegar rannsóknir og lífeðlisfræðilegar rannsóknir.

- Faraldsfræðilegar athuganir byggja á rannsóknum margra tilfella, þar sem er reynt að sýna fram á með tölfræðilegum hætti að þeir sem dvelja lengur en aðrir í t.d. rafsegulsviði, eigi fremur hættu á því að fá krabbamein. Samsvarandi faraldsfræðilegar athuganir hafa m.a. sýnt fram á með nokkuð sannfærandi hætti samband reykinga og lungnakrabbá.
- Í lífeðlisfræðilegum rannsóknum er reynt að finna á hvern hátt rafsegulsvið hafa áhrif á lífandi frumur og hvort þau geti til dæmis breytt eðlilegum frumum í krabbameinsfrumur.

Þeir sjúkdómar sem hér er um að ræða eru mjög fátíðir og fjöldi tilfella því lítil, jafnvel hjá milljónþjóðum. Margar rannsóknir byggja á mjög fáum sjúkdómstilvikum og því er ekki hægt að fá fram tölfræðilega marktækar niðurstöður þó að sumir rannsóknaraðilar telji sig merkja einhverjar vísbendingar. Tölfræðilega marktækni er augljóslega algjör forsenda fyrir gagnlegum faraldsfræðilegum rannsóknum. Í því sambandi má einnig geta þess, að sumar athuganir hafa bent til minni hættu á vissum tegundum krabbameina hjá þeim sem eru í segulsviði en hjá öðrum. Almenn virðast sérfræðingar sammála um að, ef einhver tölfræðileg áhætta sé þarna á ferðinni, þá sé hún mjög lítil. Að minnsta kosti mjög lítil í samanburði við aðra þekktu áhættuþætti, t.d. áhrif reykinga á lungnakrabbamein.

Ekki hefur heldur tekist að finna á hvern hátt rafsegulsvið getur valdið breytingu á erfðaeefni í frumum þannig að heilbrigðar frumur breytast í krabbameinsfrumur. Segulsvið frá t.d. háspennulínunum fer hindrunarlaust í gegnum líkama manna og dýra og myndar veika hringstrauma í kringum sig. Rafsvið frá sömu línu mynda veika strauma sem flæða frá hærri spennu til lægri. Þeir straumar sem þessi rafsegulsvið valda eru það veikir að þeir komast ekki að frumunum sjálfum heldur berast í vatninu sem er umhverfis þær. Stærðargráða þeirra er um það bil einn milljónasti af amperi (A). Til samanburðar má geta þess að venjuleg vör í húsum eru 10 til 16 A.

Bandaríkjaþing setti á laggirnar nefnd árið 1991, sem fór í gegnum allar rannsóknir hvað þetta mál varðar síðastliðin tuttugu ár þar á undan og álykta um þá hættu sem stafar af nálægð háspennulína. Nefndin skilaði af sér skýrslu árið 1997. Fjallað er um rannsóknir á áhrifum rafsegulsviðs á einstakar frumur, erfðaeefni, melatonin, sjúkdóma svo sem krabbamein, taugasjúkdóma, þunglyndi, höfuðverk svo og sjálfsvíg og fleira mætti telja. Skemmst er frá því að segja að nefndin komst að þeirri niðurstöðu að miðað við núverandi upplýsingar stafaði lífandi verum engin mælanleg hættu af háspennulínunum. Sérstaklega er tekið fram að hættu á krabbameini, truflun í taugakerfi, áhrif á frjósemi og þroska virðist engin. Þessi skýrsla var gefin út í eftirfarandi bók: *Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields*, National Academy Press, Washington, D.C: 1997.

Þeim sem áhuga hafa á þessu málefni skal bent á þessa bók.



Niðurstöður rannsókna

Niðurstöður faraldsfræðilegra athugana á þessu sviði eru oftast settar fram sem hlutfallsleg áhætta þeirra sem búa nærri háspennulínunum umfram þá sem ekki búa við slíkar aðstæður (RR, Relative Risk). Ef áhættan væri sú sama, væri hlutfallsleg áhætta 1,0 en stuðullinn hækkar eftir því sem áhættan er meiri. Í meðfylgjandi töflu eru dregnar saman niðurstöður margra rannsókna á þessu sviði.

Tegund krabbameins	Fjöldi athugana	Hlutfallsleg áhætta (RR) Meðaltal	Svið niðurstaðna
Hvítblæði í börnum	13	1,3	0,8-2,0
Heilakrabbamein í börnum	8	1,3	0,8-1,9
Eitlakrabbamein í börnum	7	2,0	0,8-5,0
Allar tegundir krabbameina í börnum	6	1,4	0,9-1,7
Hvítblæði í fullorðnum	6	1,15	0,85-1,65
Heilakrabbi í fullorðnum	4	0,95	0,7-1,4
Allar tegundir krabbameina í fullorðnum	8	1,10	0,8-1,35

Heimild: [John E. Moulder, Medical College of Wisconsin, <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/toc.html>]

Sir Richard Doll fyrrverandi prófessor við Oxford Háskóla sem lést í júlí 2005 er frægasti vísindamaðurinn á þessu sviði. Honum og samstarfsfólki hans tókst að sýna fram á að hlutfallsleg áhætta þeirra sem reykja á að fá lungnakrabbamein er 20, þ.e. tuttugu sinnum meiri en þeirra sem ekki reykja. Sé þetta borið saman við töfluna hér á undan sést að það er stærðargráðu munur á niðurstöðunum. Faraldsfræðingar telja að afgerandi niðurstaða eins og fram kom varðandi reykingar og lungnakrabbamein sé marktæk, en ekki sé hægt að segja það sama þegar hlutfallsleg áhætta er svo nálægt einum eins og fram kemur í töflunni hér að ofan. Niðurstöður Sir Doll og fleiri rannsókna sem styðja hans niðurstöður, hafa meðal annars leitt til þess að framleiðendur tóbaks viðurkenna orðið hættuna af tóbaksreykingum.

Oft hafa komið fram óskir um rannsóknir af þessu tagi hér á landi. Ísland er fámennt land og strjálbýlt og því lítið um að fólk sé búsett í mikilli nálægð við háspennulínur ólíkt því sem gerist í þéttbýlli löndum svo sem Svíþjóð, þó það teljist reyndar ekki mjög þéttbýlt. Í lauslegri athugun sem gerð var fyrir nokkrum árum kom í ljós að það eru um það bil 8 - 13 heimili í innan við 100 m frá 220 kV og 132 kV háspennulínunum hér á landi. Mælingar á rafsegulsviði frá þessum flutningslínunum sýna auk þess gildi langt undir þeim mörkum sem miðað er við í alþjóðlegum stöðlum svo sem Cenelec ENV 50166-1. Af ofangreindum ástæðum geta rannsóknir á rafsegulsviði hér á landi vart orðið marktækar.

Sambærileg stofnun í Svíþjóð og Vinnumálastofnun hér á landi hefur bent á að ekki virðist hafa orðið fjölgun hvítblæðistilvika í börnum í Svíþjóð þrátt fyrir margföldun á raforkunotkun þar í landi. Þannig var fjöldi slíkra tilvika svipaður í Svíþjóð árið 1990 eins og var 1960, þrátt fyrir fjórföldun í raforkunotkun yfir sama tímabil.

Hér á landi eru háspennulínur undir 132 kV spennu nær eingöngu í strjálbýli (sveitalínur). Á síðustu árum hefur þessum línunum farið fækkandi einkum á þéttbýlli svæðum og áætlanir eru uppi um verulegt átak við endurnýjun þeirra með jarðstrengjum. Við mælingar á rafsegulsviði umhverfis spennistöðvar í dreifikerfum hefur komið fram að segulsvið er langt undir alþjóðlegum viðmiðunarmörkum og því vandfundnar stöðvar sem uppfylla þau skilyrði sem verða að vera til staðar svo að rannsóknir verði marktækar.



Staðlar og viðmið

Vegna þess að ekki hefur verið hægt að sýna fram á með ótvíræðum hætti samband milli rafsegulsviðs og vanheilsu manna, hafa yfirvöld víðast hvar verið treg að setja fram viðmiðunarreglur um leyfilegan styrkleika rafsegulsviðs. Hinsvegar hefur oft verið beitt varúðarreglu við lagningu nýrra orkuflutningslína, þ.e. reynt að staðsetja þær þannig að þær séu ekki of nálægt byggingum, t.d. barnaheimilum eða barnaskólum, ef því verður viðkomið án mikils aukakostnaðar.

Hér á landi er miðað við Cenelec ENV 50166-1 (Human exposure to electromagnetic fields. Low frequency (0-10 kHz)).

Í meðfylgjandi töflu má sjá viðmiðunargildin miðað við Cenelec ENV 50166-1:

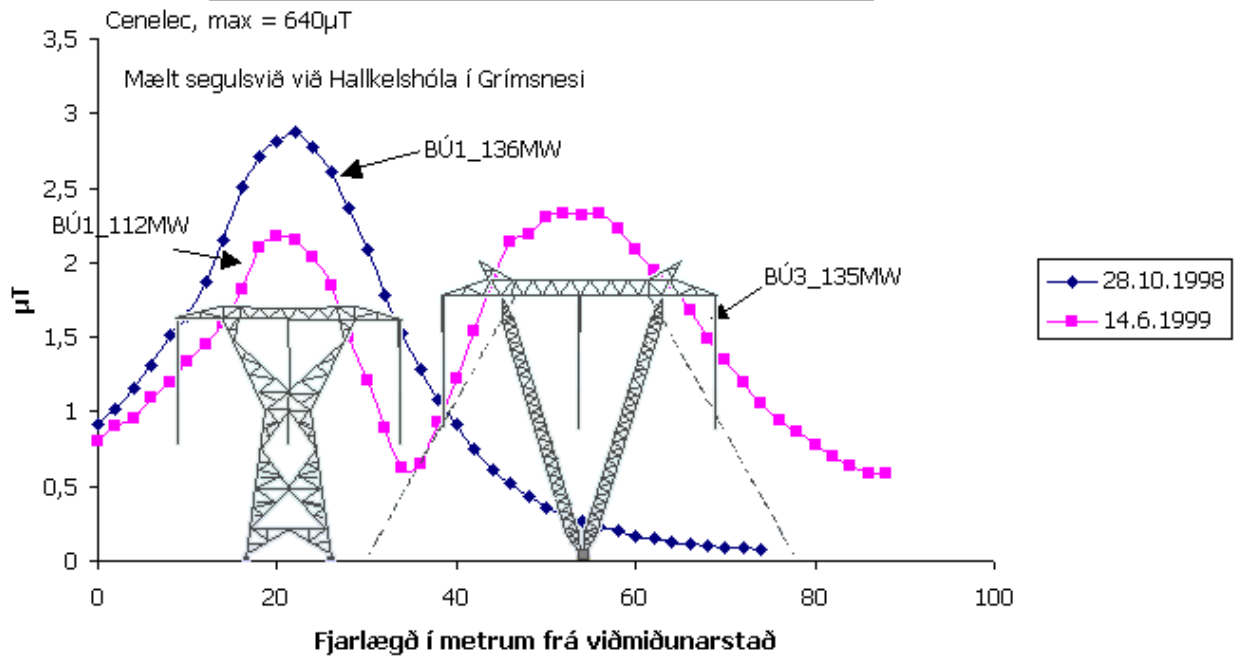
Hámarksstyrkur rafsegulsviðs gagnvart almenningi (General Public)				
	Rafsvið		Segulsvið	
	<i>Stöðug dvöl</i>	<i>Stutt dvöl</i>	<i>Stöðug dvöl</i>	<i>Stutt dvöl</i>
Cenelec	10 kV/m	-	640 μ T	-

Íslendingar eru aðilar að evrópsku staðlasamstarfi á rafmagnssviðinu og því eru Cenelec staðlar yfirleitt teknir upp óbreyttir hér á landi.

Við mat á umhverfisáhrifum (MAU) háspennulína hér á landi þarf að gera grein fyrir þessum áhrifum. Komið hefur í ljós að miðað við hönnun háspennulína hér á landi, eru sviðin hér langt innan við þessi viðmið. Meðfylgjandi er dæmi um segulsviðsmælingu úr MAU fyrir Búrfellslínu 3 (BÚ3) á sínum tíma. Blái ferill sýnir mælingu áður en BÚ3 var gangsett. Fjólublái ferillinn sýnir mælingu eftir gangsetningu BÚ3.



Mælt segulsvið undir Búrfellslínur 1 og 3A



Mæling: Friðrik Alexandersson hjá Rafteikningu hf

Í eftirfarandi töflu eru sett fram til fróðleiks nokkrar dæmigerðar stærðir segulsviðs í kringum algenga hluti:

Hluttur	Fjarlægð	Segulsviðstyrkur (μ T)
Háspennulínur	10 m	1 – 10
Rafmagnsofnar	30 cm	0,15 - 0,5
Örbylgjuofnar	30 cm	0,1 – 20
Kaffivélar	15 cm	0,4 - 1
Brauðris	15 cm	0,5 - 2
Matvinnsluvélar	15 cm	30 – 60
Ryksugur	1 m	0,13 – 2
Hárþurrkur	15 cm	0,1 – 70
Rakvélar	3 cm	15 – 1500
Vatnsrúm m. hitara	10 cm	0,04 - 2,5
Borvél	15 cm	10 - 20
Vélsög	15 cm	5 – 100

Lokaorð

Þegar verið að ræða mál sem gætu varða heilsu manna þá er orðið áhættumat alltaf svolítið viðkvæmt. Þetta er samt lykilorð í umræðunni. Við vitum að það deyja margir í bílslysum á Íslandi, en samt tökum við áhættuna á því að setjast undir stýri og aka af stað. Þá eru mörg umhverfisleg atriði sem gætu haft eða hafa einhver minniháttar neikvæð áhrif á heilsu fólks. Okkur hættir alltaf svolítið til þess að eyða kröftum okkar og fjármagni í lítilvæg atriði (trivial many) frekar en hin fáu mikilvægu atriði eins og t.d. öryggi í akstri, sem áður var nefnt (vital few).



Áðurnefndur Sir Richard Doll benti á að þar sem hættu af völdum rafsegulsviðs frá rafbúnaði sé engin eða mjög lítil, væri fjármagni ríkis og almennings illa varið ef farið væri að leggja út í miklar framkvæmdir til að draga úr áhrifum núverandi mannvirkja. Fjármagninu væri mun betur varið í aðgerðir til að draga úr einhverjum alvarlegum heilbrigðisvandamálum. Hinsvegar bendir hann á að það þýði ekki að draga eigi úr rannsóknum á þessu sviði.

Þessi pistill er ekki hugsaður sem einhver fræðileg úttekt á málefninu heldur miklu frekar lauslegt yfirlit og jafnvel handbók fyrir þá sem vilja taka þátt í umræðum um þessi mál. Allt of margir og jafnvel fólk með einhverja menntun í rafmagnsfræðum sem hafa tjáð sig um þessi mál opinberlega hafa lítið kynnt sér málefnið, en ritað um það í mjög neikvæðum anda og hafa þannig valdið óþarfa hræðslu meðal almennings (alarmistar er það víst kallað). Það er hinsvegar af hinu góða að almenningur hafi áhuga á því sem við verkfræðingar erum að vinna við og við eigum að taka þátt í svona umræðum.

Eymundur Sigurðsson ,
verkfræðingur Verkfræðistofu Jóhanns Indriðasonar (VJI).