

# Eesti seismoloogia hiilgav minevik

Heidi Soosalu

Eesti Geoloogiateenistus, Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituut

*„Tõuseb küsimus, mistarwis üleüldse waja on nendes maades seismilisi waatlusi korraldada, kus mingisugust hädaohtu karta ei ole? /.../ Kui keegi arwab, et Eestil seismilist obserwatooriumi tarwis ei ole, siis on see niisama ekslik, nagu waade, et kellegil muul rahwal õigust ei ole üldisest kultuuritööst osa wõtta, kui suurrahwastel. Ja ometi ei wõi asjalugu nii olla. Nüüd, kus meil iseseiswus on, peame meie teistwii-si asja peale waatama.” – J. Wilip. Seismoloogia 2. Postimees, 22.03.1923*

Kui president Lennart Meri tõi 1999. aasta IX riigikogu avaistungil kõnes avalikkuse ette mõiste „Eesti Nokia“, käivitus innukas üldrahvalik kandidaatide otsimine ja pakkumine (Pruul 2006), mis kestis paarkümmend aastat. Ajas tagasi vaadates võib aga tõdeda, et tegelikult leiutati Eesti Nokia juba sadakond aastat tagasi Eesti andekate tippspetsialistide üksteist täiendava koostööna. See omataoliste hulgas üks kõige ihaldatum leiutis maailmas soetati viiele mandrile ja seda kasutades tehti selgeks koguni Maa tuuma siseehitus.

Tormilised arengud maailma ajaloos kärpsid paraku tiibu nii esimesel Eestil kui selle loojate edulugudel. Oleks läinud teisiti, kes teab, võiks praegu meie reklaamloosungiks olla: „Eesti – seismomeetrite ja Skype'i kodumaa!“. Võib-olla oleks siis ka ehk seismoloogia kui teadusharu Eestis talle väärilisel kohal, mitte liigitatud kõigest keskkonnaseire üheks nišiks.

Eestis loodud seismograafid olid ette nähtud maakera aktiivsete piirkondade suurte maavärinate salvestamiseks ja läbi selle Maa siseehituse tuvastamiseks. Seismoloogia teine tahk on aga kohalikud maavärinauringud, et koguda olulist geoloogilist teavet oma jalgealuse maapõue kohta. Praegu on meil käepärast seismomeetrid, mis suudavad nii globaalseid kui kohalikke ülesandeid täita. Aga esmalt oli vajalik koondada inimeste meenutusi ja dokumenteeritud tähelepanekuid ning rekonstrueerida nende põhjustajaid, et sõeluda välja võimalikud aset leidnud maavärinad. Sellisel viisil pani Eesti kohalikele seismilistele vaatlustele aluse Riia Polütehnilise Instituudi professor, mitmekülgsete huvidega geoloog Carl Bruno Doss (1861–1919).

## Instrumentideta seismoloogia

Seismoloogia kui teadusharu kujunemine sai alguse maavärinate tunnetamisest ja mõistmisest, et mõned piirkonnad on värinatest rohkem mõjutatud kui teised. Makroseismiliste vaatluste ülestähendused käsitlevad maavärina toimumisega kaasnevaid nähtusi, mille põhjal on võimalik määrata maavärina hinnanguline võimsus ehk makroseismiline magnituud. Usaldusväärset informatsiooni maavärinate kohta võimalikult kaugest minevikust läheb vaja seismilise ohu hindamiseks ehitustegevuses jm. Paradoksaalselt on sellised andmed olulised just vähese seismilise aktiivsusega piirkondades, kus tervikpildi saamiseks peab teavet koguma sajandeid ja kus üksikud valed andmekillud võivad hinnanguid oluliselt moonutada.

Paraku on meie piirkonna kohta säilinud ajalooline andmestik väga ebaühtlane. Vaatluste andmed võivad viidata sündmustele, mille puhul tekib kahtlus, kas tegemist oli ikka päris maavärinaga või põhjustas selle pigem tugev pakane (mere/järve jää või jäätunud pinnase lõhenemine) või hoopis äike. Informatsioon võib olla kaudne ja ebatäpne või ka hilisematel tsiteerimistel moonunenud. Originaaldokumendid võivad olla raskesti kättesaadavad või takistab nende mõistmist keelebarjäär. Juba toimumisaja määramine võib tekitada peavalu mõistmaks, kas kuupäev on vana või uue kalendri järgi ja millises ajavööndis. Ka magnituu- di hinnang võib olla väga individuaalne.

Põhja- ja Baltimaade ajalooliste maavärinate nimistut (Bulletins i.a) haldab ja uuendab Helsingi Ülikooli Seismoloogia Instituut koostöös naaberriikide seismoloogidega. Praegu revideerib Soome–Rootsi–Eesti seismoloogide uuringugrupp süstemaatiliselt ajaloolist ka- taloogi, mille esimesed sissekanded on pärit 1375. aastast Gotlandi saarelt (kuigi küsimär- giga) ning 1497. aastast Örebro piirkonnast Rootsis.

## Carl Bruno Doss – Baltikumi maavärinate kataloogi rajaja

Kõige väärtuslikuma panuse Eesti ja terve Baltikumi ajaloolise seisilisuse andmete koon- damisel on kindlasti andnud enam kui sada aastat tagasi tegutsenud geoteaduste multita- lent **Carl Bruno Doss**, kes kogus ja ühtlustas süstemaatiliselt kohalike maavärinate kirjeldusi, kasutades kõikvõimalikke andmeid nagu ajaleheartiklid ja pastorite või mõisahärrade poolt kirja pandud pealtnägijate meenutused. Dossi allikateks olid ka selleks ajaks koosta- tud suured kataloogid nagu **Joseph O'Reilly** (1886) Euroopa ja lähialade ning **Ivan Muške- tovi** ja **Andrei Orlovi** (1893) Vene impeeriumi maavärinate nimekiri.

Andmete kogumiseks suhtles Doss otse maavärinat kogenud isikutega ja kasutas sünd- muste tekkepõhjuste selgitamisel ka samaaegsete ilmavaatluste kirjeldusi. Vana kalendri kuupäevad teisendas ta hoolikalt uuteks, mainides kõrvuti mõlemaid. Väga vanade teadete korral võis vana ja uue kalendri päevade ajavahe määramine osutuda küllaltki keeruliseks.

Balti kubermangudes (*Ostseeprovinzen*) toimunud maavärinate ja maavärinateks pee- tud sündmuste loetelud koos kriitilise analüüsiga avaldas Doss arvukates publikatsiooni- des (Doss 1898, 1905b, 1910a, 1910b, 1911, 1913a). Tema kirjalikud ülestähendused on nii põhjalikult ja kaalutletult koostatud, et nüüdki – sada aastat pärast tema surma – on tema kogutud makroseismiline andmestik oivaliseks ja väärtuslikuks allikaks Eesti piirkonna seis- milise ajaloo hindamisel ja uurimisel. Nende andmete väärtust ei vähenda ka asjaolu, et Dossi arvates põhjustas siinseid maavärinaid peamiselt karstikoobaste varing (Doss 1910b). Ta eeldas, et Baltikumi maapõu on jääajajärgsest maatusust tingitud tektooniliste pingete tekkimiseks liiga stabiilne.

Dossi seisukohta Baltikumi maavärinate tekitaja osas kritiseeris Prantsuse krahv **Fer- nand de Montessus de Ballore** (1912), üks seismoloogia pioneer (Cisternas 2009), kelle arvates otsesed tõendid varisemiste kohta puudusid. Samas suhtus ka tema skeptiliselt võimalusesse, et Balti provintside seisilisus oleks seotud jääajajärgse maakerkega. Mon- tessus de Ballore arvas, et maavärinad võiksid olla seostatavad jooneliste geostruktuur- sete elementidega, viidates seejuures Soome lahe rannajoonele ja Daugava jõe sängile.

Doss (1914) jäi siiski oma seisukoha juurde ka hiljem, arvates, et pigem on karstikoobas- te varisemise tähtsust alahinnatud. Ta nõustus Montessus de Ballorega selles, et vaevalt on Baltikumi nüüdisaegne seisilisus tingitud postglatsiaalsest maakerkest, sest tõendeid selle kohta polnud teada. Tegelikult ei tundu Dossi tõlgendus kummaline omaaegse geo- teaduse raamistikus (nt Wilip 1904a). Nii liigitab teine seismoloogia pioneer ja käesoleva arti-ikli üks peategelane Vene vürsti Boriss Golitsõn oma teed rajanud monograafias (Golitsyn 1912; Galitzin 1914) maavärinate põhjused kolme klassi:

- *pursketegevusega kaasnevad vulkaanilised maavärinad;*
- *koobaste varisemisest tingitud varinguvärinad;*
- *maakoore plakkide omavahelisest nihkumisest põhjustatud tektoonilised maavärinad.*

Doss tundis põhjalikult Baltimaade geoloogiat ja oli ka karstinähtustega hästi kursis. Teaduskirjandusele toetudes jõudis ta järeldusele, et Baltikumi maavärinad leiavad aset piirkondades, kus esinevad ulatuslikud karstinähtused. Konkreetse tõendina on Dossi maavärinate nimekirjas juhtum 1783. aasta kevadest, kui Slokas (*Schlock*, tänase Jurmala linna alal paiknenud asula) toimunud sündmuse tagajärjel tekkisid negatiivsed pinnavormid (kurisu või doliin; Doss 1908, 1910b).

Dossi üheks argumendiks oli ka Baltikumi maavärinate mõju lokaalne avaldumine, mis viitab fookuse (kolde) paiknemisele maapinna lähedal. Vastuses Montessus de Ballore kirjutisele (1912) arvas Doss (1914), et Balti kubermangude geoloogilisi tingimusi arvestades võiks tektoonilised liikumised olla maavärina ajendiks ainult Eesti rannikust põhja pool Soome lahe piirkonnas.

Aeg on näidanud, et Montessus de Ballore, kes tegeles peamiselt Ladina Ameerika ja globaalse seismissusega üldiselt (Cisternas 2009), hindas Baltikumi seismissuse tagamaid õigesti. Sajanditagused mõõteriistad ei võimaldanud tuvastada Eesti piirkonna maatõusu suurusjärgus millimeeter aastas (Jevrejeva jt 2001; Kall ja Jürgenson 2008). Siiski on huvitav teada, et 20. sajandi keskpaigas pidasid Põhjamaade seismoloogid Fennoskandia piirkonna maavärinate ajendiks just maakerget. See seisukoht kehtis seni, kuni arvutused vabanenud seismissuse energia hulga ja muustrite kohta näitasid selget seost globaalsete tektooniliste liikumistega (Båth 1978). Praegu valitseva arusaamise järgi on Põhjamaade ja Balti regiooni maavärinate põhiliseks vallandajaks litosfääri laamade liikumisel maakoore kogunenud pingete vabanemine (Båth 1984; Gregersen 2002).

## **Pakaseöö müristused Pärnu piirkonnas**

Vanimad ülestähendused Eestis aset leidnud maavärinate kohta pärinevad 1670. aastast Pärnu lähedalt ning 1823. aastast Kuigatsi piirkonnast, kuid nende nähtuste tegelik olemus on küllaltki ebaselge. Esimene veenev maavärin Eestis leidis aga aset Noarootsi kihelkonnas (*Kirchspiel Nuckoe*) Läänemaal 1827. aastal (Doss 1898).

Pärnu sündmus on sobilik näide sellest, kuidas Doss oma publikatsioonides analüüsis oletatava maavärina kohta kogutud uut informatsiooni. 1898. aastal ilmunud artiklis mainis ta lühidalt: „1670. aastal ‘pühapäeval enne kuupäeva 28. jaanuar’ (s.o 22. jaanuar/1. veebruar) leidis aset maavärin 4 miili kaugusel Liivimaa Pärnust.” 1910. aastal publitseeritud mahukas kataloogis naasis Doss (1910b) taas Pärnu sündmuse juurde, olles skeptiline tolleaegsete ja hilisemate allikate suhtes. Ta tsiteeris kirjeldusi 1670. aasta jaanuaris või veebruaris, võib-olla isegi märtsis toimunud müristamisest ja maa värisemisest Liivimaal. Maavärina öisel toimumisajal täheldati kõva pakast ja kuuvalgust, üleüldse olevat see kevadtalv olnud erakordselt külm. Lõpuks ühines Doss geoloog **Constantin von Grewingki** (Grewingk... i.a) arvamusega, et tõenäoliselt polnudki mingit Pärnu maavärinat, või et juhtum aeti segi 1670. aasta 22. jaanuaril Saksimaa Halles toimunud maavärinaga.

Dossi kogutud ilmastikuolude andmed nagu märkused käreda pakase ja öisel ajal toimunud nähtuste kohta on hinnaliseks informatsiooniks tänapäeva uurijale. Põhjamaade seismoloogia ajalugu uurides jääb mulje, et talvekuudel toimus rohkem maavärinaid kui suvel. Instrumentide kasutuselevõtmisega saadud mõõtmised sellist seaduspära aga ei toeta. Arvatavasti on mõnikord käreda pakasega kaasnevad nähtused eksikombel kantud

maavärinate nimekirja (Ahjos ja Uski 1992). Sellest lähtuvalt on ka Põhja-Euroopa maavärinakataloogi korrastamise töögrupp seisukohal, et tõenäoliselt 1670. aastal Pärnu piirkonnas maavärinat ei toimunud.

## Salapärane kohanimi

Dossi koondnimekirjas (Doss 1910b) on maavärin, mis toimus 5.–6. veebruari keskööl 1823. aastal Kuigatsis Liivimaal. Ta kirjeldab suurt segadust sellele sündmusele viitavates arvukates allikates, mis on publitseeritud nii saksa, vene, prantsuse kui inglise keeles. Maavärinat täheldati Peterburi ja Riia vahel asuvas postijaamas, mille nimi võis olla Karipatz või Karripatz, (trükiveaga Karinatz) või hoopis Rasipatz. Dossi arvates pidi selline postijaam asuma Eestis, sest kohanimi kõlas eestipäraselt. Lõpuks õnnestus tal saksakeelsest ajalehest *Ostsee-Provinzen-Blatt* (06.02.1823 vkj) üles leida uudis, kuidas 24.–25. jaanuari (vkj) ööl tunti Kuikatz'i postijaamas Liivimaal nii võimsat maa-alust tõuget, et hoonetes viibinud inimesed seda tajusid. Pärast seda teadet leidis Doss kaardilt, et postijaama asukoht on Riia–Peterburi vana postitee lähedal Valmiera (*Wolmar*) ja Tartu (*Dorpat*) vahel, Võrtsjärve (*Wirtzjerv*) lõunaotsast 7 km kagu pool.

Segadust põhjustavaid asjaolusid selle maavärina ümber oli teisigi. Mõne allika järgi toimus üks maavärin jaanuaris ja teine veebruaris, lisaks veel ka 1833. aastal. Doss sirvis kannatlikult läbi 1833. aasta ning ka 1834. aasta alguses ilmunud nii *Ostsee-Provinzen-Blatt*'i numbrid ja ka teised Riia, Tartu ja Peterburi ajalehed, kuid ei leidnud jälgegi 1833. aasta maavärisemise kohta. Nii tõmbas ta 1833. aasta sündmus(t)ele lõplikult kriipsu peale.

Maavärina asukoha määramist raskendavad omakorda Eesti kohanimele nii vene- kui saksakeelsed variandid ja maakeelsed nimed, mille kirjaviis on ka ajas muutunud. Näiteks on Eesti ajalooliste maavärinate nüüdisaegse väärtusliku ülevaate autorid A. A. Nikonov ja H. Sildvee (1991) valinud oma ingliskeelses artiklis kõnealuse sündmuse toimumispaiga nimeks kõigist nimevariantidest erineva *Kuikatse*. Sellise kirjaviisiga esines kohanimi eesti keeles *Marahwa Näddala-Lehe* uudises (09.02.1823 vkj, lk 43): „*Kuikatse jamas, mis, kui Tartust Riga minna, tõine jaam on, tunti 24mal Januaril, öse kello 12 kaunist ma pörrutust; sedda ei olnud pitkemalt, kui agga ühhest silmapilgast. Tuntsid sedda innimesed postimajas, ning ka postimehhed, kelle maja töistpool manted seisab, ja tunti seddasamma pörrutust ka weel herberis, mis mõnni waggu maad jamast kõrwal on seismas.*”

Ajalooliste maavärinate kataloogi korrastamise käigus tekkis kahtlus, kas 1823. aasta südatalve ööl Kuigatsis aset leidnud maavärin oli ehtne või tulenesid kirjeldatud nähtused pigem käredast pakasest. Üheks argumendiks pidasime asjaolu, et maavärina ja sellega kaasnevate nähtuste kohta on teada vaid postijaama hoonetes viibinud inimeste ülestähendused, kuid neid ei ole teada ümberkaudsetelt elanikelt. Tegelikult mainib *Marahwa Näddala-Leht* (antud allikat meil tollal polnud kasutada), et värisemist tunti ka tükk maad kaugemal mõisas.

Korrastamistöörühma seisukoha seadis uude valgusesse ka 2016. aasta 11. detsembril Võrtsjärve lähedal toimunud maavärin magnituudiga 1,8 (Soosalu jt 2022). Seda vaieldamatult ehtsat maavärinat ei ole lähipiirkonna elanikud kirjeldanud. Kindel on ka, et 1987. aasta 8. aprillil toimus Võrtsjärve lähistel maavärin (Sildvee 1988). Kuigi ka seda sündmust pole instrumendid registreerinud, tunti seda ulatuslikul alal Tartust Viljandini ja kaugemalgi. Veel väärrib mainimist, et Doss (1910b) on käsitlenud üht Viljandis 02.06.1909 aset leidnud juhtumit, mille kohta jõudis teave temani vaid kahelt isikult. Ta ei välistanud, et tegu võis olla maavärinaga, kuigi oli selles suhtes skeptiline. Igal juhul on mõistlik meeles pidada, et Võrtsjärve piirkonnas on viimase kahesaja aasta vältel toimunud vähemalt kaks maavärinat, aga võib-olla koguni neli. On võimalik, et Eesti mastaabis on siin tegemist seisnilise regiooniga.

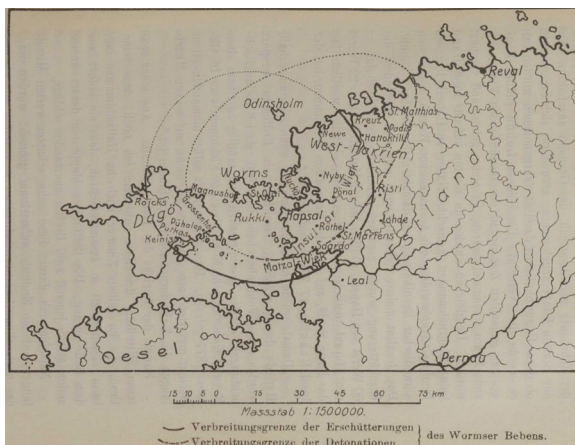
## Vormsi maavärina tuvastamise keerdkäigud

Oslo fjordi tabas 1904. aasta 23. oktoobril maavärin, mille magnituudiks on hinnatud 5,4 ja mis oli tuntav suures osas Põhja-Euroopast (Bungum jt 2009). Doss (1905a, 1905c) viis läbi uuringu selle kohta, kuidas tajuti Oslo maavärinat Balti ning Kaunase (*Kowno*) kubernangudes. Selleks pöördus ta ajalehtede kaudu lugejate poole palvega edastada Oslo maavärina kohta oma tähelepanekuid. Ajendatuna Dossi palvest võttis veidi hiljem temaga ühendust pruulmeister Schultz Haapsalust (*Hapsal*), sooviga jagada informatsiooni hoopis ühe varem aset leidnud maavärina kohta [joonis 1].

Kui ajalehed teavitasid 1896. aasta septembris Jelgavas (*Mitau*) toimunud maavärinast (Doss 1910b), innustas see Schultz'i kirja panema oma tähelepanekud 1877. aasta 16. oktoobri hommikul Haapsalus ja selle ümbruskonnas aset leidnud sündmuse kohta. Pruulmeister pidas tagasihoidlikult ennast toimunu osas võhikuks ja nii ei söandanudki ta kohe maavärinajärgselt oma ülestähendusi mõnele ajalehele saata.

Doss (1905b, lk 121–124) oli Schultz'i aruandest vaimustuses ja publitseeris selle peaaegu sõna-sõnalt. Schultz oli kuulnud kahurilasule sarnanevat heli ja tundis läänest itta liikuvat tõuget, mis pani esemed kolinal liikuma ja aknad klirisema. Järgnes vibreeriv *wif-wif-wif*-taoline vilin koos tugeva lainetusega, mis mõlemad vaibusid umbes 7 sekundi pärast. Siis kostis teine tumedalt kõlav pauk koos varemgi kaasnunud nähtustega: jälle tõuge läänest itta, tugevamalt kui esimene, nii et voodid magamistoas pörkusid üksteise vastu. Haapsalu väheste kivimajade seintes pragusid ei leitud, kuid Schultz oli veendunud, et üks maavärin on üle elatud. Veel liikus arvamusi, et küllap tulistas mõni ristleja merel salakaubavedajaid, kuid järelepäringud lükkasid selle seisukoha kohe ümber, sest ristleja ja purjelaevad seisid sadamas. Kõik alused olid aga rappedud ja ankruketid klirisenud.

Schultz'i huvitas ka maavärinaga seotud nähtuste tajumisala suurus. Põhja pool Osmussaarel (*Odinsholm*) oli tunda mõlemaid tõukeid koos eelneva kõmina ja lainetusega. Lõuna pool Matsalu lahe (*Matzal Wiek*) ääres paikneva Saardu (*Saardo*) talu rentnik olevat pärast esimest tõuget, mürinat ja raksatust majast välja tormanud, arvates, et vana mantelkorsten varises kokku. Matsalu lahe lõunakaldal ja Lihulas (*Leal*) maavärinat ei tajutud. Üks mees, kes oli sel hommikul teel Tallinna (*Reval*) ja asus tõugete ajal nelja versta kaugusel Risti postijaamast, märkas samasuguseid nähtusi kui Haapsaluski, välja arvatud vilistamine. Kõmina tõttu tahtnud kaupa vedanud talunik reisi katkestada, kuid jõudnud Risti postijaama, sai teeline teada, et seal ei olnud keegi midagi erilist tähele pannud. Samal päeval Koluvere (*Lohde*) piiskoplinnuse juures toimunud karjaturule kogunenud suur rahvahulk ei märganud maavärinat üldse nii nagu ka lääne pool oleva Hiiumaa (*Dagö*) inimesedki. Haapsalu lähedal olevad saared olid asustamata, välja arvatud Vormsi (*Worms*), mille rootsikeelselt elanikkonnalt Schultz aga mingit teavet ei saanud. Teadaolevalt kõige läänepoolsema laeva peal Rukkirahu (*In-*



**Joonis 1.** Bruno Dossi visandatud 16.10.1877 aset leidnud Vormsi maavärina tundvusala kaart. Ühtlane joon märgistab ala, kus tunti vappumist ning katkendlik joon ala, kus kuuldi plahvatusetaolist häält (Doss 1905b). Maavärina magnituudiks on hinnatud 3,0.

sel *Rukki*) juures kuuldi plahvatusele sarnanevaid helisid. Haapsalust kaugemal ei jäänud maavärina toimumist uskumagi.

Teadusmaailm ei olnud sellest maavärinast üldse teadlik. Ei mainitud seda ka Mušketovi ja Orlovi Vene impeeriumi maavärinate kataloogis (1893) ega teadusajakirjades, mis kajastasid Balti kubermangudes toimuvat. See-eest oli Doss (1905b) Schultzi kirjeldatud andmete najal veendunud, et ainus võimalik seletus toimunule on maavärin, Baltikumi tingimustes pealegi ebatavaliselt suure mõjusfääriga.

Sündmuse detailsemaks kaardistamiseks võttis Doss ühendust mõne Schultzi poolt nimepidi mainitud inimesega ning ümbruskonna kihelkondade pastoritega palvega edastada isiklikke ülestähendusi või kaaselanike tähelepanekuid. Kuigi juhtumist oli möödunud juba 27 aastat, lootis Doss ikka veel korjata väärtuslikke infokilde. Uuesti võeti ette ka ajakirjanduses ilmunud tekstide uurimine. *Revalsche Zeitung*'ist (10.10.1877, ukj 22.10) leiti teade 4. oktoobri (vkj) hommikul kell kuus Haapsalus ja selle ümbruses toimunud sündmuse kohta, kus elanikke ehmatas kaks pauku viie minuti jooksul, tunti kõva rappumist ja muid kaasnevaid nähtusi. Põhjust kogetule ei osatud uudises pakkuda.

Doss sai Vormsi saarelt maavärinat kinnitavat informatsiooni sealse pastori vahendusel ja saabus ka teade, et maavärinat kogeti isegi Hiiumaa idaosas Putkaste (*Putkas*) külas.

Doss jõudis järeldusele, et lühikese vaheajaga toimus kaks maavärinat, millest teine oli tugevam, ja tõuked lähtusid loodest. Piiratud kogus vaatlusandmeid ei võimaldanud täpsustada, kas maavärina kolle oli maal või merel. Dossi hinnangul pidi epitsenter asuma kas Vormsi saarel või sellest põhja pool meres. Piklik helide leviala kirde suunas oli seletav valitsenud edelatuulega, mille esinemist sündmuse ajal kinnitasid Tallinna, Ventspilsi ja Liepaja ilmavaatluste andmed.

Doss välistas Vormsi maavärina võimaliku põhjusena maakoore plokkide nihkumise. Ta oli veendunud, et maavärina tekitajaks oli varing koobastes nagu ka kõigil tema poolt varem käsitletud juhtudel Balti kubermangudes. Ta viitas Vormsi saare geoloogilisele ehitusele, kus levisid kihilised paekivid, mida vesi keemiliselt ja mehaaniliselt lagundas seni, kuni sai võimalikuks maa-aluste varingute toimumine. Dossi andmetel märgati maavärina piirkonnas ka maa-alust veevoolu, mida ta võrdles Niibi (*Nyby*) lähedal pikki vahemaid maa all voolava Salajõega (*Sallajoggi*). Vormsi maavärina tektoonilise tagapõhja välistas Doss arvamusega, et horisontaalselt kihilise kivimi vertikaalsuunas liikumine on vähe tõenäoline. Tema arvates viitasid varingule ka ringikujuline ala, kus maavärin oli hästi tajutav, ja kõvad paugud. Vormsi sündmuse tajumisala oli seni kogetud maavärinatest kõige suurem, läbi-mööduga ligikaudu 85 km. Dossi hinnangul viitas see ka sügavale fookusele (koldele), mis siiski ei saanud olla rohkem kui 300 m, kus settekivimid võisid veel esineda.

Vormsi sündmus on üks näide maakoore sisepingete aktiivsusest Eesti kõige seismilisemas piirkonnas. Pole kahtlust, et 1877. aasta oktoobrikuus toimus ehtne maavärin koos vahetu eeltõukega, ja selle põhjustajaks ei saanud olla varisemine maa-alustes koobastes.



## Kokskäri (Keri) „maavärinad”

A. A. Nikonov ja H. Sildvee (1991) viitavad Dossi 1915. a. ilmunud artiklile (õige ilmumisaasta on 1913, käesolevas artiklis viide 1913a) kolme Keri saarel toimunud maavärina kohta — kaks neist registreeriti 1912. aasta 8. aprillil ja kolmas sama aasta 15. juunil. See informatsioon viitega Dossile on kantud ka Põhja-Euroopa maavärinakataloogi (Ahjos ja Uski 1992).

**Maa-alune põrutus Kokskäri saarel.** *Nagu meile teatatakse, on teise püha õhtul Kokskäri saarel tugewat maa-alust põrutust tunda olnud. Inimestega ei ole õnnetust juhtunud. Arwatakse, et maa all gaas põrutuse põhjuseks on olnud. Kokskäri saar on Aegna ja Prangli saarte wahekojal, nimetatud saartest weidi põhja pool. Saare peal, mis metsast paljas on, elab ainult tuletorni ülewaataja ja teenijad. Mõne aasta eest puuris kaewupuuriija Winkler seal kaewu, kuid ta pidi töö pooleli jätma, sest korraga hakkas puuritud august gaasi wälja woolama. Selle gaasiga on tuletorn praegugi walgustatud ja inimesed keedawad seal gaasiga, mida maa sees lõpma-ta näib olewat. — Päewaleht, 29. märtsil (11. aprillil) 1912.*

**“Maawärisemine” Kokskäri saarel.** *Meile teatatakse, et 27. märtsil suure tormi ajal Kokskäri saarel maawärisemist on tuntud. Põrutus wältanud mõned sekundid. Kokskäri saar on Soome lahes, umbes kolmkümmend wersta Tallinnast. Ainus maja tema peal on tuletorn oma kõrwalehitustega. Arwatawaste on põrutus jäälademete pörkamisest kalda wastu tekkinud, kuid peab meeles pidama, et Kokskäri saare all ka maa-alune gaas tegewuses on. Tuletornis põlebki juba mõnda aastat selle gaasi tuli. Loodetawaste saame sündmuse kohta warsti lähemaid teateid. Ühtlasi wõiks meelde tuletada, et kolmkümmend aastat tagasi ka Tallinnas niisugust maawärisemist tunti. — Tallinna Teataja, 29. märtsil (11. aprillil) 1912.*

1912. aastal Keri saarel toimunud paugatuste tekkelugu on segu loodusnähtusest ja inimese tegevusest (Doss 1913a, 1913b; Suuroja jt 2002). Saarel puuriti 1903. aastal kaevu. Kui puurimisega jõuti 27 m sügavusele, hakkas maapõuest eralduma gaasi, 115 m sügavusel hakkas august purskama vee, gaasi, kivide ja savi segu. Puuraugust purskuv peamiselt metaanist koosnev gaas põles kuni 4 m kõrguse leegiga. Gaasi jätkus tarbimiseks ohtralt ning aastatel 1907–1912 valgustati sellega Keri tuletorni. Siis toimus ootamatu plahvatuste seeria, mis on seismilistesse kataloogidesse sattunud kolme „maavärinana”.

Doss suhtus sündmuste vaatlemisel, andmete kogumisel ja järelduste tegemisel igasse detaili erilise täpsuse ja hoolsusega. Oleks olnud kummaline, kui ta ei oleks Keri sündmust uurides inimese rollile selles loos tähelepanu pööranud. Dossil oli Keris juhtunu kohta tervikpilt olemas. See toetus kohapeal tehtud vaatlustele, ajalehtedes ilmunud artiklitele, ilmaandmetele ja loogilistele järeldustele. Seda kõike käsitles ta oma 1913. aastal avaldatud artiklis Balti provintside seismiliste sündmuste kohta aastatel 1910–1912. Ekslikke järeldusi tegid hoopis hilisemad seismoloogide põlvkonnad. Keri juhtum näitab veelkord, et seismoloogia ajaloo uurimisel tasub kontrollida igat faktikildu ning tsiteeringute asemel püüda leida võimalikult originaalseid allikaid.

*Tallinna Teatajas* (29.03.1912) mainitud „jäälademete pörkamist kalda vastu“ pidas Doss maa võnkumise tekitajana ebatõenäoliseks, seda kinnitasid ka ilmavaatluste andmed. Paugatustele selgitust otsides välistas ta kohe tektoonilist laadi maavärina. Kõne alla ei saanud tulla ka maa värisemine postglatsiaalse maatoosu ajendil, kuna maakerged antud asukohas enam ei täheldatud. Doss, olles teadlik Keri gaasileiukohast ja sellega kaasnevatest as-

jaoludest, pidaski Keri nähtuste ainsaks võimalikuks tekkepõhjuseks saare maapõue kogunenud gaasi ja selle tarbimisega tekkinud ebastabiilset olukorda, mis väljendus lõpuks tugevate plahvatustena.

Bruno Doss oli laialdaste teadmistega põhjalik looduseuurija, kes pimesi seisukohti ei esitanud. Ta oli Baltimaade geoloogiaga hästi kursis, ajaloolised maavärinad ja makroseismilised vaatlused oli üks tema huviobjekt. Talle olid omaised detektiivid töövõtted: tõe otsingul ei jäeta ühtegi kivi ümber pöörmata. Ja ükski maavärin ei aegu – uute andmete leidumisel võetakse juhtum jälle käsile. Instrumentaalseismoloogiaga Doss ei tegelnud, kuid ta oli teadlik seisvojaamadest, mis juba tema ajal maailma maavärinaid salvestasid (Doss 1905a, 1905c).

## Instrumentidega seismoloogia

Seadmetega salvestatud seismilised vaatlused said alguse 19. sajandi teises pooles, kui juba 18. sajandil tehti Itaalias esimesi pingutusi maavärinaid registreerivate seadmete ehitamiseks (Dewey ja Byerly 1969). Omaaegse põhjaliku ülevaate enne 20. sajandit leiutatud erinevatele põhimõtetele baseeruvatest arvukatest seismilistest seadmetest esitas **Reinhold Ehlert**, kes oli üks seismograafide ehitamise pioneere (Ehlert 1898a; Reinhold Ehlert... i.a). Uuema ülevaate seismomeetriast kuni 1900. aastani koostasid seismoloogid James Dewey ja Perry Byerly (1969). B. B. Golitsõni esitleb oma õpikus „Seismomeetria loengud” (Golitsyn 1912; Galitzin 1914) tähtsamaid 20. sajandi esimesel kümnendil leiutatud seismograafe. Värske ülevaate maavõnkeid registreerivate seadmete arenguloo kohta on koostanud geofüüsik Johannes Schweitzer (2007; seadmete jooniseid: nt Schweitzer ja Lee 2003, lk 1718–1723).

Seismoloogia esirinnas oli peale Itaalia, Jaapani, Suurbritannia ja Saksamaa ka Venemaa, mille edulugu põimub olulisel määral Eestiga. Juba Esimese maailmasõja eelsel aastakümnel oli saavutatud olukord, mil seadmekomplektide ajaline täpsus ning tundlikkus võimaldasid seismiliste lainete salvestamise rahuldaval tasemel. Ühtlasi sai selgeks, et on vaja ühiselt tegutseda, sest seismilised lained läbivad tervet maakera ja ei peatu riigipiiridel. Globaalse seismoloogia sünnihetkeks võib pidada 1889. aasta 17. aprilli, mil **Ernst von Rebeur-Paschwitz** (Fréchet ja Rivera 2012) registreeris Saksamaal astronoomilisteks mõõtmisteks seadistatud horisontaalpendlitega Tokio maavärina (Rebeur-Paschwitz 1889, 1892, Schweitzer ja Lee 2003, joonis 14; Schweitzer 2007, joonis 5).

Seismomeeter on seade, mis mõõdab looduslike protsesside või inimtegevuse (näiteks lõhkamise) tagajärjel tekkinud maavõnkeid, täpsemini maa võnkumise kiirust. Lihtsustatud põhimõtte järgi käitub seadme rippuv pendel ehk selle mass maa rappumisel inertsel ning seetõttu pendli ja maa vahelise suhtelise liikumise muutus registreeritakse (Vilip 1923; How does a seismometer... i.a). Et ka väikeste liikumiste registreerimine oleks silmaga nähtav, on vaja liikumiste ulatust võimendavat süsteemi.

Varasemad seismomeetrid olid ühendatud maavõnkeid registreeriva seadmega, mis koos aega märkiva kellaga moodustasid seismograafi komplekti. Maavärinate üleskirjutised ehk seismogrammid joonistusid trumlile kinnitatud paberile enamasti fotograafiliselt või tindiga (About the seismograms i.a). Nüüdisaegsed elektroonilised seismomeetrid salvestavad digitaalse signaali otse arvutisse.

Seismilised lained levivad sündmuse koldest kindla seaduspära järgi (3-component Seismograms... 2017). Kõige kiiremini liiguvad pikilained, millele järgnevad ristlained. Kui



sündmus leiab aset maapinna lähedal, registreeritakse viimasena ka pinnalained. Seismiliste lainete leviku kiirust maapõues mõõdetakse kilomeetrites sekundi kohta (Maa vahevöö alumises osas kuni 13,5 km/s; Helffrich ja Wood 2001, joonis 1). Selliste kiiruste juures on täpse kellaaaja määramine äärmiselt oluline, et tagada andmete sobivus sündmuste lokaliseerimiseks ja täpsustavaks uurimiseks.

Seismiliste lainete mõjul maapõues tekkinud liikumistest tervikpildi saamiseks ning lainete liikide identifitseerimiseks tuleb teha kolmedimensioonilisi mõõtmisi. Kaasaegse seismomeetri sisse on ehitatud kolm registreerivat komponenti (ortogonaalselt üks vertikaal- ja kaks horisontaalsuunas), varem kasutati kolme eraldi seadet. Maapinna üles-alla liikumist registreeriv vertikaalseismomeeter on kõige asjakohasem pikilainete salvestamiseks. Vertikaalsete võnkumiste suhtes risti paiknevad horisontaalsed komponendid, üks põhja-lõuna- ja teine ida-läänesuunaline. Nende salvestised on parimad ristlainete algusaja fikseerimiseks (3-component Seismograms... 2017).

## Eesti ja Peterburi seismiliste lainete mõõtmiste ajaloo

Eesti instrumentaalsete seismiliste vaatluste ajaloo esimesed leheküljed kirjutati Tartu (*Jurjevi*) Tähetornis, kus 1894. aastal alustas tööd Harkivi Ülikoolist saabunud vene astronoom professor **Grigori Vassiljevits Levitski** (Heinloo 1997; Viik i.a). Eduka ja mõjuka teadlasena jätkas ta Tartus juba Harkivis alustatud seismilisi uuringuid, millele andis peagi oma heakskiidu ka Vene impeeriumi seismoloogia keskkomisjon.

Levitski paigaldas 1896. aastal maavärinate registreerimiseks Tartu Ülikooli Tähetorni (astronoomiaobservatooriumi) keldrisse kaks horisontaalpendlit. Tema poolt pidevalt täiendatud pendelmõõteriistadega saavutati märkimisväärseid tulemusi (Heinloo 1997; Viik i.a). Näiteks salvestati 1897. aasta jooksul nende seadmetega kaheksakümmend maavärinat (Heinloo jt 1996; Heinloo 1997). Tartu vaatlused leidsid kajastamist ka rahvusvahelises büllötäänis (Rudolph 1903).

1893. aasta sügisel tuli Tartu Ülikooli füüsikaproffessoriks veel üks ülemaailmselt tuntud seismoloogia rajaja, Peterburi vürst **Boriss Borissovitš Golitsõn**. Eduka noorteadlase suunamine väikese provintsilinna ülikooli ei olnud sel ajal kuidagi iseäralik, sest 19. sajandil oli Tartu Tsaari-Venemaa tähelepanuväärne kultuurikeskus (Reinet 1975). Paraku tegutses Golitsõn Tartus siiski kõigest ühe semestri naastes taas Peterburi (Heinloo 2003), kus ta oli aastatel 1894–1914 Mereakadeemia professor ja 1913. aastast alates Geofüüsika Peaobservatooriumi direktor (Nimekad teadlased... i.a). Seismograafide ja muude teaduslike aparatuuride ehitamiseks asutas ta oma laboratooriumi juurde spetsiaalse mehaanikatöökoha (Heinloo 2003).

Golitsõni meteoroloogia loenguid Tartus kuulas ja hiljem sooritas eksami hindede „väga hea” **Johan Vilip**, kes oli 1891. aastal alustanud õpinguid füüsika ja matemaatika osakonnas. Pärast ülikooli lõpetamist ei leidnud Vilip endale Tartus sobivat töökohta ning Golitsõn võttis ta 1896. aastal enda juurde Peterburi labori assistendi abiliseks ja praktikandiks. See samm mõjutas oluliselt Vilipi teadlaskarjääri kujunemist (Prüller 1975; Heinloo 2003). 1900. aastal sai Vilipist Vene Teaduste Akadeemia labori assistent ja pärast Peterburi Mereväeakadeemia asutamist selle füüsikalabori juhataja (Reinet 1975; Heinloo 2003).

Vene Teaduste Akadeemia juures ajutiselt tegutsenud seismoloogia komisjon muudeti 1902. aastal alaliseks (Wilip 1904c). Seda sündmust peab geofüüsik Ruben Tatevossian (2004) Vene instrumentaalsete seismiliste vaatluste ajastu alguseks. Samast aastast alates hakati maavärinate kohta kogutud andmeid kajastama eraldi büllötäänis. Kõige esimeses neist avaldati viie Vene impeeriumi alal asuva seisvojaama, sh Tartu, ning kahe seismilisi vaatlusi teinud astronoomilise observatooriumi andmed (Tatevossian 2004).

Seismoloogia komisjoni liikmeks valiti ka füüsik ja geofüüsik Boris Golitsõn, kelle trükis avaldatud detailsed teoreetilised arutelud aitasid muuta seismoloogia kirjeldavast teadusest füüsikalis-matemaatiliseks teadusharuks. Golitsõn tegeles innukalt seismograafide tehniliste uuendustega ja katsetas neid ka praktikas (Galitzin 1902, 1904, 1910, 1911a, 1912; Wilip 1904b; Masing 1985; Heinloo 2003). 1901. aastal kutsus ta Saksamaalt Peterburi Tartust pärit peenmehaaniku ja hilisema seismograafide konstrueerija **Emil Hugo Gottfried Masingu**, kes pidi oma teoreetiliste ja praktiliste oskustega (Masing 1985; Heinloo 2003) kaasa aitama täppisseadmete töökoja asutamisele. Töökoja aparatuur telliti Saksamaalt ja esialgu panustati enam meteoroloogia edendamisele. Masingu ülesandeks oli ka uute tehnikute koolitamine (Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993).

1902. aastal ühendas Golitsõn seismomeetri salvestusseadme galvanomeetriga, mis võimaldas maapõue liikumiste täpsemat arvutamist (Schweitzer 2007, joonis 8; Wilip 1904b; Dewey ja Byerly 1969; Prüller 1975; Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003). Golitsõni komplekteeritud maa horisontaalseid ja vertikaalseid võnkumisi mõõtvate esimese elektromagnetilise seismomeetri põhimõttel töötavad enamasti ka nüüdisaja seismomeetrid (Schweitzer 2007, tehniline lühiseloomustus: G. W. W. 1910; 7 – Galitzine i.a).

Masing hakkas Golitsõni visandite järgi konstrueerima seismograafe, registreerimissüsteeme ja muud kaasnevat (Galitzin 1902, 1904). Ta koostas täpsed joonised, ehitas testimiseseadmeid ja tegi ettevalmistusi masstoodangu valmistamiseks (Masing 1985). Uued seismograafid kogusid kuulsust ning neid hakati tellima Vene impeeriumi ja Euroopa riikide observatooriumitesse (Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993). Nõudluse rahuldamiseks otustas Masing asutada Peterburi Teaduste Akadeemia Füüsikainstituudi juurde oma firma (Masing 1985; Heinloo 2003). Golitsõn hindas Masingu tööd väga kõrgelt, rõhutades korduvalt tema panuse tähtsust seadmete ehitamisel (Galitzin 1911a, 1911b, 1914).

Ka Vilipisse suhtus Golitsõn jätkuvalt väga hoolivalt teda pidevalt edutades, kuni Vilipist sai Golitsõni partner ja kaastöötaja ning ühiste teadusartiklite autor, ja seda mitte ainult seismoloogias, vaid ka teistes füüsika valdkondades (Elango 1959; Reinet 1975; Heinloo 2003).

Golitsõn saatis 1905. aasta septembris Vilipi ja Masingu tööreisile Tartusse, kus nad otsisid tõestust Golitsõni teooriatele. Levitski juhitud Tartu seismojaam asus sel ajal Toomemäe vanas laskemoonakeldris. Seal katsetati esimest korda ühendada galvanomeetriga registreerimistehnikat **Zöllneri** seismomeetriga (Galitzin 1906; Fréchet ja Rivera 2012, joonis 2). Selgus, et ei seismomeeter ega keldri tingimused polnud sobivad rahuldava täpsusega mõõtmiste tegemiseks (Prüller 1975; Heinloo 1997, 2003).

1906. aasta lõpus avas Golitsõn Peterburi lähedal Pulkovos Venemaa Teaduste Akadeemia observatooriumis seismojaama, kus testiti vaatlusmetoodika väljatöötamiseks mitmesuguseid seismilisi aparate (Wilip 1911; Elango 1962; Reinet 1975). Suures osas viis katsetusi läbi Vilip, kes spetsialiseerus aastatel 1907–1908 seismoloogiale, eelkõige seismojaamade seadmete paigaldamisele. Pulkovo seismojaama avamisel demonstreeris Golitsõni uue seismograafi tööd Masing, kes oli selle koos Vilipiga ehitanud (Reinet 1975; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003). 1910. aasta suvel paigaldati Pulkovosse Golitsõni vertikaalseismograaf. Seismojaama tarbeks ehitatud hoone valmis 1911. aastal (Wilip 1912) ja jaama tööd juhtis kuni 1920. aastani Vilip (Galitzin 1911b; Heinloo jt 1996; Heinloo 2003).

Pärast Tartu seismojaama asutaja ja juhataja Levitski lahkumist 1908. aastal Vilniusesse, jätkas tema tööd 1909. aastal **Aleksandr Jakovlevitš Orlov**, kes oli olnud juba aastatel 1905–1906 Tartu Observatooriumi assistent. Orlov sarnaselt teiste Tartus tegutsenud seismoloogia pioneeridega oli saanud rahvusvahelise hariduse ning tegi mitmekülgset teadlasekarjääri astronoomia, gravimeetria, seismoloogia ja geodeesia alal (Heinloo 1997, Kulikovskiy i.a).

Tartu esimese seisvojaama ajalugu lõppes paraku 1912. aastal, mil kujundati ümber Vene impeeriumi seisvojaamade võrk (Galitzin 1911b). Peterburi Teaduste Akadeemia alaline seismoloogia keskkomisjon otsustas 1910. aastal luua esimese ja teise järgu seisvojaamade võrgu. Nõudmised teise järgu jaamade seadmete kvaliteedile olid madalamad (Vilip 1923, lk 134). Kuna Pulkovo observatooriumile võrdlemisi lähedal asuvas Tartus ei olnud kunagi registreeritud kohalikke maavärinaid, siis ei nähtud siin enam vajadust seismitiliste vaatluste tegemiseks (Galitzin 1911b, lk 127; Heinloo jt 1996; Heinloo 1997). Seismilised vaatlused Tartus katkesid, kui seisvojaama viimasena juhtinud Orlov läks 1912. aasta lõpus Odessa Ülikooli observatooriumi juhatajaks (Heinloo jt 1996; Heinloo 1997).

20. sajandi esimese aastakümne lõpuks oli Venemaa saanud üheks seismoloogia valdkonda juhtivaks riigiks maailmas ja seda suuresti tänu Golitsõni tegevusele (Wilip 1921a; Yanovskaya 2014). Tema poolt välja töötatud ja Masingu ehitatud seismograafid olid kvaliteedilt tiptasemel ning ajavahemikul 1906–1916 telliti neid 16 seisvojaama üle Vene impeeriumi ja Euroopa (Seismographen... 1929; Elango 1959; Prüller 1975; Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003).

Golitsõn oli loomulikult tihedalt seotud Vene impeeriumi seisvojaamade võrgu arenguga, aga andis isikliku panuse ka mujal. Suurbritannia ajalooliste seismoloogiliste observatooriumite raportist (Lovell ja Henni 1999) selgub, et Golitsõni seismograafidega varustatud Eskdalemuir oli aastaid ainuke seisvojaam Suurbritannias, kus mõõdeti maavärinaid kolme komponendi seadmekomplektiga. Nende paigaldamise jälgimiseks saabus Golitsõn ise kohale; mainitakse ka instrumentide ehitajat H. Masingut. Eskdalemuiri Observatooriumisse paigaldatud seadmeid silmas pidades andis ajakiri Nature 1910. aastal Golitsõni aparatuurile väga kiitva hinnangu (G. W. W. 1910).

Kahjuks katkes Masingu ja Golitsõni edukas koostöö 1916. aastal Golitsõni enneaegse surma tõttu (Masing 1985). Eeldatavasti jätkasid Masing ja Vilip Golitsõni originaalse disainiga seadmete tootmist ka pärast nende leiutaja lahkumist. Masingu töökoja reklaambrošüüri „*Seismographen für galvanometrische Registrierung nach Fürst B. Galitzin und Prof. J. Wilip*“ (1929) järgi olid Golitsõni seismograafi omandanud ka Jekaterinburgi ning Hiina Zi-ka-wei (*Zicawei*) observatoorium.

1920. aastal pärast Vene revolutsiooni asusid Vilip ja Masing elama Eestisse. Masing rajas 1921. aastal Tartusse peenmehaanika töökoja „Teaduslikkude Aparaatide Tööstus Hugo Masing“, kus valmistati analüütilisi kaale ja muid teaduslikke instrumente põhiliselt Tartu Ülikoolile ning suurtüki- ja jalaväe tulejuhtimise seadmeid Eesti sõjamineisteriumi jaoks. Kõige hinnatumaks kaubaks osutusid siiski töökojas toodetud seismograafid (Masing 1985; Mürsepp 1989; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003; Kriis 2016; Laidla 2019).

Johan Vilipist sai Tartu Ülikooli füüsikaproffessor ja füüsikainstituudi juhataja ning ühtlasi tegeles ta ka seismitiliste seadmete konstrueerimisega (Reinet 1975; Masing 1985). Vilip väljendas ajalehes *Postimees* ilmunud kaheosalises artiklis „Sõda ja seismoloogia“ (Wilip 1921a, 1921b) frustratsiooni Venemaal loodud peenseismomeetria ja edusamme teinud seismoloogia põhjuse taandamise üle. Ta kurtis, et pärast Golitsõni surma hakkas seismoloogia Venemaal kiiresti taanduma nii sõja kui ka „tagurlaste intriigide“ tõttu. Vilipi meeoleolu kajastab ka Tatevossian (2004), kes nendib, et Esimese maailmasõja, riigipöörete ja kodusõja tõttu tekkinud segastel asjaoludel aastatel 1914–1925 seismoloogia sisuliselt kadus Venemaalt. Olukorda peegeldab drastiliselt Rahvusvahelise Seismoloogia Assotsiatsiooni – organisatsiooni, kus Venemaa Golitsõni eestvedamisel oli välja paistnud – 1922. aasta Strasbourgi assamblee osavõtjariikide nimekirja märkus: „*Venemaa. Side absoluutne katkemine.*“ (Kövesligethy 1922).

Tartus jätkus Vilipi ja Masingu viljakas koostöö (Reinet 1975; Heinloo 2003). Masing mõtles välja uue konstruktsiooni seismograafi jaoks, mida Vilip täiustas (Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993). Esimesed Golitsõn-Vilipi seismograafid (üks vertikaalne ning kaks horisontaalset komponenti) valmisid Masingu töökojas 1925. aastal (Masing 1985). Esimene riik, kuhu täiustatud aparatuur läkitati, oli Taani. Pärast seda saadi tellimusi üle maailma (Masing 1985).

Aastatel 1926–1939 jõudsid 23 Tartus ehitatud Golitsõn-Vilipi seismograafi täiskomplekti (ehk üks vertikaalne (Z) [joonis 2] ja kaks horisontaalset komponenti (N ja E) [joonis 3]) observatooriumitesse üle maakera – Euroopas: Kopenhaagen, Scoresbysund (Gröönimaa), Potsdam, Stuttgart, Varssavi, Krakov, Tartu, Rooma; Aasias: Beirut, Manila, Peking, Nanjing, Shanghai; Ameerikas: New York, Cincinnati, St. Louis, Berkeley, Santa Clara, Buffalo, La Paz (Boliivia), Martinique (Väikesed Antillid), Okeaanias: Wellington; Aafrikas: Kairo (Elango 1959; Prüller 1975; Heinloo jt 1996). Lisaks märgitakse Masingu töökoja brošüüris (Seismographen... 1929) seismograafide sihtkohtadeks ka Zi-ka-wei ning Uccle, kus juba olid olemas Golitsõni-tüüpi seadmed.

Maailma seismojaamade uuendatud nimekiri ilmus 1931. aastal küsitluste baasil, mis korraldati 1928. ja 1929. aastal (McComb ja West 1931). Nimekiri on koostatud selle põhjal, kuidas observatooriumid päringutele vastasid. Mõned infokillud pidid toimetajad ise lisama. Kvantitatiivsete uuringute tarbeks liigitati hoolikalt erinevad instrumentide tüübid, koos nendele omaste parameetritega (McComb ja West 1931, lk 83–114).

Eesti Riigi Keskarhiivis hoiul olevast Masingu ettevõtte ulatuslikust kirjavahetusest selgub, et Masing tegeles ka müüdü seismograafide hooldamisega, jagades vajadusel nõuandeid ja saates varuosi (ERA.891.2.4918; Heinloo 2003; Laidla 2019). Iga välismaale saadetud seadet kontrollis ja kalibreeris Vilip isiklikult Tartu Ülikooli peahoone keldris (Seismographen... 1929; Prüller 1975, foto 5; Heinloo 2003).

Vilip kaitses oma doktoritööd 3. detsembril 1930. aastal (Postimees 05.12.1930; Prüller 1975; Reinet 1975). Saksakeelne väitekirja kandis pealkirja „*Ein galvanometrisch registrierender Vertikalseismograph mit Temperaturkompensation*” (Galvanomeetriliselt registreeriv vertikaalseismograaf koos temperatuuri kompenseerimisega; ingliskeelne publikatsioon: Wilip 1930).

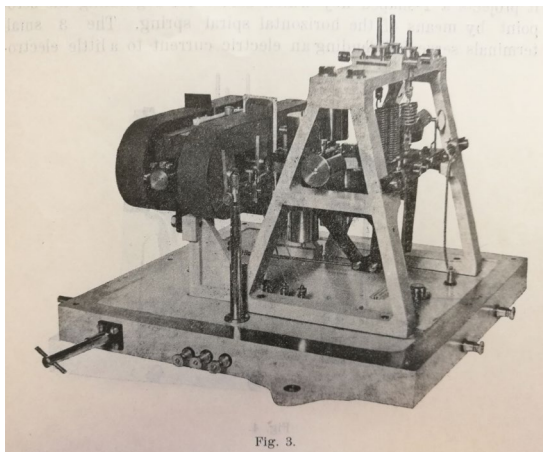
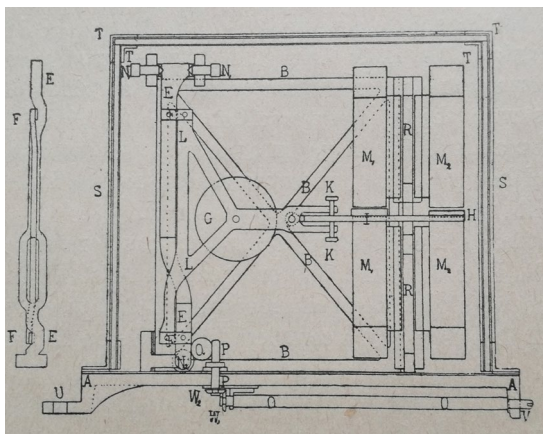


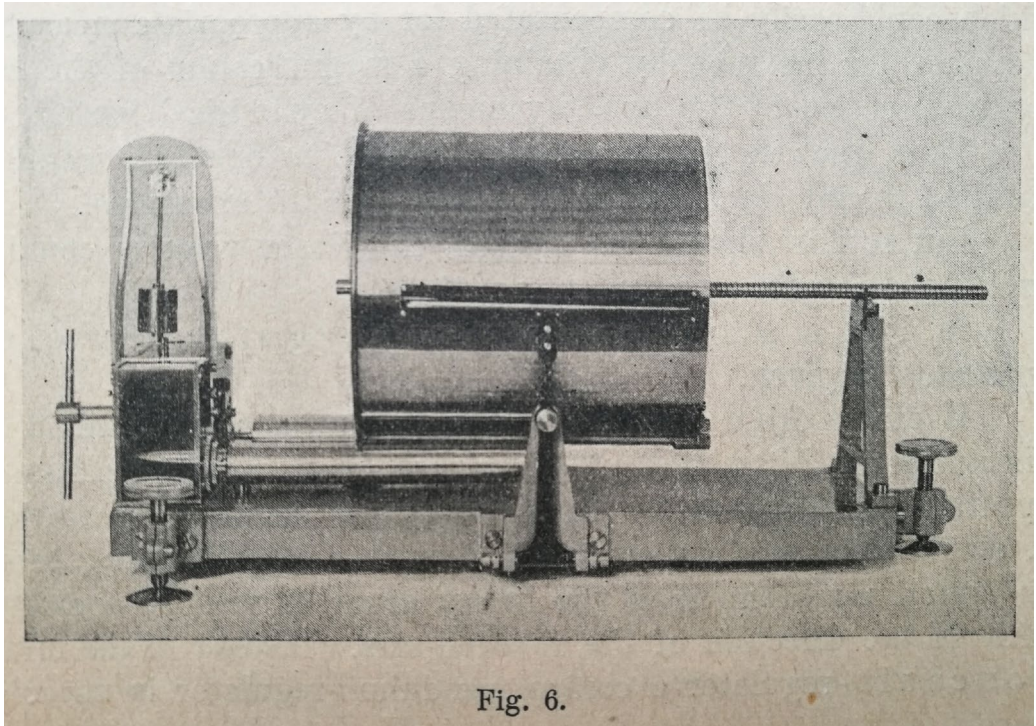
Fig. 3.

**Joonis 2.** Golitsõn-Vilipi vertikaalseismograaf. Seadme põhja mõõdud on 43,3 cm x 45,3 cm. Töökorras seismograafidele pandi kaitseks klaasist kast (Wilip 1930, joonis 3).



**Joonis 3.** Golitsõn-Vilipi horisontaalseismograafi läbilõige. Horisontaalkomponente on seismojaamas vaja kaks, asetatud üksteisega risti (Wilip 1926, joonis 1).



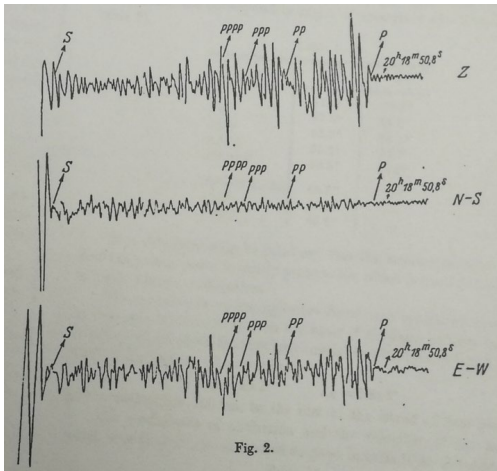


**Joonis 4.** Hugo Masingu registreerimisseade, mida Vilip nimetas meistri mehaaniku suureks saavutuseks (Wilip 1926, joonis 6). Fotograafiline registreerimispaber asetati trumlile, mis võis liikuda kahel kiirusel - kas 15 või 30 mm minutis ehk üks paberileht mahutas registreeringuid kas kahe või ühe ööpäeva jagu.

Vilip esitles töös Golitsõni seismograafi täiendatud ja parandatud versiooni, kirjeldades seadme ehitust, parameetreid ja aparraadi töö põhimõtteid. Täiustatud vertikaalseismograaf kogus kiiresti tuntust ja selle tellisid endale kuus Euroopa ja kuus Ameerika seismojaama (Wilip 1930, lk 47). Vilip ise tunnustas Masingu tähtsust seadmete ehitamisel [joonis 4] ja ei salanud oma rahulolu seismograafide üle (Wilip 1926, 1930). Ta pidas oma kolme komponendiga seismograafi komplekti esmaklassiliseks ning märkis doktoritöös vertikaalseismograafi kohta: „*See mudel oma kõige uuemal kujul on üks kõige usaldusväärsem ja elegantsem seade ning saab olema kasulik igas seismojaamas.*”

Vilipi pingutuste tulemusel alustati seismoseirega Tartus uuesti 1931. aasta 1. jaanuaril aadressil J. Liivi tänav 4, kui tööle pandi kahekümnekolmas ja parim Masingu töökojas monteeritud kolmekomponendiline Golitsõn-Vilipi seismograaf [joonis 5] (Prüller 1975; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo jt 1996). Märkimisväärset sündmust kajastas esilehe uudisega ajaleht *Postimees* (06.12.1930), mainides ka suurt rahatulu (130 000 krooni nelja aastaga) seadmete müügist välismaa observatooriumitele: „*See on puhas raha, mis jääb meie rahvale. Peale selle hindamata au.*”

Tartus ilmunud saksakeelne ajaleht *Deutsche Zeitung* (08.06.1935) kajastas kohaliku seismojaama olemasolu artiklis „*Meie ülikooli väike imejaam*”. Artikkel kirjeldab seismojaama seadmeid ning kiidab nende suurepärasust. Uhkustatakse, et „meie” seismograafid töötavad Ameerikas, Hiinas, Prantsusmaa kolooniates, Saksamaal ja üleüldse igasugustes maakera piirkondades, kus nad kuuluvad kõiki maavõnkeid ning need kohemaid registreerivad.



**Joonis 5.** Tartu seismojaama salvestise näidis: maavärin, mis leidis aset Hiinas 15.01.1931 (Frisch 1932, joonis 2). Komponentid: Z – vertikaalne, N-S – horisontaalne põhi-lõuna, E-W – horisontaalne ida-lääs. Märgistatud on pikilaine esimene impulss (P), P mitmekordsed peegeldused ning ristlaine tulekuaeg (S). Aeg kulgeb edasi paremalt vasakule (praegu on tavapärase vastupidine suund).

sõn-Vilipi seismograafide eeskujul ehitatud Masingu tooteid hakati turustama 1954. aastal (Prüller 1975). Need Golitsõn-Vilipi seismograafid või nende eeskujul konstrueeritud uued seadmed olid 1960. aastatel kasutusel enam kui 50 seismojaamas ning 1970. aastal veel seitsmes seismojaamas (Müürsepp 1989; Heinloo ja Rennit 1993). Eesti mehaanika-teadlane ja teadusajaloolane Peeter Müürsepp meenutas ajakirjas *Horisont* (1989): „Veel viiekümnendatel aastatel, kui olin Teaduste Akadeemia Füüsika ja Astronoomia Instituudi teadussekretär, tuli mul kahetsusega vastata mitmetele kirjadele tellimiste ja järelpärimistega välismaalt, et siin enam seismograafe ei valmistata.”

Potsdami Maauuringute Keskus (*Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches Geo-ForschungsZentrum*, GFZ) kinkis 2000. aastal Vilipi 130. sünniaastapäevaks Tartu Ülikooli Ajaloomuuseumile 1920. aastatel Tartus valmistatud Golitsõn-Vilipi horisontaalseismograafi (Heinloo 2003). USA Ohio Ülikool annetas muuseumile 2009. aastal vertikaalseismograafi, mille oli tellinud Cincinnati linna Xavieri Ülikool Masingu töökojast 1927. aastal 2230 dollari eest (Himma-Kadakas 2009).

## „Vene pendlid” seismoseadmete esirinnas

Enne Golitsõni aparatuuri loomist olid kasutusel mehaanilised seismograafid. Tema 1902. aastal konstrueeritud elektromagnetiline seismograaf oli suur edusamm instrumentide arengus (Udías ja Buforn 2017, lk 33; Prüller 1975; Masing 1985), kus pendlisüsteemi mehaaniline liikumine muudeti elektrodünaamika mõjul elektrivooluks (Heinloo ja Rennit 1993). Seadmete ehitamiseks tuli Golitsõnil põhjalikult tegelda ka teoreetiliste teadmiste kogumisega nii seismoloogia kui tehnika osas (Galitzin 1902, 1904, 1910, 1911a, 1912, 1914; Elango 1962).

1938. aastast on pärit lühifilm, mis tutvustab Tartu Ülikooli meteoroloogia observatooriumi seismograafe ja maavärinate registreerimist (Maaväringute registreerimine 1938).

Tartu seismojaam töötas Liivi tänavas kuni II maailmasõja alguseni 1939. aastal. Jaam tuli sulgeda põhjusel, et enam ei olnud võimalik hankida fotopaberit seismogrammi-de salvestamiseks (Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003). 1943. aastal tabas venelaste pomm Laial tänaval asunud Masingu töökoda (Heinloo 2003). Tartus töötanud seismojaam demonteeriti aastatel 1943–1944 ja seadmed viidi Saksamaale (Elango 1959; Prüller 1975; Reinert 1975). Lühikest aega töötanud seismojaama seismogrammid on arhiveeritud Tartu Ülikooli raamatukogus (Heinloo 2003).

Golitsõn-Vilipi seismograafide komplekteerimise taastas 1950. aastatel saksa firma *Askania-Werke AG*. Masingu poeg **Woldemar Masing** koostas seadmete tootmiseks uued joonised, garanteeris tootmislicentsi ja pakkus oma abi mehaanikute koolitamisel (Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993). Golit-

Golitsõni aparatuuriga oli võimalik suure täpsusega registreerida teleseismilisi ehk tuhandete kilomeetrite kaugusel toimuvaid maavärinaid. Samuti lahendas ta olulise probleemi, kuidas määrata maavärina asukohta ühe seisnilise jaama andmete põhjal (Galitzin 1909, 1911c; Elango 1962; Heinloo ja Rennit 1993; Yanovskaya 2014). Selleks konstrueeriti aparatuur kolme pikaperioodilise pendli süsteemist, kus üks oli seatud vertikaalselt ning teised horisontaalselt põhja-lõuna ja ida-lääne suunas (Galitzin 1911a; Heinloo ja Rennit 1993). Sündmused salvestati trumlile paigutatud valgustundlikule paberile.

Golitsõni arvukad innovaatilised tehnilised lahendused täiustasid pendlisüsteemi oluliselt. Nii ei olnud mehaanilistele seadmetele omane hõõrdumine enam probleemiks (Masing 1985), galvanomeetri rakendamine mõõtmistel vähendas kohalikust müra- ning tingitud seismogrammi „karvasust“, mis muutis nende tõlgendamise täpsemaks. Samuti oli nüüd võimalik paigutada registreeriv aparatuur teise ruumi, seismomeetrist kaugemale (Wilip 1926).

Rahvusvaheline seismoloogiline kongress pidi toimuma Peterburis 1914. aasta suvel, mis aga sõjaolukorra tõttu ära jäi. Vilipi sõnul (Wilip 1921a) oli kongressil plaanis arutada võimalust kasutada maailma kõigis seismojaamades ühe süsteemi aparatuuri. Loomulikult pidas ta parimaks alternatiiviks Golitsõni seadmeid: „*Wenemaa registreerimise meetod, mis päewapildi [fotograafilise] paberi tõttu küll kallim on, annab aga võimaluse veel täpsemalt töötada ja maakera sisemusele veel ligemale astuda.*”

Ühe süsteemi rakendamisel on iva sees, sest erinevate seadmete salvestiste kvantitatiivne kokkusobitamine on tülikas, nõudes parameetrite vahelisi kalibreerimisi ja konverteerimisi (nt Chakrabarty ja Tandon 1961). Kuigi Golitsõni seadmed olid innovatiivsed ja tunnustatud, võib siiski ette kujutada, et erinevate seismograafide leiutajad-konstrueerijad ning kasutajate koolkonnad oleksid olnud pigem oma seadmete poolt kasvõi juba harjumusest kui mitte näiteks majanduslikel põhjustel. Maailma esimene seismojaamade kataloog (Wood 1921) ei too eraldi tabelina välja kasutusel olnud aparatuuride tüüpe, aga teises kataloogis (McComb ja West 1931, lk 83–114) on eristatud paarkümmend erinevat seadmetüüpi ja lisaks on klass „segalaadilised instrumendid“. Paljud nendest või nende varasematest variantidest eksisteerisid juba Golitsõni ajal.

Golitsõni seismograafil olid siiski ka olulised kitsaskohad. Vertikaalne seismograaf oli väga tundlik ümbritseva temperatuuri suhtes. Selle vedrusüsteem tekitas mõõtmistel oluliselt segava kõrvalekalde juba siis, kui temperatuur muutus 0,0001 °C võrra. (Wilip 1930; Elango 1959; Heinloo 2003). See tähendas, et seadet pidi kasutama võimalikult stabiilse temperatuuriga ruumis, näiteks sügavale maa sisse ehitatud hästi isoleeritud keldris (Wilip 1930; Elango 1959; Mürsepp 1989).

Temperatuuritundlikkus oli suuresti praktilist laadi probleem, mis mõjutas seismogramme tõlgendamist. Vähesegi temperatuuri kõikumise juures hakkas seismograafi trumlile joonistuv üleskirjutus ebaühtlaselt „triivima“. Paberile joonistunud kõvera jooned ei pruukinud olla järjestikused ja ühtlaste vahedega, vaid võisid isegi ristuda. Sellise registreeringu tõlgendamisel oli üldise fooni seest keeruline eristada tegelikku maapinna liikumist (Wilip 1929).

Koostöös Masinguga tegi Vilip 1920. aastatel Golitsõni aparatuurile rea parandusi ja täiustusi. Algul täiendasid nad Golitsõni horisontaalseismograafi disaini. Tähtsaima uuendusena likvideerisid nad võngete summutamise süsteemist tuleneva magnetismi tagajärjel tekkinud pendli võnkeperioodi muutumise (Wilip 1926; Elango 1959). Kõige olulisem oli siiski vertikaalseismograafi temperatuurikompensatsiooni leiutamine (Wilip 1929, 1930; Elango 1959; Prüller 1975; Reinet 1975; Masing 1985; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003). Lisaks muudeti pendli riputusviisi nii, et selle periood ei sõltunud enam võnkenurgast. Öhuvoolu-



de mõju tundlikule pendlile välistati seismograafi paigutamisega hermeetilisse ümbrisesse (Wilip 1926; Prüller 1975; Reinet 1975; Masing 1985; Mürsepp 1989; Heinloo ja Rennit 1993; Heinloo 2003).

## Eesti panus Taani ja Maa tuuma geofüüsikasse

Täiustatud Golitsõn-Vilipi aparatuur tegi esimesed tuleristsed läbi 1926. aastal Taanis. Taani uurijatel oli plaanis teha geofüüsikalisi vaatlusi Gröönimaal ja paigaldada saarele ka seis-  
mojaam. Parima aparatuuri leidmiseks katsetati eelnevalt Kopenhaagenis erinevaid me-  
haanilisi pendlisüsteeme (Masing 1985; Hjelme 1996; Lehmann 1987), millest kõige suure-  
joonelisemad olid sõetatud paberile sündmusi registreerivad tonnise kaaluga **Wiecherti**  
pendlid (Schweitzer 2007, joonis 7).

Katsetuste käigus selgus, et “Vene pendlid” ehk Golitsõn-Vilipi elektromagnetilised  
seismograafid olid ülekaalukalt paremad kõi-  
gi mehaaniliste seadmetega võrreldes. Just  
need olid sobilikud kaugete maavärinate  
poolt tekitatud piki- ja ristlainete uurimiseks  
(Hjelme 1996). Esmalt paigaldati Golitsõn-Vili-  
pi seismograaf Kopenhaageni seismojaama,  
mis avati 1926. aasta 18. novembril (Lehmann  
1987).

Gröönimaa sai oma kolmekomponendi-  
lise Golitsõn-Vilipi aparatuuriga varustatud  
Scoresbysundi (*Scoresby Sund*) seismojaama  
1928. aastal (Hjelme 1996). Muuhulgas  
olid just Scoresbysundi jaama salvestised  
1929. aasta 17. juunil Uus-Meremaal toimu-  
nud Bulleri (Murchisoni) maavärina (magni-  
tuud 7,3, M 7.3 Buller... i.a) kohta aluseks **Inge**  
**Lehmanni** väitele Maa siseehituse kohta:  
„*Leiame, nagu varemgi, et Maa koosneb*  
*tuumast ja vahevööst, aga et tuuma sees on*  
*sisemine tuum, kus [seismiliste lainete] kiirus*  
*on suurem kui välimises tuumas*” (Lehmann  
1936). [joonis 6].

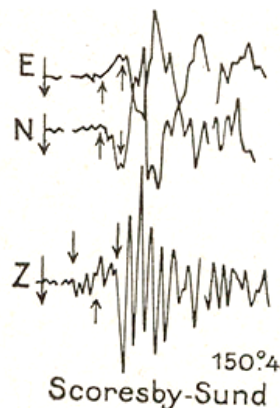


Fig. 6. — 1929, June 16. P' records.

**Joonis 6.** Uus-Meremaa Bulleri 1929. a maaväri-  
na seismogramm Gröönimaa Scoresby-Sundi  
seismojaamas, mõõteriistadeks Golitsõni-Vilipi  
seismograafid. Komponentid: E – horisontaalne  
ida-lääs, N – horisontaalne põhj-lõuna, Z – verti-  
kaalne (Lehmann 1936, joonis 6).

## Usaldusväärsed seismograafid üle maakera

Huvitav on märkida, et seismoloogia algusaastadel tegelesid observatooriumite ja seis-  
mojaamade asutamisega kõikjal maailmas jesuiitide ordu poolt rajatud ülikoolid. Neis seis-  
mojaamades oli üheks eelistatumaks aparatuuriks Golitsõn-Vilipi seismograaf (Deutsche  
Zeitung 08.06.1935; Udías ja Stauder 1996, tabel 1).

USA Missouri jesuiitide Saint Louis'i Ülikooli seismoloog **Cornelius G. Dahm** (1933) uuris  
Uus-Meremaa põhjasaarel 03.02.1931 aset leidnud hävituslikku Hawke's Bay maavärinat  
magnituudiga 7,8 (1931 Hawke's Bay earthquake 2023), kasutades koguni 113 seismojaama  
salvestisi üle maailma. Sündmus oli eriti huvitav Maa siseehituse uuringuobjekt, sest täpselt  
vastaspool Euroopas oli palju jaamu, mis Dahmi sõnul olid varustatud suurepärase instru-  
mentide ja täpse ajamääramisega. Dahm kasutas sündmuse lokaliseerimiseks kaheksat  
kvaliteetset registreeringutega jaama. Kolmes nendest oli Golitsõn-Vilipi seadmed (Wel-  
lington, Manila [joonis 7] ja Berkeley) ja ühes Golitsõni oma (Vladivostok).

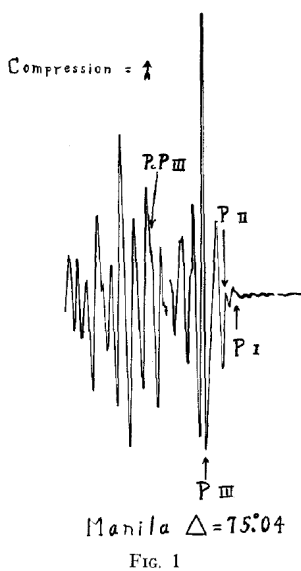


FIG. 1

Tänu Euroopas paiknenud Golitsõni-tüübi aparatuuride selgetele seismogrammidele leidis kinnitust Dahmi poolt kahtlustatud intrigeeriv asjaolu Hawke's Bay maavärina kohta: tegelikult oli aset leidnud ühe asemel kolm järjestikku tõuet. Esimese nõrgavõitu tõuke suutsid salvestada vaid tundlikud instrumendid. Sellele järgnenud keskmise suurusega teise ja väga võimsa kolmanda tõuke suutsid eristada paljud jaamad.

Vilipil oli põhjust uhkust tunda oma ja Masingu kätetööst. Dahm nentis, et kolme erinevat tõuet suutsid salvestada kõik Euroopa Golitsõni-tüübi vertikaalinstrumentidega seisvojaamad, sh Tartu. Ülejäänud Euroopa seisvojaamad registreerisid enamasti vaid teise ja kolmanda tõuke. Vilipi silmatera Tartu seisvojaam leiab eraldi mainimist Dahmi uuringus (1933, lk 152): „*Tartus [kraadikaugusega] 153.2°, on see-eest kahe P' [faasi] vaheline intervall piisav selleks, et P'₂ [faasi] lugemises on võimatu eksida. Siin faas on terav ja selge, ja N-S komponendil palju suurem ja teravam kui P'₁*”

**Joonis 7.** Uus-Meremaa 03.02.1931 Hawke's Bay võimsa maavärina seismogramm Filipiinide Manila seisvojaamas, mõõteriistaks Golitsõni-Vilipi vertikaalseismomeeter (Dahm 1933, joonis 1). Manila jaam oli üks kaheksast jaamast, mida Dahm kasutas sündmuse lokaliseerimiseks. Esialgne mulje oli, et toimus vaid üks maavärin, aga tänu Golitsõni-tüüpi seismograafide salvestistele oli võimalik eristada koguni kolme tõuet (esimesed pikilaineimpulsid P I, P II ja P III).

## Toimetamata jäänud tellimus

Teine jesuiidist geofüüsik ja seismoloog **Jesus Emilio Ramírez** asutas 1941. aastal Colombia Andide Geofüüsika Instituudi (*Instituto Geofísico de los Andes Colombianos*; Udías ja Stauder 1996, lk 17). Tema eesmärgiks oli luua Bogotásse ka tippasemel seisvojaam, mille rahastamiseks oli 1939. aasta märtsiks kogutud 7000 dollarit. Ramírez oli naasnud kodumaale pärast pikka maailmareisi, mille ta oli enamasti pühendanud seismoloogilistele uuringutele Euroopa keskustes ning Missouri Saint Louis'i Ülikoolis. Võib eeldada, et ta oli oma rännaku ajal kogunud palju informatsiooni olemasolevate seadmete ja nende iseärasuste kohta ning saanud soovitusi oma seisvojaama varustamiseks.

Nii telliti California Pasadenast **Benioffi** lühiperioodilise pendliga seismograaf (Benioff 1932), millega oli otstarbekas mõõta regionaalseid, sealhulgas ka väiksemaid maavärinaid. Tellimus läkitati ka Tartusse Hugo Masingu töökojale, et soetada Golitsõn-Vilipi seismograafi täiuslik kolme komponendiga komplekt.

Teise maailmasõja puhkemise tõttu venis Benioffi seismograafi komplekteerimine ning Golitsõn-Vilipi aparaat, mis pidanuks olema kohale toimetatud novembris 1939, jäi pidama Tartu töökotta (Ramírez 1943). Ramírez kurtis, et kõik katsed Tartuga suhelda pärast 1939. aasta lõppu nurjusid. Nii tuli Colombia Andide Geofüüsika Instituudil leppida teist tüüpi seismiliste seadmetega (Udías ja Stauder 1996, tabel 1).

USA Missouri osariigi ajalehes *St. Louis Globe-Democrat* ilmus mõni aasta hiljem lugu seismograafide konstrueerijate, isa ja poja **W. F. Sprengnether Sr.** ja **Jr.** töökojast *W. F. Sprengnether Instrument Company* (A shimmy-studying setup 21.07.1946), mis jutustas Masingu firma saatusest kurva alatooniga: „*Oli kord Eestis mees, kes ehitas geofüüsikalisi vidinaid. Aga ta kadus ära, kui venelased võtsid [riigi] üle 1940. aastal, ega temast pole peale seda midagi kuulnud.*”

## Kas instrumentideta ja instrumentidega seismoloogia lood põimused?

Kuigi lünklik, on Eesti seismoloogia ajalugu pikk ja auväärne. Sajanditagune seismoloogia koosnes kahest erinevast tahust: ühest küljest kohalike maavärinate täheldamine, vanade sündmuste rekonstrueerimine ning teisest küljest peensusteni kujundatud aparatuur, mis võimaldas terve maakera ülesehitust selgitada.

Huvitav on asjaolu, et Bruno Doss ja vürst Boriss Golitsõn olid sisuliselt eakaaslased, kõigest mõne kuu vanusevahega. Nii nemad kui loo teised peategelased – Vilip ja Masing tegutsesid kõik siinsamas Baltikumis ja lähipiirkonnas. Kas nad võisid omavahel suhelda ja üksteise tegevusega arvestada? Kohemaid ei paista, et siinsetel makroseismilistel uuringutel ja instrumentaalseismoloogial oleks kokkupuudet olnud.

Bruno Dossi Baltikumi uuringutest ilmneb, et tal olid seismoloogia teoreetilise tausta suhtes ajakohased teadmised, mis andsid talle põhjust arvata, et tulenevalt Baltikumi geoloogilistest tingimustest on siinsed maavärinad pea eranditult koopavaringud.

Dossi makroseismilistes uuringutes ei ole märget, et lähipiirkonnas tegeldi seismograafiliste mõõtmistega. See on mõneti arusaadav, kuna tema andmestik keskendus aastakümneid ja sajandeid tagasi toimunud juhtumitele. Toona meie piirkonnas kasutusel olnud pendlisüsteemid, k.a Golitsõni seismograafid, mõõtsid kaugelid ja suuri maavärinaid, mitte meie kohalikke maavõnkeid.

Ootamatu seos makroseismiliste ja instrumentaalsete vaatluste vahel leidub aga süüvides Dossi uuringusse, milles ta selgitas 23.10.1904 aset leidnud Oslo maavärina tunduvusala Baltikumis (Doss 1905a, 1905c). Tartu osas mainib Doss (1905a, lk 66–67, 1905c, lk 250–251), kuidas kaks sealset teadlast, härrad professorid doktorid *G. Lewitzky*, observatooriumi juhataja ning *B. Sreznewsky* (**Boriss Izmailovitš Sreznevski** i.a), ilmajaamade võrgu juhataja panid üleskutsed kohalikesse saksakeelsete ajalehtedesse *Nordlivländische Zeitung* (27.10.1904) ja *Baltische Wochenschrift* (02.11.1904, Sresnewsky 1904) sooviga saada teateid Oslo maavärinaga seostuvatest vaatlustest. Sreznevski saatis ka kõigile Liivi-, Eesti- ja Kuurimaa ilmajaamadele küsimustiku. Need andmed moodustasid osa materjalist, mida Doss Oslo maavärina uuringu jaoks kasutas.

Oslo maavärin oli juba sedavõrd suur (Bungum jt 2009: magnituud 5,4), et selle võnkeid sai siinkandis eksisteerinud seismojaama aparatuuriga salvestada. Doss (1905c, lk 256–257) loetleb hulga Euroopa seismojaamu, mis Oslo maavärina registreerisid, sealhulgas Tartu observatoorium. Ta mainib ka, et horisontaalpendel Tartu observatooriumis liikus lääne-ida suunas ning annab kellaajad, millal võnkumine algas, maksimumi saavutas ja lõppes (Doss 1905a, lk 73, 1905c, lk 284). Kindlaks tõendiks Dossi otsesest suhtlemisest Levitskiga on ta märkus, et Tartu seismojaama andmed sai ta kätte Levitski lahkel teavitamisel (Doss 1905a, 1905c).

Doss käsitles ka väidetavaid Oslo maavärina järeltõukeid (Doss 1905c, lk 289–293). On tüüpiline, et pärast suurema maavärina toimumist on inimesed vastuvõtlikumad täheldama maa värisemise taolisi nähtusi ning sageli tuntakse „järeltõukeid”, mis tegelikult pole aset leidnud. Selliseid ülestähendusi tehti ka Tartus ja Tallinnas mõned päevad pärast Oslo maavärinat. Doss järeldas, et kuna Levitski seismomeetrid Tartus midagi maavärinaga seostatavat ei registreerinud, ei saanud see, mida iganes Tartus ka tunti, seismilist laadi olla. Sama arvamuse esitas ka Levitski Dossile. Doss kasutas ka Tartu seismojaama registreeringu kellaaegu, et välistada nähtusi, mida ei saanud Oslo maavärina makroseismilisteks tunnusteks pidada (Doss 1905c, lk 293).

Bruno Doss publitseeris rohkem kui pooled oma uuringutest Riia loodusuurijate seltsi ajakirjas (Kupffer 1924). Tema artikkel, mis käsitles nelja mitte maavärinaks osutunud seismi-

list juhtumit, k.a Keri saare 1912. aasta sündmused, trükiti Venemaa alalise seismoloogilise komisjoni väljaandes (Doss 1913a). Tegelikult ilmus samas publikatsioonis ka Vilipi artikkel 1912. aastal toimunud maavärinate kohta (Wilip 1913). Doss oli tegus liige Riia loodusuurijate seltsis (Beck 1919; Kupffer 1924), aga ei ole andmeid, et ta oleks olnud Peterburi seismoloogilise komisjoni liige või võtnud osa rahvusvahelise seismoloogilise komisjoni konverentsidest (Association Internationale... 1906–1911).

*Postimehes* 22.03.1923 ilmunud Seismoloogia-artikli teises osas kirjutas Vilip (Wilip 1923), et Eestis puuduvad vaatlused maavärinate osas: „...kas meie maal niisuguseid väringuid ette võib tulla, mis terwed linnad ja külad ära purustaks. Kõige tundlikumate aparatuuride abil Pulhowa keskjaamas ei ole iialgi korda läinud 10 aasta jooksul mingisugust nõrka väringut registreerida, mille kollet meie Eestis oleks leida võinud.../Et ajaloolistel aegadel meie mail mingisugust katastroofi ei ole tähele pandud, sellepärast on võimalik sellele küsimuse peale eitawalt wastata.”

Eesti aseismilisust väljendas Vilip ka hiljem ajakirjas Olion (Wilip 1931): „Kas on mõeldav ka Eestis maaväring? Sellele võib vastata, et meie jalgealune asub hädaohutul maakera pinnal ja meie jääme alati vaid kaugete väringute pealtvaatajaks. Ajaloolistel aegadel pole meie maal väringuid olnud, puuduvad ju meie maapinna all kolded. Lähemad kohad meile, kus mõnikord sünnivad väga nõrgad kohalikud väringud, asuvad Soomes, pisut tugevamad kolded aga põhjapool Arhangelski kubermangus ning Skandinaavia poolsaarel Norra rannikul, kust vahel seismogrammid selgeid väringuid registreerivad, sedagi väga harva, võib-olla, et kord 10–20 aasta jooksul.”

Kui Vilip pidas silmas purustavaid maavärinaid, mida oleks võinud Golitsõn-Vilipi seismograafidega registreerida, siis tõepoolest võis ta nentida, et Eestis pole neid toimunud. Aga väiksemad maavärinad, sarnased nagu Soomes? Tundub iseäralik, et tema kõrvu polnud kunagi kandunud mingeid makroseismilisi andmeid Eesti maavärinate kohta.

Eesti ajaloolise seismilisuse nimekirjas on Vilipi eluajal neli sündmust: 16.10.1877 Vormsi maavärin koos eeltõukega (Doss 1905b, 1910b), Narva maavärin 28.01.1881 (Doss 1910b; Nikonov 2011) ja ebakindlam 02.06.1909 Viljandi maavärin (Doss 1910a, lk 95; Nikonov ja Sildvee 1991). Helsingi Ülikooli korrastatud nimekirja järgi on nendele arvatud homogeniseeritud magnituudid 2,6, 3,0, 3,0 ja 1,5 (Marja Uski, kirjalik teave 2015).

Võib spekuloida, kas Vilip oleks võinud ajakirjanduse vahendusel Eesti maavärinatest midagi teada saada. Vormsi maavärinad jäid niigi peaaegu tähelepanuta ning tõendid võimaliku 1909. aasta Viljandi maavärina kohta on kasinad. Aga Narva maavärinat kajastasid ilmeka iseloomustusega omaaegsed ajalehed *Neue Dörptsche Zeitung* (20.01.1881, ukj 01.02.1881) ning hiljem eesti keeles vähemalt *Eesti Postimees ehk Näddalaleht* (28.01.1881), *Tallinna Sõber* (30.01.1881) ja *Sakala* (07.02.1881) (kuupäevad vana ajaarvamise järgi). Tol ajal oli Vilip kümneaastane. Võiks ju võimalik olla, et uudis maavärisemisest Narvas oleks kandunud ka terase, reaalinnetest huvitatud koolipoisi kõrvu.

Ikkagi jääb mõistatuseks, kuidas seismoloog Vilip nii kategooriliselt hindas Eestit aseismiliseks riigiks. On võimalik, et Vilip luges Eesti (ja Baltikumi) seismilised sündmused koobaste varinguks, mitte tektoonilist laadi ehtsateks maavärinateks (Wilip 1904a; Galitzin 1914, lk 1). Eesti maavärinad on valdavalt sedavõrd väiksed, et Golitsõni või Golitsõni-Vilipi tüüpi seismograafidel poleks jätkunud tundlikkust neid registreerida. Selleks oleks tulnud kasutada teistsuguseid, lühema vönkeperioodiga seadmeid. Meie tingimustes toimub harva suuremaid seismilisi sündmusi, nagu näiteks 25.10.1976, a Osmussaare maavärin magnituudiga 4,5 (Slunga 1979). Kahjuks leidis see aset alles umbes 37 aastat pärast Vilipi mõõtmiste lõppemist Tartu seismojaamas.

## Parimad või lihtsalt väga head?

Hiljutises uuringus vaatleb ajaloolane Janet Laidla (2019) Hugo Masingu järelejäanud dokumentide ja laialulusliku korrespondentsi baasil Eestis toodetud seismograafe värskest ja huvitavast vaatenurgast: kuidas toimus Golitsõn-Vilipi seismograafide turustamine üle maailma. Üheks keskseks küsimuseks on, kas Masingu töökojas ehitatud seismograafid võisid tõepoolest olla maailma parimad nagu eesti ajalookäsitlus mõista annab või leidsid need väga kvaliteetsed seadmed laialdast kasutust pigem tänu Masingu ja Vilipi õnnestunud reklaamistrateegiale.

Laidla (2019, lk 161) märgib konkureeriva seadmete ehitajana Inglismaa *Cambridge and Paul Instrument Company* (firma esialgne nimetus oli Cambridge Scientific Instrument Company ja hilisem Cambridge Instrument Company (Cambridge Scientific Instrument Company 2023)). Laidla andmetel selgub Masingu kirjavahetusest 1923. aastal, et reverend **Francis Tondorf** USA Georgetowni jesuiitide ülikooli seismoloogia observatooriumist pidas Masingu nõuet tasuda pool tellitud seadme hinnast ettemaksuna solvanguks ning ähvardas tellida hoopis Cambridge ja Pauli seismograafi. Masingu töökoja reklaamibrošüüri järgi korjati ettemaks tegelikult kõigilt tellijailt (Seismographen... 1929).

Juhtus nii, et Georgetowni soetati 1923. aastal Golitsõni tüüpi vertikaalseismograaf, aga Cambridgest. Ühel ajaloolisel fotol vaatleb Tondorf koos teise reverendiga antud seadet. Seletuses on kirjas: “Vilip täiustas Gölitsoni disaini temperatuuri ja rõhu stabiilsuse osas luues Golitsõn-Vilip [seismograafid].“ (Reverend Francis... i.a). Teisel fotol seisab Tondorf oma assistendiga horisontaalseismograafide juures. Pilditekst nendib: „Neid instrumente peetakse kõige tundlikematena seismiliste uuringute valdkonnas.“ (Harris ja Ewing 1929).

Georgetowni Ülikooli juhtum kinnitab seisukohta, et Golitsõni poolt loodud seismograafid olid seal au sees. Taheti tellida Golitsõni tüüpi instrument – aga mitte *Masingu* käest.

Oleks huvitav välja selgitada, kuidas oli juhtunud see, et Cambridge firma valmistas Golitsõni seismograafe sõltumata sellest, et nende originaalsed ehitajad ja Golitsõni kaastöötajad Tartus edasi tegutsesid. Cambridge kompanii tootis mitmesuguseid teaduslikke instrumente, sh **Ewing**’i, **Milne** ja Golitsõni tüüpi seismograafe (Lovell ja Henni 1999, lk 5). Võrdlusena võib tuua Strasbourgis baseerunud, praeguse Bosch’i kontserni eelkäijaks olnud Bosch’i täppismehaanika ja elektrotehnika töökoja (*J. & A. Bosch Werkstätte für Feinmechanik und Elektrotechnik*), mis reklaamis seismograafe (Bosch 1907, 1910), mainides nimeliselt isikuid, kelle disainile nende ehitatud seadmed baseeruvad (**Rebeur-Ehlert**, **Graboviz**, **Milne**, **Omori**, **Zöllner**). 1910. aasta kataloogis (lk 3–4) tuuakse kohe algatuseks eraldi välja kokkulepe saksa geofüüsiku, seismograafide leiutaja-ehitaja **Carl Mainkaga** (Carl Mainka 2022): „*Oleme saanud leiutajalt [Mainka] õigused toota ja kaubitseda neid instrumente. Kui tellija soovib, kontrollib tema seadmed isiklikult.*”

Võib-olla polnud see Masingule ja Vilipile oluline, et Cambridges Golitsõni seismograafe kokku monteeriti, kuna nemad olid juba liikunud sammu võrra edasi ja tootsid uuema põlvkonna täiustatud seismograafe. Georgetowni Ülikool oleks tegelikult ikkagi saanud endale parema seadme, kui Tondorf oleks oma meeolehärra alla neelanud ja Masingu käest hoopis Golitsõni-Vilipi seismograafi tellinud. Võib-olla oleks see ka soodsam kaup olnud, olgugi et ettemaksuga. Konkurents Cambridge firmaga – sealjuures ehk ka Masingu ja Vilipi nõrdimus – kumab läbi Tartu *Deutsche Zeitung*-i artiklist (08.06.1935): „*Meie linnas komplekteeritud seismograafid töötavad veatumalt kui Inglismaa omad. Mis veel, meie aparatuurid on tunduvalt soodsamad. Kui Inglismaal toodetud seismograafide komplekti eest tuleb välja käia 15 000 krooni, on meil valmistatud seismograafide hind kõigest umbes 8000 krooni.*”

Golitsõni ja Golitsõni-Vilipi seismograafe tuleb näha sama põhimõttega instrumentide ühtse täiustatud reana, mitte üksteise rivaalidena. Aga küsimusele, kas Tartus valmistatud

seismograafid olid maailma parimad, ei saagi lõplikku vastust anda ning küsimus jääb osaliselt maitseasjaks. Kõigi asitõendite najal võib üsna veendunult väita, et oma leiutamise ajal esindasid Golitsõni seadmed seismiliste instrumentide tipptaset. Nendest veelgi paremate Golitsõn-Vilipi seadmete tootmise ajal oldi edusamme tehtud juba ka teistes maailma seismoloogilistes töökodades.

Seismograafid olid niisitoode, mille ajalugu hakkas kujunema 19-nda sajandi lõpus. Seismoloogia oli noor teadusharu, mõõteriistad arenesid pidevalt. Paljuski sõltus areng silmapaistvatest isikutest, traditsioonidest ja teadlaste vahelisest suhtlemisest.

Seismoloog Roger Musson kordab oma briti seismoloogia ajaloo ülevaates märkust (2013, lk 792): „alati on olemas keegi Moodsa Seismoloogia Isa. Inglisekeelsele kontingentile on tema nimi Milne, saksa keele rääkijatele Wiechert ning venekeelsetele Golitsõn”. Paljud esimesed seismoloogid olid ka seadmete leiutajad ja ehitajad, mistõttu saidki kujuneda kasvõi erinevate keeleruumide paralleelsed seismojaamade võrgud, näiteks **John Milne** (John Milne 2023) osaliselt Briti impeeriumile baseeruv globaalne jaamavõrk (Musson 2013, Fig. 35, lk 800) ning **Golitsõni** võrk Vene impeeriumi alal. Globaalne koostöö sai ruttu enesestmõistetavaks eelduseks edukate seismoloogiliste vaatluste ja uuringute läbiviimisele. Paljudes observatooriumites korraldati mõõtmisi üheaegselt mitut tüüpi instrumentidega.

Enne kui ise hakkas Golitsõni seadmeid täiendama, hindas Vilip, et modernse täppiseismoloogia puhul tuleb arvestada kolme erineva seismograafitüübiga (Wilip 1912): Wiecherti seismograaf, mida valmistati Göttingenis, Masingu ehitatud galvanomeetrilise registreerimisega Golitsõni aparatuur ning **Mainka**, mille konstrueerijateks olid vennad Boshid Strabourgis. Vilip jätkas, et kasutusel oli ka teisi pendlitüüpe, sealhulgas Milne, **Omo-ri-Bosch**, **Vicentini** ja Zöllner, aga nende kasinam tundlikkus lubas häid mõõtmistulemusi ainult tugevate maavärinate puhul.

Jesuiidid olid seismoloogia arenemise esirinnas ning nende seismojaamad moodustasid ühe rahvusvahelise võrgu (Udías ja Stauder 1996). Esiolgu eelistasid jesuiidid Wiechert'i ja Mainka mehaanilisi seismograafe ning hiljem Golitsõni-Vilipi ja **Sprengnetheri** elektromagnetilisi instrumente (Udías ja Stauder 1996, lk 11). Saksamaal Göttingenis tegutsenud **Emil Wiecherti** (Emil Wiechert 2024) seismograafid olid kahtlemata kvaliteetsed ja leidsid laialdast kasutust üle maailma (McComb ja West 1931, lk 100–106). Sprengnetheri hilisema põlvkonna instrumendid baseerusid Golitsõni disainile, kuid olid lihtsamad (A shimmy-studying setup 1946; Sprengnether 1947; Kisslinger 1998).

Taanlased katsetasid 1920-ndatel erinevaid seadmeid ja jäid Golitsõni-Vilipi seismograafidega rahule. Omaaegsed uuringud tõestavad samuti, et need seadmed olid tööpoolest nii kvaliteetsed, et võimaldasid märkimisväärseid edusamme seismoloogias (Dahm 1933; Lehmann 1936).

Laidla (2019) nendib, et Masing kasutas isiklikku lähenemist kirjavahetusel võimalike klientidega, trükiti seismograafe tutvustavaid brošüüre (Seismographen... 1929) ja avaldati reklaamkuulutusi olulistest ajakirjades. Selline efektiivne strateegia võis Laidla hinnangul olla globaalse edu võti. Aga sajanditagustes väikestest seismoloogide ringkondades oli isiklik lähenemine iseloomulik ja „sõbra soovitus” võis olla palju väärt. Näiteks 19. sajandi lõpus oli Ehlert arendanud **Rebeur-Paschwitzi** pendlit (Ehlert 1898b), mida tunti nimega Rebeur-Ehlerti pendel (Rebeur-Ehlert i.a) ja seda paigaldati mitmesse observatooriumi üle maailma. Saksa geofüüsika suurkuju **Georg Gerland** (Georg Gerland 2023) reklaamis antud seadet nii edukalt, et nende ehitajal oli raskusi kõigi tellimuste täitmisega (Schweitzer 2003, lk 6).

Golitsõni ja hiljem Golitsõni-Vilipi seismograafid pälvisid tunnustuse, mida nad ka väärisid. Eduloo üheks komponendiks oli Golitsõni, Masingu ja Vilipi, üksteist täiendav ja lugupeetav koostöö.

## Vilipi pärand

Viimased sõnad annaks esimesele eesti seismoloogile Johan Vilipile, kelle visionäärsed mõtted tunduvad tänapäevalgi värsketena. Tema seisukohaga, kuidas tuleks seismoloogiaga Eestis tegelda, ühineb ka praegune Eesti seismoloog täie poolehoiuga.

*„Waatame siin lühidalt mõnda seismoloogia tähtsamat külge. Suured lootused ärkavad siin juba mõne pealiskaudse tähelepanemise järele. Kui meie puht teaduslise tähtsuse kõrwale jätame, siis ei või salata, et nähtusi awalikuks tuli, mis juba suuri praktilisi tagajärgi loota lasksid. Selle suure tundlikkuse juures, mis uuem registreerimise metood lubab, on võimalus peale alaliste maawärisemiste ka kõiksugu liikumisi, mis maa sügawuses kuidagi wiisi tekiwad üles märkida. /.../ Pöörame tagasi seismoloogia praktilise tähtsuse juure. Näib, nagu oleks sellel teaduseharul liig wäike silmaring, nagu jääks ta ainult maakera sisemise koosseisu juure. Tõsi on, et nii pea ehk võimalik ei ole tema abil kullalademeid üles leida. Aga sellegi peale waatamata ei või eitada tema tähtsust mäekaewanduses tulewikus. On ju need lained, mis sügawalt teiselt maakera poolelt meie juure tulewad, sunnitud ka pealmistest kordadest läbi minema; kui meie üleskirjutusi õigesti seletama õpime, siis võib nende abil mõndagi leida, mis praegu weel teadmata on.” – J. Wilip. Sõda ja seismoloogia 2. Postimees, 10.08.1921*



## Maavärinate ja seismoloogia uurijad

### Carl Bruno Doss

01.11.1861 Auerbach – 28.05.1919 Dresden

Carl Bruno Doss sündis mõisnikust kaupmehe pojana Auerbachis Saksimaal. Ta õppis loodusteadusi Müncheni ja Leipzigi Ülikoolis, kus ta 1886. aastal kaitses ka doktoritöö. Aastast 1889 tegutses ta Riia Polütehnikumis geoloogia- ja mineraloogiadotsendina ning professorina, olles asutuse ainus geoloog.

Pärast Riiga kolimist sai Dossist kohemaid avaliku elu tegelane ja Riia Loodusteaduste Seltsi aktiivne liige. Tema ettekanded ja raportid tekitasid seltsi üritustel tavaliselt elava diskussiooni. Temataolise hakkaja mehe jaoks oli Baltikumi geoloogia mitmes mõttes *terra incognita* — ideaalne paik erinevateks uurin-guteks. Dossilt ilmus üle 100 trükise. Dossi huvid ja haare ulatusid Baltikumi maavärinatest ja Kuramaa meteoriidist Süüria basaltlaavade ja tuffideni.

Baltikum oli Dossile väga südamelähedane, kuid Esimene maailmasõda muutis tema kui Saksamaa kodaniku elu siin keeruliseks. Doss saadeti eksili Orjoli linna Venemaal, kust tal hiljem lubati suunduda Saksamaale. Tõsiseks löögiks oli talle ilmajäämine oma pooleliolevate teadustööde käsikirjadest. 1917. aasta alguses kutsuti ta geoloogina sõjaväeteenistusse, kus ta välitöödel olles peagi haigestus. Pärast pikka haigust suri Carl Bruno Doss 58 aastasel Dresdenis. Järelehüüdes Carl Bruno Dossile loetletakse 75 publikatsiooni, millest 72 käsitlevad Baltikumi geoloogia küsimusi.



**Carl Bruno Doss.** Foto: Schulz (1901).

Allikad: Beck 1919; Doss, Carl Bruno i.a; Eestiga seotud maateadlased i.a.; Karls Bruno Doss i.a; Kupffer 1924

## Grigori Levitski (ka Lewitsky)

27.10.1852 Harkiv – 26.10.1917 Peterburi

Grigori Levitski sündis advokaadi perekonnas. Ta lõpetas gümnaasiumi kuldmedaliga ja astus Harkivi Ülikooli füüsika-keemia osakonda, kust ta juba järgmisel aastal suundus Peterburi Mäeinstituuti ja hiljem Peterburi Keiserlikku Ülikooli. Pärast ülikooliõpinguid 1874. aastal asus ta astronoomina tööle Pulkovo Observatooriumi, valmistudes samal ajal teaduskraadi kaitsmiseks.

Aastatel 1879–1894 oli Levitski Harkivi Ülikooli Observatooriumi direktor, olles eelnevalt ise korraldanud selle asutuse rajamist. 1893. aastal moodustas ta ülikooli juurde ka seismoloogia osakonna.

Tartusse sattus Levitski Baltimaades toimunud venestamispoliitika ajal 1894. aastal, asendama seal töötanud baltisaksa päritolu Ludwig von Struvel, kes viidi üle Harkivisse. Tartus tegutses ta mitmel rindel — juhtis Tartu Observatooriumi ja jätkas seismilisi mõõtmisi horisontaalsete pendlitega, tegeles teaduslooga ja oli aastatel 1903–1905 ka Tartu Ülikooli rektor. Tartust lahkus ta 1908. aastal, mil ta määrati Vilniuse õpperingkonna kuraatoriks.



**Grigori Levitski.** Foto: Normann (1890).

Allikad: Fréchet ja Rivera 2012; Grigori Levitski 2023; Grigori Vassiljevitsš Levitski i.a; Heinloo 1997; Viik i.a.

## Boriss Golitsõn (ka Boris Galitzin, Golitsyn, Golicin)

18.02.1862 Peterburi – 04.05.1916 Peterburi

Vene vürst Boriss Golitsõn oli pärit kuulsast Leedu aadlisuguvõsast. Ta õppis Peterburi Nikolajevi Mereakadeemias ja hiljem Strasbourgi Ülikoolis füüsika erialal lõpetades selle 1890. aastal doktorikraadiga. Aastatel 1892–1893 töötas ta eradotsendina Moskva Ülikoolis. 1893. aastal kutsuti ta Tartu Ülikooli, kus ta oli erakorraline füüsikaproffessor, füüsikakateedri juhataja ja Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi direktor. Tartus tegutses ta vaid ühe semestri. 1894. aasta alguses usaldati talle Keiserliku Peterburi Teaduste Akadeemia füüsika kabineti juhtimine.

Golitsõn oli mitmekülgne maailmakuulus teadlane: füüsik, geofüüsik ning üks seismoloogia rajaja. Oma innovaatilise talendi ja energilise tegutsemise tõttu muutis ta seismoloogia kui alles areneva uue teadussuuna teoreetilise baasiga täppisteaduseks. Kanada astronoomi Otto Julius Klotzi (1916) ja Eesti füüsiku Johan Vilipi (Wilip 1921a) hinnangul sai just tänu Golitsõnile Venemaast seismoloogia teadusharu juhtiv riik maailmas. Aadlikust Gõlitsõnil olid head ühiskondlikud suhted nii kodu- kui välismaal, mis aitasid kaasa seismoloogia edendamisele Venemaal. 1911. aastal valiti ta Rahvusvahelise Seismoloogia Assotsiatsiooni (*Association Internationale de Séismologie*) presidendiks.

Golitsõn töötas välja täiesti uudse galvaanilise meetodi seismiliste lainete registreerimiseks. 1906. aastal kavandas ta elektromagnetilise seismograafi, mida peeti parimaks maailmas. Aastatel 1913–1915 avastas ta füüsikaliste omaduste muutumise Maa vahevöös 106 km ja 492 km sügavusel. Ta koostas kirjaliku õppematerjali oma 1911. aastal Peterburi Teaduste Akadeemias peetud 89 seismoloogia loengu põhjal. Väärtuslik õppematerjal, mis trükiti 1912. aastal vene keeles ja 1914. aastal saksa keelses tõlkes leidis kasutust pool sajandit.

Boriss Golitsõn haigestus 1916. aastal kopsupõletikku ning suri kõigest 54 aastaselt Peterburis.

Allikad: Boriss Golitsõn 2024; Elango 1962; Galitzin 1914; Golitsyn 1912; Heinloo 2003; House of Golitsyn 2024; Klotz 1916; Marek 2003, 2004; Masing 1985; Prüller 1975; Reinet 1975; Wilip 1921a; Yanovskaya 2014.



**Boriss Golitsõn.** Foto: Wikimedia Commons.

## Johan Vilip (ka Johann Wilip)

12.05.1870 Uue-Kariste vald – 27.01.1942 Tartu

Johan Vilip sündis karjarentniku pojana Uue-Kariste mõisas tolleaegsel Pärnumaal. Juba Pärnu Gümnaasiumis õppides avaldus tema andekus reaalainetes. Hoolimata majanduslikest raskustes lõpetas ta 1895. aastal Tartu Ülikooli füüsika erialal. Eestlasena polnud tal kerge leida töökohta tolleaegses Tartu Ülikoolis. Ta siirdus Peterburi, kus sai vürst Golitsõni soovitusel assistendi koha Nikolajevi Mereakadeemias. Vilip töötas üle kahekümne aasta Vene Teaduste Akadeemia füüsika laboratooriumis vanema füüsikuna, pidades loenguid ja tegutsedes Pulkovo Geofüüsika Observatooriumi seismoloogia osakonnas. Seismomeetriaga hakkas ta tegelema aastatel 1907–1908. Aastatel 1911–1920 oli ta Pulkovo seisvojaama juhataja.

Pärast Eesti iseseisvumist asus Vilip tööle Tartu Ülikoolis, kus ta oli aastatel 1921–1940 esimene eesti soost füüsikaproffessor ja füüsika instituudi juhataja.

Kõige suurema tunnustuse pälvis Vilip aga seismograafide loojana ja ehitajana. Vilip täiendas Golitsõni vertikaalseismograafi leiutades mehhanismi, mis kompenseeris temperatuuri kõikumisest tingitud pendli pikkuse muutumist. Doktorikraadi seismograafide konstruktsiooni teemal kaitses ta Tartu Ülikoolis 1930. aastal. Vilipi seismograafid olid ühed täpseimad maailmas. Aastail 1925–1939 valmistati neid 23 suurele seismoloogiaajamale maailmas, üks aparatuur seati üles ka Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumis.

Vilip oli kontaktis paljude oma aja nimekate füüsikutega. Tema teadustööd hõlmavad erinevaid füüsika tahke, sh seismoloogiat. Eesti keeles kirjutas ta enam kui kümme populaarteaduslikku artiklit. Johan Vilip suri Tartus 71 aastasel ja on maetud Raadi kalmistule. Alates 1973. aastast on Tartu Ülikooli peahoone auditorium nr 232 Vilipi-nimeline.

Professor doktor **Villem Koern** (1942) kirjutas Postimehe järelhüüdes Johan Vilipile: „Väheseks kipuvad jääma nende meeste read, kes kord tulid madalast talutarest, visas töös ja võitluses end üles töötasid niikaugemale, et nende töö oli tuntud mitte üksi väikeses Eestis, vaid ka kaugel laias maailmas. Seejuures töötati töö enese pärast, ilma vähimatki isiklikku kasu taotlemata, kulutades end vaid teiste, üldsuse heaks. Üks sääraseid omakasupüüdmatuid tõsiseid ja vaikkeid töömehi oli prof. dr. phil. nat. Johan Vilip. /.../ Ühelegi tõsiselt seismomeetriaga tegelevale geofüüsikule kogu maailmas pole prof. Vilip'i nimi tundmata. Tema poolt täiuslikkuseni arendatud ja tema otsesel juhtimisel ning järelevalvel Tartus ehitatud moodsad seismograafid on leidnud rakendamist kõigis maailmaosades.”

Allikad: Elango 1959; Heinloo 2003; Johan Vilip 2023; Koern 1942; Masing 1985; Prüller 1975; Reinet 1975; Sarv 2005; Sootak 2014.



**Johan Vilip.** Foto: Normann (1920).

## Emil Hugo Gottfried Masing

18.03.1873 Tartu – 02.11.1939 Gdynia

Hugo Masing sündis Tartus kaupmehe perekonda. Pärast Tartu reaalkooli lõpetamist alustas ta 1889. aastal neli aastat kestnud õpinguid peenmehaaniku ja optiku Bernhard Schulze töökojas, kus valmistati põhiliselt teaduslikke instrumente Tartu Ülikoolile. Hiljem suundus hoolsuse ja täpsusega silma paistnud Masing Saksamaale oma teoreetilisi teadmisi ning praktilisi kogemusi täiendama.

1901. aastal kutsus Peterburi Teaduste Akadeemia Füüsika Instituudi direktor vürst Boriss Golitsõn Masingu Peterburi. Seal asutas ta töökoja eelkõige meteoroloogainstrumentide valmistamiseks. Masingust sai kiiresti kõrgelt hinnatud peenmehaanik, kes oli ka Golitsõni leiutatud seismograafide konstruktor.

Viljakas ühistegevus Peterburis katkes Golitsõni enneaegse surma tõttu 1916. aastal. Pärast Vene revolutsiooni kolis Masing 1920. aastal tagasi Tartusse, kus asutas Peterburist kaasavõetud seadmete ja tööriistade abil uue peenmehaanika töökoja *Werkstätten für Wissenschaftliche Instrumente Hugo Masing* (Teaduslikkude Aparaatide Tööstus Hugo Masing), mis asus aadressil Jaani tänav 18 ning 1938. aastast aadressil Lai tänav 17.

Peale seismograafide valmimise Masingu töökojas ka analüütilised kaalud, anemograafid, lennukite kompassid, pulsisageduse märkijad jt teaduslikud instrumendid. Pärast Masingu haigestumist 1930. aastate keskpaigas võttis töökoja juhtimise üle tema poeg Woldemar Masing.

Masingu firma likvideerimisest Eestis ja ümberasustamisest Saksamaale teavitati 1939. aasta oktoobris. Hugo Masing suri sama aasta novembris 66-aastaselt Gdynias (1939.–1945. a Gotenhafen). Masingu töökoja sisustus ja valmisseadmed läksid sõja ajal kaduma.

Allikad: Heinloo 2003; Heinloo ja Rennit 1993; Kriis 2016; Kärdla 2010; Laidla 2014, 2019; Masing 1985; Määrsepp 1989; Sarv 2005.



**Emil Hugo Gottfried Masing.** Foto: Riedel (i.a).

## Tänuõnad

Käesolev artikkel on pühendatud geoloog Anne Põldvere mälestusele. Tema initsiatiivil hakkas seismoloogia ajaloo lugu välja kujunema ja ta andis suure panuse teksti toimetamisse. Ajaloolane Janet Laidla jagas lahkelt oma uurimuse teksti Eestis toodetud seismograafide kohta juba selle viimistlusfaasis. Seismoloog Olga Heinloo tegi artiklile asjatundliku läbivaatuse. Suured tänud ka Aasa Aaloele artikli hoolika toimetamise eest.

## Kasutatud kirjandus ja veebiviited

- 3-component Seismograms—Capturing the motion of an earthquake. 2017. IRIS Earthquake Science. [https://www.youtube.com/watch?v=Za\\_22xo7ZQG&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=Za_22xo7ZQG&feature=youtu.be)
- 7 – Galitzine. i.a. The Collection, Seismology. Musée de Sismologie et collections de Géophysique, Université de Strasbourg. <http://musee-sismologie.unistra.fr/english/the-collection-seismology/7-galitzine/> (vaadatud 08.09.2020)
- 1931 Hawke's Bay earthquake. 07.12.2023. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=1931\\_Hawke%27s\\_Bay\\_earthquake&oldid=1188832618](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=1931_Hawke%27s_Bay_earthquake&oldid=1188832618)
- About the seismograms. i.a. U.S. Geological Survey. <https://earthquake.usgs.gov/monitoring/seismograms/about.php> (vaadatud 27.01.2020)
- Ahjos, T. & Uski, M. 1992. Earthquakes in northern Europe in 1375–1989. *Tectonophysics*, **207**, 1–23. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90469-M](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90469-M)
- Association Internationale de Sismologie (AIS/ISA). 1906–1911. Comptes rendus des séances - Réunions de la Commission Permanente et Assemblées Générales: 1906 Rome; 1907 La Haye; 1909 Zermatt; 1911 Manchester. Geo-Archive Strasbourg. <http://geost.free.fr/geoarchive/index.html>
- Båth, M. 1978. Energy and tectonics of Fennoscandian earthquakes. *Tectonophysics*, **50**, T9–T17. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(78\)90193-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(78)90193-2)
- Båth, M. 1984. Correlation between regional and global seismic activity. *Tectonophysics*, **104**, 187–194. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(84\)90111-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(84)90111-2)
- Beck, R. 1919. Zur Erinnerung an Bruno Doss. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, **1919**, 257–268. [https://www.zobodat.at/biografien/Doss\\_Bruno\\_Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont\\_1919\\_0257-0268.pdf](https://www.zobodat.at/biografien/Doss_Bruno_Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont_1919_0257-0268.pdf)
- Benioff, H. 1932. A new vertical seismograph. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **22**, 2, 155–169. <https://authors.library.caltech.edu/49987/1/155.full.pdf>
- Boriss Golitsõn. 02.03.2024. Vikipeedia. [https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Boriss\\_Golits%C3%B5n&oldid=6594698](https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Boriss_Golits%C3%B5n&oldid=6594698)
- Boriss Izmailovitš Sreznevski. i.a. Ajalugu, atmosfäärifüüsika isikud, Tartu Observatoorium. [https://www.to.ee/est/meist/ajalugu/atmosfaarifuusika\\_osakonnas\\_tootavad\\_tootanud\\_inimesed\\_alates\\_aegade\\_algusest/boriss\\_izmailovits\\_sreznevski\\_](https://www.to.ee/est/meist/ajalugu/atmosfaarifuusika_osakonnas_tootavad_tootanud_inimesed_alates_aegade_algusest/boriss_izmailovits_sreznevski_) (vaadatud 13.08.2020)
- Bosch, J. & A. 1907. Seismische Apparate-instrumente. Katalog Nr. **20**. J. & A. Bosch Werkstätte für Präzisions-Mechanik, Strassburg, 42 lk. [http://geost.free.fr/geoarchive/Catalogues/Bosch\\_Katalog\\_No\\_20\\_1907.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/Catalogues/Bosch_Katalog_No_20_1907.pdf)
- Bosch, J. & A. 1910. Seismische Apparate und Meteorologische Instrumente. Katalog Nr. **22**. J. & A. Bosch Werkstätte für Präzisions-Mechanik, Strassburg, 35 lk. [http://geost.free.fr/geoarchive/Catalogues/Bosch\\_Katalog\\_No\\_22\\_1910.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/Catalogues/Bosch_Katalog_No_22_1910.pdf)
- Bulletins. i.a. Institute of Seismology. University of Helsinki. <https://www.helsinki.fi/en/institute-of-seismology/bulletins> (vaadatud 05.09.2020)
- Bungum, H., Pettenati, F., Schweitzer, J., Sirovich, L. & Faleide, J. I. 2009. The 23 October 1904 M<sub>s</sub> 5.4 Oslofjord earthquake: Reanalysis based on macroseismic and instrumental data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **99**, 5, 2836–2854. <https://doi.org/10.1785/0120080357>
- Cambridge Scientific Instrument Company. 11.12.2023. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cambridge\\_Scientific\\_Instrument\\_Company&oldid=1189330648](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cambridge_Scientific_Instrument_Company&oldid=1189330648)
- Carl Mainka. 17.10.2022. Wikipedia. [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Carl\\_Mainka&oldid=227113553](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Carl_Mainka&oldid=227113553)
- Chakrabarty, S. K. & Tandon, A. N. 1961. Calibration of electromagnetic seismographs satisfying galitzin conditions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **51**, 1, 111–125. <https://doi.org/10.1785/BSSA0510010111>



- Cisternas, A., 2009. Montessus de Ballore, a pioneer of seismology: The man and his work. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **175**, 3–7. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2007.09.006>
- Dahm, C. G., 1933. Epicenter of the Hawke Bay (New Zealand) earthquake and travel-times of condensational waves. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **23**, 4, 139–157. <https://doi.org/10.1785/BSSA0230040139>
- Deutsche Zeitung. Die kleine Wunderstation unserer Universität. *Deutsche Zeitung*, **130**, 08.06.1935, lk 5. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=deutschezeitung19350608.1.5>
- Dewey, J. & Byerly, P. 1969. The early history of seismometry (to 1900). *Bulletin of the Seismological Society of America*, **59**, 1, 183–227. <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article-abstract/59/1/183/101553/The-early-history-of-seismometry-to-1900>
- Doss, Carl Bruno (1861–1919). i.a. BBLD – *Baltisches biografisches Lexikon digital*. <https://bbld.de/0000000013188517> (vaadatud 04.02.2020)
- Doss, B. 1898. Übersicht und Natur der in den Ostseeprovinzen vorgekommenen Erdbeben. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **XL**, 147–162. <http://hdl.handle.net/10062/45925>
- Doss, B. 1905a. Beobachtungen über das skandinavische Erdbeben vom 23. Oktober im Bereich der russischen Ostseeprovinzen. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, **1905**, 65–77. [https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont\\_1905\\_0065-0077.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont_1905_0065-0077.pdf)
- Doss, B. 1905b. Über ein unbeachtet gebliebenes Beben in Estland. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **XLVIII**, 122–138. <http://hdl.handle.net/10062/45989>
- Doss, B. 1905c. Das skandinavische Erdbeben vom 23. Oktober 1904 in seinen Wirkungen innerhalb der russischen Ostseeprovinzen und des Gouvernements Kowno. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **XLVIII**, 249–301. <http://hdl.handle.net/10062/45989>
- Doss, B. 1908. Über die im Jahre 1783 bei Schlock in Livland erfolgte Bildung einer Einsturzdoline. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **LI**, 61–72. <http://hdl.handle.net/10062/45990>
- Doss, B. 1910a. Die Erdstöße in den Ostseeprovinzen im Dezember 1908 und Anfang 1909. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **LIII**, 73–108. <http://hdl.handle.net/10062/45990>
- Doss, B. 1910b. Die historisch beglaubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phänomene der russischen Ostseeprovinzen. *Beiträge zur Geophysik*, **X**, 1–124. <https://digitalisate.sub.uni-hamburg.de/>
- Doss, B. 1911. Einige bisher unbekannt gebliebene Erdbeben in den Ostseeprovinzen. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **LIV**, 3–12. <http://hdl.handle.net/10062/45990>
- Doss, B. 1913a. Seismische Ereignisse in den Ostseeprovinzen vom Juni 1910 bis Ende 1912. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **6**, 25–32. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP6L1\\_1913.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP6L1_1913.pdf)
- Doss, B. 1913b. Ueber die Herkunft des Naturgases auf der Insel Kokskär im Finnischen Meerbusen nebst Bemerkungen über die Entstehung der Insel. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, **1913**, 601–610. [https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont\\_1913\\_0601-0610.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont_1913_0601-0610.pdf)
- Doss, B. 1914. Zur frage nach der Ursache der ostbaltischen Erdbeben. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, **1914**, 37–47. [https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont\\_1914\\_0037-0047.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Centralblatt-Mineral-Geol-Palaeont_1914_0037-0047.pdf)
- Eesti Postimees ehk Näddalaleht: maa- ja linnarahwale*, **4**, 28.01.1881. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=eestipostimees18810128.2.3>

- Eestiga seotud maateadlased. i.a. Doss, Carl Bruno, saksa päritolu geoloog. Planeet Maa ja selle uurimine. Eesti Loodusuurijate Selts. <https://www.elus.ee/planeetmaa/?show=8&do=1> (vaadatud 04.02.2020)
- Ehlert, R. 1898a. Zusammenstellung, Erläuterung und kritische Beurtheilung der wichtigsten Seismometer mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Verwendbarkeit. *Beiträge zur Geophysik*, **3**, 350–475, 2 tabelit. [http://download.iaspei.org/publications/ISA/further\\_reading/Ehlert1898.pdf](http://download.iaspei.org/publications/ISA/further_reading/Ehlert1898.pdf)
- Ehlert, T. 1898b. Das dreifache Horizontalpendel. *Beiträge zur Geophysik*, **3**, 481–494. [http://download.iaspei.org/publications/ISA/further\\_reading/Ehlert1898.pdf](http://download.iaspei.org/publications/ISA/further_reading/Ehlert1898.pdf)
- Elango, M. 1959. Johan Vilip – esimene eestlasest füüsika professor. *Eesti Loodus*, **5/1959**, 298–300. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:340414/297826/page/48>
- Elango, M. 1962. Meie kalender. Sada aastat Boriss Borissovitsš Golitsõni sünnist. *Eesti Loodus*, **2/1962**, 97–98. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:340448/297847/page/39>
- Emil Wiechert. 07.03.2024. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Emil\\_Wiechert&oldid=1212271025](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Emil_Wiechert&oldid=1212271025)
- ERA.891.2.4918. Teaduslike aparatuuride tööstus Hugo Masing, 14.03.1928-04.01.1938, Eesti Riigi Keskarhiiv. [https://www.archivesportaleurope.net/advanced-search/search-in-archives/results-\(archives\)/?&repositoryCode=EE-RA&term=Masing+Hugo&using=all&levelName=clevel&t=fa&recoId=ERA.891&c=C126484253](https://www.archivesportaleurope.net/advanced-search/search-in-archives/results-(archives)/?&repositoryCode=EE-RA&term=Masing+Hugo&using=all&levelName=clevel&t=fa&recoId=ERA.891&c=C126484253)
- Fréchet, J. & Rivera, L. 2012. Horizontal pendulum development and the legacy of Ernst von Rebeur-Paschwitz. *Journal of Seismology*, **16**, 315–343. [http://musee-sismologie.unistra.fr/fileadmin/upload/Sismologie/Sismologie/Rebeur-Ehlert/Frechet\\_Rivera\\_2012.pdf](http://musee-sismologie.unistra.fr/fileadmin/upload/Sismologie/Sismologie/Rebeur-Ehlert/Frechet_Rivera_2012.pdf)
- Frisch, K. 1932. Some data concerning the angles of emergency in strong earthquakes according to registrations in Tartu. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **36**, 1, 13–19.
- G. W. W. 1910. The Galitzin Seismograph. *Nature*, **84**, 2129, 218–219. <https://www.nature.com/articles/084218b0.pdf>
- Galitzin, B. 1902. Ueber seismometrische Beobachtungen. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **1**, I, 101–183. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP1L1\\_1902.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP1L1_1902.pdf)
- Galitzin, B. 1904. Zur Methodik der seismometrischen Beobachtungen. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **1**, III, 1–112. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP1L3\\_1904.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP1L3_1904.pdf)
- Galitzin, B. 1906. *Ueber eine Abänderung des Zöllner'schen Horizontalpendels*. Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Peterburi, 25 lk. <http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/4097/galitzinubereineabanderung.pdf>
- Galitzin, B. 1909. Zur frage der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums eines Bebens. *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg*, **VI**, 3, 14, 999–1012. [https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=im&paperid=7288&option\\_lang=eng](https://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=im&paperid=7288&option_lang=eng)
- Galitzin, B. 1910. Über ein neues schweres Horizontalpendel mit mechanischer Registrierung für seismische Stationen zweites ranges. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **3**, III, 1–76. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP3L3\\_1910.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP3L3_1910.pdf)
- Galitzin, B. 1911a. Ueber einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente, Der Bodenbewegung. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **4**, II, 1–34. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP4L2\\_1911.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP4L2_1911.pdf)
- Galitzin, B. 1911b. Die neue Organisation des seismischen Dienstens in Russland. *Association Internationale de Sismologie, Assemblée Générale II, 18–21 juillet, 1911, Manchester, annexe XVI, 18*, (toim Kövesligethy, R.), 122–132. [http://geost.free.fr/geoarchive/AIS/AIS\\_1911\\_Manchester.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/AIS/AIS_1911_Manchester.pdf)

- Galitzin, B. 1911c. Bestimmung der Lage des Epizentrums eines Bebens aus den Angaben einer einzelnen seismischen Station. *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg*. VI, **5**, 13, 941–957. <http://www.mathnet.ru/links/93a10050d74b2547cca545c54ffa8c39/im6946.pdf>
- Galitzin, B. 1912. Zur Theorie der mechanischen Registrierung. *Académie Impériale des Sciences, Comptes Rendus des Séances, La Commission Sismique permanente*, **5**, 1, 35–83. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP5L1\\_1912.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP5L1_1912.pdf)
- Galitzin, B. 1914. Vorlesungen über Seismometrie. Deutsche Bearbeitung unter Mitwirkung von Clara Reinfeldt herausgegeben von O. Hecker. B.G. Teubner, Leipzig, 538 lk. <http://ds.iris.edu/seismo-archives/info/publications/Galitzin1914.pdf>
- Georg Gerland. 05.08.2023. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Georg\\_Gerland&oldid=1168895932](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Georg_Gerland&oldid=1168895932)
- Golitsyn, B. 1912. *Lekcii po seysmometrii*. Tipografiya Imperatorskoy Akademii Nauk, Peterburi, 654 lk. <http://www.e-heritage.ru/Catalog/ShowPub/1935?lg=en>
- Golitsyn Boris Borisovich — fizik, seysmolog, akademik Rossiyskoy Akademii nauk (foto). i.a. Wikimedia Commons. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Golitsyn\\_B.B.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Golitsyn_B.B.jpg)
- Gregersen, S. 2002. Earthquakes and change of stress since the ice age in Scandinavia. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **49**, 73–78. <https://www.researchgate.net/publication/239927042>
- Grewingk, Constantin Caspar Andreas. i.a. Universitas Tartuensis Dspace. <https://hdl.handle.net/10062/2805> (vaadatud 17.01.2020)
- Grigori Levitski. 25.12.2023. Vikipeedia. [https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Grigori\\_Levitski&oldid=6546702](https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Grigori_Levitski&oldid=6546702)
- Grigori Vassiljevitš Levitski. i.a. Tartu Tähetorn. [https://www.muuseum.ut.ee/vveraamat/pages/4\\_8.html](https://www.muuseum.ut.ee/vveraamat/pages/4_8.html) (vaadatud 05.02.2020)
- Harris & Ewing. 1929. Georgetown University Seismological Observatory installs only Galitzin horizontal seismographs on this side of the Atlantic. Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA. <https://www.loc.gov/pictures/item/2016889145/>
- Heinloo, A., Heinloo, O. & Sildvee, H. 1996. Historical overview of instrumental-seismical observations in Estonia. *Bulletin of the Geological Survey of Estonia*, **6/1**, 34–38. <http://hdl.handle.net/10062/50179>
- Heinloo, O. 1997. Prof. G. V. Levitski (1852–1918) and Yuryev (Tartu) Seismological Station in 1896–1912. Proceedings of the Workshop: Historical Seismic Instruments and Documents: a Heritage of Great Scientific and Cultural Value 16–18 May, 1994, Luxembourg (toim Ferrari, G.). European Centre for Geodynamics and Seismology, **13**, 135–140. [https://www.researchgate.net/publication/268511201\\_Proceedings\\_of\\_the\\_Workshop\\_Historical\\_Seismic\\_Instruments\\_and\\_Documents\\_a\\_Heritage\\_of\\_Great\\_Scientific\\_and\\_Cultural\\_Value](https://www.researchgate.net/publication/268511201_Proceedings_of_the_Workshop_Historical_Seismic_Instruments_and_Documents_a_Heritage_of_Great_Scientific_and_Cultural_Value)
- Heinloo, O. 2003. Appendix. 3. Seismographs constructed after Prince B. Galitzin and Prof. J. Wilip. In *International Handbook of Earthquakes & Engineering Seismology, Part B* (toim Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C., Kisslinger, C.). International CD #2, Supplementary material, 16–28.
- Heinloo, O. & Rennit, M. 1993. Hugo Masing, Tartu ja maailma seismoloogia. *Eesti Loodus*, **3/1993**, 92–94. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:341054/298486/page/30>
- Hellfrich, G. R. & Wood, B. J. 2001. The Earth's mantle. *Nature*, **412**, 501–507. <https://www.nature.com/articles/35087500.pdf?origin=ppub>
- Himma-Kadakas, M. 2009. Hinnaline seismograaf naasis koju. *Tartu Postimees*, 22.12.2009. <https://tartu.postimees.ee/203913/hinnaline-seismograaf-naasis-koju>
- Hjelme, J. 1996. History of seismological stations in Denmark with Greenland. In: *Seismograph recording in Sweden, Norway – with Arctic regions, Denmark – with Greenland, and Finland* (Toim Wahlström, R.). Uppsala Wiechert Jubilee Seminar, 22.–23.08.1994, Uppsala Ülikool. <http://seis.geus.net/papers/history-of-stations.pdf>

- House of Golitsyn. 28.02.2024. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=House\\_of\\_Golitsyn&oldid=1210757387](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=House_of_Golitsyn&oldid=1210757387)
- How does a seismometer work? i.a. Education and outreach series. Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). [https://www.iris.edu/hq/files/publications/brochures\\_onepagers/doc/OnePager7.pdf](https://www.iris.edu/hq/files/publications/brochures_onepagers/doc/OnePager7.pdf) (vaadatud 27.01.2020)
- Jevrejeva, S., Rüdja, A. & Mäkinen, J. 2001. Postglacial rebound in Fennoscandia: new results from Estonian tide gauges. *Gravity, Geoid and Geodynamics 2000*. International Association of Geodesy Symposia, **123**, 193–198. [https://www.researchgate.net/publication/281388107\\_Postglacial\\_rebound\\_in\\_Fennoscandia\\_New\\_results\\_from\\_Estonian\\_tide\\_gauges](https://www.researchgate.net/publication/281388107_Postglacial_rebound_in_Fennoscandia_New_results_from_Estonian_tide_gauges)
- Johan Vilip. 04.07.2023. Vikipeedia. [https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Johan\\_Vilip&oldid=6434516](https://et.wikipedia.org/w/index.php?title=Johan_Vilip&oldid=6434516)
- John Milne. 24.12.2023. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John\\_Milne&oldid=1191537460](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=John_Milne&oldid=1191537460)
- Kall, T. & Jürgenson, H. 2008. Postglacial land uplift in Estonia based on geodetic measurements on Pöitsamaa-Lelle levelling line. *The 7th International Conference of Environmental Engineering, May 22–23, 2008*. Vilnius Gediminas Technical University, 1325–1333. [https://www.researchgate.net/publication/228843969\\_Postglacial\\_land\\_uplift\\_in\\_Estonia\\_based\\_on\\_geodetic\\_measurements\\_on\\_Poltsamaa-Lelle\\_levelling\\_line](https://www.researchgate.net/publication/228843969_Postglacial_land_uplift_in_Estonia_based_on_geodetic_measurements_on_Poltsamaa-Lelle_levelling_line)
- Karls Bruno Doss. i.a. Läti Ülikooli Raamatukogu. [http://rigasdabaspetsneki.lu.lv/index.php?page=karls\\_bruno\\_doss&i=1](http://rigasdabaspetsneki.lu.lv/index.php?page=karls_bruno_doss&i=1) (vaadatud 04.02.2020)
- Kisslinger, C. 1998. Interview of Carl Kisslinger by Kai-Henrik Barth. 17.06.1998. Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD USA. <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/5907>
- Klotz, O. 1916. Prince Boris Galitzin. *Bulletin of the Seismological Society of America* **7**, 2, 49–50. <https://doi.org/10.1785/BSSA0070020049>
- Koern, V. 1942. Prof. dr. phil. Nat. Johan Vilip. *Postimees*, **26**, 28.01.1942. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=is&oid=postimeesew19420128&type=staticpdf>
- Kriis, L. 2016. Physiology professor Alfred Fleisch (1892–1973) and his legacy at the University of Tartu. *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum*, **4**, 1, 70–96. <https://doi.org/10.11590/abhps.2016.1.03>
- Kulikovskiy, P. G. i.a. Orlov, Aleksandr Yakovlevich. In *Complete Dictionary of Scientific Bibliography. Encyclopedia.com*. <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/orlov-aleksandr-yakovlevich> (vaadatud 31.01.2020)
- Kupffer, K. R. 1924. Professor Dr. Bruno Doss und seine Verdienste um die Durchforschung des ostbaltischen Gebiets. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga*, **LVII**, 3–6. <http://hdl.handle.net/10062/45991>
- Kärdla, E. 2010. Perekonnaloo (perekond Pikandi) materjale arhiiv-, foto- ja ajaloolises kogus. *Tartu Linnamuuseum 2010 aastaraamat* **16**, 141–150. <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:127617>
- Kövesligethy, R. (toim). 1922. Association Internationale de Sismologie, Assemblée Générale III, 24–25 avril, 1922, Strasbourg, 81 lk. [http://geost.free.fr/geoarchive/AIS/AIS\\_1922\\_Strasbourg.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/AIS/AIS_1922_Strasbourg.pdf)
- Laidla, J. 2014. Tartust viiele kondinendile. Näitus Valmistatud Tartus, Tartu Ülikooli muuseum, 26.08–31.12.2014, veebiväljaanne. <https://valmistatudtartus.weebly.com/hugo-masing.html>
- Laidla, J. 2019. Hugo Masing's Golitsyn-Vilip Seismographs. From Tartu to Five Continents. In *Scientific Instruments between East and West* (toim Brown, N., Ackermann, S., Günerguson, F.), *Scientific Instruments and Collections*, **7**, 154–167.
- Lehmann, I. 1936. P'. Bureau Central Séismologique International Strasbourg: Publications du Bureau Central Scientifiques, **14**, 87–115.
- Lehmann, I. 1987. Seismology in the days of old. *EOS*, **68**, 33–35. <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS281r/Sources/Inner-Core/Lehmann-1988-EOS.pdf>

- Lovell, J. H. & Henni, P. H. O. 1999. Historical seismological observatories in the British Isles (pre-1970). *British Geological Survey Technical Report WL/99/13*, 12 lk. Appendix A1–A121. <http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/hazard/pdf/wl9913.pdf>
- M 7.3 Buller (Murchison) Mon, Jun 17 1929. i.a. GeoNet, Geological hazard information for New Zealand. <https://www.geonet.org.nz/earthquake/story/2178128> (vaadatud 03.02.2020)
- Maaväringute registreerimine. 1938. Videod. Eesti Kultuurifilmi ringvaade 13, 4/5. <https://www.efis.ee/et/filmiigiid/film/id/1089/videoklipid>
- Marahwa Näddala-Leht, **6**, 09.02.1823, 43. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=marahwa182302091.3>
- Marek, M. 2003. Genealogy of the Golitsyn family. Genealogy.EU, 1. <http://genealogy.euweb.cz/russia/galitzin1.html>
- Marek, M. 2004. Genealogy of the Golitsyn family. Genealogy.EU, 7. <http://genealogy.euweb.cz/russia/galitzin7.html>
- Masing, W. 1985. Hugo Masing. Leben und Werk als Konstrukteur und Erbauer von Erdbebenseismographen. *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, **XVII**, 175–181. <http://hdl.handle.net/10062/16926>
- McComb, H. E., West, C. J. 1931. List of Seismologic Stations of the World, 2nd ed. *Bulletin of the National Research Council*, **32**, 1–119. [http://ds.iris.edu/seismo-archives/info/publications/McComb\\_and\\_West\\_1931.pdf](http://ds.iris.edu/seismo-archives/info/publications/McComb_and_West_1931.pdf)
- Montessus de Ballore, F. 1912. Sur les tremblements de terre des provinces baltiques de la Russie (Esthonie, Livonie et Courlande). *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, **155**, 1200–1201. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/31508#page/1212/mode/1up>
- Mushketov, I. & Orlov, A. 1893. *Katalog zemletrjasenij Rossijskoi Imperii*. 582 lk., graafikud ja kaart. <http://www.geokniga.org/books/16659>
- Musson, R. M. W. 2013. A history of British seismology. *Bulletin of Earthquake Engineering*, **11**, 715–861. <https://doi.org/10.1007/s10518-013-9444-5>
- Müürsepp, P. 1989. J. Wilip – mees, keda tunti üle maailma. *Horisont*, **12/1989**, 6–8. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:291495/261962/page/8>
- Neue Dörptsche Zeitung, **16**, 20.01.(01.02.)1881. [https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/51082/1881\\_1.pdf](https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/51082/1881_1.pdf)
- Nikonov, A. A. 2011. The Narva Earthquake on January 28, 1881, in the Eastern Part of the Finnish Gulf. *Seismic Instruments*, **47**, 4, 337–345. <https://doi.org/10.3103/S0747923911040050>
- Nikonov, A. A. & Sildvee, H. 1991. Historical earthquakes in Estonia and their seismotectonic position. *Geophysica*, **27**, 1-2, 79–93. [http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica\\_1991\\_27\\_1-2\\_079\\_nikonov.pdf](http://www.geophysica.fi/pdf/geophysica_1991_27_1-2_079_nikonov.pdf)
- Nimekad teadlased Tartu ülikoolis. Boriss vürst Golitsõn. i.a. <https://utlib.ut.ee/ekollekt/tyeadlased/golitsõn.htm> (vaadatud 30.01.2020)
- Nordlivländische Zeitung, **232**, 14.10.(27.10.)1904. [https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/67287/b41091802\\_1904\\_3.pdf](https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/67287/b41091802_1904_3.pdf)
- Normann, Herbert. 1890. Levitski, Grigori. Fotokogu. <http://hdl.handle.net/10062/19180>
- Normann, Herbert. 1920. Vilip, Johan. Fotokogu. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/20870>
- Ostsee-Provinzen-Blatt, **6**, 06.02.1823, 55. <http://hdl.handle.net/10062/29329>
- O'Reilly, J. P., 1886. Alphabetical Catalogue of the Earthquakes Recorded as Having Occurred in Europe and Adjacent Countries, Arranged to Serve as a Basis for an Earthquake Map of Europe. *The Transactions of the Royal Irish Academy*, **28**, 489–708. <https://www.jstor.org/stable/30079058?seq=1>
- Postimees. Ülikool. Uus doktor füüsika alal. *Postimees*, **331**, 05.12.1930. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=postimeesew19301205.2.51>

- Postimees. Tartu saab seismilise jaama. *Postimees*, **332**, 06.12.1930. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=postimeesew19301206.2.8>
- Pruul, P. 2006. Kümme kõvemat kandidaati Eesti Nokia nimetusele. *Eesti Päevaleht*, 03.08.2006. <https://epi.delfi.ee/meelelahutus/kumme-kovemat-kandidaati-eesti-nokia-nimetusele?id=51046131>
- Prüller, P. 1975. Tartu Ülikooli füüsikaproffessor J. Vilip pedagoogina ja seismoloogina. *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, **II**, 37–59. <http://hdl.handle.net/10062/17807>
- Päevaleht*, **71**, 29.03.(11.04.)1912. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=paevalehtew19120329.2.7>
- Ramírez, J. E. 1943. The Geophysical Institute of the Colombian Andes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **33**, 2, 81–90. <https://doi.org/10.1785/BSSA0330020081>
- Rebeur-Ehlert. i.a. <http://musee-sismologie.unistra.fr/collections/les-collections-de-sismologie/rebeur-ehlert/> (vaadatud 13.09.2020)
- Rebeur-Paschwitz, E. v. 1889. The earthquake of Tokio, April 18, 1889. *Nature*, **40**, 294–295. <https://www.nature.com/articles/040294e0>
- Rebeur-Paschwitz, E. v. 1892. Das Horizontalpendel und seine Anwendung zur Beobachtung der absoluten und relativen Richtungs-Änderungen der Lothlinie. *Nova acta Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Germanicae Naturae Curiosorum*, **LX**, 1, 216 lk, tabelid I-V. [http://geost.free.fr/rebeur/Rebeur-Paschwitz\\_1892\\_NovaActa.pdf](http://geost.free.fr/rebeur/Rebeur-Paschwitz_1892_NovaActa.pdf)
- Reinet, J. 1975. Prof. Johan Vilipi elust ja tegevusest. *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, **II**, 60–70. <http://hdl.handle.net/10062/17807>
- Reinhold Ehlert (1871–1899). i.a. <http://musee-sismologie.unistra.fr/collections/les-collections-de-sismologie/rebeur-ehlert/reinhold-ehlert-1871-1899/> (vaadatud 13.09.2020)
- Revalsche Zeitung*, **234**, 10.10.(22.10.)1877. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=revalschezeitung18771010.1>
- Reverend Francis A. Tondorf, S. J., and Rev. James B. Macelwane, S.J., examining a Cambridge-type vertical component Galitzen electromagnetic seismograph installed in 1923 at Georgetown University, Washington, D.C. i.a. J. B. Macelwane Archives, Saint Louis University. i.a. J. B. Macelwane Archives, Saint Louis University. [http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc\\_history/Instruments/georgetwn.html](http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_history/Instruments/georgetwn.html) (vaadatud 28.08.2020)
- Riedel Eggert, i.a. Masing, H. - peenmehaanik. Rahvusarhiiv, EAA.2111.1.9224.1. <https://www.ra.ee/fotis/index.php/et/photo/view?id=783779>
- Rudolph, E. 1903. Die Fernbeben des Jahres 1897. *Beiträge zur Geophysik*, **5**, 1–93. <http://download.iaspei.org/publications/ISA/catalogues/Rudolph1903a.pdf>
- Sakala*, **6**, 07.02.1881. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=sakalaew18810207.2.6>
- Sarv, S. 2005. Maailma tuntuim seismoloog. *Pärnu Postimees*, 12.05.2005. <https://parnu.postimees.ee/2114799/maailma-tuntuim-seismoloog>
- Schulz, C., 1901. Doss, Carl Bruno. Digiporta. Digitales Porträtarchiv. Archive in der Leibniz-Gemeinschaft. <http://www.digiporta.net/index.php?id=472194804>
- Schweitzer, J. 2003. German National Report – Part A. Early German Contributions to Modern Seismology. *International Handbook of Earthquakes & Engineering Seismology, Part B* (toim Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C., Kisslinger, C.) CD #2, Chapter 79.24, 58 lk. [http://download.iaspei.org/publications/Ch79-24CDpartA\\_ocr\\_red.pdf](http://download.iaspei.org/publications/Ch79-24CDpartA_ocr_red.pdf)
- Schweitzer, J., 2007. The birth of modern seismology in the nineteenth and twentieth centuries. *Earth Sciences History*, **26**, 2, 263–280. <https://doi.org/10.17704/eshi.26.2.q412767051228155>
- Schweitzer, J., Lee, W. H. K. 2003. Old seismic bulletins to 1920: A collective heritage from early seismologists. Appendix: Seismographs 1856–1910. *International Handbook of Earthquakes & Engineering Seismology, Part B* (toim Lee, W. H. K., Kanamori, H., Jennings, P. C., Kisslinger, C.), 1665–1723. [https://dgg-online.de/WordPress\\_01/wp-content/uploads/2015/06/IHB-C881.pdf](https://dgg-online.de/WordPress_01/wp-content/uploads/2015/06/IHB-C881.pdf)
- Seismographen für galvanometrische Registrierung nach Fürst B. Galitzin und Prof. J. Willip*. 1929. H. Masing Werkstatt für Präzisionsmechanik, Estland, Tartu-Dorpat, 21 lk.



- A shimmy-studying setup, 1946. *St. Louis Globe-Democrat*, 21.07.1946. [http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc\\_history/WSprenghether/scan0034.jpg](http://www.eas.slu.edu/eqc/eqc_history/WSprenghether/scan0034.jpg)
- Sildvee, H. 1988. Võrtsjärve maavärin. *Eesti Loodus*, **1/1988**, 26–31. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:340955/298398/page/28>
- Slunga, R. 1979. Source mechanism of a Baltic earthquake inferred from surface-wave recordings. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **69**, 6, 1931–1964. <https://pubs.geoscienceworld.org/ssa/bssa/article/69/6/1931/117972>
- Soosalu, H., Uski, M., Komminaho, K. & Veski, A. 2022. Recent intraplate seismicity in Estonia, east European platform. *Seismological Research Letters*, **93**, 3, 1800–1811. <https://doi.org/10.1785/0220210277>
- Sootak, V. 2014. Füüsika õpetamise sajadid Tartus. *Universitas Tartuensis: Tartu Ülikooli ajaleht*, September 2014, **8**, 35–37. <https://www.ajakiri.ut.ee/artikkel/625>
- Sprenghether, W. F. Jr. 1947. Horizontal- and vertical-component seismographs. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **37**, 2, 101–105. <https://doi.org/10.1785/BSSA0370020101>
- Sresnewsky, B. 1904. Erdbeben. *Baltische Wochenschrift* **42**, 20.10./02.11.1904, lk 412. <http://hdl.handle.net/10062/24362>
- Suuroja, K., All, T., Kõiv, M., Mardim, T., Morgen, E., Ploom, K. & Vahtra, T. 2002. *Eesti geoloogiline baaskaart (mõõtkavas 1:50 000). 7321 Prangli. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn. 72 lk. <https://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/7321Seletuskiri.pdf>
- Tallinna Sõber, **5**, 30.01.1881. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=tallinnasober18810130.2.3>
- Tallinna Teataja, **71**, 29.03.(11.04.)1912. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=tallinnateataja19120329.2.30>
- Tatevossian, R. 2004. History of earthquake studies in Russia. *Annals of Geophysics*, **47**, 2/3, 811–830. <https://www.earth-prints.org/bitstream/2122/796/1/34Tatevossian.pdf?ref=HadiZayifla.Com>
- Udías, A. & Stauder, W. 1996. The Jesuit Contribution to Seismology. *Seismological Research Letters*, **67**, 3, 10–19. <https://doi.org/10.1785/gssrl.67.3.10>
- Udías, A. & Buforn, E. 2017. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press. 558 lk.
- Viik, T. i.a. Grigori Levitski. <http://viik.planet.ee/levitski.pdf> (vaadatud 07.09.2020)
- Wilip, J. 1923. Maaväringute mõõtmisest. *Loodus*, **3/1923**, 130–138. <https://www.digar.ee/viewer/et/nlib-digar:378320/325297/page/4>
- Wilip, J. 1904a. Maavärisemistest. *Eesti Postimehe Teaduste eralisa*, 01.02.1904. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=estpostimehadusteerali19040201>
- Wilip, J. 1904b. Maavärisemistest 2. *Eesti Postimehe Teaduste eralisa*, 09.02.1904. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=estpostimehadusteerali19040209>
- Wilip, J. 1904c. Maavärisemistest 3. *Eesti Postimehe Teaduste eralisa*, 16.02.1904. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=estpostimehadusteerali19040216.1.1>
- Wilip, J. 1911. Ueber die Einwirkung von Luftströmungen auf empfindliche Horizontalpendel. *Académie impériale des sciences. Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente*, **4**, II, 35–47. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP4L2\\_1911.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP4L2_1911.pdf)
- Wilip, J., 1912. Die Zentrale Seismische Station in Pulkovo. *Académie impériale des sciences. Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente*, **5**, II, 133–170. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP5L2\\_1912.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP5L2_1912.pdf)
- Wilip, J. 1913. O nekotoryh zemletrjasenijah vesnoju 1912 goda. *Académie impériale des sciences. Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente*, **6**, I, 33–56. [http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP6L1\\_1913.pdf](http://geost.free.fr/geoarchive/CSP/CSP6L1_1913.pdf)
- Wilip, J., 1921a. Sõda ja seismoloogia. *Postimees*, **176**, 08.08.1921. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=postimeesew19210808.2.18>
- Wilip, J., 1921b. Sõda ja seismoloogia 2. *Postimees*, **178**, 10.08.1921. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=postimeesew19210810.2.18>



- Wilip, J. 1923. Seismoloogia 2. *Postimees*, **78**, 22.03.1923. <https://dea.digar.ee/cgi-bin/dea?a=d&d=postimeesew19230322.2.21>
- Wilip, J. 1926. On new precision-seismographs. *Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis)*, A. **X**, 7, 26 lk. <http://hdl.handle.net/10062/18880>
- Wilip, J. 1929. Über Temperaturkompensation bei Vertikalseismographen. *Tartu Ülikooli Loodusuurijate Seltsi Aruanded*, **XXXV**, 147–154. <http://hdl.handle.net/10062/29076>
- Wilip, J. 1930. A Galvanometrically Registering Vertical Seismograph with Temperature Compensation. *Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis)*, A. **XX**, 6, 54 lk. <http://hdl.handle.net/10062/18858>
- Wilip, J. 1931. Eesti seismiline jaam ja maaväringud. *Olion* **4/1931**, 157–159. <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:105776>
- Wood, H. O. 1921. A List of Seismologic Stations of the World. *Bulletin of the National Research Council*, **2**, 15, 397–538. [http://ds.iris.edu/seismo-archives/info/publications/Wood\\_1921.pdf](http://ds.iris.edu/seismo-archives/info/publications/Wood_1921.pdf)
- Yanovskaya, T. B. 2014. K istorii rossijskoj sejsmologii. *Uchenye zapiski SPbGU*, 447. *Voprosy geofiziki*, **47**, 32–41. [http://geo.phys.spbu.ru/Problems\\_of\\_geophysics/2014/05\\_Yanovskaya\\_47\\_2014.pdf](http://geo.phys.spbu.ru/Problems_of_geophysics/2014/05_Yanovskaya_47_2014.pdf)