



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS

Informatīvais pārskats Nr. 9

**Latvijas un Baltijas austrumu reģiona
seismoloģiskais monitorings
par 2020.gadu**

Autors: seismologs Valērijs Ņikuļins

Rīga 2021

Saturs

Anotācija/Annotation	4
1. Seismoloģiskā monitoringa seismiskie un tektoniskie priekšnosacījumi	8
2. Latvijas seismoloģiskā monitoringa aktualitāte un attīstības perspektīvas	11
3. Seismoloģiskā monitoringa mērķi un uzdevumi	16
4. Latvijas seismoloģiskā monitoringa īsa vēsture un mūsdienu seismoloģiskie novērojumi	17
5. Seismoloģiskā monitoringa potenciālie interesenti	21
5.1. <i>Par katastrofu pārvaldīšanas pasākumiem</i>	21
5.2. <i>Līguma par kodolizmēģinājumu vispārējo aizliegumu organizācija - CTBTO</i>	21
5.3. <i>Starptautiskie seismoloģiskie monitoringa tīkli un seismoloģiskās aģentūras</i>	24
5.3.1. <i>Starptautiskais seismoloģiskais tīkls GEOFON</i>	24
5.3.2. <i>Eiropas Vidusjūras seismoloģiskais centrs EMSC</i>	24
5.3.3. <i>Starptautiskais seismoloģiskais centrs ISC</i>	24
5.4. <i>Vides aizsardzības institūcijas</i>	28
6. BAVSEN – Baltijas virtuālais seismoloģiskais tīkls un seismoloģiskā monitoringa metodika	29
7. BAVSEN tīkla seismoloģiskā monitoringa rezultāti 2020.gadā	33
7.1. <i>Tālo zemestrīču monitoringa rezultāti</i>	33
7.2. <i>Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu monitoringa rezultāti</i>	42
7.3. <i>Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu statistiskais raksturojums</i>	54
8. Somijas seismoloģiskais tīkls un monitoringa rezultāti 2020.gadā	58
9. Secinājumi un rekomendācijas	62
Literatūra un fondu materiāli	64

Content

Anotācija/Annotation	4
1. Seismic and tectonic prerequisites for seismological monitoring	8
2. Relevance and prospects for the development of seismological monitoring in Latvia	11
3. The goals and objectives of seismic monitoring	16
4. Short history of seismological monitoring in Latvia and modern seismological observations	17
5. Seismological monitoring stakeholders	21
5.1. <i>On disaster management measures</i>	21
5.2. <i>The Comprehensive Nuclear - Test - Ban Treaty Organization - CTBTO</i>	21
5.3. <i>International seismological monitoring networks and seismological agencies</i>	24
5.3.1. <i>International seismological network GEOFON</i>	24
5.3.2. <i>Euro - Mediterranean Seismological Center (EMSC)</i>	24
5.3.3. <i>International Seismological Center (ISC)</i>	24
5.4. <i>Environmental protection institutions</i>	28
6. BAVSEN - Baltic Virtual Seismological Network and Seismological Monitoring Methodology	29
7. Results of seismological monitoring of BAVSEN network in 2020	33
7.1. <i>Distant earthquake monitoring results</i>	33
7.2. <i>Results of monitoring seismic events in the East-Baltic region</i>	42
7.3. <i>Statistical characterizations of seismic events in the East-Baltic region</i>	54
8. The seismological network and monitoring results of Finland in 2020	58
9. Conclusions and recommendations	62
Literature and fund materials	64

Anotācija

Pārskatā „Latvijas un Baltijas austrumu reģiona seismoloģiskais monitorings par 2020.gadu” apkopoti gada laikā veikto seismisko novērojumu rezultāti. Novērojumi veikti seismiskajā stacijā *Slitere*, kas iekļauta *GEOFON* starptautiskajā tīklā, kura pārvaldes centrs atrodas GFZ Potsdamā, Vācijā.

Izmantojot pārējo *GEOFON* tīkla seismisko staciju datus, izveidots Baltijas virtuālais seismiskais tīkls - *BAVSEN* (*Baltic Virtual Seismic Network*). Tādējādi seismisko notikumu lokalizācijai pielietoti mērījumi no dažādām Baltijas reģiona stacijām. Visas šīs stacijas ietilpst *GEOFON* seismiskajā tīklā vai ir daļa nacionālo seismisko tīklu (Somija, Igaunija, Polija, Dānija).

Seismiskā monitoringa galvenais uzdevums ir seismisko notikumu konstatēšana, reģistrācija un lokalizācija, kā arī Baltijas reģionālo seismisko notikumu parametru noteikšana. Monitoringa ietvaros tiek apstrādāti arī īpaši spēcīgu tālo zemestrīču dati. Baltijas austrumu reģiona seismoloģiskā monitoringa nozīme paaugstinās saistībā ar divu atomelektrostaciju (*Ostrovecka* AES Baltkrievijā un *Baltijas* AES, Kaļiņingradas apgabālā Krievijā) un gāzes vada "*Nord Stream*" būvniecību.

2020. gadā, izmantojot *BAVSEN* tīklu, konstatēti un apstrādāti 1279 seismisko notikumu dati – 403 globālu un 876 reģionālu seismisko notikumu dati. Par reģionālajiem seismiskajiem notikumiem uzskata tos, kuru epicentri atrodas ne tālāk par 800 km.

Apstrādes procesā galvenā uzmanība pievērsta seismiskajiem notikumiem Baltijas austrumu reģionā (ziemeļu ģeogrāfiskā platuma robežās no 53.89° Z pl. līdz 59.68° Z pl.; austrumu ģeogrāfiskā garuma robežās no 19.38° A gar. līdz 29.60° A gar.). Reģionā 2020.gadā reģistrēti un apstrādāti 310 reģionālie seismiskie notikumi. To izvērtēšanā pielietotas dažādas statistikas metodes, kas arī atspoguļotas pārskatā. Šo notikumu galvenie avoti ir sprādzieni rūpnieciskos karjeros un Baltijas jūras akvatorijā.

2020. gadā Baltijas austrumu reģionā netika identificētas tektoniskās zemestrīces.

Seismisko notikumu sadalījuma analīzes rezultātā tika izdalītas 10 teritorijas ar paaugstinātu seismisko notikumu koncentrāciju (ar vairāk kā trīs seismiskiem notikumiem) Baltijas austrumu reģionā. Dažās teritorijās seismisko notikumu daba nav (skaidra, tādēļ seismisko notikumu ģenēzes identificēšanas problēma ir aktuāla Baltijas austrumu reģionam.

Pārskatā atspoguļots seismiskuma raksturojums un informācija par tektoniskām zemestrīcēm Ziemeļeiropā un Krievijas ziemeļaustrumu daļā 2020.gadā atbilstoši ar Helsinku Universitātes Seismoloģijas Institūta (*Institute of Seismology of the University of Helsinki*) datiem.

Pārskatā sniegta arī īsa informācija par Latvijas seismoloģiskā monitoringa vēsturi, kā arī sniegti Latvijas seismiskā monitoringa tīkla attīstības piedāvājumi.

Pārskatā sniegts īss kopsavilkums par sadarbības iespējamību ar VUGD (*Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests*), CTBTO (*Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization - Kodolizmēģinājumu Vispārējā Aizlieguma Līguma Organizācijas Sagatavošanas Komisija*), GEOFON (GFZ Potsdama, Vācija), ISC – *International Seismological Centre* (Apvienotā Karaliste), dabas aizsardzības institūcijām, Rīgas un citām pilsētām, Latvijas Universitāti. Lai pilnībā piekļūtu CTBTO datiem, ir jāveido Latvijas Nacionālais datu centrs. Šajā gadījumā tiek būtu iespēja saņemt jebkārus datus no starptautiskā monitoringa tīkla (*International Monitoring System*) un analīzes rezultātus no starptautiskā datu centra (*International Data Centre*) CTBTO.

Annotation

In the report "Seismological monitoring in Latvia and East-Baltic region in 2020" results are presented of seismic observations during 2020. Observations were made in *Slitere* seismic monitoring station, which is a part of *GEOFON* international seismological network with the centre in GFZ Potsdam, Germany.

Using data from various *GEOFON* seismic monitoring stations, the Baltic Virtual Seismic Network or *BAVSEN* was created. Thus, to localize various seismic events, measurements from different stations in the Baltic region were used. All stations in *BAVSEN* are included in the *GEOFON* seismic monitoring network or are part of national seismological networks (Finland, Estonia, Poland, and Denmark).

The main task of seismic monitoring is detection, registration and localization, as well as estimation of characteristics of the East-Baltic regional seismic events. Data processing of particularly strong and distant earthquakes is also included.

In 2020 with the help of *BAVSEN* seismological network 1279 seismic events were detected and processed. Among them were 403 global and 876 regional seismic events. In this report regional seismic events are defined as events which are located no further than 800 km from the monitoring station.

The main attention was paid to the processing of seismic events in the East Baltic region (Lat = 53.89° N - 59.68° N; Lon = 19.38° E - 29.60° E). In 2020, the monitoring station recorded and processed 310 regional seismic events. Various seismic statistics are presented. The main sources of these events are industrial explosions in quarries and in the Baltic Sea.

In 2020 tectonic earthquakes in the East Baltic region were not identified.

An analysis of the distribution of seismic events revealed 10 territories with an increased concentration (more than 3 seismic events) of seismic events in the East Baltic region. At some territories, the nature of seismic events is unclear. Therefore, the problem of revealing the genesis of seismic events is relevant for the East Baltic region.

In the report there are presented seismic characteristics and information on tectonic earthquakes in Northern Europe and north-eastern Russia in 2020 according to the Institute of Seismology of the University of Helsinki.

The report provides brief information on the history of seismological monitoring in Latvia. Offers for the development of the Latvian seismic monitoring network also have been provided.

The report gives a brief description of the possibility of cooperation with the VUGD (*State fire and rescue service of Latvia*), CTBTO (*Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*), GEOFON (GFZ Potsdam, Germany), ISC (United Kingdom), environmental institutions, municipalities of Riga and other cities in Latvia, University of Latvia.

In order to have full access to the CTBTO data, it is necessary to create the Latvian National Data Centre. In this case would be ensured access to any data from the *International Monitoring System* and the analysis results from the *International Data Centre* (CTBTO).

1. Seismoloģiskā monitoringa seismiskie un tektoniskie priekšnosacījumi

Vēsturiskie dati (Doss, 1909) liecina, ka arī senāk Baltijā un Latvijā ir bijuši jūtami satricinājumi no zemestrīcēm: 1616.gadā Bauskas rajonā, 1821.gadā Kokneses apkārtnē, 1857.gadā Irbes šauruma apkārtnē, kā arī citviet.

Bruno Doss savos darbos šādi aprakstījis Latvijas spēcīgās zemestrīces (Doss, 1898; 1909; Ņikuļins, 1996):

30/06/1616, Bauskas zemestrīce:

"Kurlandē aiz Bauskas notika plaša zemestrīce. To izjuta arī dažas Zemgales hercogistes vietās. Zemestrīce bija tik stipra, ka trīcēja mājas. To izjuta ļaudis un lopu ganībās. Zemes iekšiene bija dzirdams smags troksnis, līdzīgs pērkonam. Grūdienu juta Vallē. To juta arī kaimiņu teritorijās Kauņā un Biržos".

21/02/1821, Kokneses zemestrīces:

"No 20. līdz 23.februārim Koknesē un tās apkārtnē notika virkne zemestrīču. Pašu stiprāko grūdienu pavadīja troksnis un stipra trīce. Nobijušies, miegaini ļaudis steidzās ārā no mājām. Šūpojās ēkas, krakšķēja baļķi, cēlās putekļi. Akmens sienā redzama caurejoša vertikāla plaisa līdz pat zemei".

18/5/1857, Irbes šauruma zemestrīce:

"Kurlandes raga asajā ziemeļu daļā, Irbes pastorātā, bija jūtama zemestrīce virzienā no Lielirbes ciemata dienvidrietumiem uz ziemeļaustrumiem. Ūdens virsma pēkšņi saviļņojās. Parādību pavadīja stiprs troksnis. Mājās krita trauki, spoguļi. Sagruva daži jumti".

29/12/1853, Rīgas zemestrīces:

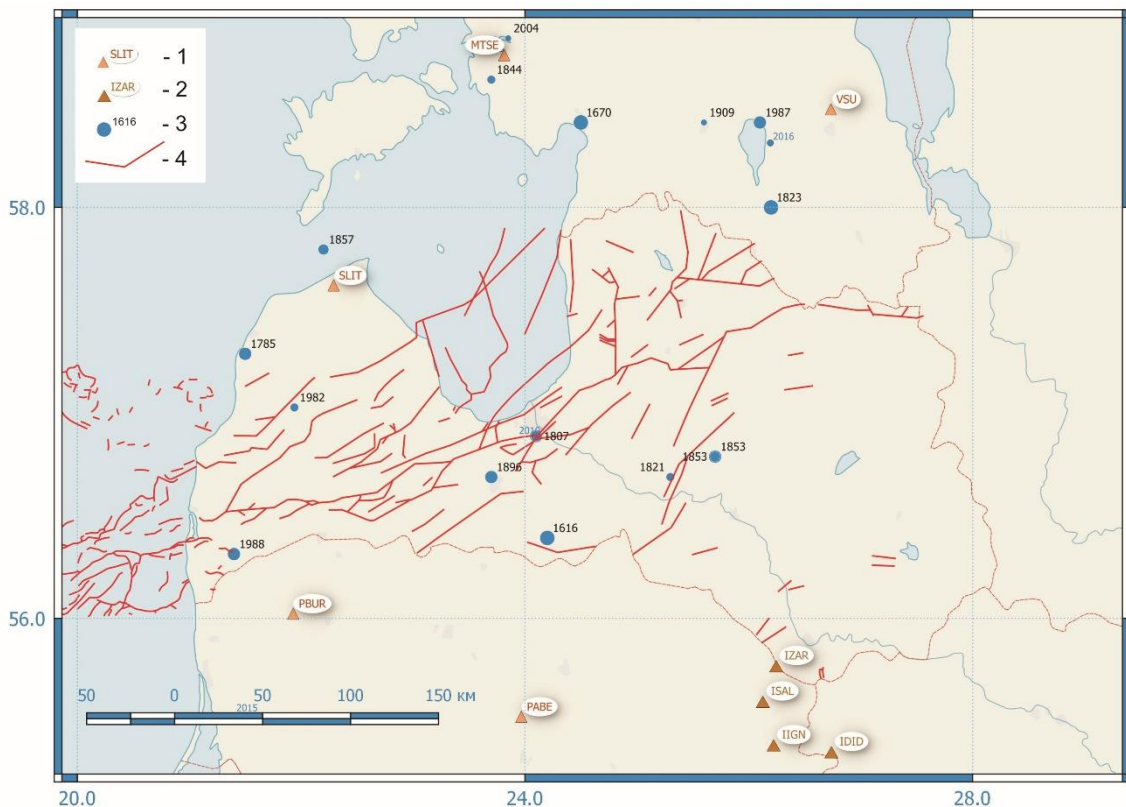
"Rīgā, Pēterburgas priekšpilsētā zemestrīču sērija notika. Stikla troksnis bija dzirdams, tika ievērota mēbeļu šūpošana. Ļaudis bija nobijušies. No rīta, dažās ielās bija redzamas plaisas pāri ielai ar platumu līdz 4.5 cm, citu plaisu dziļums bija līdz 1.5 m".

Instrumentālie seismoloģiskie mērījumi sākās Baldones seismiskajā stacijā 60. gadu beigās un 70. gadu sākumā. Šajā stacijā tika reģistrētas tālas un spēcīgas zemestrīces. Novērošanas sistēmā bija arī Minskas, Maskavas un Pulkovo stacijas. Šīs novērošanas sistēmas uzdevumi bija saistīti ar zemes dziļās struktūras izpēti izmantojot zemestrīču armaiņas viļņu (Хотько, 1974).

Līdz šodienai Baltijas reģionā dažādos laikos un vietās konstatētas vairākas zemestrīces. No tām spēcīgākās: 1976.gadā Osmussaares salā (Igaunija) ar magnitūdu 4.7

un satricinājuma līmeni epicentrā VI balles pēc makroseismiskās skalas *MSK-64* (Kondorskaya et al., 1988); 2004.gada 21.septembrī Kaļiņingradas apgabalā (Krievija) – divas zemestrīces ar magnitūdu attiecīgi 5.0 un 5.2 un satricinājuma līmeni epicentrā attiecīgi VI un VI 1/2 balles pēc makroseismiskās skalas *EMS-98* (mūsdienu analogs *MSK-64* skalai) (Gregersen et al., 2007).

Kaļiņingradas zemestrīces rezultātā tika bojātas aptuveni 2100 mājas, tostarp arī skolas un bērnudārzi, ievainoti 20 cilvēki, kā arī viens cilvēks gājis bojā sirdslēkmes dēļ. Kopējie zaudējumi tika novērtēti 5,3 milj. ASV dolāru apmērā (Nikonov et al., 2005.).



1.1.att. Seismotektoniskie apstākļi un seismiskās stacijas.

Apzīmējumi: 1 - BAVSEN tīkla seismiskās stacijas; 2 - Ignalinas AES lokālā seismiskā tīkla stacijas; 3 - zemestrīču epicentri (izmērs ir proporcionāls zemestrīces magnitūdai); 4 – Kaledonijas struktūrstāva tektonisko lūzumu zonas.

Saldus rajonā satricinājuma intensitāte sasniedza 5 – 5,5 balles pēc *MSK-64* skalas (Nikulīn, 2005), un Saldus un Nīgrandes pagastā (Kalni) seismiskie satricinājumi bija pat lielākas intensitātes kā Lietuvas ziemeļu teritorijas atsevišķās daļās, kas atrodas tuvāk Kaļiņingradas zemestrīces epicentram. Tas izskaidrojams ar lokālo seismisko un ģeoloģisko apstākļu ietekmi, rezonansu efektiem un svārstības pastiprināšanos.

Saskaņā ar zemestrīču atkārtotības fundamentālo likumsakarību zemestrīces nākotnē var atkārtoties vietās, kurās tās jau iepriekš ir notikušas.

Zemestrīču cilmvietas parasti saistītas ar aktīviem tektoniskiem lūzumiem. Latvijas teritorijā tektoniskie lūzumi eksistē (1.1.att.), bet to aktivitāte nav daudz pētīta, jo reģionālo seismoloģisko novērojumu instrumentālās metodes līdz pagājušā gadsimta 90-to gadu vidum nepastāvēja. Tomēr tektonisko lūzumu aktivitāti var noteikt, izmantojot citas metodes, piemēram, ģeodēziskos mērījumus, kā tas veikts pētījumos Pļaviņu ūdenskrātuves apkārtnē. Pētījumu rezultāti parādīja, ka Zemes garozā notiek svārstību kustības, jo īpaši pēc ūdenskrātuves aizpildīšanas (Аболтыньш, 1969; Аболтыньш, 1971).

1908. gada seismiskie notikumi izslēgti no Baltijas austrumu reģiona zemestrīču kataloga. Tika pierādīta to netektoniskā daba. Šie seismiskie grūdieni saistīti ar tā saucamajiem „saltajiem sitieniem” (Nikulins, 2018a, Nikuļins, 2017a). Šie grūdieni ir novērojami ar ūdeni piesātinātās gruntīs pēc tam, kad ļoti ātri krītas gaisa temperatūra. Rīgā un Daugavpilī 1908.gada decembrī gaisa temperatūra krasi pazeminājās attiecīgi no 0 līdz -19.7°C un no $+1$ līdz -22.6°C . Agrāk šādu pieņēmumu izteica profesors Andrejs Nikonovs no Zemes Fizikas Institūta, Krievijas Zinātnes Akadēmijas.

Runājot par seismotektoniskiem priekšnoteikumiem, nepieciešams pievērst uzmanību faktoriem, kas liecina par atsevišķu tektonisko struktūru ģeodinamisko aktivitāti Latvijā. Konkrētāk, apskatot pēdējo gadu rezultātus, tie parāda, ka Olaine-Inčukalna lūzumam un tektoniskai zonai, kuru veido Olaine-Inčukalna un Bergu lūzums ir ģeodinamiskās aktivitātes pazīmes (Nikuļins, 2017b, 2018b, 2019).

2. Latvijas seismoloģiskā monitoringa aktualitāte un attīstības perspektīvas

Laika posmā no 2011.gada 31.decembra līdz 2015.gada 30.jūnijam oficiālais dokuments, kurā uzrādītas seismiskā riska zonas, bija Ministru kabineta 2000. gada 2.maija noteikumi Nr.168 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 005-99 "Inženierizpētes noteikumi būvniecībā" (pielikums Nr. 13)" (<http://www.likumi.lv/doc.php?id=5724>). Šobrīd spēkā ir Ministru kabineta 2015.gada 30.jūnija noteikumi Nr.334 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 005-15 "Inženierizpētes noteikumi būvniecībā"

Saskaņā ar Eiropas Savienības (turpmāk – ES) un ar Ministru kabineta rīkojumu Nr. 672 "Grozījumi Eirokodeksa standartu nacionālajā ieviešanas plānā 2008.- 2011.gadam" ("LV", 157 (4143), 02.10.2009.) (stājās spēkā 30.09.2009.) ar 2011.gada 31.decembri Latvijā stājās spēkā jauna normatīvo dokumentu sērija – *Eurocode 8* (<http://www.likumi.lv/doc.php?id=198634>). Galvenais no tiem ir 8. *Eirokodekss. Seismiski izturīgu konstrukciju projektēšana. 1.daļa: Vispārīgie noteikumi. Seismiskās iedarbes un noteikumi ēkām*. 8. Eirokodekss principā ir rekomendācijas, kuras nepieciešams pielietot lielo būvju un inženiertehnisko objektu būvniecībā.

Nacionālā standarta LVS EN 1998-1:2005/NA:2015 (LVS EN 1998-1/NA, 2015) pielikumā ir norādīti noteiktie parametri. Galvenais no tiem ir maksimālā grunts paātrinājuma standartvērtība (*reference peak ground acceleration*) $\alpha_{gR} = 0,02 \text{ g} = 0,2 \text{ m/s}^2$. Tas savukārt nozīmē, ka to nepieciešams noteikt, veicot projektēšanas darbus Latvijas teritorijā.

Civilās aizsardzības un katastrofas pārvaldīšanas likuma otrās nodaļas ceturtajā pantā starp katastrofu veidiem un ģeofiziskās dabas katastrofām ir noteiktas arī zemestrīces (Likumi LV, 2016) (<http://likumi.lv/ta/id/282333-civilas-aizsardzibas-un-katastrofas-parvaldisanas-likums>).

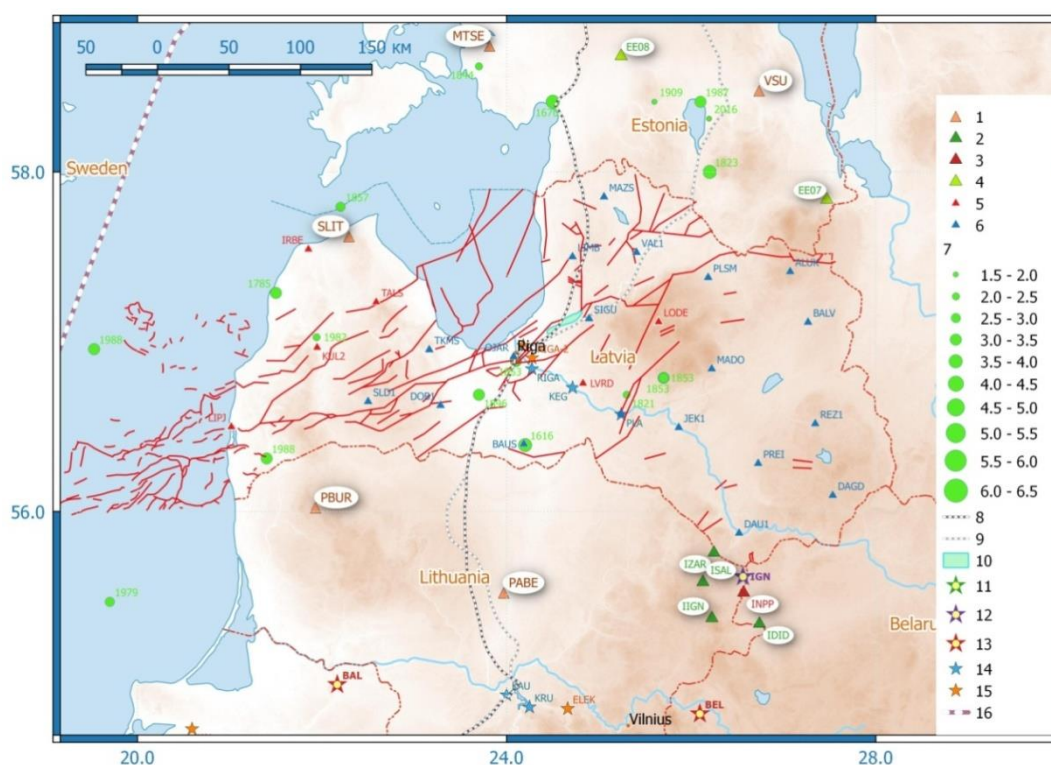
Saskaņā ar Valsts civilās aizsardzības plānu (1.pielikums IESPĒJAMO APDRAUDĒJUMU SARAKSTS) zemestrīces iekļautas apdraudējumu sarakstā (VCA plāns, 2020) (<https://likumi.lv/ta/id/317006-par-valsts-civilas-aizsardzibas-planu>).

Vienlaikus ir pazīmes, ka seismiskās un ģeodinamiskās bīstamības iespējas joprojām netiek novērtētas pietiekami. Piemēram, Rīgas pilsētas civilās aizsardzības plānā, nodalījumā Dabas katastrofas (Rīgas pilsētas CA plāns), atzīmētas tikai vēsturiskās zemestrīces Baltijas reģionā līdz 1976.gadam. Tomēr nekas nav teikts par mūsdienu

zemestrīcēm, kas fiksētas pēc 1976.gada, kā arī netiek runāts par ģeodinamisko bīstamību Rīgā un tās apkaimē. Ģeodinamiskās bīstamības analīze ir atspoguļota 2017. gadā Latvijas Universitātes konferences materiālos (Nikuļins, 2017b).

Seismoloģiskais monitorings nodrošina ar statistisko informāciju par seismiskajām aktivitātēm, to bīstamību un novērtēšanu. Būtu nepieciešams par virsmērķi izvirzīt ģeodinamiskā monitoringa īstenošanu, t.i. monitoringu par Zemes garozas gan ātrām (zemestrīces), gan lēnām (tektoniskais krīps) kustībām, pie tam lietderīgi būtu to apvienot ar vairākām citām metodēm: seismoloģiskām, ģeodēziskām, hidroģeoloģiskām, ģeoķīmiskām.

Seismisko aktivitāšu novērtējums un seismoloģiskais monitorings nepieciešams atomenerģētikas un hidroenerģētikas jomu attīstībai, infrastruktūras objektiem - transporta maģistrālēm (t.sk. *Rail Baltica*), cauruļvadiem, augstsprieguma elektrolīnijām, apakšzemes gāzes glabātavām (t.sk. Inčukalna pazemes gāzes krātuve), ķīmisko un radioaktīvo atlieku uzglabāšanai, kā ar tām saistīto drošības kontroli (2.1.att.).



2.1.att. Latvijas seismisko staciju tīkls, LatPos GPS staciju tīkls, infrastruktūras un seismotektonisko apstākļu karte.

Apzīmējumi: 1 - BAVSEN tīkla seismiskās stacijas; 2 - Ignalinas AES lokālā seismiskā tīkla stacijas; 3 - Ignalinas AES akselerometri; 4 - Igaunijas īslaicīgās, seismiskās stacijas; 5 - LatPos

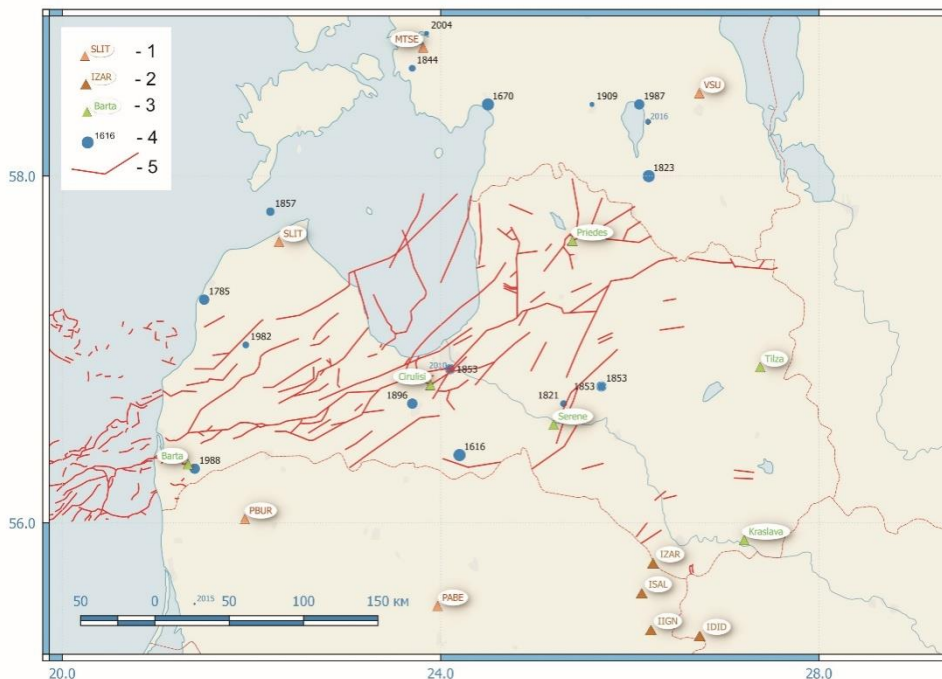
GPS stacijas ar pozitīvo kustību; 6 - LatPos GPS stacijas ar negatīvo kustību; 7 - zemestrīču epicentri ar attiecīgo magnitūdu lielumu; 8 - Rail Baltica projektējamā, galvenā dzelzceļa trase; 9 - Rail Baltica projektējamā, alternatīva dzelzceļa trase; 10 - Inčukalns pazemes gāzes krātuve; 11 - darbojošās atomelektrostacijas; 12 - slēgtās atomelektrostacijas; 13 - projektējamās atomelektrostacijas; 14 - hidroelektrostacijas; 15 - siltumelektrostacijas; 16 - NordStream gāzes vada trase. Sarkanās līnijas - tektoniskie lūzumi Kaledonijas struktūrstāvā. Brūnais fons - apvidus reljefs.

Pieaug tehnogēni izraisīto vibrāciju loma. Baltijas reģionā īpaši nozīmīgi tehnogēnie vibrāciju avoti ir sprādzieni rūpnieciskos karjeros un Baltijas jūras akvatorijā. Šīs vibrācijas nepieciešams kontrolēt, lai novērtētu to ietekmi uz vidi (grunts īpašību izmaiņas), kā arī rūpniecisko un civilo infrastruktūru.

Ir zināms, ka, pastāvot noteiktai attiecībai starp gara seismiskā viļņa un kvartāra irdeni nogulumu jaudu, rodas rezonanses parādības un svārstības pastiprinās. Šādā gadījumā pastiprināšanas efekts ir atkarīgs no seismiskās cietības kontrasta. Seismiskā cietība ir seismisko viļņu ātruma un grunts blīvuma reizinājums. Tieši Latvijā un arī pārējā Baltijas austrumu reģionā eksistē labvēlīgi nosacījumi šādai rezonansu pastiprināšanai. Kvartāra irdenie nogulumu lielākoties pārklāj devona blīvus nogulumus.

Piemēram, nav izpētīta svārstību iedarbība no sprādzieniem Aiviekstes dolomīta karjerā uz Pļaviņu ūdenskrātuves dambja gruntīm. Aiviekstes karjers atrodas aptuveni 40 km no dambja un tur notiek spēcīgi sprādzieni (5 - 6 tonnas). Turpretim Pļaviņu HES dambja gruntīs tiek fiksēta sufozijas parādība – apakšzemes ūdeņu straumes no grunts izskalo sīki smilšainu frakciju (Dišlere, 2007). Tādējādi palielinās Aiviekstes karjera sprādzienu ietekmes pētījumu aktualitāte uz grunts īpašībām relatīvi tuvu esošajā Pļaviņas HES dambī. Aplūkojot potenciālās ietekmes piemēru, ir izmantoti dati par sprādzieniem Aiviekstes dolomīta karjerā

Jāatzīmē, ka spridzināšanas darbi karjeros notiek vairākās vietās Latvijā. Lai kontrolētu sprādzienus no visiem avotiem un to potenciālo ietekmi uz grunšu izturības īpašībām, ir nepieciešams lokāls Latvijas seismisko staciju tīkls. Latvijas seismiskā tīkla (LST) izveidošanas iespējama variants attēlots 1.3.attēlā, ietverot jau esošo staciju un papildus vēlāmu seismisko staciju izvietojumu.



2.2.att. Latvijas seismisko staciju izvietojuma orientējošā shēma, pamatojoties uz seismiskajām un tektoniskajām pazīmēm.

Apzīmējumi: 1 - BAVSEN tīkla seismiskās stacijas; 2 - Ignalinas AES lokālā seismiskā tīkla stacijas; 3 - Latvijas seismiskā tīkla vēlamās papildu stacijas; 4 - zemestrīču epicentri (izmērs ir proporcionāls zemestrīces magnitūdai); 4 – Kaledonijas struktūrstāva tektoniskie lūzumi.

Optimālais provizoriskais variants būtu 7 seismiskās stacijas, ņemot vērā jau eksistējošo SLIT (Slītere) staciju, bet jaunas stacijas būtu nepieciešams izvietot aptuveni šādās vietās: Bārta, Cīrulīši, Sērene, Priedes, Tilža, Krāslava. Latvijas teritoriju aptverošo seismisko staciju tīkls izvietots ar aprēķinu, lai galvenie nogabali būtu kontrolējami ne mazāk kā ar trijām stacijām.

Slīteres, Bārtas un Cīrulīšu stacijas veidotu Kurzemes trijstūri. Šajā gadījumā varētu arī izmantot Paburģes staciju (Lietuva). Turklāt Cīrulīšu un Sērenes stacijas kopā ar Lietuvas – Paburģes un Paberžes stacijām ļautu kontrolēt Latvijas centrālo daļu – Zemgali. Rīgas līci un ziemeļaustrumu Latvijas daļu kontrolētu Slīteres, Priedes un Cīrulīšu stacijas. Austrumu un dienvidaustrumu Latviju būtu iespējams kontrolēt ar Krāslavas, Sērenes, Priedes un Tilžas stacijām. Jāņem vērā, ka iespējami projektējamo (vēlamo) staciju izvietojums ir norādīts aptuveni, jo precīzs staciju izvietojums atkarīgs no seismisko trokšņu fona un citu faktoru ietekmes (infrastrukturā pieejamība, zemes īpašumtiesības u.c.).

Atsevišķos gadījumos seismoloģiskās stacijās ieteicams ierīkot novērošanas urbumus. Tas ir saistīts ar nelabvēlīgiem ģeoloģiskiem apstākļiem. Latvijā nogulumsegas biezums mainās no 382 metriem līdz 2 kilometru biezumam valsts dienvidrietumos un Baltijas jūras akvatorijā. Galvenās atspoguļojošās robežas ir Ordovikā, mazākā mērā Silūrā un Devonā. Šīs robežas ir daudzu atstarojumu avoti, kas veicina seismisko viļņu sajaušanos un viļņu amplitūdas vājināšanos. Īpaši tas ir redzams P-viļņu pirmajām fāzēm no zemestrīcēm un sprādzieniem. Kvartāra nogulumos seismisko viļņu amplitūdas samazināšanās ir lielāka nekā pamatiežos.

Seismoloģiskie pētījumi (Гальперин и др., 1978; Withers et al., 1996; Bormann, 2015) liecina, ka novērojumi urbumos ievērojami palielina seismoloģiskā monitoringa efektīvo jutīgumu. Efektīvā jutība ir lietderīgā seismiskā signāla attiecība pret seismisko troksni. Piemēram, seismisko troksni vienlaicīgi mērīja Korlebānā (Vācija) uz Zemes virsmas un 300 m dziļumā no zemes virsmas. Rezultātā troksnis frekvencē 0.5 Hz, mērot urbumā 300 metru dziļumā no zemes virsmas, bija 10 reizes mazāks nekā, veicot mērījumus zemes virsmā; troksnis frekvencē 1.0 Hz – 100 reizes mazāks, un troksnis frekvencē 10 Hz – 3162 reizes mazāks (Bormann, 2015). Īpaši efektīvi izmantot urbuma seismometrus, ja seismiskā stacija atrodas netālu no pilsētas vai pašā pilsētā, kā rezultātā seismiskais troksnis frekvencē no 6.3 līdz 10 Hz var būt 20 reizes mazāks nekā zemes virsmā (Hirono et al., 1954).

3. Seismoloģiskā monitoringa mērķi un uzdevumi

Seismoloģiskais monitorings ir kompleksa vides monitoringa daļa un tas paredzēts Zemes garozas kustību, kā arī cilvēka tehnogēnās darbības kontrolei.

Latvijas seismoloģiskā monitoringa galvenais uzdevums ir seismisko notikumu reģistrācija, lokalizācija, parametru noteikšana, reģionālā seismiskā režīma kontrole un seismisko notikumu statistiskās informācijas uzglabāšana. Seismiskie notikumi iekļauj tehnogēnos sprādzienos izraisītus satricinājumus, kā arī tektoniskās zemestrīces. Šo sprādzienu avoti ir rūpnieciskie karjeri, ģeofizikālā izpēte, militārās apmācības vai mīnu iznīcināšana jūrā, kas saglabājušās Baltijas jūrā pēc Otrā un pat Pirmā pasaules kara.

Seismiskā monitoringa galvenais uzdevums ir Baltijas reģionālo seismisko notikumu uztveršana, reģistrācija, lokalizācija un parametru noteikšana. Tāpat apstrādājamas arī īpaši spēcīgās, tālās zemestrīces.

Seismoloģiskā monitoringa informāciju var izmantot seismiski aktīvo zonu identificēšanai, seismisko parametru un seismiskā riska novērtējumam. Šādi pētījumi veikti 1998. un 2007. gadā (Safronovs & Ņikuļins, 1999; Nikulin, 2011).

Seismiskā riska novērtējums ir svarīgs parametrs būvniecībā, īpaši lielu inženiertehnisku, ekoloģiski bīstamu objektu izbūvē (atomelektrostacijas, hidroelektrostacijas, augstceltņu ēkas, ūdenstorni, gāzes un naftas pārvadi, ķīmisko, toksīnu un radioaktīvo materiālu utilizācijas vietas), gāzes vadi un transporta maģistrāles. Seismiskais monitorings ļauj izvērtēt seismotektonisko un ģeodinamisko bīstamību. Piemēram, Rail Baltica dzelzceļš krusto atsevišķus tektoniskos lūzumus Latvijas teritorijā (1.2.att.). Cits piemērs var būt Inčukalna pazemes gāzes krātuve, kas ir novietota zemes garozas pacelšanās apstākļos Ieriķu rajonā, ar ātrumu 3.5 mm/gadā. Minētajiem objektiem atbilstoši Eiropas normatīviem (*Eurocode 8*) īpaši nepieciešams izvērtēt seismiskos un ģeodinamiskos apstākļus.

Seismoloģisko novērojumu datu apkopošana veikta, sākot ar 2012.gadu. Uzglabāšana *BAVSEN* datu bāzē notiek no 2008.gada.

4. Latvijas seismoloģiskā monitoringa īsa vēsture un mūsdienu seismoloģiskie novērojumi

Pagājušā gadsimta 60-70-tajos gados Baldonē, Latvijas Zinātņu akadēmijas Astrofizikas observatorijas teritorijā, tika uzstādīta pirmā seismiskā stacija. Baldones seismiskās stacijas pamatmērķis bija virspusēju un apjomīgu seismisko viļņu reģistrēšana, lai balstoties uz seismiskajiem datiem, pētītu Zemes iekšējo uzbūvi. Šī seismiskā stacija reģistrēja tālas, spēcīgas zemestrīces. Pēc PSRS (Padomju Sociālistisko Republiku Savienība) sabrukuma Baldones seismiskā stacija tika slēgta.

Pirmie eksperimentālie seismoloģiskie novērojumi veikti 1993.gadā Babītē, SKB (*Speciālais konstruktoru birojs*) teritorijā Valsts zinātniskās ražošanas apvienībā “*Jūras inženierģeoloģija*”. Eksperimentālajos darbos izmantoja SSK (“*Сейсмическая станция короткопериодная*”) īsā perioda seismisko staciju.

1994.gadā Rencēnu pagasta (bijušais Valmieras rajons) z/s “*Skujas*” lauku teritorijā uzstādīja īsā perioda seismisko novērojumu staciju – seismoloģisko novērojumu punkts “*Skujas*”. 2001.gadā novērojumu punktā „*Skujas*” tika veikti seismiskās monitoringa aparātūras uzlabojumi. Tomēr 2014. gada februārī seismoloģisko novērojumu punkts “*Skujas*” tika likvidēts ekonomisku apsvērumu dēļ.

Seismisko novērojumu stacija „*Skujas*” aptvēra Latvijas ziemeļu, austrumu un Igaunijas dienvidu reģionu, tomēr stacija neiekļāvās *GEOFON* tīklā novecojušās nestandarta aparātūras dēļ.

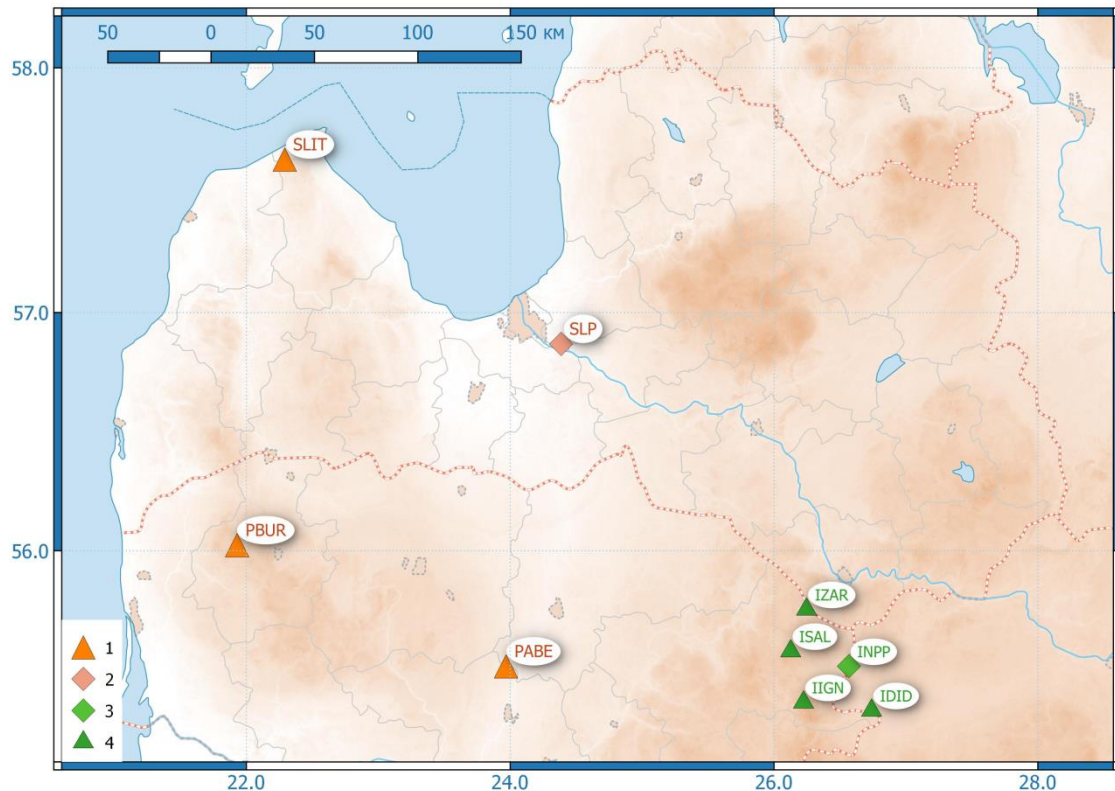
2006.gada 25.oktobrī Dundagas pagastā Slīteres bākas teritorijā uzstādīja platjoslas seismisko staciju (Slīteres seismoloģiskais novērojumu punkts). Slīteres seismiskā stacija ir iekļauta starptautiskajā seismoloģiskajā *GEOFON* tīklā ar centru *GFZ* Potsdama, Vācijā (<https://geofon.gfz-potsdam.de/waveform/archive/network.php?ncode=GE>).



4.1. att. Slīteres seismiskā stacija.

1 - Slīteres bākas kopskats; 2 - instrumentālā bunkura virsdaļa; 3 - aparātūras telpa; 4 - analogciparu pārveidotājs un SeisComp bloks bunkura iekšpusē; 5 - seismouztvērējs STS - 2 bez ārēja pārvalka; 6 – seismouztvērējs STS - 2 ar ārējo pārvalku.

Kopš 2008.gada tiek izmantoti dati no citām *GEOFON* tīkla stacijām, kuras izvietotas Baltijas reģionā un Skandināvijā.



4.2.att. Latvijas un apkārtnējo reģionu seismiskās stacijas.

1 – platjoslas seismiskās stacijas, kas iekļautas GEOFON tīklā; 2 – Salaspils zinātniskā reaktora seismiskā stacija gaidīšanas (trigera) režīmā (velosimetriskais kanāls); 3 – Ignalinas atomelektrostacijas akselerometriskais kanāls; 4 - Ignalinas seismiskā tīkla īsā perioda seismiskā stacija.

4.1.tabula

Latvijas platjoslas seismoloģiskā stacija un tās parametri.

SSN	SSSN	Ģ.P.	Ģ.G.	S	ACP	PG	Īpašnieks
Slītere	SLIT	57.629	22.291	STS-2/N	PS6-SC	2006	LVĢMC

Piezīmes: SSN – seismiskās stacijas nosaukums; SSSN – seismiskās stacijas saīsināts nosaukums; Ģ.P. – ģeogrāfiskais platums; Ģ.G. – ģeogrāfiskais garums; S – sensors; ACP – analogo – ciparu pārveidotājs; PG – pamata gads; īpašnieks – juridiskais īpašnieks.

Salaspils reaktorā velosimētars ZEB/SM-3C (Zemes virsmas ātruma sensors) uzstādīts, lai reģistrētu un novērtētu sprādzienus izraisītos seismiskā satricinājuma līmeņus. Seismogrāfs reģistrē tikai lielu Zemes virsmas ātrumu amplitūdu seismisko signālu. Velosimētars ZEB/SM-3C uztver ātruma amplitūdas lielākas par 0.5 mm/sek. un tādējādi var

reģistrēt tikai ļoti spēcīgas zemestrīces vai sprādzienus. Piemēram, 2004. gada 21. septembrī tika reģistrēta ātruma amplitūda 1.1 mm/sek. no Kaļiņingradas zemestrīces (Никулин, 2007), tās magnitūda sasniedza 5.2 un satricinājuma intensitāte epicentrā sasniedza 6.5 balles pēc starptautiskās satricinājuma skalas *EMS-98*.

Jāpievērš uzmanība, ka esošajā seismoloģisko novērojumu tīklā *BAVSEN* iespējams reģistrēt un definēt seismiskos notikumus ar minimālu magnitūdu aptuveni 1.25, jo seismiskās stacijas atrodas lielā attālumā viena no otras. Turklāt atsevišķu seismisku notikumu signāla izdalīšanu apgrūtina seismiskais troksnis.

5. Seismoloģiskā monitoringa potenciālie interesenti

5.1. Par katastrofu pārvaldīšanas pasākumiem

Saskaņā ar Valsts civilās aizsardzības plānu 2021. – 2027. gadam (<http://likumi.lv/ta/id/317006-par-valsts-civilas-aizsardzibas-planu>) zemestrīce ir viens no dabas katastrofu apdraudējumiem.

Attiecībā uz tehnogēnas izcelsmes seismisko notikumu identificēšanas būtiskumu, jāatzīmē Baltijas austrumu reģionā plānotā divu atomelektrostaciju būvniecība (Krievijas Kaļiņingradas apgabālā (~ 140 km) un *Ostroveckā*, Baltkrievijā (~ 125 km)). Tādējādi svarīga kļūst informācija par tektoniskām zemestrīcēm un cilvēka radītiem sprādzieniem atomelektrostaciju tuvumā.

Neatkarīga seismiskā kontrole šajā jomā būtu noderīga un nepieciešama, ņemot vērā arī starptautisko organizāciju CTBTO, kas veic kontroli saskaņā ar kodolizmēģinājumu aizlieguma līgumu (https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/legal/CTBT_English_withCover.pdf), kā arī par dažādiem incidentiem, kas saistīti ar radionuklīdu izdalīšanos.

Savlaicīga ziņošana par seismiskiem notikumiem un preventīvu pasākumu pieņemšana ļaus ātri rīkoties, lai mazinātu iespējamus draudus iedzīvotājiem un videi, un tektonisko zemestrīču un antropogēno seismisko ietekmju iespējamās sekas.

Tāpēc preventīvu pasākumu pieņemšana, ieskaitot seismoloģisko novērojumu tīkla izveide, dažu seismometru izvietošana urbumos, brīdinājuma sistēmas izveide ļaus operatīvi ziņot par seismiskajiem notikumiem intervālā no vairākiem desmitiem minūšu līdz dažām stundām pēc seismiskā notikuma fiksēšanas. Seismoloģiskā monitoringa optimizāciju, ieskaitot sava novērošanas tīkla izveidi, dos iespēju mazināt tektonisko zemestrīču un antropogēno seismisko ietekmju iespējamās sekas.

5.2. Līguma par kodolizmēģinājumu vispārējo aizliegumu organizācija – CTBTO

Pamatojoties uz Līgumu par kodolizmēģinājumu vispārēju aizliegumu (*CTBT – the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*) ietvaros pieaug kodolsprādzienu kontroles aktualitāte sagatavošanās komisijas, kas nepieļauj kodolizmēģinājumu sprādzienus, CTBTO (*Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*)

Organization), ietvaros. *GEOFON* tīkla stacijas, ieskaitot *BAVSEN* tīklu, varētu tikt izmantotas arī šiem mērķiem. Piemēram, lai nošķirtu kodolspīdzenus no tektoniskām zemestrīcēm tālos pasaules rajonos vai Ziemeļatlantijas okeāna reģionā (piemēram, Ziemeļkorejā).

2018. gadā no 18. līdz 29. jūnijam pārskata autors piedalījās *CTBTO* apmācībās Vīnē. Apmācības kursu nosaukums – *Training Course on NDC Capacity Building: Access and Analysis of Wave form IMS Data and IDC Products*. Apmācību uz kursiem finansēja *CTBTO*.

Šo apmācību pieredze deva vērtīgu informāciju par iespēju izmantot *CTBTO* starptautiskās organizācijas milzīgo resursu Latvijas un pārējo Baltijas reģiona monitoringam. Tomēr pilnvērtīgai izmantošanai ir nepieciešama Nacionāla datu centra izveide. Latvija parakstīja Līgumu par kodolizmēģinājumu aizliegšanu 1996. gada 24. septembra, kas ratificēts 2001. gada 20. novembrī. Līdz šim Latvijā Nacionālais datu centrs nav izveidots (5.2. att.).



5.1.att. Starptautiskā uzraudzības sistēma, kas darbojas atbilstoši CTBTO pieredzei (CTBTO sagatavošanas komisija, 2003).

Starptautiskie dokumenti un lēmumi liecina par vēlmi aktivizēt valsti, kuras parakstīja Līgumu, par kontroles procesu aiz nukleāriem izmēģinājumiem

https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/legal/CTBT_English_withCover.pdf

(Article III, 1, 3, 4.), iesaistīšanās procesu. Piemēram, 2012. g. 13. novembra ES Padomes lēmuma (PADOMES LĒMUMS 2012/699/KĀDP, 2012) par Savienības atbalstu *CTBTO* sagatavošanas komisijas darbībām, lai nostiprinātu tās uzraudzības un pārbaudes spējas, kā arī īstenojot ES Stratēģiju masu iznīcināšanas ieroču izplatīšanas novēršanai (turpmāk – Padomes lēmums), 1.pantā noteikts mērķis stiprināt *CTBT* parakstītājvalstu spējas veikt *CTBT* noteiktos pārbaudes pienākumus un ļaut tām pilnībā izmantot priekšrocības, ko dod dalība *CTBT* režīmā. Padomes lēmuma 2. pantā noteikts, ka ES atbalstīto projektu mērķi ietver: a) sniegt tehnisku atbalstu Austrumeiropas, Latīņamerikas un Karību jūras reģiona, Dienvidaustrumāzijas, Klusā okeāna reģiona un Tālo Austrumu valstīm, lai tās varētu pilnībā piedalīties un sniegt ieguldījumu *CTBT* uzraudzības un pārbaudes sistēmā; b) atbalstīt Starptautisko uzraudzības sistēmu, lai uzlabotu iespējamu kodolsprādzienu noteikšanu, it īpaši atbalstot izvēlētas seismiskās palīgstacijas, kā arī radioaktīvā ksenona fona mērījumu noteikšanu un emisiju mazināšanu.

Padomes lēmumā norādītos projektus īsteno tā, lai ieguvējas būtu visas *CTBT* parakstītājvalstis. Saskaņā ar Padomes lēmuma pielikumu ES izsaka atbalstu *CTBTO* sagatavošanas komisijai, lai stiprinātu tās uzraudzības un pārbaudes spējas, palielinātu izredzes, ka *CTBT* varētu drīzumā stāties spēkā, un lai atbalstītu tā vispārināšanu, kā arī īstenojot ES Stratēģiju masu iznīcināšanas ieroču izplatīšanas novēršanai. Šajā nolūkā ES atbalstīs norādītos projektus, tai skaitā sniegt tehnisku palīdzību un palīdzēt veidot spējas *CTBT* parakstītājvalstīm, lai dotu tām iespēju pilnībā piedalīties un sniegt ieguldījumu *CTBT* pārbaudes režīma īstenošanā (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012D0699&from=LV>).

NDC izveide Latvijā nodrošinātu *CTBTO* papildu informāciju, kas ļaus uzlabot kodolsprādzienu un citu seismisko notikumu identificēšanu Baltijas reģionā.

5.3. Starptautiskie seismoloģiskie monitoringa tīkli un seismoloģiskās aģentūras

5.3.1. Starptautiskais seismoloģiskais tīkls GEOFON

Kopš 2006. gada LVĢMC sadarbojas ar *GFZ Potsdam* un piedalās starptautiskajā seismoloģiskajā tīklā *GEOFON*. Līgums par sadarbību parakstīts 2006.gada 14.augustā.

Pateicoties līgumam ar *GFZ Potsdam*, kļuva iespējams izmantot citas stacijas Baltijas reģionā un izveidot virtuālo tīklu *BAVSEN*. *GFZ Potsdam* izmanto datus no *Slīteres* stacijas, lai lokalizētu tālas zemestrīces kopā ar citām *GEOFON* tīkla stacijām.

5.3.2. Eiropas Vidusjūras seismoloģiskais centrs EMSC

LVĢMC ir īstenojis vairāku gadu sadarbību ar *Eiropas Vidusjūras seismoloģisko centru EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre)* (<https://www.emsc-csem.org/#2>). Pašlaik *EMSC* sagatavo gandrīz reāllaika seismisko notikumu biļetenus. Kopš 2012. gada LVĢMC nodod novērojumu biļetenus starptautiskajam seismoloģijas centram – *ISC*, kas gatavo zemestrīču katalogus, izmantojot rūpīgi pārbaudītus datus, pēc kā šie biļeteni tiek atzīti par uzticamiem.

5.3.3. Starptautiskais seismoloģiskais centrs ISC

ISC šobrīd ir 68 biedri - dažādas organizācijas. No tuvākajām kaimiņvalstīm *ISC* dalībvalstis ir Polija, Baltkrievija, Zviedrija, Somija, Krievija. Katrs *ISC* loceklis ir pārstāvēts Padomē, kas ir *ISC* pārvaldes institūcija.

LVĢMC sniedz *ISC* biļetenus par seismiskajiem notikumiem Baltijas austrumu reģionā ar nelielu magnitūdu (1.8. - 2.3.). Savukārt *GFZ Potsdam* savos operatīvajos biļetenos sniedz publiski pieejamu informāciju tikai par zemestrīcēm ar magnitūdu ne mazāk kā 3.5.

Latvijas seismiskais tīkls ir norādīts *ISC* sākumlapā (5.2.att.). Latvijai pagaidām nav sava seismiskā tīkla, jo seismiskajam tīklam jābūt vismaz no trim seismiskajām stacijām.

International Seismological Centre

Home About ISC Staff Contact us Site Map

About ISC ISC Products ISC Bulletin ISC-GEM Catalogue ISC-EHB Bulletin
International Station Registry IASPEI GT Event Bibliography Seismological Contacts

Latvian Seismic Network (LVSN)

Contact:
E-mail: lvgmc@lvgmc.lv
Phone: +371 67032 600
Fax: +371 67145 154
Address: Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, Maskavas Street 165, Riga, LV-1019, Latvia
Status: delayed
Last data: 2016-12-30
Web page: <http://www.meteo.lv>
Publications:
Description:
Original data contributed to ISC: [List of data files](#)

To update this information, please contact: johneve@isc.ac.uk

Home | ISC Bulletin | International Station registry | IASPEI GT | ISC-EHB Bulletin | About ISC | Members | News | Contact us | Staff | Site map

International Seismological Centre
Pipers Lane, Thatcham, Berkshire, RG19 4NS, United Kingdom
Email questions, comments or changes related to this page.

International Seismological Centre | Centre Sismologique International | Международный Сейсмологический Центр | 国際地震センター
International Seismological Centre | Centre Sismologique International | Международный Сейсмологический Центр | 国際地震センター
International Seismological Centre | Centre Sismologique International | Международный Сейсмологический Центр | 国際地震センター

5.2.att. Informācija par Latvijas seismisko tīklu (LVSN) uz Starptautiskā seismoloģiskā centra (ISC) sākulapas.

Latvijas seismoloģisko novērojumu sistēmu Starptautiskais seismoloģiskais centrs (ISC) definēja kā Latvijas seismisko tīklu (LVSN). 2019. gadā tika nosūtīti dati par 2017. gadu, jo datu apstrāde ISC parasti kavējas. LVĢMC sniedz datus par konkrēto periodu pēc ISC pieprasījuma.

Kopumā ISC ir nosūtīti dati par periodu no 2012. līdz 2017. gadam. Šajos datos ir seismiski notikumi, kurus lokalizējis Baltijas virtuālais seismiskais tīkls (BAVSEN) Baltijas austrumu reģionā.

Data reports contributed by: LVSN

The data reports listed here are those filed by the ISC's automated data e-mail capture system. The system was first implemented in October 1999, and many reports were filed manually during the first few months. The listing is nearly complete for reports e-mailed to the ISC since January 2000, but even then missing an occasional, manually filed report.

Columns

- REPORTER: The agency code for a data contributor.
- PRODUCT: A string from the data report that describes the type of data.
- REPORTER_ID: A string from the data report that describes each report.
- MIN_DATE: The date of the earliest reading or hypocentre in the data report. N.B. This will be NULL for reports received before November 1999.
- MAX_DATE: The date of the earliest reading or hypocentre in the data report. N.B. This may be NULL for reports received before November 1999.
- LDDATE: The date the description of this report was loaded into the ISC database; generally, the same as the date the e-mail was received at the ISC.

Links

Each Reporter_ID is a link to the file containing the data report. For some agencies, the ISC concatenates multiple reports for a calendar month into a single file. In these cases, a separate line will appear in this table for each report, but the links will all retrieve the same file, containing all of the reports for the month.

REPORTER	PRODUCT	REPORTER_ID	MIN_DATE	MAX_DATE	LDDATE
LVSN	Bulletin	2017-12	01/12/2017	29/12/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-11	01/11/2017	30/11/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-10	02/10/2017	31/10/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-09	01/09/2017	30/09/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-08	03/08/2017	31/08/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-07	04/07/2017	28/07/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-06	02/06/2017	30/06/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-05	02/05/2017	31/05/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-04	03/04/2017	28/04/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-03	01/03/2017	31/03/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-02	01/02/2017	28/02/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2017-01	03/01/2017	31/01/2017	22/03/2019
LVSN	Bulletin	2016-12	01/12/2016	30/12/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-11	01/11/2016	30/11/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-10	03/10/2016	31/10/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-09	01/09/2016	30/09/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-08	01/08/2016	31/08/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-07	02/07/2016	28/07/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-06	03/06/2016	24/06/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-05	02/05/2016	31/05/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-04	01/04/2016	29/04/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-03	02/03/2016	31/03/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-02	01/02/2016	29/02/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2016-01	04/01/2016	29/01/2016	06/09/2018
LVSN	Bulletin	2015-12	01/12/2015	30/12/2015	30/05/2018
LVSN	Bulletin	2015-11	02/11/2015	30/11/2015	30/05/2018
LVSN	Bulletin	2015-10	01/10/2015	30/10/2015	30/05/2018
LVSN	Bulletin	2015-09	01/09/2015	30/09/2015	30/05/2018
LVSN	Bulletin	2015-08	03/08/2015	31/08/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-07	01/07/2015	31/07/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-06	02/06/2015	30/06/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-05	04/05/2015	29/05/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-04	07/04/2015	30/04/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-03	03/03/2015	16/03/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-02	02/02/2015	27/02/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2015-01	03/01/2015	30/01/2015	21/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-12	01/12/2014	29/12/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-11	03/11/2014	28/11/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-10	01/10/2014	31/10/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-09	02/09/2014	30/09/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-08	01/08/2014	29/08/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-07	01/07/2014	31/07/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-06	02/06/2014	30/06/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-05	08/05/2014	30/05/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-04	01/04/2014	24/04/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-03	03/03/2014	31/03/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-02	03/02/2014	28/02/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2014-01	02/01/2014	31/01/2014	18/09/2015
LVSN	Bulletin	2013-12	02/12/2013	30/12/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-11	01/11/2013	29/11/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-10	01/10/2013	31/10/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-09	02/09/2013	30/09/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-08	01/08/2013	30/08/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-07	12/07/2013	31/07/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-06	03/06/2013	12/06/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-05	02/05/2013	31/05/2013	28/07/2015

LVSN	Bulletin	2013-04	01/04/2013	30/04/2013	28/07/2015
LVSN	Bulletin	2013-03	01/03/2013	28/03/2013	24/04/2015
LVSN	Bulletin	2013-02	01/02/2013	28/02/2013	24/04/2015
LVSN	Bulletin	2013-01	03/01/2013	31/01/2013	16/04/2015
LVSN	Bulletin	2012-12	01/12/2012	20/12/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-11	01/11/2012	30/11/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-10	01/10/2012	31/10/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-09	03/09/2012	29/09/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-08	13/08/2012	31/08/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-07	02/07/2012	17/07/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-06	01/06/2012	30/06/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-05	01/05/2012	31/05/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-04	02/04/2012	30/04/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-03	01/03/2012	31/03/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-02	01/02/2012	29/02/2012	26/01/2015
LVSN	Bulletin	2012-01	01/01/2012	31/01/2012	26/01/2015

Home | [ISC Bulletin](#) | [International Station registry](#) | [IASPEI GT](#) | [ISC-EHB Bulletin](#) | [About ISC](#) | [Members](#) | [News](#) | [Contact us](#) | [Staff](#) | [Site map](#)

International Seismological Centre
Pipers Lane, Thatcham, Berkshire, RG19 4NS, United Kingdom
Email questions, comments or changes related to this page.

International Seismological Centre | Centre Sismologique International | Международный Сейсмологический Центр | 国際地震センター
国際地震中心 | Internationales Seismologisches Zentrum | المركز الدولي لبحوث الزلازل | Centro Internacional de Sismología

5.3.att. Biļetenu saraksts starptautiskā seismoloģiskā centrā (ISC) no Latvijas seismiska tīkla (LVSN).

ISC gatavo seismisko notikumu katalogu. Šajā katalogā arī ir iekļauti dati no BAVSEN. Šāda kataloga fragments ir parādīts att5.3

5.4.att. redzams biļetena paraugs par 2017.gada janvāri.

International Seismological Centre
ISC: Event catalogue

Any use of data from the ISC **should be cited**. The correct format for citations may be found on our [citation page](#).

The ISC Bulletin has been rebuilt for the period 1964-1990. All ISC searches will now return the upgraded set of data for this period. The work on the Rebuild project continues for the period 1991-2010 and will result in further gradual bulletin updates in due time.

Once the search has completed, a compressed [KML file](#) will be available to view the results in Google Earth.

[Make an event map](#)

Search summary:
Database: ISC Bulletin
Search type: Rectangular search
Latitude range: 53.9 to 59.7
Longitude range: 19.4 to 29.6
Start date: 2017-01-01 00:00:00
End date: 2017-12-31 00:00:00
Origin depth >= 0 and <= 100
Magnitude >= 0.2 and <= 8
Events found: 648

Please note:
Before 1 Jan 2006 the Jeffreys-Bullen (JB) travel times were used to compute the ISC hypocentres. From 1 Jan 2006 the ISC hypocentres are computed and reviewed using the ak135 velocity model. In addition, the JB based hypocentres (agency ISC:JB) are still computed for the purpose of continuity until such time when the entire ISC dataset has been recomputed using ak135. The ISC:JB solutions are not reviewed by the ISC seismologists.

Data on or after 2017/04/01 have not been reviewed by the ISC.

```

DATA_TYPE EVENT_CATALOGUE
ISC Bulletin
--EVENT--|-----ORIGIN (PRIME HYPOCENTRE)-----|-----MAGNITUDES-----
EVENTID,AUTHOR,DATE,TIME,LAT,LO,DEPTH,DEFFIX,AUTHOR,TYPE,MAG
615296317,LVSN,2017-01-03,08:10:41.30,59.1620,28.0660,0.0,LVSN,ML,1.6,HEL,ML,1.3
615296318,LVSN,2017-01-03,10:32:53.30,59.4080,25.4370,0.0,LVSN,ML,1.4,ML,1.1
615296319,LVSN,2017-01-03,11:27:37.20,59.1870,27.9430,0.0,LVSN,ML,1.5,HEL,ML,1.1
615296320,LVSN,2017-01-03,14:12:28.80,58.7520,25.9380,0.0,LVSN,ML,1.6,HEL,ML,1.3

```

5.4.att. 2017. gada seismisko notikumu kataloga ISC fragments ar BAVSEN datiem par Baltijas austrumu reģionu.

5.4. Vides aizsardzības institūcijas

Būvmateriālu izejvielas (dolomīts, ģipšakmens, kaļķakmens) iegūst dažādos karjeros Latvijas teritorijā. Bieži vien derīgā izraktna ieguvē tiek izmantota spridzināšanas metode, kas tiek saskaņota ar attiecīgām institūcijām. Ieguves uzņēmumi pasūta spridzināšanas darbus uzņēmumam, kuram ir šādu darbu licence. Pašlaik ir problemātiski identificēt seismiskā notikuma īsto izcelsmi. Vairumā gadījumu ir precīzi zināms, kāds uzņēmums ir veicis saskaņotu spridzināšanu, tomēr ir arī gadījumi, kad to uzzināt nav iespējams un, iespējams, spridzināšanas darbi ir veikti bez saskaņošanas. Seismoloģiskais monitorings sniedz iespēju ne tikai noskaidrot seismiskos apstākļus, bet arī kontrolēt spridzināšanas darbus. Šo kontroli veic vides aizsardzības institūcijas, kuru funkciju veikšanai būtu iespējams nodrošināt sistemātisku informāciju par seismisko notikumu un to parametru (magnitūda, epicentra koordinātas, hipocentru seismiskā notikuma izcelsmes laiks utt.) novērtējumu. Pēc attiecīga metodiska izvērtējuma iespējams noskaidrot likumsakarības starp izmantoto sprāgstvielu un rezultējošā seismiskā notikuma magnitūdu.

6. BAVSEN – Baltijas virtuālais seismoloģiskais tīkls un seismoloģiskā monitoringa metodika

Virtuālais seismoloģiskais tīkls *BAVSEN* (*BalticVirtual Seismic Network*) ir balstīts uz seismiskajām stacijām, kas iekļautas *GEOFON* tīklā. *BAVSEN* tīklu Latvijā izmanto tikai LVGMC.

2020. gadā *BAVSEN* seismoloģiskais tīkls ietvēra 11 seismiskās stacijas:

MEF (<i>Metsahovi</i> , Somija),	SLIT (<i>Slītere</i> , Latvija),
RAF (<i>Laitila</i> , Somija),	PABE (<i>Paberže</i> , Lietuva),
MTSE (<i>Matsalu</i> , Igaunija),	PBUR (<i>Paburģe</i> , Lietuva),
VSU (<i>Vasula</i> , Igaunija),	SUW (<i>Suwalki</i> , Polija),
ARBE (<i>Arbavere</i> , Igaunija),	BSD (<i>Bornholm Skovbrynet</i> , Dānija),
PUL (<i>Pulkovo</i> , Krievija).	

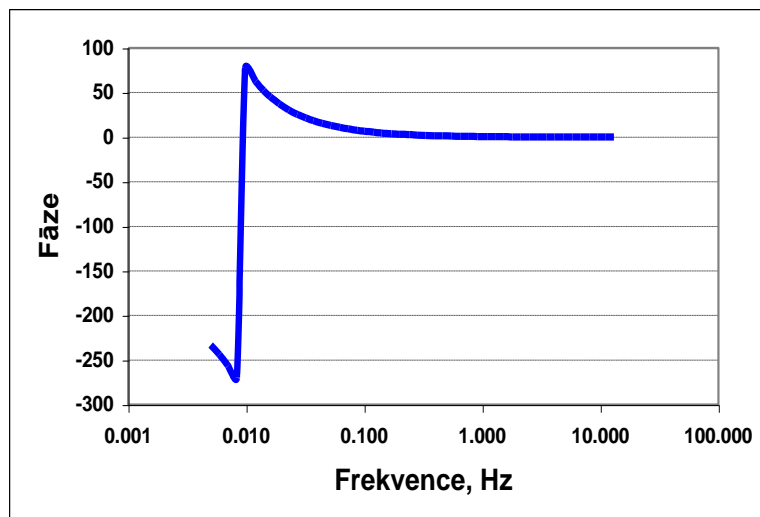
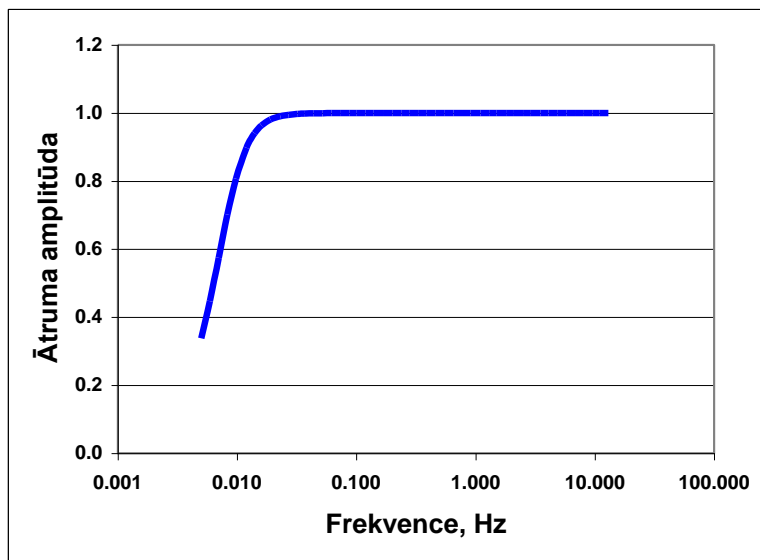
Lai lokalizētu seismiskos notikumus Baltijas austrumu reģionā, galvenokārt tiek izmantotas 6 seismiskās stacijas: SLIT, MEF, RAF, MTSE, VSU, ARBE. Citas stacijas (SUW, PABE, PBUR, PUL) praktiski netiek izmantotas seismisko notikumu lokalizēšanai Baltijas austrumu reģionā. Tas ir saistīts ar augsto trokšņa līmeni ap mikroseismiskajām stacijām (PUL, SUW, PABE, PBUR) vai šo staciju salīdzinoši lielo attālumu no galvenajiem seismiskajiem avotiem (Igaunijas rūpniecības karjeriem) Baltijas reģionā (BSD, SUW, PABE).

Vissvarīgākā loma reģionālo seismisko notikumu lokalizācijā Baltijas austrumu reģionā ir divām seismiskajām stacijām Somijā - MEF un RAF. Vienas stacijas datu trūkums ievērojami samazina iespēju *BAVSEN* tīklā lokalizēt seismiskos notikumus.

Baltijas virtuālo seismoloģisko tīklu ļāva izveidot Slīteres seismiskā stacija un pārējās Baltijas, kā arī Skandināvijas seismiskās stacijas. Šobrīd ar šo tīklu iespējams kontrolēt seismisko stāvokli Baltijas reģionā, novērtēt seismiskā notikuma magnitūdu, izcelsmes vietas koordinātas un seismiskā notikuma laiku.

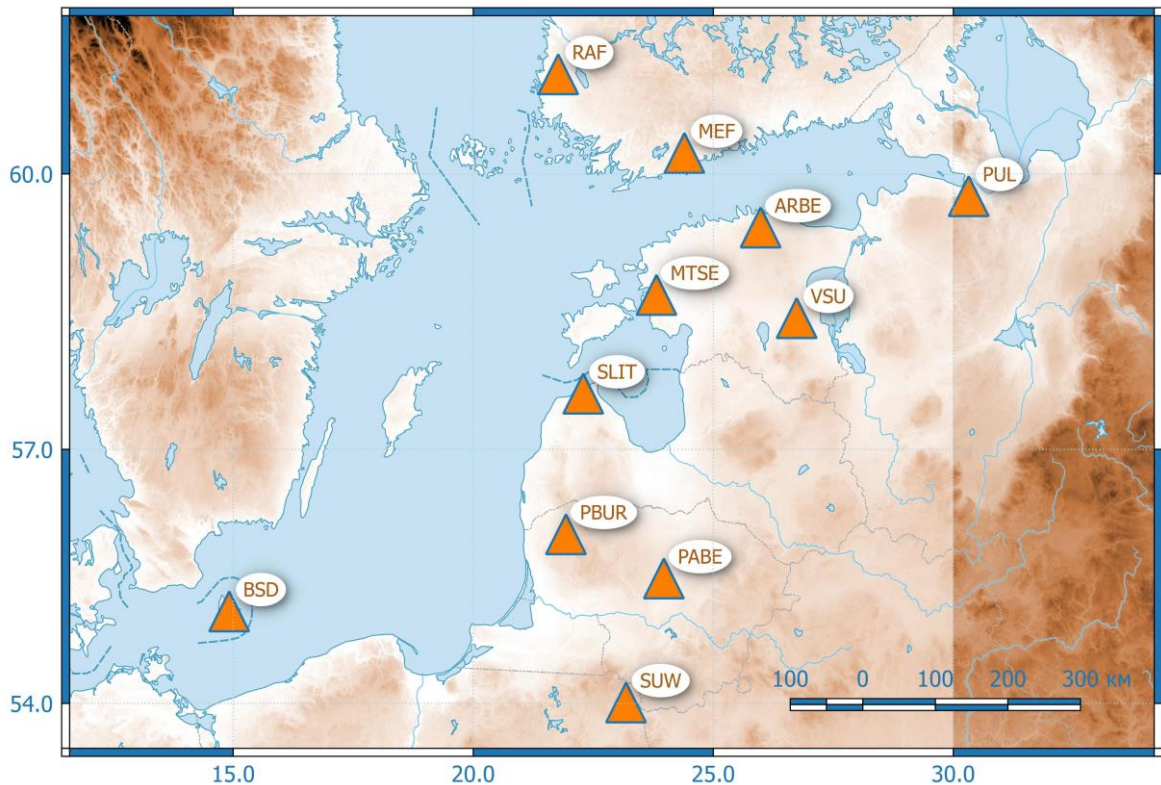
BAVSEN tīklā visām seismiskajām stacijām piemērota praktiski vienāda, unificēta aparatūra (seismouztvērēji, analogciparu pārveidotājs un speciālais instrumentālais un programmiskais bloks – *SeisComp*).

Slīteres stacijas frekvenču un fāzes raksturlīknes ir parādītas 6.1.attēlā. Raksturlīknes ir dotas sensoriem (STS-2), kuri reģistrē ātruma parametrus.



6.1. att. Slīteres stacijas frekvenču (augšā) un fāzes (apakšā) raksturlīknes.

Baltijas virtuālais seismoloģiskais tīkls *BAVSEN* ir parādīts 6.2. attēlā. Attēlā ir redzams, ka Latvijas austrumos nav seismiskās stacijas. Stacijas izveidošana, piemēram, Daugavpils rajonā ļautu aptvert Latvijas teritoriju, izmantojot arī Igaunijas (*Vasula*) un Lietuvas (*Paberže*) seismiskās stacijas.



6.2.att. Baltijas virtuālais seismoloģiskais tīkls *BAVSEN*.

Virtuālā seismoloģiskā tīkla iespējas ir ierobežotas. Seismisko trokšņu fons neļauj identificēt vājus seismiskos notikumus. *BAVSEN* tīkls ļauj identificēt un reģistrēt seismiskos notikumus ar magnitūdu ne mazāku par 1,25. Jāuzsver, ka magnitūdas atšķirība pa vienu vienību ir ekvivalenta 32 reižu enerģijas atšķirībai.

Baltijas reģionā seismoloģisko novērojumu sarežģītība ir saistīta ar seismiskā notikuma tipa identificēšanu, t.i., iespēju atšķirt tektonisko zemestrīci no tehnogēnas izcelsmes seismiskā notikuma (rūpniecisks sprādziens). Iemesls ir mazais seismoloģisko novērojumu tīkla blīvums, kā arī informācijas trūkums par sprādzieniem derīgo izrakteņu ieguves vietās (karjeros) un Baltijas jūras akvatorijā. Liels sprādzienu daudzums Baltijas reģionā un Baltijas jūrā apgrūtina tektonisko zemestrīču identificēšanu.

Līdz ar to seismiskie notikumi ar mazāku magnitūdu paliek nepamanīti. Lielī attālumi starp stacijām apgrūtina epicentrālā attāluma precīzu noteikšanu un vēl jo vairāk – hipocentra dziļuma noteikšanu. Piemēram, attālums no *SLIT* stacijas līdz *MTSE*, *PABE*, *PBUR* un *VSU* stacijām ir no 150 līdz 278 km.

Seismisko apstākļu analīze Baltijas reģionā notiek regulāri. No Skandināvijas seismoloģiskiem tīkliem tiek analizēti iepriekšējās dienas dati. Katru gadu tiek sastādīts informatīvais pārskats par iepriekšējā gada seismoloģiskā monitoringa rezultātiem.

Galvenokārt tiek izmantoti operatīvie biļeteni no *NORSAR* aģentūras un no *ISUH* (*Institute of Seismology of the University of Helsinki*). *NORSAR* un *ISUH* – tās ir divas autoritatīvās seismoloģiskās organizācijas, kuras Skandināvijā un daļēji Baltijas austrumu reģionā īsteno seismoloģisko monitoringu.

Šiem datiem, kas norādīti *NORSAR* un *ISUH* iepriekšējos biļetenos, seismisko notikumu lokalizācija un seismisko notikumu parametru noteikšana veikta ar *BAVSEN* tīkla palīdzību.

Nosakāmie seismisko notikumu parametri ir:

- 1) seismiskā notikuma rašanās laiks;
- 2) seismiskā notikuma koordinātas;
- 3) seismiskā notikuma cilmvietas dziļums (sprādzieniem dziļums parasti ir 0 km);
- 4) seismiskā notikuma magnitūda.

Seismisko notikumu lokalizēšanai tiek izmantoti viļņu ātrumi četros modeļos. Pirmais modelis *iasp91* lokalizācijai izmanto galvenokārt tālas zemestrīces un sprādzienus. Reģionālo zemestrīču un sprādzienu lokalizācijai tika izmantoti trīs citi modeļi. Šie modeļi ietver Helsinku Universitātes Seismoloģijas Institūta modeli (*ISUH*), *Fennoskandijas* modeli (*FM*) un Latvijas modeli *baltic08*.

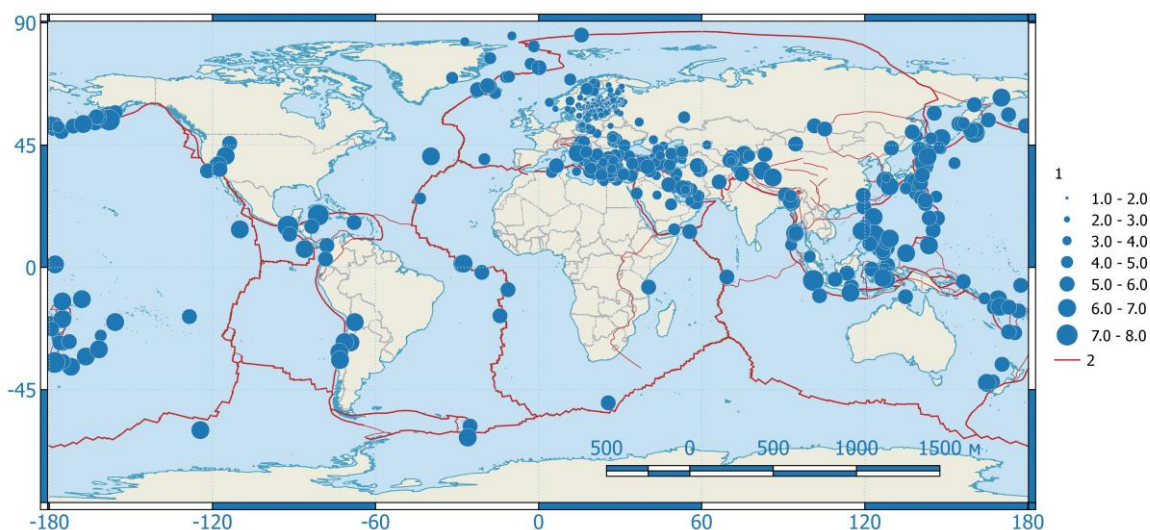
Baltic08 modelis ir izstrādāts, pamatojoties uz dziļās seismiskās zondēšanas rezultātiem 1986. gadā. Balstoties uz šo modeli, noteikts seismisko viļņu pienākšanas laiks atkarībā no dažādiem attālumiem. Apstrādātie seismiskie notikumi tiek ievadīti *BAVSEN* datu bāzē.

Galvenais *BAVSEN* uzdevums ir Baltijas reģionālo seismisko notikumu reģistrācija. Tāpat tiek apstrādātas īpaši spēcīgās, tālās zemestrīces.

7. BAVSEN tīkla seismoloģiskā monitoringa rezultāti 2020.gadā

7.1. Tālo zemestrīču monitoringa rezultāti

Šajā nodaļā apskatīti tālu zemestrīču monitoringa rezultāti. 2020. gadā ar *BAVSEN* tīkla palīdzību kopumā ir reģistrēti un apstrādāti 1279 seismiskie notikumi. Starp tiem ir 403 globālie un 876 reģionālie seismiskie notikumi. Reģionālu seismisku notikumu starpā 310 notikumi atrodas Baltijas austrumu reģionā. Par reģionālajiem seismiskajiem notikumiem dēvē tos, kuru epicentri atrodas ne tālāk par 800 km. Pārējie seismiskie notikumi (piemēram, Kaukāza, Kamčatkas, Polijas, Grieķijas, Itālijas, Balkānu pussalas, Turcijas, Sarkanās jūras, Irānas, Afganistānas, Indonēzijas, Filipīnu, Japānas, Taivānas, Kuriļu salu, Centrālās Amerikas, Čīles, Skandināvijas reģionos, Vidusjūrā, Klusā okeānā, Atlantijas okeānā) ir tālie seismiskie notikumi.



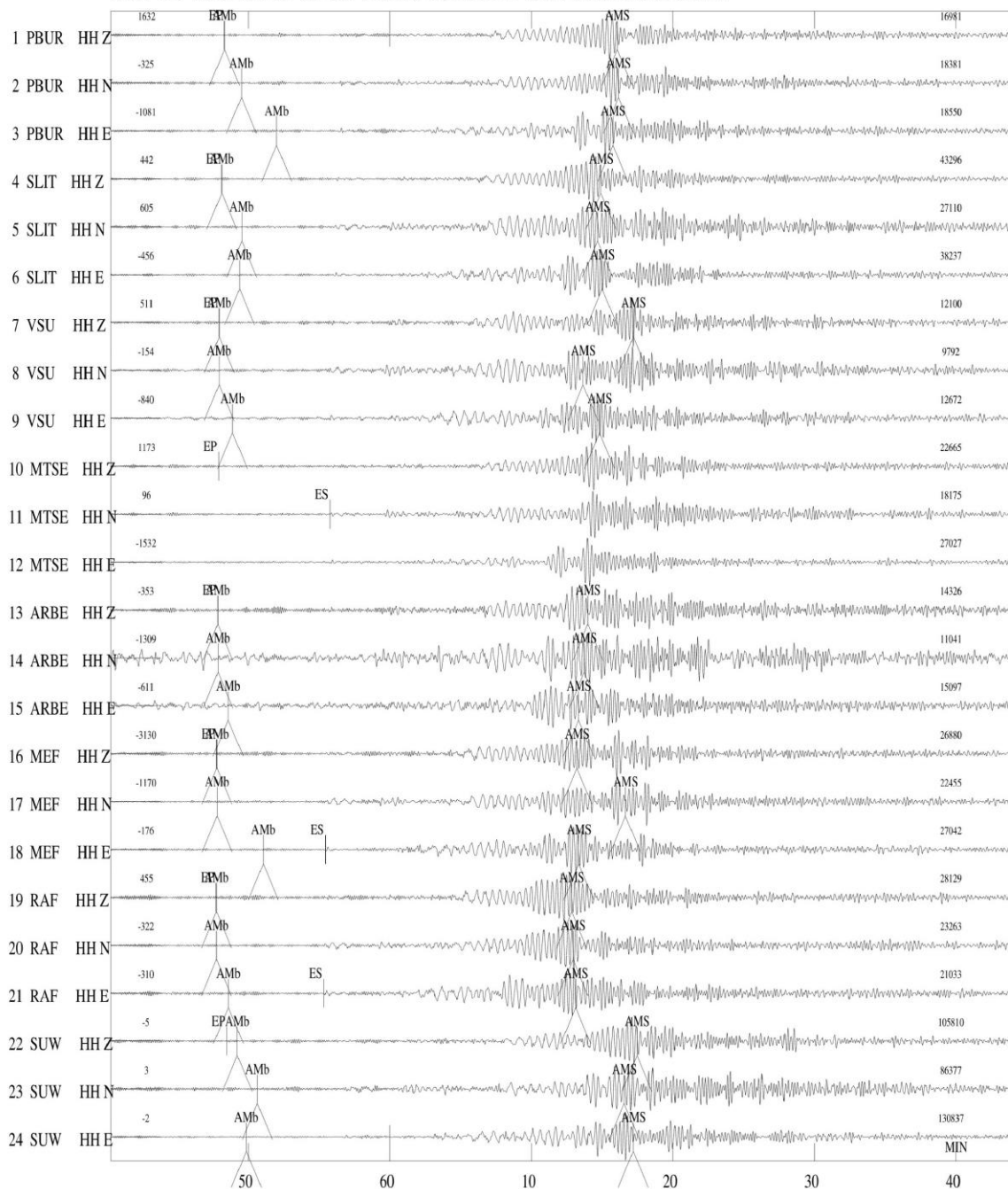
7.1.att. 2020. gada seismiskie notikumi pasaulē pēc *BAVSEN* seismoloģiskā tīkla datiem.

Apzīmējumi: 1 - seismisko notikumu magnitūda; 2 - robežas starp lielām tektoniskām plātnēm.

Attēlā 7.1 ir parādītas galvenokārt globālas tektoniskas zemestrīces. Baltijas austrumu reģionā ir attēlotas gan zemestrīces, gan sprādzieni. Spēcīgas zemestrīces notika galvenokārt Klusajā okeānā, Vidusjūras reģionā.

Daži tālo zemestrīču piemēri parādīti attēlos 7.2.–7.12.

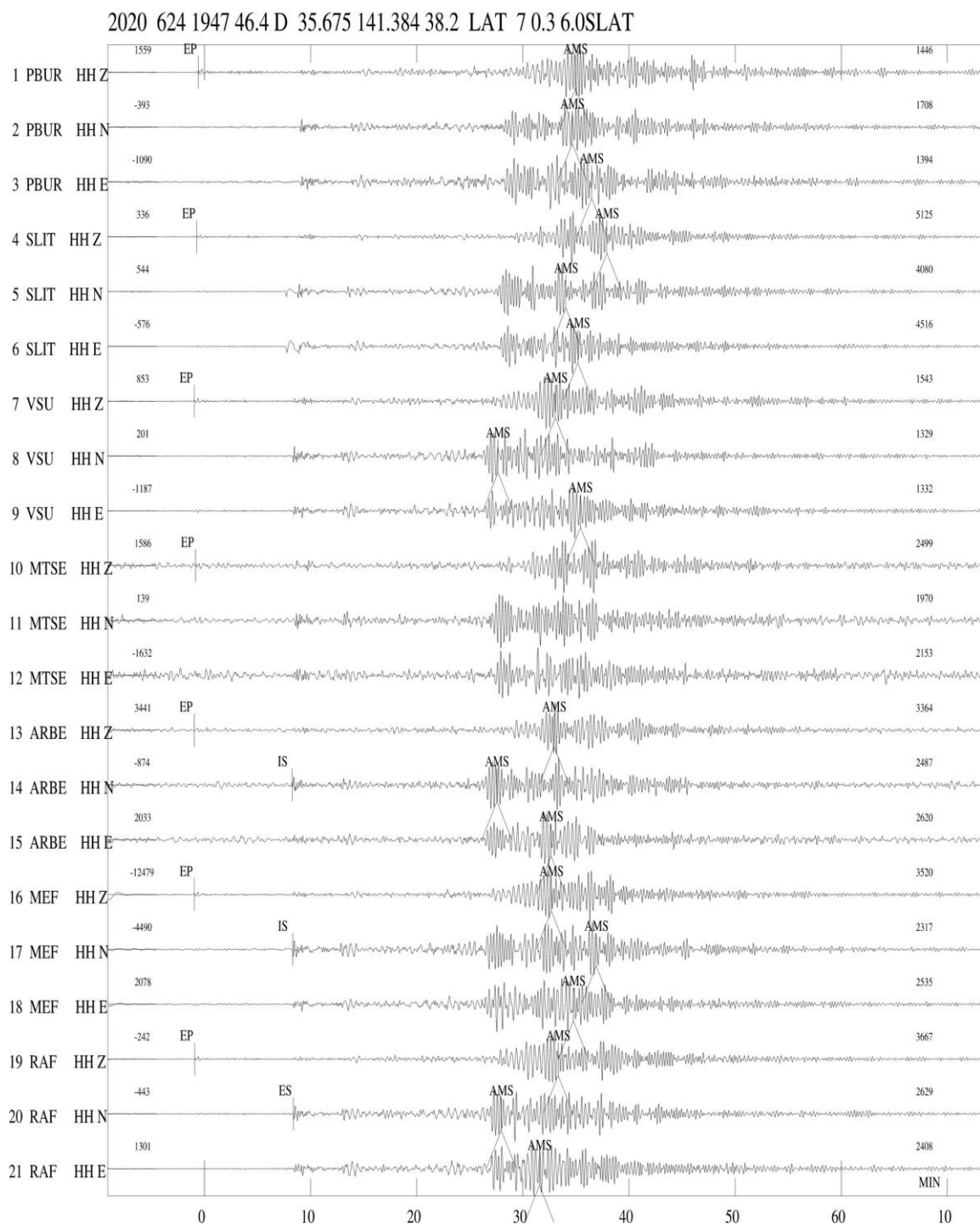
2020 19 0838 15.9 D 62.483 170.263 13.6 LAT 8 0.9 6.9SLAT 6.2BLAT



7.2.att. 2020.gada 9.janvāra zemestrīce Kamčatkā ar magnitūdu 6.9.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.01 - 0.1 Hz.

7.2. attēlā redzami Releja (*Rayleighwave*) un Love (*Lovewave*) virspusējie viļņi no tālās zemestrīces. Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 6052-6773 km. Virspusējiem viļņiem ir vislielākās amplitūdas. Virspusējo viļņu periods ir aptuveni 20 sekundes.

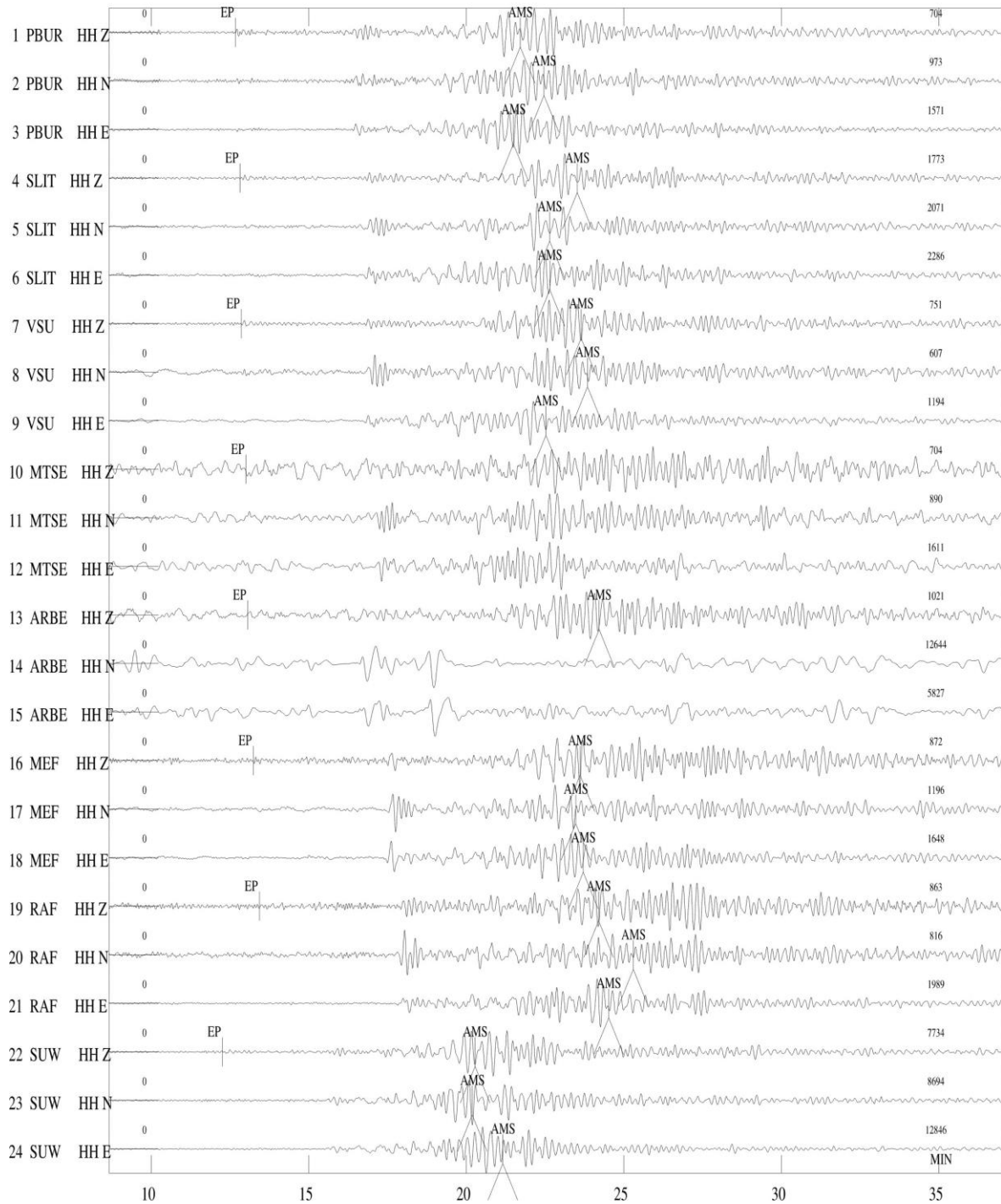


7.3.att. 2020.gada 24.jūnijā zemestrīce Japānā ar magnitūdu 6.0.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.01 - 0.1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 7928-8360 km.

2020 920 1908 3.8 D 38.182 34.433 15.0 LAT 8 0.2 4.7SLAT

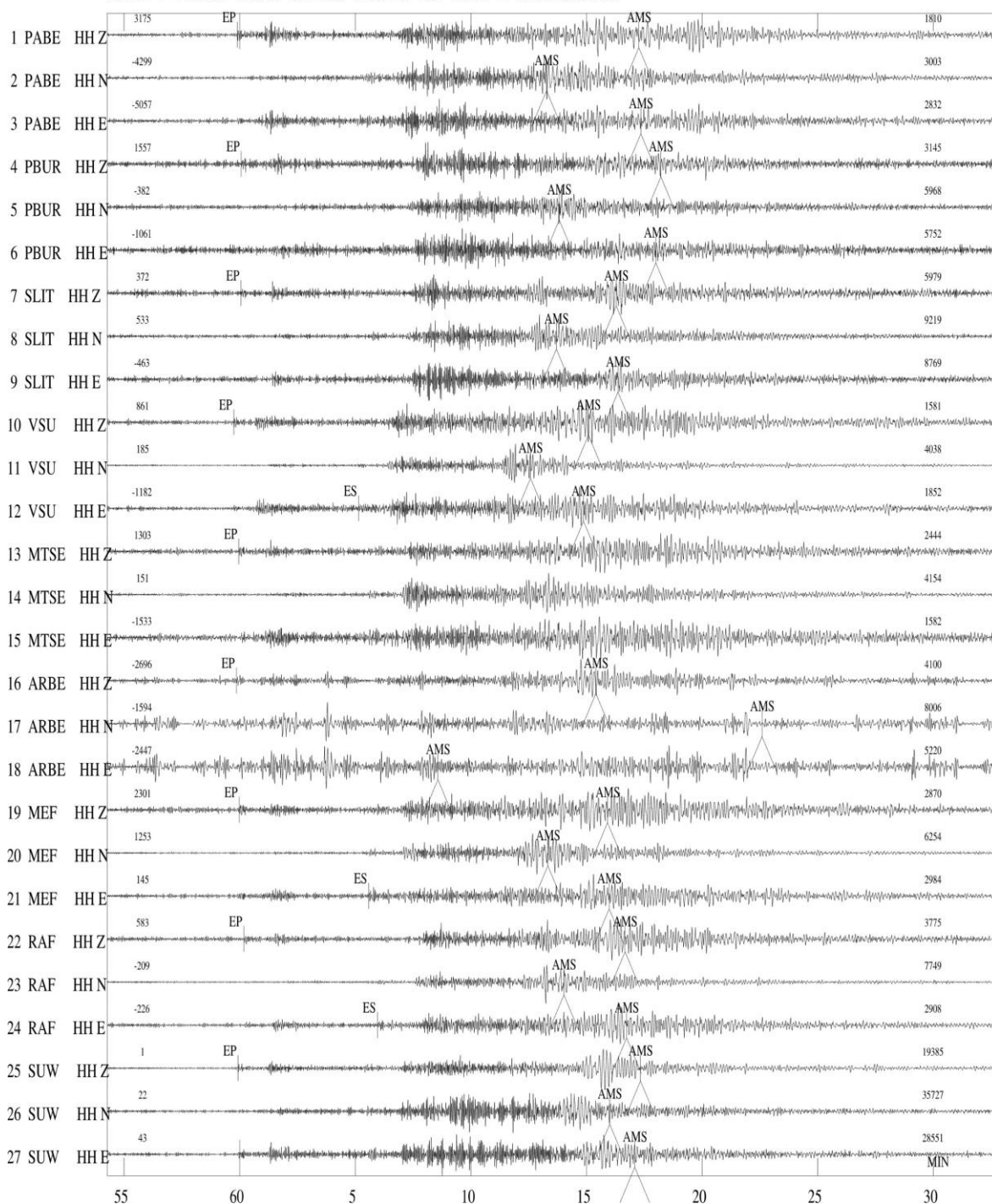


7.4.att. 2020.gada 20.septembrī Turcijā ar magnitūdu 4.7.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.01 - 0.1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 1958-2691 km.

2020 7 4 0953 3.5 D 39.440 70.370 2.2 LAT 9 0.2 5.6SLAT

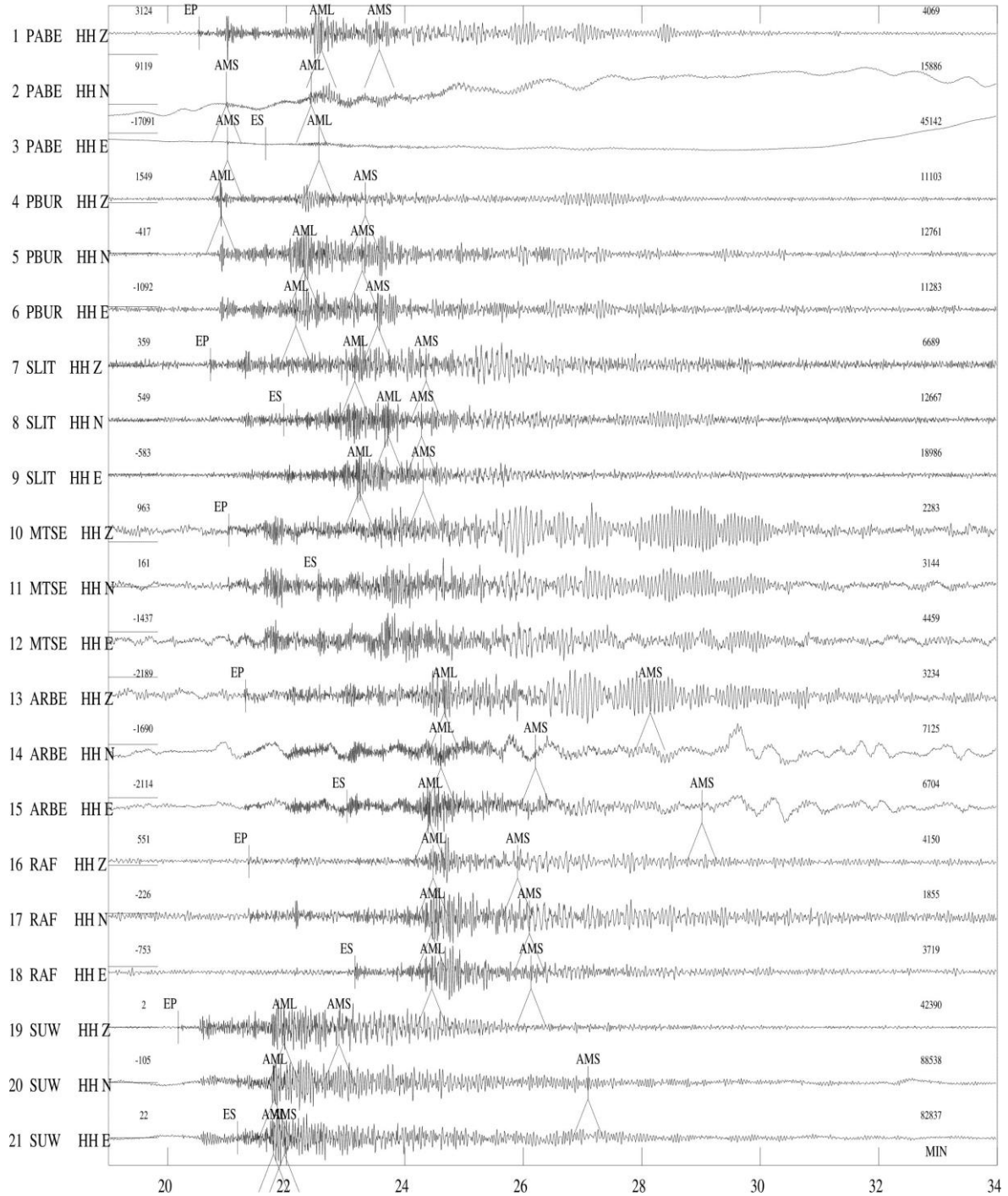


7.5.att. 2020.gada 4.jūlijā zemestrīce Vidusāzijā ar magnitūdu 5.6.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.1 - 1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 3736-4078 km.

2020 7 8 0519 0.7 D 51.890 16.295 9.5 LAT 7 0.6 4.1 LLAT 3.2 SLAT

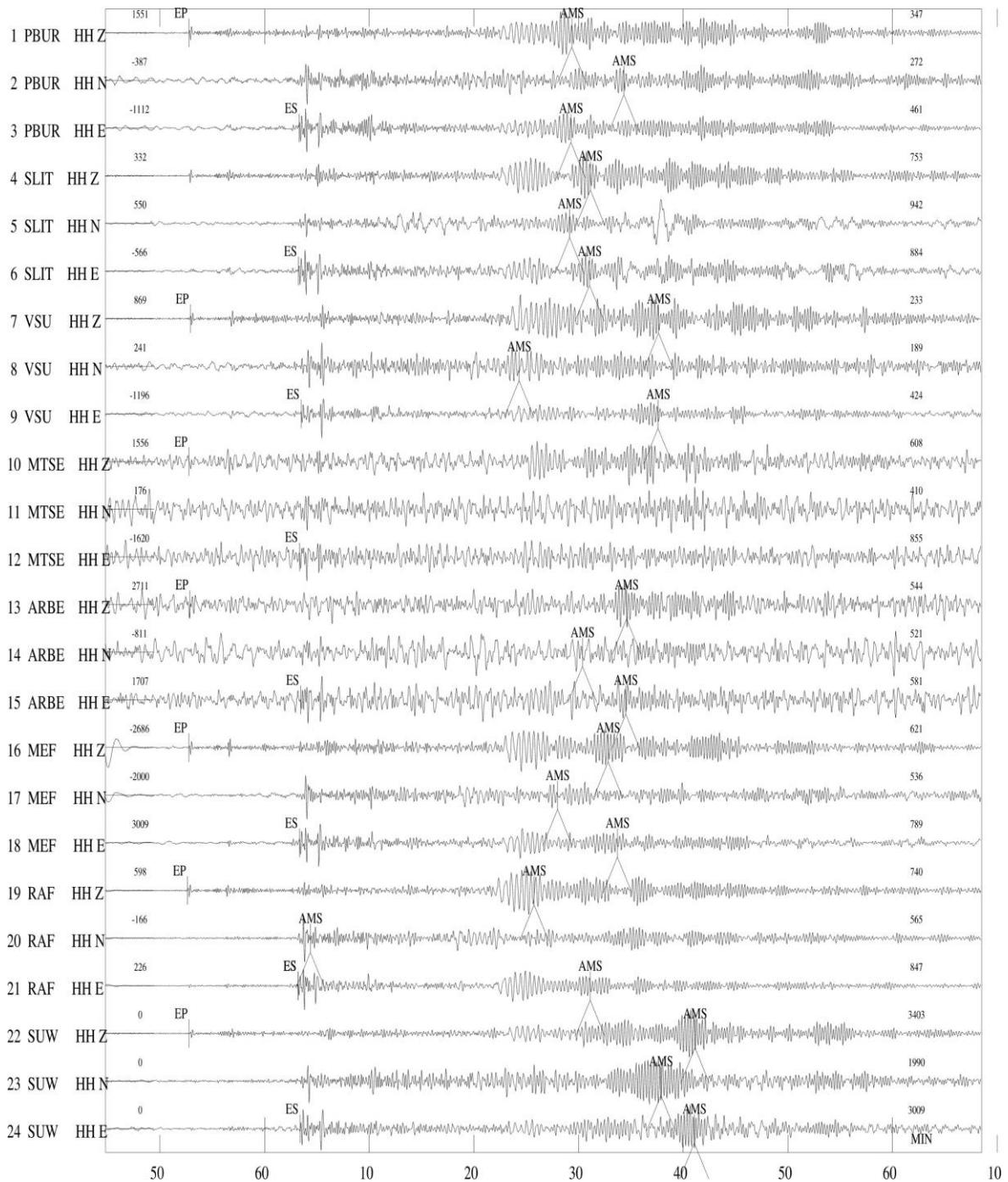


7.6.att. 2020.gada 8.jūlijā zemestrīce Polijā ar magnitūdu 4.1.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 519-1071 km.

2020 715 2139 26.2 D 3.101 -78.420 7.1 LAT 8 0.7 5.5SLAT

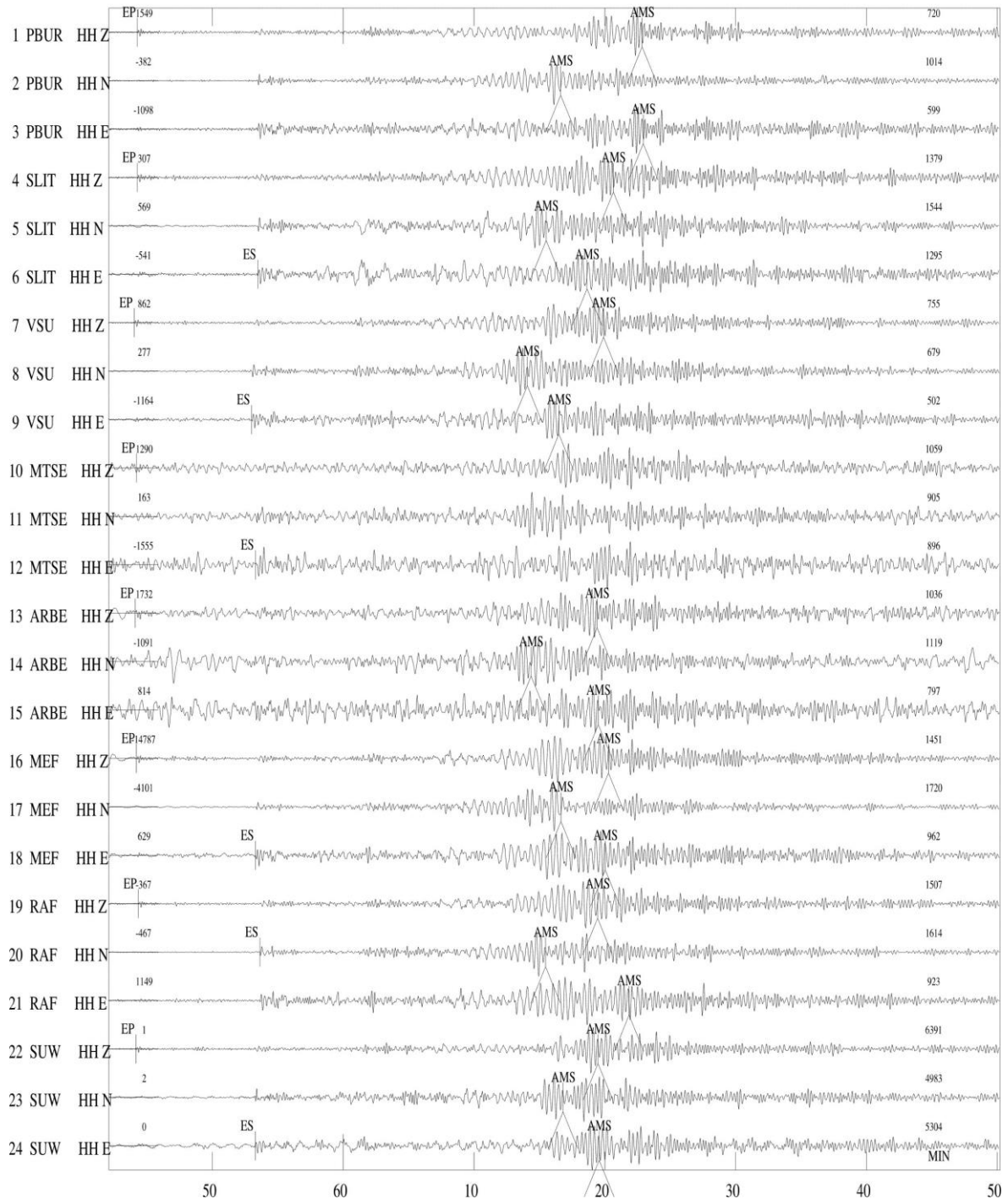


7.7.att. 2020.gada 15.jūlijā tālā zemestrīce Kolumbijā ar magnitūdu 5.5.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.01 - 0.1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 10268-10603 km.

2020 717 1833 1.6 D 12.562 94.589 5.3 LAT 8 0.3 5.7SLAT

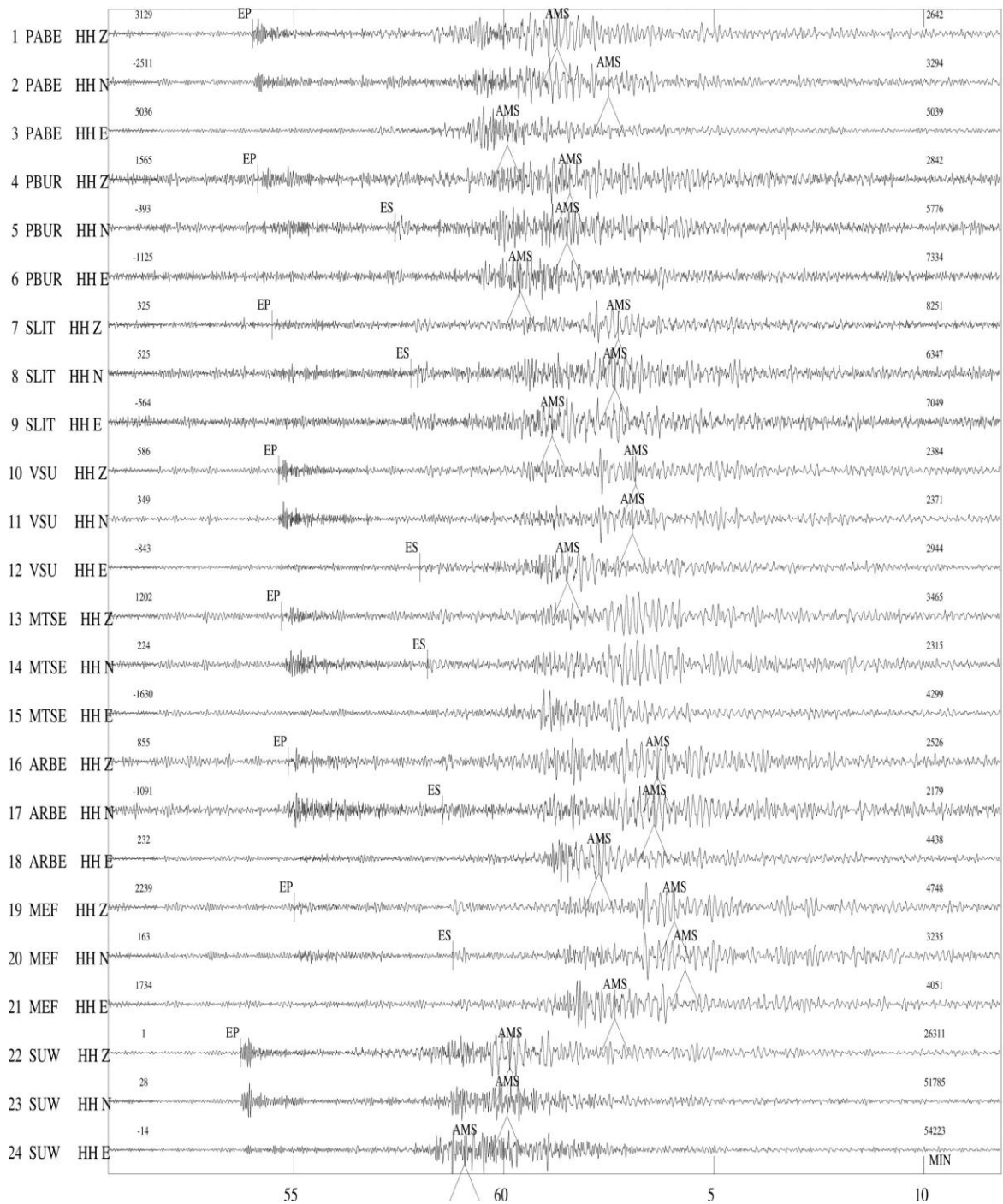


7.8.att. 2020.gada 17.jūlijā tālā zemestrīce Mjanmā ar magnitūdu 5.7.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.01 - 0.1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 7550-7878 km.

2020 926 2250 16.6 D 40.018 25.745 13.6 LAT 8 0.5 5.1SLAT



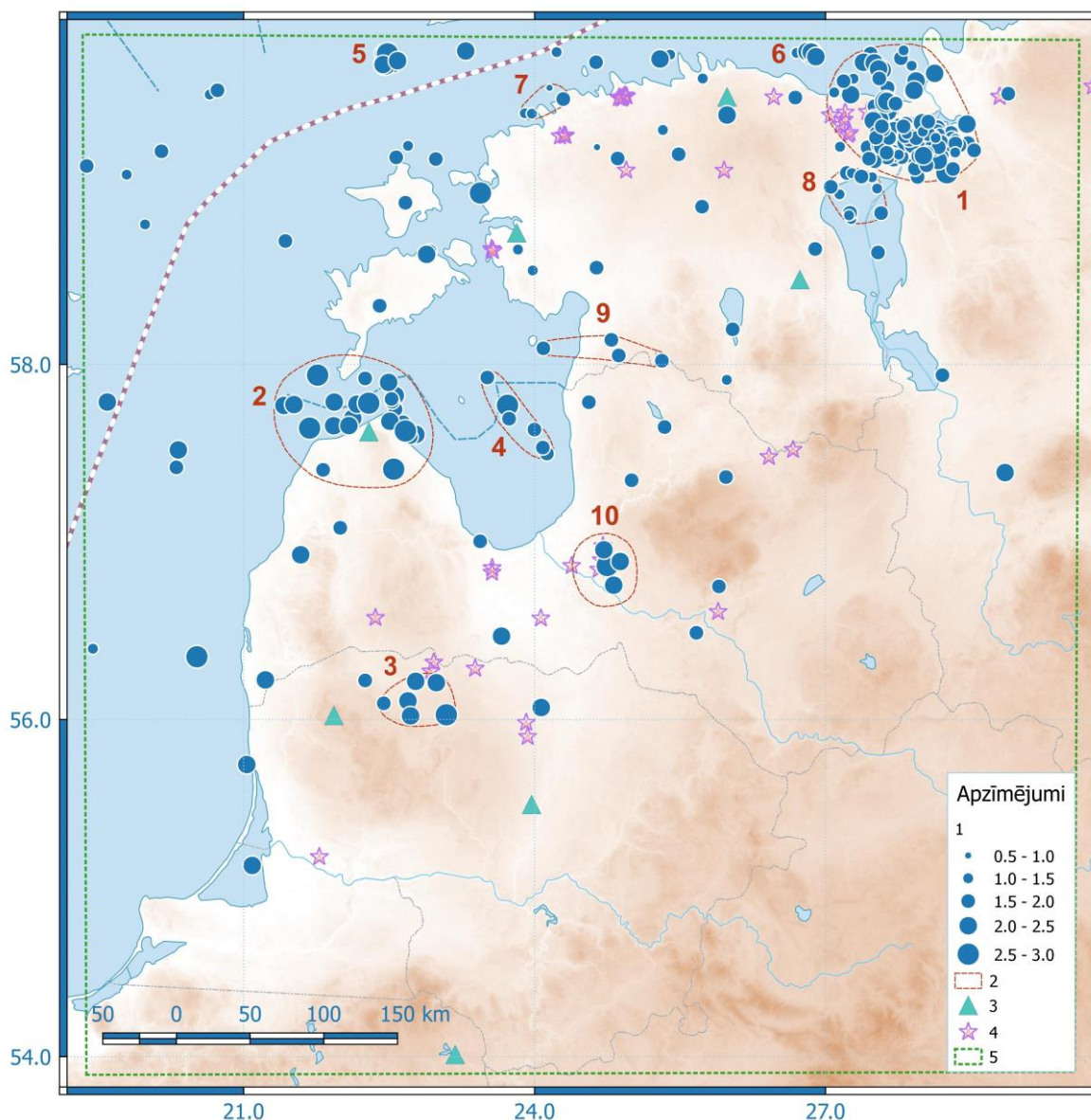
7.9.att. 2020.gada 26.septembrī tālā zemestrīce Egejas jūrā ar magnitūdu 5.1.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 0.1 - 1 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 1568-2250 km.

7.2. Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu monitoringa rezultāti

2020.gadā pavisam kopā Baltijas austrumu reģionā ir novērtēti 310 reģionālo seismisko notikumu (7.10.att.). Vairums no šiem seismiskiem notikumiem identificēti kā sprādzieni. Dažu seismisko notikumu ģenēze nav pietiekami skaidra. Tas īpaši attiecas uz seismiskiem notikumiem Baltijas jūrā. Pamatojoties uz seismisko notikumu izplatību, iespējams izdalīt 10 seismisko notikumu grupas (teritorijas).



7.10.att. 2020.gada seismiskie notikumi Baltijas austrumu reģionā pēc BAVSEN seismoloģiskā tīkla datiem.

Apzīmējumi: 1 - seismiskā notikuma lokālā magnitūda Baltijas austrumu reģionā; 2 - seismisko notikumu koncentrācijas teritorijas; 3 - BAVSEN seismoloģiskā tīkla stacijas; 4 - rūpnieciskie karjeri, kuros var tikt veikti spridzināšanas darbi; 5 - Baltijas austrumu reģiona robežas.

Seismisko notikumu grupas un to ģenēzes analīze:

1. Teritorija starp Ida-Vīru un Sillamae atrodas Igaunijas ziemeļaustrumos (reģistrēti 179 seismiskie notikumi). Šeit ir vairākas degslānekļa atradnes un ieguves vietas, kur veic spridzināšanas darbus. Ar lielu varbūtību, šie seismiskie notikumi ir tehnogēnas izcelsmes.

2. Irbes šauruma teritorija (reģistrēti 23 seismiskie notikumi). Irbes šaurumā bieži notiek militārās jūras mācības, kā arī notiek jūras mīnu iznīcināšana. Iespējams, šie seismiskie notikumi ir tehnogēnas izcelsmes.

3. Teritorija Lietuvas ziemeļos - Naujoji Akmene (reģistrēti 6 seismiskie notikumi). Šeit atrodas karjeri, kuros varētu notikt spridzināšanas darbi. Ar lielu varbūtību, šie seismiskie notikumi ir tehnogēnas izcelsmes.

4. Akvatorija Rīgas līcī (reģistrēti 7 seismiskie notikumi). Šo seismisko notikumu ģenēze nav pietiekami skaidra.

5. Somu līča akvatorijas rietumu daļa (reģistrēti 8 seismiskie notikumi). Šo seismisko notikumu ģenēze nav skaidra. Iespējams, tehnogēnas izcelsmes seismiskie notikumi. Seismiskie notikumi notika vienā dienā – 2020.gada 19.augustā.

6. Somu līča akvatorijas austrumu daļa (reģistrēti 5 seismiskie notikumi). Šo seismisko notikumu ģenēze nav skaidra.

7. Piekrastes zona pie Paldiski pussalas (reģistrēti 4 seismiskie notikumi). Šo notikumu ģenēze nav skaidra.

8. Peipusa ezera ziemeļu daļa (reģistrēti 11 seismiskie notikumi). Iespējams, ka šiem seismiskajiem notikumiem ir tehnogēna izcelsme.

9. Teritorija gar Igaunijas un Latvijas robežu (reģistrēti 4 seismiskie notikumi). Šo seismisko notikumu ģenēze nav skaidra.

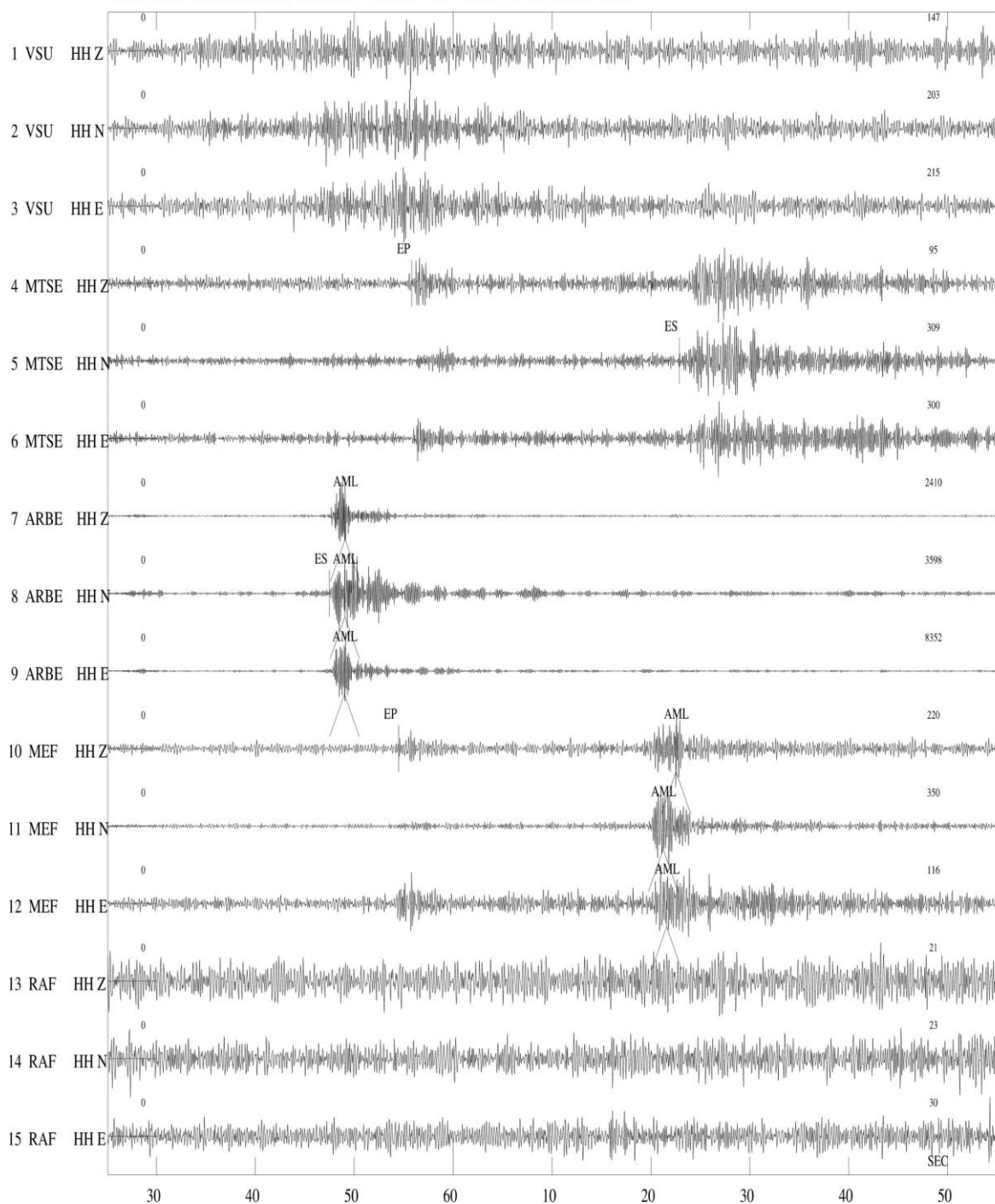
10. Teritorija atrodas Tūrkalnes un Kranciema karjeru rajonā (reģistrēti 4 seismiskie notikumi). Šie seismiskie notikumi, visticamāk, ir sprādzieni, kuri notika Tūrkalnes un Kranciema karjeros.

Citu seismisko notikumu epicentri ir sadalīti samērā vienmērīgi un neveido grupas ar vairāk nekā trim seismiskiem notikumiem.

Seismisko notikumu ģenēzes identificēšana Baltijas austrumu reģionā ir problemātiska. Tā prasa papildu analīzi speciālās pētījumu programmas ietvaros.

Tālāk parādīti tipiskie seismiskie notikumi katrai no minētajām teritorijām.

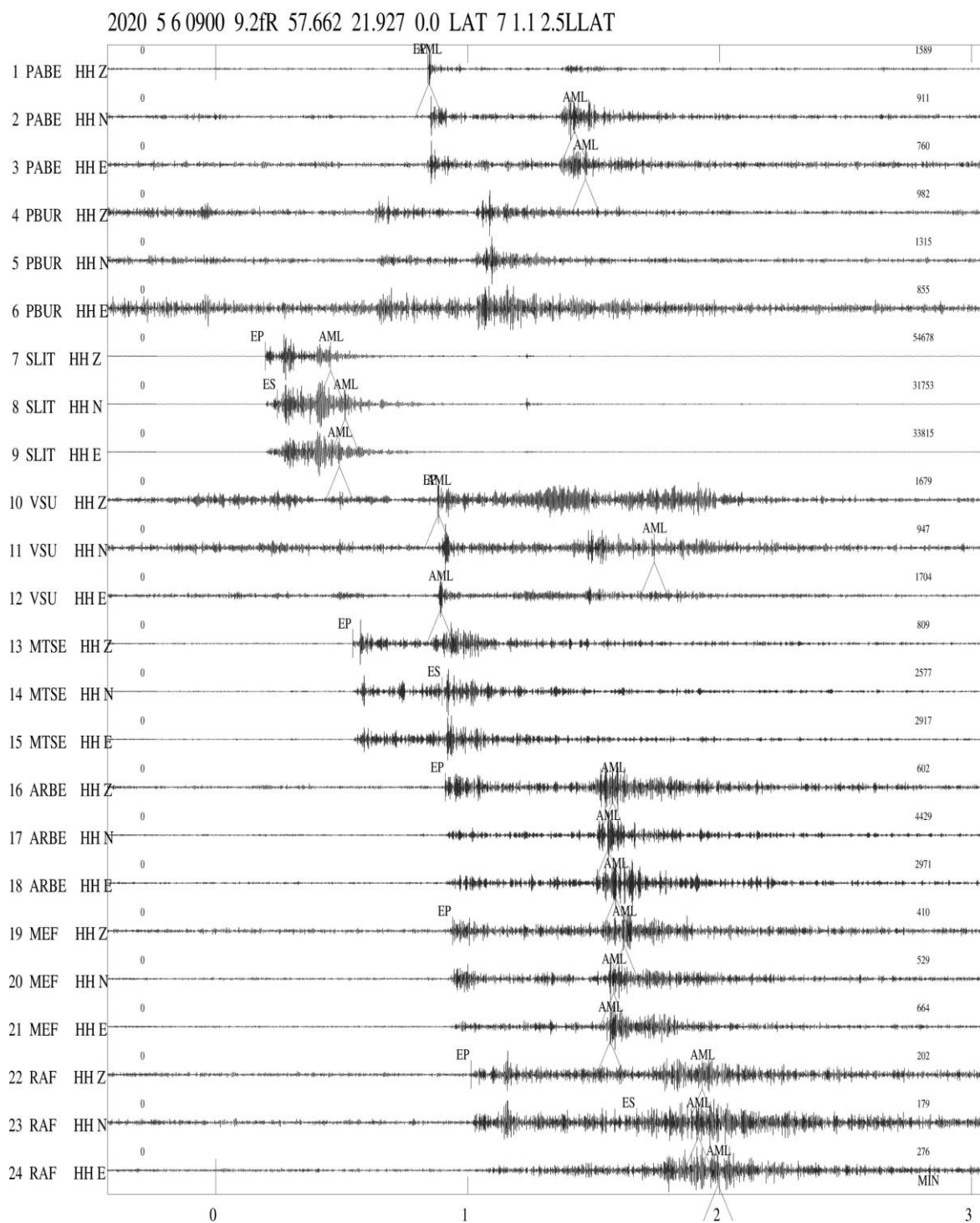
2020 922 1041 18.8iR 59.174 27.588 0.0 LAT 3 0.0 2.5LLAT



7.11.att. 2020.gada 22.septembrī reģionālais sprādziens Igaunijas ziemeļaustrumos ar magnitūdu 2.5. Poligons Nr. 1.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 96-223km.

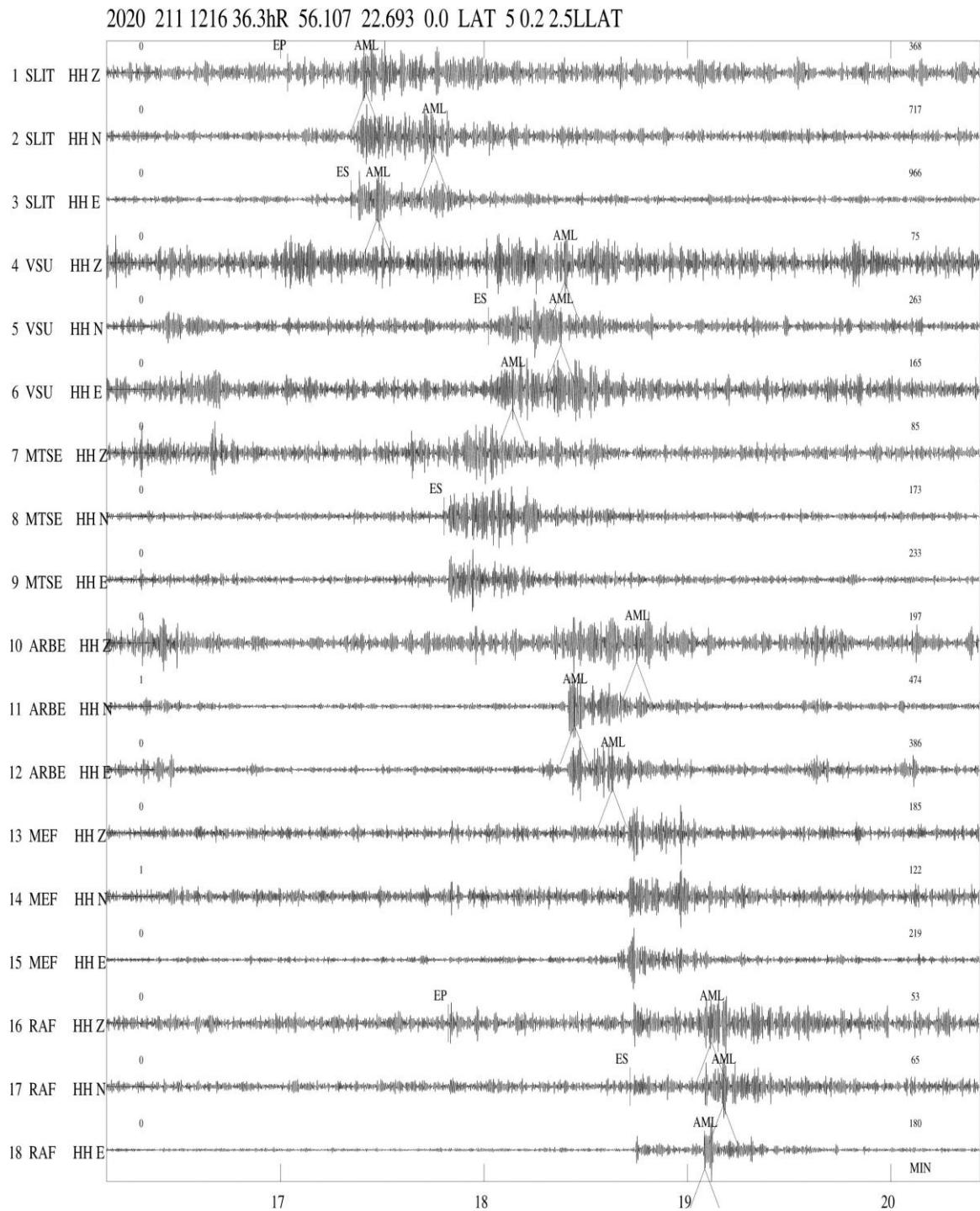


7.12.att. 2020.gada 6.maijā reģionālais sprādziens Irbes šaurumā ar magnitūdu 2.5.

Poligons Nr. 2.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 22-375 km.

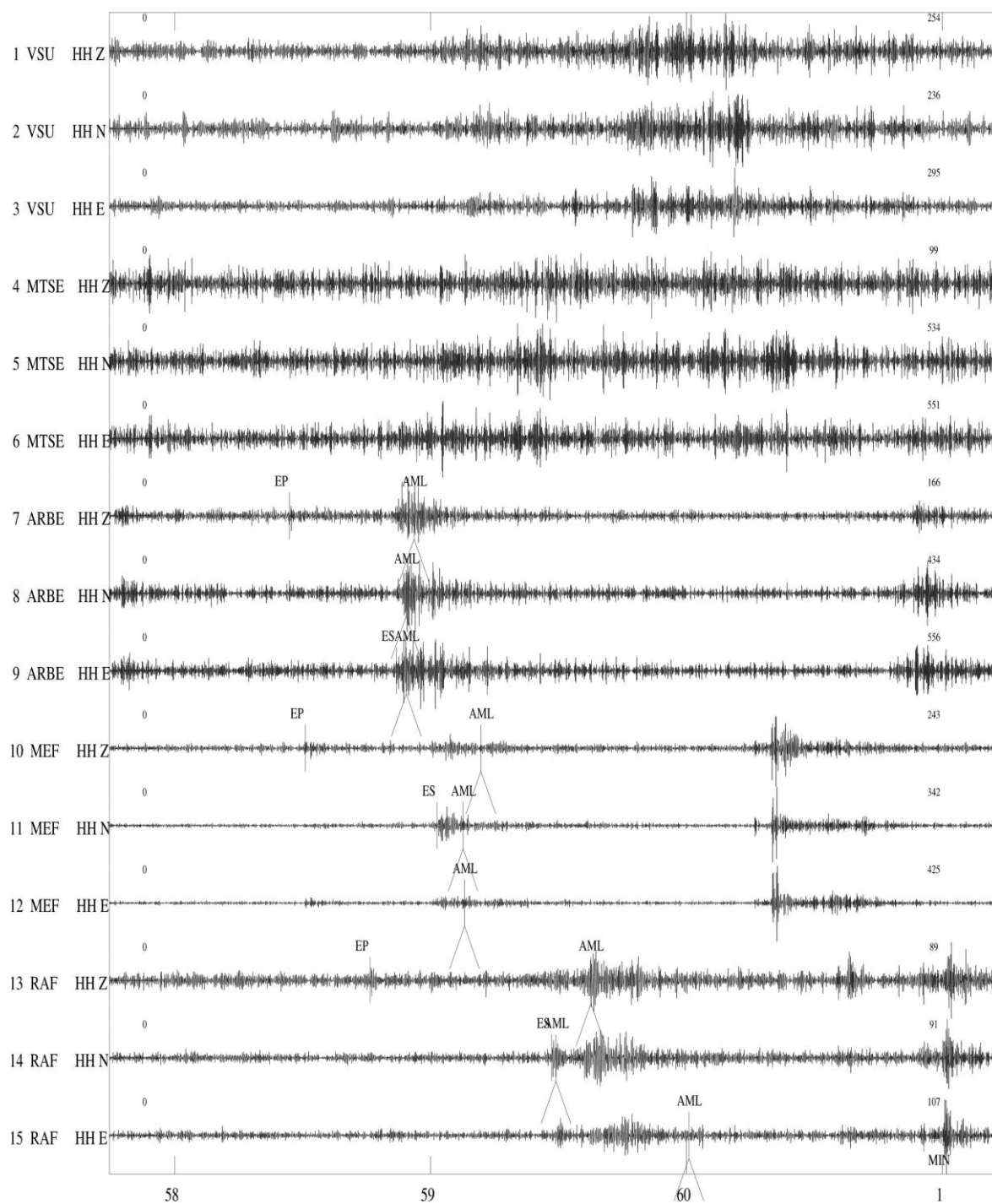


7.13.att. 2020.gada 11.februārī reģionālais sprādziens Naujomi Akmenē, Lietuvā ar magnitūdu 2.5. Poligons Nr. 3.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 2 - 4 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 171-550 km.

2020 3 6 1157 50.2fr 57.641 23.998 0.0 LAT 3 1.4 1.9LLAT



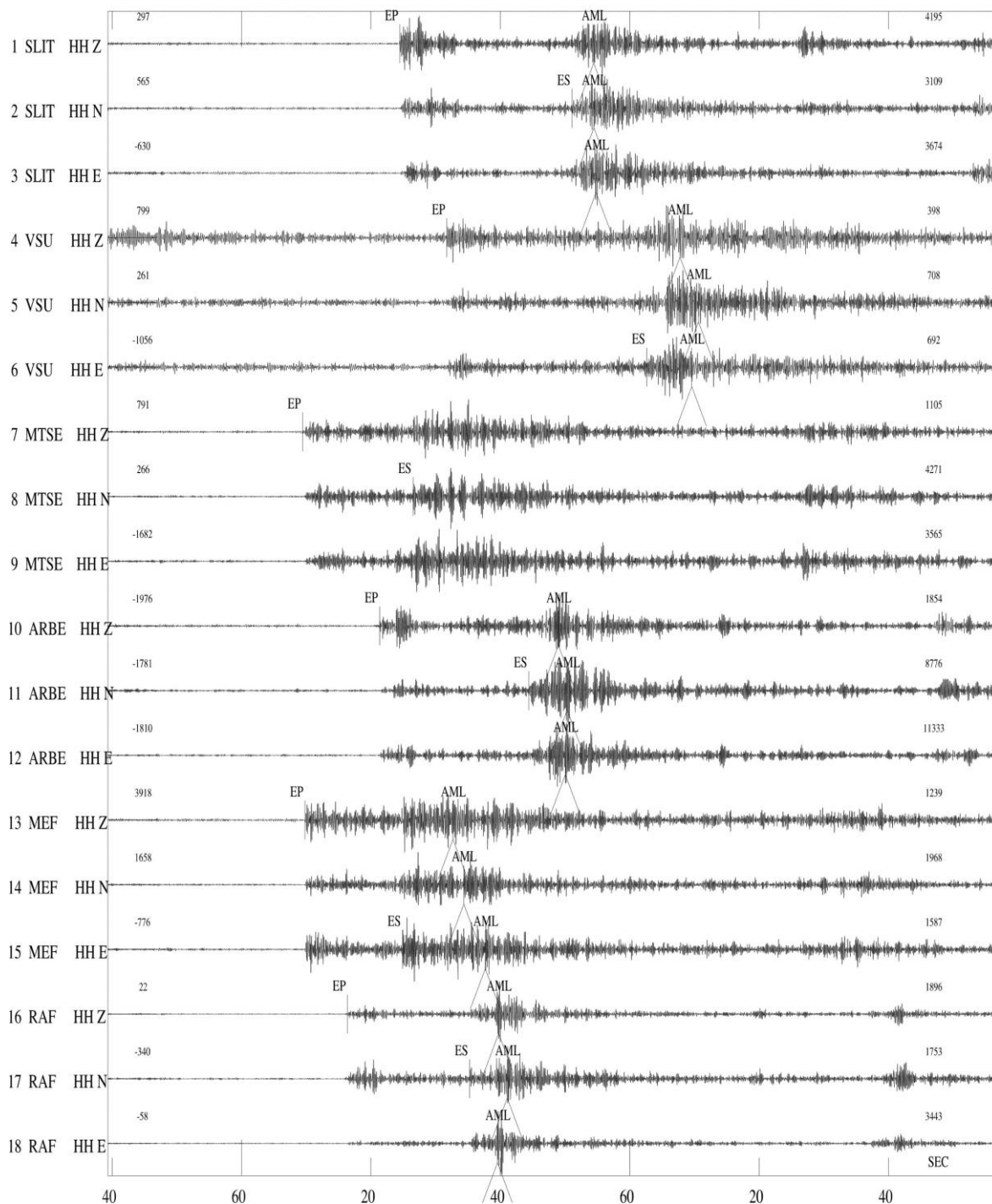
7.14.att. 2020.gada 6.martā reģionāls seismisks notikums Rīgas līcī ar magnitūdu 1.9.

Poligons Nr. 4.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 231-398 km.

2020 819 0619 51.2fR 59.626 22.502 0.0 LAT 6 0.8 2.5LLAT

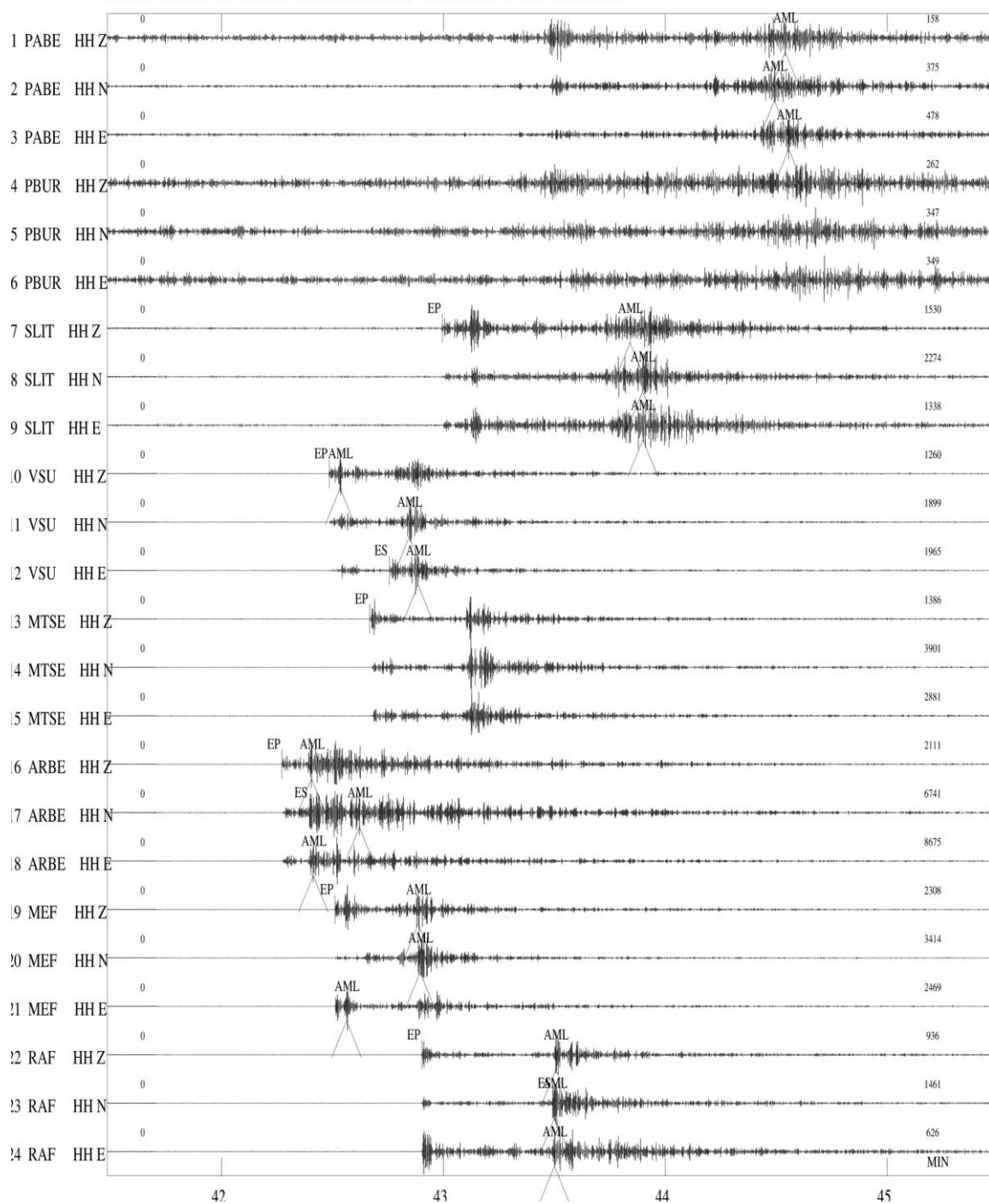


7.15.att. 2020.gada 19.augustā iespējamais reģionāls sprādziens Somu līča rietumdaļā ar magnitūdu 2.5. Poligons Nr. 5.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 125-275 km.

2020 410 1742 8.5fR 59.668 26.847 0.0 LAT 7 0.9 2.6LLAT

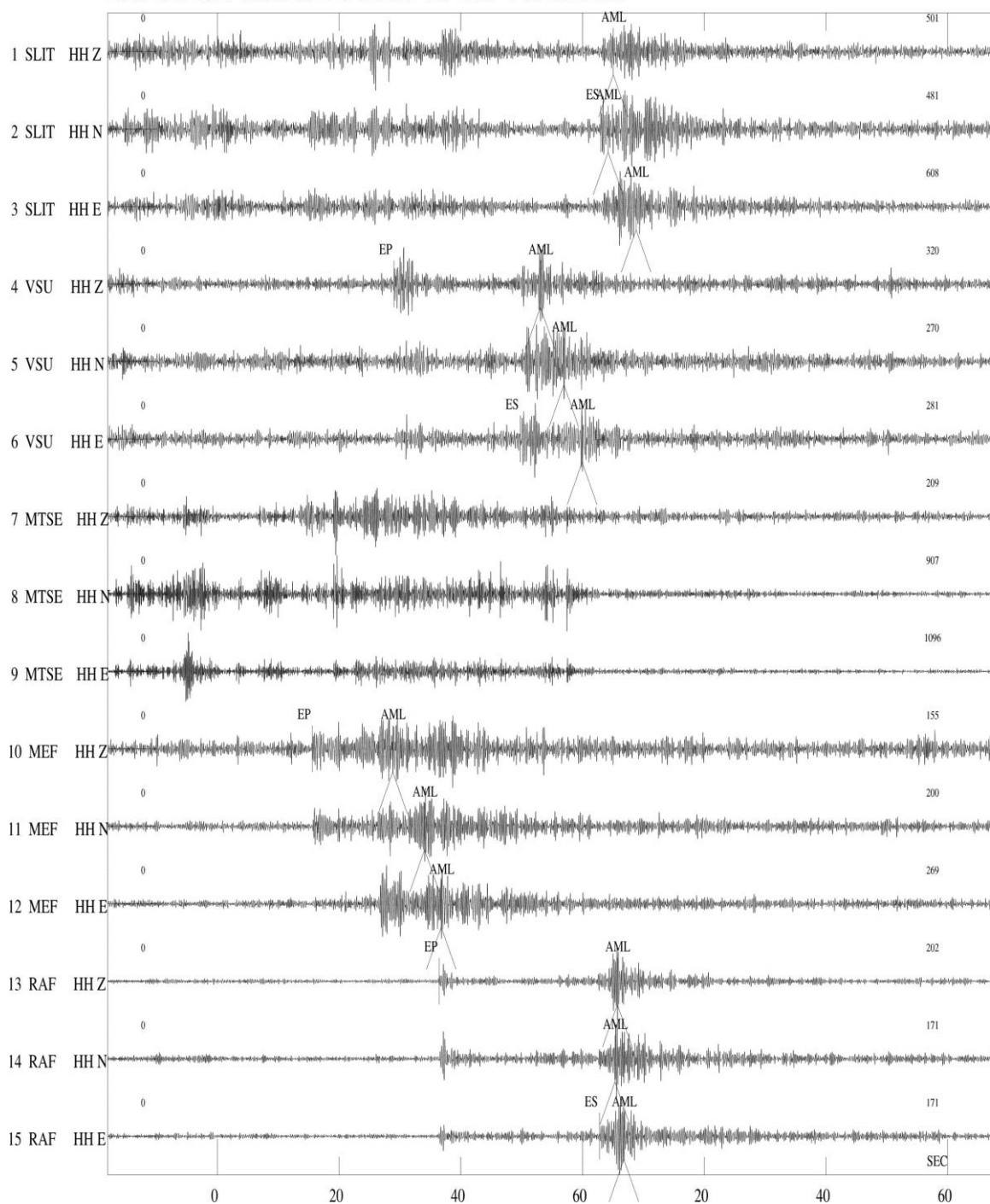


7.16.att. 2020.gada 10.aprīlī reģionāls seismisks notikums Somu līča austrumdaļā ar magnitūdu 2.6. Poligons Nr. 6.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 55-494 km.

2020 528 1015 2.0fR 59.425 24.295 0.0 LAT 4 0.5 1.7LLAT

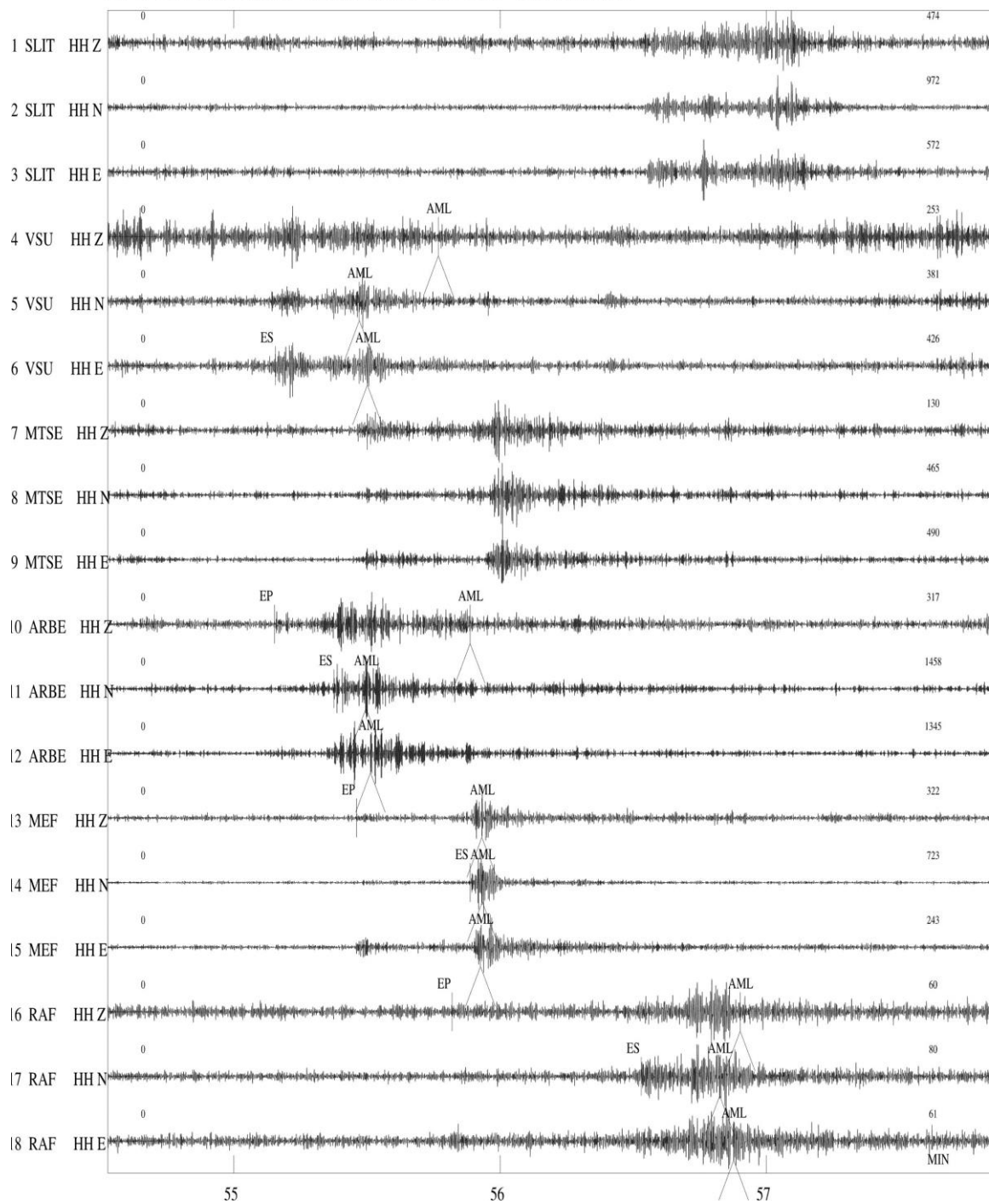


**7.17.att. 2020.gada 28.maijā reģionāls seismisks notikums Paldiski pussalas tuvumā
ar magnitūdu 1.7. Poligons Nr. 7.**

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 88-232 km.

2020 117 0854 51.8fr 58.820 27.573 0.0 LAT 4 0.8 1.8LLAT

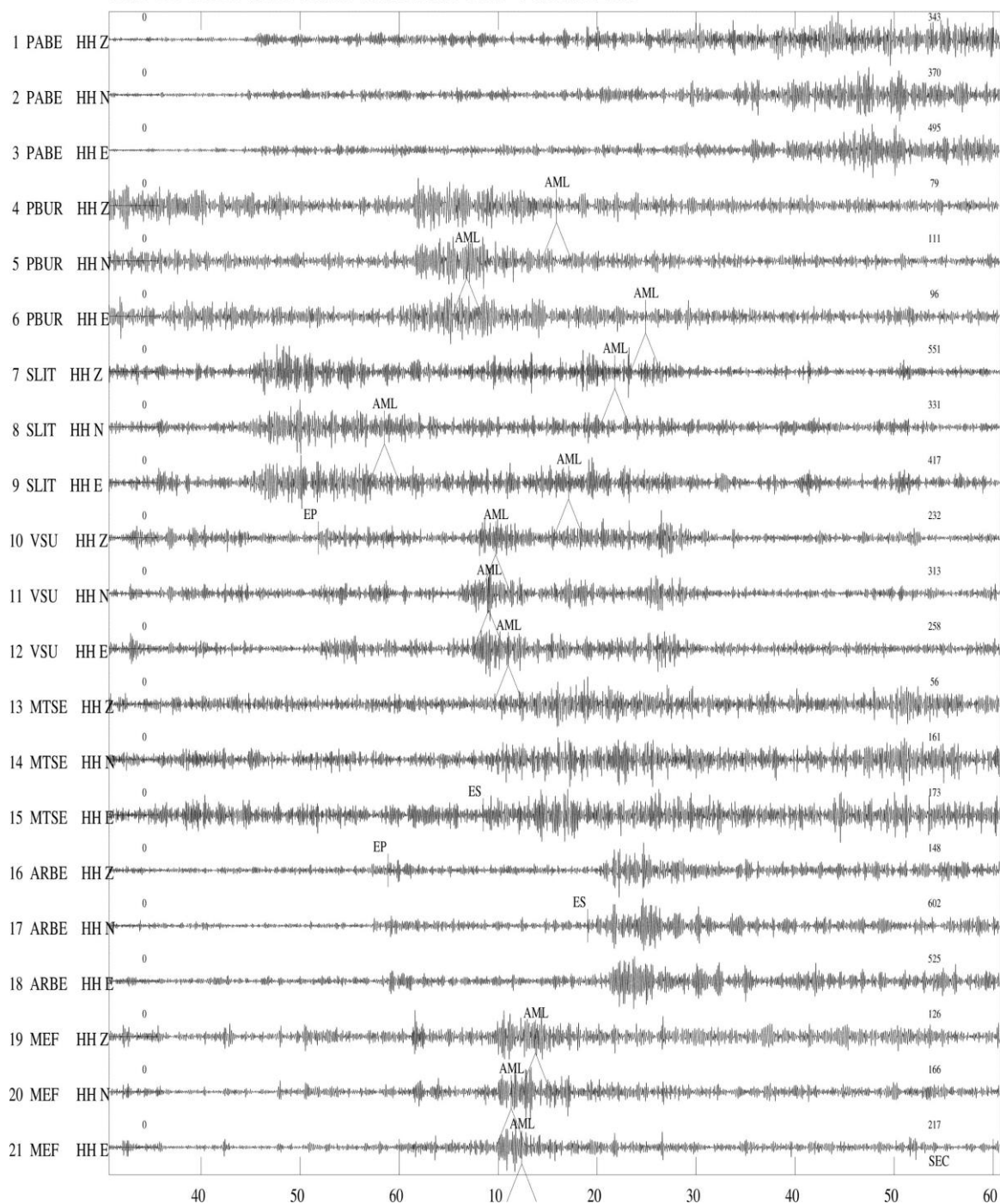


7.18.att. 2019.gada 17.janvarī iespējamais reģionāls sprādziens Peipusa ezerā ar magnitūdu 2.4. Poligons Nr. 8.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 63-407 km.

2020 8 3 0933 34.5hR 57.865 25.314 12.3 LAT 6 0.8 1.9LLAT

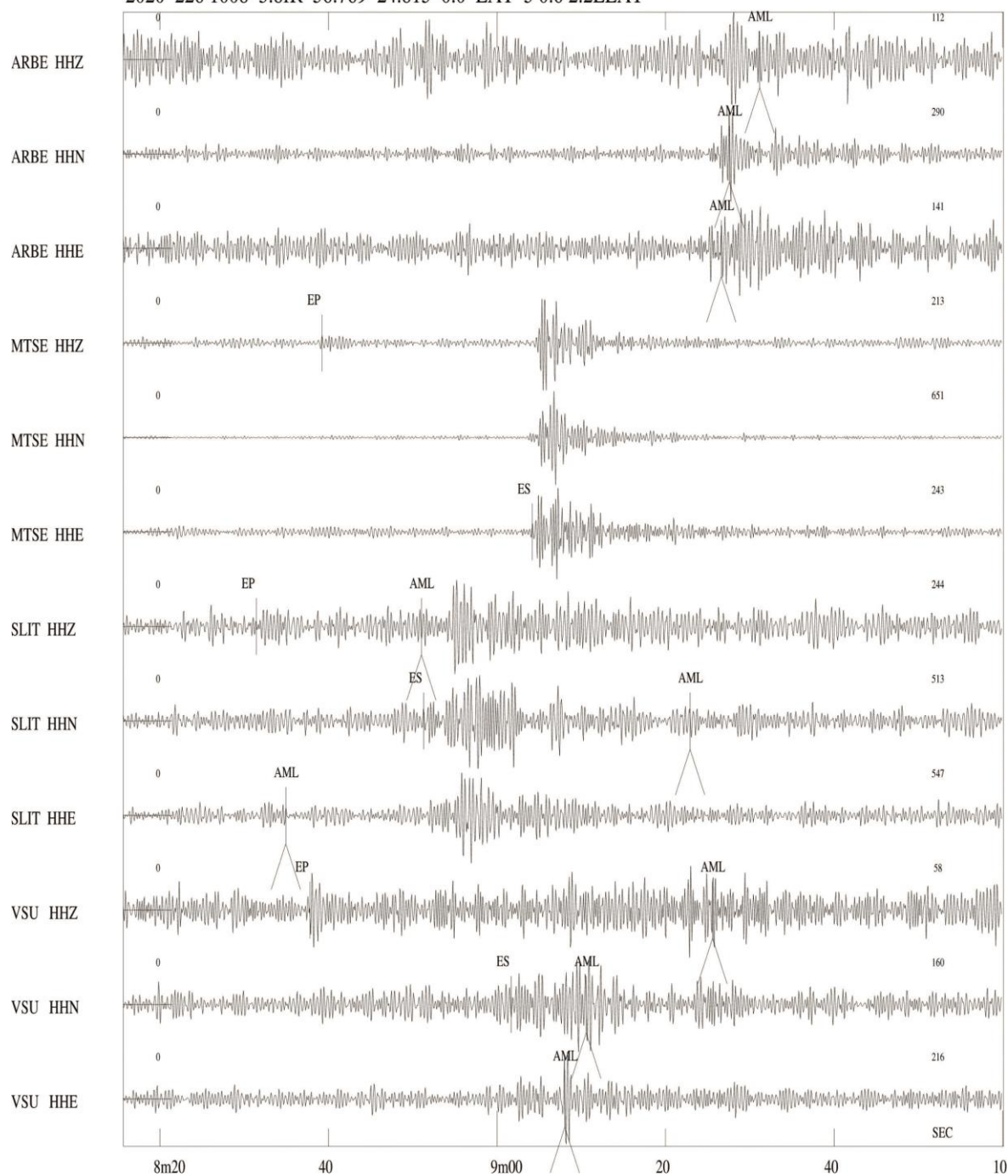


7.19.att. 2020.gada 3.augustā reģionāls seismiskais notikums Igaunijas un Latvijas robežas ar magnitūdu 1.9. Poligons Nr. 9.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 5 - 10 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 107-291 km.

2020 226 1008 3.8fR 56.769 24.815 0.0 LAT 5 0.6 2.2LLAT



7.20.att. 2020.gada 26.februārī reģionāls sprādziens (ar magnitūdu 2.2) karjerā, kurš atrodas starp Tūrkalni un Kranciemu. Poligons Nr. 10.

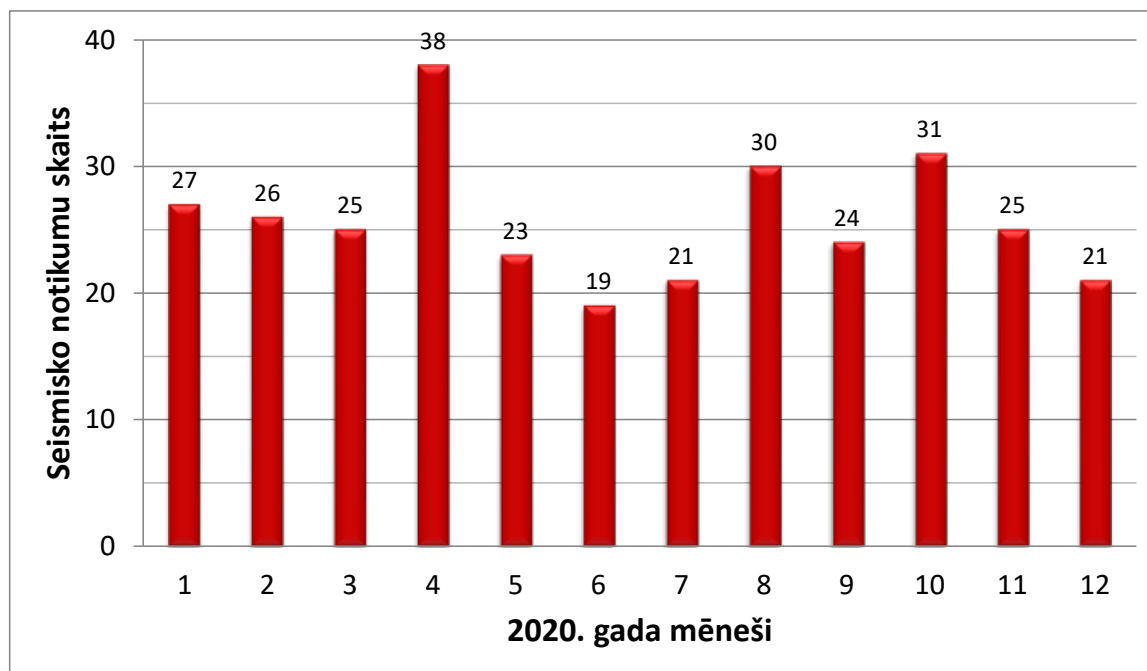
Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 2 - 4 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 180-505 km.

7.3. Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu statistiskais raksturojums

2020. gadā Baltijas austrumu reģionā (ģeogrāfiskais platums no 53,9° Z pl. līdz 59,7° Z pl. un ģeogrāfiskais garums no 19,4° A gar. līdz 29,6° A gar.) tika reģistrēti 310 seismiskie notikumi, kuri atrodas iekš teritorijām ar seismisko notikumu paaugstināto koncentrāciju (7.10 att.).

2020. gadā tika novērtēti daži statistikas parametri: seismisko notikumu sadalījums pa mēnešiem, pa dienām, kā arī seismisko notikumu sadalījums diennakts laikā. Tika arī novērtēts seismisko notikumu sadalījums pēc magnitūdas lielumiem, kā arī BAVSEN seismisko staciju līdzdalības pakāpe Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu lokalizācijā.

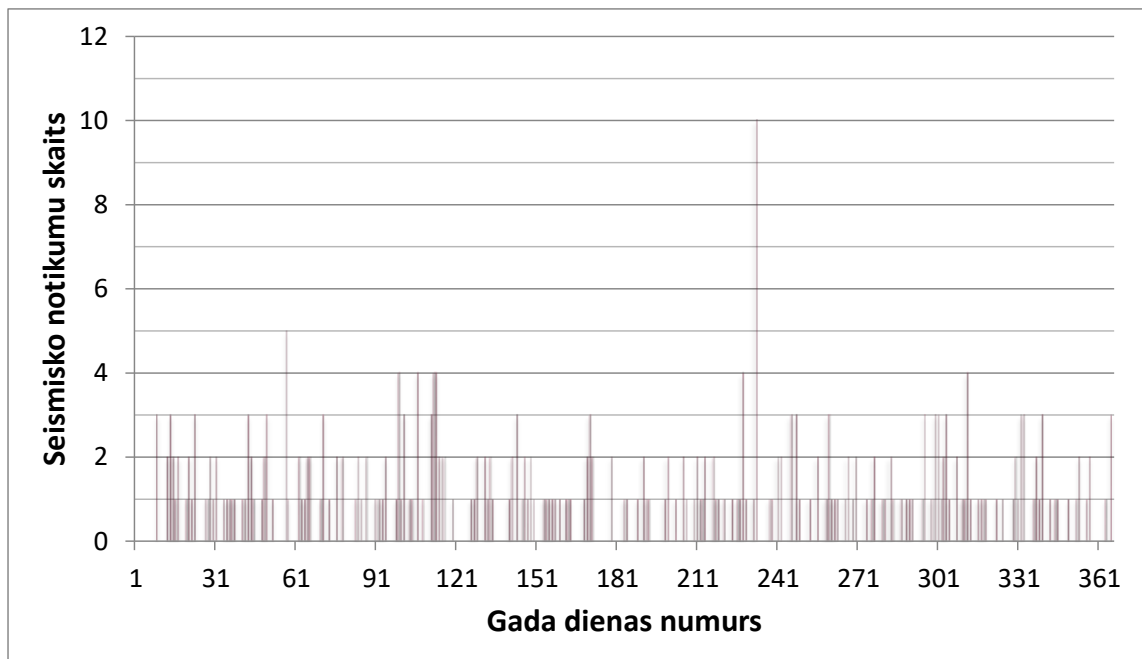


7.21.att. 2020. gada Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu sadalījums pa mēnešiem.

Laika intervāls: no 2020. gada 1. janvāra līdz 2020. gada 31. decembrim.

Maksimālais seismisko notikumu skaits (38) tika reģistrēts 2020. gada aprīlī (7.21.att.). Lielākā daļa (34) seismisko notikumu notika aprīlī Igaunijas ziemeļaustrumos. Acīmredzot tie bija saistīti ar spridzināšanas darbiem karjeros.

Seismisko notikumu maksimālais daudzums dienā (10) reģistrēts 2020. gada 19. augustā. Šajā dienā magnitūdu diapazons mainījās no 2.0 līdz 2.6. Astoņi seismiskie notikumi notika Somu līča rietumu daļā (5.grupa, 7.10. att.).

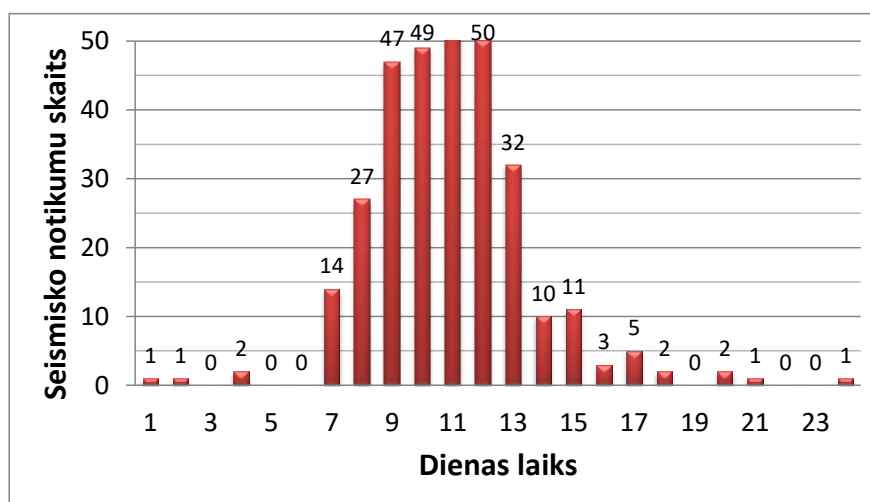


7.22.att. 2020. gada Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu sadalījums pa dienām pēc BAVSEN tīkla datiem.

Laika intervāls: no 2020. gada 1. janvāra līdz 2020. gada 31. decembrim.

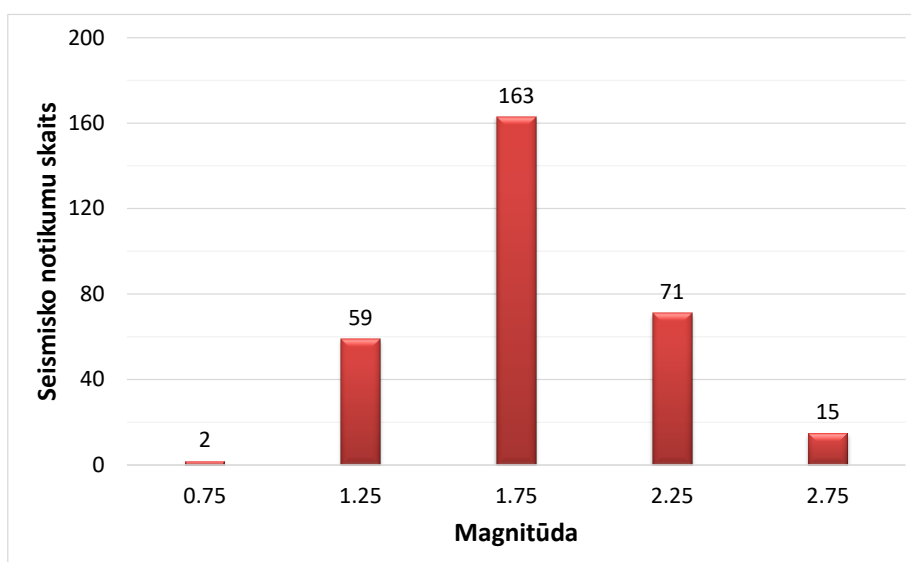
7.22. attēlā ir attēlots seismisko notikumu sadalījums Baltijas austrumu reģionā 2020. gadā: ģeogrāfiskā platuma diapazons no 53.9° Z pl. līdz 59.7° Z pl.; ģeogrāfiskā garuma diapazons no 19.4° A gar. līdz 29.6° A gar.

Seismisko notikumu sadalījums pa dienas stundām (7.23. att.) parāda, ka vislielākais to daudzums ir darba dienas laikā, t.i. no plkst. 7 līdz plkst. 15 pēc Griničas laika vai no plkst. 9 līdz plkst. 17 pēc vietējā (vasaras) laika. Šajā intervālā notikuši 93.5% seismisko notikumu. Domājams, ka šo seismisko notikumu ģenēze ir tehnogēna. Laiks ir svarīgs kritērijs, bet ne vienīgais, lai atšķirtu tehnogēnus sprādzienus no tektoniskām zemestrīcēm. Seismisko notikumu ģenēzes identificēšanai nepieciešama viļņu lauka parametru papildu analīze.



7.23.att. 2020. gada Baltijas reģiona seismisko notikumu sadalījums pa dienas stundām.

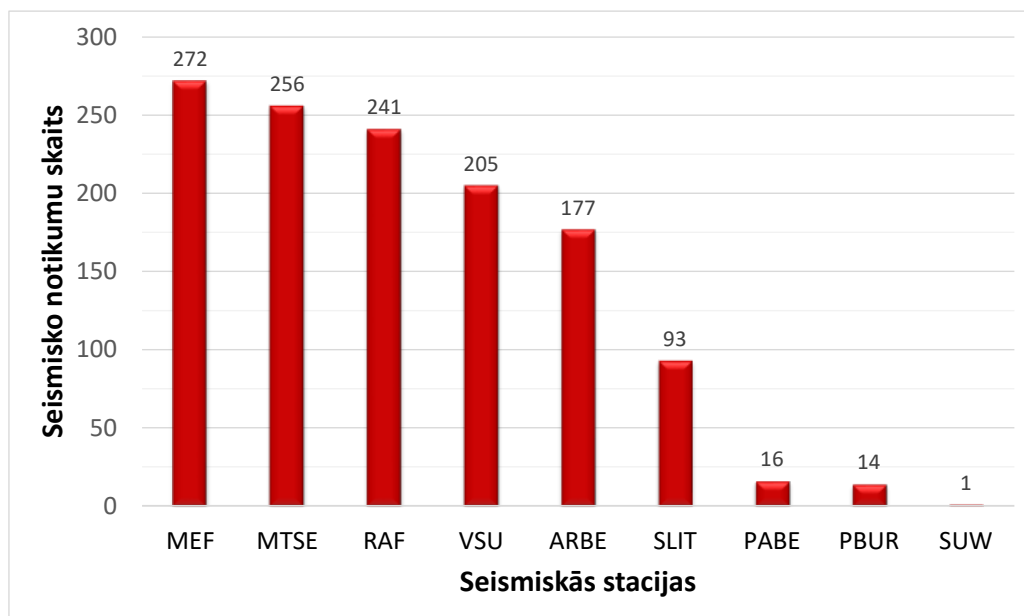
Ņemot vērā, ka attālums starp seismiskajām stacijām *BAVSEN* tīklā ir aptuveni 170 km, tīklā var tikt reģistrēti seismiskie notikumi ar minimālo magnitūdu 1.25 (7.24. att.). Magnitūda netika noteikta astoņiem seismiskiem notikumiem.



7.24.att. Baltijas austrumu reģiona 2020. gada seismisko notikumu magnitūdu sadalījums.

Baltijas austrumu reģiona seismisko staciju izkārtojums ir novērtēts pēc dalības seismisko notikumu lokalizācijā (7.25.att.). Ieraksta kvalitātē nozīmīga loma ir

ģeoloģiskajiem apstākļiem. Somijas stacijas ir novietotas praktiski uz kristāliska pamatklintāja iežiem, kas ir īpaši labvēlīgi nosacījumi seismiskās stacijas novietojumam. Savukārt Igaunijas stacijām ir raksturīga mazāka jauda, jo tās atrodas uz nogulumiežu segas.



7.25. att. Virtuālā tīkla *BAVSEN* seismisko staciju dalība reģionālo seismisko notikumu hipocentru lokācijā 2020. gadā Baltijas austrumu reģionā.

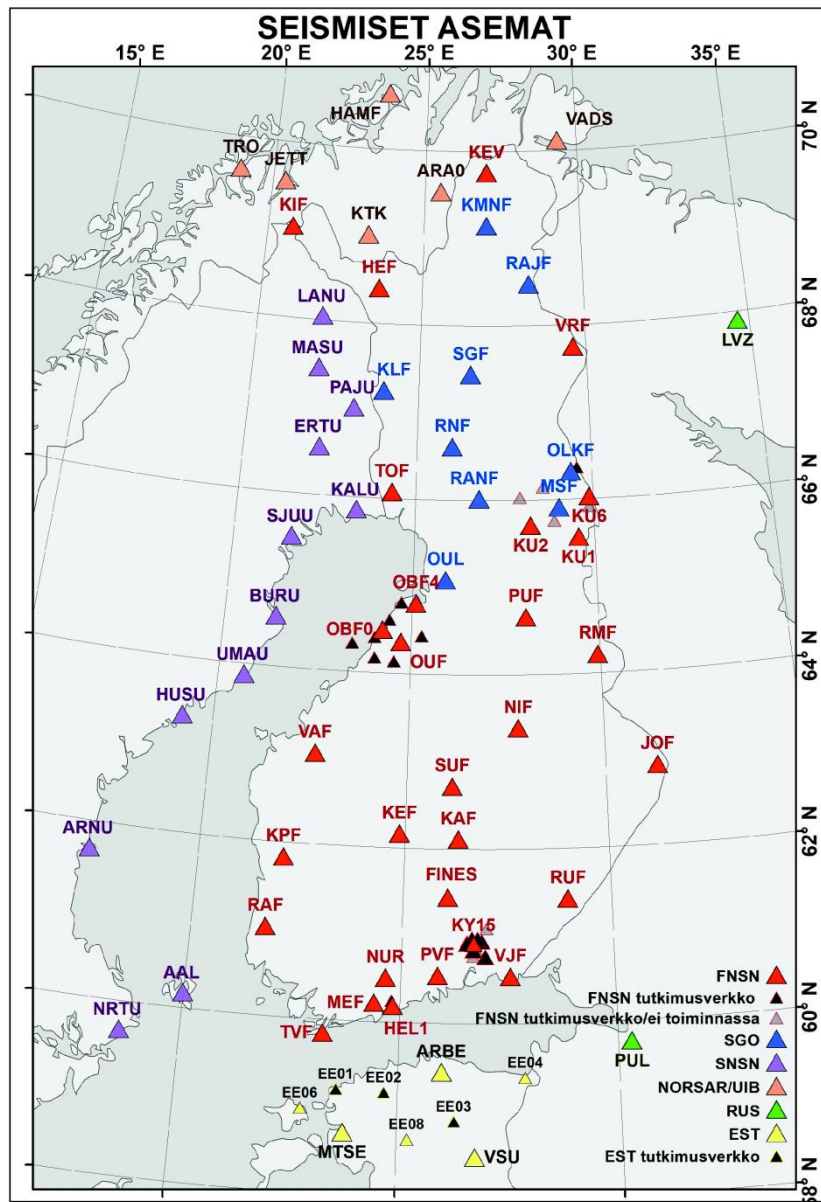
2020. gadā visu reģionālo seismisko notikumu lokalizācijai visvairāk izmantota tika MEF (87.7%). MTSE un RAF bija nākamās stacijas, kas biežāk (82.6% un 77.7% attiecīgi) piedalījās seismisko notikumu lokalizācijā Baltijas austrumu reģionā. Mazāk tika izmantotas VSU (66.1%), ARBE (57.1%) stacijas.

SLIT stacija tika izmantota tikai 30% gadījumiem, lai lokalizētu seismisko notikumu. SLIT stacijas salīdzinoši nelielā piedalīšanās seismisko notikumu lokalizācijā varētu būt izskaidrojama ar to, ka SLIT stacija ir novietota augstu seismisko trokšņu līmeņu apstākļos, kā arī SLIT stacija atrodas tālāk no galvenajiem seismiskajiem avotiem (piemēram, karjeriem Igaunijas ziemeļaustrumos), salīdzinot ar citām seismiskām stacijām.

Baltijas reģionālo seismisko notikumu lokalizācijā ļoti mazu dalību ņēma stacijas PABE (5.2%), PBUR (4.5%), SUW (0.3%) (7.26.att.).

8. Somijas seismoloģiskais tīkls un monitoringa rezultāti 2020. gadā

Šajā nodaļā īsumā izklāstīti 2020. gada Somijas seismoloģiskā tīkla monitoringa rezultāti. Dati iegūti no Helsinku Universitātes Seismoloģiskā Institūta (*Institute of Seismology, University of Helsinki – ISUH*). 8.1. zīmējumā parādīta Somijas seismisko tīklu un piegulošo teritoriju karte.



8.1.att. Somijas seismoloģiskās stacijas

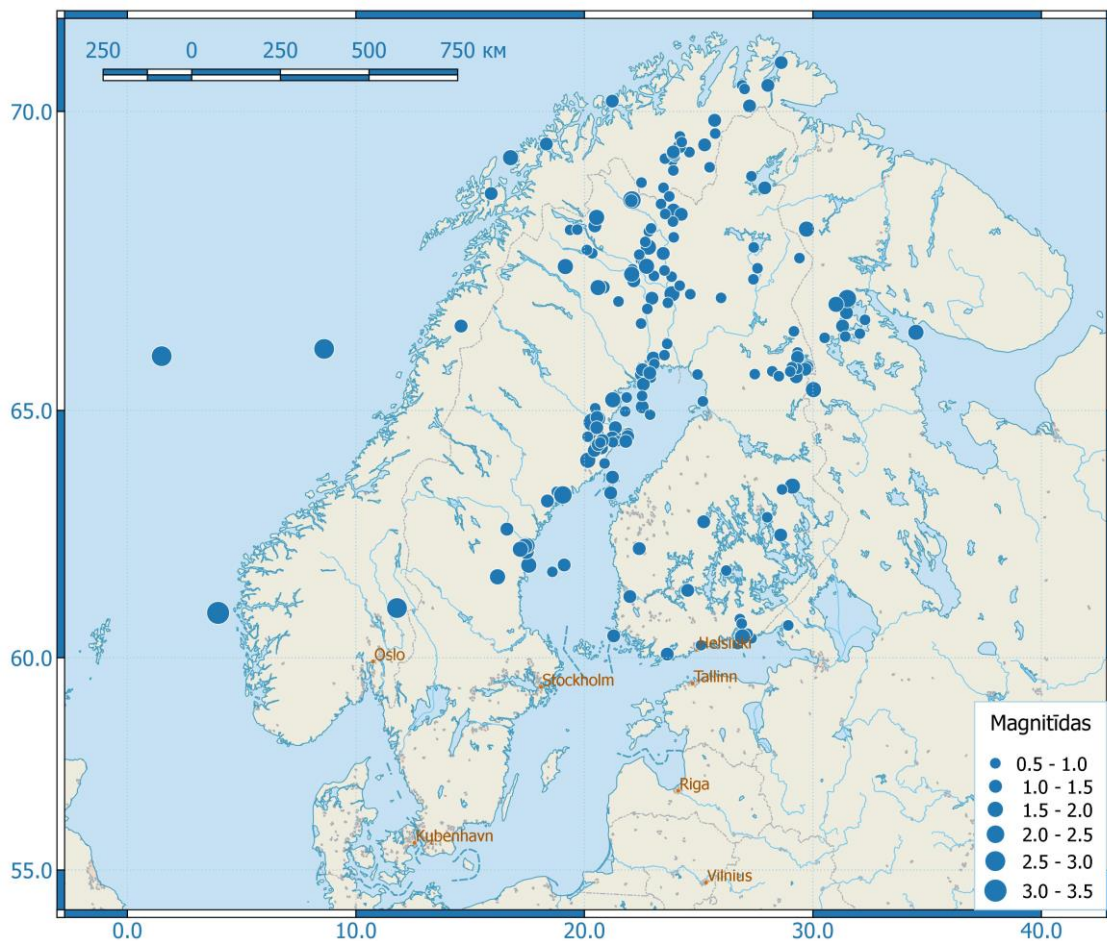
Apzīmējumi: sarkanie trīsstūri (FNSN) - Helsinku Universitātes Seismoloģijas Institūta seismisko staciju tīkls (ISUH); melnie trīsstūri Somijas teritorijā (FNSN tutkimusverkko) - divi lokāli pētnieciskie seismiskie tīkli; pelēki trīsstūri (FNSN tutkimusverkko/ei toiminnassa) - nestrādājošas

stacijas; zilie trijstūri (SGO) - Oulu Universitātes Sodankilas ģeofiziskās observatorijas seismiskais tīkls (Sodankyla Geophysical Observatory, University of Oulu); violette trijstūri (SNSN) - Zviedrijas nacionālais seismiskais tīkls, Uppsalas Universitāte; oranžie trijstūri (NORSAR/UIB) - NORSAR un Bergena Universitātes norvēģu tīkla seismiskās stacijas; zaļais trijstūris (RUS) - Pulkovo seismiska stacija, Krievijas Ģeofiziskais dienesta seismiskais tīkls; dzeltenie trijstūri (EST) - Igaunijas seismiskais tīkls; melnie trijstūri Igaunijas teritorijā (EST tutkimusverkko) - Igaunijas pētniecības tīkla papildu stacijas.

Pašlaik Somijas seismoloģiskais tīkls sastāv no 29 pastāvīgām stacijām (KIF, KEV, HEF, VRF, TOF, KU1, KU2, KU6, OBF0, OBF4, OUF, PUF, RMF, NIF, JOF, VAF, SUF, KEF, KAF, KPF, RAF, RUF, KY15, VJF, NUR, PVF, TVF, HEL1, MEF) un vienas seismiskās grupas FINSS. Stacijas atrodas visā Somijā. Datu bāze izvietotā Seismoloģijas Institutā un atrodas Helsinkos. Somu seismiskais tīkls ir daļa no Globālā seismogrāfiskā tīkla, un ieraksti un novērojumu dati tiek nosūtīti vairākiem starptautiskiem seismisko datu centriem (ORFEUS, ISC, EMSC, IRIS, GEOFON). Turklāt darbojas vēl 9 seismikas stacijas (KMNF, RAJF, SGF, KLF, RNF, RANF, OLKE, MSF, OUL) no Oulu Universitātes Odankilas ģeofiziskās observatorijas seismiskā tīkla.

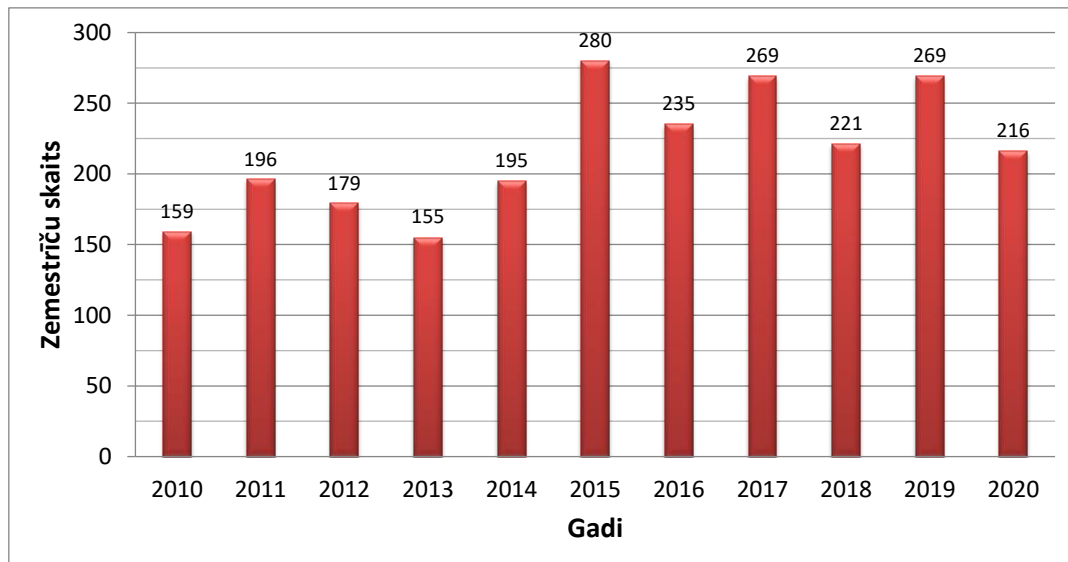
ISUH lokalizācijas dati attiecas uz teritoriju, kas izvietota robežās: ģeogrāfiskais platums no 54,0° Z pl. līdz 71.6° Z pl. un ģeogrāfiskais garums no 2,8° R gar. līdz 42,8° A gar. (8.2.att.).

Saskaņā ar *ISUH* datiem 2020. gadā (laikā no 01.01.2020. līdz 31.12.2020.) Ziemeļeiropā un Krievijas ziemeļaustrumos notika 216 tektonisko zemestrīču (8.2.att.). Novēroto magnitūdu diapazons ir no - 0.2 līdz 3.2. Notikumu cilmvietas dziļums mainījās no 0.0 līdz 40.0 km. Baltijas austrumu reģionā saskaņā ar *ISUH* datiem, 2020. gadā netika reģistrētas tektoniskās zemestrīces. Visspēcīgākā zemestrīce (magnitūda 3.2) notika Ziemeļjūrā, netālu no Bergena 2020. gada 29. jūlijā. Zemestrīces cilmvieta atradās dziļumā 10.0 km.



8.2.att. 2020. gada tektoniskās zemestrīces Ziemeļeiropas un Krievijas ziemeļaustrumu daļā saskaņā ar ISUH tīkla datiem.

Saskaņā ar ISUH datiem seismiskā aktivitāte Ziemeļeiropā un Skandināvijā 2020. gadā bija mazāka nekā aktivitāte par periodu no 2015.gada līdz 2019.gadam (8.3.att.).



8.3. att. Tektonisko zemestrīču skaits Ziemeļeiropā un Skandināvijā no 2010. gada līdz 2020. gadam saskaņā ar *ISUH* datiem

8.3. attēlā (diagramma) ir parādītas tikai tektoniskās zemestrīces (bez tehnogēniem seismiskajiem notikumiem), kuras reģistrētas ar *ISUH* seismiska tīkla palīdzību. Protams, zemestrīču diapazons magnitūdām ir liels (no - 0.2 līdz 3.5) un zemestrīču skaita grafiks tikai netieši atspoguļo seismisko aktivitāti. Tomēr ir redzams, ka kopš 2015. gada seismiskā aktivitāte Ziemeļeiropā un Skandināvijā ir būtiski palielinājusies.

9. Secinājumi un rekomendācijas

2020. gadā turpinājās Latvijas un Baltijas austrumu reģiona seismoloģiskais monitoringa, izmantojot datus no vairākām seismiskajām stacijām. Seismoloģiskā monitoringa īstenošanā iekļautas desmit seismiskās stacijas no Baltijas reģiona un no Skandināvijas valstīm, kas iekļautas *GEOFON* tīklā, lai identificētu un lokalizētu seismiskos notikumus Baltijas austrumu reģionā (ģeogrāfiskā platuma robežās no 53.89° Z pl. līdz 59.68° Z pl.; ģeogrāfiskā garuma robežās no 19.38° A gar. līdz 29.60° A gar.).

Pārskats ietver papildus informāciju par seismoloģiskā monitoringa priekšnosacījumiem, aktualitāti, mērķiem un uzdevumiem, Latvijas seismoloģiskā monitoringa īsu vēsturi un mūsdienu apstākļus. Pārskatā ir sniegta informācija par organizācijām, kuras varētu būt ieinteresētas seismoloģiskajā informācijā, kā arī īsa informācija par Baltijas virtuālo seismoloģisko tīklu (*BAVSEN*). Ir parādīti seismiskā monitoringa rezultāti, kas iegūti no Helsinku Universitātes Seismoloģijas Institūta. Tā ir viena no vadošām seismoloģiskām aģentūrām Skandināvijā un Ziemeļeiropā.

Seismiskā monitoringa galvenais rezultāts bija Baltijas reģiona seismisko notikumu parametru (epicentra koordinātas, seismiskā notikuma izcelšanās laiks, magnitūda) fiksēšana.

2020. gadā ar *BAVSEN* tīkla palīdzību tika konstatēti un apstrādāti 1279 seismiskie notikumi. To starpā bija 403 globālie un 876 reģionālie seismiskie notikumi.

Baltijas austrumu reģionā (ģeogrāfiskā platuma robežās no 53.89° Z pl. līdz 59.68° Z pl.; ģeogrāfiskā garuma robežās no 19.38° A gar. līdz 29.60° A gar.) seismiskie parametri (cilmvietas izcelšanās laiks, epicentra koordinātas, magnitūda un dziļums) novērtēti 310 reģionāliem notikumiem. Baltijas austrumu reģiona seismiskuma analīze ļāva izdalīt 10 teritorijas ar seismisko notikumu paaugstināto koncentrāciju (ar vairāk kā trīs seismiskiem notikumiem). Seismiskie notikumi dažās teritorijās ir saistīti ar tehnogēniem avotiem. Tajā pašā laikā ir teritorijas, kuros seismiskie notikumi varbūt saistīti ar tektoniskiem avotiem. Piemēram, tie ir 4., 6., 7., 9. teritorijas. Īpašu uzmanību ir pelnījuši seismiskie notikumi 4., 7., 9. teritorijā.

2020. gadā Latvijas teritorijā un tās apkārtnē (ģeogrāfiskais platums no 55.6° Z pl. līdz 58.2° Z pl. un ģeogrāfiskais garums no 20.5° A gar. līdz 28.5° A gar.) tika reģistrēti 62 seismiskie notikumi un noteikti to parametri. To magnitūda svārstās no 1.5 līdz 2.9. Vairums seismisko notikumu saskaņā ar *BAVSEN* datiem notikuši Irbes šaurumā un

Kurzemes pussalas ziemeļos (iekš 2. noteiktās teritorijas atrodas 23 seismisko notikumu). Seismiskie notikumi, kas notikuši Latvijas teritorijā ir saistīti ar tehnogēnu ģenēzi. Tomēr ir nepieciešami papildu seismisko notikumu ģenēzes pētījumi 4. un 9. teritoriju iekšienē. Joprojām pastāv problēma identificēt seismisko notikumu ģenēzi.

Saskaņā ar *ISUH* datiem 2020. gadā Ziemeļeiropā un Krievijas ziemeļaustrumos notika 216 tektonisko zemestrīču (8.2.att.). Novēroto magnitūdu diapazons ir no - 0.2 līdz 3.2. Turklāt saskaņā ar *ISUH* datiem no 2015. gada vērojama seismiskās aktivitātes palielināšanās Ziemeļeiropā un Skandināvijā. 2020.gadā saskaņā ar *ISUH* datiem mazāk nekā 2019. gadā.

2020. gadā Baltijas austrumu reģionā netika identificētas tektoniskās zemestrīces.

Slīteres stacija neļauj kontrolēt ievērojamu Latvijas teritoriju. Īpaši maz informācijas par dienvidaustrumu Latviju. BAVSEN tīkls nevienmērīgi sedz Austrumbaltijas reģiona teritoriju. Starp stacijām ir ļoti lieli attālumi. Tāpēc 2. nodaļā sniegti Latvijas seismiskā tīkla attīstības piedāvājumi. Tas ļautu ne tikai vienmērīgi segt Latvijas teritoriju ar seismiskām stacijām un samazināt reģistrējamo seismisko notikumu magnitūdu, bet arī kontrolēt seismiskos apstākļus Latvijas teritorijas tuvumā.

Literatūra un fondu materiāli

- 8. Eirokodekss.** *Seismiski izturīgu konstrukciju projektēšana. 1.daļa: Vispārīgie noteikumi. Seismiskā iedarbība un noteikumi ēkām*, 2005. European Committee for standardization (CEN). European Standard. LVS EN 1998-1:2005 A, 229 p.
- Аболтыньш О.П., 1969.** *Современные движения в районе водохранилища Плявиньской ГЭС.* Министерство геологии СССР. ВНИИМОРГЕО. 107 стр.
- Аболтыньш О.П., 1971.** *Изучение современных движений на опытном полигоне по данным повторного высокоточного нивелирования с целью подтверждения их колебательного характера.* Министерство геологии СССР. ВНИИМОРГЕО. 94 стр.
- Bormann P., 2015.** *SeismicNoise.* Encyclopedia of Earthquake Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 27.
- Dišlere S., 2007.** *Ģeodinamisko procesu attīstības likumsakarības un to analīzes iespējas.* Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Videszinātne. Referātu tēzes. Rīga, 135 - 136.
- Doss B., 1898.** *Übersicht und Natur der in Ostseeprovinzen vorgekommen Erdbeben.* Korrespondenzblatt der Naturforscher – VereinszuRiga. XL, 145 – 162.
- Doss B., 1909.** *Die historisch beglaubigten Einsturzbeben und seismisch-akustischen Phänomene der russischen Ostseeprovinzen.* Sonderabdruck aus Gerlands und Rudolphe Beiträgen zur Geophysik Bd. X, Heft 1, 1 – 124.
- Гальперин Е.И., Нерсесов И.Л., Воровский Л.М., Гальперина Р.М., Чесновов А.И., 1978.** *Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров.* Наука, Москва, 187 стр.
- Gregersen S., Wiejacz P., Debski W., Domanski B., Assinovskaya B., Guterch B., Mantyniemi P., Nikulin V.G., Pacesa A., Puura V., Aronov A.G., Aronova T.I., Grunthal G., Husebye E.S., Sliampa S., 2007.** *The exceptional earthquakes in Kaliningrad district, Russia on September 21, 2004.* Physics of the Earth and Planetary Interiors 164, 63–74.
- Hirono T., Shyehiro S., Furuta M., 1954.** *Noise attenuation in shallow holes.* Pap. Meteorol. and Geophys., 20, N 2.
- Хотько Ж.П., 1974.** *Глубинное строение территории Беларуси и Прибалтики по данным геофизики.* Минск, 92 с.

- Kondorskaya N.V., Nikonov A.A., Ananyin D.V., Dolgoplov D.V., Korhonen H., Arhe K., 1988.** *Osmussaar earthquake in the East Baltics of 1976*. Recent seismological investigation in Europe. Proceeding of the XIX General Assambly of the European Seismological Commision. Moscow. 376 - 387.
- LVS EN 1998-1/NA, 2015.8.** *Eiropas kodekss. Seismiski izturīgu konstrukciju projektēšana. 1.daļa: Vispārīgie noteikumi. Seismiskās iedarbes un noteikumi ēkām*. Nacionālais pielikums. 4. lpp.
- Nikonov A.A. et al., 2005.** *Kaliningrad earthquake of September 21, 2004, makroseismic data for near and mesoseismal zones*. Kaliningrad earthquake September 21, 2004. Workshop materials, Tartu, 26 - 29.
- Ņikuļins V., 1996.** *Latvijas vēsturisko zemestrīču seismotektoniskā pozīcija*. Latvijas ģeoloģijas vēstis, Nr. 1, 22 - 29.
- Nikulīn V., 2005.** *Estimation of the seismic effects in Latvia from the Kaliningrad earthquake of September 21, 2004*. In: Joeleht A. (ed), Kaliningrad earthquake September 21, 2004. Tartu, 30 – 31.
- Никулин В.Г., 2007.** *Калининградские землетрясения 2004 года и их проявления на территории Латвии*. Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года. Ред. Николаев А.В.
- Nikulīn V., 2011.** *Assessment of the seismic hazard in Latvia. Version of 2007 year*. Materiālzinātne un lietišķā ķīmija, 1, 24, 110-115.
- Ņikuļins V., Cīrulis A., 2012.** *2010.gada 22.novembra Rīgas rajonā seismiskā satricinājuma analīzes iepriekšējie rezultāti*. Latvijas Universitātes 70.konferences tēzes.
- Ņikuļins V., 2017a.** *Seismicity of the East Baltic region and application-oriented methods in the conditions of low seismicity*. LU Akadēmiskais apgāds. 291 lpp.
- Ņikuļins V., 2017b.** *Olaines - Inčukalna - Bergu lūzumu zonas seismotektoniskās aktivitātes pazīmes*. Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference. Lietišķi ģeoloģiskie pētījumi. Tēžu krājums. 26 - 28.
- Ņikuļins V., 2018a.** *Cryoseisms of the East-Baltic region in December 1908*. Latvijas Universitātes 76. zinātniskā konference Zemes un vides zinātnēs, sesija "Lietišķa ģeoloģija". Referāts.
- Ņikuļins V., 2018b.** *Seismotectonic prerequisites for the geodynamic hazard of Latvia*. LU GGI conference "Geodynamic and geospatial researches". Abstract
- Ņikuļins V., 2019.** *Geodynamic Hazard Factors of Latvia: Experimental Data and Computational Analysis*. Baltic J. Modern Computing, vol. 7, 1, 151 - 170.

Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 005-99 "Inženierizpētes noteikumi būvniecībā", 2000. Ministru kabineta noteikumi Nr. 334. (<https://likumi.lv/ta/id/5724-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-005-99-inzenierizpetes-noteikumi-buvnieciba>)

PADOMES LĒMUMS 2012/699/KĀDP, 2012. Padomes lēmums 2012/699/KĀDP (2012.gada 13. novembris) par Savienības atbalstu Līguma par kodolizmēģinājumu vispārējo aizliegumu organizācijas sagatavošanas komisijas darbībām, lai nostiprinātu tās uzraudzības un pārbaudes spējas, kā arī īstenojot ES Stratēģiju masu iznīcināšanas ieroču izplatīšanas novēršanai. Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, L 314 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012D0699&from=LV>)

Safronovs O.N., Ņikuļins V.G., 1999. *Latvijas vispārīgā seismiskā rajonēšana.* Latvijas ģeoloģijas vēstis, Nr. 6, lpp. 30-35.

Valsts civilas aizsardzības plāns, 2020. Par Valsts civilās aizsardzības plānu. Ministru kabineta rīkojums Nr. 476, 242. lpp.

Withers M.M., Aster R.C., Young C.J., Chael E.P., 1996. *High-frequency analysis of seismic background noise as a function of wind speed and shallow depth.* Bull. Seismol. Soc.Am., 86 (5), 1507 - 1515.