



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS

Informatīvais pārskats Nr. 8

**Latvijas un Baltijas austrumu reģiona
seismoloģiskais monitorings
par 2019.gadu**

Autors: seismologs Valērijs Ņikuļins

Rīga 2020

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>Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests</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 2019.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>	56
8. Somijas seismoloģiskais tīkls un monitoringa rezultāti 2019.gadā	60
9. Secinājumi un rekomendācijas	64
Literatūra un fondu materiāli	66

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>The State Fire and Rescue Service</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 2019	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>	56
8. The seismological network and monitoring results of Finland in 2019	60
9. Conclusions and recommendations	64
Literature and fund materials	66

Anotācija

Pārskatā „Latvijas un Baltijas austrumu reģiona seismoloģiskais monitorings par 2019.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 apgabalā Krievijā) un gāzes vada "*Nord Stream*" būvniecību.

2019. gadā, izmantojot *BAVSEN* tīklu, konstatēti un apstrādāti 1561 seismisko notikumu dati – 375 globālu un 1186 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 2019.gadā reģistrēti un apstrādāti 325 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.

2019. gadā Baltijas austrumu reģionā netika identificētas tektoniskās zemestrīces.

Seismisko notikumu sadalījuma analīzes rezultātā tika izdalītas 11 teritorijas ar paaugstinātu seismisko notikumu koncentrāciju 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 2019.gadā atbilstoši ar

Helsinki 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 jebkādus 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 2018" results are presented of seismic observations during 2019. 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 2019 with the help of BAVSEN seismological network 1561 seismic events were detected and processed. Among them were 375 global and 1186 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 2019, the monitoring station recorded and processed 325 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 2019 tectonic earthquakes in the East Baltic region were not identified.

An analysis of the distribution of seismic events revealed 11 territories with an increased concentration 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.

As a result of the analysis of the distribution of epicentres of seismic events, 11 polygons with an increased concentration of seismic events were identified.

In the report there are presented seismic characteristics and information on tectonic earthquakes in Northern Europe and north-eastern Russia in 2019 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:

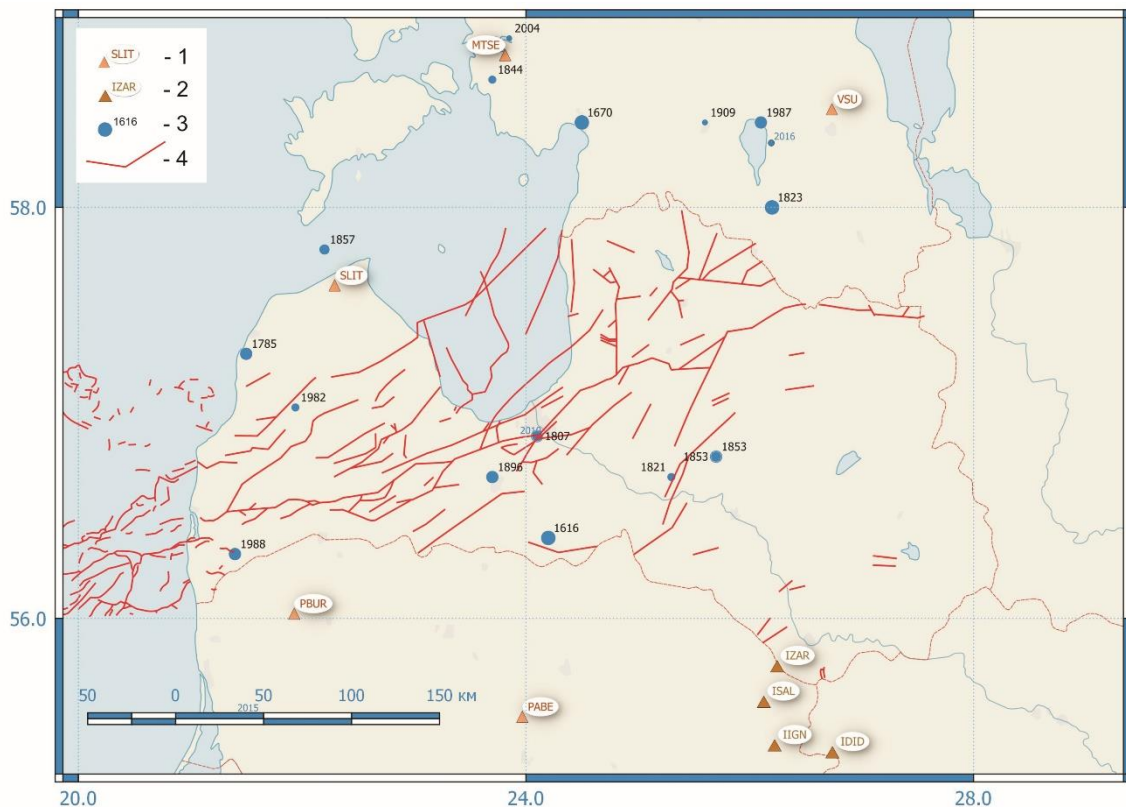
"Rīgā, Pēterburgas priekšpilsētā zemestrīču sērija notika. Stikla troksnis bija dzirdams, tika ievērota mēbeļu šūpošana. Ļaudis bija nobijušies. No rīta, dažās ielās bija redzamas plaisas pāri ielai ar platumu līdz 4.5 cm, citu plaisu dziļums bija līdz 1.5 m".

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 atkārtojamības 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>).

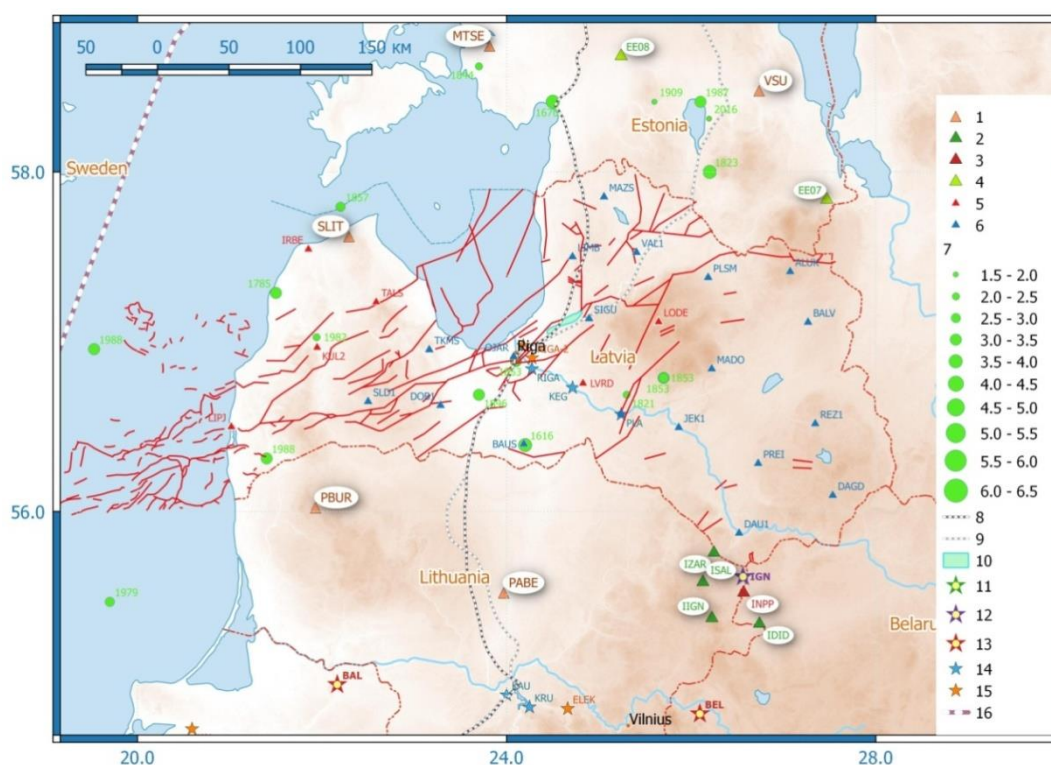
Saskaņā ar Valsts civilās aizsardzības plānu (1.pielikums IESPĒJAMO APDRAUDĒJUMU SARAKSTS) zemestrīces iekļautas apdraudējumu sarakstā (VCA plāns, 2020) (<https://likumi.lv/ta/id/317006-par-valsts-civilas-aizsardzibas-planu>).

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 rezonanšu 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 vēlamu seismisko staciju izvietojumu.

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 sajaukšanos 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.

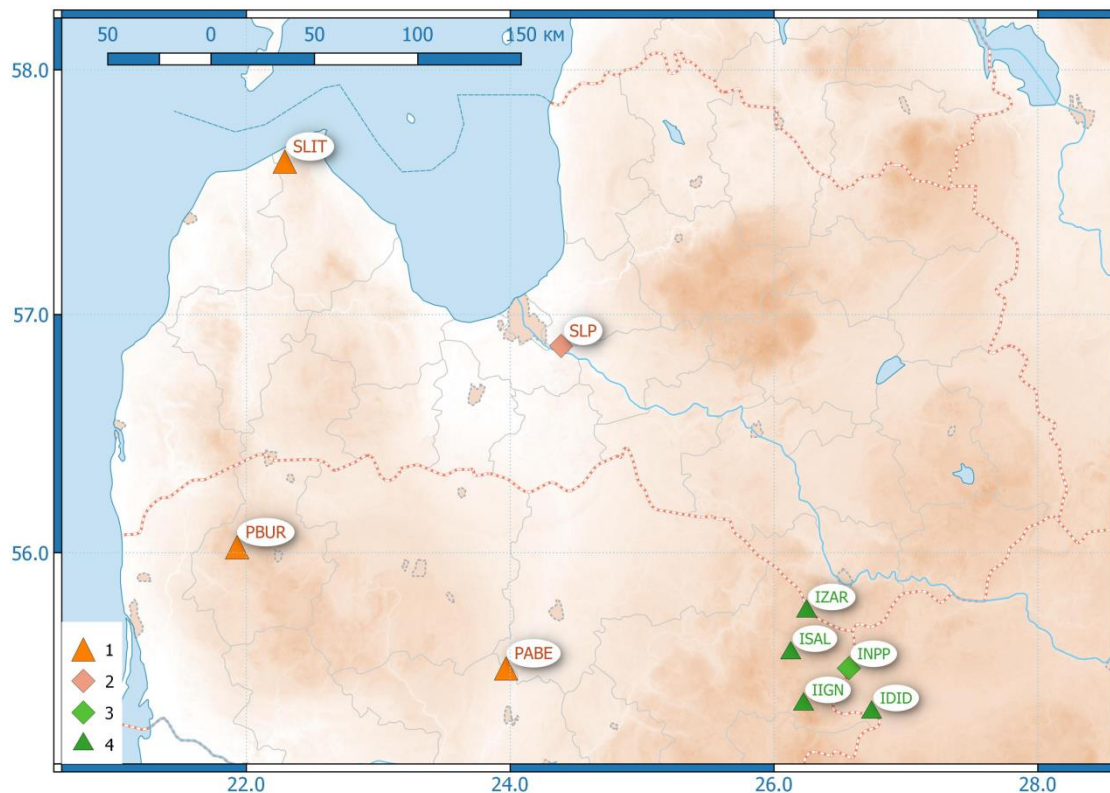
2006.gada 25.oktobrī Dundagas pagastā Slīteres bākas teritorijā uzstādīja platjoslas seismisko staciju (Slīteres seismoloģiskais novērojumu punkts). Slīteres seismiskā stacija ir iekļauta starptautiskajā seismoloģiskajā *GEOFON* tīklā ar centru *GFZ* Potsdama, Vācijā (<https://geofon.gfz-potsdam.de/waveform/archive/network.php?ncode=GE>).



4.1. att. Slīteres seismiskā stacija.

1 - Slīteres bākas kopskats; 2 - instrumentālā bunkura virsdaļa; 3 - aparatūras 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 sprādzienu 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. Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests

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 apgabalā (~ 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 kodolsprādzienus 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,DEPFI,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* (*BalticVirtualSeismicNetwork*) ir balstīts uz seismiskajām stacijām, kas iekļautas *GEOFON* tīklā. *BAVSEN* tīklu Latvijā izmanto tikai LVĢMC.

2019. gadā *BAVSEN* seismoloģiskais tīkls ietvēra 10 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>BornholmSkovbrynet</i> , Dānija).

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

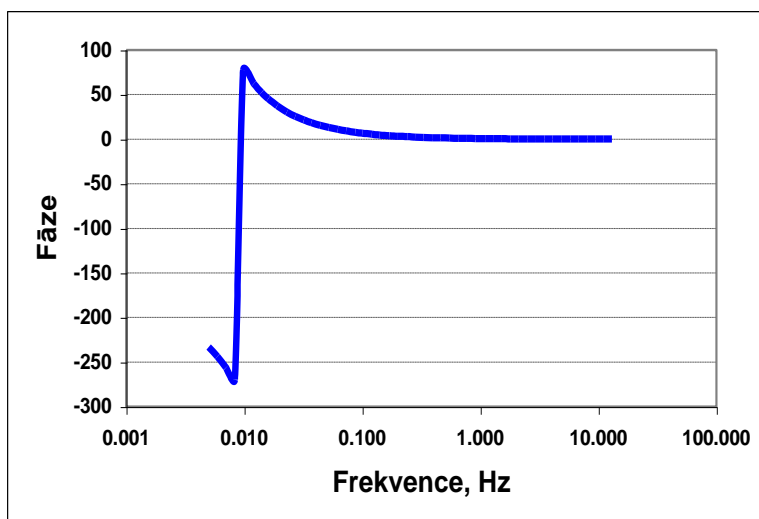
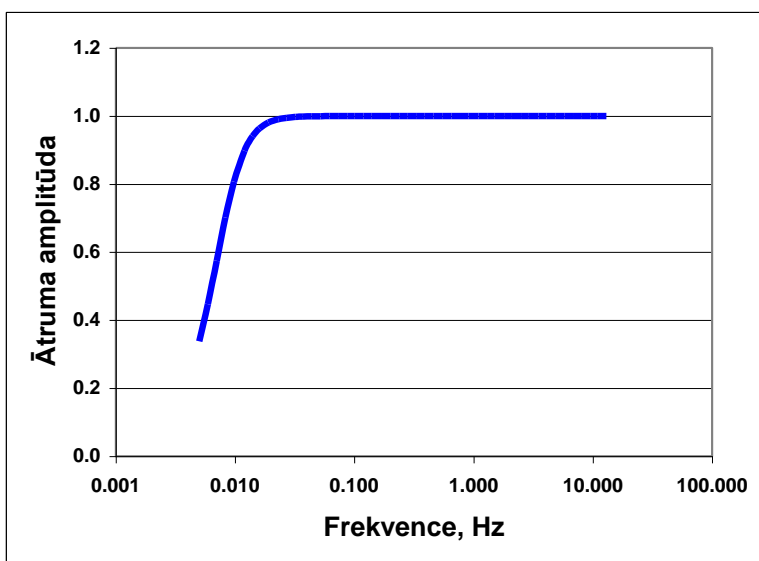
RAF stacijas dati nebija pieejami no 2019. gada augusta. Tas ievērojami samazināja seismisko notikumu lokalizācijas iespēju Baltijas austrumu reģionā. Vissvarīgākā loma reģionālo seismisko notikumu lokalizācijā Baltijas austrumu reģionā ir divām seismiskajām stacijām Somijā - MEF un RAF. Vienas stacijas datu trūkums ievērojami samazina iespēju *BAVSEN* tīklā lokalizēt seismiskos notikumus.

Turklāt no 2019. gada jūlija arī MTSE stacijas dati nebija pieejami. Tādējādi gada otrajā pusē tikai 4 seismiskās stacijas (SLIT, MEF, VSU, ARBE) varēja izmantot, lai lokalizētu reģionālos 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.

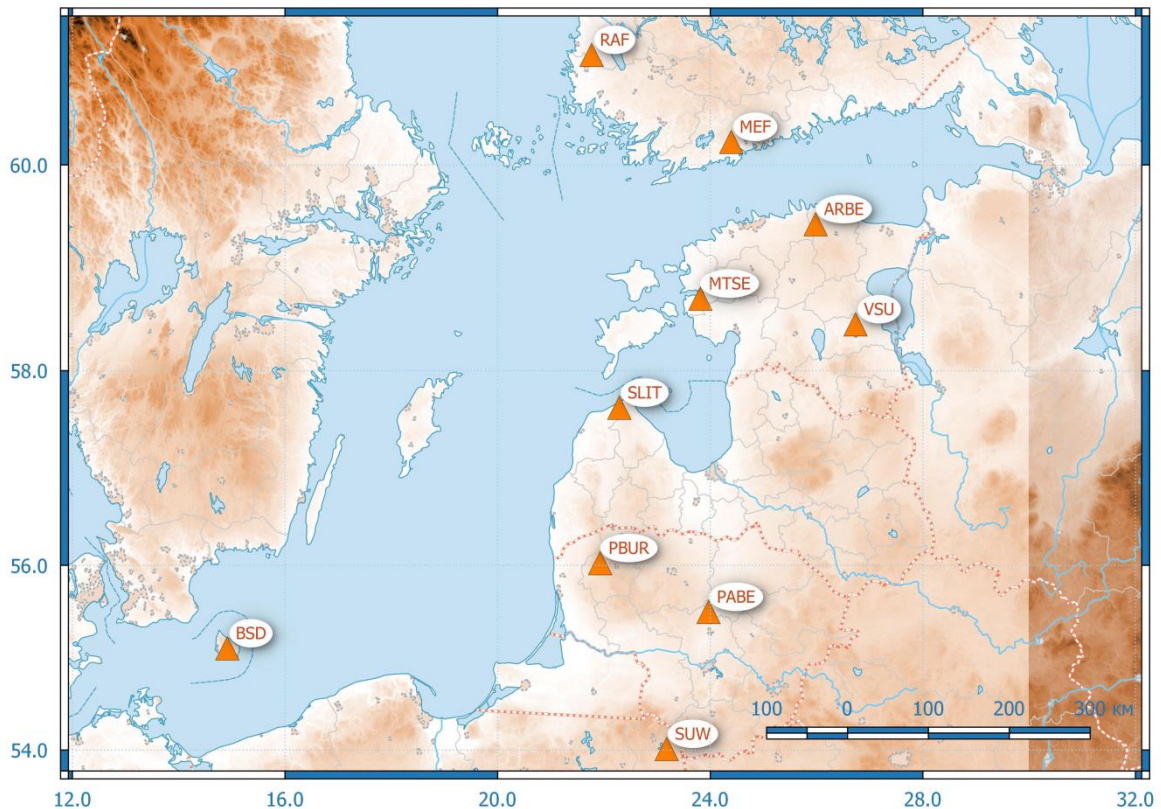
BAVSEN tīklā visām seismiskajām stacijām piemērota praktiski vienāda, unificēta aparatūra (seismouztvērēji, analogciparu pārveidotājs un speciālais instrumentālais un programmiskais bloks – *SeisComp*).

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. Lieli 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*.

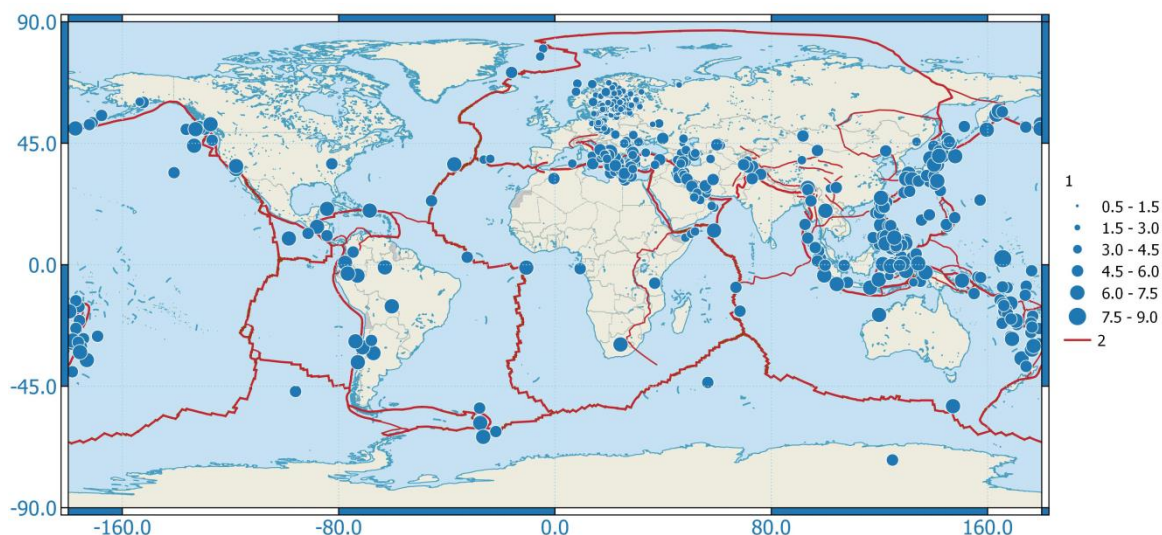
Baltic08 modelis ir izstrādāts, pamatojoties uz dziļās seismiskās zondēšanas rezultātiem 1986. gadā. Balstoties uz šo modeli, noteikts seismisko viļņu pienākšanas laiks atkarībā no dažādiem attālumiem. Apstrādātie seismiskie notikumi tiek ievadīti *BAVSEN* datu bāzē.

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

7. BAVSEN tīkla seismoloģiskā monitoringa rezultāti 2019.gadā

7.1. Tālo zemestrīču monitoringa rezultāti

Šajā nodaļā ir apskatīti tālu zemestrīču monitoringa rezultāti. 2019. gadā ar *BAVSEN* tīkla palīdzību kopumā ir reģistrēts un apstrādāts 1561 seismiskais notikums. Starp tiem ir 375 globālie un 1186 reģionālie seismiskie notikumi. Reģionālu seismisku notikumu starpā 325 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, Tibetas, Indonēzijas, Filipīnu, Japānas, Taivānas, Kuriļu salu, Kanādas (Vankūverā reģionā), Centrālās Amerikas, Čīles, Skandināvijas reģionos, Vidusjūrā, Klusā okeānā, Atlantijas okeānā) ir tālie seismiskie notikumi.



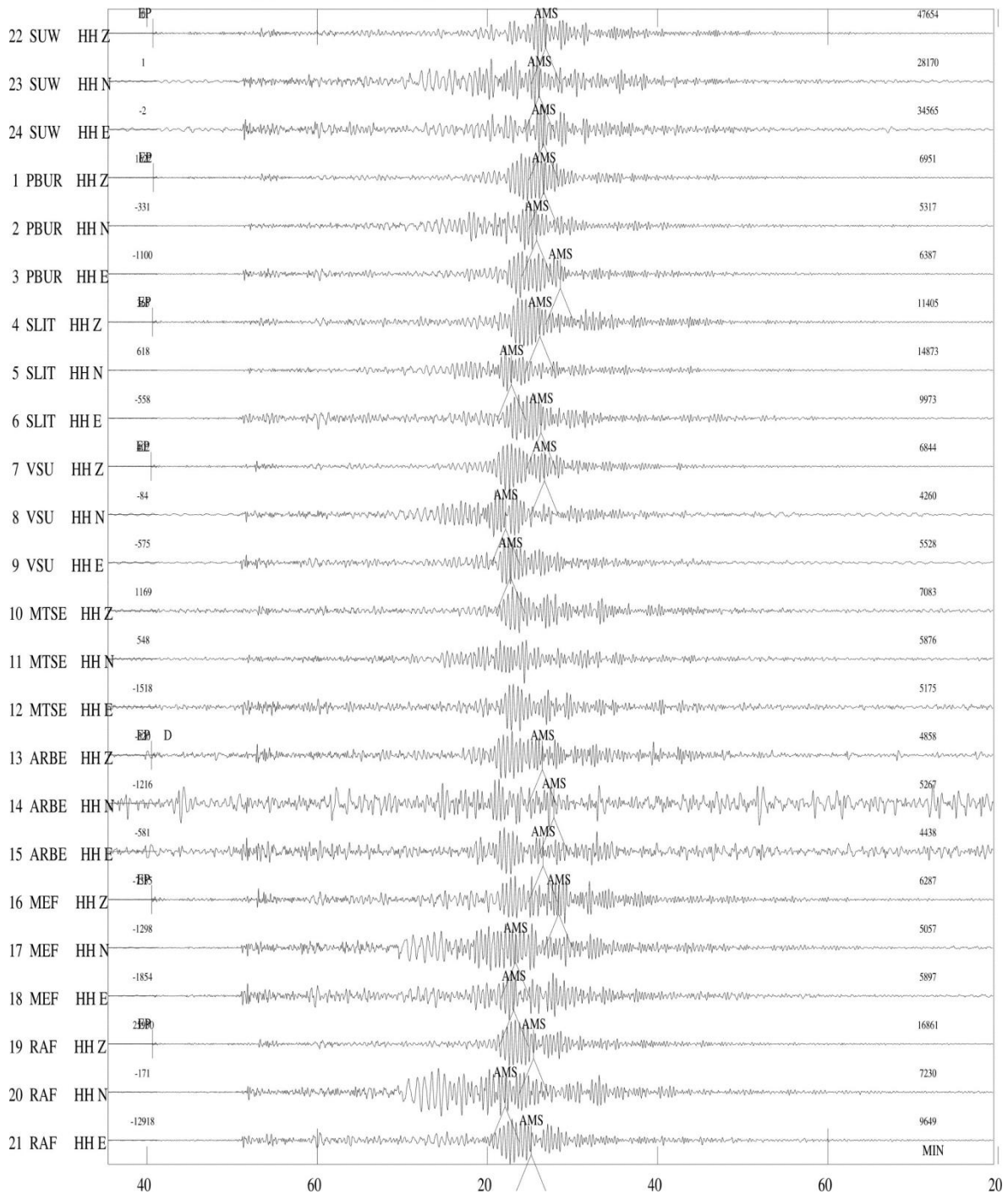
**7.1.att. 2019. gada seismiskie notikumi pasaulē pēc
BAVSEN seismoloģiskā tīkla datiem.**

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.

Daži tālo zemestrīču piemēri parādīti attēlos 7.2.–7.12.

2019 1 6 1727 36.3 D 6.484 124.560 15.0 LAT 7 0.6 6.5SLAT

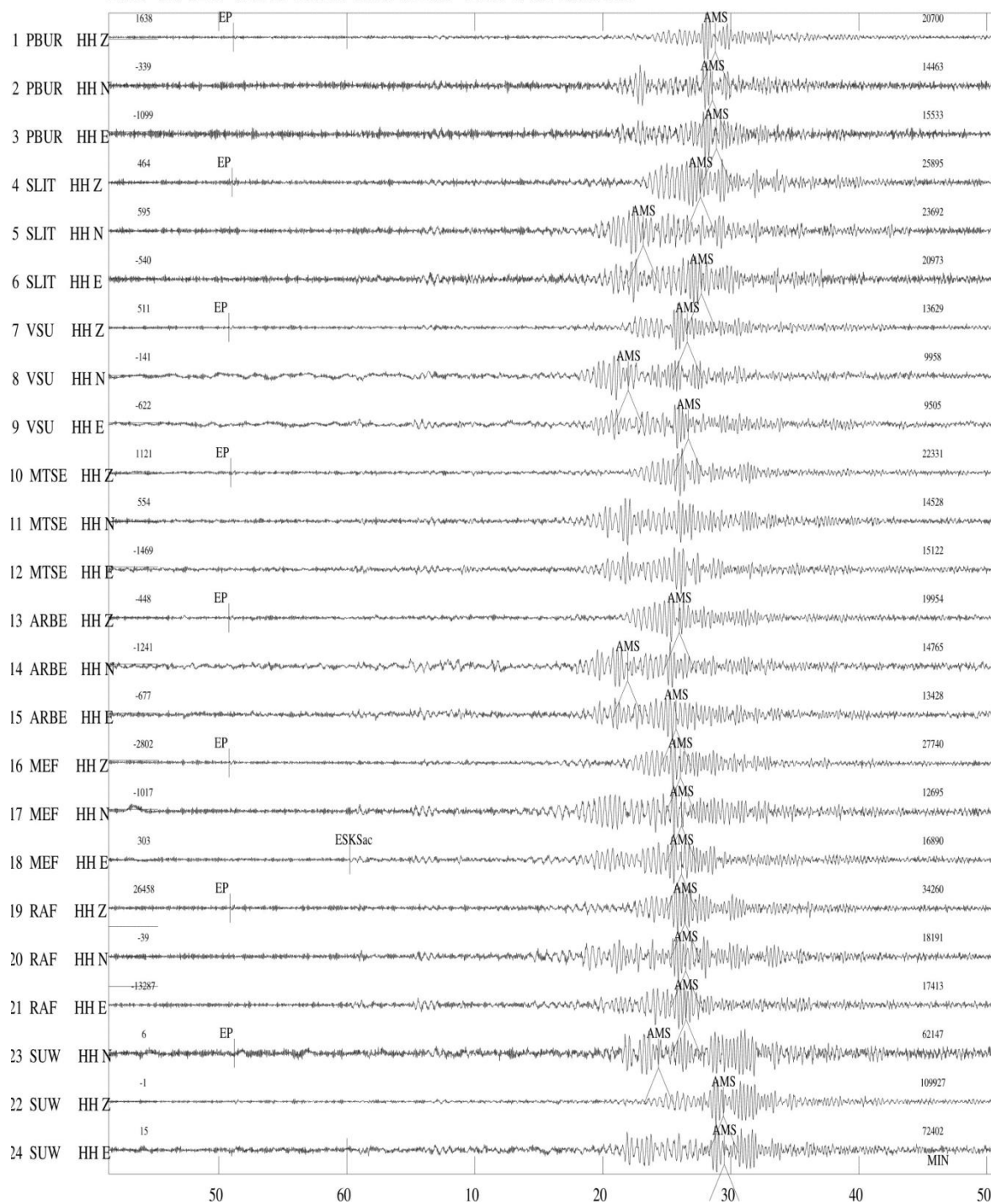


7.2.att. 2019.gada 6.janvāra zemestrīce Moluka (Molucca) jūrā ar magnitūdu 6.5.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

7.2. attēlā redzami Releja (*Rayleighwave*) un Love (*Lovewave*) virspusējie viļņi no tālās zemestrīces. Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 9860-10200 km. Virspusējiem viļņiem ir vislielākās amplitūdas. Virspusējo viļņu periods ir aptuveni 20 sekundes.

2019 1 8 1239 47.1 R 33.713 130.769 26.9 LAT 8 0.4 6.9SLAT

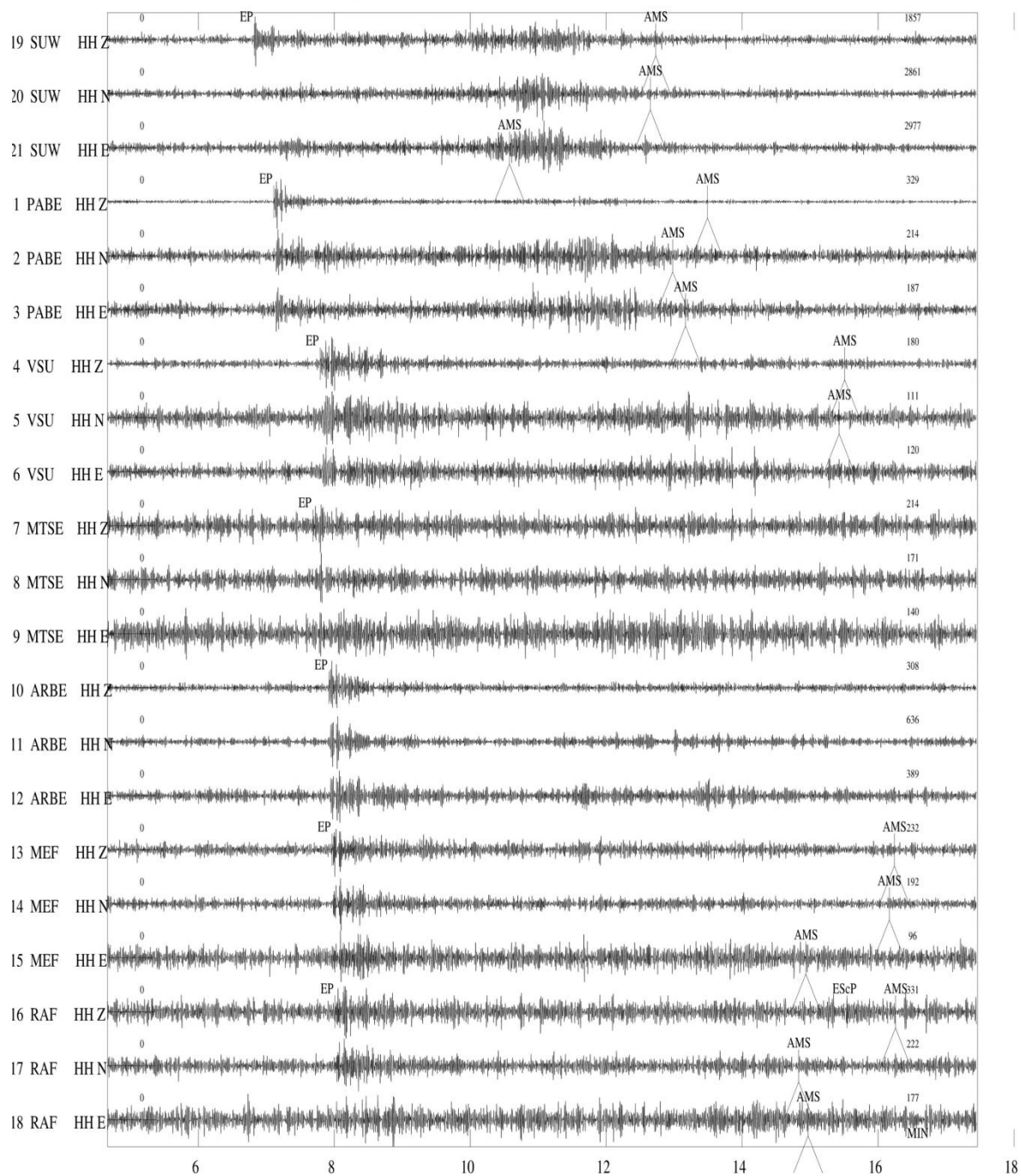


7.3.att. 2019.gada 8.janvārī zemestrīce Kijušu (Kyushu) reģionā (Japānā) ar magnitūdu 6.9.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 7620-8085 km.

2019 114 2303 4.4 D 40.334 13.624 16.1 LAT 7 0.5 4.3SLAT

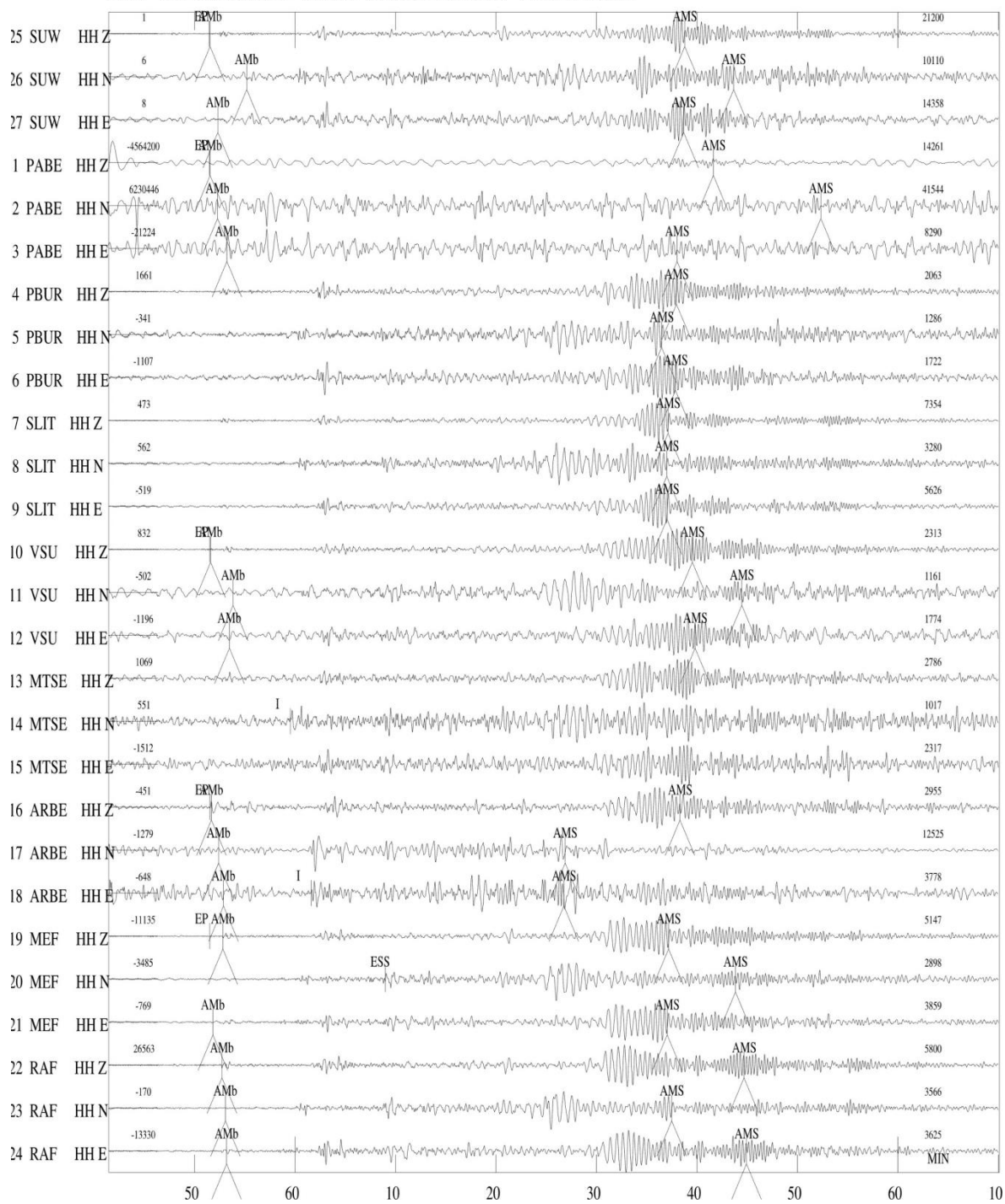


7.4.att. 2019.gada 14.janvārī tālā zemestrīce Ziemeļtālījā ar magnitūdu 4.3.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 1 - 5 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 1680-2370 km.

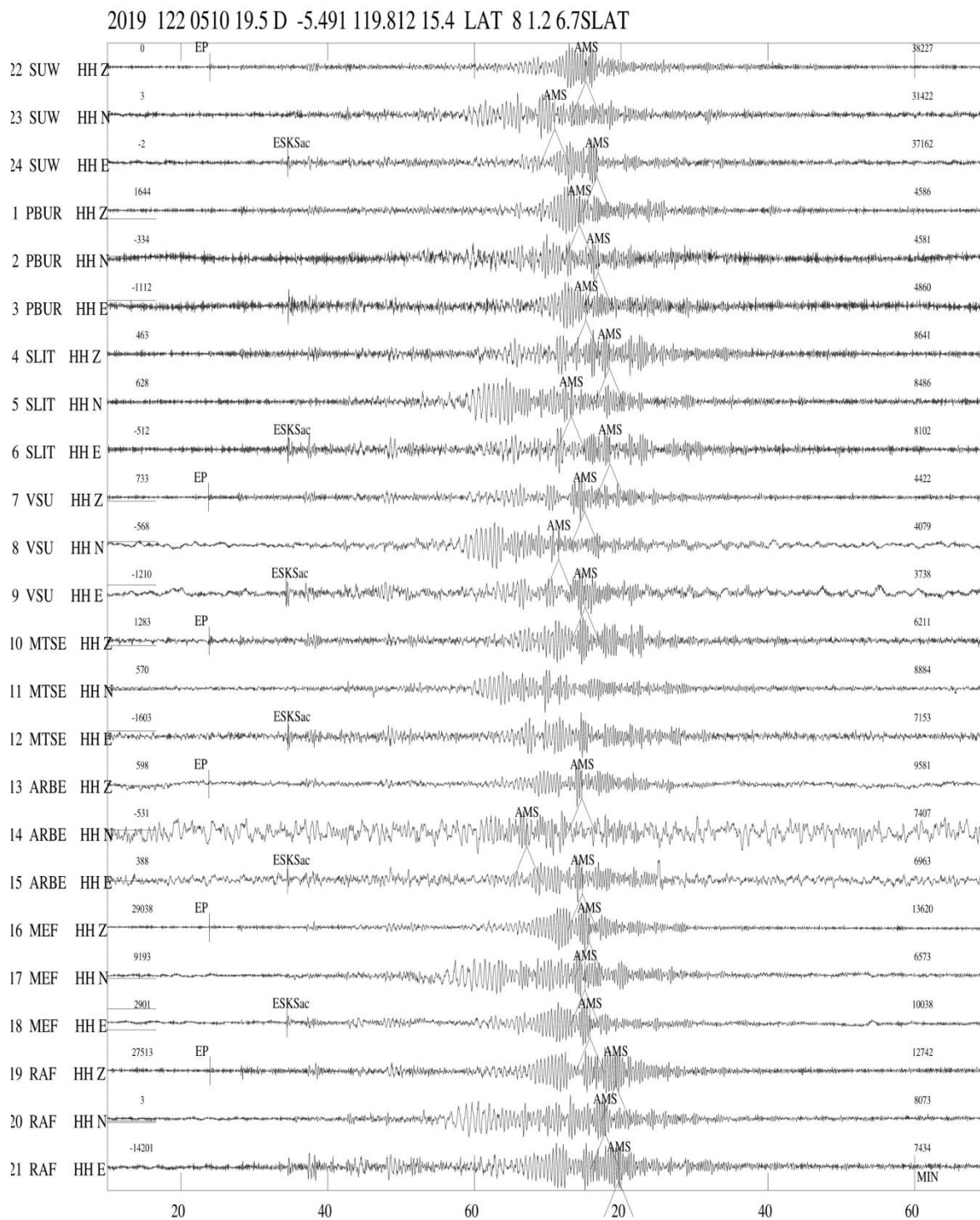
2019 120 0132 37.0 D -32.724 -67.133 17.2 LAT 9 0.6 6.4SLAT



7.5.att. 2019.gada 20.janvārī tālā zemestrīce Kokuimbo (Coquimbo) Čīlē ar magnitūdu 6.7.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 12890-13250 km.

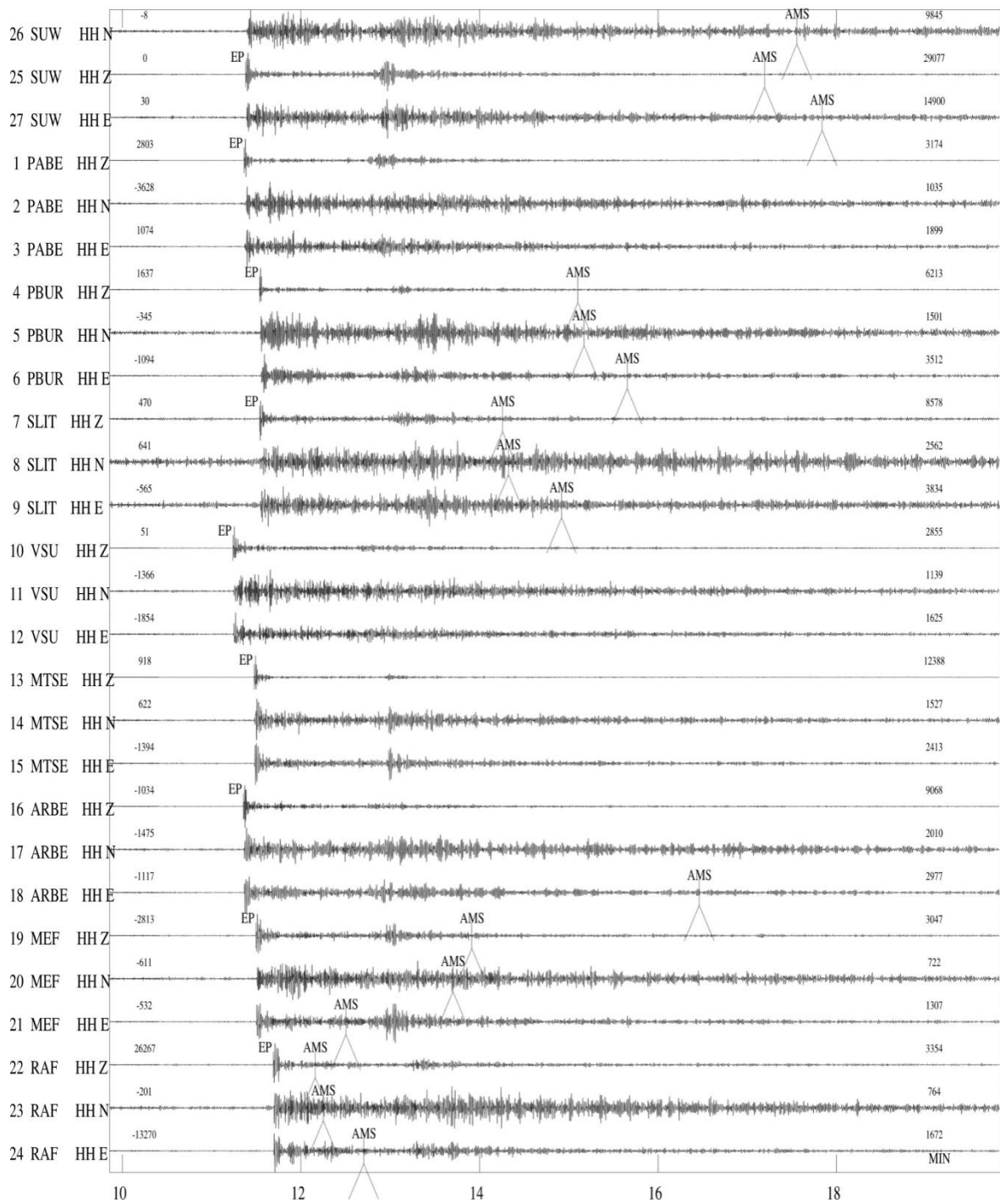


7.6.att. 2019.gada 22.janvārī tālā zemestrīce Sumbas reģionā (Sumba) Indonēzijā ar magnitūdu 6.7.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 10715-11010 km.

2019 2 2 1204 16.0 D 36.953 70.550 1.0 LAT 9 0.1 5.1SLAT

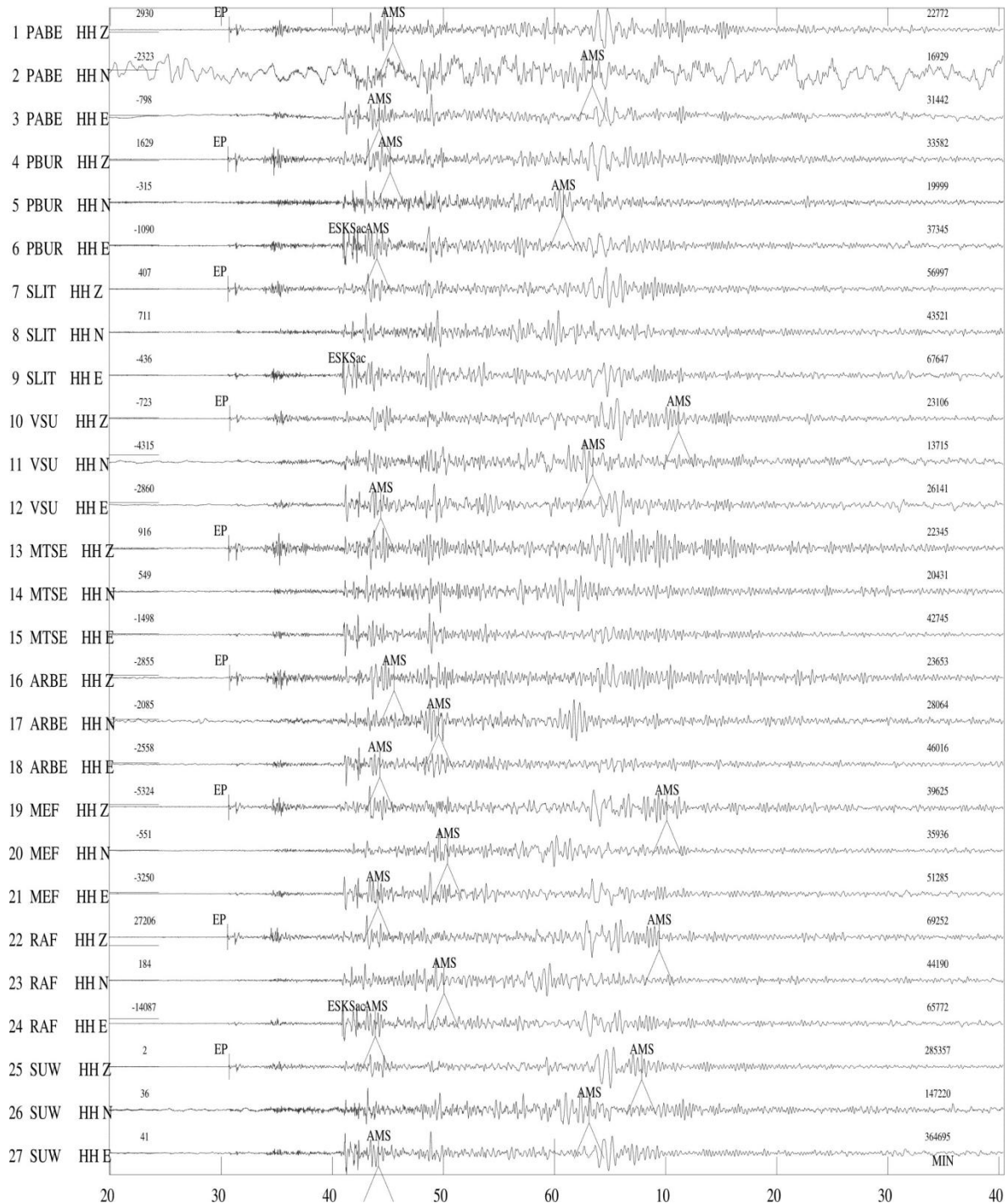


7.7.att. 2019.gada 2.februārī tālā zemestrīce Hindukušas rajonā ar magnitūdu 5.7.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 1 - 5 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 3960-4310 km.

2019 222 1017 30.8 D 0.727 -77.643134.4 LAT 9 0.5 7.2SLAT

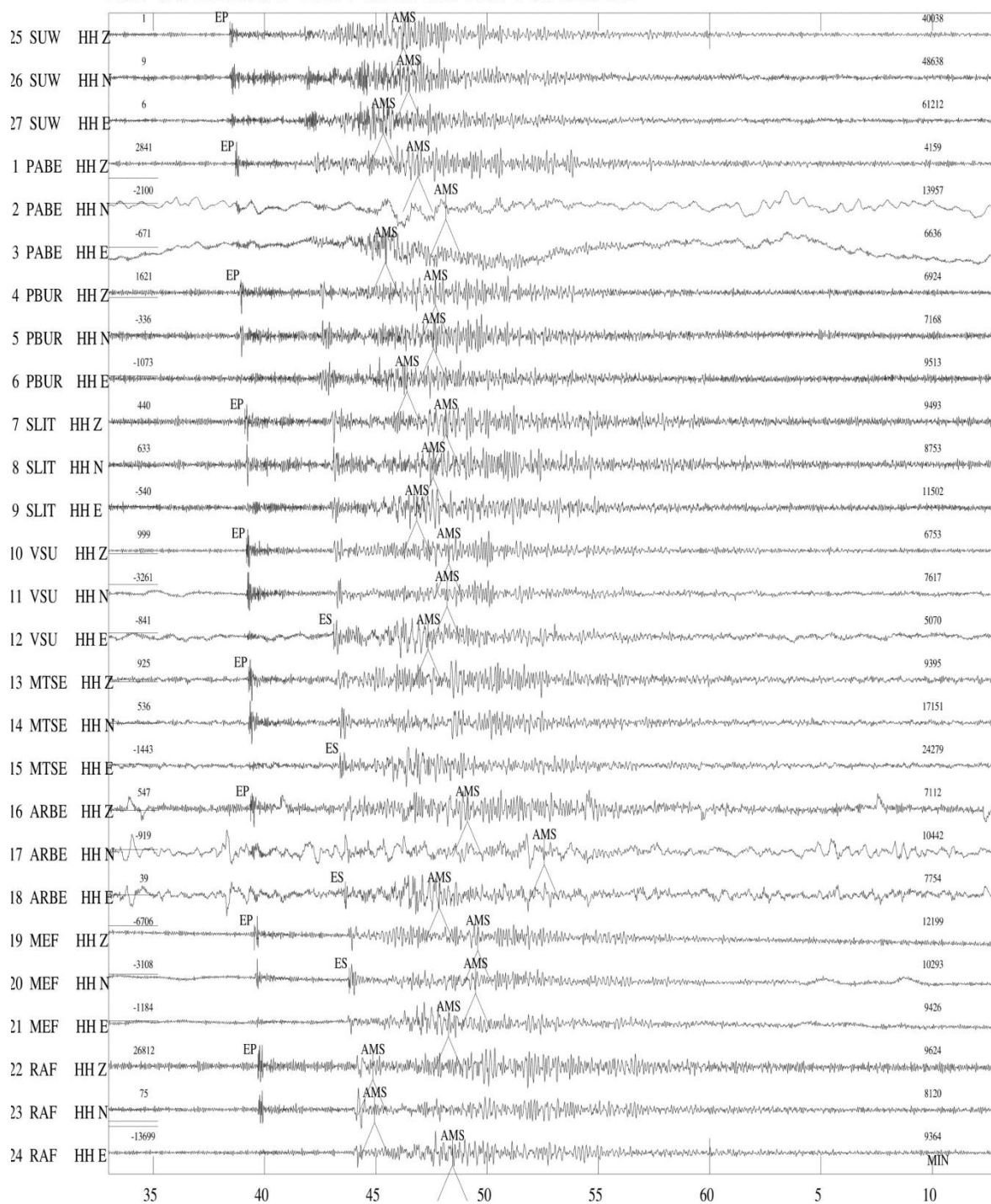


**7.8.att. 2019.gada 22.februārī tālā zemestrīce uz robežu starp Peru un Ekvadoru
(Peru-Ecuadorborderregion) ar lokālo magnitūdu 7.5.**

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 10460-10790 km.

2019 320 0634 19.6 D 37.474 29.475 23.6 LAT 9 0.5 5.2SLAT



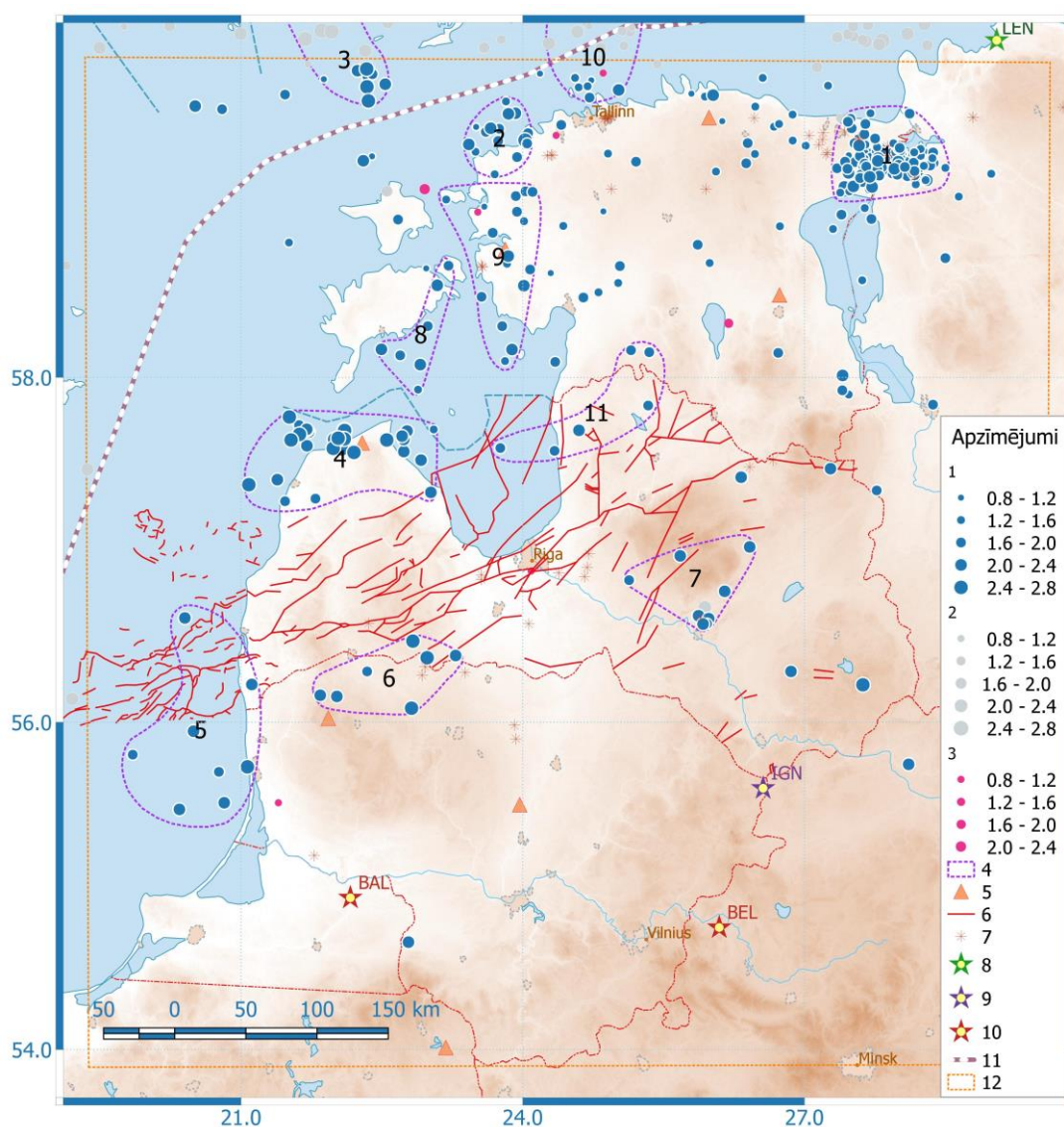
7.9.att. 2019.gada 20.martā tālā zemestrīce Turcijā ar magnitūdu 5.7.

Attēlā ir parādīts atvērtais kanāls (bez filtra).

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 1901-2676 km.

7.2. Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu monitoringa rezultāti

2019.gadā pavisam kopā Baltijas austrumu reģionā ir novērtēti 325 reģionālo seismisko notikumu (7.10.att.). Vairums no šiem seismiskiem notikumiem identificēti kā sprādzieni. Pamatojoties uz seismisko notikumu izplatību, iespējams izdalīt 11 seismisko notikumu grupas (teritorijas).



7.10.att. 2019.gada seismiskie notikumi Baltijas austrumu reģionā pēc BAVSEN seismoloģiskā tīkla datiem.

Apzīmējumi: 1 - seismiskā notikuma lokālā magnitūda Baltijas austrumu reģionā; 2 - seismiskā notikuma lokālā magnitūda citā Baltijas reģiona daļā; 3 - tektoniskas zemestrīces par periodu no 2008.g. līdz 2019.gadam; 4 - seismisko notikumu koncentrācijas teritorijas; 5 - BAVSEN seismoloģiskā tīkla stacijas; 6 – Kaledonijas struktūrstāva tektoniskie lūzumi (tikai Latvijas

teritorijai); 7 - rūpnieciskie karjeri, kuros var tikt veikti spridzināšanas darbi; 8 - spēkā esošas atomstacijas; 9 - slēgtas atomstacijas; 10 - būvējamas atomstacijas; 11 – Nord Stream gāzes vads; 12 - Baltijas austrumu reģiona robežas.

Seismisko notikumu grupas un to ģenēzes analīze:

1. Teritorija atrodas Igaunijas ziemeļaustrumos (reģistrēti 136 seismiskie notikumi). Šeit ir vairākas degslānekļa atradnes un ieguves vietas, kur veic spridzināšanas darbus.

2. Seismiskie notikumi atrodas Igaunijas ziemeļu piekrastē (reģistrēti 15 seismiskie notikumi). Šo seismisko notikumu ģenēze nav zināma. Pastāv iespēja, ka starp tiem var būt tektoniskās zemestrīces. Tas ir saistīts ar to, ka poligona iekšienē atrodas Osmusala, kur 1976. gada oktobrī notika zemestrīce ar magnitūdu 4.7.

3. Teritorija atrodas daļēji Baltijas austrumu reģionā (reģistrēti 44 seismiskie notikumi). Lielākā daļa teritorijas atrodas ziemeļos no Baltijas austrumu reģiona. Seismiskie notikumi teritorijas dienvidos piekļaujas gāzes vadam *Nord Stream*. Ar lielāku varbūtību šiem notikumiem ir tehnogēnā ģenēze. Teritorijas dienvidu daļā konstatēta 2018. gada 27. marta zemestrīces cilmvieta ar magnitūdu 2.0. Notikumi, kas atrodas tuvu zemestrīces epicentram, prasa papildu analīzi.

4. Teritorija atrodas Kurzemes pussalas ziemeļos, netālu no Slīteres (reģistrēti 35 seismiskie notikumi). Irbes šaurumā bieži notiek militārās jūras mācības, kā arī notiek jūras mīnu iznīcināšana. Iespējams, šie seismiskie notikumi ir tehnogēnas izcelsmes.

5. Klaipēda - Kuršu kāpa (reģistrēti 8 seismiskie notikumi). Viens seismiskais notikums atrodas tektonisko lūzumu tuvumā Latvijas teritoriālajos ūdeņos. Diemžēl pārējai Baltijas austrumu reģiona teritorijai nav tektoniskās kartes. Pagaidām nav zināma šo seismisko notikumu ģenēze. Šie notikumi prasa papildu analīzi.

6. Teritorija atrodas uz Latvijas un Lietuvas robežas (reģistrēti 7 seismiskie notikumi). Lietuvas teritorijā atrodas trīs karjeri, kuros varētu notikt spridzināšanas darbi. Latvijas daļā atrodas kaļķakmens ieguves vieta Kūmas, kur arī varētu tikt veikti spridzināšanas darbi. Tādā veidā, ar lielu varbūtību, šie seismiskie notikumi ir tehnogēni.

7. Teritorija pie Aiviekstes (reģistrēti 9 seismiskie notikumi). To izcelsme visticamāk, saistīta ar sprādzieniem Aiviekstes karjerā. 8 seismiskie notikumi notika dienas laikā, bet viens notikums notika citā laikā (2019.g. 11.majā 00:55:58 GMT). Šim notikumam ir nepieciešama papildu analīze.

8. Sāremā salas dienvidi un austrumi (reģistrēti 7 seismiskie notikumi). Šo notikumu ģenēze nav zināma.

9. Igaunijas rietumi (reģistrēti 16 seismiskie notikumi). Varētu būt arī tektoniskās zemestrīces. No 2013. līdz 2018. gadam šeit notika 4 tektoniskās zemestrīces. Šīs zemestrīces tika reģistrētas un identificētas ar BAVSEN un somu seismiska tīkla palīdzību.

10. Teritorija atrodas Somijas līcī starp Somijas un Igaunijas piekrasti (reģistrēti 28 seismiskie notikumi). Caur teritorijas centru iet gāzes vada trase *Nord Stream*. Ar lielu varbūtību šie seismiskie notikumi saistīti ar tehnogēnu izcelsmi.

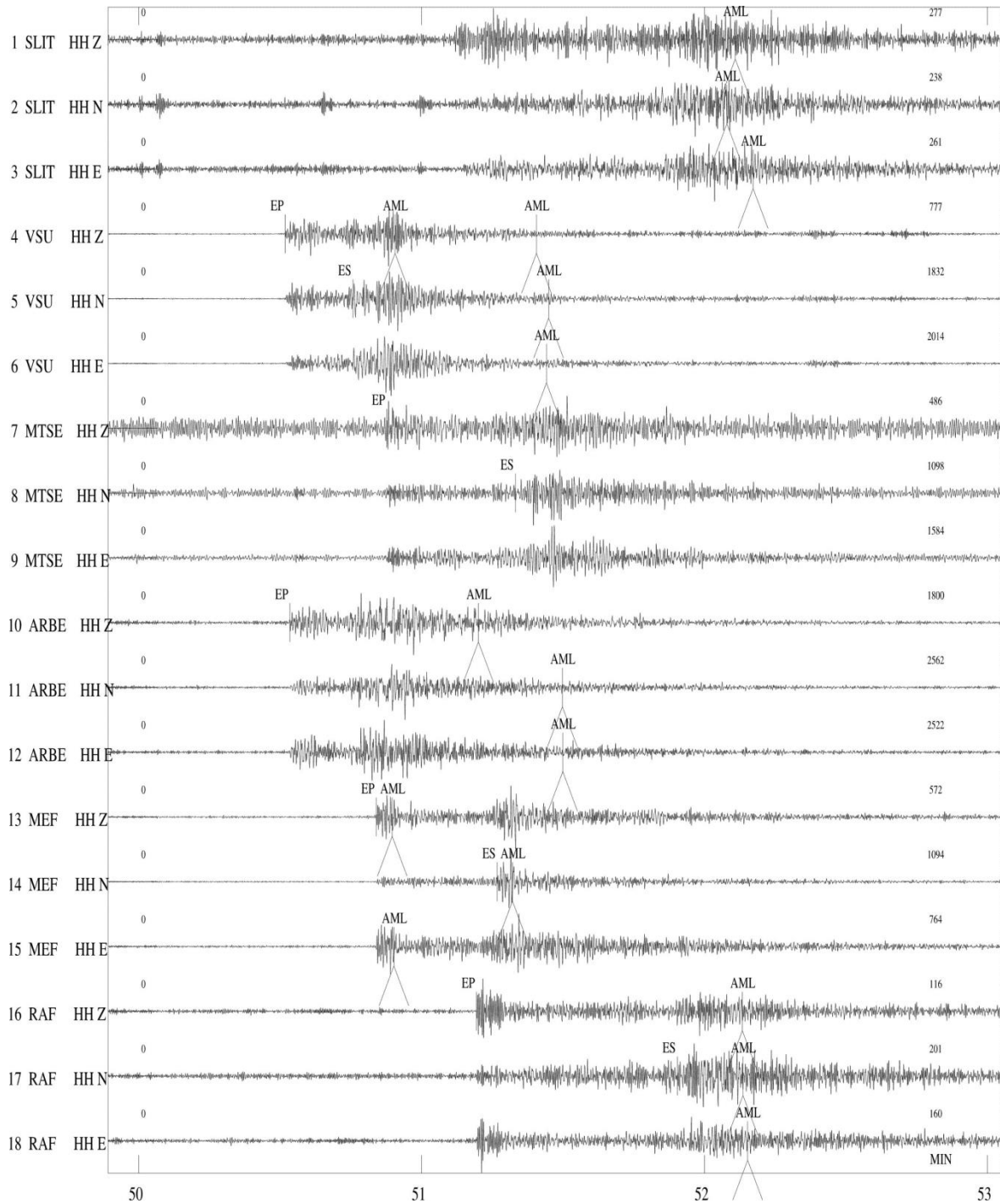
11. Teritorija starp Latviju un Igauniju, daļēji Rīgas līcis (reģistrēti 6 seismiskie notikumi). Latvijas un Igaunijas teritorijā nav rūpniecisko karjeru, kuros varētu veikt spridzināšanas darbus, bet teritorijā ir daži tektoniskie lūzumi. Šie notikumi prasa papildu analīzi, lai noskaidrotu to ģenēzi.

Ir vēl divas nelielas seismisko notikumu grupas. Tās ir mazas un tāpēc netika izdalītas kā seismisko notikumu koncentrācijas grupas. Trīs notikumi atrodas Latvijas ziemeļaustrumos (Latvijas un Igaunijas robeža un Latvijas un Krievijas robeža). Te ir vairāki iespējamie cēloņi: a) šie seismiskie notikumi atrodas uz Smiltenes - Apes lūzuma (7.10.att.), b) šeit atrodas divi rūpnieciskie karjeri, kuros varētu notikt spridzināšanas darbi. Vēl trīs seismiskie notikumi atrodas Latvijas dienvidaustrumos un Baltkrievijas teritorijā. Šeit nav rūpniecisko karjeru, kuros varētu notikt spridzināšanas darbi. Šiem seismiskiem notikumiem ir neskaidra ģenēze.

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

Tālāk parādīti tipiskie seismiskie notikumi katram no minētajām teritorijām.

2019 19 1150 13.6fR 59.175 28.173 0.0 LAT 60.9 2.4LLAT

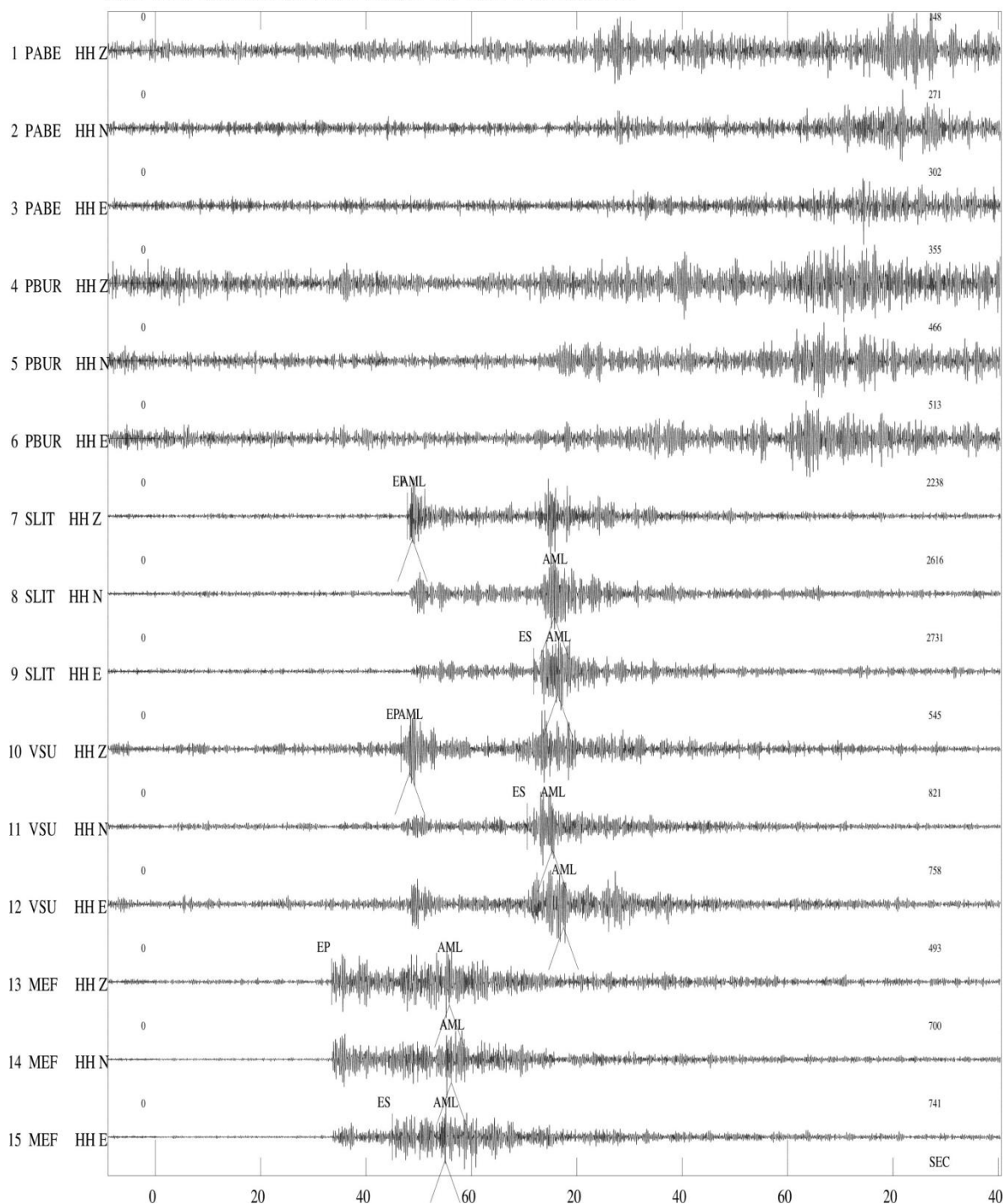


7.11.att. 2019.gada 9.janvārī reģionālais sprādziens Igaunijas ziemeļaustrumos ar magnitūdu 2.4. Poligons Nr. 1.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 10 - 15 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 115-411 km.

2019 1022 1208 16.5 R 59.379 23.659 0.0 LAT 3 0.4 2.3LLAT

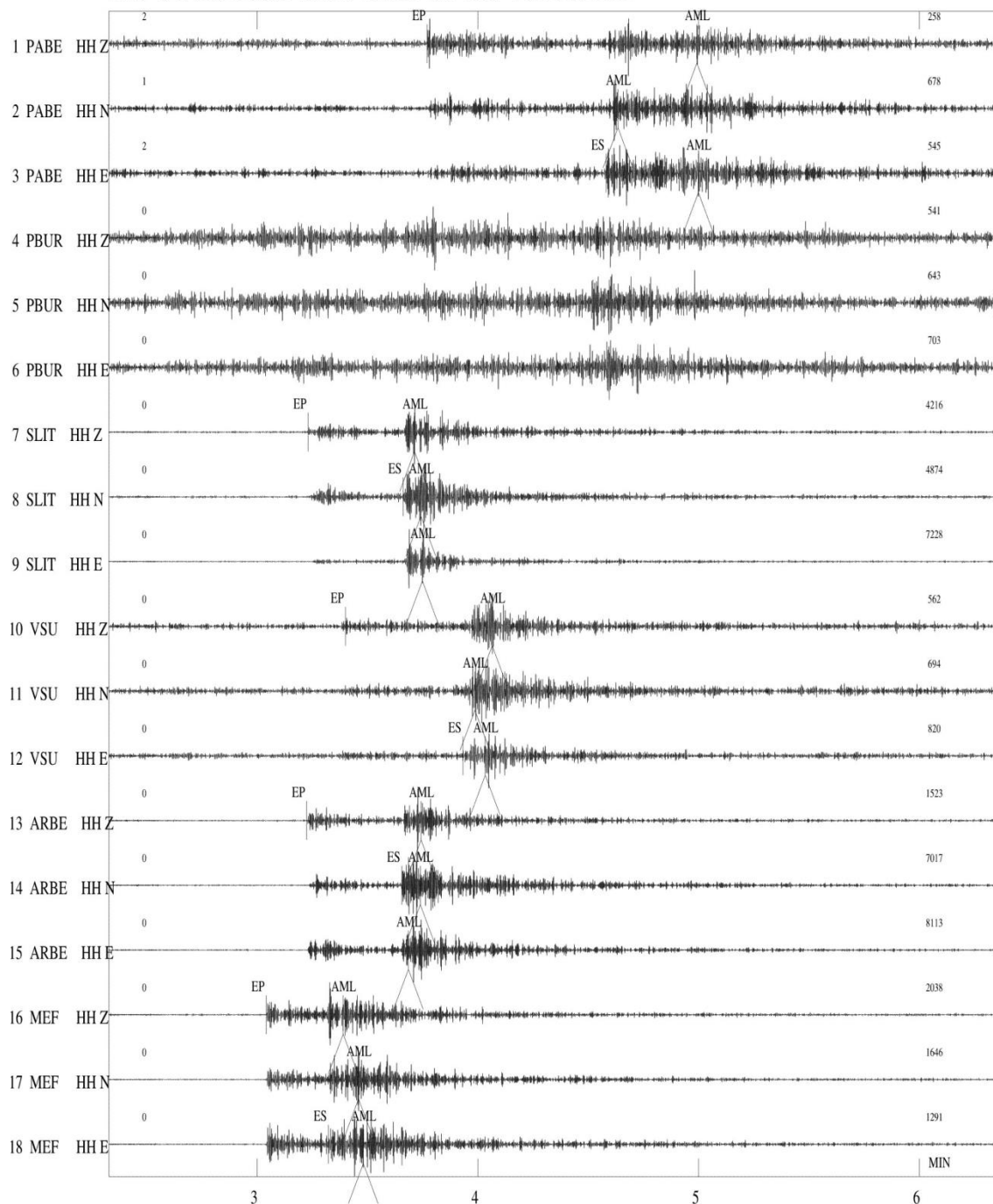


7.12.att. 2019.gada 22.oktobrī reģionālais sprādziens Igaunijas ziemeļu piekrastē ar magnitūdu 2.3. Poligons Nr. 2.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 102-211 km.

2019 822 0802 39.1iR 59.527 22.356 0.0 LAT 5 0.6 2.7LLAT

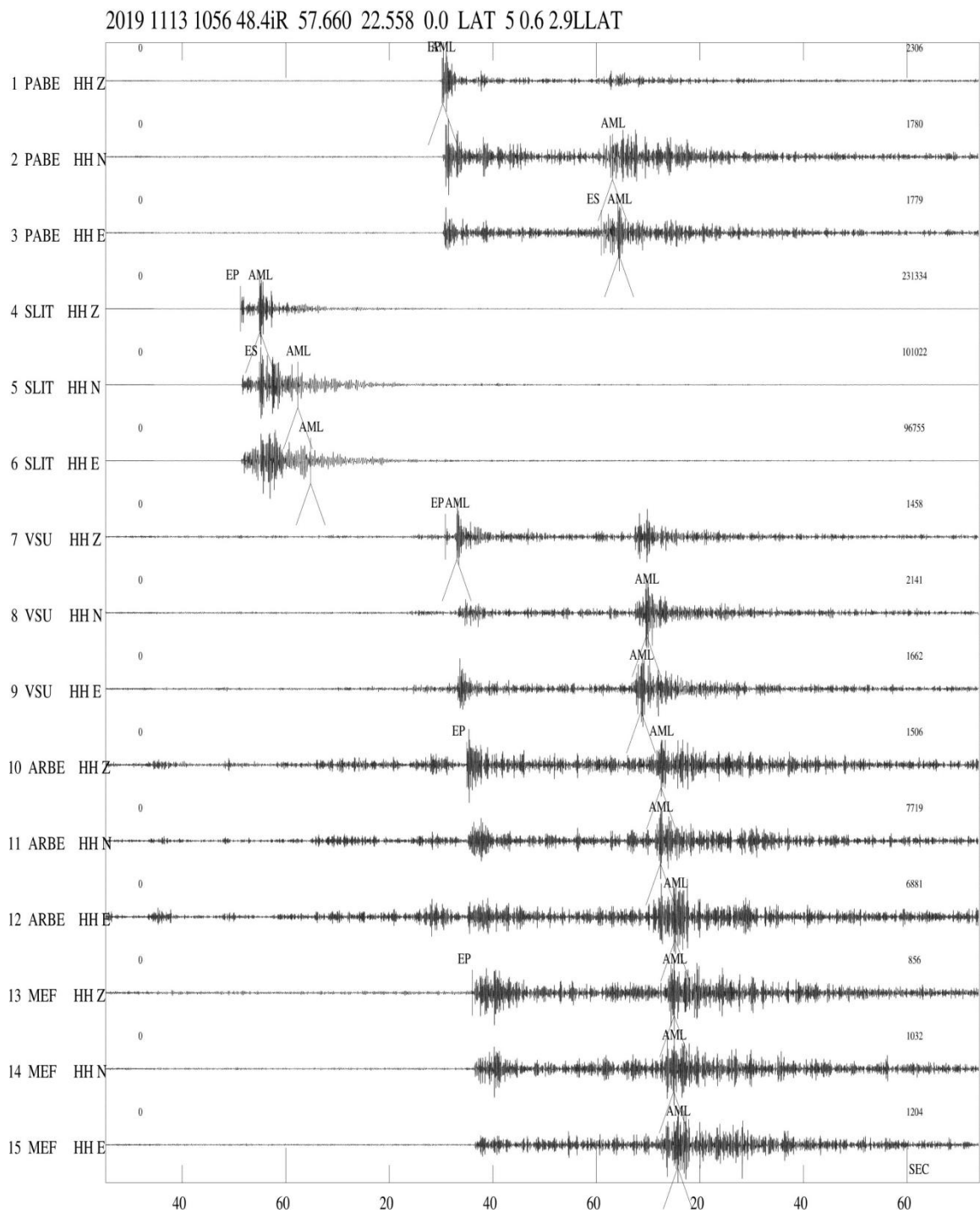


7.13.att. 2019.gada 22.augustā reģionāls seismisks notikums Sumu līcī ar magnitūdu

2.7. Poligons Nr. 3.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 138-458 km.

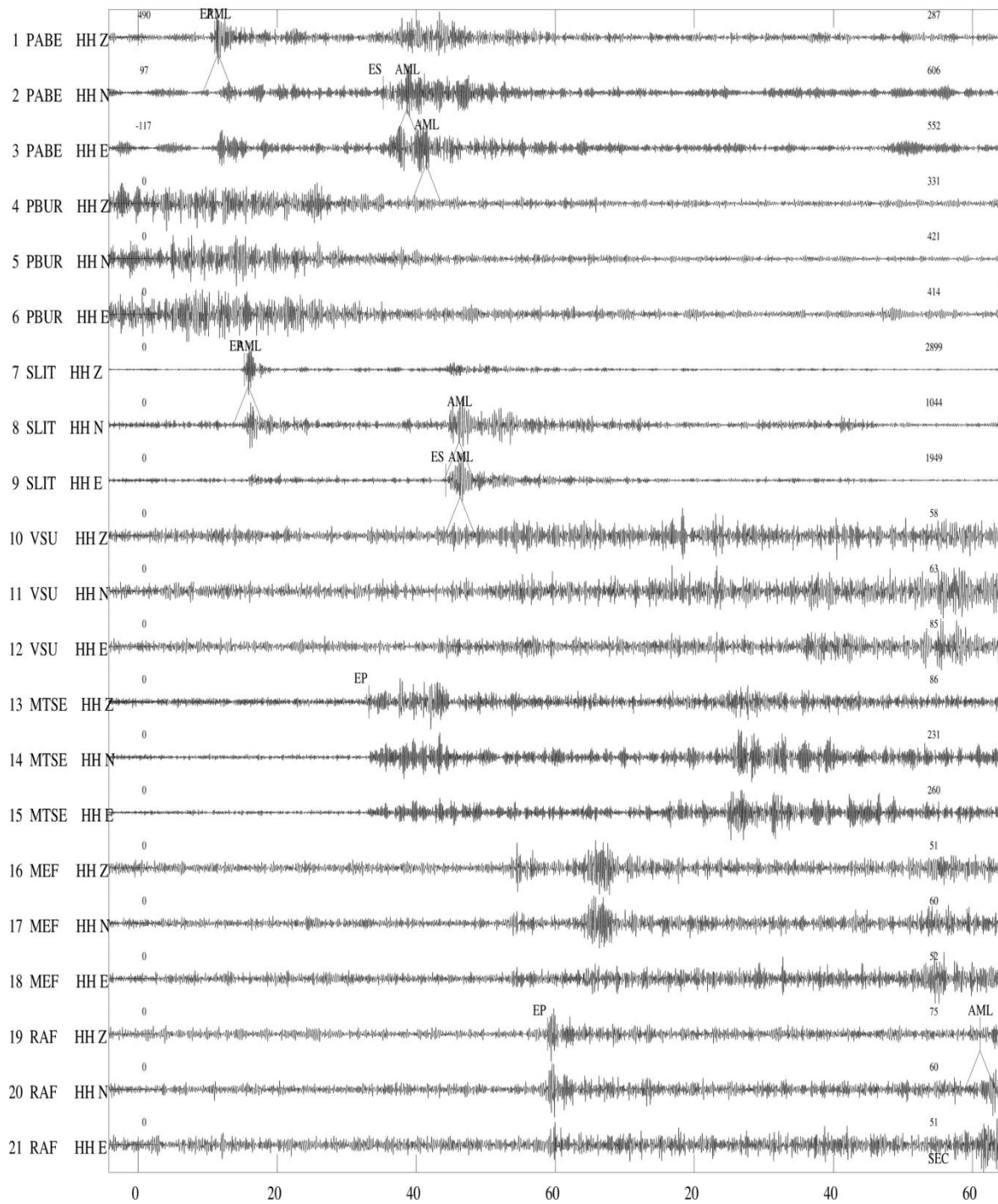


7.14.att. 2019.gada 13.novembrī reģionāls seismisks notikums Irbes šaurumā ar magnitūdu 2.9. Poligons Nr. 4.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 16-304 km.

2019 5 6 1805 36.6 R 55.477 20.344 0.0 LAT 4 0.4 2.3LLAT

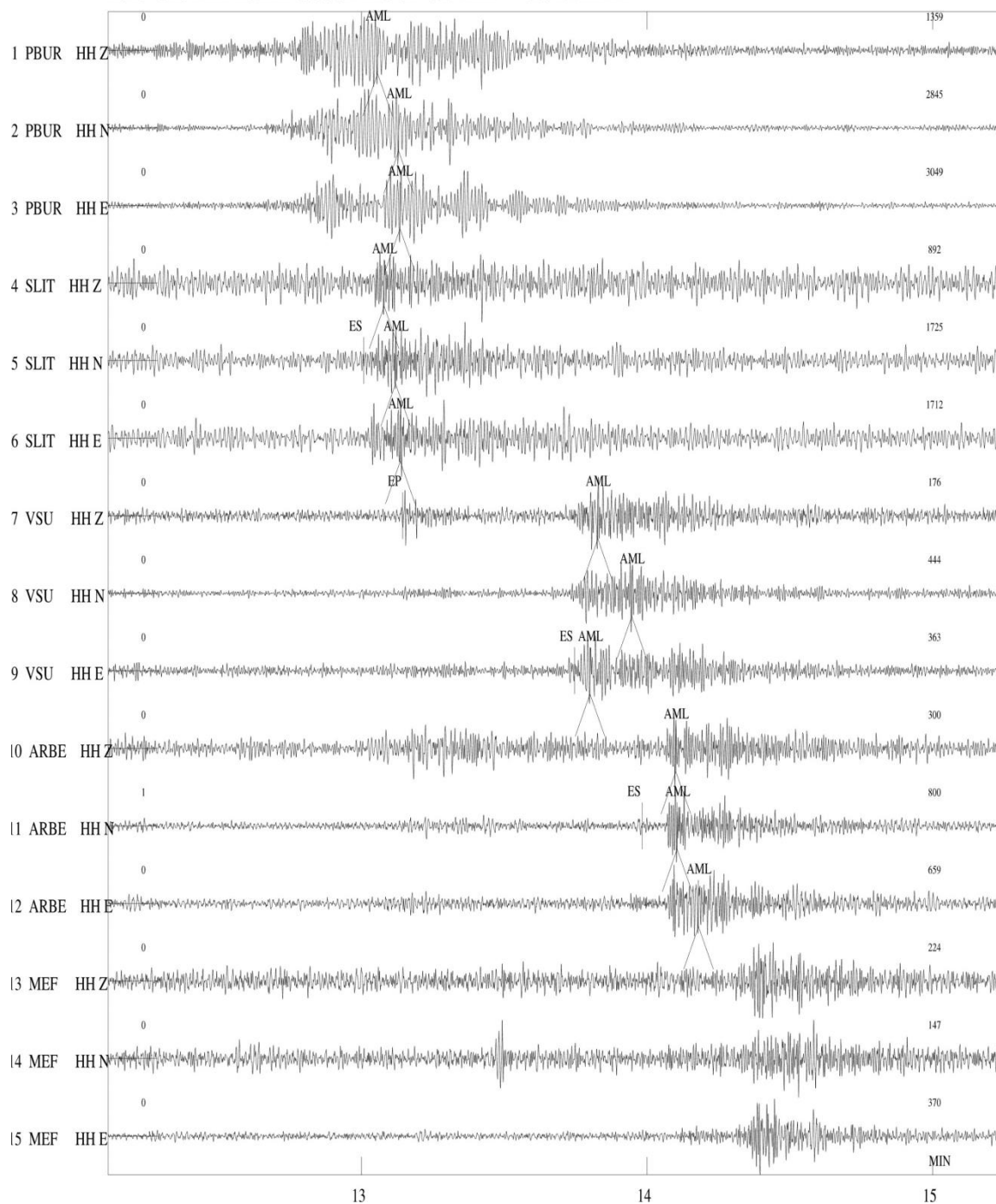


7.15.att. 2019.gada 6.maija reģionāls seismisks notikums Kuršu līča piekrastes zonā ar magnitūdu 2.3. Poligons Nr. 5.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 229-623 km.

2019 820 1112 18.2iR 56.382 22.982 0.0 LAT 4 0.6 2.7LLAT

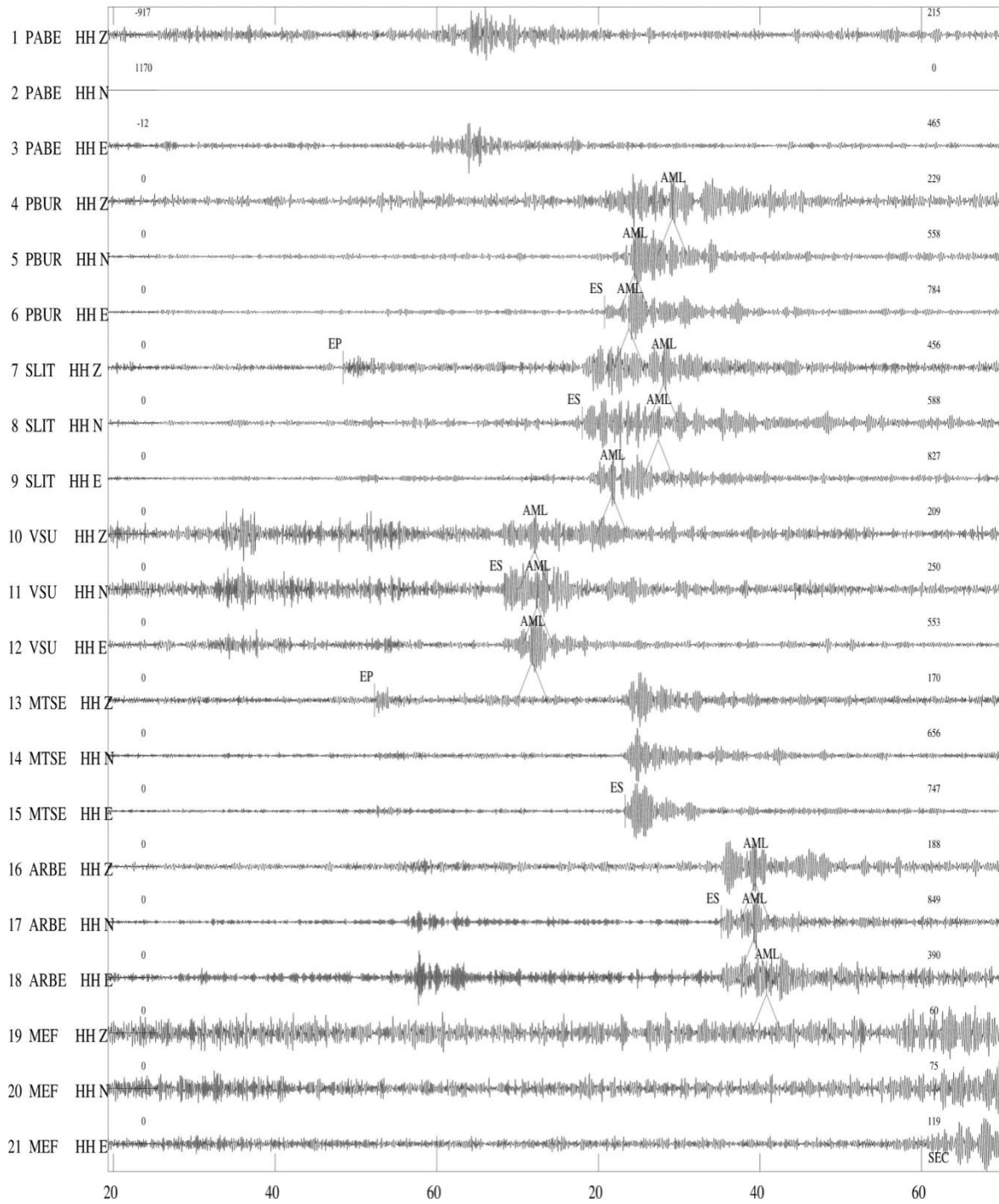


7.16.att. 2019.gada 20.augusta reģionāls seismisks notikums Latvijas un Lietuvas robežas tuvumā ar magnitūdu 2.7. Poligons Nr. 6.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 229-623 km.

2019 121 1234 8.8iR 56.629 25.873 0.0 LAT 5 0.7 2.4LLAT



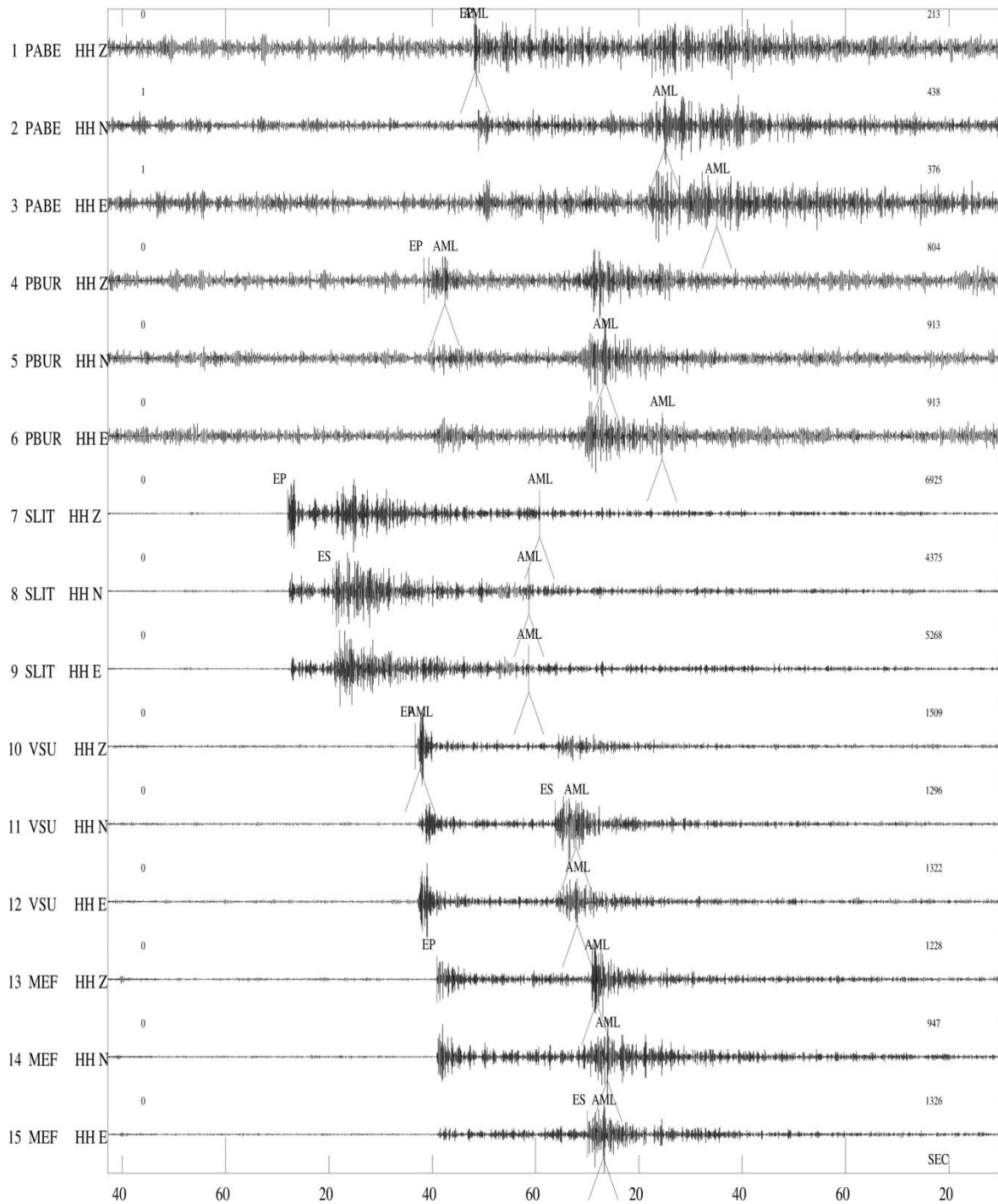
7.17.att. 2019.gada 21.janvārī reģionāls sprādziens Aiviekstes karjerā ar magnitūdu

2.4. Poligons Nr. 7.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 211-313 km.

2019 1021 1019 3.2fR 58.072 22.909 0.0 LAT 5 1.1 2.4LLAT

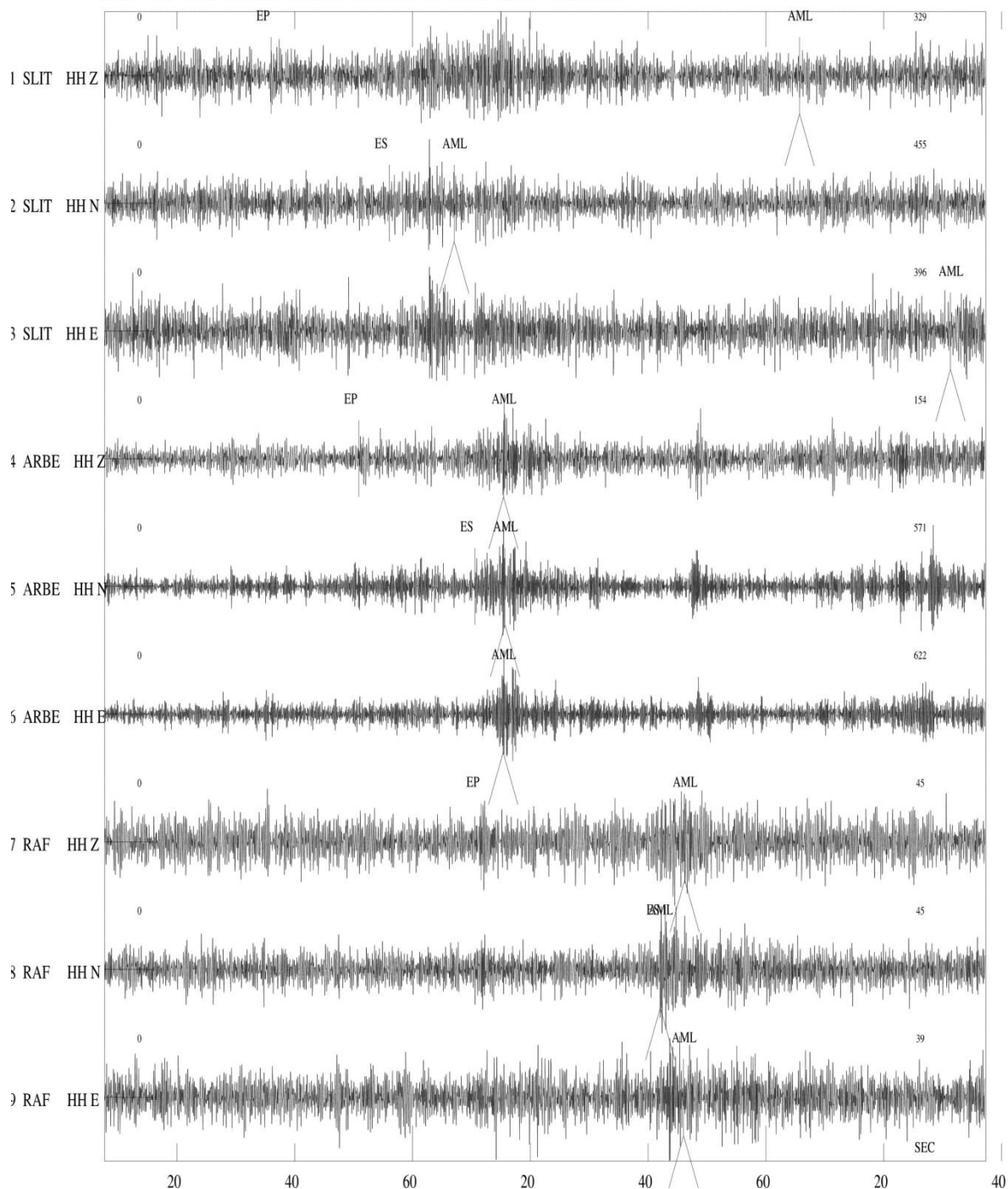


7.18.att. 2019.gada 21.oktobrī reģionāls sprādziens Saaremaa salas tuvumā ar magnitūdu 2.4. Poligons Nr. 8.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 62-293 km.

2019 4 8 1029 22.4hR 58.157 23.886 0.0 LAT 3 2.4 2.2LLAT

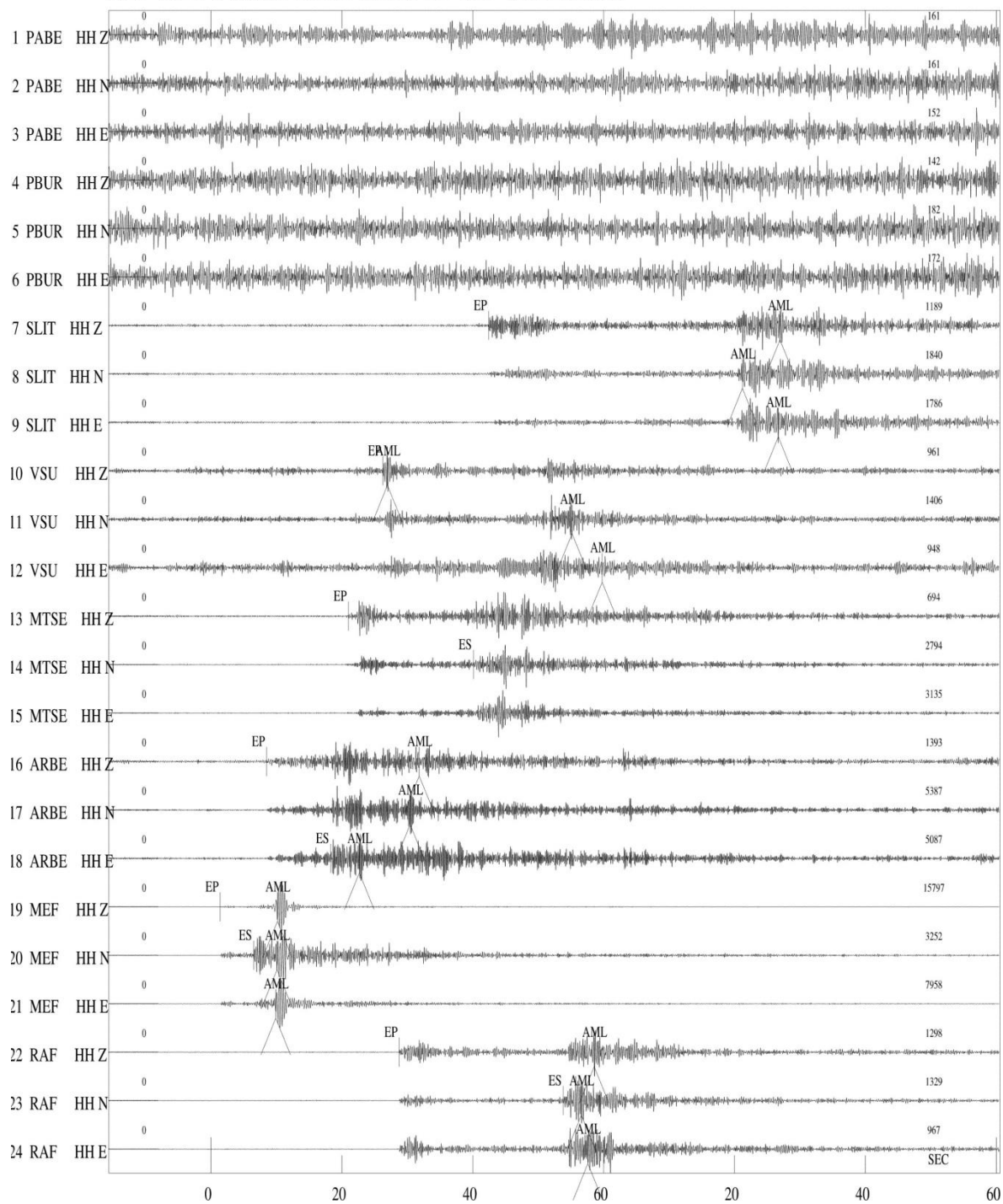


7.19.att. 2019.gada 8.aprīlī reģionāls sprādziens Igaunijas rietumos, piekrastes zonā ar magnitūdu 2.2. Poligons Nr. 9.

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 111-341 km.

2019 4 2 1049 55.3fr 60.054 25.136 0.0 LAT 6 0.9 2.5LLAT



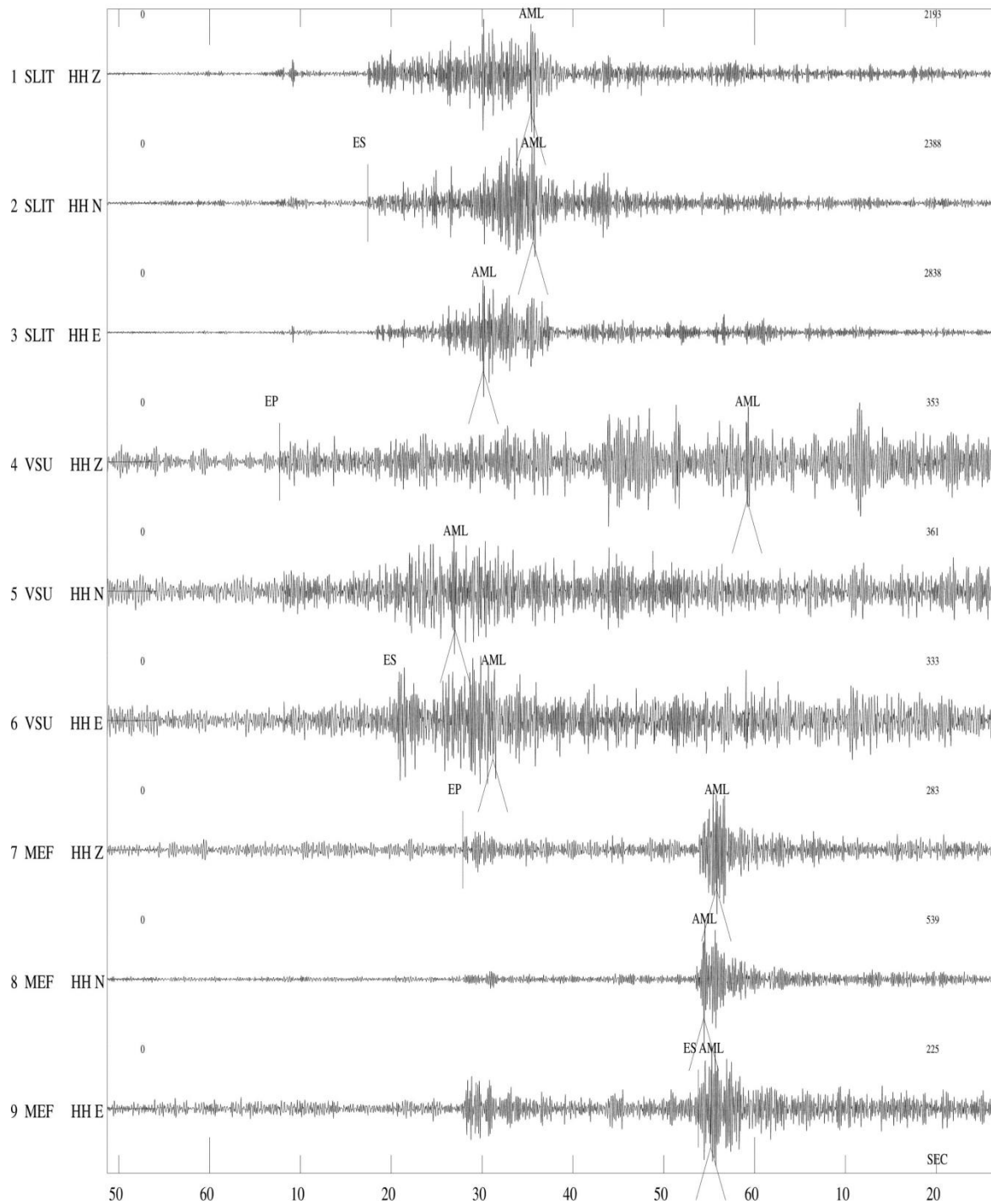
7.20.att. 2019.gada 2.aprīlī reģionāls sprādziens Somu līcī, netālu no gāzes trases

***NordStream* ar magnitūdu 2.5. Poligons Nr. 10.**

Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz *BAVSEN* tīkla stacijām – 45-316 km.

2019 1111 1058 48.1iR 57.700 24.599 1.1 LAT 3 0.8 2.1LLAT



7.21.att. 2019.gada 11.novembrī reģionāls sprādziens Salacgrīvas rajonā ar magnitūdu 2.1. Poligons Nr. 11.

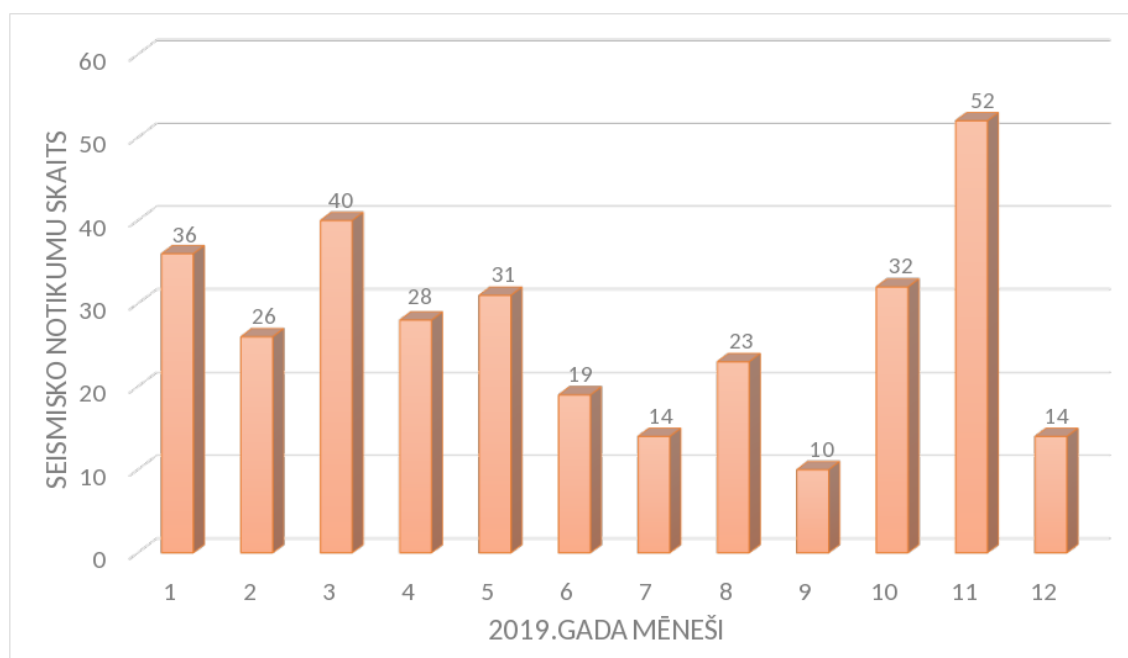
Ieraksts attēlots ar frekvenču filtru diapazonā 3 - 8 Hz.

Epicentrālie attālumi līdz BAVSEN tīkla stacijām – 138-281 km.

7.3. Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu statistiskais raksturojums

2019. 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 325 seismiskie notikumi, kuri atrodas iekš teritorijām ar seismisko notikumu paaugstināto koncentrāciju (7.10 att.).

2019. 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.

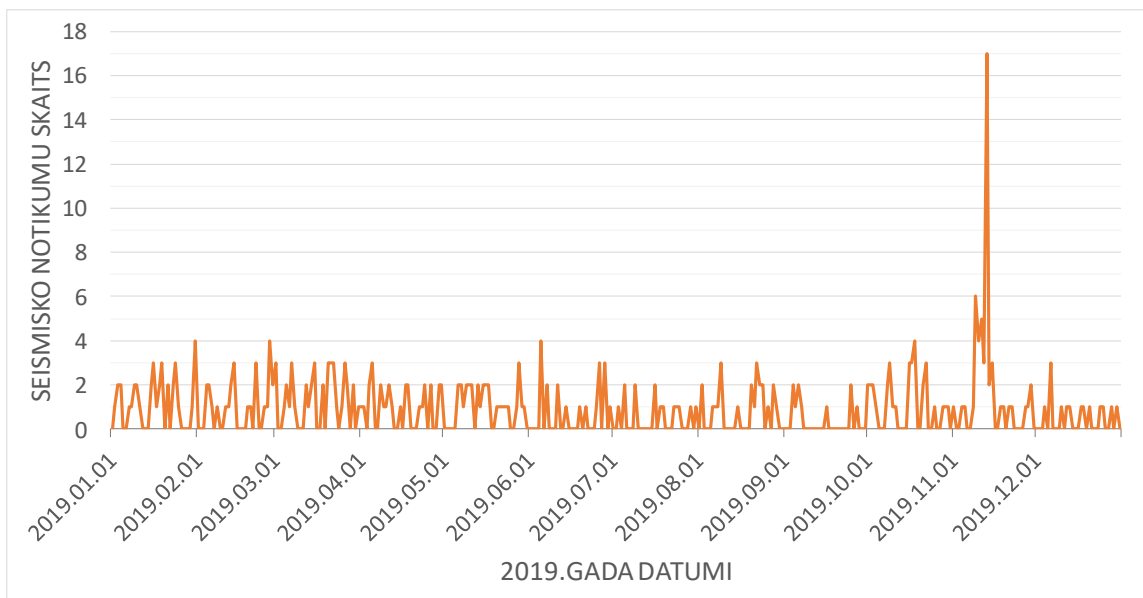


7.22.att. 2019. gada Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu sadalījums pa mēnešiem.

Laika intervāls: no 2019. gada. 1. janvāra līdz 2019. gada 31. decembrim.

Maksimālais seismisko notikumu skaits tika reģistrēts 2019. gada novembrī. Konkrēti 33 seismiskie notikumi novembra laikā bija reģistrēti Irbes šaurumā un tā apkārtnē. Acīmredzot tie bija saistīti ar militārajām mācībām jūrā un uz sauszemes.

Seismisko notikumu maksimālais daudzums dienā (17) reģistrēts 2019. gada 13. novembrī. Kopumā no 2019. gada 9. novembra līdz 2019. gada 14. novembrim minētajā reģionā reģistrēti 33 seismiskie notikumi. Šajā periodā magnitūdu diapazons mainījās no 1.9 līdz 2.9.

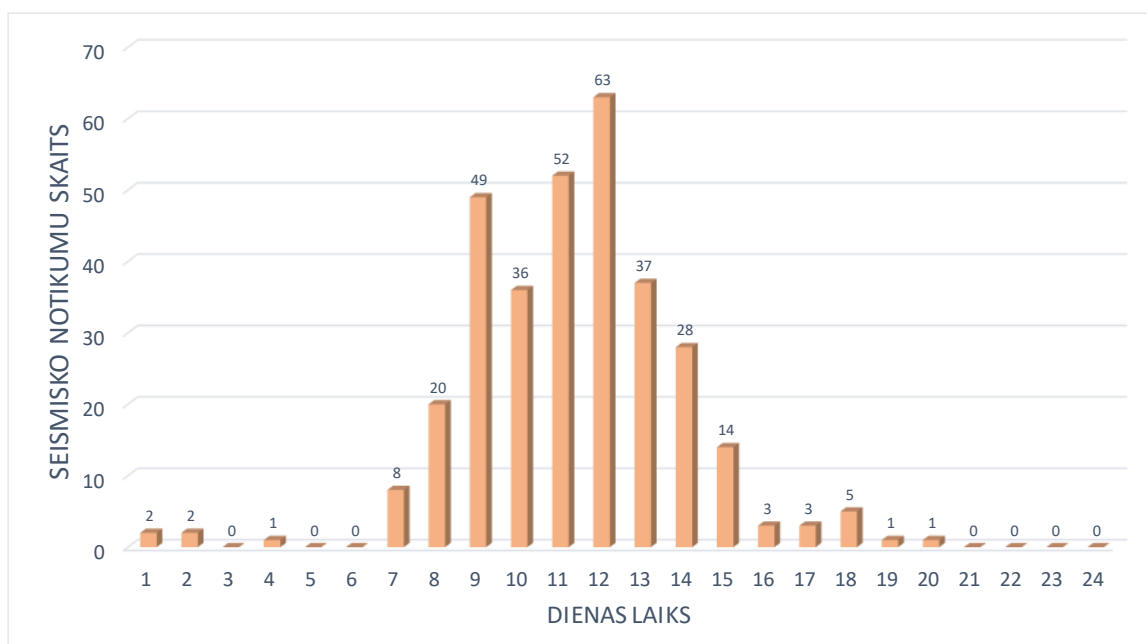


7.23.att. 2019. gada Baltijas austrumu reģiona seismisko notikumu sadalījums pa dienām pēc BAVSEN tīkla datiem.

Laika intervāls: no 2019. gada 1. janvāra līdz 2019. gada 31. decembrim.

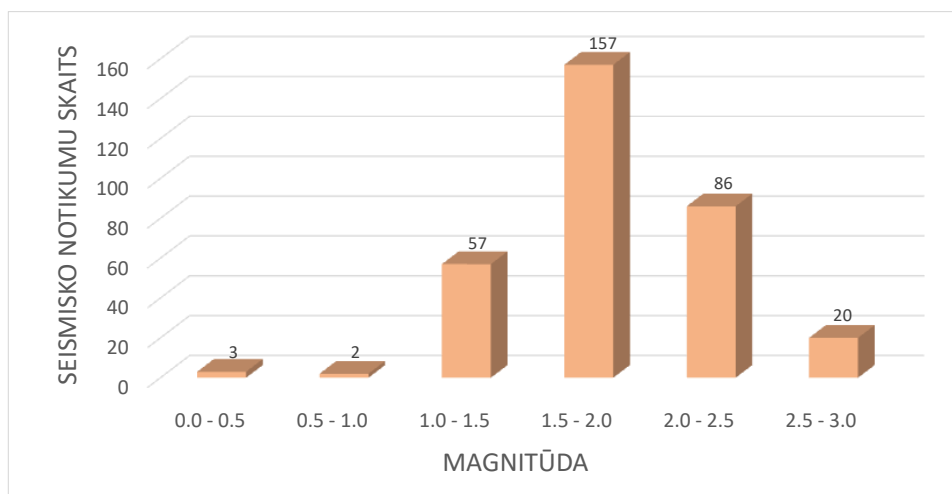
7.23. attēlā ir attēlots seismisko notikumu sadalījums Baltijas austrumu reģionā 2019. gadā: ģeogrāfiskā platuma diapazons no 53.89° Z pl. līdz 59.68° Z pl.; ģeogrāfiskā garuma diapazons no 19.38° A gar. līdz 29.60° A gar.

Seismisko notikumu sadalījums pa dienas stundām (7.24 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 94.5% seismisko notikumu. Domājams, ka šo seismisko notikumu ģenēze ir tehnogēna. Atlikušie 18 seismiskie notikumi notika ārpus darbalaika, galvenokārt Baltijas jūrā. Laiks ir svarīgs kritērijs, bet ne vienīgais, lai atšķirtu tehnogēnus sprādzienus no tektoniskām zemestrīcēm. Seismisko notikumu ģenēzes identificēšanai nepieciešama viļņu lauka parametru papildu analīze.



7.24.att. 2019. gada Baltijas reģiona seismisko notikumu sadalījums pa dienas stundām.

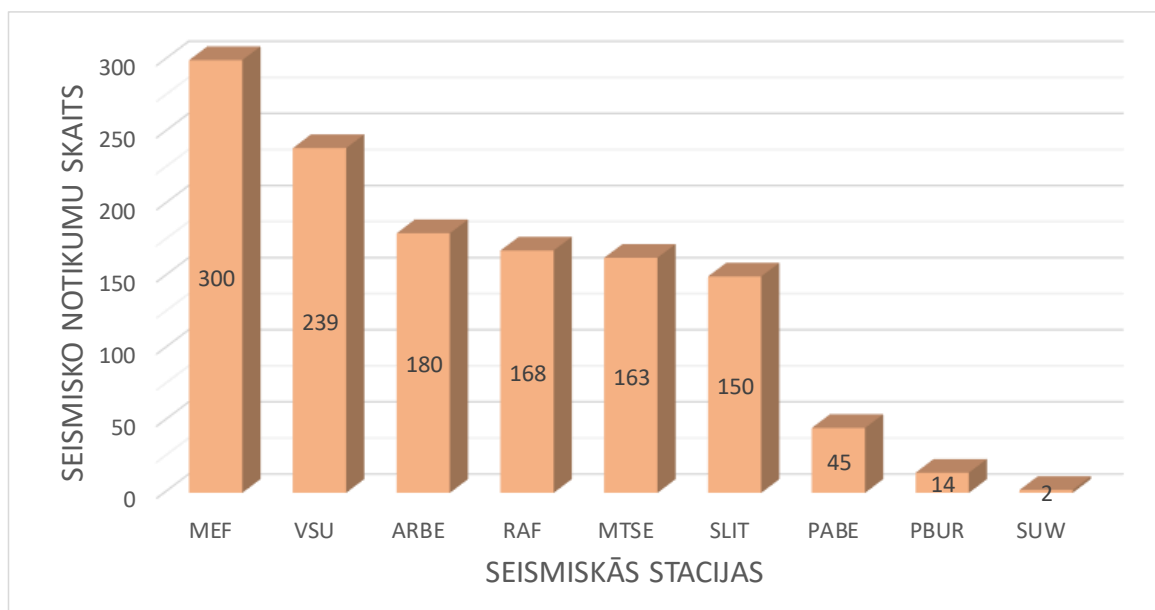
Ņemot vērā, ka attālums starp seismiskajām stacijām *BAVSEN* tīklā ir aptuveni 170 km, tīklā var tikt reģistrēti seismiskie notikumi ar minimālo magnitūdu 1.0 - 1.5 (7.25. att.). Izmantotie magnitūdu intervāli ir šādi: 0.0 – 0.5; 0.5 - 1.0; 1.0 - 1.5; 1.5 - 2.0; 2.0 - 2.5; 2.5 - 3.0.



7.25.att. Baltijas austrumu reģiona 2019. gada seismisko notikumu magnitūdu sadalījums.

Baltijas austrumu reģiona seismisko staciju izkārtojums ir novērtēts pēc dalības seismisko notikumu lokalizācijā (7.26.att.). Ieraksta kvalitātē nozīmīga loma ir ģeoloģiskajiem apstākļiem. Somijas stacijas ir novietotas praktiski uz kristāliska

pamatklintāja iezīem, kas ir īpaši labvēlīgi nosacījumi seismiskās stacijas novietojumam. Savukārt Igaunijas stacijām ir raksturīga mazāka jauda, jo tās atrodas uz nogulumiežu segas.



7.26. att. Virtuālā tīkla *BAVSEN* seismisko staciju dalība seismisko notikumu hipocentru lokācijās noteikšanā 2019. gadā Baltijas austrumu reģionā.

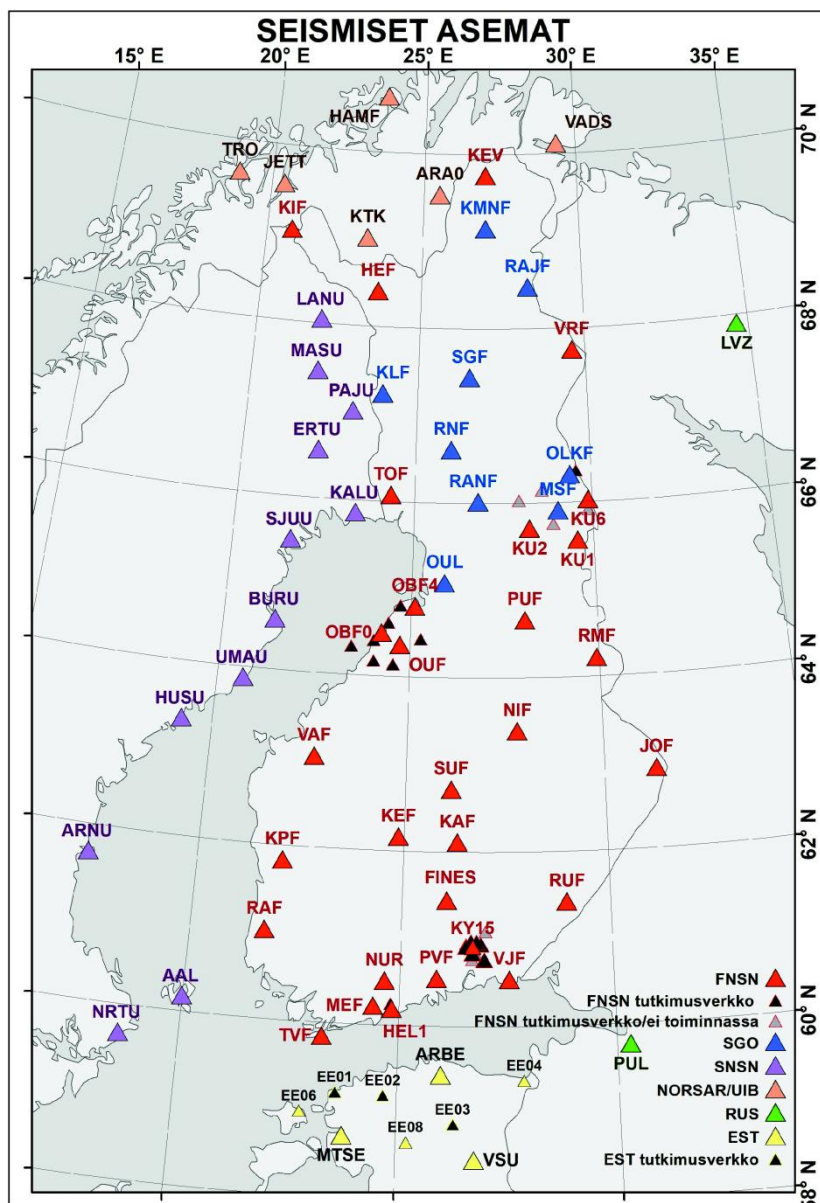
2019. gadā visu reģionālo seismisko notikumu lokalizācijai visvairāk izmantota tika MEF (92%). VSU bija nākamā stacija, kas biežāk (73.5%) piedalījās seismisko notikumu lokalizācijā Baltijas austrumu reģionā. Mazāk tika izmantotas ARBE (55%), RAF (52%) un MTSE (50%) stacijas.

SLIT stacija tika izmantota tikai 46% 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 (14%), PBUR (4.0%) un SUW (0.6%) (7.26.att.).

8. Somijas seismoloģiskais tīkls un monitoringa rezultāti 2019. gadā

Šajā nodaļā īsumā izklāstīti 2019. 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

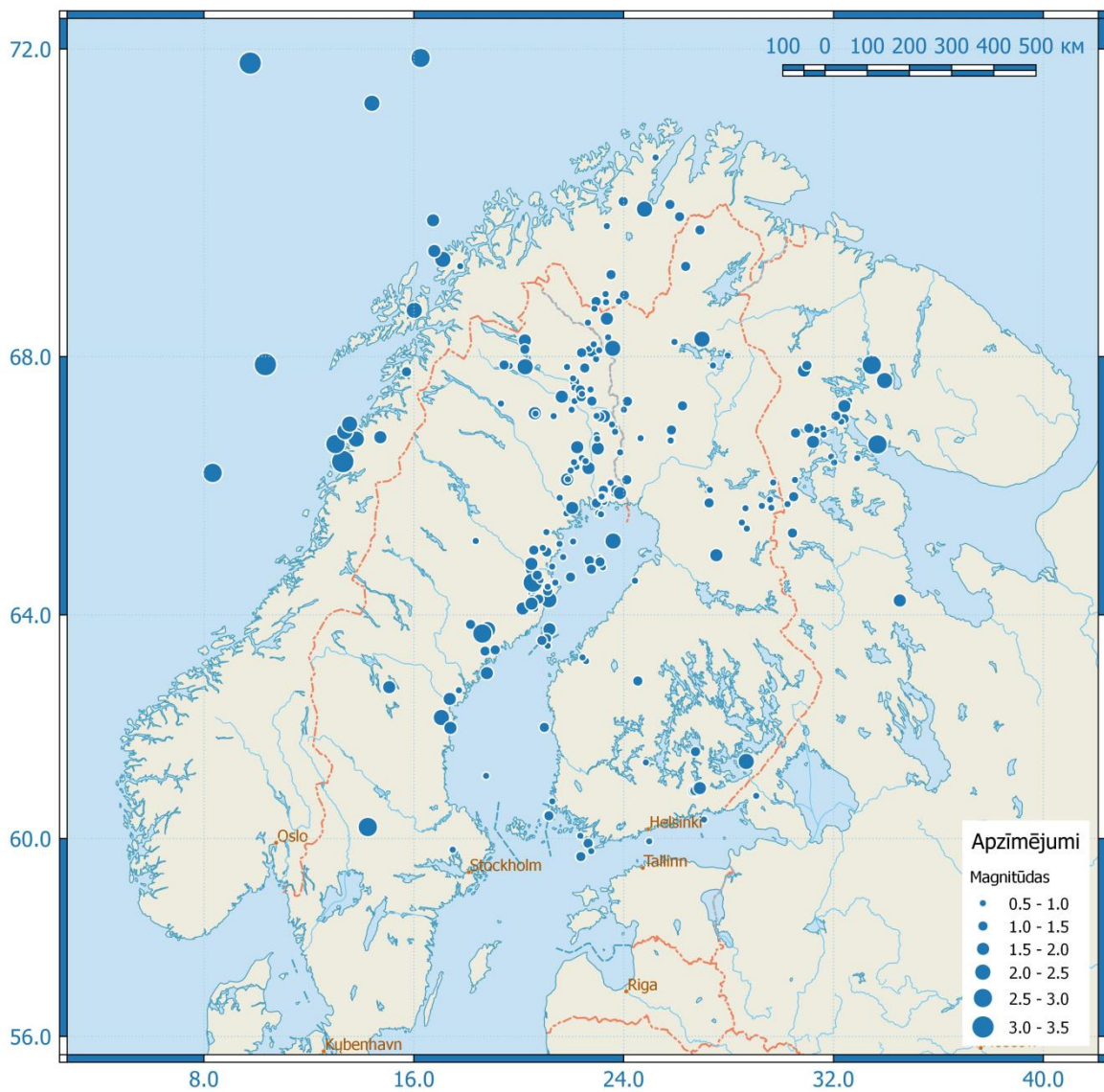
Apzīmējumi: sarkanie trīsstūri (FNSN) - Helsinku Universitātes Seismoloģijas Institūta seismisko staciju tīkls (ISUH); melnie trīsstūri Somijas teritorijā (FNSN tutkimusverkko) - divi lokāli pētnieciskie seismiskie tīkli; pelēki trīsstūri (FNSN tutkimusverkko/ei toiminnassa) - nestrādājošas

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.

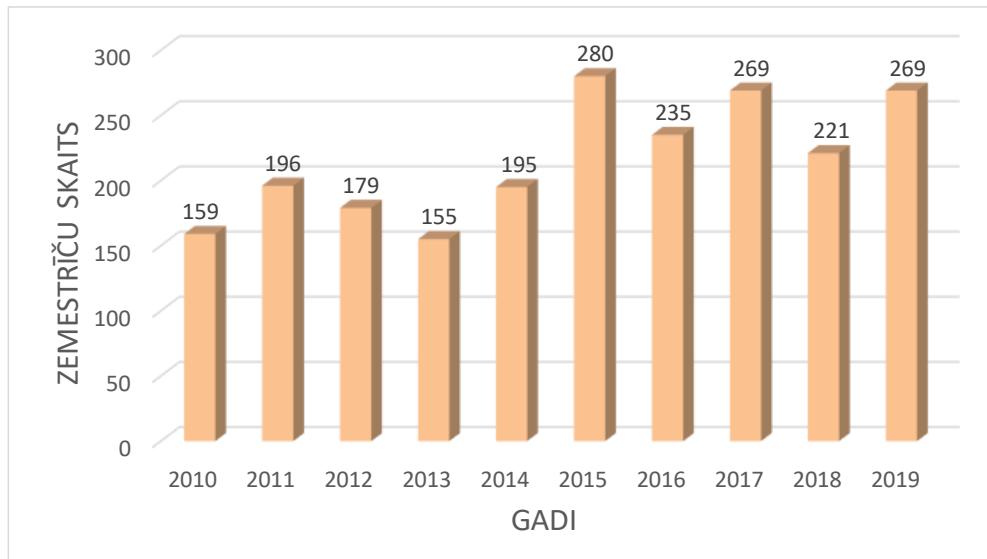
ISUH lokalizācijas dati attiecas uz teritoriju, kas izvietota robežās: ģeogrāfiskais platums no 55,5° Z pl. līdz 72,8° Z pl. un ģeogrāfiskais garums no 2,5° A gar. līdz 42,5° A gar. (8.2.att.).

Saskaņā ar *ISUH* datiem 2019. gadā (laikā no 01.01.2018. līdz 31.12.2018.) Ziemeļeiropā un Krievijas ziemeļaustrumos notika 269 tektonisko zemestrīču (8.2.att.). Novēroto magnitūdu diapazons ir no 0.1 līdz 3.5. Notikumu cilmvietas dziļums mainījās no 0.0 līdz 37.4 km. Baltijas austrumu reģionā saskaņā ar *ISUH* datiem, 2019. gadā netika reģistrētas tektoniskās zemestrīces. Visspēcīgākā zemestrīce (magnitūda 3.5) notika Norvēģijas rietumos 2019. gada 23. maijā. Zemestrīces cilmvieta atradās pie zemes virsmas ($H = 0.0$ km).



8.2.att. 2019. gada tektoniskās zemestrīces Ziemeļeiropas un Krievijas ziemeļaustrumu daļā saskaņā ar *ISUH* tīkla datiem.

Saskaņā ar *ISUH* datiem seismiskā aktivitāte Ziemeļeiropā un Skandināvijā 2019. gadā bija līdzīga 2017. gada aktivitātei, bet nedaudz mazāka par 2015. gada aktivitātēm (8.3.att.).



8.3. att. Tektonisko zemestrīču skaits Ziemeļeiropā un Skandināvijā no 2010. gada līdz 2019. 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 0.1 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

2019. 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.

2019. gadā ar *BAVSEN* tīkla palīdzību tika konstatēti un apstrādāti 1561 seismiskie notikumi. To starpā bija 375 globālie un 1186 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 325 reģionāliem notikumiem. Baltijas austrumu reģiona seismiskuma analīze ļāva izdalīt 11 teritorijas ar seismisko notikumu paaugstināto koncentrāciju. 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 2., 3., 5., 8., 9., 10., 11. teritorijas. Īpašu uzmanību ir pelnījuši seismiskie notikumi 5., 8., 9. un 11. teritorijā.

2019. gadā Latvijas teritorijā un tās apkārtnē (ģeogrāfiskais platumš no 55,45° Z pl. līdz 58.20° Z pl. un ģeogrāfiskais garums no 20,30° A gar. līdz 28,5° A gar.) tika reģistrēti 81 seismiskie notikumi un noteikti to parametri. To magnitūda svārstās no 1.6 līdz 2.9. Vairums seismisko notikumu saskaņā ar *BAVSEN* datiem notikuši Irbes šaurumā un Kurzemes pussalas ziemeļos (iekš 4. poligona atrodas 35 seismisko notikumu). Seismiskie

notikumi, kas notikuši Latvijas teritorijā, galvenokārt ir saistīti ar tehnogēnu ģenēzi. Tomēr ir nepieciešami papildu seismisko notikumu ģenēzes pētījumi 5. un 11. poligonu iekšienē. Joprojām pastāv problēma identificēt seismisko notikumu ģenēzi.

Saskaņā ar *ISUH* datiem 2019. gadā Ziemeļeiropā un Krievijas ziemeļaustrumos notika 269 tektonisko zemestrīču (8.2.att.). Novēroto magnitūdu diapazons ir no 0.1 līdz 3.5. Turklāt saskaņā ar *ISUH* datiem no 2015. gada vērojama seismiskās aktivitātes palielināšanās Ziemeļeiropā un Skandināvijā.

2019. 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.

- 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.** *Ubersicht 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., Dolgopolov 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.

Nikulins 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.

Никولين В.Г., 2007. *Калининградские землетрясения 2004 года и их проявления на территории Латвии.* Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года. Ред. Николаев А.В.

Nikulins 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 - Berģu 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.