



LATVIJAS VIDES, ĢEOLOĢIJAS
UN METEOROLOĢIJAS CENTRS

Seismoloģiskais monitorings Latvijā
informatīvais pārskats
par 2022.gadu

Rīga 2023

Seismoloģiskais monitorings Latvijā

2022. gads

2022. gadā turpināts seismoloģiskais monitorings Latvijas teritorijā un tās apkārtnē. Šajā pārskatā apkopota informācija par konstatētajiem seismiskajiem notikumiem, kuri fiksēti Latvijā un Baltijas valstu apkārtnē, kā arī visā pasaulē.

Novērojumu metodika

Visa 2022. gada laikā Latvijas Universitātes serveros ievākta informācija no 11 platjoslas seismisko novērojumu stacijām Latvijas apkārtnē (1. attēls). Latvijas teritorijā mērījumi veikti Slīteres (*SLIT*) novērojumu stacijā, savukārt ārpus Latvijas mērījumi veikti stacijās Paburge (PBUR), Paberze (PABE) (Lietuva), Suwalki (SUW) (Polija), Vasula (VSU), Matsalu (MTSE), Arbavere (ARBE) (Igaunija), Bornholm (BSD) (Dānija), Metsahovi (MEF) (Somija) un Laitila (RAF) (Somija). Seismoloģisko novērojumu dati ievākti no GEOFON globālā monitoringa tīkla (Quinteros et al., 2021). Seismiskie dati primāri iegūti un apstrādāti ar programmatūras *Seiscomp* palīdzību (Helmholtz-Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH, 2008).

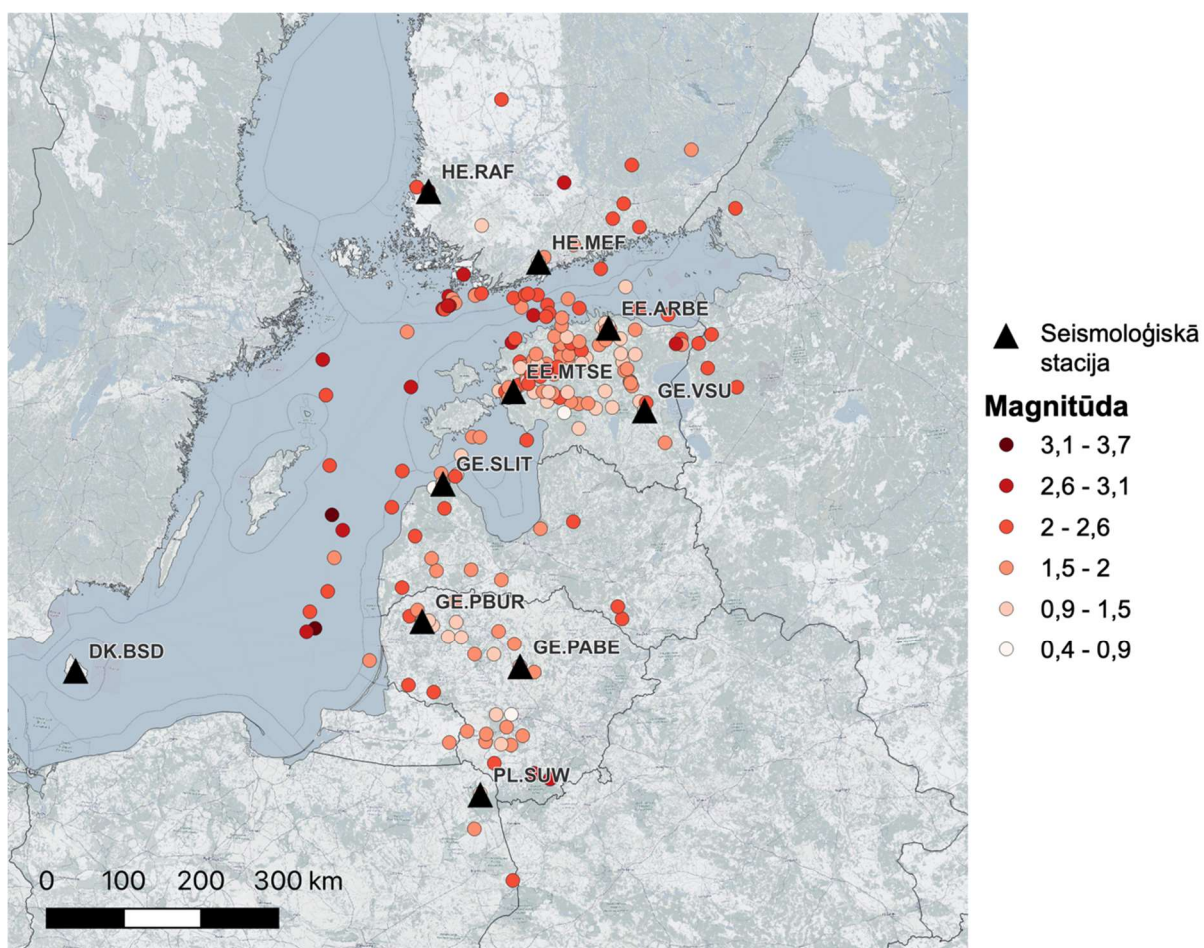
2022. gada oktobrī seismiskā novērojumu tīkla uzlabošanas ietvaros sāka regulāra datu apstrāde no amerikāņu uzturētā globālā seismiskā tīkla IU (Albuquerque Seismological Laboratory/USGS, 2014). Tas ļāva ievērojami uzlabot teleseismisko notikumu izšķiršanu no Latvijas apkārtnes lokālajiem notikumiem.

Seismiskie ieraksti atkārtoti apstrādāti 2023. gada ietvaros. Dati pārbaudīti ar mašīnmācīšanās algoritmu palīdzību, izmantojot *Python* programmēšanas valodas papildinājumus *Obspy* (Beyreuther et al., 2010) un *Seisbench* (Woollam et al., 2022) fāžu meklēšanas algoritmu *Earthquake Transformer* (Mousavi et al., 2020). Notikumiem veikta atkārtota fāžu asociācija ar GaMMA algoritma palīdzību (Zhu et al., 2022), kā arī atkārtota lokalizācija ar *HypoInverse* (Klein, 2014) programmatūru. Šādā veidā atrasti vairāk kā 100 notikumi, kuri netika atrasti ikdienas monitoringa ietvaros gada laikā. Atsevišķi apskatīti arī notikumi, kuru epicentra lokalizācijas kļūda bija neliela – mazāka par 10 km.

Visus 2022. gada seismiskos datus apstrādājuši Latvijas Universitātes speciālisti – Jānis Karušs, Matīss Brants un Viesturs Zandersons. Konstatēto seismisko notikumu parametri (piemēram, magnitūda, koordinātas, datums un laiks) pievienoti tabulā dokumenta pielikumā.

2022. gada seismiskie notikumi Latvijā un tās apkārtnē

Kopā 2022. gadā novērojumu Latvijas apkārtnē atrasti **608** seismiskie notikumi. No tiem par ticamiem (lokācija un pienākošie seismiskie viļņi atbilda situācijai dabā) atzīti **214** notikumi (skat 1. attēlu), savukārt no tiem ar nelielu kļūdu (<10 km) kopā noteikti **28** notikumi (skat 2. attēlu). No 2022. gada 1. oktobra līdz gada beigām atrašanās vieta noteikta arī **158** teleseismiskajām zemestrīcēm ārpus Baltijas reģiona robežām (50° - 65°N un 10° - 40°E) (skat. 3. attēlu).



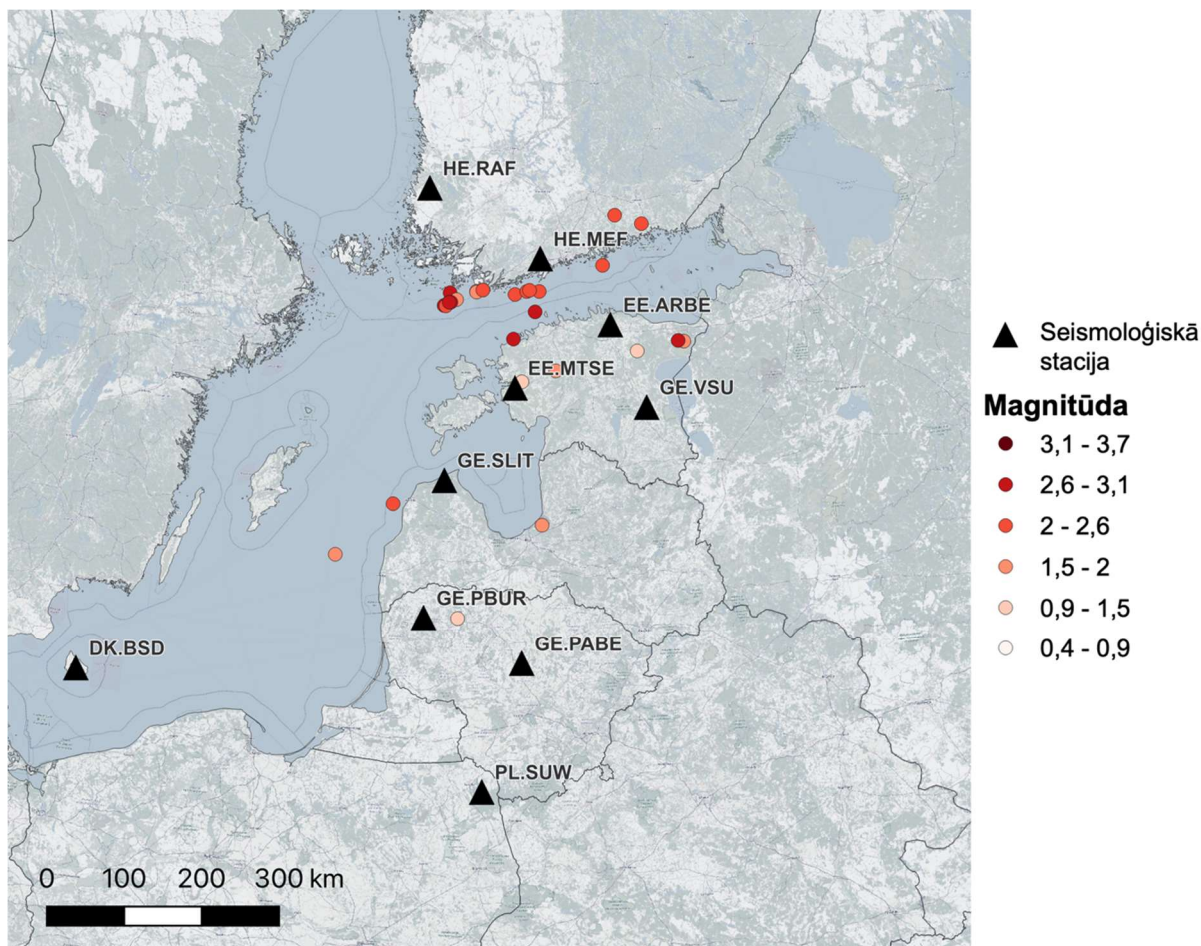
1. attēls. Seismiskie notikumi Baltijas valstu apkārtnē 2022. gadā. Ar trijstūriem apzīmētas monitoringā izmantotās seismiskās stacijas.

2022. gadā lokalizētie notikumi koncentrējās vairākos puduros Igaunijas ziemeļu daļā, Narvas apkārtnē, Somu līcī, Irbes šauruma apkārtnē, Lietuvas ziemeļu daļā un dienvidu daļās. Balstoties uz notikumu epicentriem un novēroto seismisko kustību frekvenču spektru, uzskatāms, ka visi 2022. gada notikumi ir tehnogēnas izcelsmes. Notikumu lielā telpiskā izkliede ap šiem “karstajiem punktiem” skaidrojama ar vairākiem faktoriem:

1. Relatīvi augsto trokšņu līmeni stacijās, kas apgrūtina precīzu seismisko impulsu (seismisko fāžu) pienākšanas laika noteikšanu (piemērs redzams 6. attēlā)
2. Nelielais staciju skaits – vairāki seismiskie notikumi koncentrējas reģionos starp stacijām, vietās, kurās epicentrus var noteikt ar augstāku ticamības pakāpi. Īpaši tas redzams Igaunijas teritorijā.
3. Notikumu izcelsmes nepareizu noteikšanu. Atsevišķos gadījumos ir sarežģīti noteikt, vai notikums ir lokālas, reģionālas vai teleseismiskas izcelsmes (epicentrs

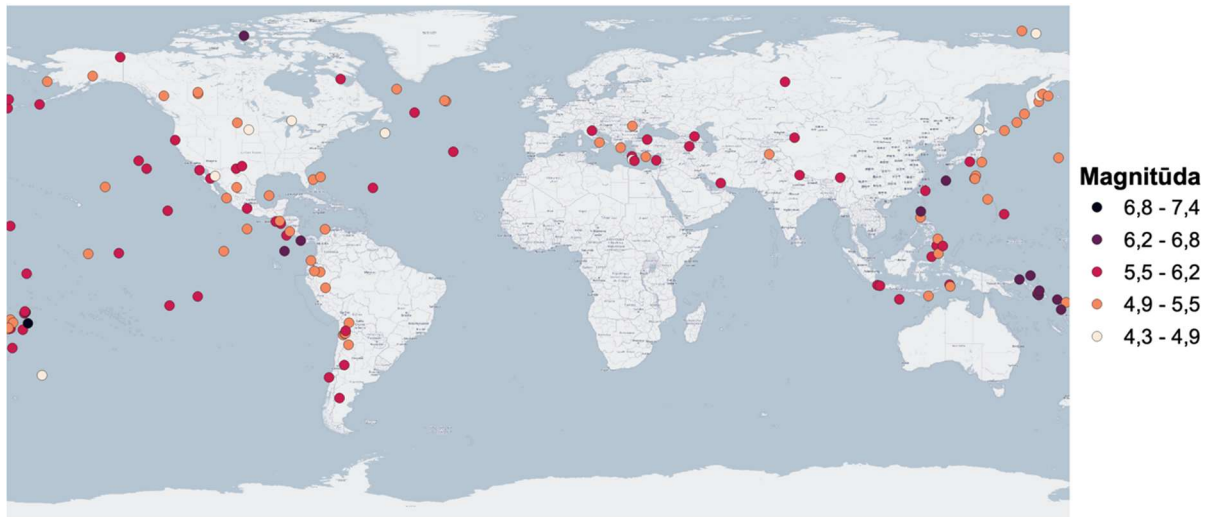
>1000 km attālumā) un reģionāla mēroga notikumi var tikt noteiktas kā Latvijas teritorijai tuvas zemes kustības (7. attēls).

Ņemot vērā augstāk minētos faktorus, ir vērtīgi apskatīt notikumus, kuru lokalizācijas kļūda nepārsniedza 10 km (2. attēls). Tie precīzāk norāda uz vietām, kurās notikušas seismiskās kustības.



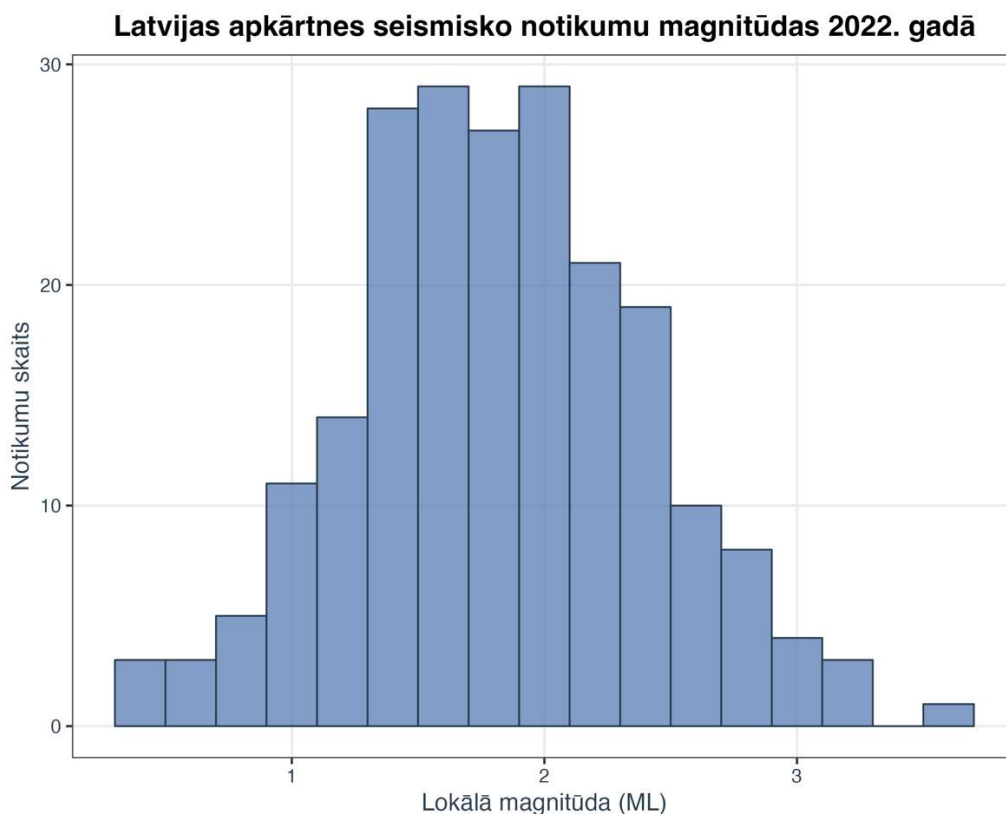
2. attēls. Seismiskie notikumi Baltijas valstu apkārtnē 2022. gadā ar lokalizācijas kļūdu <10 km. Ar trijstūriem apzīmētas monitoringā izmantotās seismiskās stacijas.

2. attēlā redzams, ka liela daļa notikumu koncentrējās Somu līcī. Vairāki notikumi atrodami arī Narvas apkārtnē un Igaunijas dienvidu daļā, divi – Latvijas piekrastē Baltijas jūrā un viens Lietuvas Ziemeļu daļā, kā arī Ādažu poligonā. Balstoties uz novēroto frekvenču spektru un pienākošo seismisko viļņu īpašībām, visi notikumi klasificējami kā tehnogēnas izcelsmes (skat. 5. un 6. attēlu).



3. attēls. 2022. gada oktobra-decembra seismisko notikumu atrašanās vietas pasaules kartē

2022. gada oktobrī – decembrī konstatēti 158 teleseismiskie notikumi, kuru magnitūdas mainījās intervālā no 4,3 līdz 7,4. Latvijai tuvākie teleseismiskie notikumi konstatēti Vidusjūras apkārtnē – Krētas salā, Grieķijā, Rumānijā un Itālijā. Visi konstatētie teleseismiskie notikumi pārbaudīti, tos salīdzinot ar citu pasaules globālo seismisko tīklu novērojumiem.



4. attēls. Seismisko notikumu magnitūdas Latvijas apkārtnē 2022. gadā

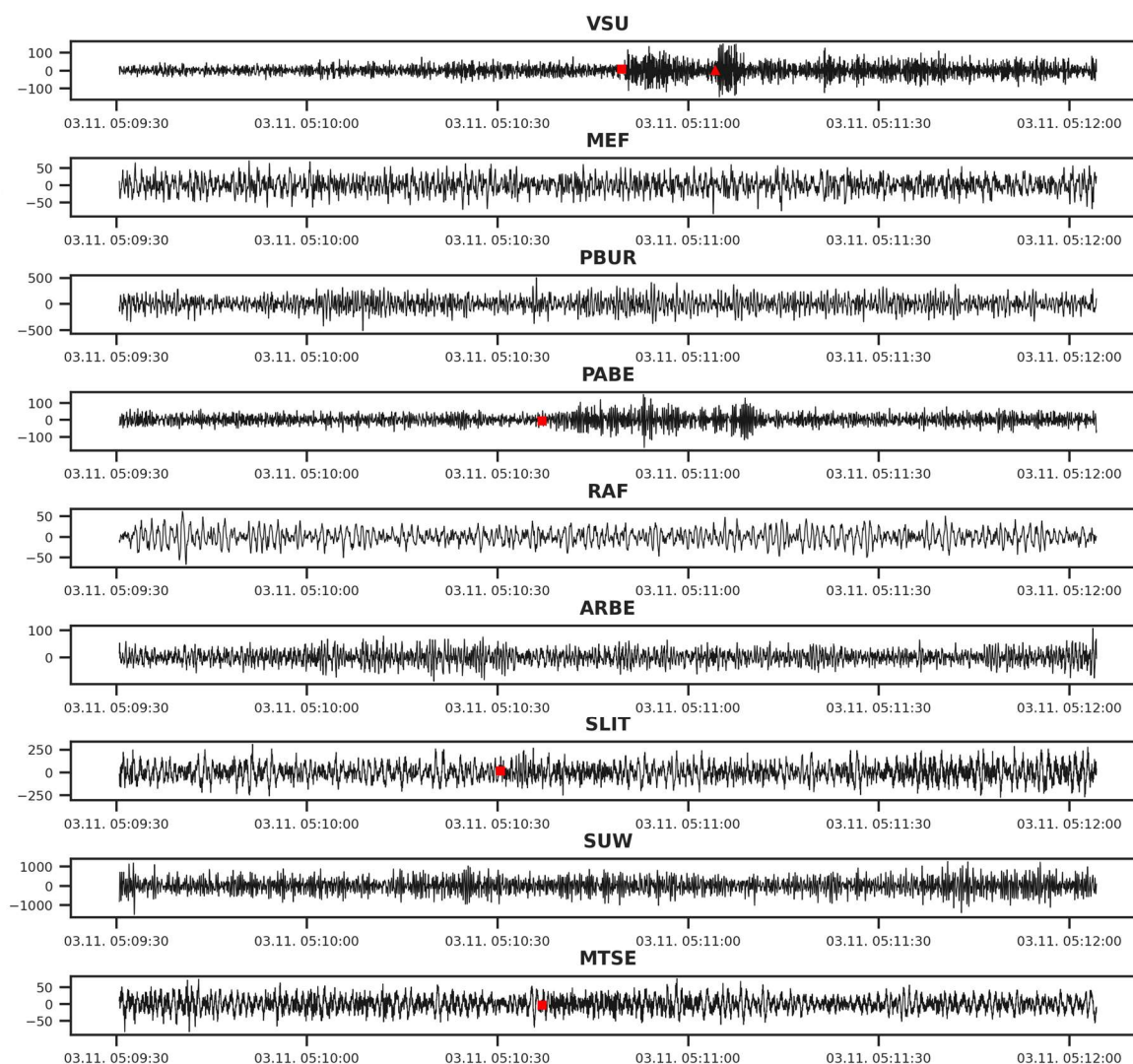
4. attēlā redzamas Latvijas apkārtnes seismisko notikumu magnitūdas 2022. gada ietvaros. Redzams, ka lielākā daļa notikumu magnitūdu mainās intervālā no 1,5 līdz 2,1. Domājams, ka Latvijā un tās apkārtnē novērojami arī ievērojami vairāk notikumu ar zemāku

magnitūdu, bet nelielais staciju skaits traucē tos atrast ar gana augstu precizitāti – bieži vien pienākošie seismiskie viļņi no tiem ir redzami tikai vienā novērojumu stacijā.

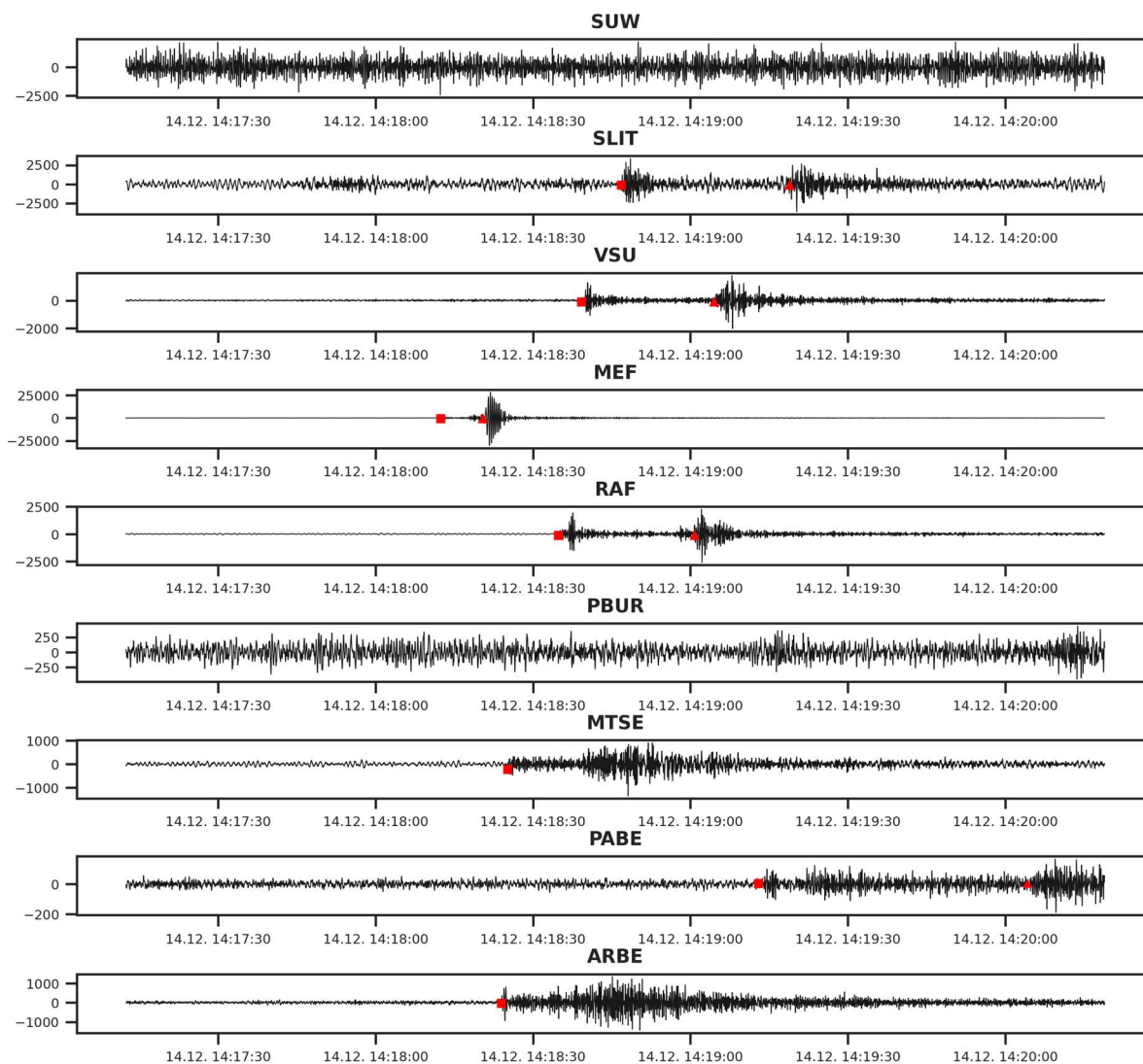
2022. gada ietvaros Latvijas apkārtnē tika atrasti arī 7 notikumi, kuru lokālā magnitūda pārsniedza 3 – tie bija cilvēkam jūtami. Divi no tiem novēroti Lietuvas dienvidu daļā, pārējie - Baltijas jūrā. Notikumi visdrīzāk saistāmi ar sprādzieniem karjeros vai militārām mācībām Baltijas jūras ūdeņos.

Atsevišķu seismisko notikumu ierakstu piemēri

5. attēlā redzams 3. novembra notikums Latvijas teritorijā Ādažu poligonā, ar magnitūdu 1,9. Izteikti novērojamas seismiskās fāzes VSU, MTSE un PABE stacijās, savukārt Slīteres stacijā izteikti redzamas izmaiņas augstāko frekvenču spektrā (>3 Hz). Citās stacijās seismiskā notikuma pēdas izteikti slēpj fona troksnis. Garenviļņu (S) pienākšanas fāzi iespējams izdalīt tikai VSU novērojumu stacijā. Balstoties pieejamajā frekvenču informācijā, visdrīzākais notikuma cēlonis ir militāru mācību izraisīts sprādziens.

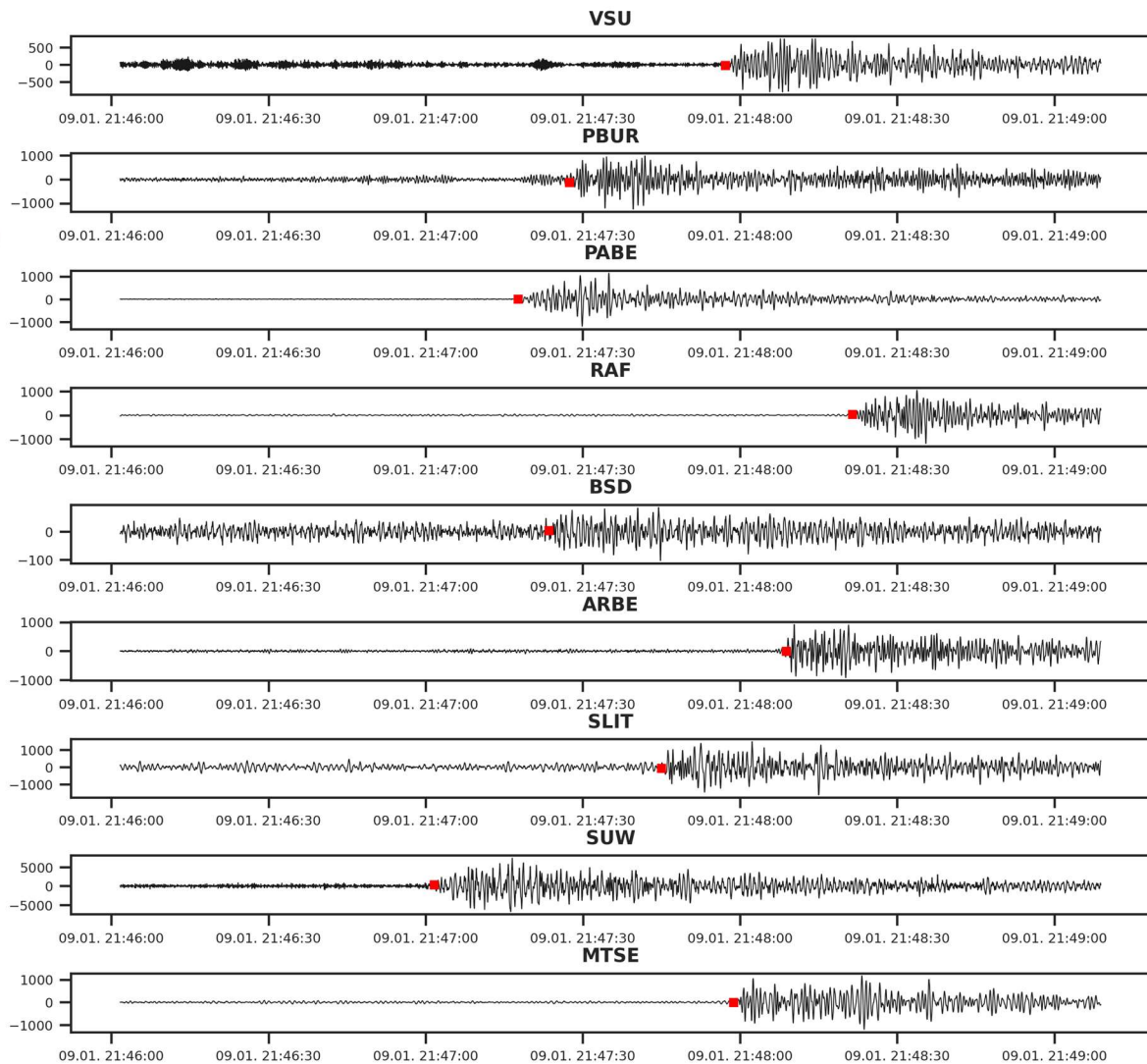


5. attēls. Seismiskais notikums Ādažu poligonā, Latvijā. X ass attēlo datumu un laiku UTC sistēmā, Y ass – kustību amplitūdu stacijas mērvienībās (*station counts*). Sarkanie kvadrāti norāda uz pienākošā garenviļņa (P-fāzes) noteikšanas laiku, sarkanie trijstūri – uz šķērsviļņa (S-fāzes) noteikšanas laiku. Notikums attēlots ar frekvenču joslas filtru 1-8 Hz, grafikā redzama daļiņu kustība Z ass virzienā



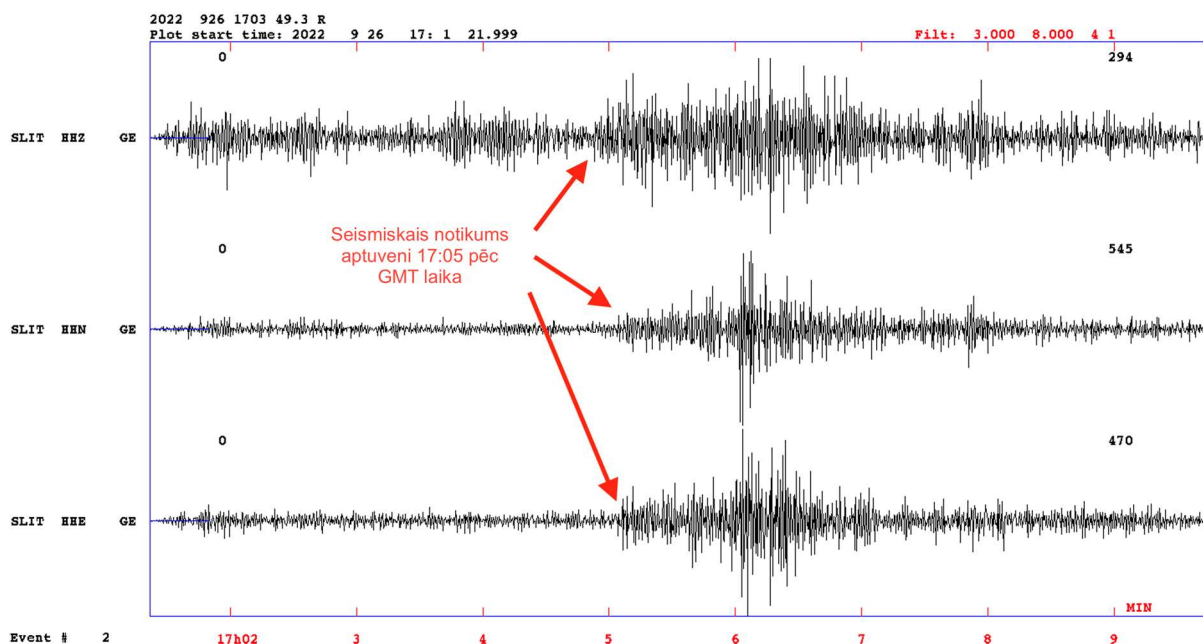
6. attēls. Seismiskais notikums Somu līcī. X ass attēlo datumu un laiku UTC sistēmā, Y ass – kustību amplitūdu stacijas mērvienībās (*station counts*). Sarkanie kvadrāti norāda uz pienākošā garenviļņa (P-fāzes) noteikšanas laiku, sarkanie trijstūri – uz šķērsviļņa (S-fāzes) noteikšanas laiku. Notikums attēlots ar frekvenču joslas filtru 1-8 Hz, grafikā redzama daļiņu kustība Z ass virzienā

6. attēlā redzams 14. decembra seismiskais notikums Somu līcī, Somijas jūras teritorijā. Izteikti izdalāmas atsevišķas pienākošās garenviļņu (P) un šķērsviļņu (S) fāzes. Notikuma lokālā magnitūda sasniedza 2,5. Balstoties uz dominējošo frekvenču spektru, kā arī Somijas seismoloģijas institūta interpretāciju, arī šis notikums ir tehnogēnas izcelsmes.



7. attēls. Seismiskais notikums Grieķijā, sākotnēji interpretēts kā notikums Lietuvas dienvidos. X ass attēlo datumu un laiku UTC sistēmā, Y ass – kustību amplitūdu stacijas mērvienībās (*station counts*). Sarkanie kvadrāti norāda uz pienākošā gareņviļņa (P-fāzes) noteikšanas laiku. Notikums attēlots ar frekvenču joslas filtru 1-8 Hz, grafikā redzama daļiņu kustība Z ass virzienā

7. attēlā redzams seismiskais notikums 9. janvārī Grieķijā, sākotnēji interpretēts kā notikums ar magnitūdu 3,1 Lietuvā. Seismiskajā ierakstā dominē galvenokārt augstās un vidēji augstās frekvences (>2Hz). Šādus notikumus ir sarežģīti interpretēt kā reģionālus, jo, ņemot vērā salīdzinoši lielas amplitūdas augstajā frekvenču spektrā, tās var interpretēt arī kā lokālas kustības. Papildus tam vairāki no šiem notikumiem nav atrasti nevienā no globālajiem seismoloģiskajiem tīkliem, kas vēl vairāk apgrūtina precīzu to ģenēzes noteikšanu.



8. attēls. 26. Septembra seismiskais notikums Baltijas jūrā, novērtos Slīteres seismoloģiskajā stacijā. Notikums gandrīz viennozīmīgi saistāms ar NordStream sprādzieniem šajā datumā. X ass attēlo laiku UTC (GMT) sistēmā, Y ass – kustību amplitūdu stacijas mērvienībās (*station counts*). Bultas norāda uz notikuma sākšanās laiku. Notikums attēlots ar frekvenču joslas filtru 3-8 Hz, grafikā redzamas seismiskās kustības visos trīs virzienos (Z, N, E).

8. attēlā redzamas seismiskās kustības Slīteres stacijā saistībā ar sprādzienu pie Bornholmas salas 26. septembrī. Notikuma pazīmes bija sastopamas visās Latvijas tuvumā atrodamajās seismiskajās stacijās, tomēr, ņemot vērā pienākošo viļņu relatīvi zemo amplitūdu un augsto frekvenču spektru, ne *HypoInverse* programmatūra, ne *seiscomp* programmatūra nespēja noteikt notikuma atrašanās vietu pārāk augstas kļūdas dēļ. Slīteres stacijas pienākošo viļņu aprēķinātā magnitūda nepārsniedza 2.

2022. gada seismiskie notikumi Latvijas tuvumā

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
1	04.01.2022 08:23:01	23,959	59,058	1,5	2,1	4	3,4	38,9
2	11.01.2022 15:00:54	22,901	54,748	1,1	1,7	4	98,9	7,7
3	18.01.2022 04:30:44	25,648	58,507	0	1,3	4	49,2	1,8
4	21.01.2022 19:38:00	26,282	59,036	1,8	1,3	4	96,1	99,0
5	23.01.2022 00:49:33	24,566	54,196	0	3,1	5	99,0	31,6
6	24.01.2022 21:43:58	26,435	58,809	2,7	1,3	4	88,7	88,7
7	26.01.2022 04:06:06	24,066	58,999	0	1,7	4	15,8	3,6
8	03.02.2022 07:57:08	24,866	59,201	0	2,3	4	99,0	31,6
9	03.02.2022 09:17:50	24,731	58,911	0	1,6	4	1,5	0,5
10	03.02.2022 10:14:27	19,630	58,596	0	2,4	4	15,6	3,9
11	10.02.2022 05:50:58	26,317	58,934	0	1,6	4	99,0	8,0
12	11.02.2022 06:14:57	24,203	58,983	0	1,6	4	97,1	19,4
13	14.02.2022 14:43:52	24,262	59,080	0	1,9	4	96,7	21,4
14	17.02.2022 06:14:41	23,492	58,722	0,1	1,2	4	99,0	31,9
15	23.02.2022 11:54:00	28,815	58,673	0	2,2	4	42,6	15,2
16	25.02.2022 09:57:56	27,629	59,274	0,4	2,5	4	11,7	3,3
17	26.02.2022 09:30:32	25,463	59,094	0,1	1,2	4	37,2	8,5
18	26.02.2022 16:57:01	21,486	56,407	0	2,1	4	99,0	31,6
19	26.02.2022 18:09:28	24,456	59,014	0	1,8	4	41,8	7,7
20	28.02.2022 17:20:52	23,029	55,645	0,5	2,0	4	98,8	26,8
21	01.03.2022 06:13:25	25,268	58,563	1,6	1,7	4	99,0	99,0
22	02.03.2022 22:08:50	23,836	58,713	1,5	1,1	4	99,0	99,0
23	03.03.2022 05:20:39	25,099	58,587	1,8	1,8	4	99,0	99,0
24	04.03.2022 04:45:03	24,569	58,598	1,5	1,3	4	50,4	70,7
25	04.03.2022 15:30:39	26,435	58,803	1,9	1,6	4	99,0	99,0
26	04.03.2022 16:46:12	26,015	58,512	0	1,4	4	73,3	2,5
27	05.03.2022 05:21:02	24,562	59,033	0,0	1,9	4	99,0	6,0
28	05.03.2022 13:39:59	24,276	58,705	1,6	1,1	4	99,0	99,0
29	05.03.2022 18:26:37	24,257	55,439	0,1	1,6	4	99,0	31,9
30	05.03.2022 23:06:02	25,047	59,100	1,5	1,9	4	99,0	99,0
31	07.03.2022 14:09:23	22,286	57,634	0	1,3	4	99,0	31,6
32	07.03.2022 21:50:00	26,633	58,570	0	1,1	4	99,0	17,9
33	08.03.2022 01:40:08	24,849	58,638	1,4	2,1	4	8,1	18,4
34	08.03.2022 10:50:11	23,816	58,725	0	1,4	4	44,4	25,0
35	11.03.2022 10:53:10	26,594	59,405	0	1,9	4	96,9	20,3

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
36	14.03.2022 12:38:39	25,085	59,153	0,1	1,7	4	95,4	26,5
37	16.03.2022 05:20:08	23,969	58,785	0,0	1,3	4	2,0	0,7
38	16.03.2022 20:38:42	25,095	59,251	0	1,6	4	99,0	31,6
39	17.03.2022 04:41:05	27,362	59,562	0	2,1	4	31,0	7,6
40	17.03.2022 11:37:52	25,834	59,447	0,0	1,3	4	29,2	8,8
41	17.03.2022 11:54:05	25,327	59,676	1,1	2,2	4	76,7	21,8
42	18.03.2022 02:57:07	24,357	59,034	0	1,4	4	64,6	12,8
43	24.03.2022 01:10:59	26,696	59,641	0	2,1	4	99,0	31,9
44	24.03.2022 01:53:19	24,891	59,110	1,9	1,8	4	99,0	99,0
45	25.03.2022 12:03:48	25,024	61,137	0	2,6	4	99,0	31,6
46	27.03.2022 13:57:01	24,904	59,266	1,6	1,7	4	30,2	99,0
47	28.03.2022 10:30:02	28,328	59,304	0	2,5	4	11,0	1,9
48	29.03.2022 06:59:11	23,849	55,772	1,4	1,7	4	95,1	29,5
49	29.03.2022 19:45:35	26,728	58,465	0	0,6	4	97,8	20,3
50	01.04.2022 00:12:54	24,803	58,995	1,6	2,4	4	99,0	99,0
51	01.04.2022 09:48:18	26,008	59,416	0	0,5	4	99,0	13,2
52	02.04.2022 15:35:27	26,030	59,359	1,5	0,8	4	95,7	99,0
53	03.04.2022 05:06:02	24,749	59,351	1,7	1,5	4	23,5	99,0
54	03.04.2022 11:14:42	22,337	57,343	1,6	2,1	4	6,5	46,4
55	07.04.2022 09:56:03	25,762	59,244	1,5	1,7	4	5,5	77,5
56	10.04.2022 09:26:27	23,521	55,921	0	1,9	5	98,1	13,4
57	12.04.2022 07:34:23	23,754	58,689	0,0	1,6	4	99,0	31,9
58	17.04.2022 05:10:30	23,275	54,627	0,2	1,7	4	98,5	9,8
59	19.04.2022 07:27:00	28,192	58,917	0	2,2	4	99,0	31,6
60	19.04.2022 11:37:41	26,473	58,753	0	1,5	4	99,0	15,7
61	20.04.2022 14:52:28	22,588	57,737	1,8	1,4	4	73,6	66,3
62	22.04.2022 09:16:37	25,068	59,135	0	1,6	4	99,0	31,6
63	28.04.2022 01:50:13	23,785	54,591	2,6	1,9	4	87,8	51,0
64	28.04.2022 04:57:23	25,947	59,471	0	1,1	4	98,9	31,9
65	01.05.2022 14:31:59	24,594	59,718	0	2,5	5	25,5	11,5
66	02.05.2022 10:31:43	24,271	59,598	0	2,9	4	4,5	1,5
67	04.05.2022 01:26:15	22,478	55,847	1,7	1,2	4	99,0	99,0
68	10.05.2022 17:05:37	19,713	55,884	0	3,2	6	5,6	24,1
69	14.05.2022 15:20:40	25,942	59,475	0	1,0	4	99,0	31,9
70	18.05.2022 08:26:38	19,543	55,838	0	2,8	5	31,1	31,6

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
71	23.05.2022 10:26:47	26,573	59,119	0,4	1,4	4	2,4	0,7
72	23.05.2022 19:26:16	22,908	58,181	1,6	1,5	4	99,0	99,0
73	24.05.2022 00:49:26	22,674	57,961	1,5	1,3	4	99,0	99,0
74	25.05.2022 11:02:10	21,202	57,337	0,0	2,2	5	2,3	1,1
75	28.05.2022 07:23:23	26,018	59,426	0	1,5	4	93,0	33,9
76	28.05.2022 09:20:23	23,932	58,789	0,0	2,1	4	94,4	29,8
77	30.05.2022 15:09:17	25,026	58,698	0	1,2	4	98,9	3,8
78	01.06.2022 06:45:30	19,924	57,213	0	3,3	4	99,0	31,6
79	01.06.2022 12:04:18	23,963	55,510	0	1,8	6	99,0	31,6
80	03.06.2022 10:26:51	25,122	59,268	0	2,4	4	99,0	31,6
81	04.06.2022 06:53:33	24,327	59,148	0	1,8	4	98,7	8,5
82	13.06.2022 03:10:53	23,777	59,282	4,0	3,0	6	2,0	2,2
83	14.06.2022 08:58:22	25,355	59,180	1,9	2,3	4	99,0	99,0
84	16.06.2022 15:19:12	24,107	58,870	1,5	2,0	4	99,0	99,0
85	16.06.2022 16:44:45	25,868	58,703	0	1,5	4	18,9	8,4
86	20.06.2022 15:00:16	22,093	57,577	0	0,9	4	18,6	4,9
87	28.06.2022 21:50:54	22,751	55,842	1,8	1,4	4	99,0	99,0
88	29.06.2022 05:33:37	25,263	58,277	0,1	1,3	4	98,1	13,1
89	29.06.2022 06:17:52	22,286	57,634	0	1,5	4	99,0	31,6
90	01.07.2022 00:04:08	23,790	54,948	1,6	0,9	4	99,0	99,0
91	01.07.2022 13:23:51	24,384	58,949	1,6	1,8	4	14,9	27,6
92	02.07.2022 15:18:13	23,814	58,715	0,4	0,4	4	98,9	4,7
93	04.07.2022 17:14:48	26,729	58,466	0	0,8	4	98,7	10,6
94	05.07.2022 06:27:24	24,564	58,970	1,8	2,9	4	99,0	99,0
95	06.07.2022 03:57:50	22,243	57,747	0	1,8	4	98,9	35,0
96	06.07.2022 18:41:24	24,475	58,711	1,7	1,7	4	67,9	84,4
97	07.07.2022 11:42:32	23,635	58,713	0	2,3	4	45,3	31,6
98	10.07.2022 16:00:31	24,122	58,838	1,8	1,4	4	99,0	99,0
99	10.07.2022 17:42:22	23,819	58,715	0,7	0,9	4	96,7	40,1
100	16.07.2022 18:30:09	23,710	58,641	1,0	1,7	4	90,6	39,8
101	17.07.2022 19:34:15	23,828	53,019	0	2,4	4	99,0	31,6
102	22.07.2022 01:58:16	22,637	56,023	0	1,4	4	9,0	5,4
103	23.07.2022 16:14:27	26,091	56,051	0	2,5	5	99,0	31,6
104	23.07.2022 23:32:56	23,485	54,946	0	1,1	4	99,0	31,6
105	25.07.2022 11:35:11	23,078	58,178	1,5	2,0	4	99,0	99,0

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
106	05.08.2022 02:23:45	22,931	56,636	1,9	1,8	4	25,2	99,0
107	13.08.2022 10:29:44	25,910	59,299	0,4	1,5	4	96,3	12,0
108	18.08.2022 12:09:00	23,963	55,510	0	0,6	4	99,0	31,6
109	19.08.2022 11:39:51	20,026	56,716	3,2	1,8	4	2,7	3,0
110	20.08.2022 06:03:59	19,585	56,073	0	2,3	4	74,6	31,6
111	22.08.2022 10:06:37	24,019	54,700	1,9	2,0	4	75,1	99,0
112	23.08.2022 18:51:25	21,688	55,266	1,3	2,3	4	31,5	32,7
113	26.08.2022 00:35:27	20,873	55,534	0,1	1,6	4	97,0	19,9
114	26.08.2022 13:20:04	24,693	58,690	1,9	1,6	4	99,0	99,0
115	27.08.2022 12:48:23	23,973	58,990	0	1,1	4	48,7	11,8
116	29.08.2022 11:45:14	25,309	59,287	0	1,8	4	67,0	18,6
117	29.08.2022 22:04:35	22,607	56,271	0	2,0	4	99,0	31,6
118	29.08.2022 23:04:06	21,664	56,079	0	2,1	4	96,7	24,0
119	02.09.2022 22:38:12	21,823	56,153	0	1,9	4	99,0	31,6
120	04.09.2022 20:19:26	23,180	54,028	0	1,3	4	75,5	30,7
121	05.09.2022 20:35:35	23,072	53,614	0	2,0	4	99,0	31,6
122	05.09.2022 23:59:08	23,427	55,646	2,0	1,2	4	99,0	99,0
123	10.09.2022 04:04:47	21,951	56,008	0	1,3	4	79,5	39,9
124	13.09.2022 09:49:54	24,214	58,905	1,7	2,5	4	75,2	97,3
125	14.09.2022 02:07:54	23,697	54,800	1,7	1,5	4	99,0	99,0
126	16.09.2022 13:08:54	24,150	58,804	1,8	2,1	4	98,5	98,5
127	19.09.2022 21:21:21	22,546	54,612	1,9	1,5	4	21,5	99,0
128	20.09.2022 01:08:06	23,588	54,601	1,6	1,0	4	99,0	99,0
129	20.09.2022 09:39:35	22,554	57,718	0	2,6	4	98,6	13,4
130	21.09.2022 17:12:49	21,396	57,762	0	2,3	4	87,1	87,1
131	21.09.2022 22:15:51	22,198	56,615	2,4	2,0	4	6,0	53,9
132	23.09.2022 09:46:00	22,286	57,634	0	1,5	4	99,0	31,6
133	25.09.2022 12:23:19	25,951	59,468	0	1,8	4	93,7	31,9
134	25.09.2022 17:13:03	26,012	56,194	0	2,4	5	99,0	31,6
135	27.09.2022 07:12:35	23,995	59,692	0	1,5	4	98,9	30,4
136	27.09.2022 17:12:33	25,108	57,194	0	2,3	4	38,1	31,6
137	28.09.2022 08:49:07	26,669	61,319	0	2,3	4	52,6	31,6
138	28.09.2022 10:58:40	25,071	59,785	0	2,0	4	99,0	31,6
139	29.09.2022 09:05:55	26,376	58,954	1,8	1,7	4	99,0	99,0
140	29.09.2022 12:09:53	22,925	59,834	0,7	1,6	4	0,7	1,6

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
141	29.09.2022 13:32:57	22,923	59,824	0,3	1,7	4	1,6	0,6
142	30.09.2022 08:08:48	26,248	59,307	1,5	1,5	5	99,0	99,0
143	03.10.2022 09:08:48	24,368	59,836	0	2,1	7	4,5	5,1
144	04.10.2022 15:51:22	25,356	59,034	1,6	1,5	4	1,1	12,7
145	05.10.2022 13:55:54	26,445	58,788	0	1,5	4	99,0	9,1
146	05.10.2022 20:03:33	23,287	54,718	1,5	2,0	4	25,4	99,0
147	10.10.2022 04:49:14	22,152	55,975	1,9	1,4	4	85,0	85,0
148	12.10.2022 21:39:11	22,208	55,193	1,5	2,2	4	87,7	56,7
149	13.10.2022 15:02:26	21,723	57,011	1,3	2,1	4	97,6	28,9
150	15.10.2022 08:58:42	25,480	58,567	0	1,7	4	47,4	13,1
151	18.10.2022 07:17:48	24,570	59,583	1,6	2,5	5	0,6	12,8
152	24.10.2022 01:24:28	23,572	56,521	1,8	2,0	4	10,2	96,0
153	25.10.2022 10:01:24	24,529	60,273	0	1,7	4	12,8	3,1
154	28.10.2022 09:21:09	25,222	60,410	0	1,6	5	95,8	27,9
155	02.11.2022 17:45:59	21,925	56,029	0	1,4	4	99,0	31,6
156	03.11.2022 05:10:06	24,402	57,117	0	1,9	4	2,0	1,3
157	03.11.2022 08:32:22	27,638	59,208	0	1,8	4	4,9	2,2
158	03.11.2022 11:01:19	21,478	61,066	0	2,1	4	26,4	4,8
159	04.11.2022 09:19:03	24,419	58,885	2,2	2,0	4	98,2	98,2
160	06.11.2022 15:11:29	25,981	59,468	0,8	0,7	4	85,9	12,0
161	07.11.2022 14:58:10	22,313	59,811	0	2,8	7	0,9	1,3
162	08.11.2022 11:18:25	23,454	54,380	1,4	2,1	4	28,3	16,2
163	08.11.2022 12:24:26	23,963	55,510	0	1,2	4	99,0	31,6
164	09.11.2022 11:16:58	25,845	60,127	0	2,2	4	8,6	1,7
165	09.11.2022 11:19:39	23,707	58,761	0	1,6	6	99,0	31,6
166	09.11.2022 11:38:26	22,645	60,067	0	2,6	6	99,0	99,0
167	10.11.2022 12:42:43	24,111	58,147	0	2,4	5	62,7	19,8
168	11.11.2022 10:44:06	29,089	60,746	0	2,3	4	13,7	31,6
169	15.11.2022 07:33:14	22,295	59,694	0,1	2,4	4	1,2	11,1
170	15.11.2022 07:53:32	22,290	59,699	0,1	2,9	5	1,0	9,4
171	16.11.2022 08:23:19	26,777	58,552	0	2,3	5	98,2	82,7
172	16.11.2022 12:53:59	19,931	56,322	0	2,5	4	16,5	4,0
173	19.11.2022 13:33:03	25,921	59,496	0	1,5	4	93,7	31,9
174	22.11.2022 11:19:56	22,088	56,758	2,3	2,0	4	99,0	99,0
175	22.11.2022 12:47:46	24,946	58,462	1,5	0,9	4	2,6	22,9

Nr.	Datums un laiks	Ģeogrāfiskais garums, °	Ģeogrāfiskais platums, °	Dziļums, km	Magnitūda	Lokalizācijā izmantotais fāžu skaits	Horizontālā kļūda, km	Dziļuma kļūda, km
176	23.11.2022 11:36:28	19,809	57,783	0	2,6	6	99,0	31,6
177	24.11.2022 17:38:16	22,400	59,781	0,1	2,0	4	3,8	10,7
178	24.11.2022 21:56:00	22,465	59,732	0	1,9	7	4,8	3,8
179	26.11.2022 09:24:57	21,760	61,027	0	2,1	5	99,0	31,6
180	26.11.2022 09:47:29	22,183	59,660	0,0	2,8	4	1,5	8,7
181	26.11.2022 09:59:10	22,225	59,657	0,2	2,4	4	1,9	9,5
182	27.11.2022 05:09:36	21,517	58,741	0	2,6	5	12,8	31,6
183	29.11.2022 12:07:01	23,810	59,801	0	2,0	4	2,0	1,3
184	30.11.2022 08:26:16	23,068	59,849	0	2,3	7	1,6	2,2
185	30.11.2022 12:48:51	26,410	59,908	0	1,3	4	99,0	31,6
186	30.11.2022 12:50:52	27,155	58,078	0	1,6	4	99,0	31,6
187	04.12.2022 10:00:52	23,053	60,639	1,8	1,1	4	99,0	99,0
188	04.12.2022 14:41:45	21,384	59,381	0	1,5	4	99,0	31,6
189	04.12.2022 16:24:39	28,131	61,461	0	2,0	4	99,0	31,6
190	06.12.2022 04:55:11	21,760	61,027	0	3,7	4	99,0	31,6
191	06.12.2022 08:52:11	20,173	57,042	0	2,6	4	99,0	31,6
192	06.12.2022 08:52:15	24,391	60,222	0	0,9	4	99,0	31,6
193	06.12.2022 09:37:19	24,631	59,621	0,1	2,3	4	2,0	12,1
194	07.12.2022 10:24:24	24,560	59,582	0,0	2,2	4	0,8	12,0
195	13.12.2022 20:13:11	26,437	60,874	2,1	2,2	5	11,3	14,8
196	14.12.2022 12:44:18	24,080	59,836	1,6	2,5	6	1,1	3,0
197	14.12.2022 14:18:04	24,144	59,849	0	2,4	7	2,5	5,5
198	16.12.2022 14:19:02	25,031	59,341	1,6	1,0	4	21,6	99,0
199	17.12.2022 12:26:08	22,336	59,701	0	3,0	6	2,0	1,9
200	17.12.2022 12:38:37	22,298	59,699	0,1	2,7	5	1,0	8,7
201	18.12.2022 23:29:11	26,789	60,595	0	2,4	4	8,9	1,0
202	19.12.2022 09:10:38	27,509	59,220	0	2,7	4	7,5	3,4
203	19.12.2022 11:25:04	28,020	59,210	0	2,5	4	5,1	12,1
204	20.12.2022 07:41:14	21,936	56,022	1,2	0,5	4	98,9	43,8
205	20.12.2022 20:30:17	26,165	60,705	0	2,2	4	5,5	1,8
206	21.12.2022 08:19:12	25,935	59,409	1,7	1,6	6	10,9	98,9
207	21.12.2022 12:30:11	23,852	59,328	0	2,0	4	10,8	5,0
208	21.12.2022 12:34:37	23,498	62,106	0,1	2,1	4	13,5	3,3
209	23.12.2022 09:10:19	19,505	59,006	0	3,0	4	38,2	31,6
210	23.12.2022 14:14:14	24,912	59,476	2,2	1,6	4	18,7	99,0
211	26.12.2022 05:58:17	24,602	58,706	1,5	1,4	4	86,9	99,0
212	26.12.2022 11:51:54	24,923	59,566	1,5	1,7	5	40,1	18,8
213	26.12.2022 17:31:55	26,248	59,133	1,8	1,3	4	66,0	66,9
214	30.12.2022 10:53:19	22,065	56,033	0,2	1,3	4	98,6	9,0

Izmantotās literatūras saraksts

- Albuquerque Seismological Laboratory/USGS., 2014. *Global Seismograph Network (GSN - IRIS/USGS)*. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/IU>
- Beyreuther, M., Barsch, R., Krischer, L., Megies, T., Behr, Y., & Wassermann, J., 2010. ObsPy: A Python Toolbox for Seismology. *Seismological Research Letters*, 81(3), 530–533. <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.3.530>
- Helmholtz-Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH., 2008. *The SeisComP seismological software package*. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/GFZ.2.4.2020.003>
- Klein, Fred. W., 2014. *User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitudes*.
- Mousavi, S. M., Ellsworth, W. L., Zhu, W., Chuang, L. Y., & Beroza, G. C., 2020. Earthquake transformer—An attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature Communications*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17591-w>
- Quinteros, J., Strollo, A., Evans, P. L., Hanka, W., Heinloo, A., Hemmleb, S., Hillmann, L., Jaekel, K.-H., Kind, R., Saul, J., Zieke, T., & Tilmann, F., 2021. The GEOFON Program in 2020. *Seismological Research Letters*, 92(3), 1610–1622. <https://doi.org/10.1785/0220200415>
- Woollam, J., Münchmeyer, J., Tilmann, F., Rietbrock, A., Lange, D., Bornstein, T., Diehl, T., Giunchi, C., Haslinger, F., Jozinović, D., Michelini, A., Saul, J., & Soto, H., 2022. SeisBench—A Toolbox for Machine Learning in Seismology. *Seismological Research Letters*, 93(3), 1695–1709. <https://doi.org/10.1785/0220210324>
- Zhu, W., McBrearty, I. W., Mousavi, S. M., Ellsworth, W. L., & Beroza, G. C., 2022. Earthquake Phase Association using a Bayesian Gaussian Mixture Model. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127(5). <https://doi.org/10.1029/2021JB023249>