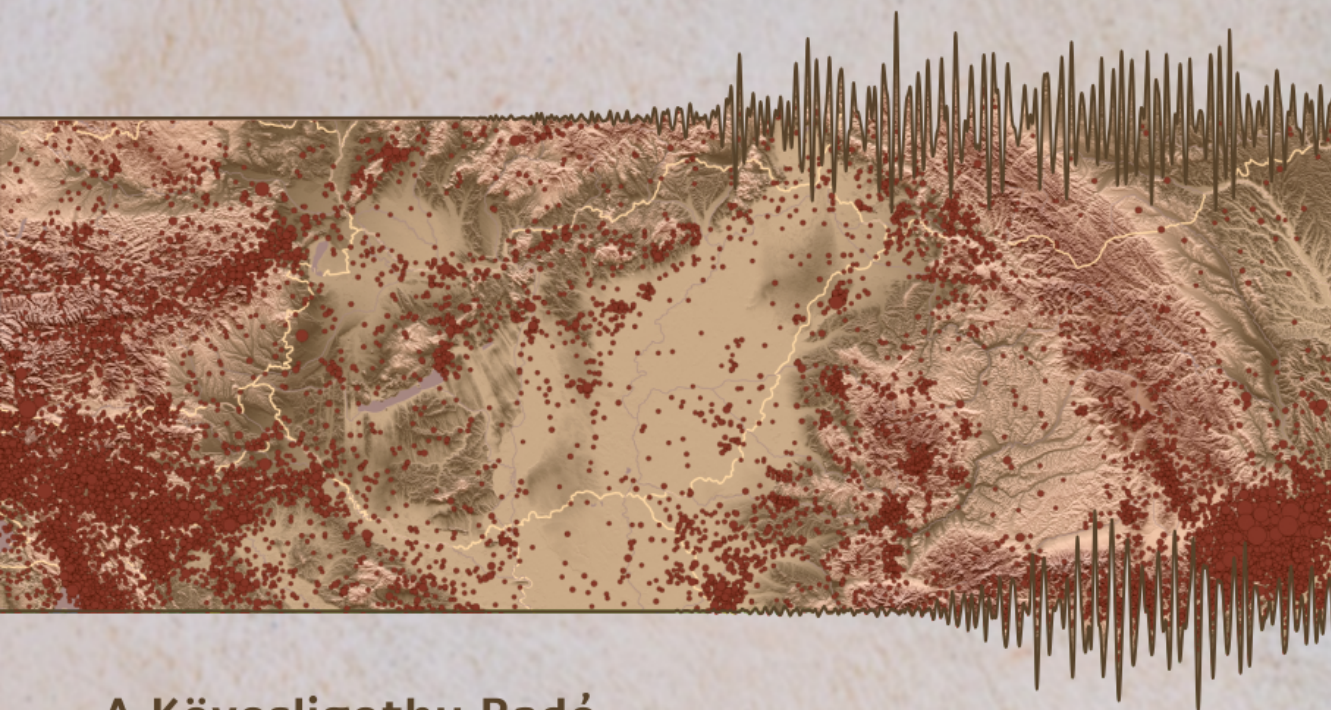




Epicentrum



2021



A Kövesligethy Radó
Szeizmológiai Obszervatórium
évkönyve

Epicentrum

2021

A Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium
évkönyve

Közreműködők/Szerzők:

Győri E. (szerk.), Czanik Cs., Czece B., Czifra T., Fodor Cs., Gribovszki
K., Gyarmati A., Kalmár D., Kiszely M., Kovács I. J., Süle B., Szűcs E.,
Timkó M., Varga P., Wéber Z.



Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium
Budapest
2023

Hivatkozás:

Győri E. (szerk.), Czanik Cs., Czece B., Czifra T., Fodor Cs., Gribovszki K., Gyarmati A., Kalmár D., Kiszely M., Kovács I.J., Süle B., Szűcs E., Timkó M., Varga P., Wéber Z. 2023: Epicentrum 2021, A Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium Évkönyve, ELKH FI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium, Budapest, 69 o.

A kiadványban szereplő adatok, ábrák, táblázatok a forrásműre való megfelelő hivatkozás mellett szabadon felhasználhatók.

Felelős kiadó: Dr. Wesztergom Viktor
igazgató
Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet
9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8.

ISSN 2939-6085 (nyomtatott)
ISSN 2939-6077 (online)

A kiadvány megjelenését a Petőfi Kulturális Ügynökség FIT-SN-2021-0016. számú pályázati támogatása tette lehetővé.

Tartalomjegyzék

Előszó	5
A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat <i>Süle Bálint</i>	7
Infrahangállomás Pizskés-tetőn <i>Czanik Csenge</i>	10
Lokális események <i>Czecze Barbara, Gyarmati Anett, Kiszely Márta, Süle Bálint</i>	11
Magyarország területén érezhető földrengések 2021-ben <i>Győri Erzsébet</i>	21
A Földön keletkezett $M \geq 7$ magnitúdójú földrengések 2021-ben <i>Kiszely Márta</i>	23
Hazánkban is érezhető földrengések a Bécsi-medence területén, Ausztriában (2021) <i>Czecze Barbara</i>	27
Földrengések Répcelak környékén – 2021. szeptember <i>Győri Erzsébet, Gribovszki Katalin, Kovács István János, Wéber Zoltán</i>	37
Földrengésrajok a Móri-árok területén <i>Kiszely Márta</i>	44
A kecskeméti földrengés – 1911. július 8. <i>Győri Erzsébet</i>	51
Tűzgömb megfigyelések 2021-ben <i>Kiszely Márta</i>	61

Előszó

Kiadványunk, a Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatóriumának évkönyve, a tavalyi indulás után 2023-ban a második alkalommal jelenik meg.

Célunk, hogy közérthető módon, rövidítve, de mégis szakmai igényességgel bemutassuk az adott évben az intézetünk által működtetett állomáshálózatot, az országban és közvetlen környezetében keletkezett földrengéseket. Beszámolunk arról, hogy ezek közül melyek voltak hazánkban is érezhetőek, és hogy hol keletkeztek nagy földrengések a Földön az adott évben. Az adatok közlésén túl néhány cikkben írunk az évhez kötődő eseményekről.

Márciusban és áprilisban Ausztriában, a Bécsi-medencében keletkeztek hazánk nyugati határa közelében is érezhető földrengések. Szeptember 18-án Répcelak környékén pattant ki három érezhető földrengés. Annak ellenére, hogy közülük egyik sem érte el a hármas magnitúdót, kettőt közülük viszonylag nagy területen érezték.

Korábban is ismert volt, hogy a Móri-árok környezetében rendszeresen keletkeznek földrengések. Itt pattant ki például az 1810-es, 5,4-es magnitúdójú móri, és a 2011-es, 4,5-ös magnitúdójú oroszlányi földrengés, de azóta is folytonos az aktivitás. A térség tanulmányozására 3 ideiglenes állomást telepítettünk. A kutatás eredményeiből is adunk némi ízelítőt.

Visszaemlékezünk a 110 éve kipattant kecskeméti földrengésre, és bemutatjuk a 2021-es évben, a szeizmológiai és infrahang hálózatunk által regisztrált tűzgömb megfigyeléseket.

Kiadványunkat abban a reményben adjuk közre, hogy általa számos hasznos információhoz juttathatjuk a földrengések iránt érdeklődő olvasókat.

Azoknak, akik részletesebb szakmai információkat szeretnének kapni a régió földrengéseiről, ajánljuk a honlapunkon megtalálható, Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinünket (http://www.seizmology.hu/data/src/bulletins/HNSB_2021.hu.pdf).

A Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium munkatársai

A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat

SÜLE BÁLINT

2021-ben a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium 15 állandó és 26 ideiglenes szélessávú állomást üzemeltetett. Utóbbiak a nemzetközi AlpArray és PACASE (Pannonian-Carpathian-Alpine Seismic Experiment) projektek keretében működtek, közülük 15 esetben a németországi DSEBRA (Deutsche Seismologisches Breitband Array) konzorcium biztosította a műszereket.

Az év során további 5 ideiglenes állomás működött Magyarország két, szeizmikus tekintetben aktívabb területén: 3 rö-

vidperiódusú műszer a Móri-árok környékén, két szélessávú pedig Heves megyében. 2021-ben egy új állomás telepítése történt Badacsonytördemecen, az Integrált Geodinamikai Állomás részeként

Az 1. és 2. táblázat tartalmazza a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat állandó és ideiglenes állomásainak jellemzőit. Elhelyezkedésüket az 1. ábra mutatja. Az állomások egyéb paraméterei (pontos műszerezettség, működési időszak) megtalálható a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin 2021-es kötetében.

1. táblázat. A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat permanens állomásainak jellemzői 2021-ben

	Kód	Helység	Szélesség	Hosszúság	Magasság	Szervezet ^a
Állandó állomások	ABAH	Abaújkér	48,2961	21,2397	195	FI
	AMBH	Ambrózfalva	46,3501	20,7258	88	FI
	BEHE	Becsehely	46,4706	16,7757	289	FI
	BSZH	Besenyszög	47,2996	20,2670	82	FI
	BUD	Budapest	47,4831	19,0201	195	FI
	CSKK	Csókakő	48,3631	18,2605	319	FI
	EGYH	Egyházaskesző	47,4163	17,3319	129	FI
	KOVH	Kővágótöttös	46,0883	18,0999	270	FI
	LTVH	Létavértes	47,3849	21,9007	121	FI
	MORH	Mórággy	46,2149	18,6435	135	FI
	MPLH	Magyarpolány	47,1712	17,5348	337	FI
	PSZ	Piszkéstető	47,9181	19,8933	940	GEOFON-FI
	SOP	Sopron	47,6807	16,5567	260	FI
	TIH	Tihany	46,9001	17,8878	189	MBFSZ-FI
	TRPA	Tarpa	48,1304	22,5391	113	FI
	ET1H	Gyöngyösoroszi	47,8791	19,8713	400	RMKI-FI

^aMűködtető szervezet:

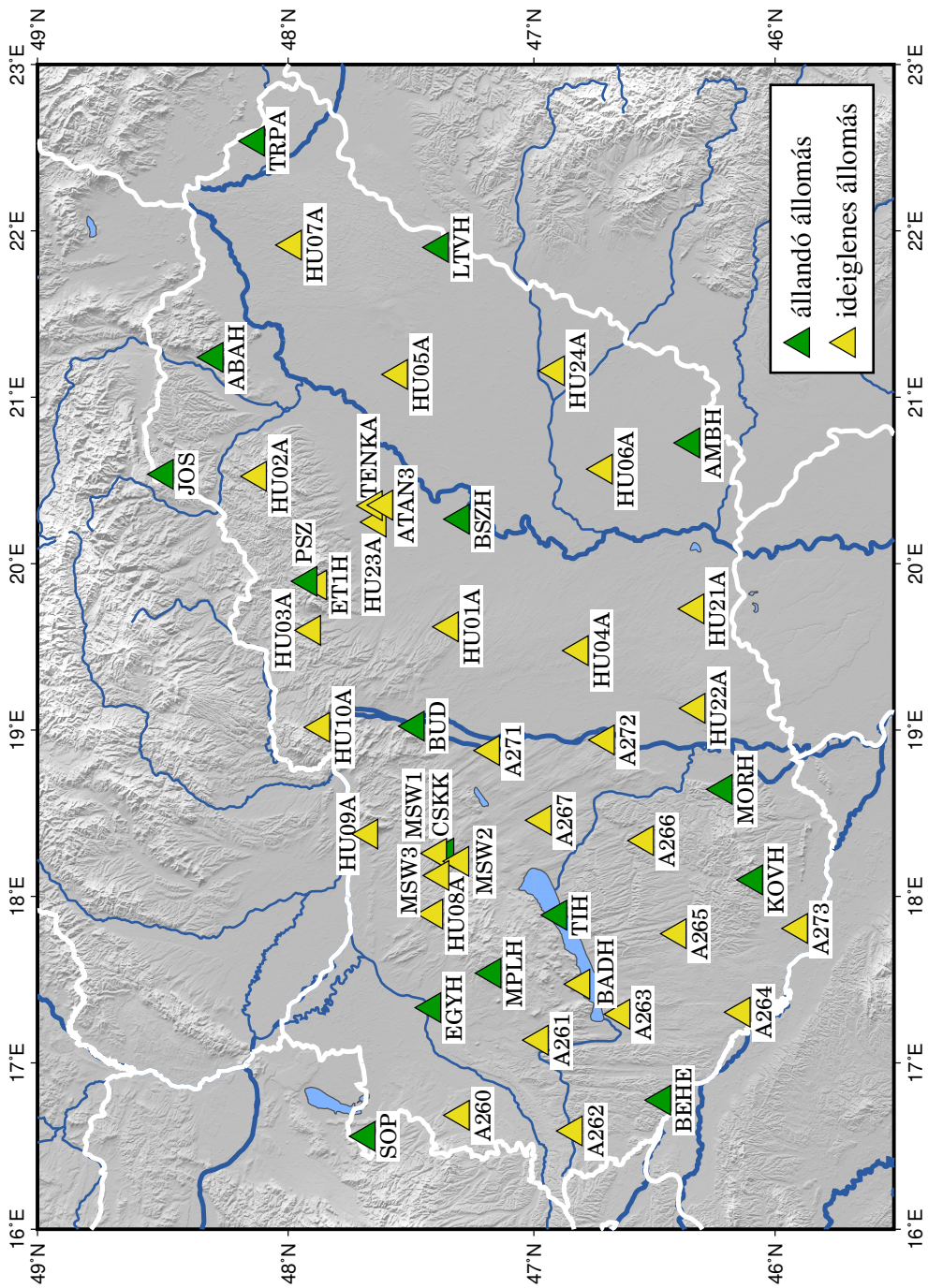
FI - Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Magyarország; GEOFON - GEOFON Global Seismic Network, GFZ, Németország; MBFSZ - Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Magyarország; RMKI - Rézecske- és Magfizikai Intézet, Wigner Fizikai Kutatóközpont, Magyarország

2. táblázat. A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat ideiglenes állomásainak jellemzői 2021-ben

	Kód	Helység	Szélesség	Hosszúság	Magasság	Szervezet ^a
AlpArray - PACASE	A260A	Vassurány	47,2834	16,7056	243	DSEBRA-FI
	A261A	Óhíd	46,9520	17,1486	171	DSEBRA-FI
	A262A	Szaknyér	46,8642	16,5276	240	DSEBRA-FI
	A263A	Hollád	46,6408	17,3149	165	DSEBRA-FI
	A264A	Tarany	46,1597	17,2897	143	DSEBRA-FI
	A265A	Kaposfüred	46,4245	17,7954	151	DSEBRA-FI
	A266A	Gyulaj	46,5256	18,2647	219	DSEBRA-FI
	A267A	Káloz	46,9463	18,4820	116	DSEBRA-FI
	A271A	Ivánca	47,1547	18,8341	165	DSEBRA-FI
	A272A	Bölcske	46,7444	18,9654	170	DSEBRA-FI
	A273A	Marócsa	45,9163	17,8161	100	DSEBRA-FI
	HU01A	Pánd	47,3447	19,6203	151	FI
	HU02A	Szentlélek	48,1222	20,525	760	FI
	HU03A	Ecseg	47,9039	19,5997	175	FI
	HU04A	Ágasegyháza	46,8123	19,4784	116	FI
	HU05A	Hortobágy	47,5514	21,1376	91	FI
	HU06A	Eperjes	46,7123	20,5675	79	FI
	HU07A	Apagy	47,9811	21,9143	118	FI
	HU08A	Réde	47,6386	18,3824	195	FI
	HU09A	Baj	47,4313	17,9238	201	FI
	HU10A	Szokolya	47,8452	19,0186	152	FI
	HU21A	Pusztamérges	46,3329	19,729	163	DSEBRA-FI
	HU22A	Érsekhalma	46,3278	19,1311	135	DSEBRA-FI
	HU23A	Bernáthegy	47,6389	20,2496	158	DSEBRA-FI
	HU24A	Bélmegyer	46,9099	21,159	120	DSEBRA-FI
JOS	Jósvafő	48,4955	20,5374	288	FI	
Egyéb	ATAN3	Átány	47,6116	20,3561	92	FI
	TENKA	Tenk	47,6543	20,348	100	FI
	MSW1	Pusztavám	47,3929	18,259	141	FI
	MSW2	Fehérvárcsurgó	47,3023	18,2109	286	FI
	MSW3	Tímárpuszt	47,3831	18,1261	199	FI
	BADH	Badacsonytördemic	46,8053	17,4726	158	FI

^aMűködtető szervezet:

FI - Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Magyarország
DSEBRA - German Seismological Broadband Array



1. ábra. A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat permanens és ideiglenes állomásai 2020-ban

Infrahangállomás Pizskés-tetőn

CZANIK CSENGE

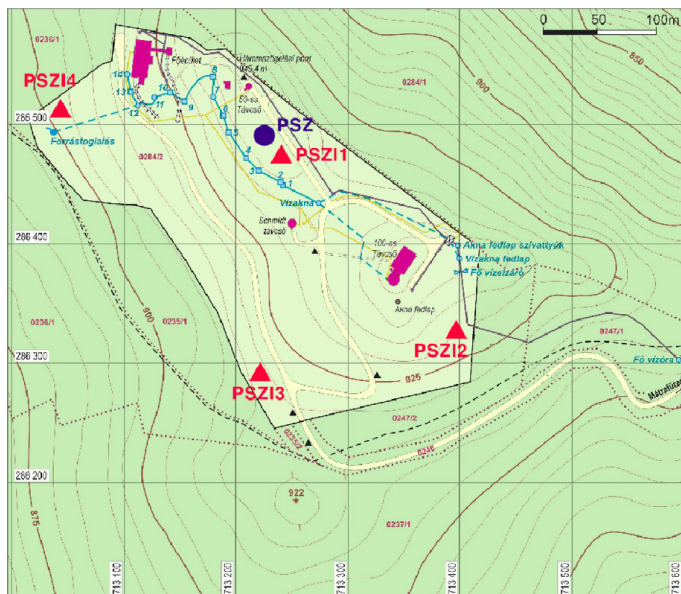
A Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium a Mátrában található Pizskés-tetőn, egy állandó szeizmológiai állomás (PSZ) mellett egy infrahangállomást (PSZI) is működtet.

Az infrahangot - mint a levegőben terjedő alacsony frekvenciájú nyomásváltozást - mikrobarométerekkel érzékeljük. Egy infrahangállomás mindig több mikrobarométerből áll. Az egyes elemekhez a beérkező jelek időeltolódással érkeznek, ami alapján becsülhető a forrás iránya és a látószög sebesség.

A Pizskés-tetőn működő infrahang-

állomás egy közepes, körülbelül 250 méter apertúrájú, négy elemből álló műszercsoport, az egyes elemek elhelyezkedését az 1. ábra mutatja.

Az infrahangállomás fontos szerepet tölt be a robbantások és a földrengések elkülönítésében. A felszíni robbantások (pl. bányarobbantások), a földrengésekkel ellentétben infrahangjelet is keltenek, ezek érzékelése hatékony kiegészítése a szeizmikus megkülönböztető módszereknek. Az infrahangos kutatásokról bővebb információ a www.infrasound.hu oldalon található.



1. ábra. A Pizskés-tetői állomás térképe. A piros háromszögek a négy mikrobarométert, a kék kör a szeizmométert jelölik.

Lokális események

CZECZE BARBARA, GYARMATI ANETT, KISZELY MÁRTA, SÜLE BÁLINT

2021-ben 1616 eseményt detektált a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat a 45,5-49,0°É szélességi és 16,0-23,0°K hosszúsági körök által határolt területen belül. Ezek közül 344 földrengés, 1272 pedig robbantás volt. Paramétereik megtalálhatók a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin 2021-es kötetében. Jelen kiadvány keretein belül csak a földrengéseket mutatjuk be a 1. táblázatban és a 1. ábrán.

A 1. táblázat *Hely* oszlopában magyarországi földmozgások esetében az epicentrumhoz legközelebb eső település neve, míg külföldi eseményeknél az adott ország elnevezése szerepel.

Az év folyamán az ország határain belül nem keletkezett erősebb földrengés. A detektált események magnitúdója -0,2 és 2,9 között változott. A legerősebb, 2,9-es erősségű rengés a Győr-Moson-Sopron megyei Répceszemere, míg a legkisebb, 0,2-es magnitúdójú esemény a Fejér megyében található Nagyveleg közelében pattant ki. Az ilyen gyenge rengések detektálását a Móri-árokban telepített ideiglenes állomáshálózat tette lehetővé.

Az országhatáron kívül Horvátországban és Ausztriában keletkezett nagy számú földrengés, néhányukat Magyarországon is érzékelték a lakosság.

1. táblázat. A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat által detektált földrengések paramétereit (ϕ : szélesség, λ : hosszúság, H : mélység, magnitúdó: lokális magnitúdó (ML)).

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
1	2021.01.01	01:51:12.6	45.666	18.030	1.4	2.1	Horvátország
2	2021.01.01	05:54:50.0	46.347	17.172	11.2	1.7	Iharosberény
3	2021.01.02	00:36:36.6	45.686	18.055	1.2	1.5	Horvátország
4	2021.01.02	03:00:50.8	45.745	21.666	1.4	2.3	Románia
5	2021.01.02	04:07:30.7	45.733	21.634	2.4	2.5	Románia
6	2021.01.02	04:16:07.1	45.747	21.663	3.0	1.7	Románia
7	2021.01.02	22:08:46.4	48.410	22.782	11.5	1.9	Ukrajna
8	2021.01.03	08:19:58.4	45.794	16.059	0.2	3.0	Horvátország
9	2021.01.04	18:25:38.5	47.352	18.242	2.0	1.6	Csókakő
10	2021.01.04	23:34:08.3	48.004	20.469	10.0	1.0	Felsőtárkány
11	2021.01.04	23:58:52.0	47.994	20.489	10.0	-	Bükkzsérc
12	2021.01.05	00:41:44.6	48.009	20.451	10.0	0.8	Felsőtárkány
13	2021.01.05	01:57:59.0	48.026	20.450	10.0	-	Felsőtárkány
14	2021.01.05	02:36:20.4	48.039	20.440	8.0	1.2	Répáshuta
15	2021.01.05	02:37:55.2	48.032	20.434	2.3	2.0	Felsőtárkány
16	2021.01.05	02:39:25.1	48.035	20.441	9.3	1.6	Répáshuta
17	2021.01.05	02:49:57.9	48.030	20.460	5.0	1.0	Répáshuta
18	2021.01.08	04:21:39.5	47.311	18.321	6.0	0.9	Magyaralmás
19	2021.01.10	06:15:43.7	47.844	16.311	18.7	1.0	Ausztria
20	2021.01.11	09:03:58.7	47.949	20.406	3.1	1.3	Felsőtárkány

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
21	2021.01.11	20:22:13.8	47.361	18.185	3.4	2.0	Mór
22	2021.01.15	08:24:27.5	48.014	20.335	5.0	1.1	Mónosbél
23	2021.01.15	13:22:07.0	46.986	22.277	4.1	2.2	Románia
24	2021.01.15	23:52:31.4	47.331	18.237	0.7	0.5	Bodajk
25	2021.01.16	17:46:42.5	47.349	18.282	2.0	1.2	Csókakő
26	2021.01.17	06:14:49.9	47.954	19.243	3.0	1.1	Szátok
27	2021.01.17	23:20:10.3	45.999	18.421	4.0	1.2	Olasz
28	2021.01.19	04:44:37.3	45.779	16.202	7.5	3.8	Horvátország
29	2021.01.19	13:18:50.2	45.688	18.023	3.1	2.3	Horvátország
30	2021.01.19	13:40:36.3	45.674	20.482	6.4	1.9	Szerbia
31	2021.01.20	22:24:14.4	45.772	19.144	10.0	1.5	Szerbia
32	2021.01.21	20:44:12.3	45.828	21.531	2.0	2.0	Románia
33	2021.01.22	08:52:12.2	46.314	21.979	5.0	2.1	Románia
34	2021.01.23	22:33:00.8	45.717	18.046	4.0	1.6	Horvátország
35	2021.01.28	08:16:43.6	48.671	18.711	10.0	3.9	Szlovákia
36	2021.01.30	01:51:51.0	47.422	18.278	2.2	-	Pusztavám
37	2021.01.31	01:38:42.8	47.427	18.257	2.8	0.6	Pusztavám
38	2021.01.31	02:18:01.5	47.108	17.726	3.0	1.0	Szentgál
39	2021.02.02	01:54:53.9	46.182	16.644	3.6	2.2	Horvátország
40	2021.02.02	10:59:24.8	47.218	18.238	0.0	0.7	Csór
41	2021.02.02	14:04:37.1	46.189	16.551	8.8	2.2	Horvátország
42	2021.02.02	19:37:46.0	48.315	17.435	9.0	-	Szlovákia
43	2021.02.02	22:47:53.0	47.879	16.310	2.0	1.0	Ausztria
44	2021.02.02	23:18:26.6	46.001	17.769	8.3	1.1	Hobol
45	2021.02.05	03:30:41.6	46.190	16.585	6.5	2.9	Horvátország
46	2021.02.06	05:02:21.5	47.448	18.278	5.1	0.6	Pusztavám
47	2021.02.06	20:22:06.5	48.654	20.244	14.8	1.1	Szlovákia
48	2021.02.06	22:09:16.1	48.176	20.277	10.0	-	Arló
49	2021.02.07	15:07:04.9	45.663	18.085	6.1	1.7	Horvátország
50	2021.02.07	15:30:31.4	45.731	18.006	15.0	-	Horvátország
51	2021.02.07	18:39:13.2	45.702	18.045	2.0	1.6	Horvátország
52	2021.02.08	13:44:33.6	45.591	16.046	3.0	2.7	Horvátország
53	2021.02.08	23:06:58.5	45.719	17.967	0.9	2.7	Horvátország
54	2021.02.08	23:10:26.8	47.350	18.196	5.0	0.7	Mór
55	2021.02.08	23:13:33.5	45.730	18.014	15.0	2.1	Horvátország
56	2021.02.12	16:07:11.1	47.821	16.247	11.3	2.4	Ausztria
57	2021.02.12	22:05:20.4	47.779	16.137	9.0	1.8	Ausztria
58	2021.02.14	04:22:55.4	47.633	18.156	4.2	1.4	Mocsa
59	2021.02.14	11:14:30.6	45.736	17.980	3.0	2.4	Horvátország
60	2021.02.15	02:54:54.2	45.682	18.003	0.4	2.1	Horvátország
61	2021.02.15	09:04:02.9	46.508	16.465	7.4	1.9	Horvátország
62	2021.02.16	12:21:12.5	45.594	17.266	15.0	-	Horvátország
63	2021.02.17	03:10:29.3	45.682	16.006	2.6	2.0	Horvátország
64	2021.02.19	22:52:55.0	47.367	18.298	3.0	-	Csókakő
65	2021.02.20	06:21:40.9	47.664	20.346	8.6	1.9	Tenk
66	2021.02.22	09:47:24.2	48.673	20.443	11.5	1.6	Szlovákia

	Dátum	idő	ϕ ($^{\circ}$ É)	λ ($^{\circ}$ K)	H (km)	ML	Hely
67	2021.02.23	15:22:46.9	47.789	16.183	11.4	1.5	Ausztria
68	2021.02.27	14:24:11.1	45.623	16.077	0.1	2.1	Horvátország
69	2021.02.27	14:25:41.2	45.572	16.044	4.0	2.4	Horvátország
70	2021.02.27	16:32:02.3	45.596	16.059	0.1	2.4	Horvátország
71	2021.02.27	17:26:08.2	45.601	16.057	1.0	2.1	Horvátország
72	2021.02.27	17:27:51.9	45.597	16.048	1.0	2.0	Horvátország
73	2021.02.27	17:29:41.5	45.581	16.082	1.0	1.6	Horvátország
74	2021.02.28	09:36:18.6	45.550	16.029	1.0	2.4	Horvátország
75	2021.03.01	14:29:20.9	47.735	20.229	2.0	1.8	Kompolt
76	2021.03.02	03:12:28.5	46.469	16.946	7.9	2.6	Sormás
77	2021.03.02	03:13:46.8	46.499	16.921	9.7	2.1	Homokkomárom
78	2021.03.02	03:16:08.5	46.495	16.952	9.1	1.7	Hosszúvölgy
79	2021.03.02	03:18:26.7	46.505	16.936	14.0	1.8	Hosszúvölgy
80	2021.03.02	03:47:39.1	46.512	16.961	22.3	1.8	Hosszúvölgy
81	2021.03.02	03:53:10.2	46.486	16.944	8.0	1.5	Homokkomárom
82	2021.03.02	03:54:35.6	46.447	16.940	14.0	-	Sormás
83	2021.03.02	03:56:46.1	46.535	16.909	4.0	1.5	Magyarszentmiklós
84	2021.03.02	04:46:35.4	46.482	16.945	8.0	2.2	Sormás
85	2021.03.02	10:14:57.9	48.663	21.367	8.5	1.8	Szlovákia
86	2021.03.02	10:16:08.0	48.581	22.939	3.5	2.4	Ukrajna
87	2021.03.03	08:01:29.0	46.441	16.962	11.2	2.1	Nagykanizsa
88	2021.03.04	03:34:04.5	46.033	17.256	12.0	1.9	Horvátország
89	2021.03.05	00:41:21.2	47.816	18.002	10.9	2.2	Szlovákia
90	2021.03.07	13:02:19.8	45.571	16.019	1.0	2.1	Horvátország
91	2021.03.08	01:07:19.1	45.592	16.066	3.0	1.4	Horvátország
92	2021.03.09	01:55:14.2	45.593	16.029	2.0	1.9	Horvátország
93	2021.03.10	01:59:47.4	47.656	20.315	8.3	1.9	Tenk
94	2021.03.10	17:45:03.8	45.719	18.026	0.8	2.3	Horvátország
95	2021.03.12	11:00:11.0	48.508	20.328	1.0	-	Szlovákia
96	2021.03.19	08:56:04.8	48.825	21.125	2.0	-	Szlovákia
97	2021.03.22	01:20:20.6	47.640	20.321	2.0	1.2	Tenk
98	2021.03.23	14:23:45.0	45.586	16.076	0.0	2.5	Horvátország
99	2021.03.27	03:55:49.3	47.633	20.326	3.0	1.8	Tenk
100	2021.03.29	15:59:02.9	47.863	16.032	2.0	0.7	Ausztria
101	2021.03.29	21:06:05.6	47.352	18.224	4.7	1.8	Mór
102	2021.03.30	16:25:01.3	47.783	16.184	9.4	4.4	Ausztria
103	2021.03.30	17:05:02.0	47.746	16.179	9.0	1.8	Ausztria
104	2021.03.30	17:08:09.1	47.741	16.193	16.5	1.2	Ausztria
105	2021.03.30	17:12:58.8	47.753	16.188	10.5	0.8	Ausztria
106	2021.03.30	18:02:46.3	47.755	16.142	10.7	1.9	Ausztria
107	2021.03.30	18:29:40.4	47.763	16.160	6.0	0.7	Ausztria
108	2021.03.30	21:13:24.7	47.757	16.148	8.8	1.1	Ausztria
109	2021.03.30	21:17:04.5	47.748	16.151	9.0	1.0	Ausztria
110	2021.03.31	10:21:57.8	47.770	16.177	11.9	2.0	Ausztria
111	2021.04.01	07:31:09.7	47.360	18.253	4.0	0.8	Csókakő
112	2021.04.02	00:01:02.3	46.102	16.997	12.0	2.0	Horvátország

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
113	2021.04.02	06:23:31.7	47.795	16.194	10.3	1.2	Ausztria
114	2021.04.02	07:40:13.0	47.750	16.154	9.6	1.4	Ausztria
115	2021.04.02	12:36:46.2	48.003	19.676	10.0	0.8	Kisbárcány
116	2021.04.02	20:12:12.4	47.776	16.168	8.4	2.3	Ausztria
117	2021.04.03	02:24:26.9	47.759	16.171	12.8	1.0	Ausztria
118	2021.04.03	06:59:15.5	47.767	16.169	10.9	1.5	Ausztria
119	2021.04.03	13:35:48.6	47.784	16.205	9.0	-	Ausztria
120	2021.04.04	03:53:42.4	48.011	20.179	10.0	0.7	Fedémes
121	2021.04.04	18:34:19.1	47.786	16.169	9.0	2.5	Ausztria
122	2021.04.07	09:19:38.2	48.929	21.166	5.0	1.9	Szlovákia
123	2021.04.07	18:01:56.8	47.736	16.153	12.8	1.7	Ausztria
124	2021.04.09	01:51:43.0	47.769	16.167	12.2	2.2	Ausztria
125	2021.04.10	01:29:08.6	45.932	17.293	13.9	1.4	Horvátország
126	2021.04.10	05:18:27.7	47.790	16.221	15.8	1.2	Ausztria
127	2021.04.11	00:57:07.7	47.363	18.148	9.0	-	Nagyveleg
128	2021.04.12	19:19:52.5	47.777	16.183	12.0	1.2	Ausztria
129	2021.04.14	19:42:25.2	47.773	16.308	13.0	1.6	Ausztria
130	2021.04.16	12:54:44.8	45.865	18.516	10.0	1.7	Márok
131	2021.04.17	15:02:15.7	48.231	16.060	9.0	1.3	Ausztria
132	2021.04.17	21:31:34.4	47.371	18.152	5.0	0.8	Nagyveleg
133	2021.04.18	03:19:10.4	47.755	16.133	9.0	1.5	Ausztria
134	2021.04.19	10:05:52.5	48.736	20.791	10.0	1.3	Szlovákia
135	2021.04.19	19:18:17.1	47.767	16.188	12.5	1.3	Ausztria
136	2021.04.19	22:57:12.2	47.770	16.168	12.1	4.3	Ausztria
137	2021.04.19	22:58:55.4	47.756	16.180	14.2	2.8	Ausztria
138	2021.04.19	23:00:48.1	47.765	16.157	9.0	2.5	Ausztria
139	2021.04.19	23:05:35.9	47.783	16.169	12.7	2.2	Ausztria
140	2021.04.19	23:08:06.8	47.758	16.154	9.8	0.6	Ausztria
141	2021.04.19	23:10:40.9	47.759	16.163	13.5	2.3	Ausztria
142	2021.04.19	23:11:23.2	47.780	16.177	16.0	2.2	Ausztria
143	2021.04.19	23:13:10.4	47.776	16.221	16.2	0.9	Ausztria
144	2021.04.19	23:18:38.3	47.753	16.157	14.2	1.6	Ausztria
145	2021.04.19	23:21:36.6	47.752	16.143	8.5	1.7	Ausztria
146	2021.04.19	23:26:25.6	47.752	16.136	8.1	1.4	Ausztria
147	2021.04.19	23:33:38.7	47.757	16.162	12.7	0.9	Ausztria
148	2021.04.19	23:43:37.7	47.772	16.158	13.9	2.0	Ausztria
149	2021.04.19	23:56:24.3	47.759	16.174	12.7	1.1	Ausztria
150	2021.04.20	00:18:17.4	47.768	16.164	9.0	0.5	Ausztria
151	2021.04.20	00:35:02.0	47.770	16.166	9.0	1.0	Ausztria
152	2021.04.20	01:06:39.1	47.771	16.157	12.2	2.1	Ausztria
153	2021.04.20	01:22:16.7	47.781	16.169	7.6	1.8	Ausztria
154	2021.04.20	01:28:24.8	47.776	16.176	7.7	2.3	Ausztria
155	2021.04.20	01:51:54.2	47.775	16.177	12.1	0.6	Ausztria
156	2021.04.20	02:09:25.6	47.768	16.171	11.9	1.0	Ausztria
157	2021.04.20	02:49:08.1	47.766	16.172	16.8	1.8	Ausztria
158	2021.04.20	03:21:05.5	47.761	16.150	7.8	0.5	Ausztria

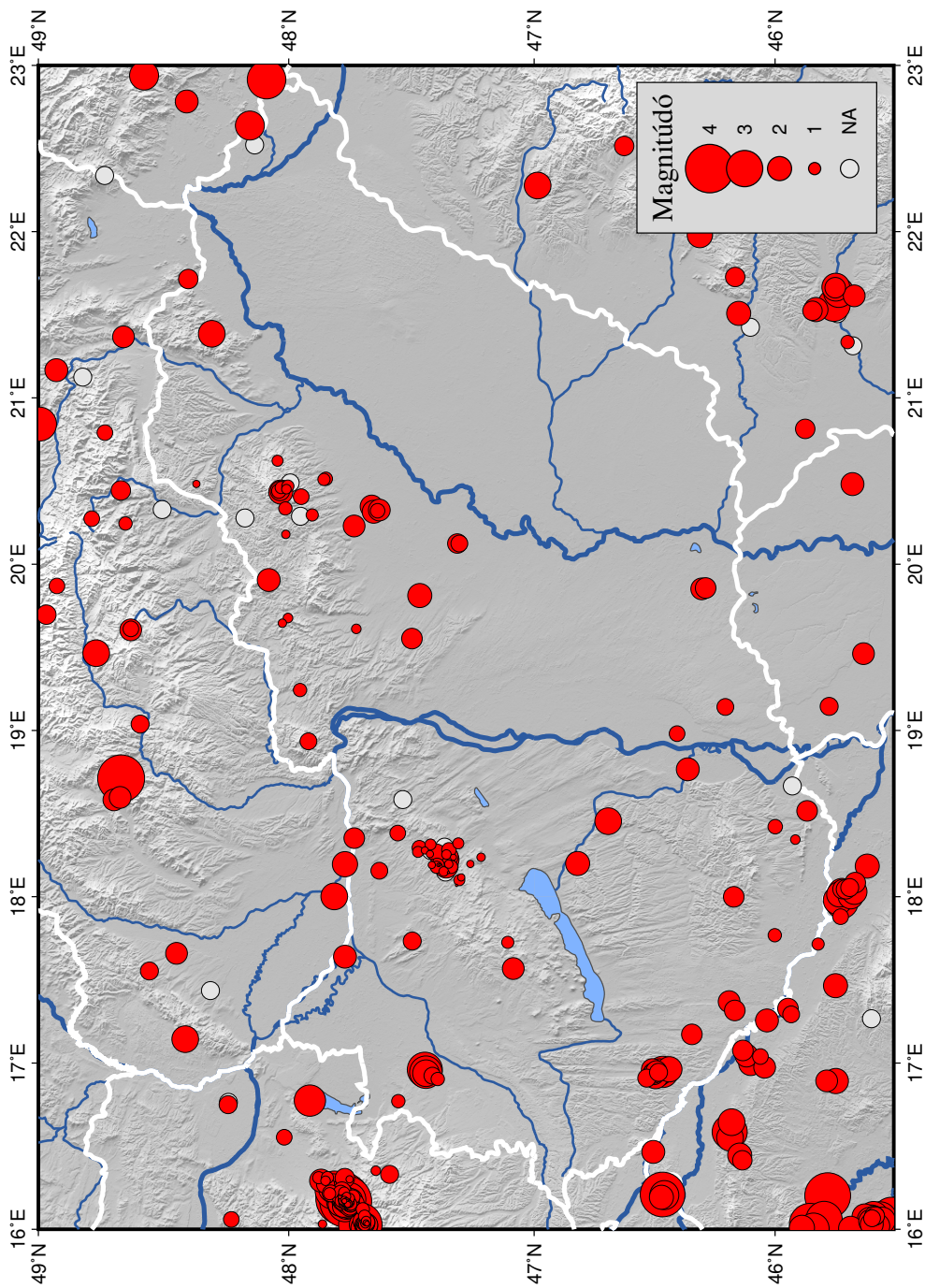
	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
159	2021.04.20	03:38:48.1	47.765	16.143	12.8	2.3	Ausztria
160	2021.04.20	05:16:09.1	47.772	16.147	8.3	2.8	Ausztria
161	2021.04.20	08:16:10.2	47.773	16.157	0.4	1.0	Ausztria
162	2021.04.20	09:28:24.9	47.757	16.142	2.0	1.5	Ausztria
163	2021.04.20	11:17:37.8	47.782	16.174	12.6	1.7	Ausztria
164	2021.04.20	17:17:40.3	47.787	16.188	6.1	2.3	Ausztria
165	2021.04.20	18:23:29.8	47.788	16.170	9.0	1.0	Ausztria
166	2021.04.20	21:03:36.6	47.766	16.154	12.8	1.7	Ausztria
167	2021.04.20	21:15:39.8	45.853	16.032	7.4	3.4	Horvátország
168	2021.04.21	00:06:09.9	47.770	16.179	12.9	1.0	Ausztria
169	2021.04.21	05:10:14.3	47.755	16.145	11.2	2.2	Ausztria
170	2021.04.21	05:46:34.5	47.757	16.164	12.9	1.5	Ausztria
171	2021.04.21	09:04:05.7	47.769	16.164	9.0	0.8	Ausztria
172	2021.04.21	12:39:26.2	47.770	16.174	12.1	0.7	Ausztria
173	2021.04.22	01:38:28.0	47.500	19.553	8.2	1.7	Dány
174	2021.04.22	05:49:06.2	48.081	19.905	5.1	1.9	Bárna
175	2021.04.22	16:30:25.6	47.752	16.150	11.3	1.0	Ausztria
176	2021.04.22	17:11:36.8	47.785	16.231	15.7	1.5	Ausztria
177	2021.04.22	20:25:52.5	47.779	16.181	13.1	0.8	Ausztria
178	2021.04.23	15:17:18.0	47.750	16.148	11.5	1.8	Ausztria
179	2021.04.23	15:30:07.3	47.767	16.168	10.4	0.6	Ausztria
180	2021.04.23	16:30:31.4	47.710	16.028	4.0	3.6	Ausztria
181	2021.04.23	16:37:44.2	47.698	16.037	7.0	1.1	Ausztria
182	2021.04.23	16:45:36.6	47.693	16.079	20.4	1.0	Ausztria
183	2021.04.23	16:53:10.7	47.693	16.028	7.3	1.0	Ausztria
184	2021.04.23	16:59:58.1	47.686	16.021	5.8	1.9	Ausztria
185	2021.04.23	17:03:34.3	47.691	16.026	5.7	1.5	Ausztria
186	2021.04.23	17:18:19.4	47.697	16.031	8.9	1.0	Ausztria
187	2021.04.23	17:28:21.8	47.696	16.044	11.0	1.7	Ausztria
188	2021.04.23	17:36:44.4	47.686	16.027	6.7	1.9	Ausztria
189	2021.04.23	18:51:27.8	47.685	16.043	10.6	1.4	Ausztria
190	2021.04.23	22:00:33.9	47.693	16.039	9.5	1.7	Ausztria
191	2021.04.24	01:48:50.4	47.781	16.173	7.7	0.7	Ausztria
192	2021.04.24	08:13:43.9	47.699	16.011	7.3	2.0	Ausztria
193	2021.04.24	09:30:52.4	47.815	16.234	9.0	3.2	Ausztria
194	2021.04.24	21:28:12.3	47.351	18.146	3.0	0.2	Nagyveleg
195	2021.04.25	04:12:24.6	47.700	16.049	6.8	1.6	Ausztria
196	2021.04.25	22:26:11.1	48.310	21.385	3.6	2.2	Erdőhorváti
197	2021.04.27	11:30:05.4	45.558	16.064	0.0	2.8	Horvátország
198	2021.04.27	17:06:49.0	47.757	16.152	9.0	1.9	Ausztria
199	2021.04.27	18:41:41.9	47.696	16.027	6.6	1.5	Ausztria
200	2021.04.28	03:36:36.3	47.750	16.144	12.2	1.1	Ausztria
201	2021.04.29	17:57:21.3	45.819	17.715	16.7	1.0	Horvátország
202	2021.04.29	23:53:00.8	46.103	21.424	15.0	-	Románia
203	2021.04.30	11:27:40.9	47.687	16.039	7.0	0.5	Ausztria
204	2021.04.30	13:22:38.5	47.689	16.032	5.8	1.4	Ausztria

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
205	2021.04.30	16:29:36.2	47.683	16.034	7.0	0.4	Ausztria
206	2021.04.30	22:33:28.3	47.689	16.036	7.8	0.8	Ausztria
207	2021.05.01	08:55:23.8	47.793	16.194	9.0	0.3	Ausztria
208	2021.05.01	11:14:41.9	47.783	16.174	14.6	1.4	Ausztria
209	2021.05.01	21:43:57.2	45.839	16.004	3.1	2.6	Horvátország
210	2021.05.02	09:35:19.8	47.766	16.147	7.0	-	Ausztria
211	2021.05.02	13:15:11.5	47.754	16.157	9.0	1.1	Ausztria
212	2021.05.02	18:49:35.8	47.775	16.179	9.1	1.1	Ausztria
213	2021.05.03	03:52:02.3	47.754	16.301	22.4	0.6	Ausztria
214	2021.05.04	10:24:04.7	47.341	18.180	3.0	1.1	Balinka
215	2021.05.04	15:22:14.7	47.700	16.016	5.1	1.1	Ausztria
216	2021.05.05	10:47:41.1	48.927	19.869	8.3	1.3	Szlovákia
217	2021.05.05	14:38:10.2	47.794	16.148	7.5	1.9	Ausztria
218	2021.05.05	19:32:55.8	47.086	17.568	4.5	1.8	Ajka
219	2021.05.08	10:03:34.2	46.119	17.045	5.0	1.9	Horvátország
220	2021.05.08	18:34:21.3	47.766	16.198	8.8	0.7	Ausztria
221	2021.05.11	00:39:50.5	45.695	21.336	15.7	1.1	Románia
222	2021.05.11	10:12:36.9	47.558	18.383	4.4	1.3	Tatabánya
223	2021.05.13	21:06:51.8	47.401	18.177	7.2	1.0	Mór
224	2021.05.14	18:18:49.8	48.451	17.660	7.0	1.8	Szlovákia
225	2021.05.15	18:19:49.9	45.564	16.048	5.0	2.2	Horvátország
226	2021.05.16	05:40:31.4	46.628	22.515	5.6	1.6	Románia
227	2021.05.18	21:11:50.8	45.887	16.009	2.2	2.1	Horvátország
228	2021.05.21	15:11:48.3	47.914	16.774	8.4	2.6	Ausztria
229	2021.05.23	13:21:44.5	48.737	22.337	5.9	-	Ukrajna
230	2021.05.24	01:48:11.0	47.387	18.191	4.6	0.2	Mór
231	2021.05.26	23:50:23.3	47.771	16.164	12.3	1.7	Ausztria
232	2021.05.28	02:47:31.1	45.577	16.081	0.2	1.5	Horvátország
233	2021.05.28	03:52:41.3	47.851	16.269	11.0	1.5	Ausztria
234	2021.05.29	20:35:40.2	47.804	16.217	9.0	-	Ausztria
235	2021.05.31	00:06:34.4	47.700	16.120	4.7	1.1	Ausztria
236	2021.05.31	19:20:13.7	47.870	16.293	3.3	1.9	Ausztria
237	2021.06.03	07:22:41.7	46.409	18.981	5.3	1.3	Dusnok
238	2021.06.07	17:54:12.6	47.647	16.352	8.5	0.8	Ausztria
239	2021.06.08	14:22:45.0	45.510	16.077	6.7	3.2	Horvátország
240	2021.06.10	14:48:14.9	47.307	18.100	8.1	0.9	Bakonycsérnye
241	2021.06.13	00:47:50.6	47.756	16.167	10.7	0.8	Ausztria
242	2021.06.14	22:35:30.1	48.045	20.622	5.0	0.9	Bükkszentkereszt
243	2021.06.16	23:35:43.9	46.821	18.200	10.4	2.0	Nagyberény
244	2021.06.19	16:57:56.0	47.952	20.288	10.0	-	Egerbakta
245	2021.06.19	17:02:20.0	47.905	20.296	5.0	1.0	Egerszólát
246	2021.06.19	18:04:30.7	48.559	17.553	4.6	1.5	Szlovákia
247	2021.06.21	19:38:02.7	47.591	16.330	1.3	1.5	Ausztria
248	2021.06.22	08:59:09.1	46.152	21.508	13.8	2.0	Románia
249	2021.06.24	18:57:35.7	45.673	21.314	12.0	-	Románia
250	2021.06.25	00:52:36.3	48.018	16.553	8.0	1.3	Ausztria

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
251	2021.06.28	00:30:55.4	46.061	17.039	12.0	1.3	Horvátország
252	2021.06.28	09:00:53.0	48.969	19.697	4.1	1.6	Szlovákia
253	2021.06.28	23:15:31.7	47.419	18.191	4.3	0.6	Pusztavám
254	2021.07.01	09:40:01.8	48.634	19.605	3.9	1.8	Szlovákia
255	2021.07.01	17:31:28.7	47.822	16.226	8.9	1.7	Ausztria
256	2021.07.01	19:29:35.5	48.633	19.611	0.0	1.3	Szlovákia
257	2021.07.02	04:20:47.4	48.995	20.843	10.0	2.8	Szlovákia
258	2021.07.04	22:58:29.6	47.857	20.509	18.1	1.0	Novaj
259	2021.07.12	13:21:53.3	45.887	22.734	10.4	1.9	Románia
260	2021.07.16	02:20:27.2	47.424	18.314	6.2	0.9	Pusztavám
261	2021.07.20	17:15:30.6	47.777	16.174	11.2	1.4	Ausztria
262	2021.07.21	00:35:49.2	48.244	16.749	11.0	1.5	Ausztria
263	2021.07.21	22:38:58.1	48.243	16.763	11.0	-	Ausztria
264	2021.07.23	11:26:59.6	46.505	16.941	6.3	1.7	Hosszúvölgy
265	2021.07.24	18:35:11.9	47.397	18.189	5.0	1.2	Mór
266	2021.08.03	12:31:40.7	47.706	16.028	5.2	2.0	Ausztria
267	2021.08.05	16:22:25.1	47.556	16.770	7.9	1.1	Nagylózs
268	2021.08.07	23:09:44.7	47.537	18.584	10.0	-	Csabdi
269	2021.08.09	18:11:33.1	47.835	16.214	12.2	1.0	Ausztria
270	2021.08.13	13:16:26.4	48.404	21.715	13.3	1.6	Szlovákia
271	2021.08.18	14:22:30.4	46.148	16.446	9.5	2.0	Horvátország
272	2021.08.19	00:22:23.9	45.873	20.814	8.3	1.6	Románia
273	2021.08.19	22:36:52.1	47.475	18.269	10.0	0.9	Bokod
274	2021.08.20	21:59:33.7	47.757	16.157	9.0	1.0	Ausztria
275	2021.08.21	15:49:57.3	47.775	16.170	7.4	0.4	Ausztria
276	2021.08.28	00:45:42.3	46.208	19.141	8.1	1.4	Csávoly
277	2021.08.29	21:57:28.3	47.773	18.196	4.6	2.1	Szlovákia
278	2021.08.30	05:15:24.6	47.400	18.263	3.0	1.5	Pusztavám
279	2021.09.02	18:32:11.6	48.371	20.483	0.0	0.6	Zádorfalva
280	2021.09.03	02:04:03.6	48.137	22.521	5.6	-	Márokpapi
281	2021.09.03	22:50:17.1	47.299	18.116	7.1	0.6	Bakonycsernye
282	2021.09.09	11:07:51.2	47.772	17.639	1.0	1.9	Vámosszabadi
283	2021.09.13	20:12:52.4	48.596	19.039	9.4	1.5	Szlovákia
284	2021.09.15	00:37:08.8	45.914	18.343	10.0	0.8	Vokány
285	2021.09.15	08:06:28.9	47.781	16.164	9.0	1.4	Ausztria
286	2021.09.15	12:58:32.2	46.695	18.454	2.0	2.2	Pinchehely
287	2021.09.17	08:03:31.5	46.172	17.999	2.0	1.7	Bakóca
288	2021.09.17	16:52:35.2	47.778	16.191	8.2	-	Ausztria
289	2021.09.18	03:05:01.1	47.443	16.938	8.4	2.2	Iván
290	2021.09.18	03:07:04.2	47.448	16.960	5.7	2.9	Répceszemere
291	2021.09.18	03:10:12.0	47.395	16.904	16.9	1.1	Nemesládony
292	2021.09.18	04:47:05.2	47.444	16.945	5.2	2.7	Iván
293	2021.09.18	10:45:57.8	47.417	16.924	14.1	1.4	Csér
294	2021.09.18	18:11:06.5	47.470	18.295	10.5	1.2	Oroszlány
295	2021.09.25	04:13:21.9	47.315	20.125	6.4	1.6	Szászberek
296	2021.09.26	02:51:00.2	47.307	20.125	4.7	1.4	Szászberek

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
297	2021.09.28	19:59:09.1	45.550	16.053	0.0	2.2	Horvátország
298	2021.10.02	03:26:01.5	47.499	17.733	15.2	1.5	Ravazd
299	2021.10.02	04:12:15.1	46.134	17.075	6.2	1.7	Horvátország
300	2021.10.02	13:53:48.8	47.775	16.179	10.4	1.0	Ausztria
301	2021.10.03	13:41:35.4	48.700	18.583	10.0	1.8	Szlovákia
302	2021.10.06	04:06:29.3	48.416	17.143	1.7	2.2	Szlovákia
303	2021.10.06	16:42:45.7	48.676	18.597	17.4	1.8	Szlovákia
304	2021.10.07	03:38:18.5	48.789	20.274	10.0	1.3	Szlovákia
305	2021.10.10	23:11:53.4	45.628	19.462	10.0	1.8	Szerbia
306	2021.10.13	01:02:12.3	48.771	19.464	0.7	2.2	Szlovákia
307	2021.10.16	23:35:27.7	45.928	18.666	10.0	-	Udvar
308	2021.10.17	23:20:25.6	48.157	22.638	6.4	2.4	Ukrajna
309	2021.10.20	04:23:52.2	47.920	18.934	10.0	1.4	Kóspallag
310	2021.10.22	02:02:50.1	47.418	18.220	5.0	0.2	Pusztavám
311	2021.10.22	06:00:52.9	45.783	16.893	12.0	1.8	Horvátország
312	2021.10.22	06:51:53.6	45.612	18.184	0.0	2.0	Horvátország
313	2021.10.27	01:44:58.4	48.089	22.914	5.6	3.2	Ukrajna
314	2021.10.31	20:31:16.8	47.687	16.050	7.2	0.8	Ausztria
315	2021.11.09	01:06:18.5	46.290	19.857	10.0	1.7	Zákányszék
316	2021.11.09	01:47:43.7	46.306	19.852	8.1	1.8	Üllés
317	2021.11.13	00:21:08.9	45.946	17.327	5.8	1.7	Horvátország
318	2021.11.14	21:07:55.0	47.735	18.353	10.0	1.7	Neszmély
319	2021.11.17	14:14:22.4	46.364	18.766	9.5	1.9	Szekszárd
320	2021.11.18	19:53:36.5	47.468	19.811	5.1	2.0	Jászfelsőszentgyörgy
321	2021.11.22	19:42:37.0	47.850	20.514	7.3	1.1	Novaj
322	2021.11.24	03:44:26.7	47.727	19.611	7.2	0.8	Nagykökényes
323	2021.11.26	17:27:58.9	46.168	17.316	8.4	1.7	Tarany
324	2021.11.27	02:05:28.8	47.392	18.191	9.0	0.3	Mór
325	2021.11.27	13:01:04.8	45.745	16.892	8.7	2.1	Horvátország
326	2021.11.28	04:39:20.8	47.261	18.198	3.7	0.6	Bakonykúti
327	2021.12.02	21:58:51.1	45.843	21.524	0.2	1.6	Románia
328	2021.12.06	17:00:31.4	47.851	16.292	11.0	0.8	Ausztria
329	2021.12.07	01:20:53.8	45.746	17.465	6.7	2.0	Horvátország
330	2021.12.10	13:25:04.9	48.026	19.645	0.0	0.7	Kisbárcány
331	2021.12.11	13:20:05.1	46.192	17.369	0.0	1.8	Nagyatád
332	2021.12.14	12:36:28.0	46.137	16.415	11.0	1.6	Horvátország
333	2021.12.16	22:07:38.3	46.167	21.727	5.8	1.6	Románia
334	2021.12.21	22:17:08.2	45.725	17.880	15.0	1.3	Horvátország
335	2021.12.22	02:51:59.6	47.318	18.068	11.9	0.2	Bakonycsernye
336	2021.12.24	09:28:56.7	45.753	21.558	0.2	2.7	Románia
337	2021.12.24	17:04:49.6	45.667	21.614	12.0	1.8	Románia
338	2021.12.25	07:18:21.3	46.469	16.209	5.0	3.7	Szlovénia
339	2021.12.25	19:59:21.9	46.043	16.975	12.0	1.8	Horvátország
340	2021.12.26	01:41:01.0	45.746	21.594	4.5	-	Románia
341	2021.12.27	11:50:27.6	46.462	16.206	6.4	2.4	Szlovénia
342	2021.12.27	18:07:15.3	46.474	16.193	3.2	2.0	Szlovénia

	Dátum	idő	ϕ (°É)	λ (°K)	H (km)	ML	Hely
343	2021.12.30	04:39:31.4	45.738	21.507	6.8	-	Románia
344	2021.12.30	18:02:59.9	47.830	16.216	9.9	1.4	Ausztria



1. ábra. Magyarországon és közvetlen környezetében keletkezett földrengések 2021-ban

Magyarország területén érezhető földrengések 2021-ben

GYÓRI ERZSÉBET

A 2021-es év folyamán Magyarország területén 10 földrengést érzékelt a lakosság (1. táblázat), amelyek közül négy pattant ki Magyarországon.

Január elején a 2020. december 29-i, 6,3-as magnitúdójú petrinjai földrengés két nagyobb utórengése érezte hatását az ország délnyugati területein. Márciusban és áprilisban Ausztriában, Bécs mellett keletkezett két földrengés által okozott rázkódást érezték a Sopron közelében élők. Egy kisebb rengés Komárom mellett, de a Duna szlovák oldalán, egy pedig a keleti határ mentén Ukrajnában, Tiszasásvár közelében pattant ki. Szeptemberben három földrengés észleléséről számoltak be a Répcelak környékén élők, amelyeket kis méretük ellenére viszonylag nagy területen érzékelt a lakosság.

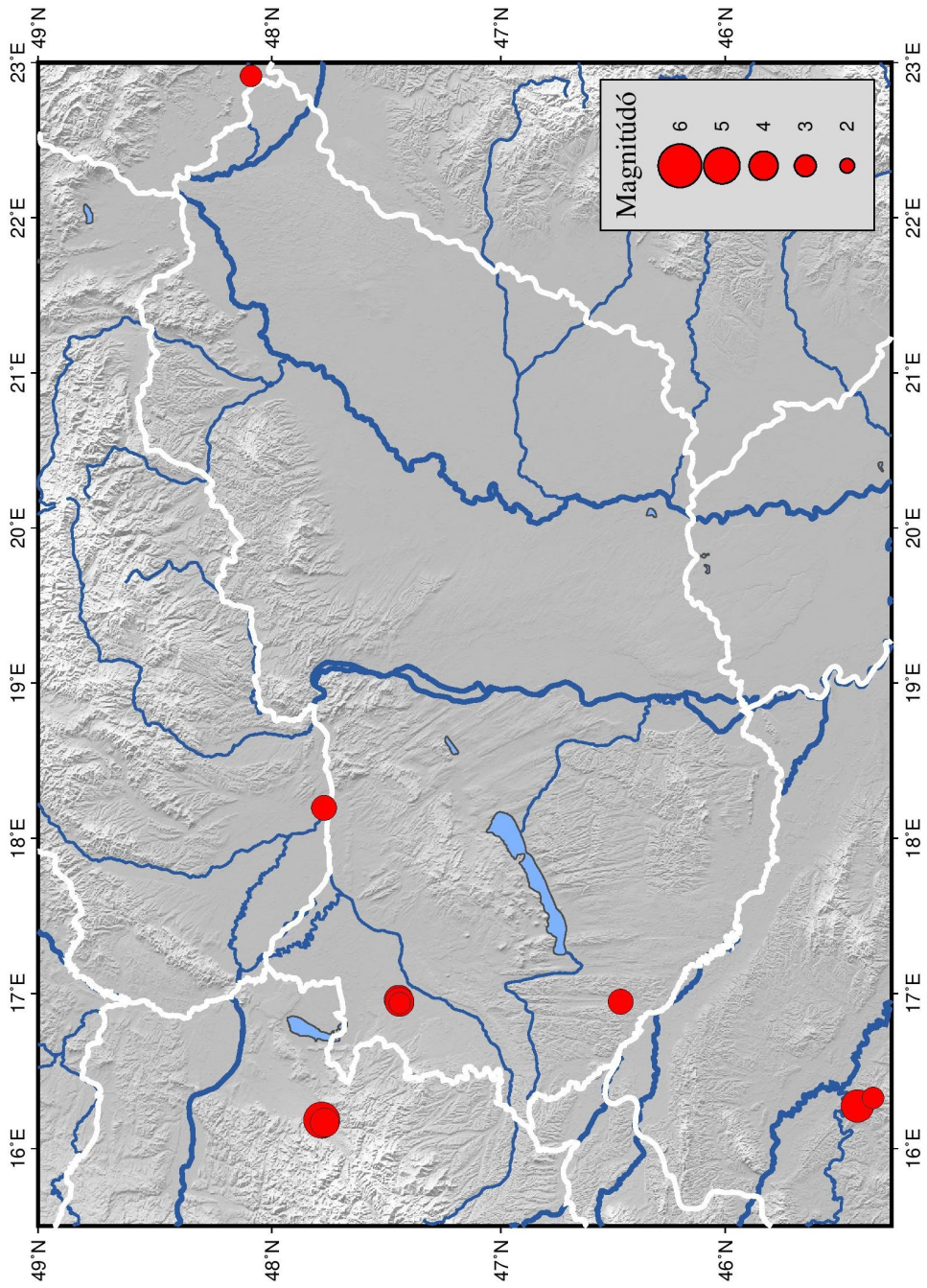
Az érezhető földrengések epicentrumainak helyszínei a 1. ábra térképén láthatók.

Fészekparamétereiket és a hazánk területére érvényes maximális intenzitást az 1. táblázat mutatja.

A földrengések hatását az érintett településekre az obszervatórium honlapján található internetes kérdőívvel mértük fel. Az intenzitások meghatározása az Európai Makroszeizmikus Skála (EMS) (Grünthal, 1998) alapján történt. Az egyes településekre meghatározott intenzitás értékek a KRSZO honlapján (<http://www.seismology.hu/index.php/hu/szeizmicitas/foeldrengesek-evkoenye>), a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin 2021-es kötetében található meg (Süle et al. 2022).

Dátum	Idő	ϕ (°É)	λ (°K)	Mélység (km)	Magnitúdó (ML)	Maximális intenzitás (EMS)
2021.01.06	17:01:43.9	45.4046	16.2739	9.9	5.5	IV-V
2021.01.09	21:29:10.0	45.3340	16.3265	3.5	4.8	III
2021.03.02	03:12:28.5	46.4686	16.9461	7.9	2.6	III-IV
2021.03.30	16:25:01.3	47.7829	16.1838	9.4	4.4	IV
2021.04.19	22:57:12.2	47.7695	16.1681	12.1	4.3	IV
2021.08.29	21:57:28.3	47.7727	18.1957	4.6	2.1	III-IV
2021.09.18	03:05:01.1	47.4429	16.9383	8.4	2.2	III
2021.09.18	03:07:04.2	47.4478	16.9600	5.7	2.9	IV
2021.09.18	04:47:05.2	47.4437	16.9451	5.2	2.7	IV
2021.10.27	01:44:58.4	48.0891	22.9138	5.6	3.2	III

1. táblázat. A magyar lakosság által érzékelt földrengések fészekparamétereit



1. ábra. A 2021-ben Magyarországon érezhető földrengések epicentrumai

A Földön keletkezett $M \geq 7$ magnitúdójú földrengések 2021-ben

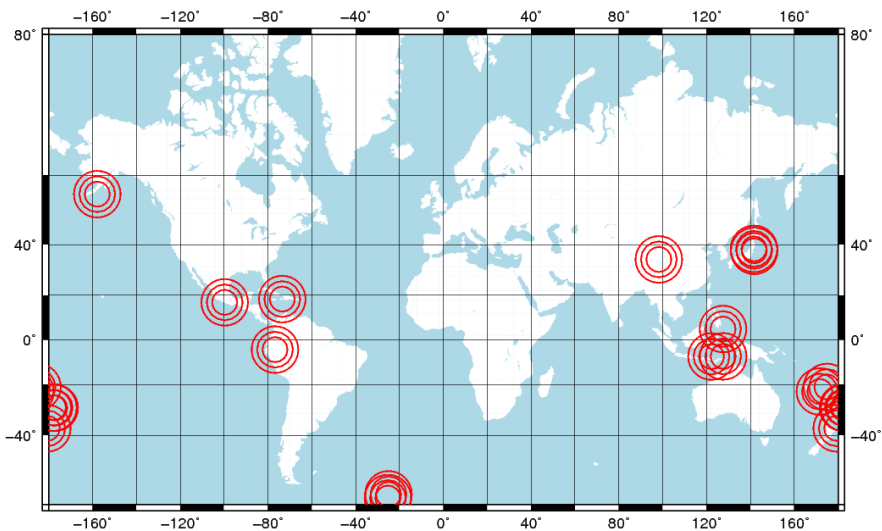
KISZELY MÁRTA

Általánosan ismert tény, hogy pusztító erejű földrengések ritkábban, kisebb rengések gyakrabban keletkeznek. A Földön évente erős ($6 \leq M < 7$) földrengés átlagosan 120 esetben, míg nagyon erős ($7 \leq M < 9$) rengés 18-szor fordul elő. Óriási, 8-asnál nagyobb magnitúdójú rengés évente átlagosan egyszer várható. Ekkora földrengés a 2021-es év során 3 patant ki, viszont a 2020-as évben nem volt egy sem.

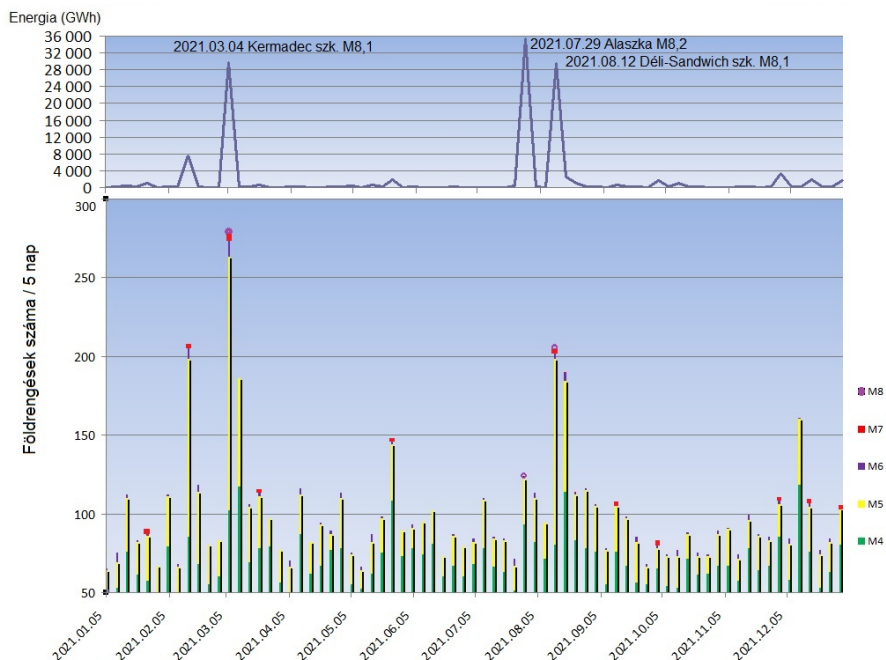
A 2021-es évben 19 nagyon erős $M \geq 7$ földrengés keletkezett a Földön, ami 120 év távlatában megfelel az átlagosnak. Paramétereiket az 1. táblázat tartalmazza, keletkezési helyüket pedig az 1. ábra mutatja. Ezekon kívül 2047 ($5 \leq M < 9$), és 140 ($6 \leq M < 6,9$) magnitúdójú

földrengést detektáltak a Föld szeizmométerei 2021-ben (Forrás: Egyesült Államok Földtani Intézete (USGS)). Az M magnitúdó ebben az esetben a momentum magnitúdót jelöli, ami fizikailag a legpontosabb kifejezése a rengések erősségének.

A földrengések méretét jellemző magnitúdóskála logaritmikus léptékű, azaz a skálán 1 fok eltérés kb. 33-szoros, 2 fok már 1000-szeres energiakülönbséget jelent. A 2. ábra a Földön a 2021-es év során kipattant $M \geq 4$ földrengések számát és a keletkezésük során felszabadult összes energiát mutatja, 5-naponként összegezve. Látható, hogy a földrengések során felszabadult energia túlnyomó részét a három $M \geq 8$ földrengés adja (Lásd az ábra felső részét!).



1. ábra. A 2021-es évben kipattant $M \geq 7$ földrengések epicentrumai a Földön



2. ábra. A 2021-es-as évben kipattant $M \geq 4$ földrengések száma a Földön, és a keletkezésük során felszabadult energia

	Dátum	Idő	ϕ (°É)	λ (°K)	Hely	Mélység (km)	Magnitúdó (Mw)
1	2021-01-21	12:23:04	5,00	127,51	Fülöp-szk.	80	7,0
2	2021-02-10	13:19:55	-23,05	171,65	Loyalty-szk.	10	7,7
3	2021-02-13	14:07:50	37,76	141,72	Honsu, Japán	52	7,1
4	2021-03-04	13:27:35	-37,54	179,35	Honsu, Japán	15	7,1
5	2021-03-04	17:41:23	-29,67	-177,84	Kermadec-szk.	43	7,4
6	2021-03-04	19:28:33	-29,72	-177,27	Kermadec-szk.	29	8,1
7	2021-03-20	09:09:44	38,47	141,63	Honsu, Japán	43	7,0
8	2021-05-21	18:04:13	34,58	98,24	Kína	10	7,3
9	2021-07-29	06:15:49	55,36	-157,88	Alaszka	35	8,2
10	2021-08-11	17:46:13	126,7	55,14	Fülöp-szigetek	55	7,1
11	2021-08-12	18:32:52	-57,56	-25,03	D-Sandwich-szk.	47	7,5
12	2021-08-12	18:35:20	-58,45	-25,32	D-Sandwich-szk.	55	8,1
13	2021-08-14	12:29:08	18,41	-73,48	Haiti	10	7,2
14	2021-08-22	21:33:20	-60,28	-24,88	D-Sandwich-szk.	14	7,1
15	2021-09-08	01:47:47	16,97	-99,74	Mexikó	20	7,0
16	2021-10-02	06:29:17	-21,12	174,89	Vanuatu	527	7,3
17	2021-11-28	10:52:14	-4,45	-76,81	Peru	126	7,5
18	2021-12-14	03:20:23	-7,60	122,22	Jáva-tenger	15	7,3
19	2021-12-29	18:25:51	-7,54	127,57	Banda-tenger	165,5	7,3

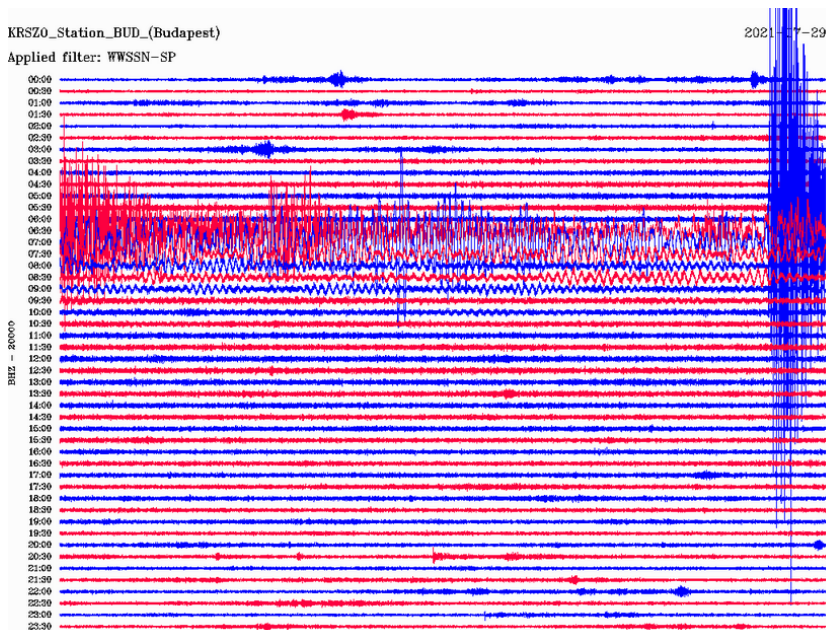
1. táblázat. A 2021-es évben a Földön kipattant $M \geq 7$ földrengések

Az 1. táblázatban felsorolt földrengések közül kettőt ismertetünk részletesebben.

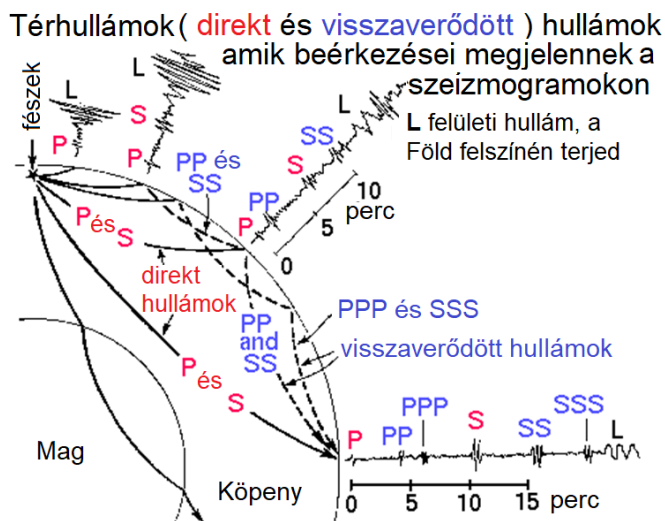
2021.07.29-én világidő szerint 06:15-kor hatalmas M8,2 földrengés rázta meg Alaszka partjait. Ez volt az Egyesült Államokban az elmúlt 50 év legnagyobb földrengése. A rengés a tenger alatt, a legközelebbi parttól mintegy 30 km-re keletkezett, ezért szökőárriadót adtak ki, Hawaii-ig pedig szökőár figyelmeztetést rendeltek el. Kodiak városban a cunami szirénák harsogtak, és az emberek a magasabb területekre és iskolákba menekültek. Szerencsére nem figyeltek meg nagy hullámokat, ezért a szökőárriadót pár órán belül visszavonták.

Alaszka partjainál húzódik az Aleut szubdukciós zóna, ami egy 4000 km hosszú konvergens (ütköző) lemezhatár, ahol a Csendes-óceáni-lemez 6-7 cm/év sebességgel süllyed az Észak-amerikai lemez alá. Ez a két egymással ütköző lemezhatár számos nagy földrengést okozott, bele-

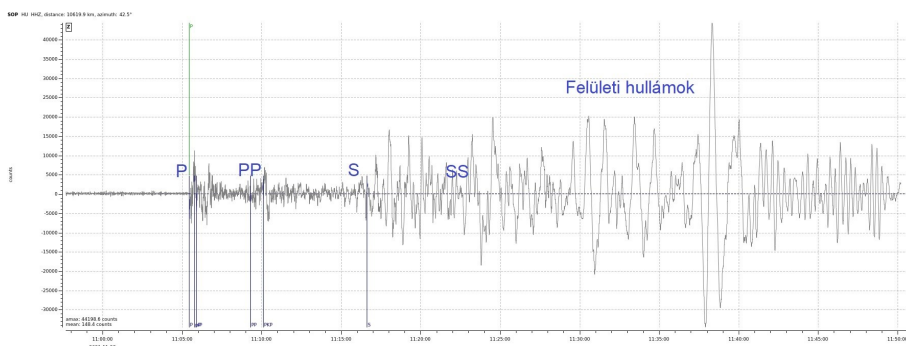
értve az 1964-es híres alaszakai földrengést, aminek a magnitúdója 9,2-es volt, és ami a feljegyzések szerint a második legnagyobb földrengés volt a Földön. (A legnagyobb ismert földrengés M9,5 Chilében pattant ki 1960-ban.) Szerencsére a főrengés, valamint az azt követő néhány erősebb utórengés után sem érkezett jelentős áldozatokról vagy komoly károkról. A 3. ábrán az Obszervatórium budapesti (BUD) állomásának napi szeizmogramja látható, ami az alaszakai földrengés epicentrumától 8510 km-re (76 °) volt. A Sas-hegyi állomásra 12 perc alatt jutott el az első P-hullám csomag. Ezután több mint 3 órán át tartott, míg a Föld belsejét megjárt, határfelületeken megtört és visszaverődött rengéshullámok sorban beérkeztek, és lecsillapodott a talaj a budapesti szeizmométer alatt. A 4. ábra szemlélteti a szeizmogram szerkezetét a különböző tulajdonsággal és sugárúttal rendelkező hullámok beérkezése alapján.



3. ábra. A budapesti (BUD) állomás napi szeizmogramja az alaszakai földrengés napján



4. ábra. A szeizmogram szerkezete a különböző tulajdonsággal és sugárúttal rendelkező hullámok beérkezése alapján



5. ábra. A perui rengés szeizmogramja a soproni SOP állomáson

November 28-án 10:52:13 (UTC) M7,5 erősségű földrengés pattant ki Peruban, amit az ország középső részén fekvő fővárosban, Limában, és a szomszédos Ecuador déli részén is lehetett érezni. Halás áldozatokról nem érkeztek jelentések, de több épület összedőlt. Magyarországra először a soproni állomásra 11:05:25-kor (10619 km) érkeztek be a rengéshullámok (5. ábra), és 12 másodperc alatt 11:05:42-kor érték el az ország keleti felén a tar-

pai (11064 km) mérőállomást. A soproni és tarpai állomás egymástól való távolsága 438 km. A soproni szeizmogramon feltűnő, hogy a Föld felszínén terjedő felületi hullámok sokkal nagyobb amplitúdóval jelentkeznek, mint az elsőként beérkező P és S térhullámok. Az S és felületi hullámok okozzák a legtöbb épületsérülést, de lehetőség van beérkezésük előtt automata riasztó/reagáló rendszerek működtetésére.

Hazánkban is érezhető földrengések Ausztriában, a Bécsi-medence területén (2021)

CZECZE BARBARA

A 2021-es évben több olyan földrengés is kipattant Ausztria területén, melyet a hazai lakosság – főleg a határ menti településeken – is érzett. Bár Ausztria nem tartozik a leginkább szeizmikusan aktív területek közé a világon, hazánkhoz hasonlóan ott is előfordulhatnak nagyobb, károkat is okozó földrengések. Ezen a területen a legnagyobb jól ismert, Magyarországot is érintő földrengés 1972. április 2-án pattant ki 5.9-es magnitúdóval, melyet a nagy Bécsi földrengésként emlegetnek, és aminek során hazánkban is számoltak be épületkárokról. Az újabb érezhető osztrák földrengések kapcsán sok bejelentés érkezett Observatóriumunkba, a hazai lakosság több jelenségről is beszámolt. Ebben a tanulmányban összefoglaljuk, hogy mi is okozta ezeket az eseményeket, és milyen földrengések keletkeztek a múltban ezen a területen.

Ausztria szeizmicitása

Ausztria nagy része az Alpok keleti részén található. Az Alpok e része négy fő régióra osztható: Északi-Középső-Alpok, Középső-Alpok, Déli-Alpok és Keleti-Alpok, így nagyon sokszínű és eltérő szeizmicitású tájegységeket határolhatunk le (1. ábra).

A legészakibb alpesi tájegység az Északi-Középső-Alpok, itt található Ausztria legmagasabb csúcsai, Großglockner (3 798 méter) és a Wildspitze (3 768 méter). Ezt a területet főleg kristályos alapzat jellemzi, itt található az Alpok legősibb kőzetei, amelyek a prekambriumi időszakból (kb. 4,6 milliárd - 541 millió évvel ezelőtt) származnak. Ezen kőzetek többek között a gneiszek, amfibolitok és a gránitok. A területen földrengések ritkán fordulnak elő, jellemzően kisebb magnitúdóval.

A Középső-Alpok az osztrák Alpok

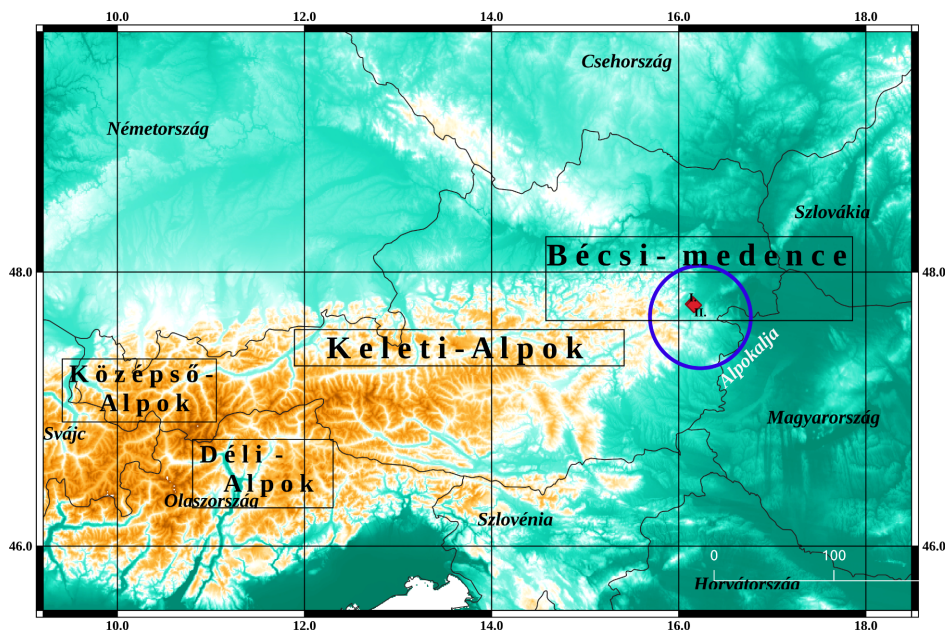
középső részét jelenti, gazdag gleccserekben, hegyekben, völgyekben. Ez a tájegység a kristályos kőzetek mellett üledékes kőzetekben is gazdagabb. A sík vidékeket már kissé magasabb szeizmikus aktivitás jellemzi, de a földrengések mérete ritkán jelentős. Az osztrák Alpok keleti részét a Keleti-Alpok alkotja, mely átnyúlik Csehország, Szlovákia és Magyarország felé. A Keleti-Alpok jellemzően lágyabb vonalvezetésű, mint a nyugati Alpok, szintén mérsékelt szeizmicitással.

Földrengések szempontjából az egyik legérdekesebb terület az Ausztria déli határa mentén található Déli-Alpok, az ütközési zóna, mely kiterjed Észak-Olaszországba és Szlovéniába is. Itt található a Dachstein-hegység és a Karavankák. Gazdag karsztos formációkban és gyönyörű tavakban. A Dachstein-hegység és a Karavankák fekszik legközelebb az

Adriai-mikrolemez határához, így ez egy szeizmikusan aktív terület, ahol gyakran pattannak ki erősebb földrengések.

Végül a Bécsi-medence Ausztria keleti, hazánkhoz közeli részén található,

mely egy nagy, sekély, a Pannon-medence részét képező üledékes medence. Az itt ki-pattant földrengéseket érezte a hazai lakosság, így ez a terület részletesebben is bemutatásra kerül.



1. ábra. Ausztria főbb tájegységei, a Keleti-Alpok részei. A vizsgált területet (Bécsi-medencét) kék kör, a 2021-es érezhető földrengések helyét piros rombuszok jelölik.

A Bécsi-medence

A Bécsi-medence Ausztria keleti részén található, és egy nagy, ovális alakú, sekély medence, mely Bécs városát is magában foglalja, az ország legsűrűbben lakott területe. A medence kialakulásában és szerkezetében számos geológiai folyamat játszott szerepet. Természetesen fő oka tektonikai lemezmozgásokhoz kapcsolódik. A medence az Alpok és a Kárpátok között található, ahol az Eurázsiai és az Afrikai lemezhatárok találkoznak egymással. A medencét főleg üledékes kőzetek alkotják. Az alján vastag rétegekben található homok, agyag, kavics, melyeket a folyók és gleccserek szállítottak a területre az elmúlt évmil-

liók során. Az üledékek vastagsága változatos, a medence központi részén vastagabb, míg a perem felé vékonyodik. Nem csak a medencefenékre lerakódott üledék vastagsága, a magassági szintek is változatosak. A medence alja 150-300 méteres tengerszint feletti magasságban található, a peremén elérheti a 300-500 métert is (Hinsch et al. 2005). Ezen a területen jelentős kőolaj- és földgáz lelőhelyek fordulnak elő, de az évszázadok során a sóbányászat is jellemző volt. A medence fontos szerepet játszik a víz- és termálforrások kialakulásában, melyeket a mélyben található nagy víztartalmú rétegek táplálnak.

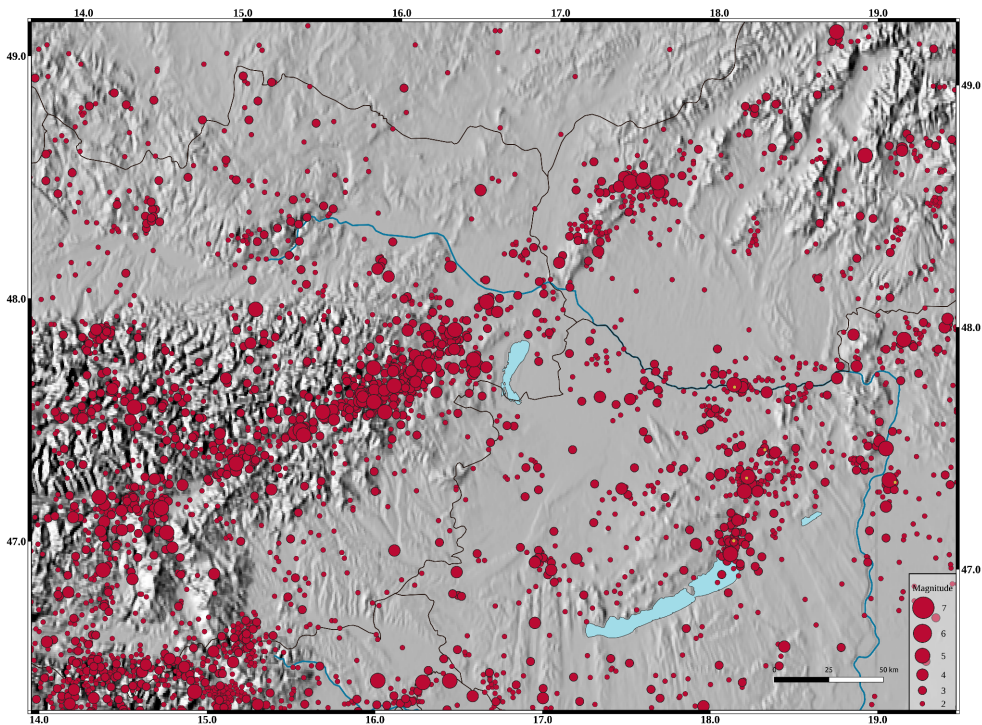
Összességében láthatjuk, hogy az üledék az uralkodó a medencében, mely

szeizmicitás szempontjából nem elhanyagolható. A földrengések során felszabaduló energia földrengéshullámok formájában terjed a környező kőzetekben, talajrétegekben. Az üledékes kőzetekben a földrengéshullámok felerősödhetnek, melynek több oka is van. Az üledékes rétegekben található kőzetek általában laza szerkezetűek, kevésbé merevek, mint a szilárd kőzetekben, mely azt eredményezi, hogy az üledékben a földrengéshullámok lassabban terjednek. A laza szerkezet miatt az üledékes rétegek hajlamosabbak a deformációra, erősítve a földrengéshullámok amplitúdóját.

Emellett az üledékes rétegek általában heterogének, sokszínűek, változatos összetételűek, bonyolult rétegződésűek. Így a terjedési sebességek is eltérnek

a különböző rétegekben, mely a réteghatárokon történő visszaverődésekhez vezet. Így többszörös interferencia is kialakulhat, aminek következtében felerősödhetnek a rugalmas hullámok, ezzel nagyobb károkat okozva a földrengés kipattanásának közelében. Természetesen a földrengés forrásától távolabb már csillapodnak a rugalmas hullámok.

A Bécsei-medence alapvetően nem számít magas szeizmicitású területnek, de évről-évre előfordulnak érezhető földrengések. Gyakoriságuk és méretük változó lehet, de nagyon jól kirajzolódik a terület tektonikai aktivitása (2. ábra). Az állomáshálózat évről-évre javul, így a legkisebb események is regisztrálásra kerülnek, az adatok minősége minden eddiginél kedvezőbb.



2. ábra. 2. A Bécsei-medencét átszelő Mur-Mürz vetőzónához kapcsolható historikus és recens földrengések 456-tól 2021-ig. Az földrengéseket jelölő körök mérete a magnitúdóval arányos (Györi et. al, 2022)

A földrengések kipattanási helyei nagyon jól kijelölik a folyamatosan aktív, leginkább balos oldalelmozdulásokat produkáló Mur-Mürz törésvonalat (vetőrendszer) (3. ábra), mely egy jelentős tektonikai határt képez az Alpok és a Pannonmedence között (Decker et al. 2005). Jelenlegi ismereteink szerint ehhez a vonalhoz kapcsolódhat a hazánkban észlelt egyik legnagyobb, és legelső ismert történelmi földrengése, mely 456. szeptember 7-én pattant ki. Bár a rengés keletkezési helyét nem sikerült pontosan rekonstruálni, vélhetően Szombathelytől (Savaria) ÉNY-ra, 35-40 km-es távolságban volt az epicentrum, és magnitúdója 6,6-osra becsülhető, de ez nagyon bizonytalan adat.

Az 1200-as évektől 14 további olyan földrengést jegyeztek fel, mely a Mur-Mürz zónához köthető, és legalább 7-es intenzitású volt. (Hausmann et. al, 2010). A Bécsi-medence környéke alkalmanként 4-esnél erősebb földrengéseket produkál, például 1938-ban Ebreichsdorf közelében egy 5.0-s magnitúdójú földrengést (Apoloner et. al, 2014). A műszeresen regisztrált legnagyobb földrengés magnitúdója 5.9 volt.

A 2021-ben észlelt események

2021. március 30-án helyi idő szerint 18:25-kor 8 km-es mélységben földrengés keletkezett Ausztriában, Bécs közelé-

ben, a magyar országhatártól megközelítőleg 30 km-re. A földmozgás mérete 4,4 volt a Richter-féle skálán. Ezt április 20-án helyi idő szerint 00:57-kor egy újabb, 4,3-as magnitúdójú földrengés követte Wiener Neustadt közelében, a magyar országhatártól megközelítőleg 25 km-re. Mindkét földrengést érezte a hazai lakosság, bejelentések a nyugati határvidékről, főleg Sopronból érkeztek Observatóriumunkba.

Az első földrengést széles körben érezték: Bécs, Sopron, Győr, Mosonmagyaróvár, Wiener Neustadt, Szombathely, Tatabánya, Eisenstadt, Kőszeg, Nagykanizsa, Oberpullendorf. A két érezhető földrengést több kisebb utórengés is követte, melyekről már nem érkeztek bejelentések. Közülük a legerősebb április 23-án keletkezett, mérete 3,6 volt a Richter-féle skálán.

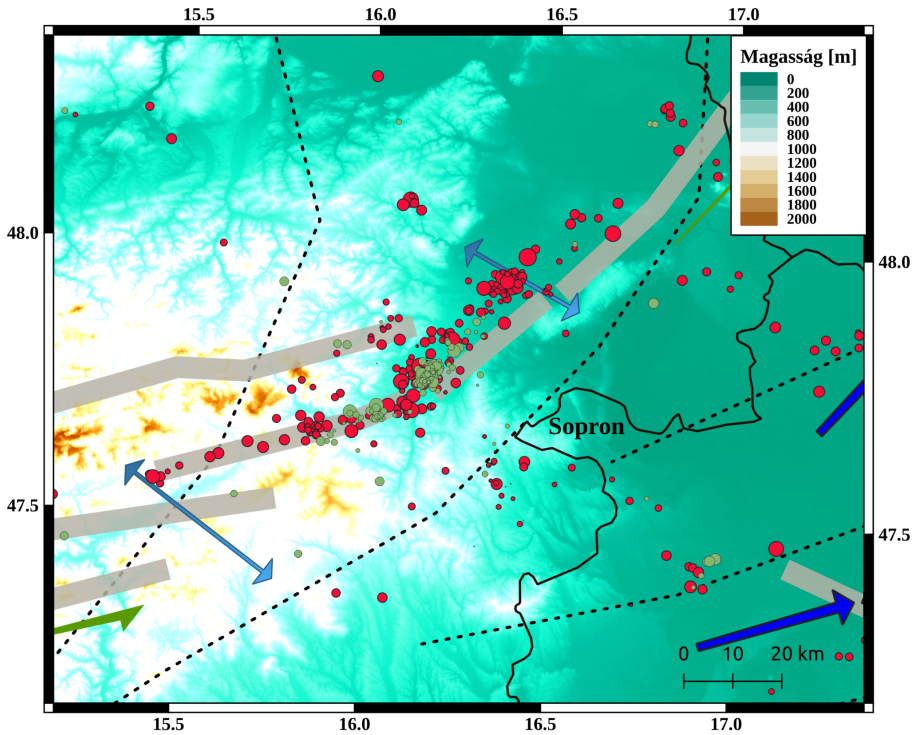
A 3. ábrán a piros körök az elmúlt 25 év szeizmicitását mutatják, míg a zöld körök a 2021-ben regisztrált földrengéseket mutatja, beleértve a lakosság által nem érezhető utórengéseket is.

A 3. ábrát vizsgálva jól látszik, hogy a térségben kipattanott földrengések epicentrumai szinte kirajzolják a szürke vonallal jelölt törési zónát, a Mur-Mürz vetőrendszert, mely szinte teljes vonalán aktívnak tekinthető.

A főrengést számos kisebb utórengés követte, melyek nagy részét a lakosság már nem érzékelte. Ahogy az látható volt, időben egyre kisebb utórengések pattantak ki, ezek közül a legjelentősebbek:

Dátum	Magnitúdó
2021. március 30.	4,4
2021. április 20.	4,3
2021. április 20.	2,8
2021. április 23.	3,6
2021. április 24.	3,2

1. táblázat. A 2021. március-április hónapban keletkezett jelentősebb földrengések Ausztriában



3. ábra. Digitálisan regisztrált földrengések a Bécsi-medence környezetében 1996-tól napjainkig (RSTT, iLoc helymeghatározások). A zöld körök a 2021-es év eseményeit jelölik, köztük a két érezhető földrengést is. A körök mérete a magnitúdóval arányos. A nyilak a fő lemezmozgási irányokat mutatják. A szürke vonalak a főbb vetőzónák. Az epicentrumok alatt futó szürke vonal a Mur-Mürz-zóna.

Fészekmechanizmus

Egy földrengés fészekmechanizmusának meghatározása segít leírni és értelmezni a földrengés során végbemenő tektonikus elmozdulásokat és deformációkat. A felhalmozódó feszültségek hatására a kőzettömb eltörik, vagy egy létező törés mentén elmozdul. A fészekmechanizmus a földrengés által keltett hullámtér tulajdonságai alapján ad információt arról, hogy milyen típusú törés, elmozdulás történt a kéregben. Megmutatja, hogy hogyan helyezkedett el a törés síkja, milyen irányú elmozdulás ment végbe, és a rengést indukáló feszültségtér főbb jellemzőit is megismerhetjük.

A fészekmechanizmus meghatározására több módszer is rendelkezésünkre áll. A hipocentrum köré rajzolt fokális gömböt az elmozdulás vetősíkjára, és az erre merőleges segédvonalra négy negyedre osztja, de az utóbbinak nincs geológiai jelentése. A négy negyedben felváltva tágulást és összehúzódást figyelhetünk meg. Ezek a tágulós és kompressziós negyedek ideális esetben a regisztrátumokon megjelenő hullámforma első beérkezésének iránya (polaritása) alapján ismerhetők meg, de más módszerek is rendelkezésünkre állnak. A hipocentrumból kiinduló földrengéshullámok amplitúdója függ attól, hogy a hullám által megtett út hol metszi ezt a fokális gömböt. A fokális gömb vetülete-

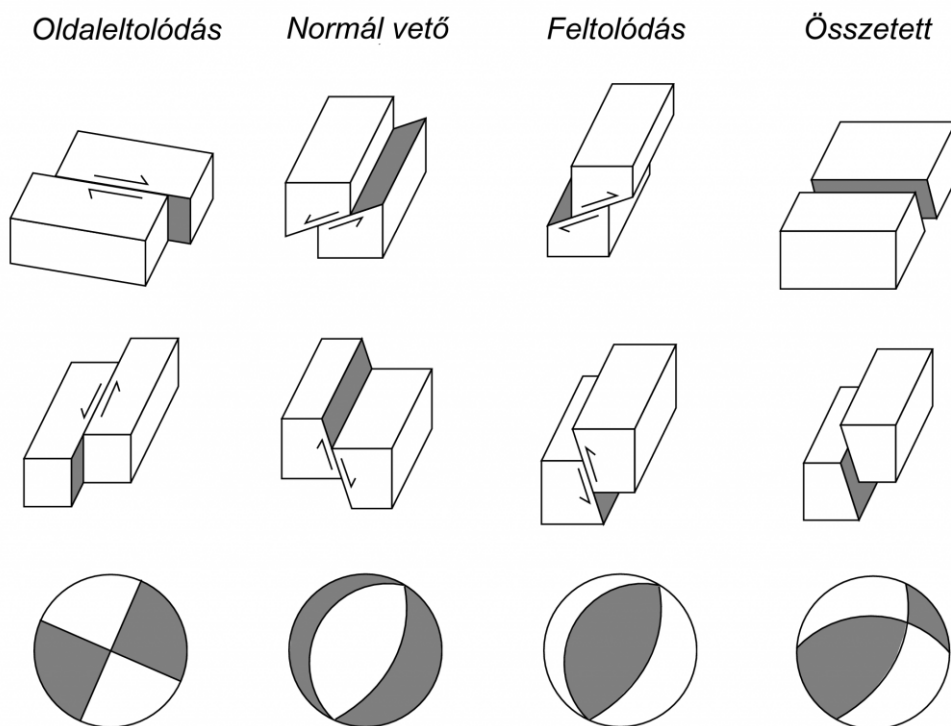
tét ábrázolva különböző színekkel jelöljük a negatív és pozitív amplitúdóval történő beérkezéseket. A gömb vetületén (“strandlabdán”) eltérő színek jelölik a negatív és a pozitív amplitúdójú beérkezéseket.

A polaritásadatok sajnos nem mindig nyújtanak megbízható információt a fészekmechanizmusról, így komplexebb, az összes hullámforma egyidejű vizsgálatán alapuló módszerek is kifejlesztésre kerültek. A jelen tanulmányban publikált megoldások a legmodernebb eljárás eredményei (Wéber, 2016; Wéber és Süle, 2014).

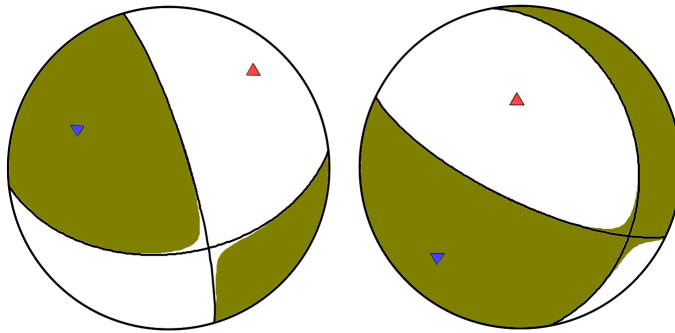
A földrengés fészekmechanizmusa három fő paramétert használ fel a leírásához: csapás (strike), dőlésszög (dip), a csúzás-vektor és a csapásirány között bezárt szög (rake). Ezen értékek alapján fel-

tolódást, normál vetőt, transzform vetőt (jobbos/balos) különböztetünk meg. Természetesen ezek bonyolultabb kombinációi is előfordulnak a gyakorlatban, ritkán találkozunk tiszta elmozdulás típusokkal. Ezeket az értékeket “strandlabdákon” ábrázoljuk, így könnyen beazonosíthatóak a vetőtípusok (4. ábra).

A 2021. március 30-án és 2021. április 20-án kipattant földrengések fészekmechanizmusát az 5. ábra szemlélteti. Ezen fészekmechanizmusok alapján ebben az esetben összetett fészekmechanizmusról beszélünk, melyben nem csak egy tiszta normál vetős elmozdulás figyelhető meg. Ekkor a kőzetblokk lefelé halad a törési síkon, vagyis leginkább függőleges elmozdulás megy végbe, de más komponensek is megfigyelhetőek.



4. ábra. Főbb elmozdulás típusok, és az azokhoz tartozó “strandlabda” ábrázolások



5. ábra. A március 30-án és április 20-án keletkezett érezhető földrengések fészekmechanizmus megoldásainak strandlabdás ábrázolása (Wéber, 2021)

Intenzitás, a lakosság tapasztalatai

Egy földrengés intenzitása egy olyan érték, mely azt mutatja meg, hogy mekkora a felszíni hatása az adott magnitúdójú földrengésnek. A magnitúdó a rengés során felszabadult energiát számszerűsíti, míg az intenzitás a felszínen okozott hatásokat, károkat összegzi. Azonos magnitúdójú földrengések eltérő intenzitással jelentkezhetnek a felszínen, hiszen az intenzitás számos dologtól függ, pl. kőzettől, fészekmélységtől. Ennek becsléséhez a lakosság által kitöltött kérdőíveket használjuk fel, ahol a lakosság pontosan leírja tapasztalatait. Ezzel becsülhető, hogy az epicentrum mekkora sugarában milyen jellegű károokra lehet számítani.

Az EMS skála (European Macroseismic Scale), más néven az EMS-98 a jelenleg használt skála, amelyet az Európai Unió tagállamainak közös használatára fejlesztettek ki, 12 fokozatot tartalmaz, ahol az I. fokozat az a földrengés, melyet a lakosság egyáltalán nem érzékel, a XII. fokozat pedig a teljes megsemmisülést, a legnagyobb mértékű pusztítást írja le.

A jelen tanulmányban tárgyalt rengések Magyarországon III. és IV. fokozatú-

ak voltak (6. és 7. ábra), melyek a következőképpen írhatók le:

EMS 3. fokozat: Gyenge - A rezgés gyenge, néhány ember érzi, főleg épületen belül. A fekvő emberek lengést vagy gyenge remegést éreznek.

EMS 4. fokozat: Széles körben érezhető - A rengést épületen belül sokan érzik, a szabadban kevesen. Néhány ember felébred. A rezgés mértéke nem ijesztő. Ablakok, ajtók, edények megcsörrennek, felfüggesztett tárgyak lengenek.

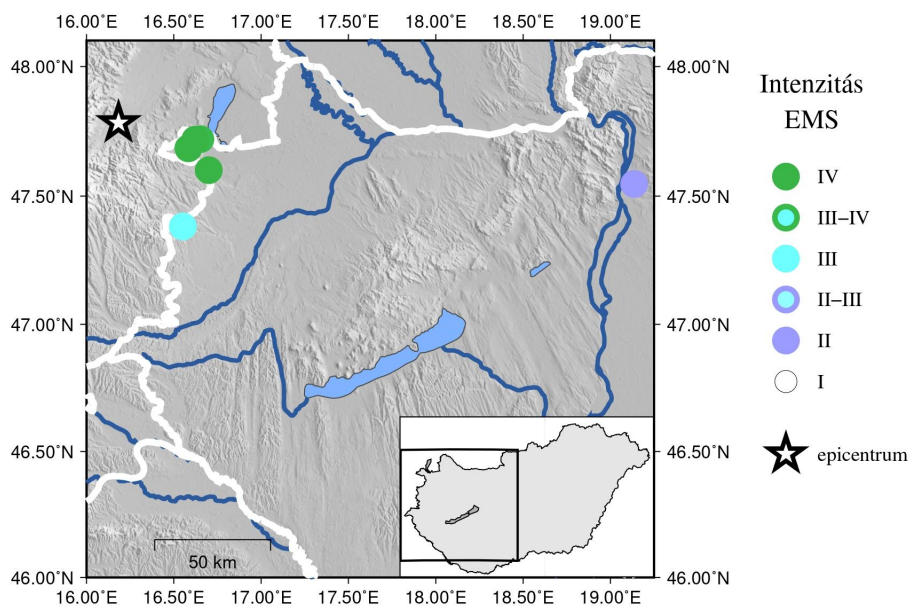
Részletek a lakossági bejelentésekből

2021. március 30.

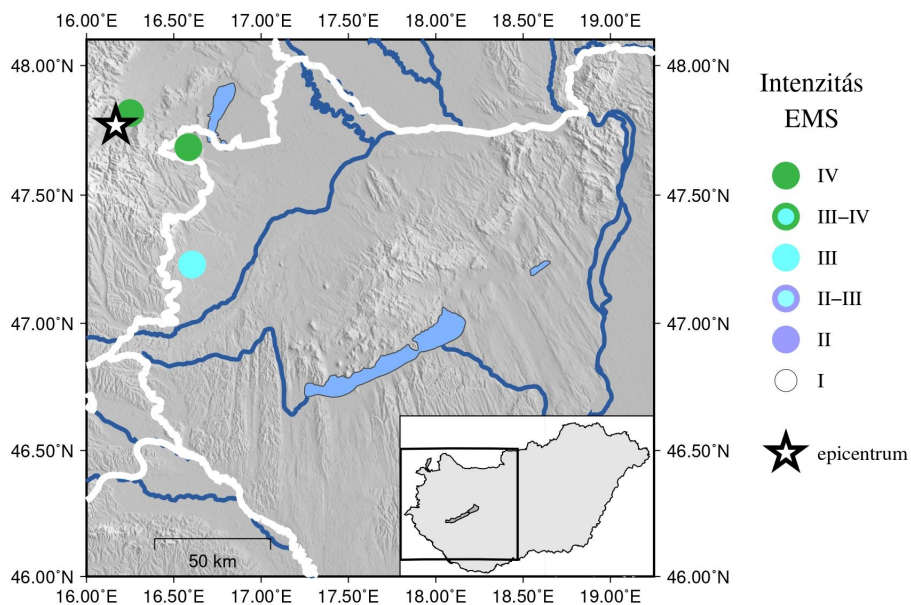
„A lakás különböző helyiségeiben éreztük az ágy és a szék finom ringató, kis-mértékű mozgását. „

„Azt hittük, jármű ütközött az épületnek, ezért kimentünk megnézni. A férjem a kertben volt, ő semmit nem vett észre. Bent csörögtek a poharak a szekrényben, a padló mozgott.”

„az egész épület úgy rezgett és olyan hangja volt, mint a talajtömörítő gépeknek, ill. mint egy kőomlás”



6. ábra. A március 30-i földrengésről készült intenzitás térkép, és a földrengés epicentruma. A különböző színek az EMS skálán értelmezett intenzitás értékeket jelölik.



7. ábra. Az április 20-i földrengésről készült intenzitás térkép, és a földrengés epicentruma. A különböző színek az EMS skálán értelmezett intenzitás értékeket jelölik.

2021. április 20.

„Egy lökésszerű érzés volt mintha megmozdult volna a padló. Csúszózsalsal szerkezetű, 2 szintes, 35 éves panelház, mindenhol szomszédokkal körülveve, körülöttem csend. Mintha hirtelen egy "erő" eltaszította volna magától az épületet, aztán az visszapattant volna, mindezt egy szempillantás alatt, aztán összeszorult a gyomrom és az agyam azóta is gyözköd, hogy nem képzelődtem. Nagyon gyors és furcsa volt, aludva vagy zajban lehet fel sem tűnt volna.”

„Altató mély álomból rázott fel, de ébredéskor nem volt különösebb, csak a nyirkos tv állvány és rezgő monitorok, kicsit loccsanó akvárium (benne az állatok csak a lámpafényre ébredtek) kis ideig tartott”

„Félelmetes volt. Mozgott a virág, remegett a ház, mintha ráznák...”

Látszik tehát, hogy ezen rengések intenzitása határozottan érintette a lakosság egy részét, az ilyenkor létrejövő zajok, rezgések szokatlanok, félelmet keltők, de épületkárok szerencsére nem keletkeztek. Vannak helyek a világon, ahol az ilyen típusú rengések megszokottak, hétköznapi események, hazánkban viszont szerencsére ritkán fordulnak elő, így a lakosság érzékenyebben reagálhat.

Összefoglalás

Ausztria szeizmicitása hazánkhoz hasonlóan mérsékelt, de előfordulhatnak kisebb-nagyobb károkat okozó földrengések is. A Bécsi-medence nagyon jó példája annak, hogy a földrengések epicentrumai hogyan tudnak kirajzolni egy-egy aktív törési zónát. A lemeztectonikai folyamatok nem pihennek, a folyamatosan mozgásban lévő lemezek kirajzolódnak a feszültség folyamatos kioldódása következtében, így ebben az aktív térségben a jövőben is számítani kell érezhető földrengésekre.

A hazai lakosság szerencsére kevésbé érintett ezen a területen, de ahogy a múltban már volt rá példa, nagy intenzitá-

sú rengések is kipattanhatnak. A lakossági bejelentések és beszámolók nagyon fontosak számunkra, hiszen ez alapján tudjuk becsülni az epicentrum körül bekövetkező esetleges károkat, sérüléseket, így a jövőben is számítunk a földrengést tapasztaló lakosság segítségére.

Irodalomjegyzék

- Apoloner, M-T., Bokelmann, G., Bianchi, I., Brückl, E., Hausmann, H., Mertl, S., Meurers, R. (2014). The 2013 Earthquake Series in the Southern Vienna Basin: location. *Advances in Geosciences*. 36. 77-80. 10.5194/adgeo-36-77-2014.
- Bada, G. és Horváth, F., 2001. On the structure and tectonic evolution of the Pannonian basin and surrounding orogens. *Acta Geol. Hung.*, 44: 301-327.
- Bondár, I. and D.A. Storchak (2011). Improved location procedures at the International Seismological Centre, *Geophys. J. Int.*, 186, 1220-1244, doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05107.x
- Decker, K., Peresson, H., Hinsch, R. (2005). Active tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin Transform fault. *Quaternary Science Reviews*, 24(3-4), 305-320.
- Györi, E., Czece, B., Timkó M., Bondár, I., Czani, Cs., Czifra, T., Fodor, Cs., Grácz, Z., Gribovszki, K., Gyarmati, A., Kalmár, D., Kiszely, M., Kovács, I.J., Mónus, P., Süle, B., Szanyi, Gy., Tóth, L., Varga, P., Zsíros, T., Wéber, Z., 2022. Seismicity map of the Circum-Pannonian region (456-2020) (in prep.)
- Hausmann, H., Hoyer, S., Schurr, B., Brückl, E., Houseman, G., Stuart, G.. (2010). New seismic data improve earthquake location in the Vienna Basin area, Austria. *Austrian Journal of Earth Sciences*. 103. 2-14.
- Hinsch, R., Decker, K., Peresson, H. (2005). 3-D seismic interpretation and structural modeling in the Vienna Basin: implications for Miocene to recent kinematics.

- Austrian Journal of Earth Sciences, 97, 38-50.
- Horváth, F., Bada, G., Szafián, P., Tari, G., Ádám, A., Cloetingh, S. (2006). Formation and deformation of the Pannonian Basin: constraints from observational data. Geological Society, London, Memoirs, 32(1), 191-206.
- ISC Bulletin - International Seismological Centre (2021), On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- Wéber, Z., 2016, Probabilistic waveform inversion for 22 earthquake moment tensors in Hungary: new constraints on the tectonic stress pattern inside the Pannonian basin: Geophysical Journal International, v. 204, no. 1, p. 236-249.
- Wéber, Z., and Süle, B., 2014, Source properties of the 29 January 2011 ML 4.5 Oroszlány (Hungary) mainshock and its aftershocks: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 104, no. 1, p. 113-127.
- Az ábrák a feltüntetett adatforrások alapján a QGIS szoftverrel készültek (QGIS v. 3.10.2 (<https://qgis.org/>))

Földrengések Répcelak környékén 2021. szeptember

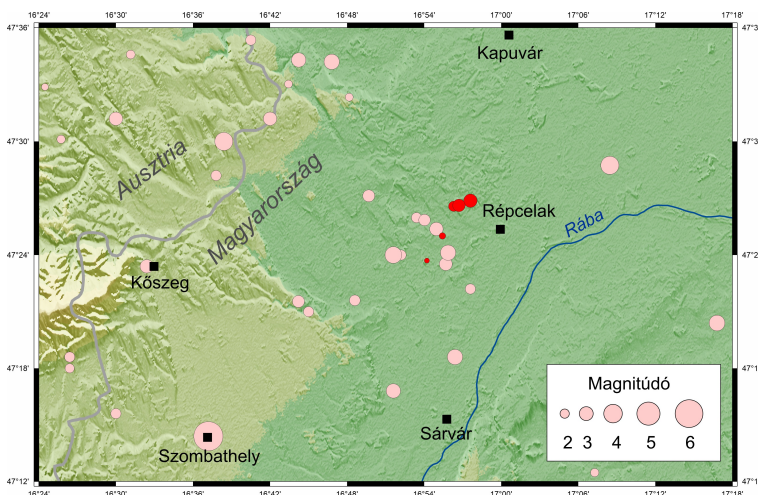
GYÓRI ERZSÉBET, GRIBOVSZKI KATALIN, KOVÁCS ISTVÁN JÁNOS, WÉBER ZOLTÁN

2021. szeptember 18-án reggel három kis földrengés keletkezett a Vas megyei Répcelak város térségében. Annak ellenére, hogy magnitúdójuk mindössze 2,2, 2,9 és 2,7 volt, a lakosság mindhárom rengést érzékelte. A következőkben ezeknek a földrengéseknek a jellemzőiről, a terület szeizmicitásáról és a földtani okokról adunk egy rövid összefoglalót.

Földrengések a Répce mentén – 2021. szeptember 18.

2021. szeptember 18-án helyi idő szerint 5 és 7 óra között három földrengés pattant ki Répcelak térségében. Az első 5 óra 5 perckor Iván község határában, 8,4 km-es mélységben keletkezett, magnitúdója 2,2

volt. A második mindössze 2 perccel később, 5 óra 7 perckor pattant ki 5,7 km-es mélységben, Répceszemere közelében. Ennek magnitúdója volt a legnagyobb, 2,9-es. A harmadik szintén Iván mellett, 5,2 km-es mélységben keletkezett, magnitúdója 2,7 volt. A három érzhető rengést még két kisebb utórengés követte, epicentrumaik (piros körökkel jelölve) az 1. ábrán láthatók.



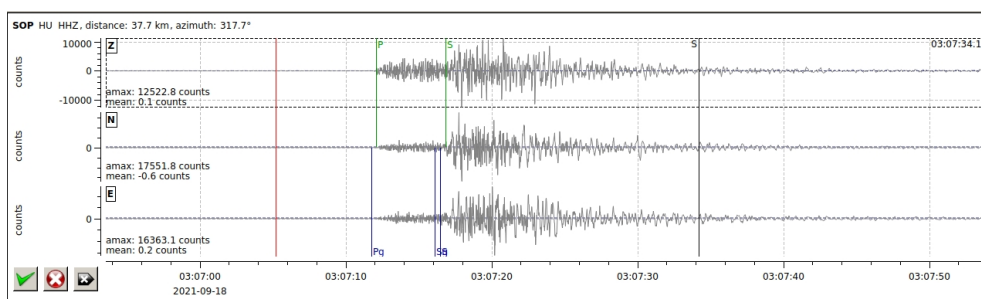
1. ábra. A 2021. szeptember 18-án kipattant Répce menti földrengések epicentrumai (piros körök) a területen korábban előfordult rengések epicentrumaival (rózsaszín körök)

A rengéseket az ELKH FI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium szeizmológiai hálózata is regisztrálta. A rengés epicentrumától közelítőleg 38 km-re található soproni állomáson készült felvételeket a 2. és a 3. ábra mutatja be.

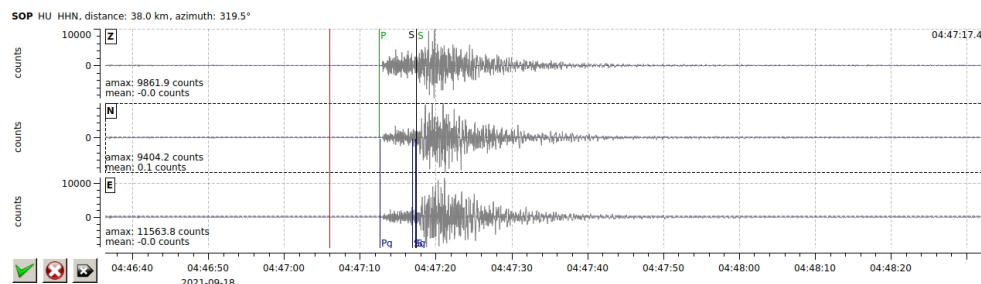
A két nagyobbban – azok kis mérete ellenére is – sikerült a fészekmechanizmus megoldását az elsőként beérkező P hullámok polaritás adataiból meghatározni. A fészekmechanizmus megoldásokat mutató „strandlabdák” a 4. ábrán láthatók. Ezek alapján a földrengés során egy keletnyugati irányú kompresszió miatt bekö-

vetkező, nagy valószínűséggel ÉÉK–DDNy-i irányú vető mentén történt feltolódás. A képen látható „strandlabdák” magyarázata megtalálható jelen kötetben, Czecze B. (2023) ausztriai rengésekről írt cikkében.

Az 1. ábra alapján a három nagyobb földrengésnek az epicentruma nagyon közel volt egymáshoz, és a két nagyobbban a fészekmechanizmusa is gyakorlatilag megegyezik (4. ábra). Ez azt jelenti, hogy a rengések során ugyanannak a törésvonalnak két, egymáshoz nagyon közeli része aktíválódott.

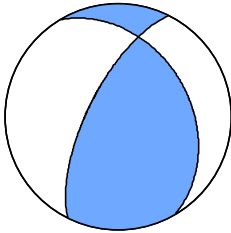


2. ábra. A 2021. szeptember 18-án helyi idő szerint 05 óra 07 perckor Répceszemere közelében keletkezett földrengésnek a soproni állomáson regisztrált felvétele. A „Z”-vel jelölt felvétel a vertikális komponens, míg az „N”-nel és „E”-vel jelölt felvételek a két horizontális komponens jelölik.



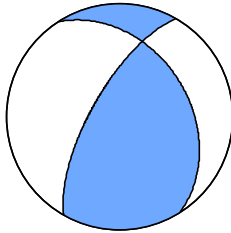
3. ábra. A 2021. szeptember 18-án helyi idő szerint 06 óra 47 perckor Iván közelében keletkezett földrengésnek a soproni állomáson regisztrált felvétele. A „Z”-vel jelölt felvétel a vertikális komponens, míg az „N”-nel és „E”-vel jelölt felvételek a két horizontális komponens jelölik.

2021-09-18 03:07



s=206° d=68° r=120°

2021-09-18 04:47



s=210° d=70° r=123°

4. ábra. A helyi idő szerint 5 óra 7 perckor, és 6 óra 47 perckor keletkezett földrengések fészekmechanizmus megoldásai. A „strandlabdák” feletti időpontok UTC-ben értendők, az alattuk levő számhármassal a feltételezhető törésvonal csapását, dőlését, valamint a csúszás-vektor és a csapásirány között bezárt szög irányát jelzi fokokban.

Makroszeizmikus megfigyelések

Annak ellenére, hogy a rengések magnitúdója nem érte el a 3-as magnitúdó értéket, a lakosság számos településről számolt be a rengések érezhetőségéről. Ehhez hozzájárulhatott a rengések viszonylag sekély mélysége, és az, hogy mindhárom a kora reggeli órákban keletkezett, amikor az emberek már ébredtek, de még nagyrészt az ágyban tartózkodtak.

Az obszervatóriumba beérkezett földrengés kérdőívek alapján a rengések során a lakosság több esetben morajlásról és hirtelen, erőteljes lökésről számolt be. Néhány esetben a szekrényekben az edények összecsörrentek, a felfüggesztett tárgyak kissé kilengtek, kisebb bútorok megmozdultak, ajtók, ablakok recsegtek.

A régió településeiről beküldött kérdőívekből, beszámolókból idézünk néhányat:

Bük: „Nagyon megijedtem, kiugrotam az ágyból. Attól féltem, hogy lesz egy sokkal erősebb lökés. Fél 7 és háromnegyed 7 között volt egy hasonló erősségű rengés.

Aludni már nem tudtam a hajnali földrengés után.”

„Kár nem történt. Érdekes módon nem csörömpölt semmilyen edény sem, de ettől még a föld robaja és remegése volt az, ami valóban félelmet keltett.”

Nick: „Félelmetes érzés arra ébredni egymás után kétszer is hogy recseg a tetőtér és megmozdul az ágy.”

Vámoscsalád: „2021.szept.18-án valamikor a két időpont között volt egy 3. rengés is.”

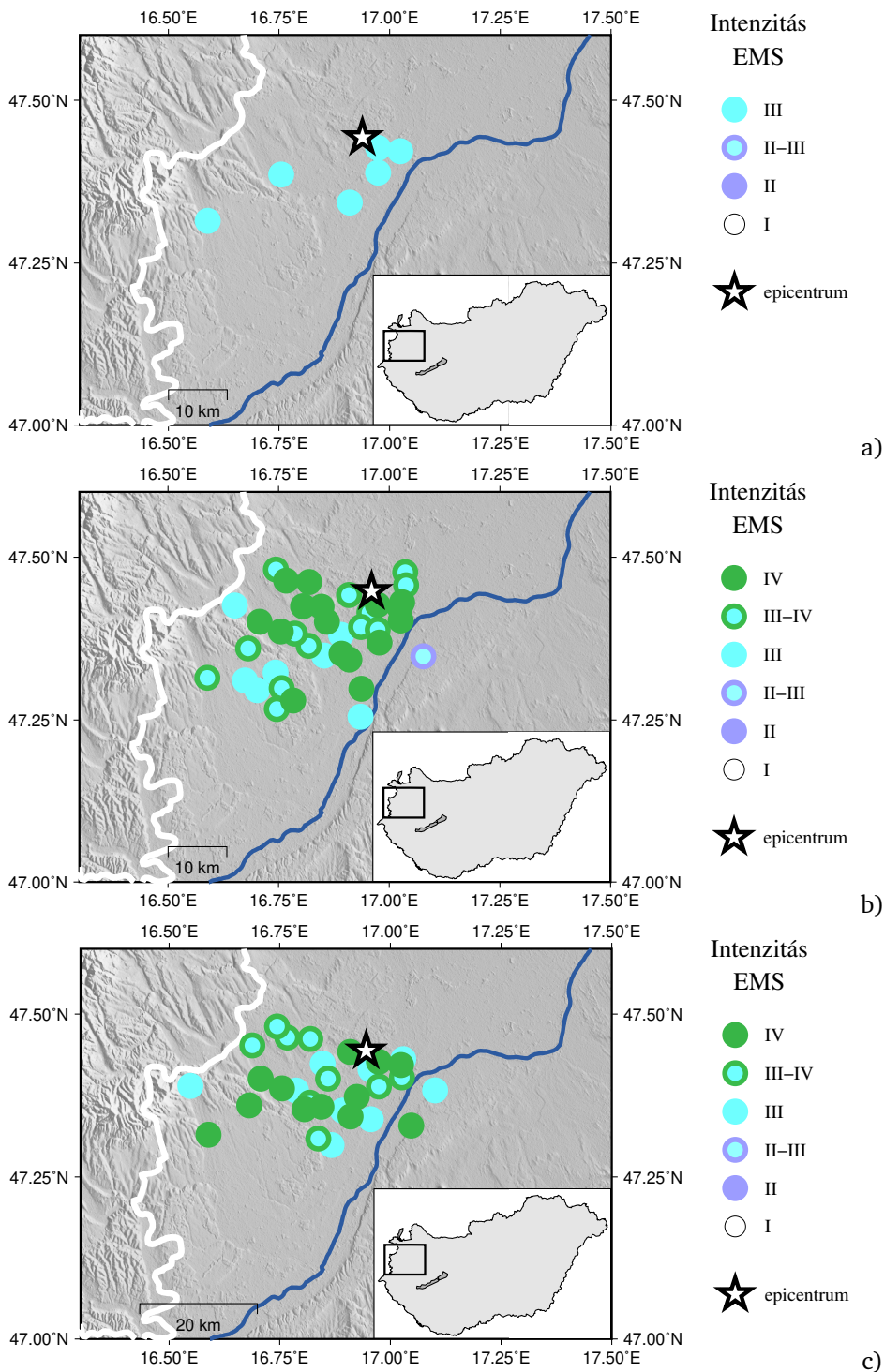
Répcelak: „Éppen aludtam, mikor egy nagy dörrenésre ébredtem fel, azt gondoltam, hogy az ég dörgött, de kint az égbolt tiszta volt. Ekkor gondoltam arra, hogy ez földrengés lehetett, írtam is a szomszédoknak, aki ugyanúgy megébredt és ő mondta, hogy szerinte is földrengés volt. A dübörgést körülbelül 05:02-kor hallottam és ezt követte egy rengés 05:07 perckor. A harmadik rengés pedig 06:47-kor volt. Morajlás, ami zavaró volt, de semmilyen kár nem keletkezett.”

„Három rengés volt az első kettő 5 óra után, a második erősebb, a harmadik csak morajlott.”

Répceszemere: „2021.09.18-án 3 alkalommal éreztem: 05:02-kor ébredtem az első dübörgésre, 05:07-kor már ébren voltam, 6:47-kor lökést is észleltem.”

Vát: „Mindkét rezgést észleltük, az elsőnél rezgett az ágy, a poharak összekoccantak. A másodiknál csak a poharak zörögtek. Az egy éves kislányom mindkét esetben felsírt álmából. A rengés néhány másodpercig tartott.”

A beérkezett kérdőíveket az EMS (Európai Makroszeizmikus Skála, Grünthal 1998) alapján értékeltük ki. Ennek alapján az 5 óra 5 perckor kipattanott földrengés maximális intenzitása III, a két később kipattanóé IV-es fokozatú volt. Az intenzitások eloszlását az 5. ábra térképei mutatják, a konkrét intenzitás értékek pedig megtalálhatóak a Nemzeti Szeizmológiai Bulletin 2021-es kötetében (Süle et al., 2022) .



5. ábra. A 2021. szeptember 18-án helyi idő szerint 05 óra 05 perckor (a), 05 óra 07 perckor (b) és 06 óra 47 perckor (c), Répcelak környezetében keletkezett földrengések intenzitás-eloszlása

Földrengések a Répce mentén a múltban

Répcelak környéke nem tekinthető az országon belül egy veszélyeztetettebb területnek, de a régióban korábban is előfordultak földrengések. A 2021. szeptember 18-án kipattant rengések epicentrumának környékén (a Csepreg és Répcelak közötti

térségben és attól 10 km-re) korábban is voltak már kisebb földrengések, melyeknek a listáját az 1. táblázat, helyüket pedig az 1. ábra mutatja. Ismereteink szerint egyik rengés magnitúdója sem érte el a 4-et. Azonban a mostani földrengések epicentrumaitól mindössze 30–35 km távolságra van Szombathely, az ókori Savaria, amit az egykori feljegyzések szerint 455-ben egy erős földrengés rázott meg.

Időpont	Magnitúdó	Hely
455	M > 6	Savaria (Szombathely)
1907.11.02.	M2,2	Szentivánfa (ma Uraiújfalu része)
1907.11.02.	M3,2	Felsőpaty (ma Rábapaty része)
1916.01.06.	M3,5	Sajtoskál
1989.02.23.	M3,0	Vas (megye)
2004.05.25.	M3,8	Beled
2004.06.25.	M2,1	Csér
2004.06.25.	M2,6	Répceszemere
2007.03.03.	M3,0	Bó
2013.12.30.	M2,3	Iván
2016.11.11.	M2,3	Simaság

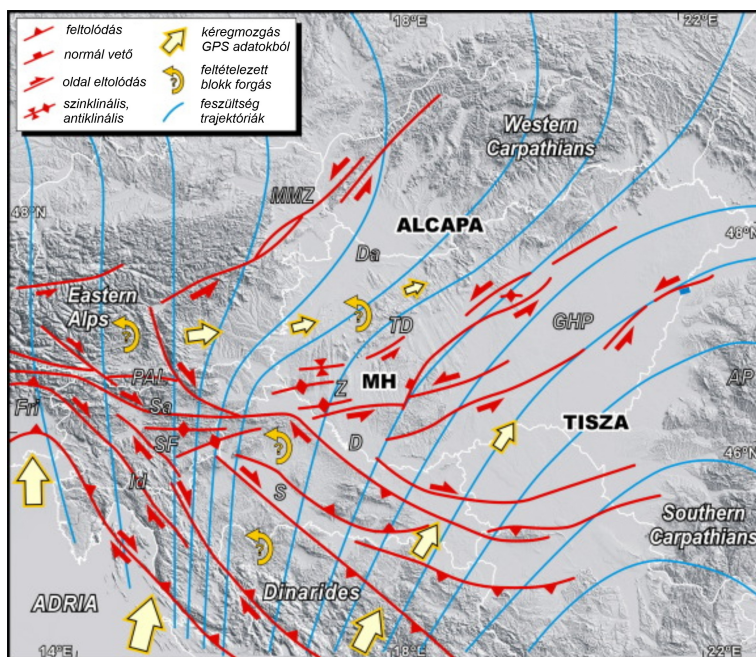
1. táblázat. Földrengések Répcelak környékén, 2021 előtt

A rengések keletkezésének földtani okai

A 2021 szeptemberében a Répce mentén kipattant földrengések mozgatóereje – hasonlóan a többi hazai földrengéshez – végző soron az Adriai-lemez észak felé történő mozgása és az óramutató járásával ellentétes irányú forgása, melyek következtében ütközik az északabbra lévő stabil európai kőzetlemezzel. Ennek az ütközésnek az egyik eredménye, hogy a Pannon-medence aljzatát felépítő kőzetlemezek, különösen annak észak, észak-nyugati része K-i irányban „kípréselődik” ebből az ütközési zónából (6. ábra). Hasonló ez ahhoz, mint amikor az ujjaink közé szorított meggyből a mag elrepül. Azonban a kőzetlemez

nemcsak igyekszik „kiszökni” az ütközési zónából, hanem közben az Adriai-lemez nyomása miatt folyamatosan feszültség is halmozódik fel benne. A „kípréselődés” jelentős vetőzónák mentén történik. Ezt a kompressziós feszültségteret jelzik a 2004-ben a térségben kipattant földrengések feltolódásos fészekmechanizmus megoldásai, és ezt erősíti a 2021-ben keletkezett 2 nagyobb földrengés fészekmechanizmus megoldása is (4. ábra).

A 2021-es rengések az ÉK-DNy irányú Rába-vonal és a tőle DNy-ra található Répce-vonal között keletkeztek (7. ábra). A Dunántúli-középhegységet az alpi szerkezetektől elválasztó Rábamenti Metamorfitt összlet választja el egymástól (Császár, 2005). Ennek keleti határát a Rába-, míg a nyugatit a Répce-vonal képezi.



6. ábra. A Pannon-medence és környezetének generalizált jelenkori feszültségi és deformációs képe (Bada et al. 2007). A szerkezeti modell a fontosabb aktív szerkezeteket, a maximális vízszintes feszültség trajektóriákat és a kéregmozgás irányát és sebességét ábrázolja. Rövidítések: D: Dráva-árok, TD: Dunántúli-középhegység, AP: Erdélyi-középhegység, Fri: Friuli-zóna, Id: Idrija-törés, Da: Kisalföld, MH: Közép-magyarországi nyírási zóna, MMZ: Mur-Mürz-Zsolna lineamentum, GHP: Nagyalföld, PAL: Periadriai lineamentum, Sa: Száva-törés, SF: Száva-redők, S: Száva-árok, Z: Zala-medence.

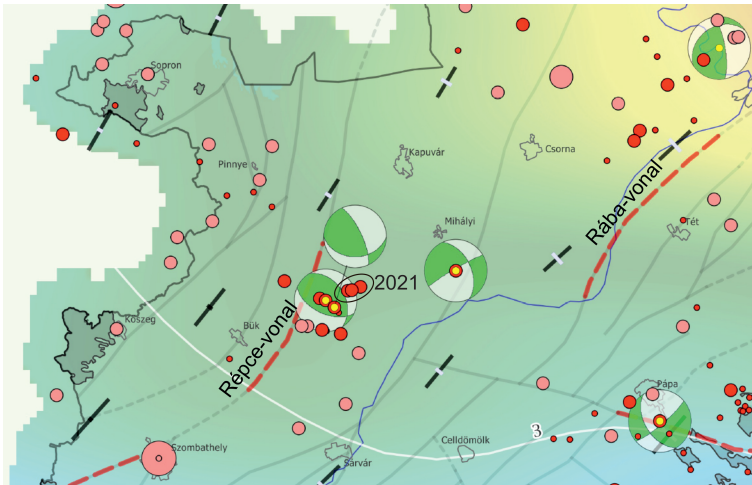
A Rába-vonal pontos földtani értelmezéséről jelenleg is megoszlanak a vélemények. Egy értelmezések szerint egy, az egész kérget (de lehet az egész litoszférát) átmetsző deformációs zóna, más vélemények szerint egy lényegesen sekélyebb, földkérgen belüli alpi takaróhatár csak.

Bármelyik értelmezés is igaz, a rengéseket az e zóna mentén felhalmozódó feszültség kioldódása okozta. A jellemzően 10 km-nél kisebb mélységben kipattanó rengések arra utalnak, hogy a terület most is aktív deformációt szenved a két tektonikai egység között. A deformációs zóna egyik sajátossága, hogy Répcelak környezetében jelentős mennyiségű CO₂ is felhalmozódott a mélyben, amelyet egyes kutatók a Rába-vonal mentén a mélyből (esetleg egészen a földköpenyből) származtat-

nak.

Felvetődik a kérdés, hogy a Répce mentén előforduló földrengések, melyek epicentrumai mindössze 30-35 km-re találhatóak Szombathelytől, kapcsolatba hozhatók-e a 455-ben keletkezett, 6-os magnitúdó értéknel is feltételezeten erősebb savariai (Szombathely) földrengéssel?

2019-ben Varga Péter (Varga, 2019) részletesen foglalkozott a savariai rengéssel, de véleménye szerint a savariai rengés pontos helyét nehéz megítélni. A korabeli feljegyzések alapján annyit tudunk, hogy a 455-ben keletkezett rengés Savaria városát lerombolta, Comagenisben (ami a mai Tulln an der Donau) pedig általános pánikot keltett.



7. ábra. Répcelak környezetének földrengései (Piros körökkel az 1996 óta keletkezett, rózsaszín körökkel a korábbi, ún. történeti földrengések vannak jelölve, a 2021-es három nagyobb földrengés pedig bekarikázva) az aktívnak tekintett szerkezeti vonalakkal (részlet Koroknai et al. (2023) neotektonikai térképéből)

Ezekből az adatokból a rengés helyét nem lehet pontosan megállapítani. Egyes elképzelések szerint az epicentrum a Mur-Mürz zónához köthető. Varga Péter a savariai rengés epicentrumát Szombathelytől 25-30 km-re ÉÉNy-ra helyezte el, ami nem köthető sem a Rába, sem a Rép-

ce vonalhoz. Emiatt nagy valószínűséggel nem kell tartanunk a savariai rengést kiváltó szerkezetnek a vizsgált területen történő aktivizálódásától, és erős, azaz 6-os magnitúdó körüli rengések kipattanásától a Répce folyó mentén.

Hivatkozások

- Bada, G., Horváth, F., Dövényi, P., Szafián, P., Windhoffer, G., Cloetingh, S. (2007). Present-day stress field and tectonic inversion in the Pannonian basin. *Global and Planetary Change*, 58(1-4), 165-180.
- Czece B. (2023). Hazánkban is érezhető földrengések Ausztriában, a Bécsi-medence területén (2021). *Epicentrum 2021*, A Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium évkönyve, 26-35. o.
- Császár G., (2005). Magyarország és környezetének regionális földtana I., Paleozoikum-paleogén, Eötvös Kiadó
- Koroknai, B., Békési, E., Bondár, I., Czece, B., Gyóri, E., Kovács, G., Porkoláb K., Tóth, T., Wesztergom, V., Wéber, Z., Wórum, G. (2023). *Seismotectonic map of Hungary*, Geomega Ltd., Budapest.
- Süle, B., Bondár, I., Czanik, C., Czece, B., Czifra, T., Fodor, Cs., . . . Wéber, Z. (2022). *Hungarian National Seismological Bulletin 2021*. (Szerk.: Süle B.). Budapest: ELKH FI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium.
- Varga, P. (2019). On the magnitude and possible return period of the earthquake in ancient Savaria, 455 AD (Szombathely, West Hungary). *Austrian Journal of Earth Sciences*, 112(2), 207-217.

Földrengésrajok a Móri-árok területén

KISZELY MÁRTA

Magyarországot kis–közepes szeizmicitás jellemzi. A Balaton északi részétől Komáromig húzódó sáv földrengések szempontjából az egyik legvesélyeztetettebb területe hazánknak, amelybe beletartozik a Móri-árok térsége is. Ehhez a területhez kötődik az 1810-es, 5,4-es magnitúdójú móri földrengés, de aktivitása jelenleg is megfigyelhető. Tanulmányozására 2020 márciusában 3 ideiglenes szeizmológiai állomást telepítettünk, melyek közel 2 évig működtek. Több földrengésrajt is megfigyeltünk, melyek pontos helyszínét korszerű módszerekkel határoztuk meg. A következőkben a vizsgálat eredményeiből adunk ízelítőt.

Bevezetés

Magyarországon évente átlagosan 4-5 érezhető földrengés pattan ki, viszont több 100 kisebb, csak műszerekkel észlelhető rengésről is beszámolunk az évente megjelenő Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinben. A nagyobb érezhető, illetve károkat okozó földrengések mellett nagyon fontos a kisebb, csak műszerekkel regisztrált földrengések megismerése, mivel ezek is jelentősen hozzájárulnak Magyarország szeizmicitásának megismeréséhez. 2021-ben a Bulletin 45,5-49,0°É szélességi és 16,0-23,0°K hosszúsági körök által határolt területén belül 344, Magyarország határain belül 122 földrengést regisztráltunk.

Aktivitásával kiemelkedik az országon belül a Móri-árok térsége. Az egyik legnagyobb magyarországi földrengés, az 1810-es móri (1810.01.14, $M=5,4$) is ehhez a területhez kötődik. Emlékezetes a 2011. január 29-én Mórtól mintegy 10 km-re, Oroszlányban kipattant, jelentősebb károkat okozó 4,5-ös magnitúdójú földrengés, amit még Budapest magasabb panelházaiban is lehetett érezni, és szinte min-

den székesfehérvári lakost megriasztott. A Móri-árok környezete a műszeres megfigyelések kezdete óta folyamatos aktivitást mutat. 1998 óta több mint 1100 mikrorengést rögzítettek a közeli mérőállomások. A terület aktivitásának pontosabb monitorozása céljából 2020 márciusában 3 ideiglenes szeizmológiai állomást telepítettünk a területre, melyek közel 2 évig működtek, és így ezen időszak alatt ez a terület lett hazánk műszerekkel legjobban lefedett területe.

Az alábbiakban a Móri-árok közelítőleg 10 km-es szakaszán ez alatt az időszak alatt megfigyelt földrengésekről számolunk be, melyek igazolják a terület szeizmológiai szempontból különleges és folyamatos aktivitását.

A földrengések fő típusai

Ha kipattan egy erős földrengés, amit főrengésnek nevezünk, akkor azokat általában több száz, sőt több ezer kisebb földrengés követi, amelyeket utórengéseknek nevezünk. Néhány esetben a legnagyobb ere-

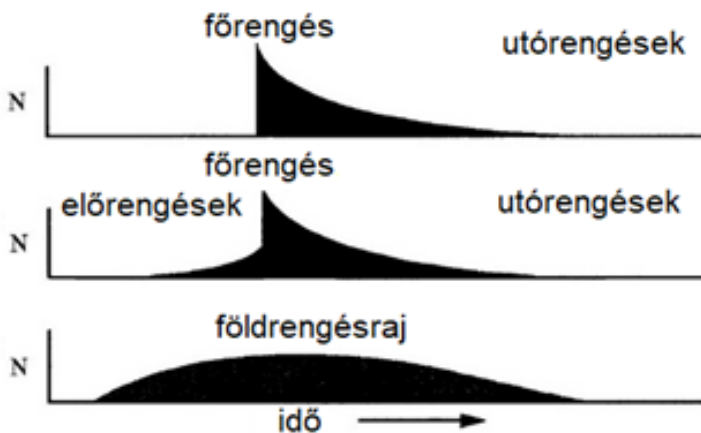
jű főrengéseket kisebb rengések, az úgynevezett „előrengések” előzhetik meg. Ha a főrengésnél erősebb utórengést figyelnek meg, akkor azután azt nevezzük főrengésnek, és a korábbi főrengést pedig előrengéssé minősítjük vissza. Az utórengések előfordulási gyakoriságát a módosított Omori-törvénnyel írhatjuk le (Omori 1894). Eszerint a főrengéseket követő utórengések száma általában gyorsan lecseng, ennek üteme fordítottan arányos a főrengés napjától eltelt idővel. Az Omori-törvény alapján a rengés utáni napon feleannyi utórengés várható, mint a főrengés napján, tíz nap múlva pedig a tizede. Az utórengésekre jellemző, hogy annál nagyobb területet érintenek, minél nagyobb volt a főrengés mérete. A Kárpát-medence földrengéseinek körülbelül 4/5-e nem kapcsolódik egymáshoz elő- fő, és utórengések formájában, hanem „magányos” eseményeknek tekinthetők.

Az előbbieket mellett van egy másik típusa is a rengéseknek, ezek pedig a földrengésrajok. A főrengést kísérő utórengésekkel ellentétben főrengés nem jellemzi

a földrengésrajokat, és időbeli eloszlásuk sem írható le az Omori-törvényhez hasonló egyszerű törvénnyel (1. ábra). A földrengésrajok gyakoriak vulkanikus területeken, ahol az olvadt anyag behatol a szilárd kéregbe. Gyakran kapcsolódnak geotermikus tevékenységhez is, és sokszor ismétlődnek ugyanazon a helyen. A rajok általában rövid életűek, de napokig, hetekig, sőt néha hónapokig is folytatódhatnak.

Földrengésrajok világszerte, különböző földtani felépítésű területeken előfordulnak, azonban eredetük több esetben még mindig tisztázatlan. Földrengésrajokban a Nyugat-csehországi Vogtland területe az egyik legaktívabb (Špičák et al 1999, Heinicke et al 2009, Bachura et al 2020). Délnyugat-Izlandot is intenzív földrengésrajok jellemzik, ami ott vulkáni tevékenységhez kötődik.

A földrengésrajokban az egyes események félszekmechanizmusai nagyon hasonlóak, vagy csak néhány tipikus csoportra bonthatók, ezért a rengésrajok elemeire a nagyon hasonló hullámforma a jellemző.

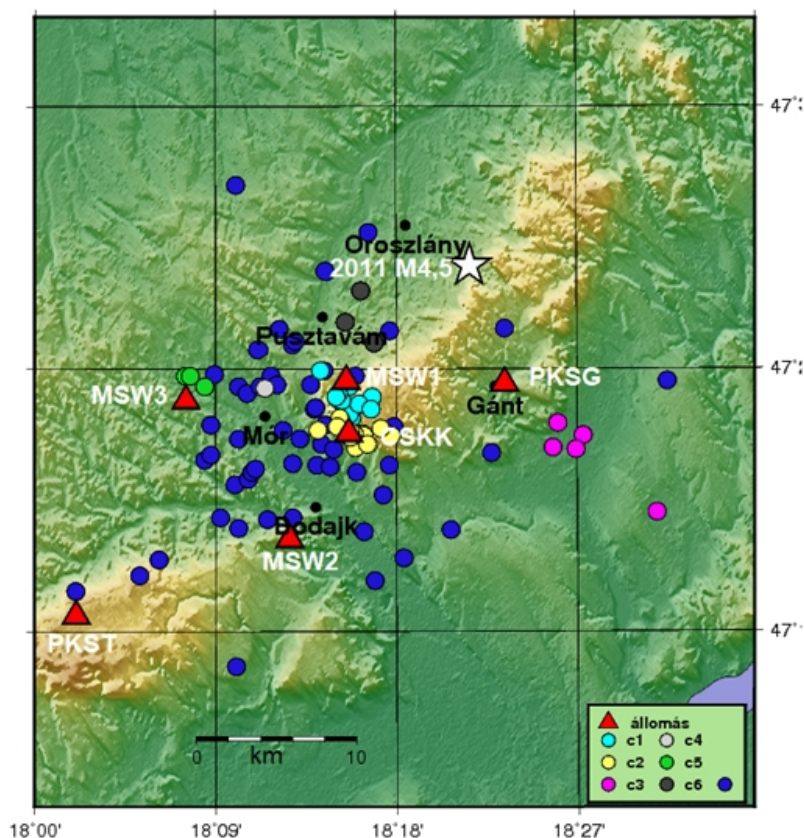


1. ábra. Az időegységenkénti események száma (N) a háromféle földrengéssorozat esetében. A főrengés a felső két esetben a rengések számának hirtelen növekedését okozza. (Forrás: USGS)

Földrengésrajok a Móri-árok területén

A 2009 óta működő Csókakői (CSKK) állomás felvételein már korábban is megfigyeltük, hogy Móri-árok területén a földrengések rajokban is jelentkeznek. Kipattanási helyük pontosabb meghatározása érdekében a területre 2020 márciusában 3 ideiglenes állomást telepítettünk az alábbi helyekre: Mór-Pusztavám (MSW1), Fehérvárcsurgó (MSW2), Tímárpusztá (MSW3). Az MSW2 állomás a Móri árok nyugati oldalára, a Bakony peremére került. A

2009 óta működő Csókakői (CSKK) állomás és a Paksi Atomerőmű monitorozását szolgáló GeoRisk Kft kezelésében működő gánti (PKSG) és tési (PKST) állomások adatait együtt feldolgozva sikerült a Móri-árok jelenkori földrengés aktivitását bizonyítani (2. ábra). Az ideiglenes állomások 22 hónapig tartó működése során 102 kis földrengés epicentrumát számítottuk ki. Ezek közül 72 földrengés kipattanási helyét sikerült többeseményes algoritmus segítségével nagy pontossággal meghatározni (Waldhauser, 2001). Ezeket jellemezzük az alábbiakban.



2. ábra. A Móri-árok területén megfigyelt földrengésrajok (c1; c2; c3; c4; c5; c6) és a nem rajokban jelentkező „magányos” rengések (sötétkék) epicentrum térképe. Az állomásokat piros háromszögek jelölik. A 2011-es oroszlányi rengés epicentrumát fehér csillag jelöli

Összesen 6 földrengésrajt sikerült elkülöníteni, ami a megfigyelt helyi rengések több mint harmada volt. A földrengésrajok elemei között voltak kicsit eltérő hullámformájúak is, és olyan további kisebb rengések, amelyeknek nem sikerült meghatározni az epicentrumát - mert kevés állomás érzekelte - de hullámromájuk hasonlósága miatt beletartoztak az adott klaszterbe. A földrengésrajok c1, c2... c6 elnevezést kaptak, és elemeiket a 2. ábrán különböző színnel jelöltük. A rengések 40%-a 1 napon belül, gyorsan követte az előzőt.

A földrengésrajok hullámformáinak hasonlósága lehetővé tette, hogy a háttérzajban megbújó, szabad szemmel nem észrevehető kisebb földrengéseket különböző detekciós módszerekkel megtaláljuk. Kiválasztottunk 1-1 „master” eseményt - a földrengésrajokhoz tartozó rengések közül a legjellemzőbbeket -, amelyeket mintának használva, és a teljes időtartam regisztrátumán végigfuttatva, azokhoz hasonló további jeleket kerestünk. Így sikerült a rajok további kisebb energiájú tagjait is megtalálni, amiket szabad szemmel nem vettünk észre.

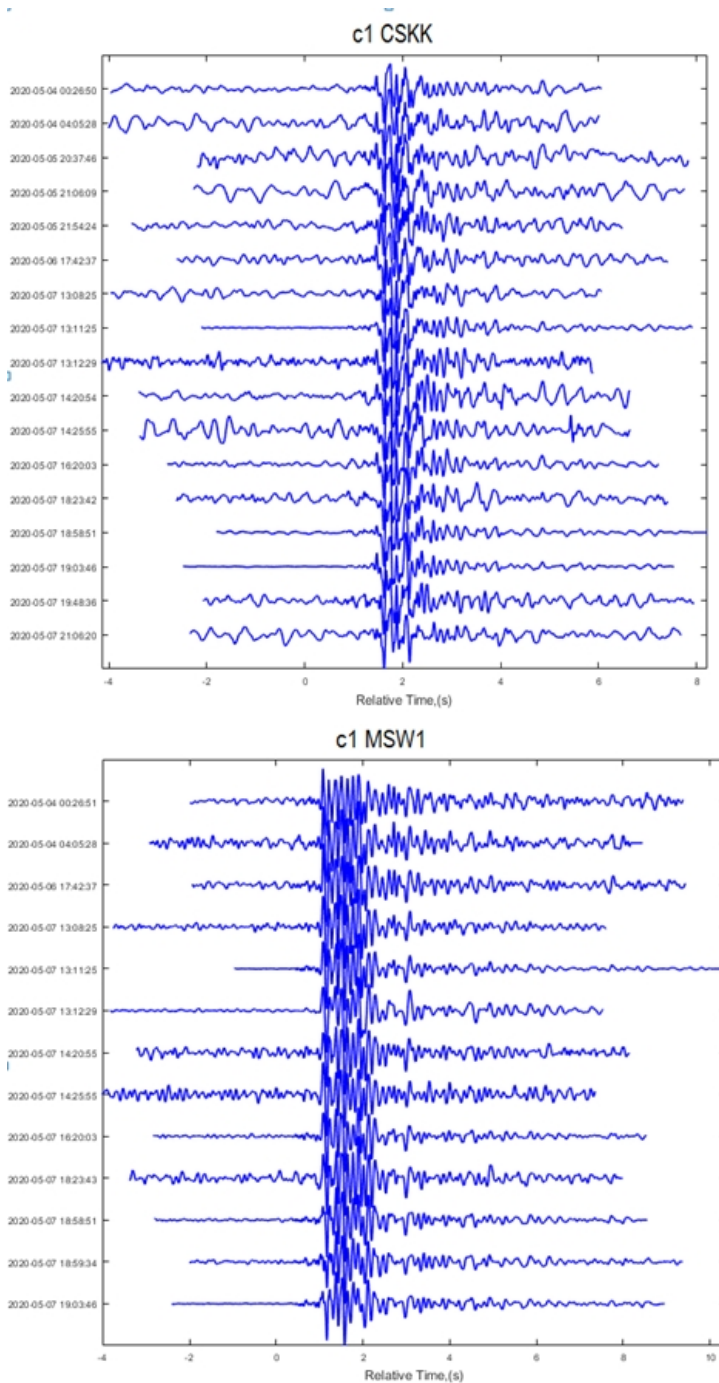
A 3. ábra az egyik legnagyobb a c1-es földrengésraj hullámformáit mutatja a CSKK és MSW1 állomásokon. Egymáshoz nagyon hasonlóak a hullámformák, de a két állomás szeizmogramjai nagyon eltérnek egymástól. Ennek oka, hogy a c1-es klaszter epicentrumai az MSW1 és CSKK állomások közé estek, ezért eltérő irányból és kőzeteken át érkeztek be a rengéshullámok a két állomásra.

A 4. ábra. bal felső sarkában az MWS1 állomás 5 másodperc hosszú „master” hullámformája látható kék színnel a c1

klaszter esetében. A sablon az S hullámot tartalmazta a K-Ny-i horizontális csatorna esetében. Az 4. ábra jobb oldalán a „master” szeizmogramnak az 1 nap hosszúságú időszak 5 másodpercekkel eltolt szakaszaira kapott korrelációs együtthatók értékét ábrázoltuk. Ha a korrelációs együttható értéke 1, akkor gyakorlatilag ugyanolyan szeizmogram szakaszt találtunk. Minél kisebb az érték, annál kisebb a hasonlóság. Látható, hogy a legtöbb esetben 0,4 alatt volt az eredmény, ezek biztos nem tartoztak ac1-gyel jelölt rajhoz. A kritikus korrelációs együttható értékét 0,7-nek vettük, ami elég nagy hasonlóságot jelent. A 0,7 feletti eseményeket tekintettük a rajhoz tartozó rengésnek. Ezekkel kiegészítve soroltuk fel a c1-c6 rengésrajok legfőbb jellemzőit a 1. táblázatban.

Fontos megállapítás, hogy az ideiglenes állomások nélkül a terület földrengéseinek a 82%-a kimaradt volna a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletinból. Ezeket ugyanis csak 1-2 állandó állomás érzekelte, így nem lehetett volna az epicentrumukat meghatározni.

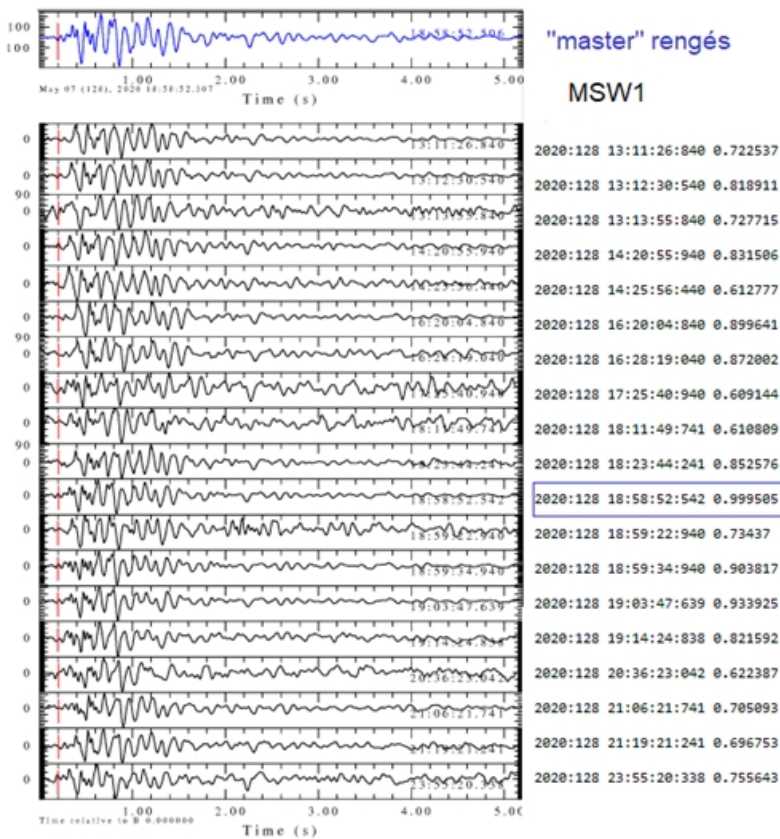
A Móri-árok mikro-rengéseinek helymeghatározási és a rajok kisebb elemeinek megtalálási módszereiről a Magyar Geofizika 2022-es 1. számában olvashatnak részletes tanulmányt. Az alkalmazott többeseményes algoritmussal 102 földrengésből 72 hipocentrumát sikerült nagy pontossággal meghatározni. A földrengések mindegyike sekély volt, a fészekmélységek 3–5 km közé estek. A 2011-es oroslányi földrengés közelítőleg 9 km mélységben pattant ki, és az 1810-es móri földrengés fészekmélysége is nagyobb lehetett.



3. ábra. A c1-es földrengésraj elemeinek hullámformái a CSKK és MSW1 állomásokon. Egymáshoz nagyon hasonlóak a hullámformák, de a két állomásé nagyon eltér egymástól.

Swarm sorszáma	A "master" kipattanási ideje	A meghatározott epicentrumok száma	Összes megtalált elem
c1	2020/04/03 20:29:45	12	27
c2	2020/05/07 18:58:50	15	18
c3	2020/11/10 20:17:55	5	10
c4	2020/05/25 23:59:20	4	3
c5	2020/12/31 02:11:21	3	5
c6	2021/01/30 01:51:50	3	3

1. táblázat. A földrengásrajok tulajdonságai



4. ábra. Felül a c1 sorozat „master” eseménye (késsel) és korrelációs program segítségével megtalált ahhoz hasonló hullámformák láthatók. Az események ideje olvasható a hullámformák mellett. Az alsó ábrán a „master” rengéshez a 86400 sec (1 nap) hosszú szeizmogramon 5 másodperccel eltolt szakaszaira kapott korrelációs együtthatók értékei láthatók. A kék vonal a 0,7 kritikus korrelációs együttható határt jelöli. E fölött eseményeket vettük hasonlóknak a „master” eseményhez

Hivatkozások

- Bachura M, T Fischer, J Doubravová, J Horálek (2020): From earthquake swarm to a main shock–aftershocks: the 2018 activity in West Bohemia/Vogtland Geophysical Journal International, 224,3: pp 1835–1848
- Bondár I, Kalmár D, Czece B, Kiszely M (2022) Földrengések a Móri-árokban, Magyar Geofizika 63. évf. (2022) 1. szám, 13–21.
- Heinicke J, T Fischer, R Gaupp, J Götze, U Koch, H Konietzky, K-P Stanek (2009): Hydrothermal alteration as a trigger mechanism for earthquake swarms: the Vogtland/NW Bohemia region as a case study. Geophysical Journal International, Volume 178,1357, pp 1–13
- Špičák A, J Horálek, A Boušková, Č Tomek, J Vaněk (1999): Magma Intrusions and Earthquake Swarm Occurrence in the Western Part of the Bohemian Massif. *Studia Geophysica et Geodaetica* volume 43, pp: 87–106
- Omori F (1894): "On the aftershocks of earthquakes". *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo* 7: pp 111–200.
- Waldhauser F (2001) hypoDD—A program to compute double-difference hypocenter locations. US Geol Surv Open File Report, 01
- Waldhauser F, Ellcorth WL (2000) A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the northern Hayward fault, California. *Bull Seismol Soc Am* 90(6):1353–1368

A kecskeméti földrengés 1911. július 8.

GYÓRI ERZSÉBET

A 20. század egyik legnagyobb hazai földrengése 1911-ben, Kecskeméten következett be. Szerencsére a rengés áldozatot nem követelt, de súlyos károkat okozott a városban és környékén. A földrengés erősségéről a hatások megfigyelése mellett már a műszeres megfigyelések is szolgáltatottak információt. A következőkben a korabeli megfigyelésekből, magyarázatokból adunk ízelítőt.

Bevezetés

110 éve, 1911. július 8-án következett be a huszadik század egyik legnagyobb, 5,6-os magnitúdójú hazai földrengése Kecskeméten. A város gazdasága a 19. század végén gyors növekedésnek indult, a szőlő és gyümölcsstermelés virágzott, a város lakossága is szépen gyarapodott. Július 8-án is vásárra készültek, a Széchenyi téren, a piacon már kezdtek gyülekezni az árusok, amikor hajnali 2 óra után először erős morajlással, majd két erős lökessel bekövetkezett a földrengés. A városban a robajra és a hatalmas lökésre mindenki talpra ugrott, és ösztönösen, riadtan menekült a szabadba.

Kecskeméti Lapok így írt aznap színes számában: „Ami ma hajnali két órakor városunkra szakadt, valóságos katasztrófa, akkora szerencsétlenség, hogy nagyságát e pillanatban még föl se lehet mérni. Rettenetes érzésre riadt fel a város alvó lakossága: iszonyú robaj kíséretében megremegett alattunk a föld s nyomában vész és pusztulás támadt. Ruhátlanul szaladtak ki az emberek az utcára, és amit ott találtak, az még borzasztóbb volt. Az utcák kövezete telisteli törmelékkel, amint a falak megrepedeztek, a kémények lezuhantak, a téglák százsámra röpültek. A nagy szerencsétlenségben még aránylagos szerencse, hogy a katasztrófa éjjel szakadt

reánk s emberéletet nem szedett áldozatul. A hulló kövek nappal egész seregjárókelőt agyon ütöttek volna.”

A Kecskeméti Nagy Képes Naptár pedig így idézte fel az eseményt: „... a földalatti morajlás, a recsegés, ropogás olyan szerű volt, mintha az ég és a föld tört volna össze. A tárgyak súrlódtak, táncoltak, halomra dőltek: az építmények falai morzsolódtak és törve, zúzva omlottak egymásra, mintha nem szilárd testek, hanem pöhölyszerű, lenge tárgyak lettek volna. Emberek és állatok riadtan, ösztönszerűen futottak a szabadba.” Kecskemét környékén korábban is voltak földrengések. Az első, ötös intenzitású földrengést Kecskemétről 1753-ban jegyezték fel. A 19. századból és a 20. század elejéről is több érezhető rengésről van tudomásunk, közülük a legnagyobb 4,4-es magnitúdójú 1908 júliusában pattant ki. Ilyen erős földrengést azonban 1911 előtt nem tapasztaltak az ott élők.

Károk és más megfigyelések

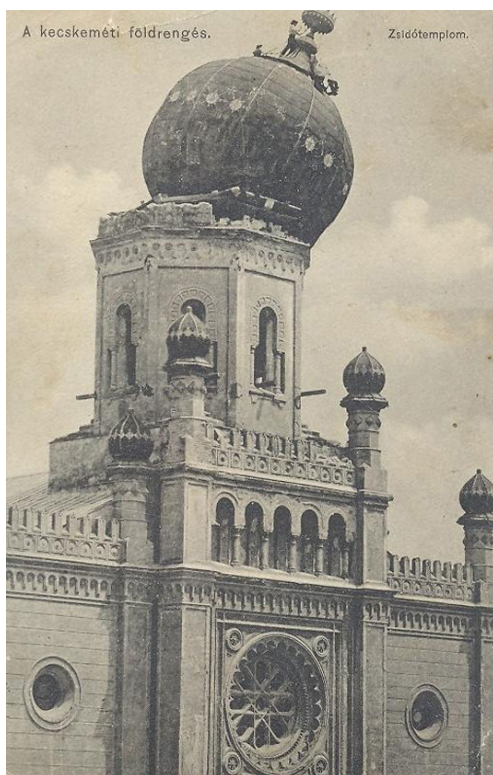
A földrengés áldozatot szerencsére nem követelt, de nagyon sokan szenvedtek kisebb-nagyobb sérüléseket. Súlyos károk keletkeztek a város magán és középületeiben egyaránt. A legtöbb kár a felsővá-

rost érte, a földrengés egy 5 kilométeres, északkelet-délnyugat irányú sávban volt a legerősebb.

Talán a legsiralmasabb állapotba a városháza került (1. ábra). Folyosói leszakadtak, a termekre ráomlott a mennyezet, a tetőről a cserepek és a díszek lehullottak, a falak pedig össze-vissza repedeztek. A templomokban is nagy pusztítást vitt véghez a rengés. A római katolikus templom tornya félrecsúszott, a freskók megsérültek, a zsinagóga gömbje megdőlt (2. ábra), a falak megrepedeztek. Megrongálódott a törvényszéki palota, a Népbank épülete, a piaristák rendháza, a gyalogsági kaszárnya, a konzervgyár és számos más középület. Ezen kívül számos lakóházban keletkeztek olyan súlyos károk, hogy azokat le kellett bontani vagy aládúcolni, hogy megvédjék az összedőléstől (3. ábra).



1. ábra. A városháza a földrengés után



2. ábra. A zsinagóga a földrengés után

A július 8-i főrengést számos utórengés követte, amelyek tovább súlyosbították a keletkezett károkat. A július 18-án bekövetkezett egyik utórengés például a zsidó templom már ferdén álló gömbjét óriási ropogással, valóságos porfelhő kíséretében rádöntötte a toronyra, felszakítva így a tartó gerendázatát, és belesüppedt a torony jobb sarkába (Kecskeméti Újság, július 18).

A rengés után kárbecslő bizottság mérte fel a károkat. Megállapították, hogy összesen 1269 lakóház sérült és 34 épületet kellett kiüríteni. Az anyagi kár igen jelentős volt, az összes épület helyreállításához szükséges összeg körülbelül 8,5 millió aranykoronára rúgott, de az ingóságokban okozott és közvetett károk (közigazgatási intézkedések, üzemszünetek, kényszer költözések, stb.) is meghaladhatták a 2 millió koronát.



3. ábra. Súlyosan károsodott ház a Máriavárosban

Közvetlenül a föregés után néhány kutató, Lóczy Lajos (Kecskeméti Lapok, 1911. július 11.), Ballenegger Róbert (Ballenegger 1911), Cholnoky Jenő (Cholnoky 1912.), Bodócs István (Bodócs 2012) és Réthly Antal (Réthly 1911a, b) is a helyszínre látogatott. Arra a kérdésre, hogy meddig tartanak még a földmozgások, Lóczy Lajos a következőket mondta az aggodó kecskemétieknek: „Hogy meddig tarthat ez, azt előre nem lehet pontosan megmondani. Egy pár évig még mutatkozhatnak földrengések, de a lökések ereje mindinkább gyengülni fog, végül pedig teljesen elmarad a földkéreg mozgása.”. A kutatók a keletkezett károkról fényképfelvételekkel és rajzokkal illusztrált részletes leírást adtak, amelyek segítségével a lökések irányát, és a rengés középpontját igyekeztek meghatározni.

Az épületkárok mellett több más, szokatlan jelenségre is felfigyelt a lakosság. A környékről a piacra igyekvő árusok beszámolója szerint a földrengés előtt a villámláshoz hasonló hatalmas fénynyaláb volt látható az égbolton. Ballenegger Róbert (Ballenegger 2011) így írt erről a Föld-

tani Közlönyben: „Túlzott hírek kerültek a napilapokba a földrengés alkalmából észlelt fénytüneményekről, továbbá az állítólagos homokvulkánokról. A földrengéskor az utcán járókelők, továbbá a tanyákról a városba igyekvő emberek Kecskemét fölött hatalmas fényt láttak. Ennek okát Kacsóh Pongrác dr. fő reáliskolai igazgató másnap a piaristák rendháza előtt elszakadt villamosdrót alakjában megtalálta. Ugyanis a rendház egyik kéménye ráesett a villamos világítás vezetékére, azt eltépte és rövidzárlatot okozott.”

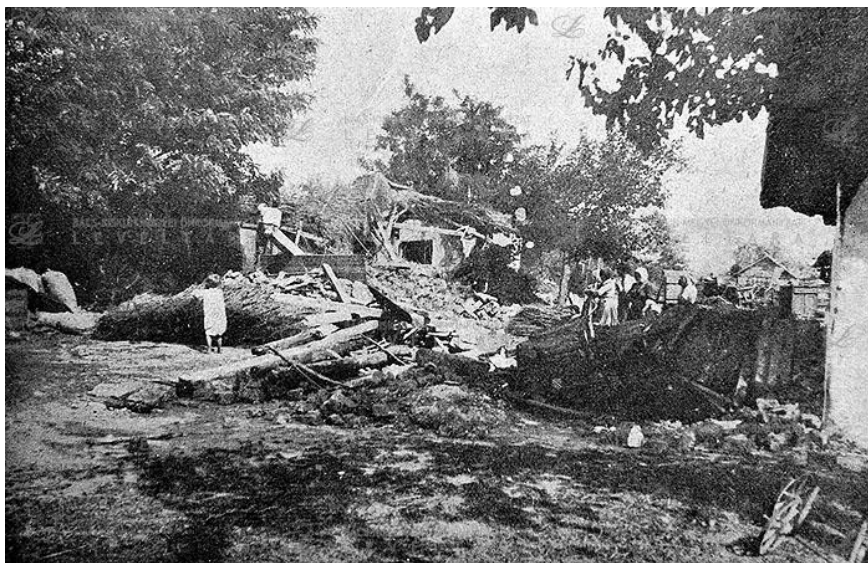
Iszapvulkán jelent meg a város határában, a földrengés során összedőlt Baranyi-tanya (4. ábra) mellett, ami talajfolyósodás bekövetkezését jelezte.

A homokvulkánról Réthly Antal a következőket írta le a Földrajzi Közlemények 1911. november-decemberi számában: „Az iszapvulkán a tanyai épületektől 200 lépésnyire nyugatra, a szántóföldön egy NW—SE irányú, kisebb, teknőalakú mélyedésben jelentkezett. A vulkán átmérője (amikor láttam már kissé meg volt rongálva) 2 m lehetett a hozzávetőleges mérés szerint. Bodócs István csillagász úrral végzett kisebb

ásás és tisztogatás után előtűntek a finom repedések, amelyeknek iránya $+1^\circ$ -kal N-S (a deklináció 6° -kal véve figyelembe.) Két finom repedés volt egymástól 8–10 cm-re és a homok-kráternek majdnem a közepét szeltek. Ezeket a finom ereket kékes színű kvarchomok töltötte ki. Néhány haránt repedés Bodócs úr szerint átszelte az iszapvulkánt, de én már egy helyütt csak a nyomát láttam. Valami 3 mm széles erek mentén oly mennyiségű víz jött fel, hogy az egész anyag erősen iszapossá vált. Az ott lakók bemondása szerint olyan sok volt a víz, hogy azon a különben száraz helyen képződött tócsában másnap disznók heveredtek le és már ekkor elrongálódott az iszapvulkán eredeti alakja, amely szerintük eredetileg vagy 20 cm magas volt, középütt kráterszerű mélyedéssel. Itt tehát talajvíz feltörés történt, ez hozta magával a finom kvarchomokot is.” A már kiásott iszapvulkán fotója az 5. ábrán, felvázolt metszete a 6. ábrán látható. Réthly Antal ennek a helyét tekintette a földrengés epicentrumának.

A földrengés során különböző elektromágneses jelenségeket is megfigyeltek.

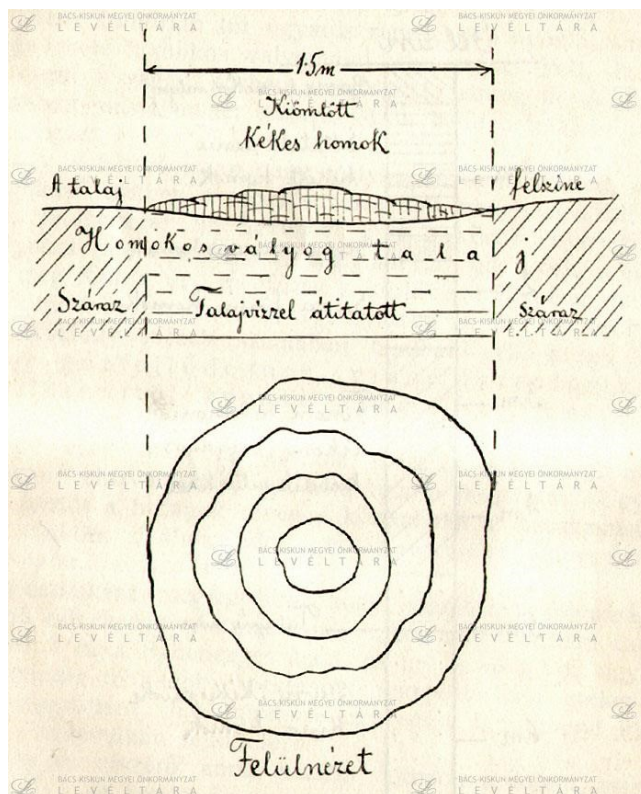
A kecskeméti városi reáliskola fizika szertárában levő nagy mágnespatkóról a záróvas leesett, amit Réthly szerint nem okozhatott tisztán a rázkódás ereje, hanem a hirtelen keletkezett indukció okozta a leesését. A hatvani cukorgyárban az egyenáram szintjét folyamatosan regisztráló műszeren a feszültség 110 V-ról 93 V-ra csökkent hirtelen, majd hirtelen 106 V-ra tért vissza, a vasútállomáson pedig megállt az elektromos óra (Budapesti Hírlap, július 9.). Budapesten több lakásban, ahol elektromos lámpák üzemeltek, a lámpák fénye felerősödött, ami néhol pánikot okozott. A telefonközpont nagy kapcsolótermében a földrengés pillanatában mind a tizenhatezer lámpa egyszerre kigyulladt (Pesti Napló, 1911. július 9.). Csongrádban megszólaltak az elektromos csengők (Magyar Hírlap, 1911, július 9.). Kaposváron éjjel a rengés idején, azokon a lámpákon, amik be voltak kapcsolva, remegésszerű mozgás futott végig. A fényük 1-2 másodpercre elment, majd ezután erősen rázkódtak (Somogyi Hírlap, 1911. július 9.).



4. ábra. A Baranyi-tanya a földrengés után



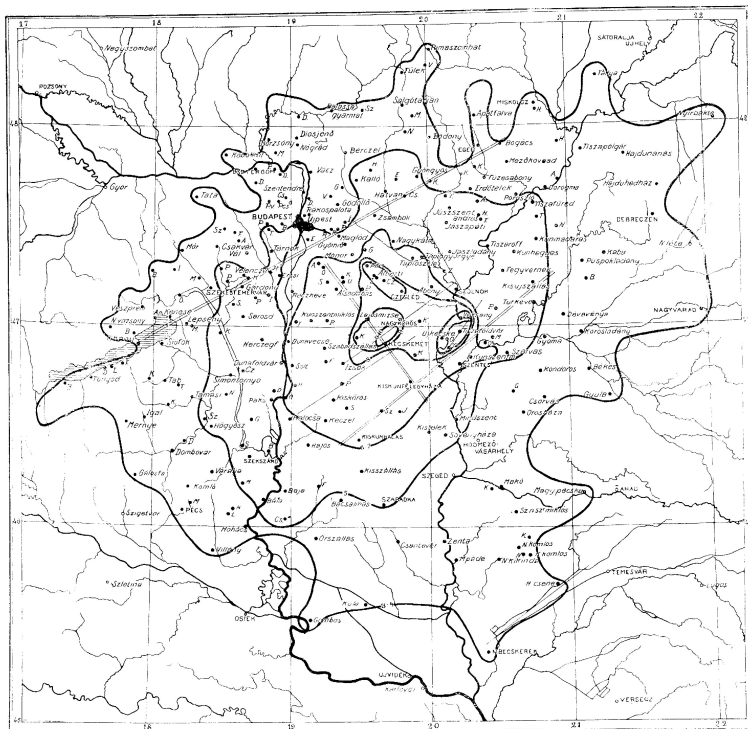
5. ábra. A kiásott „homokvulkán” Kecskemét határában, a Baranyi-tanya mellett



6. ábra. A homokvulkán függőleges metszete és felülnézete (Bodócs I, 1912)

A földrengés nem csak Kecskeméten okozott károkat, bár ott voltak a legsúlyosabbak. Súlyos károk keletkeztek Nagykőrösön, de házfalak repedtek meg, kémények dőltek le Kerekegyházán, Lajosmizsén, Cegléden, Albertirsán is. A megfigye-

lések alapján Réthly Antal megszerkesztette a rengés izoszeiszta térképét, ami a 6. ábrán látható. A maximális intenzitást a Forel-Mercalli-féle tizenkét fokos skála szerint 9-10 °-ra értékelte, és 6 „földrengési övet” különített el.



7. ábra. A kecskeméti földrengés Réthly Antal által felrajzolt izoszeiszta térképe a feltételezett törésvonalakkal

Műszeres észlelések és korabeli magyarázatok

A földrengés kipattanásának idején már nem csak a lakosság megfigyelései szolgáltattak információkat a rengés keletkezési helyéről, erősségéről. Magyarországon ugyanis az első szeizmográf üzembe helyezésére 1902 januárjában került sor Budapesten, 1911-ben pedig már Kalocsán, Szegeden, Kolozsváron, Temesváron, Ógyallán, Ungváron és Zágrábban is vol-

tak szeizmológiai állomások. Így a kecskeméti földrengésről már műszeres regisztrátumok is rendelkezésre álltak. A szeizmográfok mindegyike analóg műszer volt, amelyek a földrengéshullámok jeleit kompozott papírra karolták. A budapesti műszeres megfigyelésekről a következőket írta a Kecskeméti Újság 1911. július 12-i száma: „Mit mutattak a földrengésjelzők? Starmann Béla dr., Kövesligethy tanár egyik segéde mondotta a következőket: — Sajnos, a legjobb készülékünk — a Vichert-féle szeizmográf — felmondotta a szolgálatot. Ez a

készülék arra jó, hogy távoli földrengéseket jelezzen. Tűje, amely a kormozott papírtekercsen a legnagyobb precizitással rajzolja le a tengerentúli földrengések hullámain, nagyon érzékeny. Ez az oka annak, hogy a helybeli földrengésnél kiugrott helyéből és felmondta a szolgálatot. Mi csak külföldről értesülünk majd, mit írtak le földrengésünkről a Viechert szeizmográfok. Egyelőre megelégszünk a Bosch-féle földrengést jelző készüléknek szeizmogrammjával. Látja itt e hullámvonalakat. Ezeket írta le a Bosch-készülék. Az inga, amelyre a tű erősítve van, maximális kilencven milliméternyi kilengést tett. Megállapítottuk belőle, hogy a földrengés éjfél után egy óra ötvenkét perc és két óra nyolc perc közötti időben folyt le és ezen az időn belül kétszer négy-öt percig tartott.” A kalocsai és szegedi ingák tűi szintén kikapadtak, de a távolabbi műszerek már jól mutatták a rengés lefolyását. A 8. ábrán például a 175 km-re levő temesvári Vicentini inga jele látható.

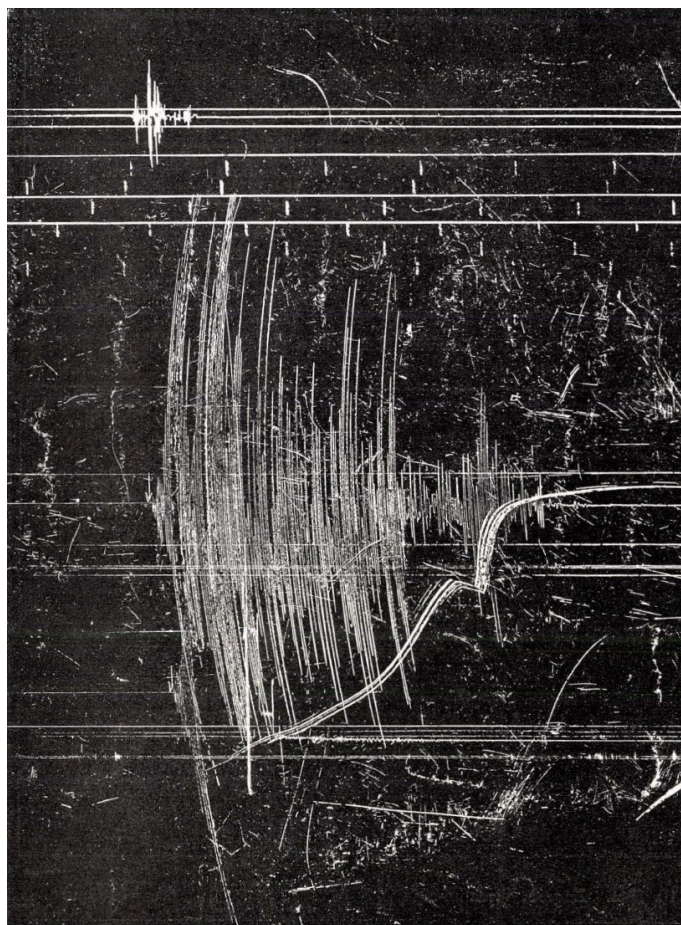
1911-ben Wegener még nem publikálta a kontinensvándorlás elméletét, amiből a 60-as években a lemeztektonika elmélete fejlődött ki. Cholnoky Jenő a Földrajzi Közlemények 1911. november-decemberi számában már írt tektonikus vonalakról, amelyek mentén „a föld-kéreg egyik darabja a másikhoz képest függőleges irányban elmozdul. Vagy súlyed az egyik és emelkedik a másik, vagy súlyednek mindketten, de nem egyformán, vagy az egyik helyben marad s a másik mozdul el a helyéről. Rendesen vízszintes irányban is elmozdulnak egy kicsit egymáshoz képest, a repedés irányában hosszant. ... Bizonyos azonban, hogy Alföldünk felszíne alatt még temérdek tektonikus vonal van, mert amikor a földkéregnek ez a része, amit Alföldnek nevezünk, besúlyedt, akkor darabokra is törött. A földkéreg nem igen marad nyugalomban, hanem állandó, csendes mozgásban van s újabb mozgásai természetesen megint csak a régi törések mentén történnek, — legalább legnagyobb részt — mert hisz ezeken a vonalakon

a földkéreg szilárdsága legkisebb. . . A földkéreg laza kőhalmazában keletkező feszültség nőlhet egy darabig, amíg a szilárdságot felül nem múlja. A szilárdságot itt az egyes részeknek egymáshoz való súrlódása és tapadása okozza. A feszült állapotban levő kőhalmaznak nem kell egyéb, mint erős rázkódás, hogy azonnal mozgásba jöjjenek egyes részletei s a feszült rész megint nyugalmas helyzetbe zökkenjen. Amint a lavina megindul a puska lövés zajára, vagy a rosszul felrakott ölfa leomlik a robogó kocsit okozta rázkódástól, azonképpen a feszült földkéreg-részlet nyugalomba zökkenik, amint valami erős rázkódás, vagy lökés éri. Ezzel a feszültség megszűnik. Még néhány kisebb zökkenés, zuhanás történik ezután, de aztán egy időre nyugalom van. A földrengés eredetét, okát nem ismerjük. Mélyen a földkéreg alatt történik valami, ami a Föld belsejében és a szilárd kéregben rázkódást okoz, vagyis olyan rezgést, amelyet a tudomány hosszanti rezgésnek nevez. Ez a rezgés, vagy rázkódás egymagában nem okozna nagy bajt, de ha éppen feszült állapotban levő földkéreg-részlet alatt történt s ez a kéregdarab a felfelé irányuló lökés hatása következtében meglazul, akkor szilárdsága kisebb lesz, mint a benne rejlő feszültség s zökkenés következik be, ami persze oldalt mozdítja a földkéreg illető darabját.”

Réthly Antal ugyanebben a számban az izoszeiszták alakjának a megfigyeléséről írt úgy, mint egy olyan eszközzel, ami segíti ezeknek a szerkezeti vonalaknak a megismerését: „Az Alföldünket nyugatról határoló főtörésvonal északkelet délnyugati irányú, erre kb. merőlegesek azok a haránttörések, amelyek az 1908 —1911. évi földrengésekből adódtak. A legerősebben megrázott helyeket egy egyenessel egybekötve némileg figyelembe véve a hozzásimuló vidék orografiai viszonyait is — a felszínen olyan törésvonalakat nyerünk, amelyek nagyjából bizonytalansággal megfelelnek az üledékekkel elborított alaphegységben meglévő, nagyobb szabású rétegzavaroknak.” A kecskeméti ren-

gés epicentrumát a kecskeméti „főtörésvonal” és az izoszeiszták tanulmányozásával feltételezett Fülöpszállás—Nagykőrös irá-

nyú törésvonal kereszteződési pontjára tette (7. ábra).



8. ábra. A temesvári Vicentini inga kormos papírra írt jelei a kecskeméti földrengésről

A földrengés után

A földrengés után hazai és külföldi újságírók, idegenek lepték el a várost, megindult a „katasztrófaturizmus”. Kecskemét megsegítésére sorban érkeztek az adományok, elsőként a király utalt át 100.000 koronát a károsultak megsegítésére. De jöttek pénzbeli adományok, építőanyagok a nagyobb városokból, szervezetektől, iparosoktól és magánszemélyektől egyaránt. El-

kezdődött a romok eltakarítása és a helyreállítás, aminek megszervezésében nagy szerepe volt Kada Eleknek, a város polgármesterének.

A városi tanács Janszky Béla építész bízta meg, hogy új építési szabályzatot dolgozzon ki, aki azonnal hozzá is fogott a rendelet kidolgozásához. A Kecskeméti Lapok július 11-i számában az új rendelet alapelveiről kérdezték a neves építész, aki a következő, máig is érvényes

alapelveket mondta:

„1. Ajánlatosnak látszik lehetőség szerint eltérni a tégláktól. Vastag falaknál ajánlatos a vasbeton, mely rugalmas fém keretbe illeszkedik.

2. Fontos dolog, hogy — a földémet ne csak ráfektessék a falakra, hanem régi jó építési szabály szerint szilárdan hozzá is kössék.
3. Vékonyabb földémekre kell törekedniük. Azok sokkal rugalmasabbak.

4. A kecskeméti kémények nagyon súlyosak. Nagy tömegűek a fedőkövek is. Ez utóbbiakat mellőzzük és építsünk vékony falu, vízszintes repedésre nem alkalmas kéményeket, rugalmasabb anyagokból, pl. dróthálós rabitzfalakból, melyeket a sarkokon vasoszlopok foglalnak egybe.

5. Tanuljunk a középkori gótika nagy tapasztalású építőmestereitől és alkalmazzunk minél több átfogó vasat a falak erősítésére.

6. A túlvékony téгла választófalak könnyen bedőlnek. Jobban pótolnák ezeket is a vékony rabitz falak.”

A kecskeméti főrengést az utána következő 1-2 évben még követték kisebb utórengések, de idővel ezek egyre ritkábbá váltak. Jelentős aktivitás a területen azóta sem volt tapasztalható, azonban az 1911-

es kecskeméti földrengést, mint a 20. század egyik legerősebb rengését, a későbbiekben is sok kutató vizsgálta.

Réthy Antal után számos kutató (Csomor és Kiss 1958, 1962; Csomor (Procházková, 1978); Kiss 1983; Szeidovitz 1984; Szeidovitz és Tóth 1991; Szeidovitz és Bus 1995; Varga és Katona 1995; Zsíros 2009) értékelték újra a rengés maximális intenzitását, illetve szerkesztette újra az izoszeiszta térképet. A különböző szerzők a maximális intenzitást VII és IX közötti értékre becsülték. Szeidovitz és Bus (1985) a műszeres észlelések alapján próbált következtetni a Kecskeméten tapasztalt gyorsulásra, aminek az értékére 0,04 és 0,18g közötti értéket határoztak meg. Zsíros (2009) a már EMS skálán becsült intenzitást VIII-ra értékelt. Becsülte a rengésfészkek méretét, amire 40-67 km²-t, a maximális vető menti elmozdulásra pedig 14-20 cm-t kapott.

Számos elmélet, tanulmány született a földrengés keletkezésének tektonikai magyarázatára is (Szeidovitz és Tóth 1991; Szeidovitz és Bus 1995;), ami igen nagy jelentőségű a Paksi Atomerőmű földrengésbiztonságának megítélése szempontjából.

Hivatkozások

Ballenegger R. (1911) A kecskeméti földrengés. Földtani Közöny, XLI. évf. 9-10 sz. 625-641. o.

Bodócs I. (1912) Megjegyzések Réthy Antal úrnak a kecskeméti földrengésre vonatkozó cikkére. Földrajzi Közlemények, 1912. május-június. V. füzet. 80-84. o.

Cholnoky J. (1911) A kecskeméti földrengés. Földrajzi Közlemények, 39. évf. 9-10. füzet 373-389. o.

Csomor D. és Kiss Z. (1958) Magyarország szeizmicitása I. MÁELGI Geofizikai közlemények, VII. kötet, 3-4. szám, 169-180. o.

Csomor D. és Kiss Z. (1962) Magyarország

szeizmicitása II. MÁELGI Geofizikai közlemények, XI. kötet, 1-4. szám, 51-75. o.

Kemény J. (2011) Száz éve történt. Adalékok a kecskeméti földrengés történetéhez. Múltbanéző 3. (6).

https://mml.gov.hu/mml/bkml/multbanezo_3_6, (utolsó megtekintés: 2022.10.13.)

Kiss Z. (1983) Catalogue and isoseismal maps of Hungarian earthquakes (1880–1980) (in Hungarian). MTA GGKI (manuscript)

Procházková, D. és Kárník, V. (1978) Atlas of isoseismal maps, Central and Eastern Europe. Geophysical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, 4-6.

Réthy A. (1911a) Adatok a kecskeméti földrengéshez Természettudományi Közöny, 43, 644–647.

- Réthy A. (1911b) A kecskeméti földrengés elemei Földrajzi Közlemények, 39, 391–420.
- Szeidovitz Gy. és Tóth L. (1991) Kecskemét és Berhida környezetében keletkezett földrengések vizsgálata. Kézirat, MTA GGKI Szeizmol. Oszt., Bp.
- Szilárd J. (1955) Geomorfológiai megfigyelések Kiskőrös és Paks vidékén. Akadémiai Kiadó.
- Varga P. és Katona G. (1995) Evaluation of the seismological parameters of the Kecskemét earthquake, July 8, 1911. Acta Geod. Geoph. Hung., 30, 437-447.
- Zsíros T. (2009) Seismicity of Kecskemét area. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, 44, 343-356.

Tűzgömb megfigyelések 2021-ben

KISZELY MÁRTA

A 2021-es év folyamán több olyan tűzgömb megfigyelés is történt az ország területén, amit a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium (KRSZO) szeizmológiai és infrahang állomásai is detektáltak. Az alábbiakban 4 bolida megfigyelést mutatunk be részletesebben, melyek 2021.01.21-én, 2021.01.29-én, 2021.03.06-án és 2021.10.20-án történtek.

Bevezetés

Ha egy meteoroid érkezik a felső légkörbe, akkor az ütközik a felső légkör gáz részecskéivel, ezért lelassul és felizzik. Tűzgömbről akkor beszélhetünk, ha a felizzó meteoroid fényessége eléri vagy meghaladja a Vénusz fényességét. Ha a légkörben felrobbanó tűzgömb hangrobbanást is kelt, akkor annak a neve bolida.

A 2021-es év folyamán több olyan tűzgömb megfigyelés is történt az ország területén, amit a KRSZO szeizmológiai és infrahang állomásai is detektáltak. Közülük kettő januárban (21-én és 29-én), egy március 6-án és egy október 20-án volt megfigyelhető.

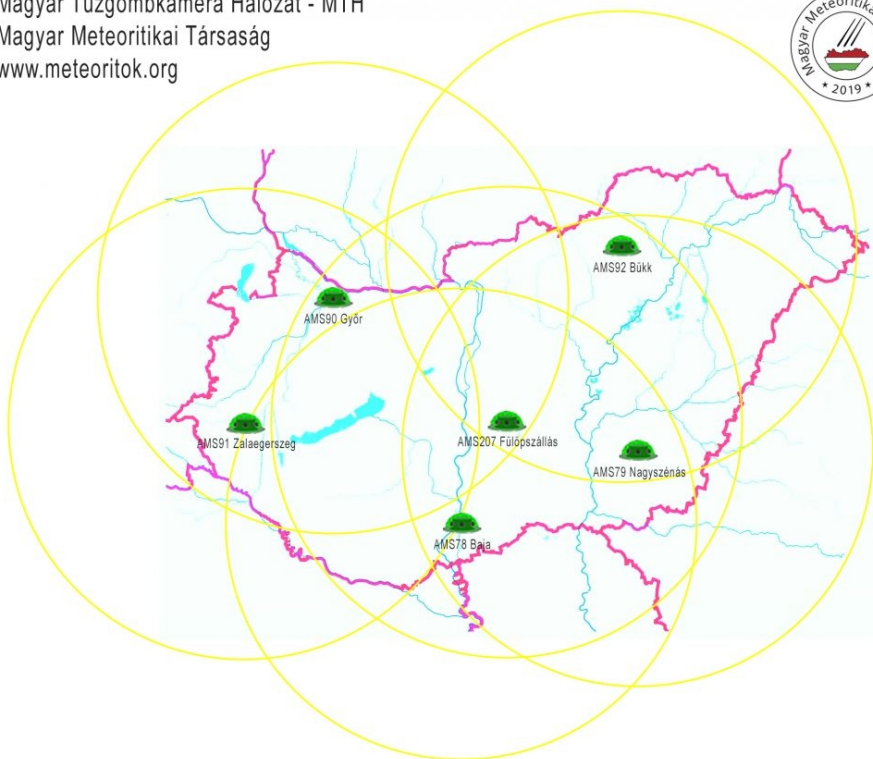
2021. október óta működik az országban a Magyar Tűzgömbkamera Hálózat (MTH), aminek állomásai az 1. ábrán láthatók. Az október 20-i bolidát így már az MTH kamerái is rögzítették.

A meteoroid törmelékek a felső légkörbe érkezve felforrósodnak, hatásukra ionizálódnak a légköri gázok. Az ionizált gázfelhő jó visszaverő felületet biztosít az URH rádióhullámoknak, azaz visszatérhet

a földre a kisugárzott energia egy része. A tatai rádiós meteordetektáló rendszer, azaz hullócsillagok rádiós megfigyelése további lehetőség a meteorok megfigyelésére. A vevőkészülék a dél-franciaországi (Dijon melletti) nagyteljesítményű műholdradar GRAVES frekvenciájára van hangolva. Ebben a tartományban a rádióhullámok már egyenes vonalban terjednek (nem követik a földfelszín görbületét), normális esetben a radarrendszer jelei közvetlenül nem foghatók, azaz csak a meteor keltette ionizált gázfelhő tudnak visszaverődni (2. ábra). A rendszer lefedettsége nyugat Európára terjed ki.

Szerencsés esetben a tűzgömbkamera felvételeket kiegészítve a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium szeizmológiai, infrahang és a tatai rádiómeteoros megfigyelések jeleivel, a tűzgömbök pályáját és robbanási magasságát pontosabban sikerül majd meghatározni, és esetleg a földre ért meteoritot megtalálni további elemzésre. A szeizmológiai, infrahang valamint rádiós észlelések előnyei, hogy nappali, vagy felhővel takart égbolt esetén is képesek egy tűzgömb jeleit érzékelni.

Magyar Tűzgömbkamera Hálózat - MTH
 Magyar Meteoritikai Társaság
 www.meteoritok.org



1. ábra. Az AMS78 jelű bajai, AMS90 győri, AMS91 zalaegerszegi és AMS92 répáshutai állomások 2021-ben már üzemeltek, az AMS207 fülöpszállási és AMS79 nagyszénási kameraállomások telepítés alatt álltak. Zöld kamerafej jellel az állomások földrajzi helyzetét, sárga körökkel pedig a kamerák hatótávjait jelöltük (forrás: <https://meteoritok.org/tuzgomb/>)

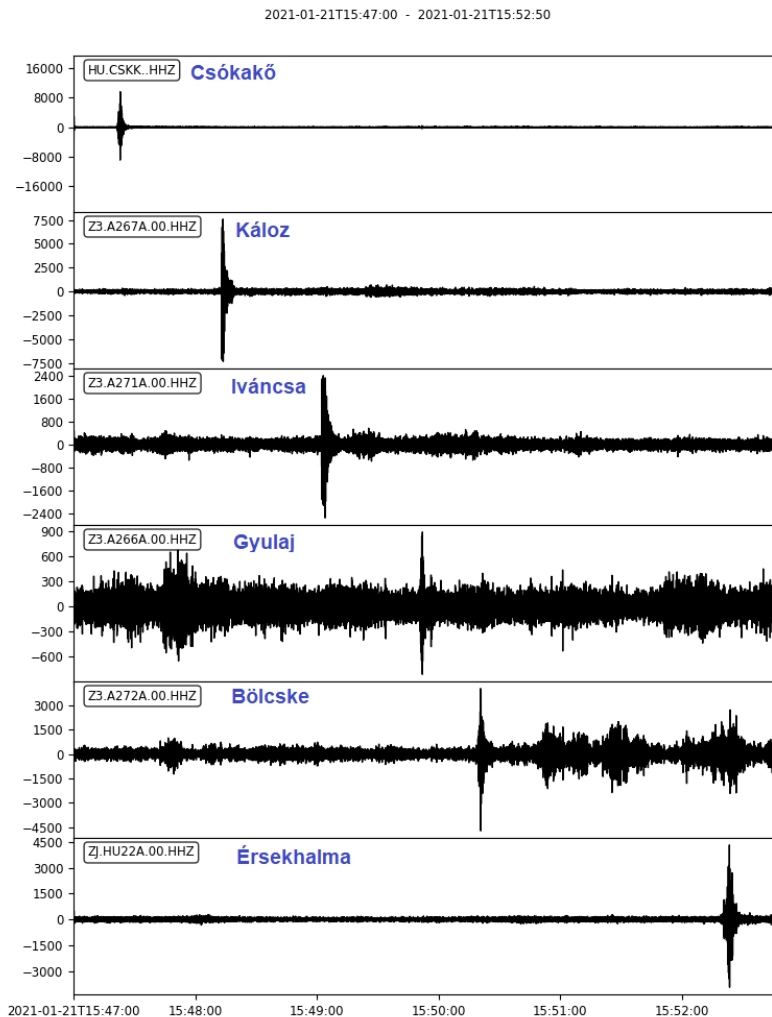


2. ábra. A GRAVES nagyteljesítményű műholdradar meteor megfigyelési elve

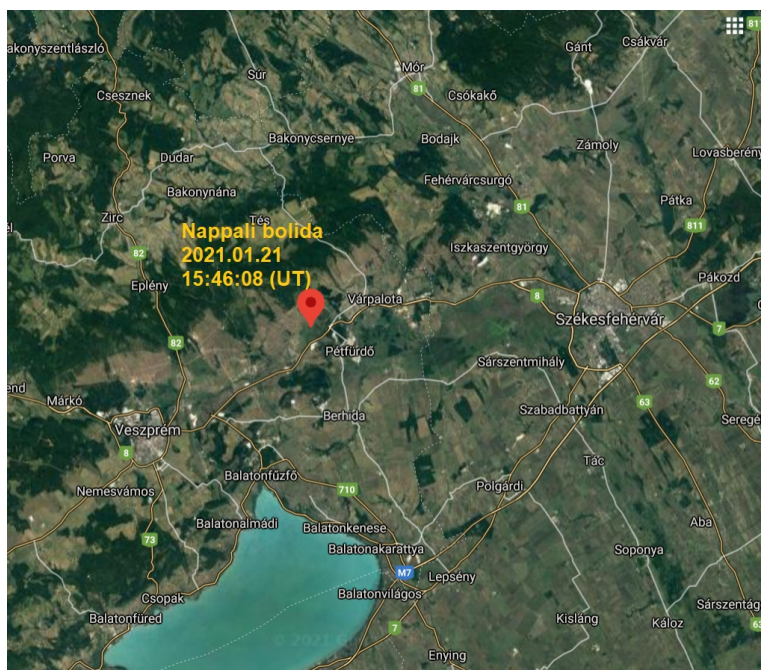
Bolida 2021. január 21-én

A 2021-es év első tűzgömbre utaló jeleit több szeizmológiai állomáson január 21-én 15:47 (UT) körül figyeltünk meg. A Pizskés-tetői infrahang állomás is detektálta a robbanást és a beérkezési időkből a robbanás helyét is sikerült meghatározni, ami Várpalota felett lehetett. A lökeshullám kb. 0,363 km/s sebességgel haladt,

és a Pizskés-tetőn található (PSZI) Infrahang állomásokra 237 fok azimuttal jellemezhető irányból érkezett be (Bondár et al. 2022). Sajnos ezt a tűzgömböt kamera nem rögzítette, szemtanúk sem voltak, mivel még szinte világos volt, de mérete a január 29-i nagyatádi - a következőkben ismertetett - bolidához lehetett hasonló. A 3. ábra az érintett állomások szeizmogramjait, a 4. ábra pedig a bolida feltételezett robbanási helyét mutatja.



3. ábra. A bolida jelei a szeizmogramokon



4. ábra. A bolida robbanási helye Várpalota környékén kb. 30-45 km magasságban lehetett

Bolida 2021. január 29-én

2021. január 29-én, pénteken hajnali 2:51-kor (UT) Nagyatád környékén hangos robbanást lehetett hallani. Többen azt hitték, hogy valami felrobbant a környéken. A dőrejt Kaposfüred, Nagykanizsa, Kaposvár, Kadarkút, Kaposfő és Szilvásszentmárton környékén elég sokan hallották, azonban a különös jelenséget észlelők fényhatást is láttak.

Kolláth Zoltán, az Eszterházy Károly Egyetem Fizikai Tanszékének egyetemi tanára találta meg jelenség égi nyomát a Zselici Csillagpark egyik kamerájának felvételén. Az északi oldalon 3 óra 51 perckor ugyanis egy látványos fénycsóva jelent meg (5. ábra), ami egy tűzgömb felrobbanását jelezte.

A jelenséget a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium több mérőállomása is regisztrálta. A tűzgömb olyan nagy volt, hogy a telihold fényességével ve-

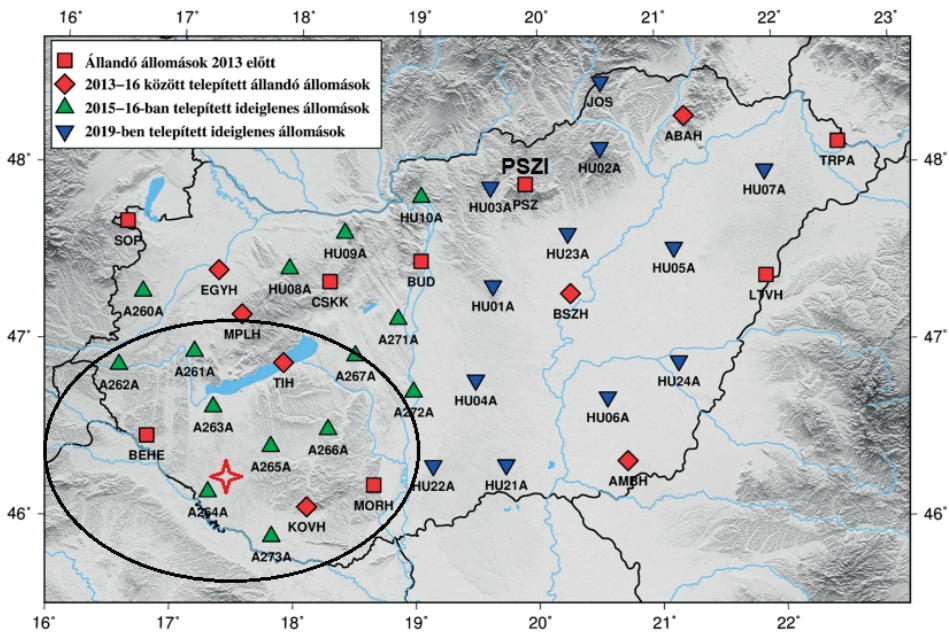
tekedett, és a hajnali, ám felhős égen is látszódott. Magnitúdója -9 -10 lehetett. Ez a csillagászati magnitúdó, ami egy logaritmikus fényességi skála, ahol a minél kisebb a mérőszám, annál fényesebb az adott objektum.

A bolida robbanását érzékelő hazai szeizmológiai és a PSZI infrahang állomások elhelyezkedése az 6. ábrán látható. A szeizmológiai állomásokon regisztrált jelek a 7. ábrán, az infrahang állomáson látható kiértékelt jelek a 8. ábrán láthatók (Bondár et al. 2022).

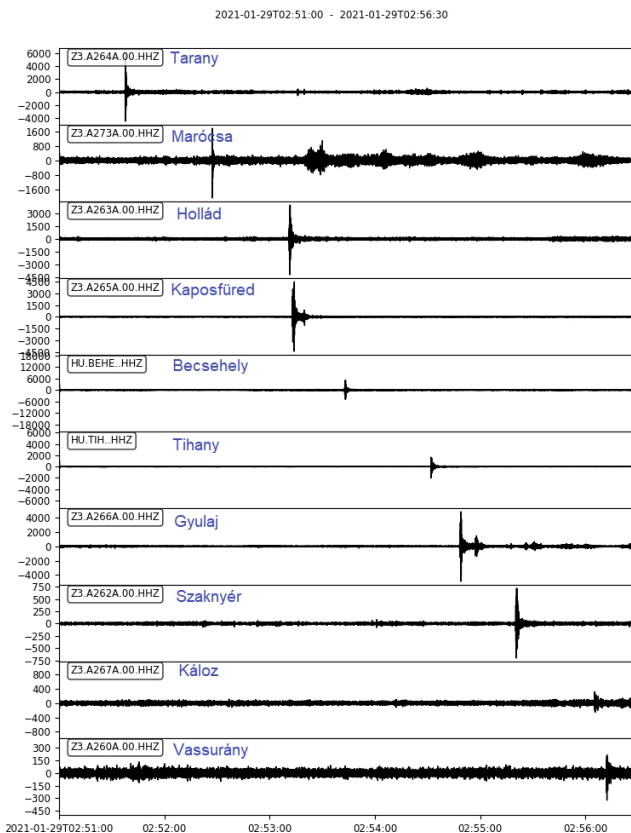
Ausztriai és hazai meteorológiai kamerák felvétele szerint a tűzgömb kb. 70 km magasan fénylett fel Balatonszentgyörgy közelében, és a Tarany feletti légterben hunyt ki. Érdekes, hogy az első szeizmikus jel a taranyi állomáson látszott (8. ábra). Kővágó Gábor számítása szerint a nagyobb anyagveszteségei 43,2 és 37 km-es magasságban voltak (Forrás: Meteor 2021. áprilisi száma).



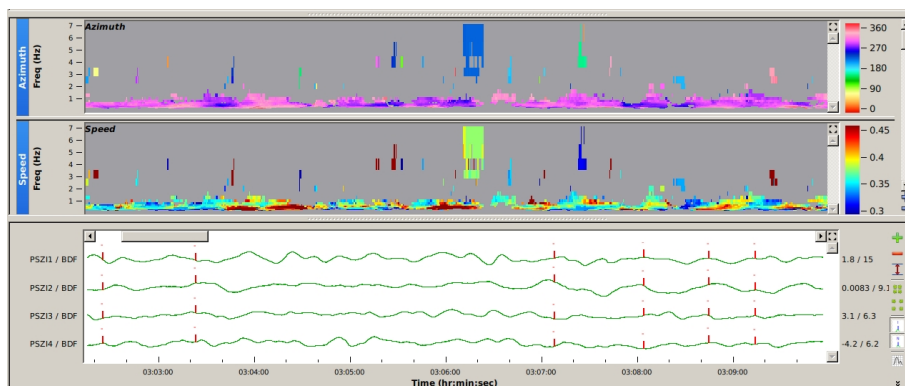
5. ábra. A zselici Csillagpark egyik kamerájának felvétele a bolidáról



6. ábra. A bolyda jeleit észlelő szeizmológiai állomások elhelyezkedése. A PSZI infrahang állomás a robbanás helyétől (piros csillag) kb. 266 km-re volt. A csillag a bolyda feltételezett robbanási helyét jelöli.



7. ábra. A bolida jelei a szeizmogramokon a beérkezési idejük szerint rendezve



8. ábra. A bolida PSZI infrahang állomáson kapott jeleinek kiértékelése. A PSZI(1-4) állomásokra $221,7^\circ$ azimuttal érkeztek a jelek kb. $0,388 \text{ km/s}$ sebességgel. Ezeket az értékeket az ábra felső részének közepén a kék (Azimuth diagram) és sárgászöld (Speed diagram) színek mutatják. A színek számszerűsítését az ábra jobb oldalán látható színek teszi lehetővé.

Bolida 2021. március 6-án

A 2021. március 6-i bolidáról a Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Intézet Piskés-tetői Observatóriumának nyugati kamerája készített felvételt, ami a 9. ábrán lát-

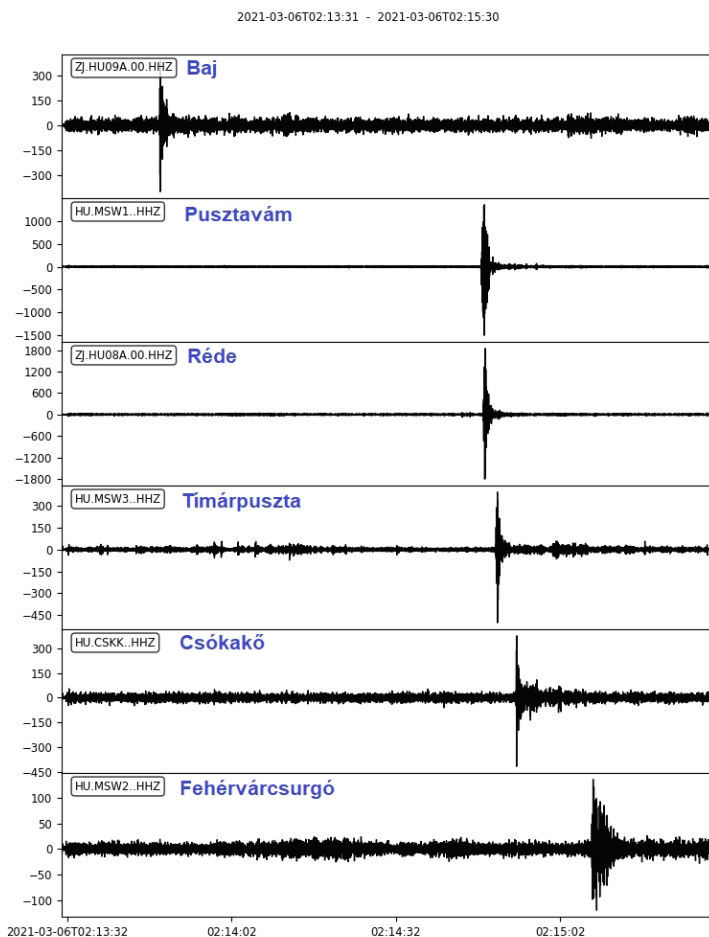
ható. Ezt a bolidát sajnos az infrahang állomások nem regisztrálták. A 10. ábrán az érintett szeizmológiai állomások, a 11. ábrán az időrendben beérkezett jelek láthatók. Talán egyszer megtaláljuk a meteoritot is, sok hazai amatőr csillagász örömeire és gazdagítva a hazai gyűjteményt.



9. ábra. A Piskés-tetőn levő nyugati kamera felvétele a bolidáról 2021.03.06 02:11:06 (UT)



10. ábra. A bolida jeleit észlelő szeizmológiai állomások elhelyezkedése.

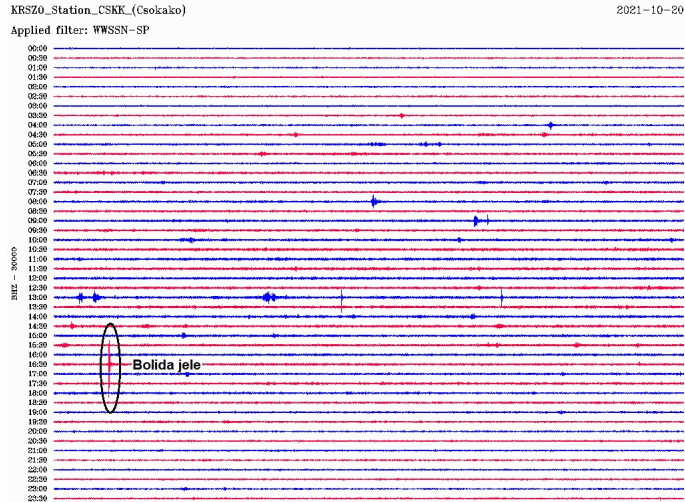


11. ábra. Az MSW1, HU08A és MSW3 állomásokra szinte egyszerre érkezett be a bolida jele, míg a CSKK-ra kicsit később

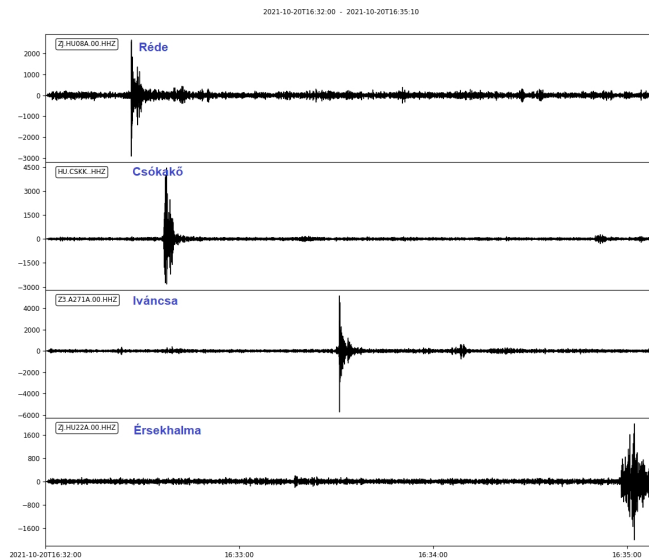
Bolida 2021. október 20-án

Október 20-án 18 óra 28 perckor hatalmas tűzgömb húzott el az égen, amit a várostól délnyugati irányban Budapestről is sokan megfigyeltek. Több szeizmológiai mérőállomás is rögzítette a bolida felrobbanásának jeleit. A 12. ábrán a Vértes-hegységben levő csókakői CSKK állomás napi szeizmogramja látható. Az érintett állomásokra beérkező jeleket időrendben a 13. ábra mutatja. Ezek az állomások Bu-

dapesttől mind DNy-ra helyezkedtek el. A bolidát a Magyar Tűzgömbkamera Hálózat kamerái is rögzítették. A tűzgömbről az Időkép (<https://www.idokep.hu>) is beszámolt. Ők azt írták, hogy mivel a naplementét követően nem sötétedett be teljesen, ezért viszonylag kevés felvétel született az amúgy látványos jelenségről. Az PSZI infrahang állomások a bolida két robbanását rögzítették kb. 2 másodperc különbséggel. A jelek $232,6^\circ$ és $233,1^\circ$ azimutális irányból, kb. 0.366 km/sec sebességgel érték el az állomást (Bondár et al. 2022).



12. ábra. A csókakői szeizmológiai állomás október 20-i szeizmogramján a bolida jele kis tüskéként látszik.



13. ábra. Az október 20-án megfigyelt bolida jelei időrendben az érintett állomásokon

Hivatkozás

Bondár, I., M. Pásztor, C. Czanik, M. Kiszely, P. Mónus, B. Süle (2022). Hungarian Seismo-Acoustic Bulletin, 2021, ed: I. Bondár, ISSN: 2676-7902, Institu-

te for Geological and Geochemical Research, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, ELKH Budapest and Kövesligethy Radó Seismological Observatory, Institute of Earth Physics and Space Science, ELKH, Sopron. 175 pp., 2022.

