

IUGG Nap

A Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió Magyar Nemzeti Bizottsága (IUGG MNB, <https://iugg.epss.hu/>) immár második alkalommal szervezte meg az IUGG Nap elnevezésű rendezvényt, amelyre idén szimbolikus módon a Föld napján, 2026. április 22-én került sor. Az esemény célja, hogy erősítse a szakmai kapcsolatokat és az információáramlást a kvantitatív földtudományokkal foglalkozó magyar kutatók között, valamint lehetőséget biztosítson friss kutatási eredményeik bemutatására és megvitatására.



1. ábra Rózsa Szabolcs köszöntője az IUGG Napon.

Az idei rendezvénynek a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke adott otthont. Rózsa Szabolcs, az IUGG MNB elnökének megnyitóját (1. ábra) követően az érdeklődők három szekcióban összesen 15 szakmai előadást hallgathattak meg. Az első szekcióban az IAGA és az IASPEI nemzeti képviselői által felkért előadók mutatták be eredményeiket űrkutatás, infrahang-monitoring és szeizmológia témakörökben.

A kávészünetet követően az IAG-hoz és az IAHS-hez kapcsolódó előadások következtek különböző geodéziai és hidrológiai témákban. Szó esett többek között szeizmo-tektonikus események dőlésmérőkkel történő vizsgálatáról, kínai vízgyűjtő területek

tömegátrendeződési folyamatainak műholdas megfigyeléséről, valamint egy Sopron melletti mintavízgyűjtőhöz kapcsolódó aktuális kutatási irányokról.

A nap utolsó szekciójában elsősorban meteorológiai és légkörfizikai témájú előadásokat hallhattak a résztvevők, például a magyarországi hóviszonyok alakulásáról, a mediterrán ciklonok kategorizálásáról, valamint a Golf-áramlat lehetséges összeomlásának statisztikus fizikai előrejelzéséről.

Összességében elmondható, hogy a magas színvonalú szakmai előadások iránt jelentős érdeklődés mutatkozott a kutatói közösség részéről. Ugyanakkor a jövőben érdemes nagyobb hangsúlyt fektetni a rendezvény népszerűsítésére a releváns szakokon tanulmányokat folytató egyetemi hallgatók körében.

Rózsa Szabolcs, Bozóki Tamás
IUGG MNB

Meeting on the Vertical Atmosphere-Ionosphere Coupling

A soproni HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Intézetben került megrendezésre a „Meeting on the Vertical Atmosphere-Ionosphere Coupling” című nemzetközi workshop 2026. május 8-án. A kis létszámú konferenciára a világ minden tájáról, Kínától Európán át az Amerikai Egyesült Államokig érkeztek előadók. Az előadásokat aktív párbeszéd követte a közös kutatási témákról, a jövőbeni együttműködésekről és lehetséges közös pályázati tervekről. A workshopot a következő évben is szeretnénk az EGU hetéhez kapcsolódóan megszervezni.

Barta Veronika
HUN-REN FI

VERSIM2026 workshop

A 12. VERSIM (VLF-ELF Remote Sensing of the Ionosphere and Magnetosphere) workshop-ot 2026. szeptember 7-11. között rendezik meg Sopronban, a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetben. A nemzetközi konferencia az ionoszféra- és magnetoszféra-fizika aktuális kérdéseire fókuszál, különös tekintettel a hullám-részecske kölcsönhatásokra, az elektromágneses hullámterjedésre, az űrmissziók legújabb

eredményeire, valamint a szimulációs, adatasszimilációs és gépi tanulási módszerek alkalmazásaira.



2. ábra Zajlik a munka a „Meeting on the Vertical Atmosphere-Ionosphere Coupling” rendezvényen.

A VERSIM csoport 1969-ben alakult, majd 1975-ben az IAGA és az URSI közös munkacsoportjaként szerveződött újjá. A VERSIM workshop-ok egyik kiemelt célja, hogy elősegítse a tapasztalatcserét a pályakezdő és tapasztalt kutatók között.

A rendezvényt 2026. szeptember 3-5. között háromnapos iskola előzi meg, ahol a hallgatók neves szakemberek előadásain keresztül ismerkedhetnek meg a VERSIM fő tématerületeivel.

További részletek: <https://versim2026.epss.hu/>

Barta Veronika, Heilig Balázs
HUN-REN FI

CCEC Szimpózium 2026

Az IUGG Commission on Climatic and Environmental Change (CCEC) 2026. szeptember 18-án Budapesten rendezi meg tudományos szimpóziumát és vezetőségi ülését a Magyar Tudományos Akadémián. A rendezvény témája az európai és globális erdőtüzek földtudományos vizsgálata lesz, a kiváltó okoktól a környezeti és társadalmi hatásokig.

A program kiemelten foglalkozik azzal, hogy az éghajlatváltozás, a hóhullámok és az aszályok miként növelhetik a katasztrófális erdőtüzek kockázatát olyan térségekben is, ahol ezek korábban ritkák voltak, mint például Magyarországon.

A rendezvény főszervezője Tom Beer, a CCEC egykori elnöke, az MTA tiszteleti tagja, aki az ősz folyamán 3 hónapot Magyarországon fog tartózkodni a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Ludovika Ösztöndíjának támogatásával.

További részletek: <https://iugg.epss.hu/ccec-symposium-2026/>

Bozóki Tamás
IUGG MNB

IUGG Hírlevél következő felhívása

Az IUGG MNB vezetése úgy döntött, hogy a jövőben a hírlevelek fél éves gyakorisággal fognak megjelenni, amihez a híryananyagokat minden évben március 31-ig és szeptember 30-ig várjuk. Így a következő hírlevélhez

2026. szeptember 30-ig

várjuk az anyagokat.

Rózsa Szabolcs, Bozóki Tamás
IUGG MNB

Geodézia

Nehézségi erőter potenciáljának leírása Taylor-sor segítségével

Gilányi és Molnár (2025) Eötvös Loránd elméleti megfontolásait továbbgondolva, és Eötvösnek a Balaton jegén végzett torziós inga méréseit felhasználva elkészítették a nehézségi erőternek a Balaton néhány négyzetkilométeres felszínarabjára vonatkozó modelljét. A modellből a nehézségi gyorsulás horizontális gradiensét és a szintfelület görbületi viszonyait bemutató térképeket vezettek le, amik a mérési pontokban jól visszaadták Eötvösnek a korabeli térképén ábrázolt horizontális gradiens és horizontális irányítóképesség mennyiségeket.

Gilányi Gibárt^{1,2}, Molnár Gábor³

¹Óbudai Egyetem, Informatikai és Alkalmazott
Matematikai Doktori Iskola

²SZTFH, Földtani Szolgálat

³Óbudai Egyetem, Alba Regia Kar,
Geoinformatikai Intézet

Szeizmológia és a Föld belső fizikája

A Pannon- és az Erdélyi-medence kéregdeformációi

A Kalmár és Balázs (2025) által jegyzett kutatás célja a Pannon- és Erdélyi-medence kéreg- és litoszféraszerkezetének vizsgálata volt, különös tekintettel az eltérő vastagságú felső és alsó kéreg deformációjára, valamint a felszín alatti anomáliákra utaló reziduális topográfiai eltérésekre. Az eredmények alapján a felszín alatti süllyedések és kiemelkedések jelentős része dinamikus (pl. köpenyáramláshoz kapcsolódó) folyamatokra vezethető vissza. A tanulmány fontos lépést jelent a régió geodinamikájának mélyebb megértésében.

HUN-REN FI KRSZO

Lokális magnitúdó-skála kalibrálása

A lokális magnitúdó (ML) egy empirikusan meghatározott mennyiség, amelyet elsősorban a 600 km-nél kisebb távolságban kipattant földrengések nagyságának becslésére alkalmaznak. A skálát Charles F. Richter vezette be 1935-ben Dél-Kaliforniában, logaritmikus alapú rendszerként. Eszerint egy $M = 3,0$ magnitúdójú rengés maximális kitérése 1 mm lenne egy olyan szeizmikus állomáson, amely az epicentrumtól pontosan 100 km-re helyezkedik el.

A magnitúdó számításához a regisztrált maximális amplitúdóra és a forrás-állomás távolságra van szükség. A jelenleg alkalmazott ML-képletek a Richter-féle eredeti összefüggés továbbfejlesztett változatai, amelyek már figyelembe veszik a szeizmikus hullámok terjedését és gyengülését befolyásoló regionális földtani tényezőket is.

A skála regionális kalibrálása azonban elengedhetetlen, mivel a hullámok csillapodását jelentősen befolyásolja a kéreg szerkezete, valamint az állomások környezetében található talaj és alapkőzet típusa. A Richter által meghatározott korrekciós tényezők Dél-Kaliforniára érvényesek, így azok közvetlen alkalmazása például a Pannon-medencében torzított eredményeket adhat, mivel a hullámok amplitúdócsillapodása eltérő lehet. A medence üledékes területein és konszolidálatlan kőzeteken telepített állomások esetében az amplitúdók jelentős mértékben felerősödhetnek.

A fenti megfontolások alapján elvégeztük a lokálismagnitúdó-skála kalibrálását a vizsgált földrajzi térségre (Csatlós és társai, 2024). A horizontális komponensen mért maximális amplitúdók átlagosan 1,9-szer nagyobbak a vertikális komponensen mérteknél, konszolidálatlan kőzeteken pedig ez az arány akár háromszoros is lehet. A konzisztens és megbízhatóbb magnitúdóbecslés érdekében ezért a vertikális komponens használatát javasoljuk, mivel az kevésbé érzékeny a helyi talajviszonyokra. Emellett állomáskonstansokat alkalmazunk, hogy kiegyenlítsük a konszolidált alapkőzetre, illetve a laza üledékre telepített állomások közötti amplitúdókülönbségeket. A kalibráció részeként a hullámcsillapodási viszonyokat is részletesen megvizsgáltuk, így a módosított képletek már a helyi kéregszerkezeti sajátosságokat is figyelembe veszik, és pontosabb ML-értékeket biztosítanak a térségben.

HUN-REN FI KRSZO

A Szarvas környékén kipattant földrengésklaszter

2023. augusztus 19. és szeptember 26. között 105 földrengésből álló raj zajlott le Szarvas közelében, egy jellemzően alacsony szeizmicitású, üledékes területen. A földrengések mintegy 90%-a az első 48 órában következett be, köztük három $ML > 3.0$ esemény, majd a negyedik napon egy $ML = 3.7$ rengés is kipattant. A Wéber és társai (2025) által jegyzett tanulmányban többek között a sűrű, ideiglenes szeizmikus hálózat adataira támaszkodva BayesLoc algoritmussal 83 esemény hipocentrumát relokalizáltuk, majd valószínűségi hullámforma-inverzióval 8 esemény teljes momenttenzorát határoztuk meg. Ez a földrengésklaszter az első közvetlen bizonyíték arra, hogy ez a törésrendszer jelenleg is aktív, és képes tektonikus eredetű, jól detektálható földrengések generálására.

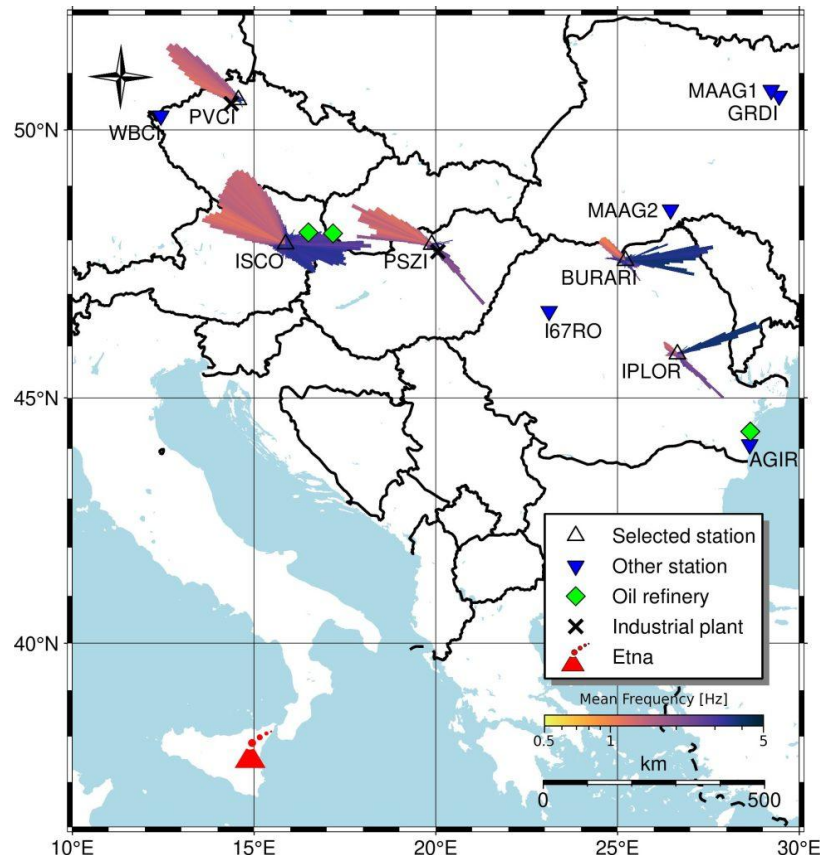
HUN-REN FI KRSZO

Infrahang-jelek automatizált feldolgoása gépi tanulással

Az infrahanghullámok (<20 Hz) a kis csillapodásuknak köszönhetően számos természetes és mesterséges jelenség vizsgálatát teszik lehetővé. Infrahangot bocsátanak ki például villámlások, vulkánkitörések, bolidák, robbanások, repülőgépek, erőművek stb. Az infrahangok feldolgozásának fontos lépése az észlelések forrásának azonosítása.

Pásztor és társai (2025) egy eddig egyedülálló, több mint 200 000 infrahang-észlelést tartalmazó adatbázist hoztak létre a Közép- és Kelet-Európai Infrahanghálózat 5 állomásának felhasználásával. Öt nagy osztályba sorolták a vizsgált észleléseket a forrásuknak megfelelően: zivatarok, az Etna kitörései, bányarobbantások, az ukrajnai háború, valamint olajfinomítók és erőművek jeleit kategorizálták különböző ground truth információk alapján.

A felcímkézett adatrendszer segítségével különböző gépi- és mélytanulási algoritmusokat tanítottak be a jelfelismerés automatizálásának érdekében. Vizsgálták továbbá, miként lehet a modelleket új állomásokra átültetni. Az ígéretes eredmények segítik és felgyorsítják mind az egyállomásos, mind a hálózatszintű rutinszerű infrahang-feldolgozást. Ez hasznosítható például a vulkánkitörések korai riasztási rendszereinek fejlesztésében, valamint a szeizmológiai kutatásoknál hozzájárulhat a bányarobbantások diszkriminációjához is.



3. ábra Infrahang állomás és források Közép- és Kelet-Európában.

HUN-REN FI KRSZO

A köpeny átmeneti zónája Közép- és Kelet-Európában

A Kalmár és társai (2025) által jegyzett kutatás a Kárpátok–Alpok–Dinári-hegység térségében vizsgálja a köpeny átmeneti zónáját (a 410 km-es, 520 km-es és 660 km-es mélységben található szeizmikus diszkontinuitásokat) sűrű regionális szeizmológiai hálózat adatai alapján. A 3D-s feldolgozás kimutatta, hogy a nyugati Alpok és a Pannon-medence központi része alatt az átmeneti zóna akár 280 km-re is megvastagodott. Ez a korábbi szubdukciók (Adria-lemez, Vrancea-zóna) hatására visszamaradt hideg köpenyanyag jelenlétére utal.

A Kárpátok és a Dinári-hegység alatt a 410 km-es határ sekélyebb, míg a 660 km-es határ mélyebben helyezkedik el, ami szintén hideg, szubdukált lemezmaradványokra utal. A vizsgálat a köpeny ritkán megfigyelhető, 520 km-es határát is egyértelműen azonosította, melynek változó mélysége kémiai és hőmérsékleti inhomogenitásokat jelezhet. A tanulmány

új információkkal szolgál a térség mélybeli szerkezetéről, és hozzájárul a régió tektonikai fejlődésének pontosabb megértéséhez.

HUN-REN FI KRSZO

A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózatról

A Süle és társai (2025) által jegyzett publikáció az AdriaArray projekthez kapcsolódó különkiadvány keretében jelent meg, amely a Közép- és Kelet-Európa szeizmiticitásának és szerkezetének jobb megértését célzó együttműködések eredményeit fogja össze.

A tanulmány a Magyar Nemzeti Szeizmológiai Hálózat (MNSZH) fejlődését és jelenlegi teljesítményét mutatja be. Az elmúlt években a hálózat jelentősen sűrűsödött, ami nagymértékben hozzájárult a földrengések pontosabb detektálásához és lokalizációjához. A vizsgálat alapján a hálózat már olyan kis magnitúdójú események azonosítására is képes, mint az $ML = 0,5$ -ös földrengések, melyek a lakosság számára messze nem érezhető kategória. Konkrét példaként a 2023-as sarvasi szeizmikus raj feldolgozása is szerepel, amely jól szemlélteti a hálózat megnövekedett érzékenységet és a hullámformák felhasználásával alkalmazott lokalizációs algoritmusok sikeres alkalmazását. A kutatás kiter arra is, hogy a hálózat zajszintjét számos tényező befolyásolja – így a geológiai környezet, a felszíni adottságok, az antropogén zajforrások és az évszakos változások. Ezek pontos ismerete kulcsfontosságú a szeizmikus jelek megbízható értelmezésében.

A cikk hangsúlyozza a hálózat nemzetközi integrációját is. Az AdriaArray projekt keretében zajló együttműködések révén a magyarországi állomások adatai beépülnek egy szélesebb európai kutatási keretbe, amely a térség szeizmiticitásának jobb megértését szolgálja.

HUN-REN FI KRSZO

2025. évi Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin és a Szeizmo-Akusztikus Bulletin

Megjelent és elérhetővé vált a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium éves összefoglaló kiadványa, a 2025. évi [Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin](#) (HNSB) és a [Magyarországi Szeizmo-Akusztikus Bulletin](#) (HSAB). A kötetek áttekintést nyújtanak a 2025-ben regisztrált hazai és környező térségi szeizmikus eseményekről, valamint a szeizmoakusztikus megfigyelésekről.

A Magyar Nemzeti Szeizmológiai Bulletin részletesen bemutatja a Magyarországon és a Kárpát–Pannon régióban észlelt földrengéseket, beleértve az érezhető események makroszeizmikus elemzését, a feldolgozás eredményeit, valamint az eseményekhez kapcsolódó földrengés-paramétereket. A kiadvány ismerteti továbbá a hazai szeizmológiai állomáshálózat aktuális állapotát és működését, amely a földrengések pontos detektálását és helymeghatározását teszi lehetővé.

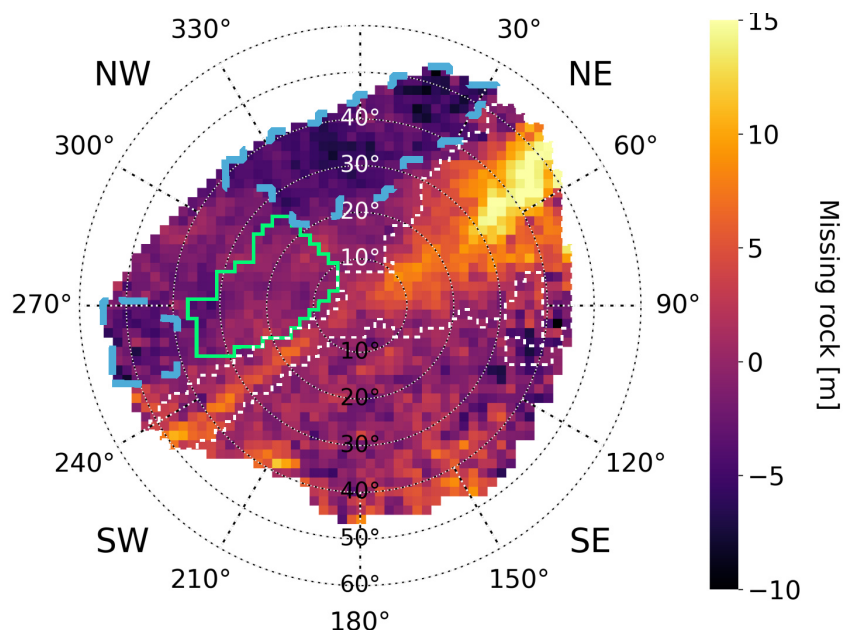
A bulletin fontos részét képezik a lakossági kérdőívek alapján összeállított makroszeizmikus intenzitásbecslések is. Az Obszervatórium ezúton is köszönetét fejezi ki mindazoknak, akik bejelentéseikkel és kérdőíveink kitöltésével hozzájárultak a földrengések hatásainak dokumentálásához és a hazai szeizmológiai adatbázis fejlesztéséhez.

A Magyarországi Szeizmo-Akusztikus Bulletin a 2025 során regisztrált szeizmoakusztikus eseményeket és az ezekhez kapcsolódó eredményeket foglalja össze.

HUN-REN FI KRSZO

Esztramos bánya müögráfiája

Az esztramosi bánya-barlang komplexum Magyarország egyik legizgalmasabb föld alatti kutatási területe. A Wigner Fizikai Kutatóközpont REGARD Csoportja itt végez üregkutatási célú müögráfiás méréseket. A cél a páratlan szépségű barlangokhoz hasonló ismeretlen barlangi üregek, valamint régi, jelenleg megközelíthetetlen bányavágatok kimutatása. A tárórendszer egyik részén négy mérési pontból álló vizsgálatot végeztünk egy olyan kürtő alatt, amely korábbi bányavágatokba vezet, de veszélyessége miatt nem járható. A mérések elrendezése lehetővé tette 3D inverzió elvégzését, amellyel előállítottuk a vizsgált térfogat sűrűség modelljét. Kimértük a korábbi bányatértséget, illetve az alacsonyabb sűrűségű zónákat behatároltuk, amelyek eddig ismeretlen bányavágatok vagy akár természetes barlangok is lehetnek.



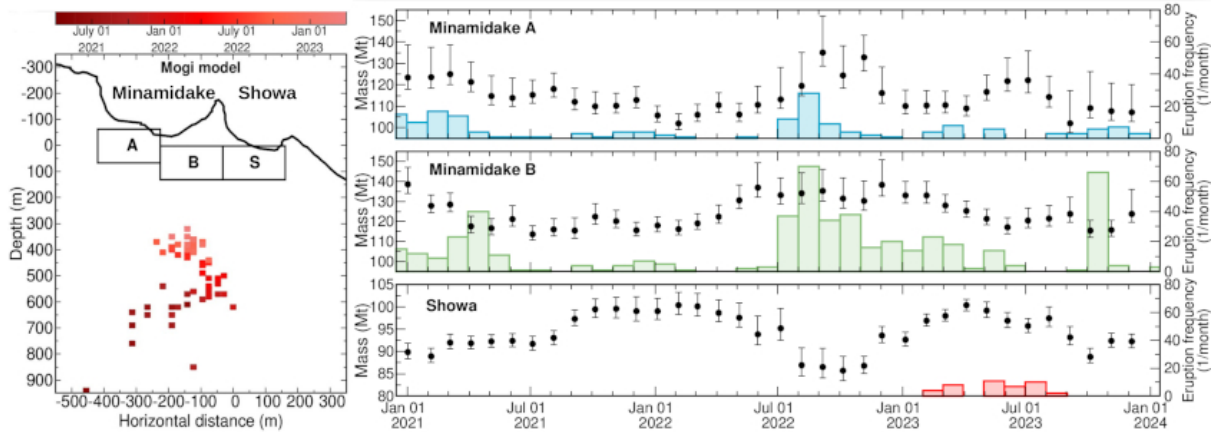
4. ábra Egy müogram polár sűrűséganomália-térképe a felette lévő zónáról. Az egybefüggő hiányzó kőzetömegek az ismeretlen járatok és barlangok helyét jelölik.

Hamar Gergő

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Töredezett zónák müográfiai kimutatása a Királylaki-tárónál

A Wigner Fizikai Kutatóközpont REGARD Csoportja müográfiai mérései közül az egyik legrészletesebb mérés a budapesti Hármashatár-hegy alatti Királylaki-táróban történt. A befoglaló kőzet tűzköves dolomit, ami nem igazán ideális a karsztosodásra, ennek ellenére korábban feltártak egy a táróból nyíló barlangot, az érezhető huzat pedig további járatokat valószínűsített. A helyszín ideális a müográfiai mérésekhez, mert a vízszintes tárórendszer felett meredeken emelkedő hegyoldal akár 100 m vastagságú kőzettest átvilágítását is lehetővé teszi. A közel két éves mérésorozat eredményeképpen a kiváló statisztikával és felbontással rendelkező müogramok alapján a lefedett részen 3D inverzióval állítottuk elő a kőzettest sűrűségmodelljét. Az eredményeket kettő táróhoz közeli anomális részen magfúrással ellenőriztük, ahol szálban álló dolomit és hasadékkitöltő kis sűrűségű málladéka deciméter pontossággal igazolta a müográfiai mérések alapján számítottakat. Sikertült olyan részletes szerkezeti képet alkotnunk, amelyet más geofizikai módszerekkel nem lehetne ilyen felbontással kimérni.



6. ábra Bal panel: A deformáció forrása Mogi modelleléssel meghatározott térbeli helyének időbeli változása 2021. januártól 2023. júliusig. Az aktív kráterek alakját a fekete vonal mutatja. Négyszögek határolják körül a müögráfiával monitorozott tartományokat a Minamidake A és B kráterei (A és B), valamint a Showa kráter (S) alatt. Jobb panelek: A müögráfiával mért tömegek időbeli változása a Minamidake A (fent), a Minamidake B (középen), és Showa (alul) kráterek alatt. A színezett hisztogrammok mutatják a kráterekben bekövetkező kitörések havi gyakoriságát. A 2021-es év során a talajdeformáció forrása oldalirányba mozgott közel 600-700 méteres kráter alatti mélységben. Ezzel párhuzamosan a müögráfiával mért tömegek csökkentek a Minamidake kráterei alatt és növekedtek a Showa kráter alatt. A 2022-es év közepétől a talajdeformáció forrása emelkedni kezdett 300-400 m kráter alatti mélységig és a müögráfiával mért tömeg növekedett a Showa kráter alatt a kráter 2023-as kitörési sorozata előtt.

Oláh László

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

A vulkáni aktivitás értékelése a müögráfia és a felszínmozgások integrált monitorozásával

A HUN-REN Wigner FK és Tokiói Egyetem kutatói kidolgoztak egy olyan vulkáni aktivitási indexet (VUI), amely a müögráfiát műholdas megfigyelésekkel kombinálja (Oláh és Tanaka, 2025). A müögráfia a kozmikus sugárzás müonrészcskéinek felhasználásával képes a vulkán belső szerkezetének és sűrűségváltozásainak vizsgálatára. A kutatás során a japán Sakuradzima vulkán alatt mért müögráfiai adatokat, radaros felszín deformációs méréseket (SAR), valamint vulkáni gázmegfigyelési adatokat elemezték a 2018 és 2023 közötti időszakban. Az eredmények alapján sikerült összefüggést kimutatni a sűrűségváltozások, a felszínmozgások és a gáz kibocsátás között.

A VUI célja nem közvetlen kitörés-előrejelzés, hanem a vulkáni aktivitás intenzitásának fél-kvantitatív jellemzése és a veszélyértékelési modellek támogatása. A legerősebb aktivitási időszakot „VUI 2” szintként definiáltuk, míg az alacsonyabb aktivitási állapotokat ehhez viszonyítva határoztuk meg. Az új megközelítés lehetővé teszi a vulkáni folyamatok pontosabb nyomon követését, és hozzájárulhat a kitörésekhez kapcsolódó kockázatok jobb előrejelzéséhez és kezeléséhez.

Oláh László

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Müoграфия vulkánok szerkezeti jellemzésére: egy esettanulmány a japán Unzen-vulkánnál

A vulkánok a kitöréseket követően hosszú ideig instabilak maradhatnak, és a meggyengült lejtők összeomlása veszélyes földcsuszamlásokat okozhat. Az Oláh és társai (2026) által jegyzett vizsgálatban a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont és a Sabo Frontier Foundation egy természetes képkötő eljárást, a müoográfiát alkalmazta, amely a vulkánon áthaladó kozmikus részecskék detektálásával, a röntgenfelvételhez hasonló módon működik. A japán Unzen-vulkán több hónapon át tartó megfigyelésével fúrás nélkül készítettünk részletes képet a vulkán belső szerkezetéről. Az eredmények azt mutatták, hogy egyes lávaformációk sűrűsége alacsonyabb a környező kőzeténél, ami a korábbi kitörések utáni szerkezeti gyengülésre utal. A méréseket a csapadékatokkal összevetve a vizsgálati időszakban nem találtunk esőzés által kiváltott instabilitásra utaló jeleket. A kutatás igazolja, hogy a hosszú távú müonos képkötés hozzájárulhat a vulkáni stabilitás értékeléséhez és a földcsuszamlási kockázat pontosabb felméréséhez.

Oláh László

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

Meteorológia és Légköri Tudományok

Bolygó légkör-modellezés egy űrkísérletben

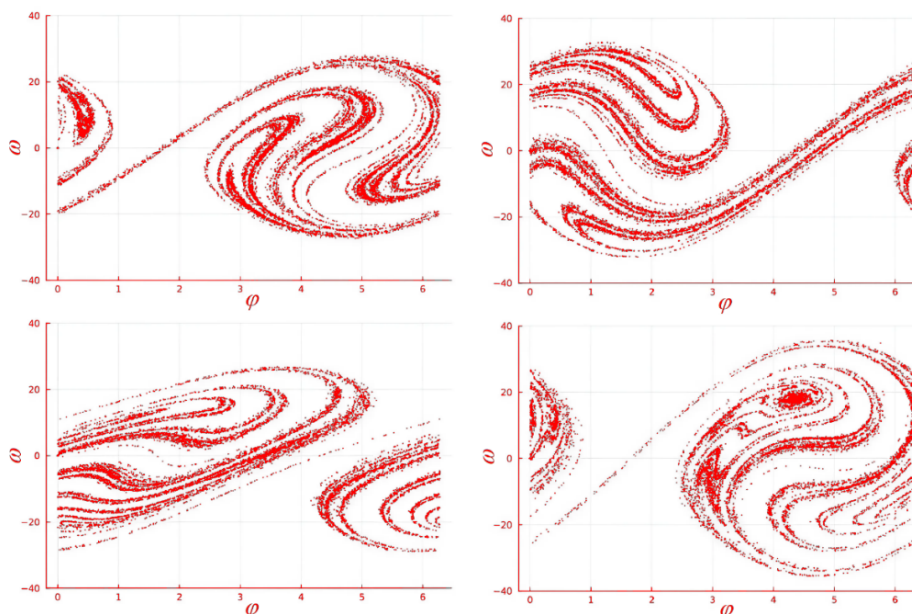
A DiRoS (Differential Rotation on a Sphere - Differenciális Forgás Gömbön) mikrogravitációs kísérletet azzal a céllal fejlesztettük ki, hogy hozzájáruljon a bolygók légkörének dinamikájának jobb megértéséhez. A gázóriás bolygókra és a csillagokra a differenciális forgás jellemző, vagyis egyenlítői térségeik gyorsabban forognak, mint a

sarkvidéki tartományaik. Így ezekben a légkörökben nyírási áramlások jönnek létre, amelyek stabil sokszögű mintázatokat hozhatnak létre – ilyen például a Szaturnusz északi pólusán megfigyelhető hatszög alakú ciklon. Bár a földi laboratóriumokban régóta modellezik a nagyléptékű légköri áramlásokat forgó hengeres tartályok segítségével, ezek a kísérletek nem tudták reprodukálni a bolygók gömb alakjából fakadó görbületet és egyidejűleg szabad folyadékfelszínt fenntartani. A DiRoS platformot a HUNOR (Hungarian to Orbit) Magyar Űrhajós Program keretében, az Axiom Mission 4 küldetésre fejlesztették ki; az eszköz egy kézi hajtású, differenciálisan forgatható, 3D-nyomtatott gömbből állt, amelyet körülbelül 1 cm vastag, jelzőrészecskékkel megjelölt vízréteg borított. Ahhoz, hogy a kísérlet jóváhagyást kapjon a küldetésre, a DiRoS projektcsapatának egy könnyű, egyszerűen kezelhető, tisztán mechanikus berendezést kellett létrehoznia úrminősített műanyagok felhasználásával. A küldetés során Kapu Tibor és Peggy Whitson űrhajósok manuálisan működtették a rendszert, miközben kamerák rögzítették az áramlási mintázatokat. A repülés utáni videóelemzés során sokszögű, Szaturnuszra emlékeztető áramlási struktúrákat azonosítottak, és az eredmények várhatóan hozzájárulnak a gázóriások – sőt részben a Föld – légköri instabilitásainak jobb megértéséhez.

Vincze Miklós
HUN-REN FI

Fáklyától attraktorig

Herein és társai (2025) a disszipatív kaotikus rendszerek időfüggő paraméterű fizikai kísérleteit vizsgálták (pl. ilyen rendszer az időfüggően gerjesztett disszipatív inga), és amellett érveltek, hogy az egy trajektóriás leírást sokaság-alapú leírással kell felváltani. Bemutatták, hogy a sokaság egy időfüggő pillanatkép-attraktorhoz konvergál, amelynek kiterjedésén belül kell a kísérleti jeleknek elhelyezkedniük, hogy a modell megbízhatónak legyen tekinthető. Továbbá bemutattak egy kétlépcsős átmeneti folyamatot: a trajektóriák gyors, kezdeti fáklya-szerű terjedését (hasonlóan a légköri sokasági előrejelzéshez), amelyet később a közös, időfüggő attraktor felé történő konvergencia vált fel. Az időfüggő pillanatkép-attraktor véges kiterjedésű, fraktál természetű és minden időpontban helyesen jellemzi a rendszer lehetséges állapotainak teljes tárházát (7. ábra). A megközelítés minden eltolódó paraméterű (időfüggő hajtású) rendszerre érvényes, így az ilyen dinamikát mutató (geo)fizikai mérésekhez, valamint a hozzájuk tartozó szimulációkhoz is jól illeszkedik.



7. ábra Disszipatív, gerjesztett inga pillanatkép-attraktorai, ω -fázistérben (szögsebesség-szögkitérés) $t = 20, 30$ (felső sor) és $40, 50$ másodperccel (alsó sor) az indítás után egy 10 000 elemből álló sokaság esetén.

Herein Mátyás, Haszpra Tímea
HUN-REN FI, HUN-REN Elméleti Fizikai Kutatócsoport

Légkörkémi modellek paraméterezése Schumann-rezonancia mérésekkel

Kínai kollégákkal együttműködve, a 2013–2021 közötti időszak Schumann-rezonancia (SR) méréseit első alkalommal használtuk fel egy légköri kémiai transzportmodell paraméterezésére, hogy számszerűsítsük a villámlás hozzájárulását a globális légkörkémi hosszútávú trendjeihez és évek közötti változékonyságához (Wang és társai, 2025). Az SR-alapú paraméterezést a gyakrabban alkalmazott villámadatbázisokon (WWLLN, TRMM LIS és ISS LIS) alapuló paraméterezésekkel összevetve megállapítottuk, hogy egyes esetekben az SR-alapú megközelítés jobban összhangban volt a vizsgált troposzférikus gázok (NO_x , ózon (O_3) és hidroxilgyökök (OH)) független méréseivel.

Bozóki Tamás
HUN-REN FI

Új modell segítheti a Schumann-rezonancia mérések értelmezését

Megfigyelési eredmények arra utalnak, hogy a tartós áramkomponenst mutató villámkisülések fontosabb szerepet játszhatnak a Schumann-rezonanciák (SR) gerjesztésében, mint azt korábban feltételeztük. E kérdés vizsgálatára egy módosított analitikus SR-modellt fejlesztettünk, amely figyelembe veszi a tartós áramkomponenssel rendelkező villámkisülések hatását (Bozóki és társai, 2025). A modelltől számított elméleti spektrumokat összehasonlítottuk egy véges differenciákon alapuló teljes numerikus modell eredményeivel, és nagyon jó egyezést kaptunk a két megközelítés között. Ez megerősíti, hogy az analitikus modell alkalmas az SR-mérések értelmezésére, mind a globális villámtevékenység, mind az egyedi, energikus villámkisülések tanulmányozása során.

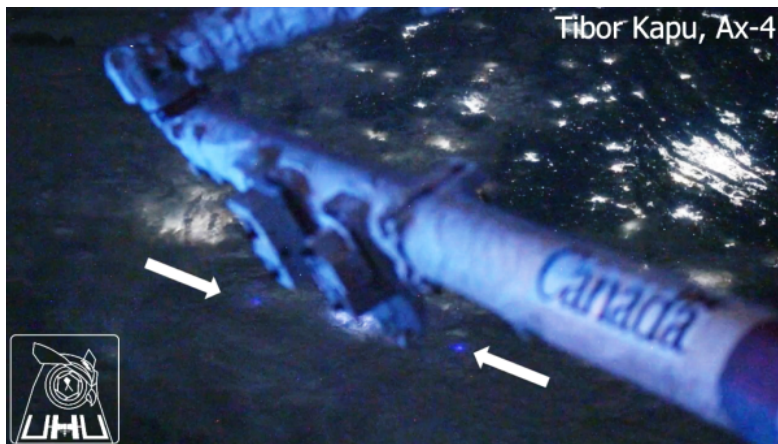
Bozóki Tamás
HUN-REN FI

Geomágnesesség és Aeronómia

Az UHU kísérlet villámok és felsőléggör elektromos kisülések megfigyelésére a világűrben

Az Axiom Space Ax-4 küldetésének legénysége 2025. június 26. és július 14. között 19 napot töltött a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén. A küldetés tudományos programjának részeként végrehajtott UHU-kísérlet (<https://uhu.epss.hu>) célja az volt, hogy az űrállomás Cupola moduljának ablakából intenzív villámlásokat és felhők feletti elektromos eredetű fényfelvillanásokat (FEF, vagy Transient Luminous Events, TLE) figyeljenek meg. A megfigyelések során az űrhajósok olyan zivatarcellákról készítettek videófelvevételeket, amelyeket a megfigyelési időablak előtt 24–36 órával előre jeleztek. A kísérlethez kapcsolódó projekt a HUNOR Magyar Űrhajósprogram támogatásával, a HUN-REN FI vezetésével és az Yoav Yair professzorral, az izraeli Reichman University kutatójával együttműködésben valósult meg.

A legénység 26 előrejelzett célterület megfigyelését kísérte meg és ezek közül 7 esetben sikerült értékelhető felvételeket készíteni. A rögzített anyagok elsődleges átvizsgálása során 8 gyűrűlidérc jelenséget, egy lidércudvarhoz hasonló eseményt, több kék pixeltündért („blue pixie”) (8. ábra), valamint egy vörös lidércet azonosítottak. Különösen intenzív villámtevékenységet figyeltek meg Közép- és Kelet-Afrika trópusi térségeiben, az Egyesült Államokban Dél-Karolina partvidéke felett, Kína középső területein, valamint Indonézia és a Fülöp-szigetek szigetvilágának a térségében.



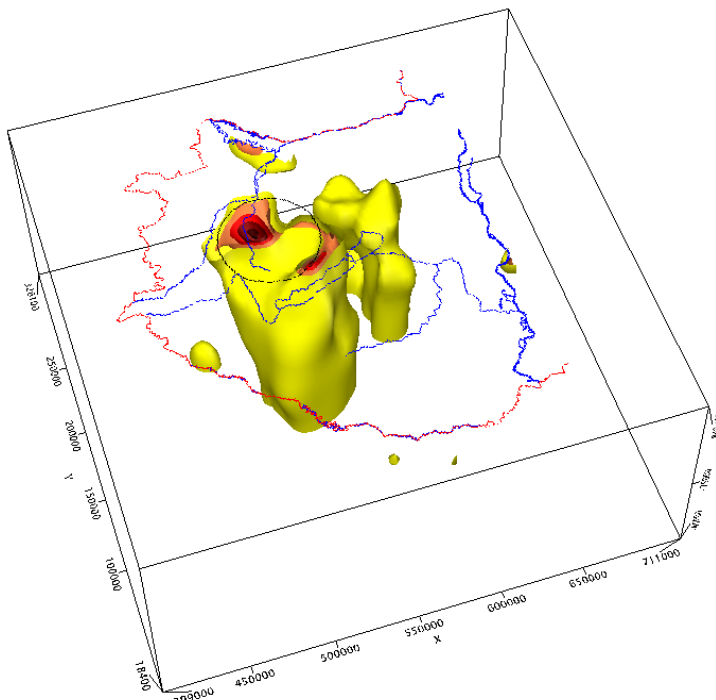
8. ábra Kék pixeltündérek a Kína felett repülő Nemzetközi Űrállomásról fényképezve 2025. július 4-én. Kapu Tibor felvételének részlete, Axiom Space Ax-4 misszió.

Az űrmissziót egy földi optikai megfigyelési kampány is támogatta, amelyben a világ különböző részeiről kutatók és amatőr megfigyelők nagy közössége vett részt. A civil észlelőknek sikerült vörös lidérceket lefényképezniük két olyan zivatar fölött, amelyeket előre jeleztek és az űrhajósok számára is javasoltak megfigyelésre, ám ezeket végül nem választották ki megfigyelésre az űrállomásról (Bór és Yair, 2026).

Bór József
HUN-REN FI

Háromdimenziós kéreganomália a magnetotellurika alapján a Balaton-felvidéken

Az archív magnetotellurikus (MT) mérések ritka hálóban lefedik a Dunántúl területét. 2022-ben elkezdjük a Magnetotellurikus Országos Alapszervények összeállítását a különböző időkben, eltérő projektekben, más-más mérőcsapatokkal és nem azonos mérőműszerekkel lemert szondázási adatokból. A Dunántúlon a két- és háromdimenziós megjelenítéshez az alapszervények mentén közel 800 db szondázási adatot használtunk fel (Kiss, 2025a).



9. ábra Háromdimenziós kéreganomália az átlagfázis paraméter értékei alapján a Balaton-felvidéken (45° - sárga, 48° - narancssárga, 50° - piros, 52° - barna, 54° - sötétbarna)

A mérési adatok feldolgozása során az impedancia átlagfázis értéke (Kiss, 2025b) alapján, a Dunántúlon egy háromdimenziós test rajzolódik ki (9. ábra), aminek eredete egy, a környezeténél jobb vezetőképességű, vagy nagyobb mágnesezettségű földtani képződmény a Balaton-felvidéki Vulkáni Régió alatt.

Kiss János
SZTFH, Földtani Szolgálat

Interplanetáris lökéshullámok terjedése a belső helioszférában

Lkhagvadorj és társai (2025) két, 2007-ben megfigyelt interplanetáris (IP) lökéshullám térbeli és időbeli fejlődését vizsgálta több űrszonda (STEREO-A/B, Wind, ACE és Cluster) egyidejű mérései alapján. A kutatás célja annak meghatározása volt, hogy az IP lökéshullámok hogyan változnak a Nap és a Föld közötti térségben, illetve milyen háromdimenziós szerkezetet mutatnak. A szerzők minimum variancia- és mágneses koplánaritás-elemzést alkalmaztak a lökéshullámok normálvektorainak meghatározására.

A 2007. május 7-i esemény egy gyors előrehaladó lökeshullám volt, amely közel síkszerű szerkezetet mutatott, és dőlésszöge jól követte a Parker-spirál irányát, ami arra utal, hogy kialakulásában koronális együttforgó kölcsönhatási régió (CIR) játszott szerepet. A 2007. április 23-i esemény ezzel szemben gyors visszafelé terjedő lökeshullámnak bizonyult, amelynek szerkezete csavarodott és lokálisan hullámos volt. A vizsgálatok alapján a lökeshullám-paraméterek mintegy 40 millió km-es térskálán alig változtak, vagyis a struktúrák ezen a méretskálán stabilnak tekinthetők. A tanulmány fontos eredménye, hogy a többpontos űrszondás megfigyelések segítségével elsőként sikerült ilyen részletességgel meghatározni interplanetáris lökeshullámok háromdimenziós alakját és eredetét, ami hozzájárulhat az űridőjárás folyamatok jobb megértéséhez.

Facsó Gábor
HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont,
Űrfizikai és Űrtechnológiai Osztály

Mikor tekinthetjük folyadéknak az űrplazmát?

Az űrplazmát legegyszerűbb esetben mágnesezett vezető folyadéknak tekintjük, és erre a képre építjük a plazmát leíró modelleket. Azonban az űrplazma olyan ritka, hogy az azt alkotó részecskék kozmikus távolságokat tudnak megtenni anélkül, hogy akár egyszer is ütköznenek más részecskékkel. Ez viszont megkérdőjelezi a folyadék leírás érvényességét, mivel annak egyik alapfeltevése, hogy a folyadékot alkotó részecskék sűrű ütközésekkel folyamatosan újraosztják egymás közt a mozgási energiát és impulzust, és ezért a részecske populáció átlagos jellemzői (mint a hőmérséklet és a nyomás) jól leírják a teljes rendszer viselkedését. Mivel űrplazmában az ütközések szerepe gyakorta elenyésző, sokáig kétséges volt, hogy a folyadékleírásokon alapuló modellek jóslatait használhatjuk-e az űrplazma jelenségeinek megértésére.

Új eredményeink (Nemeth, 2025) azt mutatják, hogy a mágneses tér kritikus szerepet játszik a részecskék közti energia és impulzus újraosztásában, olyannyira, hogy a részecskék és a mágneses tér közötti kölcsönhatás át tudja venni az ütközések szerepét mágnesezett űrplazmában. Erre a felfedezésre alapozva kidolgoztunk egy új kritériumot, ami útmutatást ad arra nézve, hogy a folyadék kép mikor alkalmazható űrplazmák leírására. Míg korábban a részecskék szabad úthosszának és a rendszer méretének hányadosa alapján következtettek a folyadék kép érvényességére, most kiderült, hogy a jelentősebb mágneses zavarok közti átlagos távolság veszi át a szabad úthossz szerepét a kritériumban. Mivel ennek értéke

űrplazmákban jellemzően sok nagyságrenddel kisebb, mint a szabad úthossz, a folyadék leírás sokkal szélesebb körben alkalmazható, mint korábban gondolták.

Németh Zoltán
HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont,
Úrfizikai és Űrtechnikai Osztály

ESA pályázati támogatás a turbulens dinamikai folyamatok vizsgálatára a földkörüli térségben

Sikeresen pályáztunk az ESA, 2024 folyamán meghirdetett „Second Fixed Call for Proposals under the Requesting Party Activity (RPA) in Hungary” c. pályázatán. Pályázatunk címe „Solar wind impact on turbulent dynamics of the terrestrial magnetosphere-ionosphere system, (SWIFT)”, futamideje 2025 májusától indulóan 3 év. A pályázat célja azoknak a fizikai folyamatoknak a vizsgálata, amelyek döntő szerepet játszanak a napszélből érkező energia eljutásában a Föld közvetlen környezetébe. Különös figyelmet fordítunk a bolygóközi mágneses és a geomágneses erővonalak összekapcsolódására, a turbulens plazmafizikai jelenségek vizsgálatára, a földközeli plazmában kialakuló elektromos áramok előfordulásaira, végeredményben pedig ezek egymással való kapcsolatára. A kiemelt jelenségek úridőjárásunk közvetlen formálói.

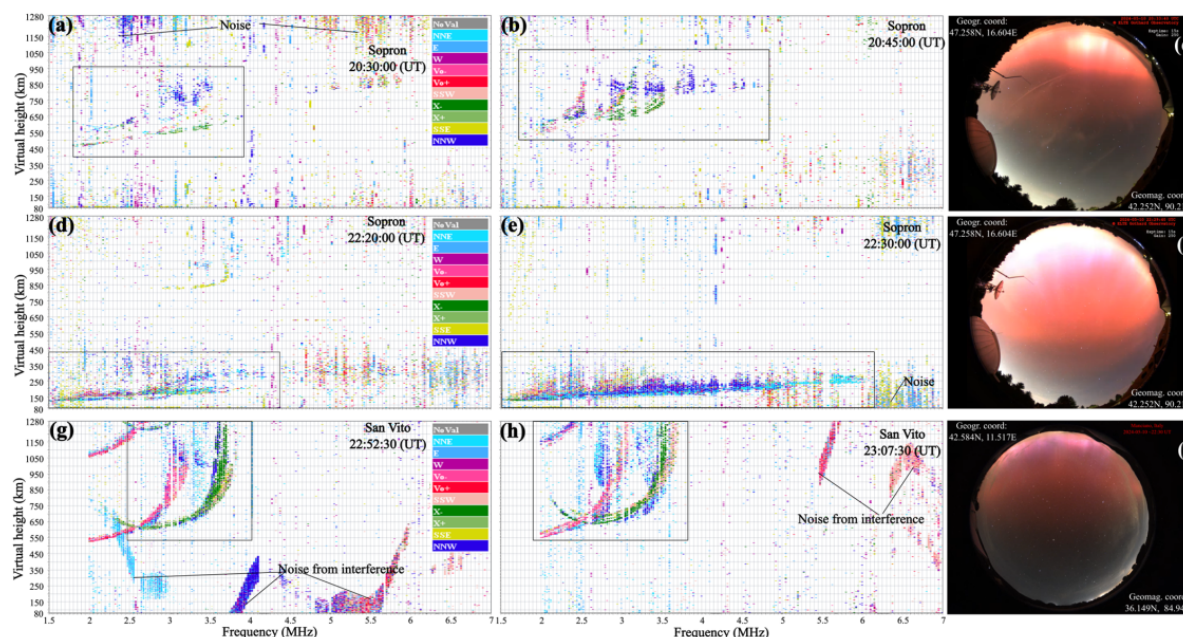
A vizsgálatokhoz több nemzetközi, Föld körül keringő űrmisszió – köztük a NASA MMS és Themis, valamint az ESA Cluster és Swarm misszióinak – mérési adatait használjuk. Eredményeink nemcsak az úridőjárás előrejelzését tehetik pontosabbá, hanem reményeink szerint más területeken (asztrofizika, folyadékdinamika vagy a fúziós reaktorok tervezése) zajló kutatásokban is hasznosulhatnak. A pályázatban a Wigner Fizikai Kutatóközpont Úrfizikai Osztályának munkatársai vesznek részt.

Kovács Péter, Madár Ákos
HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont,
Úrfizikai és Űrtechnikai Osztály

A 2024. májusi geomágneses szupervihar vizsgálata ionoszonda adatok alapján

Egy 2025-ben megjelent publikációban (Berényi és társai, 2025) a HUN-REN FI Ionoszféra Kutatócsoportja az ionoszféra 2024-es májusi geomágneses szuperviharra adott reakcióját vizsgálta közepes szélességi fokú földi és Swarm műholdas megfigyelések felhasználásával.

Ebben a tanulmányban leírásra került többek között a Sopronban most először megfigyelt aurorális szporadikus E-réteg, továbbá a kivételesen alacsony földrajzi szélességen (35° mlat) megjelenő aurorális F-réteg a vihar fő fázisa során. Ezek a kivételes észlelések optikai teljeségbolt-kamerák (all-sky kamerák) felvételeivel is alá lettek támasztva.



10. ábra Az all-sky kamerák optikai felvételeinek (jobb oldali oszlop, (c, f, i)) az ionogramokkal (első két oszlop, (a, b, d, e, g, h)) való összevetése. A sarki fényhez köthető visszaverődéseket fekete keretek jelölik az ionogramokon. A világoskék/sötétkék visszaverődési pontok az ÉKÉ/ÉNY irányt jelzik, míg a piros pontok a függőleges visszaverődéseket jelölik az ionogramokon.

Az eredmények rávilágítottak arra, hogy ezek az események a sarki fény övezet, valamint a közepes szélességű ionoszférikus plazma vályú extrém mértékű, egyenlítő irányú eltolódásával álltak kapcsolatban. Ennek eredményeként a közepes szélességű ionoszféra kiterjedése pusztán magára a vályúra korlátozódott. Az F-régióban kialakult az úgynevezett G-kondíció, amelyet a rétegek példátlanul sokáig tartó eltűnése követett május 11-én a nappali órákban. A Swarm műholdak adatai egyúttal megerősítették a nappali oldali elektronsűrűség tartós lecsökkenését az északi féltekén, ami a csökkent O/N2 aránnyal és a DDEF-ek (Disturbance Dynamo Electric Field) hatásával mutatott összefüggést.

Barta Veronika, Berényi Kitti Alexandra, Buzás Attila,
Heilig Balázs, Szárnya Csilla
HUN-REN FI, Ionoszféra Kutatócsoport

Egy konvektív cellák kialakulásával, és erős felsőlégköri széllel (jet stream) kísért hidegfront által keltett közepes skálájú terjedő ionoszféra-zavarok vizsgálata

A T-FORS Horizon Europe projekt fő célja olyan új modellek fejlesztése és validálása, amelyek lehetővé teszik a terjedő ionoszféra zavarok (TID) előrejelzését és a több órára előre történő riasztások kiadását. Barta és társai 2025-ben megjelent tanulmányában egy 2023 augusztusában bekövetkezett, heves konvekcióval kísért intenzív jet-front rendszer által keltett közepes skálájú terjedő ionoszféra-zavarokat (MSTID) vizsgálta. A kutatók európai ionosondák adatait, a folytonos Doppler-szondázó rendszer (CDSS) méréseit, valamint GNSS-mérésekből származó trendmentesített teljes elektron tartalom (TEC) adatokat elemeztek. Ezen túlmenően az elemzéshez referenciaként meteorológiai adatokat is felhasználtak. Meghatározták az MSTID-ek jelenlétét és terjedési tulajdonságait ezen események során, majd azokat összevetették a klimatológiai modell eredményeivel. A klimatológiai átlaghoz képest rendkívül magas MSTID-aktivitást figyeltek meg abban az időszakban, amikor a jet stream sebessége maximális volt a kontinentális Európa fölött, valamint a konvektív cellák kialakulásának idején.

Barta Veronika, Berényi Kitti Alexandra, Buzás Attila
HUN-REN FI, Ionoszféra Kutatócsoport

Nagyskálájú terjedő ionoszféra-zavarok gépi tanulási modellezésen alapuló előrejelzése

A nagyskálájú terjedő ionoszféra-zavarok (Large-Scale Travelling Ionospheric Disturbances, LSTID) olyan hullámszerű anomáliák az ionoszférában, amelyeket gyakran geomágneses viharok gerjesztenek, és amelyek kulcsfontosságú szerepet játszanak az űridőjárási események dinamikájában. A T-FORS projekt keretében kifejlesztésre került egy gépi tanulási modell, amely akár három órával előtte képes előrejelezni az LSTID-ek előfordulását az európai kontinens felett. A soproni Ionoszféra Kutatócsoport kutatói is részt vettek a modell validálásában. A validációs szakasz – amely egy átfogó értékelési és értelmezési lépésből, majd egy független detektálási módszerekkel végzett eseményszintű validációból állt – rávilágít a modell prediktív robusztus jellegére, ami a valós idejű űridőjárás-előrejelzés terén is jelentős potenciált sejtet (Ventriglia és társai, 2025).

Barta Veronika, Berényi Kitti Alexandra
HUN-REN FI, Ionoszféra Kutatócsoport

A plazmapauza szerepe a Pc1/EMIC-hullámok ionoszférabeli eloszlásában

A Pc1/EMIC hullámok felső ionoszférabeli térbeli eloszlását vizsgáltuk az ESA Swarm műholdak mérései alapján, különös tekintettel a plazmapauza ionoszférikus talppontjával való kapcsolatukra (Bozóki és Heilig, 2025). A plazmapauza helyzetét az éjszakai közepes szélességű ionoszférikus plazmavályú alapján határoztuk meg.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Pc1/EMIC hullámok többsége a plazmaszférán belül figyelhető meg, térbeli eloszlásuk pedig különböző geomágneses aktivitási szintek mellett is szorosan követi a plazmapauza helyzetének változásait. Ez alátámasztja azt a feltételezést, hogy a plazmapauza fontos szerepet játszik az EMIC hullámok magnetoszférabeli keletkezésében és/vagy terjedésében. A vizsgálat azt is kimutatta, hogy a Pc1-hullámok előfordulási maximuma nem a plazmapauzánál, hanem attól jelentős mértékben az Egyenlítő felé tolódva helyezkedik el. Ez arra utal, hogy az ionoszférában zajló móduskonverzió (amikor a beérkező transzverzális hullámokból kompressziós hullámok keltődnek) fontos szerepet játszik a megfigyelt eloszlások kialakításában. Az eredmények összességében rámutatnak a plazmapauza és az ionoszférikus körülmények meghatározó szerepére az EMIC hullámok terjedésében és megfigyelésében.

Bozóki Tamás, Heilig Balázs
HUN-REN FI

Balázs, L., Hamar, G., Csicsek, Á., Surányi, G., & Varga, D. (2025). Detection of fractured zones, faults and caves by 3D muon tomography based on high resolution muographic measurements in the Buda Hills, Hungary. *Scientific Reports*, 15, 17514.

<https://doi.org/10.1038/s41598-025-02510-0>

Barta, V., Potuznikova, K., Knížová, P. K., Chum, J., Mielich, J., Guerra, M., et al. (2025). Multi-instrument analysis of medium-scale travelling ionospheric disturbances generated by an intense tropospheric jet-front system with severe convection in Europe in August 2023. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 15, 31. <https://doi.org/10.1051/swsc/2025025>

Berényi, K. A., Barta, V., Szárnya, C., Buzás, A., & Heilig, B. (2025). Subauroral and Auroral Conditions in the Mid-and Low-Midlatitude Ionosphere over Europe During the May 2024 Mother's Day Superstorm. *Remote Sensing*, 17(14), 2492.

<https://doi.org/10.3390/rs17142492>

Bór, J., & Yair, Y. (2026). The contribution of citizen observers to the UHU lightning and TLE observation campaign on the International Space Station in 2025. EGU General Assembly 2026, Vienna, Austria, 3–8 May 2026, EGU26-6579.

<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu26-6579>

Bozóki, T., & Heilig, B. (2025). Spatial Distribution of Pc1/EMIC Waves Relative to the Nightside Ionospheric Footprint of the Plasmopause. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 130(2), e2024JA033385. <https://doi.org/10.1029/2024JA033385>

Bozóki, T., Mlynarczyk, J., Prácser, E., Kulak, A., Satori, G., Füllekrug, M., & Williams, E. (2025). Modeling the global electromagnetic resonance field produced by lightning discharges with a continuing current. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 130(23), e2025JD043989. <https://doi.org/10.1029/2025JD043989>

Csatlós, M., Süle, B., AlpArray Working Group, & PACASE Working Group (2024). Calibration of the Local Magnitude Scale for Hungary. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 115(1), 163–173. doi: <https://doi.org/10.1785/0120240090>

Gilányi, G., & Molnár, G. (2025). Sub-regional Taylor-series modeling of the gravity potential based on von Eötvös' torsion balance measurements. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 60, 335–356. <https://doi.org/10.1007/s40328-025-00473-2>

Herein, M., Tél, T., & Haszpra, T. (2025). A simulation-supported thought experiment for measuring low-dimensional chaotic systems subjected to parameter drift. *Chaos*, 35(6), 063137. <https://doi.org/10.1063/5.0230984>

Kalmár, D., & Balázs, A. (2025). Upper and lower crustal deformation and residual topography in a continental back-arc: Inferences from the Pannonian-Transylvanian Basins. *Tectonophysics*, 894. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230572>

Kalmár, D., Petrescu, L., Hetényi, G., Michailos, K., Süle, B., Neagoe, C., et al. (2025). Mantle transition zone analysis using P-to-S receiver functions in the Alpine–Carpathian–Dinarides region: impact of plumes and slabs. *Geophysical Journal International*, 243(1), ggaf313. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaf313>

Kiss J. (2025a). Háromdimenziós kéreganomália a magnetotellurika alapján a Balaton-felvidéken. *Magyar Geofizika*, 66(4), 118–135.

Kiss J. (2025b). Magnetotellurika a gyakorlatban – az impedancia fázisparamétere. *Magyar Geofizika*, 66(2), 54–66.

Lkhagvadorj, M., Facskó, G., Opitz, A., Kovács, P., & Sibeck, D.G. (2025). Propagation of Interplanetary Shocks in the Inner Heliosphere. *The Astrophysical Journal*, 980, 137. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ad9d12>

Nemeth, Z. (2025). New Criterion for Fluid Model Applicability in Space Plasmas. *The Astrophysical Journal*, 994(59). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ae17b2>

Oláh, L., & Tanaka, H. K. M. (2025). Toward joint muography and ground deformation monitoring for volcanic unrest assessment. *Journal of Applied Physics*, 138(6). <https://doi.org/10.1063/5.0275038>

Oláh, L., Nakamichi, H., Ohminato, T., Tanaka, H. K. M., & Varga, D. (2025). Magma migration beneath the active craters of Sakurajima volcano before the 2023 eruption of Showa crater inferred from ground deformation and muon monitoring. *Earth, Planets and Space*, 77, 196. <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02325-3>

Oláh, L., Tercsi, L., Varga, D., Tanaka, H. K. M., Kubo, S., Yoshida, S. (2026). Muography for structural characterization of volcanoes: a case study at Mount Unzen, Japan. *Geophysical Journal International*, 244, ggaf482. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaf482>

Pásztor, M., Sindelarova, T., Ghica, D., Mitterbauer, U., Liashchuk, O., Lacanna, G., et al. (2025). Automatic signal discrimination using machine learning on the data from the Central and Eastern European infrasound network. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 130, e2025JD044047. <https://doi.org/10.1029/2025JD044047>

Rábóczki, B., Surányi, G., Hamar, G., & Balázs, L. (2025). Void discovery inside Esztramos Hill using muographic methods. *Scientific Reports*, 15, 33394. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-18569-8>

Süle, B., Czece, B., Czifra, T., Csatlós, M., Gyarmati, A., Gyóri, E., et al. (2025). Seismological Network in Hungary: Insights from the AdriaArray Operational Period. *Annals of Geophysics*, 68(5), DM559. <https://doi.org/10.4401/ag-9321>

Ventriglia, V., Guerra, M., Cesaroni, C., Spogli, L., Altadill, D., Segarra, A., et al. (2025). An explainable Machine Learning model for Large-Scale Travelling Ionospheric Disturbances

forecasting. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 15, 25.

<https://doi.org/10.1051/swsc/2025020>

Wang, X., Zhang, Y., Bozóki, T., Liang, R., Xie, X., Zhao, S., et al. (2025). Contributions of lightning to long-term trends and inter-annual variability in global atmospheric chemistry constrained by Schumann resonance observations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25(15). <https://doi.org/10.5194/acp-25-8929-2025>

Wéber, Z., Gyóri, E., Gyarmati, A., Czece, B., & AdriaArray Seismology Group (2025). Analysis of the Szarvas, Hungary, Earthquake Swarm of 19 August 2023: A Case Study in a Low-Seismicity Sedimentary Basin. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 115(4), 1497–1513. doi: <https://doi.org/10.1785/0120250011>