


A Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium és kutatási programja

Ván Péter

 **WIGNER** Fizikai Kutatóközpont, Részecske és Magfizikai Intézet
Csillagászati és Földtud. Kutatóközp., Geodéziai és Geofizikai Int.
Miskolci Egyetem, Geofizikai Intézet

Budapest, 2016. május 5.

- 1 Bevezetés: a kövekről
- 2 Gravitációs hullámok interferometrikus detektálása: a zaj
- 3 A Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium

A puha kövek I



A puha kövek II

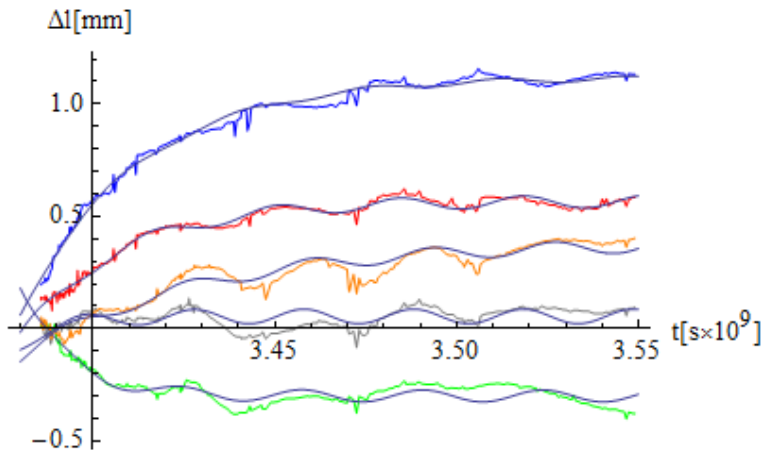


A puha kövek III

A kanadai Földalatti Kutatólaboratórium (Underground Research Laboratory) "Mine by" kísérlete:
420m mélyen, ép "Lac du Bonnett" gránitba robbantás nélkül fúrt 3.5 m átmérőjű kör keresztmetszetű alagút néhány év után.



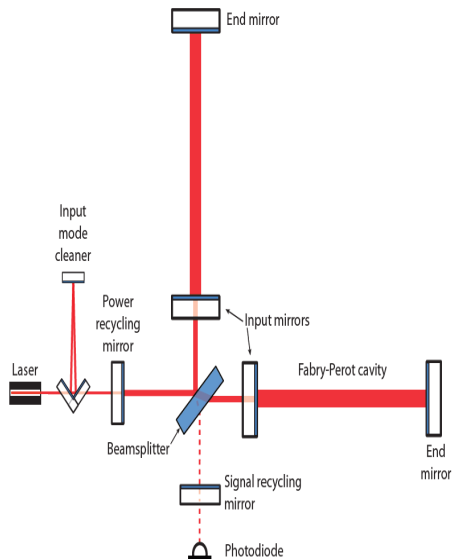
A puha kövek IV



A bátaapáti atomhulladéklerakó egyik extenzométerének adatai. A berendezés különböző hosszúságú mérőszálainak hosszváltozása az idő függvényében. Konvergencia sebessége néhány mm/év, a hullámzás az éves hőmérsékletingadozás hatásait mutatja.

Michelson interferométerek érzékenységének fejlődése

- Első gravitációs hullám detektor:
Kalifornia 1971. Karhossz 8.5 m,
érzékenység $\sim 10^{-16} 1/\sqrt{\text{Hz}}$
- Technikai újítások:
 - összehangolt karhossz ("dark fringe" működés),
 - teljesítmény recirkuláció,
 - Fabry-Perot karüregek,
 - bemeneti módus tisztítás,
 - jel újrafelhasználás
- Ma LIGO: karhossz 4000 m,
érzékenység $\sim 10^{-23} 1/\sqrt{\text{Hz}}$.
VIRGO: karhossz 3000 m,
érzékenység $\sim 4 \times 10^{-23} 1/\sqrt{\text{Hz}}$.



Mit mérnek?

A méter pontossága SI-ben: $\frac{\Delta l}{l} \sim 10^{-14}$

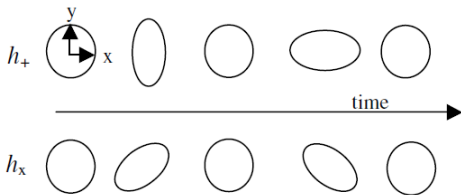
Az interferrometrikus detektorok pontossága: $\frac{\Delta l}{l} \sim 10^{-23}$

Hogy lehet ez?

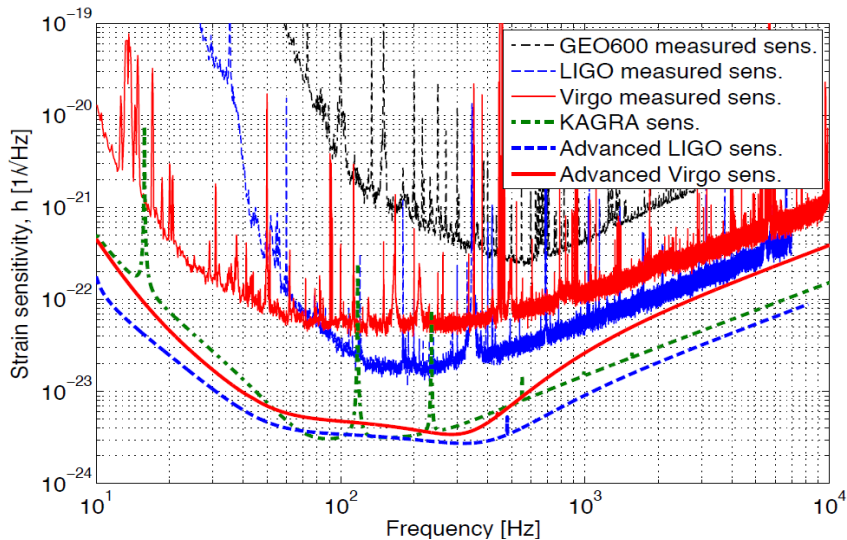
Távolságmérés = időmérés, mert a fénysebesség az SI-ben pontos érték.

Távolságmérés pontossága = a legpontosabb atomórák pontossága.

Itt: elliptikus polarizáció, relatív karhosszváltozás. Egyformaságeltérés.

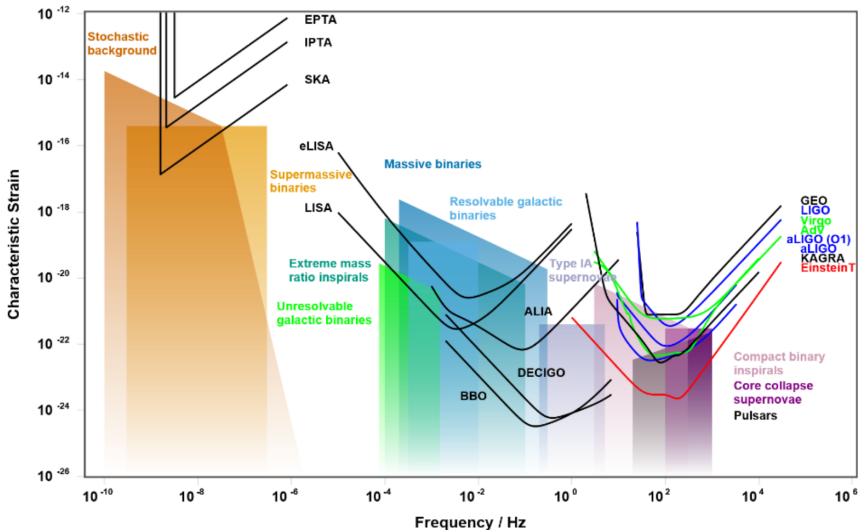


Érzékenységek

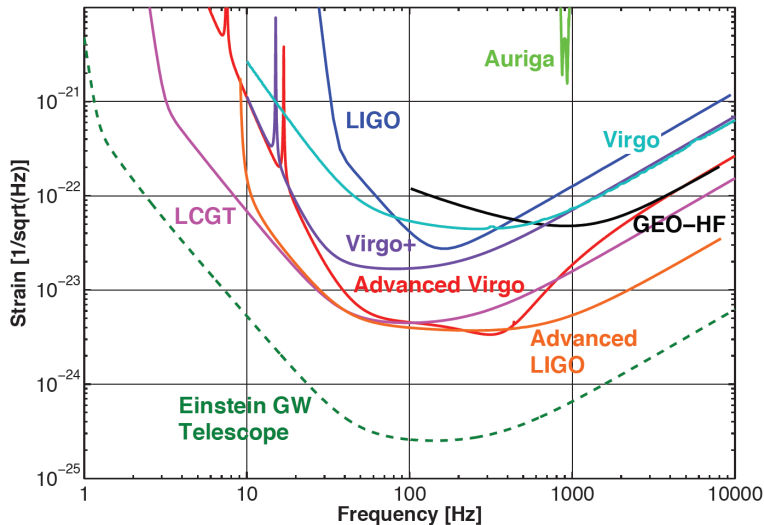


rezonanciák: 50Hz EU, 60Hz USA, ...

Gravitational Wave Detectors and Sources



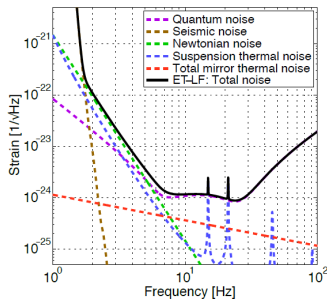
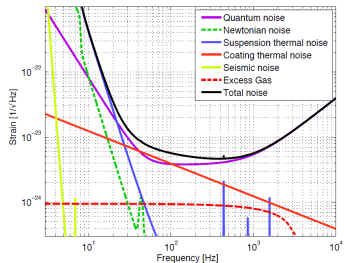
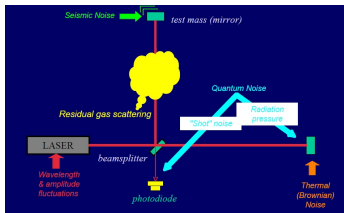
Érzékenységek ++



LCGT = Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope = KAGRA

Zajforrások – fejlett Virgo és Einstein Teleszkóp

- Foton sörétzaj + Sugárnyomás zaj
→ standard kvantumzaj
- Newtoni zaj
- Termikus zaj: felfüggesztés és bevonat
- Szeizmikus zaj
- Maradék gázon szóródás

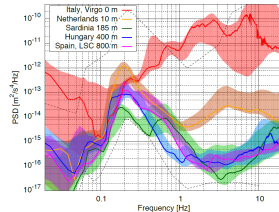


Zajalapok

- Kisebb zajt kevésbé kell csillapítani
- Alacsony frekvencián civilizációs és környezeti zajok
- 20Hz felett passzív alatta aktív csillapítás.
- Kompakt kettősök, összeolvadási idő:

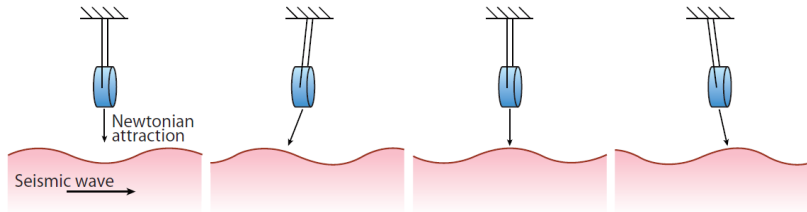
$$\tau_0 \sim f_0^{-8/3}$$

f_0 – kezdeti keringési frekvencia



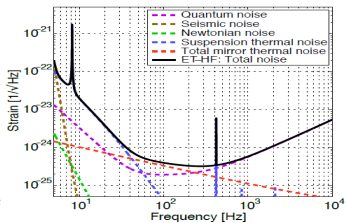
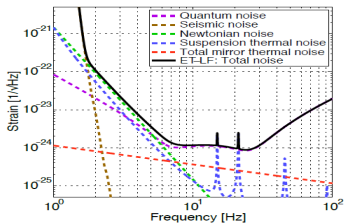
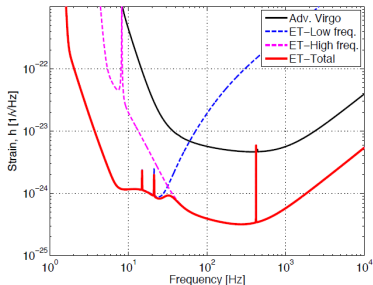
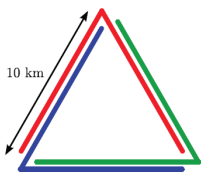
Newtoni zaj: közvetlen csatolás

Szeizmikus forrás: P-S és Rayleight hullámok



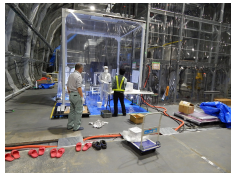
Aktív szűrés: közelemélet és mért átviteli függvények.

Harmadik generáció: Einstein Teleszkóp (európai álm)

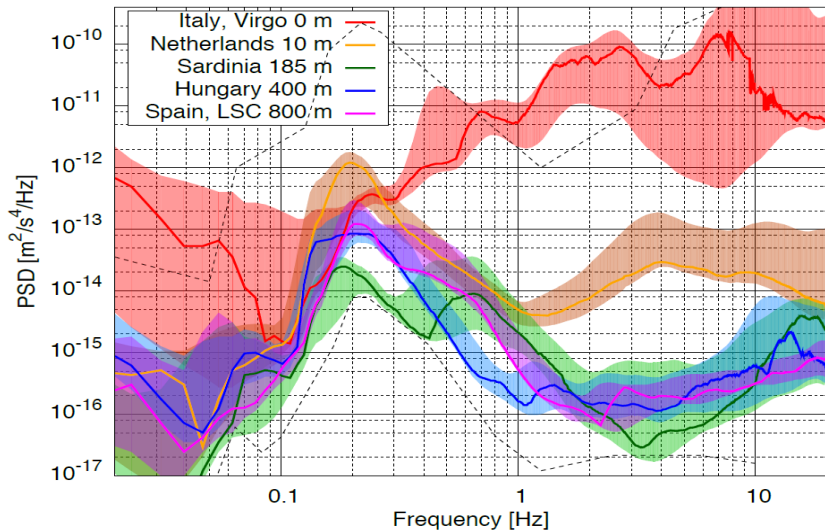


Érzékenysége 10-szerese a 2. generációnak: 1000-szer több esemény.

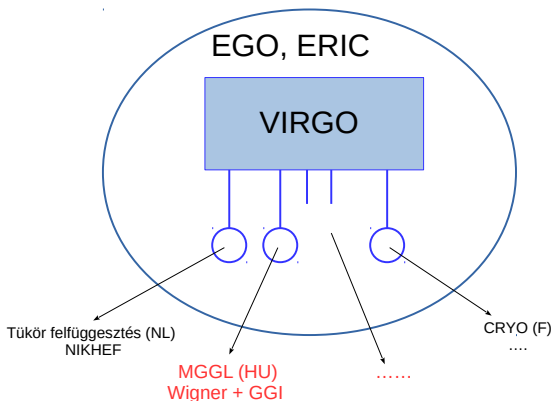
KAGRA



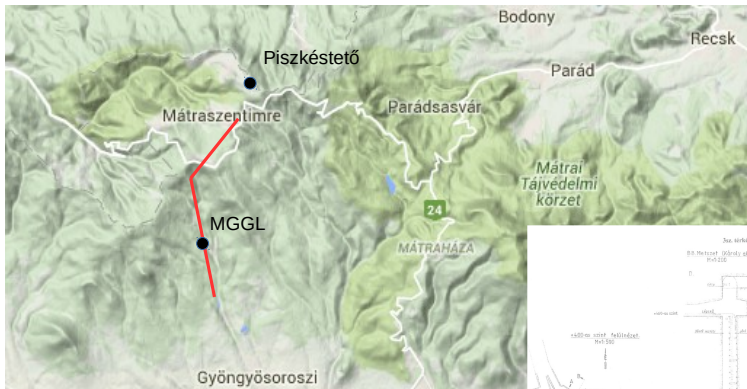
Hűtött tükrök a föld alatt. Fővizsgáló: Takaaki Kajati-san (0.5 Nobel 2015)



- MTA, Wigner FK Pizskézetői telephelye → Gyöngyösorosi,
- EGO: European Gravitational Observatories,
- EGO ERIC: European Res. Infrastructure Cons., 2016 őszén,
- IGRAINE: H2020 pályázat az ERIC megalakítására



MGGL - Hol van?



Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratórium:

Gyöngyösoroszi bánya (ólom és cink), rekultiváció alatt

Károly táró: befelé 1325m, 70m mély.



A mátraszentimrei aknalejárát

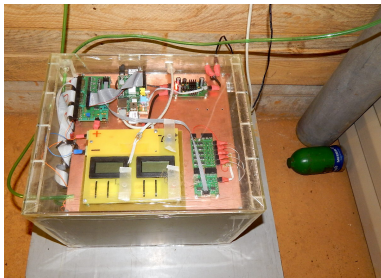


A Károly táró bejárata

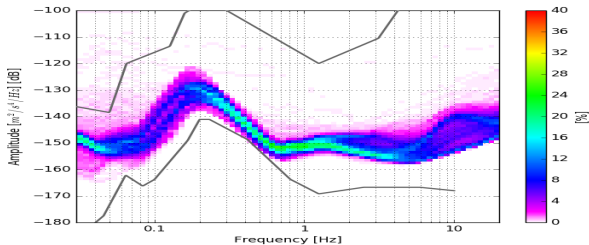
MGGL - Mi van benne?



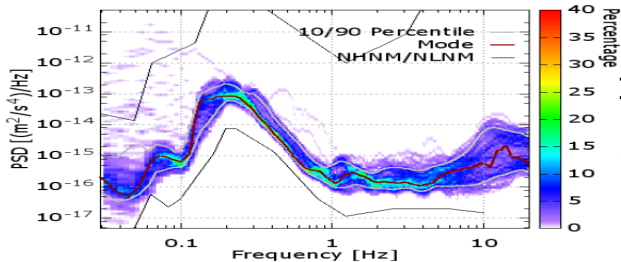
MGGL - műszerek



Előzetes eredmények



Mátra 2016, 70m.



Mátra 2007, 400m.

- A kövek lassan puhák
- GH detektálás jövője: az alacsony frekvenciák fontosak
- Fő korlátok: szeizmikus és Newtoni zaj

- MGGL zajmérések:
 - a Mátra szeizmikus, elektromágneses feltérképezése,
 - speciális infrahang detektorok és szeizmográfok bemérése
 - Newtoni zaj: kőzet átviteli függvény mérés
- MGGL kőzetmérések: általános kontinuumelmélet, kőreológia, atomhulladék, hővezetés, in situ feszültségek (ASR), ...

Az MGGL létrehozásában és fenntartásában közreműködő ipari partnereink

NITROKÉMIA Zrt., Balatonfűzfő

Udvardi Péter, vezérigazgató,
Váradi Árpád, projektvezető

Geo-Faber Zrt., Pécs

Töllösy Pál vezérigazgató,
Weisz Róbert projektvezető
Román Árpád bányamester

Az MGGL kutatások résztvevői

- Wigner FK.:
 - *Elméleti Fizika Főosztály:* Ván Péter, Vasúth Mátyás, Barnaföldi Gergely Gábor, Barta Dániel*, Kovács Róbert*,
 - *Innovatív Detektorfejlesztés Lendület csoport:* Varga Dezső, Oláh László, Pázmándi Péter*, ...
 - DAQ laboratórium: Dénes Ervin⁺, Dávid Ernő,
 - MGGL műszaki vezető: Huba Géza
- CsFK GGI: Wesztergom Viktor, Lemperger István, Gráczer Zoltán (külön köszönet a szeizmogrammokért), Wéber Zoltán, Cziffra Tibor, Novák Attila*, Süle Bálint*, ...
- Miskolci Egyetem: Dobróka Mihály
- Varsói Műszaki Egyetem: Tomek Bulik, Dorota Rosinska, Mariusz Suchenek
- NIKHEF, Hollandia: Jo van den Brand, Maria Bader*,
- Továbbá: Vásárhelyi Balázs (BME), Novák Tamás (KRF), Molnár József (Atomki), Fenyvesi Edit* (Atomki)

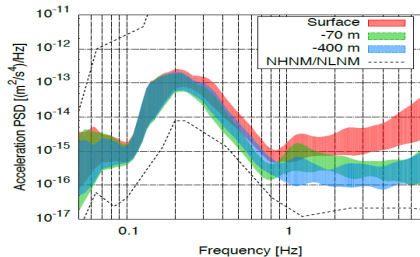
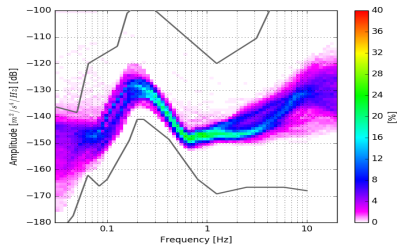
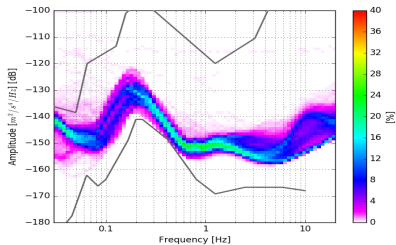
*doktorandusz v. MSc hallgató

Mátrai Gravitációs és Geofizikai Laboratóriumot ezennel megnyitottnak tekintjük

Az előadásban felhasználtam a Virgo kollaboráció és főleg M.G Beker számos ábráját.

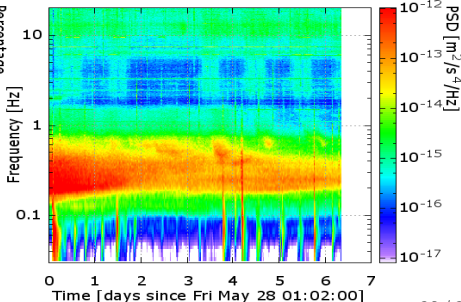
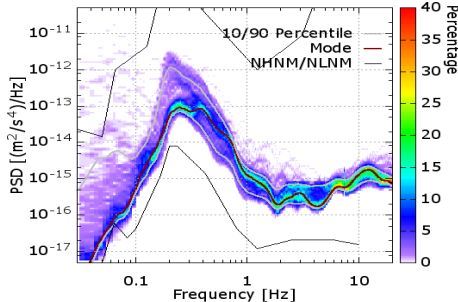
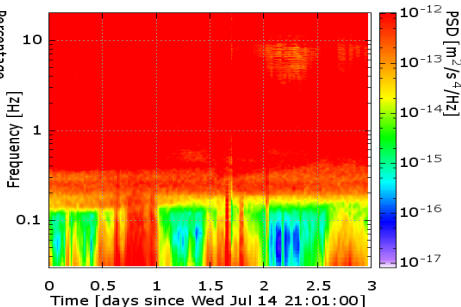
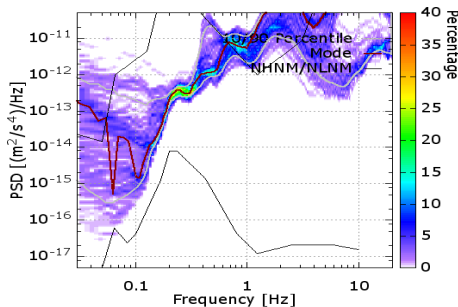


Előzetes eredmények: 2016 Piszkés+MGGL - 2007 mind

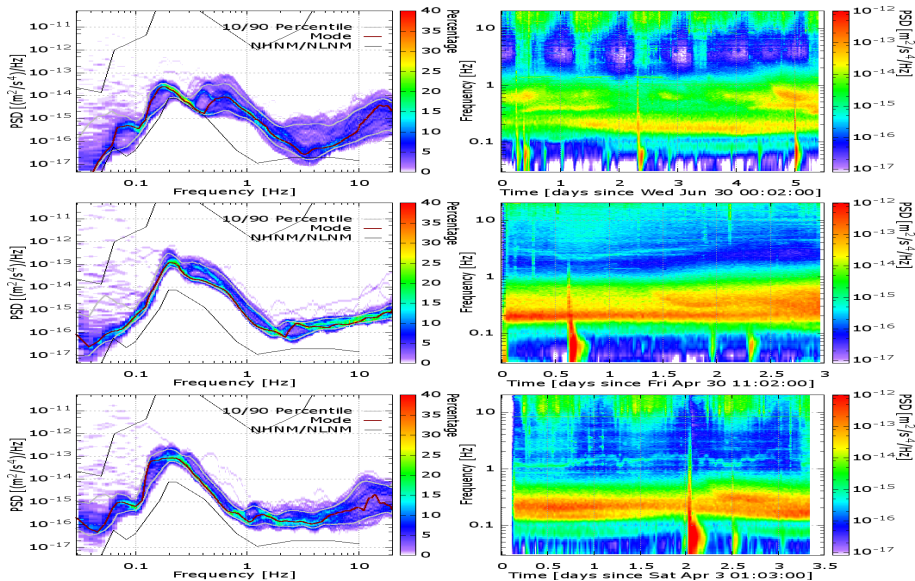


- Puha kövek zajonganak: mikroszeizmológia
- Folyékonyság időskála: atomhulladék
- Feszültségek a mélyben: bányászat és mélyépítés, Anelastic Strain Recovery
- Kőzetmérések, általános kontinuumelmélet?

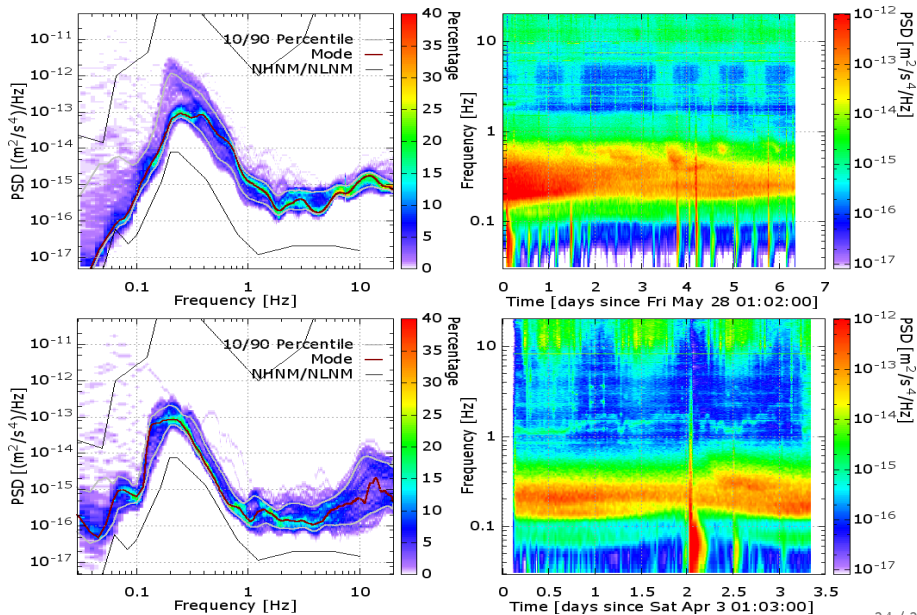
Virgo-Kagra (Kamioka, 1000m)



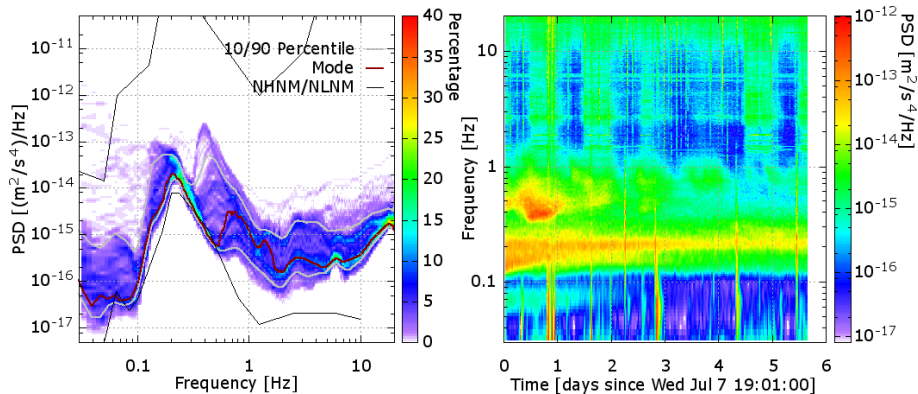
Szardínia (189m) - Pireneusok (900m) - Mátra (400m)



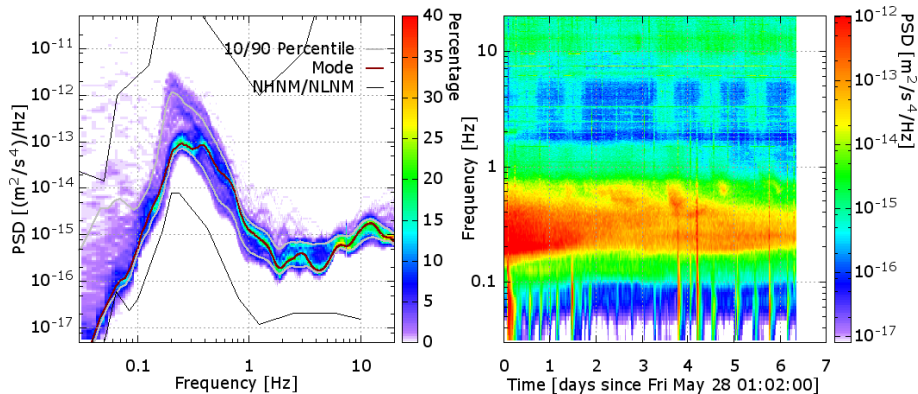
Mátra (400m) - Kamioka (1000m)



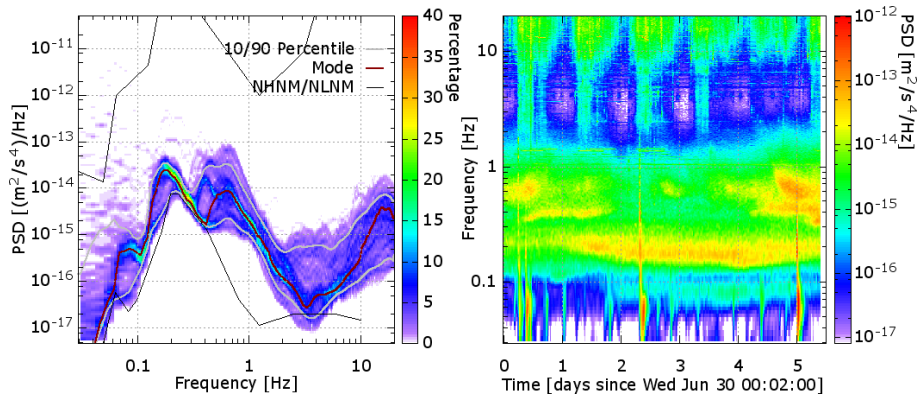
Gran Sasso, 1400m



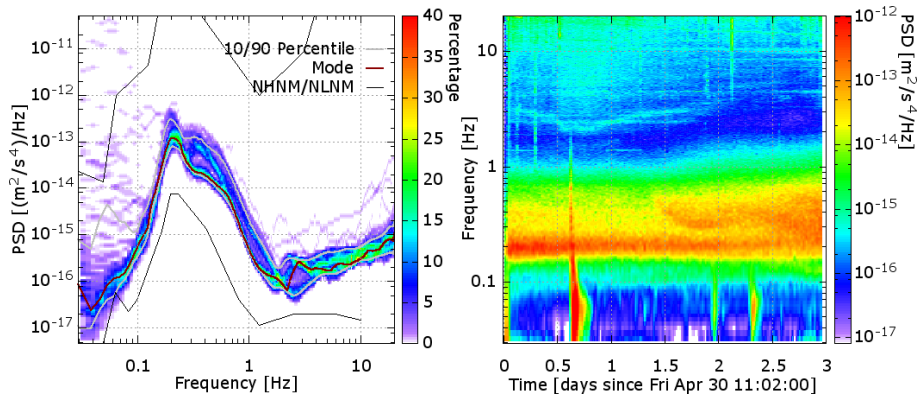
KAGRA, Kamioko, Japan



Szardínia



Pireneusok, Spanyolország, Canfrac



Gyöngyösoroszi

