



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



KRYCÍ LIST – VÝSTUPY

Název výstupu	Databáze monitorovacích sítí seismických stanic a dilatometrů
Výzkumný program	VP2 - Indukovaná seismická a tektonická napětí
Partner/partneři	Přírodovědecká fakulta UK a Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR
Termín zpracování	5/2020

Název projektu	Modernizace výzkumné infrastruktury RINGEN (RINGEN+)
Registrační číslo	CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_013/0001792
Žadatel	Univerzita Karlova – Přírodovědecká fakulta



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Databáze monitorovacích sítí seismických stanic a dilatometrů

Tomáš Fischer a Filip Hartvich

Úvod

Podmínkou bezpečného vytvoření a provozu podzemního geotermálního výměníku s ohledem na seismickou aktivitu a deformace zemského povrchu je dlouhodobé sledování výskytu zemětřesení a dalších projevů geodynamických procesů. Zde se jedná nejen o období během vlastní realizace geotermálního projektu, ale především období před jeho započítím, kdy je třeba zjistit tzv. seismické pozadí sestávající z přirozené seismicity. Jen v případě, že je úroveň přirozené seismické aktivity známa, je možné posoudit vliv lidské činnosti na narušení horninového prostředí a případné zvýšení četnosti zemětřesení. V rámci projektu RINGEN bylo navíc rozhodnuto o sledování pomalých pohybů zemského povrchu, které nemají za následek vznik zemětřesení, ale mohou také vést k porušení staveb a indikují probíhající procesy v podzemí.

Pro realizaci těchto úkolů byly v rámci infrastruktury RINGEN vybudovány dvě monitorovací sítě. Jedná se o seismickou síť GRSN (Geothermal Research Seismic Network) ke sledování zemětřesení a síť citlivých 3D dilatometrů TM-71 ke sledování pomalých pohybů na tektonických zlomech.

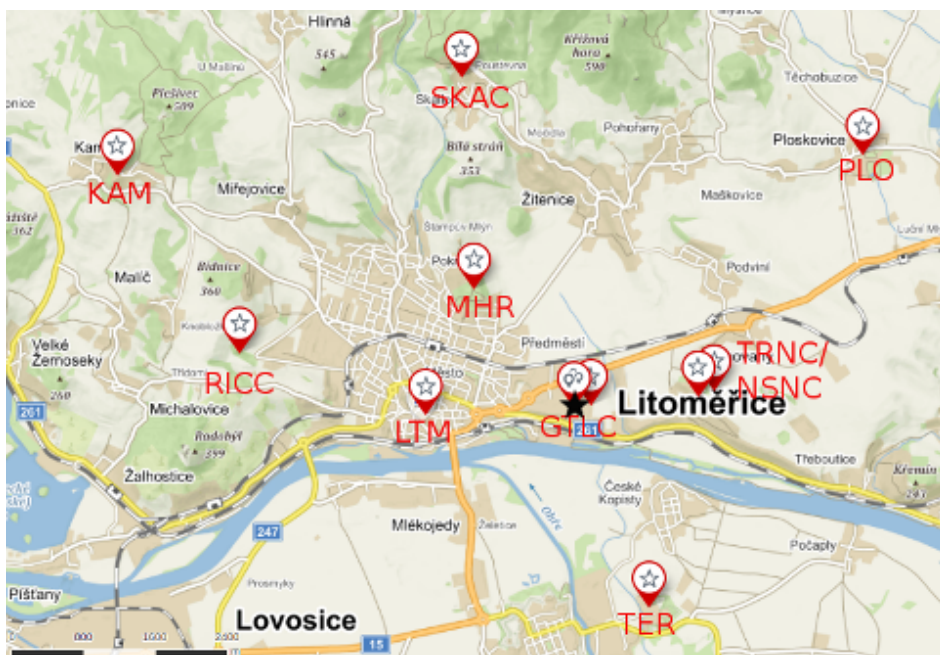
Seismická síť GRSN

Seismická síť GRSN sestává z celkem 9 povrchových stanic a dvou seismických stanic umístěných ve vrtu, které mají za cíl zvýšit citlivost detekce velmi slabých jevů v místě průzkumného geotermálního vrtu PVGT-LT1. Mezi nimi 5 stanic pracuje v online režimu, kdy jsou jimi zaznamenaná data dostupná v reálném čase, což umožňuje nasazení systému včasného varování v případě zvýšení seismicity při budoucích pracích na geotermálních vrtech. Mapa na Obrázku 1 znázorňuje rozmístění stanic sítě.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



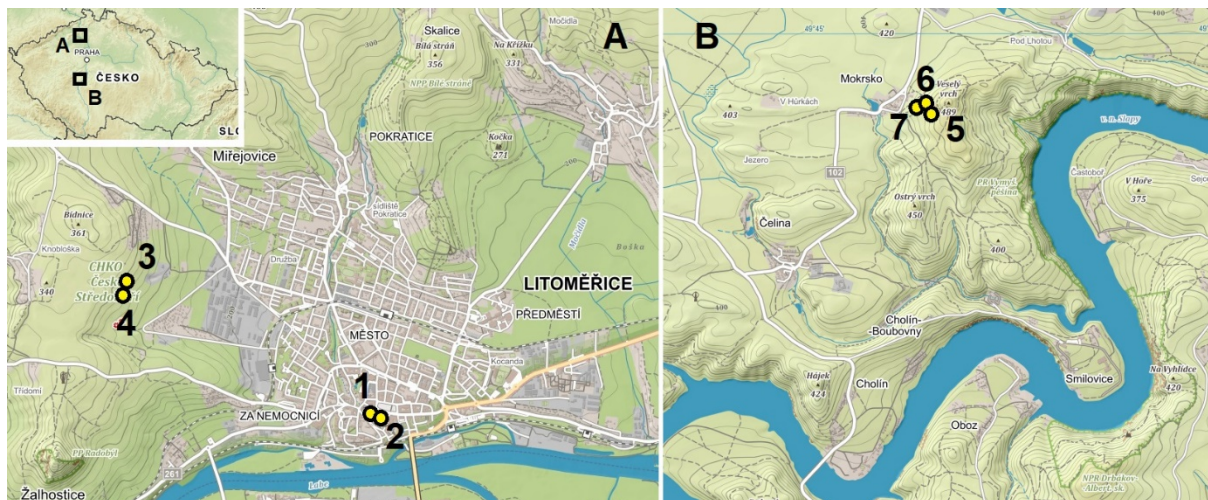
Obr. 1. Mapa sítě seismických stanic GRSN. Průzkumný vrt PVGT-LT1 je znázorněn černým symbolem. Stanice TRNC byla v roce 2019 nahrazena stanicí NSNC.

Kontinuální data z online stanic sítě jsou v reálném čase stahována na datový server v centru RINGEN a na záložní server na PŘF UK. Data z ostatních stanic jsou periodicky stahována a ukládána na stejných místech.

Popis seismické sítě GRSN včetně technických parametrů stanic a mapy je dostupný na webové prezentaci projektu <https://rin-gen.cz/cz/sluzby/vybaveni-a-technologie/seismicka-monitorovaci-sit>. Další údaje o stanicích a katalog denních seismogramů online stanic je publikován na adrese <https://web.natur.cuni.cz/uhiug/ringen/mapa.php>

Sít dilatometrů TM-71

V souladu se studií proveditelnosti byla vybudována síť 3D dilatometrů TM-71. Před zahájením instalací byla provedena analýza tektonických a stabilitních poměrů v širším okolí plánovaného geotermálního vrtu. Součástí analýzy byla rešerše podkladů, zpracování morfometrických charakteristik a indikátorů tektonických linií na základě DMR v prostředí GIS, a rovněž byla provedena terénní rekognoskace a zhodnocení potenciálních lokalit pro instalaci monitoringu pohybů na zlomech.



Obr. 2. Mapa sítě 3D dilatometrů TM-71 v okolí Litoměřic (A) a na lokalitě Mokrosko-Čelina (B). Monitorovací body: 1 – Litoměřice1, 2 – Litoměřice2, 3 – Richard1, 4 – Richard2, 5 – Josef1, 6 – Josef2, 7 – Josef3.

Přístroje TM-71 byly poté osazeny na vybraných lokalitách, a to jednak v okolí plánovaného hlubinného geotermálního výměníku, jednak na srovnávací lokalitě hlubinného dolu Mokrosko-Čelina v krystaliniku Jílovského pásma.

První lokalitou je podzemní komplex Richard (cca 2 km Z od Litoměřic), spravovaný SÚRAO jako podzemní úložiště radioaktivních odpadů. Na dvou tektonických poruchách ($220^{\circ}/85^{\circ}$ a $176^{\circ}/82^{\circ}$) zde byl instalován dva automatizované přístroje TM-71. Tato instalace umožňuje sledování chování tektonických poruch během hloubení a stimulace vrtů, neboť leží nedaleko od lokality vrtu. Zároveň tím bude možné sledovat potenciální vliv na bezpečnost citlivé lokality úložiště radioaktivních odpadů.

Další dva automatizované dilatometry TM-71 byly instalovány na tektonických poruchách, porušujících betonový nástřik v katakombách pod Mírovým náměstím v Litoměřicích (s orientacemi $120^{\circ}/90^{\circ}$ a $140^{\circ}/90^{\circ}$). Cílem této instalace je sledování chování tektonických poruch přímo pod centrem městské památkové rezervace. Je tak možné provádět kontrolní sledování případných vlivů vrtání a stimulace na základy chráněných budov.

Třetí osazenou lokalitou v rámci projektu byla v podzemní laboratoř ČVUT Josef v bývalém dole Mokrosko-Čelina. Zde byly osazeny 3 přístroje (z toho dva z projektu) na strukturách orientovaných $200^{\circ}/85^{\circ}$, $70^{\circ}/85^{\circ}$ a $20^{\circ}/85^{\circ}$. Cílem této instalace bylo sledování chování tektonických poruch ve skalním masívu při experimentální stimulaci (experimenty MiSGE). Instalace musela být provedena co nejdříve, aby bylo možné zachytit chování masivu před započítím stimulace. To umožní zjistit vliv stimulace na mikropohyby na zlomových poruchách v mezoměřítu a spolu se seismickým monitoringem bude poté možné využít poznatky pro sledování reakce horninového prostředí při reálné stimulaci v geotermálním vrtu.

Všechny přístroje jsou vybaveny automatickým odečtem a odesíláním dat, takže je možné je spravovat a přistupovat k datům online. Data jsou odesílána a shromažďována na serverech ÚSMH a dále zpracovávána. Informace o monitorovaných lokalitách jsou na webové

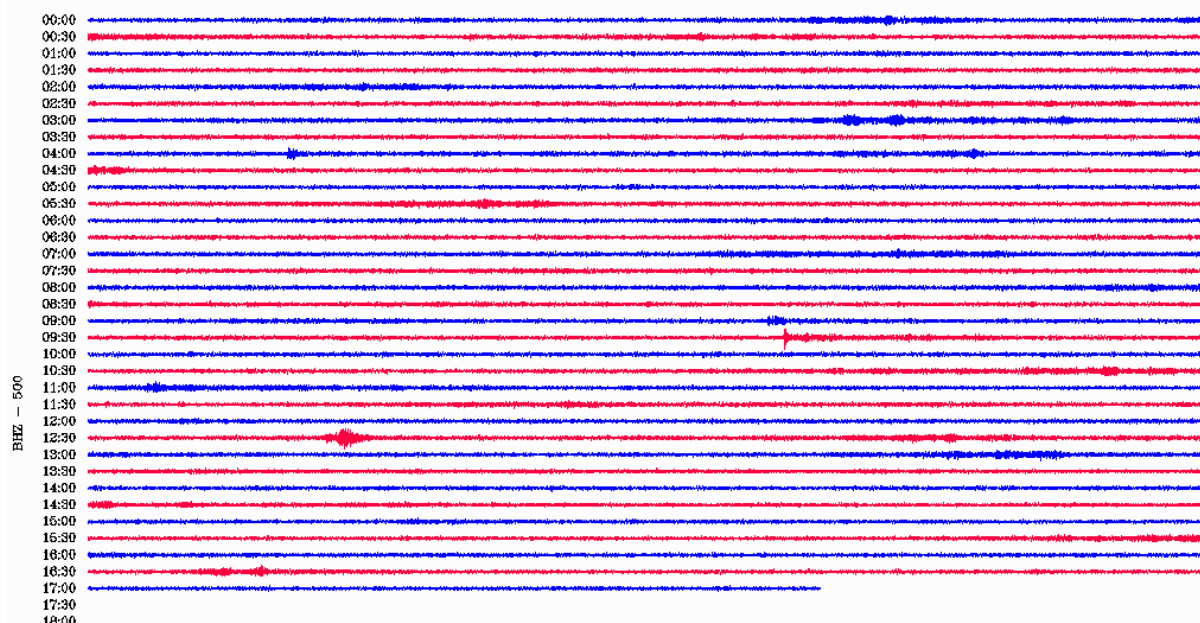


stránce www.tecnet.cz (celá síť TM-71), síť TM-71 zřízená pro RINGEN/RINGEN+ je na mapě:
<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1vIYAJN-SqCLc1N-FGu0LY1YnM9I&ll=50.54164941410042%2C14.143444459745416&z=13>

CZ RICC (Richard)

2020-05-24

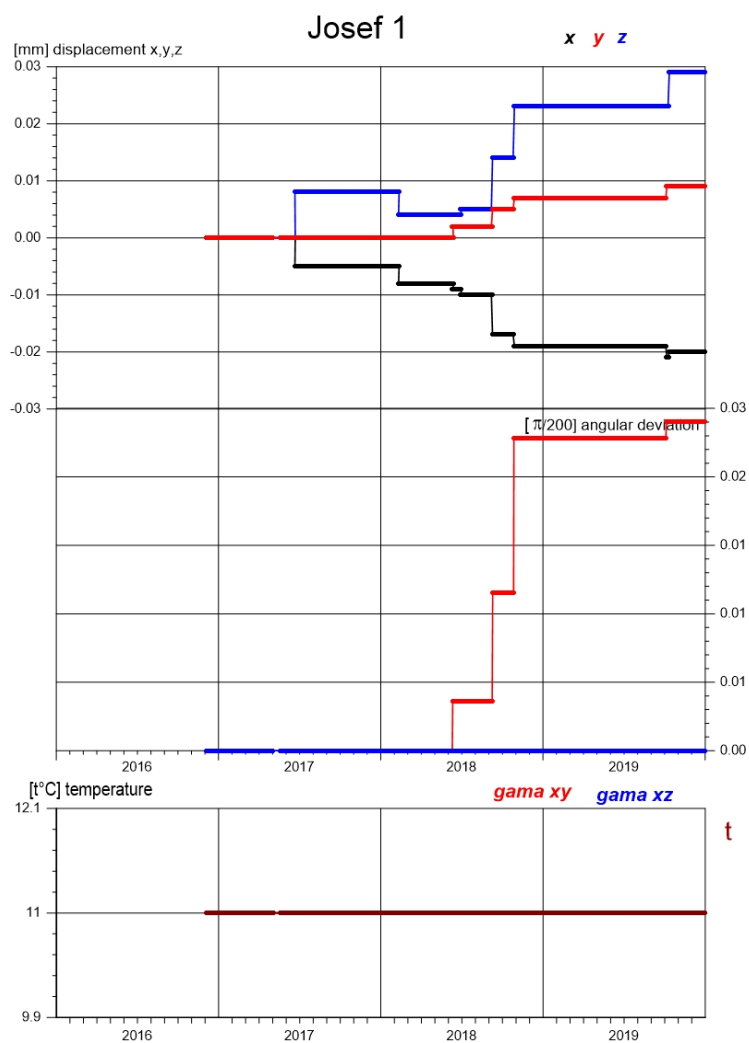
Applied filter: WWSSN-SP



Obr. 3. Ukázka záznamu seismogramu ze stanice RICC v ÚRO Richard



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Obr. 4. Ukázka záznamu z měření 3D dilatometrem TM-71 ze stanice JOS1 v URC Josef



Databáze stanic seismické monitorovací sítě projektu Ringen/RINGEN+

SKAC	
Skalice	Souřadnice: 50.5678N 14.1357E (50°34'4.08"N 14°8'8.52") JTSK: Y=755573.1 X=987290.8 Nadmořská výška: 349 m Seismometr: Guralp CMG-40T (ser. no.: T4X03) Registrační systém: RUP-SEIS/28 Citlivost [(nm/s)/count]: 0.023283
RICC	
Richard	Souřadnice: 50.5401N 14.1005E (50°32'24.36"N 14°6'1.8") JTSK: Y=758464.7 X=989990.4 Nadmořská výška: 270 m Seismometr: Guralp CMG-40T (ser. no.: T4ZO2) Registrační systém: RUP-SEIS/28 Citlivost [(nm/s)/count]: 0.023283
NSNC	
Na Šancích	Souřadnice: 50.5363N, 14.1759E (50°32'10.68"N 14°10'33.24") JTSK: Y=753231.6 X=991157.5 Nadmořská výška: 230 m Seismometr: Lennartz LE-3D 1Hz (ser. no.: F-533) Registrační systém: Guralp Minimus+ (ser. no.: MINP-715A) Citlivost [(nm/s)/count]: 1.5026
MHR	
Mostná Hora	Souřadnice: 50.5465261N, 14.1376506E (50°32'47.49"N 14°8'15.54"E) JTSK: Y=755757.3 X=989652.3 Nadmořská výška: 265 m (z mapy) Seismometr: Lennartz LE-3D 1Hz (ser. no.: tbd) Registrační systém: Guralp Minimus+ (ser. no.: MINP-725A) Citlivost [(nm/s)/count]: 3.051758
TRZN	
Terezín, Malá pevnost	Souřadnice: 50.5144289N, 14.1655386E JTSK: Y=754298.9 X=993463.9 Nadmořská výška: 150 m (z mapy) Seismometr: Rotafoon D, 007 Registrační systém: dtto Citlivost [(nm/s)/count]: tbd
PLOS	
Ploskovice, zámek	Souřadnice: 50.5600000N, 14.1994033E JTSK: Y=751214.7 X=988779.2



Nadmořská výška: 235 m (z mapy)

Seismometr: Rotaфон D, 008

Registrační systém: dtto

Citlivost [(nm/s)/count]: tbd

LTMK

Litoměřice,
katakomby

Souřadnice: 50.5338064N, 14.1300383E

JTSK: Y=756489.7 X=990977.4

Nadmořská výška: 165 m (z mapy)

Seismometr: Rotaфон D, 009

Registrační systém: dtto

Citlivost [(nm/s)/count]: tbd

KAM

Kamýk, skalní výchoz

Souřadnice: 50.55799N, 14.08105E

JTSK: tbd

Nadmořská výška: 356 m (z mapy)

Seismometr: Rotaфон D, tbd

Registrační systém: dtto

Citlivost [(nm/s)/count]: tbd

Databáze stanic sítě 3D dilatometrů TM-71 projektu Ringen/RINGEN+

LIT1

Litoměřice,
katakomby

Souřadnice: 50.5338064N, 14.1300383E

zlom: 120°/90°

Nadmořská výška: 165 m (z mapy)

Dilatometr: TM-71(AUT)

Sklíčko: 80 čar/mm

Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

LIT2

Litoměřice,
katakomby

Souřadnice: 50.5338064N, 14.1300383E

zlom: 140°/90°

Nadmořská výška: 165 m (z mapy)

Dilatometr: TM-71(AUT)

Sklíčko: 80 čar/mm

Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

RIC1



ÚRO Richard

Souřadnice: 50.5401N 14.1005E (50°32'24.36"N 14°6'1.8")
zlom: 220°/85°
Nadmořská výška: 270 m
Dilatometr: TM-71(AUT)
Sklíčko: 80 čar/mm
Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

RIC2

ÚRO Richard

Souřadnice: 50.5401N 14.1005E (50°32'24.36"N 14°6'1.8")
zlom: 176°/82°
Nadmořská výška: 270 m
Dilatometr: TM-71(AUT)
Sklíčko: 80 čar/mm
Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

JOS1

URC JOSEF

Souřadnice: N 49°44'42,15" E 14°20'25,821"
zlom: 200°/85°
Nadmořská výška: 285 m (z mapy)
Dilatometr: TM-71(AUT)
Sklíčko: 80 čar/mm
Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

JOS2

URC JOSEF

Souřadnice: N 49°44'42,15" E 14°20'25,821"
zlom: 70°/85°
Nadmořská výška: 285 m (z mapy)
Dilatometr: TM-71(AUT)
Sklíčko: 80 čar/mm
Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad

JOS3

URC JOSEF

Souřadnice: N 49°44'42,15" E 14°20'25,821"
zlom: 20°/85°
Nadmořská výška: 285 m (z mapy)
Dilatometr: TM-71(AUT)
Sklíčko: 80 čar/mm
Citlivost [pohyb/rotace]: 0,007 mm / 0,00016 rad



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Fotodokumentace



Obr. 5. Vyměřování instalace 3D dilatometru TM-71 na lokalitě Josef (JOS1).



Obr. 6. Instalovaný 3D dilatometr TM-71 na lokalitě Josef s automatickým odečtem (JOS3).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Obr. 7. Nainstalovaný přístroj TM-71 (rovrážka JP37, štola Josef, přístroj JOS2)

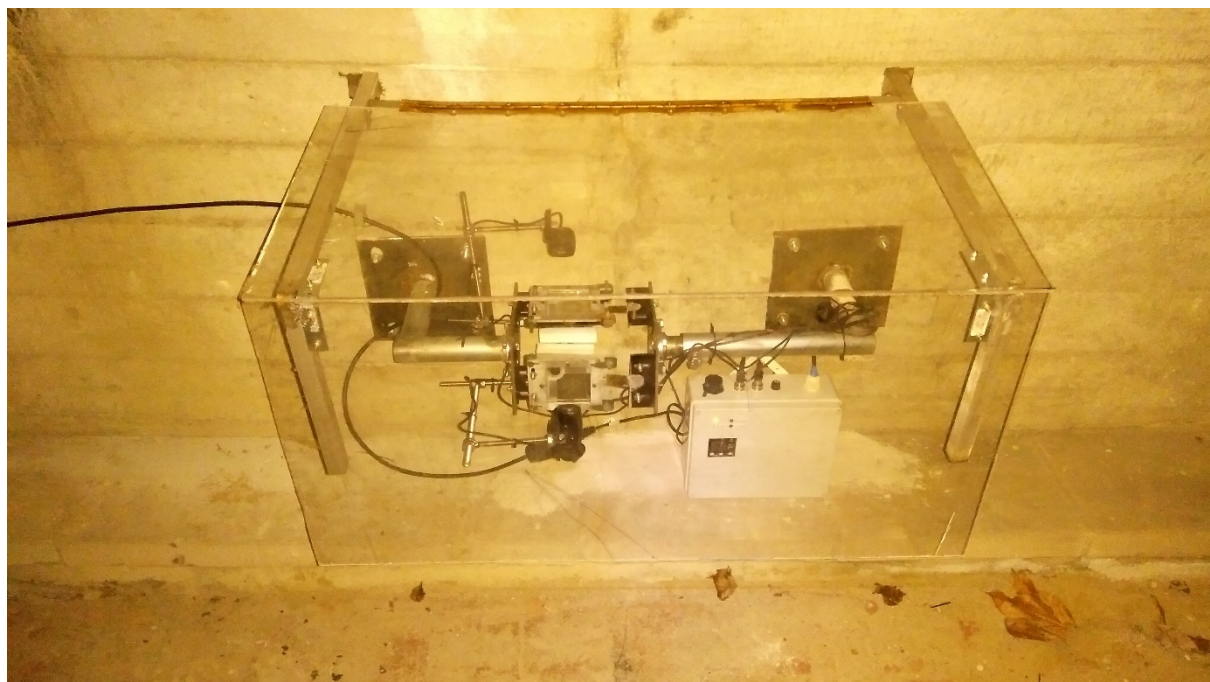


Obr. 8. Instalace přístroje TM-71 (podzemí Litoměřic)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Obr. 9. Nainstalovaný přístroj TM-71 (přístroj LIT1 – Litoměřické podzemí)



Obr. 10. Nainstalovaný přístroj TM-71 (přístroj LIT2 – Litoměřické podzemí)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Obr. 11. Instalace přístroje TM-71 (bývalá podzemní továrna Richard)



Obr. 12. Nainstalovaný přístroj TM-71 (přístroj RIC2 – bývalá podzemní továrna Richard)