

Extrém pontosságú süllyedésmérő monitoring rendszer az ELI_ALPS Lézeres Kutatóintézetben

Dömötör Krisztina

2019.11.09 BME Mérnökgeodéziai Konferencia

▷ SIXENSE Csoport



2016. unió

5 kontinens 20 országában
600+ dolgozóval

AMERICA

Canada
United-States
Mexico
Chile

EUROPE

United Kingdom
France
Luxembourg

Portugal
Spain
Poland
Bulgaria

Roumania
Hungary
Ukraine

ASIA & OCEANIA

Hong Kong
Singapore
Australia
New Zealand

AFRICA & MIDDLE EAST

Morocco
Israel
Middle-East
Abu Dhabi
Dubai

Megbízó igényei szerint csökkentjük az építési kockázatot és segítjük a létesítmények biztonságos üzemeltetését

MŰSZEREZÉS / MONITORING



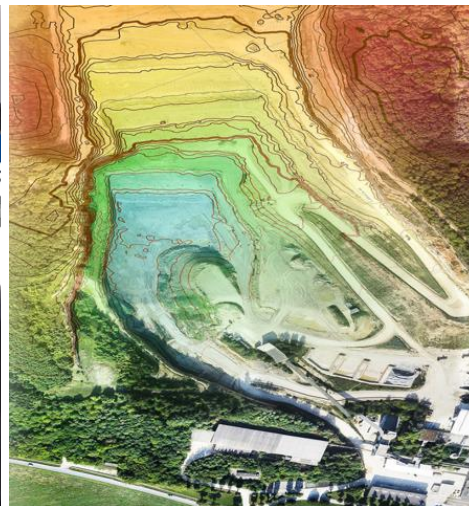
Manuális és automata mérések,
valós idejű adatszolgáltatás,
riasztás (környezeti, geotechnikai,
szerkezeti, egyéb...)

DIGITAL MEGOLDÁSOK / SOFTWARE



Geoscope, BIM (Digital Site,
ScanPrint)

DIGITALIZÁLÁS / TÉRKÉPEZÉS



Geofizikai, fotogrammetriai,
műholdak segítségével

ADATELEMZÉS / MÉRNÖKI SZAKÉRTÉS



TARTALOM

- 6 ▶ FELADAT megfogalmazás, rendszer követelmények
- 7 ▶ monitoring rendszer TERVEZÉSE, elemei, pontosság növelése
- 11 ▶ monitoring rendszer TELEPÍTÉSE, szenzorok beüzemelése
- 14 ▶ valós idejű ADATMEGJELENÍTÉS
- 15 ▶ monitoring rendszer ÜZEMELTETÉSE, karbantartása, hibakezelése

ELI-ALPS LÉZERES KUTATÓINTÉZET



- ▶ Extreme Light Infrastructure kutatási program célja: a fény és anyag kölcsönhatásának vizsgálata
- ▶ Csehországban az ultranagy intenzitású röntgen-, Romániában fotoindukált nukleáris-, Magyarországon pedig nagyon kis idejű és rendkívül erős lézertérrel folynak kísérletek petawattos (PW, azaz 10^{15} W) teljesítmény-, és az attoszekundumos (as, azaz 10^{-18} sec) időtartományban - lézerbeam-ekben gerjesztett fénynyalábok mintegy 100 m-nyi út után eltalálják a kb. színes gombostűfejnyi céltárgyat

1. FELADAT megfogalmazása

átlagostól eltérő, extrém rendszerkövetelmények



- ▶ „A” épület (ház a házban) rendkívüli tervezést, építést igényelt – mennyiségileg, minőségileg
- ▶ több, mint 5000 m² **rezgésmentes alap A épületben**:
résfal – cölöpalap 819 kb. 2 m átmérőjű oszlop (max. 45 m mélyen) – rétegtrend – vakpince – méhsejt formájú oszlopok – 7 cm parafaréteg + 1 m vastag alaplemez
- ▶ **tiszta tér** (ISO7, ISO8 szabv.) 4000 m², szigorúan klimatizált szállópor koncentráció ISO8 szabvány szerinti mérték tartása miatt óránként 40x kell kicserélni a levegőt
- ▶ a fény - anyag kölcsönhatásából származó ionizáló sugárzás elleni védelmet biztosító **mobil sugárcsapdák**
- ▶ **2 db vasbeton bunker** a tiszta téren belül, ahol az ionizáló sugárzás történik: 2 m vastag fal, 2 m vastag födém
- ▶ különleges **gépészeti berendezéseket**, különleges **energiaellátást** igényel
- ▶ szigorú rezgésvédelem (maximum sebesség 6 µm/s) miatt minden, a kísérleteket kiszolgáló **gépészet** a kísérleti tér fölé (a tetőre kötött podesztekre) lett elhelyezve

1. FELADAT megfogalmazása

átlagostól eltérő, extrém rendszerkövetelmények

► „mozgásmentes környezet”

- 2 m-es falvastagságú vasbeton bunkerek okozta aszimmetrikus terhelés ellenére a lézerkísérletek alatti rendkívüli — áthajlásból és lehajlásból eredő — süllyedés-különbség:

$$\Delta s \leq 50 \mu\text{m} / \sim 50 \text{m} / 1 \text{hét}$$



► monitoring rendszerrel szemben támasztott extrém követelmények

1. a teljes alaplemezt lefedje – 70x70 m
2. hosszútávú működőképesség
3. extrém pontosság – 50 μm /hét deformáció sebesség



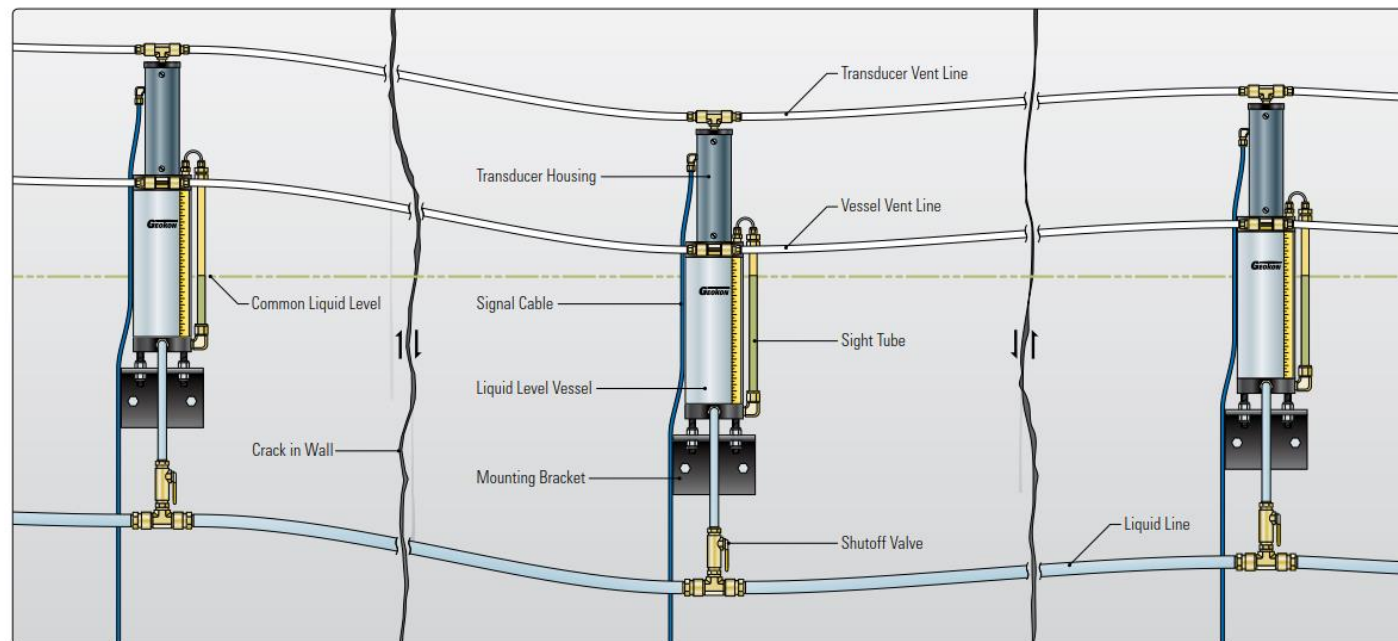
2

MONITORING RENDSZER TERVEZÉSE

Hidrosztatikai szintezés
Monitoring rendszer elemei
Pontossági kritérium megtartása

2.1. HIDROSZTATIKAI SZINTEZÉS

- ▶ **alaplemez deformációja:**
Több ponton mért függőleges elmozdulás
- ▶ **hidrosztatikai szintezés**
szintfelület egy elemi darabját létrehozuk a közlekedő edények elvén működő szenzor csővezetékében lévő szabad folyadékfelszín
- ▶ **rendszer elemei**
szenzorok (mérőhengerek) és azokat összekötő vízzel teli rugalmas csőhálózat
- ▶ **abszolút magasság**
relatív magasságkülönbséget mérünk a rendszer szenzorai között – Hungeod Kft.
referencia szenzor abszolút magassága rendszere vonalszintezéssel
- ▶ **mérés alapelve**
mennyezet és a szenzorok vízszintje közötti távolságot a vízbe merülő alumínium úszóra ható felhajtó erő mérésére vezetik vissza, ahol a felhajtó erőt egy rezgőhúr saját frekvenciájának változása által mérjük



egy rendszerbe épített szenzorok relatív függőleges elmozdulása a referencia szenzorhoz képest:

$$\Delta EL_x = (R_{1x} - R_{0x}) G_x - (R_{1ref} - R_{0ref}) G_{ref}$$

ΔEL_x – x kamra relatív süllyedése a referencia szenzorhoz képest (- süllyedés, + emelkedés)

R_{1x} – x szenzor aktuális értéke

R_{0x} – x szenzor nullértéke

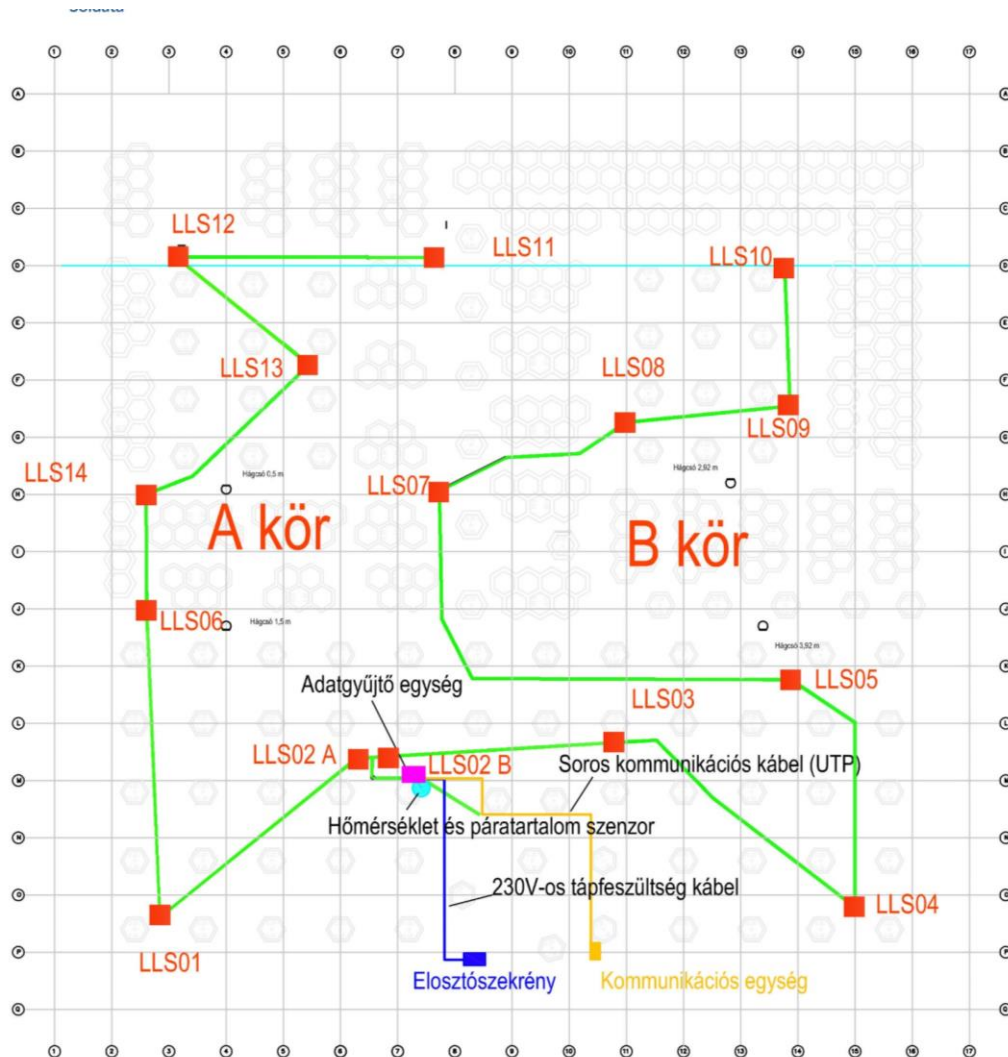
G_x – x szenzor kalibrációs értéke

R_{1ref} – referencia szenzor nullértéke

R_{0ref} – referencia szenzor nullértéke

G_{ref} – referencia szenzor kalibrációs értéke

2.2. MONITORING RENDSZER KIALAKÍTÁSA



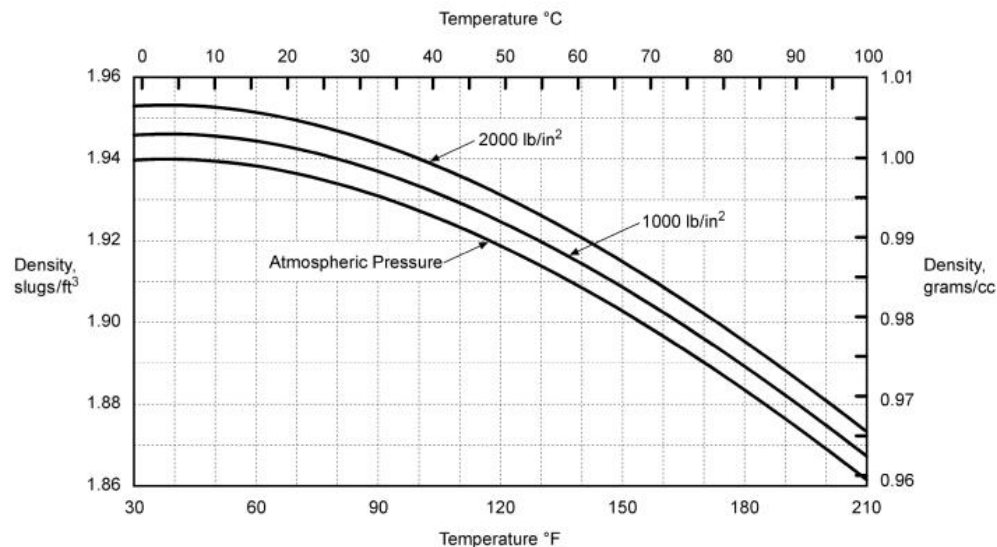
- ▶ **két mérési kör**
2A és 2B referencia szenzortól indul, lefedi a 70x70 m-es alaplemezt
A kör: 1 referencia + 6 szenzor
B kör: 1 referencia + 7 szenzor
- ▶ **szenzorok**
mai piacon elérhető legnagyobb pontosságú Geokon műszer
pontossága: laboratóriumi körülmények között 100 µm
- ▶ **vízcső hálózat**
Két körös hálózatba szervezve
~ 120-140 m hosszú polietilén folyadékcső
- ▶ **tartókonzolk, kábeltálca rendszer**
az alaplemez alatt lévő vakpince mennyezetére, födémhez rögzítettük – hozzáférhetőség, pontosság
~ 140 m hosszú kábeltálca rendszer
- ▶ **meteorológiai állomás**
mini: hőmérsékletet, levegő páratartalmát méri
- ▶ **adatgyűjtő és mérőegység**
adatgyűjtés, tárolás, előfeldolgozás, adattovábbítás

2.3. PONTOSSÁG NÖVELÉSE

mérési eredmények megbízhatóság növelése

igen magas 50 µm süllyedés/hét megbízhatóságot tudjuk tartani.

- ▶ csúcspontosságú műszereket építettünk be, amelyek laboratóriumi körülmének közt 100 µm süllyedés/hét képesek mérni
- ▶ méréseink számát növeltük 20 másodpercenként 1 mérésre
- ▶ hőmérséklet korrekcióval látjuk el a méréseket



A víz sűrűsége a hőmérséklet és a nyomásintenzitás függvényében

mérési körülmények

- ▶ átlag-, és mediánszámítási algoritmusokat használunk számításainknál
- ▶ egyenletes hőmérsékletet vakpince hőmérséklet változása egy év során 1 °C, amit vehetünk állandónak. A vakpince egyidőben vett leghidegebb és legmelegebb pontja között is 1 °C a maximális különbség.

$$\Delta H = (R1 - R0) G / SG$$

ΔH – magasság különbség

SG – víz saját gravitációs változója

a hőmérséklet függvényében

$R1$ – szenzor 1 vízszintje

$R0$ – referencia szenzor vízszintje

G – gravitációs konstans

Hőmérséklet korrekciós képlet



Csúcspontosságú Geocon hidrosztatikai szintező

3

MONITORING RENDSZER TELEPÍTÉSE

Hálózat kiépítése

Hálózat beüzemelése

Valós idejű adatmegjelenítés

3.1. HÁLÓZAT KIÉPÍTÉSE

Nagy fokú óvatosság szükséges - a rezgőhúros érzékelő nagyon érzékeny, törékeny

Kábeltálca rendszer kiépítése

Menetes szárral rozsdamentes acélhorgonyokkal a födémbe és oldalról az oszlopokhoz, a mennyezettől fix 1 m távolságra

Szenzorok konzoljainak kiépítése

gyártói kritérium hogy a hidrosztatikai szintező szenzorkamrájának feneke és a közös folyadékcső vízszintje között kb. 300 mm-nek kell lenni

Folyadék,- levegőcső, jelkábel kiépítése

Konzolhoz rögzítve

Szenzorok tesztelése, rögzítése

közös folyadékszint a várható maximális süllyedés bekövetkezése esetén se lépje túl a szenzorok mérési tartományát
Konzol függőleges dőlés max.: 1,5°

Folyadék,- levegő csövek

csatlakoztatása a szenzor kamrához

Jelkábelek kiépítése

Konzolon csatlakoznak a szenzor saját 1.5 m hosszú beépített jelkábeléhez és futnak az adatgyűjtő egységhez

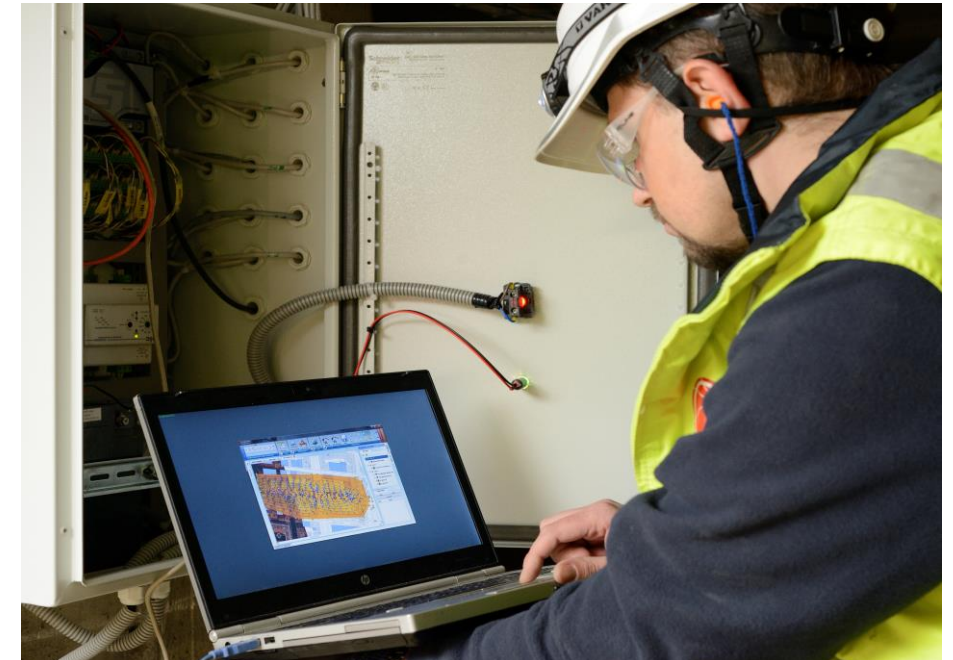
Függesztett súlyok elhelyezése a szenzorkamrában

Folyadéktartály felszerelése

A folyadékcsövek felett, a vakpince bejáratánál

Fémsekrény az adatgyűjtő egységnek

Tartalmazza az adatgyűjtő egységet, internetet biztosító ipari GPRS berendezést, antennát és 230V tápellátást.



3.2. SENZOROK BEÜZEMELÉSE

Rendszer vízzel való feltöltése

- ▶ A víz tartályt feltöltjük folyadékkal, jelen esetben tiszta vagy fagyállóval dúsított vízzel (mérni a folyadék sűrűségét)
óvatosan töltjük fel a rendszert folyadékkal, hogy minnél kevesebb buborék képződjön a csövekben és a szenzorban.
- ▶ kamrazáró szelepeket elzárjuk
- ▶ feltöltjük a tartályt annyi folyadékkal, hogy az egész rendszerhez szükséges folyadék mennyiségének felét képezze
- ▶ a folyadék végig áramlik a csőrendszerben buborékokkal
- ▶ a rendszer végén található végelzáró szelep megnyitásával kiengedjük annyi folyadékot, hogy a buborékok nagy része távozzon és az előre kiszámított vízmennyiségnél több ne legyen a rendszerben
- ▶ buborék keresés hajtás a csövekben a szelepek melletti levegő áteresztő csőbe terelés
- ▶ a tartályt feltöltjük újra folyadékkal, ami a rendszer folyadék mennyiségének másik felét képezi
- ▶ kamrazáró szelepek megnyitása, így a folyadék felnyomva a kamra úszóját feláramlik, úgy hogy a kamra jelzőcsövén kimért vízszint minimum és maximum szintje között maradjon
- ▶ maradék légbuborékokat kitereljük



4. VALÓS IDEJŰ ADATMEGJELENÍTÉS

Geoscope térinformatikai monitoring szoftverben



▶ Titkosított kapcsolat

Nyers adat továbbítása az adatbázisba
Tűzfal védelem a központi szerveren

▶ Valós idejű adatelérés

feldolgozott adatok az interneten keresztül bárholnan elérhetőek
saját fejlesztésű GIS szoftver Geoscope
ami folyamatos és valós idejű adatszolgáltatás

▶ Adatmegjelenítés

szoftver által korrekciókkal, statisztikai számításokkal ellátott
adatok
megjeleníthetők térben, táblázatos formában, grafikonokon
tetszőleges csoportokba rendezve, mint komplex rendszer

▶ Riasztási rendszer

Geoscope automata riasztási rendszer
előre meghatározott riasztási szintek (deformációs küszöbértékek)
átlépésekor
azonnal és automatikusan értesítést küld (éjjel-nappal)
SMS és/vagy email

5

MONITORING RENDSZER ÜZEMELTETÉSE

Rendszer karbantartása

Hibakeresés

Hibajavítás

5 RENDSZER ÜZEMELTETÉS

Rendszeres karbantartással elejét tudjuk venni a hosszadalmas hibakeresési és hibajavítási procedúráknak

▶ **rendszer karbantartás**

Rendszeres, havi szintű fizikai átvizsgálás, apró javítások

Folyamatos adatáramlás ellenőrzése

Mozgási tendenciák ellenőrzése

▶ **hibakeresés**

zárt rendszer és nagyon érzékeny műszerek
lévén igen nehézkes a hiba okának
megtalálása

rendszer elemeinek cseréje nehézkes és
költséges

▶ **hiba javítás**

Hosszadalmas, egyszerre egy beavatkozást végzünk a rendszeren, majd hosszabb időn keresztül figyeljük annak hatását
majd folytatjuk egy másik művelettel, addig, amíg bizonyítékokat nem tudunk gyűjteni a hiba okára

rendszer folyadék szintje a szűk intervallumon kívül esik pl. párologtatás miatt – feltöltés

buborékképződés hosszútávon – a vízben lévő O molekulák idővel buborékot képeznek és megrekednek – buborék keresés, buborékhajítás

rendszer atmoszája

csapok, szelepek, csövek cseréje

szenzorok függetlenítése a rendszertől, szelep elzárással, így vizsgálható a rendszer többi elemének a viselkedése



Thanks **Merci**