



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
POLLACK MIHÁLY MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Történelmi építmények tartószerkezeteinek állapotvizsgálata diagnosztikai módszerekkel

Bevezető

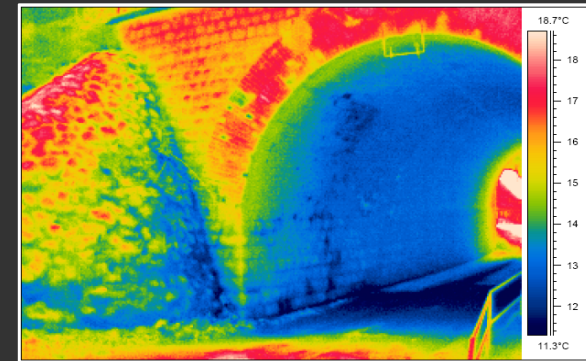
Dr. Orbán Zoltán

**Szilárdságtan és Tartószerkezetek Tanszék
Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport**

Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport

Kutatások történeti építmények tartószerkezetei témakörben

- ◆ Történeti építmények építési technológiai és anyagai
- ◆ Tartószerkezetek károsodási folyamatai
- ◆ Roncsolásmentes diagnosztikai eljárások fejlesztése és alkalmazása
- ◆ Szerkezetek állapot értékelése és várható élettartamának megállapítása
- ◆ Szerkezeti analízis módszerek fejlesztése
- ◆ Tartószerkezeti megerősítés, rehabilitáció



Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport

Mobil szerkezet-diagnosztikai laboratórium



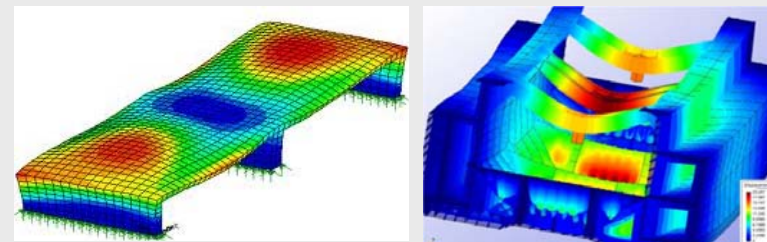
Építőanyag-vizsgáló laboratórium



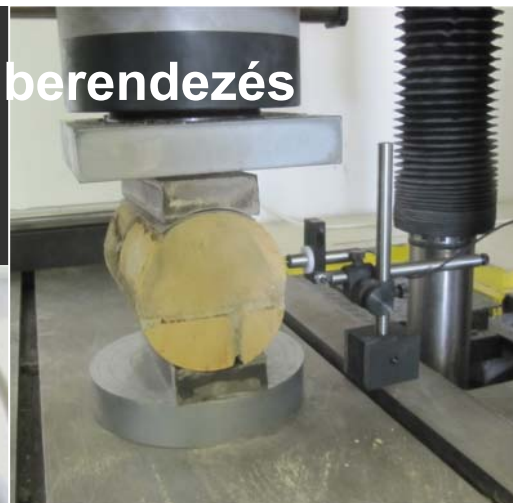
Tartószerkezet-vizsgáló laboratórium



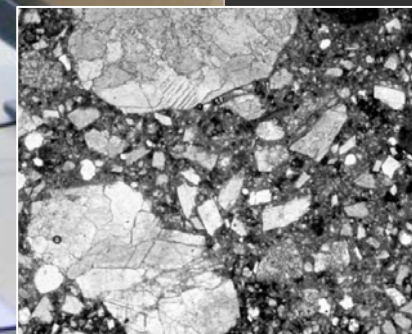
Tartószerkezet-modellezés csoport



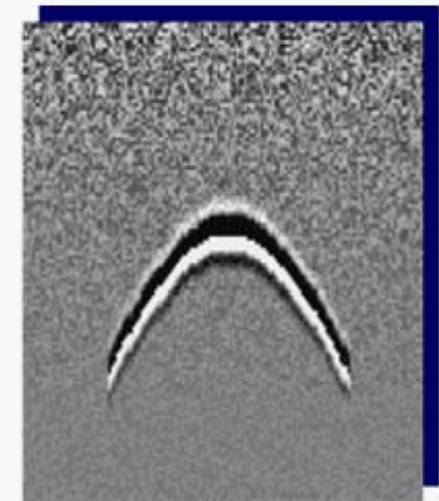
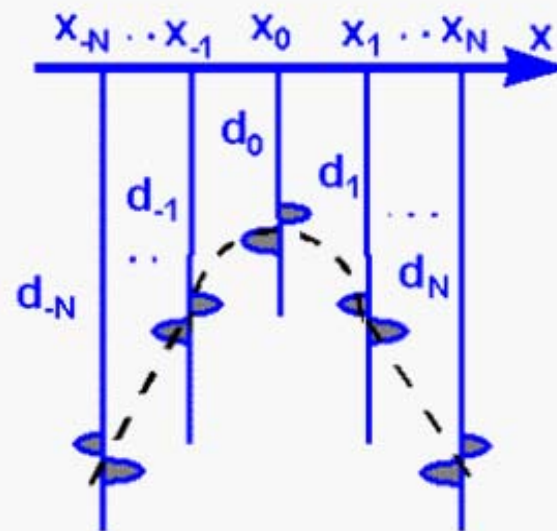
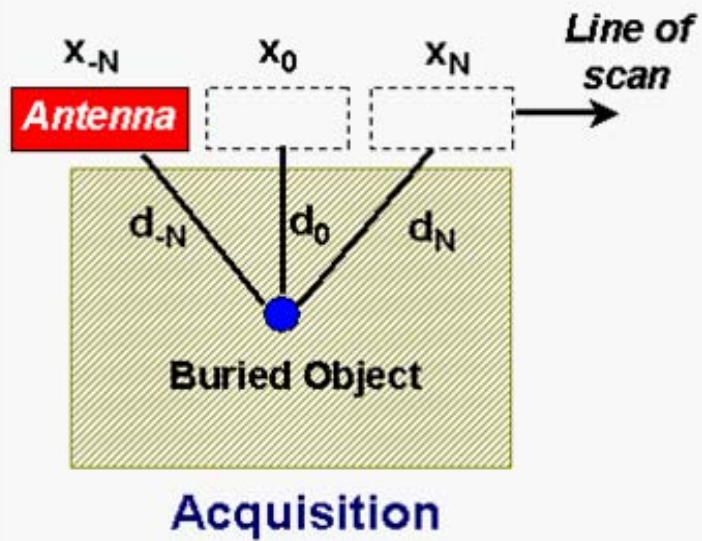
INSTRON 5595 univerzális vizsgáló berendezés



VEGA 3 SBH Elektronmikroszkóp



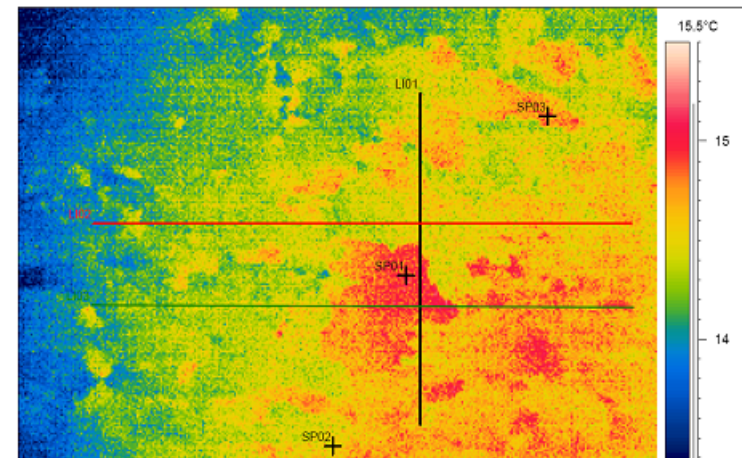
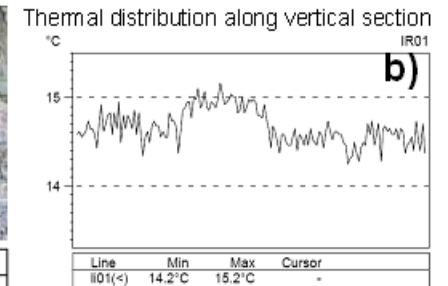
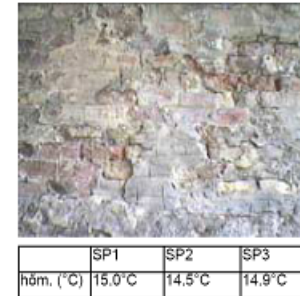
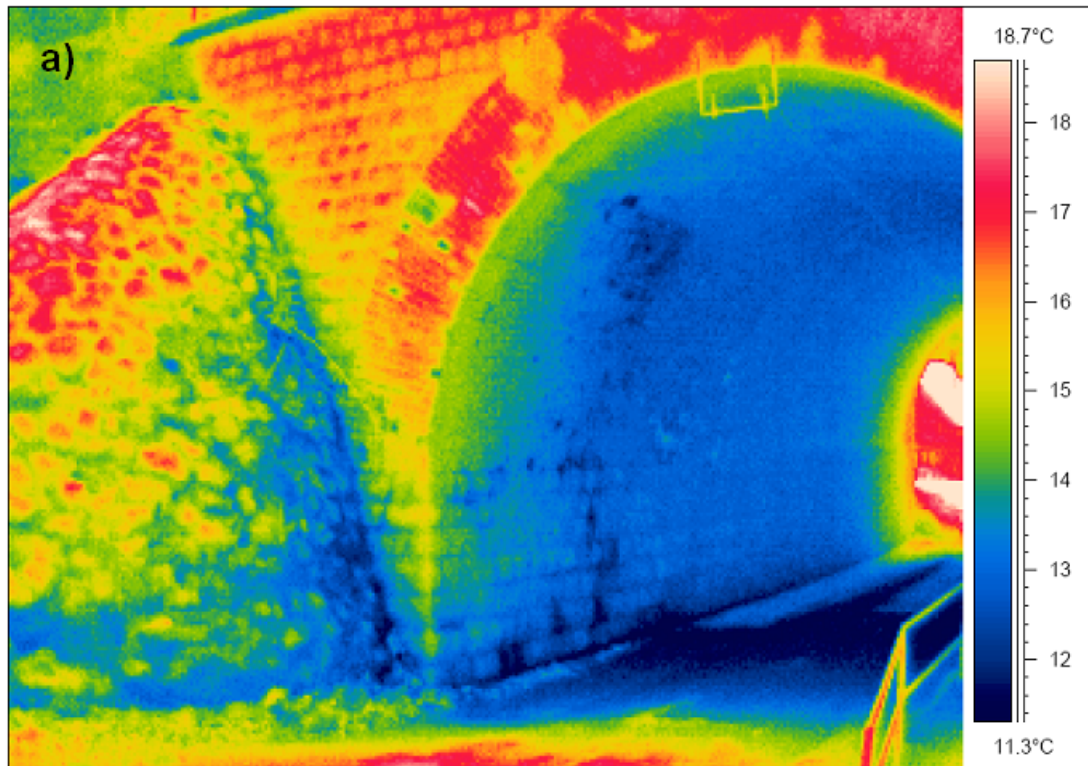
IDS duálfrekvenciás georadar



Radar map



TESTO 885 nagy érzékenységű infravörös kamera

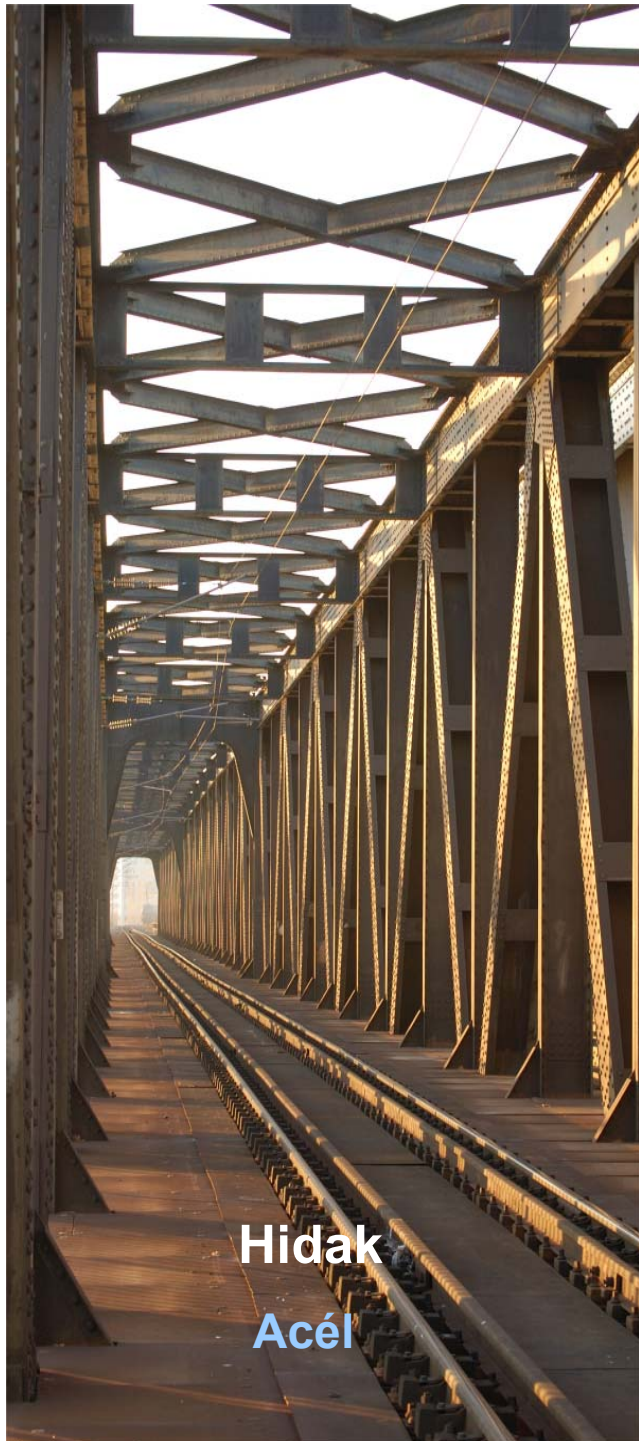


Mobil szerkezetvizsgáló eszközök



Vizsgálatok Alpin-technikával





Hidak
Acél



Ipari létesítmények
Beton, vasbeton



Történelmi építmények
Falazott szerkezetek

Mérnöki szerkezetek rahabilitációjának alapelvei

A beavatkozások tervezésének menete

1. Adatbázis /tervek, felmérések dokumentációi/

2. Hibafeltárás \Rightarrow Hibák okainak felderítése

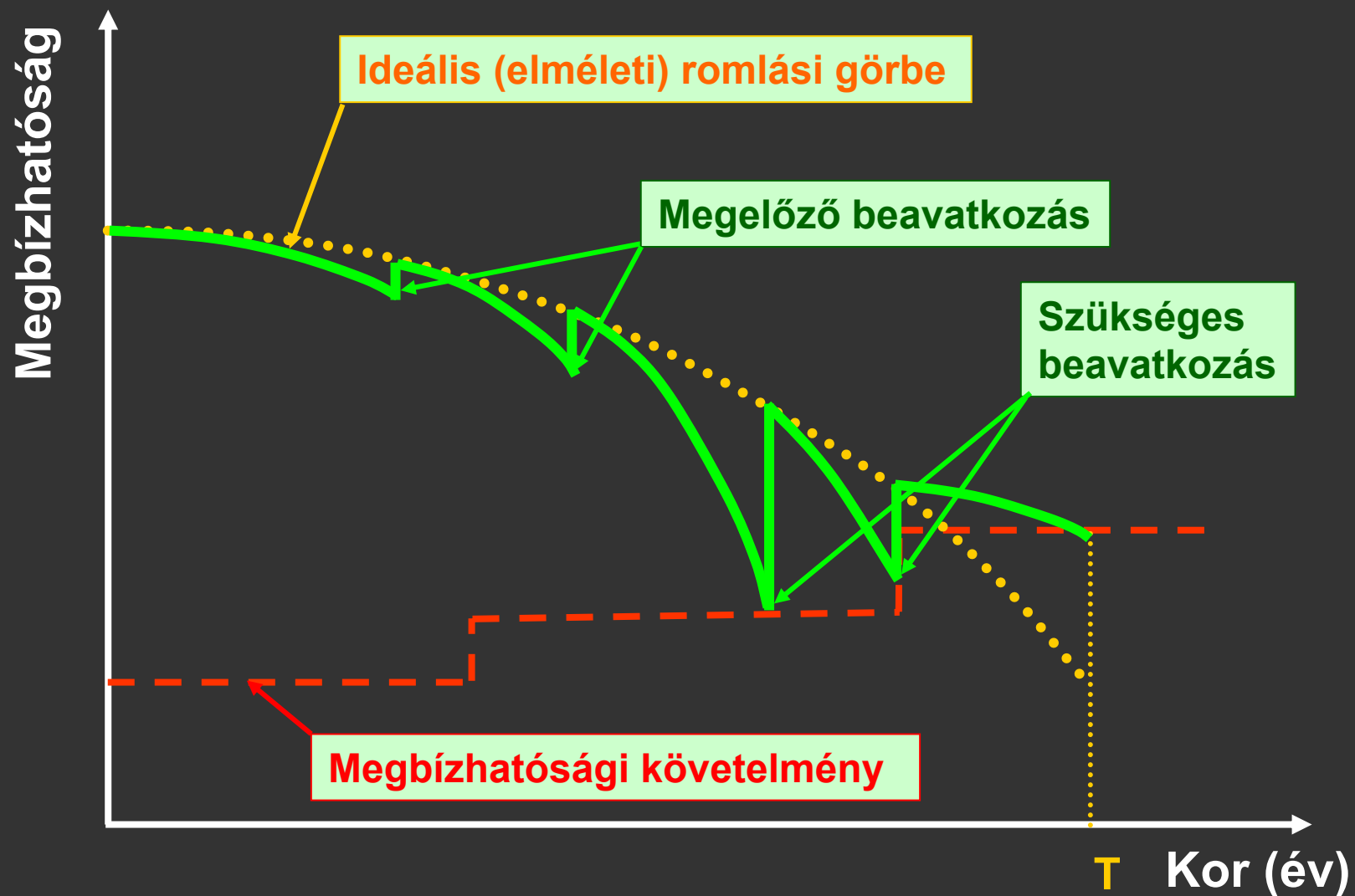
3. Szerkezet elemzése \Rightarrow Értékelés
/teherbírás, használhatóság, tartósság/

4. A beavatkozás megtervezése
/karbantartás, felújítás, megerősítés/

DIAGNOSZTIKA

műszaki,
gazdasági
szempontok

A beavatkozások időzítésének tervezése



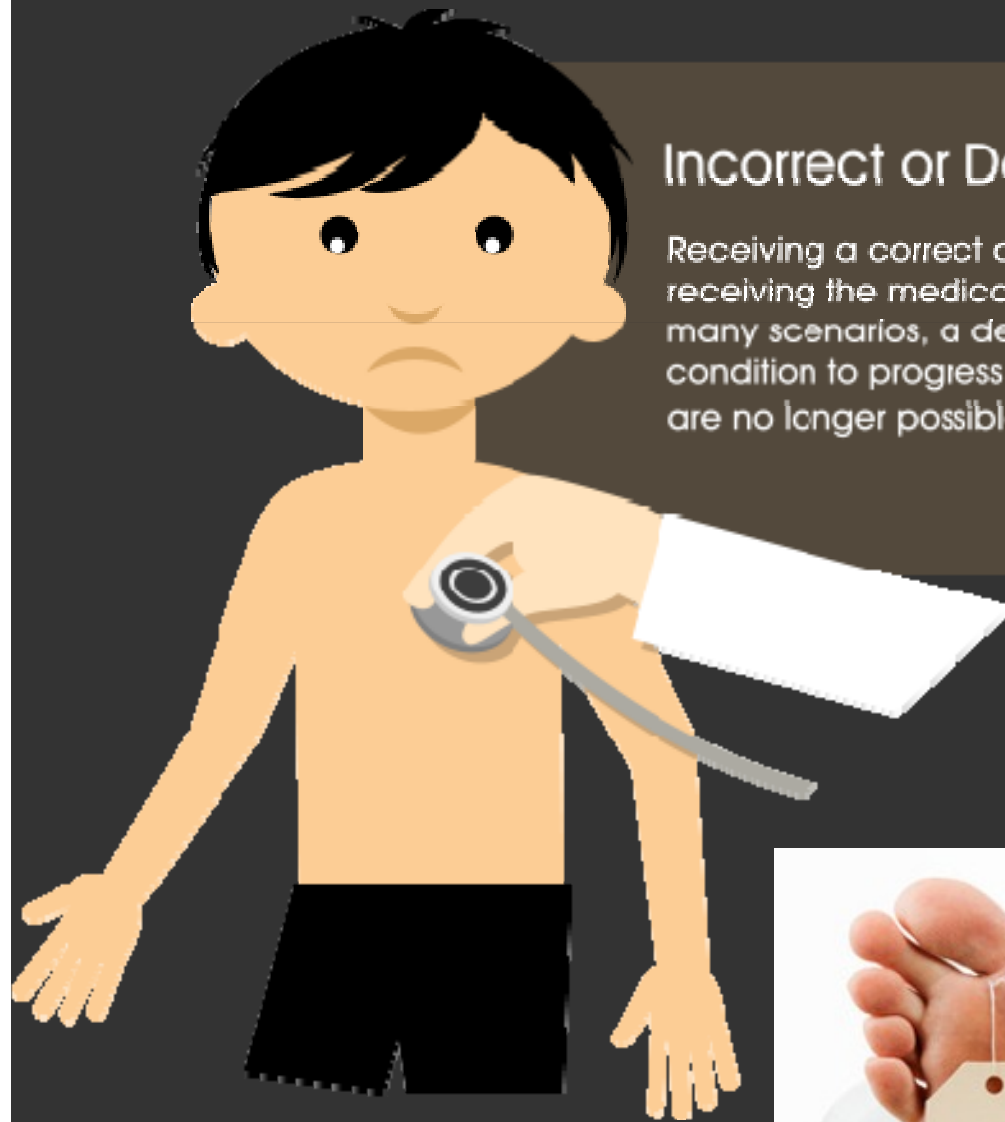
A beavatkozások megtervezésének alapelvei

Nemcsak tüneti kezelés kell, hanem a meghibásodás okainak a megszüntetése

A teherbírási, használhatósági és tartóssági problémákat együtt kell kezelni

**Az alkalmazott műszaki megoldás illeszkedjen a meglévő szerkezet teherviselő rendszeréhez
(statikai kompatibilitás)**

**Az alkalmazott anyagok legyenek összeférhetőek a meglévő szerkezet anyagaival
(fizikai, kémiai kompatibilitás)**



Incorrect or Delayed Diagnosis

Receiving a correct and timely diagnosis is essential to receiving the medical attention a condition requires. In many scenarios, a delayed diagnosis could cause a condition to progress so far that regular treatment options are no longer possible.



Kutatási projektek – 1.

Kő-, és téglaboltozatú hidak állapotvizsgálata és állagmegóvása

UIC International Union of Railways
Assessment, Inspection and Maintenance of Masonry
Arch Railway Bridges /2004-2008, 2011-2014/

A kérdés jelentősége

Boltozott hidak óriási száma Európában

Egyre növekvő igénybevételek



Állapotromlás



**Az európai vasúti hídállomány
kb. 50%-a!**







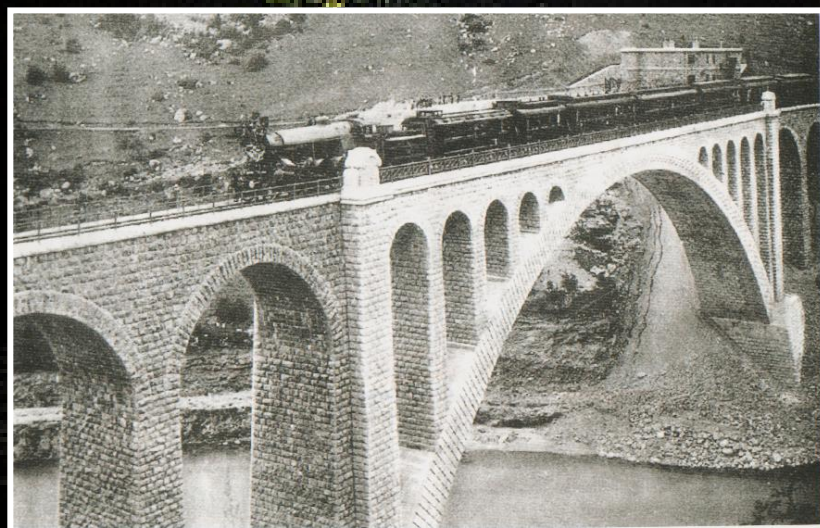
Göltzsch viadukt

/1845-1851, Németország/



Isonzó viadukt

/1901-1905, Szlovénia/





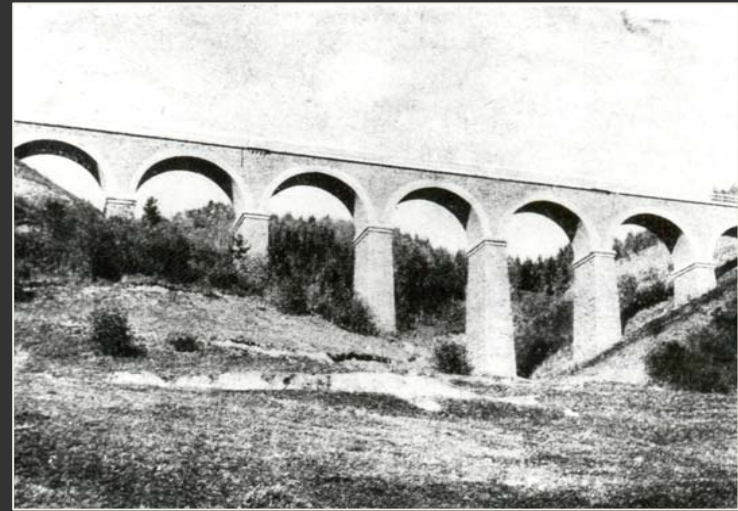
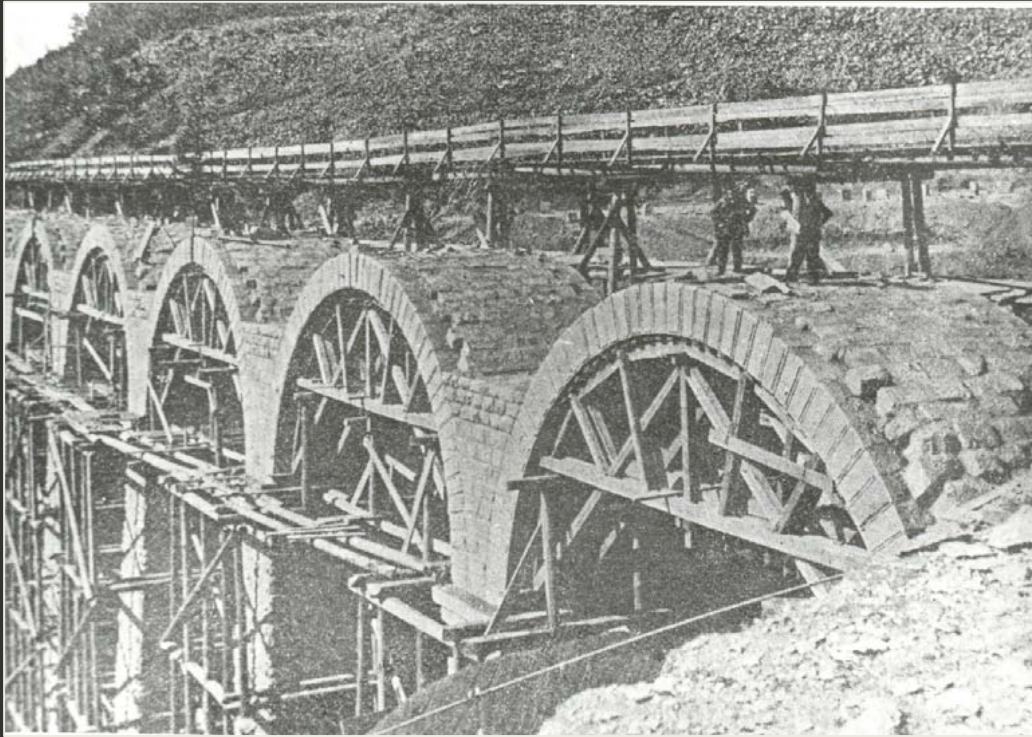




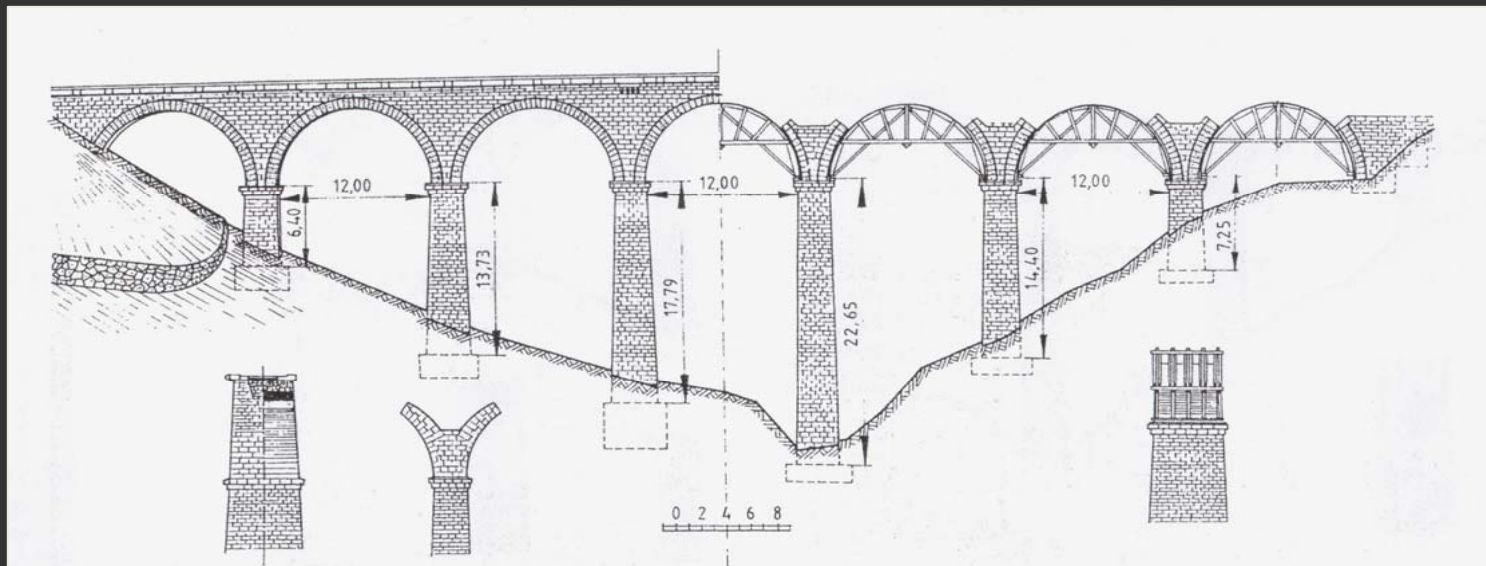








Ladók völgyhíd





Tipikus hazai vasúti kőhidak





Szerencs-Sátoraljaújhely

Közúti köhidak /Galíciai út/



Vámosújfalú



Olaszliszka





Olaszliszka



Szegilong

Korábbi hibás beavatkozások /elrettentő példák/



Szegilong



Héhalom





1947

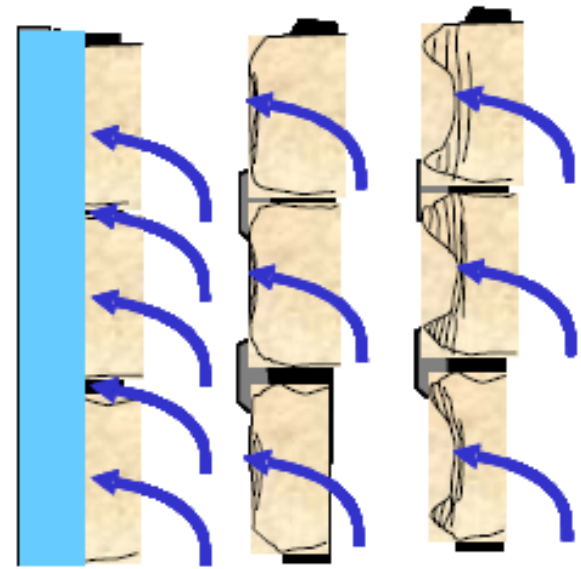








Hibás fugázóanyag



1

2

3

A rehabilitáció szükséges megközelítése

Tönkremenetel okainak megszüntetése

Meglévő szerkezeti kapacitás kihasználása

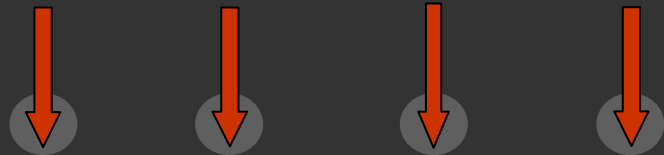
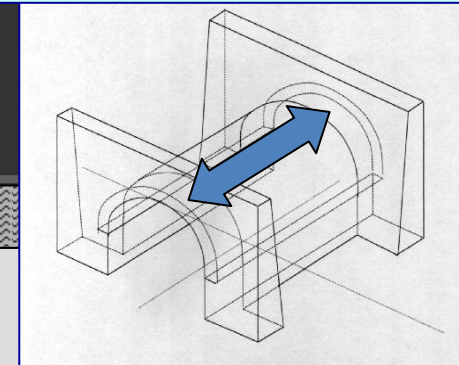
Tehermentesítés helyett stabilizálás



**Fizikai, kémiai, mechanikai
kompatibilitás a meglévő szerkezettel**

A szerkezeti modellezés nehézségei

Keresztirányú hatások (3D)



Teher eloszlás

Talaj/háttöltés hatása

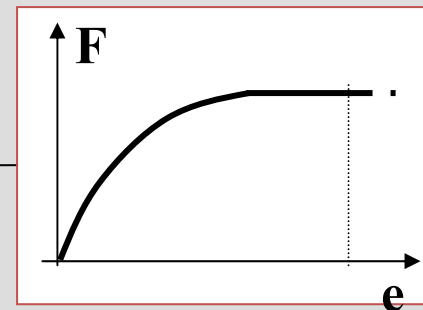
Mögéfalazás hatása

Szomszédos támaszok

Károsodások hatása

Nemlineáris viselkedés

Inhomogén anyag



NAGY BIZONYTALASÁG A BEMENŐ ADATOKBAN!

Számítási eljárások

‘Egyszerű’ módszerek

‘Komplex’ módszerek

Empirikus

2D nemlineáris

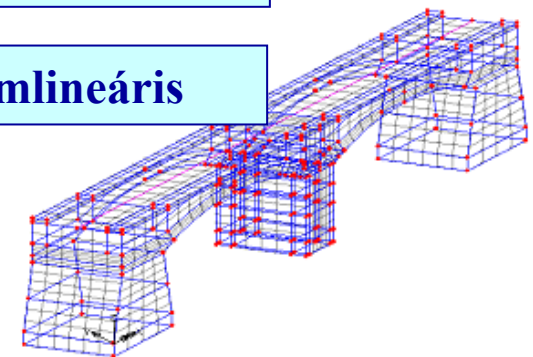
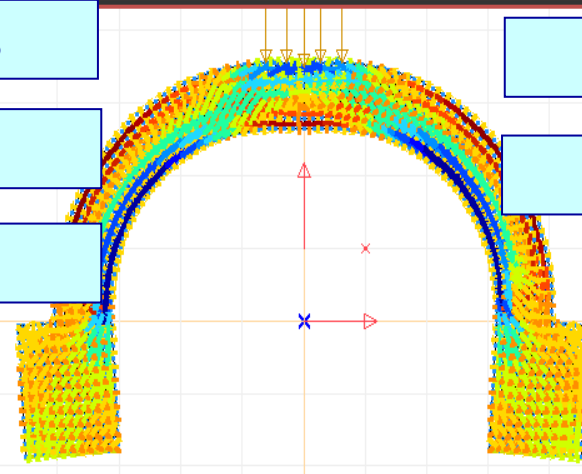
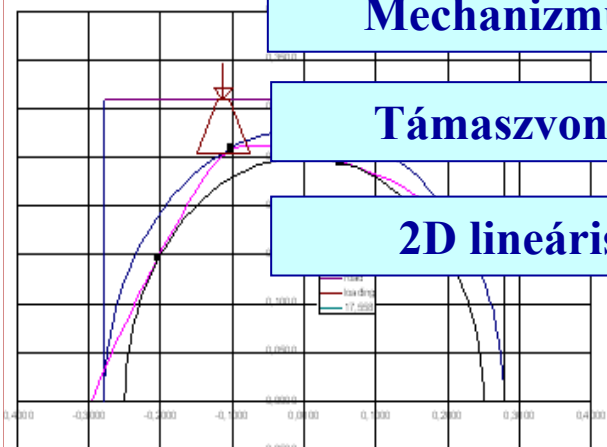
Mechanizmus

3D lineáris

Támaszvonala

3D nemlineáris

2D lineáris

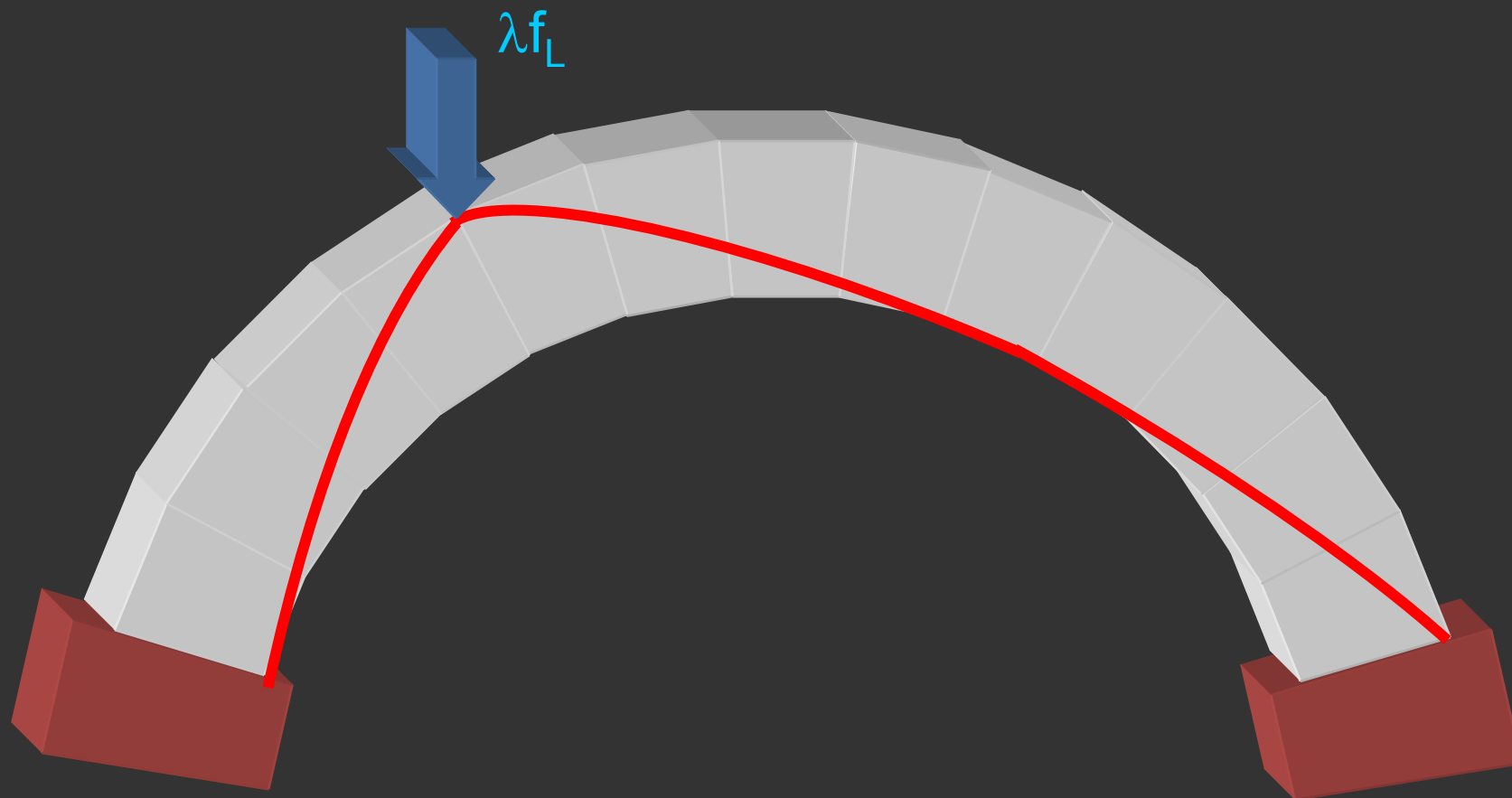


Single Axle at 1650 mm
10.50

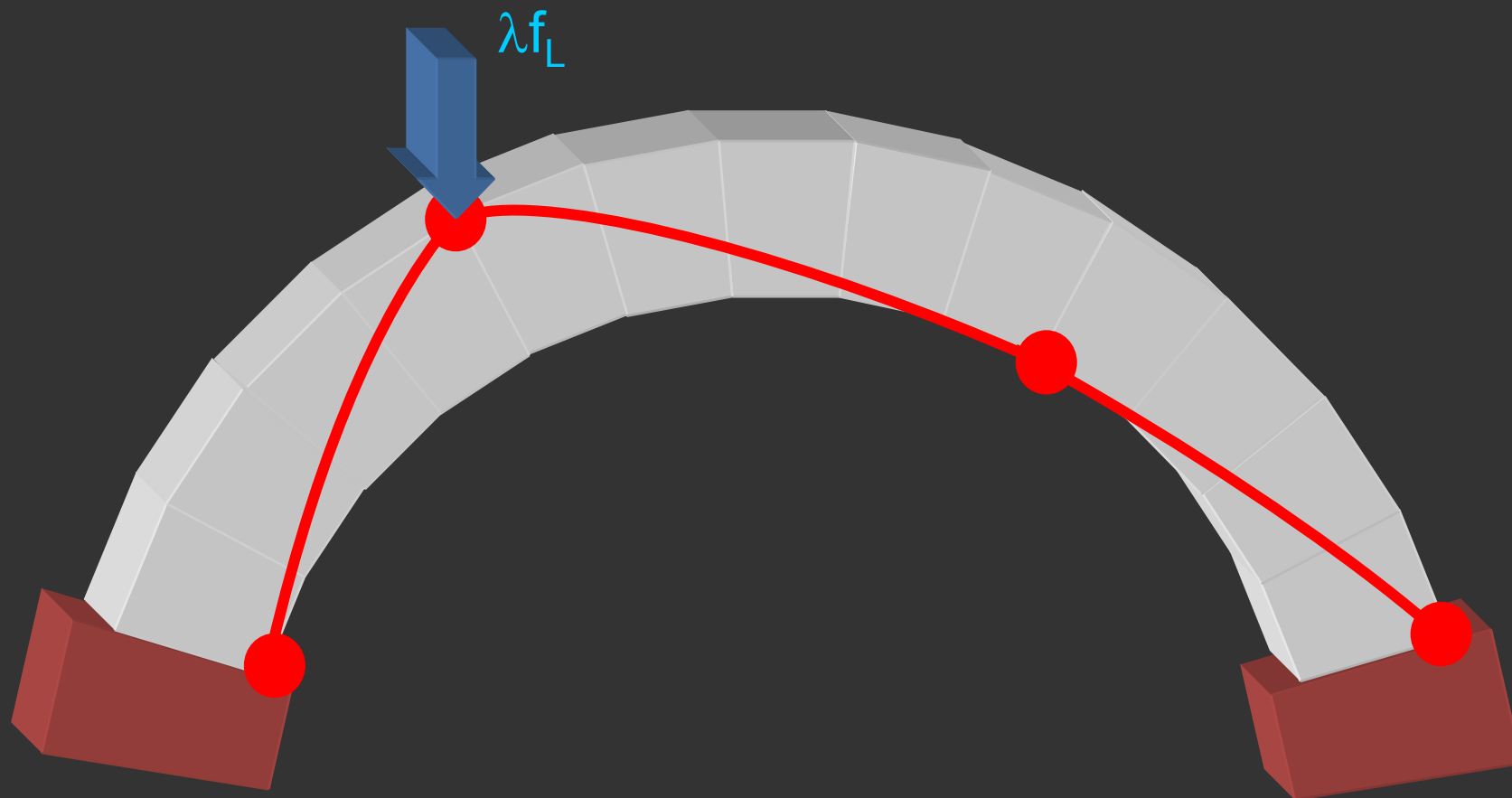
1.563E-01
1.563E-01

ANSYS

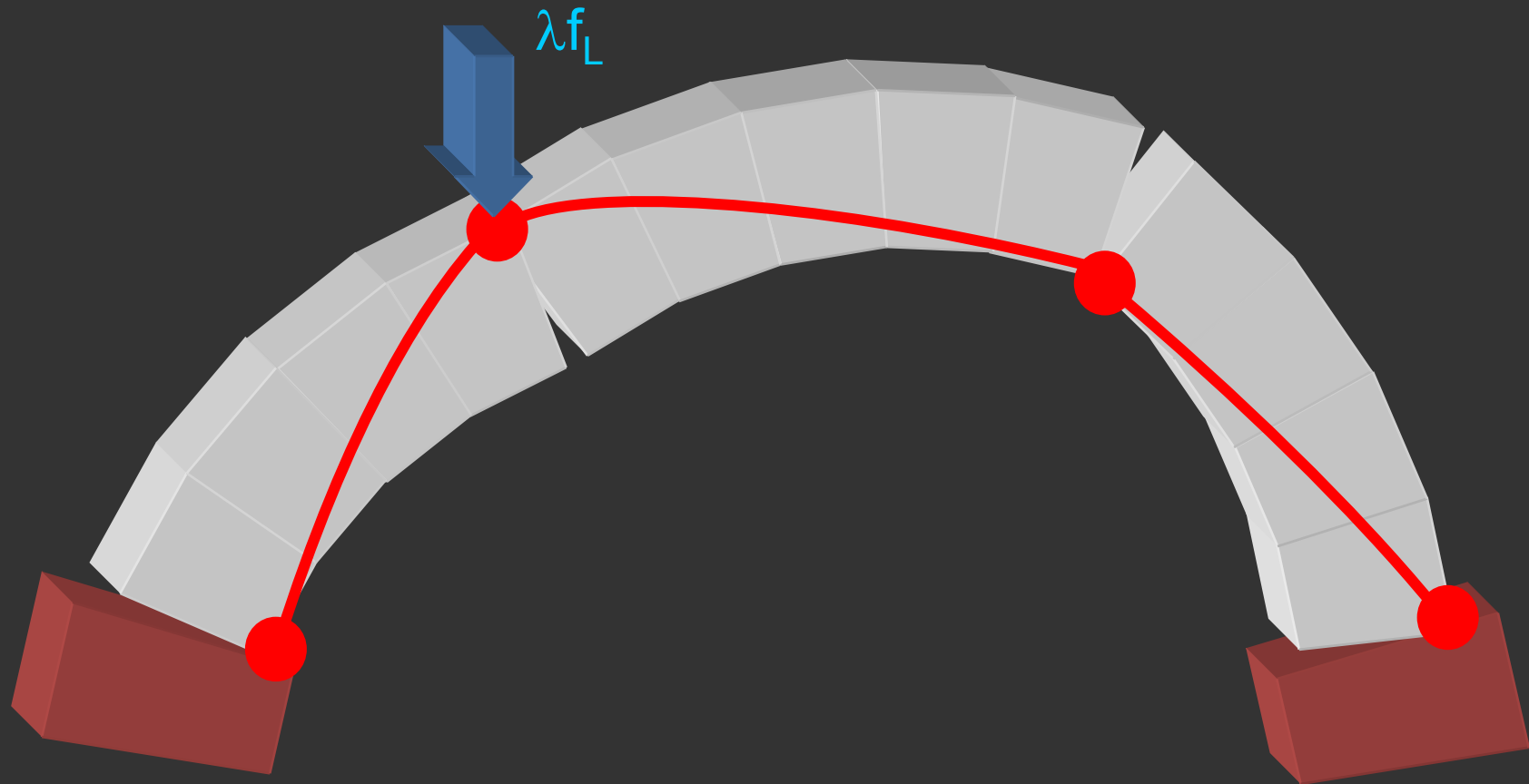
Mechanizmus módszer

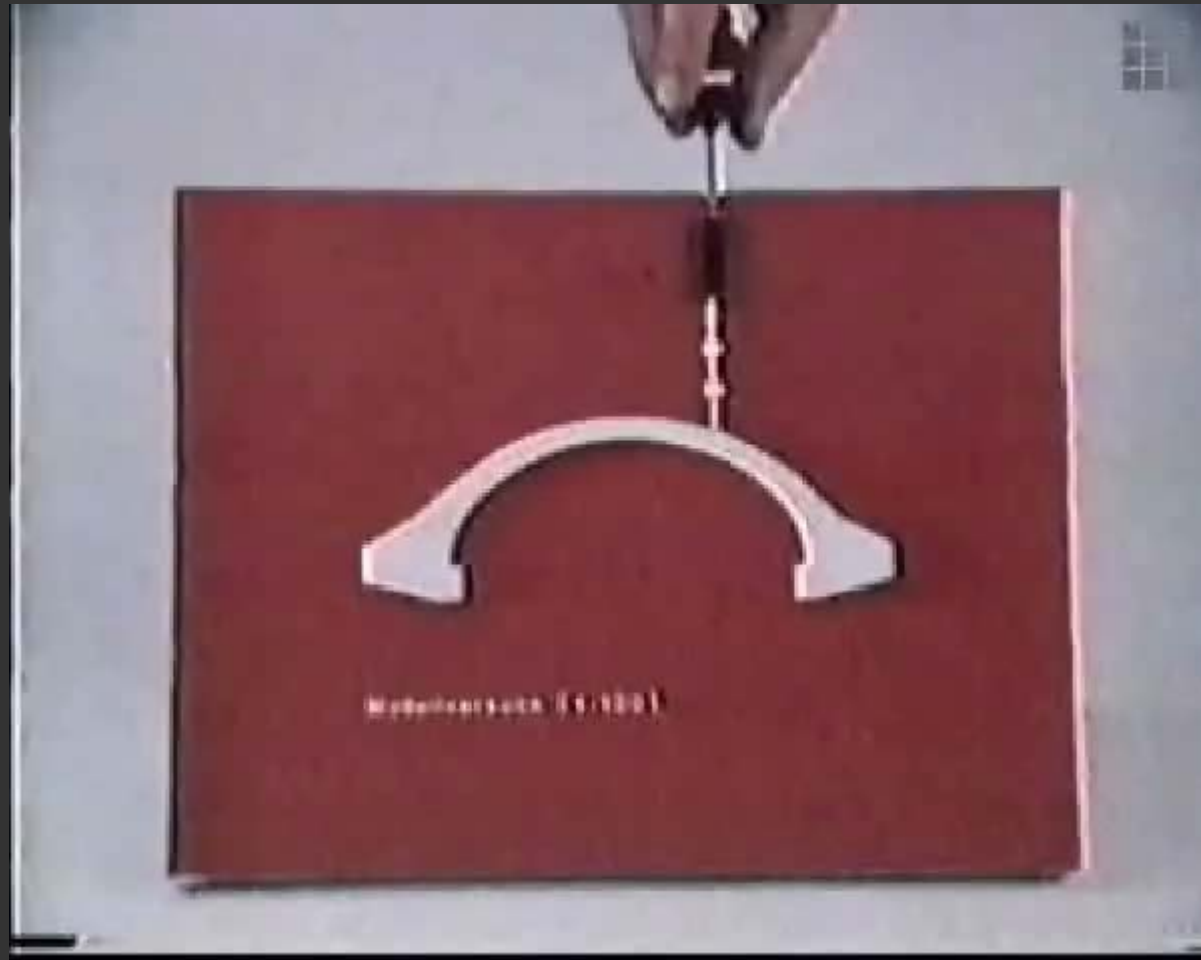


Mechanizmus módszer



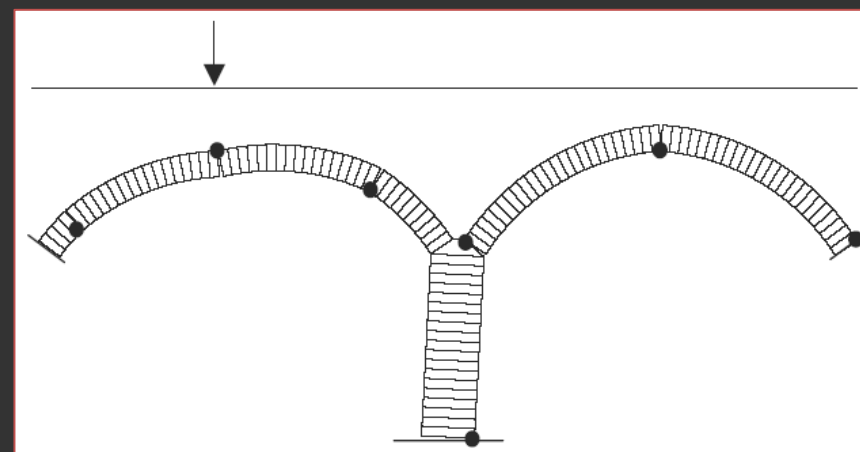
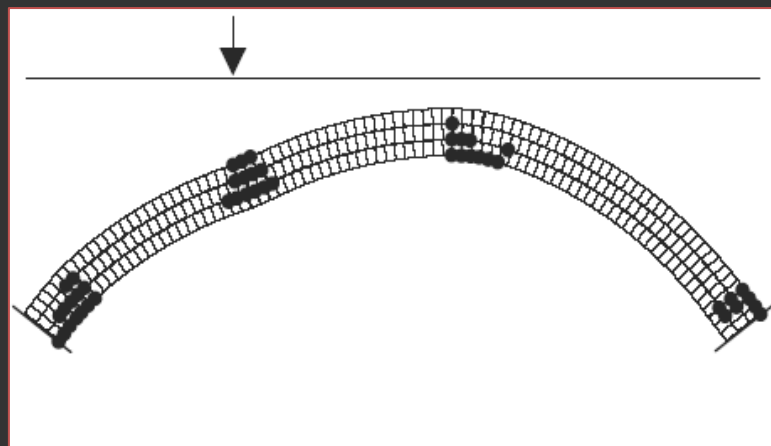
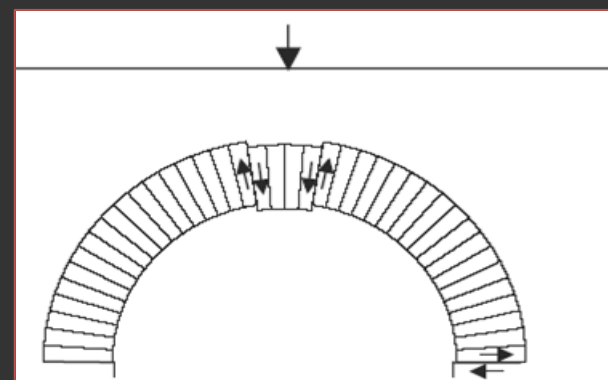
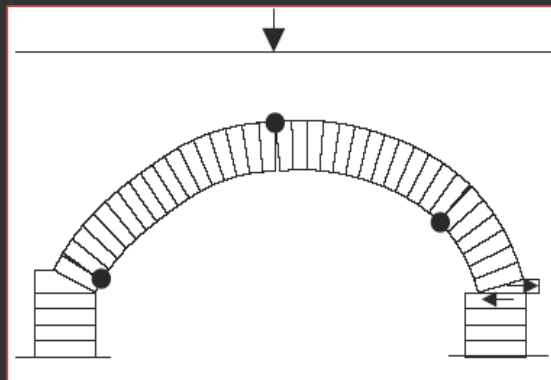
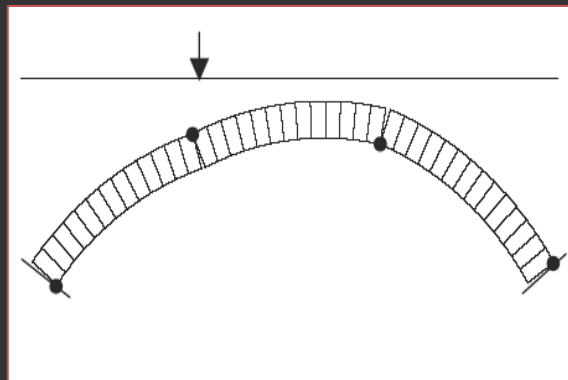
Mechanizmus módszer





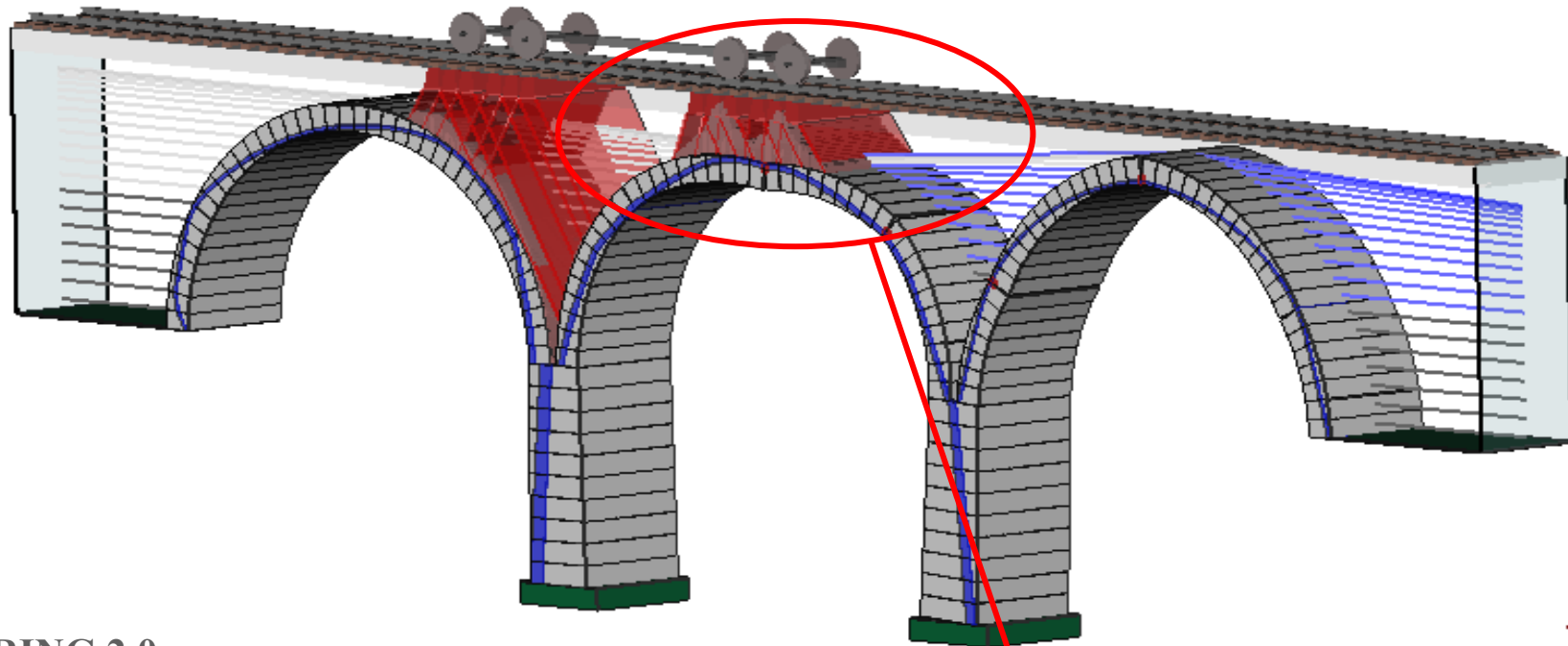


A teherbírás kimerülése - tönkremeneteli mechanizmusok

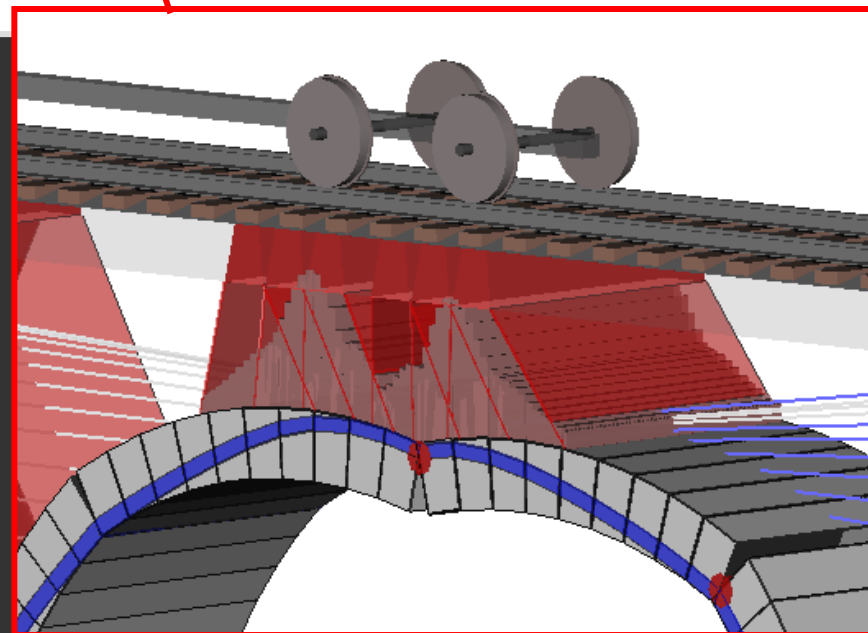
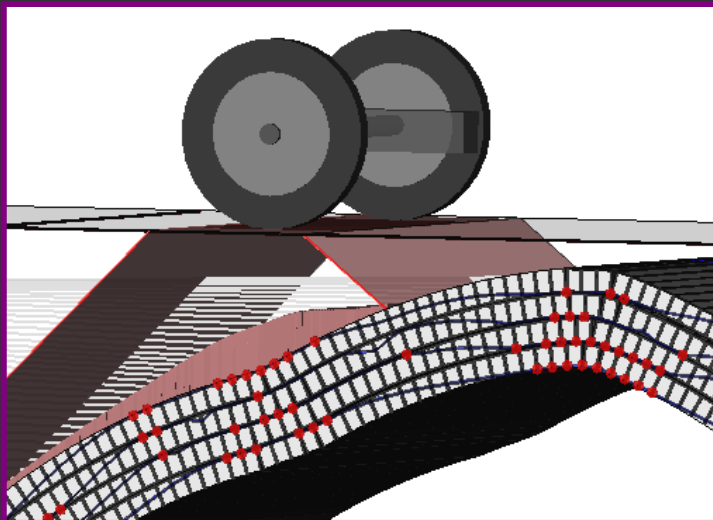




*Scrvia híd, Olaszország
foto: RFI*

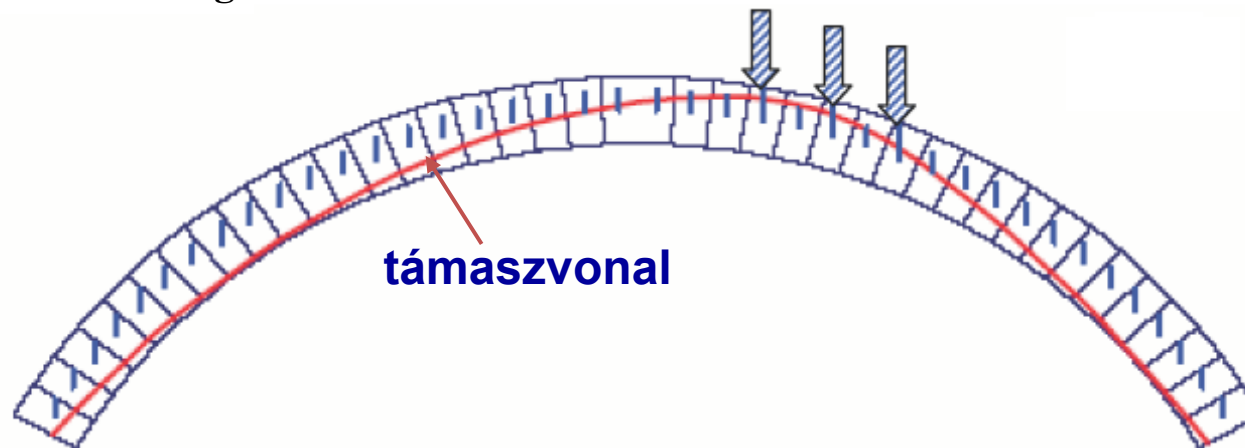


RING 2.0

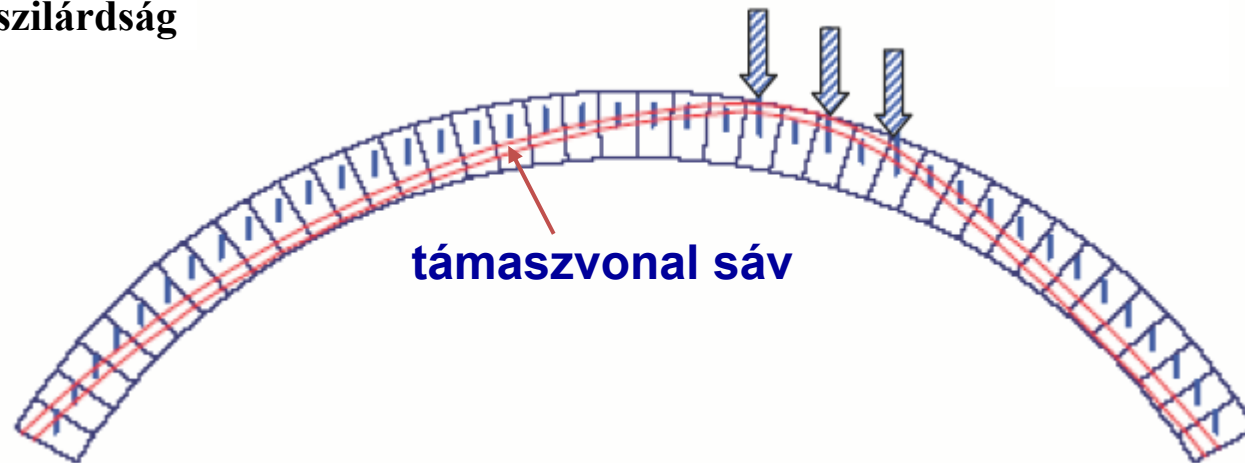


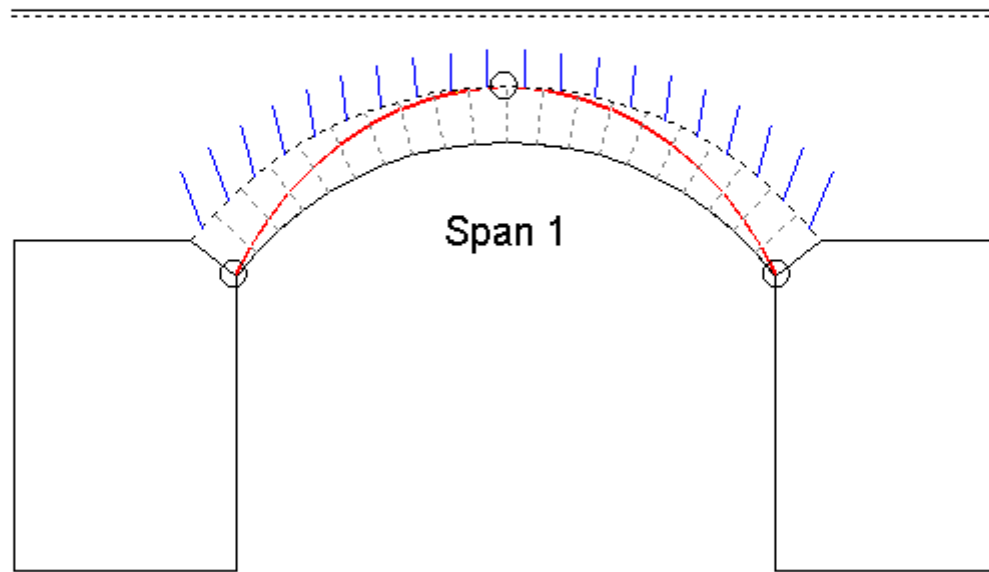
Támaszvonala eljárás

Végtelen nyomószilárdság



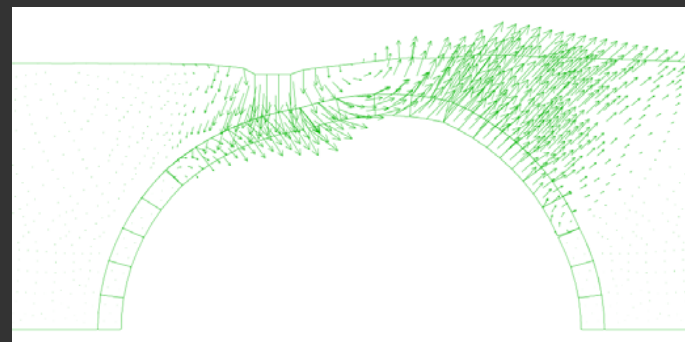
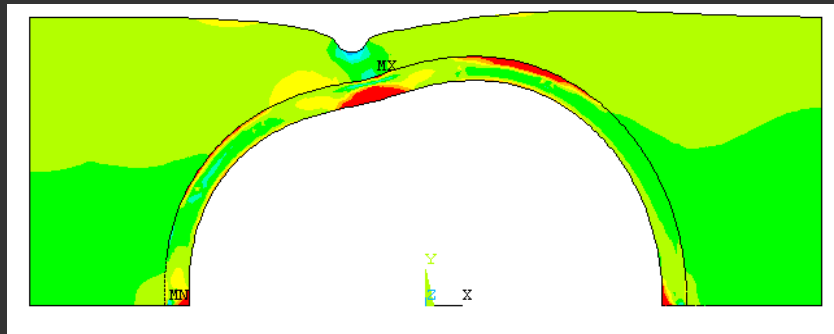
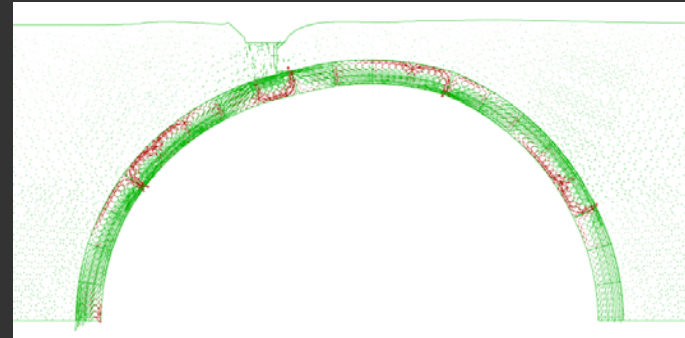
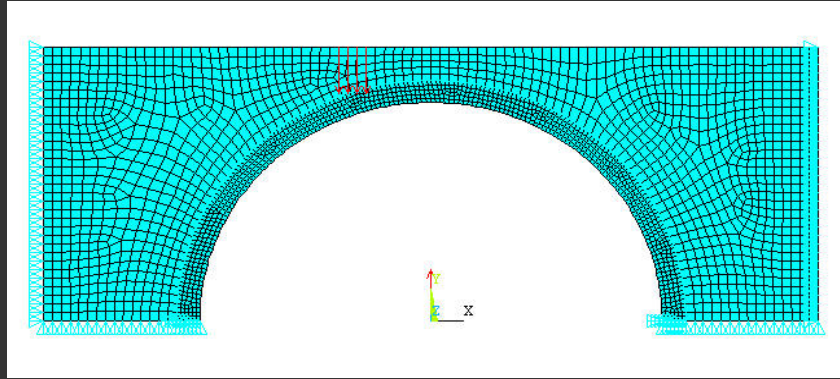
Véges nyomószilárdság





Végelem és diszkrét elem módszerek

‘Nemlineáris analízis’



- **Boltozat:** húzószilárdsággal nem rendelkező, rugalmas
- **Háttöltés:** Mohr-Coulomb
- **Kontakt:** súrlódásos

Többszintű teherbírás értékelés

Számítási módszer

Adatgyűjtés

1.szint

Közelítő módszerek

Szemrevételezés,
Tervtári adatok

2. szint

Mechanizmus módszer,
Támaszvonala módszer,
2D lineáris FEM/DEM

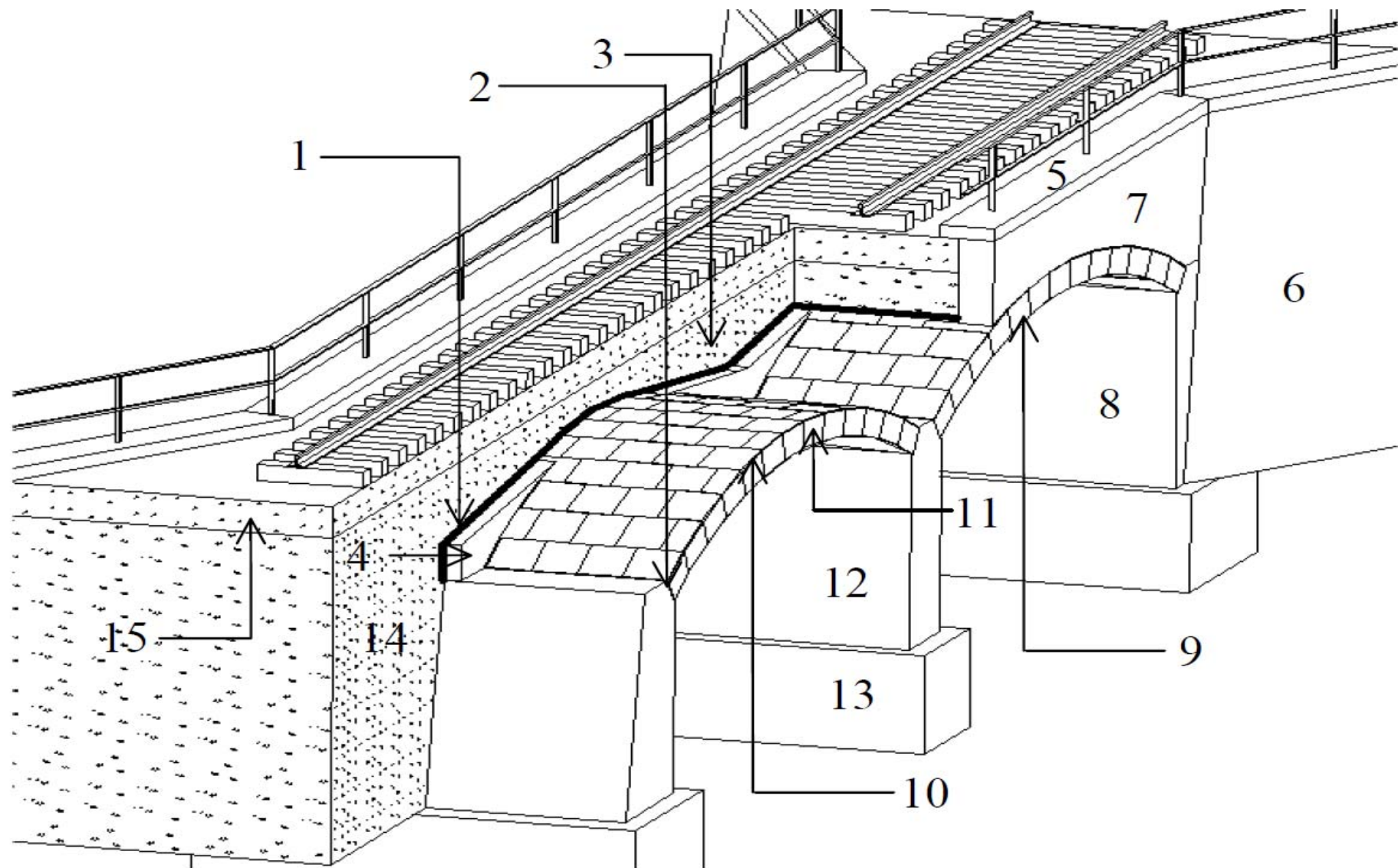
Egyszerű mérések

3. szint

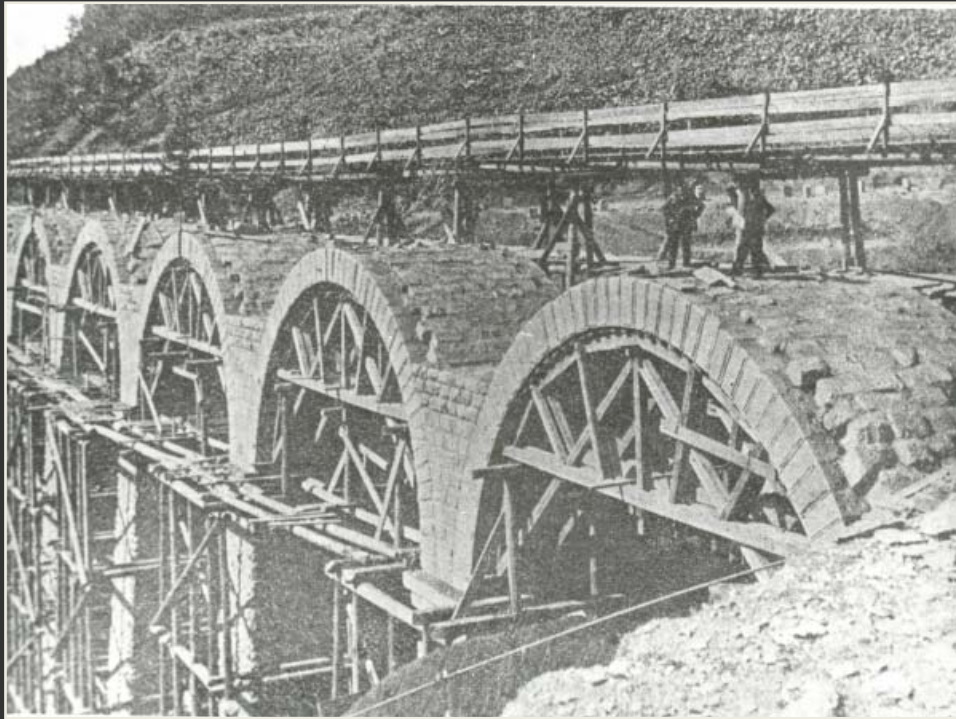
Nemlineáris,
2D és 3D FEM/DEM,

Roncsolásos és
roncsolásmentes
diagnosztikai módszerek

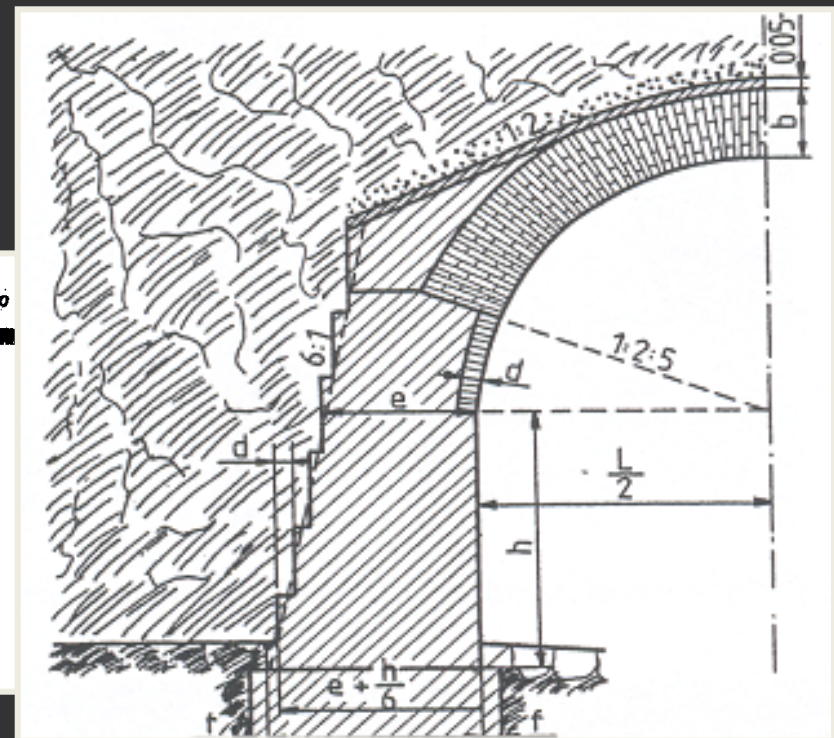
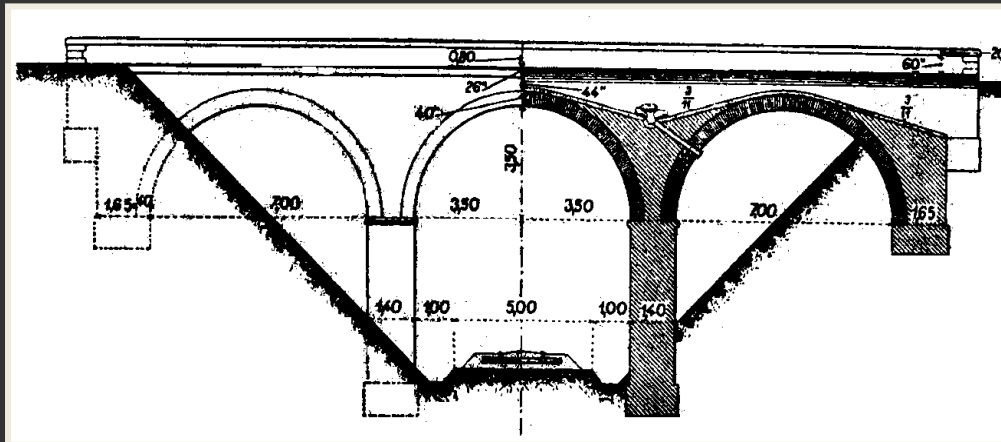
Szerkezeti felépítés



1- vízszigetelés 2- boltváll 3- feltöltés 4- mögéfalazás 5- szegély 6- szárnyfal 7- homlokfal 8- hídfő, ellenfal 9- intrados 10- extrados 11- boltozati kő 12- pillér 13- alap 14- háttöltés 15-ágyazat



Ismeretlen építéstechnológia,
rejtett szerkezeti,- és
anyag jellemzők

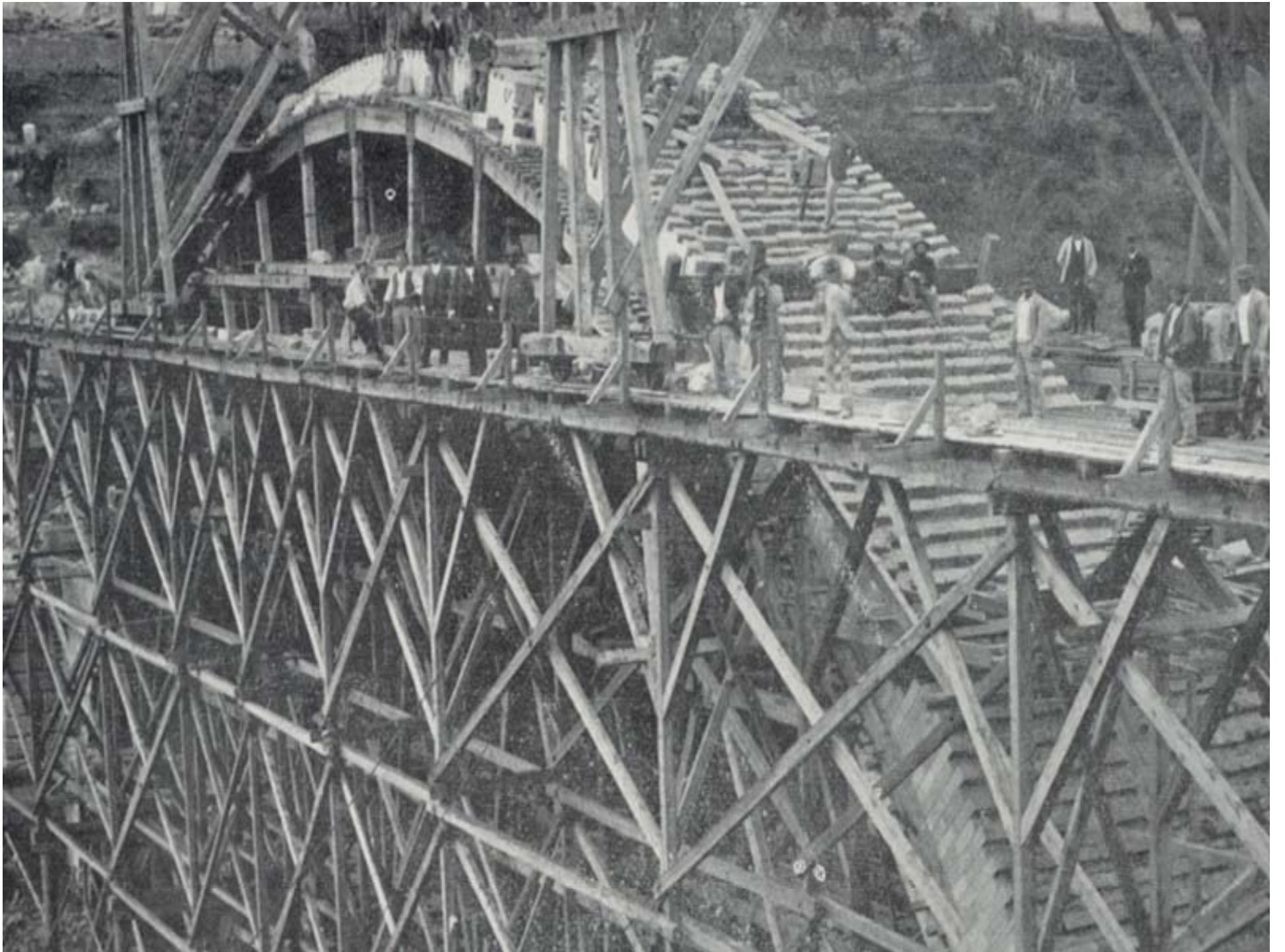




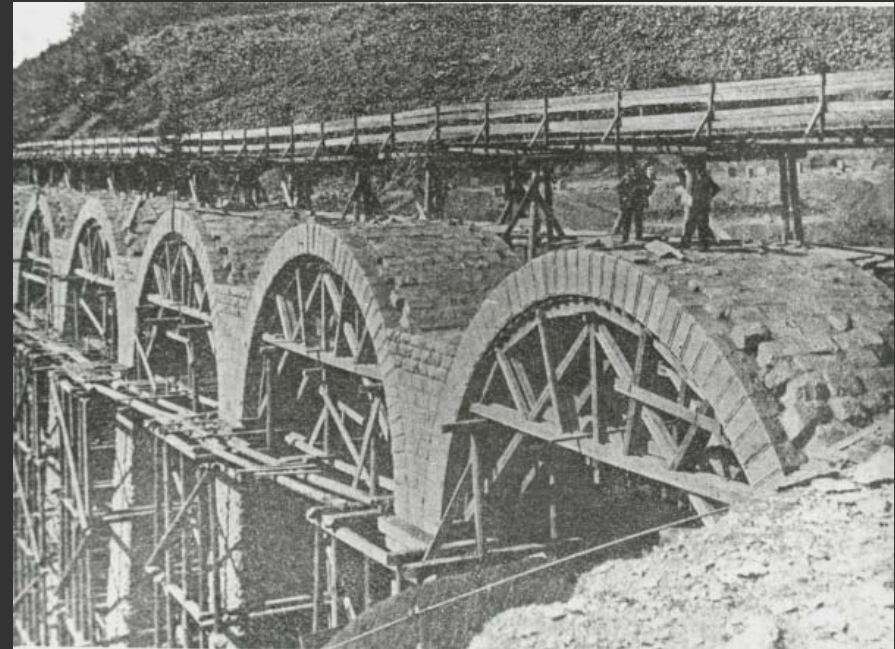
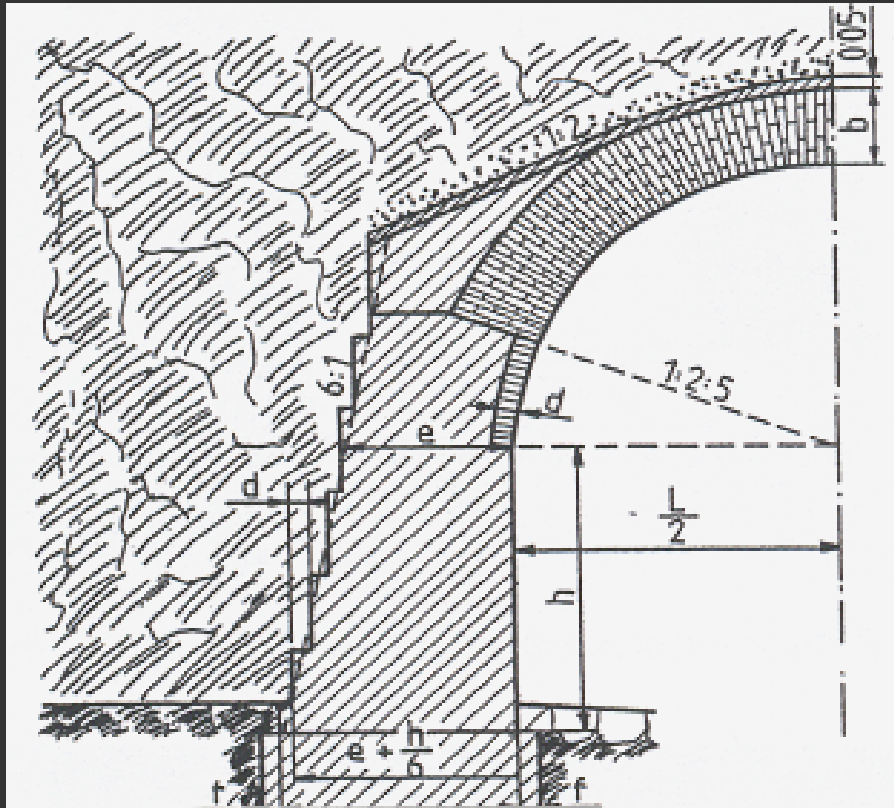
Courtesy British Waterways

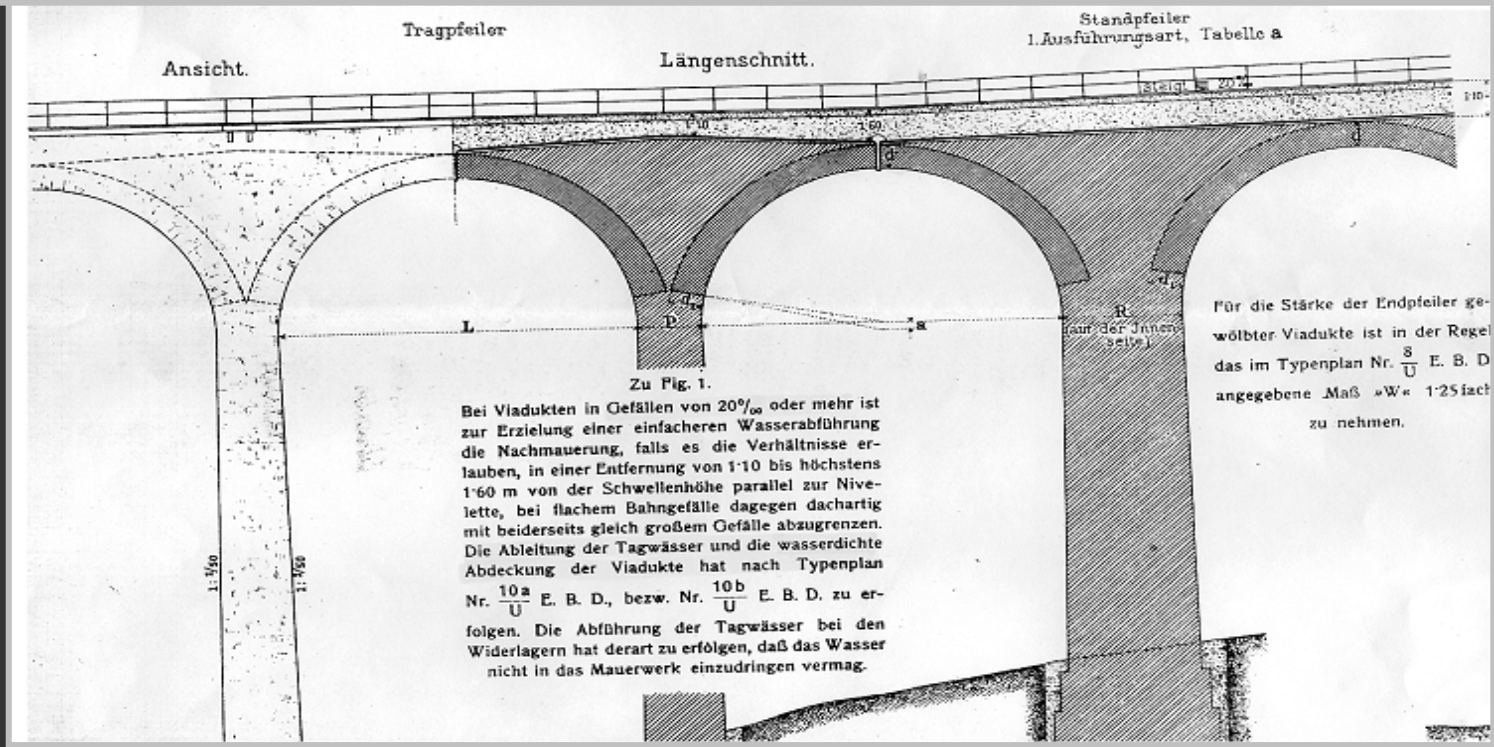
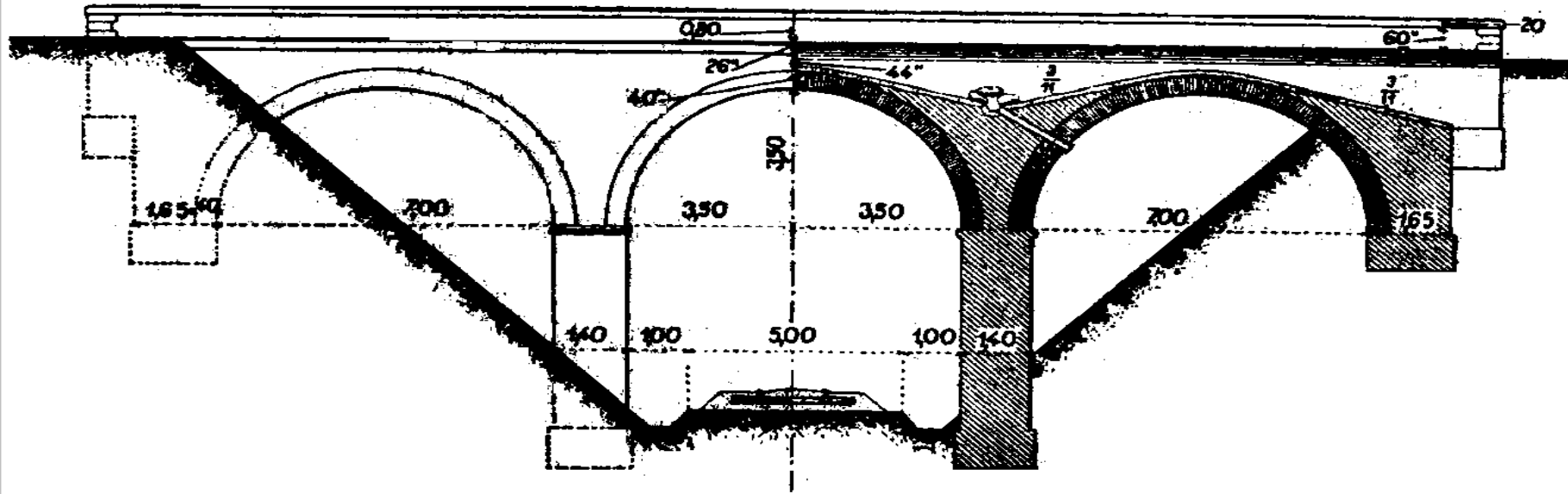


Courtesy: British Waterways



Mögéfalazás





Tragpfeiler

Standpfeiler
1. Ausführungsart, Tabelle a

Ansicht.

Längenschnitt.

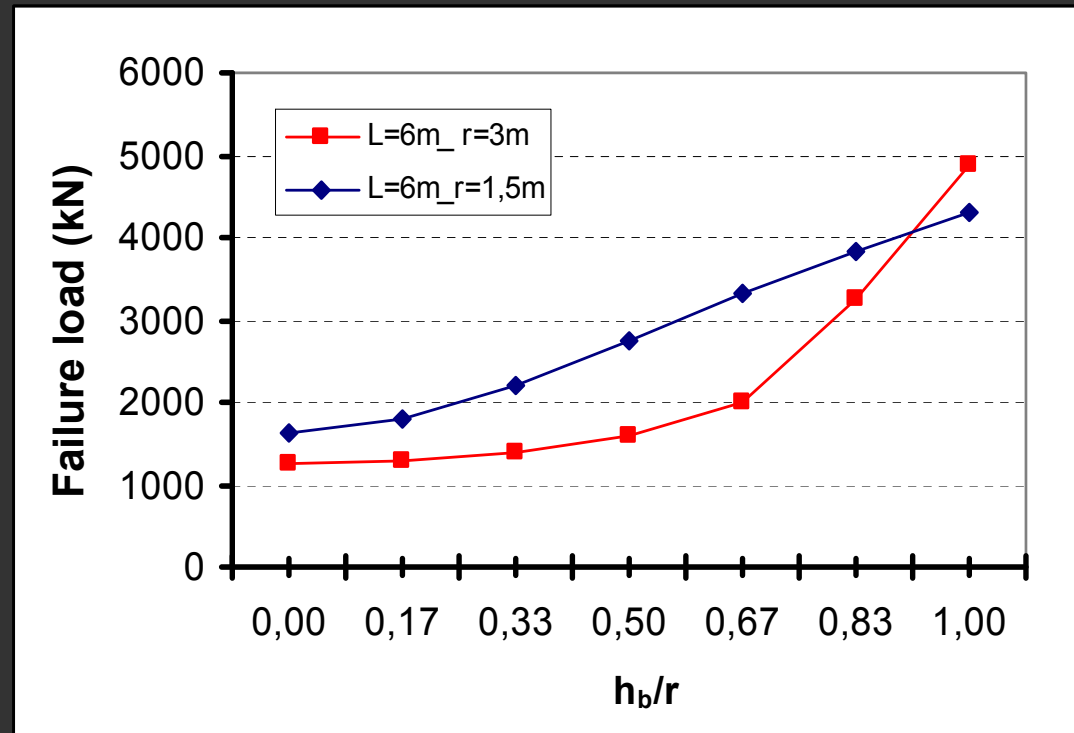
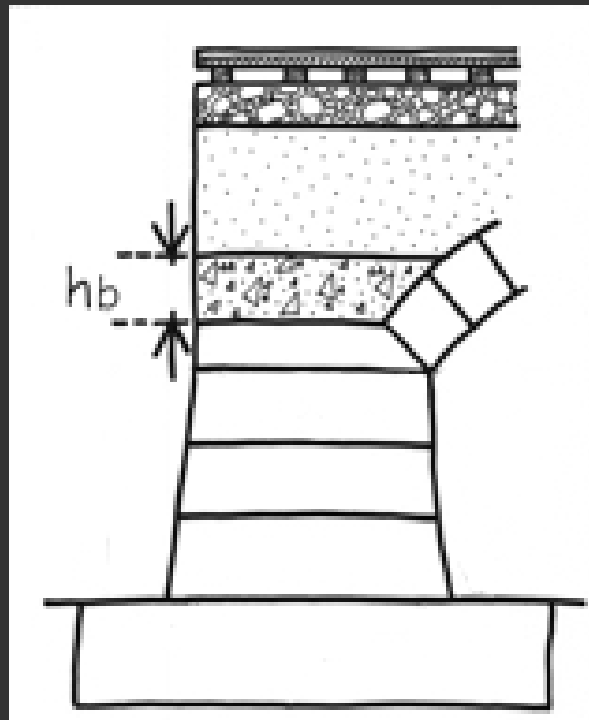
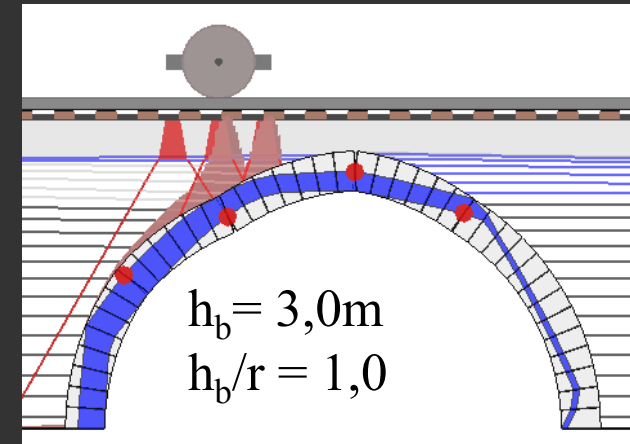
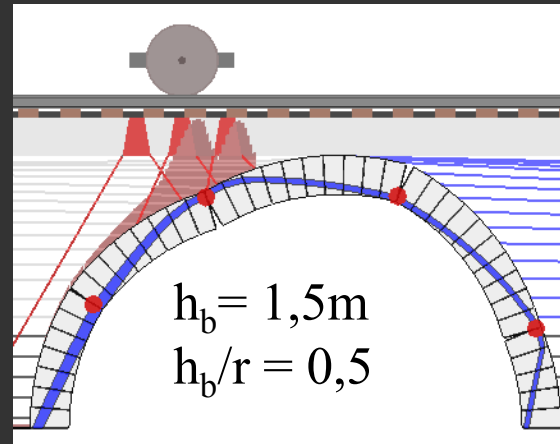
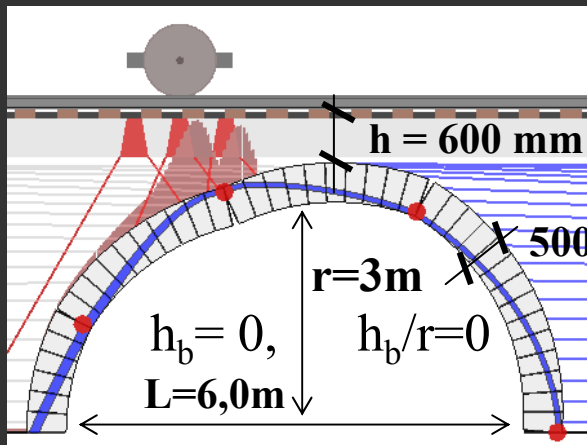
Zu Fig. 1.

Bei Viadukten in Gefällen von 20‰ oder mehr ist zur Erzielung einer einfacheren Wasserabführung die Nachmauerung, falls es die Verhältnisse erlauben, in einer Entfernung von 1:10 bis höchstens 1:60 m von der Schwellenhöhe parallel zur Nivelette, bei flachem Bahngefälle dagegen dachartig mit beiderseits gleich großem Gefälle abzugrenzen. Die Ableitung der Tagwässer und die wasserdichte Abdeckung der Viadukte hat nach Typenplan Nr. $\frac{10a}{U}$ E. B. D., bezw. Nr. $\frac{10b}{U}$ E. B. D. zu erfolgen. Die Abführung der Tagwässer bei den Widerlagern hat derart zu erfolgen, daß das Wasser nicht in das Mauerwerk einzudringen vermag.

Für die Stärke der Endpfeiler gewölbter Viadukte ist in der Regel das im Typenplan Nr. $\frac{8}{U}$ E. B. D. angegebene Maß „W“ 1:25fach zu nehmen.



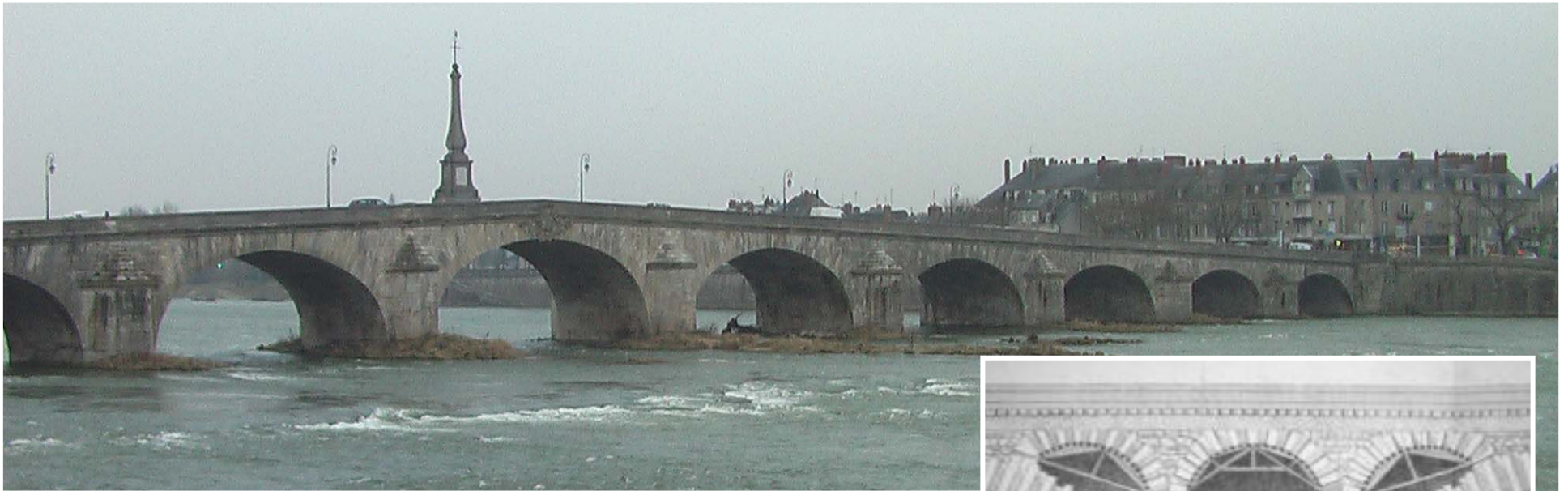
A mögéfalazás hatása a teherbírásra



takaréküregek



Courtesy: W. Harvey



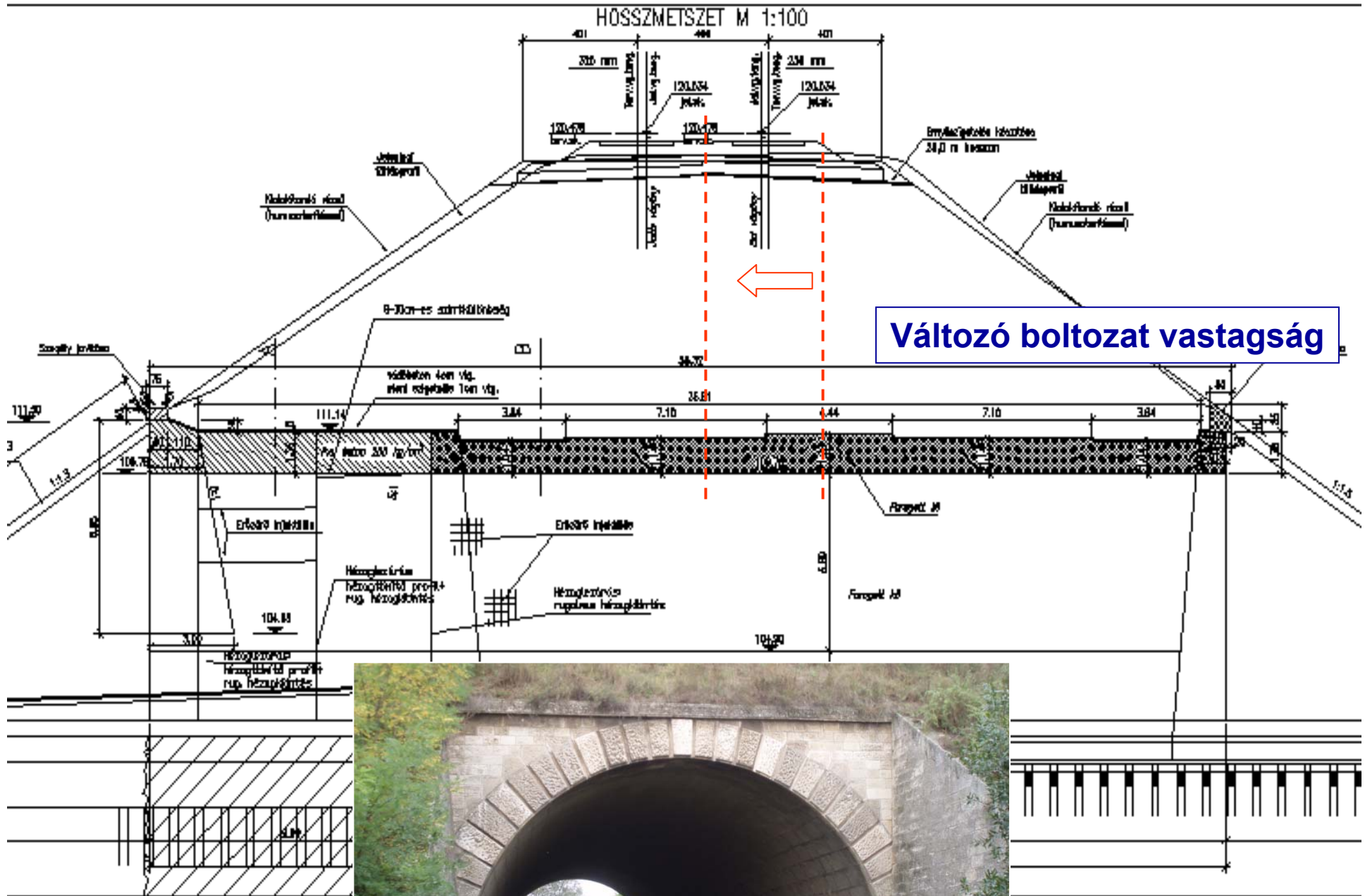
Bridge at Orleans

/1760/

Boltozat vastagság változásai

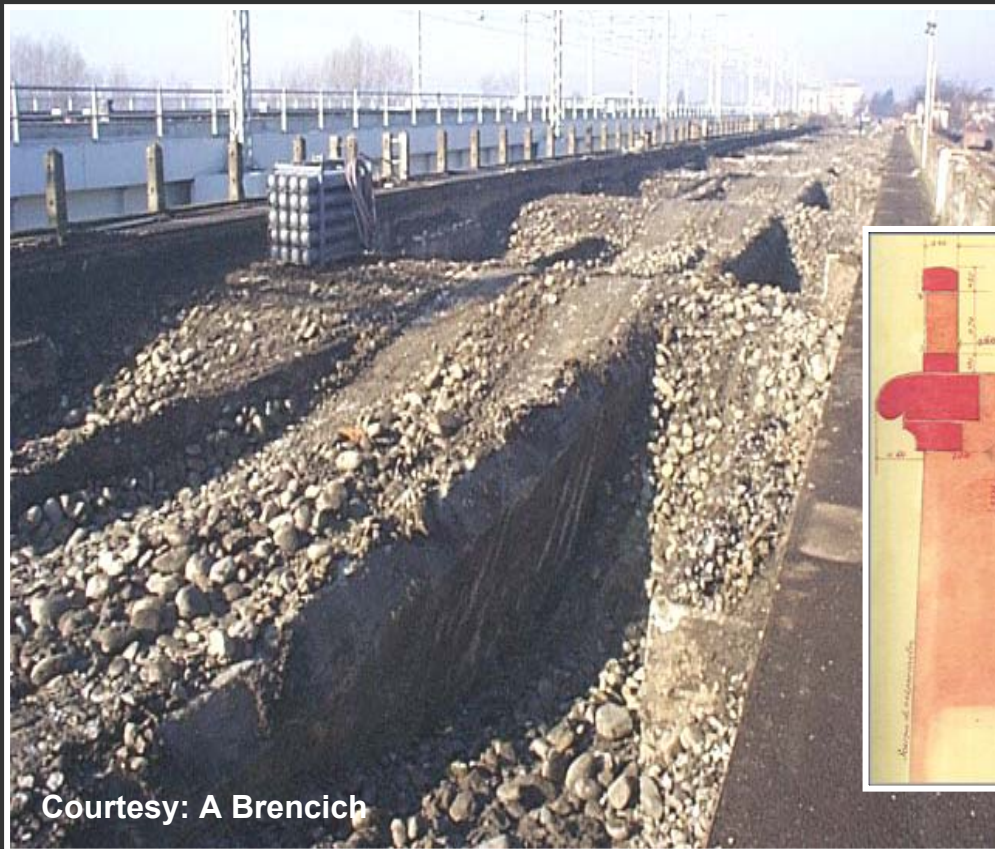
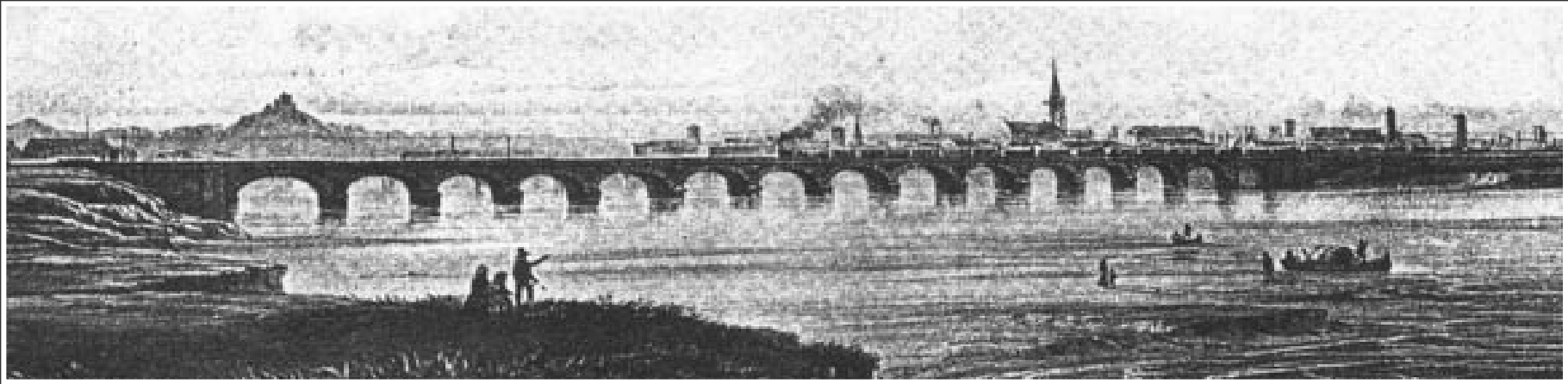


HÖSSZMETSZET M 1:100



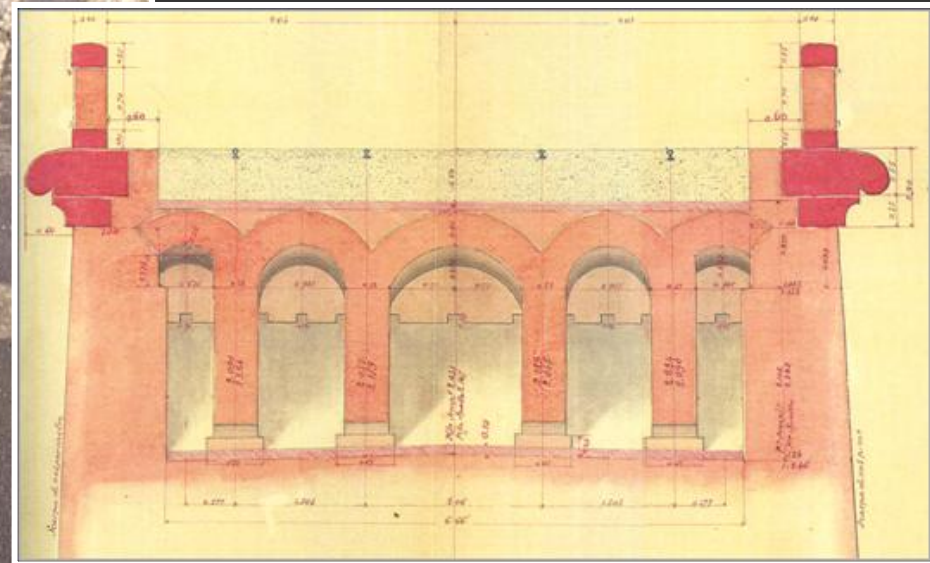
Változó boltozat vastagság





Courtesy: A Brencich

Belső merevítő falak



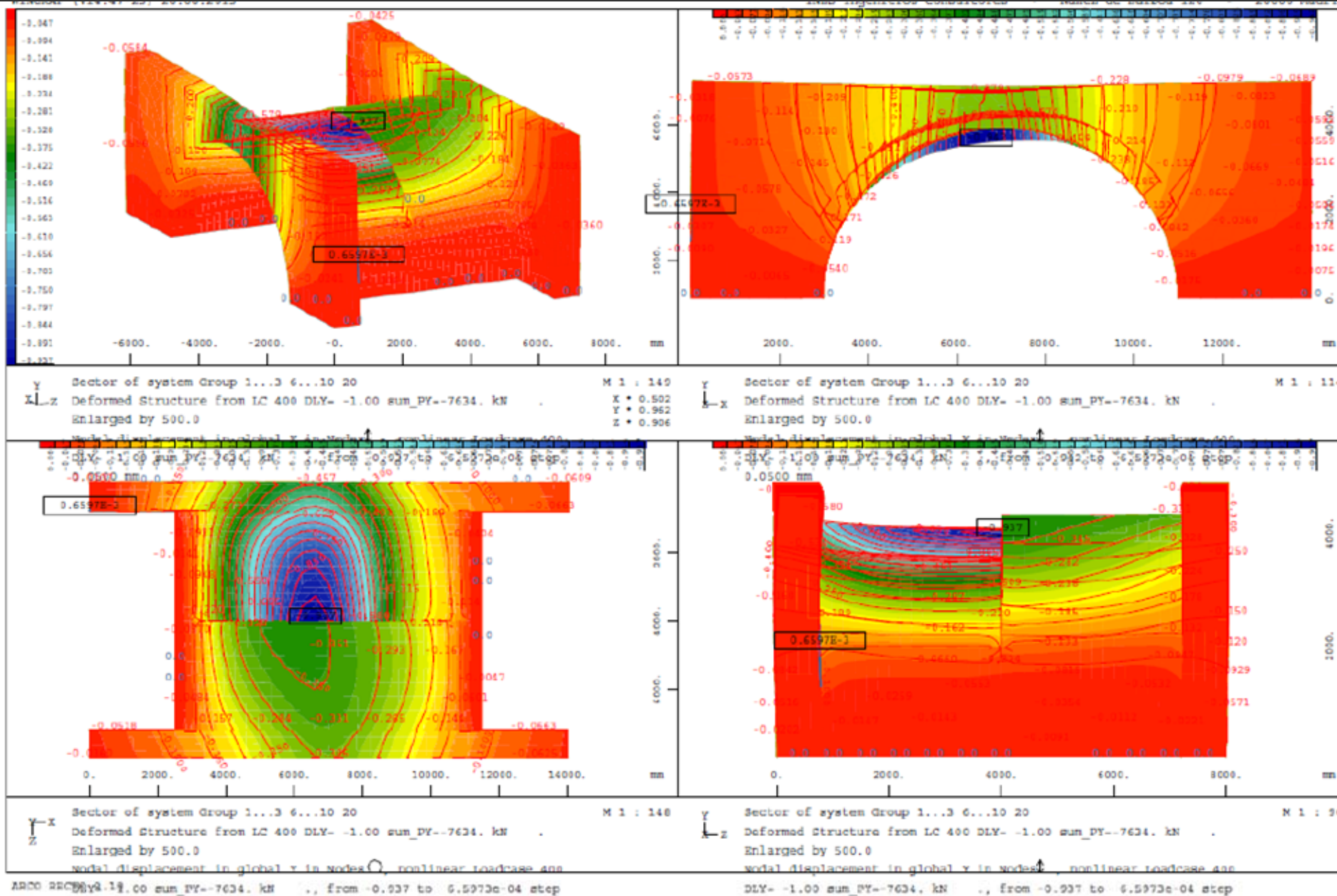


**A falazat minőségének
egyenetlensége**

Károsodások hatásai

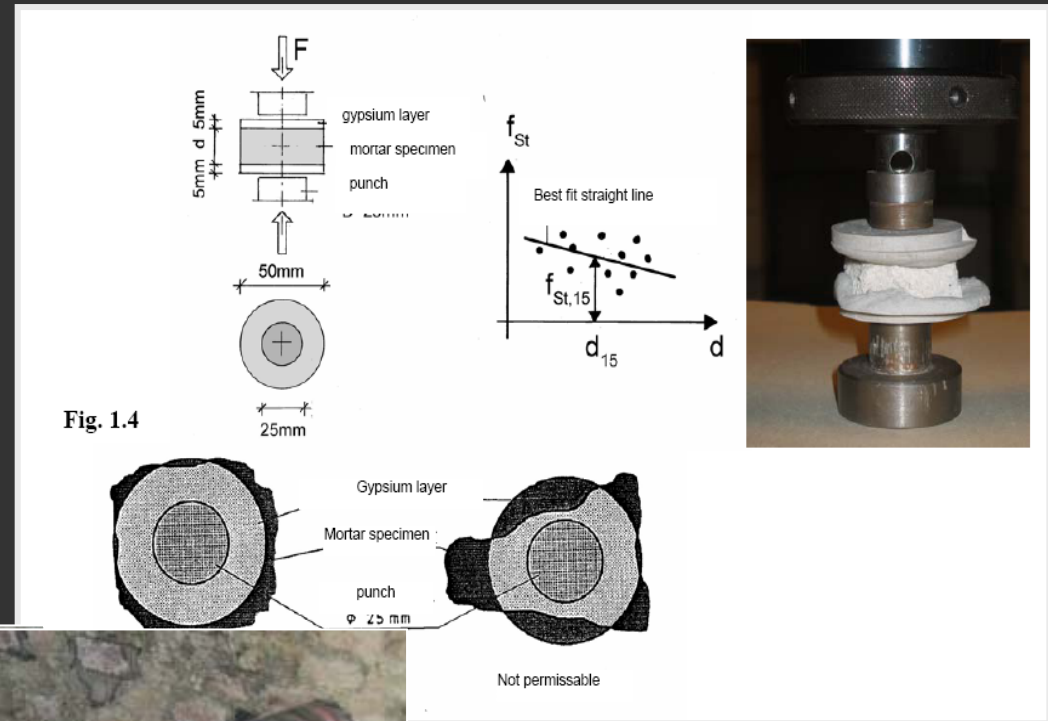
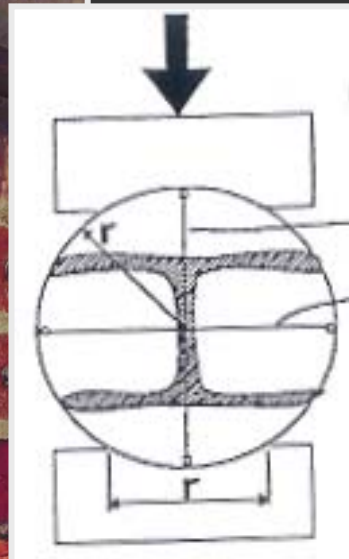
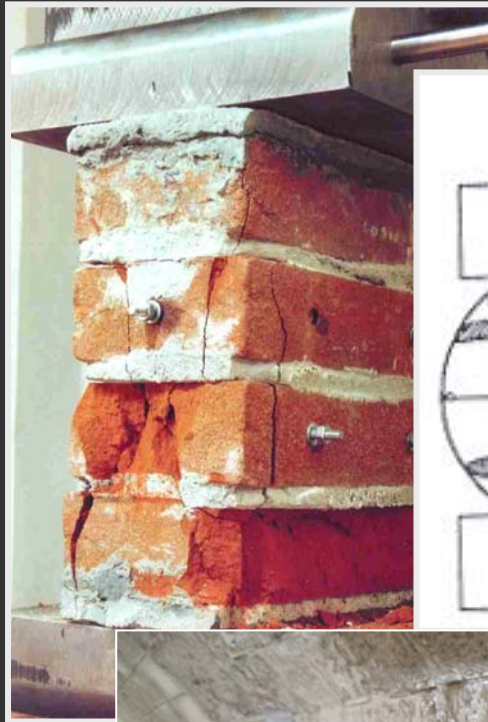


Károsodások hatásai /példa – hosszirányú repedés/



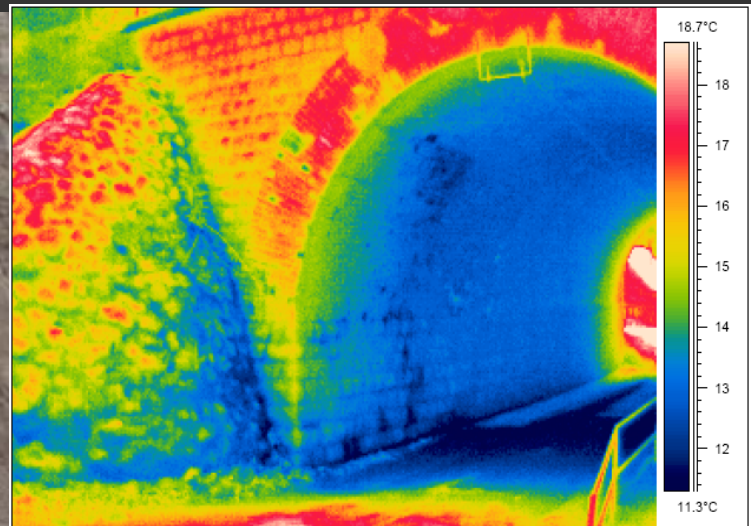
Adatgyűjtés diagnosztikával

Roncsolásos vizsgálatok

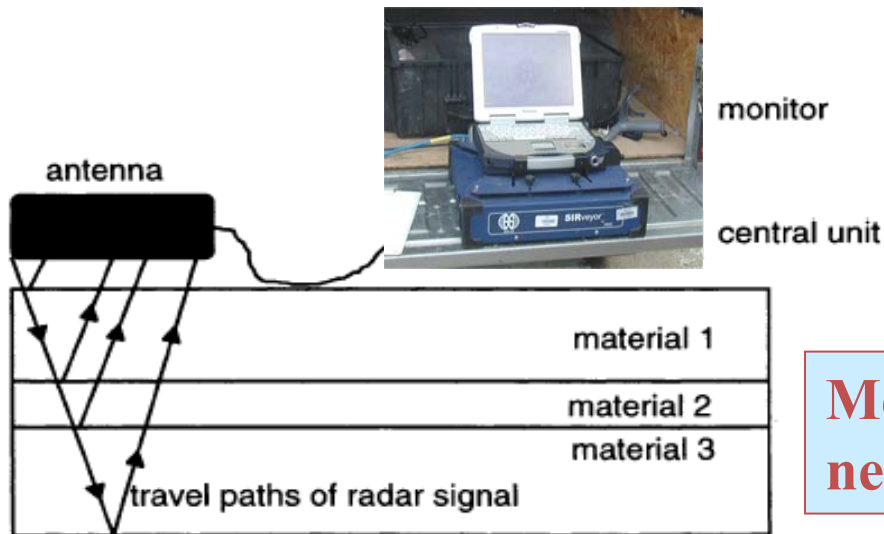


Adatgyűjtés diagnosztikával

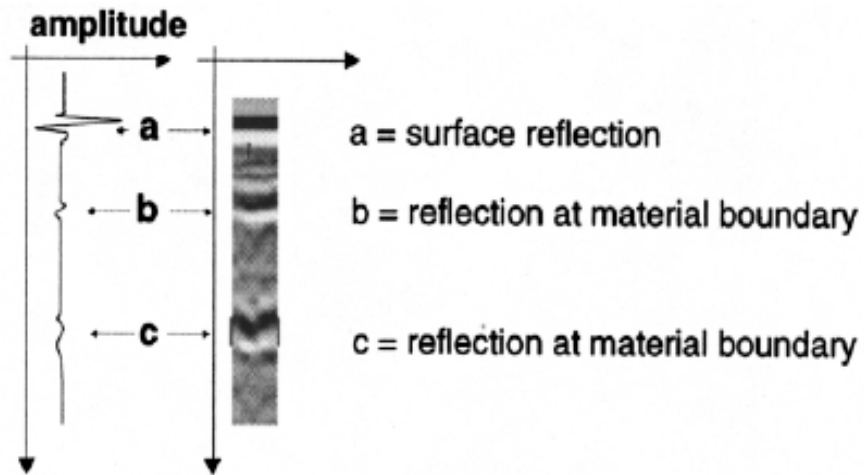
Roncsolásmentes vizsgálatok



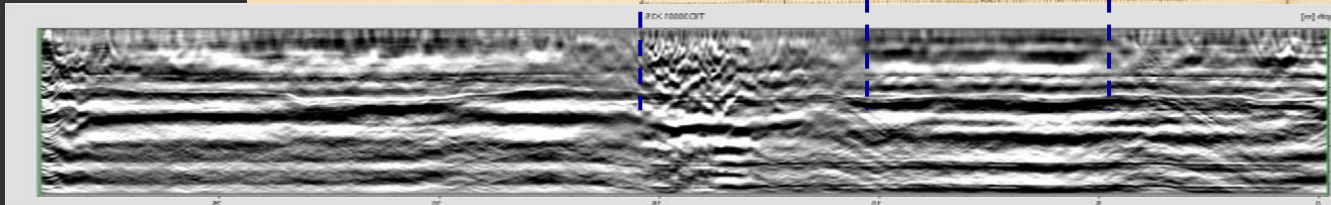
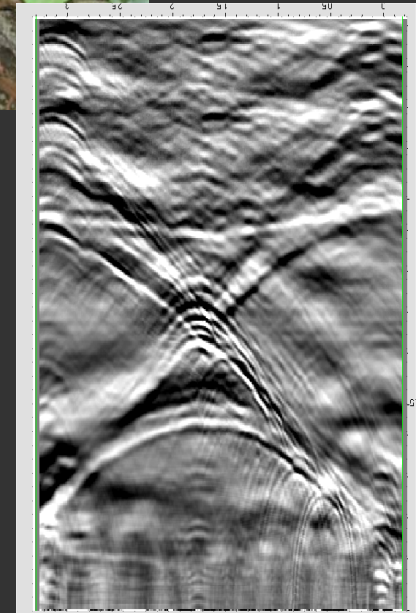
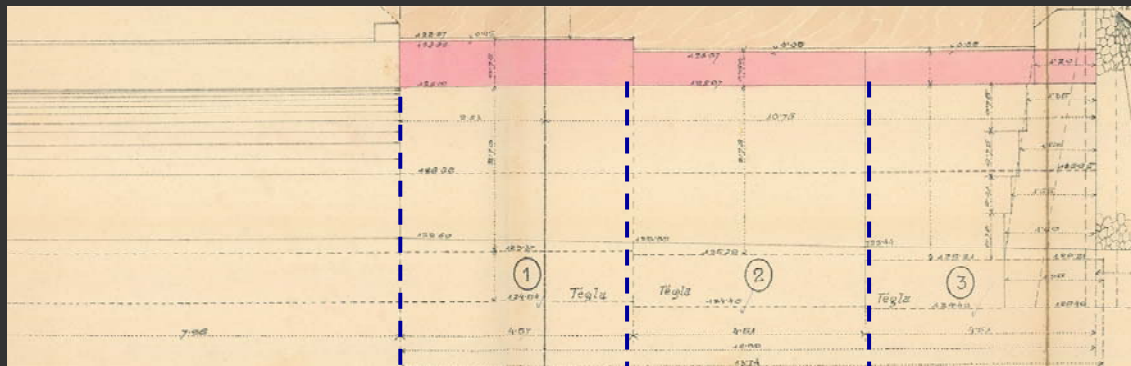
Georadar (földradar)

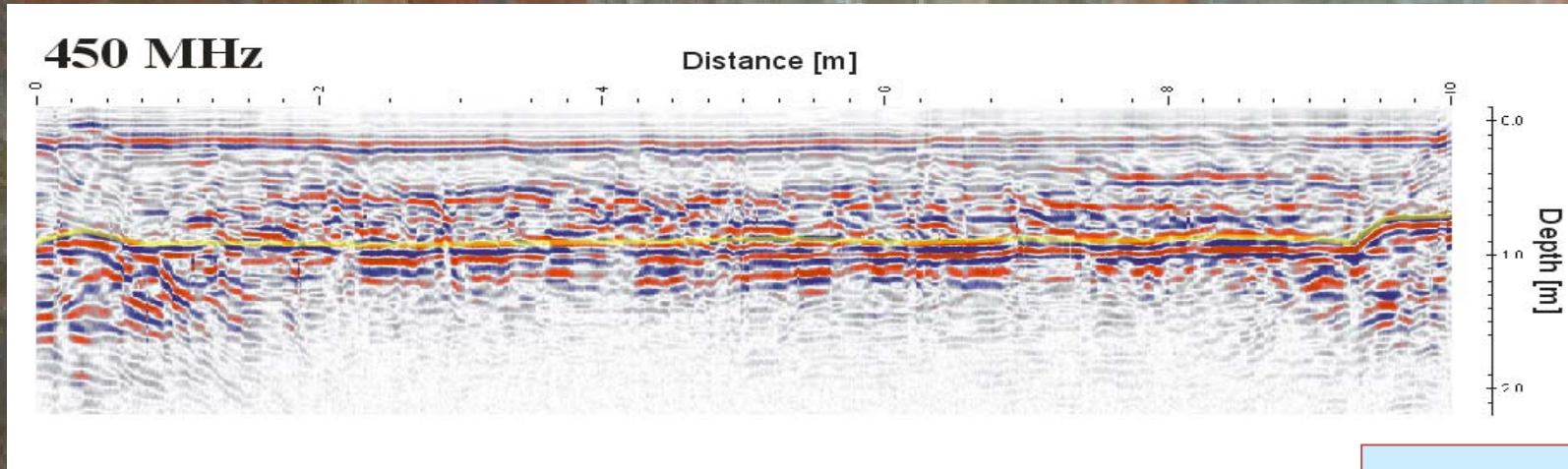


Méretetek, rétegződés, üregek, nedvesség, sótartalom feltérképezése

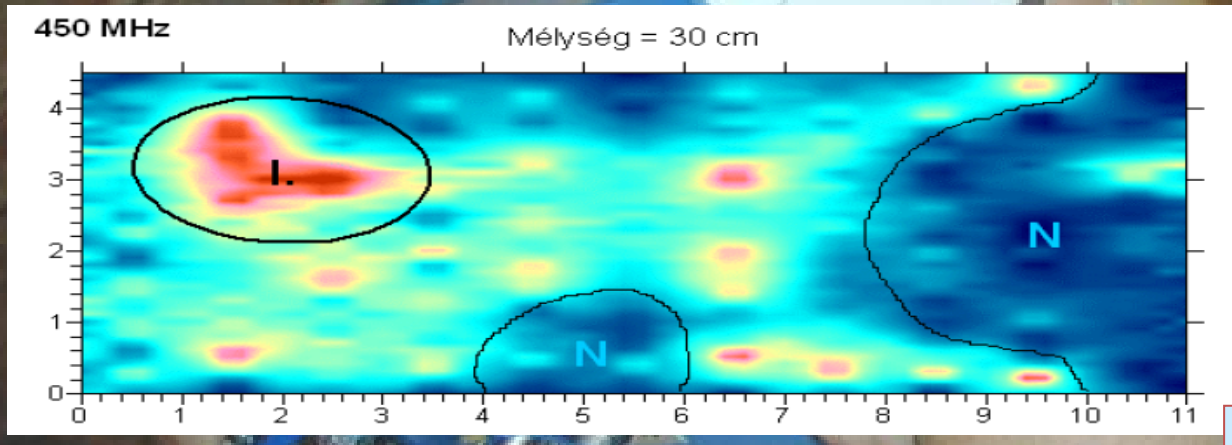


Vizsgálat georadarral (Pécs, vasúti híd)

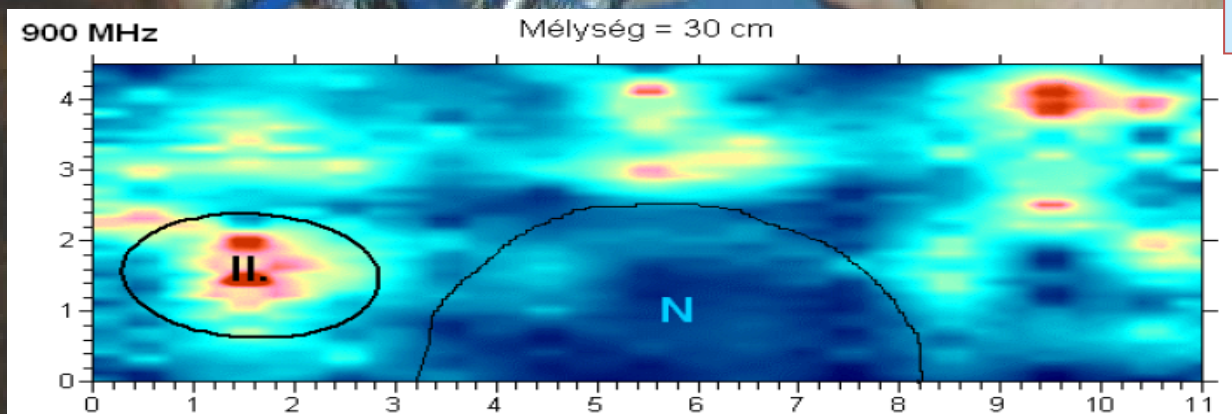




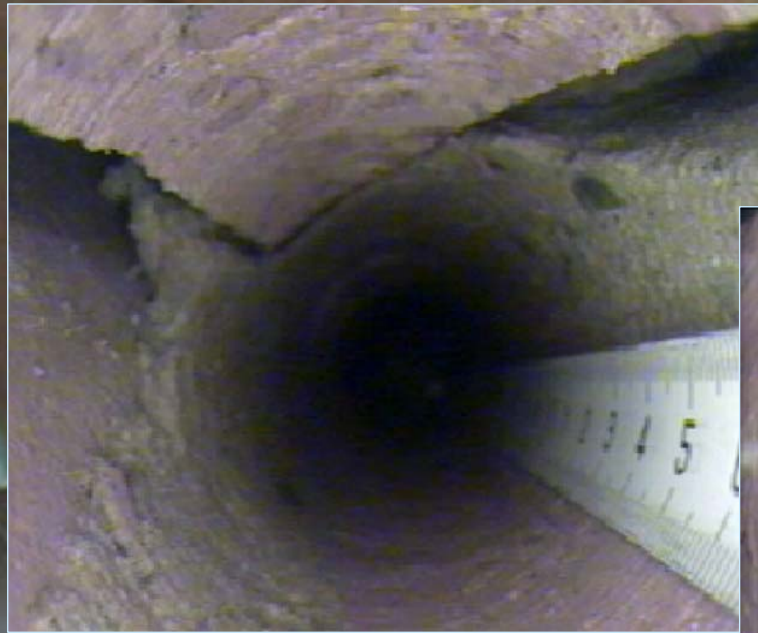
Radarkép



Anomália térkép



Lyukkamera



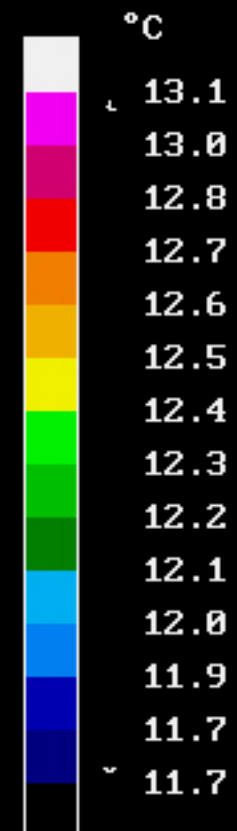
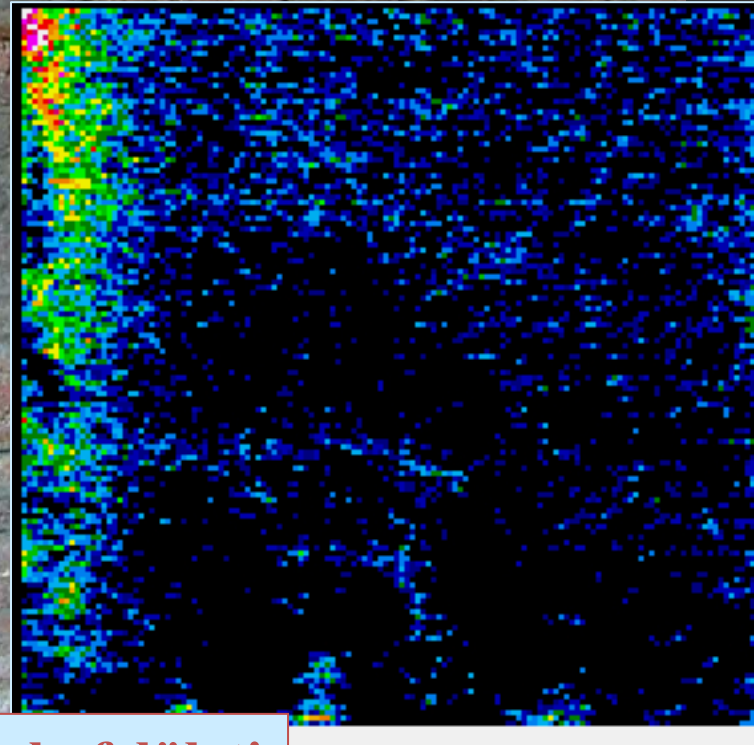
üregek, repedések, elváló rétegek,
háttöltés viszonyok feltérképezése



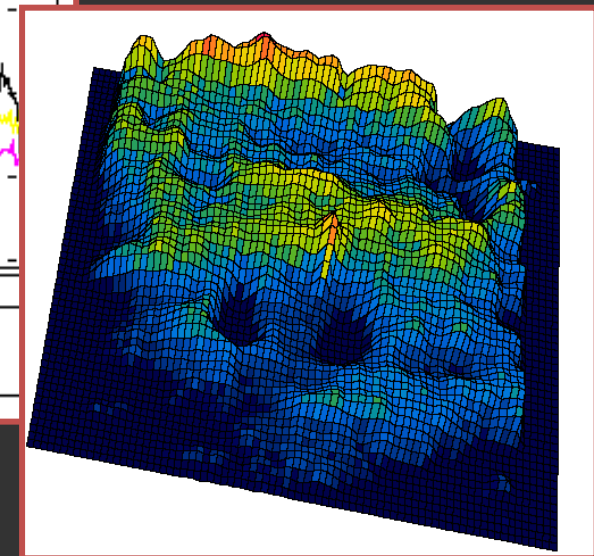
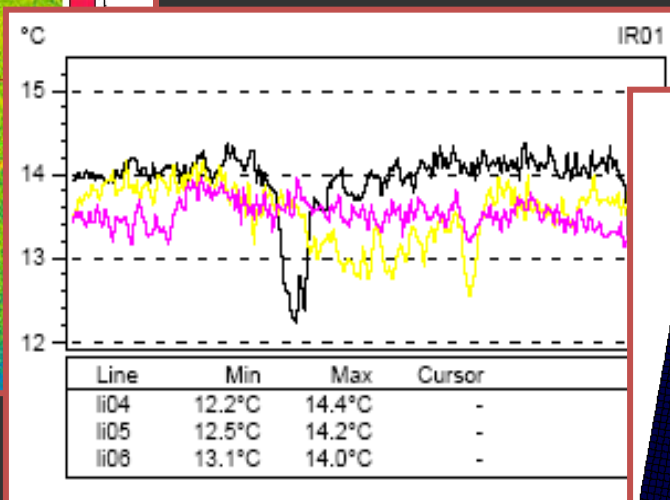
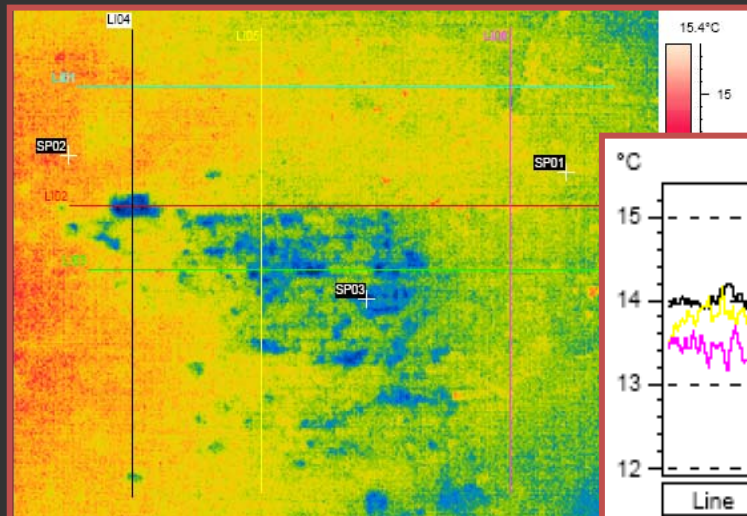
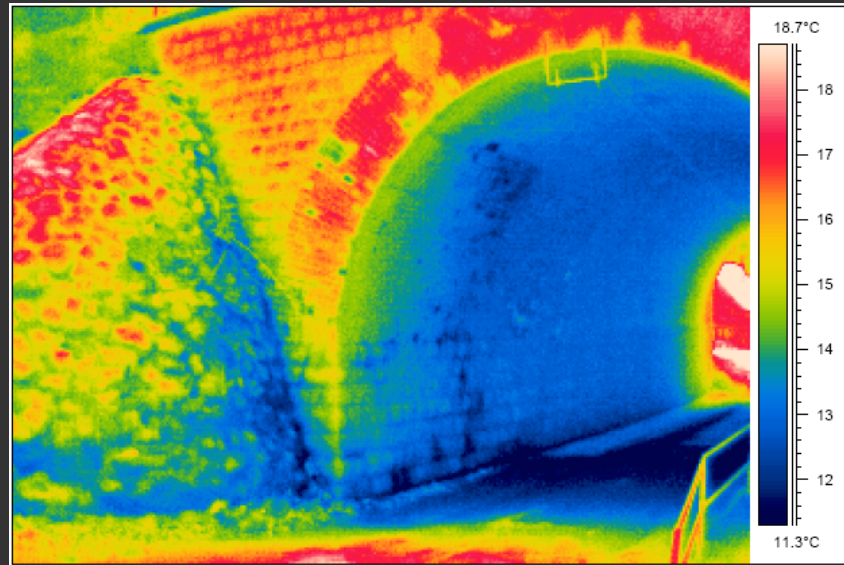
Vizsgálat videoendoszkóppal (Pécs, vasúti híd)



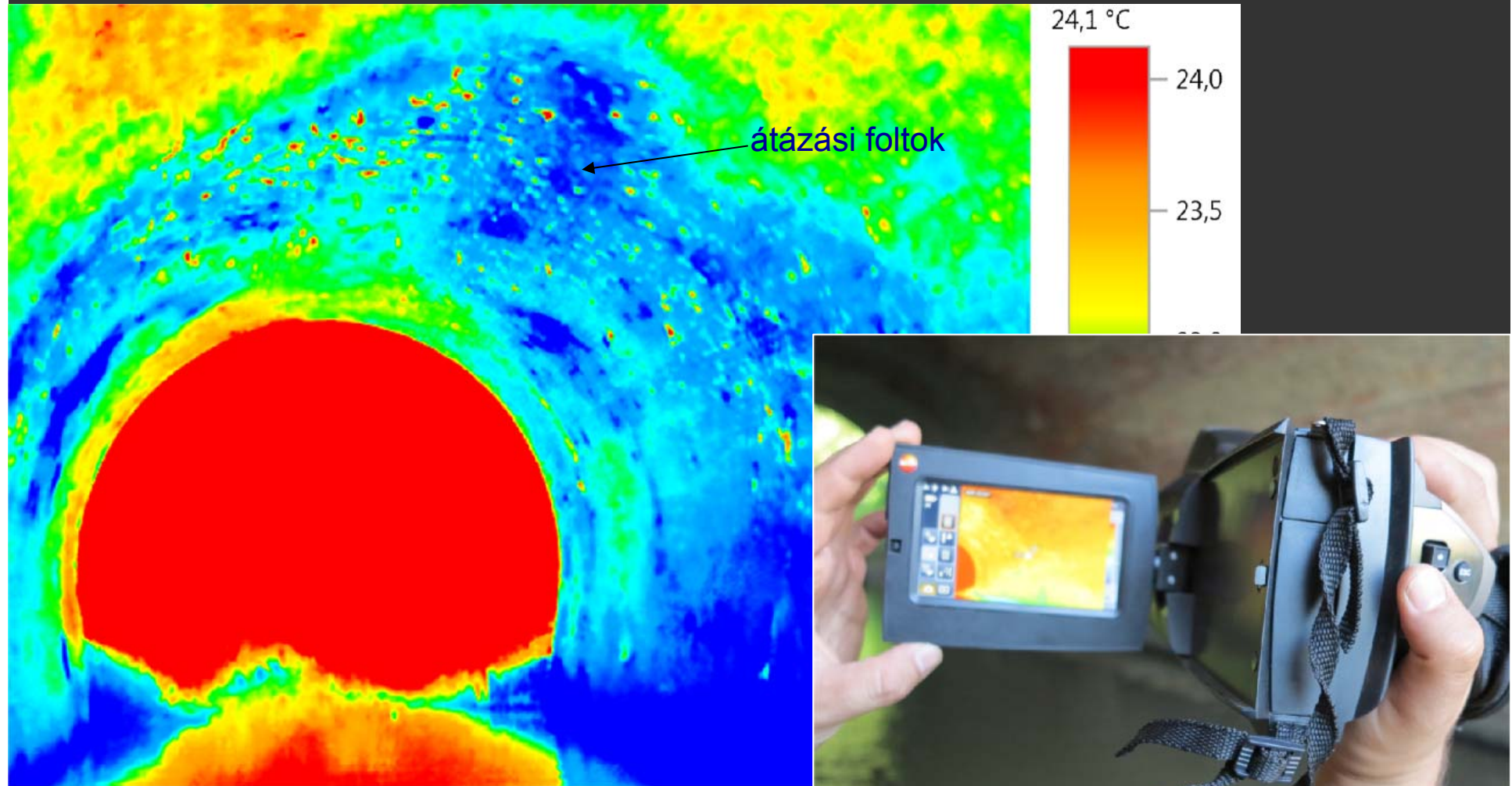
Infravörös hőmérsékletmérés

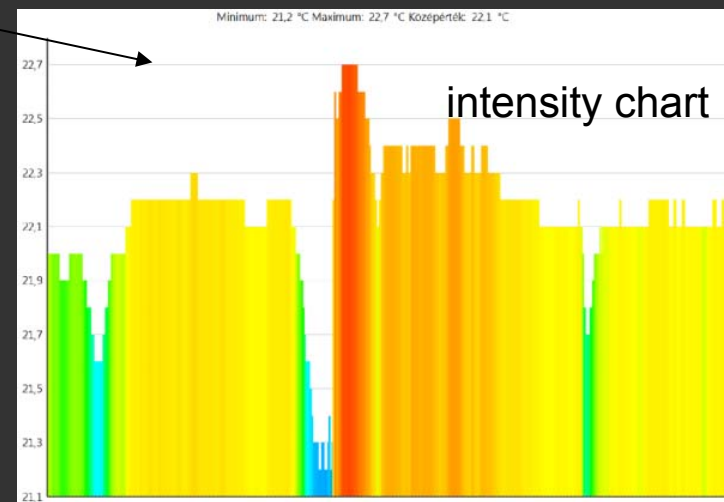
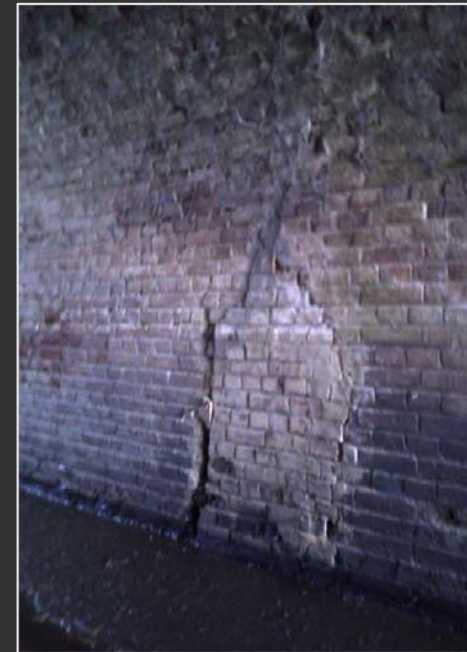
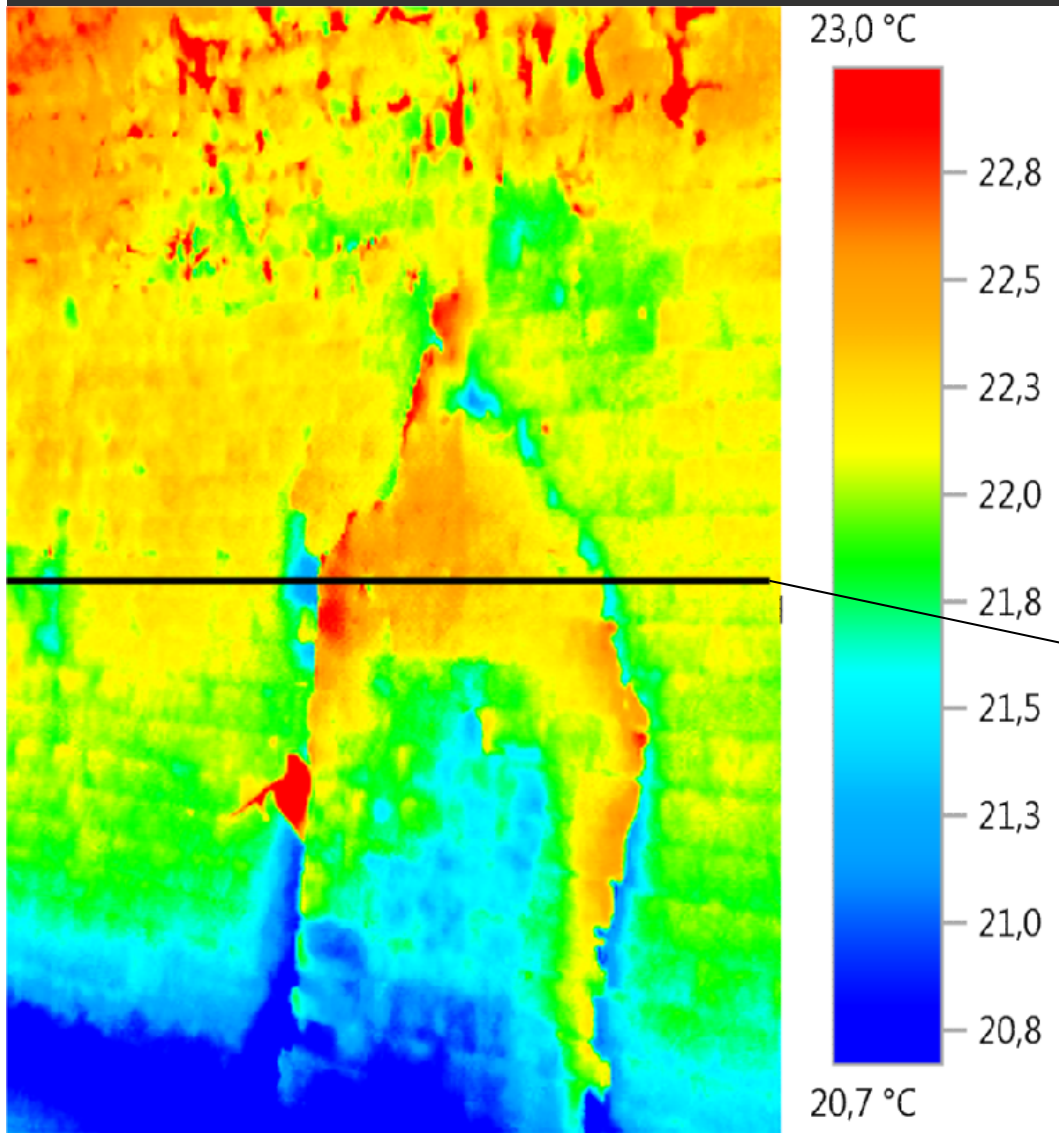


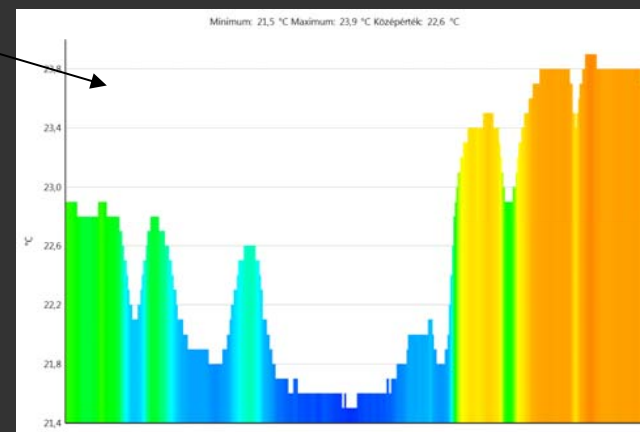
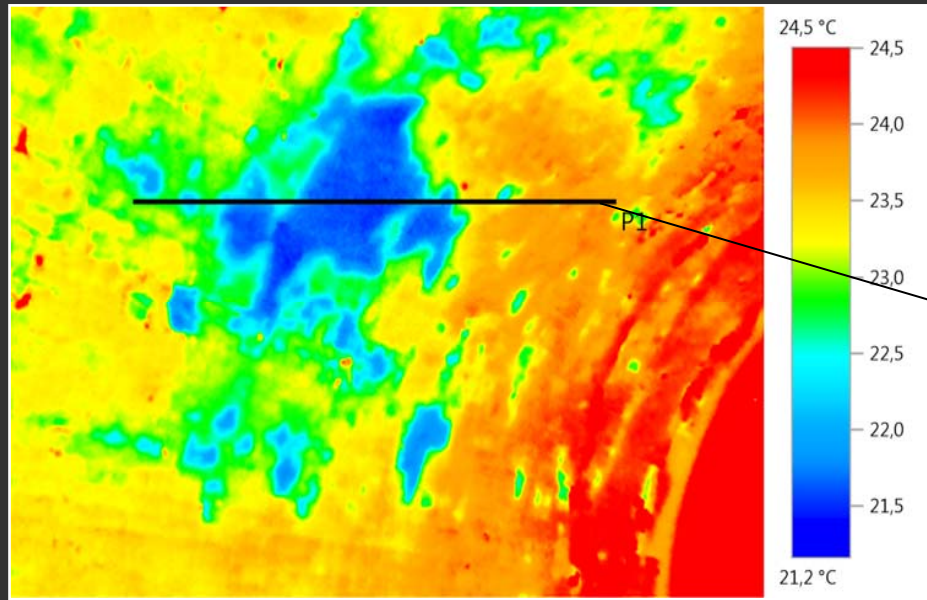
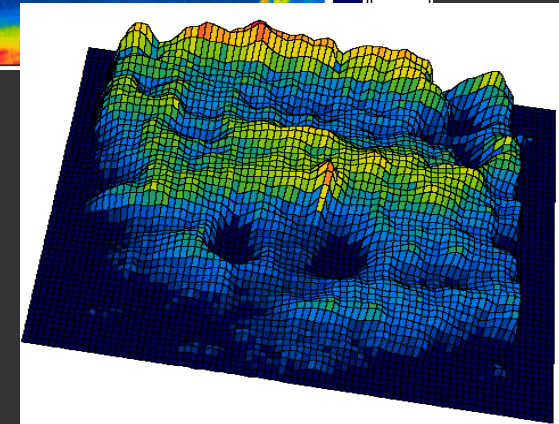
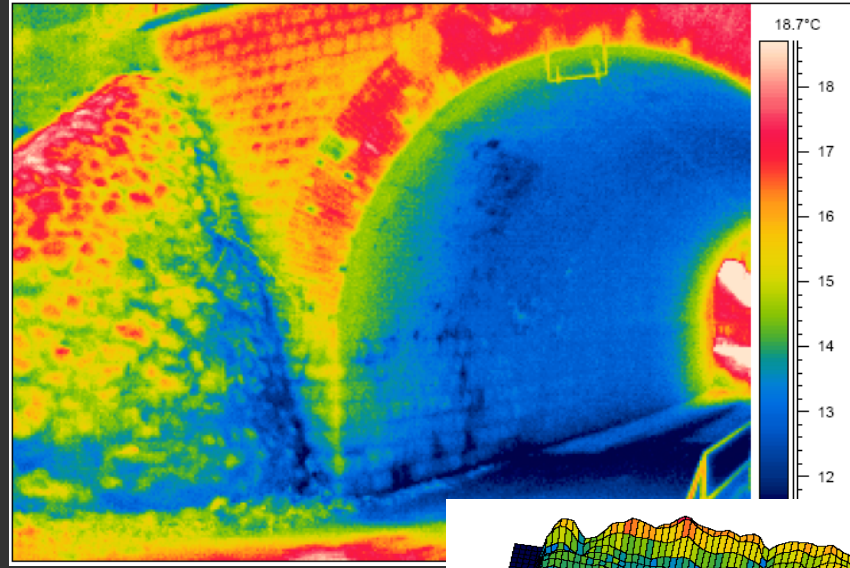
Átnedvesedő helyek, anyagok, felületi anomáliák, repedések feltérképezése



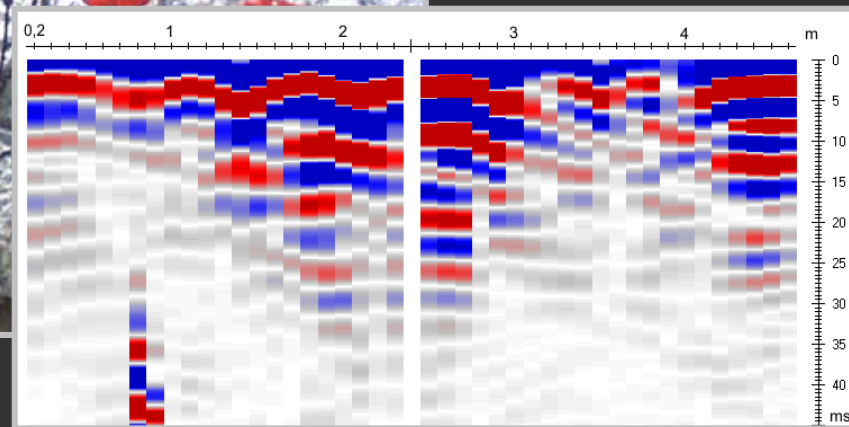
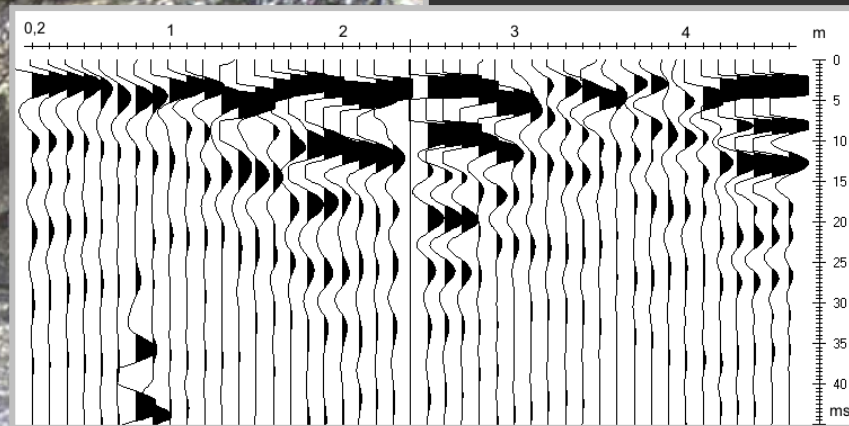
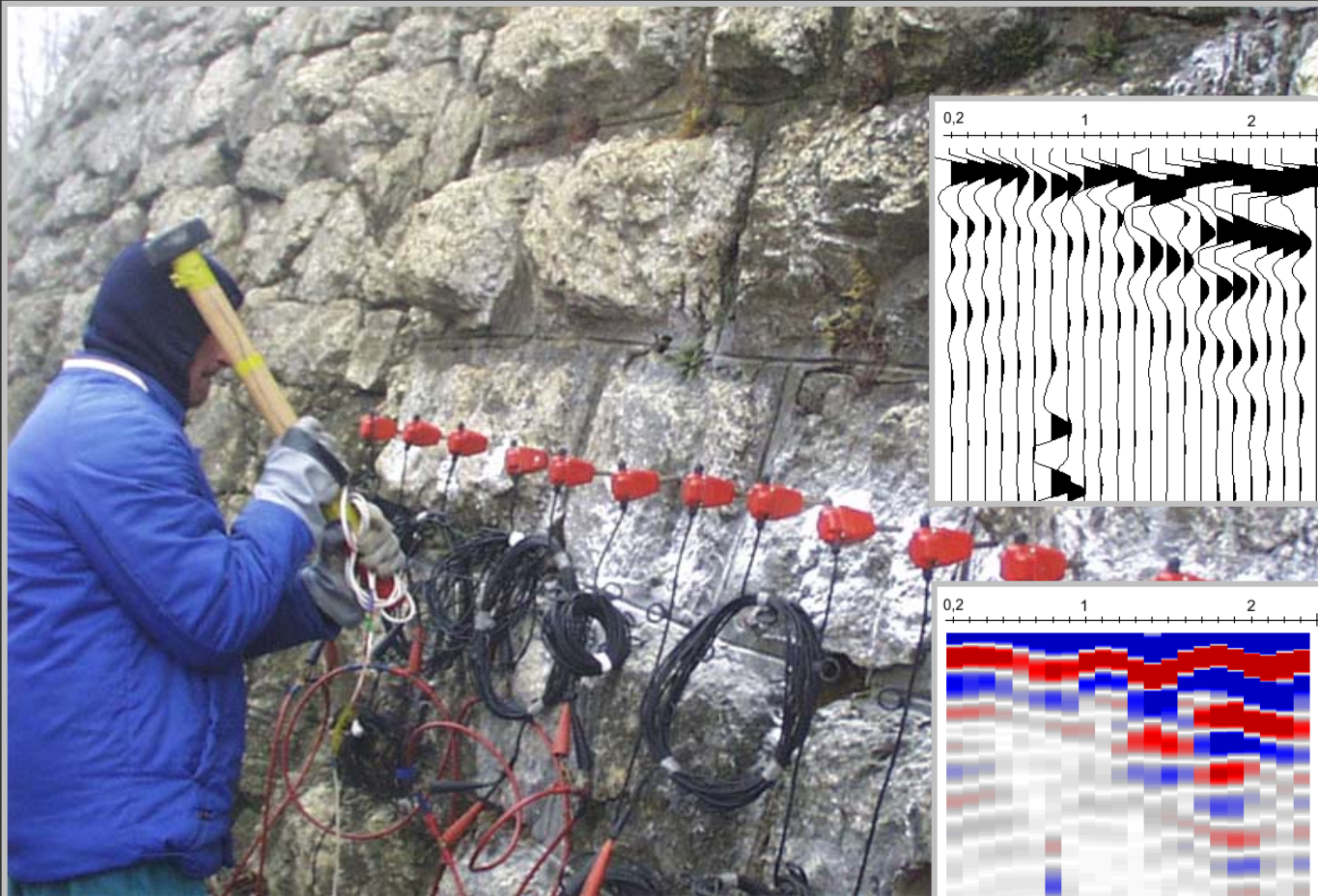
Vizsgálat infravörös hőmérsékletméréssel (Nagyrécse, vasúti híd)



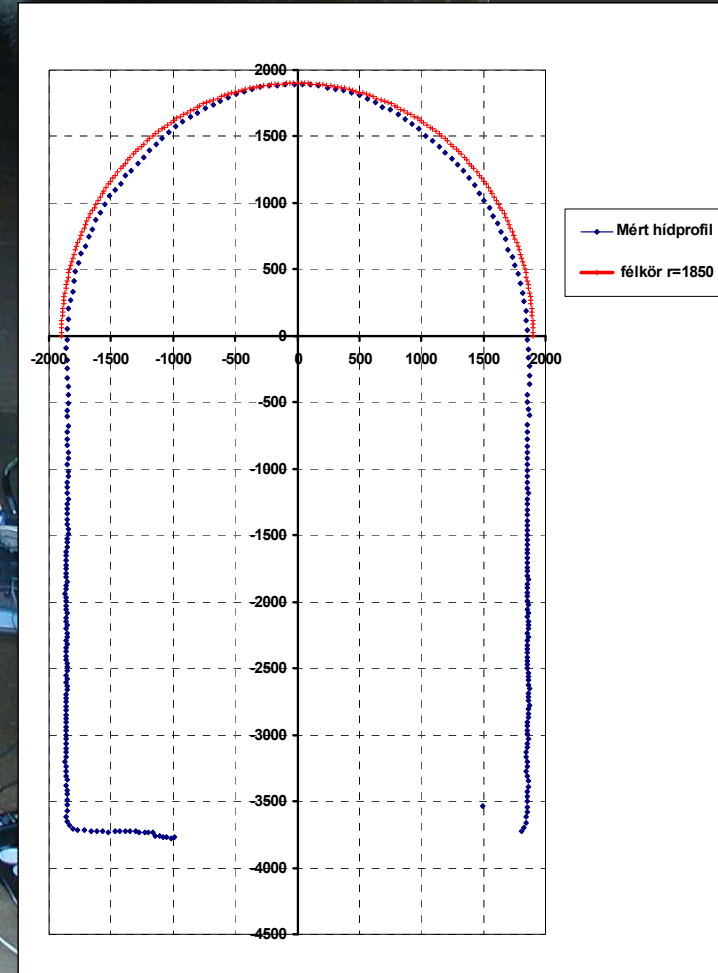
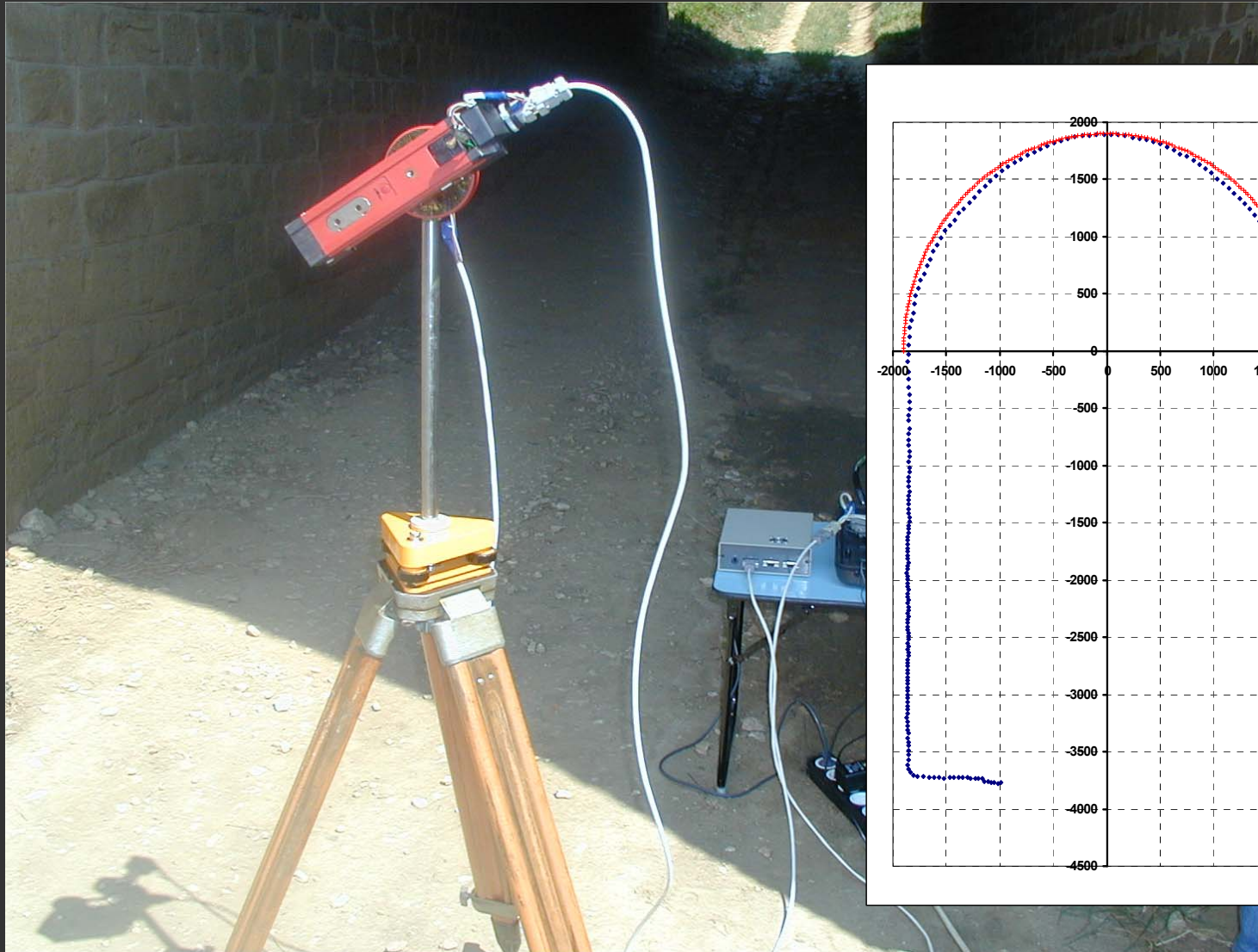




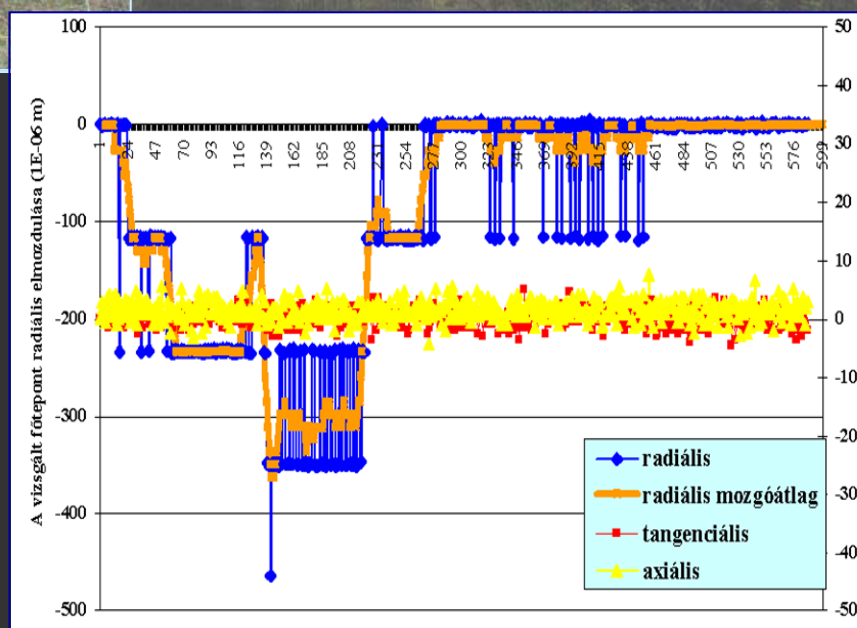
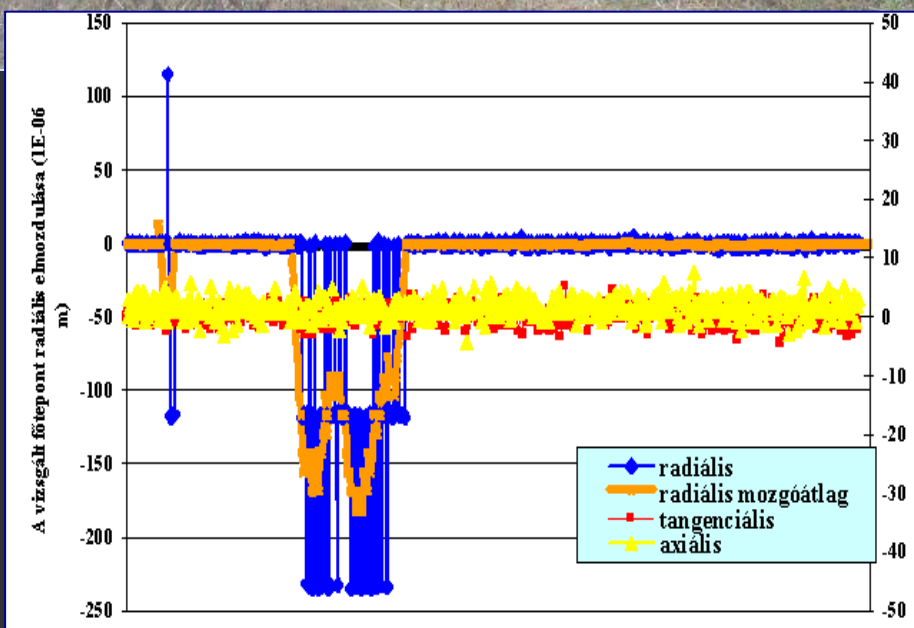
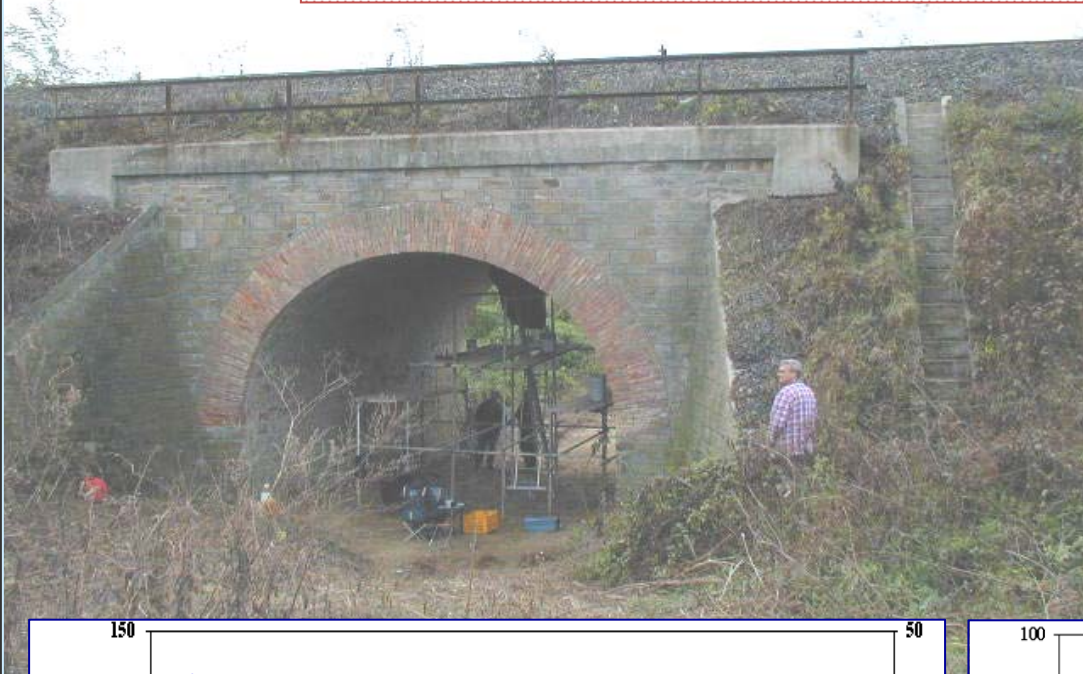
Szeizmikus vizsgálat

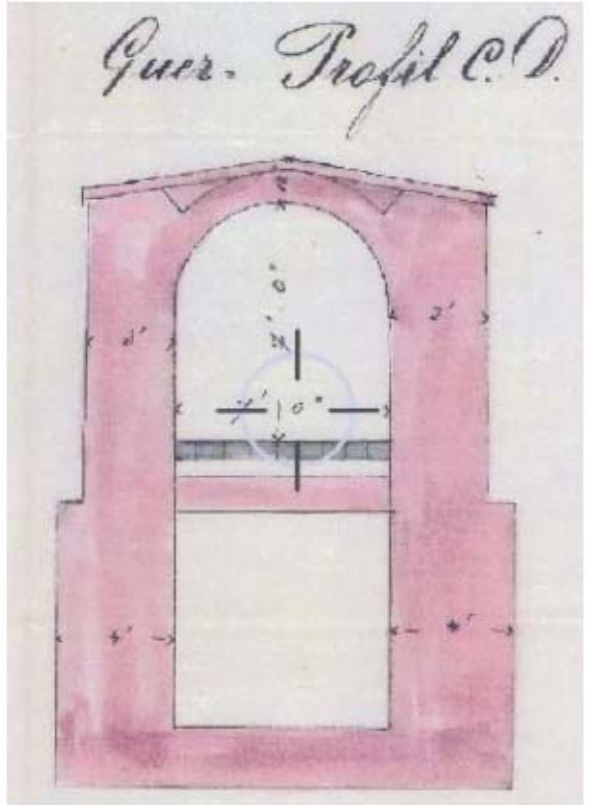


Hídprofil meghatározás



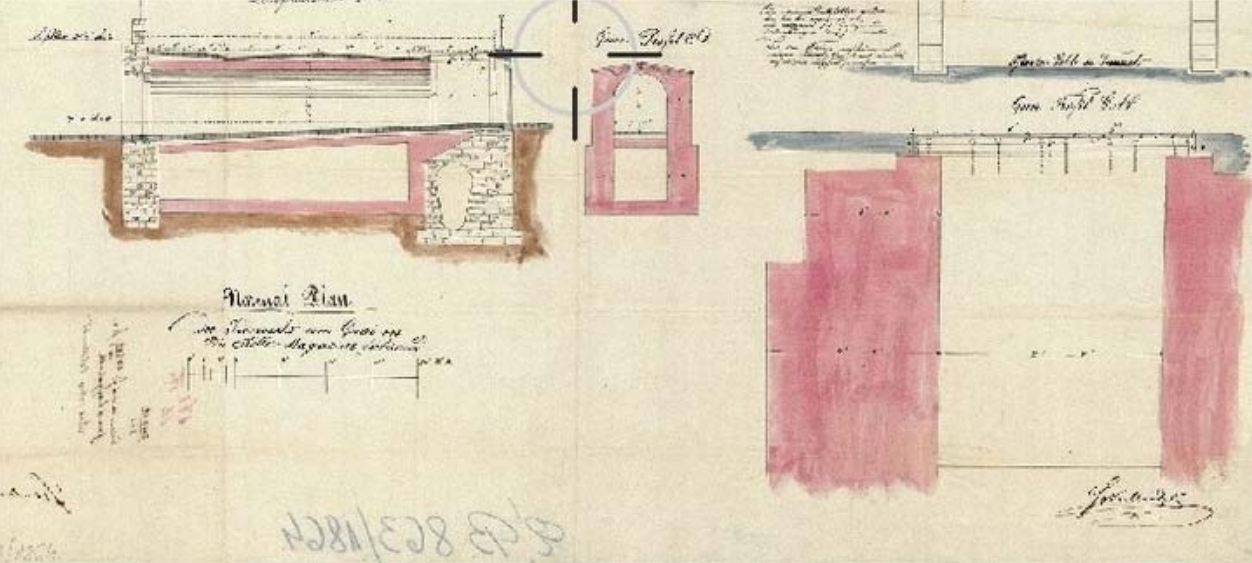
Deformáció mérés (próbateljesítés)





ESETTANULMÁNY

/Bp, Széchenyi rkp
boltozatok/



8/B 8C3/18CN



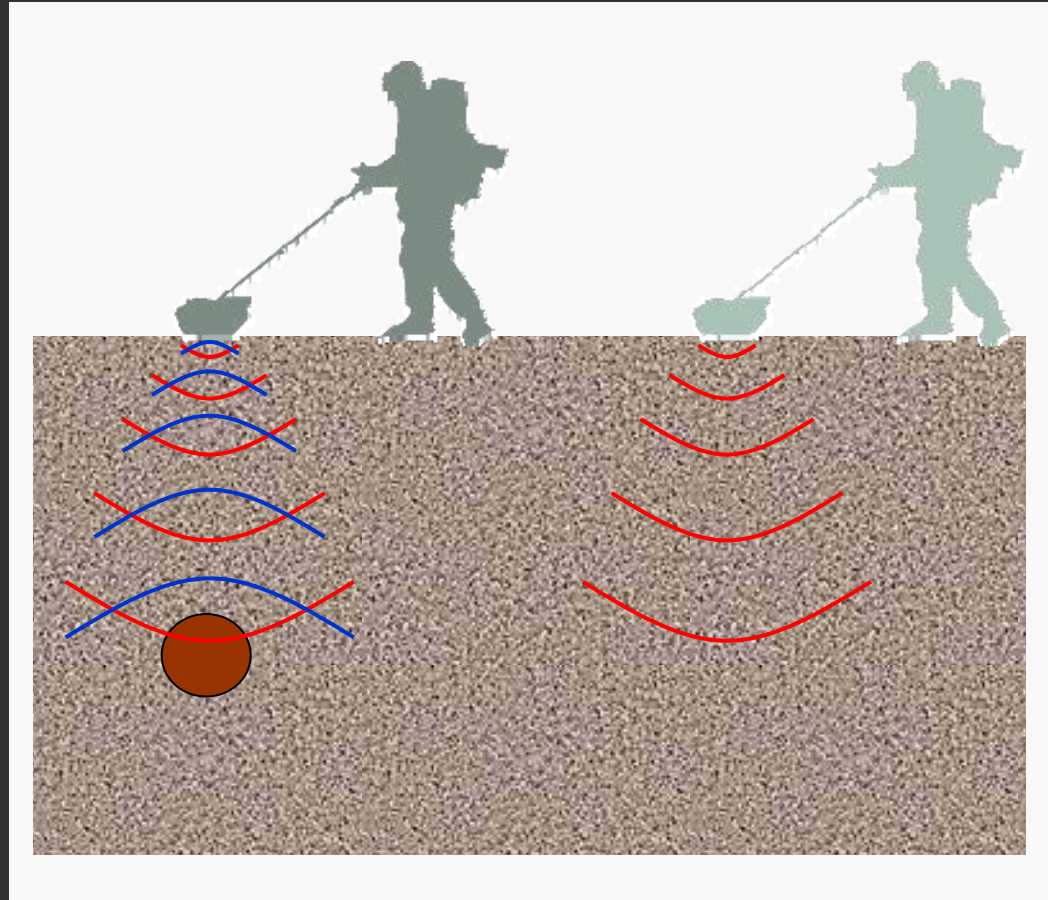


Roncsolásmentes vizsgálatok



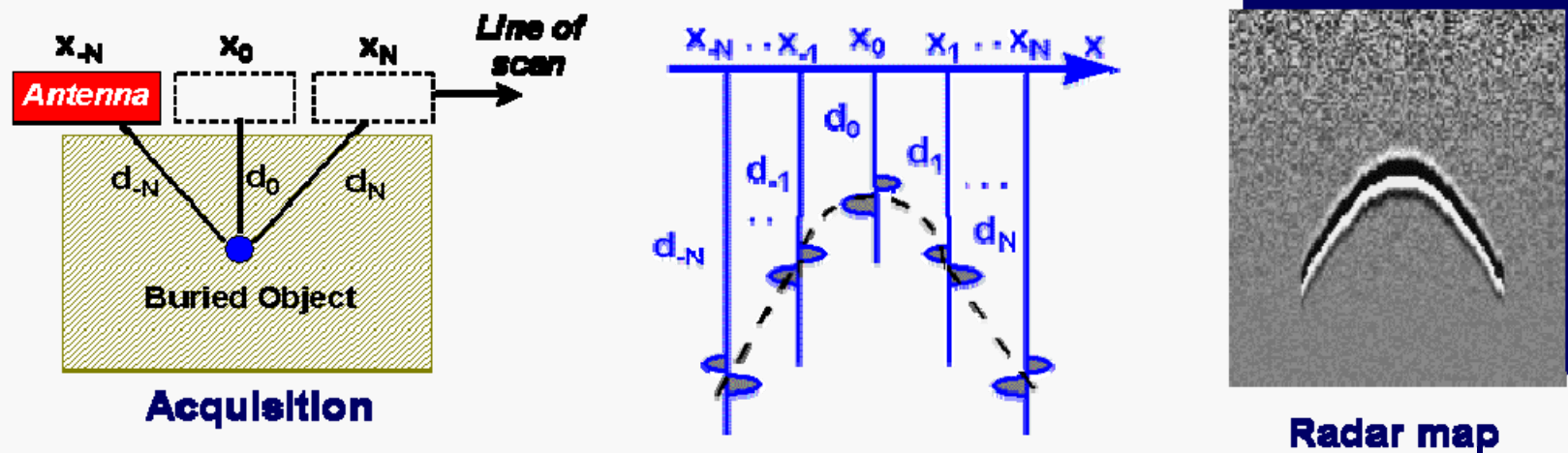
A radar működési elve

- A georadar rövidhullámú elektromágneses energiát bocsát a vizsgált anyagba egy antennán keresztül
- Az energia a réteghatárokon ill. az idegen anyagokon visszaverődik és egy antenna a visszavert energiát felfogja
- A behatolási mélység és a felbontás függ a radar frekvenciájától, az anyag elektromágneses tulajdonságaitól és a céltárgy alakjától, tulajdonságaitól

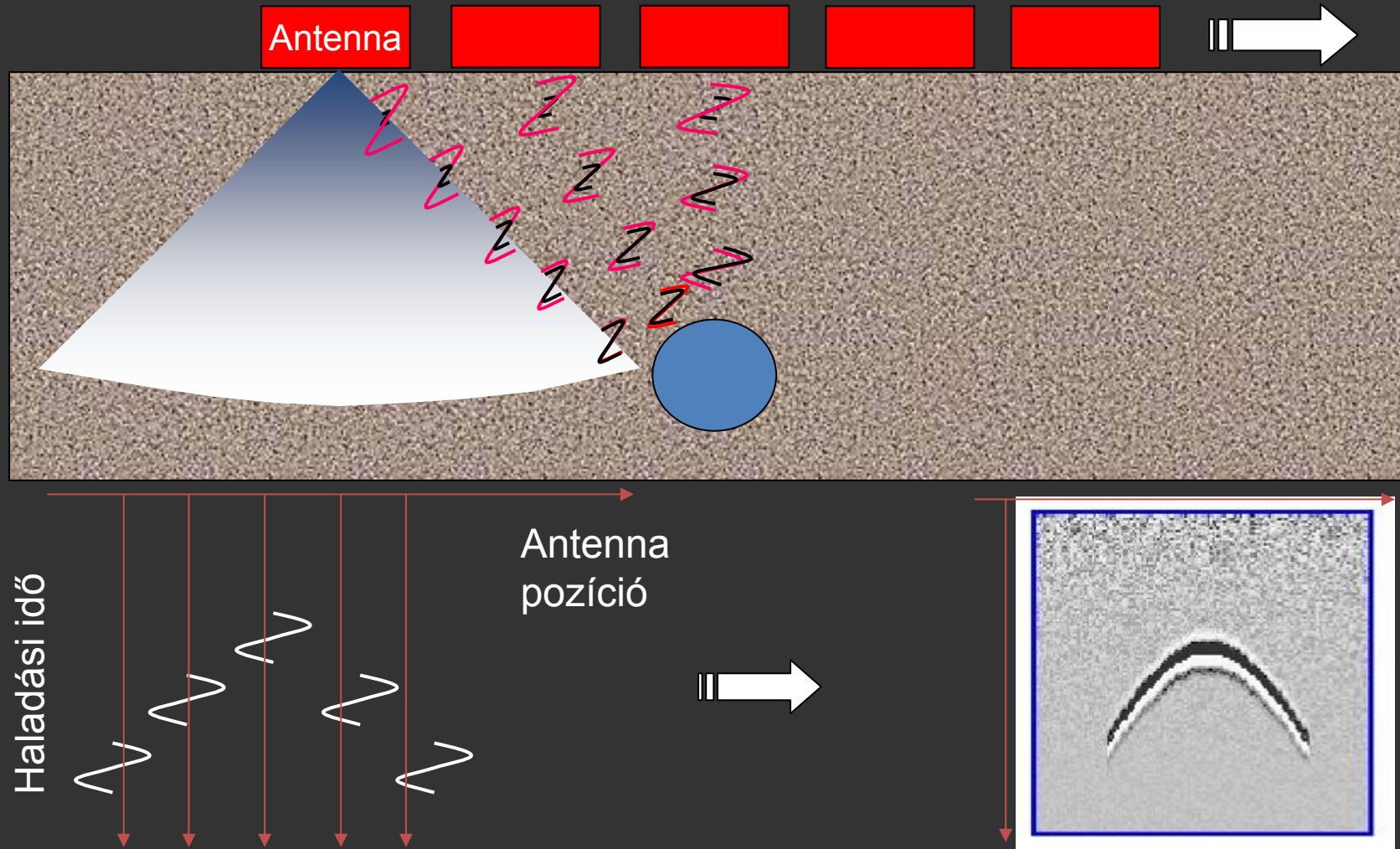


A képképzés módja

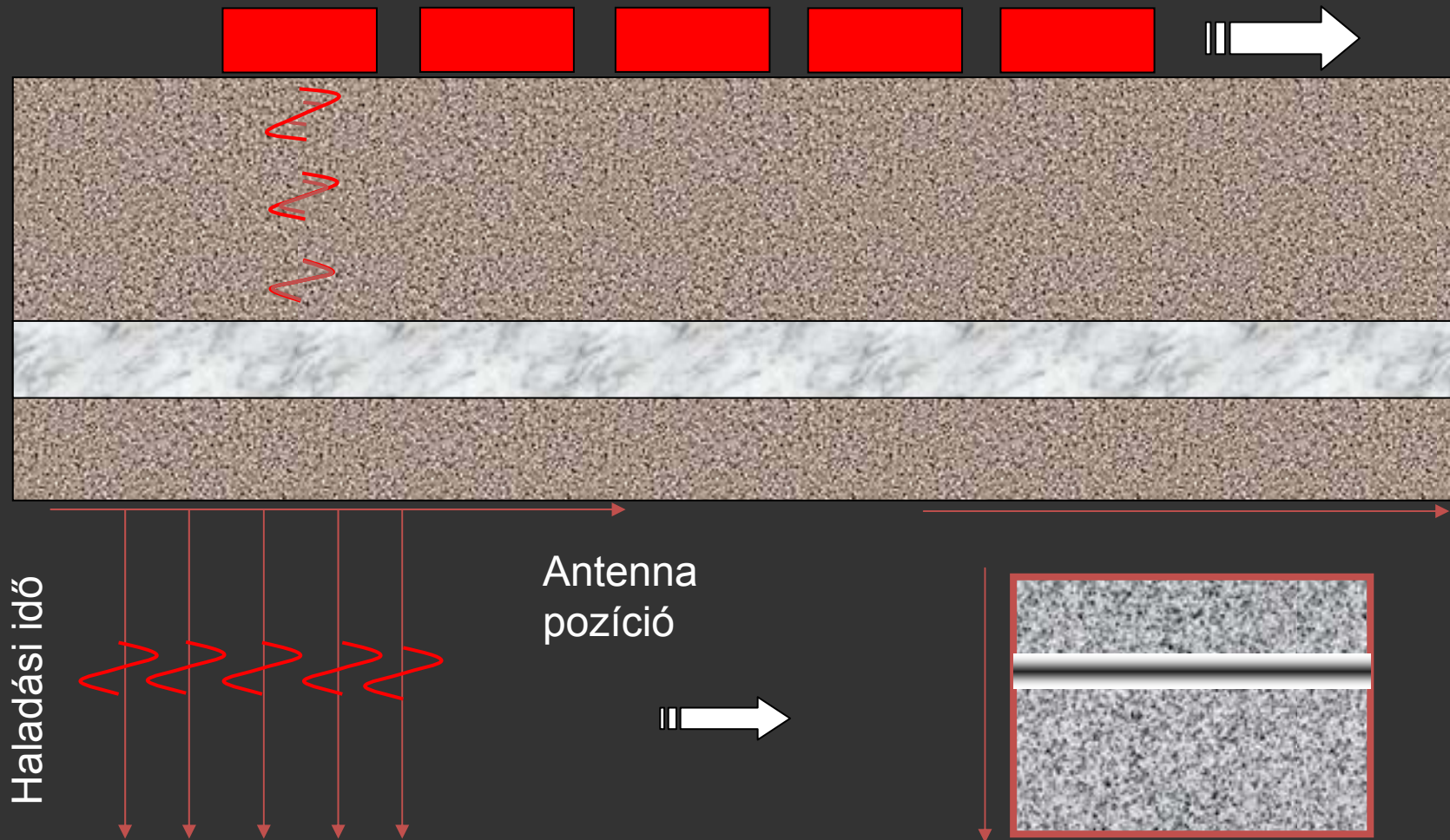
A radar által kibocsátott impulzus útjának ideje és a visszaverődés ideje szolgáltat információkat a céltárgyról



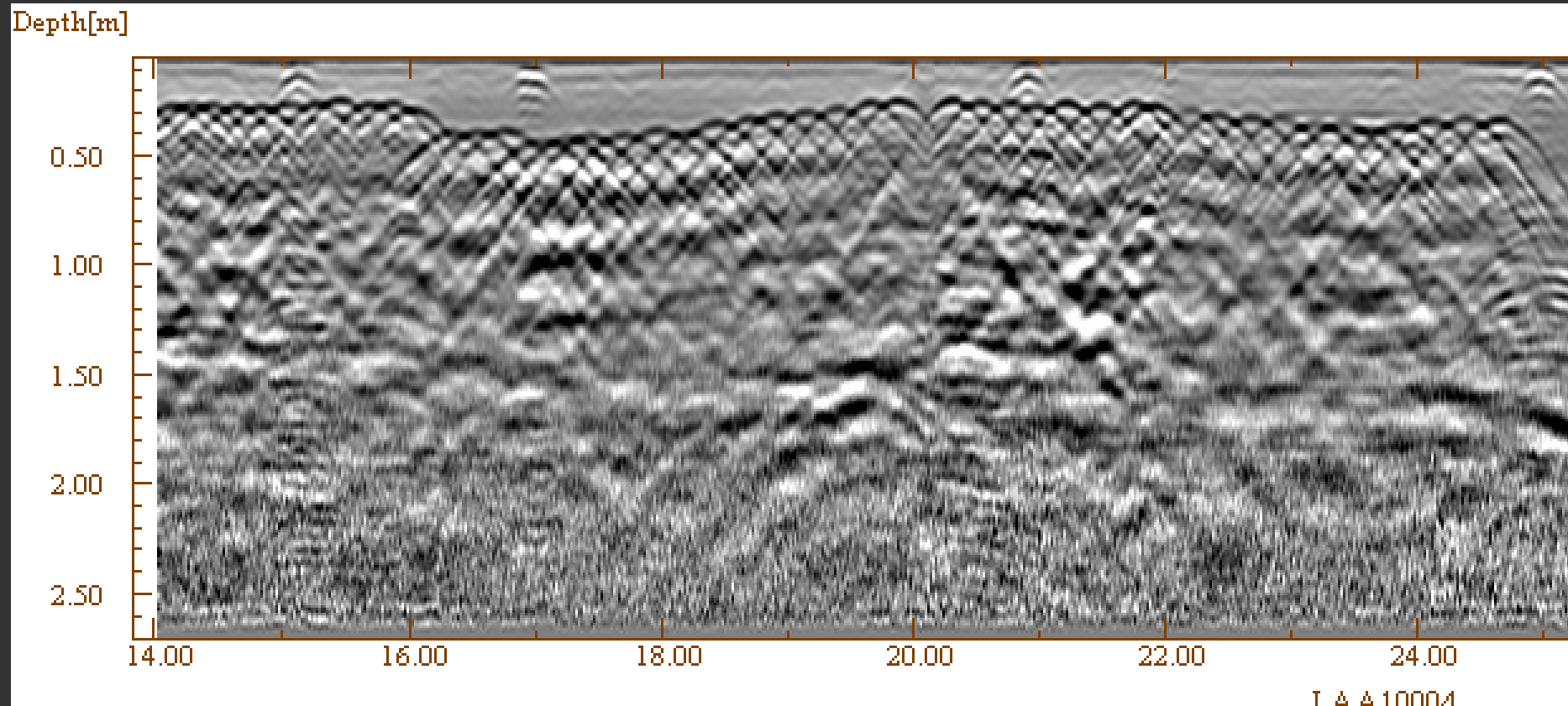
Képképzés módja I. – pontszerű tárgy



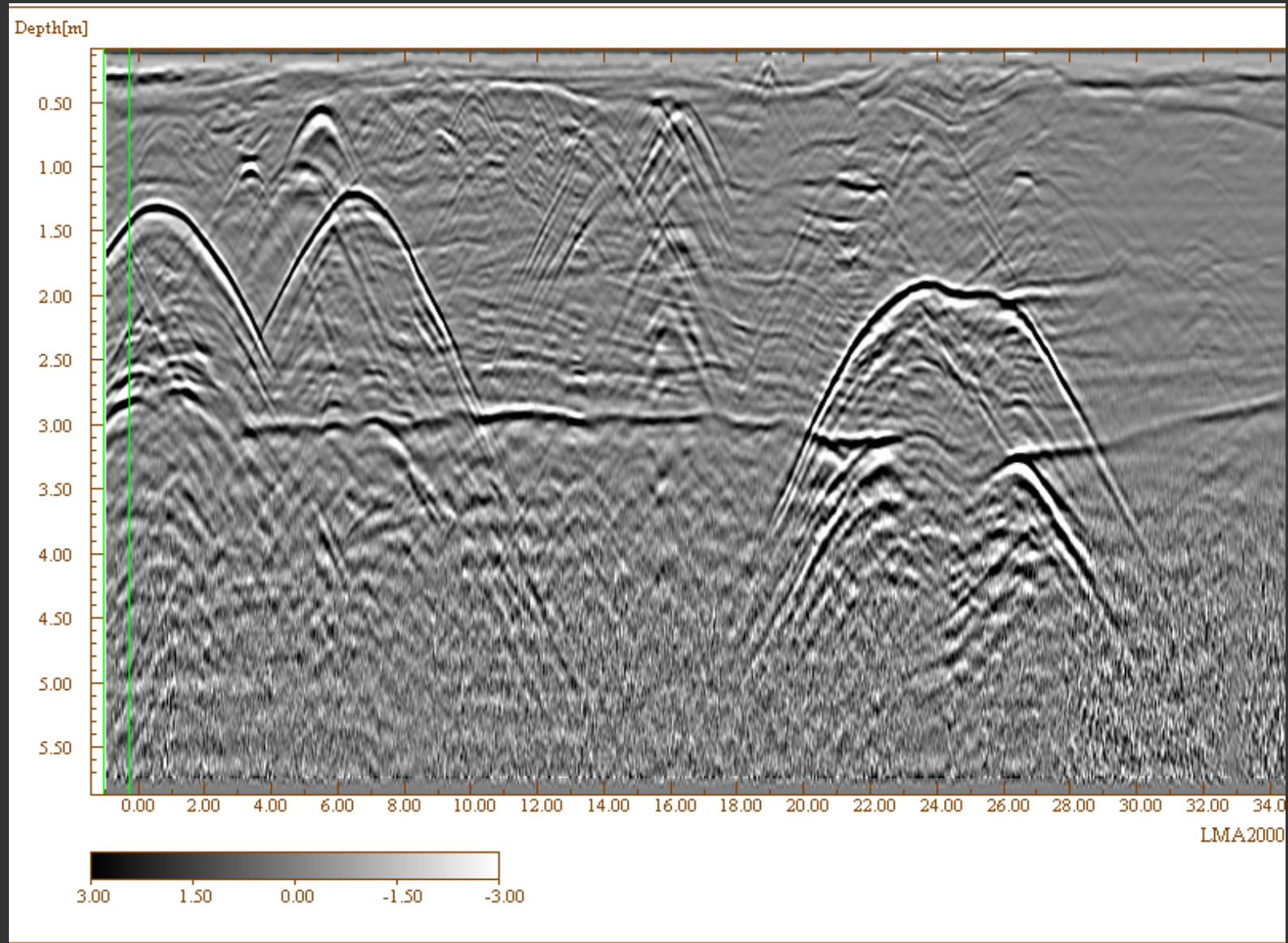
Képképzés módja II. – „lineáris” tárgy



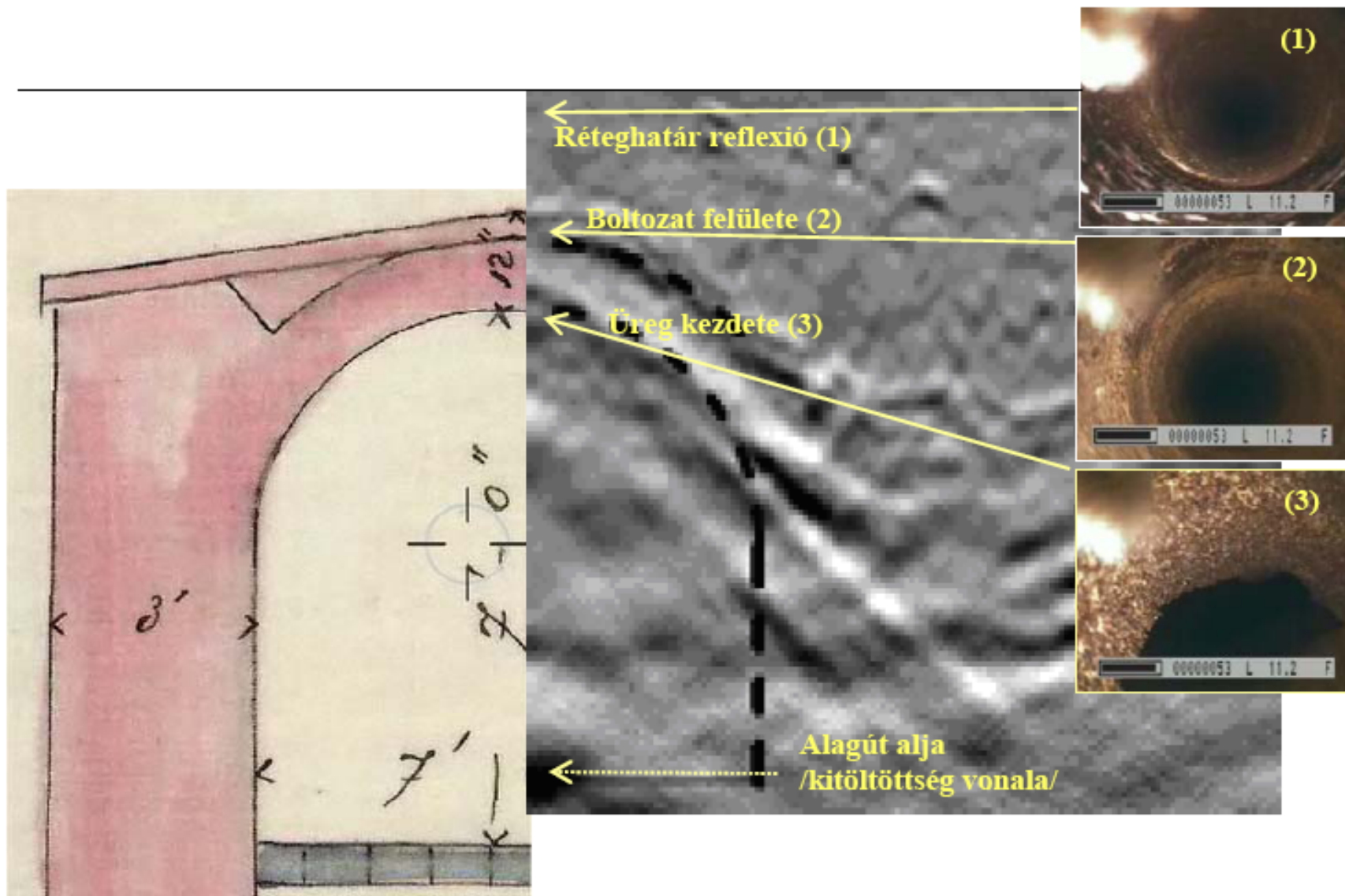
Vasbeton födém radarképe



Geológiai rétegek és csövek radarképe



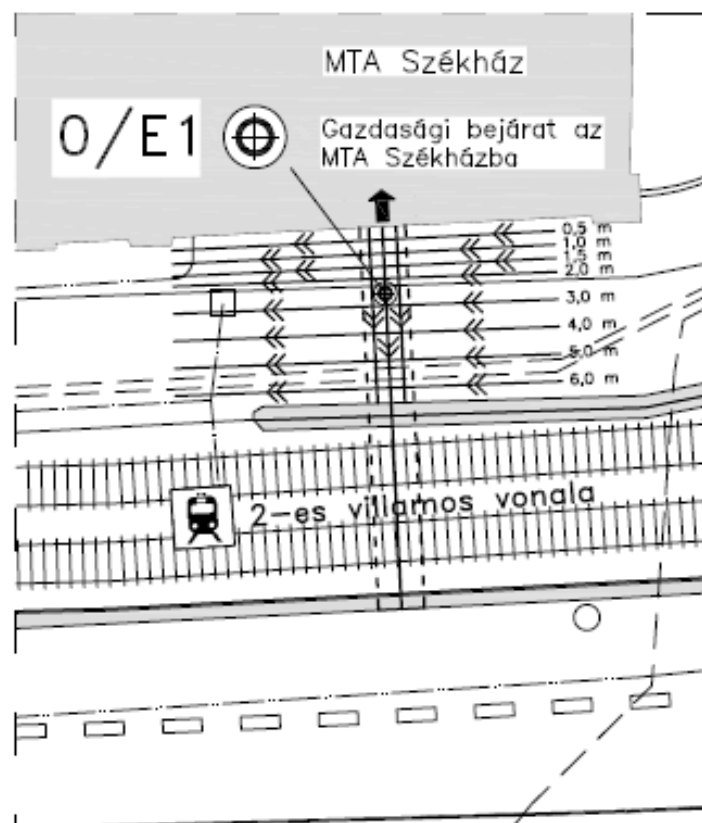
A vizsgálati eredmények összevetése a korabeli tervekkel



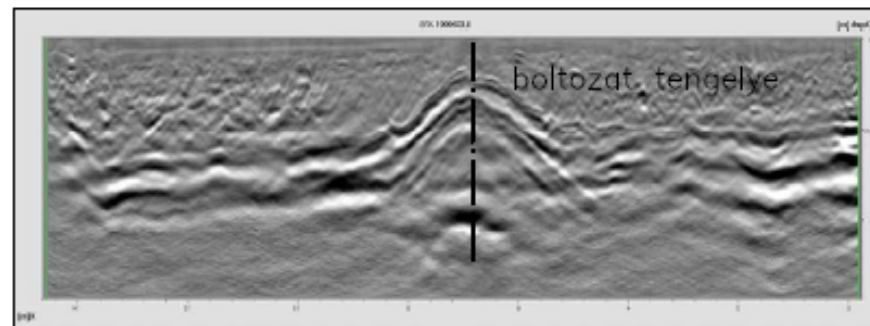
Radarszelvények boltozat tengelyére merőlegesen
M=1:125

0. számú alagút diagnosztikai terve

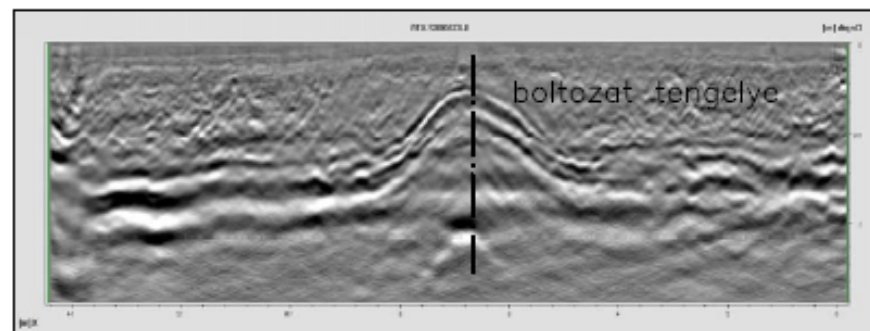
Helyszínrajzi részlet M=1:250



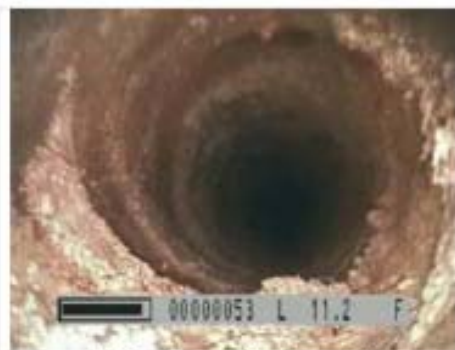
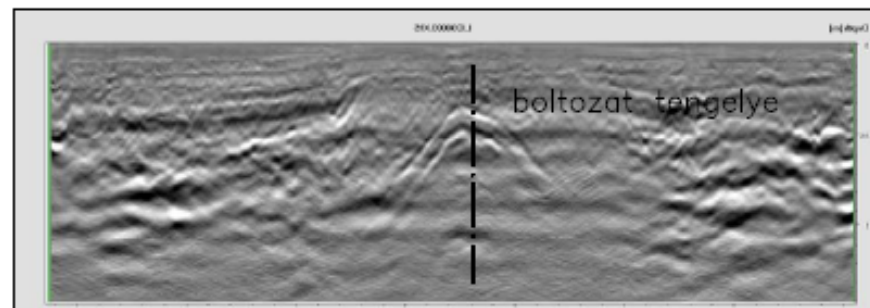
0,5 m



1,0 m

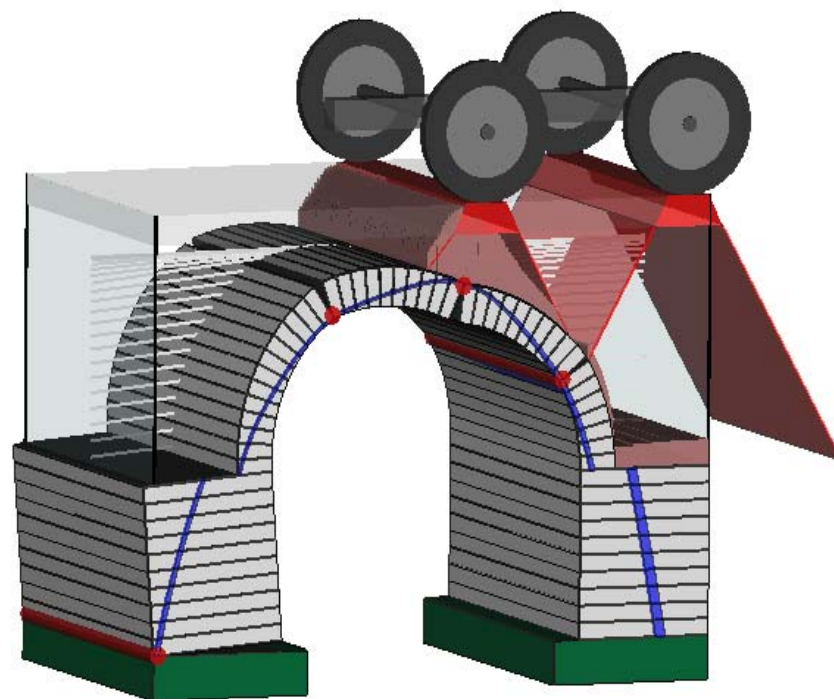
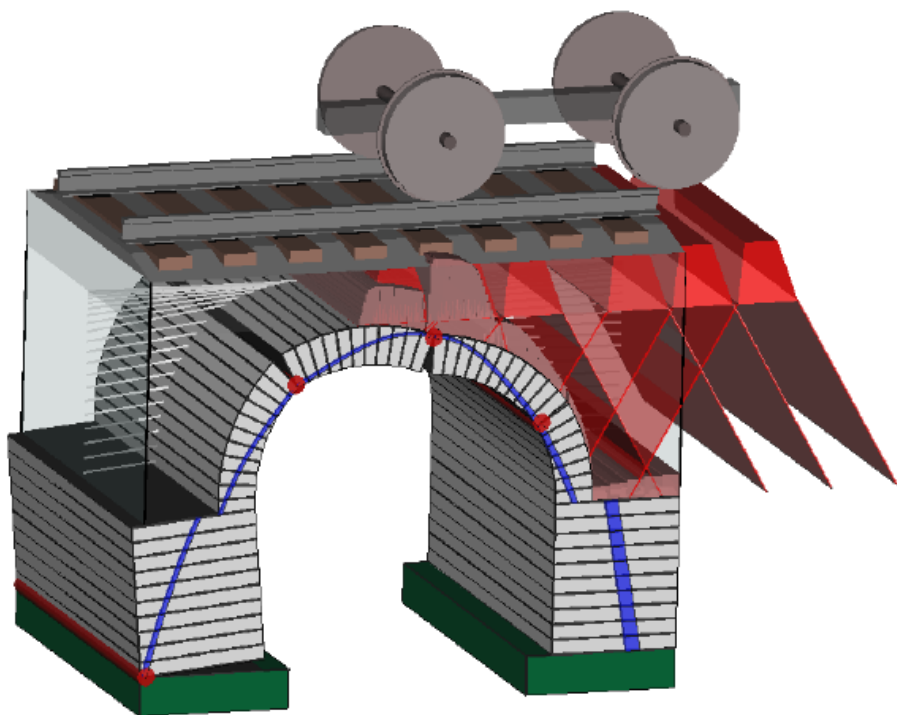
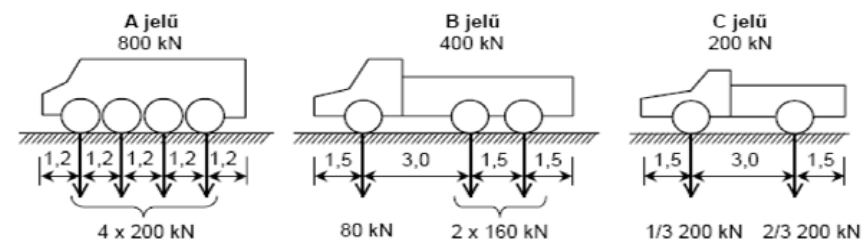
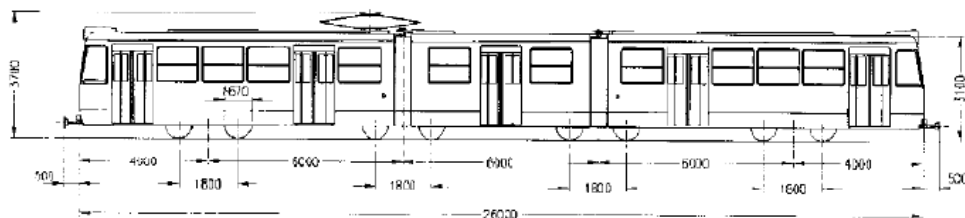


1,5 m



Szerkezeti analízis

Ellenőrzés közúti és villamos terhelésre

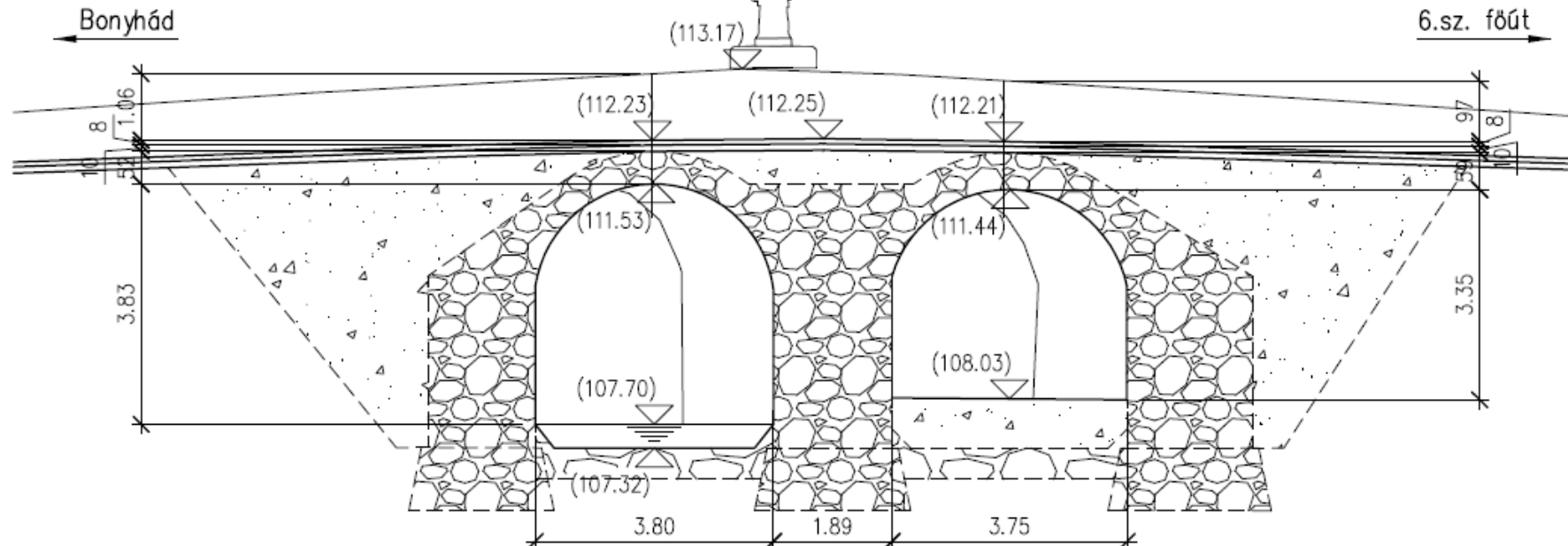


2. ESETTANULMÁNY: Bonyhád, Nepomuki híd

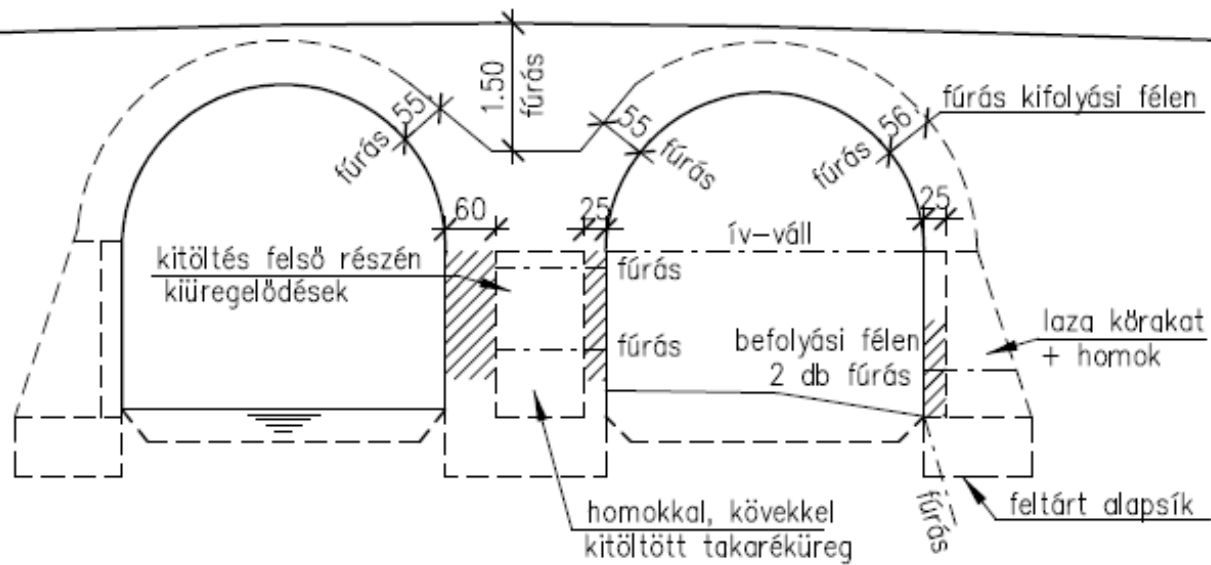


Hosszmetszet M1:100

Feltételezett falazatok



Feltárt falazatok







Kőanyagú hídfő diagnosztikája



A vizsgált szerkezet

1896-ban épült hegeszvas rácsos vasúti viadukt dolomitból épített hídfői

Állékonyságot veszélyeztető károsodások

Elvégzett vizsgálatok

Roncsolás-mentes vizsgálatok:

- geofizikai mérések
- infravörös hőmérsékletmérés

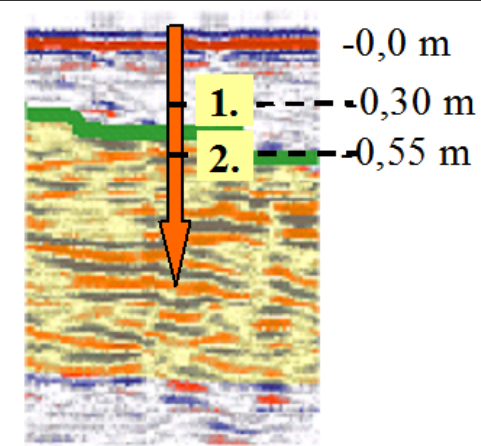
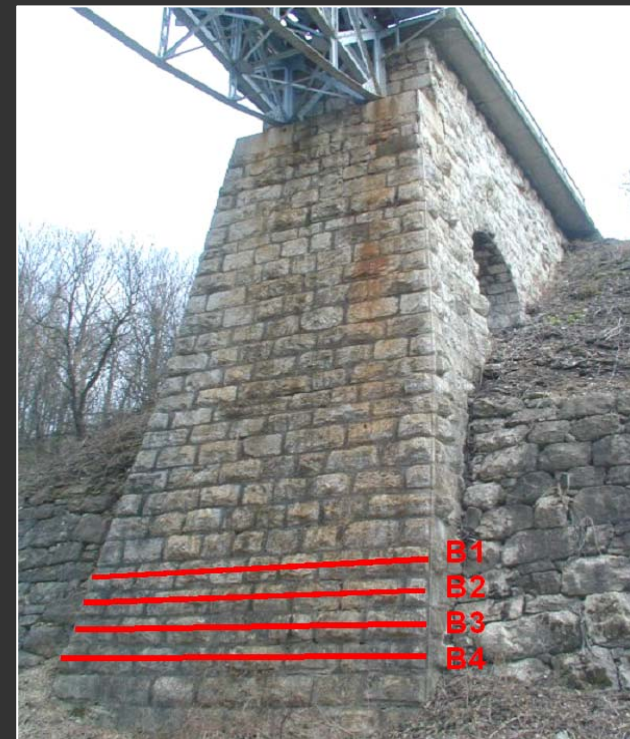
Kis roncsolással járó vizsgálatok:

- lyukkamera
- kis átmérőjű fúrt minták
 - Kémiai vizsgálatok
 - Mechanikai vizsgálatok



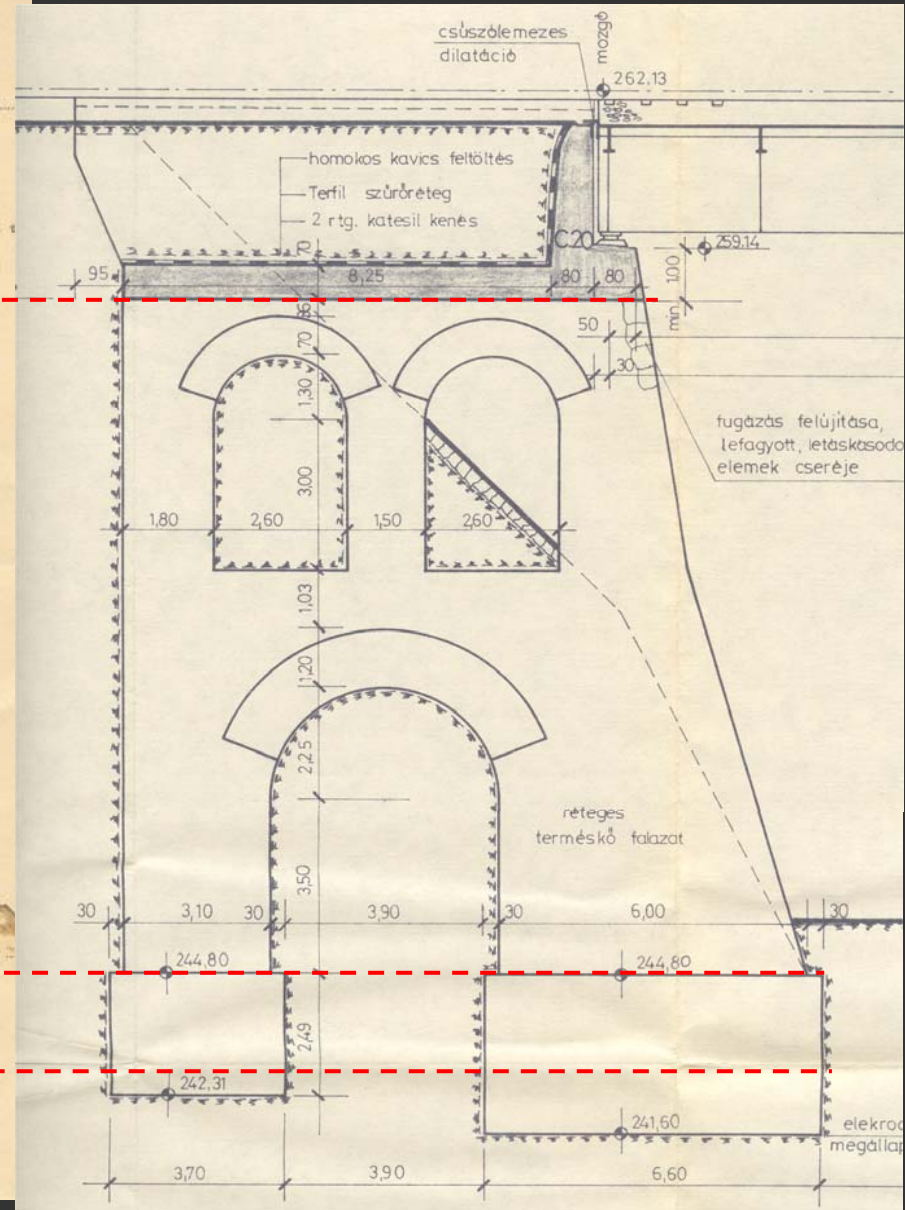
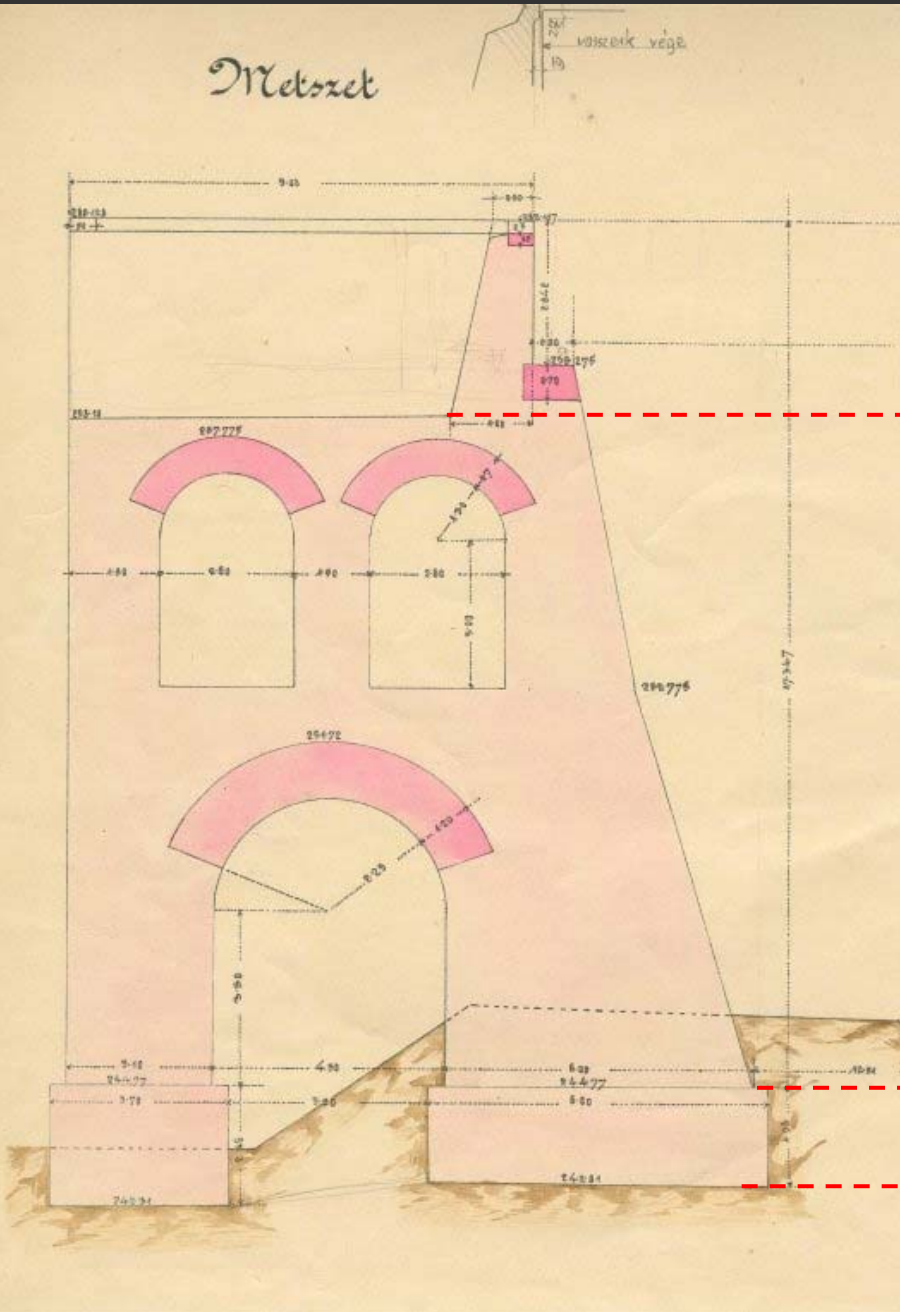
A radar- és a lyukkamerás vizsgálatok igazolták, hogy a hídfő külső tömör kőréteg burkolata mögött törmelékes anyaggal kitöltött közeg található

A vizsgálatok nagy segítséget nyújtottak a megerősítési megoldás megtervezéséhez

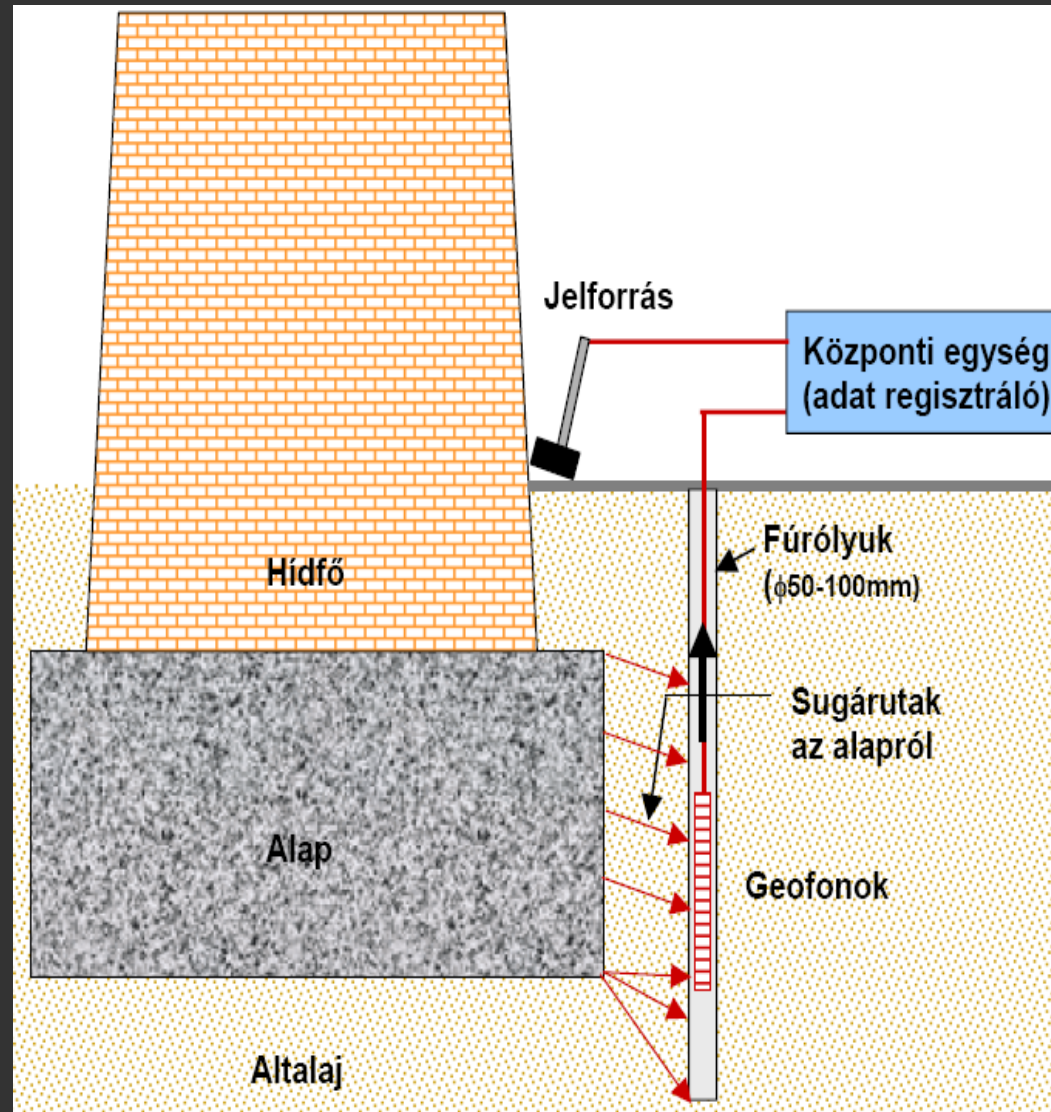


Alapozás vizsgálata

Metszet

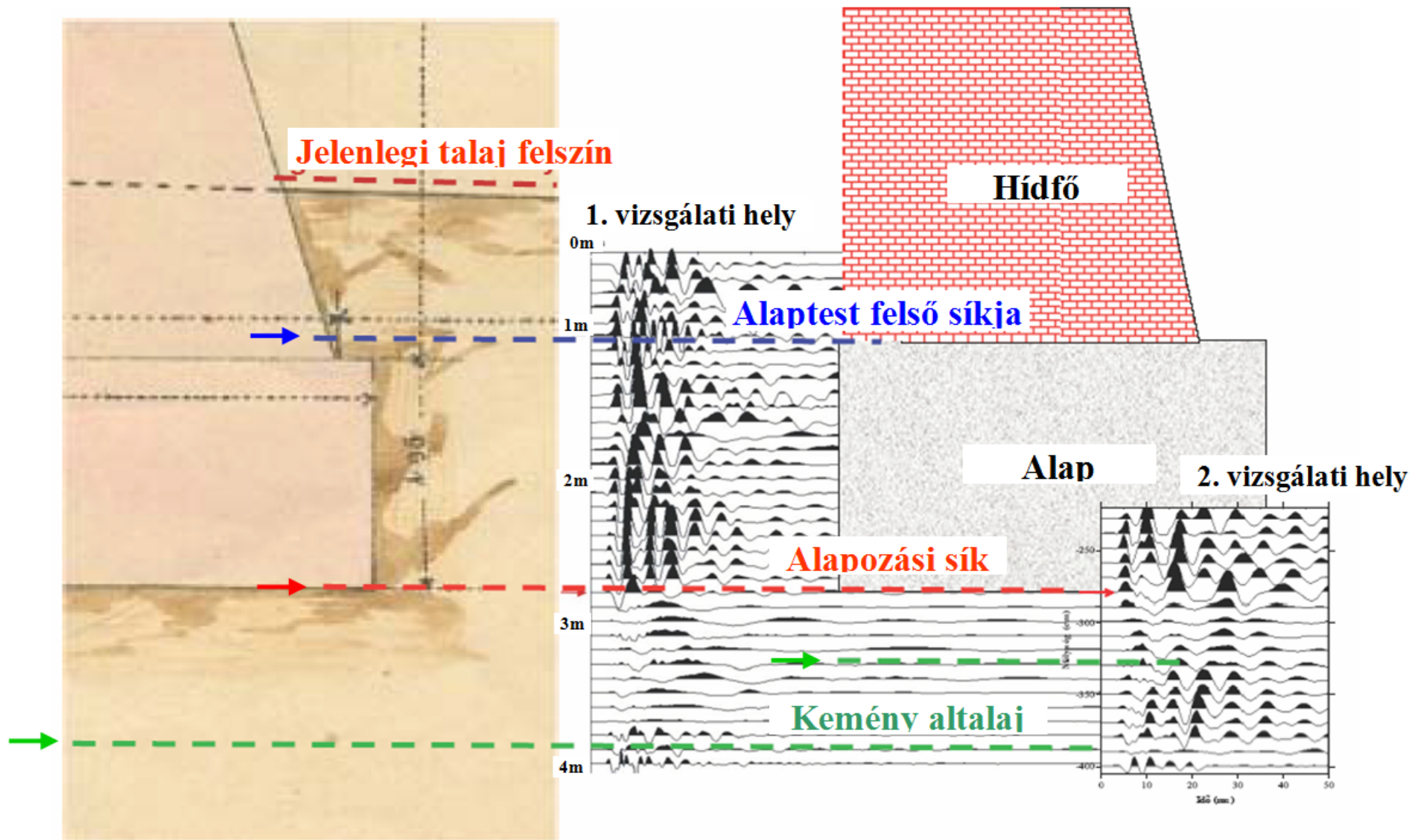


Alapozási mélység megállapítása lyuk geofizikai módszerrel

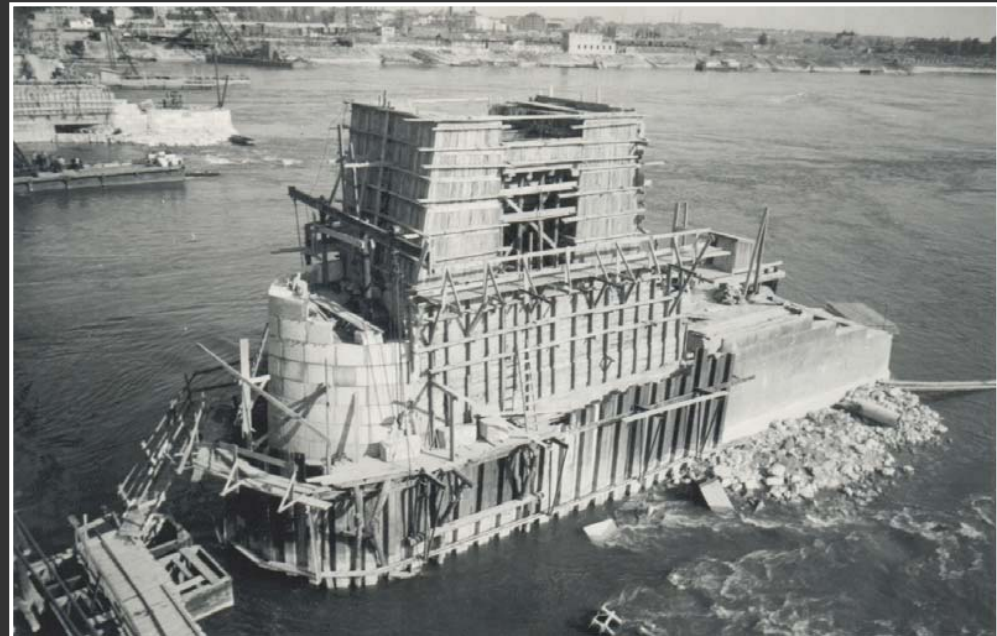


A vizsgálatban közreműködött: ELGI

Alapozási mélység megállapítása lyuk geofizikai módszerekkel



Folyami hídpillér diagnosztikája



A vizsgálatot a 19. szd. végén épített Duna-híd mederpilléreire végeztük el.

A pillérek felmenő falai gránitból készültek, melyet betonnal töltöttek ki.

A hidat háborús károsodások érték és többször átépítették.

A mederpillérek teherbírása megkérdőjelezhető volt

Előzmény (külföldi példa)



Krems, Austria
2002





Átépítések 1911-ben és 1945-ben



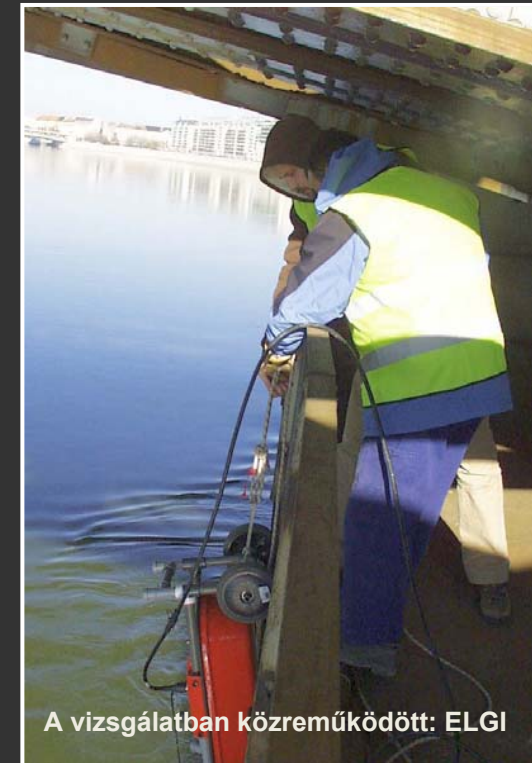
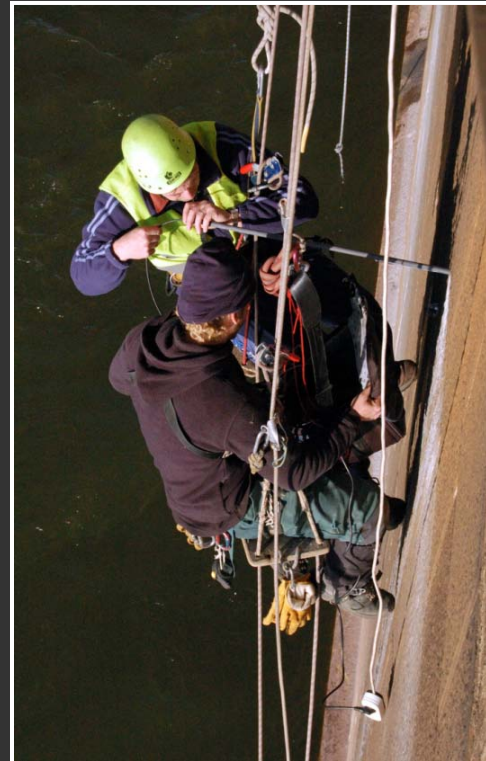


A vizsgálat során alkalmazott geofizikai módszerek:

- szeizmikus tomográfia
- georadar
- lyukradar

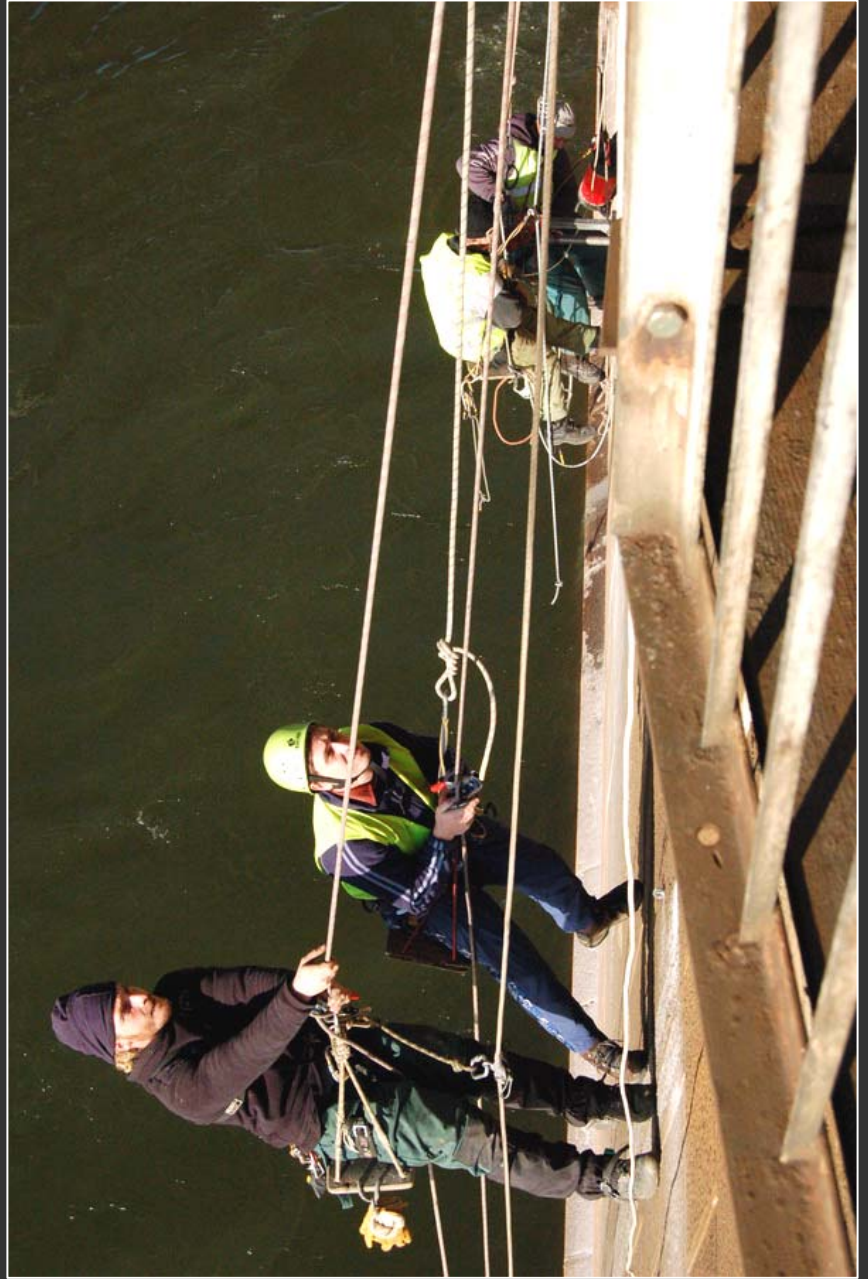
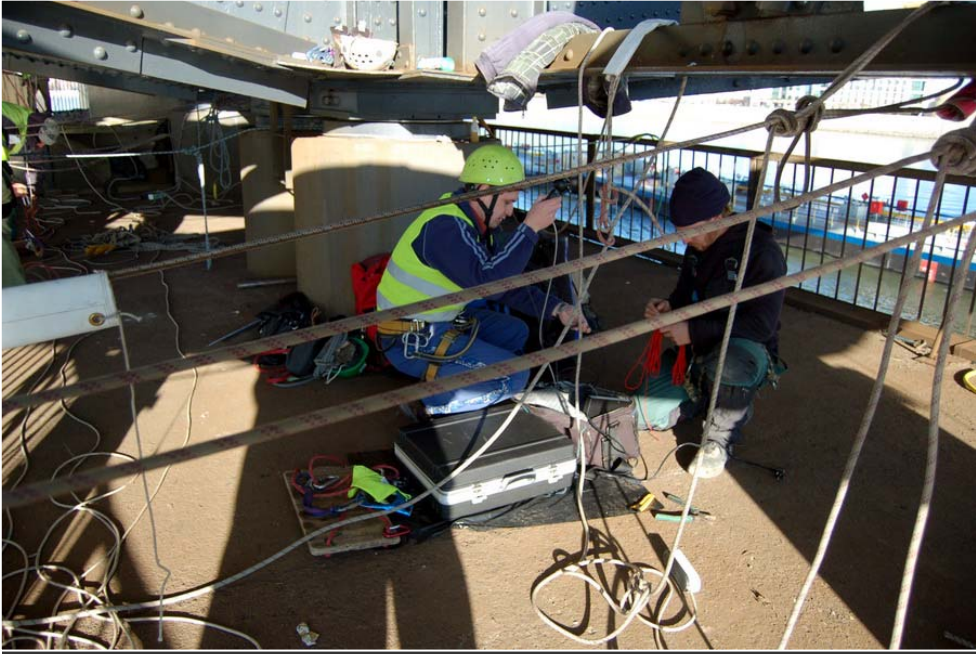
A geofizikai módszerek értelmezésének segítéséhez:

- videoendoszkópia
- kis átmérőjű minták

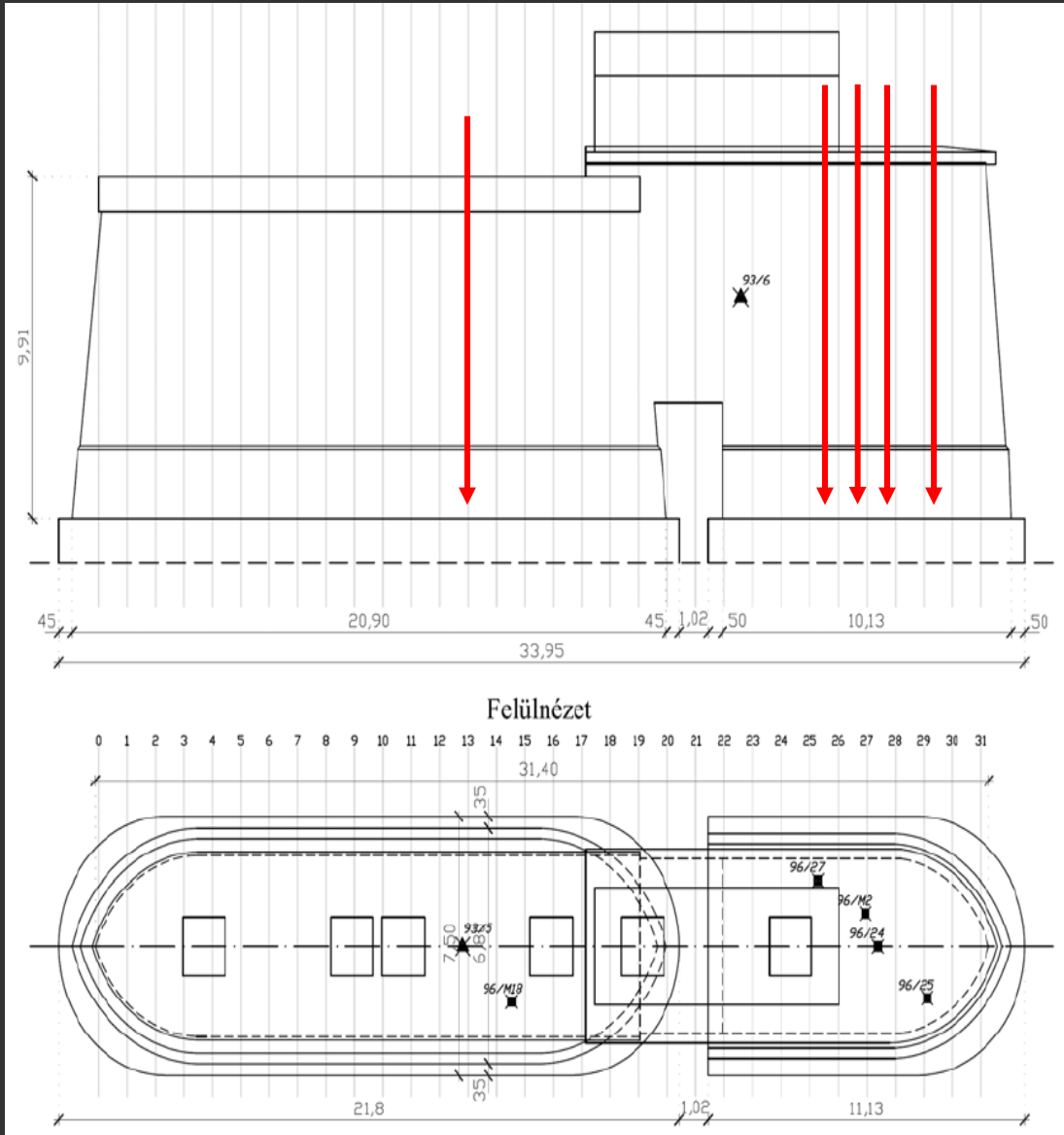


A vizsgálatban közreműködött: ELGI

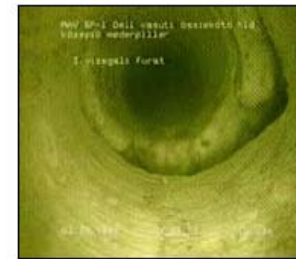
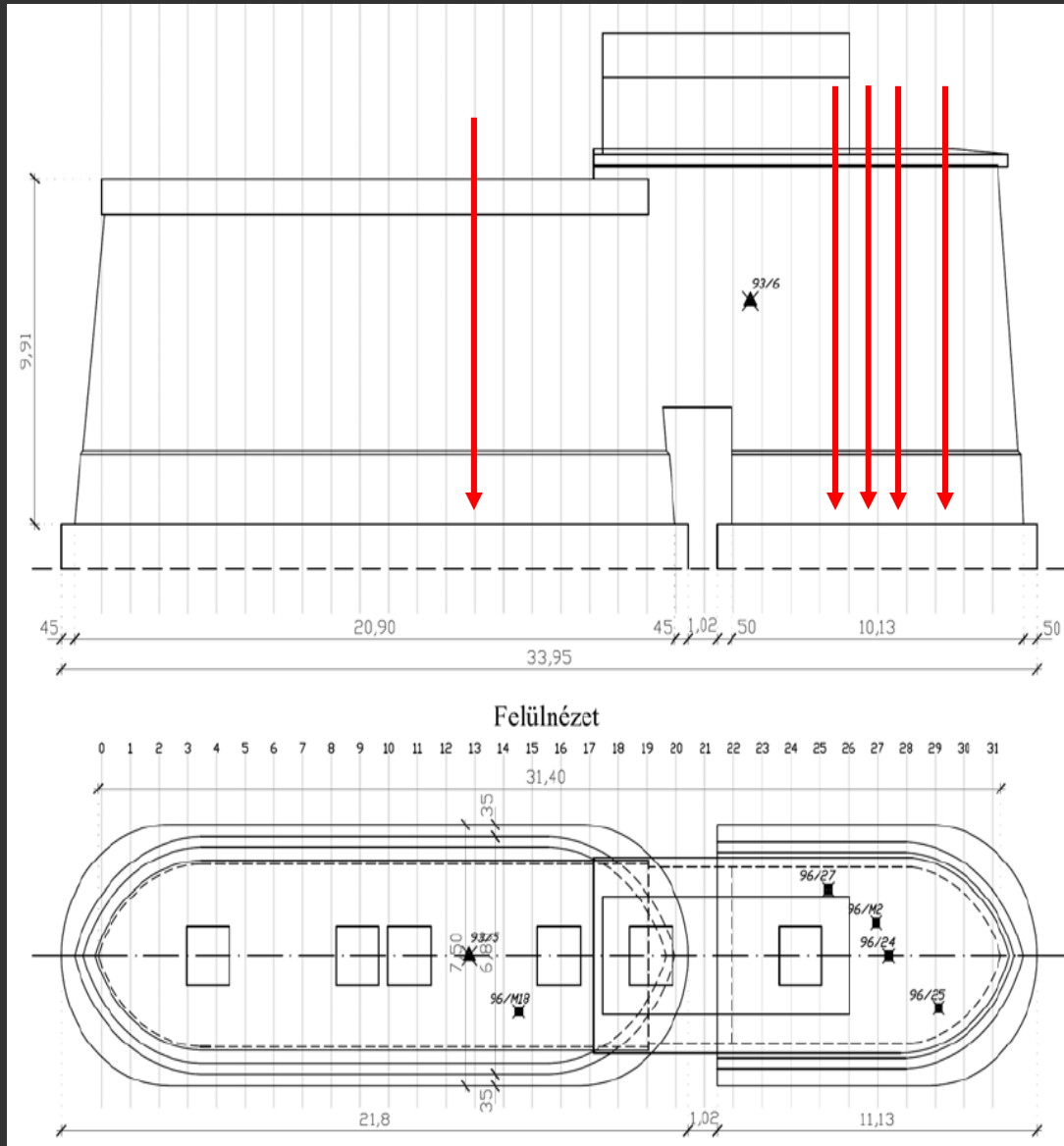




Mintavétel



Endoszkópia



20. - 10,52 m



21. - 10,77 m

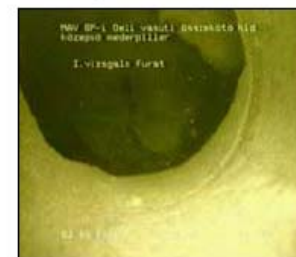


23. - 11,80 m



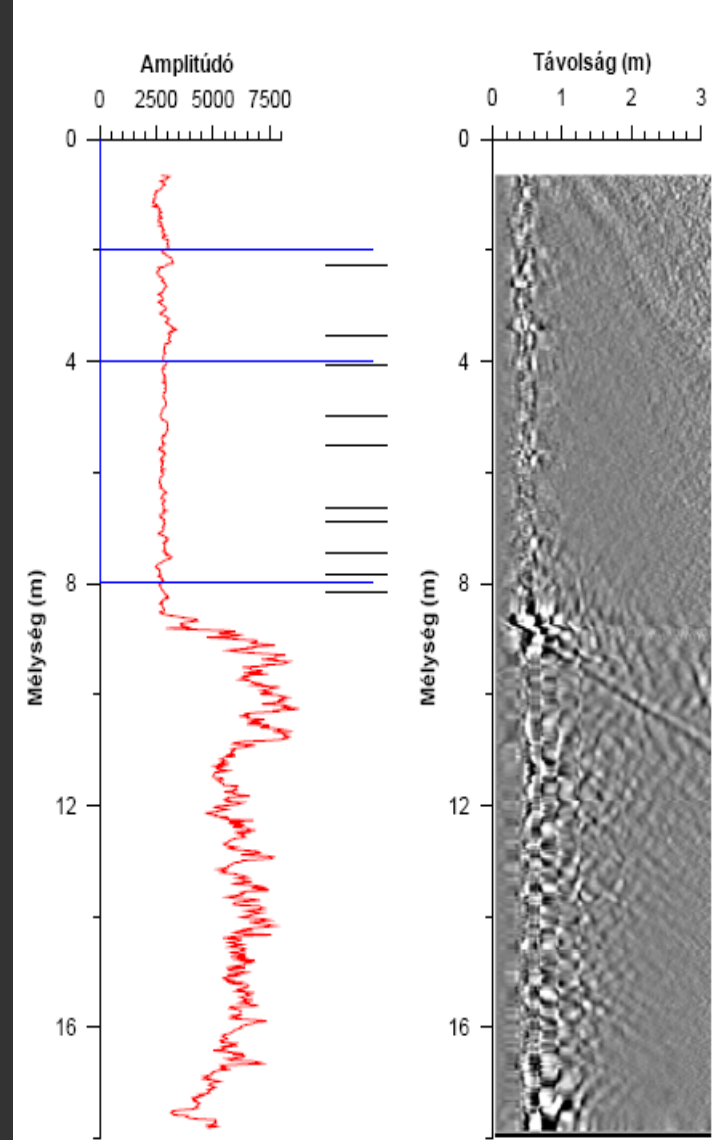
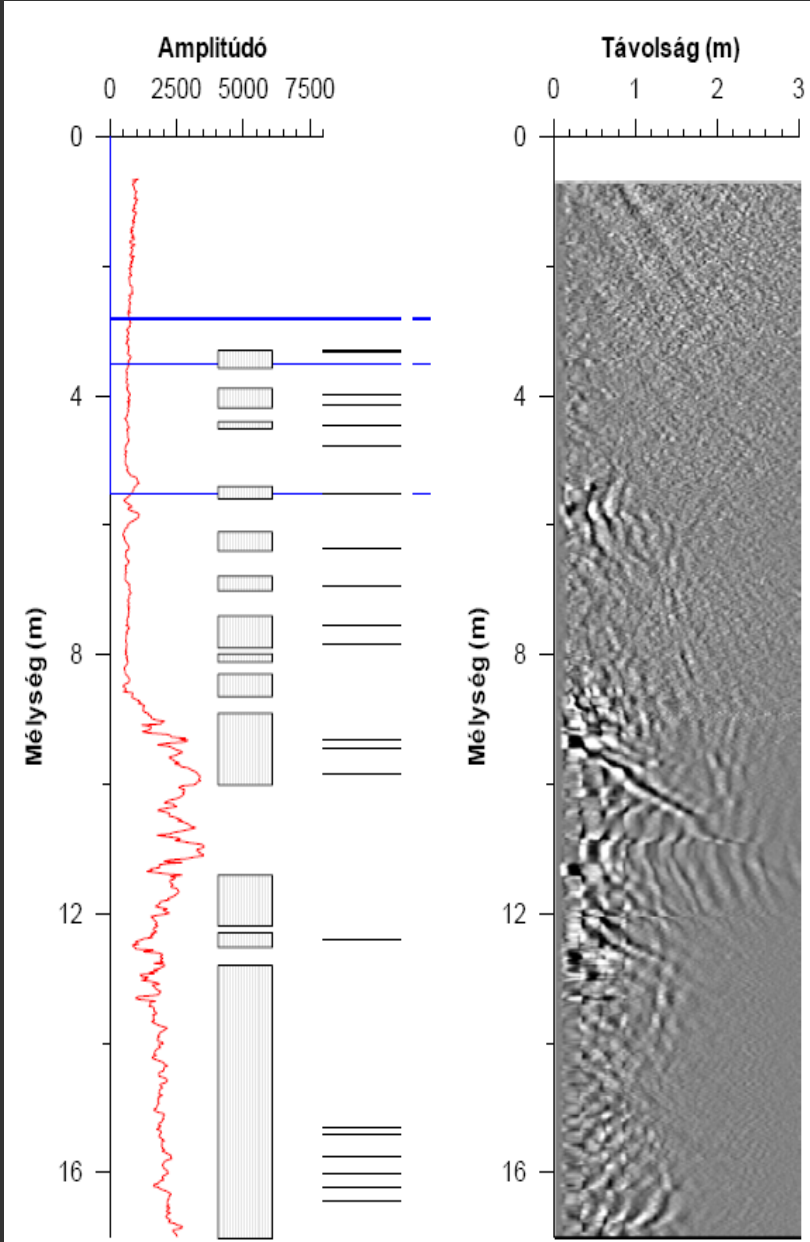
24. - 12,05 m

29. - 14,78 m

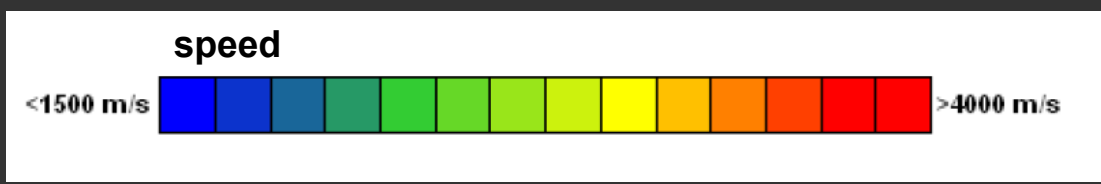
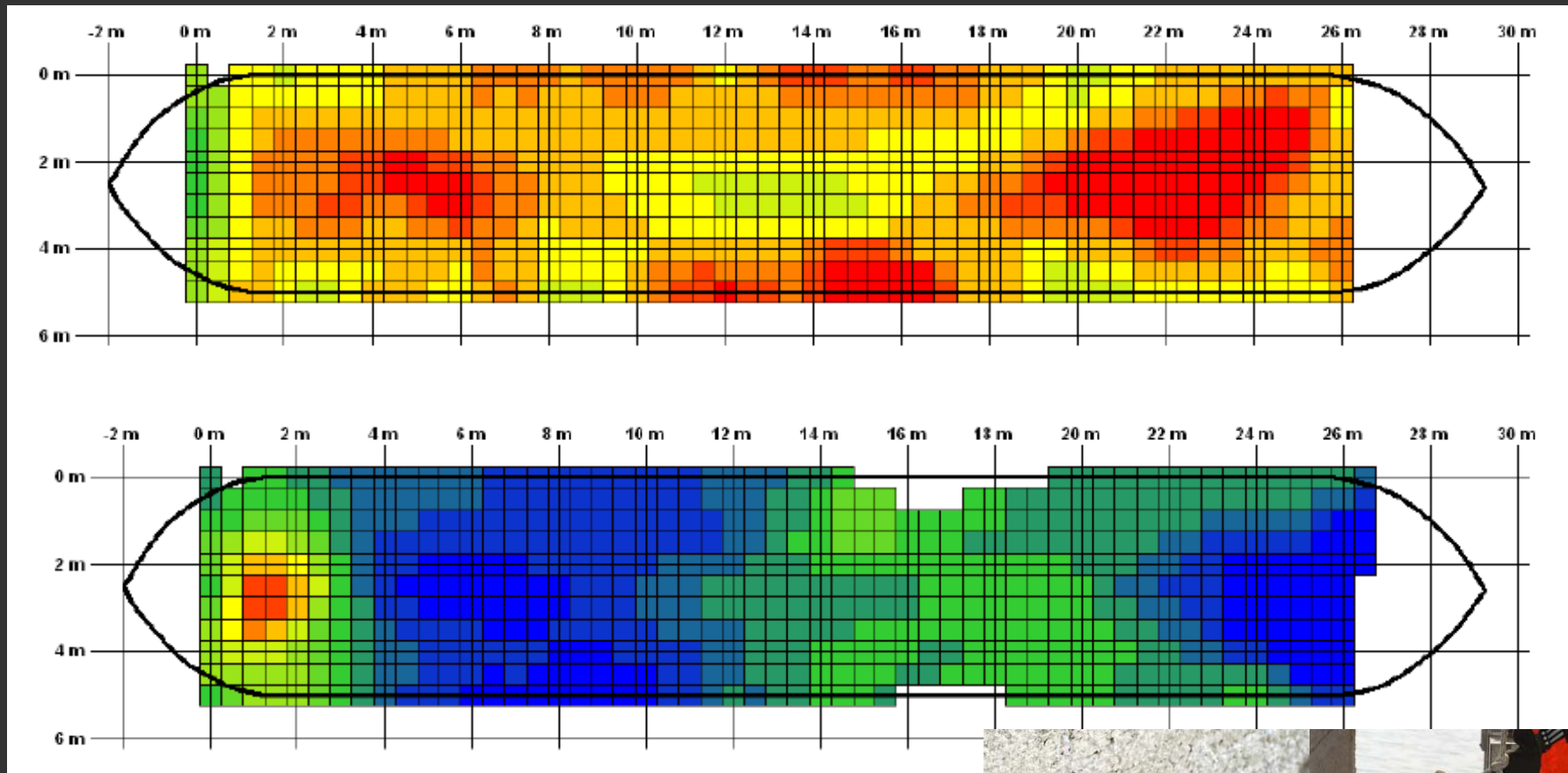


30. - 14,79 m

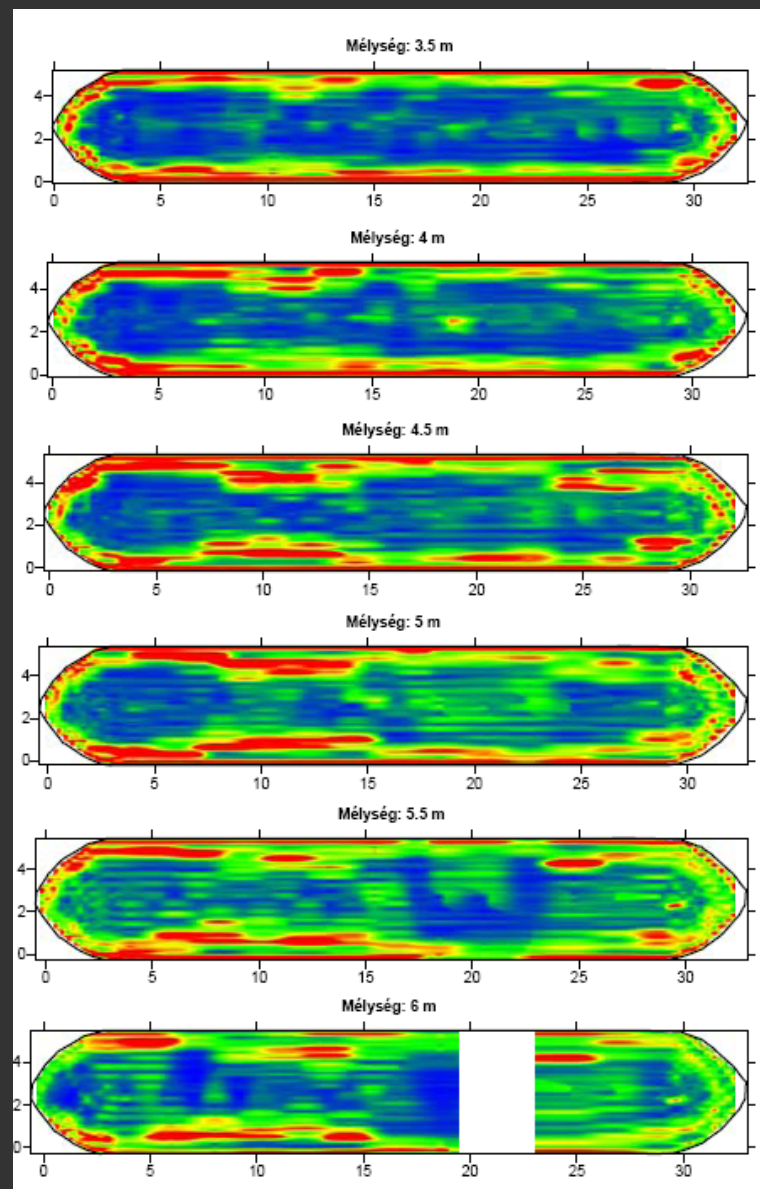
Lyukradar



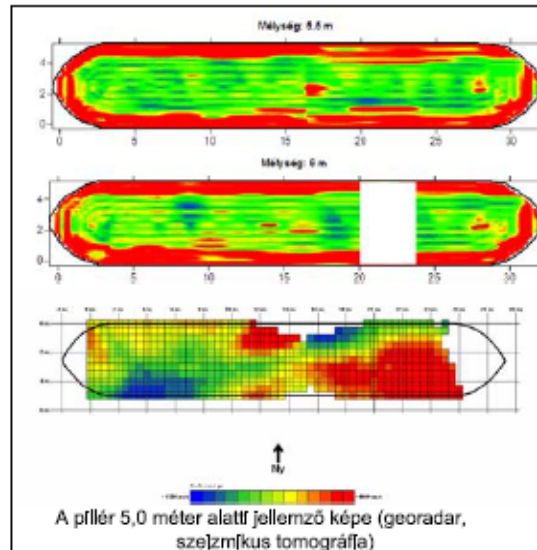
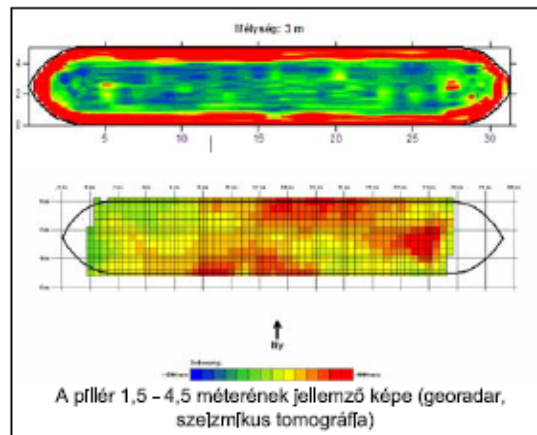
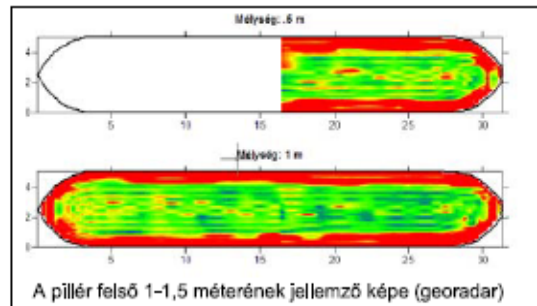
Szeizmikus tomográfia



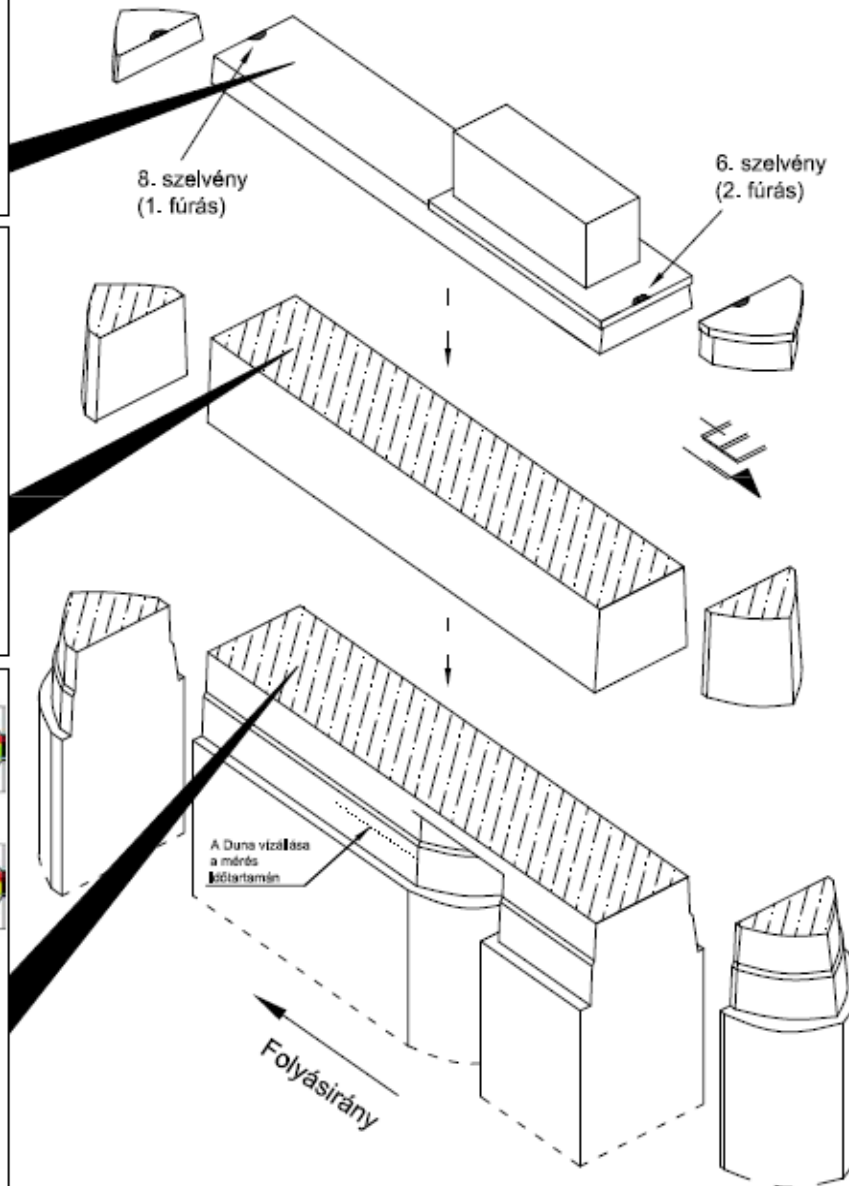
Georadar



Eredmények összehasonlítása

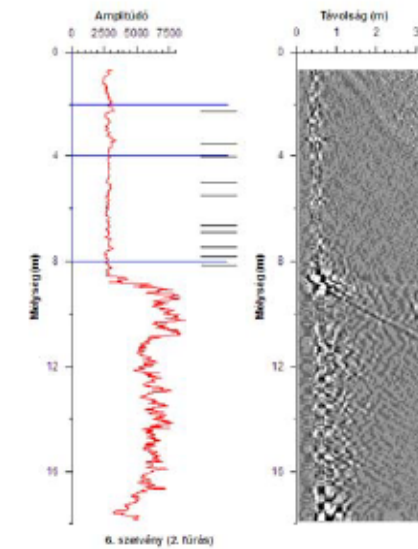


A Déli Vasúti Összekötő Híd VI.számú pillérének szerkezete a geofizikai vizsgálatok alapján

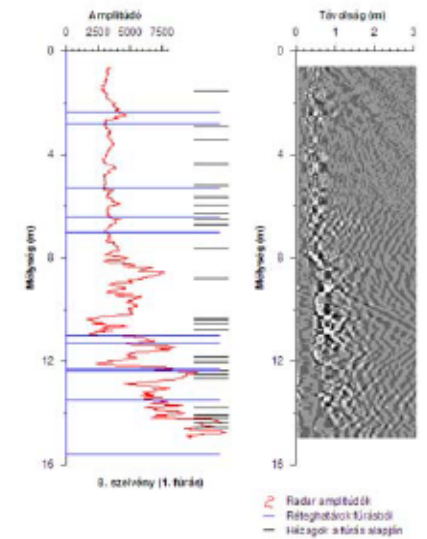


2.2 melléklet

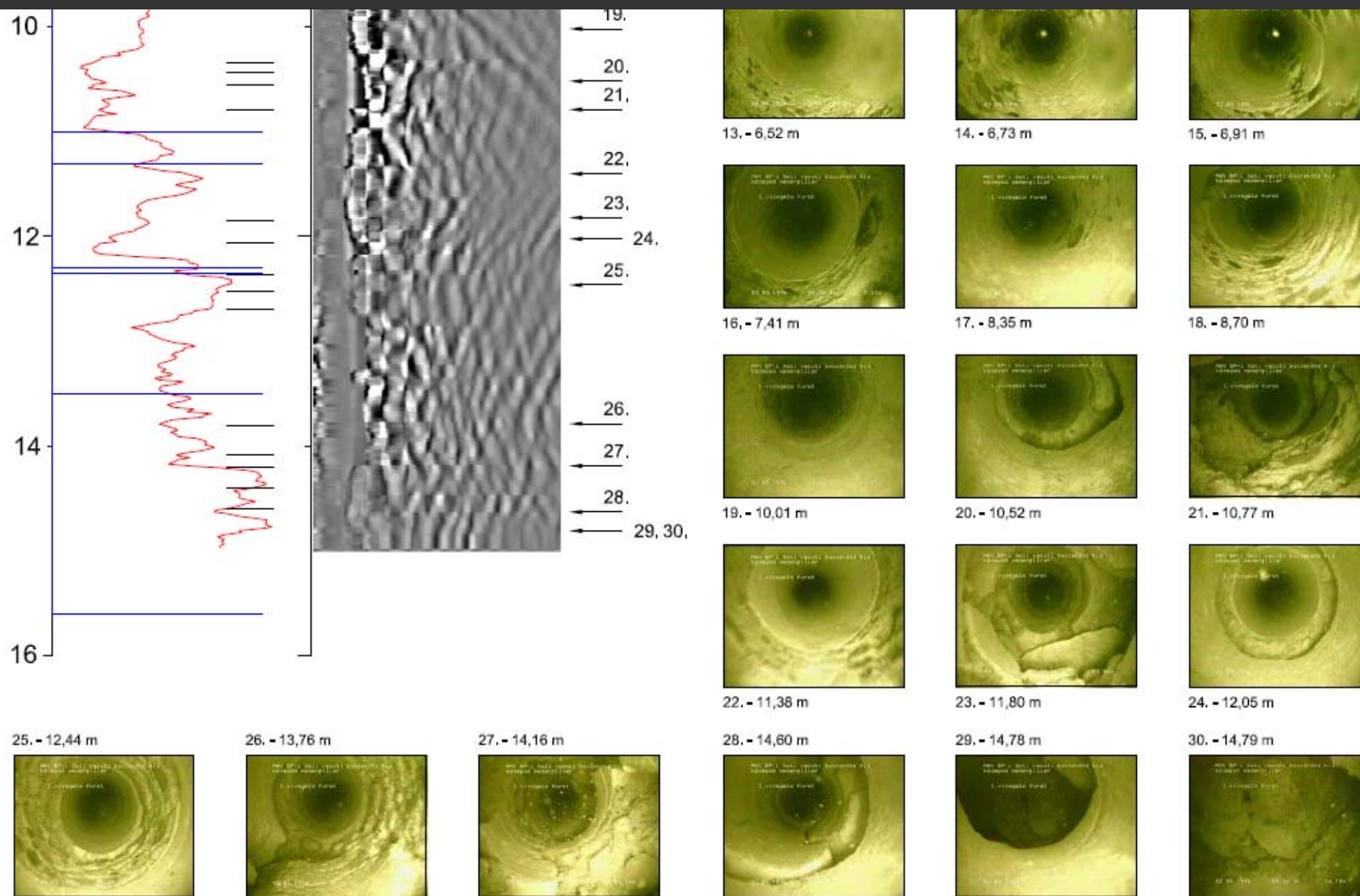
A lyukradaros vizsgálat eredményei
6. szelvény (2. fúrás)



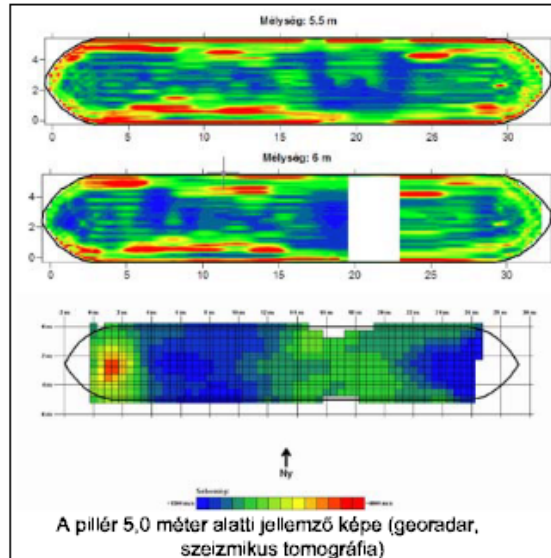
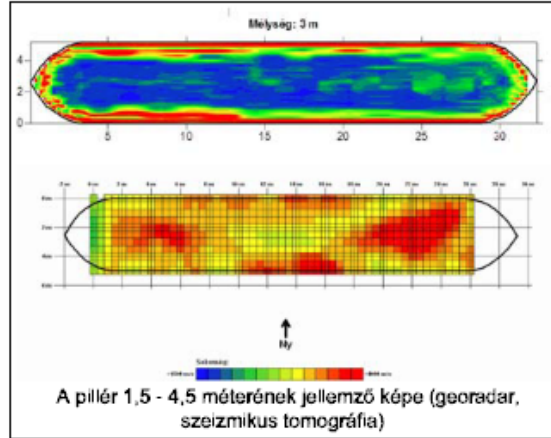
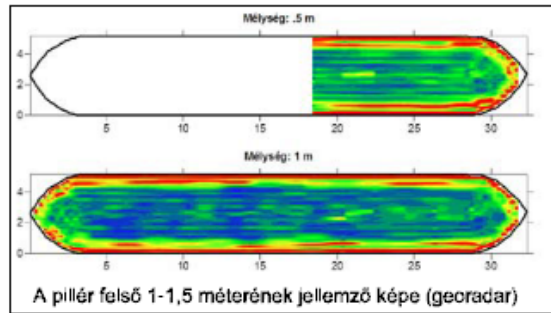
8. szelvény (1. fúrás)



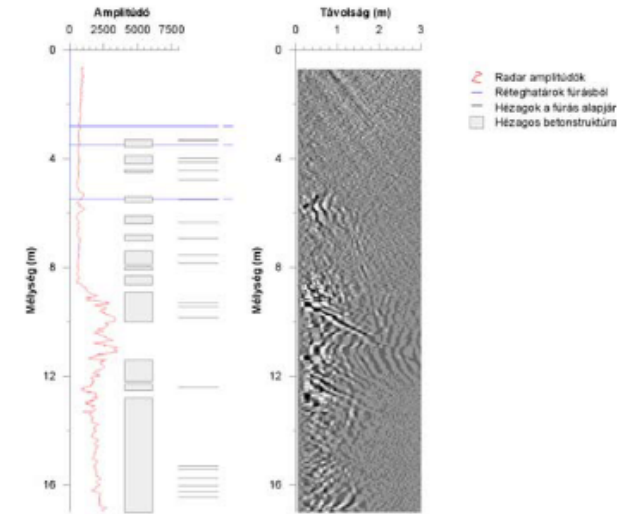
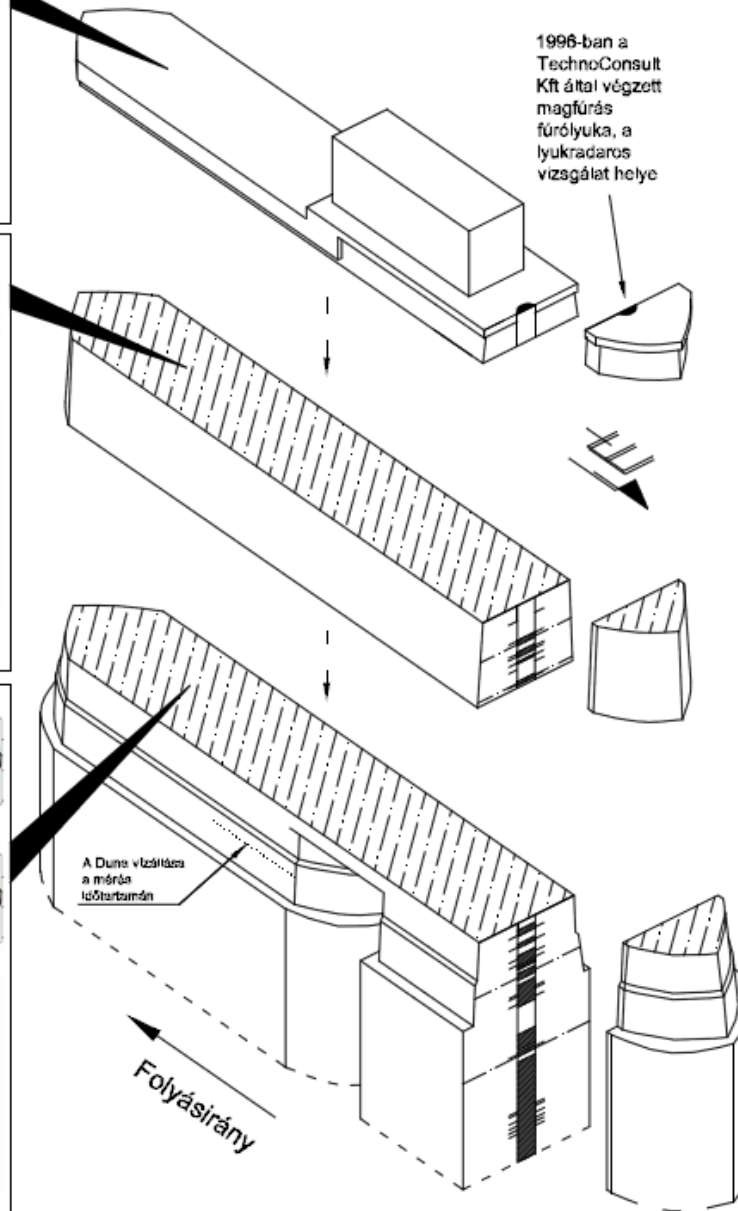
Eredmények összehasonlítása



Szerkezetek vizsgálata - Esettanulmányok

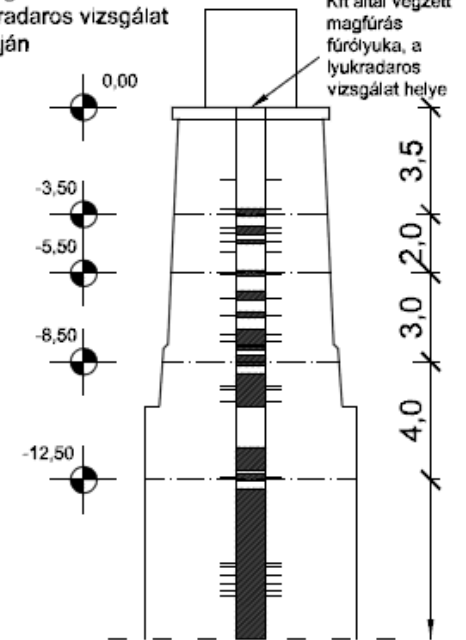


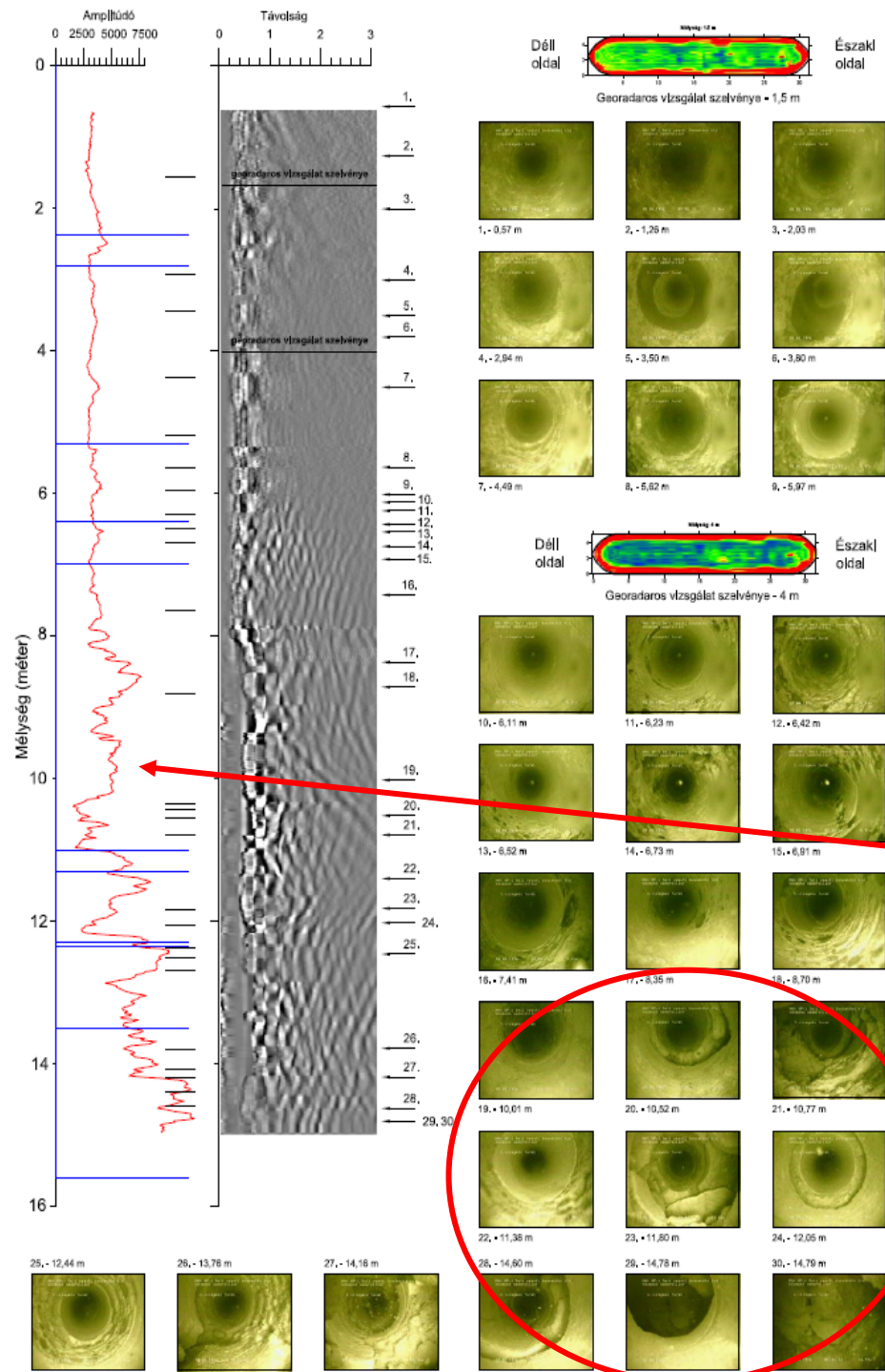
A Déli Vasúti Összekötő Híd V.számú pillérének szerkezete a geofizikai vizsgálatok alapján



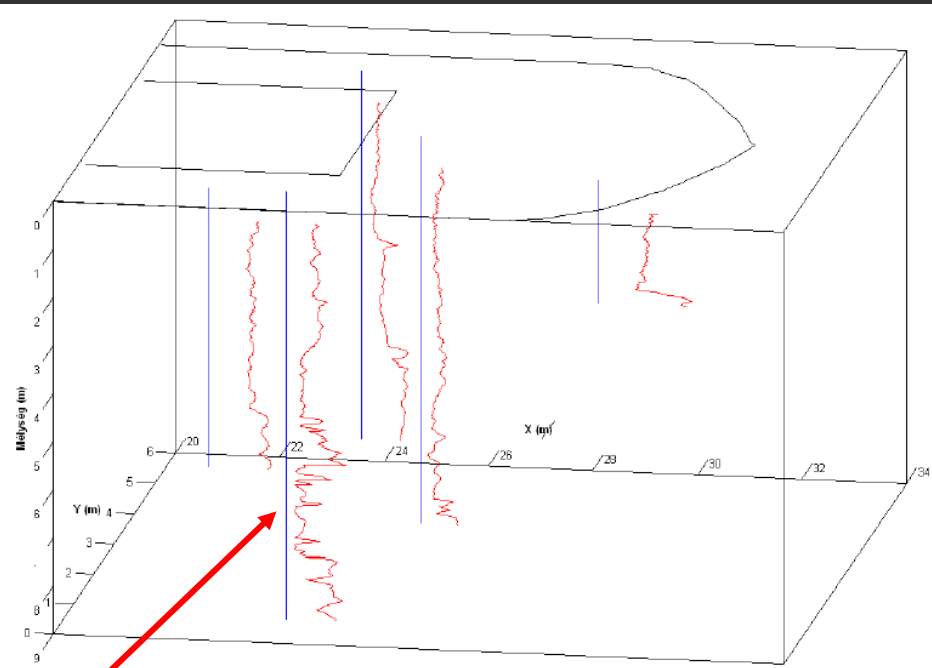
A lyukradaros vizsgálat eredményei:

Rétegváltók a lyukradaros vizsgálat alapján





Vizsgálat lyukradarral



**Erős reflexiók
/üreges tartományok/**

Javasolható volt az
injektálásos homogenizálás

Kutatási projektek – 2.

Történelmi épületek állapotvizsgálata

**Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme
2007-2013**

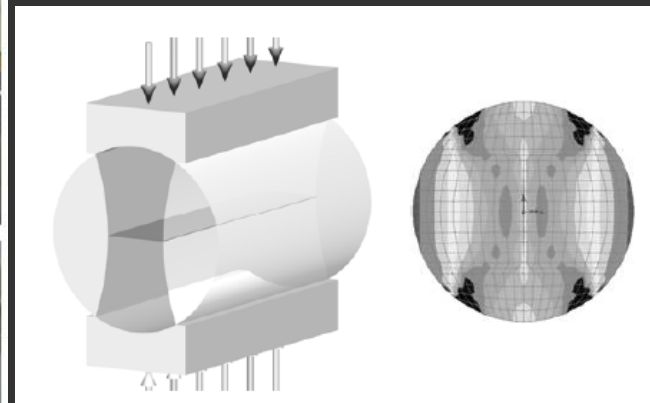
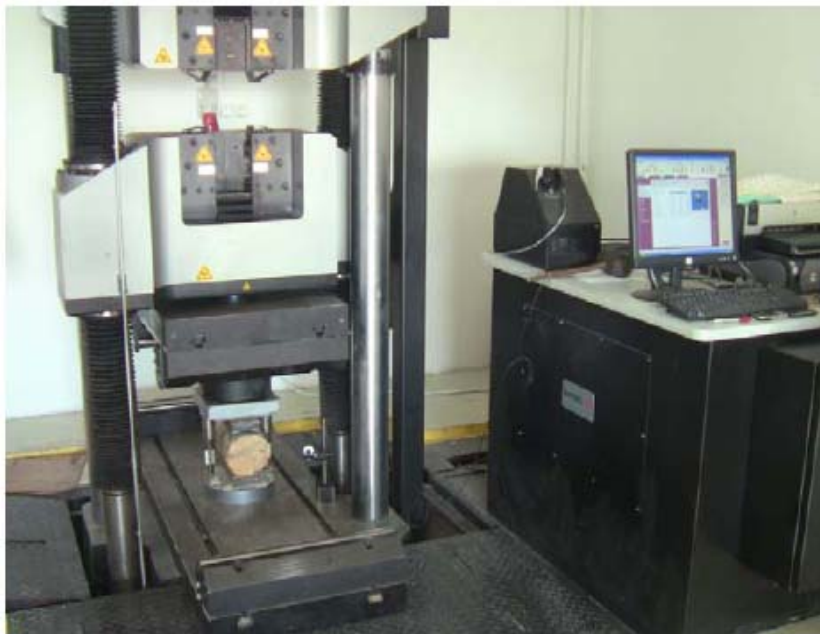
Historical Structures Project /2011-2012/ with GFOS Osijek (CRO)

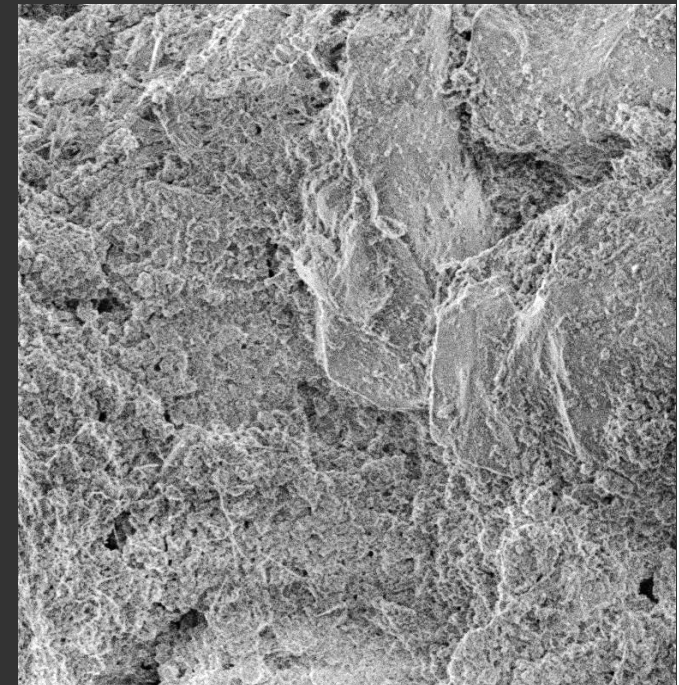
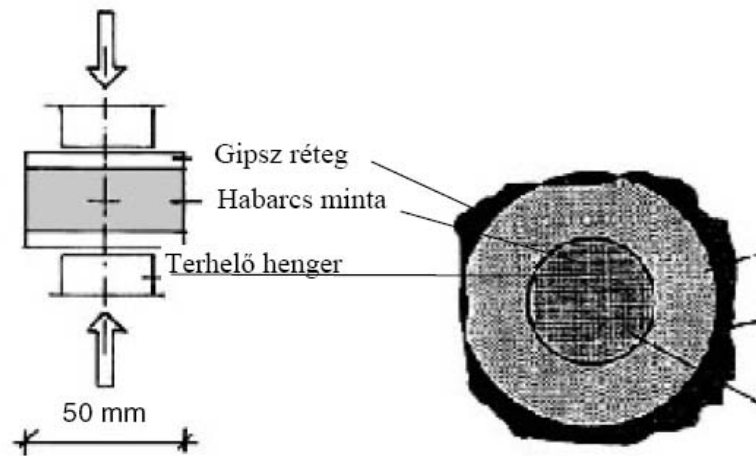
Development of investigation and analysis techniques for the assessment
and lifetime expectancy of historical structures

ESETTANULMÁNY – 19.sz. lakóépület átalakítása



Falazat anyagjellemzőinek meghatározása roncsolásos módszerekkel

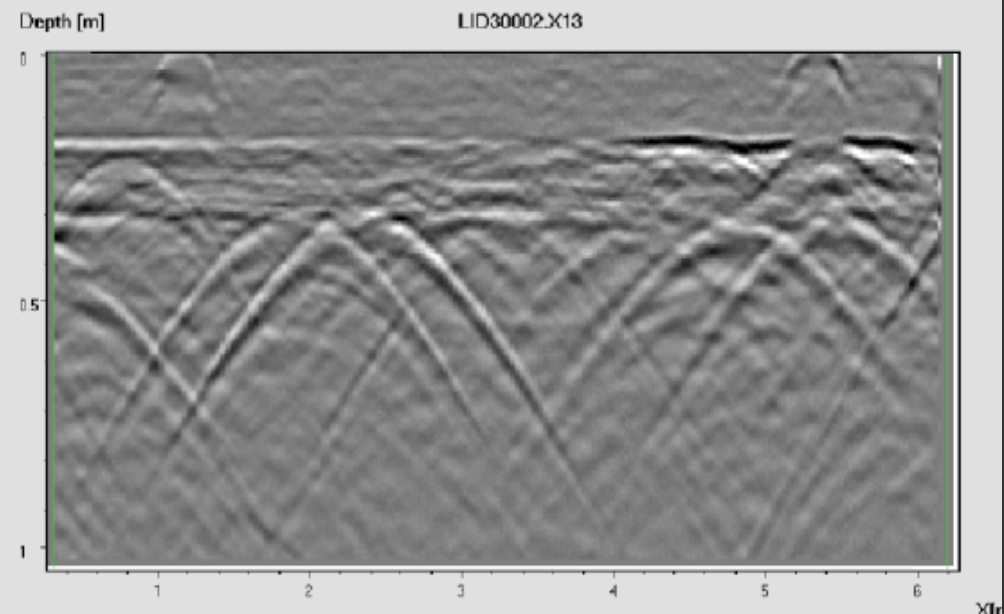
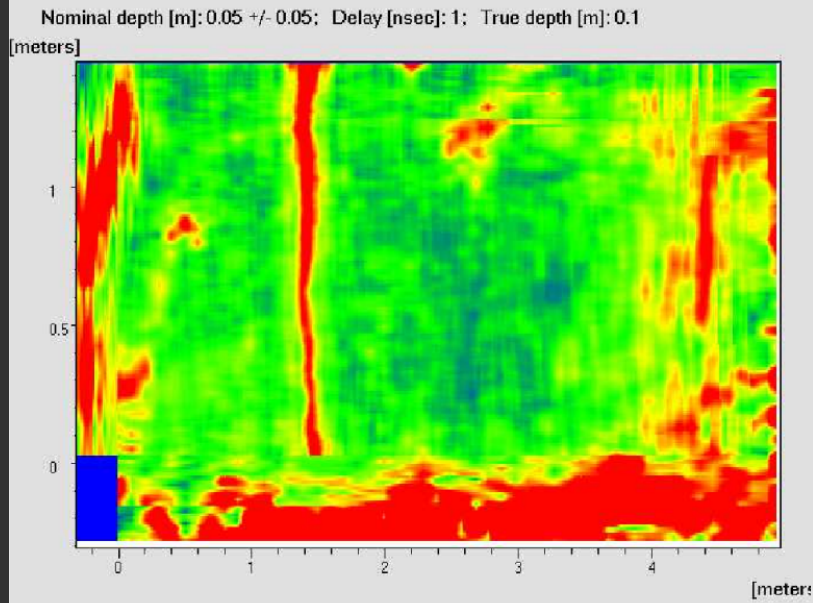




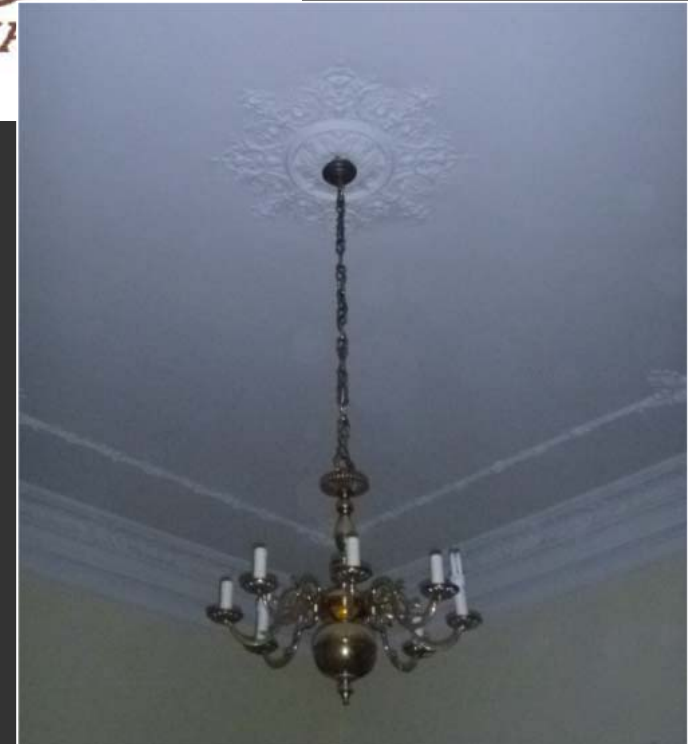
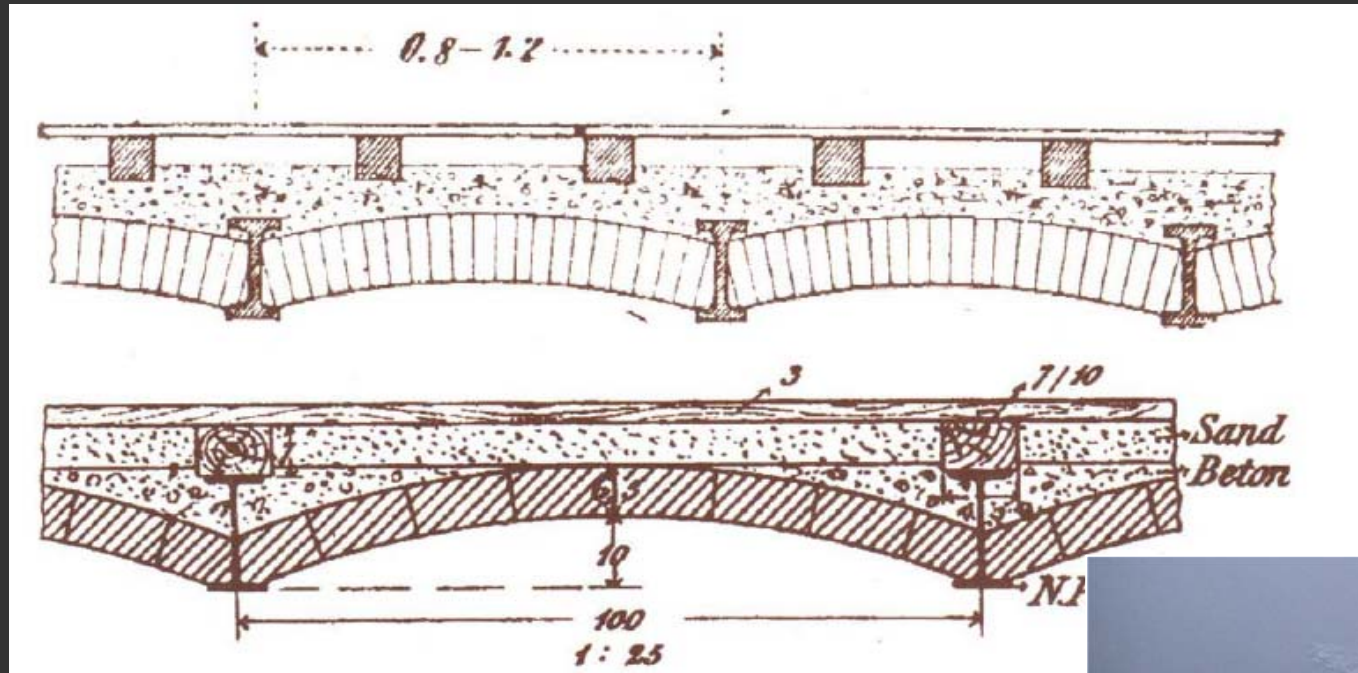
SEM HV: 5.0 kV	WD: 18.31 mm	VEGA3 TESCAN
View field: 212 μ m	Det: SE	50 μ m
SEM MAG: 979 x	Date(m/d/y): 12/09/13	Performance in nanospace

habarcs benzur 7
BT

Falazat vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel



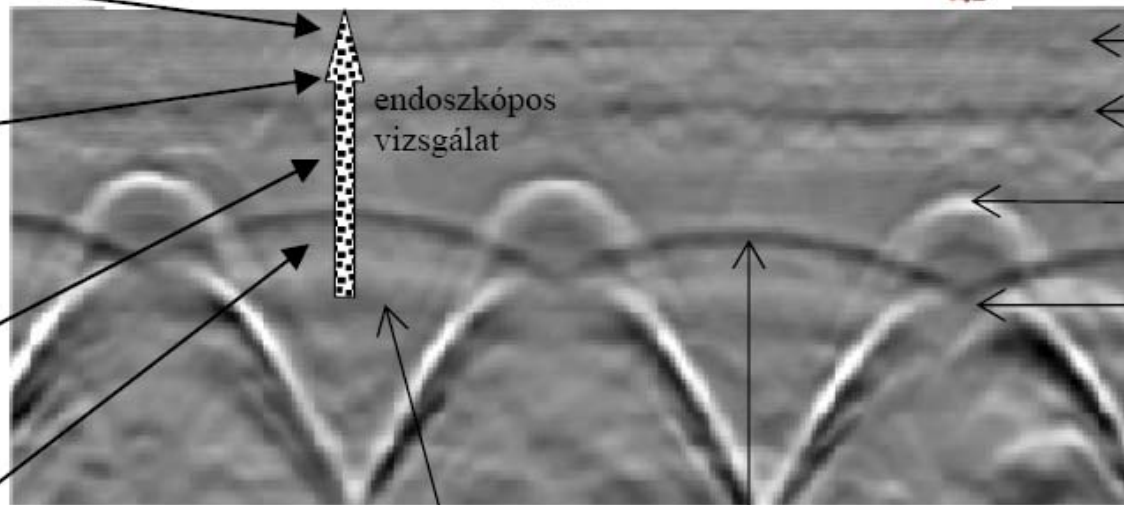
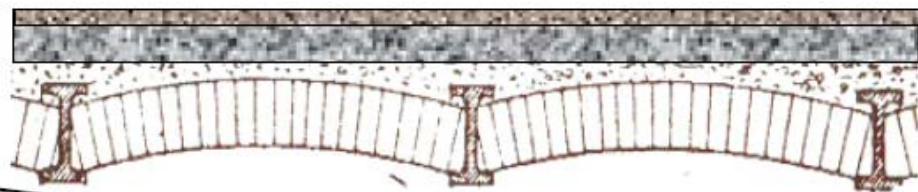
Födémek vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel







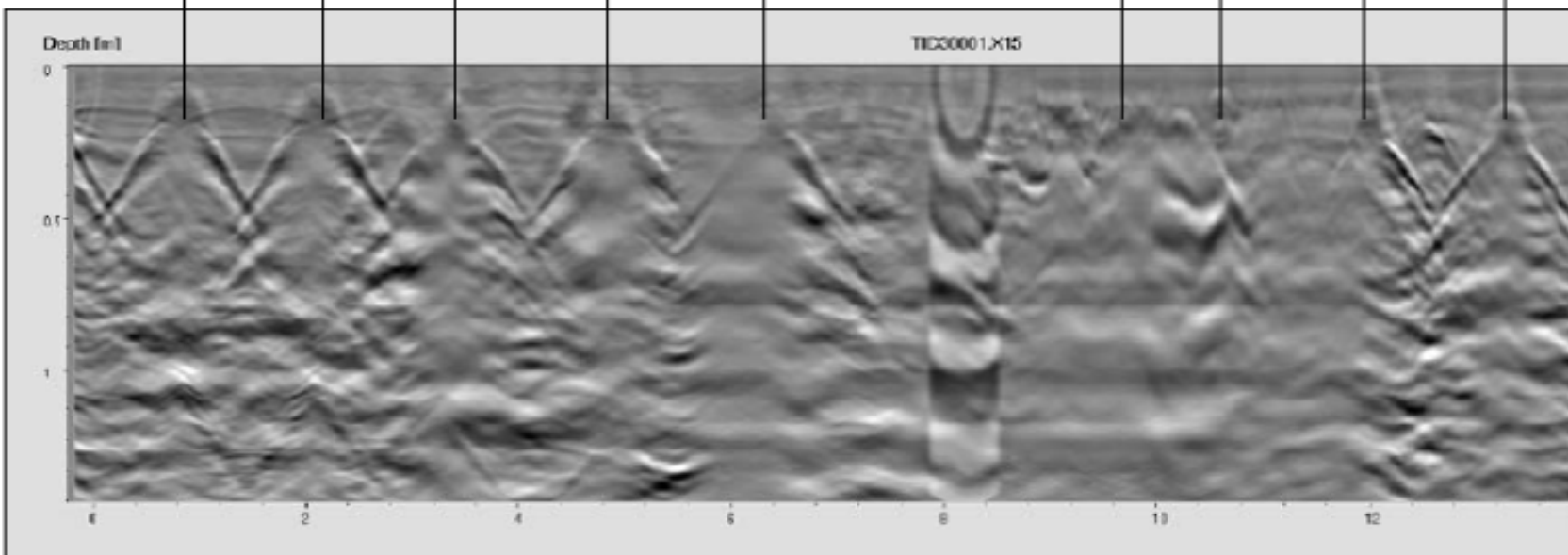
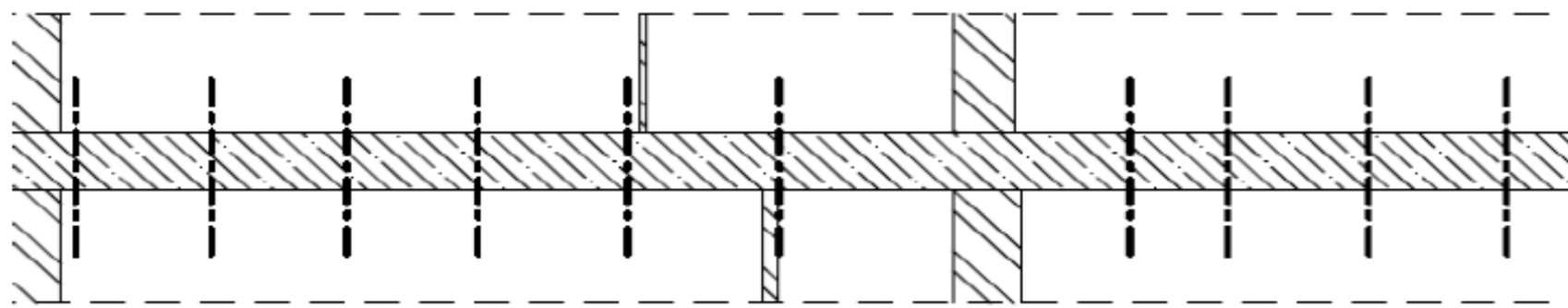
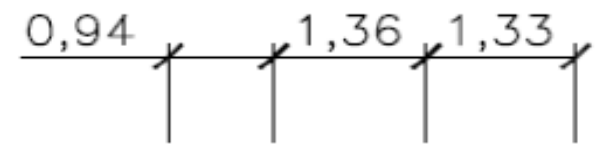
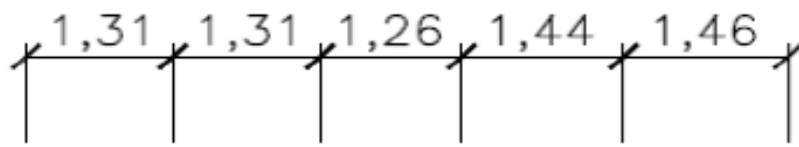
EF/F2 endoszkópos vizsgálat

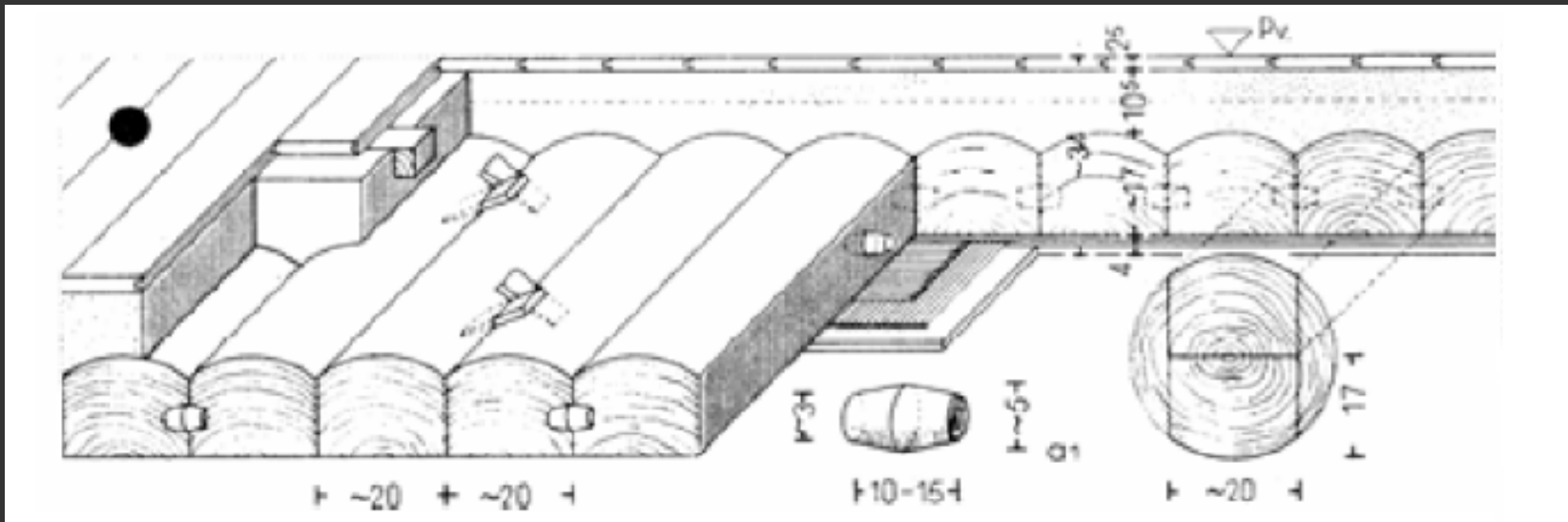


téglaoptozat alsó felülete

téglaoptozat felső felülete







00000059 L 11.2 F



00000059 L 11.2 F



00000059 L 11.2 F



00000059 L 11.2 F



00000059 L 11.2 F



00000059 L 11.2 F



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
POLLACK MIHÁLY MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Köszönöm a figyelmet!

Szerkezetek Diagnosztikája és Analízise Kutatócsoport

www.structuraldiagnostics.eu

(fejlesztés alatt)