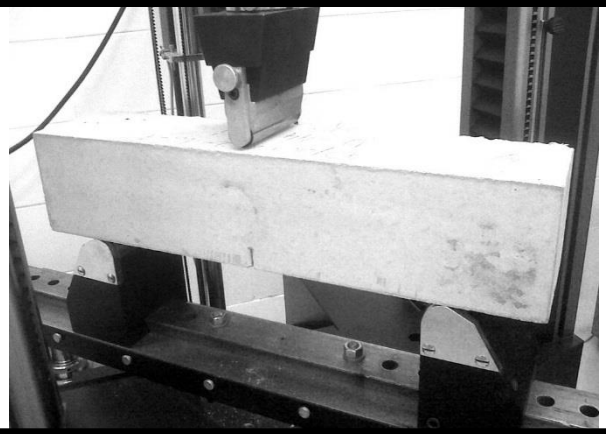
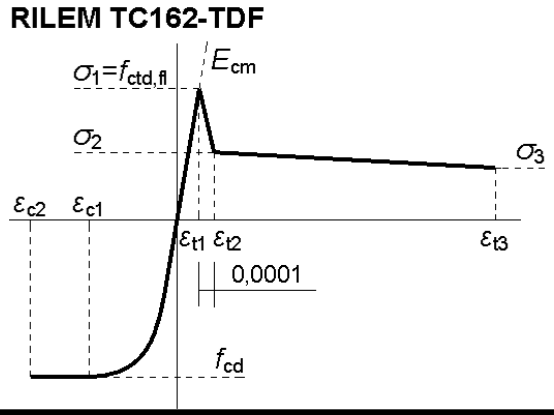
Juhász Károly Péter

Épületdiagnosztika





2022 – szakmérnöki előadás
BME

Rövid bemutatkozás

Dr. Juhász Károly Péter

- Építészmérnök, tartószerkezeti tervező, szakértő, betontechnológus szakmérnök
- Szálerősítésű betonokból doktoráltam
- www.jkp.hu
- www.epuletdiagnosztika.net

JKP STATIC KFT

- www.jkp.hu/betonlabor
- www.jkpstatic.com

SYNSOL Kft

- www.jkpstatika.hu
- Tervezés, szakértés, diagnosztika

Email: iroda@jkp.hu

Épületdiagnosztika (építménydiagnosztika) fogalma

Az építménydiagnosztika az építményben észlelt tünetek, elváltozás okának kiderítése a mérnök fontos műszaki tevékenysége. Az építményekre vonatkozó diagnosztikai rendszer az építmény fenntartási tevékenység része, úgy is fogalmazhatunk, hogy az építmény „betegségeinek” felismerése a „gyógyulás” érdekében.

(Dr. Pankhardt Kinga, Kovács József)

Vizsgálatok típusai

Mikor van rá szükségünk?

– kivitelezés ellenőrzése

– nem ismert szerkezet teherbírásának meghatározása

– megrongálódott szerkezet teherbírásának igazolása

Főbb típusai:

Roncsolásos

Roncsolásmentes

Félroncsolásos (nem anyaga az előadásnak)

Vizsgálatok típusai

Építőiparban leginkább használt anyagok diagnosztikája:

- **Beton**
- **Vasbeton**
- **Acél**
- **Fa**
- **Falszerkezetek**

Beton jelölése

C30/37

d= 150mm és h= 300mm henger

a= 150mm kocka

5%-os alulmaradási küszöbérték

28 napos korban, víz alatt tárolva

betongyárban vagy a helyszínen szabványos mintavétel során

Beton szabványos vizsgálata

MSZ EN 12390 szabványsorozat

1: geometria

2: készítés és tárolás

3: nyomószilárdság meghatározása

4: törőgépek feltételei

5: hajlító-húzó szilárdság

7: kocka tömege

Automata törőgép

Beton szilárdsági osztályba sorolása

MSZ 4798:2016

8.2.1.3.1. - egyedi eredmények (legkisebb)

f.c.test ≥ (f.ck - 4.0 MPa) - víz alatt tárolás

f.c.test ≥ (f.ck.cube / 0.92 - 4.5 MPa) - vegyes tárolás

ha a beton C50/60 vagy alatta van, ha felette, akkor más értékekkel kell számolni

8.2.1.3.2. - átlageredmények feltételei

f.cm.test ≥ (f.ck + 4.0 MPa) - EN szabvány alapján

f.cm.test ≥ (f.ck + 6.0 MPa) - MSZ alapján

Magminta kifúrása

Kifúrt henger alakú magminta méretei:

d= 100mm h= 100mm henger

amely szabványos nyomószilárdsági értéke megegyezik a 150x150x150-es kockaszilárdsággal – azaz nem kell figyelembe venni a mérethatást

Magminta előkészítése

Kifúrás → kővágóval párhuzamosra kell vágni → sík felületre csiszolni (vagy kiegyenlítő réteget)

Kiértékelés: szabványok

MSZ EN 1990:2005 – figyelembe veszi a szórást

MSZ EN 13791:2007 – nem veszi figyelembe a szórást

(1) Minták nyomószilárdságának meghatározása

Minta száma	**0002-0001 (ML)**			**MSZ EN 1990:2005 alapján**
mérési eredmények				
Sorszám	Próbatest mérete		Testsűrűség	Törőerő	Feszültség
	ø	h			
	mm	mm	kg/m3	kN	MPa
A1	***93,3***	***80,5***	***2350***	***178,8***	***26,17***
A2	***93,5***	***101,5***	***2340***	***150,3***	***21,90***
A3	***93,3***	***95,5***	***2370***	***133,3***	***19,51***
A4	***93,4***	***99,6***	***2320***	***122,7***	***17,92***
A5	***93***	***105,5***	***2330***	***124,1***	***18,28***
A6	***92,5***	***99,8***	***2340***	***153,4***	***22,84***
A7	***92,5***	***107,7***	***2380***	***145,1***	***21,60***

2005

(2) Átlag, Student tényező, legkisebb szórás, karakterisztikus érték

Átlagos hengerszilárdság:			$f_{cm,is}$ =	21,17
Student tényező:			t =	2,09
Megengedett legkisebb szórás:			s =	2,68
Helyszíni kockaszilárdság karakterisztikus értéke			$f_{ck.is.cube} = f_{cm.is} - t\ s$ =	15,58

$$f_{cm,is} = \frac{\Sigma f_{c,is}}{n}$$

$n \geq 5$ adat esetén: $s = \sqrt{\frac{(f_{c,is} - f_{cm,is})^2}{n-1}}$

$n = 3$ adat esetén: $s = \frac{f_{max,is} - f_{min,is}}{1,69}$

n	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
t értékei az MSZ EN 1990:2005 szerint 75%-os megbízhatóság és ismeretlen szórás figyelembevételével	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

2005

(3) Szilárdsági osztályok becslése

Szabványos betonszilárdsági osztályokhoz tartozó karakterisztikus értékek			Szerkezetből kivett próbatestek szilárdságvizsgálata alapján számított karakterisztikus értékek		
(1) szilárdsági osztály	(2) $f_{ck,cyl}$	(3) $f_{ck,cube}$	(4) átszámítási tényező	(5) $f_{ck,is,cyl}$	(6) $f_{ck,is,cube}$
C8/10	8	10	0,85	7	9
C12/15	12	15	0,85	10	13
C16/20	16	20	0,85	14	17
C20/25	20	25	0,85	17	21
C25/30	25	30	0,85	21	26
C30/37	30	37	0,85	26	31
C35/45	35	45	0,85	30	38
C40/50	40	50	0,85	34	43
C45/55	45	55	0,85	38	47
C50/60	50	60	0,85	43	51
C55/67	55	67	0,85	47	57
C60/75	60	75	0,85	51	64
C70/85	70	85	0,85	60	72
C80/95	80	95	0,85	68	81
C90/105	90	105	0,85	77	89
C100/115	100	115	0,85	85	98

Ebből számolható interpolálással a hengerszilárdság, majd 0,85-el elosztva az átszámított érték, melyből 1,3-as biztonsági tényezővel a beton nyomószilárdságának tervezési értéke.

2005

(1) Minták nyomószilárdságának meghatározása

Minta száma	**0002-0001 (ML)**			**MSZ EN 13791:2007 alapján**	
mérési eredmények					
Sorszám	Próbatest mérete		Testsűrűség	Törőerő	Feszültség
	ø	*h*			
	mm	mm	kg/m3	kN	MPa
A1	***93,3***	***80,5***	***2350***	***178,8***	***26,17***
A2	***93,5***	***101,5***	***2340***	***150,3***	***21,90***
A3	***93,3***	***95,5***	***2370***	***133,3***	***19,51***
A4	***93,4***	***99,6***	***2320***	***122,7***	***17,92***
A5	***93***	***105,5***	***2330***	***124,1***	***18,28***
A6	***92,5***	***99,8***	***2340***	***153,4***	***22,84***
A7	***92,5***	***107,7***	***2380***	***145,1***	***21,60***

2007

(2) Átlag, Student tényező, legkisebb szórás, karakterisztikus érték

Átlagos hengerszilárdság:				$f_{cm,is}$ =	21,17
				$f_{cm,is,min}$ =	17,92
Tervezett betonszilárdság:		C30/37		$f_{ck,is,cube}$ =	31,00
k_1 érték:		6			
1. feltétel	$f_{cm,is} > f_{ck,is,cube} + k_1$			NEM FELEL MEG	
2. feltétel	$f_{c,is,min} > f_{ck,is,cube} - 4$			NEM FELEL MEG	

k_1 értéke:

$k_1 = 5$, ha $n = 10\text{-}14$,
$k_1 = 6$, ha $n = 7\text{-}9$,
$k_1 = 7$, ha $n = 3\text{-}6$.

$n \geq 15$ esetén:

$f_{cm,is} \geq f_{ck,is} + 1{,}48\, s$ (1. feltétel)

$f_{c,is} \geq f_{ck,is} - 4$ (2. feltétel)

15-nél több eleme esetén figyelembe veszi a szórást is

2007

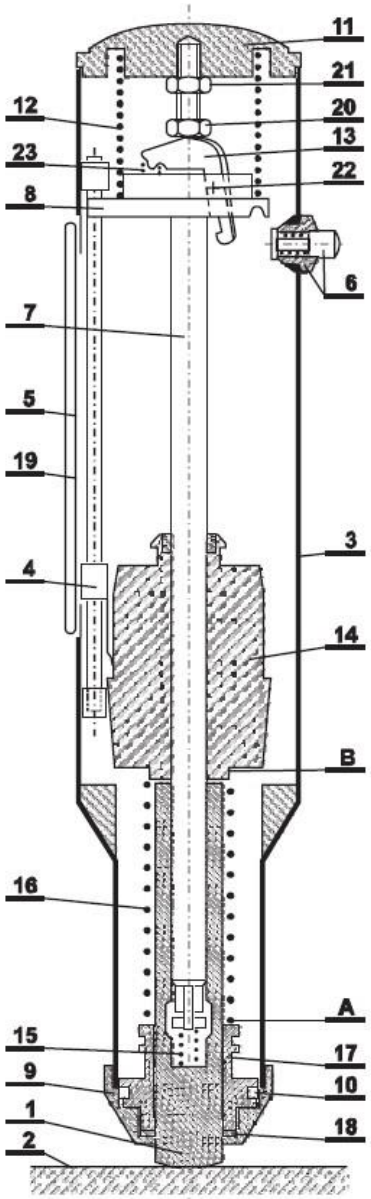
Beton diagnosztikája

Schmidt kalapácsos vizsgálat

A visszapattanási értékek és a beton nyomószilárdsága között egyértelmű, fizikai okokra visszavezethető összefüggés nincs, csak empirikus összefüggést találhatunk.

Szilárdságbecslésének legelterjedtebb eszköze napjainkban.

1. Ütőcsap
2. Beton felület
3. Ház
4. Mutató
5. Skála
6. Rögzítő gomb
7. Vezetőrúd
8. Vezetőtárcsa
9. Porsapka
10. Kétrészes gyűrű
11. Fedő
12. Nyomórugó
13. Kilincs
14. Ütő tömeg
15. Visszalökő rugó
16. Ütő rugó
17. Hüvely
18. Filckarika
19. Plexiablak
20. Csavar
21. Ellenanya
22. Biztosítószeg
23. Kilincs rugó



Kalibrálás fontossága !!!

ÉPÍTÉSÜGYI
MINŐSÉGELLENŐRZŐ
INNOVÁCIÓS NKFT
SZÉKHELY: H-2000. Szentendre, Dózsa György út 26.
POSTACÍM: H-2001 Szentendre, Pf. 180.
WEB: www.emi.hu

K

Hivatko

KALIBRÁLÁSI BIZONYÍTVÁNY

A kalibrálás tárgya: Schmidt kalapács

- Gyártó: Proceq
- Típus: N-34
- Gyártási szám: 174543
- Azonosító szám: -

Mérési eredmények:

Ütés sorszáma	Mért érték	Átlag	Szórás	Beállítás előtti értékek
1	81,0	81,0	0,3	75,0
2	81,0			76,0
3	81,5			73,0
4	81,0			74,0
5	81,0			75,0
6	81,0			76,0
7	80,5			74,0
8	81,0			74,0
9	81,5			73,0
10	80,5			76,0
11	81,0			75,0
12	80,5			74,0
13	81,0			74,0
14	81,0			77,0
15	81,5			75,0
16	81,5			75,0
17	81,0			74,0
18	81,0			76,0
19	81,5			76,0
20	80,5			75,0

A kalibráló üllő gyártója által megadott beszabályozási ütés érték: **81 ± 2**

Pontosság miatti korrekciós tényező: $\beta = 0{,}999691$

Schmidt kalapácsos vizsgálat

- Kizárólag Schmidt kalapácsos vizsgálat → gazdaságtalan

Általában ez a leggyakoribb, ugyanakkor 95%-ban rosszabb eredményt fog adni, mint a beton valós szilárdsági értéke.

- Schmidt kalapácsos + ismert betontechnológiai adatok

Abban az esetben, ha kivitelezés során kell megvizsgálni az elkészült betont és vannak betontechnológiai adatok a betongyártól.

- Schmidt kalapácsos + törővizsgálat

Előregyártásnál minőségbiztosítási okokból.

Schmidt kalapácsos vizsgálat

Borján József: Roncsolásmentes beton vizsgálatok (1981)

Egészen a matematikai statisztikától a roncsolásmentes módszereken át a szilárdságbecslésig tartalmaz nagyon sok hasznos információt.

A jelnelegi ÚT 2-2.204 útügyi műszaki előírás is ezeket az eredményeket használja fel.

Beton diagnosztikája

(1) Korrekciós tényező – üllőn vizsgálva

(2) Betontechnológiai paraméterek

(3) Beton kora

(4) Visszapattanási értékek

(5) R200 → R150

(6) feltételek

A Schmidt kalapácsos diagnosztikai vizsgálatok során a vizsgálat eredménye nagyban függ a vizsgálati körülményektől. Az érték nagyban változhat, ha egy nagyobb szemcse (vagy kis betontakarású betonacél) vagy légzárvány fölött mérünk, a mért érték jóval nagyobb vagy kisebb is lehet. Összefoglalva elmondható, hogy a Schmidt kalapácsos vizsgálat értéke helyszíni körülmények között 25%-os bizonytalansággal szolgáltat eredményt.

További, a kiértékelésnél figyelembe vett befolyásoló tényezők:

Ütésirány

Az ütés iránya (vízszintes, függőlegesen vagy 45 fokban ferdén lefele, illetve felfele) nagyban befolyásolja az eredményt, ezért ezt a számításnál figyelembe kell vennünk.

A beton kora

A beton öregedésével a felületi rétegek karbonátosodnak, amelytől a beton külső rétege keményebb lesz. Ez nagyban befolyásolhatja a vizsgált beton megállapított szilárdságát, akár 50%-al magasabb értéket is adhat. A karbonátosodás leginkább a beton kapilláris hálózatától függ, amely a beton szilárdságának, víz/cement tényezőjének illetve a bedolgozás módjának vagy minőségének a függvénye. A betonok kora mellett a betonok tömörsége is fontos szerepet játszik. A beton korát egy α_t módosító tényező segítségével vesszük figyelembe, amely értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A kor figyelembe vétele a Schmidt kalapácsos vizsgálatnál [1, 2]

Beton kora	nap	év		
	90	1	2	3
α_t	1	0,75	0,67	0,6

A beton nedvességtartalma

A beton nedvességtartalma is befolyásolja a mért értéket, erről azonban nincs adatunk.

Az adalékanyag, cement

Az adalékanyag szemmegoszlása, illetve maximális szemcseméret is hatással van a mért értékre, jelen kiértékelésnél a maximális szemcseméretet figyelembe vettük a 2. táblázat alapján.

2. táblázat: Korrekciós értékek a maximális szemnagyság alapján [1, 2]

d_{max}	16	0,00
	24	0,01
	32	0,02
	48	0,03

A cementfajta, víz-cement tényező és a cementtartalom is befolyásolja a mért értéket, jelen kiértékelésnél ezeket figyelembe vettük a 3. táblázat alapján.

3. táblázat: Korrekciós értékek a cementtípus alapján [1, 2]

cement	32,5	0,00
	42,5	0,02
	52,5	0,03

Kizárólag Schmidt kalapácsos vizsgálat → gazdaságtalan

$$\lg R_{200} = -2{,}159 + 1{,}805 \lg r + 0{,}345 (\lg r)^2$$

Schmidt kalapácsos + ismert betontechnológiai adatok

$$\lg R_{200} = -2{,}159 + \Sigma\Delta + 1{,}805 \lg r + 0{,}345 (\lg r)$$

A tulajdonság		Segédváltozó, Δ
megnevezése	értéke	
Cementfajta	CEM 32,5 CEM 42,5 CEM 52,5	0,00 0,02 0,03
Adalékanyag maximális szemnagysága	16 mm 24 mm 32 mm	0,00 0,01 0,02
Víz-cement tényező	0,35–0,5 0,5–0,65 >0,65	0,03 0,01 0,00
Cementtartalom	>401 kg/m^3 301 – 400 kg/m^3 201 – 300 kg/m^3 <200 kg/m^3	0,06 0,04 0,02 0,00
Kor vagy képzett kor	8–15 nap 16–21 nap 22–28 nap	0,06 0,04 0,00
Nedvességtartalom	Vizes (fényes felület) Nedves (matt felület) Száraz (W = max 4V%)	0,07 0,03 0,00

Beton diagnosztikája

Vizsgálati hely	1. vizsgálati hely
Vizsgált szerkezet	SR vibrációs szalag fal
Tervezett beton szilárdsági osztály	C30/37-XC4-XF3-16-F3
A vizsgált beton kora	95 nap

korrekciós tényező	β	1,014402

Betontechnológiai paraméterek		
Cement típusa	42,5	0,02
dmax	16	0,00
v/c	0,55	0,01
cementtartalom	300-400	0,04
$\Sigma\Delta$		0,07

beton kora (nap) α_t	95	0,995

Schmidt kalapácsos vizsgálat eredményei																				
nr.	visszapattanási értékek												r_0	ΔR_α		β	α_t	r	R_{200}	R_{150}
1	***45***	***39***	***36***	***36***	***36***	***45***	***37***	***39***	***45***	***44***	***39***	***47***	40,67	→	0	1,014	0,995	41,06	52,66	57,23
2	***42***	***44***	***37***	***42***	***41***	***38***	***43***	***45***	***45***	***41***	***36***	***39***	41,08	→	0	1,014	0,995	41,49	54,25	58,96
3	***39***	***41***	***36***	***36***	***37***	***40***	***39***	***45***	***38***	***40***	***36***	***39***	38,83	→	0	1,014	0,995	39,21	46,04	50,04

1. feltétel			
$f_{cm,test}$	>	f_{ck}/0,92+6,5	MEGFELEL
55,41		46,72	
2. feltétel			
$f_{ci,min}$	>	f_{ck}/0,92-4,5	MEGFELEL
50,04		35,72	

$f_{cm,test}$	55,41
$f_{ci,min}$	50,04
tervezett	C30/37
f_{ck}	37

Schmidt kalapácsos vizsgálat

Bauxit beton esetére egy egyszerű táblázat van, egyszerűen a visszapattanás értékeiból megadható a valószínű kockaszilárdság, ami alapján a bauxit betont osztályozni lehet.

4. melléklet

BAUXITBETONOK KIÉRTÉKELŐ TÁBLÁZATA

A táblázatban az NS-kalapács visszapattanási értékeihez tartozó, valószinü kockaszilárdságok szerepelnek homokos kavics adalékanyagból készitett /D_{max} = 40 mm/, legalább 25 éves korú légszáraz állapotú bauxitbetonok esetében.

A visszapattanás átlagértéke /R_i/	Valószinü kockaszilárdság /K_i^v/ /kp/cm^2/		
	vizszintes irányú ütés esetén	függőleges irányú ütés esetén felfelé	lefelé
17	42	20	64
18	48	26	70
19	53	31	76
20	58	37	81

Schmidt kalapácsos vizsgálat

Bauxit beton

1. táblázat: Bauxitbetonból készült vasbeton szerkezetek veszélyességi csoportba sorolása egyszerűsített eljárás esetén

Kategória (veszélyességi) csoport	Központosan nyomott elem	Külpontosan nyomott elem	Hajlított elem
	Beton határfeszültség, σ_{bH} N/mm^2		
A	$\sigma_{bH} \geq 5{,}0$	$\sigma_{bH} \geq 4{,}0$	$\sigma_{bH} \geq 3{,}5$
B	$5{,}0 > \sigma_{bH} \geq 3{,}5$	$4{,}0 > \sigma_{bH} \geq 3{,}0$	$3{,}5 > \sigma_{bH} \geq 2{,}5$
C1	$3{,}5 > \sigma_{bH} \geq 3{,}0$	$3{,}0 > \sigma_{bH} \geq 2{,}5$	$2{,}5 > \sigma_{bH} \geq 2{,}0$
C2	$3{,}0 > \sigma_{bH}$	$2{,}5 > \sigma_{bH}$	$2{,}0 > \sigma_{bH}$
Megjegyzés: *Ma* a vasbeton szerkezetbe beépíthető leggyengébb MSZ 4798-1:2004 szerinti (természetesen nem bauxitbeton) közönséges beton (C20/25 nyomószilárdsági osztály) előírt beton határfeszültsége (mai nevén a beton nyomószilárdság teherbírási tervezési értéke) 13,3 N/mm^2.			

Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos beton szilárdságbecslés egy olyan roncsolásmentes vizsgálati módszer, amely az akusztikai impulzusok terjedési sebességének mérésén alapul. Beton vizsgálatára csak az 1 MHz alatti, főként a néhányszor 10 kHz-es frekvenciájú rezgések alkalmasak. Ennek oka a beton heterogén volta: az egyes szemcsék határfelületén az akusztikai energia jelentős része szétszóródik. Minél nagyobb frekvenciájú jelet használunk, annál nagyobb lesz a szóródási veszteség [2].

A módszer előnyei:
- a beton és a vasbeton szerkezet roncsolás nélkül vizsgálható;
- a mérés tetszés szerint ismételhető;
- a vizsgálat olcsó és egyszerű eszközzel végezhető.

A vizsgálatot befolyásoló tényezők:
- a vizsgált elem alakja, mérete;
- a vasbeton szerkezetben az acélbetétek mennyisége;
- a beton repedései, zárványai és ezek vízzel való telítettsége.

A kockaszilárdság megállapítására az alábbi összefüggést használhatjuk:

$$\lg R_{200} = 2{,}407 - a_{\mathrm{v}}\, 10^{-4}\, (5760 - v) \qquad (3)$$

ahol:

R_{200}: kockaszilárdság 200 mm-es kockán [MPa]

v: ultrahang terjedési sebessége [m/s]

a_{v}: betontechnológia tényezőktől függő szorzótényező, alapesetben a_{v}=6,8

Beton diagnosztikája

Vizsgálati hely				13. vizsgálati hely				
Vizsgált szerkezet				KA 1. akna fal				
Tervezett beton szilárdsági osztály				C30/37-XC4-XV1(H)-24-F2				
A vizsgált beton kora				134 nap				
av érték	6,8							
sebesség	R_{200}	R_{150}						
3997	16,15	17,55						
3760	11,14	12,11						
3850	12,83	13,94						
	$f_{cm,test}$	14,54						
	$f_{ci,min}$	12,11						

Beton karbonátosodásának vizsgálata

Vizsgálat fenolftalein oldattal.

A beton friss törésfelületét alkoholos fenolftalein oldattal ecseteljük. Az oldat hatására a beton törésfelületének nem-karbonátosodott, azaz lúgos kémhatású, mintegy 9 pH értéknél (nagyobb) bázikusabb része lila (kárminvörös) színűre változik. A beton felszínéhez közeli, színét nem változtató része karbonátosodott, és ebből a karbonátosodás mélysége megállapítható.

Magyarázat: A fenolftalein [C20H12O2(OH)2] színtelen, szagtalan, ízetlen por. Vízben nem oldódik. Lúgok sóképzés közben oldják. Lúgos oldata kárminvörös, savas és semleges közegben színtelen.

(Betonopus)

Beton karbonátosodásának vizsgálata

Vizsgálat fenolftalein oldattal.

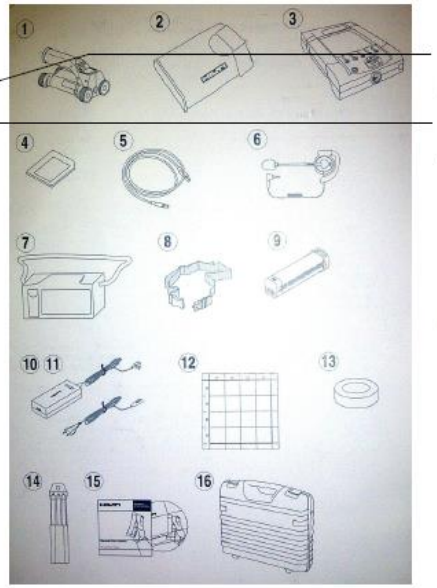
Vasbeton diagnosztikája

HILTI Ferroscan

Alkalmas meghatározni a felszínhez közeli betonvasakat. Minél mélyebben van, annál pontatlanabb.

HILTI Ferroscan

06: Vasalás kereső berendezés (vasbeton szerkezethez)
leltári szám: B1282-000720

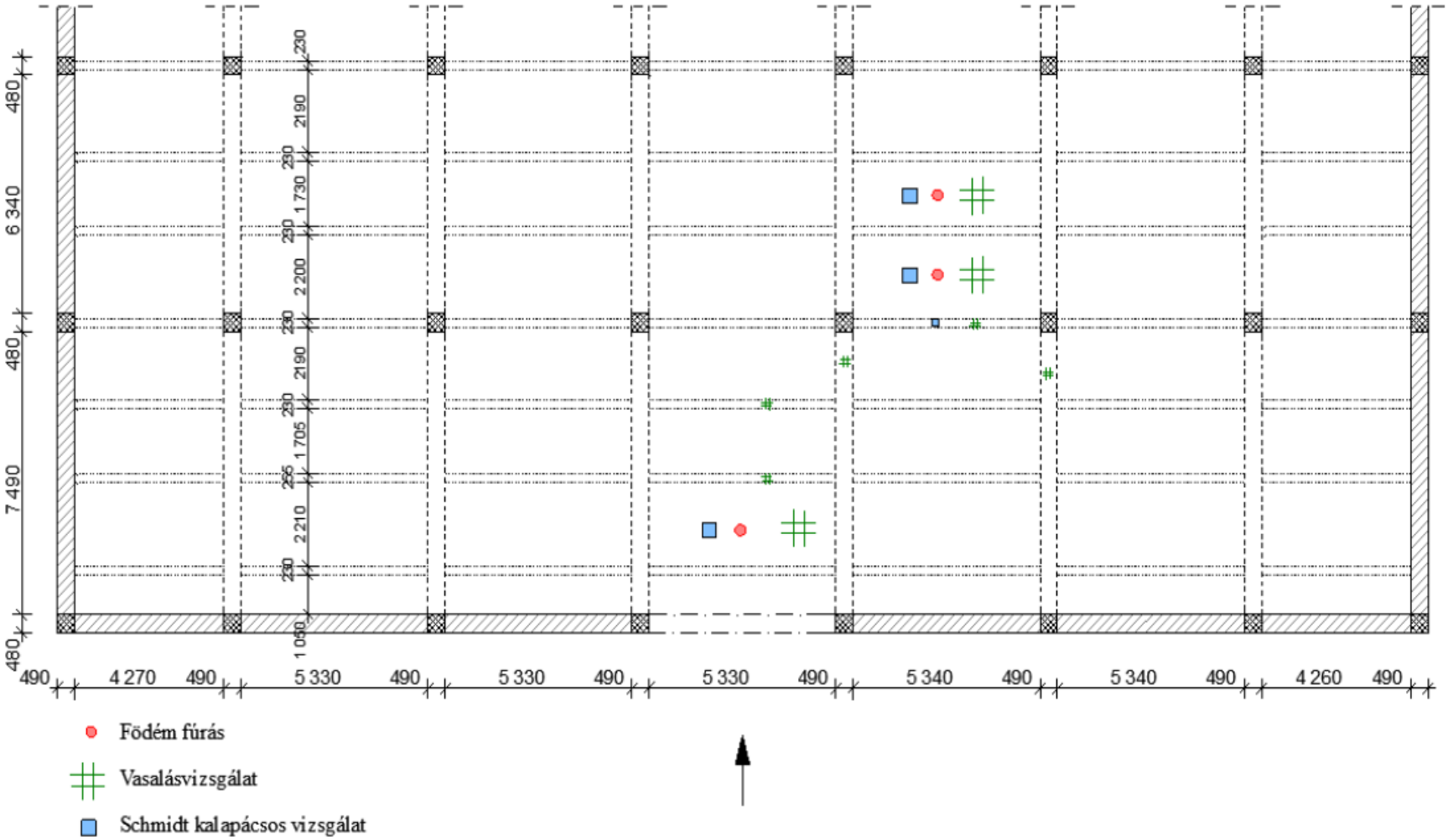


1. PS 200 S szkenner
2. tartó
3. M m□nit□r
4. memória kártya
5. adatkábel
6. headset mikr□f□nnal
7. tartó
8. pánt
9. akkumlát□r
10-11. akkumlát□r töltő
12. referencia minta
13. ragasztószalag
14. jelölő ceruza készlet
15. CD
16. műszertáska

Vasbeton diagnosztikája

Vasbeton diagnosztikája

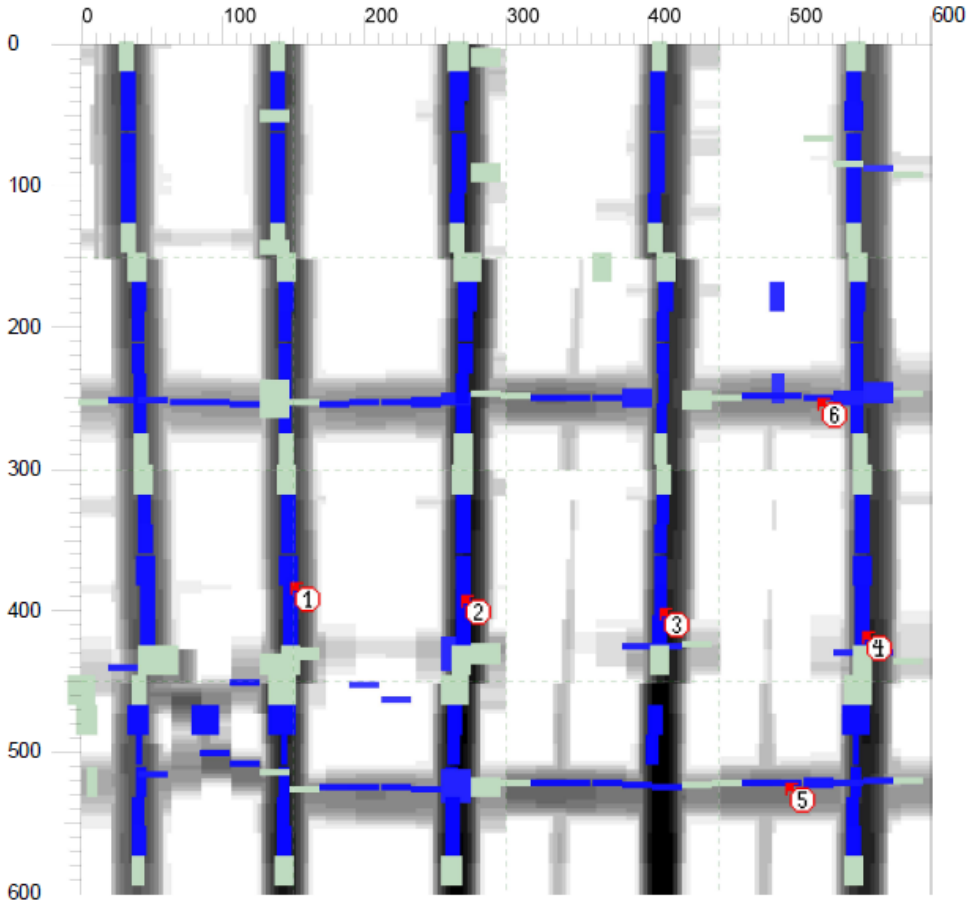
Vasbeton diagnosztikája



Vasbeton diagnosztikája

Imagescan: FS000113.XFF

Date / Time: 2016-11-19 12:05:13 SSN: 15912001 [mm]



Customer: ---

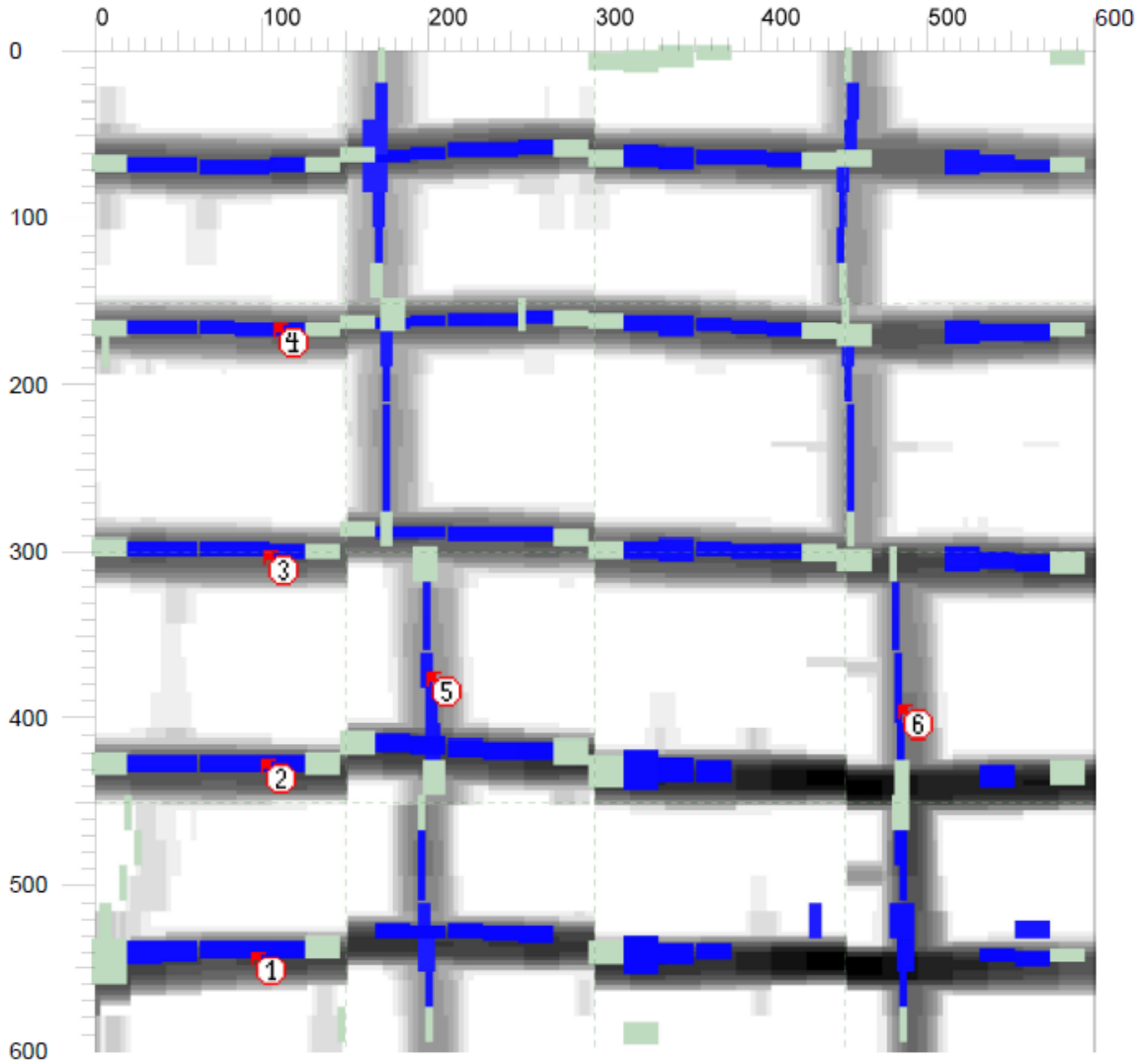
Location: --- Operator: ---

Comment:

Vasbeton diagnosztikája

Imagescan: FS000161.XFF

Date / Time: 2016-11-19 13:34:57 SSN: 15912001 [mm]



Acél diagnosztikája

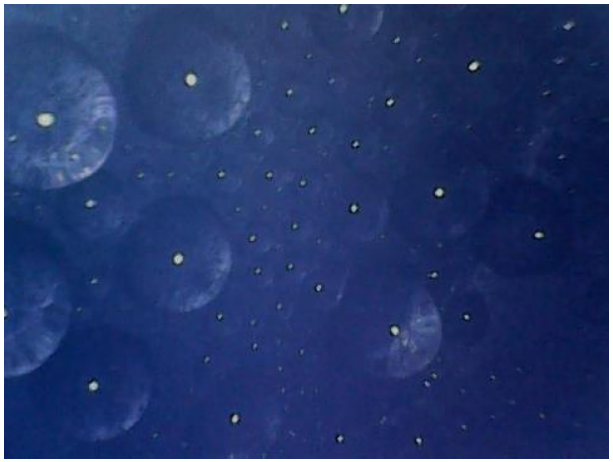
Acélszerkezetk diagnosztikája

- Szemrevételezés, vizuális vizsgálatok (rozsdásodás)
- Poldi kalapács
- Kifúrt, kivágott minta

Acél diagnosztikája

Szemrevételezés

- Fényképek
- Endoszkópos vizsgálat
  - Zárt helyen
  - Nehezen megközelíthető, szűk helyen



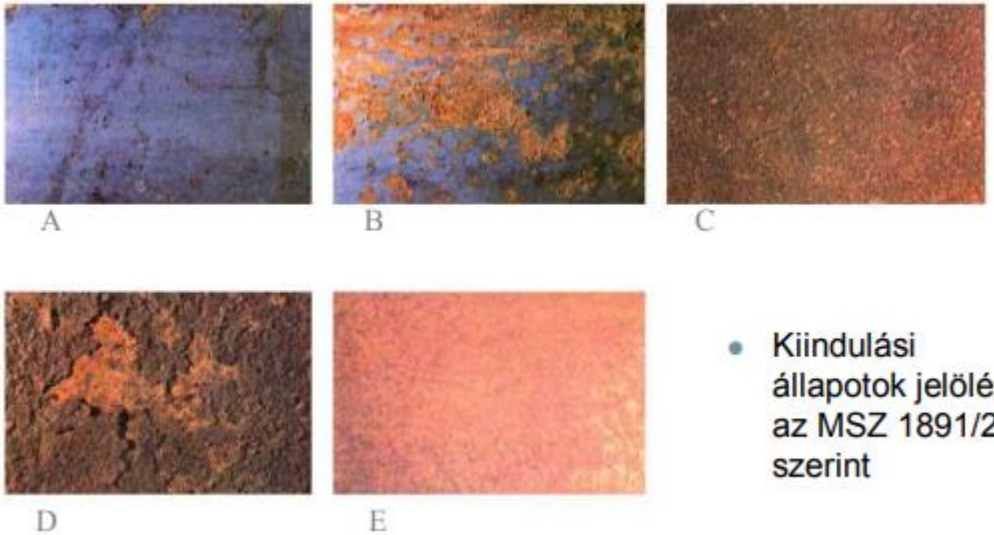
Acél diagnosztikája

Szemrevételezés

Nehezen megközelíthető helyek:

- Alpintechnika
- Drón technika

Rozsdásodás vizsgálata



- Kiindulási állapotok jelölése az MSZ 1891/2 szerint

Poldi kalapács

Roncsolásmentes

A Poldi kalapácsos vizsgálat az acélok keménységvizsgálatának eljárása. A keménység vizsgálata statikus és dinamikus módszerrel lehetséges. Ez a vizsgálat a dinamikus módszerek csoportjába tartozik. A vizsgálatot húzószilárdság meghatározására alkalmazzuk. A vizsgálattal keménységet mérünk, mely táblázat és képlet segítségével átszámítható az acél húzószilárdságára.

Alkalmazása általában akkor célszerű, ha:

- a húzószilárdság közvetlen vizsgálatára nincs lehetőség
- helyszíni vizsgálatot kell végezni
- az anyag helyi húzószilárdságát kívánjuk meghatározni, pl. hegesztési varrat környékén

Poldi kalapács

Az eljárás lényege, hogy egy ismert keménységű etalont hasonlítunk a vizsgálandó darabhoz. Az eszköz golyótartó részében egy 10 mm átmérőjű acélgolyó található, mely fölé fogjuk be az ismert keménységű etalon rudat. A Poldi kalapácsot a vizsgálandó darabhoz tartva, az ütőtüskére egy erős, határozott ütést mérünk. Ennek hatására a golyó nyomot hagy az etalon rúdon és a munkadarabon egyaránt. Az ütés erejének ismeretére nincs szükség, mivel ugyanaz az ütés hoz létre egy-egy lenyomatot az ismert keménységű etalonon és a munkadarabon, így a két lenyomat átmérőinek arányával határozható meg a keménység. A készülékhez tartozó nagyítóval leolvassuk mindkét lenyomat átmérőjét és táblázat alapján meghatározható a Brinell-keménység.

Amennyiben az acél szakítószilárdságát szeretnénk tudni, úgy a már meghatározott Brinell-keménységből a következő összefüggéssel határozható meg a szakítószilárdság:
általában: 3,5*HB
pontosabban: 3,51*HB-26,7

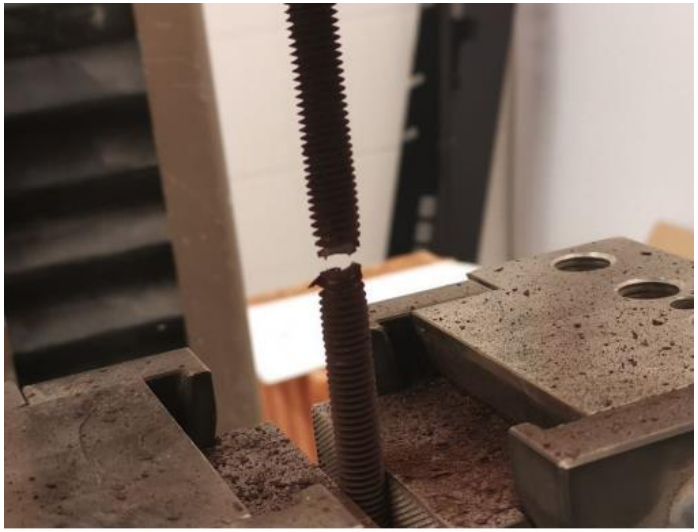
Ezekben a képletekben a HB mértékegysége kp/mm^2-ként szerepel.

Poldi kalapács

A golyónyom átmérője a Poldi-hasában	A golyónyom átmérője a próbatesten																																					A golyónyom átmérője a Poldi-hasában
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9		
1,6	197	162	134	112																																1,6
1,7	227	197	164	137	116	98																														1,7
1,8	258	225	197	166	140	119	101																													1,8
1,9	292	255	223	197	167	142	122	105																												1,9
2,0	327	286	251	222	197	169	145	125	108																											2,0
2,1	365	319	280	248	221	197	170	147	127	111	97																									2,1
2,2		351	311	276	245	220	197	171	149	130	114	100																								2,2
2,3			344	305	272	243	219	197	172	150	132	117	103																							2,3
2,4				336	299	268	241	218	197	173	152	134	119	106																						2,4
2,5					328	294	264	239	217	197	174	154	136	121	108	97																				2,5
2,6					358	321	289	261	237	216	197	175	155	138	123	110	99																			2,6
2,7						349	314	285	259	236	215	197	176	156	140	125	113	101																		2,7
2,8							344	309	281	256	234	215	197	177	158	142	128	115	104																	2,8
2,9								335	301	277	254	233	214	197	177	159	144	129	117	106	96															2,9
3,0								361	328	299	274	252	232	214	197	178	160	145	131	119	108	97														3,0
3,1									353	322	295	271	250	231	213	197	178	161	146	133	121	110	101													3,1
3,2										345	317	292	268	248	229	212	197	179	163	147	135	123	112	102												3,2
3,3											339	312	287	266	246	223	212	197	180	163	149	136	124	114	105	96										3,3
3,4											363	334	308	285	263	241	227	212	197	180	165	150	137	126	115	106	98									3,4
3,5												356	328	303	281	261	243	226	211	197	181	165	151	139	127	117	108	100								3,5
3,6													350	323	299	278	259	241	225	211	197	181	166	152	140	129	119	110	101							3,6
3,7														343	318	296	275	257	240	225	210	197	182	167	154	141	131	221	111	103	96					3,7
3,8														365	338	314	292	273	255	239	224	210	197	182	168	154	143	132	122	113	105	98				3,8
3,9															358	333	310	289	270	263	238	223	210	197	182	168	155	144	133	123	115	107	100			3,9
4,0																352	328	306	286	268	252	236	223	209	197	182	169	156	145	134	125	116	108	101		4,0
4,1																	347	323	303	283	266	250	236	221	209	197	183	169	157	146	136	126	117	110		4,1
4,2																	366	341	320	299	281	264	249	234	221	209	197	183	170	158	147	137	127	119		4,2

Dr. Kausay Tibor

Kifúrt, kivágott minta: húzószilárdság és nyomószilárdság



2. ábra Az egyik elszakított menetes szár

Fa diagnosztikája

Cégünk ritkán használta, általában a faszerkezetek tervezésére arra szakosodott cégek alakulnak, ennek megfelelően diagnosztikájuk is kevés.

Családi házak nagyságrendben ritka a vizsgálat szükségessége.

Nagyobb mértékben inkább faanyagvédelmi szakértő vizsgálata a fontos.

Tapasztalataim alapján faszerkezetek EC szerint SLS-re nem nagyon felelnek meg, főleg a hagyományos szerkezetek. Emiatt a szilárdsági osztályuk sem túl releváns.

A szilárdsági osztály meghatározására a Szilárdságtan Tanszéknek nagyon jó eszköze van: FAKOPP.

FAKOPP

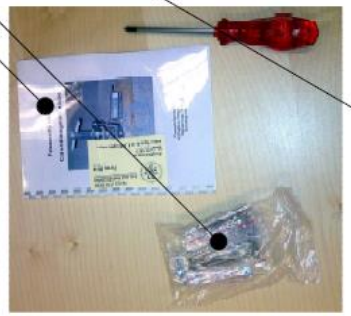
01: Hangfrekvenciás anyagvizsgáló, leltári szám: B1232-000968

Hangfrekvenciás anyagvizsgáló

- adóegység
- kijelző egység
- műszertáska
- kalapács
- akkumlát□r

Csavarállóság mérő eszköz

- csavarkihúzó mechanika erőmérővel
- kijelző egység
- műszertáska
- speciális csavar□k
- felhasználói kézikönyv



Fa diagnosztikája

FAKOPP

Első része a hangfrekvenciás Anyagvizsgáló.

- Beszúrjuk a fába a tüskét
- Az egyik tüskére ráütünk a kalapáccsal
- A műszer kijelzi a hang terjedési sebességét

Önmagában a kapott érték nem használható, de összehasonlításra megfelelő.

Fa diagnosztikája

FAKOPP

Csavarkihúzó szerkezet

- Speciális csavart meghatározott mélységig a fába kell csavarni
- A csavart ezzel az eszközzel kihúzzuk a fából
- A kihúzás közben méri az erőt
- A legnagyobb erőt megjegyzi

Az előző hangfrekvenciás eszközzel együtt egy képlet segítségével a fa szilárdsági osztálya meghatározható.

Falazat diagnosztikája

- Schmidt kalapáccsal is mérhető, de nem szokásos
- Kifúrt, kivágott magminta törése
- Sokkal fontosabb a szemrevételezés, állapotrögzítés, abból következtetés a falazat állapotára

- A falazat roncsolásmentes diagnosztikája történhet a habarcs karistolásával, de erre nincs szabványos eljárás

- Fontos lehet még a falazat nedvességtartalma – bár nem közvetlenül tartószerkezeti diagnosztika, de sokat elárul a falazat állapotáról

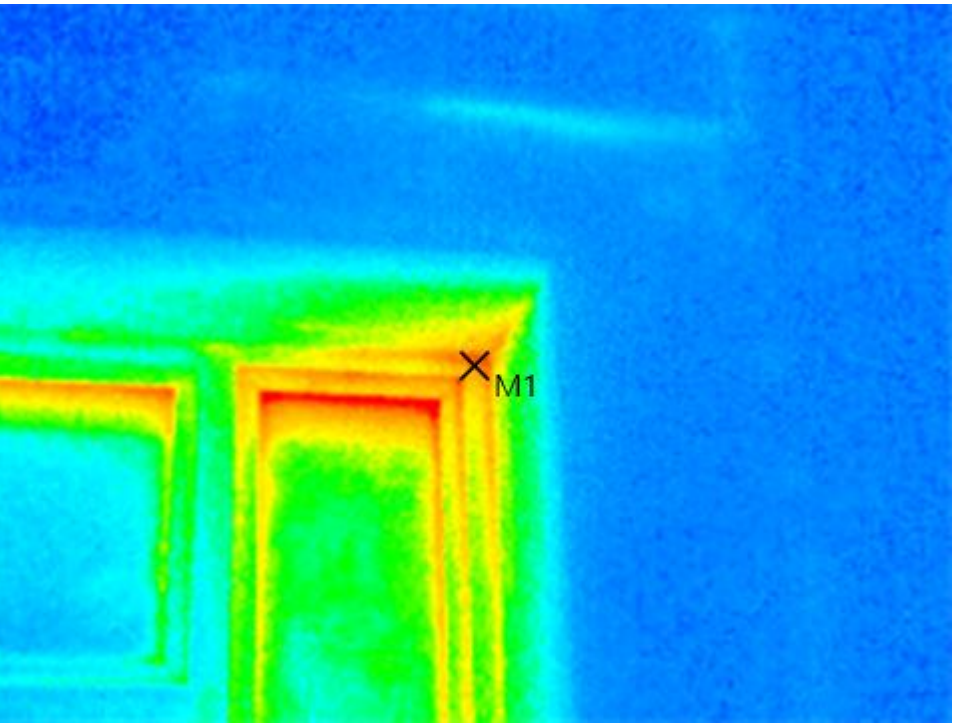
Falazat diagnosztikája

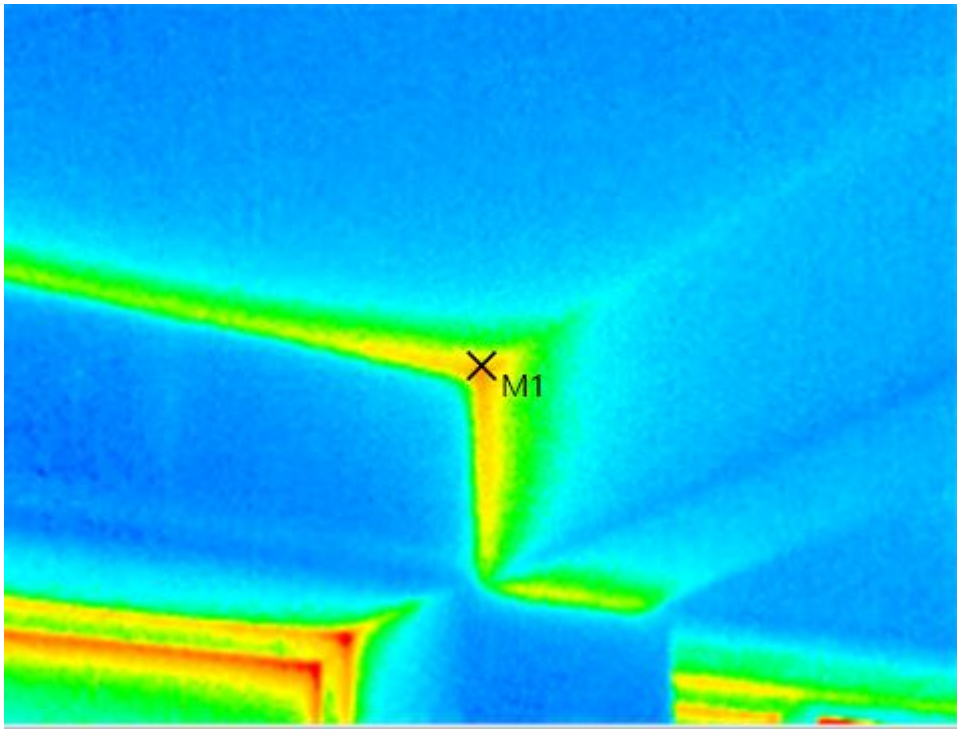
Hőtecnikai mérések

- Felületi hőmérséklet
- Páramérővel kombinálva penészedésre alkalmas helyek

Falazat diagnosztikája

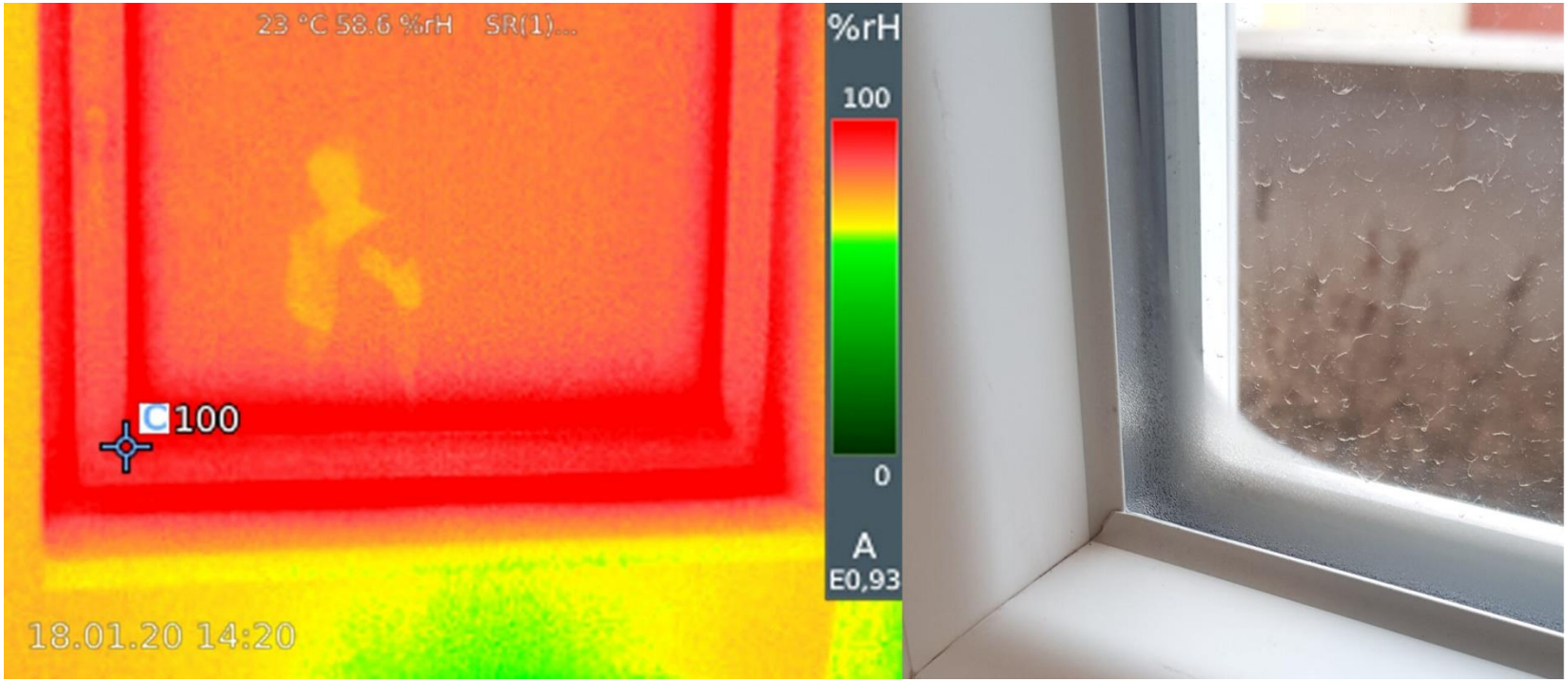
Felületi hőmérséklet



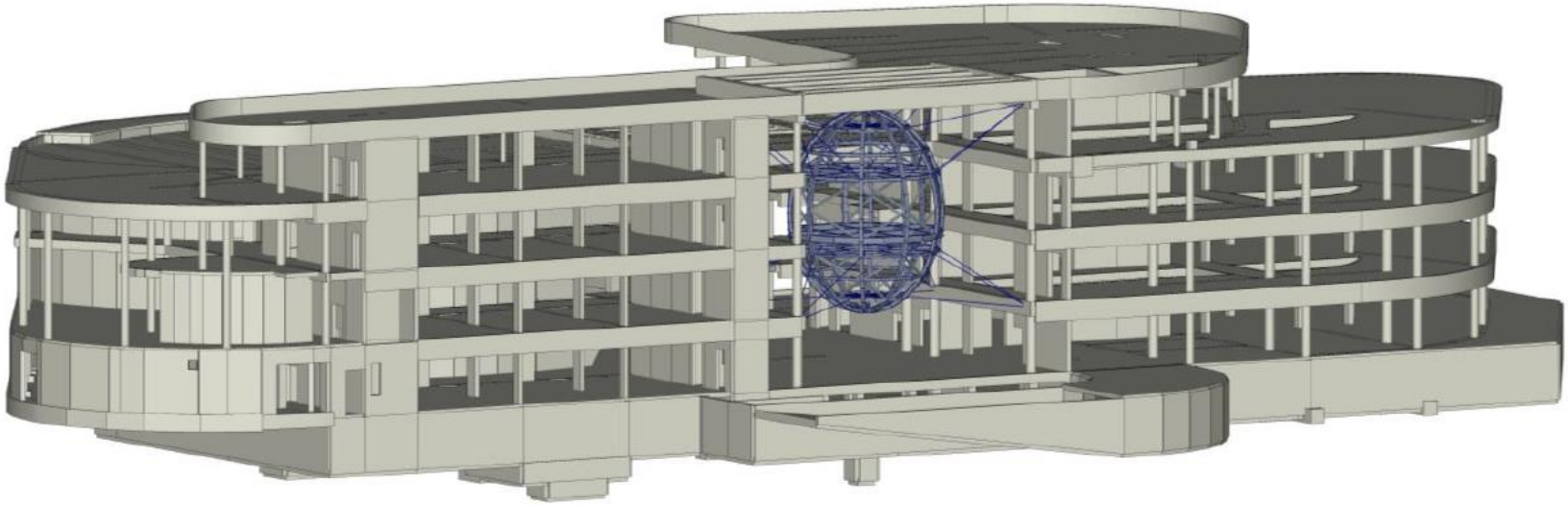


Falazat diagnosztikája

Páramérővel kombinálva penészedésre alkalmas helyek

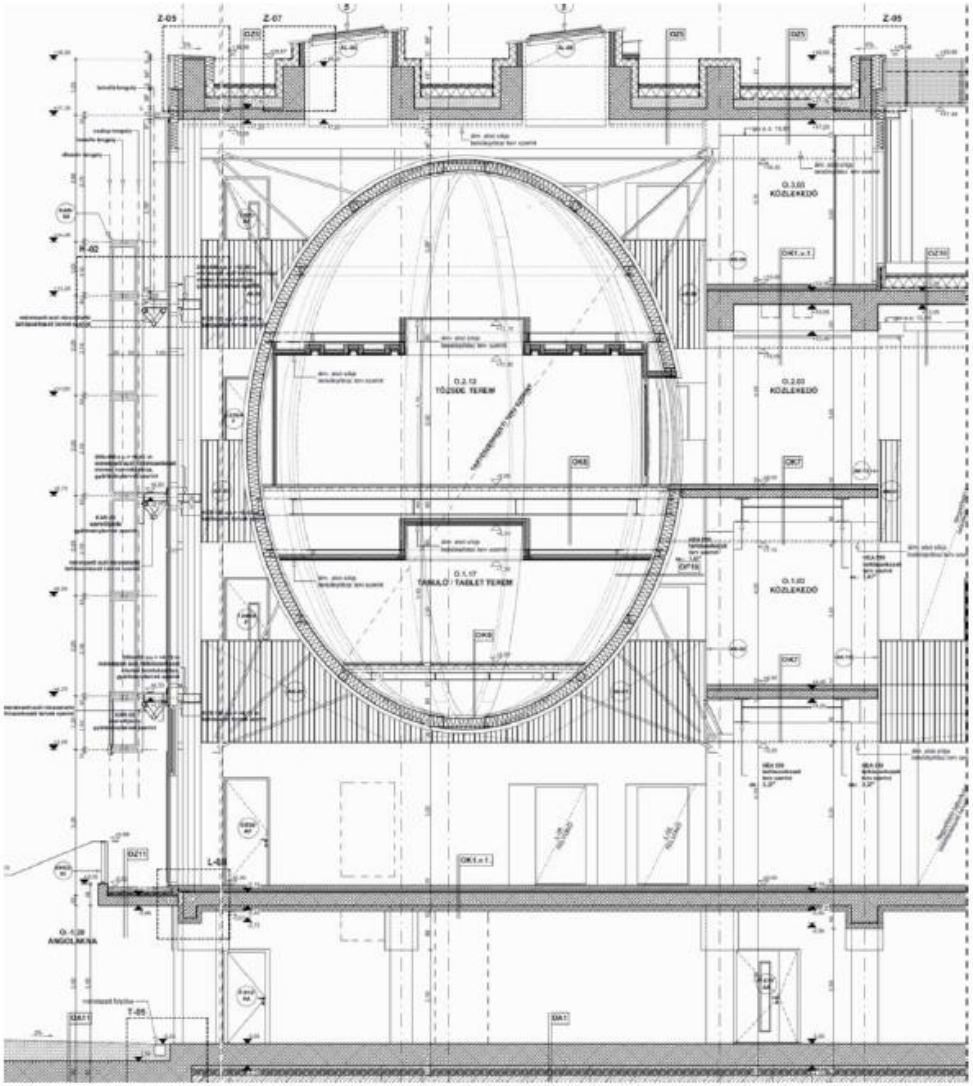


KEDO – próbaterhelés
KECSKEMÉT CAMPUS ÉPÜLETEGYÜTTES
6000 Kecskemét, Izsáki út 5.
OKTATÁSI ÉPÜLET
TŐZSDETOJÁS PRÓBATERHELÉSE



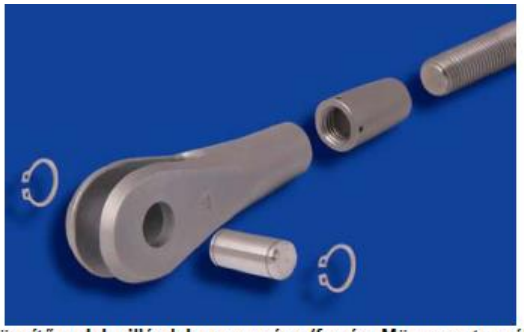
Az oktatási épület számítási modelljének látványterve

KEDO – próbaterhelés

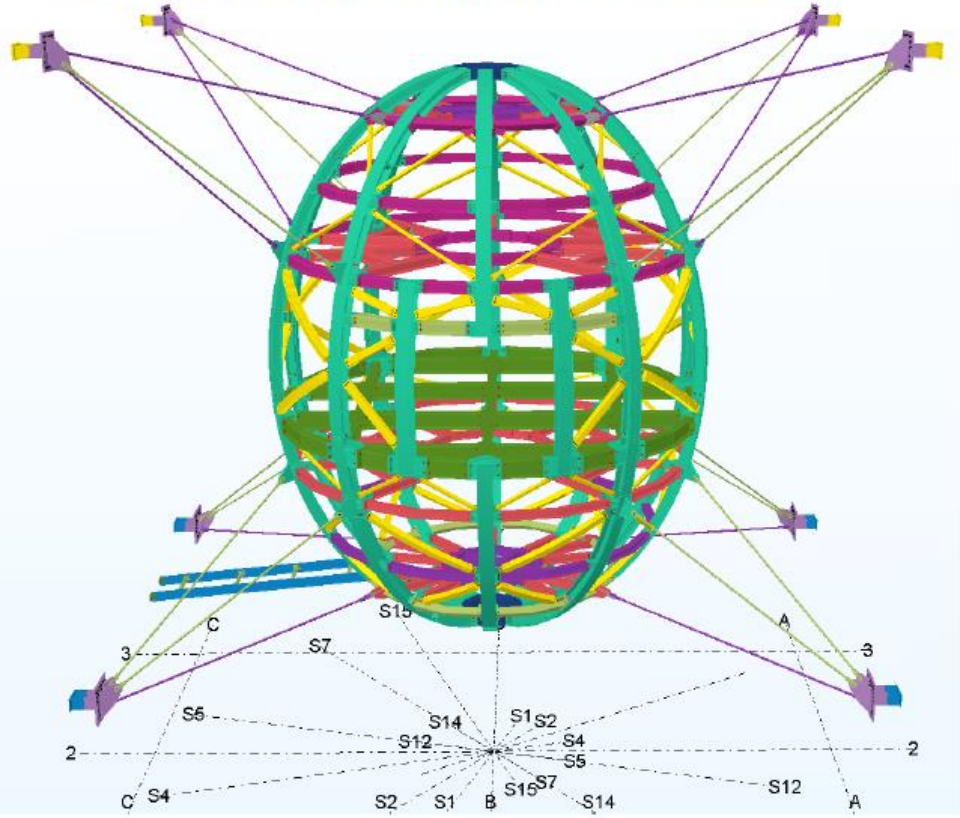


A tőzsdetojás metszete

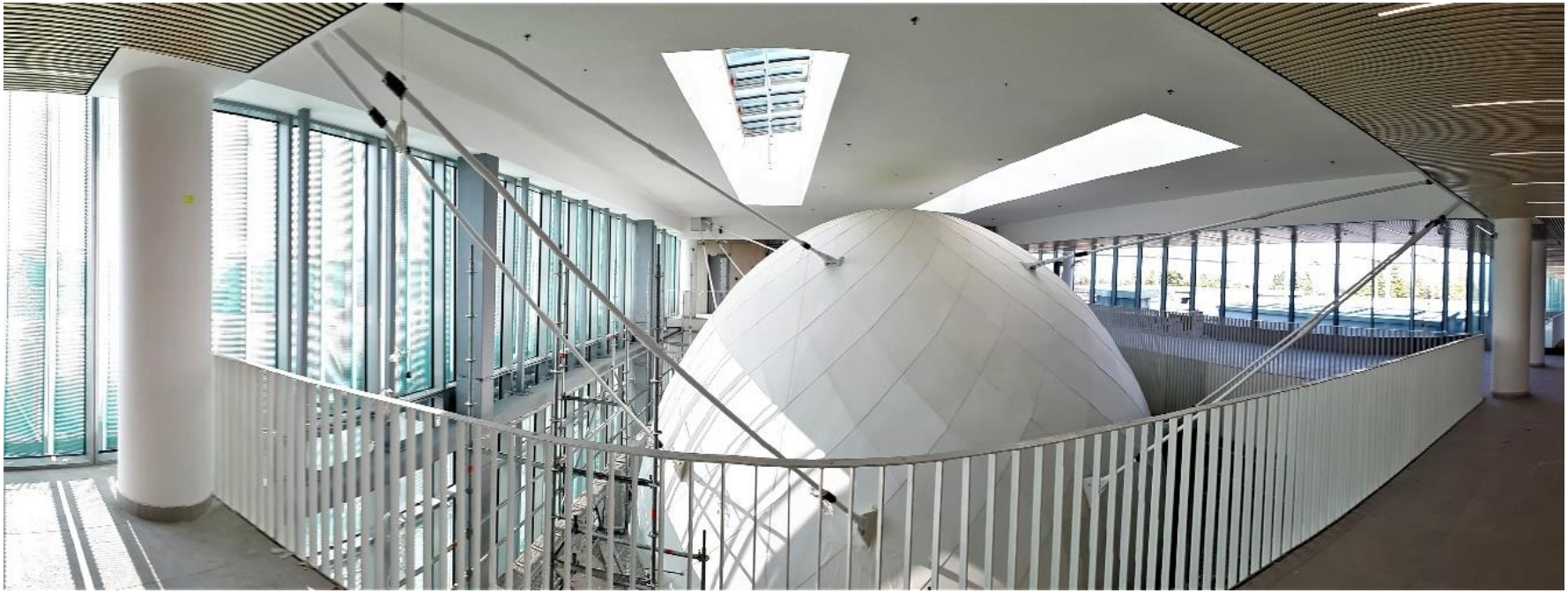
KEDO – próbaterhelés



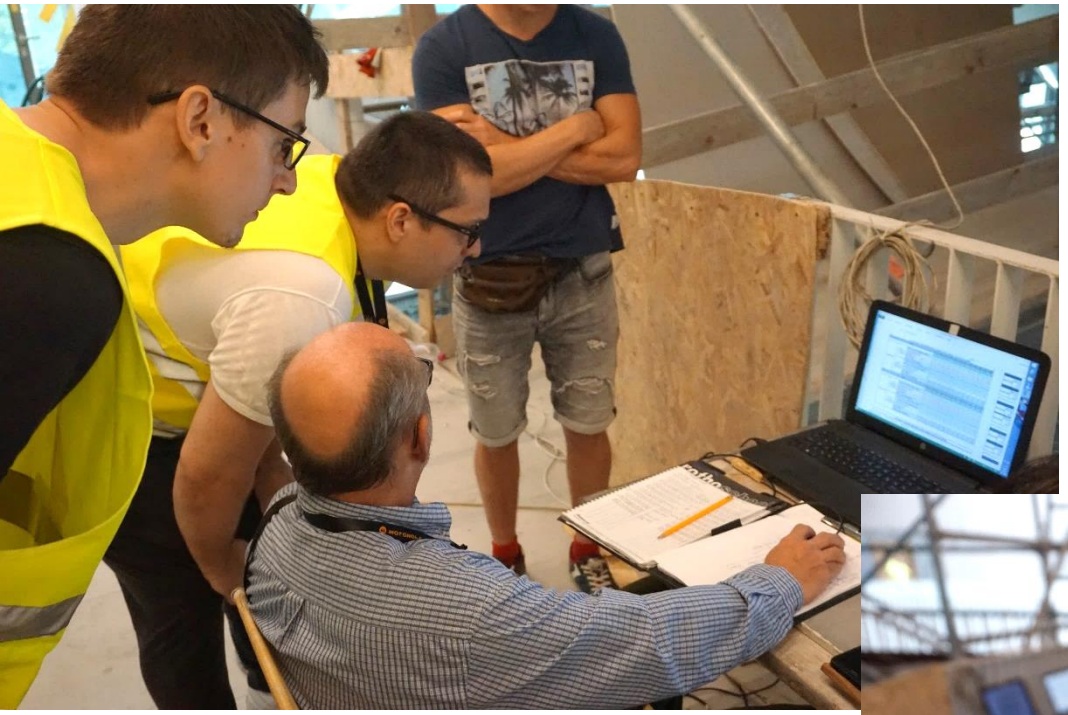
A függesztő és rögzítő rudak villás lehorgonyzása (forrás: Mürmann termékkatalógus)



KEDO – próbaterhelés



KEDO – próbaterhelés



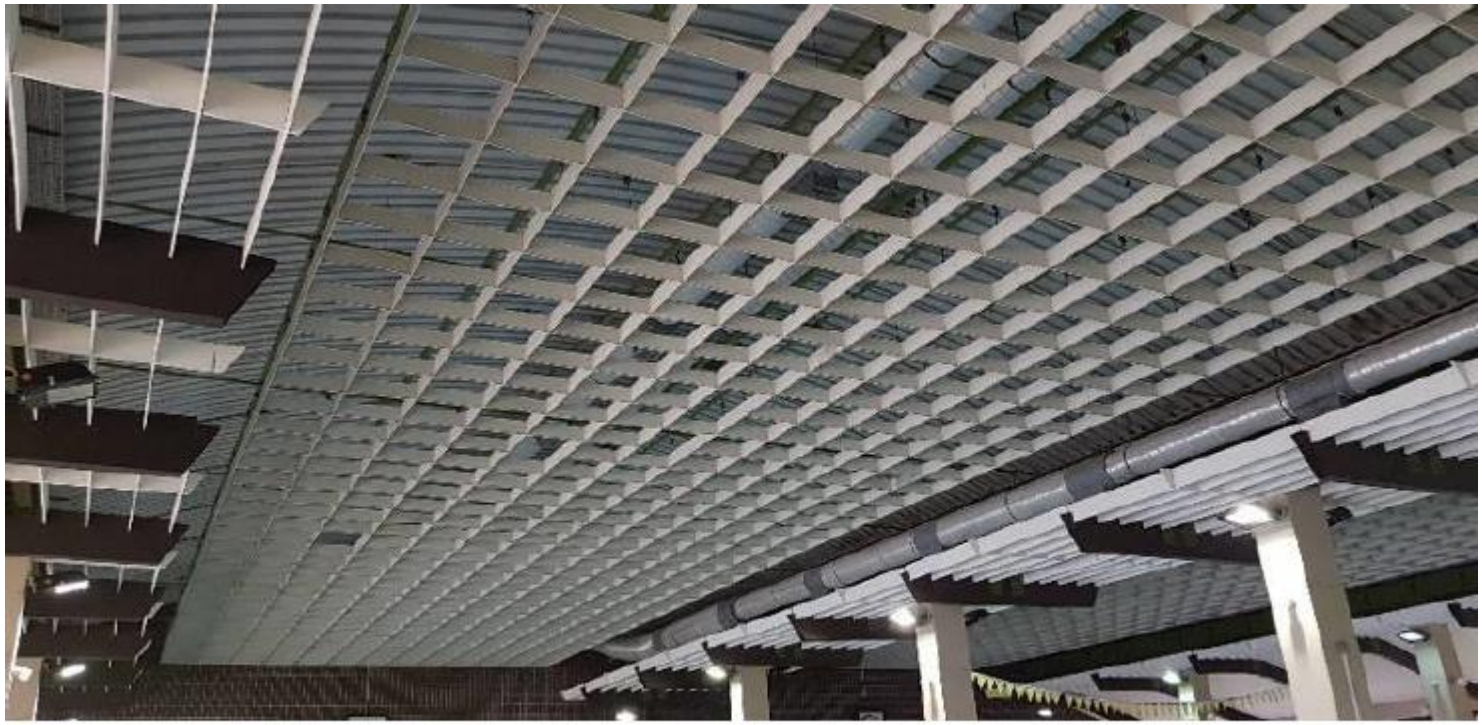
KEDO – próbaterhelés

5. kép: skála a pilléren és az alsó feszítőrúd bekötő fülén

KEDO – próbaterhelés

KEDO – próbaterhelés

MVM Paks - Tanuszoda



1. ábra. Vizsgált alumínium álmennyezet kialakítása

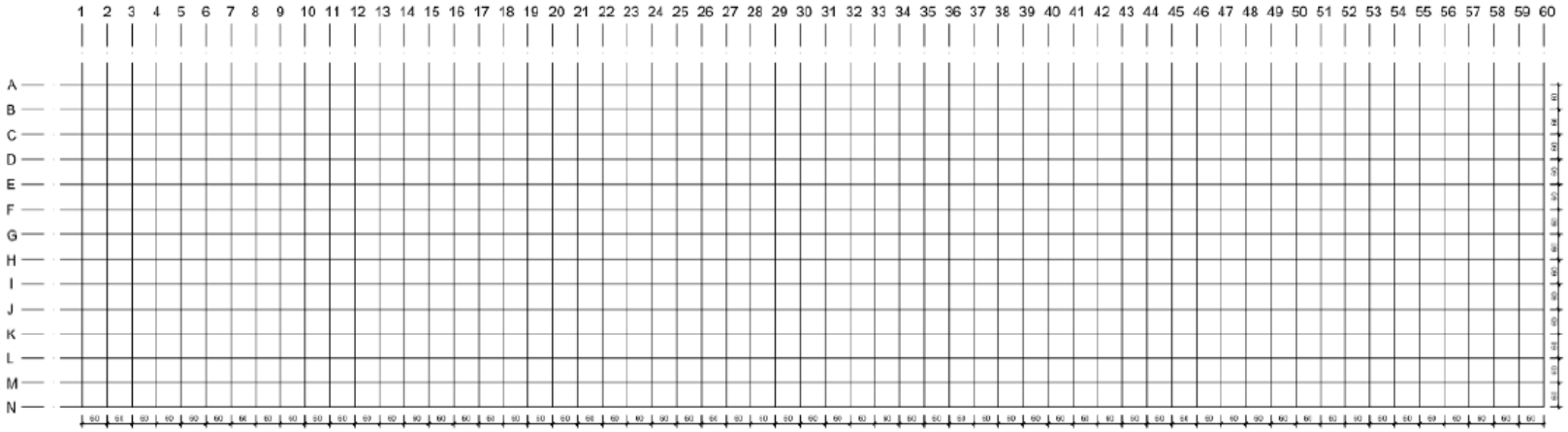
MVM Paks - Tanuszoda

1. táblázat. A felmérésnél használt eszközök listája

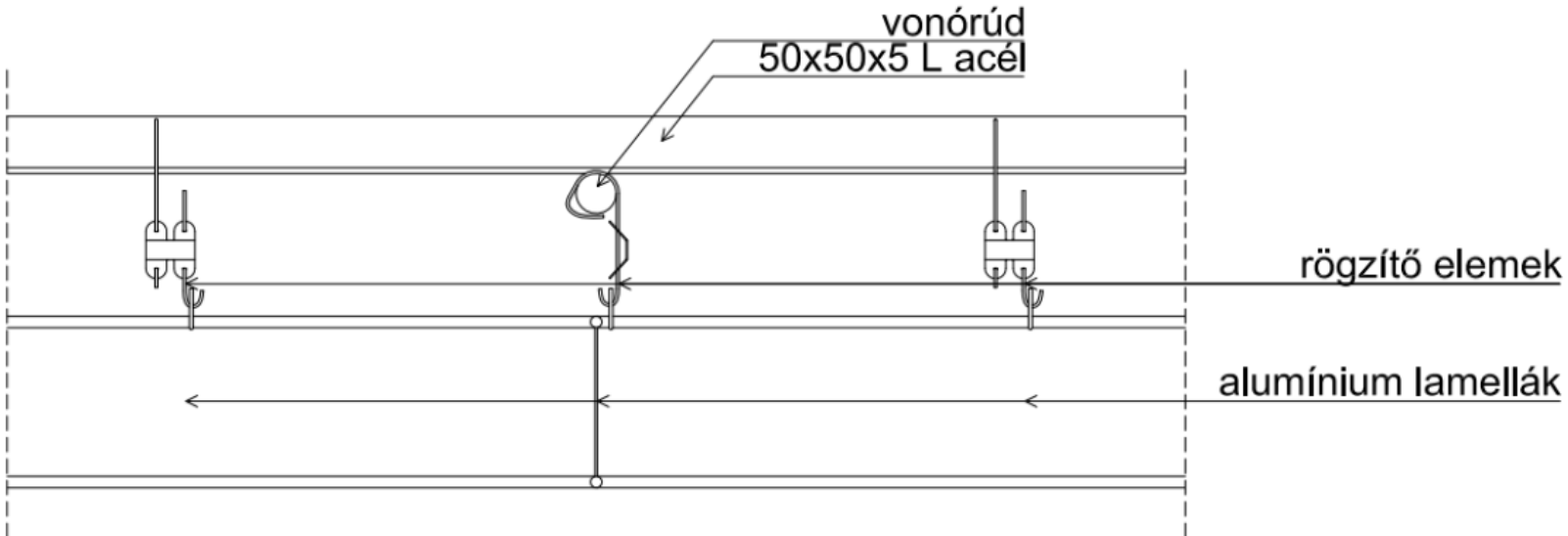
Eszköz fajtája	Eszköz rendeltetése	Eszköz típusa
fényképezőgép	fotódokumentáció készítése	Nikon D7500
lézeres távmérő	geometria méretek felmérése	BOSCH GLM 50C
hő- és páramérő	levegő hőmérsékletének és páratartalmának a megmérése	TROTEC BC60
felületi nedvességmérő	roncsolásmentes anyag nedvességmérés	TROTEC BM31
anyag nedvességmérő	roncsolásmentes anyag nedvességmérés	TROTEC BM18

MVM Paks – Tanuszoda

Első lépésként konszignációs rajzot készítettünk az álmennyezetről



4. ábra. Álmennyezet felmérési rajza



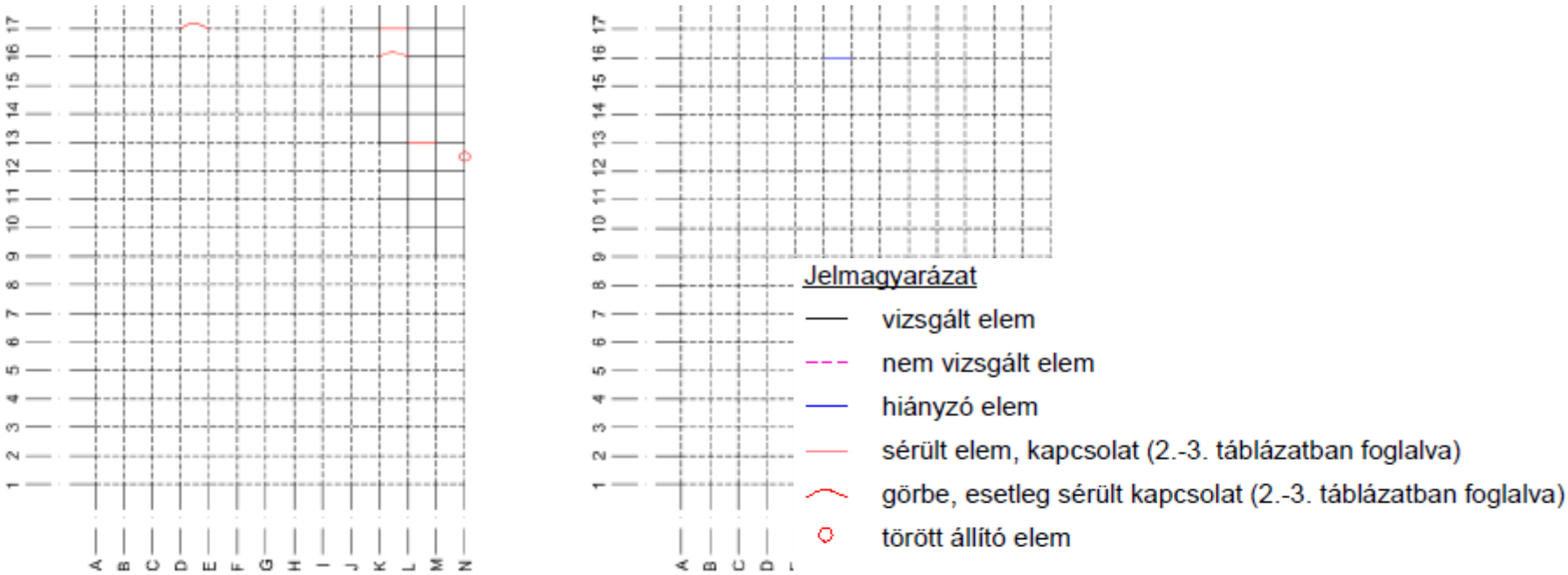
MVM Paks – Tanuszoda

Emelőkosaras szemrevételezéses vizsgálat.

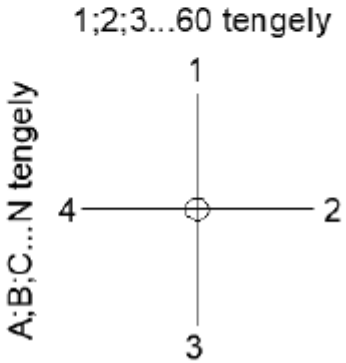
8. ábra. Szerkezet vizsgálata emelőkosárból

MVM Paks – Tanuszoda

Problémák rögzítése.

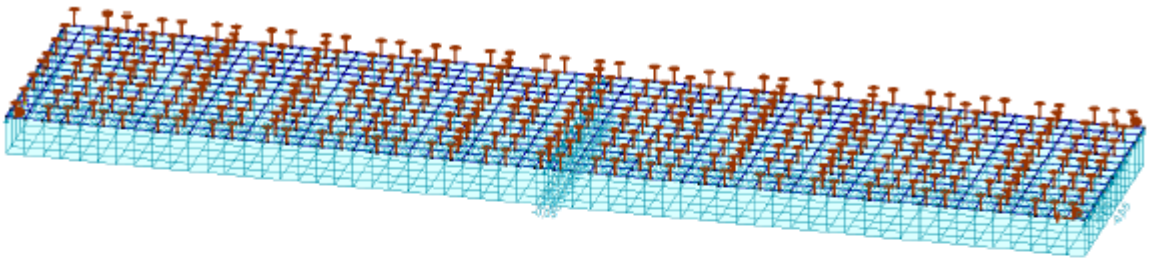


9. ábra. Tanmedence és úszómedence feletti fel

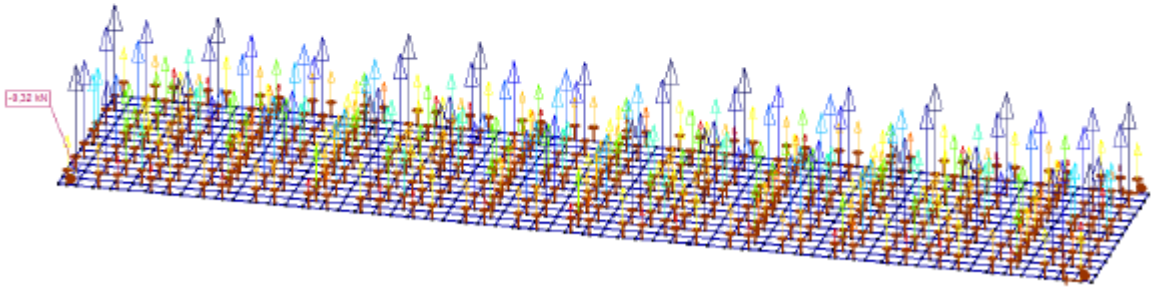


MVM Paks – Tanuszoda

Statikai számítás – legnagyobb függesztő teher meghatározása



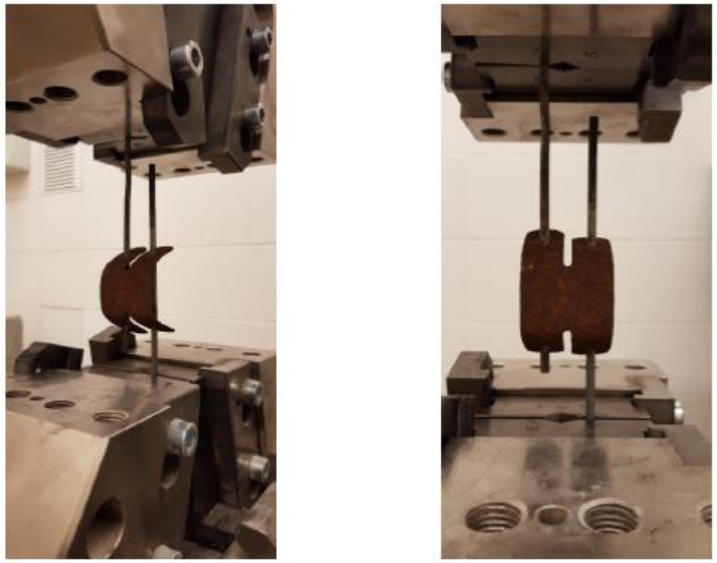
15.ábra. A készített végeselem modell az álmennyezet becsült súlyával



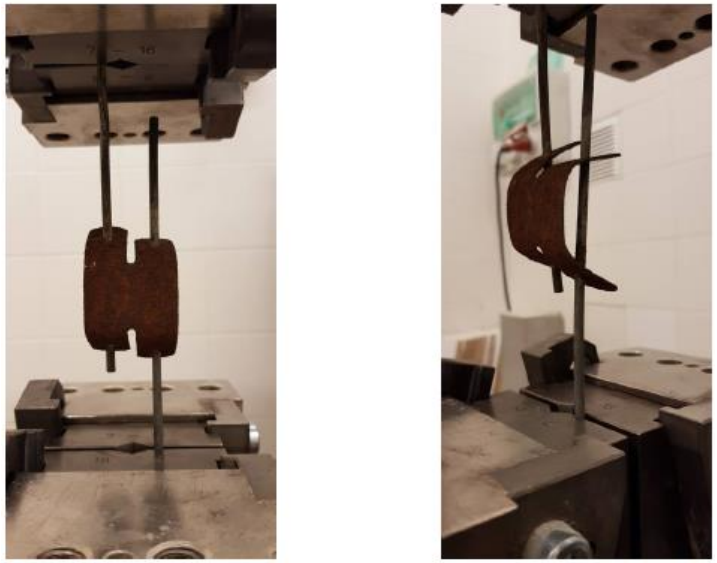
16.ábra. A felfüggesztésekre jutó erők, mértékadó 0,32 kN

MVM Paks – Tanuszoda

Rögzítő elem teherbírásának meghatározása



20.ábra Terheletlen elem majd a 300 N teherrel terhelt rögzítő elem



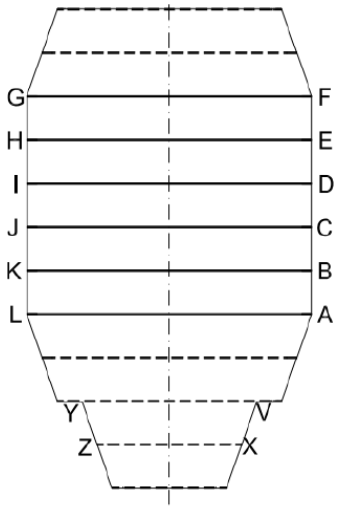
21.ábra 750 N-nal terhelt elem majd a tönkremenetel előtti állapot

MVM Paks – Sportcsarnok
Tetőszerkezet vizsgálata

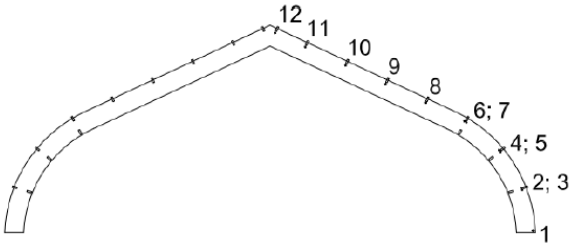
1. ábra. A sportcsarnok tetőszerkezete

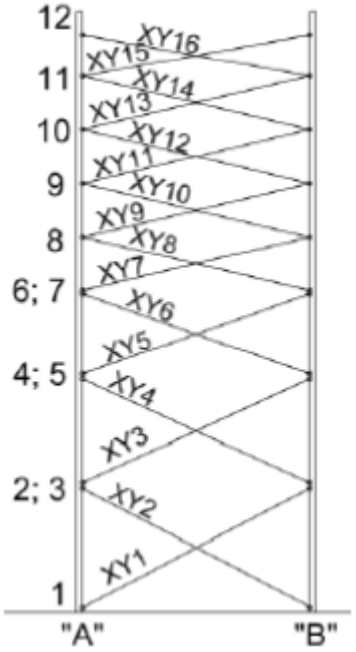
MVM Paks – Sportcsarnok

- Konszignáció
- Szemrevételezés
- Állapotrögzítés



5. ábra. Felmérési rajz





Csomópont megnevezése	állapot
A 4-5	csavarok rendben, lehegesztve két csomólemez 4-4 db csavar (10. ábra)
AB-5	szélrács laza – kézzel feszíthető középen
AB-2	merevítő gerenda „A” oldalon a csavar nagyon laza „B” oldalon a csavar jó feszes nedvességtartalom: „A” oldal: 10%; 9%; 7% „B” oldal: 8%; 7%; 5%
B 4-5	csavarok rendben, nincs hegesztve
AB-6	szélrács laza: középen nem feszíthető, „A” oldalon a bekötés rossz
A 6-7	csavarok lehegesztve, 1db csavar mozog
AB-7	szélrács laza
AB-4	merevítő gerenda kapcsolata mindkét oldalon rendben nedvességtartalom: „A” oldal: 8%; 7%; 7% „B” oldal: 7%; 8%; 5%

MVM Paks – Sportcsarnok

Kapcsolatok egyenkénti fényképes állapotrögzítése.

9. ábra. Szélrácsok kapcsolata a főtartónál

11.ábra. Kapcsolat a 7-es csomóponttól felfelé

12.ábra. AB.11; AB-12 szélrács

MVM Paks – Sportcsarnok

Laza szélrács meghúzásának módja?

Nem találtam rá szabványos, megbízható módszert.

Öreg kollégák válaszai:

„ésszel húzzuk meg”

„finoman”

„amennyire kell…”

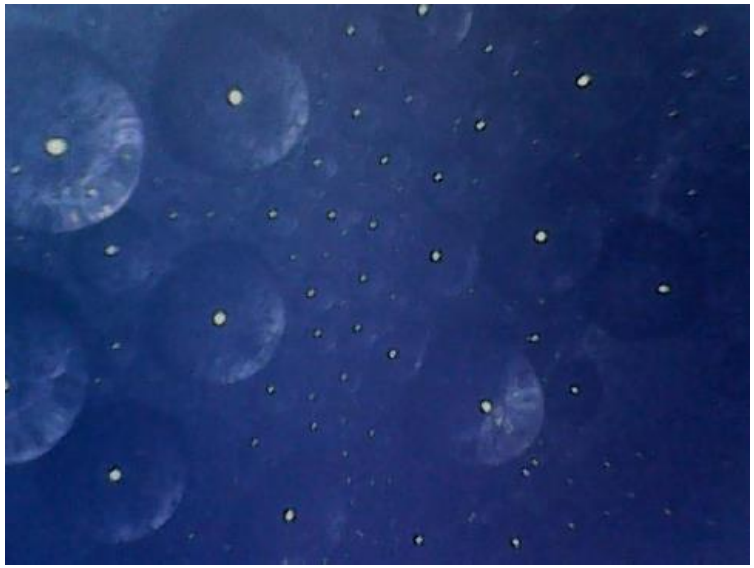
Megoldásunk: teherbírásból és szakadási nyúlásból meghatároztuk azt a feszítést, aminél még legrosszabb kombináció esetén is marad benne tartalék. A megfeszítést így nyúlással definiáltuk, amiből feszítőmű csavarást lehetett számolni.

Vasas Sportcsarnok

Zártszelvény rácsostartó keresztmetszetében állt a víz. Korrózió mértékére voltak kíváncsiak.

Vasas Sportcsarnok

Zártszelvény belsejében endoszkópos vizsgálat, a szelvény belső oldalán állt a víz, de rozsdásodás csak kis mértékben indult el.



Vasas Sportcsarnok

Összes csomópontot egyenként megvizsgáltuk, majd csoportokba szedtük őket a súlyosság alapján.

Minden csomópontról alpintechnika segítségével közeli fénykép készült.

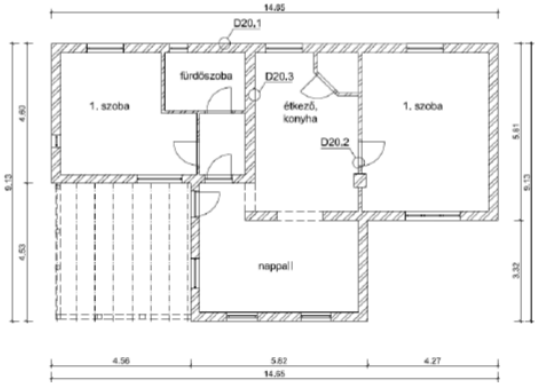
A csomópontokat állapotuk szerint három csoportba soroljuk:

- *A típus:* nem károsodott csomópont;
- *B típus:* mérsékelten károsodott csomópont;
- *C típus:* súlyosan károsodott csomópont.

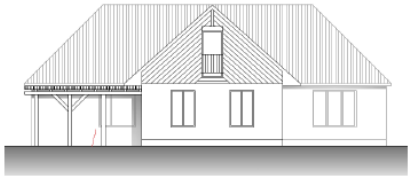
Állapotrögzítő szakvélemény egy egész faluról

Bányászati tevékenység bezárása miatt egy egész falu épületeit kellett felmérni és állapotrögzítő szakvéleményt készíteni.

Felmérés: repedsések vizsgálata, gipszpogácsás vizsgálat, épület állapotának besorolása, földrengésre való méretezés.



20.1. ábra. Az épület alaprajzi vázlata, jelölve a gipszpogácsák helyei



20.2 ábra. K-i homlokzat

20.5. ábra. Az épület utca felőli homlokzata

20.8. ábra. Függőleges irányú repedés a fürdő és konyha közötti falon, gipszpogácsa felhelyezése előtti állapot

20.9. ábra. A közbenső vékonyabb falon, a cserépkályha környezetében lévő repedések

Állapotrögzítő szakvélemény egy egész faluról

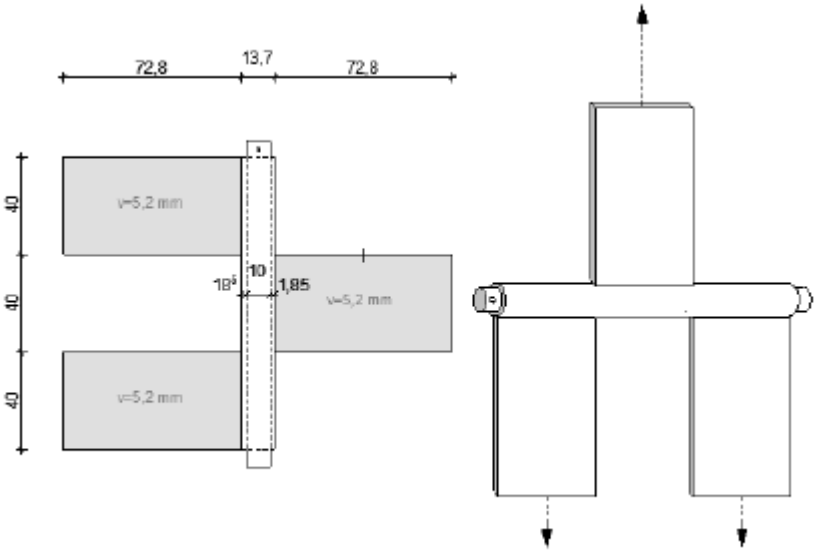
Repedés tágasságok felmérése gipszpogácsa elhelyezése előtt.

29.9 ábra. Az épület utcafronti lábazatán, a 0,6 mm-es függőleges repedés, gipszpogácsa elhelyezése előtt

29.10. ábra. A telekhatáros homlokzati falon, a 0,7 mm-es függőleges repedés, gipszpogácsa elhelyezése előtt

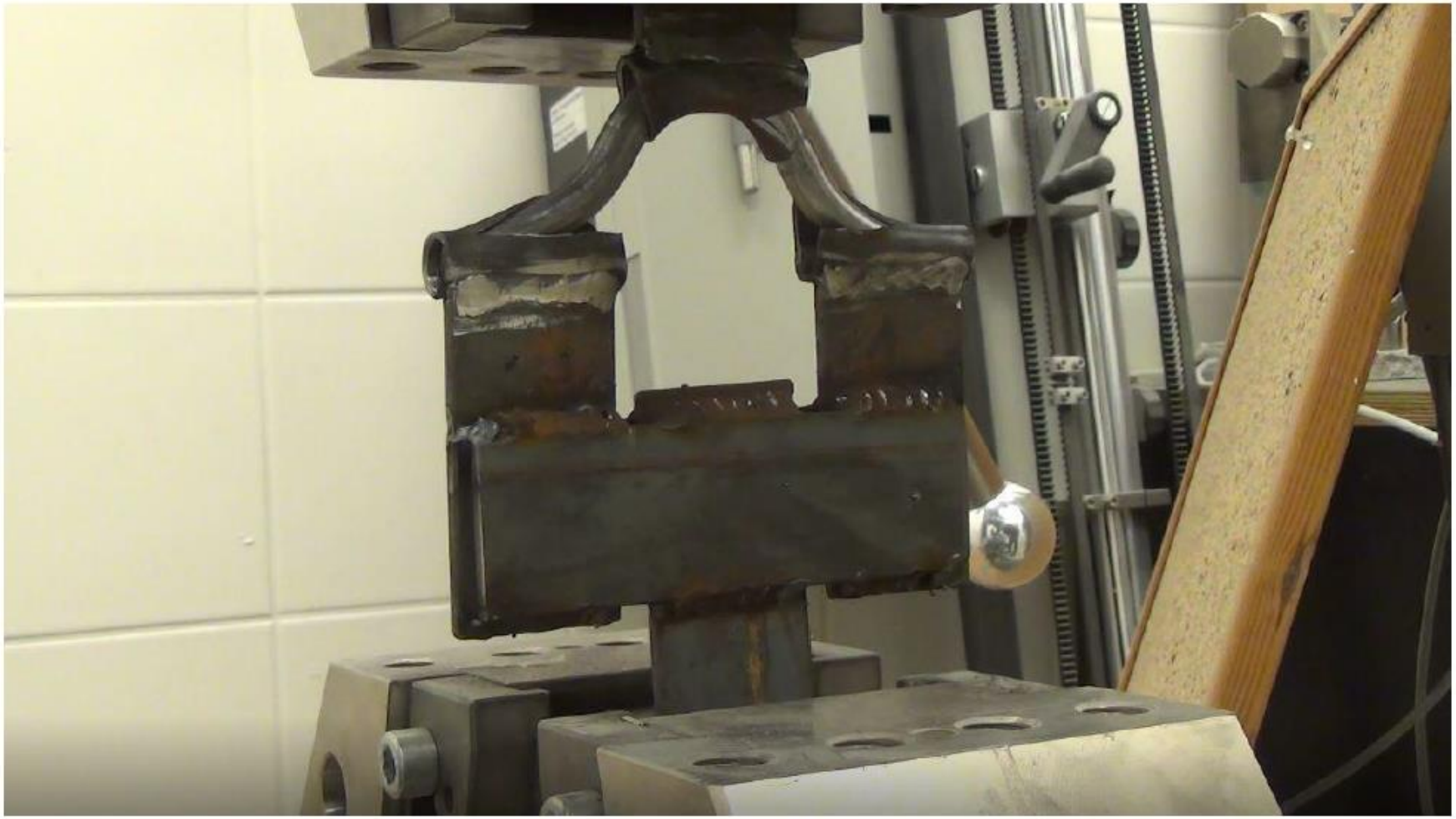
Acél zsanér vizsgálata

Új, egyedi gyártású ajtó elhelyezése egy óvodában. Zsanér vizsgálata volt az egyik feladat.



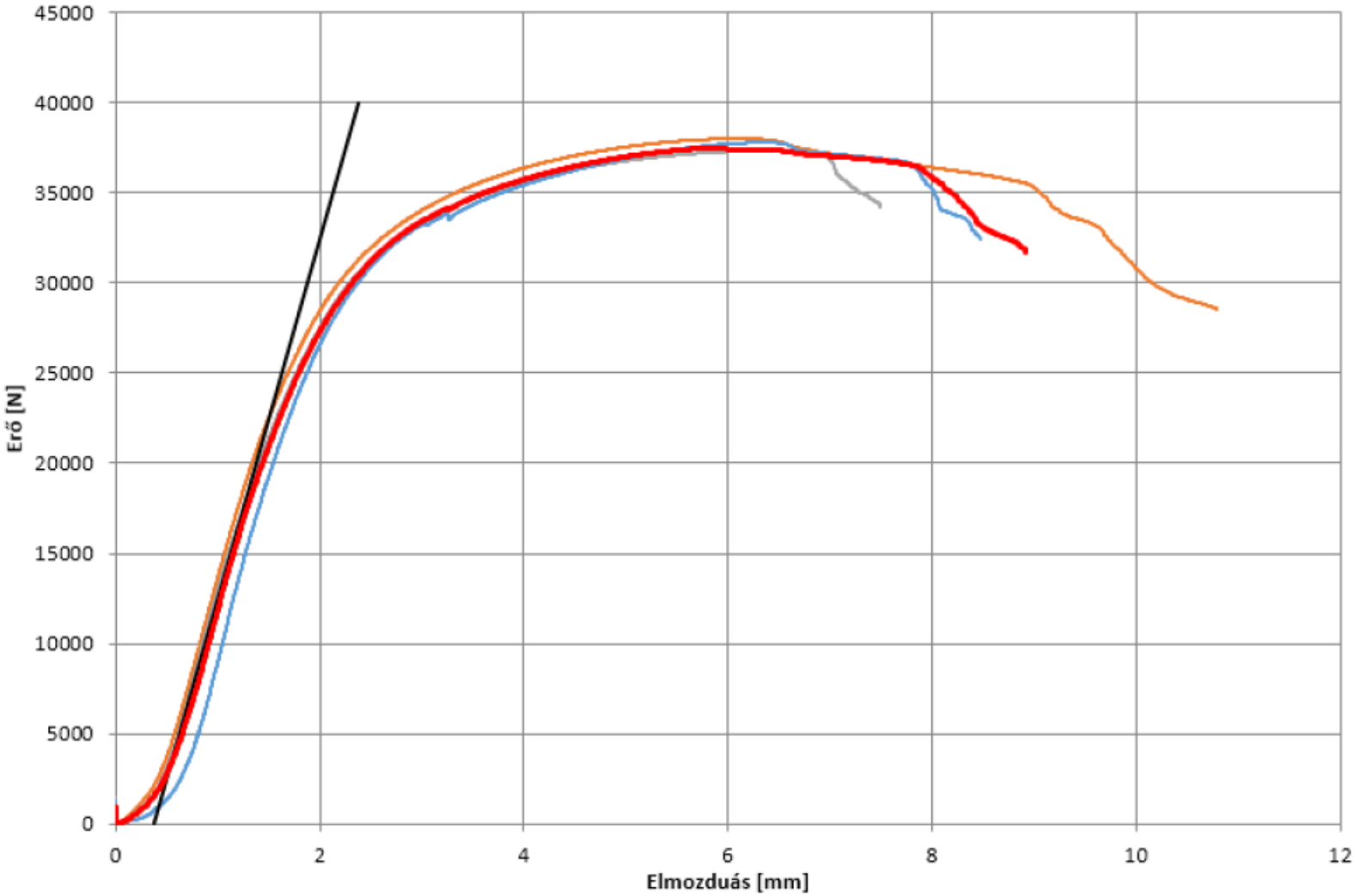
2. ábra A zsanér kialakítása és terhelési módja

Acél zsanér vizsgálata

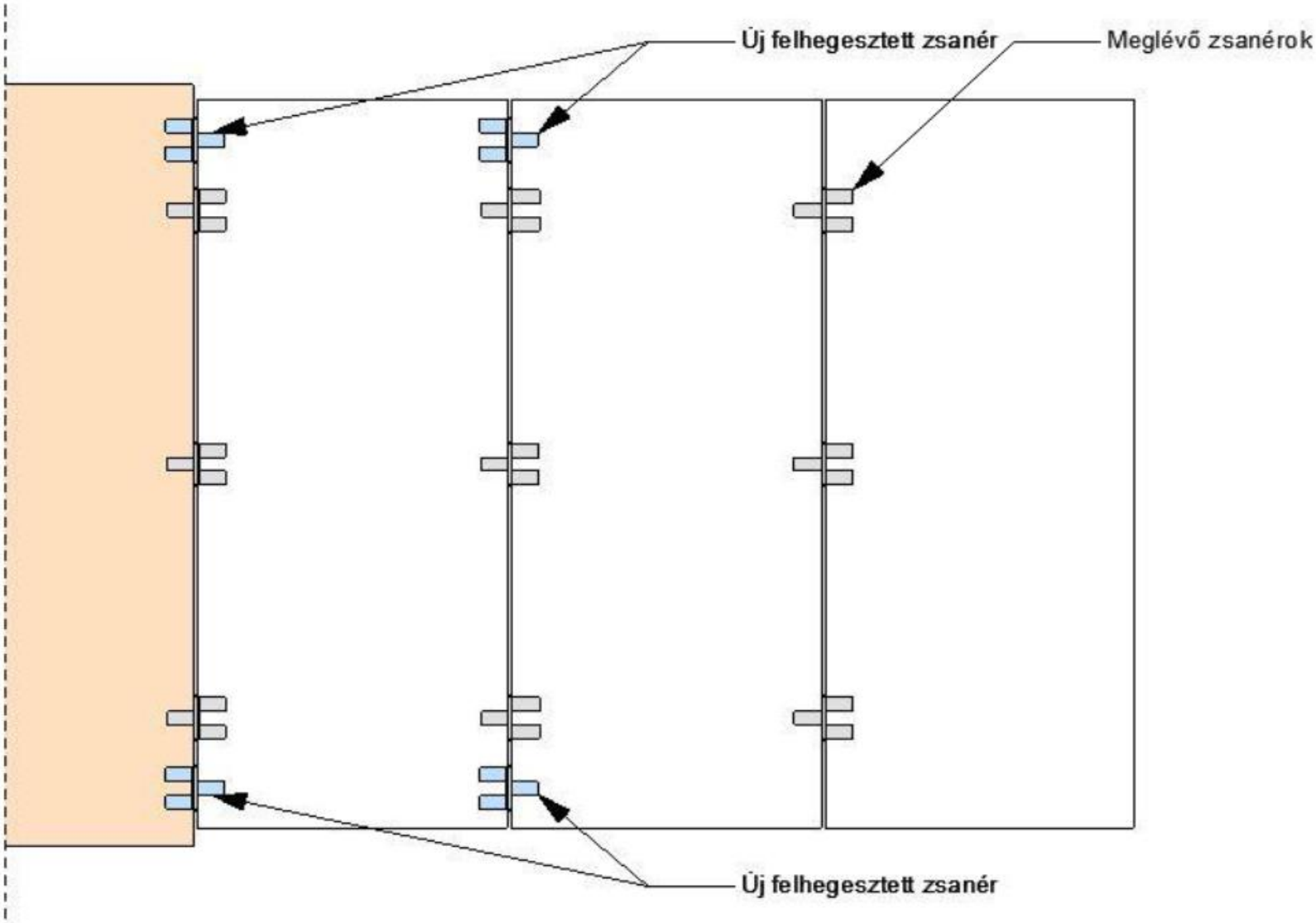


3. ábra A zsanér terhelése

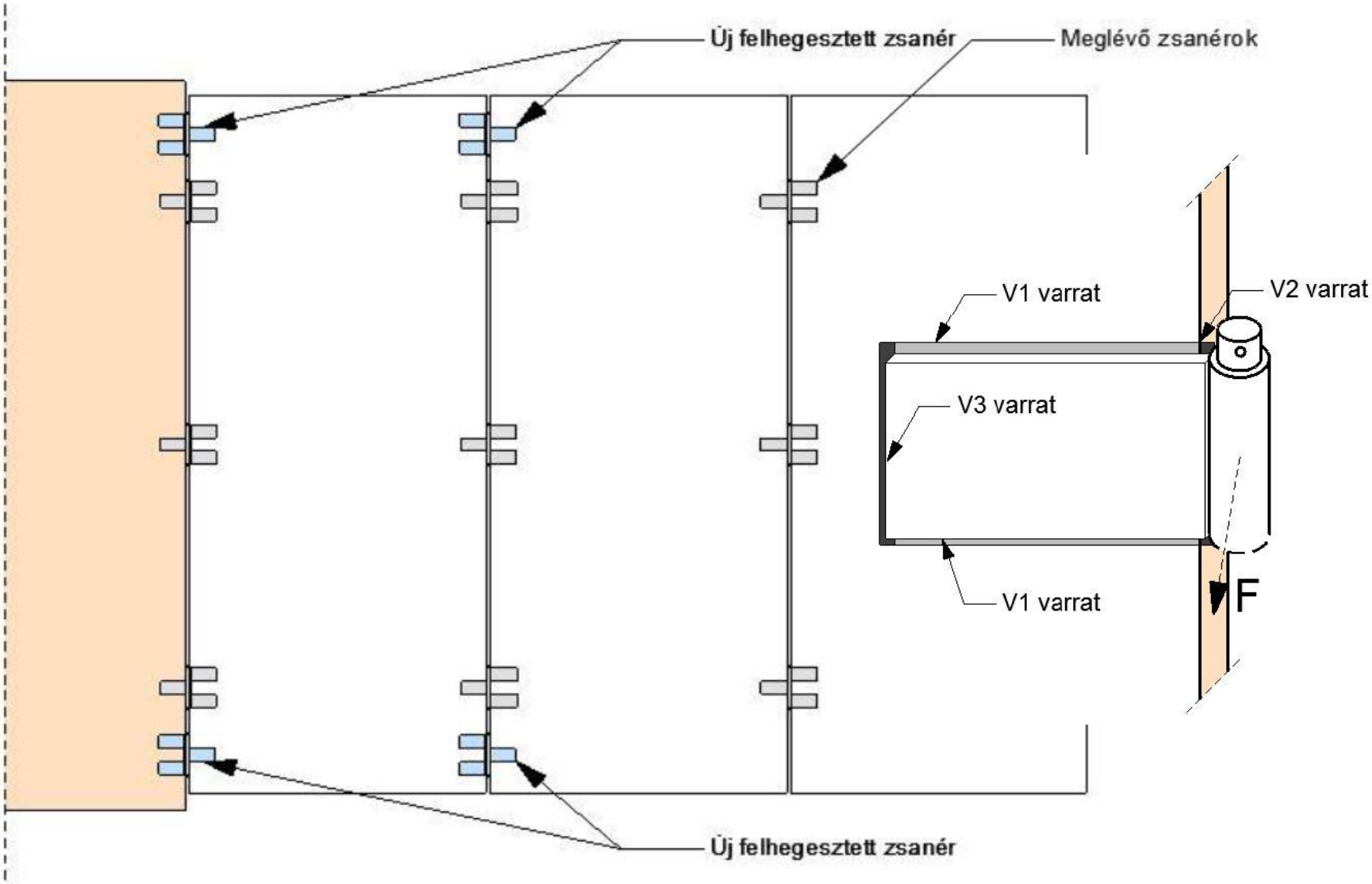
Acél zsanér vizsgálata



Acél zsanér vizsgálata



Acél zsanér vizsgálata



Köszönöm a figyelmet!