



BUDAPESTI MŰSZAKI
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Építőmérnöki Kar – építőmérnök képzés 1782 óta
Általános és Felsőgeodézia Tanszék

Paksi Atomerőmű magassági alapponthálózata

Égető Csaba, Rózsa Szabolcs, Siki Zoltán, Takács Bence, Tuchband Tamás



Mérések tervezése és végrehajtása

- Összesen 39 km felsőrendű szintezés
- Kalibrált digitális szintezőműszerek (Leica DNA003)
- 22 mély alapozású alappont
- 35 oda-vissza szintezett vonal (hátra-előre-előre-hátra elrendezésben)
- 14 főlős mérés (poligon)
- Hibahatárok a Paksi Atomerőmű Geodéziai Minőségirányítási Terve alapján, a Minőségirányítási Tervet tanszékünk munkatársai készítették



Szintezési vonalak

- Oda - vissza mérések megengedett eltérése [mm] : $1,2 \cdot \sqrt{L_{km}}$
- Mind a 35 vonal esetén bőven 1 mm alatt

Kezdőpont	Végpont	Távolság [m]	Magasságkülönbség [m]		Eltérés [m]	Megengedett eltérés [m]
			Oda	Vissza		
G	F	113	-0.46842	-0.46839	-0.03	0.40
E	G	183	-0.80049	-0.80062	+0.13	0.51
F	E	202	+1.26930	+1.26909	+0.21	0.54
G	U	1026	+0.33988	+0.33961	+0.27	1.22
P	S	969	+0.65178	+0.65112	+0.66	1.18
S	R	281	-0.39730	-0.39747	+0.17	0.64
R	M	510	+0.16541	+0.16522	+0.19	0.86
A	K	421	+0.42720	+0.42731	-0.11	0.78
K	J	795	+0.17113	+0.17174	-0.61	1.07
I	J	408	+0.06414	+0.06414	0.00	0.77
J	T	721	-0.81013	-0.81041	+0.28	1.02
I	H	241	+0.07350	+0.07357	-0.07	0.59
H	N	410	-0.17813	-0.17827	+0.14	0.77
N	I	221	+0.10455	+0.10475	-0.20	0.56
F	X	380	+0.00490	+0.00485	+0.05	0.74
X	Y	359	+1.12439	+1.12394	+0.45	0.72
Y	D	146	-0.15700	-0.15698	-0.02	0.46
D	C	134	-0.01661	-0.01669	+0.08	0.44
C	A	1010	-0.38592	-0.38555	-0.37	1.21
B	H	232	+0.44971	+0.44961	+0.10	0.58
A	B	488	+0.15772	+0.15793	-0.21	0.84
B	D	1111	+0.24468	+0.24537	-0.69	1.26
D	E	534	+0.29622	+0.29639	-0.17	0.88
J	L	462	-0.00217	-0.00241	+0.24	0.82
L	O	329	-0.41447	-0.41433	-0.14	0.69
O	P	591	-0.28452	-0.28430	-0.22	0.92
P	M	889	+0.41908	+0.41955	-0.47	1.13
M	L	324	+0.27794	+0.27804	-0.10	0.68
L	A	635	-0.59517	-0.59569	+0.52	0.96
A	O	836	+0.18210	+0.18146	+0.64	1.10
B	K	100	+0.26836	+0.26824	+0.12	0.38
N	K	254	-0.00230	-0.00234	+0.04	0.60
P	R	891	+0.25369	+0.25399	-0.30	1.13
H	E	457	+0.09278	+0.09294	-0.16	0.81
U	T	1357	-0.44871	-0.44908	+0.37	1.40
J	N	666	-0.16970	-0.16915	-0.55	0.98

Poligon zárások

- Egymástól független poligonok
- záróhiba megengedett eltérése [mm] : $2,0 \cdot \sqrt{L_{km}}$

Poligon	Távolság [m]	Zárás [mm]		
		Oda	Vissza	megengedett
E-F-G-E	498	+0.39	+0.08	1.41
E-F-X-Y-D-E	1621	-0.79	-0.89	2.55
D-C-A-B-D	2743	-0.13	+1.06	3.31
I-H-N-I	872	-0.08	+0.05	1.87
P-M-L-O-P	2133	-1.97	-1.04	2.92
L-O-A-L	1800	-1.40	-0.10	2.68
J-L-A-K-J	2313	+0.99	+0.95	3.04
A-B-K-A	1009	-1.12	-1.14	2.01
N-K-B-H-N	996	+0.92	+0.76	2.00
P-R-M-P	2290	+0.02	-0.34	3.03
H-E-D-B-H	2334	+1.59	+0.79	3.06
G-U-T-J-I-H-E-G	4393	+2.95	+2.69	4.19
J-N-I-J	1295	-1.01	-0.26	2.28
P-R-S-P	2141	-0.79	+0.34	2.93

Különböző időpontokban meghatározott hálózattérképek összevetése

- Feltételezések:
- a két különböző időpontban meghatározott hálózat méréseiben nincs durvahiba;
 - a hálózattérképek megfelelő számú főlős mérést tartalmaznak, hogy a kiegyenlítésből becsült magassági középhibák reálisak legyenek;
 - a két időpontban meghatározott hálózatban a pontok többsége közös.

- Feldolgozás:
- mindkét hálózatot egyenlítőnk ki szabad hálózatként;
 - számítsuk ki valamennyi közös pontban a két kiegyenlítés eredményében mutatkozó magassági eltérést;
 - az így kapott eltéréseket rendezzük növekvő sorrendbe és a rendezett sorban szereplő középső értéket (az adatsor mediánját) tekintjük a két hálózat közötti magassági eltolódásnak;
 - a medián értékkel toljuk el az időben korábbi magassági alapszintre az újabb hálózatkiegyenlítés magasságait, annak érdekében, hogy azonos epochára vonatkozzanak a két hálózattérképből kapott magasságok;
 - végül a hálózat kiegyenlítésekből becsült középhibák segítségével határozzunk meg az egyes pontokra a konfidencia intervallumokat és vizsgáljuk meg, hogy az egyes pontok két időpontban meghatározott magasságához tartozó konfidencia intervallumok tartalmazzák-e a másik időpontnak megfelelő magasságot.

A GHMF rendszerben tárolt mérési jegyzőkönyvek alapján 1987-ig visszamenőleg megismételtük a feldolgozást.

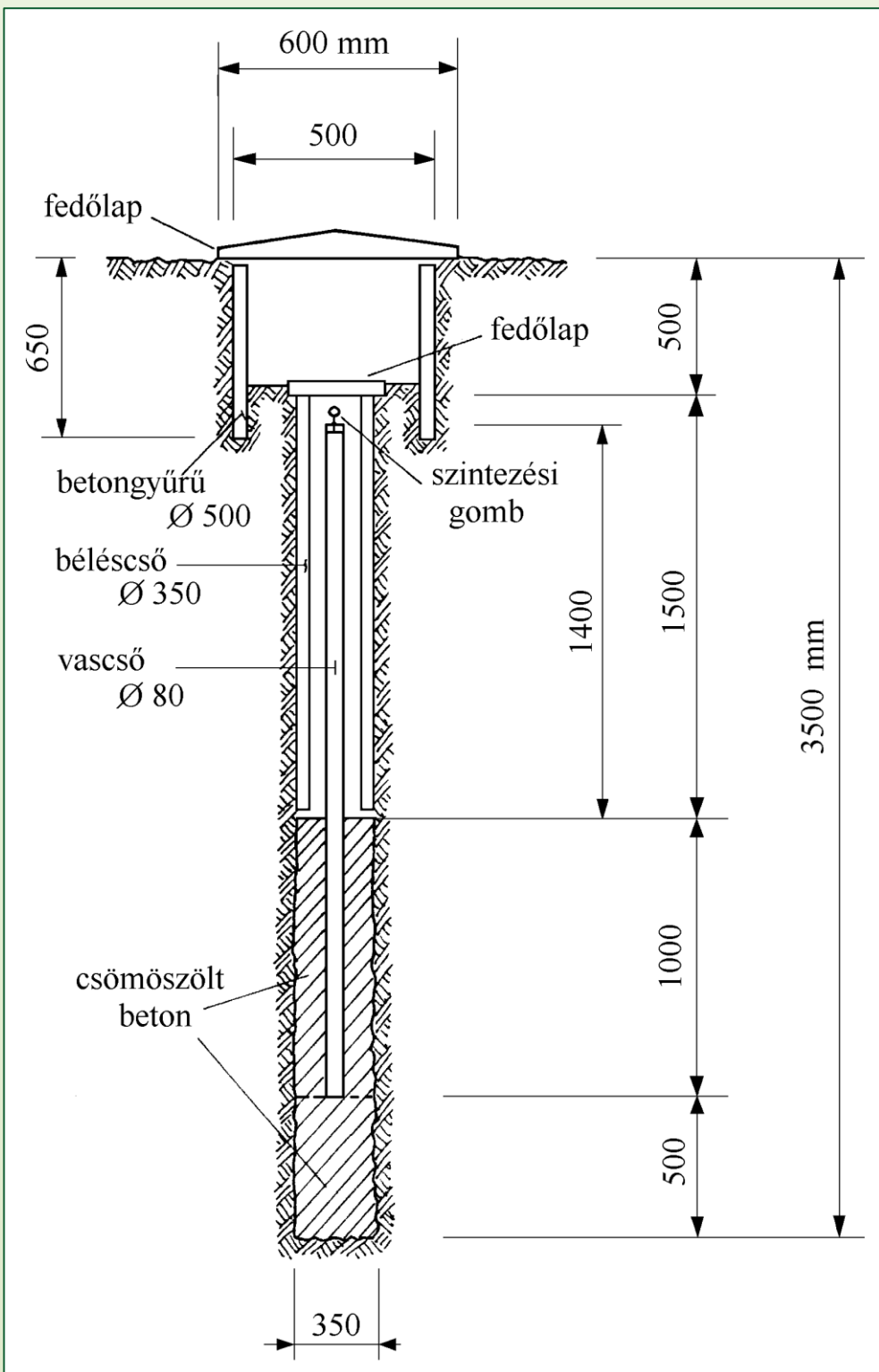
A fenti vizsgálatot elvégeztük az 1987-ben és a 2019-ben meghatározott magasságok között és a 2017-ben és 2019-ben meghatározott magasságok között.

1987-2019 mérések

- süllyedő pontok: B, C, D, E, F, H, J, M, R
- mozdulatlannak tekinthető pontok: A, G, I, K, L, T, U
- emelkedő pontok: N, O, P

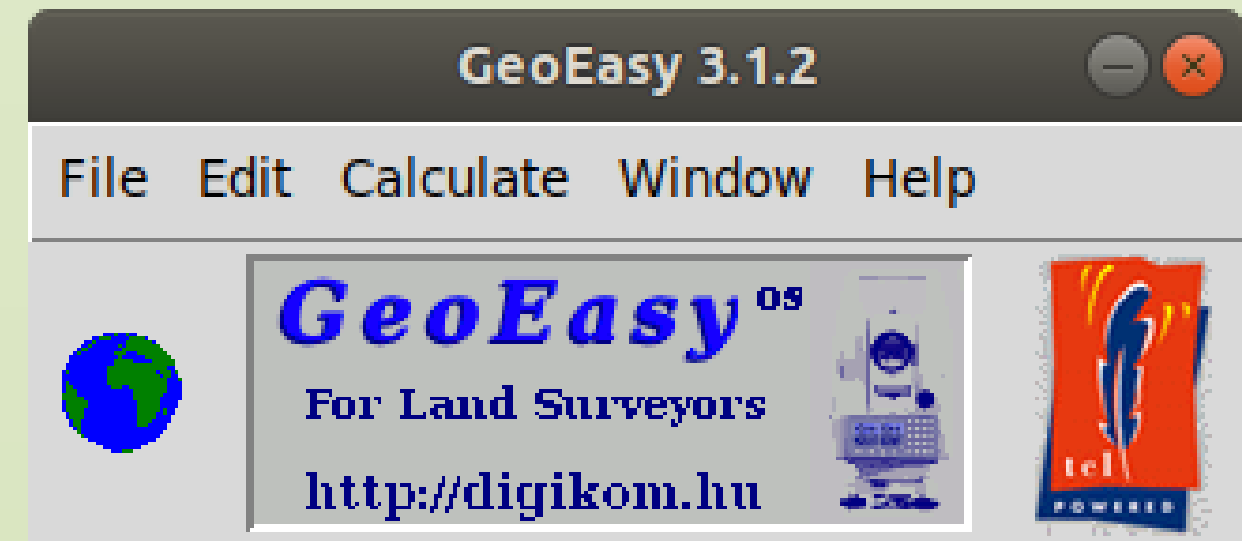
2017-2019 mérések

- süllyedő pontok: Y
- mozdulatlannak tekinthető pontok: A, B, C, D, E, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R, T, U, X
- emelkedő pontok nincsenek



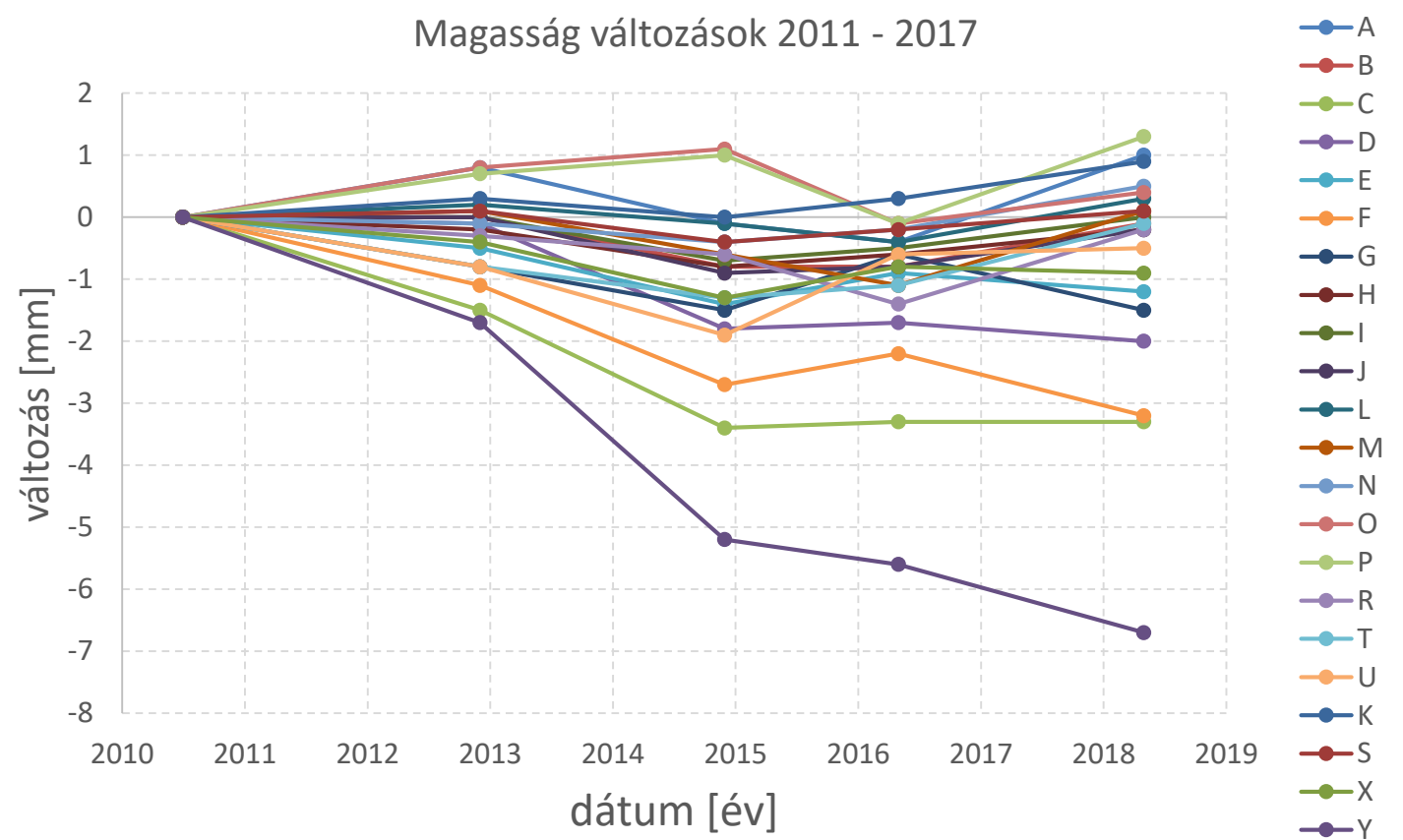
Mérések feldolgozása

- Szabad hálózatkiegyenlítés;
- $\pm 0,2$ mm átlagos pont középhiba;
- Legnagyobb középhiba $\pm 0,4$ mm;
- feldolgozás GeoEasy (GNU Gamma), GHMFR 2.3
- http://www.digikom.hu/softver/geo_easy.html
- <https://www.gnu.org/software/gama/>
- durva hiba szűrés;
- eredmények és részletes dokumentáció a GHMFR rendszerben, így a mérés és számítás részletei később is rekonstruálhatók.

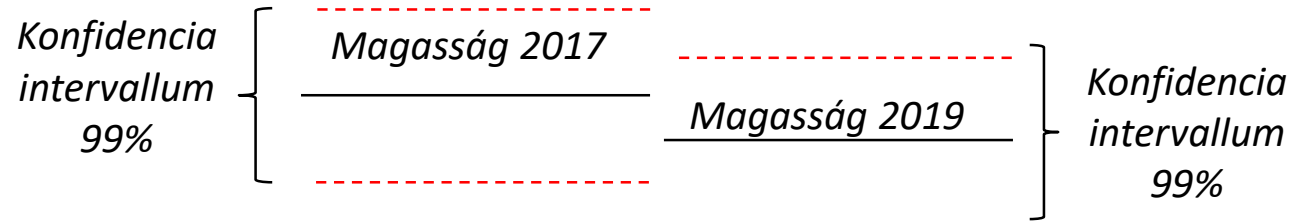


Az alappontok magasságának változása

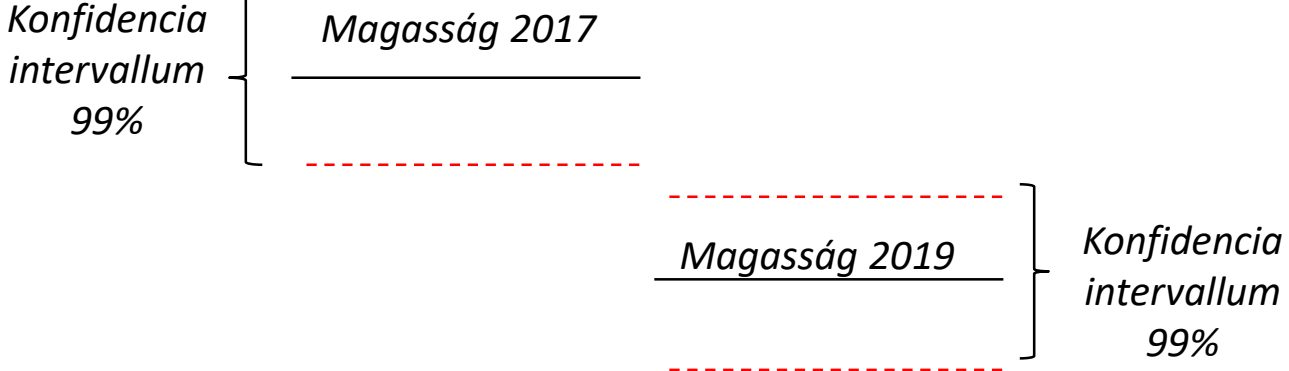
	Magasság változások [mm]				
	2011	2013	2015	2017	2019
A	0.0	+0.8	-0.1	+0.3	+0.1
B	0.0	0.0	-0.8	0.0	-1.1
C	0.0	-1.5	-3.4	-2.5	-4.2
D	0.0	-0.1	-1.8	-0.9	-2.9
E	0.0	-0.5	-1.4	-0.2	-2.2
F	0.0	-1.1	-2.7	-1.4	-4.2
G	0.0	-0.8	-1.5	+0.1	-2.5
H	0.0	-0.2	-0.8	+0.2	-1.1
I	0.0	0.0	-0.7	+0.2	-1.0
J	0.0	0.0	-0.9	-0.1	-1.1
L	0.0	+0.2	-0.1	+0.4	-0.7
M	0.0	+0.1	-0.6	-0.4	-0.8
N	0.0	-0.1	-0.4	+0.6	-0.5
O	0.0	+0.8	+1.1	+0.7	-0.5
P	0.0	+0.7	+1.0	+0.6	+0.3
R	0.0	-0.3	-0.6	-0.6	-1.1
T	0.0	-0.8	-1.3	-1.1	-1.0
U	0.0	-0.8	-1.9	-0.6	-1.5
K	0.0	+0.3	0.0	+1.1	-0.1
S	0.0	+0.1	-0.4	-0.2	-0.8
X	0.0	-0.4	-1.3	-0.1	-1.8
Y	0.0	-1.7	-5.2	-4.8	-7.6



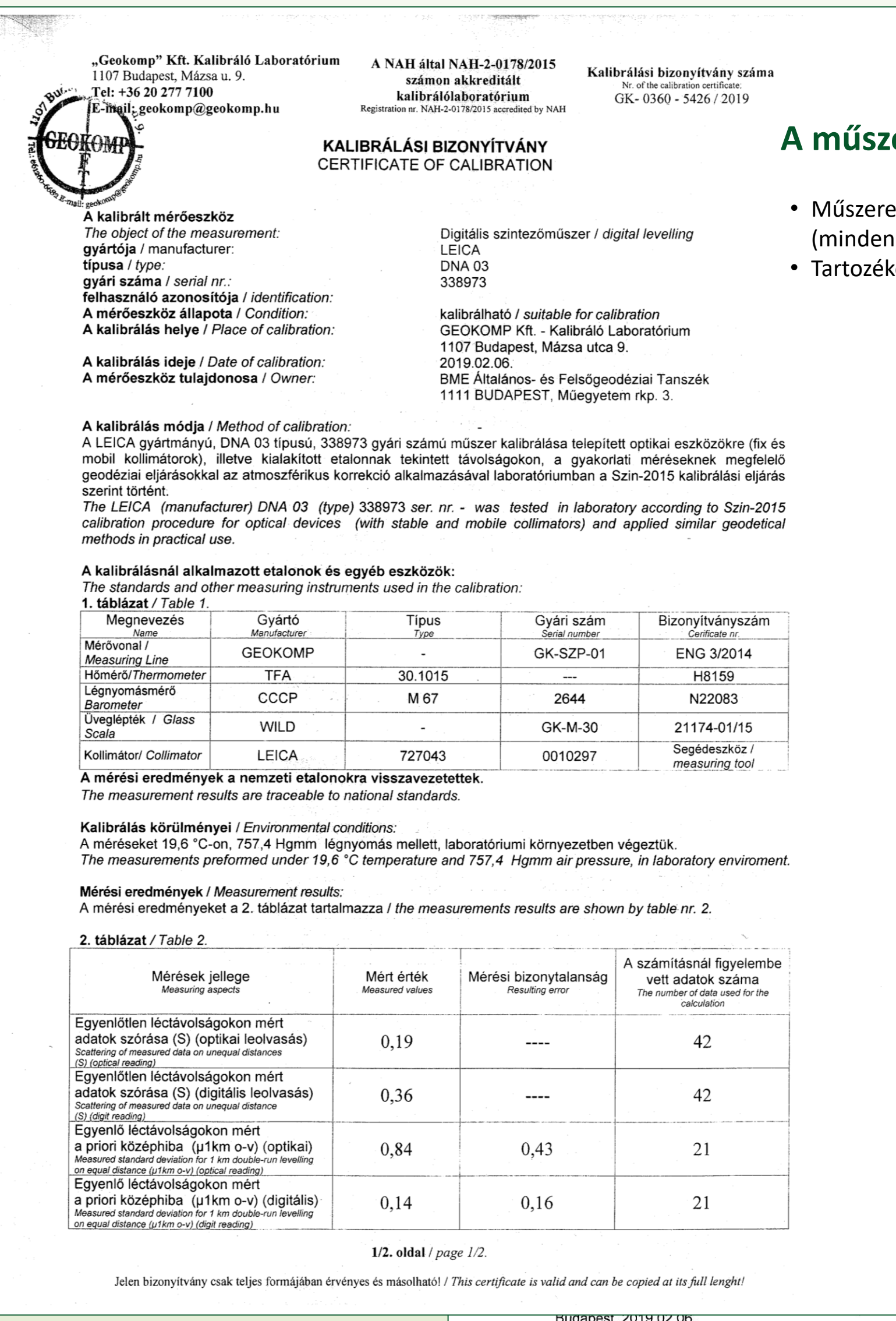
Nincs mozgás



Mozgás



És a mérés után, a jól megérdemelt halászlé



A műszer kalibrálási bizonyítványa

- Műszerek rendszeres vizsgálata és kalibrálása (minden mérési kampány előtt)
- Tartozékok (pl. léci libellák) vizsgálata, szabályozása

Leica DNA003 típusú, 338973 gyári számú műszer kalibrálása telepített optikai eszközökre (fix és mobil kollimátorok), illetve kialakított etalonok tekintetében, a gyakorlati méréseknek megfelelő geodéziai eljárásokkal az atmoszférikus korrekció alkalmazásával laboratóriumban a Szin-2015 kalibrálási eljárás szerint történt.

A LEICA (manufacturer) DNA 03 (type) 338973 ser. nr. - was tested in laboratory according to Szin-2015 calibration procedure for optical devices (with stable and mobile collimators) and applied similar geodetical methods in practical use.

A kalibrálás módja / Method of calibration:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions:

A mérések körülményei / Environmental conditions: