

Felsőrendű digitális szintezőműszerek összehasonlító vizsgálata az MTA GGKII kalibráló laboratóriumában

Dr. Orbán Aladár – Horváth Attila – Gyimóthy Attila
MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron



Bevezetés

Cikkünkben bemutatjuk azokat az ellenőrző módszereket, amelyeket az MTA GGKI -ban fejlesztettünk ki a digitális szintezőműszerek és lécek vizsgálatára, s amelyek hozzájárulhatnak a szabatos szintezési munkálatok sikeréhez és költségeinek csökkentéséhez.

Előzmények

2007-ben megkezdődött az Egységes Országos Magassági Alapponthálózat (EOMA) újramérése. Az „országos” szó itt nem csak a munka méretét jelöli, hanem egyúttal a munka országos jelentőségére is utal, különösképpen, ha figyelembe vesszük, hogy hány helyen használják annak eredményeit. A mérési pontossági követelmények nagyon szigorúak. Ennek a pontosságnak eléréséhez a legkorszerűbb műszerekre van szükség, ezen kívül jól képzett mérőcsoportokra és ezen belül begyakorlott állandó segédmunkásokra (figuránsokra). A mérési eredmények homogenitásának biztosítására célszerű egyforma típusú szintezőműszereket használni, amelyeket előzőleg ugyanazon a helyen kalibrálnak. A kalibrálás célja egyrészt annak megállapítása, hogy az alkalmazott műszerek valóban egyformán és kellő pontossággal mérnek-e, másrészt, hogy megismerjük a használt szintezőlécek méretarányát és hosszváltozását. Az EOMA-nál használt újfajta műszerek szakszerű kalibrálása csak külföldön, nagy költséggel végezhető, ezért célszerű lenne távlatban arra törekedni, hogy a vizsgálatok egy része hazai viszonyok között is megtörténhessen.

Az EOMA-ban megkívánt megfelelő minőségű munka elvégzéséhez igen sok pénzre van szükség, ami csakis állami finanszírozásból képzelhető el. Mérésre csakis olyan vállalkozó jelentkezhet, aki saját költségén beszerzi az előírt Leica DNA 03 jelű műszert és annak léceit Münchenben kalibráltatja. A műszerek kalibrálásáról szó sincs, még kevésbé a műszer és léc együttes kalibrálásáról, mert ez jóval költségesebb. Nincs pénz egy hazai kalibráló laboratórium korszerűsítésére, de még állandó segédmunkások alkalmazására sem. Pénz nélkül pedig nehéz ezt a nagy munkát szervezni, új szabályzatot készíteni, irányítani és ellenőrizni, esetleg előzetesen külföldi tapasztalatokat begyűjteni. Ennek eredménye a nem megfelelően előkészített munka, az új szintezési szabályzat hiánya, a műszerek mérés előtti ellenőrzésének elhanyagolása, ami mind a munka minőségének rovására mehet.

A mérések megkezdése után hamarosan jelentkeztek is a nehézségek és szaporodott a pótmérések száma. Ennek ismeretében merült fel bennünk egy régi idézet, amit mindenkinek meg kellene fontolnia, aki geodéziai mérések végzésével, szervezésével és finanszírozásával foglalkozik (Schäfer, 1971).

„A műszerminősítő vizsgálatok elmaradásának oka az, hogy rendszerint sajnáljuk rá az időt, és hogy a mérési eredmények a legtöbb esetben műszervizsgálatok nélkül is jónak bizonyulnak. Ez a felfogás egyrészt azt a nagy veszélyt hordozza magában, hogy a mérési hibák rejtve maradhatnak, másrészt gazdaságtalan is, mert a hibakeresés általános módszere a következő:

- részleges, majd teljes újraszámolás,
- részleges, majd teljes újramérés,
- és csak ez után a műszer ellenőrzése.”

Az idézet fontosságára vonatkozó első tapasztalatainkat még akkor szereztük, amikor a kompenzátoros szintezőműszereket először használták felsőrendű szintezésre. A különböző gyártmányú műszerek összehasonlító vizsgálatánál azt tapasztaltuk, hogy a váltott észlelőkkel végzett szinkronmérések eredményei közt megmagyarázhatatlan eltérések adódnak. Ezeket nem is sikerült tisztázni. Végül a vizsgálatok legalább azzal az eredménnyel zárultak, hogy a szintezési hálózatok mérésénél kisebb hibát okoz az észlelők cseréje ugyanannál a műszernél, mint a különböző gyártmányú műszerek cseréje ugyanannál az észlelőnél. Tehát gyakorlott észlelők esetében a személyi hibák kisebb hatásúak, mint a műszerhibák.

Ebből a szempontból igen jónak tartjuk, hogy az új hálózatunk mérésénél csakis egyforma gyártású és pontosságú műszerek használatát engedélyezik (LEICA DNA 03). További előny, hogy ennél a műszernél a személyi hibák minimálisra redukálódnak, mert a mérnök korábbi munkáját is maga a műszer végzi azáltal, hogy a távcsőbe jutó kódléc képét feldolgozza, és magassági értéké alakítja. Tehát mondható, hogy itt a műszeren és a lécen múlik minden.

Ez persze azt is jelenti, hogy a műszer és a léc elválaszthatatlan egységet képez, és hogy a szintezés várható pontossága csakis a műszer és léc együttes kalibrálásával tervezhető. Ezzel szemben mi csak a lécet kalibráltatjuk. Az ún. *léckalibrálás* eredményeként ugyan képet kaphatunk a gyártás pontosságáról, a lécméterről és külön kérésre esetleg a hőtágulási együtthatóról is, de ezekből semmiféle következtetést nem vonhatunk le a tényleges szintezés várható pontosságára vonatkozóan. A várható pontosság és maga a műszer által meghatározott lécméretarány csakis az ún. *rendszerkalibrálással* határozható meg, azaz a műszer és léc együttes kalibrálásával. A rendszerkalibrálásra alkalmas laboratóriumok kiépítése azonban igen költséges, amit eddig csak a gazdag nyugati országok engedhettek meg maguknak. Ezek a laboratóriumok többéves munka után már ott tartanak, hogy összehasonlítják és közösen tökéletesítik, egységesítik munkájukat (Schhauerte W., Heister H. 2005).

A digitális szintezőműszerek típusvizsgálatának bonyolultságára jellemzőek a következő külföldi javaslatok:

- a reprodukáló képesség meghatározása 12 különböző távolságon 1,8 m-től – 100 m-ig,

- a látómezőbe kerülő zavaró hatások vizsgálata,
- interferométeres rendszerkalibrálás függőleges léchelyzetben 5 m, 13 m és 23 m-es távolságból, 50 mm-es lépésekben,
- 0,1 m-es lécosztástól 2,6 m-ig,
- az invárléc hőtágulási együtthatójának és a 20 °C-ra vonatkozó léckorrekciónak meghatározása,
- a lécleolvasás függőségének meghatározása a hőmérséklettől +5 °C-tól +40 °C-ig,
- a fényintenzitás hatásának vizsgálata,
- a rendszerpontosság meghatározása terepen a DIN 18723 német szabvány szerint, különböző hőmérsékleten és különböző időjárási viszonyok mellett,
- meg kell határozni a kritikus léctávolságokat és azok határait.

Megjegyzendő, hogy a felsorolt vizsgálatokat elsősorban akkor írják elő, ha a műszer fejlesztésében valami változás történt, de a digitális szintezőműszerek és lécek általános vizsgálatánál is 35 hibaforrás ellenőrzését tartják fontosnak (Rüger és Brunner 2000). Mindebből kitűnik, hogy bár az új digitális műszer kényelmesebb és gyorsabbá tette a szintezés munkáját, ugyanakkor rengeteg hibaforrást hozott magával, amelyek hatását ismernünk kellene.

A fenti vizsgálatok egy részét hazai viszonylatban egyelőre még nem tudjuk elvégezni, de gondolkodtunk azon, hogy laboratóriumunk adottságainak megfelelően miként tudnák hozzájárulni az EOMA sikeréhez, valamint a pótmérések számának és a kalibrálási költségeknek csökkentéséhez. A kitűzött cél elérését a szintezésnél használt műszerek összehasonlító vizsgálatában és a léc hosszváltozásának hazai interferométeres ellenőrzésében látjuk. Az általunk kialakított módszerekkel a következő kérdésekre kaphatunk választ:

- a műszerelemek funkciószerűen működnek-e?
- történt-e a kódlécen olyan károsodás, ami rontja a mérési pontosságot?
- egyformán mérnek-e a műszerek különböző távolságból és magasságból?
- megfelelő pontossággal határozza-e meg a műszer-léc együttes néhány magasságkülönbség helyes értékét?
- melyek a veszélyes léctávolságok és azok határai 25m-en belül, amelyeken a műszer hibásan mér (ún. ciklikus hiba)?
- történt-e hosszváltozás a lécosztásban?

A műszerek funkciószerű vizsgálata

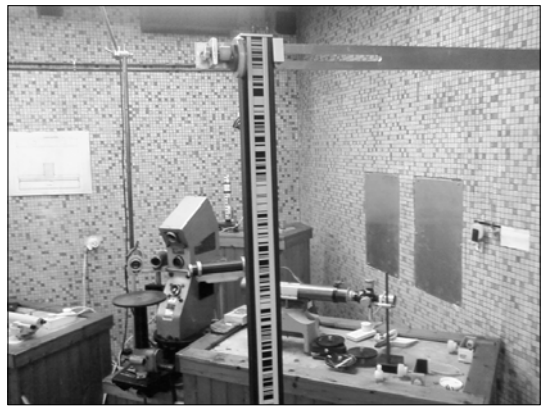
A műszerek sokoldalú vizsgálatára stabil pillérekkel, teszt pályákkal és hasznos felszerelésekkel ellátott laboratórium áll rendelkezésünkre (1. ábra), ahol a szintezőműszerek számára a következő vizsgálati módszereket dolgoztuk ki:

- a műszer szelencés libellájának gondos kiigazítása a műszerre helyezhető érzékeny csöves libella segítségével;
- az irányvonal kiigazítása szabályozó-kollimátoron;
- a műszer elektromos kiigazítása rövid kód-lécek alkalmazásával;
- a műszer horizontferdeségének, a kompenzátor helyes működésének és mérési tartományának vizsgálata precíziós libellamérlegen. A megfigyelés 40-szeres nagyítású felsőrendű teodolittal (Wild T 3000), vagy 1200 mm fókusz távolságú mérőkollimátorral történik;
- a távcső feloldóképességének vizsgálata.
- a magasságmérési és távmérési pontosság ellenőrzése rövid kód-léccel különböző távolságokon. A Leica DNA 03 műszernek, mint egyszerű kompenzátoros szintezőműszernek vizsgálata a képminőség és a tizedbecslés pontossága szempontjából mm osztású üveglépték segítségével. Ezeket a vizsgálatokat 28 m-es teszt pályán végezzük, ahol kb. 2 méterenként pillérbe ágyazott, távolságban és magassági értelemben szabatosan bemért csapokkal rendelkezünk;
- az irányvonal-ingadozás folyamatos ellenőrzése, fal mellett kifeszített, sűrűn alátámasztott, vízszintes nylon zsinór segítségével. Az alátámasztó bakok egyforma magasságát a középről való szintezés szabályai szerint ellenőrizzük és szabályozzuk;
- a hagyományos, középről való szintezés pontosságának meghatározása 15 m – 15 m-es léctávolsággal (mm osztású léptékek, vagy rövid kód-lécek segítségével), egyúttal a horizontferdeségi hiba mérési módszerrel történő kiejtésének ellenőrzése ferde állótengelyű szintezéssel;
- a szintezőlécek szelencés libellájának laboratóriumi kiigazítása két merőleges irányból, a léccnek befogó szerkezetbe való állításával (2. ábra).

Megjegyzés: elvileg lehetőségünk van mágneses vizsgálatokra is, ami a kompenzátoros szintezőműszereknek egyik legveszedelmesebb hiba-



1. ábra Az MTA GGKI műszervizsgáló laboratóriuma



2. ábra A lécek befogására és megtartására kifejlesztett és műhelyünkben legyártott berendezés

forrása, s amely vizsgálatot korábban sikeresen alkalmaztuk már hagyományos kompenzátoros szintezőműszereknél. Egyelőre nem tudjuk azonban, hogy az új elektromos műszereket szabad-e olyan erős mágneses térbe helyezni, amelyben a mágneses hatás egyáltalán kimutatható. A külföldi szakirodalom ezen a téren nagyon szűkszavú. Megemlítik, hogy a mágneses hatás a digitális műszereknél nem lehet nagyobb, mint 0,1 mm/km, de a vizsgálatok módjáról nem találtunk leírást. Pedig ha egy kompenzátoros szintezőműszer nincs védve a mágneses hatás ellen, akkor az ebből származó magassági hiba mérési módszerrel nem küszöbölhető ki, és rejtve marad a mérési eredményekben (Orbán 1987 és Orbán-Bánfi 1988).

Lépcsős teszt pályá

A digitális szintezőműszerek további vizsgálatához 7 pontból álló lépcsős teszt pályát létesítettünk

ja fel a figyelmet, hogy ha az EOMA méréseknél olyan szakaszhoz csatlakozunk, amit korábban NA 3003-as műszerrel mértek, 1 km-nyi szakaszon már ekkora záróhibával is találkozhatunk. (Az egy magasságkülönbség középhibája az NA 3003 műszernél $\pm 0,02$ mm, a DNA 03 műszernél $\pm 0,01$ mm volt).

Az előző mérést követően egy sorozatban egyhuzamban 3 km-nyi szakasz mérését szimuláltuk. Ez a sorozat azért figyelemre méltó, mert míg a DNA 03 műszer folyamatosan egyforma pontossággal működött ($\pm 0,01$ mm), addig az NA 3003 műszer által mért magasságkülönbségek értékei – különösen a harmadik km-es szakasz megkezdése után – fokozatosan emelkedni kezdtek (5. ábra). Ennek okára csak gyanakodni lehet. A mért értékek szórása az utóbbi műszernél $\pm 0,02$ mm -ről $\pm 0,1$ mm-re emelkedett.

A mért és a helyes (van-kell) magasságkülönbségek összehasonlítása

Különböző típusú műszerek esete

A lépcsős tesztpálya helyes magassági értékeinek ismerete nemcsak a nyers vizsgálati eredmények összehasonlítását teszi lehetővé két műszer között, hanem azt is megmutatja, hogy a mért értékek mennyire térnek el a helyes értékektől, ha a helyes értékeket $\pm 0,01$ mm pontossággal ismerjük.

Az 1. táblázatban összefoglaltuk az eddigi eredményeinket. A táblázatban feltüntettük a mérések számát, a mérési távolságot, a mért magasságkülönbségek szórását és a sorozat átlagértékének eltérését a helyes értéktől. Egyes sorozatokat magasabb és alacsonyabb műszerállásból is mértünk, amelyek között nem találtunk szignifikáns eltérést.

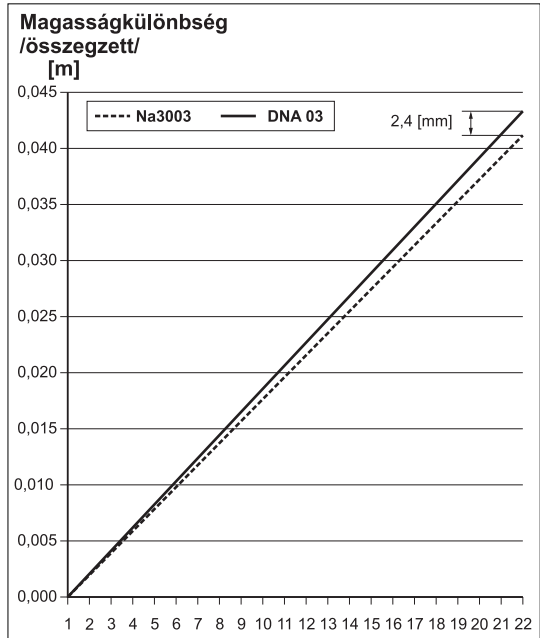
A táblázatban különböző típusú digitális szintezőműszereket hasonlítottunk össze (Ezek egy részéről már szó volt az előző fejezetben). Az NA 3003 műszer minden esetben gyengébbnek mutat-

1. táblázat

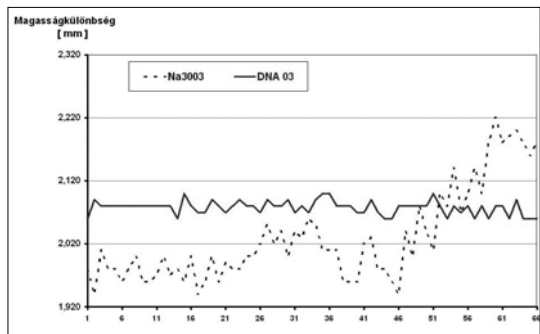
A mért magasságkülönbségek átlagértékének eltérései a helyes értéktől és az egyes mérési eredmények szórása különböző típusú műszerek esetén

Műszerek	Alacsony		Magas		~1 [km]		~3 [km]	
	m = 34	d = 14	m = 34	d = 14	m = 22	d = 24	m = 66	d = 24
NA3003	0,02	[mm]	0,03	[mm]	0,10	[mm]	0,28	[mm]
/GGKI/	$\pm 0,01$	[mm]	$\pm 0,02$	[mm]	$\pm 0,02$	[mm]	$\pm 0,10$	[mm]
DNA 03	0,02	[mm]	0,01	[mm]	0,01	[mm]	0,04	[mm]
/GGKI/	$\pm 0,01$	[mm]	$\pm 0,01$	[mm]	$\pm 0,03$	[mm]	$\pm 0,04$	[mm]

ahol m = a műszerállások száma, d = műszer-léc távolság



4. ábra A két vizsgált műszer által mért magasságkülönbségek összegeződése 1 km-es szakaszon. Az álláspontok száma (m =) 22, a műszer-léc távolság (d =) 24 m



5. ábra 3 db, 1 km-es sorozat magasságkülönbségei, folyamatosan egymás után mérve. Az álláspontok száma (m =) 66, a műszer-léc távolság (d =) 24 m

kozik, mint a DNA 03 műszer. A mérési pontosság az itt alkalmazott 5 m – 24 m-es távolságon belül is függött a távolságtól. Ezirányú vizsgálatainkat még folytatni kívánjuk, ha visszakapjuk a kölcsön adott Leica DNA 03 műszerünket.

Azonos típusú műszerek esete

A 2. táblázatban azt mutatjuk be, hogy azonos típusú műszerek között is kimutatható eltérés a műszer elhasználtságának függvényében, ami magyarázatot adhat az eddig szükségessé vált pótmérésekre is. (A műszerek minden egyes leolvasást ötször ismételték). A vizsgálatok során rendszerint a műszer működtetésének rejtett hibái is előjönnek, amelyre felhívjuk a felhasználók figyelmét.

Az itt ismertetett vizsgálatokat célszerű minden szezonkezdés előtt és mindig egy helyen elvégezni, ahol betartják azokat az alapvető előírásokat, amelyeket a külföldi vizsgálatok tapasztalatai eredményeztek. Ezek a megvilágítással, hőmérséklet-méréssel, várakozási idővel, a kollimátor technikával, stabilitással, kalibrálási előírásokkal kapcsolatosak. A művelet akkor gazdaságos, ha egyidőben egyszerre több műszert hasonlítunk össze. Ezek közül az egyik műszer lehetőleg mindig ugyanaz az etalon műszer legyen. Az lenne az ideális, ha a vizsgálandó műszerekkel maguk a rendszergazdák mérnének. Így a vizsgálati költségek is csökkenthetők lennének.

Laboratóriumi és terepi mérésekkel kapcsolatos hasznos tanácsok

A következőkben néhány tanácsot adunk közre, amelyek betartását minkét esetben fontosnak tartunk:

2. táblázat

A mért magasságkülönbségek átlagértékének eltérései a helyes értéktől és az egyes mérési eredmények szórása különböző típusú műszerek esetén

Műszerek	Közelből d = 5		Távolabbról d = 16		~1 [km]		~9 [km]	
	m = 24	d = 21	m = 24	d = 21	m = 24	d = 21	m = 216	d = 21
DNA 03 /A/	0,05 ± 0,02	[mm] [mm]	0,09 ± 0,03	[mm] [mm]	0,09 ± 0,03	[mm] [mm]	0,15 ± 0,05	[mm] [mm]
DNA 03 /B/	0,06 ± 0,02	[mm] [mm]	0,10 ± 0,03	[mm] [mm]	0,10 ± 0,03	[mm] [mm]	0,17 ± 0,06	[mm] [mm]
DNA 03 /B/	0,09 ± 0,03	[mm] [mm]	0,19 ± 0,06	[mm] [mm]	0,19 ± 0,06	[mm] [mm]	0,29 ± 0,10	[mm] [mm]
DNA 03 /NyME GEO/	m = 26 d = 20							
	0,01 ± 0,003	[mm] [mm]						

ahol m = a műszerállások száma, d = műszer-léc távolság

- várjuk meg, míg a műszer felveszi a környezeti hőmérsékletet. Ellenkező esetben a műszer irányvonala megváltozhat, amelynek hatása csak gyors előre- és hátra méréssel csökkenthető;
- hidegfényű laboratórium világítás esetén használjunk hagyományos megvilágítást is, mert a digitális műszer a hideg fényre kevésbé érzékeny;
- egy órával a laboratóriumi vizsgálatok megkezdése előtt kapcsoljuk be a műszert, és várjuk meg a belső elektromos hőtermelés kiegyenlítődsét. A legnagyobb irányvonalváltozások az első 15 percben történnek (Woschitz 2005);
- hosszú sorozatok laboratóriumi mérésénél időnként távolodjunk el a műszertől, és – ha lehet – használjunk pót-akkumulátort az egyoldali hőhatások csökkentésére. Az eredeti akkumulátor is maradjon a műszerben, hogy a súlyponti eloszlás változatlan maradjon;
- ellenőrizzük, hogy az invárszalag nem tapad-e a lécházhoz. A súrlódás ugyanis csökkenti a szalagot kifeszítő rugóerő hatását. A szalagnak ujjal elmozgathatónak kell lennie;
- a lécs és a műszer szelencés libellái mindig legyenek igazítottak. Ferdén tartott léccel hibás magassági értékek adódnak;
- a léctalp felfekvési pontja mindig essen az invárszalag függőleges vetületébe. Ellenkező esetben ugyanis magassági hiba keletkezik, ha a lécs kissé előre vagy hátra dől a szelencés libella igazítási hibája miatt;
- az invárléceket óvjuk a rázkódástól és ütésektől, mert ez az invárszalag hosszváltozásához vezethet;

- kerüljük a veszélyes léctávolságokat, amelyek a szintezőműszer hibás értékeket mér. A Leica lécnél legveszélyesebb a 7,5 m, 15 m, 22,5 m és a 30 m-es távolság. (Staiger és Witte 2005);
- a lécvégeken ne mérjünk, mert a nem teljes léckép mérési hibához vezet;
- minden eddiginél jobban vigyázzunk a lécosztás épségére. A keletkezett sérülések hatását vizsgáljuk meg;
- tartsuk be a hamarosan megjelenő, új szintezési szabályzat utasításait.

Az invárszalag hosszváltozásának ellenőrzése és a lécméter meghatározása

Az invárszalag hosszváltozását több tényező okozhatja. Ilyen pl. a szalag hőváltozása, az invár ütésre-rázásra való érzékenysége, a szalagfeszítő erejének megváltozása, amit többek között a lécc deformálódása, szennyeződése, a szalagfeszítő rugó gyengülése, a feszítő mechanizmus károsodása, helytelen méretezése, anyaghibája, stb. is okozhat. Az említett okok a lécméter megváltozásához vezetnek. Megjegyzendő, hogy a lécc hosszváltozását a ferdén tartott lécc is okozhatja, de ez éppúgy nem kalibrációs kategória, mint ahogy a hőtágulási javítás sem az, mert ez utóbbi csak a mért és javított értékek igazításához szolgál, amit elegendő a 0,75 ppm/°C értékkel figyelembe venni. A kalibrálási értékek rendszerint 20°C-ra vonatkoznak (Heister et al. 2005).

Az MTA GGKI műszervizsgáló csarnokában korábban berendezkedtünk a hagyományos invárlécek komparálására. A léccosztások irányzása Schlemmer-féle elektromos mikroszkópot, magára a mérésre HP lézer-interferométert használtunk. A komparálás alatt a lécc sínen vontatva folyamatos mozgásban volt, az irányzás és mérés emberi beavatkozás nélkül, automatikusan történt. A korábbi léccszámleépítések miatt és komparálásra vonatkozó hazai igény hiányában ezek a kutatások sajnálatos módon hosszú időre leálltak. Az automatikus mérés titkát az elbocsátott mérnökök magukkal vitték, s ezt azóta sem sikerült helyreállítani.

A kódlécek megjelenésével a régi technikára már kevésbé van szükség, mert az ilyen lécc kalibrálásához CCD kamerát célszerű használni. Ennek hiányában az irányzást egyszérlő saját fejlesztésű ko incidenciás mikroszkóppal végezzük. A Grácban kalibrált hagyományos invárléccünket és kód léccpárunkat ilyen módszerrel újra kom-

paráltuk. Az eredményeket – ismerve a kölföldi kalibráló állomások mérési eredményeinek egymástól való eltéréseit – kielégítőnek találtuk.

Az EOMA-ban előírt, évenként megismételt kölföldi kalibrálás igen költséges. Ennek csökkentésére született az a javaslatunk, hogy a Münchenben egyszer már kalibrált lécceket a továbbiakban csak akkor vigyék vissza újabb, költséges kalibrálásra, ha a lécc hossza szignifikánsan megváltozik. A hosszváltozás, illetve a léccméter értéke pedig Sopronban is meghatározható, lényegesen kisebb költséggel. Módszerünk lényege, hogy a hosszváltozás meghatározásához nem kell minden osztást újra megvizsgálni. A mai osztási pontosság mellett már nem is javasolják a gyártás ellenőrzését. Ha pedig a lécc hossza nem változik, akkor az osztások egymáshoz viszonyított helyzete sem változhat. Tehát elegendő egyenletesen elosztottan kevesebb helyen mérni, ami természetesen megválasztható, tekintettel arra, hogy minden osztáshely „kell” értéke (helyes értéke) adott a 2,025 mm-es osztási alapérték többszöröse által. Méréseink pontosságát, kényelmét és gyorsaságát CCD kamera beszerzésével igyekszünk fokozni. Ezek a fejlesztések akkor rentábilisak, ha a lécckalibrálásra országos igény mutatkozik. Ennek biztató jelei már most mutatkoznak.

A lécckomparálás bizonytalanságát sok tényező befolyásolja, erről előző cikkünkben már beszámoltunk (Orbán et al. 2009). Legutóbbi vizsgálataink azonban arra is fényt derítettek, hogy a kódosztások beégetési technikája sem olyan pontos, mint ahogy ezt egyes kölföldi közlések sejtetni engedték. A kódlécc osztásánál az interferométeres beállítási pontosság valószínűleg csak az osztófej beállítására vonatkozik. Az egyes kódmezőknek az osztófej által beégetett széle a 2,5 cm szélességű invárszalag mentén már nem mindig egyenes. A kódosztások határvonalánál jelentkező kiugró vállak szélessége meghaladja a 0,02 mm-t. Ez pedig azt jelenti, hogy kalibrálásnál nem mindegy, hogy a kódosztás szélének melyik részét irányozzuk. Az általunk ismert kölföldi szakirodalomban erre nem találtunk hivatkozást, legfeljebb arról tesznek említést, hogy a léccméter számításánál a kiugró hibákat nem veszik figyelembe. A DIN 18717 szabvány is óvatos: előírásai szerint a léccosztás megkövetelt pontossága csupán $\pm 0,02 \text{ mm} + 20 \text{ ppm}$ két tetszőleges osztás között.

Tekintettel arra, hogy a digitális szintezőműszer nem egyes osztásokat, hanem kódcsoportokat „lát” sok helyen megkérdőjelezzik a

léckalibrálás fontosságát, mondván, hogy nem annak megállapítása fontos, hogy milyen pontos a lécosztás, hanem az, hogy ebből mit „lát” a műszer. Ezt pedig csakis a rendszerkalibrálással lehet megállapítani, amellyel egyúttal meghatározható a lécméter értéke is. A kétfajta kalibrálással meghatározott lécméter nem mindig egyforma, ezért ma már külön nevük is van: *lécméretarány és rendszerméretarány*. A rendszerkalibrálás alapján a lécméteren kívül újabban számítanak egy olyan korrekciós értéket is, amely a léchez tartozó műszerre vonatkozik, s amelyet beépítenek a mérési eredmények javítási képletébe. Ez a korrekció elérheti a 0,15 mm-es javítási értéket is, ami ismét rámutat arra, hogy hiába kifogástalan a lécz gyári osztása, ha a leképezés ilyen hibákkal terhelt (Heister et al. 2005).

Összefoglalás

Az elmondottakból és az itt nem részletezett külföldi publikációkból kitűnik, hogy az új szintezési módszer távolról sem problémamentes. A problémák már a kalibrálásnál kezdődnek, amelyek gyakran igen eltérő eredményeket adnak mind a lécméterre, mind a hőtágulásra. Egyes javaslatok szerint nem szabad túlbecsülni a kalibráció alapján számított és klistázott értékeket. Vita van a laborvizsgálatok eredményeinek terepi alkalmazhatóságával kapcsolatban is (Rüger és Brunner 2000). Ezért célszerű lenne Intézetünk udvarán terepi teszt pályát is létesíteni.

A még fennálló problémákra való tekintettel a terepen szintező mérnökök továbbra is csak abban bízhatnak, hogy a hosszú szintezési szakaszokon keletkezett mérési hibák nagy része kiküszöböli egymást. A kényelmesebb és gyorsabb mérés sajnos sok új hibaforrást hozott magával, ami megkívánja, hogy a műszereket gyakrabban és alaposabban ellenőrizzük. Laboratóriumunk ehhez dolgozta ki ellenőrző vizsgálati módszereit mind a lécek, mind a műszerek számára, amely eljárásokra és a bennük rejlő lehetőségekre már több geodéziai fórumon felhívtuk az EOMA szervezésével és kivitelezésével foglalkozó szakemberek figyelmét.

IRODALOM

- Heister H, Woschitz H, Brunner F. K. (2005): Präzisionsnivellierlatten, Komponenten-oder Systemkalibrierung? AVN, 6/2005, 233–238.
- Orbán A. (1987): A kompenzátoros műszerek mágneses hatás miatti hibái. Geod. és Kart. 1987/6 438–442.
- Orbán A, Bánfi F. (1988): Szabatos kompenzátoros szintezőműszerek mágneses hatás miatti hibáinak hazai vizsgálata. Geod és kart. 1988/1, 5–11.
- Orbán A, Horváth A, Gyimóthy A. (2009): A libellás szintezőműszerektől a digitális szintezőműszerekig. Geod és Kart. 2009/2, 6–13.
- Rüeger J., Brunner F.K. (2000): On the System Calibration and Type Testing of Digital Levels. ZfV, 4, 120–130
- Schauerte W., Heister H. (2005): Der Ringversuch 2003/2004 zur Kalibrierung von Präzisionsnivellierlatten. AVN 6, 2005, 221–228
- Schäfer W. (1971): Moderne Verfahren zur Überprüfung Geodätischer Instrumente und Geräte. Mitt.a.d. Markscheidewesen, 1971, 111–126.
- Staiger R, Witte B. (2005): Zur Bedeutung der Prüfung von Präzisionsnivellierlatten für die Praxis. AVN, 6/2005 200–203.
- Woschitz H. (2005): Systemkalibrierung: Effekte von digitalen Nivelliersystemen. AVN, 6/2005, 239–244.

Comparative investigation of high precision digital levels in the Calibration Laboratory of the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences

Orbán, A., Horváth, A., Gyimóthy, A.

Summary

In this paper those checking methods are presented which were developed for the examinations of digital levelling instruments and staffs at the Calibration Laboratory of the GGRI of HAS. The proposed methods will probably contribute to the success of the precise leveling works like EOMA (re-levelling of the Hungarian First-Order Network) and to the reduction of its costs.