



# **Földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai célú alkalmazása**

PhD értekezés tézisei

**Berényi Attila**

Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Építőmérnöki Kar

Témavezető:  
Dr. Lovas Tamás

Budapest, 2011

## 1 A kutatás célja

A földi lézerszkennelés XX. század végi megjelenése óta számos területen bizonyította alkalmazhatóságát. Ezek között az alkalmazási területek között szerepel többek között az örökségvédelem, a bányászati, topográfiai és építészeti felmérések vagy a (város)modellezés.

Annak ellenére, hogy a fentiekén túl az építőmérnöki gyakorlatban is egyre sűrűbben találkozhatunk a technológiával, mérnökgeodéziai feladatokban eddig nem terjedt el a földi lézerszkennelés.

Dolgozatom elsődleges célja annak igazolása, hogy a földi lézerszkennelés, mint elsődleges adatnyerési technológia, sikeresen alkalmazható mérnökgeodéziai feladatokban is. Ennek érdekében a technológiát laboratóriumi körülmények közötti vizsgáltam, majd ipari körülmények közötti mérések elemzését végeztem el.

Az értekezés további, nem titkolt céljai közé tartozik, hogy a technológia jelenlegi és jövőbeli felhasználóinak egyfajta összképet mutasson a földi lézerszkennelés potenciális előnyeiről és esetleges hátrányairól, különös tekintettel a magyarországi felhasználókra.

## 2 Előzmények

A hazai és nemzetközi szakirodalomban fellelhető cikkek száma egyértelműen bizonyítja azt, hogy a földi lézerszkennelést számos laboratóriumi és alkalmazási (ipari) kutatásban vizsgálják.

Pfeifer és társai (2008) a lézerszkennelt adatokból kinyerhető információk (például intenzitás) és az anyagi jellemzők kapcsolatát vizsgálták. Ismert visszaverő-képességű anyagok mérési eredményeit elemezve megállapították, hogy eltérő műszereket alkalmazva különböző eredményeket kaphatunk [11]. Mechelke és társai (2007) több műszert vizsgálva elemezték a beesési szög hatását. A levezetett eredmények alapján kijelentették, hogy bizonyos (fázisméréses) műszerek esetén  $45^\circ$ -nál kisebb szög esetén jelentős szórás tapasztalható a visszaverődésben [12].

Bucksch és társai (2007) két műszerrel vizsgálták a szürke szín különböző árnyalatainak hatását a mérési eredményre. Elemzésük eredményeként kijelentik, hogy a világosabb színek magasabb intenzitás értékeket eredményeznek, míg a fekete színről visszaverődött pontok száma várakozásukon felüli [13].

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékén először 2006-ban végeztek laboratóriumi kísérleteket földi lézerszkenneléssel. A vizsgálatok eredményei igazolták a gyártó által vizsgált műszerre megadott távmérési pontosságot [14].

A Tanszék munkatársai, szintén 2006-ban, ipari körülmények között is alkalmazták a földi lézerszkennelést mérnökgeodéziai feladatban [15].

A kísérletek pozitív eredménye és tapasztalata is inspirálta a kutatásaimat és a dolgozat elkészülését.

### 3 Módszerek

A földi lézerszkennelés technológia mérnökgeodéziai célú alkalmazhatóságának igazolása érdekében először általános laboratóriumi vizsgálatokat végeztem. Ezen vizsgálatok elengedhetetlenek akkor, ha új adatnyerési eljárás alkalmazásának igazolása a kutatás fő célkitűzése.

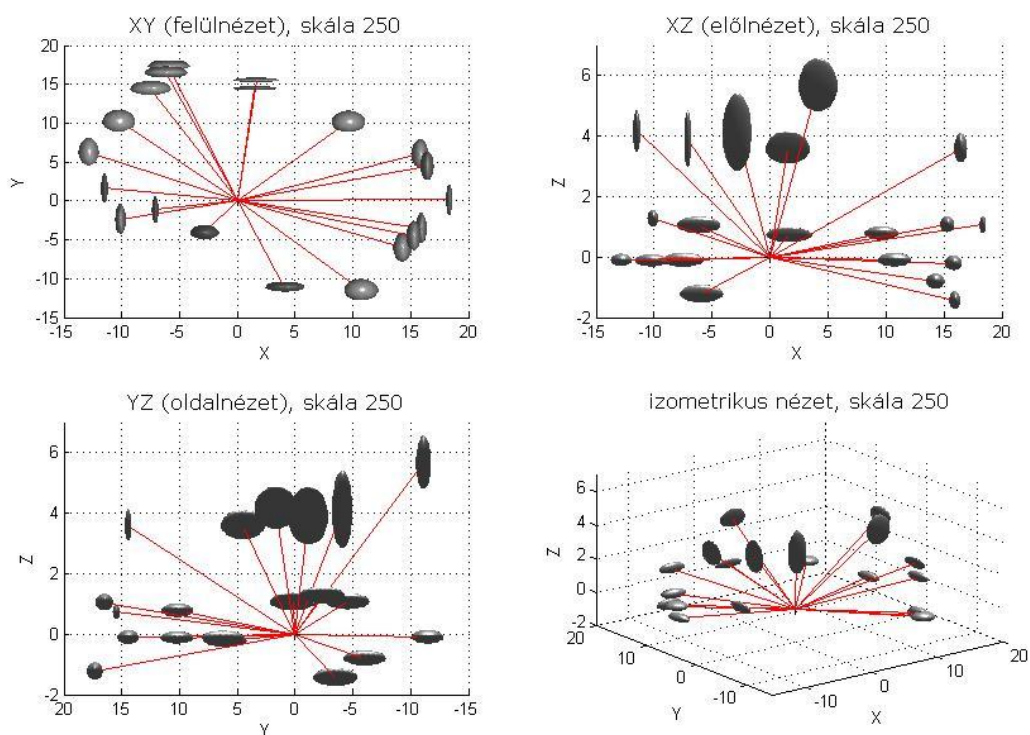
#### 3.1 Laboratóriumi vizsgálatok

Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok három fő részre oszthatók:

1. háromdimenziós pontosságvizsgálat,
2. színek-, és anyagok hatása a mérési eredményre,
3. a beesési szög elemzése.

A pontosságvizsgálathoz kidolgozott eljárást két alkalommal is sikerült tesztelnem laboratóriumi körülmények között, így a levezetett numerikus eredmények mellett – melyek igazolták a műszergyártók által megadott pontosság értékeket –, a minősítéshez használt eljárásorozat is a kutatás eredményei közé tartozik.

A második és harmadik kísérletből levezetett eredmények képet adnak a felmérést befolyásoló, műszertől (részben) független tényezőkről is, melyek ismerete nélkül a mérnökgeodéziai alkalmazhatóság vizsgálata szinte megvalósíthatatlan.

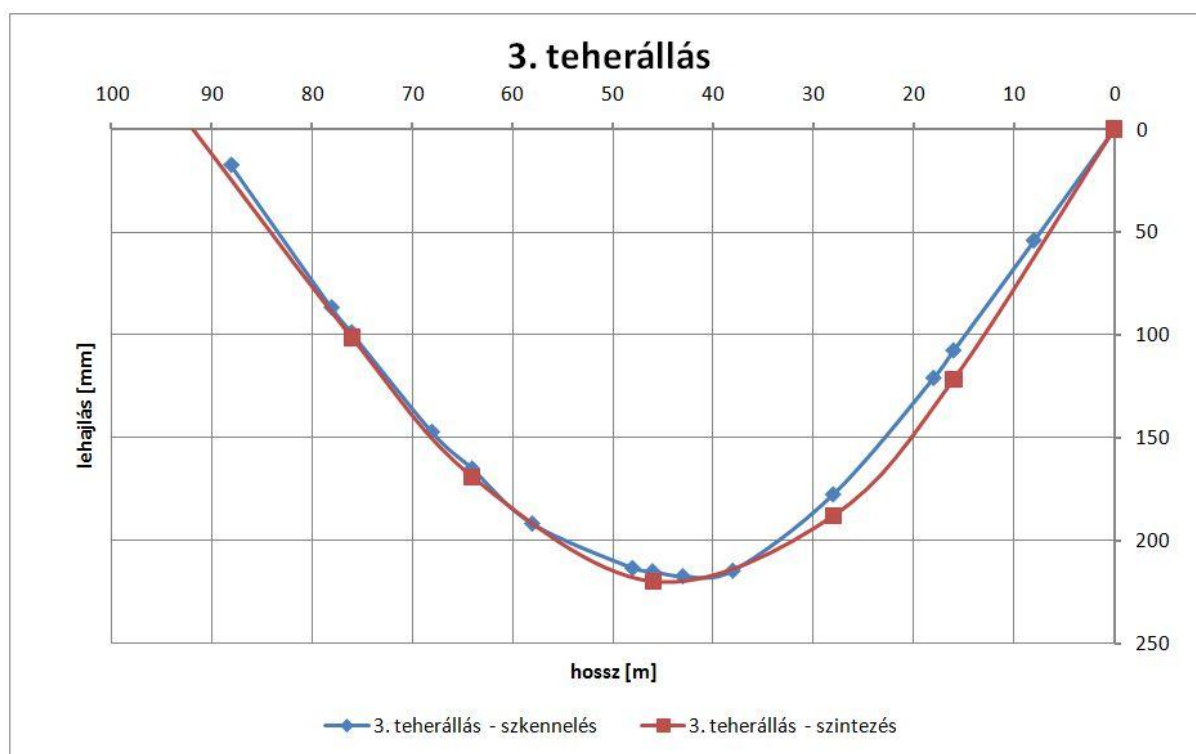


1. ábra: Hibaellipszisek a pontosságvizsgálat második méréséből.

### 3.2 Ipari vizsgálatok

A laboratóriumi elemzések után ipari körülmények között, hidak (Megyeri híd, Szabadság híd, Szebényi völgyhíd) terheléspróbáján végzett mérésekkel teszteltem a technológia alkalmazhatóságát.

Az elemzéseknél minden esetben a hagyományos mérési eljárásokkal (elsősorban felsőrendű szintezéssel) mért értékeket tekintettem referenciának, továbbá levezettem olyan numerikus értékeket (például a Megyeri híd esetén a kábelek elmozdulása) és készítettem olyan elemzéseket (például a Szabadság híd esetében a teher pozíciójának változása), amelyeket az eddigi mérési gyakorlat során nem rögzítettek vagy vizsgáltak.



2. ábra: A Szebényi völgyhíd 3. teherállásában mért lehajlások.

Megvizsgáltam továbbá a nagyméretű mérnöki szerkezetek (például acél szerkezetű kábelhíd, a vizsgálat esetén az Erzsébet híd) hőmérséklet hatására bekövetkező alakváltozásának földi lézerszkenneléssel történő elemezhetőségét.

Elsődleges eredmény, hogy csupán néhány méréssel igazolható a szerkezet függőleges irányú elmozdulása, melynek mértéke – a műszerek által biztosított pontossági keretek között – is értelmezhető.

## 4 Összefoglalás

Az eredmények fényében kijelenthető, hogy adott feladatok esetén földi lézerszkennelés alkalmazható mérnökgeodéziai feladatokra. Ezt támasztják alá a hagyományos eljárásokkal megmért eredményekkel történő összevetések eredményei, illetve azok az kiegészítő adatok és információk, amelyeket hagyományos eljárásokkal nem mérnek, vagy mérésük idő- és költségigénye magas lenne, azonban a szkennelt eredményből levezethetők.

Emellett azonban fontos megjegyezni, hogy a földi lézerszkennelés nem a hagyományos mérőműszerek és mérési eljárások kiváltásával, hanem azokat kiegészítve alkalmazható eredményesen a mérnökgeodéziai feladatok legszélesebb körében.

## 5 Új tudományos eredmények

1. Tézis: Laboratóriumi pontosságvizsgálati eljárást dolgoztam ki földi lézerszkennerek koordinátamérési pontosságának ellenőrzésére, amivel a műszer mérési mechanizmusától függetlenül határozhatók meg a műszert jellemző háromdimenziós pontossági paraméterek. Ezzel az eljárással laboratóriumi körülmények és távolságok között a műszergyártók által megadott mérési jellemzők is ellenőrizhetővé válnak, különös tekintettel a távmérési pontosságra.  
Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [4], [5], [6], [8]
2. Tézis: Metódust dolgoztam ki a földi lézerszkennerek beesési szöge szélső értékének vizsgálatára, meghatározására. Adott műszertípusra vonatkozó mérőszámot vezettem le, amely a mérések tervezésén keresztül pontosabb kiértékelést tesz lehetővé.  
Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [4], [5], [6]
3. Tézis: Laboratóriumi eljárást dolgoztam ki, amivel a földi lézerszkennerekkel felmért objektumok különböző jellemzőinek (anyag, szín) a visszavert lézersugár intenzitására gyakorolt hatása vizsgálható.  
Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [4], [5], [6]
4. Tézis: Igazoltam, hogy a földi lézerszkennelés, mint aktív távérzékelési technológia sikeresen alkalmazható hidak terheléspróbáinál, a lézerszkennelés nyers adataiból levezetett eredmények és a hagyományos mérési eljárásokkal nyert eredmények összevetése alapján. Emellett bemutattam, hogy földi lézerszkenneléssel olyan szerkezeti elemekről is nyerhető információ, amelyek mérése nehézkesen kivitelezhető hagyományos eljárásokkal.  
Kapcsolódó publikációk: [1], [3], [4], [5], [7], [9], [10]

5. Tézis: Igazoltam a földi lézerszkennelés alkalmasságát acélszerkezetű hidak hőmérséklet-változás hatására elszenvedett alakváltozásainak kimutatására.

Kapcsolódó publikációk: [4], [5]

## **6 A tézisekhez kapcsolódó tudományos közlemények**

- [1] Berényi A. (2010): Laser scanning in engineering survey — An application study, *Pollack Periodica* 5/2: pp. 39-48.
- [2] Berényi A. (2010): Földi lézerszkennő laboratóriumi vizsgálata, *Geomatikai Közlemények* XIII/1: pp. 29-33.
- [3] Berényi A., Lovas T. (2009): Laser Scanning in Deformation Measurements, *GIM International* 23/3: pp. 17-21.
- [4] Berényi A., Lovas T., Barsi Á. (2010): Terrestrial Laser Scanning in Engineering Survey: Analysis and Application Examples, *ASPRS Annual Conference, San Diego, Amerikai Egyesült Államok, 2010.04.26-2010.04.30*: p. 8.
- [5] Berényi A., Lovas T., Barsi Á. (2010): Terrestrial Laser Scanning – Civil Engineering Applications, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* XXXVIII/5: pp. 81-85.
- [6] Berényi A., Lovas T., Barsi Á. (2010): Földi lézerszkennő laboratóriumi vizsgálata, *Geodézia és Kartográfia* LXII/4: pp. 11-16.
- [7] Berényi A., Lovas T., Barsi Á., Dunai L. (2009): Potential of Terrestrial Laserscanning in Load Test Measurements of Bridges, *Periodica Polytechnica - Civil Engineering* 53/1: pp. 25-33.
- [8] Berényi A., Lovas T., Barsi Á., Tóth Z., Rehány N., Tarsoly P. (2010): Földi lézerszkennők minősítő vizsgálatainak lehetőségei, *Geomatikai Közlemények* XII/2: pp. 87-94.
- [9] Lovas T., Berényi A., Barsi Á., Dunai L. (2009): Földi lézerszkennők alkalmazhatósága mérnöki szerkezetek deformáció mérésében, *Geomatikai Közlemények* XII: pp. 281-290.
- [10] Lovas T., Berényi A., Barsi Á., Dunai L. (2009): A Megyeri híd terhelésvizsgálatának támogatása földi lézerszkenneléssel, *Geodézia és Kartográfia* LXI/1: pp. 20-26.

## 7 Irodalomjegyzék

- [11] Pfeifer N., Höfle B., Briese C., Rutzinger M., Haring, A. (2008): Analysis of the backscattered energy in Terrestrial Laser Scanning data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXXVII/B5: pp. 1045-1052.
- [12] Mechelke K., Kersten T. P., Lindstaedt M. (2007): Comparative investigations into the accuracy behaviour of the new generation of Terrestrial Laser Scanning systems, Optical 3-D Measurement Techniques VIII/1, Zürich, Svájc: pp. 319–327.
- [13] Bucksch A., Lindenbergh R. and van Ree J. (2007): Error budget of Terrestrial Laser Scanning: Influence of the intensity remission on the scan quality, GeoSiberia - 2007, Novosibirsk, Oroszország: p 13.
- [14] Maksó M. (2006): Mérnöki szerkezetek deformációjának meghatározása földi lézerszkenneléssel, diplomaterv, p. 45
- [15] Lovas T., Barsi Á., Polgár A., Kibédy Z., Detrekői Á., Dunai L. (2007): A dunaújvárosi Pentele híd terhelésvizsgálatának támogatása földi lézerszkenneléssel, Geodézia és Kartográfia LIX/10-11: pp. 32-39.