

Zračni laserski skeneri LEICA ALS50-II i Corridor Mapper

Domagoj Kujundžić*

SAŽETAK. Članak daje kratki pregled rješenja tvrtke Leica za zračno lasersko skeniranje. Prikazani su univerzalni skener ALS50-II i skener ALS-CM (Corridor Mapper) koji je prvenstveno namijenjen snimanju koridora. Cilj je prikazati mogućnosti ovih suvremenih uređaja, što bi trebalo biti korisno kako geodetskim stručnjacima, tako i ostalim strukama koje mogu biti budući korisnici proizvoda i podataka koje opisani uređaji mogu pružiti.

KLJUČNE RIJEČI: LiDAR, Leica, ALS, ALS50-II, ALS-CM.

KLASIFIKACIJA prema COBISS-u: 1.05

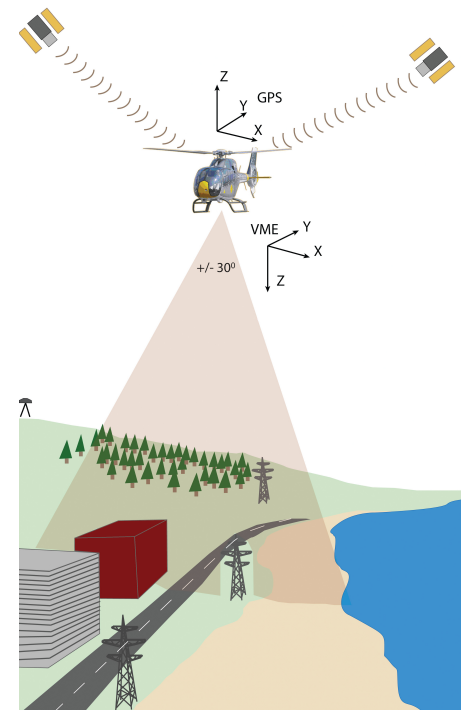
1. Uvod

Zračni laserski skeneri, odnosno LiDAR sustavi, počeli su se eksperimentalno koristiti sredinom 60-tih godina prošlog stoljeća za određivanje topografije (Ackermann, 1999). LiDAR je engleska kratica za Light Detection And Ranging (detekcija i određivanje udaljenosti objekta pomoću svjetlosnih valova). Razvoj ovih sustava tekao je veoma sporo, prije svega zbog njihove visoke cijene, pa su počeci razvoja vezani uz američku vojsku i njoj bliske istraživačke ustanove. Međutim, u posljednjih desetak godina ovu tehnologiju preuzimaju privatne tvrtke i počinju sa serijskom proizvodnjom, tako da danas na tržištu imamo veliki broj zračnih laserskih sustava: Leica, Optech, Riegl, Fugro, Toposys i drugi. Geodetske tvrtke u Americi i Kanadi, kao i u Europi, brzo su prepoznale prednosti LiDAR sustava, prije svega veliku brzinu prikupljanja prostornih podataka, tako da se njihova upotreba naglo širi potiskujući klasične geodetske metode. Trenutačno u Republici Hrvatskoj još nema takvih sustava, međutim oni su se pojavili u susjednoj Republici Sloveniji i sigurno je da će se vrlo brzo i naše tvrtke

odlučiti za njihovu nabavku i primjenu.

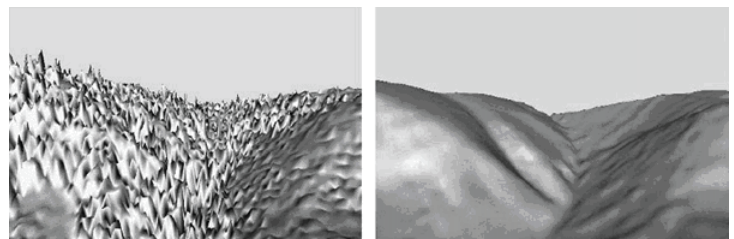
Primjena LiDAR sustava je moguća u širokom spektru geodetskih zadataka, počevši od snimanja površinskih kopova (kamenoloma i šljunčara) i izračuna volumena s procjenom preostalih rezervi; nadalje, izrada digitalnih modela reljefa (DMR) u šumovitim i nepristupačnim područjima, izrada podloga za projektiranje plinovoda, naftovoda, autocesta i dr.

Ovaj se sustav također može upotrijebiti za praćenje izgradnje velikih infrastrukturnih objekata (naftovod, plinovod, ceste, itd.), za određivanje visina građevinskih objekata, 3D modeliranja gradova i cesta (Jutzi i Stilla, 2003), detekcije arheoloških nalazišta. Veliku primjenu može naći u području prostornog planiranja i zaštite okoliša, kod detekci-

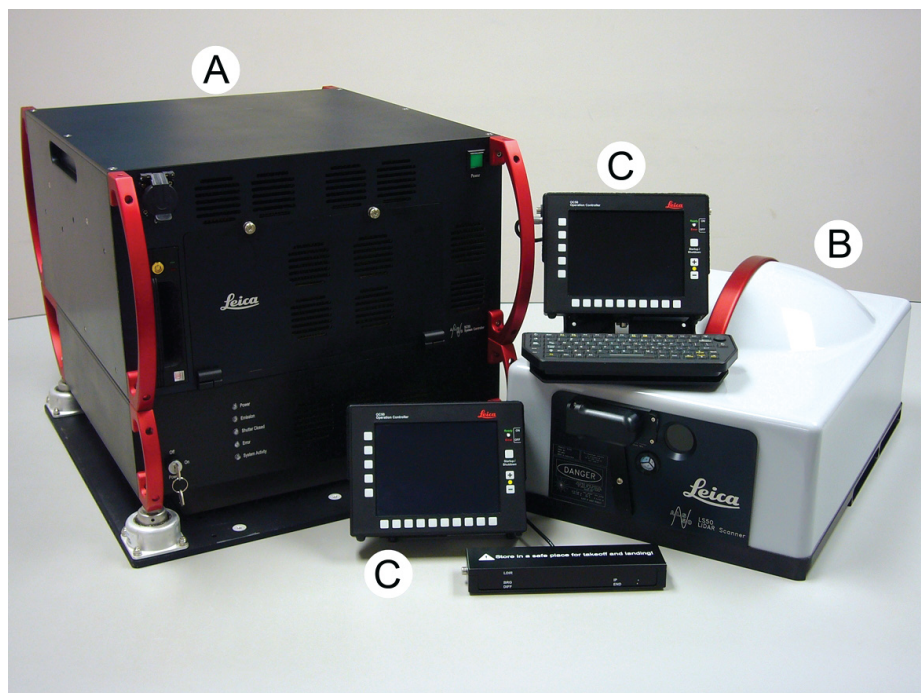


Slika 1. Princip rada zračnog laserskog skenera (URL-1)

Slika 2. Digitalni model pošumljene površine (lijevo) i digitalni model terena (desno) dobiven zračnim laserskim skeniranjem



[*] Domagoj Kujundžić, ing. geod., GEOBIRO BIOGRAD NA MORU d.o.o., 23210 Biograd na Moru, Zagrebačka 13, e-mail: domagoj@geobiro.com



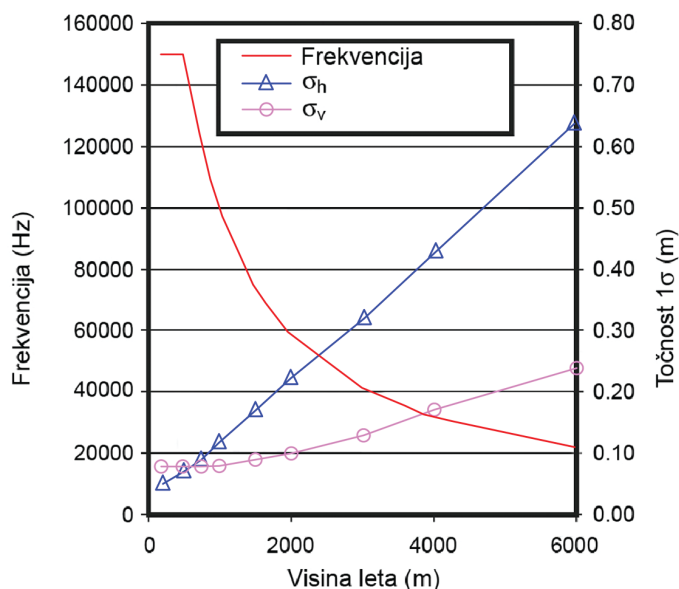
Slika 3. Leica ALS50II zračni laserski skener - komponente.

je promjena u urbanim sredinama (nelegalna izgradnja, promjena nakon velikih potresa, poplava i sl.) te procjene erozije (tla, riječnih obala, itd.). Slika 2 prikazuje mogućnosti primjena u snimanju šumskog pokrova i »uklanjanja« stabala kako bi se izradio točan digitalni model reljefa (Attwenger i Briese, 2003).

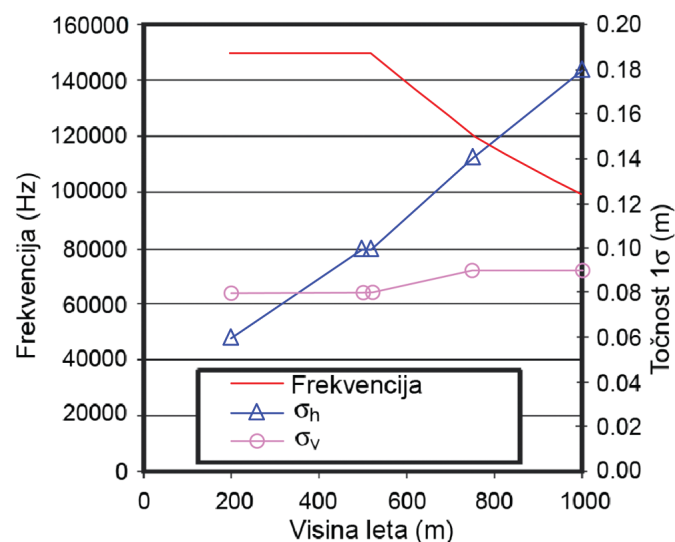
Leica Geosystems globalna je korporacija sa sjedištem u švicarskom Heerbrugu. Utemeljena spajanjem proizvođača geodetskih instrumenata Wild i Kern, danas zapošljava više od 2 400 ljudi u 21 državi i jedan je od vodećih proizvođača opreme i softvera vezanih uz prikupljanje i primarnu obradu prostornih informacija.

U ovom će se članku opisati najnoviji zračni laserski skeneri Leica Geosy-

stems. Riječ je o univerzalnom skeneru ALS50-II i skeneru ALS-CM (Corridor Mapper) koji je prvenstveno namijenjen snimanju koridora, npr. autocesta, dalekovoda ili rijeka. Cilj je prikazati mogućnosti ovih suvremenog uređaja, što bi trebalo biti korisno kako geodetskim stručnjacima, tako i ostalim strukama koje mogu biti budući korisnici proizvoda i podataka koje opisani uređaji mogu pružiti. ALS50-II se koristi za snimanje većih područja i s većih visina (do 6 000 m), dok ALS-CM snima s visine od 200 do 1 000 m. Ovaj drugospomenuti uređaj je posebice zanimljiv jer pokriva područje primjene izvan domene klasične aerofotogrametrije, a osjetno je jeftiniji od modela ALS50-II.



Slika 4. Odnos frekvencije, visine leta i točnosti zračnog laserskog skenera Leica ALS50II



Slika 5. Odnos frekvencije, visine leta i točnosti zračnog laserskog skenera Leica ALS Corridor Mapper

2. Sustav LEICA ALS50-II

Zračni laserski skener LEICA ALS50-II spada u novu generaciju laserskih uređaja (Leica Geosystems, 2007a). Ovaj se uređaj koristi u kombinaciji s GPS senzorom i inercijalnim sustavom koji omogućavaju da se laserski snimak georeferencira, odnosno da se svakoj snimljenoj točki odredi položaj u prostoru u odabranom koordinatnom sustavu. Ova kombinacija spada u LIDAR sustave i pored mjernih senzora prikazanih na slici 1, opskrbljena je i paketom kompjutorskih programa za naknadnu obradu (postprocessing) koja omogućava dobivanje prostornog modela snimljenog objekta kao krajnji proizvod. Dodatno uz ovaj sustav dolazi i digitalna kamera visoke rezolucije, tako da se laserskim snimanjem istodobno izvode i snimanja digitalnom kamerom, što od izuzetno pomaže kod obrade mjerenja. Ovaj LIDAR sustav se ugrađuje u avion ili helikopter.

Komponente laserskog skenera prikazane su na slici 3. Veće crno kućište (A) sadrži svu potrebnu elektroniku za prikupljanje podataka: uz računalo, tu je naravno i GPS-prijamnik s inercijalnim sustavom. Manje bijelo kućište (B) je sam skener u kojeg je integrirana i digitalna kamera. Sustav čine još i navigacijski kontroleri (C), od kojih je jedan namijenjen operatoru skenera, a drugi pilotu helikoptera ili aviona. Pomoću specijaliziranog softvera je moguće unaprijed planirati let kako bi se snimili svi potrebni detalji.

Zračni se laserski skener Leica ALS50-II može koristiti na visini od 200 do čak 6 000 m iznad tla (Leica Geosystems, 2007b). Masa samog skenera je 30 kg, dok je kontrolna elektronika teška 40 kg. Točnost je ovisna o frekvenciji i visini letenja, s tim da je potrebno razdvoji-

ti horizontalnu i vertikalnu točnost (Slika 4). Uzme li se za vrijednost pogreške GPS određivanja položaja skenera ± 5 cm, vertikalna točnost se kreće od 8 cm na visini letenja od 800 m do 24 cm na maksimalnoj visini letenja od 6 000 m. Skener prima odraz četiri odaslane impulsa i bilježi tri razine intenziteta. Maksimalni kut skeniranja je 75° . Divergencija lasera je 0,22 mr (miloradijana). Podaci skeniranja se spremaju na pokretni čvrsti disk kapaciteta 300 GB, na koji je moguće spremati do 17 sati mjerenja pri maksimalnoj frekvenciji od 150 kHz.

Cijena sustava kreće se od 1 500 000 eura naviše, ovisno o dodatnoj opremi i računalnoj podršci. Tom iznosu treba dodati i troškove održavanja letjelice.

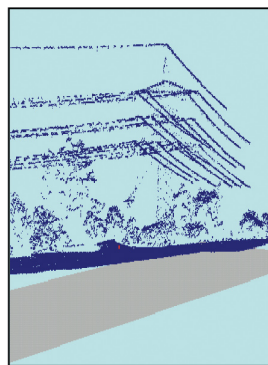
3. Sustav LEICA ALS CM

Leica ALS-CM (corridor mapper, snimanje koridora) namijenjen je snimanju uskih i dugačkih objekata kao što su ceste, naftovodi, plinovodi, dalekovodi i sl. Obično se koristi na visinama od 200 do 1 000 m. Radi se o sustavu kojim se, uz izuzetno veliku brzinu snimanja, postiže centimetarska točnost snimljenog objekta. Tako, na primjer, uhodani tim opažачa može u jednom danu snimiti prosječno 100 km trase nekog objekta. Ovakva je brzina snimanja u vrlo krupnim mjerilima donedavno bila nezamisliva.

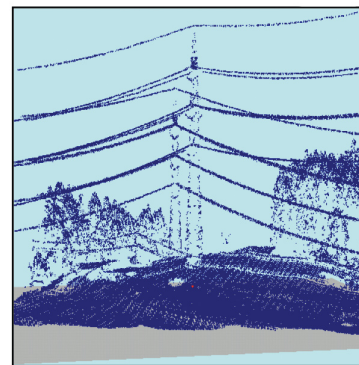
Sustav se, kao i prethodno opisani model, koristi u kombinaciji s GPS-om i inercijalnim sustavom. Također se, kao i kod prethodno opisanog modela, uz LIDAR sustav može koristiti digitalna kamera kojom se paralelno izvodi snimanje što znatno pomaže pri identifikaciji i kasnijoj obradi mjerenja. Za pripremu snimanja, kao i za obradu podataka mjerenja, ovim sustavom se koriste specijalizirani kompjutorski programi koji se isporučuju u kompletu s laserskim skenerom. Leica ALS Corridor Mapper često se postavlja na helikopter koji je zbog manje brzine i boljih manevarskih sposobnosti pogodniji od aviona.

Jedine razlike u odnosu na ALS50-II su da je raspon visine leta 200 - 1000 m iznad tla i da je točnost vertikalne komponente 8 - 10 cm, horizontalne od 6 cm na visini 200 m, odnosno 10 cm na visini 500 m (Slika 5). Za postizanje maksimalne točnosti, laserski senzori moraju biti kalibrirani (Katzenbeisser, 2003).

Cijena sustava za snimanje koridora kreće se od 750 000 eura naviše, opet ovisno o dodatnoj opremi i računalnoj podršci. Tom iznosu treba dodati i troškove održavanja letjelice, pri čemu valja istaknuti da je korištenje helikoptera višestru-



Slika 6. Trodimenzionalni pogled na oblak točaka prikupljen snimanjem dalekovoda

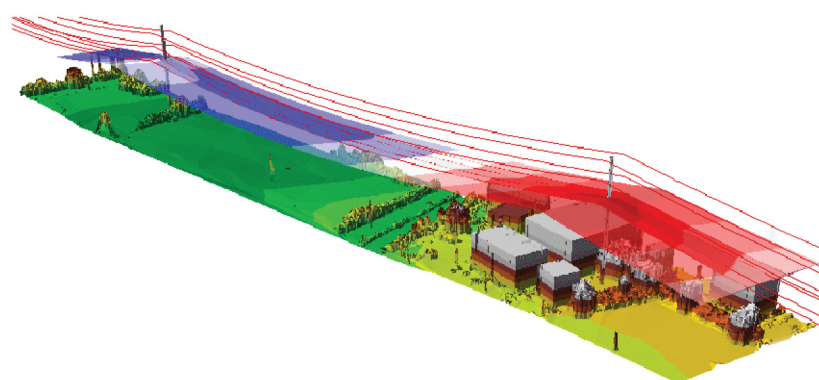


ko skuplje od letenja avionom.

4. Mogućnosti primjene

Iz opisa ova dva najsuvremenija LIDAR sustava i njihovih tehničkih karakteristika, odnosno mogućnosti, vidljive su njihove znatne prednosti u odnosu na klasične geodetske metode mjerenja. U prvom redu, prednost ovih sustava je u njihovoj neusporedivoj brzini u prikupljanju podataka. Pritom je važno naglasiti da su prikupljeni podaci ovim sustavima georeferencirani u realnom vremenu, dakle njihov položaj je definiran u koordinatnom sustavu. To je izuzetno bitno jer se najčešće snimanja izvode u seriji koja se sastoji od više snimaka odnosno modela. Na taj je način njihovo spajanje u jedinstveni model vrlo jednostavno. S druge strane, radi se o bezreflektornom mjerenju, tako da je ovakvo mjerenje u teškim i nepristupačnim terenima neusporedivo lakše od klasičnih metoda.

Trenutačno se u Republici Hrvatskoj izvodi veliki broj infrastrukturnih objekata, počevši od cestogradnje koja je već duže vremena u velikom zamahu, izgradnje plinovoda, naftovoda, itd. U planu je i početak izgradnje nove željeznice i mnogih drugih infrastrukturnih objekata i tu leži prostor za upotrebu ovakvih LIDAR sustava. Posebno treba istaknuti problem izrade geodetskih podloga za projektiranje spomenutih infrastrukturnih objekata



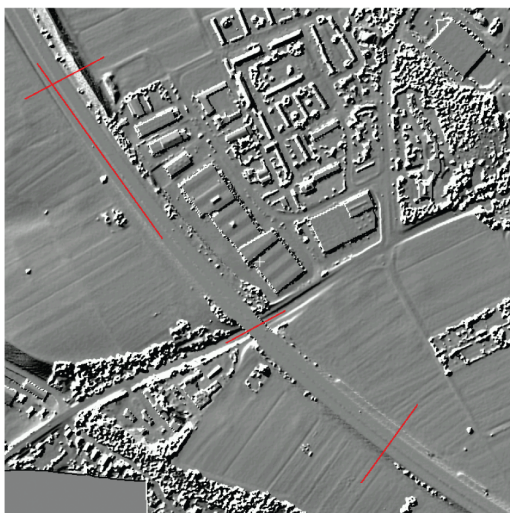
Slika 7. Perspektivni 3D model snimljenog dalekovoda s objektima na terenu

koji prolaze kroz minske onečišćena područja kojih ima jako puno nakon Domovinskog rata i još će dugo predstavljati veliki problem. Nadalje, kao što je u uvodu već bilo spomenuto, za izgradnju velikih objekata potrebno je puno građevinskog materijala koji

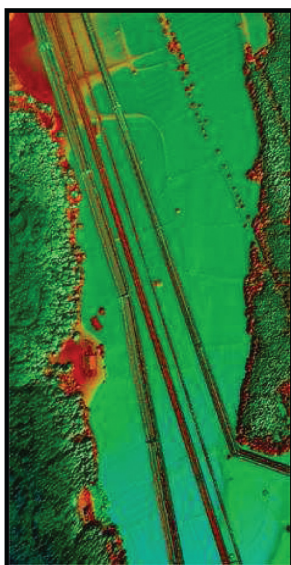
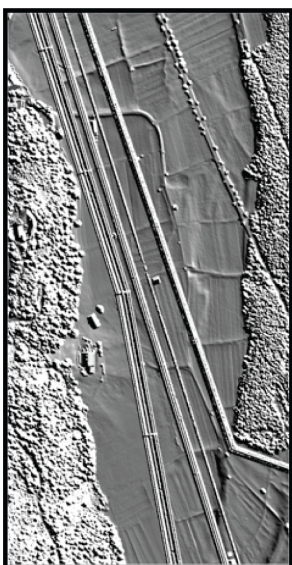
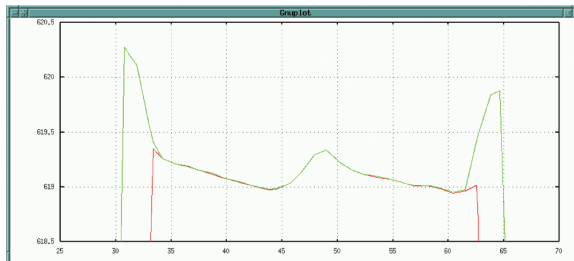
se proizvodi u kamenolomima i velikim površinskim kopovima. Zakonska je obaveza tvrtki koje eksploatiraju rudna bogatstva da izvode kontrolna mjerenja svaka četiri mjeseca, a za taj zadatak najjeftinija i najbrža metoda je upravo LIDAR sustav.

Sljedeće veliko područje primjene je zakonska obaveza, nastala preuzimanjem europskih zakonskih normi o izradi karta buke za sve veće gradove i industrijska postrojenja koje proizvode veliku buku. Za izradu karte buke potrebno je prethodno izraditi kvalitetne digitalne modele reljefa (DMR) i 3D modele građevina. Tu je također zanimljivo područje primjene u sferi prostornog planiranja i zaštite okoliša, kao i praćenje stanja u prostoru, što je dosada bilo zapostavljeno u smislu korištenja kvalitetnih geodetskih podloga. Za unaprijed opisane zahvate u prostoru geodetske podloge i trodimenzionalne snimke objekata, mogu se koristiti i terestrički laserski skeneri.

Kod opisa primjene LIDAR sustava je potrebno naglasiti da je terensko prikupljanje podataka izuzetno brzo i ekonomično, međutim za dobivanje krajnjeg rezultata, odnosno proizvoda treba provesti zahtjevnu i složenu kompjutorsku obradu. Ne ulazeći previše u detalje, generalno se može zaključiti da obrada podataka snimanja zahtijeva i do dvadeset puta više vremena nego za snimanje. Međutim, olakotna je okolnost da se obrada izvodi u kancelariji, što s obzirom na kratko vrijeme



Slika 8. Digitalni model terena snimljen laserskim skenerom (lijevo) i poprečni profil autoceste (označen crvenom crtom na slici lijevo)



Slika 9. Ortofoto (lijevo), visinski model (sredina) i korištenje zemljišta (desno) rezolucija 25 cm, rezultat zračnog laserskog skeniranja.

me skupih terenskih radova značajno ne poskupljuje predmetne radove.

U nastavku će se prikazati konkretni primjeri mogućnosti primjene LIDAR sustava za razne primjene u građevinarstvu, arhitekturi, industriji, prometu, zaštiti kulturne baštine i mnogim drugim zadacima. Slike 6, 7 i 8 vezane su uz snimanje koridora i preuzete su iz Toposys, 2005, dok je slika 9 iz Hollaus *et al*, 2005.

5. Zaključak

U radu su se nastojale prikazati mogućnosti opisanih zračnih laserskih sustava Leica LEICA ALS50-II i Leica ALS Corridor Mapper, kao i njihova moguća primjena u praksi. Vidljivo je da se radi o sasvim novoj tehnologiji koja pruža nove mogućnosti geodetskim stručnjacima i korisnicima njihovih proizvoda, a tu se prvenstveno misli na projektante velikih infrastrukturnih i industrijskih objekata. Sigurno je da će veliki problem biti još uvijek visoka cijena ovih LIDAR sustava, međutim prostor će zasigurno osigurati nova

zakonska regulativa, koju moramo usvojiti u procesu ulaska u Europsku Uniju. Ta će nova zakonska regulativa zahtijevati kvalitetnije i ažurnije geodetske podloge, što će sigurno otvoriti i proširiti tržište geodetskih radova. Recimo, na primjer, da se danas kao geodetske podloge za projektiranje važnih infrastrukturnih objekata koriste geodetske podloge stare i po dvadesetak godina, a poekad su to katastarski planovi iz doba Austro-Ugarske. Sve to rezultira loše izrađenim projektnim rješenjima koja kod izgradnje tih objekata uzrokuju velike vanstroškovne radove a samim time i osjetno povećanje cijene izgradnje. Dok kod investitora ne prevlada mišljenje da kvalitetno izradene geodetske podloge donose uštede puno veće od cijene izrade tih podloga, što se lako može dokazati konkretnim brojkama, prostor za upotrebu LIDAR sustava bit će još uvijek mali. No, preuzimanje europskih stečevina natjerat će nas i na preuzimanje europskog načina razmišljanja i ponašanja, a samim time će se otvoriti prostor i potreba za primjenu LIDAR sustava opisanih u ovom članku.

Literatura

- Ackermann, F. (1999): Airborne laser scanning - present status and future expectations. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54, pp. 64-67.
- Attwenger, M. und Briese, C. (2003): Vergleich digitaler Geländemodelle aus Photogrammetrie und Laserscanning. *Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, 91. Jahrgang, Heft 4/2003, pp. 271-280. VGI, Wien.
- Hollaus, M., Wagner, W. and Kraus, K. (2005): Airborne laser scanning and usefulness for hydrological models. *Advances in Geosciences*, 5, pp. 57-63.
- Jutzi, B. und Stilla, U. (2003): Laser pulse analysis for reconstruction and classification of urban objects. In: Ebner, H.; Heipke, C.; Mayer, H.; Pakzad, K. (eds) *Photogrammetric Image Analysis PIA03. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 34, Part 3/W8*, pp. 151-156.
- Katzenbeisser, R. (2003): About the Calibration of LiDAR Sensors. *Proceedings of the ISPRS working group III/3 workshop, »3-D Reconstruction from Airborne Laserscanner and InSAR Data«*, Dresden, 2003.
- Leica Geosystems (2007a): Leica ALS50-II Airborne Laser Scanner. *Product Description*. http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs_57629.htm (20.10.2007.)
- Leica Geosystems (2007b): Leica ALS Corridor Mapper. *Product Description*. http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs_69216.htm (20.10.2007.)
- Toposys (2005): *Corridor Mapping White Paper 2005*. <http://www.toposys.de/pdf-ext/Engl/WhitePaperCorridorMapping-EN-Web.pdf> (25.07.2007.)
- URL-1: <http://www.flycom.si> (20.10.2007.)