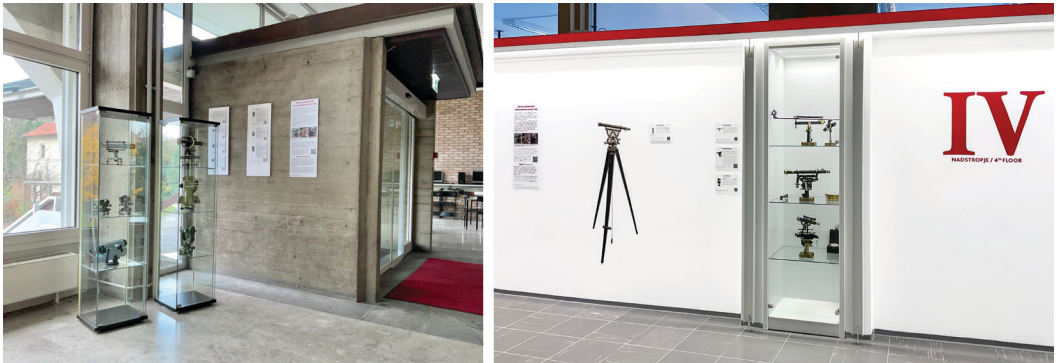


# STALNA RAZSTAVA ZBIRKE GEODETSKIH INSTRUMENTOV NA FAKULTETI ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

## PERMANENT EXHIBITION OF SURVEYING INSTRUMENTS COLLECTION AT THE FACULTY OF CIVIL AND GEODETIC ENGINEERING, UNIVERSITY OF LJUBLJANA

*Dušan Kogoj*

Najboljše stvari v življenju se zgodijo naključno. Le začutiti in prepoznati moramo. In sprejeti. In se prepustiti toku. Potem se vse uredi samo ...



Slika 1: Vabilo na razstavo – avla (levo) in razstava v IV. nadstropju (desno) (foto: doc. dr. Dejan Grigillo).

### Naključja

Stalno razstavo Zbirke geodetskih instrumentov UL FGG smo slovesno odprli 30. septembra 2021. Bil je prijeten dogodek, čutiti je bilo eno samo pozitivno energijo. Takole sem razložil:

Šest let nazaj je naša fakulteta pod Alminim vodstvom obnovila prostore v IV. nadstropju. Lične vitrine so kar vabile, da jim vdihnemo vsebino. Na videz nepomemben obisk pri Andreju na Geoservisnu začne pisati zgodovino nastajanja urejene zbirke geodetskih instrumentov UL FGG. Telefonski klic, prijateljski dogovor in Rudi 30. 9. 2016 na teodolitu s stativom ev. št. 7 Carl Eduard Kraft & Sohn 1867 pokaže svoje restavratorsko znanje. Navdušenje začrta pot. Brskanje po zaprašenih škatlah v depojih fakultete le še poveča radovednost in ustvari željo po ... narediti nekaj lepega, koristnega, vrednega. »Za uspeh

vsakega projekta so potrebni: ljudje, čas in denar.« (Friderich Hrbek BEV) Ljudje smo tu, čas bomo našli. Denar? Razumevanje dekana Matjaža, Violete in upravnega odbora je bilo navdušujoče. Hvala Urški za nesebično pomoč. Vse gre kot po maslu. Spomladi 2018 so vitrine polne. Instrumenti so restavrirani, očiščeni, popisani in urejeni za ogled.

Prav takrat je nastajala Janezova, Boštjanova in Jocova knjiga *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem* (2017). Nedim iz Sarajeva je za Geodetski vestnik in Geodetski glasnik neutrudno pripravljaj članke o geodetski merski tehniki. Dopolnjevanje vsebin predmeta Geodetski merski sistemi zahteva dodatna védenja o razvoju geodetske merske tehnike. Vse to je resno vzpodbudilo dokončno željo po postavitvi zbirke geodetskih instrumentov UL FGG na ogled, pripravljeno geodetsko strokovno in z ustrežno vsebino v obliki stalne razstave.

Magistrska naloga Dominika Mlakarja in Martina iz Tehniškega muzeja Slovenije z vpisom zbirke v evidenco Kronos razblinita še zadnje dvome. Robi ustvari virtualno zbirko, Gašper predlaga zasnovo in oblikuje opise. Matejine fotografije so krasne. Vzpodbuda in podpora Simone ter preostalih članov katedre za geodezijo dajejo dodatno energijo. Sabaha doda še zadnje podrobnosti.

Kako nam igra srce, da je to, kar vidimo, prebiramo, občudujemo, zdaj tu. Iskrena hvala vsem.

Joc mi je ob tej priložnosti v elektronskem sporočilu zapisal:

»Ob taki razstavi in instrumentih, ki so na ogled, sem izjemno ponosen, da sem slovenski geodet in da sem diplomiral in doktoriral na FGG.«

## Zbirka



Slika 2: Postavitev razstave – instrumenti v vitrinah in opisi (foto: doc. dr. D. Grigillo).

Petra Kregar je za revijo GEA zapisala:

»*Oddelek za geodezijo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) brani zbirko geodetskih instrumentov. Zbirko, ki velja za pomemben prispevek k zgodovini geodezije in ohranitvi tehniške kulturne dediščine v Sloveniji, je sestavil in sistematično uredil prof. dr. Dušan Kogoj, ki je s sodelavci zasnoval tudi sodobno virtualno zbirko na spletni strani <https://zbirka.fgg.uni-lj.si/>. Zbirko sestavljajo instrumenti, ki so se skozi čas uporabljali pri študiju geodezije na Univerzi v Ljubljani, ko so z leti zastareli in so jih nadomestili novi, pa so se nabrali v različnih depojih na fakulteti. Za posamezne, predvsem starejše geodetske instrumente zgodovina nakupa in podrobnosti uporabe niso znani. Najstarejši eksponat je star 170 let. Predmeti v zbirki izvirajo iz obdobja od sredine 19. do začetka 21. stoletja.*«



Slika 3: Postavitev razstave – instrumenti v vitrinah in opisi (foto: doc. dr. D. Grigillo).

Zbirka je bila predstavljena na nacionalni televiziji: <https://4d.rtvlo.si/arhiv/porocila/174812499>.

Iz uvodnega opisa povzemam:

Več kot polovica instrumentov v zbirki je bila obnovljena, nekateri najstarejši so popolnoma restavrirani. Obsežno in natančno delo je opravil upokojeni inženir Rudi Vidic, ki se je še med 30-letnim službovanjem v podjetju Kern v Švici ob svojem rednem delu specializiral za restavriranje starih merilnih instrumentov. Vidic je instrumente skrbno očistil, jih v dobrem letu in pol restavriral ter pripravil za razstavo. Tehniški muzej Slovenije je predmete zbirke vpisal v svoje evidence v okviru podatkovne zbirke Kronos. Tako je zbirka geodetskih instrumentov UL FGG vključena v evidenco nacionalnega muzeja, ki je matičen za zbirke s področij znanosti in tehnike v Republiki Sloveniji. Vpis zbirke ima tudi simboličen pomen, saj je bila v evidenco pri Tehniškem muzeju Slovenije vpisana prav v letu 2019, ko smo praznovali stoletnico Univerze v Ljubljani in stoletnico študija geodezije v Sloveniji.

## Muzejski predmeti

Zbirka UL FGG obsega več kot 110 muzejskih predmetov od tega je 78 merskih instrumentov ter dodatno okrog 30 manjših predmetov (kartirni pribor, enostavne merske priprave ...). Večina instrumentov

je razstavljenih v prostorih fakultete in si jih je mogoče brezplačno ogledati. Instrumenti so razdeljeni na štiri glavne vrste terestričnih geodetskih instrumentov. V zbirki je trenutno 29 teodolitov, 24 nivelirjev, 11 tahimetrov in 7 razdaljemerov. Dodano je 5 topografskih garnitur oziroma kipreglov in 2 sekstanta. Instrumenti so zbrani v skupine po proizvajalcih, 19 jih je in razvrščeni so po letih izdelave oziroma serijskih številkah.



Slika 4: Restavrirani instrumenti, popisani in sistematično shranjeni v vitrinah (foto: doc. dr. D. Grigillo).

Zbirko spremljajo opisi geodetskih instrumentov, ki so nastali v okviru magistrske naloge Dominika Mlakarja, mag. inž. geod. geoinf. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=110724&lang=slv>. Pri popisu so vsak instrument pregledali, ocenili njegovo stanje in spoznali njegovo delovanje. Opis instrumenta obsega razlago glavnih značilnosti in navedbo podrobnejših tehničnih lastnosti.

V nadaljevanju predstavljamo nekaj najzanimivejših instrumentov iz zbirke. Opise povzemamo iz virtualne zbirke (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/seznam>):

Zbirka hrani dva instrumenta proizvajalca E. Kraft & Sohn, ki je, kot zanimivost, bil glavni dobavitelj geodetskih instrumentov pri gradnji avstrijskih železnic, opremo pa so dobavljali tudi za projektiranje in gradnjo Sueškega prekopa. Najstarejši eksponat zbirke, ki se skriva pod evidenčno številko 30, je nivelir brez daljnogleda iz leta 1850 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/30>). Na sredini dolgega ravnila je nameščena nivelacijska libela z elevacijskim vijakom. Namesto daljnogleda sta nitna križa vpeta na posebna kovinska okvirja. Ob nitnem križu je tanka reža za opazovanje. Skozi režo na enem nosilcu viziramo preko niti, vpetih v drugem nosilcu. Instrument je bil leta 2016 restavriran – delno lakiran, vgrajeni sta bili novi niti (slika 5).



Slika 5: Nivelir E. Kraft & Sohn, ser. št. 143, evid. št. 30 (foto: Mateja Urbas).



Slika 6: Neuhöfer & Sohn Wien, ser. št. 8644, evid. št. 15 (foto: Mateja Urbas).

Nivelir s horizontalnim krogom z evidenčno številko 15 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/15>) proizvajalca Neuhöfer & Sohn Wien cesarsko-kraljevega dvornega mehanika, sicer najbolj znanega po izdelavi busol, je bil narejen okrog leta 1890. Njegova posebnost je mikrometer Stampfer & Starke, ki sta ga Simon Stampfer in Christoph Starke izumila leta 1836. Ta izum so začele kasneje uporabljati vse finomehantične delavnice takratne avstro-ogrske monarhije. Z zasukom elevacijskega vijaka spremenimo nagib vizurne osi. Z mikrometrom na osnovi velikosti zasuka vijaka določimo spremembo nagiba vizure. Instrument omogoča natančno optično merjenje dolžin. Konstanta enote mikrometra je 300. Podoben instrument opisuje Branko Korošec v svoji knjigi *Naš prostor in čas v projekciji* na strani 190, imenuje ga »razdaljemer«. To je nenavadno poimenovanje, saj se je instrument uporabljal predvsem kot nivelir, merjenje dolžin in detajlna izmera pa sta bila drugotnega pomena. Instrument je bil leta 2016 restavriran, očiščen in lakiran. Nivelacijski libeli smo zamenjali uničeno cev, razdelba libele ni originalna (slika 6).

Podjetje Rudolf & August Rost na Dunaju je bilo ustanovljeno leta 1888 in je delovalo do leta 2007, ko jih je prevzelo podjetje Leica Geosystems iz Švice. Rudolf se je izučil v matematično-finomehantičnih delavnicah Starke & Kammerer. Podjetje je izdelovalo vse vrste geodetskih instrumentov in opreme. Zbirka hrani tri stare teodolite tega proizvajalca in nivelir s horizontalnim krogom, ki je bil izdelan okoli leta 1900 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/8>). Za zagotavljanje horizontalne vizure skrbi obrnljiva libela, pritrjena na daljnogled, ki ga je mogoče sneti. Nitke, napete na kovinski okvir v okularju, zagotavljajo standarden Reichenbachov nitni križ. Lepo so vidni korekcijski vijaki nitnega križa. Horizontalni krog dopolnjuje instrument in ga spreminja v tahimeter, ki omogoča detajlno polarno izmero na ternih manjših nagibov. Instrument je bil leta 2016 popolnoma restavriran. Po oceni restavratorja je eden najboljših v zbirki UL FGG (slika 7).



Slika 7: R & A Rost Wien, ser. št. 3572, evid. št. 8 (foto: Mateja Urbas).



Slika 8: Pistor & Martins Berlin, ser. št. 302, evid. št. 46 (foto: Mateja Urbas).

Edini instrument proizvajalca Pistor & Martins Berlin v zbirki je odsevni krog (angl. *prismatic circle*) (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/46>). Instrument, podoben sekstantu, je bil izdelan v 50. letih 19. stoletja in je eden najstarejših v zbirki UL FGG. Omogoča izmero kota med Soncem in obzorjem, z dodatnimi podatki iz almanaha in znanim trenutkom položaja Sonca določimo geografski položaj. Pri izvajanju meritev ga držimo za lesen ročaj. Instrument je bil leta 2017 popolnoma restavriran (slika 8).

Eden zanimivejših eksponatov v zbirki je teodolit Starke & Kammerer Wien, evidenčna številka 20 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/20>). Izdelali so ga okrog leta 1900 in ga originalno poimenovali nivelir-teodolit, na daljnogled pritrjena reverzibilna nivelacijska libela namreč omogoča natančno nive-



liranje. Trije med seboj podobni modeli teodolitov, ki so jih izdelovali pri podjetju Starke & Kammerer ob prelomu stoletja, so zanimivo opisani v železniški enciklopediji (<http://www.zeno.org/Roell-1912/K/roell-1912--101-0074>). Ta model teodolita je najkompleksnejši od vseh. Od enostavnega modela se razlikuje predvsem po natančnosti čitanja razdelbe horizontalnega kroga. S skalnimi mikroskopi je mogoče ceniti tretjino intervala nonija, ločljivost so tako povečali za trikrat. Instrument je bil leta 2016 v celoti restavriran in je res lepo ohranjen (slika 9). Podrobnejši opis prav tega instrumenta najdete na [http://www.geodetski-vestnik.com/62/1/gv62-1\\_napoved3.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/62/1/gv62-1_napoved3.pdf).

Leta 1851 je mehanik Otto Fennel ustanovil svoje podjetje. Pred tem je znanje pridobival v takrat zelo znani delavnici Breihaupt & Sohn v Kasslu. Podjetje se je razvilo v eno prepoznavnejših v svetu. Geodetske instrumente so izdelovali do leta 1968, danes pa tradicijo njihovih izdelkov nadaljuje nemško podjetje geoFENNEL. Znani so bili tudi po izdelavi prvih avtoredukcijskih tahimetrov, ki so delovali po principu (tehnologije) Hammer-Fennel.



Slika 9: Starke & Kammerer Wien, ser. št. 10111, evid. št. 20 (foto: Mateja Urbas).



Slika 10: Tahimeter Otto Fennel & Söhne Kassel, ser. št. 16401, evid. št. 18 (foto: Mateja Urbas).

Pod evidenčno številko 18 zbirka hrani enega prvih avtoredukcijskih tahimetrov na svetu podjetja Otto Fennel & Söhne Kassel (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/18>). Izdelali so ga ob koncu 19. stoletja, že na pogled je nekaj posebnega in je eden najvrednejših v zbirki UL FGG. Nima vertikalnega kroga, saj deluje na drugačen način kot klasični trinitni tahimetri. Tehnologija avtoredukcijskega merjenja dolžin in višinskih razlik Hammer-Fennel je bila prav za tak instrument prvič opisana 29. marca 1902 v švicarskem glasilu gradbene stroke *Sweizerische Bauzeitung* (<http://doi.org/10.5169/seals-23341>). Namesto nitnega križa polovico zornega polja prekriva diagram z osnovno in distančno nitjo ter višinskimi nitmi. Oddaljenost distančne in višinske niti od osnovne niti se spreminja z višinskim kotom opazovanja (nagibom vizurne osi). Sprememba je usklajena tako, da je mogoče na podlagi odčitkov na tahimetrični lati neposredno/takoj izračunati horizontalno dolžino in višinsko razliko. Instrument je bil leta 2016 popolnoma restavriran (slika 10).

Pod evidenčno številko 11 zbirka hrani precizni teodolit Ertel & Sohn München (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/11>). Edini instrument tega proizvajalca v zbirki je eden izmed najbolj izpopolnjenih teodolitov svojega časa. Izdelan je bil v začetku dvajsetega stoletja. Izstopa po svoji kompleksnosti

in natančnosti merjenja horizontalnih smeri. Horizontalni krog premera kar 18 centimetrov ter čitanje razdelbe na dveh diametralnih mestih z vijajnim mikroskopom (nem. *Schraubenmikroskop*) z mikrometrskim vijakom zagotavljata neverjetno ločljivost mehanskega načina določanja odčitka  $1''$ . Teodolit se je uporabljal še v 60. letih za merjenje v trigonometričnih mrežah nižjih redov. Leta 2016 je bil popolnoma restavriran in lakiran, izdelana sta bila nov okvir za zaslonko in novo zrcalo jahalne libele (slika 11)

Številčno najbolje zastopano v zbirki geodetskih instrumentov UL FGG je podjetje Carl Zeiss Jena. Zbirka hrani kar 23 eksponatov, v depojih fakultete pa čaka na uvrstitev na seznam še kar nekaj Zeissovih instrumentov. Podjetje VEB Carl Zeiss Jena ima dolgo in bogato zgodovino. Ustanovljeno je bilo leta 1846 in je ob različnih preoblikovanjih obstajalo do leta 2001, ko je postalo del koncerna Trimble. Zeissov geodetski instrumenti so bili kakovostni, predvsem pa veliko cenejši kot instrumenti, proizvedeni na Zahodu, zato je fakulteta po 2. svetovni vojni večinoma kupovala instrumente prav tega proizvajalca. Nekateri so še vedno v uporabi za pedagoško delo.



Slika 11: Teodolit Ertel & Sohn München, ser. št. 32156, evid. št. 11 (foto: Mateja Urbas).



Slika 12: Carl Zeiss Jena, BRT 006, ser. št. 404806, evid. št. 52 (foto: Mateja Urbas).

Sledi opis predstavnika res posebnih tahimetrov, ki so se izdelovali v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja. Avtoredukcijski tahimeter z bazo so izdelali leta 1960 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/52>). Izhaja iz obdobja, ko so mrzlično iskali način, kako izboljšati natančnost optičnega merjenja dolžin. Instrument omogoča merjenje horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in dolžin. Dolžino določimo na osnovi pravokotnega paralaktičnega trikotnika s stalnim paralaktičnim kotom in spremenljivo bazo na stojšču. Prizmo, ki zagotavlja stalni kot, po kovinskem vodilu premikamo z razdelbo. V okularju opazujemo dvojno sliko ciljne točke. Prizmo premikamo tako dolgo, dokler sliki ne sovpadata – koincidirata. Na razdelbi odčitamo položaj prizme, ki s pretvorbo v ustrezno enoto neposredno pomeni horizontalno dolžino do merjene točke. Instrument je v stanju, kot je bil ob prenehanju uporabe, in je skoraj kot nov (slika 12).

Podjetje Kern, ustanovljeno leta 1819, velja za najstarejše podjetje švicarske optično-finomehانيčne industrije. Med geodeti je znano po vrhunskih merskih instrumentih in številnih inovativnih rešitvah. Obstajalo je do leta 1991, ko ga je prevzela Leica.

Pod evidenčno številko 87 je evidentiran precizni razdaljemer Kern ME 5000 iz leta 1988 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/87>). Legendarni precizni razdaljemer so v podjetju Kern izdelovali do leta 1990. Zaradi visoke cene je njegova proizvodnja trajala le desetletje. Razdaljemer predstavlja referenco pri natančnosti geodetskih elektronskih razdaljemerov. Na območju takratne Jugoslavije je bil to edini primerek, instrumenta si niso privoščile niti visokošolske ustanove v bogatejših zahodnih državah. Cena instrumenta brez dodatne opreme je bila ob nakupu približno 120.000 CHF (leta 2021 je to 153.000 EUR). Instrument je geodetom na Oddelku za geodezijo omogočal številne mednarodne povezave. Z njim so merili komparatorске baze in precizne mreže tudi na Hrvaškem, v Italiji in Avstriji, skupne izkušnje pa so si redno izmenjevali s kolegi s Tehniške univerze v Münchnu. Instrument je v stanju, kot je bil ob prenehanju uporabe, in je še popolnoma funkcionalen (slika 13).



Slika 13: Precizni razdaljemer Kern, Mekometer ME 5000, ser. št. 357043, evid. št. 87 (foto: Mateja Urbas).

Eno najbolj znanjih podjetij, zastopanih v zbirki, je Wild Heerbrugg, kasneje Leica Geosystems. Leta 1921 ga je ustanovil Heinrich Wild, ki je za svoje znanstvene dosežke na področju razvoja geodetske merske tehnike leta 1930 prejel častni doktorat. Leta 1988 se mu je pridružilo podjetje Kern, leta 1990 pa še Leica – takrat se je tudi preimenovalo v Leica Geosystems. Wildovi instrumenti so znani po vrhunski izdelavi, odpornosti proti poškodbam in visoki natančnosti. V zbirki je evidentiranih in opisanih 12 instrumentov tega proizvajalca.

Wildov sekundni teodolit T2 je verjetno najbolj legendaren model optičnih teodolitov vseh časov. Prav ta model je pokazal smer razvoja geodetskih instrumentov vse do najsodobnejših. V različnih izvedbah (T2, NT2, T21, T210, T2L, T2 MIL, T2 mod.) so ga proizvajali kar 70 let, od 1926. do 1996.). Zaradi majhnih dimenzij, robustne konstrukcije in velike natančnosti se je uporabljal za tako rekoč vsa geodetska dela. Številne generacije študentov geodezije na UL FGG iz druge polovice prejšnjega stoletja so si ga za vedno zapomnile kot legendo. Instrument ima konstrukcijo sodobnih teodolitov, ki jo je Heinrich Wild patentiral leta 1921 z modelom Zeiss Th1 in jo kasneje dokončno



uveljavil prav z modelom Wild T2. Sestavljajo jo cilindrična os vpetja v snemljivo podnožje, krogelni ležaji, stekleni krogi in čitanje z mikroskopom na enem mestu. Instrument s serijsko številko 35362 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/23>) je bil izdelan leta 1954, leta 2016 je bil očiščen in delno lakiran (slika 14).



Slika 14: Wild, NT2, ser. št. 35362, evid. št. 23 (foto: Mateja Urbas).



Slika 15: Digitalni nivelir Wild, NA 3000, ser. št. 91725, evid. št. 64 (foto: Mateja Urbas).

Pod evidenčno številko 64 se skriva digitalni nivelir Leica Wild NA 3000 (<https://zbirka.fgg.uni-lj.si/instrument/64>). Digitalni nivelir, izdelan leta 1992, je naslednik legendarnega prvega digitalnega nivelirja Wild NA 2000, ki ga je švicarski proizvajalec predstavil leta 1990. Ta je bil mejnik v razvoju geodetske merske tehnologije, saj je eden tistih instrumentov, ki so označevali začetek obdobja multisenzorike v geodetski merski tehniki. H. Ingensand je z uporabo digitalne tehnologije obdelave slik prvi rešil težavo popolne avtomatizacije postopka niveliranja – določitve odčitka na lati.

Instrument je v stanju, kot je bil ob prenehanju uporabe.

Če boste slučajno ali načrtno obiskali Ljubljano, vas kolegi z Oddelka za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani vljudno vabijo, da si razstavo ogledate v živo. Priskrbijo tudi strokovno vodenje.

---

*izr. prof. dr. Dušan Kogoj*  
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana  
 e-naslov: [dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si](mailto:dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si)