

MERJENJE VERTIKALNIH PREMICOV STALNIH TOČK NA POTRESNEM PODROČJU LJUBLJANE

Florijan VODOPIVEC — Ljubljana

Nagel gospodarski razvoj nas sili, da gradimo hitro in poceni na zemljiščih, ki so nam trenutno na razpolago. Šele ko nenadna katastrofa — potres, plaz, udor — poseže s svojo uničujočo silo po naših dobrinah, se spomnimo, da smo gradili prav za prav brez kakršnekoli predhodne raziskave zemljišča. Da bi se izognili nenadnim katastrofam, razvite države, zlasti one na potresnih področjih, stalno raziskujejo geotektonske premike vzdolž tektonskih prelomnic, ki so običajno središča potresov. Določitev vidnih prelomnic je enostavno. S sodobnimi geofizikalnimi meritvami lahko hitro in dokaj točno določimo tudi podzemne prelomnice. Vendar iz geodetskih meritvami lahko zasledujemo tako vertikalne, kot tudi horizontalne premike vzdolž le-teh. Te meritve nam dajo podatke o event. aktivnosti določene prelomnice, to se pravi, da pri aktivni prelomnici tudi lahko pričakujemo premik, ki bo lahko za to področje katastrofalen.

Vertikalne premike lahko zelo natančno in relativno poceni zasledujemo z nivelmanskimi vlaki preko potresnega področja. Če ta merjenja vršimo v rednih časovnih presledkih, dobimo podatke o gibanju tal merjenega področja. S kompenzacijskimi nivelirji in invar latami lahko dosežemo srednji km pogrešak pod 1 mm. S tako visoko natančnostjo lahko že v nekaj letih zasledimo event. premike.

Tudi Ljubljana s svojo širšo okolico leži na potresnem področju. Zato je bilo nujno, da smo pričeli s tovrstnimi meritvami. Epicenter večine potresov tega področja leži v bližini Litije, tj. ob litijskem narivu. Ker bi tu morali začeti z ničelno — fundamentalno serijo in bi bili podatki znani šele čez nekaj let, smo se raje odločili za meritve področja Ljubljane, kjer imamo že stare podatke še izpred leta 1896, ko je Austro-Ogrska navezala svojo višinsko mrežo na nivo Jadranskega morja.

Naslednja sistematična izmera mesta datira iz let 1940—41 in zajema celotno takratno mestno področje. Mestni nivelman je bil izvršen v zankah za celotno območje. Ta nivelman je bil že izmerjen s sodobnimi instrumenti, ni pa bil dokončan zaradi medvojne blokade in se je celotna mreža izravnala, kljub nesoglasjem v nekaterih zankah, ki močno kvarijo natančnost te izmere. Prva res sistematična višinska izmera je bila izvršena v letih 1962—63. Ta izmera je

To nalogo so sofinancirali izobraževalna skupnost SR Slovenije. Skupščina mesta Ljubljane — Geodetska uprava i sklad Borisa Kidriča.

Adresa avtorja: Florijan Vodopivec dipl. ing. AGG Fakulteta Ljubljana Jamova 2.

zajela že ves desni breg Save od Vižmarij do Zaloga, na jugu do obronkov Ljubljanske kotline, s tem, da se je izmera izognila Ljubljanskemu barju. Pri tej izmeri so se uporabili že sodobni nivelirji z avtomatskim horizontiranjem. Celotna mreža je bila skupno izravnana in ima srednji km pogrešak več kot odličen. Edina slaba stran te izmere je dolgo obdobje meritev od 1. 1962 do 1965, kar gotovo ni v prid natančnosti izmere.

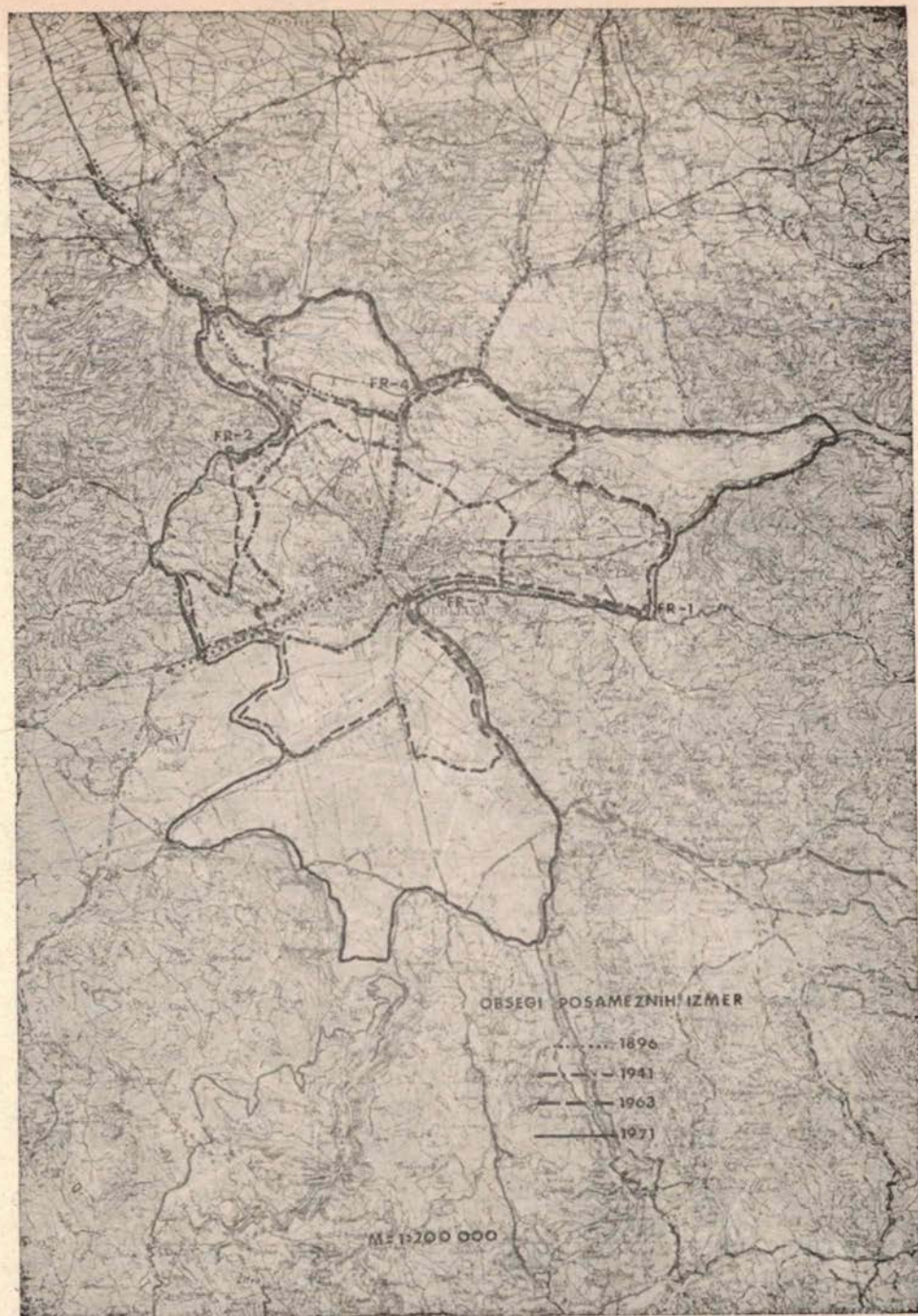
Zadnje meritve 1. 1971 lahko smatramo za res sistematično izmero celotnega področja Ljubljane, z vsemi primestnim inaselji. Tudi tu so bili uporabljeni naj sodobnejši kompenzacijski nivelirji in komparirane invar late z dvojno razdelbo. Največja prednost te izmere pa je gotovo v zelo kratkem času izdelave, saj je bilo izmerjeno cca 560 km preciznega nivelmana v skupno 47 zankah in 5 slepih nivelmanskih vlakih v komaj 5 mesecih, kar jamči za monolitnost izmere tudi na sicer najnestabilnejšem področju Ljubljanskega barja. Ta meritev nam bo služila za primerjavo z vsemi dosedanjimi, obenem pa je solidna osnova za nadalje meritve. Končno je bil spomladi 1. 1972 izmerjen še profil po južni strani Ljubljanskega barja. Ta profil je merjen predvsem z akontrolo premikov vzdolž znanih prelomnic — želimeljske in iške. Ta izmera je izvršena s povečano natančnostjo.

AVSTRO-OGRSKI NIVELMAN — L. 1873 je Vojnogeografski inštitut na Dunaju pričel s sistematično višinsko izmero takratnega avstro-ogrškega ozemlja, ki je bila končana v teku 25. let. L. 1899 je izšlo poročilo o preciznem nivelmanu Avstro-Ogrske monarhije za jugovzhodni del, ki je zajemal tudi naše ozemlje (slika 1). Temu poročilu, kateremu so priložene tudi pregledne karte, je dodan opis in obseg izmere, navezava na izhodiščni normalni reper ter način razvijanja in izravnjanja celotne mreže.

Celotno ozemlje je bilo pokrito z mrežo nivelmanskih znak. Kasneje se je ta mreža I. reda skupaj izravnala po metodi najmanjših kvadrantov. Za nas so zanimivi vlaki I. reda, ki so se stikali v vozlišču na Ježici pri Ljubljani. Vsi reperji I. reda so stabilizirani s trajnimi znaki (slika 2) za razliko od reperjev II. reda, ki so tudi vključeni v vlake preciznega nivelmana I. reda. Povprečna medsebojna razdalja reperjev I. reda je 5,8 km. Za reperje II. reda so večinoma privzeta kamnita znamenja, npr. kilometrski kamni, veliki mejniki itd. Povprečna medsebojna razdalja med reperji II. reda je bila 1,6 km.

Vsa mreža je navezana na osnovni reper, ki se nahaja v Trstu v zgradbi na pomolu Sartorio. Na zidu sobe je pritrjena plošča s horizontalno črto. Privzeto je, da se ta nahaja 3, 3520 m nad srednjim nivojem Jdaranskega morja, na podlagi merjenja srednje gladine Jadranskega morja v Tržaškem zalivu.

Zaradi uničenih reperjev smo izgubili dragocene višinske podatke, zato b morali preostale reperje skrbno čuvati in jim posvetiti več zaščite. Dosežena natančnost je relativno majhna za današnji instrumentarij in zelo velika z instrumentarij izpred 80 let. Danes dosežemo srednji km pogrešek pod 1 mm in je torej za 4—6 puta večja natančnost.



Sl. 1

MESTNA NIVELMANSKA MREŽA IZ L. 1940—41. — Leta 1935 so se mestni občini Ljubljana pripojile primestne občine: Vič, Zg. Šiška in Moste. Zaradi vse intenzivnejše gradnje, zlasti v pripojenih občinah, je spomladi l. 1940 Mestni tehnični oddelek ljubljanskega magistrata izdal odlok o novi nivelmanski izmeri, ki naj zaradi enotne natančnosti zajame celotno mestno območje. Iste ga leta se je pričelo z izmero in končalo l. 1941.

Celotno mestno področje je bilo pokrito z meržo reperjev I. in II. reda. Mreža reperjev I. reda je bila medsebojno povezana v 7 zankah (slika 1). V teh 7 zankah je bilo zajetih 17 poligonov, v skupini dolžini 60,6 km, ki so se stikali v 11 vozliščih. Povprečna dolžina ene zanke je znašala 12,2 km, a povprečna dolžina 1 poligona 3,6 km. Vsak poligon I. reda je imel 2—5 reperjev na povprečni medsebojni razdalji 0,9 km. Celotna mreža I. reda je imela 70 reperjev. Poleg teh 7 zank je mreža I. reda vsebovala še 4 slepe nivelmanske vlake za navezavo na stare avstro-ogrske reperje I. reda.

V mrežo I. reda so vključeni 4 reperji preciznega nivelmana I. reda stare avstro-ogrske mreže. To so reperji z luknjico. Vse ostale višinske točke so stabilizirane povečini na novo z železnimi reperji v obliki valja, s premerom 4—6 cm (slika 2).

Ves nivelman je bil izvršen s klasičnimi preciznim nivelirjem Zeiss Ni IIIb s 31-kratno povečavo in cevno libelo občutljivosti 20"/2 mm, ki se je vrhunila s pomočjo koincidence obeh krajev mehurja. Nivelirju je dodana natakljiva planparalelna plošča za točnejše čitanje na lati. Pri delu je bila uporabljena žal le ena 3 m toga invar Zeissova lata z dvojno razdelbo. Vse višinske razlike v mreži I. reda so bile nivelirane iz sredine in to obojestransko — tja in nazaj. Maksimalna razlika dolžin vizur pri posameznem stojišču je značala 2 m. Povprečna dolžina vizur je bila preko 50 m, maksimalna pa celo 80 m. Sorazmerno zelo velika je bila dopustna razlika med čitanj na obe razdelbi pri isti lati, saj je znašala do 15 enot bobniča mikrometra, tj. 0,75 mm. Pred začetkom merjenj je bila invar lata komparirana z uporabo dveh normalnih metrov. To kompariranje je bilo izvršeno samo za cele metre, pod predpostavko, da je vmesna razdelba late enakomerna. Ugotovljeno je bilo da je lata za vsak tekoči metar 0,03 mm predolga. Ta popravek pa se pri obdelavi ni upošteval, verjetno zaradi relativno majhnih višinskih razlik in pa zaradi zelo majhne dosežene natančnosti izmere.

Po zaključenem terenskem delu se je najprej formiral nivelmanski obrazec št. 2. Tako je se je računala razlika med meritvami v obeh smereh ter se primerjala z dopustnimi nesoglasjem po enačbi

$$Q_{\text{dop}} = 15\sqrt{D}$$

Te razlike le redko presegajo 50% po tej enačbi izračunanih dopustnih razlik. Prav tako se je kontroliralo nesoglasje pri zapiranju zank in to po enačbi

$$Q_{\text{dop}} = 7\sqrt{D}$$

Tudi tu so nesoglasja globoko pod dopustnimi, razen v zankah V in VI, ki so komaj pod dopustnimi, v zanki III pa je nesoglasje celo večje 28,8 mm, dopustno pa le 24,8 mm. Ta zanka, odnosno posamezni deli te zanke, bi se morali ponovno nivelirati, vendar zaradi medvojne blokade to ni bilo možno in pristopilo se je k izravnavi mreže take kot je. Po tej kontroli so se v nivelmanskem obrazcu št. 5 izravnale merjene višinske razlike po metodi najmanjših kvadratov.

Prvotna zamisel navezave mreže I. reda na 4 dane reperje preciznega nivelmana vojno geografskega inštituta na Dunaju, se ni mogla izvršiti, ker so se pri navezavi pokazale prevelike razlike med izračunanimi in merjenimi višinskimi razlikami danih reperjev. Iz spodnje tabele so razvidna nesoglasja v nadmorskih višinah med danimi višinami in višinami, izračunanimi iz merjenih višinskih razlik z izhodiščem na reperju HM 282 v kurilnici na ljubljanskem kolodvoru.

Štev. reper.	H'	ort.	H=H+pop.	H	H	Opomba.
stara nova	1896	pop.	1896	1941		Kleče
HM 217 948	309,9364	+ 1,1	309,9375	310,0133	+ 75,8	Dolgi most
HM 290 552	298,9962	- 0,6	298,9956	298,9318	- 63,8	Črnuče
HM 476 240	299,4053	+ 1,2	299,4065	299,4302	+ 23,7	kurilnica
HM 282 88	300,0597	-	300,0597	300,0597	-	privz. višina

Ker sto ta odstopanja prevelika je bila celotna mreža navezana samo na reper R 88 = HM 282. Z niveliranjem od tega reperja do najbližnjega vozliščnega reperja mreže I. reda, tj. reper št. 209, je bila določena višina tega reperja, od tu dalje pa ostala mreža.

Ocena natančnosti.

Se pred izravnavo lahko ocenimo natančnost meritev na podlagi dvojnih merjenj tja in nazaj. Iz razlik lahko računamo srednji km pogrešek po enačbi

$$m = \pm \sqrt{\frac{[pdd]}{2n}}$$

d = odstopanje med merjenji

p = 1/S v km,

n = število meritev.

Po tej enačbi dobimo srednji km pogrešek enojnega niveliranja, v našem slučaju je

$$m = \pm 4,0 \text{ mm na km}$$

Za srednji pogrešek dvojnega nivelmana moramo to vrednost še deliti s korenem iz dve in dobimo

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{2}} = \pm 2,8 \text{ mm/km}$$

Srednji km pogrešek lahko računamo tudi iz nesoglasja pri zapiranju zank in to po enačbi

$$M = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \sum \frac{ff}{S}}$$

f = odstopanje v posamezni zanki,

S = dolžina zanke v km,

N = število zank.

Po izračunu dobimo sledeče vrednost

$$M = \pm 4,72 \text{ mm/km}$$

Po izravnavi pa lahko iz popravkov posameznih višinskih razlik računamo srednji km pogrešek po enačbi

$$M = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{t}}$$

v = popravek višinske razlike,

p = 1/S v km,

t = število pogojnih enačb.

Iz zadnjega oddelka nivelmanskega obrazca št. 5 dobimo vrednost

$$M = \pm 4,86 \text{ mm/km}$$

Srednji km pogrešek, računani po izravnavi in srednji km pogrešek računani iz nesoglasij pri zapiranju zank, se dobro ujemata in znašata pribl. 4,8 mm/km. Srednji pogrešek, računani iz razlik niveliranja tja in nazaj, je precej manjši, kar kaže na grobo napako v zanki, ki celotno mrežo pokvari. Zato moramo privzeti kot srednjo napako celotne mreže vrednost 4,8 mm/km. Ta srednji pogrešek je mnogo večji od vseh kasnejših meritev. Pri določanju vertikalnih premikov, bi lahko upoštevali le premike, ki bi bili večji od te vrednosti.

MESTNA NIVELMANSKA MREŽA IZ L. 1962—63. — Po drugi svetovni vojni je naglo naraščajoča gradnja kmalu preseгла območje stare nivelmanske mreže. Pokazala se je potreba po obnovitvi stare, deloma že uničene mreže in pa razširitev na primestna območja, ki so bila priključena Ljubljani.

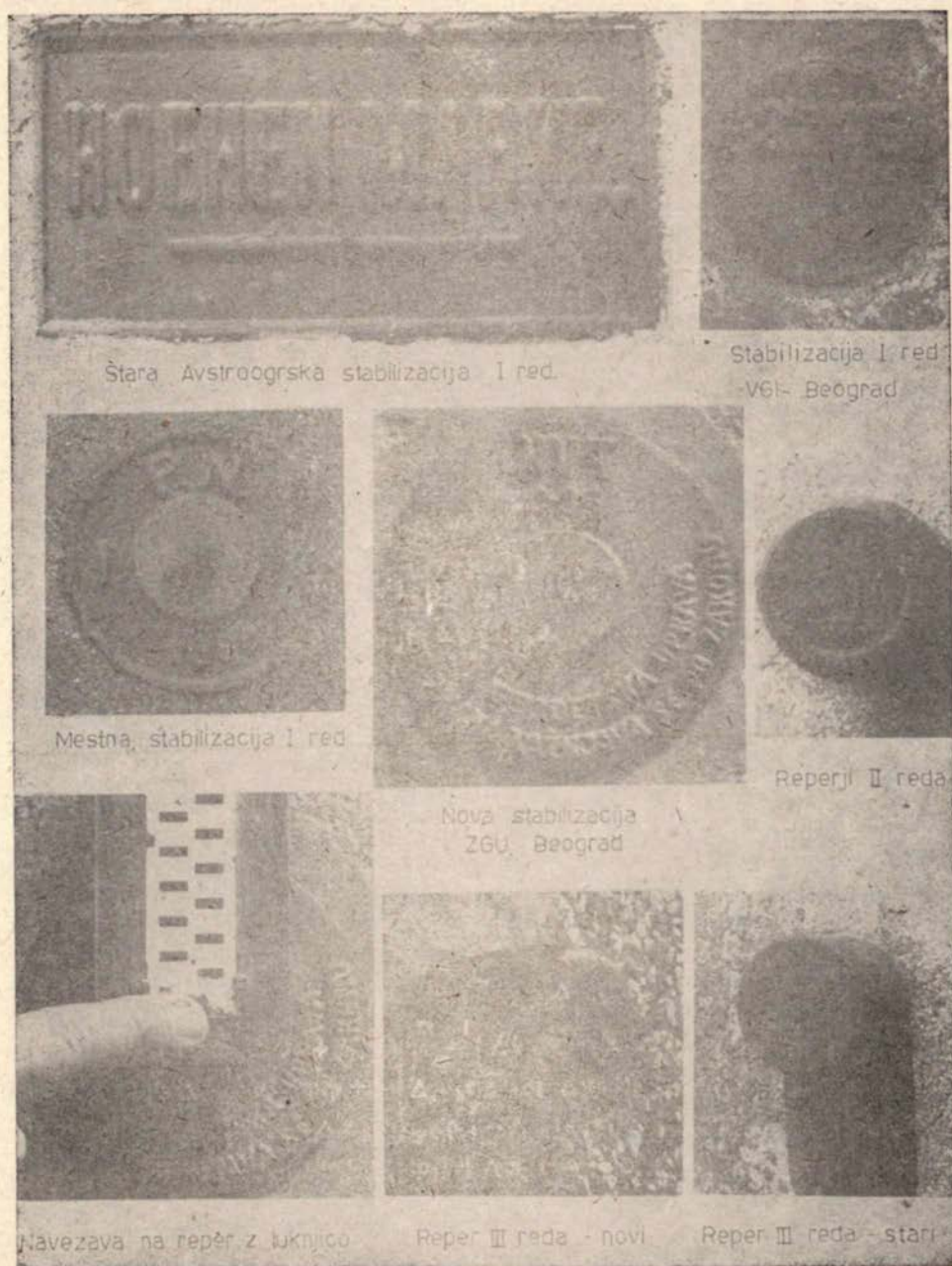
L. 1962 se je pristopilo k izmeri mreže, ki naj bi zajela celotno takratno mestno področje n to na naj sodobnejši način, ki so ga nudili sodobni instrumenti. Nova mreža je zajela takozvano trdinsko področje mesta Ljubljane (slika 1). Mreža je bila projektirana v 38 zaključeni h zankah. Vseh 38 zank meri skupno 266 km, tako je povprečna dolžina zanke pribl. 7 km. Teh 38 zank je sestavljeno iz 101 nivelmanskega vlaka v skupini dolžini 161 km in povprečno dolžino 1,6 km. Ti nivelmanski vlaki so med seboj združeni v 67 vozliščih.

V celotni mreži prvega reda je bilo vključenih 493 reperjev. Ti se delijo po obliki na reperje I. reda (sl. 2), to so litoželezni reperji, ki imajo glavo v obliki krožne plošče premera 105 mm. V sredini glave je luknjica s premerom 4 mm. Višinska točka reperja je sredina luknjice. Ti reperji so vzdani v večje stabilne zgradbe, pribl. v višini 1,40 m. S temi reperji so stabilizirana vsa vozlišča v mreži in po potrebi, če je vlak daljši tudi med posameznimi vozlišči.

Tem pa je pridano nekaj reperjev stare avstro-ogrske izmere in izmere Vojnogografskega inštituta iz Beograda, ki so prav tako z luknjico, vendar imajo drugačno obliko glave (sl. 2). Ti reperji tvorijo okvir mreže, ki je že zgoščen z reperji II. reda. Tudi ti reperji so litoželezni z vlito številko. Višinsko točko teh reperjev predstavlja najvišja točka krogelno oblikovane glave reperja (slika 2).

Ti dve vrsti reperjev sta bili v celotni vzdani na novo. Med te reperje so bili vključeni reperji III. reda. To so navadni litoželezni čepi brez označbe (slika 2). Ti reperji so bili delno na novo stabilizirani, delno pa so bili privzeti reperji stare mreže. Višinska točka pri teh reperjih je najvišja točka glave reperja.

V letu 1962 je bila izvršena stabilizacija mreže in delno izmera z Zeissovimi nivelirjem Ni 004 in invar latami. Nivelir ima 44 kratno povečavo in cevno li-belo z občutljivostjo $10''/2$ mm. Vrhuni se s pomočjo koincidiranja obeh kra-jev mehurja. Slika koincidiranja pa se vidi v zornem polju okularja.



Sl. 2

Nivelir je opremljen s planparalelno ploščo, ki služi za naravnavanje horizontalne niti na razdelbo črtico late. Na ta način lahko čitamo na lati s točnostjo 0,1 mm. Ves nivelir je dobro toplotno izoliran pred naglimi temperaturnimi spremembami.

To je izredno precizen nivelir največje natančnosti, žal pa je klasičen s cevno libelo. Kmalu se je pokazalo, da je zaradi večje teže in časovno daljšega uravnavanja zelo občutljive libele, kaj malo primeren za izmero mestnih področij z vsem svojim prometom. Zato se je l. 1963 izmero nadaljevalo z kompenzacijskimi nivelirjem Zeiss KONI 007. Ta nivelir ima nekoliko manjšo povečavo — samo 32 krat.

Točnost avtomatskega horizontiranja vizure je $\pm 0,15''$, po tovarniških navodih. To nam da pri maksimalni razdalji 40 m napako $\pm 0,03$ mm, kar je zanemarljivo majhno. Pravo tako ima ta nivelir planparalelno stekleno ploščo, s katero lahko odčitamo na lati s točnostjo 0,1 mm. KONI 007 je mnogo lažji, le 3,9 kg (ni 004—6,1 kg), zato vibracije zaradi prometa ne vplivajo toliko na posedanje instrumenta, kot pri Ni 004.

Tudi samo čitanje se vrši mnogo hitreje, saj instrument samo grobo horizontiramo, dokončno pa se vizura horizontira avtomatsko, skoraj momentalno v manj kot eni sekundi. Še eno prednost ima nivelir KONI 007 pred Ni 004. Zaradi svoje periskopske oblike ima objektiv za pribl. 14 cm višje, kar mu omogoča, da vidi operater vsaj preko povprečno visokih prešcev, ki bi ga sicer ovirali pri merjenju z navadnim nivelirjem.

Ta instrument se je pokazal kot izredno prikladen, hiter in natančen tako, da si danes mestne izmere ne moremo zamisliti s klasičnim nivelirjem. Pred pričetkom del so bili instrumenti rektificirani tako, da je postala neparalelnost osi daljnogleda in tangente na libelo — odnosno kompenzatorja zanemarljivo majhna.

Ves nivelman je bil izmerjen tako, da se je vedno niveliralo iz sredine. Nedenakost vizur je bila vedno pod 0,5 m. Tekom del se je rektifikacija večkrat ponovila, kot tudi kontrola doz nih libel na letah, tako da so se te postavljale vedno res vertikalno.

Maksimalne dolžine vizur so bile 40 m, kot predpisuje pravilnik za mesnto nivelmansko mrežo I. reda. Ko pa se je pričelo delo z nivelirjem KONI 007, se je izkazala kot najugodnejša dolžina vizure, za res dobro in hitro čitanje, le dolžina med 33 in 35 m. Navezava na reperje z luknjico se je vršila ali s postavljanjem instrumenta na višino reperja in čitanjem na mikrometru, ali pa s pomočjo posebnega merilca.

To merilce je bilo sestavljeno iz kosa invar traku, pričvrščenega na medeniasto ploščo z vgrajenim stožčastim nastavkom za namestitev v luknjico (slika 2).

Merjeni podatki so se takoj uvajali v nivelmanski obrazec števil. 2, kjer so se tvorile aritmetične sredine in kontrolirala nesoglasja med merjenji tja in nazaj. Vsa ta nesoglasja so morala biti v mejah, ki je podana z enačbo

$$q = 2,8 \sqrt{D} + (1,1 - D) \quad \text{za } D = \text{manjši od } 1 \text{ km}$$

$$q = 2,8 \sqrt{D} \quad \text{za } D = \text{večji od } 1 \text{ km}$$

in jo predpisuje pravilnik za mestno izmero IIa. Tu so se prav tako kontrolirala nesoglasja pri zapiranju posameznih zaključenih zank in to po enačbi

$$q = 2\sqrt{F}$$

pri tem sta D in F izražena v km. Tako je bila že pred izravnavo celotna mreža kontrolirana. Nesoglasja pri zapiranju zank so večji del globoko pod dopustnimi nesoglasji. Večje odstopanje, pa vendar v dopustnih mejah, je le v zanki čez naselje Brdo pri Ljubljani, ki ima večjo višinsko razliko in je bila po svojem reliefu uvrščena v drugo kategorijo. Žal to ne bi bilo upoštevano pri izravnavi in je ta zanka izravnavana z isto natančnostjo kot ostale.

Celotna mreža je vezana na reper NVT MXXV, ki je vzdian v zgradbi železniške postaje v Ljubljani z nadmorsko višino 299,6844 m. Za mnenje o izvedbi priključka nivelmana je bila zaprosena Zvezna geodetska uprava, ki je priporočila navezavo na omenjeni reper, ker ni razpolagala z drugimi novimi podatki. Torej je celotna mreža navezana le na en reper. Mreža je bila izravnavana kot celota s pomočjo elektronskega računalnika, saj je bilo potrebno pri tem razrešiti kar 38 normalnih enačb.

Ta mestna mreža je bila uvrščena v prvi red in prvo kategorijo, torej v najtočnejši razred. Za ta razred se zahteva srednji km pogrešek pod 1 mm/km. Pri tej izmeri je dobljeni srednji km pogrešek daleko pod dopustnim, kar kaže na upravičenost uporabe niveliranja KONI 007. Iz nesoglasij pri zapiranju zaključnih zank in iz popravkov, dobljenih po izravnavi, lahko izračunamo enačbah, ki jih predpisuje pravilnik za mestno izmero IIa sledeče vrednosti: 1 — za 38 zaključnih zank v mreži I. reda je dosežena sledeča točnost:

$$M = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \sum \frac{ff}{S}} = \pm 0,84 \text{ mm/km.}$$

2 — po izravnavi pa dobimo iz popravkov po sledeči enačbi vrednosti:

$$M = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{t}} = \pm 0,75 \text{ mm/km,}$$

Če prikazane vrednosti primerjamo s predpisano maksimalno napako vidimo, da je bilo delo dobro opravljeno.

Fundamentalni reperji — Da bi se izognili nevšečnostim pri navezavi ponovne izmere mestne mreže, so bili za celotno mestno področje postavljeni 4 fundamentalni reperji. Ti reperji naj bi bili osnova za kontrolo posedanja in izhodišče za naslednje meritve. V Črnučah je bil postavljen tzv. republiški fundamentalni reper.

Ostali 3 reperji pa so postavljeni v Dolnicah, ob Hradeckega cesti in v Sostrem. Ti reperji so bili navezani na mestno mrežo l. 1964. Ista navezava je bila ponovljena l. 1965. Pri reperjih 1, 3 in 4 ni bilo opaziti večjih sprememb, le pri reperju v Dolnicah je večja razlika med merjenji l. 1964 in 1965, ki pa verjetno ni posledica posedanja ampak napaka navezave l. 1964.

Tabela meritev izgleda sledeče:

	1964	1965	razlika	opomba
FR 1	283,4976	283,4972	+0,4	Sostro
FR 2	319,6068	319,6044	+2,4	Dolnice
FR 3	302,7751	302,7751	—	Hradeckega c.
FR 4	296,2077	296,2075	+0,2	Črnuče

MESTNA NIVELMANSKA MREŽA IZ L. 1971. — Hudi potresi v zadnjem času (Skopje, Banja Luka) in pa uspehi, predsvem ameriških, japonskih in sovjetskih geodetov, pri merjenju vertikalnih in horizontalnih premikov, so nas navedli, naj bi tudi pri nas pričeli z geodetskimi meritvami slediti geotektonskim premikom na ljubljanskem področju. Pokazala se je potreba po ureditvi vseh dosedanjih meritev in event. novi izmeri obstoječe mestne nivelmanske mreže.

Za prethodne raziskave je sredstva prispevala Izobreževalna skupnost Slovenije. S temi sredstvi bi lahko zbrali podatke o vseh dosedanjih meritvah in jih analizirali tako v merskem smislu (ocena natančnosti), kot tudi izračun event. premikov. Žal pa so bila vsa dosedanja merjenja manjšega obsega in več ali manj netočna, razen zadnje izmere iz l. 1963.

Na pomoč je priskočila Geodetska uprava mesta Ljubljane pri Skupščini mesta Ljubljane in sofinansirala kontrolno izmero obstoječe mestne nivelmanske mreže I. reda. Seveda se je smatralo, da ostane mreža iz l. 1963 s svojimi 4 fundamentalnimi reperji osnova za novo izmero.

Toda zopet ista stara pesem. Mesto se je širilo, razširiti je treba tudi nivelmansko mrežo (slika 1). Ta mreža vsebuje 770 niveliranih reperjev. Celotna dolžina zanke 8,0 km. Celotna mreža vsebuje 133 nivelmanskih vlakov v skupni dolžini 232 km. Tako je povprečna dolžina nivelmanskega vlaka 1,74 km. Pri 770 reperjih dobimo povprečno razdaljo med reperji 300 m.

Mreža je bila rekognoscirana in stabilizirana maja 1971. Stabilizacija reperjev je enaka kot l. 1963, le da je gostota reperjev v manj naseljenih področjih redkejša. V mreži je privzeto 5 dodatnih reperjev z luknjico, ki jih je stabilizirala Zvezna geodetska uprava, to so reperji nove državne nivelmanske mreže I. reda (sl. 2).

Pri merjenju smo uporabljali že preizkušen Zeissov nivelir KONI 007, ki se je že pri izmeri l. 1963 pokazal kot odličen. Za late smo uporabljali 3 m toge invar late s polcentimetarsko dvojno razdelbo. Zaradi obsežnosti del smo delali v dveh grupah.

Prvi par invar lat št. 26775 in št. 36776 je bil kompariran na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo v Ljubljni. Iz tehničnega poročila vidimo, da je maksimalna napaka za meter razdelbe komaj 0,037 mm.

Drugi par invar lat št. 40559 in št. 40560 je bil popolnoma nov, zato smo ga poslali na komparacijo v Beograd na Zavod za fotogrametrijo.

Popravek na meter late ne presega 3 μ . Oba para lat sta zelo točna, zato njihovih napak pri relativno ravninskem področju ljubljanske mreže tudi nismo upoštevali, ker so slučajni pogreški mnogo večji. Ves postopek kompariranja instrumentov in doznih libel na letih je enak kot l. 1963.

Prav tako smo uporabljali kot najugodnejšo dolžino vizure do 35 m, s tem da so bile maksimalne dolžine do 40 m. Podobno smo se tudi navezali na reper z luknjico, ali z nastavitvijo instrumenta na višno reperja, ali pa s posebnim merilcem.

Sama obdelava podatkov je potekala po istem postopku in kontrole so se vršile po istih enačbah kot l. 1963. Nesoglasja pri zapiranju zank so večji del globoko pod dopustnimi nesoglasji. Večja odstopanja, pa vendar še v dopustnih mejah, so le v nekaj zankah na ljubljanskem barju in pa v zankah z

veliko višinsko razliko; Črnuče-Gameljne in Dolnice-Dobrova, ki bi jih po svojem reliefu morali uvrstiti v drugo kategorijo. Obenem z izmero mreže je bila tudi izvršena navezava, ki bi jih po svojem reliefu morali uvrstiti v drugo kategorijo. Obenem z izmero mreže je bila tudi izvršena navezava na vse 4 fundamentalne reperje, ki naj bi služili za navezavo naše nove mreže.

Pri navezavi pa so se pokazale težave. Nova mreža, ki je bila izvršena v razmeroma kratkem času, le pol leta, naj bi se navezala na fundamentalne reperje, ki so bili nivelirani šele par let kasneje od začetka izmere mreže iz 1. 1963, torej je verjetno nova mreža relativno točnejša.

Da bi določili način navezave, se je sestala komisija, ki je szejela sklep naj se tudi sedanja mreža izravna samostojno, brez navezave na fundamentalne reperje. Mreža naj se naveže le na republiški fundamentalni reper v Črnučah, ki ga je komisija priporočila kot verjetno najstabilnejšega. S tem bi dobili tudi višine ostalih fundamentalnih reperjev.

Na podlagi višin, merjenih 1. 1964 in višin iz 1. 1971, bi z tvorbo aritmetičnih sredin dobili najverjetnejše višine za vse fundamentalne reperje.

Nato pa bi celotno mrežo izravnali na tako dobljene nadmorske višine fundamentalnih reperjev. Pri sami izravnavi pa se je pokazalo sledeče. Odstopanja med reperji FR2 — FR 4 in FR 2 — FR 3 so večji aod pričakovanih. Takoj lahko predpostavljamo, da FR 2 ni stabilen.

Če izravnamo mrežo brez fundamentalnih reperjev, dobimo srednji km pogrešek 0,68 mm/km, če pa upoštevamo še dodatne pogoje pri navezavi na fundamentalne reperje, se ta poveča na 0,94 mm/km, kar je 40% večje in je verjetno povzročeno s spremembo višine FR 2.

Po izravnavi dobimo sicer vse meritve v dopustnih mejah in so uporabne za geodetsko del, niso pa primerne za določitev event. geoloških premikov, ki se nam pri tem skrijejo v izravnavi. Odločili smo se, da enako kot 1. 1963, navežemo mrežo le na reper MXXV in nato računamo višine vseh ostalih reperjev. Diference v nadmorskih višinah pa bodo dale event. vertikalne premike.

Tudi tu ocenjujemo srednji km pogrešek po istih kriterijih kot 1. 1963.

1 — za 47 zaključenih znak, dobimo iz nesoglasij pri zapiranju znak sledečo vrednost

$$M = \pm 0,66 \text{ mm/km.}$$

2 — Po izravnavi pa dobimo srednji km pogrešek

$$M = \pm 0,68 \text{ mm/km.}$$

Oba srednja pogreška se izredno dobro ujemata, verjetno zato, ker je ves izračunan opravl elektronski računalnik. Če primerjamo to natančnost z natančnostjo iz 1. 1963 vidimo, da je sedaj natančnost večja za 12% v absolutnem smislu, relativna pa še mnogo večja, saj je bil sedaj promet, ki ovira meritve, neprimerno večji.

Ta izmera je do sedaj najboljša. Sdobna in izvršena v zelo kratkem času. Srednji km pogrešek je globoko pod dopustnim in kaže na solidno opravljeno delo. Je pa seveda še nekaj pomanjkljivosti v sami mreži. Za celotno mrežo so 4 fundamentalni reperji odločno premalo.

Slabost mreže so tudi relativno velike zanke na obdu mreže. Žal ni bil nivelman zaključen po južni strani Ljubljanskega barja, kar je bilo izvršeno šele 1. 1972. Kljub temu pa je ta mreža dobra osnova za nadaljnje delo.

IZMERA NIVELMANSKIH PROFILOV PREKO ŽELIMELJSKE IN ISKE PRELOMNICE 1. 1972. — L. 1971 smo predložili Skladu Borisa Kidriča temo z naslovom: »Merjenje horizontalnih in vertikalnih premikov stalnih točk na potresnem področju mesta Ljubljane«. Naloga je bila sprejeta, vendar v mnogo manjšem finančnem obsegu, kot je bila predlagana. Izvršila naj bi se le meritve profila preko želimeljske in iške prelomnice. Za izmero teh dveh prelomnic smo se odločili zato, kre preko teh dveh prelomnic poteka stari nivelmanski št. 7, izmerjen 1. 1949.

Ta vlak je izmerjen kot tehnični nivelman III. reda. Poleg tega vlaka smo dodatno stabilizirali tri prečne profile v želimeljski in enega v iški dolini. Ves nivelmanski vlak je bil stabiliziran enako kot celotna mreža. Le profile smo stabilizirali sigurneje. Vsak knce profila smo stabilizirali z po dvema reperjema, da v slučaju uničenja, enega, ne izgubimo kontinuitete meritev. Reperje psameznih profilov smo s pomočjo geologa pstavili tako, da sigurno leže na različnih straneh prelomnic.

Ves nivelman je bil izvršen z istim instrumentarijem in poistih kriterijih, kot celotna mreža. Poostriili smo le merjenja profilov, kjer smo dopustno nesoglasje postavili tako, da ne sme biti srednji pogrešek višinske razlike kategorakoli profila večji od 0,2 mm, ne glede na dolžino profila. Če to ni bilo dosežno z merjenjem tja in nazaj, smo s ponovnimi meritvami nadaljevali toliko časa, da je bila ta zahteva izpolnjena (največ 4×).

Mreža je bila stabilizirana aprila in maja 1972 izmerjena. Vsa mreža je bila navezana na mestno izmero, s tem pa lahko računamo nadmorske višine. Višinske razlike napram stari izmeri bodo dokaj nesigurne, ker je bil to le tehnični nivelman III. reda.

Več lahko pričakujemo od ponovne meritve vseh 6 profilov, ki so bili izmerjeni s povečano natančnostjo. Za vse reperje vseh profilov so bile izračunane tudi nadmorske višne, razen za prafil pri domu Iškem vintgarju, ki je merjen le lokalno. Navezava tega profila na mestno mrežo zaradi oddaljenosti ne bi prinesla zaželjenih rezultatov.

Pri vsakem večjem delu je zanimiva obdelava vseh zbranih podatkov. Da bi se videlo kako ogromno dela je s tem opravljeno, naj navedemo le nekaj podatkov. Dĺžina celotnega nivelmana je 280,68 km. Ker pa je vsa mreža nivelirana dvakrat, znaša to kar 561,36 km. Da smo ta ves nivelman izmerili, smo morali instrument postaviti 9388 krat.

Če dolžino vsega nivelmana delimo z dvojnim številom stojišč, dobimo povprečno dĺžino vizure. Ta znaša 29,9 m, t. j. precej manjša od maskimalne 40 m in tudi optimalne 35 m. To zmanjšanje nastane predvsem zaradi navezave na reperje z luknjico, kjer so vizure dolge tudi samo po nekaj metrov. Na celotnem območju je bilo niveliranih

825 reperjev, od tega:
4 fundamentalni reperji,
150 reperjev I. reda,
204 reperji II. reda,
467 reperjev III. reda.

IZRAČUN VERTIKALNIH PREMIKOV. — Sedaj ko imamo podane vse dosedanje višinske izmere mestnega področja, že lahko računamo vertikalne premike. Preden pa začnemo z računanjem le-teh, si oglejmo še kakšne natančnosti dobimo za višinske razlike med psameznimi meritvami. Natančnost razlike si računamo po znani enačbi iz napak posameznih meritev

$$m_r^2 = m_1^2 + m_2^2$$

Sestavimo si tabelo natančnosti posameznih meritev in njihovih razlik:

Leto	m	m_r	štev. let	mm/1
1895	$\pm 3,9$ mm/km	$\pm 6,2$	46	$\pm 0,13$
1941	4,8	4,86	22	0,22
1963	0,75	0,98	8	0,12
1971	0,66			

Iz tabele se vidi, da je najslabša meritev iz 1. 1941. To sicer ni nič novega, važna je še tu časovna baza. Ta je napram meritvi iz 1. 1895 velika, napram meritvi 1963 pa majhna. Zato bomo to meritve upoštevali le pri primerjanju starih avstrijskih reperjev, za vse ostale reperje pa bomo to meritve opustili.

V tabeli I str. 42 so računani vertikalni premiki za vse še obstoječe ali pa prenešene najstarejše reperje na mestnem bmočju stare avstro-ogrske izmere iz 1. 1895.

Kaj nam povedo rezultati? Najprej si oglejmo kolno 16, kjer so pzedanja od 1. 1895 do 1971. Takoj pazimo dve velki spreemmbi višin. Reper HM 217 v Klečak se je dvignil skoraj za 7 cm, reper HM 280 Dolgi most pa se je posedel za skoraj 8 cm. Da se je reper HM 280 posedel za 8 cm je zeloverjetno, ker se tu pri Dolgem mostu že pričenjajo barjanska tla.

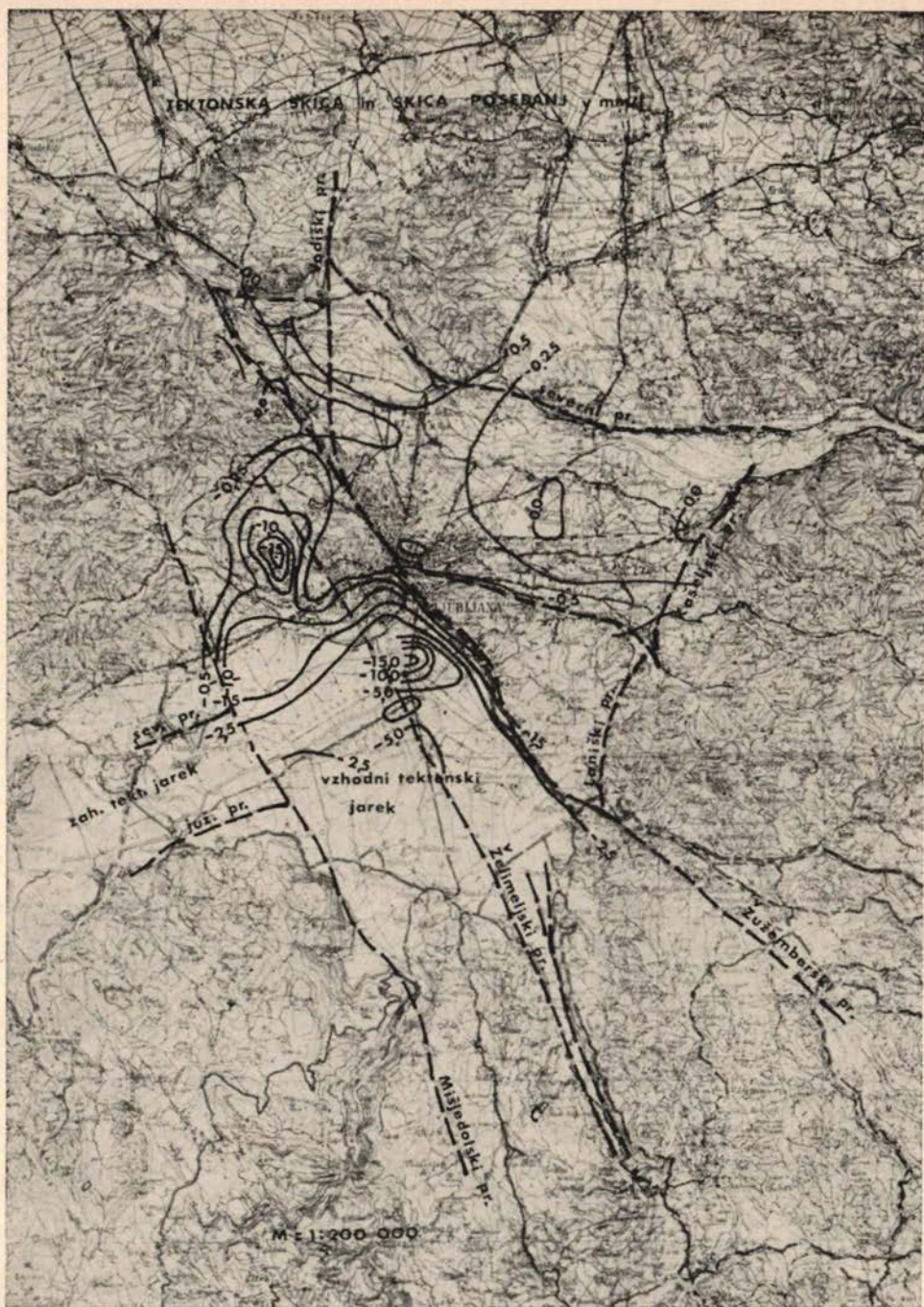
Mnogo težje je razložiti dvig reperja v Klečah. Ostali trije reperji — Vižmarje, Črnuče, Dobrava kažejo rahel dvig, ki je pa lahko povzorečn tudi z usedanjem centralnega reperja HM 282 na kurilnici.

Oglejmo si sedaj še gibanje reperjev z ozirom na vmesne meritve. Vsi reperji kažejo po 1. 1941 počasno usedanje z ozirom na vse meritve. To kaže, da je bil v Klečah res grobi skok, kateregakoli izvora, nato pa postopno usedanje. Tudi dvig severnih reperjev se kasneje manjša, verjetno zaradi tega, ker se useda privzeti reper v kurilnici. Prav tako pa se poseda reper pri Dolgem mostu zaradi barjanskih tal.

V tabeli, ki ni priložena, so izračunane višinske razlike med meritvami 1. 1963. in 1. 1971. V prvi koloni je številka reperja, v naslednji pa ocena dotičnega reperja.

Ta ocena je sestavljena iz dveh števil. Prva pove kvalitetno zgradbe v katero je vzidan, druga pa, zlasti pri reperjih II, in III. reda, kako je dotični reper vzidan. Ocena 5—5 dobi reper, ki je vzidan v čvrsto zgradbo, staro najmanj 10 let, pri kateri ne pričakujemo lokalnega posedanja in reper na akterega se da leta postaviti popolnoma vertikalno ter se da postaviti nedvoumno na najvišjo točko reperja (III. red).

Sledita koloni za nadmorsko višno in njuna razlika ter posedanje na leto. To tabelo smo sestavili za vse reperje I. reda in za reperje II. reda z oceno



Sl. 3

5—5. Le na Barju smo upoštevali tudi rpeerje III. reda, ker je tu posedanje tako intenzivno, da smo za interplacijo izolinij enakih posedanj, potrebovali večje število točk (Slika 3).

Ța letna posedanja smo prenesli na karto v merilu 1:50 000. Med tako dobljena posedanja smo interpolirali izolinije in to na stabilnejšem področju za vrednosti 0,0; —0,25; —0,50; —0,75; —1,00. Na barjanskih tleh bi bile izolinije pregoste, zato smo jih razredčili na interval 2,5 mm na leto. Te izolinije so precej generalizirane.

Najprej smo izpustili vsa posedanja, ki se bistveno ločijo od okolice, torej so lokalna in vezana na zgradbo v kateri je reper. Kljub temu bi dobili še zelo vijugaste izolinije. Zato smo vsa dostopanja manjša od 0,15 mm/1, kar naj bi bila natančnost razlike teh dveh meritev, zanemarili. Tako smo dobili dosti gladke izolinije, ki nam ponazarjajo posedanje reperjev v ljubljanski mestni mreži.

GEOLOSKA INTERPRETACIJA — TEKTONSKI DEL — Območje mesta Ljubljane, ki so ga zajeli z več nivelmani od druge polovice proteklgea stoljetja do danes, pripada osrednjemu delu ljubljanske kotline. Obsega južni del Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja z obrobjema. Po geološki konceptiji, ki so jo izdelali Kossmat, Kramer in Wentzel ter jo je podrobno obdelal Rakovec, sta nastala Ljubljansko polje in barje. Ob koncu pilocena, odnosno na prehodu pliocena v plestocen kot sistem tektonskih jarkov, omejenih z več prelomi.

Ljubljansko polje naj bi nastalo med južnim prelomom, ki poteka ob severnem vznožju Golovca, Šišenskega hriba in mimo Šentvida proti Mednemu, dalje severnim prelomom, ki ga sledimo od Dola vzdolž južnega vznožja Soteškega hraba, mimo Ganieljnov ob južnem vznožju Smarne gore do Mednega, kjer se stika z južnim prelomom ter konačno prečnim prelomom, potekajočim ob vznožju Kašeljskega hriba do Podlípoglava.

Poleg teh obrobnih prelomov poznamo na Ljubljanskem polju še prelom, ki teče od Dravelj skozi Skaruško polje proti Vodacam. Na ta prelom je bila po Rakovcu vezana potresna cona ob potresu 1. 1895. Pogrezanje Ljubljanskega polja naj bi bilo po Rakovcu močnejše v vzhodnem delu (Rakovec 1955).

Ljubljansko barje je sestavljeno vsaj iz dveh tektonskih jarkov, od katerih ima zahodni jarek podložno os v smeri severovzhod—jugovzhod in vzhodni jarek s podložno osjo v smeri severozahod—jugovzhod.

Zahodni tektonski jarek naj bi omejevala dva preloma: severni in južni.

Severni problem poteka od izvorov Ljubljanice in ob južnem robu barskih osamelcev; južni prelom pa ob severozahodnem vznožju Krimsekga hribovaj od Borovnice proti Lipam.

Vzhodni, znatno globji tektonski jarek Ljubljanskega barja omejujeta zahodni in mišjedolski prelom (imenovan tudi iški prelom) in vzhodni prelom, ki je podaljšek žuženberškega preloma.

Mišjedolski prelom sega od Tomišlja in dalje ob vzhodnem robu barskih osamelcev proti Dobrovi.

Padaljšek žužemberškega preloma pa poteka ob jugozahodnem vzhodju Golovca. V tem delu Ljubljanskega barja imamo opravka še s tretjim prelomom. Slednji poteka iz želimeljske doline mimo Črne vasi proti Glincam. Po Rakovcu naj bi bil vzhodni tektonski jarek starejši od zahodnega (Rakovec 1955).

Ta tektonska koncepcija se razmerom dobro ujema z novejšimi podatki, dobljenimi z geofizikalnimi meritvami (Ravnik 1965) in fotogeološko analizo. Le o starosti posameznih tektonskih jarkov in o grezanju teh enot so mnenja deljena. V novejšem času domnevamo, da je vzhodni jarek Ljubljanskega barja mlajši od zahodnega in zato tudi tektonsko še bolj aktiven. Nanj so vezani številni potresi na Ljubljanskem območju.

Čez Ljubljansko barje se vleče nariv, pri katerem so triadni skladi narijnjeni na permokarbonske. Ni še dognano, kje poteka ta nariv čez vzhodni del Barja.

ZAKLJUČKI — Sedaj ko poznamo tektonsko zgradbo območja Ljubljane, skušajmo odgovoriti na glavi vprašanji, ki se glasita:

1. Ali se še vršijo premiki ob prelomnih?
2. Ali se premiki, če se vršijo, održajo na nivelmanih, ki so bili izvršeni v zadnjih 80 letih na območju Ljubljane?

Skoraj ne moremo dvomiti, da se ne bi vršili še danes vsaj ob nekaterih prelomih, ki smo jih omenili, premiki. Že potresi sami, ki so vsi tektonskega izvora, govorijo za premike. Nekateri od teh premikov so gotovo tudi tolikšni, da povzročijo spremembe v absolutni višini posameznih točk na površini.

Nedvomno pa povzročajo spremembe v absolutnih višinah pošameznih točk tudi drugi, netektonski vzroki, med katerimi je najpomembnejše posedanje objektov, na katerih so reperji za merjenje višin, posedanje širših območij zaradi izsuševanja tal, stalno tresenje terena zaradi prometnih poti itd. Prav tam, kjer je posedanje na barju največje, pričakujemo tudi znatne premike ob najbolj aktivnih prelomnih.

Na ta način nam barjanska glinena tla, napojena z vodo otežkočajo določanje premikov na vzhodnem delu barja med Igom in ožjim mestnim območjem Ljubljane, posebno še na severnem delu, kjer je izsuševanje zaradi Gruberjevega prekopa najmočnejše. Rezultati nivelmanov so dejansko pokazali največje letno posedanje ravno na območju jugovzhodno od Mestnega loka in sicer do 1,5 cm letno. Dokončni odgovor, ali gre pri tem posedanju tudi za tektonske premike ali le za posedanje tal zaradi izsuševanja, pričakujemo od večletnih meritev na obeh straneh prelomov v Želimeljski dolini in dolini Iške.

Vendar imamo že danes podatek, na podlagi katerega bi lahko sklepali, da gre na tem območju tudi za prave tektonske premike. Po daljšek vzhodnobarjanskega tektonskega jarka ali vsaj mišjedolskega, želimeljskega in žužemberškega preloma imamo na območju Dobrove, Kosez in Dravelj.

To območje pripada že skrajnemu jugovzhodnemu podaljšku Polhograjskega hribovja. Tam so bila ugotovljena razmeroma močna posedanja do 1,5 mm letno. Sklepali bi torej lahko, da se vzhodni tektonski jarek Ljubljanskega barja oziroma njegov severozahodni podaljšek na območju Polhograjskega hribovja, greza glede na svojo okolico. K temu dodajmo še zaključke Žlebnika o nekdanjem toku Save na tem območju, ki tudi govori za grezanje.

Nasprotno se je izkazalo stabilno območje severovzhodno od ožjega mestnega območja Ljubljane, ki pripada vzhodnemu delu Ljubljanskega polja. Manjkajo nam podatki z zahodnega dela Ljubljanskega barja. Če se ta del relativno malo greza, potem bi lahko v tej prvi fazi raziskav predpostavili, da je najmanj stabilen osrednji del ljubljanskega območja, to je cona med žužemberškim in mišjedolskim prelomom, na katerem leži tudi jugozahodna polovica ožjega mestnega območja Ljubljane. Ta cona se relativno greza napram sosednjim območjem. Ves ostali del Ljubljanske kotline je stabilnejši.

Grezanje do 0,5 mm letno opazujemo tudi na območju Črnuč, Ježice, Tacna in Gameljnov, kar lahko posledica odvodnjavanja tega območja, ki ga vrši Sava. Če je tudi to grezanje kaj v zvezi s tektonskimi premiki, ne vemo, ker nam manjkajo podatki.

Večja usedanja od 0,5 mm/l dobimo tudi ob prelomnici v Stanežičah in ob kašeljski prelomnici v Sostrem ter ob prelomnici ob severnem vnožju Golovca. Ti zadnji trije premiki se sicer dobro ujemajo z prelomnicami, vendar so komaj večji od pričakovane natančnosti izmer, zato jih moramo vzeti z prejšnjo rezervo.

PREDLOGI ZA BODOČE RAZISKAVE — Če hočemo preveriti zaključke, ki smo jih napravili, so potrebne še nadaljne meritve. Vsekakor moramo ugotoviti eventualne premike vzdolž želimeljskega in dišjedolskega (jškega) preloma v samih dlinah, kjer smo izločili vpliv posedanja objektiv z reperji zaradi barskih tal, oziroma vpliv posedanja ozemlja zaradi izsuševanja. Ugotoviti moramo event. višinske spremembe točk na zahodnem delu Barja, zlasti pri Vnanjih in Notranjih goricah, kjer lahko postavimo reperje na osamelce in s tem izključimo možnost posedanj. Za boljšo geološko interpretacijo bi bilo vsekakor koristno nivelmansko mrežo čimbolj razširiti tudi na severnem delu ljubljanskega območja.

PREDVIDENE RAZISKAVE — Kontrolirati stabilnost fundamentalnog reperja št. 2 v Dolnicah z namenom, da dobimo osnovo za navezavo bdočih meritev.

S stališča geotektonskih premikov bi bilo potrebno nivelirati prečne profile preko najbolj zanimivih prelomnic.

Raziskati vertikalne premike na Ljubljanskem barju, zaradi svojih specifičnosti tal.

Vse tri naloge so enako pomembne. Izvršitev sama pa bi bila relativno poceni, saj bi vršili kontrolna merjenja le v profilih na področjih z največjimi premiki. Te meritve naj bi se ponavljale v zavisnosti od velikosti premikov na obdobje 3—5 let. Celotna mreža pa bi se morala obnoviti vsaj na 10—15 let. Velikega pomena bi bila tudi postavitev dodatnih fundamentalnih reperjev.

Poleg kontrole vertikalnih premikov bi bilo potrebno čimprej pričeti tudi z opazovanjem horizontalnih premikov, ki so prav tako važni. Upajmo, da nebo ostalo le pri predlogih, ampak se bo s sistematičnimi raziskavami tudi nadaljevalo.

TABELA I Višinski premiki reperjev od 1895—1971

Št. reperja staro novo premešeno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Nad. višina H_0 1895 m	Ort. popr. Δ_0 mm	$H' = H_0 + \Delta_0$ m	Prenos višín na reper Δh m	$H = H' + \Delta h$ m	Nad. višina 1941	Premek Δ m/m	Letni premik Δ m/m	Nad. višina H 1963 m	Premik Δ m/m	Letni pre- mik Δ m/m	Nad. višina H 1971 m	Premik Δ m/m	Letni pre- mik Δ m/m	76 let $\Sigma \Delta$ m/m	76 let letni premik Δ m/m	
HM—217 Kleče 948 2/4 (l. 1963)	309.9364	+1.1	309.9375	-1.6366	308.3009	308.3767	75.8	+1.6	308.3715	-5.2	-0.2	398.3695	-2.0	-0.2	+ 68,6	+ 9,90	
HM - 220 Vizmarje	320.6456	+1.5	320.6471	-	320.6471	-	-	-	-	-	-	320.6540	-	-	+ 6,9	+ 0,09	
HM - 280 Dolgi most HM—552	298.9962	-0.6	298.9956	-	298.9956	298.9318	-63.8	-1.4	298.9251	-6.7	-0.3	298.9178	-7.3	-0.9	- 77.8	-1,02	
HM—282 Kurčinica 86 31./39 (l. 1941)	300.0597	-	300.0597	-1.1614	298.8983	298.8983	privzola	višina	298.8760	-22.3	-1.0	298.8744	-1.6	-0.2	-23.9	-0.31	
HM—476 Črnuče 240 46/15 (l. 1941)	299.4953	+1.2	299.4095	-1.5758	287.8307	297.8544	+ 23.7	+ 0.5	397.8358 (l. 1965)	-18.6	-0.8	297.8330	-2.8	-0.5	+ 2,3	+ 0,03	
HM—477 Dobrava	305.3083	+1.5	305.3098	-	305.3098	-	-	-	-	-	-	305.3217	-	-	+ 11,9	+ 0,15	

MJERENJE VERTIKALNIH POMAKA STALNIH TACAKA NA TRUSNOM PODRUČJU LJUBLJANE

SADRŽAJ — U historiji Ljubljane imamo zabeleženih više jakih zemljotresa tektonskog izvora. Poslednji katastrofalni zemljotres bio je godine 1895. Da bi se moglo odgovoriti na pitanje, da li još sada postoje tektonska pomeranja, koja prozrokuju zemljotrese, potrebno je da se preciznim geodetskim merenjem (preciznim nivelanjem) prate pomeranja duž prelomnica. Na području Ljubljane izvršena su već četiri visinska merenja koja bismo mogli koristiti u ovu svrhu.

Prvo niveliranje datira još iz vremena pre godine 1896, kada je austro-ugarska povezala njen nivelman sa nivoom Jadranskog mora. Tačnost tog nivelmana bila je $\pm 3,9$ mm/km. Od tog nivelmana sačuvano je samo još 6 repera. Iduće niveliranje bilo je započeto godine 1940. Zbog rata se nivelanje nije moglo završiti, a i tačnost tog nivelmana je mala i iznosi $\pm 4,8$ mm/km.

Prvi, faktično dobar visinski premer bio je izvršen godine 1963. Ovaj visinski premer izvršen je na proširenom području Ljubljane i tačnost ovog nivelmana je $\pm 0,8$ mm/km. Konačno imamo još posljednji visinski premer iz godine 1971, koji zahvaća i širu okolinu Ljubljane. Tačnost ovog nivelmana je još veća, jer srednja greška nivelanja iznosi samo $\pm 0,66$ mm/km.

Ako analiziramo sva visinska merenja s obzirom na postignutu tačnost i vremenske razmake između pojedinih nivelmana konstatujemo, da je visinski premer iz godine 1940. neupotrebljiv. Iz razlika ostalih merenja sračunali smo godišnja visinska pomeranja, i to za svaki reper.

Te vrednosti smo onda nanašali na kartu Ljubljane i između njih smo putem interpoliranja dobili izolnije, tj. linije jednakih godišnjih pomeranja. Pri tome smo ispustili sva pomeranja, koja se bitno razlikuju od okolnih — lokalnih pomeranja. Isto tako ispustili smo sva pomeranja, koja su manja od $\pm 0,15$ mm na 1 god., pošto to, je praktično uzevši, tačnost razlike dvaju merenja.

Na ovaj način dobijamo dosta kontinuirane izolnije. Iz skice sleganja (3) možemo odmah uočiti dva područja većih pomeranja, prvo u dolini Glinice do 1,5 mm/godišnje i drugo kod izliva rečice Iščice u Ljubljanicu do 15 mm godišnje. To drugo područje je već na Ljubljanskom močvarnom tlu i samo je delimično uzrokovano tektonskim pomeranjem. Oba ova područja nalaze se iznad tzv. »istočnog tektonskog jarka«, što dokazuje, da su prisutna tektonska pomeranja u sadašnjem vremenu.

THE MEASUREMENT OF THE VERTICAL MOVEMENTS OF THE FIXED POINTS ON EARTH-QUAKELY SURROUNDINGS OF LJUBLJANA

CONTENS — In the history of Ljubljana there are noted many violent earthquakes, which are of tectonic source. The last catastrophic earthquake was in the year of 1895. To be able to answer the question if to-day the tectonic movements, which cause earthquakes, still exist, we have to follow the movements along the fractures by the precise surveyor measurement. Unfortunately we have only traced the vertical movements. On the area of Ljubljana, we already have four level measurements which could be used in this purpose. The first measurement dates from the year 1896, when Austro-Hungarian Monarchy referred its altitude measurements to the level of the Adriatic-sea. The accuracy of this measurement is ± 3.9 mm/km. Only six bench marks are saved of this measurement. The next measurement in the year 1941 was not finished because of war and its accuracy is also very small ± 4.8 mm/km. The first really good measurement was performed in the year 1963. This measurement is wide spread and its accuracy to ± 0.8 mm/km. Then there is the last measurement from the year 1971, including also the surroundings of Ljubljana. The accuracy of this measurement is still greater and is ± 0.66 mm/km. If all measurements are analyzed with regard to the reached

accuracy and temporal base between each measurement we notice, that the measurement from the year 1941 is useless. Sinking in a year is calculated from the differences of other measurements for each particular bench mark. These values were then registered on the map of Ljubljana and between them the isolines of the equal sinkings in a year were interposed. Sinkings essentially distinguished from the surroundings — local sinkings — were left out all sinkings smaller of 0.15 mm/year, being practically the accuracy of difference of two measurements. In such a way we get pretty even isolines. On the map of sinkings (Fig. 3) two areas of stronger sinkings are immediately noticed the first one in the valley Glinica up, to 1.5 mm/year and the second one in the place where Iščica discharges in to Ljubljana up to 15 mm/year. The second field is already on the marsh of Ljubljana and is only caused by tectonic movements. Both these two fields are lying above the so called »east tectonic ditch«, what indicates to the presence of tectonic shiftings in present time.

LITERATURA:

- 1 — Die Ergebnisse des Präzisions-Nivellement in der österreichisch-ungarischen Monarchie. Südöstlicher Teil, Wien 1899.
- 2 — Čuček: Tehnično poročilo o nivelmanskih izmeri 1941
- 3 — Pakiž-Stare: Tehnično poročilo o izmeri 1963
- 4 — Čubranović: Viša geodezija, Zagreb 1954
- 5 — Svečnikov: Viša geodezija, Beograd 1955
- 6 — Kostić-Svečnikov: Nivelman, Beograd 1936
- 7 — Rudl: Mogučnost primene preciznih nivelira za radove na nivelmanu visoke tačnosti. Ljubljana 1969
- 8 — Grossmann: Grundzüge der Ausgleichsrechnung, Berlin 1969
- 9 — Jordan-Eggert-Kneißl: Handbuch der Vermessungskunde, Band I, Stuttgart 1961
- 10 — Uputstvo o izvršenju nivelmana visoke tačnosti i preciznog nivelmana. SGU, Beograd 1955
- 11 — SGU: Pravilnik za državni premer II—A deo. Osnovni radovi na gradskom premeru
- 12 — Čirić—Činklović: Zapiski s predavanja o stabilizaciji fundamentalnih reperjev in izvedbi nivelmana visoke tačnosti. Beograd 1969.