

ЗНАЧАЈ УСКЛАЂЕНОСТИ ВИСИНСКИХ СИСТЕМА ПРИ РЕАЛИЗАЦИЈИ КАНАЛИЗАЦИОНИХ МРЕЖА

ON THE IMPORTANCE OF HEIGHT SYSTEMS CONCORDANCE IN THE PROCES OF SEWERAGE SYSTEMS REALIZATION

ТИНА САВИЋ ТОМИЋ¹

СРЕТЕН ЂУРИЋ²

ЖЕЉКО ТРАЈИЛОВИЋ³

МИЛАН ПЕШИЋ⁴

ЖАРКО НЕСТОРОВИЋ⁵

Стручни рад

DOI: 10.5937/VIK24405T

Резиме: За функционисање канализационих система неопходно је правилно дефинисати висински систем и извести систем цеви према пројектованим падовима и висинама прикључака. Правилно извођење односно остваривање пројектованих падова и висина прикључака при извођењу канализационих мрежа може се остварити једино правилним дефинисањем висинског система за конкретну канализациону мрежу. Висински систем канализационе мреже треба да се успостави на основу дефинисаних висина прикључака које се усвајају као дате висине. Пре успостављања висинске основе за посматрану канализациону мрежу неопходно је извршити проверу висина и висинских разлика између предефинисаних прикључака. У овом раду разматра се питање толеранција, грешака одређивања висина и висинских разлика, као и висинске основе за хипотетичку канализациону мрежу.

Кључне речи: толеранција, геодетска мерења, грешке висина, грешке висинских разлика

Abstract: For gravity sewerage system it is necessary to establish proper system of heights. The proper realization of designed pipelines' slope and the heights of their end points require

¹ Тина Савић Томић, Електропривреда Србије ад, Масарикова 1-3, Београд, Tina.Savic-Tomic@eps.rs, ORCID: 0009-0000-8113-0621

² Сретен Ђурић, Електропривреда Србије ад, Масарикова 1-3, Београд, Sreten.-Djuric@eps.rs, ORCID 0009-0005-0357-2754;

³ Жељко Трајиловић, Ђердап Услуге АД, Ђердапски пут 66, Кладово, Zeljko.-Trajilovic@eps.rs, ORCID: 0009-0001-4123-3869

⁴ Милан Пешић, Електропривреда Србије ад, Масарикова 1-3, Београд, Milan.-S.Pesic@eps.rs

⁵ Жарко Несторовић, ЕПС АД Београд, zarko.nestorovic@eps.rs, ORCID: 0000-0002-7928-7416

system of heights adapted for every single sewerage system. The link points of sewerage system should be treated as the given points which define the datum of height system. Before establishing the system of heights for the purpose of sewerage system realization it is necessary to check the actual heights of given points and the height differences between them. In this paper some results are given based on the discussion of the relation between tolerance, heights of points and height differences from the aspect of height network designed for sewerage systems realization.

Key Words: tolerance, geodetic measurements, error of heights, error of height difference.

1. Увод

Гравитационе канализационе мреже представљају један од најефикаснијих начина за одвођење отпадних вода. Ефикасност функционисања канализационих мрежа зависи од правилног димензионисања пречника цеви, нагиба цеви и висина прикључака. Предмет истраживања у овом раду је правилно спровођење поступка извођења канализационе мреже у висинском смислу. Разлог за ово истраживање јесте потенцијална некритичка примена савремених геодетских технологија при реализацији висинских геодетских мрежа (висинских система за канализационе мреже) и некритички приступ у избору висинских система. Како је резултат истраживања далеко обимнији од могућности приказа, у овом раду ће бити истакнути само најбитнији елементи приступа формирања висинске основе за реализацију висинских мрежа у процесу изградње канализационих система.

2. Толеранција и тачност мерења висинских разлика

Под толеранцијом се подразумева дозвољено одступање димензије неког елемента у односу на његову пројектовану димензију док је тачност мерења дефинисана као одступање измерене величине у односу на њену истиниту вредност. Како истинита вредност никада није позната у теорији грешака мерења уводи се појам стандарда мерења односно средње грешке мерења како би се дефинисао интервал у коме се може налазити резултат мерења са унапред усвојеном вероватноћом [1]. Према стандарду DIN 17810 [2] однос толеранције и грешке мерења дефинише се на следећи начин:

$$10\% \leq \frac{\sigma_x}{T} \leq 20\% \quad (1)$$

где је: σ_x – стандард мерења,

x – мерена величина и

T – толеранција.

Наведени однос између толеранције и тачности мерења значи да тачност мерења одређене величине мора бити пет до десет пута већа од толеранције односно да стандард мерења мора бити пет до десет пута мањи од толеранције.

Смисао грешке мерења своди се на утврђивање интервала у коме се налази резултат мерења са подједнаком вероватноћом и може се описати на следећи начин

$$a \leq x - l\sigma_x < x + l\sigma_x \leq b \quad (2)$$

где је:

a – минимална вредност мерене величине за дату вероватноћу,

b – максимална вредност мерене величине за дату вероватноћу,

l – квантил расподеле за усвојену вероватноћу и

x – измерена вредност мерене величине.

Квантил расподеле (l) зависи од расподеле коју следе резултати мерења и од нивоа значајности односно усвојене вероватноће (p). У овом раду усвојићемо претпоставку да резултат мерења следи нормалну расподелу одакле следи да је за вероватноћу $p = 95\%$ вредност квантила $l = 1.960$, док је за вероватноћу $p = 99.9\%$ вредност квантила $l = 3.090$ [1].

3. Системи висина и нагиби код канализационих мрежа

Систем висина за потребе реализације канализационе мреже треба да се прилагоди пројекту што значи да је неопходно дефинисати јединствен локални висински (инжењерски) систем за сваку канализациону мрежу посебно. Јединственост висинског система значи да он мора да задовољи услов конзистентности односно да висинске разлике између тачака (репера) морају бити једнаке висинским разликама између тих тачака. Повезивање нове канализационе мреже на већ постојећу канализациону мрежу подразумева усвајање висинског система постојеће канализационе мреже.

Висински систем нове канализационе мреже мора се успоставити на систем висина прикључних тачака. То значи да се висине прикључних тачака усвајају као дате, али се и њихове висине морају проверити геодетским мерењем. Уколико се установи да постоје одступања висинских разлика између прикључних тачака у односу на пројектоване висине, онда се морају извршити додатна мерења и додатне анализе пре усвајања висинског система канализационе мреже. Одступања између мерених и пројектованих вредности могу настати из различитих разлога укључујући и потенцијално слегање/издизање прикључних тачака током употребе постојеће канализационе мреже.

Сложеност канализационих система при њиховом пројектовању и извођењу потиче од конфигурације терена и дефинисаног распона нагиба (падова). Генерално прихваћени нагиби канализационих цеви дати су у табели 1 [3].

Табела 1. Генерално прихваћени падови
Table 1. Generally Accepted Slopes

Номинални пречник [mm]	Минимални пад [%]	Максимални пад [%]
100	2.0	12.0
150	1.0	10.0
200	0.50	10.0
250	0.35	6.0
300	0.25	4.0
375	0.20	3.0
450	0.20	2.2

Иако постоје и друге вредности за нагибе [4] за потребе овог истраживања могу се користити и падови дати у табели 1, док се за сваки конкретан случај морају користити вредности дате у пројекту.

4. Резултати и дискусија о тачности висинских разлика код канализационих мрежа

Извођење канализационих мрежа у погледу геометрије (висина и нагиба) своди се на обезбеђивање пројектованих вредности геометрије. То значи да је неопходно обезбедити да резултати мерења не буду изван пројектованих вредности и задатих толеранција. Пројектанти канализационих мрежа морају узимати у обзир и тачност резултата геодетских мерења при пројектовању нових канализационих мрежа као и других ограничења (правилно успостављање висинске основе).

Добра основа за узимање у обзир тачности геодетских мерења при пројектовању канализационих мрежа је модел описан формулом (2). Овај модел дефинише границе у којима се могу налазити резултати геодетских мерења да би нагиб и висина канализационих цеви били усклађени са пројектом канализационе мреже. Табела 2 приказује потенцијалне распоне резултата мерења за висинску разлику између две тачке од 1.000 mm, за различиту тачност мерења и различите вероватноће.

Табела 2. Распони висинске за разлике за различите тачности геодетских мерења
Table 2. Spans for different standards of geodetic measurements

σ_x [mm]	p = 95%		p = 99.9%	
	a	b	a	b
0.3	999.41	1000.59	999.07	1000.93
30	941.20	1058.80	907.30	1092.70
100	804.00	1196.00	691.00	1309.00

Значење података у табели број 2 је следеће:

- При тачности резултата геодетских мерења од 0.3 mm пројектована висинска разлика од 1000 mm налазиће се у распону (999.41 mm, 1000.59 mm) са вероватноћом од 95% а у распону (999.07 mm, 1000.93 mm) са вероватноћом 99.9%;
- При тачности резултата геодетских мерења од 30 mm пројектована висинска разлика од 1.000 mm налазиће се у распону (941.20 mm, 1058.80 mm) са вероватноћом од 95% а у распону (907.30 mm, 1092.70 mm) са вероватноћом 99.9% и
- При тачности резултата геодетских мерења од 100 mm пројектована висинска разлика од 1.000 mm налазиће се у распону (804.00 mm, 1196.00 mm) са вероватноћом од 95% а у распону (691.00 mm, 1309.00 mm) са вероватноћом 99.9%.

На основу различитих тачности и жељених вероватноћа може се извршити избор геодетског прибора и методе мерења која је адекватна за пројектовану канализациону мрежу.

Други метод би се могао развити на основу модела датог формулом (1). Ако је задата толеранција висинске разлике онда је могуће одредити тачност мерења односно методу и прибор за мерења у висинском систему канализационе мреже. Табела 3 приказује однос толеранције и потребне тачности геодетских мерења.

Табела 3. Толеранције и тачност мерења

Table 3. Tolerance and measurement accuracy

σ_x [mm]	$T = \frac{\sigma_x}{0.2}$ [mm]	$T = \frac{\sigma_x}{0.1}$ [mm]
0.3	1.50	3.00
30	150.00	300.00
100	500.00	1000.00

Смисао података у табели 3 је следећи:

- Ако је толеранција (Т) са којом треба извести висинску разлику канализационих цеви у распону (1.50 mm, 3.00 mm) онда тачност одређивања висинске мора да износи $\sigma_x=0.3$ mm;
- Ако је толеранција (Т) са којом треба извести висинску разлику канализационих цеви у распону (150.00 mm, 300.00 mm) онда тачност одређивања висинске мора да износи $\sigma_x=30$ mm и
- Ако је толеранција (Т) са којом треба извести висинску разлику канализационих цеви у распону (500.00 mm, 1000.00 mm) онда тачност одређивања висинске мора да износи $\sigma_x=100$ mm.

На основу приказаних модела може се закључити да се тачност геодетских мерења при одређивању висинске основе мора бирати изузетно пажљиво јер некритичка примена савремених геодетских технологија може да доведе до значајних одступања изведеног стања канализационе мреже у односу на пројектовано стање а у неким случајевима и до угрожавања њеног ефикасног функционисања. У зависности од минималних и максималних падова као и од конкретних пројектних решења, у случају неадекватног избора захтеване тачности може доћи и до нарушавања генерално усвојених падова (табела 2).

5. Закључак

У раду се на теоријском нивоу разматра однос толеранције и тачности за случај канализационих мрежа и указује на значај правилног избора потребне тачности геодетских мерења при реализацији канализационих мрежа. Указује се на потребу правилног успостављања висинског система новопроектване канализационе мреже и њеног правилног повезивања на постојеће канализационе мреже. Правилан избор тачности и уважавање могућих промена висина датих прикључних тачака треба да смањи ризике од грешака у извођењу канализационе мреже и повећа ефикасност њеног функционисања. Имајући у виду доступност и ефикасност савремених геодетских инструмената строга је препорука да се користе геодетске методе мерења највише тачности за одређивање висина односно геометријског нивелмана. Успостављање одговарајуће висинске нивелманске мреже обезбеђује тачност нагиба и висина реда величине 1 mm што гарантује постизање сагласности пројектоване и изведене канализационе мреже са минималним толеранцијама и високом вероватноћом.

6. Захвалница

Сprovedено истраживање и рад су настали у оквиру редовних активности аутора у оквиру ЕПС АД Београд, Огранак Ђердап Кладово.

7. Литература

- [1] Перовић Г, *Рачун изравнања – теорија грешака мерења*, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 1989.
- [2] Klein K. H. & Heunecke O. Aims and Activites in German Standardization Respective Engineering Surveys. In *Quo Vadis–International Conference*, FIG Working Week, 2000.
- [3] Chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://southgatedistricts.org/DocumentCenter/View/119/Sanitary-Sewer-Design-Criteria?bidId= (приступљено: 15.08.2024)
- [4] Chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://pdhonline.com/courses/c606/c606content.pdf (приступљено: 15.08.2024)