



საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტი

1922 წლიდან

გიორგი ჭალაშვილი

## მაღლივი შენობების გაზომვითა და თავისებურებათა კვლევის შესახებ

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0160, საქართველო

2023წ

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ფაკულტეტი სამშენებლო

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით გიორგი ჭალაშვილის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: “მალღივი შენობების გაზომვარაგების თავისებურებათა კვლევის შესახებ” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

5, ივნისი 2023 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი შოთა მესტვირიშვილი



რეცენზენტი: პროფესორი ოთარ გიორგობიანი



რეცენზენტი: პროფესორი ევტიხი მაჭავარიანი



## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2023 წ

ავტორი: გიორგი ჭაღიაშვილი

დასახელება: “მაღლივი შენობების გაუმომარაგების თავისებურებათა

კვლევის შესახებ”

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

მისანიჭებელი კვალიფიკაცია: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა 10, ივლისი 2023 წ.

ინდივიდუალური პროცენტების ან ინსტიტუტების მიერ შემოთმთმყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა



ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე. ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

ბოლო წლებში არსებულმა, გახმაურებულმა ფატალურმა თუ ტრაგიკულმა ფაქტებმა, ნათლად დაგვანახა, რომ საქართველოს გაზომიარაგების სისტემას სჭირდება სიღრმისეული სასწრაფო კვლევა, უსაფრთხოების ნორმების მიხედვით, მისი რეკონსტრუქცია ან საინჟინრო რეგულირება. ცნობილია ისიც, რომ მაღლივ საცხოვრებელ შენობებში (10 სართული და მეტი) მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში შეზღუდული იყო გაზიფიცირება, თუმცა ქართულ რეალობაში ასეთი შეზღუდვა 90-იან წლებში მოიხსნა და მათი აბსოლუტური უმრავლესობა გაზიფიცირებულია. ასევე ცნობილია, რომ თუ გაზის აღრიცხვა ხორციელდება მოცულობითი მრიცხველების მეშვეობით, ბუნებრივი აირი უნდა გადაითვალოს და დაანგარიშდეს სტანდარტული პირობის მიხედვით, რაც არასდროს არ განხორციელებულა საქართველოში, მას შემდეგ რაც მოხდა გაზის სექტორის გამრიცხველიანება.

მაღლივი კორპუსების კვლევების დროს, ქალაქ თბილისის ტერიტორიაზე ქსელში დაფიქსირებულ იქნა არაერთი ფაქტი, ძალზედ მაღალი ჰიდროსტატიკური წნევებისა, მეტიც წნევის რაოდენობა, ზოგიერთ შემთხვევაში უსაფრთხოების ნორმებიდან გამოსულია და ქმნის სერიოზულ საფრთხეს ადამიანის სიცოცხლისათვის და საქალაქო ინფრასტრუქტურისათვის. დადასტურებულია ასევე სართულების სიმაღლის მიხედვით, შენობის შიდა გამანაწილებელ ქსელში ჰიდროსტატიკური წნევის შეუქცევადი მატება, განსაკუთრებით წნევის მატების ზრდა ათი სართულის შემდეგ რამდენჯერმე იმატებს და დაბალი წნევების ქსელის უსაფრთხოების ნორმებისათვის დადგენილი წნევას 2-ჯერ და მეტჯერ აჭარბებს, რაც დაუშვებელია გარდა უსაფრთხოებისათვის ასევე გაზდანადგარის გამართული მუშაობისათვის, თავად გაზის ხარჯისათვის, გარემოზე ზემოქმედებისათვის და ასე შემდეგ.

რაც შეეხება ბუნებრივი აირის აღრიცხვის საკითხს, რომელიც ხორციელდება მოცულობითი მრიცხველებით და ვიცით რა, რომ საქართველოს მოსახლეობის 2/3 მთავორიან რელიეფზე ცხოვრობს მუდმივად, მათ შორის არც ქალაქი თბილისია გამონაკლისი (330 მ-1200 მ-მდე) კვლევის დროს მიღებული მონაცემები, აბსოლუტურად აკმაყოფილებდა სტანდარტულ პირობების დასაყვან ფორმულის მოთხოვნებს. მიღებული მონაცემები ჩაისვა ფორმულაში და გადათვლილ იქნა კვლევის ობიექტის ყველა მონაცემი, თუმცა ფორმულის შესაბამისად, დაბალი წნევის აღრიცხვაზე პირდაპირპროპორციულად დამოკიდებულია ქსელის წნევა. რაც უფრო მაღალია წნევა ნომინალიდან, მით ნაკლებია აღრიცხვის უთანაბრობა, მაგრამ როგორც ვიცით, გაზიფიცირების სექტორში მთავარი მდგენელი უსაფრთხოებაა, რაც აუცილებელი გასათვალისწინებელია. თბილისის გარდა, კვლევისთვის შერჩეულ იქნა მაღალმთიანი რეგიონის მჭიდროდ დასახლებული ტერიტორია, კერძოდ კი ჯავახეთის რეგიონი, სადაც მოსახლეობა განლაგებულია 1700-2100 მ-ზე ზღვის დონიდან, კვლევებმა და დაანგარიშებამ ნათლად გამოაჩინა თუ რამხელა პროცენტული მაჩვენებლით განსხვავდება რეალური ნატურალური აღრიცხვა, რა მონაცემსაც გვაწვდის მრიცხველი და სტანდარტულ პირობამდე დაყვანის შედეგად, რამდენი უნდა აღრიცხებოდეს გადასახადი აბონენტისათვის.

მოცემულ ნაშრომში, კვლევების შედეგად მიღებული ინფორმაციისა და მოძიებული თანამედროვე ლიტერატურის თუ ინოვაციური მიდგომების საფუძველზე, შემოთავაზებულია, საქართველოს რეალური პირობების

გათვალისწინებით, გაზის დაბალი წნევის რეკონსტრუქციისათვის აუცილებელი ღონისძიებების ჩატარების მოდელები და ფორმები. მოყვანილია მაღლივ კორპუსებში დაბალი წნევის ქსელში სიმაღლესთან ერთად ჰიდროსტატიკური წნევის მატების დასტაბილურების კონკრეტული მოდელი, ასევე დარს– ვეისბახის წნევის ვარდნი ფორმულის თანახმად, შესაბამისი გადაანგარიშების შედეგად, გაზის მოხმარების აპარატზე, სანთურის წინ მილაკის წაგრძელებით, ნამატი წნევის ნომინალთან მიახლოვების უზრუნველყოფა, თუ მაღლივ შენობაში სიმაღლესთან ერთად ჰიდროსტატიკური წნევის მატება რამოდენიმე ათეულს არ აღემატება.

რაც შეეხება გაზის აღრიცხვის უთანაბრობას, გამოწვეულს საქართველოს რელიეფურობით, ვინაიდან ის პირდაპირ დამოკიდებულია ზღვის დონესთან, ასევე გარემო ტემპერატურასთან, აქაც აუცილებელ ღონისძიებად შემოთავაზებულია ორი გამოსავალი: სასწრაფოდ იქნას საქართველოს ენერგეტიკული მარეგულირებელი კომისიის მიერ მიღებული დადგენილება, რომელიც გადაწყვეტს მოცულობითი მრიცხველების ჩანაცვლებას, ნამდვილად „ჭკვიანი მრიცხველებით“ ან ადგილმდებარეობს პირობების გათვალისწინებით, საანგარიშო ფორმულების მეშვეობით, მოხდეს სტანდარტული პირობების კოეფიციენტის შემოღება, რაც მოცულობით მრიცხველში დაფიქსირებულ მონაცემებს დააკორექტირებს, ამავე კოეფიციენტის გადამრავლებით. ამ მეთოდს უამრავი ქვეყანა იყენებს, მათ შორის ავსტრიაც კი, თუმცა ბოლო წლების ტექნოლოგიურმა მიღწევებმა, კორექტორიანი მრიცხველების წარმოების ფასი საგრძნობლად შეამცირა და შესაძლებელი გახდა მათი ფართო გამოყენება. ვინაიდან კვლევების შედეგად აღრიცხვის ცდომილება სამარისად მაღალია (თბილისის შემთხვევაში, არსებული მიღებული, დაბალი წნევების გათვალისწინებით 4–8 %, ხოლო ჯავახეთის პირობებში საშუალო სეზონური დაყვანით 10–14 % ში მერყეობს), რჩება მხოლოდ კეთილი ნება გადაწყვეტილების მიღების თაობაზე.

## Abstract

The high-profile fatal or tragic facts of recent years have clearly shown us that the gas supply system of Georgia needs an in-depth urgent study, according to safety norms, its reconstruction or engineering regulation. It is also known that gasification was restricted in high-rise residential buildings (10 floors and more) in all countries of the world, although in Georgian reality such a restriction was removed in the 90s and the vast majority of them are gasified. It is also known that if gas accounting is carried out through volumetric meters, natural gas must be recalculated and calculated according to the standard condition, which has never been implemented in Georgia since the gas sector was metered.

During the studies of high-rise buildings, a number of facts were observed in the network in the territory of Tbilisi city, very high hydrostatic pressures, moreover, the amount of pressure, in some cases, is out of safety norms and creates a serious threat to human life and city infrastructure. It is also confirmed that depending on the height of the floors, the irreversible increase in hydrostatic pressure in the internal distribution network of the building, especially the increase in pressure increases several times after ten floors and exceeds the pressure established for the safety norms of the low pressure network by 2 times or more, which is not allowed except for safety reasons and for the proper operation of the gas installation, the gas itself for cost, environmental impact and so on.

As for the issue of natural gas accounting, which is carried out with volumetric meters, and we know that 2/3 of the population of Georgia lives permanently in mountainous terrain, and the city of Tbilisi is no exception (from 330 m to 1200 m), the data obtained during the research absolutely met the standard conditions. They asked for a formula to reduce. The obtained data were entered into the formula and all the data of the research object were recalculated, however, according to the formula, the network pressure is directly proportional to the low pressure measurement. The higher the pressure from the nominal, the less the metering disparity, but as we know, the main determinant in the gasification sector is safety, which must be taken into account. In addition to Tbilisi, a densely populated area of the highland region was selected for the research, namely the Javakheti region, where the population is located at 1700-2100 m above sea level. The researches and calculations clearly showed how many percentages the real natural accounting differs, what data the counter provides us, and the standard condition. As a result of reduction, how much should be charged for the subscriber.

In this work, on the basis of the information obtained as a result of research and modern literature and innovative approaches, models and forms of necessary measures for the reconstruction of low gas pressure are proposed, taking into account the real conditions of Georgia. A specific model for stabilizing the increase in hydrostatic pressure with height in high-rise buildings in the low-pressure network is given, as well as the drop in pressure according to the Dars-Weisbach formula, as a result of the corresponding recalculation, on the gas consumption device, by extending the tube in front of the burner, ensuring that the increased pressure approaches the nominal value, if the hydrostatic pressure increases with height in a high-rise building The increase does not exceed a few units.

As for the unevenness of gas accounting, caused by the topography of Georgia, since it directly depends on the sea level, as well as the ambient temperature, two solutions are proposed here as a necessary measure: Urgently take a resolution by the Energy Regulatory Commission of Georgia, which will decide to replace volumetric meters with truly "smart

meters" or, taking into account the conditions of the location, through calculation formulas, introduce a coefficient of standard conditions, which will correct the data recorded in the volumetric meter by multiplying the same coefficient. This method is used by many countries, including even Austria, although the technological advances of recent years have significantly reduced the production price of correction meters and made it possible for them to be widely used. Since, as a result of researches, the recording error is quite high (in the case of Tbilisi, taking into account the existing low pressures, it is 4-8%, and in the conditions of Javakheti, with an average seasonal reduction, it ranges from 10-14%), there is only „good will“ to make a decision.

## შინაარსი

შესავალი.....	15
თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა .....	20
1.1 გაზის საბადოები .....	20
1.2 გაზის მოპოვება .....	21
1.3 ბუნებრივი გაზი .....	23
1.4 გაზის ტრანსპორტირება და მომარაგების ფორმები.....	27
1.5 გაზის მარეგულირებელი პუნქტები (გმპ) და დანადგარები.....	32
1.6 გაზმომარაგების ხაზის ძირითადი დანადგარები .....	34
1.7 გაზსადენებზე წნევის რეგულატორები.....	35
1.8 გაზსაცავები.....	39
1.9 გაზის მოხმარება .....	40
1.10 დაბალი წნევის გაზსადენის ჰიდრავლიკური გაანგარიშების ძირითადი საკითხები.....	41
1.11 გაზგაყვანილობის გამოთვლის წესები საცხოვრებელ და მაღლივ კორპუსებში .....	43
1.12 ბუნებრივი აირის ნორმალური და სტანდარტული პირობები .....	44
1.13 ბუნებრივი აირი როგორც სათბობი, საფრთხე და სხვა სათბობებთან შედარებით მისი უპირატესობა.....	45
1.14 გაზების აალების, გავრცელების სიჩქარე და წვის ტემპერატურა .....	47
1.15 ბუნებრივი აირის წვის ნომინალური თბური დატვირთვა.....	51
1.16 გაზმომარაგება და საქართველო.....	55
1.17 მოკლედ მრიცხველების თაობაზე.....	57
თავი II. კვლევა .....	58
2.1 ევროპული და საქართველოს გაზის მეურნეობის სისტემების განსხვავება და მათი თავისებურება. ....	58
2.2 რეგულატორები და უსაფრთხოების მოწყობილობები გაზის მეურნეობაში .....	65



2.3 ნორმისგან გადახრილი ჭარბი წნევისგას დაცვის მეთოდი.....	69
2.4 წნევის ვარდნა.....	71
2.5 ავტომატური გამორთვა.....	71
2.6 წნევის დაცემა .....	72
2.7 დამცავი სარქველის ზომა .....	73
2.8 ავტომატური გამორთვა.....	75
2.9 მართვის ხაზი .....	77
2.10 შიდა კონტროლი.....	77
2.11 გაზის გაზომვის საკითხები .....	80
2.12 გაზის დანაკარგების მნიშვნელობა .....	83
2.13 დაბალი წნევის ქსელის მთლიანობის მართვა.....	85
2.14 წნევების გაზომვები თბილისის საცხოვრებელ და მაღლივ კორპუსებში. მიღებული მონაცემების კორელაცია თბილისის მთაგორიან რელიეფთან აღრიცხვის უბალანსობასთან დაკავშირებით .....	94
2.16 მთაგორიან რელიეფზე აღრიცხვიანობის უთანაბრობის პრაქტიკული კვლევა და მისი აღმოჩენის მეთოდოლოგია.....	129
2.17 მომხმარებლის გაზის მრიცხველის ჩვენების გაანგარიშება და მიღებული შედეგები.....	131
დასკვნა.....	147
გამოყენებული ლიტერატურა .....	147

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი. 1. გაზების ფიზიკური მახასიათებლები .....	22
ცხრილი. 2. საწვავი გაზების თბოუნარიანობა .....	26
ცხრილი. 3 ადამიანზე CO და CO <sub>2</sub> ის ზემოქმედების გავლენა .....	47
ცხრილი 4 გაზების აალების ტემპერატურა და აფეთქების ზღვრები .....	48
ცხრილი 5 აირ-ჰაეროვანი ნარევის გავრცელის სიჩქარე .....	49
ცხრილი 6 სხვადასხვა საწვავი გაზების კალორიულობა .....	49
ცხრილი 7 მაღლივ კორპუსში, ნომინალური წნევის მატების შესამცირებლად ნაცმის სადინარის გაზრდის მოდელის ნიმუში .....	122
ცხრილი 8 თბილისის გაზის აღრიცხვის უზუსტობის გადათვლა სტანდარტული პირობის დაყვანის ფორმულით .....	128
ცხრილი 9 თბილისის გაზის აღრიცხვის უზუსტობის გადათვლა სტანდარტული პირობის დაყვანის ფორმულით, გაზის ნომინალური წნევის შესწორების შემთხვევაში .....	130
ცხრილი 10 ე. ახალქალაქში სხვადასხვა აბონენტთან გაზის მრიცხველში მუშა წნევები ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე .....	134
ცხრილი 11 ე. ნინოწმინდაში სხვადასხვა აბონენტთან გაზის მრიცხველში მუშა წნევები ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე .....	134
ცხრილი 12 მრიცხველთან გაზის აბსოლუტური წნევის სიდიდეები .....	135
ცხრილი 13 ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე ხელსაწყოს მეშვეობით გაზომილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეების შედარება ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილ ატმოსფერულ წნევებთან .....	137
ცხრილი 14 ე. ახალქალაქსა და ე. ნინოწმინდაში გარე ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურები „სამშენებლო კლიმატოლოგიის“ მიხედვით .....	138
ცხრილი 15 ე. ახალქალაქსა და ე. ნინოწმინდაში გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურები წელიწადის დროების მიხედვით .....	139
ცხრილი 16 განაწილების ლიცენზიანტის მიერ 100 მ <sup>3</sup> სტანდარტული გაზის მიწოდებისას აბონენტის უკორექტორო მრიცხველის ჩვენება .....	143
ცხრილი 17 განაწილების ლიცენზიანტის მიერ 100 მ <sup>3</sup> სტანდარტული გაზის მიწოდებისას აბონენტის ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის ჩვენება ...	145

ცხრილი 18 ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში წელიწადის დროების მიხედვით  
აბონენტის მრიცხველის საშუალო წლიური პროცენტული გადახრა ..... 146

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1 გაზმომარაგების და რგოლური ქსელის სქემა; ბ. ჩიხური ქსელის ქემა .....	29
ნახ. 2 დაბალი წნევის გაზმომარაგების ერთსაფეხურიანი სისტემა .....	30
ნახ. 3. დასახლების გაზმომარაგების ორსაფეხურიანი სქემა .....	31
ნახ. 4 გაზმარეგულირებელი პუნქტი .....	34
ნახ. 5 გაზსადენის რეგულატორის ნახაზი .....	35
ნახ. 6 გაზის წნევის რეგულატორების დროსელური მოწყობილობები .....	39
ნახ. 7. ბუნებრივი გაზის აფეთქების კონცენტრაციული ზღვრების გრაფიკი .....	64
ნახ. 8. ბუნებრივი აირის მილსადენების ზოგადი სისტემები მოპოვებიდან საბოლოო აბონენტამდე .....	66
ნახ. 9. ბუნებრივი აირის განაწილება. ევროპა–აშშ .....	68
ნახ. 10 ბუნებრივი აირის განაწილების სისტემა. ევროპა–აშშ .....	68
ნახ. 11 ავტომატური გამორთვის სარქველების დაყენება–მონტაჟის სქემა .....	77
ნახ. 12 საქართველოში არსებული დაბალი წნევის ქსელის მოდელი .....	88
ნახ. 13 რეკონსტრუირებული გაზის ქსელი საშუალოდ დაბალი წნევის მილსადენზე .....	93
ნახ. 14 შენგელაია–ჩარგლის № 36/42 ზაფხული .....	97
ნახ. 15 შენგელაია–ჩარგლის № 36/42 ზამთარი .....	98
ნახ. 16 ჭოპორტის ქუჩა № 3 ზაფხული .....	99
ნახ. 17 ჭოპორტის ქუჩა № 3 ზამთარი .....	99
ნახ. 18 სან ზონა № 3 ზაფხული .....	100
ნახ. 19 სან ზონა № 3 ზამთარი .....	101
ნახ. 20 სან ზონა № 3 (24 საათი) ზაფხული .....	102
ნახ. 21 დიღმის მასივი მაღლივი კორპუსი ზაფხული .....	102
ნახ. 22 დიღმის მასივი მაღლივი კორპუსი ზამთარი .....	104
ნახ. 23 ვაზისუბნის დასახლება ზაფხული .....	105
ნახ. 24 ვაზისუბნის დასახლება ზამთარი .....	106

ნახ. 25 ქავთარადის № 37 .....	107
ნახ. 26 ნუცუბიდის პლატო II მკრ ზაფხული .....	108
ნახ.27 ნუცუბიდის პლატო II მკრ ზამთარი .....	109
ნახ. 28 მუხიანის აგარაკები შემოდგომა .....	109
ნახ. 29 მუხიანის აგარაკები ზამთარი .....	110
ნახ. 30 გაზომვების საერთო დინამიკა .....	112
ნახ. 31 არსებული ნორმებით დადგენილი გაზის დაბალი წნევის ქსელის სქემა ...	113
ნახ.32 ახალი შემოთავაზებული სქემა გაზის დაბალი წნევის სისტემაზე .....	115
ნახ. 33 16 სართულიანი საცხოვრებელი მაღლივი კორპუსის ჰიდროდინამიკური წნევის ზრდა ნუცუბიდის პლატო II მკრ .....	118
ნახ. 34 16 სართულიანი საცხოვრებელი მაღლივი კორპუსის ჰიდროდინამიკური წნევის ზრდა ვაზისუბნის დასახლება .....	118
ნახ. 35 გაზქურის ნაცმი .....	121
ნახ. 36 მაღლივ შენობაში 10-ე სართულის შემდეგ სიმაღლეზე ნაცმის ბუნებრივი აირის სადინარის (წითლად) სიგრძის დამოკიდებულება % ში, ჰიდროსტატიკური წნევის ზრდის მიხედვით, დარს-ვეისბახის დაბალი წნევის ქსელში, წნევის ვარდნის ფორმულის თანახმად .....	123
ნახ. 37 სართულების მიხედვით, ნომინალურ წნევასთან მიახლოებისთვის გაზდანადგარში ნაცმის შერჩევის მოდელი .....	123
ნახ. 38 მაღლივი კორპუსების სიმაღლის ზრდის მიხედვით, ნაცმის (ჟიკლიორის) სადინარის დაგრძელების დამოკიდებულება .....	125
ნახ. 39 მრიცხველთან გაზის აბსოლუტური წნევის სიდიდეები .....	136
ნახ. 40 ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე ხელსაწყოს მეშვეობით გაზომილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეების შედარება ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილ ატმოსფერულ წნევებთან .....	138

## სურათების ნუსხა

სურათი №1 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	98
სურათი №2 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	103
სურათი №3 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	104
სურათი №4 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	104
სურათი № 5 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	107
სურათი № 6 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	111
სურათი № 7 ელექტრონული მანომეტრი PM 510 .....	124
სურათი № 8 ჭკვიანი მრიცხველი .....	147

## შესავალი

მეცნიერული სიახლე ვინაიდან თითქმის მთელი ქვეყანა გაზიფიცირებულია, საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება მიექცეს საცხოვრებელი სექტორის გაზის ქსელების დაბალი წნევის კატეგორიის მილსადენებს, ზოგადად დასახლებული პუნქტების ქსელის სახეობებს და რაც მთავარია მაღლივი საცხოვრებელი კორპუსების გაზმომარაგების თავისებურებებს, რაც მდგომარეობს შემდეგში, სართულების (სიმაღლესთან ერთად) მატებასთან ერთად, მაღლა იწევს შენობის შიდა გაზის ქსელის ჰიდროსტატიკური წნევა, რომელის ნომინალური წნევიდან გადახრას ნიშნავს, რაც უამრავ პობლემას ქმნის გაზის დანადგარების მუშაობაში და მეტიც, არ არის გამორიცხული, შეიქმნას ფეთქებადსაშიში გარემო, დახურულ სივრცეში. პრობლემის გადასაწყვეტად, წინამდებარე ნაშრომში, დეტალურად არის განხილული, ორი მოდელი პრობლემის გადასაწყვეტად, თუ რა საინჟინრო გადაწყვეტილება შეიძლება იქნეს მიღებული, მოცემული პრობლემის გადასაჭრელად, რაც დეტალურად არის ახსნილი წინამდებარე ნაშრომში. თემიდან გამომდინარე, ნატურალურმა კვლევების შედეგებმა გამოაჩინა მთელი რიგი თანმდევი პრობლემები, რაც ახასიათებს სოციალური გაზმომარაგების სექტორს. ნაშრომში დასმული პრობლემების გადაჭრით, ცხადია მიიღწევა გაზის მოხმარების ენერგოეფექტურობა და შედეგად მისი მოხმარების რაციონალური ხარჯვა.

მეცნიერული სიახლე კი მდგომარეობს შემდეგში, მაღლივ საცხოვრებელ შენობაში, სიმაღლესთან ერთად, შენობის შიდა გაზის დაბალი წნევის ქსელში, გაზდანადგარის სანთურის წინ შეგვენარჩუნებინა გაზის ნომინალური წნევა ან არ დავუშვათ წნევის ნორმიდან გადახვევა პირველი: ესაა მაღლივ შენობებში, რომელთა სართულების რაოდენობა აჭარბებს 10 სართულს, გაზის ქსელის მშენებლობისას და დაქსელვისას, გათვალისწინებულ იქნას გაზის დაბალი წნევის ქსელის ახლებური კონსტრუქცია რეგულატორ-სტაბილიზატორის გამოყენების საშუალებით და მეორე, თუ კი გაზდანადგარის სანთურის წინ ნომინალური წნევა 10-ე სართულის ზევით, თავად გაზდანადგარის საქარხნო-საპასპორტო მონაცემების ნომინალურ წნევას რამოდენიმე ერთეული წყლის სვეტის წნევით გადააჭარბებს, დარს-ვეისბახის წნევის ვარდნის ფომულის თანახმად, ქსელის რეკონსტრუქციის ანხორციელების ნაცვლად, საკმარისი იქნება, გაზდანადგარში

შევცვალოთ ნაცმი, (ჟიკლიორი) რომელსაც შესაბამისი გაანგარიშებით დავუგრძელებთ გაზსადინარს, მისივე დიამეტრის შე უცვლელად, რაც უზრუნველყოფს გაზის წნევის მატების შემცირებას და ნომინალურ წნავასთან მაქსიმალურ მიახლოებას.

რაც შეეხება მთავორიანობის გავლენით აღრიცხვის უთანაბრობის საკითხს, მთელს მსოფლიოში დგას ეს პრობლემა, სადაც გაზის აღრიცხვას ახდენენ მოცულობითი აღრიცხვის მრიცხველებით. განვითარებულ ქვეყნებში, ამ პრობლემის გადალახვისთვის იყენებენ ორ მეთოდს, პირველი ესაა, გაზის აღრიცხვისას, ადგილობრივი გარემოს პირობების შესაბამისად, სტანდარტულ პირობამდე დაყვანის ფორმულების გაანგარიშებით დადგენილი კოეფიციენტის შემოღებას, რომელიც მრიცხველის მაჩვენებელზე გადამრავლებით მიღებული რაოდენობით დგინდება რეალური ხარჯი, ხოლო მეორე შემთხვევაში—ჰვიანი მრიცხველების გამოყენებით აღრიცხვა, რომელსაც არანაირი გადათვლა და კოეფიციენტის შემოღება არ სჭირდება, რადგან თავად ახდენს გაზის სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანას და მის აღრიცხვას.

აღრიცხვის უთანაბრობას რაც შეეხება, პრაქტიკული კვლევების მონაცემების დამუშავების შემდეგ, სტანდარტულ პირობამდე დაყვანით გადავიანგარიშეთ აღრიცხვის უთანაბრობა, სადაც ნათლად გამოჩნდა, თუ რამდენად აუცილებელია სოციალურ (და არა მარტო) სექტორში აღრიცხვის დაბალანსება, ვინაიდან უბალანსო აღრიცხვა პირდაპირ აწვება ფინანსურად მომხმარებელს, ხოლო განაწილების ლიცენზიანტ კომპანიას კი ფინანსური აღრიცხვის წარმოებისას ვერ უჯდება ბალანსი.

**აქტუალობა.** სადღეისოდ საქართველოს გაზის მეურნეობის სექტორი მრავალი გამოწვევის წინაშე დგას, მათ შორის რა თქმა უნდა გახლავთ უამრავი გახმაურებული უბედური თუ საშიში შემთხვევები, ჩვენს ყოველდღიურ ყოფაცხოვრებაში. მსოფლიოს გაზის სექტორის დაკვირვებამ, მკაფიოდ გვაჩვენა, თუ როგორი განსხვავებული მიდგომები არსებობს გაზის მიწოდება-მოხმარების თვალსაზრისით. დასავლური განვითარებული ქვეყნების მაგალითზე, რომ ვიმსჯელოთ, საყოფაცხოვრებო ნაწილში გაზის მოხმარება ძლიერ შეზღუდულია, რომ აღარაფერი ვთქვათ ბუნებრივი აირით მაღლივი კორპუსების მომარაგების შესახებ. მეტიც, ჩვენს ქვეყანაშიც არსებობდა მსგავსი შეზღუდვა გასული საუკუნის



90 – აინ წლებამდე, თუმცა მძიმე ეკონომიკურმა ფაქტორებმა ეს შეზღუდვა უგულებელყო.

მას შემდეგ, რაც საქართველოს გაზის სექტორის გამრიცხველიანება განხორციელდა მოცულობითი მრიცხველებით, თავდაპირველად არავის არ მიუქცევია ყურადღება ბუნებრივი პირობებით გამოწვეული ფაქტორების შედეგად გაზის აღრიცხვის ცდომილებისთვის, რაც მდგომარეობს ტემპერატურისა და ადგილმდებარეობის ატმოსფერული წნევის გავლენაზე გაზის გადათვლას ფაქტობრივიდან სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანის გზით, რამაც ცხადია გარკვეული პრობლემები შექმნა, გაზის ზუსტად აღრიცხვის თვალსაზრისით.

**პრაქტიკული მნიშვნელობა.** ფაქტობრივი, ნატურალური კვლევების მონაცემების საფუძველზე, უნდა დაგვედგინა ატმოსფერულ-ბარომეტრული გარემოს ზეგავლენის შედეგად ბუნებრივი აირის აღრიცხვის ცდომილებები და უთანაბრობის რაოდენობა, სტანდარტული პირობების გათვალისწინებით, შესაბამისი ფორმულები ს გამოყენების მეშვეობით. ასევე სიცხადის შეტანისთვის, მონაცემების აღება მაღლივი საცხოვრებელი შენობებიდან, სართულების, დღე-ღამის და არაპიკური გაზის მოხმარების დროს ჰიდროსტატიკური წნევების მონაცემთა დამუშავება, სტასკევიჩის ცნობილი ფორმულის მიხედვით.

მაღლივ შენობებში ჰიდროსტატიკური წნევის მატების დასადგენად, პრაქტიკული კვლევებისათვის შევარჩიეთ ქალაქ თბილისის სხვადასხვა უბანში განლაგებული შენობები. მიღებული მონაცემები ასახულ იქნა გრაფიკებში, სადაც ნათლად ჩანს თბილისის გაზის დაბალი წნევის ქსელში არსებული მდგომარეობა. მიღებულმა შედეგებმა საშუალება მოგვცა კიდევ სხვა დასკვნებამდეც გავსულიყავით და მოგვეძებნა პრობლემის გადასაჭრელად გზები, უსაფრთხოებისა და ეკონომიურობის საფუძველზე დაყრდნობით. თემის უკეთ შესწავლისათვის, ჩვენს მიერ დამუშავდა დასავლური განვითარებული ქვეყნების დაბალი წნევის სამომახმარებლო ქსელების სისტემები, მოვახდინეთ ამ სისტემების შედარება საქართველოს არსებულ ნორმებთან და სისტემებთან, რამაც მოგვცა საშუალება მოგვეძებნა საუკეთესო გამოსავალი, მეტად სახიფათო და არასახირობილო მდგომარეობიდან, რა სურათიც მივიღეთ პრაქტიკული კვლევების დროს საქართველოს რეალურ ცხოვრებაში გაზის მოხმარების თვალსაზრისით.

რაც შეეხება გაზის აღრიცხვის უზალანსობის დადგენას, პრაქტიკული კვლევისთვის შერჩეულ იქნა, საქართველოს ერთ-ერთი მთაგორიანი რეგიონი, რომელიც მჭიდროდ დასახლებული ტერიტორიაა. კვლევები განვახორციელეთ ჯავახეთის ზეგანზე არსებულ ორ ქალაქში ახალქალაქსა და ნინოწმინდის დასახლებებში. როგორც ვიცით, გარდა სიმაღლისა ზღვის დონიდან, აღნიშნული რეგიონი გამოირჩევა განსაკუთრებული კლიმატური პირობებით, რაც დამატებით ფაქტორს წარმოადგენდა კვლევების მიმდინარეობისას. გაზომვები განხორციელდა უშუალოდ აბონენტების გაზის მოწყობილობებში, ისევე როგორც თბილისის შემთხვევაში. ჰიდროსტატიკური წნევების გაზომვა ხდებოდა, გაზის აპარატურის როგორც გაჩერებულ, ასევე ჩართულ მდგომარეობაში. მიღებული მონაცემები დამუშავდა ბარომეტრული პირობების დაკმაყოფილების შესაბამისად, შემდეგ მიღებული მონაცემები გადაანგარიშდა სტანდარტული პირობის დაკმაყოფილების ფორმულაში, სადაც აღრიცხვის უთანაბრობამ მოგვცა კოლოსალური სხვაობა, რაც ჩვენივე კანონმდებლობით, სემეკის დადგენილების საფუძველზე დაუშვებელია.

მაღლივი საცხოვრებელი შენობების კვლევის შედეგები სავსებით შესაძლებელია წარმატებით იქნეს, ფართოდ გამოყენებული საქართველოს გაზის სექტორში. მოწოდებული რეკომენდაციები, შესაძლებელია გათვალისწინებულ იქნას ლიცენზიანტი კომპანიების მიერ. გაზის აღრიცხვის უთანაბრობის პირობები, რომელიც დაკავშირებულია საქართველოს მთაგორიანობასთან და ვიცი რა, რომ საქართველოს მოსახლეობის 2/3 სწორედ მთაგორიან რელიეფზე ცხოვრობს. რეკომენდაცია და კვლევის შედეგები სემეკს უკვე წარედგინა, რის საფუძველზეც მოეწყო გაფართოებული შეხვედრა, თავად სემეკის შენობაში 14.09.2021 წელს, რომელსაც ესწრებოდნენ სემეკის თავმჯდომარე, მისი მოადგილე გაზის დეპარტამენტიდან, გაზის ტრანსპორტირების კომპანიიდან, ლიცენზიანტი კომპანიიდან, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პრორექტორი, ენერგეტიკის ფაკულტეტის დეკანი, ამ თემის ხელმძღვანელი (მომხსენებელი) პროფ. შოთა მესტვირიშვილი და სხვა მოწვეული სტუმრები. აღნიშნულ სხდომაზე აღრიცხვის პრობლემა იქნა აღიარებული და ბოლომდე გაზიარებული, სადაც დაიდო პირობა, რომ მოკლე დროში აღნიშნული საკითხი მოგვარდებოდა შესაბამისი საკანონმდებლო პროცედურების გავლის შემდეგ.

ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების დონეს ცალსახად განსაზღვრავს ენერგეტიკის ხელმისაწვდომობის დონე. საქართველოს რეალურ ცხოვრებაში ბუნებრივი აირის წილი ენერგეტიკაში მნიშვნელოვანია და ის თანდათანობით მზარდი მაჩვენებლებით გამოირჩევა. ბოლო 5–6 წელიწადში, საქართველოს მსხვილი ქალაქების გარდა, უამრავი სოფლის გაზიფიცირება განხორციელდა, ხოლო წელს (2023წ) 85–ზე მეტი სოფლის დასახლების გაზიფიცირების სამუშაოები მიმდინარეობს, რაც ცხადია შეუქცევადად გაზრდის გაზის მოხმარებას სოციალურ სექტორში.

ამ ფაქტორებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ შემდეგზე, საქართველოს დასახლებული პუნქტების 70 %-ი უკვე გაზიფიცირებულია, შესაბამისად გაზს ჩვენს სოციალურ სექტორში ფართო გამოყენება აქვს. სწორედ ამის გამო საჭიროა გაზის სექტორის სწორი, საიმედო, უსაფრთხო და მოქნილი მართვა.

# თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა

## 1.1 გაზის საბადოები

ნახშირწყალბადოვანი გაზების საბადოს წარმოშობა, ძირითადად დაკავშირებულია ანაერობულ (უჟანგბადო) ბიოქიმიურ პროცესთან. მისი წარმოშობის დედააზრი დაკავშირებულია ცოცხალი და ორგანული, მცენარეების და ცხოველების, ზღვის პრიმიტიული წყალმცენარეების დიდი პერიოდის დანალექებთან, რამაც დროთა განმავლობაში წარმოქმნა გაზი და ნავთობი. ორგანულ დანალექებში ანაერობული ბაქტერიების ზემოქმედებით ხდებოდა ენერგეტიკული ფერმენტაცია. ანაერობული ბაქტერიები გამოყოფენ ფერმენტებს, რომლებიც წარმოადგენენ კარგ კატალიზატორს (დამაჩქარებელს) ნავთობის და გაზის წარმოშობის პროცესთან. გაზის და ნავთობის წარმოშობას ხელს უწყობს მიწის ქვეშა ისეთი პირობები, როგორცაა მაღალი ტემპერატურა და წნევა.[1] მისთვის როგორც საბადოსთვის, აუცილებელი პირობაა, რომ ბუნებრივად გადახურული და შემოსაზღვრული იყოს გაუმტარი ქანებით, ხოლო თავად სასარგებლო წიაღისეული (ნავთობი და გაზი) მოქცეული იყოს ფოროვან ქანებში და ქონდეს უნარი როგორც ნავთობის და გაზის შენახვის, ასევე მისი გაცემის შესაძლებლობა. ამ პრონციპზე დაყრდნობით ნავთობგაზ შემცველ ქანებს კოლექტორს უწოდებენ. ბუნებაში საბადოები შეიძლება შეგვხვდეს შემდეგი სახით: 1) გაზის საბადო; 2) გაზკონდენსატის საბადო; 3) ნავთობის და გაზის საბადო. საბადოების გეოლოგიურ სტრუქტურული ნაირსახეობები არსებობს, თუმცა მნიშვნელოვანია თუ კი ის ფორმირებული იქნება სინკლინებსშორისი ანტიკლინის თაღში. ბუდობში სასარგებლო წიაღისეული გადანაწილებულია გრავიტაციის ძალით და ის კოლექტორში განლაგებულია ასე: ბუდობის ე.გ ქუდში დაგროვებულია გაზი, შემდეგ გაზკონდენსატი (მისი არსებობის შემთხვევაში), ქვევით ნავთობი და კიდევ ერთი აუცილებელი პირობა რაც მის მოპოვებას ხელს უწყობს ეს არის გრუნტის წყალი, რომელიც ბუდობის სულ ქვედა ნაწილშია მოქცეული. გრავიტაციულად ამ პირობების გათვალისწინებით, მოპოვებისას, საბადოების დამუშავების თვალსაზრისით იყენებენ გაზის და წყლის ფიზიკურ თვისებებს და მათივე ზემოქმედებით ახორციელებენ მოპოვებას, რასაც ნავთობ გაზმოპოვებაში ეწოდება გაზწნევითი ან წყალწნევითი მოპოვების რეჟიმები. [2]

## 1.2 გაზის მოპოვება

გაზის მოპოვებისთვის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს გაზის მომპოვებელი ჭაბურღილი. ჭაბურღილის ზედა ნაწილს უწოდებენ ჭაბურღილის პირს, ხოლო ქვედა ნაწილს, პროდუქტიულ ქანში – სანგრევს. ექსპლუატაციის დროს ჭაბურღილის ლულაში ჩაუშვებენ შადრევნის მილებს, რომელსაც ამაგრებენ ჭაბურღილის პირზე. შადრევნის მილების შერჩევა ხდება მოპოვების გაანგარიშებული დებეტის გათვალისწინებით და ის შეიძლება იყოს სხვადასხვა დიამეტრის (50–100მმ). მომპოვებელ ჭაბურღილებს გააჩნიათ ძალზედ მაღალი წნევა (8 მგპა) და მაღალი დებეტი (500 ათასი მ<sup>3</sup>/დღეღამეში). გაზის მოპოვება რეკომენდირებულია გარსაცმიანი მილებით, ხოლო თუ მომპოვებული გაზი შეიცავს გოგირდწყალბადს, ამ შემთხვევაში ასეთი მილების გამოყენება შეზღუდულია მაღალკოროზიული პირობის გამო.[1]

გაზის ჭაბურღილის ჭის პირზე, ამონტაჟებენ სპეციალურ აღჭურვილობას მისი ჰერმეტიკობისთვის, რომელიც შედგება მომპოვებელ კოლონის თავისგან, მილების თავებისგან და ბოლოს ე.გ მომპოვებელი შადრევნის ნაძვისგან. გაზის მოპოვების დარეგულირება ჩამკეტი არმატურით არ შეიძლება, იმდენად რამდენადაც იწვევს მათ სწრაფ ცვეთას. წნევის წინააღმდეგობის შესაქმნელად ჭაბურღილზე, გამოიყენებენ შრუცერებს (ნაცმებს), ანუ ახდენენ დიამეტრის შემცირებას (1–40 მმ), რომლითაც ხდება წნევის დარეგულირება. გამოანგარიშებით დადგენილი წნევის შესაბამისად, მომპოვებელ არმატურას დაუყენებენ შესაბამის შტუცერს და თუ წნევა დავარდა და მოპოვების რეჟიმი შეიცვალა, პირობების დასაკმაყოფილებლად შეარჩევენ შესაბამისი დიამეტრის (უფრო დიდი) შტუცერს და მას დაამონტაჟებენ. ამ ღონისძიებების გატარება გაზის მოპოვებისას აუცილებელია რადგან მოპოვებისას წნევის მომატებას შეუძლია ჭაბურღილის სანგრევის დაზიანება, ქანების ჩამოშლა და მყარი ნაწილაკების გამოტყორცვნა მომპოვებელ ქსელში, რამაც შესაძლებელია დააზიანოს ჭაბურღილის პირის მოწყობილობები და მეორეს მხრივ, გაზის დებეტი უნდა იყოს ისეთი, რომ გაზის ამოღების წნევა საკმარისი იყოს მისი ტრანსპორტირებისთვის სათაო საკომპრესორო სადგურამდე. [1]

გაზის საბადოების ექსპლუატაციის სპეციფიკა მდგომარეობს იმაში, რომ მოპოვებული გაზი საჭიროებს მყისიერ ტრანსპორტირებას დანიშნულების ადგილზე, იგულისხმება მოხმარების ობიექტები და სხვა. ამიტომ მოპოვების რეჟიმის დადგენისას, გასათვალისწინებელია მოხმარებლების მომზადება გაზის მოხმარებასთან დაკავშირებით და მოპოვების რეჟიმის დადგენა ამ ფაქტორების გათვალისწინებით. თუ ქალაქების სიახლოვეს, სადაც გაზს მოიხმარენ, არსებობს რაიმე სახის გაზსაცავი, ამ შემთხვევაში გაზის საბადოს მოპოვების რეჟიმის გათვალისწინება საჭირო აღარ არის, რადგან შესაძლებელია ჭარბი რაოდენობის გაზის გადაქაჩვა გაზსაცავში.

საბადოებზე განლაგებული ცალკეული ჭაბურღილები ერთმანეთთან დაკავშირებულია გაზსადენებით, რომელიც მთავრდება გაზგამანაწილებელ სადგურში. ჭაბურღილიდან წამოსული გაზი, როცა ჭის პირზე დამონტაჟებულ შადრევნის ნაძვს გაივლის, ამონტაჟებენ უსაფრთხოების სარქველს და მანომეტრებს. გაზის შემკრები ხაზები დაკავშირებულია სეპარატორებთან, სადაც გაზს ასუთვავებენ მყარი და ტენიანი მექანიკური ნარევებისგან. სეპარატორიდან გაზი მიემართება გაზშემგროვებელ კოლექტორში. მოპოვებული გაზის რაოდენობას კი ანგარიშობენ მრიცხველებით. გაზის გადაქაჩვის შეერთების ადგილას ამონტაჟებენ ჩამკვეთ არმატურას, უკუ სარქველს და გამსვლელ სარქველს რომელიც უზრუნველყოფს გაზის გადაქაჩვას საჭირო მიმართულებით.

წნევის მარეგულირებელ შტუცერში გაზის გავლისას, წნევის შემცირების შედეგად გაზი ძლიერ ცივდება, ამიტომ აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ ჰიდრატების და ყინულის საცობების წარმოქმნის საწინააღმდეგო ღონისძიებები. გაზსადენის ამ პირობებით დაცობის საწინააღმდეგოდ, ქსელში ამატებენ მეთანოლის სპირტს. მეთანოლის ზემოქმედება მდგომარეობს იმაში, რომ ადვილად შედის რეაქციაში წყლის ორთქლთან, რომელსაც გააჩნია ყინვის დაბალი ტემპერატურა და შესაბამისად ადვილად არის შესაძლებელი გაზსადენიდან მისი გამოდევნისა.

სამრეწველო გაზგამანაწილებელ სადგურებში გაზს თავიდან წმენდავენ სეპარატორებში, აშრობენ და თავიდან აღრიცხავენ. თუ გაზი შეიცავს გოგირდყალბადს, მაშინ მაგისტრალში გაზის მიწოდებამდე ასუფთავებენ მისგან. გაზგამანაწილებელი სადგურის შემდეგ გაზი მიდის სათაო საკომპრესორო

სადგურში, ან თუ ქსელში წნევა საკმარისად მაღალია, პირდაპირ მაგისტრალურ გაზსადენებში. [1]

### 1.3 ბუნებრივი გაზი

გაზის შემადგენლობა დამოკიდებულია მისი მოპოვების, გეოლოგიური ბუდობების თავისებურებებზე და სხვადასხვაობებზე. მაგრამ ყველა შემთხვევაში ბუნებრივი გაზის ძირითად ნახშირწყალბადისგან (CH<sub>4</sub>) უნდა შედგებოდეს, ანუ მეთანიგან.

#### გაზების ფიზიკური მახასიათებლები

ცხრილი. 1.

გაზები	ქიმიური ფორმულა	ფარდობითი სიმკვრივე ჰაერთან	მოლეკულური მასა	სიმკვრივე 0 C, 1ატ.წნევაზე
მეთანი	CH <sub>4</sub>	0,5545	16,048	0,7168
ეთანი	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,049	30,07	1,3566
წყალბადი	H <sub>2</sub>	0,065	2,016	0,0899
ნახშირორჟანგი	CO	0,9669	28,011	1,25
პროპანი	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,562	44,097	2,019
ბუტანი	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,091	58,124	2,703
პენტანი	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,491	72,096	3,221
ეთილენი	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	2,974	4,208	1,2605
გოგირდწყალბადი	H <sub>2</sub> S	1,1906	34,082	1,5392
აზოტი	N <sub>2</sub>	0,9673	28,016	1,2505
ნახშირორჟანგი	CO <sub>2</sub>	1,5291	44,011	1,9768
ჟანგბადი	O <sub>2</sub>	1,1053	32,0	1,429
წყლის ორთქლი	H <sub>2</sub> O	0,5941	18,016	0,768

იმისათვის, რომ გაზს ვუწოდოთ ბუნებრივი, მის მთლიან მასაში მეთანი 70-98 %-მდე უნდა იყოს. დანარჩენ შემცველ გაზებში კი შეიძლება წარმოადგენდნენ

უფრო მძიმე საწვავ მოლეკულებს როგორებიცაა: ეთანი ( $C_2H_6$ ), პროპანი ( $C_3H_8$ ), ბუტანი ( $C_4H_{10}$ ) და პენტანი ( $C_5H_{12}$ ) და სხვა.

ნახშირწყალბადური შემადგენლობის გარდა ბუნებრივ გაზებში ასევე შეიძლება იყოს გაზური ნივთიერებები, როგორებიცაა: ჰელიუმი (He), წყალბადი ( $H_2$ ), ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ), გოგირდწყალბადი ( $H_2S$ ), და აზოტი ( $N_2$ ). [3][19]

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ბუნებრივი აირის არასტანდარტული შემადგენლობის გამო, პროცენტული მაჩვენებლების მიხედვით (არაორგანული გაზებისა და მძიმე ნახშირწყალბადების რაოდენობა თუ მეტია), ამ გაზის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები საგრძნობლად იცვლება. შესაბამისად შეგვიძია ვიმსჯელოთ ბუნებრივი გაზის ძირითად თვისებებზე. ამრიგად:

1. არ გააჩნია ფერი და სუნი (სუნის მისაცემად იყენებენ ოდორანტს);
2. ჰაერზე თითქმის 2 –ჯერ მსუბუქია;
3. თვითაალების ტემპერატურა -  $600-700\text{ }^{\circ}C$  მდე მერყეობს;
4. ჰაერთან კონცენტრაცია თუ აღწევს 5-15 %-მდე გაჩნდება აფეთქების საშიშროება.
5. სტანდარტულ პირობებში იმყოფება აირად მდგომარეობაში ( $+293.15\text{ K}$  და  $101.325\text{ მმ. წყ. სვ}$ );

თავად დაუწველი ბუნებრივი გაზი არ წამლავს გარემოს, მაგრამ დახურულ ოთახში ჰაერის მეთანით გაჯერების შემთხვევაში 10 პროცენტის ზევით შემცველობისას იწვევს ადამიანის გაგუდვას, ანუ ასფიქსიას, რადგან დახურულ ოთახში სადაც მეთანი შემოედინება, ჰაერში ჟანგბადის რაოდენობას ანაცვლებს და ხდება ჟანგბადის გაუხშოვება.

გაზის ქიმიური თვისებების თვალსაზრისით ყურადღება გასამახვილებელია შემდეგ ფაქტორებზე:

1. ძლიერფეთქებადი გაზია, გააჩნია მაღალი თვითაალების თვისება, ნაპერწკლის ან მის გარეშეც კი;
2. რადგან გაზი, ძირითადად მეთანისგან შედგება, გააჩნია  $CH_4$ -ის ყველა ქიმიური და ფიზიკური თვისება;
3. იკუმშება დაბალი ტემპერატურის დროს და ერთდროულად მაღალი წნევის შექმნისას გადადის თხევად მდგომარეობაში.  $-160\text{ }^{\circ}C$ - მდე გაცივებისას მისი მოცულობა 600-ჯერ შეიძლება შემცირდეს;



4. ბუნებრივი გაზი მაღალეფექტური საწვავია და მას სხვა სახის წვალისეული საწვავებთან შედარებით დიდი უპირატესობები აქვს;
5. გაზის მოპოვება გამოირჩევა დაბალი ხარჯებით, ვიდრე სხვა თხევადი წვალისეული საწვავის მოპოვება;
6. დაბალი დანახარჯებით ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება დიდ მანძილზე შესაძლებელია;
7. წვალისეული გაზის ერთობლიობა არ შეიცავს CO–ს და მისი გაჟონვისას ან სათავსში მოხვედრისას მხოლოდ აირით მოწამლვა ვერ მოხდება. CO წარმოიქმნება წვალისეული გაზის არასრული წვის შემთხვევაში;
8. ბუნებრივი გაზის წვისას მცირე გარემოზე ზემოქმედება მავნე ნამწვი ქიმიური ნივთიერებებით. მაგალითად ნახშირის წვის პროცესიდან 3 – ჯერ და მეტი რაოდენობის CO<sub>2</sub>-ის ემისია მოხდება გარემოში, ვიდრე წვალისეული გაზის წვის პროცესიდან, ასევე არ გააჩნია მყარი ნარჩენი (ნაცარი), ნამწვი მტვერი და სხვა);
9. ბუნებრივი წვალისეული გაზის წვის დროს შესაძლებელია მარტივი ავტომატიზაციის საშუალებების მოწყობა უზრუნველყოფა;
10. ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ხელსაწყო–აპარატებს გააჩნია მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტი;
11. მაღალი წვის ტემპერატურა (2150 °C-ზე და მეტი) საშუალებას იძლევა ბუნებრივი გაზი გამოყენებულ იქნას, როგორც ენერგეტიკული და ტექნოლოგიური საწვავი მაღალი ეფექტურობის მისაღწევად;
12. ბუნებრივი აირის სრული წვის მისაღწევად საჭიროა ჰაერის მცირე რაოდენობა, შეფარდებით: 1მ<sup>3</sup>/≈10მ<sup>3</sup>, გააჩნია მის კალორიულობას და ქიმიურ შემადგენლობას;
13. ბუნებრივი აირი, თავისი შემადგენლობით, მცირედ შეიცავს მავნე ქიმიურ მინარევებს;
14. ბუნებრივი აირის წვის პროცესში ტემპერატურული რეჟიმის ზუსტი დაცვა და რეგულირება შესაძლებელია, რაც ფინანსური დანახარჯების შემცირების საშუალებას იძლევა;
15. ბუნებრივი გაზის წვის პროცესში არ წარმოიქმნება დაუმწვარი დანაკარგები და მყარი ნარჩენები, ამიტომ არ დგას მათი მოცილების პრობლემა, რომელსაც ადგილი აქვს მაგალითად ქვანახშირის გამოყენებისას;

17. ბუნებრივი გაზის წვის პროცესში შესაძლებელია მოხდეს თბური დანადგარების სწრაფი აღდგენა.

*ბუნებრივი გაზს გააჩნია უარყოფით თვისებებიც:*

1. ბუნებრივი გაზი ძალზედ ფეთქებადია;
2. ბუნებრივი გაზის წვა შესაძლებელია ჰაერში ჟანგბადის საკმარისი რაოდენობის შემთხვევაში, გაზის და ჰაერის ნარევი თუ აფეთქების შესაბამისი პროპორციითაა, ის ფეთქებადია გავარვარებულ სხეულთან შეხებისას;
3. არასრული წვის პროცესის დროს გამოყოფილი ნამწვი პროდუქტები განსაკუთრებით კი CO (ნახშირჟანგი) ტოქსიკურად ძლიერ მომწამვლელია;
4. ბუნებრივი გაზის მოხმარებისას შეიძლება მოხდეს ატმოსფეროში თავისუფალი მეთანის გაფრქვევა-ემისია. მეთანი თავის თავში წარმოადგენს „სათბურ გაზს“. [3]

სათბურის მავნე ეფექტი მეთანისა 25 ჯერ მეტია, ვიდრე ნახშირორჟანგისა თუ ნახშირორჟანგის მავნე ზემოქმედებს ერთ ერთეულად ავიღებთ მეთანთან პროპორციისათვის.

ბუნებრივი გაზის კალორიულობას განაპირობებს მეთანის მოცულობითი შემცველობა. თუ მეთანის შემადგენლობა გაზში აღემატება 87 %-ს, ასეთ გაზი მაღალკალორიული იქნება და მიაკუთვნებენ *H-High* ჯგუფს. დაბალკალორიული - *L-Low* ჯგუფს. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ მეთანის შემცველობა გაზში შეადგენს საშუალოდ 80-97 %-ს, ხოლო როგორც გაზის თბოუნარიანობა ან კალორიულობა, ეს არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა სათბობის ერთეული რაოდენობის 1 მ<sup>3</sup>-ის ან 1 კგ-ის დაწვის პროცესის დროს. მისი განზომილება შეიძლება იყოს კკალ/მ<sup>3</sup>; კკალ/კგ; კჯ/მ<sup>3</sup>; ან კჯ/კგ. გამოიყენება თბოუნარიანობის ორი მნიშვნელობა: მუშა უდაბლესი და მუშა უმაღლესი თბოუნარიანობა. მუშა უმაღლესი თბოუნარიანობაში -  $Q^{\theta}$  შედის წყლის ორთქლის კონდენსაციის სითბო.[3]

ხშირად ნამწვი ნივთიერებები იმ დონემდე ვერ ცივდება, რომ თავად მასში მოხდეს წყლის ორთქლის კონდენსაცია, ამიტომ თბური გაანგარიშების დროს უმაღლეს თბოუნარიანობას არ იყენებენ, არამედ გამოითვლება მუშა უდაბლესი თბოუნარიანობით.

საწვავი გაზების თბოუნარიანობა

ცხრილი. 2.

გაზი		თბოუნარიანობა					
		მოცულობითი		მასური		მოლური	
		უმდ კჯ/კვ	უმდ კჯ/კვ	უმდ კჯ/ნმ3	უმდ კჯ/ნმ3	უმდ კჯ/მოლ	უმდ კჯ/მოლ
მეთანი	CH <sub>4</sub>	40157	35756	55546	49933	800952	800031
ეთანი	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	69685	63652	52019	47415	1560955	1425799
ნახშირჟანგი	C <sub>0</sub>	12660	12660	10124	10124	283677	283677
წყალბადი	H <sub>2</sub>	12780	10766	142001	119622	286276	241159
პროპანი	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	99173	91138	35385	46302	2221497	2041497
ბუტანი	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	128590	118530	51344	47327	2880405	2655060
პენტანი	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	158000	146178	49052	45385	3539145	3274401
ეთილენი	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	63039	59532	50341	47540	1412066	1333518

ბუნებრივი გაზის ხარჯს ვითვლით კუბურ მეტრებში, სემეკის მიერ მიღებული დადგენილებით, რომელთა რაოდენობასაც აფიქსირებს ბინებში დამონტაჟებული საქ სტატში რეგისტრირებული გაზის მოცულობითი მრიცხველი. ერთი კუბური მეტრი ბუნებრივი გაზი დაახლოვებით 9000 კკალ მდე ენერგიას გამოყოფს, გააჩნია თუ საიდან მოგვეწოდება გაზი. [3]

1.4 გაზის ტრანსპორტირება და მომარაგების ფორმები

გაზის დიდი რაოდენობით გადატანისთვის იყენებენ მილსადენებს, ის შეიძლება აგრეთვე გადატანილ იქნას გემებით, რკინიგზით, ავტომობილებითაც. გადატანა ტრანსპორტირება შეგვიძლია დავყოთ სხვადასხვა კლასიფიკაციების მიხედვით მათი დანიშნულებიდან გამომდინარე. ამ შემთხვევაში ყურადღებას გავამახვილებთ მილსადენებით გაზის ტრანსპორტირებაზე, რომელიც იყოფა კატეგორიებად: 1. მაგისტრალურ გაზსადენებად; 2. გამანაწილებელ ქსელებად და 3. სამრეწველო გაზსადენებად.

მაგისტრალური გაზსადენები, თავის მხრივ წარმოადგენს საინჟინრო კონსტრუქციათა და ნაგებობათა რთულ კომპლექსს, ესენია: მაგისტრალურ სადენები თავისი განშტოებებით, გამანაწილებელი და საკომპრესორო სადგურები, სარემონტო საექსპლუატაციო სადგურები და სხვა. რომელიც გაზის

ტრანსპორტირებას უზრუნველყოფს, უშუალოდ გაზის საბადოდან დასახლებულ ადგილამდე. მაგისტრალური გაზსადენები მაღალი სამუშაო წნევის რეჟიმებით მუშაობს და ის შეადგენს 6–დან 12 მგპა–მდე. ასევე შესაძლებელია საექსპლუატაციო რეჟიმად მოთხოვნილ იქნას 0.3–6 მგპა, მას საშუალო წნევის მილსადენებსაც უწოდებენ.

მსოფლიოში, პირველი პრეცედენტი, მაგისტრალური გაზსადენისა 1943 წელს აშშ–ში შტატ ტენესიში შეიქმნა, მისი სიგრძე 680 კმ–ს მდე იყო, ხოლო მილსადენის დიამეტრი 325 მმ–ს აღწევდა, მუშა წნევა 55 ატმ, ხოლო მეორე მაგისტრალური გაზსადენი სსრკში 1946 წელს სარატოვი–მოსკოვის მონაკვეთი, სწორედ აქედან დაიწყო დასაბამი მასშტაბური მაგისტრალური გაზსადენების მშენებლობებისა. მისი ტექნიკური პარამეტრები შეადგენდა: სიგრძე 843 კმ–ს, დიამეტრი 330 მმ–ს, მუშა წნევა 55–60 ატმ–ს. ამჟამად მსოფლიოში გაყვანილია უამრავი მაგისტრალური გაზსადენი. სადღეისოდ მაგისტრალური სადენების ჯამური სიგრძე რამოდენიმე 100 ათას კმ ზეა გადაჭიმული. ყველაზე გრძელი მაგისტრალური გაზსადენი რუსეთი ჩინეთის მონაკვეთია (დასავლეთი–აღმოსავლეთის მილსადენი), მისი სიგრძე დაახლოვებით 8704 კმ–ს შეადგენს. [4].

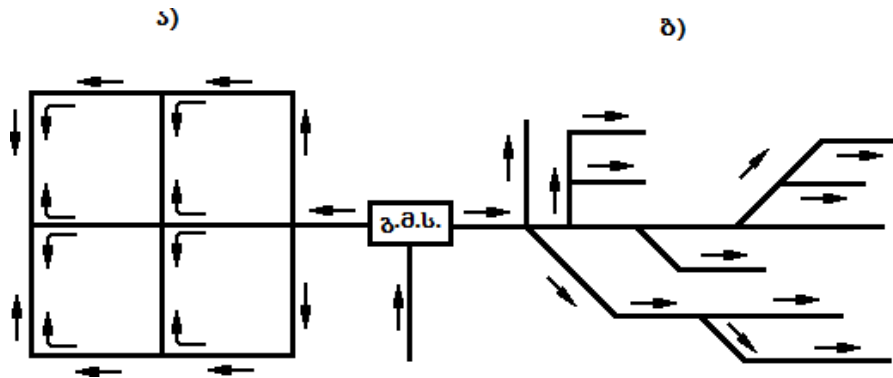
რაც შეეხება მაგისტრალური გაზომარაგების შემდეგ საფეხურს, მოდის ეგრეთ წოდებული სამომხმარებლო განშტოებები, რომელთაც მარაგდება დასახლებული და წარმოების ადგილები, აქ კი უკვე უშუალოდ გვხვდება აბონენტი და გაზომარაგების ქსელი მთავრდება მომხმარებლის მრიცხველით. მომარაგების ეს დონე, მილსადენების ჰიდრავლიკური რეჟიმის თვალსაზრისით საშუალო და დაბალი წნევით ხასიათდება. საშუალო წნევა უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე უნდა იყოს 0,05 მგპა–0.3 მგპა –მდე, ხოლო დაბალი წნევის სამომხმარებლო ქსელის წნევები მაქსიმუმ 300 მმ.წყ.სვ – ს არ უნდა აღემატებოდეს (3000 პა).

ნაშრომის ხასიათიდან გამომდინარე, საინტერესოა უფრო ფართოდ და დეტალურად დავახასიათოდ დაბალი წნევის ე.გ სამომხმარებლო სადენები და მათი ფორმები. დაბალი წნევის გაზსადენი უშუალოდ დაკავშირებულია საცხოვრებელ და საქალაქო–საწარმო ობიექტებთან, ხოლო საშუალო წნევის ქსელები კი უზრუნველყოფენ დაბალი წნევების ქსელების და შედარებით დიდი საწარმოების მომარაგებას. დაბალი წნევის მილები უშუალოდ აბონენტებთან

მიდის, ის გამოირჩევა გარკვეული სირთულეებით, ისეთი როგორცაა ქსელის სიდიდე და ქსელის განლაგების ნაირსახეობები. დაბალი წნევის გაზსადენის ძირითად მოთხოვნას წარმოადგენს, სისტემის საიმედოობა, უსაფრთხოება და გაზის მიწოდების უწყვეტობა, გაზის წნევის შენარჩუნება საჭიროა მაქსიმალურად იყოს უზრუნველყოფილი გაზის დანადგარების ნაირსახეობების მიუხედავად, სანთურამდე ნომინალური წნევების შენარჩუნება მაღალი ენერგოეფექტურობის მისაღწევად, ასევე გაზის წვის მარგი ქმედების კოეფიციენტის მისაღებად. [3]

გაზის ქსელებზე, საინჟინრო გადაწყვეტილებების მიხედვით ამონტაჟებენ სპეციალურ გაზის მოწყობილობებს, რომელსაც არმატურები ეწოდება. მათ უნდა უზრუნველყონ გაზის ქსელის გამორთვა, ჩართვა, წნევის რეგულირება, გაზის ნაკადის მიმართულების შეცვლა და ა. შ. დანიშნულების მიხედვით, გაზის ქსელის არმატურა შეიძლება იყოს: 1. დამცველი; 2. საავარიო; 3. წამკვეთი; 4. მარეგულირებელი; 5. კონდენსატამცილებელი; და 6. ჩამკეტი. ამათგან ქსელში ხშირად გვხვდება ჩამკეტი და მადროსირებელი არმატურები. [5]

ქსელების საიმედოობა და გაზის მიწოდების უწყვეტობა მიიღწევა ე.გ გაზის ქსელების დარგოლვით, რგოლურ ქსელში (ნახ. 1. ა) ცალკეული მონაკვეთების დაზიანება უმნიშვნელოდ ახდენს უარყოფით ზემოქმედებას მთლიანი ქსელის მუშაობაზე. ამ დროს უზრუნველყოფილია მომხმარებლების მინიმუმ ორი მხრიდან გაზის მიწოდება. წნევა, რგოლურ ქსელში თანაბრად ნაწილდება, ხოლო გაზსადენების დიამეტრები, გაზის ნაკადების დინების გამო, უფრო მცირე შეგვიძლია შევარჩიოთ, რითაც ვახდენთ ლითონდაბანდების შემცირებას და მნიშვნელოვანი ეკონომიის გაწევას, ვიდრე ეს შესაძლებელია ჩიხურ ქსელებში (ნახ. 1. ბ), თუმცა რგოლური ქსელის საერთო სიგრძე ჩიხურ ქსელზე შედარებით მეტია. ჩიხური სქემა წარმოადგენს ისეთ მილსადენს, რომელიც სხვადასხვა მხარესაა მიმართული. ამ მიმართულებების ბოლოები ერთმანეთს არ კვეთს და წარმოქმნის ე.გ ჩიხის ფორმას. ასეთი სქემების ნაკლოვანი მხარეებიდან გამოსაყოფია: გაზის წნევა ჩიხურ ქსელში თანაბრად ვერ ნაწილდება, ხოლო იმის გამო, რომ ჩიხური ქსელის გაზით მომარაგება ერთი მხრიდან წარმოებს, სარემონტო სამუშაოების დროს, ადგილი აქვს აბონენტების და მომხმარებლების იძულებით გათიშვებს. [3]



ნახ. 1 გაზმომარაგების ა. რგოლური ქსელის სქემა; ბ. ჩიხური ქსელის სქემა.

რგოლური სისტემის უპირატესობებიდან გამოსაყოფია, ის რომ რომელიმე წნევის სარეგულაციო პუნქტის დაზიანების შემთხვევაში აბონენტთა გაზმომარაგების ფუნქციას თავის თავზე იღებს მეორე, ყველაზე ახლოს მდგომი გ.მ.ს ან გმპ, რაც საშუალებას იძლევა მომარაგების უწყვეტობას.[6]

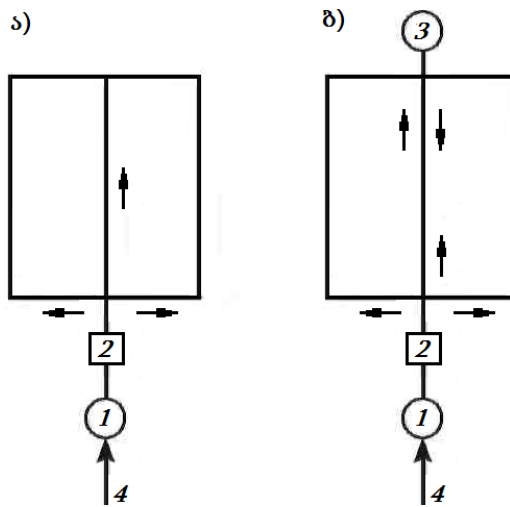
გაზმომარაგების ქსელის ფორმის შერჩევა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: ქალაქის გენერალურ გეგმაზე, მოხაზულობაზე, აბონენტების წნევების საჭირო მოთხოვნილ რეჟიმზე და სხვა.

სადღეისოდ დიდი და საშუალო სიდიდის ქალაქების გაზმომარაგების უზრუნველსაყოფად მიღებულია სადენების რგოლური ან შერეული სქემები. შერეული სისტემების დროს ქალაქის ცალკეულ ნაწილებს აქვთ რგოლური ან ჩიხური ან ორივე ერთად, შერეული ქსელების ფორმები.

ქსელების დაგეგმარებისას აუცილებელია ვიზრუნოთ ლითონის დანახარჯებზე, რაც მიიღწევა: ორ ან სამ საფეხურიანი გაზმანაწილებელი სისტემების ფორმების მშენებლობით; სადენებში წნევის დაცემის გაზრდით; თხელკედლიანი მილების გაყვანით; მარეგულირებელი პუნქტების ოპერირების სასურველი რადიუსის ან აბონენტთა რაოდენობის შერჩევით და სხვა. [7]

დაბალი წნევის სადენების ქსელში წნევის ვარდნა მცირეა ერთსაფეხურიანი დაქსელვისას (ნახ. 2.) ა), როცა დაქსელვის ფართობი დიდია, საჭიროა დიდი კვეთის მილების გაყვანა. ამ დროს ადგილი ექნება გაზის ჰიდრავლიკური დინებების არათანაბარ განაწილებას. მოცემული სქემის ვერსიაში გაზის ჰიდრავლიკური ნაკადებისთვის, შედარებით უკეთესი გარემოებები შეიქმნება, დასახლებული ტერიტორიის გაზის ქსელის მომარაგებისთვის, თუ ორი წერტილიდან მოხდება

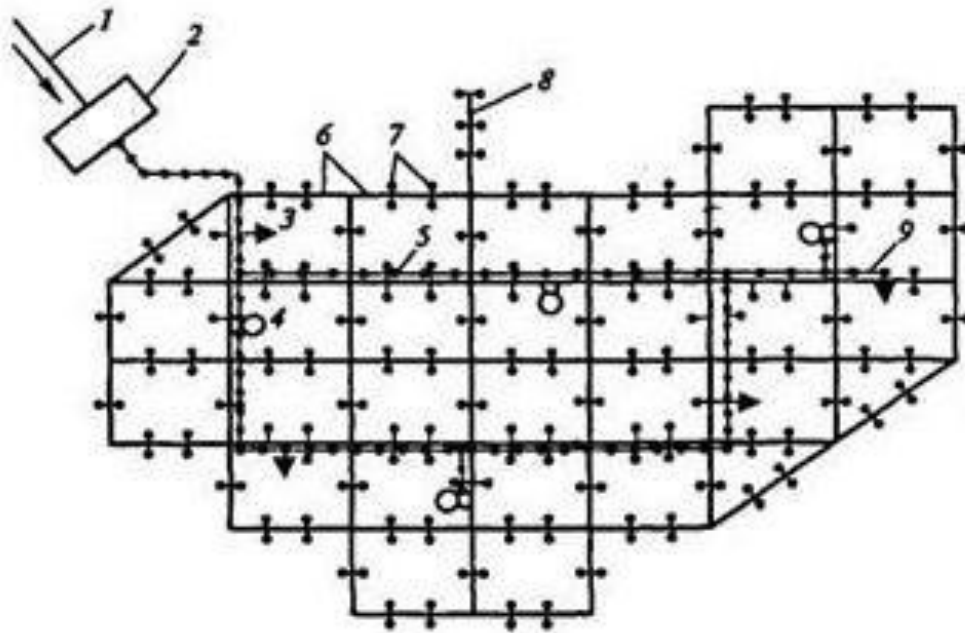
ერთდროულად პროდუქტის მიწოდება (ნახ. 2.) 2 ბ) წარმოებების მხრიდან და მეორე, ქალაქის ბოლოში მოწყობილი გაზსაცავიდან, რომელიც სპეციალური სადენებიდან მოეწოდება გაზი. ამ მოდელის შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება, თავისუფლად სადენების დიამეტრების შემცირება, ვინაიდან გაზით მომარაგების ფართობი თითქმის ორჯერაა შესაძლებელი შემცირდეს. აქვე, ადგილი აქვს ჰიდრავლიკურ წნევებს გათანაბრდეს და მაქსიმალურად თავიდან იქნეს აცილებული წნევების რყევები.



ნახ. 2 დაბალი წნევის გაზმომარაგების ერთსაფეხურიანი სისტემა:

ა) მთელი ქალაქი მარაგდება ერთი წერტილიდან; ბ) ქსელი მარაგდება ორი წერტილიდან – 1 - ძირითადი აირსაცავი; 2 - წნევის რეგულატორი; 3 - დამხმარე საცავი; 4 - გაზმომარაგების წყარო. [8]

ამჟამად ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია გაზმომარაგების ორსაფეხურიანი სისტემა. იგი გამოიყენება როგორც საშუალო სიდიდის, ისე დიდ დასახლებულ პუნქტებშიც. ორსაფეხურიანი სისტემის დროს დაბალი წნევის სადენები დასახლებულ ტერიტორიაზე გაყვანილია საშუალო ან მაღალი წნევის სადენებით, რაც გაზით კვებავს დაბალი წნევის სამომახმარებლო ქსელს მარეგულირებელი პუნქტების საშუალებით და გაზს აწვდის საშუალო წნევით გაზმომხმარებელს (ნახ.3)



ნახ. 3. დასახლების გაზომომარაგების ორსაფეხურიანი სქემა:

1 - გაზომომარაგების წყაროები; 2- გაზგამანაწილებელი სადგური; 3 - გაზის მსხვილი მომხმარებლები; 4 - დასახლების გაზის მარეგულირებელი პუნქტი; 5 - საშუალო წნევის სადენები; 6 - დაბალი წნევის სადენი;

გაზომომარაგების ორსაფეხურიან სისტემაში - დაბალი წნევის გაზსადენების ქსელის, მომარაგების წერტილების რაოდენობის გაზრდის გზით, შესაბამისად გაზმარეგულირებელი პუნქტის რადიუსის ზემოქმედების შემცირების მეთოდით უზურნველყოფილია გაზის წნევის თანაბარი განაწილება. გაზმარეგულირებელი პუნქტების რაოდენობის შემცირებით, შესაბამისად მივაღწევთ ლითონ და კაპიტალდაბანდებათა შემცირებას, მაგრამ იზრდება თვით ამ გ.მ.პ რაოდენობის ხარჯზე ღირებულება და შესაბამისად მათი ექსპლუატაციის ხარჯებიც. ამიტომ ადეკვატური ვერსიის შერჩევისას ძირითად კრიტერიუმად უნდა მივიღოთ: ლითონის დანახარჯები, კაპიტალური ხარჯები, გაზომომარაგების საიმედოობა და საბოლოოდ ექსპლუატაციის ღირებულება.

### 1.5 გაზის მარეგულირებელი პუნქტები (გმპ) და დანადგარები

გაზის მარეგულირებელი პუნქტები, ეს არის დანადგარებისა და ტექნოლოგიური მოწყობილობების რთული კომპლექსს, რომელთა ფუნქციაა ბუნებრივი გაზის გაწმენდა მტვრისა და თანმდევი ნაგვისგან, ამავე დროს წნევის



შემცირება წინასწარ განსაზღვრულ რაოდენობაზე, თავისი დანიშნულების მიხედვით და ამ წნევის შენარჩუნება ექსპლუატაციის მთელი პერიოდის განმავლობაში, გაზის გატარების შეწყვეტა წნევის დიდი რყევის შემთხვევაში, არ აქვს მნიშვნელობა წნევა ძალიან აიწევს თუ კრიტიკულად დაბლა დაეცემა, ასევე შემოსული და გატარებული გაზების წინასწარი დაყენებული წნევის კონტროლი. გმპ-ში სასურველია ხდებოდეს გაზის ხარჯის აღრიცხვა მრიცხველებით. დანიშნულების მიხედვით, თუ რა ტექნიკური დავალება უნდა შეასრულოს გმპ-მ, შესაძლებელია ის განვალაგოთ ცალკე დამოუკიდებელ შენობაშიც კი.

გმპ შეგვიძლია დავყოთ შემდეგ კლასებად:

- ხაზების რაოდენობით, შეიძლება იყოს ერთხაზიანი ან მრავალხაზიანი;
- გაზის ქსელის ფორმის მიხედვით — რგოლური ან ჩიხური;
- წნევების მიხედვით — დაბალი, საშუალო ან მაღალი;
- წნევების მიხედვით, რა ნიშნულზეა დასაწევი ერთ თუ მრავალსაფეხურიანად;
- აქვს თუ არა სარეზერვო რედუცირების ხაზები და სხვა.

გმპ-ს ნაგებობა უნდა იყოს აუცილებლად ერთსართულიანი, ხანძარმედეგი მასალებისგან ნაშენი. შენობის განათება შეიძლება მოეწყოს ორგვარად, ფანჯრებით და ელექტრო ნათურებით. ელექტროგაყვანილობა აუცილებლად ხანძარუსაფრთხოების ნორმების მიხედვით. შეგვიძლია ვისარგებლოთ ირიბი განათებითაც, მაგალიტად გარე განათების სისტემით სარგებლობა.

გმპ-ს ნაგებობის განიავება უმჯობესია ხდებოდეს ბუნებრივად და უზრუნველყოფდეს სამმაგ ჰაერცვლას. სუფთა ჰაერის მიწოდება ხდება კედელში მოთავსებული ღრიჭოდან, ხოლო ჰაერის ნაკადის გარეთ გასვლა - შენობის სახურავიდან მოწყობილი დეფლექტორის საშუალებით.

გათბობის სისტემამ შენობაში უნდა შეინარჩუნოს ყველაზე მცირე 5°C.

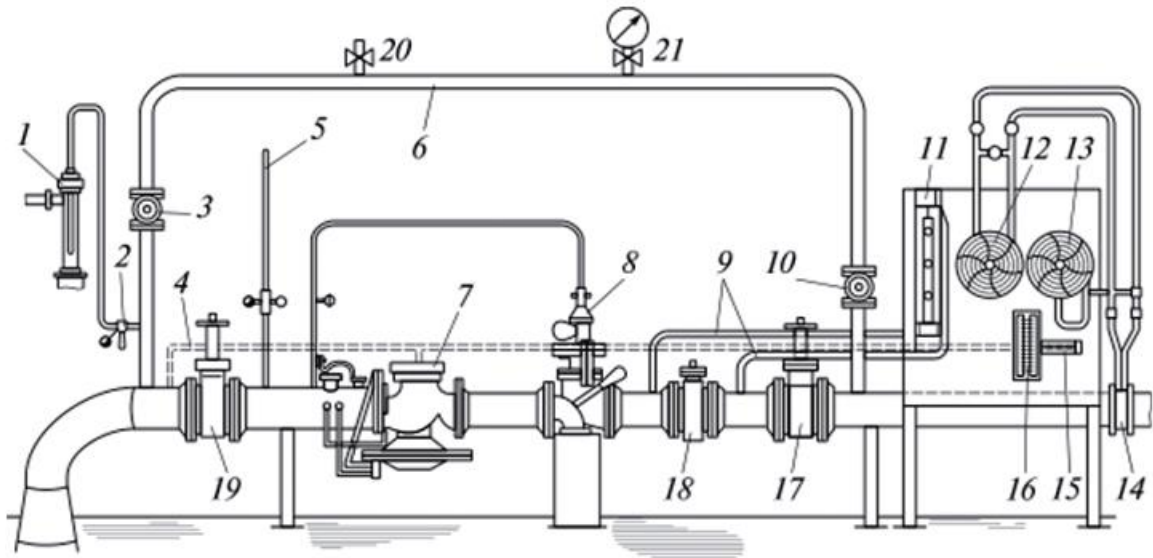
გმპ-ს შენობაში უნდა განთავსდეს ხანძარსაწინააღმდეგო ინვენტარი, როგორცაა ქვიშიანი ყუთი ცეცხლმაქრი, ნიჩაბი და სხვა.

გმპ-ს მოწყობილობებში შედის:

- შემოვლითი გაზსადენი, (ბაიპასი);
- ფარი მაკონტროლებელი საზომით და ხელსაწყოებით; [7],[8]

## 1.6 გაზომომარაგების ხაზის ძირითადი დანადგარები

გაზომომარაგების ძირითად ხაზზე ურდულების და მოწყობილობების განლაგება შემდეგი თანმიმდევრობითაა: გაზის მილის შესვლის ადგილას მოთავსებულია ჩამკეტი და გამშვები ურდულები, მთავარი ხაზის გათიშვისთვის; ფილტრი, რომელიც გაზს აშორებს მტვერს, ტენს, ნამუშევარ მყარ ნაგავს და სხვადასხვა მინარევებს; დამცავი სარქველი, გაზის წნევის რეგულატორი, თუ ქსელში დაფიქსირდა წნევების მკვეთრი რყევა ან წნევის ვარდნა, ავტომატურად კეტავს გაზის მიწოდებას აბონენტებისკენ; რეგულატორი, გაზს აწვდის მომხმარებელს იმ წნევის სიდიდით, რა წნევასაც მივუთითებთ გაზის გატარებისათვის, ანუ იმისდა მიხედვით, თუ რა ნომინალურ წნევასაც მივუთითებთ გაზის გატარებისათვის; დამცავი სარქველი, მიერთებულია გაზსადენზე გმპ-დან სადენის გასვლის შემდეგ სადაც დაყენებულია ურდული. დამცავი სარქველის ფუნქციაა, რეგულატორის წნევით მოწესრიგება, გაზის ჰაერში ემისიით, თუ კი რეგულატორში ჭარბი წნევა დაფიქსირდება. [5]



ნახ. 4 გაზმარეგულირებელი პუნქტი

1 - დამცავი სარქველი; 2 - დამცავი სარქველის ვენტილი; 3 - ურდული ბაიპასზე; 4 - საბოლოო წნევის იმპულსური მილი; 5 - საქრევი; 6 - შემოვლითი გაზსადენი (ბაიპასი); 7 - წნევის რეგულატორი; 8 - ჩამკეტი სარქველი; 9 - იმპულსური მილები ფილტრამდე და მის შემდეგ; 10 - ურდული ბაიპასზე; 11 - დიფერენციალური მანომეტრი ფილტრზე წნევის ცვლილების გაზომვისთვის; 12 - ხარჯმზომი; 13 - შემოსული გაზის წნევის გამზომი მანომეტრი; 14 - დიაფრაგმა; 15 - მისაწოდებელი გაზის წნევის მანომეტრი; 16 - მისაწოდებელი გაზის წნევის რეგისტრაციის მანომეტრი; 17 - შემყავნი ურდული; 18 -

ფილტრი; 19 - გამყვანი ურდული; 20 - საქრევი მილსადენი ვენტილით; 21 - მანომეტრი ბაიპასზე. [8]

აბონენტებისათვის გაზის წნევის კონტროლი წარმოებს ჩამკეტი სარქველის მეშვეობით. დამცავი სარქველის დანიშნულებაა გააკონტროლოს წნევების რყევები, ხოლო ჩამკეტი სარქველი პასუხისმგებელია წნევის ზედა ზღვარზე. გმპ-ში გაზის არმატურები ისეა დამონტაჟებული, რომ დაცული იყოს თანმიმდევრობა, პირველ რიგში უნდა აღიძრას დამცავი სარქველები, მერე კი ჩამკეტი მოწყობილობები, დამცავი სარქველები კი უნდა ამოქმედდეს დაბალ წნევებზე, ჩამკეტი სარქველისგან განსხვავებით. დამცავი სარქველის რეაგირება აღიძვრება ნომინალური წნევის 15%-ით გადახრის შემთხვევაში, ხოლო ჩამკეტი სარქველისა 20–25 %-ის გადამეტების შემთხვევაში. [7]

### 1.7 გაზსადენებზე წნევის რეგულატორები

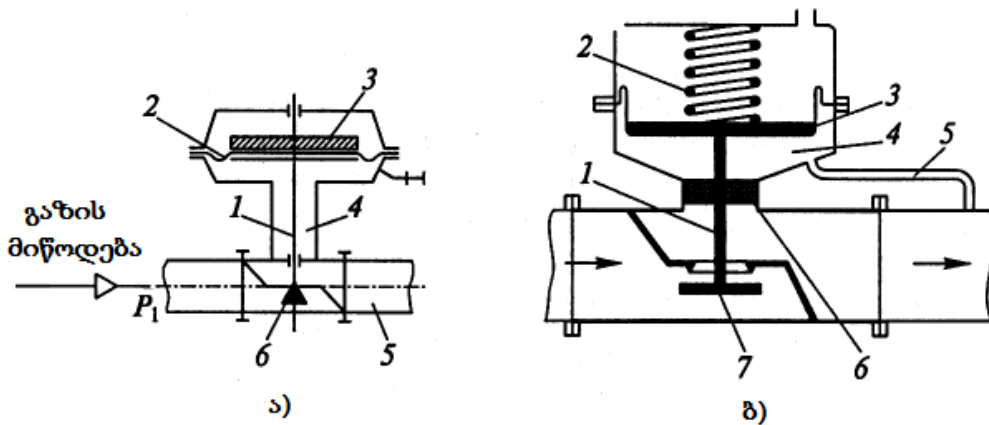
გაზის წნევის რეგულატორების კლასიფიკაცია:

- დანიშნულების;
- შემოსული და მიწოდებული სიდიდეების კავშირით;
- რეგულირების სახეობის;
- მარეგულირებელ სარქველზე ზემოქმედების მიხედვით.

მარეგულირებელ სარქველზე ზემოქმედების მიხედვით რეგულატორები იყოფას სტატიკურ და ასტატიკურ რეგულატორებად (ნახაზი №5).

ასტატიკურ რეგულატორში მემბრანა დგუშის ფორმისაა და მისი ზედაპირი, პრაქტიკულად სახეცვლილებას არ იღებს მარეგულირებელი სარქველის ნებისმიერი დატვირთვის მუშაობისას. შესაბამისად, თუ გაზის წნევა აწონასწორებს მემბრანის ღეროს და სარქველის ძალას, ამ შემთხვევაში მემბრანულ საკიდს წარმოსახავს ასტატიკური წონასწორული მდგომარეობა. აღვწეროთ, გაზის წნევის რეგულირების მთელი მიმდინარეობა: გაზის ხარჯი რეგულატორში წნევის მოდინების ტოლია და სარქველს უკავია შესაბამისი მდგომარეობა. ხარჯის გაზრდის შემთხვევაში წნევა შემცირდება და პროპორციულად ჩამოიწევს მემბრანა, რაც ავტომატურად გახსნის მარეგულირებელ სარქველს. მას შემდეგ, [7] რაც მოხდება შემოდინებული და გატარებული ხარჯის ერთმანეთთან გათანაბრება, გაზის წნევა გაიზრდება იმდენჯერ რამდენი რაოდენობითაც გვაქვს წინასწარ

მითითებული გმპ-სთვის წნევის მნიშვნული. და თუ პირიქით, გაზის ხარჯი შემცირდა, რეგულირება მიმდინარეობს ზემოთაღწერილი პროცესის საწინააღმდეგო პროცესით. გაზის საჭირო წნევაზე რეგულირება ხდება სპეციალური ტვირთების ზემოქმედებით. ტვირთის მასის გაზრდით პირდაპირპროპორციულად მოხდება გასატარებელი გაზის წნევის შესაბამისი გაზრდაც.



ნახაზი № 5 გაზსადენის რეგულატორის ნახაზი

ა) ასტატიკური: 1 - ღერო; 2 - მემბრანა; 3 - ტვირთი; 4 - მემბრანისქვეშა სივრცე; 5 - გაზის მიწოდება; 6 - სარქველი. ბ) სტატიკური: 1 - ღერო; 2 - ზამბარა; 3 - მემბრანა; 4 - მემბრანისქვეშა სივრცე; 5 - იმპულსური მილი; 6 - ჩობალი; 7 - სარქველი. [8]

სტატიკური რეგულატორები, ასტატიკურისგან განსხვავებით, კოლექტორისგან განცალკევებულია ჩობალით და მასთან დაკავშირებულია იმპულსური მილით. მემბრანაზე ტვირთის მაგივრად ზემოქმედებს ზამბარის დრეკადობის ძალა. [9]

ასტატიკური რეგულატორის ამუშავების მერე, განტვირთვის და სარეგულირებელი სარქველის პოზიციის დამოუკიდებლად, ხდება წნევის მოცემულ სიდიდემდე დაყვანა. აქვე, მარეგულირებელი სარქველი შეიძლება იმყოფებოდეს ნებისმიერ მდგომარეობაში. ასტატიკურ რეგულატორებს ცვლიან პროპორციული ანუ სტატიკური ფორმის რეგულატორებით.

ასტატიკური და სტატიკური რეგულატორები ზემგრძნობიარეა გაზის წნევების მინიმალური ცვლილებისას, რაც აიძულებს სარქველს მომენტალურად შეიცვალოს პოზიცია. ამ პროცესის ასარიდებლად შტუცერში ათავსებენ დროსელს,

რომელიც დაკავშირებულია მემბრანით მოწყობილობის მუშა სივრცესთან სადენის მეშვეობით. დროსელის დაყენება შემცირდება სარქველის გადაადგილების სიჩქარე და მისი მეშვეობით მივალწევთ რეგულატორის მდგრად მუშაობას.

მარეგულირებელი სარქველი ზემოქმედების მიხედვით ორნაირია, პირდაპირი და არაპირდაპირი.

პირდაპირი ზემოქმედების სარქველი რეგულატორებში განლაგებულია უშუალოდ წინასწარ განსაზღვრული პარამეტრების ზემოქმედების ქვეშ.

არაპირდაპირი ზემოქმედების სარქველი – მარეგულირებელ სარქველზე ზემოქმედებას ახდენს გარე ენერჯის ძალებით.

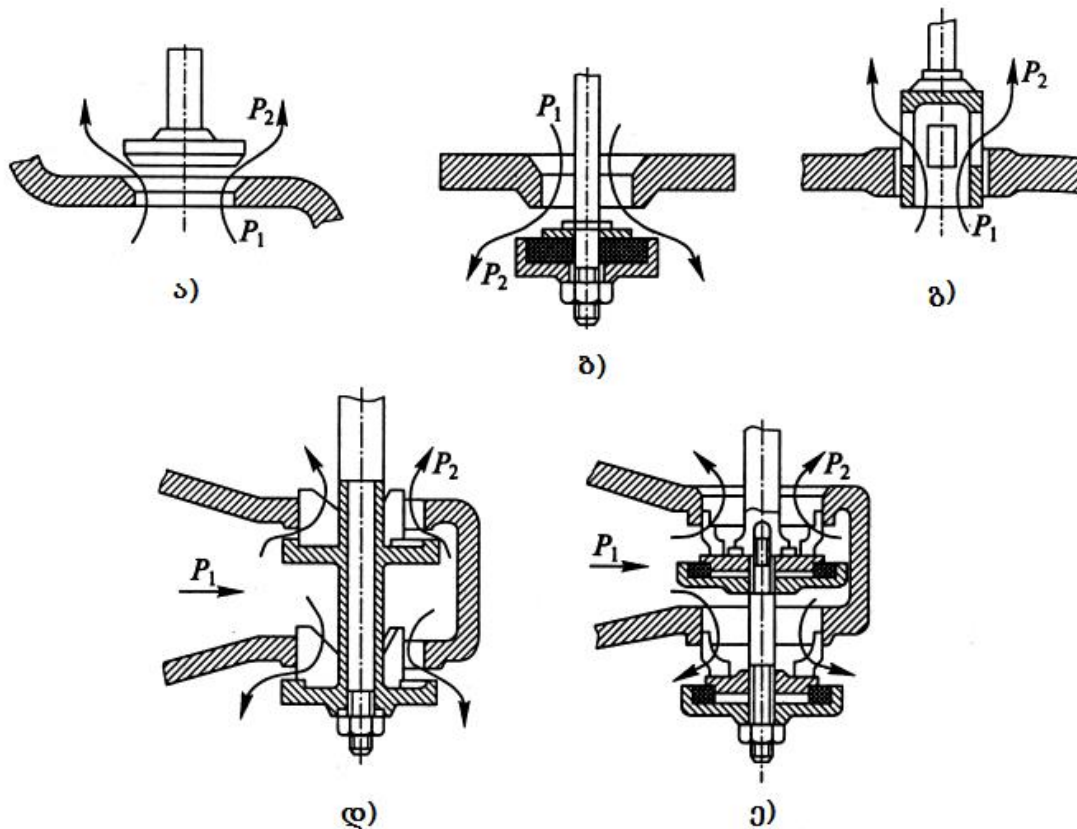
სარეგულირებელი საანგარიშო მოცემულობების ცვლილებისას, მგრძობიარე მოწყობილობაში გაჩენილი ძალა გამოიწვევს დამხმარე მოწყობილობის ავტომატურ ამოქმედებას, რაც საშუალებას იძლევა გარე ენერჯის წყაროს ზემოქმედებით გადაადგილოს სარქველი.

პირდაპირი ზემოქმედების სარქველები შედარებით არამგრძობიარეა, ვიდრე შემოთაღწერილი ანალოგი, თუმცა პირდაპირი ზემოქმედების სარქველებს ფართო გამოყენება აქვს გაზის რეგულატორებში მაღალი საიმედოობის და კონსტრუქციული სიმარტივის გამო.

გაზის წნევის რეგულატორების დროსელები კი წარმოადგენს სხვადასხვა ფორმის სარქველებს. გაზის წნევის რეგულატორები შეიძლება იყოს ერთბუდიანი ან ორბუდიანი სარქველები. ერთბუდიან სარქველებზე წნევის დაწოლა მოქმედებს მხოლოდ ერთი მიმართულებიდან, რომელიც ტოლი უნდა იყოს ბუდის ხვრელის ფართობის ნამრავლზე სარქველის ყველა მიმართულებიდან არსებულ წნევათა სხვაობის მიხედვით. სარქველის ერთი მხრიდან ძალის ზემოქმედება რეგულირების პროცესს აძნელებს, აქვე ეს სარქველები გაზის საიმედო გამორთვას ახდენენ ხარჯის არ არსებობის დროს, ამან კი გამოიწვია მისი ფართო გამოყენება რეგულატორების მოწყობის სქემებში.

ორბუდიანი სარქველები ვერ ახდენენ ჰერმეტიკულ ჩაკეტვას გმპ-ში. ეს შეგვიძია ავხსნათ სარქველის არათანაბარი გაცვეთის პროცესით, საკეტის ერთდროულად ორ ბუდეზე მიჭყლეტვის სიძნელით და ტემპერატურული დიდი სხვაობის არათანაბრობის დროს, შეიძლება შეიცვალოს ბუდისა და ურდულების ზომები.

რეგულატორის გაზის გატარების პროცესი დამოკიდებულია სარქველის სიდიდეზე, მისი სვლის სიმაღლეზე და რა თქმა უნდა გაზის სიმკვრივეზე. გაზის მეურნეობის ცნობარებში მოყვანილია ცხრილები, რომლებიც გვიყვება რეგულატორების გამტარუნარიანობის შესახებ წნევათა სხვაობისას 0,01 მპა-ის სიზუსტით, ხოლო თუ რეალობაში სხვა პარამეტრების დაკმაყოფილება მოგვიხდა, რეგულატორის გამტარუნარიანობის დასადგენად, საჭიროა სხვა გაანგარიშების წარმოება ფორმულების მიხედვით.



ნახ. 6 გაზის წნევის რეგულატორების დროსელური მოწყობილობები

ა) ერთბუდიანი ხისტი სარქველი; ბ) ერთბუდიანი რბილი სარქველი; გ) ცილინდრული სარქველი ერთი გაზგამტარი ფანჯრით; დ) ორბუდიანი ხისტი სარქველი უჭრი მიმმართველი ფრთებით; ე) ორბუდიანი რბილი სარქველი. [8]

გაზის წნევის ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად მემბრანების დახმარებით, რომელიც მისი სისტემის მეშვეობის საშუალებით ძალები გადაეცემა მომდევნო სარქველებს. მემბრანის შერჩევა შესაბამისობაში უნდა იყოს წნევის რეგულატორების დანიშნულებებზე. ასტატიკურ რეგულატორში მემბრანის ზედაპირები უნდა იყოს დგუმის ფორმის მუშაობის სიმტკიცისათვის.[7]

## 1.8 გაზსაცავები

გაზის შენახვა დაკავშირებულია პირველ რიგში, გაზის მოხმარების უთანაბრობასთან, საბადოდან გაზის მოპოვების რეჟიმებთან შედრებით. როგორც ვიცით გაზის საბადოდან გაზი ამოედინება წარმოებს წინასწარი დადგენილი რეჟიმის მიხედვით და მას პერმანენტული ხასიათი გააჩნია წელიწადის ნებისმიერ დროს დღე ღამის განმავლობაში, ხოლო გაზის ხარჯვა, მოხმარება დაკავშირებულია წელიწადის კლიმატურ პირობებზე და ასევე პიკური და ნორმალური მოხმარების პერიოდზე. ასევე განსხვავდება კვირის მანძილზე გაზის მოხმარების უთანაბრობა. გაზსაცავი თავისი დანიშნულების მიხედვით გამოირჩევა მრავალფეროვნებით და მრავალსახეობებით. მისი განსაზღვრისათვის მხეველობაში მიიღება: 1. მაგისტრალური სადენის პარამეტრების სიდიდე; 2. დასახლებული პუნქტების სიდიდე; 3. გაზის ხარჯვის უბალანსობის მაჩვენებლები და სხვა. არსებობს გაზსაცავების მაგისტრალურ სადენზე ტექნიკური შეფერხებისას, საავარიო სამუშაოების წარმოების დროს გამოწვეული გაზის მიწოდების შეწყვეტით გამოწვევს ხვადასხვა ტიპები, მიწისქვეშა გაზსაცავები და მიწისზედა გასაცავები. გვხვდება კომბინირებული კონსტრუქციებიც. მიწისქვეშა გაზსაცავები გამოიჩევიან თავისი სიდიდით და მაღალი მოცულობებით. მათი დანიშნულება ხშირ შემთავებაში დაკავშირებულია მომარაგების წყვეტის აღმოფხვრაზე. ასევე, შესაძლებლობას იძლევა, საჭიროების შემთხვევაში მაქსიმალურად იქნეს გამოყენებული მაგისტრალური სადენის გამტარუნარიანობა. მიწისქვეშა გაზსაცავებს (ბუნებრივი საცავი) აწყობენ გეოლოგიურ კავერნებში, მარილის საბადოებში ან უკვე დამუშავებული, გამოფიტული ნავთობგაზის ან გაზის საბადოში. [13,14]

მიწისზედა ან კომბინირებულ გაზსაცავებს, იგივე გაზგოლდერებს კი აწყობენ ქალაქის ან მომცრო რეგიონის გაზმომხმარების უთანაბრობის დაბალანსების მიზნით. თვისი ტიპების მიხედვით გვხვდება მშრალი ტიპის და სველი ტიპის გაზსაცავები, ასევე იყოფიან მაღალი და დაბალი წნევების მიხედვით.

ჩვენს რეგიონში მიწისქვეშა საბადო გააჩნია სასომხეთს (1) და აზრბაიჯანს (2). ჩვენთან კი აქტიური ფიქრი დაიწყო 2001 წლიდან. მიმდინარეობდა სამუშაოები და გამოვლინდა შესაძლო სტურქტურები თუ სად შეიძლებოდა მიწისქვეშა საბადოს

მოწყობა. ადგილმდებარეობად შერჩეული იყო დედაქალაქის ახლოს მდებარე ტერიტორია რათა, მოკლე დროში მოეხდინა აღნიშნულ საცავს თბილისის გაზომომხმერის უთანაბრობის და სეზონური დატვირთვების დაბალანსება. აქვე აღნიშვნის ღირსია, რომ აღნიშნული საცავი გამოყენებული იქნებოდა სატრანზიტო მაგისტრალური მილსადენის (შაღდენიზი–თბილისი–ერზრუმი) ექსპლუატაციის რეჟიმების დარეგულირებისთვისაც. [4]

თავდაპირველად საუბარი იყო, თბილისთან ახლოს მოქმედი ნავთობ–გაზის „პატარძელის“ საბადოს ათვისება. იყო მოსაზრება რომ გაზსაცავის მოწყობასთან ერთად, შესაძლებელი გახდებოდა ნავთობის მოპოვების ინტენსიფიკაციის გაზრდა. თუმცა დამატებითი რისკების თავიდან აცილების მიზნით, საბოლოოდ შეირჩა „რუსთავის სამხრეთი თალის“ გაზის საბადო, რომელიც სადღეისოდ შეგვიძლია მივიჩნიოთ, რომ მოპოვება დამუშავების თვალსაზრისით თავისი თავი ამოწურა. მისი პარამეტრებიდან გამომდინარე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ, რომ აღნიშნულ გამოფიტულ საბადოში  $\approx 300$  მლნ მ<sup>3</sup> აქტიური (მუშა) რაოდენობა გაზის შენახვა გახდებოდა შესაძლებელი, რაც ამჟამად საქართველოს მთლიანი გაზის მოხმარების 12–15 % ს აღწევს. მხოლოდ თბილისის სრული მოხმარების 35–40 %-ს. [14]

### 1.9 გაზის მოხმარება

როგორც ავღნიშნეთ, გაზის მოხმარებას ახასიათებს უთანაბრობა, რაც გასათვალისწინებელი ფაქტორია უსაფრთხო და უწყვეტი მომარაგების დადგენილი ნორმებისათვის. შესაბამისად მის გამოსათვლელად ითვალისწინებენ მთელ რიგ ფაქტორებს, თუმცა ძირითად საფუძველს წარმოადგენს, გაზის მოხმარების წლიური მოცულობითი რაოდენობის გამოვლენა. ქალაქების გაზომომარაგების სისტემების დაგეგმვისას ითვალისწინებენ 20–25 წლიან განვითარების პერიოდს და ამავე პერიოდით ავლენენ გაზომომხმარებლებს და სავარაუდო მაცხოვრებლების ზრდის დინამიკას. [15]

ცხადია გაზის ხარჯვა, მუდმივი სიდიდე ვერ იქნება, რადგან მრავალ ფაქტორზე არის დამოკიდებული, ის დაკავშირებულია მაცხოვრებლების სოციალურ–საყოფაცხოვრებო პირობებზე, კლიმატზე, ურბანულ და საყოფაცხოვრებო სერვისების ნაირსახეობაზე, გაზის ხელსაწყოთა



მრავალფეროვნებაზე, ცხელი წყლით ან თვით გაზით გათბობის სისტემებზე და ა.შ.

როგორც ავლნიშნეთ, გაზის ხარჯვა ხასიათდება: 1. სეზონური უთანაბრობით (წლის მიხედვით); 2. დღე-ღამური უთანაბრობით (კვირის დღეების მიხედვით); 3. საათური უთანაბრობით (დღე-ღამის ან წლის საათების მიხედვით). ასევე გასათვალისწინებელია, რომ ყოველ აბონენტს გააჩნია გაზის მოხმარების ინდივიდუალური მახასიათებლები, მოხმარების რეჟიმების თვალსაზრისით.

სეზონური, გაზის მოხმარების ყველაზე დიდი უთანაბრობა დაკავშირებულია გათბობასთან ზამთრის პერიოდში, ამიტომ მას სეზონურ უთანაბრობას უწოდებენ, მოხმარების უთანაბრობა ზამთრის პერიოდში დამოკიდებულია თავად გათბობის საშუალებების ტიპებთანაც. სწორედ ამიტომ გაზის ხარჯი თავის მაქსიმუმს წლის ცივი პერიოდის დროს აღწევს. ხოლო წლის თბილ და ზომიერ პერიოდში გაზის ხარჯის მაქსიმალური მაჩვენებლები საერთოდ არ გვხვდება. ამის შემდეგ, ყველაზე დიდი უთანაბრობა გაზის ხარჯვის თვალსაზრისით, გვხვდება მოსახლეობაში, რომელიც გაზს იყენებს წყლის გასაცხელებლად და საჭმლის მომზადებისთვის. აქაც ამ ფაქტორს გააჩნია სეზონური უთანაბრობა, წლის ცივ პერიოდში აღწევს თავისი ხარჯის მაქსიმუმს, ხოლო თბილ პერიოდში მინიმუმამდე დადის მაჩვენებელი, ვინაიდან შედარებით მაღალია სასმელი წყლის ტემპერატურა, არ მოშაობს სკოლები და საბავშვო ბაღები და სხვა.[5]

### 1.10 დაბალი წნევის გაზსადენის ჰიდრავლიკური გაანგარიშების ძირითადი საკითხები

საქართველოს რეალობაში არსებული ქალაქების და დასახლებული პუნქტების შესაბამისად, გაზის დაქსელვას ახდენენ ორი საფეხურის სისტემებით. პირველი საფეხური ხასიათდება მაღალი და საშუალო წნევის მილსადენებით, ხოლო მეორე საფეხური დაბალი წნევის ქსელებით. ორივე საფეხური კი ერთიანდება გმპ-ების საშუალებით და ქმნიან ერთიან სისტემას. ასეთი ქსელები ძირითადად რგოლური ანუ შეკრული ქსელის ხასიათისაა.

დასახლებული პუნქტების დაბალი წნევის ქსელი, გმპ-იდან მიემართება უშუალოდ მომხმარებლისკენ, საიდანაც ადგილი მისახვედრია გაზის ნაკადის

მიმართულება. მიმართულების მიხედვით შეგვიძია ვიმსჯელოთ, გმპ–დან გამოსული გაზის საწყისი წნევის მაჩვენებელი, რა თქმა უნდა მეტი იქნება საბოლოო წერტილზე მისული გაზის წნევისა, რაც განპირობებულია ქსელის სიგრძით, მილების დიამეტრებით, ჩამკეტი არმატურების რაოდენობით, კუთხოვანების და სიმაღლის რაოდენობებით და სხვა. იმისათვის, რომ გაზის ჰიდრავლიკური გაანგარიშება იყოს სწორი და ქსელში შევინარჩუნოთ მაქსიმალურად თანაბარი წნევა, ქსელის თითქმის ყველა უბანზე, საჭიროა განვსაზღვროთ წნევის დანაკარგების კრიტერიუმები გარკვეული მონაკვეთების მიხედვით. [16]

როგორც ვიცით, დაბალი წნევის გაზსადენებზე ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობებს წარმოადგენს დანაკარგები ხახუნზე და ადგილობრივი წინაღობებზე, ამისათვის საჭიროა ვიცოდეთ ჰიდრავლიკური გაანგარიშების ძირითადი ფორმულები, რომელიც შედგენილია დარს–ვეისბახის ძირითადი ფორმულაზე დაყრდნობით. რომლებიც განსაზღვრავენ ამ დანაკარგებს და შეგვეძლება ქსელის დიამეტრის განსაზღვრისას გამოთვლები ვაწარმოოთ, უკვე შედგენილი ცხილების და ნომოგრამების მეშვეობით.

როგორც ვიცით, დასახლებული პუნქტების გაზმომარაგება მეთანით ხორციელდება, რაც ჰაერის სიმკვრივეზე ორჯერ ნაკლებია, ამის გამო, მეთანი, ქსელში ზემოთ მიისწრაფის და აქვს უნარი გაფართოებისა, რაც ქსელში ჰიდროსტატიკური წნევის მატებით გამოისახება და მილებში დამატებით დაწნევას ქმნის, რომლის სიდიდე გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta H \pm 10 z (p_3 - p_{გაზ}) \quad (1)$$

აბ

$$\Delta H \pm 10 z p_3 (1 - s) \quad (2)$$

სადაც  $\Delta H$  არის დამატებითი დაწნევა, მიღებული გეომეტრიული ნიშნულების სხვაობით, პა;

Z – გეომეტრიული ნიშნულების სხვაობა სიმაღლის მიხედვით, მ;

$P_3$  – ჰაერის სიმკვრივე,  $P_3=1.293$  კგ/ნმ<sup>3</sup>;

$P_{გაზ}$  – გაზის სიმკვრივე, კგ/ნმ<sup>3</sup>;

S - გაზის ფარდობითი სიმკვრივე.

როცა გაზი გმპ–დან ზედა მიმართულებით მიემართება, წარმოიქმნება ნამატი დაწნევა, რაც ამცირებს, ან ხშირ შემთხვევაში აჭარბებს კიდეც ხახუნზე დანაკარგებს და ადგილობრივ წინაღობებსაც კი, ხოლო თუ გაზის ნაკადი კვების წერილიდან ქვევით მიემართება, პირიქით, ადიდება წნევაზე დანაკარგებს. დასახლებული პუნქტები, რომლებიც რელიეფური სხვაობებით გამოირჩევა, რეკომენდირებულია დაბალი წნევის ქსელები დაიყოს ვერტიკალურ ზონებად და გაზმარეგულირებელი პუნქტები განლაგდეს გეომეტრიული ნიშნულის ქვედა წერტილებში. [5,16]

### 1.11 გაზგაყვანილობის გამოთვლის წესები საცხოვრებელ და მაღლივ კორპუსებში

როგორც ვიცით, უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე საცხოვრებელი სახლები და კორპუსები, გაზით მომარაგება დაბალი წნევით ხორციელდება. ძირითადი ყურადღება გამახვილებული უნდა იქნას, ჰიდრავლიკურ გამოთვლებზე და წნევის დანაკარგებზე ადგილობრივი წინააღმდეგობების გათვალისწინებით. ეს გამოთვლები საჭიროა აგრეთვე იმ მიზნით, რომ რაციონალურად იქნეს დათვლილი და გამოყენებული მშენებლობისთვის საჭირო მარაგ ნაწილების დანახარჯის დასათვლელად.

მთელი რიგი გამოთვლების შედეგად, პრაქტიკამ აჩვენა, რომ დასახლებული პუნქტების ხაზებში დანაკარგები საშუალოდ 20 % მიიღება შენობის შესასვლელამდე. შენობის შიგნით კი – ვერტიკალური მონაკვეთის ჩათვლით 40%. ხოლო რაც შეეხება შენობის შიდა გაყვანილობას, ჩამკეტი ონკანის ჩათვლით: 15 მ ის შემთხვევაში 100%; 25 მ ის შემთხვევაში 80%; 25 მ და მეტის შემთხვევაში 50%. მოყვანილი საშუალოპროცენტული მაჩვენებლები, სწორად მოქმედებს ისეთ შენობებზე და კორპუსებზე რომელებიც დაპროექტებულია წინა საუკუნის შუა წლებში. ახალ კორპუსებში, სადაც გაზის ქსელი მოკლედ და მარტივად გაიყვანება, ეს წინასწარ მოცემული პროცენტული მაჩვენებლები შეიძლება მნიშვნელოვნად აღემატებოდეს ამ მნიშვნელობებს. ამიტომ ასეთი მიდგომა ჰიდრავლიკურ დანაკარგებზე, არ გამოიყენება საცხოვრებელი ბინების ან კორპუსების გაანგარიშებისას.

ჰიდრავლიკური დაწნევა, ჰაერისა და გაზის სიმკვრივის ზემოქმედების ურთიერთდამოკიდებულების მიხედვით, გამოითვლება ფორმულით

$$h_{სტ} = (p_3 - p_0)z; \quad (3)$$

სადაც:  $h_{სტ}$  - ჰიდროსტატიკური წნევა, კგ/მ<sup>2</sup>;

$p_3$  - ჰაერის ფართობითი სიმკვრივე, 1.293 კგ/ნმ<sup>3</sup>;

$p_0$  - გაზის ფართობითი სიმკვრივე, კგ/ნმ<sup>3</sup>;

$z$  - გაზის მილგაყვანილობის ნიშნულების სხვაობა, სიმაღლე; მ.

გაზის მიმართულება თუ არის სიმაღლეზე მიმართული (ზედა სართულებისკენ) ის აუცილებლად წარმოადგენს დამატებით დაწნევას. [1,17]

### 1.12 ბუნებრივი აირის ნორმალური და სტანდარტული პირობები

ვინაიდან გაზის მოხმარების აღრიცხვა, ხორციელდება მოცულობითი აღრიცხვის მრიცხველებით, საჭიროა გაზის დაყვანა მორმალურ და სტანდარტულ პირობებამდე. *ნორმალური* ეწოდება გაზის ისეთ მდგომარეობას, როცა ის იმყოფება 0 C ის ტემპერატურისა და 101,325 კპა წნევის პირობებში, ხოლო სტანდარტულად მიჩნეულია გაზის პირობა, როცა ის იმყოფება +20 C სა და 101.325 კპა წნევის პირობებში. გაზის აღრიცხვა და ანგარიშწორება, დადგენილი კანონმდებლობის მიხედვით. [18]

გაზის მოცულობების ნორმალურ პირობებამდე დაყვანას ვახორციელებთ ფორმულით:

$$V_5 = V_0 \frac{273.15 \cdot P}{760 \cdot T} = V_0 \frac{273.15(P_{ბარ} + P_{ჰარ})}{760(273.15 + t)} \text{ მ}^3 \quad (4)$$

სადაც:  $V_5$  - არის გაზის მოცულობა ნორმალურ პირობებში, მმ<sup>3</sup>;

$V_0$  - გაზის მოცულობა რეალურ პირობებში, მმ<sup>3</sup>;

$P_{ბარ}$  - ჰაერის ბარომეტრული წნევა, მმ.ვრწ.სვ;

$P_{ჰარ}$  - გაზის ჰარბი (მანომეტრული) წნევა. მმ.ვრწ.სვ;

$T$  - გაზის ტემპერატურა C.

ანალოგიურად ხდება, გაზის სტანდარტული პირობების გაანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{20} = V_0 \frac{(273.15 \cdot 20)P}{760 \cdot T} = V_0 \frac{273.15(P_{ბარ} + P_{ჰარ})}{760(273.15 + t)} \text{ მ}^3 \quad (5)$$

### 1.13 ბუნებრივი აირი როგორც სათბობი, საფრთხე და სხვა სათბობებთან შედარებით მისი უპირატესობა

მყარ და თხევად სათბობთან შედარებით, ბუნებრივ აირს გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობა. ესენია:

- მოპოვების თვითღირებულების დაბალი ფასი სხვა წიაღისეულთან შედარებით;
- ბუნებრივი აირი წვისას გამოყოფს ძალზედ მაღალ ტემპერატურას;
- მილსადენების მეშვეობით სწრაფი და დიდი მანძილებით გადატანა;
- საჭირო პირობების დაცვის შემთხვევაში, შესაძლებელია სრული წვის მიღწევა;
- წვისას არ გამოყოფა ნახშირბადის ოქსიდი, რაც საბინაო ექსპლუატაციაში მის გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა;
- საყოფაცხოვრებო სექტორში, ბუნებრივი აირის წვის პროცესის ავტომატიზაციის შესაძლებლობა;
- არ საჭიროებს წვის შემდეგ განსაკუთრებულ მომსახურებას;
- გაუმჯობესებულია მომსახურე პერსონალის ჰიგიენური და ფიზიოლოგიური პირობები;
- წვის პროცესში საჭიროა ჰაერის მინიმალური სიჭარბე;
- ღუმელებსა და გათბობის ქვაბებში მაღალი ტემპერატურის მიღება;
- მინიმალურად შეიცავს გოგირდწალბადს, რომელიც წვისას მავნე ზემოქმედება აქვს გარემოსთან და ცოცხალ არსებებთან;
- ბუნებრივი აირის ალის ფორმა ადვილად რეგულირებადია;
- საცეცხლე სანთურების განლაგება შესაძლებელია წვის კამერის ნებისმიერ ადგილას;
- ბუნებრივი აირი არ მოითხოვს წვის დაწყებისას რაიმე სპეციალურ წინასწარი სამუშაოების ჩატარებას და მომზადებას; და სხვა[19]

ამის გარდა ბუნებრივ აირს სითბოს და ენერჯის გარდა, ახასიათებს აფეთქება, ხანძარიანობა და არასწორი წვის შედეგად, ტოქსიკური ნაერთების ემისია წვის არეალში. აფეთქების შემთხვევაში, წვის პროდუქტები ხურდება მყისიერად გაფართოებისას ქმნიან მაღალ წნევას იმ სივრცეში სადაც ხდება აფეთქება. მაღალი წემპერატურის და ამ ტემპერატურის გაფართოვების შედეგად

აფეთქება დამანგრეველ ხასიათს ატარებს. წნევა რომელიც შიძლება შეიქმნას აფეთქების მომენტში, იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$P_0 = K \frac{P_0 T_0 M}{T_0 N} \quad (6)$$

სადაც  $T_0$  - აფეთქებასაშიში ნარევის საწყისი ტემპერატურა კელვინებშია;

$T_1$  - ტემპერატურა აფეთქებისას, კელვინებში;

$P_0$  - აფეთქების ნივთიერებების ნარევის საწყისი წნევა, ატმ;

$M$  - აფეთქების შემდეგ წვის მოლეკულების რიცხვი;

$N$  - აფეთქებამდე ნარევის მოლეკულების რიცხვი;

$K$  - კოეფიციენტი თბური დანაკარგებისა და ჰაერ-საწვავი ნარევის აირის დისოციაცია.

წნევა რომელიც წარმოიქმნება აფეთქების არეალში, დიდი სიჩქარის ტალღას ქმნის და მას დამანგრეველი ძალა გააჩნია, ეფექტი მისი ძალისა 8 მეგაპასკალსაც კი აღწევს რაც დამანგრეველ გარემომებებს შექმნის. [18]

ბუნებრივი აირი, როგორც წესი არ არის წვისას ტოქსიკური, რადგან მოპოვების პროცესში, მას აცილებენ მავნე მინარევებს, საფრთხე მდგომარეობს იმაში, რომ როცა საწვავი აირი გახურებულ სათავსში ხვდება, ის ჰაერში ჩაენაცვლება ჟანგბადს, რის შედეგადაც ადამიანი განიცდის ჰაერის უკმარისობას, ასეთი პირობები კი შეიქმნება მაშინ როცა სათავსში 19 % ზეტი იქნება ბინებრივი აირის შემცველობა.[20]

ადამიანის სიცოცხლისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს აგრეთვე ბუნებრივი აირის არასრული წვის პროდუქტი, ისეთი როგორცაა CO (ნახშირორჟანგი). ის ძალზედ ტოქსიკური ნაშვნი პროდუქტია, რადგან ჰაერთან ერთად მისი შესუნთქვისას ადამიანის მიერ, ადვილად უერთდება სისხლში ჰემოგლობინს, რაც აფერხებს ჟანგბადის გატარებას სისხლში, რომელიც იწვევს ადამიანის გათიშვას და უუნარობას, შედეგად პროცესი მთავრდება ასფიქსიით.

არანაკლებ პრობლემის მომტანია ნახშირორჟანგის დაგროვება დახურულ სათავსში ბუნებრივი აირის წვის დროს, თუ კი სათავსი არ ნიავედება ან არ გააჩნია სავენტილაციო არხი. 7–8 % ის დაგროვების შემთხვევაში, სათავსში ერთდროულად ხდება ჟანგბადის მასის შემცირება, რამაც შეიძლება ადამიანში გამოიწვიოს

თავბრუსხვევა, ყურებში შუილები, ღებინება ან მისი გაძლიერებული შეგრძნება, სასუნთ გზებში სიმშრალის და ლორწოს წარმოქმნა, თვალების გაღიზიანება, ზოგიერთ შემთხვევაში გაგუდვაც კი და სხვა. [18]

**ცხრილ N 3 ში მოყვანილია ადამიანზე CO და CO<sub>2</sub> ის ზემოქმედების გავლენა**

**ცხრილი 3**

ადამიანზე მაგნე ზემოქმედების ხანგრძლივობა და ხასიათი შესუნთვისას.	ჰაერში გაზის შემცველობის მაჩვენებლები		
	CO		CO <sub>2</sub>
	Mg/l	%	
რამდენიმე საათი შესამჩნევი გავლენის გარეშე	0.0125-0.125	0.001-0.01	0.5-1
მსუბუქი ინტოქსიკაციის ან ლორწოვანი გარსის გაღიზიანების ნიშნები 2-3 საათში	0.125-0.25	0.01-0.02	2-3
მძლავრი მოწამვლის ნიშნები 30 წუთში	2.5-3.75	0.2-0.3	4-5
სიცოცხლისათვის საშიში კონცენტრაცია ხანმოკლე ზემოქმედების დროს	6.25-10	0.5-0.8	7-10

**1.14 გაზების აალების, გავრცელების სიჩქარე და წვის ტემპერატურა**

საწვავი აირი შეიძლება აფეთქდეს ან ააღდეს, როცა ის საჭირო პროპორციით არის შერეული ჰაერთან, გახურებულია აალების საჭირო ტემპერატურამდე, რომელსაც აალების ზღვრული ტემპერატურას ვუწოდებთ. რეალურ პირობებში აალება დამოკიდებულია აირების ფიზიკურ-ქიმიურ შემადგენლობაზე, აირის და ჟანგბადის კონცენტრაციაზე, საწვავი აირისა და ჰაერის შერევის დინამიკაზე, საცეცხლე ადგილის ფართობზე და მოცულობაზე, აირების ტემპერატურის მატებასა და მატების სისწრაფის დონეზე, დასაწვავი აირების და ჰაერის წნევაზე.

დასაწვავი აირ-ჰაერის ნარევის აალება ძირითადად ხდება ორი პირობით, 1 – ნარევის სრული მოცულობის გახურებით ან ნარევის შეკუმშვით აალების ტემპერატურამდე, რასაც თვითაალების ტემპერატურასაც ვუწოდებთ (მაგ, ავტომობილის შიგა წვის ძრავა); 2 – ნარევის ცეცხლის წაკიდებით სხვა სითბოს წყაროს მეშვეობით. თუ ნარევი ცოტა საწვავი აირია ან ჰარბი ჰაერი მას „ღარიბი ნარევი“ ეწოდება. ამ დროს ნარევის წვისას არ წარმოიქმნება წვისთვის საკმარისი ქიმიურ-ფიზიკური პირობები, რის შედეგადაც წვა შეწყდება, ხოლო თუ ნარევი გადაჯერებულია საწვავი აირით, ანუ ჰაერი ნაკლებია, ამ დროს დაიწვება საწვავი

აირის მხოლოდ ის ნაწილი, რაც წვის პროცესისთვის იქნება საკმარისი, რაც რა თქმა უნდა გამოიწვევს წვის პროცესის შეწყვეტას, რადგან არ იქნება წვისთვის საჭირო აალების ტემპერატურის დონე შემდგომი წვის პროცესის გასაგრძელებლად.

აირ-ჰაერის ნარევი საწვავი აირის მინიმალური და მაქსიმალური რაოდენობა, რა დროსაც უზრუნველყოფილი იქნება აალების პროცესის მიღწევა ეწოდება აფეთქების (აალების) ზედა და ქვედა ზღვრები.[21]

აფეთქების ზედა და ქვედა ზღვარს შორის ინტერვალში დაწვის ნარევი გარემოში იწვის, მაგრამ ჰერმეტიულად დახურულ სივრცეში გამოიწვევს აფეთქებას. რაც შეეხება წვისთვის ხელსაყრელი პროპორციების პირობების დარღვევის შემთხვევაში, აირ-ჰაერის ნარევი არც დაიწვება და არც აფეთქდება.

### გაზების აალების ტემპერატურა და აფეთქების ზღვრები

ცხრილი 4

გაზი	აალების ტემპერატურა C		აალების ზღვრები %	
	ჰაერთან	ჟანგბადთან	ქვედა	ზედა
მეთანი	695	640	5	15
წყალბადი	510	450	4,1	74,6
ეთანი	530	485	3	12,5
ეთილენი	540	500	2,8	28,6
პროპილენი	455	420	2,4	10,3
პროპანი	540	490	2,2	9,5
იზო-ბუტანი	540	-	1,8	8,4
ბუტანი	490	460	1,3	8
ნახშირჟანგი	610	590	12,5	74,2
გოგირდწყალბადი	290	220	4,3	45,5
კოქსის გაზი	640	-	5,6	31
ბინებრივი გაზი	610	-	4,5	17
თანამგზავრი გაზი	-	-	2	9

აირების წვის პროცესში, ერთ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი გახლავთ ალის გავრცელების სიჩქარე. საწვავი აირის შემადგონლობისა და ქიმიურ ფიზიკური თვისებების გარდა, ნარევის წვის ბუნებაზე მოქმედებს დასაწვავი აირის და ჰაერის ურთიერთშეფარდება წვის პროცესის არეალში, ნარევის წინასწარი გახურება,



საწვავი აირების ნარევის ნაკადის სიჩქარე, ტურბულენტური თუ ლამინარული, წვის პროცესის პირობები, საწვავი აირის შემადგენლობა და ტემპერატურა.

რეალურ ცხოვრებაში თუ წვის პირობები დარღვეულია აირ-ჰაერის ნარევის სიჩქარესა და წვის სიჩქარეს შორის, ხდება ეგრეთ წოდებული ალის ფრონტის დარღვევა, თუ ნარევის სიჩქარე უფრო მაღალია ვიდრე წვის სიჩქარე, ეს გამოიწვევს ალის მოწყვეტას; თუ ნარევის სიჩქარე ნაკლებია წვის სიჩქარეზე, წინასწარი შერევის შედეგად მოხდება ალის სანთურებში შეტაცება. ეს პროცესი ყველაზე თვალშისაცემია როცა, ჩავრთავთ ან გამოვრთავთ გაზმოხმარების აპარატს, დატვირთვის მკვეთრი შეცვლისას ან წნევის ზედმეტად გაზრდისას.

### აირ-ჰაეროვანი ნარევის გავრცელის სიჩქარე

ცხრილი 5

გაზი	ჰაერში აირის ოპტიმალური შემცველობა	ალის გავრცელების მაქსიმალური სიჩქარე მ/წმ
მეთანი	9,8	0,67
ეთანი	6,5	0,85
ეთილენი	7,1	1,42
წყლის	43	3,1
პროპანი	4,6	0,82
ბუტანი	3,6	0,82
წყალბადი	38,5	4,83

რაც შეეხება წვადი აირების წვის ტემპერატურას, ეს არის ტემპერატურა, რომელიც საწვავი აირის სრული წვისას მშრალი ჰაერის მოცულობასთან ნამწვი აირების დისოციაციაზე დახარჯული სითბოს გათვალისწინებით, საწვავისა და ჰაერის 0 C საწყისი ტემპერატურის დროს. [18,21]

კალორიმეტრული ტემპერატურა ეს მაქსიმალური სიმბურვალეა, რომელიც ვითარდება საწვავი აირის სრული დაწვისას მშრალი ჰაერის თეორიულად გამოთვლილ საჭირო რაოდენობასთან სითბოს დანაკარგების გათვალისწინების გარშე.

სხვადასხვა საწვავი გაზების კალორიულობა

ცხრილი N6

გაზი	ტემპერატურის წარმოება C	გაზი	ტემპერატურის წარმოება C
მეთანი	2043	ბუტანი	2118
ეთილენი	2284	პენტანი	2120
ეთანი	2097	წყალბადი	2235
პროპილენი	2224	ნახშირჟანგი	2370
პროპანი	2110	გენერატორული	1750

საწვავი აირის წვის ნამდვილი ტემპერატურა მიიღება რეალურ პირობებში და იგი მნიშვნელოვნად დაბალია კალორიმეტრიულ და თეორიულ ტემპერატურებზე, რადგან მისი განსაზღვრისას მხედველობაში მიიღება თბოდანაკარგები გარემომცველ არეში, წვის პროცესის ხანგრძლივობა, გაზის დაწვის მეთოდი, ჰაერის სიჭარბის კოეფიციენტი, აირისა და ჰაერის ტემპერატურა და სხვა ფაქტორები. თუ წვის ტემპერატურა 900 C ზე ნაკლებია, ამ დროს შესაძლებელია წვის პროცესის დარღვევა და არასრული წვის მიღება. ამ შემთხვევაში ტემპერატურის გაზრდა შესაძლებელია მოხდეს ნარევის გაუმჯობესებით ანუ ავწიოთ აირის და ჰაერის შერევის ხარისხი მაღლა, საცეცხლე კამერის თბოდანაკარგების შემცირებით, მისაწოდებელი ჰაერის წინასწარი გათბობით (მაგალითად, ბუნებრივი აირის წვის დროს წინასწარ 200 ცელსიუსამდე გახურებულ ჰაერთან წვის პროცესის ტემპერატურა იზრდება 2003 C დან 2128 C მდე, ხოლო ჰაერის 400 C მდე გახურებისას წვის ტემპერატურა იზრდება 2257 C მდე) მეორეს მხრივ, ჰაერის სიჭარბე მკვეთრად ამცირებს წვის ტემპერატურას, მაგალითად, ბუნებრივი აირის წვის ტემპერატურა ჰაერის 10 % იანი სიჭარბის შემთხვევაში მცირდება 1868 C მდე, 20 % აინი სიჭარბისას კი 1749 C მდე. ხოლო 100 % სიჭარბისას – 1167 C მდე. რეალურ გარემოში წვის ნამდვილი ტემპერატურის განსაზღვრისას იყენებენ შემდეგ ფორმულას:

$$T_{\text{წვ}} = Y t_{\text{კ}} \tag{7}$$

სადაც  $t_{\text{კ}}$  – წვის კალორიმეტრიული ტემპერატურაა, C;

$Y$  – პირომეტრიული კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს წვის ტემპერატურაზე მოქმედ ზემოაღნიშნულ ფაქტორებს და ძირითადად

დამოკიდებულია საცეცხლის კონსტრუქციაზე და სითბოს მიმღებ მოწყობილობაზე. [10]

### 1.15 ბუნებრივი აირის წვის ნომინალური თბური დატვირთვა

საყოფაცხოვრებო სექტორში ბუნებრივი აირის მიწოდება ხდება დაბალი წნევის ქსელით, ამიტომ დაბალი წნევის ქსელის ძირითადი ამოცანაა, შეუფერხებისა და უსაფრთხოების გათვალისწინებით მიეწოდოს წვადი აირი საყოფაცხოვრებო აირის ხელსაწყოებს, მათი მუშაობის მთელი პერიოდის მანძილზე. ამისთვის კი საჭიროა, რომ ხელსაწყოებმა იმუშაონ **ნომინალურ თბურ დატვირთვაზე**. [23]

ნომინალური თბური დატვირთვა წარმოადგენს აირის ხელსაწყოს საპასპორტო სიდიდეს, რომელიც უზრუნველყოფს მისი მუშაობის საუკეთესო პირობებს, ესენია: არასწული წვის მინიმუმი მაჩვენებელი; მაქსიმალური მარგი ქმედების კოეფიციენტი და ხელსაწყოების ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა. ნომინალური თბური დატვირთვის მისაღწევად ხელსაწყოს გამართული მუშაობისათვის საჭიროა უზრუნველყოფილ იქნას ხელსაწყოს წინ აირის მომარაგებისას სტაბილური ნომინალური წნევა.

დაბალი წნევის ქსელში, აირის მოძრაობა მიმდინარეობს ნაკადის პოტენციალური ენერგიიდან კინეტიკურ ენერგიაში გადასვლის შედეგად, ამიტომ თუ აირსადენის დასაწყისში აირის წნევა იქნება  $P_{საწ}$ -ის, ხოლო ბოლოში  $P_{საბ}$  ტოლია, მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას  $P_{საწ} - P_{საბ} = H$ , რომელიც იხარჯება ყველა იმ წინაღობის დაძლევაზე, რომელსაც აირი აწყდება ქსელში. ამრიგად, ცხადია რომ, აირის წნევის სიდიდეები კვების საბოლოო წერტილებში ერთნაირი არ იქნება. ამასთან, თუ აირის ხარჯიც გაიზრდება ქსელში, მაგალითად პიკური მოხმარების პერიოდში, საწყისსა და საბოლოო წერტილებს შორის სხვაობა უფრო მეტად გაიზრდება.

იმისათვის რომ, აირის მოხმარების ნომინალური თბური დატვირთვა მივუახლოვოთ აირის ხელსაწყოების საპასპორტი ნომინალურ მაჩვენებლებს, საჭიროა ვუზრუნველყოთ ქსელში აირის წნევათა მკვეთრი რყევა და ის რაც შეიძლება ვიწრო ზღვრებში უნდა დავიცვათ.

ქსელში აირის წნევის რყევები დამოკიდებულია ძირითადად 3 ფაქტორზე: 1– აირის ხელსაწყოების მუშაობის ინდივიდუალური რეჟიმები; 2–დაბალი წნევის ქსელის საწყის წერტილში, წნევის რეგულირების მეთოდზე; 3–წნევის დასაშვები კარგვის რეჟიმზე კვების საწყისი წერტილიდან ხელსაწყოს წინა წერტილამდე. დანაკარგების საანგარიშო რეჟიმად მიიღება აირის მაქსიმალური მოხმარების რეჟიმი. აირის ქსელის გამტარუნარიანობა გაანგარიშდება მაქსიმალურ დატვირთვაზე, ამასთან აირმომხმარებელ ხელსაწყოებთან უნდა იყოს ნომინალური დაწნევა –  $P_{ნომ}$ .

აირის ხელსაწყოების თბური დატვირთვის ცვლა, მხოლოდ გარკვეულ ფარგლებშია დასაშვები და ის განისაზღვრება ზღვრული მაქსიმალური და ზღვრული მინიმალური თბური დატვირთვით.

ხელსაწყოების ზღვრული თბური დატვირთვა წარმოადგენს იმ მაქსიმალურ სიდიდეს, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ უზრუნველყოფილია ხელსაწყო ხანმოკლე მუშაობის მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით და წვის პროდუქტებში ჯერ არ არის ნახშირჟანგის საშიში მაღალი კონცენტრაცია. თანამედროვე გაზაპატარურების და საოჯახო ტექნიკისათვის ზღვრული მაქსიმალური თბური დატვირთვა, ცდების შედეგად მიღებული პასუხებით, არ უნდა აღემატებოდეს 20 % –ს. ამ სიდიდის გადაჭარბების შემთხვევაში, მკვეთრად ეცემა ხელსაწყოების მარგი ქმედების კოეფიციენტი, ადგილი აქვს ქიმიურად არასრული წვის პროცესის ზრდას და რიგი ხელსაწყოები მაღალი ან ხშირი თბური დატვირთვის ცვალებადობის შედეგად ადრე ზიანდება და გამოდიან მწყობრიდან. აირის წნევის მნიშვნელობა, რომელიც ხელსაწყოში ქმნის ნომინალურ თბურ დატვირთვას, შეიძლება გამოითვალოს აირების გამოდინების ფორმულით

$$V=af\sqrt{2P/\rho} \quad (8)$$

სადაც  $V$  – აირის აირის ხარჯი მ<sup>3</sup>/წმ;

$a$  – აირის გამოდინების კოეფიციენტი. უგანზომილებო სიდიდე;

$f$  – აირის საქმენის განიკვეთის ფართობი, მ<sup>2</sup>;

$P$  – აირის წნევა სანთურის წინ, პა;

$\rho$  – აირის სიმკვრივე, კგ/მ<sup>3</sup>.

თუ ჩავთვლით რომ  $P_{\text{ნია}}$  არის აირის ნომინალური წნევა, მაშინ ხარჯი –  $V_{\text{ნია}}$  იქნება ნომინალური, რაც უზრუნველყოფს ხელსაწყო ნომინალურ მუშაობს თბურ დატვირთვაზე.

მოქმედი ნორმების თანახმად, აირმომარაგების ქსელისთვის ბუნებრივი აირის მოხმარებისას, ხელსაწყოებთან მიერთების წერტილში 3000 პა დაწნევას არ უნდა აღემატებოდეს, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ხელსაწყო ზღვრული დატვირთვა 20 %-ზე მეტია ნომინალურზე, მაშინ მაქსიმალური ზღვრული დაწნევა დასაშვები იქნება 2000 პა.

აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავადგინოთ, რომ აირსადენების ქსელში მიღების განიკვეთების შემცირება, მუდმივი საანგარიშო ხარჯების შემთხვევაში შეიძლება წარმოებულ იქნას აირის მარეგულირებელი პუნქტების რიცხვების გადიდებით და ასევე მათი მოქმედების ზონების რაციონალურად შერჩევის გზით.

დასაშვები წნევის ვარდნილის მნიშვნელობა, თავის მხრივ უნდა განაწილდეს აირსადენების გარე ქსელის ნაწილზე დაახლოებით 70% ის ოდენობით, ხოლო დანარჩენი 30 % შენობათა შიდა დაქსელვის სეგმენტზე.

იმისათვის რომ, შევინარჩუნოთ გაზის დაბალი წნევის ქსელში ნომინალური წნევა ან სტანდარტით დადგენილი მაჩვენებლები, საჭიროა ქსელების ჰიდრავლიური რეჟიმების დაცვა. განვიხილოთ რეჟიმების რეგულირების ორი ხერხი:

1. წნევის მუდმივი სიდიდის შენარჩუნება ქსელის კვების საწყის წერტილში განსაზღვრული პერიოდის მიხედვით (წელი, სეზონი და პიკური მოხმარება;
2. საწყისი წნევის სიდიდის ავტომატური რეგულირება ქსელის დატვირთვების გადაანგარიშებით და მისი ურთიერთდამოკიდებულებით.

თუ აირსადენის საწყის წერტილში შევინარჩუნებთ წნევის მუდმივ მაჩვენებელს, აირის ხარჯის ცვლისაგან დამოუკიდებლად, აირის ხელსაწყოთა უმეტესობა დაახლოებით 55% ით იმუშავებს გადატვირთული რეჟიმით, ხოლო მეორე ნაწილი 45 % – დაუტვირთავი რეჟიმით.

ამ პირობების დამოკიდებულებით, აირსადენის ქსელში საწყისი წნევის, მისი საბოლოო წნევის და წნევების დანაკარგებს შორის, გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით:

$$P_{საწ} = P_{ხელ} + \Delta p_{საანგ} \quad (9)$$

სადაც  $P_{ხელ}$  – არის ხელსაწყოს წინ წნევის მაჩვენებელი, პა;

$P_{საწ}$  – ქსელის საწყის წერტილში წნევის რაოდენობა, პა;

$\Delta p_{საანგ}$  – წნევის საანგარიშო ვარდნა.

ქსელში აირის დატვირთვის შემცირებასთან ერთად, ადგილი აქვს წნევის დანაკარგების შემცირებას, ხოლო წნევა ხელსაწყოების წინ, ანუ  $P$  საბოლოო თანდათანობით გაიზრდება. აირის მინიმალური მოხმარების საათებში წნევა ყველა მოხმარებლის წინ მაქსიმალურ სიდიდეებს მიღწევს და ხელსაწყოები მაქსიმალური დატვირთული რეჟიმით იმუშავებენ.

ზემოაღნიშნული ფაქტორების გათვალისწინებით, შეიძლება ვივარაუდოდ, რომ ქსელის საწყის წერტილში აირის წნევის მუდმივი პირობის მისაღწევად, ქსელის საწყის ადგილებში მიერთებული ხელსაწყოები თავისი მუშაობის დროის უმეტეს მონაკვეთში გადატვირთული რეჟიმით იმუშავებს, რაც უარყოფითად იმოქმედებს გარემოზე, სათავსზე და თავად ხელსაწყოზე. იმისათვის რომ აირის ხელსაწყოებმა დატვირთვის გარეშე იმუშაონ და მათზე თბური დატვირთვის ზემოქმედება შევამციროთ, მიზანშეწონილია წნევის რეგულატორების მუშაობის რეჟიმების სეზონების (4 სეზონი) მიხედვით აეწყოს.

აირის მოხმარების რყევებს ახასიათებთ კონკრეტული კანონზომიერებები: დღის და საღამოს საათებში აირის დიდი ხარჯებია, ხოლო ღამით შედარებით მცირე, ესე იგი უნდა დავაკმაყოფილოთ პირობა რომ, დღის და საღამოს საათებში ქსელში შედარებით მეტი წნევა უნდა იქნეს უზრუნველყოფილი, ვიდრე ღამის საათებში. ამისათვის კი საჭიროა აირის მარეგულირებელ პუნქტებში ავტომატური მარეგულირებელი რეგულატორის დაყენება, რაც უზრუნველყოფს დატვირთვების მიხედვით დაარეგულიროს აირის მიწოდება ქსელში და თბური დატვირთვა ასეთ შემთხვაში არა 25 % არამედ 10% იც შეიძლება იყოს აირის ხელსაწყოებზე. [24]

რეგულატორის მუშაობის რეჟიმი შესაძლებელია წინასწარი პროგნოზებითაც გაითვალის ან აირის მარეგულირებელ პუნქტში, ქსელზე დამონტაჟებული საიმპულსო მილით მოხდეს მისი ავტომატური რეგულირება. ასეთი ხელსაწყოების დაყენება მიზანშეწონილია ჩიხური ფორმის დაბალი წნევის ქსელებში.

## 1.16 გაზმომარაგება და საქართველო

პირველი ცნობები საქართველოს გაზიფიცირების შესახებ გამოჩნდა ჯერ კიდევ 19-ე საუკუნის ბოლოსკენ. ინჟინერმა ჩოლოყაშვილმა, შეადგინა თბილისში გაზის ქარხნის პროექტი, რომელიც ადგილობრივი ნავთობის საბადოების ბაზაზე უნდა ამუშავებულიყო, თუმცა ეს პროექტი როგორც ჩანს ჩავარდა, რადგან ცოტა მოგვიანებით 1911 წელს, ბელგიურ კომპანიასთან მიმდინარეობდა მოლაპარაკება ხელოვნური გაზის ქარხნის მშენებლობაზე, ამ პროექტისთვის ნავთლულის ტერიტორიაზე ადგილიც კი გამოუყვიათ, მაგრამ ეს მოლაპარაკებაც უშედეგოდ დამთავრებულა. მას შედეგ რაც ჩვენი ქვეყნის ჩრდილო მეზობლის სამხრეთი ტერიტორიები იქნა ათვისებული გაზმომარაგების თვალსაზრისით და გაყვანილ იქნა მაგისტრალური მაღალი წნევის მილსადენები, სწორედ მაშინ გადაწყდა ამ მაგისტრალურ ქსელებზე საქართველოს გაზმომარაგების მიზმა. [5]

1963 წელს ექსპლუატაციაში შევიდა ვლადიკავკაზი-თბილისის მაგისტრალური მილსადენი, რომელიც უერთდება ყარა-დაღ-აღსტაფა-ერევან-თბილისის გაზსადენს. ცოტა მოგვიანებით 1967 წელს კი დამთავრდა ვლადიკავკაზი-თბილისის მეორე რიგის მშენებლობა. აღნიშნული მონაკვეთი უნიკალური ნაგებობის კლასშია შეყვანილი, რადგან საკმაოდ რთულ რელიეფზე და ურთულესი მონაკვეთების გადავლა და გადალახვა მოხერხდა, მილსადენის მშენებლობის პროცესში.

სადღეისოდ, საქართველოში გაზის მიღება და ტრანზიტი ხორციელდება ორი გაზსადენით სამხრეთ კავკასიური (SCP) და ჩრდილოეთ-სამხრეთის მაგისტრალური გაზსადენებით (NSGP). [24]

სამხრეთ-კავკასიური მაგისტრალური გაზსადენით, რომელიც ცნობილია როგორც ბაქო-თბილისი-ერზრუმის გაზსადენი, ხდება შაჰ-დენიზის საბადოდან მოპოვებული გაზის ტრანზიტირება აზერბაიჯანიდან თურქეთის მიმართულებით. გაზსადენის სიგრძე 693 კმ, საქართველოს მონაკვეთის სიგრძე კი - 250 კმ-ს აღწევს. მილსადენის საპროექტო გამტარუნარიანობა წელიწადში 26 მილიარდი კუბური მეტრია. SCP უმეტესწილად, ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის პარალელურად არის გაყვანილი.

ჩრდილოეთ-სამხრეთის მაგისტრალური გაზსადენით ხორციელდება რუსული გაზის ტრანზიტი სომხეთში. NSGP-ს საქართველოს მონაკვეთის სიგრძე შეადგენს 234 კმ-ს და მისი საპროექტო გამტარუნარიანობა წელიწადში 12 მილიარდი კუბური მეტრია.[25]

ბუნებრივი გაზის სატრანსპორტო სისტემა ოპერირებას საქართველოში ახორციელებს შპს საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანია (სგტკ), რომელიც წარმოადგენს სახელმწიფოს მფლობელობაში არსებულ საწარმოს და ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირების ლიცენზიატს. სგტკ-მ შესაბამისი ლიცენზია მოიპოვა 2009 წელს და აღნიშნული პერიოდიდან ახორციელებს გაზის ტრანსპორტირებას საქართველოს ტერიტორიაზე, ტრანზიტთან ერთად. სულ საქართველოს ტერიტორიაზე გაყვანილია (სამხრეთის ნაკადის გარდა) 1855 კმ გაზის მაგისტრალური მილსადენი, რომელიც გაზით კვებავს საქართველოს მჭიდროდ დასახლებული პუნქტების (ქალაქების და სოფლების) უმრავლესობას.

უშუალოდ დედაქალაქის გაზმომარაგების საკითხი, სამომხმარებლო თვალსაზრისით, მოსამზადებელი სამუშაოები დაიწყო შედარებით ადრე 1957 წელისკენ და ამავე წელს ქალაქი მარაგდებოდა თხევადი გაზით ( $\approx 150000$  საცხოვრებელი), ხოლო როცა მაგისტრალური გაზსადენები ჩადგა მწყობრში, ქ. თბილისის მასიური გაზიფიცირების პროცესმა მამტაბური ხასიათი მიიღო. ორ წელიწადში, 1959 წელს, თბილისმა პირველი ბუნებრივი გაზი მიიღო. ქალაქის გაზით მოსამარაგებლად 434-კილომეტრიანი შიდა გაზსადენი აშენდა. გაზით მომარაგება თავდაპირველად 529 ათას მცხოვრებზე იყო გათვლილი. „თბილგაზი“ 2006 წლამდე ფუნქციონირებდა.

2006 წლის მაისში საქართველოს მთავრობამ „თბილგაზი“ აუქციონზე გაიტანა გასაყიდად და ის ყაზახურმა კომპანიამ შეიძინა. ამ დროიდან თბილისის გაზმომარაგებას უკვე „ყაზტრანსგაზ - თბილისი“ უზრუნველყოფდა. [26]

2019 წლის 3 მაისიდან კი საქართველოს დედაქალაქს „თბილისი ენერჯი“ ემსახურება. დღეს კომპანია 1.500.000 მოქალაქეს ემსახურება ხოლო 18 000 კომერციული აბონენტი ჰყავს. ეს რიცხვი ფაქტობრივად ყოველდღიურად იზრდება. "თბილისი ენერჯი" დედაქალაქს ბუნებრივი გაზით 8500 კილომეტრის საშუალო და დაბალი წნევის მიწისქვეშა და მიწისზედა გაზსადენების საშუალებით ამარაგებს. გაზის წლიური მოხმარება, მხოლოდ დედაქალაქში დაახლოებით 750



მილიონი კუბია. აქედან 550 მილიონ კუბურ მეტრს სოციალური აბონენტები მოიხმარენ, 200 მილიონ კუბურ მეტრს კი - კომერციულები. [26]

სადღეისოდ სრულიად საქართველოს გაზის მოხმარება 2.5 მლრდ მ<sup>3</sup> –ს აღწევს, და ის წლიდან წლამდე იზრდება. გაზიფიცირებულია მოსახლეობის მთლიანი რაოდენობის 55 % მდე. მათ შორის, ყველა მსხვილი ქალაქი და მუნიციპალიტეტების უმრავლესობა. ასევე იგეგმება დამატებით 300 ზე მეტი სოფლის და დასახლების გაზიფიცირების პროექტების განხორციელება, რაც ბუნებრივია გამოიწვევს გაზის ქსელის და მოხმარების ზრდას. [16]

### 1.17 მოკლედ მრიცხველების თაობაზე

საქართველოში პირველი გაზიფიცირების შემდეგ, 90 იანი წლების შუა პერიოდამდე, გაზომომარეგება იყო სულადობის მიხედვით და არა მოხმარებული გაზის რაოდენობის მიხედვით. სააბონენტო გადასახადი შემოღებულ იქნება 1996 წელს, რამაც განაპირობა სააბონენტო ინდივიდუალური მრიცხველების დაყენება, რათა მომხდარიყო თითოეული აბონენტის მოხმარებული გაზის აღრიცხვა შესაბამისი ტარიფის მიხედვით. ქვეყანაში ახალი გამოწვევა საკმაოდ მრავალფეროვნად მიმდინარეობდა, რამაც გამოიწვია საკმაოდ ბევრი მოდიფიკაციის და სხვადასხვა ქვეყნის წარმოებული მრიცხველის დამონატაჟება აბონენტებთან. დღევანდელი მდგომარეობით „საქსტატში“ ოფიციალურად, კანონის გათვალისწინებით დარეგისტრირებულია 62 ლიცენზია 186 სახეობის გაზის მრიცხველზე, მათი უმეტესობა სააბონენტო მრიცხველებია. მრიცხველების უმრავლესობა მოცულობითი აღრიცხვისაა და მოძრავი დიაფრაგმის საშუალებით აღრიცხავს გაზის ხარჯს. დანარჩენი მრიცხველები როტაციული ტიპისაა, რომელიც გამოიყენება ძირითადად საშუალო ან მაღალი წნევის ქსელებისთვის. [27]

## თავი II. კვლევა

### 2.1 ევროპული და საქართველოს გაზის მეურნეობის სისტემების განსხვავება და მათი თავისებურება.

როგორც, მიმოხილვით ნაწილში დაწვრილებით იყო აღწერილი, გაზის მეურნეობა ჩვეს ქვეყანაში განვითარდა გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ ქვეყანა საბჭოთა კავშირის შემადგენლობაში შედიოდა და შესაბამისად სამშენებლო ნორმებიც ყოფილი კავშირისა მოქმედებდა. ვინაიდან ყოფილი საბჭოთა კავშირში გამოირჩეოდა უხვი სასარგებლო წიაღისეულით, მათ შორის რა თქმა უნდა ბუნებრივი გაზითაც, მისი ფართოდ ათვისებასთან ერთად, დამკვიდრდა ფართო და მრავალფეროვანი საინჟინრო საბჭოური სამშენებლო ნორმები, მათ შორის გაზიფიცირების მეურნეობებისათვის, მისი მოპოვებიდან საბოლოო აბონენტის გათვალისწინებით. აქვე გვინდა დავამატოთ, რომ საბჭოური ნორმები გაზიფიცირებასთან დაკავშირებით, საბჭოთა კავშირის გარდა ვრცელდებოდა აღმოსავლეთ ევროპის, მაშინდელ სოციალისტურ ქვეყნებშიც. თვალსაჩინო მაგალითია გერმანიის ფედერაციული (დასავლეთ გერმანია) და გერმანიის დემოკრატიული (აღმოსავლეთ გერმანია) რესპუბლიკები. გაზიფიცირებასთან დაკავშირებით დასავლურ ევროპული და აღმოსავლეთ საბჭოური სისტემების განსხვავება თავად გერმანიის გაყოფილ დედაქალაქ ბერლინშიც კი თვალნათლივ შეინიშნებოდა. ყველაზე დიდი სხვაობა გამოხატული იყო საყოფაცხოვრებო მრავალსართულიანი მაღლივი კორპუსების გაზიფიცირების სემენტში, განსხვავდებოდა ქალაქების გაზიფიცირების სიტემები დრეზდენის (აღმოსავლეთი) და მიუნხენის (დასავლეთი), ზოგადად მაშინდელი ევროკავშირის, ანუ დასავლური ევროპის ქვეყნების და აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნების გაზიფიცირების პრინციპები და ნორმები.

ვინაიდან, დამოუკიდებელი საქართველოს გაზის სისტემები საბჭოური მემკვიდრეობის იყო, დასავლური ნორმების პრინციპების დანერგვა დღემდე ვერ მოხერხდა, მეტიც 1980 იანი საბჭოთა კავშირის ნორმების უგულვებელყოფაც კი მოხდა, რამაც განუსაზღვრელად გაზარდა მაღლივი კორპუსების გაზიფიცირების საკითხი, თუ კი, მანამდე 10 სართულიან მაღლივ კორპუსებში გაზიფიცირება ნორმებით აკრძალული იყო, 1996 წლიდან ეს ნორმა გაუქმდა და სადღეისოდ

საქართველოში 14, 16, 18, 25 სართულიან შენობებშიც კი გაზიფიცირებას ვახდენთ. ეს კი ეწინააღმდეგება ევროპული, ამერიკული და თვით საბჭოთა ნორმებსაც. ნორმების შეზღუდვა კონკრეტულად მაღლივ კორპუსებთან დაკავშირებით, დამყარებული იყო გაზის ჰიდრავლიკის, მისი ფიზიკური და აფეთქება საშიში თვისებების გამო, ასევე ხანძარსაწინააღმდეგო ნორმების თვალსაზრისითაც.

მიმოხილვით ნაწილში მოყვანილი გვაქვს რუსი (საბჭოთა) მეცნიერ სტასკევიჩის ფორმულა, თუ როგორ იზრდება გაზის ჰიდროსტატიკური ქსელის წნევა, სიმაღლის დამლევასთან ერთად, თავად გაზის და ჰაერის სიმკვრივის და წონის მაღალი სხვაობის ხარჯზე. იგივეზე საუბრობს ქართველი მეცნიერი ა. მუსერიძე თავის არაერთ სახელმძღვანელოში. მიუხედავად ამისა, ის რაც მეცნიერულად და ემპირიული გამოთვლებით, არაერთი ცდის მიუხედავად დადგენილია, გაზის მოხმარების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით კი მაღლივი კორპისების გაზიფიცირების შეზღუდვაზე, ხშირ შემთხვევაში უგულებელყოფილია, სხვა სოციალურ პოლიტიკური მოტივებით.

საქართველოში, ბოლო, თითქმის 30 წლის სოციალურმა სიდუხჭირემ, გაზის მეურნეობის სერვისის სისტემების ჩამოშლამ, კორუფციამ და უბრალოდ უყურადღებობამ, გამოიწვია, ენერგეტიკული მწვავე კრიზისის გარდა ადგილობრივი გაზის ქსელის ძლიერ ამორტიზირება, თავად აბონენტთა გაზის მოხმარების სტანდარტების, ნორმების და უსაფრთხოების დარღვევა. შედეგად შეგვიძლია გავიხსენოთ არაერთი ტრაგიკული ფაქტი მაცხოვრებლების მოწამვლის, გარდაცვალების ან აფეთქების შესახებ.

სტატისტიკის ძიების პროცესში, თამამად შემიძლია მოვიყვანოთ გაზის ნორმების უგულებელყოფამ სადამდე მიგვიყვანა. მაგალითად ბოლო 30 წელში საქართველოში უფრო მეტი ადამიანი გარდაიცვალა გაზის არასასუველი ზემოქმედებით, ვიდრე სრულიად ევროკავშირის ტერიტორიაზე.

ზემოთმოყვანილი გამოცდილებისა და ფაქტების შესაბამისად, ნაშრომში განვიხილავთ ევროკავშირის, აშშ და საბჭოთა (საქართველოს) სამშენებლო ნორმების იმ ძირითად განსხვავებას, რაც დაკავშირებულია დაბალი წნევის, ეგრეთ წოდებულ სადისტრიბუციო ქსელის ნორმების განსხვავებაზე.

აქვე გასათვალისწინებელი ფაქტორია ისიც, რომ საბაზრო ეკონომიკის განვითარება—გაზრდასთან ერთად, პარალელურად კი ცენტრალური გათბობის

მოშლასთან ერთად, საყოფაცხოვრებო რეალობაში, ბაზარზე გამოჩნდა დასავლეთის განვითარებული ქვეყნების გაზის მოხმარების დანადგარები, რომლებიც ცხადია, უმეტესობა დამზადებულია დასავლური ნორმების მიხედვით, რაც რასაკვირველია არსებული მდგომარეობის გათვალისწინებით უყურადღებოდ დასატოვებელი არ გახლავთ. ნაშრომში მოყვანილი იქნება საქართველოს რეალობაში არსებული გაზის სტანდარტების შეუსაბამობის ფაქტორები გაზის ქსელში არსებულ მაჩვენებლებსა და საცხოვრებლებში თუ ბიზნეს ობიექტებზე, უკვე ფართოდ გავრცელებული უცხოურ გაზის აპარატურა, რა უარყოფით თუ სასარგებლო ზემოქმედება-ეფექტს ან შეუსაბამობას იწვევს.

განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულდა, გაზის ქსელში ნომინალური წნევების თაობაზე, რადგან კვლევების შედეგებიდან და მათი გაანალიზებისას გამოიკვეთა მთელი რიგი პრობლემები, რაზეც შემდეგ თავებში დაწვრილებით იქნება განხილული და დასაბუთებული.

ეხლა კი განვიხილოთ ევროპული და აშშ-ს სადისტრიბუციო, იგივე დაბალი წნევის გაზის ქსელის სტანდარტები და ჩვენი არსებული ქსელის ნორმების განსხვავებები და მისი ფორმები გარკვეული შეზღუდვებითურთ.

საქართველოში არსებული გაზის ქსელებით თუ ვიმსჯელებთ, გაზი ქვეყანაში შემოდის მაღალი წნევის მაგისტრალური მილსადენით, შემდეგ საფეხურზე, დასახლებული პუქტებისკენ მიემართება საშუალო წნევით, ხოლო უშუალოდ დასახლებულ პუქტში განაწილების ქსელების მეშვეობით დაბალი წნევით მიეწოდება უშუალო მომხმარებლებს. არსებობენ ისეთი სამრეწველო ობიექტებიც, რომლებიც გაზს მოიხმარენ საშუალო წნევის მილსადენებითაც. საქართველოს კანონდებლობაში მკაფიოდ განსაზღვრულია გაზის ქსელის წნევების რანგირება რომელიც ასე გამოიყურება: *გაზის სისტემების უსაფრთხოების ზოგადი მოთხოვნების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე - მუხლი №5 გაზომომარაგების სისტემაში გაზის წნევის ნორმები:*

1. გაზომომარაგების სისტემაში წნევასთან დამოკიდებულებაში გაზის ტრანსპორტირებისას გაზსადენები იყოფა:

ა) მაღალი წნევის გაზსადენები I კატეგორიის – 0.6 მეგპა (6 კგპ/სმ<sup>2</sup>) წნევიდან 1.2 მეგპა (12 კგ ძალა სმ<sup>2</sup>) წნევის ჩათვლით. ბუნებრივი გაზისა და გათხევადებული ნახშირწყალბადიანი 1.6 მეგპა (16 კგპ/სმ<sup>2</sup>)-მდე;

ბ) მაღალი წნევის გაზსადენები II კატეგორია – 0.3 მეგპა (3 კგმ/სმ<sup>2</sup>)-დან 0.6 მეგპა (6 კგმ/სმ<sup>2</sup>) მუშა წნევამდე;

გ) საშუალო წნევის გაზსადენები – 0.005 მეგპა (0.05 კგმ/ სმ<sup>2</sup>)-დან 0.3 მეგპა (3კგმ/სმ<sup>2</sup>) მუშა წნევამდე;

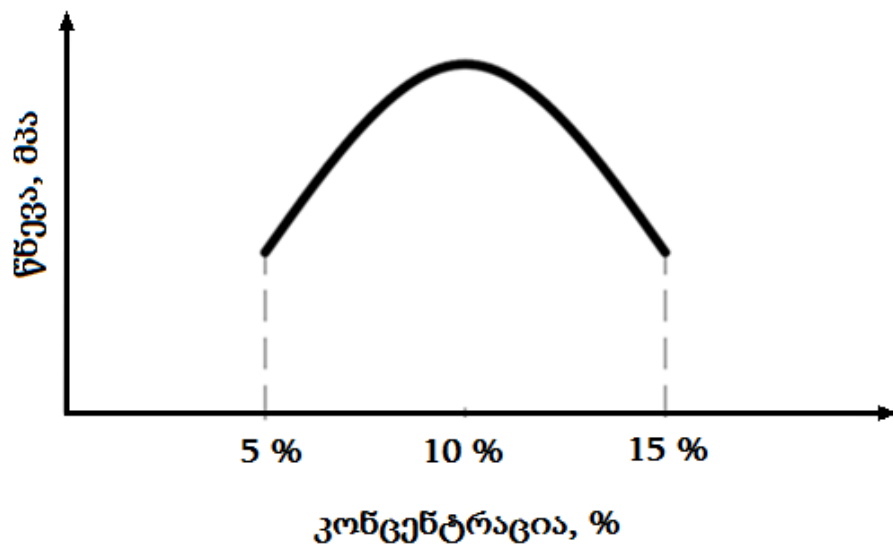
დ) დაბალი წნევის გაზსადენები – 0.005 მეგპა (0.05 კგმ/სმ<sup>2</sup>) მუშა წნევის ჩათვლით.

საგულისხმოა, რომ მუშა წნევის მკაფიო განმარტება კანონში მოცემული არ არის, თუმცა, აღნიშნული ქართული ნორმა, გადმოღებულია საბჭოთა კავშირის სამშენებლო ნორმებიდან, ე.გ სნიპიდან, სადაც მაგალითად დამატებით განსაზღვრულია, რომ სამოქალაქო სექტორში გაზის მარეგულირებელი პუნქტიდან გაზის წნევა 300 მმ.წყ.სვ – ით უნდა იყოს მიწოდებული. [28]

საშუალო წნევიდან დაბალი წნევის გაზის მარეგულირებელი პუნქტები ძირითადად გათვალისწინებულია აბონენტების რაოდენობის მიხედვით 500–1000 ან 1500 აბონენტზე ან დასახლებული პუნქტის რადიუსის მოქმედების მიხედვით. თბილისის მაგალითზე თუ ვიმსჯელებთ, ჩვენს ქალაქში 780 ზე მეტი გაზის მარეგულირებელი სადგური და პუნქტი უნდა იყოს დამონტაჟებული, რომლებიც პასუხისმგებელია მოსახლეობას და იურიდიულ პირებს, გაზი მიაწოდოს დაბალი წნევით დადგენილი ნორმების ფარგლებში. დადგენილი 300 მმ.წყ.სვ მნიშვნელოვანი ფაქტორია, თავად მომხმარებელთან დაყენებულ გაზდანადგარისათვის, რადგან, უმეტეს სახლის სამომახმარებლო გაზდანადგარებს საპასპორტო მონაცემებში, მკაფიოდ გაწერილია თავად გაზის აპარატის მაღალი მარგი ქმედების მუშაობის მისაღწევად თუ რა ნომინალური წნევაა საჭირო გაზდანადგარის სანთურის წინ, მისი გამართული მუშაობისათვის.

ასევე დაბალი წნევის მკაცრი კონტროლი სავალდებულოა გაზის უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე, ანუ დადგენილია რომ გაზ-ჰაერის 5 % ით თანაფარდობის შემთხვევაში, დახურულ სივრცეში წარმოექმნება ფეთქებადსაშიში გარემო, რაც მიიღწევა იმ შემთხვევაში, თუ დაბალი წნევის ქსელში, წნევა 500 ან მეტი მმ.წყ.სვეტი იქნება. ეს გარემოება წარმოექმნება. ცნობილია, რომ გაზის მიწოდება გაზდანადგარში ნომინალური წნევისგან 15 % მეტი ან კალები ნორმიდან გადახრისას იწვევს გაზდანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტის შემცირებას, რაც მეტია გადახრა, მით მტად ქვეითდება მქვ. ეს გამოწვეულია, იმით რომ ირღვევა გაზის წნევის რეჟიმი, ხდება არასრული წვა და

წარმოიქმნება სიცოცხლისთვის მავნე გაზი CO (ნახშირჟანგი). თუ დაბალი გაზის გამანაწილებელ ქსელში გაზის ნამატი წნევა 300 მმ.წყ.სვ, მაშინ გაზით მომარაგების წერტილში, გაზის ქსელის რომელიმე წერტილიდან ადგილი რომ ქონდეს გაზის გაჟონვას, აფეთქებად საშიში გაზჰაერის ნარევი ვერ წარმოიქმნება, იმ მიზეზით, რომ ჰერმეტიკულად დახურულ ოთახის ჰაერისა და გაზის ნარევის წნევა გაუთანაბრდება გაზის დაბალი წნევის ქსელში არსებულ გაზის წნევას და ოთახში გაზის შემოდინება წნევათა გათანაბრების ხარჯზე შეწყდება. გაზის პროცენტული შემადგენლობა გაჟონვის ადგილას 3%-ს ვერ გადააჭარბებს, აფეთქების ქვედა ზღვარი კი როგორც ვიცით 5%-ია. იმ შემთხვევაში თუ გაზის ჭარბი წნევა 500 მმ.წყ.სვ-ს გადააჭარბებს, ნარევი ფეთქებად საშიში გახდება, ამ დროს გაზის პროცენტული შემადგენლობა დახურულ ოთახში, აფეთქების ქვედა ზღვარს გასცდება და ნაპერწკალიც კი საკმარისია, რომ ოთახში მოხდეს აფეთქება. აფეთქება-აალების ჰაერ-გაზის ნარევის კონცენტრაცია ნაჩვენებია ნახაზზე №8 ზე.



ნახ. 7. ბუნებრივი გაზის აფეთქების კონცენტრაციული ზღვრების გრაფიკი

გაზის წნევის ზრდა ნომინალურთან შედარებით, იმით არის სახიფათო, რომ რაც მეტია გაზის დაბალი წნევის სადენში გაზის წნევა დახურულ სივრცესთან შედარებით, ფეთქებად სახიფათო ჰაერ-გაზის ნარევი მოკლე დროში შეიქმნება და გაზმომხმარებელმა შეიძლება ვერ მოასწროს ოთახის განიავება.

გაზის ხარჯის სიდიდე ნომინალურთან შეფარდებით გამოითვლება მოცემული ფორმულით:

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}, \quad (10)$$

სადაც:  $V_1$  არის გაზის ხარჯი ნომინალური წნევისას;

$V_2$  - გაზის ხარჯი წნევის ცვლილებისას.

საშიშია ასევე გაზის წნევის შემცირება ნომინალურთან შედარებით, ისეთი ფორმის სანთურებისათვის, რომლებშიც გაზისა და ჰაერის წინასწარი შერევა ხდება, ე.გ ინჟექციური სანთურები, ამ დროს გაზისა და ჰაერის ნარევის სიჩქარე დაბალია, რაც იწვევს სანთურის ჩაქრობას, რამაც შეიძლება მიგვიყვანოს სანთურის მწყობრიდან გამოყვანასთან.

სწორედ, ზემოხსენებული ფაქტორების გამო, მთელ რიგ ქვეყნებში, სამშენებლო ნორმებით 10 სართულიანზე მეტი სიმაღლის მაღლივ შენობებში გაზის შეყვანა დაშვებული არაა. ჩვეთან კი, აკრძალვის არარსებობის შედეგად, აღნიშნული პრობლემა აქტუალურია, რადგან თითქმის ყველა მაღლივ კორპუსში შეყვანილია გაზის ქსელი და მიტიც, მათი მშენებლობა ამჟამადც მიმდინარეობს.

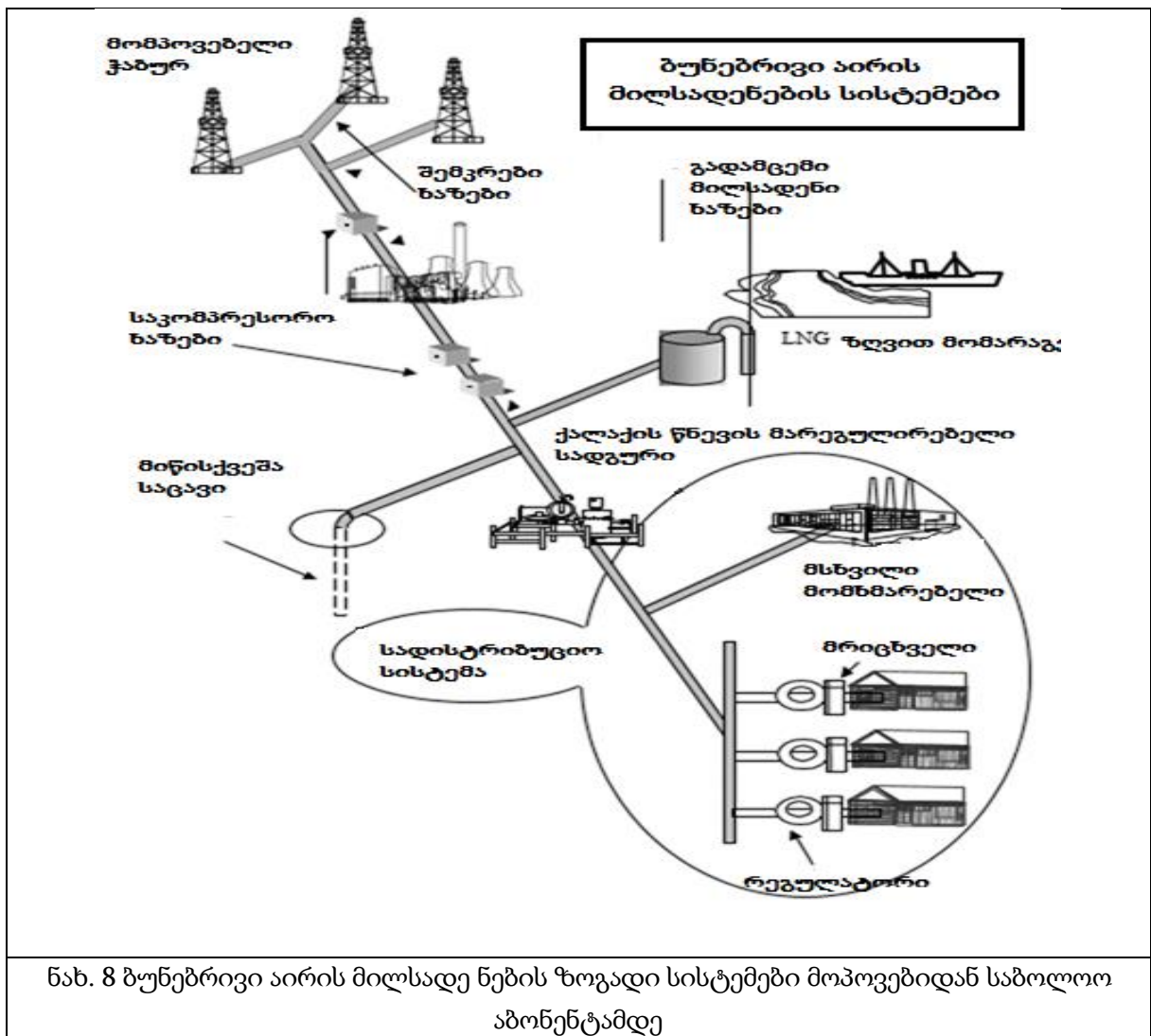
ნაშრომის შექმნისა და კვლევის პროცესში, უამრავი ლიტერატურისა და ინტერნეტ სივრცეში მასალის გაცნობისას აღმოჩნდა რომ, დასავლეთის არცერთ ქვეყანას არ მოეპოვება მაღლივი კორპუსების შესახებ გაზიფიცირების რაიმე დოკუმენტიც კი, რადგან ზემოხსენებული საშიში ფაქტორის გამო შეზღუდვა მკაფიოდ და მკაცრად დაცულია უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე.

მოკლედ განვიხილოთ, დასავლური (ევროკავშირის და აშშ-ს) გაზომომარაგების ქსელების სისტემები და მოვახდინოთ მათი შედარებები საქართველოს აწ უკვე არსებულ სისტემებთან:

ბუნებრივი აირის მილსადენის ინდუსტრია შედგება გადამცემი და გამანაწილებელი სისტემებისგან. მილსადენის სისტემები შეიძლება იყოს მარტივი ან რთული თავისი საინჟინრო გადაწყვეტილებებით, თუმცა, ყველა გაზსადენის კომპანიამ უნდა დაიცვას ქვეყანაში შემოღებული უსაფრთხოების უმაღლესი სტანდარტი გაზის მიწოდება მოხმარების კუთხით. ნახატ № 8-ზე ნაჩვენებია ბუნებრივი აირის მოპოვება, ტრანსპორტირება-გადაცემა და განაწილების სისტემების მრავალ შესაძლო კონფიგურაციას. მაგალითად ბუნებრივი აირი მიედინება:

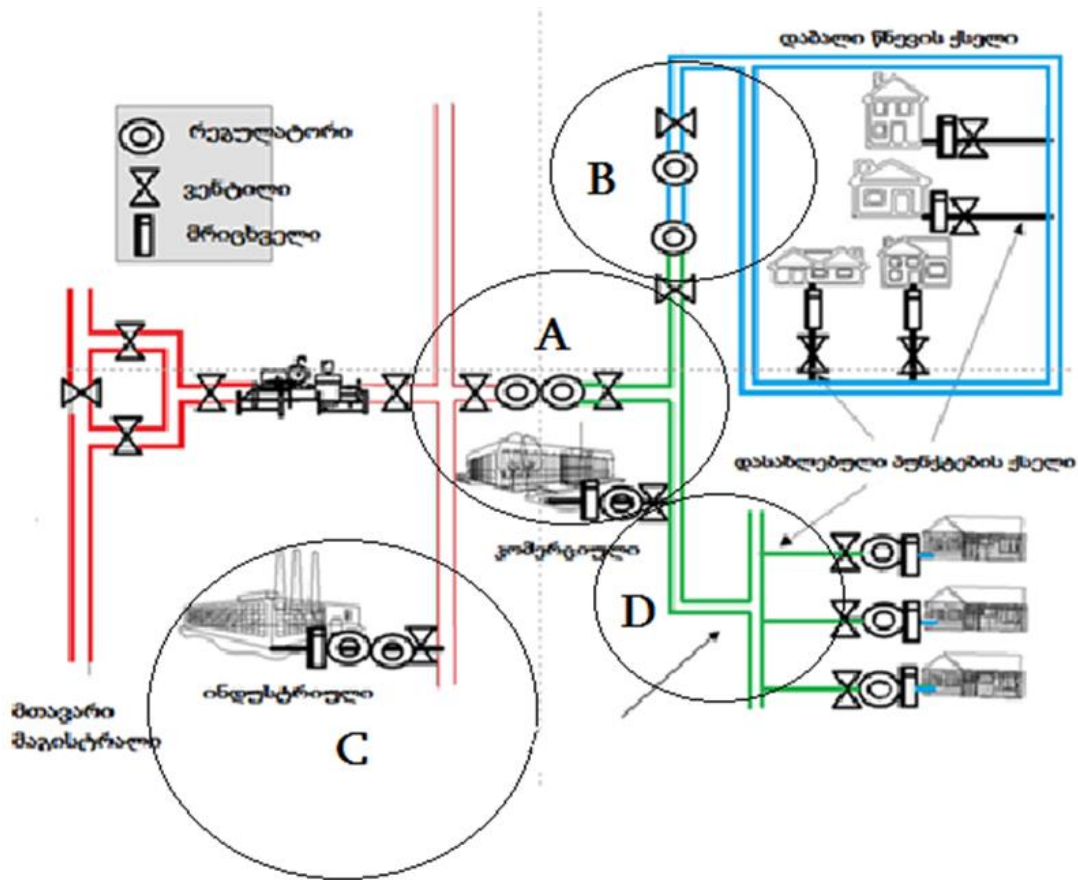
- საწარმოო ჭაბურღილებიდან შემკრებ ხაზებში.

- შემკრები ხაზებისა და კომპრესორების ან საკომპრესორო სადგურების მეშვეობით.
- კომპრესორების შემდეგ, გადამცემი ხაზების მეშვეობით.
- გადამამუშავებელ ქარხანაში, სადაც აცილებენ უფრო მძიმე ნახშირწყალბადებს, როგორცაა პროპანი, ბუტანი, ეთანი ან ბუნებრივი ბენზინი, რომლებიც თავდაპირველად მოპოვების დროს გაზის ნაკადის თანმყოფი კომპონენტებია.
- გადამცემი ხაზით და დამატებითი კომპრესორებით.
- კომპრესორებიდან მიწისქვეშა საწყობებამდე (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) ან თხევადი ბუნებრივი აირის (LNG) ქარხანამდე (სადაც ბუნებრივი აირი თხევადდება მისი ტემპერატურის  $-162,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -მდე შემცირებით), ან პირდაპირ ქალაქის გამანაწილებელ სადგურამდე ან მთავარ მრიცხველ სისტემამდე.





ნახაზი №9 გვიჩვენებს სადისტრიბუციო (დაბალი ქსელის მილსადენებს) სისტემის მაგალითს, რომელიც შედგება ქსელებისა და მომხმარებლამდე გაზის მიწოდების სერვისების ერთობლიობას, რომლებიც მუშაობენ სხვადასხვა ნორმებით დადგენილი წნევებით, რომლის გაკონტოლება ხორციელდება რეგულატორების მეშვეობით. ხშირად, სამრეწველო მომხმარებლები იღებენ გაზის მომსახურებას მაღალი წნევის გამანაწილებელი ქსელის საშუალებით. მცირე კომერციული და საცხოვრებელი გაზის სისტემები შეიძლება იკვებებოდეს როგორც დაბალი, ან საშუალო, ასევე მაღალი წნევის განაწილების სისტემებიდანაც. [29]



ნახ. 9 ბუნებრივი აირის ანაწილების სისტემა. ევროპა-აშშ

## 2.2 რეგულატორები და უსაფრთხოების მოწყობილობები გაზის მეურნეობაში

სითხის ან გაზების ნაკადის დროსელირება ნიშნავს მხოლოდ წინასწარ განსაზღვრული, გარკვეული რაოდენობის სითხეების და აირების გატარებას, ხოლო მილსადენში ჭარბი გასატარებელი გაზების გარკვეული ნაწილის შეკავებას. გაზის გამშვები მოწყობილობის კარგი მაგალითია ონკანი და სარქველი. რამდენი აირი ან სითხე არის საჭირო, განისაზღვრება იმით თუ რამდენად არის შესაბამისი

ონკანი გახსნილი. მისი დარეგულირება ხდება იმისდა მიხედვით, თუ რა წნევით გვსურს მილსადენით გაზების გატარება ერთი წერტილიდან მეორეს მიმართულებისკენ.

დროსელი მარეგულირებელში არის ძირითადი მოწყობილობა, რომელიც გაზს იმ რაოდენობით გაატარებს, რა რაოდენობასაც მივუთითებთ დაყენების დროს.

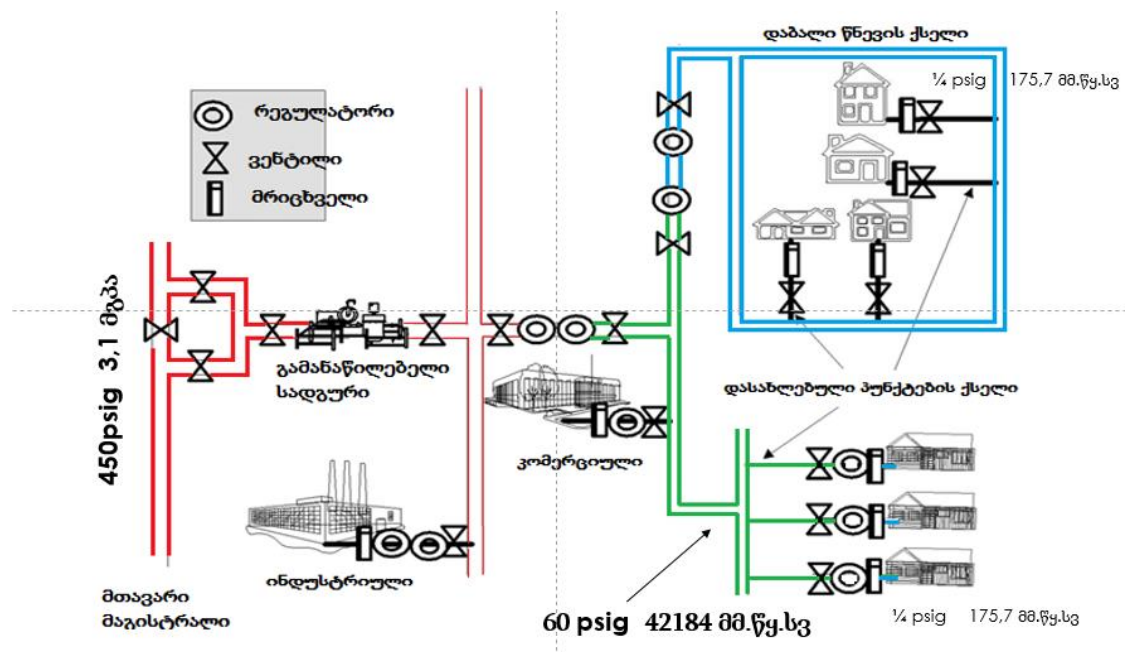
ყველა სარქველი არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას დროსელური ფუნქციისათვის. ზოგიერთი სარქველი (ძირითადი ჩამკეტი სარქველი) შეიძლება იყოს, სრულიად ღია ან სრულიად დახურული. თუკი ის დაყენებულია შუალედურ მდგომარეობაში (ერთი მესამედი ღია, ნახევრად ღია, სამი მეოთხედი ღია და ა.შ.), ისინი იმუშავებენ არასტაბილურად (მაგ. სარქველი შეიძლება ვიბრირებდეს, ხმაურობდეს, დარტყმით ხმას გამოსცემდეს და ა.შ.). ისინი არ შეესაბამებიან დროსელურ მუშაობას გაზის ნაკადის შესამცირებლად, მაგრამ შეიძლება იყოს შესაბამის გამოსაყენებლად, სადაც სარქველი ან მთლიანად ღია ან სრულად დახურულია. [30]

გაზსადენებში გაზის წნევა კონტროლდება მოწყობილობებით, რომელსაც ეწოდება "რეგულატორები". რეგულატორები დამონტაჟებულია იქ, სადაც დაკავშირებულია სხვადასხვა წნევით მომუშავე სადისტრიბუციო სისტემის ნაწილები. მაგალითად, ნახაზი №10 გვიჩვენებს წნევის რეგულატორებს შემდეგ ადგილებში:

1. გაზის მაგისტრალზე 0,6 მეგაპასკალი მილსადენსა და საშუალო წნევის მილსადენს შორის (სექტორი "A"),
2. საშუალო წნევის გაზის მაგისტრალსა და დაბალი წნევის მილებს შორის (სექტორი "B"),
3. მაღალი წნევის მილსადენის სამრეწველო მომხმარებელთან შეერთებისას (სექტორი „C“),
4. საშუალო წნევის მილსადენის კომერციულ და საცხოვრებელ აბონენტებთან შეერთებისას (სექტორი „D“).

რეგულატორი შედგება სარქველისაგან, სარქველის აღმკვრელისგან და წნევის სენსორული ელემენტისგან. სარქველი აკონტროლებს თუ რამდენი გაზი გადის რეგულატორში. მოძრავი მემბრანა უზრუნველყოფს ძალას სარქველის გასახსნელად

და დახურვისთვის. წნევის სენსორული ელემენტი აიძულებს გამტარებელს გახსნას ან დახუროს სარქველი, რათა გაუშვას საკმარისი გაზი, რათა შეინარჩუნოს სათანადო წნევა. [30]



ნახ. 10 ბუნებრივი აირის ანაწილების სისტემა. ევროპა-აშშ

როგორ მუშაობენ რეგულატორები, ისე რომ ავტომატურად იხსნებოდეს და იხურებოდეს საჭიროების შემთხვევაში, შეიძლება მაგალითისათვის მოვიყვანოთ საშუალო წნევის სისტემასთან დაკავშირებული ერთ-ერთი სახლის მაგალითი, როდესაც გაზზე მომუშავე ღუმელი ამუშავდება რომელიმე სახლში, გაზი მიედინება მოწყობილობაში უშუალოდ სახლის მილსადენებიდან. ეს იწვევს სახლის მილსადენში წნევის დაცემას ნომინალურ წნევაზე 0.25 psig, რაც ფუტი კვადრატულ მეტრზე განზომილებაა და ის ჩვენი განზომილებით ეკვივალენტურია 175 მმ.წყ.სვ. – მდე. სახლამდე მრიცხველის რეგულატორი (ე.წ. „მომსახურების რეგულატორი“) გრძნობს სახლის მილსადენების წნევის ვარდნას და იხსნება იმდენით, რომ საშუალო წნევის ქსელის მილსადენიდან სახლის სადენში უფრო მეტი გაზი შემოვიდეს და სახლის სადენების წნევა აღიდგინოს. რეგულატორისთვის მითითებულ რაოდენობამდე ანუ 175 მმ წყ სვ-ის (0,25 psi) ფარგლებში. ეს თავის მხრივ იწვევს საშუალო წნევის სისტემაში წნევის დაცემას მითითებულ ნორმის ფარგლების დაბლა. წნევის ეს ვარდნა აღიქმება მაღალი წნევისა და საშუალო წნევის რეგულატორის მიერ, ეს რეგულატორი აღიქვავს რა

წნევის დაცემას, უფრო ფართოდ გაიხსნება, რათა მეტი აირი შემოვიდეს მაღალი წნევის მილსადენებიდან საშუალო წნევების სისტემაში, ეს კი უზრუნველყოფს წნევა გაუთანაბრდეს და აღდგეს წინასწარ მითითებულ საშუალო წნევის მილსადენის პირობებთან. ეს თავის მხრივ იწვევს მაღალი წნევის მილსადენების რეგულატორების მგრძობელობას წნევის ვარდნის შესახებ და ანალოგიურად გაიხსნება სარქველები იმ რაოდენობით რაც საჭირო იქნება წნევის შენარჩუნებისთვის, ხოლო წნევის დანაკლისის აღდგენა მოხდება გაზის დამატებითი ხარჯის გაზრდით, ეს კი მოხდება ქალაქის მთავარ მომარაგების სადგურზე.

მაღალი წნევის მილსადენში ნომინალურ წნევად მიჩნეულია 450 psig, რაც ჩვენი განზომილებებით ეკვივალენტურია 316381 მმ.წყ.სვ –სა რაც თავის მხრივ 30.6 ატმოსფერო ან 3.1 მგპა, ხოლო საშუალო წნევის მილსადენი განსაზღვრულია 60 psig – ით, რაც 4,08 ატმოსფერო ან 0,41 მგპა ან 42184 მმ.წყ.სვ–ია [30]

ამ ფიზიკურ მაჩვენებლებში მკაფიოდ ჩანს საბჭოთა ანუ ქართული რეალობის და დასავლური გაზის კვების ნომინალური სიდიდეების სხვაობები სამივე დონის გაზის მილსადენებზე. მე-9 ნახაზზე კარგად ჩანს წნევების სახვაობები დასავლურსა და ქართულ ნორმებთან შედარებით.

როდესაც სახლის ან ღუმელის თერმოსტატი გამორთავს თავად ღუმელს, წნევა სახლის მილსადენში ოდნავ მატულობს და მთელი პროცესი უკუღმა დატრიალდება ანუ შესაბამისი რეგულატორი სარქველს დახურავს შესაბამისი რაოდენობით, რამაც უნდა უზრუნველყოს წნევების შენარჩუნება საჭირო მაჩვენებლებზე.

თითოეული ეს რეგულატორი მუდმივად და ავტომატურად არეგულირებს გაზის ნაკადს, რათა შეესაბამებოდეს და პასუხს სცემდეს უმოკლეს დროში გაზის წნევების რყევებს, გაზის მოთხოვნა მიწოდების უთანაბრობის დროს.

რეგულატორში გამოყენებული სარქველი უნდა იყოს მექანიკურად სტაბილური ნებისმიერ პოზიციაზე, იგულისხმება მაქსიმალურად ღია და მინიმალურად დაკეტვის შესაძლებლობა. გარდა ამისა, მან უნდა შეცვალოს ნაკადი შეუფერხებლად, როდესაც ის გახსნის ან დახურავს. ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ერთსარქველიანი რეგულატორები. მისი კონსტრუქცია საკმაოდ მარტივი და ეკონომიკურია, მაგრამ უზრუნველყოფს კარგ წნევის რეგულაციას. გარდა ამისა, მას

აქვს გლუვი დარტყმა, მცირე ხახუნი და კარგი გამორთვის (ჩაკეტვის) მახასიათებლები. [31]

### 2.3 ნორმისგან გადახრილი ჭარბი წნევისგან დაცვის მეთოდი

წნევის რეგულატორები ძალიან საიმედო მოწყობილობებია, მაგრამ ზოგჯერ წნევის რეგულატორები გამოდიან მწყობრიდან. რეგულატორი შეიძლება დაზიანდეს დახურვისას, ან თუ ვიცით რომ ღია უნდა იყოს, ვერ ახდენს გაზის მიწოდებას ქსელში, ან სულაც შეიძლება დაარღვიოს ჰიდრავლიკური მაჩვენებლები, მასზე წინასწარ დაყენებული ნორმებით, დაბალი წნევის მომხმარებლებისთვის, რამაც შესაძლებელია გამოიწვიოს უბედური შემთხვევები, მაგრამ ამასთან ერთად, ამ ჰიდრავლიკურმა დარღვევამ შეიძლება ჩაიაროს შეუმჩნეველად, რადგან ასეთი სახის საინჟინრო პრობლემა, მწყობრიდან ვერ გამოიყვანს, დაბალ ქსელზე განლაგებულ ბევრ მოწყობილობას. თუმცა, რეგულატორის გაუმართაობამ, რომელიც ხსნის სარქველს, შეიძლება დააზიანოს რეგულატორის შემდეგი დინების მილები და მომხმარებელთა მოწყობილობები, რომლებიც არ არის შექმნილი უფრო მაღალი წნევის პირობებისთვის. სწორედ ამ მიზეზით, რეგულაციები და ნორმები მოითხოვს, რომ გამანაწილებელ სადგურებს და რეგულატორებს უნდა ჰქონდეთ ზედმეტი წნევისგან დაცვის ხელსაწყო – საშუალებები

არსებობს ზედმეტი წნევისგან დაცვის სამი ძირითადი მეთოდი:

- წნევის დაგდება;
- წნევის რეგულირების ავტომატური და საავარიო სამსახურის მუდმივი მონიტორინგი;
- ავტომატური გამორთვა.

წნევის დაცემისათვის იყენებენ უბრალოდ ჭარბი გაზის უსაფრთხოდ გაფრქვევის მეთოდს ატმოსფეროში. ჭარბი გაზი არის ის რაოდენობა, რაც იწვევს უსაფრთხოების ნორმით დადგენილ ლიმიტის გადაჭარბებას. დამცავი სარქველი არის ყველაზე ფართოდ გამოყენებული მოწყობილობა ამ კატეგორიაში. თუმცა, შეიძლება გამოყენებულ იქნას თხევადი შემამჭირდოველები და გამყოფი მემბრანები. [32]

არსებობს ორი ძირითადი სახის ჩამკეტი სარქველები - თვითმართვადი და ავტომატურ-დისტანციური. ზამბარის ტიპის ჩამკეტი სარქველი ყველაზე ფართოდ გამოიყენება. ხოლო ავტომატურ-ოპერაციული ტიპი ასევე ხშირად გამოიყენება და მას უფრო ზუსტად მუშაობა შეუძლია. ავტომატურ-ოპერაციული ტიპის ჩამკეტი სარქველები უფრო ხშირად გამოიყენება, რადგან წნევები იზრდება და სიმძლავრეებიც იზრდება, გაზის მოხმარების სხვადასხვა დროს დღე ღამის განმავლობაში.

რეგულატორის დაზღვევის ფუნქციას ითავსებს სამონიტორინგო საქრქველი ე.გ მომლოდინე სარქველი. ეს სარქველი რეგულატორში იღებს პასუხისმგებლობის კონტროლს პირველადი რეგულატორის გაუმართაობის შემთხვევაში, რაც ხელს უშლის ლიმიტით დადგენილი გაზის წნევის ამალღების შესაძლებლობებს

მონიტორინგის ყველაზე ფართოდ გამოყენებული ფორმა არის ოპერატორ-მონიტორული სისტემა. მას ასევე უწოდებენ პასიურ მონიტორინგს. იგი შედგება ორი სერიული რეგულატორისგან, რომელთაგან ერთი მუშაობს წნევის გასაკონტროლებლად, ხოლო მეორე დგას ლოდინის რეჟიმში. ლოდინის რეჟიმში მყოფი რეგულატორის სარქველი ჩვეულებრივ უფრო ღიაა ვიდრე საჭიროა, რადგან ის მორგებულია ოდნავ უფრო მაღალ დაყენებულ წნევის მაჩვენებელზე, ვიდრე მოქმედი რეგულატორი. თუ ოპერაციული რეგულატორის უკმარისობა იწვევს გამოსასვლელი წნევის მატებას, მონიტორი იღებს და ინარჩუნებს წნევას დადგენილ მაჩვენებლამდე. ამ სისტემას არ სჭირდება ჩამკეტი სარქველი.

ავტომატური გამორთვისთვის გვჭირდება სარქველი, რომელიც ჩვეულებრივ რჩება ღია მდგომარეობაში და საშუალებას აძლევს გაზს თავისუფლად გადაადგილდეს. იგი განლაგებულია რეგულატორთან ისეთნაირად თუ რა ფუნქცია აქვს შესასრულებელი, მაგალითად - მაღალი წნევებისთვის თუ დაბალი წნევებისთვის, ანუ იმისდა მიხედვით, იყენებს თუ არა სარქველი საკონტროლო ხაზს თუ შიდა კონტროლს.

თუ რეგულატორის გაუმართაობა იწვევს გამოსასვლელი წნევის მატებას, გამომრთველი მოწყობილობა ავტომატურად იხურება, როდესაც წნევა მიაღწევს დადგენილ ნიშნულს. ის იცავს გაზის ნაკადის გათიშვით და დახურულია იქამდე, ვიდრე ხელით ვინმე ოპერატორი არ გახსნის.

ზოგადად, ზედმეტი წნევისგან დაცვის სისტემების არჩევისას გასათვალისწინებელია სამი რამ:

1. მომსახურების უწყვეტობა – აგრძელებს თუ არა მომხმარებლის გაზომმარაგებას?
2. შეკავება – გამოდის თუ არა გაზი ატმოსფეროში თუ რჩება გაზის სისტემაში?
3. გაფრთხილება - რომ მოხდა ავარია და ამოქმედდა ზედმეტი წნევის დამცავი მოწყობილობა?[33]

## 2.4 წნევის ვარდნა

**მომსახურების უწყვეტობა.** ზოგადად, წნევის შემცირების სარქველები არ წყვეტენ გაზის მომსახურებას. ისინი იცავენ, ამავდროულად აძლევენ გაზს უსაფრთხო წნევით მომხმარებლებს, აბონენტები აგრძელებენ გაზის მიღებას უწყვეტად.

**შეკავება.** დამცავი სარქველები ახდენენ ჭარბი გაზის წნევის ატმოსფეროში გაფრქვევას.

**გაფრთხილება.** დამცავი სარქველები, როგორც წესი ყველაზე უკეთესია ამ მხრივ. ერთი რომ, ის არის ხმაურიანი, განსაკუთრებით სრული ან თითქმის სრული დარტყმის დროს. გარდა ამისა, რომ გაზს აქვს სუნი, სუნი ჩვეულებრივ ვაქცევთ ყურადღებას. გადაჭარბებული წნევის კიდევ ერთი მაჩვენებელი არის გამომავალი წნევის ნორმაზე მაღლა მატება, მაგრამ ეს ალბათ ყველაზე ნაკლებად ეფექტური შეტყობინებაა.[34]

## 2.5 ავტომატური გამორთვა

**მომსახურების უწყვეტობა.** ავტომატური გამორთვა აჩერებს გაზის ნაკადს და აფერხებს გაზის მომარაგებას გაზის სრული გამორთვით.

**შეკავება.** ავტომატური გამორთვა გაზს შეაკავებს. მონიტორინგის მსგავსად, ის არ აძლევს გაზს ატმოსფეროში გაფრქვევის საშუალებას. ის იტოვებს გაზს მილსადენში.

**გაფრთხილება.** ზოგადად, გაზის გამორთვა იწვევს კარგ შეტყობინებას. როგორც წესი, ის სწრაფად შეინიშნება. თუმცა, შეიძლება იყოს ისეთი გარემოებები, როდესაც ის დაუყოვნებლივ არ არის გამოვლენილი და გაზის წნევის ნაკლებობას

აქვს არასასურველი ან თუნდაც სერიოზული უარყოფითი ან სახიფათო შედეგები.[35]

## 2.6 წნევის დაცემა

*ტიპიური დამცავი სარქველის დაყენება-მონტაჟი.* დამცავი სარქველის დანიშნულებაა თავიდან აიცილოს მაღალი წნევიდან დაბალი წნევისკენ, წნევის აწევა სახიფათო დონეზე, როდესაც არსებობს რეგულატორის გაფუჭების საფრთხე.

ზოგადად, რეგულატორის გაუმართაობა გამოწვეულია ან ზედმეტად გაზრდილი ან ძალიან მცირე წნევებზე მუშაობის გამო. რეგულატორის ამ მდგომარეობას ვუწოდებთ „ჩავარდნილ გახსნა დაკეტვას“, (რეგულატორი ბოლომდე ან მთლიანად ღია - ძალიან ბევრი გაზის ნაკადით) ან "ჩავარდნილი-დახურულ" მდგომარეობაში (რეგულატორი ბოლომდე დახურული ან მთლიანად დახურულია. არასაკმარისი გაზის ნაკადით). ჩამკეტი სარქველი გამოსადეგია მხოლოდ რეგულატორის "ჩავარდნილ-ღია" მდგომარეობის დროს - ეს არის გაზის ჭარბი ნაკადის პროცესი, რაც იწვევს დაბალი წნევის მიღებში, ნორმებით დაყენებულ დონეზე მაღალი წნევით გაზის გატარებას, ან "ჩავარდნილი-დახურული" მდგომარეობისთვის-ეს პირობა იქნება დაბალი წნევისთვის დასაშვები ნორმის ბევრად დაბალ მაჩვენებელზე, რაც არასაკმარისი გაზის გადაქაჩვას გამოიწვევს. დამცველი სარქველის ერთ-ერთი ფუნქციით, ჭარბი გაზის წნევის აღქმის დროს, წნევის რეგულირებას ახდენს ატმოსფეროში საჭირო რაოდენობის გაზის გაფრქვევით. სანამ რეგულატორი მუშაობს სწორად და დაბალი წნევა ნორმალურია, დამცველი სარქველი დახურულია. თუ რეგულატორი მწყობრიდან გამოდის და საშუალებას აძლევს ზედმეტად ბევრი გაზი გაატაროს (რეგულატორის „ჩავარდნილი-გახსნილი“ მდგომარეობა), დაბალი გაზის ქსელზე წნევა გაიზრდება. დამცველი სარქველი დახურული რჩება იქამდე, ვიდრე წნევა არ მიაღწევს დადგენილ ნიშნულს. ნიშნულის მიღწევის მომენტში ის დაიწყებს გახსნას და გააგრძელებს ასე წნევის საჭირო რაოდენობის გაზრდამდე. სარქველი გაიხსნება საკმარისად იქამდე, რომ ჭარბი გაზი ატმოსფეროში გამოაფრქვიოს. როდესაც ის მიაღწევს შესაბამის ნიშნულს, არ მოხდება გაზის წნევის შემდგომი მატება დაბალი ქსელის წნევაზე და თუ ჩამკეტი სარქველი შერჩეულია შესაბამისობით და



დაყენებულია წესისამებრ, სარქველის გამოსასვლელთან წნევა ვერ იქნება იმაზე მაღალი, რომ მდგომარეობა მივიჩნიოთ სახიფათოდ.

გასათვალისწინებელია, რომ ჩამკეტი სარქველი არ გამოყოფს მთელ გაზს ატმოსფეროში. ის მხოლოდ ჭარბ რაოდენობას გამოისვრის. ანუ მას აქვს საშუალება, რომ გაზი მომხმარებელამდე გაატაროს შეუფერხებლად და უწყვეტად.[35]

## 2.7 დამცავი სარქველის ზომა

სარქველის ზომა გაზის სისტემისთვის ძალზედ მნიშვნელოვანია, ის ეხება არა მხოლოდ თავად ჩამკეტ სარქველს, არამედ მთელი მილსადენის გაყვანილობის ხასიათს და ფორმას. დამცავი სარქველი უნდა იყოს საკმარისად დიდი შესაბამისი გათვლებით, მაგალითად ისეთი, რომ გაუმკლავდეს მაქსიმალურ დატვირთვებს კონკრეტულ სიტუაციებში. დამცავი სარქველები ძალიან საიმედოა. საკითხი არ დგას ისე, იმუშავენ თუ არა, არამედ არის თუ არა ის საკმარისად დიდი, რომ უზრუნველყოს სრული დაცვა მაქსიმალური დატვირთვის დროს. როდესაც დამცავი სარქველი გამართულად მუშაობს, მას შეუძლია ატმოსფეროში გაზის უზარმაზარი მოცულობის გაშვება. ამ მიზეზით, მათი გამოყენება ყველგან შეუძლებელია. ეს გულდასმით უნდა იქნას გათვალისწინებული, როდესაც დამცავი სარქველის დამონტაჟება იგეგმება და ტექნოლოგიურად მუშავდება. სასიცოცხლო მნიშვნელობის კითხვები კი ასეთია: რა ემართება გაზს დამცავი სარქველიდან გაზის გაფრქვევის შემდეგ? დაიშლება ის უვნებლად? ან შეიძლება სხვა საგანგებო მდგომარეობა შექმნას? ეს საკითხები განხილულია სპეციალურ დადგენილ ნორმებში.

*ჩამკეტი სარქველი დამცავი სარქველის შემდეგ.* ეს ჩამკეტი სარქველი საჭიროა იმისათვის, რომ დამცავი სარქველი იზოლირებული იყოს სარემონტო სამუშაოების ან ტესტირების განხორციელების დროს. თუმცა შეიძლება სერიოზული შედეგები მოჰყვეს, თუ ჩამკეტი სარქველი დაიხურება ნორმალური მუშაობის პროცესში, რადგან ეს ხელს შეუშლის რეგულატორის გაუმართაობის შემთხვევაში დამცავი სარქველიდან ზედმეტი წნევის განტვირთვას. დახურვა შეიძლება იყოს უსაფრთხო ან შეიძლება იყოს მავნე მოვლენა. მიუხედავად ამისა, აუცილებელია გარკვეული სიფრთხილის დაცვა. მხოლოდ სერთიფიცირებულ პერსონალს შეუძლია დახუროს ან გახსნას ჩამკეტი სარქველი.

წნევების კონტროლერის რეგულირების პროცესი. გასათვალისწინებელია შემდეგი:

- კონტროლერი შეიძლება იყოს დაყენებული როგორც მაღალ, ასევე დაბალ დინების ქსელებზე
- დაბალი ქსელის რეგულატორებს შეიძლება ჰქონდეს საკონტროლო ხაზი ან შიდა კონტროლი.
- შედარებით მაღალი ქსელის რეგულატორებს კი უნდა ჰქონდეს მხოლოდ საკონტროლო ხაზი.

მაკონტროლებლის დაყენების დროს აუცილებელია ერთმანეთს განვასხვავოთ ორსაფეხურიანი და ერთსაფეხურიანი რეგულატორები. დიდი განსხვავებაა მაღალი წნევის რეგულატორის საკონტროლო ხაზის დაკვირვებისას, მაღალი წნევის რეგულატორის საკონტროლო ხაზი მიემართება დაბალი წნევის ქსელისკენ. ის არ აკავშირებს მარეგულირებლებს ერთმანეთს, როგორც ორსაფეხურიან რეგულატორებში. ანუ გასათვალისწინებელია რომ, მონიტორინგის პროცესის დროს, მაღალი წნევის რეგულატორის საკონტროლო ხაზი გადის დაბალი წნევის ქსელის რეგულატორის გვერდის ავლით, გამოსასვლელი მილსადენის მეშვეობით. სწორედ ეს არის მიზეზი იმისა, რომ მონიტორინგის დალოდების რეჟიმის დროს მაღალი წნევის რეგულატორს უნდა ჰქონდეს საკონტროლო ხაზი, ხოლო ორსაფეხურიანი რეგულირებისას, როგორც მაღალი, ისე დაბალი წნევების რეგულატორს შეიძლება ჰქონდეს საკონტროლო ხაზი ან შიდა კონტროლი. ორსაფეხურიანი რეგულირება შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც მონიტორინგის ფორმა, თუ დაკმაყოფილებულია შემდეგი პირობები:

1. მეორე საფეხურის რეგულატორის სისტემის (მათ შორის რეგულატორის) შემდეგ უნდა ჰქონდეს MAOP ტოლი ან მეტი, ვიდრე პირველი საფეხურის რეგულატორის გამომავალი წნევა.

2. მეორე საფეხურის რეგულატორი უნდა იყოს გამოთვლილ გაანგარიშებული ისე რომ, შემავალი წნევია, ტოლი უნდა იყოს პირველი საფეხურის რეგულატორის მაქსიმალურ შემავალი წნევასთან, ხოლო პირველი საფეხურის რეგულატორის დიაფრაგმის კორპუსი უსაფრთხოდ უნდა უძლებდეს ამ მაქსიმალურ შემავალ წნევას.

მოქმედი რეგულატორის დაყენების წერტილი არის ნორმალური წნევის უზრუნველყოფა ქსელის გამოსასვლელზე, ანუ წნევა, რომელიც ჩვეულებრივ გვჭირდება დატვირთვისთვის.

მაკონტროლებელზე, როგორც წესი მითითებული წერტილი უფრო მაღალია. იმის გამო, რომ ის უფრო წინ დგას, ამიტომ მაკონტროლებელი უფრო ღიაა ვიდრე ოპერაციული რეგულატორი (ჩვეულებრივ, მაკონტროლებელი ფართოდ ღიაა) და საშუალებას აძლევს გაზს ნორმალურად გადაადგილდეს.

თუ მუშა რეგულატორი "არ იხსნება", გამოსასვლელი წნევა მოიმატებს. როდესაც გამოსასვლელი წნევა მიაღწევს მაკონტროლებლის დაყენებულ მაქსიმალურ წერტილს, მაკონტროლებელი გახდება მოქმედი რეგულატორი და შეინარჩუნებს გამოსასვლელ წნევას დაყენებულ წერტილში.

მაკონტროლებლის დაყენების წერტილი, რა თქმა უნდა, არ უნდა აღემატებოდეს დაბალი წნევის მილსადენის სისტემის მაქსიმალურ დასაშვებ საოპერაციო წნევას (MAOP). განსხვავება მაკონტროლებელ და ოპერაციულ მარეგულირებელს შორის არ უნდა იყოს კრიტიკული. თუმცა, ეს ორი არ უნდა იყოს ისე ახლოს განლაგებული, რომ კონტროლერმა ხელი შეუშალოს რეგულატორის მუშაობას. გარდა ამისა, კონტროლერის დაყენების წერტილი დიდწილად განისაზღვრება მონტაჟის მოთხოვნების პირობებით და სტანდარტებით. [36]

## 2.8 ავტომატური გამორთვა

ავტომატური გამომრთველის მონტაჟისას, გამოიყენება სპეციალური სარქველი გაზის სრულად გასათიშად, თუ წნევა მიაღწევს წინასწარ განსაზღვრულ დონეს. ნორმალური მუშაობის დროს სარქველი რჩება სრულად ღია და საშუალებას აძლევს გაზს თავისუფლად იმოძრაოს

თუ რეგულატორის გაუმართავობა („არასაიმედო გახსნა“) ან სხვა ფაქტორი იწვევს გამოსასვლელი წნევის მატებას, ავტომატური გამორთვის სარქველი იხურება, იმ შემთხვევაში, თუ წნევა მიაღწევს დადგენილ წერტილს.

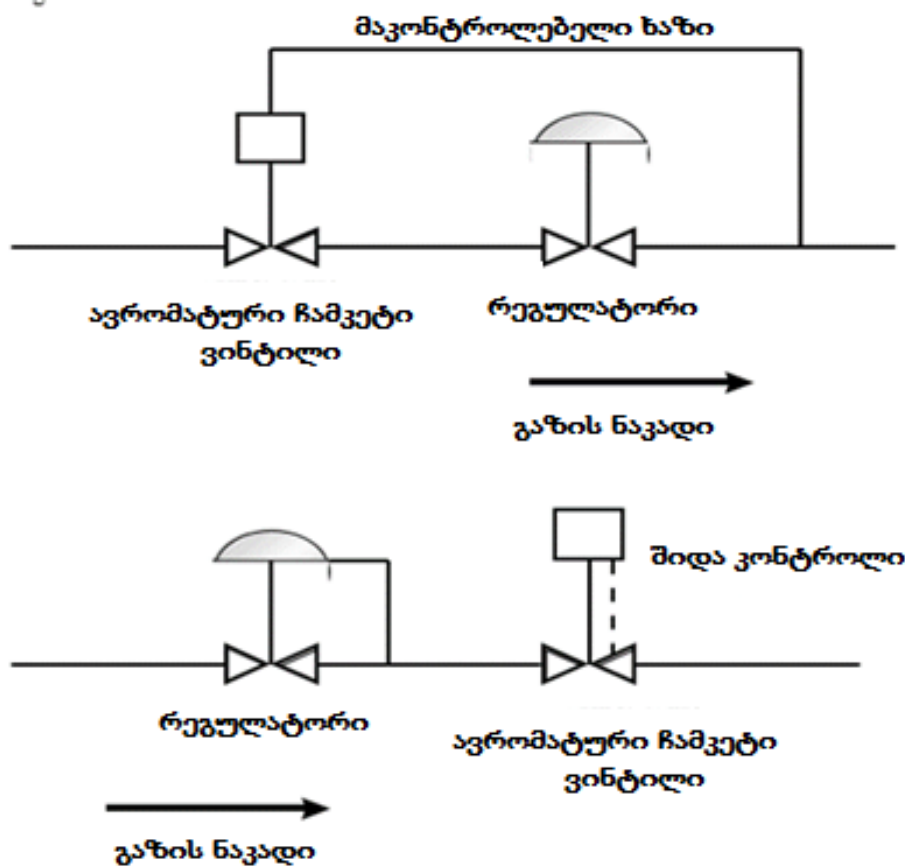
ნომინალური მისაწოდებელი წნევა რეგულატორის მეშვეობით, ხორციელდება რეგულატორის საჭირო წნევით დაყენების შემთხვევაში. ავტომატური გამორთვის სარქველის დაყენების წნევის დონის წერტილი, კი რა თქმა უნდა, უფრო მაღალ დონეზე იქნება. რამდენად მაღალი უნდა იყოს წნევის ნიშნული,

უნდა გადაწყდეს მონტაჟის დაგეგმვისა და საინჟინრო გადაწყვეტილების დროს. ის არ უნდა აღმატებოდეს დაბალი წნევის მილსადენის MAOP-ს (მაქსიმალური უსაფრთხო ზღვარი).

ავტომატური გამორთვის სარქველები ავტომატურად იხურება. ამ პროცესს აქვს უპირატესობა, რათა თავიდან ავიცილოთ საგანგებო სიტუაციები განგაშის გარეშე.

გაზის გამორთვა საგანგებო მდგომარეობის დროს აუცილებელია. თუმცა ბუნებრივი გაზის საქმიანობაში ასევე მნიშვნელოვანია მომსახურების უწყვეტობა. ალბათ ამიტომ, რომ ავტომატურმა გამორთვამ მხოლოდ შეზღუდული გამოყენება ჰქონდა გაზის ინდუსტრიაში. წნევის შემცირება და მონიტორინგი სასურველია, რადგან ისინი უზრუნველყოფენ სრულ დაცვას, ხოლო გაზის მიწოდება უსაფრთხოდ და უწყვეტი ნაკადით მიეწოდება მომხმარებლებს.

ავტომატური გამორთვის სარქველები ხელმისაწვდომია საკონტროლო ხაზით ან შიდა მიმმართველი ხაზით. ორივე ნაჩვენებია ნახაზ №12 – ზე.[37]



ნახ. 11 ავტომატური გამორთვის სარქველების დაყენება-მონტაჟის სქემა

## 2.9 მართვის ხაზი

იმის გამო, რომ ავტომატური გამორთვის საკონტროლო სარქველი მდებარეობს რეგულატორის წინ, ზემოაღნიშნული საფრთხეები აღმოფხვრილია შესასვლელი წნევის ზემოქმედებისგან. მთლიანად რეგულატორი (სადგური), ისევე როგორც რეგულატორის შემდეგ მდგომი მოწყობილობები და მილსადენები, იზოლირებულია შემომსვლელი მაღალი წნევის ზემოქმედებისგან.

საკონტროლო ხაზის დაყენებისას სიფრთხილეა საჭირო. ის უნდა იყოს მტკიცე და დაცული, რათა მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი დაზიანების შესაძლებლობა. თუ დაზიანება მოხდა და დაფიქსირდა, ავტომატური გამორთვის სარქველი მუშაობისთვის უუნარო ხდება. თუ გაუთვალისწინებელი დაზიანების შემთხვევა მოხდა, ის არ დაიხურება, რაც არ უნდა მოხდეს.

ზოგიერთი ავტომატური გამორთვის სარქველს შესაძლებლობა აქვს ტემპერატურის რეჟიმის კონტროლი. ისინი იხურება არა მხოლოდ ზედმეტი წნევისგან, არამედ ჭარბი ტემპერატურის შემთხვევაშიც. თუ სწორად არის განთავსებული, მათ შეუძლიათ ხანძრის შემთხვევაში ამოქმედდნენ. ავტომატური გამორთვა ასევე ხდება დაბალი წნევის დაფიქსირების შემთხვევაში (რეგულატორის "ჩავარდნილ-დახურული" უკმარისობა).

დამცველი სარქველები, მაკონტროლებელი და ავტომატური გამორთვის სარქველები ყველა ერთად ეფექტური და საიმედო მოწყობილობაა ზედმეტი წნევისგან დასაცავად. თუმცა, ამ დაცვაში დარწმუნებული რომ ვიყოთ, ისინი სწორად უნდა იყოს დაპროექტებული და დაინსტალირებული. ისინი უნდა იქნას დამონტაჟებული შესაბამისად მწარმოებლის მითითებების და რეკომენდაციების მიხედვით. როდესაც რაიმე ეჭვი ან შეკითხვა ჩნდება, ყოველთვის საჭიროა მწარმოებელს ვკითხოთ.[37]

## 2.10 შიდა კონტროლი

ის წარმოადგენს უფრო მარტივ მონტაჟს, რადგან არ არსებობს საკონტროლო ხაზი. თუმცა, მისი შიდა კონტროლის გამო, ის უნდა განთავსდეს რეგულატორის შემდეგ. ამიტომ, სარქველის დახურვისას, ჩამკეტი სარქველის წინ ყველა მოწყობილობაზე იმოქმედებს ჰიდრავლიკური ზეწოლა. ეს ნიშნავს იმას, რომ თუ რეგულატორს აქვს შიდა კონტროლი, მისი მთავარი დიაფრაგმა ექვემდებარება

მთლიან შესასვლელ წნევას. ამან შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული დაზიანება, თუნდაც რეგულატორის აფეთქებამდე მიყვანაც კი. იგივე ეხება საკონტროლო ხაზის მქონე რეგულატორს იმ შემთხვევაში, თუ საკონტროლო ხაზი დაკავშირებულია (მგრძობიარე დონე) რეგულატორსა და ავტომატური გამორთვის სარქველს შორის. თუ შიდა კონტროლის მქონე ავტომატური გამორთვის სარქველი გამოიყენება, მასსა და რეგულატორს შორის და თვით რეგულატორის ჩათვლით, გულდასმით უნდა შემოწმდეს რეგულატორში შემსვლელი მაქსიმალური წნევის ზემოქმედებაზე.

ამასთან, თუ რეგულატორის მიღები უფრო დიდია, ვიდრე შემაჯალი მიღები, შიდა კონტროლის ტიპის ავტომატური გამორთვის სარქველი უნდა იყოს უფრო დიდი ზომის, ვიდრე საკონტროლო ხაზით.

რეგულატორში დამცველი მოწყობილობების ინსპექტირება და ტესტირება მარეგულირებელი სადგურები და წნევის განტვირთვის მოწყობილობები უნდა შემოწმდეს არანაკლებ ყოველ კალენდარულ წელში ერთხელ, შემოწმებებს შორის არაუმეტეს 15 თვისა, რათა დადგინდეს, რომ ისინი:

- დაცულია გარე ძალებისგან (მანქანები, სატვირთო მანქანები, საგნების ჩამოვარდნა და ა.შ.) დაზიანებისგან;
- კარგ მექანიკურ მდგომარეობაშია;
- მუშაობის შესაბამისი სიმძლავრეების და საიმედოობის თვალსაზრისით;
- წნევების და სამუშაო რეჟიმების გადაკონტროლებით;
- სათანადოდ არის დაყენებული თუ არა და დაცულია თუ არა სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობისგან, ჭუჭყისგან, სითხეებისგან, ყინულისგან და სხვა პირობებისგან, რამაც შეიძლება ხელი შეუშალოს რეგულატორის სათანადო მუშაობას.

შემოწმების წლიური ჩანაწერი უნდა იყოს შენახული. ოპერატორმა უნდა შეამოწმოს ვიზუალურად, შეასრულოს მუშაობის შემოწმება გამართულობაზე (გაზის შესვლა და ჩაკეტვა) და შეამოწმოს დამცავი მოწყობილობისა და რეგულატორის წინასწარ დაყენებული წნევა. პრობლემები შეიძლება იყოს შემდეგი ხასიათის:

- იმაზე დაბალი წნევა განაწილების სისტემაზე ვიდრე ნორმები მოითხოვს;
- არადამაკმაყოფილებელი საოპერაციო და ტექნიკური მონაცემები;
- ჭუჭყიანი ან სველი გაზის მიწოდება;

- უმოქმედო უსაფრთხოების მოწყობილობები.

ოპერატორს შეიძლება დასჭირდეს ტექნიკური დახმარება ამ პრობლემების გადასაჭრელად, განსაკუთრებით თუ საჭიროა რეგულატორის დაშლა ან სადგურის ხელახალი გადაპროექტირება. არ უნდა დავშალოთ რეგულატორები მარეგულირებლის მწარმოებლის ან დამოუკიდებელი კონსულტანტის მიერ საფუძვლიანი ცოდნისა და გამოცდილების გარეშე.

ოპერატორმა კომპანიამ, ყოველთვის უნდა შეინახოს და გამოიყენოს მწარმოებლის სახელმძღვანელოები, დიაგრამები და ტექნიკური პროცედურები სისტემაში გამოყენებული თითოეული ტიპის რეგულატორისთვის.

ინსპექტირება უნდა ითვალისწინებდეს შემდეგს:

- სიმძლავრე უნდა შემოწმდეს ადგილზე ტესტირებით ან დამცველი სარქველის ზომის მიხედვით. თუ დამცველ სარქველ მოწყობილობას აქვს არასაკმარისი სიმძლავრე, ოპერატორმა უნდა შეცვალოს იგი.

- დამცველი სარქველის სიმძლავრე უნდა შემოწმდეს ბუნებრივი აირის სისტემის თითოეული ცალკე კონტროლირებადი მონაკვეთისთვის. ოპერატორმა უნდა უზრუნველყოს, რომ MAOP (უსაფრთხოების ნორმები) არ გადააჭარბებს ნებისმიერ მომენტში.

მარეგულირებელი სადგურის შემდეგ, თუ მივიღებთ გაუარესებულ მდგომარეობას - ანუ, თუ რეგულატორი ამუშავებისას გამოვიდა მწყობრიდან, მისი სრულად გახსნის პროცესში. უმრავლეს, მცირე რეგულატორების სისტემებს აქვს მხოლოდ ერთი MAOP (უსაფრთხოების ნორმები) ყველა მილსადენის დონის გაზის განაწილების სისტემაში.

ამ მოთხოვნის შესასრულებლად, მცირე რეგულატორების სისტემების ბევრ ოპერატორს ჰყავს კვალიფიციური კონსულტანტი, რომელიც ანალიზებს გაზის სისტემას და აკეთებს დამცველი სარქველის სიმძლავრის საჭირო გამოთვლებს. თუ ანალიზი ადასტურებს, რომ დამცველ სარქველს აქვს შესაბამისი სიმძლავრე, ოპერატორმა უნდა შეინახოს ამ გაანგარიშების ასლის ფაილი. თუ არ განხორციელებულა სხვა რაიმე ცვლილებები მაღალი წნევის რეგულატორების მიმართ, როგორცაა სხვადასხვა წნევა, მილის დიამეტრი ან რეგულატორის ტიპი და არ არის გათვალისწინებული დატვირთვის მნიშვნელოვანი შემცირება გაანგარიშებით, სიმძლავრის გაანგარიშება საჭიროა მხოლოდ ყოველწლიურად

გადახედოს და შესაბამისად დადასტურდეს. თუ ცვლილება სახეზეა, ახალი დამცველი სარქვლის სიმძლავრის გამოთვლები უნდა გაკეთდეს და შეინახოს შესაბამის ფაილებში. [37]

## 2.11 გაზის გაზომვის საკითხები

მრიცხველის სიზუსტე: გაზის მრიცხველები ძალიან კარგი საშუალებაა, მაგრამ არა სრულყოფილად ზუსტი. ამერიკის და ევროპის ეროვნული სტანდარტების ინსტიტუტის სტანდარტის მიხედვით საცხოვრებელი ტიპის, დიაფრაგმული გაზის მრიცხველებისთვის, მოითხოვს, რომ ახალი მრიცხველები აღრიცხავდეს სიზუსტით 1%-ის ფარგლებში, (მრიცხველის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის 2% მიხედვით). ძალიან დაბალი ხარჯების დროსაც კი.

დიაფრაგმული მრიცხველის სიზუსტის გამო შესაძლებელია მინიმუმამდე შემცირდეს მრიცხველის ჩანაცვლების პროგრამა, მრიცხველები იცვლება ფიქსირებული გრაფიკის მიხედვით ან სტატისტიკური შერჩევისა და მრიცხველების ტესტირების საფუძველზე. მრიცხველების საერთო სიზუსტის დასადგენად, უნდა ავიღოთ ყველა ასაკის მრიცხველების შემთხვევითი ნიმუში და შევამოწმოთ ისინი. ნიმუშების მრიცხველების საშუალო სიზუსტის მიხედვით, მრიცხველების საერთო სიზუსტე შეიძლება შეფასდეს მთელ განაწილების სისტემაში, ოღონდ მხოლოდ ერთი მიმართულების მიხედვით (ჩიხური ან რგოლური დაბალი წნევის ქსელიდან), მრიცხველების საშუალო მაჩვენებელი მიუთითებს მრიცხველების სიზუსტეზე, რომლებიც დაყენებული იყო დიდი ხნის განმავლობაში. თუ საერთო სიზუსტე დაბალია, მაშინ შემოწმების პერიოდი უნდა შემცირდეს სიზუსტის გასაუმჯობესებლად. [38]

დიაფრაგმული მრიცხველის წაკითხვის ციკლები: ყველაზე ზუსტი შედარების უზრუნველსაყოფად, მიღებული და გაზის მიწოდებული რაოდენობა მრიცხველების მიერ ერთნაირად უნდა იყოს წაკითხული და აღქმული. გაზის კომუნალური მომსახურების უმეტესობისთვის ეს შეუძლებელია. მომხმარებელთა მრიცხველები, როგორც წესი, იკითხება ყოველთვიურ ციკლზე, მაგ. თუ თვეში 20 სამუშაო დღეა, კომუნალურმა კომპანიამ შეიძლება წაკითხოს მომხმარებლის მრიცხველების 5% ყოველ სამუშაო დღეს. შედეგად, იანვრის თვის გაზის გადასახადები მოიცავს რამდენიმე მრიცხველს, რომლებიც წაკითხული იქნა 2



იანვარს, რაც გაზომავს ძირითადად დეკემბერში მოხმარებულ გაზს. როდესაც მოხმარებლის გაზის მოხმარება ჯამდება თვის ბოლოს, გაზომვის პერიოდის დაახლოებით ნახევარი იქნება წინა თვისთვის. საწარმოს მიერ მიღებული გაზი კი მხოლოდ იანვრის განმავლობაში რეალურად მიღებულ გაზს აღრიცხავს. თუ იანვარი უფრო ცივი იქნებოდა ვიდრე დეკემბერი, იანვარში უფრო მეტი გაზი დაიწვებოდა სივრცის გასათბობად, ასე რომ, კომუნალური გაზის შესყიდვები გადააჭარბებდა იანვრის მოხმარებლის გადასახადების ჯამს.

გარდა ამისა, მრიცხველის წაკითხვის ციკლის ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს გაზის ზუსტი აღრიცხვის ცვლილებები. მრიცხველის კითხვის ციკლების ეფექტი გაზის დანაკარგებზე უფრო გამოხატული იქნება, ვიდრე დროის მოკლე პერიოდში, მაგალითად, ყოველთვიური გაზის დანაკარგების გამოთვლები. მრიცხველის წაკითხვის ციკლებზე დაკვირვება შეიძლება მინიმუმამდე შემცირდეს წლიური გაზის დანაკარგების გაანგარიშებით, მაგალითად ივლისიდან ივლისამდე, რადგან გაზის ყოველდღიური მოხმარება ნაკლებად ცვალებადია თბილ ამინდში, როდესაც სივრცის გათბობაზე დანახარჯი ყველაზე დაბალია. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მრიცხველის წაკითხვის ციკლებზე დაკვირვება შეიძლება მინიმუმამდე შემცირდეს გაზის დანაკარგების გაანგარიშებით უახლესი 12-თვიანი პერიოდისთვის.

ტემპერატურის და გარემოს ეფექტები: გაზის ტემპერატურამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს გაზომვის სიზუსტეზე. გაციებისას გაზის მოცულობა მცირდება (საყინულეში ჩავდოთ ჰაერით სავსე ბუშტი და ნახეთ რა მოხდება!). რაც უფრო ცივა, მით მეტი გაზის მოლეკულა ჯდება სივრცის ერთ კუბურ მეტრში. წნევას მსგავსი ეფექტი აქვს - უფრო მაღალი წნევის დროს მეტი გაზის მოლეკულა ჩაეტევა ერთ კუბურ მეტრ სივრცეში. ბუნებრივი გაზის ინდუსტრიამ მიიღო 60 F (20 C) და 14,73 ფუნტი კვადრატულ ინჩზე აბსოლუტური (0.101325 mpa დაახლოებით ატმოსფერული წნევა ზღვის დონეზე), როგორც გაზის გაზომვის სტანდარტული პირობები. ეს ცნობილია როგორც "სტანდარტული კუბური ფუტი", ეს იგივეა რაც სტანდარტული გაზის პირობები. [38]

საქართველოს კანონმდებლობაში ანალოგიური ჩანაწერი გვაქვს, რომელიც ასახულია „ბუნებრივი გაზის ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ, სადაც XIII თავის 59-ე მუხლი ბუნებრივი გაზის აღრიცხვა, გვაუწყებს „ბუნებრივი გაზის

ოდენობის (სტ მ<sup>3</sup>) და თბოუნარიანობის გაზომვა, უნდა განხორციელდეს სტანდარტულ პირობებისთვის, ამ მიზნებისთვის ტემპერატურის და წნევის სტანდარტული მნიშვნელობებია T=20 C ტემპერატურა და 0,101325 მგპა ატმოსფერული წნევა. [28]

გაზის მრიცხველების უმეტესობაში გატარებული გაზი, როგორც წესი, არ არის სტანდარტულ ტემპერატურაზე ან წნევაზე დაყვანილი, მაგრამ თუ გაზის ტემპერატურა და წნევა ცნობილია, გაზომილი გაზის მოცულობა შეიძლება გასწორდეს სტანდარტულ პირობებში. სადაც დიდი რაოდენობით გაზი მიეწოდება ხდება, მაგალითად, "გგს"-ში, სადაც კომუნალური კომპანიები იღებენ გაზს მილსადენის მიმწოდებლებისგან, გაზომილი მოცულობები ჩვეულებრივ კორექტირებულია როგორც გაზის წნევაზე, ასევე გაზის ტემპერატურაზე. თუმცა, ეს ასე არ არის მომხმარებელთა უმეტესობისთვის.

ყოველი 5 F გაზის 60 F-ზე ზემოთ ან ქვემოთ ცვლილებისას, აირის მოცულობა შეიცვლება დაახლოებით 1 პროცენტით. ეს შეიძლება ძალიან ხმამაღლა არ ჟღერდეს, მაგრამ თუ ზამთრის საშუალო ტემპერატურა 3 თვის განმავლობაში არის 30 F, ხოლო გაზი გაცივდება 30 F-მდე, სანამ მრიცხველს მიაღწევს, ამ პერიოდისთვის აღურიცხავი გაზი 6 პროცენტს მიაღწევს. სინამდვილეში, გაზი სავარაუდოდ არ გაცივდება 30 F-მდე - გაზის მილების უმეტესობა მიწისქვეშაა, ამიტომ მიწისქვეშა გაზსადენებში გადაადგილებისას გაზის ტემპერატურა უფრო ახლოს იქნება ნიადაგის ტემპერატურასთან, ვიდრე გარემო ჰაერისა. ანალოგიურად, თუ ზაფხულის განმავლობაში გაზი გაცხელდება 90 F-მდე, სანამ ის მრიცხველამდე მივა, უარყოფითი 6 პროცენტის გაზის დანაკარგი გამოვა. გაზის კომუნალური კომპანიები თავიანთი გაზის უმეტეს ნაწილს ყიდნიან ზამთრის ცივ თვეებში, ასე რომ, უარყოფითი გაზის დანაკარგი ზაფხულის ცხელ თვეებში, ჩვეულებრივ, არ აანაზღაურებს პოზიტიურ გაზის დანაკარგს ზამთრის თვეებში. გაზის რეალური ტემპერატურა, როცა ის გაივლის მომხმარებლის მრიცხველებზე, შეიძლება შეფასდეს, მაგრამ შესაძლებელია გამოსწორდეს მხოლოდ ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველების გამოყენებით. ზოგიერთი ოპერატორი არეგულირებს გაზის დანაკარგების გამოთვლებს გაზის სავარაუდო ტემპერატურის მიხედვით. [38]

გარემო წნევის ეფექტები: როგორ მოქმედებს გარემო წნევა დანაკარგებზე? უსაფრთხოდ მუშაობისთვის, საყოფაცხოვრებო გაზის მოწყობილობები, როგორც წესი, საჭიროებენ გაზს დაახლოებით 5 დიუმის წყლის სვეტის (W.c.) და 13 inches w.c.-ის შორის წნევით მომარაგება, ამიტომ გაზი მცირდება ამ წნევამდე მრიცხველში მოხვედრამდე. ყოველი 4-დიუმი წყ.სვეტ(w.c) თუ გაზის წნევა ამ დანაკარგებზე მაღალია, დანაკარგი გაიზრდება დაახლოებით 1 პროცენტით, ასე რომ, თუ გაზი რეალურად არის 11 ინჩზე w.c. და მრიცხველი დაკალიბრებულია 7 ინჩზე w.c., დაახლოებით 1 პროცენტი იქნება აღურიცხავი გაზი. წნევის კომპენსირებული ინდექსები ჩვეულებრივ არ გამოიყენება სახლის მრიცხველებისთვის, თუმცა, ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიდი კომერციული და სამრეწველო მრიცხველებისთვის. თუ გამოყენებულია წნევის კომპენსირებული ინდექსი ანუ კოეფიციენტი, მაშინ უნდა იქნას მიღებული იმის უზრუნველყოფა, რომ მრიცხველის წნევა იგივე იყოს როგორც ინდექსის წნევა. წნევის კომპენსირებული ინდექსი გასწორდება მხოლოდ მუდმივი წნევის დროს. [38]

საქართველოს რეალობაში, მიუხედავად იმისა რომ საკმაოდ ბევრი მრიცხველია საქსტატში დარეგისტრირებული, თავდაპირველად მასობრივად სააბონენტო მრიცხველებად უკორექტორო მრიცხველები იყო შემოტანილი. 2000 წლის შემდეგ, როდესაც აღრიცხვიანობასთან დაკავშირებით, პრობლემა მკაფიოდ გამოჩნდა, პრობლემა კი ტემპერატურის პირობების გამო ხარჯის გაზომვის დისბალანსი გამოჩნდა, იქნა მიღებული გადაწყვეტილება ტემპერატურული კორექტორიანი მრიცხველების დარეგისტრირებაზე და ამავე პერიოდში მოხდა ფართოდ ჩანაცვლება ასეთი მრიცხველების აბონენტთათვის, თუმცა რეგიონებში მონიტორინგის განხორციელებისას 25–30 % მთლიანი მრიცხველების ფონდიდან, კვლავ ჩაუნაცვლებელი, უკორექტორო მრიცხველებია. რაც შეეხება ატმოსფერულ გავლენაზე, ბარომეტრიან–კორექტორიანი მრიცხველების შესახებ, დეტალურად იქნება განხილული IV თავში.

## 2.12 გაზის დანაკარგების მნიშვნელობა

გაზის გაჟონვა სერიოზული განგაშის საფუძველია; თუმცა, სხვა გაჟონვის ფაქტორებმა შეიძლება გაართულონ ამის დადგენა, არის თუ არა გაჟონვის შედეგი

გაზის დანაკარგით გამოწვეული. პოზიტიური მიდგომით, მაღალი გაზის დანაკარგის მიზეზების უმეტესობის დადგენა და გამოსწორება შესაძლებელია.

ოპერატორი, რომელიც ცდილობს გაზის დანაკარგის შემცირებას, უნდა გაითვალისწინოს:

- თუ გაზის დანაკარგი ძირითადად გამოწვეულია ქსელიდან გაზის გაჟონვით, ზაფხულის თვეებში აღურიცხავი გაზის რაოდენობა უფრო მაღალი პროცენტი იქნება. გაჟონვის გამო პროცენტი შეიძლება იყოს ოდნავ უფრო მაღალი ზამთარში, თუ გაზის სისტემაში წნევა იქნება მაღალი, მაგრამ ეს ჩვეულებრივ არ იქნება ძალიან შესამჩნევი. წნევების განსხვავების გამო გაზის დანაკარგი მრიცხველზე მაშინაა, თუ წნევა ერთნაირია ზაფხულში და ზამთარში, მთელი წლის განმავლობაში აღურიცხავი გაზი იგივე პროცენტს აჩვენებს მთლიანი მოცულობიდან;
- ტემპერატურული ზემოქმედება გაზის დანაკარგზე უფრო მაღალ პროცენტს აჩვენებს ცივ თვეებში, ვიდრე ზაფხულში.

მოკლედ, თუ ზაფხულის თვეებში აღურიცხავი გაზის პროცენტი უფრო მაღალია, ამ შემთხვევაში აუცილებლად უნდა ვეძებოთ გაზის გაჟონვები, ხოლო თუ გაზის დანაკარგი იზრდება ზამთრის თვეებში, გაზომვის აღურიცხვის შეცდომები ტემპერატურის უარყოფითი ეფექტების მიზეზია.[39]

მნიშვნელოვანი და/ან მოულოდნელი ცვლილებები გაზის დანაკარგებში უნდა იყოს გამოკვლეული. მიუხედავად იმისა, რომ ამინდი, მრიცხველის შეცდომა და მრიცხველის ციკლები მოკლევადიან გავლენას მოახდენს გაზის დანაკარგებზე, ხოლო გაზის დანაკარგი წლიდან წლამდე იზრდება, ეს შეიძლება იყოს იმის მანიშნებელი, რომ სისტემა უფრო მეტ გაჟონის წყარო გააჩნია და ის შეიძლება იყოს ზემოთჩამოთვლილი მრავალფაქტორიანი მიზეზი.

საერთო პრობლემები დგარების მომსახურეობაზე სახლის რეგულატორებთან:

- რეგულატორის ძალით დაზიანება ან თვითდაზიანება შეიძლება იყოს ძალიან საშიში. თუ რეგულატორი რაიმე მიზეზით ვერ ფუნქციონირებს, სახლის გაზომილობაში შეიძლება შევიდეს მაღალი წნევის გაზი. ცეცხლმა სანთურაზე ან გაზის გამოსასვლეზე შეიძლება გამოიწვიოს ხანძარი ან აფეთქება;

- დაბინძურებული ვენტილატორები. რეგულატორის ვენტილაცია უნდა იყოს თავისუფალი და სუფთა ყოველგვარი დაბინძურებისგან. სავენტილაციო მილში დამონტაჟებული მავთულის ეკრანმა თავიდან უნდა აიცილოს ჭუჭყის დაგროვება, ბავშვების მიერ უცხო საგნების განზრახ ჩატენვა ან მწერების ბუდეების აგება (მაგ., ობობის ბუდეები). თუ ეკრანი ამოღებულია, მის ადგილას ახალი უნდა იყოს ჩასმული. უფუნქციო ვენტილაციამ შეიძლება გამოიწვიოს რეგულატორის გათიშვა და გამოიწვიოს ხანძრის სერიოზული საფრთხე. გამწოვი უნდა იყოს მოშორებით ფანჯრებიდან და ჰაერის მიმღებებიდან და დაცული იყოს ავდარისგან. ვენტილაცია უნდა იყოს დამონტაჟებული ისე, რომ წყალი ან თოვლი არ მოხვდეს სავენტილაციო ტერმინალში;
- მრიცხველის დგარზე სარქველი აღჭურვილი უნდა იყოს ჩამკეტი მოწყობილობით, რომელსაც აკონტროლებს მხოლოდ უფლებამოსილი პერსონალი. როდესაც სახლი ან ბინა იკეტება გაზი უნდა დაიხუროს და სარქველი ჩაკეტილი უნდა იყოს, სანამ სახლი ისევ არ გაიხსნება. ჩამკეტი მოწყობილობა ასევე საშუალებას გვაძლევს შევაკეთოთ მოწყობილობები გაზის შემთხვევით ჩართვის გარეშე;
- დგარის ბოროტად გამოყენების საშალება მაცხოვრებლების ან მომხმარებელს არ უნდა მიეცეთ, ან დგარი გამოყენებულ იქნას მისი კომპონენტებით სხვა მიზნებისთვის. არასოდეს გამოვიყენოთ დგარი, როგორც სამაგრი საშაულებისთვის, მცენარეების საყრდენებისთვის ან ველოსიპედის დასაბმელად;
- კოროზია. შევამოწმოთ კოროზია დგარზე მიწის დონიდან (მიწის/ჰაერის შეერთების დონეზე). [40]

### 2.13 დაბალი წნევის ქსელის მთლიანობის მართვა

„მთლიანობა“ ნიშნავს, რომ დაბალი ქსელის მილები და გამანაწილებელი სისტემის სხვა კომპონენტები კარგ და საიმედო მდგომარეობაშია. ჯანსაღი და საიმედო განაწილების სისტემას შეუძლია უსაფრთხოდ მიაწოდოს ბუნებრივი გაზი იმ წნევაზე რაც პროექტითაა განსაზღვრული და რომლითაც დაბალი წნევის განაწილების სისტემა მუშაობს.

აქ განხილულია და აღწერილია პროექტების, მშენებლობის, ინსპექტირებისა და ტექნიკური მოთხოვნები, რაც საკმარისია გაზის განაწილების სისტემების მთლიანობის უზრუნველსაყოფად. თუმცა, ზოგიერთი ოპერატორისთვის შეიძლება არსებობდეს ფაქტორები, რომლებიც გამოიწვევს უფრო მაღალ რისკს საზოგადოებრივი უსაფრთხოებისთვის, ვიდრე ეს რეგულაციით არის გათვალისწინებული. ასევე, ზოგიერთი ძველი მილი შეიძლება დამონტაჟებული იყოს სხვადასხვა სტანდარტების მიხედვით ან ჰქონდეს შეუმჩნეველი პრობლემები, რომლებიც დროთა განმავლობაში განვითარდა და თვალსაჩინო გახდა. მთლიანობის მართვის მიზანია გამოვლინდეს სადისტრიბუციო სისტემის ის ნაკლოვანებები, რომლებიც უქმნის ყველაზე მაღალ ფარდობით რისკს საზოგადოებრივი უსაფრთხოებისთვის და გამოიყენოს დამატებითი გარანტიები და ბერკეტები ამ უზნების ინსპექტირებისა და ტექნიკური მოთხოვნების შესაბამისად.[41]

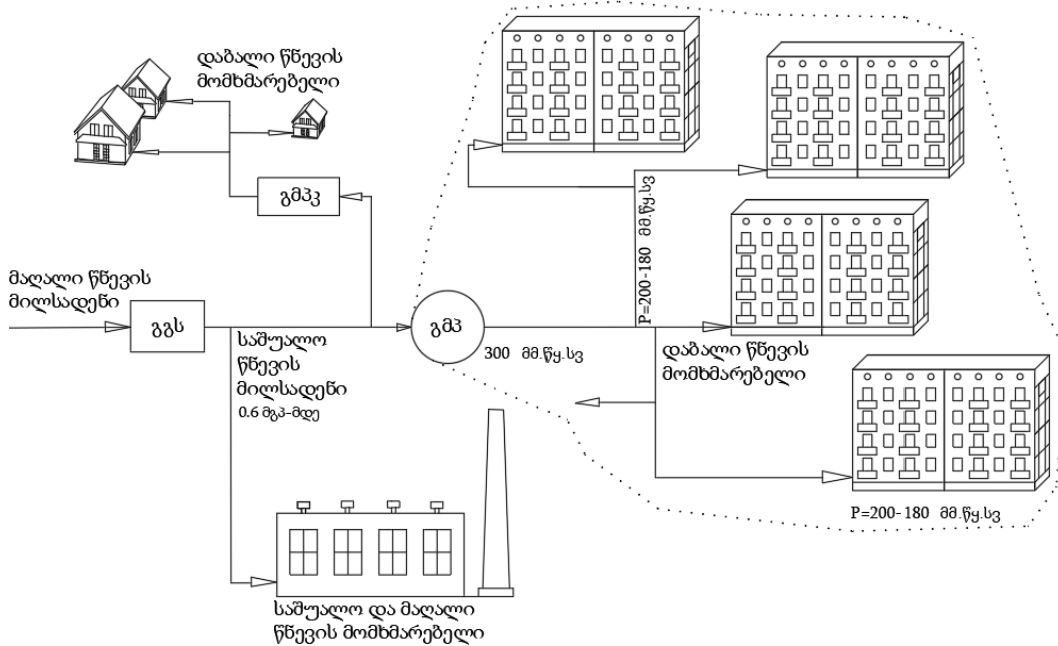
„რისკი“ არის ორი ფაქტორის ერთობლიობა: გაზის მილის ან მისი რომელიმე კომპონენტის გაფუჭების ალბათობა და შედეგები, რომლებიც წარმოიქმნება მილის ან კომპონენტის გაფუჭების შემთხვევაში. მაგალითად, გაზსადენების მახლობლად კანალიზაციის ხაზის დაზიანების და გათხრების შედეგად გაზრდის მიწისქვეშა და არა მარტო, ქსელების დაზიანების ალბათობას. მაგალითად, თუ მილსადენი განლაგებულია სკოლის შენობის გვერდით, ავარიის შედეგები პოტენციურად უფრო სერიოზული იქნება, ვიდრე იგივე დაზიანება მილსადენზე დასახლებიდან სადმე შორეულ ზონაში.

ბუნებრივი გაზის განაწილების სისტემების ყველა ოპერატორს მოეთხოვება შეიმუშაოს და განახორციელოს მთლიანობის მართვის (IM) პროგრამა და მთლიანობის მართვის წერილობითი გეგმა. მთლიანობის მართვის წერილობით გეგმა უნდა შედიოდეს შემდეგ ელემენტები:

1. იცოდეს მისი ტერიტორიის ქსელის სისტემა,
2. მოსალოდნელი საფრთხეების სწრაფი იდენტიფიცირება,
3. რისკის შეფასება და მისი აღწერილობა,
4. რისკის შემცირების ღონისძიებების იდენტიფიცირება და განხორციელება,
5. გაზომვების შესაძლებლობა, შედეგების მონიტორინგი და ეფექტურობის შეფასება,
6. პერიოდულად შეფასების პროგრამის ეფექტურობა,

7. ანგარიშის შედეგები.
8. ჩანაწერების შენარჩუნება დაარქივება.

ამ თავში განხილული დასავლური გაზის მომარაგების სისტემა, ნათლად გვაჩვენებს თუ რა გასხვავებაა აბონენტების მომარაგების თვალსაზრისით, ასევე განსხვავება შეგვიძლია დავინახოთ, დადგენილი ნომინალური წნევების ზედა ზღვრის მონაცემებშიც. მსგავსება არის მხოლოდ 3 საფეხურიანი წნევის გდების პროცედურები უშუალოდ მომხმარებლის წერტილამდე, თუმცა გამოსაყოფია ის ფაქტი, რომ საშუალო წნევის მილსადენიდან, დაბალ წნევაზე დაყვანა ხდება უშუალოდ აბონენტთან მრიცხველის წინ დაყენებული რეგულატორით, ან უკიდურეს შემთხვევაში რამოდენიმე აბონენტის გაერთიანებით, და არა ისე როგორც ჩვენთან ხდება, სადაც წნევის რეგულატორი მაგალითად ემსახურება რამოდენიმე ასეულ ან ათას აბონენტს ან კილომეტრს რადიუსის მიხედვით დასახლებულ ურბანულ ნაწილში, ისე როგორც ასახულია ნაზახ №12-ში.



ნახ. 12 საქართველოში არსებული დაბალი წნევის ქსელის მოდელი

როგორც, მოცემული თავის დასაწყისში ავლნიშნე, დასავლური უსაფრთხოების სტანდარტების გათვალისწინებით, ნათლად გამოჩნდა, რომ დაბალი წნევის ქსელზე ნომინალური წნევა განსაზღვრულია 175 მმ.წყ.სვ-ის ფარგლებში ანუ 0,25 psig. ჩვენთან კი გმპ დან წნევა უნდა გამოდიოდეს 300 მმ.წყ.სვ-ით. მართალია ადგილობრივი და ხაზური ჰიდრავლიკური წინააღობებით გმპ დან

დაშორებულ აბონენტს წნევა შედარებით ნაკლები დაუფიქსირდება, თუმცა ქსელში წნევების გადანაწილება თანაბრად ვერ მოხდება, რაც გმპ-სთან ახლოს მყოფ აბონენტებს შეუქმნის პრობლემას გაზის აპარატურის მომსახურებასთან დაკავშირებით, ასევე გმპ-დან დაშორებულ აბონენტებს თუ დაუფიქსირდათ გაზის აპარატის საპასპორტო მონაცემების ნომინალური წნევასთან შედარებით დაბალი წნევა, ესეც ცხადია პრობლემას წარმოადგენს. პრობლემები კი ფართოდ იყო წარმოდგენილი და კვლავ შევხები წინამდებარე ნაშრომში.

საქართველოს ქალაქებისა და ქალაქებისთვის გაზის განაწილების სისტემების ტიპური სქემების ძირითადი ნაწილი შემუშავდა და განხორციელდა 1960-70-იანი წლების პერიოდში. ასეთი სქემები ხასიათდება სისტემის ცენტრალიზაციის მაღალი ხარისხით, როდესაც ერთი გაზის საკონტროლო წერტილი (გმპ) აწვდის დიდი რაოდენობით საყოფაცხოვრებო და მცირე მომხმარებლებს ფოლადის მილებისაგან დამზადებული ფართოდ განვითარებული დაბალი წნევის ქსელებით [42]

დაბალი წნევის გაზსადენების გაფართოებული ქსელის არსებობა მილების დიდ დიამეტრებთან ერთად იწვევს სისტემების მატერიალური მოხმარების გაზრდას, შესაბამისად, მათი მუშაობის მაღალ კაპიტალ დაბანდებას. გარდა ამისა, გაზსადენების ძირითადი ნაწილი შედგება გაცვეთილი ფოლადის მილებისაგან, ვადაგასული ექსპლუატაციის გამო, რაც იწვევს ჰიდრავლიკური რეჟიმების დარღვევას და საგანგებო სიტუაციებს, რასაც თან ახლავს მაღალი ფინანსური ხარჯები. გმპ-ების შიდა მოწყობილობების უმეტესობა მოძველებულია და საჭიროებს სრულ ჩანაცვლებას, მათ შორის შენობების გაზის ქსელის ნაწილობრივი რეკონსტრუქციის ჩათვლით. ქალაქებში მიწისქვეშა ფოლადის გაზსადენების დასაცავად, არსებობს ასობით ელექტრული დამცავი დანადგარი შეზღუდული მომსახურების ვადით, რომლებიც ასევე საჭიროებენ აღდგენას და მაღალ საოპერაციო ხარჯებს. ასევე საჭიროა ფოლადის გაზსადენების საიზოლაციო საფარის ხარისხის კონტროლიც. დაბალი წნევის ქსელებს ახასიათებს მომხმარებლებისთვის საჭირო მოცულობითა და საჭირო პარამეტრებით გაზის მიწოდების პირობის დაკმაყოფილება. ეს განსაკუთრებით ეხება დაბალი წნევის ჩიხურ ქსელებს გაზის მოხმარების გაზრდის პერიოდში (ზამთარში) ან როდესაც საჭიროა ახალი მომხმარებლების მიერთება დაბალი წნევის ქსელებთან. ასევე



პრობლემურია საყოფაცხოვრებო გაზის აპარატურის აღჭურვილობის ერთდროული მუშაობის უზრუნველყოფა სხვადასხვა ნომინალური სამუშაო წნევით უზრუნველყოფისათვის (180-დან 200 მმ.წყ.სვტ) გაზის მარეგულირებელ პუნქტის გამოსასვლელში მაქსიმალური დასაშვები წნევის შენარჩუნება 300 მმ.წყ.სვტ-ი იწვევს გაზის დანადგარების მუშაობის გაუარესებას მჭიდროდ მდებარე ინდივიდუალური მომხმარებლებისთვის (გაზის მოხმარების გაზრდა, გამონაბოლქვი აირებში აზოტის ოქსიდების მაღალი შემცველობა, ინსტრუმენტის შიდა წვის ელემენტების გადახურება, ჭვარტლის ფორმირება და სხვა). პრაქტიკაში, რეგულატორის შემდეგ წნევა შენარჩუნებული უნდა იყოს 200–250 მმ.წყ.სვტ-ის დონეზე, რაც არ არის საკმარისი ყველაზე დისტანციური მომხმარებლებისთვის, რომელთა წნევა მოწყობილობების წინ გაცილებით ნაკლებია, დადგენილ ნომინალურ წნევასთან. ეს კი იწვევს გაზის მოწყობილობების სიმძლავრის მარგი ქმედების კოეფიციენტის ვარდნას, ეფექტურობის დაქვეითებას და არასრული წვის პროდუქტების წარმოქმნას, რომლებიც საშიშია ადამიანის სიცოცხლისთვის. კვლევებით დადგენილია, რომ როდესაც გაზქურის წინ წნევა ნომინალური მნიშვნელობიდან 180 მმ.წყ.სვტ დან 300 მმ.წყ.სვტ – მდე იზრდება, ეფექტურობა მცირდება 45%-დან 29%-მდე, ხოლო 350 მმ.წყ.სვტ წნევის დროს, ეფექტურობა იქნება 20%. ბოლო წლების საგანგებო სიტუაციებმა აჩვენა, რომ როდესაც საშუალო წნევის გაზი შედის დაბალი წნევის ქსელებში, გმპ-ს უსაფრთხოების ავტომატიზაცია ყოველთვის არ მუშაობს და ვერ იცავს გაზის მომხმარებელს სათანადოდ. ცნობილია უამრავი ტრაგედიები ქართულ რელობაში, სადაც აფეთქებები მოხდა დაბალი წნევის გაზსადენში, სავარაუდოდ გაზის წნევის მკვეთრი ზრდის გამო, რამდენიმე საცხოვრებელი კორპუსის ბინებში, სადაც გაზქურები და წყლის გამაცხელებლები იყო ჩართული. საბოლოოდ კი უნდა აღინიშნოს, რომ მომხმარებელი ამჟამად არ არის აღჭურვილი ისეთი მოწყობილობით, რომელსაც შეუძლია საჭიროების შემთხვევაში შეამციროს წნევა ან გამორთოს გაზის მიწოდება საგანგებო მდგომარეობის დროს მაინც.

დასავლური სტანდარტები (NFPI, IMOP) იძლევა დაშვებას შენობაში გაზსადენების შეყვანას 0,01 მპა (1000 მმ.წყ.სვტ) წნევით, შემდეგ გაზის წნევის რეგულატორი, რომელიც მდებარეობს შენობასთან ახლოს, ამცირებს წნევას გაზის მუშაობისთვის აუცილებელ მნიშვნელობამდე დაყვანით. ასეთი სქემა თავიდან

აიცილებს ისეთ პრობლემებს, როგორცაა გაზის მოწყობილობების წინ გაზის არასაკმარისი ან მომატებული წნევის გადახრას ნომინალური წნევიდან. ასევე ზრდის მომხმარებლის უსაფრთხოების დონეს. რეგულატორების გარდა, სამომხმარებლო ქსელზე დამონტაჟებულია უსაფრთხოების მოწყობილობები, როგორცაა გაზის ნაკადის კონტროლის სენსორები შემდეგ ადგილებში:

- გამანაწილებელ გაზსადენზე შეერთების ადგილას 0,4 მპა-მდე;
- გაზსადენის შენობაში შეყვანისთანავე მთავარი გამთიში მოწყობილობის შემდეგ;
- სახლშიდა გაზსადენის ყოველი განშტოების დასაწყისში;
- ეს მოწყობილობები წარმოადგენს უსაფრთხოების აქტიურ საშუალებებს და შექმნილია გაზის ნაკადის დაუყოვნებლივ გათიშვისთვის, ესე იგი, თუ ქსელში წინასწარ დაყენებული წნევის ნიშნულს მნიშვნელოვნად ასცდება (დადაბლდება თუ ამაღლდება), გაზის ნაკადის მაკონტროლებელი მყისიერად ამუშავდება;
- სამუშაო წნევის მარეგულირებელი და უსაფრთხოების მოწყობილობების ეს კომბინაცია საშუალებას იძლევა გაიზარდოს მომხმარებლების გაზის მიწოდების უსაფრთხოება მაქსიმალურად.

გაზის განაწილების სამომხმარებლო სისტემებში, თავისი მოთხოვნების გათვალისწინებით, გაზის წნევის სტაბილიზატორის გამოყენების თვალსაზრისით მისი საპროექტო მახასიათებლებით თუ ვიმსჯელებ, ის არის არა მხოლოდ გაზის წნევის რეგულატორი, არამედ გაზის ნაკადის სტაბილიზაციასაც ახდენს წნევების რყევების დროს, სტაბილიზატორებში შიდა დამცავი გარსები არ ირღვევა 0,60 მპა-მდე ჭარბი წნევის დროს, რაც კლასიფიკაციის მიხედვით შეესაბამება II კატეგორიის მაღალ წნევას. ასევე, მასში არსებობს სარეზერვო შიდა ისეთი ელემენტები, რომლებიც გაზსადენში წნევისა და გაზის ნაკადის რეგულირებასაც აწესრიგებს. [29]

უნდა აღინიშნოს, რომ დიდ ქალაქებში არსებული დაბალი წნევის გაზის გამანაწილებელი სისტემების რეკონსტრუქციის პრობლემა არ უნდა შემოიფარგლოს მხოლოდ მილსადენის მონაკვეთების მარეგულირებელი პუნქტების მიმდინარე და ძირითადი რემონტებით, ის მოითხოვს თანამედროვე ტექნოლოგიების აუცილებელ გამოყენებას. ერთის მხრივ, გაზმომარაგების სისტემამ უნდა უზრუნველყოს მომხმარებლების უწყვეტი გაზის მიწოდება და

აკმაყოფილებდეს უსაფრთხოების მოთხოვნებს, ხოლო მეორე მხრივ, აუცილებელია გაზის გამანაწილებელი ქსელების გამტარუნარიანობის გაზრდა, მათი მოდერნიზაციისთვის მინიმალური დანახარჯების გაწევით.

არსებული გაზის განაწილების სისტემების რეკონსტრუქციის ღონისძიებები ძირითადად შედგება შემდეგი ეტაპებისაგან:

- არსებული გაცვეთილი ფოლადის გაზსადენების განახლება თხრილის გარეშე ტექნოლოგიების გამოყენებით (U-liner, Phoenix და ა.შ.) ან გაცვეთილ ფოლადის შიგნით უფრო მცირე დიამეტრის პოლიეთილენის მილების გაყვანა მზარდი წნევით;
- ურბანული დამოუკიდებელი გმპ-ის და განშტოებული დაბალი წნევის ქსელების გაუქმება;
- სტაბილიზატორების დაყენება თითოეულ აბონენტზე;
- აბონენტთა განშტოებებზე გაზის ნაკადის კონტროლის სარქველების დაყენება.

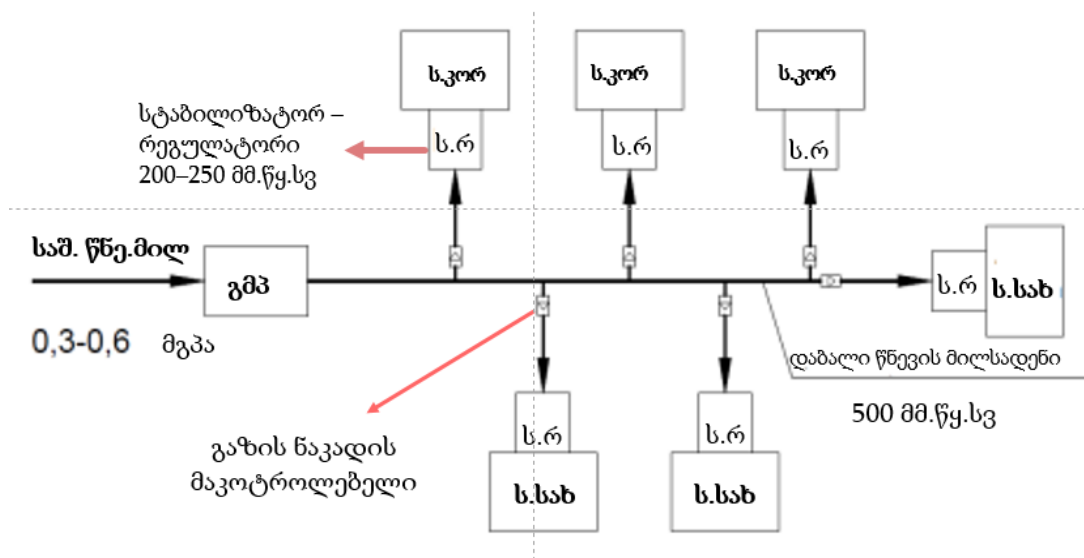
ეს გადაწყვეტილებები შესაძლებელს გახდის მაქსიმალურად გაიზარდოს გაზის მიწოდების ეფექტურობა, საიმედოობა და უსაფრთხოება, ასევე გაზის სახლშიდა აღჭურვილობის გამოყენების ენერგოეფექტურობა. თუმცა, ურბანული განვითარების პირობები, ქსელის მდგომარეობა, დიდი მოცულობები და სამუშაოების ჩატარების მჭიდრო ვადები ყოველთვის არ იძლევა საშუალებას განხორციელდეს ღონისძიებების სრული სპექტრი. ყველა შემთხვევაში არ არის შესაძლებელი საშუალო წნევის გაზსადენის გაყვანა გმპ-ით მქონე თითოეულ მომხმარებელზე ქუჩის გასწვრივ, რომლის სიგანე არ აკმაყოფილებს სამშენებლო ნორმატივების მოთხოვნებს, აგრეთვე მიწისქვეშა კომუნალური საშუალებებით მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში, არსებობს ახლომდებარე სისტემების გაზით დაბინძურების საფრთხე, ისეთი როგორცაა კანალიზაცია, წყალმომარაგების ქსელი და ა.შ.

ასეთ შემთხვევებში ეფექტური გამოსავალია საცხოვრებელი კორპუსების განშტოებებზე დამონტაჟებული გაზის წნევის რეგულატორების გამოყენება, კვარტალური გმპ – ის გამოსასვლელი წნევის ზრდით 300 მმ.წყ.სვ-დან 500 მმ.წყ.სვ-მდე. (ნახაზი № 14; ნახაზი №33)

მომხმარებლების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა შესაძლებელია გაზსადენის გაყვანით მაქსიმალური დაბალი წნევით 500 მმ.წყ.სვ-ით,

მომხმარებელთან ახლოს, დავაყენოთ მოწყობილობა, რომელიც ავარიის შემთხვევაში გაზის მიწოდების შესაჩერებლად ან გასაკონტროლებლად გაზის ნაკადის კონტროლერი, ხოლო უშუალოდ მომხმარებელთან – წნევის რეგულატორ-სტაბილიზატორი დაბალიდან ქვედაზე 500-დან 200-250 მმ.წყ.სვ-მდე წნევებით. გაზის საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ოპტიმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად, გაზის სხვადასხვა ნომინალური წნევით (გაზქურები, წყლის გამაცხელებლები, ქვაბები, რომლებსაც არ გააჩნიათ ჩაშენებული წნევის დამწვევი) გამომავალი წნევის მითითებული მნიშვნელობის ავტომატურად შენარჩუნებისთვის, გაზის წნევების ცვლილების მიუხედავად, ნაკადი და შემომსვლელი წნევა, აგრეთვე გაზის გაწმენდა მექანიკური მინარევებისაგან, რეკომენდებულია სახლის ან ბინის რეგულატორ-სტაბილიზატორების გამოყენებით. [43]

მათი დამონტაჟება შესაძლებელია შენობის ფასადზე დამცავ ყუთში ან შიდა გაზსადენზე გაზის მრიცხველის წინ. (ნაზაზი №14)



ნახ. 13 რეკონსტრუირებული გაზის ქსელი საშუალოდ დაბალი წნევის მილსადენზე

გაზის წნევის სტაბილიზატორით გაზის აღჭურვილობის მუშაობისას მიიღწევა შემდეგი:

1. ენერჯის დაზოგვა - ბუნებრივი აირის ეფექტური მოხმარება გაზდანადგარის ექსპლუატაციის დროს ამაღლებულია 30%-მდეც კი.
2. გაზის სანთურების საიმედოობა და მომსახურების ვადა, უზრუნველყოფილია მომხმარებლის უსაფრთხოება გაზის აპარატურის

სანთურების ცეცხლის მოწყვეტის ალბათობა, გაზის წნევის მოულოდნელი და გაუთვალისწინებელი მატების დროს;

3. სიცოცხლისათვის საშიში CO და NOx წვის პროდუქტების ემისიის გამორცხვას საყოფაცხოვრებო გაზის მოწყობილობებში ეკოლოგიურად სუფთა გაზის წვის პროცესს.

4. გაზსადენში გაზის წნევის ცვლილებისას არ არის საჭირო დამატებითი მოწყობილობების დამონტაჟება და წინასწარი რეგულირება.

5. გაზის გამათბობლების მოწყობილობის სტაბილური მუშაობა შენარჩუნებულია გაზდანადგარის გაზის წნევის მიუხედავად.

6. ტექნიკური მომსახურების სამუშაოს მოცულობა მცირდება (გაზდანადგარის კონვექციურ ნაწილში და საკვამურში არ არის დაჭვარტლიანება).

7. დამონტაჟების სიმარტივე ნებისმიერ გაზდანადგართან (გაზქურა, გაზსადენის დგარები, გამათბობლები, გაზის და კომბინირებული ქვაბები და სხვა) დაბალი წნევის ბუნებრივ გაზზე მომუშავე ავტომატური მოწყობილობებით.

ამჟამად ბაზარზე წარმოდგენილია უცხოური წარმოების გაზის წნევის სტაბილიზატორის მოდელები, რომლებიც აღჭურვილია ფილტრის ელემენტებით და უსაფრთხოების ჩამკეტი მოწყობილობებით. შემავალი წნევის დიაპაზონი სხვადასხვა სტაბილიზატორებს, მწარმოებლების მიხედვით, გააჩნია 150-დან 5000 მმ.წყ.სვ-მდე, გამტარუნარიანობა 15-45 მ<sup>3</sup>/სთ-მდე, გამოსასვლელი წნევის დიაპაზონი: 130-200 მმ.წყ.სვ და 200-4000 მმ.წყ.სვ. ამ მოწყობილობების დაყენება შესაძლებელია არა მხოლოდ ცალკეულ სახლებსა და ბინებში, არამედ მაღლივ საცხოვრებელ კორპუსებშიც (იხ. ნახაზი № 34).

როგორც ვიცით, საბაზრო ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად, ჩვენს ქვეყანაში ბაზარი გვთავაზობს უცხოური, მათ შორის დასავლური გაზის მოხმარების აპარატურას, რომლებიც წარმოებულია დასავლური სტანდარტების შესაბამისად, ამიტომ განსაკუთრებული ყურადღება გასამახვილებელია, თუ რა წნევები გვაქვს დაბალი წნევის სამომხმარებლო ქსელში საქართველოს პირობებში და რა საპასპორტო მონაცემებით ხასიათდება დასავლური ბრენდების წამოებული გაზის აპარატურა, განსაკუთრებით ცენტრალური გათბობის ქვაბები და სხვა. [43]

## 2.14 წნევების გაზომვები თბილისის საცხოვრებელ და მაღლივ კორპუსებში. მიღებული მონაცემების კორელაცია თბილისის მთაგორიან რელიეფთან აღრიცხვის უზალანსობასთან დაკავშირებით

კვლევის მიზანი, წარმოადგენს თუ რეალურ ცხოვრებაში, როგორ ზემოქმედებს გაზის გადაადგილება მაღლივი კორპუსების ქსელში, რატომ არის მკაცრად შეზღუდული ევროპისა და აშშ-ს ქვეყნებში მაღლივი კორპუსების გაზომვარაგება. როგორც უკვე ავლნიშნეთ, მსგავსი შეზღუდვა ჩვენს ქვეყანაშიც მოქმედებდა, თუმცა ბუნებრივი აირის დაბალი ფასის გამო, უპირატესობა გაზომვარაგებას მიენიჭა და შეზღუდვაც შესაბამისად სადღეისოდ მოხსნილია.

როგორც არაერთი გაზომვარაგების მეცნიერი ამტკიცებს, გაზის, კერძოდ კი მეთანის ძალზედ სიმსუბუქის გამო, მილსადენშიც კი, თუ კი ქსელი დაბალი წნევის კატეგორიაში შედის, სიმაღლესთან ერთად ემატება გადაადგილების სიჩქარე და ქმნის დამატებით წნევას, რასაც ჭარბი ჰიდროსტატიკური წნევა ეწოდება. სტასკევიჩის მიერ მოწოდებული (1) და (2) ფორმულების შესაბამისად, კარგად ჩანს თუ რა ემართება წნევას სიმაღლეზე გადაადგილებისას.

ვინაიდან საქართველოს დედაქალაქი თბილისი არის მთაგორიანი, მისი ნიშნულები ზღვის დონიდან 330 მ–დან 1200 მ–მდე მერყეობს, ამავე დროს ურბანულად მაღლივი კორპუსები მრავლადაა (კიდევ შენდება), მათი აბსოლუტური უმეტესობა კი გაზიფიცირებულია, საინტერესო იქნებოდა გაგვეზომა მაღლივი კორპუსების გაზის ქსელი სართულების მიხედვით, პიკის საათიდან შუალამემდე და დაგვენახა დინამიკა, ზემოხსენებული ფაქტორიდან გამომდინარე. როგორც უკვე ვისაუბრეთ, ჰიდროსტატიკური წნევა, პირდაპირპროპორციულია ნომინალურ წნევაზე, ამიტომ სავსებით შესაძლებელი იქნებოდა, რომ სართულების სიმაღლის მიხედვით, ჰიდროსტატიკური წნევის მატებამ გაზის გაფართოების და სიმსუბუქის ხარჯზე, შეიძლება მიგვიყვანოს სავაჭვალაო თუ არა, გაზის დანადგარების არაეფექტურ მუშაობამდე მაინც.

კვლევები ჩატარდა ქალაქ თბილისის სხვადასხვა ლოკაციაზე, ერთმანეთთან საკმაოდ დამორებულ და დიამეტრალურად განსხვავებულ გარემოებებში, თუმცა გაზომვის დრო და მეთოდი მკაცრად იყო გათვალისწინებული. ადგილმდებარეობის სხვადასხვაობამ რა თქმა უნდა მეტად ფართო დასკვნებამდე მიგვიყვანა, თუმცა აქ მნიშვნელოვანი იყო ის რომ, უბნის ან დასახლებული პუნქტის

გაზის მარეგულირებელი პუნქტების, ყველა გაზომვის ადგილზე იყო სხვადასხვა. გაზომვები ჩატარდა ორ ეტაპად, სეზონების გათვალისწინებით ზაფხულისა და ზამთრის პერიოდში. (2022 წ. ზაფხული; 2023 წ. ზამთარი). გაზომვები ტარდებოდა აბონენტების საცხოვრებელ სახლებში, უშუალოდ გაზის დანადგარების წინ ან მრიცხველებთან. ცხადია გაზომვების უფლება მიღებული იყო აბონენტის ანუ მესაკუთრის წერილობითი თანხმობით.

კვლევისთვის გამოყენებული იყო შემდეგი ხელსაწყოები: U სებრი წყლის სვეტის საზომი, რომელიც მოგვიანებით ჩავანაცვლეთ თანამედროვე ციფრული წნევის საზომით მოდელი “PM 510”. ჩანაცლება მოხდა მას მერე, როცა ორივე ხელსაწყოს სიზუსტე დადასტურდა, რამოდენიმე გაზომვის შემდეგ. ბარომეტრი SANDRORO –ს ფირმის, რომელიც ასევე ციფრული გახლდათ და მობილურში ჩაშენებული აპლიკაციის ალტიმეტრით „GPS ALTIMETR“, რომელიც გვაძლევდა ინფორმაციას ზუსტი კოორდინატების მიხედვით (გრძედი და განედი) გაზომვის ადგილს, რუკას, ზღვის დონიდან შენობის სიმაღლეს (და არა სართულს სიმაღლეს ზ/დ–დან). მოცემული ხელსაწყოებიდან მიღებული ინფორმაცია საკმარისი იყო შესაბამისი დასკვნების გამოტანისათვის და საჭირო, უკვე ცნობილი ფორმულებით გამოგვეანგარიშებინა ნაშრომისთვის მიზნობრივი საინტერესო შედეგები.

წარმოდგენილ გრაფიკულ ნახაზებში და დიაგრამებში, დატანილია, 1) წნევების მაჩვენებლები საათების მიხედვით; 2) ევროპული და ქართული ნომინალური ქსელის წნევების ზღვრები დაბალი წნევის ქსელებში; 3) ფეთქებად საშიში წნევის ზღვარი; 4) გაზომვის ადგილის მონაცემები, ქუჩა სართული და შენობის სახეობა; 5) GPS კოორდინატები; 6) სიმაღლე ზღვის დონიდან; 7) ატმოსფერული წნევა და სხვა. სულ კვლევის პერიოდში გაიზომა და გაანალიზდა 11 გაზის მომარაგების წერტილი, ხოლო სეზონური ორივე გაზომვა, მოხერხდა 6 აბონენტთან. გაიზომა შეძლებისდაგვარად ცალკეული აბონენტი ერთჯერადი გაზომვით. ასეთი გაზომვის მიზანი იყო, ახლადაშენებული მაღლივი კორპუსის 20–ე სართულზე, პიკის საათის დროს მოგვეხდინა ჰიდროსტატიკური წნევის დაფიქსირება, რასაც შემდგომში ცალკე გამოვეყოფთ.

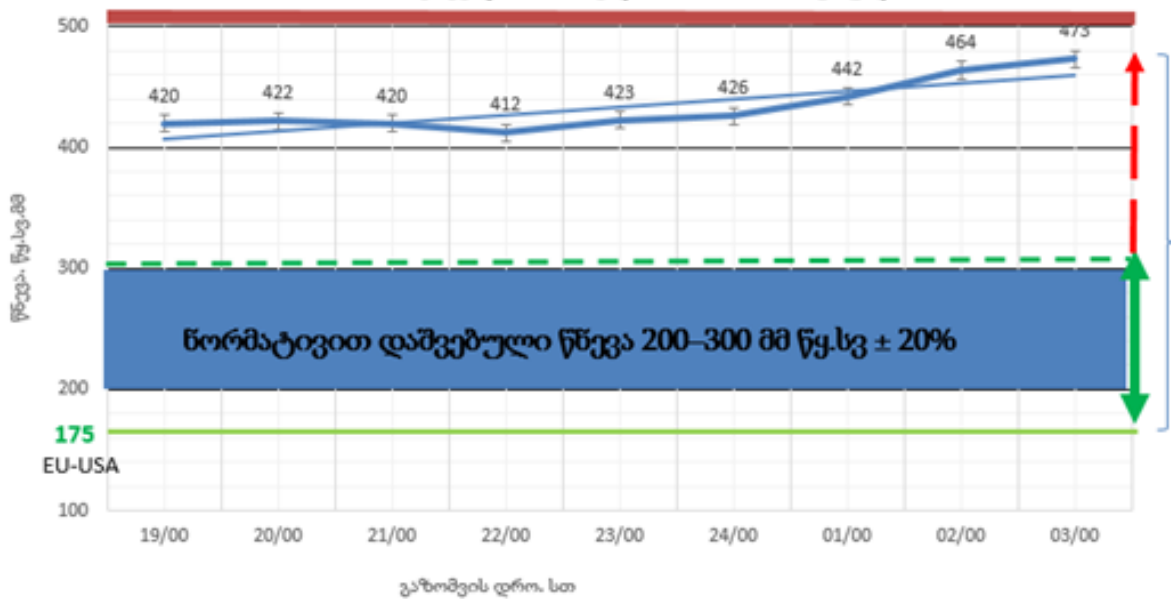
**გაზომვა №1 13,05,2022**

მისამართი: თბილისი. შენგელაია–ჩარგლის 35/46.

GPS კოორდინატები: N 41°45'42.7" ; E 44°47'34.0".

სიმაღლე ზღვის დონიდან: 489 მ.

ატმოსფერული წნევა 955,4 hPa.

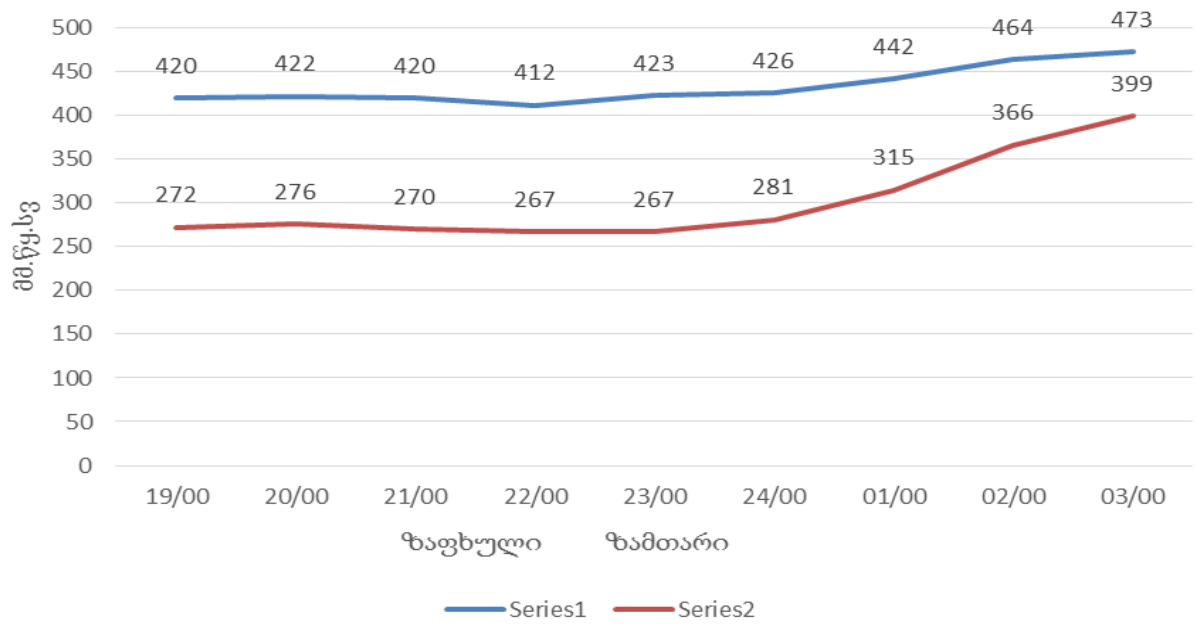


ნახ. 14 შენგელაია-ჩარგლის 35/46 (ზაფხული)

გრაფიკის აღწერა: გაზომვები დაიწყო 19 საათზე და გაგრძელდა ღამის 3 საათამდე. გაზომვის მაჩვენებლები ერთ საათში ერთხელ ხდებოდა. სახლი არ არის მაღლივი კორპუსი, არამედ კერძო საკუთარი სახლი, თუმცა მდებარეობს სიმაღლეზე. აბონენტის გმპ მდებარეობს სახლის დაბალ ნიშნულზე, დაახლოებით 20 მ-ით დაბლა, რაც ასევე იწვევს ჰიდროსტატიკური წნევის მატებას. გაზომვებში ნათლად ჩანს და გრაფიკზე ვიზუალური ეფექტისთვის დამატებულმა შეფერილმა ხაზებმა გამოაჩინა, რომ წნეები ქსელში დადგენილ 300 მმ.წყ სვ-ს საგრძნობლად აღემატება, ჩვენივე ნორმების მიხედვით, ხოლო დასავლურ სტანდარტთან შედარებით 2.5 ჯერ მაღალია.

მე-2 გრაფიკი, იგივე საცხოვრებელი სახლის, ზამთრის პერიოდის გაზომვა აქვს დამატებული, სადაც ჩანს რომ, სეზონური გაზის ხარჯის გაზრდის შედეგად წნევა კია ნომინალის ფარგლებში, მაგრამ როგორც კი არაპიკური მოხმარების დროს გაზომვები აჩვენებს, ღამის საათებში ნომინალურ წნევას სცდება 100 მმ.წყ.სვ – ით, ხოლო დასავლურ ნორმასთან შედარებით, მაინც 2.3 ჯერ მაღალია.





ნახ. 15 შენგელაია-ჩარგლის 35/46 (ზამთარი)



სურათი №1 ელექტრონული მანომეტრი PM 510

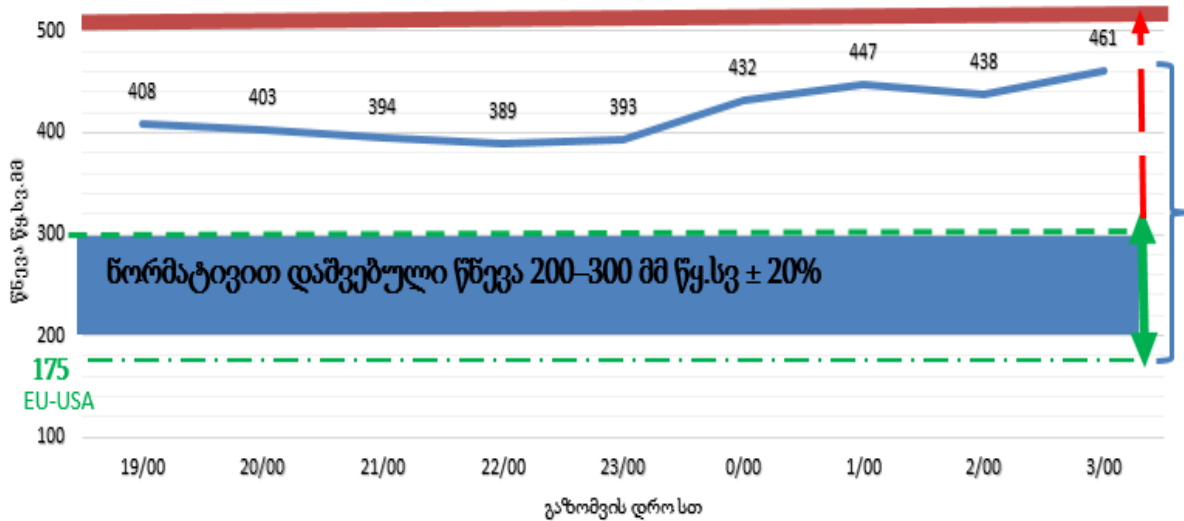
გაზომვა №2 14,05,2022

მისამართი: თბილისი. ჭოპორტის ქუჩა 3.

GPS კოორდინატები: N 41°45'41.8" ; E 44°47'21.2".

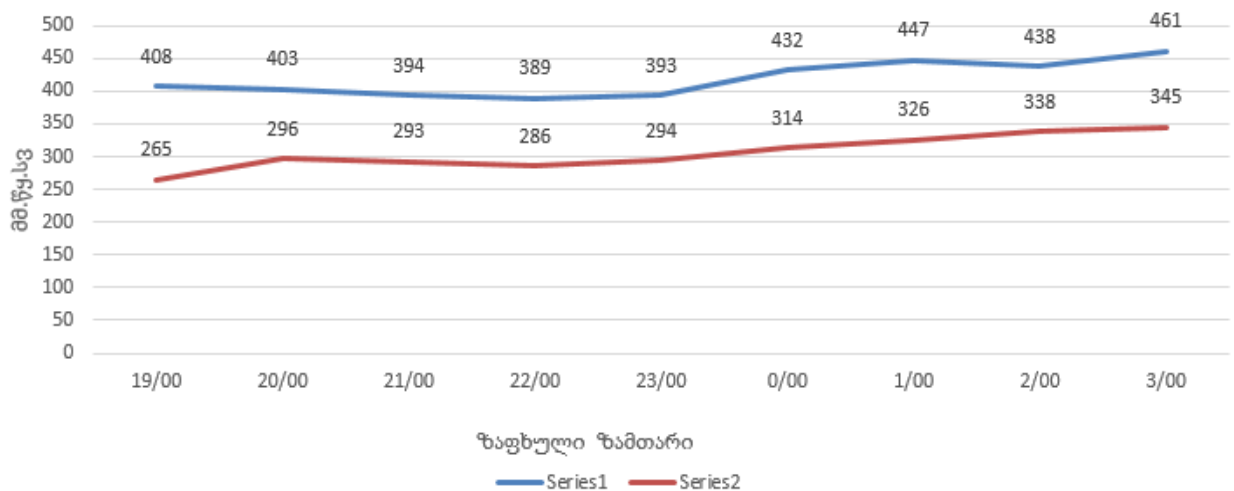
სიმაღლე ზღვის დონიდან: 471 მ.

ატმოსფერული წნევა 960,6 hPa.



ნახ. 16 ჭოპორტის ქუჩა 3

გაზომვა ჩატარდა არამაღლივ კორპუსში (ხრუმჩოვკა) 5 სართულიანის მე-3 სართულზე, გაზომვის დროის დიაპაზონი 19–03 სთ. როგორც ამ გრაფიკიდანაც ჩანს დაბალი წნევის ქსელში გვაქვს ნორმიდან გადახრა და ის თითქმის ორჯერ აღემატება დადგენილ ნომინალურ წნევას, ხოლო დასავლურთან შედარებით, 2.5 ჯერ მეტია.



ნახ. 17 ჭოპორტის ქუჩა 3 (ზამთარი)

იგივე აბონენტის ზამთარში, სეზონური გაზის ხარჯის გაზრდის შედეგად წნევა ნომინალის ფარგლებშია, მაგრამ როგორც კი არაპიკური მოხმარების დროს მიუახლოვდება, ღამის საათებში ნომინალურ წნევას სცდება 25% მმ.წყ.სვ – ით, ხოლო დასავლურ ნორმასთან შედარებით, 2.2 –ჯერ მაღალია.

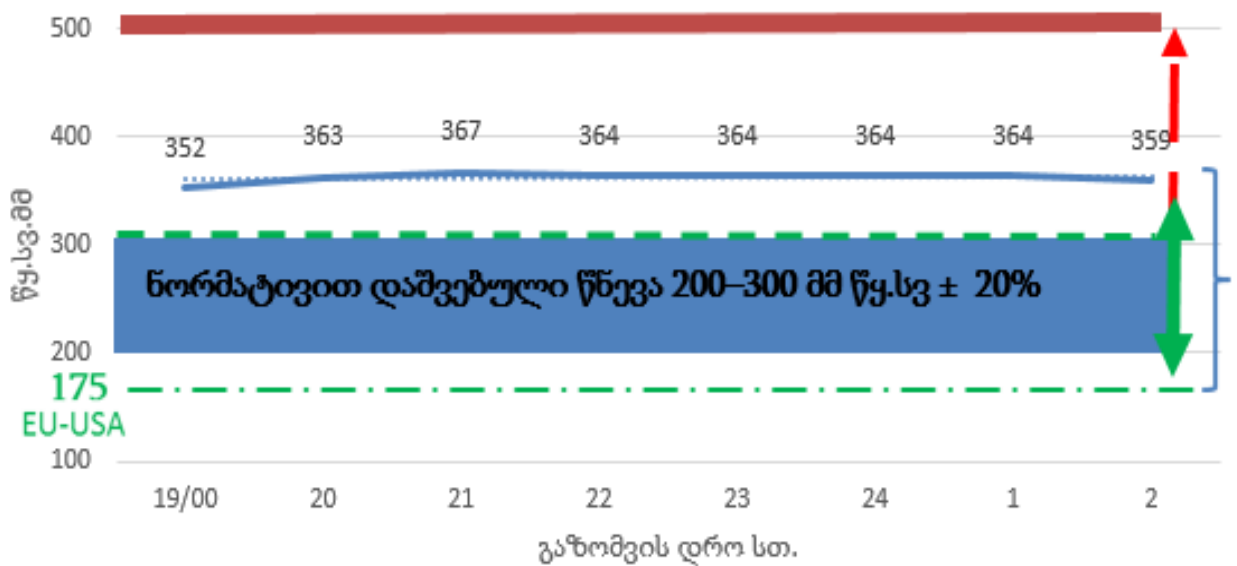
**გაზომვა №3 5,06,2022**

მისამართი: თბილისი. სან ზონა 3ბ.

GPS კოორდინატები: N 41°45'46.8" ; E 44°46'21.9".

სიმაღლე ზღვის დონიდან: 477 მ.

ატმოსფერული წნევა 955,4 hPa.

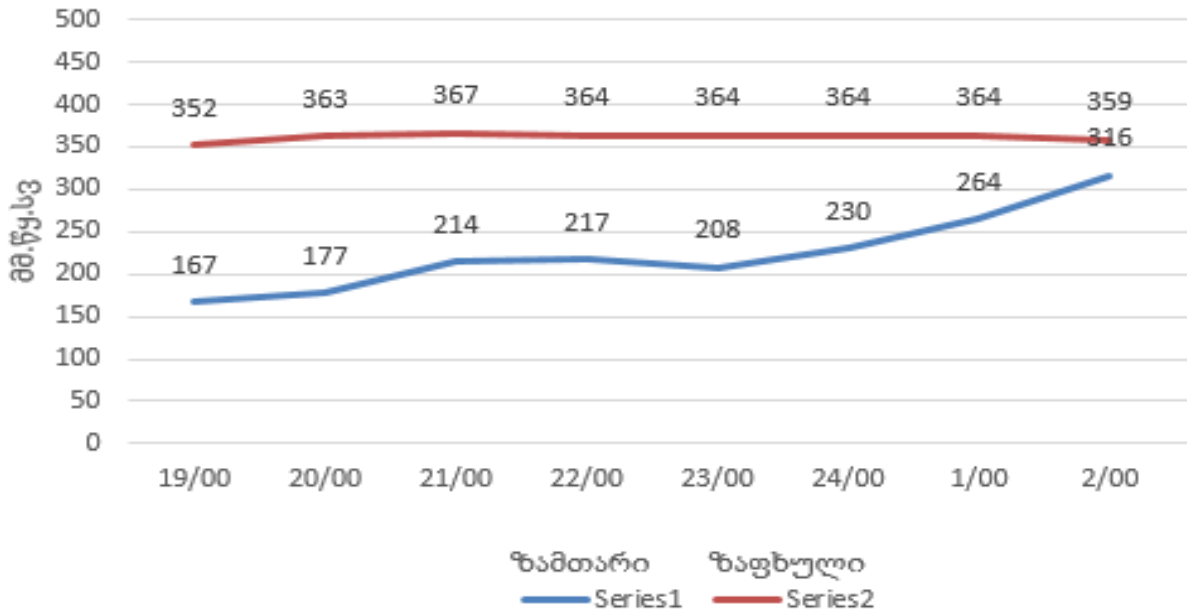


ნახ. 18 სანზონა 3

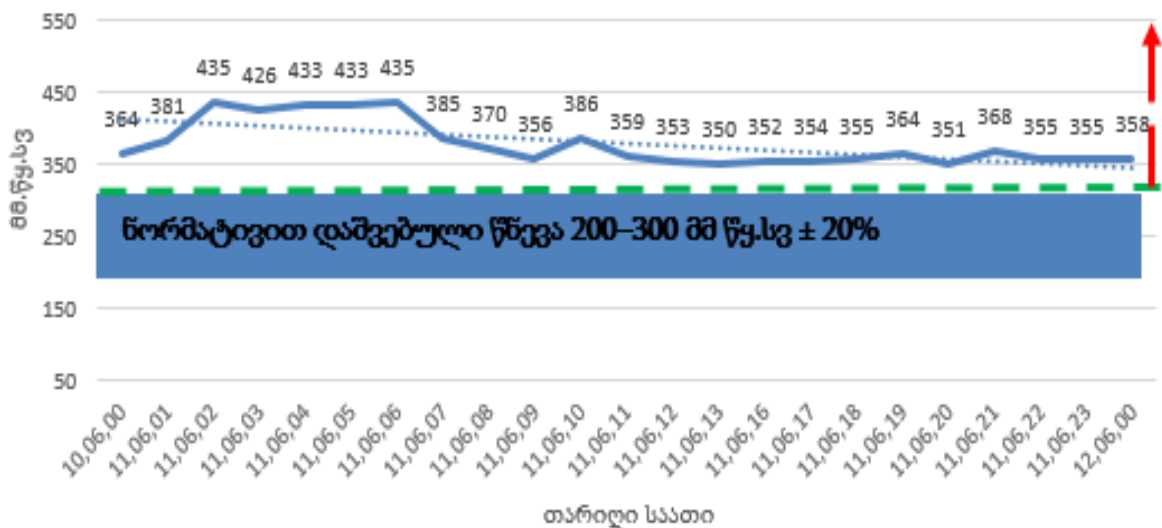
გაზომვა ჩატარდა მაღლივ კორპუსში (8 სართულიანი) 7-ე სართულზე, გაზომვის დროის დიაპაზონი 19–02 სთ. როგორც ამ გრაფიკიდანაც ჩანს დაბალიწნევის ქსელში გვაქვს ნომინალთან მიახლოებული მაჩვენებლები, მაგრამ ის მაინც 1,5–ჯერ აღემატება დადგენილ ნომინალურ წნევას, ხოლო დასავლურთან შედარებით, სულ მცირე 2 ჯერ მაღალია.

იგივე აბონენტის ზამთრის მონაცემებს თუ შევხედავთ, პიკის საათში ძლიერ განსხვავებას დავინახავთ, გაზის მოხმარების მაღალი მაჩვენებლის ხარჯზე და ის ნომინალურ წნევაზე დაბალია, მეტიც იგივე აშშ და ევროკავშირის ნორმებზე დაბალიც კი. პიკის საათის გასვლის შემდეგ, ღამის საათებში, წნევა თითქმის ზაფხულის ჰიდროსტატიკურ წნევას უტოლდება. აღსანიშნავია, რომ მოცემული შენობის გმპ-დგას მაღლივი კორპუსის მიმდებარედ, თუმცა კორპუსი 10

სადარბაზოსგან შედგება, აბონენტი კი 6-ე სადარბაზოშია, შესაბამისად, სეზონური და საათობრივი გაზის ხარჯის მატებასთან ერთად, ადგილი აქვს ჰიდროსტატიკური წნევის შემცირებას. რასაკვირველია, მომდევნო 4 სადარბაზოში, თუ გავითვალისწინებთ ასეთ ტენდენციას, ჰიდროსტატიკური წნევა კიდევ უფრო შემცირებული იქნება, რაც საყურადღებო ფაქტორია.



ნახ. 19 სანზონა 3 (ზამთარი)



ნახ. 20 სანზონა 3 (24სთ., ზაფხული)

ამავე მისამართზე, განხორციელდა 24 საათიანი წნევების მონიტორინგი, სადაც დასტურდება პიკური და არაპიკური გაზის მოხმარების გავლენა ქსელის

ჰიდროსტატიკურ წნევაზე, სადაც ნათლად ჩანს, რომ ღამის საათებში წნევა ნომინალს 2-ჯერ და მეტჯერ აჭარბებს.

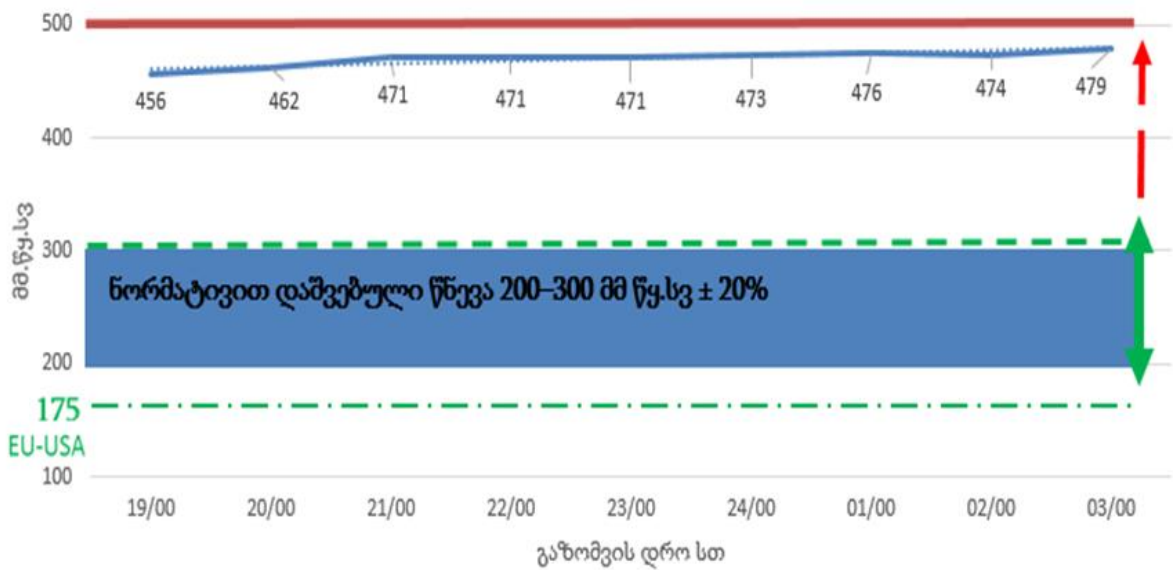
**გაზომვა №4 03.06.2022**

მისამართი: თბილისი. დიღმის მასივი V კვ 9 ე კორპ.

GPS კოორდინატები: N 41°45'33.8" ; E 44°46'13.1".

სიმაღლე ზღვის დონიდან: 427 მ.

ატმოსფერული წნევა 962 hPa.

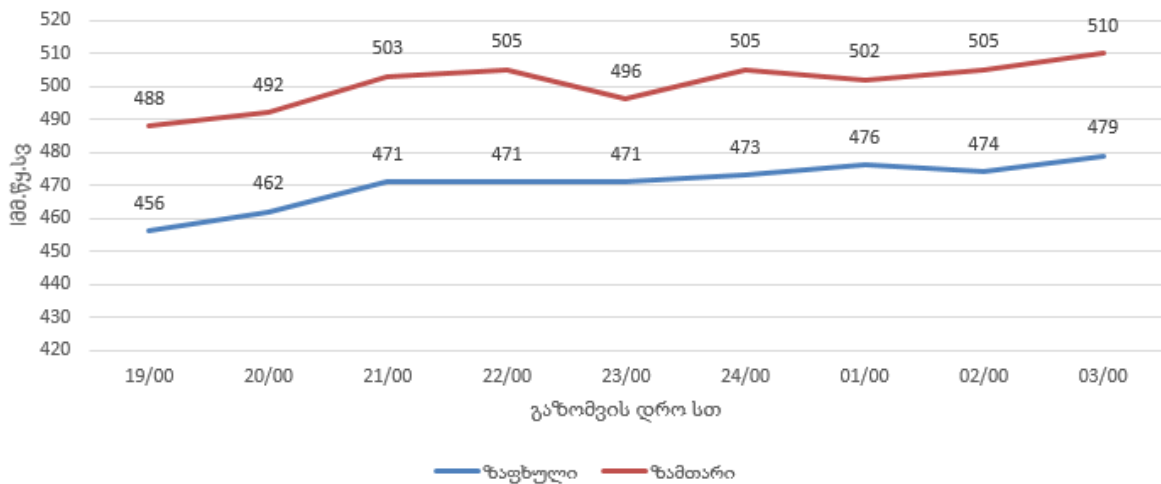


ნახ. 21 დიღმის მასივი (მალღივი კორპუსი)



სურათი №2

მე-8 გრაფიკში მოცემულია, 14 სართულიანი კორპუსის 13-ე სართულზე გაზომილი ჰიდროსტატიკური წნევა. როგორც უკვე ფორმულებიდან და კვლევებიდან ვიცოდით, სიმაღლესთან ერთად წნევა უნდა გაზრდილიყო, რაც დადასტურდა ცალსახად ხდება, რადგან კორპუსიდან გმპ დაშორებულია დაახლოებით 250 მ-ით, ხოლო სიმაღლე 30 მეტრს ბევრად აჭარბებს, რამაც გამოიწვია ქსელში გაზის გაფართოება და წნევაში ასახვა. წნევათა რყევა ფაქტობრივად არ ფიქსირდება აღნიშნულ აბონენტთან გაზის მოხმარების საათობრივ დაკვირვებისას, თუმცა ნარჩუნდება სტაბილურად მაღალი გაუმართლებელი და სახიფათო წნევა. ჩვენივე ნიმინალური წნევის მაჩვენებლებს თითქმის 2.5 ჯერ აღემატება, ხოლო დასავლეთის სტანდარტს კი 3-ჯერ.



ნახ.22 დიღმის მასივი (მალღივი კორპუსი, ზამთარი)



სურათი №3



სურათი №4

იგივე მისამართზე ზამთრის პერიოდის გაზომვებისას შეინიშნებოდა სხვა გაზომვებისგან განსხვავებული ტენდენცია, მიუხედავად იმისა რომ გაზის ხარჯი მაღალი იყო, ჰიდროსტატიკური წნევა ზაფხულთან შედარებით მაღალი დაფიქსირდა, გაზომვები ხოციელდებოდა გათბობის სისტემის მუშაობასთან ერთად, ქვაბის ამუშავების მომენტში წნევა 20–25 მმ.წყ.სვ–ით მცირდებოდა, თუმცა მცირე დროით დალოდების დროს, დინამიკაში, ჰიდროსტატიკური წნევა ქვაბის მუშაობისას ისევ იწევდა. მიუხედავად იმისა, რომ მონაცემები მყისიერად იწერებოდა, დინამიკაში გაზომვის მრუდი სწორხაზოვანი არ გახლავთ. ზამთრის და ზაფხულის პერიოდთან შედარებას თუ დავაკვირდებით, ჰიდროსტატიკური წნევა სტაბილურად 30 და მეტი მმ.წყ.სვ–ით ფიქსირდება. აქვე გამოსაყოფია შემდეგი, ზამთრის დღეებში გაზომვის პერიოდში ჰიდროსტატიკური წნევა სახიფათო ზღვარს სცდება და ფიქსირდება ფეთქებად საშიში ზღვარს ზევით წნევა, ანუ 500 მმ.წყ.სვ–ს აჭარბებს, რაზეც განსაკუთრებული ყურადღებაა გასამახვილებელი. მიღებული მონაცემები ყველანაირ ნორმას სცდება ნეგატიური სცენარის თვალსაზრისით. ამ შემთხვევაში არ არის გამორიცხული საქმე გვქონდეს დინამიური წნევისა და ჰიდროსტატიკური წნევის სინერგიულ ენერჯის ერთობლის ძალებთან, რადგან 14 სართულიანი შენობის მე–13 სართული, ბოლო სართულის დაბოლოების წინა მომხმარებელია და ამ შემთხვევაში გაზს სხვა გასასვლელი არ გააჩნია, ის ჩილში ექცევა და გაზების მოლეკულების მოძრაობის ხარჯზე წნევა კრიტიკულად იზრდება.

#### **გაზომვა №5 27,05,2022**

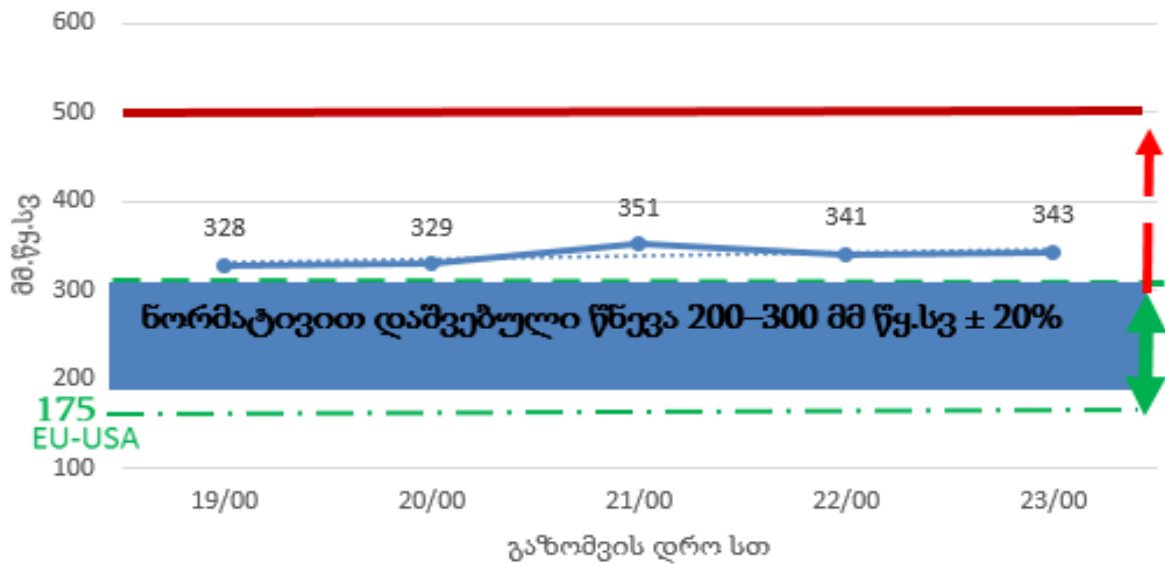
მისამართი: თბილისი. ვაზისუბნის დასახლება 10 კორპ.

GPS კოორდინატები: N 41°42'33.8" ; E 44°51'13.1".

სიმაღლე ზღვის დონიდან: 580 მ.

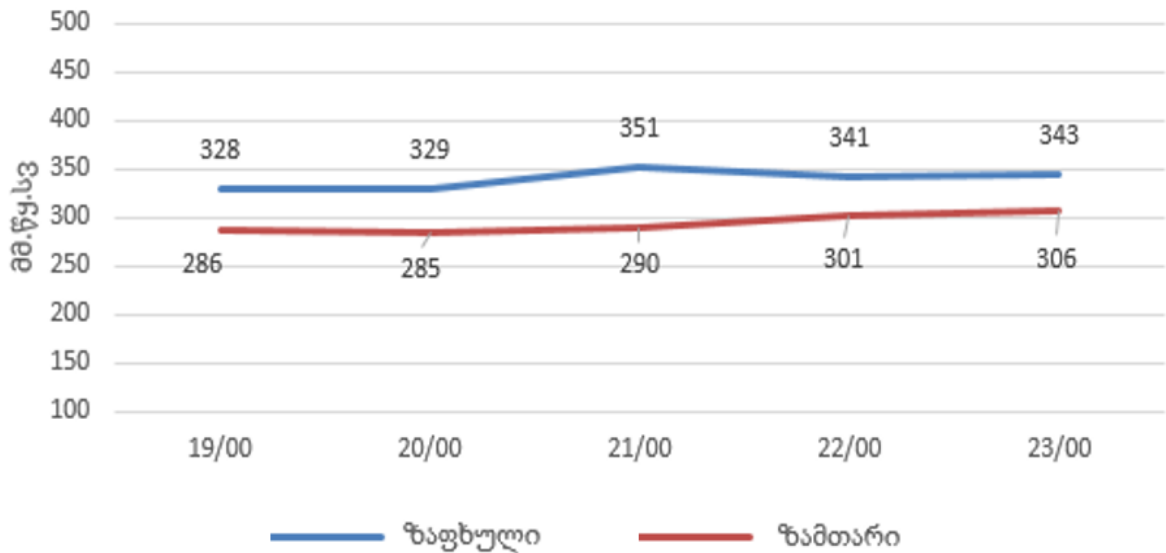
ატმოსფერული წნევა 933 hPa.





ნახ. 23 ვაზისუბნის დასახლება

აღნიშნულ მისამართზე, გაზომვა განხორციელდა მე-10 სართულზე, მიუხედავად სიმაღლისა, ჰიდროსტატიკური წნევა მისაღებ ნორმებში იყო. მართალია ამ შემთხვევაში გვიან, არაპიკური მოხმაარების დროს გაზომვა ვერ მოხდა, თუმცა ტენდენცია ჰიდროსტატიკური წნევების ზრდისა არ შეინიშნებოდა. დასავლური სტანდარტისთვის კი წნევა სტაბილურად 2 – ჯერ მაღალია.



ნახ. 24 ვაზისუბნის დასახლება (ზამთარი)

ამავე მისამართის ზამთრის გაზომვებიც, ლოგიკურ ჩარჩოებში ხვდება, გაზის ხარჯის ზრდასთან ერთად ზოგადად წნევის ვარდნა ზღვრულ ფარგლებშია



მოქცეული. ეს ის იშვიათი შემთხვევა იყო მთელი გაზომვების განმავლობაში, როცა ჰიდროსტატიკური წნევა სტაბილურად ნორმებში ექცეოდა და მაღალი რყევით არ ხასიათდებოდა.

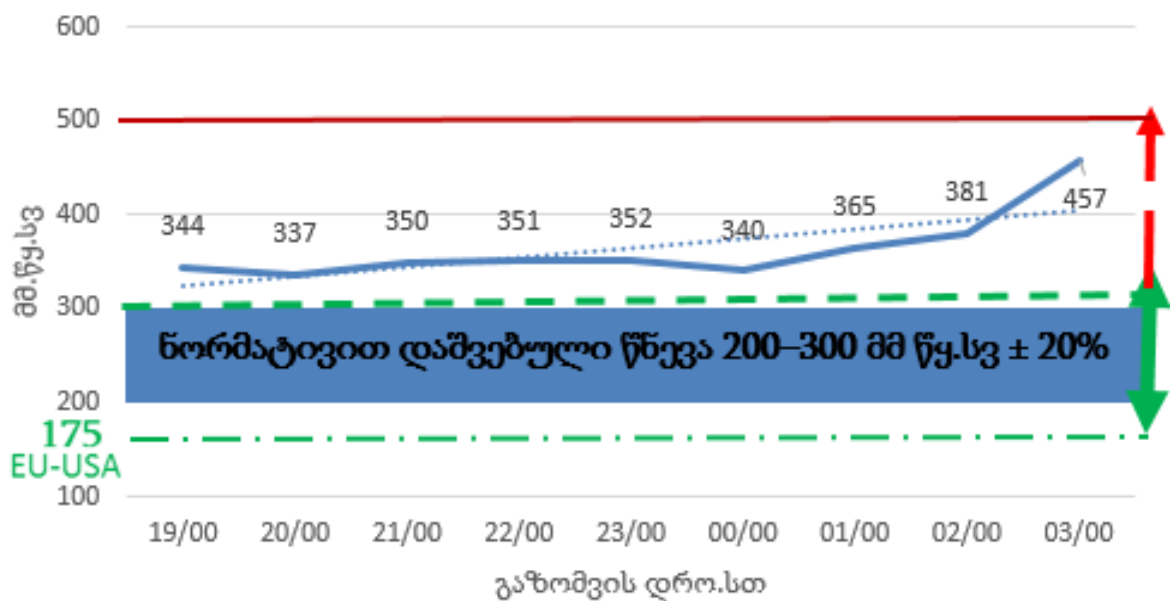
**გაზომვა №6 29,05,2022**

მისამართი: თბილისი. ქავთარაძის 37 კორპ.

GPS კოორდინატები: N 41°43'19.8" ; E 44°43'39.1".

სიმაღლე ზღვის დონიდან: 529 მ.

ატმოსფერული წნევა 954,3 hPa.



ნახ. 25 ქავთარაძის 37 (ზამთარი)

გაზომვა მოხდა ე.გ 5 სართულიან „ხრუმჩოვკის“ 1-ელ სართულზე, გაზომვების უმეტესი ნაწილი ნორმის ფარგლებში ფიქსირდებოდა მონაცემები, მხოლოდ ღამის 3 საათზე დაფიქსირდა მოულოდნელად მაღალი წნევა, ის თითქმის უსაფრთხოების ნორმის ფარგლებიდან გავიდა. ზოგადად კი წნევის მერყეობა 35–40 მმ.წყ.სვ–ს არ გასცდენია, რაც ჰიდროსტატიკური წნევების რყევის დასაშვებ ზღვრებში ჯდება. დასავლურ ნორმებთან შედარებით კი წნევა სტაბილურად 2–ჯერ მაღალია.



სურათი №5

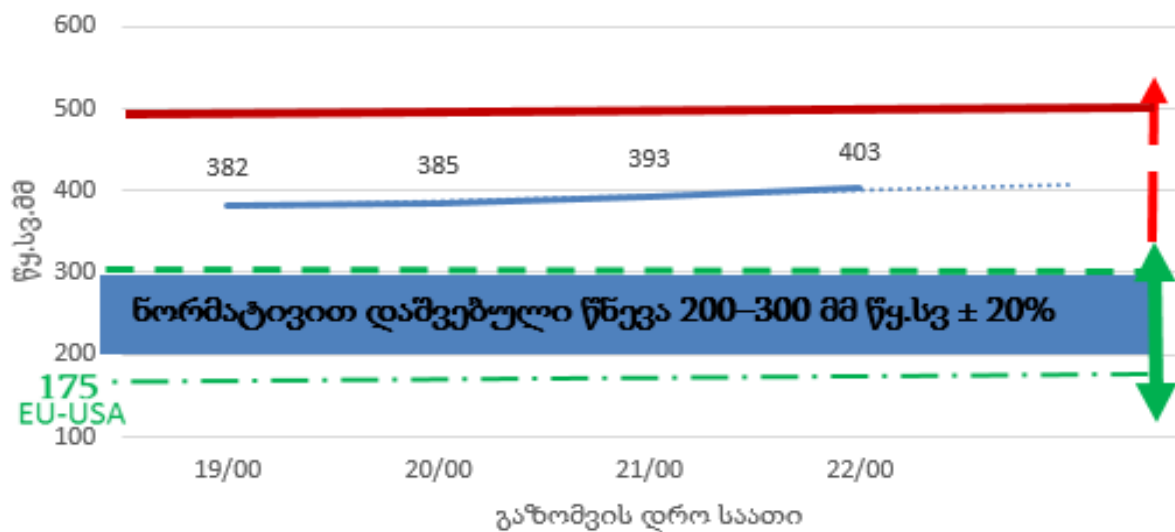
**გაზომვა №7 3,07,2022**

მისამართი: თბილისი. ნუჯუბიძის პლატო, მე-2 მკრ. კორპ 10

GPS კოორდინატები: N 41°43'22.1" ; E 44°43'19.3".

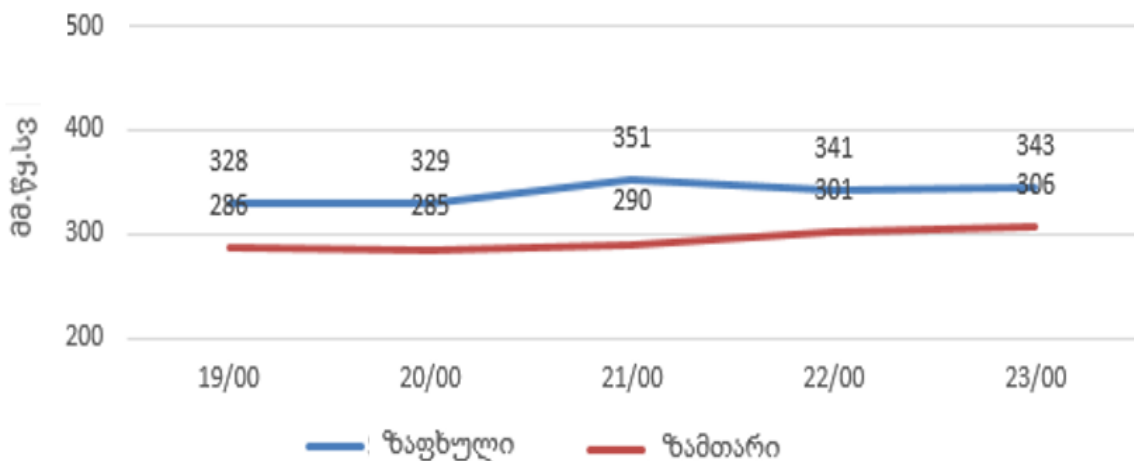
სიმაღლე ზღვის დონიდან: 572 მ.

ატმოსფერული წნევა 945,5 hPa.



ნახ. 26 ნუჯუბიძის პლატო მე-2 მკრ

გაზომვა მოხდა მაღლივი კორპუსის (16 სართულიანი) მე-9 სართულზე, ჰიდროსტატიკური წნევა აქაც სტაბილურად მაღალი დაფიქსირდა, თუმცა დიდი რყევებით არ ხასიათდება. გაზომვების ხანგრძლივობის სიმცირის მიუხედავად არაპიკური გაზის მოხმარების შემცირებისას წნევა მცირედით, თუმცა ზევით მიიწევს. გაზომილი 4 საათის განმავლობაში ჰიდროსტატიკურმა წნევამ მხოლოდ 21 მმ.წყ.სვ ზრდა შეადგინა.



ნახ.27 ვაზისუბნის მე-2 მკრ (ზამთარი)

ანალოგიურად აღირიცხა, ამავე მისამართის ზამთრის პერიოდის გაზომვა, წნევები ნომინალურსა და სტანდარტით დაწესებულ ზღვრებში ჯდება. აქაც იგივე ტენდენციაა წნევის მატებისას არაპიკური გაზის მოხმარების დროს, როგორც სხვა დანარჩენ უმრავლეს გაზომვების მონაცემებში.

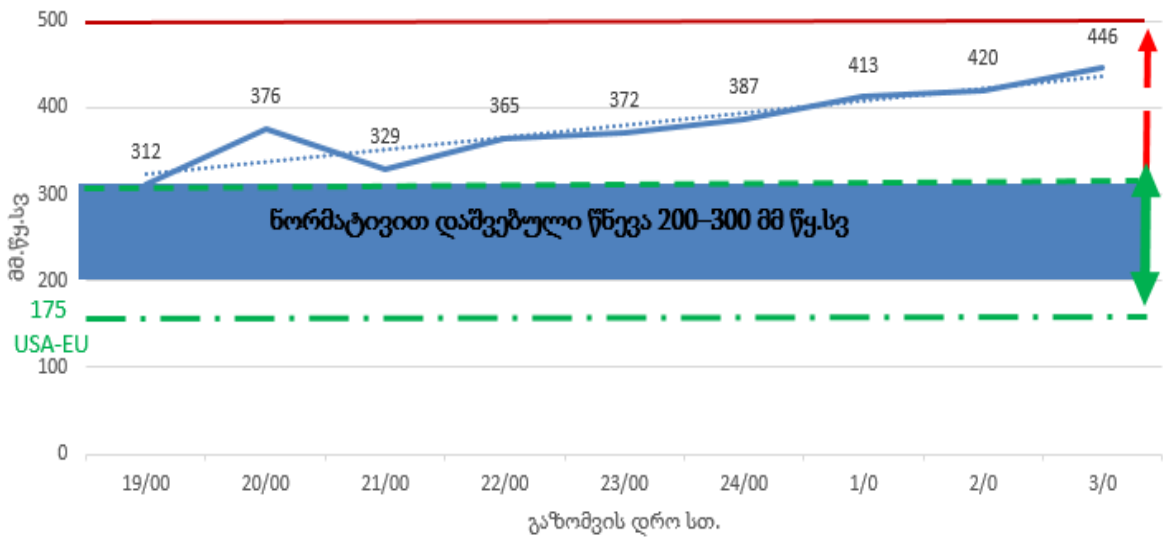
**გაზომვა №8 14,09,2022**

მისამართი: თბილისი. მუხიანის აგარაკები, ვარდისუბნის 9

GPS კოორდინატები: N 41°45'22.1" ; E 44°46'19.3".

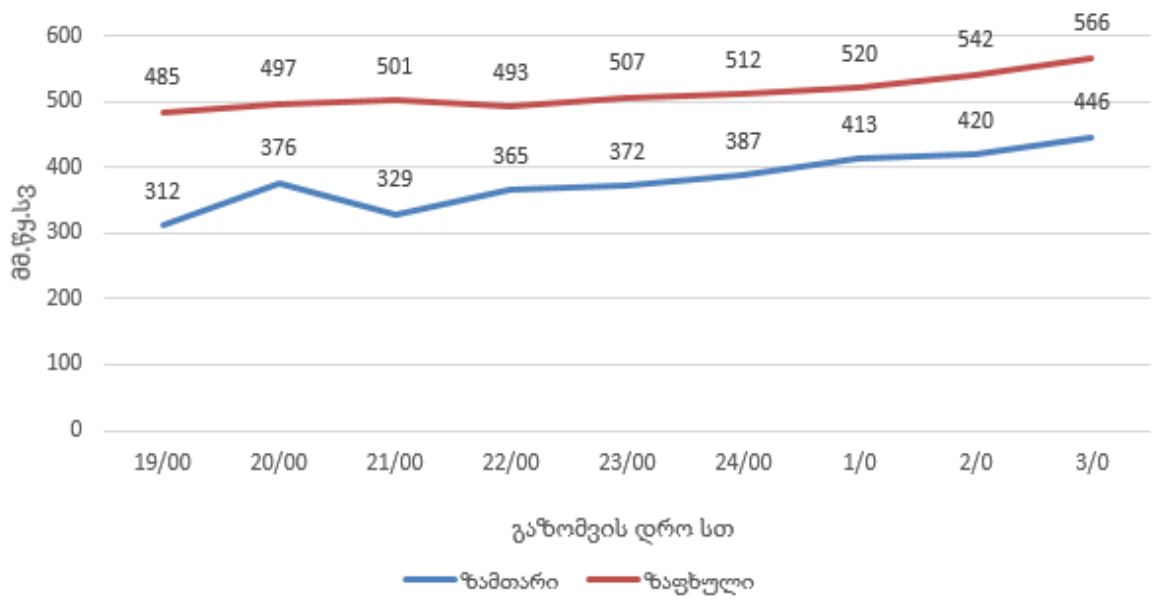
სიმაღლე ზღვის დონიდან: 514 მ.

ატმოსფერული წნევა 953 hPa.



ნახ. 28 მუხიანის აგარაკები

აღნიშნულ მისამართზე, სრულიად შემთხვევით მოხდა გაზომვა. შემოვიდა პირადი შეტყობინება გაზის გაჟონვის თაობაზე. დათვალიერების შემდეგ, აღმოჩნდა რომ დაზიანებული იყო გაზქურა და სანთურიდან ჟონავდა გაზი. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით, საჭირო გახდა გადაგვემოწმებინა ქსელის ჰიდროსტატიკური წნევა. მიუხედავად იმისა, რომ შენობა ერთ სართულიანია, ქსელში დაფიქსირდა, როგორც წნევების მაღალი რყევა, ასევე ნომინალთან შედარებით მაღალი წნევებიც, რაც რაღა თქმა უნდა გმპ-ს გაუმართაობის ან არასწორი ექსპლუატაციის შედეგი უნდა იყოს. შენობა ვაკე ადგილას არის განლაგებული, შესაბამისად ადგილობრივი ხახუნზე დანაკარგების შედეგად, თუ გმპ-ში გამომსვლელი წნევა 300 მმ.წყ.სვ-ია, მრიცხველთან ნაკლები წნევა უნდა დაფიქსირებულიყო, მაგრამ კარგად ჩანს თუ რამხელა სხვაობაა. ღამის 3 საათზე დაფიქსირებული (ნახაზი №30) არაპიკური მოხმარების პერიოდში აფეთქების ზღვარს მიახლოებული მაჩვენებელია შექმნილი (566 მმ.წყ.სვ) ქსელში. სწორედ, ხანგრძლივად ასეთმა მაღალმა წნევებმა, მოკლე დროში გამოიყვანა მწყობრიდან გაზის ხელსწყო და შედეგად შეიქმნა უბედური შემთხვევის ალბათობა.



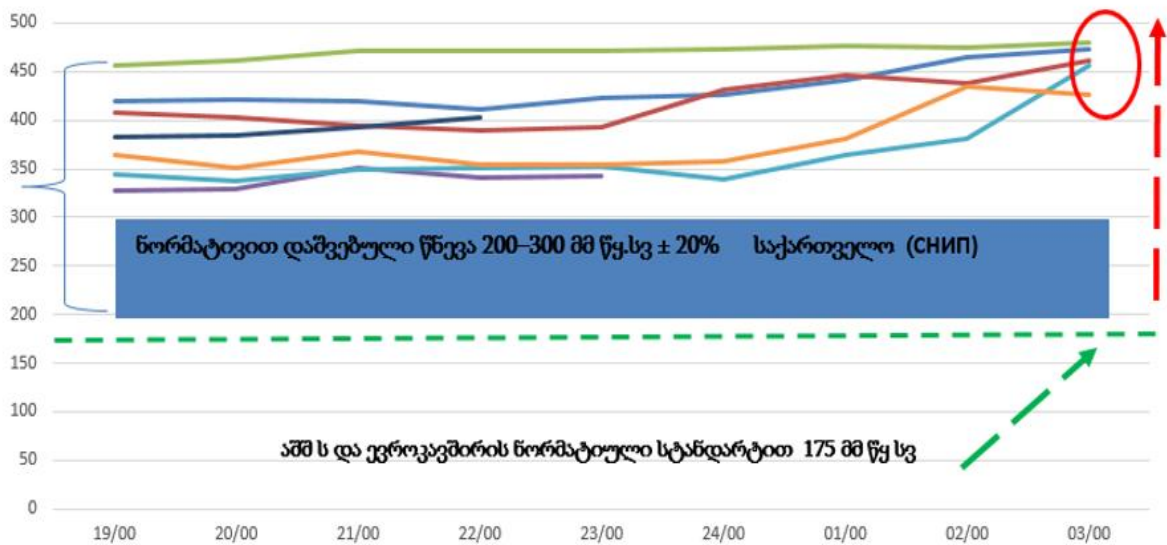
ნახ. 29 მუხიანის აგარაკები



სურათი №6

31-ე მახაზზე მოცემულია ყველა ზაფხულის გაზომვის მონაცემების ერთობლიობა, სადაც ნათლად ჩანს, რომ სამშენებლო და უსაფრთხოების ნორმები,

ფაქტობრივად დაცული არ არის. მათ შორის არ იკვეთება გაზის მოხმარებიდან გამომდინარე წნევების რყევების სტაბილურობა, რაც დამატებით პრობლემას ქმნის გაზის მოხმარებელთათვის, რადგან გაზის ხელსაწყოებს ესაჭიროება სტაბილური გაზის მიწოდება, სადაც წნევების რყევა 15 %-ს არ გადააჭარბებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში პრობლემები შეექმნება აბონენტთან დამონტაჟებულ გაზის ხელსაწყო დანადგარებს, ან უკეთეს შემთხვევაში შეამცირებს მათი მუშაობის და ექსპლუატაციის დროს.

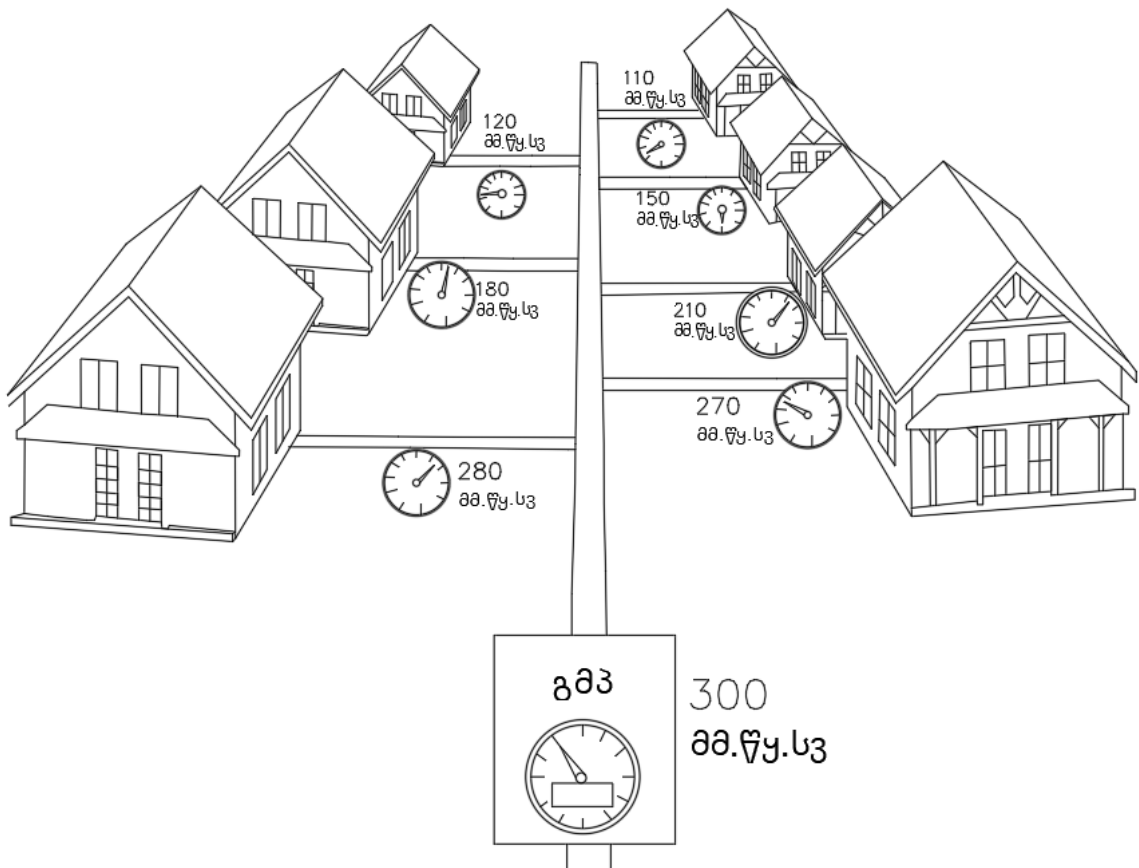


ნახ. 30 საერთო დინამიკა

ასეთი არაერთგვაროვანი წნევის ქონის შედეგად, საკმარისზე მეტი საფრთხე იქმნება მოხმარებლებში, რაც გამოწვეულია ძველი მეთოდების გამოყენების გამო, რადგან ტექნოლოგიები დაიხვეწა და თუ კი ცოტა ადრე გაზის მოხმარებელი იყენებდა ერთ გაზის აპარატს საყოფაცხოვრებო პირობებში, ამჟამად ერთ საცხოვრისში შესაძლებელია 2–3 გაზის მოწყობილობა იქნეს დამონტაჟებული, სწორედ ამიტომ საჭიროა დაქსელვისას ახლებური მიდგომების გამოყენება. ქსელების რეკონსტრუქციისათვის, საბჭოური სტანდარტისა და ევროპული სტანდარტის შერეული მოდელის გამოყენება არის შესაძლებელი, ნახაზ №32-ში, მოცემულია დასახლებული პუნქტის (არამაღლივი) გაზმომარაგების ქსელის მოდელი, სადაც ნაჩვენებია ჰიდრავლიკური სავარაუდო დანაკარგების მოდელირება, ხოლო ნახაზ № 33-ში მოცემულია ახლებური ჰიდრავლიკური რეკონსტრუქცია, გაზის წნევის „სტაბილიზატორის“ გამოყენებით, მუდმივი წნევის

შექმნა საცხოვრისის მრიცხველის წინ, ოღონდ მთავარ გამანაწილებელ მარეგულირებელი პუნქტიდან წნევა ნაცვლად 300 მმ.წყ.სვ – სა უნდა იყოს 500 მმ.წყ.სვ, რათა უზრუნველყოფილ იქნას ქსელში წნევების უმნიშვნელო რყევა და არ იქნას დაშვებული უსაფრღობების ნორმებიდან გამოსვლა. რეკონსტრუქციის ასეთი მოდელი, საშუალებას მოგვცემს ასევე შენარჩუნებული იქნას ნომინალური წნევები და შედეგად ვუზრუნველყოთ, საცხოვრისში განლაგებული გაზის დანადგარების მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტით მუშაობა, რაც საბოლოოდ გამოიწვევს დამატებითი გაუაზრებელი გაზის ხარჯის შემცირებას.

ასეთი ტიპის ქსელები, საქართველოს ზოგიერთ დასახლებულ დაბა-სოფელში უკვე გამოყენებულია, თუმცა იქ საშუალო წნევიდან დაბალ წნევაზე, ინდივიდუალური რეგულატორებით გადადის, ჩვენს შემთხვევაში შემოთავაზებულია სტაბილიზატორი, რაც ფინანსურად შედარებით ნაკლები ღირს ბაზარზე და ადვილად ხელმისაწვდომია. [43]



ნახ. 31 არსებული ნორმებით დადგენილი დაბალი წნევის გაზის ქსელის სქემა

32-ე ნახაზზე მკაფიოდ ჩანს, მარეგულირებელიდან გამოსული წნევა, თანდათან დამორებისა და აბონენტთა სიმრავლის შედეგად როგორ მცირდება

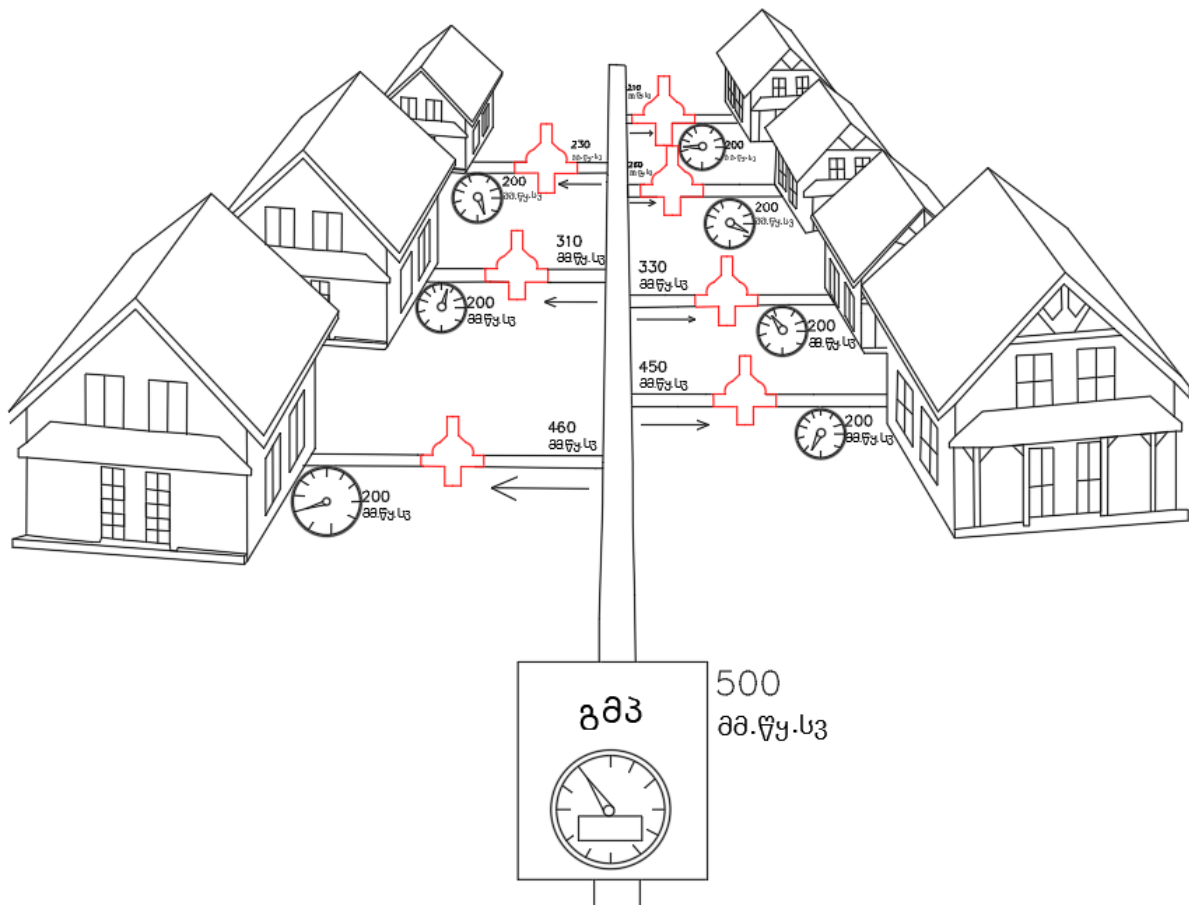
წნევა, დასახლებულ პუნქტში. ნახაზის მიხედვით შეგვიძლია ვთვათ, რომ მე-4 აბონენტის შემდეგ, ნომინალური წნევა არასაკმარისია მოხმარებისათვის რაც გამოიწვევს გაზის დანადგარის მეკ-ს შემცირებას, არასრულ წვას, შედეგად CO-ს ემისიას ან სათავსოში მოხვედრას რაც სიცოცხლისათვის სახიფათო პროცესია, გაზის ხარჯის გაზრდას და სხვა. ამ უარყოფითი გავლენის თავიდან აცილების მიზნით, თან ისე, რომ არ მოგვიხდეს დიდი ხარჯების გაწევა, შესაძლებელია გმპ-დან გაზის საწყისი დაბალი წნევის შესაბამისად (კვლევებში ნათლად ჩანს, რომ წნევა რეალურ ცხოვრებაში გმპ-დან 300 მმ.წყ.სვ-ზე მაღალია), დავაყენოთ 500–600 მმ.წყ.სვ-ის ფარგლებში და აბონენტის მრიცხველის წინ დავაყენოთ დაბალი წნევის სტაბილიზატორი, რაც დაარეგულირებს წნევებს საჭირო სიდიდემდე, თან ისე რომ საწყისი აბონენტიდან ყველაზე მოშორებულ აბონენტამდე, შენარჩუნებული იყოს ერთგვაროვანი წნევა. [45]

აქ შეგვიძლია ვიმსჯელოთ სტაბილიზატორიის გამოყენების ეკონომიკურ ეფექტზეც. მაგალითად 150 აბონენტისთვის დაბალი წნევის ქსელის რეკონსტრუქციისას, საშუალო საათობრივი მოხმარებით 250 მ3/სთ პიკური დატვირთვის შემთხვევაში. წნევის რეგულატორი 300 მმ.წყ.სვ ზე უნდა დავაყენოთ, ხოლო აბონენტების მრიცხველებთან წნევა საშუალოდ 240 მმ.წყ.სვ-დან 160 მმ.წყ.სვ-მდე, რაც დამოკიდებულია გმპ-ს და აბონენტების ერთმანეთთან დაშორებაზე. შესაბამისად, გმპ-დან ახლო აბონენტებს ექნებოდათ გაზის მოწყობილობასთან გაზრდილი დატვირთვა, რაც განსაკუთრებით უარყოფითად აისახება ქვაბების მუშაობაზე ციკლური სანთურის ფუნქციონირებისას, ხოლო მეორე აბონენტთან არ იქნებოდა უზრუნველყოფილი თბური დატვირთვის პასპორტის მახასიათებლები, გარდა ამისა, იარსებებს რისკი. გაზის ქვაბების უნებლიე ჩაქრობაზე ან უკიდურეს შემთხვევაში შეგვხვდებოდა აალებული მოწყობილობები. გაანგარიშებამ აჩვენა, რომ აბონენტთა სახლებში წნევის სტაბილიზატორების დაყენების შემდეგ და დასახლების გაზგამანაწილებელ სადგურში წნევის რეგულატორის დაყენების შემდეგ გამომავალ წნევაზე მხოლოდ 0,02 მპა (200 მმ.წყ.სვ). სადისტრიბუციო ქსელი წნევის რეზერვებით გაიზრდება 13-ჯერ, ხოლო დასახლების გმპ-ს გამომავალი წნევა გავზარდეთ 0,05 მპა-მდე (500 კმმ.წყ.სვ). ამავდროულად, თითოეულ აბონენტს გარანტირებული ექნებოდა გაზის წნევა 200 მმ.წყ.სვ-ის ფარგლებში. რაც მოცემულია 33-ე ნახაზში.[45]



ამრიგად, არსებული დაბალი წნევის გაზის გამანაწილებელი ქსელების განახლების შემოთავაზებული ვარიანტი ერთდროულად რამდენიმე პრობლემას წყვეტს:

1. არსებული მომხმარებლები უზრუნველყოფილნი არიან საიმედო და უსაფრთხო გაზომომარაგებით და შესაძლებლობა ექმნებათ გაზარდონ გაზის მოხმარება დამატებითი სათავსოების გასათბობად;
2. შესაძლებელია არაგაზიფიცირებული საცხოვრებელი კორპუსების, შენობებისა და ნაგებობების დამატებითი გაზომომარაგების შესაძლებლობა;
3. საზოგადოებრივი ორგანიზაციები იღებენ მნიშვნელოვან დამატებით შემოსავალს, რომელიც შეიძლება მიმართული იყოს მათი შიდა ინფრასტრუქტურის განვითარებასა და სხვა მსგავსი პროექტების განხორციელებაზე;
4. მომხმარებელზე მცირდება წნევის დაუშვებელი რაოდენობის მატების ალბათობა, იზრდება უსაფრთხოების დონე. [46]



ნახ.32 ახალი შემოთავაზებული სქემა გაზის დაბალი წნევის სისტემაზე

## 2.15 გაზის წნევის ზრდისა და მისი ვარდნის გავლენა გაზსადენების ქსელების ტექნიკურ და ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. მიღებული შედეგები

გაზის წნევის მატებამ და მისმა ვარდნამ შეიძლება უზრუნველყოს გაზსადენების ქსელების ლითონისა და კაპიტალის მოცულობების მნიშვნელოვანი შემცირება. დაბალი წნევის გაზსადენებში წნევის მატება და მისი გამოთვლილი ვარდნა (მაქსიმალური წნევის ვარდნა გმპ-დან ყველაზე შორეულ მომხმარებლამდე) შეიძლება განხორციელდეს ურბანული გაზმომარაგების სისტემებში მნიშვნელოვანი ცვლილებების გარეშე. ამასთან, დაბალი წნევის გაზსადენების ქსელებში წნევის ვარდნის ზრდა შემოიფარგლება გაზის მოწყობილობების თერმული დატვირთვის სტაბილურობისა და მუდმივობის უზრუნველსაყოფად, რომელიც უნდა იყოს ნომინალურთან ახლოს

ნომინალურ წნევასთან შედარებით მოწყობილობების თბური დატვირთვის 20%-ზე მეტით გაზრდით, ეფექტურობა საგრძნობლად მცირდება, იზრდება ქიმიური წვის პროცესი და აჩქარებულია გაზმოწყობილობის ნაწილების ცვეთა ზედმეტი თერმული დამაბულობის გამო. თერმული დატვირთვის 20%-ზე მეტით შემცირების შემთხვევაში, საჭმლის მომზადებისა და წყლის გაცხელების პროცესი გაცილებით ნელა მიმდინარეობს, ღუმელები არ მუშაობს დამაკმაყოფილებლად და ა.შ. ამჟამად, სამშენებლო ნორმები რეკომენდაციას იძლევა, რომ ბუნებრივი გაზის წნევა დაბალი წნევის ქსელზე ტოლი უნდა იყოს 300 მმ წყლის სვეტის. მოწყობილობებისთვის ნომინალური წნევა 200, მაქსიმუმ 280 და მინიმუმ 160 მმ წყ.სვეტისა. ამრიგად, წნევის მთლიანი ვარდნა 180 მმ წყ.სვ-ზეა. მათ შორის სადისტრიბუციო გაზსადენებში 120 მმ.წყ.სვ და საცხოვრებელი კორპუსების გარე და შიდა ქსელებში 60 მმ. წყ.სვ

ამავდროულად, გაზის წვის მუდმივი სითბოს შენარჩუნების პირობებში, მოწყობილობების თბური დატვირთვა იცვლება 0,7-დან – 1,18 მდე ნომინალური მნიშვნელობის ფარგლებში. გაზის კალორიული ღირებულების რყევების შემთხვევაში მოწყობილობების გამოთვლილი მინიმალური თერმული დატვირთვის 5%-ის ფარგლებში შეიძლება შემცირდეს 0,66-მდე, ხოლო მაქსიმალურის შემთხვევაში გაიზარდოს ნომინალურიდან 1,24-მდე.

როგორც ჩანს, თანამედროვე ღუმელებით შესაძლებელია გამანაწილებელ ქსელებში წნევის ვარდნის გაზრდა 105 მმ წყ.სვ მდე, ანუ, დავუშვათ სითბოს დატვირთვის მკვეთრი რყევები. მოწყობილობის წინ წნევის ცვლილების გამო +15-დან -20%-მდე. ამავდროულად, გაზის წვის ტემპერატურის დაქვეითება მისი ქიმიური შემადგენლობა რყევების გამო საშუალოდ 5%-ით გამოიწვევს ზოგიერთ მომხმარებლისთვის გაზის მაქსიმალური მოხმარება საათების მიხედვით შემცირდეს ნომინალური წვის ეფექტიდან 76%-მდე და ის გავზარდოთ გაზქურაზე წყლის გაცხელების ხანგრძლივობა დუღილამდე 29%-ით მცირდება დატვირთვაზე დროის ხანგრძლივობასთან შეფარდებით. წნევის ვარდნის ასეთი ზრდა, მიუხედავად იმისა, რომ გარკვეულწილად აუარესებს მოწყობილობების გამოყენების პირობებს, მაინც არ გამოიწვევს ქიმიური წვის პროცესის გადაჭარბებულ ზრდას და ეფექტურობის დაქვეითებას. დაბალი წნევის გამანაწილებელ გაზსადენებში წნევის ვარდნის მნიშვნელოვანი შემდგომი ზრდა დასაშვებია მხოლოდ მაშინ, როდესაც მომხმარებლებზე დამონტაჟებულია წნევის რეგულატორები. მიიჩნევა, რომ წნევის რეგულატორების დაყენება შესაძლებელია მხოლოდ ეკონომიკურად მიზანშეწონილ იმ პირობებში, როდესაც მათი ღირებულება (გაყვანილობის დანახარჯებთან ერთად) იქნება ნაკლები, ვიდრე დაბალი წნევის ქსელებზე მიღწეული დანახოგი გაზრდილი წნევების ვარდნის ან მნიშვნელობანი რყევების შემთხვევაში.

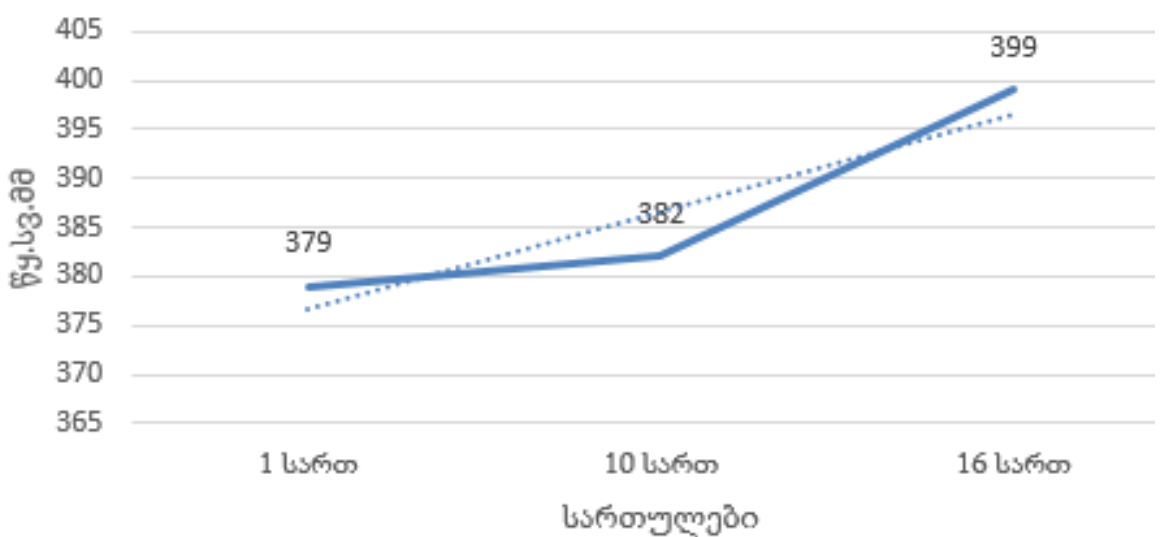
ევროპული და ამერიკის შეერთებული შტატების გაზის სექტორში უსაფრთხოების წესების შესაბამისად, გაზის მომხმარებლებზე დაბალი წნევის ქსელებში რეგულატორ-სტაბილიზატორების დაყენებისას დასაშვებია ძირითად ქსელში წნევა 1000 მმ.წყ.სვ-მდე.

რეგულატორ-სტაბილიზატორის ზღვრული ღირებულების გაანგარიშება განხორციელდა გაზსადენების ქსელებსა და მარეგულირებლებში მთლიანი კაპიტალის ინვესტიციების მინიმუმის საფუძველზე და არა შემცირებული ხარჯების მინიმალურ საფუძველზე, ანუ იმ ვარაუდით, რომ ამ შემთხვევაში კაპიტალის ინვესტიციების მინიმუმი შეესაბამება ან თითქმის შეესაბამება საოპერაციო ხარჯების მინიმუმს.[47]

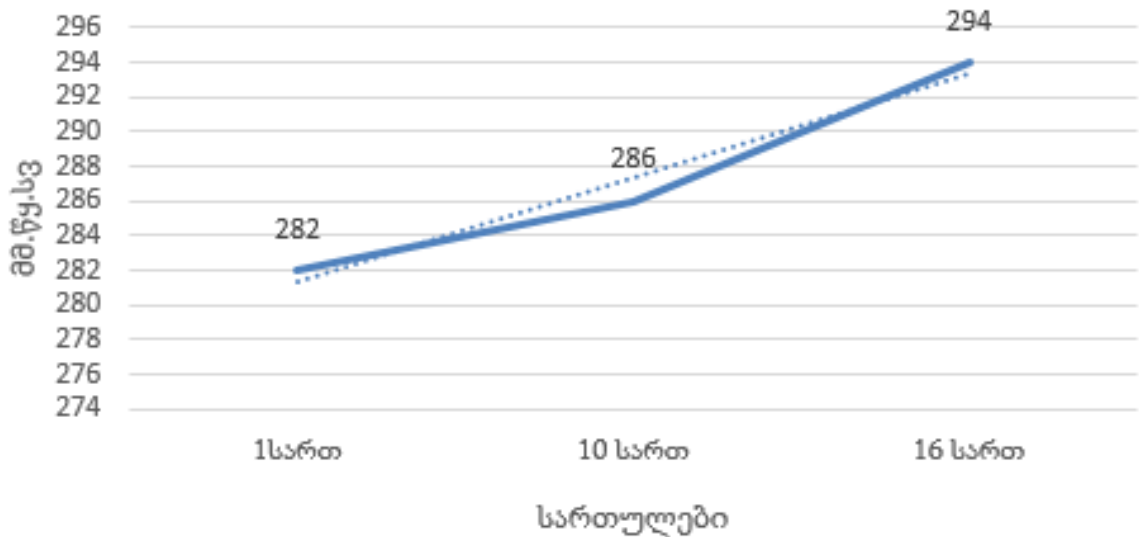
ამასთან, როდესაც გაზის რეგულატორ-სტაბილიზატორები დამონტაჟებულია თხევადი გაზების საყოფაცხოვრებო მომხმარებლებზე, დაბალი წნევის

გაზსადენებში წნევა შეიძლება გაიზარდოს არა 66%-ით, როგორც ბუნებრივ აირზე განსაზღვრული ნორმებით, არამედ 2,5-ჯერ. (0.02-დან 0.05 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე) წნევის ვარდნის შესაბამისი ზრდით. ამავდროულად, სტაბილიზატორ რეგულატორების დაყენების ეფექტი, განსაკუთრებით გაზის გამანაწილებელი მილსადენების დიდი დიამეტრის გათვალისწინებით, მკვეთრად დიდი იქნება, ვიდრე ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირების სისტემებში. თუ უახლოეს მომავალში გადაწყდება ხელოვნური გაზების საფუძველზე საყოფაცხოვრებო გაზომომარაგების სისტემების აშენების საკითხი, მაშინ ამ შემთხვევაში სტაბილიზატორ – რეგულატორების გამოყენების მიზანშეწონილობის საკითხი დეტალურად უნდა იქნას შესწავლილი და როგორც წინასწარ ჩანს, შეიძლება დადებითადაც გადაწყდეს. [48]

ჩვენი თემის მთავარი მიზნიდან გამომდინარე, განსაკუთრებული ყურადღება, რა თქმა უნდა, უნდა გაგვემახვილებინა მაღლივ საცხოვრებელ კორპუსში სიმაღლის მიხედვით გაზის დაბალი წნევის ქსელში ჰიდროსტატიკურ წნევას როგორი დამოკიდებულება ქონდა, ამიტომ ზემოთ მოყვანილი გაზომვების პარალელურად, მოვახდინე ორი განსხვავებული ლოკაციიდან ერთნაირი (16 სართულიანი) პროექტის შენობის პირველი, მეათე და მეთექვსმეტე სართულების წნევების შემოწმება 5 წუთიანი ინტერვალებით რაც ნახაზ 34 და 35 შია მოყვანილი. ნახაზ 34–ის მონაცემები აღებულია ნუცუბიდის 2–ე მკრ–ის ტერიტორიაზე, ხოლო ნახაზ 35–ში მონაცემები აღებულია ვაზისუბნის დასახლების ტერიტორიაზე.



ნახ. 33. 16 სართულიანი საცხოვრებელი მაღლივი კორპუსის ჰიდროდინამიკური წნევის ზრდა ნუცუბიდის პლატო II მკრ



ნახ. 34. 16 სართულიანი საცხოვრებელი მაღლივი კორპუსის ჰიდროდინამიკური წნევის ზრდა ვაზისუბნის დასახლება

ვაზისუბნის წნევა ბევრად ჩამორჩება ნუცუბიძის საწყის წნევას, რაც მიანიშნებს გმპ–დან საწყის გამოსულ წნევის რაოდენობაზე. გაზომვების დინამიკა კი გვიჩვენებს რომ 1–ელიდან მე–10 სართულამდე წნევა მცირედით, თუმცა მატულობს და მათ შორის სხვაობა 6–4 მმ.წყ.სვ–ი შეადგინა, რაც შეეხება მე–10 სართულიდან მე–16 სართულამდე 17 და 8 მმ.წყ.სვ–ი გვიჩვენა, ეს იმ დროს როდესაც 1–ლიდან მე–10 სართულამდე ორჯერ და მეტჯერ მეტია თავდაპირველი წნევები რომელიც 1–ელ სართულზეა დაფიქსირებული, სიმაღლე სართულების მიხედვით, ვიდრე მე–10 სართულიდან 16–სართულამდე. აქედან შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა, რომ რაც უფრო მაღალი იქნება მაღლივი კორპუსი და ზედა სართულებზე მოვახდენთ გაზიფიცირებას, სიმაღლისდა მიხედვით, აუცილებლად ადგილი ექნება ჰიდროსტატიკური წნევების ზრდას. გაზის მოხმარების დინამიკაში, ასეთმა მოვლენებმა შესაძლებელია ნეგატიური გავლენა იქონიოს მაღალ სართულზე მყოფ აბონენტებზე უსაფრთხოების თვალსაზრისით, რადგან არ არის გამორიცხული, რომ წნევამ უცაბედად გადააჭარბოს უსაფრთხოების ნორმებს, ან ისე გაფართოვდეს, რომ თავად მყისიერმა ნამატმა წნევამ ჩააქროს გაზქურის ალი და დაუმწვარმა მეთანმა იწყოს სათავსოში მოდინებამ, რაც ფეთქებად აალებად გარემოს შექმნის უდაოდ.

ასეთი ნეგატიური გავლენის შემზღუდავ ერთ ერთ საშუალებად მოვიაზრებთ, მაღლივი კორპუსის ინდივიდუალურ რეგულატორს პირველი

სართულიდან მეათე სართულამდე, ხოლო შემდეგ კორპუსის მთავარ გდარზე დამონტაჟდეს შედარებით მაღალი გამავლობის წნევის სტაბილიზატორი, ისევე როგორც ნახაზ 36-შია მოყვანილი, ჰიდროსტატიკური წნევის მატებასთან ერთად, რაც ნახაზ № 34 ში და №35 ში ჩანს, თუ ზედა სართულებზე როგორ მკვეთრად მატულობს წნევა, ამის გამო თუ მაღლივი კორპუსი 20-25 სართულს აღწევს და კიდევ უფრო მაღალია, შეგვიძლია წნევის სტაბილიზატორის დაშორება შევამციროთ სართულების მიხედვით და დგარზე დავაყენოთ მე-10 სართულის შემდეგ 16 სართულზე, შემდეგ 20 ზე და ასე შემდეგ, რაც მოცემულია 36-ე ნახაზზე.

გვინდა ასევე წარმოვადგინოთ, პრობლემის გადაჭრის მეორე მეთოდიც, რომელსაც პრაქტიკული ცდების ჩატარება დასჭირდება, თუმცა მისი მეცნიერულ თეორიული შესაძლებლობა, შესაძლებელია წარმოვადგინოთ ნაშრომში. ეს შეეხება დარს-ვეისბახის დაბალი წნევის ჰიდრავლიკური ვარდნის ფორმულას, სადაც  $l/d$  დამოკიდებულებით შეგვიძლია ვისარგებლოთ. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ მილის სიგრძე  $l$  შეფარდებული დიამეტრთან, იწვევს წნევის საანგარიშო ვარდნას. ვინაიდან სართულებს შორის წნევის მატება მმ.წყ. სვ-ის მიხედვით რამოდენიმე ათეულს არ აჭარბებს, შესაძლებლობა იქმნება, სანთურასთან ნაცმის წინ გაზის შესასვლელთან თავად ნაცმის ნახვრეტი დავაგრძელოთ შესაბამისი დიამეტრის მილაკით, რაც მოგვცემს წნევის ვარდნას სანთურის წინ. ანუ ვინაიდან ჩვენს შემთხვევაში, სართულების სიმაღლის მატებით, დანადგართან იზრდება წნევა, იმისათვის, რომ წნევის სიდიდე ნომინალს დავუახლოვოთ, წნევის ნაზრდი უნდა შევამციროთ, რაც შეიძლება გადაიჭრას შემდეგნაირად, სანთურას გააჩნია ნაცმი (ჟიკლიორი), რომელიც უზრუნველყოფს სანთურის შესასვლელზე გაზის სიჩქარის ზრდას, რომელიც საჭიროა იმისთვის, რომ სანთურაში შეიტაცოს პირველადი ჰაერი და შემდეგ სანთურის გვირაბში მოხდეს კარგი შერევა გაზისჰაერისა. ვინაიდან მაღალ სართულებზე სანთურის წინ ნაცმზე ნომინალთან შედარებით გაზრდილია წნევა, შესაბამისად სანთურის მუშაობის პირობები ირღვევა, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მქკ-ს დაქვეითება, CO-ს წარმოშობა, არასრული წვა და სანთურის მწყობრიდან გამოაყვანა, ამიტომ საჭიროა სანთურის სინ, გაზის შესვლამდე, გაზის წნევა დავწიოთ საჭირო სიდიდემდე. ეს კი შესაძლებელია მოხდეს შემდეგნაირად: დარს-ვეისბახის ფორმულის თანახმად წნევის ვარდნა დამოკიდებულია მილის ან ნაცმის სიგრძეზე. ვინაიდან ფორმულიდან ჩანს რომ რამდენჯერაც გავზრდით მილის

სიგრძეს, იმდენჯერ გაიზრდება წნევის კარგვა, ასევე ჩვენ ვიცით, სიმაღლის მიხედვით თუ როგორ იზრდება წნევა, შესაბამისად შესაძლებელია გამოვთვალოთ ნაცმის სიგრძე რამდენით უნდა დავაგრძელოთ, რომ მოცემულ სართულზე წნევა მიუახლოვოთ ნომინალს. ოღონდ ამ შემთხვევაში აუცილებელი პირობა არის, ის რომ მაღლივ კორპუსში, დაბალი წნევის ქსელზე ნორმების ფარგლებში უნდა იმყოფებოდეს წნევა საწყის სართულებზე.

დარს-ვეისბახის ფორმულა დაბალი წნევის მილსადენზე წნევის კარგვის შესახებ:

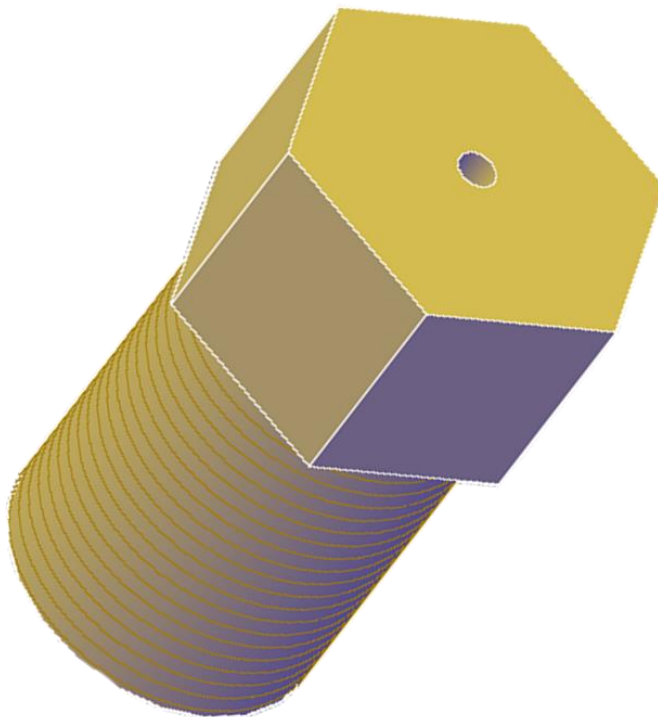
$$H = \frac{l}{D^5} q \frac{W^2}{2} \quad (11)$$

სადაც H – წნევის დანაკარგია;

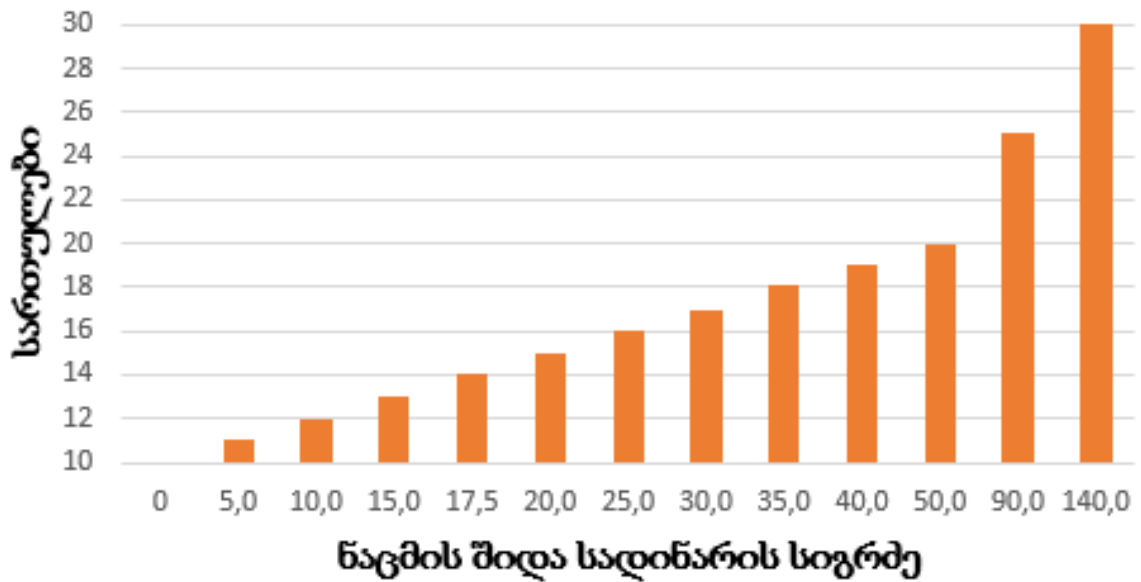
l - ნაცმის (ჟიკლიორის) მილაკის სიგრძე;

D - ნაცმის (ჟიკლიორის) მილის დიამეტრი;

W<sup>2</sup> - გაზის სიჩქარე



ნახ35. გაზქურის ნაცმი (ჟიკლიორი)



ნახ.36 მაღლივი კორპუსების სიმაღლის ზრდის მიხედვით, ნაცმის (ჟიკლიორის) სადინარის დაგრძელების დამოკიდებულება.

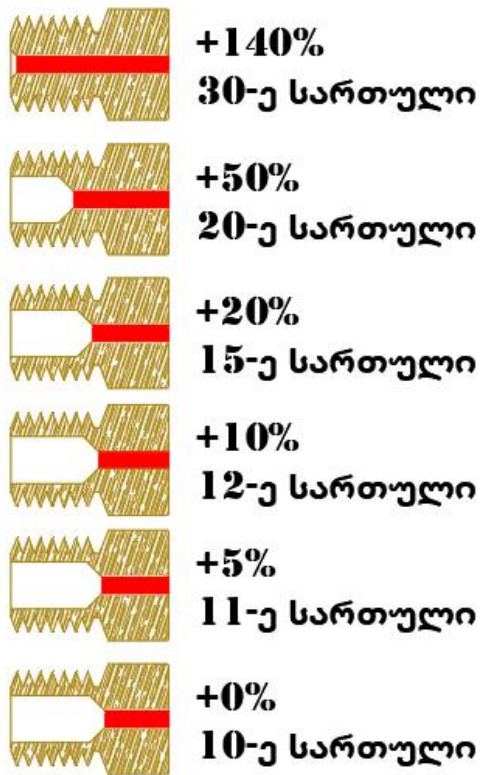
მაღლივ კორპუსში, ნომინალური წნევის მატების შესამცირებლად ნაცმის სადინარის გაზრდის მოდელის ნიმუში

ცხრილი №7

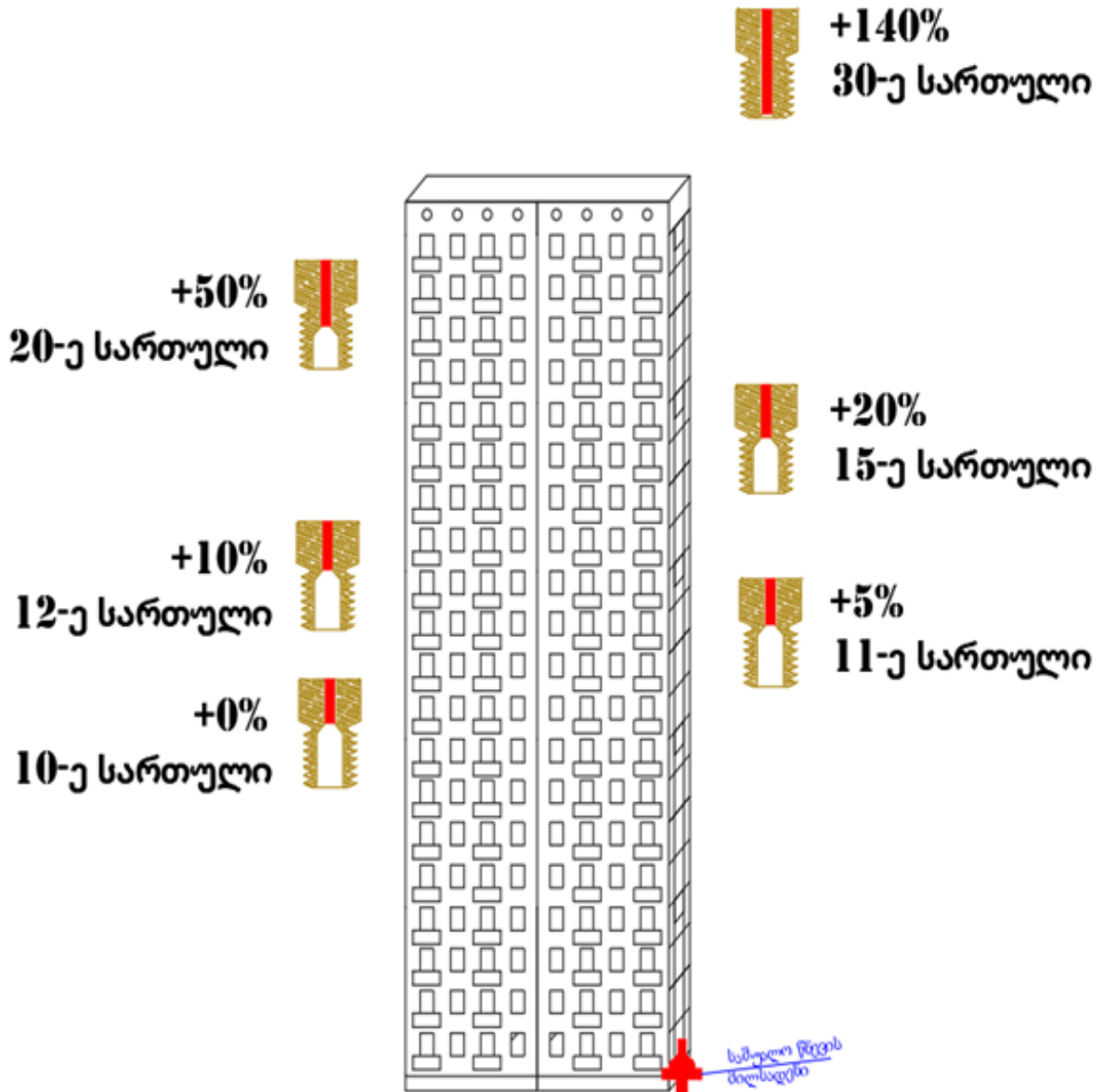
ნომინალური წნევა	ჭარბი წნევა მმ.წყ.სვ	სართული	ნაცმი % (ჟიკლიორი) ზომა
20	20	10	0
20	30	11	5,0
20	40	12	10,0
20	50	13	15,0
20	55	14	17,5
20	60	15	20,0
20	70	16	25,0
20	80	17	30,0
20	90	18	35,0
20	100	19	40,0
20	120	20	50,0
20	200	25	90,0
20	300	30	140,0



თუ კი ვიცით, რომ 10-ე სართულის შემდეგ, ნომინალურმა წნევამ შესაძლებელია გადააჭარბოს გაზდანადგარის ნომინალურ წნევას რამოდენიმე ათეული მილიმეტრის წყლის სვეტის წნევით, ნაცმის სადინარის დაგრძელებით, შესაძლებლობა მოგვეცემა წნევა მივუახლოვოთ გაზდანადგარის ნომინალურ ნიშნულს, ზემოთ მოყვანილი ნახაზი 36 გვიჩვენებს სწორედ, სართულების და წნევის ზრდასთან ერთად, თუ რამდენი პროცენტით უნდა გავზარდოთ თავად ნაცმის გაზის სადინარი ხვრელის მანძილი. ამ გრაფიკისთვის ნაცმის თავდაპირველი ზომა მიჩნეულია 1 სმ სიდიდის. შედეგად მივიღეთ შემდეგი დამოკიდებულება 10-ე სართულზე ნაცმს არ უნდა დაგრძელება, 11-ე სართულზე ნაცმის სადინარი უნდა გავზარდოთ 5 % -ით, 12-ზე 10 %-ით, 20-ზე 50 % და ასე შემდეგ.



ნახ36. მაღლივ შენობაში 10-ე სართულის შემდეგ სიმაღლეზე ნაცმის ბუნებრივი აირის სადინარის (წითლად) სიგრძის დამოკიდებულება % ში, ჰიდროსტატიკური წნევის ზრდის მიხედვით, დარს-ვეისბახის დაბალი წნევის ქსელში, წნევის ვარდნის ფორმულის თანახმად.



ნახ37. სართულების მიხედვით, ნომინალურ წნევასთან მიახლოებისთვის გაზდანადგარში ნაცმის შერჩევის მოდელი

კვლევის პროცესში, ქალაქ თბილისის ერთ ერთ ახალაშენებულ მაღლივ კორპუსში, ერთჯერადად მოგვეცა საშუალება გაგვეზომა მე-20 სართულზე მყოფიაბონენტი პიკის საათის პერიოდში, თანაც ზამთარში ( $\approx 20:00$  სთ), სადაც ჰიდროსტატიკურმა წნევამ 526 მმ.წყ.სვ შეადგინა, ეს მაჩვენებელი კი როგორც უკვე არაერთხელ ავლნიშნეთ ფეთქებად საშიში გარემოა და უსაფრთხოების ნორმებს რბილად რომ ვთქვათ ვერ პასუხობს. ცხადია აქ მნიშვნელოვანი ფაქტორია გმპ-დან რა წნევით მიეწოდება მაღლივ კორპუსს ბუნებრივი აირი, მაგრამ ფაქტი იმისა რომ

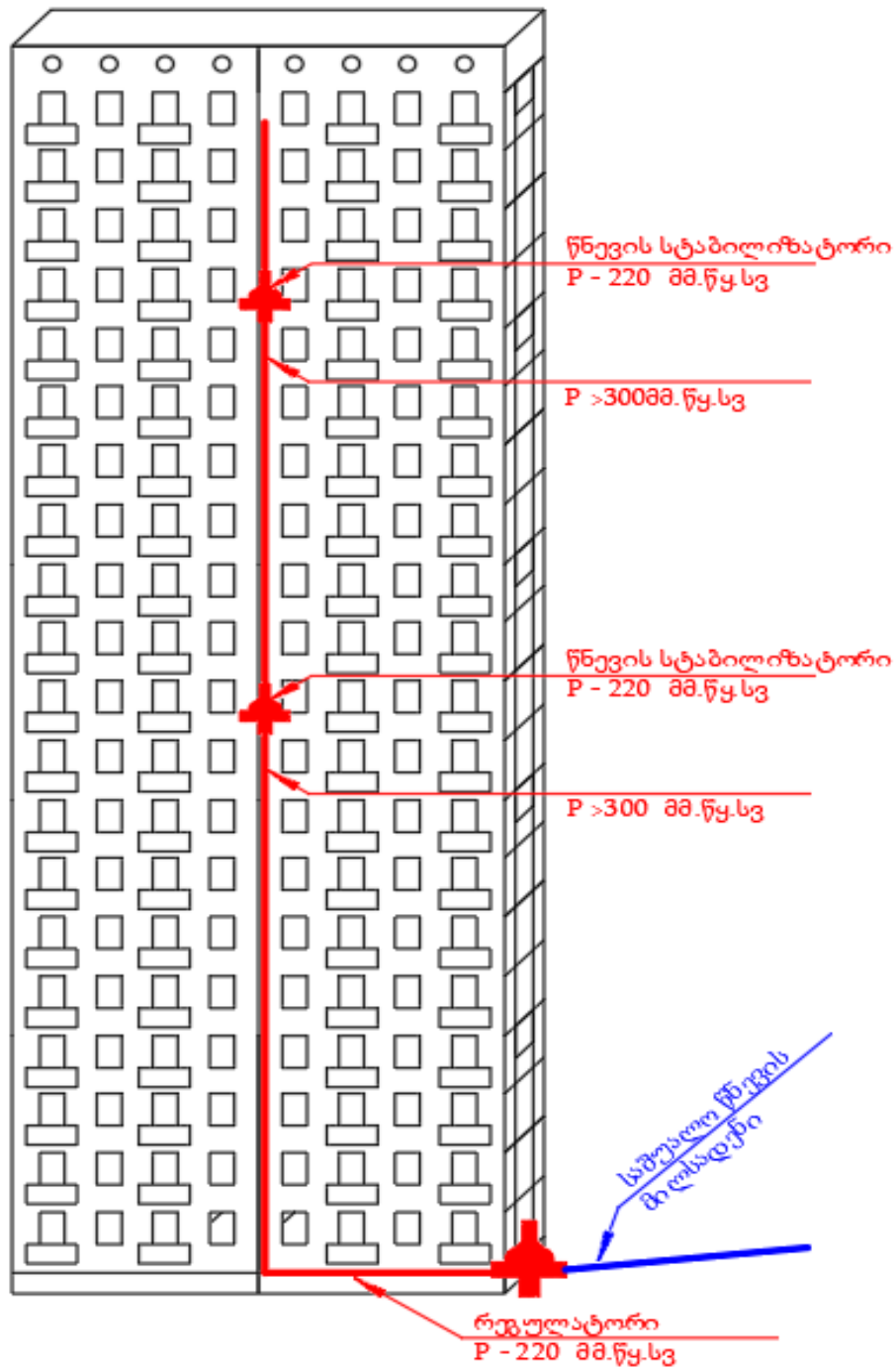
10 სართულის ზევით საცხოვრებელი კორპუსების გაზომვარაგებას ახასიათებს სიმაღლესთან ერთად ქსელში წნევის მატება, ეს გაზომვებმაც დაადასტურა.



სურათი №7

37-ე ნახაზში მოყვანილი წნევების მაჩვენებლები, პირობითია. ამ ნახაზზე გამოსახულია ის შესაძლო გამოსავალი, რაც უზრუნველყოფს გაზის წნევის უსაფრთხოების ნორმების უზრუნველყოფას და მაღლივ კორპუსში გაზის დანადგარების გამართულ მუშაობას. შედარებით ზუსტი გამოთვლისათვის საჭირო იქნება კონკრეტული მაღლივი კორპუსის სამშენებლო პროექტი, ბინების განლაგება, ვენტილაციის პირობები, სახანძრო უსაფრთხოების სისტემის ფორმები სახეობები და სხვა.

რაც შეეხება, თბილისის რელიეფურობას და ადგილობრივი ბუნებრივი პირობის შედეგად მოცულობითი მრიცხველების აღრიცხვის უზალანსობას, ვისარგებლეთ სტანდარტულ პირობამდე დაყვანის ფორმულის მეშვეობით.



ნახ. 38 მაღლივ საცხოვრებელ შენობაში, სიმაღლის მიხედვით გაზის ჰიდროსტატიკური წნევის მატების სტაბილიზაციის მოდელი

ვინაიდან ხელსაწყოებიდან მიღებული მონაცემები აკმაყოფილებდა გამოსაანგარიშებელი ფორმულის ყველა პირობას. ფორმულის მონაცემებში სადაც უნდა ჩაწერილიყო მრიცხველის წნევა, ჩვენს შემთხვევაში გაზომილი მონაცემების საშუალო არითმეტიკული რიცხვი ჩაიწრა. გაზომვების უკლებლივ ყველა მისამართზე, მრიცხველებს ქონდათ ტემპერატურული კორექტორი, რამაც

გამოანგარიშება ბევრად გაამარტივა. გთავაზობთ ყველა აბონენტის გამოანგარიშებას ცალ ცალკე სეზონების მიხედვით:

სტანდარტულ პირობამდე დასაყვანი ფორმულა

$$V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} \quad (12)$$

სადაც –  $V_{მრც}$  – მოცულობა მრიცხველში, მიღებულია 100 მ<sup>3</sup>;

293,15 აბსოლუტური ნული, კელვინი K;

$P_{მრ}$  – წნევა მრიცხველში;

$P_{ბარ}$  – ადგილის ატმოსფერული (ბარომეტრული) წნევა;

101,325 – სტანდარტული ატმოსფერული (ბარომეტრული) წნევა;

$t_{მრ}$  – გაზის ტემპერატურა

### შენგალაიას ქუჩა

$$1. \text{ ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(4,33 \cdot 95,5)}{101,325(273,15 + 20)} = 98,33;$$

$$2. \text{ ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,01 \cdot 95,5)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,02.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 1,67%; ზამთარში – 2,98%.

### ჭობორტის ქუჩა

$$1. \text{ ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(4,18 \cdot 96,6)}{101,325(273,15 + 20)} = 98,93;$$

$$2. \text{ ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,06 \cdot 95,5)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,82.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 1,07% ზამთარში – 2,18%

### სან ზონის დასახლება

$$1. \text{ ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,61 \cdot 95,6)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,81;$$

$$2. \text{ ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(2,52 \cdot 95,3)}{101,325(273,15 + 20)} = 96,74.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 2,19% ზამთარში – 3,26%

### დიღმის მასივი V კვტრ.

$$1. \text{ ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(4,7 \cdot 96,2)}{101,325(273,15 + 20)} = 99,58;$$

$$2. \text{ ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(5 \cdot 96,2)}{101,325(273,15 + 20)} = 99,88.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 0,42% ზამთარში – 0,12%

### ვაზისუბნის დასახლება

$$\text{ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,38 \cdot 95,4)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,49;$$

$$\text{ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(2,93 + 95,4)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,04.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 2,51% ზამთარში – 2,96%

### ქვეთარაძის 37

$$\text{ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,64 \cdot 94,3)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,11.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 2,89%

### ნუცუბიდის პლატო მე-2 მკრ

$$\text{ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,9 \cdot 94,5)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,11;$$

$$\text{ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(4,08 + 94,5)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,29.$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 2,89% ზამთარში – 2,71%

### მუხიანის აგარაკები

$$\text{ზაფხული } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(5,13 \cdot 95,3)}{101,325(273,15 + 20)} = 99,12$$

$$\text{ზამთარი } V_{სტ} = V_{მრც} \frac{293,15(P_{მრ} \cdot P_{ბარ})}{101,325(273,15 + t_{მრ})} = 100 \frac{293,15(3,8 \cdot 95,3)}{101,325(273,15 + 20)} = 97,80$$

აღრიცვისას ცდომილება: ზაფხულში – 0,88% ზამთარში – 2,20%

კვლევების შედეგების მიხედვით ატმოსფერული გავლენის შედეგად, აღრიცხვის უზუსტობის სრული სურათი ცხრილის სახით გამოიყურება ასე (ცხრილი № 8):

ცხრილში კარგად ჩანს, მონაცემების არაეთვაროვნება, რომელიც ცხადია დაკავშირებულია ქსელში არსებულ წნევების არაერთგვაროვნებასთან. ფიზიკური ბუნებიდან გამომდინარე, ვიცით, რომ რაც უფრო მაღალ ნიშნულზე ხდება გაზომვარაგების განხორციელება, მით მეტი უნდა იყოს აღრიცხვის უთანაბრობა, თუმცა რაც უფრო მაღალია ქსელში წნევა, მით ნაკლებია უთანაბრობის პროცენტული მაჩვენებელი, მაგრამ ისიც კარგად ვიცით, რომ დადგენილი უსაფრთხოების ნორმიდან მაღალი წნევისკენ გადახრა ძალზედ საფრთხის შემცველია. მიუხედავად არსებული წნევების მაჩვენებლებისა, ყველაზე მაღალი უთანაბრობის აღრიცხვა დაფიქსირებულია ნუცუბიდის პლატოზე ზაფხულის პერიოდში, რაც ბუნებრივია, რადგან ჩვენი გაზომვების ყველაზე მაღალი ნიშნული ზღვის დონიდან სწორედ რომ, ნუცუბიდის მეორე პლატოზეა, რაც 572 მ-ზეა განლაგებული. ამ ნიშნულზე უთანაბრობამ 3 % მდე შეადგინა. მოცემული

ტენდენციის გათვალისწინებით, ქალაქ თბილისის ტერიტორიაზე, კიდევ უფრო მაღალი ნიშნულებია ურბანულად განაშენიანებული, 2010 წლიდან თბილისის ახალი ტერიტორიები შემოუერთდა და მათი უმეტესობა თბილისის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებულ მთებზეა შეფენილი, მაგალითად წყნეთი, სააგარაკო დასახლებები, ტაბახმელა კიკეთი კოჯორი და სხვა, რომლებიც, 900 და 1200 მ-მდეა ზღვის დონიდან, ცხადია ამ ნიშნულებზე გაზის აღრიცხვის უთანაბრობა პროცენტულად კიდევ უფრო მაღალი პროცენტული მაჩვენებლებით გამოისახება.

**თბილისის გაზის აღრიცხვის უზუსტობის გადათვლა სტანდარტული პირობის დაყვანის ფორმულით**

ცხრილი №8

აბონენტი	სეზონი	$P_{არც}$	$P_{პარ}$	$T_{არც}$	$V_{არც}$	$V_{სტ}$	%
შენგელაია	ზაფხული	4,33	95,3	20	100	98,33	1,67
	ზამთარი	3,01	95,3	20	100	97,02	2,98
ჭოპორტის	ზაფხული	4,18	96,06	20	100	98,93	1,07
	ზამთარი	3,06	96,06	20	100	97,82	2,18
მუხიანის აგარაკები	ზაფხული	5,13	95,3	20	100	99,12	0,88
	ზამთარი	3,8	95,3	20	100	97,80	2,20
სანზონა	ზაფხული	3,61	95,5	20	100	97,81	2,19
	ზამთარი	2,52	95,5	20	100	96,74	3,26
დიღმის მას	ზაფხული	4,7	96,2	20	100	99,58	0,42
	ზამთარი	5	96,2	20	100	99,88	0,12
ვაზისუბანი	ზაფხული	3,38	95,4	20	100	97,49	2,51
	ზამთარი	2,93	95,4	20	100	97,04	2,96
ქავთარაძე	ზაფხული	3,64	95,1	20	100	97,45	2,55
	ზამთარი					0,00	0,00
ნუცუბიძის პლ	ზაფხული	3,9	94,5	20	100	97,11	2,89
	ზამთარი	4,08	94,5	20	100	97,29	2,71

ვინაიდან, დაბალი წნევის ქსელში, წნევების ასეთი არაეთვაროვნება შეგვხვდა, რომელმაც გამოიწვია აღრიცხვის უთანაბრობის შედარებითი უზუსტობა, შევქმენი ახალი პირობითი ცხრილი, სადაც ქსელის წნევები ავლნიშნეთ ყველგან ერთნაირად, უსაფრთხოების ნორმის ფარგლებში და ის ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ცხრილში ავსახეთ, როგორც 280 მმ.წყ.სვ-სა, მიახლოებული



ნომინალური წნევის მაქსიმალურ ზღვართან და შედეგად მივიღეთ შემდეგი სურათი, რაც წარმოდგენილია ცხრილ № 9 –ში.

შეტანილი შესწორების შემთხვევაში ცხრილში სრულიად განსხვავებული სურათი მივიღეთ, აღრიცხვის უთანაბრობის თვალსაზრისით, უთანაბრობის პროცენტული მაჩვენებელი შეიცვალა და შესამჩნევად გაიზარდა, იგივე მაგალითის (ნუცუბიმის) შემთხვევას თუ დავაკვირდებით, 3 % დან 4 % მდე შეიცვალა. შესაბამისად, თუ ნომინალური წნევა ქსელში იქნება უფრო დაბალი, აღრიცხვის უთანაბრობა კიდევ უფრო ამაღლდება, რაც დაფიქსირებულია სანზონის ზამთრის გაზომვებში. აქ დაფიქსირებულმა დაბალმა წნევებმა (შეიძლება ითქვას ნომინალისგან დაბალმა წნევამ), რომელიც ზღვის დონიდან ნუცუბიმს პლატოსგან საკმაოდ დაბლა მდებარებს, აღრიცხვის უთანაბრობის თვალსაზრისით ერთიდაგივე მაჩვენებელი მაჩვენა, ანუ 3 %-მდე, ხოლო შესწორების შეტანის შემდეგ, მათი სხვაობა 1 % ის ფარგლებში ჩაჯდა.

**თბილისის გაზის აღრიცხვის უზუსტობის გადათვლა სტანდარტული პირობის დაყვანის ფორმულით, გაზის ნომინალური წნევის შესწორების შემთხვევაში.**

ცხრილი №9

აბონენტი	სეზონი	$P_{აგ}$	$P_{არ}$	$T_{აგ}$	$V_{აგ}$	$V_{სტ}$	%
შენგელაია	ზაფხული	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
	ზამთარი	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
ჭოპორტის	ზაფხული	2,8	96,06	20	100	97,57	2,43
	ზამთარი	2,8	96,06	20	100	97,57	2,43
მუხიანის აგარაკები	ზაფხული	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
	ზამთარი	2,8	95,3	20	100	96,82	3,18
სანზონა	ზაფხული	2,8	95,5	20	100	97,01	2,99
	ზამთარი	2,8	95,5	20	100	97,01	2,99
დიღმის მას	ზაფხული	2,8	96,2	20	100	97,71	2,29
	ზამთარი	2,8	96,2	20	100	97,71	2,29
ვაზისუბანი	ზაფხული	2,8	95,4	20	100	96,92	3,08
	ზამთარი	2,8	95,4	20	100	96,92	3,08
ქავთარაძე	ზაფხული	2,8	95,1	20	100	96,62	3,38
	ზამთარი	2,8				0,00	0,00
ნუცუბიმის პლ	ზაფხული	2,8	94,5	20	100	96,03	3,97
	ზამთარი	2,8	94,5	20	100	96,03	3,97



## 2.16 მთაგორიან რელიეფზე აღრიცხვიანობის უთანაბრობის პრაქტიკული კვლევა და მისი აღმოჩენის მეთოდოლოგია

როგორც თბილისის მთაგორიანობის შემთხვევაში, გაზის აღრიცხვის უბალანსობამ გამოავლინა, საინტერესო გახდა, კვლევების წარმოება საქართველოს ისეთ რელიეფურ ნაწილში, რომელიც ზღვის დონიდან 1000 და მეტი მეტრით იქნებოდა მაღალი. სწორედ ამიტომ, საკვლევად შეირჩა საქართველოს ერთ ერთი მჭიდროდ დასახლებული ურბანული დასახლება სამხეთ საქართველოში, თრიალეთის ქედის ძირითად ნაწილში ჯავახეთის რეგიონი, კერძოდ კი ახალქალაქისა და ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტები, სადაც დასახლებული პუნქტები, ქალაქები და სოფლები 1700 მ–დან 2100 მ–მდე მერყეობს.

აღნიშნული კვლევის ფარგლებში, თანამშრომლობა შედგა ადგილობრივ განაწილების ლიცენზიანტ კომპანიასთან შპს „ეს ჯი გაზ-კომპანის“–თან, კვლევებიც განხორციელდა მათი თანამშრომლების თანდასწრებით და უშუალო მონაწილობითაც. აღნიშნული კვლევის ინტერესი, ცხადია მათ დაინტერესების სამიზნეც გახლდათ, რადგან გაზის აღრიცხვასთან დაკავშირებით წარმოქმნილი ჰქონდათ ფინანსური უბალანსობა. [50]

ახალქალაქის და ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტების გაზის მიღებული და განაწილებული რაოდენობის უბალანსობის გამოკვლევისას, პირველ რიგში შესწავლილი იყო ადგილობრივი პირობები, ზღვის დონიდან ახალქალაქის და ნინოწმინდის სიმაღლე და კლიმატური პირობები, ასევე დავადგინეთ ახალქალაქის და ნინოწმინდის სათავო მრიცხველების ჩვენებები, თუ რა სიზუსტით ეთანადებოდა ის გაზის მოწოდებული კომპანიის მრიცხველის ჩვენებას. აღნიშნული ინფორმაცია მნიშვნელოვანია, რადგან მათ შორის სხვაობით შეიძლება ვიმსჯელოთ, როგორც აღრიცხული ბუნებრივი გაზის რაოდენობაზე, ასევე მრიცხველების გამართულ ფუნქციონირებაზე. ურთიერთგანსხვავებული ჩვენება და მისი დინამიკა გვიჩვენებს მრიცხველების მუშაობის საიმედოობას. შპს „ეს ჯი გაზ-კომპანის“ მიერ მოწოდებული ინფორმაციით აღნიშნულ მრიცხველთა ჩვენებაში დისბალანსი არ აღინიშნებოდა.

ახალქალაქის და ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტებში გაზის უბალანსობის დასადგენად ადგილზე შევამოწმეთ ატმოსფერული წნევის სიდიდეები (პროცესი

აღწერილია და შედარებულია წნევის ბარომეტრულ ფორმულასთან); შემდეგ გამოვიკვლიეთ მოსახლეობის მრიცხველების ჩვენებები და მრიცხველის მუშა სივრცეში გაზის წნევა, როგორც მუშაობის პროცესში, ასევე გაჩერებულ მდგომარეობაში.

როგორც ცნობილია, გაზის რაოდენობა განისაზღვრება სტანდარტული მოცულებით, მისი ერთეული არის სტანდარტული მ<sup>3</sup>, რომლის წნევა შეადგენს 101.325 მმ.წყ.სვ.-ს, ხოლო ტემპერატურა 20 °C-ს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ბუნებრივი გაზის რაოდენობის განსაზღვრისას წნევა და ტემპერატურა უნდა ეთანადებოდეს სტანდარტულს, ე.ი. გაზის მოცულობის გადათვლა უნდა ხდებოდეს გადაანგარიშებით სტანდარტულ სიდიდეზე, ან მრიცხველები აღჭურვილი უნდა იყოს წნევისა და ტემპერატურის სათანადო კორექტორებით. [10]

კორექტორიანი მრიცხველების გამოყენება, მათი სიძვირის გამო (განსაკუთრებით წნევის კორექტორიანის) იშვიათია, ამიტომ გაზის უზალანსობის შესამცირებლად ბევრი კომპანია მიმართავს უფრო ხელმისაწვდომ ხერხს: გაზის მოცულობა სტანდარტულზე გადაყავთ შესწორების კოეფიციენტის საშუალებით. შესწორების კოეფიციენტი წინასწარ განისაზღვრება მოცემული რეგიონის ზღვის დონიდან სიმაღლის და კლიმატური პირობების მიხედვით, შემდეგ მრიცხველის ჩვენება მრავლდება შესწორების კოეფიციენტზე და მღებული სიდიდე შეესაბამება გაზის სტანდარტულ მნიშვნელობას, რომელიც მიწოდებულ იქნა განაწილების ლიცენზიანტის მიერ. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება საგრძნობლად ამცირებს უზალანსობას მიღებულ და განაწილებულ გაზს შორის, მაგრამ ამ მეთოდის ნაკლი მდგომარეობს იმაში, რომ ატმოსფერული წნევა და ტემპერატურა ხშირად იცვლება და კოეფიციენტში პერიოდულად საჭირო იქნება მცირე შესწორება. [49]

კვლევის შედეგად დავადგინეთ, რომ მოცემულ შემთხვევაში ბუნებრივი გაზის უზალანსობა გამოწვეული არის, ძირითადად, ბუნებრივი პირობებით: ატმოსფერული წნევით, გაზის მომხმარებლის მდებარეობით (ზღვის დონიდან სიმაღლით), კლიმატური პირობების ცვლილებით და გაზის ტემპერატურით, რომლის დასაბალანსებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ან კორექტორების მქონე მრიცხველები, ან უნდა მოხდეს კორექტორების კოეფიციენტების გამოყენებით ხარჯის გადათვლა.

მეტი სიცხადისთვის მოგვყავს გაზის მომხმარებლის მრიცხველის ჩვენების გაანგარიშების მაგალითი უკორექტორო და ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის შემთხვევაში. [52]

## 2.17 მომხმარებლის გაზის მრიცხველის ჩვენების გაანგარიშება და მიღებული შედეგები

მრიცხველში მუშა წნევის განსაზღვრისთვის გამოყენებულ იქნა წნევის გამზომი ხელსაწყო - Pressure manometer GM 510 (Benetech).

მრიცხველის განლაგების ადგილის ზღვის დონიდან სიმაღლე განისაზღვრა Elevation - Altimeter Map აპლიკაციის გამოყენებით, რომელიც GPS (The Global Positioning System) - გლობალური სანავიგაციო სატელიტური სისტემის მეშვეობით ახორციელებს ადგილმდებარეობისა და ზღვის დონიდან სიმაღლის განსაზღვრას, ხოლო ატმოსფერული წნევის განსაზღვრისთვის იყენებს მობილურ ტელეფონში ჩაშენებულ MEMS (MicroElectroMechanical Systems) მიკროელექტრომექანიკურ სისტემას, რომელიც ზომავს და უჩვენებს ატმოსფერულ წნევას Elevation - Altimeter Map აპლიკაციის მეშვეობით.

აბონენტთა მრიცხველში გაზის მუშა წნევა განისაზღვრა გამორთულ და ჩართულ მდგომარეობაში. გაზომვების შედეგები ასახულია ცხრილში N9, ცხრილში N10 და ნახაზზე № 31.

გაზგამანაწილებელ ქსელში გაზის მუშა წნევა განისაზღვრება ჭარბი წნევის სიდიდის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს აბსოლუტური და ატმოსფერული (ბარომეტრული) წნევის სხვაობას:

$$P_f = P_{abs} - P_{ატმ} \quad (13)$$

სადაც:  $P_{abs}$  არის აბსოლუტური წნევა, რომლის ათვლის წერტილს წარმოადგენს აბსოლუტური ვაკუუმი.

$P_{ატმ}$  - დედამიწის ატმოსფერული წნევა.

გაზის მუშა წნევის რეგულირებას და მის ავტომატურ შენარჩუნებას ახორციელებენ გაზის წნევის რეგულატორების მეშვეობით, რომლებშიც გაზის ნორმირებული მუშა წნევის სიდიდის შენარჩუნება ხორციელდება ატმოსფერულ წნევასთან მიმართებით. ვინაიდან გაზომვარაგების ქსელში გაზის წნევა განისაზღვრება აბსოლუტური და ატმოსფერული წნევის სხვაობით – ჭარბი წნევის

ქ. ახალქალაქში სხვადასხვა აბონენტთან გაზის მრიცხველში მუშა წნევები ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე

ცხრილი N10

№	აბონენტი	მისამართი	სიმაღლე ზღვის დონიდან.	ატმოსფერული წნევა, პა	თარიღი			
					03.06.2021		08.06.2021	
					მრიცხველში მუშა წნევა, მმ.წყ.სვ		მრიცხველში მუშა წნევა, მმ.წყ.სვ	
					გამორთული	ჩართული	გამორთული	ჩართული
1	იურა სრმიკიან	რუსთაველის ქ. 55ა	1700	82501	420	394	385	369
2	ლეილა ჩახალიან	შაუმიანის ქ. 26	1710	82369	325	295	303	385
3	სეირან ვეილიან	თბილისის ქ. 72	1718	82318	319	301	320	302
4	ხაჩიკ ცაარიან	მიასნიკიანის ქ. 55ა	1737	82126	360	346	370	355
5	სამველ ჩახმახჩიან	თბილისის ქ. 46	1767	82339	276	260	280	268

ქ. ნინოწმინდაში სხვადასხვა აბონენტთან გაზის მრიცხველში მუშა წნევები ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე

ცხრილი N11

№	აბონენტი	მისამართი	სიმაღლე ზღვის დონიდან.	ატმოსფერული წნევა, პა	თარიღი			
					03.06.2021		08.06.2021	
					მრიცხველში მუშა წნევა, მმ.წყ.სვ		მრიცხველში მუშა წნევა, მმ.წყ.სვ	
					გამორთული	ჩართული	გამორთული	ჩართული
6	სამველ კარსლია	აღმაშენებელის ქ. 64	1932	80169	347	314	350	324
7	სეირან ბდოიან	ა. ხაჩატურიანის ქ. 10	1933	80119	360	327	369	346
8	ვარდანუშ ქსპოიან	თავისუფლების ქ. 56	1970	79792	309	293	314	287
9	არმენ ბდოიან	საარიანის ჩიხი 2	1987	80109	373	325	375	354

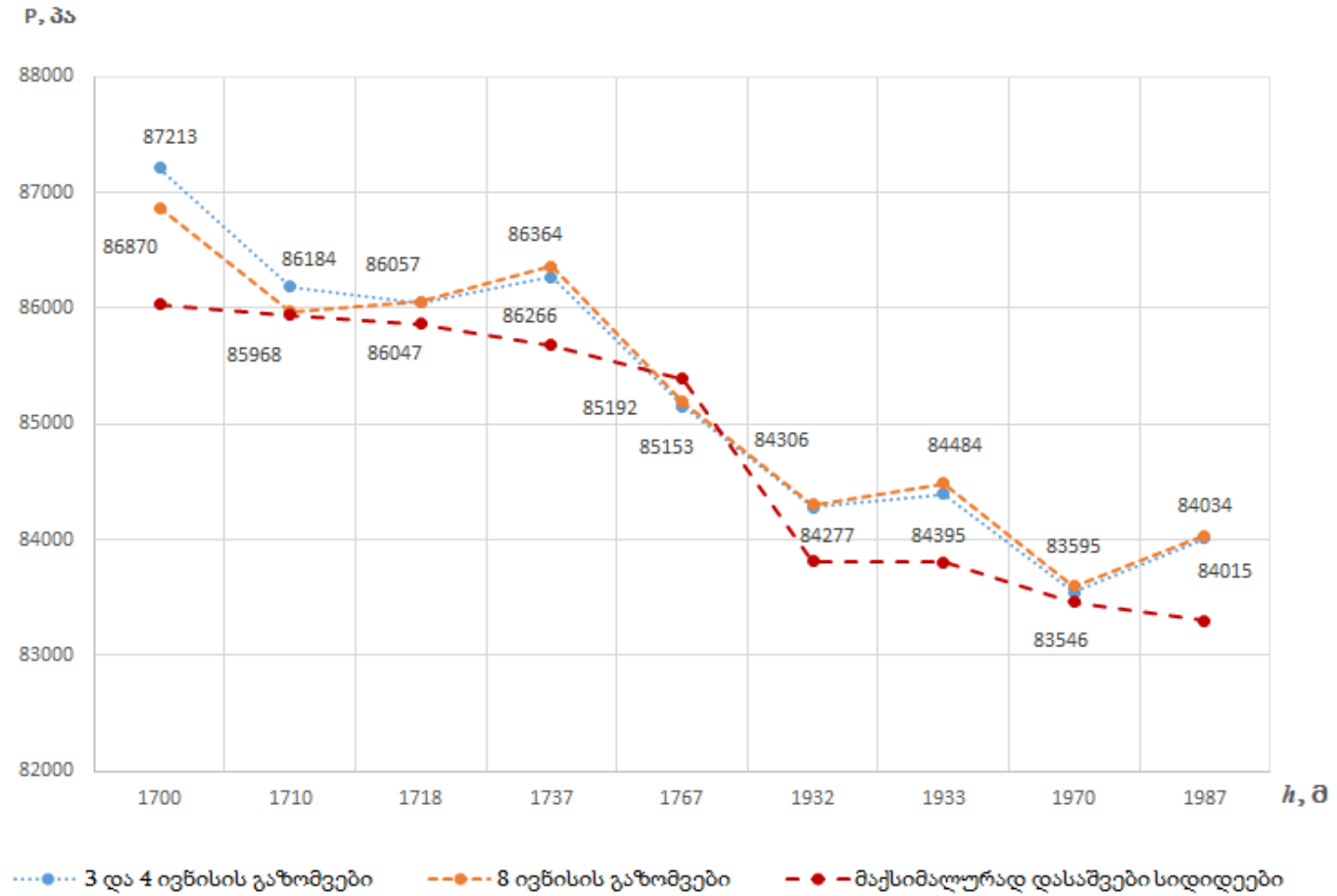
მრიცხველთან გაზის აბსოლუტური წნევის სიდიდეები

ცხრილი № 12

N	თარიღი	სიმაღლე წვეთის დონიდან, მ.	ატმოსფერული წნევა, პა	გაზის ჰარბი წნევა მრიცხველ- თან გამართულ მდგომარე- ობაში, მმ.წყ.სვ	გაზის ჰარბი წნევა მრიცხველ- თან გამართულ მდგომარე- ობაში, პა	გაზის აბსოლუტური წნევა მრიცხველ- თან გამართულ მდგომარე- ობაში, პა
1	03.06.2021	1700	83094	420	4119	87213
2	03.06.2021	1710	82997	325	3187	86184
3	03.06.2021	1718	82919	319	3128	86047
4	03.06.2021	1737	82736	360	3530	86266
5	03.06.2021	1767	82446	276	2707	85153
6	04.06.2021	1932	80874	347	3403	84277
7	04.06.2021	1933	80865	360	3530	84395
8	04.06.2021	1970	80516	309	3030	83546
9	04.06.2021	1987	80357	373	3658	84015
10	08.06.2021	1700	83094	385	3776	86870
11	08.06.2021	1710	82997	303	2971	85968
12	08.06.2021	1718	82919	320	3138	86057
13	08.06.2021	1737	82736	370	3628	86364
14	08.06.2021	1767	82446	280	2746	85192
15	08.06.2021	1932	80874	350	3432	84306
16	08.06.2021	1933	80865	369	3619	84484
17	08.06.2021	1970	80516	314	3079	83595
18	08.06.2021	1987	80357	375	3677	84034

მრიცხველთან გაზის აბსოლუტური წნევის სიდიდეები

ნახ № 39



სიდიდით, ატმოსფერული წნევის ცვლილებისას იცვლება გაზის აბსოლუტური წნევა, ხოლო გაზის მუშა (ჭარბი) წნევა ნარჩუნდება ნორმირებულ ფარგლებში. [53]

როგორც ცნობილია, ატმოსფერული წნევის სიდიდე დამოკიდებულია ზღვის დონიდან მდებარეობის სიმაღლეზე და მისი დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით განსაზღვრა შეიძლება ბარომეტრული ფორმულის მეშვეობით:

$$P = P_0 \exp\left(-\frac{Mg}{RT} h\right), \quad (14)$$

სადაც  $P_0$  არის ზღვის დონეზე საშუალო ატმოსფერული წნევა, პა;

$M$  – აირის მოლარული მასა, (ჰაერისთვის  $M = 0,029$  კგ/მოლი);

$g$  – თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;

$R$  – აირის უნივერსალური მუდმივა,  $R = 8,314$  ჯ/(მოლი·K);

$T$  – აბსოლუტური ტემპერატურა სტანდარტულ პირობებში, K;

$h$  – ზღვის დონიდან სიმაღლე, მ.

შევადართოთ ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში გაზომილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეები ბარომეტრული ფორმულით განსაზღვრულ ატმოსფერული წნევების მნიშვნელობებს (იხ. ცხრილი 13).

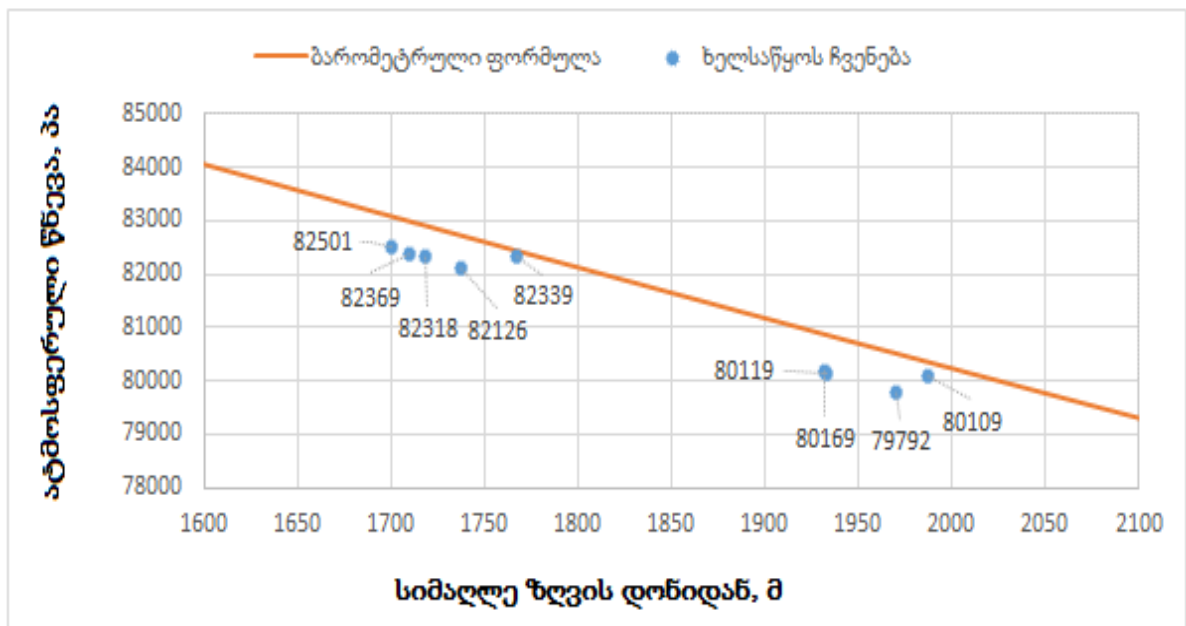
ცხრილი N13

ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე ხელსაწყოს მეშვეობით გაზომილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეების შედარება ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილ ატმოსფერულ წნევებთან

№	სიმაღლე ზღვის დონიდან მ.	ხელსაწყოთი გაზომილი ატმოსფერული წნევა, პა	ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილი ატმოსფერული წნევა, პა	ცდომილება <sup>1</sup> , %
1	1700	82501	83094	0,72
2	1710	82369	82997	0,76
3	1718	82318	82919	0,73
4	1737	82126	82736	0,74
5	1767	82339	82446	0,13
6	1932	80169	80874	0,88
7	1933	80119	80865	0,93
8	1970	79792	80516	0,91
9	1987	80109	80357	0,31

დაზუსტება:

<sup>1</sup>. გამოთვლა წარმოებს ფორმულით  $\frac{(P_{\text{ბარ.ფორ}} \times 100)}{P_{\text{ხელს.}}} - 100\%$ .



ნახ. 40 ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე ხელსაწყოს მეშვეობით გაზომილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეების შედარება ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილ ატმოსფერულ წნევებთან

ცხრილი N13-ის მონაცემებზე დაყრდნობით დადგინდა, რომ ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილი ატმოსფერული წნევების სიდიდეების საერთო ცდომილება შეადგენს 0,68 %-ს, რაც სავარაუდოდ გამოწვეულია გაზომვის ადგილას ამინდის პირობებით. ვინაიდან ცდომილება 1%-ზე ნაკლებია, შემდგომ გამოთვლებში შეგვიძლია ვისარგებლოთ ბარომეტრული ფორმულით გამოთვლილი ატმოსფერული წნევებით.

ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში წელიწადის სხვადასხვა დროს გარე ჰაერის პარამეტრები განვსაზღვროთ საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის 2008 წლის 25 აგვისტოს ბრძანება №1-1/1743 დაპროექტების ნორმები – „სამშენებლო კლიმატოლოგია“, ცხრილი N11 „ჰაერის ტემპერატურის“ მიხედვით (იხ. ცხრილი N14). [51]

„სამშენებლო კლიმატოლოგიის“ მონაცემების მიხედვით გაანგარიშებული წელიწადის დროების საანგარიშო საშუალო ტემპერატურები მოცემულია ცხრილში N15



ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში გარე ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურები  
„სამშენებლო კლიმატოლოგიის“ მიხედვით [50]

ცხრილი N14

№	პუნქტების დასახელება	გარე ჰაერის ტემპერატურა, °C											
		თვის საშუალო											
		იან	თებ	მარ	აპრ	მაის	ივნ	ივლ	აგვ	სექ	ოქტ	ნოემ	დეკ
1	ახალქალაქი	-7,3	-6,1	2,2	4,4	9,6	12,6	15,4	16	12	6,9	1,4	-4,2
2	ნინოწმინდა	-9,6	-8	-4,5	1	7,8	10,4	13,4	13,5	9,6	4,8	-1	-7,4

ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურები  
წელიწადის დროების მიხედვით

ცხრილი N15

თვე	ქ. ახალქალაქი	ქ. ნინოწმინდა
<b>ზამთარი</b>		
დეკემბერი	-4,2	-7,4
იანვარი	-7,3	-9,6
თებერვალი	-6,1	-8
საშ. ტემპ. °C	-5,9	-8,3
საშ. ტემპ. K	267,3	264,8
<b>გაზაფხული</b>		
მარტი	2,2	-4,5
აპრილი	4,4	1
მაისი	9,6	7,8
საშ. ტემპ. °C	5,4	1,4
საშ. ტემპ. K	278,6	274,6
<b>ზაფხული</b>		
ივნისი	12,6	10,4
ივლისი	15,4	13,4
აგვისტო	16	13,5
საშ. ტემპ. °C	14,7	12,4
საშ. ტემპ. K	287,8	285,6
<b>შემოდგომა</b>		
სექტემბერი	12	9,6
ოქტომბერი	6,9	4,8
ნოემბერი	1,4	-1
საშ. ტემპ. °C	6,8	4,5
საშ. ტემპ. K	279,9	277,6

გამოთვლები ვაწარმოთ ჩატარებული გაზომვების საშუალო სიმაღლის მიხედვით, რომელიც ახალქალაქისთვის შეადგენს  $h_{საშ.ახ} = 1726,4$  მ, ამ სიმაღლის შესაბამისი საშუალო ატმოსფერული წნევა შეადგენს  $P_{ატმ.ახ} = 82838$  პა-ს. ნინოწმინდასთვის ჩატარებული გაზომვების საშუალო სიმაღლეა  $h_{საშ.ნინ} = 1955,5$  მ, ხოლო ატმოსფერული წნევაა  $P_{ატმ.ნინ} = 80653$  პა. გამოთვლებისთვის ავიღოთ მრიცხველთან გაზის მუშა (ჭარბი) წნევის საშუალო მონაცემები გამორთული მრიცხველის დროს.

ქ. ახალქალაქში ზამთრის პერიოდში გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა (ცხრილი N 5-ის მონაცემებით) შეადგენს  $-5,9$  °C-ს და შესაბამისად, გარეთ დაყენებული მრიცხველით აღრიცხული გაზის ტემპერატურაც შეადგენს  $T_{გრ} = -5,9$  °C =  $267,3$  K-ს. გაზის ჭარბი წნევის სიდიდედ და ზღვის დონიდან სიმაღლედ მივიჩნიოთ ჩვენს მიერ ჩატარებული გაზომვების საშუალო სიდიდეები, ხოლო ატმოსფერული წნევა განვსაზღვროთ ბარომეტრული ფორმულით (34) გარე ჰაერის ტემპერატურის გათვალისწინებით.

დავუშვათ, რომ განაწილების ლიცენზიანტის მიერ გაცემულ იქნა სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანილი  $V_{სტ} = 100$  მ<sup>3</sup> ბუნებრივი გაზი წნევით  $P_{სტ} = 101325$  პა და ტემპერატურით  $T_{სტ} = 293,15$  K ( $20$  °C). განვსაზღვროთ რას აჩვენებს მომხმარებლის უკორექტორო მოცულობითი მრიცხველი და მრიცხველი, რომელსაც გააჩნია ტემპერატურის კორექტორი. აბონენტთა მრიცხველები განთავსებულია შენობის გარეთ.

მრიცხველთან გაზის მოცულობაზე ტემპერატურის გავლენის განსაზღვრისათვის ვისარგებლოთ იდეალური აირის კანონის პროპორციული ფორმით:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}, \quad (15)$$

სადაც:  $P_1$  და  $P_2$  გაზის აბსოლუტური წნევებია;

$V_1$  და  $V_2$  გაზის მოცულობებია  $P_1$  და  $P_2$  წნევის პირობებში მუდმივი ტემპერატურისას.

$T_1$  და  $T_2$  - გაზის ტემპერატურა კელვინებში კელვინებში, K.

ჩვენი შემთხვევისთვის განტოლება (31) გამოვსახოთ შემდეგი სახით:

$$\frac{V_{სტ} \cdot P_{სტ}}{T_{სტ}} = \frac{P_{აბს.მრ} \cdot V_{მრ}}{T_{მრ}}, \quad (16)$$

სადაც:  $V_{სტ}$  არის მრიცხველით აღრიცხული გაზის მოცულობა დაყვანილი

სტანდარტულ მნიშვნელობამდე, მ<sup>3</sup>, აბსოლუტური წნევისას -  $P_{აბს.მრ}$ , პა;

$V_{მრ}$  - მრიცხველით აღრიცხული გაზის რეალური მოცულობა, მ<sup>3</sup>,

აბსოლუტური წნევისას -  $P_{აბს.მრ}$ .

$P_{სტ}$  - სტანდარტულ პირობებში გაზის აბსოლუტური წნევა  $P_{სტ} = 101325$  პა.

$P_{აბს.მრ}$  - გაზის აბსოლუტური წნევა მრიცხველში, პა;

$T_{სტ}$  - გაზის სტანდარტული ტემპერატურა  $T_{სტ} = 293,15$  K;

$T_{მრ}$  - მრიცხველში გაზის ტემპერატურა, K.

გაზომარაგების ქსელის საყოფაცხოვრებო მრიცხველში გაზის აბსოლუტური წნევის განსაზღვრისთვის შეგვიძლია ვისარგებლოთ ფორმულით (15):

$$P_{აბს.მრ} = P_{ჰ,მრ} + P_{ატმ.მრ} \quad (17)$$

სადაც  $P_{ჰ,მრ}$  არის მრიცხველში გაზომილი ჰარბი (მუშა) წნევა;

$P_{ატმ.მრ}$  - მრიცხველის განლაგების ადგილას ატმოსფერული წნევა.

მაშინ, ფორმულა (17) მიიღებს სახეს:

$$\frac{V_{სტ}}{V_{მრ}} = \frac{(P_{ჰ,მრ} + P_{ატმ.მრ}) \cdot T_{სტ}}{P_{სტ} \cdot T_{მრ}} \quad (18)$$

უკორექტორო მრიცხველის ჩვენება იქნება:

$$V_{მრ} = \frac{V_{სტ} \cdot P_{სტ} \cdot T_{მრ}}{(P_{ჰ,მრ} + P_{ატმ.მრ}) \cdot T_{სტ}} \quad (19)$$

მაგალითის პირობით:

$V_{სტ} = 100$  მ<sup>3</sup>;

$P_{სტ} = 101325$  პა;

$T_{მრ} = 267,3$  K;

$T_{სტ} = 273,15$  K;

$P_{ჰ,მრ} = 335,8$  მმ.წყ.სვ. ვინაიდან  $1$  მმ.წყ.სვ =  $9,807$  პა.  $P_{ჰ,მრ} = 335,8 \cdot 9,807 = 3293$

პა;

$P_{ატმ.მრ}$  - ატმოსფერული წნევის ანგარიშს ვაწარმოებთ ბარომეტრული

ფორმულით (34):

$$P_{ატმ.მრ} = P_0 \exp\left(-\frac{Mg}{RT} h\right), \quad (20)$$

$$P_0 = 101325 \text{ პა};$$

$$M = 0,029 \text{ კგ/მოლი};$$

$$g = 9,807 \text{ მ/წმ}^2;$$

$$R = 8,314 \text{ ჯ/(მოლი}\cdot\text{K)};$$

$T = 267,3 \text{ K}$  (ქ. ახალქალაქში ზამთრის პერიოდის გარე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ცხრილიდან N5);

$h = 1726,4 \text{ მ.}$  (გაზომვების შედეგად დადგენილი ქ. ახალქალაქის საშუალო სიმაღლე)

მაშინ რიცხვითი მონაცემების გამოყენებით და ბარომეტრული ფორმულით განსაზღვრული ატმოსფერული წნევა იქნება:

$$P_{ატმ.მრ} = 101325 \cdot \exp\left(-\frac{0,029 \cdot 9,807}{8,314 \cdot 267,3} \cdot 1726,4\right) = 81239 \text{ პა}. \quad (21)$$

უკორექტორო მრიცხველის ჩვენება იქნება:

$$V_{მრ} = \frac{V_{სტ} \cdot P_{სტ} \cdot T_{მრ}}{(P_{გ.მრ} + P_{ატმ.მრ}) \cdot T_{სტ}} = \frac{100 \cdot 101325 \cdot 267,3}{(3293 + 81239) \cdot 293,15} = 109,29 \text{ მ}^3. \quad (22)$$

იმის გამოსათვლელად, თუ რამდენი პროცენტს შეადგენს აბონენტთან მრიცხველის ჩვენების გადახრა განაწილების ლიცენზიანტის მიერ გაყიდული სტანდარტული გაზის მოცულობასთან ვისარგებლოთ შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{V_{მრ} - V_{სტ}}{V_{სტ}} \cdot 100\% = \frac{109,29 - 100}{100} \cdot 100\% = 9,295 \%. \quad (23)$$

შემდგომი ანგარიში ვაწარმოოთ ანალოგიურად, ცხრილის სახით (იხ. ცხრილი N15)

შპს „ეს ჯი გაზ-კომპანის“ მიერ მოწოდებული ინფორმაციის თანახმად ახალქალაქის რაიონის აბონენტთა 40 % სარგებლობს ტემპერატურის კორექციის მქონე მრიცხველებით. ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველების ჩვენება განსხვავებული იქნება უკორექტორო მრიცხველების ჩვენებისგან.

გამოვთვალეთ აბონენტთან ტემპერატურის კორექციის მქონე მრიცხველის ჩვენება ქ. ახალქალაქის მაგალითზე. საწყისი მონაცემები იგივეა, რაც წინა შემთხვევაში.

ტემპერატურის კორექტორის მქონე მრიცხველით აღრიცხული მოცულობის სიდიდე ატმოსფერული წნევით გამოწვეული ცვლილების გათვალისწინების გარეშე იქნება:

$$V_{\text{მრ}} = \frac{V_{\text{სტ}} \cdot T_{\text{მრ}}}{T_{\text{სტ}}} = \frac{100 \cdot 267,3}{293,15} = 91,18, \text{ მ}^3. \quad (24)$$

**განაწილების ლიცენზიანტის მიერ 100მ<sup>3</sup> სტანდარტული გაზის მიწოდებისას  
აბონენტის უკორექტორო მრიცხველის ჩვენება**

**ცხრილი N16**

დასახლებული პუნქტის დასახელება	მიწოდებული სტანდ. მ <sup>3</sup> გაზი	გარე ჰაერის და გაზის საშუალო ტემპ., K	სიმაღლე ზრვის დონიდან, მ	ატმოსფერული წნევა, კა	გაზის ჭარბი წნევა მრიცხველთან, პა	უკორექტორო მრიცხველის ჩვენება	%
<b>ზამთარი</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	267,3	1726,4	81239	3293	<b>109,29</b>	<b>9,295</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	264,8	1955,5	78708	3429	<b>111,44</b>	<b>11,431</b>
<b>გაზაფხული</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	278,6	1726,4	81968	3293	<b>112,92</b>	<b>12,942</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	274,6	1955,5	79418	3429	<b>114,56</b>	<b>14,565</b>
<b>ზაფხული</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	287,8	1726,4	82529	3293	<b>115,92</b>	<b>15,909</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	285,6	1955,5	80167	3429	<b>118,08</b>	<b>18,087</b>
<b>შემოდგომა</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	279,9	1726,4	82053	3293	<b>113,36</b>	<b>13,356</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	277,6	1955,5	79630	3429	<b>115,53</b>	<b>15,521</b>

იმის გამოსათვლელად, თუ რამდენი პროცენტს შეადგენს აბონენტთან მრიცხველის ჩვენების გადახრა განაწილების ლიცენზიანტის მიერ გაყიდული სტანდარტული გაზის მოცულობასთან (ატმოსფერული წნევის ცვლილების გათვალისწინებლად) ვისარგებლოთ შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{V_{\text{მრ}} - V_{\text{სტ}}}{V_{\text{სტ}}} \cdot 100\% = \frac{91,18 - 100}{100} \cdot 100\% = -8,82 \%. \quad (25)$$

ატმოსფერული წნევის ცვლილების ხარჯზე ზამთრის პერიოდისთვის ქ. ახალქალაქში ზემოთ ჩატარებული გამოთვლების შედეგად მივიღეთ, რომ გაზის მოცულობა იზრდება 9,29 %, ამიტომ ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის

ჩვენება (ატმოსფერული წნევის ცვლებების გათვალისწინებით) სტანდარტულ მოცულობასთან მიმართებაში იქნება:

$$\frac{9,29\%+(-8,82)\%}{2} = 0,238\%, \quad (26)$$

ხოლო ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის ჩვენება იქნება:

$$V_{არ} = V_{სტ} + \frac{V_{სტ} \cdot 0,238\%}{100\%} = 100 + \frac{100 \cdot 0,238\%}{100\%} = 100,238 \text{ მ}^3. \quad (27)$$

აბონენტის ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის ჩვენების ანგარიში, ატმოსფერული წნევის ცვლილებით გამოწვეული გაზის მოცულობის ცვლილების გათვალისწინებით, ვაწარმოთ ანალოგიურად, ცხრილის სახით (იხ. ცხრილი N16).

ვინაიდან რეგიონში უკორექტორო მრიცხველების რაოდენობა შეადგენს 60 %-ს, ხოლო ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველების რაოდენობა შეადგენს 40 %-ს გამოვიანგარიშოთ წელიწადში საშუალოდ რამდენი პროცენტით იქნება განსხვავებული აბონენტთა მრიცხველების მიერ აღრიცხული გაზის მოცულობა ( $V_{არ}$ ) გაყიდული სტანდარტული გაზის მოცულობისგან ( $V_{სტ}$ ).

ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში წელიწადის დროების მიხედვით აბონენტის მრიცხველის საშუალო წლიური პროცენტული გადახრა ვიანგარიშოთ ცხრილის მეშვეობით (იხ. ცხრილი N17).

ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში მრიცხველის ჯამური წლიური ჩვენების ცვლილების პროცენტული მაჩვენებელი ქ. ახალქალაქისთვის არის:

$$12,876 \cdot 0,6 + 3,922 \cdot 0,4 = 9,29 \%,$$

ქ. ნინოწმინდასთვის:

$$14,901 \cdot 0,6 + 4,466 \cdot 0,4 = 10,72 \%,$$

ხოლო საშუალო წლიური ორივე დასახლებული პუნქტისთვის:

$$\frac{9,29\%+10,72\%}{2} = 10,01\%,$$

ამგვარად, ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ რეგიონში აბონენტთა მრიცხველებით აღრიცხული გაზის მოცულობა საშუალოდ წელიწადში  $\approx 10$  %-ით უფრო მეტია, ვიდრე განაწილების ლიცენზიანტის მიერ გაყიდული სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანილი გაზის მოცულობა. უფრო ზუსტი გაანგარიშებისთვის საჭიროა კორექტირების კოეფიციენტების განსაზღვრა და მათი რეალურ პრაქტიკაში გამოყენება, ან ისეთი მრიცხველების დარეგისტრირება საქართველოს სტანდარტებში, რომელსაც ექნება სტანდარტული ან აბსოლუტური პირობების

კორექტორები და ავტომატურ რეჟიმში, მოახდენს შესაბამის პრობებამდე დაყვანას. ასეთ მრიცხველებს ბუწოდებთ „ჭკვიან მრიცხველს“.

განაწილების ლიცენზიანტის მიერ 100 მ<sup>3</sup> სტანდარტული გაზის მიწოდებისას აბონენტის ტემპერატურის კორექტირების

მრიცხველის ჩვენება

ცხრილი N17

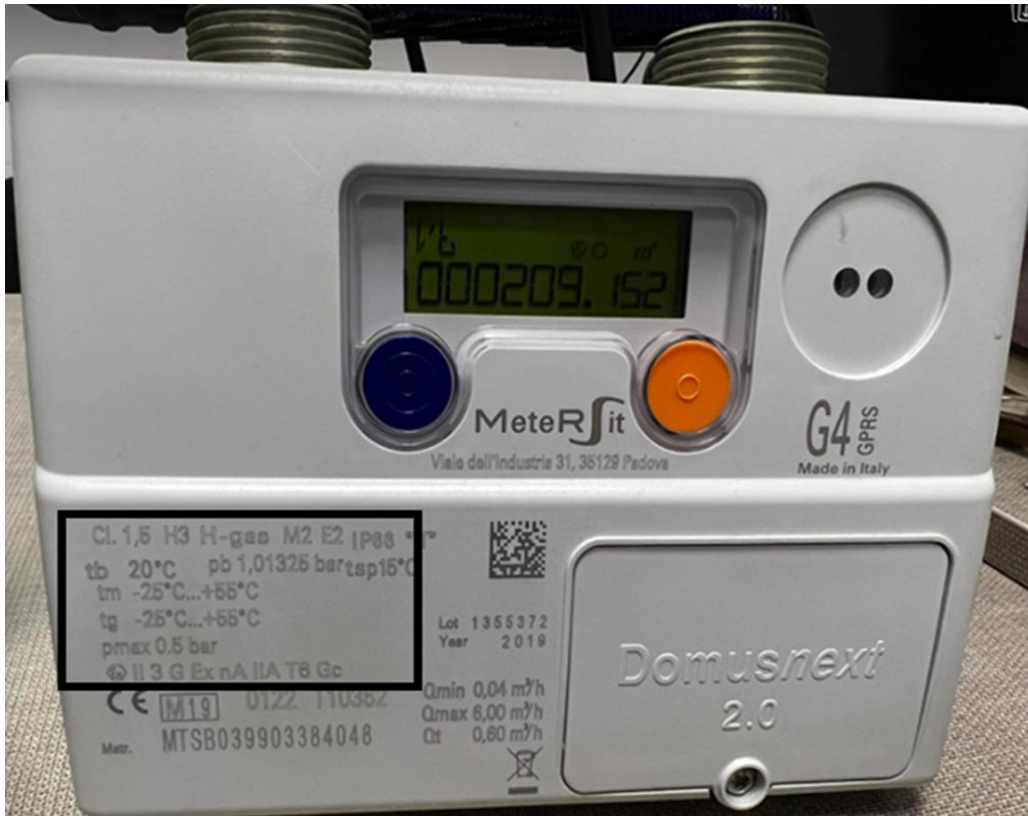
დასახლებული პუნქტის დასახელება	მიწოდებული სტანდარტული მ <sup>3</sup> გაზი	გარე ჰაერის და გაზის საშუალო ტემპერატურა, K	ატმოსფერული წნევის ცვლილებითა და ტემპერატურით გამოწვეული უკორექტორო მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, %	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენება, ატმოსფერული წნევის ცვლილების გათვალისწინებლად, მ <sup>3</sup>	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, ატმოსფერული წნევის ცვლილების გათვალისწინებლად, %	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენება, ატმოსფერული წნევის ცვლილების გათვალისწინებით, მ <sup>3</sup>	ტემპერატურის კორექტირების მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, ატმოსფერული წნევის ცვლილების გათვალისწინებით, %
<b>ზამთარი</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	267,3	<b>9,29</b>	91,18	-8,82	100,24	<b>0,238</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	264,8	<b>11,43</b>	90,33	-9,67	100,88	<b>0,880</b>
<b>გაზაფხული</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	278,6	<b>12,94</b>	95,04	-4,96	103,99	<b>3,990</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	274,6	<b>14,57</b>	93,67	-6,33	104,12	<b>4,119</b>
<b>ზაფხული</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	287,8	<b>15,91</b>	98,17	-1,83	107,04	<b>7,042</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	285,6	<b>18,09</b>	97,42	-2,58	107,76	<b>7,756</b>
<b>შემოდგომა</b>							
ქ. ახალქალაქი	100	279,9	<b>13,36</b>	95,48	-4,52	104,42	<b>4,418</b>
ქ. ნინოწმინდა	100	277,6	<b>15,52</b>	94,70	-5,30	105,11	<b>5,108</b>



ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში წელიწადის დროების მიხედვით აბონენტის მრიცხველის საშუალო წლიური პროცენტული გადახრა

ცხრილი N18

წელიწადის დრო	უკორექტორო მრიცხველის ჩვენების ცვლილება,%	ტემპერატურის კორექტორიანი მრიცხველის ჩვენების ცვლილება, %
<b>ქ. ახალქალაქი</b>		
ზამთარი	9,295	0,238
გაზაფხული	12,942	3,990
ზაფხული	15,909	7,042
შემოდგომა	13,356	4,418
საშუალო წლიური	<b>12,876</b>	<b>3,922</b>
მრიცხველების რაოდენობა	60%	40%
ქ. ახალქალაქში აბონენტის მრიცხველის ჩვენების ცვლილების ჯამური პროცენტული მაჩვენებელი	9,29	
<b>ქ. ნინოწმინდა</b>		
ზამთარი	11,431	0,880
გაზაფხული	14,565	4,119
ზაფხული	18,087	7,756
შემოდგომა	15,521	5,108
საშუალო წლიური	<b>14,901</b>	<b>4,466</b>
მრიცხველების რაოდენობა	60%	40%
ქ. ნინოწმინდაში აბონენტის მრიცხველის ჩვენების ცვლილების ჯამური პროცენტული მაჩვენებელი	10,72	
ქ. ახალქალაქსა და ქ. ნინოწმინდაში მრიცხველის ჯამური წლიური ჩვენების ცვლილების პროცენტული მაჩვენებელი	<b>10,01</b>	



სურათი №8

მაგალითისთვის სურათი № 7 – ში მოცემულია ჭკვიანი მრიცხველი, რომელიც წარმოებულია იტალიაში. მას ჩაშენებული აქვს მიკროელექტრონული პროცესორი, რომელიც ავტომატურ რეჟიმში ახდენს ტემპერატურის და ატმოსფერული დაწნევის ზემოქმედების კალკულაციას და გაზის ხარჯს ზომავს სტანდარტული პირობებით. ასევე შეუძლია დისტანციურად GPS სისტემის გამოყენებით, ლიცენზიატ კომპანიას, დისტანციურად გადასცეს მონაცემები გაზის ხარჯის შესახებ. მისი ღირებულება არ აღემატება დღეს დარეგისტრირებული მოცულობითი მრიცხველების საბაზრო ღირებულებას.

## დასკვნა

1. საქართველოსა და დასავლური გაზის მეურნეობის თეორიული კვლების შედეგად, გამოიკვეთა ერთი მთავარი ფაქტორი, საჭიროა არსებული გაზის სისტემების ეტაპობრივი, ინოვაციურ-ტექნოლოგიური და ქსელური რეკონსტრუქცია.
2. პრაქტიკულმა კვლევებმა დაადასტურა, ქალაქ თბილისში არსებულ დაბალი წნევის ქსელში ნომინალური წნევიდან მნიშვნელოვანი გადახრა, რაც დაუშვებელია უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე. საქართველოში არსებულ ნორმებთან შედარებით, საშუალოდ 2-ჯერ, ხოლო დასავლურ ნორმებს, ზოგ შემთხვევაში 2.7 ჯერ აღემატება.
3. პრაქტიკული და თეორიული კვლევების შედეგად ვასკვნიტ, რომ დაბალი წნევის ქსელის საცხოვრებელი სტრუქტურების ან/და საჯარო შენობების რეკონსტრუქციის მთავარ პრინციპს წარმოადგენს გაზის წნევის კონტროლი, რეგულატორების, ნაკადის მომწესრიგებლის და/ან გაზის წნევის სტაბილიზატორების მონტაჟი და აღჭურვის შესაძლებლობა.
4. პრაქტიკულმა კვლევებმა დაგვიდასტურა მაღლივ საცხოვრებელ კორპუსებში, სიმაღლესთან ერთად დაბალი წნევის ქსელში ჰიდროსტატიკური წნევის მატება, ჩვენს მიერ წარმოდგენილ ნაშრომში, არსებული პრობლემის გადაჭრის ორი ინოვაციური გზა მოიძებნა: 1) მაღლივი კორპუსის გაზსადენის დგარზე მაღლივი შენობების, მაღალ სართულებს შორის წნევის სტაბილიზატორის დაყენება; 2) და უშუალოდ გაზის დანადგარზე, საინჟინრო აღჭურვის თვალსაზრისით, სანთურის წინ ვაყენებთ ისეთ ნაცმს (ჟიკლიორს), რომელსაც ვუცვლით ნაცმის შიდა გაზის სადინარის სიგრძეს, მაღლივი შენობის სართულების მატებასთან ერთად, ნაცმის საქარხნო ზომას დავაგრძელებთ გამოთვლების შესაბამისად. რაც გამოიწვევს სიმაღლის მიხედვით ჰიდროსტატიკური ნამატი წნევის ვარდნას გაზის აღჭურვილობის ნომინალური წნევის მაჩვენებლამდე, ნაცმის და მისი სადინარის სიგრძე დადგინდება შესაბამისი წნევის ვარდნის ფორმულით რომელიც ცნობილია, როგორც „დარს-ვეისბახის“ ფორმულა.
5. კვლევის შედეგად დადგინდა, დაბალი წნევის ქსელში, ნომინალთან შედარებით მაღალმა წნევამ შეიძლება გამოიწვიოს გაზის დანადგარების ექსპლუატაციის სიცოცხლისუნარიანობის შემცირება და დანადგარების მქკ-ს დაქვეითება, შედეგად ვლბულობთ გაზის ხარჯის გაუმართლებელ ზრდას. ჩატარებული პრაქტიკული თუ თეორიული კვლევებით მიღებული შედეგებით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ შემდეგ კომერციულ-ეკონომიკურ, ინდუსტრიულ, სოციალურ უსაფრთხოების ფაქტორებზე: გაზის წნევის სტაბილიზატორის გამოყენების შემთხვევაში გაზის აღჭურვილობის მუშაობისას მიიღწევა შემდეგი ეფექტი: 1. ბუნებრივი აირის დაზოგვა - ბუნებრივი აირის ეფექტური მოხმარებით გაზდანადგარის ექსპლუატაციის დროს მაღლდება მისი მუშაობისთვის განკუთვნილი გაზის ხარჯის ეკონომია, რომელიც ზოგიერთ შემთხვევაში 30%- მდეც კი შესაძლებელია დაფიქსირდეს. 2. გაზის სანთურების საიმედოობა და ექსპლუატაციის ვადის გაზრდა, უზრუნველყოფილია მომხმარებლის

უსაფრთხოება გაზის აპარატურის სანთურების ცეცხლის მოწყვეტის ან შეტაცების ალბათობა, გაზის წნევის მოულოდნელი და გაუთვალისწინებელი მატების დროს; 3. უზრუნველყოფილია სიცოცხლისათვის საშიში CO და NOx წვის პროდუქტების ემისიის გამორიცხვა და საყოფაცხოვრებო გაზის მოწყობილობებში ეკოლოგიურად სუფთა გაზის წვის პროცესის უზრუნველყოფა და შენარჩუნება. 4. დაბალი წნევის გახსადენში გაზის წნევის ცვლილებისას არ არის საჭირო დამატებითი მოწყობილობების დამონტაჟება და წინასწარი რეგულირება. 6. მცირდება ტექნიკური მომსახურეობის სამუშაოს მოცულობა (გაზდანადგარის კონვექციურ ნაწილში და საკვამურში არ არის დაჭვარტიანება).

6. პრაქტიკული და თეორიული კვლევის შედეგად, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ, რომ გაზის ინდივიდუალურ აბონენტებში ძირითადად გვხვდება მოცულობითი მრიცხველები, რომლებსაც მხოლოდ ტემპერატურული კორექტორი გააჩნია (ზოგიერთ შემთხვევაში ისიც არ ააქვს), საქართველოს რელიეფურობიდან გამომდინარე კი, გაზის აღრიცხვისას ვერ უზრუნველყოფს სტანდარტულ პირობებამდე დაყვანას, ამიტომ გაზის აღრიცხვა ამ მაჩვენებლების შესწორების გარეშე, მომხმარებლისთვის დამაზარალებლად აღირიცხება. თბილისის, ახალქალაქისა და ნინოწმინდის კვლევების პროცესში აღრიცხვის უბალანსობამ 4; 9 და 11 % შეადგინა. სწორედ ამიტომ, რათა აღრიცხვის ბალანსი დაცული იყოს აუცილებელია ახალი ჭკვიანი მრიცხველების ჩანაცვლება სამომხმარებლო ბაზარზე, რომელსაც ექნება სტანდარტული პირობის კორექტირების საშუალება ანსემეკმა მიიღოს შესაბამისი გადაწყვეტილება, გაზის აღრიცხვის განხორციელებისას ლიცენზიანტმა კომპანიებმა ისარგებლონ გაზის სტანდარტული პირობის კოეფიციენტის არსებობით.
7. კომერციული, ეკონომიკური და ინდუსტრიული თვალსაზრისით, ბუნებრივი გაზის აღრიცხვის გასწორება, მნიშვნელოვნად დადებითად შეცვლის გაზის მეურნეობაში მომუშავე საჯარო თუ კომერციული ორგანიზაციების ფინანსური ანგარიშგების ურთიერთ შეუსაბამობებს, გაზის ქსელებში გაზის დანაკარგების, ასევე მათი აღმოჩენის გამარტივების გზებს. სფეროში აღიარებული საერთაშორისო სტანდარტების და თანამედროვე შრომის ბაზრის მოთხოვნების შესაბამისად, ახალი ანალიტიკური მიდგომების გამოყენებით, შესაძლებელი გახდება შემუშავდეს სოციალურ სექტორში მოხმარებული გაზის გადასახადის სამართლიანობის ინოვაციური მეთოდი, რაც ასევე დაკავშირებულია გაზის მოხმარების უსაფრთხოების ნორმებთან.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Ионин А.А., (2016) Газоснабжение (4ое изд). Москва: Транспортная компания., 440с.
2. ჭაღიაშვილი გ. (2000). მოპოვებული ნავთობის შეკრება-მომზადება, ნედლი ნავთობის ტრანსპორტირება. სტუ. საბაკალავრო ნაშრომი. 62გვ.
3. მესტვირიშვილი შ., დენისოვა ირ. (2020). გაზმომარაგება. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ 200გვ.
4. NS Energy (2019). Profiling the world’s major oil and gas pipeline projects. Retrieved April 18, 2023, from <https://www.nsenergybusiness.com>
5. მუსერიძე ა. (1979). აირმომარაგება. ნაწილი II. თბ. „განათლება“, 295გვ.
6. მესტვირიშვილი შ., დენისოვა ი., ჭაღიაშვილი გ., მაღლივი კორპუსების გაზმომარაგება. სტუ-ს შრომები. 2021, 2(520). გვ.188-194.
7. Чурилин А.В., Демичева Л.В. (2014). Пункты редуцирования газа. Изд. ФГБОУ ВПО “ТГТУ”, 92с.
8. PHCPro. (n.d.). Using Pressure Regulators for Site Distribution in Natural Gas Pipelines. April 18, 2023, from [www.phcpro.com](http://www.phcpro.com)
9. Vassilev V.M., Kostadinov K.V., Ivailo M. Mladenov I.M., Shulev A.A. (2011). Cell Membranes Under Hydrostatic Pressure Subjected to Micro-Injection. AIP Conference Proceedings, vol 1340:234-240. <https://doi.org/10.1063/1.3567141>
10. Ashcroft inc. (n.d.). Oil & Gas: Pressure and temperature instruments for the Oil & Gas industry. Retrieved April 18, 2023, from <https://www.ashcroft.com>
11. Кулебякин В.В. (2015). Методы и приборы для измерения давления. Минск, БНТУ, 36с.
12. Sensus inc. (n.d.). Smart Gas: Installation and Maintenance Instructions. Retrieved April 18, 2023, from <https://sensus.com/>
13. Mueller D., Yang H., Peltz A., Alexander T. (2018). Foundational Elements of Underground Gas Storage Practices, A U.S. and China Perspective. Environmental Defense Fund, 54p. Retrieved April 18, 2023, from <https://www.edf.org>
14. ჭაღიაშვილი გ. (2003). საქართველოში მიწისქვეშა გაზსაცავების მოწყობის პერსპექტივები. სტუ. სამაგისტრო ნაშრომი. 78გვ.

15. Артихович В.В., Волчек Е.А. (2015). Расчет газовых горелок. Минск, БНТУ, 81с.
16. Rutkowsky M.A., Shybeka A., Halynia K.I. (2018). Hydraulic Calculation of Copper Pipelines for Heating and Internal Gas Supply Systems. Science & Technique 17(6):508-514 <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-6-508-514>
17. საქართველოს ნავთობის და გაზის კორპორაცია. (n.d.). ბუნებრივი გაზი. ნანახია: 18 აპრილს 2023. <https://www.gogc.ge>
18. Стаскевич Н.Л. (1954). Газоснабжение городов, том I. Ленинград, Гостоптехиздат, 626с.
19. ცაგარელი ა. (2006). გაზმომარაგების ცნობარი. თბ. უნივერსალი, 471გვ.
20. Potocnik P. (2010). Natural Gas. London, IntechOpen, 616p. <http://dx.doi.org/10.5772/9804>
21. Marija Z., Galovic A., Avsec J., Barac A. (2019). Application of Gas Condensing Boilers in Domestic Heating. Tehnicki Vjesnik 26(3): 681-685. <http://dx.doi.org/10.17559/TV-20180831125929>
22. Addai E.K., Gabel D., Ali H., Krause U., (2016). Minimum Ignition Temperature of Dusts, Gases, and Solvents Hybrid Mixtures. Combustion Science and Technology 188(11-12): 1693-1704. <http://dx.doi.org/10.1080/00102202.2016.1211447>
23. Пилипенко Н.В. (2016). Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений. Изд. Университет ИТМО, 54с.
24. Современные Технологии Производства. (2019). Природные газы: Методы сжигания газов и эффективного использования. Retrieved April 18, 2023, from <https://extxe.com>.
25. გაზის ტრანსპორტირების კომპანია. (n.d.). გაზიფიცირება. ნანახია: 18 აპრილს 2023. <https://www.ggtc.ge/ka/CurrentProjects>
26. თბილისი ენერჯი.(n.d.). ნანახია: 18 აპრილს 2023. <https://te.ge/ka>.
27. საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახური.(n.d.). ენერგეტიკა. ნანახია: 18 აპრილს 2023. <https://www.geostat.ge>
28. საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №12. (09/07/2009). ბუნებრივი გაზის მიწოდებისა და

მომხმარებლის წესების დამტკიცების შესახებ. ნაწახია: 18 აპრილს 2023

<https://matsne.gov.ge>

29. Folga S.M. (2007). Natural Gas Pipeline Technology Overview: Environmental Science Division. Argonne National Laboratory, 68p. April 18, 2023, from [www.anl.gov](http://www.anl.gov)
30. U.S. Department of Transportation, DOT (2017). Guidance Manual for Operators of Small Natural Gas Systems. 193p. April 18, 2023, from [www.phmsa.dot.gov](http://www.phmsa.dot.gov)
31. Filippitsch C., Seuster M. (2016). Gas Regulation in the European Union. Norton Rose Fulbright 11p. April 18, 2023, from <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=9c03e0a4-7ee7-47a3-8244-7e2cdbece188>
32. European Sources Online, ESO (n.d.). Regulation (EU) 2022/1032 amending Regulations (EU) 2017/1938 and (EC) No 715/2009 with regard to gas storage. Retrieved April 18, 2023, from <https://www.europeansources.info>
33. 34 Deveau J., Hughes B. (2019). Over-Pressure Protection for Natural Gas Distribution Systems. Pipeline & Gas Journal, 246(3). Retrieved April 18, 2023, from <https://pgjonline.com>
34. American Gas Association AGA (2006). International fuel gas code. ICC. 176p. April 18, 2023, from <https://codes.iccsafe.org/content/IFGC2006>
35. Honeywell International Inc (n.d.). Automatic Safety Shutoff Valves. Retrieved April 18, 2023, from [honeywell.ru/files/documents/83821\\_PROD\\_FILE.pdf?ysclid=lhzb1fi93y137812491](http://honeywell.ru/files/documents/83821_PROD_FILE.pdf?ysclid=lhzb1fi93y137812491)
36. Kimray inc. (n.d.). Gas Pressure Drop: 9 Things Producers Need to Know. Retrieved April 18, 2023, from <https://kimray.com/training/gas-pressure-drop-9-things-producers-need-know>
37. Spirax sarco (n.d.). Safety valve sizing. Retrieved April 18, 2023, from <https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/safety-valves/safety-valve-sizing>
38. Sokhan V.P., Quirke N., Greenwood J. (2005). Viscous drag forces in gas operated pressure balances. Molecular Simulation, 31(6-7): 535–542. <https://doi.org/10.1080/08927020500134318>

39. Savickis, J., Zemite, L., Bode, I., Jansons, L. (2020). Natural Gas Metering and its Accuracy in the Smart Gas Supply Systems. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 57(5):39–50. <http://dx.doi.org/10.2478/lpts-2020-0026>
40. Stoica D.B., Eparu C.N., Neacsa A., Prundurel A.P., Simescu B.N. (2022). Investigation of the gas losses in transmission networks. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 12:1665–1676  
<https://doi.org/10.1007/s13202-021-01426-5>
41. Eparu C.N., Neacsa A., Stoica D.B. (2023) Gas Losses in the Distribution Networks: An Interdisciplinary Analysis. *Energies*, 16, 196. <https://doi.org/10.3390/en16010196>
42. Smith P. (2007). *Process Piping Design Handbook Volume One: The Fundamentals of Piping Design* Houston, TX, Gulf Publishing Company. 250p.
43. Pipeline Safety Trust. (2015). *Pipeline Basics & Specifics About Natural Gas Pipelines*. Retrieved April 18, 2023, from <https://pstrust.org>
44. Колпакова Н.В. (2017). Проектирование городских систем газоснабжения. Изд. Уральский федеральный университет. 70ст.
45. Gas supply system of a multi-storey house. (2009). Retrieved April 18, 2023, from <https://patents.google.com/patent/RU91135U1/en>
46. PF Group. (n.d.). Газификация населенного пункта сетями низкого давления. Retrieved April 18, 2023, from <https://pfgroup.spb.ru/primenenie/18.html>
47. Giuliani anello (n.d.). Стабилизаторы давления газа со встроенным фильтром FGD-FGDR, FG1B. Retrieved April 18, 2023, from [https://www.italgaz.com.ua/upload/files/stabilisator\\_FGD%2CFGDR%2C%20FG1B.pdf](https://www.italgaz.com.ua/upload/files/stabilisator_FGD%2CFGDR%2C%20FG1B.pdf)
48. Золотаревский С.А., Санин А.В. (2015). Новое поколение домашних регуляторов давления газа для повышения безопасности и комфортности газоснабжения. Изд. ТПА № 6(81). Retrieved April 18, 2023, from <https://packo.ru/publikatsii/novoe-pokolenie-domovyih-regulyatorov-davleniya-gaza-dlya-povyisheniya-bezopasnosti-i-komfortnosti-gazosnabjeniya?ysclid=lhz3uo6gkh883951072>



49. Прошутинский А.О., Комина Г.П. (2015). О реконструкции городских газораспределительных сетей низкого давления. Современные проблемы науки и образования. №1(1). Retrieved April 18, 2023, from <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17748>
50. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №101. (22/01/2014). გაზის სისტემების უსაფრთხოების ზოგადი მოთხოვნების შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე. ნანახია: 18 აპრილს 2023 <https://matsne.gov.ge>
51. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №22. (31/08/2018). „ბუნებრივი გაზის ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ. ნანახია: 18 აპრილს 2023 <https://matsne.gov.ge>
52. საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743. (25/08/2008). დაპროექტების ნორმების-„სამშენებლო კლიმატოლოგია“- დამტკიცების შესახებ. ნანახია: 18 აპრილს 2023 <https://matsne.gov.ge>
53. მესტვირიშვილი შ., დენისოვა ი., ჭაღიაშვილი გ., (2021). მაღლივი საცხოვრებელი კორპუსების გაზმომარაგების ზოგიერთი საკითხი. ენერჯია, II, 2(98). გვ.84-86.
54. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №80. (31/12/2021). „ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ. ნანახია: 18 აპრილს 2023 <https://matsne.gov.ge>
55. საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის დადგენილება №26. (23/06/2022). „ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელის წესების“ დამტკიცების შესახებ“ საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის 2021 წლის 31 დეკემბრის №80 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის შესახებ. ნანახია: 18 აპრილს 2023 <https://matsne.gov.ge>