



საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის

ქართული უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის, მათემატიკისა და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა სკოლა  
(ფაკულტეტი)

მიმართულება- 1102

ეკოლოგია და გარემოს დაცვა

თამარ შამათავა

ეკოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიური პროცესების  
განსაზღვრა და მისი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება  
საქართველოს პირობებში

*დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი*

*თენგიზ ლალიძე, ეკონომიკის დოქტორი*

თბილისი

2017 წელი

## სარჩევი

ანოტაცია	4
შესავალი	10
თავი1.	
ლიტერატურულ მიმოხილვა	14
1.1. კლიმატური ცვლილებები და ენერგეტიკა	14
1.2. ენერგეტიკული რესურსები	16
1.3. განახლებადი ენერჯია	18
1.4. ალერნატიული ენერჯიის წყაროების დახასიათება	19
1.5. ბიომასა	27
თავი2.	
ბიოსაწვავი	31
2.2. ბიოსაწვავის სახეები	34
2.3. ბიოსაწვავის კლასიფიკაცია	35
2.4. მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები	42
2.5. ნარჩენების ანალიზი	46
2.6. ნარჩენებით გამოწვეული დაბინძურების მიზეზები	50
2.7. ჰაერის დაბინძურება	51
2.8. ენერგოეფექტურობა	52
თავი 3. ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიები	53
3.1. ფერმენტაცია	55
3.2. ბიოეთანოლის წარმოება	56
3.3. ცელულოზას ანაერობული დაშლა	57
3.4. პიროლიზი	60

3.5. ბიოდირექტის მიღების ტექნოლოგია	62
3.6. ბიოაირი	63
3.7. მყარი ბიოსაწვავის მიღების ძირითადი მეთოდები ბრიკეტირება და გრანულირება	71
3.8. მესამე თაობის ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიები	75
3.9. ციანობაქტერიები (ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები)	80
3.10. სქართველოს წყალსაცავების მოკლე დახასიათება	91

#### თავი 4. ექსპერიმენტული ნაწილი 93

კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები.

4.1. თემის აქტუალობა	93
4.2. კვლევის მიზანი და ამოცანები	94
4.3. მეცნიერული სიახლე	95
4.4. წყალმცენარე „ეიქორნიას“ ბოტანიკური დახასიათება	96
ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა	111
ბიოენერგეტიკის განვითარების დაფინანსების წყაროები	112
დასკვნები და რეკომენდაციები	113
გამოყენებული ლიტერატურა	118

## ანოტაცია

### ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიური პროცესების განსაზღვრა და მისი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება საქართველოს პირობებში

თამარ შამათავა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: თენგიზ ლალიძე, ეკონომიკის აკადემიური დოქტორი

კლიმატის გლობალური ცვლილების სწრაფი ტემპი და გარემოს მდგომარეობის გაუარესება უარყოფითად აისახება მსოფლიო ეკონომიკასა და სხვადასხვა ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაზე.

მსოფლიო მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ წიაღისეული ნახშირბადოვანი რესურსების (ქვანახშირი, ნავთობი და სხვა) ენერგეტიკაზე დაფუძნებულმა ეკონომიკამ ამოწურა თავისი შესაძლებლობები და დადგა დრო, გლობალური ტექნოლოგიური პარადიგმის შეცვლისა ახლით, რაც ითვალისწინებს არაწიაღისეულ რესურსების გამოყენებას ენერგეტიკაში. ბიოეკონომიკა, კერძოდ ბიოენერგეტიკა, რომელიც დამყარებულია ბიომასის გამოყენებაზე, წარმოადგენს მსოფლიოში მდგრადი განვითარების საფუძველს.

ბიოენერგეტიკაში შექმნილი მსოფლიო ტენდენციების ანალიზი მოწმობს ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარების პერსპექტივებს, რომელიც განახლებადი რესურსების, კერძოდ, ბიომასის გამოყენების საფუძველზე მსოფლიოს უზრუნველყოფს უფრო ეკონომიკური და ეკოლოგიური საწვავით [1].

საქართველოში ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ სარწმუნო მონაცემები არ არსებობს. „საქართველოს განახლებადი ენერჯის ასოციაციის“ მონაცემების მიხედვით კი, საერთო ბიომასა შეფასებულია 4,4 მლნ ტონით, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი წელიწადში 12 მლრდ კვტ/სთ-ს შეადგენს.

არსებობს სხვა მონაცემებიც, მაგრამ არც ერთი მათგანი არ ითვალისწინებს ბიომასის ნედლეულის ბაზის გაფართოებას ენერგეტიკული პლანტაციების გაშენების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონებისა და სხვა წყაროების გამოყენების ხარჯზე. არ

არის შეფასებული იმ ბიომასის რაოდენობაც, რომელიც მოსახლეობის მხრიდან იწვება ღია წესით.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია ბიოენერგეტიკის სფეროში მსოფლიოს უახლესი მიღწევების შესწავლისა და ანალიზის საფუძველზე, ბიომასის გამოყენებისა და მისი ბიოსაწვავად ტრანსფორმირების ტექნოლოგიური პროცესები. განსაზღვრულია ბიომასისგან ბიოსაწვავის მიღებისა და ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარებისათვის საჭირო უახლესი, ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიები, რომლებიც ეფექტური იქნება საქართველოს პირობებისათვის, ასევე მოცემულია მათი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება და შემუშავებულია რეკომენდაციები ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარებისათვის ჩვენს ქვეყანაში.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად შესწავლილია შემდეგი საკითხები:

- სხვადასხვა თაობის ბიოსაწვავის წარმოების სფეროში მსოფლიო ტენდენციების ანალიზი;
- ბიომასის ბიოსაწვავად გარდაქმნის ძირითადი მეთოდების ანალიზი;
- ბიოსაწვავის წარმოებისათვის ბიომასის ნედლეული ბაზისა და საქართველოში მისი გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი;
- განხილულია ბიოსაწვავის წარმოებისათვის ბიომასის ნედლეული ბაზის გაფართოების შესაძლებლობები, ენერგეტიკული ტყეების პლანტაციების გაშენების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონების, ჩამდინარე წყლებისა და წყალსაცავების შლამიანი ნალექების ხარჯზე;
- განისაზღვრა ბიომასის ბიოსაწვავად გარდაქმნის ყველაზე უფრო ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ეფექტური მეთოდები და მათი დანერგვის გზები ქვეყნის ენერგეტიკულ სექტორში;

ბიოსაწვავის ტექნოლოგიური პროცესების შეფასებისას საქართველოს პირობებში გამოვლინდა, რომ ერთ-ერთ ყველაზე ეფექტურ მეთოდს ბიოსაწვავის წარმოებისათვის მისი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასების თვალსაზრისით წარმოადგენს წყალმცენარე „ეიქორნია“-„წყლის სუმბული“-ს (*Eichhornia crassipes*) კულტივირება და მისი ბიომასის გამოყენება ბიოაირის მისაღებად.

ბიოპროდუქტიულობისა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობის თვალსაზრისით ბუნებაში არსებული ვერც ერთი მცენარე ვერ უწევს კონკურენციას „ეიქორნიას“. სწორედ, მისი ასეთი მაღალი პროდუქტიულობა, საწარმოო კულტივირება და ბიოტექნოლოგიური კონვერსია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას ბიოსაწვავის მიღების სფეროში.

იმის გათვალისწინებით, რომ აღნიშნული მცენარე განეკუთვნება ინვაზიურ სახეობას, განხორციელდა ექსპერიმენტი „ეიქორნიის“ სიცოცხლისუნარიანობის გამოსავლენად საქართველოს ბუნებრივ-კლიმატური პირობებში (*in situ*) და ასევე მისი კულტივირების შესაძლებლობები ლაბორატორიულ პირობებში (*in vitro*).

დადგინდა, რომ „ეიქორნია“ ღია წყალსაცავებში, მისთვის არახელსაყრელ კლიმატური პირობებში სიცოცხლის უუნაროა და არ შეუძლია გამრავლება. მაგრამ გარკვეული უსაფრთხოების ნორმებისა და მონიტორინგის დაცვით შესაძლებელია საქართველოს წყალსაცავებში მისი კულტივირება და შემდგომ ბიომასის მოსავლის აღება.

საქართველოში ტბების, წყალსაცავების და წყლის ზედაპირის საერთო ფართობი 275 კმ<sup>2</sup> შეადგენს, „ეიქორნიის“ კულტივირებისათვის თუ გამოვიყენებთ ამ ტერიტორიის დაახლოებით 20%-ს (55კმ<sup>2</sup>) შესაძლებელია დაახლოებით 1,4 მილიონი ტონა ბიომასის მიღება წელიწადში, (როცა ჰაერის ტემპერატურა 20-32°C-ის ფარგლებშია და 1 ჰა წყლის ზედაპირზე ბიომასის პროდუქტიულობა 250 ტონას შეადგენს). გამომდინარე იქიდან, რომ 1 ტონა ბიომასისგან ლებულობენ 250-270მ<sup>3</sup> ბიოგაზს, შესაძლებელია სულ 34-98 მილიონი მ<sup>3</sup> ბიოგაზის მიღება.

მოცემული კვლევის შედეგები შესაძლებელია დაინერგოს ბიომასის გამოყენების მიზნობრივი მაჩვენებლების შემუშავებისას, აგრეთვე, ბიოსაწვავის ინდუსტრიის შექმნის სამოქმედო გეგმისა და საგზაო რუკის შემუშავებისას მცირევადიან (2030) და გრძელვადიან (2050) პერსპექტივაში.

სამუშაოს შედეგები გამოყენებულია ახალი სასწავლო პროგრამის „ბიოენერგეტიკის საფუძვლები“-ს შედგენისას, რომელიც იკითხება საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის უნივერსიტეტის მაგისტრატურაში 2015-2016

სასწავლო წლიდან და ხელს უწყობს კვალიფიციური კადრების მომზადებას ბიოენერგეტიკის სფეროში.

## **Annotation**

### **Definition of Technological Processes of Biofuel Obtainment and its Ecological and Economic Estimation in Conformity with Conditions of Georgia**

Tamar Shamatava

Research director: Tengiz Laghidze, Economic Sciences DR,

Accelerating rates of global climate change and worsening of environmental state is dramatically reflected on the state of the world's economy and the socio-economic development of particular countries. In the world, it came to understanding that creative abilities of economy based on energy of fossil carbon exhausted themselves and it came the period of changing of global technological paradigm with a new non-carbonated mode in power engineering. Bioeconomics and namely, bioenergetics based on biomass utilization are becoming the base of the world's sustainable development.

Analysis of the world tendency formed in bioenergetics proves the perceptiveness of biofuel industry development which on the bases of utilization of renewed sources and namely, utilization of biomass (all organic substances of vegetable and animal origin and wastes of their vital activities) provides the world by cheaper and environmentally safe fuel.

In Georgia, there is no authentic data base on energetic potential of biomass. According to the figures of "Georgian Renewable Energy Association", the general biomass is able to make up 4, 4 million tones with energetic potential of 12 billion kilowatt/hour per year.

These data requires thorough analysis because they don't consider broadening of raw material base of biomass by creation of energetic plantations and utilization of water-plants. In addition, it's not properly estimated a huge quantity of biomass that is burned with open method by the population.

In the thesis, on the bases of study and analysis of the newest achievements there are overviewed technological processes of biomass utilization and its transformation into biofuel. There are determined the modern and comprehensive technologies of gaining the biofuel from biomass which

are adjusted to Georgian conditions. In addition, there are given ecological and economic estimations and elaborated recommendations for biofuel industry development in Georgia.

For achievement of the above targets, there were solved the following issues:

- Analysis of the world tendency in the field of biofuel production of different generations;
- Analysis of the general methods of transformation of biomass into biofuel;
- Analysis of the up to date condition of the raw material base for biofuel production and perspectives of its utilization in Georgia;
- There are considered the possibilities of broadening raw material base for biofuel production by formation of energetic forest plantations, utilization of water-plants and phytoplankton, waste waters and mud sediments of reservoirs;
- There are considered the most effective ecological and economic methods for transformation of biomass into biofuel and ways of their implementation in energetic sector of the country;

During the estimation of technological processes of biofuel production in conditions of Georgia, it has been revealed that from ecological and economic opinion, one of the most effective methods of biofuel production is cultivation of water-plant “Eichhornia” (*Eichhornia crasipes*) and utilization of its biomass for biogas production. No one from plants existed in nature is able to compete with “Eichhornia” by bioproductivity and intensity of photosynthesis. It is because of high productivity, industrial cultivation and biotechnological conversion of “Eichhornia” is one of the most perspective directions in the field of biofuel extraction.

Taking into account that the given plants is quite invasive species, it was held an experiment on revelation of vital capacity of “Eichhornia” in natural and climate conditions of Georgia (*in situ*) and also, abilities of its cultivation in laboratory conditions (*in vitro*). Conclusion: “Eichhornia” is not able to naturalize and survive in open reservoirs. In conditions of certain safety measures and proper monitoring, it can be cultivated in reservoirs of Georgia and the biomass harvest can be collected.

The fact that on the territory of Georgia, the total area of water surface of lakes and basins makes up approximately 275, 4 Sq m, makes evident a real possibility of “Eichhornia” cultivation and proves the perceptiveness of obtaining of biofuel from its biomass. The preliminary estimations show us



that even in the presence of minimal productivity index of “Eichhornia” per 1 ha of water surface and by utilization of only 40% of water surface, it can be possible to obtain 154 M m<sup>3</sup> of biogas.

The results of the given research can be used at working out of the principal indices on biomass utilization and also at working out of the acting plan and traveling chart for creation of biofuel industry considering medium-term (2030) and long-term (2050) perspectives.

The outcomes of the current work were used during the compiling of a new study program on the subject “Fundamentals of Bioenergetics” for postgraduate students of St. Andrew the First-Called Georgian University of the Patriarchate of Georgia. The course is lectured from 2015 – 2016 academic year and it stimulates the preparation of the qualified specialist in the field of bioenergetics.

## შესავალი

ცივილიზაციის პროგრესს მუდმივად თან ახლავს ენერგეტიკის განვითარება. ყოველ ახალ ეტაპზე ხდება არსებული რესურსების გამოყენების მეტი სრულყოფა და დახვეწა. XXI-ე საუკუნის საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა პრაქტიკულად სრულად განისაზღვრება მისი ენერგეტიკული მდგომარეობით. ეკონომიკური ზრდის მოთხოვნილება თავის მხრივ იწვევს ენერგეტიკული სიმძლავრეების ზრდის აუცილებლობას, რაც ნეგატიურად აისახება გარემოზე. ენერგეტიკული წყაროების შერჩევის დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი ეკოლოგიური უსაფრთხოება.

არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობის გათვალისწინებით, სითბური ენერჯის ტრადიციული წყაროები დაექვემდებარებიან გარკვეულ შეზღუდვებს, რადგან წიაღისეული საწვავის წვით გარემოში გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგი, მეთანი, აზოტის ოქსიდები, ტოქსიკური აირები, მძიმე მეტალები და ა.შ. ასევე, ნავთობის მოპოვებისას ხშირია მისი დაღვრა, რასაც ხშირად დამლუპველი ზეგავლენა აქვს ცოცხალ ორგანიზმებზე. ამ ყველაფრის თავიდან ასაცილებლად კი საჭიროა ისეთი ალტერნატიული საწვავის შექმნა, რომელიც გარემოში გამოყოფს მინიმალური რაოდენობის ტოქსიკურ ნაერთებს.

ალტერნატიული განახლებადი ენერჯების კვლევა ერთ-ერთი პრიორიტეტული მიმართულებაა. საქართველო, როგორც ქვეყანა, რომელიც თითქმის მთლიანად იმპორტირებულ ნავთობპროდუქტების საწვავზეა დამოკიდებული, აუცილებლად უნდა ზრუნავდეს იმაზე, რომ ჰქონდეს საკუთარი, განახლებადი, ალტერნატიული საწვავი. ეს ქვეყნისთვის სტრატეგიული მნიშვნელობის საკითხია [26].

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით, 21-ე საუკუნის ბოლოს კაცობრიობის რიცხვი 10-12 მილიარდს მიაღწევს, ბუნებრივია, მოსახლეობის ზრდა გამოიწვევს ენერჯიაზე მოთხოვნილების ზრდასაც, რომლის დაკმაყოფილების წყარო შესაძლებელია განახლებადი ენერჯია გახდეს [17].

„განახლებადი ენერჯია 2008“ ეს არის სპეციალური რეგულაცია, რომლის მიზანია საქართველოში განახლებადი ენერჯის ახალი წყაროების მშენებლობის ხელშეწყობა

ინვესტიციების მოზიდვის გზით. ბუნებრივ სიმდიდრეთა შორის პირველ რიგში აღსანიშნავია ჰიდროენერგორესურსები, თუმცა საქართველოს გააჩნია ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალიც. ასევე საკმაოდ მაღალია მზის ეფექტური გამოსხივება გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით. ჩვენში უკვე პოპულარულია მზის ენერჯით წყლის გამაცხელებელი სისტემები [38].

ბიოენერჯეტიკის განვითარების ტენდენციების ანალიზი მოწმობს ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარების პერსპექტივებს, რომელიც განახლებადი რესურსების, კერძოდ, ბიომასის (ყველა ორგანული ნივთიერება, როგორც მცენარეული ასევე ცხოველური წარმოშობის, ასევე მათი ცხოველმოქმედების შედეგად მიღებული ნარჩენები) საფუძველზე მსოფლიოს უზრუნველყოფს უფრო ეკონომიკური და ეკოლოგიური საწვავით. ამას ადასტურებს საერთაშორისო ენერჯეტიკული სააგენტოს (სეს) 25-წლის მონაცემები: (1990-2004წწ) ბიოსაწვავის წარმოება მსოფლიოში გაიზარდა 8-ჯერ და მიაღწია 32,66 მლრდ ლიტრ-ს, ხოლო 2020 წლისთვის 2004 წელთან შედარებით გაიზარდება მინიმუმ 4-ჯერ და მიაღწევს 120 მლრდ ლიტრს წელიწადში [1]. გაეროს კონფერენციის შედეგებს მდგრადი განვითარების საკითხებზე (1992-რიო-დე-ჟანეირო, 2002-იოჰანესბურგი, 2012-რიო-დე-ჟანეირო) უდიდესი როლი ენიჭება მსოფლიოს და ცალკეული ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარების სწორი ვექტორის განსაზღვრაში.

ნიშანდობლივია ის, რომ უკანასკნელ წლებში ბიოსაწვავზე გადასვლამ და ბიოენერჯეტიკის განვითარების პრობლემამ გამოიწვია ყველაზე ფართო დისკუსია, რაზეც მეტყველებს საერთაშორისო კონფერენციების ზრდა 2008-2013 წლებში: მსოფლიოს 22 ქვეყანაში ჩატარდა 72 საერთაშორისო კონფერენცია და კონგრესი, სადაც მონაწილეობას იღებდნენ ამ დარგის წამყვანი მეცნიერები, სპეციალისტები, გაეროსა და სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (FAO) ექსპერტები.

მდგრადი განვითარების კონცეფციის ფარგლებში შემუშავდა „მწვანე“ ეკონომიკის კონცეფცია, რომელმაც უნდა შეცვალოს განვითარების ტრადიციული ეკონომიკური მოდელი. „მწვანე“ ეკონომიკაში უდიდესი როლი ენიჭება ენერჯის განახლებადი და ალტერნატიული წყაროების, კერძოდ, ბიომასის გამოყენებას [17].

სხვადასხვა სახის ბიომასიდან მიღებული ენერჯია, სულ უფრო მეტ პოპულარობას იძენს მსოფლიოში. ბიოსაწვავის სამრეწველო წარმოებას გასული საუკუნის 70-იან წლებში ჩაეყარა საფუძველი, ბიოსაწვავის წარმოება მსოფლიო მაშტაბით 2012 წლისთვის შეადგინა 110 მლრდ. ლიტრი, საიდანაც 48% მოდის ამერიკის შეერთებულ შტატებზე და 46%-ბრაზილიაზე. ბიოსაწვავის საერთო ღირებულებამ 2012 წელს მსოფლიოს ენერგეტიკული სააგენტოს მონაცემებით შეადგინა 95,2 მლრდ აშშ დოლარი დღეს ბიოსაწვავს განიხილავენ ნავთობზე ცვალებად ფასებთან და კლიმატის გლობალურ დათბობასთან ბრძოლის, ასევე ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთ პერსპექტიულ საშუალებად [36].

ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ბიოსაწვავის ფასი კონკურენტუნარიანი ხდება ტრადიციული საწვავის ფასებთან შედარებით. გარდა ამისა, ბიოსაწვავის მთავარი სიკეთეა, რომ ის განახლებადი, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავია, და მისი გამოყენების შედეგად ატმოსფერო არ ბინძურდება მძიმე ლითონებით, გოგირდის ორჟანგით, ათასგვარი კანცეროგენებითა და მავნე მინარევებით.

მოცემული კვლევის ძირითად მიზანს წარმოადგენს ბიომასის ბიოსაწვავად ტრანსფორმირების უახლესი ტექნოლოგიების ანალიზი. ბიოსაწვავის წარმოების მსოფლიო გამოცდილების შესწავლა და მათი მისადაგება საქართველოს პირობებისათვის. ბიომასის პოტენციალის საყოველთაო შეფასება და მისი გამოყენების შესაძლებლობის დანერგვა მრავალწლიანი ბალახების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონების საწარმოო კულტივირებისა და ბიოლოგიური კონვერსიის გზით.

გამომდინარე იქიდან, რომ დღეს საქართველოში არ არსებობს ბიოსაწვავის მისაღებად წყალმცენარეების გამოყენების პრაქტიკა, შევისწავლეთ წყალმცენარე „ეიქორნიას“ („წყლის სუმბული“)-(Eichhornia crassipes) მოყვანისა და გამრავლების სხვადასხვა ოპტიმალური პირობები, როგორც ღია წყალსაცავებში (*in situ*), ასევე ლაბორატორიულ პირობებში (*in vitro*). აღნიშნული წყალმცენარე ხასიათდება გამრავლების სწრაფი უნარით, ფოტოსინთეზის ინტენსივობითა და მაღალი ბიოპროდუქტიულობით, რაც ესოდენ მნიშვნელოვნია ბიოსაწვავის მისაღებად. 30 დღე-ღამის განმავლობაში „ეიქორნიის“ ერთ მცენარეს შეუძლია განავითაროს 400 ვეგეტატიური წანაზარდი, 13ა

წყალსაცავის ზედაპირიდან ერთ სეზონზე შეიძლება მივიღოთ 300-დან 1500 ტონა „ეიქორნიის“ მწვანე მასა, რომლის გადამუშავების შედეგად 50,0 ათასი მ<sup>3</sup> ბიოაირი მიიღება. „ეიქორნიის“ სწორედ ასეთი მაღალი პროდუქტიულობა, საწარმოო კულტივირება და ბიოტექნოლოგიური კონვერსია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას ბიოსაწვავის მიღების სფეროში.

საქართველოში ბიოსაწვავის საწარმოებლად ბიომასის გამოყენება ბოლო პერიოდამდე პრაქტიკულად არ ხდებოდა, თუ არ ჩავთვლით რამდენიმე ათეულ ფერმერულ მეურნეობას, რომლებიც აწარმოებენ ბიოგაზს საკუთარი მოთხოვნებისთვის და ბიობრიკეტების დამაზადებელ მცირე საწარმოებს. მცენარეული ბიომასის ნარჩენები იწვება ჰაერზე ნაგვის სახით, რაც აბინძურებს ატმოსფერულ ჰაერს, ხოლო საკანალიზაციო და ჩამდინარე წყლები, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებებს უტილიზაციისა და გაწმენდის გარეშე ჩაედინებიან მდინარეებში.

უკანასკნელ წლებში შეიმჩნევა გარკვეული დადებითი ძვრები ბიომასის გამოყენების სფეროში, ამ მხრივ აღსანიშნავია გაეროს განვითარების პროგრამა (UNLP) და გარემოსდაცვითი მექანიზმი (GEF), რომელიც მხარს უჭერს საქართველოში მოიძიოს და გამოიყენოს განახლებადი ენერჯის ადგილობრივი რესურსები. პროექტის განხორციელების შედეგად აშენდება ბიომასის საპილოტე ქარხნები თბილისსა და საქართველოს რეგიონებში, გაიხსნება ბიოსაწვავზე მომუშავე 10 გამათბობელი სისტემა თბილისში, მოხდება კერძო სექტორის დაინტერესება ბიოსაწვავის ადგილობრივ წარმოებაში [27].

განახლებადი ენერგორესურსების, კერძოდ, ბიომასის გამოყენების მსოფლიო ტენდენციები ადასტურებენ ამ რესურსების მნიშვნელობას სახელმწიფოს მდგრადი განვითარებისა და ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის, კლიმატის გლობალური ცვლილებისა და გარემოს დაბინძურების, ასვე მოსახლეობის კეთილდღეობის და ჯანმრთელობის დაცვის სფეროში.

## თავი 1.ლიტერატურული მიმოხილვა

### 1.1. კლიმატური ცვლილებები და ენერგეტიკა

მსოფლიოს მეცნიერების ძალისხმევა კლიმატის ცვლილების წინააღმდეგ ხორციელდება კლიმატის ცვლილების კონვენციის ფარგლებში და მოიცავს მუშაობას ორი მიმართულებით: სათბური აირების ემისიის შემცირებით და კლიმატის ცვლილებებისადმი ადაპტაციით. ანუ გარდაუვალი ცვლილებებისადმი გამძლეობის გაზრდის მიმართულებით [12].

საქართველო წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების კონვენციის პირველ დანართში არსებულ ქვეყანას, რაც მას აყენებს გარკვეულწილად „შეღავათიან“ პირობებში კონვენციის მოთხოვნების შესრულებისას: ქვეყანას არა აქვს სათბური აირების ემისიის შემცირების რაოდენობრივი ვალდებულებები და კონვენციისადმი ანგარიშგების (ეროვნული შეტყობინებები, სათბურის აირების ემისიის ეროვნული კადასტრები) მკაცრი პერიოდულობის და მათი ფინანსური უზრუნველყოფის ვალდებულებები [23].

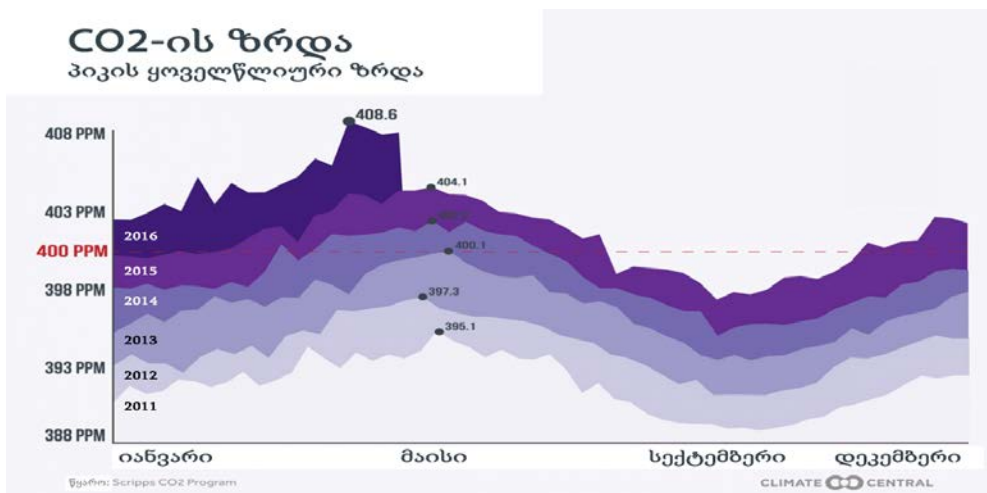
მსოფლიოს მრავალი სხვა ქვეყანა და მათ შორის საქართველოც, უკვე დგას კლიმატის მიმდინარე ცვლილების შედეგების სერიოზული ანალიზისა და საკუთარი განვითარების გეგმებში სათანადო კორექტივების შეტანის აუცილებლობის წინაშე. ეს არის საკმაოდ შრომატევადი სამუშაო, რომელიც უნდა განხორციელდეს ეტაპობრივად და უნდა მოიცავდეს კლიმატის ცვლილების მიერ წარმოქმნილი გამოწვევების ანალიზსა და მათი გადაჭრის სტრატეგიული კურსის დასახვას.

გლობალური სათბური აირების 65% ენერგეტიკაზე მოდის. „ენერგეტიკული“ სათბური აირების ძირითადი წყარო წიაღისეული საწვავის მოხმარებაა, რომლის შედეგად წარმოშობილი ნახშირორჟანგის წილი უდიდესია სათბური აირების ემისიაში. ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია 2005 წლისათვის 35%-ით იყო მომატებული მე-19 საუკუნის შუა წლების ანუ პრეინდუსტრიულ დონესთან შედარებით. ეს მატება განსაკუთრებით მკვეთრია 1995–2005 წლებში და შეადგენს წელიწადში 1,9 ppm (ნაწილაკები ერთ მილიონ მოცულობაზე) [3].

კლიმატის ცვლილების სავალალო შედეგებმა, რომელიც პირველ რიგში გამოწვეულია ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის კონცენტრაციის დონის მატებასთან წინასწარ განსაზღვრავა წიაღისეული საწვავის (ნავთობი, ნახშირი, გაზი) გამოყენების მკვეთრ შეზღუდვები და ალტერნატიული ენერჯის წყაროების გამოყენებაზე გადასვლის აუცილებლობა.

2016 წელს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციამ ატმოსფეროში მიაღწია 408 ppm-ს (სურ.1), რაც ბოლო 200 წლის განმავლობაში ყველაზე მაღალ მაჩვენებელია, ამავე პერიოდში დაფიქსირდა დედამიწის ატმოსფეროს ტემპერატურის 1°C-ით ზრდა.

ალტერნატიული ენერჯის წყაროების გამოყენების მსოფლიო ტენდენციების ანალიზის საფუძველზე, გამოვლინდა, რომ არსებული მონაცემების არასახიფათო დონემდე დასაწევად (350 ppm) და ატმოსფეროს ტემპერატურის 2°C-მდე ზრდის შესაჩერებლად, მეტ ნაკლებად პერსპექტიულია სხვადასხვა თაობების ბიოსაწვავის გამოყენება. მრავალი ექსპერტი აღნიშნავს, რომ ბიოსაწვავი წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე ეკოლოგიურ, მომავლის ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ მიმართულებას ალტერნატიულ ენერჯეტიკაში.



სურ. 1

ამრიგად, კლიმატისა და ენერგეტიკის ურთიერთმიმართულება შეიძლება განვიხილოთ ორი ასპექტით:

1. ენერგეტიკის მიერ კლიმატური სისტემისათვის შექმნილი პრობლემები,
2. კლიმატის ცვლილების მიერ ენერგეტიკისათვის შექმნილი გამოწვევები.

შეიძლება ითქვას, რომ ეს ორი პროცესი ერთმანეთთან ურთიერთკავშირშია: ენერგეტიკის განვითარება ზრდის სათბური აირების ემისიებს, რაც იწვევს კლიმატის ცვლილებას, ხოლო კლიმატის ცვლილება ზრდის ენერჯის მოხმარებას და ამით გამოწვევებს უყენებს ენერგეტიკას, რადგან მოითხოვს უფრო მეტ ენერგეტიკულ რესურსებს. სათბურის აირები კი მთელი სიმწვავით აყენებს ენერგეტიკული უსაფრთხოების პრობლემას მთელ მსოფლიოში. ასეთი კავშირი კიდევ უფრო ნათელს ხდის ენერგეტიკის სექტორის განსაკუთრებულ როლს კლიმატის ცვლილების პრობლემის მოგვარებაში, როგორც სათბურის აირების მითიგაციის, ისე კლიმატის ცვლილებისადმი ადაპტაციის კუთხით. აქედან გამომდინარე, ენერგეტიკაზე კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის ანალიზი და წარმოშობილი პრობლემის გადაჭრის საკითხების თავიდან აცილებისა და გარდაუვალი შედეგებისადმი ადაპტაციის პოლიტიკის შემუშავება, არის პირველი რიგის ამოცანა, როგორც გლობალურად, ისე ქვეყნის მასშტაბით. ლიტერატურული წყაროების ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ ენერგეტიკის ალტერნატიული წყაროების მოძიება და მათი გამოყენების დანერგვა საგრძნობლად შეცვლის არსებულ ვითარებას [4,12].

## **1.2.ენერგეტიკული რესურსები**

მეცნიერული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მოხმარების ზრდის დღევანდელი ტემპის პირობებში, ტრადიციული, არაგანახლებადი ენერგორესურსების ამოწურვის ვადები, თითოეული წიაღისეული რესურსისათვის შემდეგია: ქვანახშირის მარაგი საკმარისი იქნება დაახლოებით 270 წელს, ურანის—100, ნავთობის 35—40, გაზის 50 წელი. ამ და სხვა რიგი გარემოებების გამო, თანამედროვე ეპოქაში დაიწყო აქტიური მუშაობა არატრადიციული, განახლებადი ენერჯის წყაროების ეფექტურად გამოყენებისათვის. თავის მხრივ, ენერჯის განახლებადი წყაროები—ეს არის ბუნებაში მუდმივად



არსებული, ან პერიოდულად შევსებადი ენერჯის ნაკადზე დაფუძნებული განახლებადი რესურსი, რომელსაც დროთა განმავლობაში, ბუნებრივი პროცესების შედეგად აღდგენის შესაძლებლობა აქვს [17].

ცხ. 1-ში მოცემულია ენერჯის განახლებადი წყაროების მსოფლიო პოტენციალისა და მსოფლიო ენერჯეტიკულ ბალანსში მათი შესაძლო გამოყენების დახასიათება

ცხრილი 1

დასახელება	ტექნიკური პოტენციალი მლრდ.ტ.პ.ს./წელ. მ	მომავალში მათი შესაძლო ათვისების ხარისხი
1. მზის ენერჯია	540	3 ÷ 5 ტ.პ.ს./წელ. 1,0 მლრდ.ტ.პ.ს./წელ.
2. ქარის ენერჯია	3	ეკონომიკური პოტენციალი 1,0 მლრდ.ტ.პ.ს./წელ.
3. ჰიდროენერჯია	2,9	
4. სასოფლო სამეურნეო წარმოების ნარჩენების ბიომასა	1,3	სრული გამოყენება
5. ტალღების ენერჯია	1,0	
6. ოკეანის ენერჯია (ტემპერატურული გრადიენტი)	0,35	
7. გეოთერმული სითბო		
8. ზღვებისა და ოკეანეების მიქცევისა და მოქცევის ენერჯია	0,1	ამჟამად ათვისებულია 1,3 მლნ.ტ.პ.ს./წელ.

მსოფლიო ენერჯეტიკული სააგენტოს მიერ გამოქვეყნებული მასალების მიხედვით, უახლესი ათწლეულების მანძილზე ენერჯეტიკულ ბალანსში ენერჯეტიკის

საფუძვლად, მიუხედავად ატომური ენერგეტიკისა და ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების მზარდი როლისა, კვლავ რჩება წიაღისეული ორგანული სათბობი რესურსები. ამჟამად, მსოფლიოში ორგანული სათბობის საერთო რაოდენობა შეადგენს 13,1 ტრილიონი ტ.პ.ს. აქედან 83 % მოდის ნახშირზე. ამ რესურსებიდან, თანამედროვე მეცნიერულ-ტექნიკური პირობების გათვალისწინებით შესაძლებელია ათვისებულ იქნეს 7 ტრილიონი ტ.პ.ს., მათ შორის -2 ტრილიონ ტ.პ.ს. განეკუთვნება დაზვერილ მარაგებს. 2020 წლისათვის ენერგობალანსის გასავალი ნაწილი იქნება 34 მლრდ. ტ.პ.ს. ენერგორესურსების მოხმარება 2010 წელს საშუალოდ იყო 18 მლრდ. ტ.პ.ს, ხოლო 2020 წელს მიაღწევს 30 მლრდ. ტ.პ.ს.-ს 2020 წლისათვის ენერგობალანსის გასავალი ნაწილი იქნება 34 მლრდ. ტ.პ.ს.. ენერგორესურსების მოხმარება 2010 წელს საშუალოდ იყო 18 მლრდ. ტ.პ.ს., ხოლო 2020 წელს მიაღწევს 30 მლ რდ. ტ.პ.ს.-ს [11].

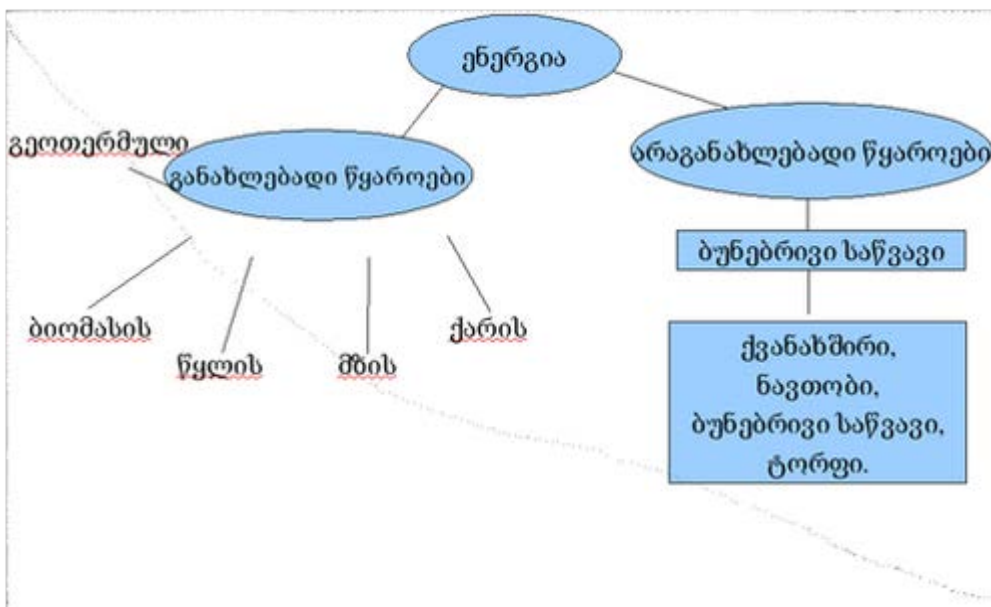
### 1.3. განახლებადი ენერჯია

ეკოლოგიური მდგომარეობის შენარჩუნების ერთ-ერთი მექანიზმი არატრადიციული, განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებაა. აქედან გამომდინარე აუცილებელი გახდა ენერგეტიკის სფეროს სტრუქტურის კარდინალური შეცვლა-განახლებად, ეკოლოგიურად სუფთა ენერგორესურსებზე გადასვლა. ეს ტენდენციები უკვე მკვეთრად გამოისახა აშშ-ს, ევროკავშირის და სხვა მოწინავე ქვეყნების ენერგეტიკის განვითარების პროგრამებში, სადაც 2020-წლისთვის ნავარაუდევია სრულ ენერგეტიკულ ბალანსში, განახლებადი წყაროების წილის 20%-მდე გაზრდა. განახლებადი ენერჯის უპირატესობა გამოიხატება იმაში, რომ იგი ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ამოუწურავია, რომ მისთვის საჭირო რესურსები არის ყველგან და მათი, როგორც ნედლეულის გამოყენება პრაქტიკულად უფასოა. აქედან გამომდინარე, მათზე დაფუძნებული დანადაგარების სიძვირის მიუხედავად, ექსპლუატაციის დროს მიღებული მოგება, მათ წარმოებას რენტაბელურს ხდის. ენერჯის განახლებადი წყაროების მთავარი ნაკლი მათ არამდგრადობაშია, რაც ავტონომიური ენერგომომარაგების შემთხვევაში ქსელში სარეზერვო წყაროს ან აკუმულატორების ჩართვის აუცილებლობას იწვევს, რის შედეგადაც შესაბამისად მვირდება ენერგეტიკული დანადაგარი [15].

ენერჯის განახლებადი წყაროები საკმაოდ ფართო ცნებაა. ის მოიცავს რესურსებს, რომლებიც ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე ბუნებრივ ან ადამიანის ცხოვრების ყოველდღიურ პროცესებს თან ახლავს. ესენია: მზის, ქარის, მდინარეების და ბიომასის ენერჯები. ენერჯის ხარისხზე განახლებადი წყაროების მარჯი ქმედების კოეფიციენტი შემდეგნაირადაა განაწილებული: – ჰიდროენერჯია 0,7–0,8; – მზის 0,3–3,5; ბიოენერჯისათვის 0,3 და სხვ [21].

დღეისათვის საქართველოში არსებული განახლებადი ენერჯის წყაროების პოტენციალი ნაკლებად არის გამოყენებული. თუმცა სახელმწიფოს სწორი პოლიტიკის და გათვლების შემთხვევაში, ეს სფერო აუცილებლად გამოიწვევს დაინტერესებასა და ინვესტიციებს [31].

სურ.2



#### 1.4. ალტერნატიული ენერჯის წყაროების მოკლე დახასიათება

მზის ენერჯია ყველაზე სუფთა და უსაფრთხო ალტერნატივას წარმოადგენს მზის ენერჯია. იგი წარმოადგენს ენერჯის წყაროს ყველა ცოცხალი არსებისათვის დედამიწაზე. მზის ენერჯია, რომელიც აღწევს დედამიწამდე ყოველი 40 წუთის განმავლობაში, საკმარისია იმისათვის, რომ დააკმაყოფილოს ყველა ენერჯეტიკული

მოთხოვნილება ერთი წლის განმავლობაში. ყოველ საათში დედამიწა იღებს 100 000 000 000 000 კვტ.სთ მზის ენერჯიას.

მზის ენერჯიის წყაროა თერმობირთვული რეაქციები, რომლებიც მიმდინარეობს მზის ძლიერ ღრმა ფენებში. უმთავრესია ე. წ. პროტონ-პროტონული ციკლი, რომელშიც წყალბადის ბირთვისაგან თანმიმდევრობით წარმოიქმნება ჯერ მძიმე წყალბადი, ხოლო შემდეგ ჰელიუმი.

დედამიწაზე მოღწეული მზის გამოსხივების 30% ირეკლება ატმოსფეროს მიერ, 20% იწოვება, ხოლო დარჩენილი 50% კვეთს დედამიწის ზედაპირს, მაგრამ ეს რიცხვი უდრის 170 მილიონი ელექტროსადგურის მიერ გამომუშავებულ ენერჯიას.

პარაბოლური თევზების დახმარებით ხდება მზის ენერჯიის კონცენტრაცია, რათა შემდგომ გამომუშავდეს ელექტროენერჯია. მზის ელექტრო სადგურია ფოტოელემენტებზე მომუშავე უდიდესი ელექტროსადგური სამხრეთ ამერიკაში. მზის ენერჯიის დიდი ნაწილი დედამიწაზე არსებული წყლის უზარმაზარ მასაში გროვდება. წყალი მზის ენერჯიას ინახავს და შემდეგ თვითონ ხდება სითბოს, სინათლის წყარო. მზის მიერ დედამიწის ატმოსფეროს არათანაბარი გათბობის გამო წარმოიქმნება ქარი-ატმოსფეროს კონვექციური მოძრაობა. შეიძლება ითქვას, რომ ჰიდრო და ქარის ელექტროსადგურები სწორედ მზის ენერჯიაზე მუშაობენ. ცნობილია, რომ ყველა სახის განახლებადი ენერჯია საბოლოო ჯამში მზის გამოსხივებას უკავშირდება. მხოლოდ დედამიწის წილად მოსული სხივური ენერჯია 35000-ჯერ აჭარბებს დღევანდელი მსოფლიოს წლიურ ენერგომოხმარებას. აქედან გამომდინარე მუდმივად მიმდინარეობს უშუალოდ მზის ენერჯიის ელექტრულ და სითბურ ენერჯიებად გარდაქმნის მცდელობა. დღეისათვის ცნობილია უშუალოდ მზის ენერჯიის გამოყენების სამი ძირითადი მიმართულება:

1. მზის ენერჯიის პირდაპირი გარდაქმნა ელექტრულ ენერჯიად;
2. მზის ენერჯიის სითბურ ენერჯიად გარდაქმნა;
3. მზის ენერჯიის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა (თერმოდინამიკური ციკლის საფუძველზე)

ასევე კარგი პერსპექტივები აქვს მზის ენერჯის სითბურ ენერჯიად გარდამქნელ კოლექტორებს. ამ მიმართულებას განვითარების დიდი ხნის და წარმატებული ისტორია აქვს და შეიძლება ითქვას, რომ მათი გამოყენების აუცილებლობას ოპონენტები არა ჰყავს. მზის ენერჯის ელექტროენერჯიად გარდაქმნა თერმოდინამიკური ციკლის საფუძველზე, სწარაფად განვითარებადი, საინტერესო და პროგრესული მიმართულებაა.

მზის ენერჯის გამოყენების ერთ–ერთი სახეა ჰელიოთერმული დანადგარები, რომლებიც სხივურ ენერჯიას თბურ ენერჯიად გარდაქმნიან. ასეთ სისტემებში მზის სხივები ლინზების საშუალებით მიმდებ სითხეში ფოკუსირდება: სითხე თბება, ხოლო სითბო ელექტროგენერატორებს გადაეცემა.

ჰელიოენერჯის გამოყენების კუთხით საქართველოს უმეტეს რეგიონებში, უნიკალური საშუალებებია, ცნობილია, რომ მზის ეფექტური და ხანგრძლივი გამოსხივება საკმაოდ მაღალია. ნათების წლიური ხანგრძლივობა 250–დან 280 დღემდე მერყეობს, რაც წელიწადში დღის ხანგრძლივობის მიხედვით, დაახლოებით 1900–2200 საათს შეადგენს. საქართველოს ტერიტორიაზე მზის წლიური ჯამური რადიაცია რეგიონების მიხედვით მერყეობს 1250–1800 კვტ.სთ/მ<sup>2</sup> დიაპაზონში, ხოლო მზის საშუალო რადიაცია უტოლდება 4,2 კვტ. სთ/მ<sup>2</sup> დღეში. იმავდროულად ეს მაღალი პოტენციალი მხოლოდ მცირედ არის გამოყენებული, წყლის გამათბობელი კოლექტორების სახით, ხოლო ფოტოვოლტაიკური გარდამქმნელები იმდენად იშვიათია, რომ ნაკლებად გამოიყენება.

მზის ელემენტების ერთ–ერთი ყველაზე ძლიერი მხარე ისაა, რომ დამონტაჟების შემდეგ ისინი გარემოს ფაქტიურად არ აბინძურებენ. მიუხედავად ამისა, მზის ელემენტების წარმოების დროს გამოიყოფა მძიმე მეტალები, რაც სათანადო ზედამხედველობისა და კონტროლის გარეშე შეიძლება მავნე იყოს. ტრადიციულ ტექნოლოგიებთან შედარებით ეს ეკოლოგიური ზემოქმედება უმნიშვნელოა [21].

## **ქარის ენერჯია**

ქარის ენერჯის გამოყენებაზე სპეციალისტები დიდ იმედებს ამყარებენ. აეროდინამიური ტურბინები ქარის ენერჯიას მექანიკურ ენერჯიად ან ელექტროენერჯიად

გარდაქმნიან. ეს წყარო შედარებით ადრინდელია, თუმცა მრავალი უპირატესობის მიუხედავად ბოლო დრომდე მან ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება.

ქარის ენერჯის ინტენსიური ათვისება მხოლოდ 70–80–იან წლებში დაიწყო. დღეს მსოფლიოში გამომუშავებული აეროდინამიური ენერჯის 80% კალიფორნიაზე მოდის. 1984 წლის მონაცემებით, აქ მუშაობს 8500–მდე ტურბინა, რომელთა ერთობლივი სიმძლავრე 5500 მეგავატს შეადგენს. აშშ–ში ქარისმიერი ენერჯის გამოყენების მასშტაბები იზრდება; დანადგარები შენდება ევროპაში, აშშ–ს დასავლეთში, სკანდინავიაში და ა. შ.

საქართველოს გააჩნია ქარის ენერჯის მნიშვნელოვანი პოტენციალი, რომლის საშუალო წლიური რაოდენობა 4 მლრდ კვტ. სთ–მდე არის შეფასებული.

ქარის ენერგეტიკული ბუნებრივი პოტენციალის მიხედვით საქართველოს ტერიტორია დარაიონებულია ოთხ ზონად:

1. მაღალი სიჩქარეების ზონა–სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი, კახაბერის ვაკე და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილი. სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა 5 000 სთ–ზე მეტია წელიწადში.
2. ნაწილობრივ მაღალსიჩქარიანი და დაბალსიჩქარიანი ზონა–მტკვრის ხეობა მცხეთიდან რუსთავამდე, ჯავახეთის სამხრეთი ნაწილი, შავი ზღვის სანაპირო ზოლი ფოთიდან კახაბერის ვაკემდე. სამუშაო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს წელიწადში 4500–5000 სთ–ს.
3. დაბალსიჩქარიანი ქედების ეფექტიანი ექსპლუატაციის ზონა–გაგრის ქედი, კოლხეთის დაბლობი და აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობები.
4. დაბალსიჩქარიანი ქედების შეზღუდული გამოყენების ზონა–იორის ზეგანი და სიონის წყალსაცავი.

საქართველოს ტერიტორიის დანარჩენი ნაწილის ქედები ქარის ელექტროსადგურების ექსპლუატაციასთვის არ გამოდგება.

ქარის ენერგეტიკას ამჟამად გააჩნია ყველაზე კონკურენტუნარიანი ენერგეტიკული ტექნოლოგია. მეცნიერთა შეფასებით ქარის ელექტროსადგურების წილი მსოფლიო ენერგეტიკაში 2025 წლისათვის 10%-ს მიაღწევს.

2007 წელს გაფორმდა ურთიერთგაგების მემორანდუმი საქართველოს მთავრობასა და ქართულ-ამერიკული კომპანია „ქარიდანს“ შორის 24 მეგავატიანი ქარის ელექტროსადგურის მშენებლობაზე, რომელიც თბილისის ზღვის მიმდებარე ტერიტორიაზე განთავსდება. პროექტის ღირებულება 24 მილიონი დოლარია.

ქარის ენერჯის გამოყენების დადებითი მხარეები:

1. არ აბინძურებს გარემოს
2. განახლებადი ენერჯის წყაროებს შორის ყველაზე იაფია

უარყოფითი მხარეები:

1. ქარი არასტაბილურია
2. ქარის ელექტროსადგური ხმაურიანია
3. ქარის ელექტროსადგური იკავებს დიდ ფართობს
4. ქარის ელექტროსადგური ზიანს აყენებს ფრინველებს
5. ქარის ელექტროსადგური აფერხებს ტელე და რადიოსიგნალებს

ქარის პოტენციალი საქართველოში შეადგენს დაახლოებით 83 ტერავატ.სთ/ წელიწადში და კონცენტრირებულია 4 ან 5 უბანზე. მიუხედავად ამისა, რომ ქარის ენერჯით ელექტროენერჯის გენერაციას წყვეტილი ხასიათი აქვს, ვიზუალურად ამახინჯებს ხედებს და შეჯახების საშიშროებას უქმნის ფრინველებს, ასეთი ტიპის განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენება გასულ პერიოდში მსოფლიოში ყველაზე სწრაფად გაიზარდა. სავარაუდოა, რომ ასეთი ზრდა საქართველოშიც მოხდეს. უკვე გათვალისწინებულია 20 და 40 მეგავატის ქარის ელექტროსადგურების პროექტების განხორციელება.

ქარის ენერჯიას დიდი პოტენციალი გააჩნია, შეუძლია რა, წელიწადში 4 მლრდ კვტ/სთ-მდე სიმძლავრის ელექტროენერჯის გენერაცია. ქარის სიჩქარის ანაზომების

აღება რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე ხდებოდა 165 მეტეოროლოგიურ ქვესადგურში. კვლევის შედეგების მიხედვით, საქართველოში ქარის ელექტროსადგურებისთვის ყველაზე შესაფერისი ტერიტორიები მდებარეობს კავკასიის მაღალმთიან ზონაში, სამხრეთ საქართველოს ზეგანზე (ჯავახეთის რეგიონში) და შავიზღვისპირეთის სამხრეთ ნაწილში [21].

### **გეოთერმული ენერჯია**

მრავალ რეგიონში იხვეწება გეოთერმული ენერჯიის და ოკეანური თბური ენერჯიის ათვისების საშუალებები. მიწისქვეშა თბილი წყლების გამოყენება ინდუსტრიულ ქვეყნებში ყოველწლიურად დაახლოებით 15%-ით იზრდება. ჩრდ. კალიფორნიაში მრავალი წელია მუშაობს 2000 მეგავატის სიმძლავრის გეოთერმული დანადგარი[12].

ჰიდროგეოლოგიური შესწავლის თანამედროვე დონის შესაბამისად საქართველოში გეოთერმული წყლების მარაგი პროგნოზით აღწევს 250 მლნ. მ<sup>3</sup>-ს წელიწადში. დღეისათვის ცნობილია 250-ზე მეტი ბუნებრივი და ხელოვნურად გაბურღული გამოსავლები, რომლებშიდაც გეოთერმული წყლის ტემპერატურა მერყეობს 30–110°C-ის ფარგლებში. ხოლო მთლიანი დებიტი აღწევს 160 ათას მ<sup>3</sup>-ს დღე-ღამეში. ეს გასავლები დაჯგუფებულია 44 საბადოდ. აქედან 3500 მ<sup>2</sup>-ზე განვითარებულია ისეთი ჭაბურღილები, რომელთა წყლის ტემპერატურა არის 85°C და მეტი.

გეოთერმული საბადოების 80%-ზე მეტი განლაგებულია დასავლეთ საქართველოში. ზუგდიდი-ცაიშის გეოთერმულ ველზე დღეისათვის საექსპლუატაციოდ ვარგისია 9 პროდუქტიული, 7 სარეინჟექციო და 3 სადამკვირვებლო ჭაბურღილი. დადგენილია, რომ საბადოებზე არსებობს ორი დამოუკიდებელი თერმოწყალშემცველი ჰორიზონტი, რომელზედაც რეინჟექციის ორგანიზების შემთხვევაში შეიძლება სტაბილურად მოვიპოვოთ 30 ათასი მ<sup>3</sup> თერმული წყალი დღე-ღამეში.

საქართველოს მთავარი საპორტო ქალაქის-ფოთის გეოთერმული მომარაგება შესაძლებელია განხორციელდეს ქვალონისა და მენჯის გეოთერმული წყლების საბადოებიდან.



გეოთერმული წყაროების პოტენციალი საქართველოში საკმაოდ მაღალია. ჭაბურღილების უმეტესობას ისეთი მახასიათებლები აქვს (დაბალი ტემპერატურის წყაროები) რომ მათი გამოყენება ძირითადად დაგეგმილია სითბოს მიწოდების მრავალსაფეხურიან სისტემაში. გეოთერმული ენერგია დღეისათვის მსოფლიოს 25-მდე ქვეყანაში გამოიყენება, მათ შორისაა, ახალი ზელანდია, აშშ, ჩინეთი, იაპონია, იტალია, ფილიპინები, რუსეთი, ისრაელი და ა.შ. [10].

გეოთერმული წყლების საერთო რეზერვი დღეში 160000 მ<sup>3</sup>-ს აღემატება. ამ რესურსების 8% მდებარეობს ქვეყნის დასავლეთ ნაწილში, თუმცა გეოთერმული ველები სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოშიც მოიპოვება. ქვეყნის მასშტაბით 44 საბადოში არსებული გეოთერმული წყლის რესურსები გამოედინება 206 ჭისა და ოთხი წყაროს საშუალებით, მათი ტემპერატურა 30<sup>0</sup>-დან 110<sup>0</sup>C - მდე დიაპაზონშია. ქვეყნის გეოთერმული რესურსები მაღალი ხარისხისაა, შეიცავს გახსნილი მარილების მინიმალურ რაოდენობას, რაც გამოყენების პროცესში ამცირებს სკალირებას [10].

### **ჰიდროენერგეტიკა**

მცირე ჰიდროენერგეტიკა თავისი დანიშნულებით და მნიშვნელობით განახლებად ენერგორესურსებს განეკუთვნება. ეს მიმართულება არ განიხილება მძლავრი ენერგეტიკის ალტერნატივად, მაგრამ მიუხედავად ამისა ხშირად ხდება მათი შედარებითი შეფასება. ელექტროენერგია იწარმოება ჰიდროელექტროსადგურებზე (ჰესები), რომლებიც ამისათვის წყლის ნაკადის ენერგიას გამოიყენებენ. ჰესების მშენებლობით წყდება წყლის რესურსების კომპლექსურად გამოყენების საკითხი. სიმძლავრის მიხედვით ჰესები იყოფიან მიკრო, მინი, მცირე, საშუალო და დიდი სიმძლავრის ჰესებად. ერთიანი საერთაშორისო კლასიფიკაცია არ არსებობს. ჰესები ასევე იყოფიან სეზონურ და მარეგულირებელ ელექტროსადგურებად. რეგულირების შესაძლებლობის მიხედვით ანსხვავებენ დღელამურ, სეზონურ და მრავალწლიანი რეგულირების ჰესებს. არსებობენ ასევე ჰიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურები (ჰაესი), რომელთა დანიშნულებაცაა ელექტროენერგიის წარმოებასთან ერთად ენერგოსისტემის მინიმუმის საათებში ქვედა რეზერვუარიდან

ზედა რეზერვუარში წყლის ატუმბვა, რაც საგრძნობლად ამაღლებს ელექტროენერგეტიკული სისტემის მუშაობის ეფექტიანობას [5].

მძლავრი ჰიდროენერგეტიკა, თავისი კაშხლებით, დერივაციებით და სხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობებით, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარემოზე. წყალსაცავის მკვდარ ზონაში დამდგარი წყალი იწვევს აუზის ბიოლოგიურ ცვლილებას, აფუჭებს წყლის ხარისხს. წყალსაცავის სარკული ზედაპირი მნიშვნელოვნად მოქმედებს რეგიონის კლიმატზე, ტემპერატურულ რეჟიმზე, ნალექიანობაზე.

საქართველო თავისი ჰიდრორესურსებით ერთ-ერთი გამორჩეული ქვეყანაა. წყლის რესურსები ჩვენი არსებობის ენერგეტიკული კომპონენტია. ენერჯის განახლებად წყაროებს შორის, თავისი პოტენციალით, მცირე ჰიდროენერგეტიკას, დამსახურებული პირველი ადგილი უჭირავს.

ჰიდროენერგეტიკის განვითარების გრძელვადიანი პროგრამების დამუშავების დროს უკვე აუცილებელი ხდება იმ რეალობის გათვალისწინება, რომ 20–30 წლის შემდეგ დიდი ალბათობით, ჩვენს რეგიონში სასმელი წყლის დეფიციტი გაჩნდება და მას ფრთხილი მოპყრობა სჭირდება.

ჰიდროგენერაციის პოტენციალის აბსოლუტური ინდექსის მიხედვით საქართველო მეოთხე ადგილზეა დსთ-ს ქვეყნებს შორის (რუსეთის, ტაჯიკეთის და ყაზახეთის შემდეგ), ხოლო ქვეყნის ტერიტორიაზე ჰიდრო-პოტენციალის კონცენტრაციის მიხედვით იგი მსოფლიოში ერთ-ერთ პირველ ადგილზეა. შეფასების მიხედვით, საქართველოს მთლიანი ტექნიკური ჰიდრო-პოტენციალი შეადგენს დაახლოებით 82 მეგავატ. სთ./ წელიწადში და ამ პოტენციალის ნახევარი კონცენტრირებულია 30 მგვტ-ზე დაბალი სიმძლავრის ელექტროსადგურებში.

ძირითადი ჰიდრორესურსები (72%) კონცენტრირებულია დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე. ათვისებული იყო მდ. ენგურისა და მდ. რიონის პოტენციალი. საქართველოს მთლიანი ჰიდროგენერაციის პოტენციალის შეფასებისას განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მცირე ჰესებს. მცირე ჰიდროგენერაციის პოტენციალი ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზეა განაწილებული [5].

## 1.5 ბიომასა

ბიომასა არის და მომავალშიც იქნება ენერგიაზე ადამიანის მოთხოვნილების დაკმაყოფილების ერთ-ერთი ძირითადი წყარო.

ბიომასის ზოგად ტერმინში იგულისხმება ყველაფერი ის, რისგანაც შედგება დედამიწაზე არსებული მცენარეული საფარი და ცხოველური ორგანიზმები. ბიომასა პირობითად შეიძლება დაიყოს პირველად და მეორადად. პირველად ბიომასას წარმოადგენს მცენარეები, ცხოველები და მიკროორგანიზმები, ხოლო მეორად ბიომასაში იგულისხმება პირველადი ბიომასის გადამუშავებისა და ცხოველმოქმედების შედეგად მიღებული ნარჩენები.

ბიომასის საფუძველი არის ნახშირბადის ორგანული ნაერთები, რომლებიც ჟანგბადთან მიერთების ან ბუნებრივი მეტაბოლიზმის დროს გამოყოფენ ენერგიას (სითბოს). გარდა იმისა, რომ ბიომასის ცალკეული სახეები შეიძლება პირდაპირ იქნას გამოყენებული ენერგიის მისაღებად, ის სხვადასხვა ქიმიური თუ ბიოლოგიური პროცესებით შეიძლება გარდაქმნილ იქნას სხვადასხვა ტიპის სათბობად (მეთანი, მეთანოლი, ხის ნახშირი და სხვა [59,60]).

ბიომასა მიიღება ფოტოსინთეზის პროცესში:  $\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ფოტონები} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ . ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობა უზარმაზარია, ყოველწლიურად დედამიწის მცენარეული სამყარო შთანთქავს  $1.7 \times 10^{11}$  ტონა ნახშირბადს. ყოველწლიურად სინთეზირდება დაახლოებით  $4 \times 10^{11}$  ტონა ორგანული ნივთიერება, რომელიც წარმოადგენს ყველაზე გავრცელებულ და უნივერსალურ რესურს დედამიწაზე და ითვლება მომავლის ერთ-ერთ ძირითად განახლებად ენერგეტიკულ რესურსად. ის წარმოადგენს ქიმიური ენერგიის შემცველ ბიოლოგიური წარმოშობის ორგანულ, არაწიალისეულ ნედლეულს [59].

მცენარეები ზრდის პროცესში შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და წარმოქმნიან ბიომასას. წვისას გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, შედეგად ვიღებთ დახურულ ციკლს, რომლის დროსაც დამატებითი რაოდენობის  $\text{CO}_2$ -ის გაფრქვევა არ ხდება. მდგრადი განვითარების პრინციპების დაცვით ძველი ბიომასის წვის პარალელურად მიმდინარეობს ახლის დარგვა და ზრდა [60].

ბიომასის ხუთი ძირითადი წყაროა:

- სატყეო მეურნეობის და ტყის მრეწველობის ნარჩენები
- ენერგეტიკული მცენარეები-მაღალი მოსავლიანობის მქონე მცენარეები და ენერგეტიკული პლანტაციები, წყალმცენარეები
- სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა კულტურების ნარჩენები
- საკვების ნარჩენები, საკვების წარმოების და გამოყენების დროს მიღებული ნარჩენები
- საყოფაცხოვრებო ნარჩენები და წარმოების სხვა ნარჩენები, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ მასას [60].

ბიომასა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საწვავად პირველადი ბიომასაა, მეორადი ბიომასა კი პირველადის გადამუშავების შედეგად მიიღება და მოიცავს ხე-ტყისა და ხის გადამამუშავებელი მრეწველობის, სასოფლო-სამეურნეო, მცენარეული და ცხოველური კვების მრეწველობის, საყოფაცხოვრებო და მუნიციპალურ ნარჩენებს. ყოველწლიურად საქართველოში 4.4 მლნ. ტონამდე სხვადასხვა სახის ბიომასა გროვდება, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი შეადგენს 12.5 მლნ კვტ.სთ-ს წელიწადში. ამ პოტენციალის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი გამოიყენება ენერჯის მისაღებად. საქართველოში ბიომასის გამოყენების თვალსაზრისით ყველაზე პოპულარული ენერგეტიკული რესურსი შეშაა, რომელიც გასათბობად და საჭმლის მოსამზადებლად გამოიყენება. ამ მიზნისათვის ყოველწლიურად დაახლოებით 8<sup>3</sup> მლნ. შეშა იჭრება, რაც უარყოფითად აისახება საქართველოს ტყეების ეკოსისტემაზე.

მომგებიანი გეოგრაფიული მდებარეობის, ტყეებისა და სოფლის მეურნეობის განვითარებისთვის ხელსაყრელი კლიმატის წყალობით, საქართველოს გააჩნია ბიომასის ენერგოსადგურების შექმნის უდიდესი პოტენციალი, განსაკუთრებით გათბობისა და ცხელი წყლის მისაღებად [33].

**ბიომასის რესურსი** მოიცავს მერქანს, მერქნის გადამამუშავების დანაკარგებს და ნარჩენებს, სოფლის მეურნეობის კულტურებს და მათ დანაკარგ თანაპროდუქტებს,

მუნიციპალურ მყარ ნარჩენებს, ცხოველურ და კვების პროდუქტების წარმოების დანაკარგებს, წყალმცენარეებს და ენერგეტიკულ კულტურებს (მაღალმოსავლიანი კულტურები, რომლებიც იზრდება სპეციალურად ენერგეტიკული გამოყენების მიზნით). ბიომასების უტილიზაციისათვის საჭირო გარდაქმნის ტექნოლოგიები იყოფა ოთხ მთავარ კატეგორიად: უშუალო წვის პროცესები, თერმოქიმიური, ბიოქიმიური და აგროქიმიური პროცესები.

ბიომასის გამოყენებით შესაძლებელია დაკმაყოფილდეს ენერგიაზე მრავალფეროვანი მოთხოვნილება, კერძოდ, ელექტროენერჯის გენერირება, სახლების გათბობა, მანქანების საწვავით მომარაგება და ინდუსტრიული ობიექტების პროცესების სითბური ენერჯით უზრუნველყოფა [ 24].

**ენერგოკულტურები** მაღალმოსავლიანი კულტურებია, რადგანაც 1 ჰექტარზე ისინი იძლევიან მაღალ მოსავალს მცირე დანახარჯებით. მათ სპეციალურად ზრდიან ენერგეტიკული გამოყენებისათვის. ენერგეტიკულ მრავალწლიან მცენარეების ამ სახეობებს აქვთ მშრალი და მყარი ტანი, რომელთა გადამუშავება იაფია და აქვთ დაბალი აგროქიმიური საჭიროებები (არ სჭირდებათ სხვადასხვა ქიმიური დანამატი), ეფექტურად ინახავენ მზის ენერჯიას და ადვილია ამ ენერჯიის კვლავ სასარგებლო ენერჯიად გარდაქმნა. ენერგეტიკულ მცენარეებს ახასიათებთ ენერჯიის წარმოების მაღალი ეფექტურობა და გარემოზე ზემოქმედების დაბალი ინტენსივობა [58].

საერთაშორისო მონაცემების შესაბამისად, არსებობს მაღალმოსავლიანი ბალახები და სხვა მცენარეები (მაგ.: მისკანტუსი, კანარის ლერწმისმაგვარი ბალახი, გიგანტური ლერწამი). ევროპაში ყველაზე გავრცელებულია მისკანტუსის ჯიში რომლებიც მაღალი (3.5 მ-მდე სიმაღლის), მერქნიანი, მრავალწლიანი, ფესვურა ბალახია. მისკანტუსი ევროპაში შემოტანილია აზიიდან, მაგრამ ევროპის კლიმატის პირობებშიც აჩვენებს მაღალ მოსავლიანობას (საშუალოდ 14 მშრალ ტონას ჰექტარზე). მისკანტუსის კალორიულობის მაჩვენებელი რამდენადმე დაბალია, ვიდრე სხვა მერქნიანი მცენარეების, მისი ნაცრის შემცველობა საკმაოდ მაღალია ბზის მსგავსად[6]. **მისკანტუსი** (*Miscanthus giganteus*) - შეიძლება დაირგას ფესვების დანაწილებით. ის ითესება გაზაფხულზე, სიმკვრივით 20,000 ცალი 1 ჰექტარზე და გვიან აგვისტომდე

იზრდება 1-2 მ-მდე; გვიანი ივლისიდან მოსავალი იწყებს გახმობას, ამიტომ ზამთარში მოსავალი ადებულ უნდა იქნეს. უმეტესი ფოთლები კვდება და ტოვებს 10 სმ. დიამეტრის ღეროებს, მისი ტენშემცველობა შედარებით დაბალია. პირველი წელი გვამლევს ზრდის დაბალ მაჩვენებელს, მაგრამ მომდევნო წლებში უფრო მაღალი იზრდება, როგორც წესი, შეიძლება მიაღწიოს 2.5-3.5 მ სიმაღლემდე, და საერთოდ, მოსავლიანობა იზრდება პირველი 4-5 წლის განმავლობაში. გაშენების შემდეგ მისკანტუსის პლანტაცია შეიძლება ადებულ იქნეს ყოველწლიურად 15-20 წლის განმავლობაში, ვიდრე საჭირო გახდება ხელმეორედ გაშენება. მოსავლიანობა დამოკიდებულია მზის ნათებაზე, ტემპერატურასა და ნალექების რაოდენობაზე, მაგრამ მისკანტუსი კარგად იზრდება სხვადასხვა ნიადაგებზე, და მოსავალი შეადგენს 12-14 ტ/ჰა, რომელიც შეიძლება მიღწეულ იქნეს მესამე წლიდან და შემდეგაც, და თითქმის უფრო მეტიც, კარგ ადგილებში. მოსავლის აღება ხორციელდება მოდიფიცირებული საკვებამლები კომბაინით, მისი ტენიანობა მოსავლის აღების დროს 20%-ზე ნაკლებია, რის შემდეგაც ის შეიძლება დატოვებულ იქნეს შემდგომი შრობისათვის მოთიბული ბალახის ზოლების მსგავსად, ფუთების გაკეთებამდე. მოსავალი შემდეგ იფუთება ჩვეულებრივი წნეხმანქანებით სწორკუთხა ან მრგვალი ფორმის ფუთებად, მოთხოვნილებების შესაბამისად. მთელს მსოფლიოში გავრცელებულ სოფლის მეურნეობის ენერგოკულტურებს გააჩნიათ ენერგოპოტენციალი, ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც ბიომასის სახით, ასევე სპეციფიკური პროდუქტების სახითაც, კონკრეტული ტიპის ენერჯის მისაღებად. ეს არის მარცვლოვანი, შაქრის, სახამებლის და ზეთის კულტურები. ყველა წარმოდგენილი კულტურები გამოყენებულია თხევადი ბიოსაწვავის მისაღებად (მეთილეთერი და ეთანოლი).

სოფლის მეურნეობის წარმოების ნარჩენები მოიცავს ფართო სპექტრს, კერძოდ კი:

მშრალი ნარჩენები - სახნავი კულტურების ის ნაწილი, რომელიც არ გამოიყენება ადამიანების საკვებად.

სიმინდის ჩალა წარმოადგენს სიმინდის მარცვლის მოსავლის აღების დროს მიღებული ღეროებისა და ფოთლების ნარჩენებს და ის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ბიომასის ნედლეულად, როგორც ბზა [24].

თხილის, ნუშის, ბერძნული კაკლის ნაჭუჭები, ნაფცქვენები და გადამუშავების სხვა ნარჩენები გამოიყენება, როგორც ბიომასა, ასევე ბიოსაწვავის მისაღებად იყენებენ გარგარის, ალუბლის, ზეთისხილის, ატმის და ქლიავის კურკებს.

ტენიანი ნარჩენები მოიცავს შინაური ცხოველების და ფრინველების სუსპენზიებს და ნაკელს.

საკვები პროდუქტების დანაკარგები ის ნარჩენებია, რომელიც წარმოიქმნება საკვები პროდუქტებით მომარაგების ყველა ეტაპზე.

ზეთის დანაკარგები, რომელთაც არა აქვთ წყლის მაღალი შემცველობა, წარმოადგენს ბოსტნეულის ზეთების და ცხოველების ცხიმების დანაკარგებს. ბევრი დანაკარგი ზეთი შეიძლება მოგროვებულ, გაფილტრულ და გარდაქმნილ იქნეს ტრანსეთერიფიკაციის მეთოდით ბიოდიზელის საწვავად.

სამრეწველო პროცესებისა და ტექნოლოგიური ოპერაციების დროს წარმოქმნილი ნარჩენები, დანაკარგები ან თანაპროდუქტები შესაძლოა პოტენციურად გამოვიყენოთ ბიოსაწვავად. ისინი შეიძლება დავეყთ მერქნულ და არამერქნულ მასალებად.

## თავი 2

### ბიოსაწვავი

ბიორესურსებისგან მიღებული, ალტერნატიული, განახლებადი, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავია, რომელსაც შეუძლია შეცვალოს წიაღისეული ენერგეტიკული რესურსები. ბიოსაწვავის ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლები ანალოგიურია დიზელის საწვავისა და მისი გამოყენება საწვავად შეიძლება ყველა იმ დანადგარში, რომელიც დიზელის საწვავს მოიხმარს, მათ შორის, ავტომობილების დიზელის ტიპის შიდაწვის ძრავებში. ამასთან, ძრავის არავითარი მოდიფიკაცია არ არის საჭირო. ბიოსაწვავი წარმოიქმნება ბიოლოგიური ნედლეულისაგან, რომელიც მიიღება შაქრის ლერწმის, ძირხვენების ან რაპსის თესლის, სიმინდის, სოიოს, მყარი საყოფაცხოვრებო, ხე-ტყის გადამუშავების ნარჩენების, წყალმცენარეების და გენმოდიფიცირებული ბაქტერიების და სხვათა გარდაქმნის შედეგად.

ბიოსაწვავისათვის დამახასიათებელია ნახშირორჟანგის მოკლე ციკლი ის არ ახდენს ატმოსფეროში ზედმეტი CO<sub>2</sub>-ის გაფრქვევას და არა აქვს დამატებითი სათბური გაზის ეფექტი.

ანსხვავებენ თხევად ბიოსაწვავს (შიგაწვის ძრავისათვის მაგალითად ბიოეთანოლი, ბიომეთანოლი, ბიოდიზელი), მყარ ბიოსაწვავს (ბრიკეტი, პილეტები) და აირადი წარმოშობის ბიოსაწვავს (ბიოაირი, ბიოწყალბადი)

სხვადასხვა სახის ბიომასიდან მიღებული ენერჯია სულ უფრო მეტ პოპულარობას იძენს მსოფლიოში. ბიოსაწვავის სამრეწველო წარმოებას გასული საუკუნის 70–იან წლებში ჩაეყარა საფუძველი. დღეს ბიოსაწვავს განიხილავენ, როგორც ნავთობზე ცვალებად ფასებთან და კლიმატის გლობალურ დათბობასთან ბრძოლის, ასევე ენერგოუსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ–ერთ პერსპექტიულ საშუალებას [61].

ბიოსაწვავის წარმოება მსოფლიო მაშტაბით 2012 წლისთვის შეადგინა 110 მლრდ. ლიტრი, რომლის 48% მოდის ამერიკის შეერთებულ შტატებზე და 46% -ბრაზილიაზე. ბრაზილიაში ეთანოლს უმეტესად შაქრის ლერწმისაგან აწარმოებენ. ხოლო ამერიკაში – სიმინდისაგან. ბიოსაწვავის საერთო ღირებულებამ 2012 წელს მსოფლიოს ენერგეტიკული სააგენტოს მონაცემებით შეადგინა 95,2 მლრდ აშშ დოლარი.

ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ბიოსაწვავის ფასი კონკურენტუნარიანი ხდება ტრადიციული საწვავის ფასებთან შედარებით. გარდა ამისა ბიოსაწვავის მთავარი სიკეთე ის არის, რომ ის განახლებადი, ეკოლოგიურად სუფთა საწვავია, არ შეიცავს მძიმე ლითონებს და მისი გამოყენების შედეგად ატმოსფერო არ ბინძურდება მძიმე ლითონებით, გოგირდის ორჟანგით, სხვადასხვა კანცეროგენებით და მავნე მინარევებით.

განსაკუთრებით ეფექტიანია ბიოსაწვავის გამოყენება ურბანულ გარემოში, ქალაქის ტიპის დასახლებებში, სადაც შედარებით მცირე ფართობზე მოსახლეობისა და მანქანების დიდი კონცენტრაციაა. ავტომობილების ძრავების მავნე ემისიას ემატება გათბობისა და სხვა ტიპის გამონაბოლქვი და ჰაერი ძლიერ დაბინძურებულია. ამგვარი პრობლემის წინაშეა დღევანდელი საქართველოს ყველა დიდი ქალაქი - თბილისი,



რუსთავი, ქუთაისი და სხვა. ბუნებრივია, ბიოსაწვავის გამოყენება მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ამ ქალაქების ატმოსფერული ჰაერის სისუფთავეს და ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ბიოეთანოლის (ეთილის სპირტი) მიღების ბიოქიმიური მეთოდი დიდი ხანია ცნობილია, მაგრამ ბიოეთანოლის საწვავად გამოყენების იდეა აქტუალური გახდა გასული საუკუნის 90-იან წლებში, ნავთობის კრიზისის დროს, როდესაც მსოფლიოში ნავთობის ფასი მკვეთრად გაიზარდა და ბევრ ქვეყანაში საწვავის დეფიციტიც შეიქმნა.

პრაქტიკულად სწორედ მაშინ დაიწყო ევროპასა და ამერიკაში ბიოსაწვავის პირველი მსხვილი კომერციული საწარმოების შექმნა. თავიდან მათი წარმადობა მცირე იყო, მაგრამ, გასული საუკუნის ბოლოდან მოყოლებული, როდესაც ცხადი გახდა, რომ ნავთობის ფასი, რომელიც აქამდე მეტ-ნაკლებად მერყეობდა, საბოლოოდ მხოლოდ გაიზარდებოდა, ბიოსაწვავის წარმოებაც უფრო ინტენსიური გახდა და თან სტრატეგიული მნიშვნელობაც შეიძინა. ამას თან დაერთო გლობალური დათბობა და კლიმატის ცვლილება, რაც მსოფლიო პრობლემად იქცა, რისი ერთ-ერთი მთავარი მიზეზიც ნავთობის, ქვანახშირის და ბუნებრივი აირის - ანუ ნახშირწყალბადების სულ უფრო ინტენსიური მოხმარებაა. აქედან გამომდინარე, კიდევ უფრო აქტუალური გახდა ალტერნატიული, განახლებადი ენერჯის წყაროების, მათ შორის, ბიოსაწვავის მიღება და გამოყენება. დღეს ევროპასა თუ ამერიკის შეერთებულ შტატების ავტოგასამართ სადგურებში პოპულარულია ბენზინის ანალოგის - ეთანოლის გაყიდვა, განსაკუთრებულ E 85 საწვავი, ბოლო წლებში ბიოსაწვავის წარმოებამ სერიოზულ მასშტაბებს მიაღწია, 2015 წლისთვის ევროკავშირის ქვეყნებში მოხმარებული საწვავის 5% ალტერნატიული საწვავია, გასული წლის მონაცემებით ევროკავშირში წარმოებულია 9.1 მილიონი ტონა ბიოსაწვავი რაც მიუთითებს ბიოსაწვავის წარმოების ზრდის მსოფლიო ტენდენციაზე. ლიდერი ამ სფეროში გერმანიაა, სადაც 2015 წელს 2.5 მილიონი ტონა ბიოსაწვავი აწარმოეს, ასევე მნიშვნელოვანია საფრანგეთის წილი—1.9 მლნ.ტონა. ბალტიის ქვეყნებში 165 ათასი ტონა ბიოსაწვავი იქნა წარმოებული, პოლონეთში—323 ათასი ტონა, აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში – ბულგარეთში, რუმინეთში, სლოვაკეთში—250 ტონაზე მეტი. არანაკლები ინტერესია ალტერნატიული განახლებადი— ბიომასისგან მიღებული საწვავის მიმართ ამერიკის შეერთებულ

შტატებში, სადაც ქვეყნის 260 საწარმოში ბოლო 5 წლის განმავლობაში 8.9 მილიონი ტონა ბიოსაწვავი იქნა წარმოებული. ეს მონაცემები ცხადყოფს, რომ განახლებადი ალტერნატიული საწვავის წარმოება ამცირებს ნავთობზე დამოკიდებულებას. ეკოლოგიურად სუფთა საწვავის გამოყენება დადებით გავლენას ახდენს გარემოზე, მცირდება ნამარხი ნახშირწყალბადის გამოყენება, იზრდება ქვეყნის ენერგოდამოკიდებულება, იქმნება ახალი საწარმოები, შესაბამისად სამუშაო ადგილები [61].

## 2.2. ბიოსაწვავის სახეები

ყოველი სახეობის ბიოსაწვავი მიიღება სპეციფიურად განსაზღვრული ნედლეულიდან:

- თხევადი ბიოსაწვავის მისაღებად გამოიყენება: სიმინდი, ბადაგი, შაქრის ლერწამი, სოიოს ზეთი, საქონლის ცხიმი, სხვადასხვა ბალახები, მერქნის ნარჩენები, მცენარეული ზეთი, ცელულოზა.
- აირადი ბიოსაწვავის მისაღებად გამოიყენება: ნაკელი, სიმინდის სილოსი, ფეკალური მასები, საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, წყალმცენარეები, ყურძნის გამონაწერი, თევზის საამქროს, ჩიპსებისა და რძის ქარხნის გადამუშავების ნარჩენები.
- მყარი ბიოსაწვავის ნედლეულს წარმოადგენს: ნახერხი, თივა, ნაფოტები, ნაკელი, ტორფი, მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ხის ქერქი, ქათმის ნაკელი, თხილის ნაჭუჭი და სხვა.

ასევე განსხვავებულია ბიოსაწვავის წარმოების ტექნოლოგიები:

- თხევადი ბიოსაწვავის მიღების სამი მეთოდი არსებობს: ჰიდროლიზი, დუდილი და სპირტების წარმოება ბიოლოგიური ნედლეულიდან.
- ბიოაირის მიღება ხდება ანაერობული დუდილის მეთოდით მეთანტენკებში. სპეციალურ მიქსურებიან რეზერვუარებში ათავსებენ ბიომასას, სადაც არსებობენ ბაქტერიები, რომლებიც შთანთქავენ რა ბიომასას, გამოიმუშავებენ ბიოაირს. შემდეგ მიღებულ ბიოსაწვავს ასუფთავებენ და გამოიყენებენ

დანიშნულებისამებრ. ბიოაირის გამოყენება თავიდან აგვაცილებს მეთანის გამოყოფას, რომელიც ძლიერი მოქმედების სათბური აირია.

- მყარი ბიოსაწვავის ნედლეულს წარმოადგენს: ნახერხი, თივა, ნაფოტები, ნაკელი, ტორფი, მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ხის ქერქი, ქათმის ნაკელი, თხილის ნაჭუჭი და სხვა.

მყარი საწვავის მიღების ძირითადი მეთოდია გრანულირება და ბრიკეტირება.

## 2.3. ბიოსაწვავის კლასიფიკაცია

პირველი თაობის ბიოსაწვავი მიიღება საკვებად გამოსადეგი ნებისმიერი სასოფლო-სამეურნეო ნედლეულიდან, ტრადიციული ტექნოლოგიების (მიახლოვებული ბუნებრივთან, ბიოლოგიური და თერმოქიმიური პროცესების–დუდილის) უშუალო გამოყენებით. ამ ტიპის ბიოსაწვავს მიეკუთვნება ბიოეთანოლი, და ბიოდიზელი.

ექსპერტთა უმრავლესობა წინააღმდეგია პირველი თაობის ბიოსაწვავის წარმოების გაზრდისა, რადგანაც ეს იწვევს აგფლაციას, ანუ აგრარულ ინფლაციას.

მეორე თაობის ბიოსაწვავი მიიღება არა საკვები ნედლეულისაგან (გადამუშავებული ცხიმები და მცენარეული ზეთები, ხისა და მცენარეული ნარჩენების ბიომასა). სწრაფი ჰიდროლიზით ბიომასა გადადის თხევად მდგომარეობაში, რის გამოც გაადვილებულია მისი ტრანსპორტირება და შენახვა. მეორე თაობის ბიოსაწვავის წარმოების ტექნოლოგია უშუალოდ უკავშირდება ცელულოზას და ლიგნინის გადამუშავებას, რომელსაც შეიცავს ხის მერქანი ან ბოჭკოვანი ბიომასა. მეორე თაობის ბიოსაწვავის უპირატესობა, განპირობებულია იმით, რომ მისთვის საჭირო ნედლეული მოყავთ, ნაკლებად ნაყოფიერ ნიადაგზე. კერძოდ ამ შემთხვევაში ნიადაგის დამუშავებისათვის საჭიროა მინიმალური ტექნიკა, სასუქები და პესტიციდები. მეორე თაობის ბიოსაწვავის წარმოების ძირითად სირთულეს თვით ნედლეული–ლიგნოცელულოზური მერქანი წარმოადგენს. ამ რთულ პოლიმერულ ნახშირწყალბადს ესაჭიროება მრავალსაფეხურიანი ქიმიური გარდაქმნა და შესაბამისად მეტი ენერგია მისგან თხევადი საწვავის მისაღებად.

მესამე თაობის ბიოსაწვავი მიიღება ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების, ერთუჯრედიანი მიკროორგანიზმებისა და გენმოდიფიცირებული ბაქტერიებისაგან. წყალმცენარეების მოყვანა ხდება, როგორც ღია ტიპის წყალსაცავებში, ასევე მცირე ზომის ბიორეაქტორებში ელექტროსადგურების სიახლოვეს. წყალმცენარეებს მსოფლიოში განიხილავენ, როგორც მეტ ნაკლებად პერსპექტიულ ნედლეულს, განახლებადი წყაროებიდან ბიოსაწვავის მისაღებად. ეს პირველ რიგში განპირობებულია წყალმცენარეების სწრაფი გამრავლებით, რომლებიც გვამღევენ მაღალ მზარდ ბიომასას, რაც შესაძლებელს ხდის ავიღოთ მოსავალი 40-ჯერ წელიწადში, უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანული ნივთიერებების დაახლოებით 80%, რომელიც ყოველდღიურად წარმოიქმნება დედამიწაზე მოდის სწორედ წყალმცენარეებზე.

ამ მიმართულების განვითარების პერსპექტივა დამოკიდებულია წყალმცენარეების შემადგენლობის სპეციფიკასთან.

წყალმცენარეებს გააჩნიათ მთელი რიგი პოტენციური უპირატესობა სახმელეთო კულტურებთან შედარებით, კერძოდ, ისინი საკვებ ნივთიერებებსა და ნახშირორჟანგს იღებენ წყლიდან. ბევრი მათგანი გამოირჩევა ფოტოსინთეზის მაღალი ეფექტურობით. ისინი შეიძლება გაიზარდონ იმ ფართობებზე, რომლებიც შეუფერებელია ჩვეულებრივი სოფლის მეურნეობის კულტურებისათვის. წყალმცენარეების მრავალი სახეობა არსებობს, როგორც მიკროსკოპული და მაკროფიტები, ასევე ზღვის წყალმცენარეები, რომელთა სიგრძემ შეიძლება 60 მ-ზე მეტს მიაღწიოს. [63].

**თხევადი ბიოსაწვავი.** ყველაზე გავრცელებული თხევადი ბიოსაწვავი არის ბიოეთანოლი და ბიოდიზელი. მსოფლიო სატრანსპორტო სექტორის საწვავზე მოთხოვნის დაახლოებით 3% კმაყოფილდება ამ ორი ბიოსაწვავით, რომლის დასამზადებლადაც გამოიყენება მსოფლიოს სახნავი მიწის 2-3%. [25].

**თხევადი ბიოსაწვავის სახეები:**

**ბიოეთანოლი-ეთილის სპირტი** ( $C_2H_5OH$ ,  $CH_3-CH_2-OH$ ) მიიღება მცენარეული ნედლეულის გადამუშავებით და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი. ეთანოლი მეორე წევრია ერთატომიანი სპირტების ჰომოლოგიური რიგისა.

ბიოეთანოლის დიდი რაოდენობით წარმოებისათვის ყველაზე პერსპექტიულ ნედლეულად შეიძლება გამოვყოთ ცელულოზა. მაგრამ დღეს ცელულოზისაგან ეთანოლის წარმოება ეკონომიურად არარენტაბელურად ითვლება. ამიტომ გამუდმებით მიმდინარეობს სამეცნიერო კვლევები და ექსპერიმენტები. ასევე ეთანოლის მიღება შეასაძლებელია სოფლის მეურნეობის და სატყეო ნარჩენებისაგან, როგორცაა ხორბლის და ბრინჯის ჩალა, შაქრის ლერწამი, ხის ნახერხი და სხვ.

ძირითადად არსებობს ეთანოლის მიღების ორი ხერხი: მიკრობიოლოგიური-სპირტული დუღილი და სითბური-ეთილენის ჰიდრატაცია.

პირველი ხერხით მიიღება ხსნარი, რომელიც შეიცავს მხოლოდ 15%-ს ეთანოლს, რადგან უფრო კონცენტრირებულ ხსნარში საფუარი ილუპება. ამდენად ამ სახით მიღებული ეთანოლის ხსნარი უნდა გაიწმინდოს და დაკონცენტრირდეს გამოხდის გზით. ეთილის სპირტის მიღება სამრეწველო მასშტაბით ხდება ცელულოზის ჰიდროლიზით. ამ დროს მიღებული ნარევი განიცდის სპირტულ დუღილს.

ბენზინთან შედარებით, ეთანოლი წარმოადგენს ნაკლებად „ენერგოშემცველობის“ ენერჯის წყაროს. მანქანის გარბენი, რომელიც მუშაობს E-85-ზე (ეთანოლი 85% და 15% ბენზინი), სათბობის ერთეულ მოცულობაზე შეადგენს 75%-ს სტანდარტული მანქანების გარბენთან შედარებით.

ჩვეულებრივი მანქანები არ მუშაობენ E-85-ზე, თუმცა შიგა წვის ძრავებისათვის საკმარისია E10-იც. „ნამდვილ ეთანოლზე შეუძლია მუშაობა მხოლოდ ე. წ. „Flex-Fuel“ მანქანებს. ამ ავტომობილებს ამუშავებენ ჩვეულებრივ ბენზინზეც ან ნებისმიერ ნარევეზე.

ბიოეთანოლის მნიშვნელოვანი ნაკლია წვის დროს ძრავებში წარმოქმნილი ალდეჰიდები (ფორმალდეჰიდი  $\text{HC=OH}$  და აცეტალდეჰიდი  $\text{CH}_3\text{-C=OH}$ ), რომლებიც არანაკლებ მომწამვლელია, ვიდრე არომატული ნახშირწყლები[75].

### ეთანოლის ნარევი სტანდარტები

**+E85, E7, E10**-ესენია ნარევები ეთანოლის დაბალი შემადგენლობით (5,7 და 10 წონითი პროცენტის შესაბამისად), უმეტესად გავრცელებულია ჩვენს დროში. ამ შემთხვევაში ეთანოლის დამატება არამარტო ეკონომიურს ხდის ბენზინს მისი შერევის გზით, არამედ ხელს უწყობს მოაშოროს მავნე დანამატი მეთილტრეტუთილის ეთერის სახით.

**+E85**- 85% ეთანოლის და 15 % ბენზინის ნარევი წარმოედგენს სტანდარტულ საწვავს „Flex-Fuel” ტიპის მანქანებისათვის (ავტომობილები, რომლებიც მუშაობენ მრავალ საწვავიან ძრავაზე).

**+E95** - 95% ეთანოლის და 5% საწვავის ნარევი ფართოდ გამოიყენება საზოგადოებრივ ტრანსპორტში.

Ford Model T იყო პირველი კომერციული “Flex-Fuel”-ის ტიპის ავტომობილი, რომლის ძრავა მუშაობდა როგორც ბენზინზე, ისე ეთანოლზე, ან მათ ნარევეზე.

**E100** – ფორმალურად 100%-იანი ეთანოლია, რადგან ეთანოლი ჰიგროსკოპულია, მისი მიღება და გამოყენება წყლის უნალექო კონცენტრაციით არახელსაყრელია. ამიტომაც უმეტეს შემთხვევაში, E100-ის ქვეშ იგულისხმება ეთანოლის სტანდარტული ნარევი (96%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  და 4%-ი წყალი (წონით); 95,5% და 3,5% მოცულობით %-ში). ჩვეულებრივი დისტილაციის გზით შეუძლებელია უფრო მაღალი კონცენტრაციის ეთანოლის მიღება[67].

1ტონა მშრალი ნედლეულისაგან ეთანოლის თეორიული გამოსავლიანობა შეადგენს: სიმინდის მარცვლისაგან -470 ლიტრი, სიმინდის ღეროსაგან-427 ლ, მერქნის (ხე-ტყის) ნახერხი-381ლ, მაკულატურისაგან-439 ლ. 1ტონა რაფისაგან მიიღება 270კგ ბიოდიზელი.

**ბიომეთანოლი-(CH<sub>3</sub>OH)** მეთილის სპირტი, ხის სპირტი, ჩვეულებრივი მეთანოლია, ერთატომიანი სპირტების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წარმომადგენელია და არის თხევადი სახის ბიოსაწვავი, მეთანოლი მიიღება ხის ნარჩენების მშრალი გამოხდით, ბიოგაზიდან მეთანის კონვერსიით და სწრაფად მზარდი წყალმცენარეებისაგან. ბიომასის წარმოქმნას ახორციელებენ ფიტოპლანქტონის კულტივირებით ხელოვნურ წყალსაცავებში ზღვის სანაპიროზე. მეორად პროცესს წარმოადგენს ბიომასის მეთანური დუღილი და მიღებულის შემდგომი ჰიდროქსილირება მეთანოლის მიღებით.

ბიომეთანოლი M85 არ არის გავრცელებული ბიოსაწვავი, რადგან დაბალია მისი ენერგომომცველობა და ახასიათებს განსაკუთრებული კოროზიული აქტივობა, რაც თავის მხრივ საჭიროებს განსაკუთრებული მასალის გამოყენებას.

მეთანოლის სითბოს წარმოქმნის უნარი, მიუხედავად იმისა, რომ მისი ოქტანური რიცხვი მაღალია (100-ზე მეტი), ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე ბენზინისა. გარდა ამისა სუფთა სპირტის არასაკმარისი აქროლადობა იწვევს მეთანოლის ბენზინთან შერევის აუცილებლობას. ამიტომ სტანდარტული ბიომეთანოლი M 85 (Methanol) შეიცავს 85% მეთილის სპირტს და 15% ბენზინს.

**ბიომეთანოლის სტანდარტული ნარევი.** საწვავის ხარისხის ევროპული დირექტივა (European Fuel Quality Directive) შესაძლებლობას გვაძლევს გამოვიყენოთ 3%-მდე მეთანოლი თანაბარი რაოდენობის ნალექით ბენზინში, რომელიც იყიდება ევროპაში.

**ბიობუთანოლი-(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O)** -ბუთილის სპირტი, წარმოადგენს უფრო, დამახასიათებელი სუნის მქონე სითხეს. ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში. მე-20 საუკუნის დასაწყისში დაიწყო ბუთანოლის წარმოება. 50-იან წლებში ბუთანოლის მიღებას აწარმოებენ ნავთობის პროდუქტებისაგან, რადგან ნავთობზე მოხდა ფასის დაცემა. ბუთანოლს არ ახასიათებს კოროზიული თვისება. მისი ენერგოტევადობა ახლოსაა ბენზინის ენერგოტევადობასთან. იგი გამოიყენება სათბობ ელემენტებში და წარმოადგენს ნედლეულს წყალბადის მისაღებად.

ბიობუთანოლის წარმოებისათვის ნედლეულს წარმოადგენს: შაქრის ლერწამი, ჭარხალი, სიმინდი, ხორბალი და მომავალში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცელულოზა.

**ბიობუთანოლი-ბუთილის სპირტი (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)** მიიღება მცენარეული ნედლეულისაგან, სპეციალური ბაქტერიების მეშვეობით.

**ბიოდიზელი**---საწვავია, რომელიც მიიღება ბიორესურსებისგან ცხოველური, მცენარეული და მიკრობული წარმოშობის ცხიმებისა და მათი ეთერიფიკაციის პროდუქტების საფუძველზე. ბიოდიზელი ბიოლიპიდების ეთერიფიკაციის გზით, (ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებით შედგენილი პოლიმერული მოლეკულები), მცენარეული ზეთისგან მიღებული მეთილის ეთერია რომლის ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლები ნავთობის დიზელის ანალოგიურია და მისი გამოყენება საწვავად შეიძლება ყველა იმ დანადგარში, რაც დიზელის საწვავს მოიხმარს, მათ შორის, ავტომობილების დიზელის ტიპის შიდაწვის ძრავებში, და ამასთან ძრავას არავითარი მოდიფიკაცია არ დასჭირდება.

ბიოდიზელის წარმოებისათვის გამოიყენება შემდეგი ნედლეული: ცხიმიანი, უფრო იშვიათად კი-სხვადასხვა მცენარეების და წყალმცენარეების ეთერის ზეთები. ევროპაში-რაპსი; ა.შ.შ.-ში სოიო; კანადაში-კანოლა (რაპსის მრვალსახეობა); ინდონეზია და ფილიპინებში-ქოქოსის ზეთი; ინდოეთში-იატროფა; აფრიკაში-სოია, იატროფა; ბრაზილიაში- აბუსალათინის ზეთი [70].

**ბიოდიზელის სტანდარტები** - სტანდარტების ევროპული ორგანიზაციის მიერ ბიოდიზელისათვის შემუშავებულია შემდეგი სტანდარტები: EN14214. ამის გარდა არსებობს სტანდარტი EN590 (EN590:2000) და DIN 51606. EN590 აღწერს ყველა ტიპის დიზელის საწვავის ფიზიკურ თვისებებს, რომელიც რეალიზდება EC-ში ისლანდიაში, ნორვეგიაში და შვეიცარიაში. ეს სტანდარტი უშვებს 5% ბიოდიზელის შემცველობას მინერალურ დიზელში[68].

ბიოდიზელის გასაპოხი თვისებები, რაც განპირობებულია მასში ჟანგბადის შემცველობით და მისი ქიმიური შემადგენლობით. ახანგრძლივებს მის გამძლეობის უნარს.

ბიოდიზელზე ძრავის მუშაობისას ერთდროულად ხდება მისი სავალი ნაწილის გაპოხვა. ბიოდიზელის საფუძველზე, შიდაწვის ძრავებისათვის, ასევე გამოიყენება სხვა სახეობის საწვავი, კერძოდ: ნარევი- O<sub>2</sub>Diesel-- 7,7% ეთანოლი. 2010 წლის ივლისის



თვეში ევროკავშირის ქვეყნებში ბიოდიზელს აწარმოებდა 245 ქარხანა, რომლის ჯამური სიმძლავრე 22 მლნ ტონა იყო [67].

13ა მიწის ფართობიდან წელიწადში სხვადასხვა ნედლეულისაგან მიიღება შემდეგი რაოდენობის ზეთი: 145კგ სიმინდისაგან-172 ლ, 305კგ კანაფიდან 363ლ, 375კგ სოიასაგან -446ლ, 195კგ. ბამბისაგან-232ლ, 449კგ გოგრის თესლიდან-534ლ, 183კგ შვრიიდან 217 ლ.

**დიმეთილ ეთერი** - $C_2H_6O$  დიმეთილეთერი, რომელიც მიიღება ბიომასისგან და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი. შეიძლება მივიღოთ როგორც ნახშირის, ბუნებრივი გაზის, ასევე ბიომასისგანაც. დიმეთილის ეთერის უმნიშვნელოვანესი ნაწილი მიიღება ცელულოზა-ქაღალდის წარმოების ნარჩენებისაგან. იკუმშება დაბალი წნევის პირობებში. დიმეთილის ეთერი წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა საწვავს, რომელიც არ შეიცავს გოგირდს. გამონახობლქვი გაზები შეიცავენ 90%-ით ნაკლებ აზოტის ოქსიდებს, ვიდრე ბენზინი. დიმეთილის ეთერის გამოყენებისას არ არის საჭირო სპეციალური ფილტრების გამოყენება, მაგრამ საჭიროა კვების ბლოკის გადაკეთება (გაზ-ბალონური მოწყობილობა, ნარევის წარმოქმნის კორექტირება) და ძრავის ჩართვა გადამუშავების გარეშე საწვავში 30%-იანი შემცველობით. გამოიყენება ავტომობილებში LPG-ძრავებით [49].

თხევად ბიოსაწვავს განეკუთვნება, აგრეთვე, ბიონავთი.

**აირადი ბიოსაწვავი** წარმოადგენს მეთანისა  $CH_4$  და ნახშირორჟანგის  $CO_2$ -ის ნარევის, მიიღება ორგანული ნარჩენების (ბიომასის) წვით. ბიომასის დაშლა კი ხდება მეთანოგენური კლასის ბაქტერიების მოქმედებით.

აირადი ბიოსაწვავი შეიძლება გვხვდებოდეს აირად მდგომარეობაშიც, ბიოგაზის სახით. აირადი ბიოსაწვავის მისაღებად გამოიყენება: ნაკელი, სიმინდის სილოსი, ფეკალური მასები, საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, წყალმცენარეები, ყურძნის გამონაწერი, თევზის საამქროს, ჩიპსებისა და რძის ქარხნის გადამუშავების ნარჩენები.

ბიოაირის მიღება ხდება ანაერობული დუდილის მეთოდით მეთანტენკებში. სპეციალურ მიქსერებიან რეზერვუარებში ათავსებენ ბიომასას, იქ არსებული ბაქტერიები შთანთქავენ მას და გამოიმუშავენ ბიოაირს. მიღებულ ბიოსაწვავს

ასუფთავებენ და გამოიყენებენ დანიშნულებისამებრ. ბიოაირის გამოყენება თავიდან აგვაცილებს მეთანის გამოყოფას, რომელიც ძლიერი მოქმედების სათბური აირია.

### **ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლების გამოყენება ბიოსაწვავის მისაღებად**

სპეციალისტების შეფასებით 1 მილიონი მოსახლეობისგან საკანალიზაციო ქსელში ხვდება დაახლოებით 1,5 მილიონი ტონა ჩამდინარე წყალი, რომლის გადამუშავებით გამწმენდ ნაგებობების მეთანტენკებში შეიძლება მივიღოთ 10 მლნ მ<sup>3</sup> ბიოგაზი. ბიოგაზის ენერგეტიკული მოცულობის გათვალისწინებით -16 მჯ/მ<sup>3</sup> ენერჯის საერთო გამოსავალი შეადგენდა 160 მლნ მჯ სავარაუდოთ 2030 წელს საქართველოს ყველა ქალაქს თუ ექნება საკანალიზაციო ჩამდინარე წყლის გამწმენდი ნაგებობა, მიღებული ბიოგაზის მოცულობა ორჯერ გაიზრდება.

ბრიტანული კომპანიის „Northumbrian Water“-ის გამოცდილება, რომელიც იყენებს ადამიანის ეკსკრემენტებს გაზისა და ელექტროენერჯის მისაღებად, მიანიშნებს აღნიშნული მეთოდის ეკონომიკურ ეფექტზე. ორი დანადგარის მშენებლობა, სადაც მიმდინარეობს ანაერობული დუღილი და ბიოგაზის მიღება კომპანიას დაუჯდა 87 მილიონი აშშ დოლარი. ბიოგაზი შემდგომ გამოიყენება ელექტროენერჯის მისაღებად, ამან კომპანიას მისცა საშუალება ყოველწლიურად 18 მილიონი აშშ დოლარის ელექტროენერჯის გადასახადის ეკონომია გაეკეთებინა. კაპიტალური ხარჯების ამოღების ვადა 5 წელს არ აღემატება, რაც მის მაღალ ეფექტურობაზე მეტყველებს.

მოცემული მეთოდის გამოყენება ბიოგაზის მისაღებად სავსებით შესაძლებელია გარდაბნის გამწმენდ ნაგებობაში და შემდგომში ამ გაზის გადაცემა (მიყიდვა) მშენებარე გარდაბნის თბოელექტროსადგურზე (TEC)<sup>2</sup>.

**მყარი ბიოსაწვავი.** ყველაზე გავრცელებულ მყარ ბიოსაწვავს შემა წარმოადგენს. უკანასკნელ პერიოდში მრავალი ქვეყნის მოსახლეობამ შეამცირა ნავთობპროდუქტების გამოყენება, მათზე ფასების მნიშვნელოვანი მომატების გამო და შესაბამისად გაიზარდა შეშის მოხმარება, რაც თავისთავად იწვევს ტყეების განადგურებას.

მყარი ბიოსაწვავის ნედლეულს წარმოადგენს: ნახერხი, თივა, ნაფოტები, ნაკელი, ტორფი, მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ხის ქერქი, ქათმის ნაკელი, თხილის ნაჭუჭი და სხვა.

მყარი საწვავის მიღების ძირითადი მეთოდია გრანულირება და ბრიკეტირება. ტორფსა და ნახერხს რამოდენიმეჯერ გასუფთავების შემდეგ აქუცმაცებენ, აშრობენ და მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში სპეციალურ დანადგარებში აძლევენ ფორმებს. ასეთი სახის საწვავი ბრიკეტები და გრანულები მოსახერხებელია ტრანსპორტირებისათვის, შენახვისა და გამოყენებისათვის [20].

## 2.4. მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები

ნარჩენები საქართველოში ერთ-ერთი ყველაზე დიდი გარემოსდაცვითი გამოწვევაა. ეს შეეხება როგორც სახიფათო, ისე საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს. ნარჩენები ღია ცის ქვეშ იყრება, რაც საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას და გარემოს. ნარჩენები არის ადამიანის ეკონომიკური და საყოფაცხოვრებო საქმიანობის და სხვადასხვა პროდუქტის მოხმარების პროცესის შედეგად წარმოქმნილი ნედლეულის, მასალის, ნახევარფაბრიკატების, სხვა ნაკეთობებისა და პროდუქტების ნაშთები. ხოლო ზოგადად ნარჩენების მართვა ნიშნავს მათ დროში სწორ განაწილებასა და საბოლოო დანიშნულების ადგილის განსაზღვრას. იგი მიზნად ისახავს ნარჩენების გარემოზე, ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ან ესთეტიურ მდგომარეობაზე უარყოფითი ზემოქმედების შემცირებას. სხვაგვარად, რომ ვთქვათ, ნარჩენების მდგრადი მართვა ეს არის რესურსების განახლებისა და ხელმეორედ გამოყენების განსაზღვრული პრაქტიკა, რომელიც მიზანმიმართულია ბუნებრივი რესურსების ხარჯვის შემცირებაზე, ცნება "ნარჩენების მართვა" მოიცავს მთელ ციკლს ნარჩენის წარმოქმნიდან მის საბოლოო განთავსებამდე, ანუ ნარჩენების შემცირებას, შეგროვებას, აღრიცხვას, ტრანსპორტირებას, გადამუშავებასა და საბოლოო განთავსებას.

მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში გავრცელებულია ნარჩენების ეფექტური მართვის შემდეგი მეთოდები:

- ნარჩენების რაოდენობის „წარმოქმნის წყაროში“ შემცირება;
- მყარი ნარჩენების ხელახალი გამოყენება;
- რეციკლირება /გადამუშავება;
- ნარჩენებისაგან ენერჯის მიღება;
- ნაგავსაყრელზე განთავსება.

ზემოთ ჩამოთვლილი პირველი ოთხი მეთოდის გამოყენების შემდეგ მაინც რჩება გარკვეული რაოდენობის ნარჩენი, რომლის საბოლოო განთავსების ადგილი ასევე ნაგავსაყრელია, თუმცა ამ შემთხვევაში მათი რაოდენობა საგრძნობლად მცირეა, ეს თავისთავად იწვევს ნაგავსაყრელის მდგრადობას, მისი ექსპლოატაციის ვადის მნიშვნელოვნად გაზრდას და შესაბამისად ამცირებს ნაგავსაყრელის გარემოზე უარყოფით ზემოქმედებას. ნაგავსაყრელზე განთავსებული ნარჩენების რაოდენობის შემცირების მიზნით მსოფლიოს მრავალ განვითარებულ ქვეყანაში ფართოდაა გავრცელებული მინიმიზაციის, ხელმეორედ გამოყენებისა და გადამუშავების ინიციატივა, რასაც შემოკლებით „სამი R“ ინიციატივას უწოდებენ ( Reduce, Reuse, Recycle; RRR).

ამ ინიციატივის მხარდასაჭერად მსოფლიოში შემუშავებულია სხვადასხვა პროგრამა, როგორცაა მაგალითად:

1. „მწარმოებლის გაზრდილი პასუხისმგებლობა“
2. ერთეულის ფასების დაწესება ე. წ. „გადაყარე-გადაიხადე“
3. ნაგავსაყრელის გადასახადები

ზემოთ ჩამოთვლილი ინსტრუმენტების განხორციელების უზრუნველსაყოფად განვითარებული ქვეყნების მთავრობები დიდ ძალისხმევას ხარჯავენ მოსახლეობისა და ბიზნესის მოტივირებისათვის სხვადასხვა მეთოდებისა და პროგრამების საშუალებით [33].

ზოგიერთი ქვეყანა უპირატესობას ანიჭებს საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ინსინერაციას (თერმულ განადგურებას). თუმცა არსებობს აზრი, რომ ინსინერაცია გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით საფრთხეს წარმოადგენს.

ნარჩენების გარკვეული სახეობის საბოლოო დანიშნულება მათი ბიოლოგიური დამუშავებაა. იგი მოიცავს ბიოლოგიური ნარჩენების კომპოსტირებას, ანაერობულ დადუღებასა და მექანიკურ ბიოლოგიურ დამუშავებას. თუმცა ეს პროცესი მხოლოდ წარმოქმნის წყაროში დახარისხებული ნარჩენების შემთხვევაშია შესაძლებელი: ანაერობული დადუღება კონკრეტულად სველი ნარჩენებისთვისაა განკუთვნილი, ხოლო კომპოსტირება უფრო მეტად მშრალი, საჭმლის ნარჩენებისთვის.

დღევანდელი ადმინისტრაციული-ტერიტორიული დაყოფით საქართველო იყოფა 10 ადმინისტრაციულ ერთეულად (რეგიონული მთავრობა) რეგიონების სახით რომელთა შემადგენლობაშია 2 ავტონომიური რესპუბლიკა, 64 მუნიციპალიტეტი და 5 თვითმმართველი ქალაქი. თითოეული მუნიციპალიტეტი ერთიანი თვითმმართველი ერთეულია, რომელიც თავის მხრივ შეიცავს ადმინისტრაციულ ორგანოს-გამგეობასა და საკანონმდებლო ორგანოს-საკრებულოს.

წინასწარი, გადაუმოწმებელი მონაცემებით საქართველოში წარმოქმნილი ნარჩენების სრული რაოდენობის 80% მოდის მოსახლეობაზე, 15% ბიზნესზე, 3% ქუჩებში სტიქიურად დაყრილ ნარჩენებზე და დარჩენილი 2% ყველა სხვა წყაროზე.

რაც შეეხება ნარჩენების შეგროვების სქემას, ის ყველა რეგიონში დაახლოებით ერთნაირია და შედგება ძირითადად სამი სისტემისაგან: კონტეინერული, ბუნკერული და ე.წ. „ზარის“ სისტემა,

საბაზისო მონაცემებზე დაყრდნობით მუნიციპალიტეტებში ყველაზე გავრცელებული სისტემაა კონტეინერული, რომელიც 74% შეადგენს, შემდეგ მოდის ბუნკერული-16% და ბოლოს „ზარის“ სისტემა 10%.

ანალიზის შედეგად გამოიკვეთა ქვეყანაში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის სფეროში არსებული შემდეგი ძირითადი პრობლემები:

- საკანონმდებლო ბაზა;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის ადგილობრივი გეგმა;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების უკონტროლო განთავსება;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის სფეროში დასაქმებული მუშახელის კვალიფიკაცია;
- მოძველებული ტექნიკა;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შეგროვების მეთოდები და ტექნოლოგიები;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სტატისტიკური აღრიცხვა;
- მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დახარისხება/სეპარაცია;
- ნარჩენების გადამუშავება/რეციკლირება;

- ნაგავსაყრელები.

მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვასთან დაკავშირებულ საკითხებში საზოგადოების ინფორმირებულობა ძალზედ დაბალია. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად და საკანონმდებლო ბაზის განმტკიცების მიზნით საქართველოში 2015 წლის 15.01-დან ამოქმედდა „ნარჩენების მართვის კოდექსი“

ნარჩენების დახარისხება/სეპარაცია, ბიოლოგიური ნარჩენების კომპოსტირება, ნარჩენების გადამუშავება ე.წ რეციკლირება.

## 2.5. ნარჩენების ანალიზი

უკანასკნელ პერიოდში ნარჩენები განიხილება, როგორც მნიშვნელოვანი მატერიალური რესურსი ქვეყნის ენერგეტიკული პოტენციალის გაზრდის თვალსაზრისით.

ეკოლოგიური მიმართულების ახალ მიმართულებად ჩამოყალიბდა გარბალოგია *garbage* «ნაგავი» [ინგ]-ახალი მიმართულება ეკოლოგიაში, რომლის მიზანია შეისაწავლოს ნაგვის ნარჩენები და მათი უტილიზაციის მეთოდები. ასევე გარბალოგია წარმოადგენს არქეოლოგიის დარგს, როგორც ამბობენ „ნაგვის არქეოლოგია“, რომელიც სწავლობს ნაგვის ნარჩენებს ადამიანების ყოფითი პირობების შესწავლის მიზნით, გარბოლოგია როგორც ცნება, ნაგავსაყრელების არქეოლოგიური გათხრებში ინგლისელმა არქეოლოგმა უილიამ რატჰმა 1973 წელს შემოიღო [74].

1988 წლის მონაცემებით საქართველოში სულ 64, 5 მლნ ტონა ნარჩენი წარმოიქმნებოდა, რაც მოიცავდა ყველა ტიპის ნარჩენს საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გარდა. ამ რაოდენობიდან 70% კი მეტალურგიული, საშენ მასალათა, მანქანათმშენებლობის, ქიმიური და ნავთობქიმიური მრეწველობის და სხვა დარგების ნარჩენებია, აქედან 2% კი სახიფათო ნარჩენებია. გარდა ამისა, გასულ წლებში გაკეთებული შეფასებით, საქართველოში ყოველწლიურად 5,5 მლნ მ<sup>3</sup> მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენი წარმოიქმნებოდა [12]. ინვენტარიზაციის მონაცემების ექსპერტული ანალიზის მიხედვით საქართველოში საყოფაცხოვრებო ნარჩენების საერთო რაოდენობა წელიწადში დაახლოებით 3,5 მლნ მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს.

გასული წლების მონაცემებით, საქართველოში 69 ნაგავსაყრელია, რომელთა საერთო ფართობი 300 ჰა-ს შეადგენს. 2010 წლის ინვენტარიზაციის მიხედვით საქართველოში 63 ოფიციალური ნაგავსაყრელია, რომელთა საერთო ფართობი 233 ჰა. საკმარისად არის არარეგალური ნაგავსაყრელების რიცხვიც.

**საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელები საქართველოში**

ცხრილი 2

საქართველოს რეგიონი	ნაგავსაყრელების რაოდენობა		კანონიერი ნაგავსაყრელების საერთო ფართი (ჰა)	ნაგავსაყრელებზე განთავსებული ნარჩენების რაოდენობა წელიწადში (მ <sup>3</sup> )
	კანონიერი	უკანონო		
სამეგრელო ზემო სვანეთი	6	3	14	203 270
რაჭა-ლეჩხუმ-ქვემო სვანეთი	3	–	–	1850
იმერეთი	10	1	71.5	191650
გურია	3	–	8.65	14 890
აჭარის ა/რ	5	8	24	327 676
=[სამცხე-ჯავახეთი	7	–	–	122 538
შიდა ქართლი	5	10	18,5	161 090
ქვემო ქართლი	9	0	35,8	179 187
მცხეთა-მთიანეთი რეგიონი	3	0	8,7	14 052
კახეთი	10	1	28	60 500
თბილისი	2	–	24	1 095 000
<b>სულ</b>	<b>63</b>		<b>233.15</b>	<b>2 371 703</b>

2003 წელს გერმანიის ტექნიკური თანამშრომლობის საზოგადოების (GTZ) ინიციატივით ჩატარდა კვლევა ქ. თბილისში ნარჩენების შედგენილობის გამოსავლენად [7]. რომლის შედეგებიც ცხრილშია მოცემულია ცხრ.3-ში

ნარჩენების ფრაქციული შედგენილობა ქ. თბილისში

ცხრილი 3

	ნივთიერებათა ფრაქციები	მოცულობა		წონა	
		(მ <sup>3</sup> )	%	(ტონა)	%
1.	ქალაქი/ მუყაო/კარტონი	281 065,68	18,87	14 080,13	4,8
2.	სინთეზური მასალა (პლასტმასი,შესაფუთი მასალები)	398 734,65	26,76	17 529,11	5,97
3	ინერტული ნივთიერებები (თიხა,კერამიკა, ფაიფური,მინა და სხვა)	42 316,35	2,84	16 086,94	5,48
4	შერეული მასალა (შერეული შეფუთვები, ელექტრონული მოწყობილობები)	17 719,50	1,19	3 308,50	1,12
5	ლითონები (ფერადი და შავი ლითონები)	43 769,94	2,294	7 869,36	2,68
6	ორგანული ნარჩენები (საკვების ნარჩენები, მწვანე ნარჩენები, ხის მასალები)	86 623,19	5,81	7 525,49	2,56
7	პირადი ჰიგიენის ნარჩენები	28 794,85	1,94	5 275,17	1,79
8	ქსოვილები	84 844,18	5,7	9 386,94	3,2
9	სახიფათო ნარჩენები (საღებავები, გამხსნელები, ბატარეები,მანქანის აკუმულატორები, წამლები, ქიმიური ნივთიერებები და სხვა).	6 942,43	0,46	2 499,82	0,85
10	საცერში გატარებული ფრაქცია (ფერფლი, ყავის ნალექი და სხვა).	109 251,27	7,32	81 565,53	27,8
11	ნარჩენი (ყველა ნარჩენი, რომელთა გამოყოფა ვერ მოხერხდა მექანიკურად ან ხელით (ფეხსაცმელები, გაუხსნელი კონსერვები და სხვა)	390 034,86	26,17	128 313,07	43,75
	სულ	1 490 096,90	100	293 440,06	100



## 2.6. ნარჩენებით გამოწვეული დაბინძურების მიზეზები

ნარჩენების მართვა ერთ-ერთი ყველაზე ნაკლებად რეგულირებულ სექტორს წარმოადგენს საქართველოში ნარჩენების განთავსება უმეტესად გაუვნებლობისა და უსაფრთხოდ განთავსების მეთოდების სრული უგულველყოფით მიმდინარეობს და ამ თვალსაზრისით, ოფიციალური და არალეგალური ნაგავსაყრელები თანაბარ საფრთხეს წარმოადგენენ გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. როგორც წესი, არ ხდება სახიფათო ფრაქციის გამოცალკევება საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენებიდან, არ ხდება ნარჩენების გაუვნებლობა. ნარჩენების განთავსებისას არ არის უზრუნველყოფილი ნარჩენების იზოლირება მიწისა და მიწისქვეშა წყლებისაგან. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ნარჩენები გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენს [29].

ნარჩენების შესახებ ტექნიკური ინფორმაციის სიმცირე, გარემოსდაცვითი დაგეგმვის გამოცდილების არარსებობა, ნარჩენების მართვის მიმართ არასტრატეგიული მიდგომა, საზოგადოების არასაკმარისი ინტერესი ნარჩენების საკითხის მიმართ, დღესაც ართულებს ნარჩენების მართვის პოლიტიკის განვითარებას საქართველოში.

როგორც აღინიშნა მოუწყობელი ნაგავსაყრელები, უკონტროლოდ განთავსებული საწარმოო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები ჰაერის, მიწისა და ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მუდმივი დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს. თუმცა დაბინძურების რეალური მასშტაბები შეუსწავლელია და ამდენად, უცნობია არსებული ნაგავსაყრელების რეალური საფრთხე და გავლენა გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე [31].

მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად აუცილებელია ნარჩენების გატანის ცენტრალიზებული სისტემის არსებობის უზრუნველყოფა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, არსებული საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ნაგავსაყრელების ოპტიმიზაცია.

ნარჩენების მიმართ მწარმოებლის პასუხისმგებლობის ელემენტები მიზანშეწონილია გათვალისწინებული იყოს სანებართვო პირობებში, რათა შესაძლებელი გახდეს შემდგომი კონტროლის განხორციელება [38].

ნარჩენების მართვის სფეროს განვითარებისათვის უპირველესი და აუცილებელი ფაქტორია ნარჩენების მართვის სახელმწიფო პოლიტიკის განსაზღვრა თუმცა, ჯერ-ჯერობით არ არის შემუშავებული ნარჩენების მართვის ეროვნული სტრატეგია, რაც იმას მიშნავს, რომ არ არის განსაზღვრული პრიორიტეტები ნარჩენების მართვის მეთოდებს შორის, არ არის ჩამოყალიბებული სტრატეგიული მიზნები და მოკლე და გრძელვადიანი ამოცანები, რაზეც შემდგომში უნდა იყოს ნარჩენების მართვის პოლოტიკა [25].

### **ბიოსაწვავი მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენებისგან**

მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა, რომ საქართველოში ყოველწლიურად 3,5 მილიონი მ<sup>3</sup> მოცულობის მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენები წარმოიქმნება. ოფიციალურად დარეგისტრირებულია ნაგავსაყრელების (პოლიგონი) 63 ერთეული, ამ ნაგავსაყრელების მიწის ფართობი შეადგენს 233 ჰა-ს, ხოლო არარეგისტრირებული ნაგავსაყრელების ფართის ჩათვლით კი 300 ჰა-ს. ნარჩენების საერთო მასა, რომელიც ხვდება ამ ნაგავსაყრელებზე დაახლოებით 600,0 ათასი ტონას შეადგენს. ნარჩენების ფრაქციული შემადგენლობის მიხედვით, მათი მხოლოდ 40% შეიძლება გამოვიყენოთ, როგორც ნედლეული ბიოსაწვავის მისაღებად [52].

რაც შეეხება სასოფლო-სამეურნეო და ხე ტყის გადამუშავების ნარჩენების რაოდენობას დღეს სარწმუნო მონაცემები არ არსებობს, ხოლო წინა წლების მონაცემებით ხე ტყის ნარჩენების მოცულობა 156 ათასი მ<sup>3</sup>-ით ფასდება [41].

ასეულობით ტონა ბიომასა, საყოფაცხოვრებო და საკვების ნარჩენები, რომელიც მიმოფანტულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, იხრწნება და აბინძურებს გარემოს, ეს თავისთავად უარყოფითად აისახება ქალაქისა და დასახლებული პუნქტების ესთეტიკურ მხარეზე.

ასეულობით ტონა ბიომასა, რომელსაც შეიცავს სოფლის მეურნეობის ნარჩენები იწვება, როგორც ნაგავი, ღია წესით, რაც იწვევს ატმოსფერული ჰაერის, ნიადაგის ტოქსიკური ნივთიერებებით დაბინძურებას და ხდება CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დამატებითი წყარო.

ასეულობით ტონა ბიომასა, რომელსაც შეიცავს ქალაქების, მეცხოველეობის და მეფრინველეობის ფერმების, კვების მცირე თუ დიდი საწარმოების საკანალიზაციო

ჩამდინარე წლები ყოველგვარი გასუფთავების გარეშე ჩაედინება მდინარეებში და აბინძურებს მათ.

ბიოსაწვავის მისაღებად ამ ნარჩენების გამოყენება უნდა განხორციელდეს, კონკრეტულ დასახლებულ პუნქტებში, ცალკეულ ფერმებში, მეფრინველეობის ფერმებში და ხორცკომბინატებში საშუალო და მცირე სიმძლავრის ბიოგაზის დანადგარების მეშვეობით, რომელიც შედარებით მაღალი რენტაბელობით ხასიათდება.

მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების უტილიზაციისათვის ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს მათი განთავსება სპეციალურ პოლიგონებზე, რომლებიც მოწყობილია ქაბურღილის ტუმბოს დანადგარებითა და ნაგავსაყრელების გაზის გამავალი მილებით. ნაგავსაყრელების მაკროკომპონენტს წარმოადგენს მეთანი ( $\text{CH}_4$ ) ნახშირბადის დიოქსიდი ( $\text{CO}_2$ ) მათი შეფარდებითი შემადგენლობა შეიძლება იცვლებოდეს 40-70%-დან 30-60%-მდე. გაზის კუთრი წონის გამოსავლიანობა შეადგენს 120-200მ<sup>3</sup> 1ტონა მსნ-ზე, ნაგავსაყრელების გაზს აგროვებენ და იყენებენ როგორც საავტომობილო საწვავს, და როგორც საწვავს ელექტროენერჯის, სითბოსა ან ორთქლის მისაღებად.

ამ გაზის საშუალო კალორიულობა შეადგენს 5500 კკალორიას 1მ<sup>3</sup>-ზე. ნაგავსაყრელების გაზის გამოყოფა გრძელდება საშუალოდ 10-50 წელი (პოლიგონის ან ქვაბულის მისაღები მოცულობა უნდა იყოს გათვლილი 10-20 წლით გამოყენებაზე).

გარდა ამისა ორგანული ნარჩენების, დიდი ნაწილი რომელიც ღვება ნაგავსაყრელებზე ან იწვება ღია წესით, ბიოსაწვავის მისაღებად გამოყენების შემთხვევაში, თავიდან აგვაცილებს ნიადაგის და ატმოსფეროს დაბინძურებას მავნე ნივთიერებებით, ასევე მეთანის ემისიას, რადგანაც ბიოლოგიური ნივთიერებების ბუნებრივ დეგრადაციას გარემოში თან სდევს მეთანის გამოყოფა.

## 2.7. ჰაერის დაბინძურება

მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლების შესახებ კვლევამ გამოავლინა საქართველოში დიოქსინებისა და ფურანების გამოფრქვევების ძირითადი წყაროები.

კვლევის მონაცემებით საქართველოში მთლიანი გამოფრქვევა წელიწადში დაახლოებით 100 გ ტექ–ს შეადგენს ჰაერში და 120–170 გ ტექ–ს მთლიანად გარემოში, რაც ქვეყნის მასშტაბისა და მოსახლეობის რაოდენობის, ისევე როგორც კლიმატური პირობების გათვალისწინებით საკმაოდ მაღალ მაჩვენებლად ითვლება [30].

მთლიანი გამოფრქვევების თითქმის 80% კი მოდის უკონტროლო წვის პროცესებზე. მათ შორის არის უკონტროლო წვა ისეთ ადგილებში, სადაც ნარჩენების ცენტრალიზებული წესით შეგროვება არ ხდება ან არ არის სათანადოდ ორგანიზებული; ნაგავსაყრელებზე ნარჩენების უკონტროლო, სპონტანური წვა; ტყის ხანძრები; ენერჯის წარმოება და გათბობა [31]. მიუხედავად იმისა, რომ დიოქსინების გამოფრქვევების მაჩვენებლები მეტწილად ნავარაუდევია და უხემ გამოთვლებს ეფუძნება, აშკარაა საქართველოში არსებულ ნაგავსაყრელებზე მიმდინარე უკონტროლო წვის უარყოფითი გავლენა გარემოზე.

## 2.8. ენერგოეფექტურობა

ნარჩენების (600–700 ათასი ტონა წელიწადში) თბური ენერგოპოტენციალი, თანამედროვე ტექნოლოგიებით გადამუშავების შემთხვევაში 1.0–1.5 მლრდ. კტ. სთ–ით არის შეფასებული. თბილისისათვის ეს სიდიდე 0.7–0.8 მლრდ. კტ. სთ–ს შეადგენს. ბიომასის მნიშვნელოვანი წყაროებია: სატყეო და ხის გადამამუშავებელი მრეწველობის, ქაღალდის წარმოების ნარჩენები, სოფლის მეურნეობის ტექნიკური კულტურები. ორგანული, საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენები. საქართველოს მსხვილი ქალაქების: თბილისის, ქუთაისის, ბათუმის, რუსთავის კომუნალური ნარჩენები. ზოგადად საქართველოში არსებული სხვადასხვა სახის ბიომასის თბური ენერგოპოტენციალი 3.2–4.7 მლრდ. კტ. სთ–ით შეიძლება შეფასდეს.

ენერგომატარებლების (ნავთობი, ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი) ინტენსიური გამოყენების შედეგად ფასების ზრდამ, გარემოს დაბინძურებამ და კლიმატის ცვლილებამ ენერგოეფექტურობა თანამედროვეობის ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხად აქცია. სწორედ ამიტომ, განვითარებული და ამ გზაზე დამდგარი ქვეყნების ენერგეტიკული პოლიტიკისა და სტრატეგიების პრიორიტეტულ მიმართულებას ენერგოეფექტური

ლონისძიებებისა და ტექნოლოგიების დანერგვა-განვითარება წარმოადგენს. ამასთან ენერგოეფექტურობა ხელს უწყობს არა მარტო ქვეყნის ენერგეტიკულ უსაფრთხოებას, არამედ ეკონომიკურ ზრდასაც. ენერგოეფექტურობისა და ენერჯის განახლებადი წყაროების განვითარება მდგრადი ენერგეტიკული სისტემის საფუძველს წარმოადგენს [62].

### **თავი 3. ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიები**

**თხევადი ბიოსაწვავის მიღების სამი მეთოდი არსებობს: ჰიდროლიზი, დუღილი და სპირტების წარმოება ბიოლოგიური ნედლეულიდან.**

**ჰიდროლიზი** - (ბერძ. hydor - წყალი + lysis - დაშლა, გახრწნა)

სხვადასხვა ქიმიურ ნივთიერებათა დაშლა წყლის მოლეკულის ურთიერთქმედებით, ან რთული ნივთიერებების დაშლა წყლის და ფერმენტების (ჰიდროლაზების) ზემოქმედების შედეგად. ჰიდროლიზის დროს წყლის იონები  $H^+$  და  $OH^-$  უკავშირდებიან გახსნილი (დაშლილი) ნაერთის კომპონენტებს.

სამრეწველო მასშტაბებით ეთილის სპირტი მიიღება ცელულოზას შემცველი ნედლეულისაგან (მერქანი, ჩალა) ჰიდროლიზის შედეგად. ამ დროს წარმოქმნილი პენტოზასა და ჰექსოზას ნარევი განიცდის სპირტულ დუღილს.

**სპირტული დუღილი** ენერგეტიკული ანაერობული პროცესია, რომლის დროსაც შაქრების დაშლის შედეგად საფუარი სოკოების ზრდისა და გამრავლების პროცესში მიმდინარეობს რთული ბიოქიმიური პროცესები, გარდა სპირტისა და ნახშირმჟავა აირისა, მადულარ ხსნარში გროვდება დუღილის ზოგიერთი არამირითადი და შუალედი პროდუქტი: გლიცერინი, ალდეჰიდები, ორგანული მჟავები და უმაღლესი სპირტები. ეთილის სპირტი დუღილის შემდგომი გამოხდის შედეგად მხოლოდ მე-12 საუკუნეში მიიღეს და სამი საუკუნის მანძილზე იხმარებოდა მედიცინაში მხოლოდ როგორც სამკურნალო საშუალება, შემდგომ კი გამოიყენეს საკვები მიზნებისათვის. სპირტს ღებულობენ ბიოქიმიური პროცესების გამოყენებით როგორც საკვები, ასევე არასაკვები ნედლეულისაგან და აგრეთვე ნავთობის გადამუშავების შედეგად მიღებული აირებიდან სინთეზური გზით. სპირტის ბიოქიმიური მეთოდით

მიღებისას გამოიყენება მიკრობთა შემდეგი რასები: საფუვრები, როგორც ალკოჰოლური დუღილის აღმპვრელები, რძემჟავა ბაქტერიები, რომელთა დანიშნულებაა შეამჟავოს არე (სახამებელშემცველი ნედლეულის გამოყენებისას) და გააუმჯობესოს პროდუქტის ხარისხი და ობის სოკოები, რომელნიც გამოიყენება დამამაქრებელი ფერმენტული პრეპარატის (ალაოს) მისაღებად. სპირტულ დუღილში გამოყენებული საფუვრები იმავე სახეობას (*Sacchar.cerevisiae*) ეკუთვნის, რასაც პურის ცომის ასაფუვებელი საფუვრები, მხოლოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ზოგიერთი ბიოქიმიური თვისებებით, ამიტომაც სახამებელშემცველი მარცვლოვანი-კარტოფილური ნედლეულის გამოყენებისას იყენებენ ერთ რასას, ხოლო შაქარშემცველი ზადაგის დროს - მეორე რასას [16].

### სპირტის წარმოება ბიოლოგიური ნედლეულისგან

საკვები ნედლეულისაგან ეთანოლის მიღების თანამედროვე ტექნოლოგია აერთიანებს შემდეგ სტადიებს:

1. სახამებლის შემცველი ნედლეულის მომზადება და დაქუცმაცება.
2. ფერმენტაცია: დღესდღეობით სახამებლის სპირტამდე ფერმენტული გახლეჩვა საფუარის დახმარებით შეჩერებულია. ამ მიზნისათვის გამოიყენება რეკომბინანტური პრეპარატები ალფა-ამილაზა, რომელიც მიღებულია ბიოინჟინერიის გზით-გლუკოზა - მილაზა, ამილოსუბტილინი.
3. ბრაგორექტიფიკაცია გამოიყენება დუღილის საერთო დროის შესამცირებლად.

დღეისათვის არსებული ბიოსაწვავის სახეობებიდან ავტოტრანსპორტში ყველაზე ხშირად გამოიყენება ბიოეთანოლი. როგორც წესი, მისი შერევა ბენზინთან ხდება პროპორციით 10%:90%. აღნიშნულ ნარევეში ბიოეთანოლის წილის მნიშვნელოვნად გაზრდა, ისევე როგორც მისი წმინდა სახით გამოყენება მოითხოვს ავტომანქანის საწვავის სისტემის შეცვლას. ამავე მიზეზით, ავტოტრანსპორტში ბიოდიზელის გამოყენებისას, მას ასევე ურევენ დიზელის საწვავში გარკვეული პროცენტული შეფარდებით, ჩვეულებრივ 20%:80% [25].

ბიომასიდან ბიოსათბობის წარმოებისათვის არსებულ თერმოქიმიურ მეთოდებს განეკუთვნება: პირდაპირი წვა, რომელიც ხორციელდება ჰაერში არსებული ჟანგბადის საშუალებით და გამოიყენება უშუალოდ სითბოს მისაღებად.

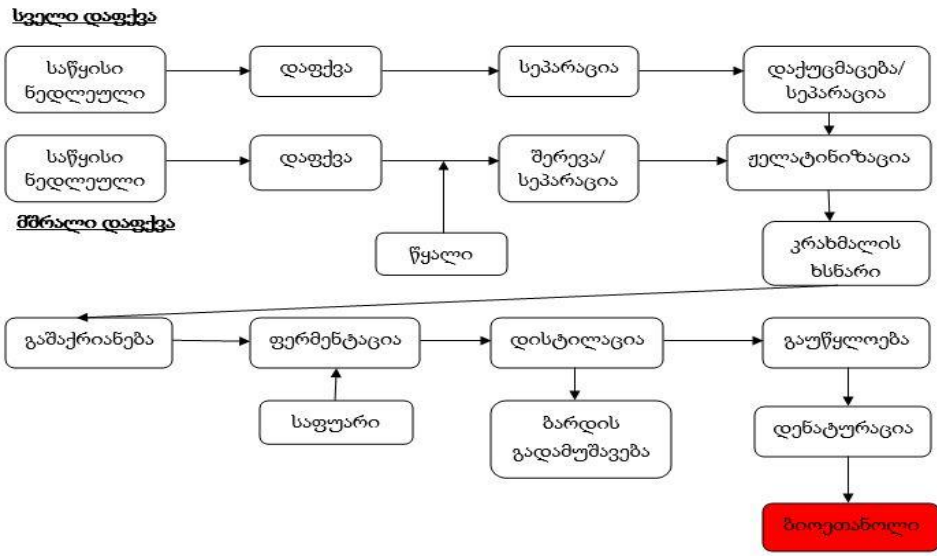
**3.1.ფერმენტაცია** არის საკვები პროდუქტების წარმოების პროცესი, როდესაც ნახშირწყლები ალკოჰოლად გარდაიქმნება და კარბონ დიოქსიდები ან ბუნებრივი მჟავები საფუარის ბაქტერიების გამოყენებით მიდიან ანაერობულ კონდენციამდე.

მრავალრიცხოვანი ბიოქიმიური პროცესები, რომლებსაც ცოცხალ ორგანიზმებში ვხვდებით დაკავშირებულია ორგანიზმის ნივთიერებათა ცვლასთან, ზრდა-განვითარებასთან და მიმდინარეობს ფერმენტების მოქმედებით. თავიანთი მოქმედების ხასიათის მიხედვით ფერმენტები, რომლებსაც ცოცხალი ორგანიზმები გამოიმუშავენ, ორგანული კატალიზატორების ბუნების მატარებელი არიან. მათი მოქმედება აჩქარებს შესაბამის რეაქციებს, არ შედიან წარმოშობილ ნივთიერებათა შემადგენლობაში ეკვივალენტური რაოდენობით, არ იხარჯებიან და არ კარგავენ საწყის თვისებებს. არაორგანიზებული ფერმენტები იგივე ენზიმები აღმოაჩინეს მე-19 საუკუნის დასაწყისში, არაორგანული წარმოშობის კატალიზატორების აღმოჩენასთან ერთად.

მრეწველობის დარგებში ფერმენტებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, ამინომჟავების, ვიტამინების, ანტიბიოტიკური ნივთიერებებისა და სხვა ნივთიერებათა დაშლა და სინთეზი მთლიანად ემყარება ფერმენტულ პროცესებს[16].

**3.2. ბიოეთანოლის წარმოება.** ბიოეთანოლი წარმოადგენს თხევად საწვავს, რომელიც მიიღება შაქრის და სახამებლის შემცველი სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენების გადამუშავებით.

სურ.3 წარმოდგენილია ბიოეთანოლის წარმოების ორი ძირითადი მეთოდის -სველი და მშრალი დაფქვის - ტექნოლოგიური სქემა-1.



სურ.3

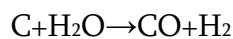
ტექნოლოგიური სქემა- 1

სველი დაფქვის ტექნოლოგიის გამოყენებისას წინასწარ გასუფთავებული და დარბილებული საწყისი ნედლეული (მარცვლეული) დაიფქვება და მოხდება მიღებული მასის სეპარაცია, მისგან ემბრიონის მოცილების მიზნით (ეს უკანასკნელი გამოიყენება საქონლის საკვების დანამატების წარმოებაში). დარჩენილი ხსნარი გაივლის მეორე, უფრო წვრილად დაქუცმაცების პროცესს და განმეორებით სეპარაციას, რის შედეგადაც მიღებული სახამებლის ხსნარი გადავა ჟელატინიზაციის სტადიაზე. შემდეგ ეტაპზე ამ ხსნარს დაემატება გაშაქრიანების ფერმენტები, აგრეთვე საფუარი, რის შედეგადაც მოხდება ეთანოლის წარმოქმნა. დისტილირების პროცესში ეთანოლი გაიწმინდება თანმდევი მინარევებისაგან, ხოლო გაუწყლოების სტადიაზე ის განთავისუფლდება ნარჩენი წყლისაგან. საბოლოო პროდუქტის მისაღებად, დენატურაციის პროცესში ეთანოლს დაემატება 2-5% ბენზინი. მშრალი დაფქვის ტექნოლოგიაში, საწყისი ნედლეულის პირველი დაფქვის შემდეგ წარმოებულ მასას გახსნიან წყალში. მიღებული ნარევის ჟელატინიზაციის სტადიაზე გადასვლის შემდეგ ბიოეთანოლის წარმოების პროცესი მიმდინარეობს სველი დაფქვის ტექნოლოგიის ანალოგიურად [25].

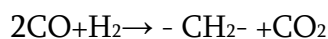
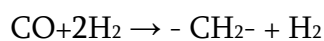


გერმანელმა მეცნიერებმა ფრანც ფიშერმა და ჰანს ტროპშმა 1920 წელს თხევადი საწვავის შექმნის მიზნით ნახშირბადით მდიდარი ნავთობისაგან აღმოაჩინეს პროცესი. ფიშერ-ტროპშის პროცესი ეს არის ქიმიური რეაქცია, რომლის დროსაც კატალიზატორის დახმარებით, რომელიც შეიცავს ნახშირბადის მონოქსიდს (CO) და წყალბადს (H<sub>2</sub>) წარმოიქმნება სხვადასხვა თხევადი ნახშირწყალბადები. ჩვეულებრივ გამოიყენება კატალიზატორები რკინის კობალტის შემცველობით. პროცესის მიზანს წარმოადგენს აწარმოოს სინთეზური ნახშირწყალბადები შესაპოხი ზეთებისათვის და სინთეზური საწვავი, მაგალითად ნახშირისაგან.

ფიშერ-ტროპშის პირველი ცდა იყო მყარი ნახშირწყალბადებისაგან (ჩვეულებრივი ქვანახშირი) საწვავი აირის სინთეზი შემდეგი რეაქციით:



აირი მიიღება გახურებულ ქვანახშირში ცხელი წყლის ორთქლის გატარებით, რომლის დროსაც წარმოიშობა ე.წ. „წყალ-აირი“ ანუ წყლისა და ნახშირბადის მონოქსიდის ნარევი. შემდგომში გათანაბრებით ფიშერ-ტროპშის პროცესის რეაქციამ შემდეგი სახე მიიღო:



ნახშირბადის მონოქსიდის და წყალბადის ნარევის ეწოდება სინთეზ-აირი ან სინაირი. მიღებულ აირს ფილტრავენ სამიზნე პროდუქტის სინთეზური ბენზინის მისაღებად. ფიშერ-ტროპშის მეთოდით საწვავის მიღება დიდ თანხებთანაა დაკავშირებული [69].

**3.3. ცელულოზას (უჯრედისის) ანაერობული დაშლა** მცენარეული ნარჩენების ძირითადი მასა ცელულოზისაგან შედგება, ბუნებაში არსებული ნახშირწყლების მთელი მარაგის 50% ცელულოზას უკავია, ამიტომ ცელულოზას გარდაქმნის ფორმების ქიმიზმს საკმაოდ დიდი ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს.

ცელულოზას დაშლის მიკრობიოლოგიურ პროცესზე პირველად 1850 წელს მიუთითა მეცნიერმა მიტჩელიხმა, შემდგომ კი რუსმა მეცნიერმა პოპოვმა ლაბორატორიულ პირობებში ჩაატარა ცდები ფილტრის ქალაღდის დასაშლელად ჩამდინარე წყლისა და ლამის გამოყენებით. აღნიშნული პროცესის უფრო ზუსტად დადგენა მხოლოდ ვ.

ომელინსკიმ შესძლო, მან თავისი ექსპერიმენტით გვიჩვენა, რომ ცელულოზას ანაერობულ დუღილს შეიძლება ჰქონდეს ორი მიმართულება-წყალბადოვანი და მეთანოვანი, მან შეძლო დაემტკიცებინა, რომ აღნიშნულ პროცესში მონაწილეობას იღებს ორი სახის ბაქტერია, რომელთა შორის ერთი აგროვებს წყალბადს, მეორე კი მეთანს (სხვა პროდუქტები კი საერთოა). ომელინსკიმ პირველ ფორმას უწოდა *Bac. cellulosus hydrogenicus*. ეს ბაქტერია გრძელი ჩხირის ფორმისაა, სპორები წარმოიქმნება უჯრედის ერთ-ერთ ბოლოზე, რის შედეგად უჯრედის ბოლო იბერება და ბაქტერია დოლის ჯოხის ფორმას ღებულობს. მეორე ბაქტერია *Bac. cellulosus methanicus*, რომელიც მორფოლოგიურად ახლოა პირველთან, მხოლოდ უფრო მცირე ზომისაა ესეც სპოროვანი ბაქტერიაა და მორფოლოგიურად წყალბადოვანის იდენტურია.

ამ ბაქტერიების არსებითი სხვაობა ის არის, რომ მეთანოვანი ბაქტერიების სპორები უფრო სწრაფად წარმოიშობა, ვიდრე წყალბადოვანის. ამიტომ თუ ელექტრულ არეში ერთსა და იმავე დროს მოქმედებს ორივე ბაქტერია, მათში მეთანოვანი დუღილი წინ უსწრებს წყალბადოვანს. დღეს ამ ბაქტერიების ორივე ფორმა გაერთიანებულია ერთ სახელწოდებაში, კერძოდ, *Bac. Omelianskil*. გარდა ზემოთ აღნიშნული ბაქტერიებისა, რომლებიც ცელულოზას დუღილს აწარმოებენ 30-35°C-ზე, გვხვდება თერმოფილური ბაქტერიების სახეებიც, რომლებიც ცხოველების ექსკრემენტებისაგან გამოყვეს (*Bac. cellulosaе dissolvens*).

ცელულოზას ბაქტერიების ზემოქმედებისას უჯრედზე, ეს ბაქტერიები არ იყენებენ სხვა ნახშირწყლებს, გარდა ცელულოზისა. ა. იმშენეცკის გამოკვლევებით აღმოჩნდა, რომ სუფთა კულტურებში ცელულოზის ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნება ხსნადი შაქრების საგრძნობი რაოდენობა (40-70%), რომელიც მხოლოდ ნაწილობრივ დადუღდება ბაქტერიების მოქმედებით, რის შედეგად გროვდება ძმარმძავა, ერბომჟავა, სპირტი, ჭიანჭველმჟავა და რბემჟავა. აირებიდან წარმოიქმნება მხოლოდ ნახშირორჟანგი და წყალბადი. ა. იმშენეცკის აზრით, ომელინსკის ცდებში მეთანი წარმოიქმნება შერეული კულტურების გამოყენების პირობებში. ამგვარად იმშენეცკის მონაცემებით ცელულოზის დადუღებას წინ უძღვის მისი ჰიდროლიზი ცელობიოზამდე ან გლუკოზამდე, ე. ი. ცელულოზას დაშლაში მონაწილეობს ორი ფერმენტი: ცელულოზა და ცელობიოზა, რომელთა ზემოქმედებით ცელულოზა ჰიდროლიზდება

გლუკოზამდე. ცელულოზას დაშლის პროცესი, რომელსაც თან ახლავს წყალბადის დაგროვება, ცნობილია ცელულოზის წყალბადოვანი დუდილის სახელწოდებით. ცელულოზის მეთანოვანი დუდილის პირობებში მიიღება უფრო მეტი აიროვანი პროდუქტები, ომელინსკის მიხედვით, მათი რაოდენობა ეფარდება დაშლილი ცელულოზის წონის ნახევარს. უნდა აღინიშნოს, რომ წყალბადოვანი დუდილის დროს ყოველთვის წარმოიქმნება ეთილის სპირტის გარკვეული რაოდენობა[16].

ცელულოზისაგან მიღებული მეორე თაობის ბიოსაწვავის წარმოება და გამოყენება გაცილებით მომგებიანია, სიმინდისაგან მიღებულ ბიოეთანოლთან შედარებით.

მინესოტის ამერიკული უნივერსიტეტის ეკოლოგი, დევიდ ტილმანმა და მისმა კოლეგებმა, პირველებმა შეაფასეს სხვადასხვა სახეობის საწვავის მიღებისა და გამოყენების ფასი ტრანსპორტის სხვადასხვა სახეობისათვის და შეაფასეს საწვავის წარმოებისა და წვის ეკოლოგიური შედეგები. თავიანთ ნაშრომებში ავტორებმა გამოიყენეს ენერგეტიკის სამინისტროსა და აშშ-ს გარემოს დაცვის სამინისტროს მიერ დამუშავებული მოდელი და გამოიკვლიეს მათი ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობასა და განწყობაზე ერთ ლიტრ საწვავზე გადაანგარიშებით. მეცნიერთა შეფასებით ერთი ლიტრი ბენზინის ჯამური ფასი, ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის მიყენებული ზიანის გათვალისწინებით, შეადგენს 18 ცენტს, იმ დროს როცა თანამედროვე ბიოეთანოლის ღირებულება მერყეობს 10–დან 18 ცენტამდე.

ცელულოზისაგან ეთანოლის ექვივალენტური რაოდენობის მიღება ეღირება 5–დან 9–ცენტამდე, იმის მიხედვით გადამუშავების რომელი ტექნოლოგია დაინერგება მრეწველობაში და ცელულოზას რა ტიპი იქნება გამოყენებული ნედლეულად.

მიუხედავად იმისა, რომ ცელულოზისაგან ეთანოლის წარმოება ჯერ არ გამხდარა სამრეწველო ტექნოლოგიად, მის უდაო უპირატესობას წარმოადგენს მინერალური სასუქებისა და პესტიციდების წარმოების ხარჯვის შემცირება, რომელიც აუცილებელია თანამედროვე ბიოსაწვავის ინდუსტრიის ძირითადი ნედლეულისათვის (დიდი რაოდენობით სიმინდის მოსაყვანად) ეს აგრეთვე იძლევა საშუალებას მომავალში შემცირდეს დატვირთვა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე [19].

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ცელულოზასაგან წარმოებული ბიოსაწვავის წვის პროცესში, ქალაქებსა და დასახლებულ პუნქტებში ატმოსფეროში გაიფრქვევა მოსახლეობაზე ნეგატიურად მოქმედი გამონაბოლქვის ნაკლები რაოდენობა. ცელულოზასაგან წარმოებული ბიოსაწვავის კიდევ ერთი უპირატესობა ის არის, რომ ცელულოზას ნედლეულისაგან ეთანოლის გადამუშავებისას გამოიყოფა დამატებითი ენერჯია, რომლის გამოყენება შეიძლება ელექტროენერჯის სახით.

ცელულოზასაგან ბიოსაწვავის წარმოება ეს არ არის ნახშირწყალბადების ენერგომატარებლის ერთადერთი ალტერნატივა. წყალბადის ტექნოლოგიებთან ჰიბრიდული ტექნოლოგიების განვითარებასა და სატრანსპორტო საშუალებათა ელექტროძრავების წარმოებასთან ერთად. მიუხედავად ამისა ავტორები თვლიან, რომ მომავალში ბიოსაწვა შეიძლება გახდეს ბენზინისა და დიზელის საწვავის იაფი და უსაფრთხო ალტერნატივა.

**3.4.პიროლიზი** (ძვ. ბერძნ.  $\pi\sigma\lambda\iota\zeta$ -ცეცხლი, სიმხურვალე და  $\lambda\upsilon\sigma\iota\varsigma$ -დაშლა, დარღვევა)-ორგანული ნაერთების თერმული დაშლაა ჰაერის გარეშე, სხვანაირად პიროგენიზაცია. პიროლიზის დროს ბიომასას აცხელებენ ან უჰაერო სივრცეში ან ჰაერის შეზღუდულ პირობებში. მერქნის პიროლიზის დროს მიიღება ხის ნახშირი და სხვადასხვა სახის ქიმიური პროდუქტი. 1 ტონა მერქნის გადამუშავების დროს შეიძლება მიღებული იქნას: 300 კგ. ხის ნახშირი, 140 მ<sup>3</sup> აირი 10 მგჟ/მ<sup>3</sup> თბოუნარიანობით, 14 ლიტრი მეთანოლი, 50 ლიტრი ძმარმჟავა, 3 ლიტრი აცეტონი, 70 ლიტრი მერქნის ზეთი და სხვა. შემის პირდაპირი დაწვის ან პიროლიზის საშუალებით ხის ნახშირის მიღების პროცესში ზემოთ ჩამოთვლილი ქიმიური ნივთიერებები გაიბნევა გარემოში და იწვევს მის დაბინძურებას. პიროლიზის შედეგად მიღებული პროდუქტების შემადგენლობა დამოკიდებულია პიროლიზის პროცესში გამოყენებული ნედლეულის მახასიათებლებზე, პროცესის ტემპერატურულ პირობებზე და მისი წარმართვის ხერხზე. ზოგიერთ შემთხვევაში მიზანშეწონილია საწყისი პროდუქტი შეიცავდეს ტენს;

პიროლიზით შესაძლებელია საყოფაცხოვრებო ნაგვის განადგურება. ნარჩენების უმრავლესობის შემადგენლობაში არის ფოსფორი, ქლორი და გოგირდი. გოგირდის და ფოსფორის ოქსიდები ზიანს აყენებენ გარემოს. ქლორი აქტიურად რეაგირებს

პიროლიზის ორგანულ პროდუქტებთან ტოქსიკური მდგრადი ნაერთების წარმოქმნით (მაგალითად-დიოქსინები). გაცვეთილი საბურავების და ექსპლუატაციიდან გამოსული რეზინოტექნიკური ნაკეთობების უტილიზაცია მეტად დიდი ეკოლოგიური და ეკონომიკური მნიშვნელობის პრობლემაა მსოფლიოს განვითარებული ქვეყნებისათვის. საბურავები და პოლიმერები წარმოადგენენ ღირებულ ნედლეულს, დაბალ ემპერატურული პიროლიზის (500°C-მდე) მეთოდით მათი გადამუშავების შედეგად, ნახშირწყალბადების თხევადი ფრაქციები მიიღება (სინთეტიკური ნავთობი), ნახშირბადიანი ნარჩენი (ტექნიკური ნახშირბადი), მეტალოკორდი და საწვავი აირი. ამავე დროს თუკი დავწვავთ 1ტ. საბურავს, მაშინ ატმოსფეროში გამოიყოფა 170 კგ. ჭვარტლი და 450 კგ. ტოქსიკური აირი [18].

**ბიომასიდან ალტერნატიული საწვავის მიღების ტექნოლოგიური სქემა მოცემულია ცხრ.4-ში** ცხრ.4

ტექნოლოგია	ბიომასის სახეობა	ძირითადი მაჩვენებლები
ბიოაირი ნაგავსაყრელებიდან	მყარი საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ნარჩენები	მეთანი-45-65%, აზოტი-10- 20%,ნახშირორჟანგი-25- 35%
ბიოაირი ჩამდინარე წყლები დან	თხევადი, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ნარჩენები	მეთანი-45-65% ნახშირორჟანგი-25-35% სხვადასხვა აირების მინარევები
ბიოაირი ნარჩენებისაგან	ნაკელი,სასოფლო- სამეურნეო,სამრეწველო გადამამუშავებელი წარმოების საყოფაცხ.ნარჩენები	მეთანი-60-70% ნახშირორჟანგი-30 30-35%
დიზელის საწვავი	სპეციალურად გაშენებული კულტურები	სიმკვრივე – 0,9-0,93 კგ/ლ აალებადობა – 38 ნაცრიანობა – 0,02% წყლის შემცველობა – 1 გ/კგ აალების ტემპერატურა - 300°C
პიროლიზური საწვავი	ნებისმიერი ბიომასა	პიროლიზური აირი – 10- 15 მჯ/მ3 ზეთი – 23 -30 მჯ/მ3 კოქსი-20-30მჯ/მ3 პიროლიზი «ბიონავთობი» – 20-30 მჯ/კგ

### 3.5. ბიოდიზელის მიღების ტექნოლოგია.

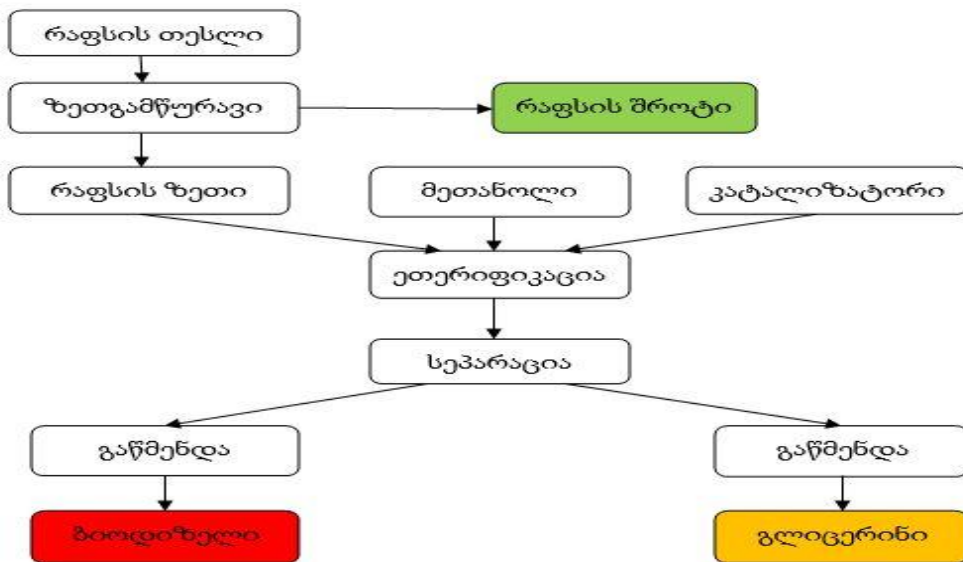
„მცენარეული ზეთის გამოყენება ძრავების საწვავად დღეს შეიძლება მნიშვნელოვნად არ მიგვაჩნდეს, მაგრამ დროთა განმავლობაში მცენარეული ზეთის საწვავი ისეთივე მნიშვნელოვანი გახდება, როგორც დღეს ნავთობის პროდუქტებია" - წერდა რუდოლფ დიზელი 102 წლის წინ.

ტრანსეთერიფიკაცია საკმაოდ მარტივი გზაა (სხვა მეთოდებთან შედარებით) ბიოდიზელის მისაღებად. მით უმეტეს, რომ მეთილეთერი იწვის პირდაპირ არამოდიფიცირებულ დიზელის მექანიზმებში [70].

რეაქციის შემდეგ მეთილეთერის გარდა გამოიყოფა გლიცეროლი, რომლის გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვადასხვა დანიშნულებით (კოსმეტიკაში, საკვებში, ცელულოზის დამუშავებაში და სხვა).

როგორც ვიცით, ურბანული წყლების დაბინძურების ერთ-ერთი მიზეზი გამოყენებული საკვები ზეთია, რომელიც ძალიან დიდი რაოდენობით გროვდება დროის მცირე მონაკვეთში. მისი გამოყენება შესაძლებელია ბიოსაწვავის მისაღებად. ბიოდიზელი წარმოადგენს ბიოსინთეზურ საწვავს, რომელიც მიიღება მცენარეული ზეთების ეთერიფიკაციით. სურ. 4 -ზე მოცემულია მცენარე რაფსისგან ბიოდიზელის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა -2 :

სურ.4



საწყისი ნედლეული-რაფსის თესლი შედის ზეთგამწურავში, სადაც ზეთი გამოეყოფა რაფსის შრატს. ეს უკანასკნელი გამოიყენება საქონლის კომბინირებული საკვების წარმოებაში. გამოყოფილი რაფსის ზეთი გადაეცემა ეთერიფიკაციის დანადგარს, რომელშიც რაფსის ზეთს დაემატება მეთანოლი შეფარდებით 9:1 და მცირე რაოდენობის ტუტე კატალიზატორი. ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება მეთილეთერი (ბიოდიზელი), აგრეთვე თანამდევი პროდუქტი-გლიცერინი, რომლებიც საბოლოო სახით ჩამოყალიბებამდე გაივლიან გაწმენდის პროცესს.

ხარისხიანი პროდუქტის მისაღებად საჭიროა რიგი მოთხოვნების დაცვა:

1. პერეეთერიფიკაციის რეაქციის ჩატარების შემდეგ მეთილეთერების შემცველობა უნდა იყოს 96%-ზე მაღლა.

2. ჩქარი და სრული პერეეთერიფიკაციის რეაქციით მეთანოლი მიიღება ჭარბი რაოდენობით, ამიტომ მეთილეთერი მისგან უნდა გაიწმინდოს. მეთილეთერი დიზელის ტექნიკაში საწვავად გამოყენება, პროდუქტების გასაპვნა წინასწარი გასუფთავების გარეშე ყოვლად დაუშვებელია, რადგან საპონი გამოიწვევს ფილტრის გაჭედვას, რაც წვის კამერაში ფისის და ნამწვის წარმოქმნას უწყობს ხელს, რომლის გასაწმენდად აუცილებელია წყალი და სორბენტი (მყარი სხეულები და სითხე, რომლებიც შთანთქავენ გარემოდან აირს, ორთქლს ან ხსნად ნივთიერებებს).

3, საბოლოო ეტაპი ეს არის მეთილეთერის ცხიმოვანი მჟავების გამოშრობა. რადგან წყალი იწვევს ბიოდიზელში მიკროორგანიზმების განვითარებას და თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავების წარმოქმნას, რომელიც შემდგომში იწვევს მეტალის ნაწილების კოროზიას.

ბიოდიზელის შენახვა სამ თვეზე მეტ ხანს რეკომენდირებული არ არის. ის იწყებს დაშლას [49].

**3.6. ბიოაირი** მე-17 საუკუნეში იან ბაპტისტ ვან ჰენმოლდმა აღმოაჩინა, რომ ბიოლოგიურად დეგრადირებადი ბიომასა გამოყოფს აალებად აირებს. ალექსანდრო

ვოლტა კი 1776 წელს მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ არსებობს ურთიერთდამოკიდებულება ბიომასის რაოდენობასა და მისი დეგრადაციის შემდეგ გამოყოფილ აირის რაოდენობას შორის. 1808 წელს ჰემფრი დევიმ კი ბიოაირში მეთანი აღმოაჩინა [56].

ბიოაირის ენერგია არის ნებისმიერ ორგანულ ნივთიერებაში: ფოთოლში, ბალახში, პირუტყვის ექსკრემენტებში თუ ნეშომპალაში. აირს, რომელიც წარმოიქმნება ბიომასაში მეთანის დუღილის შედეგად ბიოაირი ეწოდება. ბიომასის ლპობა ხდება მეთანოგენების კლასის ბაქტერიების გავლენით. ბიოაირი შედგება: CH<sub>4</sub> 50-75%, CO<sub>2</sub> 25-50%, N<sub>2</sub> 0-10%, H<sub>2</sub>S 0-3%, O<sub>2</sub> 0-2%. ასევე ორგანული ნარჩენებისაგან: ბალახი, ფოთლები, წიწვები, ფეკალური მასა და ა.შ. 1მ<sup>3</sup> ბიოაირი 0,6მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის, 0,7 ლ. მაზუთის, 0,4 ლ ბენზინის და 3,5კგ. შემის ექვივალენტურია.

#### ცხრილი 5

აირები	ქიმიური ფორმულა	მოცულობითი წილი
მეთანი	CH <sub>4</sub>	40 - 70%
ნახშირორჟანგი	CO <sub>2</sub>	30 - 60%
სხვა აირები		1 - 5%
წყალბადი	H <sub>2</sub>	0 - 1%
გოგირდწყალბადი	H <sub>2</sub> S	0 - 3%



ბიოაირი ერთ-ერთი ენერგეტიკული რესურსია, რომელიც გამოიყენებოდა ჯერ კიდევ ანტიკურ პერიოდში და ხელახლა “აღმოჩენილია” ჩვენს დროში. იგი წარმოიქმნება სხვადასხვა წარმოშობის ორგანული ნარჩენების (უპირატესად ნაკელის, ჩალის და სხვ.) ანაერობული გადამუშავების, ფერმენტაციის შედეგად.

ბიოგაზი აირია, რომელიც იწარმოება ნარჩენების ანაერობულ უჟანგბადო პირობებში გადამუშავებისას, პროცესი სპეციალურ ფერმენტორებში ანუ მეთანტენკებში მიმდინარეობს 5-60°C-ის პირობებში. ბიოგაზის წარმოება არ მოითხოვს დიდ ფინანსურ დანახარჯებს და პრაქტიკულად შეიძლება ვაწარმოოთ ნებისმიერ გლეხურ საოჯახო მეურნეობაში, სადაც გროვდება ნაკელი, მცენარეული წარმოშობის თუ საყოფაცხოვრებო ნარჩენები,

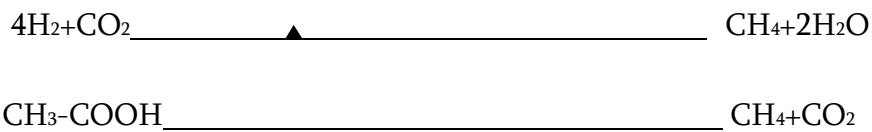
დადგენილია, რომ რქოსანი საქონლის ნედლი ნაკელის ყოველი 1 კგ-დან მიიღება 0,04მ<sup>3</sup> გაზი, რომელშიც მეთანის შემცველობა 57-60%-ია ე.ი. ყოველი ერთი ტონა ნარჩენიდან შეიძლება წარმოებულ იყოს 40მ<sup>3</sup> გაზი, რაც დაახლოებით 214 კვ. კოქსის ტოლფასია. გამოთვლილია, რომ 1000 სული ღორისა და 180 სული რქოსანი პირუტყვის ნაკელიდან შეიძლება დღეში ვაწარმოოთ 300მ<sup>3</sup> გაზი, რაც 225 ლ. დიზელის საწვავის ტოლფასია. ამ მიზნით საჭიროა გამოყენებული იყოს 120მ<sup>3</sup> მოცულობის მეთანტენკი (რეაქტორი).

ბიოაირის წარმოების დიდი პერსპექტივა ისახება მეფრინველეობის სფეროშიც. მაგალითად, 500000 ფრთა ბროილერის ქათმის ფერმაში არსებული ნარჩენებიდან შეიძლება მიღებული იქნას 385000მ<sup>3</sup> გაზი რაც უზრუნველყოფს 90 კვტ სიმძლავრის მქონე ელექტროგენერატორის მუშაობას, ფერმის განათებას და გათბობას [2].

ბიოაირის წარმოებისას პირველი და არსებითი, რაც მკაცრად უნდა იქნას დაცული, არის მეთანტენკის ჰერმეტიულობა, რათა ნედლეულის ფერმენტაცია წარიმართოს ჟანგბადის გარეშე, ანაერობულ პირობებში.

მეთანწარმოქმნელი ბაქტერიები აღმოჩენილი იქნა ჰოლანდიელი მეცნიერის ზიონგენის მიერ 1906 წელს. მისი მონაცემებით ისინი მკაცრად ანაერობული ორგანიზმებია და სწრაფად იხოცებიან ჟანგბადის თანაობისას.

მეთანწარმოქმნა ორი ძირითადი რეაქციით, ნახშირორჟანგის აღდგენითა და ძმარმჟავას დეკარბოქსილირებით ხორციელდება:



რეაქცია მიმდინარეობს 5-50°C-ს პირობებში, როცა საინკუბაციო არის pH-6-8-ის ფარგლებში მერყეობს.

მეთანწარმოქმნელ ბაქტერიებს ჰყოფენ სამ ჯგუფად, მათი მოქმედება მკაცრად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე, მაგალითად ფსიხროფილური ბაქტერიები ეფექტურად მოქმედებს 5-29°C-ის დიაპაზონში, მეზოფილური-30-40°C-ის პირობებში, ხოლო თერმოფილურების ეფექტური მოქმედება მქლავნდება 54-56°C-ის დროს, ამგვარად, ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით მეთანწარმოქმნა მიმდინარეობს სხვადასხვა ტიპის ბაქტერიების თანაარსებობის პირობებში, რაც საბოლოოდ წარმოქმნილი აირის საერთო მოცულობაში ვლინდება, აღნიშნულიდან გამომდინარე მეთანტენკების გათბობა და მასზე გამომუშავებული აირის დაწვა არაეფექტურია. შვედი მკვლევარების მონაცემებით მეთანტენკის გათბობაზე იხარჯება გამომუშავებული მეთანის დაახლოებით 12-15 %, ამიტომ სულ უფრო პოპულარული ხდება მეთანის წარმოების ავსტრიული ვარიანტი, როცა მეთანტენკში ფერმენტაციის ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურითა და ორგანული ნივთიერებათა დაშლის დროს განთავისუფლებული ენერგიით განისაზღვრება [2].

მეთანის ფორმულაა CH<sub>4</sub>. მეთანი უფერო აირია, ნაჯერი ნახშირწყალბადების რიგის პირველი წარმომადგენელია. წყალში არ იხსნება, ჰაერზე მსუბუქია. M(CH<sub>4</sub>)=16გ/მოლი. მეთანი ბუნებრივი აირის მთავარი შემადგენელი ნაწილია CH<sub>4</sub>-0,8-0,96. მისი ნახშირბადის ატომი წყალბადის ატომებთან დაკავშირებულია მარტივი ერთმაგი სიგმა ბმით. მეთანის მოლეკულებში ნახშირბადის ატომის ჰიბრიდიზაციის ტიპია sp<sup>3</sup>. ორბიტალებს შორის კუთხეა 109°28'. ბმის სიგრძე 0,154 ნმ. მეთანის რადიკალია -CH<sub>3</sub> მეთილი. მეთანი იწვის CH<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>→CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O თერმულად იშლება: CH<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub> გახურებისას მისგან მიიღება აცეტილენი: 2CH<sub>4</sub>→CH=CH+3H<sub>2</sub>

მეთანი წარმოიქმნება ჭაობის ფსკერზე ორგანიზმების უჰაეროდ გახრწნისას. ის გროვდება ქვანახშირის მალარობებშიც. ამიტომ მეთანს ზოგჯერ „ჭაობის აირს“ (ჭაობის გაზს) ან „მალაროს აირს“ უწოდებენ. ქვანახშირის შახტებში ცუდი ვენტილაციისას ჰაერის და მეთანის ნარევის აფეთქება იწვევს ავარიებს [13].

მეთანი ახდენს ზეგავლენას სათბურის ეფექტზე 21-ჯერ უფრო ძლიერად, ვიდრე ნახშირორჟანგი და ჩერდება ატმოსფეროში 12 წლის მანძილზე. მეთანის გაჩერება ატმოსფეროში საუკეთესო ხერხია გლობალური დათბობის თავიდან ასაცილებლად. ბიოაირი გამოიყენება საწვავად და ერთნაირად ეფექტურია როგორც მეცხოველეობის მსხვილ ფერმებში, ისე საოჯახო მეურნეობაში. ნებისმიერ მეურნეობაში მთელი წლის განმავლობაში გროვდება ცხოველური, მცენარეული და სხვადასხვა სახის ნარჩენების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელსაც ფერმენტაციის შემდეგ გამოიყენებენ როგორც ორგანულ სასუქს. ბიოაირი წარმოებაში გამოიყენება: ელექტრონერგის, სითბოს ან ორთქლის და მანქანის საწვავის სახით. მაგალითად ინდოეთში, ვიეტნამში, ნეპალში მცირე (ერთი ოჯახისათვის განკუთვნილი) ბიოაირის მოწყობილობებსაც ამონტაჟებენ. მასში მიღებული აირი ძირითადად საკვების მოსამზადებლად გამოიყენება.

მეფრინველეობის ფაბრიკებში, სპირტის გამოსახდელ ქარხნებში, შაქრის გადამამუშავებელ საწარმოებში და ხორცკომბინატებში ბიოაირის დანადგარების მონტაჟი გამწმენდი მოწყობილობის სახით არის შესაძლებელი. ბიოპროცესი, ანუ მეთანური დუღილი სამ გასხვავებულ რეჟიმში მიმდინარეობს: ფსიქოფილურ (ბიომასის ტემპერატურაა დაახლ. 20°C); მეზოფილურ (დაახლ. 30°C) და თერმოფილურ (დაახლოებით 55°C) რეჟიმებში.

საშუალოდ, ბიოაირის დანადგარები, რომლებიც ფუნქციონირებენ მეზოფილურ რეჟიმში (ტემპერატურა 25-40°C) გამოიმუშავენ 0.2-0.4მ<sup>3</sup> ბიოაირს. დანადგარის დადგმული მოცულობის ყოველ მ<sup>3</sup>-ზე თერმოფილურ რეჟიმში (ტემპერატურა 50-55°C) მიიღება უფრო მეტი ბიოაირი, ვიდრე 2-6 მ<sup>3</sup> დანადგარის დადგმული მოცულობის ყოველ 1მ<sup>3</sup>-ზე. არსებობს გარკვეული მოთხოვნები ბიომასის მიმართაც. იგი უნდა შეიცავდეს ბიოლოგიურად ხრწნად ორგანულ ნივთიერებებს და დიდი რაოდენობით წყალს (90-94%). სასურველია გარემო იყოს ნეიტრალური და არ შეიცავდეს ისეთ

ნივთიერებებს, რომლებიც ხელს უშლის ბაქტერიების მოქმედებას. მაგალითად: საპონი, სარეცხი ფხვნილი, ანტიბიოტიკები და სხვ.

ბიოაირის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ მცენარეული და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ასევე ნაკელი, ჩამდინარე წყლები და ა.შ. ფერმენტაციის პროცესში რეზერვუარში არსებული სითხე სამ ფრაქციად იყოფა. ზედა ქერქი წარმოიქმნება მსხვილი ნაწილაკებისგან. იგი მოჰყვება გაზის ბუშტუკებს და გარკვეული დროის შემდეგ შეიძლება გამყარდეს და ხელი შეუშალოს ბიოაირის გამოყოფას. ფერმენტატორის შუა ნაწილში გროვდება სითხე, ხოლო ქვედა ნაწილში ტალახისებრი ფრაქცია ილექება. ბაქტერიები შედარებით აქტიურდება შუა ზონაში, ამიტომ რეზერვუარის შიგთავსს დრო და დრო უნდა მოვურიოთ, დღეში რემდენჯერმე თუ არა ერთხელ მაინც. მორევა უნდა განხორციელდეს მექანიკური ხელსაწყოების მეშვეობით, ჰიდრაულიკური საშუალებებით, პნევმატური სისტემის ნაკადით, ან თვითრევის სხვადასხვა მეთოდების მეშვეობით [2].

აღსანიშნავია, რომ ფსიქოფილურ რეჟიმში მომუშავე ბიოაირის დანადგარების უმეტესობა მიწისქვეშა კონსტრუქციებია. მათი ფორმები ძირითადად სფერული ან ცილინდრულია. მეთანური დუდილის ეფექტური პროცესის წარმართვისათვის ბიოაირის დანადგარის კონსტრუქცია უნდა უზრუნველყოფდეს შემდეგ პირობებს: მკაცრი ანაერობიოზი, ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა, დანადგარში ბიომასის ეფექტური გადაადგილება, პერიოდული მორევა, გადასამუშავებელი ბიომასის შესაბამისი მოცულობა, ექსპლოატაციის სიმარტივე [2].

ბიოაირის დანადგარების მრავალი ტიპი არსებობს, დაწყებული დიდი კომერციული დანადგარებით, დასრულებული მცირე ზომის ე.წ. საოჯახო დანადგარებით. შედარებით მარტივი ტიპის ბიოდანადგარებს შორის ყველაზე გავრცელებულია: ჩინური ტიპის მტკიცე გუმბათიანი და ინდური ტიპის მცურავ ზარხუფიანი ბიოდანადგარები.

მარტივი ტიპის ბიოაირის დანადგარის სამი ძირითადი სახეობა არსებობს: მცურავ ზარხუფიანი, მტკიცე გუმბათიანი, ბალონის ტიპის მტკიცე გუმბათიანი.

## საქართველოში გავრცელებული ბიოაირის დანადგარები

საქართველოში სოფლის მეურნეობის მექანიზაციის ინსტიტუტში 1948-1961 წწ. შეიქმნა ბიოაირის დანადგარების მთელი რიგი კონსტრუქციები. 1959 წელს ამ ინსტიტუტის მიერ კრწანისის მეურნეობაში აშენდა 200 სული მსხვილფეხა რქოსანი საქონლის ბიოაირის დანადგარი.

საქართველოში ამჟამად მოქმედი ყველა ბიოდანადგარი აშენებულია საერთაშორისო დონორების ხელშეწყობით 1994-2007 წწ. სულ დღეისათვის ექსპლოატაციაშია 400-ზე მეტი დანადგარი.

საქართველოში გავრცელებულია ჩინური მტკიცე გუმბათიანი და ინდური მცურავზარხუფიანი დიზაინის მცირედი სახეცვლილების 6 მ<sup>3</sup> მოცულობის (4-6 ძროხიდან მიღებული ნარჩენისათვის) დანადგარები [6].

ბიოაირი პოპულარული ენერგეტიკული წყაროა აშშ-ის მეცხოველეობის კომპლექსებში და კერძო ფერმებში, სადაც 1980 წლის მონაცემებით წელიწადში დაახლოებით 95მლნ მ<sup>3</sup> აირს იღებენ. დიდ ბრიტანეთში 90-იან წლებში 5 სამრეწველო დანადგარი და რამდენიმე ათეული მცირე მოცულობის მეთანტენკი მოქმედებდა. დანადგარების მოცულობა და წარმადობა დამოკიდებულია საქონლის რაოდენობაზე. დანადგარის 1მ<sup>3</sup> მოცულობიდან ყოველდღე საშუალოდ 0,4მ<sup>3</sup> ბიოაირი მიიღება. საშუალოდ 1 სულ მსხვილფეხა საქონელზე დანადგარის მოცულობის 1მ<sup>3</sup> იანგარიშება. მარტივი ტიპის ბიოაირის დანადგარი ბოსლიდან 1-1,5 მეტრში მიწაში შენდება ბეტონისგან სამშენებლო ფორმების გამოყენებით. მისი მინიმალური მოცულობა არის 5მ<sup>3</sup> და საჭიროა მინიმუმ 2-3 ძროხის ყოლა. ის დღეში 1,8-2,4მ<sup>3</sup> აირს გამოიმუშავებს[2].

ბიოაირის დანადგარიდან მიღებული ბიომასა საუკეთესო ორგანული სასუქია, საქონლის ნაკელთან შედარებით ბიოსასუქი 30%-ით მეტ ბუნებრივ აზოტს შეიცავს. მისი გამოყენებით მოსავლიანობა 10-15%-ით იზრდება. ეს იძლევა საშუალებას შემცირდეს ქიმიური სასუქების გამოყენება და გრუნტის წყლებზე ზეწოლა.

- ბიოაირის დანადგარების გავრცელებით მკვეთრად მცირდება ტყის ჩეხვა, 3-6 სულ საქონელის ნაკელზე მომუშავე ბიოაირის დანადგარის ექსპლუატაციის პერიოდში იზოგება დაახლოებით 1 ჰა. ტყის რესურსი.
- ნაკელის ბიოდანადგარში გადამუშავებით ისპობა მავნე მწერების ინკუბაციისათვის ხელშემწყობი კერები და გარემო ეკოლოგიურად სუფთა და ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო ხდება.

ბიოაირის წარმოება იძლევა საშუალებას შევაჩეროთ მეთანის გამოფრქვევა ატმოსფეროში.

**ბიოაირის წარმოების პოტენციალი საქართველოში.** საქართველოში აგრარული სექტორის განვითარება ქვეყნისათვის სტრატეგიული მნიშვნელობის საკითხია. აღნიშნული სექტორის განვითარების ხელშეწყობისათვის სხვადასხვა დარგებთან ერთად, ერთ-ერთი პრიორიტეტულია ბიოტექნოლოგიების, კერძოდ კი ბიოაირის დანადგარების დანერგვა-გავრცელება. მისი განვითარებისთვის მრავალი ხელშემწყობი ფაქტორია, რომელთაგან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ყოველწლიურად განახლებადი ბიომასის რესურსი, რომლის ათვისებითაც შესაძლებელია სოფლის მეურნეობის ენერგო მოთხოვნილების 14-17%-ით უზრუნველყოფა. საქართველოში მარცვლოვანი კულტურების წარმოების შედეგად ნარჩენი ბიომასა ყოველწლიურად დაახლოებით 1,6 მლნ.მ<sup>3</sup>-ია [2].

დღეისათვის, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ჯამური რაოდენობა შეადგენს 1048500. ყოველწლიურად საქართველოს ფერმებში 2 მლნ. ტ-მდე ნარჩენი ბიომასა გროვდება, რაც მნიშვნელოვანი რესურსია ქვეყნისთვის, როგორც ენერგეტიკისა და ეკონომიკის, ასევე გარემოსდაცვითი მდგომარეობის გაუმჯობესებისთვის. მეცხოველეობის და მეფრინველეობის ნარჩენების სრული ენერგეტიკული პოტენციალი დაახლოებით 6,9 მლრდ.კვტსთ-სა და 734 მლნ.მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის ექვივალენტურია [28].

**ტყავის ნარჩენებისგან ბიოსაწვავის მიღება და გამოყენება.**

ტყავის ნარჩენები ბიოსაწვავის ახალი წყაროა, ჩეხმა მეცნიერებმა ტოქსიკური ნარჩენების მეშვეობით ბიოსაწვავისათვის უფრო იაფი და სუფთა მასალის გამოყენება

დაიწყეს, ტყავის ნარჩენების გაწმენდისა და მისი საწვავად გადამუშავების მეთოდი ამ დრომდე არ არსებობდა. მათი დაწვა ძალიან სახიფათოა, რადგან დიოქსიდები და ნიტროქსიდები გარემოს მნიშვნელოვნად აბინძურებენ, ნარჩენების საწვავად კონვერტირება ეკოლოგიურად მომგებიანი პროცესია. მაღალი ტოქსიკურობას თუ გავითვალისწინებთ ტყავისაგან ნარჩენების განცალკავება მწარმოებლებს ძალიან ძვირი უჯდება. ჩეხმა მეცნიერებმა ეს პროცესი ცხიმის გადადნობით დაიწყეს და ორგანული ტუტის გამოყენებით მოიპოვეს მჟავა, რომელიც სუფთა საწვავის მისაღებად გამოიყენება. მეცნიერები იკვლევენ, მიღებული ბიოდიზელი შეესაბამება თუ არა ევროპულ სტანდარტებს.

საწვავის მწარმოებელი დანადგარი გათვალისწინებულია მრავალჯერადი გამოყენებისათვის, შედეგი კი ხარისხიანი ბიოსაწვავი, დაბალი ფასები და ნაკლები ნარჩენებია. მთელი ტექნოლოგია კონტროლდება კომპიუტერული მართვის სისტემით. ვინაიდან ტოქსიკური ნარჩენების საწვავად გადამუშავება ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი პროცესია, მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ ბიოპროდუქტი ტყავის მწარმოებელი ქვეყნებისთვის მომგებიანი იქნება.

### **3.7. მყარი საწვავის მიღების ძირითადი მეთოდები ბრიკეტირება და გრანულირება**

ბოლო წლებში აქტუალური გახდა ე.წ მყარი ბიოსაწვავის - ბრიკეტების წარმოება. ბიობრიკეტები მზადდება ბიოლოგიური წარმოშობის მყარი ნარჩენებისგან: მრეწველობის, სასოფლო-სამეურნეო (სიმინდის, მზესუმზირის, თხილის, ბალახის, ხილის, ბოსტნეულის), ქაღალდის, ხე-ტყის გადამუშავების ტოტები, ნაფოტები, ბურბუშელა, ნახერხი და სხვა. საქართველოს გააჩნია ბიონარჩენების დიდი მარაგი, რომლის გამოყენებაც ბიობრიკეტების დასამზადებლად თავისუფლად შეიძლება, აღნიშნული მარაგის გამოყენება საშუალებას მოგვცემს თავიდან ავიცილოთ ჩვენი სიმდიდრის-ხე-ტყის განადგურება. საქართველოში, ზოგიერთი ექსპერტების მონაცემებით მხოლოდ გასათბობად, დაახლოებით 5 მლნ. მ<sup>3</sup> ხე-ტყე იჩეხება. ბიონარჩენების ბრიკეტირებისთვის არსებობს მრავალი ტიპის თანამედროვე

ტექნოლოგიური ხაზი, რომელიც დაკომპლექტებულია ადგილობრივი წარმოების მარტივი და ეფექტური მანქანა-დანადგარებით [24].

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საბაზო საწარმოში (ქ. სამტრედია) დაინერგა და პროდუქციის გამოშვებას შეუდგა უნივერსიტეტის მეცნიერების მიერ დაპროექტებული და შექმნილი ბიოსაწვავის-ბრიკეტების დამამზადებელი ავტომატური ხაზი [9].

**ბრიკეტები** ბიომასის ბრიკეტები ცვლიან წიაღისეულ საწვავს, როგორცაა: ნავთობი ან ნახშირი, და მათი გამოყენება შესაძლებელია სამრეწველო ქარხნების საქვებებში სათბობად, ბიომასის ბრიკეტები განახლებადი ენერჯის წყაროა, ბრიკეტები მეტწილად დამზადებულია სხდასხვა ნარჩენებიდან და ორგანული მასალებიდან, ძირითადად იყენებენ ელექტროენერჯის გენერირებისათვის, გათბობის სისტემებისათვის. ეს დაწნეხილი ნაერთები შეიცავს სხვადასხვა ორგანულ ნივთიერებებს, როგორცაა: ბრინჯის ნაფცქვენები, შაქრის წარმოების ნარჩენები, თხილის ნაჭუჭები, მუნიციპალური მყარი ნარჩენები, სოფლის მეურნეობის ნარჩენები. ნედლეული მასალები გროვდება და შემდეგ იწნეხება ბრიკეტებად, რათა მომავალში გამოყენებულ იქნეს საწვავად ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, აგრეთვე გაადვილებულ იქნეს მისი ტრანსპორტირება [24].

გამოთვლილი წვის პარამეტრების მიხედვით ხის ნახერხებისგან დამზადებული ბრიკეტების ხვედრითი წონა შეადგენს 1100–1400 კგ/მ<sup>3</sup>. ერთი ცალი 400 გრამი წონის ბრიკეტი იწვის არანაკლებ 40 წუთისა, რაც ანალოგიური წონის ხინ ნაჭერთან შედარებით 2,5–ჯერ მეტია. ბრიკეტების წვის მაღალი ხანგრძლივობა იძლევა საშუალებას ჩვეულებრივ შემასთან შედარებით 3–ჯერ უფრო იშვიათად მოხდეს ღუმელის საწვავით შევსება. ბრიკეტები წვის განმავლობაში უზრუნველყოფენ გამოყოფილი ტემპერატურის მუდმივობას.

თბოუნარიანობის მიხედვით, ბიობრიკეტები წარმოადგენს მაღალი წვის სითბოს (18,5–19,0 მგჯ/კგ) მქონე პროდუქტს. საწვავი ბრიკეტების თბოუნარიანობა ბევრად მაღალია, ვიდრე ეს გააჩნია შემას და იგი პრაქტიკულად უტოლდება ქვანახშირს.



დადგენილია, რომ საქართველოში არსებული თხილისა და ხის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნარჩენებისგან ყოველწლიურად შესაძლებელია დამზადდეს ეკოლოგიურად სუფთა, ეკონომიურად იაფი, მაღალი წვის სითბოს მქონე 380–400 ათასი ტონა ბიოსაწვავი რაც შემაზე მოთხოვნილების 75%-ს აღემატება.

ეკოლოგიურობის თვალსაზრისით ბიოლოგიური ნარჩენებისგან დამზადებული ბრიკეტი წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტს, არ შეიცავს მავნე ნივთიერებებს, მათ შორის წებოსა და სხვა შემკვრელ დანამატებს.

ხის ნახერხის ბრიკეტები დაწვის შედეგად CO<sub>2</sub>-ს გამოყოფს ატმოსფეროში 50–ჯერ ნაკლები რაოდენობით, ვიდრე ქვანახშირი და 15–ჯერ ნაკლები რაოდენობით, ვიდრე ბუნებრივი აირი. გოგირდის გამოყოფა ატმოსფეროში კი შეადგენს 0,032%-ს, რაც პრაქტიკულად არ აბინძურებს, ატმოსფეროს. ბიოსაწვავის ნაცრიანობა არ აღემატება 1%-ს და იგი იწვის პრაქტიკულად კვამლის გარეშე [24].

ბრიკეტირებული ბიოსაწვავი თავისი ენერგეტიკული და ტექნიკურ–ეკონომიკური მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, შეიძლება ფართოდ იქნას გამოყენებული შემის ალტერნატიულ საწვავად, რითაც მნიშვნელოვანწილად თავიდან იქნება აცილებული ქვეყნის ბუნებრივი სიმდიდრის–ტყის გაჩეხვის საშიშროება.

დადგენილია, რომ საქართველოში არსებული მხოლოდ თხილისა და ხის გადამუშავების შედეგად მიღებული ნარჩენებისგან ყოველწლიურად შესაძლებელია დამზადდეს ეკოლოგიურად სუფთა, ეკონომიურად იაფი, მაღალი წვის სითბოს მქონე 380–400 ათასი ტონა ბიოსაწვავი, რაც შემაზე მოთხოვნილების 75%-ს აღემატება.

### **პელეტები (გრანულები)**

პელეტების წარმოება ლიმიტირებულია მხოლოდ მერქნის ნარჩენებით და წარმოადგენს გამკვრივებულ ბიოსაწვავს, რომელიც გაკეთებულია გაფრქვეული ბიომასიდან, საწნეხი დამხმარე საშუალებებით ან მის გარეშე, ჩვეულებრივ-ცილინდრული ფორმით, სხვადასხვა სიგრძით–ტიპურად 5-დან 30 მმ-მდე. CEN სტანდარტში/ ტექნიკური სპეციფიკაცია 14961 მყარი ბიოსაწვავი-საწვავის სპეციფიკაციები და გამკვრივებული

ბიოსაწვავის კლასები დამატებით დაყოფილია ბრიკეტებად, რომელთაც აქვთ 25 მმ-ზე მეტი დიამეტრი და პელეტებად-25 მმ-ზე ნაკლები დიამეტრით.

იგივე ტექნიკური სპეციფიკაცია ასევე იძლევა მეტ ინფორმაციას მერქნის პელეტების მახასიათებლებზე. მოთხოვნები და კლასები ფორმულირებულია დიამეტრის, ტენშემცველობის, ნაცრის პროცენტული შემცველობის, გოგირდის შემცველობის, მექანიკური მედეგობის, წვრილი ფრაქციის რაოდენობის, დანამატების და აზოტის შემცველობის შესახებ. მოთხოვნები გოგირდსა და აზოტზე მოქმედია მხოლოდ ქიმიურად დამუშავებული მერქნისათვის ან იმ შემთხვევაში თუ გამოყენებულია წარმოების დროს დანამატები. სიმტკიცე მოწმდება იმის სანახავად თუ რამდენად კარგადაა დაწნეხილი პელეტები, რაც მეტია მაჩვენებლები, მით უკეთესია ხარისხი[9].

ცხრ.6-ში მოყვანილია მყარ საწვავზე მომუშავე თბოელექტროდანადგარების ძირითადი მაჩვენებლები.

ცხრილი 6

ელექტრული სიმძლავრე, კვტ	სითბური სიმძლავრე, კვტ	საწვავის ხარჯი, კგ/სთ	წონა, კგ	ფასი, \$ (აშშ)
5	200	80	1500	400
16	610	250	5000	870
30	1200	400	8000	1000
120	1500	800	15000	2200
200	2800	1400	28000	4280

### 3.8 მესამე თაობის ბიოსწავის მიღების ტექნოლოგიები

მესამე თაობის ბიოსწავი ძირითადად მიიღება ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებისგან და ერთუჯრედიანი მიკროორგანიზმებისაგან, მათ შორის ბაქტერიებიდანაც. ტეხასის შტატის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა მიიღეს ბაქტერიები, რომლებიც აწარმოებენ ცელულოზას, რომლის შემდგომ შეიძლება გადავამუშაოთ ეთანოლად და სხვა სახის ბიოსწავად. ეს ბაქტერიები განეკუთვნება ციანობაქტერიებს და ცელულოზასთან ერთად გამოიმუშავენ გლუკოზას და სუკროზას, რომლებიც ასევე შესაძლებელია გამოყენებული იქნეს ეთანოლის საწარმოებლად. ახალი ბაქტერია იყენებს მზის სინათლეს, როგორც ენერჯის წყაროს და აწარმოებს პოლისაქარიდებს და ცელულოზას. ამასთანავე ბაქტერიის ყველა სიცოცხლისუნარიანი პროდუქტი შეიძლება შეგროვდეს მისი შემდგომი გამოყენებისათვის ისე, რომ მიკროორგანიზმებს არ მივაყენოთ რაიმე ზიანი. მკვლევარების აზრით ციანობაქტერიები შესაძლებელია გამოვიყენოთ სასოფლო სამეურნეო მიწების გამოყენების გარეშე, მარილიანი წყლის დახმარებით, რომელიც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად არ გამოდგება.

მიკროორგანიზმები მიღებულ იქნა მალკოლმ ბრაუნისა და დევიდ ნობლსის მიერ. როგორც გამოგონების ავტორები აღნიშნავენ. ახალი მიკროორგანიზმები აწარმოებენ გელის ფორმის განსაკუთრებულად სუფთა ცელულოზას, რომელიც შეიძლება ადვილად დაიშალოს გლუკოზად. ეს კი შეამცირებს სოფლის მეურნეობის კულტურებისა და ტყის რესურსების გამოყენებას ეთანოლის წარმოებისთვის. სპეციალისტების გამოთვლით, ბიოეთანოლით ამერიკის მთლიანად უზრუნველსაყოფად საჭიროა მარცვლელი კულტურების მოყვანა დაახლოებით 2124 კმ<sup>2</sup> მიწის ფართობზე, ლაბორატორიაში ციანობაქტერიის ნიმუშების გამოყენებით შესაძლოა გამოიმუშავონ ამავე რაოდენობის ნედლეული ორჯერ ნაკლებ ფართობზე [45].

მეცნიერებმა კვლევის ობიექტად აირჩიეს ციანობაქტერიები და მათი გენის მოდიფიცირების შედეგად მიიღეს ისეთი ბაქტერია, რომელსაც შეუძლია აწარმოოს დიდი რაოდენობით ცელულოზა, ეს უკანასკნელი კი გამოიყენება ბიოეთანოლის წარმოებისათვის. გენი, რომელიც „პასუხისმგებელია“ ცელულოზას პროდუქტიულობაზე

და ურთიერთდამოკიდებულებაშია ძმარმჭავა ბაქტერიებზე. მოდიფიცირებული ბაქტერია აწარმოებს ცელულოზას ჟელეს სახით. ასეთი ფორმით ის ადვილად დაიშლება გლუკოზად და სახაროზად, რომლებიც წარმოადგენენ ეთანოლის წარმოების ძირითად საფუძველს.

მეცნიერების აზრით გენმოდიფიცირებული ბაქტერიები უფრო პერსპექტიული ნედლეულის წყაროა ეთანოლის მისაღებად, ვიდრე ხე-ტყის წარმოების ნარჩენები, სხვადასხვა სასოფლო სამეურნეო კულტურები, (სიმინდი, შაქრის ჭარხალი, შაქრის ლერწამი და სხვა) მცენარეებისგან მიღებული ცელულოზა იმყოფება კრისტალურ მდგომარეობაში, იმისათვის, რომ გარდავექმნათ მცენარეული ცელულოზა შაქრებად აუცილებელია გამოვიყენოთ მექანიკური დამუშავება და სპეციალური ფერმენტები, რაც ბიოეთანოლის წარმოების პროცესს მეტად აძვირებს.

ახალი ციანობაქტერიებისათვის ენერჯის წყაროს წარმოადგენს მზის სხივი, რომლის მეშვეობით ციანობაქტერიებს შეუძლიათ მოლეკულური აზოტის ფიქსირება, რაც იმას ნიშნავს, რომ უნდა გამოვიყენოთ აზოტის შემცველი სასუქები, ციანობაქტერიების მეშვეობით, ბიოეთანოლის საწარმოებლად საჭირო იქნება 2-ჯერ ნაკლები მიწის ფართობი, ვიდრე მცენარეების მოსაყვანად.

ციანობაქტერიებისგან მიღებულმა ბიოეთანოლმა შეიძლება გადაწყვიტოს ბიოსაწვავის მისაღებად გამოყენებული პროდუქტიული მცენარეების პრობლემა[67].

მეცნიერებმა მიაკვლიეს ზღვის მიკროორგანიზმებში ისეთი ტიპის ბაქტერიებს, რომლებიც თავისი ცხოველმყოფელობისას საკმაოდ დიდი რაოდენობით წყალბადს გამოჰყოფენ, მაშინაც კი, როცა მათ ირგვლივ მომცველ აირის გარემოში შერეულია ჟანგბადი. ფიტოპლანქტონების ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტი ციანობაქტერია (Cyanothecae 51142) აღმოჩენილ იქნა 1993 წელს ვაშინგტონის უნივერსიტეტის მკვლევართა ჯგუფისა და მისი ხელმძღვანელის ჰიმადრი პაკრასის (Himadri Pakrasi) მიერ, მათ დაადგინეს რომ ამგვარ მიკროორგანიზმებს აქვთ ცხოველმყოფელობის ორი რეჟიმი – ღამისა და დღის. დღის რეჟიმში მზის სხივების მოქმედების ხარჯზე გარემოსაგან შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და გამოიმუშავენ გარკვეული რაოდენობის ენერჯიას და ინახავენ გლუკოგენის სახით. ღამის რეჟიმში კი ციანობაქტერიები

აღნიშნული ენერჯის საფუძველზე აფიქსირებენ ატმოსფერულ აზოტს და გამოჰყოფენ წყალბადს. მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის გარემოში ჟანგბადის არსებობა ცუდად მოქმედებს ფერმენტ ნიტროგენაზზე (უჯრედშიგა აზოტის ფიქსაციის ძირითადი კომპონენტი). „Cyanothecae 51142“-ის შემთხვევაში კი უჯრედში არსებული მთელი ჟანგბადი ენერჯის გამომუშავებას ხმარდება. დადგენილია, რომ 48 საათის განმავლობაში უწყვეტი სინათლის ნაკადით დასხივებისას მიკროორგანიზმებმა შეცვალეს აზოტის შთანთქმის ფოტოსინთეზის ციკლი ისე რომ, გაიზარდა წყალბადის გამოყოფა (მიკროორგანიზმების შემცველი 1 ლიტრი წყალი 48 საათში 1 ლიტრ წყალბადს იძლევა). „Rhodobacter Sphaeroides“-ის ტიპის ალისფერი ბაქტერიების ჯგუფის მიკროორგანიზმები შეიძლება გამოყენებულ იქნან ეკოლოგიურად სუფთა საწვავის – მოლეკულური წყალბადის მიღების წყაროდ. ბაქტერიების გამოყენებით წყალბადის მიღება მრავლისმომცემი და პერსპექტიული ტექნოლოგიაა [57].

კალიფორნიაში, სპეციალისტებმა მიიღეს მიკროორგანიზმები, რომლებიც მარტივი შაქრების კონვერტირებას ახდენენ სპირტის მოლეკულების გრძელ ჯაჭვად. ბაქტერიები *Escherichia coli* - ბუნებრივ პირობებში ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ძლიერ ნაწლავურ მოწამვლას, ხოლო ბუნებრივ პირობებში მეტაბოლიზმის პროცესში ახდენს შაქრების და სპირტის კონვერტირებას. თუმცა ჩვეულებრივ პირობებში წარმოებულ სპირტს გააჩნია მოკლე მოლეკულური ჯაჭვი, სპირტები, რომლებიც შეიცავენ ექვს ატომზე უფრო მეტ ნახშირბადს, ბევრად მაღალი ხარისხის საწვავს წარმოადგენენ, რადგანც მოლეკულების დაშლისას გამოიყოფა მეტი ენერჯია, კალიფორნიის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა ბიოსაწვავისათვის საჭირო სპირტის მისაღებად შესძლეს *Escherichia coli* ბაქტერიის გენის მოდიფიცირება, გენმოდიფიცირებულ ბაქტერიებში შესაძლებელი გახდა კეტომჟავის (ამინომჟავების შორეული ანალოგი) მოდიფიცირება, იმისათვის, რომ მეტაბოლიზმის პროცესი უფრო ხანგრძლივად მიმდინარეობდეს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სპირტი, რომელიც შეიცავს უფრო მეტ ნახშირბადს; მოგვიანებით ბიოლოგებმა ბაქტერიის ორგანიზმს დაუმატეს ორი ახალი ფერმენტი, რომლებიც ახდენენ სპირტის კონვერტირებას, ამის შედეგად რთული გენების მოდიფიკაციით ბაქტერიებმა „ისწავლეს“ შაქრისაგან აწარმოონ რთული ნაერთი 3-მეთილ-1-პენტანოლი, რომელიც საუკეთესო ბიოსაწვავია. აღნიშნულ მეთოდს მხოლოდ ერთი ნაკლი გააჩნია,

ბაქტერიის ნიმუშები 20 გრ. გლუკოზიდან აწარმოებენ მხოლოდ 6,5 მლგ საჭირო სპირტს, ორი დამატებითი ფერმენტის დამატების შედეგად შესაძლებელი გახდა გაზარდონ სპირტის წარმოება 384მლგ-მდე.

მეცნიერების აზრით მომავალში ისინი შექმნიან ისეთ ბაქტერიებს, რომლებიც აწარმოებენ საჭირო რაოდენობის ბიოსაწვავს, მხოლოდ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ეს ხანგრძლივი პროცესია, რადანაც ასეთი სინთეზური გზით ბაქტერიების მიღება რთულ პროცესს წარმოადგენს. ციანობაქტერიების 0,4 ჰექტარზე გაშენებულ პლანტაციას წელიწადში 55000 ლიტრი საწვავის წარმოქმნა შეუძლია.

კომპანია ჟოული-ის სამეცნიერო ხელმძღვანელის მტკიცებით, მთელი ეფექტი ციანობაქტერიებშია, რომლებიც ყველგანაა და მათი მანიპულირება წყალმცენარეებზე მარტივია [47].

მესამე თაობის ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია წყალმცენარეებისაგან მათი წარმოების პრაქტიკა.

გამომცემლობა Biofuels Digest-ის რედაქტორი ჯიმ ლეინი მესამე თაობის ბიოსაწვავს, რომელიც მიიღება წყალმცენარეებისაგან და სხვა ერთუჯრედიანი მიკროოგანიზმებისაგან უწოდებს–„ყველაზე მღელვარე ექსპერიმენტს“, რომელიც ეხლა მიმდინარეობს ბიოენერჯეტიკაში. წყალმცენარეებს გააჩნიათ უდიდესი პოტენციალი იაფი და ენერგოეფექტური ბიოსაწვავის მისაღებად. წყალმცენარეები აწარმოებენ ლიპიდებს და უჯრედულ ცხიმებს, რომლებიც შესაძლებელია ექსტრაგირებული და გარდაქმნილი იქნეს განახლებად საწვავად, მაგალითად, ბიოდიზელად ან ავიასაწვავად, ისინი შეიცავენ ლიგნინებს და ცელულოზას, რაც აუმჯობესებს ნედლეულის ბიოსაწვავად გარდაქმნის პროცესს.

ბიოსაწვავის მისაღებად წყალმცენარეები გამოჰყავთ უკვე მრავალ ღია წყალსაცავში და ბიორეაქტორში, ხოლო დიდ ბრიტანეთში 2010 წლის ზაფხულში შედგა თვითმფრინავის სადემონსტრაციო გაფრენა, რომელშიც გამოიყენეს წყალმცენარეებისგან მიღებული საწვავი. უნდა ავლნიშნოთ, რომ აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს პერსპექტიული კვლევითი პროექტების სამმართველომ განაცხადა, რომ

მალე წყალმცენარეებს გამოიყენებს ბიოსაწვავის მისაღებად, მათი მონაცემებით 1 ლიტრი საწვავი დაახლოებით 1 დოლარი ეღირება. სამმართველო გეგმავს დიდმასშტაბიანი გადასამუშავებელი ქარხნის აშენებას, რომელიც წელიწადში 100 მილიონ ლიტრ საწვავს აწარმოებს [56].

დასავლეთის ქვეყნებში აქცენტი კეთდება პირველ რიგში უფრო ცხიმოვანი წყალმცენარეების გამოსაყვანად, რომლებიც იძლევიან უფრო მეტი რაოდენობით ზეთს და ბიოსაწვავს - ზოგიერთი წყალმცენარე მშრალი მასის 80 %-მდე ცხიმს შეიცავს (იხ.ცხრ.7-ში)

**ცილების, ნახშირწყლების და ლიპიდების (ცხიმები) შემცველობა სხვადასხვა სახეობის წყალმცენარეებში [30].**

ცხრილი 7

№№	წყალმცენარეების სახეობები	ცილები	ნახშირწყლები	ლიპიდები
1	<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
2	<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
3	<i>Anabaena cylindrica</i>	45-56	25-30	4-7
4	<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20

ნოვოსიბირსკის უნივერსიტეტის მეცნიერები ეძებენ კატალიზის პროცესის სრულყოფისა და წყალმცენარეებისგან მიღებულ საწვავი ნედლეულის ექსტრაქციის სხვა ტექნოლოგიების ინტენსიურ გზებს.

წყალმცენარეებს მსოფლიოში განიხილავენ, როგორც მეტ ნაკლებად პერსპექტიულ ნედლეულს, განახლებადი წყაროებიდან ბიოსაწვავის მისაღებად. ეს პირველ რიგში განპირობებულია წყალმცენარეების სწრაფი გამრავლებით, რომლებიც გვამლევენ მაღალ მზარდ ბიომასას, რაც შესაძლებელს ხდის ავიღოთ მოსავალი 40-ჯერ წელიწადში, ხოლო ორგანული ნივთიერებების დაახლოებით 80%, რომელიც ყოველდღიურად წარმოიქმნება დედამიწაზე მოდის სწორედ წყალმცენარეებზე.

სააგენტო «Cleandex»-ის ანალიტიკოსებს მოჰყავთ შემდეგი შეფასება: 200 ათას ჰა ტბორში შეუძლიათ აწარმოოს საწვავი, რომელიც საკმარისი იქნება ა.შ.შ.-ის ავტომობილები 5%-ის წლიური მოხმარებისთვის. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ 200-ათასი ჰექტარი ეს ცოტაა ა.შ.შ.-სთვის, ეს მხოლოდ მიწის ფონდის 0,1%-ია [63].

სპეციალისტები აღნიშნავენ ასევე ზღვის წყალმცენარეების გამოყენების პერსპექტივას. ბოინგის სპეციალისტების გათვლით, თუ მსოფლიოს ავიახაზების მთელი ფლოტი გამოიყენებდა მხოლოდ ზღვის წყალმცენარეებისგან მიღებულ ბიოსაწვავს, მათ დასჭირდებოდათ 322 მლრდ. ლიტრი ზეთი. 13ა-ზე შეიძლება მივიღოთ 6 500 ლიტრი წელიწადში. შეიძლება გავთვალოთ, რომ ამ რაოდენობის წყალმცენარეების მოსაყვანად საჭიროა 50 მლნ ჰექტარი.

აღსანიშნავია, რომ წყალმცენარეების მოყვანას გააჩნია დადებითი ეკოლოგიური ეფექტი-ისინი, როგორც სხვა მცენარეები, ფოტოსინთეზის პროცესში შთანთქავენ ნახშირორჟანგს, ასუფთავებენ ჰაერს და ამცირებენ სათბური აირების ემისიას ატმოსფეროში.

**პროკარიოტები**-უძველესი ცოცხალი არსებებია, რომლებიც სამი მილიარდი წელია დედამიწაზე ბინადრობენ, მცირე ზომის გამო მათი შესწავლა მხოლოდ მიკროსკოპით არის შესაძლებელი. თანამედროვე ორგანულ სამყაროში არსებულ პროკარიოტებს მიეკუთვნებიან ბაქტერიები და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები. ეუკორიეტებისაგან განსხვავებით პროკარიოტების უჯრედში არ არის მთელი რიგი ორგანოიდები: მიტოქონდრიები, ენდოპლაზმური ბადე, გოლჯის აპარატი და ა. შ. და რაც მთავარია, ბაქტერიებსა და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს არ გააჩნიათ ბირთვი. შესაბამისად მათი ქრომოსომები თავისუფლად არიან განლაგებული ციტოპლაზმაში.

### **3.9. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები ანუ ციანობაქტერიები (Cyanophyta)**

წყალმცენარეთა განყოფილება (ტიპი). ერთუჯრედიანი, კოლონიური და მრავალუჯრედიანი (მაფნაირი), უმეტესად მიკროსკოპული ფორმებია;

წყალმცენარეები ერთუჯრედიანი მცენარეული ორგანიზმებია, რომლებიც იკვებებიან უპირატესად ისეთი ძირითადი საკვები ნივთიერებებით როგორცაა, აზოტი, კალიუმი,



მაგნიუმი, კალციუმი და სხვ. მათ აქვთ ფოტოსინთეზის უნარი, შთანთქავენ ჰაერიდან CO<sub>2</sub>-ს და წყლის და მზის სხივების დახმარებით წარმოქმნიან ნახშირწყალბადებს.

პროკარიოტების ჯგუფის მეორე წამომადგენლებს-ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს ბაქტერიებთან შედარებით რთული აგებულება აქვთ. მათი ციტოპლაზმა, სხვა პიგმენტებთან ერთად, ქლოროფილსაც შეიცავს. ეს მათ მწვანე შეფერილობას და ფოტოსინთეზის უნარს ანიჭებს. შეფერილობა მოცისფრო-მომწვანო, ზოგჯერ მუქი მწვანე. შეიცავს პიგმენტებს: ქლოროფილ ალფას, კაროტინებს, ფიკოცინს და მცირე რაოდენობით წითელ პიგმენტს ფიკოერიფრანს. თუმცა გვხვდება მოყვითალო-მწვანედ, ვარდისფრად, იისფრად, ზოგჯერ შავად შეფერილი ფორმებიც. მორფოლოგიურად ჩამოყალიბებული ბირთვი და ქლოროპლასტი ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს არა აქვთ. პლანქტონურ სახეობებს აქვთ. ე. წ. აირის ვაკუოლები- პროტოპლასტში აირით ამოვსებული სივრცეები. მრავალდებიან დაყოფით (ერთუჯრედიანები), ჰორმოგონიუმებით-მაფის ფრაგმენტებით (მრავალუჯრედიანები) და სხვადასხვა სახის სპორებით.

სქესობრივი გამრავლება და მოძრავი შოლტიანი სტადიები განვითარების ციკლში არა აქვთ. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები აერთიანებს 2000-მდე სახეობას, რომლებიც გავრცელებულია მტკნარ წყლებსა და ზღვებში. ცხოვრობენ ნიადაგზე და ნიადაგში, თოვლზე, ნესტიან ადგილებსა და ცხელ წყაროებში, ზოგი ლიქენების კომპონენტია. პლანქტონური ფორმები ინტენსიური გამრავლებისას იწვევენ „წყლის ყვავილობას“ და სასმელად უვარგისს ხდიან წყალს. იწვევენ აგრეთვე წყალსადენი ფილტრების დაცობას და თევზების სიკვდილს; ზოგჯერ წყალსაცავში ქმნიან კუნძულებსაც კი. ბაქტერიებთან ერთად ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები მონაწილეობენ სამკურნალო ტალახის შექმნაში, ახდენენ ნიადაგში ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციას. ნიადაგზე მცხოვრები ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები მონაწილეობენ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში და ნათესაური კავშირი სხვა წყალმცენარეებთან არა აქვთ [14].

ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ისევე როგორც ბაქტერიები, არსებობენ ცალკეული უჯრედების, ჯაჭვების ან კოლონიების სახით. გვხვდება როგორც ერთუჯრედიანი, ისე კოლონიური და მრავალუჯრედიანი სიცოცხლის ფორმები გარსი შეიცავს

ცელულოზას. ზოგჯერ გარსი ლორწოვანია, არ აქვს დიფერენცირებული ბირთვი, ქლოროპლასტები. ციტოპლაზმაში მოთავსებულია მემბრანები, პიგმენტები, ნუკლეოპროტეიდები. მრავლდება დაყოფით. არახელსაყრელ პირობებში წარმოქმნის ცისტას. ქლოროფილი და სხვა პირგმენტები ლოკალიზირებულია მემბრანულ სტრუქტურებში თილაკოიდების სახით. ისინი ფოტოსინთეზის დროს ჟანგბადს გამოყოფენ. ციანობაქტერიებს ახასიათებს ორგვარი კვება - ავტოჰეტეროტროფებია. სინათლეზე ფოტოსინთეზს ახდენენ, სიბნელეში კი გარემოდან ითვისებენ ორგანულ ნივთიერებებს. სამარაგო ნივთიერებაა გლიკოგენი. მრავალი მათგანი ახდენს ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციას, გამოყოფს ამიაკს. მონაწილეობენ სიმბიოზში (ლიქენები).

ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებს სხვანაირად ციანობაქტერიებსაც უწოდებენ. ისინი ყველაზე ძველი ორგანიზმები არიან, რომლებიც ქლოროფილს შეიცავენ. მათ ნახულობენ დედამიწის ქერქის დანალექებში, რომელთა ასაკი სამ მილიარდ წელზე მეტია. ციანობაქტერიები ძალიან სწრაფად მრავლდებიან ორგანული ნარჩენებით გაჭუჭყიანებულ როგორც მტკნარ, ასევე მლაშე წყლებში. აქ ისინი წყლის გაჭუჭყიანების ხარისხის ინდიკატორების როლს ასრულებენ, ედებიან წყალსაცავის მთელ ზედაპირს და წყალს სფეციფიკურ შეფერილობას აძლევენ. სიკვდილის შემდეგ ციანობაქტერიები წყლის ფსკერზე ილექებიან. ეს ნალექი გამოიყენება ფლუორესცირებადი (ნათების მქონე) საღებავების წარმოებაში. მათგან მიღებული ფხვნილით ხატავენ საგზაო ნიშნებს და გზებს. ზოგიერთ ქვეყანაში, მაგალითად ჩინეთში, ამ წყალმცენარეებს სასუქად, მის გარკვეულ სახეობებს საკვებადაც იყენებენ. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე სპირულინა (*Spirulina platensis*) გამოიყენება მედიცინაში, ორგანიზმის იმუნიტეტისა და საერთო მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

არსებობს ენერჯის მიღების წყაროდ წყალმცენარეების გამოყენების მთელი რიგი უპირატესობები სხვა ბიოლოგიურ ნედლეულთან შედარებით. მათი წარმოება არ მოითხოვს განსაკუთრებულ ძალისხმევას და ხარჯებს. მიკროწყალმცენარეები იზრდებიან სწრაფად და აგროვებენ ბიომასას სწრაფი ტემპებით. ისინი იზრდებიან როგორც ზღვის ასევე მტკნარ, როგორც სუფთა ასევე დაბინძურებულში წყალში. მათ სჭირდებათ მხოლოდ წყალი და სინათლე, რომელიც აუცილებელია

ფოტოსინთეზისათვის, ხოლო საკვებად მათ სჭირდებათ აზოტი და ფოსფატი, რომელიც საკმარისად არის ზღვის წყალში. წყალმცენარეები იზრდებიან სწრაფად, ყოველ 48 საათში ისინი ორჯერ ზრდიან თავიანთ მოცულობას. მთავარი რაც რჩება ეს არის მათი გადამუშავებასთან არსებული დანახარჯები. გამოთვლების თანახმად 1ჰა ფართობი წყალმცენარეებისგან წელიწადში შესაძლებელია 19 ათასი ლიტრი საწვავი მიიღონ [25].

წყალმცენარეების ერთ–ერთი უპირატესობა გამოიხატება იმაში, რომ ისინი გამოიყენება პრაქტიკულად დანაკარგების გარეშე, ის რაც არ ხმარდება ნავთობის და ცხიმის წარმოებას, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ცხოველის საკვებად, ჰიგიენის, კოსმეტიკური პროდუქციის და სხვა საგნების დასამზადებლად. წყალმცენარეებისაგან ასევე იღებენ შაქარს და ცხიმს, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვადასხვა სახის ბიოსაწვავის მისაღებად, მაგალითად წყალმცენარეებისაგან ანაერობული დუდილის გზით შეიძლება მეთანის, ხოლო დუდილის გზით ეთანოლის წარმოება.

წყალმცენარეების მოსაყვანად საკმარისია წყალი, სინათლე, ნახშირორჟანგი, და საკვები არე, წყალმცენარეების გადამუშავებისას მიიღება 3,5-ჯერ მეტი საწვავი, ვიდრე პალმის ცხიმისაგან, 5-ჯერ მეტი, ვიდრე შაქრის ჭარხლისგან, 8-ჯერ მეტი, ვიდრე სიმინდისაგან და 40-ჯერ უფრო მეტი ვიდრე სოიოსაგან [22].

წყალმცენარეების მოყვანის ორი მეთოდი არსებობს– ღია და დახურულ სისტემაში, ღია სისტემას განეკუთვნება ბუნებრივი წყალსაცავები, ტბორები, ხელოვნური აუზები, რომელშიც მოყავთ მიკროწყალმცენარეები, მათი მოყვანის მოცემული მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ მიღებული ბიომასის მაღალ გამოსავლიანობას და მაღალ ხარისხს, არსებობს აგრეთვე მათი დაბინძურების საფრთხის შესაძლებლობა პათოგენური მიკროორგანიზმებით.

დახურული სისტემებს წარმოადგენს–ბიორეაქტორები, სადაც შექმნილია ოპტიმალური პირობები (ტემპერატურა და განათება) და უფრო მეტად პერსპექტიულია, ისეთი წყალმცენარეების მოსაყვანად, რომლებიც ცხიმის მაღალი შემცველობით გამოირჩევა.

დღეს ფართოდ არის გავრცელებული წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის მიღების სამი მეთოდი, რომლებიც მჭიდრო კავშირში არიან ზეთოვანი კულტურების გადამუშავების მეთოდებთან.

1. დაწნეხვა ან ცხიმის გამოყოფა;

2. სელექტიური ექსტრაქცია ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში (Supercritical Fluid Extraction);

3. სელექტიური დაყოფა და გასუფთავება ჰექსანის გამოყენებით (Hexane Solvent Oil Extraction);

მწვანე წყალმცენარეები მეტაბოლურად უნივერსალური ორგანიზმებს წარმოადგენენ და უშუალოდ მზის სხივების მოქმედების ხარჯზე აწარმოებენ განახლებად ბიომასას. მათ შეუძლიათ ცელულოზის, გლუკოზის, პოლიმერის, როგორც საკუთარი უჯრედების კედლების სინთეზირება. აგროვებენ სახამებელს, როგორც სათადარიგო საკვებ ნივთიერებას და ასევე, რაც უფრო მნიშვნელოვანია აგროვებენ დიდი რაოდენობით ლიპიდებს და ცხიმჟავებს, როგორც ენერჯის წყაროს. წყალმცენარეებისაგან მიღებული ცხიმები ქიმიურად ძალიან გვანან ზეთოვანი კულტურების პროდუქტებს და გროვებიან ტრიაცილგლიცერიდების სახით, რაც წყალმცენარეებში, წარმოადგენს ეკოსაწვავის მომავალი ეკონომიკის ქიმიურ საფუძველს. თავისი ქიმიური ბუნებით ტრიაცილგლიცერიდები აწარმოებენ მოლეკულას, რომელიც შედგება სამი გრძელი ცხიმჟავა ჯაჭვისაგან და გაერთიანებული არიან გლიცერინის ერთ მოლეკულაში. ტრიაცილგლიცერიდები (ცხიმები და ლიპიდები) მარტივი სპირტების და კატალიზატორის თანხლებისას, ეთერიფიკაციის პროცესში გარდაიქმნებიან ცხიმჟავას რთულ ეთერებად, ცხიმჟავებად (ბიოდიზელი). რასაც ეწოდება გადაეთერების პროცესი, ის სრულდება ან ქიმიურად ტუტე ჰიდროქსიდების, ან ბიოქიმიურად ფერმენტების დახმარებით, რომელსაც ლიპაზა ეწოდება. რადგან ბიოდიზელის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ძალიან მიმსგავსებულია ნავთობ დიზელის საწვავთან, წყალმცენარეების ცხიმი წარმოადგენს ბიოდიზელის წარმოებისათვის ერთ-ერთ ალტერნატიულ წყაროს. მისი ერთ-ერთი უპირატესობა გამოიხატება იმაში, რომ კონკურენციას არ უწევს სასურსათო ბაზარს.

ექსპერტების შეფასებით წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის მიღება ბევრად ეკონომიურია, ვიდრე სხვა მცენარეებისაგან (რაფსი, სიმინდი, პალმის ნაყოფი სხვ.) ასევე, აშშ-ში უახლოეს 3-5 წელიწადში ვარაუდობენ წყალმცენარეების გამოყენების მკვეთრ ზრდას, დღესდღეობით მსოფლიოში წყალმცენარეებისგან ბიოსაწვავის წარმოებაში აშშ-ს წილი 78%-ს, ევროპის 23%-ს და სხვა დანარჩენი ქვეყნებისა 9%-ს. შეადგენს [48].

წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის მიღების დადებითი და უარყოფითი მხარეები სხვა მეთოდებთან შედარებით მოცემულია ცხრ. 8-ში.

**წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის მიღების დადებითი და უარყოფითი მხარეები სხვა მეთოდებთან შედარებით** ცხრილი 8

ორგანიზმის სახეები	დადებითი	უარყოფითი
წყალმცენარეები	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. შეიცავენ ცხიმუკვას მცენარეული ცხიმის ანალოგს.</li> <li>2. ცხიმის შემცველობა მშრალი ბიომასის 85%-ს აღწევს.</li> <li>3. სწრაფი ზრდის უნარი.</li> <li>4. მარტივი შემაღენლობა.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ლიპიდების უმეტესობა საწვავის მცირე გამოსავლიანობით ხასიათდება.</li> <li>2. წყალმცენარეებისაგან ცხიმის მიღების ღირებულება უფრო მაღალია, ვიდრე მიწაზე მოყვანილი მცენარეებისაგან.</li> </ol>
ბაქტერიები, რომლებიც აწარმოებენ ცხიმს	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. სწრაფი ზრდა.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ბაქტერიების უმეტესი სახეობა აწარმოებს რთული შენადგენლობის ლიპიდებს</li> </ol>
საფუარები და სოკოები, რომლებიც აწარმოებენ ცხიმს	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. შეუზღუდავი რესურსები ბუნებაში.</li> <li>2. ზოგირთ სახეობაში ცხიმის მაღალი შემცველობა.</li> <li>3. სწრაფი ზრდის უნარი განსხვავებულ პირობებში.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ფილტრაციისა და კულტივაციის აუცილებლობა.</li> <li>2. ცხიმის ექსტრაქციის რთული ტექნოლოგია.</li> <li>3. კულტივაციის მაღალი ღირებულება.</li> </ol>

ნაგავსაყრელებიდან მიღებული ცხიმი	ცხიმის დაბალი ღირებულება.	ნაჯერი ცხიმუკვების დიდი რაოდენობით შემცველობა, რომელიც ძნელად ტრანფორმირდება ბიოსაწვავად.
----------------------------------	---------------------------	---

წყალმცენარეების ბიომასისგან მიღებული ბიოსაწვავის ღირებულება, შეადგენს 3-დან 60 დოლარამდე ერთ გალონზე (3,785ლ). წყალმცენარეების ბიომასისგან მიღებული ბიოსაწვავის უპირატესობას ექსპერტები შემდეგი მოსაზრებით აფასებენ:

- საწვავი პოტენციურად იწარმოება პირდაპირ წყალმცენარეებში მზის ენერჯის დახმარებით;
- არ ხდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის გამოსადეგი ფართობების დაკავება;
- წარმოების პროცესი ადვილად მასშტაბირდება;
- მიღებული საწვავის ფასები ედრება ჩვეულებრივი საწვავის ფასებს;
- მიიღება ეკოლოგიურად სუფთა საწვავი, რომლის წვისას არ ხდება CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფა.

ცხრ.9-ში ნაჩვენებია წყალმცენარეების, როგორც ბიოსაწვავის ნედლეულის უპირატესობა სხვა სახის მცენარეულ ნედლეულთან შედარებით (ცხიმის გამოსავალი 1 აკრიდან, 1აკრი=0,004047კმ<sup>2</sup>).

ცხიმის გამოსავალი გალონებში ერთ აკრზე, სხვადასხვა ზეთოვანი კულტურების გადამუშავებისას

ცხრილი 9

№№	მცენარის სახეობები	ცხიმის გამოსავლიანობა გალონ/აკრი
1	მარცვლეული	18
2	ბამბა	35
3	სოია	48
4	რაფსი	127
5	პალმა	636
6	წყალმცენარეები	1200-10000

წყალმცენარეების ამა თუ იმ მეთოდით მიღებული ბიომასისგან მისი ქიმიური და ბიოქიმიური გადამუშავებით მიიღება ნახევარპროდუქტები და ბიოსაწვავი: ტრიგლიცერიდები, ცხიმჟავები, ლიპიდები, ნახშირწყალბადების გრძელი ჯაჭვი, ნახშირწყლები (შაქრები, სახამებელი, ალგინატი), ეთანოლი, სპირტები, ცელულოზა და სხვა ფასეული პროდუქტები [33].

ნანოტექნოლოგიებმა შესაძლებელი გახადა არსებითად შეემცირებინა წყალმცენარეებისაგან ცხიმის მიღების ღირებულება, ცხიმის მიღების ისეთი მარტივი მეთოდები როგორცაა, გაწურვა და ექსტრაქცია საწყისი ნედლეულის გამოსავლიდან იძლევა 50%-ზე მეტ საწვავს, მაგრამ ამ ეტაპზე საწვავის ამ გზით წარმოება უფრო ნაკლებ რენტაბელურია, ვიდრე ნავთობის მოპოვება და ენერჯის მიღების სხვა მეთოდები. წყალმცენარეებისაგან მიღებული საწვავის ღირებულება შეიძლება არსებითად შემცირდეს, იმ შემთხვევაში თუ წარმოებული ორგანიზმები არ დაილუპება მათგან ლიპიდების და ცხიმჟავების გამოყოფისას, არამედ ისინი განაგრძობენ სიცოცხლეს და კვლავ ექნებათ უნარი გამოიმუშავონ ორგანული ნაერთები და მოახდინონ მათი აკუმულირება. ამ ამოცანის განხორციელება შეძლეს აშშ-ის ენერჯეტიკის დეპარტამენტისა და აიოვას შტატის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა.. (U.S. Department of Energy's Ames Laboratory, Iowa State University). მათ გამოიგონეს ნანონაწილაკები, რომლებსაც ღრუბლისებური მეზოფორული სტრუქტურა აქვთ და გაააჩნიათ ცხიმის შეწოვის უნარი წყალმცენარეების დაზიანების გარეშე. ახალ ტექნოლოგიაში ინტეგრირებულია ნანოტექნოლოგიის, ქიმიისა და კატალიზის პრინციპები. მეზოფორისებური (ნანოზომის ფორები) ნანონაწილაკები წყალმცენარეების ცოცხალ უჯრედებში ახდენენ ცხიმის ექსტრაგირებას, ხოლო ცხიმის შემდგომი მაღალეფექტური გამოყოფისათვის გამოიყენება სპეციალურად გამომუშავებული და დაპატენტებული კატალიზატორი „Catilin“. ბიო და ნანოტექნოლოგიების გაერთიანებამ მიიღო სახელწოდება „nanofarming“. ახალი მეთოდის დანერგვა სამ ეტაპად განხორციელდება: საწყის ეტაპზე შეირჩევა წყალმცენარეების ის სახეობები, რომელიც ყველაზე მეტად მისაღებია კულტივაციისა და ცხიმის წარმოებისათვის შემდგომ ნანონაწილების და კატალიზური ტექნოლოგიის

დახმარებით ხდება ექსტრაქციის ოპტიმიზირება: სისტემიდან ცხიმის გამოყოფა და მისი გადამუშავება ბიოდიზელად. მესამე ეტაპი მოიცავს ტექნოლოგიების მასშტაბურობის გაზრდას და მის უშუალო ტესტირებას საწარმოო ფორმატში [67].

იმ უახლესი ტექნოლოგიებიდან, რომელიც დღეს ინერგება მსოფლიოში აღსანიშნავია წყანარი ოკეანის ჩრდილო-დასავლეთის ნაციონალური ლაბორატორიის (PNNL) მკვლევრების მიერ შემუშავებული ბიოსაწვავის მიღების ახალი მეთოდები, რომლის მიღებისას წყალმცენარეების გადამუშავებისას ხარჯები მცირდება. მკვლევრების აზრით კონცენტრირებული წყალმცენარეები შესაძლებელია გარდაიქმნას ნავთობის მისაღებ ნედლეულად ერთ საათზე ნაკლებ დროში, ამ მეთოდის არსი ისაა, რომ წყალმცენარეებს ამუშავებენ ცხელი წყლით  $3500 \text{ კვ/სმ}^2$ -ზე უფრო მეტი წნევით, რის შედეგადაც ბიომასის ტრანსფორმირება ხდება თხევად მდგომარეობაში, აღნიშნულ პროცესს ჰიდროთერმული გათხევადება ეწოდება. ამ მეთოდს სხვა არსებული მეთოდებისაგან განასხვავებს ის, რომ საწვავის გადასამუშავებლად არ არის საჭირო წყალმცენარეების გამოშრობა, რაც მთლიანად გამორიცხავს მოცემულ ენერგომხარჯველ ძვირად ღირებულ პროცესს და მნიშვნელოვნად ამცირებს ენერგომოთხოვნილებას [78].

დღესდღეობით მესამე თაობის ბიოსაწვავის წარმოება ატარებს ექსპერიმენტულ ხასიათს, მოსალოდნელია, რომ მალე მათი წარმოება ეკონომიურად რენტაბელური გახდება. მაგალითად იაპონიაში, სადაც მოჰყავთ ძალიან დიდი რაოდენობის წყალმცენარეები, საკმაოდ დიდ პრობლემას წარმოადგენს მათი უტილიზაცია, რომლებიც გროვდებიან სანაპიროზე, იაპონელმა მეცნიერებმა შეიმუშავეს ბიომასის დუღილის ისეთი სისტემა, რომელიც გამოყენებული იქნა სანაპიროზე გამორიყულ წყალმცენარეების ბიოსაწვავად გარდასაქმნელად და შემდგომ ელექტროენერჯის მისაღებად. კომპანია „TokyoGas“-მიერ შემუშავებული სისტემის მიხედვით, წყალმცენარეებისაგან მიღებული ბიომასის დუღილი მიმდინარეობს მიკროორგანიზმების გამოყენებით, რის შედეგადც გამოიყოფა მეთანი. მეთანისაგან მიღებული საწვავი მიემართება გაზზე მომუშავე ძრავაში, რომელიც ამუშავებს ელექტროგენერატორს. „TokyoGas“-ის საცდელ სადგურში ამგვარი დანადგარი გადამამუშავებს ერთ ტონა წყალმცენარეებს დღეში, რაც წარმოქმნის  $20 \text{ ათასს მ}^3$  მეთანს. გენერატორის სიმძლავრის ასამაღლებლად წყალმცენარეებისაგან მიღებულ აირს



შეურევენ, ბუნებრივ აირს. ამის შედეგად გენერატორის დანადგარი აწარმოებს 10 კვტ სიმძლავრეს, რომელიც საკმარისია დაახლოებით 20 სახლის გასათბობად. ბიორეაქტორი, რომელიც გამოიყენება ამ ტექნოლოგიურ ციკლში წარმოადგენს გამჭვირვალე კოლბებს, რომლებშიც იზრდებიან და იკვებებიან წყალმცენარეები. პროცესი საშუალებას იძლევა მივიღოთ სპირტები, ბიოდიზელი, ცხოველებისათვის მაღალხარისხოვანი საკვები პროდუქტი. საწარმოო დანადგარმა შესაძლებელია მოგვცეს დაახლოებით 80ტ/ჰა წყალმცენარეები წელიწადში. პირველი და მეორე თაობის ბიოსაწავისაგან განსხვავებით წყალმცენარეებისაგან მიღებულ ბიოსაწავს გააჩნია რიგი უპირატესობები: წყალმცენარეები შეიძლება მოვიყვანოთ, როგორც მიწაზე, რომელიც უვარგისია სასოფლო-სამეურნეო და საკვები პროდუქტების მოსაყვანად, ასევე წყალსაცავებში და ტბორებში. წყალმცენარეების ზოგი სახეობები აწარმოებენ ბიოცხიმს, ბუნებრივი ფოტოსინთეზის მეშვეობით, წყალმცენარეებისაგან წარმოებულ ბიოცხიმს და საბოლოოდ მისგან მიღებულ ბიოსაწავს გააჩნიათ ისეთი მოლეკულური სტრუქტურა, რომელიც დღეს გამოყენებადი ნავთობის და ნავთობპროდუქტების ანალოგიურია, ეს კი უზრუნველყოფს მის შეთავსებას არსებულ სატრანსპორტო ტექნიკასა და ინფრასტრუქტურასთან. ფოტოსინთეზის გზით მიღებული წყალმცენარეებისაგან მიღებული ბიოცხიმის წარმატებით გამოყენების შემთხვევაში, შესაძლებელი გახდება მისი გამოყენება ყველა სახის საწვავის საწარმოებლად (ბენზინი, დიზელის საწვავი და საწვავი რეაქტიული ძრავებისათვის), რომლებიც ესადაგებიან დღევანდელი პროდუქციის სპეციფიკას.

ბერკლის უნივერსიტეტის (კალიფორნია) სამეცნიერო საბჭოს დასკვნით წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწავის მიღების მეთოდების დამუშავებისა და გავრცელებისათვის აუცილებელია სულ მცირე ათი წელიწადი, მართალია დღეს არსებობს კომპანიები, რომლებმაც უკვე მიიღეს წყალმცენარეებთან მუშაობის შედეგად დამაჯერებელი შედეგები, მაგრამ ამ ტექნოლოგიებს სჭირდებათ დახვეწა და რაც მთავარია საწარმოო პროცესის გაიაფება [63].

2016 წელს გერმანიის ქალაქ ჰამბურგში ექსპლოატაციაში შევიდა მსოფლიოში პირველი საცხოვრებელი სახლი, სადაც ენერჯია გათბობისა და კონდიციონერებისათვის. წყალმცენარეებისაგან მიღებული ბიოსაწავისაგან გამომუშავდება. წყალმცენარეები

მოკყავთ ამავე შენობაში, რომლის დასახელებაა **“Bio Intelligent Quotient (BIQ) House.”** ხუთსართულიან საცხოვრებელ სახლში თხუთმეტი ბინაა, რომლის სამხრეთ აღმოსავლეთით და სამხრეთ დასავლეთით მდებარე ორ კედელზე 129 ბრტყელი ფორმის აკვარიუმებია განთავსებული, სადაც იზრდება ქ. ჰამბურგის მდინარე ელბაში მოყვანილი წყალმცენარეები, სწორედ მათგან ღებულობენ სითბურ ენერგიას შენობისათვის. აკვარიუმებს ავტომატურად მიეწოდება საკვები ნივთიერებები და ნახშირორჟანგი, ამასთანავე ყოველ გამჭვირვალე რეზერვუარს შეუძლია მზის ბატარეების მსგავსად, მზის მხარეს შეტრიალება,

ზაფხულში წყალმცენარეები აქტიურად იზრდებიან და მრავლდებიან, როცა მათი ბიომასა აკვარიუმებში აღწევს ზღვარს, ნედლეულის ნაწილი მიეწოდება საცხოვრებელის სახლის შიგნით განთავსებულ სპეციალურ დანადგარს, სადაც ხდება მისი გადამუშავება ბიოსაწვავად, სწორედ ეს „მწვანე“ საწვავი უზრუნველყოფს სახლის გათბობას ზამთარში.

სახლი სამ წელიწადში აშენდა, მშენებლობაზე დაიხარჯა 5 მილიონი ევრო. ის ევროპაში იმ 16 სახლიდან ერთ-ერთია, რომელიც ფინანსდება საერთაშორისო არქიტექტურულ-საპროექტო კომპანიის **„Internationale Bauausstellung (IBA)“** ჯგუფის მიერ. მათი მიზანია დაამტკიცონ, რომ „მწვანე“ სახლების მშენებლობა რენტაბელური და ეკონომიკურად გამართლებულია [73].

დღეისათვის საქართველოში არსებული განახლებადი ენერჯის წყაროების პოტენციალის შეფასებისას არ არის განხილული წყალმცენარეებისაგან მიღებული ბიომასის გამოყენების პერსპექტივები ბიოენერჯეტიკაში. თუმცა სწორი სახელმწიფო პოლიტიკის და გათვლების შემთხვევაში ეს სფერო დაინტერესებასა და ინვესტიციებს აუცილებლად გამოიწვევს, შესაძლებელი გახდება წყალმცენარეებისაგან ბიოსაწვავის წარმოება, რადგან საქართველოში ტბებს, წყალსაცავებს და ზღვის აკვატორიას უჭირავს რამდენიმე ათასი კვ.კმ. ფართობი. სადაც წყალმცენარეების დაახლოებით 2000-ზე მეტი სახეობაა გავრცელებული, აქედან მტკნარ წყლებში წყალმცენარეების რაოდენობრივი მაჩვენებლები 1897 სახეობას შეადგენს. არის საინტერესო ენდემური სახეობები.

მტკნარი წყლის წყალმცენარეთა ფლორა დიდი მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. ისეთ საარსებო გარემოში, როგორცაა მდინარე, ნაკადული, ღელე, ჭარბობს ე.წ. ბენტალური კომპლექსები. მდგარ წყლებში (ტბები, ტბორები, გუბეები, ჭაობები) დომინირებს პლაქტონური ბიონტები, რომელთა შორის სიხშირით გამოირჩევა წყალმცენარეების ისეთი სახეობები როგორცაა: *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*.

სანაპირო ზოლში ყველაზე უფრო ჩვეულებრივი ბენტოსური ფორმები განეკუთვნება ეპიფიტებსა და ეპილითებს.

ზღვის ფიტოპლანქტონის მრავალფეროვნება დაკავშირებულია ნაირგვარი ბიოტოპების არსებობასთან. არსებული მონაცემებით, ზღვის ფიტოპლანქტონებში 116 სახეობის წყალმცენარეა გავრცელებული, მათგან ყველაზე მეტად გავრცელებული სახეობაა *Bacillariophyta* [62].

### **3.10.საქართველოს წყალსაცავების მოკლე დახასიათება:**

**გალის წყალსაცავი:** მდებარეობს გალის მუნიციპალიტეტში, ფართობი 8,2კმ<sup>2</sup>, მოცულობა 145კმ<sup>3</sup>, მაქსიმალური სიღრმე 42,3მ, საშუალო სიღრმე 17,7 მ, აუზის ფართობი 166 კმ<sup>2</sup>, ჩამდინარე მდინარეები ერისწყალი, გამომდინარე მდინარე ერისწყალი. გალის წყალსაცავის ფსკერი დაფარულია ალუვიონის სქელი ფენით,

**ლაჯანურის წყალსაცავი:** მდებარეობს ცაგერის მუნიციპალიტეტში, ფართობი 1,6კმ<sup>2</sup>, სიღრმე 3,2კმ, სიგანე 1კმ, მაქსიმალური სიღრმე 70მ, საშუალო სიღრმე 30მ.

**ნადარბაზევის ტბა:** ნადარბაზევის წყალსაცავი მდებარეობს კვერნაქის ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე, გორის მუნიციპალიტეტში, ზღვის დონიდან 856მ. ზედაპირის ფართობი 1,18კმ<sup>2</sup>, უდიდესი სიღრმე 1,8 მოცულობა 3მლნ.მ<sup>3</sup>.

**ჟინვალის წყალსაცავი:** მდებარეობს დუშეთის მუნიციპალიტეტში, ფართობი 11,5კმ<sup>2</sup>, მოცულობა 520კმ<sup>3</sup>, ჩამდინარე მდინარეებია მთიულეთის არაგვი, ფშავის არაგვი, გამომდინარე მდინარეა არაგვი.

**სიონის წყალსაცავი :** მდებარეობს თიანეთის მუნიციპალიტეტში, მდინარე ივრის შუა წელში, გაშენებულია დაბა სიონსა და სოფელ ლელოვანს შორის. უკავია სიონის

ქვაბულის ფსკერი, ფართობი 12,8კმ<sup>2</sup>, მოცულობა 325,4კმ<sup>3</sup>, მაქსიმალური სიღრმე 67მ, საშუალო სიღრმე 25,4მ, აუზის ფართობი 587კმ<sup>2</sup>, გამომდინარე მდინარეა იორი.

**ჯვრის წყალსაცავი:** წალენჯიხის მუნიციპალიტეტში, ფართობი შეადგენს 13,5კმ<sup>2</sup>, მოცულობა 1100კმ<sup>3</sup>, მაქსიმალური სიღრმე 226მ, სიგრძე 30 კმ. გამომდინარე მდინარე ენგური.

**ტყიბულის წყალსაცავი:** მდებარეობს ტყიბულის მუნიციპალიტეტში ფართობი 12,1კმ<sup>2</sup>, სიგრძე 8,1კმ, სიგანე 3,2კმ, მოცულობა 84კმ<sup>3</sup>, მაქსიმალური სიღრმე 12,5მ, საშუალო სიღრმე 6,9მ. საზრდოობს მდინარე ტყიბულისა და სხვა შენაკადების წყლით, აგრეთვე ატმოსფერული ნალექებით(1750მმ წელიწადში).

**შაორის წყალსაცავი** ან შაორის ტბა, მდებარეობს ამბროლაურის მუნიციპალიტეტში, რაჭის ქედის ჩრდილოეთ კალთაზე, შაორის ქვაბულში, შექმნილია მიწაყრილის კაშხალით, რომელიც აგუბებს მდინარე შაორს, უდიდესი წყალსაცავია რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის მხარეში.

**წალკის წყალსაცავი:** მდებარეობს წალკის მუნიციპალიტეტში მდინარე ხრამზე, შეიქმნა 1946 წელს ენერგეტიკული მიზნებისათვის, მის წყალს იყენებს ხრამჭესი, წყალსაცავის ფართობი-33,7კმ<sup>2</sup>, მაქსიმალური სიღრმე 25მ, იგი უდიდესი წყალსაცავია საქართველოში.

იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე განთავსებულია 850 ტბა რომელთა საერთო ფართობი შეადგენს 170 კმ<sup>2</sup> -ს, ხოლო, წყალსაცავების ფართობი 105,4 კმ<sup>2</sup>-ია, იკვეთება რეალური პერსპექტივა წყალმცენარეებისგან ბიოსაწვავის, კერძოდ, ბიოაირის მისაღებად.

საქართველოში არსებული წყალსაცავების ფართობები მოცემულია ცხრ.10-ში

N	წყალსაცავების დასახელება	ფართობი
1	გალის	8,2
2	ლაჯანურის	3,2
3	ნადარბაზევის	1,2
4	ჟინვალის	11,5
5	სიონის	12,8

6	ჯვარის	13,5
7	ტყიბულის	12,1
8	შაორის	9,2
9	წალკის	33,7

## თავი 4. ექსპერიმენტული ნაწილი

### კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები.

**4.1.თემის აქტუალობა.** კლიმატის გლობალური ცვლილებების სწრაფი ტემპი და გარემოს მდგომარეობის გაუარესება უარყოფითად აისახება მსოფლიო ეკონომიკაზე და სხვადასხვა ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებაზე.

მსოფლიო მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ წიაღისეული ნახშირბადოვანი რესურსების (ქვანახშირი, ნავთობი და სხვა) ენერგეტიკაზე დაფუძნებულმა ეკონომიკის შემოქმედებითა შესაძლებლობებმა ამოწურა თავისი მარაგი და დადგა დრო, გლობალური ტექნოლოგიური პარადიგმის შეცვლისა ახლით, რაც ითვალისწინებს არაწიაღისეულ რესურსების გამოყენებას ენერგეტიკაში. ბიოეკონომიკა, კერძოდ ბიოენერგეტიკა, რომელიც დამყარებულია ბიომასის გამოყენებაზე, წარმოადგენს მსოფლიოში მდგრადი განვითარების საფუძველს.

საქართველოში არ არსებობს ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის შესახებ დასაბუთებული მონაცემები. „საქართველოს განახლებადი ენერჯის ასოციაციის“ მონაცემებით მოყვანილია მხოლოდ შეფასებითი მაჩვენებლები, რომლის მიხედვითაც საერთო ბიომასა შეიძლება აღწევდეს 4,4 მლნ ტონას, რომლის ენერგეტიკული პოტენციალი წელიწადში 12 მლრდ კვტ/სთ-ია.

არსებობს სხვა მონაცემებიც, მაგრამ არც ერთი მათგანი არ ითვალისწინებენ ბიომასის სანედლეულო ბაზის გაფართოებას ენერგეტიკული პლანტაციების გაშენების, ასევე წყალმცენარეებისა და ფიტოპლანქტონების გამოყენების ხარჯზე. ასევე არ არსებობს მონაცემები სხვადასხვა სახის ბიომასის ეკოლოგიურობისა და ეკონომიკურობის ინდექსების შესახებ.

ასეულობით ტონა ბიომასა, საყოფაცხოვრებო და საკვების ნარჩენები, რომელიც მიმოფანტულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, იხრწნება და აბინძურებს გარემოს, ეს თავისთავად უარყოფითად აისახება ქალაქისა და დასახლებული პუნქტების ესთეტიკურ მხარეზე.

ასეულობით ტონა ბიომასა, რომელსაც შეიცავს სოფლის მეურნეობის ნარჩენები იწვება, როგორც ნაგავი, იწვება ღია წესით, რაც იწვევს ატმოსფერული ჰაერის და ნიადაგის ტოქსიკური ნივთიერებებით დაბინძურებას, ხდება CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დამატებითი წყარო.

ასეულობით ტონა ბიომასა, რომელსაც შეიცავს ქალაქების, მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ფერმების, კვების მცირე თუ დიდი საწარმოების ჩამდინარე წყლები ყოველგვარი გასუფთავების გარეშე ჩაედინება მდინარეებში და აბინძურებს მათ.

**4.2. კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები.** საქართველოში ბიომასის გამოყენების საფუძველზე ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარებისათვის აუცილებელია:

- ბიოსაწვავის მიღების სფეროში უახლესი მიღწევების ანალიზის შესწავლა;
- ბიომასისგან ბიოსაწვავის მიღების ტექნოლოგიური პროცესების, მისი ბიოსაწვავად ტრანსფორმირების, ყველაზე უახლესი, ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიების განსაზღვრა;
- მათი ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება და რეკომენდაციების შემუშავება;

აღნიშნული მიზნის შესრულება ითვალისწინებს შემდეგ ამოცანებს:

- სხვადასხვა თაობის ბიოსაწვავის წარმოების დარგში მსოფლიო ტენდენციების ანალიზი;
- ბიომასის ბიოსაწვავად გარდაქმნის ძირითადი მეთოდების ანალიზი;
- საქართველოში ბიოსაწვავის წარმოებისათვის, ბიომასის ნედლეულის ბაზის თანამედროვე მდგომარეობისა და მისი გამოყენების კვლევა;

- ბიოსაწვავის მისაღებად ბიომასის ნედლეულის ბაზის გაფართოება, ენერგეტიკული ტყეების პლანტაციების გაშენების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონების, გამდინარე წყლების და წყალსაცავების შლამიანი ნალექების ხარჯზე;
- ბიომასის ბიოსაწვავად გარდაქმნის ყველაზე უფრო ეკოლოგიურ-ეკონომიკურ და ეფექტური მეთოდების განსაზღვრა და ქვეყნის ენერგეტიკულ სექტორში მათი დანერგვა.

**4.3. ნაშრომის მეცნიერული სიახლე.** ბიომასის ბიოსაწვავად ტრანფორმირების უახლესი ტექნოლოგიების ანალიზის საფუძველზე და ბიოსაწვავის წარმოების მსოფლიო გამოცდილების შესწავლით და მათი მისადაგებით საქართველოს პირობებისათვის, პირველად მივიღეთ ბიომასის პოტენციალის შეფასება და მისი გამოყენების შესაძლებლობა მრავალწლიანი ბალახების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონების საწარმოო კულტივირებისა და ბიოლოგიური კონვერსიის გზით.

პირველად საქართველოში ჩატარდა ექსპერიმენტი წყალმცენარე „ეიქორნიას“ („წყლის სუმბული“) (*Eichhornia Crassipes*) კულტივირებაზე წყალსაცავში (ეკოლოგიური შეზღუდვების დაცვით) (*in situ*) და ლაბორატორიულ პირობებში მისი *in vitro* გამრავლების მეთოდზე.

პირველად მოხდა ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება ბიომასის იმ დანაკარგებზე, რომელიც არასრულად იქნა გამოყენებული სოფლის საკარმიდამო ნაკვეთებში და ქალაქგარეთ დაგროვილი სხვადასხვა ნარჩენების (ჩამოყრილი ფოთლები, ხის ტოტები, ბალახი და სხვა) სახით. ეს ნარჩენები ყველგან იწვება ღია წესით, რაც იწვევს სათბური აირების ემისიის მომატებას ატმოსფეროში და გარემოს დაბინძურებას.

გამომდინარე იქიდან, რომ დღეს საქართველოში არ არსებობს ბიოსაწვავის მისაღებად წყალმცენარეების გამოყენების პრაქტიკა, შევისწავლეთ წყალმცენარე „ეიქორნიას“ (*Eichhornia Crassipes*) („წყლის სუმბული“)-მოყვანის და გამრავლების სხვადასხვა ოპტიმალური მეთოდები, როგორც წყალსაცავებში, ასევე ლაბორატორიულ პირობებში, რადგანაც აღნიშნული წყალმცენარე ხასიათდება, გამრავლების სწრაფი უნარით,

მაღალი ბიოპროდუქტიულობით, იგი 24 საათში აორმაგებს თავის ბიომასას, რაც ესოდენ მნიშვნელოვანია ბიოსაწვავის მისაღებად.

#### 4.4. წყალმცენარე „ეიქორნია“ ბოტანიკური დახასიათება

ბოტანიკური სახელწოდება-„ეიქორნია“ („წყლის სუმბული“) (*Eichhornia Crassipes*) (ოჯახი *Pontederiaceae*) მრავალწლიანი ბალახოვანი, ტროპიკული, მცურავი წყლის მცენარეა, მისი სამშობლო სამხრეთ ამერიკაა, ხარობს წყალში რომელსაც გააჩნია სუსტი ტუტე რეაქცია. მრავლდება ვეგეტატიურად, ხოლო, როცა ჰაერის ტემპერატურა აღწევს 35<sup>0</sup>-C-ს შესაძლებელია თესლითაც გამრავლდეს. წყლის ზემოთ მოთავსებული ნაწილი შედგება ფოთლებისა და ყვავილებისაგან, რომელიც სუმბულს მოგვაგონებს (აქედან მოდის მისი მეორე სახელწოდება „წყლის სუმბული“). (სურ.5,6) მისი პრიალა, ფოთლები გრძელ ყუნწებზეა განთავსებული. დერო ღრუბლისებური ფოროვანი სტრუქტურის, ბოლოში გამსხვილებულია, ფორები გაჯერებულია ჰაერის ბუმბულაკებით, რის შედეგად „ეიქორნია“ დაცურავს წყლის ზედაპირზე. ყვავილი შეიძლება იყოს თეთრი, ვარდისფერი, ცისფერი, იასამნისფერი, ისინი ცოცხლობენ მხოლოდ ერთი დღე და შემდეგ იძირებიან წყლის ფსკერზე. წყალში მდებარეობს ბოჭკოვანი, ძაფისმაგვარი, ფესვთა სისტემა წამწამებივით დახრილი, რომლის სიგრძე 50-60 სმ-ს აღწევს, მათ შორის მიმდინარეობს წყლის გაწმენდის ძირითადი პროცესი. ფესვებზე გროვდება მიკროორგანიზმები, რომლებიც წყალში არსებულ ქიმიურ ნივთიერებებს ანეიტრალებენ, სწორედ ეს განაპირობებს „ეიქორნიის“ ფიტორემედიაციულ თვისებებს. ასევე მას ახასიათებს წყალში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყოფის უნარი, რაც წყალმცენარეების და პათოგენური ბაქტერიების ზრდის მაინჰიბირებელ მოქმედებას იწვევს.

ბიოპროდუქტიულობის გარდა „ეიქორნიის“ გააჩნია წყლის გაწმენდის თვისებები, ბიორემედიაცია. წყალი სიცოხლისათვის აუცილებელი სუბსტანცია და დედამიწის უმნიშვნელოვანესი რესურსია, ამიტომ წყლის დაბინძურება ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს. დღეს ძალიან აქტუალურია უმაღლესი კლასის წყალმცენარეების ბიორემედაციული პოტენციალის გამოყენება, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ წყალსაცავების ბიოლოგიური თვითგაწმენდის



პროცესში. მრავალ წყლის მაკროფიტებს კომპლექსურად ბიოაპკის მიკროორგანიზმებთან ერთად აქვთ უნარი საკმაოდ ეფექტურად შთანთქონ და უტილიზაცია მოახდინონ ისეთი დაბინძურებული ნივთიერებებისა, როგორცაა: ბიოგენური ელემენტები, მძიმე მეტალები, ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები და სინთეზური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები.

გარემოს გასუფთავების თანამედროვე რემედიაციული ტექნოლოგიებიდან აღსანიშნავია ფიტორემედიაცია, რომელიც გულისხმობს მცენარეებისა და რიზოსფეროს მიკროორგანიზმების გამოყენებას ეკოტოქსიკანტის შთანთქმისა და გაუვნებლობის მიზნით [75].

ფიტორემედიაციის საშუალებით ხდება ნიადაგებისა და წყლების გასუფთავება ისეთი ტოქსიკური დამბინძურებლისაგან, როგორცაა მძიმე მეტალები, ნავთობის ნახშირწყალბადები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები, ქლორორგანული გამხსნელები, პოლიქლორირებული ბიფენილები, ფეთქებადი ნივთიერებები, რადიონუკლიდები და სხვა. გარემოს გასუფთავების არაბიოლოგიური ტექნოლოგიებისაგან განსხვავებით ფიტორემედიაცია იაფია, მისი საშუალებით მიიღწევა გარემოს მაქსიმალური გასუფთავება და ხანგრძლივი დაცვა ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის გარეშე. გასული საუკუნის უკანასკნელ ათწლეულში მცენარეების და მიკროორგანიზმების მიერ ტოქსიკური ნაერთების გაუვნებლობის მოლეკულური მექანიზმების შესწავლა ბიორემედიაციის მეთოდების დახვეწის მთავარ სტრატეგიად იქცა.

ფიტორემედიაცია (ფიტო-მცენარე, რემედიაცია-ზარალის ანაზღაურება, შეცდომის გასწორება) წარმოადგენს ეკოლოგიურ ბიოტექნოლოგიას, რომელიც მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების საშუალებით ნიადაგიდან, გრუნტის წყლებიდან და წყალსატევებიდან ტოქსიკური ნაერთების მოცილების საშუალებას იძლევა. ფიტორემედიაცია მოიცავს რამდენიმე მეთოდს. [75].

ფიტორემედიაცია გაცილებით ეკონომიური და მომგებიანია სხვა ტიპის ტექნოლოგიებთან შედარებით. გამოანგარიშებულია, რომ ერთი და იგივე ობიექტის გასასუფთავებლად ფიტორემედიაციული ტექნოლოგიის გამოყენებისას სულ ცოტა, 4-

ჯერ უფრო ნაკლები ხარჯია საჭირო, ვიდრე სხვა მეთოდებით სარგებლობისას. ეკონომიკური ეფექტი ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება გაცილებით უფრო მაღალიც იყოს. მაგ., ვერცხლისწყლით 50 სმ სიღრმეზე დაბინძურებული 1 აკრი გასუფთავებისათვის, რაც მოიცავს ნიადაგის ექსკავაციას, გარეცხვას და შემდეგ ადგილზე დაბრუნებას, საჭიროა 400 ათასიდან - 1 700 ათასამდე ამერიკული დოლარი, ხოლო იგივე ფართობზე ფიტორემედიაციული მეთოდის გამოყენება გაცილებით ნაკლები – მხოლოდ 60 ათასიდან \_ 100 ათასამდე ამერიკული დოლარი იხარჯება. ზოგიერთ შემთხვევაში ეკონომიკური ეფექტი კიდევ უფრო მაღალია, მაგალითად, ძალზედ ძვირადღირებულია ვიტრიფიკაციის ტექნოლოგია, რომელიც გამოიყენება მძიმე მეტალების ან რადიონუკლიდების მაღალი კონცენტრაციით ნიადაგის დაბინძურების შემთხვევაში. ამ დროს საჭიროა ძალიან მაღალი ტემპერატურა (3000-5000°C), რომ მოხდეს ნიადაგის დაბინძურებული ნაწილის ერთ მთლიან მასად შელღობა. შემდეგ ამ მასას აცილებენ დაბინძურებულ უბანს და შედარებით უსაფრთხო ადგილას ინახავენ ან მარხავენ. თუ იგივე დაბინძურების შემთხვევაში ფიტორემედიაციას მიმართავენ, პროცესის თვითღირებულება მინიმუმ 1000-ჯერ იაფდება [76].

ფიტორემედიაცია თავისი არსით ერთდროულად რემედიაციულ, პროფილაქტიკურ და პრევენციულ ღონისძიებას წარმოადგენს, რადგან მისი საშუალებით შესაძლებელია არამარტო აღვადგინოთ ქიმიურად დაბინძურებული გარემო, არამედ ხანგრძლივი დროით შევზღუდოთ ან საერთოდ ავიცილოთ თავიდან დაბინძურების კერებიდან ტოქსიკური ნაერთების გავრცელება. გარდა ამისა, მწვანე საფარის მიზანმიმართული განაშენიანება იცავს ნიადაგს გამოფიტვისა და ეროზიისაგან.

წყალსაცავის ბიოაპკის მიკროორგანიზმებთან კომპლექსში წყლის მრავალი მაკროფიტებს შესწევთ უნარი საკმარისად ეფექტურად შთანთქონ დაბინძურებული ნივთიერებები ისეთი როგორიცაა ბიოგენური ელემენტები, მძიმე მეტალები, ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები და ასევე ზედაპირზე არსებული სინთეტიკურ აქტიური ნივთიერებები და მოახდინონ მათი უტილიზირება [73].

ცნობილია, რომ ქალაქის მცირე წყალსაცავები განიცდიან მრავალფაქტორულ ანთროპოგენურ ზემოქმედებას სამრეწველო, სატარნსპორტო, საყოფაცხოვრებო და

კომუნალური დაბინძურების შედეგად. ქალაქის წყალსაცავები გამოიყენება, როგორც რეკრეაციული ობიექტები და ითვლებიან ქალაქის ეკოლოგიური კარკასის მთავარ კომპონენტად, ამიტომ მათი ეკოსისტემების რემედიაცია წარმოადგენს აქტუალურ და პრაქტიკული მნიშვნელობის ამოცანას თანამედროვე ურბოეკოლოგიასა და გამოყენებით ჰიდროეკოლოგიაში.

გამომდინარე იქიდან, რომ ქალაქების წყალსაცავების ზედაპირის დაბინძურება ატარებს კომპლექსურ ხასიათს, რაც განპირობებულია წყლის რთული ქიმიური შედგენილობით და ქრონიკული ტოქსიურობით, აუცილებელი გახდა წყლის სხვადასხვა სახეობის მაკროფიტების შერჩევა, რომლებიც გამოირჩევიან ზრდის და გამრავლების სწრაფი უნარით და ამასთანვე ეფექტურად ახდენენ წყლის გაწმენდას. ამ პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთ გზას წარმოადგეს უმაღლესი წყალმცენარეების ბიორემედიაციული პოტენციალის გამოყენება, რომლებიც აქტიურად მონაწილეობენ წყალსაცავების ბიოლოგიურ თვითგაწმენდაში. ასეთი მცენარეების რიცხვს, რომლებიც სამრეწველო დაბინძურების მიმართ მდგრადობით გამოირჩევიან განეკუთვნება წყალმცენარე „ეიქორნია“. ამ მცენარეს მრავალ ქვეყანაში გამოიყენებენ ბიოლოგიურად გამწმენდ ნაგებობებში, ხელოვნური გათბობის პირობებში. მისი გამოყენება ფიტორემედიაციისათვის შეზღუდულია და შესაძლებელია მხოლოდ ზაფხულის პერიოდში, როცა წყლის ტემპერატურა არ არის  $+15^{\circ}$ -ზე დაბალი. ხოლო, როდესაც წყლის ტემპერატურა  $+5^{\circ}$ -ზე დაბალია შეუძლებელი ხდება „ეიქორნიის“ ზრდა და გამრავლება მუდმივი პოპულაციის ზომიერ ზონის ღია წყალსაცავებში, რაც ბუნებრივი წყალსაცავების ბიორემედიაციისათვის, მისი სეზონური აკლიმატიზაციის ეკოლოგიური უსაფრთხოების გარანტიას იძლევა, [74].

მიკროწყალმცენარეებს ახასიათებთ მაღალი ფოტოსინთეზური აქტივობა, ბიომასის სწრაფი დაგროვების უნარი, სახეობრივი მრავალფეროვნება. მათი კულტივირება დიდ ხარჯებთან არ არის დაკავშირებული, მათი გამოყენება შესაძლებელია, როგორც ცოცხალი ასევე მკვდარი ბიომასის ფორმით წყლიდან მეტალის კვალური კონცენტრაციების მოსაცილებლად, შესაბამისად განიხილება პერსპექტიულ ბიოსორბენტად[75].

როგორც ბოლო წლებში ჩატარებულმა კვლევებმა უჩვენა, პრაქტიკულად ყველა ბუნებრივ წყალსაცავის მიკროფლორაში მიმდინარეობს ნავთობის ჟანგვითი პროცესი, „ეიქორნიის“ 1გ/ლ-ზე კონცენტრაციის გამოყენებით, ნავთობის აპკი 5-10 დღის განმავლობაში ქრება, ხოლო წყალმცენარეების გამოყენების გარეშე ამ პროცესისათვის საჭიროა დაახლოებით ერთი თვე. „ეიქორნია“ შთანთქმავს არა მარტო ნავთობპროდუქტებს, არამედ ფენოლებს, ინსექტიციდებს, ვერცხლისწყლის, ტყვიის და კადმიუმის შენაერთებს. აღსანიშნავია, რომ ის წყალსაცავები სადაც ხარობს „ეიქორნია“ გამოიჩევა განსაკუთრებული სისუფთავით, ამერიკელმა მეცნიერებმა ჩაატარეს ექსპერიმენტი, წყალსაცავში სადაც ხარობდა „ეიქორნია“, ჩაუშვეს წინასწარ ოზონით დამუშავებული ჩამდინარე წყალი, ხუთი დღის შემდეგ ჩატარებულმა წყლის ანალიზმა უჩვენა, რომ აუზი გასუფთავებული იყო სხვადასხვა ტოქსიკური ნაერთებისაგან, წყლის გაწმენდის ეს მეთოდი აღმოჩნდა ორჯერ უფრო იაფი ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით. გარდა ამისა დამუშავებული წყალმცენარეების გაზიფიცირებისას მათგან შესაძლებელია მივიღოთ ბუნებრივ აირთან მიახლოებული აირი, ხოლო დაწვისას მათგან გამოყოფენ ტყვიას, კადმიუმს, ვერცხლისწყალს და ა. შ [77].

„ეიქორნია“ კარგად ხარობს ბუნებრივ პირობებში ტროპიკულ და სუბტროპიკულ კლიმატის ქვეყნებში, თუმცა ზაფხულის პერიოდის ხელსაყრელ პირობებში, როცა ტემპერატურა 16-32°C-ია აქტიურად შეიძლება გამრავლდეს უფრო ჩრდილოეთ რაიონებშიც[76].



სურ.5,6

„ეიქორნიას“ უნიკალური თვისებები გააჩნია: ხასიათდება ძალიან სწრაფი გამრავლების უნარით და ასუფთავებს დაბინძურებულ წყალს. მისი გავრცელების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს წყალში სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების არსებობა, რაც მცენარებისათვის კარგი საკვები არეა. „ეიქორნიის“ გამოყენებით დაინტერესდნენ არა მარტო ენერგეტიკოსები, არამედ კომბინირებული საკვების-ბიოჰუმუსის მწარმოებლებიც, თევზის მრეწველები, ეკოლოგები და სხვა მეცნიერები და სპეციალისტები. მკვლევარებმა უკვე მიიღეს „ეიქორნიის“ მწვანე მასისგან ბიოაირი, რომელიც შედგება 75% მეთანისა და ბიონავთობისგან.

მცენარის ზრდის პროცესში „ეიქორნიის“ მწვანე მასაში ფოტოსინთეზის მეშვეობით ხდება მზის ენერგიის აკუმულირება, რომელიც შემდეგ ქიმიურ ენერგიად გარდაიქმნება, სწორედ ეს ბიომასა წარმოადგენს ბიოსაწვავის და ბიონავთობის ნედლეულს. შეიძლება ერთმნიშვნელოვნად ითქვას, რომ ბუნებაში არსებული ვერც ერთი მცენარე ვერ გაუწევს კონკურენციას „ეიქორნიას“ ბიოპროდუქტიულობის თვალსაზრისით.

ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებად „ეიქორნიის“ გადამუშავებაში ითვლება მისი მწვანე მასიდან ბიოაირის მიღება, რომელიც შემდგომში სითბოსა და ელექტროგენერაციისთვის გამოიყენება. 28 მ<sup>3</sup> ასეთი ბიოაირი შეიცავს იმდენივე ენერგიას, რამდენსაც 16.8 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირი, 18,4 ლ. დიზელის საწვავი ან 20,8 ლ. ნავთობი.

წყალსაცავებში მოყვანილ „ეიქორნიას“ ათავსებენ რეზერვუარში დასაქუცმაცებლად. შემდეგ ის ხვდება ბიორეაქტორში. სადაც სპეციალური ეფექტური მიკროორგანიზმების შეყვანით მიმდინარეობს მეთანური დუღილი (ანაერობულ პირობებში მეთანური წარმოშობის მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად ორგანული და სხვა ბიოდეგრადირებული ნივთიერებების გარდაქმნის პროცესი ბიოაირად და უჯრედულ მასად) ბიოაირის წარმოქმნამდე, რომელიც გამოიყენება ელექტროენერგიის წვისა და გენერაციის წყაროდ. ასეთი ელექტროობის თვითღირებულება ძალიან დაბალია, რადგანაც „ეიქორნიის“ მოყვანა და წარმოება დიდ ხარჯებთან არ არის დაკავშირებული. ძირითადი ინვესტიციები აუცილებელია დანადგარების

მშენებლობისათვის, ხოლო მათი მომსახურებისთვის გაწეული ხარჯები მიმდინარე ხარჯებს უტოლდება.

რეაქტორში მიკროორგანიზმების შეყვანა ხდება მხოლოდ ერთხელ წყალმცენარეების პირველი ჩატვირთვის დროს, შემდგომში მიკროორგანიზმების დამატება საჭიროებას არ წარმოადგენს. საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ბიოაირი და სხვადასხვა ბიოსასუქები კომპოსტისა და თხევადი სუბსტრატების სახით. ბიოაირის შესანახად გამოიყენება განსაკუთრებული მოცულობის გაზგოლდერი (ბუნებრივი და თხევადი აირების შესანახი რეზერვუარი, კრიოგენული ჭურჭელი-ჰაერის დაყოფით მიღებული თხევად მდგომარეობაში), საიდანაც ბიოაირი მიეწოდება აირზე მომუშავე თბოელექტროგენერატორს, რომელშიც სითბო და ელექტროობა წარმოიქმნება. მეთანური დუღილის შედეგად დარჩენილი მასა კი ბიოსასუქს წარმოადგენს.

მკვლევარების დაანგარიშებით ერთი ტონა „ეიქორნიას“ ბიომასისგან მიიღება დაახლოებით 500 მ<sup>3</sup> ბიოაირი, 1 მ<sup>3</sup> ამ აირის წვის დროს გამოიმუშავდება 2 კვტ ელექტროენერგია და 2 კვტ სითბო. იმის გათვალისწინებით, რომ 100 მ<sup>2</sup> „ეიქორნიის პლანტაციისგან“ დღე-ღამეში შეიძლება მივიღოთ 10 ტ ბიომასა. ენერჯის საერთო რაოდენობა, რომელიც გენერირდება ამ ფართობის „მცენარეული“ ელექტროსადგურისგან, შეადგენს 10 ათასს კვტ ელექტროობას და 10 ათასს კვტ სითბოს დღეში ( ანუ 417 კვტ /საათში)

„ეიქორნიის“ მწვანე მასისგან ენერჯის მიღების კიდევ ერთ გზას წარმოადგენს ბიონავთობის სინთეზი, ის მიმდინარეობს წყალმცენარეების ბიომასის გახურებით 500°C-მდე ანაერობულ პირობებში, რასაც თან ერთვის გამოხდა და კონდენსაცია. თუმცა ასეთი ნავთობ თავისი ქიმიური შედგენილობით არსებითად განსხვავდება ჩვეულებრივისაგან.

„ეიქორნიას“ ძირითადი ბიოლოგიური თავისებურებანი:

ვეგეტატიური გამრავლებისა და ზრდის მაღალი სისწრაფე, როცა წყლის ტემპერატურა 20°C-ზე მაღალია, +4°C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე წყალმცენარე ილუპება;

ჩამდინარე ტოქსინებით კონცენტრირებულ წყალში ზრდის უნარი, სადაც სხვა წყალმცენარეები ილუპებიან;

ბიოგენების, ტოქსინების შთანთქმის და დაგროვების სწრაფი უნარი;

წყალში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყოფის უნარი, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებისა და ბაქტერიების განვითარების შეფერხება;

ბიოპროდუქტიულობის თვალსაზრისით ბუნებაში არსებული არც ერთი მცენარე ვერ უწევს კონკურენციას „ეიქორნიას“, მისი ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ყველაზე მაღალია, 30 დღე-ღამის განმავლობაში „ეიქორნიის“ ერთ მცენარეს შეუძლია განავითაროს 400 ვეგეტატიური წანაზარდი, 13ა წყალსაცავის ზედაპირიდან ერთ სეზონზე შეიძლება მივიღოთ 300-დან 1500 ტონა „ეიქორნიის“ მწვანე მასა, რომლის გადამუშავების შედეგად 50,0 მ<sup>3</sup> ბიოაირი მიიღება. „ეიქორნიის“ სწორედ ასეთი მაღალი პროდუქტიულობა, საწარმოო კულტივირება და ბიოტექნოლოგიური კონვერსია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ მიმართულებას ბიოსაწვავის მიღების სფეროში[76].

ამასთან ერთად „ეიქორნიის“ კულტივირება წარმოადგენს გარკვეულ ეკოლოგიურ საფრთხეს, რადგან მას გამრავლების და ზრდის სწრაფი უნარი ახასიათებს, ამ უნარის გამო წყალსაცავების ზედაპირი წყალმცენარეების სქელი ფენით იფარება რაც ამცირებს წყალსაცავებში ჟანგბადის მიწოდების რეჟიმს და იწვევს წყალში არსებული ცოცხალ ორგანიზმების განადგურებას.

ბუნების დაცვის საერთაშორისო კავშირის სპეციალისტების ჯგუფის მიერ შედგენილია ინვაზიურ მცენარეთა კლასიფიკაცია, რომლის მიხედვით 36 ყველაზე საშიშ ინვაზიურ მცენარეებში შედის „ეიქორნია“.

ბიომრავალფეროვნების კონვენციის რეკომენდაციებში აღნიშნულია, რომ ბიოსაწვავის წარმოებამ და გამოყენებამ არ უნდა იქონიოს უარყოფითი გავლენა ბიომრავალფეროვნებაზე და ადამიანების სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებზე. ასევე ინვაზიური სახეობების ინტროდუცია მოითხოვს უსაფრთხოების ზომების მიღებას და რისკის შეფასებას. ამ მოთხოვნების გათვალისწინებით ჩატარდა ექსპერიმენტი.

ექსპერიმენტის ძირითად მიზანს შეადგენდა „ეიქორნიის“ სიცოცხლისუნარიანობის გამოვლენა საქართველოს კლიმატურ პირობებში (*in situ*) და მისი კულტივირების შესაძლებლობების დადგენა ლაბორატორიულ პირობებში (*in vitro*).

ექსპერიმენტი ჩატარდა ქობულეთის მუნიციპალიტეტის სოფელ ზედა სამების მიმდებარე ტერიტორიაზე განლაგებულ კარიერის დამუშავების შედეგად გაჩენილ ქვაბულში დამდგარ წყალში, ეს განპირობებული იყო იმით რომ „ეიქორნია“ მიეკუთვნება ინვაზიურ სახეობას, რომლის გავრცელება რიგ შემთხვევაში იწვევს წყალსატევების ეკოსისტემებზე უარყოფით ზეგავლენას, გარდა ამისა მხედველობაში ვიქონიეთ, ის გარემოება, რომ აღნიშნული ტბორი ლოკალიზირებულია და ამ სახეობის წყალმცენარის გავრცელება არ იყო მოსალოდნელი.

ექსპერიმენტი გარძელდა სამი თვის განმავლობაში, გამოყოფილი იყო ოთხი სხვადასხვა ფართის საცდელი წყალსატევი: I-4800 მ<sup>2</sup>, II-2700 მ<sup>2</sup>, III- 3200 მ<sup>2</sup>, IV- 3900 მ<sup>2</sup> ისინი მოინიშნა ტრაფარეტებით. (სურ.7) თითოეულ მათგანში ჩავუშვით საკვლევი წყალმცენარეები სხვადასხვა რაოდენობით მათი სიცოცხლისუნარიანობის გამოსავლენად, I-22, II-28, III-24 და IV-26 წყალმცენარე. ჰაერის საშუალო ტემპერატურამ მარტში შეადგინა 7-8°C, აპრილში 10-14°C, მაისში 17-20°C, არახელსაყრელი კლიმატური პირობების გამო წყალმცენარეები არ გამრავლდა.



სურ.7 . მე-2 საცდელი უბანი

შემდეგი ექსპერიმენტი ჩატარდა სართიქალის სანერგე მეურნეობის ხელოვნურ წყალსაცავში, მცენარის განვითარებისათვის ხელსაყრელ ჰაერის ტემპერატურისა და წყლის დაბალი ტემპერატურის პირობებში. 21.07.2016 სართიქალის სანერგე მეურნეობაში სადაც ჰაერის ტემპერატურა 28-30°C იყო, ხოლო წყალსაცავის წყლის ტემპერატურა კი 15°C -ს შეადგენდა, წყალსაცავში ჩავუშვით „ეიქორნიის“ 6 ეგზემპლარი, რომელთა წონა შეადგენდა 2გ-დან 24 გრ-მდე, დავთვალეთ ფოთლების რაოდენობა, ფოთლის ყუნწის სიგრძე, ფოთლების ზედაპირის სიგრძე და სიგანე,



ფესვების საშუალო და მაქსიმალური სიგრძე და ბიომასა. მიუხედავად „ეიქორნიას“ ზრდა გამრავლებისათვის ხელსაყრელი კლიმატური პირობებისა, წყალსაცავის წყლის დაბალი ტემპერატურის გამო წყალმცენარეები არ გამრავლდა.

ექსპერიმენტის შედეგად შესაძლებელია დავასკვნათ, შემდეგი: როცა ჰაერის და წყლის ტემპერატურა 20°C-ზე ნაკლებია „ეიქორნია“ ბუნებრივ პირობებში ღია წყალსაცავებში ვერ ხარობს, ხოლო გარკვეული სიფრთხილის დონისძიებების და მონიტორინგის ფარგლებში საქართველოს წყალსაცავებში ზაფხულის პერიოდში ჰაერის და წყლის შესაბამისი ტემპერატურის პირობებში შესაძლებელია „ეიქორნიის“ კულტივირება და ბიომასის მოსავლის აღება.

შემდეგი ექსპერიმენტი ჩატარდა „ეიქორნიის“ გამოსაზამთრებლად საჭირო ოპტიმალური პირობების დასადგენად ლაბორატორიულ პირობებში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიოტექნოლოგიის ცენტრში, სადაც მრავალი წელია მიმდინარეობს *in vitro* უვირუსო სინჯარის მცენარეებიდან ელიტური სათესლე მასალის მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება.

საკვლევი მასალა ჩამოტანილი იქნა ბათუმის ბოტანიკური ბაღიდან. მცენარე მოვათავსეთ პლასტმასის კონტეინერებში, (სურ.8) წყალში განზავებულ ტორფის საკვებ არეში *in vitro*, ლაბორატორიაში შევექმენით მცენარის ზრდისათვის საჭირო ტემპერატურა-22-26°C ფოტოპერიოდი 14 სთ, (სინათლის ფაზა - 14 სთ, სიბნელის ფაზა-10სთ).ამ პირობებში 6 თვის განმავლობაში წყალმცენარე იყო სიცოცხლისუნარიანი.



სურ.8

ექსპერიმენტის განმავლობაში ვაკვირდებოდით განათების სხვადასხვა რეჟიმის გავლენას წყალმცენარე „ეიქორნიას“ ზრდის პროცესზე, ლაბორატორიაში (*in vitro*) პლასტმასის კონტეინერში სადაც საკვებ არეს წარმოადგენდა დალექილი ტორფის წყლის ნაწური (1კგ. 10ლ. წყალზე) წყლის აორთქლების კომპენსაციისთვის ვამატებდით გაფილტრულ წყალგაყვანილობის წყალს, რომელსაც ვამდიდრებდით ფოსფორით. ლაბორატორიულ პირობებში (*in vitro*) წყლის ტემპერატურა შეადგენდა საშუალოდ 26° C-ს და მერყეობდა 4°C-ის ფარგლებში. ლაბორატორიაში განათება შეადგენდა 3 ლუქსს.

ცხრილი 11

პერიოდი	გამრავლების პირობები	წყლის მოცულობა	განათება ლუქსებში	pH
15 დღე	<i>in vitro</i>	10 ლ	3	8,1-9,7
15 დღე	<i>in vitro</i>	10 ლ	3	8,6-9,4

ექსპერიმენტი გრძელდებოდა 15 დღე, ისაზღვრებოდა საკვები არის ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მაჩვენებლები, ასევე pH. ფიტომასის განსასაზღვრავად წყალმცენარეს მცირე ხნით ვიღებდით აუზიდან და ვაშრობდით ორმაგი ფენის საშრობ ქაღალდზე წყლის კვალის საბოლოო გაქრობამდე. დაკვირვება წარმოებდა წყალმცენარის ფოთლების მორფოლოგიურ ნიშნებზე და ითვლებოდა ამონაყარის რაოდენობა. ბიომასა ისაზღვრებოდა ელექტრო სასწორზე. (AMW-2000 AWS)

ცხრილ N12-ში ნაჩვენებია წყალმცენარე „ეიქორნიის“ დედა მცენარის და ბიომასის მორფოლოგიური მაჩვენებლების ზრდის დინამიკა ლაბორატორიულ პირობებში

ცხრილი 12

N	დედა მცენარე		ფოთლების რაოდენობა		ბიომასა (გრ)		გაზრდილი ბიომასა (გრ)
	20.06	04.07	20.06	04.07	20.06	04.07	
1	1	5	6	9	32.76	68.2	35.44
2	1	3	5	8	25.08	51.3	26.22
3	1	3	6	10	15.73	51.0	35.27
4	1	4	7	11	18.42	53.3	34.88
5	1	5	7	9	19.22	48.03	28.81
სულ	5	20	31	47	111.21	271.83	160.62
ნამატი	15		16		160.62		

როგორც ცხრილიდან ჩანს, საანალიზოდ აღებული 5 დედა მცენარიდან ორი კვირის განმავლობაში მიღებული იქნა 3-5 ახალი ნაზარდი მცენარე. დედა მცენარეებზე ფოთლების რაოდენობა იყო 5-7 ცალი ცდის დასრულების შემდეგ (15 დღე) ნაზარდ მცენარეებში მათმა რაოდენობამ შეადგინა 8-11 ფოთოლი. როგორც ცხრილიდან ჩანს ასევე გაიზარდა ბიომასის რაოდენობა. კერძოდ, თუ საწყის ეტაპზე დედა-მცენარის საშუალო ბიომასა შეადგენდა 111,21 გ-ს სხვადასხვა მცენარეებში, ცდის ბოლოს ბიომასის რაოდენობა შესაბამისად გაიზარდა და შეადგინა 271,83. ბიომასის ნამატმა შეადგინა სულ 160,62გრ.



სურ.9

სურ. N 9-ზე ჩანს ლაბორატორიულ პირობებში გამოზამთრებული „ეიქორნიის“ ბიომასა.

კვლევის შედეგებმა, გვიჩვენა:

ლაბორატორიაში ხელოვნური განათების პირობებში წყალმცენარე „ეიქორნია“ სწრაფად გამრავლდა 15 დღის განმავლობაში ბიომასის რაოდენობა გაიზარდა 160,62გრ-ით, მცენარის ფიტომასა იზრდებოდა წყალში ფოსფორის კონცენტრაციის მომატებასთან ერთად აქედან გამომდინარე დადგინდა, რომ ფოსფორი წარმოადგენს საკვანძო ლიმიტირებულ საკვებს „ეიქორნიის“ ზრდისთვის.

ლაბორატორიულ პირობებში მცენარისათვის საჭირო წყლისა და ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმის დაცვით, ასევე წყალში ფოსფატებისა და აზოტის მარილების დამატებით სავსებით შესაძლებელია წყალმცენარე „ეიქორნიის“ გამრავლება, მისი შემდგომი კულტივირებისათვის ბუნებრივ წყალსაცავებში.

დადგინდა, რომ „ეიქორნია“ საქართველოს სუბტროპიკული ზონის პირობებშიც კი, ღია წყალსაცავებში მისთვის არახელსაყრელი კლიმატური პირობების გამო სიცოცხლის უუნაროა და ილუპება, მაგრამ ზაფხულის პერიოდში გარკვეული უსაფრთხოების

ნორმებისა და მონიტორინგის დაცვით შესაძლებელია მისი კულტივირება წყალსაცავებში და ბიომასის მოსავლის აღება.

იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე წყალსაცავების და ტბების ზედაპირის საერთო ფართობი შეადგენს დაახლოებით 275,4 კმ<sup>2</sup>-ს არსებობს „ეიქორნიას“ კულტივირებისა და მისგან ბიოსაწვავის მიღების რეალური პერსპექტივა. წინასწარი გაანგარიშებით, იმ შემთხვევაშიც კი როცა „ეიქორნიასგან“ მიღებული ბიომასა 1ჰა წყლის ზედაპირზე შეადგენს მინიმალურ მაჩვენებელს (300 ტონა) და გამოყენებულია წყლის ზედაპირის მხოლოდ 40%, შესაძლებელია წელიწადში 154 მილიონი მ<sup>3</sup> ბიომასის მიღება. ექსპერტთა გაანგარიშებით ოპტიმალური ფართობი, რომელიც შესაძლოა გამოყენებულ იქნას „ეიქორნიას“ კულტივირებისათვის შეადგენს წყლის ზედაპირის 40%-ს, საქართველოს პირობებში წყალსაცავების ფართი „ეიქორნიას“ გასამრავლებლად შეადგენს 110 კმ.<sup>2</sup> [170კმ<sup>2</sup>+105,4კმ.<sup>2</sup>).40%]

იმ შემთხვევაშიც კი, როცა „ეიქორნიას“ საერთო ბიომასა სეზონზე შედგენს მინიმალურ მაჩვენებელს 300ტ 1ჰა-ზე, მისგან შესაძლებელია 14000 მ<sup>3</sup> ბიომასის მიღება. ეს კი იმის მანიშნებელია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე შესაძლებელია მიღებული იქნას 154 მლნ მ<sup>3</sup> ბიომასი (110კმ<sup>2</sup> = 11000 ჰა ×14000მ<sup>3</sup>), რომლის ღირებულება შეადგენს დაახლოებით 50 მილიონ ლარს.

ექსპერიმენტის ფარგლებში ჩატარდა კვლევა საქართველოში ნარჩენების ანალიზის გამოსავლენად, რის საფუძველზე დასტურდება, რომ საქართველოში ყოველწლიურად წარმოიქმნება 3,5 მლნ. მ<sup>3</sup> მოცულობის მხოლოდ საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, ოფიციალურად დარეგისტრირებული ნაგავსაყრელების რაოდენობა 63 ერთეულს შეადგენს. მიწის ფართობი, რომელზეც განთავსებულია ეს პოლიგონები შეადგენს 233 ჰა-ს, ხოლო მიწის საერთო ფართობი, რომელზეც განთავსებულია ყველა ნაგავსაყრელი მათ შორის არადარეგისტრირებულიც 300 ჰა-ია.

ამ ნარჩენების საერთო მასა დაახლოებით 600,0 ათასი ტონაა. მათ შორის, ნარჩენების ფრაქციული შემადგენლობიდან გამომდინარე, 40% შესაძლებელია გამოდგეს, როგორც ნედლეული ბიოსაწვავის წარმოებისათვის.

რაც შეეხება სასოფლო-სამეურნეო და ხე-ტყის გადამუშავების ნარჩენების რაოდენობას, სარწმუნო მონაცემები არ არსებობს, ხოლო წინა წლების მონაცემებით ხე-ტყის ნარჩენების მოცულობა 156 ათასი მ<sup>3</sup>-ითაა შეფასებული.

დადგინდა რომ, საყოფაცხოვრებო, კომუნალური და სხვა ნარჩენების დიდი რაოდენობა, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებებს განთავსებულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე და აქედან გამომდინარე მათი გამოყენება ბიოსაწვავის წარმოებისათვის მასშტაბურად არარენტაბელურია.

შესწავლილ იქნა საკარმიდამო ნაკვეთებში ნაგვის სახით დაგროვილი ბიომასის (ჩამოცვენილი ფოთლები, გამხმარი ბალახი, ხის ტოტები და სხვა) გამოყენების მდგომარეობა. გამოიკითხა თბილისის შემოგარენში (ავჭალა, გარდაბანი, წყნეთი, მანგლისი), აჭარაში (ქობულეთის მუნიციპალიტეტი) და სამეგრელოში (სენაკის მუნიციპალიტეტი) 120 ოჯახი.

დადგინდა, რომ არცერთი ოჯახი ასეთი სახის ბიომასას არ გამოიყენებდა მიზნობრივად, ასევე არ იყენებდა საწვავად ღუმელში ან ბუხარში არ ხდებოდა ამ ბიომასის კომპოსტირება-ნიადაგში ნეშომპალის მისაღებად.

ასეთი სახის ნარჩენები ჩვენი შეფასებით შეადგენს მინიმუმ 200კგ-ს წელიწადში, რომლებიც ძირითადად გაზაფხულზე და შემოდგომაზე იწვებოდა ღია წესით. ასეთი პრაქტიკა გავრცელებულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე. თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოს ქალაქების შემოგარენსა და სოფლად ცხოვრობს დაახლოებით 500 ათასი ოჯახი გამოუყენებელი ბიომასის რაოდენობა შეადგენს 100 ათასს ტონას, ეს კი CO<sub>2</sub>-ის ემისიის დამატებითი წყაროს წარმოადგენს.

## ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა

საქართველო, როგორც ევროკავშირის ასოციაციის და ენერგეტიკული საზოგადოების სრულუფლებიანი წევრი, ვალდებულია, შეიმუშავოს განახლებადი ენერჯის წყაროების კერძოდ, ბიომასის გამოყენების მიზნობრივი მაჩვენებლები ევროკავშირის დირექტივების მოთხოვნების გათვალისწინებით, რომლებიც ეხება განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენებას. მოცემული კვლევის შედეგები, შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ბიოსაწვავის ინდუსტრიის შექმნის სამოქმედო გეგმისა და საგზაო რუქის შემუშავებისას მცირევადიან (2030) და გრძელვადიან (2050) პერსპექტივაში. უახლესი ტექნოლოგიების დანერგვა ბიოსაწვავის წარმოებაში, ევროკავშირის მხრიდან იძლევა როგორც ფინანსური, ასევე ეკონომიკური დახმარების გარანტიას.

სამუშაოს შედეგები გამოყენებულია ახალი სასწავლო პროგრამის „ბიოენერგეტიკის საფუძვლები“-ს შედგენაში, რომელიც იკითხება საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის უნივერსიტეტის მაგისტრატურაში, 2015-2016 სასწავლო წელს, რაც ხელს უწყობს კვალიფიციური კადრების მომზადებას ბიოენერგეტიკის სფეროში.

ავტორის რეკომენდაციები საქართველოში არსებული ბიომასის რესურსების არარაციონალური გამოყენების შესახებ, რომელიც არის გარემოს დაბინძურების ერთ-ერთი სერიოზული პრობლემა გაზიარებულია გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს მიერ. „დასმული საკითხი უდავოდ აქტუალურია. ბიომასის ნარჩენებიდან საწვავის წარმოება შეამცირებს ზეწოლას ტყეებზე და ასევე შეამცირებს „სათბური აირების“ ემისიას“-ნათქვამია სამინისტროდან გამოგზავნილ წერილში.

ასევე შპს „ჯორჯიან უოეთერ ენდ ფაუნდ“-ს გაეგზავნა რეკომენდაციები წერილობითი სახით, რომელიც ეხება თბილისის ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლების ორგანული და არაორგანული დაბინძურებისაგან გაწმენდას, გარდაბნის გამწმენდი ნაგებობების მოდერნიზაციას და ახალი ტექნიკით აღჭურვას.

## დაფინანსების წყაროები ბიოენერჯეტიკის განვითარებისათვის

რადგან ბიოენერჯეტიკის დარგში პროექტების განხორციელება დაკავშირებულია მსხვილ კაპიტალდაბანდებებთან, საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობიდან გამომდინარე სახელმწიფოს ახლო მომავალში არ ექნება იმის შესაძლებლობა, რომ ჩადოს ინვესტიციები ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარებასა და ბიოტექნოლოგიის დარგში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების განხორციელებაში, ასევე ნაკლებად საიმედოა კერძო ბიზნესის მონაწილეობა ასეთი პროექტების დაფინანსებაში.

საქართველოს, როგორც ქვეყანას, რომელსაც აღებული აქვს გარკვეული ვალდებულება და წინასწარ შეტანილი აქვს წვლილი გამონაბოლქვის გლობალურ შემცირებაზე (Intended Nationally Determined Contributions, INDC) 2025-2030 წწ, და არ აქვს განვითარებული ეკონომიკა, შეიძლება ივარაუდოს საერთაშორისო ფინანსურ დახმარებაზე ბიოენერჯეტიკის დარგში.

დაფინანსების წყაროები შეიძლება იყოს შემდეგი ფონდები:

- ორგანიზაცია (Breakthrough Energy Coalition), რომელიც შექმნილია Microsoft-ის დამფუძნებელ ბილ გეიტსის, facebook-ის დამაარსებელ მარკ ცუკერბერგისა და სხვა მილიარდების მიერ, კომპანია ფლობს მრავალმილიარდიან საშუალებას და განზრახული აქვს დააფინანსოს ის კომპანიები, რომლებიც დაინტერესებული არიან ე.წ. „მწვანე ენერჯეტიკის“ განვითარებით.
- საერთაშორისო სახელმწიფო ფონდი (Mission Innovation), რომელიც შექმნილია 20 ქვეყნის ლიდერების ინიციატივით. ეკოლოგიურად სუფა ენერჯის მიღების ტექნოლოგიების დასაფინანსებლად. პროექტი ითვალისწინებს 2020 წლისთვის ყოველწლიური დანახარჯის გაზრდას 20 მლრდ. აშშ დოლარით.
- გლობალური ეკოლოგიური ფონდი (GEF)
- გაეროს მწვანე კლიმატური ფონდი
- მსოფლიო ბანკის ნახშირბადის ფონდი დასხვ.

ბიოენერჯეტიკის განვითარებისათვის ფინანსური შიდა წყაროები შეიძლება იყოს:



CO<sub>2</sub>-ის ემისიაზე კვოტებით საერთაშორისო ვაჭრობის მექანიზმებში მონაწილეობა და დამატებითი საშუალებების მიღება, ნახშირბადის დეპონირებისათვის ბუნებრივი ტყეებისა და “ენერგეტიკული პლანტაციების“ მეშვეობით.

ავტომობილის საწვავის გამოყენებაზე და და საწარმოების მიერ CO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვზე, 2005 წელს გაუქმებული გადასახადების კვლავ შემოღება. საქართველოს საგადასახადო კოდექსი 2005 წლამდე ითვალისწინებდა ავტომობილის საწვავზე გადასახადების გაუქმებას, 40 ლარი-1ტონა ბენზინზე და 35 ლარი-1ტონა დიზელის საწვავზე. როგორც აღნიშნული იყო 2014 წელს იმპორტირებული იყო 380,6 ათასი ტონა ბენზინი და 497 ათასი ტონა დიზელის საწვავი, გადასახადის საერთო თანხა, რომ არ ყოფილიყო გაუქმებული შეადგენდა დაახლოებით 32,6 მილიონ ლარს წელიწადში. (380,6 ათასი ტონა×40ლარი+497 ათასი ტონა × 35 ლარი)

ეკოლოგიური სააქციზო მოსაკრებლიდან, 32,6 მილიონი ლარის გამოქვითვა და მისი მიმართვა ბიოენერგეტიკის განვითარებისათვის იქნება სწორი და სამართლიანი გადაწყვეტილება.

### დასკვნები და რეკომენდაციები

ბიომასის ბიოსაწვავად ტრანზფორმირების უახლესი ტექნოლოგიების ანალიზისა და ბიოსაწვავის წარმოების მსოფლიო გამოცდილების შესწავლით, მათი მისადაგებით საქართველოს პირობებისათვის, პირველად მივიღეთ ბიომასის პოტენციალის შეფასება და მრავალწლიანი ბალახების, წყალმცენარეების, ფიტოპლანქტონების საწარმოო კულტივირებით და ბიოლოგიური კონვერსიის გზით მისი გამოყენების შესაძლებლობა.

პირველად საქართველოში ჩატარდა ექსპერიმენტი წყალმცენარე „ეიქორნია“-ს („წყლის სუმბული“) (*Eichhornia Crassipes*) კულტივირებაზე წყალსაცავებში ეკოლოგიური შეზღუდვების დაცვით (*in situ*) და ლაბორატორიულ პირობებში მისი (*in vitro*) გამრავლების მეთოდზე.

პირველად მოხდა ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება ბიომასის იმ დანაკარგებისა, რომელიც არასრულად იქნა გამოყენებული სოფლის საკარმიდამო ნაკვეთებში და

ქალაქგარეთ დაგროვილი სხვადასხვა ნარჩენების (ჩამოყრილი ფოთლები, ხის ტოტები, ბალახი და სხვა) სახით. ჩატარებული კვლევის ანალიზის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ეს ნარჩენები ყველგან იწვება ღია წესით, რაც იწვევს გარემოს დაბინძურებას და სათბური გაზების ემისიის მომატებას ატმოსფეროში.

საქართველოში ბიომასის წყაროების ანალიზის შედეგად ნათელი გახდა, რომ ბიოსაწვავის წარმოებისათვის ნედლეული ბაზის გასაფართოვებლად არსებობს გარკვეული შესაძლებლობები, კერძოდ, “მისკანტუსის” და სხვა სწრაფმზარდი ხის ჯიშების გაშენებით, ჩამდინარე საკანალიზაციო და მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების გადამუშავებით ბიოგაზად, წყალმცენარეების და „ეიქორნიის“ კულტივირებით.

ქვემოთ მოყვანილია ამ წყაროებიდან ბიომასისა და ბიოსაწვავის შესაძლებელი მოცულობის მიღების მონაცემები:

- საქართველოში 800 ჰექტარზე მეტი დეგრადირებული მიწის ფართობია, აქედან 200 ათასი ჰექტარის გამოყენება ენერგეტიკული პლანტაციების და მისკანტუსის გასაშენებლად. 7-8 წლის შემდეგ შესაძლებელს გახდის მივიღოთ 2 მილიონი ტონა ბიომასა (10ტ/ჰა-ზე პროდუქტიულობით). მერქნის ბიომასის ენერგეტიკული მოცულობა-14 მჯ/კგ (თეორიულად ენერჯის გამოსავლოანობამ შეიძლება-28 მლრდ. ჯოული შეადგინოს).
- საქართველოში ტბების, წყალსაცავების და წყლის ზედაპირის საერთო ფართობი 275 კმ<sup>2</sup> შეადგენს, „ეიქორნიის“ კულტივირებისათვის თუ გამოვიყენებთ ამ ტერიტორიის დაახლოებით 20%-ს (55კმ<sup>2</sup>) შესაძლებელია დაახლოებით 1,4 მილიონი ტონა ბიომასის მიღება წელიწადში, (როცა ჰაერის ტემპერატურა 20-32°C-ის ფარგლებშია და 1 ჰა წყლის ზედაპირზე ბიომასის პროდუქტიულობა 250 ტონას შეადგენს). გამომდინარე იქიდან, რომ 1 ტონა ბიომასისგან დებულობენ 250-270მ<sup>3</sup> ბიოგაზს, შესაძლებელია სულ 34-98 მილიონი მ<sup>3</sup> ბიოგაზის მიღება.
- სპეციალისტების შეფასებით 1მილიონი მოსახლეობისგან საკანალიზაციო ქსელში ხვდება დაახლოებით 1,5 მილიონი ტონა ჩამდინარე წყალი, რომლის გადამუშავებით გამწმენდ ნაგებობების მეთანტენკებში შეიძლება მივიღოთ 10

მლნ/მ<sup>3</sup> ბიოგაზი. ბიოგაზის ენერგეტიკული მოცულობის გათვალისწინებით -16 მჯ/მ<sup>3</sup> ენერჯის საერთო გამოსავალი შეადგენდა 160 მლნ მჯ-ს. სავარაუდოთ 2030 წელს საქართველოს ყველა ქალაქს თუ ექნება ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლის გამწმენდი ნაგებობა, მიღებული ბიოგაზის მოცულობა ორჯერ გაიზრდება.

- პოლიგონებზე მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების განთავსებით, სადაც ნაგავსაყრელის აირის მისაღებად არის სპეციალური მოწყობილობა, 1 ტონა ნარჩენებისაგან გაზის თეორიული გამოსავლიანობა შეადგენს 120-200მ<sup>3</sup>-ს. ასეთ პოლიგონებზე 600 ათასი ტონა ნარჩენების განთავსება, რომელიც ყოველწლიურად გროვდება საქართველოში, დამატებით 72 მლნ/მ<sup>3</sup> ბიოგაზის მიღების საშუალებას მოგვცემდა.
- მიუხედავად იმისა, რომ წყალმცენარეები ბიომასის დაგროვების მაღალი პროდუქტიულობით ხასიათდებიან დაახლოებით 38-92 ტ/ჰა ღია წყალსაცავებში, ამ ეტაპზე მათი გამოყენება ნედლეულის სახით, ბიოსაწვავის მისაღებად, მიღებული პროდუქტის სიძვირის გამო არამიზნობრივია. ღია წყალსაცავებში წყალმცენარეების ბიომასისგან მიღებული 1ლიტრი ზეთის თვითღირებულება შეადგენს 2,5 ამერიკულ დოლარს, ხოლო ფოტობიორეაქტორებში მიღებულის 7,5 აშშ დოლარს. ეს კი ბევრად ძვირადღირებულია ვიდრე ჩვეულებრივი დიზელი და პირველი თაობის ბიოდიზელი.
- აქვე აუცილებელია ხაზგასმულ იქნას, რომ ბიოენერგეტიკის განვითარება მოითხოვს მნიშვნელოვან ინვესტიციებს. 1 კვტ დადგენილი სიმძლავრის ბიოგაზის ელექტროსადგურის ღირებულება შეადგენს 3-4 ათას ევროს, რაც ბევრად ძვირია, ნახშირის (2ათასი ევრო) და გაზის (1-1,5 ათასი ევრო) ელექტროსადგურების ღირებულებაზე.
- უნდა აღინიშნოს, რომ არაწიალისეული საწვავის გამოყენებით CO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვზე გადასახადების გაზრდის შემოღება დროთა განმავლობაში არარენტაბელური გახდება (1ტონა ნახშირის წვისას CO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვი შეადგენს 2,7-2,8 ტონას, ხოლო 1000მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის წვისას 1,85ტ CO<sub>2</sub> გამოიყოფა). სასოფლო-სამეურნეო და მერქნის ნარჩენებისგან მიღებული

ბიოსაწვავის გამოყენებისას CO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვი ნულის ტოლია, რადგანაც იგი მცენარეების ზრდის პროცესში ატმოსფეროდან უფრო ადრე იქნა შთანთქმული.

საქართველოში ბიოსაწვავის ინდუსტრიის ჩამოყალიბებისათვის აუცილებელია:

- ბიოსაწვავის წარმოებისათვის ბიომასის რესურსების კადასტრის შექმნა და ყველა სახის რესურსის ინდექსის განსაზღვრა: ეკონომიკური, ეკოლოგიური, ენერგოეფექტური, სათბური ბალანსის და აგფლაციის;
- ბიოენერგეტიკის განვითარების კონცეფციის შემუშავება;
- ბიოსაწვავის ინდუსტრიის შესაქმნელად სამოქმედო გეგმის და საგზაო რუქის შემუშავება მცირევადიან (2030) და გრძელვადიან (2050) პერსპექტივაში, უკუ პროგნოზირების და ფორსაიტური ანალიზის მეთოდების გამოყენებით კომპიუტერული მოდელის “MARKAL”--ს გამოყენებით;
- „ბიომასის“, „ბიოსაწვავის წარმოების და გამოყენების“, „განახლებადი ენერჯის წყაროების გამოყენების სტიმულირების“ და სხვათა შესახებ კანონის მიღება;
- ენერგეტიკაში ბიონარჩენების სტანდარტების შექმნა და მათი გამოყენების ტექნოლოგიის შემუშავება;
- ბიოენერგეტიკის დარგში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების სტიმულირება;
- უმაღლესი სკოლის სასწავლო პროგრამებში საგან „ბიოენერგეტიკის საფუძვლების“ ჩართვა.
- განახლებადი ენერჯის წყაროების საერთაშორისო სააგენტოს (IRENA) და მდგრადი ენერგეტიკის საერთაშორისო ქსელის (INFORSE)-ს შორის მყარი კავშირის დამყარება.
- ევროპის კოსმოსის სააგენტო (ESA)-თან კონტაქტის დამყარება, იმ მიზნით, რომ მივიღოთ სარწმუნო ინფორმაცია საქართველოს ტერიტორიაზე გატყეურებული და დეგრადირებული მიწის ფართობების შესახებ. ინფორმაციის მიღება შესაძლებელი გახდება სააგენტოს მიერ 2020 წელს გაშვებული თანმგზავრ “ბიომასის“ -გან.
- ღია წესით ბიომასის დაწვაზე კონტროლის გაძლიერება და ნარჩენების მართვის კოდექსის დარღვევაზე საჯარიმო სანქციების გამოყენება და გაძლიერება

- ბიოსაწვავის ინდუსტრიის განვითარების მონაწილეობით, კერძო სექტორის სტიმულირებისათვის ეკონომიკური ინსტრუმენტების შემუშავება (სუბსიდია, საგადასახადო შეღავათები, შეღავათიანი კრედიტები და სხვა).
- განახლებადი ენერჯეტიკის სფეროში სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების და საპილოტე პროექტების განსახორციელებლად. საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტებსა და ფონდებს შორის (ფონდები მითითებულია გვ.112 ) გრანტების მისაღებად კონტაქტების დამყარება.

მოცემული რეკომენდაციების განხორციელება ხელს შეუწყობს საქართველოში ბიოსაწვავის ინდუსტრიის ჩამოყალიბებას, რაც შესაძლებელია გახდეს ქვეყნის ეკონომიკის მნიშვნელოვანი სექტორი და ემსახუროს ენერჯეტიკის დამოუკიდებლობისა და უსაფრთხოების გაძლიერებას.

გარდა ამისა, ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლების და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების უტილიზაციით, ნიადაგისა და მდინარეების დაბინძურების თავიდან აცილებით, სათბური გაზების ემისიის და ავტოტრანსპორტის მავნე გამონაბოლქვის შემცირებით მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება ეკოლოგიური მდგომარეობა.

გაცემული რეკომენდაციები ხელს შეუწყობს დემოგრაფიული მდგომარეობის გაუმჯობესებას საქართველოში, კერძოდ: რეგიონებში მიწის ფართობების გაფართოებას სწრაფმზარდი ტყის კულტურებისა და ენერჯეტიკული პლანტაციების გასაშენებლად, ეს კი ქვეყანას მისცემს საშუალებას, არა მარტო შეაჩეროს სოფლის, განსაკუთრებით მთიანი რეგიონების მოსახლეობის მიგრაცია, არამედ ხელი შეუწყოს მათ დაბრუნებას სოფლად.

## გამოყენებული ლიტერატურა

- 1.ავალიანი. ჯ. XXI საუკუნის ენერგეტიკა. „ენერჯია“,N3 2000;
- 2.ალექსიძე ნუგზარ „ბიოგაზი“ მცირე საოჯახო ენერგეტიკა. გორის ეკონომიკურ-ჰუმანიტარული უმაღლესი კოლეჯი (ინსტიტუტი). გორი 1994
- 3.ანთიძე თავო კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანელის (IPCC) ახალი ანგარიში 17 აპრილი 2014
- 4.არაბიძე ა. გ.მსოფლიო ენერგეტიკული ბალანსის დღევანდელი მდგომარეობა და მისი განვითარების პერსპექტივები. კონფ. 2000;
- 5.არველაძე რევაზ განმარტებები ენერგეტიკის საკითხებზე ენერგეტიკის აკადემიის პრეზიდენტი
- 6.ბიწაძე “მცირე ფერმერულ მეურნეობებში ბიოგაზის დანადგარის აშენების რეკომენდაციები“-2001 წ.
7. ბლუმენროტერი გერჰარდ, თბილისში წარმოქმნილი ნარჩენების ანალიზი, 2003
- 8., გზირიშვილი თ.საქართველოს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციიდან გამომდინარე ვალდებულებების შესრულების გზაზე. „მწვანე დედამიწა“. 2008
- 9.გოლეთიანი გ., სამხარაძე ს., ქირია ვ., რაზმაძე მ., „ბიონარჩენების ბრიკეტირების პროცესი ჰიდრაულიკური წნეხის საშუალებით“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0175, საქართველო. სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტი ISSN 1512-3537 N2 (27) 2013 სასწავლო\_მეთოდური და სამეცნიერო \_ კვლევითი ნაშრომების კრებული
10. ვეზირიშვილი ქ.. ენერჯიის განახლებადი წყაროების გამოყენების პერსპექტივები „ენერჯია“, № 2, 2011
11. თავართქილაძე. ლ.საქართველოში განახლებადი ენერჯიის რესურსებთან დაკავშირებული პრობლემები. „მწვანე დედამიწა“. 2009
12. ინაშვილი მედეა გარემოს დაცვის სამინისტროს მთავარი სპეციალისტი  
“კლიმატის ცვლილება და ენერგეტიკის წინაშე მდგარი გამოწვევები საქართველოში  
და მათი გადაჭრის გზები”
13. ინაშვილი მედეა “ბიოგაზი რეტროსპექტივა და მიმოხილვა“

გარემოს დაცვის სამინისტროს მთავარი სპეციალისტი

14. კომარნიცინ. ა. კუდრიშოვილ. ვ.ურანოვია. ა. „მცენარეთა სისტემატიკა“

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 1973

15.კოტორაშვილი. ე. ვეზირიშვილი.ქ. ენერჯის განახლებადი რესურსები საქართველოს მდგრადი განვითარებისათვის. „ინტელექტუალი“, № 21, 2012;

16. მეგრელიძე გ. მიკრობიოლოგია სახელმძღვანელო გამომცემლობა „განათლება“  
თბილისი -1969

17.. მელაძე. მ. ენერჯის განახლებადი წყაროების ფართომასშტაბური გამოყენება ქვეყნის მდგრადი განვითარების წინაპირობაა. „მწვანე დედამიწა“. თბილისი. 2008;

18. მუხინა ტ. ნ. ნახშირწყალბადების ნედლეულის პიროლიზი ტ. ნ. მუხინა,  
ნ. ლ. ბარაბანოვი, ს. ე. ბაბაში — მ.: ქიმია, 1987.

19. ნონიაშვილი ნონა „განახლებადი ცელულოზა შემცველი ნაერთები, როგორც გარემოსათვის ნაკლებად საზიანო რესურსი ბიოსაწვავის წარმოებისათვისა

"ქიმიის უწყებანი" ტომი:1, ნომერი:2

20. სამხარაძე სერგო “ეკოლოგიურად სუფთა ბიოსაწვავის ბრიკეტირების პროცესის რეჟიმული პარამეტრების კვლევა - ოპტიმიზაცია”

21. ქაჯაია გ. „ გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები “გამომც. „ინტელექტი“  
თბილისი 2008

22. ჩანქსელიანი ა., რუხაია, ვ. , ლეგაშვილი ი. ნარჩენების ინვენტარიზაციის მასალები

23. თბილისის მერიის გარემოს დაცვითი სტრატეგია 2015-2020

24.ბიომასის წარმოებისა და უტილიზაციის მიზანშეწონილობის დეტალური შესწავლა (ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასება) ქ.თბილისის მუნიციპალიტეტისათვის ანგარიში მომზადებულია შპს ახალი ტექნოლოგიების ცენტრის მიერ ქ. თბილისი, დეკემბერი 2014

25.ბიომასის ვებ გვერდი გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) პროექტის - „ბიომასის წარმოებისა და გამოყენების ხელშეწყობა საქართველოში“- ანალიტიკური

ცენტრის „მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის“ (WEG) და ილიაუნის ენერგეტიკისა და მდგრადი განვითარების ინსტიტუტი 2015 წელი

26. მყარი ბიოსაწვავის სტანდარტიზაცია ენერგეტიკისა და მდგრადი განვითარების ინსტიტუტი ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი თბილისი 2015

27. ტყის და სოფლის მეურნეობის ნარჩენი ბიომასის ენერგეტიკული პოტენციალის შეფასება. 2015 წ

28. ბიოგაზი საოჯახო მეურნეობაში--ენერგოეფექტურობის ცენტრი-საქართველო

29. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, ეროვნული მოხსენება გარემოს მდგომარეობის შესახებ 1999–2000; 2004

30. საქართველოს კანონი ლიცენზიებისა და ნებართვის შესახებ 2005; საქართველოს მთავრობის 2005 წლის 1 სექტემბრის დადგენილება N154 „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის გაცემის წესისა და პირობების შესახებ დებულების დამტკიცების თაობაზე“, მუხლი 3

31. საქართველოს მთავრობის 2005 წლის 1 სექტემბრის დადგენილება N154 „გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის გაცემის წესისა და პირობების შესახებ დებულების დამტკიცების თაობაზე“, მუხლი 15

32. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, ეროვნული მოხსენება გარემოს მდგომარეობის შესახებ 1999–2000

33. ნარჩენების მართვის კანონპროექტი 2014

34. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს მინისტრის 2003 წლის 24 თებერვლის N 36/ნ ბრძანება მყარი საყოფაცხოვრებო გადანაყრების პოლიგონების მოწყობისა და ექსპლუატაციის სანიტარული წესებისა და ნორმების დამტკიცების შესახებ

35. საქართველოს კანონი ნარჩენების მართვის კოდექსი თავი 1 ზოგადი დებულებები

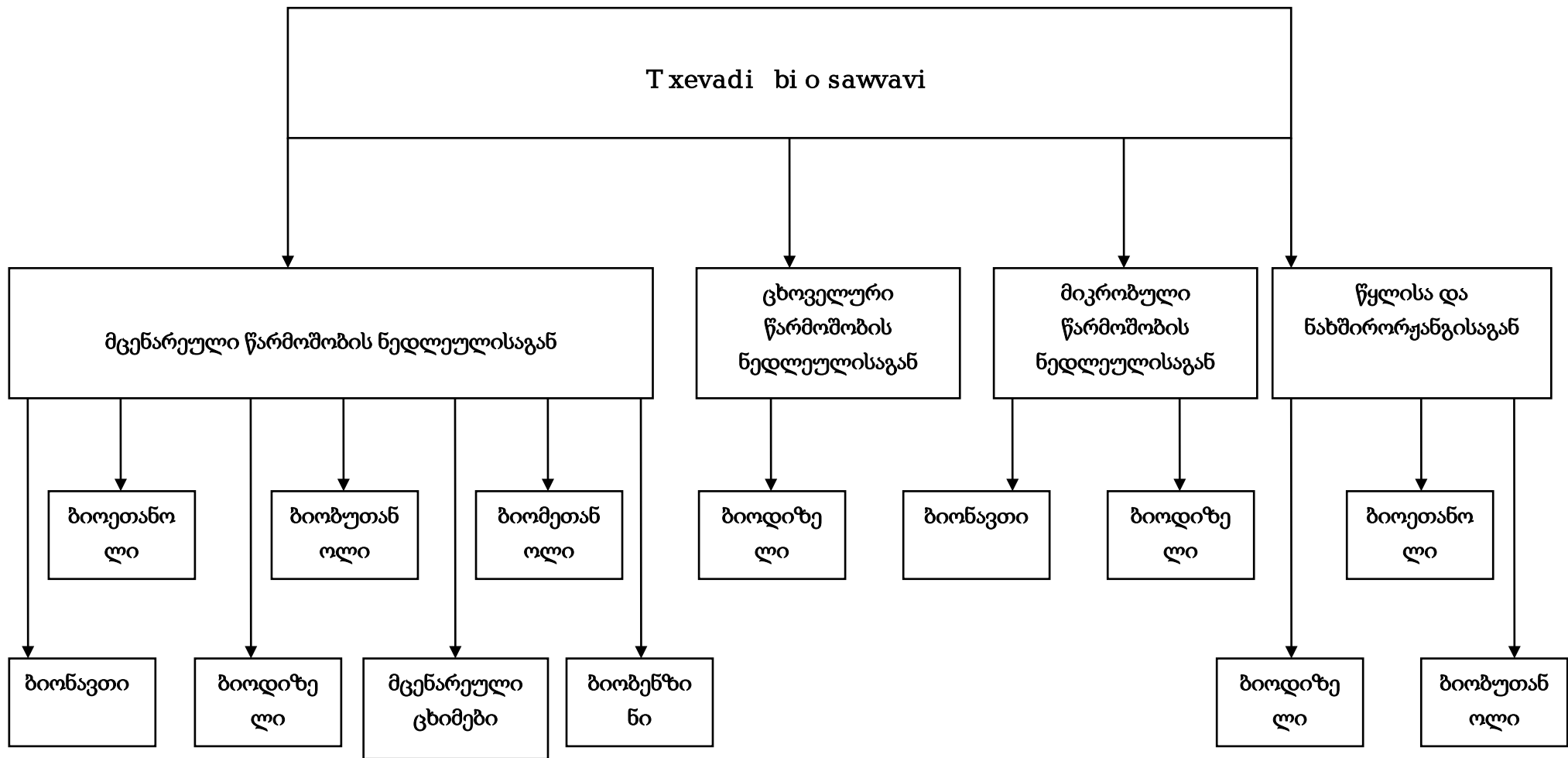
“ენერგეტიკის განვითარება სოფლად” პროექტის ფარგლებში მომზადებული ინგარიში; (საქართველო, 2007წ) Winrock International/ USAID -ის

36. საქართველოს მთავრობის დადგენილება N 160 2016 1 აპრილი ქ. თბილისი. ნარჩენების მართვის 2016-2030 წლების ეროვნული სტრატეგიისა და 2016-2020 წლების ეროვნული სამოქმედო გეგმის დამტკიცების შესახებ

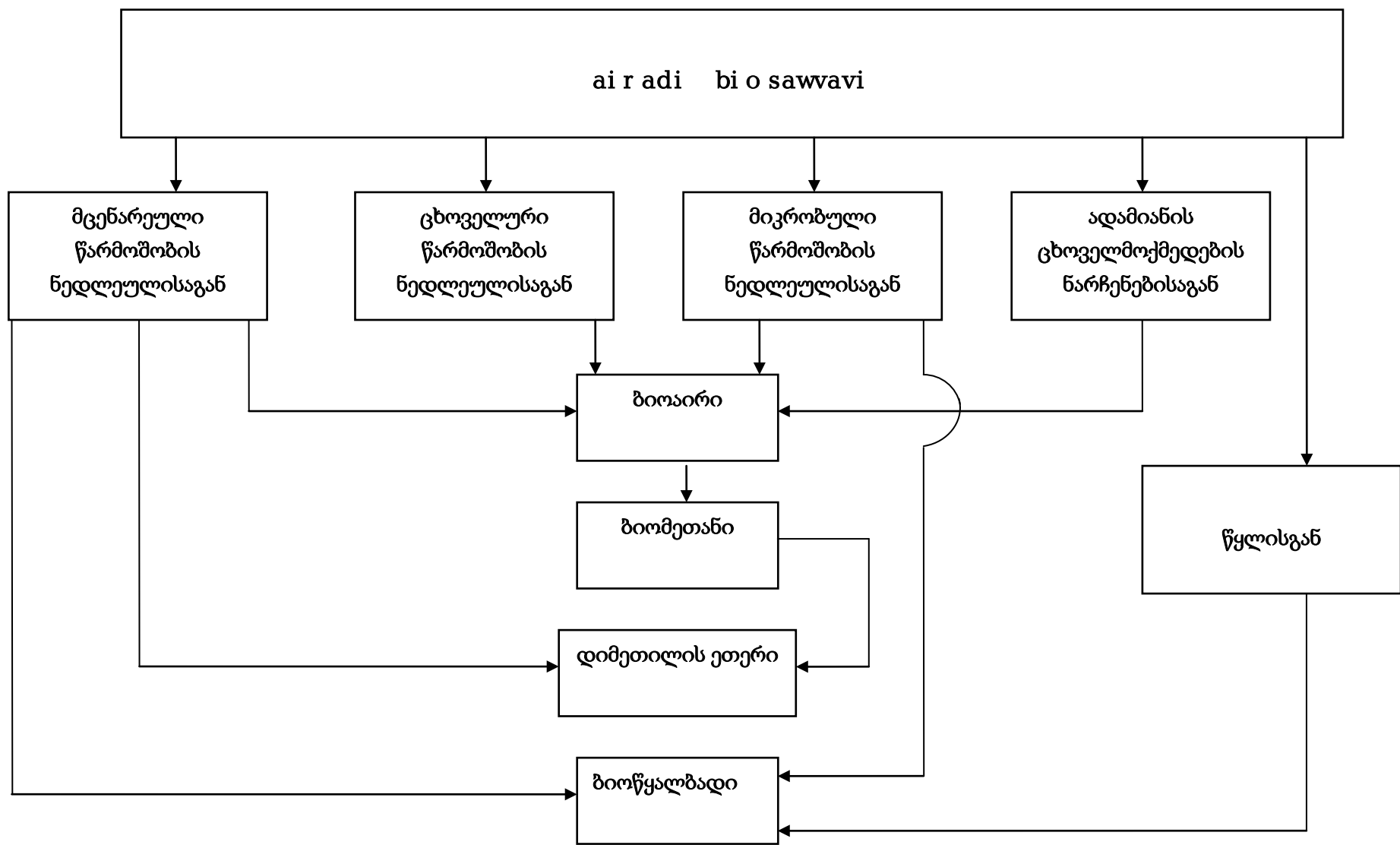


37. “საქართველოს სახელმწიფო პოლიტიკა ენერჯის განახლებადი წყაროების განვითარების მიმართულებით”—“საერთაშორისო გამჭვირვალობა საქართველოს” ანგარიში (საქართველო 2008წ.)
38. საქართველოს ენერჯეტიკის არატრადიციული წყაროების გამოყენების შესახებ ანგარიში თბილისი 2014.
39. Bessilkina Svetlana 091330RDKR ბიოთოპლივო იზ მორსკიხ ვოდორსლეი. რეფერატ. Kohtla-Jarve 2013
40. Гиоргая. З.К вопросу использования лесосечных отходов. Тез. докл. Киев, 1976
41. Дохтурук Андрей, Биотопливо третьего поколения ст. каф. Микробиология и вирусология, Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара
42. VardiaSviuli Manana Анализ загрязнений, вызванных отходами. Тб., 2007. Рукопись, стр. 323. Energia Tbilisi 2010
43. Kvesitadze G., Khatisashvili G., Sadunishvili T., Ramsden J.J. (2006) Biochemical Mechanisms of Detoxification: Basis of Phytoremediation. Berlin, Heidelberg, Springer.
44. Кричевский Г. Е Волокна и биотопливо из водорослей.
- “Биотопливо и другие ценные полу- и продукты из водорослей” 29.
45. (27). Nakamura D.N. Global ethylene capacity increases slightly in 06 [ყოველწლიური ანგარიში] / D.N. Nakamura // Oil and Gas Journal. 2007. v.105. — № 27
46. Пискленов Сергей Биотопливо в широкие массы (биоэтанол, биометанол, биодизель) 7 сентября 2010
47. Чернова Н.И., Коробкова Т.П., Киселева С.В., Зайцев С.И. Биотопливо третьего поколения из микроводорослей: получение производственных штаммов и технологии выращивания Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Сборник: Труды 7-й Международной научно-технической конференции (18-19 мая 2010г.)
48. Экономическая оценка обеспеченности народного хозяйства энергетическими ресурсами на 2015-2020 г.г. ДСП. КЕПСАН. № Гос.рег. 0.12001.0012126. Тбилиси, 2001;
49. (32.) Sh. shaishow and Coworkers. Biohydrogen from algae: fuel of the future. Int. Res. J. of Environment Sci. 2013, V.2 (4). 44-47. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Тб., «Мецნიერება», 1991
50. Доклад о развитии человека 2007/2008 UNDP. М. Изд. «Мир». 2007
51. Справочник по управлению в области охраны окружающей среды. UNDP 2003
52. Анализ загрязнений, вызванных отходами. Тб., 2007. Рукопись
53. Государственная программа Грузии на 1999 год по защите почв от эрозии (Указ президента Грузии № 341 от 30.05.1999. Тбилиси)
54. <http://www.sakpatenti.org.ge> ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი საქპატენტი. ახალი ტექნოლოგიები.

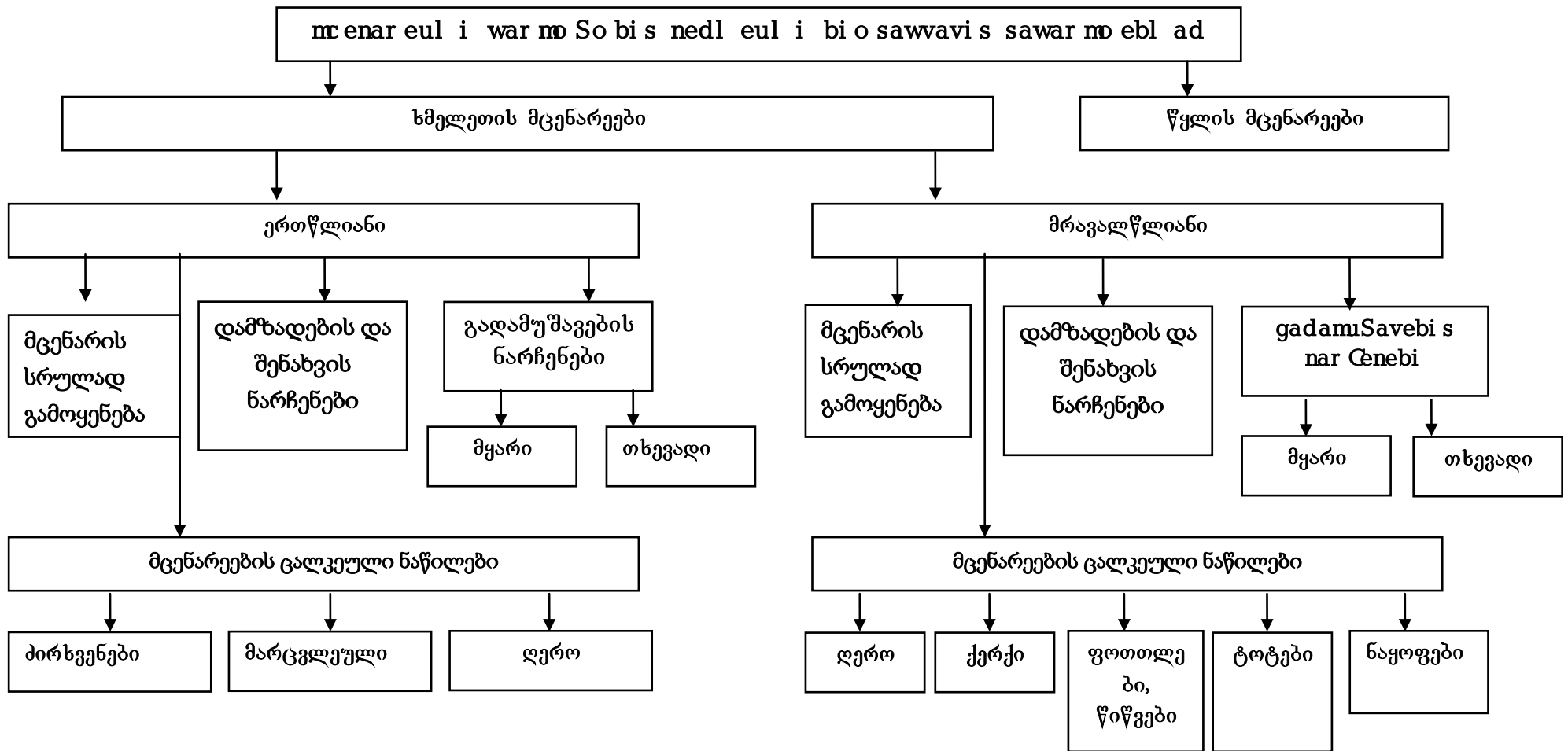
55. <http://chemclub.ge/> იაფი წყალბადის მომცემი მიკროორგანიზმები
56. <http://intermedia.ge> სტატია/5029-რა-არის-ბიოგაზი/88/ 2012, 11 მაისი
57. <https://ka.wikipedia.org/wiki/ბიომასა>
58. <http://biomass.ge/ge/ra-aris-biomasa>, energetikuli-mcenareebi
59. <http://teatabidze.blogspot.com/> ბიოსაწვავი-შედევები და შესაძლებლობები
60. Biogas self made -ენერგეფექტურობის ცენტრი-საქართველო
61. <http://hlorella.jimdo.com//главная/хлорелла-в-биотопливе/биотопливо-из-водорослей/>
62. <http://www.cleandex.ru/articles/2008/06/19/aglae-biofuels> Биотопливо из Водорослей
63. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины определения. по техническому регулированию и метрологии. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ П 52808-2007 . Издание официальное Москва Стандартиформ 2008
64. <http://postnauka.ru/talks/26588> «Путь к экологически и приемлемой энергии в XXI веке». США. 2001;
65. <http://aenergy.ru/1272> водоросли для производства биотоплива-новые технологии
66. <http://greengeorgia.ge/?q=ka/node/76#sthash.O90vZTb1.dpuf>
67. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Процесс\\_Фишера—Тропша](https://ru.wikipedia.org/wiki/Процесс_Фишера—Тропша)
68. <http://biodizel.narod.ru/index/index10.html> Особенности производства биодизеля
69. “Survey of Energy Resources” (МИРЭС). 2001;
70. Энергетические технологии для 21-го века (МЭА). 2001;
71. <http://teknoblog.ru/2016/05/14/59983>
72. <https://ru.wikipedia.org/Гарбология74>
73. EPA(2000) Introduction on phytoremediation EPA/600/R-99/107  
[www.epa.gov/swertio1/download/remed/introphyto](http://www.epa.gov/swertio1/download/remed/introphyto).
74. Макеев И.С., Коротаева М.И., Голикова А.И. СЕЗОННАЯ АККЛИМАТИЗАЦИЯ „ВОДНОГО ГИАЦИНТА „ ДЛ Я ФИТОРЕМЕДИАЦИИ МАЛОГО ВОДОТОКА Города НИЖНЕГО НОВГОРОДА //Успехи современного естествознания.–2016.N1 –
75. Chisti Y., Biodiesel from microalgae, Biotechnology Advances, 2007. 25(3).
76. <http://www.spbenergo.com/> Новый источник альтернативной энергии — растение „эйхорния“
77. Середя Т. Биологические методы очистки водоемов от нефти. "Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов. Тезисы докладов". Москва, 2001
78. <http://www.popmech.ru/technologies/15227-neft-iz-vodorosley-za-minuty/> Нефть из водорослей за минуты
79. Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования.  
«Мецნიერება», Тбилиси 1991



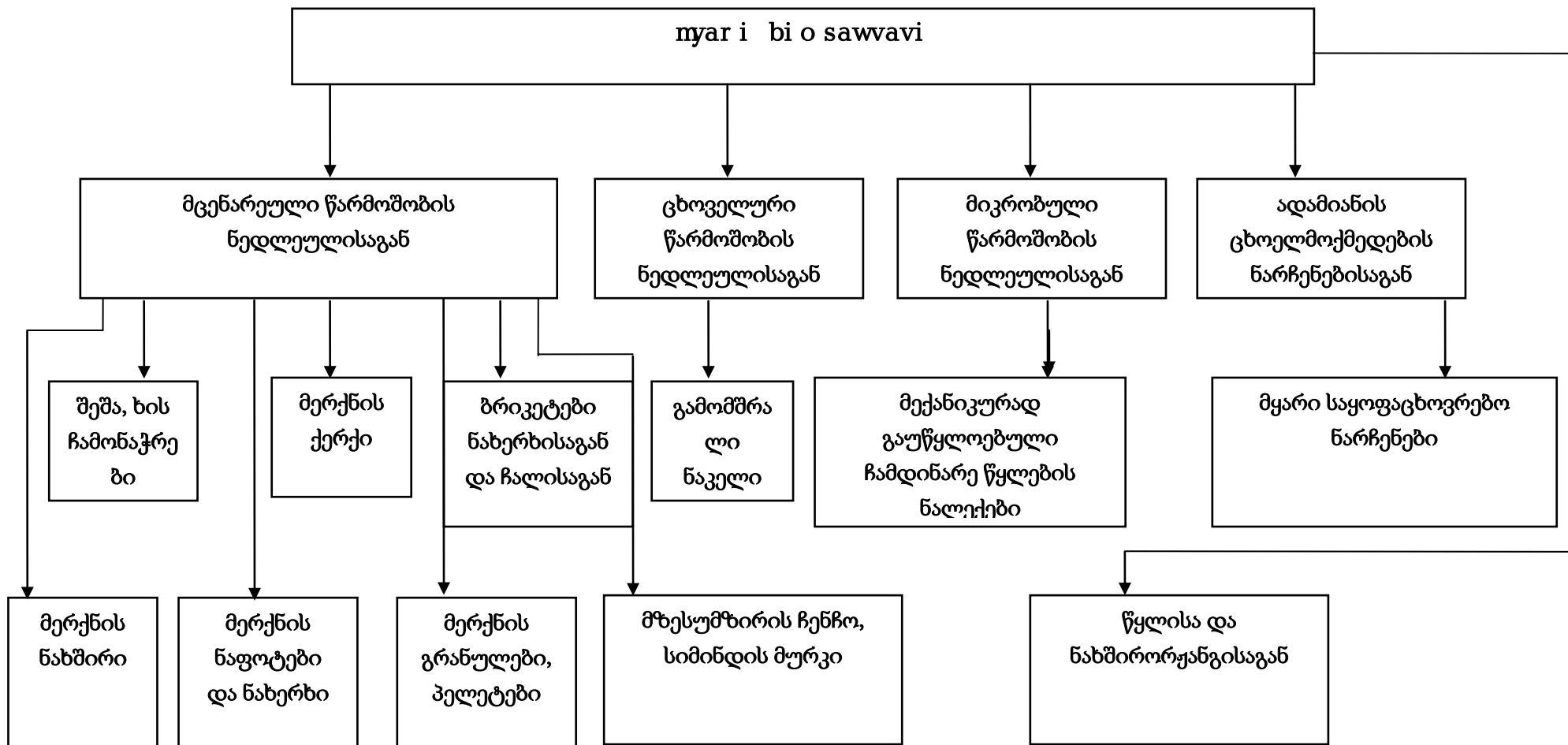
სქემა № 1 თხევადი ბიოსაწვავის კლასიფიკაცია



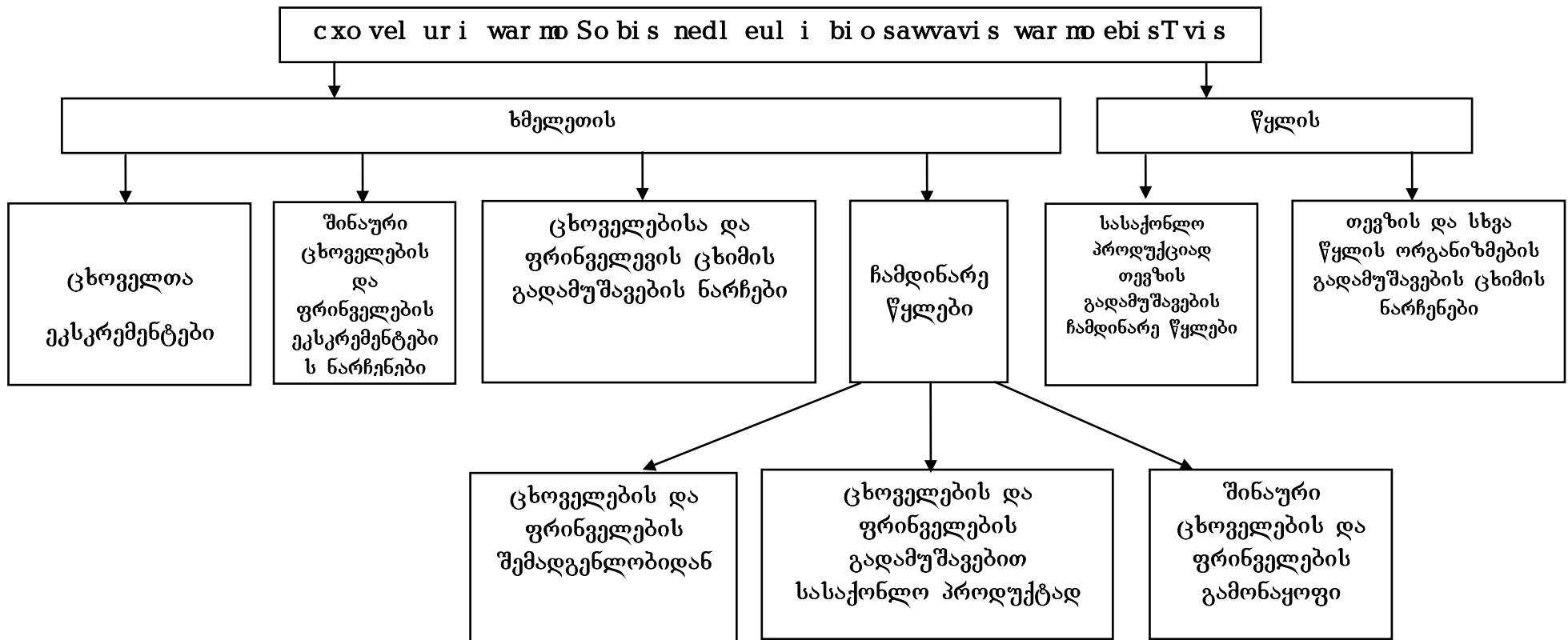
სქემა №2 აირადი ბიოსაწვავის კლასიფიკაცია



სქემა N 3 მცენარეული წარმოშობის ნედლეულის კლასიფიკაცია



სქემა № 4 მყარი ბიოსაწვავის კლასიფიკაცია



სქემა N5 ცხოველური წარმოების ნედლეულის კლასიფიკაცია

## დანართი 1.

### არატრადიციული ტექნოლოგიები. ბიონარჩენების ენერგეტიკა ტერმინები და განმარტებები

#### Untraditional technologies. Energetics of biowastes. Terms and definitions

ტერმინები განკუთვნილია ყველა სახის დოკუმენტაციის და ლიტერატურისათვის ბიონარჩენების ენერგეტიკის დარგში, ასევე განეკუთვნება სამეურნეო საქმიანობის პროცესში ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფას.

მსოფლიოში ნავთობის მარაგის ამოწურვასა და საავტომობილო ტრანსპორტის ზრდასთან დაკავშირებით სულ უფრო მწვავედ დგება საავტომობილო ტრანსპორტის საწვავად ალტერნატიული საწვავის გამოყენების აუცილებლობა, მათ შორის ბიოსაწვავის, რომელიც ბიომასისგან მიიღება (მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის განახლებადი ნედლეული) ბიოსაწვავს მიეკუთვნება ბიოეთანოლი, ბიოგაზი, ბიოდიზელი. ბიოსაწვავის ზრდის ოქტანობის რიცხვს, წარმოადგენს ოქსიგენატს ( უზრუნველყოფს საწვავის უფრო სრულ წვას) რაც ამცირებს სათბური გაზების ემისიას ატმოსფეროში, რის გამოც ბიოსაწვავი არ ხვდება კიოტოს პროტოკოლის შეზღუდვებში.

ენერგიაზე მოთხოვნა 2030 წლისთვის 60%-ით გაიზრდება, რაც მოითხოვს სხვადასხვა სახის ენერგომატარებლების წარმოების გაზრდას. ამასთანავე იზრდება მოთხოვნა მათ ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე. მსოფლიოში სხვა განახლებად ენერჯის წყაროებთან (გ.ე.წ.) ერთად, სულ უფრო მეტი მნიშვნელობა ენიჭება ბიომასის გამოყენებას. 2001 წელს ბიოსაწვავის წილი მსოფლიო ენერგეტიკულ ბალანსში შეადგენდა 1,1-1,2 მლრდ. ტონას. ნავთობის ექვივალენტს (ნ. ე.). მაშინ როცა ყველა სახის გ.ე.წ. შეადგენდა 1,36 მლრდ. ტონას, ხოლო მსოფლიოში ენერჯის წარმოების საერთო მოცულობა შეადგენდა 10 მლრდ.ტონას.

ევროკავშირის საერთო ენერგობალანსში (15 ქვეყანა) 2003 წელს ბიომასისგან მიღებული საწვავის გამოყენების წილმა 3,6 % შეადგინა, რაც რამდენიმეჯერ მაღალია ვიდრე სხვა დანარჩენი გ.ე.წ.-ის გამოყენება (3,4%).

2010 წელს ბიომასისგან მიღებული ბიოსაწვავის მიღება ევროკავშირის (25 ქვეყანის) მთლიან ენერგეტიკულ ბალანსში გაიზარდა 12%-ით. რაც განპირობებული იყო საავტომობილო ტრანსპორტის გამონაბოლქვისაგან გარემოს დაცვის აუცილებლობით და იმპორტირებულ ენერგომატარებლებზე ევროკავშირის დამოკიდებულების შემცირებით.

2040 წლისთვის მსოფლიოში ენერჯის საერთო მოხმარება პროგნოზირდება 13,5 მლრდ.ტონა ნ.ე. (100%) . ყველა სახის ე.გ.წ.-ის გამოყენებამ იმ დროისათვის უნდა შეადგინოს 47,7%-ან 6.44 მლრდ.ტ. ნ.ე. ამავე დროს ბიომასისგან მიღებული საწვავის გამოყენებამ უნდა შეადგინოს 23,8% ან 3,21 მლრდ. ტ.ნ.ე.



ბიომასის-ენერჯის წყაროდ გამოყენების ტექნოლოგია იყოფა თერმოქიმიურ (პირდაპირი წვა, გაზიფიკაცია, პიროლიზი, სწრაფი პიროლიზი) და ბიოტექნოლოგიურ (ბიოგაზის წარმოება ნარჩენებისაგან ბიოგაზის დანადგარებში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონებზე, დაბალმოლეკულური სპირტის და ბიოდიზელის წარმოება) პროცესებად.[59,63]

## **ტერმინები და განმარტებები, რომელიც ეხება ბიომასისგან ენერჯის მიღების ბიოტექნოლოგიურ მეთოდებს.**

ტერმინები განლაგებულია სისტემატიზირებული წესრიგით. ყოველი ტერმინისთვის დაგენილია ერთი განმარტება, რომელსაც აუცილებლობის შემთხვევაში თან ერთვის შენიშვნა.

**1.ბიომასა:** მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ყველა სახის ორგანული ნივთიერებები, ორგანიზმების ცხოველმოქმედების პროდუქტები, ორგანული ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება წარმოების პროცესში, პროდუქციის მოხმარებისა და ნარჩენების ტექნოლოგიური ციკლის ეტაპებზე.

**2.ნარჩენები:** პროდუქტების ნარჩენები, ან დამატებითი პროდუქტი, რომლებიც წარმოიქმნება განსაზღვრული მოქმედების პროცესში, ან მისი დასრულებისას და ამ საქმიანობის უშუალო კავშირისას გამოუყენებელი რჩება.

შენიშვნა: გარკვეულ საქმიანობაში იგულისხმება, წარმოებითი, კვლევითი და სხვა საქმიანობა, მათ შორის პროდუქციის მოხმარება, შესაბამისად ანსხვავებენ წარმოების ნარჩენებსა და მოხმარების ნარჩენებს.

**3.პირველადი ბიომასა:** არაწიაღისეული ორგანული ნივთიერება, რომელიც პირდაპირ ან არაპირდაპირი გზით წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის შედეგად.

**4.მეორადი ბიომასა:** ორგანიზმის ცხოველმოქმედების შედეგად მიღებული პროდუქტები და ორგანული ნარჩენები, რომელიც მათი გადამუშავების შედეგად წარმოიქმნება.

**5.ბიოკონვერსია:** ენერჯის ერთი სახის მეორე სახედ გარდაქმნა ბიოკატალიზატორის დახმარებით

**6.ბიოკატალიზატორი:** ნივთიერება, რომელიც განაპირობებს ბიოქიმიური პროცესების დაჩქარებას (დადებითი კატალიზი) ან შეფერხებას (უარყოფითი კატალიზი)

**7.ბიონარჩენები:** ნარჩენები, რომლებიც შეიცავენ ბიოლოგიური წარმოშობის ორგანულ ნივთიერებებს.

**8.ბიონარჩენების ენერგეტიკა:** ენერგეტიკის დარგი, რომელიც დაკავშირებულია ბიონარჩენებისგან ენერჯის მიღებაზე, მათი შემდგომში მისაღები ფორმით გამოყენებისათვის.

**9.ფერმენტები:** ცილოვანი წარმოშობის რთული ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში ნივთიერებათა ცვლის დროს არეგულირებენ ბიოქიმიურ პროცესებს.

**10.ბიონარჩენების ფერმენტაცია:** ფერმენტების ზემოქმედებით მიმდინარე ბიონარჩენების გადამუშავების ბიოქიმიური პროცესი.

**11.იმობილიზაცია:** მყარი გადამტანების ზედაპირზე მიკროორგანიზმების და ფერმენტების ფიქსაცია მათი გამოყენების ეფექტურობის ასამაღლებლად.

**12.ბიოსაწვავი:** მყარი, თხევადი და აირისებრი საწვავი, რომელიც მიიღება ბიომასის თერმოქიმიური ან ბიოლოგიური გადამუშავების გზით.

**13.ბიონარჩენების დუღილი:** ანაერობული პროცესის დროს მიკროორგანიზმების და ფერმენტების გამოყენებით ორგანული ნივთიერებების დაშლა უფრო მარტივ შენაერთებად.

## **14.ბიონარჩენების ჰიდროლიზი**

**ჰიდროლიზი** -(ბერძ. hydor - წყალი + lysis - დაშლა, გახრწნა

სხვადასხვა ქიმიურ ნივთიერებათა დაშლა წყლის მოლეკულის მიერთებით,ან რთული ნივთიერებების დაშლა წყლის და ფერმენტების (ჰიდროლაზების) ზემოქმედების შედეგად

**15.ბიოცენოზი :** ერთმანეთთან დაკავშირებული სხვადასხვა ორგანიზმების თანაარსებობაა, ნებისმიერ ორგანულ სივრცეში.

## **ბიონარჩენების მეთანური დუღილის ცნება**

**16.ბიონარჩენების მეთანური დუღილი:** ანაერობულ პირობებში მეთანური წარმოშობის მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად ორგანული ნივთიერებების (და სხვა ბიოდეგრადირებული ნივთიერებების) გარდაქმნის პროცესი ბიოაირად და უჯრედულ მასად.

**17.რთული ორგანული ნივთიერებების ბიოაირად გარდაქმნის თანმიმდევრული სტადია**

**17.1. მეთანური დუღილის ჰიდროლიზური სტადია:** რთული ბიოპოლიმერული მოლეკულების გახლეჩვა ბევრად მარტივ ოლიგოსაქარიდებად და მონომერებად, ამინომჟავები, ნახშირწყლები, ცხიმჟავები.

**ლ17.2.ფერმენტაციის სტადია:** ფერმენტული დუღილის დროს წარმოშობილი მონომერების დაშლა უფრო მარტივ ნივთიერებად-უმდაბლესი მჟავები და სპირტები, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი და წყალბადი.

**17.3.მეთანური დუღილის მჟავა წარმოქმნილი სტადია:** მეთანის უშუალო წინამორბედების აცეტატი, წყალბადი, და ნახშირორჟანგის წარმოქმნა.

**17.4.მეთანის წარმოქმნის სტადია:** რთული ორგანული ნივთიერებების დეგრადაციის საბოლოო პროდუქტის წარმოქმნა.

**18.ბიოაირი:** ეს არის აირების ნარევი, რომელიც წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებების მეთანური დუღილის პროცესში და შედგება ძირითადად მეთანისა და ნახშირორჟანგისაგან.

**19.ეფლუენტი:** ფერმენტორებში ორგანული ნარჩენების ანაერობული გადამუშავების შედეგად მიღებული ორგანული სასუქები. (მეთანტენკებში ბიონარჩენების შედეგად მიღებული თხევადი და მყარი პროდუქტები).

**20.შლამი:** ეფლუენტის მყარი ფრაქცია.

**21 ფუგატი:** ეფლუენტის თხევადი ფრაქცია

**22.მეთანტენკა:** რეზერვუარი (ფერმენტორი, ბიორეაქტორი) სადაც ხორციელდება ბიონარჩენების ორგანული ნივთიერებების მეთანური დუღილი

**23.ბიოენერგეტიკული დანადგარი:** (ზედ) ბიოაირის მისაღები კომპლექსური დანადგარი, სადაც ბიოაირის ენერჯია სხვა სახის ენერჯიად გარდაიქმნება.

**24.ბიოაირის დანადგარი:** (ზდ) (გაზიფიკაციის რეაქტორი, ბიოაირის რეაქტორი, აიროგენერატორი): დანადგარებისა და მოწყობილობების კომპლექსი, რომელშიც შედის მეთანტენკები და ბიონარჩენების გადამამუშავებელი აგრეგატი, სადაც ხდება ბიონარჩენების მომზადება და გადამამუშავება ბიოაირად და ეფლუენტად.

**25.ბიოაირის დანადგარის ხვედრითი წონა:** დანადგარის წონის შეფარდება ბიოაირის მინიმალურ წარმოებასთან.

**26.ბიოაირის დანადგარის ენერჯიის ხვედრითი ხარჯი:** ბიოაირის მინიმალური წარმადობის შეფარდება ელექტროენერჯიის დღეღამურ მოხმარებასთან.

**27.მეთანტენკების მიკრობიოცენოზი:** ანაერობული მიკროორგანიზმების თანაცხოვრება, რომლებიც ანხორციელებენ ბიონარჩენების ორგანული ნივთიერებების მეთანურ დუღილს.

**28.მეთანტენკების სამუშაო გარემოს ჩატვირთვის ნორმა:** დუღილისთვის მიწოდებული ბიონარჩენების მოცულობა, რომელიც მეთანტენკების

მოცულობასთან შეფარდებით გამოხატულია პროცენტებში, ან ორგანული და უნაჯრო ნივთიერებების მასა მეთანტენკის 1მ<sup>3</sup>-

**29.მეთანტენკებში კონცენტრაციის გასწორების დრო:** დრო, რომელიც საჭიროა მეთანტენკებში ჩატვირთული ბიონარჩენების განსაზღვრული ერთგვაროვანი დონის მისაღწევად.

**30. მეთანური დუღილის ტექნოლოგიური დრო;** მიღების დრო: დროის მონაკვეთი რომელიც საჭიროა მეთანტენკებში ჩატვირთული ბიონარჩენების გარდასაქმნელად ბიოაირად და ეფლუენტად.

**31.ბიონარჩენების მეთანური დუღილის უწყვეტი რეჟიმი:** ბიონარჩენების მეთანური დუღილის რეჟიმი ნაკადურ სისტემაში, რომლის დროსაც ბიონარჩენები მეთანტენკებში იტვირთება უწყვეტად ან მოკლე ინტერვალით.

**32.ბიონარჩენების მეთანური დუღილის დისკრეტული პერიოდული რეჟიმი:** მეთანური დუღილის რეჟიმი, რომლის დროსაც ბიონარჩენების ჩატვირთვა მეთანური დუღილისათვის მეთანტენკებში ხორციელდება მხოლოდ პროცესის დასაწყისში.

**33.ბიონარჩენების მეთანური დუღილის საფეხურებრივი პროცესი:** ბიონარჩენების მეთანური დუღილი, რომლის დროსაც მეთანური დუღილის ყოველი სტადია გასათვალისწინებელია მეთანტენკების ცალკეულ ნაწილს ან სხვადასხვა მეთანტენკებში

**34.ბიონარჩენების მეთანური დუღილის ფსიხროფილური რეჟიმი:** ბიონარჩენების მეთანური დუღილი, რომელიც მიმდინარეობს არა უმეტეს 20°C-ს ტემპერატურაზე.

**35. ბიონარჩენების მეთანური დუღილის მეზოფილური რეჟიმი:** ბიონარჩენების მეთანური დუღილი, რომელიც მიმდინარეობს 20°C-დან 40°C-ს ტემპერატურამდე.

**36. ბიონარჩენების მეთანური დუღილის თერმოფილური რეჟიმი:** ბიონარჩენების მეთანური დუღილი, რომელიც მიმდინარეობს 40°C-დან 60°C-ს ტემპერატურამდე.

**37.ორფაზიანი მეთანური დუღილი:** მეთანური დუღილის ტექნოლოგია, რომელიც ტარდება სხვადასხვა მეთანტენკებში ორ ეტაპად, პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით.

შენიშვნა: პირველ მეთანტენკაში თერმოფილურ პირობებში მიმდინარეობს გაუვნებელყოფა, ბიოჰიდროლიზი, თერმოჰიდროლიზი და მჟავაგენოზი.

მეორე მეთანტენკში მეზოფილურ პირობებში ხდება შუალედური პროდუქტების დუღილი მეთანის და ნახშირორჟანგის წარმოქმნამდე.

**38. ნაგავსაყრელის მეთანი:** მეთანი, რომელიც წარმოიქმნება ნაგავსაყრელებზე.

**39. პოლიგონების ბიოაირი:** ბიოაირი, რომელიც წარმოიქმნება საყოფაცხოვრებო ნარჩენების პოლიგონებზე

**40. ბენზანოლი: გაზოჰოლი:** ავტომობილის ძრავის საწვავი, რომელიც წარმოადგენს ნავთობის ბენზინის და ეთანოლის ნარევს.

**შენიშვნა**

**1. ბენზანოლი ეწოდება** ნარევს, რომელშიც ეთანოლის მოცულობითი დონე შეადგენს 5%-დან 10%-მდე .

**2. დეტონაციის მდგრადობასთან** დამოკიდებულებით ანსხვავებენ სამი სახის ბენზინს: 80, 92 და 95

**3. ტერმინი „გაზოჰოლი“** ფართოდ გავრცელებულია აშშ-ში და წარმოადგენს სხვადასხვა სახის საწვავის ნარევს სადაც ეთანოლის კონცენტრაცია 5,59%-დან 10%-მდე მერყეობს. აღნიშნება ასო **E** -თი და რიცხვით, რომელიც აღნიშნავს სპირტის შემცველობას პროცენტებში, უფრო მეტად გავრცელებულია საწვავი **E10**.

**4. განსაკუთრებული ინტერესს** იმსახურებს შემდეგი ნარევი: E75, E85 ეთანოლის მაღალი შემცველობით.

**41. ბიოეთანოლი-  $C_2H_5OH$**  მიიღება ბიომასისგან ან ნარჩენების ბიოლოგიურად გახრწნილი კომპონენტებისგან და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი.

**42. ბიომეთანოლი-  $CH_3OH$**  ბიომეთილის სპირტი, ხის სპირტი, ბიოკარბინოლი: მეთანოლი, რომელიც მიიღება ბიომასისგან და და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი.

**43. ბიოდიმეთილეთერი-  $C_2H_6$**  დიმეთილეთერი, რომელიც მიიღება ბიომასისგან და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი.

**44. ბიოეთილი-3-ბუთილეთერი;** ბიოეთილ-ტრეტ-ბუთილის ეთერი, ბიოტრეტ-ბუთილ-ეთილის ეთერი; ეთილ-3-ბუთილეთერი, რომლის საფუძველს წარმოადგენს ბიოეთანოლი.

შენიშვნა- ბიოეთილ-3-ბუთილეთერი 47% მოცულობითი კონცენტრაციით წარმოადგენს ბიოსაწვავს.

**45.ბიომეტილ-3-ბუთილეთერი;** ბიომეტილ-ტრეტ-ბუთილის ეთერი,ბიო-2-მეტილ-2-მეტოქსიპროპანი; : საწვავი, რომელიც მიიღება ბიოეთანოლისაგან.

**46.ბიოწყალბადი:** წყალბადი, რომელიც მიიღება ბიომასისგან ან ნარჩენების ბიოლოგიურად დაშლილი კომპონენტებისაგან და გამოიყენება, როგორც ბიოსაწვავი.

**47.ბიოდიზელის საწვავი:** რთული მეტილის ეთერი, რომელსაც გააჩნია დიზელის საწვავის თვისებები და მიიღება მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ცხიმის გადამუშავებით.

**48.სპირტის დენატურაცია:** ეთილის სპირტზე არასასიამოვნო სუნისა ან გემოს მქონე ნივთიერებების დამატება, რომლებიც მთლიანად იხსნებიან სპირტში და მათი გამოყოფა სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით შეუძლებელია.

**49.საწვავი ეთანოლი:** ეთანოლი, რომელიც გამოიყენება საწვავად.

**50.შერეული საწვავი:** საწვავი რომელიც შედგება ნავთობის გადამუშავებით მიღებული ბენზინისაგან და ეთანოლისაგან.

**51.დიზელის შერეული საწვავი:** დიზელის საწვავი, რომელიც მიიღება დიზელის და ბიოდიზელის საწვავის ან დიზელის საწვავის და მცენარეული ცხიმის შერევით.

**52.სინთეზური ბიოსაწვავი:** ბიომასისგან მიღებული სინთეზური ნახშირწყალბადები ან სინთეზური ნახშირწყალბადების ნარევი.

**53.ბიონარჩენების სპირტული დუღილი:** ბიონარჩენების დუღილი, რომლის ერთ-ერთ ძირითად საბოლოო პროდუქტს სპირტი წარმოადგენს.

**54.ნატურალური მცენარეული ზეთი:** რაფინირებული ან არარაფინირებული, ქიმიურად არამოდიფიცირებული, ზეთოვანი კულტურების დაპრესვის, დაწნეხვის ან სხვა ანალოგიური გზით მიღებული ზეთი, რომელიც გამოიყენება როგორც ბიოსაწვავი შესაბამისი ტიპის ძრავებში, მავნე გამონაბოლქვის დადგენილ ნორმების შესაბამისად.

**55.ფილტრაცია:** ფოროვან არეში სითხის ან აირის გატარება რომელსაც შესაძლებელია თან ახლდეს აღნიშნულ გარემოში შეჩერებული შეწოვილი ნაწილების გამოყოფა.

