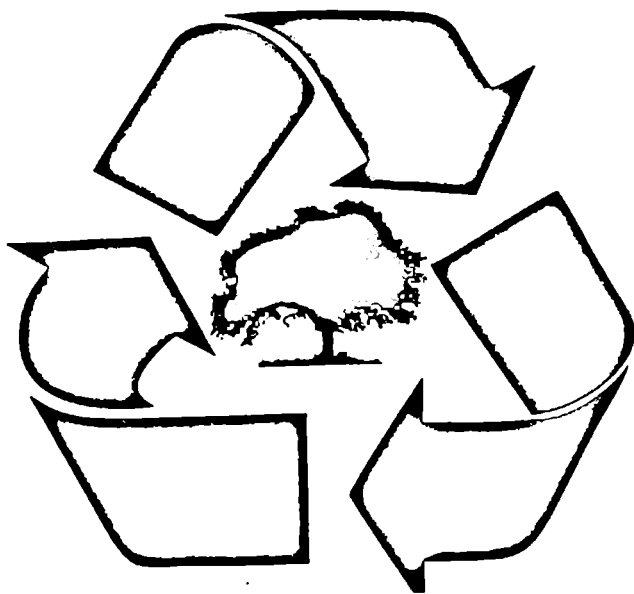


ნინო ინასარიძე
არჩილ ჭოდოშვილი

ნარჩენების მართვა და ბიოტექნოლოგია



თბილისი
2013

წიგნი წარმოადგენს დამხმარე სახელმძღვანელოს ზუსტი და საბუნებისმეტყველო, სიცოცხლის შემსწავლელი, აგრარული, გამოყენებითი და ტექნიკური მეცნიერებების რიგი სპეციალობების ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის. ნარჩენების მართვისა და ბიოტექნოლოგიის შესახებ მოყვანილი ინფორმაცია საყურადღებოა აგრეთვე გარემოს დაცვის ექსპერტთათვის და ნარჩენების გაუვნებელყოფით, რეციკლირებითა და შენახვით დაინტერესებულ პირთათვის.

სამაგისტრო პროგრამა "გამოყენებითი ბიომეცნიერებები"

ტემპუსის პროექტი JEP-159340

www.biosciences-tempus.org

ავტორები:

ნინო ინასარიძე

არჩილ ჭოლოშვილი

სტილისტ-კორექტორი: ლია კაჭარავა



European Commission

TEMPUS

პროექტი განხორციელდა ევროკომისიის ფინანსური მხარდაჭერით. პუბლიკაციის შინაარსზე პასუხს აგებენ მისი ავტორები და ის არ გამოხატავს ევროკომისიის მოსაზრებას

©2013. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ISBN 978-9941-0-5810-3

სარჩევი

შესავალი.....	4
თაზო I მწვანე ინჟინერია.....	5
1. ნარჩენების მართვის ისტორიული ტენდენციები.....	5
2. საერთაშორისო ორგანიზაციები და რეგულაციები.....	7
3. ნარჩენების მდგრადი მართვა	8
4. მწვანე ინჟინერია და ნარჩენების მართვის მდგრადი დიზაინის ასპექტები.....	12
თაზო II საყოფაცხოვრებო მყარი ნარჩენები.....	16
1. საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ზრდის ფაქტორები და მართვის პრობლემები.....	16
2. ნარჩენების შეგროვება და ტრანსპორტირება.....	18
3. ნარჩენების გადამუშავების სახეები.....	19
4. ნარჩენების მართვა და კლიმატის ცვლილება.....	29
5. ნარჩენების მართვის თანამედროვე ტენდენციები.....	30
თაზო III ნარჩენების ნაკადები.....	32
1. ქაღალდის გადამუშავება.....	32
2. შუშის ნარჩენები.....	35
3. ტექსტილის ნარჩენები.....	36
4. ელექტრონული ნარჩენები.....	39
5. საბურავების ნარჩენები	41
6. ბატარეების ნარჩენები.....	47
7. სამედიცინო ნარჩენები.....	50
8. სამშენებლო ნარჩენები.....	52
9. ნარჩენების თერმული და თერმოქიმიური გადამუშავება.....	62
10. სამთომომპოვებელი წარმოების ნარჩენები.....	65
11. ლითონის წარმოების ნარჩენები. ჯართი.....	70
12. რადიოაქტიური ნარჩენები.....	72
13. სოფლის მეურნეობის ნარჩენები და დაბინძურება.....	75
თაზო IV წყლის დაბინძურება და საკანალიზაციო სისტემები.....	81
თაზო V საბიფათო ნარჩენები.....	99
თაზო VI გარემოს დაბინძურება.....	107
თაზო VII ნარჩენების ბიოტექნოლოგიის ზოგადი პრინციპები.....	113
თაზო VIII მართვა და რისკის შეფასება.....	152

შესავალი

უკანასკნელ ათწლეულებში მკვეთრად იმატა დედამიწის მოსახლეობამ, რასაც მოჰყვა ურბანიზაციის, მრეწველობისა და აგრომეურნეობის კიდევ უფრო შესამჩნევი ზრდა და, როგორც შედეგი, მრავალი სახის ნარჩენების წარმოქმნა, რომელთა შეგროვების, დახარისხების, ტრანსპორტირების, განთავსების, შენახვისა და განსაკუთრებით უსაფრთხოების პრობლემებმა მართვის სრულიად ახალი, თანამედროვე დონე მოითხოვა. თითქმის ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი პროცესი სხვადასხვა კვალიფიკაციის ინჟინრისა და ტექნოლოგების მონაწილეობას მოითხოვს და სასურველი შედეგის მისაღწევად ერთიან მართვა-ორგანიზებას უნდა ექვემდებარებოდეს.

ნარჩენების მართვის თანამედროვე მეთოდების გამოყენების შემთხვევაშიც კი არსებობს გარემოს დაბინძურების გარკვეული რისკი; რაც განპირობებულია ნარჩენების წარმოქმნის, განთავსებისა თუ შენახვის პროცესში დაშვებული შეცდომებით, არასისტემური მიდგომითა თუ გაუმართლებელი მომჭირნეობით. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მრეწველობა კაცობრიობას ყოველწლიურად მრავალ, სრულიად ახალ მასალებს, ნივთიერებებსა და მეთოდებს სთავაზობს, რომელთა როლი გარემოს დაბინძურებაში უცნობია, რაც უაღრესად ართულებს პროგნოზირებას.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელოში შევიდა ცნობები, როგორც სხვადასხვა სახის ნარჩენთა მართვის თანამედროვე მეთოდებისა და პრინციპების შესახებ, ასევე იმ სისტემური მიდგომის შესახებ, რომელიც ითვალისწინებს ბიოინჟინერიისა და ბიოტექნოლოგიის მიღწევებს ნარჩენთა გაუვნებელყოფისა და უსაფრთხო რეციკლირების სფეროში.

მწვანე ინჟინერია და ნარჩენების მართვის მდგრადი დიზაინის ასპექტები

1. ნარჩენების მართვის ისტორიული ტენდენციები

ნარჩენების მართვა პირდაპირ არის დაკავშირებული კაცობრიობის განვითარების ისტორიასა და ევოლუციასთან.. თუმცა ნარჩენების პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ დადგა მე-20 საუკუნის შუა ათწლეულებიდან, რაც დაკავშირებული იყო, ერთი მხრივ, ეკონომიკის და, მეორე მხრივ, ახალი ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარებასთან. შესაბამისად, გაიზარდა ადამიანის მიერ არსებული ბუნებრივი რესურსების არასწორი ექსპლოატაციისა და ნარჩენების არასწორი მართვის რისკი. ცხადია, რომ პოპულაციის ზრდა, ამასთანავე, მთავარ განმსაზღვრელ ფაქტორს წარმოადგენდა. ტერმინი ნარჩენების მართვა გაჩნდა სწორედ მე-20 საუკუნეში, და, ამავე დროს, მოხდა მისი იდენტიფიცირება ისეთ დისციპლინებთან, როგორებიცაა **სანიტარული ინჟინერია**¹ და **გარემოს დაცვის ინჟინერია**². ბოლო ათწლეულებში წარმოშობილი ნარჩენების პრობლემები განსხვავდება წინა ისტორიულ პერიოდებში წარმოქმნილი ნარჩენებიდან როგორც მასშტაბით, ასევე თავისი შემადგენლობით (მაგ., სინთეზური ქიმიკატების ნარჩენები, რომელთა მეტაბოლიზმის უნარი უმეტეს ორგანიზმებს არ გააჩნიათ). ცხადია კაცობრიობის განვითარების მთელი ისტორიის მანძილზე ხდებოდა ეკოლოგიური დაბინძურება, მაგ., ნარჩენების ჩაღვრით მდინარეებში. მაგრამ მხოლოდ დღეს, ასეთი სახის დაბინძურებამ მიაღწია ისეთ მაჩვენებელს, რომელსაც შეუძლია გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფების გამოწვევა.

ნარჩენების წარმოქმნის დამატებითი და განსაკუთრებული კატალიზატორი ომი და საბრძოლო მოქმედებებია. მაგალითად, ზოგიერთი ექსპერტის აზრით, მეორე მსოფლიოს ომის შედეგების აღმოფხვრას მისი დასრულებიდან სულ ცოტა 200 წელი სჭირდება. ასეთი ნარჩენებია: ჩამირული გემები, ჩამოვარდნილი თვით-მფრინავები, აუფეთქებელი ბომბები, დანგრეული შენობებები, სახიფათო ნარჩენებით დაბინძურებული წყლები და ნიადაგები. ეს ნარჩენები თავისი შემადგენლობით მრავალფეროვანია – დაწყებული არადეგრადირებადი პლასტმასის ნარჩენებით დამთავრებული რადიოაქტიური ნივთიერებებით.

1. *სანიტარული ინჟინერია სამოქალაქო ინჟინერიის განხრავ, რომელიც დაკავშირებულია წყალმომარაგებასთან, საკანალიზაციო ნარჩენების მართვასთან და საზოგადოებრივი ჯანდაცვის სხვა მომსახურებასთან,*

2. *გარემოს დაცვის ინჟინერია გულისხმობს ინჟინერიაში ქიმიისა და ბიოლოგიური მეცნიერებების პროფესიული კომპეტენციებისა და სპეციალიზირებული ცოდნის გამოყენებას, რომლის მთავარი მიზანია ბუნებრივი რესურსების დაცვა ან გაუმჯობესება სუფთა და ჯანსაღი გარემოს შექმნის გზით,*

ევროსტატის ინფორმაციით³, 2010 წელს ევროკავშირის 27 ქვეყნის მიერ წარმოქმნილი საერთო ნარჩენები შეადგენდა 2, 57 მილიარდ ტონას, საიდანაც 94,5 მილიონი ტონა საბიფაო ნარჩენების კატეგორიას განეკუთვნება (ცხრილი 1). წინასწარი შეფასებით და ეკონომიკის განვითარების ტემპის გათვალისწინებით ევროკავშირის ქვეყნებში ნარჩენების რაოდენობა ყოველ წელიწადს საშუალოდ 1,5%-ით იზრდება. ამ გათვლებზე დაყრდნობით, ექსპერტები ვარაუდობენ, რომ 2020 წლისათვის ნარჩენების რაოდენობა ევროკავშირის ქვეყნებში 3.0 მილიარდ ტონამდე გაიზრდება.

		ევროპული საშუალოებიდან და მოსახლეობიდან წარმოქმნილი ნარჩენები (ათასი ტონა)	
	ევროკავშირი	სულ	აქედან საბიფაო ნარჩენები
		2 569 850	94 460
1	ბელგია	44256	1992
2	ბულგარეთი	165877	13542
3	ჩეხეთი	23758	1363
4	დანია	14033	1338
5	გერმანია	363545	19931
6	ესტონეთი	19000	8962
7	ირლანდია	19808	1972
8	საბერძნეთი	68644	253
9	ესპანეთი	137519	2991
10	საფრანგეთი	355081	11538
11	იტალია	179034	6655
12	კვიპროსი	2373	37
13	ლატვია	1495	67
14	ლიტვა	5583	110
15	ლუქსემბურგი	10440	379
16	უნგრეთი	15735	541
17	მალტა	1288	17
18	ნიდერლანდები	119142	4565
19	ავსტრია	34883	1473
20	პოლონეთი	159458	1492
21	პორტუგალია	38347	1625
22	რუმინეთი	218830	703
23	სლოვენია	5096	117
24	სლოვაკეთი	10545	437
25	ფინეთი	104337	2559
26	შვედეთი	117618	2515

		ეკონომიური საქმიანობიდან და მოსახლეობიდან წარმოქმნილი ნარჩენები (ათასი ტონა)	
	ეროკავშირი	სულ	აქედან სახიფათო ნარჩენები
27	გაერთიანებული სამეფო	334127	7285
28	ლიხტენშტეინი	62	2
29	ნორვეგია	9433	1763
30	ხორვატია	668	45
31	მაკედონია	2328	150
32	სერბია	33623	11145
33	თურქეთი	64764	1018

ცხრილი 1. ნარჩენების ნაკადების სტატისტიკა ეროკავშირის ქვეყნებში, 2010 წლის მონაცემები <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

2. საერთაშორისო ორგანიზაციები და რეგულაციები

მე-20 საუკუნის მიწურულს ცხადი გახდა, რომ მიღწეული ეკონომიკური განვითარების შენარჩუნება აუცილებლად გამოიწვევდა გარემოს შეუქცევად დაზიანებას და, რომ ამ პრობლემის მოგვარებისათვის საჭირო იყო გლობალური, ერთიანი მიდგომის შემუშავება და გადაუდებელი ქმედებების განხორციელება. სწორედ ამ პერიოდში მიაღწია კულმინაციას საერთაშორისო დისკუსიამ გარემოს დაბინძურების შემცირების თემაზე. განსაკუთრებულ როლს ამ მიმართულებით ასრულებს გაერთიანებული ერების ორგანიზაცია, გაერო (UN, 1942) და ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაცია, ეთგო (OECD, 1962)⁴. ეთგო მუშაობს გარემოს დაცვით, ეკონომიკურ და სოციალურ საკითხებზე და ცდილობს ხელი შეუწყოს მდგრადი განვითარების კონცეფციის ინსტიტუციალიზაციასა და ინტეგრაციას, როგორც განვითარებული, ასევე განვითარებადი ქვეყნების ეროვნულ პოლიტიკასა და სტრატეგიაში.

1972 წლის ივნისში, ქ. სტოკჰოლმში გაიმართა გაერთიანებული ერების გარემოს დაცვისა და განვითარების კონფერენცია (UNCED). ამ შეხვედრის დროს გარემოს განსაზღვრებამ ფართო ასპექტი მოიცვა, ყველა თანმდები პირობის, და განვითარებაზე მისი ზემოქმედების ჩათვლით. განსაკუთრებული აქცენტი გაკეთდა ბუნებრივი რესურსების გაუმჯობესებულ მართვასა და გამოყენებაზე, მათ შორის დაბინძურებისა და ნარჩენების აღკვეთასა და კონტროლზე. შეხვედრის ერთ-ერთი მთავარი მიღწევა ის იყო რომ შეიქმნა, გაერთიანებული ერების გარემოს დაცვითი პროგრამა (UNEP, 1972), რომელიც წარმოდგენს გარემოს დაცვით საკითხებზე პასუხისმგებელ გლობალურ პასუხისმგებელ ორგანოს. ამ ორგანომ უნდა უზრუნველყოს ისეთი საერთაშორისო შეთანხმებების განხორციელება, რომელშიც თანაბრად იქნება გათვალისწინებული

4. OECD - მუდმივმოქმედი ორგანოა, რომელიც ექვემდებარება გაერთიანებული ერების ვაჭრობისა და განვითარების ორგანიზაციას (UNCTAD)

როგორც მდიდარი, ასევე ღარიბი ქვეყნებისა და ერების ინტერესები და თანამონაწილეობა. ამ პროგრამის ფარგლებში სახელმწიფოებს შორის დაიდო არა ერთი საერთაშორისო ხელშეკრულება, რომელიც მიზნად ისახავს ერთობლივი ძალისხმევით გლობალურ დაბინძურებაზე კონტროლის განხორციელებას. ასეთი შეთანხმებები ხელს უწყობს სახიფათო ნარჩენების, საზღვართშორისო ჰაერისა და წყალსატევების დაბინძურების გავრცელების შემცირებას. მათ შორის აღსანიშნავია **ბაზელის კონვენცია (Basel Convention, 1989)⁵** კონვენცია ადგენს მხარე ქვეყნების იმპორტ-ექსპორტთან და ტრანზიტთან (ნარჩენების გადაზიდვის ჩათვლით) დაკავშირებულ წესებს. 2004 წელს **ეთგო-ს** მიერ განისაზღვრა ის ძირითადი რეკომენდაციები, რომლებიც ეხება ნარჩენების საზღვართშორის გადაადგილებას წევრი ქვეყნების ტერიტორიაზე და მათი ტერიტორიის გარეთ⁶.

აღსანიშნავია ევროკავშირის გარემოს დაცვის სამოქმედო პროგრამები (დაწყებული 1971 წლიდან), რომელთა მიზანია გააძლიეროს ევროპის ეკოლოგიური მდგრადობა და ხელი შეუწყოს ევროპაში მწვანე ეკონომიკის განვითარებას. ევროკავშირის გარემოს დაცვის მე-6 (2002 – 2012) და მე-7 სამოქმედო (2012 – 2020) პროგრამაში ნარჩენების მართვა ერთ-ერთი ძირითადი პრიორიტეტია⁷.

3. ნარჩენების მდგრადი მართვა

ბოლო ათწლეულების მანძილზე ნარჩენების გადამუშავების ტენდენციები დრამატულად შეიცვალა. 60-იან წლებამდე ძირითადი აქცენტები კეთდებოდა იმაზე, რომ მაქსიმალურად ყოფილიყო დაცული სანიტარული ნორმები. ნაგავი, უბრალოდ, გაჰქონდათ ნაგავსაყრელებზე, სხვადასხვა სახის ეპედემიების გავრცელების თავიდან აცილების მიზნით. 70-იან წლებში კი განვითარებულმა მსოფლიომ დაიწყო ნარჩენების მართვაზე ზრუნვა. დასაწყისში აქცენტი კეთდებოდა ისეთი ტექნოლოგიების განვითარებაზე, რომელიც უზრუნველყოფდა ნაგავსაყრელებზე გარემოს დაცვის პრობლემების მოგვარებას. მოგვიანებით კი დაიწყო რეციკლირების სტრატეგიის განვითარება სხვადასხვა სპეციფიკის მქონე ნარჩენებთან მიმართებაში: მინა, ქსოვილი, ქაღალდი, სამედიცინო ნარჩენები და სხვ. დღესდღეობით ნარჩენი, უმეტესწილად, განიხილება, როგორც მეორადი ნედლი მასალა, ხოლო „ნულოვანი ნარჩენისაკენ“ სწრაფვა ნარჩენების მართვის თანამედროვე სტრატეგიის მთავარი მახასიათებელია.

5. <http://www.basel.int>

6. Guidance Manual for the Implementation of the OECD Recommendation C(2004)100 on Environmentally Sound Management (ESM) of Waste (<http://www.oecd.org>)

7. <http://ec.europa.eu/environment/newprg/index.htm>

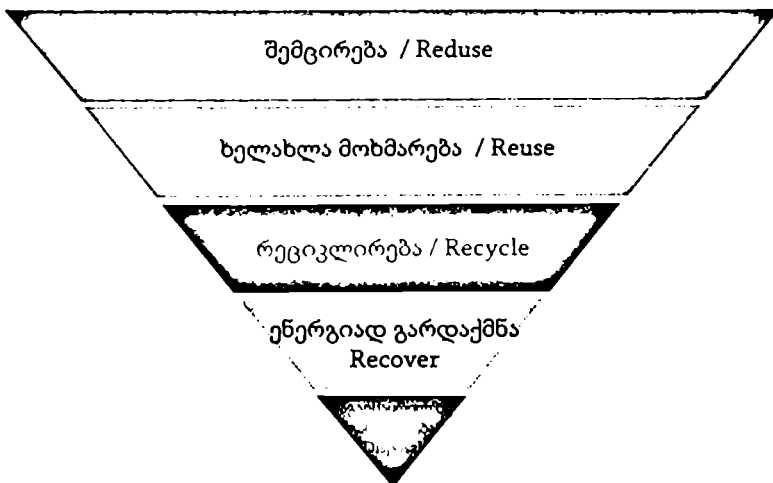
1992 წელს გაეროს რიო-დეჟანეიროს გაერთიანებული ერების გარემოსა დაცვასა და განვითარების კონფერენციაზე (UNCED) მიღებული დოკუმენტების მიხედვით ნარჩენები ასე განისაზღვრება: „ნივთიერება ან ობიექტი, რომლებიც განადგურებულია ან იგეგმება მათი განადგურება ან საკიროებს განადგურებას (ლიკვიდირებას) ეროვნული კანონმდებლობის შესაბამისად“.

ნარჩენების მდგრადი მართვა კი გულისხმობს: „ყველა იმ ზომის გატარებას, რომელიც უზრუნველყოფს ასეთი ნარჩენების საზიანო ზეგავლენის შემცირებას ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე“.

ევროკავშირის მიდგომა ნარჩენების მართვაზე ნარჩენების მართვის იერარქიის პრინციპს ეყრდნობა, რომლის ყველაზე პრიორიტეტულ მიმართულებად განიხილება ნარჩენების შემცირება წყაროში. ნარჩენების იერარქიის პრინციპის მთავარი ამოცანაა, ისეთი პირობების შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს, ერთი მხრივ, მაქსიმალური პრაქტიკული სარგებლის მიღებას და, მეორე მხრივ, გარემოსათვის მინიმალური ზიანის მიყენებას.

ნარჩენების იერარქიის ევროპული მოდელი 5 ძირითადი კომპონენტისაგან შედგება:

- ნარჩენების რაოდენობის „წყაროში“ შემცირება (Reduce) R
- მყარი ნარჩენების ხელახალი გამოყენება (Reuse) R
- რეციკლირება/გადამუშავება (მათ შორის კომპოსტირება) (Recycle) R
- ნარჩენებისაგან ენერგიის მიღება (waste to Energy, Energy Recovery)
- ნაგავსაყრელზე განთავსება (Disposal)



სურ. 1. ნარჩენების მართვის იერარქიის მოდელი

ნარჩენების მდგრადი მართვა წარმოადგენს რესურსების განახლებისა და მეორედ გამოყენების პრაქტიკას, რომელიც მიმართულია ზუნგრები რესურსების ხარჯვის შემცირებაზე ცნება ნარჩენების მართვა მოიცავს მთელ ციკლს ნარჩენის წარმოქმნიდან მის საბოლოო განთავსებამდე. მდგრადი მართვა განსაზღვრავს ნარჩენების შემცირების, შეგროვების, აღრიცხვის, ტრასპორტირებისა და საბოლოო განთავსების სტრატეგიას.

ნარჩენების შემცირება (Reduce) გულისხმობს ნაკლების ყიდვას და, შესაბამისად, ნაკლების მოხმარებას. ნარჩენების შემცირება არის პროცესი ან პოლიტიკა, რომლის დროსაც ხდება ცალკეულ ადამიანთა ან მთლიანად საზოგადოების მიერ წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობის შემცირება. სხვანაირად რომ ვთქვათ, თითოეულმა ჩვენგანმა უნდა შევიძინოთ ოპტიმალური რაოდენობის როგორც პროდუქტი, ასევე სხვა საქონელი, რითაც თავიდან ავიცილებთ ნარჩენების წარმოქმნას. ნარჩენების შემცირების გარდა, ამ პროცესში ასევე იგულისხმება მოხმარებული ენერგიისა და რესურსების შემცირებაც. ნარჩენების წყაროში შემცირება ავტომატურად გულისხმობს წარმოების მეთოდების გაუმჯობესებასა და ე.წ. მწვანე წარმოების განვითარებას (გარემოსადმი ნაკლებად მავნე).

ნარჩენების ხელახალი გამოყენება (Reuse) გულისხმობს უკვე მოხმარებული ნივთების მეორედ გამოყენებას. ეს შეიძლება იყოს ნივთების იმავე ან სხვა დანიშნულებით გამოყენება. საჭირო და კარგ მდგომარეობაში მყოფი ნივთების გაცვლა ან ხელახალი გამოყენება, მათი ტექნოლოგიური გადამუშავების გარეშე ზოგავს დროს, ფულს, ენერგიასა და რესურსებს. ხელახალი გამოყენების კლასიკური მაგალითებია: მინის ბოთლების ჩაბარება საწარმოში, სადაც მას ხელახლა იყენებენ პროდუქციის ჩამოსასხმელად, ავტომობილების და მათი ნაწილების ხელახალი გამოყენება, მეორადი ტანსაცმლით სარგებლობა და სხვა.

ნარჩენების რეციკლირება ანუ გადამუშავება (Recycle) ნარჩენების მართვის თანამედროვე ტექნოლოგიების მთავარი კომპონენტად ითვლება და გულისხმობს გამოყენებული ნივთის ან ნარჩენის ტექნოლოგიურ გადამუშავებას მსგავს ან სხვა პროდუქტად. ამ კომპონენტს უდიდესი ყურადღება ექცეოდა საერთაშორისო დონეზე ჯერ კიდევ, 3R-ის ინიციატივის⁸ დანერგვამდე. რეციკლირების შედეგად

8. ტერმინი - 3R შესაბამისი სამი სიტყვის (ანუ იმ სამი ქმედების, რომელიც ყველაზე მთავარია ნარჩენების მართვის პროცესში) პირველი ბგერების ერთობლიობას წარმოადგენს. ესენია: Reduce – შემცირება; Reuse – ხელახალი გამოყენება; Recycling– რეციკლირება ანუ გადამუშავება. 2006 წელს ქ.ტოკიოში გამართულ შეხვედრაზე მიიღეს რეზოლუცია, რომელიც შეხვედრაში მონაწილე ქვეყნების მთავრობებს (20-ზე მეტი სახელმწიფო) და დაინტერესებულ მხარეებს ავალდებულებს ხელი შეუწყონ 3R-ის ინიციატივის დანერგვას ადგილობრივ, რეგიონულ და ეროვნულ დონეზე, ასევე მის პოპულარიზაციას მსოფლიოში.

მცირდება ნედლი მასალის ან რესურსის მოხმარება, რაც, თავის მხრივ, ზოგავს ენერგიას, ამცირებს ჰაერის და წყლის დაბინძურებას (ნაგავსაყრელებიდან) და ა.შ. დღეისათვის ფართოდ მოხმარებული ნივთების უმეტესობა გადამუშავებას ექვემდებარება. ამავე კატეგორიაში შედის **კომპოსტირება**, რომელიც წარმოადგენს ორგანული ნარჩენების ბუნებრივი გადამუშავების (რეციკლირების) პროცესს.

ნარჩენების გარდაქმნა ენერგიად (Energy Recovery) ნარჩენების იერარქიის მეოთხე კომპონენტია და გულისხმობს სპეციალური ტექნოლოგიებით ნარჩენების თერმულ დამუშავებას/დაწვას, რომლის დროსაც წარმოიქმნება სასარგებლო ენერგია. დღეისათვის მიჩნეულია, რომ ნარჩენების გარდაქმნა ენერგიად ნარჩენების მართვის ინტეგრირებული მეთოდის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია, თუმცა გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით, ის მაინც ნაკლებად სასურველ კომპონენტად ითვლება. ნარჩენების ენერგიად გარდაქმნის საუკეთესო მაგალითია ნაგავსაყრელებიდან გამომუშავებული ენერგია, რომელიც დასახლებული პუნქტების ცენტრალური გათბობისათვის და ელექტრო - ენერგიის მისაღებად შეიძლება გამოვიყენოთ. მსგავსი ქმედებები რეგულირდება შესაბამისი კანონით. უნდა აღინიშნოს რომ, ბევრ ქვეყანაში ნარჩენების თერმული დამუშავება ან დაწვა კანონით იკრძალება, თუკი ამის შედეგად არ გამომუშავდება სასარგებლო ენერგია.

ნარჩენების განთავსებას ნაგავსაყრელზე (Disposal/landfilling) ნარჩენების იერარქიის მეხუთე კომპონენტია და გულისხმობს ნარჩენების კანონიერ და კონტროლირებად განთავსებას მიწის ზედაპირზე.

სამწუხაროდ, 3R-ის ინიციატივის წარმატებით შესრულების დროსაც კი რჩება ისეთი ნარჩენები, რომლებსაც ვერც გადავამუშავებთ და ვერც ხელახლა გამოვიყენებთ. ხშირ შემთხვევაში, ხდება ნარჩენების დამარხვა, რაც არასწორი ტექნოლოგიების შემთხვევაში მნიშვნელოვან საფრთხეს უქმნის გარემოს და ადამიანთა ჯანმრთელობას. გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით უსაფრთხო ნაგავსაყრელის მოწყობა დიდ ხარჯებთან არის დაკავშირებული.

ზოგადად, მიჩნეულია, რომ ნაგავსაყრელებზე მხოლოდ იმ სახის ნარჩენი უნდა განთავსდეს რომლის გადამუშავება არანაირი სახით არ არის შესაძლებელი. ნაგავსაყრელზე უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ნარჩენების გრძელვადიანი და საიმედო დაცვა. მისი ოპერირება მკაცრად უნდა კონტროლდებოდეს შესაბამისი კანონმდებლობის ფარგლებში.

2003 წელს ევროკავშირში მიღებულია სპეციალური კანონი, რომელიც ევროკავშირის ქვეყნების მოქალაქეებს ავალდებულებს დაახარისხონ კონკრეტული 7 სახის ნარჩენი და გააგზავნონ ისინი შესაბამის ადგილებში რეციკლირებისთვის. ეს მასალებია: ალუმინი, მუყაო, მინა, ქაღალდი, პლასტმასი, ფოლადი, ხის ნაკეთობა. ძალიან მნიშვნელოვანია, ის რომ ევროკავშირი განსაკუთრებულ ყურადღებას

უთმობს ნარჩენების მართვის მონიტორინგს პროცესის ყველა ეტაპზე. მაგალითად, მიღებულია დირექტივები, რომლებიც კრძალავს ზოგიერთი სახის ნარჩენის ნაგავსაყრელზე განთავსებას (მაგ. – საბურავების). გარდა ამისა არსებობს დაწესებული ზღვარი ნაგავის საწვავი ღუმელებიდან გამოფრქვეული, გარემოსათვის და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიხათო ემისიების კონცენტრაციებისათვის (NO_2 , SO_2 , HCl);

საზოგადოდ, ნარჩენების მართვაში ჩართულია მრავალი მონაწილე, მათ შორის, სამთავრობო (საკანონმდებლო და აღმასრულებელი) და სამოქალაქო სექტორი. გარემოს დაცვითი ორგანიზაციები ნარჩენების მართვაში მუდმივი მეთვალყურის ფუნქციას ასრულებენ და ამდენად მათი როლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია. ნარჩენების მართვის სტრუქტურა და მონაწილეთა ფუნქციების გადანაწილება ყველა შემთხვევისათვის სპეციფიკურია, და დამოკიდებულია ქვეყანაში არსებულ სოციოეკონომიკურ, ქცევით, კულტურულ, ინსტიტუციონალურ და პოლიტიკურ პირობებსა და ფაქტორებზე;

4. მწვანე ინჟინერია და ნარჩენების მართვის მდგრადი დიზაინის ასპექტები

მეოცე საუკუნის მიწურულს ცხადი გახდა, რომ ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად სულ უფრო მეტად იზრდებოდა ნარჩენების მართვის აუცილებლობა. და, ისე როგორც ზემოთ აღნიშნეთ, მსოფლიო თანამეგობრობა შეთანხმდა, რომ ამ პრობლემის იდეალური გადაწყვეტა ნარჩენების წყაროშივე შემცირებაა, რაც ნარჩენების მდგრადი მართვის საფუძველია.

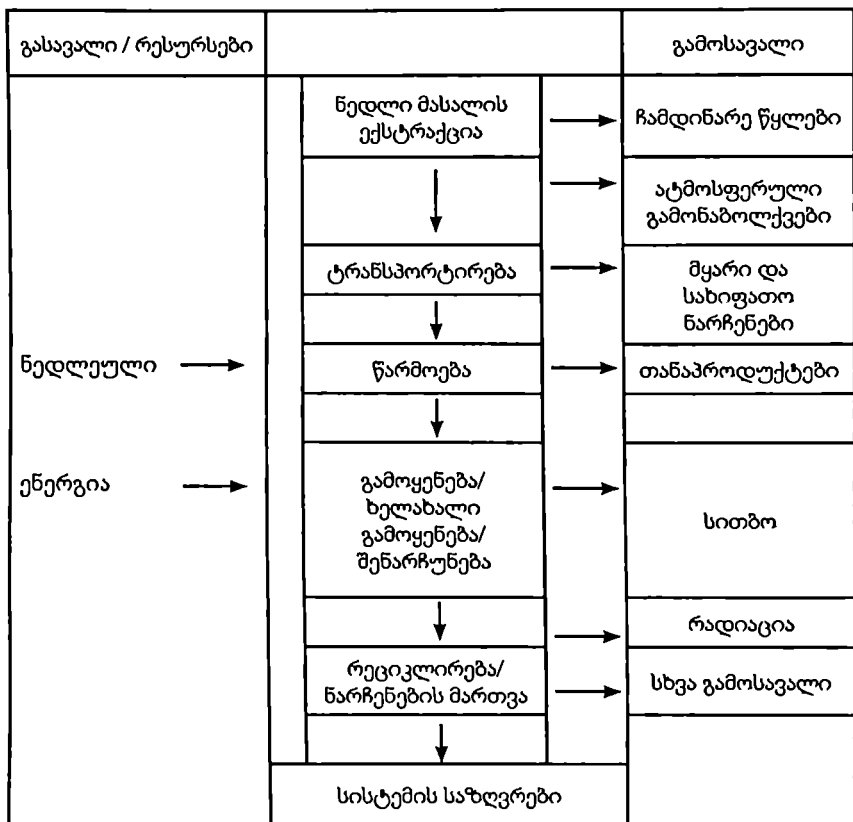
მწვანე ინჟინერია გულისხმობს გარემოსადმი ნაკლებად მავნე მიდგომების, ღირებულებებისა და პრინციპების გამოყენებას, რომელიც ფუნდამენტურ მეცნიერებასთან, თანამედროვე ტექნოლოგიებთან და საინჟინრო პრაქტიკასთან ერთობლიობაში მიმართულია ადგილობრივი და გლობალური გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებისაკენ; მწვანე ინჟინერიისა და მდგრადი მართვის მიდგომა განიხილავს პროდუქტის სიცოცხლის ციკლს ისეთი სახით, რომ იგი თანაბრად სარგებლიანი იყოს პიროვნების, საზოგადოების და გარემოსათვის. ამ მიდგომების გამოყენებით შესაძლებელია ნარჩენების მოცულობისა და მასის შემცირება, წარმოების, გამოყენებისა და ნარჩენების ტრადიციული მეთოდების ჩანაცვლების გზით.

ის ნარჩენების მართვის პროცესი იწყება არა ნარჩენების წარმოქმნის, არამედ საწყისი პროდუქტის წარმოების მომენტიდან. საუკეთესო შემთხვევაში, სრულად უნდა იქნეს გააზრებული პროდუქტის სასიცოცხლო ციკლი, იმისათვის, რომ ყველა ეტაპზე შესაძლებელი იყოს

მწვანე ინჟინერიის მიდგომის რეალიზაცია. ამავე დროს, ბოლომდე უნდა იყოს გათვალისწინებული ყველა შესაძლო თანმდებელი ეფექტი, რომელიც ახალი მიდგომის რეალიზაციას მოჰყვება. მაგალითად, ნაგავსაყრელების ჩანაცვლებამ საწვავი ღუმელით შესაძლოა უფრო მეტად დააბინძუროს გარემო მძიმე მეტალებითა და დიოქსინებით, ვიდრე ნაგავსაყრელიდან გამოჟონილმა ჩამდინარე წყლებმა. სხვა მაგალითია – ორგანული გამხსნელების (მაგალითად, ნავთობის დისტილატების) ჩანაცვლება წყალში ხსნადი ნივთიერებებით, რაც გარემოს დაბინძურების შემცირების თვალსაზრისით ერთ-ერთ საუკეთესო გადაწყვეტილებად ითვლება. ამავე დროს, ასეთი მიდგომა, შესაძლოა ზოგიერთ შემთხვევაში უფრო საზიანო იყოს გარემოსათვის, რამდენადაც ზოგიერთი ტოქსიური ნივთიერება, ისეთი როგორიც არის მძიმე მეტალები, ადვილად იხსნება წყალში და, შესაბამისად წყალთან ერთად ადვილად მიაღწევს მცენარებმდე. მწვანე ინჟინერიის მიდგომების გამოყენების დროს არანაკლებ მნიშვნელოვანია ეკონომიკური დანახარჯების სწორად გათვლა. როდესაც ამა თუ იმ პროდუქტის ნარჩენების მართვის სხვადასხვა ოპცია იხილება, გათვლილი უნდა იყოს ყველა დანახარჯი – დაწყებული საწყისი პროდუქტის წარმოებიდან დამთავრებული მისი ნარჩენების დამუშავებით.

4.1. სიცოცხლის ციკლის შეფასება

პროდუქტის სიცოცხლის ციკლის შეფასება ნარჩენების სწორი და მდგრადი მართვის აუცილებელი წინაპირობაა. სიცოცხლის ციკლის შეფასება კომლექსური პროცესია და იგი შესაძლოა ვარირებდეს ყველა საჭირო დანახარჯის და მიღებული შედეგის (მასალა, ენერგია) საგულდაგულოდ შესწავლის პროცესიდან დროსა და სივრცეში მრავლაგანზომილებიან ანალიზამდე. ასეთი რთული ანალიზის მაგალითი შეიძლება იყოს სათბურის გაზების კუმულატიური ეფექტის შესწავლა, ან გენმოდირეცირებული მიკრობების გარემოზე ზეგავლენის შესწავლა დროის ხანგრძლივ პერიოდში. ყველა შემთხვევაში, სიცოცხლის ციკლის ეტაპები უნდა ემორჩილებოდეს კონსერვაციის კანონს, და დაცული უნდა იყოს მასისა და ენერგიის ბალანსი.



სურ. 2. სიცოცხლის ციკლის პროცესები კონსერვაციის კანონისა და მასის/ ენერგიის ბალანსის კრილში

სიცოცხლის ციკლის შეფასება 4 ძირითადი ეტაპისაგან შედგება:

1. **მიზნის განსაზღვრა და საზღვრების დადგენა:** პროდუქტის, პროცესის ან აქტივობის განსაზღვრა და აღწერა. კოტექსტის დადგენა, რომლის ფარგლებშიც უნდა მოხდეს შეფასება. იმ გარემოსდაცვითი ეფექტებისა და საზღვრების განსაზღვრა, რომელთა შესწავლაც საჭიროა ამ კონკრეტულ სიტუაციაში.
2. **მარაგის (დანახარჯისა და გამოსავლის) ანალიზი:** ენერგიის, წყლის და მასალის გამოყენებისა და გარემოში გამოსული პროდუქტის განსაზღვრა და რაოდენობრივი ანალიზი (მაგ., ატმოსფერული გამონაბოლქვები, მყარი ნარჩენი, და ჩამდინარე წყლები).

3. **ზეგავლენის შეფასება:** მარაგის ანალიზის დროს განსაზღვრული ენერგიის, წყლის და მასალის გამოყენებისა და გარემოში გამოსული პროდუქტის პოტენციური ზეგავლენის შეფასება ადამიანზე და ეკოლოგიაზე.
4. **ინტერპრეტაცია:** მარაგის ანალიზისა და ზეგავლენის შეფასების შედეგების ანალიზი იმისათვის, რომ მოხდეს მიზანში განსაზღვრული შესაფერისი პროდუქტის, პროცესის ან მომსახურების შერჩევა ისე, რომ მინიმუმამდე იყოს დაყვანილი დანახარჯი და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება.

4.2. სარგებლის/დანახარჯის შეფასება.

ძალიან მნიშვნელოვანია დანახარჯებისა და სარგებლის შედარებითი ანალიზის გაკეთება, რათა სწორად შეირჩეს ნარჩენების მართვის ტექნოლოგია.

ასეთი სახის ანალიზის დროს ორი ძირითადი პრინციპი უნდა იყოს გათვალისწინებული:

1. საგნის ან მოქმედების ღირებულება განისაზღვრება მისი სარგებლიანობით.
2. ძალისხმევა უნდა იყოს მიმართული მაქსიმალური სარგებლიანობისაკენ მაქსიმალური რაოდენობით სამიზნე ობიექტებზე (გარემო, ადამიანი).

მარტივად რომ ვთქვათ, იმისათვის, რომ განსაზღვროთ ამა თუ იმ ტექნოლოგიის ღირებულება, უნდა შევაჯამოთ ყველა სახის სარგებელი და შეუფარდოთ დანახარჯების ჯამს. თუ თანაფარდობის კოეფიციენტი 1-ზე მეტია, ეს ნიშნავს რომ სარგებელი დანახარჯზე მეტია. ამავე დროს ოპტიმალური სქემის შერჩევის მიზნით გათვალისწინებული უნდა იყოს ის რისკ ფაქტორები, რაც ამა თუ იმ ტექნოლოგიის გამოყენებას სდევს თან.

წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელოში აღწერილი სხვადასხვა სახის ნარჩენები დიდი ნაწილის შემცირება და ელიმინაციაც კი შეიძლება ე.წ. მწვანე მიდგომების გამოყენებით. მწვანე მიდგომა ნაწილობრივ პროდუქტის დიზაინის ეტაპზე შესაძლოა რეალიზდეს და იგი ფუნდამენტური მეცნიერების პრინციპებს ეყრდნობა. ასეთი მიდგომა შეიძლება აისახოს მომხმარებლის ცნობიერების გაზრდაში პროდუქტის იმ ნარჩენების ზიანის შესახებ, რომელიც შესაძლოა თავიდან იქნეს აცილებული სწორი გადაწყვეტილების მიღების შემთხვევაში.

1. საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ზრდის ფაქტორები და მართვის პრობლემები

საყოფაცხოვრებო (მუნიციპალური/კომუნალური) მყარი ნარჩენები ეწოდება ნარჩენებს, რომლებიც გროვდება ადგილობრივი მმართველობების სახელით. საჯარო ან კერძო კომპანიების მიერ, და იგი შედგება ნარჩენებისაგან, რომელიც გროვდება მოსახლეობაში, კომერციულ დაწესებულებებში და მცირე ბიზნესის საწარმოებში, სხვადასხვა ოფისსა და ინსტიტუციაში (სკოლები, საავადმყოფოები, სამთავრობო დაწესებულებები). ამ ნარჩენებში შედის, აგრეთვე ქუჩის ნაგავი, ცარიელი ბოთლები, პარკები და ა.შ.

სხვადასხვა ქვეყანაში მუნიციპალური ნარჩენების შემადგენლობა განსხვავებულად განისაზღვრება. ზოგიერთ განვითარებად ქვეყანაში ინდუსტრიული ნარჩენები და საკანალიზაციო ნარჩენები, ასევე შედის კომუნალურ ნარჩენებში და, შესაბამისად, საერთო ნაგავსაყრელზე გროვდება. ზოგიერთ განვითარებულ ქვეყანაში მშენებლობისა და დემონტაჟის ნარჩენებიც მუნიციპალურ ნარჩენებში შედის. ინგლისში, კომერციული დაწესებულებიდან წარმოქმნილი ნარჩენები, რომლებიც თავისი შემადგენლობით ჰგავს საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს, არ შედის საყოფაცხოვრებო ნარჩენების კატეგორიაში.

კომუნალური ნარჩენების მართვა მოიცავს რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებულ კომპონენტს და მისი ეფექტური განხორციელება მხოლოდ მათი კოორდინირებული მართვითაა შესაძლებელი, ეს კომპონენტებია: ნარჩენების წარმოქმნა, ნარჩენების შემადგენლობა, შეგროვება, რეციკლირება, წინასწარი გადამუშავება, გადამუშავება და საბოლოო განადგურება.

საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ზრდა, პირველ რიგში, დაკავშირებულია მსოფლიოში ურბანიზაციის ზრდის ტენდენციასთან, უფრო მეტიც, ნარჩენების ზრდის ტემპი უფრო მაღალია, ვიდრე ურბანიზაციის ზრდის ტემპი, რასაც მსოფლიო ბანკის მიერ მოყვანილი შემდეგი სტატისტიკური მონაცემები⁹ ადასტურებს: 10 წლის წინ მსოფლიოში ურბანულ დასახლებაში მცხოვრები 2,9 მილიარდი ადამიანი, დღეში წარმოქმნიდა 0,64 კგ ნაგავს (1,3 მილიარდი ტონა წელიწადში). დღესდღეობით, ქალაქში და ქალაქის ტიპის დასახლებების მაცხოვრებელთა რაოდენობამ 3 მილიარდს მიაღწია, თუმცა დღეში ერთი ადამიანი წარმოქმნის უკვე 1,2 კგ ნარჩენს. მსოფლიო ბანკის პროგნოზის მიხედვით 2025 წლისათვის მთელ მსოფლიოში მაცხოვრებლების რიცხვი გაიზრდება 4,3 მილიარდამდე, ხოლო წარმოქმნილი ნარჩენები გაუტოლდება 1.42 კგ/კაც/დღეს. (2,2 მილიარდი ტონა წელიწადში).

9. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*

<http://web.worldbank.org/>

საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ზრდის სხვა მიზეზებს შორისაა: მოხმარებული საგნების გაზრდილი რაოდენობა და მრავალფეროვნება, შესაფუთი მასალისა და ერთჯერადი გამოყენების საგნების გაზრდილი რაოდენობა. ნარჩენების მოცულობა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორებიცაა: ოჯახის საშუალო შემოსავალი, სეზონი, დასახლების ტიპი, არსებული ნარჩენების შემადგენელი სისტემა და სიხშირე, მოხმარების მოდელი და არსებული სოციალურ-ეკონომიკური პრაქტიკა. ასე მაგალითად, რაც უფრო მაღალია ეკონომიკური დონე, მით უფრო მაღალია ნარჩენების მოცულობა.

მიუხედავად იმისა, რომ საყოფაცხოვრებო (კომუნალური, მუნიციპალური) ნარჩენები საერთო ნარჩენების შედარებით მცირე პროცენტს წარმოადგენს, მათი შეგროვება და გადამუშავება ერთ-ერთი ყველაზე ფართოდ გავრცელებული პრობლემაა. ამის მთავარი მიზეზი კი ის არის, რომ რეალურად, საყოფაცხოვრებო ნარჩენები მეტად მრავალფეროვანია და ნარჩენების სხვადასხვა სახეობას მოიცავს, რომლებიც სხვადასხვა სახის გადამუშავებას ექვემდებარება: (რეციკლირება, წვა, კომპოსტირება და სხვა).

საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის ძირითად პრობლემებს შორისაა :

- ნარჩენების შეგროვების არაადეკვატური სისტემა
- რეციკლირების დაბალი წილი
- გადამუშავების დაბალი ხარისხი ან საერთოდ მისი არ არსებობა
- არაკონტროლირებადი განადგურება
- არაადეკვატური ტექნოლოგია
- ჯანდაცვის რისკის გაუცნობიერება

ეს პრობლემები განსაკუთრებით მწვავედ დგას დაბალი და საშუალო შემოსავლების ქვეყნებში, სადაც დიდია არაკონტროლირებადი მიგრაციის დონე და დაუგეგმავია ურბანიზაციის პროცესი. ამავე დროს, არაადეკვატური ინფრასტრუქტურის პრობლემში სწრაფი ინდუსტრილიზაციაც პრობლემაა. პოპულაციის სწრაფი ზრდა, ასევე წარმოადგენს რისკს დაავადებების არაკონტოლირებადი ზრდის ფაქტორის გამო.

ნარჩენების შემადგენლობა

მუნიციპალური ნარჩენები ყველა ქვეყანაში და ქალაქში განსხვავებული შემადგენლობისაა და დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე (გარემო, მოსახლეობა, ინდუსტრია, სეზონი). ჩვეულებრივ საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში დომინირებს საკვების ნარჩენები. ამავე დროს განვითარებად ქვეყნებში ორგანული ნარჩენები დომინირებს, მაშინ როცა მეტალი, შუშა და პლასტმასი უფრო მეტია განვითარებულ ქვეყნებში.

ნარჩენების სახეობა	აშშ (%)	დიდი ბრიტანეთი (%)
ქაღალდი და მუყაო	31	23
საკვები	13	18
ბადის/ეზოს ნარჩენები	13	14
პლასტმასი	12	10
მეტალი	8	4
ტექსტილი	8	3
ხე	7	4
შუმბა	5	7
სხვა	3	17

ცხრილი 1. მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შემადგენლობა

2. ნარჩენების შეგროვება და ტრანსპორტირება

ნარჩენების მართვის ერთი-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტია მისი შეგროვება და ტრანსპორტირება, რაც საერთო დანახარჯების ძირითად ნაწილს შეადგენს.

იმისათვის, რომ ნარჩენების შეგროვება მაქსიმალურად ეფექტურად და მინიმალური დანახარჯებით მოხდეს, საჭიროა შეგროვებისა და ტრანსპორტირების ყველა შემადგენლის სწორად შეფასება და გათვლა, მათ შორის:

- ნაგავსაყრელის, რეციკლირების ცენტრების, ნაგავსაწვავების მდებარეობა (დასახლებიდან მოცილებით, მაგრამ ადვილად მისასვლელი);
ნარჩენების შემგროვებელი მანქანების დეპოს მდებარეობა (ახლოს ნაგავსაყრელთან);
დარაიონება (დიდი რაიონის მცირე რაიონებად ოპტილამურად დაყოფა);
შეგროვების პუნქტების განსაზღვრა (მოსახლეობის რაოდენობის, სოციალურ ეკონომიკური ფაქტორების, გეოგრაფიული მდებარეობის, ფართობის და ა.შ. გათვალისწინებით);
ნარჩენების შეგროვების მანქანების მარშრუტების შედგენა და გრაფიკი (შეგროვების წერტილებს შორის მანძილის და საჭირო დროის, გზების სპეციფიკაციის, მოძრაობის დასაშვები სიჩქარის, ნარჩენების წონის და მოცულობის, ჩატვირთვისა და გადმოტვირთვისათვის საჭირო დროის და ა.შ. გათვალისწინებით);



<http://www.alke.com/electric-garbage-truck.html>

სურ.1 თანამედროვე ნაგვის შემგროვებელი ელექტრომანქანები

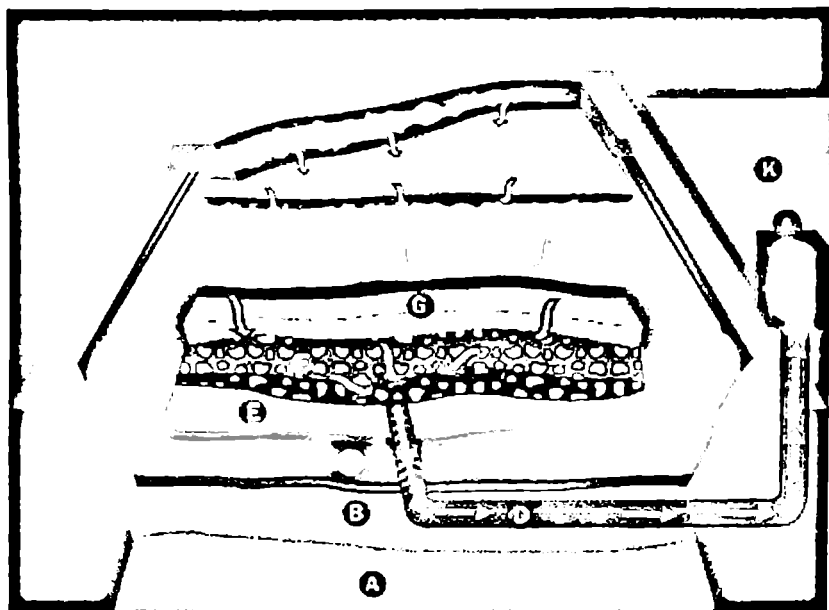
3. ნარჩენების გადამუშავების სახეები:

ნარჩენების მართვის სტრატეგია დამოკიდებულია 3 ძირითად ფაქტორზე: **მოცულობა, შემადგენლობა და ფინანსები**. განვითარებულ ქვეყნებში ძვირად ღირებული მაღალი ტექნოლოგიებია დანერგილი, მაგალითად – წვა და პიროლიზისი, მაშინ როცა განვითარებადი ქვეყნების უმეტესობა ისევ ღია ტიპის ნაგავსაყრელებს და ბუნებრივ ხრამებს იყენებს, **(პირველი დონე)**. ასეთი ნაგავსაყრელები რომლებიც არ კონტროლირდება და, შესაბამისად, ნარჩენებიდან ჩამდინარე წყლები აბინძურებს ნიადაგს და წყალს.

3.1. ნაგავსაყრელები

გარდამავალ ეტაპზე მყოფ ქვეყნებში (ბრაზილია, მალაიზია, ბოლივია, პერუ და მექსიკა) გეომემბრანებით¹⁰ და ფენებად (საკნებად) აშენებული დახურული ტიპის ნაგავსაყრელები **(მე-2 დონე)** დომინირებს. ხოლო **მე-3 და მე-4 დონის** თანამედროვე ნაგავსაყრელები, კი უფრო მეტად განვითარებულ ქვეყნებში პრევალირებს, სადაც ხდება ნარჩენებიდან წარმოქმნილი გაზის შეგროვება, გადამუშავება და გამოყენება.

10. ძირში დაგებული დამცავი შრეების სისტემა, რომლის საშუალებითაც ხდება ნარჩენებიდან გამომდინარე წყლების განვალკვება გრუნტის წყლებისაგან



სურ.2. მყარი ნარჩენების თანამედროვე ნაგავსაყრელის სტრუქტურის ჭრილი. ისრებით ნაჩვენებია გამდინარე წყლების მიმართულება

<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/landfill6.htm>

ნაგავსაყრელის ნაწილები

A - მიწისქვეშა წყლები	G - სადრენაჟო ფენა
B - დაპრესილი თიხა	H - მიწის ფენა
C - პლასტმასის საფენი	I - ძველი საკნები
D - ჩამდინარე წყლის შემგროვებელი მილი	J- ახალი საკნები
E - მყარი სინთეტიკური ნაჭრის საფენი	K - გამდინარე წყლების შემგროვებელი ტბორი
F - ზრეში	

როგორც სურათზეა ნაჩვენები, ნაგავსაყრელი შემდეგი ძირითადი ნაწილებისაგან შედგება:

- **ძირში დაგებული დამცავი შრეების სისტემა**, რომლის საშუალებითაც ხდება ნარჩენების და მისგან მომდინარე წყლების განცალკევება გრუნტის წყლებისაგან;
- **საკნები (ძველი და ახალი)**, სადაც ხდება ნარჩენების შენახვა;
- **წვიმის წყლის სადრენაჟო სისტემა**, სადაც ხდება ნაგავსაყრელზე ჩამოსული წყლის შეგროვება;
- **ჩამდინარე წყლების შემავსებელი სისტემა**, სადაც ხდება თვითონ ნარჩენებში გასული დაბინძურებული წყლის შეგროვება (ჩამდინარე წყლები);
- **მეთანის შეგროვების სისტემა**, რომლის საშუალებითაც ხდება ნაგავის ლპობის შედეგად წარმოქმნილი მეთანის შეგროვება;
- **სახურავი ან საფარი**, რომლითაც დაფარულია ნაგავსაყრელის წვერი.

თანამედროვე ნაგავსაყრელების დადებითი და უარყოფითი მხარეები :

თანამედროვე ტიპის ნაგავსაყრელებზე ნარჩენები გროვდება მიწაზე, და იფარება მიწით (ყოველ დღე დაახლოებით 15 სმ მიწის ფენით), შესაბამისად, ჰაერის დაბინძურება და მავნე მწერების გამრავლების საშიშროება პრაქტიკულად არ არის.

თუმცა მიუხედავად ამისა, მაინც არის გარკვეული სახის რისკ-ფაქტორები, რომელთა გათვალისწინების გარეშე, რთული იქნება გარემოსა თუ ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის უზრუნველყოფა, მათ შორის:

- **ჩამდინარე წყლების¹¹ წარმოქმნა და გრუნტის წყლების დაბინძურება.**

ნარჩენებში არსებული სხვადასხვა სახის დამაბინძურებელი ქიმიური ნივთიერება შესაძლოა გაიხსნას ჩამდინარე წყლებში და, შესაბამისად, დაბინძუროს იგი. ნაგავსაყრელზე წარმოქმნილი გამდინარე წყალი შესაძლოა დაბინძურებული იყოს რკინით, ტყვიით, ვერცხლისწყლით. თუთიით და სხვა ლითონებით, რომლებიც შერეულია საღებავებთან, პესტიციდებთან, საგაზეთო მელანთან და ა.შ. ამ დამაბინძურებლების წყარო შესაძლოა იყოს კონსერვები, გაზეთები, ძველი ბატარეები, ელექტროგაყვანილობის მავთულები და ა.შ.

- **მეთანის წარმოქმნა.** ნაგავსაყრელზე მოხვედრილი ნარჩენების 2/3 ორგანული წარმოშობისაა, რომლებიც ჩამარხულ პირობებში განიცდიან ანაერობულ დაშლას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ე.წ. ბიოგაზი¹², რომელიც 50-60% -ით მეთანით არის წარმოდგენილი. ბიოგაზი ძალზე ადვილად აალებადი გაზია, იგი შეიძლება დაგროვდეს ნაგავსაყრელის

11. წყალს, რომელიც დაბინძურებულია სხვადასხვა დამაბინძურებელით ეწოდება ჩამდინარე წყალი.

12. ბიოგაზის შემადგენლობა - 50-60%მეთანი, 25-30% CO₂, და 10-20% აზოტი, წყალბადი

დრმა ფენებში, გაუონოს ნიადაგისა და ქანების ჰორიზონტალურ შრეებში და შესაძლოა შეაღწიოს შენობების საძირკველსაც კი. შედეგად, დიდია აფეთქების რისკი. ამას გარდა, მეთანის გაზი სპობს რა მცენარეთა ფესვთა სისტემას, ანადგურებს მცენარეულ საფარს, და შესაბამისად ზრდის ეროზიის საშიშროებას. ამიტომ, როგორც დაკეტილი, ასევე ფუნქციონირებადი ნაგავსაყრელი, მუდმივად საჭიროებს შესაბამისი მონიტორინგის წარმოებას. ნაგავსაყრელზე წარმოქმნილი ბიოგაზის გამოყენება სხვადასხვა მიზნისათვის ამ პრობლემის კიდევ ერთი გადაწყვეტაა. (იხ. ქვევით: ნარჩენის გარდაქმნა ენერგიად).

- **არასრული გადამუშავება.** პლასტმასის ნარჩენების გადამუშავება ვერ ხდება მიკრობების საშუალებით. პრობლემის გადაწყვეტის გზა ასეთი ნარჩენის წყაროში შემცირებაა. მაგალითად, სინთეზური საკვების შესაფუთი მასალა შესაძლოა ჩანაცვლდეს ბიოდეგრადირებადი პოლიმერებისაგან დამზადებული შესაფუთი მასალით, ბიოპლასტმასით. ბიოპლასტმასი მზადდება სიმინდის სახამებლისაგან, ცელულოზასაგან, რძე მჟავისაგან და სოიოს ცილისაგან. შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ნავთობის ფრაქციებისაგან დამზადებული პლასტმასიც, თუმცა ეს დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული ნავთობის მაღალი ფასის გამო. ამჟამად კომერციულ წარმოებაშია სიმინდისაგან დამზადებული პოლიჰიდროქსალკანოატი და პოლილაქტატის მჟავა. რომელთა წარმოება კიდევ უფრო ძვირი ჯდება. ასეთ მასალას ძირითადად იყენებენ ორგანული საკვების (ბიოპროდუქტების) მწარმოებელი კომპანიები.

კვლევებმა აჩვენა, რომ ბიოდეგრადირებადი პროდუქტი, მაგალითად, გაზეთი, ხის მასალა, და ა.შ., რომელიც წესით ადვილად უნდა იშლებოდეს, ნაგავსაყრელზე ძალიან ნელა იშლება. ხანდახან ამ პროცესს ათეულობით წლები სჭირდება. ეს გამოწვეულია ნაგავსაყრელში დეკომპოზიციისათვის საჭირო რაოდენობით ტენის არ არსებობით, თუმცა, მეორე მხრივ, წყლის დიდი რაოდენობა წარმოქმნის ქიმიური დამაბინძურებლებით დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების რისკს.

რეკომენდაციები, რომლებსაც იძლევა გარემოს დაცვის სააგენტო (აშშ)¹³

- ყოფილ ნაგავსაყრელზე არავითარ შემთხვევაში არ შეიძლება რაიმე სახის ნაგებობის აშენება, მაშინაც კი, როდესაც ნაგავსაყრელზე რეკრეაციული ზონა შენდება, აუცილებელია მისი მუდმივი მონიტორინგი;
ნაგავსაყრელი აუცილებლად უნდა აშენდეს ამაღლებულ, გეოლოგიურად სტაბილურ ადგილას და დაცელებული უნდა იყოს აეროპორტისაგან (ნაგავსაყრელზე საკვების მამიებელი ფრინველების თვითმფრინავებთან შესაძლო შეჯახების საფრთხის გამო);
- სასურველია, რომ ნაგავსაყრელი აშენდეს პირამიდის ფორმის,

13. www.epa.gov

რათა მოხდეს წყლის ინფილტრაციისა და ჩამდინარე წყლების რაოდენობის მინიმიზაცია;

აუცილებელია, რომ ნაგავსაყრელის გარშემო დამონტაჟდეს გრუნტის წყლების დაბინძურების დონის საკონტროლო მონიტორინგის კები;

სასურველია, რომ შესაძლებლობის ფარგლებში მოხდეს ნარჩენის წყაროს შემცირება¹⁴ მაგალითად შესაძლებელია - ნივთების წონის შემცირება (აშშ-ში მეტალის კონსერვების წონა დაახლოებით 60%-ით შემცირდა, ვიდრე ეს იყო 10-15 წლის წინ, ერთჯერადი საფენების წონა კი 50%-ით შემცირდა ქალაქის მასალის, აბსორბენტული გელის ჩანაცვლების ხარჯზე).

3.2. გადამუშავება/რეციკლირება

საყოფაცხოვრებო ნარჩენების 75% (აშშ) ექვემდებარება გადამუშავებას. არსებობს რეციკლირების ორი დონე: პირველადი და მეორადი. პირველადი გადამუშავების დროს მიიღება ორიგინალი(საწყისი) მასალა/ნივთი მაგალითად, გაზეთების გადამუშავებით მიღებული მასალიდან ისევ გაზეთების გამოცემა. ხოლო მეორადი გადამუშავების შედეგად მიიღება რაიმე სახის ახალი პროდუქტი, რომელიც შესაძლოა ექვემდებარებოდეს შემდგომ გადამუშავებას. (გაზეთების ნარჩენებიდან მუყაოს ყუთების წარმოება).

რეციკლირების დადებითი მხარეები:

ენერგიისა და რესურსების დაზოგვა. 1 ტონა მეტალის ქილების გადამუშავებით, იზოგება – 1,25 ტონა რკინის საბადოს მასალა, 0,5 ტონა ქვანახშირი და 5,4 BTU¹⁵ ენერგია. 1 ტონა გადამუშავებული ქაღალდით იზოგება 17 ხე, 26 329 ლიტრი წყალი, 1752, 64 ლიტრი ნავთობი, და 4000 კილოვატ/საათი ენერგია.¹⁶

14. აშშ-სგარემოს დაცვის სააგენტოს განმარტებით: წყაროს შემცირება გულისხმობს საქონლის დიზაინის, წარმოების, ყიდვის ან გამოყენების ისეთ პრაქტიკას, რომელიც უზრუნველყოფს წარმოებული ნარჩენების რაოდენობისა და/ან ტოქსიურობის შემცირებას; (www.epa.gov)

15. BTU - ბრიტანული თერმული ერთეული (1 BTU = 0,253 კკალ)

16. აშშ-ში ყოველწლიურად 1 მლნ. ტონა მუნიციპალური ნარჩენი მუშავდება. 40 000 ტონა მეტალი რეციკლირდება და 570 000 მეგავატ/საათში ელექტროენერგია გენერირდება (რაც საკმარისია 65 000 სახლისათვის).

დაბინძურების შემცირება. ხის მერქნიდან ქაღალდის პირველად წარმოებასთან შედარებით, მაკულატორის გადამუშავება საჭიროებს 64%-ით ნაკლებ ენერგიას. ამავე დროს, მაკულატურის გადამუშავების შემთხვევაში ჰაერის დაბინძურება ნახშიროვანგის, მეთანის, და სხვა მავნე გაზებით მცირდება 74%-ით, ხოლო წყლის დაბინძურება კი 35%-ით.

ცხრილი 2. სხვადასხვა ნარჩენის რეციკლირების მაგალითები:

საწყისი პროდუქტი /ნარჩენი	საბოლოო პროდუქტი
ქაღალდი და მუყაო (47% გამოსავალი)	ქაღალდი, მუყაო, ცელულოზის იზოლაცია, კომპოსტი
შუმის ბოთლები (28% გამოსავალი)	ახალი ბოთლები, steklovalakno, ასფალტი – მაგისტრალური გზებისათვის
ზოგიერთი სახის პლასტმასის (12% გამოსავალი)	ხალიჩის ბოჭკოები, საირიგაციო სადრენაჟო მილები, სამშენებლო მასალი, პლასტმასის ფურცლები
მეტალი: ალუმინის ქილები (39% გამოსავალი)	ალუმინი, რომლის გადამუშავების შემთხვევაში ხდება 90% ენერგიის დაზოგვა, მისი საბადოდან მოპოვებასთან შედარებით.
ეზოს ნაგავი (ფოთლები, ბალახი, ხის გადაჭრილი ტოტები და ა.შ)	კომპოსტი, ჰუმუსი – საბოლოო პროდუქტი
ტესქტილი (17% გამოსავალი)	შეიძლება დაქუცმაცდეს და გამოყენებული იქნას რეციკლირებული ქაღალდის პროდუქტების გასამაგრებლად.
ძველი საბურავები (35% გამოსავალი)	დანამატი მაგისტრალური გზის ასფალტში

3.3. კომპოსტირება

კომპოსტირება ბიოლოგიური ორგანული ნარჩენების რეციკლირების ბუნებრივი პროცესია. კომპოსტის სამი სახე განიხილება – ე.წ. ეზოსა და სამზარეულოს/ნარჩენების კომპოსტი, ვერმიკომპოსტი¹⁷, და ეზოს ბალახის კომპოსტი (<http://www.recycleworks.org/compost/index.html>).

17. **ვერმიკომპოსტი** - ჭიკვლის ჰუმუსი, ბოსტნეულის ან საკვების ნარჩენების (გარდა ხორცის, რძის პროდუქტების, ცხიმების) კომპოსტირების პროცესის შედეგად მიღებული საბოლოო პროდუქტი.

ბიოლოგიური ნარჩენების კომპოსტირება გულისხმობს ყველა სახის საკვების, ფოთლების და სხვა ე. წ. „მწვანე“ ნარჩენებისაგან ეკოლოგიურად სუფთა და ეფექტური სასუქის მიღებას. აღსანიშნავია, რომ ხორცის, რძის პროდუქტებისა და მაღალიცხიმიანი საკვების ნარჩენების (მაიონეზი, მცენარეული ზეთი) კომპოსტირების პროცესი ძალიან ნელა მიდის. სწორედ ამიტომ მყარ საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში არსებული საკვების დიდი რაოდენობა ხელს უშლის მათ ხარისხობრივ წვას. ამდენად, ოპტიმალურ ვარიანტად განიხილება საკვები ნარჩენების განცალკევება სხვა ნარჩენებისაგან. შესაბამისად, უნდა მოხდეს მყარი ნარჩენების გატანის ორგანიზება. კომპოსტირების საბოლოო პროდუქტია კომპოსტი, რომელიც მზადდება სპეციალურად მოწყობილ თხრილებში. კომპოსტი დიდი წარმატებით გამოიყენება ნიადაგის გასანაყოფიერებლად საბაღე და სასოფლო მეურნეობებში.

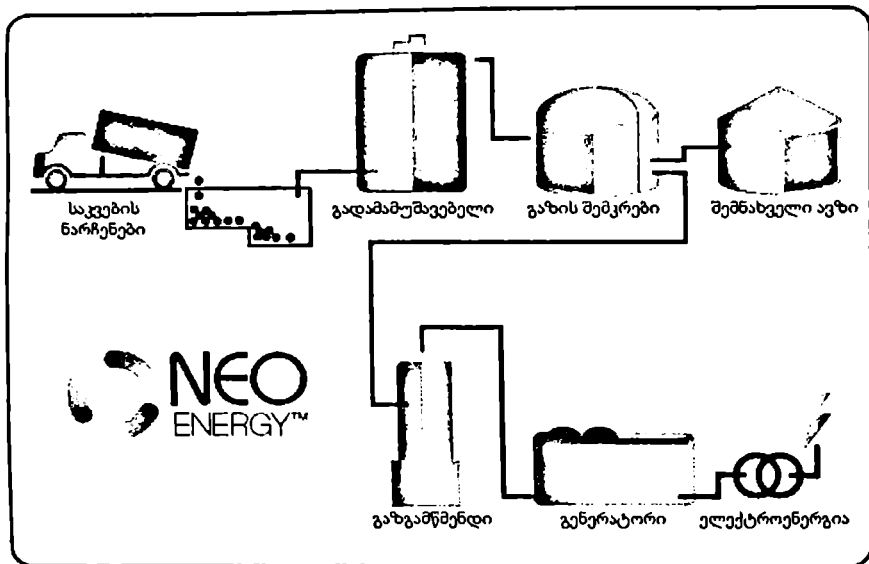


სურ. 3. კომპოსტის გროვის მოწყობა

სურ. 4. ვერმიკომპოსტი

3.4. ნარჩენების გარდაქმნა ენერგიად - ბიოგაზის მიღება ნაგავსაყრელიდან

კომუნალური ნარჩენების მართვის ერთ-ერთი საუკეთესო გადაწყვეტილებაა ნარჩენებისაგან ენერგიის მიღება. ნაგავსაყრელიდან ბიოგაზის მიღება ანაერობულ პირობებში ხდება და შემდეგი ძირითადი ეტაპებისაგან შედგება: 1. ნარჩენების გადარჩევა - არაორგანული ნარჩენების მოცილება. 2. ნარევის შეთბობა არასასარგებლო ბაქტერიების მოცილებისათვის და შემდეგ ეტაპზე ანაერობული ბაქტერიებისათვის ოპტიმალური პირობების უზრუნველყოფისათვის. 3. ორგანული ნარჩენის განთავსება ბიორეაქტორში, სადაც მიმდინარეობს ბიოგაზისა და ბიომასის წარმოქმნა 4. ბიოგაზის გაფილტვრა გაზგამწმენდში მავნე (არასაკირო) გაზების მოსაცილებად 5. გაზის მიწოდება გენერატორისათვის და ელექტროენერგიის წარმოქმნა 6. ბიომასის გამოშრობა მექანიკურად და მისი გადაზიდვა.



სურ. 5. ბიოგაზის წარმოების პროცესის ძირითადი ეტაპები ნაგავსაყრელებზე
<http://refuelingthefuture.yolasite.com/biogas.php>

ბიოგაზის წარმოების დადებითი მხარეები

- **მაღალი ენერგეტიკული გამოსავალი.** აშშ –ში ფუნქციონირებს დაახლოებით 450 ასეთი ბიოგაზის დანადგარი. 2008 წელს ნაგავსაყრელიდან წარმოქმნილი ბიოგაზიდან სულ აშშ–ში გენერირდა 11 მილიარდი კვტ/სთ ელექტროენერგია და 2.2 მლნ. კუბური მეტრი გაზი. ეს ენერგია საკმარისი იყო 1.4 მლნ სახლის გასათბობად და ელექტროენერგიის მისაწოდებლად; ნარჩენებიდან ატმოსფეროში სათბურის გაზების გამოსავალის შემცირება; ბიოგაზის გამოყენების ხარჯზე ნავთობისა და ქვანახშირის გამოყენების შემცირება, რომლებიც სერიოზული დამაბინძურებლები არიან; ბიოგაზის თანაპროდუქტი ორგანული სასუქი – ბიომასა, რომელიც გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში

3.5. ნარჩენების გარდაქმნა ენერგიად: ნაგვის დაწვა სპეციალურ ღუმელებში (Waste to Energy – WTE)

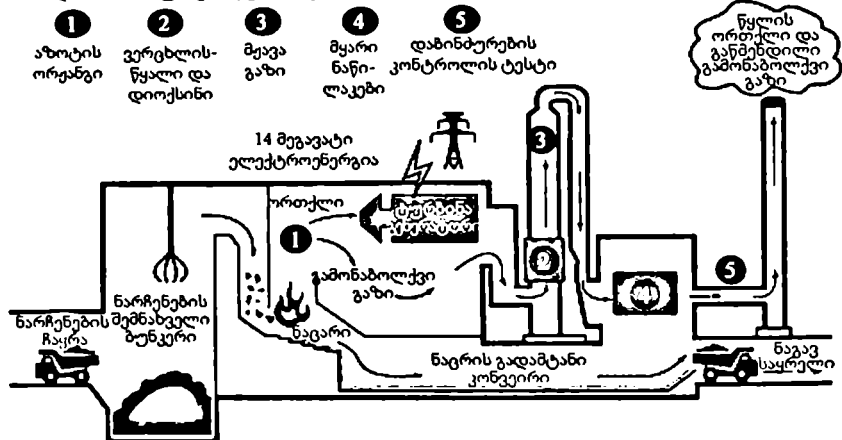
ნარჩენების დაწვა სპეციალურ ღუმელებში ენერგიის მიღების კიდევ ერთი და მნიშვნელოვანი გზაა. 2012 წლის მონაცემებით სულ აშშ-ში 89 ასეთი ღუმელი მუშაობს, სადაც ხდება საერთო მუნიციპალური ნარჩენების 12, 6 %-ის დაწვა.

ნარჩენების წვის პროცესის ძირითადი ეტაპები გამოსახულია ქვემოთ, სურათზე 6:

1. შემოსული ნარჩენები მოწმდება იმისათვის, რომ მოცილდეს ის ნაწილი, რომელიც ექვემდებარება რეციკლირებას;
2. ნარჩენები კონვეირების, საშუალებით გადადის დამაქუცმაცებლებში, სადაც ხდება ნარჩენების მცირე ნაწილაკებად დაქუცმაცება;
3. ძლიერი მაგნიტების საშუალებით ხდება ნარჩენებიდან ფერადი მეტალების გამოტანა მათი შემდგომი რეციკლირებისათვის;
4. ნარჩენები ჩადის ბოილერებში, სადაც მსუბუქი ფრაქციები იწვება სუსპენზიაში, ხოლო მძიმე ნარჩენები კი იწვება მოძრავ ცხაურზე;
5. ბოილერის კედლებზე გამდინარე წყალი წარმოქმნის ორთქლს, რომლის საშუალებითაც ხდება ტურბინებში ელექტროენერგიის გენერირება;
6. ბოილერის ძირში დაღეჭილი ნაცარი გადადის გადამამუშავებელ საწარმოში, სადაც შესაძლოა მოხდეს ნარჩენების შემდგომი სეპარაცია და ზოგიერთი მეტალის აღდგენა: თითბერის, ალუმინის, სპილენძის, რკინის, ოქროს და ა.შ.
7. წვის შედეგად გამოყოფილი გაზები გადის სპეციალურ აბსორბერში, სადაც ხდება მათი ნეიტრალიზაცია (მაგალითად გოგირდის ორჟანგის). შემდეგ გაზები გადიან ელექტრო-სტატიკურ პრეციპიტატორებში, სადაც ხდება მათი მათში შერეული მყარი ნაწილაკების მოცილება.
8. ჰაერში არსებული ფერფლისა და ძირში დაღეჭილი ნაცრის ნარჩენები გადაიტანება სპეციალურ ნაგავსაყრელებზე.

ნარჩენებიდან ენერგიის წარმოქმნის დიაგრამა

დაბინძურების კონტროლის სისტემა
დამაბინძურებლების გაუვნებელყოფა



წყარო: ecomaine

ტიპური ქარხანა, რომელიც აწარმოებს 500-600 კვტ. სი ენერგიას ყოველი ერთი ტონა ნარჩენიდან. <http://www.window.state.tx.us/specialrp/energy/renewable/municipal.php>

სურ. 6. თანამედროვე ღუმელებში ნარჩენებისაგან ენერგიის მიღების პროცესი

ნარჩენების წვის უპირატესობა:

- წვის შემთხვევაში ნარჩენების წონა მცირდება 70% -ით, ხოლო მოცულობა კი 90%-ით. შესაბამისად, მცირდება ნაგავსაყრელის დატვირთულობა;
წვისას შესაძლებელია ტოქსიური და საფრთხის შემცველი პროდუქტების შეგროვება და კონტროლი. ასეთი პროდუქტები კონცენტრირდება ფერფლის/ნაცრის ორ ნაკადში:
 - ა) ჰაერში არსებული ფერფლი, რომლის შეგროვება ხდება ჰაერის დაბინძურების მაკონტროლებელი აღჭურვილობის საშუალებით და, რომელიც შემდეგ მარტივად გადაიტანება ნაგავსაყრელზე.
 - ბ) ნარჩენი ნაცარი, რომელიც გროვდება ბოილერის ძირში და, რომელიც შესაძლოა გამოყენებული იქნეს გზების მშენებლობისას და ბეტონის ბლოკების წარმოებისას.

თანამედროვე ნარჩენების საწვავი ღუმელების უმეტესობა ნარჩენებს გარდაქმნის ენერგიად (Waste to Energy – WTE). ასეთი ღუმელები აღჭურვილია გამონაბოლქვის მაკონტროლებელი თანამედროვე ტექნოლოგიებით. სულ შტატებში გამოიმუშავდება წლიურად 2.7 მეგავატი ელექტროენერგია, რაც საკმარისია 2,3 მილიონი სახლის გასანათებლად;

ღუმელები ბევრ შემთხვევაში აღჭურვილია ნაგვის სეპერაციის ტექნოლოგიებით, რაც შესაძლებელს ხდის წყაროს აღდგენას, ნარჩენების წვამდე და ზოგიერთ შემთხვევაში წვის შემდეგაც.

ნარჩენების წვის ხარვეზები:

- წვას თან ახლავს ჰაერის დაბინძურება (დიოქსინი, ვერცხლისწყალი) და საშინელი სუნი. თუმცა თანამედროვე ღუმელები აღჭურვილია ტექნოლოგიებით, რომლითაც მცირდება ამ ემისიების რაოდენობა. ხოლო სუნის პრობლემის მოგვარების საუკეთესო გზად ისევ რჩება ასეთი ქარხნების იზოლირება დასახლებული პუნქტებიდან; ნარჩენების საწვავი ღუმელების აშენება საკმაოდ ძვირია; წვის შედეგად მიღებული ნაგარი ხშირად მძიმე მეტალებს შეიცავს, და მათი გადატანა უნდა მოხდეს უსაფრთხო ნაგავსაყრელებზე; მიუხედავად იმისა, რომ წვის შედეგად შესაძლოა ელექტროენერგიის გამოიმუშავება, მას, თავის მხრივ, ენერგიას სჭირდება დამატებითი მასალა და ენერგია, თუ არ ხდება რეციკლირება და აღდგენა.

4. ნარჩენების მართვა და კლიმატის ცვლილება

მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენებიდან და ნარჩენი წყლებიდან წარმოქმნილი სათბურის გაზები ატმოსფეროში გაბნეული სათბურის გაზების (GHG – green house gases) საერთო რაოდენობის 3%-ს შეადგენს. სათბურის გაზების შემადგენლობაში შედის: ნახშირორჟანგი CO₂, მეთანი CH₄, აზოტის ოქსიდი N₂O და სხვა. ხოლო ნაგავსაყრელებიდან წარმოქმნილი სათბურის გაზები ნარჩენების სეგმენტიდან წარმოქმნილი გამონაბოლქვების 90%-ს შეადგენს. ამდენად, სათბურის ეფექტის შემცირების ერთ-ერთი გზა სწორედ ნაგავსაყრელებიდან წარმოქმნილი სათბურის გაზების შემცირებაა. განვითარებად ქვეყნებში 1-ლი დონის ღია ნაგავსაყრელზე განთავსებული ნარჩენებიდან წარმოქმნილი გაზი არაკონტროირებლად გარემოში ხვდება და მისი გაფრქვევა პირდაპირ ხდება ატმოსფეროში. ნაგავსაყრელიდან სათბურის გაზების შემცირების მიმართულებით სხვადასხვა ღონისძიების გატარებაა რეკომენდირებული, მათ შორის: რეციკლირების წილის გაზრდა, გამონაბოლქვების კონტროლის გაუმჯობესება, ნარჩენების ენერგიად გამოყენება და თვითონ ნარჩენების წყაროში შემცირება.

5. ნარჩენების მართვის თანამედროვე ტენდენციები

ცხადია, რომ მყარი ნარჩენების მართვის საუკეთესო გადაწყვეტილებაა წყაროს შემცირება და რეციკლირება. განვითარებული მსოფლიო სწორედ ამ მიმართულებით ავითარებს ტექნოლოგიებს. ევროკავშირის მიერ შემუშავებული გარემოს დაცვის მე-7 სამოქმედო გეგმა ითვალისწინებს 2020 წლისათვის ქაღალდის, მეტალის, შუშის და სხვა მსგავსი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების საერთო რაოდენობის შემცირებას 50%-ით, ხოლო არასახიფათო სამშენებლო და დემონტაჟის ნარჩენების საერთო რაოდენობის შემცირებას 70%-ით. ნარჩენების მართვაში იაპონიასთან ერთად შვედეთი ერთ-ერთ ლიდერად ითვლება მსოფლიოში. ამ ქვეყანაში კომუნალური ნარჩენების 97% გადამუშავდება და მხოლოდ 3% მიდის განსაკუთრებულად დაცულ ნაგავსაყრელებზე. შვედეთის ოფიციალური სტატისტიკის მიხედვით, ქვეყანაში მყარი ნარჩენების რაოდენობა ყოველწლიურად დაახლოებით 3-4%-ით იზრდება. მიუხედავად ამისა, ნაგავსაყრელებზე განთავსებული ნარჩენების რაოდენობა ყოველწლიურად მცირდება. მაგ. 2008 წელს 2007 წელთან შედარებით ნარჩენების რაოდენობა შემცირდა 24%-ით.

ნარჩენების მართვის პრობლემების გადაწყვეტის გავრცელებული გზაა ისეთი პროექტების განხორციელება, რომლებიც ხელს უწყობენ ნარჩენების წყაროში შემცირებას და რეციკლირებას. განვითარებული ქვეყნების მთავრობები დიდ ძალისხმევას ხარჯავენ მოსახლეობისა და ბიზნესის მოტივირებისათვის სხვადასხვა მეთოდისა და პროგრამის საშუალებით. ამის მაგალითია, ნარჩენების გადამუშავების ბიზნესის წახალისება იაფი, გრძელვადიანი კრედიტების, საგადასახადო შეღავათებისა და სხვა ფინანსური საშუალებებით. ამის გარდა, ტარდება ისეთი ღონისძიებები, როგორიცაა მაგალითად, სხვადასხვა სახის სუბსიდიების გამოყოფა, საგანმანათლებლო პროგრამების განხორციელება, რომლებიც მიზნად ისახავენ საზოგადოების ცნობიერების ამაღლებას ნარჩენების უსაფრთხო მართვის საკითხებზე და სხვა. ქვემოთ ჩამოთვლილია აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ განხორციელებული პროექტები:

1. WasteWise Programs - მოხალისეთა თანამშრომლობის პროგრამები, რომელთა ფარგლებშიც ადგილობრივ მთავრობას, სკოლებს და სხვადასხვა კორპორაციას საშუალება ეძლევათ განახორციელონ მყარი ნარჩენების შემცირების ადგილობრივი პროგრამები, რომელსაც აფინანსებს და მხარს უჭერს აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტო.

2. PAYT- *PAYT/Pay As YouThrow* - ე.წ. „გადაყარე- გადაიხადე“ პროგრამა, რომელიც აწესებს გაზრდილ მოსაკრებელს და საჯარიმო სანქციებს დაუხარისხებელი ნარჩენების გატანასა და განთავსებაზე.

3. *EPR-Extended Producer Responsibility*, მწარმოებლის გაზრდილი პასუხისმგებლობის პროგრამა, რომელიც გულისხმობს მწარმოებლის პასუხისმგებლობის ზრდას პროდუქტის შემდგომი გამოყენების პერიოდში. პროგრამა ითვალისწინებს მწარმოებლისათვის მძლავრი მოტივაციის შექმნას პროდუქციის ისეთი სახეცვლილებისათვის, რომელიც საჭიროებს უფრო მცირე რაოდენობის ნედლეული მასალის დანახარჯს და შეიცავს გადამუშავების გაზრდილ პოტენციალს;

4. *Landfill Taxes* - ნაგავსაყრელის გადასახადების პროგრამა, რომელიც გულისხმობს მოსახლეობისა და მუნიციპალიტეტებისათვის ნაგავსაყრელის დამატებითი გადასახადის შემოღებას, რაც თავისთავად ნაგავსაყრელების მოვლას ხმარდება, ხოლო ნარჩენების წარმომქმნელთათვის ერთგვარი მოტივაციაა ნარჩენების შემცირებისათვის.

1. ქაღალდის ნარჩენები და მისი გადამუშავება

ქაღალდი ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული რეციკლირებადი მასალაა. მიუხედავად იმისა, რომ ხის მასალისაგან ქაღალდის წარმოების ისტორია ძველი ჩინეთიდან იწყება, მხოლოდ მე-18 საუკუნის ბოლოს გაჩნდა ხის მასალისაგან ქაღალდის წარმოების რეალური საჭიროება, მას შემდეგ რაც გაჩნდა ამ დრომდე მოხმარებული ქსოვილოვანი ნედლი მასალის დეფიციტის პრობლემა (ბამბა, აბრეშუმი, კანაფი). მე-19 საუკუნის ბოლოს გაჩნდა ტექნოლოგიები, რომლებიც იძლეოდა ხის მასალიდან ქაღალდის წარმოების საშუალებას. მე-20 საუკუნეში კი უკვე დაიწყო ქაღალდის რეციკლირების პროცესი, რაც, ერთი მხრივ, მწვანე ნარჩენების გადარჩენის და, მეორე მხრივ, ნაგავსაყრელებზე ადგილის ეკონომიის ეფექტური გზაა. 2010 წლის მონაცემებით აშშ-ში მოხმარებული ქაღალდის 60% -ის რეციკლირება ხდება 500-მდე გადამამუშავებელ ქარხანაში.

ქაღალდის რეციკლირება ქაღალდის სიცოცხლის ციკლის სხვადასხვა ეტაპზე მიმდინარეობს და, შესაბამისად, განსხვავებულია ნარჩენის შემადგენლობა:

- **მოხმარების შემდგომი რეციკლირებული ბოჭკო (post consumer recycled fiber).** ასეთი სახის ნარჩენი ერთ-ერთი ყველაზე დაბინძურებული და ძნელად შესაგროვებელი ნარჩენია, რამდენადაც საჭიროა მისი სეპარაცია სხვა საყოფაცხოვრებო ნარჩენებისაგან;

- **მომხმარებელამდე წარმოქმნილი რეციკლირებული ბოჭკო (pre-consumer recycled fiber).** ქაღალდი, რომლის რეციკლირება ხდება ქაღალდის სხვადასხვა საქონლის წარმოების დროს (მაგალითად, კონვერტების). ასეთი სახის ნარჩენები შედარებით სუფთა წყაროა ქაღალდის შემდგომი წარმოებისათვის;

- **ქაღალდის უზარისხო ნარჩენი (broke).** ქაღალდის წარმოების დროს წარმოქმნილი უზარისხო ნარჩენები, რომელთა სპეციფიკაცია და მახასიათებლები არ შეესაბამება ძირითადი წარმოების პროდუქტის ხარისხს.

ქაღალდის რეციკლირების პროცესი რამდენიმე ეტაპისაგან შედგება¹⁸:

1. **სორტირება.** სორტირება გულისხმობს სუფთა ნარჩენების შეგროვებას, ისე რომ ნარჩენებიდან მოცილებული იქნეს საკვები, პლასტიკი, მეტალი და სხვა დამაბინძურებლები. იმ შემთხვევაში, თუ არ ხერხდება ასეთი სახის სეპარაცია, მაშინ უნდა მოხდეს ასეთი ნარჩენების კომპოსტირება, დაწვა ან ნაგავსაყრელზე განთავსება. თუმცა, ხშირად გასუფთავებული ქაღალდიც შეიგავს ისეთი სახის დამაბინძურებლებს, რომელთა მოცილება ხდება უკვე გადამამუშავებელ ქარხნებში. ქაღალდის სორტირება ქაღალდის კლასის ან ტიპის მიხედვით ხორციელდება¹⁹.

18. <http://www.tappi.org/paperu/welcome.htm>

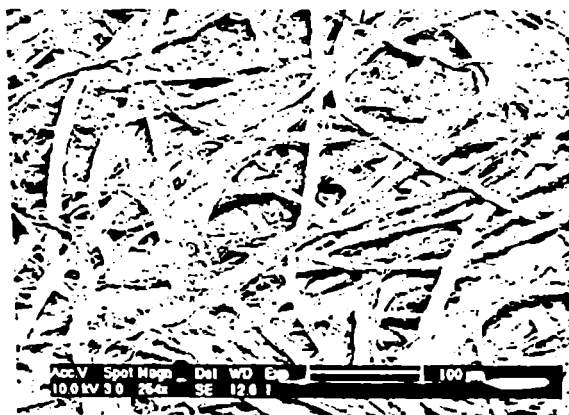
19. European List of Standard Grades of Recovered Paper and Board. Source: confederation of European Paper Industries, Brussels, 2002)

2. **შეგროვება, ტრანსპორტირება, და შენახვა.** ქაღალდის შეგროვება ხდება ადგილობრივ გადამამუშავებელ ცენტრებში, სადაც ხდება შეგროვებული ქაღალდის მჭიდრო გროვებად დაპრესვა და გადატანა გადამამუშავებელ ქარხნებში. ქარხანაში ჩამოტვირთული ქაღალდის გროვები ინახება საწყობებში კლასების მიხედვით, რამდენადაც სხვადასხვა კლასის ქაღალდისგან სხვადასხვა სახის რეციკლირებული მასალა მზადდება.
3. **რეპულბირება და სკრინინგი.** ქაღალდის მასა სპეციალური კონვეირით ჩადის ე.წ. პულპერში, რომელიც შეიცავს წყალს და ქიმიურ ნივთიერებებს. პულპერში ხდება ქაღალდის დანაწევრება მცირე ნაწილებად. ეს პროცესი მიმდინარეობს მაღალ ტემპერატურაზე, რაც ხელს უწყობს ქაღალდის ცელულოზად დაშლას. ამის შემდეგ, მიღებული მასალა გადის სკრინინგს სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ხვრელებიან ცხაურში, რომელშიც ხდება ქაღალდის მასისაგან პლასტმასისა და წებოს მოცილება.
4. **გასუფთავება.** გასუთავება გულისხმობს კონუსის ფორმის ცილინდრში ქაღალდის მასის გასუფთავებას. მძიმე დამაბინძურებლები, როგორებიცაა, მაგალითად, მეტალის სამაგრები, ვარდება კონუსის გარეთ და ხვდება ცილინდრის ძირში, უფრო მსუბუქი დამაბინძურებლები კი ხვდება კონუსის ცენტრში, საიდანაც შემდგომში ხდება მათი მოცილება.
5. **მელნის მოცილება.** მელნის მცირე ნაწილაკები გამოირეცხება წყლის საშუალებით, ხოლო მსხვილი ნაწილაკები და წებოს ნარჩენების მოცილება კი ხდება ჰაერის ბუმტუკების საშუალებით. ამ პროცესს ფლოტაცია ეწოდება. ფლოტაციის დროს მასა ხვდება ე.წ. ფლოტაციის საკანში, სადაც ხდება ჰაერისა და საპნის ან სხვა სახის აქტიური ნივთიერებების მიწოდება, რის შედეგადაც მელანი და წებო, ცილდება ქაღალდს და ჰაერის ბუმტუკებთან ერთად იწყებს ნარევის ზედაპირზე ტივტივს. წარმოიქმნება ე.წ. ქაფი, რომლის ქვეშაც მოქცეულია სუფთა მასა.
6. **რაფინირება, გაუფერულება და საღებავის მოცილება.** რაფინირების დროს ხდება ბოჭკოების დაცილება ერთმანეთისგან, და სხვადასხვა ქიმიკატით საღებავის მოცილება. საჭიროების შემთხვევაში, დამატებით ხდება ქაღალდის მასალის გამოთეთრება წყალბადის ზეჟანგით, ქლორის ორჟანგით ან ჟანგბადით. თუ გადამამუშავებული ქაღალდი ინდუსტრიაში გამოსაყენებლად არის გამიზნული, მაშინ ცხადია, მისი შემდგომი გამოთეთრება არ არის საჭირო.

7. **ქაღალდის წარმოება.** ამის შემდეგ, გასუფთავებული მასა მზად არის ქაღალდის საწარმოებლად. რეციკლირებული ბოჭკო შესაძლოა გამოყენებული იქნეს ცალკე ან შეერიოს ახალ ნედლ ხის ბოჭკოს, რათა მოხდეს მისი ხარისხის გაუმჯობესება სიმტკიცისა და ზედაპირის სიგლუვის თვალსაზრისით. ამ დროს ხდება მასის შერევა წყალთან და ქიმიურ ნივთიერებებთან. შემდეგ ნარევი შედის დიდი ზომის მეტალის კონტეინერში, და ხდება მისი დასხმა მოძრავ ცხაურზე. ცხაურიდან ხდება წყლის გამოდინება, რეციკლირებული ბოჭკოები ეჭიდებიან ერთმანეთს და წარმოქმნიან წყლიან ფურცლებს. ეს ფურცლები შემდეგ გადადიან პრესებში, სადაც ხდება წყლის გამოწურვა და საბოლოო გამოშრობა. საჭიროების შემთხვევაში, ხდება ქაღალდის ზედაპირის დამუშავება, გაპრიალება (მაგალითად, თუ იგი გამიზნულია საბეჭდი მიზნებისათვის). დაბოლოს, გამზადებული ქაღალდი იხვევა რულონებად, რომელიც უკვე მზად არის შესაბამის საწარმოში შემდგომი ტრანსპორტირებისათვის, იმისათვის, რომ მიიღოს საბოლოო საქონლის ფორმა.

ქაღალდის რეციკლირების პროდუქტებია: ქაღალდის ნაწარმი (სხვადასხვა სახის), საიზოლაციო მასალა, კვერცხის ჩასადები მუყაო, ქოთნები ნარგავებისათვის, ეთანოლი, ქაღალდი - როგორც დამხმარე საწვავი საშუალება,

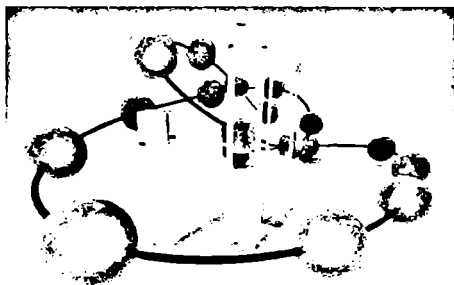
ქაღალდის რეციკლირება შესაძლებელია მაქსიმუმ 5-7 ჯერ, ამის შემდეგ ბოჭკოები ძალიან მოკლდება, შეჭიდულობის ხარისხი ძალიან მცირდება ისე, რომ მისგან ახალი ქაღალდის მიღება პრაქტიკულად შეუძლებელი ხდება.



სურ. 1. სუფთა ქაღალდის სტრუქტურა მიკროსკოპის ქვეშ
(<http://33bits.org/page/2/>)

2. შუმის ნარჩენები

მსოფლიოში წარმოებული შუმის მასის 80-85% მოიხმარება საკვებისა და სასმელის კონტეინერების სახით, ფარმაცევტულ ინდუსტრიაში, და სამშენებლო და საავტომობილო ინდუსტრიაში. დანარჩენი 15% მოიხმარება მაღალი ღირებულების ტექნიკურ და სამომხმარებლო პროდუქტებზე. ამავე დროს, შუმის რეციკლირება, ძირითადად, მოდის კონტეინერებისა და სამშენებლო ე.წ. ბრტყელი შუმის - მინის სეგმენტზე, რამდენადაც ისინი დომინირებენ მასის თვალსაზრისით. გარდა ამისა, მათი რეციკლირება შედარებით მარტივია, რადგან მათ მეტ-ნაკლებად ერთნაირი ქიმიური შემადგენლობა აქვთ - ნატრიუმ - კალციუმიანი სილიკატი. შუმის წარმოება თავისთავად გარემოს დაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა. გარემოზე უარყოფითი ეფექტი შემდეგი ფაქტორებით განისაზღვრება: შუმის ნარევის გადნობისათვის საჭირო ენერგიის დიდი რაოდენობა; გაზის გამონაბოლქვები, რომლებიც წარმოიქმნება საწვავის მოხმარებისა და შუმის ნარევის კომპონენტების ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელების რეაქციის შედეგად.



სურ.2. შუმის სტრუქტურა

<http://www.fotosearch.com/photos-images/glass-structure.html>

ნარჩენების მართვის იერერქიაში უპირატესობა ეძლევა შუმის ხელახალ გამოყენებას. თუმცა ეს უფრო მეტად ეხება კონტეინერებს, ვიდრე ე.წ. მინას, რომელიც ნაკლებად ჰომოგენურია და მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა უფრო გრძელია, განსხვავებით კონტეინერებისაგან, რომლებიც მეტნაკლებად ერთნაირი მასალისაგან მზადდება და აქვთ მოკლევადიანი სიცოცხლის ციკლი.

რეციკლირების პროცესი იწყება შუმის ტარის გადარჩევით ფერის მიხედვით, შემდეგ ხდება მისი დაქუცმაცება და დაფუჯა სპეციალური დანადგარების საშუალებით. მიღებული მასა ემატება ნედლ მასალას, რათა მიღებული იყოს საბოლოო პროდუქტი. დაქუცმაცებული შუმა დანება უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ვიდრე ნედლი მასალა. ამდენად, რაც უფრო მეტია ნარევი დაქუცმაცებული მასალა, მით უფრო დაბალია დნობის ტემპერატურა და, შესაბამისად, მოხმარებული ენერგია;

რეციკლირდება

ნებისმიერი ზომისა
და ფერის ბოთლები და ქილები



არ რეციკლირდება

ნათურები
ფანჯრის მინები
ჭიქები
კერამიკა

სურ.3 შუშის რეციკლირება

რეციკლირების უპირატესობა:

- შუშის რეციკლირების დროს დაახლოებით 40%-ით ნაკლები ენერგია მოიხმარება, ვიდრე მისი ნედლი მასალისაგან წარმოების დროს;
ყოველი ერთი ტონა შუშის გადამუშავების შედეგად იზოგება დაახლოებით 0.3 ტონა ნახშირორჟანგი და 1,2 ტონა ნედლი მასალა;
რეციკლირების შემთხვევაში ჰაერის დაბინძურება მცირდება 20%-ით, ხოლო წყლის კი - 50%-ით;
- რეციკლირების შედეგად იზოგება ადგილი ნაგავსაყრელებზე.

ამავე დროს, ცხადია, რომ ყველანაირი შუშის ნაწარმის რეციკლირება ვერ ხდება, მაგალითად ნათურების და ფანჯრის შუშების, მათში არსებული სახიფათო დანამატების გამო.

3. ტექსტილის/ქსოვილების ნარჩენები

ქსოვილის წარმოება და მისი გადამუშავება საკმაოდ რთული და კომპლექსური პროცესია. იგი დიდი რაოდენობით ენერგიას და ეკონომიკურ დანახარჯებს მოითხოვს. სწორედ ამიტომ, დღესდღეობით ქსოვილების ნარჩენების დიდი ნაწილი ისევ ნაგავსაყრელებზე ან ნარჩენების წვის ღუმელებში ხვდება. **ტექსტილის ხელახალი გამოყენება საუკეთესო გადაწყვეტილებაა** ეკონომიკური თვალსაზრისით, რამდენადაც მისი ხელახალი გამოყენება, და თუნდაც გაწმენდა

და გასუფთავება გაცილებით ნაკლებ ენერგეტიკულ დანახარჯს მოითხოვს, ვიდრე მისი წარმოება ან გადამუშავება (რეციკლირება). იდეალურ შემთხვევაში, გადასამუშავებელი ქსოვილის ნარჩენი უნდა შედგებოდეს ბამბის, ტილოს, ან ვისკოზისაგან. დასაშვებია სინთეზური მასალის მცირე მინარევებიც. ამავე დროს, ის ქსოვილები, რომლებიც შედგება სინთეზური მასალისაგან შესაძლოა გამოყენებული იქნეს, როგორც ცხიმის აბსორბენტი. მიძიმე და მყარი შემადგენლები როგორიცაა მაგალითად ღილის გასაყრელი ნახვრეტები, შესაკრავები, ელვები გადამუშავების წინ უნდა მოცილდეს.



სურ.4 მარცხენა სლაიდი დაზიანებული შალის ქსოვილის ბოჭკო. მარჯვენა სლაიდი - გადამუშავებული და ხელახლა გამოყენებული შალის ქსოვილის ბოჭკოები



სურ. 5 ტექსტილის წარმოება ²⁰

20. <http://textileforum.blogspot.com/>

განვითარებულ მსოფლიოში, მაგალითად, ბრიტანეთში ბოჭკოვანი ქსოვილების საბოლოო მოხმარების წილი და, შესაბამისად, მისი ნარჩენების წილი მიახლოებით ასე ნაწილდება: ტანსაცმელი - 44%, სახლის ტექსტილი და ინტერიერი (ხალიჩები, ლოგინი, ბალიშები და თეთრეული და სხვა) - 33%, ინდუსტრიული და ტექნიკური ქსოვილი (ტრანსპორტში, მშენებლობაში, მედიცინაში გამოყენებული ქსოვილი, მაგ., ფილტრების და მემბრანების სახით) - 24%. ცხადია, რომ მოსახლეობის ზრდასა და ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად მოხმარებული და ნარჩენი ტექსტილის პროდუქციის საერთო რაოდენობა იზრდება.

რეციკლირება

ტექსტილის რეციკლირების პროცესი საკმაოდ ძვირი ჯდება. მაშინაც კი, როდესაც ორიგინალის მსგავსი ტიპის ბოჭკოს წარმოება ხდება, ენერგეტიკული გამოსავალი ძალიან მცირეა, რადგან ხელახალი წარმოება იმავე ენერგეტიკული დანახარჯს მოითხოვს, როგორც ახალი ბოჭკოს წარმოება. ხშირ შემთხვევაში, მეორადი პოლიმერების, მაგალითად, პოლიესტერის წარმოშობის წყარო, შესაძლოა იყოს არა ბოჭკო, არამედ, მაგალითად, შუშა. ეს კიდევ უფრო დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული.

კატეგორია	გამოყენება	წილი %	ეკონომიკური გამოსავალი
ხელახალი გამოყენება პირველი ხარისხის	მეორადი ტანსაცმელი მეორადი ტანსაცმლის მაღაზიები ინდუსტრიულ ქვეყნებში	1-3	საუკეთესო
ხელახალი გამოყენება მეორე ხარისხის	მეორადი ტანსაცმელი ექსპორტირებული განვითარებად ქვეყნებში	40-48	კარგი
კომპონენტების გამოყენება	ნაჭრების გაწმენდა - გასუფთავება	29-38	დაბალი
რეციკლირება	ბოჭკოს აღდგენა	7 - 12	დეფიციტი
წვა	ენერგიის აღდგენა		

ცხრილი 1. მეორადი ტანსაცმლის სორტირების პროცესის შედეგები

4. ელექტრონული და ელექტრო ალჭურვილობის ნარჩენები²²

ევროკავშირის მიხედვით ელექტრული და ელექტრონული ნარჩენები შემდეგნაირად განისაზღვრება²³: ელ ნარჩენები წარმოადგენს ისეთი ნარჩენ ალჭურვილობას, რომლის გამართული მუშაობა დამოკიდებულია ელექტროდენზე ან ელექტრომაგნიტურ ველზე, და ალჭურვილია დენის გენერირების, გადაცემისა და გაზომვისათვის საჭირო ფუნქციებით.

მათ შორის განსაზღვრულია შემდეგი კატეგორიები:

- მსხვილი და წვრილმანი საყოფაცხოვრებო ნივთები;
- საინფორმაციო ტექნოლოგიებისა და სატელეკომუნიკაციო ალჭურვილობა;
- საყოფაცხოვრებო აპარატურა;
- გამანათებელი ალჭურვილობა;
- ელექტრული და ელექტრონული ინსტრუმენტები (გარდა მსხვილი სტაციონალური ინდუსტრიული ინსტრუმენტებისა);
- სათამაშოები, გასართობი და სპორტული ალჭურვილობა;
- სამედიცინო ალჭურვილობა (გარდა იმპლანტირებული და ინფიცირებული პროდუქტებისა);
- მონიტორინგისა და კონტროლის ინსტრუმენტები;
- ავტომატური შემასხურებლები.

ევროკავშირის რეგულაციები მაქსიმალურად უწყობს ხელს ელ-ნარჩენების შემცირებას, მისი რეციკლირებისა და ხელახალი გამოყენების ხელშეწყობის გზით. მაგალითად, **ელექტრული და ელექტრონული ნარჩენების ევროკავშირის დირექტივის (WEEE) მიხედვით**, 2005 წლის 13 აგვისტოდან:

- საბოლოო მომხმარებლებს და დისტრიბუტორებს შეუძლიათ უსასყიდლოდ დააბრუნონ უკან ასეთი ნარჩენები; ახალი პროდუქტების დისტრიბუტორები ვალდებული არიან, რომ იმავე ტიპის პროდუქტის ნარჩენები ჩაიბარონ უსასყიდლოდ; მწარმოებლებს შეუძლიათ შექმნან და ოპერირება გაუწიონ ინდივიდუალურ ან კოლექტიურ, უკან დაბრუნების სისტემებს;

21. რა განსხვავება ელექტრულსა და ელექტრონულს ალჭურვილობას შორის? ეს ტერმინოლოგიური განსხვავება დარგის ისტორიული განვითარების შედეგია. ელექტრული (electrical) ხელსაწყოები უბრალოდ დენის გამტარები არიან, და არ არიან ალჭურვილნი ე.წ. გადამცემების მიმღები ინსტრუმენტებით. ისინი უბრალო ამარაგებენ ხელსაწყოს ელქტროენერგიით (ჩამართველი, ძრავა, ელექტრონათურა), რომელიც გადაიქცევა სითბოდ, მექანიკურ ენერგიად ან სინათლედ, მაშინ, როცა ელექტრონული (electronic) ხელსაწყოებში შესაძლებელია სიგნალის შეწყვეტა ან მისი რეგულირება (მაცივარი, სარეცხი მანქანა, მიკროტალღოვანი ღუმელი, მტვერსასრუტი); თუმცა ცხადია, რომ ხშირად ორივე კომპონენტის (ელექტრულის და ელექტრონულის) კომბინირება ხდება.

22. European Parliament and the Council of European Union, Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste of Electrical and electronic equipment (WEEE), official Journal of the European Union L37 (2003) 24-38.

თუ დაბინძურებული ნარჩენი წარმოადგენს საფრთხეს პერსონალისათვის, მაშინ მწარმოებლებს შეუძლიათ უარი თქვან ასეთი ნარჩენის მიღებაზე; ყველა შემთხვევაში შეგროვებული ელ ნარჩენები უნდა ჩაბარდეს უფლებამოსილ ორგანიზაციებს; მწარმოებელმა უნდა გამოიყენოს გადამუშავებისა და რეციკლირების საუკეთესო პრაქტიკა, რაც გულისხმობს ნარჩენების სითხისაგან დაცლას, შენახვას და შერჩევით გადამუშავებას დირექტივების მიხედვით; წვერი ქვეყნები უნდა აწარმოებდნენ ჩანაწერებს, თავიანთ ტერიტორიაზე და ბაზარზე გატანილი, შეგროვებული, რეციკლირებული და აღდგენილი ელ აღჭურვილობის რაოდენობისა და კატეგორიების შესახებ; ევროკავშირი განსაზღვრავს საჯარიმო სანქციებს დირექტივების პირობების დარღვევის შემთხვევაში.

აღსანიშნავია ევროკავშირის დირექტივა ზოგიერთი სახიფათო ნარჩენის გამოყენების შესახებ²³. ამ დირექტივის თანახმად, 2006 წლის 1 ივლისიდან, ვერცხლისწყალი, ტყვია, მერკური, კადმიუმი, ექვსვალენტიანი ქრომი, პოლიბრომ ბიფენილი (PBBs) და პოლიბრომ დიფენილის ეთერები (polybrominated diphenyl ether (PBDEs), რომლებიც განთავსებულია ელ აღჭურვილობაში უნდა შეიცვალოს სხვა ნივთიერებებით. ამავსდროს ტექნიკური პრობლემების გათვალისწინებით დაშვებულია ტოლერანტულობის ზღვარი - 0.1% ვერცხლისწყლის, ტყვიის, ექვსვალენტიანი ქრომის, პოლიბრომ ბიფენილის (PBB) და პოლიბრომინ დიფენილის ეთერები (PBDEs)- თვის, და 0.01% კადმიუმისათვის. ასეთი ტიპის აღჭურვილობაში შედის: ბატარეები (ტყვია, ვერცხლისწყალი, კადმიუმი), გადამრთველები (ტყვია), კათოდები (ვერცხლი), LCD მონიტორები (ტყვია და ვერცხლისწყალი) და სხვა.

ასეთივე მიდგომა ყველა განვითარებულ სხვა ქვეყანაში, მაგალითად, აშშ-ში, სადაც ელექტრონული ნარჩენების მართვა ხორციელდება სხვადასხვა რეგულაციებითა და საკანონმდებლო აქტებით²⁴.

ელ ნარჩენების მართვის იერარქია პრიორიტეტების მიხედვით შემდეგნაირად არის განსაზღვრული: 1. ხელახალი გამოყენება 2. ხელახალი წარმოება 3. რეციკლირება. და 4. დაწვა და ნაგავსაყრელზე გატანა.

23. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:en:PDF>

24. http://www.campaignforrecycling.org/issues/ewaste/summary_legislation

ელ ნარჩენების რეციკლირება მნიშვნელოვანია არა მარტო ნარჩენების გადამუშავების თვალსაზრისით, არამედ ძვირადღირებული მეტალის მასალის აღდგენის თვალსაზრისითაც, რომლითაც ხდება ხელახალი წარმოების დროს ნედლი მასალის ჩანაცვლება. ელ ნარჩენების რეციკლირება სამი ძირითადი ეტაპისაგან შედგება: **1. შერჩევითი დაშლა:** ძვირად ღირებული და/ან სახიფათო მასალის გამოცალკევება. **2. განახლება:** მექანიკური ან მეტალურგიული გადამუშავების გზით მასალის შემადგენლობის განახლება **3. რაფინირება:** ბოლო ეტაპი, როდესაც ხდება მიღებული მასალის ხელახალი გადამუშავება (გაწმენდა) ქიმიური ან მეტალურგიული (პირომეტალურგიული ან ჰიდრომეტალურგიული) მეთოდით.

5. საბურავების გადამუშავება

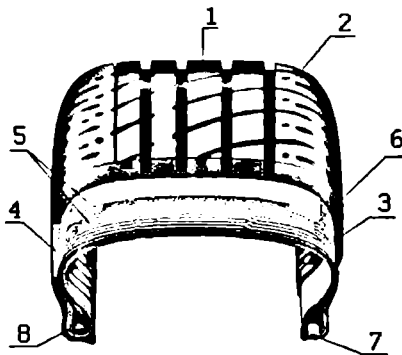
საბურავები ქვეყნების ეკონომიკის, საერთაშორისო და ეროვნული ვაჭრობის მნიშვნელოვანი ნაწილია. მათი იმპორტირება ძალიან ინტენსიურად ხდება, ასევე ხშირად ხდება მათი გადამუშავება.

მსოფლიოში ბუნებრივი და სინთეზური კაუჩუკის ყოველწლიური წარმოების მოცულობა დაახლოებით 23 000 000 ტონას აღწევს. ამ რაოდენობის 75% გამოიყენება ავტოინდუსტრიის სხვადასხვა სექტორში, რომლის 60% მოდის სამგზავრო ავტომობილებსა და სატვირთო მანქანებზე. შემდეგ ადგილზეა – ე.წ. სხვა კატეგორია, რომელშიც შედის ყველგანმავალი ტრანსპორტი: სასოფლო სამეურნეო ტექნიკა; საჰაერო, სამოქალაქო ინჟინერიის ინდუსტრიული და სამთო მომპოვებელი ტრანსპორტი, მოტოციკლიტები და ველოსიპედები. ხოლო დანარჩენი 15% პროცენტი მოდის ავტოინდუსტრიის ისეთი დამხმარე ნაწილების წარმოებაზე როგორცაა: ქამრები, რეზინის მილები და ა.შ.

2011 წლის მონაცემებით მსოფლიოში ყოველწლიურად აკუმულირდება 3 მილიარდი გამოყენებული საბურავი და ეს რიცხვი ყოველწლიურად იზრდება²⁵.

იმისდა მიუხედავად, თუ რომელ ქვეყანაშია წარმოებული, ყველა სახის საბურავი 4 ძირითადი მასალისაგან შედგება: ბუნებრივი ან სინთეზური კაუჩუკი, ტექნიკური ნახშირბადი/სილიკონი, გასამყარებელი მასალა (მეტალი/ტექსტილი) და ფასილიტატორები. სურათზე 6 გამოსახულია საბურავის ძირითადი ნაწილები. მას შემდეგ რაც საბურავი საბოლოოდ გამოუყენებელი ხდება, იგი უკვე ნარჩენების კატეგორიაში გადადის, და შედის ნარჩენების მართვის სისტემაში, რომელიც საერთაშორისო სტანდარტების დაცვით უნდა განხორციელდეს.

25. http://www.oilrefining.in/news/news_24.html



1. პროტექტორი. უზრუნველყოფს საბურავის გზებთან მოჭიდულობის კოეფიციენტის რეალობაციას, და აგრეთვე იცავს კარკასს დაზიანებისგან;

2. სამზრე ნაწილი

3. კარკასი. შედგება კორდის რეზინით დაფარული ძაფებისაგან. იგი შეიძლება იყოს მეტალის (სატვირთო მანქანებისათვის), ტექსტილის ან შუშის (მსუბუქი მანქანებისათვის);

4. გვერდითი ნაწილი. იცავს საბურავს გვერდითი დაზიანებებისაგან;

5. ბრეკერი. განთავსებულია კარკასსა და

პროტექტორს შორის და იცავს კარკასს დარტყმებისაგან. იგი მზადდება რეზინის სქელი ფენებისაგან ან მეტალოკორდის ფენებისგან;

6. დამატებითი ჩანართი სამზრეს ზონაში (შეწანე ფერის);

7. ზორტის რგოლი.

8. ზორტი. უზრუნველყოფს საბურავის ჰერმეტიკულად განთავსებას ბორბალზე.

სურ.6. საბურავის სტრუქტურა www.infocar.ua

მეორადი საბურავების მართვა ევროკავშირის შემდეგი სამი ძირითადი დირექტივით რეგულირდება:

1. ნაგავსაყრელის დირექტივა (1999), რომელიც კრძალავს დაუშლელი მანქანებისა და სატვირთო მანქანების საბურავების ნაგავსაყრელზე გატანას 2003 წლიდან, და საბურავების თანაპროდუქტების გატანას 2006 წლიდან. ამ დირექტივის მიზანია, ხელი შეუწყოს საბურავების ნარჩენების მოხვედრას მასალის გადამუშავებისა და ენერგიის აღდგენის საწარმოებში;
2. მოხმარებისათვის უსარგებლო ტრანსპორტის დირექტივა (2000) მოითხოვს, რომ საბურავები მოხსნილი იქნეს მანქანებიდან, მათ დაშლამდე, იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნას საბურავების მოხვედრა ნაგავსაყრელზე.
3. ნარჩენების წვის დირექტივა (2000), რომელიც მიზნად ისახავდა დიოქსინის გამონაბოლქვის შემცირებას 90%-ით 2005 წლისათვის და საბურავების გამოყენების კონტროლის განხორციელებას ენერგიის მისაღებად და მისი რეციკლირებისათვის.

საბურავების შემთხვევაში გამოიყენება მდგრადი მართვის იერარქიის პრინციპი, და პრიორიტეტი ენიჭება მასალის რეციკლირებას.

საბურავების მდგრადი ნარჩენების მართვის ოპციები

ხელახალი გამოყენება(Reuse): ნაწილობრივ დაზიანებული საბურავების გაყიდვა ქვეყნის შიდა გზებზე ან სხვა მიზნით გამოყენებისათვის, ისევე როგორც ექსპორტისათვის იმ ქვეყნებში, სადაც ნაკლებად მკაცრია საბურავების გზაზე გამოყენების მოთხოვნები.

გადამუშავება (პროტექტორების აღდგენა) (**Re - treading**) - საბურავების ხელახალი წარმოება ისე რომ გამოყენებული იქნეს მისი ძირითადი დაუზიანებული ნაწილები, რომელთა შერჩევა უნდა მოხდეს ძალიან ფრთხილად. ამ გზით ხდება წარმოების ენერგიისა და საწყისი რესურსების ხარჯის შემცირება.

რეციკლირება (Recycling): ნარჩენების გარდაქმნა ნედლ მასალად, რომლის რეინტეგრაცია საერთო ეკონომიკურ ნაკადში საწყისი რესურსების ჩანაცვლების გზით ხდება.

აღდგენა (Recovery): ნარჩენის გარდაქმნა ენერგიად ან საწვავად რომლის რეინტეგრაცია საერთო ეკონომიკურ ნაკადში ენერგიის სხვა წყაროების ჩანაცვლების გზით ხდება.

საბურავის მასალის რეციკლირება: გადამუშავება და ტექნოლოგიები

საბურავები ნარჩენების სხვა ნაკადებისაგან შემდეგი ნიშნებით განსხვავდება:

1. მათ ნარჩენების საერთო ნაკადში ყველაზე მცირე წილი აქვს;
2. საბურავები მეტ-ნაკლებად ჰომოგენურ მასალას წარმოადგენენ, (მცირე ვარიაციებით განსხვავება ზომაში და სხვა);
3. არსებობს საბურავის განახლების შესაძლებლობა: (პროტექტორების გამოცვლა, რაც მის სიცოცხლის ხანგრძლივობას ზრდის);
4. რეციკლირების პროდუქტი არ გამოიყენება იმავე ან მსგავსი მასალის საწარმოებლად, არამედ გამოიყენება ახალი პროდუქტის მისაღებად (ინდუსტრიის დაახლოებით 50-ზე მეტ სხვადასხვა სექტორში);
5. ევროკავშირის რეგულაციების მიხედვით, საბურავების, მისი ნაწილებისა და რეციკლირების ნარჩენების განთავსება დაუშვებელია ნაგავსაყრელზე

ისტორიულად, ნახმარი საბურავები ორ ნაკადად გროვდებოდა: ნაწილობრივ დაზიანებული (მეორადი საბურავები) და აღდგენილი საბურავები. მაგრამ დროთა განმავლობაში აღდგენილი და მეორადი საბურავების წილი ნაწილობრივ გადავიდა ენერგიის აღდგენისა და მასალის რეციკლირების ნაწილში. მეორადი საბურავების ინდუსტრია ნელ-ნელა მოდიფიცირდა რეციკლირების მასალის პროვადერ ინდუსტრიად.

საზოგადოდ, სანამ მოხდება საბურავების მიტანა გადამამუშავებელ საწარმომდე, ხდება საბურავების გადარჩევა მისი ზომის, ტიპის და სხვა კრიტერიუმების მიხედვით. ნაწილობრივ დაზიანებული საბურავები გადარჩევა და ხდება მათი ექსპორტირება ქვეყნის შიგნით ან ქვეყნის გარეთ არსებულ ისეთ საწარმოებში, სადაც ხდება პროტექტორების გამოცვლა. ხოლო დანარჩენი საბურავები კი მიდის გადამამუშავებელ საწარმოში. რამდენადაც საბურავები ნარჩენების კატეგორიას მიეკუთვნებიან, ამდენად მათი ტრანსპორტირება ბაზელის კონვენციისა და ეთგო-ს (OECD)²⁶ რეგულაციების მიხედვით ხდება. თუმცა ამავე დროს, რამდენადაც საბურავები არასახიფათო ნარჩენებს განეკუთვნება, ამდენად საჭირო დოკუმენტაციაზე და ინფორმაციაზე მოთხოვნა მინიმუმამდეა დაყვანილი.

გადამამუშავების დაწყებამდე მაქსიმალურად ხდება საბურავების გასუფთავება სხვა გარეშე სხეულებისაგან: შუშა, ქვა და ა.შ. ხშირ შემთხვევაში, ხდება მათი გარეცხვა.

გადამამუშავების სპექტრი ძალიან დიდია: დაწყებული მარტივი მექანიკური დამაქუცმაცებლებით, დასრულებული მულტიფაზური, ქიმიური, მექანოქიმიური და თერმული გადამამუშავებით.

არსებობს საბურავების ნარჩენების გადამამუშავების ოთხი ძირითადი ტექნოლოგიური დონე, რომლებიც განსახვავდება ერთმანეთისაგან ფუნქციურად და სირთულით. საუკეთესო შემთხვევაში ხდება ორი ან რამდენიმე ტექნოლოგიის ერთდროული გამოყენება. დღესდღეობით რეციკლირების პროცესში 1-ელ და მე-2 დონეს გადამამუშავების 80% უჭირავს.

პირველი დონე – საბურავების მექანიკური დამამუშავება, სტრუქტურის დარღვევა. ასეთ მეთოდებს განეკუთვნება: დაპრესვა, კომრესირება, დაჭრა.

მეორე დონე – გულისხმობს მასალის ძირითადი კომპონენტების გამოცალკევებას. (კაუჩუკი, მეტალი, და ტექსტილი). ყველაზე გავრცელებული მეთოდია კრიოგენური და ამბიენტური ზომის შემცირება, გამოიყენება აგრეთვე მიკრობული ტექნოლოგიები და წყლის ნაკადით გამორეცხვა. მეორე დონის შედეგად მიღებული მასალა ან პირდაპირ გამოიყენება ან გადადის დამამუშავების მე-3 დონეზე. მაგალითად, დაქუცმაცების დროს გამოიყენება სხვადასხვა ზომის დანები, და მიიღება სხვადასხვა ფორმისა და ზომის მასალა - (50მმ-300 მმ). ნაფოტებად დაჭრა კიდევ უფრო წვრილ ნაწილებად დაქუცმაცებას გულისხმობს -(10 მმ - 50 მმ). ე.წ. ჩიპსები პირდაპირ გამოიყენება წარმოებაში ან გადადის დამამუშავების მე-3 დონეზე.

26. ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაცია.

ამბიენტური დაქუცმაცება (0.5 მმ – 15 მმ) გულისხმობს მულტი ეტაპობრივ ტექნოლოგიას, რომელიც ოთახის ან უფრო მაღალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს. ამ დროს კაუჩუკი, მეტალი და ტექსტილი თანმიმდევრობით ცილდება. პირველ რიგში, ხდება მასალის დაქუცმაცება დანების საშუალებით, შემდეგ მაგნიტის საშუალებით ხდება მეტალის ნაწილების გამოცალკევება (იმ შემთხვევაში, თუ დამუშავების წინ არ მოხდა მათი მოცილება). მასალა რამდენიმე ეკრანს გაივლის. ბოლო ეტაპზე ხდება ტექსტილის მასალის მოცილება ჰაერის სეპარატორებით.

კრიოგენური დამუშავება (0.5 მმ – 5 მმ) მიმდინარეობს დაბალ ტემპერატურაზე. ამ დროს ხდება უკვე დაქუცმაცებული ნაწილების დამუშავება (მათ შორის ამბიენტური გადამუშავების შედეგად მიღებული მასალის). კრიოგენური დამუშავების დროს გამოიყენება თხევადი აზოტი. საბოლოოდ, ხდება დაფქვა და მიიღება თანაბარი ზომის ნაწილაკები.

ხშირ შემთხვევაში, საუკეთესო ეფექტის მისაღებად ამბიენტური და კრიოგენური დამუშავება კომბინირებულად გამოყენება.

მე-3 დონე - მრავალჯერადი ტექნოლოგიები. ამ დროს ხდება მასალის ერთი ან რამდენიმე თვისების მოდიფიცირება მექანიკური, ქიმიური, თერმული, მექანიკურ - თერმული მრავალჯერადი დამუშავებით. მეორე დონის შედეგად მიღებული მასალა წარმოადგენს ამ ეტაპის ძირითად წყაროს. ასეთ ტექნოლოგიებს განეკუთვნება: ზედაპირის აქტივაცია, დეველკანიზაცია და პიროლიზისი. მიღებული გამოსავალი ან პირდაპირ გამოიყენება სხვადასხვა წარმოებაში ან გადადის მე-4 დონეზე.

მე-4 დონე - მასალის გაუმჯობესება. მეოთხე დონეზე ხდება მე-3 დონეზე მიღებული მასალის გადამუშავება, მისი გაუმჯობესების მიზნით. ამ დროს ხდება რომელიმე სპეციფიკური თვისების გაუმჯობესება, გენერირება ან მოდიფიცირება. მაგალითად: რეაქტივირება, მოდიფიცირება, დეველკანიზაცია, და ხის ნახშირის გაკეთილშობილება.

გადამუშავება და ტექნოლოგიები	გამოყენების სფერო
<i>მთელი საბურავი</i>	
<i>პირველი დონე – მექანიკური გადამუშავება საბურავის სტრუქტურის განადგურება</i>	
მაგ: • ბორტების მოცილება, • გვერდითი კედლის მოცილება, • დაჭრა • კომპრესირება	სამოქალაქო ინჟინერია, მშენებლობაში, – ტენიან და არასტაბილურ ნიადაგზე დამონტაჟების დროს. დამცავი ბარიერები სანაპირო ზოლზე, გზებზე, ნაგავსაყრელის ნაგებობა, ხმის ბარიერები, სტაბილიზატორები,
<i>მეორე დონე - ზომის შემცირება სხვადასხვა ელემენტების გამოცალკევებისა და გამონთავისუფლების მიზნით</i>	
წინასწარი დამუშავება: - დანაწევრება (shredding) - დაჭუცმაცება, (chipping) ზომის შემცირება, • ამბიენტური დამუშავება, • კრიოგენული დამუშავება, • განმეორებითი დამუშავება.	ნაგავსაყრელის ნაგებობა დრენაჟი ინსულაცია არხების ამოვსება ქვაფენილის ბლოკები ხალიჩების ქვედა ფენა გზების ზედაპირი სპორტული მოედნების ზედაპირები
<i>მე-3 დონე: მრავალჯერადი დამუშავება მასალის შემდგომი გადამუშავებისათვის</i>	
• დეველკანიზაცია • პიროლიზისი • რეზინის რეგენერატი • ზედაპირის დამუშავება	ასფალტის დანამატები. სარტყლები, რგოლები, გზის ჰერმეტიკები
<i>მე-4 დონე: გადამუშავების შემდგომი პროცესები მასალის გაკეთილშობილების მიზნით.</i>	
მაგალითები: • თერმოპლასტიკური ელასტომერები • ნახშირის პროდუქტები	ასფალტის დანამატები საღებავები, მელანი, ნახშირის პროდუქტები, სამომხმარებლო პროდუქტები

ცხრილი 2 საბურავების გადამუშავების ტექნოლოგიები და გამოყენების სფეროები

საბურავების ენერგიად აღდგენა

ევროპაში ნახმარი საბურავების 40% და აშშ –ში კი 45 % გამოიყენება, როგორც დანამატი არაწიაღისეულ საწვავში. მაგალითად, ცემენტის გამოწვის ღუმელებში ან ნარჩენების საწვავ ღუმელებში, სადაც ხდება ენერგიის აღდგენა და ელექტროენერგიის, ორთქლის და ა.შ. მიღება.

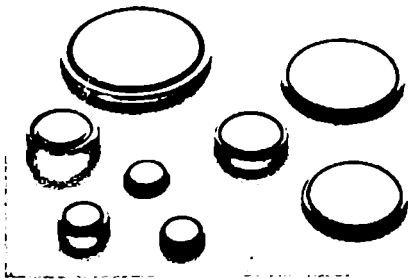
6. ბატარეების ნარჩენები

მსოფლიოს ბაზარზე ყოველწლიურად რამდენიმე ასეული ტონა ინდუსტრიული და პორტატიული ბატარეები და აკუმულატორები გამოდის. ეს ბატარეები მეტალების ფართო სპექტრს შეიცავს დაწყებული ვერცხლისწყლით, ტყვიით და კადმიუმით, დამთავრებული ნიკელით, თუთიით, მანგანუმითა და ლითიუმით,

ბატარეების ნარჩენები აბინძურებენ ატმოსფეროს (მათი დაწვის შემთხვევაში) ან ნიადაგს და წყალს, (მათი ჩამარხვის ან ნაგავაყრელზე განთავსების შემთხვევაში). ამავე დროს, რეციკლირება იძლევა საშუალებას, რომ ათასეულ ტონობით მეტალი აღდგეს, მათ შორის, ისეთი კეთილშობილი მეტალები, როგორებიცაა ნიკელი, კობალტი და ვერცხლი.

ევროკავშირის დირექტივების²⁷ მიხედვით, 2008 წლის 26 სექტემბრიდან დაშვებულია:

- ბატარეების და აკუმულატორები რომლებშიც ვერცხლისწყლის შემადგენლობა საერთო წონის არაუმეტეს 0,0005%, ხოლო ე.წ. ღილაკის ბატარეებში (საათის ბატარეები, მრგვალი მცირე ზომის) ვერცხლისწყლის შემადგენლობა არ უნდა აღემატებოდეს საერთო წონის 2% - ს.



- პორტატიული ბატარეები ან აკუმულატორები, რომლებშიც კადმიუმის შემადგენლობა არ აღემატება 0,002%-ს, გარდა იმ ბატარეებისა და აკუმულატორებისა, რომლებიც გამოიყენება საგანგებო და სიგნალიზაციის სისტემებში, სამედიცინო აპარატურასა და უკაბელო აღჭურვილობისათვის.

სურ. 7. ღილის ფორმის ბატარეები (Button batteries)

27. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/121202_en.htm
Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC [See amending acts].

გარდა ამისა, ეს დირექტივა ასტიმულირებს მათი შეგროვების, რეციკლირებისა და ხელახლა გამოყენების პროცესს, რაც მნიშვნელოვანად ამცირებს ბატარეების ნარჩენებით გარემოს დაბინძურების საფრთხეს. დირექტივა ავალდებულებს მწარმოებელს, რომ უფასოდ მოახდინოს ცალკე შეგროვებული ბატარეების ტრანსპორტირება საუკეთესო პრაქტიკის გამოყენებით, მათი რეციკლირების ან საბოლოო განადგურების მიზნით (სპეციალურ მიწისქვეშა კონტეინერში, ან ნაგავსაყრელზე). ბატარეების საბოლოო განადგურება მხოლოდ იმ შემთხვევაშია დასაშვები, თუ გარემოს დაცვითი, ეკონომიკური და სოციალური ზემოქმედების დეტალური შეფასება აჩვენებს, რომ რეციკლირება არ არის საუკეთესო გადაწყვეტილება.

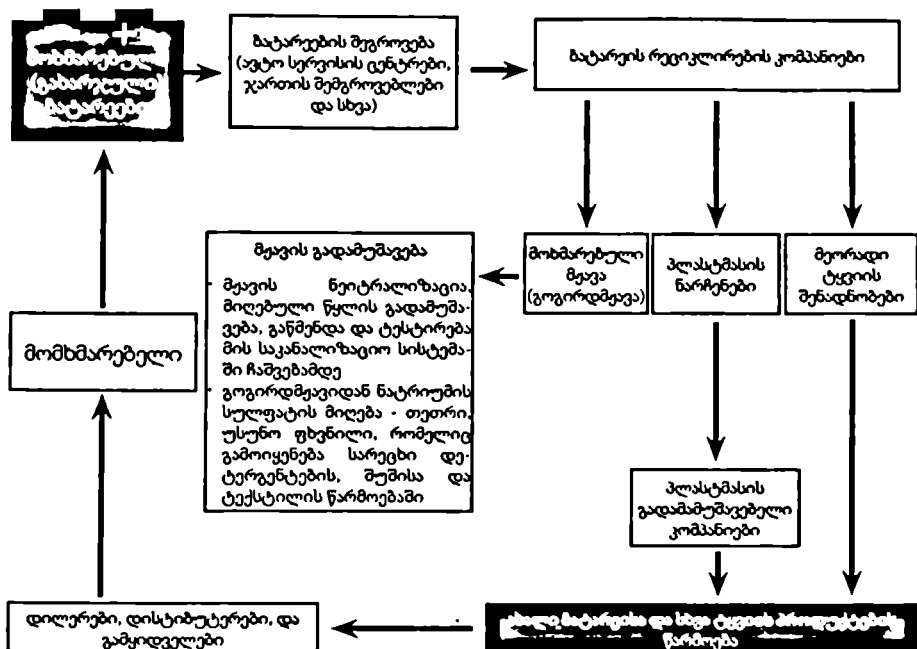
რეციკლირების მაჩვენებელი ნარჩენების ყველა ნაკადს შორის ყველაზე მაღალია ბატარეების შემთხვევაში. ეს მაჩვენებელი საშუალოდ 90-95 % აღწევს განვითარებულ მსოფლიოში²⁸.

ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, დღეისთვის მსოფლიოში 120 მლნ. ადამიანი იწამლება ტყვიით, რომელიც მძიმე მეტალს წარმოადგენს. მოწამელა გავლენას ახდენს ადამიანის თითქმის ყველა ორგანოზე და მისი წყარო შეიძლება იყოს: ტყვიის შემცველი ბენზინი, საღებავი, სასმელი წყალი, სათამაშო, ჟალუზი, კოსმეტიკური ნაწარმი, ბატარეა, კონდიციონერი და სხვა. ასეთივე მძიმე შედეგებს იწვევს კადმიუმისა და ვერცხლისწყლის ნარჩენები, რომლებიც ბატარეებსა და აკუმულატორებშია გამოყენებული.

ინტოქსიკაციის ჯანმრთელობაზე შეუქცევადი მავნე ზემოქმედების გათვალისწინებით, გაერომ მოუწოდა მთავრობებს შეემუშავებინათ და განეხორციელებინათ ტყვიით მოწამვლის პრევენციის პოლიტიკა, ხოლო საერთაშორისო ორგანიზაციებს, სამოქალაქო და ბიზნეს სექტორს აქტიურად დაეჭირათ მხარი ეროვნული მთავრობებისთვის ინფორმაციის მიწოდების, ტექნიკური დახმარებისა და დაფინანსების უზრუნველყოფის გზით.

აშშ-ში ტყვიის შემცველი ბატარეების 99 პროცენტი რეციკლირდება, (შედარებისათვის, ჩრდილოეთ ამერიკაში, რეციკლირდება მხოლოდ 1/6 ნაწილი)

28. <http://www.lead-battery-recycling.com/Lead-battery-recycling.html>



სურ. 8. ტყვიის შემცველი ბატარების რეციკლირების პროცესი

<http://www.gravitasenegal.com/batteryscraprecycling.html>

ბატარების გადამამუშავება ყველა შემთხვევაში გულისხმობს მის დაცვას ყველა სახის სითხისა და მჟავისაგან. რეციკლირების პროცესი იწყება ბატარეებიდან აალებადი მასალების მოცილებით (მაგალითად, პლასტმასის და საიზოლაციო მასალა) ეს პროცესი ხორციელდება გაზის თერმული დამჟანგველის საშუალებით, საიდანაც გაზი გადადის გაზგამწმენდში, გაზგამწმენდში ხდება ამ გაზების ნეიტრალიზაცია და დამაბინძურებლების მოცილება. შედეგად იღებენ სუფთა, „შიშველ“ საკნებს, რომლებიც შეიცავენ მეტალს. საკნები შემდეგ იჭრება პატარა ნაწილებად, რომლებიც ცხელდება, მანამ სანამ არ მიიღება თხევადი მასა. არამეტალური ნივთიერება იწვევს, ტოვებს რა შავ ნაწილს წვერში, რომელიც ცილდება სპეციალური სამხრით. მეტალის სხვადასხვა შენადნობი ილექება თავისი წონის მიხედვით და ხდება მათი მოხდა ისე, როგორც რბეში ნაღების.

7. სამედიცინო ნარჩენები

რეგულირებადი სამედიცინო ნარჩენების (სხვანაირად, ჯანდაცვის ნარჩენები **healthcare waste (HCW)** ან კლინიკური ნარჩენები (**Clinical Waste**) უმეტესობა კლასიფიცირდება, როგორც ინფექციური ან ბიოსაფრთხის შემცველი, რომელთაც შეუძლიათ მოახდინონ ინფექციური დაავადებების გავრცელების ინიციატია. ასეთ ნარჩენებს განეკუთვნება: სისხლი, დაბინძურებული ნემსები, ლანცეტები და სხვა მჭრელი იარაღები, რომლებმაც შესაძლოა შეაღწიონ ორგანიზმში კანიდან.

გარდა ამისა, სამედიცინო ნარჩენებში შედის სხვადასხვა ქიმიური საფრთხის შემცველი ნივთიერებები, მაგალითად, რადიოაქტიური ნივთიერებები.

სამედიცინო ნარჩენების გადამუშავების სამი ძირითადი მეთოდი გამოიყენება, ესენია: ა) ადგილზე დამუშავება, (რაც ძალიან ძვირად ღირებული ალკურვილობის გამოყენებით ხდება და ჩვეულებრივ დიდ სამედიცინო ცენტრებსა და კვლევით ცენტრებში ხორციელდება); ბ) ე.წ. გადამზიდი სერვისი, როდესაც ხდება შეგროვებული ნარჩენების გატანა სპეციალური კონტეინერებით, კომპანიებისა და მათ მიერ მომზადებული სპეციალისტების მიერ; და გ) საფოსტო სერვისით გადაზიდვა როდესაც ნარჩენების გატანა ხდება არა გადამზიდი კერძო კომპანიის მიერ, არამედ საფოსტო სამსახურის მიერ.

სამედიცინო ნარჩენების გადამუშავების მეთოდები

ინსინერაცია (ლუმელებში წვა).

საწვავი ლუმელები სხვადასხვა მოცულობისაა (მაგ., მცირე ზომის ორკამერიანი ლუმელი 7კგ–1650 კგ–მდე მოცულობის). თუმცა ეს მეთოდი რეალურად ხმარებიდან გამოვიდა, რამდენადაც იგი დაკავშირებულია სერიოზული დაბინძურების პრობლემასთან. მას შემდეგ, რაც გაჩნდა ალტერნატიული უფრო უსაფრთხო ტექნოლოგიები. (ავტოკლავირება, მიკროტალღოვანი ლუმელები და ა.შ) ასეთი ლუმელების რიცხვი მნიშვნელოვნად შემცირდა. მაგ. ამერიკაში, 1997 წელს დაახლოებით 2300 ასეთი ლუმელი მოქმედებდა, ხოლო 2009 წლისათვის კი მათი რიცხვი 57–მდე დავიდა.

დაბინძურების საშიშროება ინსინერაციის შემთხვევაში დაკავშირებულია შემდეგ დამაბინძურებლებთან:

- მყარი ნაწილაკები;
- მძიმე მეტალები მათ შორის: ტყვია (Pb), კადმიუმი (Cd), ვერცხილსწყალი (Hg);
ქლოროფტორკარბონატები (CFCs);
ქლორირებული დიბენზო - p - დიოქსინები/დიბენზოფურანები;
ნახშირბადის მონოოქსიდი, მზუთავი გაზი (CO);
აზოტის ოქსიდები Nitrogen oxides (NO₂);
ქლორწყალბადი (HCl);
გოგირდის ორჟანგი (SO₂);

აღნიშნული სამიშროების თავიდან აცილების მიზნით, აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ (EPA) შემუშავებული იქნა შემდეგი რეკომენდაციები:

- უზრუნველყოფილი იქნეს, რომ ნარჩენი სწორად იქნა სეგრეგირებული მისი წარმოქმნის წყაროში და მხოლოდ იმ მასალის დაწვა მოხდეს, რომელიც განკუთვნილია შერჩეული ტექნოლოგიური პროცესისათვის. ასეთ ნარჩენებში შედის: პათოლოგიური ნარჩენი, და სამედიცინო ნარჩენი, რომელიც დაბინძურებულია ქიმიოთერაპიული წამლების ნარჩენი რაოდენობით. ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია, რომ დაიწვას, აგრეთვე ე.წ. წვეტიანი ნარჩენები (sharp); პოლივინილქლორიდის პლასტიკებისა და პაკეტების გამოყენების შემცირება (PVC), რომელთა წვის შემთხვევაში შესაძლოა წარმოიქმნას დიოქსინები; მოცილებული უნდა იყოს ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენები მოცილებული უნდა იყოს ქლოროფტორკარბონატები გამოყენებული იქნეს ყველა სხვა დაშვებული ალტერნატიული მეთოდი.

ალტერნატიული მეთოდები

- ავტოკლავში დამუშავება
ავტოკლავში სამედიცინო ნარჩენები ხდება ორთქლის წნევის ქვეშ. ამ პირობებში პათოგენები ილუპებიან, რის შედეგადაც დარჩენილი მყარი ნარჩენი უკვე უსაფრთხოა და შეიძლება ჩვეულებრივი წესით განადგურდეს, ან გატანილი იქნეს სანიტარულ ნაგავსაყრელზე.

მიკროტალღოვანი ღუმელები

აქაც იგივე პრინციპი გამოიყენება როგორც ავტოკლავის შემთხვევაში, იმ განსხვავებით, რომ ორთქლი ცხელდება მიკროტალღების საშუალებით.

ქიმიური დამუშავება

ასეთ დროს ნარჩენების დამუშავება/დეკომპოზიცია ხდება ძლიერი ტუტეებით (NaOH ან KOH), ან დამჟანგველებით (ქლორის დიოქსიდი) ხოლო დარჩენილი მყარი მასა, ქუცმაცდება და გადადის სანიტარულ ნაგავსაყრელზე.

სამედიცინო ნარჩენების გადამუშავებისას გამოიყენება, აგრეთვე სხვა ალტერნატიული ტექნოლოგიები, როგორებიცაა, მაგალითად, პიროლიზისი (ძალიან მაღალი ტემპერატურაზე ქიმიური დეკომპოზიცია) ან მშრალი გაცხელების (dry heat) ტექნოლოგიები.

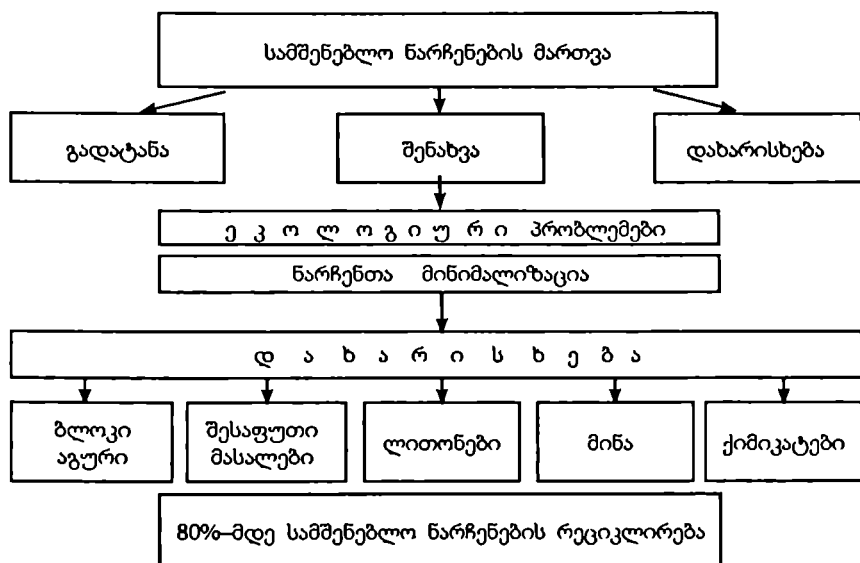
8. სამშენებლო ნარჩენები

ნებისმიერი პროდუქტი ან მასალა ამ პროდუქტის დასამზადებლად, რომელიც არ გამოიყენება უშუალოდ მშენებლობაში და მოითხოვს მშენებარე ობიექტისაგან მოცილებას, წარმოადგენს სამშენებლო ნარჩენს. ასეთი ნარჩენი მოითხოვს გადატანას, შენახვას, დახარისხებას, ხელახლა გამოყენების შესაძლებლობების დადგენას და ყველა ამ საკითხთან დაკავშირებულ გეგმარებას, რაც ნარჩენების მართვის სახელითაა ცნობილი. სამშენებლო პროცესი მოითხოვს ბევრ მასალას და ბევრ ნარჩენს წარმოქმნის. ხშირად მშენებლობის პროცესი იმდენად არა ეკონომიურია, რომ ნარჩენების რაოდენობა ბუნებრივი რესურსების გაჩანაგების საფრთხეს წარმოქმნის. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებით მომხიბლავია ყველა ის თეორია, რომელიც ნარჩენთა მინიმალიზებას და ამით როგორც ეკოლოგიური პრობლემების თავიდან აცილებას, ისე რესურსების გაჩანაგების საშიშროების შემცირებას ემსახურება.

ამჟამად მოწინავე სამშენებლო და დამზოგავი ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია 50%-დან 80% -მდე სამშენებლო ნარჩენების რეციკლირება ამა თუ იმ ფორმით. საერთოდ, სამშენებლო ნარჩენების შემადგენლობა ძალიან განსხვავებულია და დამოკიდებულია სამშენებლო ტექნოლოგიის ტიპზე. ამ მასალათა შორის რეციკლირებას ექვემდებარება მხოლოდ ნაწილი: ზოგიერთი ტიპის ბლოკი, აგური, შესაფუთი მასალები, ლითონები და სხვა. გაცილებით უფრო რთულია ქიმიკატების, დაბინძურებული წყლის და სხვა რეციკლირება.

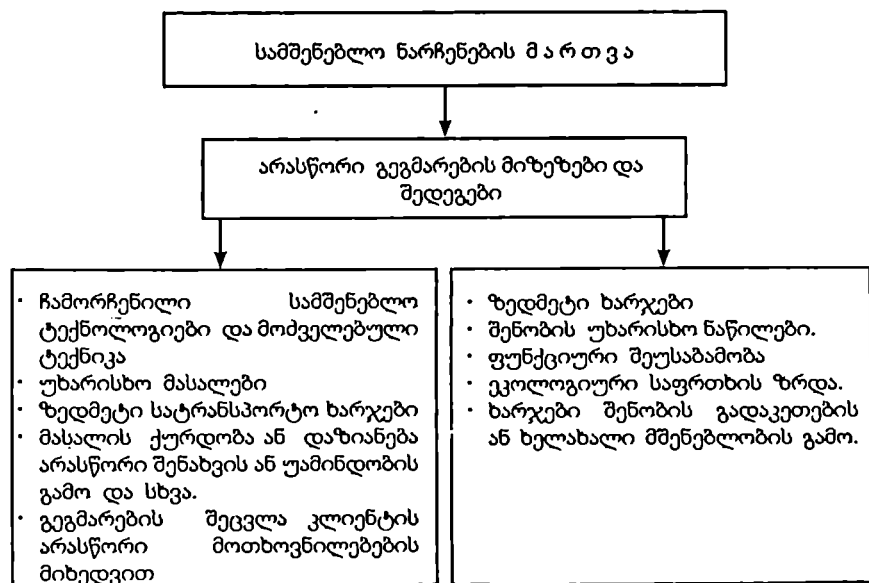
განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით მწელად რეციკლირებადი სამშენებლო ნარჩენების წარმოქმნის მიზეზებია: არასწორი გეგმარება; ჩამორჩენილი სამშენებლო ტექნიკა და ტექნოლოგია, არასაკმარისად ყურადღებით გაფორმებული სამშენებლო კონტრაქტი, უხარისხო მასალები, ტრანსპორტირებასთან დაკავშირებული ზედმეტი ხარჯები, მასალათა დაზიანება არასწორი შენახვის გამო, მასალის ადგილზე დამუშავების დროს დაშვებული უზუსტობანი, სხვადასხვა ინციდენტები: მასალის ქურდობა, უამინდობის შედეგად მისი დაზიანება და სხვა. დიდი რაოდენობით ნარჩენების წარმოქმნის მიზეზია, აგრეთვე გეგმარების შეცვლა კლიენტის მოთხოვნილებათა გათვალისწინებით ან თავიდანვე არასწორი გეგმარება.

ზემოთ ჩამოთვლილი მიზეზების გათვალისწინებით და სწორი მართვით შესაძლებელია ნარჩენების შემცირება, რაც თავიდანვე უნდა დაიგეგმოს უკვე მშენებლობის პროექტის შემდგენელი არქიტექტორის მიერ. შემდგომში მშენებლობის პროცესის მთელი ჯაჭვი უნდა შეიცავდეს ისეთ ტექნიკურ მოწყობილობას და მეთოდებს, რომლებიც გათვლილი იქნება სამშენებლო ნარჩენების შემცირებაზე და ეკოლოგიურ ეფექტურობაზე. დაწესებული უნდა იქნეს პასუხისმგებლობა ნარჩენების რაოდენობის უკონტროლო და შეუთავსებელი ზრდის შემთხვევაში.



სურ. 9. სამშენებლო ნარჩენების მართვა.

ნარჩენთა მინიმალიზაციის პრობლემები. ბლოკ-სქემა



სურ. 10. სამშენებლო ნარჩენების მართვა. არასწორი გეგმარება. ბლოკ-სქემა

8.1. აზბესტი როგორც სახიფათო სამშენებლო ნარჩენი

საუკუნეზე მეტი ხნის განმავლობაში აზბესტი წარმოადგენდა ერთ-ერთ ყველაზე ფართოდ გამოყენებად ნივთიერებას მრეწველობასა და მშენებლობაში. (მაგ.: სხვადასხვა სახის მშენებლობაზე, გზების და გემთმშენებლობაზე). 1975 წელს მსოფლიოში აზბესტის წარმოებამ უმაღლეს ნიშნულს - 5 მილიონ ტონას მიაღწია. ამჟამად ყოველწლიურად მისი წარმოება დაახლოებით 2 მილიონ ტონას შეადგენს. წარმოებული აზბესტის უმეტესი ნაწილი - (90%) ქრიზოტილია. აზბესტის წარმოების მთავარ ქვეყნებად სხვა მწარმოებელ ქვეყნებთან ერთად ითვლებიან ისეთი სახელმწიფოები როგორებიცაა, კანადა (9%), ბრაზილია (12,5%), ჩინეთი (14%) და ყაზახეთი (10.5%) და პირველ რიგში რუსეთი, რომელზეც მსოფლიოში მოპოვებული აზბესტის 50 % მოდის.

2004 წლის სექტემბერში, პეკინში ჩატარებულ სოციალური დაცვის საერთაშორისო ასოციაციის (ISSA) გენერალურ ასამბლეაზე პრევენციების სპეციალური კომისიის მიერ მიღებული იქნა დეკლარაცია აზბესტის შესახებ, რომელიც ყველა სახელმწიფოსგან ნებისმიერი სახის აზბესტის ან მისი შემცველი მასალის წარმოების, ვაჭრობის და გამოყენების აკრძალვას მოითხოვდა. (www.prevention.issa.int). ევროკავშირის 2003 წლის 27 მარტის დირექტივის მიხედვით, აიკრძალა აზბესტის მოპოვება, წარმოება და დამუშავება ევროკავშირის წევრ ქვეყნებში²⁹. ამავე 2003 წელს სრულიად აკრძალა აზბესტის მოპოვება და გამოყენება ავსტრალიამ. აშშ-ში და გაერთიანებულ სამეფოში დაშვებულია ნარჩენი აზბესტის გამოყენება, შესაბამისი უსაფრთხოების ნორმების დაცვით. თურქეთმა აკრძალა აზბესტის გამოყენება 2011 წლიდან, იაპონიამ - 2004 წლიდან, სამხრეთ კორეამ კი 2009 წლიდან.

8.1.1. აზბესტის წარმოშობა და მისი სახეები

აზბესტი უძველესი დროიდანაა ცნობილი. იგი ბუნებრივი მინერალია, მისი სახელწოდება წარმოიშვა ბერძნული სიტყვისგან „აზბესტოს“, რაც ნიშნავს „უღებ“, „უწყვეტ“, „უწვად“ ნივთიერებას.

ტერმინი „აზბესტი“ მოიცავს ექვს ბუნებრივ სილიკატურ მინერალს, რომლებიც მათი მინერალური თვისებების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

ა) სერპენტინის და ბ) ამფიბოლის ჯგუფებად.

ა) სერპენტინის ჯგუფში შედის მხოლოდ *ქრიზოტილი (თეთრი აზბესტი)*. იგი მიიღება სერპენტინის ქვებისაგან, რომელიც ფართოდ არის გავრცელებული მსოფლიოში, მისი ქიმიური ფორმულაა $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$, მიკროსკოპის ქვეშ ქრიზოტილი თეთრი ბოჭკოების სახით ჩანს.

29. ^ "Directive 2003/18/EC of the European Parliament and of the Council of 27 March 2003 amending Council Directive 83/477/EEC on the protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work". Publications Office of the European Union. Retrieved 2010-07-05.



სურ. 11. ქრიზოტილი (www.unipdp-org.it)

აგრეთვე გამოიყენება სამუხრუჭე იზოლაციებისათვის, ბოილერების შესაფუთად და ა.შ.

ქრიზოტილი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული აზბესტია, მაგ. იგი შეადგენს აშშ-ში მშენებლობაში გამოყენებული აზბესტის 95%-ს იგი ელასტიურია და შესაძლებელია მისი დაწვნა და მოქსოვა, ისე რომ მივიღოთ ქსოვილი. ქრიზოტილი უფრო ხშირად გამოიყენება ავტო-ფარეხებისა და საწყობების გადასახურად, აგრეთვე ჭერისა და ზოგიერთ შემთხვევაში კედლებისა და იატაკისათვის. ქრიზოტილი ხუნდებისათვის, მილების

ბ) ამფიბოლის ჯგუფი 5 სახეობისაგან შედგება, ამფიბოლის აზბესტის კლასს მიეკუთვნება: ამოზიტი, კროკიდილიტი, ტრემოლიტი, ანტიფილიტი და აქტინოლიტი, მათ შორის მრეწველობაში ყველაზე ფართოდ გავრცელებული აზბესტის სახეობებია: კროკიდილიტი (ლურჯი აზბესტი) და ამოზიტი (ყავისფერი აზბესტი).

კროკიდილიტი - მოიპოვება სამხრეთ აფრიკაში, ავსტრალიასა და ბოლივიაში და იგი ლურჯი ბოჭკოებისაგან შედგება, მისი ფორმულაა - $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. ამოზიტი მოიპოვება, ძირითადად სამხრეთ აფრიკაში, მისი ფორმულაა - $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$. მიკროსკოპის ქვეშ ჩანს ამოზიტის ყავისფერი ბოჭკოები, ამოზიტი გამოიყენება უფრო ხშირად როგორც ცეცხლგამძლე და თერმოიზოლაციური მასალა.



სურ. 12. აზბესტის ცეცხლგამძლე საბანი

(<http://www.hse.gov.uk/asbestos/gallery.htm>)

8.1.2. აზბესტის უარყოფითი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

სახეობის მიუხედავად, აზბესტი კანცეროგენური ნივთიერებაა და სახიფათოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. ქრიზოტილი (თეთრი აზბესტი) ანუ კანადური აზბესტი, ითვლება შედარებით ნაკლებად საშიშ და ნაკლებად კანცეროგენურ ნივთიერებად, სხვა სახის აზბესტთან შედარებით. თუმცა ნებისმიერი არგუმენტის მიუხედავად, მეცნიერების მოსაზრებით ყველა ტიპის აზბესტი კანცეროგენურია, მათ შორის, ქრიზოტილიც.

აზბესტი მოქნილი და გრძელი ბოჭკოებისგან შედგება. იგი ხასიათდება სითბოსა და ელექტროენერგიის დაბალი გამტარობით, უძლებს მაღალ ტემპერატურას, მჟავებს და არ იჟანგება. აზბესტის ბოჭკოვანი სტრუქტურა ქსოვილისებრია. აზბესტის ბოჭკოები ადვილად დაშლადია და ქმნიან ისეთ მტვერს, რომელიც შეუმჩნეველია შეუიარაღებელი თვალისთვის. მტვერი შესაძლოა, შეისუნთქოს ადამიანმა, რაც შემდგომში ღრმად შედის ფილტვებში.

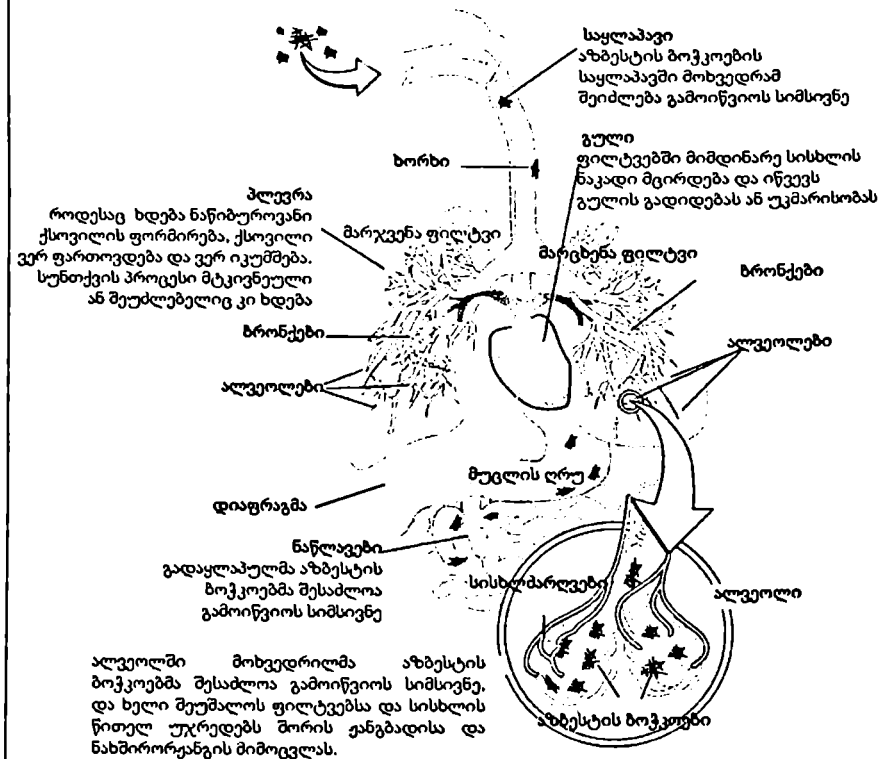
ბოჭკოები მოგრძო და თხელი ფორმისაა და ადამიანის სხეულისათვის რთულია მათი მოცილება. ორგანიზმის დამცავი სისტემა ვერ უმკლავდება აზბესტის ბოჭკოს და ბოჭკოს ფიზიკური და ქიმიური თვისებები აზიანებს სასუნთქ სისტემას. მნიშვნელოვანია, რომ ორგანიზმში მყოფი ბოჭკოები არ იშლება და ქრება. ისინი იწვევენ ანთებით პროცესს, რომელიც თანდათანობით ვითარდება ფილტვის ქსოვილის ან გარსის ან პლევრის ფიბროზის სახით, ფარავს ფილტვებს და იწვევს პლევრის გადაგვარებას. ბრონქებთან შეხების დროს, მათ შეუძლიათ დააზიანონ ქსოვილი, რაც გარკვეული პერიოდის შემდგომ იწვევს ფილტვის სიმსივნეს. რისკი უფრო რთულდება, თუ სხვა კანცეროგენურმა ფაქტორებმაც დაიწყეს ზემოქმედება. აზბესტის ბოჭკოებმა შესაძლოა პლევრის ღრუს გარეთაც გამოადწიონ, სადაც ისინი იწვევენ ლოკალურ ფიბროზს ანუ პლევრის კიბოს (მეზოთელიომას).

ყველაზე საშიში ბოჭკოებია გრძელი (5 მკმ-ზე მეტი) და წვრილი (3 მკმ-ზე ნაკლები) აზბესტის ბოჭკოები. სიგრძის ფარდობა დიამეტრთან მეტია, ვიდრე 3:1. ამდენად, მოსალოდნელი დაავადებების განვითარება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული აზბესტის ბოჭკოების ზომაზე, ბუნებასა და სახეობაზე. ცხადია, რომ ყველაზე მაღალი რისკის ქვეშ იმყოფებიან მუშები, რომლებიც აზბესტის მოპოვების, დამზადების და გამოყენების ინდუსტრიაში არიან ჩართულნი, მათ შორის, მშენებლები და ხელოსნები. აზბესტის მტვერის ზემოქმედებით გამოწვეულ დაავადებებს შორისაა: აზბესტოზი, ფილტვებისა და ხორხის კიბო, მეზოთელიომა; ყოველწლიურად მთელ მსოფლიოში ასი ათასობით ადამიანი ავადდება საშუალო ადგილზე აზბესტის ზემოქმედების შედეგად და ათასობით ადამიანი იღუპება.

პირველი დადასტურებული სიკვდილიანობის შემთხვევა, რომელიც აზბესტით იქნა გამოწვეული დაფიქსირდა 1906 წელს, ინგლისში აზბესტის მომპოვებელი საწარმოში. აზბესტოსის პირველი დიაგნოზი დაისვა 1924 წელს. 1930 წელს გაჩნდა პირველი რეგულაციები ინგლისში და შემდგომში აშშ-ში, რომელიც ითვალისწინებდა უსაფრთხოების ნორმების დადგენას და დაცვას. ტერმინი მეზოთელიომა პირველად სამეცინო ლიტერატურაში გაჩნდა 1931 წელს, თუმცა მისი კავშირი აზბესტთან მხოლოდ 40-იან წლებში დაფიქსირდა. ექიმი ეპიდემიოლოგების პროგნოზით, 2023 წლისათვის 45 ათასი ავსტრალიელი დაიღუპება აზბესტით გამოწვეული დაავადებებისგან (მეზოთელიომა და ფილტვის სიმსივნე). იაპონიაში წინასწარი კვლევებით დადგინდა, რომ ავთვისებიანი მეზოთელიოზით სიკვდილიანობის მაჩვენებელი შემდეგი 40 წლის განმავლობაში 49-ჯერ უფრო მეტი იქნება, ვიდრე ეს იყო 1990 წელს;

მნიშვნელოვანია, რომ აზბესტთან დაკავშირებული დაავადებების მკურნალობა ძნელია და მათი უმრავლესი ნაწილისათვის სამკურნალო საშუალება არ არსებობს. სოციალური და სამედიცინო თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია, რომ ეს დაავადებები რაც შეიძლება ადრეულ ეტაპზე გამოვლინდეს. პერიოდი აზბესტის ზემოქმედებასა და პათოლოგიური სიმპტომების გამოვლენას შორის საშუალოდ 15-20 წელია და იგი შესაძლოა 30 წლამდე გაგრძელდეს.

■ აზბესტით გამოწვეული დაავადების სიმძიმის ხარისხი დამოკიდებულია ორგანიზმზე აზბესტის ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე, ორგანიზმში მოხვედრილი აზბესტის ბოჭკოების რაოდენობასა და ორგანიზმში მათი შეღწევის გზაზე. აზბესტის ბოჭკოები ორგანიზმში სასუნთქი გზების ან საკმლის მომწელებელი სისტემის გავლით (მიღებულ საკვებთან ან სასმელთან ერთად) ხვდება.



სურ. 13. აზბესტის მტკერის ადამიანზე შესაძლო ზემოქმედების სქემა
www.indoorquality.org

8.1.3. რეციკლირება და გაუვნებელყოფა

განვითარებულ ქვეყნებში აზბესტი განიხილება, როგორც სახიფათო ნარჩენი და, შესაბამისად, ხდება მისი განთავსება ნაგავ-საყრელზე. იმ შენობების დემონტაჟი, სადაც აზბესტის დიდი რაოდენობაა გამოყენებული, ძალიან ფრთხილად უნდა მოხ-დეს, ნაწილ - ნაწილ უნდა დაიშალოს, და ფრთხილად უნდა იქნეს გადატანილი შესაბამისი პროცედურების დაცვითა და სპეციალური ტრანსპორტით. განვითარებულ ქვეყნებში არსებობს შესაბამისი სამსახურები, რომლებიც

მოქმედებენ მკაცრად გაწერილი ინსტრუქციების მიხედვით. მთავარი რისკი დემონტაჟის დროს გამოყოფილი აზბესტის მტვერია. აზბესტის მტერის გავრცელების ზუსტი არეალი ვერასოდეს დგინდება, ამიტომ სამუშაო ტერიტორია უნდა იყოს აუცილებლად იზოლირებული, ხოლო პერსონალი აღჭურვილი უნდა იქნეს დამცავი საშუალებებით (ჰერმეტიკული კომბინეზონებით და რესპირატორებით). განვითარებად სამყაროში, სამწუხაროდ, მსგავსი პრაქტიკა არ გამოიყენება, მით უმეტეს აზბესტი უარეს შემთხვევაში ჯერ კიდევ იწარმოება და უკეთეს შემთხვევაში კი ხდება მისი ექსპორტირება და ფართომასშტაბიანი გამოყენება. აზბესტის კონტროლი და საჭიროების შემთხვევაში, შესაბამისი პროცედურების განცხორციელება გამონაკლისის სახით საერთაშორისო დონორი ორგანიზაციების ფარგლებში მიმდინარე აქტივობების დროს ხორციელდება. ასე მაგალითად: აშშ განვითარების სააგენტო კრძალავს ინფრასტრუქტურულ პროექტებში მშენებლობების დროს აზბესტის გამოყენებას, იგივე ეხება მსოფლიო ბანკს, და ევროკავშირს. ხოლო იმ შემთხვევაში კი სამიზნე ობიექტებში უკვე არსებობს აზბესტი, მაშინ მისი მოცილება, ან გაუვნებელყოფა მკაცრად გაწერილი პროცედურული ნორმებით და შესაბამისი ძალაუფლებიანი სპეციალისტების მიერ ხდება. თუ აზბესტი კარგ მდგომარეობაშია (ანუ არ არის დაზიანებული, არ იმსხვერვა და ა.შ.) მაშინ რეკომენდირებულია, რომ საერთოდ არ მოხდეს მისთვის ხელის ხლევა. ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ აზბესტის შემცველი მასალა დაზიანებულია, ან დაზიანდა სარემონტო სამუშაოების დროს, მაშინ იგი ან უნდა მოცილდეს, ან უნდა შეკეთდეს. შეკეთება შესაძლოა განხორციელდეს ორნაირად:

ა) დალოუქვა (ინკაპსულაცია), რაც გულისხმობს აზბესტის დამუშავებას სპეციალური სითხით (საღებავით, წებოთი) რომელიც უზრუნველყოფს ბოჭკოების შებოჭვას, ისე რომ არ მოხდეს მტერის წარმოქმნა **ბ) შეფუთვა**, რაც გულისხმობს აზბესტის მასალის შეფუთვის დამცავი ნაჭრით.

ნებისმიერ შემთხვევაში, აზბესტი ადგილზე რჩება. გარემონტება თავისთავად იაფი ჯდება ვიდრე მოცილება, თუმცა დროთა განმავლობაში მაინც საჭირო გახდება აზბესტის მოცილება, რაც კიდევ უფრო რთული იქნება და შესაბამისად უფრო ძვირიც დაჯდება.



სურ.14. აზბესტის შემცველი მასალების დემონტაჟი

<http://www.epa.gov/asbestos/>

აზბესტის რეციკლირება შესაძლოა მოხდეს მისი სილიკატურ შუშად ტრანსფორმირების გზით. 1000–1250°C -ზე თერმული დამუშავების შემთხვევაში წარმოიქმნება არასახიფთო სილიკატის სხვადასხვა ფაზის ნარევი, ხოლო 1250 °C -ზე ზემოთ კი წარმოიქმნება სილიკატური შუშა. მიკროტალღოვანი თერმული დამუშავება შესაძლოა გამოყენებული იქნეს ინდუსტრიულ საწარმოო პროცესში, რათა მოხდეს აზბესტის, და აზბესტის შემცველი ნარჩენების გარდაქმნა მოზაიკურ კერამიკურ პლიტებად და აგურებად.

2004 წლის სექტემბერში, პეკინში ჩატარებულ სოციალური დაცვის საერთაშორისო ასოციაციის (ISSA) გენერალურ ასამბლეაზე პრევენციების სპეციალური კომისიის მიერ შემუშავებული იქნა რეკომენდაციები, რომელიც ეხებოდა აზბესტის შემცველ ძირითად ალტერნატიურ მეთოდებს და შემცველ მასალას. აზბესტის შემცველი მასალები, განსაკუთრებით ბოჭკოვანი, ხშირად უფრო ძვირად ღირებულია, ვიდრე აზბესტის მასალა. თუმცა ეს უმნიშვნელო თანხაა აზბესტთან დაკავშირებულ დაავადებებზე გამოყოფილ თანხებთან შედარებით.

აზბესტის კატეგორია	გამოყენების სახეობა	შემცველი მეთოდები/ მასალები
I დიდი რაოდენობის დაუმუშავებელი აზბესტი	შესაფუთი მასალა, საფრქვევი იზოლაცია, სითბოსა და ხმაურისგან დამცავი იზოლაცია	• მინერალური ბამბა (მინა, ქვა, წიდა) და კერამიკული ბოჭკო • იზოლაცია ვერმიკულიტის დანამატით, ქარსი (მიკალექსი) და ა.შ. • როგორც დანამატები • პანელები, რომლებშიც გამოიყენება სხვადასხვა სილიკატები • ცელულოზა
II აზბესტი ფხვნილებში და მინერალურ ნივთიერებებში (აზბესტის ცემენტის გარდა)	დაფრუტვა, ფასადის მოპირკეთება, ზედაპირის დაფრუტვა ცეცხლგამძლე ფენით, დუღაბი(ხსნარი), წებოვანი ნივთიერებები, ცეცხლგამძლე ხსნარები, აბრაზიული ფხვნილიძენ	სხვადასხვა არაბოჭკოვანი მინერალური ნივთიერებები: კარბონატები, სილიკატები, პერლიტი, ვერმიკულიტი, მიკალექსი და ა.შ.
III აზბესტი სითხეებში ან წებოვან ნივთიერებებში	დაფრუტვა, შეღებვა, მოპირკეთება, დაწებება.	• კირქვის ან თიხის დანამატები • ცელულოზა • მიკალექსი

IV აზბესტის ფურცელი ან პანელი	• ტიხრები, კერი, ფურცლოვანი გადახურვა, ქეჩები, ფილტრები, სამშენებლო ქაღალდი • თერმული იზოლაციით დაფარვა, პანელები და ა.შ.	• MMMF (პანელები, საყრდენები) • თიხა და სილიკატის ქაფი, ვერმიკულატის შენაერთები • ზემოხსენებული მასალები დამატებული RCF
V მოქსოვილი ან დაწნული აზბესტი —	შესაფუთი მასალა, თოკი, ლეიბი, საბანი, ბალიში, ფარდა და ა.შ.	• PE, PP, PA, — პლასტმასა (დაბალი ტემპერატურებისთვის) • ნახშირბადი, არამიდი და ფოლადის ბოჭკო • მინის ბოჭკო • ქვის ბოჭკო • RCF —
VI აზბესტი გუდრონში და პლასტიკატებში	• გადამბულობის მოწყობილობა, ხუნდების სარჩული, ელ. საიზოლაციო მასალა და ა.შ. • პლასტმასა • კედლის მოპირკეთება, იატაკის საფარი (მეტლახი, კაფელი)	• MMMF, არამიდი, ნახშირბადის ბოჭკო, PTFE, ფოლადი, სპილენძი • სხვადასხვა მინერალური ნივთიერებები ალტერნატიული ტექნოლოგიები
VII აზბესტის ცემენტი	კონტეინერები, მილები, ტიხრები, გადასახური მასალა და სხვადასხვა სამშენებლო მასალები	• ცელულოზა, PP, პოლივინილის სპირტის ბოჭკო, არამიდი • მინის ბოჭკო და სხვ.
VIII აზბესტი „მაზუთში“ (ასფალტი და ბიტუმი)	ბიტუმი, ბიტუმის შემცველი წებოვანი ნივთიერებები, ანტიკოროზიული (დაფერვის მასალა) ხსნარები და ა.შ.	• კირქვის დანამატები • მინის და ქვის ბოჭკო

ცხრილი 3. აზბესტის შემცველი ძირითადი ალტერნატიული მეთოდები და მასალები
(the International Social Security Association, www.prevention.issa.int)

ცხრილში გამოყენებული აბრევიატურის განმარტება: MMMF – ხელით ნაკეთები მინერალური ბოჭკო; PE – პოლიეთილენის ბოჭკო; PP – პოლიპროპილენის ბოჭკო; PA – პოლიამიდის ბოჭკო; PTFE – პოლიტეტრაფთორეთილენის ბოჭკო; RCF – ცეცხლგამძლე კერამიკული ბოჭკო.

9. ნარჩენების თერმული და თერმოქიმიური გადამუშავება

ორგანული მასალების შემცველი ნარჩენების დაწვა, მათი თერმული დამუშავება ნარჩენების გადამუშავების ერთ-ერთი გავრცელებული სახეა. ამისათვის აწარმოებენ ნარჩენების გაცხელებას ჟანგბადის თანხლებით, რაც ორგანული შემადგენელი ნაწილების დაჟანგვას იწვევს. როგორც წესი, დაწვის პროცესამდე ახდენენ ნარჩენების განცალკევებას არსებული არაორგანული ფრაქციისაგან, რადგანაც ეს უკანასკნელი არ ექვემდებარება თერმულ დამუშავებას. განცალკევებულ ორგანულ ფრაქციას სპეციალური ტრანსპორტირებით აწოდებენ ღუმელს (წვის კამერას). დაწვის შემდეგ რჩება ნაცარი და ნაშთი. წვის დროს გამოყოფილი აირები კონტროლდება, რომ მათში არ იყოს დამაბინძურებლები. საბოლოო პროდუქტებს გარდა ნაცარისა, წარმოადგენენ წყალი და ზოგიერთი მყარი ნაწილაკი. ნახშირწყალბადების წვა ჟანგბადის თანხლებით იძლევა ნახშიროქანას, წყალს და ენერგიას (სითბოს).

თუ წვა არასრულია, შესაძლოა, მივიღოთ სხვადასხვა პროდუქტი. ასეთ შემთხვევაში დიდია საშიშროება წვის შედეგად უფრო ტოქსიკური პროდუქტის წარმოქმნის, ვიდრე საწყისი ნივთიერება იყო. ასე მაგალითად, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები, ფურანი, დიოქსინი. მაღალტოქსიკური ნივთიერებები მიიღება ქლორინიზებული ნახშირწყალბადების არასრული წვის შედეგად: ჰექსაქლორობენზენი, ქლორინიზებული დიოქსინი და სხვა. გარემოს დაბინძურების საშიშროება, ასეთ შემთხვევაში განსაკუთრებულად კვალიფიციური მონიტორინგის საგანია.

წვის ე.ი. თერმული დესტრუქციისათვის სხვადასხვა სახის მოწყობილობა გამოიყენება: სხვადასხვა კონსტრუქციის ღუმელები მბრუნავი კამერებით წვის დროს კომპონენტების უკეთესი შერევისათვის, მრავალღუმელიანი მოწყობილობა წვის კომპონენტების სხვადასხვა პირობებში დამუშავებისათვის. თხევადი კომპონენტების შემასხურებლებიანი ღუმელები და სხვა. ყველა ეს მოწყობილობა ემსახურება წვის პროცესის გაუმჯობესებას, ნარჩენების თერმულ დესტრუქციას, იმისათვის, რომ რაც შეიძლება ნაკლები ნაშთი დარჩეს და წვა იყოს სრული, ხოლო ტოქსიკური პროდუქტების წარმოქმნის შემთხვევაში გამოირიცხოს მათი გარემოში მოხვედრა.

პლასტიკური მასალები, რომლებიც ამჟამად უაღრესად ფართო და მზარდ გამოყენებას პოულობენ ადამიანის ყოფაცხოვრებაში წარმოადგენენ სინთეზურ პოლიმერებს: პოლიპროპილენს, პოლისტირენს, პოლიეთილენ ტერეფტალატს, პოლივილინ ქლორიდს

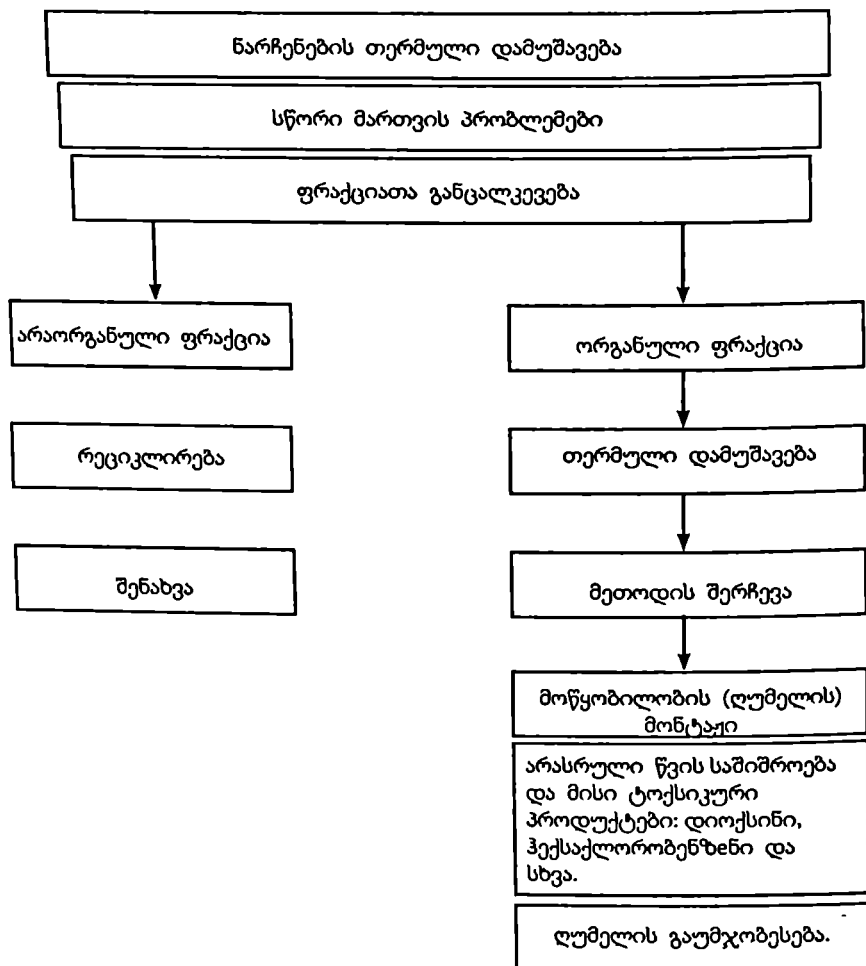
და სხვა. ბუნებრივია, ნარჩენების დიდი ნაწილი სწორედ ამ მასალისგან დაზაადებული ნივთებია, ისინი ნაგავსაყრელზე გროვდებიან და მიდამოს ანაგვიანებენ. ასეთი ნარჩენები დიდი ხნის განმავლობაში არ განიცდიან დეგრადაციას. ამის გამო მეტად საინტერესოა ის მეთოდები, რომლებიც ამ ნივთიერებათა რეციკლირების საშუალებას იძლევიან ანუ მათი ხელახლა გამოყენების პირობებს ქმნიან. ამ დროს ენერგიის მიღებაც არის შესაძლებელი.

რეციკლირების მექანიკური მეთოდი რამდენიმე სტადიისგან შემდგარი პროცესია, რომლის დროს პლასტიკური მყარი მასალისაგან დაზაადებული ნარჩენი ირეცხება და მისგან გრანულები მზადდება.

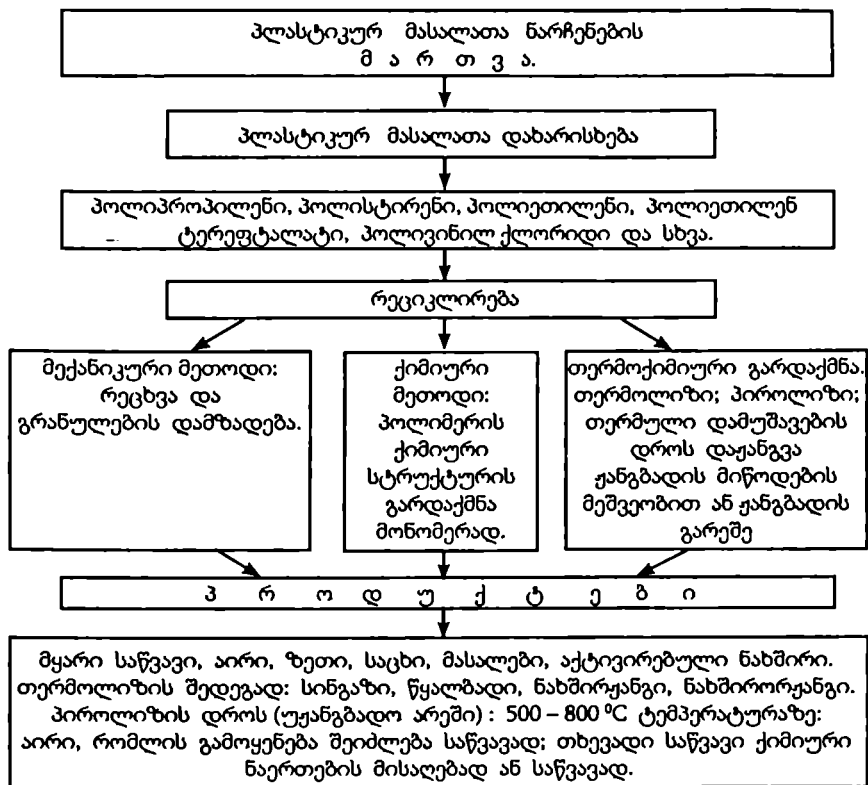
ქიმიური რეციკლირება გულისხმობს პოლიმერის გარდაქმნას მონომერად ან სხვა სპეციალურ ნაერთად. რომლის გამოყენება შეიძლება შესაფუდ მასალად ან საწვავად. ამ დროს გარდაიქმნება პოლიმერის ქიმიური სტრუქტურა.

თერმოლიზის დროს, რომელიც თერმოქიმიური გარდაქმნის ერთ-ერთი სახეობაა შეგვიძლია მივიღოთ პროდუქცია მინიმალური ნარჩენებით. ამ პროდუქტიდან შეგვიძლია დავასახელოთ: აირი, საცხი მასალები, აქტივირებული ნაშთი და სხვა. თერმოლიზის პროცესი გულისხმობს გაზიფიკაციას, რომლის დროს წარმოიქმნება წყალბადი, ნახშირჟანგი, ნახშირორჟანგი. ამ დროს დროს თერმული გარდაქმნის გზით და დაჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება სინგაზი. დაჟანგვისათვის გამოიყენება ჰაერის ჟანგბადი.

თერმოლიზის პროცესის ერთ-ერთი სახეობაა პიროლიზი, რომელიც წარმოადგენს ორგანული მასალის გარდაქმნას 500-800°C ტემპერატურაზე ჟანგბადის გარეშე. ამ დროს წარმოიქმნება თხევადი საწვავი და აირი, რომლის გამოყენება შეიძლება საწვავად: ეს თხევადი საწვავი გამოიყენება საწვავად ან მისგან იღებენ სხვადასხვა ქიმიურ ნაერთს.



სურ. 15. ნარჩენების თერმული დამუშავება. ბლოკ-სქემა



სურ. 16. პლასტიკურ მასალათა ნარჩენების მართვა. ბლოკ-სქემა

10. სამთომომპოვებელი წარმოების ნარჩენები

სამთომომპოვებელი მრეწველობის (მადნის) ნარჩენები დიდი რაოდენობით გროვდება როგორც უშუალოდ მადნის მოპოვების ადგილას, ასევე მისი შემდგომი გადამუშავების საწარმოთა სიახლოვეს მადნის ხრემისმაგვარ და ქვიშისმაგვარ ფორმებს. ხოლო მადნის მოპოვების ადგილას ხშირად რჩება გაშიშვლებული ქანები და გამოუსადეგარი ნიადაგი, რომელიც აღდგენას მოითხოვს, იმისთვის რომ მომავალში შესაძლებელი იქნეს მისი გამოყენება სასოფლო სამეურნეო ან სხვა საქმიანობისათვის.

მადნის ნარჩენებს ხშირად ინახავენ გროვების, გორაკების, ბორცვების სახით და ცდილობენ რომ სხვადასხვა ტიპის ნარჩენები განცალკევებულ გროვებად იქნეს შენახული, თუმცა ასეთი სეპარაცია ყოველთვის ვერ ხერხდება საწარმოო პროცესის არასრულყოფილების, ან სიძვირის გამო.

ასეთ მადნის ნარჩენების გროვებში ხშირად ხდება მასალა, რომელიც რჩება მადნიდან მინერალების ექსტრაქციის შემდეგ. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ნარჩენებში ხშირად წარმოდგენილია მთელი რიგი ისეთი მინერალებისა, რომლებიც სამთო-მომპოვებელ კომპანიას მოცემული მომენტისთვის ნაკლებად აინტერესებს. თუმცა შესაძლოა მოგვიანებით, მათი საბაზრო ღირებულების გაზრდამ ან მათი გამოყოფის ტექნოლოგიის გაიაფებამ გამოიწვიოს კომპანიის ინტერესის გაჩენა ასეთი მადნის ნარჩენების მიმართ. ნახშირი ნარჩენთა გორაკებში ხშირად ააღდება ხოლმე და იწვის, რაც ლითონთა სულფიდების დაჟანგვის შედეგად ხდება. ასეთ გორაკებში ნახშირი იწვის წვის მავნე პროდუქტების გამოყოფით და აბინძურებს გარემოს, ხოლო მისი ჩაქრობა დიდ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული და დიდ დანახარჯებს მოითხოვს.

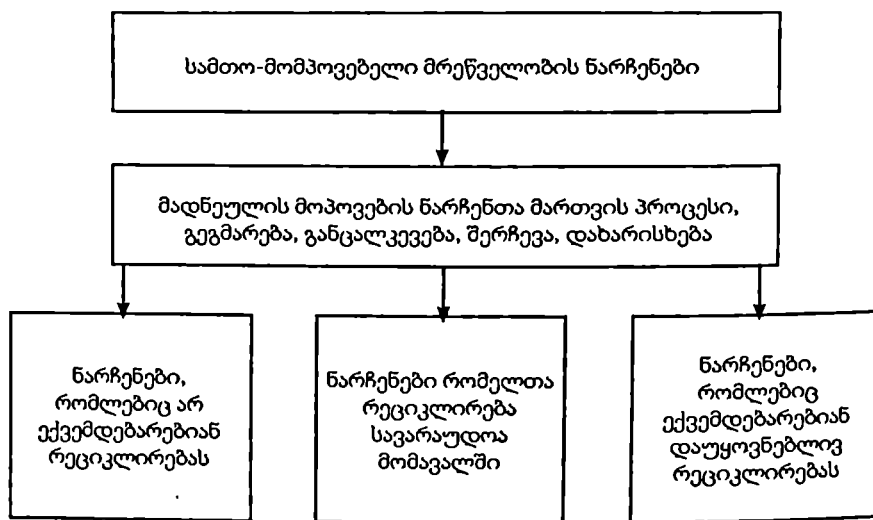
მსოფლიოში წლითი წლობით იზრდება მოთხოვნილება ისეთ მადნეულზე, რომელიც შეიცავს რკინას, ოქროს, ალმასს, ნახშირს, ქრომს, მანგანუმს, სპილენძს, თუთიას და სხვა მინერალებს. იმ შემთხვევაში, როდესაც მადანი შედარებით ღარიბია ასეთი მინერალებით, მწარმოებელ-მომპოვებლებს უხდებათ ძალიან დიდი რაოდენობის მადნის შემცველი ქანების გადამუშავება, საჭირო რაოდენობის მადნის მისაღებად. ეს კი ბუნებრივია, ნიადაგის დიდი ფართობების, დიდი ტერიტორიების დაზიანებას იწვევს და, შესაბამისად, ბევრი ნარჩენი გროვდება. ასეთ შემთხვევაში, განსაკუთრებით დიდია მადნის ნარჩენთა მართვის სპეციალისტთა პასუხისმგებლობა.

მადნის ნარჩენთა გორაკები და ბორცვები, რომლებშიც ინახება სხვადასხვა მინერალთა დიდი რაოდენობა ადვილად შეიძლება იქცნენ დაბინძურებისა და გარემოს შელახვის წყაროდ, სხვადასხვა მიზეზ-ფაქტორთა მოქმედების შედეგად, მაგალითად: წვიმა, ქარი, წყალდიდობა, მეწყრული მოვლენები, მიწისძვრა, თვით ამ ნარჩენთა გორაკების არასწორი კონსტრუქცია, მშენებელთა არასათანადო კვალიფიკაცია, მეორადი ექსპლოატაციისას დაშვებული შეცდომები, მეტისმეტად მტაცებლური ექსპლოატაცია, უსაფრთხოების ნორმების დაუცველობა და სხვა. მადნის ნარჩენების შემცველ ასეთ გორაკებს შესაძლოა ჰქონდეთ სხვადასხვა კონსტრუქცია. ძალიან მნიშვნელოვანია კონსტრუქციის ექსპლოატაციის ნორმების დაცვა, იმისათვის, რომ რომ გამოირიცხოს მათში შემავალი ქანების (მასალის) ამოძრავება, ჩამოშლა, გაფანტვა, რადგან ნარჩენების განსაკუთრებით დიდი მოცულობის კონსტრუქციის რღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგი.

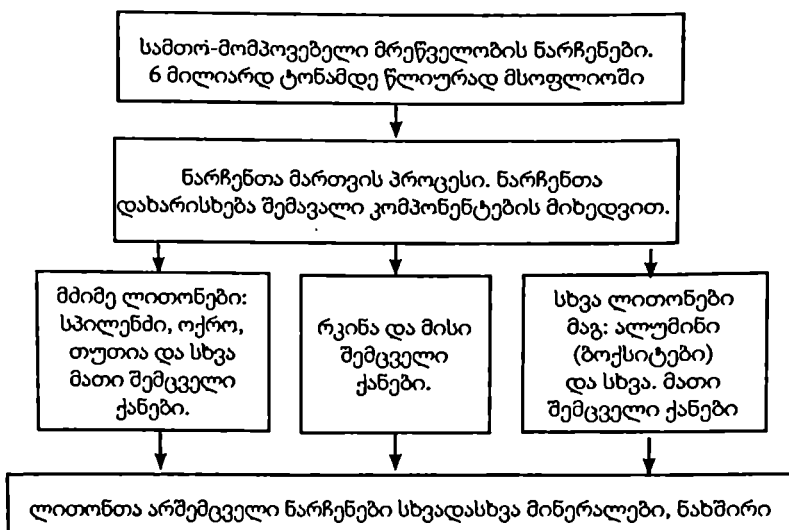
ძალიან სპეციფიკური შეიძლება იყოს ის კონსტრუქციები, რომლებიც გამოიყენება მეტად წვრილი ნაწილაკებისაგან შემდგარი მადნის ნარჩენების შესანახად. ასეთ შემთხვევებში იყენებენ წყლის ავზებს და სპეციალურ კონსტრუქციას, რომელიც ნარჩენების დაღეჟვისა და

გამკვირვების საშუალებას იძლევა (ლექის წარმოქმნით). ირგვლივ კი შესაძლოა ნიადაგისგან გაკეთდეს მკვრივი, ღობესმაგვარი კონსტრუქცია. მრავალი ასეთი და განსხვავებული კონსტრუქცია ცალკეულ შემთხვევებში მეტ-ნაკლებად საიმედოდ იცავს ნარჩენებს და გარკვეული დროით აღმოფხვრის გაჟონვისა და გარემოს დაბინძურების შესაძლებლობას. ასეთი ტიპის კონსტრუქციებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის ბალანსს. წყლის ნაწილი ნარჩენების თავზე გროვდება, მისი ერთი წილი ორთქლდება, ხოლო დანარჩენი ჟონავს ნარჩენებში და შემდგომ წყლის საცავში ბრუნდება სპეციალური წყლის ტუმბოს საშუალებით. ასეთი ქმედება იცავს ნარჩენების გროვას რღვევისა და გარემოში გაბნევისაგან. მიწაყრილი, რომელიც ნარჩენების გროვას გარემოში გაფანტვისაგან იცავს და რომელიც ღობის როლს ასრულებს, არ უნდა შედგებოდეს მეტისმეტად დახრილი კალთებისაგან. რაც უფრო ნაკლებია მიწაყრლის კალთების დახრილობა, მით უფრო მყარია კონსტრუქცია წყლისა და ქარის ეროზიის მიმართ. განსაკუთრებით სასურველია, რომ ეს კონსტრუქცია გამყარდეს მცენარეთა ფესვებით, რომლებიც დაირგვება ამ კალთებზე და ნარჩენების გროვა ასეთი მცენარეთა ფესვებით გამაგრებული კალთებით თანდათანობით შეერწყმება გარემოს, რომელიც მრავალი წლის განმავლობაში დაცული იქნება ამ ნარჩენებით დაბინძურებისაგან. მნიშვნელობა აქვს შემოღობილი მიწაყრლის კალთების სიგრძესაც, რადგანაც მეტისმეტად გრძელი კალთები უფრო ადვილად ირღვევა ეროზიის, მიწისძვრისა და სხვა მოვლენების შედეგად. კალთების სიგრძის ოპტიმალური ზომაა 30 მეტრია.

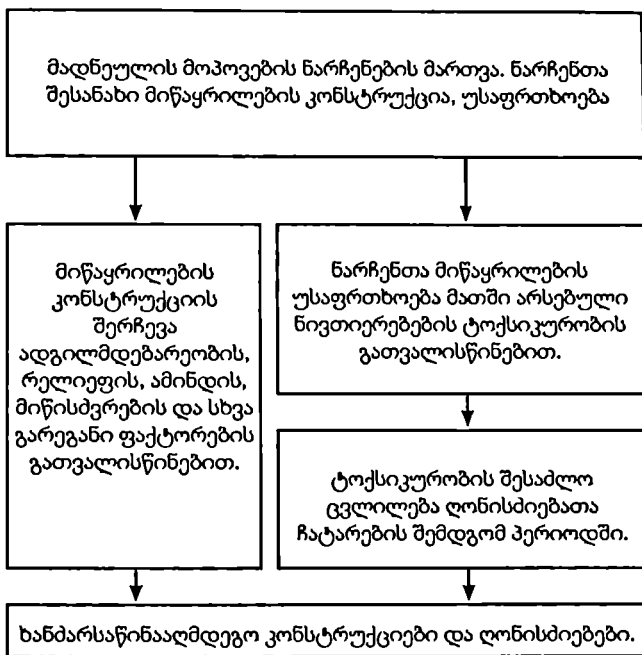
ამგვარად, მადნების ნარჩენების შენახვა ისე, რომ არ დაზიანდეს გარემო და არ შეილახოს ადამიანების ჯანმრთელობა მოითხოვს ისეთ ნაგებობებს და ამ ნაგებობების ისე დაცვას, რომ ნაგებობა მრავალი წლის განმავლობაში დაცული იქნეს გარემო ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული შესაძლო რღვევისაგან ასეთ შემთხვევაში თანდათანობით, რეაბილიტაციის შედეგად, მცენარეთა ფესვებით გამაგრების გზით შეერწყმება გარემოს. ბუნებრივია, ასეთი ნაგებობების შექმნა დაკავშირებულია საინჟინრო გამოცდილებასა და მართვის მაღალ დონესთან. კონსტრუქციები კი განსხვავებულია იმის მიხედვით, თუ რა ტიპის მადნის ნარჩენები შეინახება, რა ზომის და რა სიმკვრივის ნაწილაკებისაგან შედგება ეს ნაწილაკები, რამდენად სახიფათოა მათი აალების შესაძლებლობა და რამდენად ტოქსიკური შეიძლება იყოს ისინი გარემოში მცხოვრებთათვის. გასათვალისწინებელია მათი ხელახლა ექსპლუატაციის შესაძლებლობა ან, პირიქით, ხანგრძლივი კონსერვაცია. აღნიშნული საკითხები ნარჩენების მართვის სპეციალისტთა მაღალ კვალიფიკაციას მოითხოვს.



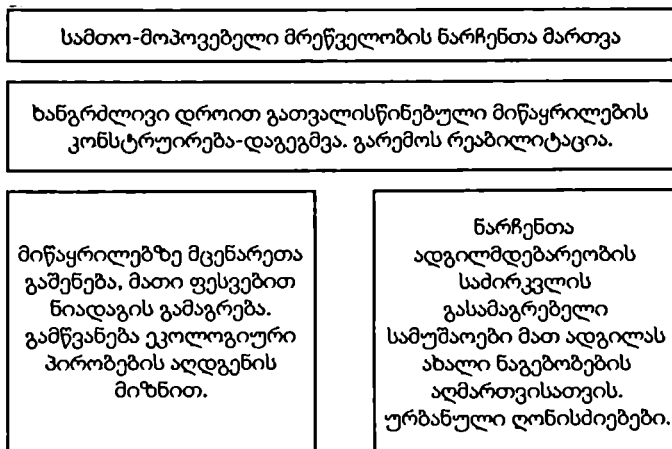
სურ. 17. სამთო-მომპოვებელი მრეწველობის ნარჩენების მართვა. ნარჩენების პირველადი დახარისხების ბლოკ-სქემა.



სურ. 18. მადნეულის ნარჩენების მართვა. დახარისხება ნარჩენთა გვარობის მიხედვით. ბლოკ-სქემა



სურ. 19. მადნეულის ნარჩენების მართვა. მიწაყრილების კონსტრუქცია და უსაფრთხოება ბლოკ-სქემა.



სურ. 20 გარემოს რეაბილიტაცია. ბლოკ-სქემა

11. ლითონის წარმოების წარჩენები

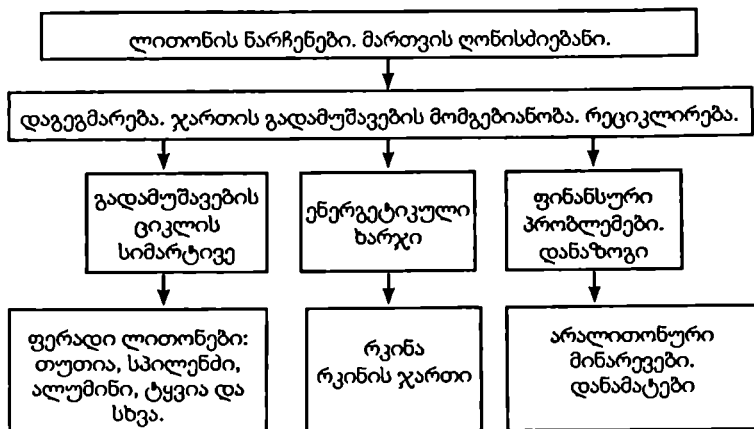
ჯართი

ლითონის წარჩენები, ჯართის სახით წარმოადგენს ლითონწარმოების მნიშვნელოვან წილს. ჯართის გადამუშავება და მისგან როგორც შავი, ასევე ფერადი ლითონების კვლავ სუფთა სახით მიღება მომგებიანია და წარმოების უფრო მარტივ ციკლს მოითხოვს, ენერგეტიკულადაც ნაკლებ ხარჯიანია, ვიდრე ლითონის მიღება პირველადი მადნიდან. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჯართის გადამუშავება, თუ ადგილობრივ არ მოიპოვება სასურველი ლითონის მადანი.

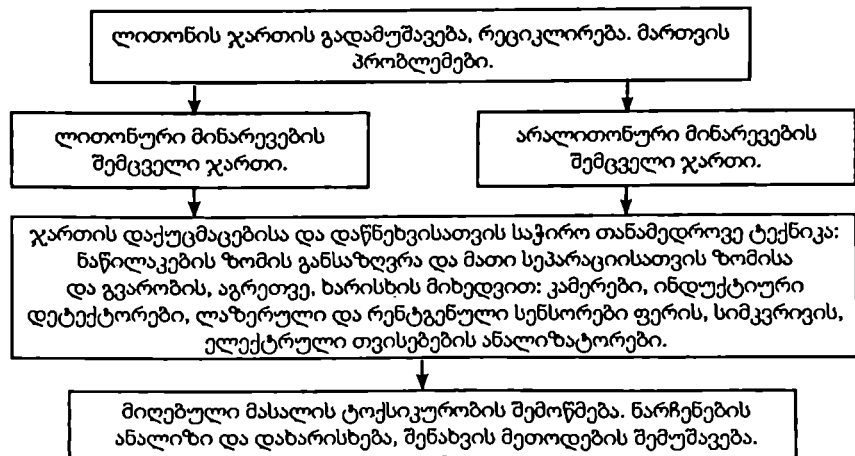
ფერადი ლითონებიდან განსაკუთრებით ინტენსიურად ხდება თუთიის, სპილენძის, ალუმინის, ტყვიის გადამუშავება. ჯართის გადამუშავებით მიღებული პროდუქცია ეკოლოგიურად უფრო ნაკლებად საზიანოა და ენერგიის ეკონომიასაც იძლევა, მადნიდან გამოდნობასთან შედარებით. რკინის შემცველი ჯართიდან ფოლადის გამოდნობაც ასევე მომგებიანია მრავალი მიზეზის გამო. მსოფლიოში გამოდნობილი ფოლადის 35-45% სწორედ ჯართისგანაა მიღებული და ენერგიის დანაზოგი აქ 70-80%-ს აღწევს, მადნიდან გამოდნობასთან შედარებით.

შეიძლება ითქვას, რომ ამჟამად ლითონ წარმოების წარჩენების მართვის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს ლითონის წარჩენების ე.ი. ჯართის გადამუშავების კიდევ უფრო მეტი ინტენსიფიკაცია იმ მომგებიანობიდან გამომდინარე, რაც ზემოთ აღვნიშნეთ. განსხვავებით ბევრი სხვა მასალისაგან, რომელთა ხელმეორედ გამოყენება, იძლევა უფრო დაბალი ხარისხის პროდუქტს. ლითონების მრავალჯერადი გადადნობა და ამ სახით მათი რეციკლირება არ ამცირებს ლითონის ხარისხს და, შესაბამისად, რეციკლირების რაოდენობა არ არის შეზღუდული. როგორც წესი, ჯართის შემგროვებელი კომპანიები მცირე ზომისანი არიან და ისინი შეგროვებულ ჯართს ყიდიან უფრო მსხვილ კომპანიებს, რომელთაც აქვთ რეციკლირების საშუალება. იმის მიხედვით, თუ რა მოთხოვნილებას აყენებს ლითონის ჯართის შემსყიდველი საჭირო ხდება ლითონის ფიზიკური და ქიმიური თვისებების შეცვლა. მაგ., მოცულობის, სიმკვრივის, ამა თუ იმ დანამატის შემცველობის (მაგ., უჟანგავი ფოლადის წარმოებისათვის), ხშირად მინარევებისაგან გასუფთავება და სხვა პროცესები. ამგვარად, ჯართი უადრესად მრავალფეროვანი სახისაა, მათ შორის გვხვდება ისეთი კომპონენტები, რომლებიც შეიცავენ არალითონურ მინარევებს. შესაბამისად, ჯართისთვის სასაქონლო სახის მიცემა მის გარკვეულ გადამუშავებასთანაა დაკავშირებული, რაც სპეციალურ ტექნიკას მოითხოვს (დაქუცმაცებისათვის, დაწნეხვისათვის და სხვა). ასეთი ტექნიკა თანამედროვე პირობებში აღჭურვილია კომპიუტერული სისტემებით, სენსორებით, კამერებით, ინდუქტიური დეტექტორებით,

ლაზერული და რენტგენული კომპიუტერებით, რაც საშუალებას იძლევა მოხდეს ლითონების სეპარაცია ფერის, ბრწყინვალეობის, ელექტრული თვისებების, სიმკვრივის და ქიმიური მახასიათებლების მიხედვით. ყველა ეს მოწყობილობა საშუალებას იძლევა ლითონების ნარჩენების რეციკლირება მოხდეს ნაკლები დანახარჯებით და ნარჩენთა მართვის გაუმჯობესებას უწყობს ხელს.



სურ. 21. ლითონის ნარჩენთა მართვის ღონისძიებანი. ბლოკ-სქემა, რეციკლირება.



სურ. 22. ლითონის მართვის ღონისძიებანი. დახარისხება თანამედროვე სენსორებისა და სხვა მოწყობილობების გამოყენებით ბლოკ-სქემა:

12. რადიოაქტიური ნარჩენები

ამჟამად მსოფლიოში გამომუშავებული ელექტროენერგიის 40-42% მოდის თბოელექტროსადგურებზე (ნახშირის წვის შედეგად), გაზის წვის შედეგად ხდება 14-16% ელექტროენერგიის წარმოება, ნავთობი გამოიყენება 9-10% ელექტროენერგიის საწარმოებლად, ჰიდრორესურსები გამოიყენება ჰიდროელექტროსადგურებში 17-18% ელექტროენერგიის გამომუშავებისთვის, მსოფლიო ელექტროენერგიის გამომუშავების მცირე ნაწილის, ქარის, მზის და სხვა განახლებადი რესურსების წილს წარმოადგენს (1-2%), ხოლო მსოფლიოში გამომუშავებული ელექტროენერგიის დაახლოებით 15% მოდის სხვადასხვა ტიპის ბირთვული ენერგიით მომუშავე რეაქტორებზე. ატომური ენერგიის საერთაშორისო სააგენტოს პროგნოზით ატომურ რეაქტორებში გამომუშავებული ენერგიის რაოდენობა შესაძლოა 1,4-ჯერ გაიზარდოს მომავალი 20 წლის განმავლობაში. ბირთვული ენერგიის წარმოების განვითარება აუცილებელია, რადგანაც ბუნებრივი საწვავის რესურსები კლებულობს და სულ უფრო მცირე ხდება, ხოლო წვის შედეგად „სათბურის ეფექტი“ და სხვა არასასურველი ეკოლოგიური პრობლემები წარმოიქმნება. ბუნებრივია, რომ ატომური ენერგიის შედეგად ელექტროენერგიის წარმოებას გააჩნია თავისი ნარჩენები, რომლებიც განსაკუთრებული მართვის პრობლემებს წარმოქმნიან და მკაცრ წესებს მოითხოვენ. ამჟამად არსებული გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ბირთვული ენერგიის გამოყენების შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები ექვემდებარება მართვას სპეციფიკური ტექნოლოგიების გამოყენების პირობებში.

მართვის საკითხებში, რომლებიც დაკავშირებულია არიან ბირთვული ენერგიის წარმოებასთან, მოიცავს ბირთვული ენერგიის ეკონომიური სარგებლობისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების დასაბუთებას. იმის გათვალისწინებით, რომ ბირთვული ტექნოლოგიები ვითარდება, შესაბამისად, იცვლება განსახილველი რაოდენობრივი და თვისობრივი საკითხების ნუსხაც. ატომური ენერგიის საერთაშორისო სააგენტოს მიერ შემოღებული კლასიფიკაციების მიხედვით, რადიოაქტიური ნარჩენები სამ ძირითად კლასად იყოფა;

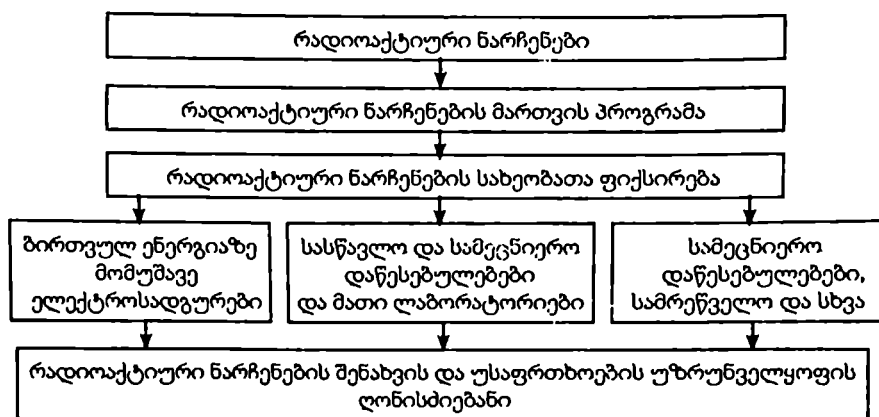
(1) თავისუფალი (exempt) ნარჩენები, (2) დაბალი და საშუალო დონის ნარჩენები და (3) მაღალი დონის ნარჩენები. (1) თავისუფალი ნარჩენები შეიცავს რადიონუკლიდთა ისეთ მცირე ოდენობას, რომლებიც არ წარმოადგენენ საფრთხეს და ამის გამო, როგორც წესი, არ საჭიროებენ სპეციალურ ღონისძიებებს. (2) დაბალი და საშუალო დონის ნარჩენები შეიცავს რადიოაქტიური ნივთიერებების ისეთ კონცენტრაციას, რომლებიც საჭიროებს სპეციალურ კონტეინერებს შესანახად და სხვადასხვა ღონისძიებას მათთან შესაძლოა კონტაქტში მყოფი მოსახლეობისა და გარემოს დასაცავად. იმის მიხედვით, თუ როგორია

ნარჩენებში არსებული რადიონუკლიდების ნახევრადდაშლის პერიოდი - 30 წელზე მეტი თუ ნაკლებია, ნარჩენები იყოფა სხვადასხვა კატეგორიად და მათი მართვა სხვადასხვა სახის ღონისძიებას ექვემდებარება. (3) მაღალი დონის ნარჩენები შეიცავენ რადიო-აქტიური ნივთიერებების საკმარისად მაღალ კონცენტრაციას, და მათი იზოლირება გარემოსაგან ეკოსისტემის დამცავ სპეციალურ საცავებს და საფარებს მოითხოვს, ასეთი ნაგებობების მშენებლობა სპეციფიკური ტექნოლოგიებით წარმოებს, საფრთხის ხანგრძლივი პერიოდით და ეფექტურად თავიდან აცილების უზრუნველყოფის მიზნით.

რადიონუკლიდთა გამოყენება სულ უფრო და უფრო ფართო ხასიათს ღებულობს მედიცინაში, აგროსამეცნიერო ექსპერიმენტებში, სხვადასხვა სახის სამეცნიერო და ტექნიკურ დარგებში. შესაბამისად, იზრდება ზემოთ მოყვანილი დარგებიდან შესაძლო ნარჩენების რაოდენობა და გარემოში მათი მოხვედრის ალბათობა. ერთ სტანდარტულ ბირთვულ ენერგიაზე მომუშავე ელსადგურს შეუძლია წლიურად რამდენიმე ათეული ტონა მაღალი დონის ნარჩენების და რამდენიმე ასეული კუბური მეტრი დაბალი და საშუალო დონის ნარჩენების გამომუშავება. ხოლო მთელ მსოფლიოში არსებულ ბირთვულ ენერგიაზე მომუშავე ელსადგურებს შეუძლიათ ასიათასობით კუბური მეტრი დაბალი და საშუალო დონის ნარჩენების და ათიათასობით კუბური მეტრი მაღალი დონის ნარჩენების გამომუშავება. ბირთვულ ენერგიაზე მომუშავე ელექტროსადგურებისა და რადიონუკლიდების შემცველი სხვა საწარმოთა და დაწესებულებათა ნარჩენები, როგორებიცაა ჰოსპიტალების, სასწავლო-სამეცნიერო დაწესებულების ლაბორატორიების ნარჩენები და სხვა. ფასდება ამ ნარჩენების მახასიათებლების მიხედვით. შენახვის ადგილები და როგორც ამუშაინდელი, ასევე მომავალი პირობები ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ნარჩენების აქტივობის გამოკვლევის შესაბამისად დგინდება. საკმარისად მაღალი აქტივობის შემთხვევაში ნარჩენების განთავსება ხდება ცენტრალიზებულად, სპეციალურ შესანახ მოწყობილობებში ლიცენზიების მიხედვით, რომელთაც გასცემს უფლებამოსილი ბირთვული მარეგულირებელი ორგანო.

ბირთვულ რეაქტორში ერთხელ უკვე გამოყენებული საწვავის ხელახლა გადამუშავება ხორციელდება სხვადასხვა პროდუქტის მისაღებად. რეაქტორში ერთხელ უკვე გამოყენებული საწვავის შენახვა საწყის ეტაპზე ხდება წყლის აბაზანებში, რაც იცავს გარემოს რადიაციისაგან და, ამავე დროს, რადიოაქტიური დაშლის შედეგად გამოყოფილი სითბოს მოცილებას ახდენს. ბირთვული საწვავის ხელახლა გადამუშავების (რეპროცესირების) შემდეგ მას პატარა ნაწილებად შლიან და ინახავენ სპეციალურ, მაქსიმალურად დაცულ გარემოში. ბირთვული საწვავის მხოლოდ დაახლოებით 3% წარმოქმნის

მაღალი დონის ნარჩენს, ხოლო 97% კი ექვემდებარება რეციკლირებას. ბირთვული საწვავის მაღალი დონის ნარჩენების ზემოთ აღნიშნული სამი პროცენტი, ცხადია რომ გარემოსათვის საშიშროებას წარმოადგენს და მოითხოვს შენახვის მკაცრად კონტროლირებად პირობებს. კვლევები ამ მიმართულებით განუწყვეტლივ მიმდინარეობს. აღნიშნული მაღალი დონის ნარჩენები სითხეს წარმოადგენს და მისი შენახვა ხდება მიწისქვეშა სპეციალურ ჭურჭელში. იმისათვის, რომ ამ თხევადი ნარჩენების გადატანა მოხდეს საბოლოო შემნახველ საცავებში, ხდება მათი გამყარება ანუ მყარ ნარჩენებად გადაქცევა. მაღალი დონის თხევადი ნარჩენებისათვის მყარი სხეულების ფორმის მისაცემად მრავალი სხვადასხვა მასალა იქნა შემუშავებული, როგორცაა: ბოროსილიკატური მინა, ფოროვანი მინა, სხვადასხვა სახის კერამიკული მასალა, ფოსფატური მინა, ტიტანატური კერამიკა და სხვა. ამჟამად ბოროსილიკატური მინა გამოიყენება საფრთხისშემცველი რადიონუკლიდების დამაგრებისთვის ამ მასალისაგან დამზადებულ ფორმებში. რადიონუკლიდები „ჩაჭერილნი“ არიან აღნიშნულ მასალაში და ამგვარად მათი ძვრადობა და გარემოში გაბნევა გამოირიცხება. მაღალი დონის თხევადი ნარჩენის შერევა ხდება ბოროსილიკატური მინის წარმოქმნელ მასალასთან და მაღალ ტემპერატურაზე დამუშავების შემდეგ. ვიტერიფიკაციის პროცესის დასრულების მერე შესაძლოა მისი უსაფრთხო შენახვა. დაბალი და საშუალო დონის ნარჩენები, რომლებიც შედიან „გვერდით“ პროდუქტებში შეიძლება დაცულნი იყვნენ ცემენტისა და ცემენტისშემცველი მასალების მიერ. ამ შემთხვევაში, ნარჩენის გამყარება და დამაგრება ხდება თხევადი ნარჩენის შერევით პორტლანდ ცემენტთან და სხვა სახის ცემენტთან, რომლებიც წყალთან რეაქციის შედეგად უხსნად საცავს ქმნიან.



სურ. 23. რადიოაქტიური ნარჩენები.

13. სასოფლო - სამეურნეო ნარჩენები და დაბინძურება;

13.1. სასოფლო - სამეურნეო ნარჩენები და დაბინძურების სახეები

სასოფლო - სამეურნეო ნარჩენებს განეკუთვნება ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის შედეგად, და რომლებიც საჭიროებს განადგურებას ან შემდგომ გადამუშავებას. ასეთ ნარჩენებს განეკუთვნება: ნაკელი და სხვა ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება ფერმერებში, მეფრინველეობის ფაბრიკებსა და სასაკლაოებში, რძის პროდუქტების მწარმოებელ საწარმოებში, ვადაგასული ქიმიკატები და მედიკამენტები, აგროტექნიკაში გამოყენებული ძველი საბურავები და სხვადასხვა დანადგარის ნაწილი, სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებიდან ჩამდინარე წყლები და შლამი, რომლებიც დაბინძურებულია სასუქებითა და პესტიციდებით, ასევე განიხილება როგორც სასოფლო სამეურნეო ნარჩენი.

სხვადასხვა ქვეყანაში სოფლის მეურნეობის ნარჩენების შემადგენლობა და რაოდენობა, პირველ რიგში, დამოკიდებულია ათვისებული სასოფლო - სამეურნეო მიწის რაოდენობასა და ეკონომიკის განვითარების დონეზე. ევროსტატის ინფორმაციით 2010 წელს ევროკავშირის ქვეყნების მიერ წარმოქმნილი საერთო ნარჩენები შეადგენდა 2,6 მილიონ ტონას, საიდანაც 39 570 ათასი ტონა სოფლის მეურნეობის სექტორს განეკუთვნება.

სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობა შედარებით ნაკლებად აბინძურებს ჰაერს. ჰაერის დაბინძურება, ძირითადად გამოწვეულია მანქანა - დანადგარების გამონაბოლქვებითა და სასოფლო სამეურნეო ნარჩენების წვით. სოფლის მეურნეობის ყველაზე მნიშვნელოვანი სამიზნე ობიექტები დაბინძურების თვალსაზრისით, წყალი და ნიადაგია.

გნობილია, რომ სოფლის მეურნეობის სექტორი მოიხმარს არსებული წყლის რესურსების ყველაზე დიდ ნაწილს (ზედაპირული წყლების დაახლოებით 70%). შესაბამისად, სოფლის მეურნეობა წარმოადგენს ზედაპირული და გრუნტის წყლების დეგრადაციის ძირითად მიზეზს. დაბინძურების წყარო შესაძლოა, იყოს **წერტილოვანი/ლოკალიზებული ან არაწერტილოვანი/დიფუზური**. (იხ. განმარტება თავი 4.). წყლის რესურსების დაბინძურების მთავარ მიზეზებს შორისაა: ეროზია და სასუქებსა და პესტიციდებში შემავალი ქიმიკატების ჩამონაჟონი.

საქმიანობა	ბოტენციური უარყოფითი ზეგავლენა ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლის რესურსებზე
კულტივირება, ხვნა	ნიადაგში დაღეილი პესტიციდების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში, მდინარის კალაპოტის დაშლამეა, წყლის ბინადართა განადგურება,
სასუქების შეტანა (N,P,K)	საკვები ნივთიერების ჩადინება წყლებში, განსაკუთრებით, ფოსფორის, რაც იწვევს ეუტროფიკაციას, და, შესაბამისად, წყლის გემოსა და სუნის შეცლას, ჟანგბადის ნაკლებობას და შესაბამისად წყლის ბინადართა განადგურებას.
ნაკვლის შეტანა/გავრცელება	დაბინძურება პათოგენებით, მეტალებით, ფოსფორით, აზოტით, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ეუტროფიკაციას, წყლის ხარისხის დაქვეითებას, ნიადაგის პროდუქტიულობის შემცირებას და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სახიფათო დაავადებების გავრცელების საფრთხის წარმოქმნას.
პესტიციდების გამოყენება ³³	პესტიციდების ჩამონადენი იწვევს ზედაპირული წყლებისა და სასმელი წყლის ჭების დაბინძურებას; ეკოლოგიური სისტემის რეპროდუქციული უნარის დაქვეითებას, ადამიანის ჯანმრთელობის დაზიანება დაბინძურებული სასმელი წყლისა და დაბინძურებული წყალში მოზინდრე თევზით კვების შემთხვევაში;

30. პესტიციდები - ქიმიური ან ბიოლოგიური პრეპარატები, რომლებიც გამოიყენება მცენარეთადავადებებისა და მათი გადამტანების, მავნებლებისა და სარველა მცენარეების, შენახული სოფლის მეურნეობის პროდუქციის დაავადებებისა და მავნებლების, მღრღნელების, ცხოველთა პარაზიტების წინააღმდეგ, აგრეთვე მცენარეთა ზრდის რეგულირებისათვის, მოსავლის აღების წინ მცენარეთათვის ფოთლების მოსაცილებლად (დეფოლიანტები) და მცენარეების შესახმობად (დესიკანტები), საცავების, საწყობების, სატრანსპორტო საშუალებების, სათბურების, ნიადაგის, მცენარეული და ფიტოსანიტარიულ კონტროლის დაქვემდებარებული სხვა პროდუქციის გაუსწავრებისათვის. (საქართველოს კანონი „პესტიციდებისა და აგროქიმიკატების შესახებ“, 1998 წლის 25 ნოემბერი, მუხლი)

საქმიანობა	პოტენციური უარყოფითი ზეგავლენა ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლის რესურსებზე
ირიგაცია ³¹	მარილების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში, რაც იწვევს წყლის დამლაშებას; გაუდაბნობა; სასუქების და პესტიციდების ჩადინება ზედაპირულ წყლებში; მათი ბიოაკუმულაცია თევზებში. რომელსაც საკვებად იყენებს ადამიანი., მიკროელემენტების (მაგ. სელიუმის) მაღალი კონცენტრაცია იწვევს სერიოზულ ეკოლოგიურ საფრთხეს. გრუნტის წყლების დაბინძურება მარილებით, და საკვები ნივთიერებებით (განსაკუთრებით ნიტრატებით)
ტყის მასივების გაჩეხვა	ნიადაგის ეროზია, რაც იწვევს მდინარეებში სიმღვრივის გაზრდას, ფსკერის დაშლამვას. ჰიდროლოგიური რეჟიმის დარღვევას (შენაკადების დაკარგვა) ხშირად იწვევს სასმელის წყლის წყაროს შემცირებას.

ცხრილი.4. სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობის უარყოფითი გავლენის ფაქტორები წყლის რესურსებზე

13.2 სასუქებით და ნაკელით გამოწვეული დაბინძურება

ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში და, მათ შორის, განვითარებულ ქვეყნებშიც ათეულობით წლების განმავლობაში დიდი რაოდენობით გამოიყენებოდა **მინერალური სასუქები**. საქართველოში მე-20 საუკუნის 90-იან წლებამდე მათი ყოველწლიური გამოყენება, საშუალოდ, 200 ათას ტონას შეადგენდა. ამავე დროს, ირღვეოდა მინერალური სასუქების შენახვის, ტრანსპორტირების და გამოყენების რეგლამენტები. მიუხედავად იმისა, რომ მინერალი სასუქების გამოყენება მკვეთრად შემცირდა მე-20 საუკუნის ბოლოს, დღესაც კი აზოტის სხვადასხვა შენაერთის ნარჩენების შემცველობა ნიადაგში 20-80 ჯერ, ხოლო გრუნტის წყლებში კი 10-100-ჯერ ³² აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტაციებს.

31. ზოგიერთ განვითარებად ქვეყანაში ირიგაციისათვის იყენებენ დაუმუშავებელ ან ნაწილობრივ გადამუშავებულ საკანალიზაციო წყლებს. რაც იწვევს სხვადასხვა მიკრობული დაავადებების გავრცელებას მარცვლოვან კულტურებში.

32. გარემოს დაბინძურების შემცირების პროგრამა, 2007. „Georgia: ARET.“ International Waters Learning Exchange and Resource Network. <http://www.iwlearn.net/iw-projects/Fsp_112799467457/view>

ამავე დროს, ძალიან დიდია წყლების დაბინძურება **მეცხოველეობის ნარჩენებით**, (მაგალითად, ნაკელით გამოწვეული დაბინძურება). მინერალური სასუქების ჩაცვლება ორგანული სასუქით, ნაკელით, ასევე უნდა მოხდეს კონტროლისა და განსაკუთრებული რეჟიმის პირობებში. სასუქი, ყველა შემთხვევაში, გადამუშავებული უნდა იყოს. ნედლი ნაკელის არასწორი გამოყენებისა და განთავსების შედეგად ნიადაგში, ზედაპირული და გრუნტის წყლებში, ხდება ორგანული ნივთიერებები და პათოგენური ორგანიზმები, რის შედეგადაც ხდება წყლის ხარისხის დაქვეითება, ნიადაგის პროდუქტიულობის შემცირება და, შესაბამისად, იქმნება ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სახიფათო დაავადებების გავრცელების პირობები. ხოლო ატმოსფეროში კი გამოიყოფა სათბურის ეფექტის გამომწვევი აირები (CO_2 , CH_4). საზოგადოდ, სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობა **სათბურის გაზების წარმოქმნის** ერთ-ერთი სერიოზული წყაროა, ცნობილია, რომ 1990-2005 წლებში მთელს მსოფლიოში სასოფლო სამეურნეო საქმიანობიდან წარმოქმნილი მეთანისა და აზოტის ოქსიდის გამონაბოლქვების რაოდენობა 17%-ით გაიზარდა. მეცხოველეობის განვითარება ნაკელის გარდა, სხვა უარყოფით ზეგავლენას ახდენს გარემოზე; მათ შორისაა **სათბ-საძოვრების არასწორი ექსპლუატაცია, გადმოვება**, რაც ნიადაგის ეროზიას, სასოფლო - სამეურნეო ლანდშაფტის ბიომრავალფეროვნების კარგვას, და გარემომცველი ტყის საფარის განადგურებას იწვევს.

13.3. სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობიდან გამოწვეული ნარჩენების უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების ღონისძიებები

გარემოსადმი ნაკლებად მავნე აგრარული ტექნოლოგიების გამოყენება წარმოადგენს სასოფლო სამეურნეო ნარჩენების გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების ეფექტურ საშუალებას, მათ შორის:

- მავნე ორგანიზმებისაგან და დაავადებებისაგან **მცენარეთა დაცვის ბიოლოგიური მეთოდების გამოყენება** (ენტემოფაგები, პათოგენური მიკროორგანიზმების ანტაგონისტები, ანტიბიოტიკები, სიმბიოტიკები); პერბიციდებისა და პესტიციდების ჩანაცვლება **ბიოსტიმულატორებით**³³;
- **ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვის ინტეგრირებული მეთოდების** დანერგვა (ნიადაგის ცალ კვალზე მოხვნა, ბუფერული ზონის შექმნა მრავალწლიანი კულტურების მწკრივული გაშენების მეთოდით, ფართობების ზოლმორიგეობითი ათვისება ერთწლიან და მრავალწლიან კულტურათა შეთანწყობით. გვალვა და ქარის გამძლე ახალი ჰიბრიდული კულტურების დანერგვა);

33. სასოფლო სამეურნეო ბიოსტიმულატორი წარმოადგენს ორგანულ ნივთიერებათა ნარევს, რომელიც გამოიყენება ნიადაგსა და მცენარეში. იგი ხელს უწყობს მცენარის ზრდა განვითარებას სხვადასხვა მეტაბოლური პროცესების გაძლიერების გზით <http://www.nplg.gov.ge/dlibrary/collect/0001/001101/5%20biohumusi.pdf>

ნაკელის მართვისა დაწერვა (შეგროვება, გადამუშავება, შენახვა და გამოყენება: ნაკელსაცავების გამოყენებით);

ნაკელის ნარჩენებიდან ბიოგაზის მიღება და ბიომასის როგორც სასუქის გამოყენება;

სხვა რეკომენდირებულ ღონისძიებებს განკუთვნება:

- **სათიბ-საძოვრების ინტეგრირებული მართვა:** ინვენტარიზაცია, იდენტიფიცირება, გამოსავლიანობის შესწავლა და მისი უწყვეტი ღონის განსაზღვრა, გეგმაზომიერად გამოყენება, ძოვების კალენდარული ვადების დაცვა, ნაკვეთმონაცვლეობის პრინციპის დაცვა. მონიტორინგი და სხვა;
- **მეცხოველეობის ბიოლოგიური ნარჩენების სწორი მართვა,** (ცხოველებისა და ფრინველების გვამები, აბორტირებული და მკვდრადშობილი ნაყოფები, დაკვლისას წარმოქმნილი ნარჩენები, ვეტერინარული კონფისკატები (წუნდადებული პროდუქცია და სხვა). მათ შორის: ბიოლოგიური ნარჩენების უტილიზაცია ვეტერინარულ-საუბილიზაციო საამქროებში, ბიონარჩენების გაუვნებელყოფა ბიოთერმულ ორმოებში, ინფიცირებული ბიონარჩენების განადგურება დაწვით);
ნიადაგის დამლაშების შემცირების ღონისძიებები, მაგ., ნიადაგის ჭარბი წყლით ჩარეცხვა, რომელსაც აუცილებლად თან ერთვის ნარეცხი წყლების და გრუნტის წყლების გამოტანა სადრენაჟო სისტემების დახმარებით;
- **პესტიციდებისა და აგროქიმიკატების გამოყენების დოზების, ვადებისა და წესების დაცვა და სხვა;**

13.4..ბიოგაზი, როგორც ენერგიის ალტერნატიული წყარო და ორგანული ნარჩენის გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირების გზა

ბიოგაზი წარმოიქმნება ორგანული ნარჩენების ანაერობულ პირობებში ბიოლოგიური დეგრადაციის შედეგად; ბიოგაზის ძირითადი ნედლეულია ნაკელი, თუმცა მის საწარმოებლად წარმატებით გამოიყენება საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ორგანული ნარჩენები, მწვანე მასა (თივა, ფოთლები), მარცვლეულის სილოსი და სხვა ორგანული მასა, რომელთა დამატება გადასამუშავებელ ნაკელში მნიშვნელოვნად ზრდის ბიოგაზის საწარმო გამოსავალს. ბიოგაზი ე.წ. მეთანური დუდილის პროდუქტია, რომელიც სამ ძირითად ფაზად მიმდინარეობს. პირველ და მეორე ეტაპზე ხდება ცხიმების. ნახშირწყლებისა და ცილების ჰიდროლიზი., და მათი გარდაქმნა მარტივ მჟავებად, ხოლო მესამე ფაზაში წარმოიქმნება მეთანი და ნახშირორჟანგი. შედეგად, ორგანული ნივთიერების 40-60% გადაიქცევა ბიოგაზად. რამდენადაც ბიოგაზში მეთანის შემცველობა ბუნებრივ გაზთან შედარებით უფრო დაბალია (მეთანი - 60%, ნახშირორჟანგი -

30-40%. 1-10% გოგირდწყალბადი და სხვა გაზები), შესაბამისად მისი თბოშემცველობაც დაბალია და 5000 – 5500 კკალ-ს უტოლდება. 1 მ³ ბიოგაზით 1,7 კვტ საათი ელექტროენერგიის გამომუშავება ხდება.

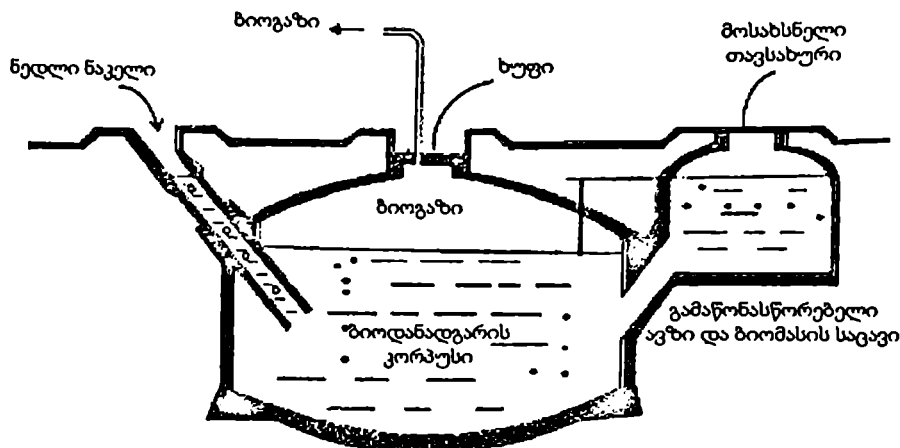
ბიოგაზის წარმოების შედეგად მიიღება ორგანული სასუქი - ბიომასა, რომლის კვებითი ღირებულება (აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი) გაცილებით მაღალია ნედლ ნაკელთან შედარებით.

ბიომასაში შედის, აგრეთვე მცენარეის ზრდისათვის საჭირო ჰორმონები და ვიტამინები. ამავე დროს, იმის გამო, რომ იგი მიიღება თერმული პროცესის შედეგად, მასში თითქმის მთლიანად ისპობა პათოგენური ბაქტერიები და სარეველა ბალახის თესლი. ასეთი სასუქის სწორად გამოყენების შემთხვევაში ნიადაგის ნაყოფიერება და, შესაბამისად, მოსავლიანობა მნიშვნელოვნად იმატებს.

ბიოგაზის წარმოებით გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენა რამდენიმე მიზეზით მცირდება :

- მცირდება შეშის მოხმარება და ნაკლები ზიანი ადგება ტყეს;
 - ბიოგაზის დანადგარში ნაკელის ჩატვირთვა ნაცვლად ნედლი ნაკელის არასწორი შეგროვება - შენახვისა საგრძნობლად ამცირებს წყლისა და ნიადაგის დაბინძურებას.
- მცირდება ატმოსფეროში გაბნეული სათბურის გაზების რაოდენობა.

<http://www.biogasaustralia.com.au/>



სურ. 24. ჩინური ტიპის ბიოგაზის დანადგარის გამარტივებული სქემა

წყლის დაბინძურება: ჩამდინარე და საკანალიზაციო წყლები

1. შესავალი

ინდუსტრიული რევოლუციის დასაწყისში, განვითარებულ მსოფლიოშიც კი ნაკლებად ექცეოდა ყურადღება მდინარეების, ტბებისა და ოკეანის დაბინძურებას, საწარმოო ნარჩენების ჩაშვება უახლოეს წყალსატევში ხდებოდა, ხოლო ადამიანის ფეკალიები პირდაპირ ნიადაგში ხვდებოდა. ე.წ. ორმოს ტიპის ტუალეტებიდან გაჟონილი ფეკალური მასები ხშირად ერეოდა სასმელ წყალს, რაც ცხადია იწვევდა მრავალი დაავადების გავრცელებას. მოგვიანებით გაჩნდა ე.წ. ჩასარეცხი ტუალეტები (flush toilet) და კოლექტორები მიუერთდა წვიმის წყლის საკანალიზაციო სისტემას, საიდანაც საბოლოო ჯამში, წყალი ბუნებრივ წყალსატევებში ჩაედინებოდა. საკანალიზაციო ნარჩენების ჩაშვება წყალსატევებში სიმპტომატური იყო იმ დროის ტრადიციული მიდგომისათვის: „დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა არის განზავება“ (the solution to pollution is dilution).

ამ დანერგილი პრაქტიკის შედეგად, წყალსატევები, რომლებიც განზავების შეზღუდული შესაძლებლობით ხასიათდებიან, გადაიქცნენ ჭუჭყიან, პარაზიტებით სავსე, არასასიამოვნო სუნის მქონე ღია საკანალიზაციო ჭებად. წყალში ჩაშვებული ორგანული ნარჩენების დიდმა რაოდენობამ შეამცირა წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა, და, შესაბამისად, გამოწვევს წყლის ბინადართა განადგურებას (ეუტროფიკაცია). ცხადია, რომ გაიზარდა სწორედ საკანალიზაციო წყლებში არსებული პათოგენური ორგანიზმებით სასმელი წყლების ჭების დაბინძურების საშიშროებაც.

საწარმოო ნარჩენებმა კიდევ უფრო გაზარდა წყლის დაბინძურების საფრთხე. ინდუსტრიული რევოლუციიდან მოყოლებული ახლო წარსულის ჩათვლით საწარმოო თხევადი ნარჩენები და დაბინძურებული წყალი პირდაპირ იღვრებოდა საკანალიზაციო სისტემებში ან წყალსატევებში. ამას მოყვა მრავალი დაავადების განვითარება.

დაბინძურების პრობლემის გაზრდამ (როგორც ქიმიური ნივთიერებით, ასევე ადამიანის ექსკრემენტებით) და დაბინძურებით გამოწვეული გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობის პრობლემების გაცნობიერებამ, შექმნა ის საზოგადოებრივი ზეწოლა, რომლის შედეგადაც გასული საუკუნის 50-იან წლებიდან განვითარებულ მსოფლიოში დაიწყეს ისეთი საკანონმდებლო რეგულაციებისა და აქტების მიღება, რომელთა განხორციელება ხელს შეუწყობდა დაბინძურების პრობლემების შემცირებას.

2. წყლის დაბინძურება: წყაროები და სახეები

წყლის დამაბინძურებლები აღწევს ზედაპირულ ან გრუნტის წყალს სხვადასხვა გზით. ჩვეულებრივ განასხვავებენ. წერტილოვან (point source) და არაწერტილოვან წყაროს (non-point source) დამაბინძურებლებს. წერტილოვანი წყაროებს განეკუთვნება ქარხნები, საავადმყოფოები, საკანალიზაციო სისტემები, ელექტროსადგურები. მიწისქვეშა სამთო მომპოვებელი ქარხნები დანავთობის ჭაბურღილები და სხვ. ამ წყაროების იდენტიფიკაცია და, შესაბამისად, მათი მონიტორინგი და რეგულირება შედარებით ადვილია. არაწერტილოვან დამაბინძურებლებისგან განსხვავებით, რომელთა განსაზღვრა ძალიან ძნელია რამდენადაც ისინი გაბნეულია შედარებით დიდ არეალზე ყველაზე გავრცელებულ არაწერტილოვან წყაროებს განეკუთვნება: სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან და მეცხოველეობის ფერმებიდან ჩამდინარე წყლები, არაორგანიზებული სანიაღვრე წყლები, არასანიტარული და არალეგალური ნაგავსაყრელები, ატმოსფერული გამონალექი (ნიადაგზე ჩამორეცხილი ან გამოლექილი მშრალი ნაწილაკების სახით), წვიმისა და თოვლის ნადნობი და ა.შ.

წერტილოვანი დაბინძურების წყაროები	არაწერტილოვანი დაბინძურების წყაროები
ქარხნები, საწარმოები, საავადმყოფოები, საკანალიზაციო სისტემები, ელექტროსადგურები, მიწისქვეშა სამთო მომპოვებელი ქარხნები და ნავთობის ჭაბურღილები და ა.შ.	სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, მეცხოველეობის ფერმები, სანიაღვრე და ჩამდინარე წყლები, არასანიტარული და არალეგალური ნაგავსაყრელები, ატმოსფერული ნალექი (ნიადაგზე ჩამორეცხილი ან გამოლექილი მშრალი ნაწილაკების სახით), წვიმისა და თოვლის ნადნობი და ა.შ.

ცხრილი 1. წერტილოვანი და არაწერტილოვანი დაბინძურების წყაროები

პათოგენები. პათოგენები ინფექციური აგენტები, რომლებიც იწვევენ დაავადებასა და სიკვდილს, წარმოადგენენ ყველაზე სერიოზულ და ფართოდ გავრცელებულ წყლის დამაბინძურებლები. ადამიანის და ცხოველების ექსკრემენტები ინფიცირებულია გარკვეული **პათოგენებით** (დაავადების გამომწვევი ბაქტერიები, ვირუსები, და სხვა პარაზიტული ორგანიზმები) და შეიცავს ამ ორგანიზმების ან მათი კვერცხების დიდ რაოდენობას, მათ შორის: *Salmonellatyphi*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella*, *Eschericia Coli* (ბაქტერიები), *Hepatitis A virus*, *Poliovirus* (ვირუსები), *Entamoeba histolytica* (პროტოზოა), მრგვალი და ბრტყელი ჭიები (პარაზიტები); მაშინაც კი როდესაც დაავადების სიმპტომები ქრება, ინფიცირებული ადამიანი ან ცხოველი მაინც ატარებს ამ პათოგენის მცირე რაოდენობის პოპულაციებს. ამდენად, ეს ორგანიზმები რჩებიან დაავადების მატარებლებად. თუ ამ მატარებლების ნარჩენები დააბინძურებს სასმელ წყალს, საკვებს ან საბანაოდ და საცურაოდ გამოყენებულ წყალს, მაშინ პათოგენები ადვილად შეაღწევენ და დაანფიცირებენ სხვა ორგანიზმებს.

განვითარებად ქვეყნებში ჯერ კიდევ ხშირია შემთხვევა, როდესაც ადამიანების დიდი რაოდენობა იყენებს ერთსა და იმავე წყალსატევს ერთდროულად სასმელად, სარეცხად და ექსკრემენტების ჩასაშვებად. შედეგად, ძალიან მაღალია ინფექციური დაავადებების, ჩვილ ბავშვთა და ბავშვთა სიკვდილიანობის მაჩვენებელი.

ორგანული დამაბინძურებლები. პათოგენების გარდა, ორგანული წარმოშობის (ადამიანის და ცხოველური) გადაუმუშავებელი ნარჩენები, რომლებიც შეიძლება წვიმამ და ნიაღვარმა ჩაიტანოს წყალში, ასევე სერიოზულ დამაბინძურებელს წარმოადგეს. ასეთი ნარჩენების უმეტესობა (პლასტიკატისა და ქიმიური ნივთიერებების გარდა) ბიოდეგრადირებადია და მათი დეგრადაციის დროს ხდება წყალში გახსნილი ჟანგბადის (**DO – Dissolved Oxygen**) მოხმარება. ორგანული ნარჩენების არსებობის პირობებში ბაქტერიების მიერ მოხმარებული ჟანგბადის კომპენსირება ვერ ხდება. **ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა (BOD-Biochemical Oxygen Demand)**, წარმოადგენს წყალში ორგანული ნარჩენების რაოდენობის საზომს, რომლითაც ისაზღვრება, თუ რამდენი ჟანგბადია საჭირო, იმისათვის, რომ მოხდეს წყალში არსებული ნარჩენების დაშლა ბიოლოგიური, ქიმიური ან ორივე გზით. **რაც უფრო მაღალია BOD-ის მაჩვენებელი მით უფრო დაბინძურებულია წყალი.** BOD-ის მაღალი მაჩვენებელი იწვევს წყლის ჟანგბადით სერიოზულ გაღარიბებას, რის შედეგადაც უარესდება მდგომარეობა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. თუ სისტემა გადადის ანაერობულ მდგომარეობაში (ჟანგბადის არარსებობა), მაშინ მხოლოდ ის ბაქტერიები გადარჩებიან, რომლებსაც შეუძლიათ გადაერთონ ანაერობულ სუნთქვაზე.

ქიმიური პოლუტანტები. წყალი საუკეთესო გამხსნელია ქიმიური ნივთიერებებისათვის, მათ შორის წყალში ხსნადი მძიმე მეტალებისათვის (ვერცხლი, ნიკელი, დარიშხანი), რომლებიც მნიშვნელოვან დამაბინძურებლებს წარმოადგენენ. ქიმიური პოლუტანტების წყაროს წარმოადგენს, მაგალითად, მდაროს სადრენაჟო გვირაბიდან წამოსული ნარჩენი დრენირებული წყალი, რომელიც შეიცავს სულფიდებისა და რკინის მაღალ კონცენტრაციას, აგრეთვე მარილები, რომლებსაც ყრთან მოყინულ გზებზე (ნატრიუმისა და კალციუმის ქლორიდები).

ნუტრიენტები. ნუტრიენტები ანუ საკვები ნივთიერებები, ეს ის არაორგანული წყალში გახსნილი ნივთიერებებია, რომლებიც აუცილებელია მცენარეების სიცოცხლისათვის. ყველაზე გავრცეებული საკვები ნივთიერებებია: ფოსფორი და აზოტი. როდესაც მათი კონცენტრაცია დასაშვებზე მაღალია, მაშინ ამან შესაძლოა გამოიწვიოს მცენარეების დასაშვებზე მეტი რაოდენობით გამრავლება/განვითარება. (ფიტოპლანქტონი და სხვა წყალმცენარეები). ასეთი დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული წყაროა ნარჩენები და კანალიზაცია (წერტილოვნად დაბინძურება). ბალებიდან, სპორტული მოედნებიდან ჩამონადენი და სანიაღვრე წყლების (არაწერტილოვანი დამაბინძურებლები).

ორგანული დამაბინძურებლები. ორგანულ დამაბინძურებლებში შედის ნავთობპროდუქტების ნარჩენები, რომლებიც წყალში ჩაედინება ბენზოგასამართი სადგურებიდან, თუ სამრეცხაოებიდან. აგრეთვე პესტიციდები, რომელთა შესხურება ხდება სასოფლო - სამეურნეო პროდუქტებზე და სხვადასხვა ინდუსტრიული ქიმიკატები, მაგალითად, პოლიქლორინებადი ბიფენილი, გამხსნელები და დეტერგენტები. ეს დამაბინძურებლები ტოქსიურია ყველაზე დაბალ კონცენტრაციებზეც კი და საშიშია წყლის ბიომრავალფეროვნებისათვის და ადამიანისათვის. ზოგიერთი მათგანი შესაძლოა დაკონცენტრირდეს კვებით ჯაჭვში ბიომამგნიფიკაცია³⁴ ან ბიოაკუმულაციის³⁵ სახელით ცნობილი პროცესების შედეგად. ხოლო მაღალ კონცენტრაციებზე კი ისინი საერთოდ ცვლიან წყალსატევის ფიზიკურ - ქიმიურ თვისებებს და ასეთი წყლის მოხმარება დაუშვებელია (ნავიგაციის გარდა).

34. **ბიომამგნიფიკაცია.** კვების ჯაჭვში ორგანიზმების ქსოვილებში ზოგიერთი ტოქსიური ქიმიური შენარჩუნის ზრდადი კონცენტრაცია, რომლის შედეგადაც კვების ჯაჭვის ზედა საფეხურზე არსებული ორგანიზმები, უფრო მეტად ზიანდებიან ამ ტოქსინით, ვიდრე ჯაჭვის ქვედა საფეხურზე მდგომი ორგანიზმები/

35. **ბიოაკუმულაცია:** ცოცხალ ორგანიზმებში მდგრადი დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაციის ზრდა მათი ჰერედიტარული, წყლიდან ან საკვები ნივთიერებებთან ერთად ორგანიზმში მოხვედრის შედეგად. მათი მეტაბოლიზმი ნელა მიმდინარეობს. ასევე ნელა ხდება მათი ორგანიზმიდან ექსკრეცია დაა მიტომ ადგილი აქვს ორგანიზმში მათ აკუმულირებას და დროთაგანწავლობაში მათი კონცენტრაციის ზრდას.

სედიმენტები. სედიმენტები ანუ დანალექები ასევე განეკუთვნება დამაბინძურებლებს. სედიმენტები წარმოიქმნება გადამოვების, ეროზიის, ტყისგარეხვის, მშენებლობის, სამთო სამუშაოების და ა.შ. დროს. ასეთ დანალექებში შედის – ქვიშა, თიხა, ექსკრემენტები და ჰუმუსი. სედიმენტებით დაბინძურება. პირდაპირ აისახება წყლის ფიზიკურ თვისებებზე. ეროზიის შედეგად, ძირითადად წყალმცენარეებს, რომლებიც მიმაგრებულნი არიან ქვებზე, შესაბამისად, საკვები უმცირდებათ ბაქტერიებს, ჭიაყელებს, პროტოზოებს, ლოკოკინებს, და თევზებსაც კი, რომლებიც ასევე აფარებენ და ემაგრებიან ფესვებს, კლდეებსა, და ქვებს. სედიმენტები წყალში მოხვედრის შემდეგ სწრაფად ცალკევდებიან და წყალს მიყვებიან სხვადასხვა სიჩაქარით. მაგალითად, ჰუმუსი და თიხა ამღვრევენ წყალს, შესაბამისად, სინათლის სხივის გამტარიანობა წყალში მცირდება, და ფოტოსინთეზის პროცესიც იკლებს. ასევე შესაძლებელია რომ ამ დანალექით, მოხდეს თევზების ლაყურებისა და პირის ამოღესვა და, შესაბამისად, მათი დაღუპვა და ა.შ.

3. წყლის დაბინძურების კონტროლი და შემცირების გზები

წყლის დაბინძურების კონტროლისა და შემცირების ორი ძირითადი სტრატეგია არსებობს: 1) დაბინძურების წყაროს შემცირება ან მოსპობა 2) წყლის დამუშავება, მის სისტემაში უკან ჩაშვებამდე, დამაბინძურებლებისაგან ჭყლის გაწმენდის ან მათი ნაკლებად სამიშ ფორმებში კონვერტირების გზით. წყლის გაწმენდა – საუკეთესო გადაწყვეტილებაა წერტილოვანი წყაროს შემთხვევაში. წყაროს შემცირების სტრატეგია კი ორივე ტიპის წყაროს დამაბინძურებლისათვის გამოდგება და იგი საუკეთესო გამოსავალია არაწერტილოვანი დამაბინძურებლებისათვის.

საზოგადოებრივი ჯანდაცვის პრევენციული ღონისძიებები გადამწყვეტ როლს ასრულებს წყლით გავრცელებადი დაავადების კონტროლის საქმეში, მათ შორის:

- წყალმომარაგების სისტემის გაწმენდა და დეზინფექცია ქლორით ან რაიმე სხვა აგენტით.
ადამიანის და ცხოველური ნარჩენების სანიტარული შეგროვება და დამუშავება;
ყველა იმ ობიექტში სანიტარული სტანდარტების დაცვა, სადაც მზადდება ან მუშავდება საკვები;
მოსახლეობისათვის ინსტრუქტაჟი ჩატარდება პერსონალური და საყოფაცხოვრებო ჰიგიენური სტანდარტების დაცვის შესახებ;

სწორედ წყალსა და კანალიზაციასთან დაკავშირებულ ცუდი სანიტარული პირობების გამო, მსოფლიოს მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილი ქრონიკულად არის დაავადებული სხვადასხვა პათოგენით. უფრო მეტიც, იმ ადგილების მოსახლეობა, სადაც არ არსებობს საკანალიზაციო სისტემა, განსაკუთრებით მოწყვლადია სასიკვდილო ეპიდემიების მიმართ, რომლებიც სწორედ საკანალიზაციო

ნარჩენებით ვრცელდება. ეს განსაკუთრებით ქოლერის შემთხვევას ეხება. მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაცია ყოველწლიურად აქვეყნებს ქოლერის ეპიდემიის გავრცელების მრავლობით შემთხვევებს, რაც ხშირად 1000-ებს აღწევს, ხოლო სიკვდილიანობა კი ასეულებში გამოიხატება.

2008 წლის ათასწლეულის განვითარების პროგრამის 2009 წლის ანგარიშის მიხედვით ³⁶, დაახლოებით 1 მილიარდი ადამიანი განიცდის უსაფრთხო წყლის ნაკლებობას და 2, 5 მილიარდი ადამიანი კი ისეთ პირობებში ცხოვრობს, სადაც საკანალიზაციო სისტემა გაუმართავია, ან საერთოდ არ არის მოწყობილი. ყოველწლიურად დაახლოებით 5 მილიონი სიკვდილიანობის შემთხვევა ფიქსირდება, (ძირითადად 5 წელზე პატარა ბავშვებში) რაც გამოწვეულია წყლით გავრცელებადი დაავადებებით.

ფეკალიებით დაბინძურებული წყლის მონიტორინგი. საზოგადოებრივი ჯანდაცვის მნიშვნელოვანი ასპექტია წყალ-მომარაგების სისტემებში და სხვა სახის წყალსატევებში საკანალიზაციო ნარჩენების დეტექცია. ასეთი სახის შემოწმების ყველაზე გავრცელებული მეთოდია ფეკალური კოლიფორმის ტესტი, რომლის შედეგები მიუთითებს წყლის დაბინძურებისა და, შესაბამისად, პათოგენების არსებობის რისკის ფარდობით ხარისხზე ³⁷.

4. ჩამდინარე საკანალიზაციო წყლების დამუშავება და მართვა;

იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული საკანალიზაციო ნარჩენებით წყლის დაბინძურება, ფუნქციონირებს სპეციალური გამწმენდი ნაგებობები, სადაც ხდება წყლის გაწმენდა მანამ, სანამ წყალი ჩავა წყლის მიმღებში. საუკეთესო შემთხვევაში არსებობს დამოუკიდებელი შემკრები სისტემები სანიაღვრე წყლებსათვის, და საკანალიზაციო სისტემებისათვის (ე.წ. სანიტარული კოლექტორები), ისე, რომ არ ხდება ამ ორი ძირითადი ნაკადის აღრევა. საკანალიზაციო სისტემა აგროვებს ნაკადს ტუალეტებიდან, სამზარეულოდან, და აბაზანებიდან. საკანალიზაციო მილების სისტემა შედგება წვრილი და მსხვილი მილებისაგან, რომელიც, საბოლოო ჯამში, უერთდება ერთ დიდ მაგისტრალს. ყველა წყაროდან შემოსული საკანალიზაციო წყლების შერეულ ნაკადს, რომელიც საბოლოო საერთო მაგისტრალში გროვდება – ეწოდება ნედლი საკანალიზაციო ნარჩენი წყალი. სანიაღვრე წყლებით განზავების შემთხვევაშიც კი, საკანალიზაციო წყლებში საკმარისად დიდია პოლუტანტების რაოდენობა, სწორედ ამიტომ, იგი ყავისფერია და უსიამოვნო სუნი აქვს.

36. www.un.org/millenniumgoals/

37. კოლიფორმის ინდექსი (Coliform Index) – წყალში ფეკალური ბაქტერიების მაჩვენებელი. კოლიფორმული მიკროორგანიზმები, რომლებიც ბინადრობენ ადამიანისა და ცხოველების საკმლის მომწიფებელ სისტემაში. წყალში მათი არსებობა ფეკალურ დაბინძურებაზე და პათოგენების არსებობაზე მიუთითებს

პოლუტანტების სახეები. წყლის პოლუტანტების 4 ძირითადი კატეგორიას განასხვავებენ, რომელთა მოცილება შესაბამისი და განსხვავებული ტექნოლოგიებით ხდება ეს კატეგორიებია:

1. **ნაგავი და ნარჩენები:** პლასტმასის პარკები, მსხვილი ქვიშა. და სხვა ობიექტები, რომლებიც მოყვებიან ტულეტის წყალს, ან წვიმის ნიაღვარს;
2. **ორგანული მასალის ნაწილაკები (მარცვლოვანი) :** ფეკალიები, საკვების ნარჩენები, ტულეტის ქაღალდი, და სხვა მასალა, რომელიც ილექება ნადგომ წყალში;
3. **კოლოიდური და გახსნილი ორგანული მასალა:** ორგანული ნივთიერებების ძალიან მცირე ნაწილაკები, შარდი, საპნები, დეტერგენტები, და სხვა გამწმენდი საშუალებები;
4. **გახსნილი არაორგანული მასალა:** აზოტი, ფოსფორი, და სხვა საკვები ნივთიერები – ნუტრიენტა, რომლებიც არსებობს გამოყოფილ ფეკალიებსა და დეტერგენტებში.

ამ ოთხი კატეგორიის გარდა საკანალიზაციო ნარჩენებში შესაძლოა არსებობდეს სხვადასხვა რაოდენობით პესტიციდები, მძიმე მეტალები, და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებები. რადგან ძალიან ხშირად, ადამიანები ასეთი სახის გამოუყენებელ ნივთიერებებს ასხავენ ტულეტში, ან აბაზანაში და /ან სამზარეულოში. ასევე შესაძლოა, რომ საწარმოებმა ჩაუშვან ასეთი ნივთიერები საკანალიზაციო სისტემაში.

4.1. საკანალიზაციო წყლის გაწმენდი სისტემები

საკანალიზაციო წყლების გაწმენდისას, გამოწვევა არა მხოლოდ ტექნოლოგიაა, არამედ შესაბამისი სამუშაოს შესრულება გონივრულ ფასად. საკანალიზაციო წყლების გაწმენდა შემდეგი ძირითადი ეტაპებისაგან შედგება: **პირველადი გადამუშავება, მეორადი გადამუშავება და საბოლოო დეზინფექცია**

4.1.1. პირველადი ანუ მექანიკური გადამუშავება

საწყის ეტაპზე მიმდინარეობს საკანალიზაციო წყლის მექანიკური გაწმენდა და იგი შემდეგ ეტაპებს მოიცავს: ა) მყარი ნაგვის ნარჩენები სკრინინგი; ბ) ქვიშისგან და ღორღისგან გაწმენდა; გ) წყლის ორგანული მყარი მინარევების დალექვა და ცხიმის ფენის მოგდება და მოხდა.

4.1.2. მეორადი ანუ ბიოლოგიური გადამუშავება

მეორადი გადამუშავება გულისხმობს კოლოიდური და გახსნილი ორგანული მასალის მოცილებას. ამ დროს გამოიყენება ცოცხალი ორგანიზმები – ბუნებრივი დამშლელები და დეტრიტუსის მჭამელები

(*detritus feeders*)³⁸ მეორადი გადამუშავების დროს იქმნება ისეთი გარემო, რომელიც საშუალებას აძლევს ამ ორგანიზმებს იკვებონ კოლოიდური და გახსნილი ორგანული მასალით და უჯრედული სუნთქვის გზით დაშალონ ეს მასალა ნახშირორჟანგამდე, მინერალურ საკვებ ნივთიერებამდე და წყლამდე. პირველადი გადამუშავების შემდეგ მიღებული წყალი წარმოადგენს საკვებს ასეთი ორგანიზმებისათვის. იმისათვის რომ ეს პროცესი ეფექტურად წარიმართოს, საჭიროა არეში დაემატოს ჟანგბადი ამ ორგანიზმების სუნთქვისა და ზრდის გასაძლიერებლად.

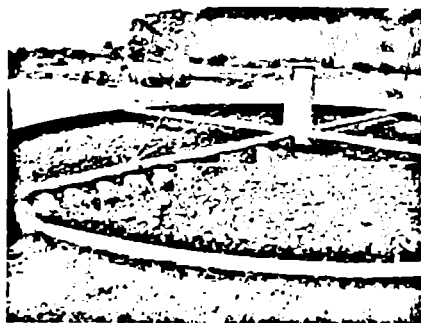
არსებობს აერობული ბიოლოგიური დამუშავების ორი ძირითადი ტიპი, რომელთა შორის პრინციპული განსხვავება იმით გამოიხატება, თუ რას ენიჭება უპირატესობა – როდესაც მიკროორგანიზმები მიმაგრებულნი არიან ობიექტს – მიმაგრებული ზრდის პროცესი (**Attached Growth process**) (ა), თუ როდესაც ისინი თავისუფლად დაცურავენ ნარჩენ წყალში - აქტივირებული ცხიმოვანი მასის (ფისის) სისტემა (**Activated Sludge Process**) (ბ)

(ა) მიმაგრებული ზრდის პროცესი (**Attached Growth process**). ამ პროცესის დროს მიკროორგანიზმები დაფიქსირებულნი არიან ადგილზე, მყარ ზედაპირზე. მიმაგრებული ზრდის ტიპის ბიოლოგიური გადამუშავების პროცესი ქმნის ისეთ გარემოს, რომელიც ხელს უწყობს ისეთი მიკროორგანიზმების ზრდას, რომლებიც ამჯობინებენ, რომ დარჩნენ მიმაგრებულნი მყარ მასაზე. ამ მასას ეწოდება „მედია“. ეს მედია შესაძლებელია იყოს ბუნებრივი (ქვა, კლდე) ან სინთეზური მასალა (პლასტმასის ან ტექსტილის ბოჭკოები), რომელზეც შესაძლებელია, მიკროორგანიზმის მიმაგრება.

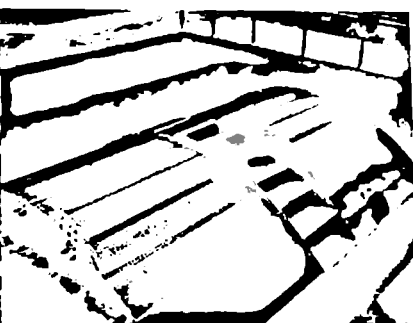
ასეთი სისტემის მაგალითებია:

(ა)1. **წვეთოვანი ბიოფილტრის სისტემა**. ამ სისტემაში, ნარჩენი წყალი ეშუაბრება მიკროორგანიზმებს ანუ დაედინება მიკროორგანიზმებით დაფარულ მედიას,. ასეთი ფილტრის მიზანია, რომ აერობული ბიოლოგიური დეკომპოზიის გზით მოხდეს წყლიდან კოლოიდური და გახსნილი მყარი ნაწილაკების მოცილება. **ფილტრი შეიძლება შედგებოდეს** (2–3 მეტრის სისქის) დიდი ქვებისაგან (მედია). ქვებს შორის არსებული სივრცე უზრუნველყოფს კარგ აერაციას ისე როგორც ეს ხდება ბუნებრივ პირობებში. გამოსული წყალი გადადინდება სხვა ავზში საბოლოო გაწმენდისა და დეზინფექციისათვის.

38. დეტრიტუსი არის არაცოცხალი ორგანული მასალა. რომელიც შედგება მკვდარი ორგანიზმების ფრაგმენტებისაგან ან ფეკალიებისაგან. ჩვეულებრივ დეტრიტუსი კოლონიზირდება მიკროორგანიზმების მიერ, რომლებიც ახდენენ მის დეკომპოზიციას (დემინერალიზაციას). ნიადაგის ეკოსისტემაში დეტრიტუსი წარმოადგენს ფოთლის ნარჩენებისა და სხვა ორგანული მასალის მიწასთან შერეულ მასას, რომელსაც ჰუმუსი ეწოდება. აქვა სისტემის დეტრიტუსი წარმოადგენს წყალში გახსნილ ორგანულ მასალას, რომელსაც ეძახიან „ზღვის თოვლს“.



სურ.2. წვეთოვანი ბიოფილტრის სისტემა³⁹



სურ.3. როტაციული ბიოლოგიური კონტრაქტორის სისტემა⁴⁰

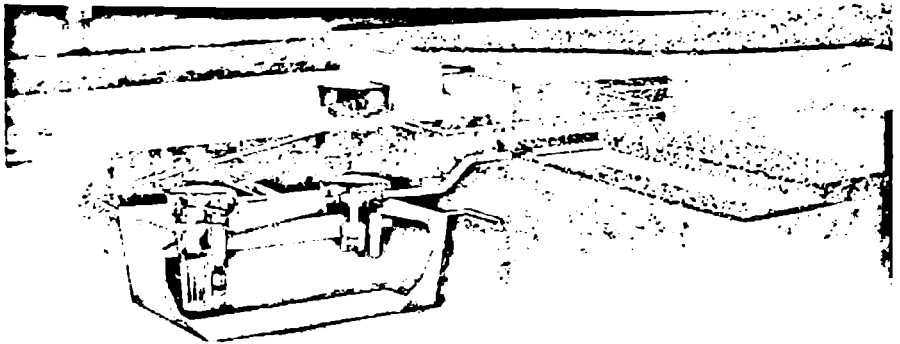
2. როტაციული ბიოლოგიური კონტრაქტორის სისტემა, ასეთ სისტემაში მიკროორგანიზმები იზრდებიან მბრუნავ დოლზე. დოლი ნელა ბრუნავს და პერიოდულად უშვებს (აყვინთავებს) მიკროორგანიზმებს ნარჩენ წყალში, სადაც მათ შეუძლიათ, რომ გამოიკვებონ ორგანული ნაერთებით.

3. ფენებად დატკეპილი ფილტრების სისტემა, ასეთი სახის ფილტრების ისტორია ასეულ წლებს ითვლის. ფილტრი შეიძლება იყოს ერთჯერადი გაწმენდისათვის ან მრავალჯერადი გატარებისათვის. (რეცირკულაციური ქვიშის ფილტრები), ასეთი სახის ფილტრები ძირითადად ქვიშის ფილტრებს წარმოადგენს,

თუმცა ბოლო რამდენიმე წლებში გაჩნდა ახალი ტიპის მედია, რომელშიც გამოყენებულია ტორფი, პენოპლასტი და ტექსტილი. პენოპლასტის და ტექსტილის მედია გაცილებით მაღალი დატვირთულობით ხასიათდება, ვიდრე ქვიშა, რამდენადაც მასში უფრო დიდია ფორების რაოდენობა და მოცულობა. მაგალითად, **EnviroFilter™**, რომელიც წარმოადგენს დაპრესილი შრეების რეცირკულატორულ მედია ფილტრს, რომელშიც მიკროორგანიზმების ზრდის სუბსტრატად გამოყენებულია ტექსტილის ჩიპები. (სურ.5).

39. www.bluevistaengineering.com

40. www.sswm.info



სურ. 4 რეგირკულარული ქვიშის ფილტრის სქემა 41

ბ) აქტივირებული ცხიმოვანი მასის (ფისის) სისტემა - Activated Sludge Process. 42



სურ.5. EnviroFilter™ 43

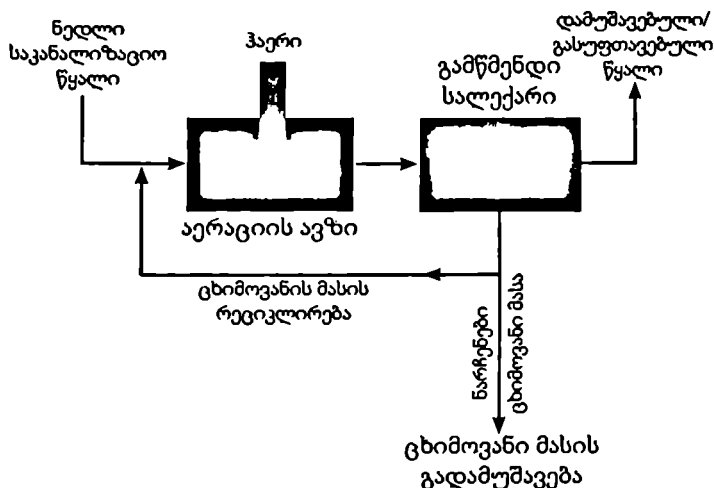
ემატება ამავე დროს, ხდება წყლის აერაცია. აქტივირებული ფისის სისტემა ძალზე ეფექტურია, თუ ის სწორად არის აგებული და გამართულად მუშაობს. ამავე დროს, ამ პროცესს სჭირდება მუდმივი ზედამხედველობა, ლაბორატორიული დაკვირვება და მონიტორინგი. შედეგად წარმოიქმება დიდი რაოდენობით ნარჩენი, რომელიც უნდა დასტაბილურდეს და რისთვისაც დამატებითი ენერგიაა საჭირო. ამდენად მისი საოპერაციო ხარჯები გაცილებით უფროა მაღალია, მიმაგრებული ზრდის სისტემებთან შედარებით. ყველა ზემოთ აღწერილ შემთხვევაში, არეალის ჟანგბადის გამდიდრების სხვადასხვა გზა გამოიყენება (სურ.6)

ბიოლოგიური საკვები ნივთიერებების/ნუტრიენტების მოცილება

41. Orenco Systems, Inc. <http://www.bluevistaengineering.com/technical.html>

42. http://www.hydrologex.com/custpage.cfm/firm/50816/sec_id/50816

დასაწყისში მეორადი გადამუშავების ერთადერთ მიზანს წარმოადგენდა მაქსიმალურად ხელი შეეწყობო ბიოლოგიური გადამუშავების პროცესისათვის. ხოლო საკვები ნივთიერებებით გამდიდრებული წყლის წარმოქმნა არიხილებოდა პრობლემად. დღეს, როდესაც კარგად ცნობილია პრობლემა, რომელიც ეუტროფიკაციის სახელს ატარებს, უფრო პოპულარულია აქტივირებული ნარჩენის სისტემის გამოყენება, რომელიც ისეა მოდიფიცირებული, რომ ერთდროულად ხდება საკვები ნივთიერების მოცილება და ამავე დროს ორგანული ნარჩენების დაჟანგვა, რომელსაც ეწოდება ბიოლოგიური საკვები ნივთიერებების მოცილების პროცესი). (აზოტის, ფოსფორის) (biological nutrient removal - BNR)



სურ. 6. აქტივირებული ცხიმოვანი მასის (ფოსფორის) სისტემის გამარტივებული სქემა.

4.1.3 საბოლოო გაწმენდა და დეზინფექცია

ნუტრიენტების მოცილებისა გარეშე თუ მათი მოცილების შემთხვევაშიც, ნარჩენი წყალი საჭიროებს საბოლოო გაწმენდასა და დეზინფექციას. მიუხედავად იმისა, რომ მეორადი გადამუშავების შემდეგ პათოგენების უმნიშვნელო რაოდენობა რჩება წყალში, საზოგადოებრივი ჯანდაცვის მესვეურები მაინც მოითხოვენ, რომ სანამ წყალი ჩაეშვება ბუნებრივ წყალმომღებში, აუცილებლად მოხდეს მისი დეზინფექცია. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია, შედარებით იაფი და ეფექტური სადეზინფექციო საშუალებაა ქლორის გაზი. თუმცა, ამავე დროს, ასეთ შემთხვევაში ქლორი ხვდება ბუნებრივ წყლებში, სადაც მისი მცირე

რაოდენობაც კი უარყოფით გავლენას ახდენს წყლის ბინადრებზე. გარდა ამისა, ქლორინის გაზთან მუშაობა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის არის სახიფათო, ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია, ნატრიუმის ჰიპოქლორიდი (Clorox®), რაც წარმოადგენს ქლორით დეზინფექციის შედარებით უსაფრთხო ფორმას. ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე სხვა ალტერნატიული სადეზინფექციო საშუალებები, მათ შორის: ა) **ოზონის გაზი**, რომელიც ანადგურებს მიკროორგანიზმებს და იშლება ჟანგბადის გაზამდე, აუმჯობესებს რა წყლის ხარისხს. ოზონი არასტაბილური გაზია და ამდენად ფეთქებადია, ამიტომ მისი გენერირება უნდა მოხდეს მისი გამოყენების ადგილას, რაც საჭიროებს მნიშვნელოვან კაპიტალურ დაბანდებას და ენერგიას ბ) წყლის **ულტრაიისფერი დასხივება**, რომელიც ანადგურებს მიკროორგანიზმებს და, ამავე დროს, არ ახდენს რაიმე ტიპის სხვა ზემოქმედებას წყალზე.

საბოლოო გამოსავალი. ყველა ზემოთ აღწერილი ეტაპის გავლის შემდეგ, თანამედროვე ტექნოლოგიების საშუალებით გადამუშავებულ წყალში ორგანული ნივთიერებებისა და ნუტრიენტების შემადგენლობა უფრო დაბალია, ვიდრე ბუნებრივ წყალსატევებში, სადაც ხორციელდება გადამუშავებული წყლის ჩაშვება გადამუშავებულ წყალში. BOD -ის მაჩვენებელია 10–30 კკმ-ს უტოლდება, მაშინ როცა საკანალიზაციო გადაუმუშავებელ წყალში ეს მაჩვენებელია – 200 კკმ. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, გასუთავებულმა ნარჩენმა წყალმა შესაძლოა გაამჯობესოს ბუნებრივი წყალსატევის მდგომარეობა. ამდენად ისეთ ადგილებში, სადაც წყლის დეფიციტია, შესაძლებელია, რომ ასეთი გადამუშავებული წყალი მცირე, დამატებითი დამუშავების შემდეგ, გამოყენებული იქნეს მუნიციპალური წყლის მომარაგების სისტემაში.

უნდა გვახსოვდეს, რომ ზემოთ აღწერილი ტექნოლოგიები, წარმოადგენილია მხოლოდ განვითარებულ ქვეყნებში, და მსოფლიოს ძალიან ბევრ ქვეყანაში ჯერ კიდევ მოძველებული მეთოდითაა გამოიყენება.

4.1.4. ცხიმის/ფისის გადამუშავება (treatment of sludge)

გავიხსენოთ, რომ პირველადი გადამუშავების შედეგად ნარჩენი წყლის ზედაპირზე გროვდება ნედლეული ცხიმის/ფისის მასა. ამავე დროს, ასეთი მასა, შესაძლოა შეიცავდეს ნარჩენებს, რომლებიც გამოიყოფა აქტივირებული ცხიმის და ნუტრიენტების მოცილების სისტემების გამოყენების შედეგად. ასეთი ნედლეული ცხიმი ვიზუალურად ნაცრისფერი, ცუდი სუნის მატარებელი, სიროფისმაგვარი მასაა, სადაც წყლის შემცველობა 97%–98% – ია. ცხადია, რომ ასეთი ცხიმი პათოგენების დიდ რაოდენობას შეიცავს, რადგანაც მისი პირდაპირი წყარო საპირფარეშოებია. ამავე დროს, ეს ბიოლოგიურად სახიფათო ნედლეული ცხიმის მასა, რომელიც დიდი რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებს და ნუტრიენტებს შეიცავს, შესაძლოა ეფექტურად იქნეს გამოყენებული ორგანული სასუქის სახით, იმ შემთხვევაში, თუ მასში არ არის ტოქსიური ნივთიერებები და თუკი მისგან წინასწარ იქნება მოცილებული პათოგენები.

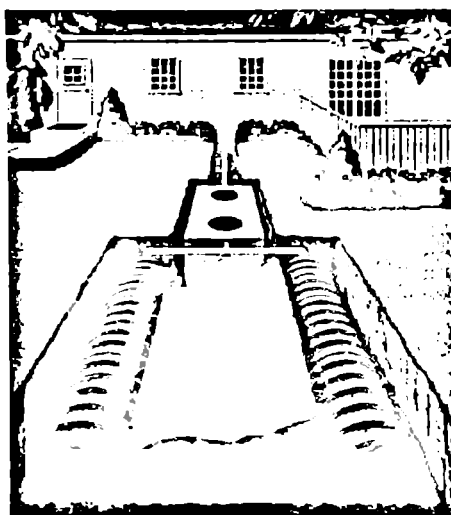
არსებობს სამი ყველაზე გავრცელებული მეთოდი, რომლითაც ხდება ნარჩენი ფისის გადამუშავება ორგანულ სასუქად: **ანაერობული გადამუშავება, კომპოსტირება და პასტერიზაცია**. რამდენადაც ყველა ეს ტექნოლოგია განვითარების პროცესშია, დღეს ცოტა რთულია ვთქვათ, თუ რომელი მეთოდია ყველაზე ეფექტური, როგორც დანახარჯების, ასევე გარემოს დაცვის თვალსაზრისით. ამავე დროს, ვერც ერთი ეს მეთოდი ვერ უზრუნველყოფს, ტოქსიური ნივთიერებების გაუვნებოლყოფას, მაგალითად მძიმე მეტალების მოცილებას, რაც ამ მასის ორგანულ სასუქად გამოყენებას გამორიცხავს.

4.1. ალტერნატიული გადამამუშავებელი სისტემები

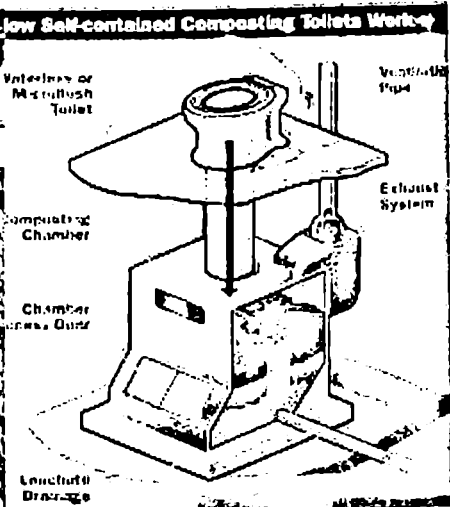
4.1.1. სეპტიკური ავზისა და სადრენაჟო მიწდვრის სისტემა (septic tank and leaching/drain field).

მიუხედავად იმისა, რომ დღეს უკვე ფართოდ არის გავრცელებული საკანალიზაციო შემგროვებელი სისტემები, სოფლად და ქალაქიდან მოცილებულ ადგილებში ეხლაც აქტიურად გამოიყენება ა.წ. ადგილობრივი გადამამუშავებელი სისტემები (on-site treatment system). დღესდღეობით აშშ-ს მოსახლეობის 25% ამ სისტემას იყენებს. ყველაზე გავრცელებულ და ტრადიციულ სისტემას განეკუთვნება სეპტიკური ავზისა და სადრენაჟო მიწდვრის სისტემა (septic tank and leaching field) საკანალიზაციო წყალი ჩაედინება სეპტიკურ ავზში, რომელსაც ისეთივე ფუნქცია აქვს, როგორც პირველად გამწმენდს მუნიციპალური სისტემის შემთხვევაში. ამ სეპტიკურ ავზში ხდება მარცვლოვანი ორგანული მასის დალექვა ფსკერზე. წყალი, რომელიც შედგება კოლოიდური და გახსნილი ორგანული მასალისგან, ისევე როგორც ნუტრიენტებისაგან, მიედინება სადრენაჟო მიწდვრისაკენ, სადაც იგი ნელ-ნელა ჩაეწონება ნიადაგში. ორგანული მასა, რომელიც ილექება ავზის ფსკერზე, გადამუშავდება ბაქტერიების მიერ, თუმცა დაგროვებული მასალა, მაინც საჭიროებს რეგულარულ ამოწმენდას. ნიადაგის ბაქტერიები ახდენენ კოლოიდური და გახსნილი ორგანული მასალის დეკომპოზიციას, რომელიც ჩაედინება მშთანთქმე მიწდორში. ზოგიერთ შემთხვევაში, ასეთ მიწდორში წარმატებით მოყავთ ბოსტნეული მასში ჩამდინარე ნუტრიენტების ხარჯზე, რომლებიც ჩაედინება მიწდორში. ამ სისტემის ფუქციონირების წინაპირობაა საკმარისი ზომის მიწის არსებობა, იმისათვის, რომ სწორად მოეწყოს სადრენაჟო მიწდორი და ნიადაგის ქვედა ფენა, რაც უზრუნველყოფს წყლის ეფექტურ ჩაეწინებას.

ასეთი სისტემებში დაუშვებელია ისეთი ნივთების/მასალის მოხვედრა, რომელიც შეიძლება გაიჭედოს სისტემაში, ამოავსოს იგი, ან გაანადგუროს ისეთი ბაქტერია, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანული ნარჩენის დეკომპოზიციას, მაგალითად: ჰიგიენური პაკეტები, პესტიციდები, საღებავი, ნავთი/ბენზინი, საყოფაცხოვრებო ქიმიური ნივთიერებები (ქლორის შემცველი სარეცხი საშუალება და ა.შ.). ეს სისტემები საჭიროებენ საგულდაგულო მოვლას და წესების დაცვას, იმისათვის, რომ თავიდან იქნას აცილებული ზედამიერული და გრუნტის წყლების დაბინძურება ნუტრიენტებითა და პათოგენებით.



სურ. 7. სადრენაჟო მინდორი⁴³



სურ. 8. ტუალეტი კომპოსტის სისტემა⁴⁴

4.1.2. ტუალეტი – კომპოსტის სისტემა.

სეპტიკური ავზების ალტერნატიული, შედარებით იაფი ტექნოლოგიაა ტუალეტის - კომპოსტის სისტემა, რაც განსაკუთრებით სოფლის ადგილებშია მოსახერხებელი, ამ სისტემის მიზანია, რომ უზრუნველყოს სანიტარული საშუალებით ადამიანის ექსკრემენტების გაუვნებელოება, პათოგენების განადგურებისა და სტაბილური, უსაფრთხო ჰუმუსისმაგავარი მასის მიღების გზით. მრავალი ასეთი სისტემა არსებობს, თუმცა მათ ყველას ახასიათებთ რამდენიმე საერთო კომპონენტი:

- ტუალეტი, რომელიც მიერთებულია კომპოსტის რეაქტორთან, ასეთ ტუალეტს შესაძლოა ჰქონდეს მოხსნადი ნაწილი, იმისათვის, რომ ადვილად გაიწმინდოს.
- კომპოსტის რეაქტორი, რომელიც წარმოადგენს ტუალეტიდან მიღებული მყარი და თხევადი ნარჩენის მიმღებს. რეაქტორი შესაძლოა ტუალეტზე იყოს მიმაგრებულ ან გამოტანილი და ჩამონტაჟებული იყოს გარეთ;
- გამწოვი ან სავენტილაციო სისტემა, იმისათვის, რომ განიავდეს ცუდი სუნი;
- რეაქტორის ვენტილაციის სისტემა, იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს ნარჩენების აერობული ფერმენტაცია. ასეთი სისტემა შესაძლოა იყოს აქტიური (მაგალითად, მბრუნავი

43. <http://atomicseptictank.com/Info.html>

44. www.tlc.howstuffworks.com

დოლების, ავტომატური მიქსერების, ფენების სახით) ან პასიური, რომელიც უბრალოდ აძლევს საშუალებას ნარჩენებს, რომ მოხდეს მათი დეკომპოზიცია გრილ ტემპერატურაზე.

ნარჩენი სითხისა და ნარჩენებიდან გამოჟონილი სითხის მართვის, დრენირების სისტემისა და საბოლოო პროდუქტის მოცილებისათვის საჭირო კარების არსებობა.

ინტენსიური მოხმარების პირობებში ტუალეტი-კომპოსტის სისტემას აქტიური მართვა სჭირდება. საბოლოო პროდუქტი კი ლეგალური გზით უნდა იქნას გატანილი ან განადგურებული ლიზენცირებული კომპანიის მიერ. ასეთი ტუალეტის საშუალებით ორიგინალური მოცულობის 10–20%-თ შემცირება ხდება. ჩვეულებრივ ისინი გამოიყენება დასასვენებელი კოტეჯებსა და პარკებში, თუმცა იქ, სადაც შესაბამისი ნებართვა არსებობს, შესაძლებელია მათი გამოყენება ისეთ შენობებშიც, რომლებიც მუნიციპალურ ცენტრალურ საკანალიზაციო სისტემებიდან შორს არიან განთავსებულნი. მაგალითად, ვანკუვერში, კანადა, აზიის კვლევების ინსტიტუტი განთავსებულია 30 000 კვადრატული ფუტის (2787,09 კვ.მ) ფართობის მქონე კომპლექსში, რომელიც არ არის მიერთებული ცენტრალურ სისტემასთან და რომელშიც მხოლოდ ტუალეტი-კომპოსტის სისტემა ფუნქციონირებს.

4.1.3. თხევადი ნარჩენების გამოყენება საირიგაციო მიზნებისათვის

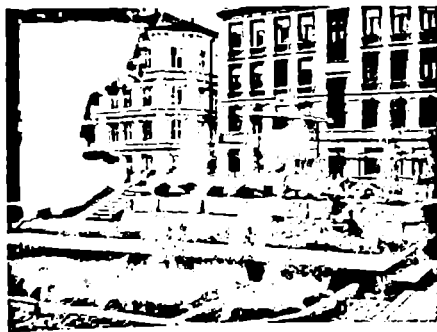
მეორადი გადამუშავების შედეგად მიღებული ნუტრიენტებით მდიდარი ნარჩენი წყლის გამოყენება საირიგაციო მიზნებისათვის ნუტრიენტების ციკლის დასრულების ძალზე ეფექტური გზაა. ამავე დროს, ნარჩენი წყლის გამოყენება მხოლოდ იმ შემთხვევაშია შესაძლებელი, თუკი იგი არ შეიცავს ტოქსიურ ნივთიერებებს, პათოგენებსა და პარაზიტებს.

რიგ განვითარებულ ქვეყნებში წარმატებით ხორციელდება მარცვული კულტურების ირიგაცია საკანალიზაციო ნედლი ნარჩენებით. ამ პრაქტიკას დადებითთან ერთად უარყოფითი მხარეც აქვს. მარცვლეული ძალიან კარგად იზრდება, თუმცა, ამავე დროს, პარაზიტები და დაავადების გამომწვევი ორგანიზმები შესაძლოა ადვილად გადავიდნენ ფერმერებზე და მომხმარებლებზეც. ამდენად, ძალიან მნიშვნელოვანია იმის ცოდნა, რომ მხოლოდ გადამუშავებული ნარჩენის მოხმარება შეიძლება ირიგაციის მიზნით. მაგალითად, ზოგიერთ ქვეყანაში ნარჩენები მუშავდება გამოსაშრობ ორმოებში. მიიღება გამდიდრებული სასუქი, რომლის გამოყენება მნიშვნელოვნად ზრდის მოსავლიანობას. ნარჩენებს ურევენ მიწას და ნაცარს და ტოვებენ 8 თვის განმავლობაში. მშრალი პირობები და ხანგრძლივი ინკუბაცია კლავს პათოგენებს, რის შედეგადაც ნარჩენები გადაიქცევა გამდიდრებულ კომპოსტად.

4.1.4. ჭაობების რეკონსტრუქცია და რეკრეაცია

შესაფერის ადგილას და ხელსაყრელი კლიმატის პირობებში ნარჩენების გადამუშავებისათვის შესაძლოა გამოყენებული იქნეს ჭაობის უნარი შთანთქმას ნუტრიენტები. ასეთი სახის პროექტი შესაძლოა იყოს ჭაობების რეკრეაციის პროგრამის ნაწილი.

მაგალითად, გასული საუკუნის 60-იან და 70-იან წლებში, ორლანდოს (ფლორიდა) მიწების უმეტესობა, რომლებიც ადრე ჭაობები იყო, დაშრა და გადაიქცა საძოვრებად. იმ დროისათვის, ორლანდოს შტატიდან ყოველდღიურად დაახლოებით 75 მილიონი ლიტრი ნუტრიენტებით მდიდარი ნარჩენი სითხე ჩაედინებოდა მდინარე სენტ ჯონსში. ორლანდოს ჭაობების აღდგენის პროექტის განხორციელების შედეგად 1200 აკრი (480 ჰექტარი) საძოვარი ისევ გადაიქცა ჭაობად. პროექტის იდეა იყო საძოვრებიდან მიწის გამონთავისუფლება და მის გარშემო გორაკების აშენება, იმისათვის, რომ შექმნილიყო მცირეწყლიანი ტბებისა და ტბორების ჯაჭვი. დამატებით დაახლოებით 2 მლნ ჭაობის მცენარე დაირგო. გადამუშავებული ნარჩენი სითხე, რომელიც შედის ტერიტორიის ზედა კიდიდან შეიწოვება ჭაობის მიერ, დაახლოებით 30 დღის განმავლობაში მთლიანად გააივლის მას და მხოლოდ ამის შემდეგ ჩაედინება მდინარე სენტ ჯონსში. ამდენად ამ პროექტის განხორციელების შედეგად მოხდა ველური ბუნების რეაბილიტაცია და ამავე დროს საკანალიზაციო წყლის გაწმენდა. ჭაობის გამწმენდი სისტემები შესაძლოა გამოყენებული იქნეს როგორც მცირე, ასევე დიდი ტერიტორიებისათვის და იგი სულ უფრო პოპულარული ხდება მცირე თემებისათვის. ასეთი სისტემის წარმატებისათვის მთავარია, რომ დაცული იყოს ბალანსი, და არ მოხდეს ჭაობის გადატვირთვა იმაზე მეტი ჩამონადენით, ვიდრე მას შეუძლია რომ გაატაროს. ნარჩენების გაუვნებელყოფის მიზნით შესაძლებელია არა მხოლოდ ჭაობების რეკრეაცია, არამედ ხელოვნური ჭაობების კონსტრუირებაც⁴⁵ (სურ.9, 10).



სურ. 9. ხელოვნური ჭაობი სოფლად (ზვედეთი)

45. www.switchtraining.eu, - Lettinga Associates Foundation for Environmental Protection & Resource Conservation;



სურ.10. ხელოვნური ჯაობი ქალაქში
(ოსლო)

4.2. საკანალიზაციო წყლების ხელახალი გამოყენების სისტემები

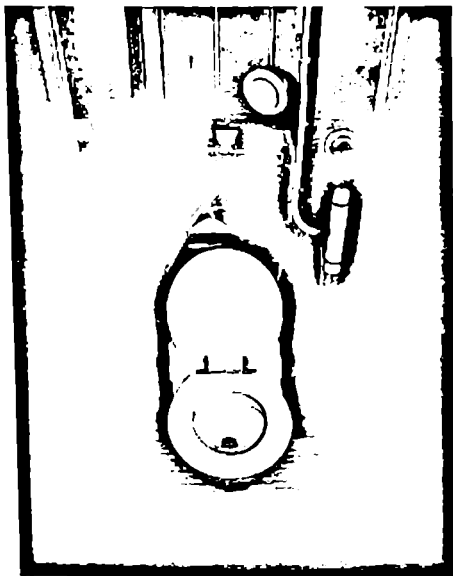
ბიონარჩენების მართვაში, ისევე როგორც მყარი ნარჩენების შემთხვევაში, პრიორიტეტი ენიჭება ხელახალ გამოყენებას და არა განადგურებას და ამისათვის, რამდენიმე ალტერნატივა არსებობს. მთავარი პრობლემა, რომელიც საკანალიზაციო ნარჩენების გადამუშავებას ეხება ის არის, რომ მოხდეს სეპარირებული შერგოვება და გადამუშავება – ანუ ცალკე შერგოვდეს ე.წ. შავი წყალი (ფეკალიები და შარდი) და ცალკე შერგოვდეს სამზარეულოს, აბაზანის და ნარეცხი წყალი – ე.წ. რუხი წყალი. არსებობს სამი ძირითადი გზა ამ პრობლემის გადასაჭრელად: ა) მაღალტექნოლოგიური სისტემები, რომლებშიც გამოყენებულია ე.წ. ვაკუუმ ტექნოლოგია, მემრანული ბიორეაქტორები და ბიოგაზის ქარხნები; ბ) შარდის გამოსაცალკევებელი ჩასარეცხი სისტემები გ) თანამედროვე მშრალი სანიტარული სისტემები, რომელთა გამოყენების შედეგად მიიღება შავი მიწა და წყალი, რომლის გამოყენება ხელახლა შეიძლება (terra preta sanitation- TPS);

4.2.1. ვაკუუმ – ბიოგაზის კონცეფცია (vacuum-biogas concept)

პირველად ასეთი ტუალეტი შეიქმნა გერმანიაში, 1999 წელს 250 კაციანი პოპულაციისათვის. პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ტუალეტი მიერთებულია მცირე დიამეტრიანი მილებით (40–50 მმ) ვაკუუმის ტუმბოსთან. ამოტუმბული მასა შემდეგ ერევა დაქუცმაცებულ ბიონარჩენებს, ხდება მისი სანიტიზაცია და გადამუშავება რეაქტორში. წარმოიქმნება ბიოგაზი და თხევადი სასუქი, რომელსაც შემდგომში ან აშრობენ, ან პირდაპირ გააქვთ სასოფლო სამეურნეო მოხმარებისთვის. დაახლოებით იმავე პერიოდში ნორვეგიელმა ინჟინრებმა დაამონტაჟეს ვაკუუმ – ტუალეტი, რომელშიც გამოყენებული იყო სტანდარტული აერობული თერმოფილური სისტემა, რომელიც შემდგომ კიდევ უფრო დაიხვეწა, დაამეტა რა ვაკუუმის ტუალეტში შარდის ცალკე გამოსაყოფი სისტემა, რაც ყავისფერ ნარჩენ წყალს (წყალი რომელშიც მხოლოდ ფეკალიებია, შარდის გარეშე), კიდევ უფრო კონცენტრირებულს ხდიდა.

4.2.2. შავი/ყავისფერი წყლის კონცეფცია (black/brown water loop concept)

ამ კონცეფციის ძირითადი იდეაა, რომ ტუალეტის ნარჩენი წყალი გადამუშავების შემდეგ გამოყენებული იქნეს ჩასარეცხ წყლად. ამ გამოგონების ავტორი გერმანელი ულრიხ ბრაუნია. გადამუშავება, რომლის დროსაც გამოიყენება მემბრანული ბიორეაქტორი და ოზონიზაცია, აზოტის მოცილებისათვის საჭირო ნიტრიფიკაციის ჩათვლით, უზრუნველყოფს ხელახალი გამოყენებისათვის გამოსადეგი მაღალი ხარისხის წყლის მიღებას.



სურ. 11 . ვაკუუმის ტუალეტი⁴⁶

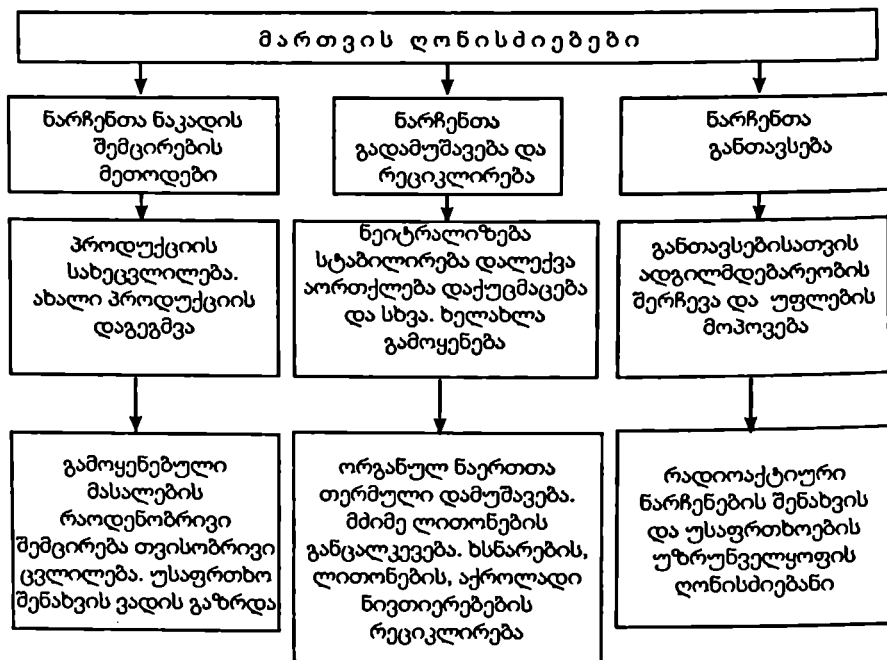
46. <http://www.passivhaus-vauban.de/warum.en.html>

ყველა სახის ნარჩენი შესაძლოა შეიცავდეს ჯანმრთელობისთვის საფრთხის შემცველ ნაწილს. სახიფათო შეიძლება იყოს როგორც მყარი, ასევე თხევადი და აირის ფაზაში მყოფი ნარჩენები. ასეთი ნარჩენების მიერ გამოწვეული საშიშროება შეიძლება გამოხატოს მათი აფეთქების, აალების ან ამა თუ იმ ნივთიერებასთან რეაქციის უნარში, ისევე როგორც მათ მიერ ინფექციის გავრცელების, სიმსივნის გამოწვევის, იმუნური, ენდოკრინული, რეპროდუქციული, ზრდის პროცესების დათრგუნვის შედეგი. დიდია მუტაციებისა და სამშობიარო დეფექტების გამოწვევის ალბათობა. ზემოთ მოყვანილი თვისებების გამო მათ ახასიათებენ და იხსენიებენ ისეთი სახელწოდებებით, როგორებიცაა: "ფეთქებადი", "დამყანგველი", "მეტად აალებადი", "აალებადი", "ირიტანტული", "ტოქსიკური", "კარცინოგენური", "ინფექციური", "რეპროდუქციისათვის ტოქსიკური", "მუტაგენური", "დამაზიანებელი", "ეკოტოქსიკური" და სხვა. როგორც წესი, სახიფათო ნივთიერება არ უნდა ხვდებოდეს გარემოში ისეთი სახით, რომ დამაზიანებელი აღმოჩნდეს ადამიანისათვის და თუ ეს შემთხვევით მაინც მოხდება ასეთ ნივთიერებას "სახიფათო ნარჩენს" უწოდებენ. თუ სახიფათო ნივთიერების განთავსება მოხდა წინასწარი გეგმის მიხედვით, მას ინჟინრები "სახიფათო მასალად" იხსენიებენ.

ინჟინრების მიზანი სახიფათო ნივთიერების არა მხოლოდ სწორი განთავსება, არამედ, შეძლებისდაგვარადი მისი დამაზიანებელი ეფექტის შემცირება, გაუვნებელყოფაა, თუმცა სამწუხაროდ, ძალიან ხშირად, ინჟინრებს მოუხმობენ ხოლმე უკვე მას შემდეგ, რაც ნარჩენები გარემოში გაიფანტება და ჯანმრთელობისთვის საშიში ნახდება. საფრთხე გამოწვეულია ნარჩენებში არსებული ნივთიერებების ჯანმრთელობის დამაზიანებელი თვისებების შედეგად, მაგრამ ეს საფრთხე მკვეთრად მატულობს იმ მდგომარეობისა და პირობების გამო, რომლებშიც ინახება გარემოში განთავსებული ნარჩენები. განსაკუთრებით სახიფათოა ისეთი შემთხვევა, როდესაც რამდენიმე არასასურველი ფაქტორი ერთდროულად იქმნება გარემოში. მაგალითად, თუ აალებას დაემთხვევა ქარიანი ამინდი და ხანძარს გაავრცელებს, ან თუ მეწყერს დაემთხვეა წყალდიდობა და სახიფათო ნარჩენებს გარემოში გაავრცელებს. მეტად საშიშია, აგრეთვე ისეთი ღონისძიებების ჩატარება ამა თუ იმ კატასტროფის დროს, რომლებიც ნარჩენების ტოქსიკურობას კი არ დააქვეითებს, არამედ გააძლიერებს, ამიტომ მაშველი ღონისძიებები მცოდნე პირის მიერ უნდა იყოს დაგეგმილი.

სახიფათო ნარჩენების გადასამუშავებლად ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდებზე დაფუძნებული შემდეგი ტექნოლოგიები გამოიყენება: **ინსინერაცია, პიროლიზი, ვიტრიფიკაცია,**

ოქსიდაცია, თერმული დესორპცია, იზოზონირება, გამზსნელის ექსტრაქცია, ნიადაგის გარეცხვა, დექლორინაცია, კომპოსტირება და ბიოგადამუშავების სხვადასხვა სახეები. აღნიშნული მეთოდების მეშვეობით შესაძლებელია სახიფათო ნარჩენების რაოდენობრივი და თვისებრივი ცვლილება, ტოქსიკურობის შემცირება, რეციკლირება, შენახვის პირობების გაუმჯობესება და ამგვარად გარემოს დაცვა.



სურ. 1. სახიფათო ნარჩენების მართვა

საყოფაცხოვრებო ნარჩენები შეიცავენ მთელ რიგ ისეთ კომპონენტებს, რომლებიც სახიფათო შეიძლება აღმოჩნდეს ადამიანის ჯანმრთელობისა და საერთოდ გარემოსათვის. ასე, მაგალითად, საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში შეიძლება იყოს აალებადი და ამგვარად ხანძარსაშიში პროდუქტები, რომლებსაც აქვთ ჰაერის ჟანგბადთან კონტაქტისას, ან რომელიმე სხვა ნივთიერებასთან ადვილად აალების თვისება. ასეთი ნივთიერებები არსებობენ როგორც აიროვან, ასევე სითხის და მყარი სხეულის მდგომარეობაში. საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში გვხვდება ასევე ფეთქებადი ნივთიერებებიც, რომლებიც შეიძლება აფეთქდნენ ალთან ან ნაპერწკალთან კონტაქტისას, ან ხახუნის და დარტყმის შედეგად.

ჯანმრთელობისათვის საშიშ, საყოფაცხოვრებო ქიმიურ პროდუქტებს შორისაა კანის და სასუნთქი გზების დამაზიანებელი რეაგენტები, მუტაგენური ეფექტის მქონე ნივთიერებები, რომელთა მოხვედრა ორგანიზმში იწვევს მემკვიდრეობით გენეტიკურ ეფექტებს და ისეთი ნივთიერებები, რომელთაც აქვთ კანცეროგენული მოქმედება და სიმსივნურ ზრდას უწყობენ ხელს. საყოფაცხოვრებო ნარჩენებში ხშირია, აგრეთვე სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკროორგანიზმების განვითარების შესაძლებლობა და მათ მიერ ინიცირებული დაავადებების ალბათობა. შესაძლოა, ორი ნივთიერების ურთიერთქმედების შედეგად უფრო ტოქსიკური ნივთიერების წარმოქმნა.

საყოფაცხოვრებო ქიმიური პრეპარატები და, შესაბამისად, მათი ნარჩენები შეიცავენ ისეთ მავნე ნივთიერებებს, როგორებიცაა აცეტონი, კეტონები, ალდეჰიდები, ეთერები, სპირტები, ეთილენგლიკოლი, ქლორინიზებული ნაერთები, ფენოლები, მჟავები, ფორმალდეჰიდი, რომლებიც იწვევენ სიმსივნურ დაავადებებს, სხვადასხვა სახის დამწვრობას, ნერვული სისტემის დაზიანებას, შინაგანი ორგანოების ფუნქციების მოშლას და სხვა. ეს ნივთიერებები შედის საყოფაცხოვრებო დანიშნულების გამწმენდ და გამაპრიალებელ საშუალებებში, ჰაერის არომატიზატორებში, დეზოდორანტებში, ფარმაცევტულ პროდუქტებში, ავტომობილებისა და საბაღე მეურნეობის მოვლის საშუალებებში, საღებავებში, სხვადასხვა დანიშნულების გამხსნელებში, შემავსებლებში, ფოტოქიმიკატებში, შესაფუთ მასალებში, დეტერგენტებში, ბატარეებსა და აკუმულატორებში და სხვა.

ასეთი ნარჩენების დიდი რაოდენობით დაგროვებამ შესაძლოა, გამოიწვიოს ეკოსისტემის დაზიანება ან დესტაბილიზაცია კი. .

ისეთი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვა, რომლებიც ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის გარკვეული ზიანის შემცველია, მოითხოვს განსაკუთრებულ ყურადღებასა და შესაბამისი სტრატეგიის განხორციელებას. მოსახლეობა, რომელიც მოიხმარს ასეთ პროდუქციას კარგად უნდა იცოს ინფორმირებული და ჩართული ამ სახის პროდუქციის ნარჩენების გაუვნებელყოფისა და შენახვის პრობლემატიკაში. ამისათვის გამოსაყენებელია ყველა ტიპის საინფორმაციო საშუალებები.

სახიფათო საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სწორი მართვა უნდა ემყარებოდეს მოსახლეობის დროულ და ამომწურავ ინფორმირებას საყოფაცხოვრებო ქიმიკატების გამოყენების, შენახვის და სპეციალურ გამაუვნებელმყოფელ და რეციკლირების ცენტრებში ასეთი ნარჩენების ჩაბარების წესების შესახებ.

მოსახლეობამ უნდა იცოდეს, რომ ხიფათის შემცველი საყოფაცხოვრებო დანიშნულების პრეპარატების გამოყენებისას საცხოვრებელი სათავსო კარგად უნდა ნიავედობდეს, ყოველთვის ყურადღებით უნდა კითხულობდეს იმ მითითებებს, რომლებიც პრეპარატის შეფუთვაზეა მოთავსებული და ეხება შენახვის წესებს და გამოყენების უსაფრთხო მეთოდებს, მათ შორის:

- პრეპარატი უნდა ინახებოდეს ბავშვებისათვის მიუწვდომელ ადგილას და საკმარისად მტკიცედ იყოს დახურული და მოხუფული;

ადვილად აალებადი მასალები უნდა ინახებოდეს კარგად განიავებად სპეციალურ სათავსოში და არასაცხოვრებელ ოთახში; მკაცრად უნდა იქნეს დაცული შენახვის ტემპერატურა. არ შეიძლება ეტიკეტის და მარკირების გარეშე სახიფათო ნარჩენების შენახვა არასპეციფიკურ ჭურჭელში;

არ შეიძლება სახიფათო საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შემცველი ქიმიური ნივთიერებების გადაღვრა ან განზნევა ისეთ გარემოში, რომელიც სპეციალურად არ არის განკუთვნილი ამისათვის;

არ შეიძლება მათი ჩამარხვა მიწაში, რადგანაც ნიადაგის წყლებს შეუძლიათ მათი გატანა და განფანტვა გარემოში შესაბამისი ეკოლოგიური ზიანის გამოწვევით. სახიფათო საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სპეციალურ ჭურჭელში უნდა ინახებოდეს და ბარდებოდეს რეციკლირების სპეციალურ ცენტრებს, რომელთა მისამართი ცნობილი უნდა იყოს მომხმარებლისათვის.

სახიფათო საყოფაცხოვრებო ნარჩენები არ უნდა იქნეს შერეული სხვა არასახიფათო ნარჩენებთან და ისინი განცალკევებით და სხვადასხვა ჭურჭელში უნდა ინახებოდნენ შესაბამისი მარკირებით. თუ მომხმარებელს აქვს საშუალება, რომ ამოირჩიოს რამდენიმე სხვადასხვა, მაგრამ ერთიდაიგივე დანიშნულების ქიმიური პრეპარატი ყოველთვის სჯობს არჩეული იქნეს ნაკლებ სახიფათო, თუნდაც უფრო ძვირი პრეპარატი.

სახიფათო სახის საყოფაცხოვრებო პრეპარატი შესყიდულ უნდა იქნეს მკაცრად განსაზღვრული საჭირო რაოდენობით, რომ რაც შეიძლება ნაკლები ნარჩენი წარმოქმნას.

საწარმოო ნარჩენთა ხელახლა გამოყენება. საფრთხის არშემცველი ნარჩენების მართვის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულებაა ერთი სახეობის საწარმოო ნარჩენების გამოყენება ნედლი მასალის სახით სხვა სახის საწარმოს მიერ. ნარჩენების ასეთი გამოყენება უდავოდ მეტად მომგებიანია და ნარჩენების მართვის საუკეთესო მაგალითია. ამის მაგალითების მოყვანა შესაძლოა სოფლის მეურნეობის, ნავთობმრეწველობის, ქაღალდის გადამუშავების სფეროებიდან. ამავე დროს, ჯერ კიდევ ბევრია ისეთი სფეროები, რომლებშიც ნარჩენების

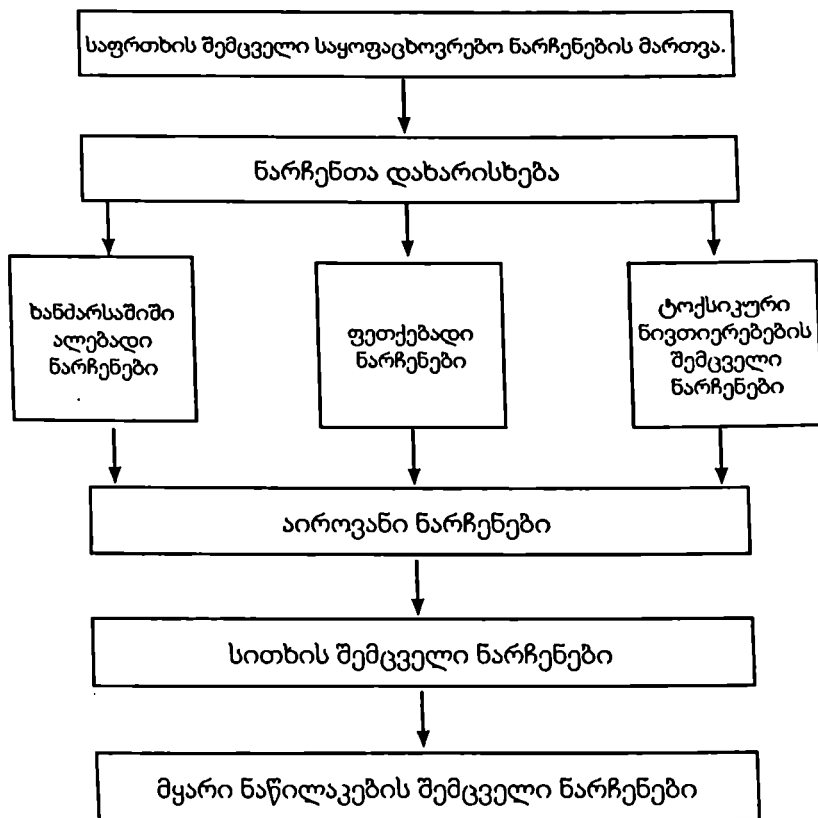
ასეთი ხელახლა გამოყენების შესაძლებლობები არსებობს, მაგრამ არ არის სათანადოდ შესწავლილი და ათვისებული. ამის ერთ-ერთი მიზეზი ახალი ტექნოლოგიებისა და მათი შესაბამისი სამრეწველო პროცესების მრავალი სახეობის შექმნაა, რაც ახალ მიდგომებსა და, შესაბამისად, ახალ ცოდნას მოითხოვს ასეთი სიმბიოზის განსახორციელებლად. იქ სადაც ასეთი ნარჩენების ხელახლა გამოყენების ხერხს მიმართავენ, დიდ ეკონომიკურ ეფექტებს აღწევენ. ხდება დაზოგვა სამუშაო საათების, მუშახელის, აღჭურვილობის და სხვა. ნარჩენების მართვის ასეთ მიდგომის გამოყენება **ინდუსტრიული ეკონომიკის** სახელითაა ცნობილი. იგი ფაქტობრივად წარმოადგენს ენერგიისა და მასალების დაზოგვისა და ეფექტური გამოყენების მეთოდების ერთობლიობას, რომლის დროსაც ხდება მათი ნაკადების კონტროლი და მართვა საწარმოთა გავლით იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ეს საწარმონი განცალკევებულნი არიან საერთო ინდუსტრიული პროცესის შიგნით. ასეთი სინერგიული პროცესების გამოკვლევა, მართვა და განხორციელება მრავალი პრობლემის გადაჭრის საფუძველი შეიძლება გახდეს მდგრადი ეკონომიკის შექმნის გზაზე.

საწარმოო ნარჩენთა ხელახლა გამოყენება შესაძლებელია: ხე-ტყის, პლასტიკურ, ქაღალდის, ნავთობის, ლითონების და არალითონების, ქიმიურ, ფარმაცოქიმიური, ნახშირის, კვების და სხვა მრეწველობათა ნარჩენების ნაკადების კონტროლისას. მათი ხელახლა გამოყენების გზების ძიების ეფექტურობა ცოდნას ემყარება და გულისხმობს ნარჩენების გამოყენებას როგორც იმავე ინდუსტრიული საწარმოთა ფარგლებში, ასევე ნარჩენთა მიმოცვლას სხვადასხვა ინდუსტრიას შორის, რაც როგორც აღვნიშნეთ ასეთი მართვის სპეციალისტთა ფართო სპექტრის განათლებას უნდა ემყარებოდეს.

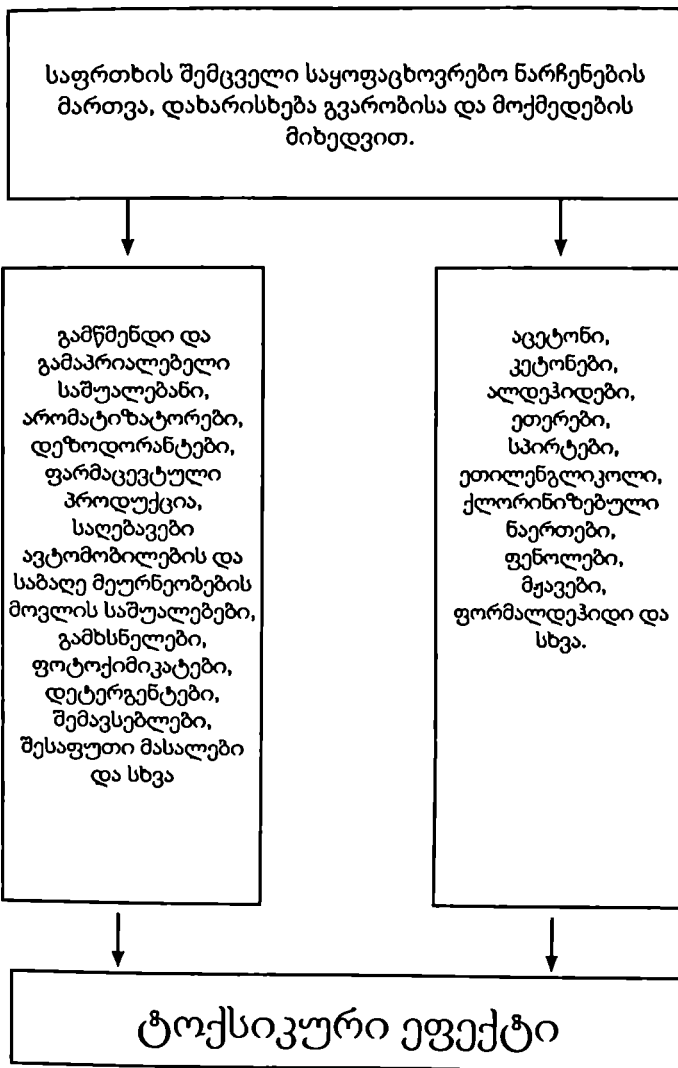
ნარჩენთა მიმოცვლა გულისხმობს არა მხოლოდ მყარი მასალების, არამედ ენერგიის, სითბოს და სხვა სახის მიმოცვლასაც. მაგ., ელექტროსადგურის ნარჩენი სითბო ან სხვა ენერგია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სოფლის მეურნეობის სასათბურე, თევზის მოსაშენებელ და სხვა სახის მრეწველობაში.

ამავედროს, გასათვალისწინებელია, რომ ზოგიერთი სახეობის ნარჩენი პროდუქტები საფრთხის შემცველნი არიან და დამაბინძურებლებს წარმოადგენენ და მათი ხელახლა გამოყენება შესაძლოა მეტი რისკის შემცველი იყოს, ვიდრე ეს ერთჯერადი და პირველადი გამოკვლევით ჩანს. ზოგ შემთხვევაში ხელახლა გამოყენება ისეთ ქიმიურ ტრანსფორმაციას იწვევს, რაც ნარჩენს საფრთხის არაშემცველი პროდუქტიდან საფრთხის შემცველ პროდუქტად აქცევს. ყოველი ასეთი შემთხვევა, რა იშვიათიც არ უნდა იყოს იგი, გამოკვლევას საჭიროებს. მიუხედავად ამისა ცხადია, რომ ინდუსტრიული სიმბიოზი, ნარჩენთა მიმოცვლა, მათი ხელახლა გამოყენება ეკონომიკის განვითარების ერთ-ერთი ძირითადი ბერკეტი და ნარჩენთა მართვის სპეციალისტების ფართო და თანამედროვე

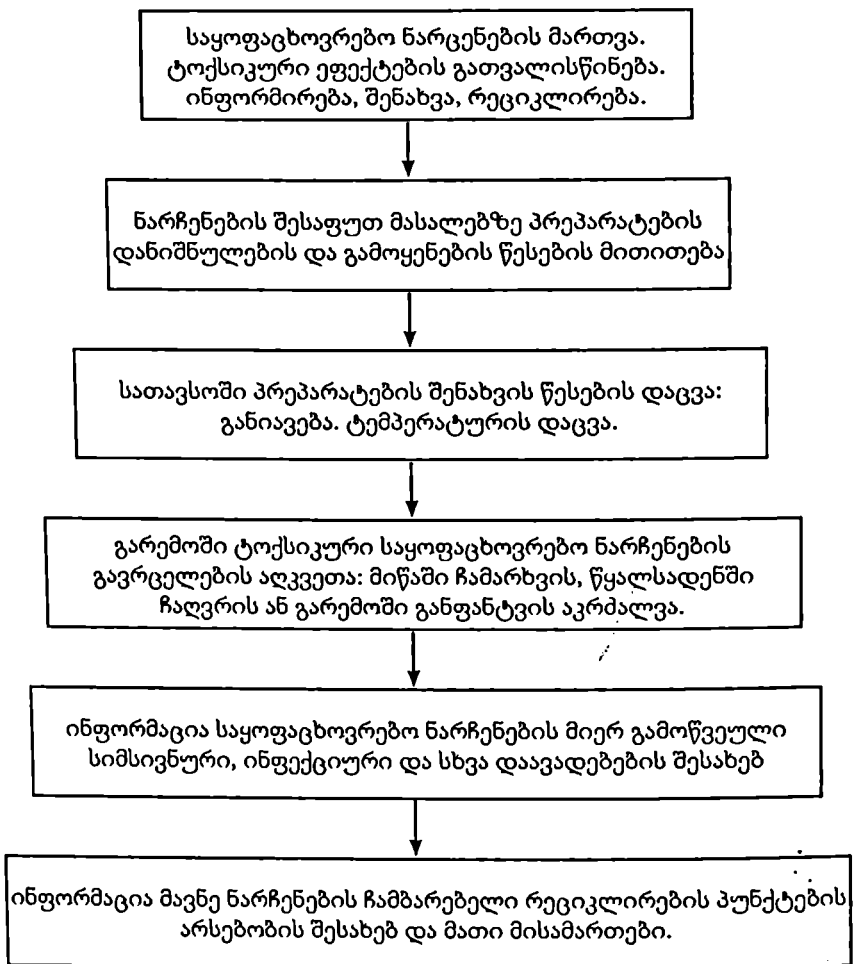
განათლებას უნდა ემყარებოდეს მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში. ასეთი განათლება, პირველ რიგში, გულისხმობს თანამედროვე ტექნოლოგიების გაცნობას, მათი ეფექტურობისა და უსაფრთხოების შესაფასებლად და ისეთი, მათ შორის, დროში განფენილი შედეგების მისაღწევად, რომლებიც მომგებიანობასთან ერთად ეკოლოგიურად უსაფრთხოც იქნება. მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის, სამედიცინო დარგების ცოდნა და, ამასთან ერთად, საინჟინრო მეთოდოლოგიის ათვისება აქ ხშირად გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს.



სურ. 2. საფრთხის შემცველი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვა. დახარისხება. ბლოკ-სქემა



სურ. 3. საფრთხის შემცველი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვა.



სურ. 4. საფრთხის შემცველი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვა.
ინფორმირება, შენახვა, რეციკლირება. ბლოკ-სქემა

გარემოს დაბინძურება

ჰაერის დაბინძურება ატმოსფეროში არსებული ნარჩენებისაგან წარმოშობილი სხვადასხვა აირით და მცირე მყარი ნაწილაკებით საფრთხეს წარმოადგენს ადამიანის ჯამრთელობისათვის. საწვავის გამოყენება სატრანსპორტო საშუალებებში წარმოშობს არასრულ წვის პროდუქტებს პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადების სახით. ჰაერში ხვდება სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ნარჩენები პესტიციდების, აზოტისა და გოგირდის ზეჟანგების და სხვა სახით. ასეთი პოლუტანტების არსებობა ატმოსფეროში გავლენას ახდენს ადამიანის იმუნურ სისტემაზე, ჰორმონებზე, ნერვულ სისტემაზე და სიმსივნურ დაავადებების რისკს წარმოშობს. ბუნებრივია, ატმოსფერული ნარჩენების საგრძნობი გავლენა ეკოსისტემების სტაბილურობაზეც. მიუხედავად ზემოაღნიშნული უარყოფითი ზეგავლენისა, კაცობრიობას არ შეუძლია უარის თქმა იმ საწარმო პროცესებზე, სატრანსპორტო საშუალებებსა და სასოფლო-სამეურნეო, კვებით და ფარმაცოქიმიურ ტექნოლოგიებზე, რომლებიც ატმოსფეროში ამგვარი ნარჩენების წარმოქმნას უწყობს ხელს და ძალისხმევა ძირითადად მიმართულია მონიტორინგის გაუმჯობესებისაკენ, ატმოსფეროში ნარჩენების მინიმალიზაციისა და მათი ტოქსიკურობის შემცირებისაკენ.

ადგილობრივ გარემოში, რომელიც შემოიფარგლება რამოდენიმე ასეული მეტრის რადიუსით, ხშირია რაიმე დამაბინძურებელი წყაროს არსებობა, მაგალითად, საწარმოში, რომელიც წვის პროდუქტებს ატმოსფეროში ფანტავს. ჰაერის დაბინძურება წვის პროდუქტებით საწარმოს სიახლოვეს განსაკუთრებით მაღალია და ამ პრობლემის გადაჭრა შესაძლებელია საკმარისად მარტივად. მაგალითად, უფრო მაღალი საკვამური მიწების დამონტაჟებით დამაბინძურებელ საწარმოზე, რაც პოლუტანტის უფრო შორ მანძილზე გაბნევას განაპირობებს და, შესაბამისად, შედარებით ახლომდებარე ტერიტორიაზე დამაბინძურებლის ნაკლები კონცენტრაცია დაფიქსირდება. დამაბინძურებელი ობიექტის სიახლოვეს უფრო მაღალი კონცენტრაცია და მისი კლება ობიექტიდან მოშორებით კონცენტრაციული გრადიენტის ფენომენს წარმოშობს. ამ შემთხვევაში დაბინძურების სურათი დამოკიდებული იქნება ამინდის ცვალებადობაზე, წვიმაზე, ქარის მიმართულებაზე, რამაც შესაძლოა ძალიან მნიშვნელოვანი ლოკალური პოლუტანტების კერები წარმოქმნას.

ჰაერის დაბინძურება შესაძლოა გამოწვეული იყოს პირველადი დამაბინძურებლით, რომელიც უშუალოდ გამოიყოფა ობიექტიდან. თუ ასეთი პირველადი დამაბინძურებელი ატმოსფეროში ქიმიურ რეაქციაში შევა რომელიმე ნივთიერებასთან, მაშინ შესაძლოა, წარმოიქმნას მეორადი

დამაბინძურებელი. ასე მაგალითად, ქალაქის პირობებში მეორადი დამაბინძურებლების წარმოქმნის დიდი ალბათობაა, თუ ერთმანეთის სიახლოვეს მრავალი საწარმო მუშაობს, რაც მათი გამონაბოლქვის ურთიერთშერევის შედეგად მეორადი დამაბინძურებლების წარმოქმნის რისკს ზრდის. თავისთავად ცხადია, რომ ქალაქის პირობებში დიდია ავტომობილის გამონაბოლქვის წვლილი, განსაკუთრებით გზაჯვარედინებთან მაღალი შენობების არსებობისა და ცუდი აერაციის პირობებში. ნახშირწყალბადები, რომლებიც დაბინძურების ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია მრავალი სხვადასხვა წყაროდან წარმოიქმნებიან და მათ სხვადასხვა რეაქციის უნარიანობა აქვთ. ეს კი ართულებს მონიტორინგისა და პროგნოზირების პრობლემებს.

ზოგიერთი პოლუტანტი ჰაერში იმყოფება მცირე ზომის ნაწილაკების სახით, (დაახლოებით ერთი მიკრომეტრის დიამეტრით). ასეთ პოლუტანტებს შორის შეგვიძლია დავასახელოთ სულფატები, ნიტრატები და სხვა. მათ მიერ გამოწვეული ე.წ. წვიმები ხშირად წარმოადგენენ წვიმის წვეთების მიერ ამ ნაწილაკების წარტაცების შედეგად მათი მიწაზე დალექვის ფაქტს. ამავე დროს, შესაძლოა, რომ ასეთი ნაწილაკები თვით იყვნენ კონდენსაციის ბირთვები და წარმოქმნან შესაბამისი ღრუბლები, საიდანაც შემდეგ გამოილექებიან დედამიწის ზედაპირზე.

უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შესაძლო დამაზიანებელი ეფექტების შეფასებას იმის მიხედვით, თუ როგორია ჰაერის დაბინძურების ხარისხი. აქ იგულისხმება ხანგრძლივი უარყოფითი ზეგავლენა ადამიანზე, ცხოველებზე, მცენარეებზე და ეკოსისტემაზე. ცხადია, რომ უარყოფითი ზეგავლენის ასაცილებლად დამაბინძურებლის კონცენტრაცია ატმოსფეროში კრიტიკულ კონცენტრაციაზე ნაკლები უნდა იყოს. ამის გათვალისწინებით და დასაშვები კონცენტრაციის განსაზღვრის მიზნით დგება დოზა-ეფექტის მრუდები, რომლებიც აჩვენებენ ორგანიზმის უნარს გაუძლოს ამა თუ იმ პოლუტანტის ზემოქმედებას და ამგვარად მეტად საჭირო ინფორმაციას შეიცავენ. შესაბამისად, შეიძლება განისაზღვროს ჰაერის ხარისხი და მისი შედეგები ბიოობიექტებზე გავლენის თვალსაზრისით. აქ საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს როგორც პოლუტანტის ხანმოკლე, ასევე ხანგრძლივი გავლენის ეფექტები, რაც ინფორმაციას უფრო ობიექტურს ხდის. ამის მიხედვით შეიძლება შეიქმნას ჰაერის დაბინძურების ინდექსები, რომლებიც ასახავენ მრავალი სხვადასხვა დამაბინძურებლის მონაცემებს ერთი გარკვეული რიცხობრივი მაჩვენებლით. ამგვარი მაჩვენებლების საფუძველზე შესაძლოა, შედგეს ცხრილები, რომლებშიც მოცემული იქნება ჰაერის ინდექსის მაჩვენებლები, პოლუტანტის სახეობები, ეფექტის სახეობა, დამაზიანებელი ეფექტის მაჩვენებელი,

შესწავლილ ინდივიდთა რაოდენობა,, რომელთაც გამოუვლინდა ესა თუ ის დაზიანება ჰაერის დაბინძურების შედეგად და სხვა. აღნიშნული რიცხოვრივი მაჩვენებლების გამოყენება სიტუაციის შეფასების საშუალებას იძლევა და ჰაერის დაბინძურების ობიექტურ სურათს გვაძლევს. ამის მიხედვით კი, შესაძლოა შემუშავდეს ჰაერის დაბინძურების უარყოფითი ეფექტების თავიდან აცილების ან შემცირების ღონისძიებები, წყაროს სახეობის, ჰაერის ხარისხის, ამინდის, ქარის მიმართულების, მოსალოდნელი ხარჯების და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით. ამგვარ ღონისძიებები საწარმოს ჰაერის ხარისხის მართვის სტრატეგიული და ტაქტიკური გეგმების მიხედვით ხორციელდება.

ასეთი ღონისძიებების რიგს მიეკუთვნება საწარმოებში შესაბამისი ფილტრების დაყენება, ახალი თანამედროვე ტექნოლოგიების გათვალისწინებით, რომელთა მუშაობის პრინციპი სხვადასხვა შეიძლება იყოს: ნაწილაკების უბრალოდ მექანიკური შეჩერებიდან თანამედროვე ნანოტექნოლოგიების გამოყენებით ბიოფილტრების შექმნამდე, იმის მიხედვით, თუ რა სახის ჰაერის დაბინძურებასთან გვაქვს საქმე და რა შესაძლებლობები აქვს შესაბამის სამსახურს. უფრო რადიკალურ ღონისძიებათა რიგს განეკუთვნება საწარმოო პროცესების პროცესების ცვლილება, რომლებიც წარმოშობენ ჰაერის დაბინძურების ეფექტებს, რაც ზოგჯერ შესაძლებელია უფრო თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, თუმცა ეს დაკავშირებულია უფრო დიდ დანახარჯებთან.

ბუნებრივი თუ ხელოვნური წყალსატევების (ოკეანის, ზღვის, ტბის.) დაბინძურებას სხვადასხვა სახის ნარჩენებით შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს როგორც ერთი ლოკალიზებული წყაროდან, ასევე რამდენიმე სხვადასხვა, დიდ ფართობზე განფენილი დამაბინძურებელი წყაროდან. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში კონტროლი, და სიტუაციის გამოსასწორებელი ღონისძიებების გატარება უფრო რთულდება და გაცილებით მეტ ძალისხმევას მოითხოვს. წყალსატევების დაბინძურება ძირითადად მიმდებარე ხმელეთიდან ხდება და ადამიანის როლი ამ დაბინძურებაში მეტად მაღალია. გამოსაკვლევი არა მარტო დაბინძურების წყაროები, არამედ გარდაქმნები, რომლებიც შეიძლება განიცადოს პოლუტანტმა, მაგალითად როგორი შეიძლება იყოს მისი მეტაბოლიტები, არიან თუ არა ისინი ტოქსიკურნი ცოცხალი ორგანიზმების მიერ მათი შთანთქმის შემთხვევაში., რა გავლენას ახდენენ ისინი ეკოსისტემაზე და სხვა.

უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს საღრუბლო დოზების დადგენას და ერთდროულად რამდენიმე პოლუტანტის მოქმედების შემთხვევაში სინერგიზმისა და ანტაგონიზმის მოვლენების გათვალისწინებას. წყალსატევების დაბინძურების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი მათში ჩამდინარე სხვადასხვა სახის ნარჩენების შემცველი მდინარეებია და ასეთი ნარჩენები ხშირად წყალსატევში ჟანგბადით მეტად ღარიბ

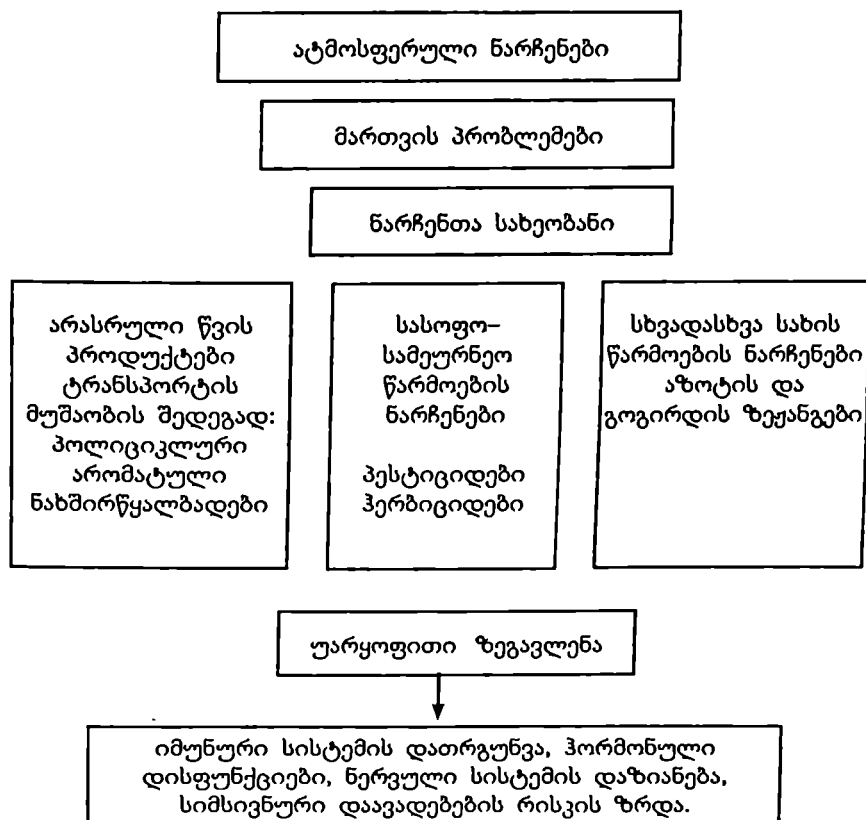
ჰიპოქსიურ არეებს წარმოქმნიან, რაც თავისთავად კიდევ უფრო ამძიმებს მდგომარეობას. თუ ასეთ ჰიპოქსიურ არეში ორგანული მასალებით მდიდარი ნარჩენები იმყოფებიან, მაშინ იქმნება უფრო ხელსაყრელი პირობები მეთანის წარმოქმნისათვის. ორგანული ნარჩენებით გამდიდრება მოქმედებს ფიტოპლანქტონის ზრდა-განვითარებაზე, ხოლო ამ უკანასკნელთაგან წარმოქმნილი ორგანული მასალების დაშლა დამოკიდებულია ჟანგბადის შემცველობაზე. ამგვარად, საქმე გვაქვს ურთიერთდამოკიდებულ და ურთიერთგანმაპირობებელ პროცესებთან, რომელთა პროგნოზირება ყოველთვის ვერ ხერხდება და შეცდომები ხშირია.

ნარჩენები, რომლებიც წყალსატევებში ხვდება გარდა წყალში ხსნადი და არახსნადი ორგანული ნივთიერებებისა, შეიცავენ მეტალებს, სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში გამოყენებულ მცენარეთა საკვებ ნაერთებს, შხამქიმიკატებს, პესტიციდებს და ჰერბიციდებს, ფოსფატებს, ნიტრატებს, ნავტობს და მის პროდუქტებს და სხვა.

ორგანული ნარჩენებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნავთობის და მისი პროდუქტების, როგორც პოლუტანტების როლი წყალსატევის ეკოსისტემაში. მიუხედავად იმისა რომ, ნავთობის დაშლა წყალსატევში ხდება ბაქტერიების მეშვეობით ასეთი დაბინძურება მეტად დამაზიანებელია, რადგანაც ბაქტერიები ბუნებრივ პირობებში ნავთობის დაშლას წლებს ანდომებენ და ეს პერიოდი მეტად საგრძნობია ეკოსისტემის სტაბილურობისათვის. ნავთობი წყალსატევში შეიძლება მოხვდეს ნავთობსატრანსპორტო საშუალების დაზიანების შედეგად: ტანკერის, მილსადენის, ავტოცისტერნის, ავარიისას და აგრეთვე გზატკეცილებიდან ჩამდინარე წყლებში ჩარეცხვის შედეგად. სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტებს აქვს სხვადასხვა სიბლანტე. ხსნადობა, ტოქსიკურობა. ნავთობის შემადგენლობაში მყოფი პოლიარომატული ნახშირწყალბადები განსაკუთრებული ტოქსიკურობით გამოირჩევიან. თანამედროვე მეთოდების საშუალებით შესაძლებელია ამ ნივთიერებათა შემადგენლობის განსაზღვრა და მათი წარმოშობის წყაროების დადგენა. ბუნებრივია, რომ უაღრესად დიდია მონიტორინგის როლი დაბინძურების პრევენციის ან მისი შედეგების დროული გამოვლენის, და აღდგენითი პროცესების წარმატებით მართვაში.

წყალსატევებში და მათ შემოგარენში არსებული დაშლისა და დეგრადაციისადმი მდგრადი პოლუტანტი ავლენს კონცეროგენულ თვისებებს და შეიძლება იყოს ნერვული სისტემის დამაზიანებელი. ასეთ დამაბინძურებლებს განეკუთვნება: დიქლოროდიფენილტრიქლოროეთანი, პოლიქლორიზინებული ბიფენილები, ჰექსაქლოროციკლოჰექსანი, ჰექსაქლორობენზენი, დიოქსინი და სხვა. ეს ნივთიერებები შეიძლება მოხვდნენ კვებით

ჯაჭვებში ზღვის და საერთოდ წყალსატევების საკვებპროდუქტების გამოყენების შემთხვევაში. წყალსატევების დამაბინძურებელი ნარჩენების მართვა წარმატებული შეიძლება იყოს იმ შემთხვევაში. თუ დროული და კვალიფიციური მონიტორინგის შედეგად გამოვლინდება დაბინძურების ხარისხი. დამაბინძურებლის გვარობა, დაბინძურების წყარო და მიღებული იქნება ზომები ნარჩენების რაოდენობისა და ტოქსიკურობის შესამცირებლად შესაძლო ეკოლოგიური ეფექტის გათვალისწინებით, ხოლო დაბინძურებულ წყალსატევში ჩატარდება შესაბამისი ღონისძიება თანამედროვე მეთოდებით ნარჩენების გაუვნებელყოფისა და ელიმინაციისათვის.



სურ. 1 ატმოსფერული ნარჩენები, სახეობანი, ბლოკ-სქემა.

ატმოსფერული ნარჩენები

მართვა, მონიტორინგი
დამცავი ღონისძიებები

პირველადი
დამაბინძურებელი

მეორადი დაბინძურება, რომელიც შესაძლოა წარმოიქმნას პირველადი დამაბინძურებლების ქიმიური რეაქციის დროს რომელიმე სხვა ნივთიერებასთან ატმოსფეროში.

მონიტორინგის სირთულე და თავისებურება გავრცელება დიდ მანძილზე, ნაწილაკების სახით.

ხაზმოკლე და ხანგრძლივი უარყოფითი გავლენა
ჯანმრთელობაზე. დოზა-ეფექტის მრუდები.

ჰაერის დაბინძურების ინდექსები და ცხრილები ჰაერის
ხარისხის გაუმჯობესების სტრატეგიული და ტაქტიკური
გეგმები.

ღონისძიებები: ფილტრების დაყენება, საწვავის ხარისხის
გაუმჯობესება, ხარეების აღრიცხვა–შეფასება და სხვა.

სურ. 2 ატმოსფერული ნარჩენები, მართვა. მონიტორინგი. ბლოკ-სქემა.

ნარჩენების ბიოტექნოლოგიის ზოგადი პრინციპები

შესავალი

გარემოს ბიოტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს გარემოს დაცვასთან დაკავშირებული რიგი უძნელესი პრობლემების გადაწყვეტის გზები ვიპოვოთ. ასეთ პრობლემათაგან, პირველ რიგში, აღსანიშნავია ენერგიის წყაროთა გაუმჯობესება. ასე, მაგ. მწვანე წყალმცენარეები, თუკი მათი გენეტიკური მოდიფიცირება მოხდება, შესაძლოა გამოყენებულ იქნენ ასეთ მწვანე წყაროს ენერგიის მისაღებად. შესაძლებელია, დამაბინძურებელი ნივთიერებების, პოლუტანტების, გარემოდან გამოდევნა და მათი გარდაქმნა ნაკლებად მავნე ნაერთებად. მაგ., მათი გარდაქმნა გენეტიკურად მოდიფიცირებული ბაქტერიების საშუალებით, რომელთაც შეუძლიათ დაშალონ გამძლე ორგანული ნაერთები დაღვრილ ნავთობში და სხვადასხვა ნალექში. შესაძლებელია, აგრეთვე, დაბინძურების გამოსაველენად უფრო თანამედროვე და მოსახერხებელი საშუალებების შექმნა. ასეთია, მაგ., ტრანსგენური გზით მიღებული თევზის სახეობა, რომელსაც შეუძლია ფერი შეიცვალოს სპეციფიკური დამაბინძურებლის გარემოში ყოფნისას (მაგ., სასმელ წყალში) და ამით თვალსაჩინოდ მანიშნოს საფრთხეზე.

მიუხედავად ზემოთ აღნიშნული და მრავალი სხვა უპირატესობისა, რაც ბიოტექნოლოგიას მოაქვს სამედიცინო, ინდუსტრიულ, აგროკულტურულ, წყლის, ჰაერის, ნიადაგის და, საერთოდ, გარემოს დაცვის თვალსაზრისით, მაინც არსებობს გარკვეული რისკი, რომ ახალმა, კერძოდ, გენეტიკურ მოდიფიცირებასთან დაკავშირებულმა მეთოდებმა შესაძლოა წარმოშვან გარემოსთან დაკავშირებული ახალი პრობლემები, რომელთა გამოსწორებას ახალი ძალისხმევა დასჭირდება. მიუხედავად ამისა, ბევრი მეცნიერი ფიქრობს, რომ ბიოტექნოლოგია მიერ ზემოთ ჩამოთვლილ დარგებში მიღწეული და მომავალი სავარაუდო წარმატებები ღირს ამ რისკად.

ამგვარად, გარემოს ბიოტექნოლოგია გარკვეულ წონასწორობას იცავს: ერთი მხრივ, ახალი მეთოდების გამოყენება და, მეორე მხრივ, გენეტიკური მასალით მანიპულაციებისა შესაძლოა მოულოდნელობების გათვალისწინება.

ნებისმიერი გადაწყვეტილება ახალი ბიოტექნოლოგიური მეთოდების გამოყენების შესახებ უნდა ემყარებოდეს პირობების სწორ შეფასებას, სწორ განსაზღვრას და ასეთი შეფასება ობიექტური იქნება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ის დაემყარება სწორ ვარაუდებს და, მათთან, სწორ ინფორმაციას. ეს უკანასკნელი კი, თავის მხრივ, ეფუძნება მეცნიერებას და, ამგვარად, სწორედ მეცნიერება უდევს საფუძვლად გარემოს დაცვას

თუ გაუმჯობესებასთან დაკავშირებულ ყველა გადაწყვეტილებას. ასეთი მეცნიერებებია, პირველ რიგში: ფიზიკა, ქიმია და ბიოლოგია. ამგვარად, იმისათვის რომ დავახასიათოთ გარემოს ბიოტექნოლოგიის შესაძლებლობები და თანმდევი რისკები უნდა გავითვალისწინოთ ინჟინრების, მიკრობიოლოგების, ბოტანიკოსების, ზოოლოგების, გენეტიკოსების, მედიკოსების, გეოლოგების, გეოგრაფების, ნიადაგმცოდნეების, ჰიდროლოგების, მეტეოროლოგების, გამოთვლითი ტექნიკის ექსპერტების, სისტემატიკოსების და ეკოლოგების წვლილი.

ბიოტექნოლოგია არის დარგი, რომელიც შეისწავლის და იყენებს ბიოლოგიურ სისტემებს, ცოცხალ არსებებს იმისათვის, რომ ადამიანის სოციალური საჭიროებები დააკმაყოფილოს. ბიოტექნოლოგიის მიზანია, აწარმოოს ადამიანისთვის ღირებული საგნები და საშუალებები, როგორცაა, მაგ., სამკურნალო საშუალებები, გაუმჯობესებული საკვები და აგრომარაგი, გარემოს დამაბინძურებლებისგან გამწმენდი საშუალებები და სხვა.

1. ბიოქემოდინამიკა

ბიოქემოდინამიკა იმ ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების ასახვას ემსახურება, რომლებიც ნივთიერებათა გარდაქმნასა და ტრანსპორტირებას განაპირობებენ. ამგვარად, ბიოქემოდინამიკა არის ენერგიისა და მასის მოძრაობა (დინამიკა), ცვლილება (ქიმიური ტრანსფორმაცია) და წრებრუნვა ორგანიზმებში ან მათი გავლით (ბიოლოგია).

ცალკეული ქიმიური ნივთიერებისა თუ მთელი ორგანიზმის ბიოქემოდინამიკა კონკრეტულ მიმართებაშია თანადროულად მიმდინარე ქიმიურ რეაქციებთან, სხვადასხვა სახის მოძრაობებთან და, საერთოდ, ბიოლოგიურ პროცესებთან ეკოსისტემის ნებისმიერ საფეხურზე (დონეზე). იმისათვის, რომ ესა თუ ის ბიოტექნოლოგია იყოს წარმატებული, ის უნდა ეყრდნობოდეს მეცნიერულ, სისტემურ და ბიოქემოდინამიკურ მიდგომას. ამის საფუძველს ქმნის ობიექტური ბიომონიტორინგი. ბიომონიტორინგი ორგანიზმების გამოკვლევაა, რომლის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანი გარემოს მდგომარეობის შეფასებაა. ბიომონიტორინგის დროს წარმოებს შეგროვება და ანალიზი მაგ. ქსოვილის, სითხის და ორგანიზმის სხვა კომპონენტების ბიომარკერების დასადგენად. ბიომარკერი ფიზიკური, ქიმიური ან ბიოლოგიური განმსაზღვრელია, რომელიც მიუთითებს საკვლევი ობიექტის ბიოლოგიურ მდგომარეობაზე. ბიომარკერი შეიძლება იყოს მაგ. ორგანიზმის მიერ გამოყოფილი ან შთანთქმული ენერგიის მაჩვენებელი, რომელიმე ნივთიერების შემცველობის ცვლილება ან უჯრედების გამრავლების სიჩქარის მაჩვენებელი და სხვა.

ბიოქემოდინამიკური მიდგომის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ

იმ წყაროებისა და გზების გამორკვევა (აღდგენა, რეკონსტრუქცია) რომლებითაც ესა თუ ის დამაბინძურებელი მოხვდა ორგანიზმში და ამისათვის ბიომონიტორინგის საშუალებით ხდება ბიომარკერების დადგენა და გამოყენება. ასეთი კვლევა საკმაოდ რთულდება თუ ერთდროულად იცვლება რამოდენიმე ქიმიური ნივთიერება, და თუ მრავალი სხვადასხვა გზით ხდება მათი შეღწევა ორგანიზმში და გარდაქმნა გარემოში. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა მრავალი დამატებითი სხვადასხვა სახის ინფორმაცია და ბიოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური პარამეტრების შესწავლა (მაგ., ქიმიური ნაერთის მულტიმედიური დინამიკა). ბიოლოგიური დოზებისა და მათი ეფექტების შეფასება და განსაზღვრა მოითხოვს ჩვეულებრივ (წინსვლით) მიდგომას და ექსპოზიციას საჭიროებს. ექსპოზიცია უზრუნველყოფს კონტაქტს ორგანიზმის გარემომცველ საზღვარსა და ფიზიკურ, ქიმიურ ან ბიოლოგიურ აგენტს შორის. ასეთი ექსპოზიცია გამოითვლება როგორც აგენტის ის რაოდენობა, რომელიც მისაწვდომია ორგანიზმის გარე საზღვრისთვის მაგ., ადამიანის შემთხვევაში, კანისთვის, ფილტვებისთვის, ნაწლავებისთვის ე.ი. სასაზღვრო ქსოვილებისთვის. ექსპოზიცია საჭიროა იმ ადამიანთა პოპულაციის იდენტიფიცირებისა და შეფასებისათვის, რომლებიც განიცდიან ტოქსიკურ აგენტთან კონტაქტს, მათი შემადგენლობისა და მოცულობის დადგენით, ისევე როგორც ექსპოზიციის ტიპის, სიხშირის, გზის, ხანგრძლივობისა და სიმძლავრის შეფასებას.

გარდა ჩვეულებრივი (წინსვლითი) მიდგომისა, საჭიროა განსაკუთრებული, ინვერსიული (უკუსვლითი) მიდგომა. ინვერსიული მეთოდოლოგია ეს არის რეკონსტრუქცია ე.ი. აღდგენა. ასეთ რეკონსტრუქციას სჭირდება ინვერსიული ე.ი. უკუსვლითი რიცხვითი მოდელის შედგენა. ორივე მოდელს ე.ი. ჩვეულებრივსაც (ე.ი. წინსვლითსაც) და ინვერსიულსაც (უკუსვლითსაც) სჭირდებათ ტოქსიკოკინეტიკური ან ტოქსიკოდინამიკური დამხმარე მოდელები. ეს მოდელები ან მექანიკურია ან ემპირიკული. აქ ფიზიკური, ქიმიური ან ბიოლოგიური ინფორმაცია უნდა გადაყვანილ იქნეს ბიოქემოდინამიკურში, შესაძლებელი იქნეს სისტემურ გარემოსმახასიათებელი შეფასება. ფიზიოლოგიაზე, როგორც მეცნიერებაზე დაფუძნებული ტოქსიკოკინეტიკა და ბიოლოგიაზე დაფუძნებული დოზა-ეფექტის მოდელები, კომბინირებულნი ინვერსიულ ტექნიკასთან და ოპტიმიზაციის მეთოდებთან, წარმოადგენენ იმ ბიოქემოდინამიკურ საფუძველს, რომელსაც ეყრდნობა გარემოს რისკის განსაზღვრა-შეფასება. **ტოქსიკოკინეტიკა დროის ერთეულში ქიმიურ ნივთიერებათა აბსორბციის, განაწილების, ბიოგარდაქმნის და განდევნის განსაზღვრაა.** ამგვარად, ბიოქემოდინამიკური მიდგომა მოითხოვს არსებული მეთოდებისა და გამოთვლითი საშუალებების

სისტემატურ მისადაგებას ცვლადი ფაქტორებისადმი ე.ი. თანამედროვე მოდელებისა და ბიომარკერული მონაცემებისადმი კარგ შეთავსებას.

ბევრი ეკოლოგი დაასაბუთებს, რომ ნებისმიერი მოქმედება გავლენას იქონიებს ეკოსისტემაზე, რადგანაც ეკოსისტემები ურთიერთობენ, ურთიერთდაკავშირებულნი არიან და ეკოსისტემის შიგნით არსებული სხვა სისტემები განიცდიან გავლენას იმ ცვლილებების შედეგად, რომლებიც მათში (მათ შორის) ხდება. მნიშვნელოვნად ითვლება შედეგის მოხდენის უკვე 5% -იანი ალბათობა.

2. ბიოტექნოლოგია და ბიოინჟინერია

ბიოტექნოლოგია, როგორც ტერმინი, ჯერ კიდევ 1919 წელს გამოიყენა უნგრელმა ინჟინერმა კარლ ერეკიმ იმის ასახსნელად, თუ რა უდევს საფუძვლად მასალების წარმოებას ცოცხალი ორგანიზმების მეშვეობით. 1992 წელს ბიოტექნოლოგია განმარტებულ იქნა, როგორც ბიოლოგიური სისტემების, ცოცხალი ორგანიზმებისა ან მათი ნაწარმის ტექნოლოგიური გამოყენება სპეციალური დანიშნულების პროდუქტებისა და პროცესების შექმნისა ან მოდიფიცირებისათვის.

ბიოტექნოლოგიური წარმოების გასაგებად საჭიროა იმ ქიმიური პროცესების განხილვა, რომლებიც მიმდინარეობენ ცოცხალ სისტემებში. ერთ-ერთი ქმედითი საშუალება გარემოში რომელიმე პროცესის სრული კვალის განსაზღვრისათვის არის სასიცოცხლო ციკლის შეფასება. სასიცოცხლო ციკლის შეფასება არის ბიოტექნოლოგიური წამოწყების განხილვის გზა, რაც გულისხმობს ბიოტექნოლოგიურ პროცესს, მის წარსულსა და მომავალს, როგორც ერთ მთლიან სისტემას, მასში შემავალი მასალებისა და მისგან მიღებული პროდუქტების გათვალისწინებით. ამგვარად, ის უზრუნველყოფს საშუალებებს რომელიმე სისტემის შიგნით არსებული ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური სისტემის (ქვესისტემის) წარმოჩენისა და შეფასებისთვის. ამით საციცოცხლო ციკლის განსაზღვრა განიხილავს ყოველი გარემოსთვის ნებისმიერი შემოსული ვექტორის ან მეთოდის სარგებლიანობას (ბიოტექნოლოგიის ჩათვლით). თერმოდინამიკის პრინციპების მიხედვით, ისევე როგორც სისტემების საფუძველშივე არსებული წესების გათვალისწინებით, ენერგიისა და მასალის მთელი შენატანი უნდა გაწონასწორდეს პროდუქციასთან. მხოლოდ ასეთ შემთხვევაში იქნება კვლევის შედეგი რაციონალური და ობიექტური. ამგვარად, სასიცოცხლო ციკლის ანალიზი არ წარმოადგენს საინჟინრო დიაგრამებისა და რუკების უბრალო კრებულს.

ინჟინერია სამეცნიერო (მათემატიკური) პრინციპების პრაქტიკული მიზნებისათვის გამოყენებაა. ბიოინჟინერია არის ბიოსამედიცინო ინჟინერიისა და ბიოსისტემათა ინჟინერიის კომბინირება ბიოლოგიაზე

დამყარებული საჭირო ტექნოლოგიების განვითარებისთვის, რომლის გამოყენება შესაძლებელია სოციალური საჭიროებების ფართო სპექტრში. კერძოდ, გარემოს მდგომარეობის გაუმჯობესებასა და მდგრადობის უზრუნველყოფაში. ბიოსისტემათა ინჟინერია იყენებს ბიოლოგიურ მეცნიერებებს პრაქტიკული მიზნებისთვის. აწარმოებს ფიზიკური, ქიმიური, მათემატიკური და საინჟინრო პრინციპების ინტეგრირებას ბიოლოგიის ფუნდამენტური კონცეფციების განვითარებისთვის. ცოდნის შესაქმნელად მოლეკულურიდან ორგანოთა სისტემების დონემდე და ახალი ტიპის ბიოლოგიის, ახალ მასალათა, პროცესების, ხელსაწყოებისა და ინფორმატიკის ახლებური მიდგომების შემუშავებისთვის.

3. გარემოს ინჟინერია

გარემოს ინჟინერია ინჟინერიის ქვედისციპლინაა, რომლის მიზანია სამეცნიერო პრინციპებისა და მათემატიკის გამოყენება გარემო პირობების გასაუმჯობესებლად.

ბიოინჟინერიის სხვადასხვა დარგი პირდაპირ თუ არაპირდაპირ ეხება ცოცხალ სისტემებს და, მაშასადამე, ბიოტექნოლოგიის სხვადასხვა დარგს. ამგვარად, ბიოინჟინერიის დარგები იყენებენ ბიოლოგიას იმ რისკის გასაგებად და შესამცირებლად, რომელიც უშუალოდ ეხებათ ცოცხალ ორგანიზმებს და, განსაკუთრებით, ადამიანებს. ხშირად ასეთი ინფორმაცია – სასიცოცხლო ციკლის ანალიზის შედეგი, თვისობრივია. მაგ. ხშირად ინფორმაცია სხვადასხვა ორგანიზმის მიერ გამოწვეული საფრთხის შესახებ, პირველ რიგში იმ პირდაპირი თუ არაპირდაპირი საფრთხის შესახებ, რომელიც შესაძლოა მომდინარეობდეს გენეტიკურად მოდიფიცირებული მიკროორგანიზმისაგან. ასეთი საფრთხე მოიცავს როგორც ადამიანთა პოპულაციას, ასევე ეკოსისტემებს.

უმცირესი ცოცხალი ობიექტები: ვირუსები, ბაქტერიები და სხვა მიკრობები განსაცვიფრებელ ბიოქიმიურ “ფაბრიკებს” წარმოადგენენ. მათში მიმდინარე პროცესები არა მხოლოდ სიცოცხლეს უნარჩუნებენ თავთი ამავე ბაქტერიებს მათთვის მტრულ გარემოცვაში ყოფნისას, არამედ ასეთ გარემოცვასთან შეგუების, ადაპტირების განსაცვიფრებელ უნარსაც უქმნიან მათ. ზოგიერთნი ამ მიკრობთაგან წარმოქმნიან სპორებს, სხვები ხასიათდებიან გამძლეობით და ხანგრძლივი ლატენტური პერიოდით. მათ ყველას აქვთ რეპროდუქციის და გადარჩენის ძლიერი უნარი იმ მომენტამდე, როდესაც გარემო პირობები უფრო ხელსაყრელი გახდება მათთვის.

უკანასკნელ წლებში უფრო გასაგები გახდა ის პროცესები, რომლებიც საფუძვლად უდევს მიკროორგანიზმების გამძლეობას და ის მრავალრიცხოვანი სხვადასხვაგვარი სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ასეთ შედეგებს. ეს უჯრედული და სუბუჯრედული

პროცესებია, რომელთა დროს ხდება იონების შთანთქმა ან გამოდევნა, საკვები პროდუქტების გადანაწილება, ცვლილებები მეტაბოლიზმში და სხვა. ასეთი ცვლილებები დახასიათებული იქნა ემპირიულად. მოხდა მათი გენეტიკური მასალის, დნმ და რნმ, იდენტიფიცირება და აღნუსხვა, რამაც მეცნიერებს ამ გენეტიკური მასალის მანიპულირების საშუალება მისცა. სწორედ ასეთი მანიპულირება წარმოადგენს ბიოტექნოლოგიის ძირითად მახასიათებელს, შინაგან თვისებას.

ბიოტექნოლოგია თავიდან უფრო მეტად ბუნებრივ პროცესებზე დაკვირვების ხასიათს ატარებდა. ასე, მაგ. ბუნების დაცვის სპეციალისტებმა შეამჩნიეს, რომ წყალში და ნიადაგში ხდებოდა ორგანული მასალების დაშლის პროცესები. ახლა ასეთ პროცესებს ბიოდეგრადაციას უწოდებენ. შემდგომ ინჟინრებმა შეიმუშავეს მეთოდები ბაქტერიებისა და სოკოების სხვადასხვა პოპულაციის გამოსაყენებლად ნიადაგისა და წყლის გასაწმენდად და ამას უწოდეს **ბიორემედიაცია**. ამგვარად, ბიოლოგიური პროცესები უზრუნველყოფენ საზოგადოებას დაბინძურებული გარემოს ბუნებრივი რესურსების განმკურნავი საშუალებებით. ამ პროცესების შემდგომმა კვლევამ აჩვენა, რომ მიკროორგანიზმების სხვადასხვა სახეობას გააჩნია უნარი გამოიყენოს ტყეების მკვდარი ბიოტა, მოახდინოს მისი დეკომპოზიცია, ასევე მათ შეუძლიათ გამოიყენონ წყალში შეტივტივებული ორგანული მასალა და ნიადაგის ნაწილაკებში არსებული აბსორბირებული ორგანული მასალა და მისგან თავისთვის საჭირო ენერგია გამოიმუშაონ და შესაბამისად, მეტაბოლიზმი, ზრდა და რეპროდუქციის უნარი შეინარჩუნონ და განავითარონ. ბუნებრივია, ინჟინრებს გაუჩნდათ აზრი, რომ შესაძლებელია უფრო კონცენტრირებული და აქტიური სისტემების შექმნა გარემოში არსებული დამაბინძურებელი ნარჩენების გადასამუშავებლად. ამგვარად, სხვადასხვა სახის ფილტრები, დამჟანგველები და დაბინძურებული წყლის გამწმენდი სისტემები შეიქმნა, რომლებიც ბუნებრივი სისტემების ანალოგებს წარმოადგენენ და ხშირად უფრო ეფექტურნი არიან მათზე.

ბასიური ბიოტექნოლოგიური სისტემა ეწოდება ისეთ სისტემას ან მოწყობილობას, რომელშიც გამოიყენება ბუნებაში მოპოვებული მიკროორგანიზმები, ოღონდ მათი შეგუება, აკლიმაცია, ხდება ომ ორგანულ მასალასთან, რომლის დაშლაც ამ მიკრობებს ევალებათ. მიკროორგანიზმებს გააჩნიათ ბუნებრივი მიდრეკილება და შესაბამისი მექანიზმი ელექტრონების ტრანსპორტის განსახორციელებლად, რომელიც მათ მათთვის საჭირო ენერგიით უზრუნველყოფს. ასეთი პროცესი, თუ არეში ჟანგბადის თანხლებით მიმდინარეობს ე.ი. თუ აერობულია, მარტივად შემდეგნაირად შეგვიძლია გამოვსახოთ:

ორგანული მასალა + მიკროორგანიზმები, ჟანგბადის თანხლებით – ნახშირორჟანგსა და წყალს, აგრეთვე უჯრედის ბიომასას და სხვა საბოლოო პროდუქტებს.

ამგვარად, მიკროორგანიზმები, მათში ბუნებრივად არსებული მექანიზმების (სისტემების) საშუალებით ადაპტირებას ახდენენ მათთვის მანამდე უცხო ნივთიერებებთან, ამ უკანასკნელებს იყენებენ ენერგიის წყაროდ და ამ პროცესში შლიან მათ უფრო ნაკლებად ტოქსიკურ ნივთიერებებად. მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ, ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში, რთული ორგანული ნივთიერებები დაშალონ, არეში მეთანისა და წყლის არსებობისას, რასაც ანაერობული პროცესი ეწოდება. ასეთი პასიური ბიოტექნოლოგიური სისტემები ძალიან დიდი რაოდენობით შექმნა ადამიანმა ევოლუციის პროცესში. ასე მაგ., ასეთი პასიური ბიოტექნოლოგია გამოიყენება აგროკულტივირებაში, ჰიბრიდული ჯიშების შექმნაში, საკვები პროდუქტების და სამედიცინო დანიშნულების ვაქცინების წარმოებაში და სხვა.

უკანასკნელ ხანებში ტრანსგენური მეთოდების დანერგვის შედეგად, შეიქმნა უფრო აქტიური ბიოტექნოლოგიური სისტემები, რომლებიც იმავე მიზნებს ემსახურება, მაგრამ ბევრად უფრო დიდი სისწრაფით გამოირჩევიან. ამავე დროს, ასევე ტრანსგენური მეთოდებით, მეცნიერებმა შექმნეს ისეთი აქტიური ბიოტექნოლოგიები, რომლებსაც შეუძლიათ მანამდე სრულიად უცნობი, ბუნებაში არარსებული პროდუქტების მოცემა, რომელთა მიღება შეუძლებელია პასიური ბიოტექნოლოგიების საშუალებით.

4. ახალი ბიოტექნოლოგიების გამოყენებასთან დაკავშირებული რისკი და მათი საიმედოობა

როგორც წესი, არ არსებობს გარემოს პრობლემების გადაწყვეტის მარტივი გზა და იგი ყოველთვის მოითხოვს წონასწორობის დაცვას სხვადასხვა ალტერნატივებს შორის. ასე ყალიბდება „მისაღები რისკის“ ცნება. მისაღებია თუ არა სარისკო გადაწყვეტილება, ეს დამოკიდებულია თვით გადაწყვეტილების მიღების მეთოდსა და ისეთი ქმედებების უზრუნველყოფაზე, რომლებიც შეამცირებენ შესაძლო ხიფათს და ნეგატიური შედეგების ალბათობას. მისაღები რისკი ეს ისეთი რისკია, რომელიც დაკავშირებულია უფრო უკეთეს ალტერნატივასთან და არა აუცილებლად ყველაზე საუკეთესოსთან იმ ალტერნატივებს შორის, რომელიც ჩვენ გვინდა, რომ მისაწვდომი იყოს ჩვენთვის.

ამგვარად, რისკის გაწევასთან დაკავშირებული გათვლა ემყარება სამ ფაქტორს:

1. ყველა იმ სიდიდის ღირებულება, რომელიც მნიშვნელოვანია მოცემული პროცესისთვის არ არის ცნობილი ჩვენთვის და ამის გამო ვერ იქნება წინასწარ გათვალისწინებული;

2. ფიზიკური და ბიოლოგიური არსი იმ პროცესებისა, რომლებიც რისკს განაპირობებენ, არასოდეს არ არის მთლიანად შესწავლილი და ნათელი, რის გამოც წინასწარი მოდელი ყოველთვის შეიცავს ამა თუ იმ შეცდომას;
3. შესაძლო რისკის გათვალისწინებით შექმნილი მოდელები ყოველთვის მეტისმეტად რთულ პროცესებს აღწერენ და ალბათობებს შეიცავენ, რაც შესაძლო შედეგების მნიშვნელოვან ნაწილს განუხორციელებელს ხდის.

ყოველთვის რთულია არჩევანის გაკეთება, ერთი მხრივ, საკვებით და სხვა მასალებით საზოგადოების უზრუნველყოფასა და, მეორე მხრივ, სუფთა და უსაფრთხო გარემოს შორის, რის გამოც ყოველი ახალი ბიოტექნოლოგიური წამოწყება ცალკე განხილვის, შემოწმებისა და დამტკიცების მთელ რიგ აუცილებელ ეტაპებს საჭიროებს.

5. ნარჩენების მართვა და ბიოტექნოლოგია

ბიოტექნოლოგიური პროცესების მართვისას გასათვალისწინებელია საკონტროლო სივრცეში ე.ი. მაგ., ბიორეაქტორში ან ორგანიზმში დამაბინძურებელი ნივთიერების ცვლილების სიჩქარის შეფასება, რაც მოითხოვს ისეთ მახასიათებელთა შემოწმებას როგორებიცაა: სითხის მოძრაობის სიჩქარე, დამაბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაციული გრადიენტი, საკონტროლო სივრცეში დამაბინძურებელი ნივთიერების წარმოქმნის (ე.ი. წყაროების) ან კარგვის (გაჟონვის) ადგილმდებარეობათა (საიტების) მაჩვენებელი და სხვა.

დამაბინძურებლის აკუმულირება (ან კარგვა) = შეტანილი დამაბინძურებლის მასა - გატანილი მასა (+ წარმოქმნა ან - გაჟონვა);

ბიოქემოდინამიკური სისტემებისათვის მეტად დამახასიათებელია სორპციის პროცესები, რომლებიც, თავის მხრივ, სისტემაში იწვევენ ისეთ პროცესებს, როგორიცაა:

- დამაბინძურებლის ტრანსპორტირება წყალში (ნაწილაკებსა და წყლის ფაზას შორის გადანაწილების გამო);
- დამაბინძურებლის აგრეგაცია და მისი ტრანსპორტირება ამ სახით (რაც გამოწვეულია შეტივტივებული ნაწილაკების ელექტროსტატიკური თვისებებით);
- ზედაპირული რეაქციები: ზედაპირული კატალიზი, დისოციაცია, დალექვის პროცესები.

სორპციის პროცესებს განეკუთვნება:

- **ადსორპცია** ე.ი. ხსნარში არსებული ნივთიერების იქვე არსებულ მყარ ზედაპირზე მიმაგრების პროცესი;

- **აბსორბცია** ე.ი. გახსნილი ნივთიერების ფოროვან მასალაში დიფუზიისა და ნაწილაკების შიგნით შეღწევისა და სორბირების პროცესი (სორბირება ხდება ნაწილაკების შიდა ზედაპირებზე);
- **ქემისორბცია** ე.ი. ქიმიური ნივთიერების მიერთება ფოროვან მასალის შიდა ზედაპირთან ქიმიური რეაქციით;
- **დესორბცია** ე.ი. სორბციის საპირისპირო ანუ კომპონენტის წელა მოცილება გარე ან შიდა ზედაპირისაგან, რომელზეც იგი მანამდე იყო აკუმულირებული.

6. გარემოში დამაბინძურებლის გავრცელება

იონების მიმოცვლა წარმოადგენს ან დადებითი იონების (კათიონების) მიზიდვას უარყოფითად დამუხტული ზედაპირის მიერ ან უარყოფითი იონების (ანიონების) მიზიდვას დადებითად დამუხტული ზედაპირის მიერ. ეს პროცესი ზედაპირზე იონების ადგილშენაცვლებას იწვევს. საკონტროლო სივრცეში დამაბინძურებლის განაწილების დასადგენად საჭიროა მისი კონცენტრაციის შეფასება მყარ ფაზაში, თხევად F ფაზაში და სორბირებულ მდგომარეობაში, განაწილების კოეფიციენტისა და იზოთერმული მუდმივას გათვალისწინებით.

დიფუზია ეს არის დამაბინძურებლის ან სხვა ნებისმიერი ნივთიერების გადაადგილება მაღალი კონცენტრაციის ადგილიდან დაბალი კონცენტრაციის ადგილისაკენ, რაც გამოწვეულია მოლეკულური მოძრაობით. თუ მოლეკულათა შერევა გამოწვეულია სხვა მიზეზით, მაგ. ტურბულენტობით, მას დიფუზიას არ უწოდებენ. **ტურბულენტობა** ეს არის ნაკადში ნაწილაკების მოძრაობის სირქარისა და მიმართულების მკვეთრი და უწესრიგო ცვლილება.

დიფუზია გრძელდება კონცენტრაციის გათანაბრების მომენტამდე. გახსნილი ნივთიერების გავრცელებას **დისპერსიას** უწოდებენ. დამაბინძურებლის ან სხვა ნებისმიერი ნივთიერების გადატანას წყლის ან ჰაერის ნაკადით **ადვექციას** უწოდებენ. გარემოში დამაბინძურებლის გავრცელების შესაძლებლობის დასადგენად საჭიროა მისი აქროლადობის შეფასებაც. **აქროლადობა** წარმოადგენს ნივთიერების გადასვლას თხევადი ფაზიდან აირის ფაზაში. აქროლადობა დამოკიდებულია ხსნარში დამაბინძურებლის კონცენტრაციაზე და მისივე პარციალურ წნევაზე. ერთი ცალკეული აირის წნევას აირების ნარევიში **პარციალურ წნევას** უწოდებენ. ხსნარში აირის კონცენტრაცია პირდაპირ პროპორციულია ხსნარს ზემოთ ამავე აირის პარციალური წნევისა (ჰენრის კანონით). ჰაერში რომელიმე აირის კონცენტრაციის შეფარდებას წყალში ამავე აირის კონცენტრაციასთან **აირის განაწილების კოეფიციენტი** ეწოდება (ჰაერსა და წყალს შორის). თუ ეს აირი დამაბინძურებელია, სასურველია განაწილების კოეფიციენტის განსაზღვრა.

გარემოდან ან რომელიმე აბიოტური სათავსოდან დამაბინძურებლის ცოცხალ ორგანიზმში შეღწევას ბიოაკუმულაციას უწოდებენ. თუ დამაბინძურებლის კონცენტრაცია ცოცხალ ორგანიზმში უფრო მაღალია, ვიდრე იმ სათავსოშია, სადაც ეს ორგანიზმი ბინადრობს, მაშასადამე ბიოკონცენტრაციას აქვს ადგილი. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, შემოდებულ იქნა ისეთი მახასიათებლები, როგორებიცაა: ბიოკონცენტრაციის ფაქტორი და მდგრადი ბიოაკუმულირებადი ტოქსიკური ნივთიერებები. ბიოკონცენტრაციის ფაქტორი ეს არის ცოცხალ ორგანიზმში დამაბინძურებლის კონცენტრაციის შეფარდება წყალში (ან სხვა არეში) ამავე დამაბინძურებლის კონცენტრაციასთან. გარემოში დამაბინძურებლის გავრცელებისას მისი საბოლოო მდგომარეობა იმის გათვალისწინებით, თუ რა პროცენტზეა იგი დამოკიდებული, შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

დამაბინძურებლის საბოლოო მდგომარეობა გარემოში = დესორპცია + დიფუზია + განზავება + დისპერსია + ადვექცია - სორპცია - დეგრადაცია.

ბიოინჟინერმა, თუ ის ნარჩენების ბიოტექნოლოგიის პრობლემებითაა დაინტერესებული, უნდა გაითვალისწინოს ყველა ზემოთ აღნიშნული პროცესი.

7. გაკვეთილები გარემო სისტემებისაგან

წარმატებული მეცნიერი კარგი მეთვალყურეა. ის აკვირდება მოვლენების მიმდევრობას თუ ისინი შედეგის მომცემად ერყვნება. ის სწავლობს და ზომავს ამ მოვლენების პარამეტრებს და მათ მოდელირებას ახდენს ლაბორატორიაში იმისთვის, რომ გამოყოს ყველაზე უფრო საჭირო ფაქტორები. იგი ამგვარად ბუნების მოდელირებასა და რეკონსტრუქციას აკეთებს. ასევე იქცეოდა ადამიანი უკვე ათასეულობით წლის წინათაც. უკვე მაშინ, ის აკვირდებოდა ამა თუ იმ ორგანიზმების თვისებებს და მახასიათებლებს, რომლებიც მას შეეძლო გამოეყენებინა რაიმე დანიშნულებით. ეს ბიოტექნოლოგიის პირველი ნაბიჯები იყო. ამგვარად, ბიოტექნოლოგია ანთროპოცენტრიზმის მაგალითია. ადამიანი უძველესი დროიდანვე ცდილობდა ბუნების ამა თუ იმ მოვლენის მორგებას, მის გაუმჯობესებას და მისი ღირებულების გაზრდას. ეს არ გამოიხატებოდა მხოლოდ უკეთესი ჯიშებისა თუ ინდივიდების ამორჩევაში ე.ი. სელექციაში, მაგალითად, უფრო ნოყიერი, უფრო სწრაფად მზარდი ან მეტი კვებითი ღირებულების მქონე ჯიშების მისაღებად. არამედ ადამიანი ამასთან ერთად ცდილობდა განესაზღვრა ის პირობები, რომლებიც ასეთ გაუმჯობესებებს უწყობენ. ამგვარად, ადამიანმა ინტუიტიურად იგრძნო გაიგო, ბიოტური და აბიოტური სისტემების კომპლექსურობა და მიხვდა, რომ ზოგიერთი ფაქტორი უფრო მგრძნობიარეა, ვიდრე სხვანი, როცა საქმე ეხება ადამიანთა საზოგადოებისთვის აუცილებელ ღირებულებებს.

მიუხედავად ასეთი ხანგძლივი ისტორიისა, მაინც სწორედ ბოლო ათწლეულებში ე.ი. ჩვენს ეპოქაში გახდა შესაძლებელი სელექციისა და ადაპტაციის მიმდინარეობის შემოკლება და დაჩქარება სისტემათა ბიოლოგიის მეთოდებისა და ხერხების გამოყენების საშუალებით. ამჟამად ბიოინჟინრები ცდილობენ და ხშირად ახერხებენ ადაპტაციის პროცესების ძალიან სწრაფ განხორციელებას, მაშინ როდესაც ბუნებრივ პირობებში ამას ძალიან ხანგძლივი პერიოდი სჭირდება. ამით გარემოს ინჟინრები აღწევენ, მაგალითად, დაბინძურების პრობლემების გადაჭრას, ხოლო ბიოსამედიცინო ინჟინრები ფიზიკის და ქიმიის პრინციპების გამოყენების საფუძველზე ადამიანის სხეულში მიმდინარე ანატომიურ და ფიზიოლოგიურ პროცესებში ერევიან. ბიოლოგიური სისტემების მიზანძვრა/მიმიკრია/ და ადაპტირება/მორგება/ მოითხოვს სისტემატურ, რევერსიულ ინჟინირებას ამ სისტემათა უმაღლესი ბიოლოგიური კომპლექსურობის გათვალისწინებით. მრავალი ათასი წლის განმავლობაში მოლეკულები ერთიანდებოდნენ უჯრედებად, უჯრედებისაგან იგებოდა უფრო მაღალი დონის ორგანიზმები, რომელთაც განავითარეს რთული სიცოცხლისუნარიანი ბიომექანიზმები. ამჟამად ბიოინჟინრები აანალიზებენ, ახასიათებენ და ცდიან ამ ბუნებრივ მექანიზმებს. ასეთი გზით შეძენილმა ახალმა ცოდნამ უკანასკნელ ხანებში საშუალება მისცა ბიოინჟინრებს, რომ ესესხათ ამ ბუნებრივი სისტემებისაგან ცოდნა და შეექმნათ ამ ნასესხობების საფუძველზე ახალი პროდუქტები მედიცინის, სოფლის მეურნეობის და გარემოს დაცვის საჭიროებებისათვის. მეცნიერება სავსეა ასეთი ფაქტებით, რომლებიც გვიჩვენებენ ბუნებისაგან მიღებულ გაკვეთილებს; მაგალითად, ფრინველის ფრთების შესწავლა ფრენის საიდუმლოებათა გამოსარკვევად. ადამიანები ათასწლეულობით აკვირდებოდნენ ბუნებრივ სისტემებს მათი მოქმედების მექანიზმის გასაშიფრავად და ამ ცოდნის გამოსაყენებლად თავისი საჭიროებებისათვის. თანამედროვე სოფლის მეურნეობა ეყრდნობა ბუნებისაგან მიღებული ასეთი გაკვეთილების გამოყენებას. მაგრამ მეცნიერთა მიერ უფრო რთული ბუნებრივი სისტემების რეკონსტრუქციამ სულ უფრო და უფრო დააჩქარა წინსვლა და უფრო ძლიერი გახდა გამოწვევები. ბიოინჟინერია, ცხადია დიდად არის დამოკიდებული სპეციალურ აღჭურვილობასა და ხელსაწყოებზე და სანდო ანალიზური მეთოდების შექმნაზე.

8. გამოვლენის საზღვრები

გამოვლენის (დეტექტირების) საზღვრებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ თანამედროვე ბიოტექნოლოგიაში. დეტექტირების საზღვარი არის ის ყველაზე მცირე კონცენტრაცია ან ყველაზე მცირე მასა, რომლის აღნუსხვა ან გარჩევა (შემჩნევა) შესაძლებელია მეცნიერის ხელთ არსებული მეთოდის გამოყენებით ისე, რომ ეს სტატისტიკურად სარწმუნო მონაცემი იყოს.

ყოველივე ეს დამოკიდებულია სინჯის მომზადებაზე, მასალის ექსტრაქციის ეფექტურობაზე (გამოყოფის ეფექტურობაზე) და იმ ხელსაწყო - დანადგარების მახასიათებლებსა და შესაძლებლობებზე, რომლებიც მოცემულ ბიოლოგიურ კვლევაში იქნა გამოყენებული. ასე, მაგ., ბიორეაქტორის ირგვლივ აეროზოლის სინჯების აეროდინამიკური დიამეტრი განსაზღვრულია 0,002—100 მიკრომეტრის საზღვრებში, რადგანაც ეს არის ის მინიმალური დიამეტრი, რომლის დეტექტირებაც შესაძლებელია თანამედროვე მეთოდით: სპეციალური მთვლელობით. **დეტექტირების მეთოდის ზღვარი** - ეს არის ის მინიმალური კონცენტრაცია ამა თუ იმ ნივთიერებისა, რომლის გაზომვა შესაძლებელია 99 % სარწმუნოებით რომ იგი განსაზღვრულია იმ მოცემული სინჯის ანალიზიდან, რომელშიც მოცემული ნივთიერება შედიოდა და რომ საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაცია ნულზე მეტია. ამგვარად, დეტექტირების მეთოდის ზღვარი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სინჯთა ძალიან მრავალფეროვანი სპექტრისათვის და დეტექტირების მეთოდის ზღვარი შეიძლება ძალიან სხვადასხვა იყოს იმის მიხედვით, თუ რა სახის სინჯთან გვაქვს საქმე და რამდენად სრული, სპეციფიური და კარგად მორგებული ანალიზური მეთოდი გამოიყენება. **მინიმალური ზღვარი** არის ის უმცირესი კონცენტრაცია, რომელზეც მთელი ანალიზურის სისტემა გვაძლევს შესაძენვე სიგნალს და საკალიბრო წერტილის განსაზღვრა არის შესაძლებელი მოცემული ანალიზისათვის. **ანალიტი** - ეს არის ის ნივთიერება, რომელიც იზომება მეცნიერული კვლევის დროს და რომლისთვისაც ნიადაგის, წყლის ან სხვა მასალის სინჯის ტესტირება ხდება ლაბორატორიაში. ის პროგრესი, რომელიც უკანასკნელ ხანებში შეიმჩნევა მეცნიერებასა და ინჟინერებაში ძალიან მნიშვნელოვნად არის განპირობებული ხელსაწყოთა და მეთოდთა ანალიტური შესაძლებლობებით. ასე, მაგ. ჯერ კიდევ 30 - 40 წლის წინათ ზოგიერთი ნივთიერების გარემოში შემცველობის დასაშვები სტანდარტები უფრო დაბალი იყო, ვიდრე იმდროინდელი ანალიტური სისტემებით მათი გამოვლენის საზღვრები, ამ სისტემათა იმდროინდელი არასრულყოფილების გამო. ასე იყო მაგალითად, ვერცხლისწყლის შემთხვევაში, რომლის ბუნებრივ წყალსაცავებში შემცველობის სტანდარტი ნაკლები იყო ვიდრე იმდროინდელი მეთოდებით მისი რეგისტრირების საშუალება ე. ი. მეთოდს შეეძლო ეჩვენებინა რომ წყალში ვერცხლისწყლის შემცველობა არ აღინიშნება, მაშინ, როდესაც რეალურად მისი კონცენტრაცია შესაძლოა ყოფილიყო დასაშვებზე უფრო მეტიც კი. ამჟამად არსებული მეთოდების შესაძლებლობები მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა და მათ მიერ ძალიან მცირე კონცენტრაციების გამოვლენა შესაძლებელია, რაც ბუნებრივია უფრო შეესაბამება პრაქტიკულ მიზნებს.

ამჟამად მათემატიკური და საინჟინრო უნარ-ჩვევები დედუქციური და ინდუქციური აზროვნებისა და ინტუიციის მეშვეობით გვეხმარებათ ამოვხსნათ ბიოლოგიური მექანიზმები და გამოვიგონოთ გზები, რომლებითაც ეს მექანიზმები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიმდინარე პრობლემების გადასაჭრელად.

რამდენად შეგვიძლია ჩვენ გავაუმჯობესოთ ბუნებრივი სისტემები ისე, რომ ისინი უფრო მოერგოს ჩვენს საჭიროებებს? ბუნებრივად ადაპტირებული სისტემები შედგენილი არიან მოლეკულების შედარებით მცირე ჯგუფისაგან ე.ი. მცირე რაოდენობის სხვადასხვაგვარი ელემენტებისაგან. რა მოხდება თუ ამ მცირე და კარგად შეთანხმებულ ჯგუფს დავუმატებთ რაიმე ელემენტებს და კონსტრუქციებს? იქნებ ამ მცირე ცვლილებებმა მოგვცეს ისეთი შედეგები, რომლებსაც თაობებში ადაპტაციური სელექცია გვაძლევს ხოლმე?

ამგვარად, ბიოინჟინერია ეს არის მგდელობა შევისწავლოთ ბუნებრივი პროცესები, დავადგინოთ, სინთეზური ქიმიისა და ბიოლოგიის საშუალებით როგორ წარმოიქმნება ახალი მოლეკულები იგივე ბიოლოგიური პრინციპების დაცვით, და გამოვიყენოთ ეს პრინციპები ახალი და უფრო გაუმჯობესებული გზების საძიებლად. ასე მაგალითად, 2001 წელს დიუკის მიერ მიღებულ იქნა ლიპოსომები, რომლებიც წარმოადგენენ ძალიან მცირე სისქის კაპსულებს, (ფაქტობრივად, სულ ორი მოლეკულის სისქის და ზომით წითელი სისხლის უჯრედების ერთთროვანების ერთ მესამედს არ აღემატებიან) ასეთი ნანოზომის კაფსულებს შეუძლიათ, მაგალითად, მოამარაგონ სიმსივნე ქემოთერაპიული სამკურნალწამლო ნივთიერების საჭირო დოზით; რისთვისაც სიმსივნეს ფოკუსირებულად გააცხელებენ, რაც ლიპოსომის შემადგენელი ლიპიდის ღლობას იწვევს, რის შედეგადაც ქემოთერაპიული ნივთიერება სიმსივნეს უშუალოდ გადაეცემა. ამ ლიპოსომების შექმნის იდეა ინსპირირებული იყო ბუნებრივი უჯრედის გარემომცველი ტიპური ორფენოვანი ცხიმოვანი მემბრანის შესწავლის შედეგად. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ცხიმოვანი მასალა ამ ლიპოსომებში ქიმიურად მოდიფიცირებულ იქნა რომ უფრო ცვილისმაგვარი გამხდარიყო, ვიდრე ეს ბუნებრივ ცოცხალ უჯრედებშია. გაცხელებისას ლიპოსომების მასალა განიცდის მყარი ფაზადან უფრო თხევად ფაზაში გადასვლას, ამით მემბრანა უფრო ფოროვანი ხდება და უფრო უზრუნველყოფს მასის გადატანას, სანამ სიცხე არ იქნება მოცილებული.

შესაძლებლობები სხვადასხვაგვარია და შთამბეჭდავიც მაგალითად, შესაძლოა პოლიმერების დაგეგმვა და მათი სტრუქტურის გაუმჯობესება ბიოლოგიურ სტრუქტურებში ელექტრული სიგნალის მიწოდებით კუნთებსა და ნერვულ სისტემას შორის და ატომური მიკროსკოპიის გამოყენებით და სხვა.

9. გარემოს ბიომიმიკრია

მიმიკრია არის ცოცხალი ბუნების ამა თუ იმ ობიექტის მიზაჰვა (იმიტაცია). ორგანიზმები მეტად რთული აგებულებისაა და არიან და ამაში განუწყვეტლივ რწმუნდებიან ბიოლოგები და ინჟინრები, როცა ბიოსამედიცინო, მიკრობიოლოგიურ ან გარემოს კვლევის მეთოდებით ცდილობენ გამოარკვიონ მათი საიდუმლოებანი.

ბუნებრივი სისტემების ლაბორატორიაში და წარმოებაში რეკონსტრუქცია სისტემათა ბიოლოგიის მიდგომით ძალიან წასწევს წინ გარემოს ბიოტექნოლოგიებს. ბიოტექნოლოგია და უკანასკნელ ხანებში, განსაკუთრებით ნანოტექნოლოგია ძალიან ბევრს გვპირდება ამ მიმართულებით. შეიძლება ითქვას, რომ ახლასწორედ ნანოტექნოლოგიამ მიიპყრო ის დიდი ყურადღება, რომელიც მანამდე ეძღვნებოდა ზოგადად ბიოტექნოლოგიას. მრავალი შრომა მიეძღვნა იმის შესწავლას, თუ როგორ უნდა გამოვიყენოთ მომავალში ის ეფექტური გაკვეთილები, რომლებიც მოგვცა ბიოტექნოლოგიამ, ისე რომ არ გავიმეოროთ წარსული შეცდომები. ერთი დიდი გაკვეთილი ისაა, რომ ბუნებაზე დაკვირვებას შეუძლია ასწავლოს ბიოინჟინრებს, თუ როგორ გააუმჯობესონ გეგმა და დიზაინი ბუნების პრინციპების გამოყენებით.

მართლაც, სხვადასხვა პროცესი და მექანიზმი, რომელთაც ბუნება იყენებს ძალიან კარგად მუშაობს თვით ბუნებაში და ამგვარად ბიოინჟინერმა უნდა შეისწავლოს ისინი, გამოიკვლიოს მათი მუშაობის მექანიზმი და გამოიყენოს ისინი საზოგადოების საჭიროებისათვის - სწორედ ეს არის ბიომიმიკრია. ყველა ახლადგაჩენილი ტექნოლოგია იმ განზრახვითა და იმედით იზადება, რომ კარგი გამოყენება ექნება, მაგრამ ეს იმედი ყოველთვის შეიცავს გარკვეულ შიშს პრობლემის არასწორი ან არაზუსტი ასახვისა და ასე არასწორად წარმოჩენისა, ყოველთვის არის გაურკვევლობის გრძნობა შესაძლო რისკისა, რომელიც ამ ახალმა ტექნოლოგიამ და მისმა შედეგმა შეუძლია შექმნას გარემოსთვის და საზოგადოებისთვის. ერთი სიტყვით, თუ გავითვალისწინებთ რომ ნანოტექნოლოგიები წარმოადგენენ ძალიან მცირე, მეტრის მემილიარდედი ე.ი. დაახლოებით 100 ნანომეტრი ზომის მასალების გამოყენების მცდელობას, უნდა ისიც მივიღოთ მხედველობაში, რომ ამ მასალათა ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მახასიათებლები იცვლება ასეთი მცირე ზომების დროს (ე.ი. 100 ნანომეტრზე უფრო მცირე ზომებისას). სწორედ ეს არის ის ზღურბლი, რომელიც არსებობს ჩვეულებრივი ზომისა და "ნანო" მასალებს შორის და რასაც ითვალისწინებს სამეცნიერო საზოგადოება.

ზოგიერთი ასეთი ცვლილება, რომელსაც ესა თუ ის მასალა განიცდის ნანოზომების ფარგლებში, თვალსაჩინოა. ასე, მაგალითად ცვლილებები ელექტრომაგნიტურ პარამეტრებში: ოქრო ნანოსკალის ფარგლებში

წითელი ხდება და სხვა. ბევრი სხვა ცვლილება არ არის ასე თვალსაჩინო. ნახშირბადი ერთ-ერთი ყველაზე ხშირად გამოყენებადი ელემენტია ნაწილობრივ მასალებს შორის, ისევე როგორც სხვადასხვა ლითონები მაგ., ტიტანის დიოქსიდი, თუთია, რკინა, ვერცხლი და სხვა. მათ აქვთ მრავალფეროვანი გამოყენება გარემოს ბიოტექნოლოგიაში. მაგ., ინჟინრები ქმნიან ხელსაწყოებს, რომლებსაც შეუძლიათ გარემოს დაბინძურების, გარემოს დამაბინძურებლების (პოლუტანტების) გაზომვა-შეფასება და კონტროლი. ასეთ ხელსაწყოებში გამოიყენება ნანოტექნოლოგიური მემბრანები, ადსორბენტები, ოქსიდანტები, კატალისტები და სხვა. ისინი გამოიყენება აგრეთვე საანალიზო ხელსაწყოებში, როგორებიცაა ქრომატოგრაფები, დამაბინძურებელთა აღმწერავი სენსორები და სხვა. დროდადრო ხდება ძალიან დამამხრებელი სამეცნიერო გარღვევები, რომლებიც დიდ წინსვლას გვპირდება მედიცინაში, საინჟინრო გამოყენებით ტექნიკაში და სხვა. ისეთები, როგორიცაა მაგალითად სამკურნალო პრეპარატის გაუმჯობესებული და მიზანმიმართული მიწოდება უშუალოდ დაავადების კერამდე, აგრეთვე უფრო უკეთესი და ზუსტი სადიაგნოსტიკო აპარატურა და სხვა.

ადვილად წარმოსადგენია, რამდენად დიდი მიღწევა იქნებოდა კაცობრიობისათვის, რომ ბიოსამედიცინო ინჟინრებს უკვე შეეძლოთ ნანოტექნოლოგიის პრინციპების გამოყენება სიმსივნის უჯრედების ამოსაცნობად და გასანადგურებლად, ისე რომ არ დააზიანონ ირგვლივმყოფი ჯანმრთელი, ნორმალური უჯრედები. ამავე დროს, სწორედ იგივე ტექნოლოგიები მიგვანიშნებენ იმ საფრთხეზე, რომელსაც შესაძლოა გადავეყაროთ, თუმათინაწარმი შემთხვევით მოხვდა გარემოში. რა მოხდება ასეთ შემთხვევაში? ხომ არ წარმოქმნის ეს ნაწარმი ან მისი ნარჩენები შეერთების შედეგად აგრეგატებს? ნაწილაკებს, რომელთაც ჩვენ ჩავისუნთქავთ განუწყვეტლივ? თუ ისინი ქიმიურად შეიცვლებიან (მაგ., პიროლიზის შედეგად) და უფრო ნაკლებ დამაზიანებელნი გახდებიან? თუ, პირიქით, კიდევ უფრო ტოქსიკურნი იქნებიან?

ამგვარად, ნანოტექნოლოგიები, ისევე როგორც საერთოდ ყველა სისტემა. აუცილებლად უნდა განვიხილოთ სასიცოცხლო ციკლის თვალთახედვით. მოსაზრებები აქ ურთიერთსაწინააღმდეგოა. ასე, მაგალითად, ნანოტექნოლოგიები დღეს გამოიყენება მავნებელი ნაგავისშემცველი ადგილების გასაწმენდად. აღმოჩნდა, რომ რკინის შემცველი უმცირესი ნაწილაკები ხელს უწყობს ნიადაგის წყლებში ტოქსიკური ნივთიერებების დაშლას. ადრე ამას აკეთებდნენ ჩვეულებრივი ზომის რკინისშემცველი სტრუქტურების მეშვეობით, მაგრამ როდესაც დაიწყეს რკინისშემცველი ნაწილაკების გამოყენება, ძალიან გაიზარდა გაწმენდის სიჩქარე რაც, როგორც ჩანს, იმის შედეგია, რომ ნაწილაკებს აქვთ ნარჩენთან შემხები უფრო ფართო ზედაპირი ე.ი. უფრო დიდია ამ ნაწილაკებზე რეაქციული საიტების რაოდენობა.

საერთოდ ნანონაწილაკები უფრო რეაქციისუნარიანნი არიან (უფრო რეაქტიულნი არიან), ვიდრე ჩვეულებრივი ზომის სტრუქტურები. ამავე დროს, ნანონაწილაკებს აქვთ შესაძლებლობა უზრუნველყონ უფრო დიდი რაოდენობა ნანოსკალური ზედაპირებისა, რომლებზეც მიკრობებს შეუძლიათ დაჯდომა და ამით დამაბინძურებლები (პოლუტანტები) კონტაქტში შედიან ამ მიკრობებთან ე.ი. სისტემის ბიონაწილთან და ნარჩენის ბიოდეგრადაცია (ბიოდაშლა) უფრო ინტენსიური ხდება. ახლებური ნანოსკალური ნაწილაკებისა ახლებური ტექნოლოგიებით გამოყენება ბუნებრივია გაგრძელდება და ბიოინჟინრები აქ დიდ წარმატებას მიაღწევენ, ამავე დროს უნდა იქნეს წონასწორობა სარგებლიანობასა და შესაძლო რისკებს შორის.

უკანასკნელ ხანებში სამეცნიერო წრეების ყურადღება განსაკუთრებით ისეთმა ნანოტექნოლოგიებმა მიიპყრეს, რომელთაც გენეტიკურ ინჟინერიაში შეუძლიათ პოვონ გამოყენება და რომლებიც ეყრდნობიან დნმ მოლეკულისა და მისი მანიპულირებისადმი საზოგადოების არაერთმნიშვნელოვან დამოკიდებულების გაცნობიერებულ მნიშვნელობას. ეს მოვლენა უნდა განვიხილოთ როგორც სასიცოცხლო საამშენებლო აგურებით მანიპულირება და აქ უნდა გავითვალისწინოთ სწორედ ბიოტექნოლოგთა გამოცდილება. ასე, მაგალითად ბუნებას შეუძლია მოგვცეს ინფორმაცია და გაგვიუმჯობესოს გეგმარება / დიზაინი/ თუ ჩვენ შევძლებთ მისი პრინციპების გამოყენებას ე.ი. ბიომიმიკრიას და გვემახსოვრება, რომ სასიცოცხლო მოლეკულებით მანიპულირება ყოველთვის დაკავშირებულია გარკვეულ რისკთან და, მაშასადამე, ეთიკური პრინციპების დაცვას მოითხოვს.

10. ბიოლოგიის მიერ შთაგონებული საინჟინრო სისტემები

მცირე რაოდენობა სხვადასხვა ელემენტისა რომელსაც ბიოფილბს უწოდებენ უზრუნველყოფს ყველა სასიცოცხლო სისტემას. ბიოფილური ელემენტები რაოდენობრივად იცვლება და კავშირებს ამყარებს ბიოსფეროში ცოცხალი ორგანიზმების გავლით მოძრაობისას. ეს ბიოფილური მაჟორული ელემენტების ჯგუფი არის ყველა ცოცხალ ქსოვილში და სწორედ ისინი წარმოქმნიან კავშირებს ორგანულ ნახშირბადთან. ფაქტობრივად, ადამიანის ორგანიზმის ატომების 99,8% შედგება ბიოფილური ელემენტისაგან. ცოცხალი სისტემები ყოველთვის უნდა განვიხილოთ როგორც აბიოტური და ბიოტური მასალის ერთობლიობა. ცოცხალი ორგანიზმების ურთიერკავშირი და მათი გარემოსთან კავშირი წარმოადგენს მასალისა და ენერგიის ციკლს (წრებრუნვას) ორგანიზმში და ორგანიზმისაგან. ეს კი ნიშნავ, რომ ორგანიზმი თავისთავად არის თერმოდინამიკურად კონტროლირებადი მოცულობა. თავის მხრივ, ორგანიზმთა პოპულაციები წარმოადგენენ

უფრო დიდი კონტროლირებადი მოცულობების ნაწილს. (მაგ. მიკრობი ნაწლავში; ნაწლავი ცხოველის ორგანიზმში; ცხოველი ჯოგში; ჯოგი საცხოვრისში; საცხოვრისი ეკოსისტემაში, როგორც მისი სტრუქტურის ერთერთი ნაწილი) ძირითად მასას ცოცხალ ორგანიზმში განსაზღვრავს ბიოფილები: ნახშირბადი, წყალბადი, ჟანგბადი და აზოტი. სხვა ბიოფილები უმატებენ თავთავის წვლილს იმ საერთო სისტემას, რომელიც განსაზღვრავს ორგანიზმის სასიცოცხლო პირობებს და პროცესებს. ეს ნიშნავს, რომ თუ ეს სისტემები და პროცესები შესწავლილი, გაგებული, დახასიათებული, იმიტირებული და შეძლებისდაგვარად გაუმჯობესებული იქნა ხელოვნურ სისტემებში, მაშინ ასეთი ხელოვნური სისტემების მეშვეობით ბუნებრივი სისტემების ზოგიერთი განსაკუთრებით საინტერესო თვისება შეგვიძლია ჩავაყენოთ მედიცინის, სოფლის მეურნეობის, გარემოს დაცვისა და გაუმჯობესების სამსახურში.

ამავე დროს, შემხვედრი რისკებიც უნდა იქნას გათვალისწინებული რადგან ის რაც ძალიან კარგია ცალკეული ორგანიზმისთვის შესაძლოა ცუდი აღმოჩნდეს მთლიანი სისტემისათვის.

11. ბიოტექნოლოგიებთან დაკავშირებული რისკო

იმისათვის, რომ ბიოტექნოლოგიური წარმოების დროს ამჟამინდელი და მომავალი რისკის გათვალისწინება და პრევენცია მოხდეს, საჭიროა ფაქტორების, წინაღობების, ურთიერთობების, სინერგიების, ანტაგონიზმების და მგრძნობელობათა მრავალფეროვანი კომბინაციების მოდელირება, ამ სისტემათა ელემენტების გამოყენებით. ეს შეიძლება იყოს თერმოდინამიკული მოდელი, სადაც მასისა და ენერგიის ბალანსი მრავალგვარად არის სახეცვლილი (პერმუტაცია და პერტურბაცია). ასეთი მოდელირება დაგეხმარება, რომ განვსაზღვროთ მოსალოდნელი შედეგები და უპასუხოთ ისეთ კითხვებს, როგორებიცაა მაგალითად: რა ემორჩილება კონტროლს? რა მოხდება საკონტროლო მოცულობაში? რა მოხდება როცა ეს ელემენტები და ენერგიები შეაღწევენ საკონტროლო მოცულობაში? რა გამოვა საკონტროლო მოცულობიდან შედეგში? რა მოხდება როცა ეს სახეცვლილი კომპონენტები კვლავ შევლენ საკონტროლო მოცულობაში და როდესაც ენერგიის დონე შეიცვლება? ცხადია ეს ყოველივე მეტად რთულია. როცა საქმე გვაქვს ცოცხალ სისტემებთან, მასის და ენერგიის დახასიათება არასოდეს არ არის სრულყოფილი. როგორც წესი, მხოლოდ უმაღლესი შეთანხმებულობისა და კონტროლის სისტემები შეგვიძლია შევისწავლოთ მეტ-ნაკლებად სრულყოფილად. ბუნებრივი ცოცხალი სისტემები გეომეტრიულად ბევრად უფრო რთულნი არიან, ვიდრე ნებისმიერი ის მოდელი, რომელიც ლაბორატორიაში შეგვიძლია ხელოვნურად ავაგოთ, ე.ი. რისი სიმულაციაც ხელოვნურად შეგვიძლია.

ამგვარად, ბიომეცნიერებას ბევრი აქვს შესწავლილი ამ სისტემების მრავალჯერადი დახასიათებისა და გაგების თვალსაზრისით. ასეთი კვლევების ერთ-ერთი საშუალებაა ძირითადი ბიოფილების წრებრუნვის განხილვა.

12. გარემოს მიკრობიოლოგია

მიკრობებიდან გარემოს ბიოტექნოლოგთა ყურადღებას, პირველ რიგში, პათოგენური მიკრობები იქცევენ. ავადმყოფობის თავიდან აცილება ყველაზე უფრო ეფექტური იქნება, თუ შევძლებთ მიკროორგანიზმების შესახებ ღრმა ტაქსონომიური ინფორმაციის შეძენას, მათი იდენტიფიკაციითა და დახასიათებით (მეთოდები: მიკროსკოპული ანალიზი, სპორების ფორმირების შესწავლა, ფიქსაცია, შეღებვა და სხვა). ამავე დროს, მეტად მნიშვნელოვანია მათი საინჟინრო გამოყენება, კერძოდ ბაქტერიების მეტად მომგებიანი გამოყენება ნაგავსაყრელზე ზედაპირულ წყლებში არსებული ნარჩენების გადამუშავებისათვის. ყოველივე ეს არის მიკრობიოლოგიის ინკორპორაცია გარემოს მეცნიერებასა და ინჟინერებაში. მხოლოდ უკანასკნელ წლებში გახდა შესაძლებელი მიკრობიოლოგიური ტექნიკის გამოყენებით მიკროორგანიზმთა გენეტიკურად მოდიფიცირებული ხაზების ჩართვა პრაქტიკაში სამწესხაროდ, ბაქტერიების გამოყენება არასასურველი შედეგებით არ არის გამორიცხული. ამის საწინააღმდეგოდ საჭიროა პრევენციული მეთოდების შემუშავება. საჭიროა მიკრობიოლოგიის გამოყენების გზების გაუმჯობესება და ექსპოზიციის გზების განხილვა, რაც ემყარება მათე ეფექტების შეფასებას, პირობების მკაცრ დაცვას, დაზიანებული მოსახლეობის შემოწმებას, ეფექტების მუდმივობის განსზღვრას, განმეორებადობის პრევენციას და სხვა.

13. დამახინძურებლის დამშლელი ბაქტერია: მიკრობიოლოგია და ბიოინჟინერია

ყველა ბაქტერია პროკარიოტია ე.ი. გააჩნია მემბრანა და იგი უჯრედის კედლით შემოსაზღვრულ ბიომოლეკულათა ჯგუფს წარმოადგენს. მისი დნმ არის ერთეული ბაქტერიული ქრომოსომის გარკვეული ფორმა და არ არის ბმული ბირთვის შიგნით, განსხვავებით ეუკარიოტებისაგან (უმაღლესი მცენარეებისაგან და ცხოველებისაგან). პროკარიოტული დნმ არ არის ასოცირებული ჰისტონურ პროტეინებთან და ამიტომ განიხილება როგორც "შიშველი" დნმ.

ეფექტური ბიოტექნოლოგიისათვის აუცილებელია ტაქსონომია ანუ საკლასიფიკაციო სისტემა. ასე, მაგ., ნიადაგის ბაქტერიათა უმრავლესობა არ არის პათოგენური, თუმცა ზოგიერთი მათგანი, მაგ., აცინეტობაქტერი

აღმოჩნდა პათოგენური, განსაკუთრებით იმუნური პრობლემების მქონე პირთათვის. ამის გამო, საჭიროა სახეობათა განსხვავების კარგი სისტემა და ამისათვისაა შექმნილი ბაქტერიათა კლასიფიკაციის მრავალი სისტემა. გრამის მეთოდით შეღებვა მიკრობიოლოგიური, ტექნიკაა, რომელიც ბაქტერიების კლასიფიკაციას ახდენს მათი ფორმების, ზომების, უჯრედთა ფორმების და გრამის რეაქციის მიხედვით. ახალი მიდგომა ეყრდნობა ჰაკერის მიერ გრამის შეღებვის მეთოდის მოდიფიცირებას. როგორც გრამ პოზიტიური, ასევე გრამ ნეგატიური ბაქტერიები იღებება პირველადი საღებავით, კერძოდ, კრისტალურიისფერი საღებავით. როცა იოდინი ემატება, კრისტალურიისფერ-იოდინ კომპლექსი ვითარდება უჯრედის კედელში. ფერის გამჭრობი აგენტი გამოყოფს ლიპიდს გრამ ნეგატიური ბაქტერიის უჯრედის კედლიდან და ამით ზრდის კრისტალურიისფერ-იოდინ კომპლექსს და კომპლექსი დიფუნდირებს უჯრედიდან. ამავე დროს, გრამ პოზიტიური ბაქტერია კარგავს წყალს, რაც მისი უჯრედის კედლის ფოროვნებას ამცირებს და ამით იჭერს კრისტალურიისფერ-იოდინ კომპლექსს უჯრედის შიგნით. გრამ ნეგატიური ბაქტერიის უჯრედის კედლის გაზრდილი ფოროვნება ნიშნავს რომ კონტრასტს მან, საფრანგის შეუძლია შეაღწიოს გრამ ნეგატიური ბაქტერიის უჯრედის კედლის გავლით. შეღებვა მეტად საჭიროა მიკრობთა ტიპების დიფერენცირებისათვის და მიკრობთა უჯრედის კედლის დასახასიათებლად და ეს ეხმარება მეცნიერს რომ განსხვავდეს პათოგენური მიკრობი "სასიკეთო" მიკრობისაგან. შეიძლება ითქვას, რომ უჯრედის კედლის ეს თვისება ეს ("ქვევა") წარმოაჩენს იმუნურ პასუხებს ადამიანებში (ძუძუმწოვრებში).

მიკრობიოლოგიისა და ინჟინირების შერწყმა, რაც მკვეთრად გაიზარდა დაახლოებით ოცი წლის წინათ, წარმოაჩენს იმ ინტერესს, რაც არსებობს იმ მიკროორგანიზმების მიმართ, რომლებიც მონაწილეობენ დაშლის მიმართ მდგრადი ორგანული ნაერთების დეგრადაციაში. უნდა მოხდეს იმ მიკროორგანიზმთა სტიმულირება, რომლებიც შეიცავენ მეტაბოლურ გზებს, რომელთა მეშვეობითაც ეს მიკრობები ახერხებენ სამიზნე ნივთიერებების დაშლას. თუ ასეთი გზის არსებობა მოცემულ მიკრობში იქნა გამოვლენილი, მაშინ შეგვიძლია მოვახდინოთ მიკრობის იზოლირება და დავადგინოთ მისი მეტაბოლური პროცესები ტეტრაქლოროეთენისა და ტრიქლოროეთენის რედუქციული დექლორინაციით. კვლევებმა აჩვენა, რომ ამ დექლორინაციის პროცესის ყოველი შემდგომი სტადია უფრო ნელა მიმდინარეობს, ვიდრე წინა სტადია, რაც იმის მანიშნებელია, რომ გროვდება ვინილქლორიდი, რომელიც კიდევ უფრო ტოქსიკურია და კიდევ უფრო კანცეროგენულია, ვიდრე წინა ნივთიერებები. ამავე დროს გამოარკვეეს, რომ შესაძლებელია ქლორინიზებული ეთენების კომეტაბოლიზმი აერობული ბაქტერიის მიერ. **კომეტაბოლიზმი** ეს არის შემთხვევითი

ტრანსფორმაცია რომელიმე ნივთიერებისა იმ ენზიმის მიერ, რომელიც უჯრედმა შექმნა სხვა ნივთიერების მეტაბოლიზმისთვის. ამგვარად, კომეტაბოლიზმი არის რეაქცია, რომელშიც მიკროორგანიზმები ახდენენ დამაბინძურებლის ტრანსფორმირებას მიუხედავად იმისა, რომ ეს დამაბინძურებელი არ შეიძლება იყოს ენერგიის წყარო მათი ზრდისათვის. მიკროორგანიზმების ზრდას სჭირდება სულ სხვა ნივთიერებების არსებობა (ამ უკანასკნელებს პირველადი **სუბსტრატი** ეწოდება). ზემოთმოყვანილი ქლორინიზებული ეთენები შეიძლება დაიშალოს სწორედ **კომეტაბოლიზმის** მექანიზმის საშუალებით. ასე მაგ., ათი წლის წინ აჩვენეს, რომ ტეტრაქლოროეთენის კომეტაბოლიზაციაა შესაძლებელი **მიკრობ ფსევდომონას პუტიდას** ერთერთი სახეობის მიერ. ეს მიკრობი და აგრეთვე მეთილოსინუს ტრიქოსპორიუმის ზოგიერთი სახეობა და ზოგი სხვა ორგანიზმები ფლობს კომეტაბოლიზმის მეშვეობით ქლოროეთენების, ქლორომეთანების, ქლოროეთანების, ქლოროპროპანების და სხვა ჰალოგენიზებული ორგანული ნაერთების დაშლის უნარს.

ბაქტერია აცინეტობაქტერი ერთი იმ მრავალთაგანია, რომლებიც გამოიყენება ბიორემედიაციისათვის. იგი მკვეთრი აერობია ე.ი. მას სჭირდება ჟანგბადი, როგორც მისი ელექტრონების აქცეპტორი და არ შეუძლია სიცოცხლე ჟანგბადის გარეშე. ის ბაქტერიები, რომლებიც ელექტრონების სხვა აქცეპტორს (და არა ჟანგბადს) იყენებენ, ცოცხლობენ ჟანგბადის გარეშე. მაგალითად ასეთია **დესულფოჰაბიტი** და მათსადაშე იგი მკვეთრი ანაერობია. არსებობენ აგრეთვე ფაკულტატური ანაერობები. ასეთია მაგ. **ემერიხია კოლი**, რომელსაც შეუძლია სიცოცხლე როგორც ჟანგბადის შემცველ არეში, ასევე უჟანგბადო არეშიც, ეს ნიშნავს რომ ფაკულტატურ ანაერობებს შეუძლიათ ჩართონ თავისი ელექტრონების აქცეპტორი იმის მიხედვით, რომელი ტიპის აქცეპტორული ნივთიერებაა მათთვის მისაწვდომი გარემოში..

14. გარემოს ბიოქემოდინამიკა

ბიოტექნოლოგიის ის მხარეები, რომლებიც დაკავშირებულია გარემოს პრობლემებთან ყოველთვის მოითხოვენ მსჯელობას, როგორც ქიმიურ რეაქციებთან დაკავშირებულ ფიზიკურ პროცესებზე, ასევე ქიმიურ რეაქციებსა და საერთოდ ქიმიურ პროცესებზე. ამგვარად, გარემოს ფიზიკა და გარემოს ქიმია ურთიერთდაკავშირებულად უნდა იქნეს განხილული.

ურთიერთკავშირი ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს შორის თვალსაჩინოა ზოგიერთი ისეთი ფიზიკური და ქიმიური პროცესების დროს, რომლებსაც ადგილი აქვს ბიოტექნოლოგიური მასალების წარმოებაში. მუდმივად უნდა გვახსოვდეს, რომ გარემოს

ყველა პროცესი წარმოადგენს როგორც კომპარტმენტის (წყლის თუ ჰაერის) ქიმიური მახასიათებლების, ასევე იმ სუბსტანციის ფუნქციას, რომელიც ბინადრობს ამ კომპარტმენტში. სუბსტანციის შინაგანი თვისებები განიცდიან გავლენასა და ცვლილებას გარემომცველი არეს გარეგანი თვისებების ზემოქმედებით. მაგ., დამაბინძურებლის ზემოქმედებით, თუ ის გარემომცველ არეში იმყოფება.

გარემოს ქემოდინამიკა შეისწავლის გარემოში ქიმიური ნივთიერებების ცვლილებასა და მოძრაობებს. იმის გამო, რომ ჩვენ უშუალოდ გვეხება სუბსტანციის ტრანსპორტის, ტრანსფორმაციისა და საბოლოოდ გილის ბიოსაინჟინრო ასპექტები, სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები უნდა დავუმატოთ ფიზიკურ-ქიმიურ განხილვას ე.ი. ბიოქემოდინამიკას და ამგვარად ის პრინციპები უნდა განვიხილოთ, რომლებიც საფუძვლად უდევს გარემოს ბიოქემოდინამიკას.

15. ხსნადობა

სითხეში გახსნის უნარის მქონე ქიმიური ნივთიერების რაოდენობას **ხსნადობა** ეწოდება. ხსნადობა გამოისახება გახსნილი ნივთიერების მასის ერთეულებით გამხსნელის ერთეულ მოცულობაში. უმეტესად ხსნადობას ხმარობენ წყალში, როგორც გამხსნელში, ამა თუ იმ ნივთიერების გახსნის უნარის გამოსახატავად, მაგრამ საერთოდ ხსნადობა ვლინდება არა მხოლოდ წყალში, არამედ მეთანოლში, ბენზენში, ჰექსანში და სხვა. ხსნადობა შესაძლოა გამოისახოს, აგრეთვე მასისა მასაში, მოცულობისა მოცულობაში, ნაწილებისა მილიონზე, ნაწილებისა მილიარდზე, ნაწილებისა ტრილიონზე და სხვა. აგრეთვე პროცენტებში და მეთასედეებში და სხვა. ხსნადობა ძალიან მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია გარემოში დამაბინძურებლის და საერთოდ ნებისმიერი ნივთიერების შემცველობის და ამ უკანასკნელის ცვლილებისა ტრანსპორტირების შემთხვევაში. ცხადია, აქ იგულისხმება გენეტიკური მასალაც. სხვადასხვა ხსნადობა სხვადასხვა ხსნარში ძალიან მოსახერხებელი მაჩვენებელია, იმისათვის, რომ განსვსაზღვროთ მოცემული ნივთიერების ადგილი გარემოში. ასე, მაგალითად სხვადასხვა ხსნადობის მაჩვენებლის განსაზღვრა, ისეთი ტოქსიკური ნივთიერების როგორიცაა დიოქსინი და მისი ერთ-ერთი ყველაზე უფრო ტოქსიკური ფორმა ტეტრაქლოროდიბენზო-პარა-დიოქსინი, გვეხმარება განვსაზღვროთ მისი სავარაუდო ადგილი გარემოში. თუ საწარმო მაგ. ბიორეაქტორი, გარემოში ამ ნივთიერებას კარგავს დიოქსინის ამ ფორმას ექნება განსაკუთრებული მიდრეკილვა ნალექებისადმი, ორგანული ნაწილაკების და ნიადაგის ორგანული ფრაქციებისადმი, ხოლო წყალში კი მისი რაოდენობა იქნება უაღრესად მცირე, რადგანაც წყალში მისი ხსნადობის მაჩვენებელი დაბალია.

თუმცა, ზოგიერთ შემთხვევაში თანახსნადობის (co solvation) პროცესებს შეუძლიათ გადააჭარბონ / გადასძლიონ ნებისმიერი ცალკეული პროცესი და მათ შორის ხსნადობაც გარემო სისტემაში.

16. პოლარობა

ხსნადობაზე მოქმედებს ნივთიერების სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებელი. ერთ-ერთი ასეთი მახასიათებელია ნივთიერების პოლარობა. **მოლეკულის პოლარობა მდგომარეობს მისი მუხტის არათანაბრობაში.**

მაგ., წყლის მოლეკულის განლაგება ისეთია, რომ წყლის მოლეკულის წყალბადურ ბოლოზე აღინიშნება სუსტად დადებითი მუხტი, ხოლო ჟანგბადურ ბოლოზე სუსტად უარყოფითი მუხტი. ამის გამო პოლარულ ნაერთებს აქვთ წყალში ხსნადობის მიდრეკილება, ხოლო არაპოლარული ნაერთები კი წყალში ვერ იხსნებიან.

ტემპერატურის მატება იწვევს კინეტიკური ენერგიის მატებას და, შესაბამისად, მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარის ზრდას, მოლეკულათშორისი ძალები მცირდება და თუ ტემპერატურის მატებით გაზრდილი ძალები გადასძლევენ შიდამოლეკულურ ძალებს, სითხე დუდილს დაიწყებს, ორთქლად იქცევა და ორთქლდება. შიდამოლეკულური ძალები შეიძლება იყოს შედარებით სუსტი ან ძლიერი. ასეთ სუსტ ძალებს სითხეებსა და აირებში **ვან დერ ვაალსის ძალებს უწოდებენ.**

17. ფაზების გაყოფა

დიოქსინის ხსნადობა სხვადასხვა არეში გვიჩვენებს, რომ ქიმიური ნაერთები შეიძლება გაიყოს გარემოს სხვადასხვა ნაწილში. ამას უწოდებენ ფაზების გაყოფას. ფაზების გაყოფა წონასწორობის ფიზიკისა და ქიმიის შემადგენელი ნაწილია (ფიზიკური და ქიმიური კინეტიკისაგან განსხვავებით). თუ გარემოში ნორმალურ ტემპერატურასა და წნევაზე ნივთიერებას აქვს მაღალი წყალში ხსნადობა, მაშინ მას **ჰიდროფილური** ეწოდება. თუ ამავე პირობებში ნივთიერების წყალში ხსნადობა მცირეა - მას **ჰიდროფობული** ეწოდება. ბევრი დამაბინძურებელი აგენტი ორგანულია ე.ი. შედგება ნახშირბად-ნახშირბადული და ნახშირბად-წყალბადური ბმების შემცველი მოლეკულებისაგან და მათი განსხვავების ერთ-ერთი საშუალებაა მათი განსხვავებული ხსნადობა ამა თუ იმ გამხსნელში. თუ ასეთი ორგანული ნივთიერებები ადვილად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში მათ **ლიპოფილურ ნაერთებს** უწოდებენ (ისინი ლიპიდებშიც ადვილად იხსნებიან). ხოლო თუ იმავე პირობებში ორგანულ გამხსნელებში ცუდად იხსნებიან, მაშინ მათ

ლიბოფობურს უწოდებენ. ეს თვისება წყლის ან ლიპიდების მიმართ გარემოში ნივთიერების განაწილების საფუძველია. იზომერებსაც კი, რომელთაც ერთი და იგივე ქიმიური შემადგენლობა, მაგრამ ატომების სხვადასხვაგვარი განლაგება აქვთ, შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა ხსნადობა. მაგ. 1,1-დიქლორეთანი და 1,2-დიქლორეთანი განსხვავდებიან მხოლოდ ქლორის ატომების სხვადასხვა განლაგებით, თუმცა ეს იწვევს წყალში ხსნადობის დაახლოებით ორმაგ სხვაობას..

ურთიერთდამოკიდებულება სიმკვრივესა და ორგანულ/წყალ ფაზა განაწილებას შორის ძალიან მნიშვნელოვანია დამაბინძურებელთა ტრანსპორტირებისათვის. გარემოში ნივთიერების გავრცელების შესასწავლად საჭირო ისეთი მოვლენების შეფასება, როგორებიცაა

- **დისპერსია** -- გახსნილი ნივთიერების გავრცელება ნიადაგქვეშა წყლის ნაკადის მიმართულებისაგან, ნიადაგის წყლის შერევის შედეგად;
- **ნაჯერობა** -- ფორებში არსებული ერთი სითხის მოცულობის შეფარდება ამავე ფორის მოცულობასთან. ნაჯერობა გამოსახება როგორც ფრაქციის პროცენტულობა (გვიჩვენებს, თუ რამდენად შევსებულია ფორები წყლით);
- **ვადოზური ზონა** -- ნიადაგის უჯერი ზონა წყლის დონის ზევით. (წყლის ზონა ნაჯერია).

18. თერმოდინამიკა აბიოტურ და ბიოტურ სისტემებში

ბიომები, საცხოვრისები, ორგანიზმები ისევე როგორც მათი კომპონენტები წარმოადგენენ თერმოდინამიკულ სისტემებს. სისტემა ეს არის ორგანიზმის მეთოდი. მაგ., უფრო მცირედან უფრო დიდისკენ (აგრეგატისკენ). ეკოსისტემა და ორგანიზმი შედგებიან გარკვეული ფიზიკური ფაზებისაგან და, ამავე დროს, გარკვეული წესრიგის მატარებელნი არიან. მაგ. ეკოსისტემაში: ინდივიდი - ასოციაცია - საზოგადოება; პროდუცერი - კონსუმერი - დეკომპოზერი; ორგანიზმში: უჯრედი - ქსოვილი - ორგანო. ასეთი სისტემები საშუალებას გვაძლევენ გავიგოთ, თუ როგორ მოძრაობს და იცვლება მასალა და ენერგია მატერიის ნაწილაკებში. **დახურულ სისტემაში** არ ხდება მასალის შესვლა ან გამოსვლა. ასეთ სისტემას საკონტროლო მასა ეწოდება. **ღია სისტემაში** მასალის შესვლა და გამოსვლა დასაშვებია. ასეთ სისტემას საკონტროლო მოცულობა ეწოდება.

თერმოდინამიკული კონცეფცია სისტემის პირადი თვისებების ცნებაა. **პირადი თვისება** ეს არის რაიმე მაზასიათებელი ან ნაწილი, რომლითაც ეს სისტემა განსხვავდება სხვა სისტემებისაგან. სისტემის ინტენსიური თვისება დამოუკიდებელია მასისაგან (ასეთებია წნევა და ტემპერატურა). სისტემის ექსტენსიური თვისება მასის პროპორციულია.

(ასეთებია სიმკვრივე და მოცულობა). თუ ექსტენსიური თვისების მაჩვენებელს გავყოფთ მასაზე მივიღებთ სპეციფიკურ თვისებას. ასეთია მაგ., სპეციფიური სითბო, სპეციფიური მოცულობა.

პროცესი ეწოდება სისტემის ცვლილებას ერთი მდგომარეობიდან მეორეში და ეს თერმოდინამიკული ტერმინია. პროცესი შეიძლება იყოს **რევერსიული** ე.ი. შექცევადი ან შეუქცევადი; **ადიაბატური** არ ხდება სითბოს არც მიღება, არც კარგვა და ენერგიის გადაცემის ყველა პროცესი მხოლოდ სამუშაოს შესრულებაში გამოიხატება. სხვა პროცესებია: იზომეტრიული ე.ი. მუდმივი მოცულობა, იზოთერმული ე.ი. მუდმივი ტემპერატურა, იზობარული ე.ი. მუდმივი წნევა, იზენტროპული ე.ი. მუდმივი ენტროპია, იზენტალპური ე.ი. მუდმივი ენთალპია.

19. აქროლადობა / ხსნადობა / წნევის ურთიერთქმედებანი

გარემოს პირობებში ბიოტექნოლოგიისათვის საინტერესო ბევრი ნივთიერება იმყოფება სხვადასხვა ფიზიკურ მდგომარეობაში. მაგ., ზოგიერთი დაბალი მოლეკულური წონის და გარკვეული სტრუქტურის ნივთიერება ხასიათდება საკმარისად მაღალი ორთქლის წნევით და შეუძლია გარემოში იყოს როგორც თხევად, ასევე გაზის ფაზაში. დამაბინძურებლის ორთქლის წნევა მყარ ან თხევად ფაზაში ეს არის წნევა, რომელსაც ახდენს მისი ორთქლი, როცა ორთქლი და სითხე არიან დინამიკურ წონასწორობაში. ყოველ ნივთიერებას, ტემპერატურის მიხედვით, შეუძლია იყოს ყოველ ფაზაში. დახურულ კონტეინერში წნევა მუდმივია და ორთქლის მოლეკულები კონდენსირებენ თხევად ფაზაში, ხოლო სითხის მოლეკულები კი ორთქლდებიან ორთქლის ფაზაში. დახურული კონტეინერის შიგნით აორთქლების და კონდენსაციის სიჩქარეები ტოლია მიუხედავად იმისა თუ რომელ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს ეს პროცესი. ამგვარად, არც ერთ დახურულ კონტეინერში არ ხდება სითხისა და ორთქლის რაოდენობის ცვლილება. ეს არის დინამიკური წონასწორობის მაგალითი (წონასწორული ორთქლის წნევა). დუდილის ტემპერატურაზე სითხის ორთქლის წნევა უტოლდება გარე წნევას. რაც უფრო მაღალია ნივთიერების ორთქლის წნევა მოცემულ ტემპერატურაზე, მით უფრო დაბალია დუდილის წერტილი. ამიტომ, მაღალი ორთქლის წნევის მქონე ნივთიერებები "აქროლადნი" არიან ე.ი. სითხის ზედაპირის ზევით ისინი უფრო მაღალ ორთქლის კონცენტრაციას ქმნიან. შესაბამისად, ასეთი ნივთიერებები გარემოს პოტენციური დამაბინძურებლები არიან. თუ აქროლადი ნივთიერება ამავე დროს, ადვილად იწვის, მისი შენახვა გაცილებით უფრო დიდ აფეთქების საფრთხეს ქმნის, ვიდრე ნაკლებად აქროლადი ნივთიერების შენახვა.

20. გარემოს წონასწორობა

რომელიმე დამაბინძურებლის გარემოში გაფანტვისას სამი ძირითადი შესაძლებლობა იქმნება: 1. ქიმიური ნივთიერება რჩება იმავე ადგილზე, სადაც ის გაიფანტა ავზიდან და ინარჩუნებს ფიზიკურ - ქიმიურ მახასიათებლებს გარკვეული დროის განმავლობაში. 2. ნივთიერება გადაადგილდება სხვაგან. 3. ნივთიერება იცვლება ქიმიური თვალსაზრისით ე.ი. ხდება მისი ქიმიური ტრანსფორმაცია. თუ ავზში ე.ი. საკონტროლო სივრცეში არის რაღაც მასა, მაშინ საქმე ეხება მასის ბალანსს. ასეთი საკონტროლო სივრცე შეიძლება იყოს ორგანიზმი ან ეკოსისტემა.

ქიმიური ნივთიერებები, რომლებიც შედიან საკონტროლო სივრცეში შეიძლება განსხვავდებოდნენ ნივთიერებებისაგან, რომლებიც ამ სივრცედან გამოდიან, იმ ქიმიური და ბიოლოგიური რეაქციების გამო, რომლებიც ხდება საკონტროლო სივრცეში. მასის ბალანსის განტოლება შეიძლება ჩავწეროთ ასე:

აკუმულირება ან კარგვა დამაბინძურებლის = დამაბინძურებლის მასა, რომელიც შევიდა საკონტროლო სივრცეში - დამაბინძურებლის მასა რომელიც გამოვიდა სივრციდან + რეაქციები.

ეს ის რეაქციებია, რომელთაც შეუძლიათ ან მოცემული ნივთიერების გენერირება (ე.ი. მისი წყაროები) ან მისი დაშლა (ე.ი. მისი დამშლელი). თავისთავად ცხადია ასეთი საკონტროლო სივრცე (სისტემა) შეიძლება იყოს როგორც ხელოვნური ავზი (მაგ. კუბი), ასევე ბუნებრივი წყალსატევი.

21. სუნთქვა

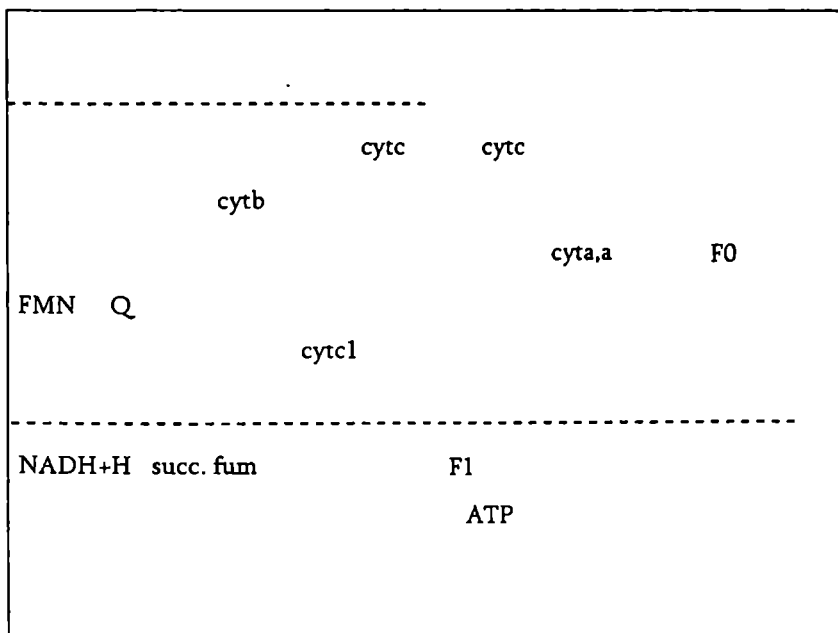
სუნთქვის საშუალებით ორგანიზმი იღებს მისთვის საჭირო ენერგიას მეტად მოსახერხებელი ფორმით და, ამავე დროს, საკვებისგან ახდენს ნივთიერებების მოდიფიცირებას ნახშირბადული ჩონჩხის და უჯრედის სტრუქტურის სამშენებლო აგურების შესაქმნელად. აღნიშნული საკითხები მოიცავს ბიოენერგეტიკას, ჟანგვისა და აღდგენის რეაქციებს, პროტონული გრადიენტის წარმოქმნისა და გამოყენების პრობლემებს და ადენოზინ ტრიფოსფატის (ATP) სინთეზს.

სუნთქვა შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ორგანული ნივთიერებების ჟანგვა (მაგ: ჰექსოზების ჟანგვა) ნახშირორჟანგამდე (წყლის როგორც პროდუქტის წარმოქმნით).

ამ დროს ხდება 2872 კილოჯოული / მოლზე ენერგიის გამოთავისუფლება მაგრამ ცოცხალ ორგანიზმებში მოლეკულური ჟანგბადის (O₂) მიერ ორგანული ნივთიერებების პირდაპირი დაჟანგვა

ენერგიის ასე ერთბაშად გამოთავისუფლებით არ ხდება, რადგან ენერგიის ასეთი რაოდენობა დააზიანებდა ცოცხალ უჯრედებს. ამის სანაცვლოდ, ზემოთაღნიშნულ რეაქციაში სუნთქვის პროცესი ორგანიზმში (უჯრედში) მიმდინარეობს სამ განცალკევებულ, მაგრამ ურთიერთდამოკიდებულ სტადიად. ესენია- **გლიკოლიზი, ლომონძეას ციკლი და ელექტრონულ-ტრანსპორტული ჯაჭვი**, რომლებიც მთლიანობაში მოიცავენ 50-ზე მეტ ინდივიდუალურ რეაქციას. სწორედ ფინალურ სტადიაზე ხდება ელექტრონების გადაცემა ჟანგბადისათვის ამ გრძელ და კომპლექსურ პროცესში, ასეთი დანაწილება პროცესის ცალკეულ მცირე საფეხურებად მიღებული ენერგიის კონტროლისა და უკეთ გამოყენების საფუძველია. გარდა ამისა, სუნთქვის პროცესის ასეთი დანაწილება საშუალებას იძლევა, რომ სუბსტრატი გარდაიქმნას სხვადასხვა ნივთიერებად და მოხდეს მათი გამოყენება, უჯრედის სამშენებლო მასალად და სხვა.

ჟანგვის სუბსტრატი შეიძლება იყოს არა მხოლოდ **შაქრები, არამედ ლიპიდები, ორგანული მჟავები და ცილებიც**. სუნთქვის წარმადობა შეგვიძლია შევავასოთ სუნთქვის ფარდობითი მაჩვენებლის (RQ, respiratory quotient) საშუალებით, რომელიც წარმოადგენს გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რაოდენობის შეფარდებას შთანთქმული ჟანგბადის რაოდენობასთან. თეორიულად, ეს მაჩვენებელი უნდა იყოს 1 -ის ტოლი, მაგრამ ექსპერიმენტულად ვიღებთ ხოლმე სხვადასხვა მნიშვნელობებს (0,97-1,17). ეს იმით არის გამოწვეული, რომ ლიპიდები და ცილები უფრო ალდგენილნი არიან და, შესაბამისად, მათ დასაჟანგავად მეტი O_2 არის საჭირო, რის გამოც RQ მაჩვენებელი მცირდება, ხანდახან 0,7-მდე. რაც შეეხება ორგანულ მჟავებს, მაგ. ციტრატს ან მალატს, ისინი პირიქით, ნახშირწყლებზე (შაქრებზე) უფრო დაჟანგულები არიან და მათზე O_2 -ის უფრო ნაკლები რაოდენობა იხარჯება და მათი RQ მაჩვენებელი ხანდახან 1,3 აღწევს. ცხადია, რომ თუ ერთდროულად ერთ სუბსტრატზე მეტის დაჟანგვა ხდება მაშინ RQ მაჩვენებელი რაღაც საშუალო იქნება. RQ მაჩვენებელი შესაძლებელია, აგრეთვე მკვეთრად შეიცვალოს ზოგიერთი ფერმენტული რეაქციის დროს, როცა ძალიან ცოტა O_2 იხარჯება ჟანგვაზე, ან როდესაც CO_2 ან O_2 რაოდენობა არ არის მისაწვდომი ჟანგვითი რეაქციისათვის და სხვა.

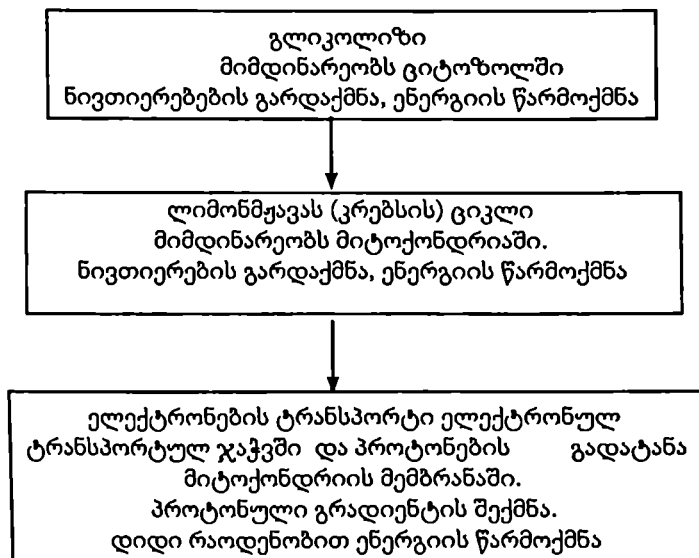


სურ 1. მიტოქონდრიის შიდა მემბრანაზე ელექტრონგადამტანების სპეციფიკური განლაგება რაც ელექტრონების ტრანსპორტისას განაპირობებს პროტონული გრადიენტის წარმოქმნას და ამით ხელს უწყობს ატფ სინთაზას მიერ ატფ სინთეზას.

22. გლიკოლიზი

გლიკოლიზის რეაქციები ჰექსოზებს(შაქრებს) გარდაქმნიან პირუვატად ე.ი ნახშირბადიან მჟავად. გლიკოლიზი ხდება უჯრედის ციტოზოლში. მეიერჰოფის მიერ შაქრების დაშლის ეს პროცესი შეისწავლეს, რათა აეხსნათ ფერმენტული პროცესები საფუარის უჯრედებში და გლიკოგენის დაშლა კუნთებში. გლიკოლიზი უნიკალური მოვლენაა და ხდება ყველა ორგანიზმში. ამ პროცესის დროს ენერგიის მიღება ნელა მიმდინარეობს, მაგრამ ის ანაერობულ პირობებშიც მიმდინარეობს და წარმოადგენს ნახშირბადის კატაბოლიზმის მარტივ ფორმას, ამ დროს ე.ი. ანაერობულ პირობებში, მისგან როგორც პროდუქტი, მიიღება ალკოჰოლი, ლაქტატი და სხვა, ხოლო ნორმალურ ე.ი აერობულ პირობებში გლიკოლიზის შედეგად მიიღება პირუვატი, რომელიც შემდგომ მეტაბოლიზმს განიცდის მიტოქონდრიაში, იმისათვის, რომ მისგან მიღებულ იქნეს მეტი ენერგია.

უმადლეს მცენარეებში, მიკროორგანიზმებისაგან განსხვავებით, ნარჩენების უტილიზაციის პროცესს ახასიათებს მთელი რიგი თავისებურებები. ხე-მცენარეები გარემოსთან ნივთიერებების მიმოცვლას აწარმოებენ ფოთლებისა და ფესვების მეშვეობით. მცენარეები მიკროორგანიზმებისაგან განსხვავებით არ შლიან დამაბინძურებლებს ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე, არამედ მხოლოდ გარდაქმნიან მათ არაფიტოტოქსიკურ ნაერთებად. მცენარეში დამაბინძურებელი ორგანული ნივთიერება განიცდის გარდაქმნას, კონიუგაციასა და კომპარტმენტალიზაციას. პირველ რიგში, მცენარე დამაბინძურებელს გარდაქმნის ჟანგვის, აღდგენის და ჰიდროლიზის პროცესებში. ეს გარდაქმნილი პროდუქტები შემდგომ განიცდიან კონიუგაციას, რის დროსაც ქიმიურად უკავშირდებიან გლუტათიონს, შაქრებსა და ამინომჟავებს შედეგად ეს დამაბინძურებლები ნაკლებად ტოქსიკურნი ხდებიან და თანაც მათი წყალში ხსნადობაც იზრდება, რის გამოც მცენარეს შეუძლია მათი გამოდევნა თავისი ორგანიზმიდან, ან გადანაწილება სხვა ქსოვილებში. ასეთი გადანაწილება გულისხმობს კომპარტმენტალიზაციას, რომლის შედეგად ასეთი პროდუქტები გროვდება ან ვაკუოლებში, ან ხდება მათი შეკავშირება უჯრედთა კედლის მასალასთან, მაგ., ისეთ პოლიმერებთან როგორიცაა ლიგნინი და ჰემიცელულოზა. ასეთი პროცესები ამწელებზე იმის დადგენას, თუ რომელი ნივთიერებები შეითვისა და გარდაქმნა მცენარეში.



სურ. 2 სუნთქვის პროცესის სხვადასხვა სტადიების ამსახველი ბლოკ-სქემა წყლის ტრანსპირაცია

23. ენერგიის მიმოცვლის შეფასება

ნარჩენების მართვის მეთოდების გასაუმჯობესებლად ბიოინჟინერს სჭირდება ბიოტექნოლოგიურ პროცესებში ენერგიის მიმოცვლის შეფასება, რაც თერმოდინამიკის გარკვეულ ცოდნას გულისხმობს.

სისტემის (მაგ., ცოცხალი სისტემის) მთელ ენერგიას **ენტალპია** ეწოდება, ხოლო სისტემის იმ ენერგიას, რომლის გამოყენებაც ამ სისტემას შეუძლია (მაგ. უჯრედის მეტაბოლიზმისათვის, უჯრედთა გაყოფისათვის, ზრდისათვის, იმუნური, ადაპტაციური, სასიცოცხლო და სხვა პროცესებისათვის) **თავისუფალ ენერგიას** უწოდებენ.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

H- ენთალპია ; T -ტემპერატურა

G - თავისუფალი ენერგია; S - ენტროპია

განტოლება გვიჩვენებს, რომ გამოყენებადი ენერგია (თავისუფალი ენერგია) ნაკლებია სისტემის მთელ ენერგიაზე (ენტალპიაზე) და ამის მიზეზია ენტროპია, რომელიც გამოსაყენებლად მიუწვდომელია.

ენტროპია თერმოდინამიკური ცნებაა; ყოველ სისტემას აქვს თერმული ანუ სითბური ენერგია მისივე შემადგენელი ატომების რხევითი და წრიული მოძრაობის სახით და ეს ენერგია დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, რადგანაც ტემპერატურის მატებისას აღნიშნული მოძრაობა იზრდება; მაშასადამე, სისტემა ვერ მიაწვდის ამ ენერგიას ტემპერატურის კლების გარეშე ე.ი. აღნიშნული ენერგია იზოთერმულად მიუწვდომელია (განტოლებაში იგი წარმოდგენილია $T\Delta S$ სახით). ენტროპია სისტემის შემადგენელი ატომების მოძრაობის ენერგიის ზომაა და რაც უფრო თამამნი, ნებიერნი, თავნებნი, ხალვათნი არიან ატომები სამოძრაოდ, მით უფრო მოუწესრიგებელი, ქაოტური, ხალვათი ხდება მათგან აგებული სისტემა და მით მეტია ენტროპია. ეს ხდება მაგ. ტემპერატურის მატებისას ატომების სითბური მოძრაობის გაძლიერების გამო. ამგვარად, **ენტროპია** სისტემის მოუწესრიგებლობის, ხალვათობის, ქაოტურობის ზომაა.

სისტემის ენერგიის სახეობებიდან ენტროპიას არ შეუძლია მუშაობის შესრულება, თავისუფალ ენერგიას კი შეუძლია.

თავისუფალი ენერგია არის სისტემის მუშაობის უნარის ზომა. მაგ., თავისუფალი ენერგია ქიმიური რეაქციების წარმართვის ზომაა. ცოცხალ უჯრედში, როგორც სისტემაში, თავისუფალი ენერგია მიიღება ქიმიური ბმებიდან. თუ საწყის მორეაგირე ნივთიერებებს (რეაქტანტებს) მეტი თავისუფალი ენერგია აქვთ, ვიდრე რეაქციის საბოლოო პროდუქტებს, მაშინ რეაქციის დროს ენერგია გამოიყოფა ე.ი. რეაქცია ეგზერგონულია. ხოლო თუ რეაქტანტებს ნაკლები თავისუფალი ენერგია აქვთ, ვიდრე პროდუქტებს – ენერგია შთაინთქმება ე.ი. რეაქცია ენდერგონულია. ენტროპია გამოუყენებადი ენერგიაა, რომელიც სისტემის

მოუწესრიგებლობის ზომაა. მოუწესრიგებლობა იზრდება (ენტროპია მიისწრაფის ზრდისაკენ) სისტემაში მაგ., ცოცხალ უჯრედში და მის გარეთ მიმდინარე სხვადასხვა სახის ცვლილებების გამო. ამის საპასუხოდ, უჯრედებს აქვთ ადაპტაციის გზები ეფექტურობის ასამაღლებლად.

ბიოტექნოლოგიები უჯრედის ადაპტაციის ასეთი გზების გამოვლენასა და გამოყენებას ცდილობენ ეფექტურობის კიდევ უფრო ამაღლების იმედით.

24. გამოყენებითი მიკრობული ეკოლოგია

ბუნებრივი და აგრეთვე გენეტიკურად მოდიფიცირებული ორგანიზმები, ძირითადად, ბაქტერიები (ფლორა და ფაუნა საერთოდ) მონაწილეობას იღებენ დამაბინძურებელი ნივთიერებების (პოლუტანტების) დეგრადაციაში უფრო მარტივ, ნაკლებად ტოქსიკურ ფორმებად. ის ორგანიზმები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ბიოლოგიური ორგანიზაციის შედარებით უფრო დაბალ დონეებს (ე.ი. მიკრობები) განსაკუთრებით გამოირჩევიან ნივთიერებების ტრანსფორმაციის უნარით უფრო მინერალიზაციის მიმართულებით (ე.ი. არაორგანული ნაერთების წარმოქმნით). დამაბინძურებლების ბიოლოგიური ტრანსფორმაცია შესაძლებელია სამი სპეციფიკური მექანიზმით:

1. ნივთიერებების გამოიყენება როგორც ელექტრონების აქცეპტორების;
2. ნივთიერებების გამიყენება როგორც ელექტრონების დონორების;
3. კომეტაბოლიზმი

კომეტაბოლიზმი ეს არის რეაქცია, რომელშიც მიკროორგანიზმები ახდენენ დამაბინძურებლის ტრანსფორმაციას მიუხედავად იმისა, რომ ეს დამაბინძურებელი არ წარმოადგენს მათი ზრდისთვის საჭირო ენერგიის წყაროს, ხოლო ზრდა-განვითარებისათვის კი ამ დროს იყენებენ იქვე არსებულ რომელიმე სხვა ნივთიერებას (ე.წ. პირველად სუბსტრატს). ნივთიერების გამოყენება **აქცეპტორად** ხდება (აღდგენითი რეაქციის პირობებში), ხოლო ასეთი ბიოტრანსფორმაცია კი ნიშნავს, რომ საჭიროა ნახშირბადის წყარო, რომელიც უნდა იყოს ელექტრონების **დონორი** (მიკრობების ზრდისთვის) ასე, მაგ., თუ ნივთიერება შეიცავს ქლორს (ან სხვა ჰალოგენს) მაშინ დეჰალოგენიზაცია მოხდება. ეს ნიშნავს, რომ ჰალოგენები, რომლებიც მიზმულნი არიან ნახშირბადზე ან სხვა ელემენტებზე მოცილებული იქნებიან, რაც, როგორც წესი, ამცირებს ტოქსიკურობას. ეს შესაძლოა მოვახდინოთ როგორც აერობულ, ასევე ზოგჯერ ანაერობულ პირობებშიც, თუკი საქმე ეხება ისეთ პირობებს, რომლებშიც ნივთიერება წარმოადგენს ელექტრონების დონორს ე.ი. როდესაც ეს ნივთიერება პირველადი სუბსტრატია და ამგვარად მიკრობები იღებენ მათთვის საჭირო ენერგიასა და ნახშირბადს

უშუალოდ ამ ნივთიერებისგან (ე.ი. პირველადი სუბსტრატისგან). ასე ხდება, მაგალითად, ვინილ ქლორიდის, დიქლორეთილენის ან 1,2-დიქლოროეთანის შემთხვევაში, რომლებიც ნაკლებად დაჟანგულნი არიან და ექვემდებარებიან ბიოტრანსფორმაციის ასეთ მოდელს(ასეთ ხერხს). რაც შეეხება ნივთიერების რღვევას კომეტაბოლიზმის საშუალებით ამ დროს ნივთიერების დაშლა ხდება ისეთი ენზიმის მიერ, რომელიც მიკროორგანიზმს სულ სხვა მიზნით აქვს გამოყენებული ჩვეულებრივ პირობებში (ე.ი ენზიმი სხვა დანიშნულებისათვის არის ამ ორგანიზმში, რის გამოც მიკრობი ასეთი დეგრადაციისაგან თავისთვის უშუალო სარგებელს ვერ ნახულობს). ზემოთ მოყვანილი სამი პროცესი კარგი მტკიცებულებაა, რომ ბიოტექნოლოგია არსებითად სისტემების მანიპულირების საშუალება შეიძლება იყოს. ეს კი შესაძლებელია იმ ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების ცოდნის საფუძველზე, რომლებიც ორგანიზმებში მიმდინარეობს. ფიზიკის ძირითად ობიექტს ნაწილაკი წარმოადგენს, ქიმიის ძირითადი ობიექტი ატომია, ქიმიური რეაქციებისათვის-ელემენტი. ცოცხალი სისტემების ძირითადი ერთეული არის უჯრედი. ნორმალური ფუნქციონირების პირობებში უჯრედები საკვებ ნივთიერებებსა და ენერგიას ბიომასად გარდაქმნიან ფოტოსინთეზის, იონების მიმოცვლის, სუნთქვის და ზოგადად მეტაბოლიზმის პროცესებში, მიკრობებშიც მცენარეებშიც და ცხოველურ უჯრედებშიც. მაგრამ ეს პროცესები ხშირად ირღვევა გარემოს დამაბინძურებლების მიერ. ამავე დროს, სწორედ იგივე პროცესები შეიძლება გამოყენებულნი იქნეს (ბიოტრანსფორმაციის პროცესში),კომპლექსური ქიმიური დამაბინძურებლების უფრო მარტივ, შეძლებისდაგვარად უფრო ნაკლებად ტოქსიკურ ფორმებად გარდაქმნისთვის.

25. ჟანგბადი სისტემაში

გარემოს ინჟინირების გამოყენების სახეობა და მიდგომათა სახესხვაობა, მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული სისტემაში ჟანგბადის შემცველობაზე, რადგანაც ჟანგბადზე შეიძლება იყოს დამოკიდებული, როგორც ორგანიზმების სიცოცხლის უნარიანობა, ასევე ბიოდეგრადაციაში მისი როლი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ ,მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ არის თუ არა მოცემულ პირობებში ჟანგბადი ელექტრონების აქცეპტორი.

წყლის ფაზაში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა **DO (dissolved oxygen)** მოსახერხებელი მაჩვენებელია იმისა, თუ რამდენად მოიხმარენ ჟანგბადს მასთან ქიმიურად უშუალოდ მორეაგირე ნივთიერებები (ე.ი. ჟანგბადის კლების გამომწვევი წყაროები). ქიმიურად გამოყენებული ე.ი. მოხმარებული ჟანგბადის სრული რაოდენობა (ე.ი. არაცოცხალი

აგენტების მიერ გამოყენებული ჟანგბადის რაოდენობა) აღინიშნება როგორც **COD- chemical oxygen demand**, ხოლო ცოცხალი მიკრობების მიერ მოხმარებული ჟანგბადის რაოდენობა ე.ი. ბიოქიმიურ პროცესებში გამოყენებული ჟანგბადის რაოდენობა აღინიშნება, როგორც **BOD- biochemical oxygen demand**, ასე მაგალითად, ბაქტერიას შეუძლია დაშალოს ზოგიერთი ორგანული ნივთიერება, რომელიც იმ ნარეცხ წყლებში მოხვდება, რომელიც წყლის სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენის დაბინძურების, თანაც, ბაქტერია ამ დროს იყენებს ჟანგბადს და ამით ცვლის ჟანგბადის შემცველობას წყალში. BOD შეგვიძლია მარტივად შევაფასოთ ასეთი გამოსახულებით:

$$BOD = D_1 - D_2$$

P

სადაც $D_1 - D_2$ არის სხვაობა ჟანგბადის წყალში შემცველობისა და გაზომვებს შორის; ხოლო P - წყლის მოცულობითი ფრაქციაა.

ბუნებრივია, რომ ბიოქიმიურად გამოყენებული ჟანგბადის რაოდენობა (BOD) დამოკიდებული იქნება დაბინძურებულ წყალში არსებულ ნახშირბადისა და აზოტის შემცველობაზე, რომელთა ხარჯვაც ხდება წყლის გაწმენდისას ბაქტერიების მეშვეობით. ამას მოწმობს მრუდის გასვლა პლატოზე. ხოლო ჟანგბადი კი იხარჯება იმის გამო, რომ მიკრობები ითხოვენ ჟანგბადს წყლის გაწმენდისას ორგანული ნივთიერებებისაგან. მრუდის „პლატოზე გასვლა“ მიაჩნდება, რომ მიკრობების მიერ გამოყენებული ნივთიერებების რაოდენობა ზღვრულია და ამის გამო BOD მაჩვენებლის შემდგომი მატება აღარ ხდება.

26. ბიოდეგრადაცია და ბიორემედიაცია

ბიორემედიაციის ძირითადი არსი მდომარეობს შემდეგში: მიკრობის ექსტრაგირება (გამოყოფა) გარემოდან და შემდეგ ამ მიკრობის „დასმა“, „მოთავსება“ იმ სამიზნე დამაბინძურებლის შემცველ არეში, სადაც ამ მიკრობმა ეს დამაბინძურებელი ნივთიერება უნდა დაშალოს ნაკლებ ტოქსიკურ ნივთიერებებად.

ბიოდეგრადაციის არსი კი მდგომარეობს შემდეგში: ცოცხალ ორგანიზმებს აქვთ უნარი ენზიმების მეშვეობით ან სხვა გზებით დაშალონ ტოქსიკური ნივთიერებები უფრო ნაკლებად ტოქსიკურ ნივთიერებებად;

ბიოინჟინრები დამაბინძურებლების კლასიფიკაციას ახდენენ, იმის მიხედვით, თუ რომელი დამაბინძურებელი და რა მეთოდით, რომელი ბაქტერიის მეშვეობით და რა პროცესის საფუძველზე შეიძლება იქნეს დაშლილი ნაკლებად ტოქსიკურ ნივთიერებებად ისე, რომ ეს მოხდეს შეძლებისდაგვარად მცირე დანახარჯებით და, ამავე დროს, არ გამოიწვიოს რაიმე უარყოფითი შედეგები. ეს არის ბიორემედიაციის

პროცესი და გარემოს ბიოტექნოლოგმა (ბიოინჟინერმა) ორგანიზმის აკლიმაცია უნდა მოახდინოს იმ ორგანული ნივთიერების მიმართ, რომელიც ცოცხალმა ორგანიზმმა, მაგ. ბაქტერიამ უნდა დაშალოს. აკლიმაცია არის მიკრობის ადაპტაცია (შეგუება) მისი კვების წყაროსთან, რომლისგანაც მიკრობი იღებს ნახშირბადსა და ენერგიას, რათა გაუმჯობესდეს (გაძლიერდეს) ბიოდეგრადაცია(ე.ი. ნაგვის წყალში დამუშავება მიკრობის მეშვეობით).

ორგანიზმები შლიან ნივთიერებებს როგორც ანაბოლური, ასევე კატაბოლური მეტაბოლიზმით. ბუნებრივია ამისათვის საჭიროა, რომ დამაბინძურებელი ნივთიერებები, ორგანიზმები (მაგ. მიკრობები) და ელექტრონული აქცეპტორები და დონორები ერთმანეთთან კონტაქტში იმყოფებოდნენ. ეს პირობები კი სხვადასხვა შეიძლება იყოს სხვადასხვა გარემოში. ამგვარად, ბიორემედაცია ეს არის ისეთი ოპტიმალური გარემო პირობების შექმნა, რომ აღნიშნული კონტაქტები შედეგადად იყოს, რომ მოხდეს ფიზიკური, ბიოლოგიური და ქიმიური ფაქტორების ოპტიმიზაცია.

ბიოსტიმულაცია ეწოდება მიკრობებისათვის ისეთი ნივთიერებების დამატებას, რომლებიც ელექტრონების აქცეპტორებს წარმოადგენენ და ასტიმულირებენ მიკრობული პოპულაციების აქტივობას.

ბიოაუგმენტაცია ეს არის მიკრობების დამატება რაიმე ზედაპირზე.

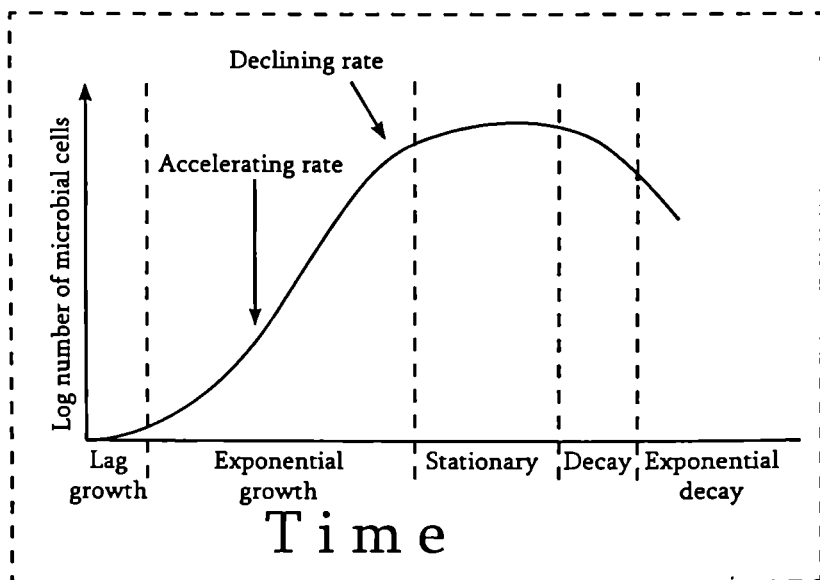
ხანდახან კი ხდება მიკრობების, მაგალითად, გენმოდიფიცირებული მიკრობების, რომელთაც აქვთ სპეციფიკური დამშლელი უნარი ამა თუ იმ დამაბინძურებლის მიმართ, უშუალო ინექცია დაბინძურების ადგილას, მაგ. ნიადაგის სიღრმეში და სხვა. მიკრობების ზრდის კლასიკური მრუდი იხილეთ სურ.3-ზე. სურათზე . ჩანს შემდეგი სტადიები (ფაზები):

1. **ლაგფაზა (Lag phase):** ეს ის პერიოდია, როდესაც მიკრობების დამაბინძურებელთან კონტაქტის დაწყებისას მიკროორგანიზმები აკლიმაციას განიცდიან.
2. **აჩქარებული ზრდის ფაზა (accelerated growth rate phase) :** ამ დროს მიკრობები მრავლდებიან აჩქარებულად და ორი ძირითადი პროცესი უზრუნველყოფს ქიმიური დამაბინძურებლის დეგრადაციას მიკრობის მიერ:

(A)- ყველაზე უფრო ეფექტურია მიკრობის მიერ დამაბინძურებლის საკვებად გამოყენება ზრდის, მეტაბოლიზმისა და რეპროდუქციისათვის. მიკრობების ენზიმები აკატალიზებენ დამაბინძურებლის დაშლას და ნახშირბადს მიკრობი საკვებად იყენებს, ხოლო დამაბინძურებლის ელექტრონებს მიკრობში იყენებს ენერგიის წყაროდ: ელექტრონები გადადიან დამაბინძურებლიდან ელექტრონების აქცეპტორზე: ჟანგბადზე (აერობული სუნთქვის დროს) და მეტალეზე(მაგ.რკინაზე და მაგნიუმზე) და არაორგანულ ნივთიერებებზე (მაგ.ნიტრატებზე და სულფატებზე ანაერობული სუნთქვისას). დამაბინძურებელი არის მიკრობის ჟანგბად აქცეპტორი სუნთქვის დროს.

(B)-მეორე უფრო ნაკლებად ეფექტური გზა: მეორადი გამოყენება („secondary utilization“) - ამ დროს მიკრობს შეუძლია ქიმიური დამაზინძურებლის ტრანსფორმაცია, თუმცა თვით მიკრობი ამისგან უშუალო სარგებელს არ იღებს. ყველაზე ადვილი გასაგები აქ კომეტაბოლიზმია: მიკრობი ნივთიერებას შლის იმ ენზიმის საშუალებით, რომელსაც ის სხვა დანიშნულებით იყენებს ჩვეულებრივ პირობებში: მაგ. მეტაბოლიზმისთვის ან დეტოქსიფიკაციისათვის.

3. **ექსპონენციალური ფაზა: (Exponential growth)** უჯრედთა მასა და უჯრედთა რაოდენობა მატულობს ორად გაყოფის შედეგად.



სურ. 3. მიკრობების ზრდისა და დაცემის მრუდი.

4. **დაქვეითებული ზრდის ფაზა: (Declining rate)** უჯრედთა მასა და რაოდენობა ზრდას განაგრძობს, მაგრამ ამ ზრდის სიჩქარე ქვეითდება: მაგ. დამაზინძურებლის რაოდენობის დაქვეითებასთან ერთად, რომელიც საკვების და ენერგიის წყაროა მიკრობისათვის. თუმცა დაქვეითება შეიძლება იმ ნივთიერებების ტოქსიკურობამაც გამოიწვიოს, რომლებიც თვით მიკრობების ან მათი მონაწილეობით წარმოიქმნენ, მაგრამ თვით მიკრობებისთვის ტოქსიკურნი აღმოჩნდნენ.
5. **სტაციონარული ფაზა: (Stationary)** უჯრედთა გამრავლება და მათივე დაცემა ერთმანეთს გაუტოლდა.

6. **დაცემა(decay):** უჯრედთა დაცემა უფრო მეტად ხდება, ვიდრე გამრავლება.
7. **ექსპონენციალური კვდობის ფაზა: (Exponential decay)** უჯრედები ექსპო-ნენციალურად კვდებიან, რადგანაც აღარც მრავლდებიან და აღარც იზრდებიან. ჩვეულებრივად ეს ნიშნავს, რომ წარმატებული ბიორემედიცია მოხდა, რადგანაც მიკრობების კვების წყარო ე.ი. დამაბინძურებელი ნივთიერება მთლიანად გამოიღია.

იმ შემთხვევაში, თუ კვების წყარო მუდმივია ე.ი. თუ საკვების რაოდენობას მუდმივად ერთი და იმავე დოზით ვაწვდით, მაშინ მიკრობების ბიომასის ზრდა გვიჩვენებს, რომ საკვების რაოდენობამ არეში დაიკლო: ე.ი. მიკრობების ბიომასის ზრდა ინვერსიულად პროპორციულია საკვების რაოდენობის კლებისა (და ეს პროპორციულია დამაბინძურებლის არეში არსებობის დროისა ე.ი. დროის იმ პერიოდისა, რაც დასჭირდება მაგ.დამაბინძურებლის ნახევარი რაოდენობის დაშლას), რადგანაც დამაბინძურებელი ამ შემთხვევაში მიკრობების საკვებია. (ე.ი. პროპორციულია ბიოდეგრადაციის დროის ხანგრძლივობისა).

27. აერობული ბიოდეგრადაცია

თუ ნივთიერება მთლიანად ორგანულია, მაშინ მისი დაშლა შემდეგი სქემით უნდა ხდებოდეს:

ნახშირწყლები + O_2 + მიკროორგანიზმები + ენერგია $\rightarrow CO_2$ + H_2O + მიკროორგანიზმები + ენერგია

მაგრამ თუ ნარჩენში შედის სხვა მინარევიც მაგ: ქლორი, მძიმე ლითონები და სხვა მაშინ სქემა შეიძლება იყოს უფრო მრავალკომპონენტური:

ნახშირწყლები + O_2 + მიკროორგანიზმები + ენერგია + ქლორი + მძიმე ლითონები + H_2O + არაორგანული მარილები + აზოტოვანი ნაერთები + გოგირდოვანი ნაერთები + ფოსფოროვანი ნაერთები $\rightarrow CO_2$ + H_2O + ენერგია + ქლორონიზებული ნახშირწყლები + მძიმე ლითონების არაორგანული მარილები + აზოტოვანი ნაერთები + გოგირდოვანი ნაერთები + ფოსფოროვანი ნაერთები

28. ანაერობული ბიოდეგრადაცია

კონცენტრირებულ გადასამუშავებელ ნარჩენს შესაძლოა დასჭირდეს ანაერობული პირობები ან ფაკულტატური დამუშავება (ნაწილობრივ აერობული და ნაწილობრივ ანაერობული პირობები (ფაკულტატური ბაქტერიების მეშვეობით). ეს შესაძლოა მოხდეს რამდენიმე სხვადასხვა მიკროორგანიზმის კომბინირებითაც და აერობული და ანაერობული პირობების მოდულირებით, რაც ზოგ შემთხვევაში ქიმიურ ცვლას აჩქარებს. აერობული ან ანაერობული პირობების შექმნა შესაძლოა სპეციალურ დანადგარებში. ანაერობული დეგრადაციის დროს მეთანის გამოსავალი ხშირად გვიჩვენებს, რომ პროცესი ნორმალურად წარიმართა. ხშირად მიკრობების დეგრადაციისათვის აკლიმაციას მრავალი დღე და pH-ს, ტემპერატურისა და კონცენტრაციის მკაცრი შერჩევა სჭირდება. ხშირად საჭიროა ფაზების ცვლა.

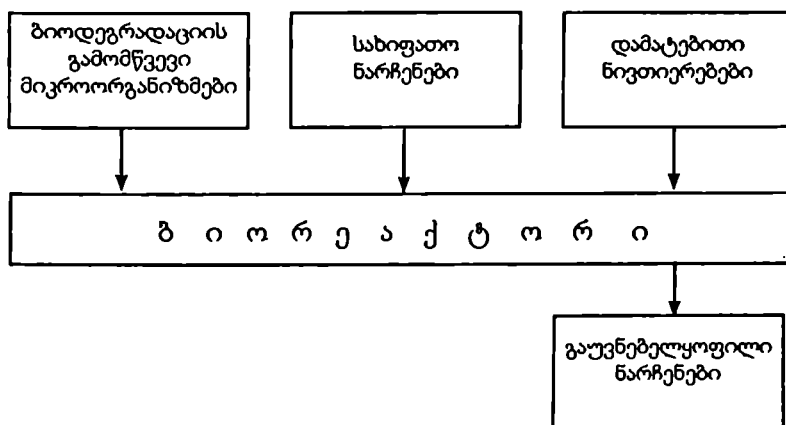
29. ბიოდეგრადაცია ბიორეაქტორის მეშვეობით

სახიფათო ნარჩენების ბიოდეგრადაცია ბიოტექნოლოგიის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია, რომლის მიზანია მიკროორგანიზმების გამოყენებით დამაბინძურებლების დაშლა ნაკლები საფრთხის შემცველ ან შეძლებისდაგვარად სრულიად არასახიფათო ნივთიერებებად. დაშლის ასეთი პროცესი ხორციელდება სპეციალურ ბიორეაქტორებში, მაგრამ არსებობს საშიშროება, რომ ნაკლებტოქსიური ნივთიერებების მაგივრად მიღებული იქნეს უფრო მეტად ტოქსიკური ნაერთები. ბიორეაქტორებში მიკროორგანიზმები ახდენენ ორგანული დამაბინძურებლების გარდაქმნას და ამ დროს წარმოიქმნება რიგი დამატებითი პროდუქტებისა და გამოიყოფა სითბო. მიკროორგანიზმების წინასწარი აკლიმაცია ხდება იმისათვის, რომ მათი აქტივობა საკმარისი იყოს ასეთი გარდაქმნისათვის, ხოლო ინჟინერის მოვალეობაა ამ პროცესის სწორი დაგეგმვა და მონიტორინგი.

ბიორემედიაცია წარმატებით რომ განხორციელდეს, უნდა იყოს უზრუნველყოფილი მიკროორგანიზმების კონტაქტი გადასამუშავებელ დამაბინძურებლებთან, ხოლო ის არე, რომელშიც მიკროორგანიზმებმა უნდა იცხოვრონ და იაქტიურონ არ უნდა თრგუნავდეს მათ. ამგვარად ბიოინჟინერებმა ბიორეაქტორისთვის ისეთი გარემო უნდა შეიმუშაონ მყავების განზავების, ჟანგბადის შემცველობის და ორგანული დანამატების ვარიანტების საშუალებით, რომ მიკროორგანიზმების ოპტიმალური აქტივობა უზრუნველყონ ბიორეაქტორებში.

ბიოინჟინერმა, ერთი მხრივ, უნდა მოახდინოს იმ ფაქტორების იდენტიფიკაცია, რომლებიც საჭიროა გარემოს სიჯანსაღისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად, და მეორეს მხრივ გაითვალისწინოს ის რისკი, რომელიც დაკავშირებულია ბიორემედიაციის პროცესის არასწორი წარმართვის შემთხვევაში უფრო ტოქსიკური ნაერთის წარმოქმნასთან.

იმის გამო, რომ მიკროორგანიზმების მრავალი სახეობიდან მხოლოდ ზოგიერთს აქვს კონკრეტული დამაბინძურებლის დეგრადაციის უნარი, ბიოინჟინერს ევალება დიდი გულმოდგინებით შეარჩიოს მიკროორგანიზმი მოცემული დამაბინძურებლის დასაშლელად, ამისათვის კი მას კარგად უნდა ესმოდეს მიკრობული ბიოდეგრადაციის ბიოლოგიური მექანიზმები. ბიოლოგიური სისტემის მუშაობის წარმატებული მართვა დამოკიდებულია ტექნოლოგიების, გეგმარების კარგ ცოდნაზე, ენერგიით უზრუნველყოფაზე, მიკროორგანიზმების სხვადასხვა სახეობის შერჩევაზე, დამატებითი ნივთიერებებით მომარაგებაზე და თანამედროვე ხელსაწყო-დანადგარების გამოყენებაზე და სხვა.



სურ. 4. ბიორეაქტორის ფუნქციონირების ზოგადი სქემა

ზოგიერთი დამაბინძურებლის დეგრადაცია შესაძლოა მიმდინარეობდეს როგორც აბიოტური, ასევე ბიოდეგრადაციის გზით. ასე, მაგალითად ვინილქლორიდის ქიმიური აღდგენის გზით მანგანუმის, რკინის, ნიტრატისა და სულფატის შუამავლობით წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი, ხოლო სუნთქვის გზით (აღდგენითი დექლორინაციით) – ეთენი. იმავე ვინილქლორიდისაგან ჟანგვითი აცეტოგენეზის დროს, აცეტატის აღდგენით მიიღება ნახშირორჟანგი, ხოლო მიკრობული დეგრადაციისას (აცეტოტროფული მეთანოგენებით) – მეთანი და ნახშირორჟანგი.

იმ შემთხვევაში თუ დამაბინძურებელი აგენტი ბიოდამაზიანებელია და მისგან ადამიანების ჯანმრთელობის რისკი არსებობს ასეთ დამაბინძურებლებს რისკ ჯგუფებად განიხილავენ:

რისკ ჯგუფი 1 - დაავადებას არ იწვევენ ჯანმრთელ ადამიანებში;

რისკ ჯგუფი 2 - დაავადებას იწვევენ, მკურნალობა

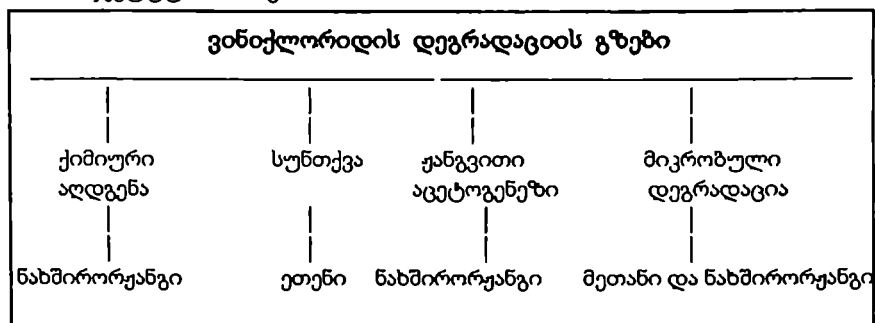
ადვილადმისაწვდომია;

რისკ ჯგუფი 3 - დაავადება ლეტალურია, პრევენცია და

მკურნალობა მისაწვდომია; ინდივიდუალური რისკი მაღალია;

ეპიდემიის რისკი დაბალია, ჯგუფური რისკი დაბალია;

რისკ ჯგუფი 4 - დაავადება ლეტალურია, პრევენცია და მკურნალობა არ არის მისაწვდომი. მაღალი ინდივიდუალური და მაღალი ჯგუფური რისკია.



სურ. 5. ვინიქლორიდის დეგრადაციის გზები ნაკლებტოქსიკური პროდუქტების მიღებით

ჟანგვა-ალდგენითი რეაქციების საშუალებით შესაძლებელია დამაბინძურებლების წარმოქმნაც და მათი მოშორებაც. მაგ. მოშორება („დაჟანგვა“) ისეთი კომპონენტებისა, როგორიცაა: ამონიუმი, ციანიდები, სელენიუმი, მანგანუმი, რკინა. შეიძლება მოშორება („ალდგენადი“) კომპონენტებისა, როგორიცაა: ვერცხლისწყალი, ქრომი, ტყვია, ვერცხლი, კადმიუმი, თუთია, სპილენძი, ნიკელი. ამგვარად, შესაძლებელია გარემოში მათი ტოქსიკურობის მკვეთრი შემცირება. ასე, მაგ., გოგირდ-ალდგენი ბაქტერია მცენარეული ნარჩენებისაგან წარმოქმნის ტოქსიკურ წყალბადის სულფიდს. ამ უკანასკნელის გაუვნებელყოფა შესაძლებელია ისეთი დამჟანგველებით, როგორებიცაა: ქლორი, ქლორის დიოქსიდი, წყალბადის ზეჟანგი, კალიუმპერმანგანატი, ჟანგბადი და ოზონი.

გარემოში აზოტოვანი ციკლი წარმოშობს ამონიუმს, ნიტრატს და ნიტრიტს. ორგანიზმში ამონიუმი გადადის ნიტრიტში, ხოლო ნიტრატების და ნიტრიტების კომბინირებით სხვადასხვა ორგანულ და არაორგანულ ნივთიერებებთან ახალი ნაერთები წარმოიქმნება. ეს ნაერთები საჭიროა მცენარეთა ცილებისა და ამინომჟავებისათვის, მაგრამ შეიძლება ტოქსიკური იყოს ადამიანისთვის. აზოტი და

გოგირდი შედიან საკვებ ნივთიერებებში, მაგრამ გარკვეულ პირობებში ეს ნივთიერებები გარემოში და ცოცხალ ორგანიზმებში დამაბინძურებლობის და ტოქსიკური ფაქტორების სახით გვევლინებიან, რაც ცხადია, გამოწვევას წარმოადგენს, პირველ რიგში, ბიოტექნოლოგიებისათვის.

მიკროორგანიზმების მიერ სხვადასხვა ორგანული მასალის დაშლისას (ჟანგვის სუბსტრატად გამოყენებით) კატაბოლიზმის პროცესებში წარმოიქმნება სხვადასხვა ჟანგვითი პროდუქტები და ბოლოს ნახშირორჟანგი და წყალი., ხოლო ანაბოლიზმის პროცესებში- ახალი უჯრედები. ამ ახალ უჯრედებში ენდოგენური სუნთქვის შედეგად კვლავ წარმოიქმნება ჟანგვითი პროდუქტები და ბოლოს ისევ ნახშირორჟანგი და წყალი.

მიკრობების მიერ ნარჩენებში არსებული რომელიმე დამაბინძურებლის დაშლა (გამოდევენა) სპეციალურ რეაქტორში ხდება, რომლის ავზში დასაშლელ ნარჩენებთან ერთად შეაქვთ მათი დამშლელი მიკრობები და უქმნიან ხელსაყრელ პირობებს. ხშირად საჭიროა მიკრობების აკლიმაციის პერიოდი (შეგუების ვადა), რომელიც შესაძლოა გაგრძელდეს რამდენიმე დღე. დამაბინძურებლის გაუვნებელყოფის (დაშლა-გამოდევენის) ეფექტურობა შესულ-გამოსული დამაბინძურებლის კონცენტრაციული სხვაობის და ნაკადის სიჩქარის პირდაპირპროპორციულია და რეაქტორის ავზის მოცულობის უკუპროპორციულია.

მიკროორგანიზმების მიერ ნარჩენების გადამუშავების ეფექტურობის გასაზრდელად არსებობს ორი ძირითადი მიდგომა:

1. მიკრობების შეგუება კონკრეტულ ნარჩენებთან, რის შედეგად ბუნებრივი გადარჩევის გზით მიკრობების პოპულაციაში ხდება იმ მიკრობების წილის ზრდა, რომლებსაც მოცემული ნარჩენების გადამუშავების უფრო მაღალი უნარი აქვთ.
2. გენური ინჟინერიის მეთოდით ახალი გენეტიკური მასალის დანერგვა ორგანიზმში. მაგ. აგრობაქტერიის პლაზმიდის შეღწევა, უჯრედის კედლის გავლით, ბირთვში იქ გენეტიკური მასალის დანერგვისათვის. პლაზმიდის ცილების დახმარებით ტრანსფერული დნმ ჩანერგილ იქნება ორგანიზმის ქრომოსომებში მარკერი გენის თანხლებით. ასეთი მეთოდებით შესაძლებელია მიკრობის „მოტყუება“ და მისი იძულება გადამუშავოს იმ სახის ნარჩენი, რომელსაც ის საკვებად არ იყენებს.

აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ახალი მეთოდი შესაძლოა წარმოადგენს საფრთხეს ნაკლებ ტოქსიკური პროდუქტის ნაცვლად უფრო მეტად ტოქსიკური პროდუქტის მიღების თვალსაზრისით. ამის გათვალისწინებით საჭიროა ბიოტექნოლოგიური მეთოდის გულდასმით შერჩევა, ალტერნატივების შეფასება, სწორი პროგნოზირება და საპასუხისმგებლო გადაწყვეტილების მიღება.

თაზო VIII

გარემოს დაცვის მართვის სისტემები, გარემოზე ზემოქმედება, მონიტორინგი და რისკის შეფასება

1. გარემოს დაცვის მართვის სისტემები

ნარჩენების მართვა საზოგადოდ ეფუძნება გარემოს დაცვის სისტემების ზოგად პრინციპებს.

გარემოსდაცვითი მართვის სისტემა - გმს (EMS) იმ პროცესებისა და პრაქტიკის ერთობლიობა, რომელიც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციას, რომ შეამციროს მისი საქმიანობის გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება და ამავე დროს გაზარდოს ორგანიზაციის საოპერაციო ეფექტურობა.

გარემოს დაცვითი მართვის სისტემა ეხმარება ორგანიზაციას გარემოში არსებული გარღვევების თავიდან აცილებასა და გამოვლენაში. მისი საშუალებით, კომპანია უზრუნველყოფს არსებული სამართლებრივი მოთხოვნების შესრულებას და მართვის იმ პროცესების განსაზღვრას, რომელიც მოჰყვება ორგანიზაციის საქმიანობას გარემოში. გარემოს დაცვის მართვის სისტემა ეხმარება კომპანიას, რომ მიაღწიოს გარემოს დაცვით მიზნებს თავისი საქმიანობის მუდმივი კონტროლის მეშვეობით. თავისთავად გარემოს დაცვის მართვის სისტემა არ განსაზღვრავს რაიმე კონკრეტულ დონეს, რომელიც უნდა იქნეს მიღწეული გარემოს დაცვის კუთხით; თითოეული კომპანიისათვის სასურველი დონე განისაზღვრება მისი სპეციფიკური საქმიანობიდან და მიზნებიდან გამომდინარე.

გარემოს მართვის სისტემის ძირითადი ელემენტებია

- კომპანიის გარემოს დაცვითი მიზნების განხილვა;
 - მისი საქმიანობის შედეგად გარემოზე ზემოქმედების შესწავა და საკანონმდებლო მოთხოვნები;
- გარემოს დაცვითი მიზნების განსაზღვრა გარემოზე ზემოქმედების შემცირებისა და საკანონმდებლო მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით;
- აღნიშნული მიზნების მისაღწევად შესაბამისი პროგრამის შექმნა და განხორციელება;
- ამ მიზნების განხორციელების პროცესის მიმდინარეობის მონიტორინგი და შეფასება;
- თანამშრომლების კომპეტენციებისა და ცოდნის დონის ამაღლება გარემოს დაცვის კუთხით;
- გარემოს დაცვის მართვის სისტემას განხილვა და გამაუმჯობესებელი ღონისძიებების გატარება.

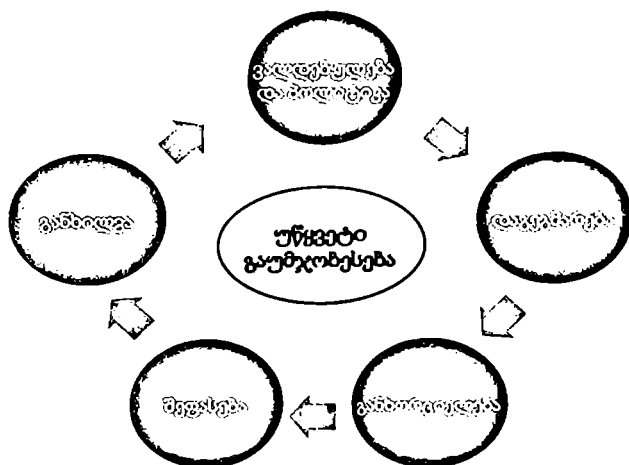
გარემოს დაცვის მართვის სისტემის რეგულირებისა და წარმატებული ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია მოხდეს შესაძლო დანახარჯებისა და სარგებლის განსაზღვრა და შეფასება.

ბოტენციური დანახარჯები	ბოტენციური სარგებელი
შიდა • პერსონალის დრო პერსონალზე გაწეული ხარჯი ერთ-ერთი ძირითადი დანახარჯია გარემოს დაცვის მართვის სისტემაში. გარე • პოტენციური კონსალტინგური მომსახურება; • პერსონალის ტრენინგი კომპანიის გარეთ.	• გარემოს დაცვის ღონისძიებების გაუმჯობესება; • საკანონმდებლო მოთხოვნებთან შესაბამისობის ხარისხის გაზრდა; • დაბინძურების პრევენციის გაძლიერება; • რესურსების კონსერვაცია; • ახალი კლიენტურის/ბაზრის მოზიდვა; • გაზრდილი ეფექტურობა/შემცირებული ხარჯები; • კომპანიის რეპუტაციის გაზრდა • პერსონალის ცოდნის ღონის ამაღლება გარემოს დაცვით საკითხებსა და მათ პასუხისმგებლობებზე.

ცხრილი 1. გარემოს დაცვის მართვის სისტემის დანახარჯები და სარგებელი

1.1. გარემოს დაცვის მართვის სისტემების უწყვეტი ციკლი

გარემოს დაცვის მართვის სისტემა ციკლურ და განმეორებით ხასიათს ატარებს, რაც უზრუნველყოფს გარემოს დაცვის მართვის გაუმჯობესების უწყვეტობას, ისე როგორც განსაზღვრულია საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის მიერ (ISO 14001:2004)⁴⁷. ეს უწყვეტი ციკლი 5 ძირითადი კომპონენტისაგან შედგება.



სურ. 1: უწყვეტი გაუმჯობესების ციკლი

47. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=31807

1. **ვალდებულება და პოლიტიკა.** მენეჯმენტი იღებს ვალდებულებას გააუმჯობესოს გარემოს დაცვითი ღონისძიებები და განსაზღვრავს კომპანიის გარემოს დაცვით პოლიტიკას. ეს პოლიტიკა წარმოადგენს გარემოს დაცვის მართვის სისტემის ბაზისს.
2. **დაგეგმარება.** კომპანია ჯერ განსაზღვრავს მისი საქმიანობის გარემოს დაცვით ასპექტებს, როგორებიცაა მაგალითად, ჰაერის დამაბინძურებლების ან სახიფათო ნარჩენების წარმოქმნა, რაც შესაძლოა უარყოფითად აისახოს ადამიანის ჯამრთელობასა და/ ან გარემოზე. ამის შემდეგ ხდება ყველაზე მნიშვნელოვანი ასპექტების გამოყოფა და შესაბამისი კრიტერიუმების განსაზღვრა. მაგალითად, კომპანიამ შესაძლოა შეარჩიოს მნიშვნელოვან ასპექტად შრომის უსაფრთხოება, და, შესაბამისად, მასთან დაკავშირებული ხარჯები, განიხილოს როგორც კრიტერიუმი. როგორც კი განისაზღვრება მნიშვნელოვანი გარემოს დაცვითი ასპექტები, კომპანია განსაზღვრავს საერთო (ზოგად) და სპეციფიკურ მიზნებს. საერთო მიზანს წარმოადგენს ზოგადად გარემოს დაცვითი მიზანი (მაგალითად რომელიმე ქიმიური ნივთიერების გამოყენების მინიმუმაცია). ხოლო სპეციფიკური მიზანი უფრო დეტალურია, გამოიხატება რაოდენობრივად და მომდინარებს ზოგადი მიზნიდან. (მაგალითად, შემცირდეს ნივთიერების მოხმარება 25%-ით, 2014 წლის სექტემბრისათვის). დაგეგმარების საბოლოო ეტაპზე ხდება სამოქმედო გეგმის შემუშავება უკვე განსაზღვრული მიზნების მიღწევის გზაზე. სამოქმედო გეგმა მოიცავს პასუხისმგებლობების გადანაწილებას, გეგმა-გრაფიკის შედგენას და კონკრეტული აქტივობების განსაზღვრას.
3. **განხორციელება.** კომპანია ახორციელებს სამოქმედო გეგმას არსებული რესურსების გამოყენებით (ადამიანური, ფინანსური და სხვა). პერსონალის უწყვეტი ტრენინგი და მათი კომპეტენციების გაზრდა განხორციელების ეტაპის მნიშვნელოვანი კომპონენტია. განხორციელების ეტაპის სხვა კომპონენტებია, დოკუმენტაციის წარმოება, საოპერაციო მეთოდოლოგიის შემუშავება და შიდა და გარე საკომუნიკაციო კავშირების აწყობა.
4. **შეფასება.** კომპანია ახდებს თავისი საქმიანობის მონიტორინგს, იმისათვის, რომ მოხდეს მიღწეული შედეგების შეფასება, შესაბამისად, საჭიროების შემთხვევაში ხდება გამაუმჯობესებელი ღონისძიებების დაგეგმვა და განხორციელება..
5. **განხილვა.** მენეჯმენტი განიხილავს გმს-ს მუშაობის ეფექტურობის შეფასების შედეგებს. და განსაზღვრავს, თუ რამდენად შეესაბამება არსებული გარემოს დაცვითი პოლიტიკა კომპანიის ღირებულებებს, ამის შემდეგ საჭიროების მიხედვით ხდება სამოქმედო გეგმის რევიზია იმისათვის, რომ მოხდეს გმს-ს ეფექტურობის ოპტიმიზაცია.

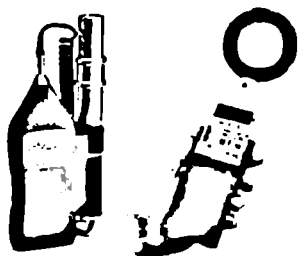
2. გარემოს დაცვის მონიტორინგი და გარემოზე ზემოქმედების შეფასება

გარემოს დაცვის მონიტორინგი წარმოადგენს იმ პროცესებისა და აქტივობების ერთობლიობას, რომელიც ხორციელდება გარემოს მდგომარეობის აღწერისა და მონიტორინგის მიზნით. გარემოს დაცვის მონიტორინგი გამოიყენება გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისათვის. გარემოს დაცვის მონიტორინგის სხვადასხვა პარამეტრით ხორციელდება: ქიმიური, ბიოლოგიური, რადიოლოგიური, მიკრობიოლოგიური, და ა.შ; უნდა განვასხვავოთ მონიტორინგისა და აუდიტის მცნება. **გარემოსდაცვითი მონიტორინგი** მოიცავს მიმდინარე შემოწმებას, ტექნიკის, სისტემების, საოპერაციო საქმიანობების ინსპექციას ან გამოცდას გარემოზე მათი ზემოქმედების რეგულარული და ხშირი შეფასების საფუძველზე., ხოლო **აუდიტი** – ეს არის წინასწარ განსაზღვრული სტანდარტების შესაბამისად ორგანიზაციის შედეგებისა და სისტემების პერიოდული შეფასება გარემოს დაცვით საქმიანობებში.

2.1. გარემოს დაცვის მონიტორინგისა და მონაცემთა დამუშავების სისტემები

თანამედროვე მსოფლიოში გამოიყენება მონიტორინგის წარმოებისა და მიღებული მონაცემების მართვისა და დამუშავების სხვადასხვა მაღალტექნოლოგიური სისტემები, რომელთა საშუალებით ხორციელდება უწყვეტი ან ნახევრად უწყვეტი მონიტორინგი. ასეთი სისტემები აღჭურვილია, მაგალითად, წინასწარ მითითებული დროის ინტერვალში ავტომატური ნიმუშის აღების და სხვადასხვა მონაცემის (ტემპერატურა, გამტარობა, გახსნილი ჟანგბადის დონე, სიმღვირვე და ა.შ) გაზომვისა და დამუშავების პროგრამული პაკეტებით⁴⁸.

ლოკალური დაბინძურების შესამოწმებლად ფართოდ გამოიყენება პორტატული ტესტირების აღჭურვილობა – ხმაური, მტვერი, ტემპერატურა, ტენი, ნახშირორჟანგი, მეთანი, ჟანგბადი და. სხვა.



სურ. 2. დაბინძურების საკონტროლო პორტატული აპარატები (მტვერი, ზეგრა)⁴⁹

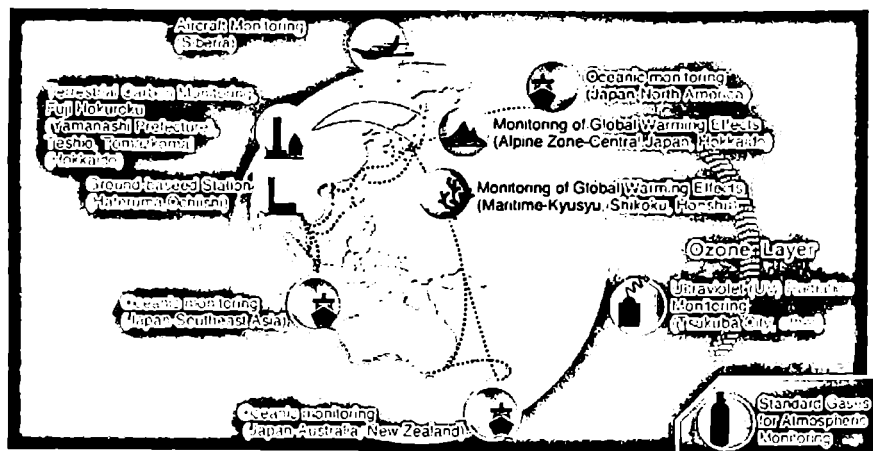
გლობალური კლიმატური

48. <http://www.catlinusa.com/environmental3.html>

49. <http://www.instruments4hire.com/MicrodustPro.pdf>

ცვლილებების კონტროლისათვის (სტრატოსფეროს, ტროპოსფეროს, წყლების, და ბიოსფეროს მონიტორინგი) გამოიყენება დისტანციური მონიტორინგის საშუალებები: სატელიტური, აერო - გადაღებები და მრავალარხიანი სენსორები.

სურ.3 გლობალური მონიტორინგის სქემა Global Environmental Monitoring⁵⁰



2.2. გარემოზე ზემოქმედების შეფასება

გარემოს დაბინძურების მონიტორინგის განუყოფელი ნაწილია გარემოზე ზემოქმედების შეფასება (ELA – environmental impact assessment), ეს პროცედურა ხორციელდება რაიმე ქმედებასთან ან საქმიანობასთან მიმართებაში, წინასწარ, მისი განხორციელების დროს ან მისი დასრულების შემდეგ. მიუხედავად იმისა, რომ ამ პროცედურის განხორციელების კრიტერიუმები ქვეყნების იურისდიქციების მიხედვით განსხვავებულია, მაინც არსებობს მათ შორის საერთო ასპექტებიც, როგორებიცაა: სკრინინგი, წინასწარი ანალიზი, ალტერნატივების განხილვა, საბაზისო გარემოს დაცვითი კვლევა, შედეგების წინასწარმეტყველება, ზიანის შემცირების ღონისძიებები, საჯარო მონაწილეობა და განხილვა, გარემოზე ზემოქმედების შეფასების ანგარიში, გადაწყვეტილების მიღება და აუდიტისა და მონიტორინგის საშუალებით პროექტის შემდგომი ანალიზი.

50. <http://db.cger.nies.go.jp/gem/moni-e/moni/project.html>

„საქართველოს კანონი გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის“⁵¹ შესახებ ამ პროცედურას შემდეგნაირად განსაზღვრავს: **გარემოზე ზემოქმედების შეფასება არის** *„დაგეგმილი საქმიანობის შესწავლისა და გამოკვლევების პროცედურა, რომლის მიზანია გარემოს ცალკეული კომპონენტების, ადამიანის, ასევე ლანდშაფტის და კულტურული მემკვიდრეობის დაცვა. გზშ შეისწავლის, გამოავლენს და აღწერს საქმიანობის პირდაპირ და არაპირდაპირ ზეგავლენას ადამიანის ჯანმრთელობასა და უსაფრთხოებაზე, მცენარეულ საფარსა და ცხოველთა სამყაროზე, ნიადაგზე, ჰაერზე, წყალზე, კლიმატზე, ლანდშაფტზე, ეკოსისტემებსა და ისტორიულ ძეგლებზე ან ყველა ზემოაღნიშნული ფაქტორის ერთიანობაზე, მათ შორის, ამ ფაქტორების ზეგავლენას კულტურულ ფასეულობებსა (კულტურულ მემკვიდრეობას) და სოციალურ-ეკონომიკურ ფაქტორებზე“*

გარემოს ზემოქმედების შეფასების ანგარიშში განხილულია შემდეგი ძირითადი საკითხები: სამართლებრივი ასპექტები; საინჟინრო-ტექნიკური ასპექტები, ეკოლოგიური შეფასება; გარემოს ფონური მონაცემები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებები; ზემოქმედების რეცეპტორები; გარემოზე ზეგავლენის შემცირების ღონისძიებები; გარემოსდაცვითი მონიტორინგის და მენეჯმენტის გეგმის პრინციპები; მიღებული შედეგების ანალიზი, დასკვნები და რეკომენდაციები.

3. რისკის შეფასება

ნარჩენების მართვაში რისკი მიღებულია საზომი ერთეულია. რისკის შეფასებით ხდება იმის განსაზღვრა, თუ რამდენად სწორად ხდება ნარჩენების მართვა და გადააჭარბა თუ არა ნარჩენებმა დასაშვებ რისკის დონეს.

მაღალი რისკის არსებობა ნიშნავს არასწორ მართვას.

დასაშვები რისკის სტანდარტები ისაზღვრება სხვადასხვა უფლებამოსილი ორგანოების მიერ, შესაბამისი რეგულაციების მიხედვით, მაგალითად: ჯანდაცვის კოდეზი და რეგულაციები, ზონირებისა და შენობების კოდეზი და რეგულაციები, მშენებლობის ნორმები, და ა.შ. ასე მაგალითად, აშშ-ში ასეთ ორგანოებს განეკუთვნება: გარემოს დაცვის სააგენტო, და სტანდარტებისა და ტესტირების ეროვნული ინსტიტუტი (National Institute of Standards and Testing).

51. http://moe.gov.ge/files/kanonmdbloba/kanonebi_2013/3_kanoni.pdf

რისკი თავისათვად წარმოადგენს ამა თუ არასასურველი მოვლენას, რომელიც შესაძლოა რომ მოხდეს. რისკის ანალიზით ხდება იმ ფაქტორების განსაზღვრა, რომლებიც განაპირობებენ ამ რისკის წარმოქმნას, ხოლო რისკის შემცირების ღონისძიება კი რისკის მართვის მაგალითია (მაგალითად, ნაგავსაყრელის გარშემო დამცავი კონსტრუქციების აშენება, შესაბამისი რეგულაციების შემუშავება და დანერგვა და სხვა). რისკის მართვა გულისხმობს სხვადასხვა ამოცანის გადაწყვეტის სხვადასხვა გზას ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, სამართლებრივი, ფინანსური თუ პოლიტიკური ხასიათის ინსტრუმენტების გამოყენებით.

რისკის მართვა განსხვავდება რისკის შეფასებისაგან, რომელიც უფრო სამეცნიერო შინაარსს ატარებს და გულისხმობს იმ საფრთხეების სამეცნიერო შეფასებას, რომელიც იწვევს რისკს.

3.1. საფრთხე/სახიფათო ნარჩენები (HAZARD)

საფრთხე ან საფრთხის/ხიფათის შემცველი აგენტი, რომელმაც შეიძლება ზიანი მიაყენოს ადამიანს ან გარემოს, და მისი **ექსპოზიცია** (მისი ზეგავლენის მასშტაბი/დონე) - ეს ის ორი ფაქტორია, რომელიც განსაზღვრავს რისკს. შესაბამისად, რისკის მართვა სწორედ ისეთი რეგულაციების შემუშავებას და დანერგვას გულისხმობს, რომლებიც მიმართული იქნება ამ ორი ფაქტორის შეზღუდვასა და მისი მოქმედების პრევენციაზე.

საფრთხე შეიძლება წარმოიქმნას, ამა თუ იმ პროდუქტის წარმოების, გამოყენების ან მისი ნარჩენად გარდაქმნის ეტაპზე. მაგალითად, 1,1,1 ტრიქლორეთანი რომელიც გამოიყენება ქიმიურ გადამუშავებელ ქარხნებში როგორც გამხსნელი, შესაძლოა სახიფათო იყოს ქარხნის პერსონალისათვის, რამდენადაც იგი კანცეროგენულია. ამავე დროს, იგი შესაძლოა იყოს სახიფათო თუ მისი ნარჩენები მოხვდება ნაგავსაყრელზე. შრომის უსაფრთხოების თვალსაზრისით ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს, თუ როგორია ამა თუ სახიფათო აგენტის ზემოქმედების დონე. ზემოთ მოყვანილი მაგალითში, ტრიქლორეთანის ზემოქმედების დონე სხვადასხვაა სხვადასხვა კატეგორიის მუშებისათვის: უფრო მაღალია მათთვის ვინც უშუალოდ საწარმოო პროცესში იღებს მონაწილეობას და შედარებით დაბალია საწარმოსთან ახლოს მომუშავე მუშებთან. სამუშაო ექსპოზიცია განისაზღვრება ჩვეულებრივ - 5 - დღიანი სამუშაო ციკლით, (მაგალითად დღეში 8 საათი ან 10 საათი), ხოლო გარემოზე ზემოქმედება კი განისაზღვრება 24 საათიანი /დღიური დოზით.

3.2. ნარჩენების რისკის მახასიათებლები

ნარჩენების რისკის შეფასებისას, პირველ რიგში, უნდა განისაზღვროს პოტენციური საფრთხე და შემდეგ უნდა დამუშავდეს ყველა ის შესაძლო სცენარი, რომელიც შესაძლოა განვითარდეს ამ საფრთხის გაჩენის მომენტიდან. ანუ უნდა განისაზღვროს არა მარტო ამ ნარჩენის შემადგენლობა, არამედ ისიც თუ რა შესაძლო ცვილელებს იწვევს ეს ნარჩენი ამა თუ იმ გარემოში მოხვედრის შემთხვევაში, დროის სხვადასხვა ინტერვალში (ზემოქმედება დროსა და სივრცეში), და რა ტიპის სინერგიული ან ანტაგონისტური ზემოქმედება შეიძლება მოახდინოს ამ ნარჩენმა. იმისათვის, რომ შეფასდეს ამა თუ იმ სცენარის მნიშვნელობა, საჭიროა განისაზღვროს, ამა თუ იმ ეფექტის სიმძიმის დონე --severity of effects(ძლიერი, საშუალო, დაბალი) და მისი ალბათობა (სიხშირე - frequency, potential of existence of such effect).

საზოგადოდ, რისკი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$R = f(S, P)$$

სადაც რისკი (Risk) წარმოადგენს სიმძიმის დონისა (Severity) და ზიანის ალბათობის (Probability) ფუნქციას.

მაგალითად, ტრადიციული ქიმიური რისკის შეფასების პროცესი საკმაოდ რთული და კომპლექსური პროცესია. იგი იწყება საფრთხის იდენტიფიცირებისაგან, რომელიც შედგება აგენტის ფიზიკო ქიმიური თვისებებისაგან, მისი ზეგავლენის გზებისა მოდელებისაგან და ტოქსიური ეფექტებისაგან, საფრთხის იდენტიფიკაციისას მხედველობაში მიიღება ქიმიური სტრუქტურა, რომელიც დაკავშირებულია ტოქსიურობასთან, მეტაბოლურ და ფარმაკოკინეტიკურ თვისებებთან. ნარჩენების შემთხვევაში საფრთხის იდენტიფიცირება ძალიან რთულია, რამდენადაც, უმეტეს შემთხვევაში, იგი სხვადასხვა ნივთიერების ნარევს წარმოადგენს. ამდენად ამ შემთხვევაში უნდა მოხდეს მისი თითოეული კომპონენტის მიმართ რისკის შეფასება, ისევე როგორ ნარევში მისი კომბინირებული ეფექტი, (იქნება ეს ქიმიური თუ ბიოლოგიური წარმოშობის კომპონენტი).

“ჯოჯოხეთისკენ მიმავალი გზა კეთილი სურვილებითაა მოკირწყლული” - ეს ცნობილი გამოთქმა კარგად მიესადაგება მოსალოდნელ სცენარს, რომელიც შესაძლოა განვითარდეს, თუკი კეთილი სურვილების მიუხედავად, არ განხორციელდება ნარჩენების მართვის თანამედროვე პრინციპები, რომლებიც კომპლექსურ მიდგომას, რისკ ფაქტორების ანალიზსა და პრევენციას ითვალისწინებს.

როგორც წესი, ნარჩენების მართვის დეფიციტი სამი ძირითადი პრობლემის სახით ვლინდება:

- არასათანადო კვალიფიკაცია;
- პრევენციის ნაცვლად, უკვე მომხდარი კატასტროფის ან დაზიანების აღმოფხვრის მცდელობა ე.ი. არასათანადო მართვის ნიმუში, როდესაც ბიოინჟინერიას მხოლოდ მოვლენის შემდგომ, ე.ი. პოსტფაქტუმ იყენებენ;

მეტისმეტ, გაუმართლებელი მომჭირნეობა ნარჩენების მართვის ერთიანი სისტემის შექმნის საკითხში, რომელიც აუცილებლად მოითხოვს ნარჩენების მართვის პრობლემების სპეციალისტებითა და ასევე სათანადო მეცნიერებატევადი დარგების წარმომადგენლებით დაკომპლექტებული გუნდის ეფექტურ ქმედებას.

ნარჩენების მართვის ზემოთაღნიშნული პრობლემების იგნორირება შეუდარებლად უფრო ძვირი უჯდება სახელმწიფოს და საზოგადოდ კაცობრიობას, ვიდრე მისგან გამოწვეული საფრთხის პრევენცია ნარჩენების მართვის გამართული სისტემის შექმნის გზით, რომელიც ნარჩენების გაუვნებელყოფის, შენახვისა და რეციკლირების საკითხებს აწესრიგებს.

REFERENCES

- D.A.Vallero(2010). *Environmental Biotechnology: A Biosystems Approach*. Elsevier. Academic Press,London.
- W.G.Hopkins(1995). *Introduction to Plant Physiology*. Ed . John Wiley & Sons Inc.USA.
- S.A.Stanley(2008).*Cell Biology for Biotechnologists*. Alpha Science International Ltd.Oxford, U.K.
- D.A.Vallero(2011).*Thermal Waste Treatment*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- D.A.Vallero(2011).*Hazardous Wastes*.In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- D.A.Vallero(2011).*Thermal Pollution*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- D.J.Vallero(2011), D.A.Vallero. *Land Pollution*. In: *Waste Management*.Elsevier Inc.
- D.A.Vallero(2011). *Air Pollution: Atmospheric Wastes*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- G.Stansbery(2011).*Space Waste*. In: *Waste Management*, Elsevier Inc.
- G E Marra, R.A.Palmer. *Radioactive Waste Management*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- G.Blight(2011). *Mine Waste: A brief Overview of Origins, Quantities, and Methods of Storage*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- R.Slack T.M.Letcher(2011). *Chemicals in Waste: Household Hazardous Waste*.In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- T.Pretz, J.Julius(2011). *Metal Waste*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- M.Chertow, J.Park(2011). *Reusing Nonhazardous Industrial Waste Across Business Clusters*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- P.Lettieri, S.M.AL-Salem(2011). *Thermochemical Treatment of Plastic Solid Waste*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- M.Osmani(2011). *Construction Waste*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc.
- J.V.Macias-Zamora(2011). *Ocean Pollution*. In: *Waste Management*. Elsevier Inc
- M.Treshow (1984),ed. *Air Pollution and Plant Life*. New York, Wiley.
- M.Treshow, F.K.Anderson (1989). *Plant Stress from Air Pollution*, New York, Wiley.
- P.J.Peterson (1993). *Plant Adaptation to Environmental Stress: Metal Pollutant Tolerance*. In: *Plant Adaptation to Environmental Stress*. London, Fovden,Mansfield, Stoddart (eds), Chapman and Hall.
- J.E.Smith (1988), *Biotechnology*, 2nd ed. London, Edward Arnold.
- P.M.Gresshoff (1992).ed., *Plant Biotechnology and Development*. Boca Raton. CRC Press.
- P.Kareiva (1993). *Transgenic plants on trial*. Nature 363.