

# თვალი თვალს რომ მოშორდება, გული გადასხვაფერდება

მითითებები მასწავლებლებისთვის

## ცოდნა და გაგება

- ადამიანები ნარჩენების გადაყრით ამცირებენ ცხოველებისა და მცენარეების საარსებო ბუნებრივ გარემოს.
- ადამიანის ქმედებამ, შეიძლება, დააბინძუროს ხმელეთი ტოქსიკური ქიმიკატებით, რომლებიც ნიადაგიდან შესაძლებელია წყალშიც მოხვდეს.
- ადამიანის ქმედებამ, შეიძლება, დააბინძუროს წყალი ტოქსიკური ქიმიკატებით.
- თუ ნარჩენები სწორად არ იქნება დალუქული და განთავსებული, მაშინ გარემოს დაბინძურების რისკი ძალიან დიდია.

## შესავალი

ამ მოდულში მოსწავლეებმა უნივერსიტეტის გარემოს დაცვითი ქიმიის დეპარტამენტის მკვლევარების როლი უნდა მოირგონ. ნარჩენების გადამამუშავებელმა კომპანიამ აღნიშულ დეპარტამენტს სთხოვა, მიეცა გარკვეული რეკომენდაციები ყველაზე შესაფერის ბუნებრივ მასალაზე ან მასალათა კომბინაციაზე, რომელსაც გამოიყენებდნენ ნაგავსაყრელების ტერიტორიის გარე დამცავ ლაინერად (გარსად). მოსწავლეებს ევალებათ, წაიკითხონ საინფორმაციო ფურცლები, წაკითხული ინფორმაცია გაუზიარონ თავიანთ ჯგუფის წევრებს, შემდეგ დაგეგმონ და განახორციელონ კვლევები. მოხსენება უნდა დაიწეროს ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპანიისთვის, რომელიც მას სჭირდება ნარჩენების უტილიზაციის ნებართვის მოპოვებისთვის.

-----  
\* *Sandwick* - სენდვიკი (დასახლება შოტლანდიაში)

*Quarry* - კარიერი

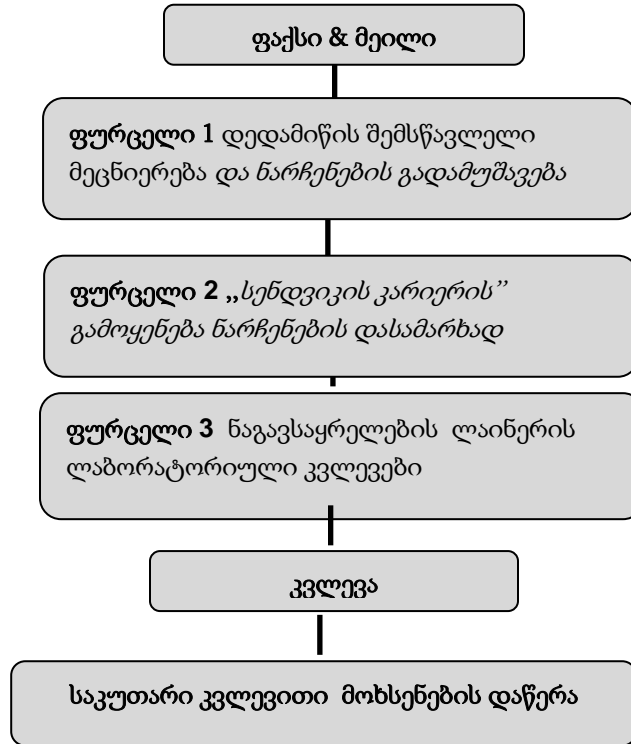
*landfill* /landfill sites - ნაგავსაყრელი

*landfill liners* -ნაგავსაყრელის შემომსაზღვრელი სპეციალური შრე -ლაინერი.

*leachate* - ფილტრატი ( ამ შემთხვევაში სითხე, რომელიც გამოიყოფა ნაგავსაყრელიდან)



## მოდულის ფარგლებში განსახორციელებელი აქტივობები



## კვლევაზე დაფუძნებული საბუნებისმეტყველო განათლება

- მეცნიერული იდეებისა და მოდელების გამოყენება მოვლენების ასახსნელად და მათი შემოქმედებითად გამოყენება, თეორიების ჩამოსაყალიბებლად და შესამოწმებლად.
- მრავალფეროვანი მეცნიერული მეთოდებისა და ხერხების გამოყენება იდეებისა და ახსნა-განმარტებების შესამოწმებლად.
- რისკების შეფასება და ლაბორატორიაში უსაფრთხოდ მუშაობა.
- პრაქტიკული და კვლევითი აქტივობების როგორც ჯგუფურად, ისე ინდივიდუალურად დაგეგმვა და ჩატარება.
- სხვადასხვა პირველადი და მეორადი წყაროებიდან მონაცემების მოპოვება, ჩაწერა/აღრიცხვა და გაანალიზება; საკუთარი დაკვირვების შედეგებისა და აღმოჩენების გამოყენება მეცნიერული ახსნების გასაკეთებლად.
- შესაბამისი მეთოდების გამოყენება (ICT ტექნოლოგიების ჩათვლით) სამეცნიერო საკითხებზე დისკუსიისა და პრეზენტაციების დროს.

აღნიშნული აქტივობა მოსწავლეებს, ასევე, საშუალებას აძლევს:

- იკვლიონ, გამოსცადონ, განიხილონ და ჩამოაყალიბონ არგუმენტები.
- გამოიყენონ ცხოვრებისეული მაგალითები მეცნიერების შესახებ უფრო მეტის გაგების მიზნით.
- მდგრადი განვითარების პრინციპების მნიშვნელობის გააზრება მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების პროცესში.

### წინარე ცოდნა

ამ მოდულის დანერგვამდე, მოსწავლეებმა უნდა იცოდნენ თუ რას ნიშნავს მჟავა და ტუტე რეაქციები, ნეიტრალიზაციის რეაქციები და გარემოს დამაბინძურებელი საყოფაცხოვრებო და ინდუსტრიული ნარჩენების გავრცელებული მაგალითი, მათ შორის წყლის დაბინძურების წყაროები. კარგი იქნება, თუ მოსწავლეებს ეცოდინებათ ქანების ტიპები, განსაკუთრებით დანალექი ქანები, მათი თვისებები და მნიშვნელობა.

### აქტივობის მსვლელობა

ა. აღნიშნული აქტივობისას, მოსწავლეებმა უნდა იმუშაონ ჯგუფებში. გთავაზობთ ერთ-ერთ ვარიანტს:

საწყისი ბრიფინგი	მთელი კლასი; მასწავლებელი მოკლედ აცნობს საკითხს და აყალიბებს სცენარს აქტივობებისთვის.
შეხვედრის დაგეგმვა	- რეკომენდირებულია 6 კაციან ჯგუფების შექმნა. ერთი მოსწავლე უნდა იყოს კველითი ჯგუფის ლიდერი.
მოცემული სამი საინფორმაციო ფურცლის ანალიზი	შესაძლებელია ფურცლები განაწილდეს წყვილებში, რომელსაც დაამუშავებენ და გააკეთებენ მოკლე მოხსენებას შეხვედრისას.
კვლევის ჩატარება	წყვილებში ან 3-4 კაციან ჯგუფებში (დამოკიდებულია ხელსაწყოების რაოდენობაზე)
შედეგების ანალიზი	წყვილებში, სამეულში ან ინდივიდუალურად, თუ მიზანი ნამუშევრის შეფასებაა
კომუნიკაცია	წერითი მოხსენებების (ინდივიდუალური ან ჯგუფური) მომზადება და მიღებულ შედეგებზე საკლასო დისკუსიაში მონაწილეობა



## ბ. დრო

ამ აქტივობისთვის გათვლილია 2-3 საგაკვეთილო საათი (თუმცა, გამომდინარე კვლევის მასშტაბისა ეს შეიძლება შეიცვალოს). კვლევის ხანგრძლივობა, შეიძლება, იყოს განსხვავებული, მაგრამ საცდელი ლაინერის დამზადებასა და ფილტრატის შეგროვებას უნდა დაეთმოს ორ გაკვეთილი. დროის დაზოგვის მიზნით, შესაძლებელია, საინფორმაციო ფურცლები მოსწავლეებს მივცეთ საშინაო დავალებად. კარგი იქნება, თუ მოსწავლეებს ექნებათ საშუალება, ჯგუფის დანარჩენ წევრებთან გააკეთონ მოხსენებები. შესაძლებელია, საჭირო გახდეს დამატებითი დროის მიცემა კვლევების ინდივიდუალური მოხსენებების მოსამზადებლად.

## გ. აქტივობები

მოსწავლებელმა მოსწავლეებს უნდა გააცნოს მოსწავლის სამუშაო ფურცლები, რომელებიც მათ მიაწვდის ინფორმაციას, თუ რა უნდა გააკეთონ მოდულის ფარგლებში. რადგანაც მოსწავლის სამუშაო ფურცლები მოიცავს შესასრულებელი აქტივობების ჩამონათვალს, მოსწავლეებს, საშუალება ექნებათ თავად გააკეთონ შეფასება. „ქიმიის განყოფილების ხელმძღვანელმა“ (მასწავლებელმა) თითოეულ ჯგუფს უნდა მისცეს ფაქსისა და E-mail ამობეჭდილი ეგზემპლარები. თითოეულ ჯგუფს უნდა ჰქონდეს სამივე საინფორმაციო ფურცელი.

E-mail-ში მოცემულია ერთგვარი მაპროვოცირებელი ამბავი, რომელიც მოსწავლეებს უბიძგებს, წაიკითხონ ინფორმაცია მოცემულ საკითხზე.

- **ფურცელი 1.** სტატია დაწერილია სამეცნიერო პოპულარულ სტილში და მოსწავლეებს აწვდის გარკვეულ საბაზისო ინფორმაციას ნაგავსაყრელების შესახებ. განსაკუთრებული ყურადღებაა გამახვილებული იმაზე, თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია გარემოს გეოლოგიური თავისებურება ნაგავსაყრელების მოწყობის დროს. ამ ფურცელზე მუშაობისას, მოსწავლეებმა ყურადღება უნდა გაამახვილონ „ქიმიის განყოფილების ხელმძღვანელის“ მიერ გაკეთებულ კომენტარებსა და /შენიშვნებზე. ამ საინფორმაციო ფურცელში, ასევე, აღწერილია ნაგავსაყრელებთან დაკავშირებული რამდენიმე საკითხი.
- **ფურცელი 2** გვაწვდის ინფორმაციას გეოლოგიური კვლევის შედეგების შესახებ. გეოლოგიური კვლევის შედეგების საფუძველზე ხდება ნაგავსაყრელის შექმნაზე ლიცენზიის გაცემა. კვლევითი ნაშრომი აღწერს ტერიტორიას და ნაგავსაყრელის დეტალებს. და ბოლოს, ნაშრომში წარმოდგენილია რჩევები თუ როგორ შეიძლება გარემოზე მავნე ზემოქმედების შემცირება.

- **ფურცელი 3** გვაწვდის ინფორმაციას იმ მეთოდებზე რომლითაც იკვლევენ ლაინერის თვისებებს. სამუშაო ფურცელი, ასევე, შეიცავს ინფორმაციას ლაინერებისათვის შესაფერისი მასალების თვისებებზე.
- **საბოლოო მოხსენების** დაწერისას, მოსწავლეები წყვილებში ინაწილებენ საკითხებს - ერთი წყვილი წერს მოხსენების ერთ ნაწილს, მეორე წყვილი სხვა ნაწილს და ა.შ. შესაძლებელია, მოსწავლეებს ინდივიდუალურად დაევალოთ მოხსენების მომზადება. საბოლოო მოხსენების ქვეთავები მოცემულია ფაქსის ფურცელში. უკანასკნელი მოსწავლეებს საშუალებას მისცემს, გაეცნონ რეალური მოხსენების სტრუქტურას.

კვლევის დიდი ნაწილი ეთმობა ნაგავსაყრელის ლაინერის დამზადების ტექნოლოგიას. კვლევა მოიცავს სხვადასხვა ნივთიერების (როგორც სინთეტიკური, ისე ბუნებრივი) თვისებების დადგენას და ამის საფუძველზე ლაინერისათვის საუკეთესოს შერჩევას. ნაგავსაყრელების თანამედროვე ტექნოლოგია მაქსიმალურად ითვალისწინებს გარემოზე მავნე ზემოქმედების შემცირებას. ამიტომ თანამედროვე ნაგავსაყრელებზე წარმოწმნილი ფილტრატი და გაზი გროვდება, გადაიქაჩება სპეციალურ ადგილებში, სადაც ხდება მათი გაუნებელყოფა ან მეორადი გადამუშავება. მოსწავლეებმა მუშაობისას სწორედ ამ პრინციპებზე დაფუძნებული მოდელები უნდა წარმოადგინონ.

### გ. კვლევა და ტექნიკური დეტალები

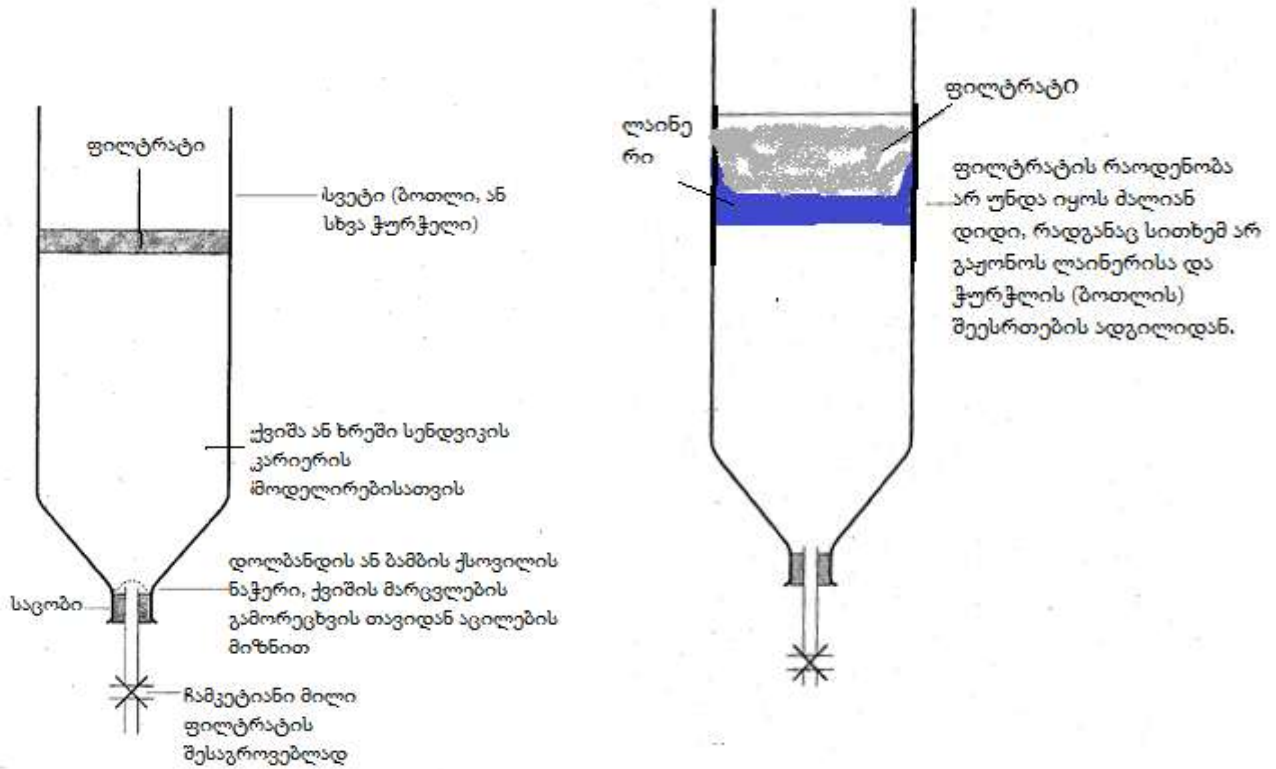
მოსწავლეები ირგებენ კონსულტანტების როლს. მათ პასუხი უნდა გასცენ კითხვას „რა იქნება ყველაზე კარგი ლაინერი ნაგავსაყრელისთვის?“ პრობლემის გადაჭრისთვის გზები შეიძლება იყოს განსხვავებული პირველ სურათზე მოცემული ექსპერიმენტების და მეორე სურათზე მოცემული მოდელების შემთხვევაში. მიღებული პასუხი ჯგუფზეა დამოკიდებული, თუ რამდენად სრულყოფილ მოდელებს გააკეთებენ.



## სურათი 1: ექსპერიმენტები

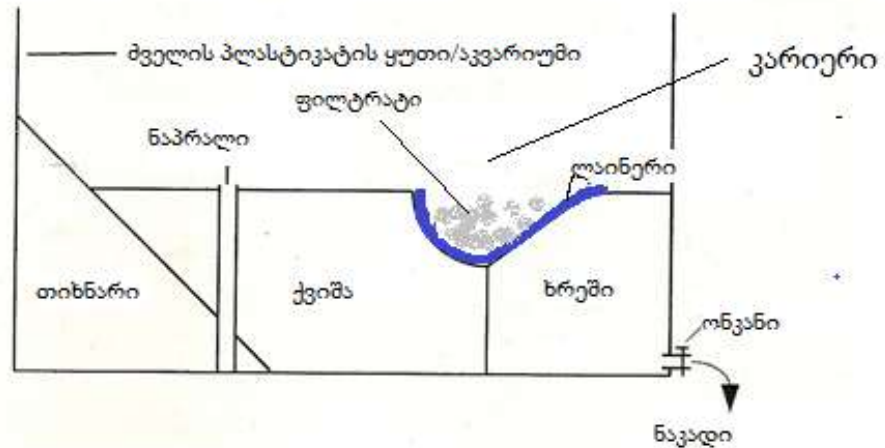
ა) მოდელი, სადაც გამოყენებულია ქვიშა და ხრეში.

ბ) მოდელი, სადაც ქვიშისა და ხრეშის გარდა გამოიყენება ლაინერი



ექსპერიმენტში ეგრედწოდებული „ტოქსიკური“ ქიმიკატების მოდელეზად შეიძლება გამოყენებულ იქნას საკვები ზეთი, მჟავები, საკვები საღებავები, ან სხვადასხვა ფერის მელანი, რათა სითხის - „გამონაჟონის“ მოძრაობა იყოს ხილვადი და ა.შ. „ფილტრადტი“ უნდა მომზადდეს წინასწარ და შეიცავდეს ზემოთ დასახელებული ნივთიერებების ნაზავს. თუ გამოიყენებული იქნება საღებავები ან მელანი, მოსწავლეებმა შესაძლებელია დაინახონ, ფილტრადტის მოძრაობა ქვიშისა და ხრეშის სვეტში. ასევე უნდა მოხდეს სვეტიდან გამოჟონილი სითხის ნიმუშის შემოწმება და გაანალიზება შემდეგი მახასიათებლების მიხედვით, მაგ., pH, სისუფთავე, გამჭირვალობა და სხვა.

## სურათი.2 სენდვიკის კარიერის მოდელი



### განმარტებები სურათი 2-სთვის

1. მოდელისთვის გამოიყენეთ ტენიანი ქვიშა და ხრეში
2. ავზს ფსკერზე უნდა ჰქონდეს ნახვრეტი, რომელზეც დამაგრდება ონკანი.
3. ავზის ერთ მხარეზე უნდა განთავსდეს თიხა იმგვარად, რომ ხელი შეუწყოს ფილტრატის 'ონკანისკენ დინებას.
4. ონკანის ნაცვლად შესაძლებელია გამოვიყენოთ პლასტმასის მილები ან შპრიცები რომლებიც „ჭაბურღილების“ მსგავსად უნდა ჩაერჭოს ქვიშაში. ამ მილებში დაგროვდება ფილტრატი და შესაძლებელი იქნება მისი ანალიზის გაკეთება.

ფაქსში საუბარია კარიერიდან აღებული ქანების ნიმუშებზე, რომელთა გამოკვლევაც აუცილებელია, რადგან გაირკვეს შედის თუ არა კარიერიდან აღებული ქანები რეაქციაში ფილტრატთან. კარიერიდან აღებული ქანების ნიმუშები შეიძლება იყოს:

- თიხა
- ქვიშა
- ცარცი (კალიუმის კარბონატის ფხვნილი)

კვლევის გაფართოების მიზნით ასევე შესაძლებელია გამოიყენოთ:

- ქალაღი
- პალსტიკატის ფენა
- ცემენტის ფხვნილი
- ნახშირის მტვერი
- მიწა/ნიადაგი
- და სხვა

შეგიძლიათ დაამატოთ მოსწავლეების მიერ შემოთავაზებული ნებისმიერი სხვა ნივთიერება/მასალა.

მოსწავლეებმა უნდა შეძლონ ვარაუდების გამოთქმა ნივთიერებების შესახებ არსებულ ცოდნაზე და ფურცლებიდან მიღებულ ინფორმაციაზე დაყრდნობით. ცვლადები შესაძლოა იყოს დაბინძურების ტიპი, ლაინერების ტიპი და სიღრმე, ქვიშა ან ხრეში, ფილტრატის მოძრაობის სიჩქარე და სხვა.

სხვადასხვა ჯგუფს შესაძლოა მიეცეთ პრობლემის სხვადასხვა ასპექტი. ზოგიერთი მათგანი უნდა იყენებდეს სვეტის ტიპის ექსპერიმენტს და ზოგი კი სენდვიკის მოდელს

#### დ) უსაფრთხოების საკითხები

წინასწარ უნდა გათვალთ შესაძლო რისკები ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარებისას.

*გამხსნელი მჟავები: გამლიზიანებლები*

*გადაყლაპვის შემთხვევაში:* გამოიბანეთ პირი და დალიეთ წყალი

*თვალის არეში მოხვედრის შემთხვევაში:* შეუშვირეთ თვალი გამდინარე წყალის ონკანს სულ მცირე 10 წუთის მანძილზე. მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას.

*კანზე მოხვედრის შემთხვევაში:* ჩამოიბანეთ გამდინარე წყლით. თუ დაგიზიანდათ კანის დიდი ნაწილი ან შეამჩნევთ შეშუპებას მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას.

გამოიყენეთ დამცავი სათვალე დაიბანეთ ხელები სამუშაოს შესრულების შემდეგ. რეკომენდირებულია ხელთათმანებით მუშაობა.

*კალციუმის ჰიდროქსიდი (ცემენტის ფხვნილი): გამლიზიანებელი*

*გადაყლაპვის შემთხვევაში:* გამოიბანეთ პირი და დალიეთ წყალი. მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას.

*ჩასუნთქვის შემთხვევაში:* გადით სუფთა ჰაერზე. მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას თუ სუნთქვა მცირე დროს კი გაგიძნელებათ.





**თვალში მოხვედრის შემთხვევაში:** შეუშვირეთ თვალი გამდინარე წყალს მანამ, სანამ არ გაგივლით უსიამონო შეგრძნება. მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას და აცნობეთ რა გამღიზიანებელთან გქონდათ შეხება.

**კანზე მოხვედრის შემთხვევაში:** ჩამოიფერთხეთ და შეხების ადგილი დაიბანეთ წყლით. გაიხადეთ დასვრილი ტანსაცმელი. მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას თუ დაზიანება არის დიდ ადგილზე ან შენიშნეთ შეშუპება.

გამოიყენეთ დამცავი სათვალე დაიბანეთ ხელები სამუშაოს შესრულების შემდეგ. რეკომენდირებულია ხელთათმანებით მუშაობა.

*მტვერი (ქვანახშირი/ცემენტი)*

**სუნთქვის დაზიანება:** ასეთი დაზიანება უფრო სერიოზულია ასთმიაზე მისთვის.

**თუ თავს იგრძნობთ ცუდად:** გადით სუფთა ჰაერზე. ასთმიაზე უნდა დალიონ მედიკამენტები, თუ თავს უკეთ არ იგრძნობთ დაუყოვნებლივ მიმართეთ სამედიცინო დახმარებას.

### მოსწავლეთა შემდგომი კვლევითი შესაძლებლობები

მოსწავლეებს შეუძლიათ მოიძიონ დამატებითი ინფორმაცია ნარჩენების გადამუშავებისა და უტილიზაციის სხვა მეთოდებზე, მაგალითად, ნაგვის დაწვა ან სხვა ტექნოლოგიები (მაგ., reed bed technology). მათ შეუძლიათ, ჩაატარონ კვლევა, თუ როგორ გვარდება ნარჩენების პრობლემა მათ საცხოვრებელ ადგილას და რამდენად ხდება ნარჩენების გადამუშავება. მოსწავლეებს შეუძლიათ დააკვირდნენ საკუთარ სახლებში ან სკოლაში დაგროვილ ნარჩენებს კვირის/თვის მანძილზე და მოიფიქრონ, თუ როგორ არის შესაძლებელი გაუმჯობესდეს მათი დამუშავება.



# თავალი თავლს რომ მოშორდება გული გადასხვაფერდება?

## მოსწავლის აქტივობის ფურცელები

### სცენარის შერჩევა

თქვენ იქნებით ერთ-ერთი უნივერსიტეტის ქიმიის განყოფილების ახალი მკვლევარი-მოსწავლეების გუნდის წევრი. ამ დეპარტამენტს სთხოვეს, მიეცა გარკვეული რეკომენდაციები კომპანიისთვის ნარჩენების გადამუშავების თაობაზე. კომპანიას აინტერესება თუ რომელი ნივთიერება იქნება ყველაზე შესაფერისი, ნაგავსაყრელის ადგილების იზოლირებისთვის, ტოქსიკური ქიმიკატების გარემოში გავრცელების შემცირების მიზნით. თქვენ გევალებათ კვლევის ჩატარება, რომელიც დაგეხმარებათ ამ კომპანიისთვის რეკომენდაციის დაწერაში.

- ადამიანები, ნარჩენების გადაყრით ამცირებენ ცხოველებისა და მცენარეებისთვის განკუთვნილ ბუნებრივ საარსებო გარემოს.
- ადამიანთა ქმედებამ შეიძლება დააბინძუროს ხმელეთი ტოქსიკური ქიმიკატებით, რომლებიც ნიადაგიდან შესაძლებელია წყალშიც მოხვდეს.
- ადამიანის ქმედებამ შეიძლება დააბინძუროს უშუალოდ წყალი ტოქსიკური ქიმიკატებით.
- თუ ნარჩენები სწორად არ იქნება დალუქული და განთავსებული, მაშინ გარემოს დაბინძურების რისკი ძალიან დიდია.

### მოსალოდნელი შედეგები

ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპანიისთვის უნდა მოამზადოთ მოხსენება, სადაც ხაზგასმული იქნება თქვენი რეკომენდაციები ნაგავსაყრელების დამცავი ზოლის - ლაინერის შესახებ. ფაქსი და იმეილი მიგითითებთ თუ როგორ უნდა იმოქმედოთ .

მუშობისას თქვენ უნდა შეასრულოთ სამუშაო ფურცელებში მოცემული დავალებები:

#### 1. სამუშაო ფურცელები 1, 2, 3

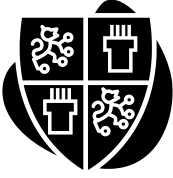
- უპასუხოთ კითხვებს, რომლებიც მოცემულია კომენტარებში
- გააკეთოთ შეჯამება, რის საფუძველზეც უნდა მოამზადოთ მოხსენება თქვენი ჯგუფის წინაშე.

#### 2. ჯგუფური განხილვა

- კვლევის დაგეგმვა ნაგავსაყრელების ლაინერისთვის შესაფერისი ნივთიერების თვისებების დასადგენად.

### 3. მოხსენება ჰამსაიდის ნარჩენების გადამუშავების კომპანიისთვის (HWD)

- კვლევის ანგარიშის მომზადება
- არსებული/პრაქტიკაში გამოყენებული ლაინერის ტიპების დადებითი და უარყოფითი მხარეების მოკლე მიმოხილვა
- რეკომენდაცია შედარებით კარგი ლაინერის გამოყენებაზე
- სხვა ფაქტორების ჩამონათვალი, რომელთა გათვალისწინებაც რეკომენდირებული იქნება კომპანიისთვის, რათა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი დაბინძურება და ხმაური.



პრინცესა ელისაბედის უნივერსიტეტი

ფაქსი

ვის: ჯოანა სმიტი, კვლევითი გუნდის ხელმძღვანელი/ლიდერი

განყოფილება: გარემოსდაცვითი ქიმიის დეპარტამენტი

ფურცლების რაოდენობა (გარეკანის ჩათვლით): 2

ვისგან: პროფ. ერიკ ლანდერი, განყოფილების ხელმძღვანელი

განყოფილება: ქიმიის დეპარტამენტი

ფაქსი: 0123 456789

ტელეფონი: 0123 456788 ext. 1122

იმილი: el123@chem.peu

შეტყობინება:

Re: Hamside Waste Disposal (HWD) plc: ძველი ნაგავსაყრელი ადგილისთვის ლაინერის კონტრაქტი.

ჰამსაიდის ნარჩენების გადამამუშავებელმა კომპანიამ (HWD) ახლახანს დაამთავრა მოხსენება ძველი კარიერების ადგილების ნაგავსაყრელებად გამოყენების შესახებ. მათ სურთ, მოიპოვონ საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ამ ადგილებში უტილიზაციის ნებართვა. ამ ნებართვის მოპოვებამდე, მათ უნდა წარადგინონ დასაბუთება, თუ როგორ მოახერხებენ აღნიშნული ადგილის იზოლირებას, რათა არ მოხდეს დამაბინძურებელი ნივთიერებების გაჟონვა სხვა ადგილებში. ჰამსაიდის ნარჩენების გადამამუშავებელ კომპანიასთან გაფორმებული გვაქვს კონტრაქტი, რომლის თანახმადაც, ჩვენ უნდა გამოვიკვლიოთ ნაგავსაყრელი ტერიტორიების ლაინერის სამი შესაძლო ვარიანტი და მივაწოდოთ რეკომენდაციები, თუ რომელი მათგანი იქნება ყველაზე შესაფერისი. ჩვენ გვაქვს ლაინერის რამდენიმე ნივთიერების ნიმუში, რომელთა მრავალგვარი კომბინებრებაა შესაძლებელი.

**პროექტისთვის განკუთვნილი დრო ძალიან მცირეა.** გირჩევთ, მუშაობაში ჩართოთ თქვენი ახალი მკვლევარი მოსწავლეები, მაგრამ რადგანაც მათ არ აქვთ ნაგავსაყრელი ადგილების ტექნიკურ მონაცემების კვლევის გამოცდილება, საჭიროა, სწრაფოდ, მოკლე დროში მივაწოდოთ სათანადო ინფორმაცია, რათა შეძლონ ამ საკითხზე წარმატებით მუშაობა.

გთავაზობთ 3 ფურცელს, რომელიც შეიძლება დაგეხმაროთ. კარგი იქნება თუ კვლევითი ჯგუფები დაამუშავებენ ამ ფურცლებს კვლევების დაწყებამდე. ასევე, გაკეთებული მაქვს რამდენიმე კომენტარი/ფურცლებზე, რომლებიც შეიძლება დაგეხმაროს მოსწავლეთა ჯგუფებს საკითხის გარკვევაში. კარგი იქნება, თუ მკვლევარი მოსწავლეები ჩაინიშნავენ და დაწერენ პასუხებს ჩემს მიერ ხელით დაწერილ კომენტარებსა და კითხვებზე.

1. Landers, E. (2005), Earth Science and waste disposal, *Environmental Matters*, **3** (2), pp 224-225
2. Jones, J. & Wilkes, F. (2012), The use of disused quarries as landfill sites. HWD Site Investigation Report
3. Thornton, S. F., Bright, M., Lerner, D. N. & Tellam, J. (2007), Laboratory investigations into landfill liners, *Journal of Waste Science and Technology*, **81** (1), pp 74-78.

ინფორმაციისთვის ქვემოთ გთავაზობთ ჰამსაიდის ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპანიის კვლევით კონტრაქტს ამ საკითხთან დაკავშირებით.

*კონტრაქტორი (გარემოსდაცვითი ქიმიის დეპარტამენტი და მოსწავლეთა ჯგუფები) ვალდებულია, ჩაატაროს საჭირო კვლევა ძველი კარიერისათვის საუკეთესო ლაინერის*



დასადგენად. რეკომენდაციების მიცემისას, გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი საკითხები:

- ქანების ნიმუშები კარიერიდან უნდა შემოწმდეს და დადგინდეს რეაგირებენ თუ არა ისინი ფილტრატთან.
- გარე დამცავი ზოლი უნდა დამზადდეს ერთი რომელიმე შემოთავაზებული ბუნებრივი ნივთიერებიდან და უნდა შეეძლოს ადგილობრივი წყლის წყაროების, განსაკუთრებით მდინარის დაცვა.
- პრობლემის გადაჭრის შემოთავაზებული გზა უნდა ეფუძნებოდეს ჩატარებული კვლევებიდან მიღებულ მონაცემებს და გამყარებული იყოს სამენციერო წყაროებით.
- საჭიროა წერილობითი მოხსენების დაწერა დასკვნებითა და რეკომენდაციებით. კონტრაქტორს ასევე შეიძლება დაევალოს მოხსენების მოკლე შინაარსის დაწერა ჰამსაიდის ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპანიის (HWD) მენეჯმენტის კომიტეტისთვის. მოხსენება უნდა მოიცავდეს:

ა) ბუნებრივი და სინთეზური დამცავი ზოლის უპირატესობებს და ნაკლოვანებების აღწერას

ბ) კარიერის ფენებსა და ფილტრატს შორის ურთიერთქმედებების აღწერას.

გ) ლაინერების კვლევების აღწერას, შეგროვებული მონაცემების ჩათვლით.

დ) მკაფიო რეკომენდაციას ყველაზე შესაფერისი ლაინერის შესახებ.

ე) ნარჩენების გადამამუშავების ადგილების სხვა დამახასიათებელი ფაქტორების ჩამონათვალს, როლებიც შეიძლება სამომავლოდ იკვლიოს HWD კომპანიამ, დაბინძურებისა და უსიამოვნების თავიდან აცილების მიზნით.

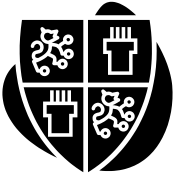
გთავაზობთ, მოაწყოთ თქვენი კვლევითი გუნდის შეხვედრა რაც შეიძლება სწრაფად.

გთხოვთ, შემატყობინოთ, თუ თავს იჩენს რაიმე პრობლემა საქმის მსვლელობისას.

პატივისცემით,

ერიკ ლანდერსი





პრინცესა ელისაბედის უნივერსიტეტი

იმეილი ჯოანა სმიტისგან. სასწრაფო!

ვის: გარემოსდაცვითი ქიმიის დეპარტამენტის კვლევითი გუნდის ყველა ახლად მიღებულ მკვლევარ მოსწავლეს

საგანი/თემა: Hamside Waste Disposal (HWD) plc: ძველი ნაგავსაყრელი ადგილის ლაინერის კონტრაქტი.

დასაგეგმი შეხვედრის სამუშაო განრიგი (ხელმძღვანელი ჯოანა სმიტი)

1. წინასწარი ცოდნა: პროფესორ ლანდერსის ფაქსისა და ფურცლების პრეზენტაცია და განხილვა (ასლების დართვით) (10 - წთ)

განსახილველი საკითხები:

ა) რა გვჭირდება კვლევის ჩასატარებლად? (5 წთ)

ბ) ნაგავსაყრელთან დაკავშირებულ ტექნიკური პრობლემების გაცნობა (20 წთ)

ფურცელი 1: დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერება და ნარჩენების გადამუშავების სტატია

ფურცელი 2: ჰამსაიდის ნარჩენების გადამამუშავებელი კომპანიის (HWD) კვლევის მოხსენება

ფურცელი 3: ნაგავსაყრელების ლაინერების ლაბორატორიული კვლევები.

ჯგუფის წევრების საკითხავი დავალებების მოკლე მოხსენება, რომელსაც თან ახლავს განხილვა.

კვლევითი ძიების დაგეგმვა და ჯგუფური სამუშაოს გადანაწილება (გამოიყენეთ მოდულში მოცემული ფურცლები და ფაქსი. ასევე, ქვემოთ მოცემული სამოქმედო გეგმა)

**სამოქმედო გეგმის კითხვები:**

- რა არის დავალება?
- რა თანმიმდევრობით უნდა შესრულდეს გასაკეთებელი დავალებები.
- ვინ გააკეთებს თითოეულ დავალებას/ვინ რომელ დავალებას გააკეთებს?
- რა დრო დასჭირდება დავალებების შესრულებას და რა რესურსები დაგვჭირდება ამისთვის?
- როგორ შევამოწმებთ სამუშაოს მიმდინარეობის პროგრესს?
- როგორ გააკეთებთ მოხსენებას?





## დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერება და ნარჩენების გადამუშავება

ერიკ ლანდერსი განიხილავს დაგროვილი ნარჩენების შეფუთვის საკითხებს.

ნარჩენი ნივთიერებების რაოდენობა, რომლებსაც ჩვენ გამოვიმუშავებთ ყოველწლიურად იზრდება. ამ ნარჩენების 90 %-მდე გადამუშავდება ნაგავსაყრელების ადგილებში. როგორც წესი, ეს ადგილები არის ძველი კარიერები ან მადაროები. გამოდის რომ, რაც არ გვჭირდება გვინდა თვალისა და შორს მოვიცილოთ. სამწუხაროდ, ეს ასე მარტივი არაა. ნარჩენების უბრალოდ დამარხვა ვერ დამარხავს პრობლემას. დამარხვის შემდეგ ნარჩენები შეიძლება დაშალოს მიკროორგანიზმებმა, ისე როგორც ეს ხდება ჩვეულებრივ კომპოსტის დაშლისას. ამ დროს გამოიყოფა საშიში, საზიანო გაზები და სითხეები. თუ ეს გაზები და სითხეები გარეთ გამოვა/გამოიყოფა გამოიწვევს პრობლემებს.

ნაგავსაყრელებზე გამოყოფილი გაზები ძირითადად არის მეთანი და ნახშირბადის დიოქსიდი. მეთანი აორთქლებადია როდესაც იგი ერევა ჰაერს. წვიმის წყლისა და თხევადი ნარჩენების შერევით წარმოქმნება ტოქსიკური სითხეს სახლად ფილტრატი (*leachate*). ფილტრატს შეუძლია, დააზიანოს როგორც მდინარეები, ისე ნაგავსაყრელებთან ახლოს არსებული მიწის ქვეშა წყლები. თუ ეს მოხდება, მაშინ იგი სერიოზულ გავლენას იქონიებს მიმდებარე გარემოზე.

ნაგავსაყრელების ტერიტორიების ეფექტური მენეჯმენტი მნიშვნელოვანია გარემოზე მავნე ზემოქმედების გავლენის შესამცირებლად.

### სად უნდა მოეწყოს ნაგავსაყრელები?

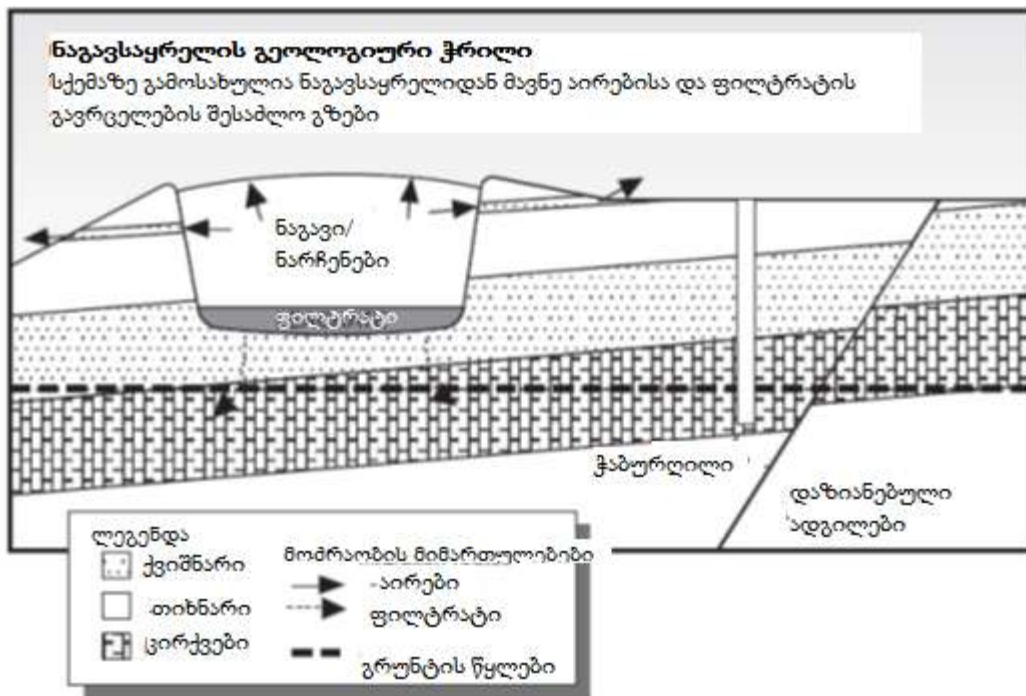
ქანების ტიპი განაპირობებს გამოჟონავს თუ არა გაზი ან ფილტრატი ამ ადგილებიდან. წყალგამტარი ქანები შეუფერებელია ნაგავსაყრელი ტერიტორიების მოსაწყობად. ფილტრატმა ან გაზმა შეიძლება გაჟონოს ქანების პატარა ნაპრალებიდან ან ნაგავსაყრელის დამცავი გარე შერეების (ლაინერების) ნახეთქებიდან.

რატომ არაა შესაფარისი წყალგამტარი  
ქანები და  
რა პრობლემები შეიძლება წარმოიშვას?

ყველაზე კარგი წყალგამტარი არის ქვიშა და ხრეში. ბევრი ძველად მოწყობილი ნაგავსაყრელები მოწყობილი იყო ისეთ ადგილებში, სადაც ქვიშა და ხრეში იყო ამოღებული სამშენებლო მიზნებისათვის. სხვა წყალგამტარი ქანები როგორცაა, კირქვიანები და ვულკანური წარმოშობის ქანები ხასიათდება ნაპრალებით. ასეთ ნაგავსაყრელებიდან გამოჟონილი გაზი აღმოჩენილი იყო ნაგავსაყრელებიდან ასობით მეტრობის დაშორებით (იხ. სურათი 1).

სურათი 1

**ნაგავსაყრელის გეოლოგიური ჭრილი**



წარსულში ნაგავსაყრელების მოწყობისას თვლიდნენ, რომ ნაგავსაყრელიდან გამოყოფილი ფილტრები, რომელიც შეიცავდა მყავე ნივთიერებებს **განეიტრალდებოდა** ტუტე შემადგენლობის ქანებში გასვლის შედეგად. დაბალი წყალგამტარობის ქანები როგორცაა, თიხა საუკეთესოა ასეთი მიდგომისთვის. მაღალი წყალგანვლადობის ქანები არ მიიჩნევა მიზანშეწონილად, რადგან ნალექი მოძრაობს მეტისმეტად სწრაფად.

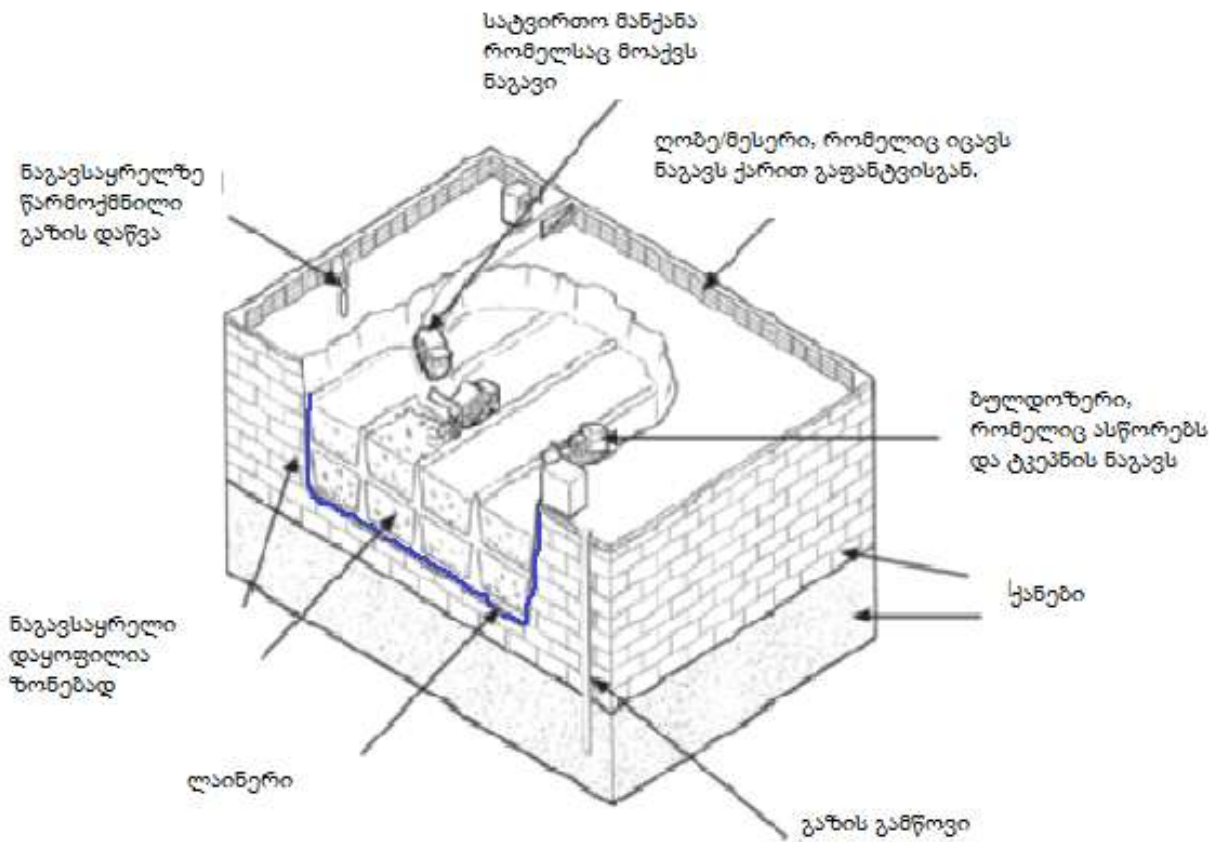
ასეთი ტიპის არამოდულიფიცირებული ნაგავსაყრელები გამოიყენებოდა წარსულში ინდუსტრიული, ქიმიური და ბიოლოგიური ნარჩენებისთვის, მაგრამ ამას ხშირად ჰქონდა სერიოზული გავლენა ახლომდებარე წყლის რესურსზე. ნაგავსაყრელებით გამოწვეული დაბინძურების რისკის შემცირების მეთოდია ნაგავსაყრელების შემოსაზღვრა გარე დამცავი ფენით - ლაინერებით. ეს არის სტანდარტული მიდგომა იმ ადგილებში, სადაც ქანები ხასიათდება მაღალი წყალგამტარობით. ასეთ ადგილებში ხელოვნურად ქმნიან წყალგაუმტარ ფენას - ლაინერს. მისი დახმარებით ხდება ნაგავსაყრელზე წარმოქმნილი მავნე ფილტრების და გაზების შეგროვება.

ლაინერისთვის გამოყენებული ნივთიერებები, შეიძლება, იყოს ბუნებრივი და სინთეტიკურიც. ლაინერებისათვის გამოყენებული ყველაზე გავრცელებული ბუნებრივი ნივთიერებები არის: თიხა, ბენტონიტი (თიხის სპეციალური სახეობა), ქვანახშირის ფიქალი და ნაცარი. ლაინერის სინთეტიკური ნივთიერებები შეიცავს ბუთილკაუჩუკს (*butyl rubber*), პოლიეთილენს, ნეოპრენს (*neoprene*) და პოლივინილქლორიდს. მიუხედავად იმისა, რომ ლაინერის სინთეტიკური ნივთიერებები დამზადებულია მთლიანად წყალგაუმტარი მასალებისგან, ისინი ნაკლებად ეფექტურია. ისინი, შეიძლება, დაზიანდეს გამოყენების პროცესში, არ იყოს მყარად გადაბმული. მათი დაზიანება, შესაძლებელია, გამოწვეული იყოს მცენარეების და ქიმიური ნაერთების ზემოქმედებით.

ნაგავსაყრელი ტერიტორიების დიზაინი ნაჩვენებია სურათზე 2. გაითვალისწინეთ, რომ ეს ადგილები, როგორც წესი, გადახურულია, რადგან არ ჩავიდეს წვიმის წყალი და არ გაზარდოს ნარჩენების მოცულობა. ასევე, გაითვალისწინეთ, რომ ნაგავსაყრელები არის შემოღობილი, რათა ქარმა არ გაანიავოს ნარჩენები ნაგავსაყრელი ადგილების მიღმა.

## სურათი 2

### ნაგავსაყრელის მოწყობის ტიპობრივი სქემა



საზოგადოებისთვის სხვა ხელისშემშლელი ფაქტორებიც არსებობს, რომლებიც აუცილებლად უნდა იყოს აღნიშნული. ეს არის საგზაო მოძრაობის გადატვირთვა, ხმაური, დამატებითი გზის მშენებლობის საჭიროება, ვიბრაცია, სუნი და ფეხითსასიარულო გზებისა და ბილიკების გაუქმება და სხვა. თუმცა, კარგად ორგანიზებულმა ნაგავსაყრელმა მინიმუმამდე უნდა შეამციროს გარემოს დაბინძურება და გარემოზე გავლენა. ასევე, საზოგადოებისათვის უნდა შეამციროს პრობლემები.

როგორ შეიძლება შემცირდეს სუნი და ხმაური?

# HWD plc

ნაგავსაყრელების კვლევის მიმოხილვა

ვილიამ, ს. და სმიტი, ჯ.

აპრილი 2012

## ინფორმაცია

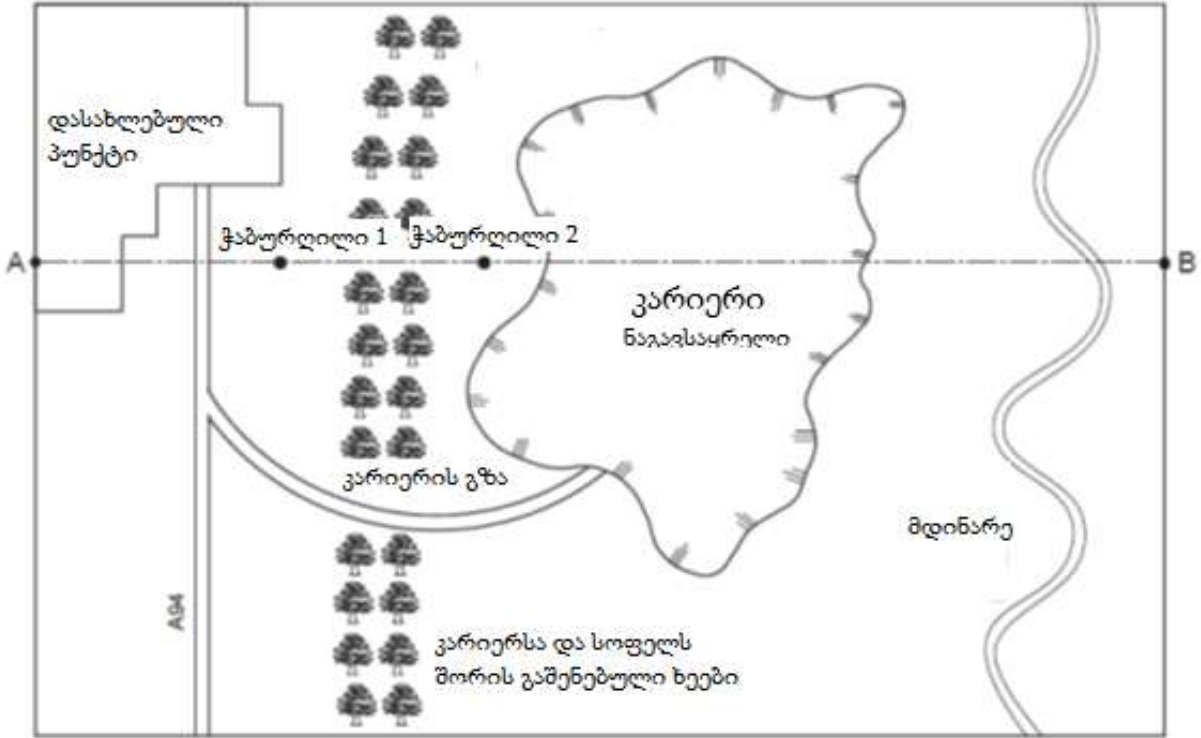
სენდვიკის კარიერში უკვე ამოიწურა ქვიშისა და ხრეშის მარაგი სამშენებლო ინტუსტრიისათვის. ჰამსაიდის ნარჩენების გადამუშავების კომპანიას სურს, მოიპოვოს ნებართვა ამ კარიერის ნაგავსაყრელად გამოყენებისთვის, სადაც მოათავსებენ ჩვეულებრივ, არაგადამუშავებად საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს. ეს კარიერი მდებარეობს სოფელთან ახლოს და მცირედითაა დაშორებული მდინარისგან. (იხ. სურათი 1). სოფლის მაცხოვრებლები და მდინარეების ინსპექტორების სააგენტო წუხს და უკმაყოფილებას გამოთქვამენ, რომ ნაგავსაყრელიდან (ნარჩენიდან) ჟონავს სითხეები, რასაც შეუძლია, დააზიანოს მიწისქვეშა წყლები და მდინარე. სოფლის მაცხოვრებლები ასევე, წუხან ნაგავსაყრელიდან გავრცელებული გაზის მიერ გამოწვეულ შესაძლო პრობლემებზეც.

რა შეიძლება იყოს ეს პრობლემები? და რა სხვა შესაძლო პრობლემების წინაშე შეიძლება დააყენოს ამ ნაგავსაყრელმა სენდვიკის სოფლის მაცხოვრებლები?

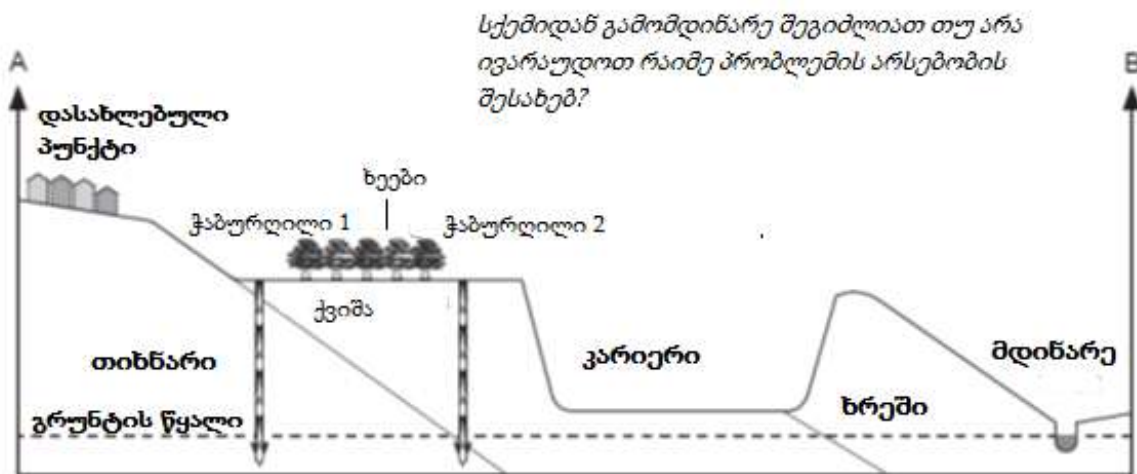
რა პრობლემები შეგიძლიათ იწინასწარმეტყველოთ ქვემოთ მოცემული სქემებიდან?

### ნაგავსაყრელის ტერიტორია

#### სენდვიკის კარიერის რუკა



#### ნაგავსაყრელის ჭრილი



სქემიდან გამომდინარე შეგიძლიათ თუ არა ივარაუდოთ რაიმე პრობლემის არსებობის შესახებ?

## ნარჩენებით დაბინძურების რისკი

კარიერის ქვიშამ და ხრეშმა, შეიძლება, გამოიწვიოს ფილტრატით (leachate) დაბინძურების რისკი. კარიერის ფსკერზე არსებული წყალგამტარი ქანები ქმნის დიდ საშიშროებას, რომ ფილტრატი მოხვდება გრუნტის წყლებში, განსაკუთრებით, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ კარიერის ფსკერი ძალიან ახლოსაა გრუნტის წყლებთან.

შესაძლებელია, რომ ნარჩენებმა მიაღწიოს მიწის ქვეშ მდებარე წყლამდე და მდინარემდე? ახსენით, როგორ და რა პრობლემები შეიძლება წარმოიქმნას ასეთ შემთხვევაში.

### რეკომენდაციები:

ამ ღრმულის გვერდებისა და ძირის შემოსასაზღვრად უნდა მოიძებნოს შესაფერისი ნივთიერებები. ლაინერმა (გარსმა) ხელი უნდა შეუშალოს ფილტრატის გასვლას ნაგავსაყრელის ტერიტორიის მიღმა. თუ შესაძლებელია, ლაინერი უნდა შედიოდეს რეაქციაში ნებისმიერი სახის ფილტრატთან, რათა შეამცროს დაბინძურების რისკები.

როგორ?

ნაგავსაყრელის გაზისგან გამოწვეული რისკები და სხვა საფრთხეები სენდვიკის სოფლისთვის.

სოფლის ქვემოთ არსებული თიხის საბადოები ხელს უშლის გაზის მოძრაობას. შესაბამისად, სოფელი არაა რისკის ქვეშ. მიუხედავად ამისა, სხვა შენობა არ უნდა აშენდეს სოფლის ამ მხარეს, რათა თავიდან ავიცილოთ თიხის/ქვიშის ქანების დაზიანება.

### რეკომენდაციები:

ღრმული, რამდენადაც შესაძლებელია, მუდმივად უნდა იყოს დაფარული წყალგაუმტარი მასალით, რათა თავიდან ავიცილოთ ქარის მიერ ნარჩენების მიმოფანტვა, წვიმის წყლის მოხვედრა ნარჩენებში და შეამცროს გაზისა და სუნის გარეთ გამოსვლა. გაზი უნდა შეგროვდეს და თუ შესაძლებელია, მოხდეს მისი გამოყენება. რადგანაც ეს ადგილი გამოყენებულია ნაგავსაყრელად, ამ ტერიტორიაზე არ უნდა აშენდეს ნაგებობა. ნაგავსაყრელს უნდა ქონდეს ღობე და სამუშაო საათები იყოს ორშაბათი-პარასკევი, 09.00 to 18.00. სხვა დამატებითი გზების გაყვანა არაა საჭირო.

რატომ წარმოადგენს პრობლემას წვიმის წყალი?

ახსენით რატომ უნდა იყოს გათვალისწინებული ამ პარაგრაფში მოცემული თითოეული რჩევა?

## ნაგავსაყრელის ლაინერის ლაბორატორიული კვლევები

სორტონ, ს.ფ., ბრაით, მ., ლერნერ, დ.ნ. & ტელამ, ჯ.ჰ.

### აბსტრაქტი

სტატიაში განხილულია თუ რა ბუნებრივი ნივთიერები შეიძლება იყოს გამოყენებული ნაგავსაყრელების ლაინერებისათვის, რათა თავიდან ავიცილოთ დაბინძურებული წყლის გაჟონვა ნაგავსაყრელიდან. ბუნებრივი ნივთიერების სხვადასხვა კომბინაციით მიღებული ლაინერების ეფექტურობა ლაბორატორიული კვლევების ეტაპზე განისაზღვრება.

### მიმოხილვა

ბოლო წლებში ნაგავსაყრელებიდან გამოჟონილი სითხეებით ან ფილტრატებით გამოწვეული დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად იყენებენ ისეთ წყალგაუმტარ გარსებს, რომლებიც დამზადებულია მძიმე პლასტიკატის მფარავი ფენებისგან (*heavy plastic sheeting materials*). ასეთი სახის ლაინერების გამოყენება მაინც ბოლომდე არ ამცირებს ფილტრატის გაჟონვის რისკს და მეცნიერები ფიქრობენ ახალ, ალტერნატიულ გზებზე.

ნაგავსაყრელების ფილტრატის ზიანის შემცირება შესაძლებელია სხვადასხვა გზით ბუნებრივი ნივთიერებების გამოყენებით. ეს ხდება სხვადასხვა ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების კომბინირებით. მაგ., განზავებით, ლითონების გამოყოფით (*precipitation of metals*) და ბაქტერიების მიერ ორგანული ნივთიერებების დაშლის გზით.

ეს პროცესები, შესაძლებელია, წარიმართოს, თუ ლაინერში იქნება თიხის, ორგანული ნახშირბადის და კარბონატების შემცველი მასები. კარბონატები ხელს შეუწყობს მჟავის ნეიტრალიზაციას და ხელს შეუწყობს ბაქტერიების გამრავლებას.

ბუნებრივად იშვიათია რომ ნაგავსაყრელის მოყობის ადგილზე ყველა ეს პირობა იყოს. ამიტომ ნაგავსაყრელის ლაინერის შექმნისას უმდა იყოს გამოყენებული ადგილობრივად ხელმისაწვდომი მასალები, რომელსაც დაემატება თიხა, ნახშირბადი, და ორგანული ნაერთებით მდიდარი ნივთიერებებით (*organic-rich materials*). ამჟამად მიმდინარეობს ამ მიდგომების ეფექტიანობის შესამოწმებელი ლაბორატორიული კვლევები. ქვემოთ გთავაზობთ ამ ექსპერიმენტის დეტალურ აღწერას.



## ექსპერიმენტის აღწერა

რამდენიმე სვეტს გაუკეთეს გარსი, რომელიც დამზადებული იყო ნაგავსაყრელის ლაინერის, ზემოთ აღწერილი პრინციპის მიხედვით. ფილტრატი მოათავსეს ამ სვეტებში და გაანალიზეს გამოყოფილი სითხე. გამოსაცდელად შეეარჩიეს სამი ბუნებრივი ნივთიერება/მასალა. ერთი სპექტრის ბოლოს იყო ქვიშა, რომელიც უნდა ყოფილიყო ლაინერის მასლა მოდიფიკაციის გარეშე. შესადარებლად გამოყენებული იყო ოქსფორდის თიხა, რომლსაც აქვს ყველაზე შესაფერისი თვისება ლაინერისთვის. და ბოლოს, ქვანახშირის (Coal Measures)<sup>1</sup> ფენა, რომელსაც აქვს საშუალო თვისებები. იხილეთ ქვემოთ მოცემული ცხრილი 1.

ცხრილი 1 კვლევებში გამოყენებული ნივთიერებების დამახასიათებელი თვისებები

	ქვიშა	თიხა ქვანახშირით	ოქსფორდის თიხა
ორგანული ნახშირბადი %	0.0023	2.6	3.9
კარბონატები %	< 1	< 1	14.5
pH	4.8	2.5	7.7

რატომბა  
ოქსფორდის  
თიხა კარგი  
ნივთიერება  
გარსისთვის?

რას ნიშნავს ეს?

#1 ცხრილში მოცემულ მონაცემებზე დაყრდნობით, მოხდა მასალების გადანაწილება სამ კატეგორიად: „ცუდი“, „საშუალო“ და „კარგი“, იმის მიხედვით, თუ რომელი მათგანი შეამცირებდა ყველაზე მეტად ფილტრატით გამოწვეულ ზიანს.

### სვეტის ექსპერიმენტი

20 პლასტმასის სვეტი შეფუთეს სხვადასხვა საცდელი ლაინერით და კოლექტორით. სვეტებს ყოველდრიურად უმატებდნენ 140 მილილიტრ ფილტრატს კოლექტორიდან. სვეტებდან **ჩამონადენ სითხეს** კვირაში ორჯერ იღებენ და აანალიზებენ.

ახსენით

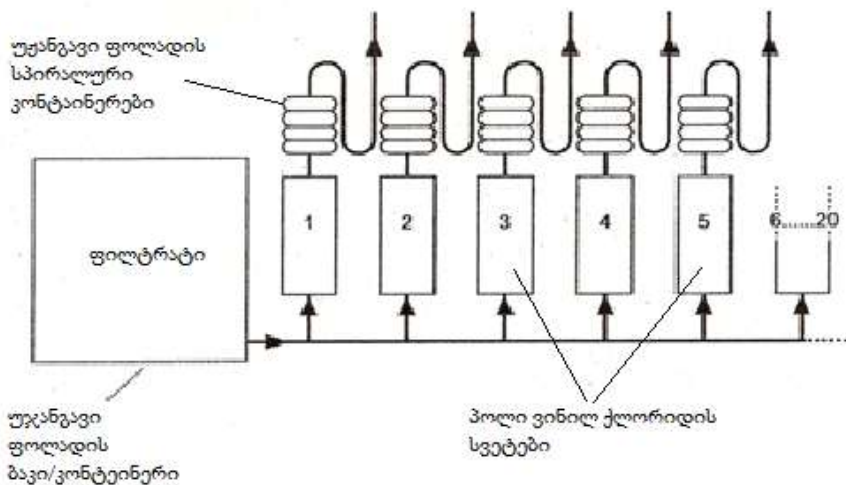
<sup>1</sup> the Coal Measures - a series of coal-bearing rocks formed in the upper Carboniferous period; the uppermost series of the Carboniferous system

ნივთიერება	დამატებული ნივთიერებები	ვარაუდი
ინერტული ქვიშა	-	საკონტროლო
ქვიშაქვა	-	სუსტი
ოქსფორდის ქვიშა	ინერტული ქვიშა*	კარგი
ქვიშაქვა	ოქსფორდის ქვიშა(20%)	საშუალო
ქვანახშირი	ინერტული ქვიშა* + CaCO <sub>3</sub>	საშუალო

რას ფიქრობთ ამ ვარაუდებზე? ეთანხმებით მათ?

\*დამატებულია, რათა გაიზარდოს სიჩქარე ლაბორატორიული კვლევებისთვის.

### ნახაზი 1 სვეტის აპარატურა/ მოწყობილობა



რა შეიძლება ვისწავლოთ ამ სტატიიდან კვლევის მეთოდების შესახებ?

### შუალედური შედეგები და დასკვნები

შუალედური მონაცემების საფუძველზე ჩანს, რომ ოქსფორდის ქვიშა მოქმედებს ყველაზე ეფექტურად. საბოლოო შედეგების მისაღებად დაგეგმილია დამატებითი კვლევები. ლაინერისათვის ეფექტური შემადგენლობის პოვნის შემთხვევაში, ეს მიდგომა საშუალებას მოგვცემს, ნაკლები დანახარჯით ვაწარმოოთ ნაგავსაყრელების ლაინერები და ამავდროულად, შევამციროთ გარემოზე ზემოქმედება.