



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

|||||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009449>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ –
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
Департман за геотехнику
Београд, Бушина бр. 7



ИНСТИТУТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА – ИМС
Београд, Булевар Војводе Мишића бр. 43

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Аутори техничког решења:	Мр. Драгослав Ракић, дипл. инж. геол. Др Чаки Ласло, дипл. инж. геол. Др Ненад Шушић, дипл. инж. грађ.
Назив техничког решења:	Едометарски апарат велике размере
Техничко решење урађено:	За потребе Рударско-геолошког факултета – Универзитета у Београду
Решење користи:	Лабораторија за механику тла
Година:	2010.
Техничко решење верификовало:	Научно веће Института ИМС, Београд
Техничко решење се користи за потребе:	Испитивања деформабилних карактеристика чврстог комуналног отпада
Категорија:	Битно побољшани постојећи производ и технологије - побољшано лабораторијско постројење – М84

Београд, мај 2010.

ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Област на коју се техничко решење односи:

Лабораторијска геомеханичка испитивања чврстог комуналног отпада.

Проблем који се техничким решењем решава:

Испитивање карактеристика компресије и консолидације хетерогеног, грубозрног, чврстог комуналног отпада у условима једнодимензионалне компресије, односно, консолидације.

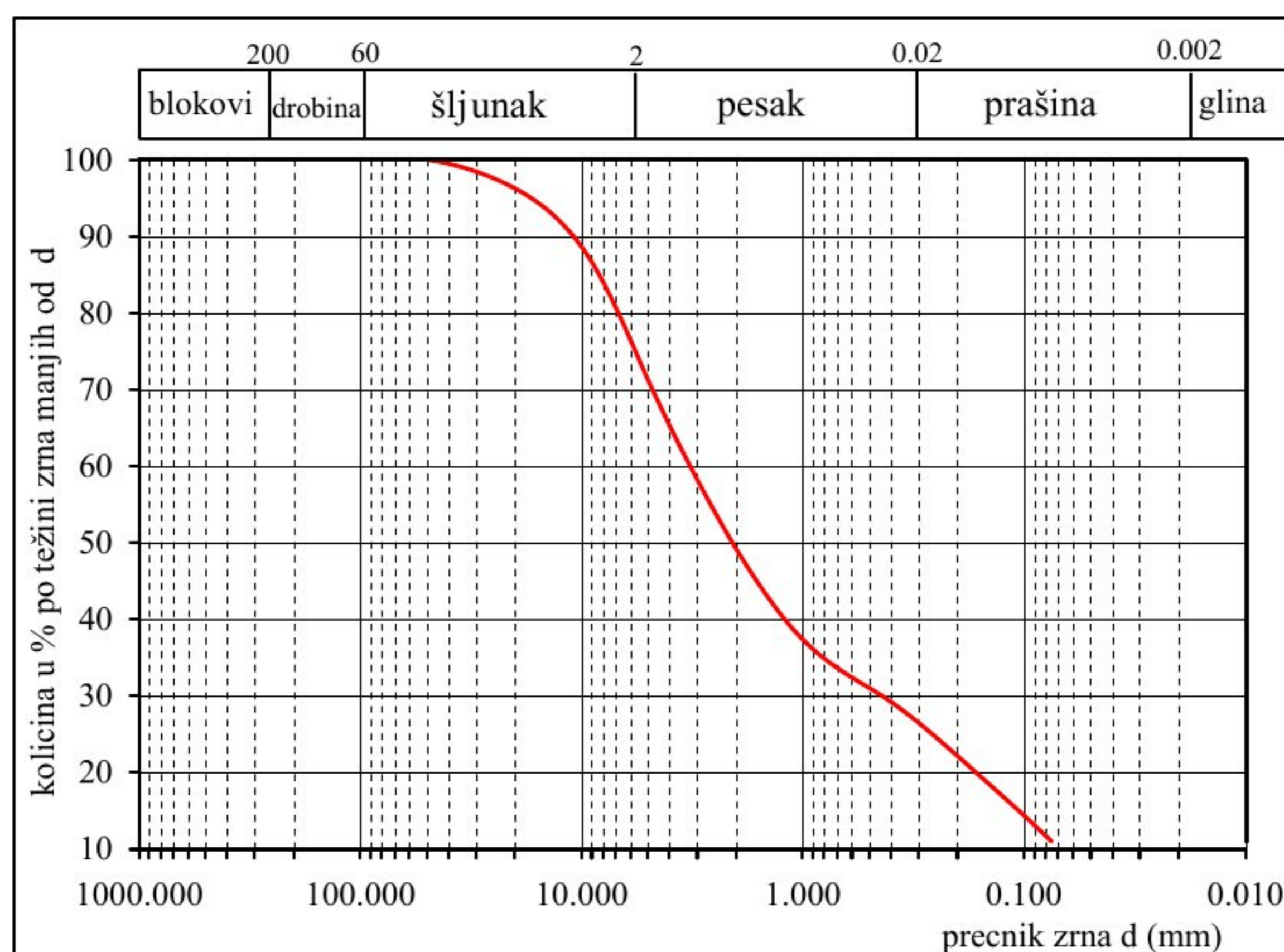
Стање решености проблема у свету:

Одређивање нумеричких показатеља физичко-механичког понашања комуналног отпада (посебно механичких својстава) сложено је из следећих разлога: променљивог и хетерогеног састава отпада који је порозан и незасићен, отежаног узимања и испитивања репрезентативних узорака (дубина и локација узетог узорка није увек индикативна за просечне особине материјала у депонији), непостојања опште прихваћене методологије узорковања и тестирања, драстичне промене својстава у зависности од времена тј. стадијума разградње отпада. У литератури се често срећу подаци о физичко-механичким карактеристикама отпада, који се заснивају углавном на емпиријским или ограниченим теренским проценама. Зато је и за већину светских истраживача, (што се може видети по истраживањима која су спроводена задњих година: M. El-Fadel et al 2002, H. Li Park et al 2002, S. L. Machado et al 2002, M.S. Hossain et al 2002, A.C. Marques et al 2003, N. Dixon et al 2004, D. Zekkos et al 2006.), ово један од већих изазова у смислу дефинисања физичко-механичких карактеристика комуналног отпада. Постоје различити приступи проблематици одређивања деформабилних карактеристика чврстог комуналног отпада. Међутим, сам податак о различитим приступима указује на то да су проблеми које су решавали истраживачи још увек остали отворени. У свету, а и код нас, постоје законске регулативе које дефинишу услове одлагања чврстог комуналног отпада. У оквиру ових регулатива су и конкретни нумерички подаци који описују понашање чврстог комуналног отпада. Неопходно је да се геомеханички параметри, као што су параметри чврстоће смицања али и компресионе и консолидационе карактеристике, више не усвајају на основу страних литературних искустава, већ да се врше испитивања и вредновања а на основу тога формирају домаће корелационе зависности. Познавање споменутих механичких карактеристика је неопходно јер се простори коришћени за одлагања чврстог комуналног отпада - депоније, све чешће урбанизују.

Суштина техничког решења:

Конвенционалан начин лабораторијског одређивања компресионих и консолидационих карактеристика је извођење едометарског опита. Основна проблематика извођења едометарских опита је обезбеђивање неопходног односа гранулометријског састава испитиваног материјала, у конкретном случају чврстог комуналног отпада, у односу на димензије коришћене опреме. Конвенционалне лабораторије располажу са апаратима у којима је могуће испитивање узорака димензија: пречника $\varnothing 7,0$ cm и висине $h = 2,0$ cm изузетно

пречника $\varnothing 10,0$ cm и висине $h = 4,0$ cm. Препорука, која је ушла чак и као захтев Европских норми (EN 1977-2) је да однос најмање димензије узорка (у конкретном случају висина узорка), буде већи у односу на највећу димензију нехомогености (величина најкрупније честице) $h/5$, где је h висина испитиваног узорка (Слика 1).



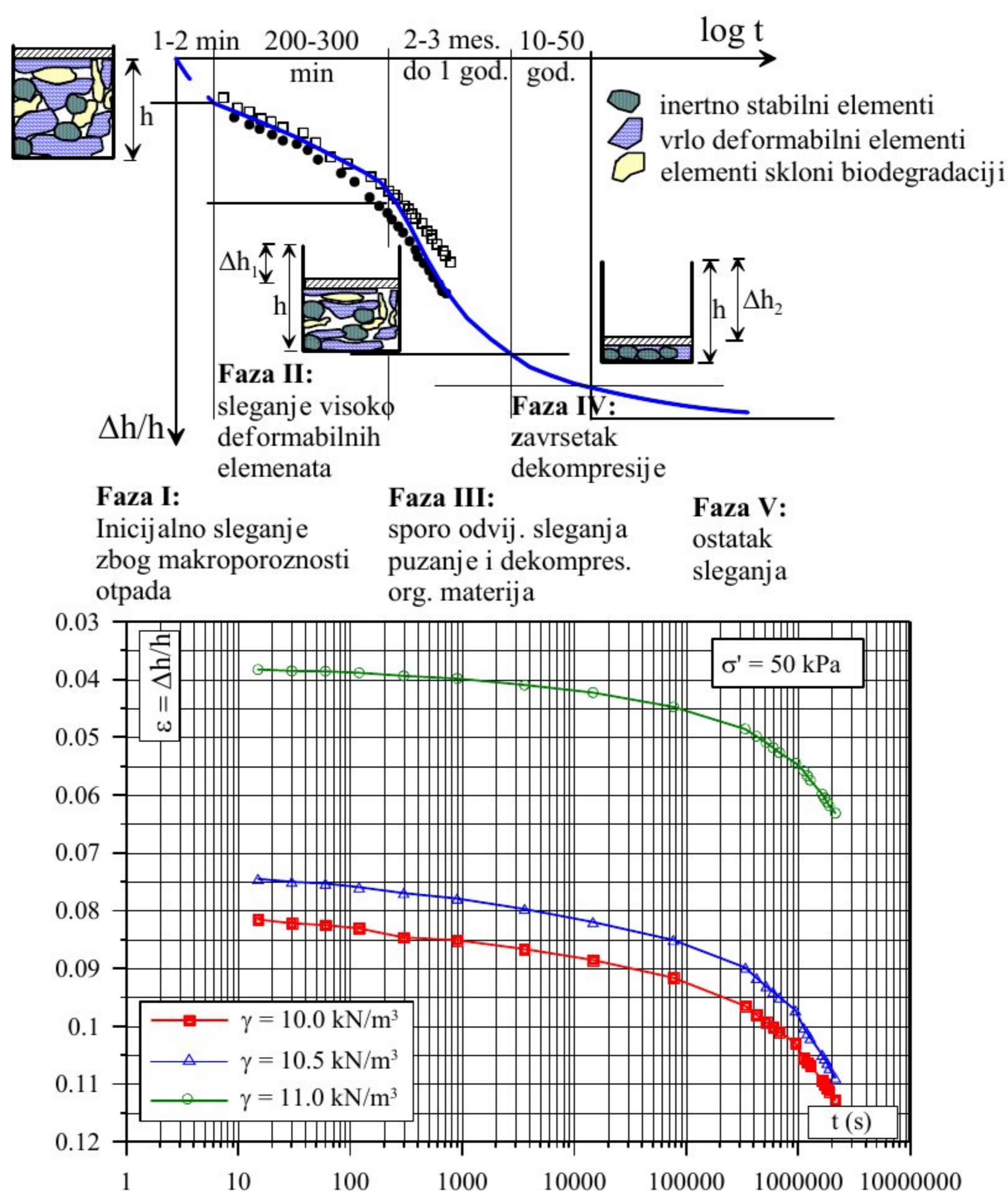
Слика 1. Изглед материјала који се уграђује у апарат са уобичајеном кривом гранулометријског састава

Такође, једна од захтеваних карактеристика приликом извођења едометарског опита, јесте и димензија апарата тј. однос пречника и висине испитиваног узорка. Овај однос треба да буде већи од 1:2,5. Што се тиче саме површине преко које се преноси напон, потребно је да она буде крута, недеформабилна, по могућности снабдевена системима за одвођење дренажне течности из контактних филтер плоча. Ово су, у суштини, све геометријски тј. димензионални захтеви, које је потребно испоштовати при конципирању тј. битном побољшању постојећег апарата.

С обзиром да се испитивање изводи на чврстом комуналном отпаду, материјал од кога се прави апаратура треба да буде отпоран према агресивном својству отпада (корозији) који се испитује, и то у дугом временском периоду, када овај ефекат постаје посебно изражен.

Посебну потешкоћу у току испитивања представља начин наношења потребне силе, у одређеним временским интервалима, помоћу које се обезбеђује ступњевито изазивање потребног напона (до min. 400 kPa) и то за узорке великих пречника. Геомеханичке лабораторије у нашој земљи ово, до сада, нису могле да обезбеде. Из ових разлога конципирана је нова платформа за оптерећење (систем за оптерећење) која може да обезбеди неопходну силу. Поред величине силе неопходно је обезбедити и њену константност, без икаквог утицаја прекида напајања струјом, у релативно дугом времену за овакву врсту опита (консолидација оријентационо траје под једним ступњем оптерећења око месец дана, односно читав опит са минимум четири ступња оптерећења траје око 4 месеца).

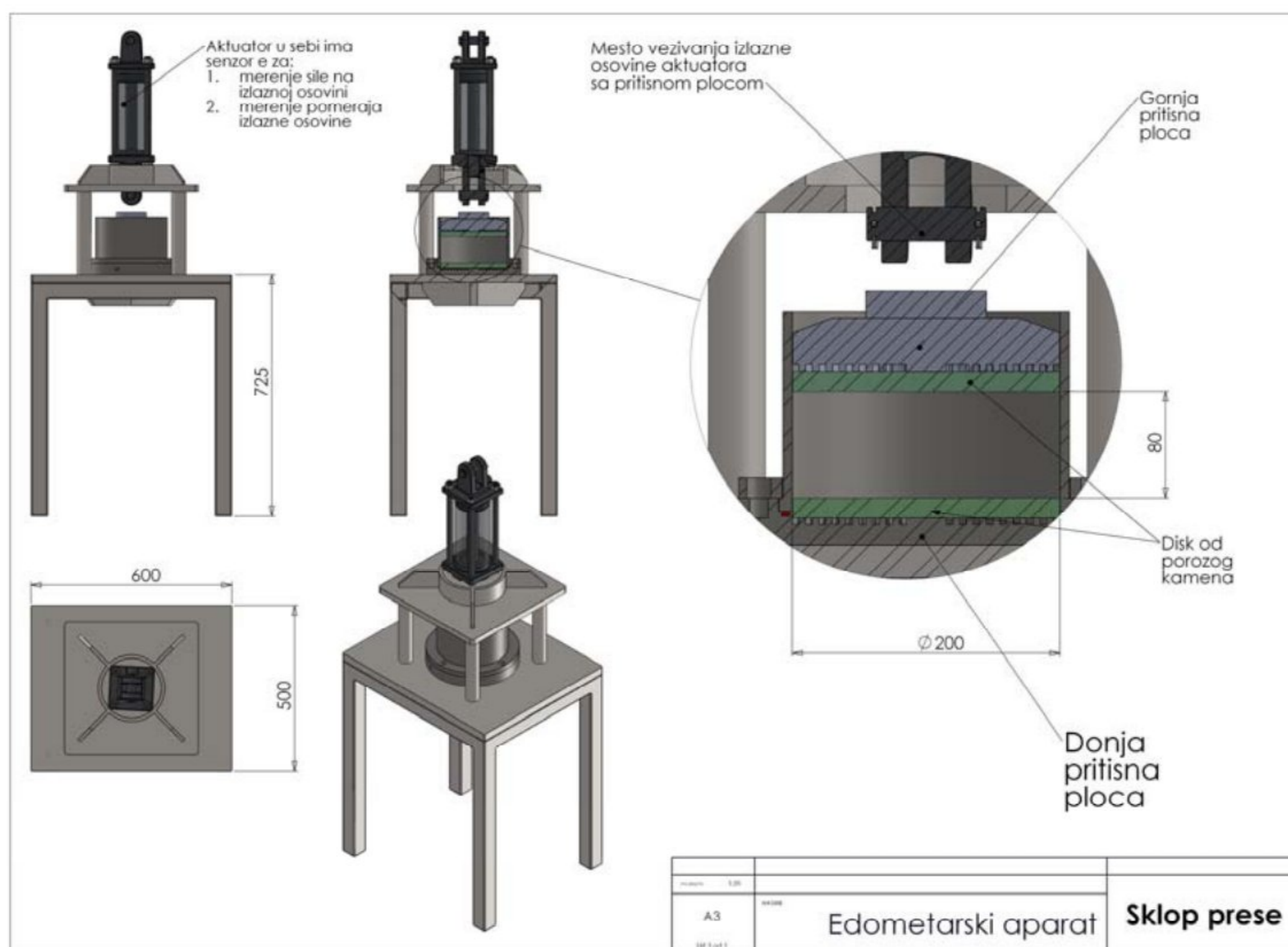
Током извођења опита, уз константан напон у времену, неопходно је прикупити и податке о временском развоју вертикалне деформације у условима једнодимензионалне консолидације. Слегање узорка треба мерити тако да се добије и податак о начину померања (ротације) површине оптерећивања. Интервали времена, током једног ступња, у почетку су учесталији а затим су ређи. Ова законитост има посебну функционалну зависност у времену (Слика 2).



Слика 2. Фазни модел са моделом понашања чврстог комуналног отпада у времену

Детаљан опис:

Сходно овим условима и карактеристикама чврстог комуналног отпада, који је потребно испитати, конципирана је опрема која може да одговори на ове наведене захтеве. У питању је једно иновационо решење едометарског апарата велике размере (Слика 3).

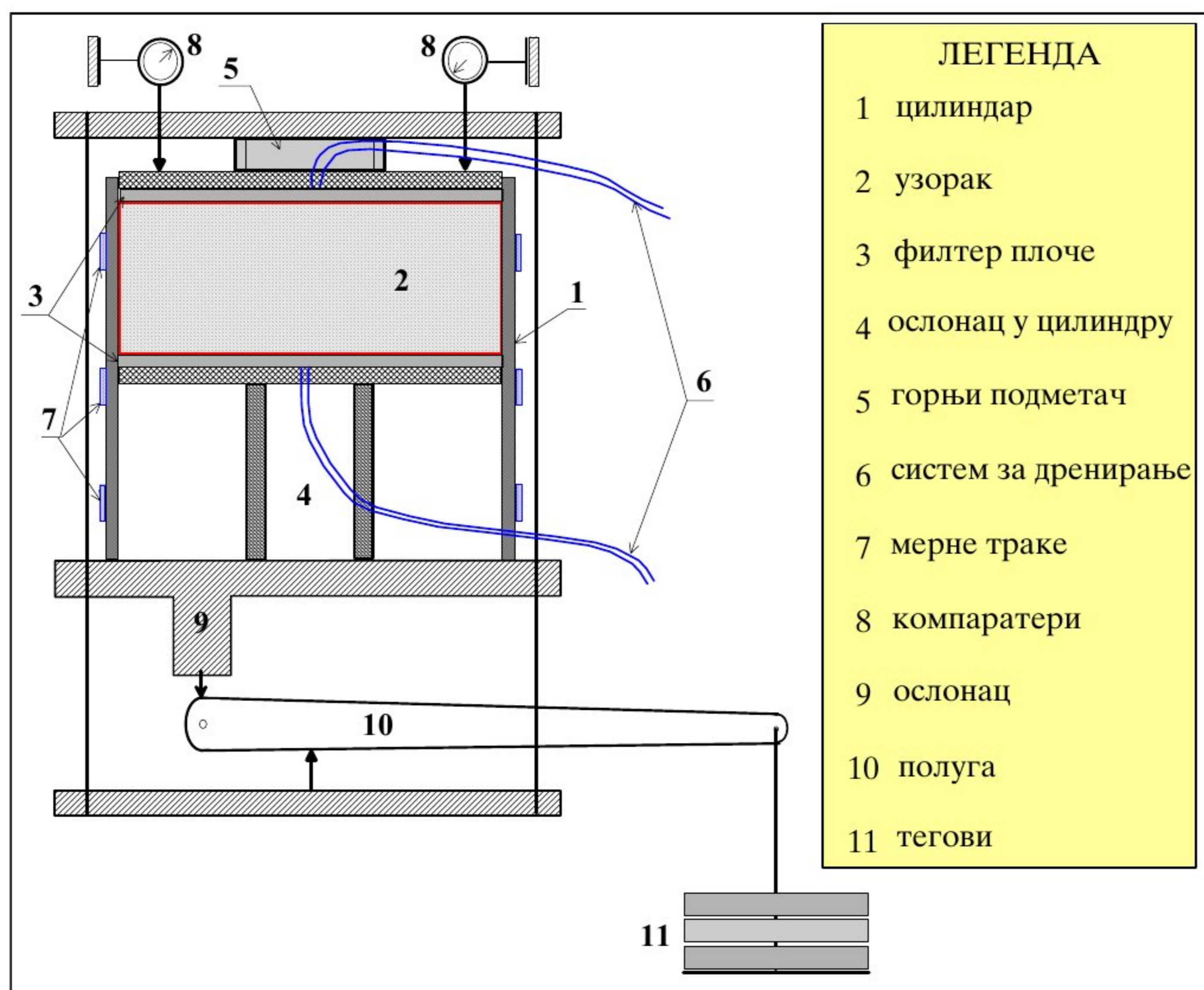


Слика 3. Склоп пресе за едометарски апарат велике размере

Конципирана опрема требала је да одговори на постављене задатке, међутим, показало се да је она изузетно осетљива на прекид извора напајања чак и уз коришћење акумулатора. Оваква хаварија, при испитвању узорка од неколико месеци не може се толерисати. Ограничени средствима, одустали смо од даљег развоја овако конципиране опреме на бази пнеуматике односно хидраулике. На крају смо дошли до решења које у суштини представља иновацију такорећи класичне варијанте, где се изазивање силе врши системом полуга, па на тај начин је превазиђен проблем осетљивости апарата на већ споменуте проблеме.

Сам едометарски прстен је пречника $\text{Ø}20$ cm и висине $h = 20$ cm. Изграђен је од берилијум-бронзе отпорне на корозивно дејство узорка отпада који се испитује. Дебљина цилиндра тј. зида прстена је 2 mm. Одлучили смо се за висок цилиндар тако да он омогућује и формирање узорка за одређивање параметара чврстоће смицања, чак и у триаксијалним условима.

Потребна висина узорка, која је прописана у условима за конструкцију апарата, дефинисана је односом висине и пречника узорка. Она је обезбеђена одговарајућим издизањем ослонца у самом цилиндру, односно померањем доње површине за оптерећење (Слика 4).



Слика 4. Модификовани цилиндар и систем за оптерећење

Осим што смо обезбедили потребне димензионалне услове цилиндра, у односу на испитивани материјал, отишли смо и корак даље јер одређујемо и хоризонталне напоне током испитивања узорка. Ову могућност смо конципирали употребом мерних трака залепљених на спољном омотачу цилиндра (Слика 5). Сходно измереној дилатацији зида едометарског прстена (цилиндра), уз познате еластичне карактеристике самог материјала, или еталонирањем, у могућности смо да добијемо и вредности хоризонталних напона у свим фазама понашања испитиваног материјала. Резултати ових испитивања нису део овог приказа решења.



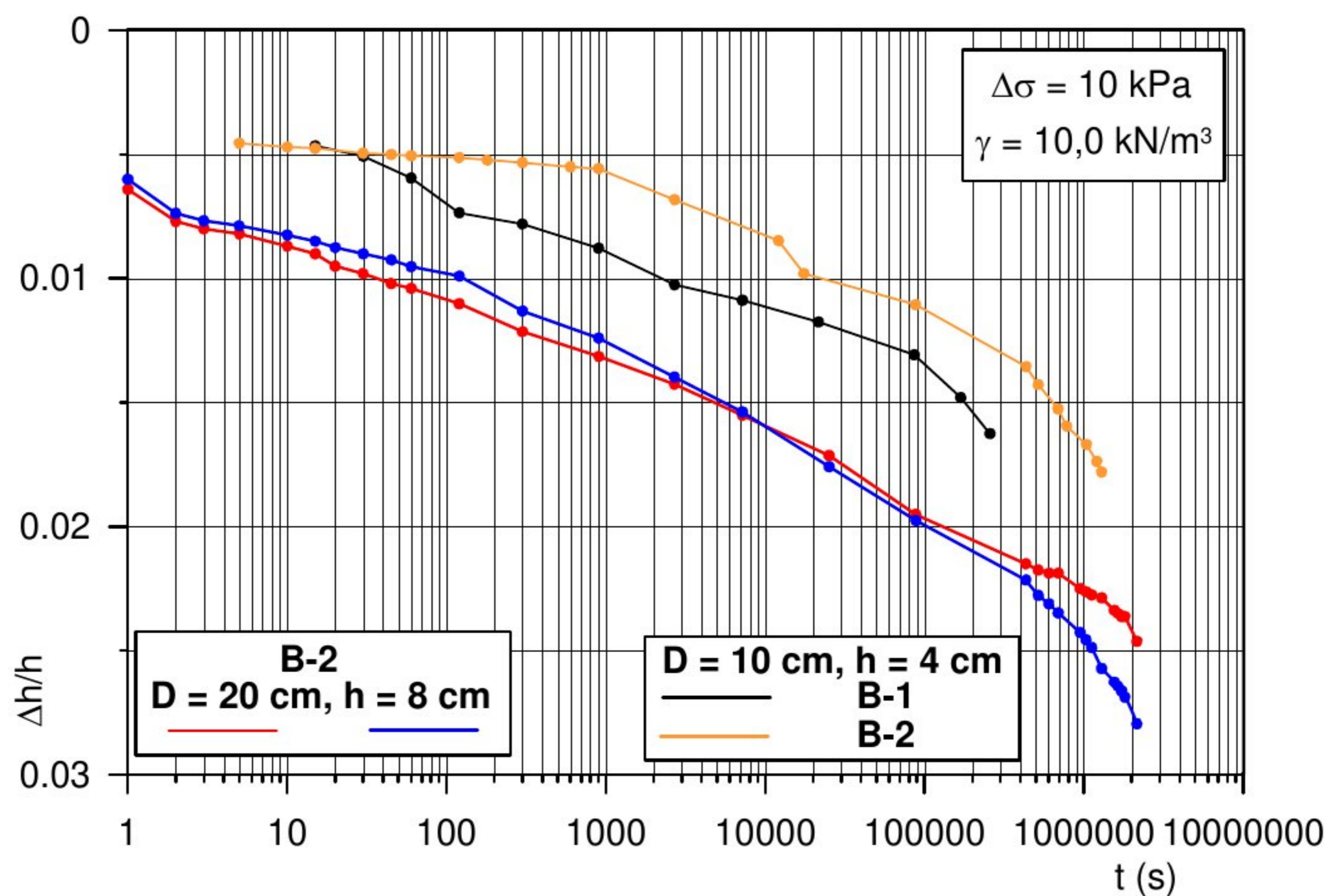
Слика 5. Систем за одређивање хоризонталних напона током испитивања узорка у едометарском апарату велике размере

Реализација техничког решења:

Конструкција апарата у складу са описаним техничким решењем, обављена је на Рударско-геолошком факултету у лабораторији за механику тла. На овако конструисаном апарату извршена су и лабораторијска испитивања чврстог комуналног отпада (Слика 6) са депоније „Сарића Осоје“ у Ужицу за потребе пројекта санације. Резултате ових испитивања користило је предузеће „Kristalex doo. Geo-Kontrol“ из Београда. На слици 7 приказани су упоредни резултати добијени класичним апаратом пречника 10 cm и висине узорка $h = 4$ cm са резултатима добијеним испитивањем отпада у битно унапређеном и овде приказаном едометарском апарату.



Слика 6. Припрема узорка и ток извођења опита



Слика 7. Упоредни резултати добијени класичним апаратом пречника 10 см са резултатима добијеним у битно унапређеном едоемтарском апарату.

Посебно истичемо да су овакви опити први пут извршени у нашој земљи.

У Београду, 20. 05. 2010.

Аутори:

Мр Драгослав Ракић., дипл. инж. геол.

Др Ласло Чаки., дипл. инж. геол.

Др Ненад Шушић., дипл. инж. грађ.