

# Utjecaj komine maslina na reološka svojstva isplake

---

**Leko, Ante**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:646922>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Prije diplomski studij naftnog rudarstva

**UTJECAJ KOMINE MASLINA NA REOLOŠKA SVOJSTVA ISPLAKE**

Završni rad

Ante Leko

N4395

Zagreb, 2024.

## UTJACAJ KOMINE MASLINA NA REOLOŠKA SVOJSTVA ISPLAKE

Ante Leko

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### Sažetak

Tradicionalni aditivi koji se koriste za kontrolu fizikalnih svojstava isplake pri bušenju nose sa sobom značajne ekološke i sigurnosne izazove. Zbog ovih problema raste potreba za novim, ekološki prihvatljivim biorazgradivim aditivima koji bi mogli efikasno kontrolirati svojstva isplake. Ovaj istraživački rad usmjeren je prema ispitivanju praha dobivenog od komine masline, otpadnog proizvoda iz prehrambene industrije, kao potencijalnog ekološki prihvatljivog aditiva za pripremu isplake. U okviru ovog završnog rada, provedena su laboratorijska mjerenja sukladno specifikacijama Američkog instituta za naftu (API), pri čemu su mjerena reološka svojstva, gustoća i podmazivost isplake. Efekti dodavanja različitih koncentracija komine maslina proučavani su korištenjem Fann-viskozimetra, vage za isplaku i uređaja za određivanje podmazujućih svojstava isplake.

Ključne riječi: komina masline, reološka svojstva, gustoća, mazivost, biorazgradivi otpad

Završni rad sadrži: 32 stranice, 4 tablice, 19 slika, i 14 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNf-a

Komentor: Dr. sc. Igor Medved, poslijedoktorant RGNF-a

Ocjenjivači: Dr. sc. Borivoje Pašić, izvanredni profesor RGNf-a

Dr. sc. Katarina Simon, redoviti profesor u trajnom zvanju RGNf-a

Dr. sc. Gordana Bilić, izvanredni profesor RGNf-a

## Sadržaj

POPIS SLIKA.....	I
POPIS TABLICA .....	II
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI MJERNIH JEDINICA .....	III
1. UVOD .....	1
2. KORIŠTENJE BIORAZGRADIVOG OTPADA U ISPLACI .....	2
3. FIZIKALNA SVOJSTVA ISPLAKE.....	4
3.1. Reološka svojstva.....	4
3.1.1. Viskoznost .....	4
3.1.2. Naprezanje pri pokretanju.....	5
3.1.3. Čvrstoća gela.....	6
3.2. Gustoća.....	6
3.3. Mazivost isplake.....	6
4. LABORATORIJSKA MJERENJA .....	8
4.1. Laboratorijski uređaji .....	8
4.1.1. Fann-viskozimetar .....	8
4.1.2. Vaga za isplaku .....	9
4.1.3. Uređaj za određivanje podmazujućih svojstava isplake .....	10
4.2. Sastav isplake .....	11
4.3. Rezultati mjerenja .....	16
5. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA .....	23
5.1. Plastična viskoznost .....	23
5.2. Prividna viskoznost .....	24
5.3. Naprezanje pri pokretanju .....	24
5.4. 10-sekundna čvrstoća gela .....	25
5.5. 10-minutna čvrstoća gela .....	26
5.6. Gustoća.....	27

5.7. Mazivost isplake (koeficijent trenja).....	28
6. ZAKLJUČAK.....	30
7. LITERATURA .....	31

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1.</b> Sasušena komina masline .....	<b>3</b>
<b>Slika 4-1.</b> Fann-viskozimetar .....	<b>9</b>
<b>Slika 4-2.</b> Vaga za isplaku.....	<b>10</b>
<b>Slika 4-3.</b> Uređaj za određivanje podmazujućih svojstava isplake .....	<b>11</b>
<b>Slika 4-4.</b> Sušionik u kojem se dehidrirala komina masline .....	<b>12</b>
<b>Slika 4-5.</b> Mikser u kojem se usitnjavala komina masline.....	<b>13</b>
<b>Slika 4-6.</b> Sita kroz koji je prosijavana komina masline.....	<b>14</b>
<b>Slika 4-7.</b> Prah komine masline veličine čestica od 0,1 mm do 0,16 mm .....	<b>15</b>
<b>Slika 4-8.</b> Reogram za ispitivani uzorak bentonitne isplake A0 .....	<b>18</b>
<b>Slika 4-9.</b> Reogram za ispitivane uzorke bentonitne isplake od A1 do A6.....	<b>18</b>
<b>Slika 4-10.</b> Reogram za ispitivani uzorak bentonitne isplake B0 .....	<b>21</b>
<b>Slika 4-11.</b> Reogram za ispitivane uzorke bentonitne isplake od B1 do B6.....	<b>22</b>
<b>Slika 5-1.</b> Usporedba vrijednosti plastične viskoznosti za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline .....	<b>23</b>
<b>Slika 5-2.</b> Usporedba vrijednosti prividne viskoznosti za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama komine maslina.....	<b>24</b>
<b>Slika 5-3.</b> Usporedba vrijednosti naprezanja pri pokretanju za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline.....	<b>25</b>
<b>Slika 5-4.</b> Usporedba vrijednosti čvrstoće gela nakon 10 sekundi za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline .....	<b>26</b>
<b>Slika 5-5.</b> Usporedba vrijednosti čvrstoće gela nakon 10 minuta za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline .....	<b>27</b>
<b>Slika 5-6.</b> Usporedba vrijednosti gustoće za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine maslina .....	<b>28</b>
<b>Slika 5-7.</b> Usporedba vrijednosti koeficijenta trenja za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine maslina.....	<b>29</b>

## **POPIS TABLICA**

<b>Tablica 4-1.</b> Sastav ispitivane bentonitne isplake A s različitim koncentracijama praha komine masline .....	<b>16</b>
<b>Tablica 4-2.</b> Sastav ispitivane bentonitne isplake B s različitim koncentracijama praha komine masline .....	<b>16</b>
<b>Tablica 4-3.</b> Prikaz izmjerenih i izračunatih vrijednosti za uzorke isplake A .....	<b>17</b>
<b>Tablica 4-4.</b> Prikaz izmjerenih i izračunatih vrijednosti za uzorke isplake B .....	<b>20</b>

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUĆIH SI MJERNIH JEDINICA

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OPIS
$\mu_p$	Pa×s	Plastična viskoznost
$\mu_a$	Pa×s	Prividna viskoznost
$\tau$	Pa	Smično naprezanje
$\tau_0$	Pa	Naprezanje pri pokretanju



## 1. UVOD

Bušenje u naftnom rudarstvu je kompleksan proces koji uključuje korištenje različitih materijala i aditiva kako bi se uspješno izradila bušotina i osigurala učinkovita i sigurna eksploatacija ugljikovodika i geotermalne vode iz podzemlja. Isplaka, kao neizostavni dio bušaćeg procesa ima ključnu ulogu u stabilizaciji kanala bušotine i uklanjanju krhotina s dna kanala bušotine.

Reološka svojstva isplake, odnosno njena sposobnost da se mijenja pod utjecajem vanjskih čimbenika kao što su temperatura, tlak, brzina strujanja i aditivi, igraju ključnu ulogu u uspješnoj provedbi procesa bušenja. Promjene u reološkim svojstvima isplake mogu utjecati na njenu sposobnost zadržavanja stabilnosti bušotine, povećanje troškova bušenja i smanjenje učinkovitosti procesa izrade kanala bušotine. S obzirom na sve veću svijest o očuvanju okoliša te potrebu za smanjenjem negativnog utjecaja naftne industrije na okoliš, provodi se sve više istraživanja vezanih za upotrebu održivih materijala i nusproizvoda iz različitih industrijskih procesa u procesima bušenja. Jedan od potencijalnih aditiva koji bi se mogao koristiti za poboljšanje reoloških svojstava isplake je i komina masline.

Komina masline je otpadni materijal koji nastaje prilikom proizvodnje maslinovog ulja. Bogata je raznim biološki aktivnim spojevima poput polifenola, tanina, proteina i ugljikohidrata, te se stoga može pretpostaviti da bi njezino dodavanje u isplaku moglo utjecati na reološka svojstva isplake. Neki od potencijalnih učinaka dodavanja komine maslina na isplaku je moguće poboljšanje viskoelastičnosti, viskoznosti i modul elastičnosti isplake.

Stoga je cilj ovog završnog rada istražiti utjecaj dodavanja komine maslina u različitim koncentracijama na reološka svojstva isplake u kontekstu smanjenja utjecaja naftno-rudarskih radova na okoliš.

## 2. KORIŠTENJE BIORAZGRADIVOG OTPADA U ISPLACI

Tijekom procesa bušenja nastaje značajan volumen otpada, uključujući krhotine nabušenih stijena i odbačenu iskorištenu isplaku. Otpad ima potencijalno štetne učinke na okoliš, koji ovise o njegovim fizikalnim i kemijskim svojstvima. Toksičnost je često glavni faktor koji određuje rizik od utjecaja otpada na okoliš. Smanjenje količine otpada može se postići primjenom manje toksičnih materijala i aditiva tijekom bušenja, te kroz njegovo recikliranje i ponovnu upotrebu. Recikliranje i ponovna upotreba uključuju ponovno korištenje korisnih komponenti otpada za različite svrhe.

S obzirom na rastuće izazove pred naftnom industrijom u vezi s ispunjavanjem strogih ekoloških standarda za zbrinjavanje otpada, raste potreba za istraživanjem biorazgradivih aditiva za primjenu u isplakama, gdje se otpad iz proizvodnje hrane može izdvojiti kao moguće rješenje. Osim što manje šteti okolišu, ovakav otpad je globalno dostupan i znatno jeftiniji od komercijalnih kemijskih aditiva koji se inače koriste u isplaci. Također je važno istaknuti da je rukovanje njime sigurnije (Al-Saba i suradnici, 2018). U istraživanjima koja se provode širom svijeta korišteni su različiti otpadni proizvodi hrane kako bi se procijenio njihov utjecaj na svojstva isplake. Na primjer, Iranwan i suradnici (2009.) ispitivali su učinak klipa kukuruza i šećerne trske kao ekološki prihvatljivih aditiva za reguliranje viskoznosti isplake. Iako su rezultati pokazali poboljšanje plastične viskoznosti, istovremeno su se smanjile granica tečenja i čvrstoća gela. Nmegbu i suradnici (2014.) ispitivali su utjecaj kukuruznog klipa na gustoću isplake, pri čemu je uočeno povećanje gustoće za 27% i smanjenja reoloških svojstava za 50% u odnosu na baznu isplaku bez kukuruznog klipa kao aditiva. Zhou i suradnici (2021.) koristili su u ispitivanjima usitnjenu košticu od žižule i došli do zaključka da se njenim dodavanjem povećava viskoznost isplake i povećava njena mazivost. Također su primijetili da se smanjenjem veličine čestica dobivenih usitnjavanjem koštice od žižule viskoznost i naprezanje pri pokretanju povećavaju, a koeficijent trenja i filtracija smanjuju. Al-Hameedi i suradnici (2020c) koristili su u svojim ispitivanjima smrvljene ljske od jajeta koje bi trebale zamijenile uporabu kalcijevog karbonata kao oteživača. Ljska jajeta može se koristiti u isplaci za povećanje viskoznosti, poboljšati filtracijska svojstva i očuvanje pH vrijednosti. Također, u svom drugom radu ispitivanja su provodili s palminim listovima gdje su došli do nedosljednih rezultata vezanih uz utjecaj palminih listova na reološka svojstva (Al-Hameedi i suradnici, 2020b).

Ghaderi i suradnici (2020.) istraživali su utjecaj osušenih ljubičastih latica šafrana kao ekološki prihvatljivog zelenog aditiva i došli do zaključka da bi se one mogle koristiti kao potencijalni viskozifer. Haider i suradnici (2018.) koristili su u svojim ispitivanjima prah drveta alepskoga bora koji je poboljšao reološka i filtracijska svojstva isplake, te su zaključili i da bi se mogao koristiti kao viskozifer ili aditiv za reguliranje filtracije isplake. Al-Hameedi i suradnici (2020a) proveli su ispitivanje i na prahu od koštice zelene masline s dvije koncentracije, prva od 7,5 g/l, a druga 15 g/l. Rezultati su ukazali na povećanje plastične viskoznosti povećanjem koncentracije praha koštice zelene masline u isplaci, kao i povećanja napreznaja pri pokretanju te čvrstoće gela.

Na isti način, u laboratorijskom istraživanju u okviru ovog završnog rada korištena je komina maslina (Slika 2-1.) kako bi se istražio njen učinak na reološka svojstva, gustoću i mazivost isplake na bazi vode pri različitim koncentracijama (u rasponu od 5 g/l do 30 g/l). Komina masline predstavlja potencijalan korisni materijal za upotrebu u naftnoj industriji, dobiven kao nusproizvod obrade maslina. U Hrvatskoj, ukupna proizvodnja maslina u 2022. godini iznosila je 40 112 tona, kako je zabilježeno od strane Državnog zavoda za statistiku (2022). Jedno zrno masline u sebi sadrži od 10 do 20% ulja, 50% vegetativne vode i 30% do 40% komine, što znači da samo u Hrvatskoj prilikom prerade maslina nastaje između 12 034 i 16 045 tona otpada.



**Slika 2-1.** Sasušena komina masline

### **3. FIZIKALNA SVOJSTVA ISPLAKE**

U okviru ovog završnog rada određena su reološka svojstva, gustoća te podmazujuća svojstva ispitivanih isplaka na bazi vode.

#### **3.1. Reološka svojstva**

Jedna od važnih fizikalnih svojstva isplake su i reološka svojstva isplake koja su ključna komponenta u procesu bušenja u naftnom rudarstvu, a imaju značajnu ulogu u osiguravanju stabilnosti bušotine te optimalnoj cirkulaciji fluida i ispunjenju svih njenih zadaća. Ova svojstva, koja se odnose na ponašanje materijala pod utjecajem vanjskih sila, uključuju plastičnu viskoznost, naprezanje pri pokretanju i čvrstoću gela. Razumijevanje ovih svojstava ključno je za pravilno upravljanje procesom bušenja. Reološka svojstva isplake posebno su važna jer direktno utječu na uklanjanje krhotina iz kanala bušotine i njihovo iznošenje na površinu, držanje krhotina stijena i oteživača u suspenziji tijekom perioda prekida cirkulacije, otpuštanje krhotina na površini, otpore protjecanju isplake i promjenu tlaka u kanalu bušotine.

##### **3.1.1. Viskoznost**

Viskoznost je mjera unutarnjeg otpora fluida prema tečenju. Povećanjem otpora povećava se i viskoznost. Kako bi se osiguralo uspješno bušenje potrebno je prvenstveno kontrolirati viskoznost isplake. Ona ovisi o temperaturi, sadržaju čvrstih čestica u isplaci, veličini krhotina nabušenih stijena, gustoći isplake, prisutnosti različitih kemijskih reagensa i čvrstoći gela. Određivanje viskoznosti u ovom radu provedeno je pomoću Fann-viskozimetra kojim je izmjereno smično naprezanje pri različitim smičnim brzinama te iz izmjerenih podataka izračunata plastična i prividna viskoznost ispitivanih isplaka.

Plastična viskoznost ili dinamička viskoznost je funkcija trenja između čvrstih čestica koje se nalaze u isplaci, količine naboja na tim česticama i viskoznosti dispergirane faze i sredine disperzije. Pri visokim vrijednostima viskoznosti dolazi do smanjenja hidrauličke djelotvornosti, povećanog kolebanja tlaka i ubrzava se pojava klipovanja. Plastična viskoznost računa se prema sljedećem izrazu (Gaurina-Međimurec, 2020):

$$\mu_p = \frac{\tau_{1020} - \tau_{510}}{1020 - 510}, (\text{Pa} \times \text{s}) \quad (3-1.)$$

Gdje su:  $\mu_p$  – plastična viskoznost, Pa×s

$\tau_{1020}$  – smično naprezanje kod smične brzine 1020 s<sup>-1</sup>, Pa

$\tau_{510}$  – smično naprezanje kod smične brzine 510 s<sup>-1</sup>, Pa

Prividna ili strukturna viskoznost je funkcija viskoznosti osnovne kapljevine, veličine i broja dispergiranih čestica i sila između čestica pri jednom uvjetu toka, to jest ovisi samo o smičnom naprezanju očitanoj kod 600 okretaja po minuti (1022 s<sup>-1</sup>). Računa se prema sljedećem izrazu (Gaurina-Međimurec, 2020):

$$\mu_a = \frac{\tau_{1020}}{1020}, (\text{Pa} \times \text{s}) \quad (3-2.)$$

Gdje su:  $\mu_a$  – prividna viskoznost, Pa×s

$\tau_{1020}$  – smično naprezanje kod smične brzine 1020 s<sup>-1</sup>, Pa

### 3.1.2. Naprezanje pri pokretanju

Naprezanje pri pokretanju (granica popuštanja) je veličina naprezanja u isplaci, koja uzrokuje prelaženje isplake iz stanja mirovanja u stanje gibanja. Ovo naprezanje uvjetovano je pozitivnim ili negativnim nabojem čvrstih čestica. Pri mirovanju isplake privlačne i odbojne sile nalaze se u ravnoteži. Naprezanje pri pokretanju računa se koristeći očitavanja smičnih naprezanja na Fann-viskozimetru kod odgovarajućih smičnih brzina. Za računanje naprezanja pri pokretanju koristi se sljedeća formula (Gaurina-Međimurec, 2020):

$$\tau_0 = \tau_{1020} - 2(\tau_{1020} - \tau_{510}), (\text{Pa}) \quad (3-3.)$$

Gdje su:  $\tau_0$  – naprezanje pri protjecanju, Pa

$\tau_{1020}$  – smično naprezanje kod smične brzine 1020 s<sup>-1</sup>, Pa

$\tau_{510}$  – smično naprezanje kod smične brzine 510 s<sup>-1</sup>, Pa

### 3.1.3. Čvrstoća gela

Prilikom prekida toka isplake čvrste čestice u isplaci nastavljaju kretanje sve dok ne zauzmu položaj u kojem postoji ravnoteža između privlačnih i odbojnih sila tih čestica i tekućine. Minimalno potrebno naprezanje, koje će poslije izvjesnog vremena mirovanja omogućiti klizanje čvrstog tijela u isplaci određeno je čvrstoćom gela. Čvrstoća gela je funkcija sila između čvrstih čestica i tekuće faze u isplaci. Za određivanje čvrstoće gela obično se izvode dva mjerenja, odmah nakon prestanka kretanja isplake (10 sekundi) i nakon mirovanja isplake u trajanju od 10 minuta. Razlika očitavanja predstavlja mjerilo tiksotropije isplake. Tiksotropija je promjena konzistencije nekih tvari kao posljedica smicanja nastalog mućkanjem, miješanjem, vibriranjem i sl., te povratak u prvotno stanje nakon prestanka djelovanja uzroka poremećaja (Hrvatska enciklopedija, 2021). Određivanje čvrstoće gela u ovom istraživanju provedeno je pomoću Fann-viskozimetra.

### 3.2. Gustoća

Jedan od osnovnih zadataka isplake je sprječavanje dotoka slojnog fluida u kanal bušotine ili hidrauličko razdiranje već probušenih slojeva stijena. Čestim mjerenjem gustoće isplake na bušotini, moguće je pravovremeno otkriti promjenu njene vrijednosti i time doprinijeti održavanju sigurnosnih uvjeta tijekom bušenja. Gustoća isplake se prilagođava uvjetima u bušotini odnosno slojnom tlaku pomoću oteživača (barit ( $\text{BaSO}_4$ ), kredofil ( $\text{CaCO}_3$ ), olovov sulfid ( $\text{PbS}$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )) koji povećavaju gustoću isplake ili olakšivača (voda, isplaka manje gustoće, nafta) koji smanjuju gustoću isplake. Vrijednosti gustoće isplake najčešće su u rasponu od 900 do 1400  $\text{kg/m}^3$ .

### 3.3. Mazivost isplake

U horizontalnim bušotinama smanjenje koeficijenta trenja ima veliko značenje jer izravno utječe na silu natega i moment torzije koji se javlja kod niza bušaćih alatki koje slobodno rotiraju unutar kanala bušotine. Sve isplake imaju određeni stupanj sposobnosti podmazivanja i smanjenja koeficijanta trenja. Standardna mjera sposobnosti podmazivanja je koeficijent trenja koji se dodatno može smanjiti dodavanjem podmazivača u isplake na bazi vode. Upotrebom isplake na bazi ulja postižu se manji koeficijenti trenja nego upotrebom isplaka na bazi vode, ali je ograničavajući faktor zaštita okoliša, te njihova visoka

cijena izrade u odnosu na isplake na bazi vode. Jedan od ciljeva istraživanja je utvrditi pomaže li komina masline u smanjivanju koeficijenta trenja ispitivanih isplaka (Gaurina-Međimurec, 2020).

## 4. LABORATORIJSKA MJERENJA

U ovom završnom radu korištena je komina masline kako bi se odredio njen utjecaj na fizikalna svojstva isplake. Uz reološka svojstva je određen i njen utjecaj na gustoću i mazivost isplake. Mjerenja su napravljena na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu u Zagrebu, u Laboratoriju za bušotinske fluide. Svi ispitani uzorci pripremljeni su u skladu sa standardima Američkog instituta (engl. *American Petroleum Institute, API*) (2024), odnosno API Spec 13A i API RP 13B-1.

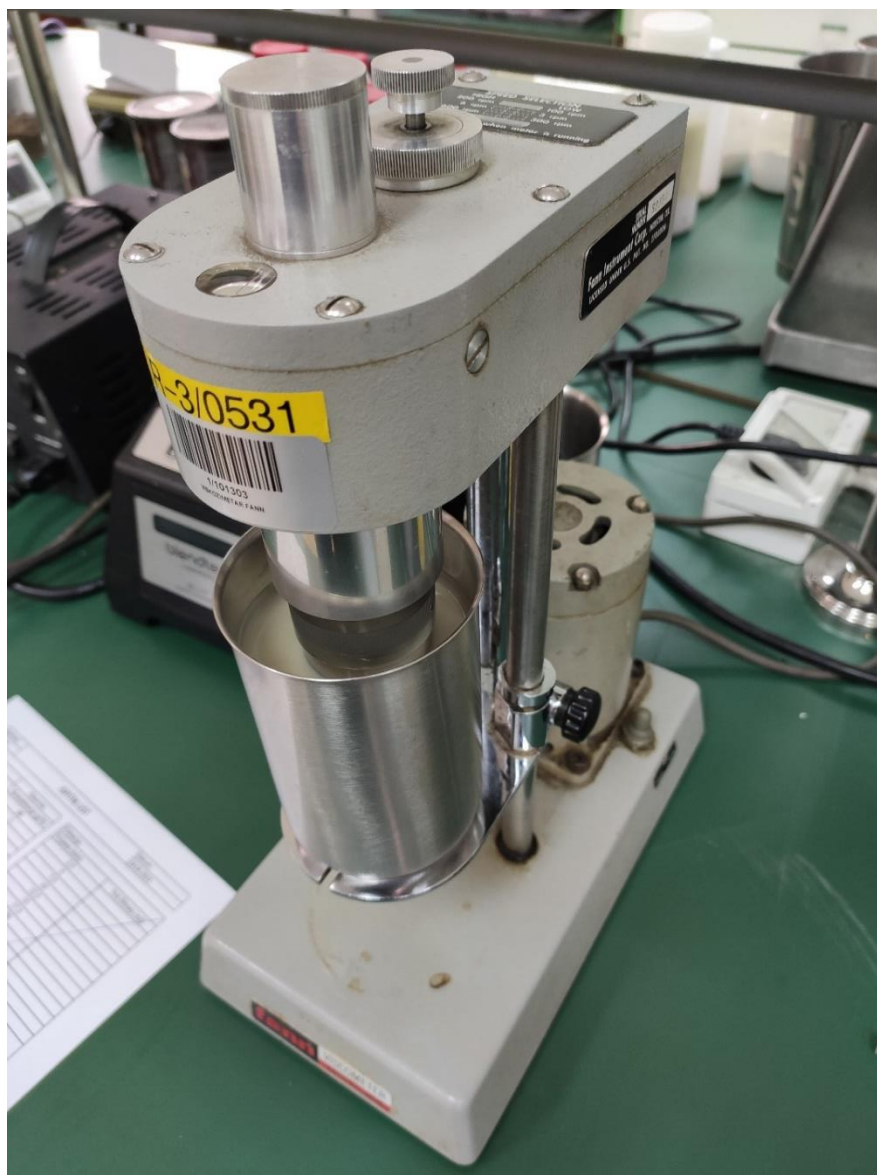
### 4.1. Laboratorijski uređaji

U nastavku su kratko opisani laboratorijski uređaji korišteni za laboratorijska istraživanja u okviru ovog završnog rada.

#### 4.1.1. Fann-viskozimetar

Fann-viskozimetar (Slika 4-1.) je instrument rotacijskog tipa pogonjen dvobrzinskim sinhronim elektromotorom, kojim se postižu smične brzine od  $5,1 \text{ s}^{-1}$ ,  $10,2 \text{ s}^{-1}$ ,  $170 \text{ s}^{-1}$ ,  $340 \text{ s}^{-1}$ ,  $510 \text{ s}^{-1}$  i  $1020 \text{ s}^{-1}$  (ili 3 okretaja/min, 6 okretaja/min, 100 okretaja/min, 200 okretaja/min, 300 okretaja/min i 600 okretaja/min). Sastoji se od postolja, elektromotora, mjenjačke kutije, brojanika, boba (unutarnji puni valjak), rotora (vanjski cilindar) i čaše. Isplaka za mjerenje nalazi se u prstenastom prostoru između dva cilindra i boba. Vanjski cilindar ili rotor okreće se konstantnom brzinom. Kod okretanja rotor proizvodi torzisko naprezanje, koje se preko ispitivane isplake, prenosi na bob. Torziska opruga povezana s bobom suprotstavlja se njegovu zakretanju. Ostvareno zakretanje boba rezultira vidnim naprežanjem koje se očitava na brojaniku.





**Slika 4-1.** Fann-viskozimetar

#### 4.1.2. Vaga za isplaku

Instrument koji se najčešće koristi za mjerenje gustoće isplake je vaga za isplaku (Slika 4-2.). Ona je jednostavne konstrukcije, te se njome brzo i lako određuje gustoća isplake. Prilagođena je za terensku uporabu s točnošću od  $0,01 \text{ g/cm}^3$ , a temperatura ne utječe bitno na točnost rezultata mjerenja. Osnovni dijelovi vage za isplaku su postolja, poluga, posuda s poklopcem, libela, klizač i uteg. Posuda za isplaku, pričvršćena na jednom kraju poluge uravnotežuje se s utegom pričvršćenim na njenom drugom kraju. To se postiže pomoću klizača koji se može slobodno pomicati duž poluge na kojoj su četiri graduirane skale, omogućavajući jednostavno očitavanje rezultata mjerenja u različitim mjernim jedinicama.



**Slika 4-2.** Vaga za isplaku

#### 4.1.3. Uređaj za određivanje podmazujućih svojstava isplake

Uređaj za određivanje podmazujućih svojstava isplake (engl. *Lubricity tester*) (Slika 4-3.) je instrument koji se koristi za određivanje podmazujućih svojstava isplake, te omogućava procjenu vrste i količine aditiva potrebnih za povećanje mazivosti isplake. Kod standardnog ispitivanja podmazujućih svojstava isplake, torzija od 17 Nm (150 In/Lbs) primjenjuje se između dviju čeličnih površina, odnosno između nepomičnog bloka i prstena koji se okreće brzinom od 60 okretaja/min (Ofi Testing Equipment, 2015).



**Slika 4-3.** Uređaj za određivanje podmazujućih svojstava isplake

#### **4.2. Sastav isplake**

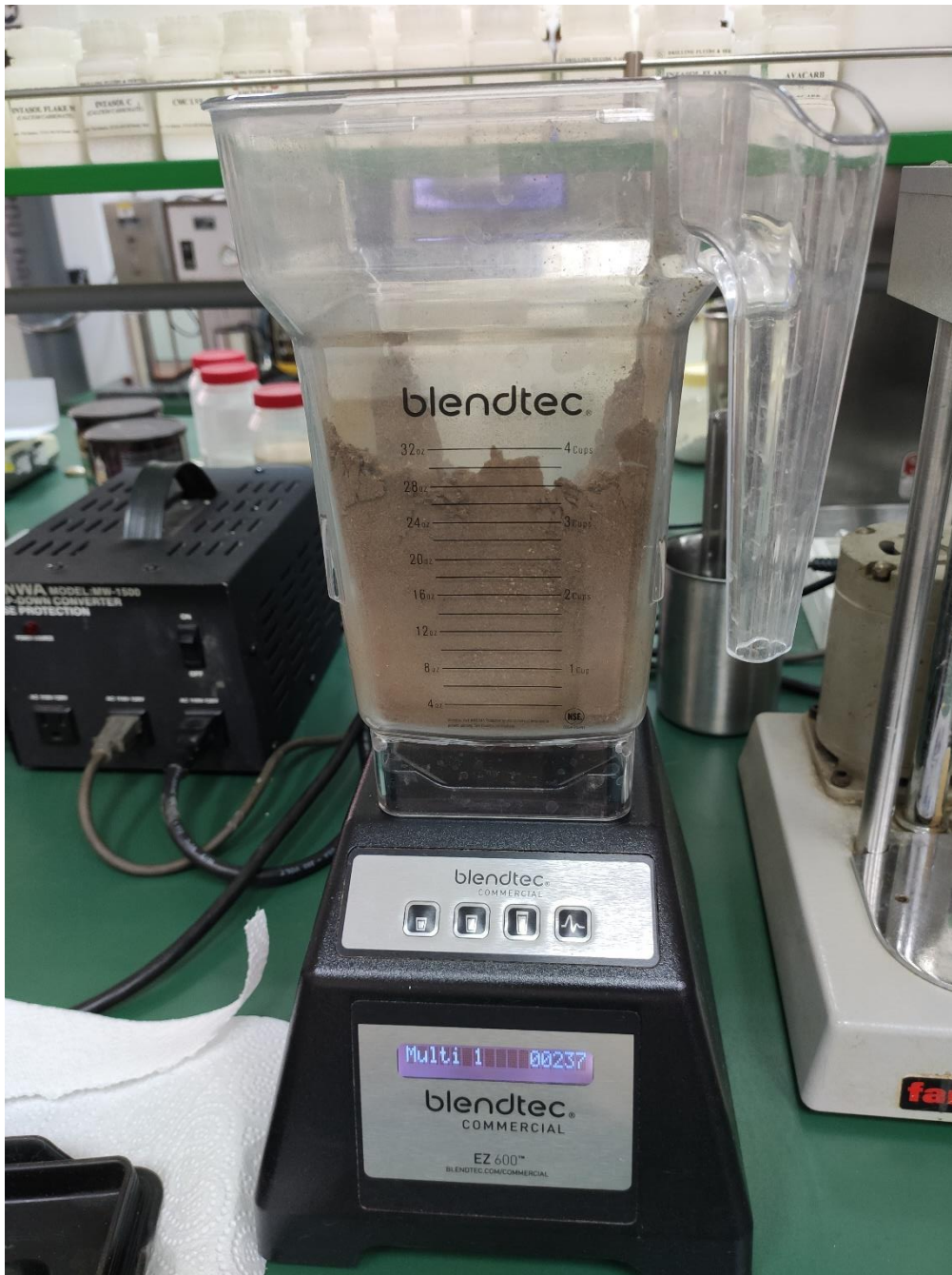
Aditivi su tvari koje se dodaju u isplaku kako bi se poboljšala njena fizikalna i kemijska svojstva te ukupna efikasnost procesa izrade kanala bušotine. Različiti aditivi, koji se koriste kako bi se mijenjala svojstva tekućine, neizostavan su dio formulacije isplake te pružaju inženjerima mogućnost prilagodbe njenih svojstava specifičnim uvjetima bušenja. Aditivi imaju važnu ulogu u pripremi isplake i procesu bušenja, budući da utječu na fizikalna svojstva isplake, poboljšanje stabilnosti kanala bušotine, smanjenja trenja između bušaćih alatki i stjenki kanala bušotine, te savladavanje ostalih izazova povezanih s procesom bušenja.

Glavni ispitani aditiv u ovom završnom radu je komina masline. Komina masline se nakon prikupljanja sušila u sušioniku na 48 sati pri temperaturi od 90 °C (Slika 4-4.) kako bi se iz nje uklonila preostala voda. Nakon toga dehidrirana komina masline se usitnjava u mikseru (Slika 4-5.). Usitnjena komina masline prosijana je kroz dva sita otvora promjera

0,16 mm i 0,1 mm (Slika 4-6.). Prilikom ovog ispitivanja nije sakupljena dovoljna količina komine čiji je promjer čestica iznosio 0,1 mm ili manje te su u laboratorijskom ispitivanju korištene čestice koje su prošle samo kroz prvo sito odnosno čestice promjera od 0,1 mm do 0,16 mm (slika 4-7).



**Slika 4-4.** Sušionik u kojem se dehidrirala komina masline



Slika 4-5. Mikser u kojem se usitnjavala komina masline



**Slika 4-6.** Sita kroz koji je prosijavana komina masline



**Slika 4-7.** Prah komine masline veličine čestica od 0,1 mm do 0,16 mm

Laboratorijska ispitivanja u okviru ovog završnog rada provedena su na dvije bentonitne isplake na bazi vode kojima je dodana različita koncentracija praha komine masline. Na svim uzorcima ispitivanih isplaka provedena su ista ispitivanja, to jest određivanje reoloških svojstava, gustoće i mazivosti isplake. Tablica 4-1 prikazuje sastav bentonitne isplake A s različitim koncentracijama praha komine maslina, dok Tablica 4-2. prikazuje sastav bentonitne isplake B s različitim koncentracijama praha komine maslina uz dodatak aditiva, to jest oteživača (barit) i aditiva koji povećava viskoznost (Visco XC84). Koncentracije vode, bentonita, natrijevog hidroksida (NaOH), Visco XC84 i barita su konstantne u svim ispitivanjima isplaka A i B, dok su se koncentracije praha komine masline mijenjale kako bi se mogao procijeniti utjecaj različitih koncentracije praha komine masline na reološka svojstva, gustoću i mazivost u isplaci.

**Tablica 4-1.** Sastav ispitivane bentonitne isplake A s različitim koncentracijama praha komine masline

Sastav	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Voda (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Bentonit (g)	60	60	60	60	60	60	60
NaOH (g)	1	1	1	1	1	1	1
Komina masline (g)	0	5	10	15	20	25	30

**Tablica 4-2.** Sastav ispitivane bentonitne isplake B s različitim koncentracijama praha komine masline

Sastav	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Voda (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Bentonit (g)	60	60	60	60	60	60	60
NaOH (g)	1	1	1	1	1	1	1
Visco XC84 (g)	3	3	3	3	3	3	3
Barit	40	40	40	40	40	40	40
Komina masline (g)	0	5	10	15	20	25	30

### 4.3. Rezultati mjerenja

Zbirni rezultati mjerenja provedenih na bentonitnoj isplaci A prikazani su u Tablici 4-3. Osim podataka o očitavanju smičnih naprezanja za pojedinu smičnu brzinu, prikazane su i vrijednosti reoloških parametara izračunatih na temelju izmjerenih podataka na tom viskozitetu pomoću ranije navedenih jednadžbi te direktna očitavanja deset sekundne i deset minutne čvrstoće gela. U Tablici 4-3 prikazani su i rezultati mjerenja gustoće i mazivosti (koeficijent trenja).

U Tablici 4-3 nalaze se svi rezultati provedenih mjerenja i izračuna reoloških svojstava ispitivanih bentonitnih isplaka (A0 do A6). Uzorak A0 predstavlja referentni uzorak isplake



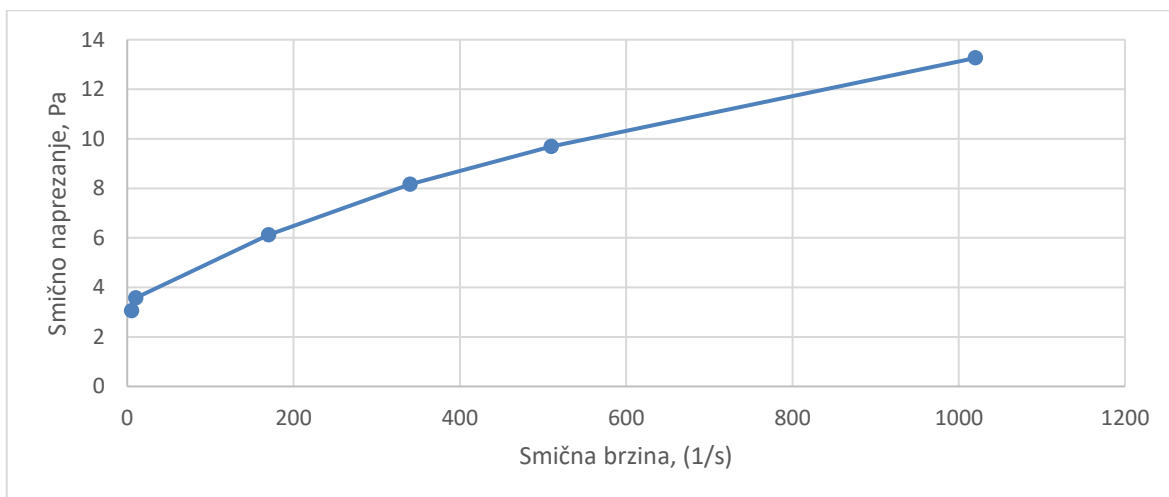
bez dodatka praha komine masline. Uzorci od A1 do A6 predstavljaju ispitivane uzorke isplake A s različitim koncentracijama praha komine masline. Tako uzorak A1 sadrži najmanju koncentraciju praha komine masline, a uzorak A6 najvišu.

**Tablica 4-3.** Prikaz izmjerenih i izračunatih vrijednosti za uzorke isplake A

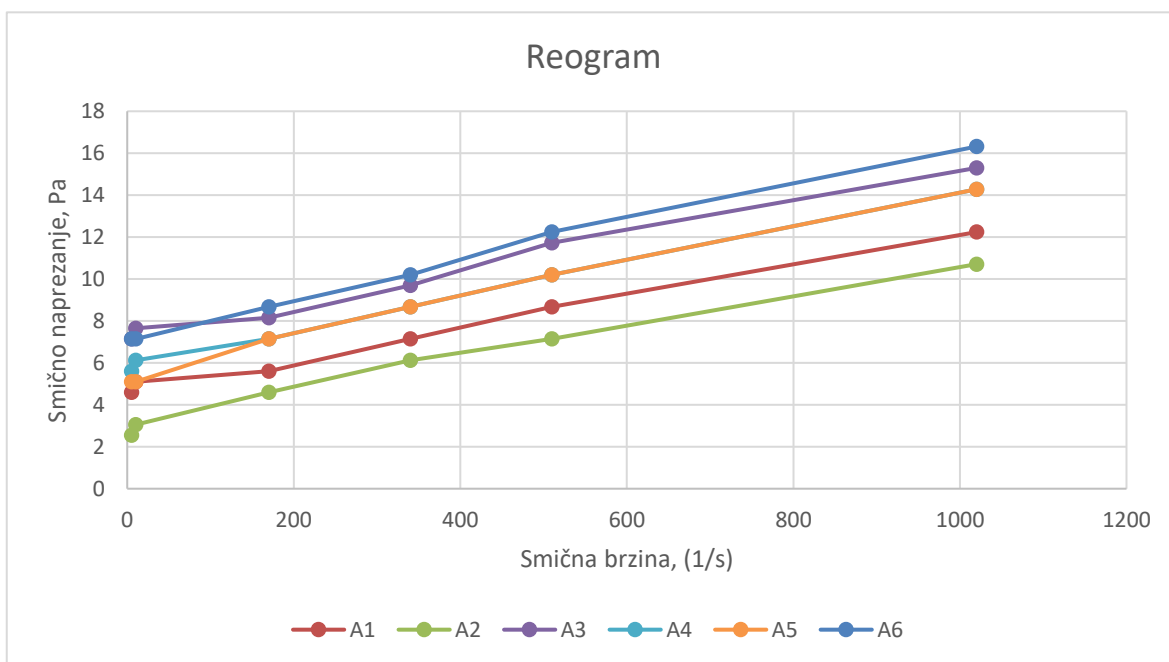
Uzorci	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Smična brzina (s <sup>-1</sup> )	Smično naprezanje (Pa)						
1200	13,26	12,24	10,71	15,3	14,28	14,28	16,32
510	9,69	8,67	7,14	11,73	10,2	10,2	12,24
340	8,16	7,14	6,12	9,69	8,67	8,67	10,2
170	6,12	5,61	4,59	8,16	7,14	7,14	8,67
10,2	3,57	5,1	3,06	7,65	6,12	5,1	7,14
5,1	3,06	4,59	2,55	7,14	5,61	5,1	7,14
Plastična viskoznost (Pa×s)	0,007	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008
Prividna viskoznost (Pa×s)	0,013	0,012	0,0105	0,015	0,014	0,014	0,016
Naprezanje pri pokretanju (Pa)	6,12	5,1	3,57	8,16	6,12	6,12	8,16
Gel 10 s (Pa)	5,1	5,1	3,57	9,69	7,65	7,65	8,67
Gel 10 min (Pa)	16,32	17,85	12,75	20,4	17,34	16,83	18,87
Gustoća (kg/m <sup>3</sup> )	1040	1030	1030	1030	1030	1030	1030
Koeficijent trenja (5 min)*	0,7	0,42	0,32	0,33	0,28	0,22	0,17

\*vrijeme nakon kojeg je očitana vrijednost

Iz tablice se jasno može vidjeti ovisnost smičnog napreznja o smičnoj brzini mjerena Fann-viskozimetrom, a koja je grafički prikazana reogramom za ispitivani uzorak A0 na Slici 4-8. Na Slici 4-9. prikazani su reogrami za ispitivane uzorke isplake A1 do A6 radi lakše usporedbe. S porastom smične brzine isplake raste i smično napreznje za sve ispitivane uzorke A, s time da se s povećanjem koncentracije praha komine masline u isplaci povećava i vrijednost smičnog napreznja. Kod isplaka s nižom koncentracijom praha komine masline (A1 i A2) uočavaju se odstupanja koja je potrebno dodatno ispitati.



**Slika 4-8.** Reogram za ispitivani uzorak bentonitne isplake A0



**Slika 4-9.** Reogram za ispitivane uzorke bentonitne isplake od A1 do A6

Vrijednost plastične viskoznosti povećala se za 0,001 Pa×s u ispitivanom uzorku isplake A4 u odnosu na uzorak A0 te je ta vrijednost ostala jednaka i kod isplaka s višom koncentracijom praha komine maslina (A5 i A6). Najveća vrijednost prividne viskoznosti izmjerena je u uzorku A6 te je iznosila 0,016 Pa×s, što je povećanje od 0,003 Pa×s u odnosu na referentnu isplaku (A0).

Naprezanje pri pokretanju je također najviše u uzorcima A3 i A6 te se može zaključiti da je poraslo u odnosu na referentnu vrijednost odnosno vrijednost naprezanja pri pokretanju dobivenu za referentnu isplaku (A0).

Mjerene vrijednosti čvrstoće gela nakon 10 sekundi i 10 minuta su povećane u odnosu na baznu isplaku uz izuzetak vrijednosti izmjerenih kod ispitivanja isplake A2, a najveće vrijednosti su izmjerene kod uzorka A3. Gustoća ispitivanih isplaka koje su sadržavale prah komine masline u različitim koncentracijama se smanjila u odnosu na referentni uzorak za 10 kg/m<sup>3</sup>. Vrijednost mazivosti tj. koeficijenta trenja opada dodatkom praha komine masline i to sa 0,7 (A0) na 0,17 (A6) što je najznačajnija promjena svojstva isplake primijećena nakon dodatka praha komine masline. Mazivost ispitivanih isplaka kontinuirano se povećava sa svakim povećanjem koncentracije praha komine masline u isplaci.

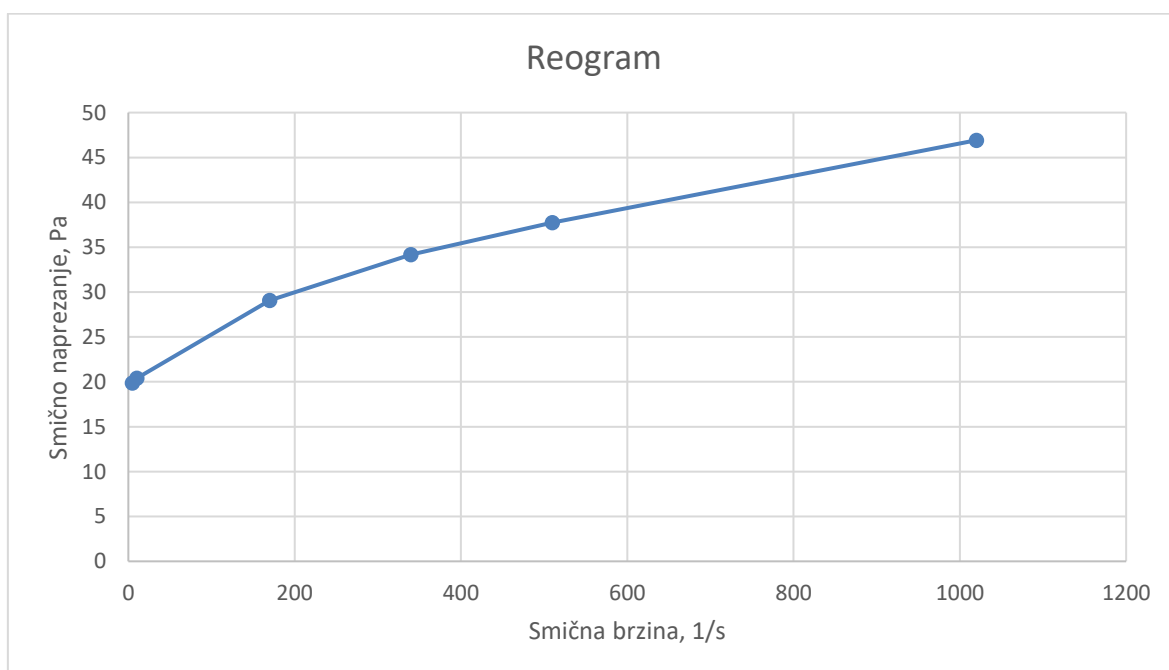
Kao što je ranije spomenuto uzorci isplake B (Tablica 4-4.) sadrže dodatne aditive, to jest barit (oteživač) i Visco XC84 (viskozifer). U odnosu na uzorak A0 u uzorku B0 vidljivo je značajno povećanje smičnih naprezanja kao i viskoznosti, čvrstoće gela i gustoće dok se vrijednost koeficijenta trenja smanjila za 0,07, a što je očekivano s obzirom na promjenu u sastavu isplake.

**Tablica 4-4.** Prikaz izmjerenih i izračunatih vrijednosti za uzorke isplake B

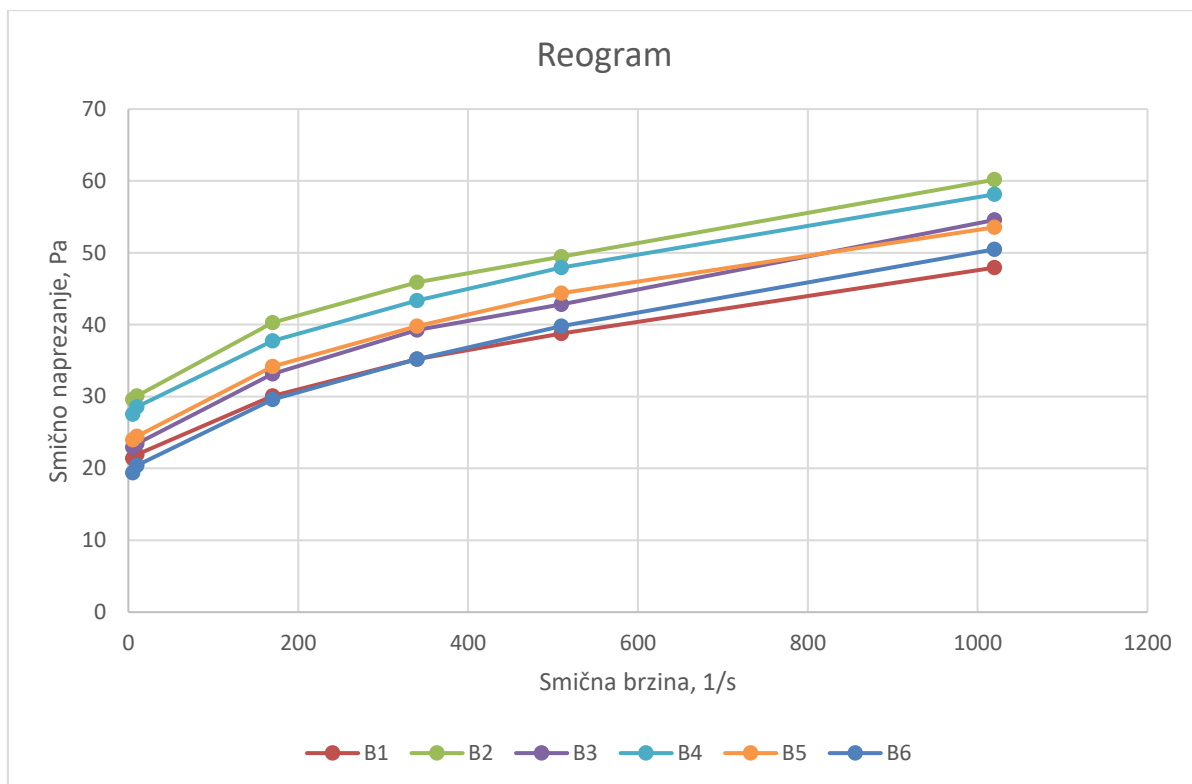
Uzorci	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Smična brzina ( $s^{-1}$ )	Smično naprežanje (Pa)						
1020	46,92	47,94	60,18	54,57	58,14	53,33	50,49
510	37,74	38,76	49,47	42,84	47,94	44,37	39,78
340	34,17	35,19	45,9	39,27	43,35	39,78	35,19
170	29,4	30,09	40,29	33,15	37,74	34,17	29,58
10,2	20,4	21,93	30,09	23,46	28,56	24,48	20,4
5,1	19,89	21,42	29,58	22,95	27,54	23,97	19,83
Plastična viskoznost ( $Pa \times s$ )	0,018	0,018	0,021	0,023	0,02	0,018	0,021
Prividna viskoznost ( $Pa \times s$ )	0,046	0,047	0,059	0,0535	0,057	0,0525	0,0495
Naprežanje pri pokretanju (Pa)	28,56	29,58	38,76	31,11	37,74	35,19	29,07
Gel 10 s (Pa)	16,83	17,85	27,03	22,95	23,74	21,42	16,83
Gel 10 min (Pa)	29,07	30,09	39,27	34,68	37,74	34,17	27,54
Gustoća ( $kg/m^3$ )	1060	1070	1070	1070	1070	1070	1070
Koeficijent trenja (5 min*)	0,63	0,25	0,34	0,32	0,28	0,3	0,27

\*vrijeme nakon kojeg je očitana vrijednost

Ovisnost smičnog naprezanja o smičnoj brzini za sve ispitivane isplake B je prikazana reogramima na Slici 4-10. (B0) te na Slici 4-11. (B1 do B6). Iz prikazanih podataka vidljivo je povećanje vrijednosti smičnog naprezanja povećanjem smične brzine. Pri istim smičnim brzinama, a s povećanjem koncentracije praha komine maslina u ispitivanim uzorcima isplake B također se može uočiti povećanje vrijednosti smičnog naprezanja. Najviša vrijednost smičnog naprezanja od 60,18 Pa izmjerena je prilikom provođenja mjerenja na uzorku B2. Vrijednost plastične viskoznosti također je porasla dodatkom praha komine masline, te je najveća vrijednost izmjerena u uzorku B3 koji sadrži 20 g/l praha komine masline.



**Slika 4-10.** Reogram za ispitivani uzorak bentonitne isplake B0



**Slika 4-11.** Reogram za ispitivane uzorke bentonitne isplake od B1 do B6

Najviša vrijednost prividne viskoznosti izmjerena je u ispitivanom uzorku isplake B2, a vrijednosti kod drugih uzoraka su varirale, ali su sve bile više od referentne vrijednosti izmjerene kod bazne isplake (B0). Naprezanje pri pokretanju je poraslo s dodatkom praha komine masline, a najviša vrijednost je izmjerena kod uzorka B2. Vrijednosti čvrstoće gela su rasle s povećanjem koncentracije praha komine maslina od 10 g/l, kod koje je izmjerena 10-s čvrstoća gela 27,03 Pa i 10-min čvrstoća gela 39,27 Pa. Daljnjim povećanjem praha komine masline uočava se pad vrijednosti čvrstoće gela. Uočeno je da vrijednost desetominutne čvrstoće ispitivanog uzorka B6 pada ispod vrijednosti izmjerene kod bazne isplake (B0).

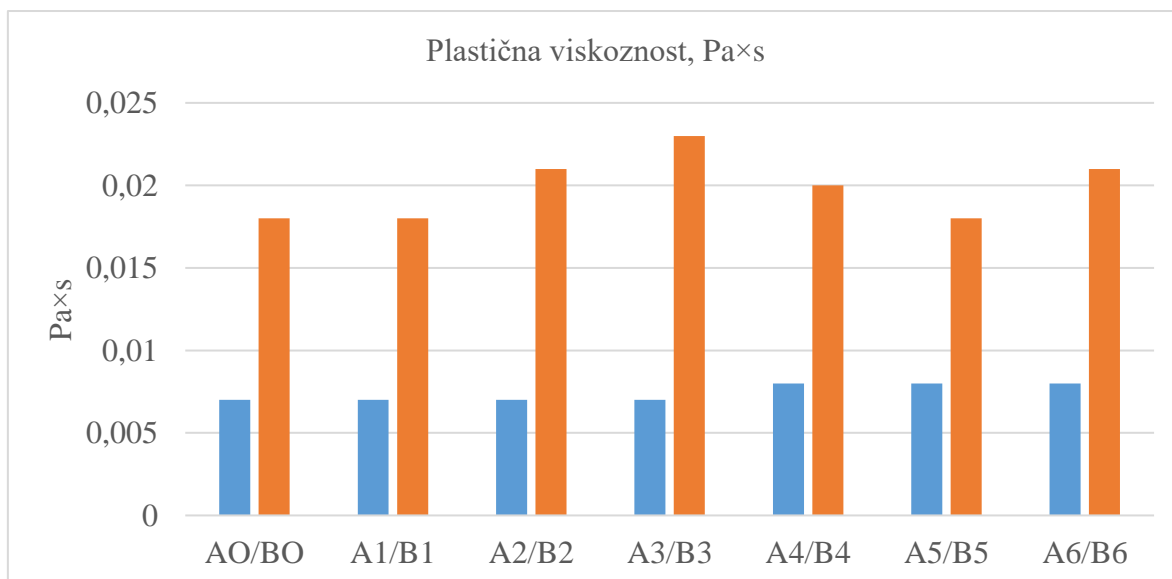
Gustoća isplake se s dodatkom praha komine masline povećala za  $10 \text{ kg/m}^3$ . Vrijednost mazivosti, odnosno koeficijenta trenja je u svim uzorcima koji sadrže prah komine maslina bila značajno manja u odnosu na referentni uzorak (B0), te je vidljivo da s povećanjem koncentracije praha komine masline u uzorku isplake dolazi do smanjenja koeficijenta trenja tj. povećanja podmazivanja. Do manjeg odstupanja je došlo kod uzoraka B1 i B4, ali zbog malih razlika u vrijednostima može se pripisati mogućoj pogreški pri mjerenju.

## 5. USPOREDBA REZULTATA MJERENJA

U ovom poglavlju dana je usporedba rezultata mjerenja uzoraka isplake A, bez dodatnih aditiva (osim praha komine masline) i uzoraka isplake B u koju su osim praha komine masline dodani i oteživač i viskozifer.

### 5.1. Plastična viskoznost

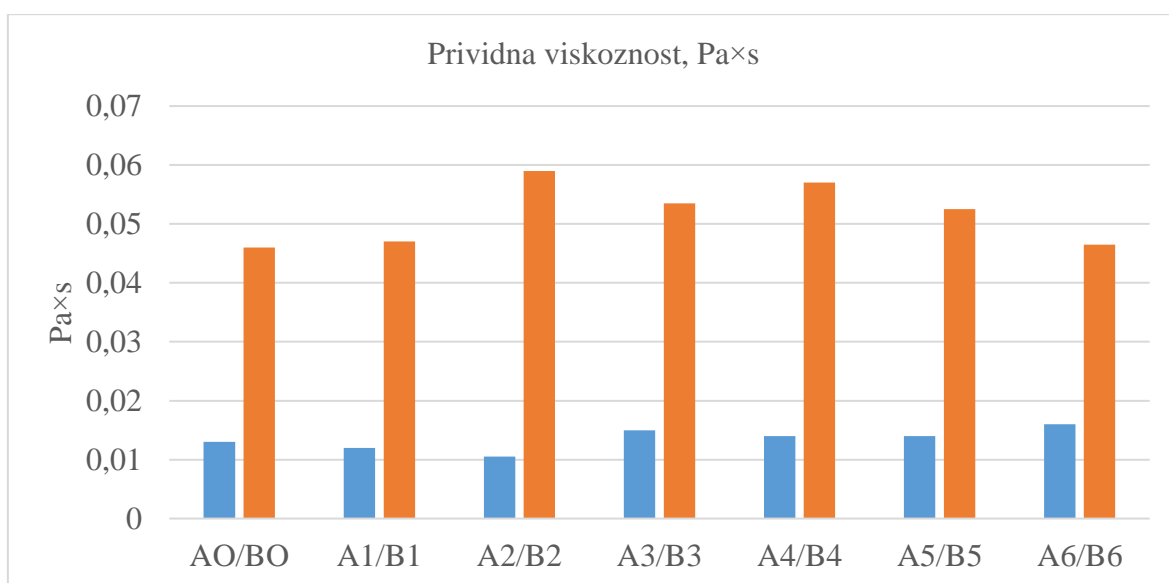
Iz izmjerenih vrijednosti dobivenih Fann-viskozimetrom izračunate su vrijednosti plastične viskoznosti (Slika 5-1.). Plavim stupcima su označene isplake od A0 do A6, dok su narančastom bojom označene isplake B0 do B6. Iz podataka se može uočiti da dodavanjem različitih koncentracija komine maslina u isplaku A0 ne dolazi do značajne promjene plastične viskoznosti, dok se u slučaju isplake B vidi da je vrijednost plastične viskoznosti znatno veća od vrijednosti plastične viskoznosti izmjerene kod isplake A. Maksimalna vrijednost izmjerena je kod isplake B3 koja je sadržavala 15 g/l praha komine maslina.



**Slika 5-1.** Usporedba vrijednosti plastične viskoznosti za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline

## 5.2. Prividna viskoznost

Istim postupkom kao i za plastičnu viskoznost uspoređeni su dobiveni su rezultati prividne viskoznosti (Slika 5-2.). Plavi stupci, koji predstavljaju prividnu viskoznost izmjerenu kod ispitivanih isplaka A, imaju manje fluktuacije vrijednosti s povećanjem koncentracije praha komine masline. Vrijednosti prividne viskoznosti ispitivanih isplaka B, označena narančastom bojom lagano rastu povećanjem koncentracije praha komine masline (u odnosu na baznu isplaku B0), te je najviša vrijednost zabilježena kod isplake B2. Vrijednosti prividne viskoznosti isplake B je prosječno veća za 0,04 Pa×s od vrijednosti izračunatih za isplake A pri istim koncentracijama praha komine masline.



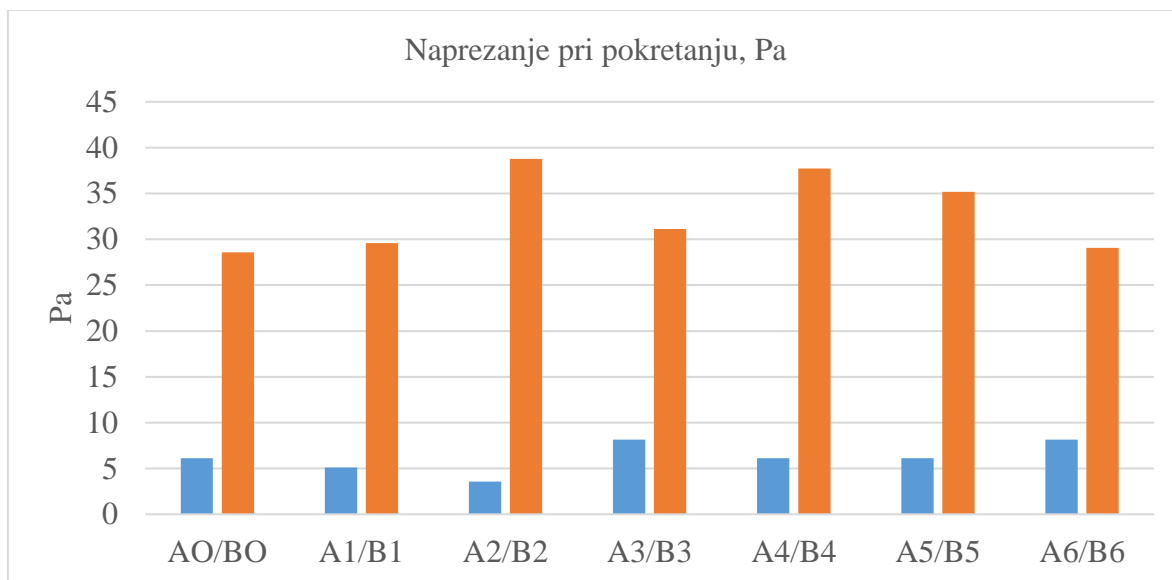
**Slika 5-2.** Usporedba vrijednosti prividne viskoznosti za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama komine maslina

## 5.3. Naprezanje pri pokretanju

Iz podataka prikazanih na Slici 5-3. vidljivo je da početno povećanje koncentracije praha komine masline u isplaci A (A2 i A3) uzrokuje smanjenje naprezanja pri pokretanju u odnosu na baznu isplaku zatim dolazi do porasta vrijednosti kod isplake A3 te ponovnog postupnog smanjenja vrijednosti. Kod isplake A6 dobivena je vrijednost naprezanja pri pokretanju koja je za 33,33% veća u odnosu na izmjerenu baznu isplaku A0. Vrijednosti isplaka B (narančasti stupići) veće su u odnosu na vrijednosti izmjerene kod isplaka A. Kod svih B isplaka koje su sadržavale prah komine masline ostvareno je povećanje vrijednosti



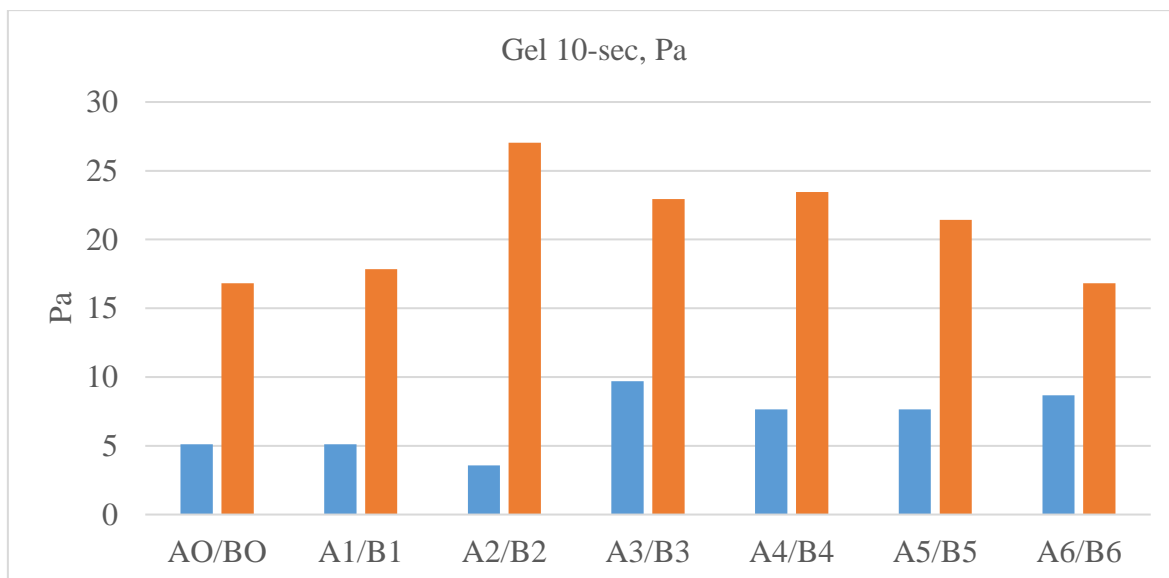
naprezanja pri pokretanju u odnosu na baznu isplaku B0, s tim da je kod isplake B6 koja sadrži 30 g/l praha komine masline, naprezanje pri pokretanju za 1,79% veće od vrijednosti ostvarene kod bazne isplake (B0). Sve vrijednosti naprezanja pri pokretanju kod ispitivanih uzoraka isplake B su znatno veće od vrijednosti dobivenih kod uzoraka isplake A za istu koncentraciju praha komine masline.



**Slika 5-3.** Usporedba vrijednosti naprezanja pri pokretanju za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline

#### 5.4. 10-sekundna čvrstoća gela

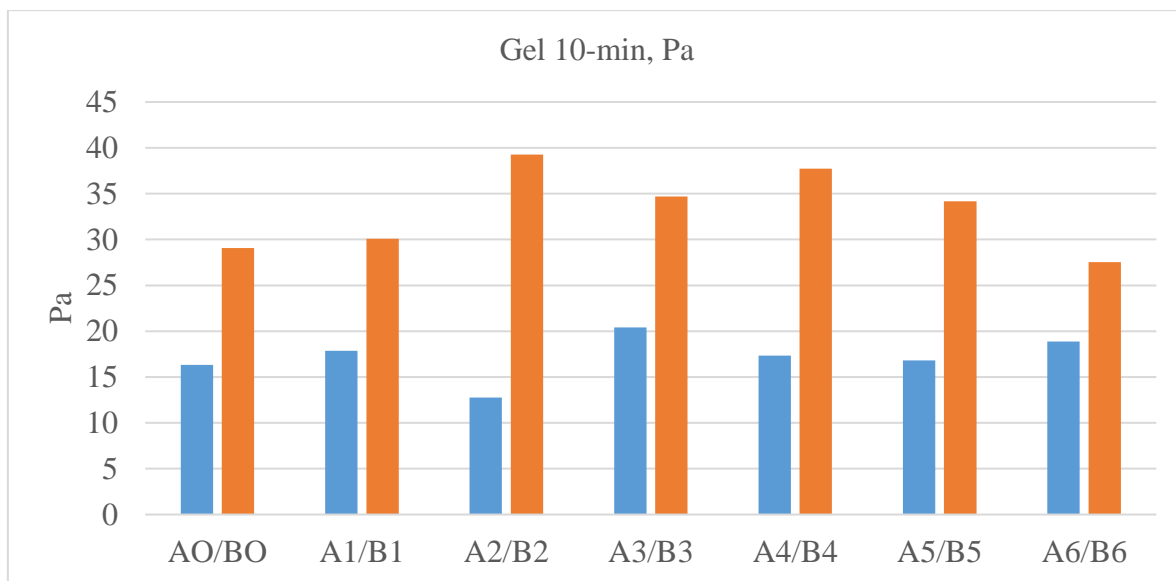
Iz rezultata mjerenja 10-sekundne čvrstoće gela prikazanih na Slici 5-4. vidljivo je, da od svih ispitivanih isplaka, isplaka A2 ima najmanju vrijednost 10-sekundne čvrstoće gela koja je 30% manja od vrijednosti izmjerene kod bazne isplake (A0). Za A isplake, najveća vrijednost 10-sekundne čvrstoće gela izmjerena je kod isplake A3 (povećanje od za 90% u odnosu na baznu isplaku). Kod isplake B (narančasti stupići) najveća vrijednost 10-sekundne čvrstoće gela izmjerena je kod isplake B2, koja je za 60% veća od dobivene ispitivanjem bazne isplake B0. Daljnjim povećanjem koncentracije praha komine maslina vrijednost deset sekundne čvrstoće gela počinje opadati sve dok se ne izjednače vrijednost izmjerene kod isplake B6 s vrijednosti kod bazne isplake B0. Vrijednost čvrstoće gela nakon 10 sekundi je viša kod uzoraka B za sve pojedinačne koncentracije praha komine masline, a najveća razlika je uočena pri koncentraciji praha komine masline 10 g/l.



**Slika 5-4.** Usporedba vrijednosti čvrstoće gela nakon 10 sekundi za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline

### 5.5. 10-minutna čvrstoća gela

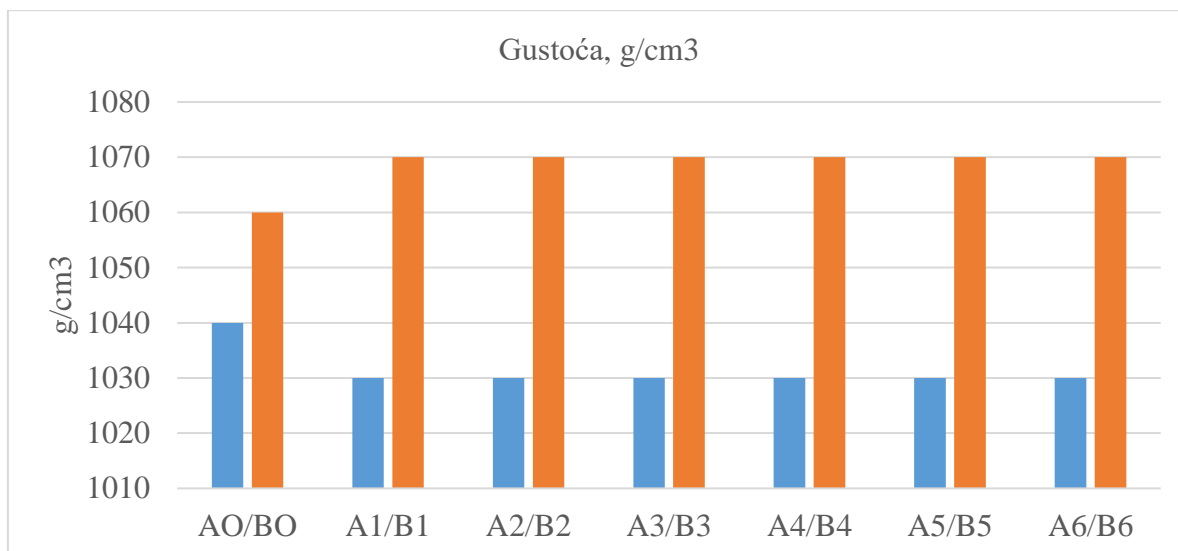
Izmjerene vrijednosti 10-minutne čvrstoće gela (Slika 5-5.) pokazuju sličan trend kao i kod 10-sekundnog gela. Kod isplake A2 (plavi stupići) izmjerena je najmanja vrijednost 10-minutne čvrstoće gela koja iznosi 78% vrijednosti izmjerene kod bazne (referentne) isplake (A0). Maksimalna vrijednost je ponovno izmjerena kod ispitivane isplake A3 te je za 25% veća od vrijednosti izmjerene kod bazne (referentne) isplake (A0). Nakon toga se vrijednost deset minutne čvrstoće gela smanjuje te kod isplake A6 doseže vrijednost koja je svega 15,6% veća u odnosu na vrijednost koja je izmjerena kod bazne (referentne) isplake (A0). Kod isplake B (narančasti stupići) maksimalna vrijednost 10-minutne čvrstoće gela izmjerena je za isplaku B2 koja je za 35% veća od izmjerene kod bazne isplake (B0). Vrijednosti 10-minutne čvrstoće gela se nakon toga smanjuju s povećanjem koncentracije praha komine maslina i minimum je postignut kod isplake B6 gdje izmjerena vrijednost 10-minutne čvrstoće gela iznosi 95% vrijednosti dobivene kod bazne isplake (B0). Vrijednost 10-minutne čvrstoće gela je viša kod uzoraka B u odnosu na uzorke A za sve ispitivane koncentracije praha komine masline.



**Slika 5-5.** Usporedba vrijednosti čvrstoće gela nakon 10 minuta za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine masline

## 5.6. Gustoća

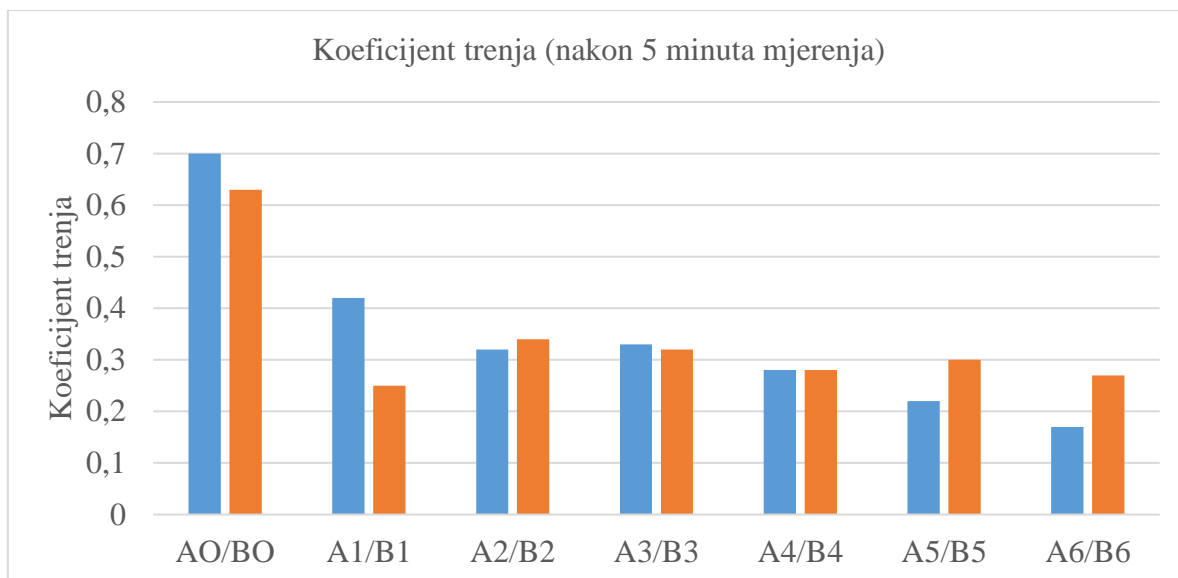
Mjerenjem gustoće pomoću vage za isplaku dobiveni su sljedeći rezultati prikazani na slici 5-6. Isplaci A (plavi stupići) se nakon dodavanja praha komine masline gustoća smanjila i ostala konstantna bez obzira na koncentraciju praha komine masline, dok se u slučaju isplake B (narančasti stupići) gustoća povećala u odnosu na isplaku A zbog dodavanja barita, to jest oteživača. Nakon dodavanja praha komine masline u isplaku B gustoća je porasla za sve koncentracije praha komine masline i veća je od vrijednosti izmjerene kod bazne isplake (B0).



**Slika 5-6.** Usporedba vrijednosti gustoće za ispitivane uzorke isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine maslina

### 5.7. Mazivost isplake (koeficijent trenja)

Rezultati dobiveni mjerenjem na uređaju za određivanje podmazujućih svojstava isplake jasno prikazuju da se koeficijent trenja smanjuje s povećanjem koncentracije praha komine masline (Slika 5-7.) uz manje oscilacije u izmjerenim vrijednostima. Čak se i pri koncentraciji 5 g/l vidi značajna promjena odnosno smanjenje koeficijenta trenja odnosno povećanje mazivosti isplake. Također je vidljivo da isplaka A (plavi stupići) ima približno linearan pad koeficijenta trenja s povećanjem koncentracije praha komine masline u isplaci. U slučaju isplake B nakon naglog pada vrijednosti koeficijenta trenja pri koncentraciji 5 g/l, vidljiv je lagani porast vrijednosti koeficijenta trenja kod isplake B2, nakon čega ponovno dolazi do laganog smanjenja vrijednosti koeficijenta trenja s povećanjem koncentracije praha komine masline, ali svakako manjim intenzitetom nego što je to slučaj kod isplake A.



**Slika 5-7.** Usporedba vrijednosti koeficijenta trenja za uzorke ispitivane isplake A i B pri različitim koncentracijama praha komine maslina

## 6. ZAKLJUČAK

Upotreba komine masline u isplaci potencionalno donosi brojne prednosti, a jedna od njih je manji utjecaj bušenja na okoliš. U današnjem svijetu, gdje se otpad sve više gomila, posebno biorazgradivi otpad od hrane, istraživanja poput ovih postaju sve važnija. Korištenjem komine masline umjesto štetnih kemijskih aditiva u isplaci, moguće je smanjiti negativan utjecaj na okoliš i pridonijeti očuvanju prirode. Ovo je samo mali doprinos u osiguravanju primjene koncepta cirkularne ekonomije u naftnoj industriji.

Rezultati ispitivanja provedeni u Laboratoriju za bušotinske fluide pokazuju kako najveći utjecaj komina masline ima na smanjenje koeficijenta trenja. U tom smislu, najbolji rezultat dobiven je prilikom ispitivanja isplake A6 za koju koeficijent trenja iznosio tek 0,17 što je znatno manje u odnosu na vrijednost izmjerene kod bazne isplake (A0). Za isplake B, najmanja vrijednost koeficijenta trenja izmjerena je kod isplake B2 i iznosi 0,25. Gustoća ispitivanih isplaka nakon dodavanja praha komine maslina vrlo se malo mijenja, te se očekivano komina masline ne bi mogla koristiti ni kao oteživač niti kao razrjeđivač. Što se tiče viskoznosti isplaka A, vidi se njezin lagani rast s povećanjem koncentracije praha komine masline u isplaci, a sličan trend uz minimalna odstupanja uočen je i kod isplake B. Najveće naprezanje pri pokretanju ostvareno je za koncentraciju komine maslina 10 g/l u isplaci A2 dok je kod ispitivanih isplaka B najveća vrijednost izmjerena u isplaci B2. Kada je riječ o čvrstoći gela kod isplake A najveće vrijednosti su izmjerene kod koncentracije praha komine masline 15 g/l, dok su kod isplake B najveće vrijednosti čvrstoće gela izmjerene kod koncentracije praha komine maslina od 10 g/l. Iako je uočen i utjecaj na reološka svojstva ispitivanih isplaka, zbog nedovoljnih rezultata potrebno je provesti daljnja ispitivanja.

Zbog sve većih zahtjeva vezanih za očuvanje okoliša i stvaranje što manjih količina toksičnog otpada, komina masline bi mogla naći svoje mjesto kao zamjena za komercijalne aditive kojima se povećava mazivost isplake. Komina masline, kao otpad od ostataka hrane, potencijalno bi se mogla koristiti kao ekološki prihvatljiv aditiv koji je ekonomičniji od kemijskih aditiva i istovremeno ne šteti okolišu. Također, za razliku od komercijalnih kemijskih aditiva uporaba komine maslina je manje opasna i puno sigurnija za korištenje.

## 7. LITERATURA

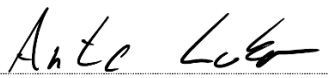
1. AL-HAMEEDI, A.T.T., ALKINANI, H.H., DUNN-NORMAN, S., ALKHAMIS, M.M., FELIZ, J.D. 2020(a). Full-set measurements dataset for a water-based drilling fluid utilizing biodegradable environmentally friendly drilling fluid additives generated from waste, Missouri University of Science and Technology, USA, 104945
2. AL-HAMEEDI, A.T.T., ALKINANI, H.H., DUNN-NORMAN, S., AL-ALWANI, M.A., AL-BAZZAZ, W.H., ALSHAMMARI, A.F., ALBAZZAZ, H.W., MUTAR, R.A. 2020(b). Experimental investigation of bio-enhancer drilling fluid additive: Can palm tree leaves be utilized as a supportive eco-friendly additive in water-based drilling fluid system?, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* (2020) 10:595–603
3. AL-HAMEEDI, A.T., ALKINANI, H.H., DUNN-NORMAN, S., HAMOUD, Z.A. 2020(c). Investigation Study of the Effectiveness of Eggshells Powder as a Multi-functional Eco-Friendly Additive in Water-Based Fluid, Missouri University of Science and Technology, Rolla, MO, USA, ARMA 20-1157
4. AL-SABA, M.T., AMADI, K.W., AL-HADRAMY, K.O., AL DUSHAISHI, M.F., AL-HAMEEDI, A.T.T., ALKINANI, H.H. 2018. Experimental Investigation of Bio-Degradable Environmental Friendly Drilling Fluid Additives generated from Waste, SPE-190655-MS
5. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2024., Exploration & Production, <https://www.api.org/products-and-services/standards/purchase#tab-catalog> (08.05.2024.)
6. DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU, 2022., Biljna proizvodnja, <https://podaci.dzs.hr/2022/hr/29338> (04.09.2023.)
7. GAURINA-MEĐIMUREC, N. 2020. Predavanje iz kolegija Bušotinski fluidi 1, interne neobjavljene skripte
8. GHADERI, S., HADDADI, S.A., DAVOODI, S., ARJMAND, M. 2020., Application of sustainable saffron purple petals as an eco-friendly green additive for drilling fluids: A rheological, filtration, morphological, and corrosion inhibition study, *Journal of Molecular Liquids* (2020)

9. HAIDER, S., MESSAOUD-BOUREGHDA, M.Z., AKNOUCHE, H., AKKOUCHE, A., HAMMADI, L., SAFI, B. 2018., An ecological water-based drilling mud (WBM) with low cost: substitution of polymers by wood wastes, *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* (2019) 9:307–313
10. HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA, 2021., Leksikografski zavod Miroslav Krleža <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61310> (16.08.2023.)
11. IRANWAN, S., AZMI, A., SAAID, M. 2009. Corn Cobs and Sugar Cane Waste as Viscosifier in Drilling Fluid, *Pertanika Journal of Science & Technology*. Vol. 17, pp.173–181. (2009)
12. NMEGBU, GODWIN-JACOB, C., BARI-AGARA, B. 2014. Evaluation of Corn Cob Cellulose and its Suitability for Drilling Mud Formulation, *Journal of Engineering Research and Applications* 2248-9622, Vol. 4, Issue 5( Version 7)
13. OFI TESTING EQUIPMENT, INC. 2015. <https://www.ofite.com/products/drilling-fluids/lubricity/lubricity-tester> (19.08.2023.)
14. ZHOU, G., QIU, Z., ZHONG. H., ZHAO, X., KONG, X. 2021. Study of Environmentally Friendly Wild Jujube Pit Powder as a Water-Based Drilling Fluid Additive, *ACS Omega* 2021, 6, 1436–1444



## IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja i vještina stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu, služeći se navedenom literaturom.

  
Ante Leko



KLASA: 602-01/24-01/59  
URBROJ: 251-70-12-24-2  
U Zagrebu, 9. 5. 2024.

**Ante Leko, student**


## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/59, URBROJ: 251-70-12-24-1 od 24.04.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### Utjecaj komine masilna na reološka svojstva isplake

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Izv. prof. dr. sc. Borivoje Pašić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i komentora Dr. sc. Igor Medved.

Mentor:



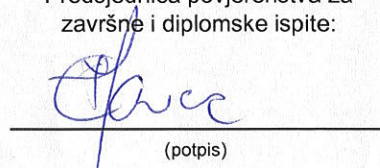
---

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:



---

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Karolina  
Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

Komentor:



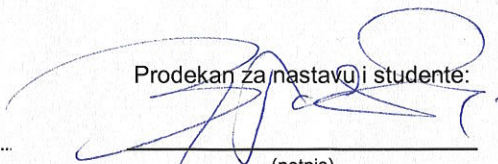
---

(potpis)

Dr. sc. Igor Medved

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:



---

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)