

MINERALOŠKA I FIZIČKA SVOJSTVA TIPIČNIH TALA PODSLJEMENSKE ZONE GRADA ZAGREBA

MINERALOGICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL SOILS FROM ZAGREB PODSLJEME AREA

Jasmina Martinčević Lazar ^{1*}, Kosta Urumović ¹, Snježana Mihalić Arbanas ²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: jmartincevic@hgi-cgs.hr

Sažetak: Zbog specifične geomorfologije, složene geološke građe, te uslijed nagle i često neodgovarajuće izgradnje građevina, na području podsljemenske zone grada Zagreba prisutan je problem vezan uz stabilnost padina. Brojna klizišta predstavljaju prijetnju lokalnom stanovništvu i imovini. Na inženjerskogeološke uvjete u podsljemenskoj zoni najveći utjecaj imaju sitnozrnasta tla pleistocenske i gornjomiocenske starosti koja zauzimaju oko 70 % ukupne površine ovog područja. U okviru projekta „Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone M 1:5000 – FAZA I“ (skraćeno DIGK – FAZA I) provedena su istraživanja s ciljem utvrđivanja fizičko - mehaničkih svojstava tala u površinskom dijelu cijele podsljemenske zone do maksimalne dubine od 5 m, kao i dubljih profila tala na odabranim lokacijama. Istraživanja su obuhvaćala geomehanička ispitivanja i mineraloške analize. Analizom svih rezultata ispitivanja dobiven je uvid u vrste tala i njihovu relativnu zastupljenost u podsljemenskoj zoni s naglaskom na sitnozrnaste vrste tla te njihove sličnosti i razlike u odnosu na fizička svojstva, litostratigrafsku pripadnost ovisno o pripadnosti mineralni sastav.

Ključne riječi: podsljemenska zona, sitnozrnasta tla, fizička svojstva, mineralni sastav

Abstract: Due to the specific geomorphology, complex geological structures and as a consequence of quick and inadequate construction of buildings, there is a problem with the stability of the slopes in the Podsljeme area of Zagreb. The numerous landslides pose a threat to the local population and their property. The greatest influence on the engineering geological conditions in Podsljeme area have fine – grained soils which occupy about 70 % of total area. Within the framework of the project "Detailed engineering geological map of Zagreb Podsljeme area M 1: 5000 - PHASE I" (abbreviated DIGK – PHASE I), research was carried out to determine the engineering geological properties of soil in the surface area of the entire sub zone up to a maximum depth of 5 m as well as deeper profiles on selected locations. The investigations included geomechanical and mineralogical analyses. Based on the obtained data and their analyzes the authors represent a clear picture of the engineering soils in the Podsljeme area and their similarity and differences in relation to the physical and mechanical properties, the lithostratigraphic affiliation and the mineralogical composition.

Keywords: Podsljeme area, fine-grained soils, engineering properties, mineralogical composition

Received: 27.11.2017 / Accepted: 11.12.2017

Published online: 18.12.2017

Znanstveni rad / Scientific paper

1. UVOD

Područje podsljemenske zone geografski pripada južnim obroncima planine Medvednice i jedno je od glavnih rezidencijalnih područja grada Zagreba. Prostire se na površini od 172 km². Zbog specifične geomorfologije, karakteristične geološke građe, te uslijed i često neodgovarajuće izgradnje, ovo područje se već dugi niz godina suočava s različitim inženjerskogeološkim problemima. Jedan od dominantnijih problema na području podsljemenske zone je onaj vezan za stabilnost padina, odnosno prisutnost brojnih klizišta koja predstavljaju prijetnju lokalnom stanovništvu i imovini (Mihalić Arbanas i dr. 2016). Prema Osnovnoj geološkoj karti, list Zagreb (Šikić i dr. 1979) i Ivanić grad (Basch 1983), podsljemenska zona grada Zagreba izgrađena je od različitih vrsta tala neogenske i kvartarne starosti. Na inženjerskogeološke uvjete u podsljemenskoj zoni najveći utjecaj imaju sitnozrnasta tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti koje zauzimaju oko 70% ukupne površine podsljemenske zone i koje se međusobno razlikuju

prema porijeklu, a posljedično i sastavu, kako litološkom tako i mineralnom (Kovačić & Grizelj 2007; Grizelj i dr. 2017).

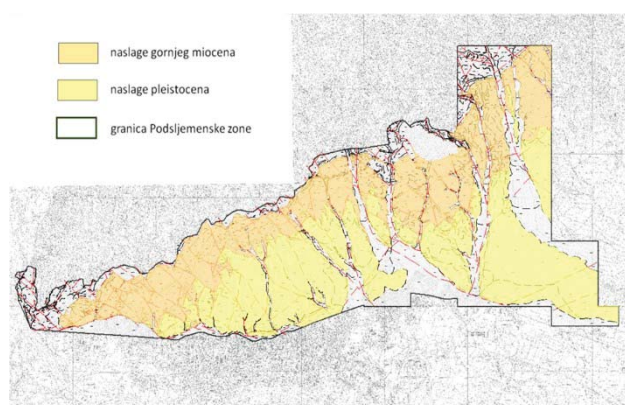
Problem sitnozrnastih tala u inženjerskoj geologiji vezan je uz njihova karakteristična mehanička svojstva kao što su izražena kompresibilnost, dugotrajno slijeganje, niska hidraulička vodljivost te niska vrijednost čvrstoće na smicanje. Mehanička svojstva tla prvenstveno ovise o osnovnim fizičko – kemijskim svojstvima tla te faktorima koji na njih utječu (Mitchell & Soga 2005). Jedni od faktora koji imaju veliki utjecaj na navedena svojstva sitnozrnastih tala su udio glinovite frakcije u tlu te prisutnost minerala glina koje glinovita frakcija sadrži. Naime, zbog karakteristične kristalne strukture i pločaste morfologije te velike specifične površine minerali glina imaju vrlo veliki utjecaj na fizička, a time i mehanička svojstva. Taj utjecaj se ponajprije odražava na interakciju voda – tlo izraženu

preko Atterbergovih granica. O mineralima glina u sitnozrnastim tlima i njihovom utjecaju na fizička i mehanička svojstva tla pisali su mnogi autori među kojima se ističu Farrar & Coleman (1967); Locat i dr. (1985); Cerato (2001); Schmitz i dr. (2004); Tiwari & Marui (2005); Polidori (2007); Olchawa & Goraczko (2012).

U skladu s navedenim, pretpostavlja se da je jedan od glavnih faktora koji kontrolira mehanička svojstva sitnozrnastih tala u podsljemenskoj zoni količina glinovite frakcije i vrsta minerala glina koje ona sadrži. Cilj ovog rada je bio klasificirati inženjerska tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti prema USCS (*eng. Unified Soil Classification System*) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM D 2487 – 06 2006) na temelju postojećih podataka o geomehaničkom ispitivanju uzoraka iz podsljemenske zone. Osim toga, njihova osnovna fizičko-mehanička svojstva uspoređena su s mineralnim sastavom, pri čemu je posebni naglasak stavljen na vrstu minerala glina u sitnozrnastim ili koherentnim tlima. Time je dobiven uvid u vrste inženjerskih tala koja su rasprostranjena u podsljemenskoj zoni, s naglaskom na sitnozrnaste vrste te njihove sličnosti i razlike ovisno o njihovoj litostratigrafskoj pripadnosti, osnovnim fizičkim svojstvima i mineralnom sastavu.

2. GEOLOŠKA OBILJEŽJA PODSLJEMENSKE ZONE

Prema Osnovnoj geološkoj karti – list Zagreb (Šikić i dr. 1979) i Ivanić grad (Basch 1983) podsljemenska zona grada Zagreba je prekrivena različitim vrstama sedimentata, različitog stupnja litificiranosti (vezanosti), uglavnom neogenske i kvartarne starosti. Najveći dio ovog područja prekriven je gornjomiocenskim i pleistocenskim sedimentima koji zauzimaju oko 70% ukupne površine Podsljemenske zone (Slika 1). Paleogeografski, ove naslage pripadaju krajnjem jugozapadnom dijelu Panonskog bazena, točnije rubnim dijelovima Savske depresije (Rögl 1998; Kovačić 2004) te se odlikuju različitim litofacijsnim obilježjima.



Slika 1. Granice Podsljemenske zone s prikazom prostorne distribucije gornjomiocenskih i pleistocenskih naslaga; modificirano prema Hećimović i Šorša (2007)

Sedimentologijom gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena bavio se detaljnije Kovačić (2004) u svojoj istoimenoj doktorskoj disertaciji. Na temelju istraživanja provedenih na području Hrvatskog

Zagorja, Medvednice, Žumberka i Slavonskih planina, on je gornjomiocenske naslage podijelio u sedam neformalnih litostratigrafskih jedinica prema različitim litofacijsnim obilježjima. Na području južnih padina Medvednice može se pratiti slijed naslaga izgrađenih od facijesa jedinice *Croatica*, *Medvedski Breg*, *Ozalj*, *Andraševac* i *Hum Zabočki*. U vrijeme pliocena i pleistocena, Parathetys se na području Hrvatske protezao na područjima južnije od Save i današnje Slavonije (Pavelić 2001; Mandić i dr. 2015), dok su Medvednica i njezino prigorje bili kopno (Šikić i dr. 1979). Zbog nedostatka provodnih fosila i ostataka polena vrlo je teško odvojiti pliocenske od pleistocenskih naslaga pa se često govori o tzv. *pliokvartarnim naslagama*. Zbog čestih vertikalnih i lateralnih izmjena različitih facijesa, litološki i prostorno ih se nije moglo odijeliti tako da su svi facijesi uvršteni u jednu neformalnu litostratigrafsku jedinicu pod nazivom Bistra (Avanić i dr. 2006).

Tablica 1. Opis litostratigrafskih jedinica prema Kovačić (2004)

LITOSTRAT. JEDINICA	STAROST	FACIJES I UVJETI TALOŽENJA
Croatica	donji panon	glinoviti vapnenci i lapori u izmjeni - Taloženi iz suspenzije karbonatnog glinovitog mulja u jezeru vrlo niskog saliniteta
Medvedski Breg	donji panon – gornji pont	masivni sivi lapori - topli jezerski, brakični okoliš, dublji od 50 m graduirani klastiti - riječnim transportom doneseni i istaloženi na rubu jezera te gravitacijskim tokovima preneseni u dublje dijelove bazena
Ozalj	donji panon – srednji panon	konglomerati - kratkim i jakim riječnim transportom istaloženi u jezersko priobalje
Andraševac	donji panon – gornji pont	lapori s proslojcima pijeska i praha tankouslojeni pijesci, prahovi i prahoviti lapori normalno graduirani prahovi - progradacijski slijed; taloženi u jezerskom okolišu na dubini > 50 m
Hum Zabočki	gornji pont	facijes masivnih pijesaka i prahova - taloženje u deltnom okolišu sa progradacijom u jezerski okoliš
Bistra	pliocen - pleistocen	facijes šljunaka s lećama pijesaka pijesci s lećama šljunaka glinoviti pijesci i pjeskovite gline glinoviti i pjeskoviti prahovi gline - šljunci upućuju na visoke energetske uvjete taloženja, pijesci su posljedica slabljenja toka vode, prahovi i gline su taloženi iz suspenzije stajaćih voda

ispitivanja provedenih na uzorcima gornjomiocenske i pleistocenske starosti kako bi se odredilo kojoj neformalnoj litostratigrafskoj jedinici pripadaju. Iz dobivene grupe uzoraka poznate stratigrafske pripadnosti izdvojeni su svi uzorci inženjerskog tla. Na taj način dobiveno je 870 reprezentativnih uzoraka inženjerskog tla svrstanih u četiri litostratigrafske jedinice. Svaki uzorak je na temelju podataka o granulometrijskom sastavu i granicama plastičnosti klasificiran prema USCS (eng. *Unified Soil Classification System*) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM D 2487 - 06 2006) te mu je dodijeljen odgovarajući geomehanički simbol. Iz posljednje skupine uzoraka izdvojeni su oni uzorci na kojima je uz geomehaničke analize provedena i mineraloška analiza. Od ukupno 22 uzorka izdvojeno je njih 17.

Uzorci tla gornjomiocenske starosti svrstani su u tri litostratigrafske jedinice, jedinica Medvedski Breg, jedinica Andraševac te jedinica Hum Zabočki. Prema USCS geomehaničkoj klasifikaciji prikupljeni uzorci tla se mogu svrstati u šest vrsta tala: elastični prahovi (MH),

prahovi (ML), pjeskoviti prahovi (sML), masne gline (CH), posne gline (CL) te prašnasti pijesci (SM). Navedene vrste tala prisutne su u svim litostratigrafskim jedinicama, osim grupe pjeskovitih prahova (sML) koja izostaje u jedinici Medvedski Breg. Iz ove grupe uzoraka izdvojeno je ukupno 7 uzoraka na kojima je izvršena mineraloška analiza.

Klasifikacijom uzoraka pleistocenske starosti utvrđeno je ukupno dvanaest vrsta tala: masne gline (MH), posne gline (CL), elastični prahovi (MH), prahovi (ML), šljunkoviti prahovi (gML), pjeskoviti prahovi (sML), glinoviti šljunci (GC), glinoviti šljunci s pijeskom (GCs), prahoviti šljunci (GM), prahoviti šljunci s pijeskom (GMs), slabo građirani šljunci s prahom (GP-GM) te prahoviti pijesci (SM). Iz ove grupe uzoraka izdvojeno je 10 uzoraka na kojima je izvršena mineraloška analiza. Najveći broj analiza provedeno je na uzorcima sitnozrnastih tala čija su osnovna svojstva prikazana u **tablici 3**.

Tablica 2. Vrste sitnozrnastih tala unutar litostratigrafskih jedinica podsljemenske zone s opisom glavnih svojstava; wl – granica tečenja, wp – granica plastičnosti, IP – indeks plastičnosti

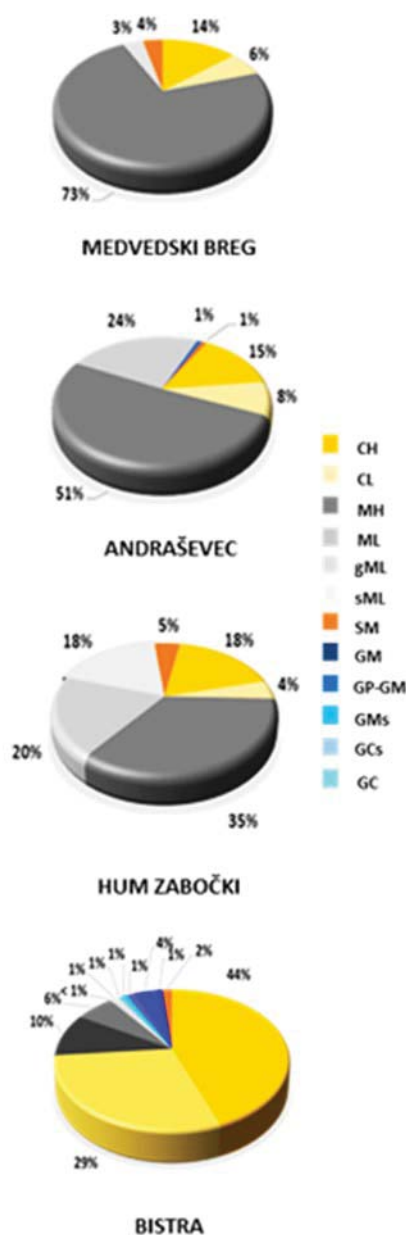
INŽENJERSKO TLO			GORNJI MIOCEN					
PUNI NAZIV		SIMBOL	MEDVEDSKI BREG		ANDRAŠEVEC	HUM ZABOČKI		
GLINE	MASNE GLINE	CH	55 < wl < 85 % 25 < wp < 35 % 25 < IP < 55%		50 < wl < 65 % 25 < wp < 30 % 25 < IP < 35%	55 < wl < 70 % 25 < wp < 30 % 25 < IP < 40%		
	POSNE GLINE	CL	30 < wl < 45 % 20 < wp < 25 % 10 < IP < 25%	šljunak 5 % pijesak 25 % prah 30 % glina 40 %	45 < wl < 50 % 25 < wp < 30 % 15 < IP < 20%	45 < wl < 50 % 20 < wp < 30 % 20 < IP < 25%		
PRAHOVI	ELASTIČNI PRAH	MH	50 < wl < 90 % 30 < wp < 45 % 15 < IP < 50%	pijesak 5 % prah 50-75 % glina 20-50 %	50 < wl < 80 % 30 < wp < 55 % 15 < IP < 45%	pijesak do 2 % prah 50 – 70 % glina 35 – 50 %	50 < wl < 60 % 25 < wp < 40 % 15 < IP < 30	pijesak 5 % prah 70 % glina 25 %
	PRAH	ML	40 < wl < 50 % 25 < wp < 30 % 15 < IP < 20		40 < wl < 50 % 25 < wp < 35 % 10 < IP < 20		45 < wl < 50 % 25 < wp < 40 % 10 < IP < 20	pijesak 20% prah 65 % glina 15 %
	PJESKOVITI PRAH	sML	--		pijesak ~ 40 % prah ~ 45 % glina ~ 15 %		35 < wl < 50 % 20 < wp < 35 % 10 < IP < 20	šljunak do 1 % pijesak 35 – 45 % prah 45 – 60 % glina 5 – 25 %
INŽENJERSKO TLO			PLEISTOCEN					
PUNI NAZIV		SIMBOL	JEDINICA BISTRA					
GLINE	MASNE GLINE	CH	50 < wl < 105 % 20 < wp < 40 % 25 < IP < 70				šljunak do 1 % pijesak 2 – 10 % prah 35 – 60 % glina 40 – 60 %	
	POSNE GLINE	CL			30 < wl < 50 % 20 < wp < 30 % 7 < IP < 30			
PRAHOVI	ELASTIČNI PRAH	MH	50 < wl < 95 % 25 < wp < 45 % 10 < IP < 55				prah ~ 70 %, glina ~ 20 %, pijesak ~ 10 %	
	PRAHOVI	ML	35 < wl < 50 % 20 < wp < 35 % 5 < IP < 25				šljunak 0 – 10 % pijesak 5 – 30 % prah 50 – 75 % glina 10 – 30 %	
	ŠLJUNKOVITI PRAH	gML			šljunak ~ 30 % pijesak ~ 20 % prah ~ 40 % glina ~ 15 %			
	PJESKOVITI PRAH	sML			šljunak 0 – 20 % pijesak 20 – 40 % prah 40 – 60 % glina 5 – 20 %			

Tablica 3. Mineralni sastav i postotni udio pojedinih mineralnih vrsta u uzorcima tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti prema analizama iz Miklin i dr. (2007); Cal - kalcit, Dol – dolomit, Qtz – kvarc, Ms – muskovit, Kln – kaolinit, Ill – illit, Chl – klorit, Smc – smektit, Vrm – vermikulit, Fsp – feldspati, FeOx – željezoviti oksidi i hidroksidi, ostalo – amfiboli, rutil, pirit, ilmenit, (+) – mineral prisutan u uzorku, (-) – mineral odsutan iz uzorka

GORNJI MIOCEN											
(SEMI)KVANTITATIVNA ANALIZA CJELOKUPNOG UZORKA											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA (U-SCS)	Cal	Dol	Qtz	Ms	Kln	Ill+Chl+Sm+Vrm	Fsp	FeOx	Ostalo
MEDVEDSKI BREG	288/ZG23	MH	69	-	10	6	3	3	1	3	5
	392/ZG22	MH	68	-	13	8	-	5	-	4	2
ANDRAŠEVEC	209/ZG22	CH	20	-	20	18	10	6	10	8	8
	645/ZG14	MH	59	-	13	8	4	5	2	4	5
HUM ZABOČKI	398/ZG32	sML	18	-	32	15	-	15	10	5	5
	495/ZG24	sML	17	8	34	13	-	10	5	5	8
	666C/ZG15	MH	-	6	35	20	-	10	15	7	7
KVALITATIVNA ANALIZA FRAKCIJE < 2 μm											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA (U-SCS)	Sm	Vrm	Ill	Chl	Kln				
MEDVEDSKI BREG	288/ZG23	MH	+	-	+	+	+				
	392/ZG22	MH	+	-	+	+	-				
ANDRAŠEVEC	209/ZG22	CH	+	-	-	+	+				
	645/ZG14	MH	+	-	+	+	+				
HUM ZABOČKI	398/ZG32	sML	+	-	-	+	-				
	495/ZG24	sML	+	-	-	+	-				
	666C/ZG15	MH	+	+	-	+	-				
PLEISTOCEN											
(SEMI)KVANTITATIVNA ANALIZA CJELOKUPNOG UZORKA											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA	Cal	Dol	Qtz	Ms	Kln	Ill+Chl+Mnt+Vrm	Fsp	FeOx	ostalo
BISTRA	658 df1 (crveni)	MH	-	-	10	-	20	5	38	16	11
	658 df2 (sivi)	MH	-	-	7	-	56	5	13	11	8
	728/ZG25	CH	-	-	30	20	20	7	10	8	5
	395C/ZG32	CL	-	-	40	20	10	5	10	6	9
	434/ZG24	CL	-	-	45	13	10	6	10	9	7
	1339a/ZG18	CL	-	-	34	20	15	8	10	7	6
	2006B/ZG23	CL	-	-	36	20	15	5	10	7	7
	415/ZG24	sML	-	-	34	20	15	5	10	8	8
	1366a/ZG17	ML	-	-	43	15	10	5	10	8	9
	1447a/ZG19	ML	-	-	29	20	20	5	10	8	8
	1447b/ZG20	ML	-	-	29	20	20	5	10	9	7
	KVALITATIVNA ANALIZA FRAKCIJE < 2 μm										
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA	Sm	Vrm	Ill	Chl	Kln				
BISTRA	658 df1 (crveni)	MH	-	+	-	-	+				
	658 df2 (sivi)	MH	-	+	-	-	+				
	728/ZG25	CH	-	+	-	-	+				
	395C/ZG32	CL	+	-	-	-	+				
	434/ZG24	CL	-	+	-	-	+				
	1339a/ZG18	CL	-	+	-	-	+				
	2006B/ZG23	CL	+	-	-	-	+				
	415/ZG24	sML	+	+	-	-	+				
	1366a/ZG17	ML	-	+	-	-	+				
	1447a/ZG19	ML	-	+	+	+	+				
	1447b/ZG20	ML	-	+	+	+	+				

5. MINERALNI SASTAV, VRSTE I OSNOVNA SVOJSTVA SITNOZRNASTIH TALA PODSLJEMENSKE ZONE

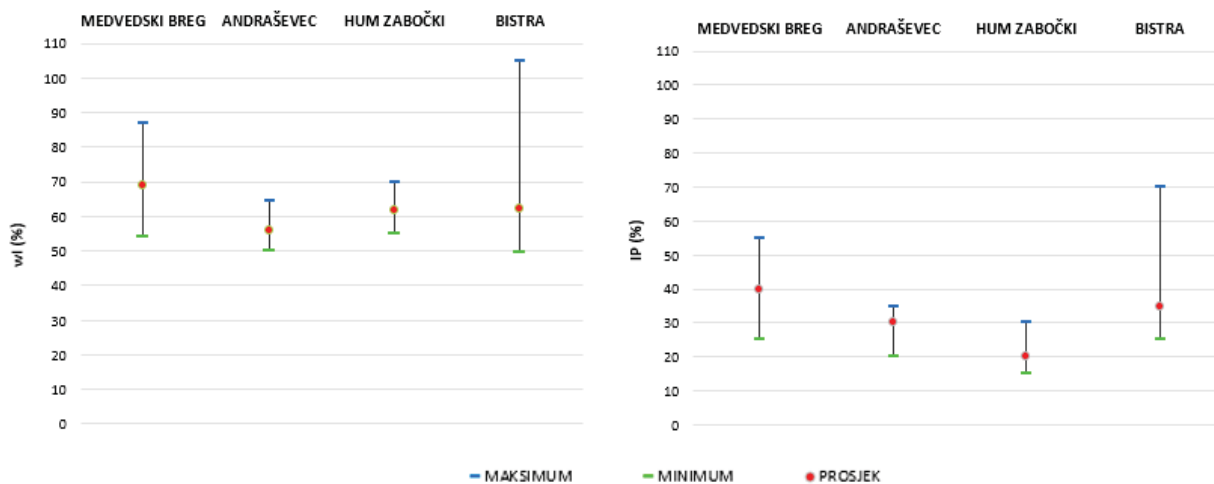
Na temelju podataka o granulometrijskom sastavu i granicama konzistencije načinjena je geomehanička klasifikacija tala (ASTM D 2487–06 2006) te je određena njihova relativna zastupljenost unutar litostratigrafskih jedinica. Obradom podataka dobiveno je da su prahovi najzastupljeniji unutar gornjomiocenskih naslaga (MH, ML, sML) između kojih dominiraju visokoplastični prahovi (MH) (Slika 4). Unutar pliokvartarnih naslaga u najvećoj mjeri su zastupljene visokoplastične (CH) i niskoplastične (posne) gline (CL) (Slika 4). Osnovna fizička svojstva kao i mineralni sastav ovih tala se razlikuju u odnosu na pripadnost litostratigrafskim jedinicama.



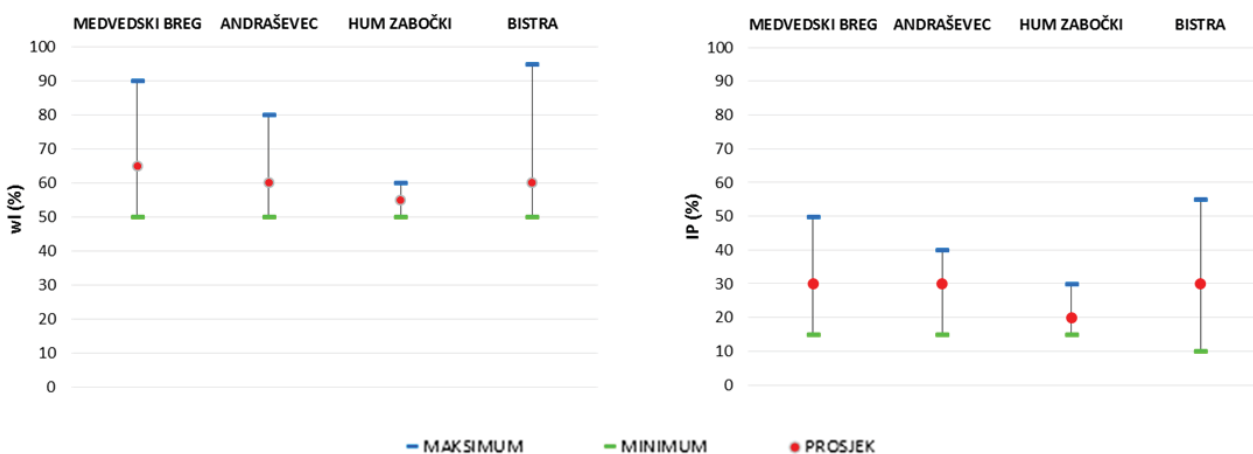
Slika 5. Vrste inženjerskih tala i njihova relativna zastupljenost prema litostratigrafskoj pripadnosti

GLINE su predstavljene s dvije grupe tala, masne gline (CH) i posne gline (CL). Obje grupe su prisutne unutar svih litostratigrafskih jedinica, međutim u najvećem udjelu dominiraju unutar jedinice Bistra. Glavna razlika između gornjomiocenskih glina i onih iz pleistocena je u okolišu taloženja. Naime, prema načinu postanka, gline gornjeg miocena su tzv. „primarne gline“ koje su nastale taloženjem iz suspenzije u jezerskom okolišu, dok su pleistocenske po svom postanku „sekundarne“ jer su nastale procesima razgradnje primarnih stijena. Obzirom na granice konzistencije (granica tečenja, granica plastičnosti), odnosno indeks plastičnosti, vrlo veliki raspon vrijednosti pokazuju masne gline jedinice Bistra i Medvedski Breg (Slika 5). Razlog tomu je vjerojatno prisutnost bubrivih minerala glina kao što su smektit, koji je prisutan u najvećoj mjeri unutar miocenskih naslaga i vermikulit koji je najzastupljeniji unutar pleistocenskih naslaga (Tablica 2). Osnovna obilježja posnih glina (CL) su prilično ujednačena kroz sve litostratigrafske jedinice. Iako posne gline u svom sastavu također sadrže bubrivne minerale, zbog povećanog udjela pijeska (do 25 %) vrijednosti granica tečenja ne prelaze 50 %.

PRAHOVI su klasifikacijom svrstani u nekoliko različitih grupa: elastični prahovi (MH), prahovi (ML), pjeskoviti prahovi (sML) i šljunkoviti prahovi (gML). Prema granicama konzistencije i indeksu plastičnosti veliki raspon vrijednosti, koje su gotovo u istom rangu s prethodno opisanim glinama, pokazuju prahovi iz jedinice Medvedski breg i jedinice Bistra, a nešto malo manji raspon vrijednosti pokazuju prahovi iz jedinice Andraševac (Slika 6). Pretpostavka je da na ovako visoke vrijednosti prvenstveno utječe količina glinovite komponente koja se u tim prahovima kreće od 20 – 50 % kao i njezin sastav. Tome u prilog idu i rezultati mineraloške analize koji su pokazali da uzorci gornjeg miocena u frakciji manjoj od 2 μm sadrže uglavnom smektit i klorit, dok uzorci praha iz pleistocena sadrže vermikulite i kaolinit.



Slika 6. Grafički prikaz promjena u vrijednostima granica tečenja i indeksa plastičnosti masnih glina (CH) prema pojedinim litostratigrafskim jedinicama



Slika 7. Grafički prikaz promjena u vrijednostima granica tečenja i indeksa plastičnosti elastičnih prahova (MH) prema pojedinim litostratigrafskim jedinicama

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio prema postojećim podacima laboratorijskih istraživanja uzoraka, preuzetih iz studije Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba M 1:5000 – faza I, odrediti vrste tala unutar gornjomiocenskih i pleistocenskih naslaga te njihova osnovna fizička svojstva.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- gornjomiocenske i pleistocenske naslage podsljemenske zone sastavljene su uglavnom od sitnozrnastih vrsta tala
- unutar gornjomiocenskih naslaga prevladavaju elastični prahovi (MH), a unutar pleistocenskih naslaga masne (CH) i posne gline (CH)
- osnovna inženjerskogeološka svojstva pojedinih grupa tala razlikuju se u odnosu na litostratigrafsku pripadnost pri čemu su najveće razlike vidljive u grupi sitnozrnastih tala, osobito uspoređujući njihove granice tečenja i indeksa plastičnosti

- navedene razlike su posljedica različitih uvjeta koji su vladali tijekom i nakon taloženja spomenutih litoloških vrsta, a tome u prilog idu i rezultati mineraloških analiza koji ukazuju na to da od minerala glina u gornjomiocenskim glinama i prahovima prevladavaju smektit i klorit, a u pleistocenskim kaolinit i vermikulit
- obzirom na veliki broj ispitanih uzoraka sitnozrnastih tala te na prilično gustu mrežu uzorkovanja, rezultati analize podataka o fizičkim svojstvima mogu se smatrati reprezentativnima za sve sitnozrnaste vrste tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti
- iako rezultati mineraloških analiza pokazuju vrlo jasnu razliku između dvije stratigrafski različite vrste materijala, oni se ne mogu smatrati reprezentativnima zbog vrlo malog broja analiziranih uzoraka

Kako su inženjerskogeološki problemi na području podsljemenske zone u najvećoj mjeri vezani za sitnozrnasta tla preporuka je da se buduća istraživanja usmjere na određivanje utjecaja mineralnog sastava sitnozrnastih vrsta tala na njihova fizička (Atterbergove granice, specifična površina) i mehanička svojstva

(posmična čvrstoća, hidraulička vodljivost)., Primjena ovaih istraživanja bila bi korisna u inženjerskogeološkim i hidrogeološkim istraživanjima, kako na području podsljemenske zone, tako i u sličnim geomorfološkim okolišima izgrađenim od tala pliokvartarne i gornjomiocenske starosti.

6. ZAHVALA

Ovaj je rad proizašao iz istraživanja za potrebe rane faze izrade doktorske disertacije Jasmine Martinčević Lazar. Istraživanja su provedena u sklopu projekta Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba, M 1:5.000 – faza I i iz projekta Izrade osnovne inženjerskogeološke karte Republike Hrvatske M 1:100.000, temeljnog znanstvenog projekta Hrvatskog geološkog instituta. Autori koriste ovu priliku zahvaliti se dragim kolegama Željku Miklinu i Laszlu Podolszkom iz Hrvatskog geološkog instituta na ustupanju svih podataka i na nesebičnoj pomoći tijekom ovog istraživanja, kao i dr. sc. Goranu Durnu, profesoru RGN fakulteta na pomoći i korisnim savjetima kod obrade i interpretacije mineraloških podataka.

7. LITERATURA

ASTM D 2487 - 06. (2006): Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, West Conshohocken, US.

ASTM D422 – 63(2007)e2, (2007): Standard test method for particle size analysis of soils. ASTM International, West Conshohocken, USA

ASTM D4318 – 00 (2000): Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. ASTM International, West Conshohocken, USA.

Avanić, R., Bakrač, K., Grizelj, A., Wacha, L., Šimić-Stanković, M., Hećimović, L.J., Tibljaš, D., Kruk, B. (2006): Ivošević Gaj ceramic clay deposit in the vicinity of Vojnić. 3rd Mid-European Clay Conference, Field Trip Guidebook. September 18-23, University of Zagreb, Faculty of Science & Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, 39-47, Opatija

Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta 1:100 000 - Tumač za list Ivanić Grad (L33-81). Savezni geološki zavod, Beograd.

Cerato, A. (2001): Influence of specific surface area on geotechnical characteristics of fine - grained soils - Master of Science Project. University of Massachusetts, 298 p., Massachusetts

Farrar, D., & Coleman, J. (1967): The Correlation of Surface Area with other properties of nineteen British Clay Soils. Journal of Soil Science, 18, 118-124

Grizelj, A., Peh, Z., Tibljaš, D., Kovačić, M., & Kurečić, T. (2017): Mineralogical and geochemical characteristics of Miocene pelitic sedimentary rocks from the south-western part of the Pannonian Basin System (Croatia): Implication for provenance studies. Geoscience frontiers, 8,1,65-80

Hećimović, I., & Šorša, A. (2007): Geološka karta Podsljemenske urbanizirane zone. Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone 1:5000 - Faza I, knjiga I - IV. Hrvatski geološki institut, Zagreb

Kovačić, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela panonskog bazena - doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet, Zagreb

Kovačić, M., & Grizelj, A. (2007): Mineralogical and geochemical characteristics and provenance of Upper Miocene sediments in the south-western part of the Pannonian basin. Geologie und Paleontologie, 9, 47-50

Locat, J., Berube, M.A., Chagnon, J.Y. & Gelinat, P. (1985): The mineralogy of sensitive clays in relation to some engineering geology problems - an overview. Applied Clay Science, 1, 193-205

Mandić, O., Kurečić, T., Neubauer, T., & Harzhauser, M. (2015): Stratigraphic and paleogeographic significans of lacustrine molluscs from the Pliocene Viviparus beds in Central Croatia. Geologia Croatica, 68, 3, 179-207

Miklin, Ž., Mlinar, Ž., Brkić, Ž., Hećimović, I., & Dolić, M. (2007): Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone M 1:5000 (DIGK-FAZA I). Hrvatski geološki institut, Zagreb

Olchawa, A., & Goraczko, A. (2012): The relationship between the liquid limit of clayey soils, external specific surface area and the composition of exchangeable cations. Journal of Water and Land Development, 17, 83-88

Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin. Basin Research, 3, 359-376

Polidori, E. (2007): Relationship between the Atterberg limits and clay content. Soils and Foundations, 47, 5, 887-896

Rogl, F. (1998): Paleogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 99, 279-310

Schmitz, R., Schroeder, C., & Charlier, R. (2004): Chemo-mechanical interactions in clay; a correlation between clay mineralogy and Atterberg limits. Applied Clay Science, 26, 351-358.

Šikić, K., Basch, O., & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Zagreb (L33-80). Savezni geološki zavod, Beograd

Tiwari, B., & Marui, H. (2005): A new method for the correlation of residual shear strength of the soil with mineralogical composition. Journal of Geotechnical and Geoenvironmentals Engineering, 131, 1139-1150