

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Studij rudarstva - smjer geotehnika

INŽENJERSKI PROBLEMI U SEDIMENTNIM STIJENAMA

Seminarski rad

Petra Brlek

R 2

Zagreb, 2009.

1. INŽENJERSKA SVOJSTVA PJEŠČENJAKA I KONGLOMERATA	3
1.2 OPASNOSTI OD KLIZANJA	5
1.3 POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA	5
1.4 TEMELJENJE.....	7
1.5 PODZEMNI RADOVI.....	8
1.6 PJEŠČENJACI KAO MATERIJAL	9
2. INŽENJERSKI PROBLEMI U ŠEJLOVIMA I MULJNJACIMA	10
2.1 PREDMETI I PROBLEMI ISTRAŽIVANJA	10
2.2 PROBLEMI KOD ISTRAŽIVAČKIH RADOVA	11
2.3 OPASNOSTI OD KLIZANJA	11
2.4 POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA	12
2.5 BRANE	13
2.6 TUNELI	13
2.7 NASIPI.....	15
3. INŽENJERSKA SVOJSTVA NALAZIŠTA PJEŠČENJAKA I ŠEJLOVA	16
3.1 ISTRAŽIVANJE.....	17
3.2 OPASNOSTI OD KLIZANJA.....	17
3.3 EKSPLOATACIJA	18
3.4 TEMELJENJE.....	18
4. PROBLEMI U PROŠLOSTI.....	19
4.1 BRANA I ELEKTRANA PORTAGE MOUNTAIN	19
4.2 MENALO PARK, CALIFORNIA - OŠTEĆENJA INFRASTRUKTURE BUBRENJEM MULJNJAKA.....	20
5. LITERATURA	21

1. INŽENJERSKA SVOJSTVA PJEŠČENJAKA I KONGLOMERATA

1.1 ISTRAŽIVANJE PREDMETA I POBLEMA

U istraživanju nalazišta pješčenjaka i konglomerata, za inženjerski posao važno je saznati koliko je to nalazište porozno, tj. kolika je njegova propusnost. Propusnost pješčenjaka je relativno visoka (i provode i zadržavaju vodu), ali kad je poroznost mala i kad nema pukotina, takva stijenska masa može postati nepropusna. Poroznost stijene određuje njezinu gustoću, a time i čvrstoću. Terenska mjerenja propusnosti također služe i za određivanje svojstava stijena koja su vezana uz te karakteristike. Jedno od njih je **vezanost**. Vezivo (cement) je tvar koja ispunjava pore. To može na primjer biti ili mješavina portland cementa, ili pijeska s vodom, ili kemijska tekućina koja brzo očvrstne. Cement se često ubrizgava u stijenu kako bi se napravila prepreka (barijera) toku podzemne vode. Neki pješčenjaci se mogu zapuniti učinkovito, no sitnozrnate klastične stijene, ili one čije su pukotine djelomično ispunjene glinom, mogu biti teške za cementiranje.



Slika 1.1 Pješčenjak

U procjeni nalazišta pješčenjaka i konglomerata, potrebno je puno istraživanja da bi se odredila njihova morfologija. Također je potrebno i odrediti njihovu izdržljivost.

Problemi u istraživanju su stvoreni ovisno o karakteristikama pojedinih vrsta pješčenjaka. Tvrdi, raspucale stijene koje sadrže kvarc buše se sa velikim poteškoćama. Voda za bušenje, koja je namijenjena hlađenju dijamančnih kruga, gubi se u otvorenim pukotinama, pa je potrebno zacementirati dno bušotine. S druge strane, visoki sadržaj kvarca i njegova tvrdoća uzrokuju habanje veziva na bušaćoj kruni u koje su ugrađeni dijamanti, tako da oni ispadaju i gube se, a sve to usporava brzinu bušenja i povećava troškove istraživanja, budući da dijamančne dijelove treba češće izmjenjivati.

Drugi dio problema proizlazi iz toga da neke pješčenjake ne možemo identificirati zbog sličnosti sa drugim stijenama npr. postoji velika sličnost između arkoze i granita, te grauvake i ostalih vrsta magmatskih stijena. Do toga je dovela i jedna neobična pojava pješčenih žila koje jako slične magmatskim žilama. Pješčane se žile pojavljuju na flišnim terenima, ali se mogu pronaći i u bilo kojoj pješčenjačkoj formaciji koja je bila podložna potresima prije nego što se litificirala. Pijesak se potresima može dovesti u tekuće stanje i poprimiti tlak fluida, te na taj način razoriti sedimente.



Slika 1.2 Pješčenjačka žila

Još jedan od elemenata za pogrešnu interpretaciju je i stvrđnjavanje vanjskih površina pješčenjaka. U suhim klimama, koje godišnje imaju manje od 25 cm padalina, kišnica isparava na površini i stvara naslage soli. Te soli stvaraju tvrđi rub ili koru što može stvoriti pogrešni dojam o čvrstoći i izdržljivosti stijene.

Također, izvor krive procjene pješčenjaka i konglomerata je njihova kosa slojevitost. Orijentacija kosih slojeva može se zamijeniti orijentacijom glavnih slojeva, što na karti može pogrešno prikazivati granice između slojeva.

1.2 OPASNOSTI OD KLIZANJA

Klizišta u pješčenjacima i konglomeratima nisu česta, osim ako se ispod njih nalaze slabije stijene. Ipak, litice koje su izgrađene od pješčenjaka mogu razviti sklop pukotina, ostavljajući tako oslabljene padine stijena u opasnim položajima. U inženjerskom poslu, ako se radi blizu takvih padina, potrebno je postaviti odgovarajuću potpornu zaštitu ili sidra, da bi zaštitili radove od mogućih odrona.

1.3 POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA

Kod površinske eksploatacije u pješčenjacima i konglomeratima dolazi do stvaranja klinova i odrona u područjima iskopa. U mekšim pješčenjacima erozija je čak i veći problem, jer kišnica kroz trošne pješčenjake može brzo urezati duboke žljebove (jarke). Planiranje površinskih iskopa zahtijeva klasifikaciju materijala prema paranju, zbog toga jer se stijene, ako su razlomljene i ako nisu dobro vezane, lako mogu ripati (parati) buldozerima, i na taj način smanjiti troškove eksploatacije, te štetna djelovanja uslijed miniranja. No, dobro vezane stijene, gustih slojeva, ne mogu se parati. Kao vodič za određivanje stupnja paranja koristi se mjerenje brzina seizmičkih valova. Kao preliminarni pokazatelj, miniranje je potrebno ako je brzina P-vala (primarnog) veća od 2150 m/s, a paranje je moguće ako je brzina manja od 1850 m/s.

Miniranje koje se provodi u pješčenjacima i konglomeratima može oštetiti stijenu izvan određenog područja eksploatacije s obzirom da su te stijene krhke. Novim metodama miniranja teži se učinkovitoj eksploataciji stijena s minimalnom štetom u stijeni koja formira

vanjski rub eksploatacijskog polja (na to se posebno mora paziti kod tanko slojevitih vezanih pješčenjaka).

Kod površinske eksploatacije u konglomeratima može se naići na kamene blokove u rezidualnim tlima na površini stijene. U nekim konglomeratima povremeno ima kamenih blokova kiklopskih dimenzija (3 ili više metara u promjeru) i njima je teško baratati. Možemo ih minirati ili rascijepati u manje komade skupim metodama, i teško ih je prevoziti.



Slika 1.3 Kamene blokove konglomerata

To se također može dogoditi i kod eksploatacije pješčenjaka paranjem. Tvrde, vezane izbočine pješčenjaka mogu se pojaviti kao veliki kamene blokovi. Ponekad je najbolje rješenje naći njihovu arhitektonsku primjenu blizu mjesta eksploatacije.

1.4 TEMELJENJE

Pješčenjaci i konglomerati su relativno dobri za temeljene. Njihova nosivost može se izračunati iz poznate tlačne čvrstoće, koja se prethodno može odrediti na manjim uzorcima.

No, kod trošnih pješčenjaka lako može doći do ispiranja čestica podzemnom vodom, što dovodi do potkopavanja temelja, ako nisu dobro zaštićeni od djelovanja podzemne vode. Bilo kojem slabo vezanom pješčenjaku može pasti izdržljivost tijekom životnog vijeka nekog inženjerskog projekta, i zbog toga mora biti zaštićen prikladnom oblogom (trošenje uslijed atmosferskih prilika).

Na pješčenjacima su također građene i brane raznih vrsta. Npr. brana Theodore Roosevelt, temeljena je na nagnutim slojevima Prekambrijskih pješčenjaka, siltita i muljnjaka (s nešto malo dolomita). Moguće ispiranje siltita ispod mjesta preljeva (ispusne cijevi), bilo je spriječeno zaštitnom betonskom podgradom.



Slika 1.4 Brana Theodore Roosevelt

Suprotni takvim čvrstim pješčenjačkim formacijama, porozni, trošni i necementirani pješčenjaci nisu pogodni za betonsku gravitacijsku branu, a svakako nisu pogodni za betonsku lučnu ili potpornu branu (ako se stijena ne pokaže dovoljno izdrživa obzirom na uvjete okoliša koji se nameću). U svakom slučaju treba osigurati da opterećenje koje se nanosi na stijenu bude manje od čvrstoće stijenske mase. Trošni pješčenjaci nisu pogodni za gradnju betonskih brana, ali ako ne postoji druga mogućnost, onda se umjesto njih grade zemljane ili kamene brane. Taj kamen je bolje deformabilan od betona, a s obzirom da brana u kanjonu ima promjenjivu visinu duž njene duljine, beton bi bio podvrgnut nejednolikom slijeganju. Propusnost slabo vezanih pješčenjaka može stvoriti uzgon, a time i probleme za betonske gravitacijske brane. Vapnenački pješčenjaci mogu imati puno špilja ili šavova i pukotina ispunjenih rezidualnom glinom u zoni trošenja stijene, ali uobičajeno je otkloniti taj trošni dio stijene ispod temelja betonske brane.

1.5 PODZEMNI RADOVI

Podzemna eksploatacija i iskop tunela uglavnom se uspješno izvode u pješčenjacima, ali s manjim poteškoćama. Do problema može doći u trošnim pješčenjacima sa slabim vezivom, te u onima bogatim kvarcom. U prvom slučaju postoji mogućnost od prodora vode na čelo radilišta što je posljedica probušenja barijere podzemne vode, a to se može desiti ako bušimo kroz rasjednu zonu. Također, ako tuneler („krtica“) uspori sa iskopom u takvoj zoni, može doći do urušavanja i stvaranja špilja iznad tunela.

U slučaju tvrdih pješčenjaka bogatih kvarcom, troškovi eksploatacije mogu biti veliki zbog jačeg trošenja bušaćeg pribora. Oni također predstavljaju i veliki zdravstveni problem za rudare. Prašina silicija je otrovna i stvara ozbiljnu bolest dišnih putova - **silikozu**, koja može biti i smrtonosna.

1.6 PJEŠČENJACI KAO MATERIJAL

Pješčenjaci imaju u građevinarstvu veliku primjenu koja ovisi o fizikalnim i mehaničkim svojstvima. Najkvalitetniji su oni sa silicijskim vezivom, premda je njihova obrada i eksploatacija otežana. Upotrebljavaju se i kao prirodan kamen za oblaganje unutarnjih dijelova građevina, kao tehnički građevni kamen za stupove mostova, potporne zidove itd. Pješčenjaci s velikim udjelom kvarca sirovina su za proizvodnju vatrostalnih silikatnih opeka za oblaganje metalurških peći i za proizvodnju ferosilicija. Samljeveni u prah upotrebljavaju se kao punilo u proizvodnji boja i kao abraziv u sredstvima za čišćenje. Pješčenjaci s karbonatnim vezivom manje su čvrstoće, tvrdoće i trajnosti od pješčenjaka sa silicijskim vezivom, ali se lakše eksploatiraju i obrađuju, pa im je zbog ekonomskih razloga veća primjena kao građevnog materijala. Ponekad se upotrebljavaju u kiparstvu.

2. INŽENJERSKI PROBLEMI U ŠEJLOVIMA I MULJNJACIMA

2.1 PREDMETI I PROBLEMI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje nalazišta muljnjaka ne smije se samo temeljiti na geometriji pojavljivanja, kao kod ostalih stijena, već se trebaju klasificirati prema vezanosti, te prema bubrenju i cjepljivosti prilikom upijanja vode i sušenja. Kvalitete muljnjaka su problematične. Unutar stijenske mase mogu se pronaći slojevi milonita i bentonita. Jedan od problema je i prirodni plin zbog kojeg može doći do eksplozije prilikom podzemne eksploatacije, a ponekad čak i kod istraživačkih bušaćih radova. Zbog toga je potrebno utvrditi da li su muljnjacima puni plinova. Šejlovi, u kombinaciji s ugljenom, potencijalno su plinoviti kao i crni šejl, te bitumenozan šejl (velika količina pirita podrazumijeva plinovitost). Kada za stijenu koju namjeravamo eksploatirati utvrdimo da je plinovita, zakonom su propisani preventivni postupci koji uključuju redovitu provjeru količine plina, a oprema koja bi mogla potaknuti eksploziju je zabranjena.



Slika 2.1 Muljnjak

Pelitne stijene su nepropusne i sprečavaju tok podzemne vode kroz njih. Usprkos tome, takve formacije stijena na terenu su prilično propusne zbog mreža pukotina. To nam ukazuje da stijenska masa nije toliko čvrsta, da je kora stijene trošna, a time i stjenke pukotina.

2.2 PROBLEMI KOD ISTRAŽIVAČKIH RADOVA

U šejlovima i muljnjacima problemi su uzrokovani raspadanjem i trošenjem tih stijena. Ako postoji trošenje u bušotini, potrebno je nabaviti najbolju opremu kako bi jezgra koju vadimo bila upotrebljiva. Nakon vađenja jezgre, da bi sačuvali prirodnu vlagu, moramo je umotati u vrećice radi pohrane. Ako se jezgra osuši, njezina vlaga se ne može vratiti, a to nam može dati krive informacije o stijeni.

2.3 OPASNOSTI OD KLIZANJA

Klizišta su česta u pelitnim stijenama i stvaraju ozbiljne poteškoće u inženjerskom poslu. Postoje dva tipa padina kod kojih može doći do klizanja. U vezanim šejlovima, blokovi kližu niz slojeve koji su nagnuti prema slobodnoj površini i ta klizišta mogu zahvatiti i druge formacije. U zbijenim šejlovima, čvrstoća stijene može biti premašena drugim rotacijskim klizištima, kao klizištima tipičnim za glinena tla. U bilo kojem slučaju, pokrenuta masa materijala može se pretvoriti u mekano blato koje dalje teče niz padinu.



Slika 2.2 Klizište u pelitnoj stijeni (muljnjaku)

Na brežuljkastim lokalitetima pojavljuje se klizanje rezidualnih tala i raspadnutih stijena po površini zdravih stijena, uzrokovano povišenim tlakom podzemnih voda prilikom pljuskova. Inženjeri mogu smanjiti opasnost od odrona u šejlovima i muljnjacima tako da uključe u izvještaje geoloških istraživanja karte postojećih lokacija s identifikacijom geoloških jedinica koje su najviše sklone klizanju.

2.4 POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA

Površinska eksploatacija u šejlovima može potaknuti nastanak novih klizišta. Tome pridonose pukotine ispunjene bentonitom i škriljavim milonitom. Kada slojevi padaju u smjeru iskopa (prema slobodnoj površini), mogu se pojaviti veliki blokovi stijene određeni presijecanjem površine iskopa (čela radilišta), slojeva, pukotina i novonastalih pukotina. Takav blok može otklizati po sloju u područje eksploatacije. Kada slojevi oštro upadaju u brdo, mogu se savinuti prema naprijed (prema čelu iskopa) i odlomiti se.

Cjepljivost uslijed upijanja vode također predstavlja veliki problem kod održavanja kosina u kompaktnim šejlovima zbog toga jer kontinuirana erozija oslabljene stijene potiče nova cijepanja.

Tokovi debrisa mogu se taložiti pri dnu eksploatacijskog polja i tako ometati radove. Zaštita padina od tokova u propusnim muljnjacima i šejlovima zahtijeva prekrivanje padina, npr. nanošenje mlaznog betona preko cijele površine i armiranje zasunom pričvršćenim za plitku stijenu. Plastika i tekstili se također koriste za sprečavanje propadanja padina.

Ozbiljan je problem u slučaju glatkih, završnih iskopa koje trebamo zapuniti ili betonirati. Propadanje stijene će pomiješati šejl s ispunom ili betonom, te tako narušiti njegovu kvalitetu, što prisiljava inženjere da obustave ili premjeste radove.

Kod dubinske eksploatacije u muljnjacima sklonim bubrenju može doći do izdizanja poda etaže, ako odmah nakon iskopa ne nanese opterećenje građevinom ili ispunom. Izdizanje je potaknuto rasterećenjem i bubrenjem stijene, a to bubrenje je potaknuto prisutnošću vode. Izdizanje od bubrenja montmorilonita u kompaktnim šejlovima može se nastaviti i nakon postavljanja opterećenja. U tom slučaju projektant je prisiljen promijeniti težinu opterećenja (ploče) i pričvrstiti je sidrima za čvrstu stijenu ispod zone širenja. Ako je šejl ispresijecan

manjim pukotinama, izdizanje se duž tih pukotina može drugačije manifestirati, uzrokujući smicanje i savijanje ploče.

2.5 BRANE

Ako ima izbora, brane se ne izgrađuju na temeljima kompaktnih šejlova, no ima nekoliko uspješno konstruiranih velikih brana na šejlovima u dolini rijeke Missouri. Jedna od njih, brana Fort Peck, pretrpjela je klizanje temelja po bentonitnom sloju za vrijeme gradnje.

Betonske brane trebale bi biti smještene na čvrstoj stijeni, i rijetko kad se izabere i vezani šejl, ali ponekad nema izbora. Kod takvih brana, hidraulički pritisci ispod njih stvaraju probleme. Prodor uzgonom gotovo je nemoguće kontrolirati (može se pokušati cementiranjem ili bušenjem drenova).

Također, temelji trebaju biti ispitani na stabilnost zbog mogućeg formiranja blokova presijecanjem slojeva, pukotina, rasjeda i slojeva škriljavih milonita.

Na kraju, velika deformabilnost šejlova može prouzročiti probleme kod konstruiranja, pogotovo kad se brane nalaze u uskim dolinama.

Vapnenački šejlovi predstavljaju problem sličan onom kod vapnenaca zbog propuštanja špilja koje su nastale otapanjem.

2.6 TUNELI

Tuneli koji vode kroz kompaktne šejlove, moraju biti konstruirani tako da izdrže pritiske tla. Smanjenje poprečnog presjeka tunela zbog pritiskanja tla uzrokuje mnoge probleme. Tunelska podgrada može se deformirati i njezini spojevi uništiti. Poprečni presjek tunela se može toliko smanjiti da zahtijeva ponovno kopanje i podgrađivanje. Ako se koristi tuneler („krtica“), on može zapeti. Podupore se mogu uništiti, i ako se stijena prerano obloži, obloga se može oštetiti i urušiti.

Jačina pritiska na otvor tunela ne ovisi samo o vrsti stijene, nego i o dubini na kojoj se vrši iskop. Smanjenje poprečnog presjeka tunela pojavljuje se kad je dubina ispod zemlje tolika da je naprezanje na stjenku tunela veća nego jednoosna tlačna čvrstoća stijene. To se događa

kada je dubina h veća za pola od omjera jednoosne tlačne čvrstoće q_u i jedinične težine stijene γ .

Tipični šejl ili muljnjak ima jediničnu težinu oko 0.025 MPa/m. Svakih 100 metara, vertikalno se naprezanje povećava za 2,5 MPa. Jednoosna tlačna čvrstoća q_u tipičnih kompaktnih šejlova kreće se do 10 MPa, tako da samo dubina od 200 metara može biti dovoljna da dođe do smanjenja poprečnog presjeka tunela. S obzirom da geološka istraživanja otkrivaju vrste i karakteristike stijena koje se pojavljuju duž tunela, odgovornost istraživača je procijeniti gdje će doći do smanjenja poprečnog presjeka tunela i da osigura uzorke za laboratorijska ispitivanja.

Problemi kod izrade tunela kroz šejlove i muljnjake koji su skloni bubrenju (širenju), isto uzrokuju smanjenje poprečnog presjeka te razvoj tlaka bubrenja na otvor tunela. To se može dogoditi kada voda dođe do stijene, npr. kroz mrežu pukotina koje dovode podzemnu vodu do tunela. Na tim mjestima može doći do ispadanja blokova zbog gubitka čvrstoće kad stjenka nabubri.

Zbog cjepljivosti šejlova i muljnjaka u tunelima, izložena stijena se treba zaštititi što je prije moguće. Iz istog razloga, teško je koristiti neke načine podupiranja. Na primjer, sidrenje nosivih ploča koje bi trebale uravnotežiti naprezanje na sidru, gube povezanost sa stijenom kada dijelovi stijene popuste ili olabave, nadalje, teško se nađe dobro uporište za sidra zbog povećanja promjera bušotina za postavljanje sidara.

Mlazni beton ne drži se čvrsto za stijenu, uzrokujući padanje betona sa stropa. Kada je stijena sklona cijepanju, potrebno je tunel podgrađivati kako iskop napreduje, bolje nego izbušiti cijeli tunel i zatim ga oblagati.

Vezani šejlovi predstavljaju mogućnost od padanja i klizanja blokova stijena s krova tunela, čela radilišta i zidova, pogotovo gdje slojevi upadaju pod velikim kutom u tunel. To predstavlja ozbiljnu opasnost za rudnike, mogu izazvati velika oslabljenja u stijenama i špilje koje zaustavljaju radove.

2.7 NASIPI

Nasipi se mogu graditi od šejlova koji nisu skloni bubrenju, cijepanju i trošenju, te ako nisu toliko slabi da se slome za vrijeme korištenja. Problem kod takvih nasipa je kontinuirano propadanje šejlova koje uzrokuje slijeganje. Značajan dio glina koje bubre može toliko smanjiti posmičnu čvrstoću nasipa, da je moguć slom njegovih padina (klizanje).

3. INŽENJERSKA SVOJSTVA NALAZIŠTA PJEŠČENJAKA I ŠEJLOVA

Među inženjerskim geolozima postoji tvrdnja da kombinacija dvaju stijena daje gora svojstva od bilo koje čiste stijene. Šejlovi su nepropusni, a pješčenjaci teže provođenju vode. Kada se te dvije stijene u prirodi pojavljuju zajedno, u ritmičnom i cikličnom stilu sa slojem šejla, slojem pješčenjaka, pa opet slojem šejla, i tako dalje, sav protok vode je ograničen na manje područje, što dovodi do većih protočnih brzina i većih šansi da dođe do pomaka stijena i unutarnje erozije. Nadalje, različita čvrstoća te dvije vrste stijena kombinirana s velikom lomljivosti pješčenjačkih slojeva uzrokuje da i sloj šejla postane jako razlomljen i zbog toga propustan.



Slika 3.1 Isprepleteni pješčenjak i šejl

Još jedan primjer: Usjek autoceste ispremiješan je veoma čvrstim slojevima konglomerata i muljnjaka koji su položeni prema usjeku pod velikim kutom, i to dobro drži neko vrijeme. Ali, kosina je pod velikim nagibom za sam muljnjak i taj usjek nikad ne bi bio usječen s tim nagibom da nema konglomerata. No, s vremenom dolazi do cijepanja muljnjaka koji potkopavaju slojeve konglomerata, a oni tada vise i prijete odlamanjem, šaljući blokove na cestu.

Probijanje tunela tunelerom („krticom“) kroz izmjenjive čvrste pješčenjake i meke muljnjake zahtijeva česte promjene u radnim postupcima, rezultirajući priličnim gubljenjem vremena. Kada se obje stijene pojave istovremeno na čelu radilišta, „krtica“ počinje vibrirati i mora se izvući kako bi se taj dio ručno odminirao.

3.1 ISTRAŽIVANJE

U miješanim formacijama pješčenjaka i šejlova, istraživanje je olakšano ako je utvrđen stratigrafski slijed slojeva i ako su različite jedinice korelirane od točke do točke. Budući da je tok podzemne vode moguć samo u pješčenjacima, vodni režim se sastoji od niza odvojenih odjeljaka, sličan posudi za stvaranje kocki leda u zamrzivaču. Istraživački plan treba voditi računa o tome i odrediti granice i karakteristike svakog pojedinog odjeljka.

Granice (kontakti) između šejlova ili muljnjaka i pješčenjaka su mjesta koja teže smicanju i pucanju, zbog toga jer se te dvije stijene različito deformiraju. Te granice moraju biti ispitane i opisane.

Lokaliteti koji su nastali u isprepletenim formacijama pješčenjaka i šejla teže tome da imaju nejednak profil degradacije (trošenja), s većim dubinama trošenja u pelitnim stijenama. Inženjeri trebaju paziti na to tijekom istraživanja.

3.2 OPASNOSTI OD KLIZANJA

Klizanje blokova pojavljuje se na lokalitetima sa jedinicama pješčenjaka i šejla (ili glinjaka), gdje blokovi čvršćeg pješčenjaka klize po šejlu. Doline se mogu sastojati od odvojenih blokova koji se odvajaju jedan od drugog „plutajući“ na šejlu ispod njih. Ti blokovi pješčenjaka mogu dati krivi dojam o stabilnosti lokaliteta. U slučaju veoma mekanog šejla

sklonog bubrenju, erozija može formirati vanjske vrhove tvrdog pješčenjaka koji se nalazi na mekom šejlu. Te, erozijom odvojene stijene mogu biti u labilnom stanju ravnoteže ili su već pretrpjele slom.

3.3 EKSPLOATACIJA

Eksploatacija u formacijama pješčenjaka/šejlova sklona je miniranju. Kombinacija krhkog pješčenjaka i slabog, deformabilnog šejla, ponaša se tako da koncentrira vlačna naprezanja u tvrdim slojevima stijena. Blokovi pješčenjaka mogu otklizati prema radilištu, klizajući po kontaktu sa šejlom. Ako stijenu čine isprepleteni pješčenjaci i šejlovi, teško je klasificirati da li je to tlo ili stijena, što nam je bitno kod mehanizacije za iskop. U tom slučaju mogu se utvrditi posebne kategorije za taj miješani materijal.

3.4 TEMELJENJE

Temelji u pješčenjacima i šejlovima mogu se suočiti sa nejednolikim slijeganjem kao rezultatom različite deformabilnosti tih dviju stijena. S odgovarajućim istraživanjem i testiranjem stijena, bilo bi moguće primjereno konstruirati temelje koji će prevladati taj problem. Problem je kompleksniji za velike građevine kao što su brane ili nuklearne elektrane.

4. PROBLEMI U PROŠLOSTI

4.1 BRANA I ELEKTRANA PORTAGE MOUNTAIN

Brana i elektrana Portage Mountain sagrađene su na rijeci Peace na sjeveru Britanske Kolumbije u Kanadi. Taj projekt obilježila je velika nasipna brana (visoka oko 200 m i duga više od 2 km) i podzemna elektrana s ogromnom komorom sa strojevima (široka 27 m, visoka 46 m i duga oko 300 m), sa još mnogo pripadnih tunela, cesta, rudnika i ostalih objekata.

Kod odabira lokacije dominirali su geološki utjecaji. Rijeka Peace usječena je u vapnenačke šejlove i pješčenjake za koje je vezan ugljen. Jedna od mogućih lokacija bila je odbačena zbog gorenja ugljena. On je prirodno gorio u podzemlju mnogo godina i doslovno je ispekao šejlove u lomljive stijene, visoko propusne zbog pukotina i pora. Te pukotine pune su pepela i kamenja. Pukotine koje su bile ispunjene ugljenom također su gorjele, a to je dokazano vrućim uzorcima jezgre koja je vađena, te sumpornim plinom i emisijom pare iz istražnih bušotina. Tamo gdje nisu zahvaćeni gorenjem, šejlovi i tanki pješčenjački slojevi su nepropusni. Ali tamo gdje se tanji pješčenjaci nalaze unutar jedinica šejla, puni su otvorenih pukotina koje ih čine jako propusnima. Te formacije su još graničile i sa crnim istrošenim šejlom.

Lokacija brane odabrana je na debelo - slojevitim i masivnim nepropusnim pješčenjacima, te na šejlovima. Šejlovi nisu bubrili, ali su se cijepali uslijed upijanja vode i sušenja. Tijekom istraživanja stijena za podzemnu elektranu, došlo je do eksplozije u istraživačkom prilazu uzrokujući prekid mjerenja koja su se obavljala na tom mjestu. Tijekom gradnje, podzemna elektrana pretrpjela je poprilično spuštanje (pritiskanje) krovnih naslaga (do 20 cm), što je uspješno poduprto sa sidrima i betonom. Projekt je bio uspješno konstruiran i danas radi bez problema.

4.2 MENALO PARK, CALIFORNIA - OŠTEĆENJA INFRASTRUKTURE BUBRENJEM MULJNJAKA

Razvoj predgrađa na zapadu SAD-a, podvrgnuo je muljnjake i šejlove, koji su skloni bubrenju, prekomjernom vlaženju, uzrokujući oštećenja izdizanjem slojeva. Uklanjanjem površinskog sloja tla, stijena koja je bila sklona bubrenju izložila se kišnici. Rezultat su bile oštećene i savijene ograde, ispucane ulice, oštećeni prilazi i kolnici, nagnuti i ispucani temelji kuća, plitka klizišta i još mnogo toga.

Sporni sloj je bio Eocenski glinjak ispresijecan muljnjacima. Ta stijena se brzo cijepa nakon upijanja vode i pretvara se u glinasti sediment. Analiza rendgenskim zrakama utvrdila je da se gotovo cijela sastoji od montmorilonita. Iako je ta stijena nepropusna, ona je usko povezana i isprepletena s propusnim pješčenjacima. Kada se ukloni površinsko glineno tlo, ili kad je to tlo jako raspucano, dolazi do provođenja površinskih voda u stijenu.

Inženjeri bi tada trebali posebnu pozornost posvetiti odvodnoj infrastrukturi, ne bi smjeli dopustiti širenje glinjaka u nasipe, te temeljiti kuće i ostale građevine na gredama poduprtima sa pojačanim stupovima.

5. LITERATURA

1. PROF. DR. SC. VRKLJAN, M. (2001.): Mineralogija i petrologija, osnove i primjena
- Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu
2. HERAK, M. (1984.): Geologija - postanak, tektonika i dinamika Zemlje, razvojni put
Zemlje i života, geološka građa kontinenata i oceana - Školska knjiga, Zagreb
3. GOODMAN: Engineering Geology