

КВАРТАРНИ СЕДИМЕНТИ И ЊИХОВ ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ

QUATERNARY SEDIMENTS AND THEIR ECONOMIC SIGNIFICANCE

Ђурђа Миљковић¹, Миодраг Степановић², Бојан Ђерчан¹

РЕЗИМЕ: *Експлоатација материјала из речног корита не представља само коришћења природног ресурса, већ има и карактер врло значајног антропогеног фактора морфолошко-псамолошких (грч. psammos = песак) процеса у речном току. Ови процеси спадају међу најсложеније у природи, због великог броја параметра који на њих утичу. Морфолошко стање речног корита је резултат интеракције хидролошких, хидрауличних и псамолошких параметра, тако да промене односа ових параметара изазивају и измену морфолошких услова на посматраном сектору. У дуготрајним морфолошким процесима јавља се тенденција успостављања природне равнотеже поменутих чинилаца, која се манифестује стабилизацијом трасе и уздужног профила водотока. Међутим, на морфолошко-псамолошке процесе не делују само природни чиниоци, већ и разни антропогени фактори, у које спада и експлоатација материјала из речног корита. Велики обим и не адекватна динамика багеровања могу иницирати неповољне морфолошке процесе, са веома озбиљним последицама.*

Кључне речи: *Квартарни седименти, експлоатација, Велика Морава.*

ABSTRACT: *The exploitation of material from the river bed does not represent only the use of natural resources, but also has the character of a very significant anthropogenic factors morphological-psamological (Greek psammos = sand) processes in the river flow. These processes are among the most complex in nature, due to the large number of parameters that affect them. Morphological condition of the river bed is the result of interaction of hydrological, hydraulic and psamological parameters, so that the changes in the ratio of these parameters are also causing changes in the morphological conditions of observed sector. In long-term morphological processes there is a trend to establish the natural balance of these factors, which is manifested by the alignment and stabilization of the longitudinal profile of streams. However, not only natural factors acts on the morphological- psamological processes, but also a variety of anthropogenic fac-*

¹ Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад; www.dgt.uns.ac.rs

² Доктор геонаука, Пожаревац

tors, which include the exploitation of material from the river bed. Large volume and non adequate dredging pace may initiate adverse morphological processes, with very serious consequences.

Key words: Quaternary sediments, exploitation, Velika Morava

ВРСТЕ КВАРТАРНИХ СЕДИМЕНАТА

На Балканском полуострву за време квартара стварано је 5 главних типова седимената: леднички (морене), еолски (лес и пескови), језерско-речни (шљункови, пескови и глине), речни (пескови, шљунак, глине, бигар и др.) и пећински седименти.

Глацијалне творевине

Морене као ледничке творевине налазе се у Словенији (Радовље, Крањско поље, Љубљанско поље и др.), а нарочито у Црној Гори (око Таре, Дробњачких језера, у долини Сушице, у Никшићком Пољу, као и у подножју свих великих планина), а ређе у Босни и Херцеговини.

Највише планине некадашње Југославије (Триглав, Караванке и остали високи Алпа у Словенији, затим Врана, Чврсница, Вележ, Тресквица, Прењ, Бјеласица, Троглав и друге планине у Босни, Дурмитор, Сињајевина, Проклетије, и друге у Црној Гори, као и Шар планина у Македонији) биле су за време плеистоцена под снежно-ледничким покривачем, који је, нарочито у области Дурмитора и Проклетија, покривао велике површине и био прилично дебело. Осим највиших планина, глацијација је била заступљена и на Оријену непосредно изнад Бококоторског залива.

Према Ј. Цвијићу, за време леденог доба снежна граница се, на пример, на Прењу спуштала до 1680 m н.в., што говори о томе да су многе планине на територији Југославије биле под снегом и ледом и да се стога морене могу очекивати у подножју скоро свих већих планина (Цвијић, 1913).

Отапањем леда и снега у постглацијалном добу дошло је до формирања флувио-глацијалних седимената, који се данас срећу у речним долинама.

Еолске творевине

Лес на територији Србије захвата највеће површине од свих кварталних седимената. Њега највише има у Панонској низији и у долини Велике Мораве. Сматра се да је стваран у ледено доба и кроз цео квартал, али углавном за време повећања температуре и повлачења ледника. Тада је ветар подизао разорени материјал и односио га. Крупнији материјал (песак и шљунак) депонован је у непосредној близини, а fine прашинасте честице ношене су знатно даље а потом таложене када је транспортна снага ветра сасвим опала и где су постојали повољни услови да се оне задрже (биљни степски покривач).

Данашње шупљине у лесу представљају трагове некадашњих степских биљака, које су омогућиле задржавање прашине и почетак њене акумулације. Кроз ове шупљине најчешће данас пониру атмосферске воде које због присуства у саставу леса и калцијум-карбоната, врше хемијски процес познат као картификација. Облици формирани на лесној површини, међутим, само подсећају на крашке, па се скупа називају псеудокрашким облицима (лесне вртаче, суве долине, висеће долине и сл.).

Проучавањем леса у Војводини, Ласкарев (1951) је уочио извесна ритмичка смењивања у лесу, односно да преко fine прашинасте масе жућкасте боје (леса) лежи слој хумуса црне и мрке боје, кога је назвао „погребена земља“ и да се они повављују у више нивоа. Такво наизменично смењивање леса и погребене земље везано је, по мишљењу Ласкарева, за климатске промене у квартару. За време глацијације настаје погребена земља, а за време интерглацијације - лес. Како су се глацијалне и интерглацијалне фазе више пута смењивале, то су се и њихови продукти више пута обнављали и смењивали у вертикалном профилу.

Лесне партије су добро проучене код Земуна и око Фрушке Горе, у Бачкој, Банату, као и у другим деловима Панонске низије у нашој земљи. Најчешће се јављају као изоловане оазе и платои (заравни), међу којима у Војводини доминирају: бачки, тителски, тамишки, фрушкогорски и земушки лесни плато (Ласкарев, 1951).

У наслагама леса у околини Земуна, Кикинде, Костолца и на другим локацијама, нађене су добро очувани скелети мамута, носорога, риса и других сисара. Такве појаве су честе и на другим местима у лесу.

Поред леса, дејством ветрова стваране су и насlage пескова од кога су формиране пешчаре у Војводини (Банатска и Суботичка) и у Подунављу (Пожаревачко Подунавље, Тимочка крајина и Кључ).

Језерско–речне творевине

За време квартара, нарочито почетком плеистоцена (понт) престаје да постоји Панонско море, које је, најпре, прешло у једно веће језеро, које се временом (кроз средњи и горњи плиоцен и квартар), смањивало и посебно прелазило у мања и изолована језера, затим у мочваре, блатишта и баре, да би на крају квартара потпуно престало да постоји. На његовом месту налази се данас пространа равница Панонске низије.

У околини Београда, на десној обали Саве, на простору званом Макиш, захваљујући истраживањима подземне воде за снабдевање Београда пијаћом водом, утврђено је да испод лесних седимената леже језерско-речни седименти. То су пескови и шљункови са укрштеном седиментацијом. У њима су нађени фосилни остаци пужева и шкољки, за које се сматра да су живели у рекама старијег квартара. На основу њих, а у првом реду на основу налазка ситне шкољке (*Corbicula fluminalis*), утврђено је да ови седименти језерско-речног порекла, и да припадају доњем квартару, тј. преглацијалном добу (првој глацијацијалу и првом интерглацијалу). Преко њих леже насlage леса (Ласкарев, 1951).

Речни седименти

Речни или алувијални седименти квартарне старости таложени су поред речних токова у најновијој геолошкој етапи формирања Земљине коре, односно у постјезерској фази. Њихово формирање обавља се и данас захваљујући ерозивном раду река и других агенаса у басену одређеног слива. Структура и врста материјала зависи од геолошке грађе слива, карактера и степена ерозивних процеса. У горњим деловима слива таложе се најкрупнији седименти, односно стенски фрагменти незнатно обрађени транспортом речним током, а идући низводно таложу се све ситнији материјал, до најфинијих честица које изграђују делте река при њиховом ушћу у мора или језера. Гранулација наталоженог флувијалног материјала у речном кориту и у алувијалној равни, зависи од кинетичке енергије речног тока и усаглашеног уздужног речног профила, и креће се од веома крупних стенских блокова у горњим деловима тока, преко шљунка у средњим деловима река, до наталожених суспендованих честица, при ушћу реке.

На брзацима и одсацима, где се јавља преливања речне воде богате калцијум-карбонатом или стропоштавање у виду водопада, створене су наслаге бигра. У Србији се у алувијалним равнима и коритима већих река, експлоатише флувијални материјал, који има широку примену у грађевинарству и путној привреди, док се бигар експлоатише на више локација као погодан грађевински камен за реконструкцију сакралних објеката, изградњу мостова или савремено, естетско додизање стамбених објеката.

Пећинске творевине

У многим пећинама Србије нађене су квартарне наслаге (шљунак, песак, глине, црвеница, бигар и др.). У њима се често срећу кости сисара (медведа, хијене, лава, вука, леопарда, носорога и др), али врло често и кости човека, као и предмети које је он израђивао и употребљавао. Наш најпознатији предак – „крапински човек“, нађен је у пећини код Крапине у хрватском Загорју. У многим пећинама у Србији пронађени су добро очувани остаци скелета представника квартарне фауне, као и разноврсни докази да су пећине служиле нашим прецима као склоништа (Гавела, 1983).

РАСПРОСТРАЊЕНОСТ ФЛУВИЈАЛНИХ СЕДИМЕНАТА У СРБИЈИ

Флувијални седименти су у Србији са инжењерско-геолошког гледишта врло важне и широко распрострањене творевине. Они чине око 25,2% њене укупне територије. Највише су распрострањени у Војводини, где захватају преко половине (52,6%) целокупне њене површине. Распрострањење флувијалних седимената и у осталим деловима Србије је широко заступљено (16%), и то претежно у речним долинама и котлинама. Пружање и ширина флувијалних седимената је условљено обликом и пружањем равница и долина у којима је извршено њихово таложње, као и транспортном моћи површинских токова. Због тога су њихове најдуже и најшире појаве везане за велике равнице, односно токова великих река, као

што су Дунав, Тиса, Сава, Дрина и Велика Морава. По долинама осталих, нарочито мањих река и потока, има их само у њиховим средњим и доњим деловима. Врло карактеристично за већину флувијалних творевина у широким долинама је да често потпуно испуњавају најниже делове терена. Уз то, скоро све појаве флувијалних седимената, нарочито у долинама мањих токова, имају издужено, а често и рачвасто или прстасто простирање (Туфегџић, 1966).

ГЕОЛОШКО-ГЕОМОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ФЛУВИЈАЛНИХ СЕДИМЕНАТА

Од флувијалних ерозивних облика у Србији највеће распрострањење имају речне терасе и алувијалне равни, а од акумулативних, плавине и речна острва, односно аде.

Формирање речних тераса извршено је у постјезерској фази, тачније током плеистоцена, односно топлијим, интергласијаним периодима, када су скоро све реке Србије носиле огромне количине шљунка и песка, који се нагомилавао у њиховим старим, односно првобитним долинама. Транспортна снага преоптерећених река обиљем наноса није била довољна да очисти затрпана речна корита, пошто је акумулација преовладала над ерозијом. Међутим, повећањем количине воде и оживљавањем ерозије, током топлих интергласијала, реке су поново продубљивале своја корита и стварале речне терасе.

Смењивањем гласијалних и интергласијалних доба, тј. понављањем процеса таложења и еродирања наноса, дошло је у Србији до образовања серије речних тераса у већини речних долина, које су данас мање или више очуване у континуитету или фрагментарно.

По најнижим деловима речних и поточних долина, после плеистоцена отпочело је стварање најмлађих, холоцених алувијалних равни. Њихово распрострањење и пружање, такође је везано за старе долине, као и транспортну моћ површинских токова. Зато се највише алувијалне равни налазе у долинама великих река. За разлику од старијих речних тераса алувијални седименти су много чешће и шире заступљени не само у оним деловима речних долина где су раније депоновани седименти речних тераса, већ и тамо где њихових токова данас нема.

Материјал флувијалних седимената највећим делом сноси матична река и узводне притоке из горњих делова слива, затим део материјала доноси и низводне, притоке, а најмање денудационе воде са долинских страна. У пределима високих планина које су за време плеистоцена биле захваћене гласијацијом, изванредан део шљунка, песка и глине потиче из разорених и преталожених гласијалних седимената (Јањић, 1962).

Где ће се и како таложити флувијални седименти зависило је, првенствено, од транспортне моћи потока и река, као и врсте материјала који оне носе. Како воде површинских токова носе разноврстан материјал, почев од хемијски растворених супстанци, затим суспендованих честица муља и прашине, зрнаца песка, шљунака и облутака, то ослобађајући се њих, стварају морфолошки различите творевине, изграђене, такође, од литолошки разноврсних седимената. Сви чланови флу-

вијалних творевина су међусобно генетски везани и разноврсно здружени, али су поред тога различите дебљине и променљиве стратификације.

Дебљина флувијалних седимената у Србији је често променљива и различита, не само између наноса појединих река, већ и на различитим местима дуж тока исте реке. Међутим, потоци и планинске реке ређе имају већу дебљину наноса од 1 до 2, а ретко и до 5 m.

Депонованњем флувијалних наноса стварају се нејасно услојене насlage променљиве дебљине од свега неколико сантиметара, па до више метара.

Променом интензитета доношења, и других услова у разним годишњим добима, као и другим временским интервалима, долази до наизменичног таложења гранулометријски па и литолошки различитих чланова.

Зависно од тога да ли су потоци и реке депоновале ваљани или лебдећи материјал, створене су различите стене: блокови, облаци, шљунак, песак муљ или глине. Међутим, њихова процентуална заступљеност није подједнака. Грубо узев, могло би се рећи да су у Србији шљунак и песак, или још тачније, песковит шљунак и шљунковити песак, основне стене флувијалних творевина.

У састав песка и шљунка улазе одломци различитих минерала и стена. Од минералних честица, у њима скоро увек преовлађује кварц, а подређено се налазе опал, фелдспати, амфиболи, пироксени, лискуни, магнетит, гранати и ређе други хемијски постојани и механички отпорнији минерали. У нечистијим врстама има и других минерала, као и органских примеса (Јовановић, 1982).

Велико литолошко шаренило и често смењивање стена већине терена у Србији, условљава велику хетерогеност састава шљункова и пескова не само дужих и већих, већ добрим делом и мањих река и потока.

Заобљеност зрна песка и облутака у флувијалним седиментима је неједнака, и зависи од геолошког састава фрагмената и дужине транспорта.

Флувијални песак је скоро увек заобљен, али никада тако потпуно као песак еолског порекла.

Флувијални седименти као минералне сировине

Употреба шљунковито-песковитих седимената је врло важна и велика. Међутим, и поред тога, систематска испитивања квалитета флувијалних седимената и процене њихових резерви у Србији до сада нису вршене. У Србији се нарочито користе холоцени шљункови и пескови, који по правилу представљају повољан природни агрегат за примену у грађевинарству, ако је проценат глинених примеса мањи од 2 до 3 %, и ако њихове честице нису слепљене са другим зрнима. По квалитету су на првом месту дрински шљунак и дунавски песак, а затим следи савски шљунак, па тек иза њих је хетероген, али доста чист, западноморавски шљунак. Дунавски песак одликује велика чистоћа и повољан кварцни састав, мада понекад садржи и нешто више непожељних ситнијих фракција. Флувијални седименти осталих река су по квалитету лошији.

Јадар и неке друге мање реке, чији сливови претежно захватају терене изграђене од шкриљавих стена и неогених седимената. Из истих разлога се нешто ређе

употребљава и шљунак горњег тока Велике Мораве, јер често садржи знатан проценат облутака од кристаластих шкриљаца, променљиве чврстине.

Експлоатације седимената старијих плеистоцених тераса у Србији, знатно је ређа. Код нас су у речним наносима Пека, Поречке реке, Млаве и Тимока, установљене појаве злата. У грађевинске сврхе користе се глине, лес, пескови, шљункови, бигар и друге сировине, док се тресет, иако у мањим количинама, користи за огрев.

Квартарне наслаге, нарочито у речним долинама, представљају најчешће природне резервоаре подземних вода, које се могу користити, како за пиће тако и у привредне сврхе.

ЕКСПЛОАТАЦИЈА МИНЕРАЛНИХ СИРОВИНА У ДОЊЕМ ДЕЛУ СЛИВА ВЕЛИКЕ МОРАВЕ

Сектор Велике Мораве низводног од Љубичевског моста спада у зону акумулације речног наноса, где се значајан део укупних количина речног наноса настао ерозионом продукцијом у сливу зауставља и таложи. Захваљујући овоме, кроз најновију геолошку историју формиран су моћни слојеви песка и шљунка како у кориту тако и у приобаљу Велике Мораве. Песак и шљунак спадају у најзначајније грађевинске материјале, тако да наслаге овог речног наноса имају карактер и значај природног ресурса. Експлоатација овог материјала се мора вршити плански и под контролисаним условима како не би дошло до негативних утицаја на режим водотока и објекте у кориту и приобаљу. Нажалост степен и начин експлоатације на сектору од Љубичевског моста низводно, према оцени стручњака и надлежних водопривредних организација, превазишло је толерантни обим и интензитет, због чега је дошло до одређених негативних последица.

Багеровање материјала из корита Велике Мораве у зони Љубичевског моста спада у категорију коришћења обновљивог природног ресурса.

Хидролошки режим експлоатације

Пре изградње акумулације ХЕ „Ђердап 1“, утицај успора у Великој Морави условљен великим водама Дунава, осећао се на дужини 5-10 km, док се након изградње акумулације успор осећа до Љубичевског моста.

На бази података у периоду од 1931. до 1997. године, протицаји Дунава се налазе у дијапазону 1.500-15.000 m³/s, а Велике Мораве 30-2.400 m³/s.

У најновијем периоду дијапазон протицаја је ужи:

- Дунав: 2.000 – 11.320 m³/s
- Велика Морава: 30 – 1.300 m³/s

Према подацима вишегодишњих мерења, установљена су три карактеристична протицаја:

- мала вода Q= 27 m³/s
- средња вода Q= 237 m³/s
- средња велика вода Q= 1.100 m³/s



Карта 1. Велика Морава од Љубичевског моста до ушћа у Дунав

Map 1. Velika Morava from the Ljubičevski bridge till the mouth of the Danube

Извор: Топографска секција „Пожаревац“ 1:100 000, Војногеографски институт, Београд, 1968.

Пренос наноса зависи од протицаја и концентрације суспендованог наноса, који у Великој Морави веома варира (од 10^{-2} kg/m^3 до 10 kg/m^3), а најчешће се налази у дијапазону $0,11 \text{ kg/m}^3$.

С обзиром на механизам турбулентне суспензије омогућава кретање суспендованих честица максималне крупноће око 1 mm, у овом случају суспендовани нанос обухвата дијапазон од глине и угља до средњег песка.

У периоду 1961-1991. год. изведени су обимни антиерозивни радови у сливу Велике Мораве, што се манифестовало смањењем ерозионе продукције наноса.

За просечне хидролошке услове може се сматрати репрезентативном вредношћу од $3 \cdot 10^6 \text{ t/год.}$

Вучени нанос

Вучени нанос је основни фактор морфолошких процеса, тако да се све значајне промене у речном кориту (формирање спрудова, ерозија обала итд.), одвијају преко механизма транспорта вученог наноса. Вучени нанос има највећи значај са становишта експлоатације.

Најнижи сектор Велике Мораве, од Љубичевског моста до ушћа у Дунав, због својих карактеристика и утицаја успора, представља зону таложења суспендова-

ног и вученог наноса. Анализа гранулометријског састава показује да се нарочито ради о шљунку и крупном песку, а количина сумарног годишњег транспорта вученог наноса у доњем току реке Велике Мораве је између 200.000 и 300.000 t.

ЕКСПЛОАТАЦИЈА ФЛУВИЈАЛНОГ МАТЕРИЈАЛА ИЗ КОРИТА ВЕЛИКЕ МОРАВЕ ПОСМАТРАНА КРОЗ УТИЦАЈ НА МОРФОЛОШКО-ПСАМОЛОШКЕ ПРОЦЕСЕ

У периоду интензивног багеровања (1985-1991), дошло је до значајних промена корита од km 0+000 до 19+000 (продубљење, повећање површине профила итд). Такво стање је условило регресивну ерозију на узводном делу.

Утицај багеровања, међутим, имао је позитивне ефекте на регулационе захвате. Наиме, шездесетих година прошлог века, на овом сектору Велике Мораве извршен је велики обим регулационих радова, којима је скраћена траса речног корита, извшена стабилизација обала и изграђени одбрамбени насипи.

На потезу Љубичевског моста постоји неколико спрудова, узводно и низводно од моста, на којима се врши багеровање речног наноса

- применом сувоземне механизације и
- применом пловне механизације

Експлоатација сувоземном механизацијом

Као што је већ наведено, укупна годишња количина материјала на овом сектору износи око 250.000 t, тако да укупно извађена количина песка и шљунка која се ископа не би смела прећи ову количину, тачније, на сваком од постојећих локалитета годишње се може избагеровати 35.000 – 40.000 t (20.000 – 25.000 m³).



Слике 1 и 2. Експлоатација песка и шљунка из корита Велике Мораве применом сувоземне механизације

Figures 1 and 2. Exploitation of sand and gravel from the river bed of the Velika Morava using land machinery

Фото: Степановић, 2010.

Правовременим уочавањем негативних последица од неконтролисаног багеровања песка и шљунка из корита Велике Мораве, спречен је негативан утицај багеровања на водопривредне објекте односно друге објекте (мост, хидролошка станица).

Експлоатација материјала из Велике Мораве применом пловне механизације

Специфичан хидролошки режим Велике Мораве на сектору низводно од Љубичевског моста пружа идеалне могућности за примену пловне механизације у експлоатацији материјала из речног корита.

Корито Велике Мораве формирано је у слојевима песка и шљунка, у процесу акумулације наноса који потиче из речног слива. С обзиром да се процеси ерозионе продукције наноса, транспорта наноса водотоком и његове акумулације у доњем току одвијају у природном континуитету, материјал у речном кориту се може сматрати обновљивим природним ресурсом. Као што је познато, песак и шљунак представљају грађевинске материјале прворазредног значаја, за којима постоји врло велика потреба. Према томе, багеровање материјала из корита Велике Мораве спада у категорију коришћена обновљивог природног ресурса, што је веома значајно са аспекта одрживог развоја. Међутим, на Великој Морави од Сталаћа до њеног ушћа у Дунав, постоји на десетине дивљих шљункара које угрожавају еко-систем највеће српске реке.

Неконтролисано експлоатацијом материјала из речног корита нарушава се природна равнотежа и стабилност водотока. У случају извршене регулације водотока и постојања регулационих грађевина у речном кориту и на обалама, потенцијални негативни ефекат багеровања се манифестује угрожавањем стабилности ових грађевина. Услед регресивне ерозије узводно од зоне багеровања, може доћи до поткопавања регулационих грађевина, а тиме и до њихових рушења. Због тога



Слика 3 и 4. Пловна експлоатација и транспорт песка и шљунка на Великој Морави

Figure 3 and 4. Floatable exploitation and transport of sand and gravel on the Velika Morava

Фото: Степановић, 2010.



Слике 5 и 6. Дивље депоније на Великој Морави

Figures 5 and 6. Illegal dumps on Velika Morava

Фото: Степановић, 2010.

је багеровање на потезу регулационих грађевина посебно деликатна интервенција у речном току.

На основу претходног разматрања могу се формулисати следеће смернице и услови за експлоатацију материјала из корита Велике Мораве на потезу Љубичевског моста:

- обим експлоатације материјала из речног корита мора бити усклађен са приливом материјала из слива и са узводних сектора водотока. На тај начин ће се остварити услов да багеровање има карактер коришћења обновљеног природног ресурса.
- Багеровање песка и шљунка из речног корита мора бити студиозно планирано и строго контролисано. Ефекат багеровања на хидраулички режим водотока и морфолошко-псамолошке процесе никако не сме бити негативан. На против, ова активност мора имати карактер регулационе интервенције у смислу побољшања постојећих хидрауличких и морфолошких услова водотока.
- Експлоатација материјала из речног корита не сме угрозити стабилност постојећих регулационих грађевина на посматраном потезу.

ЕКСПЛОАТАЦИЈА ПЕСКА И ШЉУНКА ИЗ КОРИТА ВЕЛИКЕ МОРАВЕ У ЗОНИ ЉУБИЧЕВСКОГ МОСТА

Као што је познато експлоатација из речног корита може се вршити на два основна начина:

- применом сувоземне механизације
- применом пловне механизације

Примена сувоземне механизације за експлоатацију материјала из речног корита је могућа у случају постојања приобалних спрудова, на које се може прићи са речних обала. Као што се може констатовати из приложене ситуације Велике Мораве, на потезу Љубичевског моста постоји неколико спрудова, узводно и низво-

дно од моста, на којима се врши багеровање речног наноса. Избагеровани материјал се транспортује камионима преко мреже локалних путева у речном приобаљу.

Експлоатација материјала из речног корита применом сувоземне механизације има неколико битних лимитирајућих фактора. Најважнији фактор се односи на расположиву количину материјала за багеровање. Процес формирања приобалних спрудова зависи од морфолошко-псамолошке динамике водотока. Распоред спрудова дуж водотока, као и њихова величина, зависе од карактера речних процеса и локалних хидрауличких услова. Врло је чест случај да расположиве количине материјала са спрудова, као и динамика њиховог обнављања, не задовољавају локалне потребе за градјевинским материјалом.

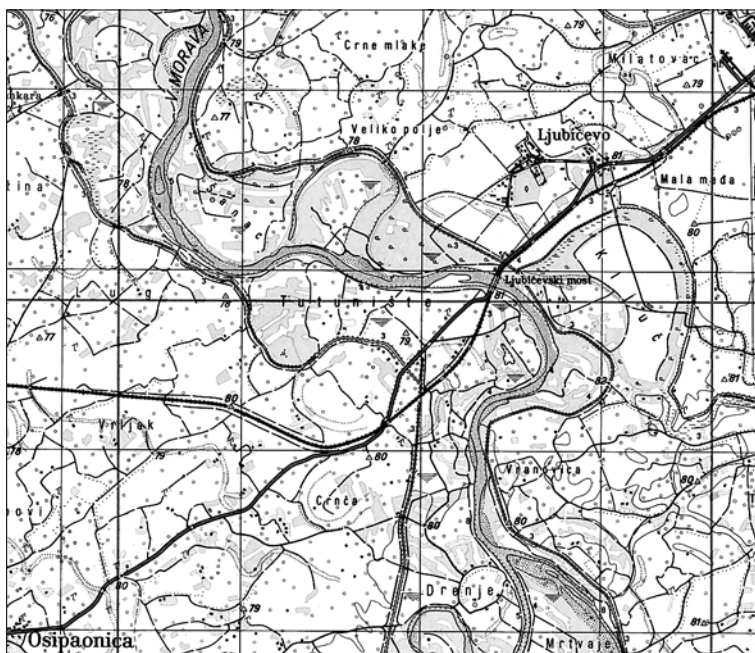
Други важан лимитирајући фактор примене сувоземне механизације за експлоатацију материјала из речног корита односи се на хидролошке услове водотока. Као што је познато, багеровање са спрудова је могуће само у одређеном дијапазону хидролошких услова-при малим и средњим водама водотока. При великим водама, приобални спрудови се налазе под водом, тако да је багеровање у таквим условима немогуће. У случају изразито водних година, интервали великих вода могу бити врло дуги, тако да су могућности багеровања битно ограничене. У таквим годинама се може јавити велики дефицит песка и шљунка, као веома значајних грађевинских материјала.

Трећи ограничавајући фактор примене сувоземне механизације за експлоатацију речног наноса повезан је са локалном саобраћајном инфраструктуром у речном приобаљу. У случају неповољне кореспонденције распореда приобалних спрудова и локалних путева, транспорт избагерованог материјала може бити врло отежан. У том случају, багеровање на појединим потезима може постати нерационално, без обзира на расположиве количине материјала на спрудовима, због високе цене транспорта.

На основу претходног разматрања може се закључити да експлоатација материјала из речног корита применом сувоземне механизације има више ограничења. Због тога је на већим рекама, као што је Велика Морава, веома пожељна примена пловне механизације. Овај тип експлоатације речног материјала има знатно мања ограничења, са аспекта хидролошких услова и расположивих количина за багеровање.

Специфичан хидролошко-хидраулички режим Велике Мораве на сектору низводно од Љубичевског моста пружао је идеалне могућности за примену пловне механизације у експлоатацији материјала из речног корита. Зона успора ХЕ „Ђердап I” се протеже узводно уз Велику Мораву, чиме су створени пловидбени услови у целом хидролошком дијапазону водотока. После интензивне експлоатације речног наноса у претходном периоду, применом пловне механизације, речно корито је значајно продубљено, тако да се зона успора протеже све до Љубичевског моста. У садашњим морфолошким условима, зона активне експлоатације материјала из речног корита применом пловне механизације завршава се на km 20+600 речне стационаже.

У оквиру разматрања примене пловне механизације на сектору узводно од Љубичевског моста, најпре се поставља питање дужине деонице на којој би било мо-



Карта 2. Ток Велике Мораве код Љубичевског моста

Map 2. The flow of the Velika Morava River near the Ljubičevo bridge

Извор: Топографска секција „Пожаревац -1“, 1:50 000, Војногеографски институт, Београд, 197.

гуће и рационално остварање пловидбених услова у целом хидролошком дијапазону. Као практични критеријум за то може поставити услов обезбеђења пловне дубине до 2 м, при малим водама Велике Мораве.

У претходним хидрауличким студијама доњег тока Велике Мораве, анализиран је и транспорт наноса. Са аспекта ове експертизе, од посебног је значаја транспорт вученог наноса-шљунка и песка, јер је то материјал интересантан за експлоатацију. На основу ове анализе, закључено је следеће:

- На деоници низводно од km 20+600, на којој је вршена експлоатација материјала из речног корита пловном механизацијом у претходном периоду, корито је значајно продубљено, услед чега су брзине течења и вучне силе драстично смањене. Отуда на овој деоници нема више хидрауличких услова за пронос вученог наноса.
- На деоници од км 20+600 до Љубичевског моста (km 21+732) транспортна способност тока за нанос је битно смањена, тако да на овом потезу долази до постепеног заустављања наноса, који пристиже са узводног сектора.
- На деоници узводно од Љубичевског моста, дужине око 5 km, просечна транспортна способност тока за нанос приближно одговара проносу наноса, који пристиже са узводних сектора. То значи да на овој деоници постоји глобална равнотежа између транспортне способности тока за нанос и стварног проноса наноса, тако да нема ни флувијалне ерозије, ни заустављања и таложења наноса. На основу хидрауличко-псамолошких прорачуна, детермини-

сан је годишњи транспорт вученог наноса од око 120 000 m³, у просечној хидролошкој години.

ЗАКЉУЧАК

На основу досадашњег сазнања о резултатима експлоатације и последица до којих је дошло у претходном периоду у зони експлоатације песка и шљунка у доњем току Велике Мораве, може се закључити да се на потезу Љубичевског моста јавља дисконтинуитет транспорта вученог наноса на Великој Морави.

У случају продужења примене пловне механизације на сектор узводно од Љубичевског моста, услед продубљења речног дна променили би се хидрауличко-морфолошки услови у широј зони моста. То би се резултирало померањем зоне заустављања и акумулације вученог наноса у узводном смеру (узводно од моста). У овој зони би се перманентно одвијала акумулација наноса, који би се могао експлоатисати. Према томе, смисао продужења примене пловне механизације на сектор узводно од Љубичевског моста би се састојао у томе да се на једном ограниченом потезу дужине око 3 km организује интензивна и рационална експлоатација песка и шљунка, чије би се резерве непрекидно обнављање наносом који пристиже са узводних сектора Велике Мораве. То значи да би ова активност имала карактер коришћења обновљивог природног ресурса.

Међутим, ова активност никако не би смела да буде стихијна и неконтролисана, да не би довела до озбиљних последица по режим реке и стабилност објеката у речном кориту. Зато је неопходан студиозан приступ овој проблематици, не само да би спречиле евентуалне неповољне последице багеровања, већ и да би се постигли одређени позитивни ефекти на уређењу водотока.

Багеровање материјала из корита Велике Мораве у зони Љубичевског моста спада у категорију коришћења обновљивог природног ресурса, што је веома значајно са аспекта одрживог развоја. У том смислу, поставља се основни услов да обим експлоатације материјала из речног корита мора бити усклађен са приливом материјала из слива и са узводних сектора водотока.

Багеровањем по стручно испланираним трајекторима пловила може се извршити усмеравање струјног тока у жељеном смеру, као и померање матице од обала ка средини реке. На тај начин се може спречити ерозија речних обала и постићи и други важни регулациони ефекти.

После интензивне експлоатације речног наноса у претходном периоду, применом пловне механизације, речно корито је значајно продубљено, тако да се зона успора протеже до близу Љубичевског моста.

С обзиром на предности примене пловне механизације у експлоатацији материјала из речног корита, било би рационално и економски оправдано да се сектор примене продужи у узводном од Љубичевског моста. Остварење пловидбених услова у целом хидролошком дијапазону, са продубљењем корита лимитираним на 2-3 m, било би могуће на деоници дужине око 3 km, тако да би се граница зоне примене пловне механизације налазила између km 24+000 и km 25+000.

У циљу спречавања потенцијалних негативних последица багеровања, неопходно је да се у склопу активности на деоници узводно од Љубичевског моста перманентно врши и праћење стања речног корита. У оквиру праћења ефеката багеровања обавезно се мора предвидети и регистровање стања регулационих грађевина на посматраној деоници. Посебно је важно да се строго води рачуна о стабилности и безбедности стубова Љубичевског моста приликом ископа пловне кинете. Пројекат експлоатације материјала из речног корита на посматраној деоници мора обухватити и техничко решење заштите стубова моста од утицаја транзита пловне механизације.

ЛИТЕРАТУРА

- Билдија, Н. (1984): Техничка петрографија – својства и примена камена. Научна књига, Београд.
- Гавела, Б. (1983): Истраживање и проучавање палеолитика у Србији. САНУ, Посебна издања, Зборник радова одбора за крас и спелеологију, књ. DXLVI, Београд.
- Илић, М. (1950): Геологија за рударе II, Београд.
- Јањић, М. (1962): Инжењерско-геолошке одлике терена НР Србије. Посебна издања, књ. 12, Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд.
- Ласкарев, В. (1951): О стратиграфији квартарних наслага Војводине. Геолошки анали Балканског полуострва, књ. 1, Београд.
- Луковић, М. (1950): Инжењерска геологија. Техничка велика школа у Београду, Научна књига, Београд.
- Јовановић, П. (1969): Разарање стена и руда бушењем и копањем. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- Јовановић, М. (1982): Минералне сировине Војводине као фактор развоја њене привреде. Докторска дисертација у рукопису, Институт за географију, Нови Сад.
- Миловановић, Д. (1997): Системски приступ и геолошко-економска процена лежишта минералних сировина. Геолошки завод универзитета у Београду, Геол. анали Балканског полуострва, књ. LXI, св. 1, Београд.
- Пањуков, Н. П. (1965): Инжењерска геологија. Грађевинска књига, Београд.
- Петковић, К., Николић, П. (1979): Основи геологије. Универзитете у Београду, Научна књига, Београд.
- Петровић, Ј. и Миљковић, Љ. (1988): Општа геологија са основама палеогеографије. Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад.
- Туфегџић, В. (1966): Грађевински материјал. Научна књига, Београд.
- Цвијић, Ј. (1913): Ледено доба на Проклетијама и околним планинама. Глас Српске краљевске академије наука, XCI, Београд.
- Warrack, G. W., Walsh, D. and Irwinc, B. W. (1997): Overview of Low-Rank Coal (LRC) Drying, International Journal of Coal Preparation and Utilization, Volume 18, Issue 1 & 2.