

## БРАНА „КАФАРА“ (SADD el-KAFARA) У ЕГИПТУ

Проф. др Петар С. ПЕТРОВИЋ, дипл. грађ. инж.  
Грађевински факултет Универзитета у Београду

### РЕЗИМЕ

Пре четрдест шест векова у Египту је саграђена висока брана од каменог набачаја „Кафара“ (Sadd el-Kafara). То је најстарија висока брана на свету чији остаци и данас постоје. Изграђена је у пустињи Арабијске планине на око 30 km јужно од Каира, или на 11 km југоисточно од града Хелвана (Helwan). Брана је преградила повремену реку Гарави (Wadi el-Garawi), десне притоке Нила. Разлог за њено грађење је, за оно време, био мало необичан – снабдевање водом налазишта алабастера.

Тек што је саграђена, брана са срушила при првом већем поплавном таласу. Вода је однела централни део бране дужине 52 m. Разлог рушења био је што је сама конструкција бране са језгром од песка и шљунка учинила брану водопропустљивом, а брана није имала никакав темељни испуст нити прелив.

Брана је имала грађевинску висину од 14 m и дужину у круни од 113 m. Ширина у круни била је 56 m, а при дну 98 m. У попречном пресеку имала је два масивна зида између којих је било језгро од песка и шљунка. Запремина бране била је око 87 000 m<sup>3</sup> материјала (камена, песка и шљунка) које је требало ископати, транспортовати и уградити у брану. Запремина акумулације (до круне бране) била је око 620 000 m<sup>3</sup>, а површина слива око 195 km<sup>2</sup>.

**Кључне речи:** брана, темељни испуст, прелив, рушење бране, фараон, алабастер, кречњак.

### УВОД

Познато је да су многе мале фигуре од алабастера припадале Прединачком периоду египатске историје. На многим местима у Арабијској планини, у источном делу Египта, постојала су бројна налазишта алабастера. Од свих њих најпознатија су била два налазишта: Гарави (Wadi el-Garawi) и много веће и познатије Хатнуб (Hatnub). Налазиште

Гарави било је експлоатисано у Трећој и Четвртој династији, поред осталог, за подове и зидове Кеопсовог (Khufu) храма мртвих у Гизи.

Египатски алабастер је калцификовани кречњак и није прави алабастер. Прави алабастер садржи калцијум сулфате. У Египту **не постоји** налазиште правог алабастера. Египатски алабастер је управо рекристализовани кречњак [1].

Свако налазиште алабастера, у време Прединачког и Династичког периода Старог Египта, захтевало је, поред осталог, да у близини буде довољно воде за пиће и комадање и “сечење” алабастера. Још за време владавине фараона Менеса (између 3100 и 2900. године пре н. е.), Египћани су у Синајској пустињи имали руднике и из њих су топљењем руде добијали бакар. Нешто касније су, али пре 2750. године пре н. е., топили бакар заједно са калајем (у односу 10 : 1) и добијали бронзу.

Алабастер се добијао тако што се загревала површина стене, а затим се сипала вода на њу; на стени су се појављивале пукотине. Процес се понављао све док се не би добио комад жељене величине. При томе су коришћена оруђа од бакра и бронзе (ређе, јер је на почетку бронзе било веома мало).

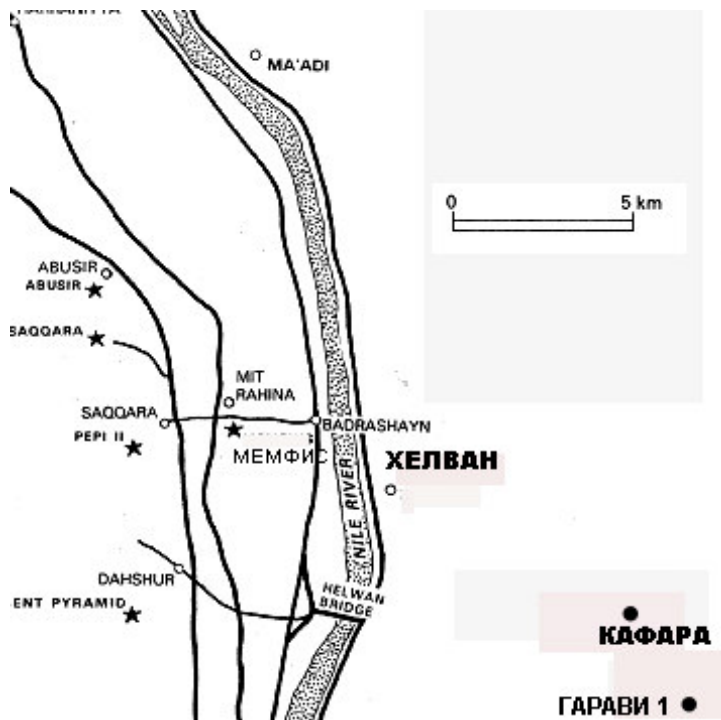
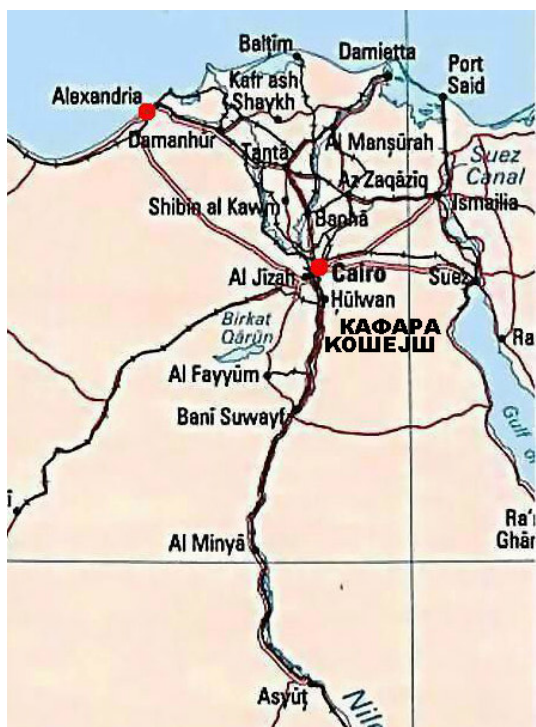
Пре бране “Кафара” Египћани су направили још две бране: диверзиону брану “Кошејшн” и брану “Гарави 1”:

**Прва египатска брана** од каменог набачаја била је **диверзиона брана “Кошејшн”** на Нилу (слика 1).

Друга египатска брана од каменог набачаја (назваћемо је “Гарави I”) била је мала брана која је преграђивала реку Гарави (Wadi el-Garawi) на око три километра узводно од места бране “Кафара”. Остаци ове мале бране високе неколико метара и данас постоје, а пронађени су 1980. године

(Garbrecht Bertram: Der Saad el-Kafara, Die alteste Talsperre der Welt (2600 v. Chr.), 1983). Њена акумулација је сигурно служила радницима који су радили на налазиштима алабастера у околини [2]. Брана “Гарави 1” је саграђена пре бране “Кафара”, али када, то се тачно не зна. Верује се да је то било у време владавине фараона Хунија, око 2620. године пре н. е. Ова брана се срушила вероватно када и

брана “Кафара”. Испитивања радиоактивним угљеником 14 показују да би то могло да буде око 2600. године пре н. е. Остацима бране **није могуће** одредити старост овом или било којом другом методом, јер су испитивања извршена на органским материјама из претпостављених пребивалишта радника који су користили воду из акумулације “Гарави 1” (слике 2 и 3).



Слике 1 и 2. На слици 1 (лево) је карта дела Египта; на њој је приближно учртана брана “Кафара” југоисточно од града Хелвана. На слици 2 се види околина Хелвана са приближно учртаним положајем бране “Кафара” и мале бране “Гарави 1”.

## ПЕРИОД У КОМЕ ЈЕ БРАНА САГРАЂЕНА

**Трећа египатска брана** од каменог набачаја била је „Кафара“ (Saad el-Kafara) на реци Гарави (Wadi el-Garawi). Брана је саграђена за време Треће или Четврте династије Старог краљевства Египта (слике 1, 2 и 3).

О томе постоји запис урезан хиероглифима у црну базалтну плочу **Палермо камена** (Palermo Stone), који је најстарији познати текст старог Египта, чији се један део чува у Палерму на Сицилији (Palermo Archeological Museum, Sicily, Italy). У тексту пише,

између осталог, да је у време владавине фараона Снофруа (Snofru) „Године после 6 Време цензуса“ („Year after 6 Time of the census“) грађена „брана Горњег и Доњег Египта“ („wall Upper and Lower Egypt“). Реч “wall” значи „брана“. Река Гарави улива се у Нил наспрам некрополе Дашур, где је граница између Горњег и Доњег Египта, па су египтолози закључили да се овај текст вероватно односи на грађење бране „Кафара“.

Погледајмо ко је владао Египтом у време када је вероватно завршена брана „Кафара“.



Слика 3. Приближно су уцртани положаји брана Кафара и “Гарави 1” (на 11 km путем од града Хелвана). Према Egypt Google Satellite Map.

**Хуни** је последњи фараон Треће династије Старог краљевства Египта. Владвао је од 2637. до 2613. године пре н. е., тј. 24 године. У његово време саграђена тврђава на острву Елефантина и тиме је осигурана граница Египта на првој катаракти, а на острву је саграђена мала пирамида.

Затим је саграђено и седам мањих степенастих пирамида које немају унутрашње просторије нити подземне ходнике. Велика степенаста пирамида у Меидуму завршена је у току владавине његовог сина фараона Снофруа. Пирамиде су направљене од необрађеног или полуобрађеног кречњака.

**Снофру** (или **Снеферу**) био је први фараон и оснивач Четврте династије Старог краљевства Египта. Владвао је од 2613. до 2589. године пре н. е., тј. 24 године. У његово време саграђене су бројне грађевине Египту. Најзначајније су пирамиде:

- у Меидуму - завршетак Хунијеве пирамиде, која је била први неуспео покушај да се направи пирамида са глатким странама,
- „закривљена“ пирамида, код које је скоро цела оплата сачувана до данас, у јужном Дашуру, и
- „црвена“ пирамида у северном Дашуру, која је прва у свету пирамида са глатким странама, а трећа по висини у Египту. Све пирамиде су начињене од необрађеног или полуобрађеног кречњака.

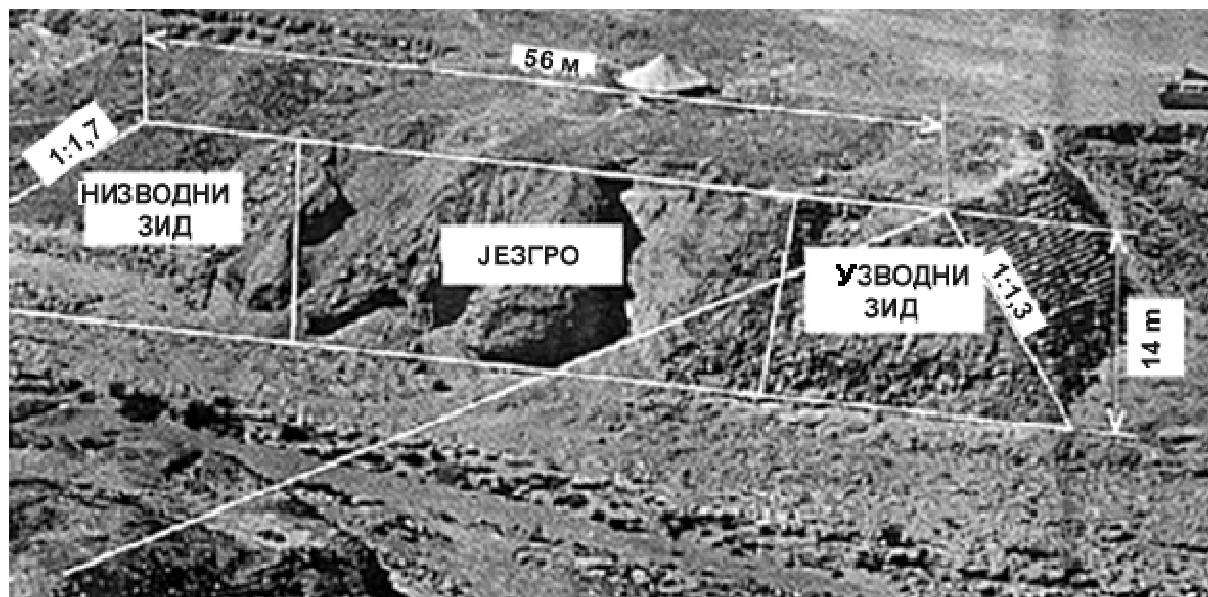
Из изнетог се види да је у време владавине и једног и другог фараона доста грађено, и да је за велике објекте употребљаван кречњак у необрађеном или полуобрађеном облику. У „Палермо камену“ се спомиње грађење бране за време владавине фараона Снофруа.

Брана „Кафара“ је **саграђена око 2610. године пре н. е.**, тј. њено грађење је отпочело при крају владавине фараона Хунија, а завршено је почетком владавине фараона Снофруа.

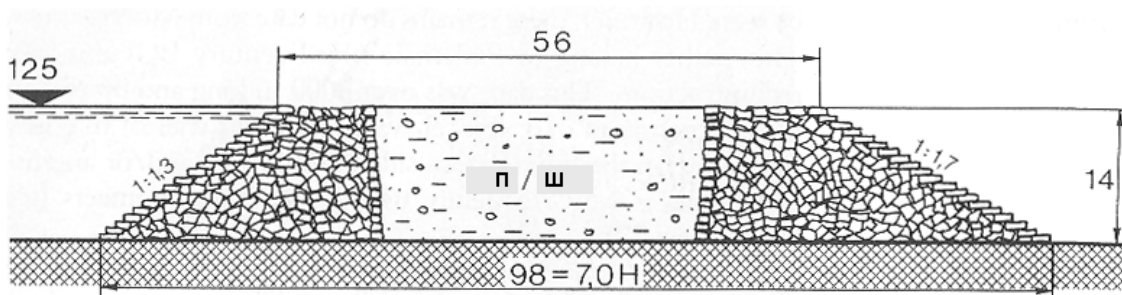
#### ГРАЂЕЊЕ БРАНЕ „КАФАРА“

**Дужина грађења.** У литератури се спомиње време од 10 до 12 година, па чак и до 15 година. У лит. [3] време грађења је осам до десет година. С обзиром на то да је материјал за грађење бране био у близини, и да плављење Нила није могло да утиче на грађење бране, јер је од њега удаљена десетак километара, чини се да су све изнете цифре претеране.

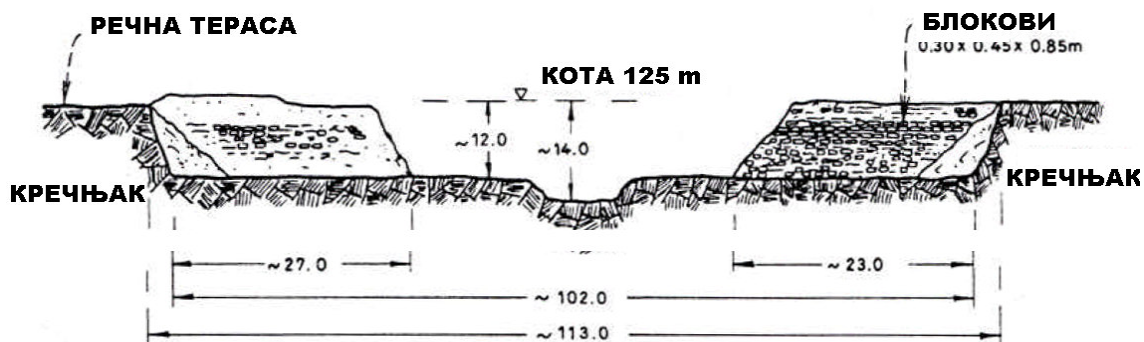
У то време је завршен поход на Нубију и хиљаде заробљеника су могле да учествују у грађењу бране. Поред тога, Египћани су имали дрво, бакарно и бронзано оруђе (у малој количини), па би реална дужина грађења била до **шест година.**



Слика 4. приказује неке основне димензије бране „Кафара“ и попречни пресек исте. Означени су узводни зид, језгро и низводни зид. Све је то дато на снимку бране. Photo Н. Fahlbush, Ratzeburg/D, лит. [3].



Слика 5. представља попречни пресек бране „Кафара“ на најдубљем месту. Језгро (између зидова) је од ситног песка и шљунка. Према Garbrecht, лит. [3].



Слика 6. представља подужни пресек бране „Кафара“. На слици се види да недостаје средњи део дужине 52 m, који је вода однела. Интернет, Sadd el-Kafara: the worlds oldest large dam.



Брана „Кафара“ се налази у Египту (слика 1), у пустињи Арабијске планине, источно од реке Нил (слике 2 и 3), око 11 km путем ка југоистоку од града Хелвана. Брана је саграђена на реци Гарави и управна је на њен ток. Река Гарави, када има воде у њој, улива се у Нил насупрот Дашуру. На месту бране долина је широка нешто преко 100 m, а низводно се долина нагло шири. Круна бране је на коти 125 mnm. За грађење бране требало је ископати, транспортовати и уградити око 87 000 m<sup>3</sup> материјала.

Брана је саграђена од камена, и може се сврстати у тип бране од каменог набачаја. Недостаје средњи део бране (слике 6, 7 и 8). Попречни пресек бране је на сликама 4 и 5. У средини попречног пресека бране налази се језгро ограничено узводним и низводним зидом. Језгро је испуњено шљунком и песком (нису имали земљу ни муљ, као при грађењу диверзионе бране „Кошејш“). Египћани још увек нису схватили да језгро треба да буде непропустљива баријера води.

Ширина (дебљина) језгра у круни (кота 125 mnm) износи око 38,4 m, на коти 113 mnm је око 36 m, а при дну (кота 111 mnm) износи 35,6 m (слика 5).

Узводни зид има нагиб 10 : 1 ка језгру и нагиб 1 : 1,3 ка води (акумулацији). Узводна и низводна страна су озидане „у суво“ без, икаквог везива, а између њих је сипан, односно ређан, ситнији камен (кречњак). Ширина зида је при врху око 8 m, на коти 113 mnm је око 24,8 m, а на дну најдубљег пресека је око 27,6 m (слика 5).

Низводни зид има нагиб 10 : 1 ка језгру и нагиб 1 : 1,7 ка низводној косини (ваздух). Ширина при врху је око 9,6 m, на коти 113 mnm је око 31,2 m, а на дну најдубљег пресека је око 34,8 m (слика 5).

Ширина бране при врху на коти 125 mnm је  $38,4 + 8 + 9,6 = 56,0$  m, на коти 113 mnm је  $36 + 24,8 + 31,2 = 92,0$  m, а на дну најдубљег пресека је  $35,6 + 27,6 + 34,8 = 98,0$  m (слика 5).

Из подужног пресека бране „Кафара“ (слика 6) се види да дужина бране по круни (кота 125 mnm) износи 113 m, а да је дужина терасе (кота 113 mnm) којом је текла река Гарави (када има воде) око 102 m (ова цифра вероватно није тачна).

Вода је однела средњи део бране у дужини од 52 m. Ово је стање после више од 4500 година, када је



Слика 7. Поглед на узводну десну страну бране „Кафара“ и простор где је била средина бране. Интернет, Images for Sadd el-Kafara Dam.





Слика 8. Поглед из даљине на узводну страну бране „Кафара“. Виде се лева и десна страна бране, као и простор где је била средина бране. Интернета, Sadd el-Kafara: the worlds oldest large dam.



Слика 9. Поглед на узводну десну страну бране „Кафара“. Види се лева страна а на десној добро очувана камена облога, као и простор где је била средина бране. Узето са Интернета, сајт Sadd el-Kafara: the worlds oldest large dam.



Слика 10. Поглед из близине на десну узводну страну бране „Кафара“ са добро очуваним каменим блоковима. Узето са Интернета: Photo g. Garbrecht, Lages-büttel/D, лит. [3].

речном долином Гарави протутњало више од хиљаду бујица! Остао је део бране на десној обали у дужини од 23 m и на левој обали у дужини од 27 m, мерено на дну, на коти 113 mm.

На круни бране су остале знатно мање дужине, свега 20 до 30 m укупно. На дну у средини подужног

пресека, уцртан је мали трапезни пресек на коти 111 mm. Ту сада тече река Гарави, што се види и са слика 6 и 8.

У подужном пресеку бране (слика 6), види се, а то је и утврђено, да величина кречњачког блока уграђеног у брану „Кафара“ варира, и да је просечна



величина 30 cm x 45 cm x 85 cm, тј. да су тешки у просеку око 300 kg. Само једна страна ових блокова се лепо види на слици 10.

На слици 7 је приказана само узводна десна страна бране „Кафара“, на којој се виде остаци редова



Слика 11. Поглед на остатке десне стране бране “Кафара”, виђен са леве стране са недостајућег средњег дела бране. Узето са Интернета, са сајта Images for Sadd el-Kafara Dam.



Слика 12. Поглед из близа са узводне десне обале на леву и десну страну бране “Кафара” и њену околину. Види се да нема централног дела бране. Узето са Интернета: Sadd el-Kafara: the worlds oldest large dam.

наслаганог камена. Слика 8 показује како изгледа брана са околином и простор где је била средина бране. Поглед из близине на узводну десну страну бране „Кафара“ је на слици 9. У првом плану је добро очувана камена облога десне стране бране. На слици 10 се виде из близине добро очувани камени блокови на десној узводној страни бране. Поглед на остатке десне стране бране виђени са леве стране са недостајућег средњег дела бране, дат је на слици 11.

### ОТКРИЋЕ БРАНЕ „КАФАРА“

Када је немачки археолог Георг Швајнфурт (Georg Schweinfurth, 1836-1925), идући долином реке Гарави, десне притоке Нила, пронашао брану „Кафару“ 1885. године, она је изгледала као на слици 4, 7 и 13. Без средњег дела, који је однела вода, само су са стране остали обални делови. Швајнфурт је срачунао да је за грађење бране требало транспортовати око 100 000 m<sup>3</sup> стене. Одатле су произашле цифре 10 до 15 година.

Тачнији прорачуни дају другу цифру [3], да је требало уградити око 87 000 m<sup>3</sup> песка, шљунка и блокова од кречњака, тј. ту количину материјала је требало ископати, превући до места уградње и затим уградити. Аустралијски грађевински инжењер Г. В. Мареј (G.W.Murray) је 1935. године испитивала конструкцију бране. Констатовала је да је брана, што се тиче статике, предимензионисана.

Хидролошке особености сливног подручја реке Гарави, 1952. године је проучавао шведски грађевински инжењер **Бо Хелстром** (Bo Hellstrom). Брана „Кафара“ се налазила у подручју у коме су се могли догодити и већи пљускови од оних који се очекују у Египту. Хелстром је показао да кише које се јављају једном у пет година у сливном подручју реке Гарави дају запремину воде која превазилази запремину акумулације, и да се хидрологија врло мало променила од времена грађења бране.

Ако је тачно да је запремина петогодишње кише, уз реалне коефицијенте отицаја, била већа од запремине



Слика 13. Поглед са низводне леве стране на целу брану “Кафара”. Лепо се види недостајући средњи део бране. Интернета, Images for Sadd el-Kafara Dam.



акумулације „Кафара“, то значи да је већ у току грађења брана бар једанпут рушена, или да је саграђена за само три-четири године. Ово последње је било тешко остварљиво, јер би Египћани морали да отпочну грађење бране одмах после првог великог пљуска.

Очигледно је да су петогодишња велика вода и време грађења од 10 до 12 па и 15 година, које се наводи у литератури, у колизији. Површина сливног подручја реке Гарави до бране износи око 195 km<sup>2</sup>. Запремина акумулације, према [4], за коту 125 mm (до врха пуна акумулација) износи 620 000 m<sup>3</sup> воде, а за коту 123,5 mm износи 465 000 m<sup>3</sup> воде.

### РУШЕЊЕ БРАНЕ “КАФАРА”

**Да ли је брана „Кафара“ имала темељни испуст?** Много спорења око тога је било међу египтолозима. Једни су тврдили да је у то тешко поверовати, други, да иако је постојао, налазио би се у централном

делу бране, а тај део је вода однела. Да је постојао, морао би да има затварач, вођице, а на круни бране механизам за спуштање и дизање затварача.

Морала би да постоји цев великог пречника у брани (или вођице на узводној страни бране, или тунел у стени, који није пронађен), што у садашње време није дозвољено.

Ово је било немогуће очекивати од Египћана тога времена, јер ни на брани „Кошејш“ није постојао темељни испуст (што би било логично), па просто: **брана „Кафара“ није имала темељни испуст.**

Још једно важно питање је мучило египтологе: **да ли је брана „Кафара“ имала прелив?** И овде су мишљења била подељена. Сада круна бране није у хоризонталу, већ се полако спушта ка средини бране, па многи сматрају да је у централном делу бране постојао прелив. Због чега се онда брана срушила?



Слика 14. Поглед са леве узводне стране на леву обалу реке Гарави на којој се види (у првом плану) и део леве стране бране “Кафара”. Узето са Интернета: Sadd el-Kafara, la primera presa de la historia.

Одговор би био: сва вода није могла да отече преко прелива, јер је исти пројектован за много мању воду од оне која је наишла. Због тога је брана потољена, што је довело до њеног рушења. Пошто је централни део бране срушен, а на њему би могао да буде прелив, то је и место могућег прелива однела вода. Са оваквим образложењем би се могли сложити, да ствари не стоје друкчије.

При пројектовању и грађењу насуте бране, и поред механизације за збијање која збија материјал бране, круна такве бране, по завршетку грађења није у хоризонтали, већ се намерно постепено издиже до најдубљег дела бране, где износи 1 до 2% од висине бране. У току експлоатације долази до додатног збијања (слегања) материјала, и после тога круна бране би била скоро хоризонтална. Због набацивања уместо збијања материјала, дошло је до већег слегања круне бране у средини, па су многи помислили да је на брани био прелив. Закључак је да **брана „Кафара“ није имала прелив.**

Старим Египћанима је недостајало знање и потребно искуство у заптивању узводне површине бране и њеног темеља, па је вода могла да пролази кроз брану и испод бране. Та вода је полако еродирала кречњак и правећи све веће и веће пролазе води, све док није дошло до колапса бране. Код диверзионе бране „Кошејш“ на Нилу догађало се слично, али су тамо Египћани имали земљу и муљ, па су спречавали процуривање.

Овде то није био случај, јер су уместо земље и муља имали водопропустљиви песак и шљунак. Тако да на питање због чега се срушила брана „Кафара“, може да се да одговор: 1- због прогресивног процуривања; 2- због наиласка поплавног таласа запремине веће од запремине акумулације; 3- због једног и другог разлога. Аутор овог чланка сматра да се брана срушила због процуривања и наиласка поплавног таласа.

**Када се срушила брана „Кафара“?** Чињеница је да нема наноса у акумулацији, бар није видљив ни у траговима, говори о томе да су могући нанос однеле бујице у току 4600 година од рушења бране. Не постоји ни оно мало наноса што се исталожи при врху дуж акумулације. Закључак је да ако је ту нанос постојао, да су га спрале кише, или да се брана „Кафара“ срушила још пре него што је нанос

отпочео да се таложи. Према томе, брана „Кафара“ се срушила при наиласку **првог поплавног таласа.**

Рушење ове бране начинило је дубок траг у психи Египћана, тако да су после дугог временског периода од скоро шест векова, изградили следећу брану од каменог набачаја. Репортер „Ал Ахрам“-а Ж. Камил и инжењер Џон Брод (John Broad) су септембра 2004. године кренули да виде остатке „најстарије високе бране на свету“. Прво су морали да траже дозволу да посете место бране од „Античке канцеларије“ у Хелвану.

Дозволу су добили, али им је речено да је забрањено фотографисање места бране, па су у пратњи два инспектора те канцеларије, кренули пут бране „Кафара“.

По врло лошем прашњавом путу прошли су поред огромног челичног комплекса који су Руси саградили за потребе грађења бране „Велики Асуан“ на Нилу. Затим поред високих димњака у налазишту квалитетног кречњака. После око 11 km стигли су на обалу реке Гарави са северне стране. Било је јасно зашто (дозвољени) снимци показују углавном десну страну бране. Пошто је брана изведена у правцу југ-север, то је десна страна увек осунчана.

Чудно је да брана од каменог набачаја „Кафара“, која представља прву високу камену брану на свету, није заштићена од пропадања. Не постоји ни прилазни „пристојан“ пут до њене локације. То би могла да буде и веома важна туристичка атракција. Овако, пошто у близини пролазе најкраћи путеви кријумчара из овог дела Египта до Црвеног мора, ако остану незаштићени, остаци бране „Кафара“, имаће судбину многих споменика које је људска небрига уништила.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] ИНТЕРНЕТ: Al Ahram, 16-22.9.2004, no. 708, The world's oldest dam.
- [2] ИНТЕРНЕТ: Египтологический ИСборник.
- [3] NICHOLAS J. SCHNITZER: A History of Dams, A. Balkema, Rotterdam, 1994
- [4] G. GARBRECHT: Sadd el-Kafara: the Worlds oldest Large Dam, Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Braunschweig

## SADD EL-KAFARA DAM IN EGYPT

by

Professor Petar S. PETROVIC, C. E., PhD  
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering

### Summary

The oldest high dam in the world was built in Egypt forty six centuries ago. The dam was called Sadd el-Kafara and was made of stone. It was built in the desert of Arabian mountain about 30 km south of Cairo and 11 km southeast of the town of Helwan. The dam straight across river Wadi el-Garawi, the right tributary of the Nile. The reason for its construction was a little unusual for that time, the dam was presumably built to supply water to the labourers working in the quarries of alabaster.

The dam however collapsed as soon as it was built. The first heavy rain that resulted in a flooded wave washed away a 52 m long central part of the dam. The very construction of the dam caused its destruction – due to its core made of sand and gravel, as well as lack of fundamental outlet and spillway, the dam was already considerably leaking.

Key words: dam, fundamental outlet, spillway, dam destruction, Pharaoh, alabaster, limestone.

Redigovano 22.07.2011.