

## PROCJENA POPLAVNE VODE VODOTOKA CHIFFE U ALŽIRU

### Estimation of the flood wave from the Chiffa River in Algeria

VLADIMIR PATRČEVIĆ

Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera  
Osijek

*Primljeno 10. studenog 1995, u konačnom obliku 20. studenog 1995.*

**Sažetak** — Cilj je rada taj da se prikažu načini, moguće hidrološke metode te rezultati hidroloških istražnih radova provedenih na bujičnom vodotoku Chiffa u Alžiru. Poplavni val uzrokovan intenzivnim ciklonalnim poremećajem učinio je veliku materijalnu štetu gradilištu Hidroelektre kod derivacije Chiffa. Hidrološki istražni radovi koje je proveo IGH Zagreb, imali su zadatak da utvrde količinu vode koja je tu poplavu uzrokovala.

**Cljučne riječi:** velika voda, istražni radovi, maksimalna protoka, profil derivacije, maksimalna oborina, ombrografska traka.

**Abstract** — The aim of this paper is to show the approach and hydrologic methods used as well as the results of hydrologic research on the Chiffe torrential waterflow in Algeria. The flood wave, resulting from an intensive cyclonic disturbance, produced extensive damage at the Hidroelektra building site at the Chiffe derivation. Hydrologic research was carried out by IGH Zagreb to establish the amount of water that caused the flood.

**Key words:** high waters, research, maximum flow, derivation profile, maximum precipitation, ombrographic record.

## 1. PREDGOVOR

*Navršila se druga godina od okrutnog ubojstva dvanaestorice radnika zagrebačke Hidroelektre na gradilištu derivacijskog sistema Chiffa-Harbil u Alžiru. U spomen i sjećanje na te vrijedne graditelje, kojima su 14. prosinca 1993. alžirski fundamentalisti oduzeli živote, posvećujem ovaj rad, koji je vezan uz njihovo gradilište.*

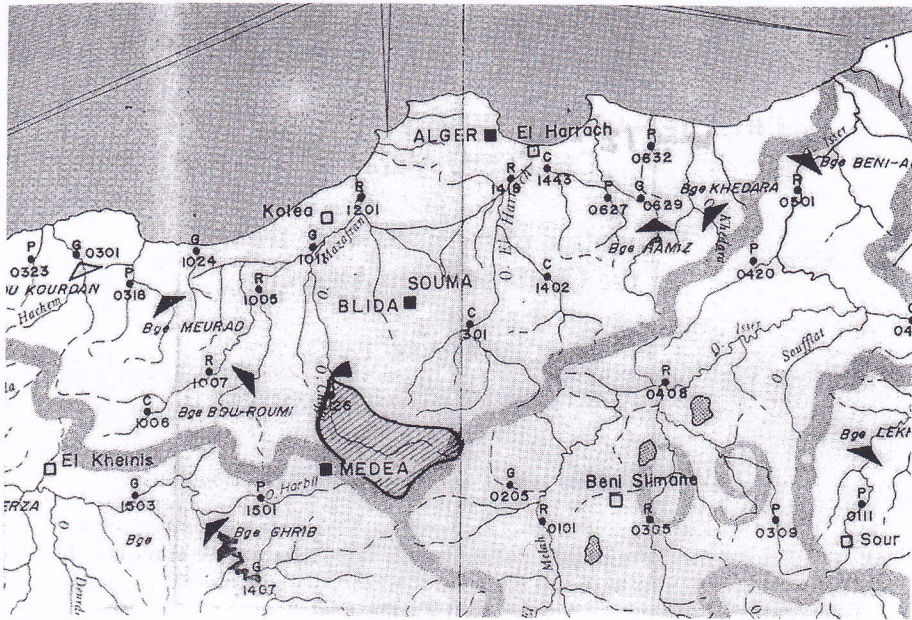
## 2. UVOD

Ciklonalni poremećaj atmosfere koji je 25./26. siječnja 1992. godine zahvatio prostore jugozapadnog Sredozemlja i obalni pojas sjeverne Afrike donio je Atlaskom gorju Alžira obilne i posebno

intenzivne oborine. Fronta ciklone zahvatila je cjelokupan gornji dio sliva planinske, bujične rijeke Chiffe (sl. 1) i uzrokovala katastrofalne, poplavne vode na tom dijelu vodotoka. Taj poplavni vodni val izazvao je veliku materijalnu štetu na gradilištima derivacijskog tunela Chiffa-Harbil RO Hidroelektre iz Zagreba. Posebno velika šteta dogodila se na gradilištu u vodotoku Chiffa (derivacija Chiffa), koje je bilo osigurano obrambenim nasipom (zagatom) dimenzioniranim na 25-godišnju veliku vodu, određenu prema stavci (Crues de projet) iz hidrološke studije koja je 1981. godine rađena za vodotok Chiffa (INTECSA 1982).

Analiza velike vode koja je preplavila gradilište derivacija Chiffe i utvrđivanje njezine veličine na mjestu derivacije i nizvodno bila je predmet više





Slika 1. Hidrografska karta dijela Alžira

Figure 1. Hydrologic map of part of Algeria

studija i izvještaja. U vezi s tim od 5. do 15. travnja 1992. godine bili su provedeni i opsežni hidrološki istražni radovi na vodotoku Chiffa, koje je obavio Institut građevinarstva Hrvatske (IGH) Zagreb, u cilju određivanja količine vode koja je u noći 25./26. siječanj 1992. godine izazvala poplavni vodni val.

Takoder su 8. veljače 1993. godine provedena određena hidrološka mjerenja uzvodno od hidrološke stanice Amont des Gorges na rijeci Chiffi, što je obavila alžirska Agence Nationale des ressources hydrauliques (ANRH) radi procjene iste velike vode koja se dogodila 25./26. siječnja 1992. godine.

Ovaj rad prikazuje osnovne rezultate studija i provedenih hidroloških istražnih radova vezanih uz definiranje vjerojatnosti pojave velikih voda vodotoka Chiffa od profila derivacije Chiffa (gradilište Hidroelektr) do hidrološke postaje Amont des Gorges nizvodno.

Takoder će se prikazati podloge i dostupna mjerenja hidroloških i meteoroloških parametara na prostoru sliva Chiffa, koja su značajna za definiranje pojave velike vode 25./26. siječnja 1992. a do kojih se je uspjelo doći u vremenu hidroloških istražnih radova (5. - 15. travnja 1992.) u kontaktima s mjerodavnim hidrološkim i meteorološkim službama u Medei i Blidi u Alžiru.

Konačna sistematizacija i usporedba dobivenih rezultata ukazat će na realnu vrijednost događaja velike vode u vodotoku Chiffa u profilu derivacije u noći 25./26. siječnja 1992. godine.

### 3. POSTOJEĆE STUDIJE I IZVJEŠTAJI

Izradene studije i provedeni hidrološki istražni radovi u vezi s vjerojatnošću pojave velikih voda vodotoka Chiffa i utvrđivanja veličine poplavnog vala od 25./26. siječnja 1992. godine u profilu derivacije Chiffa i hidrološke stanice Amont des Gorges jesu slijedeće:

#### a) STUDIJA 1

Étude hydroclimatologique de l'episode pluvieux du 24 au 28. 01. 92. sur la Chiffa

(Office national de la meteorologie, direction regionale centre (DRC)-Medea, ožujak 1992.).

#### b) STUDIJA 2

Hidrološki istražni radovi vodotoka Chiffa-Alžir, Hidrološka studija (Institut građevinarstva Hrvatske (IGH) - Zagreb, svibanj 1992.).

#### c) STUDIJA 3

Estimation de la crue de janvier 1992, Agence



Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) - Algerie, ožujak 1993.

Sve podloge koje su služile za proračun i na osnovu kojih se došlo do određenih rezultata o pojavi velike vode na vodotoku Chiffe i gradilištu Hidroelektre, prikupljene su istražnim radovima 1992. godine. S obzirom na kvalitetu hidroloških i meteoroloških podataka na pojedinim mjernim postajama, koji su iskoristivi za sliv vodotoka Chiffa, najvrijedniji su podaci mjerenja oborina na klimatološkoj postaji Medea (ANRH) iz razdoblja 1977—1992.

Hidrološki podaci mjerenja vodostaja i protoke dosta su oskudni i nepotpuni a upotrebljivi su sa stanice Amont des Gorges na vodotoku Chiffa iz razdoblja 1970—1991. Ovdje treba istaći da su uočene pogreške u korištenim podacima o oborinama u studiji 3. Kako su ti podaci o oborini od presudne važnosti za definiranje velike vode od 25./26. siječnja 1992. kao i definiranja vjerojatnosti pojave velikih voda na stanici Amont des Gorges, to je izvršena kritička analiza rezultata izrađenih studija, uz primjenu ispravnih hidroloških i meteoroloških podataka mjerenja, te uz još neke dodatne hidrološke proračune koji u navedenim studijama nisu bili izrađeni.

Vrlo je interesantan povjesni podatak o izmjenjenoj maksimalnoj dnevnoj oborini na meteorološkoj postaji Medea 23. prosinca 1976. godine u iznosu 114,5 mm koji je usporediv s kišnim događajem 26. siječnja 1992. Pri tome je za samo 14 sati palo 99,3 mm kiše koja je na hidrološkoj postaji Amont des Gorges na vodotoku Chiffa izazvala vodni val maksimalne protoke od  $721 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

Radi usporedbe, 25./26. siječanj 1992. na postaji Medea izmjerena je dnevna oborina od 203 mm (77 % više), dok je za 14 sati palo 133 mm kiše (34 % više) te je realno očekivati da je i maksimalna protoka vodnog vala oko 25 % veća od one zabilježene 1976. godine.

#### 4. METODOLOGIJA I REZULTATI

Iz studije 1 dobiveni su osnovni podaci o izmjenjenim vrijednostima meteoroloških pojava na dan 25./26. siječnja 1992. godine na klimatološkoj postaji Medea (ANRH) kao i mjerenja vodostaja na hidrološkoj postaji Amont des Gorges na vodotoku Chiffa nizvodno od gradilišta Hidroelektre. Na klimatološkoj postaji Medea postavljenoj na



Slika 2. Meteorološka postaja Medea - ANRH

Figure 2. The Medea meteorological station - ANRH

visini 1030 m. n .m. (sl. 2) oborine su izmjerene na kišomjeru ( $400 \text{ cm}^2$ ) i ombrografu ( $2000 \text{ cm}^2$ ) francuskog tipa Bezons. Kišomjerom oborina se mjeri svaka tri sata u vremenu od 6.00 do 18.00 sati svakoga dana. Dnevna se kiša prema mjerenjima određuje kao oborina pala unutar 24 sata, od 6.00 sati jednog dana do 6.00 sati drugoga dana. Kritičnog je dana (25.1.1992.) na kišomjeru izmjerena oborina od 154,8 mm, što je prikazano u tablici 1.

Međutim, uvidom u tablicu podataka mjerenja trosatnih količina oborina i zbrajanjem pale oborine na kišomjeru u razdoblju od 9.00 sati (25.1.1992.) do 9.00 sati (26.1.1992.) dobiva se maksimalna 24-satna kiša tog razdoblja, izmjerena na kišomjeru iznosom od 162.3 mm.

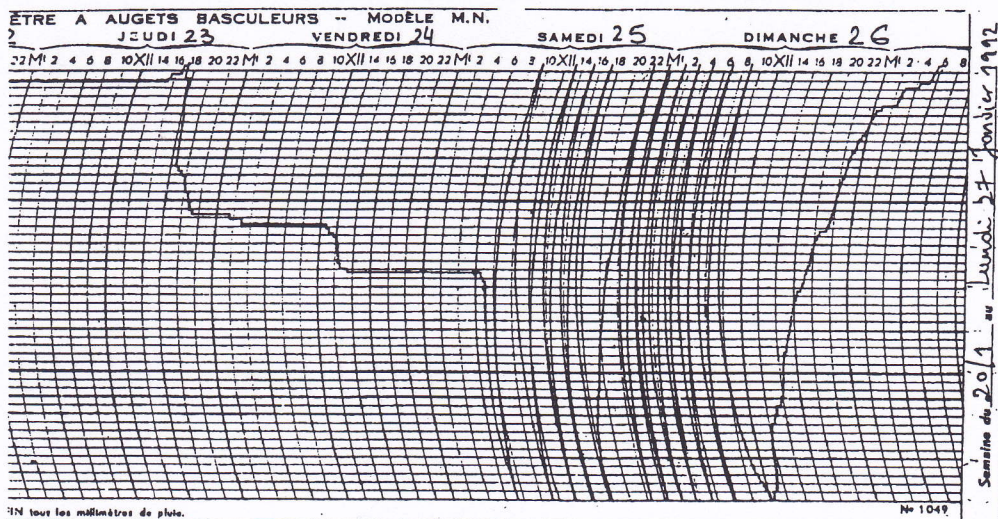
Uvidom u podatke ombrografske trake na kojoj je vrlo kvalitetan zapis prolaska ciklonalne fronte (sl. 3), uočava se da je najintenzivnija kiša pala u vremenu od 22.00 sati 25.1.1992. do 5.00 sati 26.1.1992. kada nije bilo pojedinačnog trosatnog mjerenja na kišomjeru.

Tablica 1. Medea - ANRH kišomjer

Table 1. The Medea - ANRH pluviometer

dan	dnevna kiša (mm)
24.1.1992.	1.3
25.1.1992	154.8
26.1.1992.	35.5
27.1.1992.	18.3





Slika 3. Ombrografska traka - Medea 25./26. siječnja 1992.

Figure 3. The ombrographic record - Medea 25/26 January 1992

Puno kvalitetniji podatak o paloj oborini pruža navedeni ombrografski zapis koji treba biti mjerodavniji podatak o veličini oborine koja je uzrokovala poplavni vodni val u vodotoku Chiffe. U vremenu od 9.00 sati 25.1.1992. do 9.00 sati 26. siječnja 1992. na traci je zabilježena maksimalna 24-satna kiša u iznosu od 203 mm što je 25% više od kišomjera.

U studiji 1 je također iznesen podatak o maksimalnom protoku na postaji Amont des Gorges 26.1.1992. od  $122 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  određen preko postojeće protočne krivulje. Međutim, taj je podatak vezan na osmotreni vodostaj u profilu od 330 cm 26.1.1992. nakon 9.00 sati kada je motritelj došao očitati vodostaj (razgovor s motriteljem 10. travnja 1992.). Slivna površina vodotoka Chiffa do hidrološke postaje Amont des Gorges jest  $338 \text{ km}^2$ .

U razdoblju od 5. do 15. travnja 1992. godine provedeni su detaljni hidrološki istražni radovi na profilu derivacije Chiffe radi određivanja veličine vodnog vala koji je 25./26. siječnja 1992. učinio veliku štetu preplavlivanjem gradilišta Hidroelektre. Studija 2 rezultat je tih istražnih radova.

Slivna površina vodotoka Chiffa do profila derivacije, odnosno gradilišta Hidroelektre, jest  $290 \text{ km}^2$ , uz vrijeme koncentracije od 7 sati. Procjena veličine vodnog vala, odnosno veličine maksimalne protoke koja je 25./26. siječnja uzrokovala uništavanje zagata na mjestu gradilišta hidrotehničkog tunela Chiffa-Harbil, provedeno je korištenjem

više hidroloških i hidrauličkih metoda.

a) **Metoda 1** (Kleitz-Seddon metoda):

hidraulička metoda bazirana na snimanju tragova poplavnog vala u šest poprečnih presjeka vodotoka Chiffe nizvodno od profila derivacije (profili 1-6 na slici 4);

b) **Metoda 2** (nepotopljeni preljev sa širokim pragom):

hidraulička metoda bazirana na snimanju tragova poplavnog vala na mjestu cestovnog nadvožnjaka pravokutnog poprečnog presjeka i profila vodotoka Chiffe uzvodno od njega, profil 7 i 8 sa slike 4 (sl. 5).

c) **Metoda 3** (racionalna metoda):

hidrološka metoda na osnovu oborine zabilježene na meteorološkoj postaji Medea -ombrograf Medea.

d) **Metoda 4** (metoda izohrona)

e) **Metoda 5** (metoda jediničnog hidrograma za profil Amont des Gorges) Rezultati proračuna maksimalne protoke po navedenim metodama prikazani su u tablici 2.

Zbog sumnje u ispravnost izmjerenog podatka o maksimalnom vodostaju na hidrološkoj postaji Amont des Gorges ( $330 \text{ cm}$ ) u trenutku prolaska



Tablica 2. Rezultati proračuna maksimalne protoke po danim metodama.

Table 2. The results of maximum flow estimations according different methods.

metoda	maksimalna protoka ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	profil
Metoda 1	854	derivacija Chiffa
Metoda 2	766	derivacija Chiffa
Metoda 3	792	derivacija Chiffa
Metoda 4	798	derivacija Chiffa
Metoda 5	906	Amont des Gorges

vodnog vala, iznesenim u studiji 1, prikupljeni su hidrološki podaci za 22-godišnji niz mjerenja (1970—1991.) na postaji Amont des Gorges (Chiffa) u regionalnom hidrološkom centru (ANRH) u Bliđi, te je proračunat korelativni odnos maksimalnih godišnjih vodostaja ( $H_{\max}$ ) i maksimalnih godišnjih protoka ( $Q_{\max}$ ), eksponencijalnim odnosom:

$$Q_{\max} = 6,47 H_{\max}^{2,42}$$

Iz tog se odnosa može zaključiti da je visina vode u mjernom profilu Amont des Gorges (sl. 6) u trenutku prolaska vrha vodnog vala bila oko 770

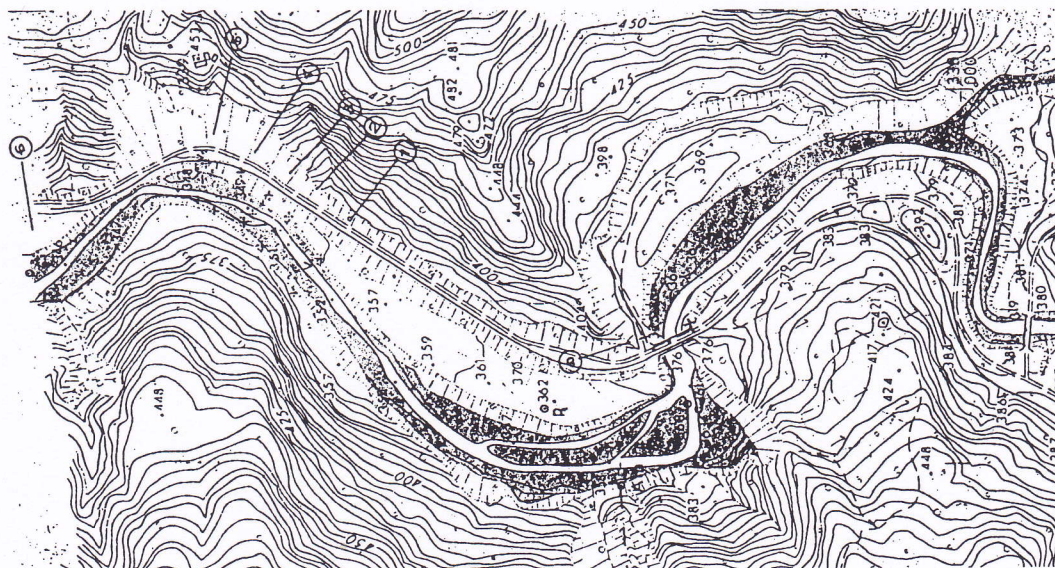
cm odnosno da je očitavanje vodostaja od 330 cm uslijedilo znatno nakon prolaska vrha vodnog vala kroz hidrološki profil ili je sama izmjera vodostaja netočna.

Kako je za procjenu maksimalne protoke vodnog vala u profilu derivacije Chiffa, primjenom metode 1 neophodno poznavanje stvarne hrapavosti korita vodotoka kao i pada vodnog lica na mjernoj dionici, to je određivanje koeficijenta hrapavosti korita vodotoka Chiffa na mjestu derivacije provedeno 15.4.1992. hidrometrijskim mjerenjem brzine vode, putem hidrometrijskog krila, kao i geodetskom izmjerom pada vodnog lica vodotoka na mjernoj dionici u šest profila (sl. 4).

Izmjerena protoka bila je  $7,54 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , pad vodnog lica 0,81 % i srednja profilaska brzina  $1,51 \text{ ms}^{-1}$  uz srednju dubinu mjernog, središnjeg profila od 0,35 m. Manningov koeficijent hrapavosti određen je iznosom od  $n=0,030$ .

Morfološki i hidraulički karakter vodotoka Chiffa na mjestu hidroloških istražnih radova jest bujičnog karaktera te takav da se hrapavost glavnog toka ne mijenja bitno s promjenom vodostaja, jer nema inundacije, a korito je usiječeno u stijeni i kamenu.

Na osnovu istih podloga, 22-godišnjeg niza maksimalnih godišnjih protoka izvršen je proračun vjerojatnosti pojave velikih voda Gumbelovom funkcijom raspodjele.



Slika 4. Mjerna dionica vodotoka Chiffa u profilu derivacije

Figure 4. The mesured section of the Chiffa watercourse in the derivation profile

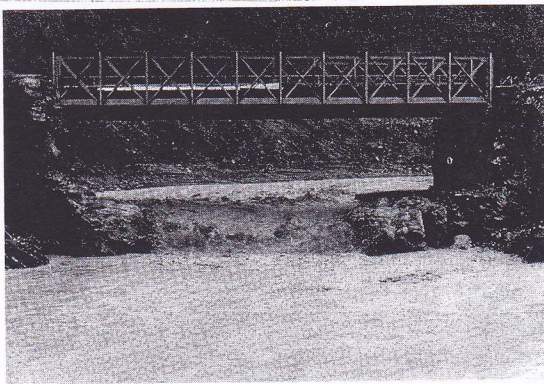


Tablica 3. Vjerojatnost velikih voda - Amont des Gorges, 1970—1991.

Table 3. High waters probability - Amont des Gorges, 1970—1991.

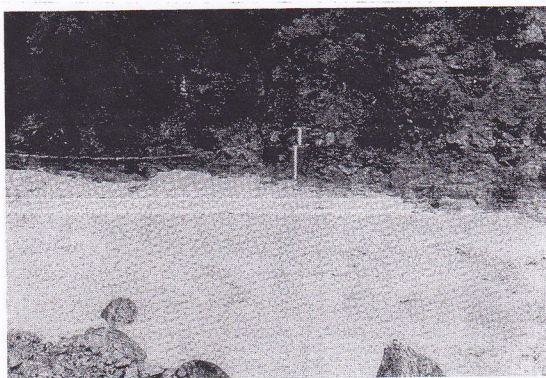
vjerojatnost (%)	50	20	10	4	2	1
povratni period (god)	2	5	10	25	50	100
maksimalna protoka $m^3s^{-1}$	147	335	459	625	750	848

U ovom su radu samo tablično prikazani rezultati proračuna kao i grafički prikazi proračunatih hidrograma. Određivanje neto-oborine za primjenu metode jediničnog hidrograma i metode izohrona



Slika 5. Profil 8 kao hidraulički nepotopljen preljev

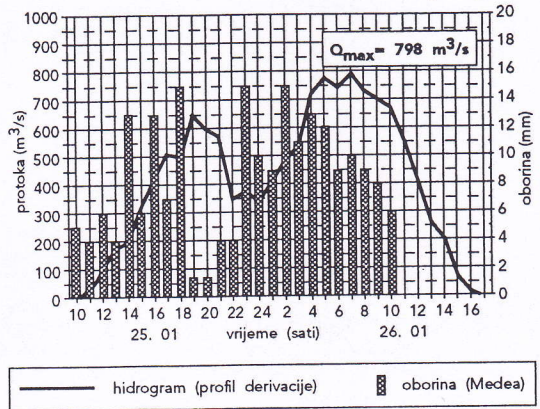
Figure 5. Profil 8 as a hydraulically unflooded overflow



Slika 6. Profil hidrološke postaje Amont des Gorges - Chiffa

Figure 6. Profile of the hydraulic station Amont des Gorges - Chiffa

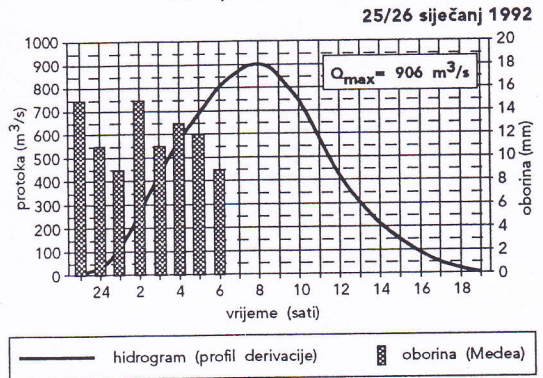
HIDROGRAM 24-satne kiše metoda izohrona 25/26 siječanj 1992



Slika 7. Profil derivacije Chiffa (metoda 4).

Figure 7. The Chiffa derivation profile (Method 4)

HIDROGRAM 8-satne kiše Amont des Gorges (CHIFFA) 12-satni jedinični hidrogram



Slika 8. Profil hidrološke postaje Amont des Gorges (metoda 5)

Figure 8. Profile of the hydrologic station Amont des Gorges (Method 5)

prihvaćeno je koeficijentom otjecanja koji je ekvivalentan iznosu od  $C=0,81$ . Površine između izohrona za sliv derivacije Chiffa, korištene su prema studiji (INTECSA 1982), odakle je usvojena i karta izohrona.

Dopunski proračun maksimalnog otjecanja za stanicu Amont des Gorges metodom 5 jediničnog hidrograma proveden je s usvojenim otjecajnim koeficijentom veličine  $C=0,81$  realnim obzirom na pedološke osobine zemljišta i nisku temperaturu zraka u vrijeme stvaranja povodnja na slivu. Ista



veličina otjecajnog koeficijenta usvojena je i za proračun prema racionalnoj metodi (metoda 3) kao i metodi izohrona (metoda 4).

## 5. ZAKLJUČAK

Analizirajući izradene studije i dostupne podatke o frontalnom poremećaju od 25./26. siječnja 1992. godine na prostorima Atlaskog gorja u Alžiru, može se navesti sljedeće:

Analizom prikupljenih hidroloških i meteoroloških podataka, arhiviranih u hidrološkom centru Blida o zabilježenim maksimalnim otjecanjima na slivu vodotoka Chiffa, uočava se da je 23. prosinca 1976. godine izmjerena maksimalna 14-satna oborina na postaji Medea u iznosu 99.3 mm.

Ta oborina izazvala je vodni val u profilu postaje Amont des Gorges veličine  $721 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  što prema tablici 5 predstavlja približno, događaj 45-godišnje velike vode (događaj 25./26. siječnja 1992. izmjeren je s 34% većom 14-satnom oborinom, odnosno od 120 mm).

Sve izračunate veličine maksimalne protoke iz tablice 2, po svim korištenim metodama mogu se svrstati u događaj iznad 25-godišnje velike vode na koju je bio dimenzioniran zaštitni zagat gradilišta derivacije Chiffa.

Svrstavajući usvojene veličine maksimalnih protoka iz tablice 2 kao realne, prema proračunu vjerojatnosti iz tablice 3 uočava se njihova vjerojatnost iznad 50-godišnjeg povratnog perioda do 100-godišnjeg povratnog perioda.

Uvažavajući sve što je do sada urađeno i navedeno radi utvrđivanja procjene velike vode od 25./26. siječnja 1992. godine, može se sa sigurnošću postaviti tvrdnja da je taj događaj koji je izazvao poplavu i štetu na gradilištu derivacije Chiffa bio iznad 25-godišnjeg povratnog perioda.

Realno procijenjena veličina poplavne vode jest oko  $800 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  u profilu derivacije Chiffa, što je svrstava u vjerojatnost 75-godišnje velike vode.

## 6. LITERATURA

- Shen, H., 1979: Modeling of Rivers. John Wiley & Sons, New York.
- Chow, V., 1988: Applied Hydrology. McGraw-Hill, New York.
- Richard, H., 1989: Hydrologic Analysis and Design. Prentice Hall, New Jersey
- 1982: Etude des avant-projets detaillés des ouvrages des dérivation des oueds Djer, Harbil et Chiffa etude hydrologique-memoire INTECSA, Madrid, veljača 1982.