

Dewatering regime in flooded open pit and its impact on slope stability

Slavko M. Torbica, Veljko D. Lapčević, Lazar B. Stojanović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Dewatering regime in flooded open pit and its impact on slope stability | Slavko M. Torbica, Veljko D. Lapčević, Lazar B. Stojanović | Tehnika | 2014 | |

10.5937/tehnika1404591T

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008022>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

Uticaj režima odvodnjavanja poplavljenog površinskog kopa na stabilnost kosina

SLAVKO M. TORBICA, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
VELJKO D. LAPČEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
LAZAR B. STOJANOVIĆ, Univerzitet u Banjoj Luci,
Rudarski fakultet, Prijedor

Originalni naučni rad
UDC: 622.271:624.137.2

Izloženost površinskih kopova atmosferskim uticajima nekada ima i katastrofalne posledice poput plavljenja celokupnog površinskog kopa. Težnja za što bržim uspostavljanjem proizvodnje nameće zadatak za što bržim odvodnjavanjem poplavljenog kopa. U ovom radu prikazana je analiza uticaja režima odvodnjavanja na promenu stabilnosti kosina. Analizirani su slučajevi kada odvodnjavanje kopa započne nakon 7, 30, 60 i 90 dana i za svaki od ovih slučajeva analizirana je različita dinamika odvodnjavanja. Pokazano je da odložen početak odvodnjavanja zahteva sporije odvodnjavanje kako bi se obezbedila stabilnost kosina, i obratno, u slučaju što bržeg početka odvodnjavanja odvodnjavanje može biti intenzivnije.

Ključne reči: stabilnost kosina, odvodnjavanje, poplava

1. UVOD

Izloženost površinskih kopova atmosferskim uticajima nekada ima i katastrofalne posledice poput plavljenja celokupnog površinskog kopa. Štete koje nastaju u ovakvim okolnostima su ogromne i prvenstveno se ogledaju kroz kvar opreme, obustavu rada i nestabilnost kosina. Težnja za što bržim uspostavljanjem proizvodnje nameće zadatak za što bržim odvodnjavanjem poplavljenog kopa. Nivo plavnih voda neminovno utiče na promenu nivoa podzemnih voda u masivu, a proces odvodnjavanja na njihovu ponovnu redistribuciju. Generalno gledano preporuka je da sa odvodnjavanjem treba otpočeti što je ranije moguće, a pumpanje treba da bude relativno niskog intenziteta. Aktuelna situacija u našoj zemlji nameće iznalaženje rešenja koja će doprineti što bržoj normalizaciji stanja nastalog nakon katastrofalnih poplava. Iz tog razloga u

ovom radu data je analiza režima odvodnjavanja i njegov uticaj na stabilnost kosina površinskog kopa.

U radu je korišćen hipotetički primer površinskog kopa uglja, sa realnim parametrima čvrstoće i vodopropusnosti litoloških članova.

2. STANJE STABILNOSTI KOSINA PRE PLAVLJENJA POVRŠINSKOG KOPA

Da bi smo objasnili uticaj režima odvodnjavanja poplavljenog površinskog kopa na stabilnost kosina koristićemo se hipotetičkim primerom prikazanim na slici 1.

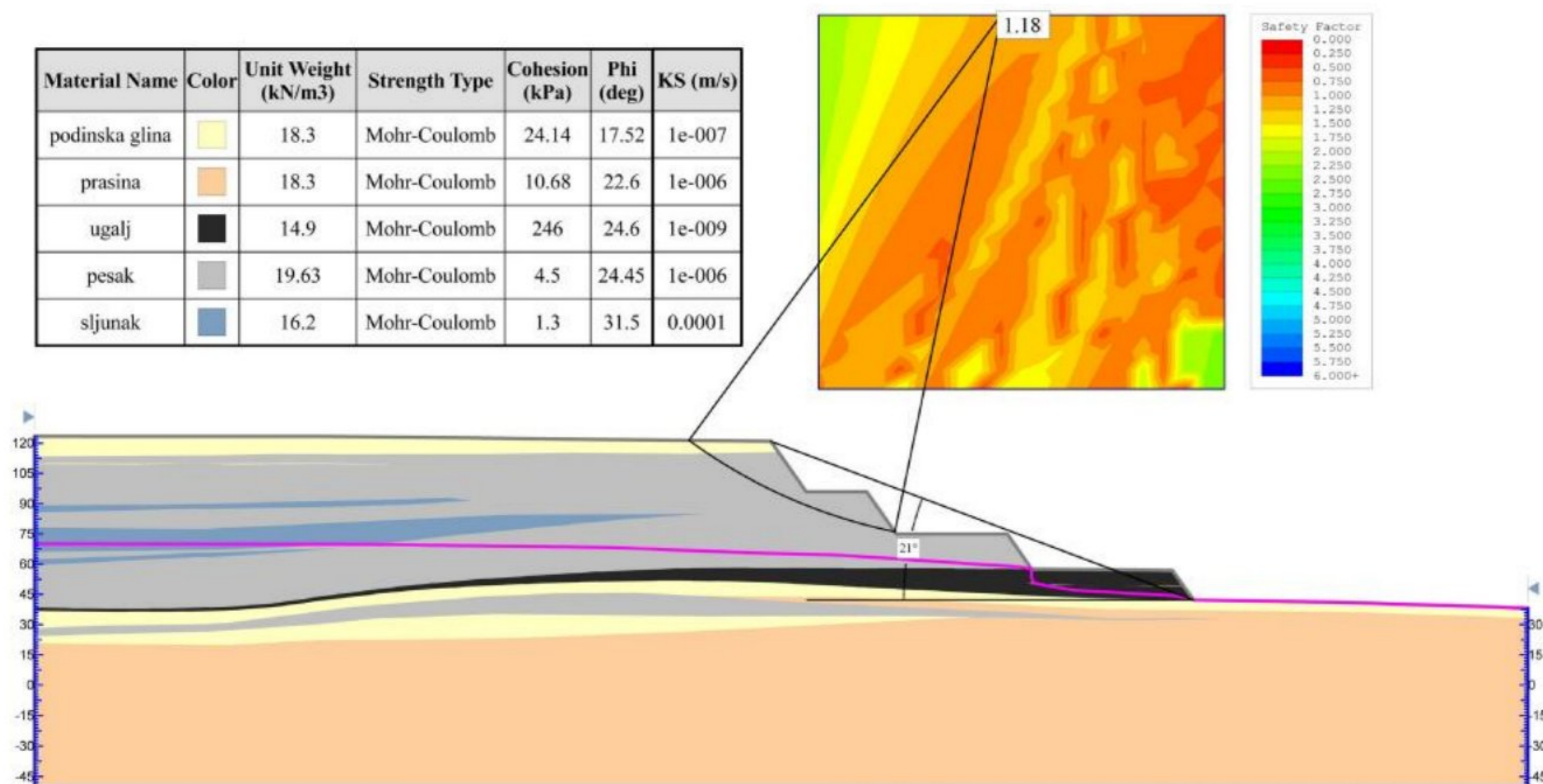
Za analizu stabilnosti kosina koristimo specijalizovani softver Slide [1] koji za analizu koristi metodu granične ravnoteže. Kao što se može videti u početnom stanju kritični koeficijent sigurnosti iznosi 1.18 i kosina je u početnom stanju stabilna.

Na slici 1 prikazan je i nivo podzemnih voda pre plavljenja površinskog kopa kao i ulazni parametri za analizu. Linija proceđivanja se pruža između kota K+70 i K+36.

Adresa autora: Slavko Torbica, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7

Rad primljen: 25.06.2014.

Rad prihvaćen: 04.07.2014.



Slika 1 - Početno stanje stabilnosti kosine

3. VREMENSKA PROMENA NIVOA PODZEMNIH VODA PRE POČETKA ODVODNJAVANJA

Nakon plavljenja površinskog kopa dolazi do rasta nivoa podzemnih voda u masivu. Ova promena nije trenutna već se dešava određenom dinamikom koja zavisi od vodopropusnosti litoloških članova u masivu, nivoa plavnih voda i nivoa podzemnih voda pre plavljenja. U ovom slučaju analizirana je promena nivoa podzemnih voda sa vremenom nakon plavljenja. Nivo plavnih voda je na koti K+96. Kao što se može videti sa slike 2 nivo podzemnih voda raste sa vremenom, i to intenzivnije u toku 270 dana da bi nakon tog vremena promene nivoa podzemnih voda bile relativno male.

4. UTICAJ REŽIMA ODVODNJAVANJA NA STABILNOST KOSINA

Da bi smo utvrdili uticaj režima odvodnjavanja na stabilnost kosina koristićemo se primerom opisanim u

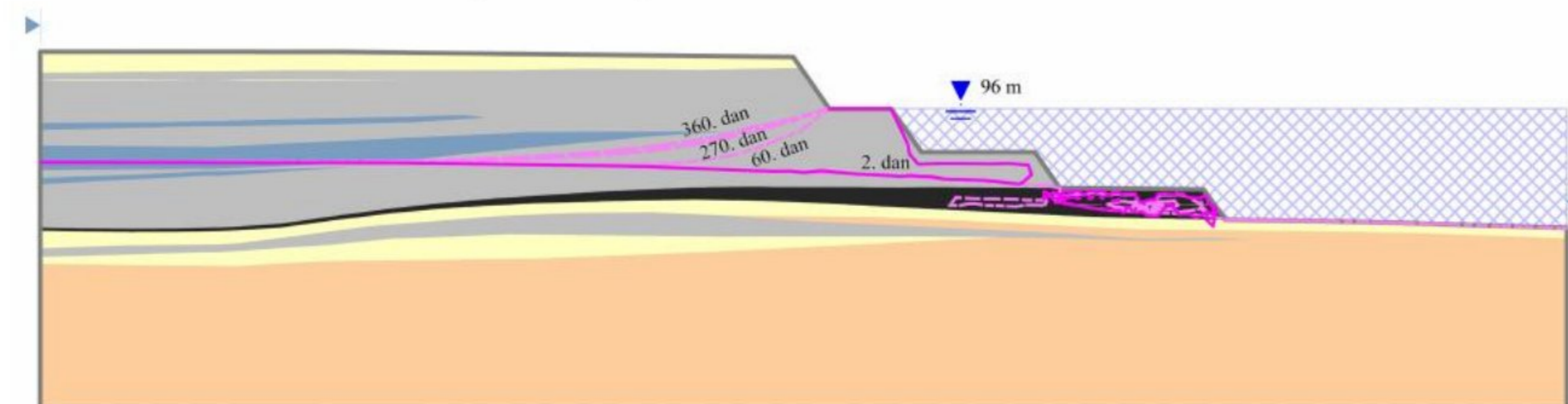
poglavlju 2. Na osnovu ovog primera kreiramo više modela na kojima simuliramo promenljivo stanje nivoa plavnih voda kroz više vremenskih faza.

Svaki od modela ima iste početne faze, gde se prvog dana analizira stanje stabilnosti kosina pre plavljenja, a drugog dana plavljenje površinskog kopa do etaže K+96.

Svaki od modela analizira različito vreme početka odvodnjavanja površinskog kopa sa različitom dinamikom odvodnjavanja.

Analiziran je početak odvodnjavanja 7, 30, 60 i 90 dana nakon plavljenja i za svaki od ovih slučajeva analizirana je dinamika spuštanja nivoa plavnih voda za 30, 60, i 90 dana između susednih etaža.

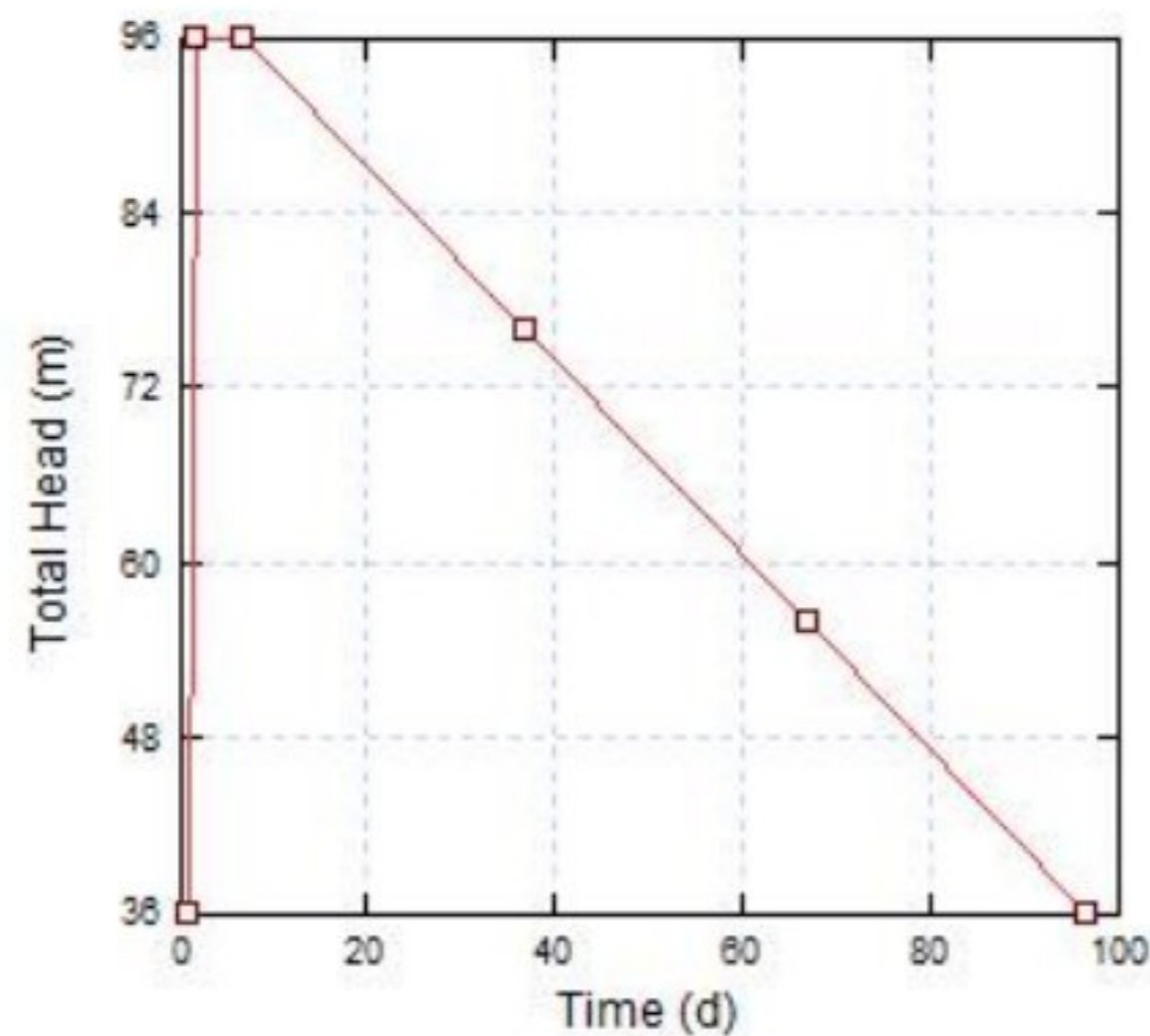
Etaže površinskog kopa se nalaze na kotama K+96, K+76, K+56 i dno kopa je na koti K+36. Za svaku vremensku fazu prati se promena koeficijenta sigurnosti.



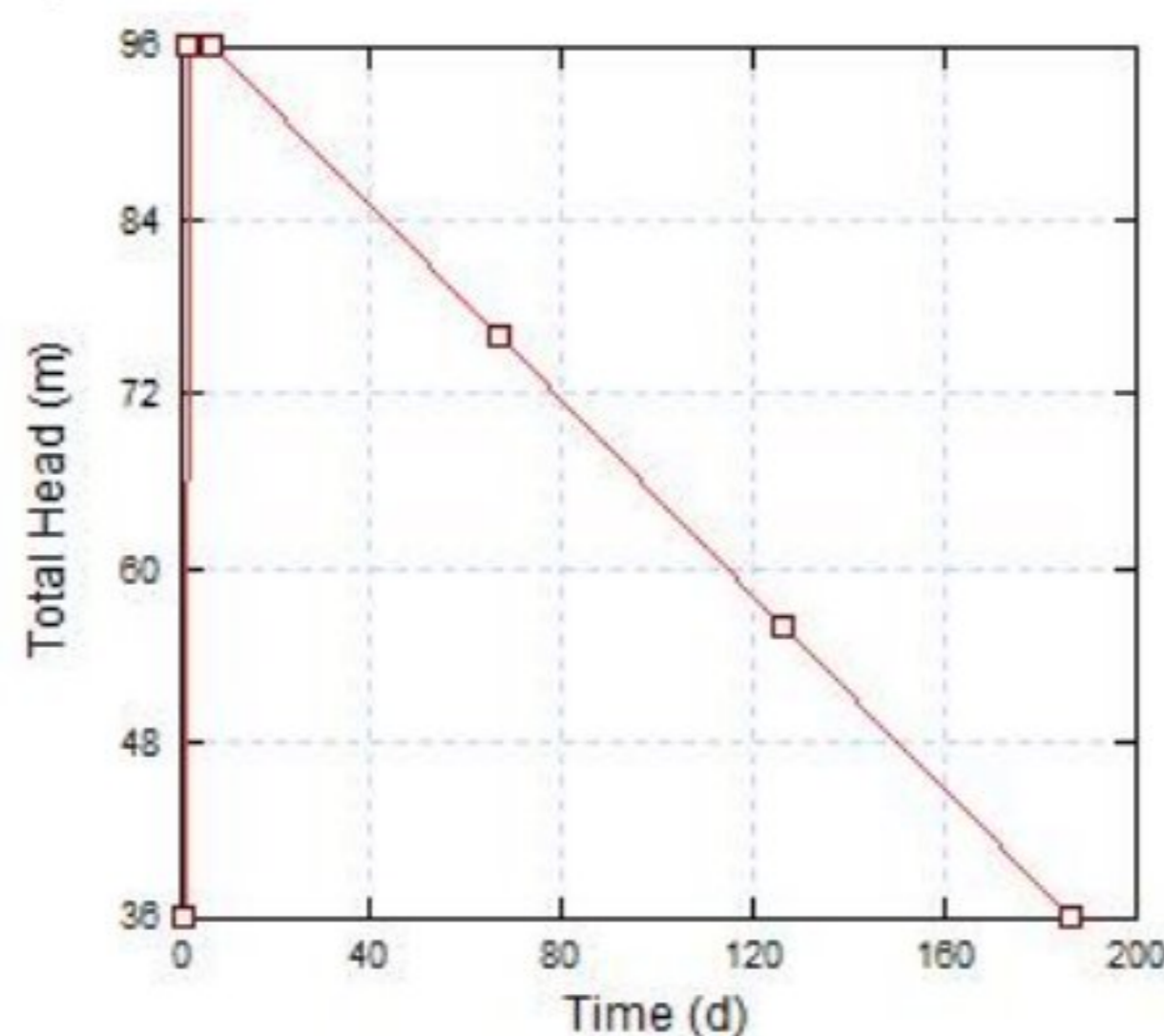
Slika 2 - Vremenski rast nivoa podzemnih voda

4.1 Početak odvodnjavanja nakon 7 dana

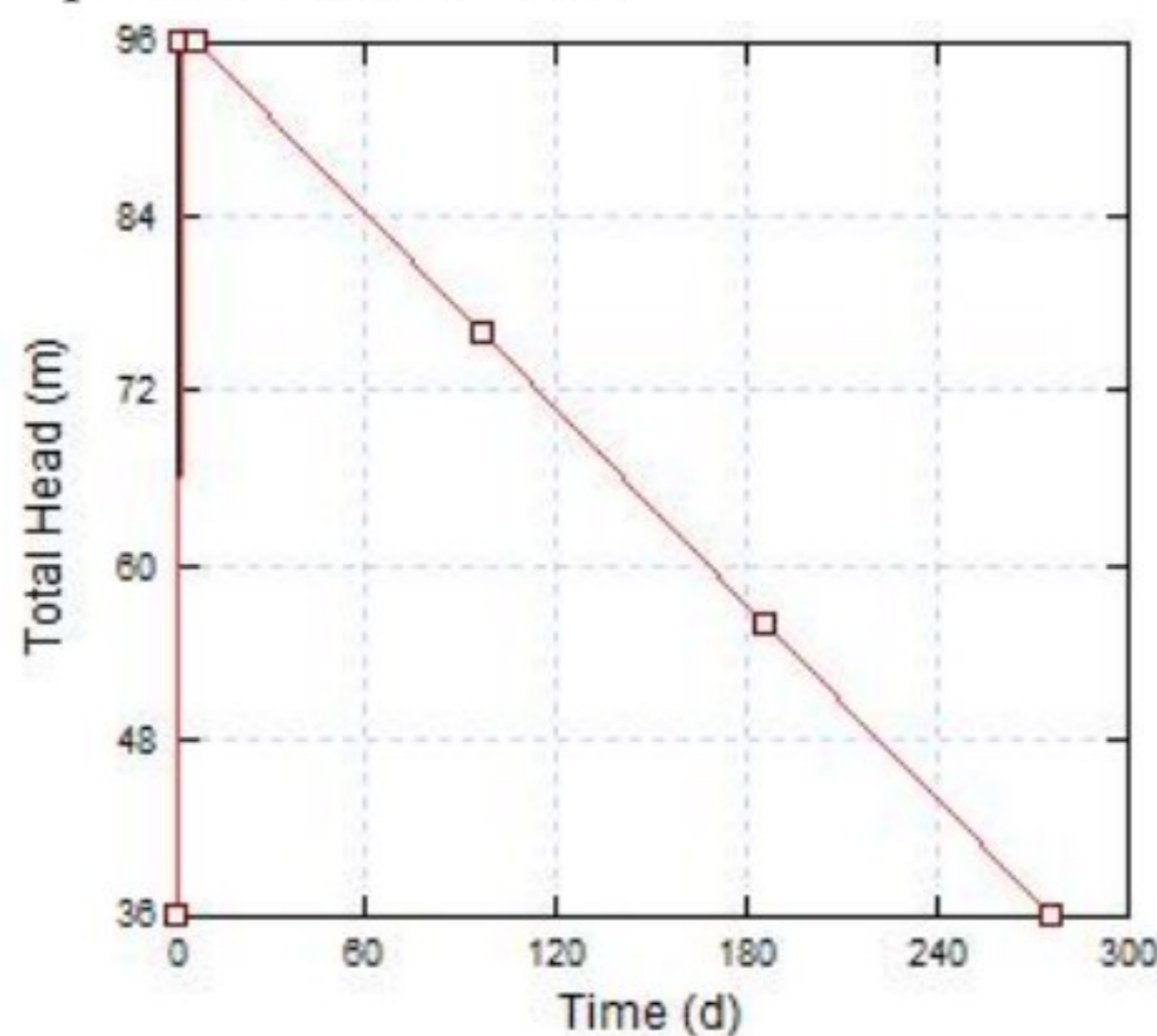
Prvim modelom analizirana je promena koeficijenta sigurnosti u slučaju da se sa odvodnjavanjem otpočne 7 dana nakon plavljenja. Analizirana je promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 30, 60, i 90 dana između susednih etaža. Na slikama 3, 4 i 5 dat je prikaz analiziranog režima odvodnjavanja.



Slika 3 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 30 dana



Slika 4 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 60 dana



Slika 5 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 90 dana

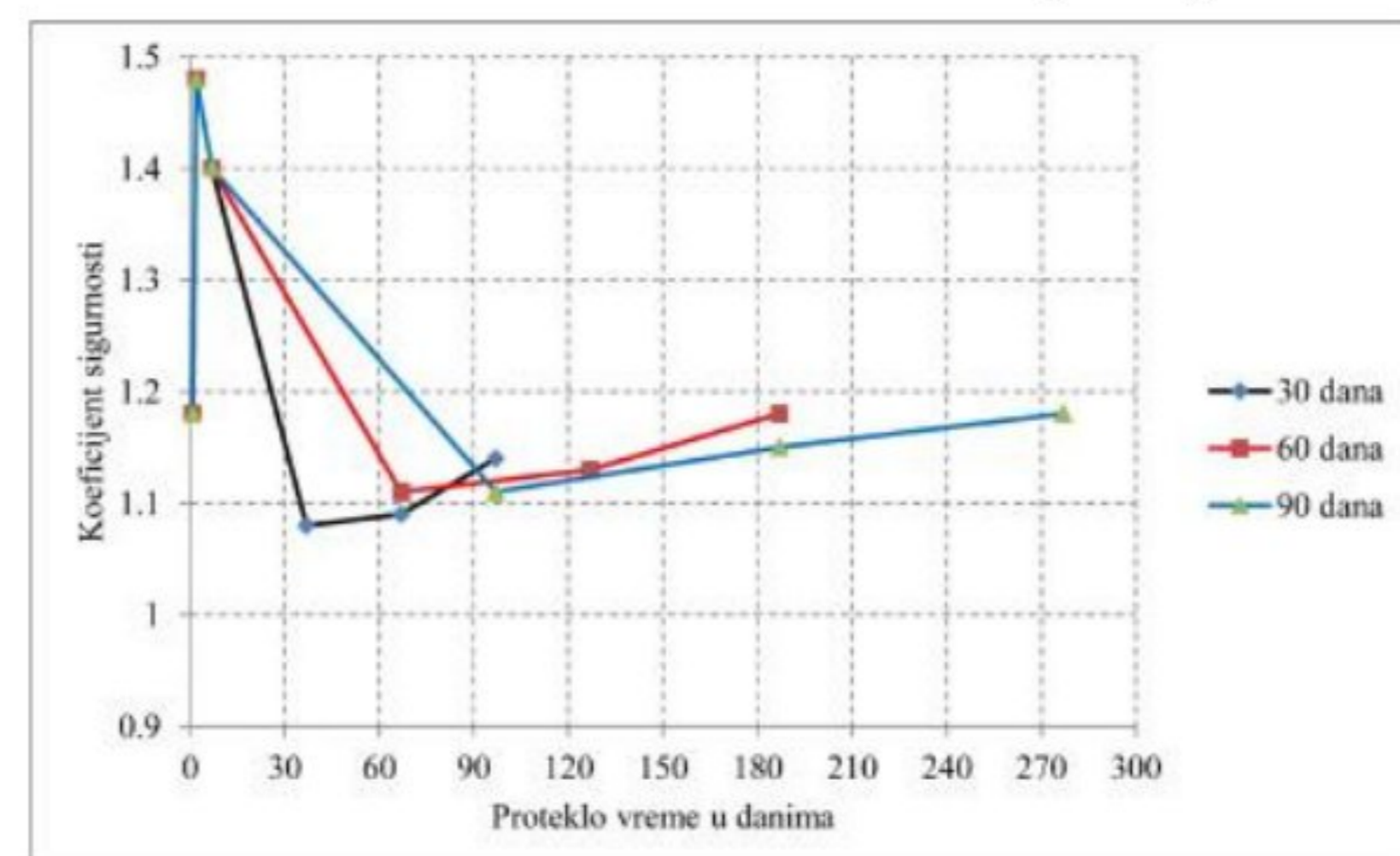
U tabeli 1 prikazane su vrednosti koeficijenta sigurnosti u toku vremena i za različite nivoe plavnih voda. Kao što se može videti koeficijent sigurnosti kritične klizne ravni raste nakon plavljenja, a isti opada

nakon početka odvodnjavanja. U slučaju kada je nivo voda između dve etaže spušten za 30 dana najniža vrednost koeficijenta sigurnosti je 1.08, a u slučajevima kada je nivo voda spušten u periodima od 60 i 90 dana najniža vrednost koeficijenta sigurnosti iznosi 1.11.

Tabela 1. Promena koeficijenta sigurnosti u toku vremena

| n.v. | Dan | k.s. | Dan | k.s. | Dan | k.s. |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 36 m | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 |
| 96 m | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 |
| 96 m | 7 | 1.40 | 7 | 1.40 | 7 | 1.40 |
| 76 m | 37 | 1.08 | 67 | 1.11 | 97 | 1.11 |
| 56 m | 67 | 1.09 | 127 | 1.13 | 187 | 1.15 |
| 36 m | 97 | 1.14 | 187 | 1.18 | 277 | 1.18 |

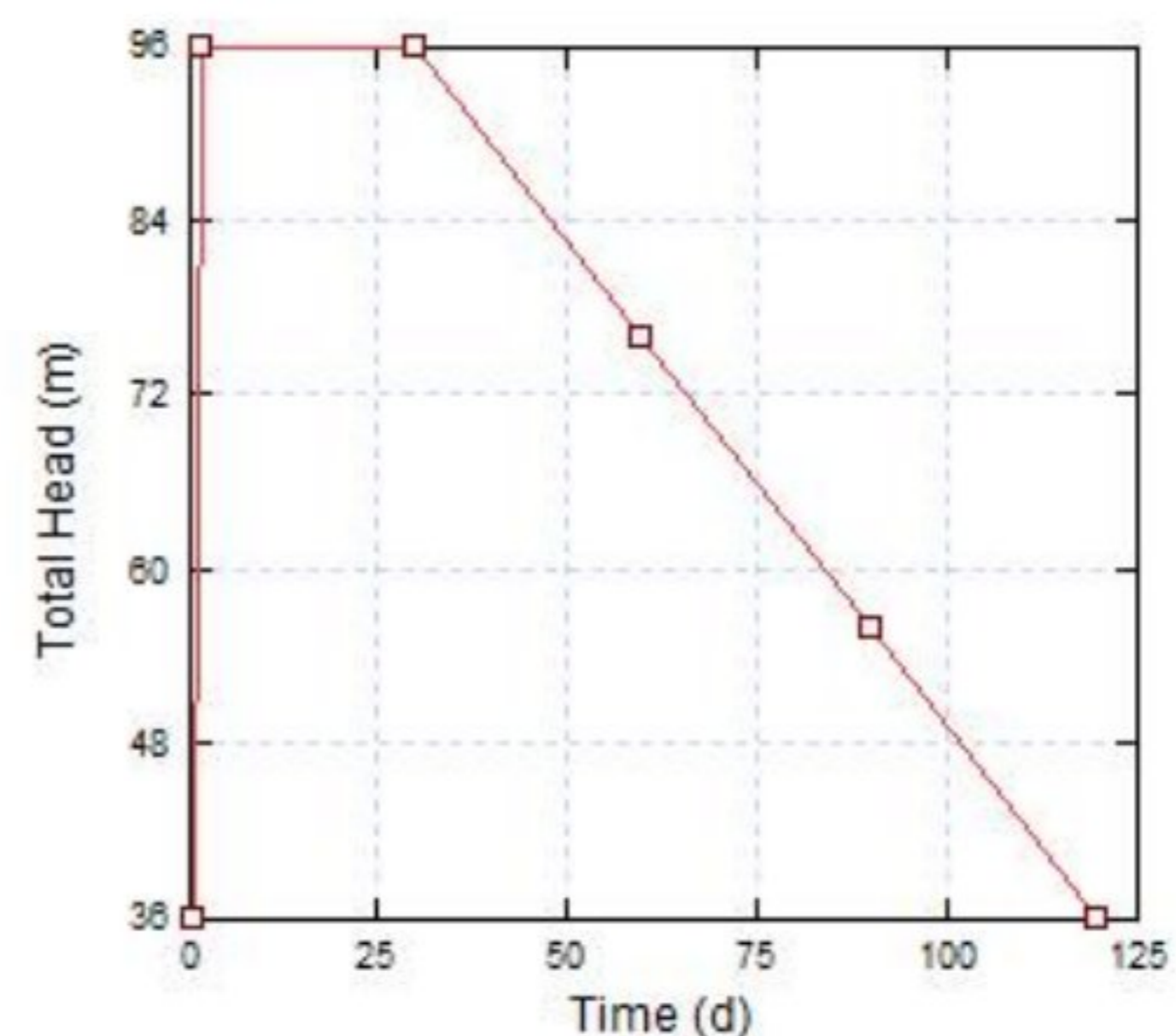
Slika 6 ilustruje promenu koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od vremena i režima odvodnjavanja.



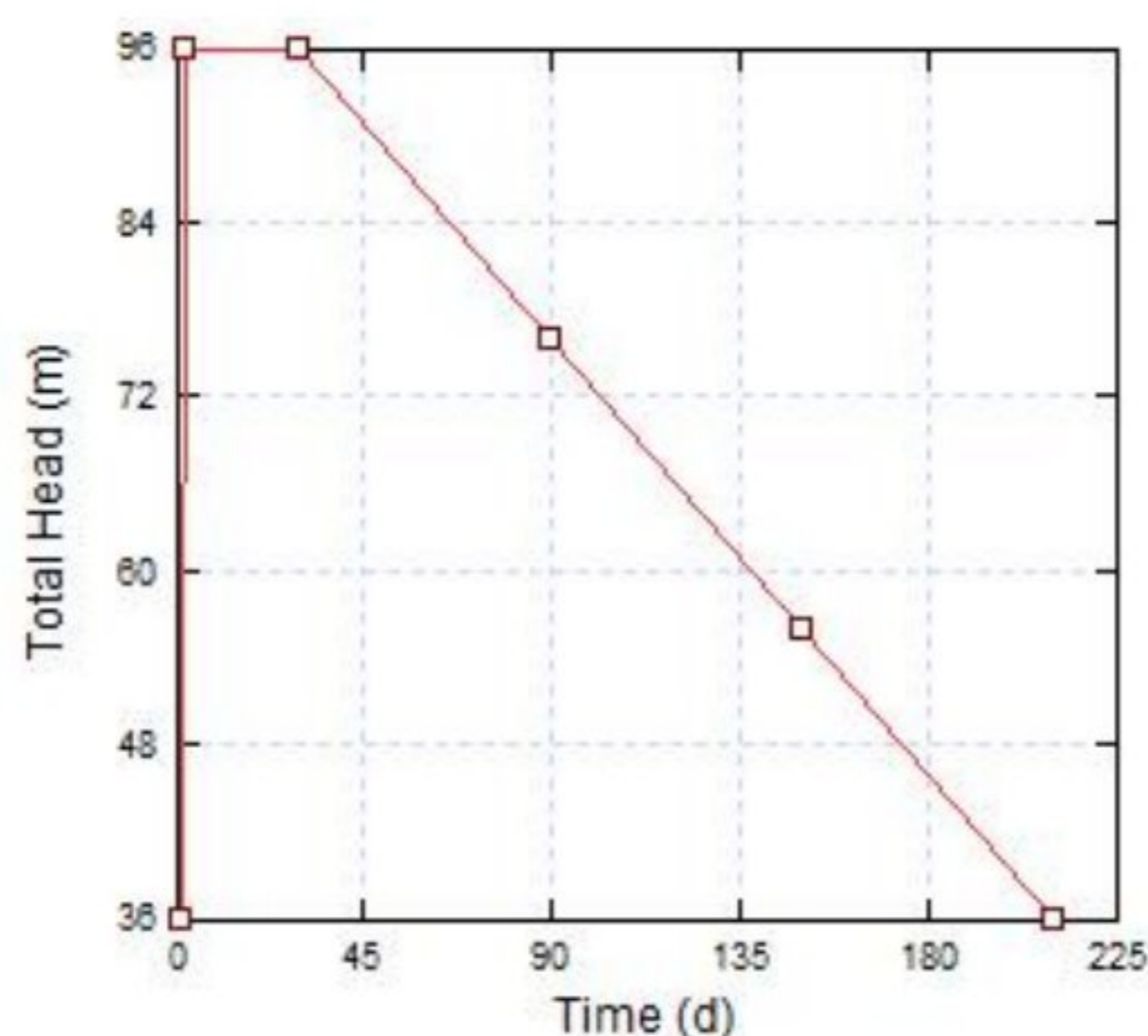
Slika 6 - Promena koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od brzine spuštanja vode između etaža

4.2 Početak odvodnjavanja nakon 30 dana

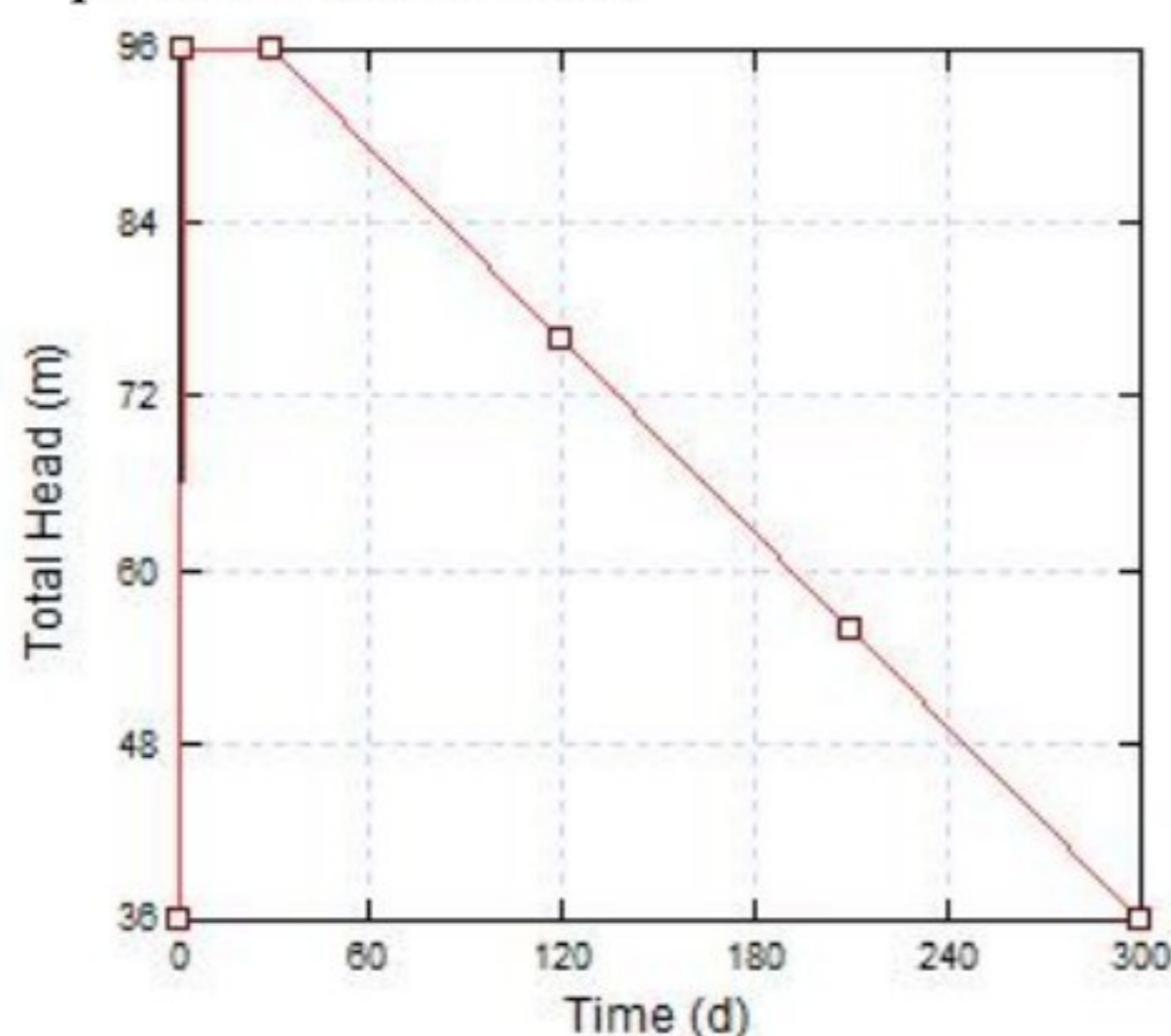
Drugi model analizira promenu koeficijenta sigurnosti kritične klizne ravni za slučaj kada se sa odvodnjavanjem otpočne nakon mesec dana od trenutka plavljenja. Na slikama 7, 8 i 9 prikazani su režimi odvodnjavanja analizirani u ovom modelu.



Slika 7 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 30 dana



Slika 8 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 60 dana



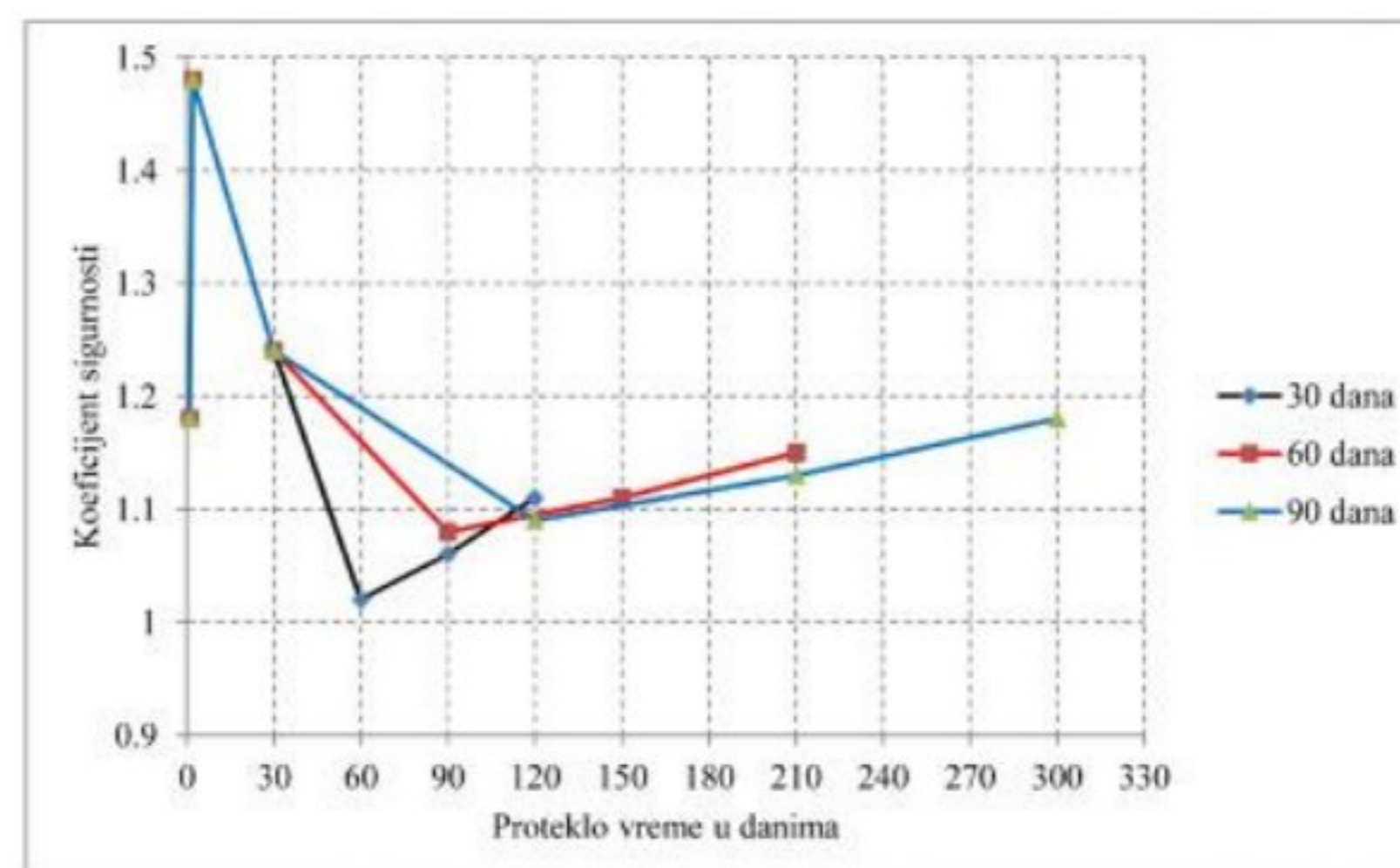
Slika 9 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 90 dana

U tabeli 2 prikazane su vrednosti koeficijenta sigurnosti u toku vremena i za različite nivoe plavnih voda. Kao što se može videti i u ovom slučaju koeficijent sigurnosti ima niže vrednosti ukoliko je promena nivoa plavnih voda izvršena u kraćem vremenskom periodu. Takođe, treba naglasiti da su vrednosti koeficijenta sigurnosti u ovom slučaju niže za iste režime odvođnjavanja u odnosu na slučaj kada je odvođnjavanje otpočelo nakon 7 dana.

Tabela 2. Promena koeficijenta sigurnosti u toku vremena

| n.v. | Dan | k.s. | Dan | k.s. | Dan | k.s. |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 36 m | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 |
| 96 m | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 |
| 96 m | 30 | 1.24 | 30 | 1.24 | 30 | 1.24 |
| 76 m | 60 | 1.02 | 90 | 1.08 | 120 | 1.09 |
| 56 m | 90 | 1.06 | 150 | 1.11 | 210 | 1.13 |
| 36 m | 120 | 1.11 | 210 | 1.15 | 300 | 1.18 |

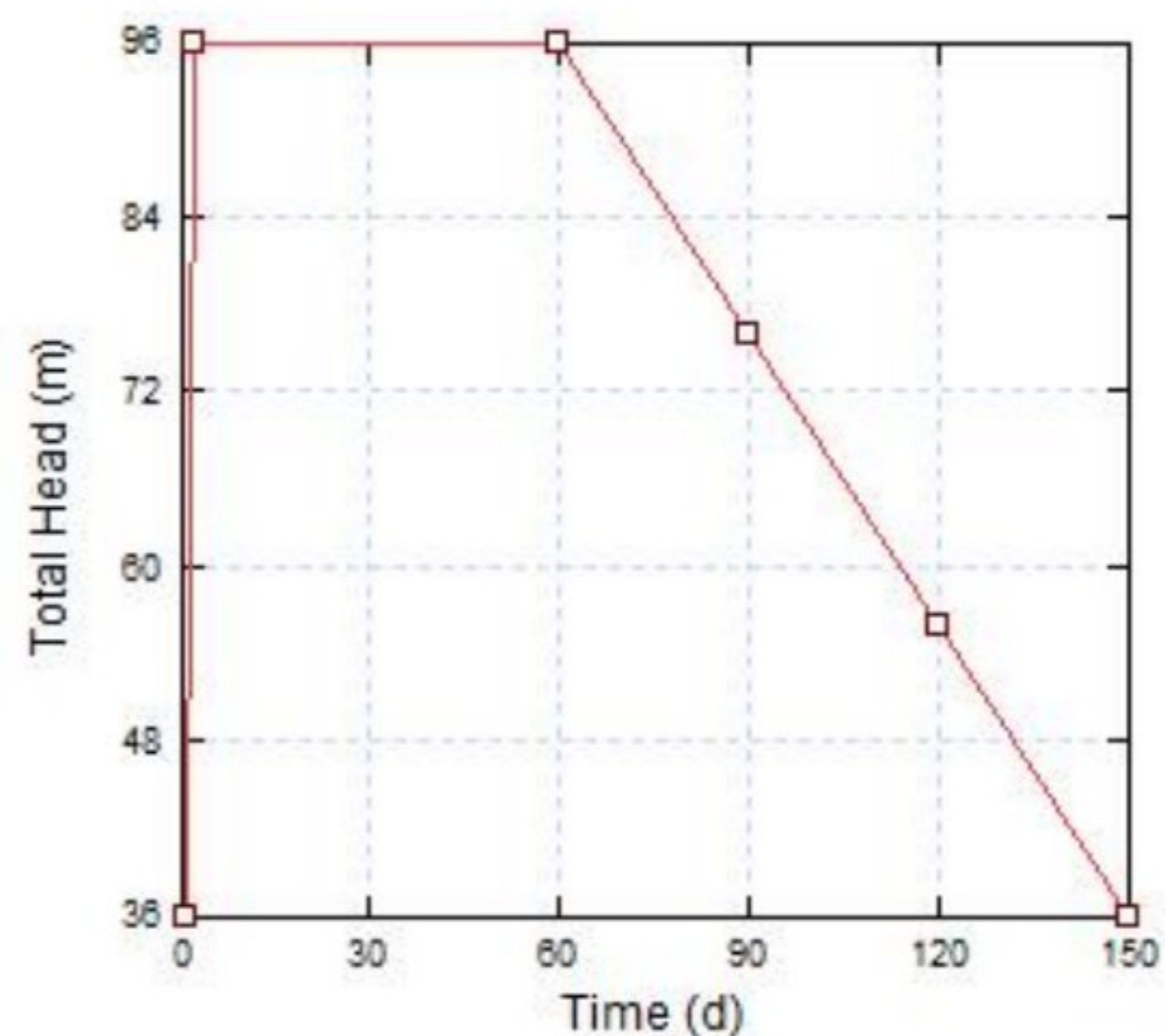
Slika 10 ilustruje promenu koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od vremena i režima odvođnjavanja.



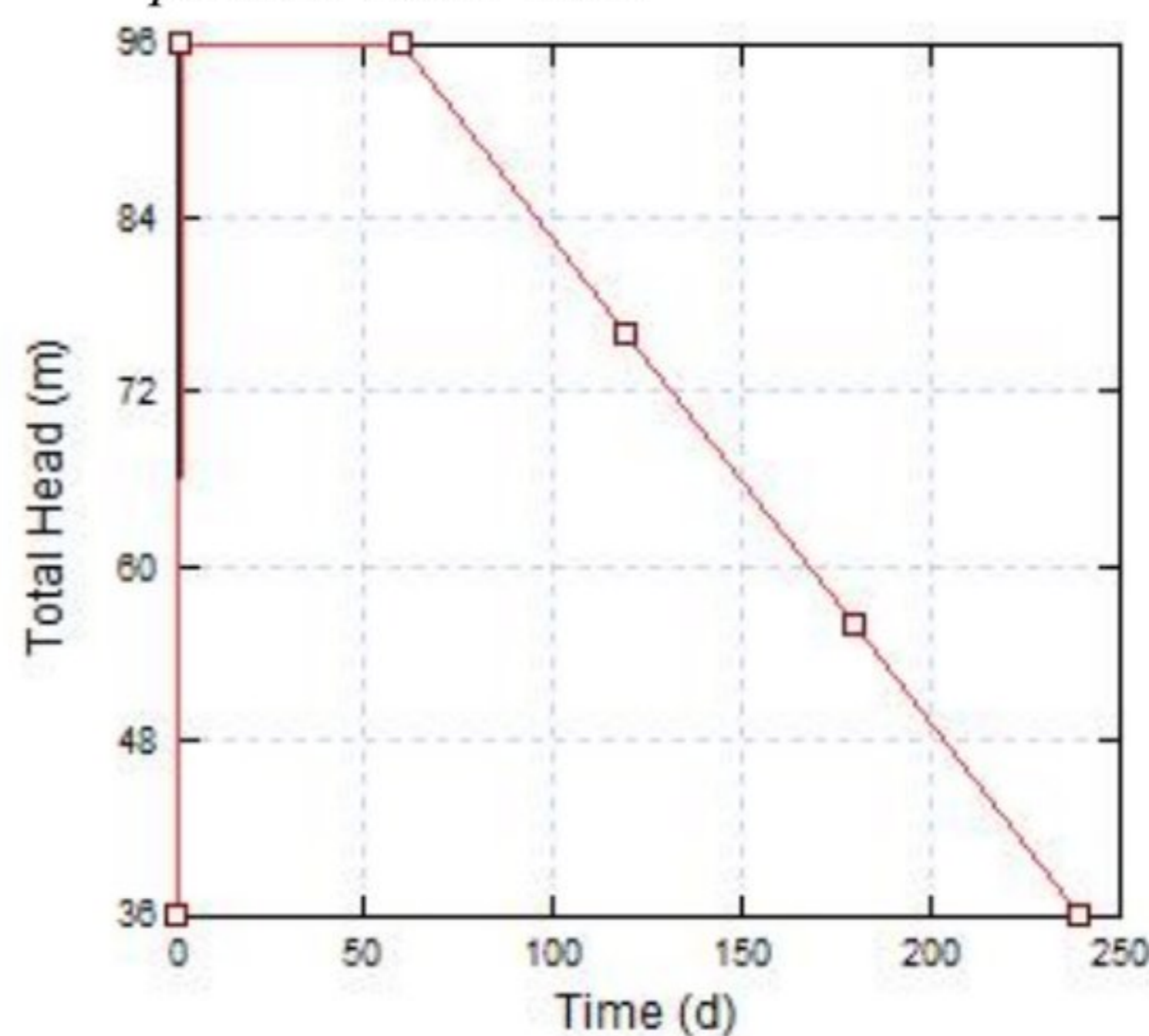
Slika 10 - Promena koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od brzine spuštanja vode između etaža

4.3 Početak odvođnjavanja nakon 60 dana

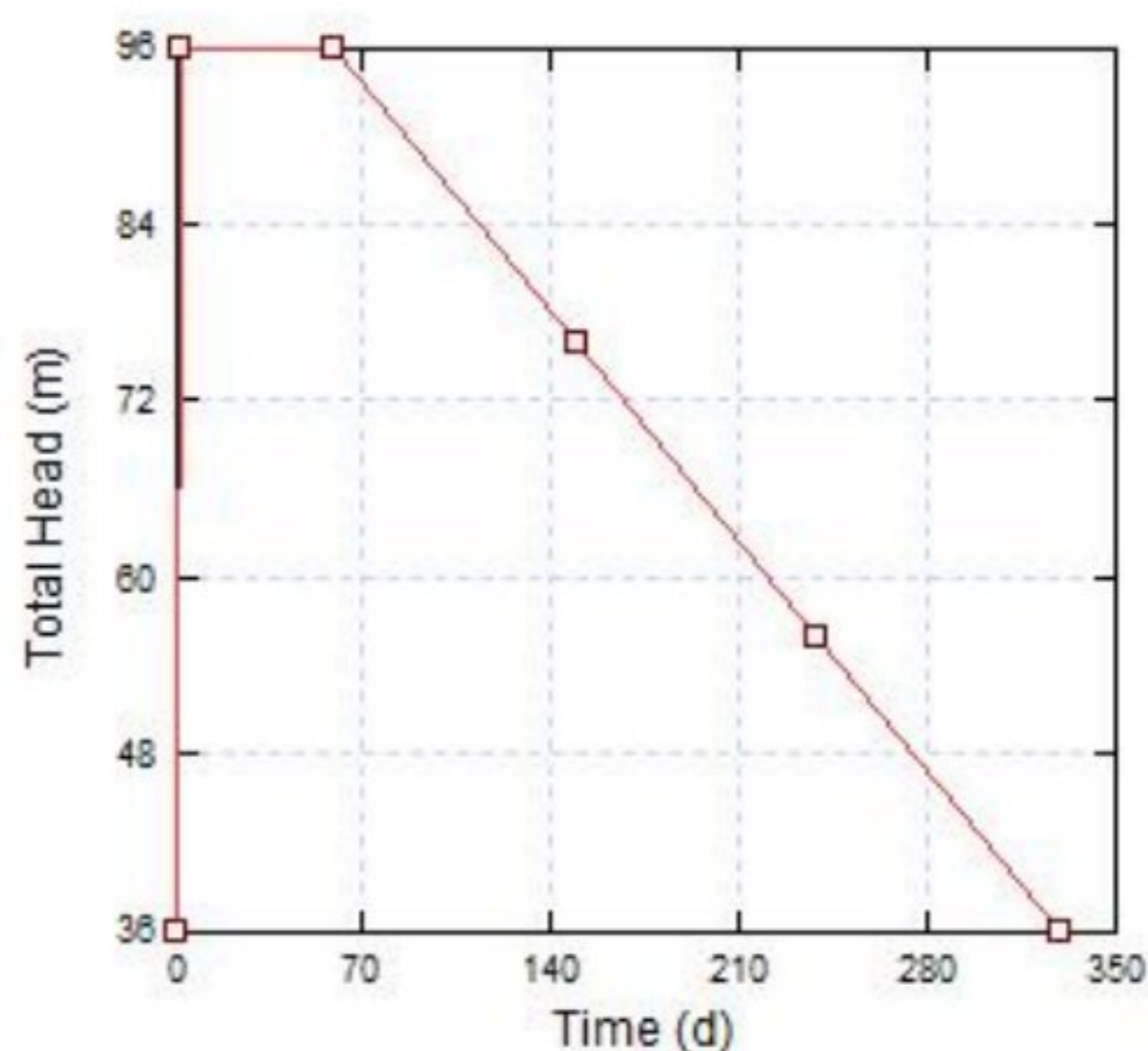
Treći model analizira promenu koeficijenta sigurnosti u slučaju da se sa odvođnjavanjem otpočne nakon 60 dana od trenutka plavljenja. Analizirani su isti režimi odvođnjavanja kao i u prethodna dva modela, slike 11, 12 i 13.



Slika 11 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 30 dana



Slika 12 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 60 dana



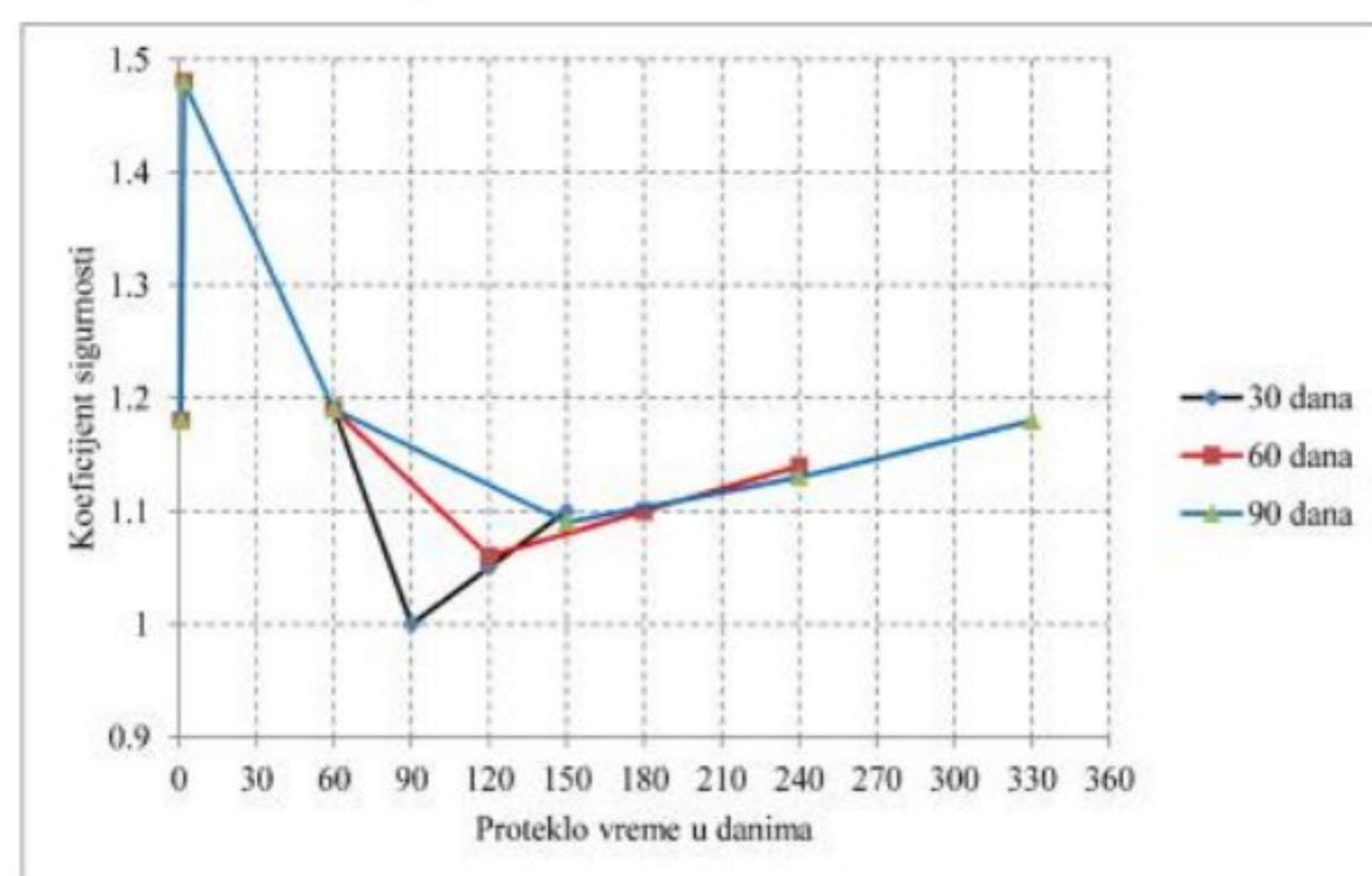
Slika 13 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 60 dana

U tabeli 3 prikazane su vrednosti koeficijenta sigurnosti u toku vremena i za različite nivoe plavnih voda. Kao što se može videti i u ovom slučaju koeficijent sigurnosti ima niže vrednosti ukoliko je promena nivoa plavnih voda izvršena u kraćem vremenskom periodu. Takođe, treba naglasiti da u ovom slučaju za režim odvodnjavanja od 30 dana koeficijent sigurnosti kritične klizne ravni pad na 1.00 što predstavlja granično stanje stabilnosti. Ovo nas navodi na zaključak da režim odvodnjavanja mora biti usaglašen u odnosu na vreme proteklo do početka odvodnjavanja.

Tabela 3. Promena koeficijenta sigurnosti u toku vremena

| n.v. | Dan | k.s. | Dan | k.s. | Dan | k.s. |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 36 m | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 |
| 96 m | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 |
| 96 m | 60 | 1.19 | 60 | 1.19 | 60 | 1.19 |
| 76 m | 90 | 1.00 | 120 | 1.06 | 150 | 1.09 |
| 56 m | 120 | 1.05 | 180 | 1.10 | 240 | 1.13 |
| 36 m | 150 | 1.10 | 240 | 1.14 | 330 | 1.18 |

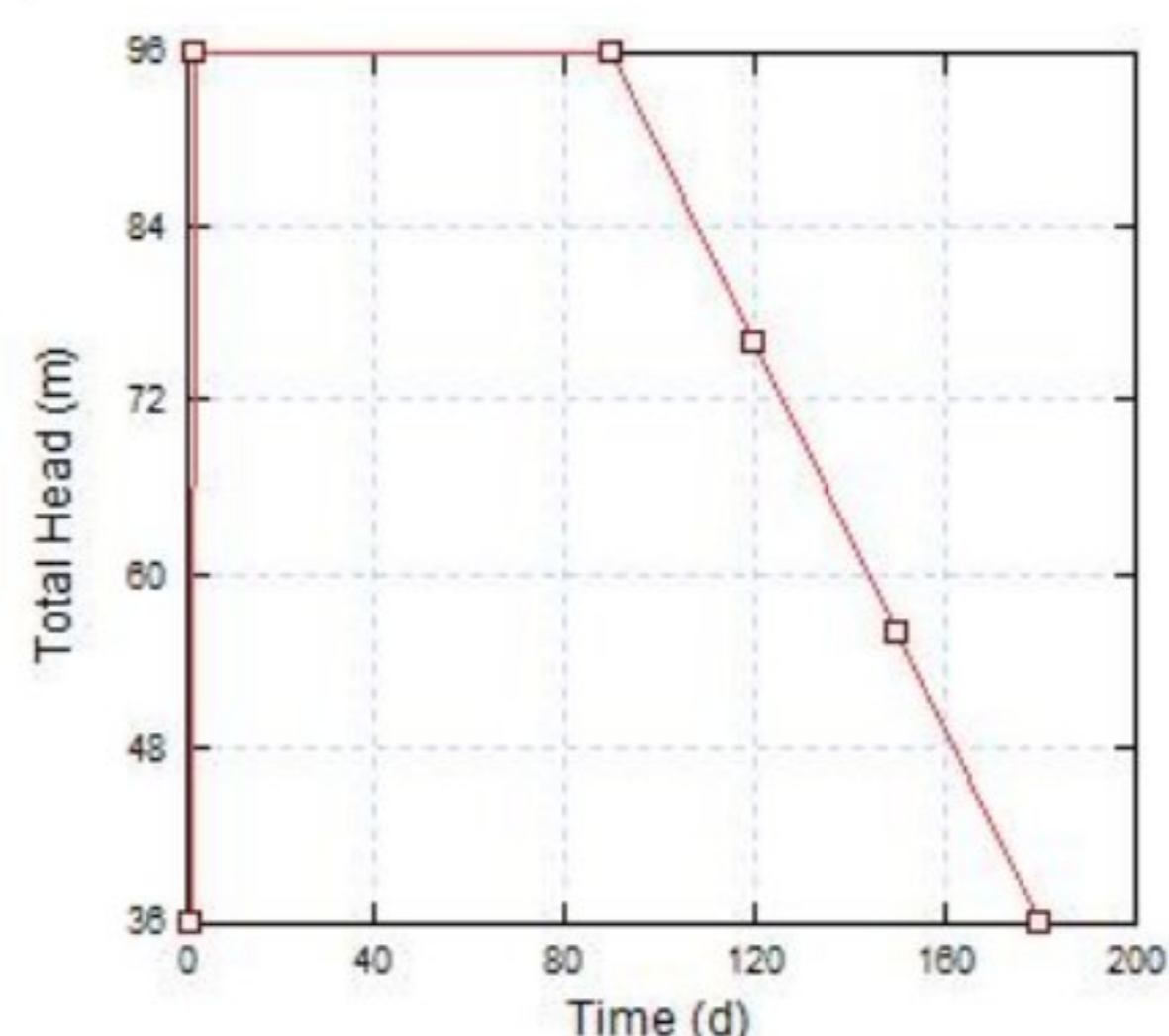
Slika 14 ilustruje promenu koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od vremena i režima odvodnjavanja za analizirani slučaj.



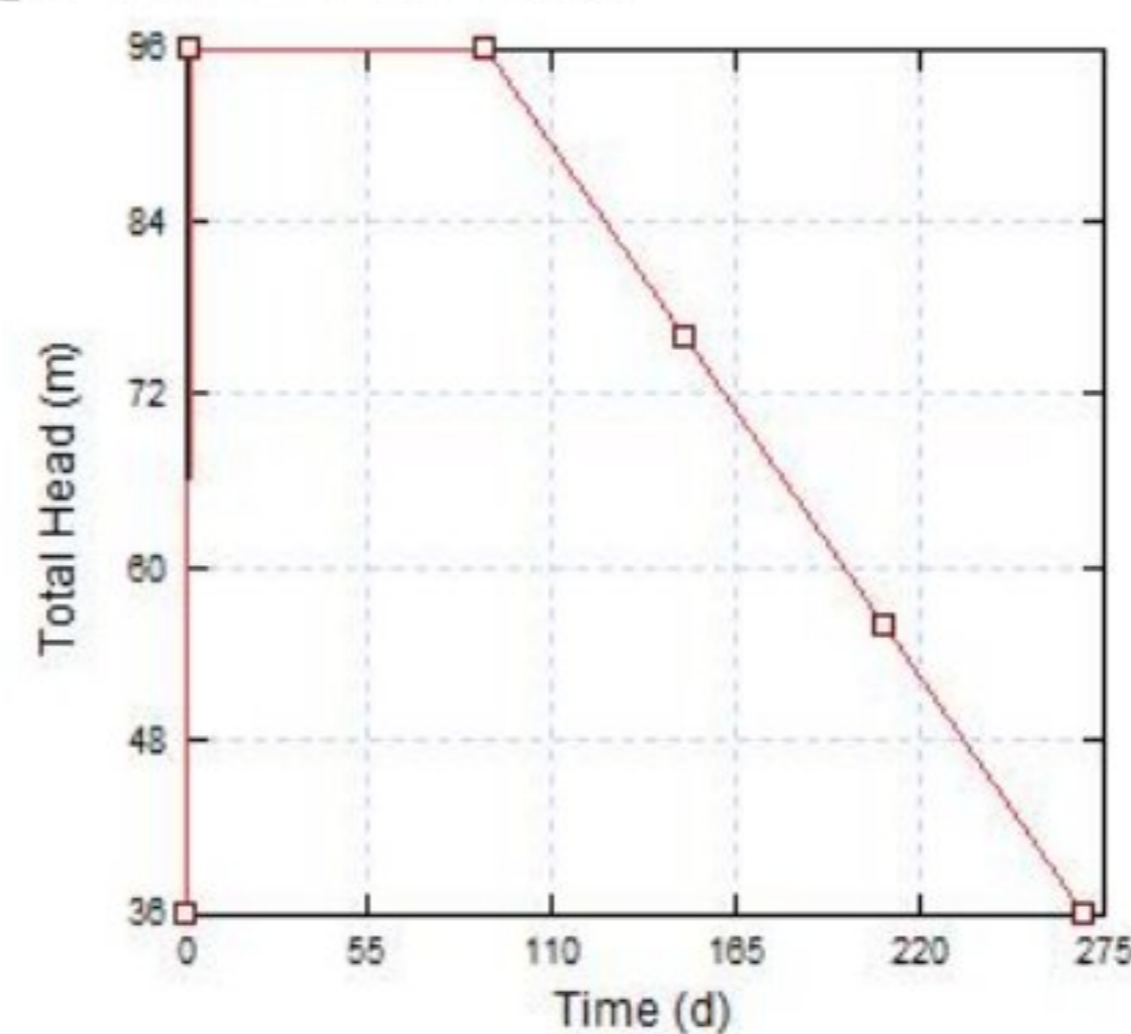
Slika 14 - Promena koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od brzine spuštanja vode između etaža

4.4 Početak odvodnjavanja nakon 90 dana

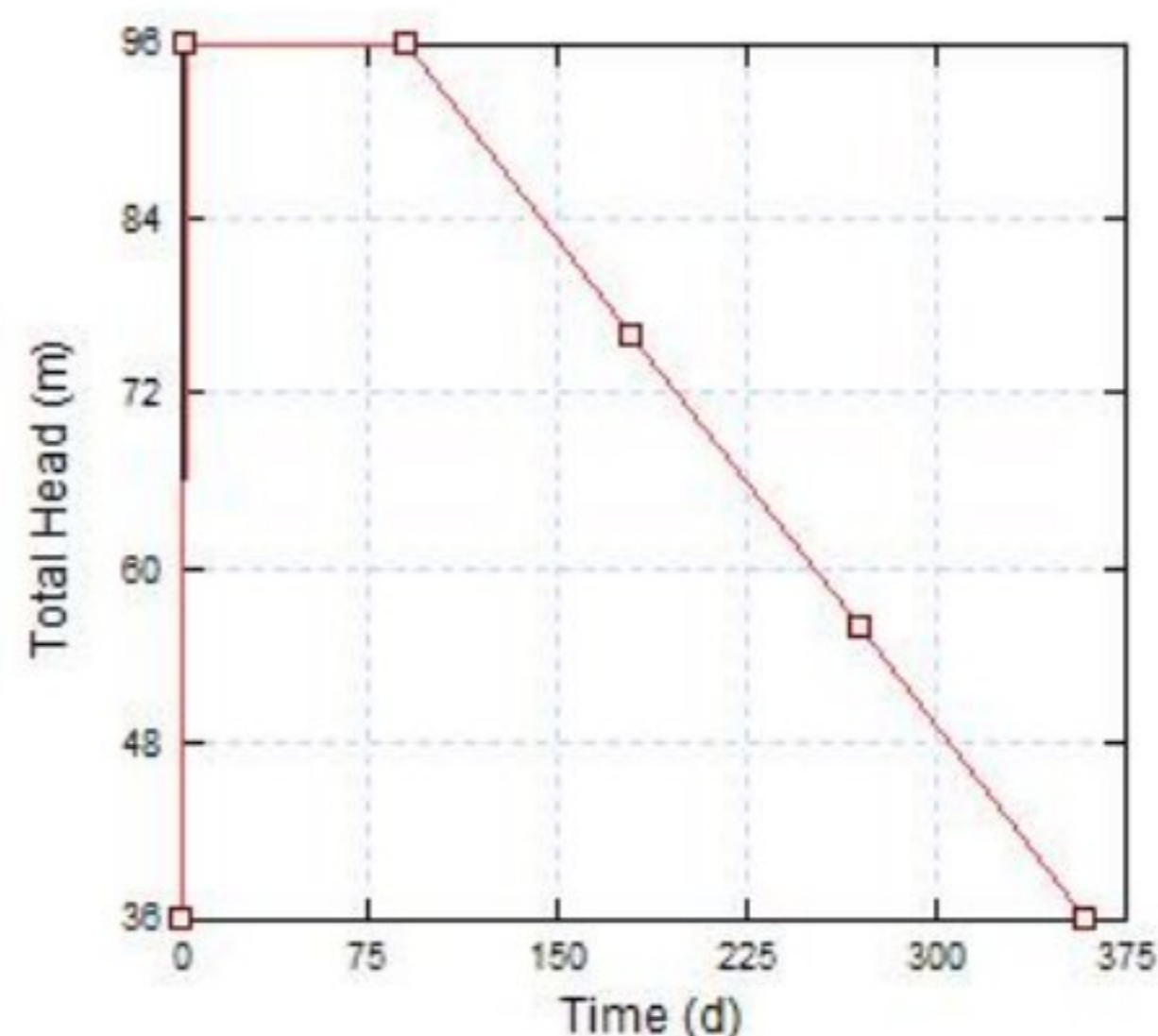
Četvrti model analizira promenu koeficijenta sigurnosti u slučaju da se sa odvodnjavanjem otpočne nakon 90 dana od trenutka plavljenja. Analizirani su isti režimi odvodnjavanja kao i u prethodnim modelima, slike 15, 16 i 17.



Slika 15 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 30 dana



Slika 16 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 60 dana



Slika 17 - Promena nivoa plavnih voda u vremenskom periodu od 90 dana

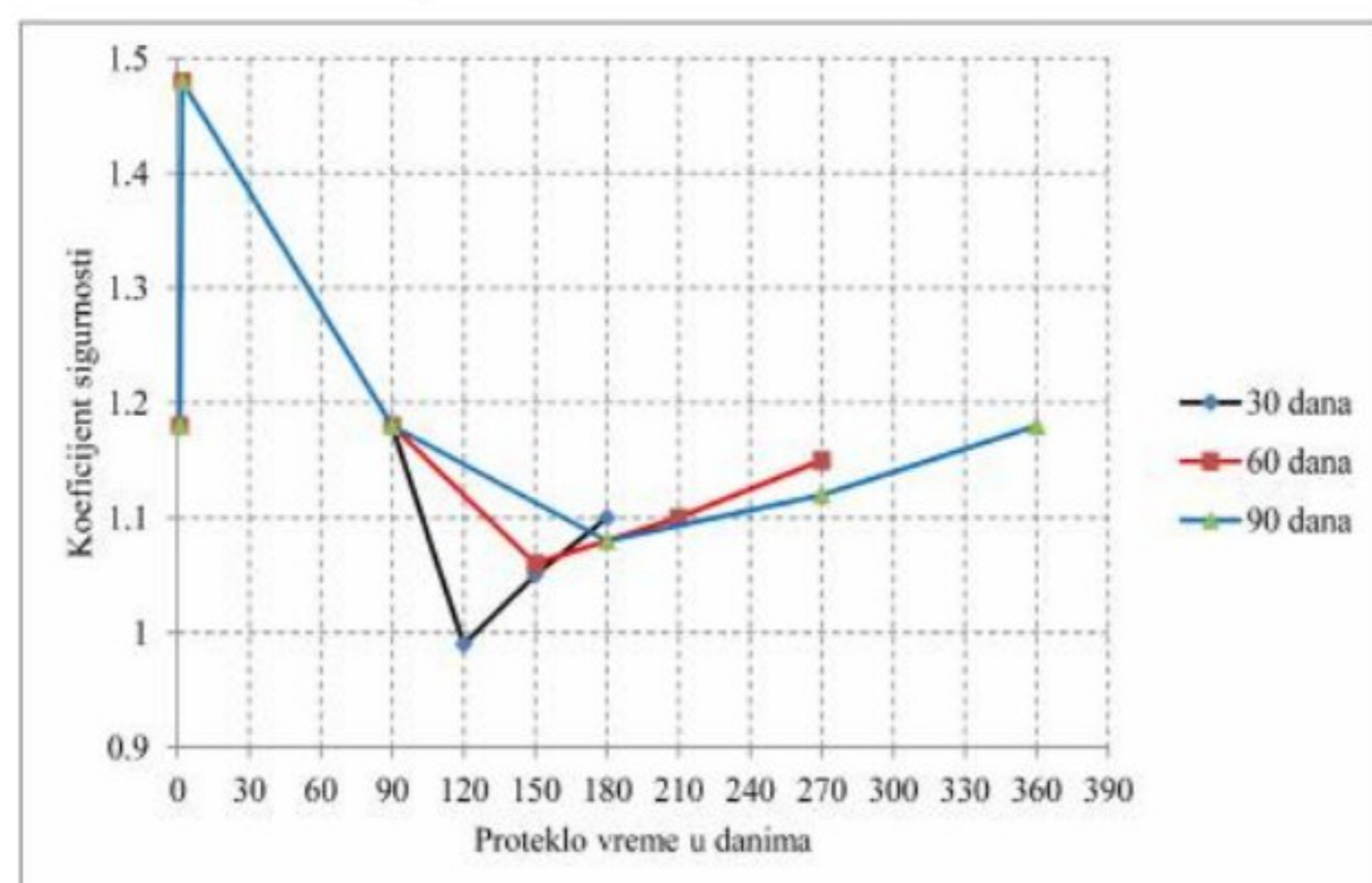
U tabeli 4 prikazane su vrednosti koeficijenta sigurnosti u toku vremena i za različite nivoe plavnih voda. Kao što se može videti i u ovom slučaju koeficijent sigurnosti opada ukoliko je promena nivoa plavnih voda izvršena u kraćem vremenskom periodu. U ovom slučaju za režim odvodnjavanja od 30 dana

koeficijent sigurnosti za kritičnu kliznu ravan pada na 0.99 što kao posledicu ima nestabilnu kosinu. Zaključak je da se u slučaju odloženog početka odvodnjavanja odvodnjavanje mora vršiti slabijim intenzitetom kako bi se obezbedila stabilnost kosina.

Tabela 4. Promena koeficijenta sigurnosti u toku vremena

| n.v. | Dan | k.s. | Dan | k.s. | Dan | k.s. |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 36 m | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 | 1 | 1.18 |
| 96 m | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 | 2 | 1.48 |
| 96 m | 90 | 1.18 | 90 | 1.18 | 90 | 1.18 |
| 76 m | 120 | 0.99 | 150 | 1.06 | 180 | 1.08 |
| 56 m | 150 | 1.05 | 210 | 1.10 | 270 | 1.12 |
| 36 m | 180 | 1.10 | 270 | 1.15 | 360 | 1.18 |

Slika 18 ilustruje promenu koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od vremena i režima odvodnjavanja za analizirani slučaj.



Slika 18 - Promena koeficijenta sigurnosti u zavisnosti od brzine puštanja vode između etaža

5. ZAKLJUČAK

Obzirom da ne postoji konkretna preporuka o tome kako i na koji način treba odvodnjavati poplavljeni površinski kop sa ciljem očuvanja stabilnosti kosina analizirali smo jedan primer koji opisuje navedenu situaciju. Analizirana je promena koeficijenta sigurnosti kritičnih kliznih ravni u slučajevima kada se sa odvodnjavanjem otpočinje nakon 7, 30, 60 i 90 dana.

Za svaki od ovih primera analizirana su tri režima odvodnjavanja, kada se nivo plavnih voda između dve etaže supušta u vremenskom periodu od 30, 60 i 90 dana. Treba napomenuti da je ovde analiziran hipotetički primer i da će realni režim odvodnjavanja zavisi od veličine površinskog kopa i tehničkih mogućnosti pumpanja vode.

Rezultati analize su pokazali da ispumpavanje vode treba započeti što pre i da režim odvodnjavanja zavisi od vremena koje je proteklo od trenutka plavljenja. Odložen početak odvodnjavanja rezultira padom koeficijenta sigurnosti i potrebom da se voda sporije pumpa kako se nebi narušila stabilnost kosina. sa druge strane, što raniji početak odvodnjavanja dozvoljava veću brzinu pumpanja vode i daje bolju osnovu za postizanje željenog koeficijenta sigurnosti.

Isuviše odložen početak odvodnjavanja u kombinaciji sa visokim intenzitetom ispumpavanja vode doводи do nestabilnosti kosina na površinskom kopu.

LITERATURA

- [1] Rocscience Inc. 2010, Slide Version 6.0 - 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis. www.rocscience.com, Toronto, Ontario, Canada.

SUMMARY

DEWATERING REGIME IN FLOODED OPEN PIT AND ITS IMPACT ON SLOPE STABILITY

Being exposed to different atmospheric conditions open pit mines may suffer catastrophes such as floods. Tending to restore production to its previous state intense dewatering is required. In this paper impact of dewatering regime on slope stability is analyzed. Cases where dewatering was delayed for 7, 30, 60 and 90 days after flooding were analyzed. For each of these cases we analyzed different dewatering regimes. It was shown that delayed dewatering requires less intense water pumping in order to keep slopes stable, and vice versa, in case of the sooner beginning of dewatering, water pumping may be more intense.

Key words: slope stability, dewatering, flood