

# Sanacija asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec

---

**Hozjak, Mladen**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:176502>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-24**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. **094/GRD/2023**

**SANACIJA ASFALT-BETONSKE OBLOGE**  
**NASIPA HE ČAKOVEC**

Mladen Hozjak

Varaždin, srpanj 2023. godine



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD br. **094/GRD/2023**

**SANACIJA ASFALT-BETONSKE OBLOGE  
NASIPA HE ČAKOVEC**

Student:  
Mladen Hozjak, 2402013972

Mentor:  
dr. sc. Božo Soldo

Varaždin, srpanj 2023. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Mladen Hozjak

MATIČNI BROJ 1209/336D

DATUM 9. X. 2023.

KOLEGIJ Temeljne konstrukcije

NASLOV RADA Sanacija asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Rehabilitation of the asphalt concrete lining of HPP Čakovec embankment

MENTOR dr. sc. Božo Soldo

ZVANJE red. prof.

ČLANOVI POVJERENSTVA

- doc. dr. sc. Bojan Đurin
- prof. dr. sc. Božo Soldo
- doc. dr. sc. Aleksej Aniskin
- doc. dr. sc. Matija Orešković
- 

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 94/GRD/2023

OPIS

Pod temom Diplomskog rada:  
"Sanacija asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec"  
u radu je potrebno prikazati kronologiju stanja asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec.

Načelni sadržaj rada sastojao bi se od poglavlja:

- Uvod
  - Opći podaci o HE Čakovec i sanacijama asfalt-betonske obloge
  - Istražni radovi - probne dionice i izbor tehnologije od 1982. godine do 2017. godine
  - Projekt sanacije zamjene asfalt-betonske obloge HE Čakovec 2017. godine
  - Izvođenje radova sanacije – zamjena asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec 2018. godine
  - Kontrola izvedenih radova
  - Zaključak
- Literatura

ZADATAK URUČEN

04.10.2023.

POTPIS MENTORA



# SAŽETAK

HE Čakovec je višenamjenska hidroelektrana koja osim proizvodnje električne energije brani zemljište i naselja od poplava i erozivnog djelovanja rijeke, odvodnjuje prekomjerno vlažno zemljište, stvara uvjete za gravitacijsku odvodnju doline i gravitacijsko natapanje zemljišta, te uvjete za razvoj rasonode, izletništva i športa. Glavni objekti hidroelektrane su akumulacijsko jezero, nasuta i betonska(pokretna) brana, dovodni kanal, strojarnica i odvodni kanal. Akumulacijsko jezero ostvareno je obodnim nasipima te nasutom i betonskom(pokretnom) branom. Tehnički, akumulacijsko jezero može se podijeliti na jezero, obodne nasipe i drenažne jarke. Obodni nasipi akumulacijskog jezera izvedeni su od uvaljanog šljunka. Asfalt-betonska obloga nasipa akumulacije i dovodnog kanala ukupne debljine 10cm nalazi se na unutarnjim pokosima nasipa. Asfalt-betonska obloga izvedena je u dva sloja. Donji sloj je nosivi i izravnavajući, a gornji sloj vodonepropusni. Oblogom se postiže vodonepropusnost nasipa i osigurava nasip od erozije valova u jezeru.

Ovim Diplomskim radom će se napraviti prikaz oštećenja asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije koja su nastala uslijed djelovanja leda u zimskim mjesecima, te djelovanjem valova i ostalih utjecaja. Prikazati će se povijest istražnih radova od početka rada hidroelektrane, sanacije probnih dionica, izbor tehnologije, te Projekt sanacije zamjene asfalt-betonske obloge iz 2017. godine, kao i samo izvođenje radova tog Projekta. Biti će prikazana i kontrola izvedenih radova tog Projekta.

Ključne riječi: hidroelektrana, akumulacijsko jezero, asfalt-betonska obloga, vodonepropusnost, projekt, sanacija, kontrola izvedenih radova

# ABSTRACT

HPP Čakovec is a multi-purpose hydroelectric power plant that, in addition to producing electricity, protects land and settlements from floods and the erosive effects of the river, drains excessively wet land, creates conditions for gravity drainage of the valley and gravity soaking of the land, as well as conditions for the development of leisure, excursions and sports. The main facilities of the hydroelectric power plant are the storage lake, the embankment and the concrete (movable) dam, the supply channel, the machine room and the drainage channel. The storage lake was created with peripheral embankments and a concrete (movable) dam. Technically, a reservoir lake can be divided into a lake, peripheral embankments and drainage ditches. The surrounding embankments of the reservoir lake are made of rolled gravel. Asphalt-concrete coating of the reservoir embankment and supply channel with a total thickness of 10 cm is located on the inner slopes of the embankment. The asphalt-concrete coating is made in two layers. The lower layer is load-bearing and leveling, and the upper layer is waterproof. The coating makes the embankment watertight and protects the embankment from wave erosion in the lake.

This thesis will present the damage to the asphalt-concrete lining of the reservoir embankment caused by the action of ice in the winter months, as well as by the action of waves and other influences. The history of the investigation works since the beginning of the hydroelectric power plant, the rehabilitation of test sections, the choice of technology, and the rehabilitation project of replacing the asphalt-concrete lining from 2017, as well as the execution of the project itself, will be presented. The control of the completed works of that Project will also be shown.

Key words: hydroelectric power plant, storage lake, asphalt-concrete lining, waterproofing, project, rehabilitation, control of performed works

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. Opći podaci o HE Čakovec i sanacijama asfalt-betonske obloge</b> .....	2
2.1. HE Čakovec .....	2
2.2. Asfalt-betonska obloga nasipa HE Čakovec .....	6
2.3. Izvedba probnih dionica prema Projektu sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec .....	7
<b>3. Istražni radovi - probne dionice i izbor tehnologije od 1982. godine do 2017. god. ...</b>	<b>8</b>
3.1. Izvedba asfalt-betonske obloge 1982. godine .....	8
3.2. Sanacija oštećenja asfaltne obloge prije početka eksploatacije 1982. godine .....	12
3.3. Sanacija oštećenja asfaltne obloge 1985. godine .....	14
3.4. Sanacija oštećenja asfalt-betonske obloge 1986. godine .....	16
3.5. Sanacija oštećenja asfalt-betonske obloge 1987. godine .....	18
3.6. Sanacije i pregledi u periodu eksploatacije od 1988. do 2013. godine .....	21
3.7. Istražni radovi na asfaltnoj oblozi nasipa akumulacije HE Čakovec 2013. godine .....	23
3.8. Pregled asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec prije izrade Projekta sanacije-29.kolovoza 2014.godine .....	27
3.9. Dosadašnji načini sanacije i izrada probnih dionica .....	27
3.10. Odabir načina zamjene asfalt-betonske obloge .....	32
<b>4. Projekt sanacije zamjene asfalt-betonske obloge HE Čakovec 2017. godine</b> .....	<b>33</b>
4.1. Općenito o Projektu sanacije .....	33
4.2. Kontrola debljine slojeva asfalta .....	34
4.3. Uklanjanje drugog i trećeg sloja asfalta .....	35
4.4. Priprema podloge .....	40
4.5. Proizvodnja asfaltnih mješavina-asfaltne baze .....	43
4.6. Prijevoz asfaltnih mješavina .....	44
4.7. Ugradnja asfaltne mješavine .....	45
4.8. Vremenski uvjeti ugradnje asfaltnih mješavina .....	47
4.9. Oprema za izvođenje radova .....	48
4.10. Planiranje izvođenja radova .....	49
<b>5. Izvođenje radova sanacije – zamjena asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec 2018. godine</b> .....	<b>51</b>
5.1. Općenito o izvođaču radova .....	51
5.2. Pripremni radovi .....	51
5.3. Asfalterski radovi .....	54
5.4. Ostali radovi .....	55
5.5. Fotodokumentacija izvođenja radova .....	56



<b>6. Kontrola izvedenih radova</b> .....	67
6.1. Očitovanje o nedostacima i nepravilnostima uočenim tijekom građenja i njihovom otklanjanju, te o njihovom utjecaju na uporabljivost građevine .....	67
6.2. Podaci o vođenju, obdjeđinjivanju i pohrani građevinskog dnevnika .....	68
6.3. Izmjene tijekom izvođenja radova u odnosu na projekt.....	68
6.4. Provedeni dodatni postupci utvrđivanja kvalitete asfalta izvedenog na probnim poljima tijekom 2015. i 2016. godine .....	69
6.5. Dodatna ispitivanja .....	72
6.5.1 Asfaltni mastiks-povezanost slojeva.....	72
6.5.2 Asfalt-beton - povezanost slojeva.....	75
6.5.3 Ispitivanje fizičko-mehaničkih svojstava.....	76
6.5.4 Ispitivanje vodonepropusnosti asfaltnog sloja.....	77
6.5.5 Ispitivanje svojstava ekstrahiranog bitumena.....	79
<b>7. Zaključak</b> .....	80
<b>8. Literatura</b> .....	81

# 1. Uvod

Asfalt-betonska obloga nasipa akumulacije HE Čakovec izvedena je u dva sloja debljine po 5 cm (ukupno 10 cm). Prvi donji sloj je nosivi i izravnavajući, a drugi gornji sloj, vodonepropusni. Oblogom se postiže vodonepropusnost nasipa i osigurava nasip od erozije vodom. Dvoslojna asfalt-betonska obloga štiti nasip od izjedajućeg djelovanja valova u jezeru. Sami nasipi izvedeni su od uvaljanog šljunkovito-pjeskovitog materijala (prirodni materijal iz iskopa). Zbog oštećenja asfalt-betonske obloge nasipa svake se godine obavlja sanacija pukotinskih i plošnih oštećenja. Oštećenja su prouzrokovana djelovanjem leda u zimskim mjesecima te djelovanjem valova. Najčešće se pojavljuju u zoni oscilacije vodostaja, međutim sve su češća i u nižim dijelovima pokosa nasipa. Najizrazitija oštećenja pojavljuju se na dionici desnog nasipa akumulacije (od stacionaže km 0+900 do stacionaže km 3+200 DNA) na kojoj je zbog neadekvatne izvedbe asfalt-betonske obloge u izgradnji izveden i treći sloj obloge.

Nakon dugogodišnjih pokušaja sanacije asfalt-betonske obloge nasipa, a koji se naročito odnose na oštećenja na spomenutoj dionici, u 2013. godini započeto je sustavno rješavanje predmetne problematike. Kao prva aktivnost obavljena su uzorkovanja i laboratorijska ispitivanja asfalt-betonske obloge nasipa od strane tvrtke Ramtech d.o.o., Zagreb (listopad 2013). Uz rezultate ispitivanja, Izvještaj o provedbi istražnih radova i ispitivanja sastava i svojstava asfaltnih mješavina i asfaltnih slojeva, sadržavao je i smjernice za daljnje aktivnosti usmjerene prema nalaženju optimalnog rješenja sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa. Prema smjernicama iz predmetnog izvješća, u listopadu 2014. godine Institut IGH d.d. Zagreb izradio je projekt sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec. U projektu je određena izvedba sanacije na način da se prethodno na dvije probne dionice izvede sanacija obloge prema dvije varijante, nakon čega će se ovisno o iskustvima na sanaciji i praćenju radova kroz projektanski nadzor naknadno odrediti konačni način sanacije. Sanacija obloge na probnim dionicama je obavljena 2015. i 2016. godine. U svrhu definiranja konačnog načina sanacije obloge bilo je potrebno izraditi novelaciju postojeće projektne dokumentacije, koja je trebala odrediti konačne vrste materijala i tehnologiju izvedbe radova. U tom smislu je u kolovozu 2017. godine Institut IGH d.d. Zagreb izradio Novelaciju projekta zamjene asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec. Prema noveliranoj projektnoj dokumentaciji u srpnju i kolovozu 2018. godine izvedena je zamjena asfalt-betonske obloge od stacionaže km 3+645 do km 4+500 desnog nasipa akumulacije i koja će detaljnije biti obrađena u nastavku ovog Diplomskog rada.

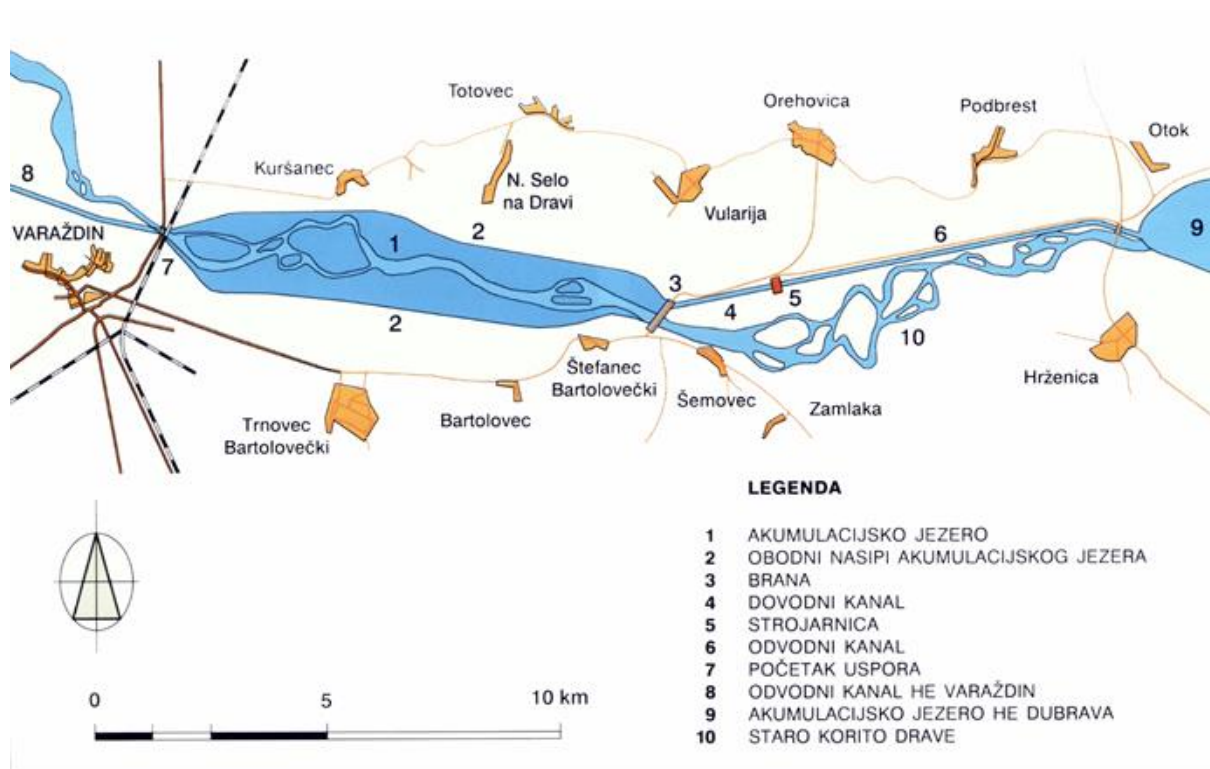
## 2. Opći podaci o HE Čakovec i sanacijama asfalt-betonske obloge

### 2.1. HE Čakovec

HE Čakovec smještena je na rijeci Dravi, između grada Varaždina i Preloga i koristi vodne snage rijeke Drave na dionici dugoj 21 km (od r.km. 288 do r.km. 267).

HE Čakovec je višenamjenska hidroelektrana koja osim proizvodnje električne energije brani zemljište i naselja od poplava i erozivnog djelovanja rijeke, odvodnjuje prekomjerno vlažno zemljište, stvara uvjete za gravitacijsku odvodnju doline i gravitacijsko natapanje zemljišta, te uvjete za razvoj rasonode, izletništva i športa.

HE Čakovec je derivacijska hidroelektrana kanalskog tipa s akumulacijom za dnevno uređenje dotoka. U pogonu je od 1982. godine i sa HE Varaždin i HE Dubrava zajedno, predstavlja lanac hidroelektrana kojima se vođenje obavlja iz centra daljinskog nadzora i upravljanja (Komanda lanca Varaždin).



Slika 1. Pregledna situacija HE Čakovec

Srednji godišnji protok kroz HE Čakovec iznosi 325 m<sup>3</sup>/s, a stogodišnja velika voda 2600 m<sup>3</sup>/s.

Glavni objekti hidroelektrane su akumulacijsko jezero, nasuta i betonska (pokretna) brana, dovodni kanal, strojarnica i odvodni kanal.

Prema službenoj definiciji visokih brana, u sustavu hidroelektrane je sedam visokih brana: lijevi i desni nasip akumulacije, betonska (pokretna) brana, nasuta brana, lijevi i desni nasip dovodnog kanala i strojarnica.

Akumulacijsko jezero ostvareno je obodnim nasipima te nasutom i betonskom (pokretnom) branom. Dužine je 8,7 km, površine 10,5 km<sup>2</sup>, prosječne širine 1,4 km, te ukupne zapremine kod srednjeg protoka 51 hm<sup>3</sup>.

Normalni uspor u jezeru (radna kota ili gornja voda brane) kreće se od 167,00 m n.m. do 168,00 m n.m. Iznimno, ali kratkotrajno dozvoljava se 20 cm viša kota.

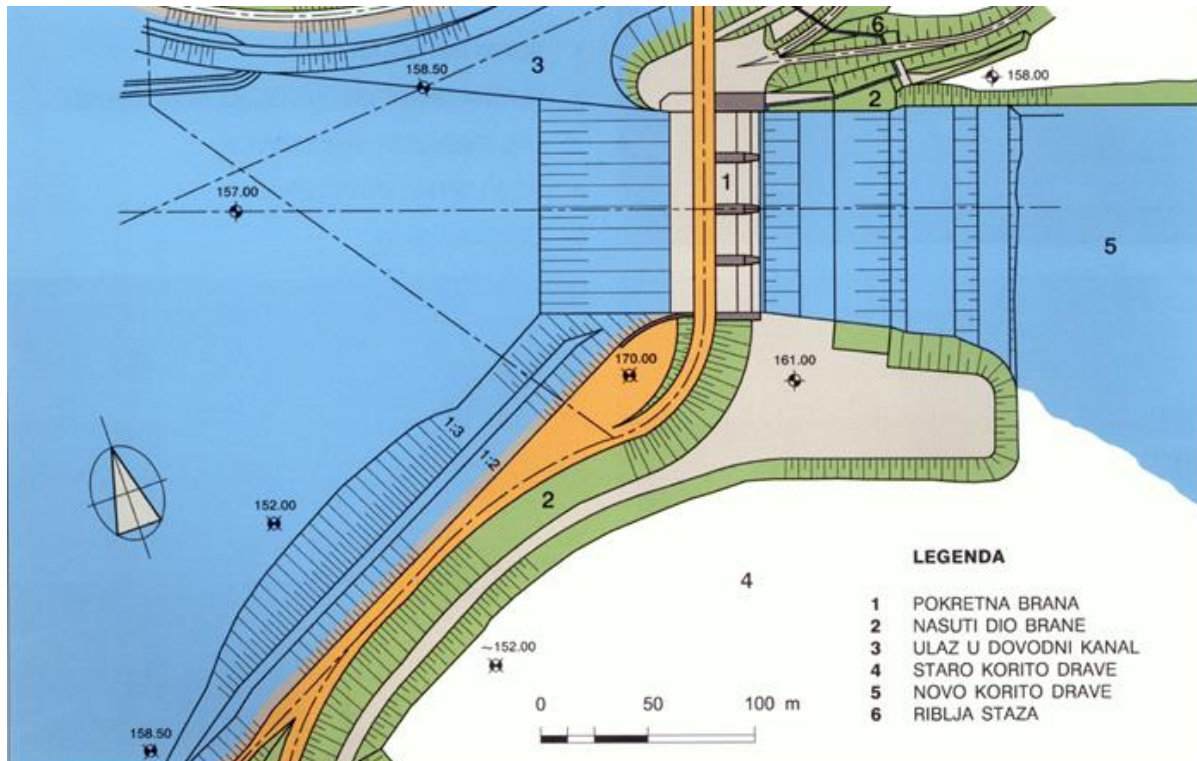
Tehnički, akumulacijsko jezero može se podijeliti na: jezero, obodne nasipe i drenažne jarke. Obodni nasipi akumulacijskog jezera izvedeni su od uvaljanog šljunka visine do 15 m, širine u kruni 4 metra. Desni obodni nasip počinje nastavno na nasutu branu (stac. 0+000 DNA), a završava kod željezničkog mosta preko Drave kod Varaždina (stac. 8+860 DNA). Lijevi obodni nasip počinje nastavno na lijevi nasip dovodnog kanala (stac. 0+000 LNA), a završava također kod željezničkog mosta preko Drave kod Varaždina (stac. 8+900 LNA).

Uzvodni pokos nasipa je nagiba 1:2 obložen asfalt-betonskom oblogom debljine 10 cm (5+5), a nizvodni pokos je nagiba 1:1,7 obložen humusom i zatravljen. Kruna nasipa nadvisuje najvišu radnu kotu u jezeru za 1,5 m. Na prvom kilometru lijevog i desnog nasipa akumulacije izvedeni su valobrani.

Uz zračnu nožicu obodnih nasipa izvedeni su drenažni jarci, čija je uloga održavanje razine podzemne vode u zaobalju u prihvatljivim okvirima. Naime, usporena voda se iz jezera procjeđuje u zaobalje te se pod utjecajem drenažnog svojstva drenažnih jaraka vraća u iste. Procjedne količine iz jezera su se vremenom smanjivale radi zamuljivanja i kolmatacije dna unutar jezera te su se zadnjih godina ustalile na oko 3 m<sup>3</sup>/s po drenažnom jarku. Širina dna drenažnih jaraka je 1 m, a pokosi su izvedeni u nagibu 1:2. Kako bi se iskoristila voda koja protječe lijevim drenažnim jarkom na njegovom kraju izgrađena je mala hidroelektrana snage 340 kW.

Nastavno na desni nasip akumulacije izgrađena je nasuta brana kojom je pregrađeno staro korito rijeke. Dužina nasute brane iznosi 296 m, a najveća visina 16,4 m.

Nastavno na nasutu branu nadovezuje se betonska (pokretna) brana, koja ima četiri preljevna polja, a čija je uloga evakuacija velikih voda rijeke Drave. Preljev preko brane ostvaruje se preljevom preko zaklopke (max. 135 m<sup>3</sup>/s po polju) te istjecanjem ispod segmentnog zatvarača. Projektna evakuacijska moć brane je preko 5000 m<sup>3</sup>/s. Ukupna širina betonske (pokretne) brane je 112 m, a najveća visina 24 m.



Slika 2. Pokretna brana i ulaz u dovodni kanal

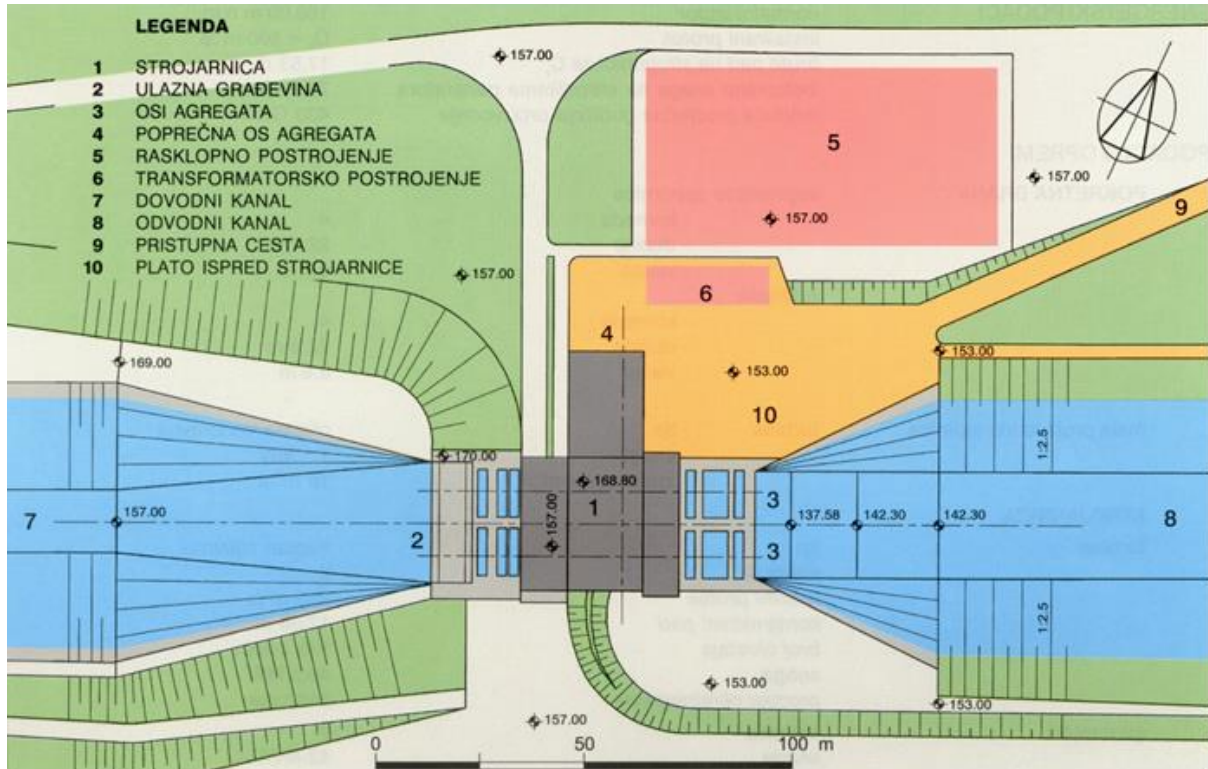
U lijevom upornjaku brane izvedena je mala hidroelektrana – agregat biološkog minimuma, koja koristi vodu za proizvodnju električne energije, koja se prema jednom od uvjeta iz Vodopravne dozvole HE Čakovec (8 m<sup>3</sup>/s) mora ispuštati u staro korito rijeke Drave. Uz branu je smještena i riblja staza koju koristi riba koja se mrijesti uzvodno.

Kroz betonsku (pokretnu) branu omogućen je pronos nanosa pri velikim vodama. Čvor zahvata koncipiran je tako da kod otvorene brane uzrokuje spiralno kretanje vode koje nanos usmjerava prema brani, a udaljava od ulaza u derivaciju. Prag ulaza u dovodni kanal visok je od 3,5 do 2,5 metra i sprječava ulaz vučenog nanosa u dovodni kanal.

Dovodni kanal trapeznog je presjeka dužine 2 km formiran je nasipima visine 13,5 m. Nasipi dovodnog kanala izvedeni su od šljunka, s unutarnje strane obloženi asfalt betonskom vodonepropusnom oblogom debljine 10 cm (5+5), a s vanjske strane humusirani i zatravljeni.

Unutarnji pokos nasipa je nagiba 1:2, a vanjski 1:1,5, 1:1,7 i 1:1,2. Širina dna dovodnog kanala kreće se od 25 m na njegovom početku (kod brane) do 15 m na kraju (kod strojarnice).

U strojarnici su smještene dvije proizvodne jedinice – dvije Kaplan turbine s horizontalnom osovinom svaka snage 40,3 MW, kroz koje protječe maksimalni protok od 500 m<sup>3</sup>/s.



Slika 3. Objekti čvora strojarnice

Strojarnica dijeli derivacijski kanal na dovodni i odvodni.

Odvodni kanal izveden je u dubokom usjeku. Neobložen je, trapeznog presjeka s nagibom pokosa 1:2,5 i širine dna 25 m. Dužina odvodnog kanala je 6,5 km.

## **2.2. Asfalt-betonska obloga nasipa HE Čakovec**

Asfalt-betonska obloga nasipa ukupne debljine 10 cm nalazi se na unutarnjim pokosima obodnih nasipa akumulacije i dnu dovodnog kanala. Asfalt-betonska obloga izvedena je u dva sloja. Donji sloj je nosivi i izravnavajući, a gornji sloj vodonepropusni. Stabilizacija podloge asfalt-betonske obloge izvedena je pravilnim i ravnomjernim poštrecavanjem bitumenske emulzije.

Na lijevom nasipu akumulacije asfalt-betonska obloga izvedena je do stacionaže 7+460, a na desnom do stacionaže 7+400. Na nasipima dovodnog kanala asfalt-betonska obloga izvedena je u njihovoj ukupnoj dužini.

Na lijevi obodni nasip asfalt-betonska obloga položena je na 122.100 m<sup>2</sup> površine, a na desni obodni nasip 108.450 m<sup>2</sup>. Asfalt-betonska obloga položena je na dovodni kanal u površini od 94.840 m<sup>2</sup> od čega 32 % otpada na dno dovodnog kanala.

U vrijeme izgradnje asfalt-betonske obloge na desnom obodnom nasipu akumulacije loši vremenski uvjeti kod nanošenja asfalt-betonske obloge prouzrokovali su nezadovoljavajuću kvalitetu drugog sloja na pojedinim dionicama nasipa, zbog čega je dogovorena izvedba trećeg sloja asfalt-betonske obloge. Primjedbe u izvođenju asfalt-betonske obloge bile su nepoštivanje propisanog načina ugradnje i velikog udjela šupljina u izvedenoj asfalt-betonskoj oblozi. Iz tog razloga je izveden treći sloj asfalt-betonske obloge na desnom nasipu akumulacije od stacionaže 0+900 do stacionaže 3+200. Izvedba trećeg sloja asfalt-betonske obloge s vremenom se pokazala kao neadekvatno rješenje iz razloga što na većoj dionici dolazi do njenog klizanja.

Problem oštećenja asfalt-betonske obloge nasipa, kojemu su uzrok djelovanje leda i valova, naročito je prisutan na desnom nasipu akumulacije HE Čakovec na dionici gdje je izveden treći sloj obloge. Iz tog razloga svake se godine u ljetnim mjesecima snižava vodostaj u akumulaciji i obavlja sanacija pukotinskih i plošnih oštećenja obloge.

### **2.3. Izvedba probnih dionica prema Projektu sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec**

Sukladno Projektu sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec kojeg je izradio Institut IGH d.d. Zagreb (listopad 2014.), u rujnu 2015. godine započeta je sanacija obloge na dvije probne dionice („A“ i „B“), duljine 200 m i 100 m te širine 9,5 m po pokosu i 1 m po kruni nasipa, kako bi se testirale dvije varijante sanacije prema navedenom Projektu.

Probno polje „A“ je dionica od stacionaže km 3+450 do km 3+650 desnog nasipa akumulacije, koja je podijeljena na dvije dionice od 100 m, pri čemu je prvi dio dionice od stacionaže km 3+450 do km 3+550 izveden po prvoj varijanti, dok je drugi dio od stacionaže km 3+550 do km 3+650 izveden prema drugoj varijanti.

Probno polje „B“ je dionica stacionaže od km 1+566,5 do km 1+666,5 desnog nasipa akumulacije, koja je također podijeljena na dvije dionice, ali od 50 m, pri čemu je prvi dio dionice od stacionaže km 1+566,5 do stacionaže km 1+616,5 izveden po jednoj varijanti, dok je drugi dio dionice od stacionaže km 1+616,5 do km 1+666,5 izveden u drugoj varijanti.

Prva varijanta je sanacija asfalt-betonske obloge nasipa valjanim asfaltom u debljine od 5 cm, dok je druga varijanta sanacija asfaltne obloge valjanim asfaltom u debljini od 4 cm te asfaltnim mastiksom u debljini od 1 cm. Radovi na izvedbi probnih dionica izvodili su se od 14.09.2015. godine do 20.10.2020. godine. Zbog nepovoljnih meteoroloških (ulazak u hladnije razdoblje) i hidroloških uvjeta sloj asfaltnog mastiksa u debljini od 1 cm u 2015. godini nije izveden.

Naknadna ugradnja mastiksa na asfalt-betonsku podlogu debljine 4 cm izvedena je u razdoblju od 22.08.2016. godine do 09.09.2016. godine, čime su dovršena dva probna polja sa dvije varijante izvedbe, kako je određeno Projektom sanacije. Izvođač radova Pavlic-asfalt-beton Goričan je o izvedenim radovima napravio završna izvješća (Završno izvješće: Sanacija asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec, listopad 2015, te Završno izvješće: Ugradnja mastiksa na asfalt-betonsku oblogu desnog nasipa akumulacije HE Čakovec, rujan 2016. godine). Stručni i projektanski nadzor nad izvedbom radova na probnim dionicama obavio je Institut IGH d.d. Zagreb.



### **3. Istražni radovi - probne dionice i izbor tehnologije od 1982. godine do 2017. godine**

#### **3.1. Izvedba asfalt-betonske obloge 1982. godine**

Od naručitelja su dobiveni djelomični izvještaji o kontroli asfaltnih radova, te dio tekuće kontrole asfaltnih radova, pa se ne može dobiti cjelovita slika o ugrađenom asfaltu. Međutim, u "Izvještaju o rezultatima vizualnog pregleda stanja površine asfaltbetonske obloge na HE Čakovec te mogućim uzorcima nezadovoljavajuće kvalitete ugrađenosti gornjeg sloja, Građevinski institut, Zagreb, 31.03.1982." je vidljivo da se tehnologija izvedbe asfaltne obloge HE Čakovec razlikovala po dijelovima dovodnog kanala i akumulacije u polaganju, zbijanju te u vremenu odvijanja radova.

Tako se razastiranje obavljalo na tri načina:

- ručnim polaganjem pomoću lopata i grabljica
- strojnim polaganjem uz pomoć razastirača tipa "Strabag"
- strojnim polaganjem uz pomoć finišera tipa "ABG" preuređenog kao razastirača.

Za zbijanje asfaltne mase korišteni su specijalno konstruirani vibro valjci za rad na kosini tipa "Bomag" BW-100 AD (1 par) odnosno tipa "Bomag" BW-90 (2 para). Uglavnom su korištena 2 para od spomenutih valjaka i to jedan par valjaka tipa "Bomag" BW-100 kao prvi par valjaka do razastirača te jedan par valjaka tipa "Bomag" BW-90 iza njih.

Polaganje i zbijanje asfalta je po dijelovima objekta izgledalo ovako:

- DOVODNI KANAL – lijevi pokos
  - od stac. 0+031 do 0+080 – ručno polaganje asfalta i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 0+080 do 0+170 – polaganje asfalta s "ABG" razastiračem i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 0+350 do 0+550 – rampa, ručno polaganje asfalta i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 0+550 do 1+881 – polaganje asfalta sa "Strabag" razastiračem i zbijanje s 3 para valjaka za kosinu
- DOVODNI KANAL – desni pokos
  - od stac. 0+360 do 1+881 – polaganje asfalta sa "Strabag" razastiračem i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu

- AKUMULACIJA – lijevi obodni nasip
  - od stac. 0+000 do 0+270 – ručno polaganje asfalta ispod praga, u kombinaciji sa strojnim "ABG" razastiračem iznad praga, te zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 0+270 do 4+250 – polaganje asfalta sa "Strabag" razastiračem i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 6+200 do 7+500 – ručno polaganje asfalta i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
- AKUMULACIJA – desni obodni nasip
  - od stac. 0+500 do 3+500 – polaganje asfalta sa "Strabag" razastiračem i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 3+500 do 6+000 – polaganje asfalta s "ABG" razastiračem i zbijanje s 2 para valjaka za kosinu
  - od stac. 6+000 do 6+550 – ručno polaganje asfalta i zbijanje s 2 para vibro valjaka

Asfaltiranje se uglavnom odvijalo u smjenama danju i noću. Periodi s noćnim i dnevnim asfaltiranjem su bili po dijelovima:

Dovodni kanal – lijevi pokos: 08.06.1981. – 29.06.1981.

– desni pokos: 20.07.1981. – 11.08.1981.

Akumulacija – lijevi obodni nasip: 20.08.1981. – 21.10.1981.

– desni obodni nasip: 23.10.1981. – 10.11.1981.

Iz Izvještaja je također vidljivo da je kvaliteta ugrađenosti gornjeg (II) sloja odstupa od traženih uvjeta kvalitete – stupanj zbijenosti od min 97 %, udio šupljina od 3,0 vol. %, debljine  $d = 50$  mm i koeficijenta vodopropusnosti.

Po dijelovima objekta to izgleda ovako:

Dovodni kanal, lijevi pokos – tehničke uvjete zadovoljava 8 od ukupno 13 ispitanih uzoraka (62 %). Nije poznato koji od uvjeta uzorci ne zadovoljavaju, jer naručitelj ne posjeduje rezultate ispitivanja.

Dovodni kanal, desni pokos – tehničke uvjete zadovoljava 6 od ukupno 12 ispitanih uzoraka (50 %). Nije poznato koji od uvjeta uzorci ne zadovoljavaju, jer naručitelj ne posjeduje rezultate ispitivanja.

Dovodni kanal, dno – tehničke uvjete zadovoljava svih 11 ispitanih uzoraka (100 %).

Akumulacija, lijevi obodni nasip – tehničke uvjete zadovoljava 10 od ukupno 14 ispitanih uzoraka (71 %). Nije poznato koji od uvjeta uzorci ne zadovoljavaju, jer naručitelj ne posjeduje rezultate ispitivanja.

Akumulacija, desni obodni nasip – tehničke uvjete zadovoljava 2 od ukupno 17 ispitanih uzoraka (12 %). Nije poznato koji od uvjeta uzorci ne zadovoljavaju, jer naručitelj ne posjeduje rezultate ispitivanja.

U Izvještaju se nalaze i rezultati vizualnog pregleda stanja površine gornjeg (II) sloja asfaltne obloge prije puštanja čitavog objekta u eksploataciju. Tamo su navedene površine koje se moraju sanirati prije puštanja čitavog objekta u eksploataciju. Na do tada dovršenim asfaltnim radovima na dovodnom kanalu (ne računajući dno koje je izvedeno u skladu s tehničkim uvjetima) potrebno je sanirati 22 %, a na obodnim nasipima akumulacije 61,9 % od ukupno izvedene površine. Dok je kod dovodnog kanala udio površina za sanaciju približno jednak na lijevom (12,7 %) i desnom nasipu (9,3 %), kod akumulacije je razlika značajna. Tako na desnom obodnom nasipu treba sanirati 39,7 % površine a na lijevom nasipu 22,2 %.

U Izvještaju su dani zaključci i mogući uzroci pojave nezadovoljavajuće kvalitete gornjeg sloja (II) asfalt-betonske oblog na HE Čakovec.

Tako stoji da je osnovni uzrok prekomjerno hlađenje proizvedene asfaltne mase u fazama transporta i istovara u korpu, te za vrijeme i nakon polaganja u fazi čekanja prvog valjka.

Navedeni uzrok je samo posljedica neispunjavanja traženih normativa za ugradnju slojeva asfalt-betonske obloge:

- nedostatak dovoljnog broja vozila za transport asfaltne mase od mjesta proizvodnje do mjesta ugradnje,
- nepokrivanje asfaltne mase adekvatnim pokrivačima tijekom transporta,
- transport mješavine na gradilište nije kontinuiran,
- neadekvatna tehnologija polaganja mase promjenom razastirača tipa "ABG", koji uslijed konstruktivnih nedostataka produžuje vrijeme čekanja do početka zbijanja,
- nedovoljan broj ispravnih vibro – valjaka za zbijanje položenje asfaltne mase, kao i nepridržavanje režima valjanja,
- izvedba asfaltnih radova po vjetru i temperaturama zraka nižim od minimalno propisanih prema tehničkim uvjetima,
- izvedba asfaltnih radova noću u uvjetima smanjene vidljivosti, slabije organizacije ugradnje te niske temperature zraka i podloge,
- primjena tvrđeg tipa veziva od preporučenog u prethodnom radnom sastavu za mješavinu gornjeg sloja (II) asfalt-betonske obloge (BIT 60 umjesto BIT 90).

U izvještaju su dane i smjernice za provođenje sanacije.

Iz doba izgradnje su dobiveni i slijedeći dokumenti:

Izvještaj o kontroli asfaltnih radova - ispitivanje zbijenosti položenog asfalta pomoću nerazorne metode na lijevom i desnom obodnom nasipu, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, 18.05.1982. u kojem je vidljivo da je mjerenje vršeno tokom rada neposredno iza valjaka na svakih 50 metara.

Rezultati ispitivanja su prikazani kako slijedi:

- BNS
  - mjerenja su izvršena na 459 mjesta
  - udio šupljina preko 10 % - 9 mjerenja (2,0 %)
  - udio šupljina do 10 % - 450 mjerenja (98,0 %)
  - srednja zbijenost 96,3 %
  - srednji udio šupljina 4,6 %
- VODOZAŠTITNI ASFALTBETON 0/11
  - mjerenja izvršena na 962 mjesta
  - udio šupljina do 3 % - 122 mjerenja (12,7 %)
  - udio šupljina od 3-5 % - 356 mjerenja (37,0 %)
  - udio šupljina preko 5 % - 484 mjerenja (50,3 %)
  - srednja zbijenost 96,2 %
  - srednji udio šupljina 5,1 %.

Izvještaj o kontroli asfaltnih radova - ispitivanje vodozaštitnog sloja na lijevom i desnom obodnom nasipu-tekuća kontrola, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, 18.05.1982.

Iz izvještaja je vidljivo da stupanj zbijenosti ne zadovoljava 18 uzoraka od 60 (30 %), udio šupljina zadovoljava 10 uzoraka (16,7 %), tolerira se 28 uzoraka (46,7 %) a ne zadovoljavaju 22 uzorka (36,6 %). Debljina sloja je u prosjeku 55,4 mm, a koeficijent vodopropusnosti zadovoljava 46 uzoraka (76,7 %).

Izvještaj s mišljenjem i nalazima o tekućoj kontroli asfaltnih radova - ispitivanje vodozaštitnog sloja na lijevom obodnom nasipu, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, datum nepoznat.

U Izvještaju se nalaze rezultati ispitivanja asfaltnih mješavina uzorkovanih na lijevom nasipu akumulacije – 57 uzoraka bez mišljenja. Iz izvještaja je vidljivo da udio šupljina zadovoljavaju svi uzorci, a koeficijent vodopropusnosti ne zadovoljava 19 uzoraka (33,3 %).

### **3.2. Sanacija oštećenja asfaltne obloge prije početka eksploatacije 1982. godine**

U Izvještaju o rezultatima laboratorijskih ispitivanja kvalitete po izvođaču predloženih premaza za sanaciju asfalta, te mišljenjem o načinu sanacije nekvalitetno izvedene asfaltne obloge na objektu: BAZEN I DOVODNI KANAL HE ČAKOVEC, Građevinski Institut, Zagreb, 16.05.1982. god. je vidljivo da je nakon provedenog pregleda i definiranja potrebe sanacije, izvođač predložio testiranje četiri vrste premaza kao mogućih rješenja za način sanacije.

Četiri premaza su testirana u laboratorijskim uvjetima i donesen je zaključak da je samo primjenom premaza tipa asfaltmastiks prema recepturi izvođača radova došlo do bitnog smanjenja vodopropusnosti ugrađenog asfalta (od  $k = 3,9 \times 10^{-5}$  m/s na  $k = 3,9 \times 10^{-7}$  m/s). U izvještaju se i predlaže da kriterij udjela šupljina u ugrađenom sloju od max 7,0 % ( $k = 1 \times 10^{-7}$  m/s) zajedno s vizualnom ocjenom stanja površine može pomoći u ocjeni stabilnosti nekog dijela asfaltne obloge ako je za njega ustanovljeno da odstupa od tehničkih uvjeta izvedbe.

U izvještaju je predložen način sanacije premazom asfaltmastiksom na mjestima gdje udio šupljina odnosno koeficijent vodopropusnosti nisu takvi da ugrožavaju mehaničku stabilnost (trajnost) izvedene asfaltne obloge. Na mjestima gdje su udio šupljina i vodopropusnost iznad dodatno donesenih kriterija odnosno gdje je stabilnost obloge smanjena, predložena je sanacija izvedbom trećeg sloja od vodonepropusnog asfaltbetona debljine min 3,0 cm u uvaljanom stanju.

U izvještaju s mišljenjem i nalazima o rezultatima ispitivanja kontrolnih uzoraka proizvedene i ugrađene asfaltne mase namijenjene za sanaciju gornjeg (II) sloja asfaltne obloge, te zaključkom o kvaliteti izvedenih slojeva sanacije, Građevinski Institut, Zagreb, 04.06.1982. god. dani su opisi sanacije sa zaključcima i kontroli kvalitete izvedbe premaza s asfaltmastiksom te izvedbe trećeg sloja od vodonepropusnog asfaltbetona debljine min 30,0 mm u uvaljanom stanju.

U izvještaju je vidljivo da je izvođač pristupio sanaciji nekvalitetno izvedenih dijelova asfaltne obloge, nakon što su naknadnim pregledom utvrđene površine koje treba sanirati premazom tipa asfaltmastiksa, a koje trećim dodatnim slojem od vodonepropusnog asfalta. Također, vidljivo je da su lijevi i desni nasip dovodnog kanala sanirani premazom i to lijevi nasip u površini od 4.488,4 m<sup>2</sup> od ukupno 49.988 m<sup>2</sup>, a desni nasip u površini od 5.768,0 m<sup>2</sup> od ukupno 44.852 m<sup>2</sup>.

Obodni nasipi akumulacije su sanirani i premazom i izvedbom trećeg sloja. Lijevo nasip akumulacije je saniran premazom u površini od 13.761,3 m<sup>2</sup> od ukupno 122.100 m<sup>2</sup> te izvedbom trećeg sloja u površini od 80,0 m<sup>2</sup> od ukupno 122.100 m<sup>2</sup>. Desni nasip akumulacije je saniran premazom u površini od 19.822,8 m<sup>2</sup> od ukupno 108.450 m<sup>2</sup> te izvedbom trećeg sloja u površini od 14.633,3 m<sup>2</sup> od ukupno 108.450 m<sup>2</sup>.

U zaključku izvještaja je navedeno da je sanacijom asfaltne obloge povećana njena otpornost na degradaciju površine, čime je produžena i njena trajnost obzirom na stanje prije sanacije. Međutim, sanaciju je trebalo izvesti u potpunosti i po cijeloj za sanaciju označenoj površini nekvalitetno izvedene asfaltne obloge.

Iz perioda sanacije 1982. godine su dobiveni:

- Izvještaj o kontroli asfaltnih radova - na sanaciji nasipa HE Čakovec izvedenih premazom od mastiksa, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, 18.05.1982. god. u kojem je vidljivo da je premaz rađen prema prethodnom radnom sastavu H-180. Tijekom proizvodnje su se kontrolirala stalno 2 pokazatelja i to granulometrijski sastav mase s udjelom bitumena te otpornost mase na puzanje kod temperature od 60°C kroz 24 sata na nagibu 1:2.

- Izvještaj o kontroli asfaltnih radova – ispitivanje zbijenosti nerazornom metodom III sloja na desnom nasipu bazena, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, 19.05.1982. god. u kojem je vidljivo da su izvršena 33 mjerenja te da je srednja zbijenost 97,6 % te srednji udio šupljina 4,4 %.

Izvještaj o kontroli asfaltnih radova - III sloja vodonepropusnog asfaltbetona 0/8 na desnom obodnom nasipu bazena, SOUR HIDROELEKTRA, Zagreb, 19.05.1982. god. Iz izvještaja je vidljivo da je asfaltna mješavina proizvedena prema prethodnom radnom sastavu br. H-183 te da je udio veziva od 7,0 do 7,9 % s udjelom šupljina od 1,2- 2,6 %. Vodopropusnost asfaltna mješavine bila je  $k = 1 \times 10^{-8}$  m/s.

### 3.3. Sanacija oštećenja asfaltne obloge 1985. godine

Prvi zapis u kojemu se spominju uočena oštećenja na asfaltu desnog nasipa akumulacije je datiran s 06.09.1985. godine. U njemu predstavnik naručitelja traži od izvođača popravak na osnovi garancije i opisuje oštećenja kao:

- "odlupljivanje i otpadanje pločastih dijelova u cijeloj debljini gornjeg sloja
- ispadanje pojedinih zrna u manjim gnijezdima dubine do prvog sloja."

Najviše loših mjesta je tada bilo u zoni promjene vodostaja – "radni metar" od kote 168 do 167 m.n.m., s dosta oštećenih mjesta koja dopiru i do kote 166 m.n.m..

Obilazak i pregled asfaltbetonske obloge desnog nasipa akumulacijskog jezera je obavljen 12.09.1985. godine i iz zapisa (Elektroprojekt, Zagreb, 16.09.1985.) Iz pregleda je vidljivo da je uočen niz oštećenja gornjeg sloja obloge između stacionaža 0+973 i 1+510 desnog obodnog nasipa. Na cijelom potezu je primijećen veliki broj mjesta s lako uočljivom oštećenom strukturom površinskog sloja obloge u području oscilacija nivoa vode u akumulacijskom jezeru. Asfaltbeton se na tim površinama lako mrvio i otkidao od donjeg sloja, često bio obrastao s algama i zadržavao vlagu na površini dugo nakon kiša i valova. Zaključak s pregleda je bio da se gornji sloj pod utjecajem zime odvojio od donjeg sloja asfaltbetona te da je obloga podložna daljnjem oštećivanju uslijed djelovanja leda. Na radim spojevima su uočene pukotine koje se šire. Na mjestima gdje je vršen premaz mastiksom uočeno je ljuštenje i otpadanje mastiksa te se zaključilo da mastiks kao materijal za sanaciju nepravilno izvedene obloge nije siguran.

Na dva mjesta su uočena oštećenja obloge koja su ozbiljna i direktno ugrožavaju sigurnost nasipa. U oba slučaja je gornji sloj obloge otpao i otkrio donji sloj obloge površine od 2 – 4 m<sup>2</sup>. Traženo je da se asfaltbetonska obloga obodnih nasipa dovede u projektirano stanje, što znači da treba izvesti gornji sloj debljine 5 cm, u skladu s tehničkim uvjetima izvedbe definiranim u Glavnom projektu HE Čakovec.

Nakon pregleda je donešen tehnološki prijedlog sanacije (Zapisnik sa radnog dogovora u vezi sanacije asfaltbetonske obloge desnog nasipa akumulacije HE Čakovec, 7.10.1985.) u kojemu je dogovorena primjena asfaltnog mastiksa prema recepturi PRS-H180. Površine će se očistiti, prethodno namazati bitumenskom emulzijom nakon čišćenja te nanijeti mastiks.

Projektant se složio s navedenim načinom sanacije uz opasku da je ovaj način samo privremena zaštita, radi neprilika koje bi mogle nastati u toku naredne zime, i zbog toga što ne postoje sigurni vremenski periodi u kojima bi se moglo na projektom propisani način vršiti kvalitetan popravak oštećenih površina.

Radovi bi se trebali odvijati između 9. i 15. listopada – ovisno o pristizanju bitumena.

O navedenim radovima sanacije ne postoje nikakvi dokumenti.

Od naručitelja je, međutim, dobiven "Izvještaj o sanaciji vodozaštitnog sloja desnog obalnog nasipa bazena u km 1+520", Građevinski institut, 1985. godine".

U izvještaju je navedeno da je u km 1+520 desnog obalnog nasipa akumulacije HE Čakovec došlo do odljepljivanja vodozaštitnog sloja asfalta od nosivog sloja u količini cca 50 m<sup>2</sup>. Izvršen je obilazak nasipa od strane projektanta, izvođača i investitora (10.09.1985.) te je uzet uzorak asfaltne mase vodozaštitnog sloja.

Dogovoreno je da se privremeno zaštiti nosivi sloj nanošenjem mastiksa u debljini od 5 mm.

Laboratorijskim ispitivanjima uzorka konstatirano je da je do odljepljivanja sloja došlo zbog tvrdog tipa bitumena (BIT 25) i niskog stupnja zbijenosti. Nizak stupanj zbijenosti posljedica je manje debljine ugrađenog sloja (32 mm) od projektiranih 50 mm i nepovoljnih vremenskih uvjeta za vrijeme ugradnje (mjesec studeni i prosinac). Tvrđi tip bitumena posljedica je pregrijavanja asfaltne mješavine za vrijeme proizvodnje u asfaltnom postrojenju. Pregrijani bitumen nema svojstvo ljepljivosti i vrlo teško dolazi do čvrste veze između slojeva.

Na predmetnoj dionici je izvršena sanacija na način da se vodozaštitni sloj odvojio od podloge nosivog sloja do dijela gdje je potpuno slijepljen za podlogu. Površina se očistila i osušila i na tako pripremljenu površinu se nanosio asfaltmastiks i debljini od 5 mm. Mješavina je proizvedena po prethodnom radnom sastavu H-209 na asfaltnom postrojenju izvođača u Ježdovcu u Zagrebu i transportirana specijalnim kohericama s mješalicom i grijačem.

Tijekom ugradnje je uzet jedan uzorak za laboratorijska ispitivanja i rezultati ispitivanja su pokazali da ugrađena mješavina zadovoljava kao privremeno rješenje zaštite nosivog sloja.



### 3.4. Sanacija oštećenja asfalt-betonske obloge 1986. godine

Asfaltna obloga nasipa akumulacije je pregledana 09.07.1986., što je vidljivo iz "Izvještaja o pregledu asfaltbetonske obloge nasipa bazena HE Čakovec i mišljenje o popravku", Elektroprojekt, Zagreb, 15.07.1986. Pregledani su vidljivi dijelovi obloge, posebno popravljena mjesta u listopadu 1985. godine.

Zaključci s pregleda su bili slijedeći:

- 1) "Obloga desnog nasipa je na prva 2,5 km od brane u području od kote 168 m.n.m. do površine vode u lošem stanju za što je najuočljiviji znak zadržana vlaga na većem dijelu spomenute površine.
- 2) Mastiks, s kojim su u listopadu premazana najoštećenija mjesta, dobro je prezimio.
- 3) Osim oštećenja premazana mastiksom pojavila su se u nova oštećenja kao npr. na stac. 0+250, 0+310, 0+480, 0+500, 0+760, 0+800, 0+970, 1+250 i 5+910.
- 4) Na lijevom nasipu ima mnogo manje oštećenja, ali i tu je npr. na stac. 2+850 počelo razaranje obloge, a na nekoliko mjesta je mastiks stavljen preplitko pa se obloga počela oštećivati tamo gdje nije presvučena mastiksom.
- 5) Obloga dovodnog kanala nije pregledavana, ali su iz daljine uočene vlažne površine obloge što znači da na tim mjestima i nju treba popraviti."

U izvještaju su dani i osnovni principi popravka koji nalažu da se podloga popravkom mora dovesti u projektirano stanje (gornji sloj debljine 5 cm) koji ne smije imati više od 3 % šupljina i koji mora ostati stabilan iznad vode pri visokim temperaturama, da se treba popraviti sva obloga koja ostaje vlažna nakon sniženja vodostaja u jezeru te da popravak mora biti cjelovit jer je neprihvatljivo svako godišnje popravljavanje koje uzrokuje značajne energetske gubitke.

Izvještaj sa spomenutog pregleda je dao i Građevinski institut 15.07.1986. god. U njemu su navedeni različiti tipovi oštećenja po stacionažama.

U zaključku izvještaja je navedeno da sanacija premazom od asfaltmastiksa koja je obavljena u proljeće 1982. god. nije dovela do trajnije zaštite nekvalitetno izvedenih dijelova obloge.

Interventna sanacija u jesen 1985. godine je privremeno zaustavila daljnji tijek degradacije obzirom da se sva pokrivena oštećenja "dobro drže".

Također, navedeno je da se sanacija premazom tipa asfaltmastiksa može smatrati privremenim ili interventnim rješenjem, kojim se na kratak rok sprječava proces postupne degradacije asfalta.

Kao trajnije rješenje preporučuje se postupak presvlačenja oštećenih dijelova trećim slojem od vodonepropusnog asfaltbetona 0/8 mm, debljine min. 30 mm u zbijenom stanju. Takvim načinom bi se trebala obaviti sanacija desnog nasipa na dijelu obloge od cca km 0+100 do km 1+800 od minimalne kote 165,50 m.n.m do kote 168 m.n.m., te sva ona mjesta gdje je došlo do dublje erozije nekvalitetno izvedenih dijelova obloge asfalta s mjestimičnim odvajanjem gornjeg sloja asfalta (II).

Sva ostala mjesta manjih oštećenja treba sanirati premazom tipa asfaltmastiksa na dosada primjenjivan način. U izvještaju je detaljno opisan i postupak pripreme podloge te mogući način ugradnje asfaltne mješavine.

Iz "Zapisnika sa komisijskog pregleda asfaltbetonske obloge nasipa bazena i dovodnog kanala HE Čakovec unutar garantnog roka od 5 godina", nepoznatog datuma te podrijetla, je vidljivo da su pregledi obloge obavljani u periodu od 08.09.1986. do 10.10.1986. godine. Konstatacija s pregleda je da bi bilo nužno u 1986. godini popraviti dionicu od km 3+200 do 0+400 desnog nasipa akumulacije. Za lošija mjesta odabran je popravak novim asfaltnim slojem po projektu za vododrživi sloj a mjesta koja su bila manje (pliće) oštećena predložena je sanacija mastiksom.

Tako je Hidroelektra Zagreb kao izvođač u vremenu od 12.09.1986. do 10.10.1986 vršila popravak dionice 3+200 do 0+900 desnog nasipa akumulacije prema tehnologiji koja je ranije prihvaćena (nije specificirano koja), uz dopunu da se spojna mjesta novog i starih slojeva naknadno premažu mastiksom. Asfaltna mješavina je bila proizvedena na asfaltnoj bazi ROC Varaždin u Motičnjaku a od 3.10.1986. god. na AB Hidroelektre na gradilištu HE Dubrava.

U zapisniku je još navedeno da je u pregledu 10.10.1986. god. utvrđeno da su na značajnim površinama unutar radnog metra primjećene sferične ljuske gline. Predložilo se tada da se otkrije da li je oštećena asfaltna površina ispod tih ljuski oštećena zbog lošeg sastava bitumena, sastava asfalta ili utjecaja gline. Hitno se nalaže uzorkovanje asfalta i mastiksa na mjestima gdje su viđene ljuske kao i sa bliske površine bez ljuski.

Iz dopisa od 10.12.1986. god. je vidljivo da su ti uzorci dostavljeni u Građevinski institut, međutim, nije poznato kakvi su rezultati ispitivanja te što se zaključilo.

U "Izvještaju o radovima na kontroli kvalitete sanacijskih radova na desnom obodnom nasipu HE Čakovec u 1986. godini, Građevinski institut, Zagreb, prosinac 1986" je obrađena već spomenuta kronologija radova 1986. godine uz detaljne opise tehnologije ugradnje asfalta te rezultate ispitivanja asfalta.

Iz izvještaja se vidi da je vodozaštitni asfalt bio ugrađivan na desnom nasipu akumulacije od km 0+796,5 do km 3+256 diskontinuirano. Sloj asfalta je polagan na udaljenosti od 2,45m od krune nasipa u duljini 4,0 metra prema koti vode 165,5 m.n.m.. Asfaltmastiks je ugrađivan na površinu između 2+193,3 do km 3+172,3 diskontinuirano.

Rezultati ispitivanja asfaltmastiksa su pokazali da svojstva oba ugrađivana mastiksa ne pružaju dovoljno garancije kao trajno rješenje sanacije većih površina.

Proizvedena asfaltna mješavina u potpunosti je zadovoljila kriterije propisane Tehničkim uvjetima izvedbe HE Čakovec. Izvedeni sloj vodozaštitnog asfaltbetona također zadovoljava spomenute uvjete.

### **3.5. Sanacija oštećenja asfalt-betonske obloge 1987.godine**

Iz dopisa od 12.08.1987. je vidljivo da je pregledana obloga nasipa akumulacije. Ustanovljeno je da je popravak iz 1986. većim dijelom uspio, ali da je na manjem dijelu došlo do puzanja novog vodonepropusnog sloja, pa su se na gornjem rubu pojavile pukotine od nekoliko milimetara do 25 cm širine. Dovedena je u pitanje prionjivost novog i starog sloja.

Nadalje, uočeno je otpadanje gornjeg sloja na 10 lokacija na lijevom nasipu akumulacije u pojedinačnim površinama i do 10 m<sup>2</sup>, koje se stalno povećavaju. Procijenjeno je da će hitno trebati zakrpati cca 100 m<sup>2</sup> asfaltnog zastora. U dopisu su pozvani izvođači, projektanti te nadzor na komisijski pregled.

U "Bilješci sa pregleda i dogovora o uzorcima i načinu popravka oštećene asfaltbetonske obloge desnog nasipa akumulacije HE ČAKOVEC", koju je izradio predstavnik Naručitelja 18.08.1987. godine je vidljivo da je komisija sastavljena od projektanta, izvođača, nadzora te naručitelja izvršila preliminarni pregled stanja asfaltbetonske obloge desnog nasipa akumulacije, na mjestima popravka iz 1986. godine (dionica od 3+200 do 1+200) te na dionici od km 5+600 do 5+900 gdje se nije izvršio popravak zbog nedostatka povoljnog vremenskog razdoblja.

Pregledom je utvrđeno da je sanacija uspjela na vidljivim površinama većeg dijela promatrane dionice. Na dijelu dionice u dužini od 12 metara (1+490) je došlo do klizanja do 25 cm niz kosinu starog asfaltbetona, na kojem je izveden treći sloj asfalta. Ronioci su pregledali donji rub trećeg sloja i utvrdili da je došlo do ispupčenja, pucanja, drobljenja i odvajanja od podloge. Primijećene su i pojave razvlačenja mase za zalijevanje rubova. Površine zaštićene mastiksom su bile u dobrom stanju iako se nije poštivala receptura prema kojoj je mastiks trebao biti proizveden.

Na dionici od km 5+645 do 5+970 ogoljen je BNS u površinama do 10 m<sup>2</sup>. Debljina vodonepropusnog sloja je na toj dionici bila vrlo mala, između 2 i 3 cm. Sloj vodonepropusnog asfalta oko ogoljenih površina se mogao vrlo lako lomiti u odvajati rukom od BNS-a. Komisija je zatražila drugi pregled, pri koti ispod 166,0 m.n.m.. Prilikom tog pregleda bi se trebali vaditi uzorci na svim sumnjivim mjestima.

Zaključak komisije je bio da se sve ogoljele površine saniraju nanošenjem novog kvalitetnog vodonepropusnog sloja u debljini od 5 cm tijekom rujna 1987. godine. U slučaju nepovoljnih vremenskih uvjeta dozvoljava se presvlačenje površina kvalitetnim mastiksom. Te se površine sljedeće godine trebaju sanirati nanošenjem novog kvalitetnog vodonepropusnog sloja u debljini od 5 cm uz prethodno skidanje mastiksa.

Opća ocjena je bila, da će HE Čakovec imati i nakon popravaka po obvezama iz garantnog roka, znatne izdatke na održavanju i sanaciji asfaltnih obloga nasipa. Asfaltna obloga nije bila kvalitetno izvedena pa će popravke trebati vršiti svake godine.

Drugi pregled je održan 01.09.1987. što je dokumentirano u sadržaju dopisa "Bilješka sa pregleda i dogovora o uzorcima i načinu popravka oštećene asfalt-betonske obloge desnog nasipa akumulacije HE Čakovec održanog dana 01.09.1987., Elektroprojekt, 04.09.1987.

Zaključci bilješke su:

- Smatra se da je sanacija asfaltne obloge nasipa od stac. 0+796 do 3+260 km izvršen 1986. godine uspjela. Horizontalne pukotine nastale na spojevima trećeg i drugog sloja trebaju se sanirati prevlačenjem trake mastiksa po pukotini
- Uočeno sklizanje trećeg i drugog sloja na potezu od km 1+482 do 1+494 se treba sanirati uklanjanjem slojeva do donjeg nosivog sloja te izvedba vodonepropusnog drugog sloja
- Oštećenja obloge od stac. 5+430 do 5+970 se trebaju sanirati tako da se na nosivi sloj ugradi vodonepropusni drugi sloj. Djelomično "izjedene" površine starog drugog sloja se smiju sanirati mastiksom sa azbestnim vlaknima

- Sva uočena oštećenja desnog nasipa akumulacije se moraju popraviti u tekućoj godini (1987.). Samo u slučaju da prije zime nije moguće organizirati dogovorenu sanaciju, dopušta se privremeni popravak svih oštećenja prema tehničkim uvjetima izvedbe propisanim projektom.

Treći pregled je održan 01.10.1987. god. što je dokumentirano u sadržaju dopisa „Bilješka sa pregleda asfalt-betonske obloge desnog nasipa akumulacije HE Čakovec održanog dana 01.10.1987.god.“ Iz bilješke je vidljivo da je u tijeku sanacija asfalta na stacionaži 1+800 DNA.

Pregledana je obloga cijelog desnog nasipa akumulacije pri vodostaju u jezeru na koti 165,00 m.n.m.. U zoni oscilacija u akumulaciji je primijećena pojava mrežastih pukotina dubine od 3 mm na asfalt-betonskim površinama i na površinama mastiksa.

Zaključci bilješke su:

- Potrebno je ispitati tri skupine uzoraka asfaltne obloge (s desnog nasipa akumulacije, dovodnog kanala i lijevog nasipa akumulacije) na kojima će se ispitati debljina obloge i postotak šupljina. Za svaku skupinu je potrebno uzorkovati 2 uzorka, jedan s jedan bez mrežastih pukotina na površini
- Potrebno je pregledati asfaltbetonsku oblogu na akumulaciji HE Varaždin pri koti od 190,00 m.n.m. kako bi se provjerilo da li ima sličnih pojava mrežastih pukotina
- Potrebno je pregledati oblogu dovodnog kanala u području kolebanja vodostaja te procijeniti zastupljenost mrežastih pukotina u odnosu na neoštećene površine
- Potrebno je ispitati uzorak cestovnog mastiksa kojim je provedena sanacija dijela obloge 1986. godine kako bi se utvrdio točan sastav spomenutog mastiksa.

Naručitelj ne posjeduje zapis kojim bi se potvrdilo da li su navedeni pregledi i ispitivanja obavljena te kakvi su bili eventualni zaključci.

### **3.6. Sanacije i pregledi u periodu eksploatacije od 1988. do 2013. godine**

#### **1988. godina**

Iz 1988. godine nije dobiven nikakav zapis o pregledu niti o sanaciji asfaltbetonske obloge.

#### **1989. godina**

Iz 1989. godine je dobivena "Bilješka o pregledu asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec dne 16.10.1989. godine". Iz nje je vidljivo da nema mnogo oštećenja asfaltne obloge nasipa akumulacije i dovodnog kanala. Na desnom nasipu akumulacije se spominju oštećenja mastiksa i oštećenje gornjeg sloja obloge na jednom mjestu. Na lijevom nasipu akumulacije je uočena jedna otvorena radna reška. Na dovodnom kanalu je evidentirano 7 otvorenih reški na lijevom nasipu i jedna na desnom nasipu.

#### **1990. godina**

Iz 1990. godine je dobivena "Bilješka o pregledu asfaltbetonske obloge nasipa HE Čakovec dne 24.08.1990. godine". Iz nje je vidljivo da su oštećenja od zadnjeg obilaska značajno napredovala na desnom nasipu akumulacije. Uočena oštećenja su grupirana i podijeljena na tri skupine:

- 1) Oštećenja obloge prije puštanja elektrane u pogon
- 2) Oštećenja presvlake od mastiksa izvedenoj do 1982. godine
- 3) Oštećenja na popravljenim dijelovima obloge.

Na oblozi izvedenoj do 1982. godine najveća oštećenja su nastala na nepoznatoj lokaciji na dužini od oko 160 m gdje je dio gornjeg sloja otkinut.

Presvlaka mastiksom izvedena do 1982. godine postupno propada.

Popravljeni dijelovi obloge također postupno propadaju. U bilješki je navedeno da je propao pokušaj postavljanja trećeg sloja obloge, jer je njime oslabljena veza između prvog i drugog sloja pa se drugi i treći sloj kližu po najdonjem sloju.

Zaključci iz bilješke su da je potrebna hitna sanacija površina na kojima je preostao samo donji sloj. Popravak mora biti takav da se obloga dovede u projektirano stanje

Iz dopisa "ASFALTNA OBLOGA OBODNIH NASIPA AKUMULACIONOG JEZERA HE ČAKOVEC – KRONOLOGIJA I ORGANIZACIJA POPRAVKA" je vidljivo da je predložen izvođač koji može izvršiti sve zadane popravke, te da se s radovima treba započeti 20.09.1990. i dovršiti ih do 30.09.1990.

Nije poznato što se i na koji način saniralo jer ne postoje daljnji zapisi iz te godine.

Nakon 1990. godine nisu dobiveni nikakvi podaci o eventualnim većim sanacijama asfaltne obloge.

### **2010. godina**

U zaključku "Izvještaja o tehničkim promatranjima u 2010. godini – godišnji izvještaj za velike brane, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, ožujak 2011. godine" za asfaltbetonsku oblogu akumulacije je navedeno: " Na asfaltbetonskoj oblozi nasipa su vidljiva uobičajena oštećenja koja su sanirana za vrijeme spuštenog vodostaja u akumulaciji."

### **2012. godina**

U zaključku " GODIŠNJEG IZVJEŠTAJA O OBRADI I INTERPRETACIJI PODATAKA TEHNIČKOG PROMATRANJA ZA 2011. GODINU – HE ČAKOVEC, Institut IGH d.d, Zagreb, travanj 2012. godine" za asfaltbetonsku oblogu akumulacije je navedeno: "Obloga nasipa akumulacijskog jezera trenutno je u zadovoljavajućem stanju i osigurava pouzdan rad elektrane i sigurnost okoline od posljedica izlivanja vode iz jezera. Međutim, vidljivo je da se sanacija asfaltne obloge odvija iz godine u godinu bez trajnijeg rješenja pa se predlaže provođenje istražnih radova na asfaltnoj oblozi od strane specijalističkog laboratorija te njihov prijedlog adekvatnijeg tipa asfalta koji bi se mogao koristiti za sanacije asfaltnih obloga na nasipima akumulacije HE Čakovec". Za nasipe dovodnog kanala je navedeno: " Nasipi dovodnog kanala ocjenjuju se stabilnima. Asfaltbetonska obloga nasipa je bez značajnijih promjena u odnosu na prethodne godine. Lokacije popravaka i zatvaranja pukotina su bez bitnih promjena. Zatvaranja otvora nastalih pukotina u suhom dijelu obloge kanala se kontinuirano provode tako da je sustav pukotina u oblozi kanala pod nadzorom i kontrolom."

### **2013. godina**

U zaključku " GODIŠNJEG IZVJEŠTAJA O OBRADI I INTERPRETACIJI PODATAKA TEHNIČKOG PROMATRANJA ZA 2011. GODINU – HE ČAKOVEC, Institut IGH d.d, Zagreb, travanj 2013. godine" za asfaltbetonsku oblogu akumulacije je navedeno: Obloga nasipa akumulacijskog jezera trenutno je u zadovoljavajućem stanju i osigurava pouzdan rad elektrane i sigurnost okoline od posljedica izlivanja vode iz jezera te se na temelju provedenih tehničkih promatranja ocjenjuju kao stabilni i sigurni. Ove godine su provedeni istražni radova na asfaltnoj oblozi od strane specijalističkog laboratorija nasipima akumulacije i dovodnog kanala HE Čakovec".

### **3.7. Istražni radovi na asfaltnoj oblozi nasipa akumulacije HE Čakovec 2013. godine**

Problem oštećenja asfalt-betonske obloge nasipa, kojemu su uzrok djelovanje leda i valova, prisutan je na sve tri hidroelektrane (na HE Varaždin i HE Dubrava u manjem obimu). Iz tog razloga svake godine se u ljetnim mjesecima snižava vodostaj u akumulacijama i obavlja sanacija obloge – pukotinskih i plošnih oštećenja.

Pukotine se saniraju temeljitim čišćenjem podloge pjeskarenjem, premazivanjem bitumenskom emulzijom te zapunjavanjem pukotina fugit masom. Plošna oštećenja saniraju se odstranjivanjem oštećene i raspucane obloge, temeljitim čišćenjem podloge pjeskarenjem, premazivanjem bitumenskom emulzijom te ugradnjom nove obloge prema uvjetima iz glavnog projekta HE Čakovec.

Najizrazitija oštećenja pojavljuju se na dionici desnog nasipa akumulacije (od stacionaže 0+900 do 3+200 DNA). Na toj dionici je zbog neadekvatne izvedbe gornjeg sloja u izgradnji, izveden treći sloj obloge. Nakon dugogodišnjih pokušaja sanacije asfalt-betonske obloge nasipa, u kolovozu 2013. godine uzorkovani su uzorci asfalt-betonske obloge te su na njima provedena laboratorijska ispitivanja.

Uzorkovanje te laboratorijska ispitivanja izvršila je tvrtka "Ramtech d.o.o." iz Zagreba. Ispitivanja su obrađena u dokumentu Izvještaj broj I-2013-826 o provedbi istražnih radova te ispitivanja sastava i svojstava asfaltnih mješavina i asfaltnih slojeva na objektu Akumulacijsko jezero HE Čakovec, Ramtech d.o.o., 15.10.2013. godine. Iz izvještaja je vidljivo da su uzorci uzimani s četiri karakteristične pozicije:

Karakteristična pozicija - DNA od stac. 1+126 do 1+147;

Karakteristična pozicija - DNA od stac. 1+505 do 1+546;

Karakteristična pozicija - DNA od stac. 2+063 do 2+082;

Karakteristična pozicija - LNA od stac. 1+004 do 1+020.

Rezultati ispitivanja ugrađenih asfaltnih mješavina trećeg sloja (pozicije 1,2 i 3) pokazuju da su ugrađene mješavine vrlo niskog udjela šupljina (1,4 do 2,8 % v/v). Granulometrijski sastav ispitanih mješavina je najbliži graničnim krivuljama za asfalt tipa AB 8. Udio bitumenskog veziva se kreće od 7,0 do 8,1 %. Zaključak je da su mješavine zadovoljavajućeg sastava i svojstava obzirom na predviđenu namjenu. Ispitivanjem veziva izdvojenog iz asfaltnih mješavina utvrđeno je da je bitumen (pretpostavlja se tipa B50/70) gotovo istih svojstava kao izvorni bitumen.



Rezultati ispitivanja ugrađenih asfaltnih mješavina drugog sloja (pozicije 1,2,3 i 4) pokazuju da su ugrađene mješavine vrlo niskog udjela šupljina (1,2 do 2,0 % v/v). Granulometrijski sastav ispitanih mješavina je najbliži graničnim krivuljama za asfalt tipa AB 11. Udio bitumenskog veziva se kreće od 6,6 do 7,0 %. Zaključak je da su mješavine zadovoljavajućeg sastava i svojstava obzirom na predviđenu namjenu. Ispitivanjem veziva izdvojenog iz asfaltnih mješavina utvrđeno je da je bitumen (pretpostavlja se tipa B50/70) na pozicijama 1 i 3 oksidirao te da trenutno spada u razred tvrdih tipova cestograđevnih bitumena. Na ostalim pozicijama je bitumen gotovo istih svojstava kao izvorni bitumen.

Rezultati ispitivanja ugrađenih asfaltnih mješavina nosivog sloja (pozicije 1,2,3 i 4) pokazuju da su ugrađene mješavine udjela šupljina u rasponu od 2,4 do 5,3 % v/v. Granulometrijski sastav ispitanih mješavina je najbliži graničnim krivuljama za asfalt tipa BNS 32. Udio bitumenskog veziva se kreće od 4,3 do 4,7 %. Zaključak je da su mješavine zadovoljavajućeg sastava i svojstava obzirom na predviđenu namjenu. Ispitivanjem veziva izdvojenog iz asfaltnih mješavina utvrđeno je da je bitumen (pretpostavlja se tipa B50/70) na pozicijama 1, 2 i 3 oksidirao te da trenutno spada u razred nekoliko tipova tvrdi bitumen od početnog. Na poziciji 4 je bitumen blaže oksidirao.

Rezultati ispitivanja izvedenog trećeg (III) asfaltnog sloja na poziciji 1 pokazuju da se udio šupljina kreće od 1,3 do 3,4 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 98 – 100,1 %. Povezanost između trećeg i drugog sloja iznosi 5,6 kN (minimalno potrebno 15 kN). Zaključak je da pojava oštećenja nije posljedica nezadovoljavajuće kvalitete trećeg sloja izvedenog tijekom sanacije.

Rezultati ispitivanja izvedenog drugog (II) asfaltnog sloja na poziciji 1 pokazuju da se udio šupljina kreće od 6,6 do 8,3 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 93,6 – 95,3 %. Asfalt takvih svojstava nije vodonepropusan, slabe je otpornosti na razvoj pukotina i djelovanje vode i kratke je trajnosti. Povezanost između drugog sloja i prvog sloja ne postoji jer su se slojevi odvajali već tijekom uzorkovanja. Zaključak je da su se tijekom eksploatacije dogodila pukotinska oštećenja drugog sloja, pa je on, pod dodatnim djelovanjem trećeg sloja i uslijed nepovezanosti s nosivim slojem, počeo kliziti po pokosu akumulacije što je izazvalo plošna oštećenja asfaltne obloge.

Rezultati ispitivanja izvedenog nosivog (I) asfaltnog sloja na poziciji 1 pokazuju da se udio šupljina kreće od 4,1 do 6,7 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 98,5 – 101,3 %. Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući, zaključak je da pojava oštećenja nije posljedica nezadovoljavajuće kvalitete nosivog sloja asfalta.

Rezultati ispitivanja izvedenog trećeg (III) asfaltnog sloja na poziciji 2 pokazuju da se udio šupljina kreće od 1,5 do 15,3 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 87,2 – 95,3 %. Ispitivanjima je utvrđen vrlo visoki udio šupljina i vrlo slaba zbijenost asfaltnog sloja u zoni obloge koja je intenzivno izložena djelovanju vode. Asfaltni sloj takvih svojstava nema zadovoljavajuća svojstva vodonepropusnosti, slabije je otpornosti na razvoj pukotina i djelovanje vode te je male trajnosti. Povezanost između trećeg i drugog sloja iznosi 7,2 kN (minimalno potrebno 15 kN). Zaključak je da pojava oštećenja na poziciji 2 djelomično posljedica nezadovoljavajuće kvalitete trećeg sloja izvedenog tijekom sanacije.

Rezultati ispitivanja izvedenog drugog (II) asfaltnog sloja na poziciji 2 pokazuju da se udio šupljina kreće od 5,7 do 8,5 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 92,7 – 95,5 %. Asfalt takvih svojstava nije vodonepropusan, slabe je otpornosti na razvoj pukotina i djelovanje vode i kratke je trajnosti. Povezanost između drugog sloja i prvog sloja ne postoji jer su se slojevi odvajali već tijekom uzorkovanja. Zaključak je da su se tijekom eksploatacije dogodila pukotinska oštećenja drugog sloja, pa je on, pod dodatnim djelovanjem trećeg sloja i uslijed nepovezanosti s nosivim slojem, počeo kliziti po pokosu akumulacije što je izazvalo plošna oštećenja asfaltne obloge.

Rezultati ispitivanja izvedenog nosivog (I) asfaltnog sloja na poziciji 2 pokazuju da se udio šupljina kreće od 1,3 do 2,5 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 100,4 – 101,6 %. Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući, zaključak je da pojava oštećenja na poziciji 2 nije posljedica nezadovoljavajuće kvalitete nosivog sloja asfalta.

Rezultati ispitivanja izvedenog trećeg (III) asfaltnog sloja na poziciji 3 pokazuju da se udio šupljina kreće od 1,7 do 6,2 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 95,5 – 100,2 %. Povezanost između trećeg i drugog sloja iznosi 36,8 kN (minimalno potrebno 15 kN). Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući (osim na stacionaži u km 2+063 gdje se oštećenja nisu niti pojavila), zaključak je da se oštećenja na poziciji 3 nisu pojavila prvenstveno zbog dobre povezanosti trećeg i drugog sloja.

Rezultati ispitivanja izvedenog drugog (II) asfaltnog sloja na poziciji 3 pokazuju da se udio šupljina kreće od 3,3 do 12,4 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 89,3 – 98,4 %. Asfalt takvih svojstava nije vodonepropusan, slabe je otpornosti na razvoj pukotina i djelovanje vode i kratke je trajnosti. Povezanost između drugog i prvog sloja iznosi 16,6 kN (minimalno potrebno 15 kN). Zaključak je da se oštećenja na poziciji 3 nisu pojavila prvenstveno zbog dobre povezanosti drugog i prvog sloja unatoč nezadovoljavajućim svojstvima drugog sloja asfalta.

Rezultati ispitivanja izvedenog nosivog (I) asfaltnog sloja na poziciji 3 pokazuju da se udio šupljina kreće od 2,2 do 8,0 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 95,9 – 101,9 %. Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući, nisu uočena niti oštećenja nosivog asfaltnog sloja.

Rezultati ispitivanja izvedenog drugog (II) asfaltnog sloja na poziciji 4 pokazuju da se udio šupljina kreće od 1,5 do 6,3 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 94,9 – 100,4 %. Povezanost između drugog i prvog sloja iznosi 24,6 kN (minimalno potrebno 15 kN). Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući, zaključak je da se oštećenja na poziciji 4 nisu pojavila zbog dobre kvalitete izvedenog drugog sloja te dobre povezanosti drugog i nosivog asfaltnog sloja.

Rezultati ispitivanja izvedenog nosivog (I) asfaltnog sloja na poziciji 4 pokazuju da se udio šupljina kreće od 0,4 do 5,3 % v/v, dok je zbijenost asfaltnih slojeva u rasponu od 97,1 – 102,1 %. Obzirom da su sastav i svojstva ispitane mješavine zadovoljavajući, nisu uočena niti oštećenja nosivog asfaltnog sloja.

U Izvještaju su dane i debljine izvedenih asfaltnih slojeva na desnom nasipu akumulacije. One iznose od 53 do 130 mm u nosivom sloju (I), od 35 do 62 mm u veznom (II) sloju te od 28 do 51 mm u habajućem (III) sloju.

### **3.8. Pregled asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec prije izrade Projekta sanacije-29.kolovoza 2014.godine**

Prije izrade projekta sanacije je obavljen pregled asfaltne obloge nasipa akumulacije HE Čakovec. Pregled je dogovoren od strane Naručitelja kako bi se provjerila širina sanacije trećim slojem na desnom nasipu akumulacije te definirao početak zone radova na desnom nasipu akumulacije. Pregled se odvijao pri koti vode u jezeru od 165 m.n.m.. Tom je prilikom utvrđeno da je širina trećeg sloja 3,5 metra te da je on postavljen diskontinuirano od stacionaže 0+900 do 3+700 DNA. Postojeće stanje asfaltne obloge nasipa akumulacije i dovodno kanala dano je na nacrtima 1. i 2.

Budući da se plošna oštećenja obloge protežu do cca 9 metara od krune nasipa, Projekt je izrađen tako da se sanira samo do 9,5 m' obloge nasipa (mjereno od krune nasipa) kako bi donja uzdužna radna reška cijelo vrijeme sanacije bila suha te 1,0 metar širine krune nasipa.

### **3.9. Dosadašnji načini sanacije i izrada probnih dionica**

U zadnjih desetak godina asfaltna obloga se sanirala na mikrolokacijama određenim nakon sniženja kote u jezeru u ljetnim mjesecima. Pukotine su se sanirale temeljitim čišćenjem podloge, pjeskarenjem, premazivanjem bitumenskom emulzijom te zapunjavanjem pukotina fugit masom. Plošna oštećenja sanirala su se odstranjivanjem oštećene i raspucane obloge, temeljitim čišćenjem podloge pjeskarenjem, premazivanjem bitumenskom emulzijom te ugradnjom nove obloge prema uvjetima iz glavnog projekta HE Čakovec.

Na sljedećim slikama prikazano je stanje asfalt-betonske obloge prije početka izrade probnih polja.



Slika 4. Oštećenje AB obloge



Slika 5. Oštećenje AB obloge

## **IZRADA PROBNIH DIONICA:**

Kao osnova za izradu noveliranog projekta, a prije početka zamjene cijele obloge nasipa akumulacije izvedena su dva probna polja od po 200 m' i 100 m' kako bi se testirale dvije varijante sanacije asfalt-betonske obloge. U dogovoru s Naručiteljem radova probna polja su definirana kao:

Probna dionica A od stac. 3+450 do stac. 3+650; DNA (100+100 m') i

Probna dionica B od stac. 1+566,50 do stac. 1+666,50; DNA (50 + 50 m').

Na svakoj od probnih dionica izvedene su obje projektirane varijante sanacije prema zahtjevima Projekta sanacije i održavanja asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec br. 2320–031/14.

### **Varijanta 1: Sanacija valjanim asfaltom tipa AB 8**

Na pripremljenu površinu položen je sloj valjanog asfalta AB 8 koji u uvaljanom stanju debljine 5 cm. Asfalt tipa AB 8 je proizveden s polimerom modificiranim bitumenom PmB 40/100-65e.

Asfaltna mješavina je ugrađivana strojno, pomoću asfaltnog finišera i zbijala se valjcima i to različitim režimima ugradnje.

### **Varijanta 2: Sanacija valjanim asfaltom tipa AB 8 zaštićenog asfaltnim mastiksom**

Na pripremljenu površinu položen je sloj valjanog asfalta AB 8 koji u uvaljanom stanju debljine 4 cm. Asfalt tipa AB 8 je proizveden s polimerom modificiranim bitumenom PmB 40/100-65e. Asfaltna mješavina je ugrađivana strojno, pomoću asfaltnog finišera i zbijala se valjcima i to različitim režimima ugradnje.

Nakon ugradnje, površina asfalta je prskana emulzijom od polimerom modificiranog bitumena. Na površinu obrađenu emulzijom ugrađen je asfaltni mastiks u debljini od 1 cm i to ručno.

## 2015. godina

U periodu od 14.9. do 21.10.2015. izveden je vodozaštitni sloj asfalta tipa VAB 8 na dionici A i dionici B i to kao završni sloj debljine 5 cm prema varijanti 1 sanacije i kao podloga za asfaltni mastiks debljine 4 cm prema varijanti 2 sanacije. Na sljedećim slikama prikazan je izvedeni vodozaštitni sloj asfalta tipa VAB 8 neposredno nakon ugradnje.



Slika 6. Vodozaštitni sloj asfalta



Slika 7. Vodozaštitni sloj asfalta

U Završnom izvještaju br. 2220-1952/15 o kontrolnim ispitivanjima vodozaštitnog asfalta i materijala navedeno je da:

kvaliteta proizvedenog asfalta tipa VAB 8 za vodozaštitni sloj prema ispitanim parametrima zadovoljava zahtjeve prema toč. 3 projekta „Uvjeti kakvoće materijala za sanaciju“ te da odstupanja nisu utvrđena.

Odstupanja su utvrđena u pogledu zbijenosti i udjela šupljina ugrađenog asfaltnog sloja, te kvaliteta ugrađenog asfalta tipa VAB 8 za vodozaštitni habajući sloj ne zadovoljava zahtjeve prema toč. 3 projekta „Uvjeti kakvoće materijala za sanaciju“.

U završnom izvještaju je također konstatirano da su manja odstupanja na dionici A nego na dionici B zbog uvjeta i načina ugradnje.

## 2016. godina

Asfaltni mastiks na obje probne dionice izveden je zbog vremenskih i hidroloških uvjeta sljedeće godine u periodu od 22.8.2016. do 9.9.2016. U sklopu izrade vršen je tehnološki nadzor osiguranje i kontrola kvalitete. Na sljedećim slikama prikazan je izvedeni asfaltni mastiks neposredno nakon ugradnje.



Slika 8. Asfaltni mastiks



Slika 9. Asfaltni mastiks

U Završnom izvještaju br. 72561-2699/16 o kontrolnim ispitivanjima asfalt mastiksa navedeno je da:

- kvaliteta proizvedenog asfalta tipa Asfalt mastiksa prema ispitanim parametrima zadovoljava zahtjeve prema toč. 3 projekta „Uvjeti kakvoće materijala za sanaciju“ i OTU/01, knj. IV, toč. 7-01.9. Odstupanja nisu utvrđena.
- odstupanja su utvrđena kod ispitivanja ekstrahiranog bitumena iz proizvedenog asfalta, a razlog odstupanja standardnim postupkom ispitivanja osnovnih parametara ne možemo determinirati.

## 2017. godina

Tijekom zime 2016./2017. izvedene probne dionice su bile izložene ekstremnim vremenskim uvjetima što je prikazano na sljedećim slikama.



Slika 10. Snijeg na probnim dionicama



Slika 11. Snijeg na probnim dionicama

Obilaskom neposredno nakon otapanja snijega i leda na izvedenim probnim dionicama nisu uočena oštećenja.

Međutim, prilikom obilaska probnih dionica u lipnju 2017. god. utvrđena su oštećenja na asfaltnom mastiksu posebno na dionici B u vidu ispupčenja na površini mastiksa iz kojih se cijedi voda - „vodeni džepovi“ (slike u nastavku).



Slika 12. Oštećenja asfaltnog mastiksa



Slika 13. Oštećenja na površini mastiksa

Kao jedan od glavnih razloga oštećenja uočenih na asfalt mastiksu je i kvaliteta asfalta krune nasipa. Naime, na pojedinim dionicama krune nasipa je isprespjecana oštećenjima u vidu uzdužnih, poprečnih i mrežaštih pukotina (kao na slici dolje). Kako bi se spriječilo prodiranje vode s krune nasipa u tijelo nasipa i/ili između slojeva obloge noveliranim projektom se predviđa da se dijelovima krune koji su oštećeni izvrši zamjena završnog sloj asfalta krune nasipa u punoj širini. Dijelovi koji će biti zamjenjeni odredit će se u dogovoru s investitorom i nadzornim inženjerom.



Slika 14. Oštećenja na kruni nasipa



U sklopu izrade ove novelacije projekta zamjene asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec provedena su dodatna ispitivanja na probnim dionicama prema Programu dodatnih ispitivanja asfalt-betonske obloge nasipa br. 72560-1168/17 od lipnja 2017.

U izvještaju o provedenim dodatnim postupcima utvrđivanja kvalitete asfalta izvedenog na probnim poljima tijekom 2015. i 2016.god. obloge nasipa akumulacije HE Čakovec broj 72563-2213/17 između ostalih je navedeno da:

- kvaliteta asfalta tipa VAB 8 prema ispitanim parametrima zadovoljava zahtjeve izvedenih debljina, djelomično zadovoljava zahtjev za povezanost slojeva i ne zadovoljava propisane zahtjeve udjela šupljina, koji su posljedica nedovoljno kvalitetne izvedbe ugradnje. Svojstva izdvojenog veziva u potpunosti zadovoljavaju propisana svojstva, što znači da vezivo tijekom procesa ugradnje i vremena eksploatacije nije doživjelo znatnije promjene svojstava.

- kvaliteta asfaltnog mastiksa u potpunosti zadovoljava zahtjev za povezanost slojeva, ali su se na znatnom broju pozicija pojavile deformacije sloja u obliku „vodenih džepova“.

### **3.10. Odabir načina zamjene asfalt-betonske obloge**

Temeljem iskustava tijekom projektiranja, izvođenja i praćenja probnih dionica sanacije obloge nasipa, provedenog sustava osigarnja i kontrole kvalitete, te naknadnog utvrđivanja kvalitete i vizualnog pregleda izvedene obloge nasipa odabrani način zamjene asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec je izrada vodonepropusnog asfalt-betonskog sloja debljine 5 cm. Kako bi se povećala kvaliteta i osigurala trajnost buduće izvedene zamjene obloge nasipa akumulacije predviđena je zamjena i oštećenih dijelova krune nasipa u jednom sloju debljine 5 cm.

U nastavku je detaljnije opisan tehnološki proces izvođenja radova, tehnički uvjeti kvalitete materijala, program kontrole i osiguranje kvalitete vezano za projekt sanacije asfalt-betonske obloge iz 2017.godine.

## **4. Projekt sanacije zamjene asfalt-betonske obloge HE Čakovec 2017. godine**

### **4.1. Općenito o Projektu sanacije**

Ovom stavkom propisuju se aktivnosti izvođača radova na uvjete predviđene projektnom dokumentacijom sanacije asfaltne obloge po pojedinim fazama, od postupka određivanja veličine dnevne površine za asfaltiranje, utvrđivanja dubine freziranja (otklanjanja) postojećeg asfaltnog sloja ovisno o broju habajućih slojeva asfalta koji se freza, čišćenje i priprema površine nakon freziranja te ugradnje novog vodonepropusnog sloja asfalta. Prije početka bilo kojih aktivnosti na otklanjanju trećeg ili drugog postojećeg asfaltnog sloja potrebno je za određenu površinu rada izraditi geodetsku snimku postojećeg stanja. Po završetku radova potrebno je izraditi završnu snimku izvedenog stanja novo ugrađenog asfalta.

Prije pristupanja izvedbi, izvođač je dužan proučiti svu predmetnu projektnu dokumentaciju te sve nejasnoće ili eventualne nepravilnosti raspraviti i uskladiti s projektantom i nadzornim inženjerom.

Projektantski nadzor nad izvođenjem predmetnih radova obavlja projektant osobno ili preko svojih suradnika. Vodi brigu da se radovi izvedu prema projektu i eventualnim dopunama. Projektant ima pravo donositi odluke u slučaju kada se ukaže potreba da se izvrše izmjene pojedinih djelova projekta, bilo po opsegu, postupku ili redosljedu izvođenja radova.

Za cijelo vrijeme sanacije izvođač je dužan osigurati nosivost konstrukcije te sigurnost ljudi i građevine prema pravilima struke i važećim Pravilnicima te Zakonu o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14 i 154/14).

Izvoditelj radova mora organizirati i izvoditi sve radove na sanaciji obloge nasipa akumulacije i dovodnog kanala, najprikladnije primjeni i u skladu s Projektom uz primjenu svih propisanih mjera zaštite i važećih propisa struke i prakse. Izvođač prije početka radova mora izraditi Plan kvalitete izvedbe radova.

U Planu kvalitete izvoditelj je dužan priložiti popis asfaltnih slojeva sa kojom planira provoditi postupke skidanja postojećih asfaltnih slojeva, uređaja za čišćenje, proizvodnju asfalta, strojeva za ugradnju, valjaka, te tehničke karakteristike navedenih strojeva, kao i mogućnost rezervne opreme koje su navedene u projektu, a naročito postrojenje za proizvodnju asfalta na kojemu treba unaprijed izraditi dokumentaciju u smislu dokaza kvalitete proizvodnje.

Svi radovi na sanaciji moraju biti koordinirani i izvedeni prema dinamičkom planu odobrenom od strane nadzorne službe.

Kod pripreme, izvedbe i kontrole kvalitete treba se pridržavati uvjeta iz projekta, a za odredbe koje nisu specificirane treba se pridržavati važećih normativa i propisa.

Svaki građevinski proizvod koji će se ugrađivati mora imati dokaze o uporabivosti i važeći certifikat sukladnosti s odgovarajućom normom te izjavu o svojstvima, ako je određenim propisom uvjetovana, odnosno tehničko dopuštenje, ako norma za njega ne postoji. Još prije prve isporuke za svaki novi proizvod, koji će se ugrađivati u građevinu, nadzornom inženjeru treba za njega dostaviti sve potrebne podatke i potvrde o kvaliteti i ishoditi njegovu suglasnost za ugradnju.

Tijekom izvođenja asfaltnih radova treba provoditi tekuća i kontrolna ispitivanja.

Uzimanje uzoraka u svrhu tekućih ispitivanja obavlja izvođač na gradilištu ili asfaltnom postrojenju gdje se proizvodi asfalt pod kontrolom nadzornog inženjera ili drugi laboratorij (akreditiran prema HRN EN ISO/IEC 17025). O uzimanju uzoraka treba sastaviti zapisnik s potpunim podacima.

## **4.2. Kontrola debljine slojeva asfalta**

Određivanje dubine freziranja provodi se postupkom kontrole debljine slojeva zarezivanjem asfalta motornom pilom sa dva reza (šlic), sa međusobnim razmakom 10 - 15 cm, okomito na površinu vode do površine nosivog sloja u duljini definirane širine sanacije. Ovakav postupak provodi se na međusobnom razmaku 20 - 25 m sa prvim rezanjem od početka dijela površine predviđene za sanaciju. Mjerenjem debljine slojeva otvorenog kanala (šlica) određuje se dubina rada freze, povezano sa slijedećim kontrolnim kanalom.

### 4.3. Uklanjanje drugog i trećeg sloja asfalta

S obzirom na relativno visoku cijenu zastoja, odnosno smanjene proizvodnje električne energije sa spušenom radnom kotom akumulacije, predviđeno je u što kraćem periodu provesti pripremu i ugradnju novog asfaltnog sloja u ljetnim vremenskim uvjetima sa što manjim vremenskim zastojima, naročito u fazi pripreme. U kontekstu navedenog predviđene aktivnosti provodile bi se na dionici duljine 1000 m' u smislu otklanjanja drugog i (trećeg) sloja asfalta i otvaranja mogućnosti asfaltiranja dok se još provode radovi pripreme.

Radovi bi se provodili na način da se na dionici duljine 1000 m' započne sa radovima otklanjanja na 2/3 navedene duljine (cca 660 m') sa dvije ekipe, koje se međusobno kreću po pokosu u kontra smjeru, kako je prikazano na Shemi 1. Na taj način, mogu se započeti daljnje aktivnosti na uređenju površine i ugradnji asfalta, nesmetano od daljnjeg nastavka freziranja na preostaloj 1/3 ukupne duljine dionice.

Uklanjanje se može provoditi na dva načina ovisno o stanju površine i kvaliteti slijepljenosti starog habajućeg sloja asfalta s asfaltnim nosivim slojem. U slučaju jače slijepljenosti asfaltnih slojeva, uklanjanje se provodi mehaničkim glodanjem (frezanjem). Ako se mjestimično utvrdi loša povezanost slojeva, uklanjanje je moguće provesti postupkom struganja asfaltnih slojeva korpom bagera. Takvi slojevi se mogu lako odlijepiti, podići i sastrugati sa površine nosivog sloja, a da se isti ne ošteti. Uklonjeni asfalt odvozi se na reciklažno odlagalište.

Uklanjanje trećeg sloja asfalta, dakle vršnog sloja, vrši se na cijeloj dionici nasipa akumulacije u ukupnoj debljini i širini frezanjem ili struganjem sloja.

Uklanjanje drugog sloja vrši se u projektiranoj širini sanacije od 9,5 metara od krune nasipa te u širini od 1,0 metra po kruni nasipa. Uklanjanje se vrši na način da se ne ošteti površina postojećeg nosivog sloja.

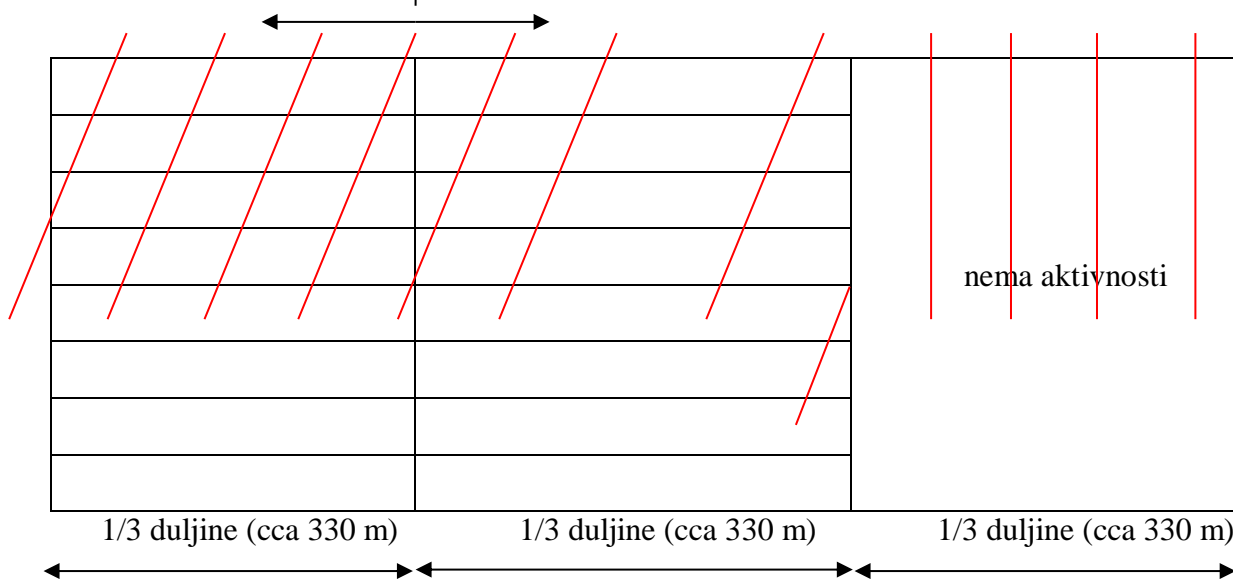
Posebnu pozornost potrebno je posvetiti da tijekom struganja ili freziranja odlomljeni materijal što manje klizi u vodu. Dijelove koji se slučajno otkližu u vodu, potrebno je pomoću bagera sa dugim kranom izvaditi sa ruba dna jezera. Postupak freziranja provodi se uzdužno po kosini nasipa, ovisno o modelu stroja u širini od 1,0 m do 2,0 m.

Shema 1: Faze izvedbe radova

FAZA I:

frezanje (1.ekipa)

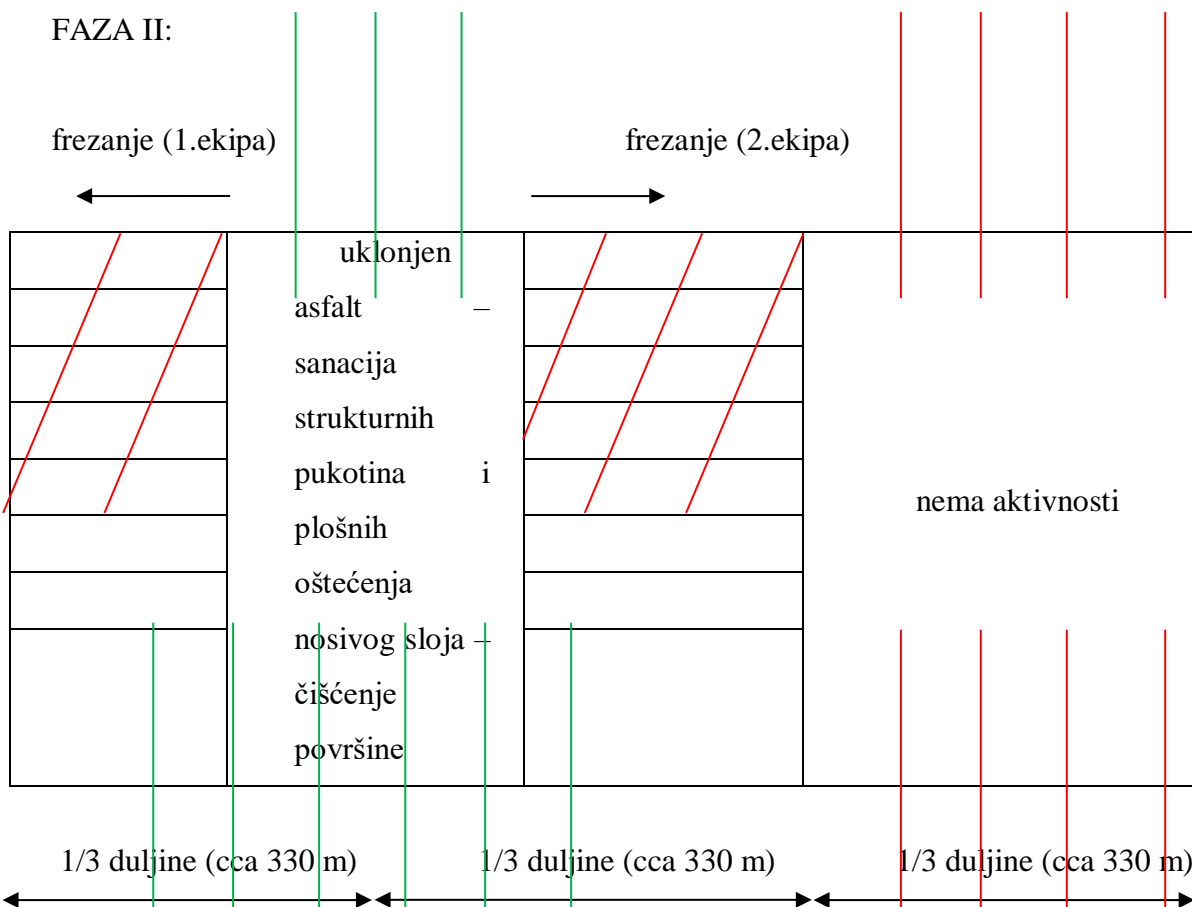
frezanje (2.ekipa)



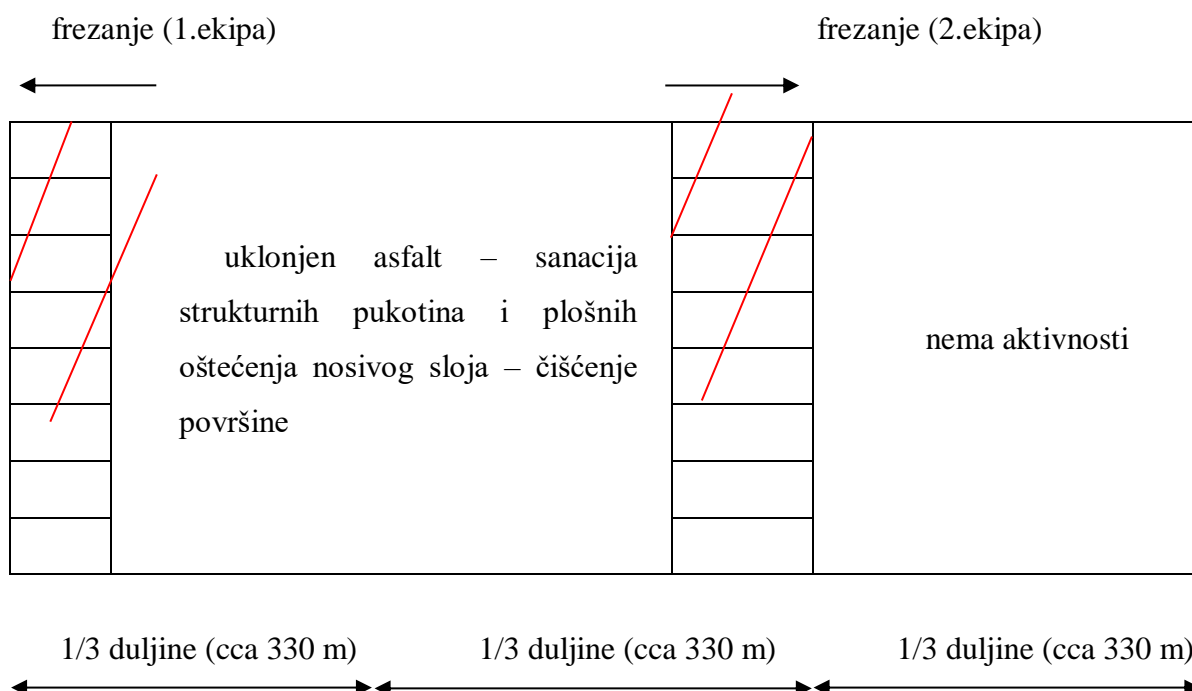
FAZA II:

frezanje (1.ekipa)

frezanje (2.ekipa)

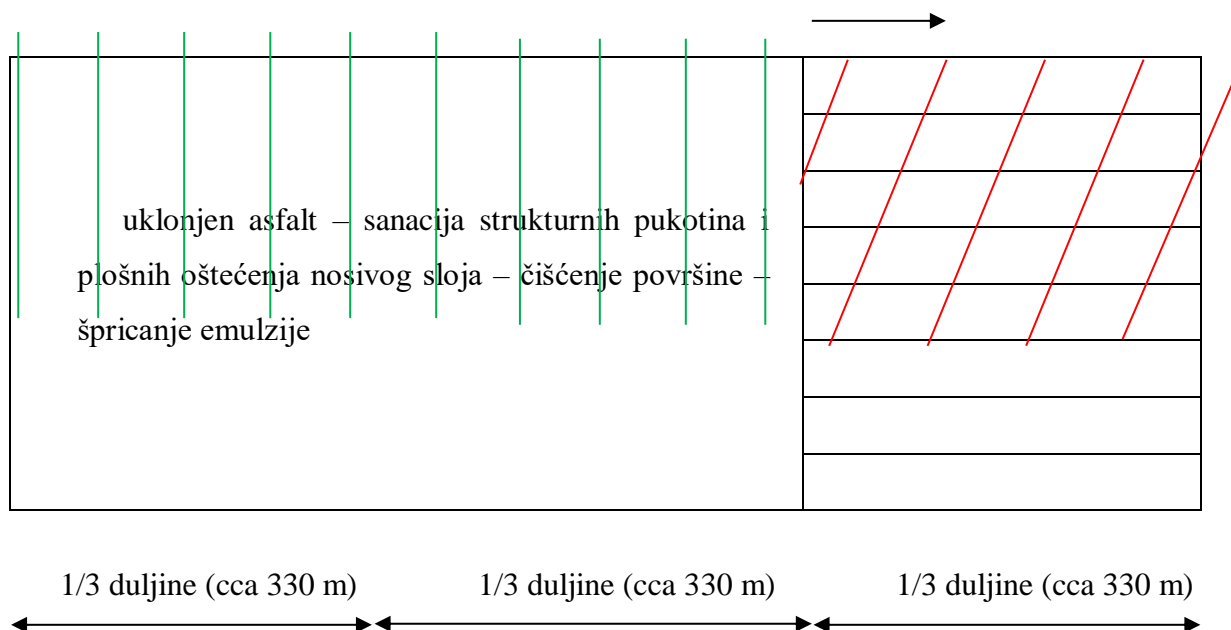


FAZA III:

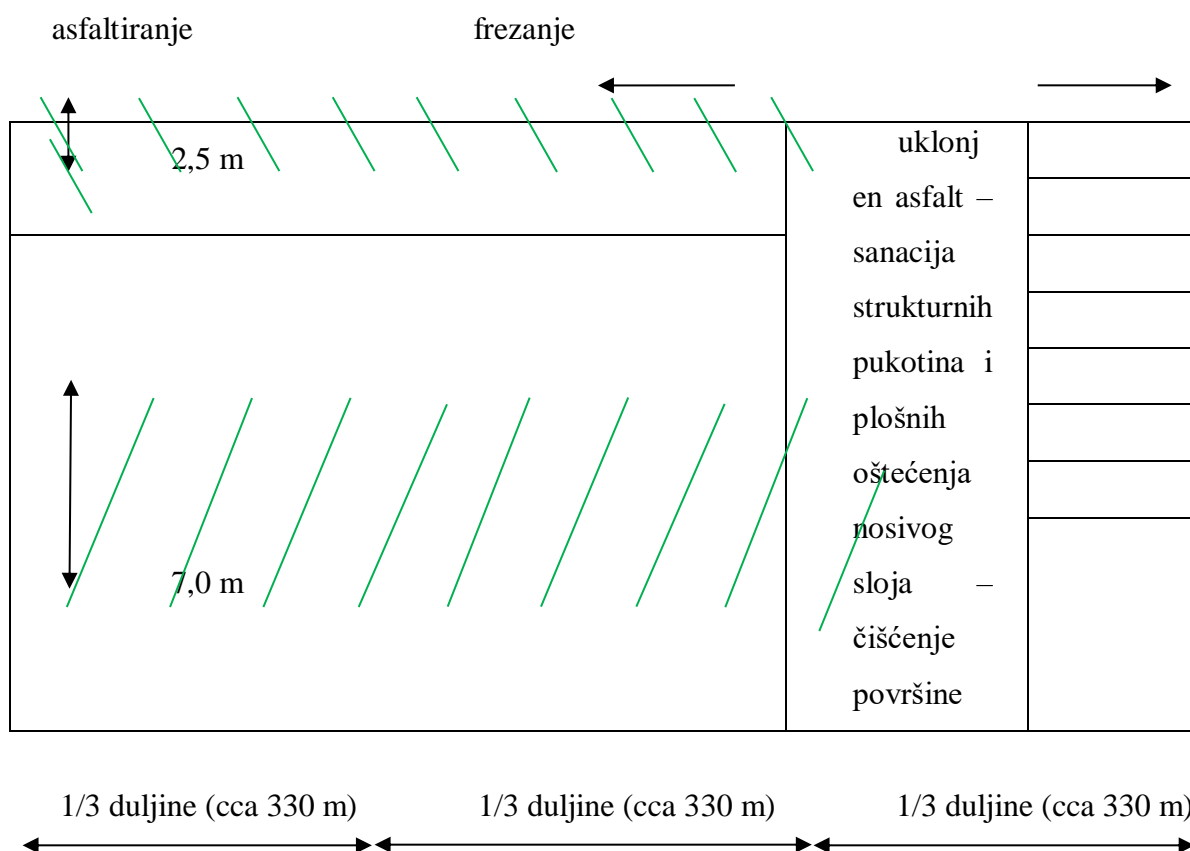


FAZA IV:

freziranje

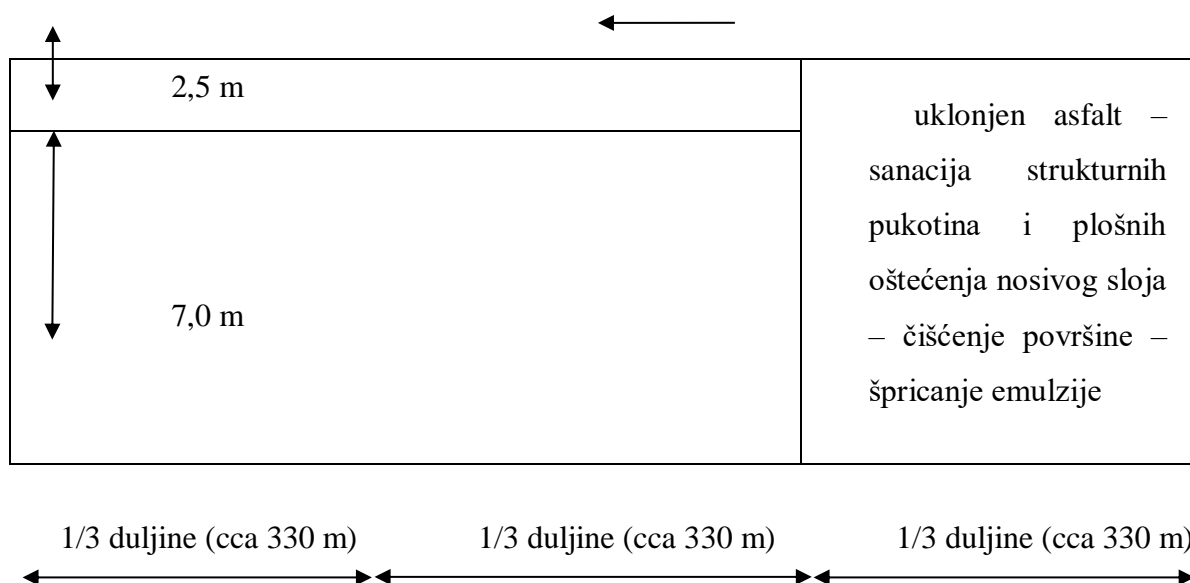


FAZA V:

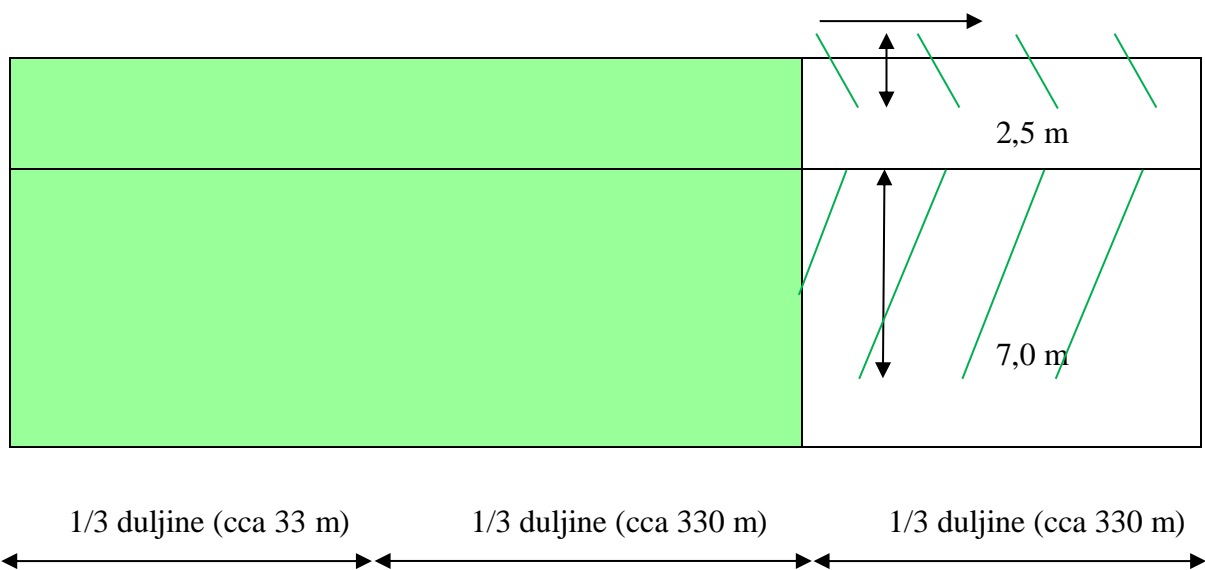


FAZA VI:

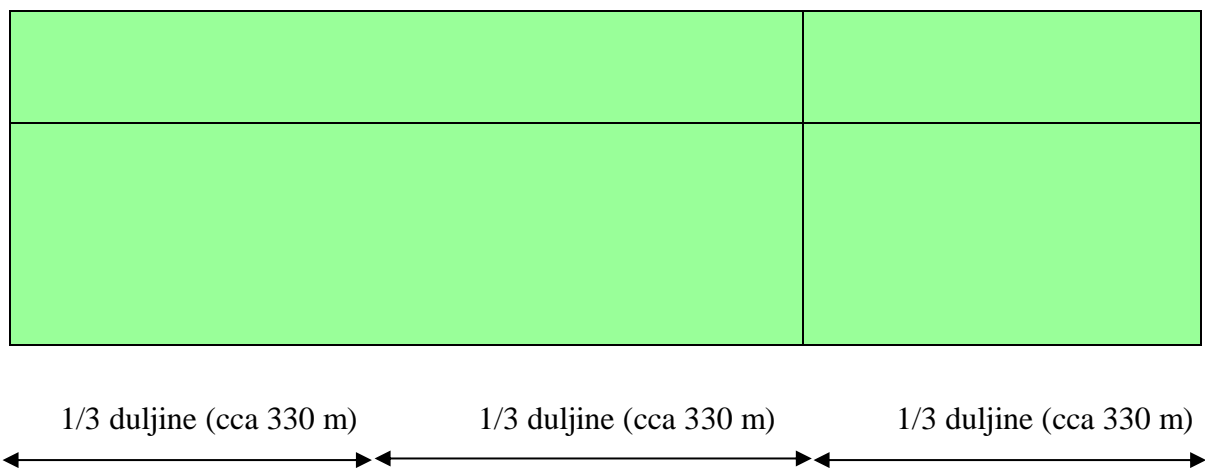
asfaltiranje



FAZA VII:  
asfaltiranje



FAZA VIII:



LEGENDA:

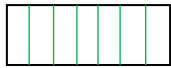


Nema aktivnosti

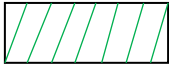


Frezanje (uklanjanje)





Sanacija pukotina i plošnih oštećenja nosivog sloja,  
priprema površine, špricanje emulzije

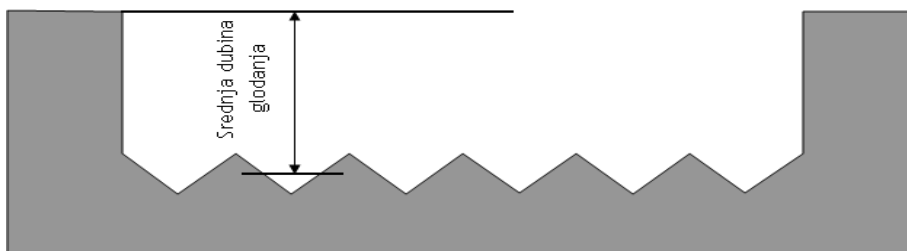


Asfaltiranje



Završeni radovi na sanaciji

Poučeni iskustvom freziranja tijekom izrade probnih dionica za monitoring 2015 g., potrebno je obratiti pažnju da je bubanj za glodanje postavljen potpuno planparalelno sa površinom koja se uklanja te sa površinom nosivog sloja koji ostaje kao podloga. Osim navedenog traži se potpuna ispravnost kruna ugrađenih na bubnju freze, kako bi obrađena površina bila jednolikog izgleda sa dubinom i visinom ostatka na površini. Na frezanoj površini ne smije zaostati vidljivi ostatak drugog sloja već samo površina nosivog sloja asfalta.



Slika 15. Prikaz debljine frezanog asfalta i izgled frezane površine

#### 4.4. Priprema podloge

Nakon freziranja, površina se mora temeljito očistiti ispuhivanjem i pranjem vodom pod tlakom (min. 300 bara). Tako priređena podloga preuzima se pregledom i upisom u građevinski dnevnik sa odobrenjem za daljnje aktivnosti. Istovremeno se utvrđuje i stanje površine (podloge) nosivog sloja. Ukoliko su detektirana vidljiva oštećenja podloge u smislu pukotina ili neke druge vrste, mora se izvršiti postupak sanacije istih prije ugradnje asfaltne mješavine. Oštećenja kao i mjesta saniranih pozicija potrebno je trajno evidentirati.

Ako su oštećenja tipa pukotina u punoj dužini pokosa, širine do 1 cm, iste je potrebno sanirati. Sanacija takve pukotine provodi se upotrebom stroja za obradu pukotina do dubine od 3 cm, te se ista nakon ispuhivanja premazuje premazom (primer) i popunjava strojno masom za popunjavanje fuga. Na istu se nakon sanacije postavlja mreža veličine otvora oka 50 x 50 mm, ovisno o širini saniranog dijela, sa napustom 50 - 60 cm lijevo i desno od pukotine. Nakon saniranih dijelova oprana i suha površina se prska ugrijanom polimernom kationskom bitumenskom emulzijom.

Drugi postupak sanacije, eventualno evidentiranog jačeg oštećenja površine nosivog sloja (npr. u smislu proširenih mrežastih pukotina, ulegnuća, raspucalih blokova, itd.), sanira se na način da se determinira pravilan oblik vađenja oštećenog asfalta (pravokutnog oblika), upotrebom pile za rezanje asfalta i pneumatskog čekića – *pikamera*. Prilikom rezanja rubova, pilu je potrebno postaviti približno pod kutem od  $45^{\circ}$  u odnosu na površinu kosine nasipa. Degradirani nosivi sloj je potrebno izvaditi u punoj debljini – do površine tamponskog sloja. Rubovi spojeva kao i otvorena podloga šprica se kationskom polimernom emulzijom, a sami spojevi dodatno se premazuju bitumenskom pastom u količini od najmanje 50 g po jednom centimetru debljine sloja na duljini od jednog metra.

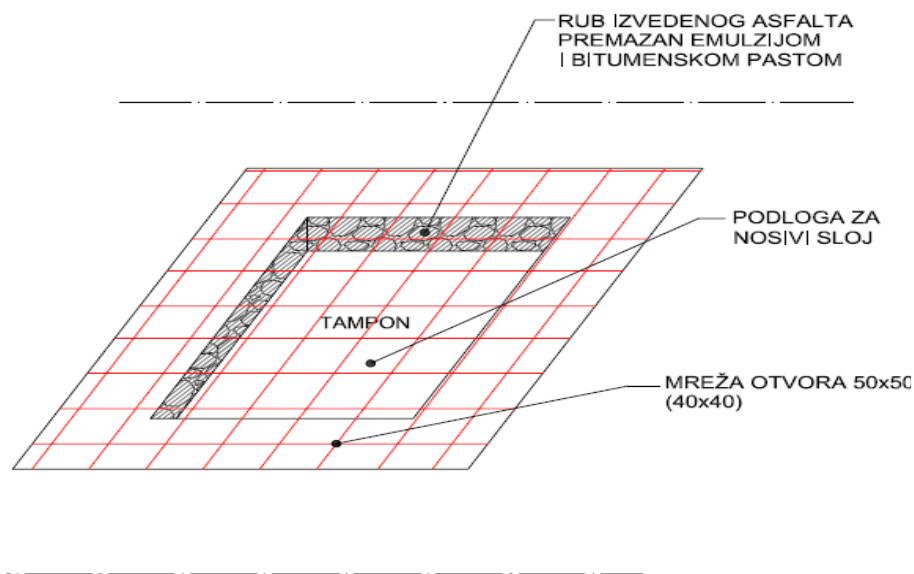
Asfaltna mješavina tipa AC 16 surf 50/70 ugrađuje se ručno te zbija manjim valjkom (min 2,5 t). Ovako sanirana površina prekriva se geomrežom pričvršćenom upucavanjem čeličnim čavlima, pištoljem ili ručno, sa prepustom po širini i dužini 50 cm od rubova sanirane površine. Za svaku saniranu površinu radi se zapis sa stacionažom, mjerenjem površine ugrađenog asfalta i utrošene površine armaturne mreže.

Zaključno, podloga na koju se polaže asfaltni sloj mora biti stabilna, nosiva, ravna, suha i čista, bez nevezanog materijala.

Najveća dopuštena neravnost podloge u uzdužnom i poprečnom smjeru, izmjerena prema normi HRN EN 13036-7, mjernom letvom duljine 3m, iznosi 10 mm.

Kada neravnost podloge prelazi navedene vrijednosti, podloga se mora poravnati na odgovarajući način glodanjem, ili izvedbom izravnavajućeg asfaltnog sloja sitno-zrnatom asfaltnom mješavinom max. veličine zrna do 8 mm.

Ostala površina nosivog sloja pripremljena za ugradnju asfalta, nakon preuzimanja od strane Nadzornog inženjera, prska se zagrijanom polimernom emulzijom u količini 0,3-0,5 kg/m<sup>2</sup>. Prskanje se vrši strojno motornom prskalicom, a potrebno ga je započeti najmanje 5 sati prije polaganja asfalta po sunčanom vremenu. Najsigurnije je površinu prešpricati dan ranije kako bi voda sigurno isparila, a bitumenski se dio vezao za podlogu.



Slika 16. Prikaz sanacije oštećenja nosivog sloja

Prije početka prskanja emulzijom, uz površinu vode u cijeloj dužini dionice, potrebno je zaštititi rub asfalta zbog mogućnosti onečišćenja. Zaštita vodnog lica može se provesti npr. postavljanjem barijera visine do 1,0 metar koje će spriječiti onečišćenje vode emulzijom ili na neki drugi prikladan način (npr. model plutajuće zaštite sa upijajućim slojem (tkanina), a koja leži na nepropusnoj foliji). Predviđenu zaštitu obavezno prihvaća i odobrava Nadzorni inženjer.

Svi uzdužni radni spojevi moraju se očistiti i zarezati pod kutem 90° u odnosu na površinu pokosa nasipa, neposredno nakon prestanka valjanja konusnim nožem čeličnog valjka. Spojevi se moraju premazati emulzijom i obraditi bitumenskom pastom za spojeve u količini od najmanje 50 g po jednom centimetru debljine sloja na duljini od jednog metra.

Prešpricana podloga prije ugradnje asfalta mora biti suha i preuzeta od Nadzornog inženjera upisom u građevinski dnevnik, sa navedenim stacionažama preuzetog dijela.

## 4.5. Proizvodnja asfaltnih mješavina-asfaltne baze

Asfaltne mješavine proizvode se na stacionarnim diskontinuiranim asfaltnim postrojenjima kapaciteta min 80 t/h. Udaljenost asfaltne baze ograničava se na max. udaljenost od 100 km od mjesta ugradnje.

Proizvođač asfaltnih mješavina obvezan je provoditi kontrolu tvorničke proizvodnje (kontrola svojstava i uskladištenja sastavnih materijala, kontrola proizvodnog pogona i procesa proizvodnje asfaltnih mješavina, te kontrola proizvedenih asfaltnih mješavina) prema točki A.4. Tehničkih uvjeta za asfaltne kolnike, (TUAK 2015.).

Zbog same specifičnosti i osjetljivosti projektirane asfaltne mješavine uvjetovana je proizvodnja iste sa frakcijama karbonatnog sastava 0/2, 2/4 i 4/8 mm. Uvjetuje se proizvodnja sa otvorima sita za vruće frakcije na asfaltnom postrojenju kompatibilnim sa nazivnim veličinama frakcija, kako bi se što sigurnije održavao projektirani sastav, što znači postavljenje adekvatnih sita za rasijavanje vrućih frakcija. Proizvođač mora imati dovoljan broj preddozatora za doziranje materijala kao i Izvještaj o baždarenju preddozatora.

Na asfaltnoj bazi frakcije agregata moraju biti uskladištene u označenim boksovima na način da se spriječi međusobno miješanje i onečišćenje te prekomjerno vlaženje agregata.

Punilo se skladišti u cisternama, a zbog važnog utjecaja na svojstva asfaltne mješavine, kvaliteta dostavljenog punila kontrolira se prilikom svake dostave nove pošiljke-cisterne. Koristi se punilo u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13043, te prema zahtjevima propisanim ovog Projekta.

Materijal koji nastaje otprašivanjem agregata u procesu sušenja, mora se odgovarajuće skladištiti u zasebnom silosu i ne smije se dozirati nekontrolirano u proces proizvodnje asfalta. Naime, u ovom slučaju, zbog upotrebe frakcija karbonatnog sastava može se koristiti povratno punilo, ali obavezno provjeravanog granulometrijskog sastava. Ako se koristi povratno punilo, i miješa sa kupovnim punilom, tada je potrebno odrediti točne omjere za miješanje dvaju punila. Navedeni omjeri moraju biti prikazani u radnom sastavu za asfaltne mješavine.

Bitumen se skladišti u označenim grijanim cisternama. Obzirom da se radi o polimerom modificiranom bitumenu, cisterne za bitumen moraju imati miješalice. Ovisno o vrsti i tipu, bitumen ne smije biti zagrijan na temperaturu višu od dopuštene. Temperaturu skladištenja, doziranja i miješanja obavezno propisuje proizvođač.

Najviša dopuštena temperatura proizvodnje asfaltne mješavine na bilo kojem mjestu asfaltnog postrojenja ovisi o vrsti i tipu upotrijebljenog bitumena i mora biti u skladu sa zahtjevima navedenim u Tablici A15, TUAK 2015.

Dijelovi proizvodnog pogona i proces proizvodnje asfaltnih mješavina moraju biti podešeni na način da osiguravaju ujednačeno i potpuno obavljanje agregata bitumenom.

Zbog mogućnosti kvara asfaltnog postrojenja za vrijeme izvedbe radova te zbog specifičnosti zahtjeva izvedbe radova u strogo zadanom vremenskom roku, potrebno je osigurati dnevnu planiranu količinu asfalta na osnovnoj i zamjenskoj (rezervnoj) asfaltnoj bazi. Obje baze trebaju biti opskrbljene sa komponentama za proizvodnju asfalta (frakcije, bitumen) istih parametara koji su prikazani u prethodnom sastavu i potvrđene radnim sastavom.

#### **4.6. Prijevoz asfaltnih mješavina**

Asfaltna mješavina prevozi se do mjesta ugradnje kamionima-kiperima. Sanduk kamiona-kipera mora biti čist i bez nakupina prašine, blata ili drugog nevezanog materijala, te poprskan odgovarajućim sredstvom za sprječavanje lijepljenja asfaltne mješavine. Prskanje naftnim derivatima nije dopušteno!

Pri prijevozu, neovisno od vremenskih uvjeta, asfaltna se mješavina mora učinkovito zaštititi od hlađenja i onečišćenja čvrsto pričvršćenim vodonepropusnim i termostabilnim ceradama, takve veličine da potpuno prekrivaju sanduk kamiona kipera. Prekrivanje goetekstilom se ne smatra učinkovitom zaštitom.

Prijevoz asfaltnih mješavina od mjesta proizvodnje do mjesta ugradnje ne smije trajati više od dva sata, odnosno duljina transporta ne smije biti veća od 100 km.

Broj raspoloživih transportnih jedinica (kamiona-kipera) mora biti takav da omogućuje ugradnju asfaltnih mješavina kontinuirano, bez zastoja.

## 4.7. Ugradnja asfaltne mješavine

Ugradnja asfaltne mješavine provodi se strojno, odgovarajućim finišerom sa pogonom na gusjenice. Kretanje finišera odvija se uzdužno po pokosu nasipa, jer je zbog nedovoljne širine krune nasipa neizvedivo izvlačiti finišer na krunu nasipa. Uzdužna ugradnja asfaltne mješavine zahtjeva isti smjer valjanja.

Kod odabira tipa finišera povodimo se za izvođenje što manjeg broja uzdužnih spojeva i postupka dovršenja razvlačenja asfalta na dijelu krune nasipa. Projektom je predviđena ugradnja vodonepropusnog sloja asfalta ukupne širine 9,5 m po pokosu nasipa. Zahtjev ugrađivanja predviđa izradu jednog uzdužnog spoja koji će neminovno biti uvijek u vodi, a drugi spoj, jedni vanjski, trebao bi se nalaziti na udaljenosti 1,0 m iznad najviše kote radnog vodostaja (168,0 m.n.m), mjereno po kosini nasipa (Nacrt br. 4). Takvo rješenje uvjetuje max. dva uzdužna prijelaza finišerom po kosini nasipa uključujući i završnu situaciju kod završetka asfaltiranja na kruni nasipa, za što se predviđa rad drugog finišera, ovisno o rješenju sanacije asfalta na kruni nasipa (potpuna ili djelomična zamjena asfalta).

Kod određivanja tehnologije ugradnje asfaltne sloja, pod pretpostavkom da bi se izbjegli uzdužni spojevi na pokosu nasipa, morao bi se koristiti finišer sa punom širinom pegle od 9,5 m. Takva tehnologija zahtjeva slobodniji pristup strojeva za dostavu asfalta (veća učestalost od raspoložive zbog ograničenja širine i duljine krune nasipa). Istovremeno zbog ukupne mase finišera i asfaltne mase teško bi bilo održavati kvalitetnu ugradnju na samoj točki pregiba prema kruni nasipa gdje se nakon razvlačenja mase mora koristiti i adekvatni valjak.

Zbog gore navedenog, predviđena je upotreba finišera sa peglom širine 7 m i jednog manjeg finišera sa peglom širine do 3 m (koji na jednom kraju mora imati posebno izrađen nastavak/modul/razastirač kojim će polagati asfalt na krunu nasipa širine 1,0 m).

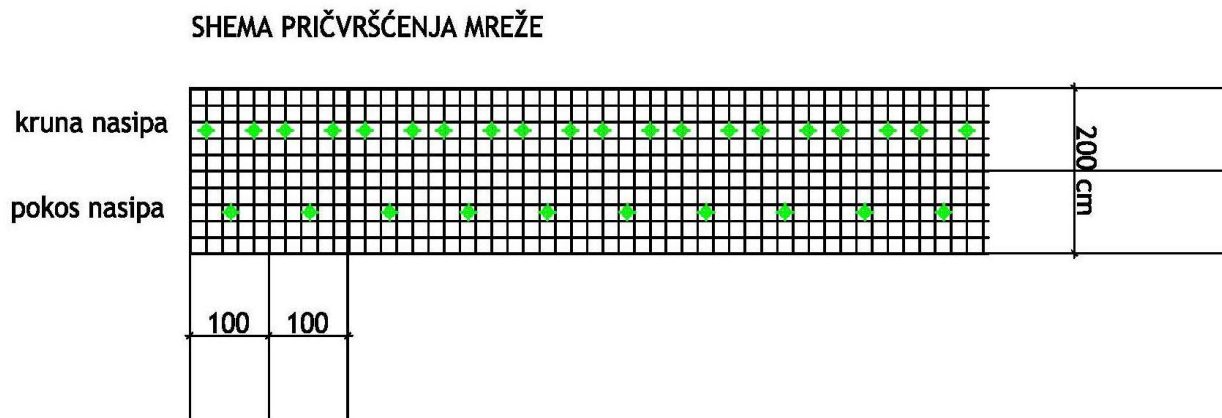
Ugradnja nosivo - habajućeg sloja asfalta na samoj kruni nasipa u slučaju Varijante „1“ zahtjeva ugradnju malim finišerom (širine do 1,0 m), odnosno u slučaju Varijante „2“ ugradnju finišeom širine pegle 3,5 – 4,0 m.

Kod postavljanja finišera ponovo se naglašava potpuna planparalenost pegle finišera na površinu po kojoj se finišer kreće, što garantira jednoliku projektiranu debljinu sloja. Pegla finišera mora imati po cijeloj dužini zbijanje (tampere) i vibracijsku funkciju, sa jednostrukim ili dvostrukim noževima.

Projektom dokumentacijom predviđena su dva tipa izvođenja radova („1“ i „2“) u odnosu na stanje kvalitete asfalta na kruni nasipa.

U oba slučaja, bilo da se izvodi sanacija asfalta krune nasipa vodne strane (Varijanta „1“) ili sanacija cijele širine asfalta krune nasipa (Varijanta „2“), freziranje se provodi u širini 1,0 m do dubine 10 cm, kako bi se na nosivom sloju omogućila ugradnja „podvučenog“ vodonepropusnog sloja u širini 1,0 m i debljini od 5 cm te nosivo habajućeg sloja asfalta krune nasipa u debljini od 5 cm. Uzdužno, po spoju pokosa nasipa i krune nasipa na nosivi asfaltni sloj potrebno je postaviti mrežu za armiranje asfalta u širini od 2,0 m, kako je prikazano na Shemi 2.

Shema 2: Detalj pričvršćenja mreže na spoju krune i pokosa nasipa



U ovom dijelu radova moguće su, eventualno, manje promjene jer na raspolaganju u sklopu istražnih radova nije provedeno bušenje po kruni nasipa (osim prikaza vrijednosti promjenljive debljine od 2,5 do 10,5 cm). Zbog izrade kvalitetnog spoja asfalta na vrhu pokosa nasipa i na kruni nasipa, rad na tom detalju zahtjeva koordinirani rad valjaka i finišera u izvedbi isključivo vrućeg spoja, koji će se ostvariti na način da se bočna daska finišera skine i puževima nagurava asfaltna mješavina na krunu nasipa.

Na dijelu krune nasipa, nakon uklanjanja postojećeg asfalta, dio tamponskog sloja koji će se pritom „otvoriti“ potrebno je urediti i zbiti do propisane zbijenosti.

Preko ugrađenog vodonepropusnog asfalta na kruni nasipa u širini od 1,0 m, strojno se ugrađuje asfaltna mješavina tipa AC 16 surf 50/70, bilo širine sanacije 1 m ili kompletne širine krune nasipa (ovisno o stanju asfalta na kruni nasipa). Nakon ugradnje asfalta radna reška se zarezuje i zapunjava trajno elastičnom bitumenskom masom širine 1 cm i dubine 3 cm.

Kako se finišer u toku izvedbe radova nalazi na pokosu nasipa, nije mogući pristup kamiona za punjenje košare finišera. Doziranje mješavine sa korpom bagera znatno usporava rad, rasipa asfalt i dolazi do značajnih gubitaka temperature, te se zbog navedenog takav način punjenja košare finišera ne dopušta. Potrebno je na kruni nasipa postaviti pokretni sanduk nosivosti 20-25 t u koji će se asfaltna mješavina po dolasku sa asfaltne baze istovariti iz kamiona, a iz kojeg je pužnim elevatorom moguće kontinuirano dostavljati masu u košaru finišera. Finišer treba kroz cijelo vrijeme doziranja mase imati podignutu donju stranu košare.

Valjanje asfaltnog sloja provodi se po pokosu u smjeru kretanja finišera. Za valjanje je, obzirom na predviđenu širinu, potrebno koristiti u primarnom nastupu kombinirani valjak (guma - čelik), ne manje od 4 t, sa mogućnošću korištenja blagih vibracija ili kombinacije oscilatornog sistema. Iza navedenog valjka kreće se čelični valjak mase od 4-5 t, sa mogućnošću upotrebe vibracije i oscilatornog sistema. Jačina vibracije mora biti takva da ne ugrožava stabilnost nasipa, a asfaltna mješavina mora imati propisani stupanj zbijenosti, koji nije propisan kao uvjet kvalitete, već je u direktnoj vezi sa određenim koeficijentom vodopropusnosti, odnosno zahtijevanim udjelom šupljina.

Stabilnost valjka se podešava na starom ili hladnom asfaltu, jer prije ulaska na vrući asfalt treba provjeriti da li je valjak planparalelno položen na površinu koju valja. Kako bi se osigurao traženi zahtjev, potrebno je valjak vezati za vozilo koji ga osigurava u tri točke u obliku trokuta (jednu gore u sredini valjaka i dvije točke na dijelu nivoa bandaža). Kada se kaže planparalelno - misli se na potpuno prilijezanje plašta na površinu ugrađenog asfalta, kako se ne bi događalo da valjak čeličnim rubom zarezuje ugrađenu površinu na jednoj strani, dok se na drugoj strani uopće ne oslanja na asfalt.

Napomena: Niti u jednoj fazi, bilo kojeg detalja izvođenja radova, u smislu ugradnje asfalta ne odobrava se upotreba vibro ploče.

#### **4.8. Vremenski uvjeti ugradnje asfaltnih mješavina**

Asfaltna mješavina ugrađuje se samo u povoljnim vremenskim uvjetima pri temp. zraka min 15°C. Ugradnja asfaltnih mješavina na mokru ili vlažnu podlogu nije dopuštena. Ukoliko je po prognozi predvidljiva mogućnost kiše ili jakog vjetrova, nije moguće odobriti ugradnju. Najniža temperatura podloge pri kojoj je dopuštena ugradnja asfaltnih mješavina je +10°C.



## 4.9. Oprema za izvođenje radova

Za asfaltnerske radove bilo je potrebno osigurati slijedeću opremu:

### Faza pripremih radova, frezanje, čišćenje, ispuhivanje, po potrebi pranje:

1.	Pila za rezanje asfalta.....	1 kom
2.	Stroj za glodanje asfalta širine 100-200 cm + rezerva.....	2 kom
3.	Bager sa rukom duljine min. 12 m za skupljanje asfalta iz vode.....	1 kom
4.	Manji utovarivač, gumeni kotači.....	1 kom
5.	Kamion za odvoz frezanog asfalta.....	4 kom
6.	Uređaj za ispuhivanje prašine nakon freziranja.....	2 kom
7.	Uređaj za tlačno pranje sa vodom (min. 300 bara).....	2 kom
8.	Strojna prskalica bitumenske emulzije.....	1 kom
9.	Stroj za obradu pukotina.....	1 kom
10.	Uređaj za zapunjavanje pukotina bitumenskom masom za fuge.....	1 kom
11.	Oprema i alat za ugradnju bitumenske paste za premazivanje spojeva.....	1 kom
12.	Čelični valjak, koje se koristi za postupak sanacije oštećenja.....	1 kom
13.	Ručna prskalica.....	1 kom
14.	Strojni čistač površine sa glodalicom i četkom za skupljanje („Bobcat“).....	1 kom

### Faza ugradnje asfalta

1.	Asfaltno postrojenje , proizvodnja min 80 t/h + rezervno postrojenje.....	1 kom
2.	Finišeri opisanih karakteristika u projektu + rezervni finišer.....	2 kom
3.	Mali finišer (širine do 1,0 m).....	1 kom
4.	Pokretni čelični sanduk sa elevatorom za doziranje asfalta.....	1 kom
5.	Kombinirani valjak min 4 t.....	2 kom
6.	Čelični valjak min 4 t.....	2 kom
7.	Čelični valjak 2-2,5 t.....	1 kom
8.	Kamioni sa termo ceradama 25 t.....	6 kom
9.	Tekućina za premazivanje kotača i valjka protiv sljepljivanja.....	min. 100 L

#### 4.10. Planiranje izvođenja radova

Vremensko planiranje izvođenja radova temelji se na planiranim strojevima, alatima i aktivnostima izvođača radova po pojedinim fazama radova (od struganja starih asfaltnih slojeva do ugradnje i završetka radova). Izračun se odnosi na predviđenu sanaciju dionice duljine 1000 m'. Za vremensko planiranje aktivnosti korištena su i iskustva iz radova izvedenih 2015. god., na izvedbi probnih dionica.

-freziranje (struganje) starih slojeva asfalta.....	8 dana + 20 %
-sanacija pukotina, pranje, ispuhivanje, sušenje, špricanje.....	9 dana
-u slučaju potrebe sanacije oštećenja nosivog sloja.....	3 dana
-asfaltiranje, ugradnja cca 1200 t (1000 m) asfalta.....	9 dana + 20 %

Prikazani izračun odnosi se na plan, ne uzimajući u obzir zastoje, vremenske uvjete i slično, te se vremenski kvantum može povećati za 20 %.

Sa navedenim stavkama izračunom se došlo do potrebnih 33 radnih dana za izradu 1000 m asfaltne obloge. Na navedeno se dodala rezervna vremenska stavka od 20 % što je u konačnici dalo 40 radna dana. Rad nedjeljom nije predviđen.

Investitor: <b>HEP-PROIZVODNJA</b> d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb		Predmet: <b>NOVELACIJA PROJEKTA ZAMJENE ASFALT-BETONSKE OBLOGE NASIPA AKUMULACIJE HE ČAKOVEC</b>		iGH										
Projektant: <b>INSTITUT IGH, d.d.</b>		<b>VREMENSKI PLAN IZVRŠENJA RADOVA (za kalendarsku godinu)</b>												
R.B. / Toč. Troškovnika	OPIS	lipanj (tjedni)				srpanj (tjedni)				kolovoz (tjedni)				
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
0.	MOBILIZACIJA GRADILIŠTA, IZRADA PRETHODNIH RADNIJ (DEBLJINE SLOJEVA, PROBNE DIONICE) I DEMONTAŽE (LJESTVE, VALOBRANI, ODOBJANA OGRADA)													
1.	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>													
1.1. 1.2 1.3	GLODANJE ("FREZANJE") I STRUGANJE SLOJEVA ASFALTA													
1.4.	GLODANJE ("FREZANJE") ASFALTA S KRUNE NASIPA													
1.5. 1.1.6.	SANACIJA STRUKTURNIH PUKOTINA I PLOŠNIH OŠTEĆENJA													
1.7.	UKLANJANJE POSTOJEĆIH OŠTEĆENIH RUBNJAKA													
2.	<b>ASFALTERSKI RADOVI</b>													
2.1.	PRIPREMA PODLOGE I ŠPRICANJE POLIMERNE BITUMENSKE EMULZIJE C 60 BP													
2.2.	UGRADNJA GEOMREŽA													
2.3.	UGRADNJA IZRAVNAVAJUĆEG ASFALTA AC 8 surf Pmb 40/100-65 NA POKOSU NASIPA													
2.5.	UGRADNJA ASFALTA AC 8 surf Pmb 40/100-65 NA POKOSU NASIPA													
2.4.	UGRADNJA ASFALTA AC 16 surf 50/70 NA KRUNI NASIPA													
3.	<b>OSTALI RADOVI</b>													
3.1.	UGRADNJA BETONSKIH RUBNJAKA													
3.2. 3.3 1 3.4	MONTAŽA LJESTVI, VALOBRANA, ODOBJANE OGRADE													
3.2.	DEMobilizacija i uredenje gradilišta													
<b>Napomene:</b>		Opcioni radovi - izvode se u slučaju da postoji potreba na dionici koja se sanira u kalendarskoj godini												
1. Vremenski plan izvršenja je načelan, povezan sa stavkama troškovnika radova i daje osnovni okvir izvršenja radova. Na zahtjev izvođača radova može promijeniti uz suglasnost Investitora i Nadzornog inženjera.														
2. Odabrani izvođač radova minimalno 7 dana prije početka radova obavezan je dostaviti detaljan dinamički plan sa radnim procesima i stavkama na suglasnost Investitoru i Nadzornom inženjeru.														
3. Vremenski plan se odnosi na jedan kilometar dužine nasipa akumulacije koliko je predviđeno da se može izvesti tijekom jedne kalendarske godine.														

Slika 17. Vremenski plan izvršenja radova

## **5. Izvođenje radova sanacije – zamjena asfalt-betonske obloge nasipa HE Čakovec 2018. godine**

### **5.1. Općenito o izvođaču radova**

Izvođenje građevinskih radova na zamjeni asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije hidroelektrane Čakovec na dionici od stacionaže km 3+645 do stacionaže km 4+500 desnog nasipa akumulacije naručitelj, tj investitor HEP Proizvodnja d.o.o. ustupili su tvrtci Pavlic-Asfalt-Beton iz Donjeg Kraljevca.

### **5.2. Pripremni radovi**

Prije same sanacije asfalt-betonske obloge bilo je potrebno obaviti niz pripremnih radova. Pripremni radovi koji su obavljani bili su:

#### **- ODREĐIVANJE DEBLJINE SLOJEVA ASFALTA**

Zbog različitih debljina izvedenih vodonepropusnih asfaltnih slojeva (II. i III. sloj) i degradacije zbog vremenskih uvjeta kroz vremenski period eksploatacije, potrebno je odrediti točne vrijednosti debljine slojeva na lokacijama sanacije. Određivanje debljine slojeva vršilo bi se zarezivanjem asfalta motornom pilom sa dva reza (šlic), sa međusobnim razmakom 10-15cm, okomito na površinu vode do površine nosivog sloja u duljini definirane širine sanacije u međusobnom razmaku od 20-25m sa prvim rezanjem od početka dijela površine predviđene za sanaciju. Rezanjem probnih uzoraka na svakih 20-25m površine asfaltne obloge odredit će se debljina slojeva i upisati u odgovarajući obrazac, te sačiniti shematski prikaz pozicije rezanja. Shematskim prikazom debljine slojeva otvorenog kanala (šlica) odrediti će se dubina rada freze. Na temelju debljine II. i III. sloja asfalta pristupit će se uklanjanju slojeva frezanjem, ukoliko se ispostavi da II. i III. sloj nisu čvrsto slijepljeni pristupit će se bagerom duga ruka tehnika struganje asfalta.

#### **- GLODANJE (FREZANJE) TREĆEG SLOJA ASFALTA U DEBLJINI OD 3 DO 5 CM**

Treći sloj asfaltbetonske obloge po pokosu nasipa izveden je diskontinuirano, pa se uklanja na mjestima gdje je prisutan i u debljini iz obrasca određivanja debljine slojeva, sve prema fazama iz stavke „Shema1:Faze izvedbe radova“. Sav frezani asfalt će se ukloniti iz akumulacije te zbrinuti na prostoru za odlaganje reciklažnog materijala obrta Pavlic-asfalt-beton.

## - GLODANJE (FREZANJE) DRUGOG SLOJA ASFALTA U CIJELOJ DEBLJINI DO NOSIVOG SLOJA

Drugi sloj asfaltbetonske obloge se gloda (freza) u ukupnoj duljini i širini od 9,5 metara po pokosu nasipa. Sav frezani asfalt će se ukloniti iz akumulacije te zbrinuti na prostoru za odlaganje reciklažnog materijala obrta Pavlic-Asfalt-Beton. Postupak frezanja započeti će na kosini sa frezom širine 100-200cm + nastavak koja će se postepeno podizati do krune nasipa, te će biti postavljena potpuno planparalelno sa površinom koja se uklanja te sa površinom nosivog sloja koji ostaje kao podloga. Na kruni nasipa freza se debljina asfalta od 5 cm. Pomoću pregrade na kosini skupljati će se isfrezani asfalt i nakon frezanja će se ukloniti iz prostora akumulacije na prostor izvođača te će se površina dodatno očistiti da ne zaostaje vidljiv ostatak drugog sloja već samo površina nosivog sloja asfalta, sve prema fazama iz stavke „Shema 1:Faze izvedbe radova“. Ukoliko je II sloj asfalta nevezan, tada će se isti uklanjati struganjem korpom bagera s dugom rukom uz prethodno pravilno izrezivanje ploha asfalta koji se uklanja.

## - STRUGANJE DRUGOG I/ILI TREĆEG SLOJA ASFALTA

Ukoliko se ustanovi prema kvaliteti slijepljenosti loša povezanost slojeva, da stari habajućii sloj asfalta s asfaltnim nosivim slojem nije previše slijepljen, uklanjanje drugog i/ili trećeg sloja asfalta u cijeloj debljini do nosivog sloja asfalta izvoditi će se struganjem s korpom bagera. Sloj će se ukloniti po pokosu nasipa na dijelovima gdje je slijepljenost postojećih slojeva lošija pa je jednostavnost uklanjanja drugog i trećeg sloja asfalta brža. Uklonjen asfalt struganjem iz nasipa akumulacije će se utovariti u kamione i zbrinuti na prostoru za odlaganje reciklažnog materijala obrta Pavlic-AsfaltBeton.

## - GLODANJE (FREZANJE) ASFALTA S KRUNE NASIPA, RUŠENJE RUBNJAKA, DEMONTAŽA METALNIH LJESTVI, VALOBRANA, ODBOJNE OGRADE

Glodanje (frezanje) asfalta s krune nasipa izvodit će se u debljini od 5-7cm i širini 1,0m do sloja nosivog asfalta frezom za glodanje asfalta širine 1,0m prema fazama iz stavke „Shema 1: Faze izvedbe radova“. Sav frezani materijal preko trake freze transportirat će se u kamione i zbrinuti na prostoru za odlaganje reciklažnog materijala obrta Pavlic-asfalt-beton. Istovremeno raditi će se demontaža metalnih ljestvi, valobrana, odbojne ograde. Obradena površina će se naknadno očistiti. Prema potrebi zamijeniti će se oštećeni rubnjaci na kruni nasipa novim rubnjacima.

## - PRIPREMA PODLOGE ZA UGRADNJU ASFALTA

Prvi postupak sanacije: Nakon uklanjanja drugog i trećeg sloja asfaltbetonske obloge, nadzorni inženjer će pregledati nosivi sloj asfaltbetonske obloge. Postoji mogućnost pronalaska pukotinskih i plošnih oštećenja na nosivom sloju, koja će se sanirati upotrebom stroja za obradu pukotina do dubine 3cm, te se ista nakon ispuhivanja premazuju premazom (Polimerna modificirana kationska bitumenska emulzija BIT-03, C60 BP5 za povezivanje asflatnih spojeva) i popunjavaju strojno masom za popunjavanje Pavlic-asfalt-beton, Murska 48, Donji Kraljevec 40320 pavlic-asfalt-beton@ck.t-com.hr Tel. 040/655-525 , Fax. 040/655-535 www.pavlic-asfalt-beton.hr Poslovni račun: Privredna banka Zagreb d.d. HR0323400091166000412 OIB 11409370864 fuga. Na istu se nakon sanacije postavlja mreža veličine otvora 50-60cm lijevo i desno od pukotine. Nakon saniranih dijelova oprana i suha površina se prska ugrijanom polimernom katonskom bitumensko emulzijom prije same ugradnje habajućeg sloja asfaltbetona.

Drugi postupak sanacije: Plošna oštećenja će se sanirati sa izrezivanjem pravilnih ploha koja se režu pod kutom od 45° te nakon toga ugrađuje asfalt AC 16 surf 50/70. Pukotinska oštećenja će se sanirati sa izrezivanjem pravilnih utora pod kutom od 45°, nakon čega će se zapuniti sa asfaltom AC 8 surf PmB 40/100-65. Nakon zapunjavanja pukotine sa asfaltom preko pukotine će se postaviti geotekstil minimalnog preklopa 25 cm od osi pukotine, tj. minimalno širine 50 cm. Nakon eventualne sanacije i preuzimanja nosivog sloja od strane nadzornog inženjera, površina će se oprati vodom pod tlakom (miniwash). Na spojeve starog i novog sloja asfaltbetonske obloge će se nanijeti masa za radne spojeve (bituplast). Nakon sušenja površine, špricanjem će se nanosi polimerom modificirana bitumenska emulzija i bitumenska mješavina. Podloga mora biti stabilna, nosiva, ravna, suha i čista, bez nevezanog materijala, preuzeta od nadzornog inženjera. Količina bitumenske emulzije za prskanje podloge definirana je u ugovornom troškovniku. Pri prskanju podloge, bitumenska polimer emulzija mora se ugrijati na 70 °C . Prskanje emulzije u pripreмноj fazi nanosi se 8 sati prije početka asfaltiranja do konačnog sušenja prije početka asfaltiranja, dakle danas za sutra. Prskanje podloge bitumenskom emulzijom na temperaturi zraka ili podloge nižoj od +5 °C nije dopušteno. Ugradnja bitumenske mješavine na poprskanu podlogu smije započeti tek po završetku faze „razbijanja“ emulzije, odnosno sušenja.

### 5.3. Asfalterski radovi

Asfalterski radovi su obuhvaćali:

#### - DOBAVA, DOPREMA I UGRADNJA GEOMREŽE NA PRIPREMLJENU PLOHU NA KOSINI NASIPA PRIJE ASFALTIRANJA

Nakon pripreme podloge za asfaltiranje potrebno je postaviti geomrežu, koji se postavlja 1 m po kruni nasipa i 1 m po pokosu nasipa za postupak sanacije pod točkom „Shema 2: Detalj pričvršćenja mreže na spoj krune i pokosa nasipa“ na koju se ugrađuje asfalt. Geomreža je kompozit koji se sastoji od istegnute polipropilenske mreže na koju je termički spojen netkani geotekstil. Na pukotinskim oštećenjima nosivog (prvog) sloja postavlja se geomreža u širini od minimalno 50 cm. Geomreža mora imati vlačnu čvrstoću min. 100 kN/m<sup>1</sup>, sa veličinom otvora od 4 x 4 cm. Nakon postavljanja geomreže ponovno će se poprskati ista površina sa polimerom modificirana bitumenska emulzija.

#### - IZVEDBA ASFALTBETONSKIH OBLOGA KOSINA I KRUNE NASIPA

Bitumenske mješavine ugrađivat će se strojno, finišerom sa peglom širine 7m, i jednog manjeg finišera sa peglom širine do 3m, na kosinama će se finišer pridržavati strojem koji će biti postavljen na bermo nasipa, na nizvodnoj strani nasipa, a na kruni nasipa će biti postavljen viličar koji će pridržavati sajle kojima su pričvršćeni strojevi. Način asfaltiranja biti će postupkom punjenja pegle (korpe) finišera bagerom dugom rukom na način istovarivanja kamiona korpom kapaciteta 4t, te utovarom u finišer, kako bismo imali minimalni gubitak temperature i koagulacije asfaltne mješavine, način razastiranja bitumenske mješavine biti će takav, da osigura ujednačen izgled i strukturu površine izvedenog asfaltnog sloja, bez pojave segregacije i pukotina ugrađene bitumenske mješavine. Finišer će se kretati ujednačenom brzinom bez zastajanja sinkronizirano sa strojevima koji osiguravaju rad finišera na kosini. Vrsta i masa valjka, te broj prijelaza biti će odabrani tako, da osiguraju postizanje propisanog stupnja zbijenosti, propisane debljine, teksture i ravnosti asfaltnog sloja što će biti ustanovljeno izradom probne dionice. Radovi se nikako neće izvoditi upotrebom vibro ploče. Asfaltiranje 1m na kruni nasipa i 1m na kosini izvodi se tako da kamion kiper istovaruje masu asfalta u peglu finišera te se pomoću nastavaka ugrađuje asfaltna masa pod kutem 45° i horizontalno u jednom traku. Planirana dnevna dinamika izvođenja asfaltnog sloja na trasi se iščitava iz terminskog plana.

## - PREMAZIVANJE SPOJEVA ASFALTBETONSKE OBLOGE

Nakon izvedbe spoja kosine nasipa i krune nasipa asfaltbetonske obloge nasipa isti se premazuje polimernom modificiranom kationskom bitumenskom emulzijom BIT-03, C60 BP5 za povezivanje asfaltnih spojeva u debljini 50g/cm debljine sloja po metru za pravilno povezivanje traka asfalta.

### **5.4. Ostali radovi**

U ostale radove koji su se izvodili na projektu izdvajaju se:

- Demontaža metalnih ljestvi na pokosu nasipa prije početka izvođenja radova i ponovna montaža nakon završetaka radova.

- Geodetski radovi: radovi iskolčenja i sva geodetska mjerenja kojima se podaci iz projekata prenose na teren, snimak postojećeg stanja, iskolčenje, profiliranje, obnavljanje i održavanje iskolčenih oznaka na terenu za sve vrijeme građenja, odnosno do predaje izvedenih radova Naručitelju, te izrada projekta izvedenog stanja.

- Demobilizacija te uređenje gradilišta i okoliša gradilišta nakon završetka radova. Po dovršetku izgradnje godišnjih radova na objektu potrebno je okoliš objekta očistiti od svih ostataka građenja i dovesti u prvobitno stanje.



## 5.5. Fotodokumentacija izvođenja radova



Slika 18. Stanje obloge prije sanacije



Slika 19. Stanje obloge prije sanacije



Slika 20. Zarezivanje uzdužnog „šlica“ na granici zahvata



Slika 21. Zarezivanje poprečnog „šlica“



Slika 22. Uklanjanje oštećene asfalt-betonske obloge struganjem korpom bagera (donja zona)



Slika 23. Uklanjanje oštećene asfalt-betonske obloge struganjem korpom bagera (donja zona)



Slika 24. Uklanjanje oštećene asfalt-betonske obloge struganjem korpom bagera (donja zona)



Slika 25. Loša povezanost postojećih asfaltnih slojeva



Slika 26. Uklanjanje oštećene asfalt-betonske obloge struganjem korpom bagera (gornja zona)



Slika 27. Uklanjanje oštećene asfalt-betonske obloge struganjem korpom bagera (gornja zona)



Slika 28. „Otvaranje“ detalja podvučenog vodonepropusnog sloja na kruni nasipa



Slika 29. Označavanje granica plošnih oštećenja nosivog asfaltnog sloja



Slika 30. Zarezivanje rubova plošnih oštećenja



Slika 31. Zarezivanje rubova plošnih oštećenja



Slika 32. Uređena i bit. emulzijom prešpricana podloga plošnih oštećenja



Slika 33. Ugradnja asfalta na mjestima plošnih oštećenja



Slika 34. Ručno razastiranje i planiranje asfaltne mješavine na mjestima plošnih oštećenja



Slika 35. Zbijanje asfalta na mjestima plošnih oštećenja



Slika 36. Sanirana površina na mjestima plošnih oštećenja



Slika 37. Ugradnja mreže za armiranje asfalta na mjestima saniranih površina plošnih oštećenja



Slika 38. Ugrađene mreže za armiranje asfalta na mjestima saniranih površina plošnih oštećenja



Slika 39. Nanašanje „primera“ na mjestima strukturnih pukotina



Slika 40. Zapunjavanje strukturnih pukotina vrućom polimernom bitumenskom masom



Slika 41. Sanirane strukturne pukotine



Slika 42. Ugradnja asfaltne mješavine - priprema podloge za vodonepropusni asfaltni sloj



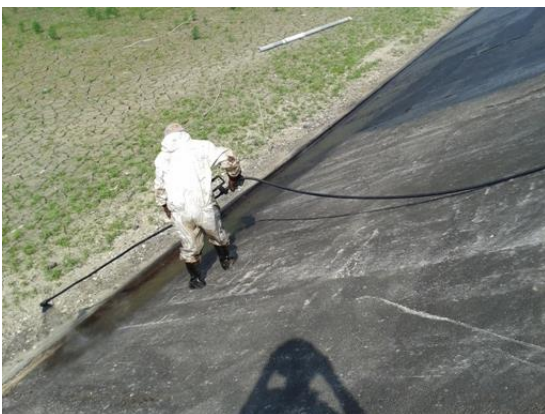
Slika 43. Zbijanje asfalta na kruni nasipa - priprema podloge za vodonepropusni asfaltni sloj



Slika 44. Špricanje polimerne bitumenske kationske emulzije na pripremljenu podlogu



Slika 45. Špricanje polimerne bitumenske kationske emulzije na pripremljenu podlogu



Slika 46. Špricanje polimerne bitumenske kationske emulzije na uzdužni rub na dnu zahvata



Slika 47. Premazivanje uzdužnog ruba na dnu zahvata hladnom bitumenskom pastom



Slika 48. Uzdužni spoj na dnu zahvata kvalitetno premazan hladnom bitumenskom pastom



Slika 49. Ugradnja asfaltne mješavine vodoneprop. sloja obloge nasipa finišerom (donja zona)



Slika 50. Mjerenje temperature asfaltne mješavine kod puža finišera



Slika 51. Mjerenje temperature asfaltne mješavine u sloju (neposredno iza finišera)



Slika 52. Doziranje asfaltne mješavine u sanduk finišera pomoću „korpe“ bagera



Slika 53. Uzorci asfaltnih mješavina uzorkovani u sklopu kontrolnih ispitivanja



Slika 54. Zbijanje asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja (donja zona)



Slika 55. Zbijanje asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja (donja zona)



Slika 56. Ugradnja asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja (donja zona)



Slika 57. Zbijanje asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja (donja zona)



Slika 58. Uzorkovanje uzoraka iz ugrađenog asfaltnog sloja bušenjem



Slika 59. Uzorkovanje uzoraka iz ugrađenog asfaltnog sloja bušenjem



Slika 60. Izvađeni uzorci iz ugrađenog asfaltnog sloja (vodonepropusni + nosivi sloj)



Slika 61. Izvađeni uzorci iz ugrađenog asfaltnog sloja (bočno brtvljeni za ispitivanje vodoneprop.)



Slika 62. Propisno saniranje pozicija uzimanja uzoraka iz sloja bušenjem



Slika 63. Izvedba novog vodonepropusnog asfaltnog sloja na dijelu ulazno - silazne rampe



Slika 64. Izvedeni novi vodonepropusni asfaltni sloj na dijelu ulazno - silazne rampe



Slika 65. Premazani svi radni spojevi na dijelu ulazno - silazne rampe





Slika 66. Mjerenje zbijenosti ugrađenog vodoneprop. asfaltnog sloja neraznom metodom



Slika 67. Mjerenje zbijenosti neraznom metodom na mjestu bušenja (usporedba rezultata)



Slika 68. Provedba geodetskih mjerenja u toku izvedbe radova



Slika 69. Zarezivanje uzdužnog spoja (spoj donje i gornje zone obloge nasipa)



Slika 70. Špricanje uzdužnog radnog spoja polimernom bitumenskom emulzijom



Slika 71. Detalj postavljene mreže za armiranje asfalta na spoju kosine i krune nasipa (š=2m)



Slika 72. Ugradnja asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja na kosini nasipa (gornja zona)



Slika 73. Detalj ručne ugradnje (gornja zona je mjestimično šira od pegle finišera)



Slika 74. Zbijanje asfaltne mješavine vodoneprop. asfaltnog sloja na kosini i kruni nasipa



Slika 75. Ugradnja hladne bitumenske polimerne mase na uzdužnom spoju na dnu zahvata



Slika 76. Kvalitetno premazan uzdužni sloj na dnu granice zahvata



Slika 77. Ugradnja asfaltne mješavine nosivo - habajućeg sloja na kruni nasipa (š=1,6 m)



Slika 78. Zbijanje nosivo - habajućeg asfaltnog sloja na kruni nasipa (š=1,6 m)



Slika 79. Detalj zarezanog uzdužnog radnog spoja na kruni nasipa (š=1 cm)



Slika 80. Detalj zapunjenog uzdužnog radnog spoja na kruni nasipa



Slika 81. Detalj lokalnih nedostataka na površini izvedenog asfaltnog sloja (gornja zona)



Slika 82. Detalj završenih radova na zamjeni asfalt-betonske obloge kosine nasipa (pri radnoj koti vodostaja akumulacije)



Slika 83. Detalj završenih radova na zamjeni nosivo-habajućeg asfaltnog sloja na kruni nasipa š=1,6 m

## **6. Kontrola izvedenih radova**

Tijekom izvođenja radova radova provodili su se kontrolni postupci u pogledu ocjenjivanja, odnosno dokazivanja kvalitete gradiva i izvedenih radova putem izvođačke i investitorske kontrole kvalitete. Izvođač radova je, temeljem odredbi Ugovora o građenju, dokazivao kvalitetu gradiva i radova te je prema Planu kvalitete provodio prethodna i tekuća ispitivanja. Dokazi o udovoljavanju zahtjeva kvalitete za pojedine dijelove građevine, kao što su dokazi uporabljivosti, ispitna izvješća i ostali dokazi kvalitete za građevinske proizvode i izvedene radove, sastavni su dio dokumentacije Izvođača radova i nalaze se u prilogu Završnog izvješća, rujan 2018. (Pavlic-asfalt-beton). Služba stručnog nadzora je temeljem narudžbenice za kontrolna ispitivanja i tehnološki nadzor provodila kontrolna ispitivanja gradiva i radova. Rezultati ispitivanja sastavnih materijala, asfaltnih mješavina i izvedenih asfaltnih slojeva dani su u Završnom izvješću o provedenim kontrolnim postupcima utvrđivanja kvalitete asfalta, br. 72563-2162/18 od kolovoza 2018. godine (Institut IGH d.d.). U zaključku navedenog izvješća potvrđeno je da ugrađena gradiva kao i izvedeni radovi zadovoljavaju projektom propisane zahtjeve, uz prihvatljiva odstupanja pojedinih ispitanih svojstava. Aktivnosti provedene u sklopu stručnog i tehnološkog nadzora te kontrolnih ispitivanja evidentirane su upisima u građevinskom dnevniku.

### **6.1. Očitovanje o nedostacima i nepravilnostima uočenim tijekom građenja i njihovom otklanjanju, te o njihovom utjecaju na uporabljivost građevine**

Ugrađena gradiva i izvedeni radovi u skladu su s zahtjevima Izvedbenog projekta, osim pojedinih odstupanja zabilježenih tijekom te nakon završetka radova:

(1) kontrolnim ispitivanjima sastava drobljenog sitnog agregata 0/2 mm utvrđen je povećan udio sitnih čestica  $< 0,063$  mm, što je detaljno opisano u dopisu br. 72563-0440/18 od 21.06.2018. godine (Institut IGH d.d.). Obzirom na svojstva i namjenu vodonepropusnog asfaltnog sloja, prihvaćena je uporaba drobljenog sitnog agregata s povećanim udjelom sitnih čestica za proizvodnju asfaltnih mješavina vodonepropusnog asfaltnog sloja;

(2) analizom rezultata tekućih i kontrolnih ispitivanja utvrđen je povećani udio šupljina u izvedenom vodonepropusnom asfaltnom sloju, odnosno nedovoljna zbijenost istoga. Navedena odstupanja posljedica su nedostataka zabilježenih u tehnologiji ugradnje i zbijanja asfaltnog sloja, na što je izvođač upozoren dopisom br. 72563-0521/18 od 30.07.2018. (Institut IGH d.d.).

Obzirom da je proizvedena asfaltna mješavina izrazito „zatvorene strukture“, sa velikim udjelom bitumenskog morta, šupljine u izvedenom asfaltnom sloju su uglavnom zatvorene (izolirane) te je osigurana tražena vodonepropusnost asfaltnog sloja;

(3) vizualnim pregledom izvedenog asfaltnog vodonepropusnog sloja ugrađenog na pokosu obloge nasipa akumulacije, zabilježene su lokalne nepravilnosti u obliku segregacije zrna asfaltna mješavine („otvorena struktura“ površine asfaltnog sloja). Navedeno je posljedica ugradnje asfaltna malim finišeom, odnosno ručna ugradnja asfaltna na dijelovima gdje je širina ugradnje bila veća od radne širine asfaltnog finišera. Zabilježene nepravilnosti su lokalnog karaktera i nalaze se isključivo u gornjem pojasu obloge nasipa, iznad radne zone vodostaja akumulacije. Kako bi se na mjestima uočenih nepravilnosti spriječila erozija asfaltna obloge uzrokovana djelovanjem valova i leda, potrebno je površinu asfaltnog sloja premazati polimernom bitumenskom pastom ili pošpricati polimernom bitumenskom emulzijom, u ovisnosti o stupnju hrapavosti podloge.

## **6.2. Podaci o vođenju, obdijeljivanju i pohrani građevinskog dnevnika**

Izvođač radova je za vrijeme izvođenja radova na predmetnom objektu vodio građevinski dnevnik. Ovlašteni predstavnik Izvođača je svakodnevnim upisima evidentirao bitne radove i druge pojedinosti. Izvornik građevinskog dnevnika je pohranjen kod Izvođača radova, dok su kopije listova dnevnika priložene Završnom izvješću izvođača radova te predane Naručitelju.

Nadzorna služba je važnije faze radova odobravalala upisom i/ili potpisom u građevinski dnevnik. Kod pregleda i preuzimanja pojedinih faza radova korišteni su laboratorijski i terenski rezultati ispitivanja, te vizualni pregled izvedenog stanja.

## **6.3. Izmjene tijekom izvođenja radova u odnosu na projekt**

Na zahtjev Izvođača radova, izmijenjena je tehnologija doziranja asfaltna mješavine u sanduk finišera. Umjesto propisanog korištenja pokretnog pretovarnog sanduka nosivosti 20 – 25 t te pužnog elevatora, asfaltna mješavina iz kamiona kipera dozirana je u sanduk asfaltnog finišera upotrebom „korpe“ bagera. Prije početka izvedbe radova Izvođač je proveo demonstraciju predložene tehnologije u krugu asfaltna baze „Pavlic“, te je detaljno opisao u Planu kvalitete. Prihvaćanjem Plana kvalitete prihvaćena je predložena izmjena. Na zahtjev Naručitelja radova,

zbog stanja postojećeg asfaltnog sloja te tehnologije izvedbe radova, umjesto predviđene izvedbe nosivo-habajućeg sloja asfalta na kruni nasipa u pojasu širine 1,0 m, isti je izveden u pojasu širine 1,6 m.

#### **6.4. Provedeni dodatni postupci utvrđivanja kvalitete asfalta izvedenog na probnim poljima tijekom 2015. i 2016. godine**

Prema Programu dodatnih ispitivanja asfalt-betonske obloge nasipa br. 72560-1168/17 od lipnja 2017. (Institut IGH d.d.), te prema Narudžbenici br. N-2S12-1/17 AM od 29.05.2017. (HEP- proizvodnja d.o.o.), na zahtjev Naručitelja Institut IGH d.d. je dana 14.07.2017. pristupio uzimanju uzoraka promjera  $\varnothing$  100 mm bušenjem na predmetnoj građevini (Slika 84). Uzorkovanje je provedeno uz prisustvo predstavnika Naručitelja.



Slika 84. Bušenje uzoraka  $\varnothing$  100 mm na asfalt-betonskoj oblozi nasipa

Veći dio kontrolnih ispitivanja izvedenih asfaltnih slojeva i primijenjenih materijala provedeno je neposredno nakon izvedbe radova. Rezultati ispitivanja prikazani su i komentirani u slijedećim dokumentima:

Završni izvještaj o provedenim kontrolnim ispitivanjima asfalta i materijala u sklopu projekta sanacije obloga nasipa akumulacije HE Čakovec, br. 2220-1952/15, studeni 2015. (Institut IGH d.d.);

Završni izvještaj o provedenim kontrolnim ispitivanjima asfalt mastiksa i materijala u sklopu projekta sanacije obloga nasipa akumulacije HE Čakovec, br. 72561-2669/16, rujan 2016. (Institut IGH d.d.).

U svrhu utvrđivanja kvalitete ugrađenog vodozaštitnog sloja asfalta (VAB) te asfaltnog mastiksa nakon perioda eksploatacije od 2 godine (odnosno godinu dana za asfaltni mastiks), te ispitivanja dodatnih svojstava neophodnih za izradu Novelacije projekta zamjene AB obloge nasipa akumulacije, ukupno je uzorkovano šesnaest (16) uzoraka promjera  $\varnothing$  100 mm na proizvoljno izabranim pozicijama (8 uzoraka na dionici „A“ i 8 uzoraka na dionici „B“).

Rupe u asfaltnom sloju nastale vađenjem uzoraka bušenjem sanirane su neposredno nakon bušenja zbijanjem vruće asfaltne mase u slojevima (Slika 85.). Površina završnog sloja asfalta dodatno je tretirana nanošenjem bitumenske emulzije. Sanaciju rupa provela je tvrtka Pavlic-asfalt-beton.



Slika 85. Sanacija rupa vrućom asfaltnom mješavinom sa zbijanjem

## **IZVEDENA PROBNA POLJA**

Probno polje „A“, km 3+450,00 – 3+650,00, DNA:

km 3+450,00 – 3+550,00 (varijanta I, VAB 5 cm)

km 3+550,00 – 3+650,00 (varijanta II, VAB 4 cm + asfaltni mastiks 1 cm)

Probno polje „B“, km 1+566,50 – 1+666,50, DNA:

km 1+566,50 – 1+616,50 (varijanta I, VAB 5 cm)

km 1+616,50 – 1+666,50 (varijanta II, VAB 4 cm + asfaltni mastiks 1 cm)

Radovi na izvedbi probnih polja izvodili su se u razdoblju od 14.09.2015. do 20.10.2015. Zbog nepovoljnih meteoroloških i hidroloških uvjeta, sloj asfaltnog mastiksa nije izveden. Naknadna ugradnja asfaltnog mastiksa provedena je u razdoblju od 22.08.2016. do 09.09.2016.

## **DOKUMENTACIJA ZA OCJENU KVALITETE**

Ispitana svojstva ocijenit će se prema *Izvedbenom građevinskom projektu sanacije* br. 2320–031/14, listopad 2014. (Institut IGH d.d.). U slučaju da zahtjev za neko od ispitanih svojstava nije propisan u navedenom projektu, ocijeniti će se prema važećim Tehničkim uvjetima za asfaltne kolnike (TUAK), lipanj 2015. (Hrvatske ceste d.o.o.).



## 6.5. Dodatna ispitivanja

### 6.5.1. Asfaltni mastiks – povezanost slojeva

Ispitivanje povezanosti asfaltnih slojeva (asfaltni mastiks / asfaltbeton VAB) provedeno je laboratorijskim ispitivanjem prema normi TSC 06.753, „pull-off“ metodom. Navedena metoda je predviđena za određivanje povezanosti asfaltnih slojeva debljine manje od 30 mm (projektirana debljina asfaltnog mastiksa iznosi 10 mm).

Ukupno je ispitana povezanost na 8 uzoraka promjera  $\varnothing$  100 mm, na način da je u centralnom dijelu površine uzoraka zarezana površina promjera  $\varnothing$  50 mm (Slike 86. i 87.), na kojoj je određena povezanost slojeva, na ispitnoj temperaturi od 10 °C.



Slika 86. Uređaj za ispitivanje



Slika 87. Uzorci za ispitivanje povezanosti

Rezultati ispitivanja prikazani su u Tablici 1.

oznaka uzorka	probno polje	pozicija uzorkovanja		izmjerena povezanost slojeva (N/mm <sup>2</sup> )
		stacionaža	udaljenost od krune nasipa– mjereno po kosini obloge	
17-1968	„A“	km 3+636, DNA	5,5 m	1,315
17-1970				0,947
17-1972	„A“	km 3+600, DNA	5,5 m	1,414
17-1974				1,677
17-1980	„B“	km 1+648, DNA	5,5 m	1,310
17-1982				1,450
17-1984	„B“	km 1+630, DNA	5,5 m	1,380
17-1986				1,463
<b>Srednja vrijednost:</b>				<b>1,370</b>
Minimalna vrijednost:				0,947
Maksimalna vrijednost:				1,677
Zahtjev (TUAK 2015.)				≥ 1,000

**Tablica 1.** Rezultati ispitivanja povezanosti asfaltnih slojeva „pull-off“ metodom

Sedam (7) od ukupno osam (8) ispitanih uzoraka zadovoljava zahtjev za povezanost slojeva. Jedan (1) uzorak neznatno odstupa od propisanog zahtjeva. Svi uzorci su izvađeni na proizvoljno određenim pozicijama, ali treba napomenuti da su vizualnim pregledom ugrađenog asfaltnog mastiksa zabilježene pozicije na kojima se asfaltni mastiks „napuhnuo“ u odnosu na ugrađeni asfalbeton. Na tim pozicijama stvoreni su „vodeni džepovi“ unutar kojih se nalazi određena količina zarobljene vode (Slika 88).

Na takvim dijelovima povezanost između slojeva ne postoji, što predstavlja direktnu degradaciju izvedene asfaltne konstrukcije. Razlozi nastanka „vodenih džepova“ su procjeđivanje vode između asfaltnog mastiksa i asfalbetona (VAB) a što je rezultat loše izvedbe detalja spoja novo-ugrađenog asfaltnog sloja sa postojećim asfaltnim slojem na kruni nasipa. Pretpostavljamo da su mjesta ulaza vode u asfaltnu konstrukciju mjesta otvorenih pukotina na asfaltnom sloju krune nasipa (Slika 89).



Slika 88. „Vodeni džepovi“



Slika 89. Pozicija „vodenog džepa“  
ravno ispod otvorene pukotine na kruni nasipa

### 6.5.2. Asfalt-beton – povezanost slojeva

Ispitivanje povezanosti asfaltnih slojeva (asfaltbeton VAB / postojeći nosivi sloj) provedeno je laboratorijskim ispitivanjem prema normi TSC 06.753, „Leutner“ metodom. Navedena metoda je predviđena za određivanje povezanosti asfaltnih slojeva debljine veće od 30 mm (projektirana debljina vodozaštitnog asfaltbetona iznosi 50 mm). Ukupno je ispitana povezanost na 4 uzorka promjera Ø 100 mm, na ispitnoj temperaturi od 20 °C. Rezultati ispitivanja prikazani su u Tablici 2. Dva (2) od ukupno četiri (4) ispitana uzorka ne zadovoljavaju zahtjev za povezanost slojeva.

oznaka uzorka	probno polje	pozicija uzorkovanja		izmjerena povezanost slojeva (N/mm <sup>2</sup> )
		stacionaža	udaljenost od krune nasipa – mjereno po kosini obloge	
17-1976	„A“	km 3+521, DNA	5,5 m	1,81
17-1978		km 3+489, DNA		0,79
17-1988	„B“	km 1+608, DNA	5,5 m	0,47
17-1990		km 1+585, DNA		1,31
<b>Srednja vrijednost:</b>				<b>1,09</b>
Minimalna vrijednost:				0,46
Maksimalna vrijednost:				1,81
Zahtjev (TUAK 2015.)				≥ 1,00

**Tablica 2.** Rezultati ispitivanja povezanosti asfaltnih slojeva „Leutner“ metodom

Na oba uzorka koja su podbacila u pogledu povezanosti slojeva, zabilježena je zaostala prljavština i nevezane čestice na kontaktu između asfaltnih slojeva. Obzirom da je svojstvo povezanosti slojeva na predmetnom projektu od izuzetne važnosti, zbog velikog nagiba pokosa nasipa te posmičnih sila koje se javljaju na kontaktu između asfaltnih slojeva, izuzetno je važno prilikom budućih radova na sanaciji asfalt-betonske obloge nasipa posvetiti veliku pažnju čišćenju izgledane površine asfalta, a prije ugradnje novog asfaltnog sloja!

### **6.5.3. Ispitivanje fizičko-mehaničkih svojstava**

Kvaliteta ugrađenog asfalta ispitana je na trinaest (13) uzoraka izvađenih iz ugrađenog asfaltnog sloja. Rezultati ispitivanja debljina i gustoća na izvađenim uzorcima prikazani su Izvještaju o ispitivanju br. 72563-2212/17, koji se nalazi u prilogu ovog Izvještaja. Izračun udjela šupljina prikazan je u Tablici A koja se nalazi u prilogu ovog Izvještaja. Projektirana debljina iznosi 50 mm (na dijelu „varijante I“ izvedbe), odnosno 40 mm (na dijelu „varijante II“ izvedbe). Na osnovu pojedinačnih rezultata ispitivanja, te pripadnih srednjih vrijednosti, vidljivo je slijedeće:

Debljina ugrađenog sloja ispitana na originalnim uzorcima (8 kom.) kreće se od 37 – 50 mm, izražena kao srednja vrijednost iznosi 43 mm što zadovoljava projektiranu debljinu od 40 mm (u slučaju „varijante II“ izvedbe).

Dva (2) od ukupno osam (8) ispitanih uzoraka imaju debljinu manju od projektirane, ali ulaze u granice dopuštenih odstupanja od 15 % (dozvoljeno pojedinačno odstupanje iznosi 6 mm), debljina ugrađenog sloja ispitana na originalnim uzorcima (5 kom.) kreće se od 45 – 52 mm, izražena kao srednja vrijednost iznosi 49 mm što zadovoljava projektiranu debljinu od 50 mm (u slučaju „varijante I“ izvedbe).

Dva (2) od ukupno pet (5) ispitanih uzoraka imaju debljinu manju od projektirane ali ulaze u granice dopuštenih odstupanja od 15 % (dozvoljeno pojedinačno odstupanje iznosi 7,5 mm). Dozvoljeno odstupanje od srednje vrijednosti debljine sloja iznosi 5%, odnosno 2,5 mm, udio šupljina u ispitanim originalnim uzorcima (13 kom.) kreće se od 2,3 – 7,1 %(v/v), a izražen preko srednje vrijednost iznosi 5,4 %(v/v) što odstupa od propisanog zahtjeva od  $\leq 3,0$  % (v/v). Nezadovoljavajući rezultati u pogledu povećanog udjela šupljina usporedivi su s rezultatima kontrolnih ispitivanja provedenih neposredno nakon završetka radova, a izravno utječu na vodozaštitna svojstva izvedenog asfaltnog sloja. Ovako izveden asfaltni sloj ne predstavlja vodonepropusnu barijeru na oblozi asfaltnog nasipa.

Loši rezultati posljedica su neodgovarajuće ugradnje asfaltne mješavine. Prilikom daljnjih radova na izvedbi sanacije asfalt-betonske obloge nasipa izvođač radova će se morati značajno bolje pripremiti i organizirati tehnologiju izvedbe ugradnje asfalta kako bi proizveo vodonepropusni asfaltni sloj odgovarajućih karakteristika, koje će biti detaljno specificirane u Novelaciji izvedbenog projekta sanacije.

#### 6.5.4. Ispitivanje vodopropusnosti asfaltnog sloja

Na četiri (4) uzorka izvađena iz ugrađenog asfaltnog sloja provedeno je određivanje koeficijenta vodopropusnosti ( $k$ ). Iz serije izvađenih uzoraka izabrana su po dva uzorka s najmanjim udjelima šupljina, za koje se pretpostavlja da imaju najbolja vodozaštitna svojstva, te dva uzorka sa najvećim udjelima šupljina, za koja se pretpostavlja da ne zadovoljavaju zahtjeve vodonepropusnosti.

Uzorci su ispitani na uređaju za ispitivanje vodopropusnosti (Slika 90), sa spriječenim bočnim procijeđivanjem, pod tlakom od 1,0 bara, na prethodno u vakuumu vodozasićenom uzorku. Bočno procijeđivanje je spriječeno gumenom brtvom koja se tlači pritiskom od 2 bara (Slika 91).



Slika 90. Uređaj za određivanje vodopropusnosti



Slika 91. Bočno brtvljenje uzorka (2 bara)

Rezultati ispitivanja prikazani su u Tablici 3.

oznaka uzorka	pozicija uzorkovanja		udio šupljina u asfaltnom sloju, % (v/v)	koeficijent vodopropusnosti (k), cm/s
	stacionaža	udaljenost od krune nasipa – mjereno po kosini obloge		
17-1985	km 1+630, DNA	5,5 m	3,1	$2 \times 10^{-8}$
17-1987	km 1+630, DNA		nepropusno	
17-1969	km 3+636, DNA	5,5 m	7,0	$5 \times 10^{-5}$
17-1978	km 3+489, DNA		7,1	$7 \times 10^{-5}$

**Tablica 3.** Rezultati određivanja koeficijenta vodopropusnosti (k)

Na uzorku sa najmanjim udjelom šupljina (2,3 %), tijekom ispitivanja nije zabilježen protok vode kroz uzorak, što znači da je uzorak ocjenjen kao vodonepropustan.

Uzorak sa 3,1 % šupljina ima koeficijent vodopropusnosti koji ga karakterizira kao nepropusnog, sa visokim vodozaštinim svojstvima.

Oba uzorka sa visokim udjelima šupljina (7,0 i 7,1 %), imaju koeficijent vodopropusnosti koji ih karakterizira kao nisko propusne, što ne zadovoljava zahtjev za vodonepropusnost asfalt-betonske obloge nasipa.

### **6.5.5. Ispitivanje svojstava ekstrahiranog bitumena**

Iz izvađenih uzoraka vodozaštitnog asfaltnog sloja (VAB 8), ekstrakcijom i izdvajanjem bitumenskog veziva rotacijskim otparivačem pripremljena su i ispitana dva uzorka polimerom modificiranog bitumena tipa PmB 40/100-65.

Uzorak 1 uzorkovan je sa probnog polja „A“, dok je Uzorak 2 uzorkovan sa probnog polja „B“.

Rezultati ispitivanja svih svojstava (penetracija, točka razmekšanja i elastični povrat) na oba ispitana uzorka zadovoljavaju zahtjeve za originalno bitumensko vezivo. To znači da nije došlo do značajnije promjene svojstava bitumena tijekom faze ugradnje i faze eksploatacije (otprilike 2 godine).

Rezultati ispitivanja svojstava ekstrahiranog bitumena prikazani su Izvještaju o ispitivanju br. 72563-2224/17.



## 7. Zaključak

Održavanje asfaltne obloge nasipa od izrazitog je značaja za očuvanje njezine trajnosti i stabilnosti, te ukupne stabilnosti nasipa akumulacije. Jedan od aspekata održavanja je popravak oštećenja. U cilju otkrivanja nastalih oštećenja potrebno je provoditi redovite i izvanredne preglede stanja asfaltne obloge nasipa. Nakon uočavanja oštećenja, a ovisno o tipu i veličini istoga, potrebno je donijeti odluku da li je potrebna hitna sanacija ili je oštećenje takvog tipa da se sanacija može odgoditi. Oštećenja mogu biti prouzročena silama koje djeluju na oblogu, a mogu biti i posljedica manjkavosti izvedenih tijekom izgradnje asfaltne obloge. Postoje razne mogućnosti sprječavanja oštećenja kao što su pravovremeni pregledi novonastalih oštećenja i hitna sanacija istih, uklanjanje smeća te većih komada drveća iz akumulacije, trebalo bi dozvoliti samo minimalno prometovanje teških vozila po kruni nasipa, potrebno je ukloniti svako bilje koje se pojavi na asfaltnoj oblozi, preporuča se asfaltnu oblogu nasipa periodično oprati mlazom vode visokotlačnim uređajem kako bi se uklonile nakupine mulja, algi i školjkaša, te nakon sušenja prešpricati oblogu bitumenskom emulzijom. Na taj se način znatno produljuje vijek trajanja obloge jer se sprječava otvrdnjavanje bitumena u asfaltu izazvano prvenstveno UV zračenjem, te se sprječava krunjenje zrna agregata u zoni djelovanja vode. Također, emulzija stvara dodatni zaštitni film koji poboljšava vodonepropusna svojstva asfaltne obloge nasipa.

S obzirom na visoku cijenu zastoja kod izvođenja sanacija, odnosno smanjene proizvodnje električne energije sa spuštenom radnom kotom akumulacije, radovi sanacije bi se trebali izvoditi u što kraćem periodu sa što manjim vremenskim zastojsima. U svemu tome vrlo je bitno vremensko planiranje izvođenja radova jer se treba težiti povoljnim vremenskim uvjetima i tome da se što je moguće više skрати period snižene kote vodostaja.

I na kraju ovog Diplomskog rada, zaključak svega je da se tijekom eksploatacije građevine provode redovite sezonske, godišnje i izvanredne preglede kako bi se ustvrdili eventualno nastali nedostaci na kolnim površinama i kosinama asfaltbetonske obloge, te se osigurala nesmetana odvodnja oborinskih voda s krune nasipa.

## 8. Literatura

- [1] Glavni projekt HE Čakovec, Derivacijski kanal, Elektroprojekt Zagreb, 1977.
- [2] Glavni projekt HE Čakovec, Obodni nasipi bazena, Elektroprojekt Zagreb, 1977.
- [3] Izvještaj o kontroli asfaltnih radova, SOUR Hidroelektra, Biro za tehnološka ispitivanja odjel Asfalti, 1982.
- [4] Izvještaj o rezultatima vizuelnog pregleda stanja površine asfaltbetonske obloge, mogućim uzrocima nezadovoljavajuće kvalitete ugrađenosti gornjeg sloja, te tabelarnim pregledom površina predviđenih za naknadnu sanaciju, Građevinski institut, 1982.
- [5] Izvještaj o rezultatima laboratorijskih ispitivanja kvalitete po izvođaču predloženih premaza za sanaciju asfalta, te mišljenjem o načinu sanacije nekvalitetno izvedene asfaltne obloge na objektu: BAZEN I DOVODNI KANAL HE ČAKOVEC, Građevinski institut, 1982.
- [6] Izvještaj s mišljenjem i nalazima o rezultatima ispitivanja kontrolnih uzoraka proizvedene i ugrađene asfaltne mase namijenjene za sanaciju gornjeg (II) sloja asfaltne obloge, te zaključkom o kvaliteti izvedenih slojeva sanacije, Građevinski institut, 1982.
- [7] Izvještaj o sanaciji vodozaštitnog asfaltnog sloja desnog obalnog nasipa bazena u km 1+520, Građevinski institut, 1985.
- [8] Izvještaj o radovima na kontroli kvalitete sanacijskih radova na desnom obodnom nasipu HE Čakovec u 1986. godini, Građevinski institut, 1986.
- [9] Bilješke s pregleda asfalt-betonske obloge nasipa bazena i dovodnog kanala HE Čakovec unutar garantnog roka – više bilješki 1985-1987.
- [10] Bilješke s pregleda asfalt-betonske obloge nasipa bazena i dovodnog kanala HE Čakovec – više bilješki 1989-1990.
- [11] Izvještaj o provedbi istražnih radova te ispitivanja sastava i svojstava asfaltnih mješavina i asfaltnih slojeva, Ramtech d.o.o, Zagreb, 2013.
- [12] Završno izvješće: Sanacija asfalt-betonske obloge nasipa akumulacije HE Čakovec; Pavlic-asfalt-beton, Goričan 2015.
- [13] Završno izvješće: Ugradnja mastiksa na asfaltbetonsku oblogu desnog nasipa akumulacije HE Čakovec; Pavlic-asfalt-beton, Goričan 2016.
- [14] Završni izvještaj o provedenim kontrolnim ispitivanjima asfalta i materijala u sklopu projekta sanacije obloge nasipa akumulacije HE Čakovec broj 2220-1952/15; Institut IGH, d.d., Zagreb, studeni 2015.
- [15] Završni izvještaj o provedenim kontrolnim ispitivanjima asfalt mastiksa i materijala u sklopu projekta sanacije obloge nasipa akumulacije HE Čakovec broj 72561-2669/16; Institut IGH, d.d., Zagreb, rujan 2016.
- [16] Izvještaj o provedenim dodatnim postupcima utvrđivanja kvalitete asfalta izvedenog na probnim poljima tijekom 2015. i 2016.god. obloge nasipa akumulacije HE Čakovec broj 72563-2213/17; Institut IGH, d.d., Zagreb, srpanj 2017.
- [17] Završno izvješće o provedenim dodatnim kontrolnim ispitivanjima asfalta u sklopu projekta sanacije obloge nasipa akumulacije HE Čakovec, broj 72563-2162/18; Institut IGH d.d. Zagreb, kolovoz 2018.



### IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MLADEN HOZJAK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/jca završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ŠANACIJA ASFALTBETONSKE OBLOGE NAGIPA HE ČAKOJEK (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/jca:  
(upisati ime i prezime)

Mladen Hozjak  
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

