

# REMONT NIZVODNOG TURBINSKOG ZATVARAČA NA AGREGATU "A" U HE ČAKOVEC

---

**Kolar, Dario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:900959>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Stručni studij Strojарstva*

Dario Kolar

**Remont nizvodnog turbinskog  
zatvarača na Agregatu "A" u HE  
Čakovec**

**Overhaul of the downstream turbine  
shutter at Unit „A“ of HPP Čakovec**

Završni rad

Karlovac, 2022.godina.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
*Stručni studij Strojарstva*

Dario Kolar

**Remont nizvodnog turbinskog  
zatvarača na Agregatu "A" u HE  
Čakovec**

**Overhaul of the downstream  
turbine shutter at Unit „A“ of  
HPP Čakovec**

Završni rad

Josip Groš, mag.ing.str.

Karlovac, 2022.godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i tijekom rada te navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru mag.ing.mech. Josip Grošu, djelatnicima i direktorima

HE Čakovec te djelatnicima i direktoru ZRE Katowice, koji su mi dozvolili izradu završnog rada na praktičnom primjeru.

Posebne zahvale upućujem svojoj supruzi Milani, djeci Noi, Luni i Evi, koji su mi uz ostatak obitelji bili najveća podrška i motivacija za vrijeme studiranja.

Dario Kolar

## SADRŽAJ

|   |     |
|---|-----|
| SADRŽAJ .....   | I   |
| POPIS SLIKA .....   | III |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....  | IV  |
| SAŽETAK .....   | V   |
| SUMMARY .....   | VI  |
| 1. UVOD .....   | 1   |
| 1.1.Hidroelektrane .....  | 2   |
| 1.2.Tipovi hidroelektrana .....   | 3   |
| 2. HIDROELEKTRANA ČAKOVEC .....   | 4   |
| 2.1 Osnovni podaci o hidroelektrani .....   | 4   |
| 2.2 Nizvodno turbinski zatvarač .....   | 6   |
| 3. PROJEKTNI ZADATAK .....  | 9   |
| 3.1 Problematika .....  | 9   |
| 3.2 Zahtjev kupca (Naručitelja usluga) .....  | 14  |
| 4. REMONT NIZVODNOG TURBINSKOG ZATVARAČA .....  | 16  |
| 4.1 Izrada izvedbene dokumentacije .....  | 16  |
| 4.1.1 Terminski plan .....  | 16  |
| 4.1.2 Tehnička i nacrtna dokumentacija .....  | 18  |
| 4.1.2.1 <i>Nacrtna dokumentacija</i> .....  | 18  |
| 4.1.2.2 <i>QA dokumentacija</i> .....   | 19  |
| 4.1.2.3 <i>QC dokumentacija</i> .....   | 23  |
| 4.2 Nabavka novih dijelova .....  | 24  |
| 4.3.Izvođenje radova .....  | 26  |
| 4.3.1.Pripremni radovi .....  | 26  |
| 4.3.1.1 <i>Organizacija radilišta</i> .....   | 26  |
| 4.3.1.2 <i>Dostava novih dijelova i alata na radilište</i> .....                                | 28  |
| 4.3.1.3 <i>Postavljanje skele</i> .....   | 29  |
| 4.3.2 Mjerenja prije početka radova .....   | 30  |
| 4.3.3 Demontažni radovi .....   | 32  |
| 4.3.4.Utovar demontiranih pozicija i transport na mjesto rada .....                             | 34  |
| 4.3.5.Remont nizvodnog turbinskog zatvarača i servomotora .....                                 | 35  |
| 4.3.6.Geodetski snimak položaja tračnica i brtveće klizne stijene prije početka radova .....    | 41  |
| 4.3.7.Pripremni građevinski radovi .....  | 42  |
| 4.3.8.Zamjena vodećih tračnica .....  | 43  |
| 4.3.9.Rekonstrukcija brtveće stijene .....  | 45  |
| 4.3.10.Geodetski snimak položaja tračnica i brtveće klizne stijene nakon montažnih radova ..... | 46  |

---

|   |    |
|---|----|
| 4.3.11.Završni građevinski radovi .....                           | 46 |
| 4.3.12.Završni radovi na brtvećoj stijeni.....                    | 48 |
| 4.3.13.Revizija ubetoniranih dijelova .....                       | 49 |
| 4.3.14.Revizija hidrauličkog agregata .....                       | 50 |
| 4.3.15.Montaža opreme.....  | 50 |
| 5. ZAVRŠNA ISPITIVANJA, PRIMOPREDAJA OPREME I PUŠTANJE U RAD..... | 52 |
| 6. ZAKLJUČAK.....   | 55 |
| LITERATURA.....   | 56 |

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1.1 Mlinski naljevni kotač, Ivanečki mlinovi [1].....   | 1  |
| Slika 1.2 Hidroelektrana Čakovec snage 77,44 MW [2].....  | 2  |
| Slika 2.1 Hidroelektrana Čakovec i akumulacija (Varaždinsko jezero) [4].....                          | 5  |
| Slika 2.2 Hidroelektrana Čakovec, poprečni presjek Kaplan turbine.....                                | 6  |
| Slika 2.3 Nacrt nizvodnog turbinskog zatvarača (poprečni presjek).....                                | 8  |
| Slika 3.1 Noseći kotač (presjek sklopa kotača).....   | 9  |
| Slika 3.2 Vodeći kotač (presjek sklopa kotača).....   | 10 |
| Slika 3.3 Pogled na betonsku brtveću stijenu u niši zatvarača.....                                    | 11 |
| Slika 3.4 Produženo zaštitno rebro i čelična ubetonirana ploča (presjek sklopa kotača).....           | 12 |
| Slika 3.5 Nacrt brtvenog okvira zatvarača.....  | 13 |
| Slika 4.1 Terminski plan Remonta nizvodnog turbinskog zatvarača.....                                  | 17 |
| Slika 4.2 Sklopni nacrt vodećih tračnica.....   | 18 |
| Slika 4.3 Nacrt donje tračnice.....   | 19 |
| Slika 4.4 Specifikacija radova za antikorozivnu zaštitu.....  | 20 |
| Slika 4.5 Atest sirovog materijala za izradu spojnih vijaka.....                                      | 21 |
| Slika 4.6 Atest specifikacije postupka zavarivanja.....   | 21 |
| Slika 4.7 Uvjerenje o osposobljenosti za nerazorna ispitivanja.....                                   | 22 |
| Slika 4.8 Plan kontrole i ispitivanja.....  | 23 |
| Slika 4.9 Dimenzijski protokol jednog nosećeg kotača nakon strojne obrade.....                        | 25 |
| Slika 4.10 List 8 iz Plana izvođenja radova.....  | 27 |
| Slika 4.11 Primjer Zapisnika o ispitivanju radne opreme.....  | 28 |
| Slika 4.12 Kontrolni list skele, list 1/4.....  | 29 |
| Slika 4.13 Skela u usisnoj cijevi agregata A.....   | 30 |
| Slika 4.14 Izvještaj o ispitivanju vremena i tlakova dizanja i spuštanja zatvarača prije remonta..... | 31 |
| Slika 4.15 Terminski plan – aktivnosti na radilištu.....  | 32 |
| Slika 4.16 Izvlačenje servomotora portalnom dizalicom.....  | 33 |
| Slika 4.17 Izvlačenje segmenata zatvarača portalnom dizalicom.....                                    | 34 |
| Slika 4.18 Utovar servomotora na labudicu za transport.....   | 35 |
| Slika 4.19 Defektažni zapisnik, list 6.....   | 36 |
| Slika 4.20 Kontrolni list montaže.....  | 38 |
| Slika 4.21 Izvješće o zaštiti od korozije.....  | 39 |
| Slika 4.22 Izvještaj o tlačnoj probi servomotora.....   | 40 |
| Slika 4.23 Geodetski snimak i referentne točke brtveće stijene.....                                   | 41 |
| Slika 4.24 Brtveća stijena nakon uklanjanja površinskog sloja betona.....                             | 42 |
| Slika 4.25 Demontaža starih tračnica.....   | 44 |
| Slika 4.26 Brtveća stijena nakon zavarivanja.....   | 45 |
| Slika 4.27 Geodetsko snimanje položaja i ravnosti novih ploča i novih tračnica.....                   | 46 |
| Slika 4.28 Injektiranje podložnog betona visokotlačnom pumpom.....                                    | 47 |
| Slika 4.29 Izvještaj o ispitivanju zavara penetrantima.....   | 48 |
| Slika 4.30 Popravak brtvenog praga zatvarača.....   | 49 |
| Slika 4.31 Dijagram ispitivanja tlaka i protoka pumpe hidrauličkog agregata.....                      | 50 |
| Slika 4.32 Montaža servomotora i zatvarača.....   | 51 |
| Slika 5.1 Mokra proba zatvarača (ispitivanja kod punog protočnog trakta).....                         | 53 |
| Slika 5.2 Prateći list za otpad.....  | 54 |

---

**POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

---

| Broj dokumenta  | Naziv dokumenta   |
|-----------------|---|
| 220112-G-10002  | Situacija strojarnice, MHEČ te dovodnog i odvodnog kanala                                   |
| 512 392         | Ensemble (Uzdužni presjek nizvodnog turbinskog zatvarača)                                   |
| 449 543         | Coupe de rainure (presjek sklopa kotača)  |
| 511929          | Guidages Lateraux (presjek vodećeg kotača)  |
| 512102          | Etancheites (sklop gumene brtve)  |
| 0631-01         | Terminski plan radova – Remont NTZ-a  |
| TA2.11003.84    | Rekonstrukcija vodećih tračnica _SKLOP  |
| TA2.11003.84-01 | Donja tračnica (D+L)  |
| TA2.41000.21    | Specifikacija radova - Antikorozivna zaštita  |
| TA2.21002.49    | Plan kontrole i ispitivanja – Remont NTZ  |
| TA2.31005.28    | Dimenzijski protokol – Kotač noseći   |
| 0631-02         | Plan izvođenja radova   |
| TCI.22.001      | HE Čakovec-ispitivanje otvaranja i zatvaranja nizvodnog zatvarača agregata A prije remonta  |
| TA2.41000.24    | Specifikacija radova - Plan montaže/demontaže postrojenja NTZ HE Čakovec AG A               |
| TA2.41000.27    | Specifikacija radova - Postupak spajanja brtvećih elemenata postrojenja NTZ HE Čakovec AG A |
| 450 265         | Servo Moteur – Servomotor sklop   |
| TCI.22.008      | HE Čakovec - servomotor nizvodnog zatvarača agregata A nakon remonta                        |
| 0631 HE Čakovec | U1-U5 Kontrolni list montaže  |
| Doc.Nr.3103     | AKZ List – Corrosin protection protocol   |
| 0631            | Defektažni zapisnik   |
| 0631            | Elaborat o izvršenim uslugama i radovima  |
| TA2.41000.25    | Specifikacija radova - Postupak sanacije brtveće stijene postrojenja NTZ HE Čakovec AG A    |



## **SAŽETAK**

Završni rad će nam opisati tijek remonta nizvodno turbinskog zatvarača na postrojenju kaplan turbine agregata A na hidroelektrani Čakovec. Rad će nam prikazati sve faze remonta od faze ugovaranja do primopredaje opreme i predaje završnog elaborata o izvedenim radovima. U prvom dijelu ukratko se upoznajemo sa osnovnim informacijama o hidro turbinama, hidroelektrani Čakovec i samoj funkciji nizvodno turbinskog zatvarača. Nakon toga rad opisuje projektni zadatak zadan ugovorom.

Drugi dio rada je opisuje izvedbeni dio ugovora, gdje je sami remont podijeljen na dva dijela. Prvi dio se odnosi na projektiranje i planiranje projekta, dok je drugi dio projekta samo izvođenje radova.

U današnje vrijeme rok za ispunjenje ugovora ima jednaku važnost kao i financijski dio ugovora, posebno u energetici i distribuciji energije gdje samo jedan dan produžetka radova nosi velike financijske gubitke kupcu. Ovaj rad naglasit će važnost planiranja radova i projektiranja tehnoloških procesa remonta u poštivanju ugovorenog roka s obzirom da je period za izvođenje radova bio ograničen na 12 tjedana što je relativno kratak rok s obzirom na opseg radova.

### **Ključne riječi**

Remont, nizvodno turbinski zatvarač, hidroturbine, projekt, ugovor, projektiranje tehnoloških procesa, izvođenje radova, opseg radova

## **SUMMARY**

Final work will describe the course of the overhaul of the downstream turbine shutter at the kaplan turbine of unit A at the Čakovec hydroelectric power plant. The work will show us all phases of the overhaul, from the contracting phase to the handover of the equipment and the submission of the final report of performed works. In the first part, we briefly familiarize ourselves with the basic information about hydro turbines, the Čakovec hydroelectric power plant and the very function of the downstream turbine shutter. After that, the work describes the project task given by the contract.

The second part of the work describes the implementation part of the contract, where the overhaul itself is divided into two parts. The first part refers to the design and planning of the project, while the second part of the project is only the execution of the works.

Nowadays, the deadline for the fulfillment of the contract has the same importance as the financial part of the contract, especially in energy and energy distribution, where just 1 day of extension of the works brings big financial losses. This paper will emphasize the importance of planning technological processes of overhaul in compliance with the agreed deadline, given that the period for the execution of the works was limited to 12 weeks, which is a relatively short period considering the scope of the works..

### **Keywords:**

Overhaul, downstream turbine shutter, hydro turbines, project, contract, planning of technological processes, execution of works, scope of works

## 1. UVOD

Što je hidroenergija? Hidroenergija ili energija vode jedan je od najstarijih i najvećih izvora obnovljive energije, koji koristi prirodni tok vode za proizvodnju električne energije. Od davnina su se u razne svrhe koristili razni mlinovi pogonjeni snagom vode.

Hidroenergija je najrasprostranjeniji i najčešće korišteni obnovljivi izvor energije u svijetu. Za razliku od ostalih obnovljivih izvora energije kao što su vjetar i sunce, energiju vode možemo skladištiti (akumulirati) i koristiti po potrebi. Druga prednost je mogućnost točnog predviđanja buduće proizvodnje što omogućuje dobro planiranje i optimizaciju proizvodnje električne energije u kombinaciji s drugim izvorima.

Od početka 20. stoljeća hidroenergiju tj. energiju vode najčešće povezujemo sa hidroelektranama i proizvodnjom električne energije.



**Slika 1.1** Mlini na Ivnici, Ivanečki mlinovi [1]

## 1.1. Hidroelektrane

U proizvodnji električne energije snagom vode, voda se akumulira ili skladišti na višoj nadmorskoj visini i usmjerava prema dolje kroz velike cijevi ili tunele (cjevovode) na nižu nadmorsku visinu. Na kraju svog prolaska niz cijevi, voda koja pada uzrokuje rotaciju turbina. Turbine pak pokreću generatore koji pretvaraju mehaničku energiju turbina u električnu energiju. Postrojenja gdje se potencijalna i kinetička energija vode pretvara u električnu energiju zovu se hidroelektrane. Hidroelektrane uz proizvodnju električne energije obavljaju i niz korisnih zadataka, kao što su kontrola poplava, navodnjavanje, opskrba vodom te zaštita zemljišta od erozije.



**Slika 1.2** Hidroelektrana Čakovec snage 77,44 MW [2]

## 1.2. Tipovi hidroelektrana

Prema tipovima hidroelektrane mogu biti protočne ili akumulacijske. Protočne hidroelektrane kinetičku energiju vodenog toka. Ove hidroelektrane nemaju akumulaciju. Akumulacijske hidroelektrane akumuliraju potencijalnu energiju u akumulacijskom jezeru koje nastaje pregradnjom rijeke.

Prema načinu proizvodnje se razlikuju:

- a) Pibranske hidroelektrane

Kod kojih je strojarnica uz ili u brani.

- b) Derivacijske hidroelektrane

Kod kojih je strojarnica izmještena dalje od brane,

- c) Reverzibilne hidroelektrane

Akumulacijske hidroelektrane s gornjom i donjom akumulacijom proizvode energiju padom vode iz gornje akumulacije, ali mogu raditi i kao crpke koje crpe vodu iz donje akumulacije u gornju akumulaciju kako bi se energija te vode mogla ponovno iskoristiti. Za crpljenje se koristi električna energija iz elektroenergetskog sustava u vrijeme kada ima viška energije (npr. noću). Reverzibilne hidroelektrane služe za uravnoteženje proizvodnje i potrošnje u elektrodistribucijskoj mreži.

- d) Crpne hidroelektrane

Postrojenja kojima je osnovni zadatak crpljenje odnosno sakupljanje vode u višim akumulacijama za potrebe neke klasične hidroelektrane. Kada se voda iz akumulacije koristi u osnovnoj hidroelektrani, rade kao klasična hidroelektrana te i one koriste energiju iste vode povećavajući ukupni stupanj iskoristivosti..

---

## 2. HIDROELEKTRANA ČAKOVEC

### 2.1 Osnovni podaci o hidroelektrani

Hidroelektrana Čakovec snage 77,44 MW smještena je u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, na području Međimurske i Varaždinske županije, na rijeci Dravi, u blizini gradova Varaždina i Čakovca, a obuhvaća dionicu rijeke od Varaždina do Hrženice (r. km 288 do r. km 267).

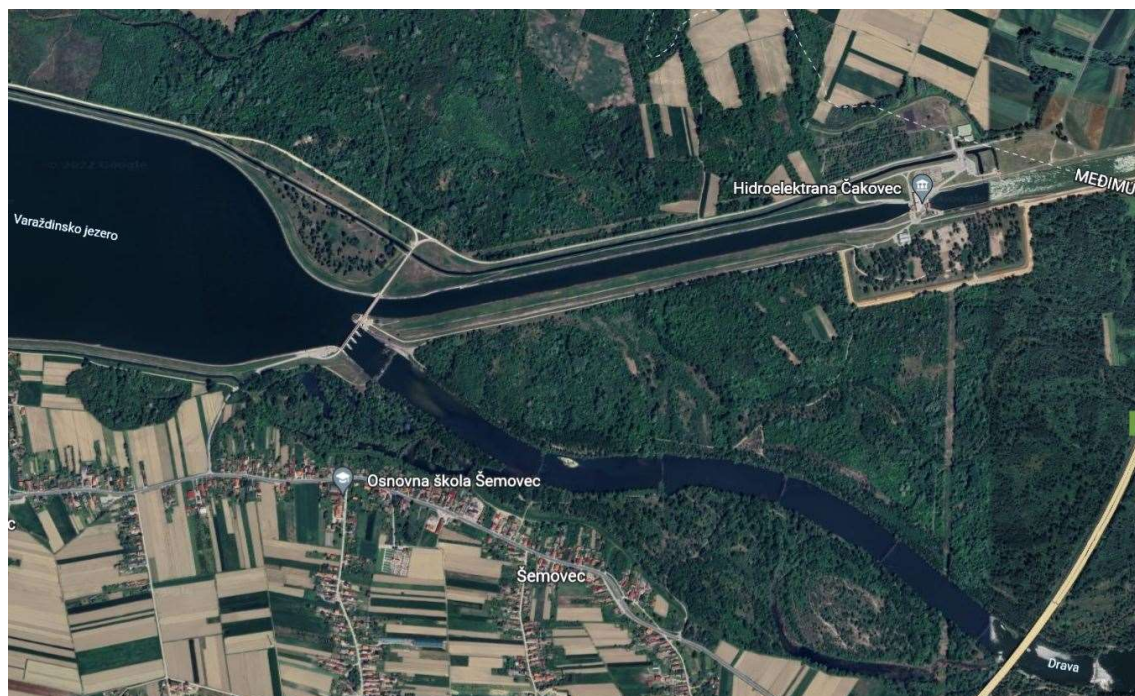
HE Čakovec je druga od tri višenamjenske hidroelektrane na Dravi kojima se, uz proizvodnju električne energije, sudjeluje u opskrbi vodom, obrani od poplava, zaštiti zemljišta od erozije, navodnjavanju, odvodnji, te prometu. S proizvodnjom električne energije započela je 1982. godine.

Prema tipu elektrana je protočna, niskotlačna, derivacijska hidroelektrana s akumulacijom (površine 10,5 km<sup>2</sup> i zapremine 51,6 hm<sup>3</sup>) za dnevno i djelomično tjedno uređenje protoka. Postrojenja hidroelektrane se sastoje se iz sljedećih građevina: akumulacijskog jezera s obodnim nasipima, dovodnog i odvodnog kanala, pokretnog i nasutog dijela brane, ulazne građevine te strojarne.

Hidroelektrana ima ugrađena dva glavna agregata s horizontalnim cijevnim turbinama i generatorima „u kruški“ raspoložive snage svakog po 38 MW.

Hidroelektrana Čakovec u svom sastavu ima i dvije male hidroelektrane. U lijevom dijelu brane nalazi se agregat C biološkog minimuma cijevnog tipa i služi za ispuštanje biološkog minimuma od 8 m<sup>3</sup>/s u staro korito rijeke nizvodno od brane. Instalirana snaga agregata je 1,1 MW, a započeo je s proizvodnjom 1982. godine. Druga mala hidroelektrana smještena na lijevoj strani odvodnog kanala HE Čakovec i koristi vode lijevog drenažnog jarka. Sastoji se od agregata D tipa Kaplan instalirane snage 0,34 MW. Puštena je u pogon 1993. godine.

Raspoloživa snaga elektrane je 77,44 MW (agregat A - 38 MW, agregat B - 38 MW, agregat C - 1,1 MW i agregat D - 0,34 MW). Ukupni instalirani protok hidroelektrane je 500 m<sup>3</sup>/s. [3]



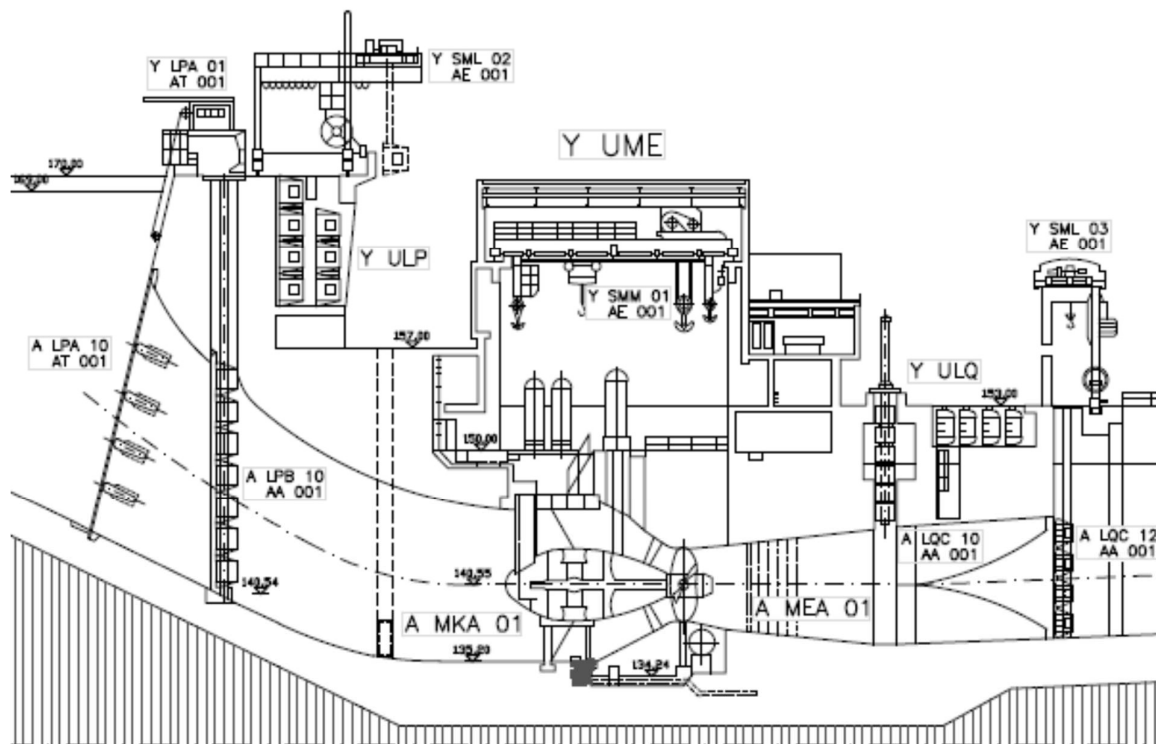
**Slika 2.1** Hidroelektrana Čakovec i akumulacija (Varaždinsko jezero) [4]

Sastavni dio turbinske opreme je postrojenje nizvodnog turbinskog zatvarača (NTZ). Namjena zatvarača je zaustavljanje ili reguliranje protoka vode kroz agregat. Ugrađen je u usisnoj cijevi 14 m nizvodno od poprečne osi lopatica radnog kola (slika 2.1 pored oznake “Y ULQ”).

Puna funkcionalnost turbinskog nizvodnog zatvarača od velike je važnosti za pravilan rad turbine i funkcionalnost cijelog postrojenja.

Zatvaranjem protočnog trakta u zahtijevanom trenutku, u zahtijevanom vremenskom razmaku, te nepropusnošću nakon zatvaranja osiguravaju se sigurnost i stabilan rad pogona i ekonomičnost iskorištavanja raspoloživih vodenih potencijala.

Punu funkcionalnost turbinskog nizvodnog zatvarača osigurava pravilan izbor i rad svake od komponenti njegovog sustava i zato je važno voditi brigu o svakoj od njih. [5]



Slika 2.2 Hidroelektrana Čakovec, poprečni presjek Kaplan turbine

## 2.2 Nizvodno turbinski zatvarač

Postrojenje se sastoji od brzog zatvarača, hidrauličkog sustava sa pripadajućim cjevovodima i servomotorima te sustava za detekciju položaja i upravljanje.

Zatvarač je izveden u obliku tablastog voznog zatvarača pravokutnog oblika. Pogon za manipulaciju je elektrohidraulički sa dva povezana servomotora. Brtvljenje zatvarača na bočnim površinama je dvostrano (dupla notna brtva), na gornjem dijelu brtvi jednostruka notna brtva dok na donjem dijelu i između segmenata brtvi profilna nož brtva .

Funkciju zatvaranja ili reguliranja protoka vode kroz turbinu zatvarač vrši u slučaju :

- redovitog pokretanja i zaustavljanja agregata
- nedozvoljenog pobjega agregata zbog ispada iz mreže
- rada turbine u režimu rada kao regulator protoka

Pogonski i upravljački dio opreme smješten je u prostoriji na koti 150,00 m.n.v., koja se nalazi u srednjem zidu strojarnice. U istoj prostoriji nalazi se elektro-hidraulička oprema za zatvarače od oba agregata.

Zatvarač se sastoji od pet (5), vijcima spojenih, segmenata koji zatvaraju/otvaraju protočni trakt na prijelazu iz kružnog ( $d = 8200$  mm) u pravokutni presjek. Podizanje/spuštanje



ostvaruje se hidraulički sa dva povezana servomotora. Vođenje zatvarača u niši ostvaruje se vodećim i nosećim kotačima koji se oslanjaju na ubetonirane šine.

Postrojenje NTZ se sastoji od sljedeće opreme :

a) Oprema u betonu:

šine za oslanjanje kotača (nizvodna strana niše)

prag i vodilice zatvarača

sklop za zavješanje zatvarača

dijelovi za detekciju položaja zatvarača

betonska brtveća stijena (uzvodna strana niše)

b) Segmenti zatvarača:

prvi (donji) segment oznake U 5, težine: 14720 kg

drugi segment oznake U 4, težine: 15360 kg

treći segment oznake U 3, težine: 11810 kg

četvrti segment oznake U 2, težine: 15310 kg

peti (gornji) segment oznake U 1, težine: 14100 kg

c) Servomotor (2 kom):

promjer cilindra: 315 mm

promjer klipa: 90 mm

hod klipa: 8320 mm

težina servomotora: 4145 kg

volumen: 680 litara

d) Pogonski agregat:

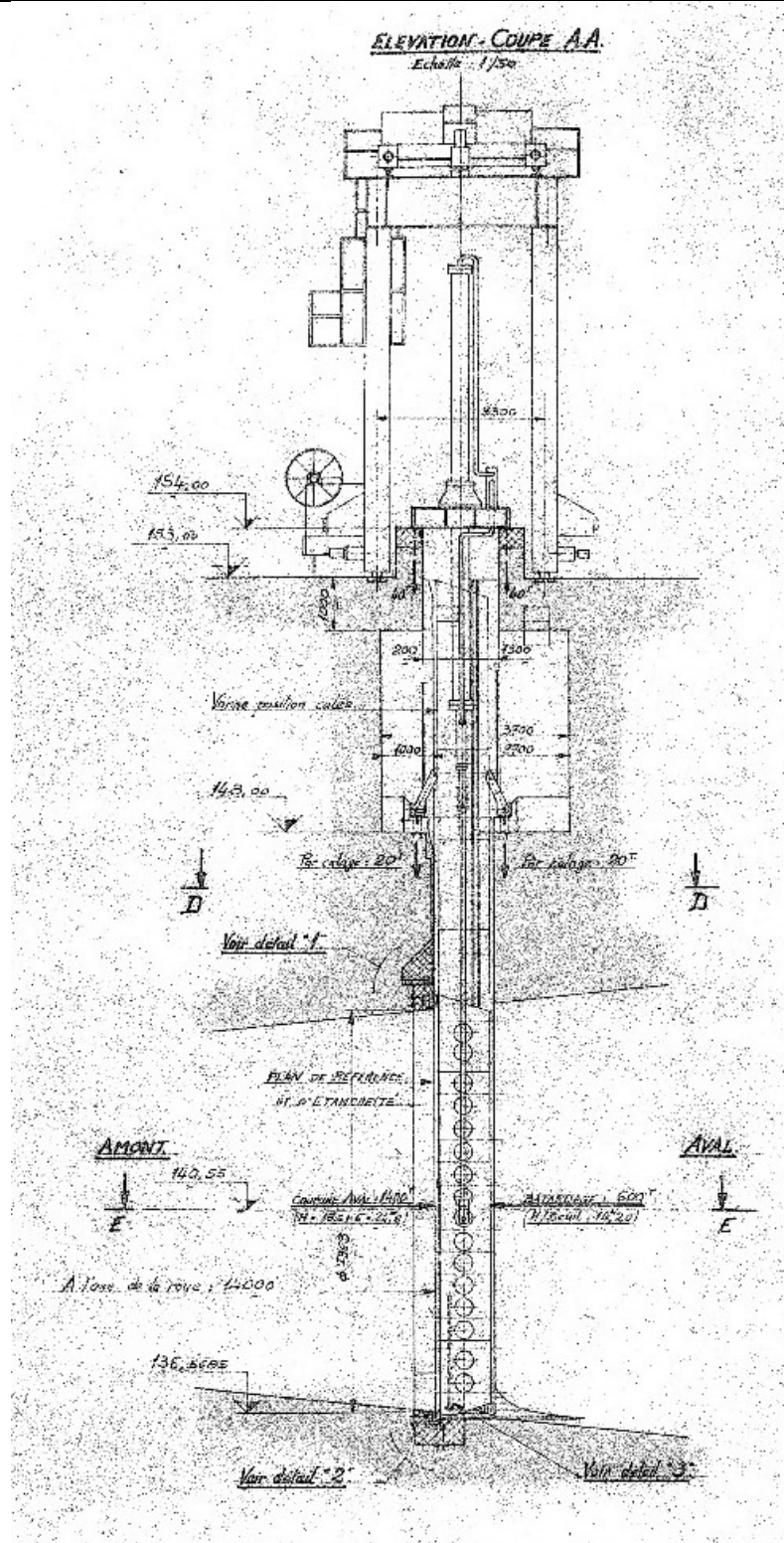
pumpa kapaciteta: 73 l/s: 2 kom

pogonski elektromotor snage: 18.5 kW: 2 kom

spremnik ulja kapaciteta: 1000 litara

količina ulja u sustavu ukupno: 1800 litara

e) Pripadajuće hidrauličke i elektro instalacije [6]



Slika 2.3 Nacrt nizvodnog turbinskog zatvarača (poprečni presjek)

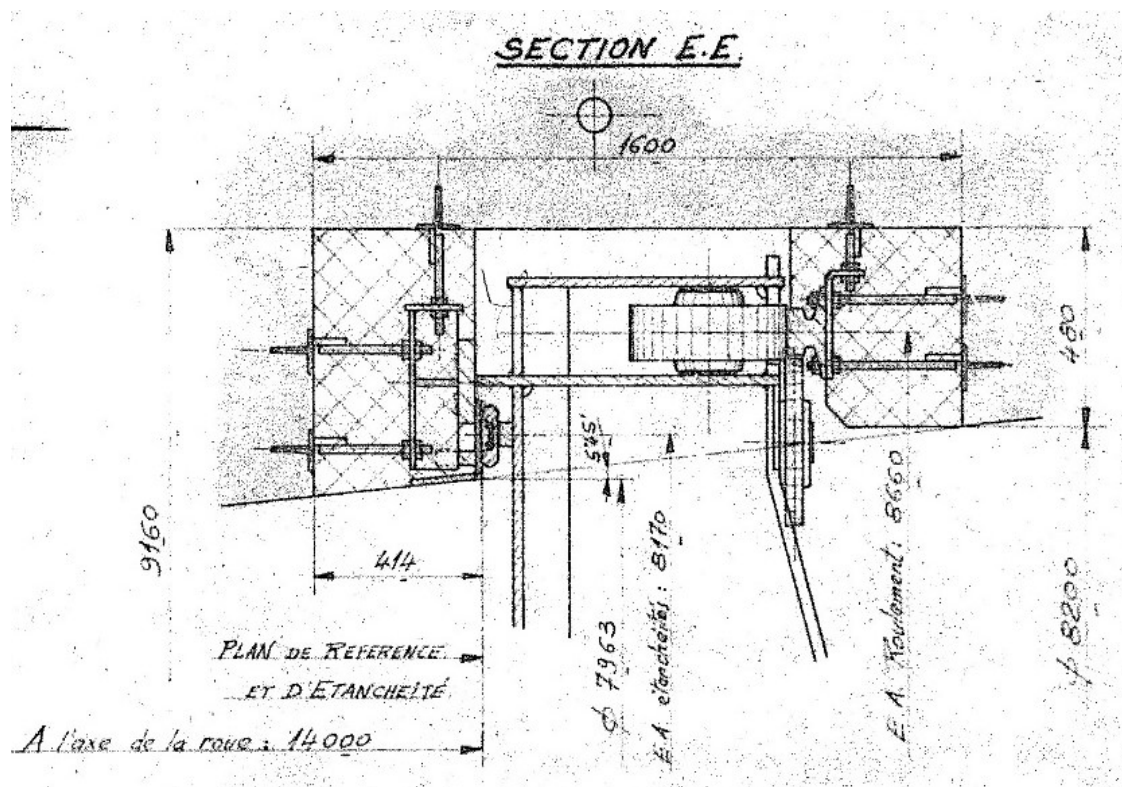
### 3. PROJEKTNI ZADATAK

#### 3.1 Problematika

Tijekom eksploatacije opreme, odnosno rada nizvodnog turbinskog zatvarača s vremenom dolazi do trošenja dijelova i opreme. Rezultat toga je neispravna funkcija cijelog postrojenja NTZ-a. Loše stanje postrojenja NTZ-a najbolje se primjeti kod zaustavljanja agregata, pri čemu se i nakon završetka faze zaustavljanja, turbina nastavlja vrtjeti na niskom broju okretaja. Loše stanje NTZ-a suma je nekoliko zasebnih faktora.

Prvi faktor je istrošenost ubetoniranih šina na koje se oslanjaju noseći kotači a čime se povećava nizvodni pomak zatvarača. Kao posljedica kotrljanja nosećih kotača po šinama, nastaju oštećenja na šinama u obliku trošenja i nakivanja. Oštećenja su naročito izražena u zoni češćeg oslanjanja kotača Dubine oštećenja odnosno istrošenosti šina iznose i do 5 mm.

Ovakva oštećenja narušavaju nepropusnost zatvarača. Na mjestima oštećenja noseći kotači, kao i cijeli zatvarač odmiču se od ravnine brtvljenja i time smanjuju ili potpuno poništavaju prednapon brtvi odnosno mogućnost brtvljenja.

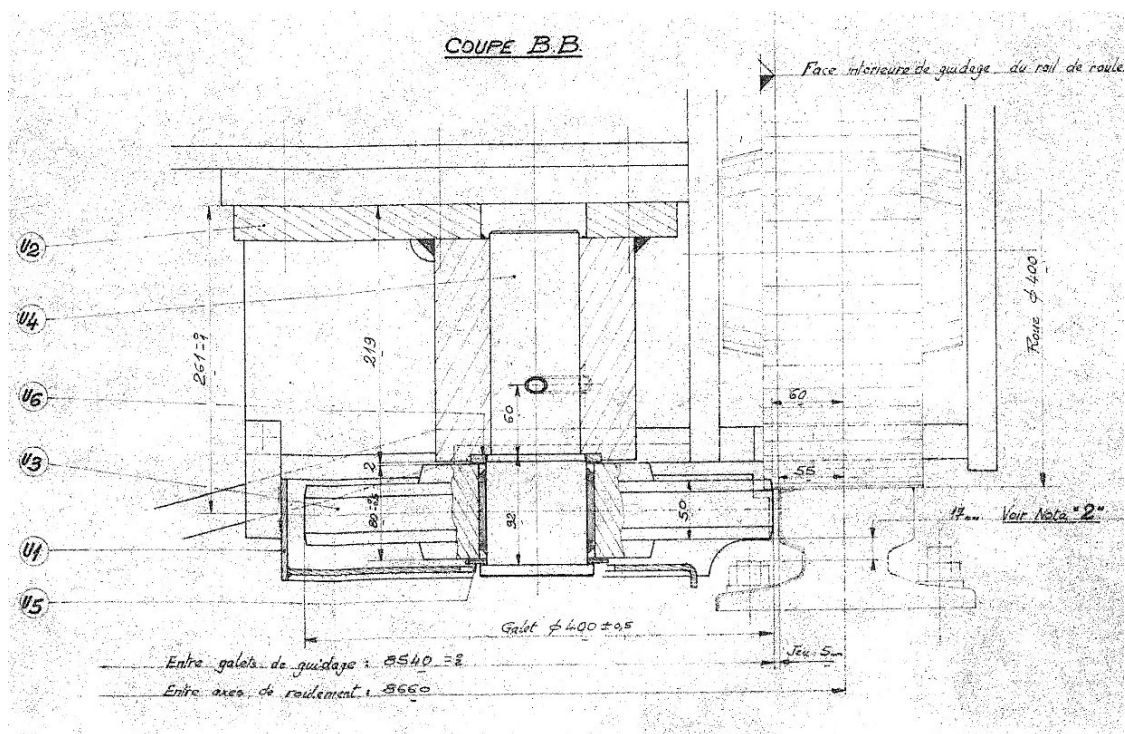


Slika 3.1 Noseći kotač (presjek sklopa kotača)

Još jedna direktna posljedica kotrljanja nosećih kotača po šinama su oštećenja na nosećim kotačima. Tijekom vremena na obodima kotača nastaju oštećenja zbog kotrljanja po šinama pri veliki opterećenjima, bilo zbog trošenja, bilo zbog kontakta sa krutim česticama.

Ta oštećenja isto tako smanjuju nepropusnost zatvarača. Na mjestima oštećenja, odnosno zbog smanjenog promjera kotača nastalog trošenjem, noseći kotači zajedno sa cijelim zatvaračem se odmiču od ravnine brtvljenja i time smanjuju ili potpuno poništavaju prednapon brtvi i mogućnost brtvljenja. Kotači su po obodu istrošeni i do 4 mm, što je po vrijednosti vrlo blizu ukupnoj vrijednosti prednapona brtvi zatvarača. Daljnje smanjenje prednapona brtvi dešava se i zbog povećane zračnosti u ležajima nosećih kotača. Zračnost u ležajevima kotača nastaje njihovim mehaničkim trošenjem. Zbog povezanosti problema nosećih kotača i šina rješavanje oba problema mora biti usklađeno i paralelno da bi se osigurao pravilan međusobni položaj zatvarača i ravnine brtvljenja.

Ista problematika javlja se i na vodećim kotačima koji su u kontaktu sa unutarnjim bočnim ploham šina te se i na njih mogu primijeniti ista rješenja.



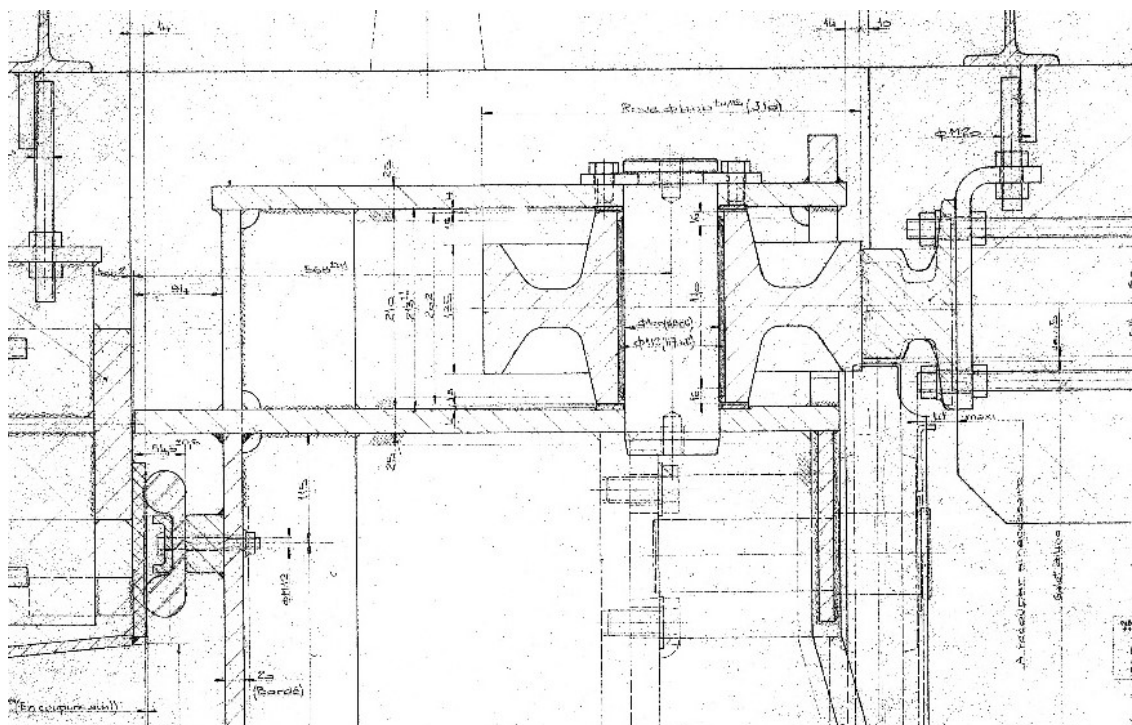
Slika 3.2 Vodeći kotač (presjek sklopa kotača)

Drugi faktor odgovoran za loše stanje postrojenja NTZ-a je oštećena brtveća stijena u niši zatvarača. Brtveća stijena nalazi se na uzvodnoj strane niše brzog zatvarača. Ima funkciju klizne površina za brtve zatvarača prilikom spuštanja i podizanja zatvarača. Izvedena je kao betonska brušena površina. Površina brtveće stijene je otprilike 28 m<sup>2</sup>. Oštećenja brtveće stijene nastaju uslijed mehaničkog trošenja prilikom podizanja i spuštanja zatvarača te zaglavlivanjem naplavina između tijela zatvarača i brtveće stijene. Ta ista oštećenja betonske plohe kao posljedicu imaju i mehaničko trošenje i oštećivanje brtve što utječe na propuštanja zatvarača.



**Slika 3.3** Pogled na betonsku brtveću stijenu u niši zatvarača

Treći faktor koji pridonosi lošem stanju postrojenja NTZ-a je propuštanje između brtvi i brtvene plohe zbog istrošenosti produženog zaštitnog rebra tijela zatvarača i ubetonirane čelične ploče po kojoj produženo rebro klizi. Naime, nepropusnost zatvarača na brtvenom okviru postiže se održavanjem pravilnog položaja brtvi zatvarača u odnosu na brtvenu plohu. Pravilan položaj osiguravaju šine i nosivi kotači postavljeni na nizvodnu stranu zatvarača. Položajem dodirne površine između šina i nosivih kotača određena je najveća moguća udaljenost brtvi od brtvene plohe, odnosno njezin prednapon. U slučaju kada dođe do razlike tlaka ispred i iza zatvarača, odnosno kad tlak sa nizvodne strane postane veći u odnosu na tlak sa uzvodne strane zatvarača, dolazi do primicanja zatvarača i brtvi još više prema brtvenoj plohi. Da ne bi došlo do oštećivanja brtvi na brtvenoj strani zatvarača nalazi se produženo zaštitno rebro čija je uloga da se oslanja na ubetoniranu čeličnu ploču i tako drži brtve priljubljene uz brtvenu plohu sa istim prednaponom odnosno na istoj razdaljini od brtvene plohe. Zračnost između produženog zaštitnog rebra i ubetonirane čelične ploče je minimalna i predstavlja maksimalni dodatni prednapon brtvi. Kontakti između zaštitnog rebra i ploče su česti u radu zatvarača i imaju za posljedicu njihovo međusobno oštećivanje odnosno dolazi do trošenja materijala. S vremenom, nastala oštećenja postaju prevelika i uzrokuju dodatno trošenje brtvi i propuštanje zatvarača u radu pa ih je potrebno sanirati.



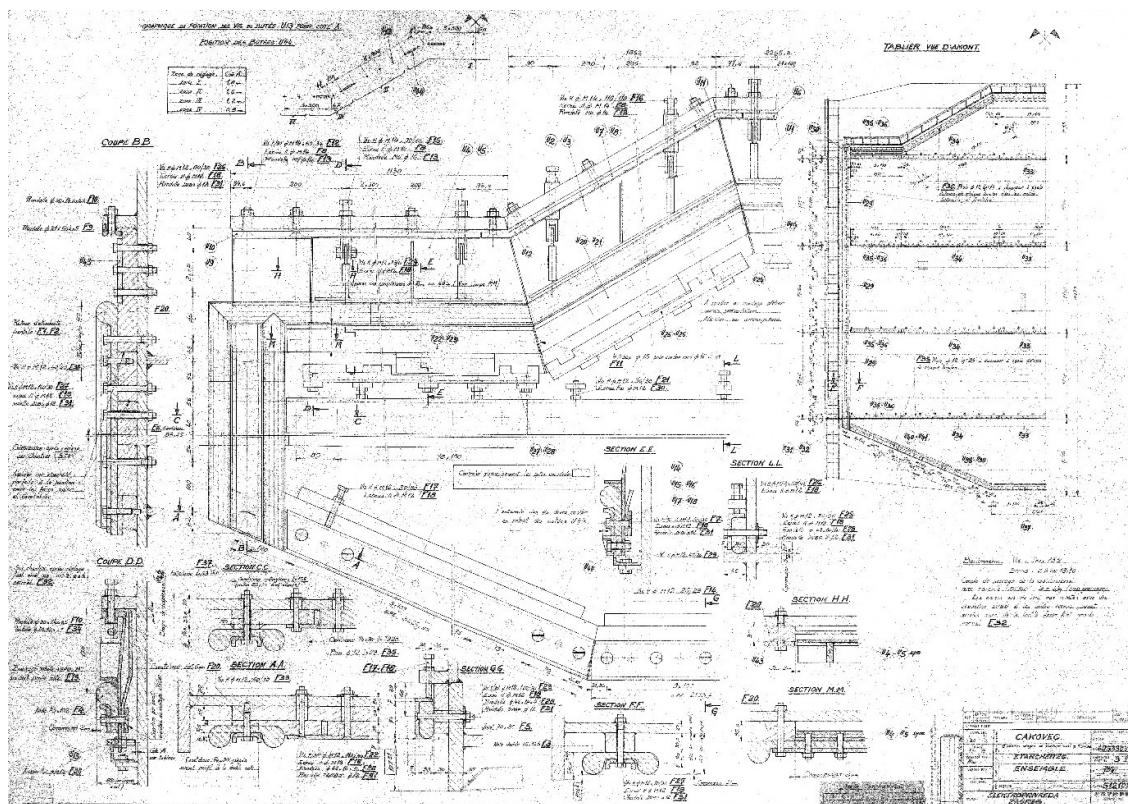
**Slika 3.4** Produženo zaštitno rebro i čelična ubetonirana ploča (presjek sklopa kotača)

Zadnji faktor koji ima utjecaj na lošu funkciju postrojenja NTZ-a su oštećene brtve.

Tijekom rada zatvarača u pojedinim situacijama dolazi do razlike tlakova ispred i iza zatvarača. Nastali poremećaji dovode do promjene smjera strujanja vode. Brtveni okvir uobičajene konstrukcije s jednostrukim notnim profilom brtve ne bi bio u stanju zaustaviti povratna strujanja vode, zbog čega je brtveni okvir ovog zatvarača konstruiran tako da osigurava nepropusnost u oba smjera.

Dvosmjerno brtvljenje osigurano je postavljanjem dvostrukih notnih profila brtvi na bokovima, specijalnom brtvom na gornjem dijelu zatvarača i okomitim nož-brtvama na pragu zatvarača i između segmenata zatvarača. Zbog trajnih deformacija nastalih uslijed stalnog djelovanja prednapona i zbog oštećivanja brtvi tijekom klizanja po brtvenim ploham, kao i zbog starenja materijala funkcionalnost brtvi s vremenom sve više opada.

Sama konstrukcija zatvarača i brtvenog okvira je izrazito kompleksna i kao takva ne dozvoljava pojedinačno rješavanje problema nepropusnosti kada ono postane neprihvatljivo. Zbog toga treba konstantno preventivno djelovati, odnosno planirati u zadanim vremenskim intervalima izvršiti remont zatvarača i u sklopu njega zamjenu svih brtvi. U sklopu navedenih aktivnosti potrebno je planirati i zamjeniti kompletan vijčani materijal.



Slika 3.5 Nacrt brtvenog okvira zatvarača

### 3.2 Zahtjev kupca (Naručitelja usluga)

Tehničkom specifikacijom, koja je sastavni dio ugovora kupac je definirao svoje zahtjeve na Remontu nizvodnog turbinskog zatvarača. Zahtjev kupca su sljedeće usluge i radovi na postrojenju nizvodnog turbinskog zatvarača agregata A :

- a) Izrada izvedbene dokumentacije
- b) Ispitivanja prije demontažnih usluga (zatečeno stanje)
- c) Demontažne usluge
- d) Skelarski radovi
- e) Mjerenja geodetskim uređajima
- f) Zamjena šina u niši zatvarača
- g) Remont servomotora
- h) Sanacija klipnjača servomotora
- i) Revizija elektrohidrauličke instalacije
- j) Remont zatvarača
- k) Revizija dijelova u betonu
- l) Radovi na brtvećoj stijeni
- m) Zaštita od korozije
- n) Montaža zatvarača i pripadajuće opreme te ispitivanje
- o) Završni usluge
- p) Izrada elaborata o provedenim uslugama i radovima

Dio zahtjeva Naručitelja je da Pružatelj usluge, prije početka radova na remontu postrojenja NTZ-a, dostavi Naručitelju na pregled i odobrenje sljedeću dokumentaciju:

- a) detaljan terminski plan radova
- b) plan uređenja radilišta
- c) QA/QC plan
- d) protokol ispitivanja zatvarača i pripadne opreme
- e) plan montaže/demontaže
- f) postupak sanacije brtveće stijene s pripadajućom tehničkom dokumentacijom
- g) postupak zamjene šina s pripadajućom tehničkom dokumentacijom
- h) postupak AKZ s pripadajućom tehničkom dokumentacijom



- i) postupak spajanja brtvećih elemenata
- j) ateste materijala, ateste postupka, WPS liste
- k) dokaz osposobljenosti angažiranih osoba na remontu (dizaličar, vezač, zavarivač, NDT osoblje) [6]

Definirano je ugovorom da će se Remont na zatvaraču i pripadnoj opremi odvijati od početka siječnja do kraja ožujka. Točnije 12 tjedana. S obzirom na predviđeni opseg i kompleksnost radova potrebna je jako dobra priprema i organizacija prije početka izvođenja radova da bi ugovoreni rok bio ispoštovan. Kvalitetno projektiranje i planiranje, te izrada prateće projektne dokumentacije uvelike smanjuje rizik od pogreške a samim time i od eventualnog kašnjenja.

---

## 4. REMONT NIZVODNOG TURBINSKOG ZATVARAČA

Remont nizvodnog turbinskog zatvarača može se podijeliti na tri zasebna zadatka prema ugovoru :

- a) Izrada izvedbene dokumentacije
- b) Nabavka novih dijelova
- c) Izvođenje radova na remontu

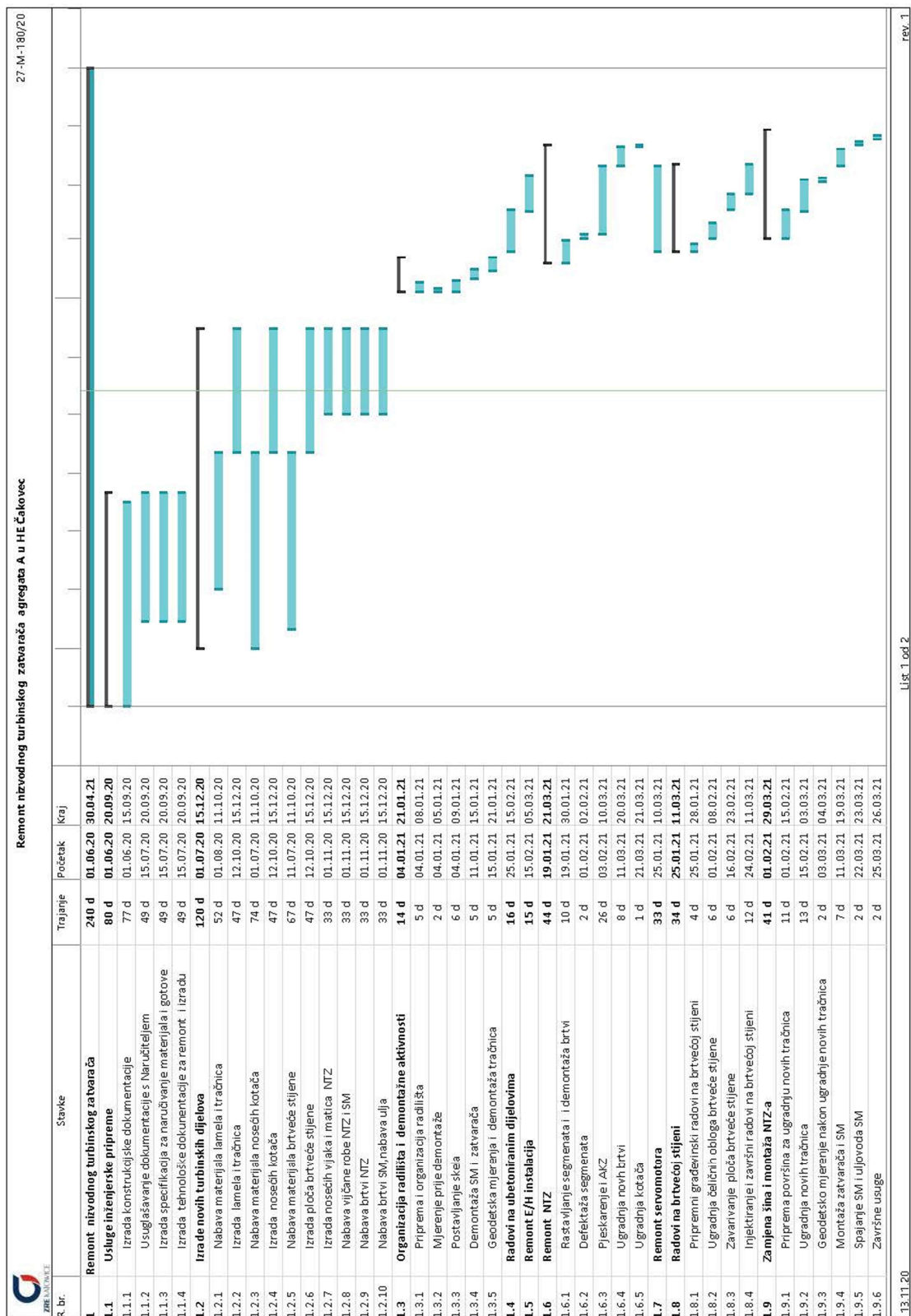
Izvršenje svakog zadatka pojedinačno ima podjednaku težinu tj. važnost za korektno ispunjenje ugovora te su međusobno usko povezani i zavisni jedan o drugom.

### 4.1 Izrada izvedbene dokumentacije

Tehničkom specifikacijom ugovora Pružatelj usluge je, prije početka radova na remontu postrojenja NTZ-a, dužan dostaviti Naručitelju na pregled i odobrenje izvedbenu dokumentaciju. Prvi i najvažniji korak u izradi izvedbene dokumentacije je izrada realnog terminskog plana sa uključenim svim aktivnostima vezanim za Remont nizvodnog turbinskog zatvarača odnosno aktivnostima vezanim za kvalitetno ispunjenje ugovora.

#### 4.1.1 Terminski plan

Kako je samo izvođenje radova na Remontu nizvodnog turbinskog zatvarača ograničeno vremenskim periodom od 12 tjedana dobro planiranje i organiziranje svih potrebnih aktivnosti je najbitniji proces u ugovorenom remontu. Svaki dan remonta je direktan financijski gubitak za kupca pa je stoga i rok za izvođenje ovoga Remonta najkraći moguć. Da rok završetka Remonta ne bi bio kompromitiran izrazito je važno izraditi kvalitetan terminski plan. Prilikom izrade terminskog plana izvođenja radova najvažnije je uključiti u plan sve aktivnosti. Svaku planiranu aktivnost potrebno je ograničiti realnim vremenskim rokom potrebnim za provedbu iste. Za aktivnosti koje su planirane kao opseg radova podizvoditelja potrebno je planirati i ugraditi u terminski plan vremenski period izvođenja radova prema ponudama podizvoditelja radova za te iste aktivnosti. Kako je vidljivo iz terminskog plana remont zatvarača obuhvaća od pripreme aktivnosti i radove koji se trebaju izvoditi na samom radilištu (elektrani). Da bi radovi na elektrani bili izvedeni na vrijeme sve pripreme aktivnosti moraju biti gotove i obavljene prije početka izvođenja radova.



Slika 4.1 Terminski plan Remonta nizvodnog turbinskog zatvarača





|   |   |   |                                 |
|---|---|---|---------------------------------|
|  | <b>SPECIFIKACIJA RADOVA</b><br><b>- Zaštita od korozije</b><br><b>postrojenja NTZ</b><br><b>HE Čakovec AG A</b> | <b>TA2.41000.21</b>                       |                                 |
|   |   | <small>Listove / No of pages</small><br>4 | <small>List / Page</small><br>2 |

## 1. Norma i standardi

Prema korozijskom opterećenju, postrojenja NTZ-a svrstano je u klasu CSM. Zahtjevi za antikorozivnu zaštitu sadrže standardne metode zaštite, koje su prilagođene zahtjevima naručitelja, a u skladu s uvjetima eksploatacije i važećim ISO standardima za antikorozivne usluge. Svi zahtjevi od pripreme površine, vrste premaza, debljine i izgleda premaza, adhezije premaza na površinu, debljine i izgled premaza, klasifikacija okoliša, nadzor i drugo biti će u skladu sa standardima:

- HR EN ISO 12944-1-8 Paint and varnishes-Corrosion protection of steel structures by protective paint system; Zaštita od korozije čeličnih konstrukcija zaštitnim sustavom boja – izvođenje i nadzor.
- HR EN ISO 8501-1-4 Preparation of steel substrates: Priprema čeličnih podloga prije nanošenja boja i srodnih proizvoda – vizualna procjena čistoće površine.
- HR EN ISO 8503-1-4 Preparation of steel substrates before application of paint and related products - surface roughness characteristic of blast-cleaned steel substrates: Priprema čeličnih podloga prije nanošenja boja i srodnih proizvoda - svojstva hrapavosti čeličnih površina.
- HR EN ISO 2808 Paint and varnishes-determination of film thickness: Boje i lakovi – određivanje debljine filma
- ASTM D3359 Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test : Standardne ispitne metode za ispitivanje prionjivosti premaza pomoću trake
- HR EN ISO 4628-1-8 Paint and varnishes - evaluation of degradation of coating: Boje i lakovi - procjena propadanja prevlaka

## 2. Priprema površine

Sa površine će se odstraniti svi ostaci od zavarivanja i ostale mehaničke nečistoće. Svi dijelovi će se oprati visokotlačnim vodenim peraćem ili odmaščivačem na bazi organskih otapala. Na taj će se način ukloniti sve masnoće, emulzije, silikonske paste i slično, prije nego se dijelovi počnu pjeskariti/sačmariti. Općenito će se sva oprema, prije nanošenja premaza pjeskariti/sačmariti do stupnja Sa 2 ½ prema HR EN ISO 8501-1.

Iznimka su kontaktne, strojno obrađene površine, brtvene površine kao i površine koje se ne smiju iz nekih drugih razloga pjeskariti. Te pozicije će se čistiti ručno do St 3, prema HR EN ISO 8501-1 sa rotacionim četkama, žičanim četkama ili brusnim papirom.

Stupanj hrapavosti pjeskarenih površina biti će od 30-50 µm, prema HR EN ISO 8503-1-4 (medium). Nakon pjeskarenja sva prašina i ostaci abrazivnog sredstva moraju biti ispuhani

| <small>Verzj / Rev:</small> | <small>Imena / Issues:</small> | <small>Provjera / Check:</small> | <small>Osloboda / Release:</small> | <small>Datum / Date:</small> |
|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| A                           | D. Kolar                       | A. Ribarić                       | A. Ribarić                         | 11.9.2020.                   |

Slika 4.4 Specifikacija radova za antikorozivnu zaštitu



Zahtjev kupca za dokazom osposobljenosti angažiranih osoba na remontu ima za cilj dokazati da će pojedine poslove i usluge obavljati osobe koje su kvalificirane za tu vrstu poslova (zavarivač, NDT ispitivač, geodeta...itd.) a samim time se jamči kvalitetnije obavljena usluga. Drugi razlog zahtjeva za dokazom osposobljenosti angažiranih osoba na remontu usko je povezan sa radom na siguran način. Sve osobe koje sudjeluju na remontu trebaju imati dokaz da pojedine poslove znaju i mogu obavljati na siguran način (dizaličar, signalista i vezač tereta ...itd.) te da su sposobne za obavljanje pojedinih poslova sa povećanom opasnošću od ozljeda na radu (liječničko uvjerenje).



## CERTIFIKAT

Broj: **0356/2021-0**

Ime i prezime: [REDACTED]

Datum i mjesto rođenja: [REDACTED], Zagreb, Hrvatska

Područje: **Certifikacija osoba za nerazorna ispitivanja**

Primijenjena norma: **HRN EN ISO 9712:2012**

| Metoda   | Stupanj | Vrijedi od          | Vrijedi do  | Industrijski sektor / Proizvod | Certifikacija |
|----------|---------|---------------------|-------------|--------------------------------|---------------|
| ET       | –       | –                   | –           | –                              | –             |
| MT       | 3       | 02.11.2021.         | 11.01.2026. | B; c, f, t, w, wp<br>PED       | IC            |
| PT       | 2       | 07.05.2017.         | 06.05.2022. | B; c, f, t, w, wp<br>PED       | IC            |
| RT - R   | 2       | 08.02.2019.         | 07.02.2024. | B; w<br>PED                    | IC            |
| UT       | 2       | 17.12.2018.         | 16.12.2023. | B; c, f, t, w, wp<br>PED       | IC            |
| VT       | 3       | 27.09.2021.         | 26.09.2026. | B; c, f, t, w, wp<br>PED       | IC            |
| OPĆI DIO | 3       | Položen 20.09.2021. |             |                                |               |

ET - ispitivanje vrtložnim strujama, MT - ispitivanje magnetskim česticama, PT - ispitivanje penetrantima, RT - radiografsko ispitivanje, UT - ispitivanje ultrazvukom, VT - vizualno ispitivanje  
 A - proizvodnja, B - ispitivanje opreme prije i za vrijeme eksploatacije, uključujući proizvodnju,  
 C - održavanje željeznica, D - zrakoplovstvo, E - brodogradnja  
 c - odjelovi, f - otkivci, w - zavareni spojevi, wp - vučeni proizvodi, t - cijevi  
 PED - Direktiva o tlačnoj opremi 2014/68/EU  
 IC - prva certifikacija, AP - administrativno produženje, P - proširenje certifikacije, R - recertifikacija

Potpis certificirane osobe

[REDACTED] mag.ing.mech.  
Voditelj Centra za certifikaciju

Zagreb, 02.11.2021.



**HRVATSKO DRUŠTVO ZA  
KONTROLU BEZ RAZARANJA d.o.o.**  
Centar za certifikaciju



OVAJ CERTIFIKAT IZDAN JE U SKLADU S HDKBR-OVOM SHEMOM ZA CERTIFIKACIJU OSOBA ZA NERAZORNA ISPITIVANJA KOJA JE MULTILATERALNIM SPORAZUMOM (MRA) PRIHVACENA I CERTIFICIRANA OD EFNDT A I ICNDT-A.  
 Certifikacijsko tijelo ovlašteno je od Ministarstva gospodarstva RH da kao priznata neovisna organizacija obavlja poslove certificiranja osoba za nerazorna ispitivanja nerazaraćivih spojeva kod tlačne opreme III i IV kategorije sukladno odredbama Pravilnika o tlačnoj opremi (NN 79/16) odnosno Direktive 2014/68/EU (PED) te se vodi u NANDO bazi prijavljenih tijela Europske komisije.

OB-12/13-1w

Certifikat je valjan samo ako je potpisan i od strane certificirane osobe.

**Slika 4.7** Uvjerenje o osposobljenosti za nerazorna ispitivanja



## 4.1.2.3 QC dokumentacija

Quality Control (QC) u prijevodu "kontrola kvalitete" je skup aktivnosti koje pomažu osigurati kvalitetu proizvoda. Te se kontrolne aktivnosti usredotočuju na utvrđivanje i ispravljanje nedostataka u gotovim proizvodima. QC dokumentacija u ovom ugovoru obuhvaća sve planove kontrole i ispitivanja sa svim pripadajućim mjernim i ispitnim protokolima koji će imati za zadaću dokazati razinu kvalitete izvedenih radova i izrađenih dijelova.

Svaka zasebna aktivnost na remontu odnosno novi dio koji se izrađuje ima svoj plan kontrole. Svaka opisana aktivnost u planu kontrole ima svoj protokol ispitivanja, pripadajući standard (normu) i prema tome svoj izvještaj kvalitete. Ovisno o aktivnosti ispitivanje obavlja osoba osposobljena za tu vrstu ispitivanja nekad i u prisutnosti predstavnika krajnjeg kupca.

Planom kontrole i njegovim pripadajućim izvještajima dokazuje se kvaliteta i sukladnost obavljenih usluga i radova odnosno izrađenih novih dijelova.

| Objekt / Plant:  |   | PLAN KONTROLE I ISPITIVANJA / INSPECTION AND TEST PLAN |   |                            |                              |                                  |  |                       |  |
|--|---|--|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|-----------------------|--|
| Broj PN / Works order No.:   |   | Br. ugovora - narudžbe / Contract - Part. order No.:   |   | Q aktivnost / Q activities |                              | Broj protokola / No. of Q record | Standard ili uputa / Standard or instruction | Primjedba / Remark    | Broj izvještaja kvalitete ili ocvjra žigom / Q record No. or stamp |
| Broj / No.   | Opis / Description                          | 1  | 2 | 3                          |                              |                                  |  |                       |  |
| <b>10.00 NAKON ČIŠĆENJA I PRANJA</b>   |   |  |   |                            |                              |                                  |  |                       |  |
| 10.01  | Vizualna kontrola                           | M  |   | R                          | TA2.31000.07                 |                                  | EN 13018                                     |                       | 0631-60<br>0631-51<br>0631-61                                      |
| 10.02  | Kontrola dimenzija                          | M  |   | R                          | TA2.31005.22                 |                                  |  |                       |  |
| 10.03  | Kontrola kota "A"                           | M  |   | R                          | TA2.31005.35                 |                                  |  |                       |  |
| <b>20.00 NAKON KOMPLETNOG PJEKARNJA TNZ</b>  |   |  |   |                            |                              |                                  |  |                       |  |
| 20.01  | Vizualna kontrola                           | M  |   | St                         | TA2.31000.07                 |                                  | EN 13018                                     |                       | Doc.No. 3103<br>3108<br>3109<br>3110<br>3111<br>0631-63            |
| 20.02  | Kontrola čistoće površina                   | M  | W | R                          | TA2.31000.01                 |                                  | EN ISO 8503-1<br>EN ISO 8501-1               | MIDIUM Sa 2,5         |  |
| 20.03  | Dimenzijska kontrola osovine nosećih kotača | M  |   | R                          | TA2.31005.37                 |                                  |  | 0631-62               |  |
| 20.04  | Dimenzijska kontrola osovine vodećih kotača | M  |   | R                          | TA2.31005.36                 |                                  |  |                       |  |
| <b>30.00 NAKON IZVOĐENJA AKZ</b>   |   |  |   |                            |                              |                                  |  |                       |  |
| 30.01  | Kontrola AKZ                                | M  | W | St                         | TA2.41000.21<br>TA2.31000.01 |                                  | ASTM D3359 class 5A<br>EN ISO 2808           | ISO 19840<br>ISO 2178 | Min DSF=80-20<br>Max DSF=2.5 X NDSF<br>Doc.No. 3103, 3108, 3111    |
| 1 M - Proizvođač / Manufacturer<br>S - Dobavljač / Supplier  |   | Naziv dijela / Part name:                              |   | Izdobio / Issued:          |                              | Tip opreme / Equipment type:     |  | TA2.21002.49          |  |
| 2 W - Moguće prisustvovanje / Witness point<br>H - Obavezno prisustvovanje / Hold point<br>I - Interno ispitivanje / Internal test |   | Broj dijela / Part No.:                                |   | Prezentao / Revised:       |                              | Izmjena / Rev.:                  |  | ZINE KATOWICE         |  |
| 3 R - Izvještaj kvalitete / Q record<br>St - Ocvjra žigom / Stamp/sign   |   | REMONT TNZ-a   |   | A. Kolar                   |                              | A                                |  | Line / Page: 1        |  |
|  |   |  |   | A. Ribarić                 |                              | 22.10.2021.                      |  | Listova / Sheets: 2   |  |
|  |   |  |   | Dobro / Released:          |                              |                                  |  |                       |  |
|  |   |  |   | A. Ribarić                 |                              |                                  |  |                       |  |
|  |   |  |   | Datum / Date:              |                              |                                  |  |                       |  |
|  |   |  |   | 9.2020.                    |                              |                                  |  |                       |  |

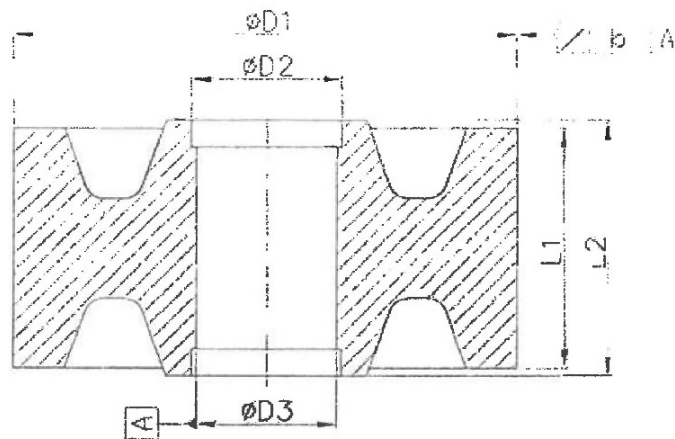
Slika 4.8 Plan kontrole i ispitivanja

## 4.2 Nabavka novih dijelova

Prema projektnom zadatku i prema ugovoru istrošeni i dotrajali dijelovi odnosno sklopovi zamjenjuju se novima. Da bi rok izvođenja radova od 12 tjedana bio dostižan, potrebno je prije početka radova na radilištu, sve nove dijelove izraditi i pripremiti za ugradnju. Novi dijelovi koji se ugrađuju su :

- a) Nova brtveća stijena – stara betonske stijena se uklanja mehaničkim putem (sloj debljine 25 mm) i na mjesto iste u niši zatvarača se ugrađuje nova brtveća stijena od nehrđajućeg čelika koja se naposljetku podlijeva betonom
- b) Nove tračnice – stare tračnice se zamjenjuju novim tračnicama koje trebaju biti izvedene kao demontažne, na način da se na tračnice ugradi lamela, koja je u doticaju sa kotačima, pa da se u slučaju oštećenja može jednostavno demontirati i zamijeniti novom lamelom
- c) Novi noseći kotači na zatvaraču – planirana je dobava i ugradnja 32 komada novih nosećih kotača Ø400 mm. Zajedno s kotačima treba dobaviti i ugraditi ležajeve od samopodmazajućeg materijala (Thordon). Kotače treba izraditi iz čelika 42CrMO4-V i nakon toga površinski zakaliti na tvrdoću od 57 HRC
- d) Novi glavni noseći vijci i matice – vijci i matice (M60) koji spajaju međusobno segmente zatvarača zamjenjuju se novima iz nehrđajućeg materijala X16CrNi17-2+QT
- e) Novi brtveni i vijčani materijal. Ugovorom je predviđena kompletna zamjena vijčanog materijala tijela zatvarača i ugradnja svih novih brtvi.
- f) Novi brtveni materijal servomotora
- g) Novo ulje – dobava i zamjena ulja u hidrauličkom sustavu (2.000 litara; PANOLIN)

Svaki novi proizvod, dio ili sklop treba biti sukladan zahtjevima u planu kontrole i ispitivanja te mora posjedovati ateste materijala i ispitne protokole koji to dokazuju. Sukladnost prema planu kontrole i ispitivanja garantira nam bržu i ispravnu ugradnju novih dijelova te dugotrajnu kvalitetu koja se traži.



kor. 7

| Kota | Konstr.  | Izmjereno |
|------|----------|-----------|
| ØD1  | 400 js10 | 399,91    |
| ØD2  | 120 H8   | 120,03    |
| ØD3  | 112 H7   | 112,02    |
| b    | 0,1      | 0,06      |
| L1   | 190      | 189,90    |
| L2   | 202      | 202,0     |

|  |  |   |  |   |  |
|--|--|---|--|---|--|
| ODLUKA KLIENTA /<br>DECISION                 |  | Korisnik objekta je:<br>Us: as is:        |  | Predmet mjerenja / Object of measurement:                         |  |
| U skladu s nacrtom:<br>According to drawing: |  | Popravljač:<br>Repair:                    |  | Dio postrojenja / Section of:<br><b>KOTAČ NOSEĆI</b>              |  |
|  |  | Škart:<br>Reject:                         |  | Objekt / Plant:<br><b>HF ČAKOVEC AG-A</b>                         |  |
| Datum / Date:<br><b>26.11.20</b>             |  | Kontrolni ispis:<br><b>A. Ribarić</b>     |  | Broj plana kontrole / Inspection plan No.:<br><b>TA2.21002.41</b> |  |
| Datum / Date:<br><b>26.11.20</b>             |  | Odobrio / Approved by:<br><b>D. Kolar</b> |  | Broj kontrolne operacije / Inspection step No.:                   |  |
| Datum / Date:                                |  | Nadzor / Authority:                       |  | Radni nalog / Work order:   |  |
| Tvorilačka montaža:<br>Factory erection:     |  | Montaža na gradilištu:<br>Site erection:  |  | Odgovorno mjesto / IAZ<br>Responsibility:                         |  |
| Prije revizije<br>Before revision:           |  | Poslije revizije<br>After revision:       |  | Forma:<br><b>A4</b>   |  |
| Izradio / Made by:<br><b>D. Kolar</b>        |  | Datum / Date:<br><b>08.2020.</b>          |  | Odobrio / Approved:<br><b>A. Ribarić</b>                          |  |
|  |  | Datum / Date:<br><b>08.2020.</b>          |  | Izmjena /<br>Revision:  |  |
|  |  |   |  | Datum / Date:   |  |
|  |  |   |  | Broj / No.<br><b>TA2.31005.28</b>                                 |  |

Slika 4.9 Dimenzijski protokol jednog nosećeg kotača nakon strojne obrade

### 4.3. Izvođenje radova

Nakon što su svi novi dijelovi pripremljeni i spremni za ugradnju, počinje samo izvođenje radova. Prije početka demontažnih radova potrebno je izvršiti pripreme radove.

#### 4.3.1. Pripremni radovi

Pod pripremnim radovima smatra se organizacija radilišta, dostava novih dijelova i alata na radilište, postavljanje skele te ispitivanja i mjerenja prije početka radova.

##### 4.3.1.1 Organizacija radilišta

Pravilnikom o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/2018) reguliran je minimum sigurnosnih i zdravstvenih uvjeta na privremenim ili pokretnim gradilištima.

Prema istom pravilniku prije početka radova potrebno je izraditi Plan izvođenja radova. Planom izvođenja radova utvrđuju se pravila primjenljiva na određeno gradilište, uzimajući u obzir poslove i aktivnosti koje se obavljaju na gradilištu te plan izvođenja radova sadrži posebne mjere u vezi jedne ili više kategorija posebno opasnih radova koji se obavljaju na gradilištu.

Sadržaj plana izvođenja radova je sljedeći :

- a) Određivanje granica gradilišta prema okolini (vidno označavanje ili ograđivanje) – opis i shema
- b) Popis poslova i aktivnosti s naznakom posebno opasnih radova
- c) Pravila zaštite na radu vezano za poslove i aktivnosti na gradilištu, uključujući mjere zaštite na radu za posebno opasne radove iz Dodatka II. ovoga Pravilnika koji se izvode odnosno koji će se izvoditi na gradilištu te zajedničke mjere zaštite na radu na gradilištu
- d) Postupci za svaku pojedinu opasnu fazu rada ili faze radova koje se obavljaju istovremeno ili u slijedu jedna iza druge, pri čemu je potrebno definirati tehničke odnosno organizacijske mjere koje je potrebno poduzeti prije početka radova u skladu s općim načelima prevencije iz članka 6. ovoga Pravilnika te minimalni broj radnika koji u toj fazi moraju sudjelovati
- e) Potrebna sredstva rada kao i način provjere njihove ispravnosti prije početka izvođenja radova te popis opasnih kemikalijama koje će se koristiti na gradilištu
- f) Vremenski plan izvođenja radova
- g) Obveza izvođača o međusobnom izvješćivanju o tijeku pojedinačnih faza rada
- h) Procjena troškova uređenja gradilišta i provođenja zajedničkih mjera zaštite na radu na gradilištu [7]

Radilište se organizira na način da je omogućeno što brže i bolje obavljanje različitih poslova u remontu te tako da prati dinamiku izvođenja radova. Kod organizacije radilišta osobitu važnost ima izrada plana izvođenja radova jer se radilište velikim dijelom organizira tako da bude i u skladu sa sigurnosnim i zdravstvenim zahtjevima zakona o zaštiti na radu. Organizacija radilišta je sastavni dio plana izvođenja radova.

PLAN IZVOĐENJA RADOVA – Remont nizvodnog turbinskog zatvarača na agregatu A, HE Čakovec

**OPASNOSTI, ŠTETNOSTI I NAPORI PRI IZVOĐENJU RADOVA:**

**Podaci o vrstama i opsegu opasnosti i štetnosti koje proizlaze iz poslova i radnih zadataka na koje je radnik raspoređen**

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| • mehaničke opasnosti  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnosti od pada  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnosti od pada, rušenja i radova na visini                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnosti od električne struje                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnosti od požara i eksplozija                                     | <input type="checkbox"/>            |
| • termičke opasnosti   | <input type="checkbox"/>            |
| • opasnosti od bioloških tvari   | <input type="checkbox"/>            |
| • kemijske štetnosti   | <input type="checkbox"/>            |
| • štetne prašine   | <input type="checkbox"/>            |
| • štetnosti od buke  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • štetnosti od rasvjete  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • štetnosti od vibracija   | <input type="checkbox"/>            |
| • mikroklimatske štetnosti   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • fizički napori   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • štetnosti od zračenja  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • napori od nefiziološkog položaja tijela                              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • psihički napori  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnosti pri kretanju na radu                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnost od opekline   | <input type="checkbox"/>            |
| • opasnost od pada s visine ili u dubinu pri korištenju ljestava       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnost od pada materijala ili osoba s visine                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • štetno djelovanje prašine  | <input type="checkbox"/>            |
| • opasnost od uboda stršećih dijelova alata i materijala na gradilištu | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • mehaničke opasnosti od strojeva, alata i uređaja te predmeta obrade  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| • opasnost od nekontroliranog gibanja viseće opreme                    | <input checked="" type="checkbox"/> |

|            |                     |                           |                       |                       |
|------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Izmjena: 0 | Izradio:<br>D.Kolar | Pregledao:<br>S. Kostadin | Odobrio:<br>D. Tuškan | Datum:<br>20.11.2021. |
|------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|

List 8 od 45

**Slika 4.10** List 8 iz Plana izvođenja radova


## 4.3.1.2 Dostava novih dijelova i alata na radilište

Prije početka radova svi novi dijelovi koji se ugrađuju moraju biti dostavljeni i u dogovoru sa Naručiteljem radova privremeno uskladišteni na samom radilištu, kao i alat i materijal potreban za obavljanje aktivnosti na remontu.

Prema članku 42. Zakona o zaštiti na radu (NN71/14) alat i sredstva za rad moraju biti prema propisima pregledani i ispitani.

Poslodavac je obavezan, u skladu s ovim Zakonom, njegovim provedbenim propisima, pravilima zaštite na radu, posebnim propisima, odnosno uputama proizvođača, obavljati preglede, odnosno ispitivanja sredstava rada koja se koriste, radi utvrđivanja jesu li na njima primijenjena pravila zaštite na radu i jesu li zbog nastalih promjena tijekom njihove uporabe ugroženi sigurnost i zdravlje radnika. [8]

Sukladno tome zahtijevu, svako sredstvo za rad sa povećanim rizikom od ozljede treba imati svoj zapisnik o ispitivanju.

|   |   |
|---|---|
|  <p><b>INGATEST</b><br/>ZASTITA NA RADU, ZASTITA OD POŽARA I ZASTITA OKOLIŠA</p> | <p>Hrvatske memorije I.a. Sp/0<br/>OIB: 2177733810<br/>tel.: 021 485-100, fax.: 021 349-148<br/>e-mail: <a href="mailto:ingatest@ingatest.hr">ingatest@ingatest.hr</a><br/><a href="http://www.ingatest.hr">www.ingatest.hr</a></p> |
| <p>Rješenje Zavoda za unapređivanje zaštite na radu, klasa: I.P.1.118.01.15.01.00, U.Cr.Br.: 435/02.24/027.00.22. brojem 5015</p>                                 |   |
| <p>Broj zapisnika: 64159/20-2<br/>U Splitu, 9. lipnja 2020.</p>   |   |
| <p>Na temelju čl. 42. Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 93/18) te Priloga 1-3 pregledu i ispitivanju radne opreme (NS 16/16) sastavljen je</p>          |   |
| <p><b>ZAPISNIK</b><br/>o ispitivanju radne opreme</p>   |   |
| <b>NAZIV RADNE OPREME:</b>  | <b>VISOKOTLAČNA DIESEL PUMPA</b>  |
| Proizvođač:   | HAMMELMANN  |
| Tip:  | HDP 114   |
| Tvornički broj:   | 97.01114.1579   |
| Godina proizvodnje:   | -   |
| Inventarni broj:  | -   |
| Tehnički podaci:  | Snaga: 90 kW pri 2180 min. maksimalni radni tlak: 2100 bar  |
| Namjena:  | Uređaj za hidrodemožiranje mineralnih podloga   |
| <b>KORISNIK RADNE OPREME:</b>   | ██████████ Ante Petračić 23, Split, OIB: 31002922849  |
| Smjestaj i položaj radne opreme:  | Paški most  |
| Obveza ispitivanja:   | Periodički u rokovima koji ne mogu biti duži od tri godine  |
| Datum početka i završetka ispitivanja:  | 8. lipnja 2020.   |
| Ispitivanje obavio:   | ██████████ OIB: 70423935802, mag.ing.mech. stručni ispit. Z.N.R. klasa: I.P.1.133.01.11.02.102, U.Cr.Br.: 524/11.01.01.24175  |

**Slika 4.11** Primjer Zapisnika o ispitivanju radne opreme

## 4.3.1.3 Postavljanje skele

Skele su pomoćne konstrukcije koje služe za vršenje radova u građevinarstvu na visini većoj od 150 cm iznad tla. Moraju biti građene i postavljene prema planovima koji sadrže: dimenzije skele i svih njenih sastavnih elemenata, sredstva za međusobno spajanje sastavnih elemenata, način pričvršćivanja skele za objekt odnosno tlo, najveće dopušteno opterećenje, vrste materijala i njihova kvaliteta, statički proračun nosećih elemenata, te uputstva za montažu i demontažu skele.

Skele mogu postavljati, prepravljati, dopunjavati i demontirati samo stručno obučeni radnici, zdravstveno sposobni rad na visini i to pod nadzorom određene stručne osobe na gradilištu. Provjeravanje ispravnosti skele upisuje se u kontrolnu knjigu skele, uz ovjeru određene osobe na gradilištu.[9]

Za potrebe remonta nizvodnog turbinskog zatvarača izrađen je Građevinski projekt konstrukcije skele, Plan skele i redosljed montaže koji je sastavni dio plana montaže/demontaže.

(naziv organizacije - poslodavca)  
**HE ČAKOVEC**  
(odvojena jedinica - radilište)  
**Ž. TERELJA 9, KOSTRENA**  
(mjesto i adresa)

OBRAZAC KL-SK  
Evidencijski broj

### KONTROLNI LIST SKELE \*

**I. OSNOVNI PODACI**

| Redni broj | PITANJA       | ODGOVORI                    |
|------------|---------------|-----------------------------|
| 1.         | Naziv objekta | HE ČAKOVEC                  |
| 2.         | Dio objekta   | NIZVODNI TURBINSKI ZATVORAČ |
| 3.         | Vrsta skele   | RAĐAJA SKELA                |

**II. VRSTA PREGLEDA**

| Redni broj | PITANJA  | ODGOVORI |
|------------|--|----------|
| 4.         | Je li pregled redovan (prilikom prvog postavljanja, premještanja i najmanje jedanput mjesečno)                 | DA       |
| 5.         | Je li pregled izvanredan (zbog vremenske nepogode, oštećenja, popravka, dopune, proširenja ili drugih razloga) | DA       |

**III. PODACI O ISPRAVNOSTI SKELE**

| Redni broj | ELEMENTI PROVJERE ISPRAVNOSTI SKELE    | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU   | STANJE **                           |                          |
|------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------|
|            |  |   | zadovoljava                         | ne zadovoljava           |
| 6.         | Dokumentacija o skeli                  | Ovisno o vrsti skele: projekt, proračun, specifikacija materijala, upute za montažu i demontažu i dr.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.         | Mjesto postavljanja                    | Neke vrste skele ne smiju se postavljati na druge skele (skele na nogarima).  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.         | Podloga za skelu (teren, nosači i sl.) | Tlo čvrsto, nabijeno, prema potrebi nasuto. Zabranjeno postavljanje na ravne krovove, istake i sl. bez posebnog proračuna. Zabranjeno postavljanje na opeku, senduke, bačve i sl. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

\* Provjera ispravnosti skele provodi se prema čl. 75. i 82. Pravilnika o zaštiti na radu u građevinarstvu, Sl. list, br. 42/68.  
\*\* Upišite "X"

Društvo inženjera i tehničara građevinarstva

Slika 4.12 Kontrolni list skele, list 1/4

Skela za remont nizvodnog turbinskog zatvarača je morala biti postavljena u dvije etape. U prvoj etapi za potrebe demontaže servomotora i segmenata zatvarača skela je postavljena u usisnoj cijevi kružnog presjeka. U drugoj etapi radova nakon demontaže i vađenja servomotora i segmenata zatvarača van niše zatvarača skela je dograđena i postavljena u samoj niši zatvarača i koja je nužna za geodetska i ostala mjerenja, za obavljanje radova na pregledu i sanaciji vodilica, za radove na tračnicama za oslanjanje kotača i za radove na kliznoj brtvećoj stijeni.



**Slika 4.13** Skela u usisnoj cijevi agregata A

#### 4.3.2 Mjerenja prije početka radova

U svrhu usporedbe stanja nakon izvršenog remonta i stanja postrojenja nizvodnog turbinskog zatvarača agregata A prije remonta potrebno je obaviti ispitivanja prije početka remonta.

Ispitivanja se odnose na vizualni pregled brtvećih površina, sustava za vođenje zatvarača, sustava za detekciju položaja zatvarača, mjerenje zračnosti između šina, vodećih i nosećih kotača te brtvećih površina, kontrola ravnosti brtvećih ploha. Na elektrohidrauličkoj

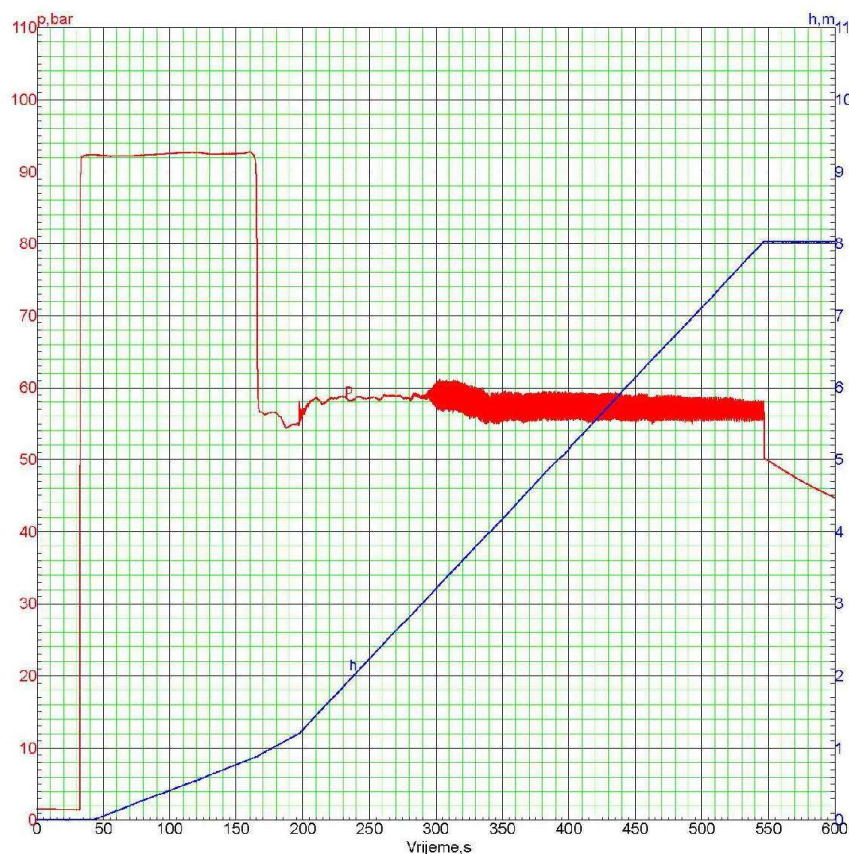


opremi potrebno je izvršiti mjerenja tlakova, vremena i brzina prilikom dizanja i spuštanja zatvarača, kao i propadanje te pomak zatvarača prilikom spuštanja na dosjed. [6]

Treba koristiti digitalnu mjernu opremu koja omogućuje prikaz i ispis u digitalnom obliku.

|                 |  |                |
|-----------------|--|----------------|
| <b>TurboCom</b> | <b>HE ČAKOVEC</b><br>- nizvodni zatvarač agregata A<br>prije remonta | Izveštaj broj: |
|                 |  | TCL.22.001     |

### 2.3. Drugo otvaranje



Dijagram 3. Dijagram tlaka i hoda zatvarača prilikom drugog otvaranja

1. gradijent: 0-1,2 m za 153 s (0,78 cm/s)
  2. gradijent: 1,2-8 m za 350 s (2,23 cm/s)
- Ukupno vrijeme otvaranja: 503 s

List / Listova: 6 / 8

Slika 4.14 Izvještaj o ispitivanju vremena i tlakova dizanja i spuštanja zatvarača prije remonta

## 4.3.3 Demontažni radovi

Po završetku pripremnih radova, točnije nakon obavljenih ispitivanja i mjerenja prije remonta kreće se sa demontažnim radovima.

Zbog lakšeg praćenja redoslijeda i način obavljanja pojedinih dijelova tehnološkog procesa remonta na radilištu izrađen je interni terminski plan koji je detaljniji u podijeli aktivnosti i koji se odnosi samo na aktivnosti na radilištu.

HE Čakovec

Terminski plan

Remont NTZ-a 2

| R.br. | Stavke   | Početak     | Kraj        | Tjedan 1. | Tjedan 2. | Tjedan 3. | Tjedan 4. | Tjedan 5. | Tjedan 6. | Tjedan 7. | Tjedan 8. | Tjedan 9. | Tjedan 10. | Tjedan 11. | Tjedan 12. | Tjedan 13. |
|-------|--|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 1     | Oblaziti radilišta sa "SPIDER" i definiranje skele                   | 06.12.2021. | 10.12.2021. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 2     | Čišćenje turbine   | 10.01.2022. | 10.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 3     | Montaža skele  | 10.01.2022. | 13.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 4     | Organizacija radilica i doprema alata                                | 04.01.2022. | 13.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 5     | Mjerenja na elektrohidrauličkoj opremi - Turbocom                    | 13.01.2022. | 13.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 6     | Mjerenja prije demontaže   | 13.01.2022. | 13.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 7     | Demontaža servomotora i zatvarača, pranje segmenata                  | 13.01.2022. | 18.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 8     | Autodizalica   | 13.01.2022. | 13.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 9     | Transport  | 17.01.2022. | 18.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 10    | Demontaža guma, letvi i kotača - sa segmenata zatvarača u kombi      | 20.01.2022. | 31.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 11    | Pyskaranje i furbanje segmenata                                      | 21.01.2022. | 21.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 12    | Montaža ofusbnih segmenata zatvarača i defektata servomotoraj(AKZ)   | 25.01.2022. | 11.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 13    | Transport segmenata na radilište                                     | 14.03.2022. | 14.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 14    | Geodetska mjerenja na HE Čakovec                                     | 19.01.2022. | 19.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 15    | Mjerenja prije demontaže šina  | 19.01.2022. | 19.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 16    | Uklanjanje betona iza šina   | 20.01.2022. | 27.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 17    | Demontaža šina   | 24.01.2022. | 01.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 18    | Uklanjanje betona na brtvenoj stijeni                                | 27.01.2022. | 04.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 19    | Radovi na šinama i na ankerima za postavljanje šina                  | 01.02.2022. | 10.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 20    | Ispravljanje limova brtvene stijene i montaža šina                   | 02.02.2022. | 23.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 21    | Geodetska mjerenja prije završenja                                   | 23.02.2022. | 23.02.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 22    | Završavanje limova brtvene stijene                                   | 24.02.2022. | 02.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 23    | NOT radovi završenja   | 03.03.2022. | 03.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 24    | Uklanjanje morskog betona na brtvenoj stijeni                        | 04.03.2022. | 15.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 25    | Uklanjanje pakera i brtvanje završavajući radovi na brtvenoj stijeni | 16.03.2022. | 18.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 26    | Revizija elektrohidrauličkog agregata                                | 17.01.2022. | 30.01.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 27    | Revizija uložnica i hidrauličkih komponenti                          | 20.01.2022. | 30.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 28    | Montaža zatvarača i servomotora                                      | 21.03.2022. | 26.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 29    | Ispitivanje funkcionalnosti - Turbocom - ZRE                         | 26.03.2022. | 29.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |
| 30    | Završna mjerenja, kontrole i puštanje u pogon                        | 28.03.2022. | 29.03.2022. |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |

Slika 4.15 Terminski plan – aktivnosti na radilištu

Tijek i opseg tehnološkog procesa demontažnih radova opisan je u dokumentu „TA2.41000.24 Specifikacija radova – Plan montaže/demontaže“ i služi kao smjernica za obavljanje demontažnih radova na servomotoru i na nizvodnom turbinskom zatvaraču. U svom opisu specifikacija radova se veže na pripadajući plan kontrole i ispitivanja kojim su definirani zahtjevi za dimenzijskim i mjernim protokolima tijekom demontažnih radova.

Tehnološkim procesom raspisan je sljedeći redoslijed aktivnosti na demontažnim radovima :

- turbinski zatvarač mora biti u donjem položaju na svom brtvenom pragu
- servomotor treba biti mehanički zaustavljen
- sljedi otpajanje klipnjača servomotora od srednje table zatvarača demontažom vijaka M14 i svornjaka
- klipnjače servomotora se uvlače i blokiraju u krajnjem gornjem položaju
- na dva predviđena mjesta na servomotoru se montiraju naprave (uške) za dizanje

- f) prazni se ulje iz kompletnog hidrauličkog sustava
- g) slijedi odvajanje cjevovoda od servomotora
- h) nakon toga potrebno je odvojiti servomotor od postolja
- i) izvlačenje servomotora iz niše uz pomoć dva vitla portalne dizalice i odlaganje na mjesto za utovar



**Slika 4.16** Izvlačenje servomotora portalnom dizalicom

Nakon izvlačenja servomotora iz niše zatvarača kreću demontažni radovi na nizvodno turbinskom zatvaraču :

- a) prije same demontaže potrebno je obaviti mjerenje zračnosti između tračnica i nosećih odnosno vodećih kotača prema raspisanom protokolu TA2.31005.21
- b) isto tako prije same demontaže obaviti mjerenje zračnosti između produženog zaštitnog rebra i ubetonirane čelične ploče prema protokolu TA2.31005.22
- c) nakon toga slijedi otpuštanje vijčanog spoja između segmenata zatvarača (M60)

- d) potom slijedi izvlačenje segmenata zatvarača portalnom dizalicom i odlaganje na mjesto utovara, dizanje segmenata zatvarača uraditi prema naputcima u specifikaciji radova



**Slika 4.17** Izvlačenje segmenata zatvarača portalnom dizalicom

#### 4.3.4. Utovar demontiranih pozicija i transport na mjesto rada

Predviđeno je da se po završetku demontažnih radova demontirani segmenti zatvarača i servomotor transportiraju na mjesto gdje će se obaviti daljnja demontaža i defektaža pozicija. Segmenti i servomotor su utovareni portalnom dizalicom na labudice (prikolice otvorenog tipa za veće terete), prevezeni i istovareni na mjesto rada. Kako je manipulacija tereta otežana zbog velikih gabarita segmenata zatvarača i servomotora i zbog njihove poprilično velike težine transport labudicama je bio logičan odabir prijevoza.



**Slika 4.18** Utovar servomotora na labudicu za transport

#### 4.3.5. Remont nizvodnog turbinskog zatvarača i servomotora

Odlučeno je da će daljnji radovi i antikorozivna zaštita zatvarača i servomotora biti obavljani u zatvorenom i klimatiziranom prostoru koji će s obzirom na godišnje doba i vanjske vremenske prilike garantirati kvalitetno obavljenu uslugu. Posebno je bitno za obavljanje usluge antikorozivne zaštite da to bude u kontroliranim i klimatiziranim uvjetima.

Defektaža segmenata zatvarača i servomotora obuhvaća rastavljanje pozicija do osnovnih dijelova sklopa njihov pregled i davanje preporuke za daljnje radove. U dogovoru sa Naručiteljem radova kroz Defektažni zapisnik definira se stupanj oštećenosti odnosno daljnja upotrebljivost pojedinog dijela. Dijelovi koji su oštećeni do te mjere da su neupotrebljivi izrađuju se novi prema originalnoj dokumentaciji Naručitelja.

| 2.3 Treći segment oznake U 3, Nacrt br.: 450087, 1 kom.   |   |
|---|---|
|         | <p><b>Utvrđeno stanje</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Letva za fiksiranje brtve oštećena (U29 na nacrtu 512106), oštećeni dosjedi u upuštenjima za vijke M12, 2 kom.</li> <li>- Navojne šipke M33 x 330 oštećene (U11 na nacrtu 450084), oštećen navoj, neupotrebljivo, 8 kom</li> <li>- Pripadajuće matice M33 oštećene (F1 na nacrtu 450084), neupotrebljivo, 16 kom</li> <li>- Oštećeni vijci M36 x 186 za stope zatvarača, 4 kom</li> <li>- Dotrajali i oštećeni navoji 36 na stopama zatvarača</li> <li>- Oštećene pripadajuće matice M36 za stope zatvarača, 8 kom</li> <li>- Oštećene i dotrajale osiguravajuće pločice (poz.U3) prema nacrtu 450404 na sklopu nosećih kotača (8 kom.)</li> <li>- Oštećene klizne lamele sa lijeve i desne uzvodne strane segmenta</li> <li>- Novi noseći kotači prema nacrtu TA2.11003.85-01 ne ulaze na predviđeno mjesto za montažu ( zbog nove širine od 190mm smetaju poprečna rebra na otvoru za kotače)</li> </ul> |
|   | <p><b>Planirane aktivnosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Izrađene i ugrađene nove letve za fiksiranje brtve (U29 na nacrtu 512106), 2 kom.</li> <li>- Nabavljene su i ugrađene nove Navojne šipke M33 x 330 DIN 976, 8.8Zn (U11 na nacrtu 450084), 8 kom</li> <li>- Nabavljene su i ugrađene nove pripadajuće matice M33 (F1 na nacrtu 450084), 16 kom</li> <li>- Nabavljeni i ugrađeni novi vijci M36 x 186 za stope zatvarača, 8.8 Zn, DIN 932, 4 kom</li> <li>- Nabavljene i ugrađene nove pripadajuće matice M36 za stope zatvarača, 8 Zn, DIN934, 8 kom</li> <li>- Urezani novi navoji M36 na stopama zatvarača</li> <li>- Ugrađene nove osiguravajuće pločice prema nacrtu TA2.11003.85-03 I novi vijci M18x40</li> <li>- Zavarena dodatne lamele, navareno i obrušeno čelo oštećenih lamela prema nacrtu TA2.11003.87</li> <li>- Izrezan dio rebara koji smeta za montažu i lokalno obojana površina</li> </ul>   |
|   | <p><b>Preporuke</b></p>   |

6

Slika 4.19 Defektažni zapisnik, list 6

---

Radovi i defektaža na segmentima nizvodnog turbinskog zatvarača obuhvaćaju sljedeće usluge:

- a) demontaža segmenta zatvarača, čišćenje i defektaža svih pozicija
- b) ugradnja dodatne lamele uz istrošenu lamelu produženog zaštitnog rebra (uzvodna strana), te navarivanje istrošene lamele oslonca (uzvodna strana) i dorada na mjeru
- c) antikorozivna zaštita svih dijelova i segmenata zatvarača
- d) isporuka i zamjena kompletnog brtvenog i vijčanog materijala
- e) zamjena glavnih nosećih vijaka i matica segmenata novima (M60)
- f) dobava i ugradnja novih nosećih kotača (32 kom.)
- g) dorada i ugradnja postojećih vodećih kotača (4 kom.)
- h) dobava i ugradnja novih ležajeva kotača od samopodmazujućeg materijala (Thordon)

Opis postupka zamjene brtvenog i vijčanog materijala temeljito je opisan i dan u dokumentu TA2.41000.27 Specifikacija radova - Postupak spajanja brtvećih elemenata postrojenja NTZ HE Čakovec AG A. Zbog kompleksnosti radova potrebno je pratiti specifikaciju radova i plan kontrole i ispitivanja. Nakon završetka radova na zamjeni brtvi i vijčanog materijala dimenzijskim protokolima dokazuje se sukladnost propisanim zahtjevima. To je ujedno i dodatno osiguranje da će funkcija brtvljenja biti zadovoljena. Zbog povećeg broja novih brtvećih i vijčanih elemenata potrebno je i voditi Kontrolni list montaže kojim se provjerava da li je svaki novi dio zaista i ugrađen.



## KONTROLNI LIST MONTAŽE

*Assembly check list*

ARHIVSKI BR. / Archive No.

0631 HE Čakovec / U1-U5

| <input type="checkbox"/> ULAZNA KONTROLA / Incoming insp.       | <input checked="" type="checkbox"/> ZAVRŠNA KONTROLA / Final insp.  | <input checked="" type="checkbox"/> NAKON POPRAVKA / After repair |    |
|---|---|---|----|
| <input type="checkbox"/> KONTROLA U PROIZVODNJI / Interim insp. | <input checked="" type="checkbox"/> KONTROLA U REMONTU / In service | <input type="checkbox"/>  |    |
| Opis stavke / dijela  |   | Ugrađeno  |    |
|   |   | DA  | NE |
| Vijak M14 x 45/32 (F8 na nacrtu 450084)                         |   | X   |    |
| Matica M14 (F9 na nacrtu 450084)                                |   | X   |    |
| Matica M60 (DIN 934)  |   | X   |    |
| Vijak M60x1440 (450 084; U7)                                    |   | X   |    |
| Vijak M60x1730 (450 084; U6)                                    |   | X   |    |
| Držač U44 (U44)   |   | X   |    |
| Matica M12 (F30)  |   | X   |    |
| Matica M33 (F1)   |   | X   |    |
| Navojna šipka M33 x 330   |   | X   |    |
| Vijak M10 x 35/26 (F2 na nacrtu 511929)                         |   | X   |    |
| Matica M10 (F3 na nacrtu 511929)                                |   | X   |    |
| Sigurnosna podloška M10; DUBO(F12 - 511929)                     |   | X   |    |
| Vijak M10 x 55/26 (F1 na nacrtu 511929)                         |   | X   |    |
| Vijak M30x 90/66 (F5 na nacrtu 511929)                          |   | X   |    |
| Matica M30 (F6 na nacrtu 511929)                                |   | X   |    |
| Vijak M27 x 70 (F5 na nacrtu 511929)                            |   | X   |    |
| Podloška M27 (F10 na nacrtu 511929)                             |   | X   |    |
| Navojna šipka M36 x 186   |   | X   |    |
| Podloška M10 (F9 na nacrtu 511929)                              |   | X   |    |
| Podloška Ø30/ Ø14,5 x 0,5                                       |   | X   |    |
| Podloška Ø30/ Ø14,5 x 1   |   | X   |    |
| Podloška Ø21/ Ø14,5 x 5   |   | X   |    |
| Matica M36 (DIN 934)  |   | X   |    |
| Vijak M12x60 (U13)  |   | X   |    |
| Zatik Ø12x29  |   | X   |    |
| Zatik Ø12x13  |   | X   |    |
| Vijak M12x25/25 (F14)   |   | X   |    |
| Vijak M12x80/80 (F17)   |   | X   |    |
| Vijak M12x30/30 (F21)   |   | X   |    |
| Vijak M12x50/50 (F26)   |   | X   |    |
| Vijak M12x35/30 (F24)   |   | X   |    |
| Vijak M14x110/110(F16)  |   | X   |    |
| Vijak M14x80/80 (F15)   |   | X   |    |
| Vijak M12x120/30 (F23)  |   | X   |    |
| Vijak M12x110/30 (F22)  |   | X   |    |
| Podloška 13.5/44x4 (F28)  |   | X   |    |
| Podloška 14 (F13)   |   | X   |    |
| Matica M14 (F8)   |   | X   |    |
| Vijak M14x60/30 (F12)   |   | X   |    |
| Vijak M12x55 (F7)   |   | X   |    |
| Vijak M12x100 (F27)   |   | X   |    |
| Sigurnosna podloška M12; DUBO (F31 - 512102)                    |   | X   |    |

Slika 4.20 Kontrolni list montaže



Dokument TA2.41000.21 Specifikacija radova - Zaštita od korozije postrojenja NTZ HE Čakovec AG A detaljno nam opisuje postupke i radove na antikorozivnoj zaštiti segmenata zatvarača i servomotoru. Specifikacijom su propisane važeće norme kojima su definirani zahtjevi pri izvođenju radova. Pripadajući plan kontrole i ispitivanja definira tijek, opseg i razinu kontrole pojedinih postupaka u procesu remonta. Sva ispitivanja protokolirana su i zabilježena u pripadajućim protokolima (izvješćima). Svi zahtjevi od pripreme površine, vrste premaza, debljine i izgleda premaza, adhezije premaza na površinu, debljine i izgled premaza, klasifikacija okoliša, nadzor i drugo su u skladu sa važećim standardima i sastavni su dio specifikacije radova.

| KONČAR<br>Končar - Plošna korozivnost d.d.  |   | AKZ LIST<br>(CORROSION PROTECTION REPORT)  |   |  |  | Doc.No.3103   |                         |                                 |                         |                          |  |
|---|---|--|---|--|--|---|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| Nositelj (Project No.) P004737  |   | Kupac (Customer) ZAKLADY REKONSTRUCJE ENERGETYKI KATOWICE                            | Tvoracki broj (Fabr. No.)                                 |  | EN 10204 <input type="checkbox"/> 2.2 <input checked="" type="checkbox"/> 3.1 <input type="checkbox"/> 3.2 |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Proizvod (Product) Usluga AKZ-a NTZ HE Čakovec  |   | Crtelj (Drawing)   | Naziv projekta (Project name) Usluga AKZ-a NTZ HE Čakovec |  | Ref. dokument (Ref. document) TA2.41000.21   |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Narudžba (Order No.) NA_2021_609  |   | Dio projekta /sklop(ovi): (ASM/SubASM/Position) 1                                    |   | Ref. dokument (Ref. document) TA2.41000.21                     |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| PREMAZIVANJE (PAINTING)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Sloj (Coat)   | Premaz (Paint) Otvrdnjivač (Hardener) Razrjeđivač (Solvent) | Omjer (Ratio) MASA VOL   | Datum   | Vrijeme (Time) Start End                                       | Klimatski uvjeti (Climatic conditions)   |   |                         | Debljina filma (Film thickness) |                         |                          |  |
|   |   |  |   |  | Temp. (Air temp.)  | Rosiste (Dew pt.)   | Relativna vlažnost (RH) | Treba DSF (Nominal DFT)         | Treba DMF (Nominal WFT) | Srednja DSF (Mean DFT)   |  |
| površine pod vodom (ave.) NDSF = 360 m <sup>2</sup>   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| 1.  | KONČAR AVANTURAR 550,17346, 19840 KONČAR 97043 RAZ.08450    | 4<br>1<br>5%   | 29.01.2022  |  | 22   | 2   | 27                      | 50                              | 75-100                  | 114                      |  |
| 2.  | KONČAR AVANTURAR 550,17346, 19840 KONČAR 95870 RAZ.08450    | 4<br>1<br>5%   | 30.01.2022  |  | 21   | 2   | 30                      | 150                             | 200                     | 213                      |  |
| 3.  | KONČAR AVANTURAR 550,17346, 19840 KONČAR 95870 RAZ.08450    | 4<br>1<br>5%   | 31.01.2022  |  | 20   | -2  | 23                      | 150                             | 200                     | 187                      |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         | 350                             | 514                     |                          |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Ukupna debljina (Total thickness)   |   |  |   |  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Omjer (Ratio) <input type="checkbox"/> Težinski (Mass) <input checked="" type="checkbox"/> Volumni (Vol.)                               |   | Tip mjernog uređaja za mjerenje debljine (Type: Film thickness instrument) ELCOMETER |   | Ukupna debljina (Total thickness)                              |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Vizualni pregled (Visual inspection) -ing, contamination, pinholes, sagging, defect, paint drops, uniformity of color, dry spray, other |   | Provjereno (Checked) <input checked="" type="checkbox"/>                             |   | Test adhezije (ASTM D3359) [p-280µm] (X-cut test (ASTM D3359)) |  | Test adhezije (ISO 2408) [c-250µm] (Crosscut test (ISO 2408)) |                         |                                 |                         |                          |  |
| Zapažanje (Remark)  |   | Treba (Nominal) 5 [A]  |   | Mjereno (Measured) 5 [A]                                       |  | Treba (Nominal) Gt  |                         | Mjereno (Measured) Gt           |                         |                          |  |
|   |   |  |   |  |  | Test prijanjanja (ISO 4626) (Pull-off test (ISO 4626))        |                         | Treba (Nominal) [MPa]           |                         | Mjereno (Measured) [MPa] |  |
| Izveštaj pripreme (Prepared by) Dominik Horvat  |   | STATUS (Status) OK   |   | Kupac/predstavnik (Customer's representative)                  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Datum (date) 01.02.2022   |   | Odgovorna osoba (Responsible person) Dominik Gjuretek                                |   | Datum (Date)   |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| Potpis* (Sign*) <i>Dominik Horvat</i>   |   | Potpis* (Sign*) <i>Dominik Gjuretek</i>  |   | Potpis* (Sign*)  |  |   |                         |                                 |                         |                          |  |
| OK - Zadovoljava (Approved) NOK - Ne zadovoljava (Not approved) OKE - Zadovoljava uz određene uvjete (Approved with limitation)         |   |  |   |  |  |   | v3.1                    |                                 |                         |                          |  |

Slika 4.21 Izvješće o zaštiti od korozije

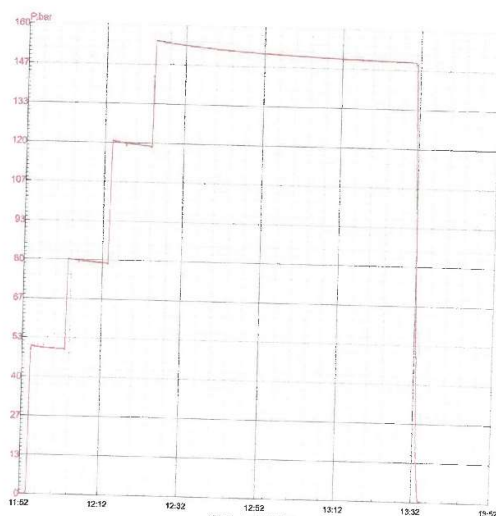
Remont servomotora zatvarača obuhvatio je sljedeće usluge :

- a) nakon demontaže svornjaka spoja zatvarač-servomotor pregledati stanje svornjaka, te kontaktnih površina svornjaka i ušica
- b) demontaža ušica sa klipnjača i utvrđivanje stanja ušica
- c) pregled površina klipnjača
- d) pregled površine cilindra servomotora
- e) pregled stanja površina klipa servomotora
- f) demontaža cjevovoda servomotora i i ispusnih ventila te utvrđivanje stanja istih
- g) pregled stanja brtvi i vijčanog materijala
- h) zamjena brtvenih setova (F21 i F27 na nacrtu 450 265)
- i) čišćenje i popravak AKZ-a komponenti servomotora
- j) punjenje uljem i tlačna proba na nepropusnost

Nakon završenog remonta servomotora tlačnom probom ispitana je nepropusnost servomotora. Ispitivanje je urađeno na način da je na tlačni vod hidraulike postavljen pretvarač tlaka i da su servomotori tlačeni pomoću visokotlačne uljne pumpe. Zahtjev za ispitivanje bio je 150 bara i vrijeme ispitivanja 2 sata. Nakon zatvaranja ventila na tlačnom vodu praćena je tendencija pada tlaka.

|                 |   |                |
|-----------------|---|----------------|
| <b>TurboCom</b> | HE ČAKOVEC  | Izveštaj broj: |
|                 | - servomotor nizvodnog<br>zatvarača agregata A<br>nakon remonta | TCl.22.008     |

#### 2.2. Servomotor 2



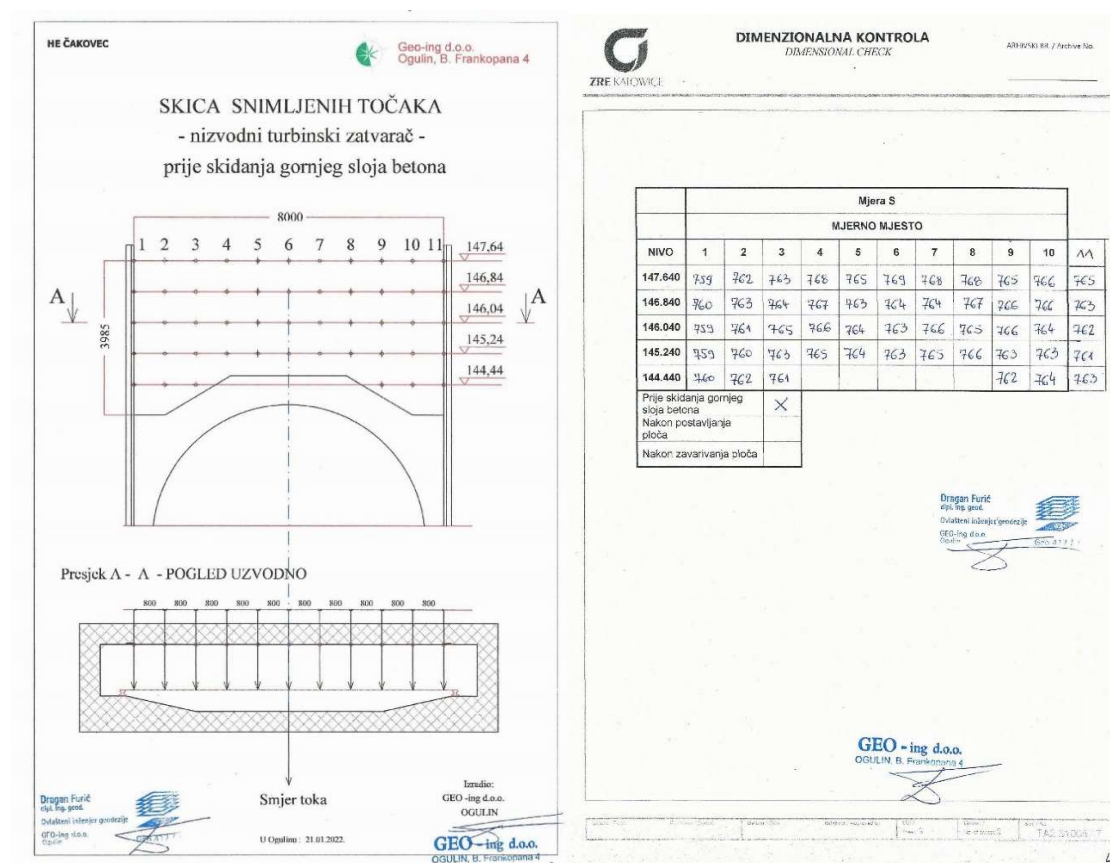
Izmjereni trend pada tlaka u cilindru : 0,8 bar/h

**Slika 4.22** Izveštaj o tlačnoj probi servomotora

## 4.3.6. Geodetski snimak položaja tračnica i brtveće klizne stijene prije početka radova

Paralelno sa početkom transporta segmenata zatvarača i servomotora u drugi radni prostor nastavljaju se radovi na remontu na radilištu u HE Čakovec. U ovom dijelu remonta zbog velikog opsega preostalih radova i kratkoga roka remont se dijeli na dvije monterske grupe na dvije lokacije, radiona u Zagrebu i radilište na HE Čakovec.

Prije zamjene tračnica i prije početka radova na brtvećoj stijeni potrebno je obaviti mjerenja s ciljem usporedbe stanja prije i nakon provedenog remonta. Mjerenja su potrebna da bi se potvrdile zahtijevane dimenzije odnosno osigurao isti položaj novih dijelova tokom i nakon izvođenja sanacije brtveće stijene, kliznih ubetoniranih površina i tračnica u niši zatvarača. Kod prvog mjerenja potrebno je odrediti i označiti referentne točke kako bi se olakšala montaža novih šina i novih limova brtveće stijene sa ciljem postizanja zahtijevanih dimenzija i ravnosti.



Slika 4.23 Geodetski snimak i referentne točke brtveće stijene

#### 4.3.7. Pripremni građevinski radovi

Prema terminskom planu i prema sljedeća aktivnost u tehnološkom procesu remonta su građevinski radovi na uklanjanju betona iza tračnica koje je potrebno demontirati i građevinski radovi na uklanjanju površinskog sloja betona brtveće stijene. Radovi su usklađeni i urađeni prema opisu u dokumentu TA2.41000.25 Specifikacija radova - Postupak sanacije brtveće stijene postrojenja NTZ HE Čakovec AG A.

Da bi bilo moguće demontirati stare tračnice u niši zatvarača, potrebno je hidrodinamičkim i mehaničkim postupkom ukloniti beton koji je zaliven preko vijčanog spoja tračnica i ubetoniranih nosača (ankerskih ploča) tračnica.

Nakon uklanjanja betona sa tračnica, kreće se sa uklanjanjem oštećenog površinskog sloja betona brtveće stijene. Potrebno je ukloniti kompletnu površinu betona klizne plohe od nivoa niše zatvarača (kota 148,00 mm), debljine cca.20mm, a na oštećenim površinama do „zdravog betona” i sve do postojećeg okvira od nehrđajućeg čelika.

Hidrodinamičko uklanjanje ili hidrodemoliranje je izvršeno upotrebom visokotlačne pumpe (s tlakom na mlaznici od 2000 - 2500 bara) te sa ručno upravljanom mlaznicom. Nakon hidrodinamičkog uklanjanja oštećenog i zagađenog betona preostali otpadni materijal: veći komadi betona, armatura i razbijeni beton su uklonjeni i zbrinuti. Sa svih ostalih površina betona su uklonjeni stari površinski premazi i površina betona je dobro isprana. Dijelovi betona koji strše više od 2 mm od srednje površine ili više od 5 mm od najniže točke brušenjem su poravnati.[10]



**Slika 4.24** Brtveća stijena nakon uklanjanja površinskog sloja betona

#### 4.3.8. Zamjena vodećih tračnica

Izrada novih šina (tračnica) izvršena je prema nacrtima TA2.11003.84-01 i TA2.11003.84-02. Izrađene su donja i srednja tračnica, lijeve i desne strane, iz materijala St-52-3.

Lamele su izrađene iz materijala C60 prema nacrtima TA2.11003.84-03, TA2.11003.84-04, TA2.11003.84-05, TA2.11003.84-06, TA2.11003.84-07 i TA2.11003.84-08. Nakon što su lamele montirane na tračnice i fiksirane vijčanim spojem završno su obrađene prema nacrtu TA2.11003.88.

Antikorozivna zaštita novih šina urađena je prema nacrtu TA2.11003.84 i prema specifikaciji TA2.41000.21, sustav zaštite za površine u kontaktu sa vodom. Na samome radilištu obavljena je korekcija oštećenja boje nakon montaže.

Demontirane su i zamijenjene donja i srednja šina (tračnica) na lijevoj i desnoj strani niše zatvarača agregata A, od visinske kote 136,725 mm do visinske kote 148,725 mm prema nacrtu TA2.11003.84. Gornja tračnica iznad visinske kote 148,725 mm u svojoj dužini od 4240 mm ostala je postojeća.

Demontaža je izvedena tako da su otpuštene matice M20 i M24 te su odvojene tračnice od sidenih vijaka i ploča. Potom su iste izvučene portalnom dizalicom.

Sami položaj rupa Ø23 i Ø24 +0,2/+0,1 prenesen je sa starih demontiranih šina na radilištu nakon demontaže starih šina. Jedino tako moguće je ostvariti ispravan položaj novih šina pri montaži. Rupe su bušene magnetnom bušilicom. Duljina samih tračnica prenesena je sa starih demontiranih tračnica na nove tračnice.

Prije montaže novih šina na izravnanu betonsku podlogu izmjerena je duljina M20 sidrenih vijaka od same betonske podloge. Kako je na starim šinama duljina sidrenih vijaka od betonske podloge bila projektirana na minimalno 59 mm iste je sada trebalo skratiti na novo projektiranu duljinu od 43 mm. Nakon demontaže je uočeno da je tokom vremena uslijed eksploatacije velika većina vijaka bila istrošena, prekratka i neupotrebljivog navoja. Oštećenja su sanirana na način da je navaren dio navojne šipke na dno postojećih vijaka na dužinu koja neće smetati za montažu novih M20 matica od 49 mm. Za sidrene vijke M24 na samom spoju donje i srednje tračnice maksimalna duljina sidrenog vijka od podloge izvedena je na duljinu od 43 mm prilikom sanacije. Na taj način moguće je montirati tračnice u kompletu sa montiranim lamelama. Nakon toga su nivelirane i poravnate kotrljajuće plohe na lamelama. Prilikom stezanja sidrenih vijaka M24 obraćena je pažnja da šine dobro prijanjaju uz podlogu i da su klizne obrađene plohe na lamelama, bočne i gornje, strogo poravnate.

Bočni razmak između lijevih i desnih tračnica je u projektiranim granicama 8480 +2/+0 mm. Razmak između novih montiranih tračnica, obrađene gornje plohe lamele na uzvodnoj strani i referentne brtvene ravnine na nizvodnoj strani isto tako je u projektiranim granicama 756 +2/+0 mm, sve prema nacrtu „TA2.11003.84 Rekonstrukcija vodećih tračnica“. Nakon montaže novih tračnica protokolirane su mjere prema mjernom protokolu „TA2.31005.23\_Kontrola položaja tračnica“. [10]



**Slika 4.25** Demontaža starih tračnica

#### 4.3.9. Rekonstrukcija brtveće stijene

Rekonstrukcija brtveće stijene urađena je na način da su postavljene limene obloge (nehrđajući lim debljine 6mm) te je podešen na zadanu mjeru i učvršćen. Montaža novih stijena izvedena je prema nacrtu TA2.11003.66. Materijal ploča je X6CrNiTi18-10. Nakon postavljanja izvršena je kontrola podešavanja ploča u ravninu prema mjernom protokolu TA2.31005.17. Montažno zavarivanje postavljenih ploča izvedeno je sa dodatnim materijalom i postupkom zavarivanja prema pripadajućoj specifikaciji postupka zavarivanja.

Sidrenje, odnosno pričvršćivanje postavljenih ploča izvedeno je sa inox navojnim šipkama M12 (reaktivnim ankerom), učvršćenim u zid kemijskom ampulom. Bušene su rupe Ø14 x 110 kroz već izbušene provrte Ø17 na pločama. Nakon što su ugrađene kemijske ampule i montirani vijci M12, ploče su učvršćene podloškama i maticama. Podloške i matice služe da bi se završno podesile ploče prema nacrtu TA2.11003.66.

Zavarivanje spojeva novih ploča međusobno i novih ploča za postojeći okvir izvedeno je pripadajućim dodatnim materijalom i postupkom za tu vrstu materijala. Pravilnim redoslijedom zavarivanja spriječena je deformacija ploča prilikom postupka zavarivanja.

Po završetku zavarivanja vodom je ispran međuprostor između betona i postavljenih ploča prije ubrizgavanja betona.



**Slika 4.26** Brtveća stijena nakon zavarivanja

#### 4.3.10. Geodetski snimak položaja tračnica i brtveće klizne stijene nakon montažnih radova

Nakon postavljanja i zavarivanja ploča a prije ubrizgavanja betona iza ploča brtveće stijene potrebno je uraditi geodetska snimanja položaja ploča i novih tračnica. Cilj snimanja je da se potvrde zahtijevane dimenzije i položaj novih ploča brtveće stijene i novih tračnica nakon sanacije. Geodetski izvještaj je ujedno i potvrda ravnosti i točnosti položaja novih ploča i novih tračnica u usporedbi sa starima.



**Slika 4.27** Geodetsko snimanje položaja i ravnosti novih ploča i novih tračnica

#### 4.3.11. Završni građevinski radovi

Završni građevinski radovi odnose se na ubrizgavanje podljevskog betona u međuprostor između novih ploča brtveće stijene i betonske podloge prema Specifikaciji radova TA2.41000.25 Postupak sanacije brtveće stijene postrojenja NTZ HE Čakovec AG A. Ubrižgavanje se izvodi preko navojnih priključaka zavarenih za ploče (tkz. „Pakeri“). Prilikom ubrizgavanja potrebno je kontrolirati i protokolirati postupak prema protokolu broj TA2.31005.16.



Područje ubrizgavanja ograđeno je pomoću geotekstila i drvenih greda kako bi se spriječilo onečišćenje ostalih područja. Karakteristike posebne smjese za injektiranje bile su u skladu s propisanim zahtjevima. Pri miješanju morta za ubrizgavanje brzina okretaja miješalice nije bila niža od 1500 okr/min, a vrijeme miješanja nije bilo manje od 1,5 minuta. Period od pripremanja, do ubrizgavanja morta nije bio duži od 40 minuta. Kako bi se osiguralo kvalitetno ubrizgavanje, postupak ubrizgavanja izveden je polagano i ujednačeno, a postupak nije prekidan a sve sa ciljem osiguranja da smjesa potpuno ispuni cijelo područje praznine. Cijev za ubrizgavanje postavljena je u priključak za ubrizgavanje (“paker”), a nakon što bi mort počeo izlaziti iz ostalih priključaka, isti su zatvoreni čeličnim čepom sve dok na tom području mort nije izašao iz svih otvora. Kontrola rasprostiranja smjese za ubrizgavanje vršena je tijekom samog postupka i to prekucavnjem odgovarajućim čekićem i preslušavanjem stetoskopom. 48 sati nakon izvođenja i završetka ubrizgavanja, temperatura betona je praćena te nije bila ispod +5°C. Nakon završetka ubrizgavanja, uklonjena je cijev za injektiranje, a otvor za ubrizgavanje je zatvoren čeličnim čepom.



**Slika 4.28** Injektiranje podložnog betona visokotlačnom pumpom

## 4.3.12. Završni radovi na brtvećoj stijeni

Nakon što je beton stvrdnuo odrezan je višak navojnih šipki M12 i priključci za injektiranje. Svi otvori na pločama zatvoreni su čepovima tj. poklopcima dimenzija Ø31mm prema nacrtu TA2.11003.66.

Po završetku zavarivačkih radova ispolirani su svi zavari te je potom obavljena kontrolu zavara penetrantima prema planu kontrole i ispitivanja TA2. 21002.31

Obavljena je i dimenzionalna kontrola položaja ploča u ravnini prema mjernom protokolu TA2.31005.17.



## NDT REPORT NDT IZVJEŠĆE

**VISUM ENERGY d.o.o.**

 Fallerovo šetalište, 22,  
HR-10000 Zagreb, Croatia  
www.visumenergy.com

|                                   |                                      |   |                    |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------|
| <b>Report No.</b><br>Izvešće broj | <b>22-016-5-N001-0</b>               | <b>Page of Pages</b><br>List od listova         | <b>6 of (od) 6</b> |
| <b>Component</b><br>Komponenta    | <b>Brtvena stijena ag. A - Ploče</b> | <b>Date of Examination</b><br>Datum Ispitivanja | <b>16.3.2022.</b>  |

### Sketches and photographs Skice i fotografije



Slika 1. PT zavara između ploča brtvene stijene



Slika 2. PT zavara između ploča brtvene stijene



Slika 3. PT zavara između ploča brtvene stijene



Slika 4. PT zavara između ploča brtvene stijene

 Examiner Signature / Date  
Potpis ispitivača / Datum



 Reviewed / Date  
Pregledao / Datum



 Approved By / Date  
Odobrio / Datum

Slika 4.29 Izveštaj o ispitivanju zavara penetrantima

---

#### 4.3.13. Revizija ubetoniranih dijelova

Ubetonirane dijelove opreme čine klizne površine na koje se oslanjaju brtve, prag za nalijeganje, oprema za zavijesanje zatvarača kada je u gornjem položaju, oprema za detekciju položaja zatvarača, postolje servomotora i okviri s poklopcima niše zatvarača.

Revizija ubetoniranih dijelova obavljena je usporedno sa građevinskim radovima na brtvećoj stijeni i obuhvatila je sljedeće aktivnosti :

- a) sanaciju kliznih površina u niši zatvarača (navarivanjem i brušenjem), u opsegu definiranom nakon kontrolnih mjerenja, a u skladu s projektiranim vrijednostima,
- b) pregled i popravak oštećenja brtvenog praga zatvarača
- c) radove na opremi za zavijesanje zatvarača: demontaža, čišćenje, defektaža, antikoroziivna zaštita i ponovna montaža
- d) reviziju opreme za detekciju položaja zatvarača (demontaža, čišćenje i podmazivanje, te ponovna montaža opreme) uz nužne popravke.



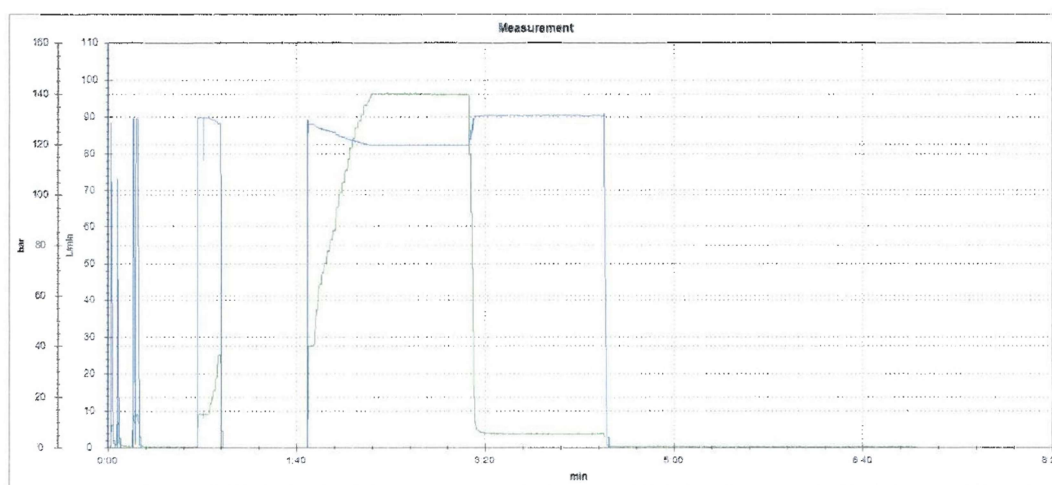
**Slika 4.30 Popravak brtvenog praga zatvarača**

## 4.3.14. Revizija hidrauličkog agregata

Na elektrohidrauličkoj opremi obavljani su sljedeći radovi :

- a) pražnjenje i čišćenje spremnika ulja, popravak antikorozivne zaštite te zamjena filtera ulja
- b) servis obje pumpe (demontaža i defektaža radnih elemenata pumpe, zamjena brtvi i ispitivanje karakteristika, te mjerenje otpora izolacije elektromotora)
- c) dobava i zamjena ulja u sustavu
- d) zamjena brtvi i ispitivanje tlaka i protoka pumpi

Radovi su obavljani paralelno sa završnim radovima na brtvećoj stijeni.



Slika 1 Pumpa 1 na el. ormaru

$P_0 = 5,5 \text{ bar}$ ,  $Q = 90,2 \text{ l/min}$

$P_{\text{max}} = 140,1 \text{ bar}$ ,  $Q = 82,3 \text{ l/min}$

$\Delta Q = 8,7\%$  pumpa je u redu

**Slika 4.31** Dijagram ispitivanja tlaka i protoka pumpe hidrauličkog agregata

## 4.3.15. Montaža opreme

Tijek i opseg montažnih radova opisan je u dokumentu TA2.41000.24 Specifikacija radova – Plan montaže/demontaže.

Montaža demontirane opreme obavlja se obrnutim redoslijedom od demontaže i treba biti u skladu s tehničkom dokumentacijom i nacrtima.

Manipulacija i dizanje segmenata zatvarača urađeno je portalnom dizalicom s pomoću dva vitla zakačenih za uške za dizanje elemenata zatvarača. Prvi donji segment je spušten u

nišu zatvarača na brtveni prag koji je prethodno namazan slojem životinjskog loja. Potom je segment odignut sa brtvenog praga da bi se provjerio otisak nož brtve koji nam govori da li brtva zaista obavlja svoju funkciju. U slučaju da otisak nije potpun brtva se podešava preko vijaka na pritisknim letvama. Isti postupak za kontrolu otiska urađen je kod spuštanja svakog sljedećeg segmenta. Nakon što je provjera otiska obavljena montirani su novoizrađeni vijci M60 (nacrt 450 084 U7-U6) te zategnuti maticama M60 (poz.F2).

Nakon montaže obavljena su mjerenja zračnosti nosećih i vodećih kotača prema protokolu TA2.31005.21 i mjerenja zračnosti „B” prema protokolu TA2.31005.22. Montaža servomotora započela je postavljanjem servomotora na postolje iznad niše zatvarača. Servomotor je povezan cjevovodom na hidraulički sustav i započeto je punjenje hidrauličkog sustava novim uljem. Potom su klipnjače spuštene u donji položaj te je servomotor spojen sa zatvaračem ubacivanjem svornjaka za spoj „servomotor-zatvarač” .

Na samom kraju ostalo je još montirati opremu za zaviješanje zatvarača kada je u gornjem položaju i opremu za detekciju položaja zatvarača.



**Slika 4.32 Montaža servomotora i zatvarača**

---

## **5. ZAVRŠNA ISPITIVANJA, PRIMOPREDAJA OPREME I PUŠTANJE U RAD**

Nakon provedene montaže potrebno je bilo napraviti ispitivanje funkcionalnosti postrojenja NTZ-a .

Za potrebe ispitivanja, skela i ostala oprema su demontirani u onoj mjeri da nisu predstavljali prepreku prilikom manipulacije zatvaračem.

Suha proba zatvarača i servomotora obavljena je 28.03.2022. Na elektrohidrauličkoj opremi izvršena su mjerenja tlakova, vremena i brzina prilikom dizanja i spuštanja zatvarača, kao i propadanje i pomak zatvarača prilikom spuštanja na dosjed.

Ispitivanja kod napunjenog protočnog trakta potvrdila su nepropusnost zatvarača uz probni pogon turbine koji je uslijedio 29.03.2022. i 30.03.2022. bez primjedbi na rad NTZ-a i od tog datuma je počeo teći garantni period. Ugovorom je definirano da je zadnji dan izvođenja radova upravo 30.03.2022., što znači da je rok za izvršenje radova u potpunosti ispoštovan.

Dimenzionalne kontrole svih traženih veličina obavljene su paralelno sa izvođenjem svake etape radova i po završetku svih radova te su u projektiranim granicama, dok je vizualnim pregledima utvrđen uredan rad i potpuno brtvljenje zatvarača.

Nakon završetka remontnih radova sastavljen je zapisnik o primopredaji opreme. Samim zapisnikom ugovorne strane potvrđuju da je Naručitelju radova na upravljanje predana potpuno funkcionalna oprema u ugovorenom roku. Pošto su radovi završeni na vrijeme Naručitelj nema dodatnih financijskih gubitaka što je jako bitna stavka u cijelom ugovoru.



**Slika 5.1** Mokra proba zatvarača (ispitivanja kod punog protočnog trakta)

Nakon završetka izvođenja usluga radilište je očišćeno i dovedeno u prvobitno stanje. Zbrinjavanje otpadnog materijala povjereno je tvrtki koja je ovlaštena da obavi radove

odvoženja i zbrinjavanja otpada sukladno Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13). Kopije Pratećih listova za otpad predane su Naručitelju usluga.

Na poslijetku ostalo je samo za dostaviti kupcu Elaborat o izvršenim uslugama i radovima na Remontu nizvodnog turbinskog zatvarača.

Obrazac PL-O

## PRATEĆI LIST ZA OTPAD

|  |             |  |  |
|--|-------------|--|--|
| <b>POŠILJKA OTPADA (A)</b>   |             | <b>BROJ PL-O</b> 200307-21707822765-001000-1   |  |
| KLJUČNI BROJ   | 2 0 0 3 0 7 | KOMUNALNI <input type="checkbox"/> PROIZVODNI <input checked="" type="checkbox"/>  | OPASNI <input type="checkbox"/> NEOPASNI <input checked="" type="checkbox"/> |
| OPASNA SVOJSTVA HP1 <input type="checkbox"/> HP2 <input type="checkbox"/> HP3 <input type="checkbox"/> HP4 <input type="checkbox"/> HP5 <input type="checkbox"/> HP6 <input type="checkbox"/> HP7 <input type="checkbox"/> HP8 <input type="checkbox"/> HP9 <input type="checkbox"/> HP10 <input type="checkbox"/> HP11 <input type="checkbox"/> HP12 <input type="checkbox"/> HP13 <input type="checkbox"/> HP14 <input type="checkbox"/> HP15 <input type="checkbox"/> |             |  |  |
| FIZIKALNA SVOJSTVA prah <input type="checkbox"/> krutina <input type="checkbox"/> pastozno <input type="checkbox"/> muljevito <input type="checkbox"/> tekućina <input type="checkbox"/> plinovito <input type="checkbox"/> ostalo <input checked="" type="checkbox"/>   |             |  |  |
| PAKIRANJE OTPADA rasuto <input checked="" type="checkbox"/> posuda <input type="checkbox"/> kanta <input type="checkbox"/> kanistar <input type="checkbox"/> kontejner <input type="checkbox"/> bačva <input type="checkbox"/> kutija <input type="checkbox"/> vreća <input type="checkbox"/> ostalo <input type="checkbox"/> BROJ PAKIRANJA 1   |             |  |  |
| OPIS<br>Glomazni otpad   |             |  |  |
| PORJEKLO KOMUNALNOG OTPADA (ispunjava samo davatelj javne usluge)  |             |  |  |
| <b>POŠILJATELJ (B)</b>   |             | <b>TOK OTPADA (F)</b>  |  |
| NAZIV OSOBE ZRE KATOWICE S.A.  |             | VLASNIK OTPADA PRI PREDAJI ZRE KATOWICE S.A.   |  |
| OIB/B.P. 21707822765   |             | IZVJEŠĆE: DA <input type="checkbox"/> NE <input checked="" type="checkbox"/> NAMJENA: OPORABA <input type="checkbox"/> ZBRINJAVANJE <input type="checkbox"/> |  |
| NKD RAZRED (2007)  |             | POLAZIŠTE HE ČAKOVEC   |  |
| KONTAKT OSOBA Matovina Dražen  |             | ODREDIŠTE Preloge 27, 40000 IVANOVEC   |  |
| KONTAKT PODACI   |             | KOLIČINA: m3 2.500,00 kg<br>VRIJEME PREDAJE 30.03.2022<br>PREDAO   |  |
| <b>PRIJEVOZNIK (C)</b>   |             | <b>NAČIN PRUJEVOZA</b>   |  |
| TVRTKA RECIKLAŽA MIŠIĆ d.o.o.  |             | cestovni <input checked="" type="checkbox"/> željeznički <input type="checkbox"/> morski <input type="checkbox"/>  |  |
| OIB 19463608307  |             | zračni <input type="checkbox"/> unutarnjim plovim putem <input type="checkbox"/>   |  |
| OVLAST ZA PRUJEVOZ PRV-2478  |             | REGISTARSKA OZNAKA ČK774HU   |  |
| KONTAKT OSOBA Tea MIŠIĆ  |             | PREUZEO MIŠIĆ ŽELJKO   |  |
| KONTAKT PODACI 099 430 5251  |             | VRIJEME PREDAJE 30.03.2022<br>PREDAO MIŠIĆ ŽELJKO  |  |
| <b>PRIMATELJ (D)</b>   |             | <b>PREUZETA KOLIČINA</b>   |  |
| TVRTKA RECIKLAŽA MIŠIĆ d.o.o. Izdvojeni pogon  |             | 30.03.2022   |  |
| OIB 19463608307  |             | PREUZETA KOLIČINA 2.500,00 kg  |  |
| OVLAST ZA PREUZIMANJE D-JPI-351-02/14-03/7   |             | PREUZETA KOLIČINA 2.500,00 kg  |  |
| KONTAKT OSOBA Tea MIŠIĆ  |             | PREUZETA KOLIČINA 2.500,00 kg  |  |
| KONTAKT PODACI 099/430-5251  |             | PREUZETA KOLIČINA 2.500,00 kg  |  |
| <b>POSREDNİK ILI TRGOVAČ (E)</b>   |             | <b>OBRABIVAČ (G)</b>   |  |
| TVRTKA   |             | TVRTKA RECIKLAŽA MIŠIĆ d.o.o. Izdvojeni pogon  |  |
| OIB  |             | OIB 19463608307  |  |
| OVLAST   |             | OVLAST ZA OBRADU D-JPI-351-02/14-03/7  |  |
| KONTAKT OSOBA  |             | OBRADA ZAVRŠENA DANA   |  |
| KONTAKT PODACI   |             | POSTUPAK OBRADE<br>POTVRDIO  |  |
| <b>NAPOMENE I PRILOZI (H)</b>  |             |  |  |

Slika 5.2 Prateći list za otpad



## **6. ZAKLJUČAK**

Kroz ovaj završni rad, vidljivo je koliko je bitno planiranje radova i projektiranja tehnoloških procesa remonta u poštivanju ugovorenog roka. Iz samoga rada daje se zaključiti koliko je kompleksan i sveobuhvatan bio projekt i koliko je bilo mnogo aktivnosti za obaviti kroz projekt i u samom remontu. Kako je period za izvođenje radova na ovom projektu bio relativno kratak s obzirom na kompleksnost samog projekta, bilo je iznimno važno rokove pojedinih aktivnosti dobro planirati, ugovoriti i obaviti. Posebno iz razloga što je bilo puno aktivnosti koje su međusobno ovisile jedna o drugoj. I najmanji poremećaj u isporuci ili kvaliteti roba i usluga kod jedne aktivnosti znači eksponencijalan rast poremećaja i problema kod sljedeće aktivnosti. U današnje vrijeme, „vrijeme kratkih rokova i sve većih zahtjeva Naručitelja“, nemoguće je zadržati dobar glas i steći dobre reference u energetskom sektoru na poslovima servisa i održavanja bez kvalitetnog planiranja i projektiranja tehnoloških procesa.

---

**LITERATURA**

- [1] [<https://darkoantolkovic.wordpress.com/2018/04/12/ivanecki-mlinovi/>] (21.07.2022.)]
- [2] [<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-sjever/he-cakovec/1533>] (21.07.2022.)]
- [3] HEP Proizvodnja, Hidroelektrane, PP HE Sjever, HE Čakovec, dostupno na : [<https://www.hep.hr/proizvodnja/hidroelektrane-1528/pp-he-sjever/he-cakovec/1533>] (21.07.2022.)]
- [4] [<https://earth.google.com/web/@46.30641707,16.4819834,157.96221739a,3828.56523507d,35y,0.17902757h,0.37854512t,-0r>] (27.07.2022.)]
- [5] Tihomir Vuksan, dipl.ing, Idejni projekt „Remont postrojenja difuzorskih brzih zatvarača“, HIDRO d.o.o., 2007.
- [6] HEP Proizvodnja d.o.o.: Tehnička specifikacija (satavni dio Dokumentacija o nabavi usluga, Remont nizvodnog turbinskog zatvarača na agregatu A, Evidencijski broj nabave: 27-M-180/20, 2020.
- [7] Ministarstvo rada i mirovinskoga sustava : Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima, NN 48/2018, dostupno na : [[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_05\\_48\\_917.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_05_48_917.html)] (06.09.2022.)]
- [8] Hrvatski Sabor : Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14, dostupno na : [[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_06\\_71\\_1334.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_06_71_1334.html)] (07.09.2022.)]
- [9] Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu , (Sl.list br. 42/68), dostupno na : [[http://www.zagrebinspekt.hr/propisi/Propisi\\_ZNR/knjiga\\_CD1/Pravilnik\\_grad.htm](http://www.zagrebinspekt.hr/propisi/Propisi_ZNR/knjiga_CD1/Pravilnik_grad.htm)] (07.09.2022.)]
- [10] Dario Kolar : Elaborat o izvršenim uslugama i radovima, Remont nizvodnog turbinskog zatvarača na agregatu A, Ugovor br.: U2S00-26-20, 2022.