

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

**DIPLOMSKO DELO
OPTIMIZACIJA VZDRŽEVALNIH DEL NA
HIDROELEKTRARNI**

Kandidat: Tadej Ažnik

Študent izrednega študija

Vpisna številka: 11190040051

Program: Strojništvo

Mentor: dr. Marija Kisin, univ. dipl. ing.

Mentor v podjetju: dr. Boštjan Gregorc, univ. dipl. ing. str.

Maribor, november 2013

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani TADEJ AŽNIK z vpisno številko 11190040051 sem avtor diplomske naloge z naslovom OPTIMIZACIJA VZDRŽEVALNIH DEL NA HIDROELEKTRARNI, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Marije Kisin, univ. dipl. ing.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno z pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 16/2007; v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo avtorskega dela v javnosti – objavo diplomske naloge na elektronskem mediju – spletnem portalu šole.

Vuzenica, 2. 11. 2013

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici dr. Mariji Kisin, univ. dipl. ing., za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomske naloge. Zahvala gre tudi mentorju v podjetju dr. Boštjan Gregorcu, univ. dipl. ing. strojništva, za podporo ter strokovno pomoč. Prav tako se zahvaljujem celotni skupini vzdrževalcev in obratovalcev Srednja Drava in podjetju Dravske elektrarne Maribor d. o. o., ki mi je omogočilo študij na Višji strokovni šoli ACADEMIA.

Najlepša hvala lektorici, profesorici slovenščine, Luciji Breznik.

Posebna zahvala gre mojemu dekletu in družini za podporo in razumevanje v času študija.

POVZETEK

V prvem delu diplomskega dela je predstavljena osnovna razdelitev vzdrževalnih del s poudarkom na vzdrževalnih delih za strojne naprave in sklope, ki jih opravljam kot strojni vzdrževalec na hidroelektrarni. Večina del, ki so opisana, so podobna za vse hidroelektrarne, na katerih sem pri vzdrževalnih delih sodeloval tudi sam. Vendar so nekatera dela drugačna in se razlikujejo glede na objekt oz. izboljšano tehnologijo vgrajene strojne opreme glede na časovno prenovo.

V drugem delu je poudarek na optimizaciji in izvedbi dnevnih, tedenskih in mesečnih vzdrževalnih del, reviziji, remontu in razširjenem remontu. Predstavljeni so postopki oz. dela od vstavljanja pomožnih zapornic do končnih preizkusov in meritev, skratka vse, kar naj bi se pri vzdrževanju na hidroelektrarnah pregledalo, popravilo, zamenjalo, preizkusilo, da kasneje pri obratovanju ne nastopi nepričakovani zastoj ali okvara.

Za revizijo, remont in razširjeni remont agregata je izdelan celovit pregled – optimizacija in zaporedje vzdrževalnih del. Z optimizacijo želimo, da se optimizira čas trajanja posameznega dela z namenom optimizirati in izboljšati kvaliteto posameznih del v čim krajšem času. Posamezna vzdrževalna dela so razvrščena v vrstnem redu in časovno ovrednotena ter grafično prikazana glede na začetek, trajanje in zaključek del. Dela morajo biti izvedena kvalitetno, da kasneje ne bi prišlo do okvar na napravah, na katerih so bila opravljena vzdrževalna dela in pregledi.

Z rednimi letnimi vzdrževalnimi deli pripomoremo k boljši obratovalni sposobnosti – razpoložljivosti agregata pri proizvodnji električne energije. S tem se izognemo povečanim stroškom in gospodarski škodi zaradi nepredvidljivih zastojev, strojem in napravam pa podaljšujemo življenjsko dobo obratovanja.

Ključne besede: hidroelektrarna, agregat, naprave, revizija, remont, vzdrževanje

ABSTRACT

Optimization of maintenance work on the hydroelectric power plant

In the first part of my diploma paper I introduced the basic division of maintenance works with the emphasis on maintenance work on devices and systems that I do as a maintenance worker in hydroelectric power plant. Most of the works described are similar to all hydroelectric power plants where I took part in maintenance work. Nevertheless, some works are different and they differ according to the object or improved technology of installed equipment and the time when it was renovated.

In the second part the emphasis is on optimization and performance of daily, weekly, and monthly maintenance works, revisions, refit, and extended refit. Procedures or works are introduced, from instalment of auxiliary floodgates to final tests and measurements, everything that is supposed to be checked, fixed, substituted, and tested during maintenance on hydroelectric power plants, so that later on during operation no unexpected standstill or fault occurs.

For the revision, refit, and extended refit of the aggregate a full overview is done – optimization and succession of maintenance works. With the optimization we would like to optimize the time of each individual work with the intention to optimize and improve the quality of individual work in the shortest time possible. Individual maintenance works are arranged in order of succession, chronologically evaluated, and graphically shown according to the beginning, duration, and ending of works. The works have to be carried out with quality, so that no faults on the devices that were maintained and checked could later on occur.

With regular annual maintenance works we can contribute to a better operational ability – availability of the aggregate in production of electrical energy. Thus we can avoid extended costs and economical damage due to unexpected stops, and we can also extend the lifetime of machines and devices.

Key words: hydroelectric power plant, aggregate, devices, revision, refit, maintenance

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	9
1.1	OPREDELITEV OBRAVNAVANE ZADEVE	9
1.2	NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	10
1.3	CILJ DIPLOMSKEGA DELA.....	10
1.4	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	10
1.5	PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA	11
2	PREDSTAVITEV PODJETJA DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR	12
2.1	DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR.....	12
2.2	OSNOVNI HIDROLOŠKI PODATKI.....	13
2.3	PRIKAZ PROIZVODNIH ZMOGLJIVOSTI DRAVSKIH ELEKTRARN MARIBOR	14
2.4	OPIS MOČI DRAVSKIH ELEKTRARN MARIBOR OD ZAČETKA USTANOVITVE DO DANES	16
2.5	PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGJE ZA OBDOBJE OD 2008 DO 2012.....	16
2.6	RAZVOJNE MOŽNOSTI	17
3	OSNOVE VZDRŽEVANJA	19
3.1	DOGODKOVNA RAZDELITEV	20
3.2	PLANIRANO VZDRŽEVANJE	23
3.3	PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE	23
3.4	NEPLANIRANO OZ. INTERVENCIJSKO VZDRŽEVANJE	24
3.5	KURATIVNO VZDRŽEVANJE	24
3.6	PREDIKTIVNO VZDRŽEVANJE	25
4	ANALIZA STANJ – OBRATOVANJ VZDRŽEVANJA.....	26
4.1	OBRATOVANJE.....	29
5	VZDRŽEVALNA DELA NA HIDROELEKTRARNI.....	30
5.1	PLANIRANA VZDRŽEVALNA DELA	30
5.2	PREVENTIVNA – PERIODIČNA VZDRŽEVALNA DELA	31
5.3	NEPLANIRANA – INTERVENCIJSKA VZDRŽEVANJA	32
5.4	PREDIKTIVNO VZDRŽEVANJE (MONITORING)	33
5.5	PRIPRAVLJALNA DELA	34
5.6	IZVEDBA DEL	35
5.6.1.	<i>Dnevni, tedenski, mesečni pregled</i>	<i>35</i>
5.6.1.1	Revizija	37
5.6.1.2	Vlaganje zapornic na vtoku	38
5.6.1.3	Vodilnik in vodilniški obroč.....	39

5.6.1.4	Regulator.....	40
5.6.1.5	Tlačna oprema.....	41
5.6.1.6	Hladilni sistem.....	42
5.6.1.7	Drenaža turbinskega stebra.....	43
5.6.1.8	Zavorni sistem.....	44
5.6.1.9	Tesnilka gredi.....	45
5.6.1.10	Odvod oljnih par.....	45
5.6.1.11	Zračni ventil.....	46
5.6.1.12	Drenaža turbinskega pokrova.....	47
5.6.1.13	Turbinski ležaji (zgornji vodilni ležaj, nosilni ležaj, spodnji vodilni ležaj).....	48
5.6.2.	<i>Remont</i>	50
5.6.3.	<i>Razširjen remont</i>	55
6	PREIZKUSNA OPREMA	57
7	OPTIMIZACIJA IZVEDBE VZDRŽEVALNIH DEL	59
7.1	OPTIMIZACIJA REVIZIJE	52
7.2	OPTIMIZACIJA REMONTA	55
7.3	OPTIMIZACIJA RAZŠIRJENEGA REMONTA	58
8	ZAKLJUČEK	62
9	UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI.....	63
9.1	LITERATURA.....	63
9.2	VIRI PODJETJA	63
9.3	INTERNETNI VIRI	63

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SEDEŽ PODJETJA DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR.....	12
SLIKA 2: ELEKTRARNE NA DRAVI	13
SLIKA 3: ČHE KOZJAK.....	18
SLIKA 4: RAZLIČNI NAČINI VZDRŽEVANJA	21
SLIKA 5: PRIKAZ RAZMERIJ VZDRŽEVANJA	24
SLIKA 6: AGREGAT HIDROELEKTRARNE.....	29
SLIKA 7: LOM ČEPA VODILNIH LOPAT.....	32
SLIKA 8: PRIKAZ MERJENJ OPLETA IN VIBRACIJ TURBINSKE GREDI.....	33
SLIKA 9: TRANSPORT POMOŽNE ZAPORNICE.....	38
SLIKA 10: VODILNIŠKI OBROČ V TURBINSKEM PROSTORU IN MERJENJE ZRAČNOSTI ZAPAHOV	39

SLIKA 11: REGULACIJSKA NAPRAVA AGREGATA.....	40
SLIKA 12: TLAČNE POSODE	41
SLIKA 13: HLADILNI SISTEM	42
SLIKA 14: GLAVNA ČRPALKA DRENAŽE TURBINSKEGA STEBRA	43
SLIKA 15: ZAVORNI SISTEM	44
SLIKA 16: VENTILATOR OLJNIH PAR IN MENJAVA GOBIC	45
SLIKA 17: ZRAČNI VENTIL IN POSODA REZERVOARJA.....	46
SLIKA 18: ZAMAŠEN KOŠ IN ČRPALKA DRENAŽE TURBINSKEGA POKROVA TER ZAMAŠEN KOŠ ČRPALKE	47
SLIKA 19: OHIŠJE ZGORNJEGA VODILNEGA LEŽAJA.....	48
SLIKA 20: OHIŠJE NOSILNEGA LEŽAJA	49
SLIKA 21: SPODNJI VODILNI LEŽAJ	49
SLIKA 22: MERJENJE ZRAČNOSTI VODILNIH LOPAT, PREGLED VERTIKALNIH IN HORIZONTALNIH TESNIL IN PREGLED PROTIKOROZIJSKE ZAŠČITE	51
SLIKA 23: POSTAVITEV ODRA DO VRAT GONILNIKA	51
SLIKA 24: VLAGANJE POMOŽNIH ZAPORNIC ZA IZTOKU S POMOČJO ŽERJAVA IN POMOŽNIH ŠKARIJ ZA PRIJEM IN SPUST ZAPORNICE	52
SLIKA 25: HLADILNIK GENERATORJA.....	53
SLIKA 26: POTOPNA ČRPALKA DRENAŽE TURBINSKEGA STEBRA	53
SLIKA 27: TURBINSKA GRED IN SEGMENT TURBINSKEGA LEŽAJA.....	54
SLIKA 28: REZERVOAR TURBINSKEGA LEŽAJA, ČIŠČENJE NESNAGE	55
SLIKA 29: PRIKAZ LUŠČENJA BARVE V NOTRANJOSTI OHIŠJA NOSILNEGA LEŽAJA.....	56
SLIKA 30: MENJAVA PREČNEGA TESNILA IN DODATNO TESNENJE S TESNILNO MASO	56
SLIKA 31: PREIZKUSNI LIST ZA POPIS TEMPERATUR LEŽAJEV	57
SLIKA 32: VARNOSTNI HITROSTNIK.....	58
SLIKA 33: OPTIMIZACIJA REVIZIJE	52
SLIKA 34: OPTIMIZACIJA REVIZIJE	53
SLIKA 35: OPTIMIZACIJA REVIZIJE	54
SLIKA 36: OPTIMIZACIJA REMONTA	55
SLIKA 37: OPTIMIZACIJA REMONTA	56
SLIKA 38: OPTIMIZACIJA REMONTA	57
SLIKA 39: OPTIMIZACIJA RAZŠIRJENEGA REMONTA	58
SLIKA 40: OPTIMIZACIJA RAZŠIRJENEGA REMONTA	59
SLIKA 41: OPTIMIZACIJA RAZŠIRJENEGA REMONTA	60
SLIKA 42: OPTIMIZACIJA RAZŠIRJENEGA REMONTA	61

KAZALO TABEL

TABELA 1: PODATKI, S KATERIMI UPRAVLJAJO DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR	15
TABELA 2: PROIZVODNJA IN PLAN OD LETA 2008 DO 2012	17
TABELA 3: TABELA VZDRŽEVANJ.....	22
TABELA 4: PRIKAZ DELEŽA POSAMEZNIH IZGUB V LETU 2012.....	27
TABELA 5: TABELE OBRATOVALNIH UR HE FALA.....	28
TABELA 6: TABELA OBRATOVALNIH UR IN ZAGONOV (HE FALA)	28

1 UVOD

Hidroelektrarna je proizvajalec električne energije, ki iz obnovljivih virov – vode – za svoje delovanje porablja pretok vode, njena moč pa je odvisna od padca in pretoka.

Ena od glavnih nalog hidroelektrarne je proizvodnja električne energije, zato je najbolj pomembno, da je pravilno vzdrževana, saj ima le tako sposobnost normalnega obratovanja oz. proizvodnje električne energije.

Za vse objekte, stroje, naprave, sestavne komponente ipd. velja, da z rednimi vzdrževalnimi deli vplivamo na njihovo sposobnost obratovanja, podaljšano življenjsko dobo in uporabnost.

V diplomskem delu so poleg ostale strokovne literature uporabljeni tudi zapisi in poročila iz dolgoletnih izkušenj vzdrževanja DEM, kjer so bila opravljena redna, planirana in neplanirana vzdrževalna dela.

1.1 *Opredelitev obravnavane zadeve*

Pri izdelavi diplomskega dela je bila izbrana tematika optimizacije vzdrževalnih del na hidroelektrarnah z vidika strojnega vzdrževanja, kjer je podrobneje opredeljeno vzdrževanje posameznega agregata. Veliki pomen za nemoteno delovanje agregatov na hidroelektrarni ima redno vzdrževanje, saj lahko le tako zagotovimo nemoteno delovanje čez vso leto. S procesom vzdrževanja pripomore k daljši obratovalni sposobnosti agregata, zato je zelo pomembno, kako pristopimo k samemu delu.

V diplomskem delu je podrobneje opredeljen posamezen obseg vzdrževalnih del za vse faze del, ki nastanejo, za delovno skupino, predvidena orodja, čas ter vse, kar spada pod pojem vzdrževanje.

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je predstaviti vlogo vzdrževalnih del, ki nastanejo na hidroelektrarni, ter podati optimalni časovni potek trajanja posameznega planiranega posega vzdrževalnih del (revizija, remont). Cilj naloge je v ovrednotenju potrebe materialov pri posameznih delih.

1.3 Cilj diplomskega dela

Cilji so naslednji:

- analize stanj agregata,
- prioriteta vzdrževalnih ukrepov,
- optimizacija vzdrževalnih del.

1.4 Predpostavke in omejitve

Predpostavke:

- razpoložljiva domača in tuja literatura,
- razpoložljivost in točnost podatkov v podjetju,
- ocena del na podlagi izkušenj izvedbe del.

Omejitve:

- omejenost na razpoložljivo literaturo in interne vire v podjetju,
- zaupnost podatkov znotraj podjetja,
- nekatere tematike so zaradi obsežnega področja samo omejeno predstavljene.

1.5 Predvidene metode raziskovanja

Kot metoda raziskovanja bo uporabljena obstoječa literatura vzdrževanja (standardi, priporočila, navodila idr.), izkušnje že obstoječih izvedenih del ter posluževanje starejših poročil in načrtov.

Uporabljene metode:

- deskriptivna metoda,
- statistične metode,
- metode merjenja in vrednotenja podatkov,
- študij dela.

2 PREDSTAVITEV PODJETJA DRAVSKE ELEKTRARNE MARIBOR

2.1 *Dravske elektrarne Maribor*

Dravske elektrarne Maribor spadajo v skupino »holding slovenskih elektrarn«, v kateri proizvedejo 25,5 % električne energije v Sloveniji, kar predstavlja 80 % slovenske električne energije, dobljene iz obnovljivih energetske virov. Razpolagajo z osmimi hidroelektrarnami na reki Dravi (HE Dravograd, HE Vuzenica, HE Vuhred, HE Ožbalt, HE Fala, HE Mariborski otok, HE Zlatoličje, HE Formin), z dvema malima hidroelektrarnama na Dravi (jez Melje in jez Markovci), eno hidroelektrarno na reki Muri (MHE Ceršak), MHE Ruše na reki Lobnici in s pridobivanjem energije iz sonca – sončnimi elektrarnami (SE Dravograd, SE Zlatoličje in SE Formin) (<http://www.dem.si/slo/opodjetju>, dne 28. 8. 2013).



Slika 1: Sedež podjetja Dravske elektrarne Maribor

Vir: Interni

2.2 Osnovni hidrološki podatki

Reka Drava izvira na Toblaškem polju v Italiji na nadmorski višini 1200 m. V Slovenijo priteče v kraju Dravograd na nadmorski višini 339,30 m. Skupna dolžina struge znaša 718 km. V Sloveniji je dolžina reke Drave 133 km s statičnim padcem 148,3 m. Povprečni srednji letni pretok na elektrarni Mariborski otok znaša $297 \text{ m}^3/\text{s}$, medtem ko znaša bilančni pretok, s katerim se izračuna možna proizvodnja, $271 \text{ m}^3/\text{s}$. Energetski potencial reke je na slovenskem delu 2.646 GWh oziroma 31 % celotnega energetskega potenciala reke Drave.

Reka Drava zajema v svojo strugo padavinsko območje 14.564 km^2 . V Italiji, Švici in v Avstriji znaša to območje 10.964 km^2 , v Sloveniji 2.700 km^2 in ostanek na Hrvaškem. V zgornjem delu padavinskega območja je reka Drava izrazito gorska reka, kar pomeni, da so največji pretoki v mesecih, ko se topi sneg (april, maj in delno junij). V spodnjem delu (v Sloveniji) pa kaže značaj dolinske reke; ta značaj pride do izraza pri padavinah, ki trajajo dalj časa (tri ali več dni), ko nastanejo lokalni dotoki tudi do vrednosti polovice dotoka iz Avstrije (v jeseni) (Interno poročilo 2012).

Koristna vsebina bazenov v dovoljenem nihanju znaša v Sloveniji $13.892.000 \text{ m}^3$. Iz bazenov je možno pridobiti dodatnih 2.652 MWh električne energije (Interno poročilo 2013).



Slika 2: Elektrarne na Dravi

Vir: Interni

2.3 Prikaz proizvodnih zmogljivosti Dravskih elektrarn Maribor

V tabeli so prikazani podatki o elektrarnah, s katerimi razpolagajo Dravske elektrarne Maribor.

Elektrarne na Dravi	Začete k obratovanju	Število agregatov	Nazivni padec (m)	Pretok turbine (m ³ /s)	Nazivna moč turbine (MW)	Moč na pragu (MW)	Moč generatorja (MVA)	Letna proizvodnja (GWh)
Dravograd	1943	3	8,94	405	25,6	26	36	142
Vuzenica	1953	3	13,73	550	56	56	78	247
Vuhred	1956	3	17,41	550	73,7	72	90	297
Ožbalt	1960	3	17,42	550	74,2	73	90	305
Fala	1918	3	14,6	525	59,8	58	74	260
Mariborski otok	1948	3	14,2	550	61,5	60	78	270
Zlatoličje	1968	2	33	530	136,8	126	170	577
Formin	1978	2	29	500	118	116	148	548
Skupaj		22	148,3		605,6	587	764	2646
MHE na Dravi								
MHE Melje	1988	2	8,2	33	2,63	2,260	3,430	8,69
MHE Markovci	2012	2	10,7	10	0,9	0,775	1,112	4,06
Skupaj			18,9		3,53	3,0350	4,542	12,75

MHE na Muri								
MHE Ceršak	1955	2	3	27,3	0,66	0,662	1,755	4,32
Skupaj			3		0,66	0,662	1,755	4,32
Sončne elektrarne								
SE Dravograd	2012					0,042	0,042	0,043
SE OCV	2013					0,026	0,026	0,028
SE Zlatoličje	2011					0,843	0,843	0,963
SE Formin	2012					0,112	0,112	0,123
SE skupaj						1,023	1,023	1,157
DEM skupaj		28			609,79	591,7200	771,320	2664,227
MHE RUŠE *	2012	2	10	1,4	0,11	0,10	0,16	0,53

Tabela 1: Podatki, s katerimi upravljajo Dravske elektrarne Maribor
Vir: Interno poročilo 2012

*MHE Ruše je samostojna pravna enota v solastništvu s Hmežad Ruše.

2.4 Opis moči Dravskih elektrarn Maribor od začetka ustanovitve do danes

Moč agregatov Dravskih elektrarn Maribor se je od leta 1918, ko so pričeli obratovati prvi agregati elektrarne Fala, do leta 2000, ko je bila zaključena prva faza prenove elektrarn na Dravi (elektrarne Dravograd, Vuzenica in Mariborski otok), povečala z 20 MW na 548 MW. V letu 2005 pa je bila zaključena še prenova agregatov na elektrarni Ožbalt in elektrarni Vuhred in je moč elektrarn na pragu znašala 574 MW (Interno poročilo 2013).

Od julija 2007 do junija 2009 je potekala prenova agregata 2 na elektrarni Zlatoličje. Po prenovi je bila moč elektrarne Zlatoličje na pragu povečana za 6 MW. V letu 2008 je pričel z obratovanjem novi agregat na Jesu Melje z močjo 1,6 MW na pragu. Moč agregatov na pragu je ob koncu leta 2011 znašala 584 MW. Če upoštevamo, da je bila v letu 2012 končana prenova agregata 1 HE Zlatoličje, s katero je bila povečana moč HE Zlatoličje na pragu za 6 MW in da sta pričela z obratovanjem agregata MHE Markovci z močjo na pragu 0,775 MW, je bila ob koncu leta 2012 moč na pragu 591 MW (Interno poročilo 2012).

2.5 Proizvodnja električne energije za obdobje od 2008 do 2012

Za nemoteno delovanje in izpolnitev letnega plana ima bistven pomen redno vzdrževanje, saj lahko le tako zagotovimo nemoteno delovanje agregatov in izpolnitev letne proizvodnje energije.

V tabeli je prikazana proizvodnja električne energije za vse agregate velikih in malih hidroelektrarn ter sončnih elektrarn med leti 2008 in 2012, torej za obdobje, v katerem sem tudi sam zaposlen v podjetju.

Leto	Proizvodnja (GWh)	Letni plan (GWh)	Realizacija (%)
2008	2565	2325	110,3
2009	3277	2349	139,5
2010	2841	2349	120,9
2011	2428	2363	102,8
2012	2645	2326	113,7

Tabela 2: Proizvodnja in plan od leta 2008 do 2012
Vir: Interni

2.6 Razvojne možnosti

Dravske elektrarne so največji proizvajalec električne energije iz obnovljivih virov (hidrološki potencial – voda), svoje področje pa širijo še na druge obnovljive energetske vire, kot so:

- energija sonca,
- energija vetra,
- geotermalna energija,
- soproizvodnja toplote in elektrike (SPTE)

(<http://www.dem.si/slo/razvojnemoznostidem>, dne 28. 8. 2013).

In prav v večji izrabi hidroenergetskega potenciala vidimo v DEM največjo razvojno možnost. Kot največji in najpomembnejši proizvajalec hidroelektrične energije v Sloveniji želimo v DEM svojo vlogo ohraniti, zato smo se razvojno angažirali predvsem na naslednjih področjih:

- obnova starejših proizvodnih agregatov,
- gradnja hidroelektrarn na reki Muri,
- s finančnim in kadrovskim angažiranjem pri gradnji hidroelektrarn na reki Savi,
- gradnja črpalne hidroelektrarne Kozjak,

- gradnja malih hidroelektrarn: MHE Markovci, MHE Ruše, MHE Pesnica, MHE Ravne, MHE Dravograd, MHE Rogoznica, MHE Sv. Primož, MHE Radonja,
- proučevanje investiranja na področju sočasne proizvodnje toplote in energije SPTE (<http://www.dem.si/slo/razvojnemoznostidem>, dne 28. 8. 2013).



Slika 3: ČHE Kozjak

Vir: Interni

3 OSNOVE VZDRŽEVANJA

Vnaprejšnje poznavanje razmer, zagotovljeno z diagnostičnimi metodami vzdrževalnih strategij, je lahko odločujoč dejavnik učinkovitega upravljanja proizvodnih sistemov. Vzdrževanje je v sodobnih pogojih proizvodnje nedeljiv in zelo pomemben del proizvodnega procesa s specifičnimi pogoji za delo, planiranje in samo organizacijo. Sestavljajo ga strokovnjaki najrazličnejših profilov; s porastom stopnje avtomatizacije proizvodne opreme (tehničnih sistemov) pa raste tako njegova vloga kot tudi obseg. Moderni industrijski tehnični sistemi zahtevajo za neposredno izkoriščanje vse manjše število manj strokovne delovne sile, toda na drugi strani je za vzdrževanje teh sistemov potrebnih vse več visoko izobraženih vzdrževalcev (Drstvenšek, 6, 2006).

Osnovni cilji, ki bi morali biti doseženi s sistemom modernega vzdrževanja, so:

- zagotavljati (maksimizirati) potreben nivo zanesljivosti in pripravljenosti tehničnih sistemov v proizvodnem procesu,
- minimiziranje skupnih stroškov vzdrževanja (posrednih in neposrednih),
- omejevanje in preprečevanje zastaranja tehničnih sistemov,
- skupno sodelovanje pri upravljanju s proizvodnim in finančnim sektorjem,
- doseganje najvišje kvalitete dela v proizvodnji ob optimalnem izkoriščanju razpoložljivih proizvodnih virov,
- doseganje najvišje možne storilnosti ob najvišji kakovosti in varnosti ter najnižjih stroških,
- povišanje nivoja motiviranosti za delo (nepopolna sredstva, s katerimi delavci upravljajo, lahko izzovejo slabe osebnostne odnose in celo nesreče v sami delovni organizaciji ali v njenem okolju),
- pravočasna dobava proizvodov naročnikom, zmanjšanje zamud pri predajah, spoštovanje rokov pri storitvenih dejavnostih (Drstvenšek, 2006, 17, 18).

3.1 Dogodkovna razdelitev

Vzdrževanje obsega vrsto različnih dejavnosti, ki imajo za cilj doseči čim višjo operativno razpoložljivost tehničnih sistemov za proizvodnjo ob čim nižjih stroških. Vse dejavnosti, ki so povezane s funkcijo vzdrževanja (kot tudi same vzdrževalne metode), lahko razčlenimo v odvisnosti od kriterija, za katerega se odločimo. Tako lahko vzdrževanje kot najširši sklop ukrepov in dejanj, ki so potrebni za zagotavljanje kontinuiranega delovnega procesa, razdelimo v tri glavne skupine:

- *tekoče vzdrževanje* (predstavljajo dejavnosti za ohranitev stanja, v katerem se sredstva trenutno nahajajo in obsega):

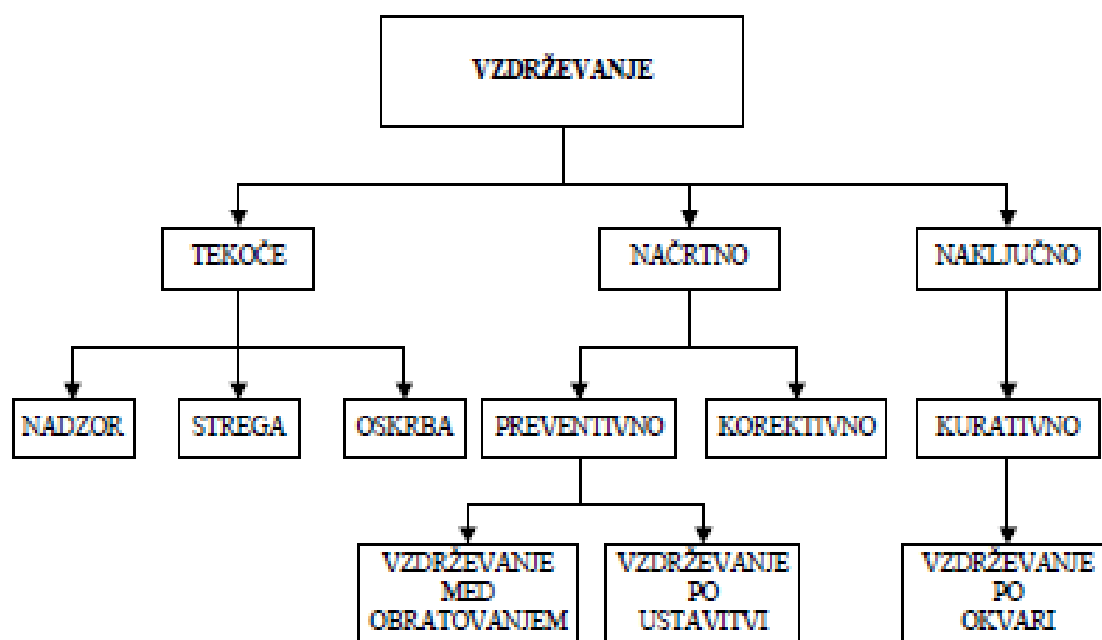
- nadzor naprave (meritve temperatur, hrupa, vibracij, pretokov in tlakov olja, porabe energije idr.),
- oskrbo naprave (mazanje, dolivanje tekočin, čiščenje ipd.),
- strego naprave;

- *naključno vzdrževanje* (zaradi njegovih izključno negativnih posledic se ga danes poskušamo čim bolj izogibati):

- kurativno (popravljalno) vzdrževanje, ki ga je mogoče opraviti samo po odpovedi delovnega sredstva;

- *načrtovano vzdrževanje* (je osnova vseh danes znanih (tudi) najvišje razvitih vzdrževalnih metod; sestavljata ga):

- korektivno (izboljševalno) vzdrževanje, ki se uporablja pri dodelavah delovnih sredstev,
- preventivno (preprečevalno) vzdrževanje, ki ga je moč uporabljati po ustavitvi sistema ali pa celo med samim obratovanjem (Drstvenšek, 2006, 19, 20).



Slika 4: Različni načini vzdrževanja

Vir: Drstvenšek, 2006, 19

Vrsta vzdrževanja	Opis	Primer iz prakse	Kdaj uporabiti
Preventivno vzdrževanje	Vzdrževanje se izvaja redno glede na stanje in obratovanja. To pomeni, da nek del zamenjamo, ko opazimo napako, da preprečimo kasnejši zastoj.	Letni remont, pregled funkcionalnosti vseh strojev oz. napak (nap. letni remont – zamenjava delov, ki jih predpisuje cikel).	Letni remont agregata, revizije pomožne opreme.
Neplanirano vzdrževanje oz. intervencijsko vzdrževanje	Vzdrževala dela se opravijo ko pride do okvare.	Ko odpove kak del na stroju, ga moremo v čim krajšem času popraviti ali zamenjati (črpalke, čistilni stroj za čiščenje rešetk itd.).	Uporabiti pri tekočih odpravljanju okvar, da zagotovimo čim prejšnje obratovanje.
Planirano vzdrževanje	Se ne čaka na okvaro ampak se izvaja po planu, ki je predpisan.	Po planu, ki je napisan se zamenjajo deli (ležaji v črpalkah po preteku številu ur, olja itd.).	Ko je po planu na vrsti zamenjava.
Kurativno vzdrževanje	Vzdrževanje se izvaja ob okvari ali ugotovitvah, da nekaj ni dobro.	Ko iz prakse slišimo, da z strojem ali napravo ni nekaj dobro (nap. neznan zvok ležaja ..)	
Prediktivno vzdrževanje	Vzdrževanje se opravi na podlagi ugotovljenih odstopanj od normalnega delovanja (monitoring).	Merjenjem vibracij agregata, oplet turbinske gredi, indikatorji čistosti olja.	Ko vidimo, da je stanje ni normalno na prag parametrov, ki so določeni.

Tabela 3: Tabela vzdrževanj

Vir: <http://www.smartis.si/domov/blog/kaj-je-vzdrzevanje> 29.7.2013

3.2 Planirano vzdrževanje

Planirano ali plansko vzdrževanje temelji na planu popravil. Popravila se delijo na mala, srednja in glavna ali velika (generalna).

Mala popravila so: zamenjava tesnil, priključkov, ležajev, sklopk, končnih stikal, relejev, elektromotorjev, nastavljanje stroja, montaža zaščit in druga manjša dela, ki jih opravljamo načeloma v osmih urah (Grilj, oktober 2005, 49).

Srednja popravila so: obnovitev vreten, zamenjava delovnih enot, glavnih ležajev, vodil, dograditev raznih avtomatizacij, popravilo sedežev ležajev, zamenjava gredi in drugega večjega dela, ki jih opravljamo vsaj en teden (Grilj, oktober 2005, 49).

Glavna ali velika popravila so: obnovitev celotnega stroja, zamenjava krmilja, obnovitev pomožnih enot in vse, kar je vključeno v srednja in mala popravila (Grilj, oktober 2005, 49).

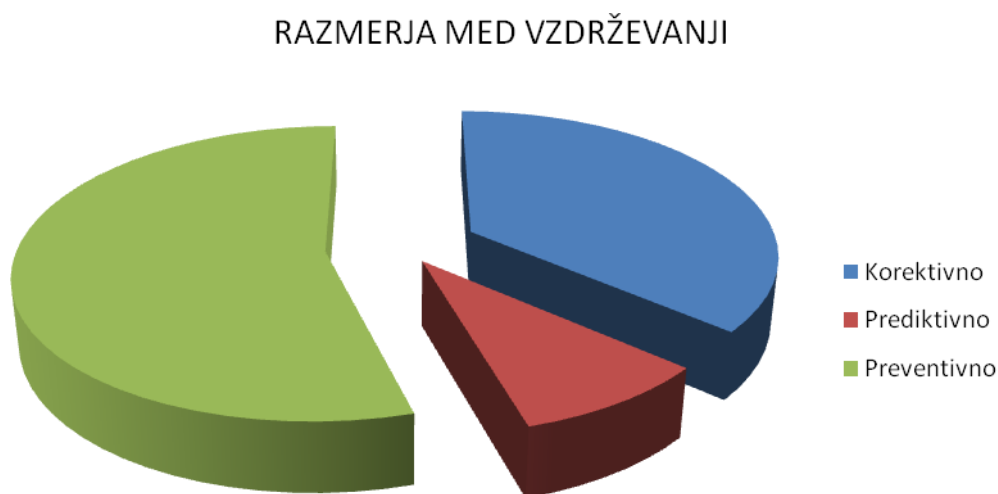
Določen je čas, ki narekuje, kdaj neko popravilo opraviti. Ta oblika je značilna za gospodarstvo, kjer strošek vzdrževanja ni med najpomembnejšimi (Grilj, 2005, 49).

3.3 Preventivno vzdrževanje

Pojavile so se zamisli o preprečevanju in ne samo odpravljanju okvar ter o kratko malo boljši organizaciji in tehnični izvedbi vzdrževanja. Preventivni sistem sloni na dejstvu, da se opravijo po načrtu vnaprej določena vzdrževalna dela, preden pride do okvare oziroma zastoja. Vzdrževalci opravljajo ciklične preglede v koordinaciji s proizvodnjo, kar je posebej pomembno tam, kjer je treba deloma ali v celoti prekiniti delovni proces, kar lahko v visoko avtomatiziranih sistemih povzroči zastoje in izpade z velikimi stroški. Ta oblika vzdrževanja zahteva mnogo kvalificiranih strokovnjakov, veliko opreme za dovolj kakovostno diagnosticiranje, rezervnih delov ter servisnega in pomožnega materiala (Drstvenšek, 2006, 10).

3.4 Neplanirano oz. intervencijsko vzdrževanje

Neplanirano vzdrževanje že samo pove, da je to vzdrževanje brez vsakih planov in stihijsko. S stališča organizacije je najenostavnejše, čeprav je po zahtevnosti zelo visoko. Če stroji obratujejo po svojih zmogljivostih, nimajo nobenih stroškov z vzdrževanjem. Ko pa pride do okvare, takoj pristopimo k popravilu. Tako vzdrževanje je znano kot »just in time«, kar pomeni »ob pravem času«. Popravljamo tedaj, ko se nekaj pokvari (Grilj, 2005, 54–56).



Slika 5: Prikaz razmerij vzdrževanja

Vir: <http://www.smartis.si/domov/blog/kaj-je-vzdrzevanje> 29. 7. 2013

3.5 Kurativno vzdrževanje

Vanj spadajo vzdrževalna dela, ki jih opravimo po nastopu okvare ali poškodbe, in tako delovno sredstvo spet usposobimo za izvajanje njegove namenske funkcije. Kurativnih vzdrževalnih del ne moremo časovno načrtovati vnaprej, ker ne poznamo točnega časa nastopa odpovedi delovnega sredstva, zato so to neplanirani vzdrževalni procesi. Okvare so torej nenadne, posledice pa v posameznih primerih lahko tudi katastrofalne. S tem načinom vzdrževanja lahko izzovemo dolgotrajne zastoje, ki ne pomenijo samo izpada proizvodnje, ampak tudi porušitev organizacijske in tehnološke priprave (Drstvenšek, 2006, 9, 10).

3.6 *Prediktivno vzdrževanje*

Metoda nadzora pomeni, da se ne zanašamo na tovarniške in industrijske povprečne statistike, kot jih poznamo iz preventivnega vzdrževanja, temveč nadziramo stanje strojev in delov strojev med njihovim obratovanjem. Ta način omogoča popravilo delov ravno v trenutku pred njihovo okvaro. Metoda nadzora omogoča planirano naročanje delov, planiranje potrebnega števila delavcev ter ostalih popravil v znanem času zastoja. Vse skupaj pa seveda bistveno zmanjšuje celotne stroške obratovanja (<http://www.lezaji.si/?analiza-stanja-strojev-br-z-merjenjem-vibracij>, 52, 24. 8. 2013).

Odločitev, kdaj bo nek del odpovedal, je povezana s spremljajočimi meritvami po metodah neporušnih meritev ali drugih načinih. Metode neporušnih meritev so tiste, pri katerih za merjenje veličin ni potreben poseg v merjenec, ki bi ga deformiral tako, da ne bi bil več uporaben. Najpogosteje merimo vibracije, ki jih primerjamo z vzorčnimi, in tako ugotovimo čas, v katerem bo nek del še obratoval in kdaj ga moramo zamenjati. Na razpolago imamo celo vrsto metod nadziranja kritičnih strojnih delov (Grilj, 2005, 51).

Te so:

- merjenje in spremljanje vibracij,
- merjenje hrupa,
- merjenje z ultrazvokom,
- merjenje z magnetnim poljem,
- merjenje z gama žarki,
- merjenje z indikatorji,
- merjenje z uporabo termografije,
- merjenje z zajemanjem vzorcev (Grilj, 2005, 51–52).

4 ANALIZA STANJ – OBRATOVANJ VZDRŽEVANJA

Za obratovanje naprav na hidroelektrarnah morajo biti zagotovljeni vsi pogoji za normalno obratovanje – delovanje agregata. Redno vzdrževanje in spremljanje stanj naprav sta osnovna pogoja za pravilno in nemoteno delovanje agregata, zato se vsa večja vzdrževalna dela (remonti, revizije) opravljajo v zimskem času (od januarja do marca), saj je takrat pretok vode manjši kot v drugih mesecih leta.

Čez vso leto se opravljajo najnujnejša vzdrževalna dela za normalno obratovanje. Vsa dela, ki niso tako pomembna za obratovanje, se beležijo in dajo v plan ter se odpravijo ob letnem remontu ali reviziji. Po predhodnem stanju – planu, ki se beleži čez celotno leto – se naredi točno določen plan obsega dela, ki se bo izvajal, tako da kasneje ne pride do nepredvidljivih zamikov pri samem delu in nadaljnjih izgubah pri proizvodnji.

Na zastoje – izgube pri proizvodjanju električne energije lahko vplivajo:

- premajhen pretok vode,
- visoka voda,
- okvare – defekti,
- remont, revizije,
- prenove,
- dela, ki se opravljajo na vodi in onemogočajo delovanje agregata,
- čiščenje.

Izgube	MWh	Delež (%)
Defekt – okvara	4.158	2,02
Remont	2	0,001
Višek	1.609	0,78
Prenove	190.608	92,59
Čiščenje	9.477	4,60
SKUPAJ	205.854	100

Tabela 4: Prikaz deleža posameznih izgub v letu 2012

Vir: Interni

V spodnjih tabelah je prikazano število ur obratovanja agregata in število zagonov za posamezen mesec (Hidroelektrarna FALA). Število obratovalnih ur in število zagonov je različno zaradi pretoka Drave (spomladi in jeseni večji pretoki), potrebe po proizvodnji električne energije ipd. Vsak agregat na posamezni hidroelektrarni letno obratuje cca. 6000 ur.

HE FALA (mesec januar 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	573	25
Agregat 2	167	11
Agregat 3	483	25

HE FALA (mesec februar 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	232	11
Agregat 2	521	29
Agregat 3	286	16

HE FALA (mesec marec 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	0 (obnova sistema vodenja)	0 (obnova sistema vodenja)
Agregat 2	681	18
Agregat 3	628	25

HE FALA (mesec april 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	0 (obnova sistema vodenja)	0 (obnova sistema vodenja)
Agregat 2	718	0
Agregat 3	703	1

HE FALA (mesec maj 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	273	4
Agregat 2	744	0
Agregat 3	744	0

HE FALA (mesec junij 2013)	Obratovalne ure	Št. zagonov
Agregat 1	705	8
Agregat 2	670	7
Agregat 3	670	2

Tabela 5: Tabele obratovalnih ur HE Fala

Vir: Interni

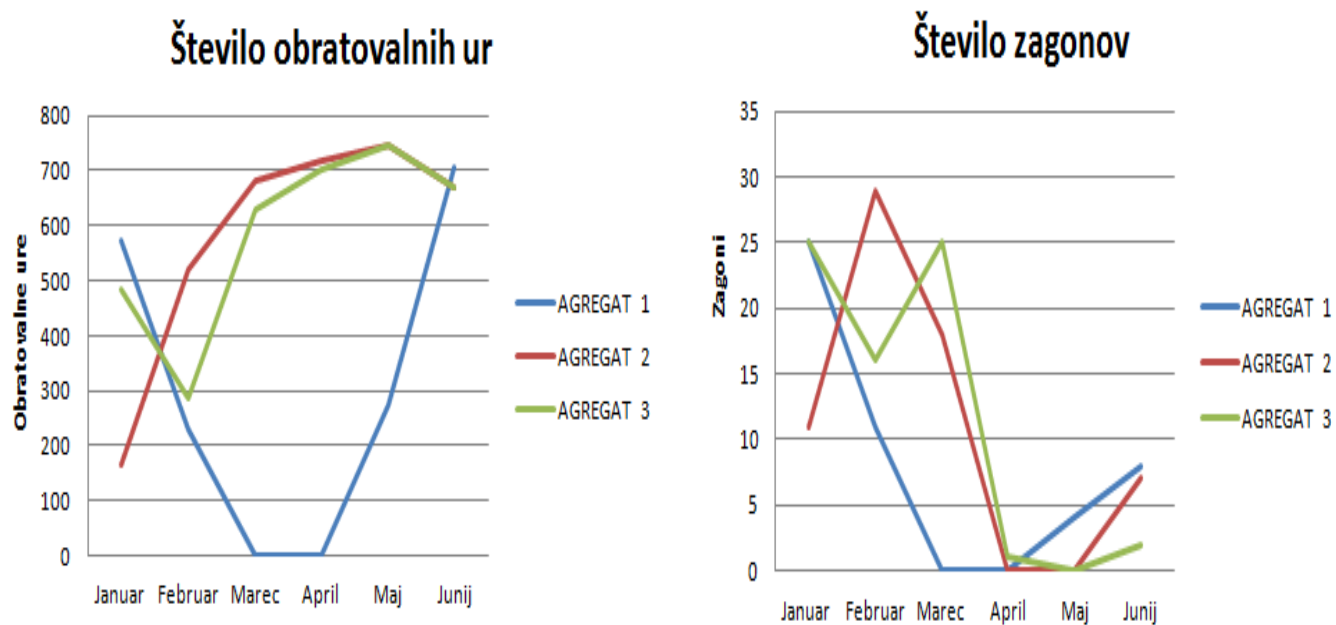


Tabela 6: Tabela obratovalnih ur in zagonov (HE FALA)

Vir: Lasten

4.1 Obratovanje

Z vidika obratovanja je pomembno, da agregat nemoteno obratuje po planu, da so zagotovljeni vsi pogoji za varno delovanje ter da je čim manj zastojev oz. okvar, ki onemogočajo proizvodnjo energije.

Za obratovanje morajo biti zagotovljeni vsi pogoji – tako z vidika obratovanja kot vzdrževanja; le tako bo možno delovanje agregata in pomožnih naprav.

Navodila za obratovanje in vzdrževanje izda proizvajalec, ki je dostavil in vgradil opremo (strojno in elektro opremo).

Pomembni deli oz. sklopi, ki morajo biti zagotovljeni za obratovanje agregata:

- turbinski regulator,
- hladilne naprave,
- drenažne naprave elektrarne,
- sistem komprimiranega zraka,
- zaščite agregata,
- zaščita turbine,
- zaščita generatorja,
- ustrezno delovanje pretočnih polj elektrarne.



Slika 6: Agregat hidroelektrarne

Vir: Lasten

5 VZDRŽEVALNA DELA NA HIDROELEKTRARNI

Vsa vzdrževalna dela, ki se opravljajo na hidroelektrarnah (Dravske elektrarne Maribor), se opravljajo po skupinah vzdrževalcev, ki so na objektu, in sicer po vnaprej pripravljenem planu del; nekatera dela pa nastanejo ob okvari oz. defektu (okvare črpalk, okvara ventila, lom čepa vodilnih lopat, visoke vode itd.). Vzdrževalne skupine na hidroelektrarni razdelimo na strojno vzdrževanje in elektro vzdrževanje.

Manjša vzdrževalna dela se opravljajo čez vso leto, večja dela, ki jih pa ni možno opraviti in zaradi katerih je obratovanje možno, se opravijo ob letnem remontu (reviziji), ki je zaradi manjšega pretoka vode planiran v zimskem času. Dela se lahko takrat opravijo nemoteno, agregat miruje in na njem je možno odpravljanje napak, ki se pojavijo čez leto, saniranje poškodb, menjava obrabljenih delov, olja, kontrole zračnosti, meritve, čiščenje itd.

5.1 *Planirana vzdrževalna dela*

V to skupino vzdrževanja spadajo vsa dela, ki se planirajo vnaprej, tako da se točno ve, kakšno delo se bo opravljalo, kdaj ga je možno opraviti ter kolikšen čas je potreben za izvedbo. V tem času se opravijo vsa dela, ki so bila planirana, da se opravijo. Pod planirano vzdrževanje lahko spada tudi kakšno delo, ki ga ne moremo opraviti takoj ob okvari, lahko pa ga planiramo in okvaro odpravimo, ko je to možno. Vsa planirana vzdrževanja je potrebno planirati vnaprej, saj moramo poskrbeti, da zagotovimo izločitev agregata iz obratovanja in s tem zagotoviti varno delo.

Planirana vzdrževanja so lahko :

- prenove agregatov (investicijsko vzdrževanje),
- prenove hidromehanske opreme (investicijsko vzdrževanje),
- prenove pomožne opreme (investicijsko vzdrževanje) ,
- letni pregledi, okvare naprav – strojev (letni remont, revizije).

Investicijsko vzdrževanje je vzdrževanje, ki poleg dela zahteva še investicijo – stroške. Je dograditev ali predelava na obstoječih strojih, pomožnih napravah, s katerimi želimo doseči boljše delovanje oz. izboljšavo. To vzdrževanje se mora planirati vnaprej, saj je potrebno pridobiti vse potrebne načrte za poseg v napravo, izdelati načrt predelave – tehnična dokumentacija, planirati stroške nabave materiala ter na koncu pridobiti dovoljenja, da je naprava sposobna za obratovanje.

5.2 Preventivna – periodična vzdrževalna dela

Preventivno vzdrževanje obsega dela, ki so predpisana predhodno po nekem planu – intervalih (število ur obratovanja) za posamezen stroj ali sklop naprav. To zajema preglede in dela, ki so potrebna za pravilno delovanje agregata.

Preventivna vzdrževanja:

- letni remonts in revizije agregatov (remonts vsaki dve oz. tri leta, revizija vsako leto),
- revizije pomožne opreme,
- revizije žerjavov.

Preventivni pregled obsega:

- dnevni obhod – pregled,
- čiščjenje,
- pregled temperature olj, sond,
- mazanje,
- pregled tlakov,
- pregled hladilnih naprav,
- pregled nivojev olja.

Pod preventivna popravila spadajo vsa dela, ki jih lahko opravimo preventivno ob nemotenem obratovanju ali pa v času, kadar agregat miruje. To so v večini manjša dela, ki jih lahko odpravimo v nekaj minutah, urah, tako da ne vplivamo na zastoj pri zagonu in obratovanju.

5.3 Neplanirana – intervencijska vzdrževanja

To vzdrževanje nastane takoj, ko se pojavi napaka ali okvara, ki nam onemogoča normalno delovanje ali ustavitev. K odpravi napake oz. okvare moramo pristopiti takoj, da zagotovimo čim manjši zastoj in izgubo. Vsa vzdrževanja in popravila se izvajajo v dnevno-nočnem času z namenom tem hitrejšega vzpostavljanja normalnih obratovalnih pogojev, saj je potreba po proizvedeni električni energiji najmanjša. Dela, ki se opravljajo, je potrebno redno pisati v knjigo agregata.

Neplanirana dela na hidroelektrarnah:

- okvara na agregatu hidroelektrarne (hidravlični sistemi, merilna oprema, lom strižnih čepov idr.),
- popravilo netesnosti,
- zamenjava žičnih vrvi na čistilnem stroju,
- zamašitev vtočne rešetke,
- visoke vode.



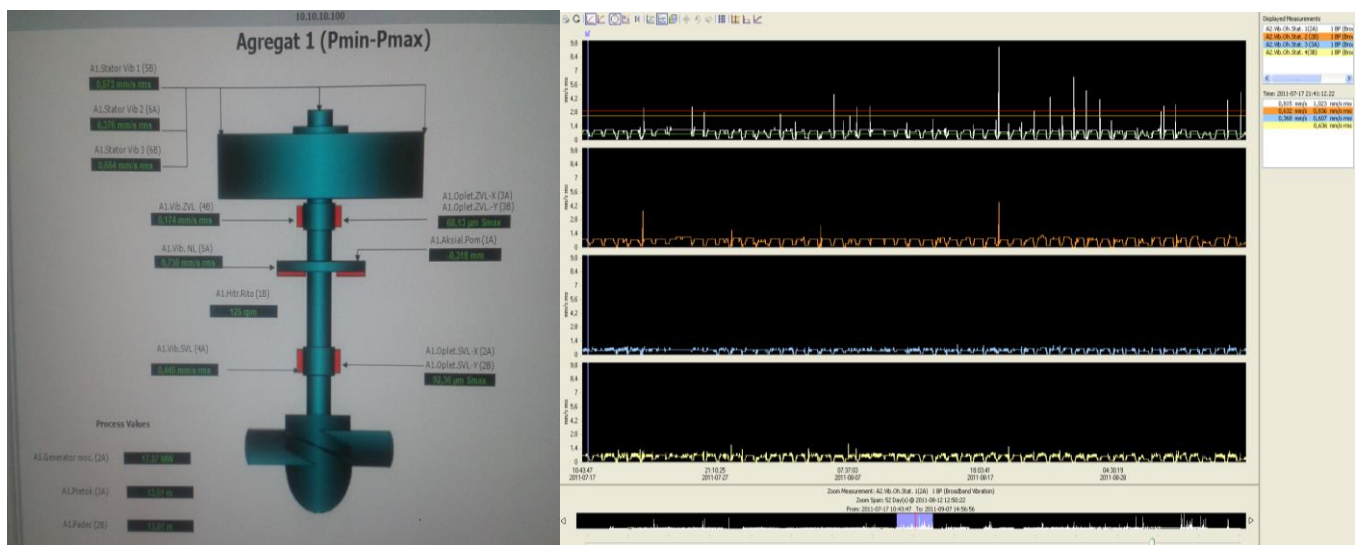
Slika 7: Lom čepa vodilnih lopat

Vir: Lasten

5.4 Prediktivno vzdrževanje (monitoring)

Monitoring je stalni nadzor nad delovanjem agregata; z njim spremljamo meritev in na podlagi neustreznih meritev poskušamo ugotoviti, zakaj pride do teh rezultatov.

Na nekaterih hidroelektrarnah se izvaja uvajanje monitoringa, kar pomeni stalni nadzor in opazovanje meritev vibracij turbine, vibracij statorja, frekvence, harmonike osnovne frekvence, oplet turbinske gredi. Ob pravočasni ugotovitvi, da je neka meritev izven tolerance oz. parametrov, ki so določeni za normalno delovanje, se lahko izognemo resnejšim okvaram ali poškodbam naprav oz. delov.



Slika 8: Prikaz merenj opleta in vibracij turbinske gredi

Vir: Lasten

5.5 Pripravljalna dela

Sem spadajo dela, ki se opravijo pred pričetkom letnega remonta ali revizije. Delovna skupina lahko takšna dela opravi pred pričetkom del (npr. priprava in pregled odra za turbinski trakt, priprava leša za tesnjenje zapornic, razni pripomočki za kasnejše delo, priprava rezervnih delov, delovnega orodja, maziv, zapornic, dvžnih mehanizmov idr.).

Ta dela so:

- plan del,
- popisi del, ki se bodo izvajala – odpravljala,
- razne priprave za kasnejše delo,
- sestava delovne skupine,
- sodelovanje z zunanjimi izvajalci (avtodvigalo, potapljaške storitve),
- nabava potrebnega materiala (rezervnih delov, potrošnega materiala),
- pregled pomožne opreme (žerjavov, zapornice).

Pred pričetkom z deli (remontom, revizijo) je potrebno pripraviti tudi vse potrebne dokumente (plan zaustavitve, plan končanja del, delovne naloge).

5.6 Izvedba del

5.6.1. Dnevni, tedenski, mesečni pregled

Dnevni pregled se opravlja vsak dan (kljub vgrajeni senzoriki), opravlja ga za to usposobljena oseba, saj ta najbolj pozna samo delovanje agregata. Ta oseba najboljše pozna agregat in že majhne spremembe, npr. zvoka, takoj opazi in lahko pripomore k odpravi resnejših okvar.

Dnevni pregled zavzema:

- pregled delovanja regulacijskih črpalk (pravilno delovanje črpalke pripomore k daljši življenjski dobi in nemotenemu delovanju),
- pregled in delovanje filtrov (pregledati filtre – zamašitve, jih po potrebi očistiti),
- pregled nivojev olja (dolijemo olje, kjer je na minimumu),
- pregled tlakov in po potrebi doziranje (pregled tlakov v posodah ter po potrebi doziranje tlaka na določene vrednosti, npr. v tlačnih posodah je delovni tlak od 54 do 60 barov),
- kontrole tesnosti, hrupa (pregledamo vse cevne spoje, vijačne spoje, da ne bi prišlo do kasnejših resnejših poškodb),
- čiščenje vtočne rešetke (zagotovimo zadosten dotok vode na turbino),
- pregled temperature olja, ležajev, segmentov (s tem spremljamo, v kakšnem stanju so ležaji agregata, če so temperature višje od predpisanih, to nakazuje težave na drsnih površinah segmentov),
- vizualen pregled spojev cevi,
- čistočo opreme (sama čistoča veliko pripomore k daljši življenjski dobi strojev in pomožnih naprav).

Tedenski pregled je bolj obširen pregled, ki poleg vseh naštetih v dnevnem pregledu zajema še:

- zamenjavo priorit et delovanja črpalk, filtrov (s tem pripomoremo, da ni v delovanju samo ena črpalka, filter),
- popis šte vcev (spremljanje delovanja posameznih črpalk),
- pregled tlakov v dozirnih posodah in po potrebi doziranje,
- preizkus delovanja kompresorskih naprav, pregled olja v kompresorju,
- izpust kondenza,
- pregled celotne opreme ter njene obratovalne sposobnosti.

Mesečni pregled zajame vse opravila, ki so naštet a zgoraj. Zraven lahko spada še kakšno večje delo, kot je lahko:

- obsežnejše čiščenje,
- čiščenje košev črpalk (z rednim čiščenjem zagotovimo nemoteno delovanje črpalk),
- menjava filtrov.

5.6.1.1 Revizija

Vsako leto se mora po planu izvesti revizija agregata, ki zajema preglede, meritve in manj obsežna dela. Revizija brez večjih zapletov traja cca. deset (enajst) delovnih dni za en agregat in jo opravijo vzdrževalne skupine na objektu. V tem času je potrebno opraviti vsa dela, ki so planirana, pregled vseh naprav, po potrebi zamenjati obrabljene ali zlomljene dele (ležaji, filtri) ter vso strojno opremo dobro očistiti, saj čistoča veliko pripomore k funkcionalnosti strojnih naprav.

Potrebno je zapreti dotok vode na turbino, pregledati, izvesti meritve ter po potrebi popraviti vse sklope naprav agregata, ki so:

- vlaganje zapornic na vtoku in iztoku agregata,
- vodilnik in vodilniški obroč,
- regulator,
- tlačna oprema,
- hladilni sistem,
- drenaža turbinskega stebra,
- zavorni sistem,
- tesnilka gredi,
- odvod oljnih par,
- zračni ventil,
- drenaža turbinskega pokrova,
- turbinski ležaji.

5.6.1.2 Vlaganje zapornic na vtoku

Da se sploh lahko začne z deli revizije agregata, je potrebno zapreti dotok vode na turbino. To izvedemo s pomožnimi zapornicami, ki so shranjene na deponiji zapornic. Te je potrebno s pomočjo transportnega dvigala naložiti na prirejeno prikolico za prevoz zapornic, ki se kasneje s traktorjem pripeljejo na mesto, kjer se odložijo. Zapornice se v sifon vlagajo z mostno-portalnim žerjavom. Pred pričetkom vlaganja zapornic v sifon je potrebno s pomočjo potapljačev pregledati vodila in prag zapornic, da kasneje ne bi prišlo do problemov pri tesnjenju, odlaganju in zajemanju zapornic. Tesnjenje zapornic se izvaja s pomočjo leša. Odpreta se ventila za izpust vode iz sifona, odvečna voda, ki je v sifonu, pa se izčrpa z drenažnimi črpalkami turbinskega stebra.



Slika 9: Transport pomožne zapornice

Vir: Lasten

5.6.1.3 Vodilnik in vodilniški obroč

Pregledati je potrebno vodilniški obroč v turbinskem prostoru, izvesti kontrolo tesnosti puš vodilnih lopat, preveriti zračnost med vodilniškim obročem in ohišjem ter izvesti pregled indikatorjev za lom čepa in zategnitve vijakov.



Slika 10: Vodilniški obroč v turbinskem prostoru in merjenje zračnosti zapahov

Vir: Lasten

Meritev zračnost med vodilniškim obročem in ohišjem

Kontrola indikatorjev loma čepa

Merjenje zračnosti zapahov

5.6.1.4 Regulator

Regulator je eden najbolj pomembnih delov agregata, saj brez njega obratovanje ni mogoče. Tu se morajo izvesti pregledi in kontrole tesnosti spojev cevi in kontrole zategnitve vijakov. Zamenjati in oprati je potrebno filtre, zamenjati prioritete, filtrirati olje s pomočjo prenosne filtrirne naprave ter iz regulatorja vzeti vzorec olja, ki gre na analizo. Pregledati moramo delovanje regulacijskih črpalk (pretok velikih črpalk znaša 250 l/min, pretok malih črpalk pa 68 l/min; rezervne črpalke imajo pretok 68 l/min), ventilov, varnostnih ventilov (pn je 60 bar, max. tlak 68 bar), servomotorja gonilnika in vodilnika ter zategnitev vodilnika. Opraviti je potrebno meritev zračnosti zapahov, zamenjati silikagele v filtru in na koncu vse očistiti.



Slika 11: Regulacijska naprava agregata

Vir: Lasten

5.6.1.5 Tlačna oprema

Po potrebi moramo izprazniti tlačne posode (glavna tlačna posoda je prostornine 4 m³, max. tlak 66 bar in preizkusni tlak 86 bar; pomožna tlačna posoda ima prostornino 1,6 m³, max. tlak 67 bar in preizkusni tlak 87 bar), pregledati in izvesti vizualni zunanji pregled, pogledati veljavnost delovanja varnostnih ventilov (delovni tlak 60 bar, max. tlak 66 bar), posodo po zakonskih osnovah demontirati in odnesti na pregled k pooblašeni inštituciji, ki ima za to dovoljenje. Potrebno je pregledati delovanje regulacije zraka in olja, tesnost spojev in ventilov.



Slika 12: Tlačne posode

Vir: Lasten

Pregled tesnosti cevnih spojev

Varnostni ventili

5.6.1.6 Hladilni sistem

Pregledati je potrebno delovanje generatorskih in turbinskih črpalk, zamenjati prioritete črpalk, izvesti pregled tesnjenja spojev črpalke, cevnih spojev, manometrov, mešalnih ventilov, ventile zapreti in odpreti v končne lege, pregledati mešanice vode (antifriz) – do kakšne temperature zadostuje. V raztezni posodi je potrebno pregledati tlak (tlak v raztezni posodi je 0.9 do 1 bar), prav tako pa tudi hladilnike in tesnost ter po potrebi počistiti lamele hladilnika.



Slika 13: Hladilni sistem

Vir: Lasten

Pregled delovanja manometrov

Pregled tlaka v raztezni posodi (0.9–1 bar)

Odpiranje in zapiranje ventila v končno lego

5.6.1.7 Drenaža turbinskega stebra

Pregledamo delovanje črpalk, predhodno tudi drog ventila v sifonu, delovanje ventila, očistimo nesnago iz ventila, da ne pride do preprečitve pri zapiranju, ter preverimo delovanje sond za vklop in izklop črpalk.



Slika 14: Glavna črpalka drenaže turbinskega stebra
Vir: Lasten

Pregledati je potrebno dovod hladilne vode do črpalke, tesnilne površine, manometre ter izmeriti toke obremenitve.

5.6.1.8 Zavorni sistem

Izvesti moramo kontrolo in pregled delovanja zavornega sistema, debeline zavor in zavornih oblog, po potrebi menjati zavorne obloge. Zraven spada kontrola tesnosti vodov od mehanizma zavor do zavor, ki so pod generatorjem, in pregled tlačne posode za zavorni sistem (tlak za zavore je reduciran s 60 bar na 7,5 bar).



Slika 15: Zavorni sistem

Vir: Lasten

Merjenje zavorne obloge

Kontrola tesnosti vodov

5.6.1.9 Tesnilka gredi

Potrebno je opraviti kontrolo dotoka vode na tesnilko, izmeriti pretok tesnilke (pretok vode na tesnilko je okrog 36 l/min, tlak znaša cca. 0,92 bar), izvesti kontrolo prepuščanja tesnilke, vizualni pregled stanja tesnilke ter na koncu počistiti.

5.6.1.10 Odvod oljnih par

Pregledati moramo delovanje črpalk – ventilatorja oljnih par, ki omogoča izločanje oljnih par, ležajev in regulatorja, izvesti meritve tokov, meritve podtlaka sistema, zamenjati filtre – gobice, pregledati spoje, cevi ter po preteku določenega števila ur menjati ležaje.



Slika 16: Ventilator oljnih par in menjava gobic

Vir: Lasten

5.6.1.11 Zračni ventil

Preizkusimo delovanje zračnih ventilov, pregledamo tesnost cevovodov, izmerimo čas odpiranja in zapiranja ventila (čas zapiranja zračnih ventilov mora biti pri vseh ventilih približno enak in je nekje od 40 do 60 sekund), preverimo tlake, hode ventilov, pregledamo nivoje olja v rezervoarju (po potrebi dolijemo), zamenjamo silikagel na rezervoarju. Pregledati je potrebno tudi stanje dušilk, hodov zračnega ventila (nekje od 60 do 70 mm) ter korozijskih poškodb.



Slika 17: Zračni ventil in posoda rezervoarja

Vir: Lasten

Pregled oz. zategnitev vijakov, hoda ventila

Menjava silikagela na rezervoarju

5.6.1.12 Drenaža turbinskega pokrova

Opraviti je potrebno pregled delovanja črpalk, tesnosti spojev cevovoda, zamenjati prioritete črpalk, očistiti ali zamenjati sesalne koše (čiščenje zaradi tega, da zmanjšamo število vklopov, zmanjšamo čas črpanja in podaljšamo življenjsko dobo črpalki) ter oprati turbinski pokrov. K drenaži turbinskega pokrova spada separator, ki loči olje od vode. Potrebno ga je očistiti in ločiti olje od vode.

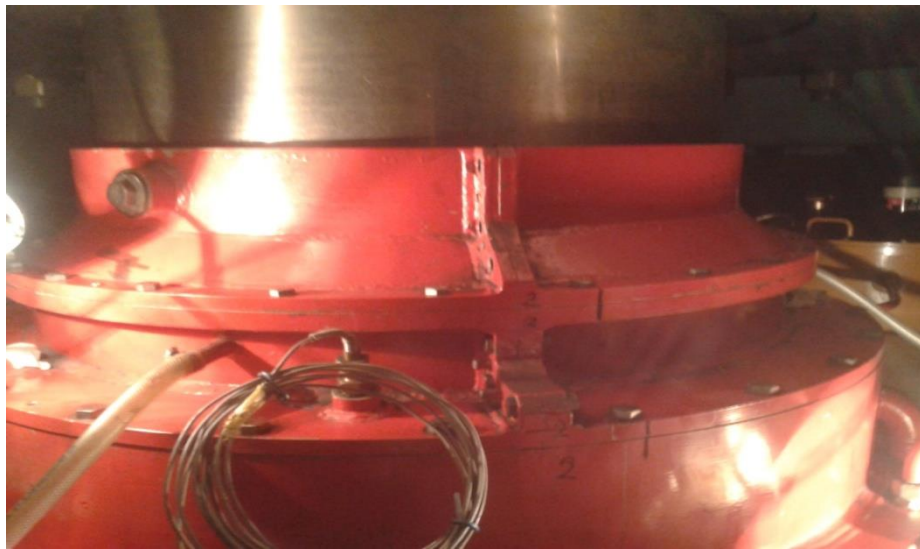


Slika 18: Zamašen koš in črpalka drenaže turbinskega pokrova ter zamašen koš črpalke

Vir: Lasten

5.6.1.13 Turbinski ležaji (zgornji vodilni ležaj, nosilni ležaj, spodnji vodilni ležaj)

Zgornji vodilni ležaj – potrebno je izvesti kontrolo tesnosti, hrupa, pregledati in popisati temperature ležajev med delovanjem, po zaustavitvi in pred preizkusi, olje filtrirati s prenosno filtrirno napravo, menjati filtre, pregledati nivo olja, ga po potrebi doliti, iz ležaja vzeti vzorec le-tega za analizo in zamenjati silikagela. Pregledati je potrebno tudi delovanje merilne opreme in preveriti točnost glede na obstoječe stanje.



Slika 19: Ohišje zgornjega vodilnega ležaja

Vir: Lasten

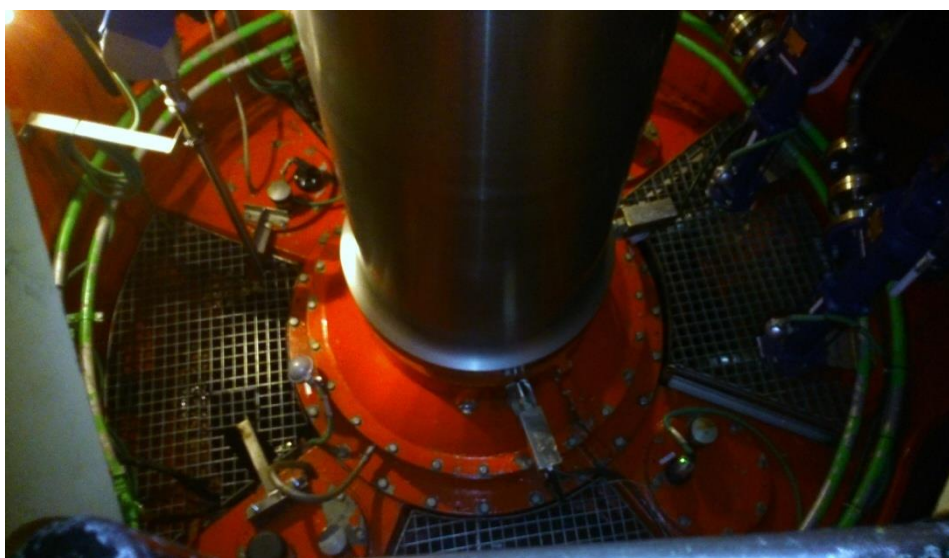
Nosilni ležaj – dela so ista kot zgoraj omenjena, zraven spada še pregled in delovanje varnostnih hitroznikov, delovanje hidrostatskega mazanja, pregled tesnosti dovodov, čiščenje filtra hidrostatskega mazanja, delovanje črpalke ter meritev dviga turbine ob vklopu hidrostatskega mazanja.



Slika 20: Ohišje nosilnega ležaja

Vir: Lasten

Spodnji vodilni ležaj – dela so podobna kot dela, našteta za zgornji nosilni ležaj.



Slika 21: Spodnji vodilni ležaj

Vir: Lasten

5.6.2. *Remont*

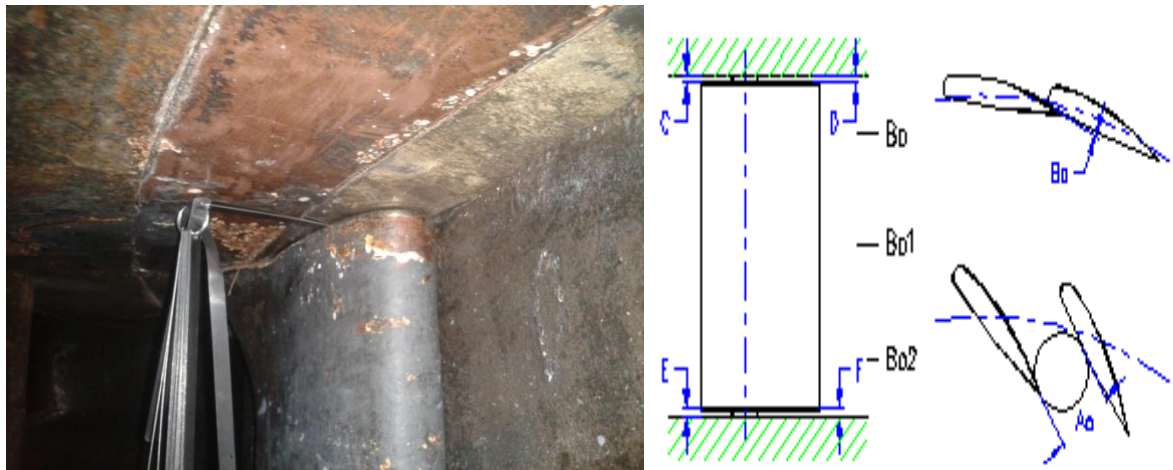
Remont agregata se izvaja v ciklusu treh let, kar pomeni, da se na posameznemu agregatu izvaja vsaka tri leta, vmes pa so letne revizije. Dela, ki se opravljajo pri remontu, so v osnovi podobna kot pri reviziji, vendar so bolj obsežna. Predvideno remont traja nekje 15 (16) delovnih dni, odvisno od obsega del.

Nekatera dela v remontu so ista kot pri reviziji, nastanejo pa dodatna dela, ki so: postavitve podesta v sifonu in pod gonilnik, vlaganje iztočnih zapornic, razna večja dela na posameznih sklopih agregata (regulator, drenažni sistemi, turbinski ležaji), dela na gonilniku turbine (tesnjenje gonilnih lopat), vodilniku, vodilnih lopatah itd.

Večina del je po sklopih naprav enaka kot pri reviziji, dodatna dela oz. dela, ki so še potrebna pri remontu (v sifonu), pa so naslednja:

- zapiranje iztoka turbinskega trakta,
- postavitve odra v turbinskem traktu in pod gonilnikom (vsi odri morajo biti skladni z zakonodajo),
- pregled gradbene konstrukcije celotnega turbinskega trakta,
- razna dela na gonilniku (merjenje zračnosti, vizualni pregled gonilnika in gonilnih lopat, varjenje, menjava tesnil gonilnih lopat, brušenje, poliranje gonilnika, zamenjava raznih tesnil),
- dela na vodilniku (pkz-protikorozijska zaščita, vodilnih lopat, merjenje in nastavitve vodilnih lopat, menjava horizontalnih in vertikalnih gumijastih tesnil),
- čiščenje rešetke turbinskega trakta in odvoz nesnage, dela na predvodilniku,
- čiščenje hladilnega sistema v turbinskem traktu (čiščenje kače hladilnega sistema).

Spodnje slike prikazujejo postavitev odra v turbinskem traktu (dostop do gonilnika), merjenje zračnosti vodilnih lopat in vlaganje zapornic na iztoku sifona.



Slika 22: Merjenje zračnosti vodilnih lopat, pregled vertikalnih in horizontalnih tesnil in pregled protikorozijske zaščite

Vir: Lasten



Slika 23: Postavitev odra do vrat gonilnika

Vir: Lasten



Slika 24: Vlaganje pomožnih zapornic za iztoku s pomočjo žerjava in pomožnih škarij za prijem in spust zapornice

Vir: Lasten

Pri remontu agregata se opravijo večja dela na sklopih naprav; večino del opravijo vzdrževalne skupine, ki so na elektrarnah, dela, ki se ne morejo opraviti oz. ni usposobljenih za ta dela, pa opravijo tuji izvajalci (pregledi tlačne opreme, potapljaške storitve, transport pomožnih zapornic).

Možna dodatna dela, ki se opravljajo pri remontu na sklopih naprav (vsa dela so podobna kot zgoraj naštetá za revizijo, nekatera dela pa se pojavijo še dodatno pri samem delu in pregledu) so:

- regulator (menjava ležajev regulacijskih črpalk, menjava sklopke črpalke, čiščenje regulacijske posode);
- tlačna oprema (menjava ventilov tlačnega sistema, preizkusi tlačnega sistema in tlačne opreme, čiščenje tlačnih posod, inšpekcijski pregled);

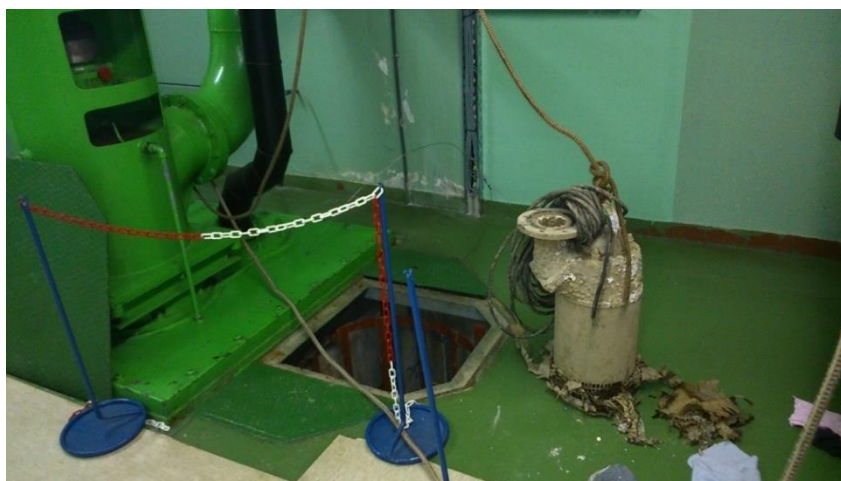
- hladilni sistem (čiščenje lamel hladilnikov, tesnjenje hladilnikov (po potrebi), menjava tekočine hladilnega sistema, menjava ventilov);



Slika 25: Hladilnik generatorja

Vir: Lasten

- drenaža turbinskega stebra (čiščenje jaška drenažnega sistema, menjava črpalke, pregled vijačni spojev, zategnitev vijakov, menjava tesnil, korozijska zaščita);



Slika 26: Potopna črpalka drenaže turbinskega stebra

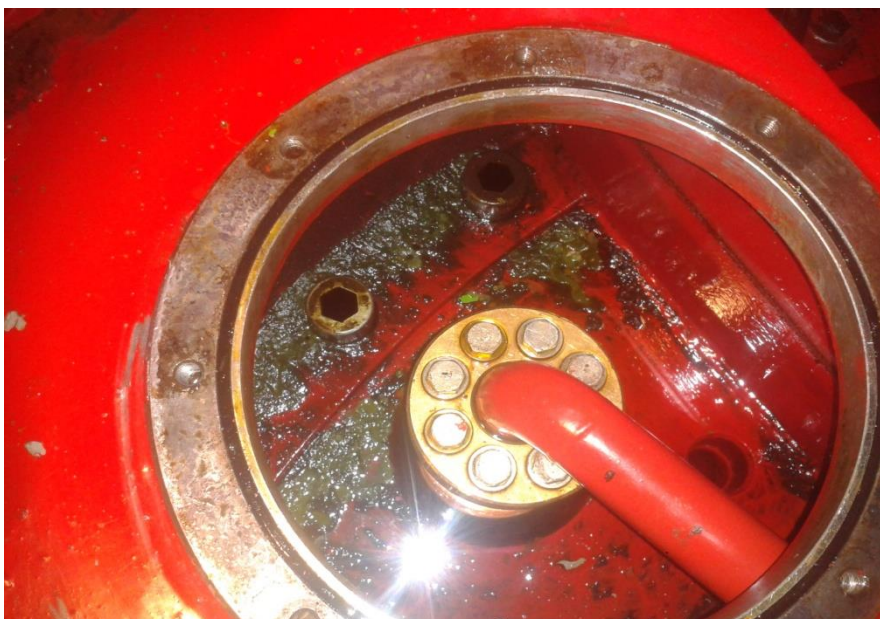
Vir: Lasten

- zavorni sistem (menjava zavornih ploščic – zavornih oblog);
- tesnilka gredi (pregled in kontrola obrabe tesnilke, nastavitev tesnilke, menjava plošče tesnilke, menjava vzmeti tesnilke);
- zračni ventil (nastavitev zračnega ventila, po potrebi menjava zračnega ventila);
- drenaža turbinskega pokrova (po preteku določenega števila ur menjava ležajev na črpalkah);
- pregled turbinske gredi (vizualni pregled poškodb);
- betonski deli agregata (pregled naredi gradbena služba);
- turbinski ležaji (nastavitev segmentov ležajev, brušenje ploščic segmentov ležajev, pregled hrapavosti segmentov, čiščenje rezervoarjev – prekatov olja ležaja).



Slika 27: Turbinska gred in segment turbinskega ležaja

Vir: Lasten



Slika 28: Rezervoar turbinskega ležaja, čiščenje nesnage

Vir: Lasten

5.6.3. *Razširjen remont*

To so večja dela, ki se izvedejo vsakih 20 let in ne zajemajo dela na ostalih sklopih naprav (turbina, regulator itd.). Opravijo se enaka dela kot v remontu, le da so tu dela še obsežnejša. Večino del opravijo vzdrževalne skupine na objektu; dela, ki se ne morejo opraviti, pa opravijo drugi izvajalci, ki so usposobljeni za to (npr. protikorozijska zaščita – peskanje).

Možna dela razširjenega remonta (ostala dela so podobna kot pri remontu):

- pregled in menjava olja v turbinskih ležajih;
- nastavitev turbinskih ležajev;
- čiščenje posode turbinskih ležajev, protikorozijska zaščita in barvanje notranjosti ohišja turbinskih ležajev;
- razstavitev nosilnega ležaja, tesnjenje ohišja turbinskih ležajev (menjava tesnila in tesnjenje s tesnilno maso);
- protikorozijska zaščita in barvanje tlačnih posod;
- druga dela, ki se morebiti pojavijo pri pregledu, in se morajo opraviti.



Slika 29: Prikaz luščenja barve v notranjosti ohišja nosilnega ležaja

Vir: Lasten



Slika 30: Menjava prečnega tesnila in dodatno tesnjenje s tesnilno maso

Vir: Lasten

6 PREIZKUSNA OPREMA

Po vsakem opravljenem vzdrževalnem delu (remontu, reviziji) je potrebno, preden gre agregat v obratovanje, izvesti preizkuse vseh sklopov naprav. Izvesti je potrebno preizkuse glavne in pomožne opreme, da se prepričamo, da je agregat varen in zanesljiv ob kakšni koli napaki, lomu ali izpadu pomožne opreme.

Preizkusi se izvedejo ob kontroli pri vzdrževalnih delih (pregledi plavačev, sond, vklopa, izklopa drenažnih črpalk, meritev vodilnika, vodilnih lopat, meritev na gonilniku ipd.), druge pa izvedejo strokovni sodelavci iz podjetja, ki so zadolženi (vsak) za svoj sklop preizkusov.

		Protokol meritev		Tehnično področje: Strokovna podpora – strojna služba						
		Popis temperatur ležajev		Številka protokola:						
Merilno mesto:		DR	VZ	VH	OZ	FA	MO	ZL	FO	CE
Agregat številka:										
Strojni sklop:										
Merilna naprava - orodje:		Kapilarni termometri								
Temperatura (°C):		20								
Temperatura ležajev pred zaustavitvijo										
MESTO MERITVE	NADZORNI SISTEM				ZAŠČITNI SISTEM				KAPILARNI TERMOMETRI	
	SEGMENT			OLJE	SEGMENT			OLJE	SEGMENT	OLJE
1	7(5)	9	1		7(5)	9				
ZVL										
NL										
SVL										
Temperatura ležajev pred zagonom										
MESTO MERITVE	NADZORNI SISTEM				ZAŠČITNI SISTEM				KAPILARNI TERMOMETRI	
	SEGMENT			OLJE	SEGMENT			OLJE	SEGMENT	OLJE
1	7(5)	9	1		7(5)	9				
ZVL										
NL										
SVL										
Temperatura ležajev pred preizkusi										
MESTO MERITVE	NADZORNI SISTEM				ZAŠČITNI SISTEM				KAPILARNI TERMOMETRI	
	SEGMENT			OLJE	SEGMENT			OLJE	SEGMENT	OLJE
1	7(5)	9	1		7(5)	9				
ZVL										
NL										
SVL										
Opomba:										
		Datum:		Prilimek:		Podpis:				
Meritev izvedel:										

Slika 31: Preizkusni list za popis temperatur ležajev

Vir: Interni

Nekatere preizkuse izvajajo preizkuševalci že med samim potekom dela, za druge pa potrebujejo stanje, kakršno je pri obratovanju (dotok vode). Ti preizkusi se lahko izvajajo, ko so dela na agregatu opravljena, ko je agregat sposoben za normalno obratovanje in ko ni več vstavljenih pomožnih zapornic.

Izvedejo se preizkusi pri normalnem obratovanju in preizkusi, ko ti pogoji niso v normalnem obratovanju (preizkusi delovanja varnostnega hitrostnika, delovanja zračnih ventilov, meritve zapiralnih časov zračnih ventilov, meritev kombinatorne zveze, delovanje hitre zapore, agregat v pobegu, agregat pri izpadu z omrežja).

Po opravljenih preizkusih ter na podlagi ugotovljenih meritev in preizkusov se izda poročilo in agregat je sposoben za normalno obratovanje.



Slika 32: Varnostni hitrostnik

Vir: Lasten

7 OPTIMIZACIJA IZVEDBE VZDRŽEVALNIH DEL

Optimizacija izvedbe vzdrževalnih del za revizijo, remont in razširjen remont zajema izvedbo del na sklopih naprav agregata, čas izvedbe dela na posameznem sklopu naprav ter delovno skupino za izvedbo del.

Namen optimizacije vzdrževalnih del je v:

- izboljšanju organizacije izvajanja vzdrževalnih del,
- izboljšanju kvalitete izvedbe,
- povečanju storilnosti idr.

Revizije potekajo vzporedno na vseh elektrarnah hkrati, pri čimer se na posameznih elektrarnah izvajajo na dveh agregatih, remont na enem agregatu posamezne elektrarne. Vse revizije in remonts se opravijo od januarja do sredine meseca marca (takrat je pretok Drave najmanjši).

Revizija agregata traja 10 (11) delovnih dni (če ni zapletov pri delu), vzdrževalna dela opravlja vzdrževalna skupina na objektu (minimalno število delavcev je šest), potrebni pa so tudi zunanji izvajalci (potapljaške storitve, avtodvigala). Poraba materiala je odvisna od obsega dela (filtri, silikagel, ležaji, turbinsko olje, razna gumi tesnila, tesnilne mase, vijaki itd.).

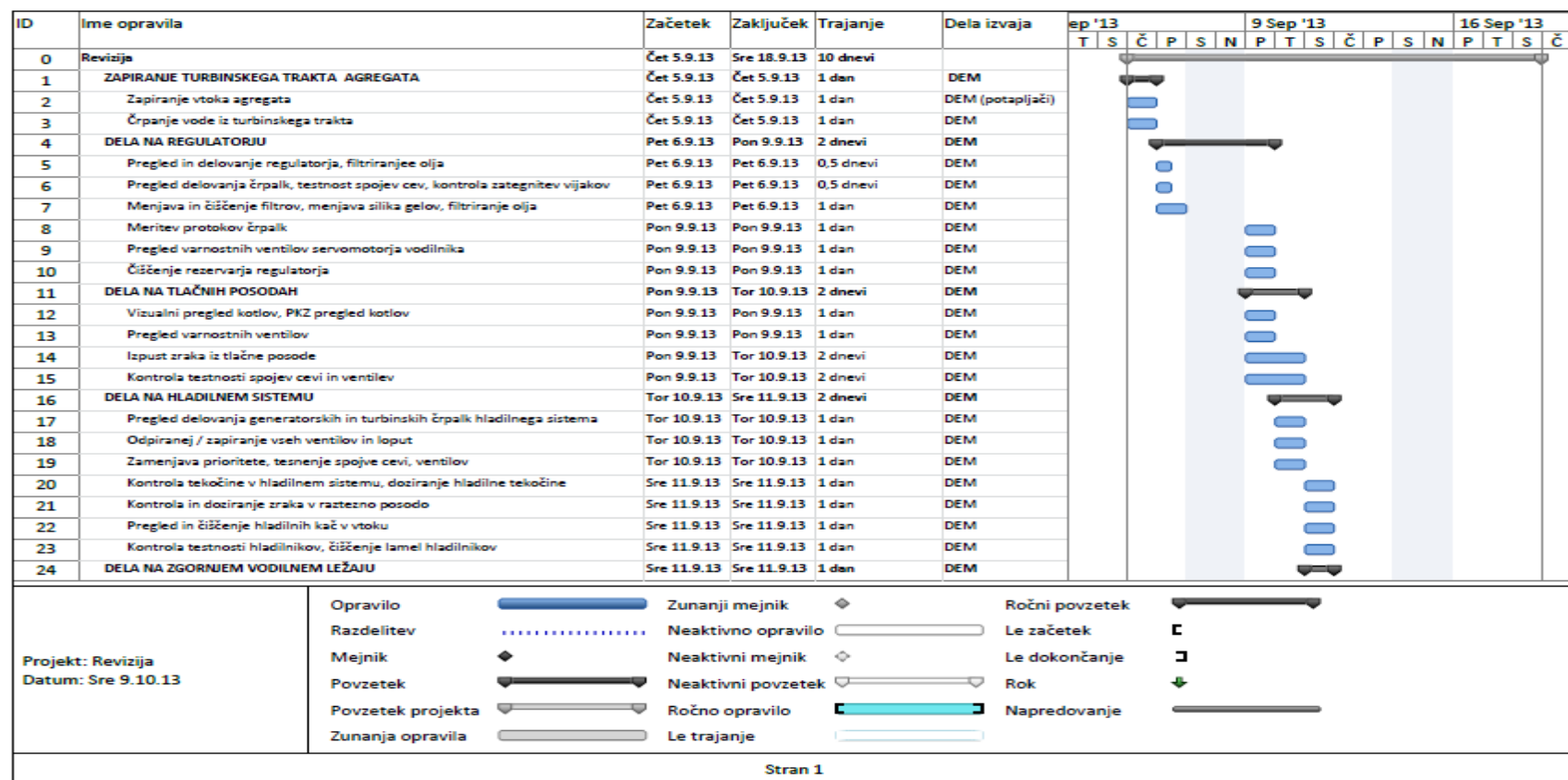
Remont agregata je že bolj obsežno delo, ki traja 15 (16) delovnih dni, odvisno od obsega del. Dela opravljajo vzdrževalci na objektu. Ker gre za obsežnejša dela, je potrebna večja delovna skupina (minimalno sedem delavcev), prav tako so potrebni tudi zunanji izvajalci (potapljaške storitve, avtodvigala, protikorozijske zaščite, inštitucije za preglede varnostnih naprav). Poraba materiala je večja, saj gre za obsežnejša dela (les, vijaki, brusne plošče, varilne elektrode, razna tesnila, filtri, ležaji, cevi, leš za tesnjenje, rezervni deli iz skladišča itd.).

Razširjen remont traja odvisno od obsega del. Tu gre predvsem za podobna dela kot pri remontu, vendar so ta dela obsežnejša, saj gre za preglede večjih sklopov naprav (turbinski ležaji). Število delavcev je enako kot za remont, prav tako se izvaja sodelovanje z zunanjimi izvajalci. Poraba materiala je v osnovi ista kot pri remontu, vendar je zaradi obsežnejših del tudi material v večjem obsegu.

Dela, ki se bodo izvajala, se lahko določijo po nekem intervalu, ki ga predpisuje proizvajalec opreme ali pa se določijo na osnovi stanja monitoringa (dobljeni rezultati so nad definiranimi mejami).

OPOMBA: Datumi v MS Project so samo informativni, pomembno je le končno število dni za izvedbo posameznega vzdrževalnega dela (revizije, remonta in razširjenega remonta).

7.1 Optimizacija revizije



Slika 33: Optimizacija revizije

Vir: Lasten

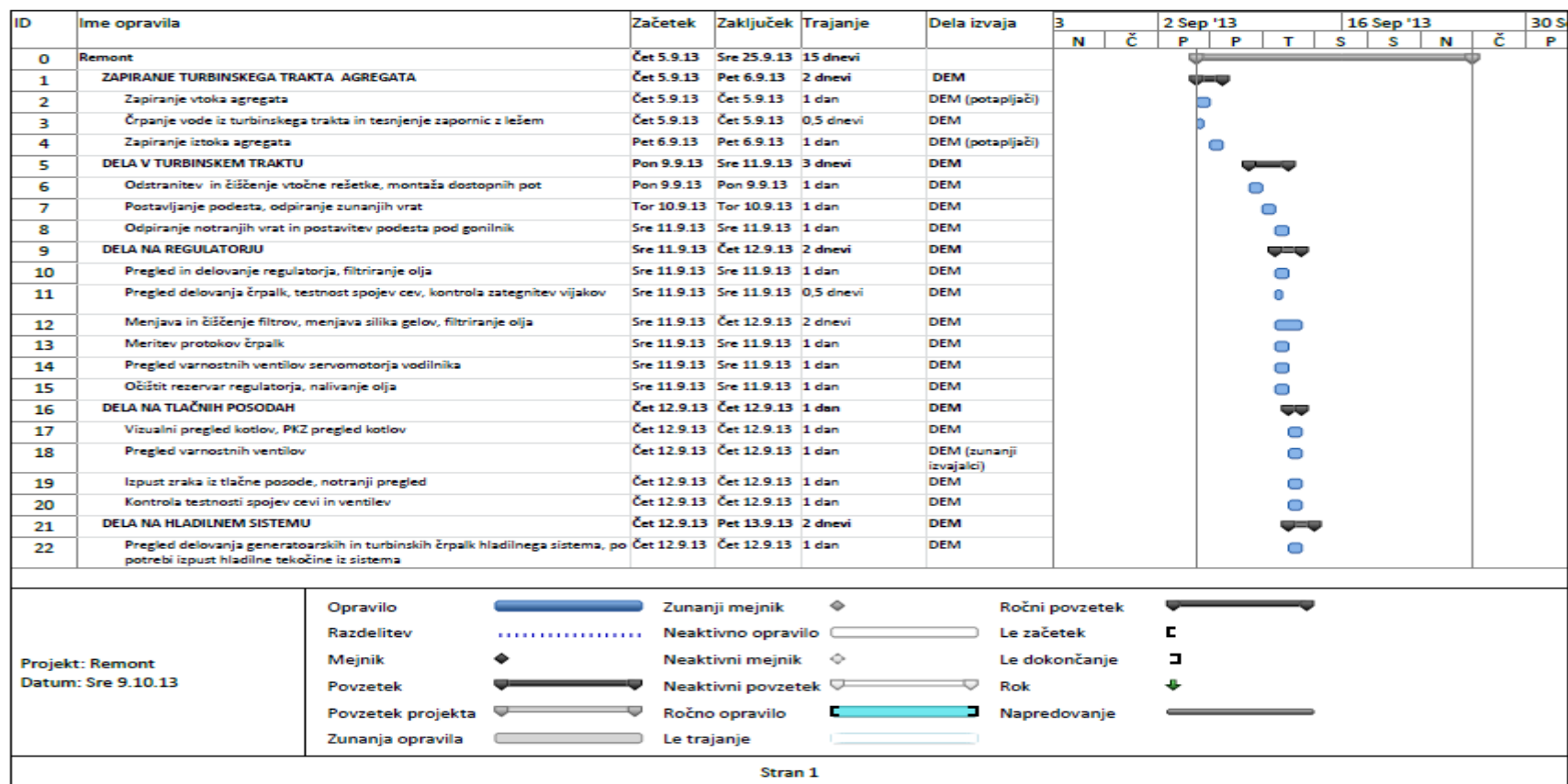
ID	Ime opravila	Začetek	Zaključek	Trajanje	Dela izvaja	ep '13						9 Sep '13						16 Sep '13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
						T	S	Č	P	S	N	P	T	S	Č	P	S	N	P	T	S	Č																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
46	Polnitev turbinskega trakta z vodo, izvlečenje pomožnih zaponic	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM (potapljači)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Stran 3

Slika 35: Optimizacija revizije

Vir: Lasten

7.2 Optimizacija remonta



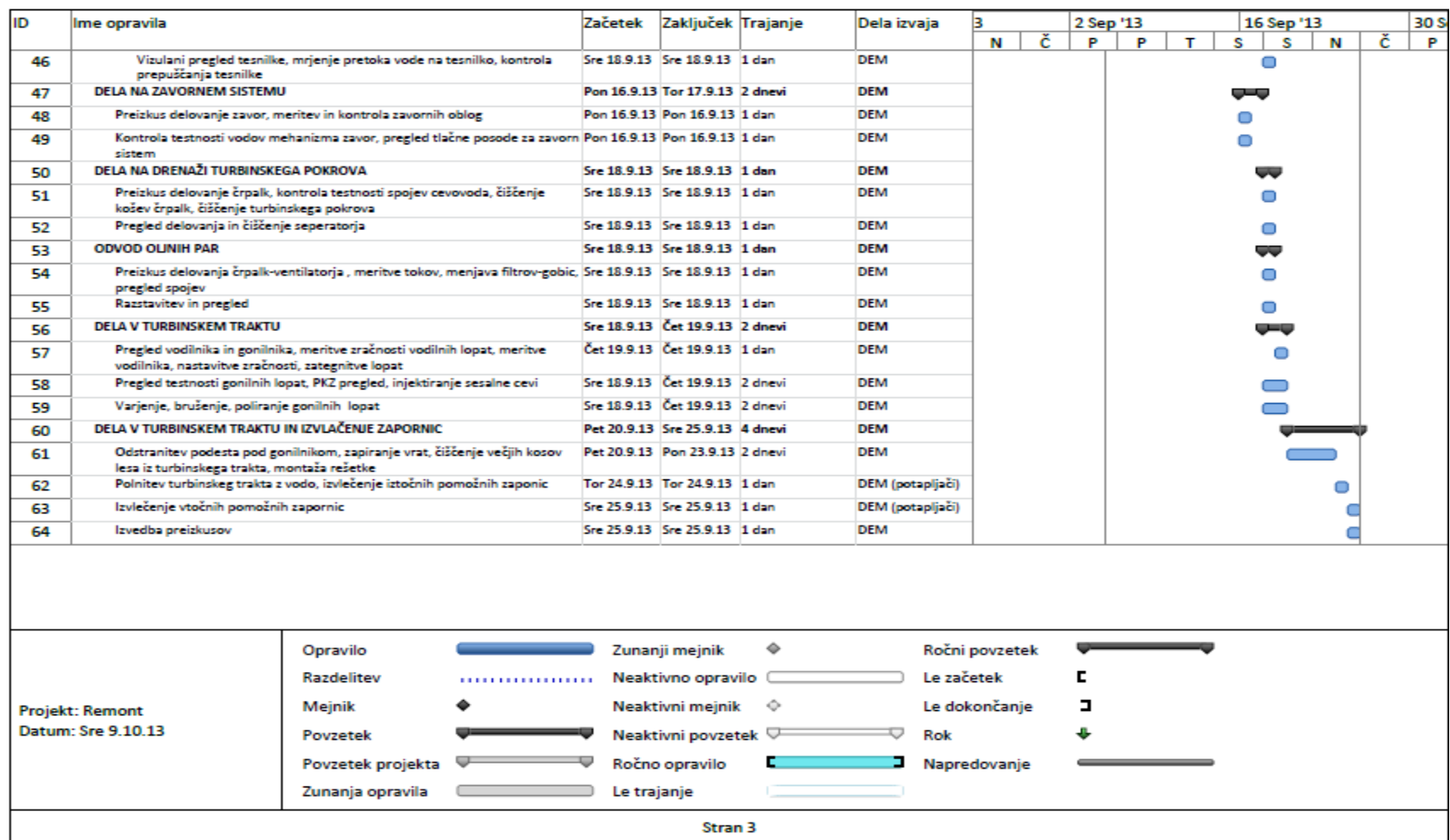
Slika 36: Optimizacija remonta

Vir: Lasten

ID	Ime opravila	Začetek	Zaključek	Trajanje	Dela izvaja	3	2 Sep '13					16 Sep '13				30 S
						N	Č	P	P	T	S	S	N	Č	P	
23	Zamenjava prioritete, tesnenje spojeve cevi, ventilov	Čet 12.9.13	Čet 12.9.13	1 dan	DEM											
24	Kontrola in doziranje zraka v raztežno posodo	Čet 12.9.13	Čet 12.9.13	1 dan	DEM											
25	Pregled in čiščenje hladilnih kač v vtoku	Čet 12.9.13	Pet 13.9.13	2 dnevi	DEM											
26	Čiščenje lamel hladilnikov in kontrola testnosti	Čet 12.9.13	Pet 13.9.13	2 dnevi	DEM											
27	Kontrola hladilne tekočine v sistemu, doziranje	Pet 13.9.13	Pet 13.9.13	1 dan	DEM											
28	DELA NA ZGORNJEM VODILNEM LEŽAJU LEŽAJU	Pon 16.9.13	Tor 17.9.13	2 dnevi	DEM											
29	Izvest kontrolo testnosti, pregled ohišje ležajev	Pon 16.9.13	Pon 16.9.13	1 dan	DEM											
30	Demontaža ohišja, pregled in nastavitve segmentov ležaja na predpisano mero, čiščenje	Pon 16.9.13	Tor 17.9.13	2 dnevi	DEM											
31	Filtriranje olja, menjava silikagelov	Pon 16.9.13	Tor 17.9.13	2 dnevi	DEM											
32	DELA NA NOSILNEM LEŽAJU	Tor 17.9.13	Sre 18.9.13	2 dnevi	DEM											
33	Kontrola testnosti, pregled ohišja ležajev in višine olja, menjava silikagelov	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
34	Menjava in čiščenje filtrov hidrostatskega mazanja	Tor 17.9.13	Sre 18.9.13	2 dnevi	DEM											
35	Filtriranje olja	Tor 17.9.13	Sre 18.9.13	2 dnevi	DEM											
36	DELA NA SPODNJEM VODILNEM LEŽAJU	Pon 16.9.13	Tor 17.9.13	2 dnevi	DEM											
37	Kontrola tesnosti, pregled ohišja ležaja, filtrov	Pon 16.9.13	Pon 16.9.13	1 dan	DEM											
38	Filtriranje olja	Pon 16.9.13	Tor 17.9.13	2 dnevi	DEM											
39	DELA NA VODILNIŠKEM OBROČU IN TURBINSKEM POKROVU	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
40	Pregled indikatorjev loma čepa, delovanje zapahov	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
41	Pregled vijčnih spojev, PKZ, testnost vodilnih lopat	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
42	DELA NA ZRAČNIH VENTILIH	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
43	Preizkus delovanje zračnih ventilov, pregled testnosti spojev, tlakov, pomik ventila	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
44	Merjenje časa odpiranja ventila, pregledat nivo in zamenjati silikagel v rezervorju	Tor 17.9.13	Tor 17.9.13	1 dan	DEM											
45	DELA NA TESNILKI	Sre 18.9.13	Sre 18.9.13	1 dan	DEM											
Projekt: Remont Datum: Sre 9.10.13		Opravilo		Zunanji mejnik	◆	Ročni povzetek										
		Razdelitev		Neaktivno opravilo		Le začetek		┌								
		Mejnik	◆	Neaktivni mejnik	◆	Le dokončanje		┐								
		Povzetek		Neaktivni povzetek		Rok		↓								
		Povzetek projekta		Ročno opravilo		Napredovanje										
		Zunanja opravila		Le trajanje												
Stran 2																

Slika 37: Optimizacija remonta

Vir: Lasten

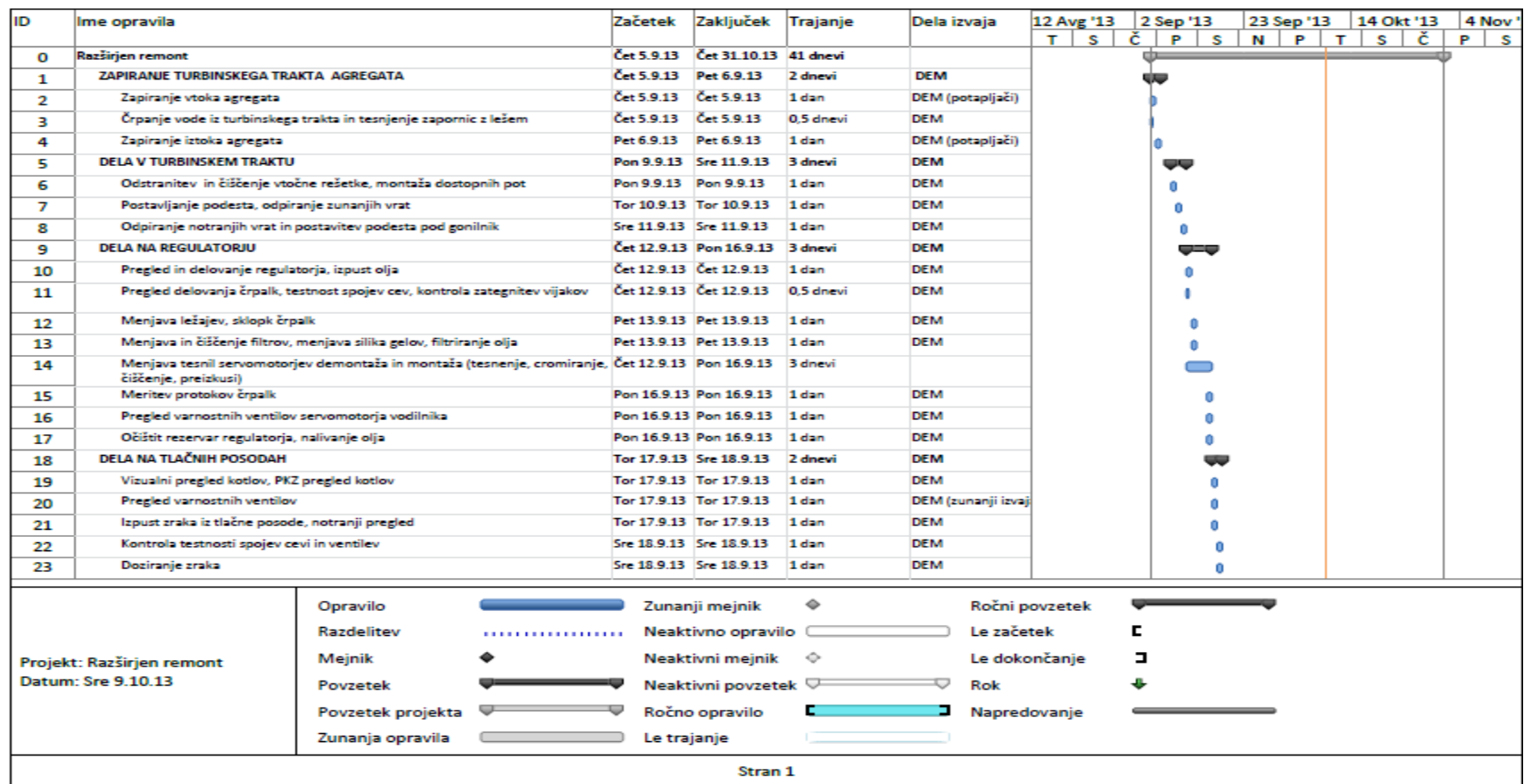


Stran 3

Slika 38: Optimizacija remonta

Vir: Lasten

7.3 Optimizacija razširjenega remonta



Slika 39: Optimizacija razširjenega remonta

Vir: Lasten

ID	Ime opravila	Začetek	Zaključek	Trajanje	Dela izvaja	12 Avg '13		2 Sep '13		23 Sep '13		14 Okt '13		4 Nov	
						T	S	Č	P	S	N	P	T	S	Č
24	DELA NA HLADILNEM SISTEMU	Čet 19.9.13	Pon 23.9.13	3 dnevi	DEM										
25	Pregled delovanja generatoarskih in turbinskih črpalk hladilnega sistema, izpust hladilne tekočine iz sistema	Čet 19.9.13	Čet 19.9.13	1 dan	DEM										
26	Zamenjava prioritete, tesnenje spojeve cevi, ventilov	Čet 19.9.13	Čet 19.9.13	1 dan	DEM										
27	Kontrola in doziranje zraka v raztežno posodo	Pon 23.9.13	Pon 23.9.13	1 dan	DEM										
28	Pregled in čiščenje hladilnih kač v vtoku	Čet 19.9.13	Čet 19.9.13	1 dan	DEM										
29	Čiščenje lamel hladilnikov	Čet 19.9.13	Pet 20.9.13	2 dnevi	DEM										
30	Pregled in menjava ventilov hladilnikov	Čet 19.9.13	Pet 20.9.13	2 dnevi	DEM										
31	Nalivanje hladilne tekočine v sistem	Pon 23.9.13	Pon 23.9.13	1 dan	DEM										
32	DELA NA ZGORNJEM VODILNEM LEŽAJU	Pon 23.9.13	Pet 27.9.13	5 dnevi	DEM										
33	Izvest kontrolo testnosti, pregled ohišje ležajev, izpust olja	Pon 23.9.13	Pon 23.9.13	1 dan	DEM										
34	Demontaža ohišja, pregled in nastavitve segmentov ležaja na predpisano mero, čiščenje	Pon 23.9.13	Sre 25.9.13	3 dnevi	DEM										
35	Montaža ohišja ležajev in čiščenje rezervarjev olja ležaja	Sre 25.9.13	Sre 25.9.13	1 dan	DEM										
36	Demontaža hladilnikov, demontaža sponje posode ležaja, PKZ pregled notranjosti posode	Sre 25.9.13	Čet 26.9.13	2 dnevi	Dem (zunanji izvajalci)										
37	Čiščenje notranosti posode, čiščenje naležnih površin	Čet 26.9.13	Čet 26.9.13	1 dan	DEM										
38	Tesnenje površin, montaža	Čet 26.9.13	Pet 27.9.13	2 dnevi	DEM										
39	Nalivanje olja in kontrola tesnosti	Pet 27.9.13	Pet 27.9.13	0,5 dnevi	DEM										
40	DELA NA NOSILNEM LEŽAJU	Pon 30.9.13	Sre 9.10.13	8 dnevi	DEM										
41	Kontrola testnosti, pregled ohišja ležajev, izpust olja	Pon 30.9.13	Pon 30.9.13	1 dan	DEM										
42	Demontaža ohišja, razstavitev do segmentov	Pon 30.9.13	Sre 2.10.13	3 dnevi	DEM										
43	PKZ pregled, meritve segmentov (gumic segmentov), pregled drsne plošče, pregled zatgnitve vijakov	Sre 2.10.13	Sre 2.10.13	1 dan	DEM										
44	Čiščenje notranosti ohišja, čiščenje naležnih površin	Sre 2.10.13	Sre 2.10.13	1 dan	DEM										
45	Tesnenje in montaža	Čet 3.10.13	Čet 3.10.13	1 dan	DEM										
46	Demontaža spodnje posode	Pon 7.10.13	Tor 8.10.13	2 dnevi	DEM										

Projekt: Razširjen remont Datum: Sre 9.10.13	Opravilo		Zunanji mejnik		Ročni povzetek	
	Razdelitev		Neaktivno opravilo		Le začetek	
	Mejnik		Neaktivni mejnik		Le dokončanje	
	Povzetek		Neaktivni povzetek		Rok	
	Povzetek projekta		Ročno opravilo		Napredovanje	
	Zunanja opravila		Le trajanje			

Stran 2

Slika 40: Optimizacija razširjenega remonta

Vir: Lasten

ID	Ime opravi	Začetek	Zaključek	Trajanje	Dela izvaja	12 Avg '13			2 Sep '13		23 Sep '13		14 Okt '13			4 Nov '13	
						T	S	Č	P	S	N	P	T	S	Č	P	S
47	PKZ pregled, čiščenje notranjosti ohišja, čiščenje naležnih površin	Tor 8.10.13	Tor 8.10.13	1 dan	DEM												
48	Tesnjenje in montaža	Tor 8.10.13	Sre 9.10.13	2 dnevi	DEM												
49	Nalivanje olja in kontrola testnosti	Sre 9.10.13	Sre 9.10.13	1 dan	DEM												
50	DELA NA SPODNJEM VODILNEM LEŽAJU	Čet 10.10.13	Tor 15.10.13	4 dnevi	DEM												
51	Kontrola tesnosti, pregled ohišja ležaja, izpust olja	Čet 10.10.13	Čet 10.10.13	1 dan	DEM												
52	Demontaža ohišja, pregled segmentov, PKZ pregled čiščenej notranjosti posode	Čet 10.10.13	Pet 11.10.13	2 dnevi	DEM												
53	Nastavitev segmentov na predpisano mero	Pon 14.10.13	Pon 14.10.13	1 dan	DEM												
54	Čiščenje rezervarjev olja ležaja	Pet 11.10.13	Pet 11.10.13	1 dan	DEM												
55	Tesnjenje naležnih površin, montaža	Pon 14.10.13	Tor 15.10.13	2 dnevi	DEM												
56	Nalivanje olja in kontrola testnosti	Tor 15.10.13	Tor 15.10.13	1 dan	DEM												
57	DELA NA VODILNIŠKEM OBROČU IN TURBINSKEM POKROVU	Sre 16.10.13	Sre 16.10.13	1 dan	DEM												
58	Pregled indikatorjev loma čepa, delovanje zapahov	Sre 16.10.13	Sre 16.10.13	1 dan	DEM												
59	Pregled vijčnih spojev, PKZ, testnost vodilnih lopat	Sre 16.10.13	Sre 16.10.13	1 dan	DEM												
60	DELA NA ZRAČNIH VENTILIH	Čet 17.10.13	Pet 18.10.13	2 dnevi	DEM												
61	Preizkus delovanje zračnih ventilov, pregled testnosti spojev, tlakov, pomik ventila, demontaža delovanja dvostranskih gibajočih delov	Čet 17.10.13	Pet 18.10.13	2 dnevi	DEM												
62	Merjenje časa odpiranja ventila, pregledat nivo in zamenjati silikagel v rezervorju	Pet 18.10.13	Pet 18.10.13	1 dan	DEM												
63	DELA NA TESNILKI	Pon 21.10.13	Pon 21.10.13	1 dan	DEM												
64	Vizulani pregled tesnilke, mrjenje pretoka vode na tesnilko, kontrola prepuščanja tesnilke	Pon 21.10.13	Pon 21.10.13	1 dan	DEM												
65	DELA NA ZAVORNEM SISTEMU	Pon 21.10.13	Tor 22.10.13	2 dnevi	DEM												
66	Preizkus delovanje zavor, meritev in kontrola zavornih oblog	Pet 18.10.13	Pon 21.10.13	2 dnevi	DEM												
67	Kontrola testnosti vodov mehanizma zavor, pregled tlačne posode za zavorn sistem	Pet 18.10.13	Pon 21.10.13	2 dnevi	DEM												
68	DELA NA DRENAŽI TURBINSKEGA POKROVA	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM												
Projekt: Razširjen remont Datum: Sre 9.10.13 Opravi Razdelitev Mejnik Povzetek Povzetek projekta Zunanja opravi Zunanji mejnik Neaktivno opravi Neaktivni mejnik Neaktivni povzetek Ročno opravi Le trajanje Ročni povzetek Le začetek Le dokončanje Rok Napredovanje																	

Stran 3

Slika 41: Optimizacija razširjenega remonta

Vir: Lasten

ID	Ime opravila	Začetek	Zaključek	Trajanje	Dela izvaja	12 Avg '13		2 Sep '13		23 Sep '13		14 Okt '13		4 Nov '13	
						T	S	Č	P	S	N	P	T	S	Č
69	Preizkus delovanje črpalk, kontrola testnosti spojev cevovoda, čiščenje košev črpalk, čiščenje turbinskega pokrova	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM								0		
70	Pregled delovanja in čiščenje seperatorja	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM								0		
71	ODVOD OLINI PAR	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM								0		
72	Preizkus delovanja črpalk-ventilatorja , meritve tokov, menjava filtrov-gobic, pregled spojev	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM								0		
73	Razstavitev in pregled	Tor 22.10.13	Tor 22.10.13	1 dan	DEM								0		
74	DELA V TURBINSKEM TRAKTU	Sre 23.10.13	Čet 24.10.13	2 dnevi	DEM								0		
75	Pregled vodilnika in gonilnika, meritve zračnosti vodilnih lopat, meritve vodilnika, nastavitve zračnosti, zategnitve lopat	Sre 23.10.13	Sre 23.10.13	1 dan	DEM								0		
76	Izpust in menjava olja iz glave gonilnika	Sre 23.10.13	Sre 23.10.13	1 dan	DEM								0		
77	Pregled testnosti gonilnih lopat, PKZ pregled, injektiranje sesalne cevi	Sre 23.10.13	Čet 24.10.13	2 dnevi	DEM								0		
78	Varjenje, brušenje, poliranje gonilnih lopat	Sre 23.10.13	Čet 24.10.13	2 dnevi	DEM								0		
79	Nalivanje olja	Čet 24.10.13	Čet 24.10.13	1 dan									0		
80	DELA V TURBINSKEM TRAKTU IN IZVLAČENJE ZAPORNIC	Pet 25.10.13	Čet 31.10.13	5 dnevi	DEM								0		
81	Odstranitev podesta pod gonilnikom, zapiranje vrat, čiščenje večjih kosov lesa iz turbinskega trakta, montaža rešetke	Pet 25.10.13	Pon 28.10.13	2 dnevi	DEM								0		
82	Polnitev turbinskega trakta z vodo, izvlečenje iztočnih pomožnih zaponic	Tor 29.10.13	Tor 29.10.13	1 dan	DEM (potapljači)								0		
83	Izvlečenje vtočnih pomožnih zaponic	Sre 30.10.13	Sre 30.10.13	1 dan	DEM (potapljači)								0		
84	Izvedba preizkusov	Sre 30.10.13	Sre 30.10.13	1 dan	DEM								0		
Projekt: Razširjen remont Datum: Sre 9.10.13 Opravilo Razdelitev Mejnik Povzetek Povzetek projekta Zunanja opravila Zunanji mejnik Neaktivno opravilo Neaktivni mejnik Neaktivni povzetek Ročno opravilo Le trajanje Ročni povzetek Le začetek Le dokončanje Rok Napredovanje															

Stran 4

Slika 42: Optimizacija razširjenega remonta

Vir: Lasten

8 ZAKLJUČEK

Za normalno obratovanje vseh naprav na hidroelektrarni morajo biti zagotovljeni vsi obratovalni pogoji. Redno vzdrževanje ter spremljanje stanj strojnih naprav in sestavnih sklopov sta osnovna pogoja za pravilno in nemoteno delovanje agregata.

Da bi se izognili nepredvidljivim in nezaželenim zastojem oz. kasnejšim izgubam proizvodnje, je izredno pomembna optimizacija delovnega procesa. Z optimizacijo vzdrževalnih del izboljšamo in ovrednotimo časovni potek vzdrževalnih del ter pravočasno predvidimo porabo materiala in sodelovanje zunanjih strokovnih služb z namenom:

- izboljšati organizacijo izvajanja vzdrževalnih del,
- izboljšati kvaliteto izvedenega dela,
- povečati storilnost.

Ob normalnih pogojih za delo je razvidno, da revizija brez zapletov traja 10 delovnih dni, remont 15 delovnih dni, razširjen remont pa 41 delovnih dni. Nekatera dela bi se lahko opravila tudi v krajšem času, vendar bi bilo za to potrebno večje število vzdrževalcev.

Z rednimi vzdrževalnimi deli pripomoremo k boljši zmogljivosti agregata pri proizvodnji električne energije, s tem se hkrati izognemo povečanim stroškom zaradi nepredvidljivih zastojev, agregatom in pomožnim sistemom pa podaljšujemo življenjsko dobo obratovanja. V primeru zmanjšanja predvidenih vzdrževalnih del na agregatih hidroelektrarn se bo zmanjšala obratovalna sposobnost agregatov in posledično tudi proizvodnja.

S pravočasnim in kvalitetnim izvajanjem vzdrževanih del ugodno vplivamo na življenjsko dobo agregatov ter na preprečevanje stroškov izpadov proizvodnje električne energije.

Z diplomskim delom sem nadgradil svoje praktično (dosedanje delovne izkušnje) in teoretično znanje glede strokovnega in časovnega poteka vzdrževalnih del. Z uporabo predvidenih metod sem tako dosegel namen in cilje, ki sem si jih zadal.

9 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

9.1 Literatura

1. Drstvenšek, I.: *Vzdrževanje v poindustrijski dobi, v luči standarda SIST EN 13306*, Društvo mehatronikov DRUM, Maribor, 2006.
2. Grilj, C.: *Vzdrževanje strojev in naprav*, Založba Izza, Slovenska Bistrica, 2005.

9.2 Viri podjetja

3. Interno poročilo 2012 podjetja Dravske elektrarne Maribor.

9.3 Internetni viri

4. <http://www.dem.si/slo/opodjetju>, dne 28. 8. 2013,
5. <http://www.dem.si/slo/razvojnemoznostidem>, dne 28. 8. 2013,
6. <http://www.lezaji.si/?analiza-stanja-strojev-br-z-merjenjem-vibracij>, 52, 24. 8. 2013,
7. <http://www.smartis.si/domov/blog/kaj-je-vzdrzevanje> 26. 5. 2013.