



HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA D.D.

HEP Proizvodnja d.o.o.

Sektor za termoelektrane

Pogon Elektrana-toplana Zagreb

Zagreb



ELEKTRANA-TOPLANA ZAGREB

Sadržaj:

116 *Aleksandar BERNIK, dipl. ing.* IZGRADNJA NOVOG VRELOVODNOG KOTLOVSKOG POSTROJENJA

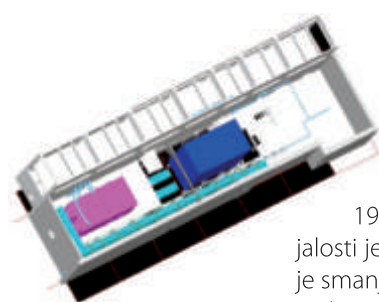
124 *Denis PULJIĆ, dipl. ing.* IZGRADNJA NOVOG POSTROJENJA KEMIJSKE PRIPREME VODE



IZGRADNJA NOVOG VRELOVODNOG KOTLOVSKOG POSTROJENJA

Aleksandar BERNIK, dipl. ing.

U ožujku 2007. godine su investitor, HEP Proizvodnja iz Zagreba i izvođača, Đuro Đaković TEP iz Slavonskog Broda potpisali ugovor na osnovi čega će se izgraditi i u pogon pustiti novo vrelovodno kotlovsko postrojenje toplinskog učina 116 MW prema načelu 'ključ u ruke'.



Ilustracija 1
3D model smještaja novog kotla u kotlovnici

Novim kotlom interne oznake WK4 zamijenit će se dva vrelovodna kotla toplinskog učina 2×58 MW, postojeći vrelovodni kotao WK1 i prije nekoliko godina srušen vrelovodni kotao WK2. Vijek trajanja kotla WK1 koji je izgrađen 1975. godine gotovo je istekao, zbog dotrajalosti je u vrlo lošem stanju, realni kapacitet mu je smanjen, a raspoloživost mala. Drugi postojeći vrelovodni kotao WK3 toplinskog učina 116 MW zapravo nema zamjensku jedinicu pa se njegov kapacitet u slučaju kvara ne može nadoknaditi.

Novi kotao će, kao i postojeći vrelovodni kotao WK3, imati ulogu kotla za vršna toplinska opterećenja. Kod konzuma kod kojih parna toplinska stanica nema snage za zagrijavanje vode na potrebnu temperaturu, kotlovi WK3 i WK4 dogrijavat će vodu koja iz nje izlazi na potrebnu temperaturu. Nakon izgradnje novog kotla WK4, u planu je rušenje kotla WK1.

Ugovor prema načelu 'ključ u ruke' obuhvaća:

- izradu cjelokupne dokumentacije po svim strukama za izgradnju novog kotla i pripadajućeg kotlovskog postrojenja
- izgradnju novog kotla

- nabavu i ugradnju sve potrebne opreme
- izvođenje svih pripadajućih infrastrukturnih građevinskih i montažerskih radova do potpune funkcionalnosti novog postrojenja
- obuku osoblja i puštanje u pogon.

OPIS LOKACIJE

Elektrana-toplana Zagreb je kogeneracijsko postrojenje koje, pored električne energije, proizvodi industrijsku paru i vrelu vodu za potrebe grijanja zapadnog dijela Zagreba. Smještena je u užem gradskom području, u predjelu Trešnjevke, na ograđenoj parceli gotovo kvadratnog oblika, južno od željezničke pruge Zagreb - Dobova, svega 1,5 km zračne linije od najužeg središta grada. S istočne strane lokacija je omeđena Trgom Krešimira Čosića, na južnoj i zapadnoj strani nalaze se sportsko-rekreacijski objekti, a na sjevernoj Zagorska ulica i Magazinska cesta te željeznička pruga. Lokacija je povezana industrijskim kolosijekom s ražirnom stanicom Črnomerec. Smještena je u blizini velikog električnog konzuma i približno središnje u odnosu na dva toplinska konzuma: industrijskog (kojem se toplina dovodi parom) i vrelovodnog (kojem se toplina dovodi vrelom vodom). U neposrednoj blizini nalaze se veći potrošači toplinske i električne energije: Pliva, ZET, Franck, plivalište 'Mladost' i Zagrebačka pivovara.

OPSKRBA CENTRALNOG TOPLINSKOG SUSTAVA

Sadašnje stanje opskrbe

Pod Centralnim toplinskim sustavom Zagreba podrazumijevaju se izvori topline, vrelovodna mreža i toplinski konzum potrošača. Najvažniji izvori topline su pogoni EL-TO Zagreb u Zagorskoj 1 i TE-TO Zagreb u Miševečkoj 15/A. Osnovni tehnički podaci o postojećim proizvodnim jedinicama za proizvodnju topline, odnosno izvorima topline u EL-TO-u prikazani su u tablici 1.

Ogrjevni toplinski učin kogeneracijske proizvodne jedinice predaju vrelovodnoj mrežnoj vodi preko izmjenjivača topline u toplinskoj stanici i kotlovskih zagrijača mrežne vode bloka plinske elektrane (tablice 2 i 3).

S obzirom na postojeće kapacitete EL-TO-a, kada su na raspolaganju dovoljne količine plina za rad postojećih kotlova, potrebe za toplinom

Tablica 1
Proizvodne jedinice EL-TO Zagreb

oznaka	nazivni toplinski učin		električna snaga, MW	godina izgradnje
	ogrjevni, MW	tehnološka para, t/h		
Blok 30	90	42	30	1980.
Blok 12	55	40	12	1970.
Kombi PTA1	7,5	64	25	1994/1998.
Kombi PTA2	7,5	64	25	1994/1998.
WK1	58	-	-	1976.
WK3	116	-	-	1991.
K7	-	80	-	1972.
ukupno	334	290	92	-



zadovoljene su do vanjskih temperatura $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na nižim temperaturama zahtijevane se količine topline ne mogu isporučiti u CTS.

Kako su kućanstva zaštićeni potrošač koji na raspolaganju uvijek mora imati dovoljne količine plina, u slučajevima niskih temperatura velikim se potrošačima, među koje se ubraja i EL-TO Zagreb, smanjuje dovod plina pa baš u najkritičnijim uvjetima vanjskih temperatura postojeće jedinice ne mogu postići puni učin. Tada postoji još veći manjak isporuke topline u CTS.

Zbog dotrajlosti dijelova postrojenja EL-TO-a i očekivanog povećanja toplinskog konzuma za zapadnog dijela Zagreba prišlo se razmatranju mogućnosti izgradnje novih proizvodnih kapaciteta za pokrivanje vršnog opterećenja. Sadašnja je procjena da bi oni godišnje u pogonu bili najviše 1000 h.

Stanje opskrbe u perspektivi

Porast toplinskog konzuma u budućnosti nije moguće precizno predvidjeti, no on bi trebao rasti kako je prikazano u tablicama 4, 5 i 6. Dakle, predviđanja HEP-a su da će se ogrjevni konzum u EL-TO-u prema 'Master planu' povećati, a parni konzum smanjiti.

Rekonstrukcijom toplinske stanice koja je provedena 2006. godine kapacitet izmjenjivača topline je povećan na 207 MW. Zajedno s nazivnim toplinskim učinkom kotlova WK1 i WK3 te izmjenjivačem mrežne vode jedinice Kombi PTA1 i PTA2 mogu ostvariti ukupni instalirani učin EL-TO-a od 392 MW. Izmjenjivači toplinske stanice s instaliranim toplinskim učinkom 207 MW u ukupnom instaliranom toplinskom učinku EL-TO-a sudjeluju s 52%. To je bitno više od ukupnog nazivnog ogrjevnog toplinskog učina što otvara mogućnost da se smanjenjem parnog konzuma u budućnosti za oko 45 t/h poveća toplinski učin za oko 30 MW (predaja topline tehnološke pare u izmjenjivačima topline vreloj vodi). Međutim, za sada nije poznato koje će količine tehnološke pare, zbog povezanosti razdjelnika 17, 7 i 2,5 bar na izmjenjivaču u toplinskoj stanici stvarno moći predati toplinu vreloj vodi. Prema preliminarnim podacima, učin toplinske stanice u stvarnosti će iznositi oko 186 MW (zbog istodobnog pokrivanja parnog i vrelovodnog konzuma).

Zbog svega toga očito je da će u budućnosti rekonstruirana toplinska stanica moći pokriti samo dio potrebne energije pa taj nedostatak moraju pokriti vrelovodni kotlovi. S obzirom na toplinski učin postojećeg vrelovodnog kotla WK3 od 116 MW (uz tendenciju smanjenja u budućnosti zbog starosti), očito je da na lokaciji nedostaje izvor učina oko 116 MW.

naziv	oznaka	nazivni toplinski učin, MW
ogrjevni kondenzatori	OK1 i OK2	2 × 27,5
niskotlačni izmjenjivači (2,5 bar)	ZW1 i ZW2	2 × 29
visokotlačni izmjenjivači (7 bar)	ZW3 i ZW4	2 × 30
visokotlačni izmjenjivač (17 bar)	ZW5	1 × 34
izmjenjivači PTE	-	2 × 7,5
ukupno	-	223

Tablica 2
Nazivni toplinski učin izmjenjivača topline

karakteristika	izmjenjivači			
	OK 1&2	ZW 1&2	ZW 3&4	ZW 5
tip	cijevni	cijevni	cijevni	cijevni
površina, m ²	280	535	441	208
protok pare, t/h	60	50,09	52,2	64
tlak pare, bar	0,3 - 0,95	2,5	7	17/7
temperatura pare, °C	-	138,8	180	240
protok vrele vode, t/h	1600	2 × 800	2 × 655	800
temperatura vode na ulazu, °C	55 - 75	50 - 80	86 - 97	80 - 90
temperatura vode na izlazu, °C	80 - 100	80 - 90	133 - 137	116 - 123

Tablica 3
Osnovne tehničke karakteristike izmjenjivača topline toplinske stanice EL-TO-a

godina	ogrjevni konzum, MW	prirast ogrjevnog konzuma		parni konzum	
		MW godišnje	%	MW	t/h
2010.	340,9	12,4	1,053	137,2	177,2
2015.	360,6	14,7	1,130	123,3	159,2
2020.	389,5	23,9	1,554	98,9	127,7
2025.	429,2	34,7	1,960	57,8	74,6

Tablica 4
Razvoj konzuma u EL-TO-u prema 'Master planu'

godina	postojeće, MW	ново, MW	Gajnice, MW	Prečko, MW	zamjena tehničke pare, MW	poboljšanje izolacije, MW	ukupno, MW
2010.	278,9	17,2	30,6	24,4	5	0	356,1
2015.	278,9	32,3	30,9	25,4	11,7	-1,4	377,8
2020.	278,9	48,1	31,3	26,4	18,3	-4,1	398,9
2025.	278,9	64,8	31,6	27,4	25	-6,9	420,8

Tablica 5
Razvoj ogrjevnog konzuma u EL-TO-u

ODABIR TEHNIČKOG I TEHNOLOŠKOG RJEŠENJA

U studiji izvodljivosti analizirana je potreba razvoja sustava toplinarstva u Zagrebu, uklapanja novog objekta u njegov rad i komparativne prednosti primjene različitih rješenja izvora energije za opskrbu CTS-a. Konačni cilj studije bio je odabir optimalne varijante na temelju čega će naručitelj - investitor moći odlučiti o opravdanosti izgradnje razmatranog objekta te odrediti prihvatljive okvire poslovanja i pripadajuće uvjete financiranja ostvarenja projekta.

godina	2005.	2008.	2010.	2015.	2020.
potrošnja pare, t/h	180	178	169,7	149,1	135,4

Tablica 6
Ugovorena potrošnja pare iz EL-TO-a



Ilustracija 2
Prostor unutar 'stare'
kotlovnice predviđen
za smještaj novog
kotlovskog postrojenja;
pogled prema kotlu K6...

Kriteriji za odabir postrojenja bili su sljedeći:

- sposobnost predloženog rješenja za zadovoljavanje potrebe za toplinom CTS-a u svim uvjetima, a posebice pri niskim vanjskim temperaturama (do -15°C) i uklapanje postrojenja u toplinski konzum u sadašnjosti i budućnosti
- zadovoljenje graničnih emisija dimnih plinova (posebno sumpornih i dušičnih oksida te čestica) pri radu postrojenja i svih ostalih uvjeta prema važećoj regulativi
- financijska pogodnost predloženog rješenja s obzirom na investicijske i pogonske troškove.

Razmatrane varijante koje bi bile optimalne s obzirom na lokaciju, investicijski trošak te zadovoljenje potreba i kojima bi se pokrio nedostatak kapaciteta za grijanje vode u sklopu CTS-a bile su:

- varijanta 1: novi vrelovodni kotao toplinskog učina 116 MW
- varijanta 2: novi vrelovodni kotao toplinskog učina 58 MW i revitalizacija postojećeg kotla WK1 učina 58 MW
- varijanta 3: plinskoturbinski agregat odgovarajuće snage s vrelovodnim kotlom utilizatorom toplinskog učina 58 MW i revitalizacija postojećeg vrelovodnog kotla učina 58 MW.

Uz pretpostavljeno kretanje konzuma ogrjevnog topline i tehnološke pare u zapadnom dijelu Zagreba u razdoblju 2007. - 2025. godine, kao najisplativije rješenje za EL-TO za pokrivanje vršnih opterećenja pokazala se izgradnja novog vrelovodnog kotla učina 116 MW koji će biti ložen plinom ili mazutom. To je rješenje najpovoljnije u svim pogledima: financijskim pokazateljima (investicijski i pogonski troškovi), sposobnosti rada na različita goriva, raspoloživosti postrojenja te sposobnosti dugoročnog i kratkoročnog pokrivanja potreba za toplinskom energijom.

Novi kotao ugradit će se u postojeću kotlovnicu u slobodnom prostoru između parnog kotla K6 i vrelovodnog kotla WK3 (il. 2 i 3). Unutar kotlovnice postoje predviđeni dovodi za njegovu opskrbu svim medijima potrebnima za rad. Naime, pri izgradnji kotla WK3 u planu je bila izgradnja još jednog istovjetnog kotla pa su postojeće instalacije dovoljnog kapaciteta.

Pored novog kotla u postrojenju za proizvodnju vrele vode i dalje će se nalaziti postojeća oprema koja ostaje u funkciji:

crpne stanice za cirkulaciju vode u sustavu vrelovoda i postrojenju za proizvodnju vrele vode, oprema za dopunu vode i održavanje tlaka, toplinska stanica za zagrijavanje vode parom iz parnih kotlova, postojeći vrelovodni kotao učina 116 MW (WK3), oprema za skladištenje i pripremu tekućeg goriva, reducir-stanica i cjevovod za dovod prirodnog plina, zajednički dimnjak i središnji dimni kanal do dimnjaka (il. 4 i 5).

Kotlovi WK3 i WK4 će, s obzirom na cirkulaciju vode koja dolazi iz toplinske stanice, biti u paralelnom načinu rada pa će raditi jedan ili oba, već prema potrebi. Kada toplinska stanica ne radi, kotlovi WK3 i WK4 trebat će prihvatiti vodu na ulazu koja ima povratnu temperaturu iz toplinske mreže. Shodno tome, novi kotao neće imati značajke kontinuiranog pogona s baznim opterećenjem, već će raditi s promjenjivim opterećenjem, od minimalnog do maksimalnog, u svakom dnevnom radnom ciklusu. U pravilu će raditi u zimskim mjesecima i to u dnevnoj smjeni.

NOVO KOTLOVSKO POSTROJENJE

Način rada postrojenja

Kotao će se sastojati od dvije vrste ogrjevnih površina:

- membranske cijevne stijene koja omeđuje ložište kotla i drugi prolaz dimnih plinova
- konvektivne površine u obliku cijevnih snopova koji se nalaze u prostoru drugog prolaza dimnih plinova.

Voda koja se mora zagrijati najprije ulazi u konvektivnu ogrjevnu površinu i to na mjestu izlaza dimnih plinova iz kotla. Cirkulacija vode kroz cijevi konvektivnog snopa izvodi se protustrujno u odnosu na dimne plinove. Nakon izlaza iz konvektivnog snopa voda treba nasturjavati na cijevi membranskih zidova drugog prolaza dimnih plinova, odozgo prema dolje. Nakon toga kroz donje bočne komore i prestrujne cijevi treba nasturjavati odozdo na membranske cijevi zidova ložišta i strujati prema gore do sabirnih komora iz kojih će potom prelaziti kroz prestrujne cijevi u izlazne komore kotla.

Količine vode koje cirkuliraju kroz pojedine ogrjevne površine moraju biti određene tako da odgovaraju količini topline koja se na njima preuzima. S druge strane, prosječna brzina mora biti odabrana tako da se u rasponu od minimalnog do maksimalnog učina kotla postigne stabilnost prijenosa topline uz minimalan pad tlaka u sustavu.

Da ne bi došlo do pojave niskotemperaturne korozije, ulazna temperatura vode u kotao morat će imati određenu minimalnu vrijednost, ovisno o sadržaju SO_2 u dimnim plinovima. Za tekuće

Ilustracija 3
... i kotlu WK3



gorivo s udjelom sumpora manjim od 3,0%, ta temperatura treba biti 130 °C. S obzirom na to da temperatura vode koja dolazi u kotao iznosi 64 - 107 °C, na ulaz kotla se vraća dio tople vode s izlaza kotla i u svim se režimima održava ulazna temperatura vode u kotao od 130 °C. Povrat tople vode treba se ostvarivati posebnim cirkulacijskim crpkama.

S obzirom na potrebu rada s različitim vrstama goriva, za radnu regulaciju kotla predviđena je mehanička sklopka koja će imati funkciju regulacije ulazne temperature kotla s obzirom na gorivo:

- za plinsko gorivo: 105/160 °C
- za niskosumporno tekuće loživo ulje: 120/160 °C
- za visokosumporno tekuće loživo ulje: 130/160 °C.

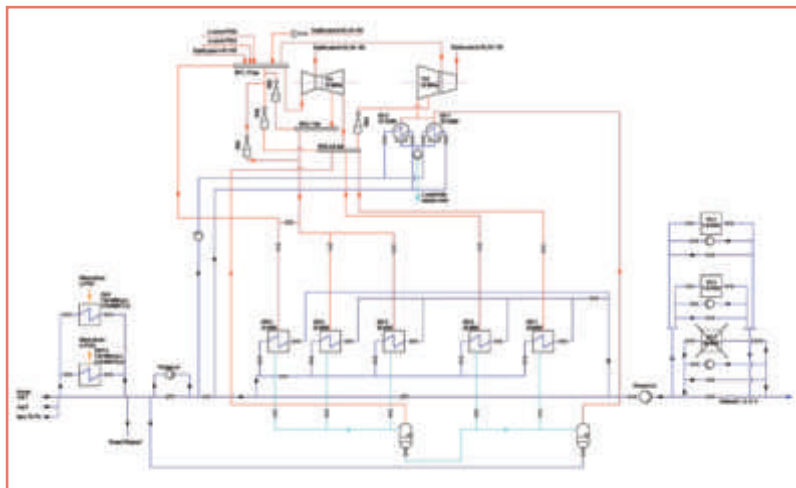
Temperatura vode na izlazu iz ogrjevnih površina ovisit će o radnom tlaku u vrelovodnom sustavu. Odabrana je izlazna temperatura 160 °C, no također treba usvojiti sigurnosni dodatak od 20 °C tako da radni tlak na izlazu kotla iznosi 10 bar.

Ugrijana voda iz kotla odlazi u polazni vrelovod za grijanje. Polazna temperatura vrelovoda ovisi o potrebama grijanja i promjenjiva je (tablica 7). Maksimalna projektana polazna temperatura vrelovoda iznosi 150 °C. Da bi se osigurala zadana polazna temperatura, jedan dio hladne vode s ulaza kotla, prije dodatka tople recirkulacije, vodit će se pokraj kotla i miješati s vodom na izlazu kotla (nakon odvajanja tople recirkulacije). Ta tzv. hladna recirkulacija ostvarivat će se na račun crpki vrelovodnog sustava (razlika tlaka na ulazu i izlazu iz kotla) djelovanjem regulacijske zaklopke u postrojenju kotla.

Pri projektiranju novog vrelovodnog kotlovskog postrojenja uzet će se u obzir da će ono raditi u paralelnom radu s postojećim vrelovodnim kotlovskim postrojenjem WK3, zbog čega treba provesti kontrolni hidraulički proračun cijelokupnog sustava vršnih kotlova WK3 i WK4, od crpki drugog stupnja (iza toplinske stanice) do polaznog kolektora mrežne vode (odakle vrela voda odlazi potrošačima).

S obzirom na to da je namjena kotla rad u vršnim opterećenjima, bit će projektiran za rad u širokom opsegu: 25 - 100% nazivnog toplinskog učina. Da bi se osigurala stabilnost cirkulacije i prijenos topline u cijelom opsegu rada, treba predvidjeti regulaciju učina kod konstantne izlazne temperature 160 °C za opterećenja veća od 50% i kod konstantnog protoka za opterećenja manja od 50%.

Za kotao će se isporučiti četiri plamenička uređaja kako bi se osigurao potreban regulacijski odnos loženja. Plamenici će biti tlačni, s upotrebom pare za raspršivanje tekućeg goriva. Za slučaj loženja samo plinovitog goriva u uvjetima



Ilustracija 4
Nova pojednostavljena toplinska shema EL-TO-a s prikazom toplinske stanice nakon rekonstrukcije i s novim vrelovodnim kotlom WK4

kada su ogrjevne površine čiste, bez naslaga pepela sa sumpornim spojevima, režim rada moći će se namjestiti na nižu ulaznu temperaturu u kotao pa će se postići bolji stupnjevi djelovanja.

Tehnički zahtjevi za kotao

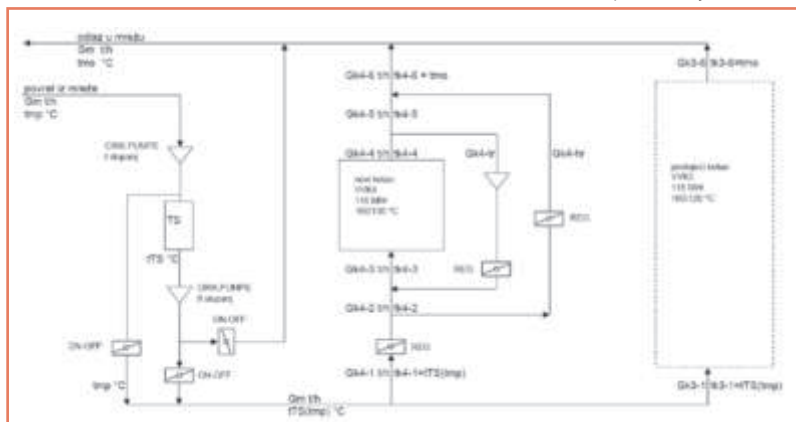
Tehnički zahtjevi koji se postavljaju na kotao prikazani su u tablici 8.

Režimi rada

Kotlovsko postrojenje i prespojni cjevovodi trebaju biti projektirani i dimenzionirani za tri režima rada: zimski, ljetni i prijelazni. Unutar režima rada kotlovsko postrojenje s pratećom opremom treba raditi u području učina od najmanje 25 do 100% opterećenja uz mogućnost istodobnog rada s obje vrste goriva. Vrste i stanja pogona koje postrojenje mora zadovoljiti su:

- redovan pogon
- startno stanje
- normalna obustava postrojenja
- nagla obustava (trip)
- promjenjiva radna pogonska stanja (s utjecajem toplinske stanice na temperaturu vode na ulazu u vrelovodni kotao i bez njega, upotreba prirodnog plina, teškog loživog ulja ili istodobno obje vrste goriva).

Ilustracija 5
Shema sustava postrojenja za proizvodnju vrela vode





Tablica 7
Tablica obveznih
parametara

vanjska temperatura, °C	dnevni režim rada 5 - 23 h					režim rada pri sunčanom vremenu bez vjetra 8 - 14 h	noći režim rada 23 - 5 h
	polazna temperatura, °C	povratna temperatura, °C	razlika temperatura, °C	protok, m ³ /h	toplinski učin, MW	polazna temperatura, °C	polazna temperatura, °C
12	75	50	25	2,579	75	70	65
11	77	51	27	2,735	84	70	66
10	79	51	28	2,8874	94	70	68
9	81	52	30	2,999	103	71	69
8	83	52	31	3,112	112	73	70
7	85	53	33	3,214	122	75	71
6	87	53	34	3,307	131	77	73
5	92	54	39	3,129	141	82	74
4	94	54	40	3,211	150	84	75
3	96	55	42	3,288	159	86	77
2	98	55	43	3,359	169	88	78
1	100	56	45	3,425	178	90	79
0	102	56	46	3,487	187	92	81
-1	104	57	48	3,545	197	94	82
-2	107	57	49	3,599	206	97	83
-3	109	58	51	3,65	216	99	84
-4	111	58	52	3,698	225	101	86
-5	113	59	54	3,743	234	103	87
-6	115	59	55	3,786	244	105	88
-7	117	60	57	3,827	253	107	90
-8	119	60	58	3,865	262	109	91
-9	121	61	60	3,902	272	111	92
-10	123	61	61	3,937	281	113	94
-11	125	62	63	3,97	291	115	95
-12	127	62	64	4,001	300	117	96
-13	129	63	66	4,031	309	119	97
-14	130	64	66	4,151	319	120	99
-15	130	64	66	4,273	328	120	100

Dinamika rada postrojenja sagledana je uz sljedeće pretpostavke:

- vrelovodni kotlovi su serijski uključeni izvori topline u CTS-u, iza toplinske stanice u EL-TO-u (toplinska stanica raspoloživog učina 185 MW)
- vrelovodni kotlovi su u pogonu samo kada potrebe prelaze učin toplinske stanice (osnovna namjena - vršni režim pogona)
- vrelovodni kotlovi pokrivaju bazni režim rada kada je toplinska stanica izvan pogona
- u sustav svakog kotla uključena je i hladna recirkulacija (obilazni cjevovod) pa svaki kotao u mrežu daje zadanu temperaturu polazne vode
- vrelovodni kotlovi rade u rasponu učina od minimalnog trajnog koji je manji od 25% do 100% nazivnog toplinskog učina
- da bi se postigla stabilnost cirkulacije i prijenosa topline u cijelom opsegu rada, predviđena je regulacija učina kotla kod konstantne izlazne temperature 160 °C za opterećenja veća od 50% nazivnog učina i snage kod konstantnog protoka za opterećenja manja od 50%
- za slučaj loženja samo plinovitog goriva, u uvjetima čistih ogrjevnih površina bez naslaga pepela sa sumpornim spojevima, režim rada treba namjestiti na nižu ulaznu temperaturu u kotao čime se postiže viši stupanj djelovanja
- vrelovodni kotlovi WK3 i novi vrelovodni kotao toplinskog učina 116 MW rade paralelno, jednakom snagom.

Vršni režim pogona (u pogonu se nalazi toplinska stanica i kotlovi WK):



- loženje teškim loživim uljem: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 130 °C, a na izlazu iz kotla 160 °C (konstantna)
- loženje teškim loživim uljem: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 130 °C, a protok kroz kotao je konstantan
- loženje prirodnim plinom: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 107 °C a na izlazu iz kotla 160 °C (konstantna)
- loženje prirodnim plinom: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 107 °C, a protok kroz kotao je konstantan.

Temeljni režim pogona (u pogonu su samo kotlovi WK, dok je toplinska stanica izvan pogona):

- loženje teškim loživim uljem: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 130 °C, a na izlazu iz kotla 160 °C (konstantna)
- loženje teškim loživim uljem: temperatura vode u kotlu na ulazu iznosi 130 °C, a protok kroz kotao je konstantan.

OPIS KOTLA I KOTLOVSKOG POSTROJENJA

Tlačni sustav kotla

Konstrukcija kotla bit će kutnocijevne izvedbe. Tlačni dio kotla sačinjavat će membranski cijevni zidovi, zagrijač vode i povezne cijevi sustava kotla. Dijelovi kotla čine cjelinu koja je samonosiva, a oslanja se na temelje preko svojih stopa. Tlačni sustav nosit će i dijelove nužne za rad i funkcioniranje kotla kao što su plamenički uređaj, vrata i otvori za ulazak i nadgledanje, ukrućenja zidova kotla (bandaže) te toplinska izolacija s oplatom. Kotao je projektiran tako da je moguće pražnjenje svih tlačnih dijelova za slučaj duljeg stajanja zimi ili kod suhe konzervacije.

Zidovi kotla - cijevne stijene

Zidovi kotla (cijevne stijene) određivat će prostor ložišta kotla i prostor drugog prolaza dimnih plinova. Cijevne stijene činit će cijevi međusobno spojene zavarivanjem tako da budu nepropusne za plinove, s umetnutim čeličnim trakama u cjelinu: cijev - traka - cijev (tzv. membranska stijena). Takvo rješenje omogućava pretlak u ložištu i veći stupanj djelovanja kotla. Na cijevnim stijenama bit će otvori za plamenike, vrata za ulaz i nadgledanje. Cijevne stijene, tj. zidovi bit će ojačane tzv. bandažama tako da mogu podnijeti eventualne pulzacije tlaka u ložištu. Zidovi kotla moraju biti izrađeni od materijala koji je otporan na visoke temperature dimnih plinova. Dimenzija i kvalitete materijala glavnih dijelova tlačnog sustava prikazani su u tablici 9.

Zagrijač vode

Zagrijač vode (ekonomajzer) nalazit će se u drugom prolazu dimnih plinova kotla. Dimni

značajka	vrijednost	
nazivni (maksimalni) toplinski učin	116 MW	
najmanji toplinski učin	< 25% MW	
proračunski tlak (za kotlovsko postrojenje)	25 bar (pretlak)	
maksimalni dopušteni radni tlak	15 bar (pretlak)	
očekivani radni tlak	13 bar (pretlak)	
maksimalni tlak mrežne vode iza crpki drugog stupnja (prije ulaza u novo postrojenje WK4)	15 bar (pretlak)	
minimalni potrebni tlak vode na ulazu u polazni kolektor mrežne vode (na izlazu iz novog postrojenja WK4)	11 bar (pretlak)	
minimalni potrebni tlak vode na ulazu u kotao (blokada)	9 bar (pretlak)	
izlazna temperatura vode	160 °C	
područje regulacije učina	min. 25 - 100%	
temperatura povratne vode iz vrelovodne mreže	107 °C (min. 64 °C)	
temperatura polazne vode u vrelovodnu mrežu	105 - 150 °C	
toplinska iskoristivost vrelovodnog kotla (kotao mora u cjelokupnog rasponu raspoloživih goriva dati ponuđeni toplinski učin)	prirodni plin	94%
	visokosumporno loživo ulje ($S > 1\%$)	93%
	niskosumporno loživo ulje ($S < 1\%$)	93,5%
broj plamenika na kotlu	4	
kvaliteta vode u kotlu	prema HRN M.E2.011	
prolaz (cirkulacija) dimnih plinova u kotlu	umjetna	
odvod dimnih plinova	osiguran ponuđenim ventilatorima i postojećim dimnjakom	
maksimalni tlak mrežne vode iza crpki 2. stupnja	15 bar (pretlak)	
minimalni potrebni tlak vode na ulazu u odlazni mrežni kolektor	11 bar (pretlak)	

Tablica 8
Tehnički zahtjevi za kotao

plinovi iz njega prolazit će dimnim kanalom do zajedničkog postojećeg dimnog kanala i dalje u dimnjak. Između zagrijača i postojećeg dimnog kanala je limeni prestrujni kanal s platnenim kompenzatorom za dilatacije. Izvedba zagrijača bit će u obliku cijevnih zmija koje se radionički slažu u pakete i pomoću držača oslanjaju na cijevne stijene. Cijevne zmije biti će dimenzije $\varnothing 38$ mm, u kvaliteti P235 GH (prema EN 10 028-2 : 1992).

Fina armatura

Fina armatura omogućavat će potpuno vođenje pogona, uključujući start i obustavu. Lokalna manipulacija je predviđena samo za punjenje kotla vodom i pražnjenje. Armatura će se isporučivati s prirubničkim spojevima prema DIN-u. Kako

Tablica 9
Dimenzija i kvalitete materijala glavnih dijelova tlačnog sustava

naziv dijela	dimenzije, mm	kvaliteta materijala prema EN 10 028-2 : 1992
membranski zid	$\varnothing 76,1/57$	P235 GH-TC1
korak između cijevi	75/100	-
traka između cijevi	-	S235 JR62
cijevi zagrijača vode (ekonomajzer)	$\varnothing 38$	P235 GH-TC1
komore kotla	$\varnothing 298/508$	P235 GH-TC2



je postrojenje predviđeno za posve automatiziran rad, a upravljanje se obavlja iz komandne sobe, većina armature bit će motorizirana, odnosno daljinski upravljana. Svi zaporni i regulacijski ventili, bez obzira na dimenzije, koji trebaju biti u pogonu za vrijeme normalnog pogona, privremenih zastoja i toplog starta postrojenja, trebaju biti opremljeni aktuatorima (uređajima za daljinsko zatvaranje i otvaranje ventila) kojima se može upravljati iz komandne sobe.

Izolacija kotla i opreme

Toplinska izolacija kotla i opreme izvodit će se mineralnom vunom sa zaštitnom oblogom od aluminijskog lima. Debljina lima ne smije biti manja od 1 mm. Toplinska izolacija imat će dvojaku zadaću: s jedne strane smanjiti gubitke toplinske energije, a s druge zaštititi osobe i stvari od visoke temperature (od opeklina). Toplinski se izoliraju sve površine s temperaturom višom od 60° C s kojima osobe mogu doći u doticaj. Toplinska izolacija osigurat će da temperatura na površini izolacije kod vanjske temperature 20 °C ne prekorači 50 °C. Toplinskom izolacijom su obuhvaćeni svi dijelovi postrojenja gdje je to potrebno: tlačni sustav, zagrijač vode, cjevovodi kotla, dimni kanali, cjevodi i oprema uređaja za loženje te topli dio zračnog trakta.

Uređaj za loženje

Uređaj za loženje sastojat će se od četiti tlačna niskoemisijiska NO_x-plamenika (LowNO_x) za izgaranje prirodnog plina ili teškog ulja za 100% opterećenja kotla. Plamenici su smješteni na prednjem zidu ložišta. Armatura za loženje omogućavat će zasebno vođenje opterećenja i nadzora rada za po dva plamenika i to posebno za gornju i donju razinu. Para će se koristiti za raspršivanje tekućeg goriva. Režim rada plamenika mora omogućiti i kombiniranu upotrebu tekućeg loživog ulja i plina istodobno (50 : 50%). Za traženi minimalni učin kotla manji od 25% zahtijeva se minimalni regulacijski odnos 1 : 4 s isključenjem jednog reda plamenika.

Dobava zraka za izgaranje

Opremu za dobavu zraka za izgaranje čine: centrifugalni ventilatori s pogonskim elektromotorom, prigušivači buke, zračni kanali, zagrijač zraka, razna ovješena, regulacijske zaklopke, kompenzatori, izolacija, mjerno-regulacijska i druga oprema. Po dva plamenika imat će zajednički uređaj za dovod zraka za izgaranje, što znači da će uz kotao trebati isporučiti dva uređaja za dovod zraka. Uređaji će biti smješteni unutar kotlovnice pored kotla.

Odvod dimnih plinova

Dimni plinovi odvodit će se u postojeći zidani dimovodni kanal za zajednički odvod od

vrelvodnih kotlova WK3 i WK4. Njime se dimni plinovi odvođe u zajednički vanjski limeni kanal od postojećeg dimnjaka visine 200 m.

Crpna stanica za recirkulaciju vrelve vode kotlovskog kruga

Crpna stanica za recirkulaciju vrelve vode kotlovskog kruga sastojat će se od dvije centrifugalne crpke za vodu: radne i pričuvne. Crpke pogoni elektromotor nadograđen regulacijskom spojnicom za regulaciju količine recirkulirane vrelve vode. Crpke i elektromotori bit će opremljeni instrumentacijom za daljinski nadzor i sigurnost rada. Crpke se smještaju u kotlovnici ispred kotla, analogno smještaju postojećih crpki za kotao WK3.

Recirkulacija hladne vode kotlovskog kruga

Sustav će regulirati maksimalnu polaznu temperaturu vrelvoda, a sastojat će se od cjevovoda koji se spaja s polaznim vodom vrelvoda prije ulaska u kotao te se vodi pokraj njega da bi se djelovanjem regulacijske zaklopke regulirao protok vode kroz taj cjevovod, a time i polazna temperatura vrelvoda. Cjelokupna instalacija hladne recirkulacije bit će obveza ponuđača radova do potpune pogonske funkcionalnosti.

Instrumentacija, nadzor i upravljanje

Sustav za nadzor i upravljanje treba omogućavati posve automatsko vođenje procesa. To znači da se sve tehnološke funkcije moraju obavljati automatski. Sustav vođenja mora biti osposobljen za provođenje automatiziranih sekvenci kojima se u pogon puštaju, obustavljaju ili zaštitno isključuju glavni dijelovi postrojenja. Dakako, na zahtjev operatera se svi oni mogu provesti ručno, pojedinačnim uključivanjem, odnosno isključivanjem odgovarajućih uređaja i izvršnih uređaja. U oba slučaja sustav signalizacije mora dati sve potrebne informacije o trenutačnom stanju postrojenja.

Dovod goriva

S obzirom na ograničenja emisije dimnih plinova (posebice NO_x i SO_x te čestica) kao primarno gorivo je predviđen prirodni plin, a kao zamjensko gorivo, kada plina nema dovoljno, niskosumporno teško loživo ulje.

Dovod plinovitog goriva (prirodnog plina) ostvarit će iz srednjotlačnog postojećeg pogonskog plinovoda tlaka 3 bar (apsolutno) i promjera DN 500 koji je smješten na južnom zidu vrelvodne kotlovnice.

Radi ugradnje novog kotla koji mora raditi i na prirodni plin i na teško loživo ulje s niskim sadržajem sumpora, jedan spremnik će se morati pripremiti za takvo loživo ulje s niskim sadržajem



jem sumpora ($S < 1\%$). Također će trebati izvesti rekonstrukciju u postojećoj mazutnoj stanici.

Odvodnja otpadnih voda

Svi cjevovodi, kanali i okna za otpadne vode od novog postrojenja spojiti će se na postojeći sustav odvodnje.

Temeljna ploča

Glavni građevinski projekt će definirati hoće li se u potpunosti koristiti postojeća temeljna ploča ili su potrebna njezina ojačanja.

UTJECAJ IZGRADNJE NOVOG KOTLA NA KVALITETU ZRAKA

Puštanjem u pogon novog kotla zamijenit će se proizvodnja iz postojećih vršnih vrelovodnih kotlova, čime će se smanjiti emisija SO_2 , NO_x i čestica. Unatoč povećanju vrelovodnog konzuma emisija štetnih tvari u atmosferu neće se povećavati. Najme, povećanje vrelovodnog konzuma će se dijelom ostvariti na račun smanjenja parnog, a sve veći dio potreba u budućnosti pokrivat će se prirodnim plinom. Predviđa se da nakon 2012. godine više neće biti restrikcija u opskrbi plinom što znači da će se ukupna emisija s lokacije postupno smanjivati.

Dimni plinovi iz novog kotla ispuštat će se se kroz dimnjak visine 200 m. Ispuštanjem kroz tako visok dimnjak dolazi do disperzije dimnih plinova na razine koje imaju zanemariv utjecaj na području grada, no zamjetljiv utjecaj očekuje se na obroncima Medvednice tijekom maksimalnih emisija iz EL-TO-a, a najviše s gledišta SO_2 . Taj će utjecaj biti manji od postojećeg jer će zbog novog kotla emisija biti ponešto smanjena. Potrebe za maksimalnim toplinskim učinkom su vrlo kratkotrajne, odnosno zimi će novi kotao biti potreban najviše 1000 h, a dnevno 6 - 8 h. Zbog toga se očekuje da će vidljiv utjecaj na prizemne koncentracije biti vrlo kratak i unutar dopuštenih granica.

Na području grada kakvoća zraka s obzirom na koncentracije SO_2 , NO_2 i čestica je, prema propisima, druge kategorije, dok je na području Medvednice prve kategorije. Zakonom o zaštiti zraka (NN 187/2004) propisuje se da u područjima gdje je kakvoća zraka prve ili druge kategorije smije dopustiti gradnja novih izvora samo ako to ne uzrokuje

pogoršanje stanja u smislu pomicanja u drugu, odnosno treću kategoriju. S obzirom na to da će ukupna emisija iz EL-TO-a izgradnjom novog kotla biti manja od postojeće, neće doći do pogoršanja čime su ispunjeni osnovni uvjeti s gledišta utjecaja na kakvoću zraka.

Izgradnja novog kotla ne utječe negativno s gledišta međunarodnih obveza Hrvatske. Pri tome se prvenstveno misli na Protokol o daljnjem smanjenju emisije sumpora u atmosferu Konvencije o daljinskom prekograničnom onečišćenju zraka, Protokol o smanjenju utjecaja s obzirom na zakiseljavanje, eutrofikaciju i prizemni ozon te buduće obveze koje bi mogle nastupiti ratifikacijom Kjotskog protokola. Obveze ne propisuju granične vrijednosti pojedinačno za objekte, već se promatra emisija na razini države. Emisija plinova koji doprinose zakiseljavanju (SO_2 i NO_x), eutrofikaciji (NO_x) i prizemnom ozonu (NO_x) iz EL-TO-a će se smanjiti, a emisija stakleničkog plina (CO_2) zanemarivo povećati. Kada se novi kotao pusti u pogon, emisija CO_2 iznositi će 10 000 - 20 000 t godišnje (svedeno na 300 - 600 h rada godišnje na nazivnom toplinskom učinku). To iznosi 2 - 5 % ukupne emisije CO_2 s lokacije EL-TO-a u 2004. godini. Novi kotao činit će 0,03 - 0,07% hrvatskih emisija. Promatrano u širem kontekstu, ocjenjuje se da će se ukupna hrvatska emisija stakleničkih plinova njegovom izgradnjom smanjiti jer će opskrba ogrjevnom toplinom novih potrošača biti učinkovitija, s obzirom na to da su oni danas spojeni na vlastite male kotlovnice.

STANJE AKTIVNOSTI NA IZGRADNJI

Stanje aktivnosti na izgradnji novog kotla WK4 u EL-TO Zagreb prikazano je u tablici 10. ■

Tablica 10
Stanje aktivnosti na izgradnji novog kotla WK4

aktivnosti	izvođač	datum	
do sada završene aktivnosti	izrada Studija izvodljivosti izgradnje	Elektroprojekt	15.7.2006.
	izrada dokumentacije za nadmetanje, opći i tehnički dio	Elektroprojekt	12.9.2006.
	stupanje ugovora na snagu	Đuro Đaković TEP	8.3.2007.
	izrada Idejnog rješenja kao podloge za ishođenje lokacijske dozvole	Elektroprojekt	6.6.2007.
	izrada Studije utjecaja na okoliš	EKONERG	8.6.2007.
	izdavanje rješenja o prihvatljivosti zahvata za okoliš uz odgovarajuće mjere koje treba provesti	Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva	8.6.2007.
	predaja zahtjeva za izdavanje lokacijske dozvole	-	19.7.2007.
	narudžba cijevnog materijala za tlačni dio kotla	Đuro Đaković TEP	28.8.2007.
	izrada Baznog inženjeringa	Đuro Đaković TEP	16.10.2007.
	ishođenje lokacijske dozvole	Elektroprojekt	14.12.2007.
aktivnosti u tijeku	početak izrade dijelova tlačnog sustava kotla	-	31.12.2007.
	geoistražni radovi na mjestu smještaja temelja kotla i opreme	-	-
	izrada podloga za narudžbu glavne opreme (crpni i ventilatorski agregati, gorionički uređaji i cijevna armatura)	-	-
	Izrada Glavnog projekta	-	-



IZGRADNJA NOVOG POSTROJENJA KEMIJSKE PRIPREME VODE

Denis PULJIĆ, dipl. ing.

Postojeća oprema postrojenja kemijske pripreme vode EL-TO Zagreb u funkciji je oko 30 godina pa su učestala propuštanja i kvarovi na opremi i cjevovodima. Postrojenje je amortizirano i zastarjelo, a i njegov nadzorno-upravljački sustav. Postojeće postrojenje je dograđivano tijekom proteklih desetljeća proizvodnje u četiri faze i u svakoj je dograđivan potreban dio u posebnoj zgradi koja je bila odvojena od prijašnjih.

Kako je bila predviđena izgradnja novog postrojenja kemijske pripreme vode, ulagana su minimalna sredstva potrebna za funkcioniranje postojećeg u proteklom razdoblju. Zbog toga je postojeća oprema uglavnom zastarjela, amortizirana, podložna kvarovima i propuštanju, dok su smole ionskog izmjenjivača starije od 20 godina pa je neophodna njihova zamjena.

Izgradnja novog postrojenja izvodi se s ciljem: dugotrajnog rješenja KPV-a (za narednih 15 - 20 godina), automatizacije procesa modernizacijom nadzorno-upravljačkog sustava postrojenja s dovoljnim kapacitetom, potrebnom raspoloživosti te minimalnim operativnim i troškovima održavanja.

Novo postrojenje KPV-a bit će smješteno u novoj zgradi na novoj lokaciji u krugu EL-TO-a. Nova zgrada ima ukupne gabarite 42 × 12,5 m, s time da je prostorija za smještaj procesne opreme tlocrtnih dimenzija 32 × 12,5 m, visina do strehe 10 m, a visina dijela zgrade gdje su smještene prateće prostorije i uredi 7 m do strehe.

S obzirom na kontinuiranu potrebu za demineraliziranom vodom za rad EL-TO-a tijekom izgradnje novog postrojenja KPV-a, postojeće treba ostati u pogonu tijekom izgradnje novog. Pri gradnji novog postrojenja, a osobito pri spajanju novih priključnih cjevovoda svih potrebnih medija na postojeće mreže, potrebno je strogo uvažiti sve proizvodno-tehnološke potrebe rada cijelog EL-TO-a i tome prilagoditi strojarke, građevinske i ostale izvođačke radove.

S obzirom na stanje postrojenja, postoji opravdan rizik od

nemogućnosti zadovoljenja potreba za demineraliziranom vodom u idućoj sezoni grijanja pa je neophodno izvesti izgradnju novog postrojenja KPV-a.

POSTOJEĆE STANJE POSTROJENJA

Lokacija

Postrojenje koje se rekonstruira smješteno je u zgradi KPV-a u krugu EL-TO Zagreb. Osnovni podaci o lokaciji prikazani su u tablici 11. Zgrada se nalazi na ulazu u EL-TO, lijevo od upravne zgrade, pokraj željezničke pruge. S obzirom na to da se koristi zastarjela tehnologija KPV-a, njezina oprema zauzima velik prostor, tj. u 1. dilataciji prostor površine oko 120 m², prizemlje 2. dilatacije i cjelokupni prostor 3. i 4. dilatacije. Oprema novog postrojenja s ionskim izmjenjivačima smjestit će se u postojeću zgradu KPV-a u dijelu 1. i 2. dilatacije u kojima je smještena postojeća oprema, dok se 3. i 4. dilatacija mogu prenamijeniti u druge svrhe.

Postojeće postrojenje KPV-a smješteno je u zgradi koja je izgrađena i dograđivana tijekom proteklih desetljeća u četiri faze. U svakoj je dograđivan prostor potreban za smještaj dijela postrojenja u posebnoj zgradi koja je odvojena od prijašnjih. Prva dilatacija sagrađena je 1939, druga 1963, treća 1969, a posljednja, četvrta 1971. godine. Prve dvije dilatacije zgrade KPV-a, s obzirom na to da su izgrađene prije 1968. godine imaju uporabnu dozvolu, dok su 4. i 5. izgrađene kasnije pa je nemaju.

Opis postojećeg tehnološkog procesa

U EL-TO-u se za demineralizaciju uglavnom koristi bunarska voda, a postoji i sekundarna ulazna linija iz mreže komunalne pitke vode. Za proizvodnju pare potrebno je 360 m³/h demineralizirane vode. Postojeće postrojenje za demineralizaciju vode u EL-TO-u je opremljeno s (il. 6 - 8):

- četiri slabokisela i jakokisela filtra
- dva degazatora
- jednim bazenom dekationitane i degazirane vode s crnom postajom
- dvije linije (svaka s tri slabolužnata filtra)
- dvije linije (svaka s tri jakolužnata filtra)
- tri miješana filtra (s miješanim ionskim slojem).

Tablica 11
Osnovni podaci o lokaciji postrojenja KPV-a

nadmorska visina (prosječna)	119.00 m NM
klima	kontinentalna
najviša temperatura okolice	+37,5 °C
najniža temperatura okolice	-24 °C
seizmička zona	IX
vjetrovna zona	I

Postojeći ionski izmjenjivači su konvencionalnog tipa (s fiksnim slojem ionske mase) koje, uz ostalo, karakterizira potreban slobodan prostor 80 - 100 % prema visini sloja ugrađene ionske mase.

Kiselni filtri su automatski upravljani s vremenskim razmakom između dva čišćenja (regeneracije) od 14 h. Kemijsko čišćenje filtera izvodi se punjenjem jakom klorovodičnom kiselinom. Nakon vremena reakcije od 1 h filter se ispiri demineraliziranom vodom i nakon oko 2 h spreman je za rad na procesu demineralizacije. Lužnati filtri su ručno upravljani i kemijski čišćeni. Vremenski razmak između dva čišćenja iznosi oko 14 h. Čišćenje se provodi jakom natrijevom lužinom.

Opis procesa i procesne linije na postojećem postrojenju

Sirova voda iz bunara ili vodovodne mreže u postrojenje KPV-a ulazi kroz slabokiselni kationski izmjenjivač, u prostoriju u 1. dilataciji zgrade KPV-a. Slabokiselni i jakokiselni kationski izmjenjivači su instalirani u četiri linije. Svaka se sastoji od dvije odvojene posude: slabokiselog i jakokiselog kationskog izmjenjivača na zajedničkom postolju. Slabokiselni filter je na vrhu linije.

Tokovi u kationskim izmjenjivačima su sljedeći:

- sirova voda: odozgo prema dolje
- kemijsko čišćenje: odozgo prema dolje
- kemijsko pranje čistom vodom: odozdo prema gore.

Sve četiri linije uklanjaju ugljični dioksid u dva degazatora. Izljev iz njih izveden je gravitacijski prema dolje u bazen dekationirane i otplinjene vode. Bazeni dekationirane vode ima volumen 200 m³, a armiranobetonski podzemni spremnik nalazi se ispod prostorije u 2. dilataciji.

Dekationiranu vodu iz bazena crpe četiri crpke u crpnoj postaji demineralizirane vode koje je otpremaju na kemijsku obradu u anionske i miješane izmjenjivače te takvu, demineraliziranu dovode u spremnik volumena 1000 m³ koji je smješten sjeveroistočno od zgrade KPV-a.

Slabolužnati i jakolužnati anionski izmjenjivači instalirani su u dvije linije, pri čemu svaka ima tri filtra. Slabolužnati anionski izmjenjivači su smješteni u prizemlju 2. dilatacije, jakolužnati JK 1-3 u prizemlju 2. dilatacije, a JK 4-6 u 4. dilataciji. Linija 1 (SB 1 - 3) paralelno je izravno spojena s jakolužnatim filterom JB 1 - 3, a linija 2 (SB 4 - 6) s jakolužnatim filterima JB 4 - 6.

Tokovi u anionskim izmjenjivačima su sljedeći:

- sirova voda: odozgo prema dolje
- kemijsko čišćenje: odozdo prema dolje

- kemijsko pranje čistom vodom: odozdo prema gore.

Miješani izmjenjivači s kiselom i lužnatom ionskom smolom smješteni su u 3. dilataciji.

Za ispiranje ionskih masa nakon regeneracije koristi se dekationirana voda.

Iz spremnika volumena 1000 m³ demineralizirana voda slobodnim padom otječe u spremnik volumena 300 m³ iz kojeg se crpkama dovodi na generatore pare. Demineralizirana voda se iz spremnika crpi pomoću pet crpki u crpnoj postaji demineralizirane vode koja je smještena u 3. dilataciji iznad spremnika volumena 300 m³.

Kapacitet postojećeg postrojenja

Kapacitet postojećeg postrojenja KPV-a je sljedeći:

- kiselni kationski izmjenjivači: 4 × 120 m³/h (tri radne i jedna linija u regeneraciji, protok: 4 × 120 - 1 × 120 = 360 m³/h)
- slabolužnati i jakolužnati izmjenjivači: 6 × 70 m³/h (pet radnih i jedna linija u regeneraciji, protok: 6 × 70 - 1 × 70 = 350 m³/h)
- miješani izmjenjivači: 3 × 140 m³/h (dva radna i jedan u regeneraciji, protok: 3 × 140 - 1 × 140 = 280 m³/h)
- crpke dekationirane vode: 2 × 70 m³/h + 2 × 140 m³/h (četiri radne i jedna pričuvna, minimalan protok: 2 × 70 + 1 × 140 = 280 m³/h, maksimalan protok: 2 × 140 + 1 × 70 = 350 m³/h).

U slučaju kada je jedna crpka u remontu, kapacitet cijelog postrojenja je ograničen na 280 m³/h.

Zbog različitih kapaciteta pojedine opreme u postrojenju i njezine trenutne raspoloživosti (regeneracija,

Ilustracija 6
Ulaz sirove vode u slabokiseli ionske filtre



Ilustracija 7
Jakokiselni ionski filtri i deaeratori



Ilustracija 8
Anionski filtri



Tablica 12
Potrebna kakvoća
sirove vode

parametar	iznos	
temperatura	14 °C	
pH vrijednost	~ 7	
udio ukupnog organskog ugljika (TOC)	0,1 mg/kg	
kationi	Ca ²⁺	148 mg/l
	Mg ²⁺	22 mg/l
	Na ⁺	19 mg/l
anioni	HCO ₃ ⁻	446 mg/l
	Cl ⁻	41 mg/l
	SO ₄ ²⁻	48 mg/l
	NO ₃ ⁻	33 mg/l
	SiO ₂ ²⁻	10 mg/l

remont), kapacitet rada postojećeg postrojenja iznosi 280 - 350 m³/h.

Opći podaci o postojećoj opremi

Postojeći filtri (ionski izmjenjivači) su okomite čelične cilindrične posude s dva bombirana dna, ugrađenim dnom za sapnice između dva priрубnička spoja, sapnicama od polietilena, distributorom za ulaznu vodu, dva otvora za ulaz, dva stakla za nadzor te potrebnim priključcima. Posude imaju četiri nogara sa stopama. Njihova je unutrašnjost gumirana tvrdom gumom debljine 4 mm, a izvana ima odgovarajući antikoroziivni premaz.

Ionski izmjenjivači (kationski, anionski i miješani) s ionskim masama u fiksnom sloju su tzv. konvencionalnog tipa koji, uz ostalo, karakterizira potreban slobodan prostor 80 - 100% prema visini sloja ugrađene ionske mase.

Postojeća strojarska i elektrooprema je dotrajala i tehnološki zastarjela što uzrokuje značajne operativne i troškove održavanja. S obzirom na to da je oprema dotrajala, upitna je raspoloživost postrojenja za postizanje potrebnog kontinuiranog kapaciteta. Cjevovodi su također dotrajali i u vidno lošem stanju pa dolazi do probijanja njihovog zaštitnog sloja. Dio mjerne opreme nije u funkciji zbog dotrajlosti i nemogućnosti nabave nadoknadnih dijelova jer se više ne proizvode.

Postojeće postrojenje KPV-a sadržava po četiri slabokiselna jakokiselna filtra za kationsku izmjenu. Konstrukcijsko rješenje filtra je takvo da su slabokiseli smješteni iznad jakokiselih u jednoj liniji na zajedničkom postolju. Kapacitet svakog izmjenjivača iznosi 120 m³/h.

Slabolužnatih anionskih filtera je šest, a smješteni su u dvije linije po tri i njihov je kapacitet 70 m³/h. Jakolužnatih anionskih izmjenjivača je također šest, a isto su tako smješteni u dvije linije po tri i njihov je kapacitet 70 m³/h. Ionskih izmjenjivača s miješanim slojem je tri i njihov je kapacitet 70 m³/h.

Crpna postaja za dekationiranu vodu smještena je iznad bazena dekationirane vode, u 2. dilataciji i sadržava četiri crpke: dvije kapaciteta 70 m³ i dvije kapaciteta 140 m³. Tri crpke su radne, a jedna pričuvna, dok visina dobave iznosi 80 m.

NOVO POSTROJENJE KPV-a

Kapacitet postrojenja

Novo postrojenje KPV-a treba se sastojati od tri proizvodne linije pojedinačnog kapaciteta 150 m³/h demineralizirane vode, koje uz istodoban rad sve tri linije ima maksimalni kapacitet 450 m³/h.

Proizvodni kapacitet od 3 × 150 m³/h, odnosno maksimalno 450 m³/h treba pokriti potrebu za demineraliziranom vodom od 375 m³/h.

Postrojenje treba raditi u sljedećim režimima rada:

- sve tri linije u radu: kapacitet 450 m³/h
- dvije linije u radu, a jedna u pripremi ili remontu: kapacitet 300 m³/h
- jedna linija u radu: kapacitet 150 m³/h.

Minimalno vrijeme rada između dvije regeneracije na jednoj liniji iznosi 12 h.

Tehnološki proces

Postrojenje za demineralizaciju vode treba raditi prema načelu ionskih izmjena, s ionskom smolom u fluidizirajućem sloju i njihovom protustrujnom regeneracijom. Proces demineralizacije vode treba biti automatski vođen od ulaska vode u patronski filtar do izlaska vode iz miješanog izmjenjivača te nadziran s jednog mjesta.

Kao sirova voda koristi se voda iz bunara ili iz gradske vodovodne mreže. Kakvoća sirove vode prikazana je u tablici 12, a demineralizirane vode u tablici 13.

Opis tehnološkog procesa demineralizacije vode

Sirova voda se doprema u patronski (svječasti) filtar gdje se iz nje odvajaju krute čestice. Nakon patronskog filtra koncentracija suspendiranih krutih čestica u vodi je manja od 1 mg/l. Filtrirana voda zatim odlazi na demineralizaciju u ionskim izmjenjivačima. Uklanjanje iona metala iz vode izvodi se u kationskim i anionskim izmjenjivačima s ionskom smolom u fluidiziranom sloju. Kod izmjenjivača s ionskom smolom u fluidiziranom sloju ona je smještena između dvije ploče sa sapnicama, a iznad nje pliva vrlo lagana inertna smola. Za vrijeme radnog ciklusa voda prolazi odozdo prema gore, diže ionsku smolu i od nje stvara 'fluidizirani sloj', a gornji dio tog sloja nabija se na inertnu smolu te voda kroz njezin sloj odlazi dalje u proces.

Kationi iz sirove vode uklanjaju se u slabokiselom i jakokiselom kationskom izmjenjivaču (il. 9). Kationski izmjenjivači su dvokomorni, a komore su odijeljene pločama na kojima su sapnice. Donja komora je ispunjena slabokiselom, gornja jakokiselom kationskom smolom, a obje su u gornjem dijelu ispunjene inertnom smolom. Voda se dovodi u donju komoru i struji uzvodno u odnosu na sloj smole.

Ionske smole koje se trebaju koristiti u kationskim izmjenjivačima su:

- za slabokiseli kationski izmjenjivač: macroporus, tip CNP 80 WS

Tablica 13
Potrebna kakvoća
demineralizirane vode

parametar	iznos
silicijev dioksid (SiO ₂)	< 0,02 mg/l
električna vodljivost	< 0,2 μS/cm
udio ukupnog organskog ugljika (TOC)	< 0,2 mg/l



- za jakokiselni kationski izmjenjivač: gelic type; MonoPlus S 100 Na
- inertne smole: Tip IN 42.

Proizvođač svih ionskih smola je tvrtka Bayer iz Njemačke.

Iz kationskog izmjenjivača voda se vodi u atmosferski degazator u kojem se odvaja slobodni CO_2 iz dekatationirane vode. Njegov sadržaj nakon degazatora iznosi $0,2 \text{ eq.} / \text{m}^3$. Voda se u degazator dovodi odozgo, a iz njega slobodnim padom teče u bazen dekatationirane i degazirane vode. Zrak u degazatoru struji uzvodno odozdo prema vrhu njegovog tornja. Dekatationirana i degazirana (otplinjena) voda iz bazena se dalje u proces uvodi pomoću četiri crpke (za svaku liniju po jedna, a jedna je pričuvna). Crpke vode dekatoniranu vodu kroz proces anionske izmjene i konačno čišćenje u miješanim filtrima, a dobivenu demineraliziranu vodu u spremnik volumena 1000 m^3 izvan zgrade KPV-a.

U daljnjem procesu demineralizacije iz vode se uklanjaju anioni u dvokomornom anionskom izmjenjivaču (il. 9). Anionski izmjenjivač će raditi u modusu fluidiziranog sloja odozdo prema gore. Svaki izmjenjivač je izveden s dvije komore i odijeljen s tri ploče sa sapnicama. U donjoj su komori instalirane slabolužnate, a u gornjoj jakolužnate anionske smole. Također su instalirane inertne smole iznad slojeva anionskih.

Ionske smole koje se trebaju koristiti u anionskim izmjenjivačima su:

- za slabolužnati anionski izmjenjivač: macroporous, tip MonoPlus MP 64
- za jakolužnati anionski izmjenjivač: gelic type; MonoPlus M 500 CI
- inertna smola: Tip IN 42.

Proizvođač svih ionskih smola također je tvrtka Bayer iz Njemačke.

Uklanjanje zaostalih iona do tehnički mogućih vrijednosti izvodi se u ionskim izmjenjivačima s miješanim slojem u kojima su instalirane jakokisele kationske i jakolužnate anionske ionske smole (il. 9).

Ionske smole koje se trebaju koristiti u miješanim izmjenjivačima su:

- jakokisela kationska: macroporous, MonoPlus SP 112 H
- jakolužnata anionska: macroporous, MonoPlus MP 500 CI.

Proizvođač svih smola ponovno je Bayer iz Njemačke.

Izlazna kvaliteta vode se kontrolira mjerenjem električne vodljivosti i udjela SiO_2 . Mjerit će se pad tlaka u miješanom filtru. Čista voda sa svake

linije kontrolirat će se mjerenjem vodljivosti i SiO_2 . U zajedničkoj odvodnoj cijevi do spremnika demineralizirane vode, mjeriti će se natrij u prenosnici ('bypassu').

Regeneracija ionskih smola

Regeneracija ionskih smola u kationskim i anionskim izmjenjivačima izvodi se sukladno graničnim vrijednostima mjerenja kvalitete za električnu vodljivost i udio SiO_2 na izlazu iz anionskog izmjenjivača. Regeneracija anionskog i kationskog izmjenjivača jedne linije izvodi se istodobno.

Regeneracija se izvodi u protustruji u odnosu na radni ciklus (tzv. counter current), tj. odozgo prema dolje struji otopina kemikalije, pri čemu inertna smola ostaje ispod gornje ploče sa sapnicama, a ionska smola se slegne i pritišće donju ploču sa sapnicama. Ispiranje smola obavlja se demineraliziranom vodom.

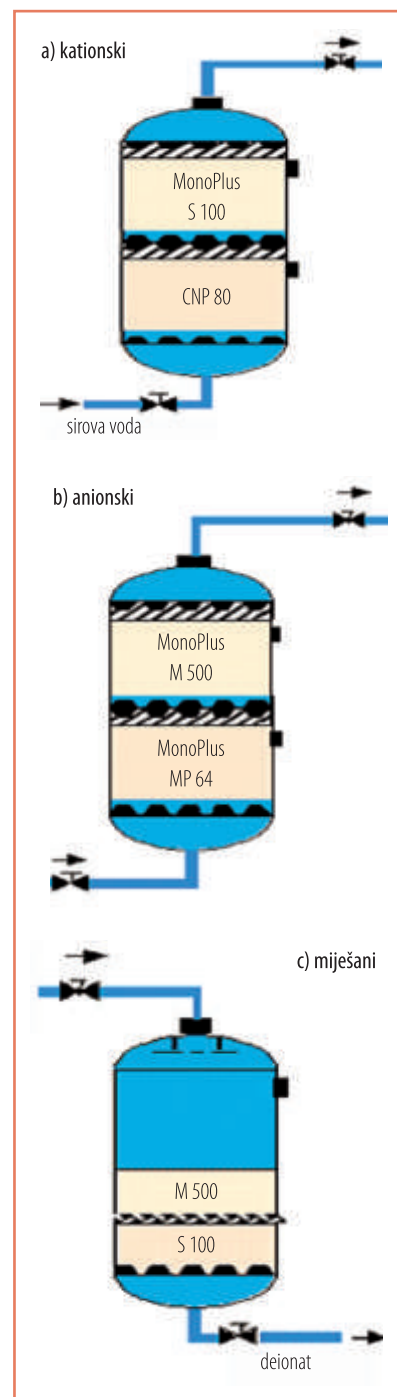
Kada pak dođe do komprimiranja ionskih smola u izmjenjivačima sa smolama, potrebno je predvidjeti njihovu regeneraciju povratnim pranjem (tzv. backwashing) u posebnoj posudi. Za povratno pranje smola se iz izmjenjivača fleksibilnim cjevovodom hidraulički prebacuje u spremnik povratnog pranja smole u kojem se izvodi protustrujno pranje ionske mase.

Program regeneracije ionskih smola u izmjenjivačima s miješanim slojem pokreće se ovisno o kapacitetu, sukladno graničnim vrijednostima mjerenja kvalitete za električnu vodljivost i SiO_2 na izlazu iz izmjenjivača. Neovisan sustav za regeneriranje treba biti osiguran za mogućnost istodobnog regeneriranja cjelokupne linije za demineralizaciju.

Za regeneraciju ionskih smola investitor osigurava potrebne količine kiseline i lužine:

- klorovodične kiseline (HCl): 32%
- natrijeve lužine (NaOH): 50%.

Klorovodična kiselina je uskladištena u pet postojećih spremnika pojedinačnog volumena 50 m^3 , a NaOH u dva postojeća spremnika pojedinačnog volumena 50 m^3 .



Ilustracija 9
Strujanje vode kroz izmjenjivače u fazi rada



Tablica 14
Tehnički zahtjevi
za postrojenje
KPV-a

vrsta postrojenja	postrojenje za demineralizaciju vode
sustav rada ionskih izmjenjivača	u lebdećem sloju s protustrujnom regeneracijom
broj linija	3 u istodobnom radu
kapacitet pojedine linije	150 m ³ /h
ciklus	3 × 1800 m ³
protočna moć	3 × 150 m ³ /h
trajanje ciklusa	12 min + 2 h
razina automatizacije	potpuna automatizacija u radnom ciklusu i pri regeneraciji, središnji sustav nadzora i upravljanja

predviđenu prostoriju čije su dimenzije 32 × 11 m, a visina 8,7 m, uz osiguranje potrebnih manipulativnih prostora. Iznad postrojenja KPV-a duž cijele hale previđena je kranska staza za mosnu dizalicu pa se potrebni ispusti iz postrojenja ne mogu izvesti preko krova zgrade.

Patronski filter

Patronski filter služi za filtriranje sirove vode. Sastoji se od tlačne posude s patronama za filtriranje vode, spremnika povratnog pranja, crpki za otpadnu vodu i internih cjevovoda. Čisti se automatski, kada je pad tlaka u filtru > 0,5 bar. Kapacitet filtra je 450 m³/h vode. Nakon patronskog filtra koncentracija suspendiranih krutih čestica u vodi treba biti > 1 mg/l.

Dvokomorni kationski izmjenjivač

U kationskim izmjenjivačima izvodi se uklanjanje kationa iz sirove filtrirane vode. Izmjenjivači su okomite, cilindrične, čelične tlačne posude s dvije komore i oslanjaju se na četiri nogara sa stopama. Komore su međusobno odvojene pločama sa sapnicama. Donja je predviđena za slabokiselu, a gornja za jakokiselu ionsku smolu u fluidiziranom sloju.

Svaka posuda sadrži tri ploče sa sapnicama. Ploče koje se nalaze na vrhu i dnu opremljene su sapnicama s prorezom veličine prema preporuci proizvođača smola. Za zaštitu sapnica od blokiranja sitnim česticama smole, komora svakog sloja sadrži oko 200 mm inertne smole. Sapnice gornje ploče opremljene su unutarnjim kontrolnim ventilima za veće padove tlaka u nizvodnom smjeru i za točnu distribuciju kemikalija po cijeloj površini slojeva. Kapacitet pojedinog kationskog izmjenjivača iznosi 150 m³/h.

Degazator

Degazator služi za otplinjavanje slobodnog CO₂ otopljenog u dekatationiranoj vodi. Uređaj radi pod atmosferskim tlakom. Iz njega voda otječe u bazen degazirane i dekatationirane vode koji se nalazi ispod poda zgrade pod degazatorima. Treba biti opremljen ventilatorima za zrak, cjevovodima s potrebnom armaturom za doba-vu zraka i za ispušt otpadnog zraka u okoliš.

Osnovni podaci o degazatoru prikazani su u tablici 16.

Dvokomorni anionski izmjenjivač

Dvokomorni anionski izmjenjivač služi za uklanjanje aniona iz dekatationirane i degazirane vode. Anionski izmjenjivači su okomite, cilindrične, čelične tlačne posude s dvije komore i oslanjaju se na četiri nogara sa stopama. Komore su međusobno odvojene pločama sa sapnicama. Donja komora služi za slabolužnatu, a gornja za

element	pad tlaka, bar	
patronski filter	0,5	
kationski izmjenjivač	slabokiselu	1,13
	jakokiselu	0,96
otplinjač CO ₂	0,9	
anionski izmjenjivač	slabolužnati	1,03
	jakolužnati	1,02
miješani izmjenjivač	0,91	

Otpadne vode (eluati) iz postrojenja za demineralizaciju neutralizirat će se u postojećem sustavu za neutralizaciju otpadnih voda.

Tehnički zahtjevi za postrojenje

Tehnički zahtjevi za postrojenje KPV-a prikazani su u tablici 14, a padovi tlaka u njemu u tablici 15.

Postrojenje za demineralizaciju sirove vode sastoji se od sljedeće procesne opreme:

- jednog patronskog filtra
- tri dvokomorna kationska izmjenjivača
- dva degazatora
- tri dvokomorna anionska izmjenjivača
- tri miješana izmjenjivača (izmjenjivača sa miješanim slojem)
- četiri crpke za dekatationiranu i degaziranu vodu
- tri hvatača smola
- sustava za regeneraciju ionskih smola
- cjevovoda
- instrumentacije.

Ionski izmjenjivači trebaju biti dimenzionirani prema preporuci proizvođača smola tako da brzina strujanja vode u njima bude optimalna za određenu smolu, a broj, raspored i otvori sapnica također trebaju biti prema preporuci proizvođača smola.

Automatizirani sustav treba imati mogućnost potpunog upravljanja cijelim postrojenjem, pomoću mjerno-regulacijskih i krugova daljinskih upravljanja.

Tehnički zahtjevi za procesnu opremu

Spomenuti zahtjevi za procesnu opremu mogu odstupati s obzirom na zahtjeve proizvođača smola, korištenje kvalitetnijeg materijala u odnosu na radni medij ili s ciljem postizanja boljih tehnoloških parametara procesa.

U slučaju izmjene gabarita opreme treba imati u vidu da se postrojenje mora smjestiti u

Tablica 15
Padovi tlaka u
postrojenju KPV-a

jakolužnatu ionsku smolu u fluidiziranom sloju. Anionski izmjenjivač će raditi u modusu fluidiziranog sloja odozdo prema gore. Također se u gornjem dijelu svake komore nalaze i inertne smole.

Svaka posuda sadrži tri ploče sa sapnicama. Ploče koje se nalaze na vrhu i dnu opremljene su sapnicama s prorezom veličine prema preporuci proizvođača smola. Za zaštitu sapnica od blokiranja sitnim česticama smole, komora svakog sloja sadrži približno 200 mm inertne smole. Sapnice gornje ploče opremljene su unutarnjim kontrolnim ventilima za veće padove tlaka u nizvodnom smjeru i omogućavaju točnu distribuciju kemikalija po cijeloj površini slojeva. Kapacitet pojedinih anionskog izmjenjivača iznosi 150 m³/h.

Miješani izmjenjivači

Izmjenjivači s miješanim slojem uklanjaju zaostale ione do tehnički mogućih vrijednosti. Miješani izmjenjivači su okomite, cilindrične, čelične tlačne posude s jednom pločom sa sapnicama na dnu plašta, a oslanjaju se na četiri nogara sa stopama. Kapacitet pojedinog izmjenjivača iznosi 150 m³/h.

Crpke za dekarboniranu i degaziranu vodu

Crpke služe za dovođenje dekarbonirane i degazirane vode iz bazena dekarbonizirane vode na daljnji proces u postrojenje na demineralizaciju te demineralizirane vode u spremnik volumena 1000 m³.

Izvedene su kao centrifugalne, s frekventnim upravljanjem i zaštitom od rada na suho te postavljene na zajedničko postolje s pogonskim elektromotorom, elastičnom spojnicom i mehaničkom zaštitom spojnice. Instaliraju se četiri crpke od kojih su tri radne (za svaku liniju jedna), a jedna pričuvna. Smještaju se iznad bazena dekarbonizirane vode u koji je izravno uronjena usisna cijev s usisnom košarom. Kapacitet pojedine crpke iznosi 150 m³/h.

Hvatač smole

Hvatač smole služi za uklanjanje zaostale ionske smole na izlazu iz miješanih ionskih izmjenjivača i njegov kapacitet iznosi 150 m³/h.

Sustav za regeneraciju ionskih smola

Sustav za regeneraciju služi za regeneraciju ionskih izmjenjivačkih smola kationskih, anionskih i miješanih filtara. Sastoji se od dozirnih jedinica za HCl i NaOH, spremnika povratnog pranja smole, ventilatora za zrak za miješanje smole u miješanim filtrima, ejektora kiseline i lužine te spojnih cjevoda. Voda za ispiranje pri regeneraciji smola dobavlja se crpkama demineralizirane vode.

Kiselina je uskladištena u pet postojećih vodoravnih spremnika zapremine pojedinačnog

volumena 50 m³. Spremnici će biti opremljeni novim mjeracima razine. Crpke za doziranje će biti instalirane u novoj zgradi KPV-a. Podaci o dozirnoj jedinici za kiselinu prikazani su u tablici 17. Natrijeva lužina se skladišti u dva postojeća vodoravna spremnika pojedinačnog volumena 50 m³. Spremnici će biti opremljeni novim mjeracima razine, a za zaštitu od zamrzavanja i unutarnjim protočnim grijačima. Novi parni ventili s motornim pokretačima bit će instalirani i pokretani ovisno o temperaturi NaOH. Crpke za doziranje bit će instalirane u novoj zgradi KPV-a. Podaci o dozirnoj jedinici za NaOH prikazani su u tablici 18.

Izgled novog postrojenja prikazan je na il. 10.

STANJE RADOVA NA IZGRADNJI NOVOG POSTROJENJA

Stanje radova na izgradnji novog postrojenja KPV-a u EL-TO Zagreb početkom veljače 2008.



parametri	iznos	
koncentracija HCl	30 - 32%	
izvedba	centrifugalna crpka	
broj crpki	1 + (1)	
dozirni kapacitet za doziranje preko dozirnih ventila	za kationske izmjenjivače	0 - 5000 l/h
	za filtar s miješanim slojem	0 - 1500 l/h
materijal radnih cjevoda	PE-HD	

Tablica 17
Podaci o dozirnoj jedinici za HCl

parametri	iznos	
koncentracija NaOH	48 - 50%	
izvedba	centrifugalna crpka	
broj crpki	1 + (1)	
dozirni kapacitet za doziranje preko dozirnih ventila	za anionske izmjenjivače	0 - 920 l/h
	za filtar s miješanim slojem	0 - 650 l/h
materijal radnih cjevoda	PE-HD	

Tablica 18
Podaci o dozirnoj jedinici za NaOH

Tablica 16
Osnovni podaci o degazatoru

Ilustracija 10
Izgled novog postrojenja sustava za regeneraciju ionskih smola

Ilustracija 15
Aktualna situacija
na gradilištu
5. veljače 2008.
godine



godine prikazano je u tablici 19, a aktualna situacija na gradilištu početkom veljače 2008. godine na il. 11.

U ožujku 2007. godine su investitor, HEP Proizvodnja iz Zagreba i izvođač, ZM Inženjering iz Zagreba potpisali ugovora na osnovi čega će se izvesti izgradnja novog postrojenja KPV-a s primjenom tehnološkog procesa prema načelu ionskih izmjena s ionskim smolama u fluidizirajućem sloju i protustrujnom regeneracijom ionskih smola te njegovo puštanje u pogon prema načelu 'ključ u ruke'.

Opseg radova je sljedeći:

- projektiranje, izrada, isporuka, ugradnja i puštanje u pogon novog postrojenja KPV-a kapaciteta $3 \times 150 \text{ m}^3/\text{h}$
- projektiranje i izgradnja nove zgrade KPV-a s cjelokupnom infrastrukturom
- projektiranje i izgradnja svih spojnih cjevovoda za spajanje svih radnih medija novog postrojenja KPV-a na postojeće instalacije
- projektiranje i izmještanje postojećih podzemnih instalacija na mjestu zahvata u prostoru. ■

Tablica 19
Stanje aktivnosti na izgradnji
novog postrojenja KPV-a

aktivnost	datum
stupanje ugovora na snagu	22.3.2007.
završetak izrade glavnog projekta	21.5.2007.
predaja glavnog projekta u EL-TO	21.5.2007.
predaja zahtjeva za izdavanje građevne dozvole	29.5.2007.
izvođenje iskolčenja građevine	6.7.2007.
priprema prilaznog puta gradilištu (uklanjanje sloja humusa, navoženje tucanika)	9.7.2007.
Izvedbeni projekt (strojarski i građevinski) - gotovost 100% (izvođač: EKONERG)	16.8.2007.
projektna automatika - gotovost 100% (izvođač: Siemens)	1.9.2007.
čelična konstrukcija zgrade - gotovost 100%	14.9.2007.
izrada filtra, odnosno čelične posude - gotovost 100% (izvođač: TPK Orometal)	30.11.2007.
isporuka injektorske crpke, sapnice za ionske izmjenjivače (izvođač: WBG, Njemačka)	28.9.2007.
isporuka puhala, ventilatora za degazator, dozirne crpke (rok za izradu degazatora bio je 20.12.2007)	5.11.2007.
građevna dozvola	9.10.2007.
prijava gradilišta	1.10.2007.
početak građevinskih radova - iskop	11.10.2007.
osiguranje građevinske jame - pilotiranje	22.11.2007.
građevinski radovi: izmještanje kanalizacije, hidrantske mreže	4.12.2007.
iskop građevinske jame, kanali za cjevovod bunarske vode (početak)	4.12.2007.
kopanje elektrokanala - betoniranje	siječanj 2008.
iskop kanala za cjevovod bunarske vode, polaganje cjevovoda, priključivanje na industrijski vodovod	kraj siječnja 2008.
nabijanje tla građevinske jame	kraj siječnja 2008.
betoniranje podložne ploče u građevinskoj jami	kraj siječnja 2008.
početak postavljanja armature temelja zgrade KPV-a	kraj siječnja 2008.
betoniranje temelja zgrade	4.2.2008.