

Idejna zasnova

Ime projekta:

Priprava demineralizirane vode za projekt: Optimizacija parnega sistema in dvig kapacitete proizvodnje žveplove(VI) kisline

Oznaka:

Sestavil:

Nosilec naloge (ime in priimek):	Datum:	Podpis:
Jaka Kugler, samostojni tehnolog PE Titanov dioksid	7.9.2023	

Sodelavci (ime in priimek):	Datum:	Podpis:
Mitja Gračner, samostojni tehnolog področja PE Titanov dioksid		
Uroš Marjanovič, vodja energetskih naprav PE Vzdrževanje in energetika		

Prejemniki (ime in priimek):	Datum:	Podpis:
Mitja Gračner, samostojni tehnolog področja PE Titanov dioksid		

Pregledal

Predlagatelj: Mitja Gračner, samostojni tehnolog področja PE Titanov dioksid	Datum:	Podpis:
--	--------	---------

KAZALO

1	Opredelitev problema	3
2	Analiza obstoječega stanja tehnologije, naprav in materialov	3
3	Pregled predmetov dela	3
4	Bilanca procesa	4
5	Opis možnih lokacij.....	5
6	Priprava možnih rešitev	5
7	Analiza zakonskega okolja	8
8	Tveganja.....	8
9	Osnove za izvedbo	8
10	Ocena stroškov za posamezno možnost.....	9
11	Ekonomska upravičenost	9

1 Opredelitev problema

Za proizvodnjo električne energije v proizvodnji žveplove(VI) kisline potrebujemo zelo očiščeno demineralizirano vodo, s katero bomo proizvajali pregreto paro pri tlaku 42 bar. Ker trenutno naša demineralizirana voda vsebuje prevelike količine SiO_2 , kot ga je lahko prisotnega v parni turbini, je potrebno poiskati najbolj optimalno tehniko za odstranitev. Zahtevana koncentracija SiO_2 v demineralizirani vodi, ki se uporablja za proizvodnjo pare je $<0,05 \text{ mg/L}$.

Cilji so:

Namenski:

- poiskati najprimernejšo metodo odstranjevanje SiO_2 iz našega vodnega vira (demineralizirana voda),
- potrebno je zagotoviti vsebnost $\text{SiO}_2 < 0,05 \text{ mg/l}$ (vir. Hugo-Petersen),
- zagotoviti ustrezno količino vode primerne za proizvodnjo pare,
- poiskati najprimernejšo lokacijo za namestitev čistilne naprave,
- zagotoviti, da bo izbrana tehnika uporabna tudi v prihodnosti ob možni menjavi vira surove vode (CČN Celje);

Objektni:

- postavitve opreme za odstranitev SiO_2 iz demineralizirane vode (ob potrditvi projekta),
- izvedba potrebnih strojnih (cevne povezave, črpalke), elektro, merilnih in RVAP del,
- vzpostavitev računalniškega vodenja sistema;

2 Analiza obstoječega stanja tehnologije, naprav in materialov

Trenutno se za uparjanje vode v proizvodnji žveplove(VI) kisline uporablja tako imenovana demineralizirana voda. Demineralizirano vodo pridobimo iz surove vode, ki jo črpamo iz reke Hudinje, nato jo zbistimo in filtriramo s peščenimi filtri. Na naslednji stopnji poteka mehčanje vode z ionsko izmenjavo, nato razplinjevanje in obdelava z nadaljnjim sistemom ionske izmenjave za demineralizacijo. Tako očiščena voda ne zagotavlja koncentracije $\text{SiO}_2 < 0,05 \text{ mg/l}$.

V prihodnjih letih je možnost, da bomo menjali vir surove vode. Nov vir vode predstavlja voda iz CČN Celje. Vodo bomo črpali iz končnega bazena čistilne naprave, nato pa bo voda dodatno filtrirana in učiščena s pomočjo ultrafiltracije in reverze osmoze.. Tudi nov vir vode ne zagotavlja konstantne koncentracije $\text{SiO}_2 < 0,05 \text{ mg/l}$ po obdelavi z reverzno osmozo.

3 Pregled predmetov dela

V tem poglavju so predstavljeni parametri demineralizirane vode ter voda iz čistilne naprave Celje (po RO).

Vhodna surovina demineralizirana voda:

PH		7,04
CONDUCTIVITY	qS/cm	2,48
TDS	mg/l	<50
TOTAL HARDNESS	° N	<0,02
CARBON HARDNESS	° N	0,33
COD	mg/l O_2	<10
SULFATE	mg/l	<0,5
PHOSPHATE	mg/l	<0,15
CHLORIDE	mg/l	<0,5
FLUORIDE	mg/l	<0,5
NITRATE	mg/l	<0,5
PATASSIUM	mg/l	<1
KALCIUM	mg/l	<1

Voda iz čistilne naprave Celje (po RO):

PH		5,55
CONDUCTIVITY	qS/cm	8,2
TDS	mg/l	<50 (9)
TOTAL HARDNESS	° N	-
CARBON HARDNESS	° dH	0,5
COD	mg/l O_2	<10 (0)
SULFATE	mg/l	0,15
PHOSPHATE	mg/l	<0,15 (0)
CHLORIDE	mg/l	<0,5 (0,32)
FLUORIDE	mg/l	<0,5 (0)
NITRATE	mg/l	<0,5 (0,31)
PATASSIUM	mg/l	2,7
KALCIUM	mg/l	<1 (0,1)

MAGNESIUM	mg/l	<1
IRON	mg/l	<0,02
MANGANESE	mg/l	<0,01
STRONTIUM	mg/l	<0,1
SiO ₂	mg/l	0,19
BARIUM	mg/l	<0,1

*() – izmerjena vrednost pod točko določljivosti

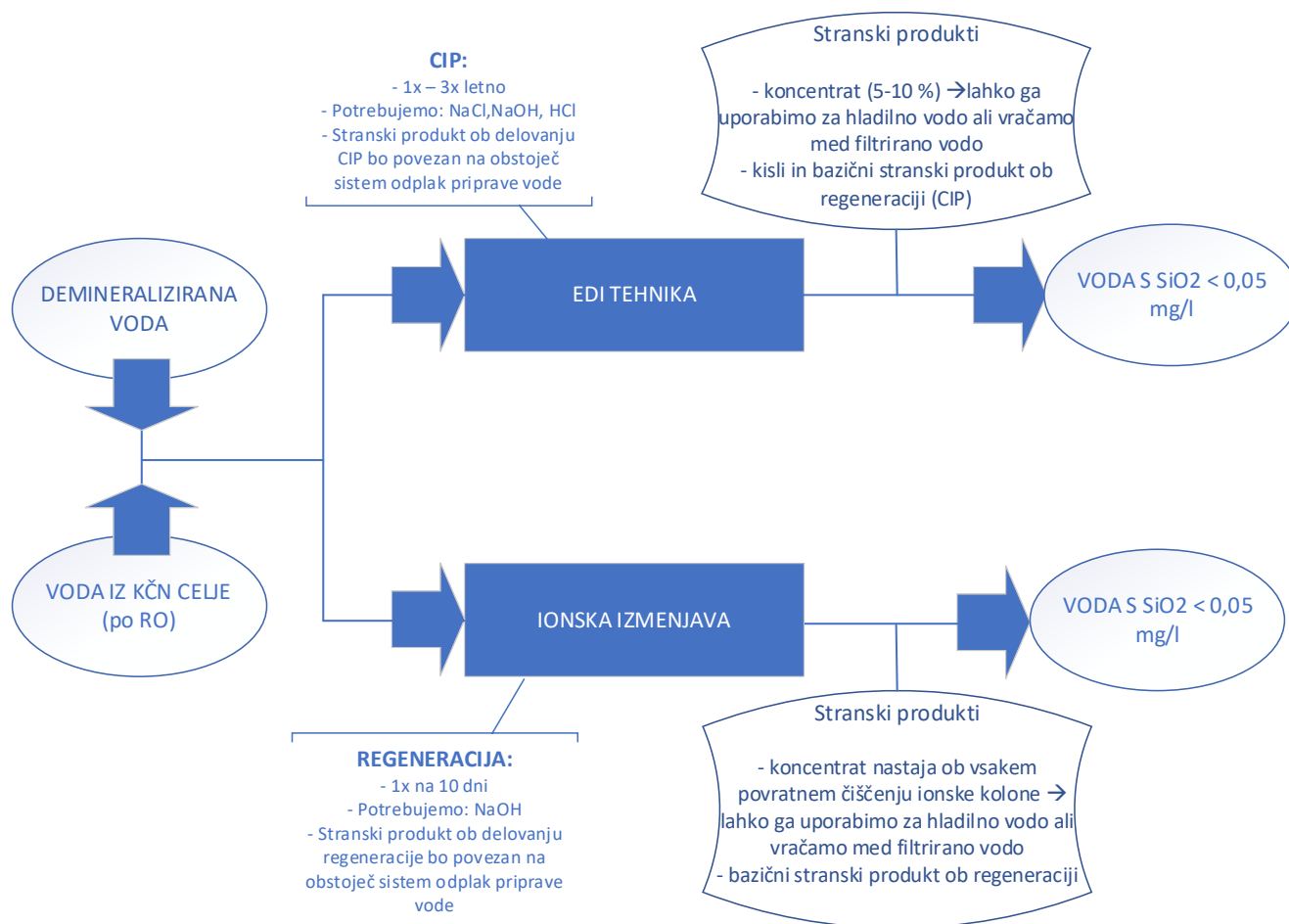
MAGNESIUM	mg/l	<1	(0,02)
IRON	mg/l	<0,02	(0,003)
MANGANESE	mg/l	<0,01	(0)
STRONTIUM	mg/l	<0,1	(0)
SiO ₂	mg/l	0,1	
BARIUM	mg/l	<0,1	(0)

Zagotoviti je potrebno 40 m³/h vode, ki bo vsebovala manj kot 0,05 mg/l SiO₂.

4 Bilanca procesa

Za potrebe proizvodnje pare v sedanjem stanju potrebujemo cca. 33 m³/h demineralizirane vode, kar bo ob ne povečanju proizvodnje žveplove(VI) kisline ostalo enako ob vgraditvi turbine. Ob upoštevanju možnosti povečanja proizvodnje žveplove(VI) kisline smo čistilno napravo dimenzionirali na pretok 40 m³/h.

Slika 1 prikazuje osnovno shemo procesa:



Slika 1: Osnovna shema procesa.

Časovno je potrebno projekt zaključiti pred dokončanjem predelave parnega dela žveplove(VI) kisline. Po trenutnih podatkih je to do 2. kvartala 2025.

Ocenjena poraba električne energije v primeru EDI tehnike je 0,38 kWh/m³. V primeru konvencionalne ionske izmenjave pa je ocenjena poraba manjša in sicer 0,22 kWh/m³.

5 Opis možnih lokacij

Dodatno čistilno napravo bomo postavili v pripravi vode (objekt stare priprava vode). Ocenjeno je da za obe možnosti potrebujemo od 20 m² do 30 m². Predlagana lokacija na sliki 2 je poleg rezervoarja za DEMI vodo S-Kislina - 63.40 C.

EDI : EDI ENOTA (3,7m x 1,9m), CIP ENOTA (2,3m x 2,2m) + črpalke, možnost dodatka filtrirni sklop, UV dezinfekcija

IX : ANIONSKA KOLONA (1,2m x 1,5m), ENOTA ZA PROTITOČNO ČIŠČNJE (1,2m x 1,2m), REGENERACIJSKA ENOTA (3m x 1,5m), rezervoar za regeneracijo



Slika 2: Predlagana lokacija za postavitev izbrane čistilne naprave.

6 Priprava možnih rešitev

Za odstranjevanje SiO₂ do željene vrednosti pod 0,05 mg/l so na voljo različne tehnike. Možne rešitve so reverza osmoza (RO), ionska izmenjava (IX) in elektrodeionizacija (EDI). Ker je v pripravi vode iz CČN Celje že predvidena RO smo se osredotočili na pripravo rešitev z izbiro med ionsko izmenjavo in tehniko EDI.

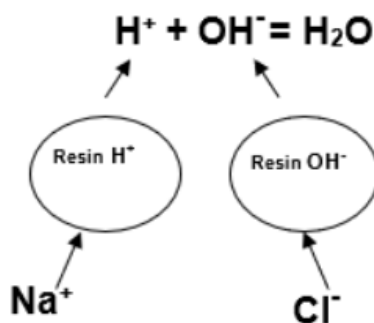
Ionska izmenjava (IX):

Ionska izmenjava je proces, ki se pri čiščenju vode uporablja že več kot 70 let. Ionska izmenjava je reverzibilna kemična reakcija, pri kateri ion (atom ali molekula, ki je izgubila ali pridobila elektron in tako pridobila električni naboj) iz raztopine se zamenja za podobno nabit ion, pritrjen na nepremični delec trdne smole.

Obstajata dve osnovni vrsti smol - kationske izmenjevalne in anionske izmenjevalne smole. Kationske izmenjevalne smole bodo sproščale vodikove (H⁺) ione ali druge pozitivno nabite ione v zameno za katione nečistoč, ki so prisotni v vodi. Anionske izmenjevalne smole bodo sprostile hidroksilne (OH⁻) ione ali druge negativno nabite ione v zameno za anione nečistoč prisoten v vodi. Slika 3 prikazuje delovanje ionske izmenjave.

Ko se smole »izčrpajo«, se uporabi regeneracija za odstranitev koncentriranih onesnaževalcev smole, katera regenerira smolo nazaj v prvotno ionsko obliko. Vbrizgavanje nevarnih kemikalij, kot so žveplova(VI) kislina, klorovodikova kislina in natrijev hidroksid se uporablja za regeneracijo smol nazaj v H⁺ in OH⁻ obliko, kar zahteva skladiščenje teh kemikalij na kraju samem in izpostavljenost operaterja nevarnim kemikalijam. Poleg tega tak postopek šaržne regeneracije zahteva rezervne enote za zagotavljanje stalnega pretoka, ki je potreben za kontinuirne porabnike.

V našem primeru za odstranjevanje silicija (SiO₂) bi uporabili anionsko smolo AmberLite HPR4200 OH ali podobno.



Slika 3: Delovanje ionske izmenjevalne smole.

EDI tehnika:

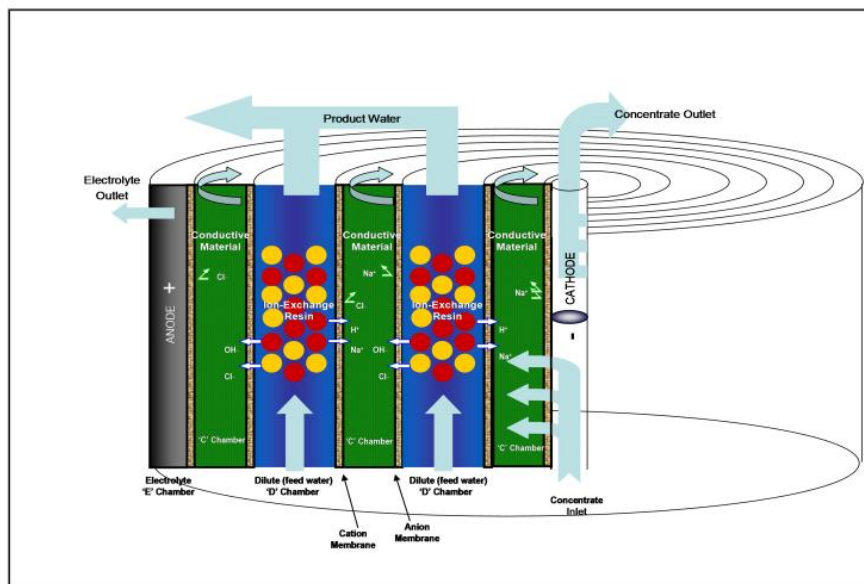
Elektrodeionizacija (EDI) uporablja prednosti čiščenja vode z ionsko izmenjevalno smolo, hkrati pa odpravlja pomanjkljivosti kemične regeneracije, ki se izvaja s kombiniranjem ionsko izmenjevalne smole z elektrodializo. Elementi, potrebni za postopek elektrodialize, so sestavljeni iz ionsko selektivnih kationskih in anionskih membran, elektrod, komor za koncentrat, komor za razredčenje in enosmerni tok. Rezultat je elektrodeionizacija, ki je neprekinjen sistem brez kemikalij, ki ustvarja vodo z visoko upornostjo do 18 meg-ohm-cm.

Modul EDI je sestavljen iz niza komor, napolnjenih z ionsko izmenjevalnimi smolami, katere ločujejo ionsko izmenjevalne membrane. Voda vstopi v modul, kjer uporabljeno električno polje pravokotno na tok prisili ione, da se premikajo skozi smole in čez membrane. Ti ioni nečistoč niso trajno vezani na medij, ampak se namesto tega zbirajo v tokove koncentrata, ki jih je mogoče usmeriti v odtok ali reciklirati. Deionizirano proizvodno vodo je mogoče uporabiti neposredno ali jo dodatno obdelati za večjo čistost vode.

Modul EDI dejansko deluje kot ionska izmenjevalna postelja, ki se nenehno električno regenerira. Ko se ioni premikajo skozi smole in med kationske ali anionske selektivne membrane, se zamenjajo za ione H⁺ in OH⁻. Ioni, ki se vežejo na ionske izmenjevalne smole, se sčasoma preselijo v ločeno komoro pod vplivom zunanjega električnega polja; to prav tako proizvaja ione H⁺ in OH⁻, potrebne za vzdrževanje smol v njihovem regeneriranem stanju. Ioni v ločeni komori se odplaknejo v odpadke.

Omejitve EDI se razlikujejo od običajne ionske izmenjave. V zadnjem scenariju je ionska čistost produktne vode v bistvu omejena s skupnim številom ionov, ki jih prevzamejo smole. EDI je omejen z največjo hitrostjo prehoda ionov. Previsoka ionska obremenitev bo preobremenila modul. EDI se zato pogosto uporablja po reverzni osmozi.

Slika 4 prikazuje delovanje EDI modula.



Slika 4: Delovanje EDI modula.

Prednosti EDI sistema:

Kontinuirana elektrodeionizacija (EDI) je samoregenerativna tehnologija brez kemikalij, ki se uporablja za zagotavljanje doslednega pretoka visokokakovostne deionizirane vode.

EDI je postopek obdelave vode, ki uporablja kombinacijo ionsko izmenjevalnih smol, ionsko izmenjevalnih membran in enosmernega toka za neprekinjeno deionizacijo vode brez potrebe po kemikalijah. Izogibanje kemikalijam pomaga zmanjšati stroške delovanja in vzdrževanja sistemov in s tem izboljša vaš rezultat.

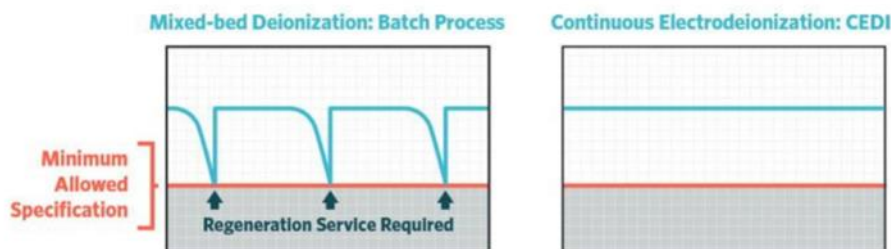
Obe metodi uporabljata ionske smole, vendar je mehanizem odstranjevanja različen. Konvencionalna ionska izmenjava uporablja kemijsko regenerirane ionske smole, ki delujejo v načinu cikla zajemanja ionov do izčrpanja smole in regeneracije smol. Rezultat je preboj ionov na koncu servisnega cikla in izpiranje sredstva za regeneracijo na začetku naslednjega servisnega cikla. Kapaciteta in selektivnost sta najbolj pomembni lastnosti načina delovanja.

EDI uporablja mehanizem reakcije/transporta za odstranjevanje ionov preko smol pod vplivom DC električnega polja. To zahteva kontinuirano pot enako nabitih zrn smole. Transport je v glavnem preko površine zrn smole. Transport skozi zrna smole (delna difuzija) je lahko omejujoča. Nekatere glavnih prednosti EDI napram tradicionalnem mešanem ionskem deionizacijskim sistemu so:

- Ni potrebe po hrabi kisline in luga za regeneracijo, črpanja, nevtralizaciji odpadne vode ali odstranjevanju odpadnih vod, ni obremenjevanja okolja.
- Nižanje operativnih stroškov zaradi manjše potrebe po delovni sili kakor tudi zaradi kemijske regeneracij.
- Bolj varno in konsistentno obratovanje.
- Obratovanje brez prekinitve točenja demi vode, razen v primeru CIP posega.

Slika 5 prikazuje boljše učinkovitost EDI sistema v primerjavo s konvencionalno ionsko izmenjavo.

CEDI OR MIXED-BED DEIONIZATION (MBDI)



Slika 5: Primerjava EDI metode s konvencionalno ionsko izmenjavo.

7 Analiza zakonskega okolja

Potrebno je izpopolniti OVD za opisane nove naprave. Drugih sprememb ne pričakujemo. Spremembe OVD bomo izvedli ob potrditvi projekta.

8 Tveganja

Tehnološki vidik vodenja projekta je zapleten, saj obstaja več naprednih tehnologij, s katerimi lahko dosežemo željen rezultat. Pomembno je, da izberemo najboljšo možno tehniko, katera nam bo omogočala kontinuirno kvaliteto pripravo vode, s katero ne bomo ogrožali delovanja parne turbine. Največji tveganji sta povezani s tehnologijo in sicer izpad proizvodnje in neučinkovito delovanje ionske izmenjave / EDI sistema. Poleg tehnološkega delovanja naprave obstaja tudi tveganje, da presežemo načrtovane stroške investicije in s tem ogrozimo ekonomsko upravičenost projekta. Tekom vodenja projekta bomo še verjetno naleteli na nova tveganja, katera bomo poskušali čim prej identificirati ter odpraviti.

9 Osnove za izvedbo

Kratko opišemo predvidenih del:

- gradbeni del

Potrebne manjše preureditve predvideno v stavbi stare priprave vode. Večjih gradbenih del ne pričakujemo.

- strojni del

Priprava cevnih povezav, rezervoarjev, črpalk. Tehnična oprema bo dobavljena z vsemi vitalnimi deli na podstavku.

- elektro del

Potrebno povezati tehnično opremo na razdelilno postajo v pripravi vode.

Predvidena priključna moč EDI: 11 kW vtočna črpalka, (UV dezinfekcija 1x 430 W), 4x EDI enota (okvirna moč ene enote 2,2 kW), CIP črpalka 2,2 kW.

Predvidena priključna moč IX: 7,5 kW vtočna črpalka, črpalka za BW 5,5 kW, črpalka za regeneracijo 2,2 kW.

- merilni del

Merilniki bodo vsi dobavljeni skupaj s tehnično opremo v skladu s standardi.

- RVAP

Povezava nove opreme na obstoječ sistem.

10 Ocena stroškov za posamezno možnost

Pridobili smo tri različne ponudbe:

TEHNIKA	EDI	EDI	IX
PONUDBNIK	KOLEKTOR	LENNTECH	LENNTECH
OPIS	<ul style="list-style-type: none"> - črpalni sklop - filtrirni sklop 1,2 mikrona (absolutna filtracija) - UV dezinfekcija - elektrodeionizacija EDI (4x modul) 	<ul style="list-style-type: none"> - črpalni sklop - kartušni filter - elektrideionizacija EDI (4x modul) 	<ul style="list-style-type: none"> - anionska kolona - postaja za povratno pranje - regeneracijska enota
PRETOK	40 m ³ /h	40 m ³ /h	40 m ³ /h
CAPEX	Tehnična oprema: 320.000 EUR (+ filtrirni sklop, UV dezinfekcija) + OSTALO 40 % = 110.000 EUR SKUPAJ = 430. 000 EUR	Tehnična oprema: 296.500 EUR + OSTALO 40 % = 105.000 EUR SKUPAJ = 400.000 EUR	Tehnična oprema: 140.000 EUR + OSTALO 40 % = 95.000 EUR SKUPAJ = 235.000 EUR
OPEX	Električna = 0,38 kWh/m ³ Menjava EDI modulov 5-7 let (cena 22.000 EUR) Drugi operativni stroški = 0,02 EUR/ m ³ (poraba kemikalij, vzdrževanje opreme, vložki za filtre)	Električna = 0,38 kWh/m ³ Menjava EDI modulov 5-7 let (cena 33.000 EUR) Drugi operativni stroški = 0,02 EUR/ m ³ (poraba kemikalij, vzdrževanje opreme, vložki za filtre)	Električna = 0,22 kWh/m ³ (ocena) Menjava smole Drugi operativni stroški = 0,001 EUR/m ³ (NaOH za regeneracijo)
DOBAVNI ROK	3-4 mesece (točen dobavni rok ob sprejetju končne ponudbe)	3-6 mesecev (točen dobavni rok ob sprejetju končne ponudbe)	3-6 mesecev (točen dobavni rok ob sprejetju končne ponudbe)

11 Ekonomska upravičenost

Ekonomska upravičenost bo izračunana v sklopu celotnega projekta: Optimizacija parnega sistema in dvig kapacitete proizvodnje žveplove(VI) kisline.