

Obrada otpadnih voda nastalih ispiranjem pješčanih filtara

KUI – 20/2011
Prispjelo 17. lipnja 2010
Prihvaćeno 2. lipnja 2011

N. Zečević,* V. Panjkret i S. Miletić

Petrokemija d. d.,
Profitni centar Proizvodnja gnojiva,
44 320 Kutina, Hrvatska

U procesu obrade sirove vode za potrebe petrokemijske industrije jedan od najvažnijih postupaka je filtracija pomoću pješčanih filtara. Prilikom filtracije sirove vode pješčanim filtrima osim obrađene sirove vode nastaju i otpadne vode tehnološkim procesom pranja pješčanih filtara. Tako nastala otpadna voda neprikladna je za daljnju uporabu budući da je onečišćena zaostalim suspendiranim tvarima te kemijskim spojevima koji se dodaju u tehnološkom procesu bistrenja sirove vode. Kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš ispuštanjem takve otpadne vode te poboljšao cjelokupni sustav obrade sirove vode, u radu je prikazan tehnički postupak obrade otpadne vode nastale ispiranjem pješčanih filtara. Odabranim tehnološkim postupkom uz naknadno taloženje suspendiranih tvari iz otpadne vode omogućava se njezino potpuno iskoristenje vraćanjem u procesni tok. U radu je prikazan sustav obrade otpadne vode koji se sastoji od prihvatnog betonskog spremnika za taloženje, pumpi, cjevovoda te flokulatora za krajnji prihvat otpadne vode. U sustav obrade otpadne vode od pranja pješčanih filtara uključena je otpadna voda od pranja pješčanih filtara za filtraciju vode nakon procesa bistrenja sirove vode, pješčanih filtara za filtriranje rashladne vode te pješčanih filtara za filtriranje izbistrene vode prije obrade ionskom dekarbonatizacijom. Cjelokupni tehnički postupak dimenzioniran je učinkovito uz potpuno automatsko vođenje procesa. Obradom otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara uspješno se kontinuirano vraća u procesni tok pročišćena voda protokom Q od $80 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ do $85 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, bez negativna utjecaja na bistrenje sirove vode. Izvedenim tehnološkim rješenjem postignuta je ušteda u potrošnji sirove vode iz akumulacijskog jezera Pakra od 12 %, uz 50 % uštede prilikom ispuštanja otpadne vode u prirodne vodotoke.

Ključne riječi: *Filtracija, pješčani filtri, obrada otpadne vode*

Uvod

Jedan od najvažnijih tehnoloških postupaka u pripremi vode za potrebe kemijske industrije je dubinsko filtriranje.¹ To podrazumijeva postupak u kojem se čvrsta faza razdvaja od kapljevite propuštanjem suspenzije kroz porozno (zrnato) sredstvo. Isto tako u postupku filtracije moguće je primjenjivati katalitičke i biološke procese kojima se uklanjaju topljene ili suspendirane tvari kao što su željezo, mangan, biorazgradive organske tvari, itd. Operacija razdvajanja čvrste faze od kapljevite na osnovi primijenjene sile koja uzrokuje kretanje tvari dijeli se na:

- gravitacijsku
- vakuumsku
- tlačnu
- centrifugalnu

Prema primjeni u tehnologiji procesni filtri dijele se na jednoslojne, višeslojne, horizontalne i vertikalne.² Ovisno o konstrukciji pješčanog filtra te značajkama sredstva za filtriranje, postižu se različite brzine strujanja i trajanje filtracije, odnosno otpori i opterećenja pješčanih filtara. S obzirom na brzinu protjecanja suspenzije dubinski filtri dijele se na

spore i brze. Budući da se u različitim suspenzijama za filtriranje nalaze različite dimenzije čestica, dubinska filtracija se s obzirom na raspodjelu veličina čestica dijeli na:¹

1. mehaničku – veličina čestica $> 30 \mu\text{m}$
2. kombinaciju mehaničke i fizičko-kemijske – veličina čestica od $30 \mu\text{m}$ do $3 \mu\text{m}$
3. fizičko-kemijsku – veličina čestica od $3 \mu\text{m}$ do $1 \mu\text{m}$
4. koloidnu – veličina čestica $< 0,1 \mu\text{m}$

Akumulacijom naslaga u filtarskom sredstvu smanjuje se brzina protjecanja tekućine kroz filtarsko sredstvo te povećava koncentracija čestica u filtratu, odnosno dolazi do "filtarskog proboja", što može biti iznimno opasno za ionske izmjenjivače uključene u daljnji procesni tok.^{9,11} Kako bi se izbjegla potencijalna opasnost onečišćenja ionskih masa u daljnjem procesnom toku, potrebno je pravodobno provesti postupak odvajanja prethodno zadržanih čestica u filtarskom sredstvu. Odvajanje čestica od filtarskog sredstva provodi se postupkom ispiranja tako da se voda za ispiranje potiskuje u pješčani filter u obrnutom smjeru od normalnog smjera protoka. Prosječna potrebna količina vode za ispiranje pješčanih filtara kreće se u području od $v = 10 \text{ L m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do $18 \text{ L m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ u trajanju od 15 do 60 minuta, ovisno o vrstama nečistoća te vrsti filtracijskog sredstva.³ Brzina strujanja vode pri ispiranju iznosi od 8 m h^{-1} do 10 m h^{-1} . Ispi-

* Autor za dopisivanje: Nenad Zečević, dipl. inž.,
e-pošta: nenad.zecevic@petrokemija.hr

ranjem pješčanih filtara nastaje otpadna voda onečišćena suspendiranim tvarima i kemijskim spojevima koji se dodaju kao pomoćna sredstva za poboljšanu koagulaciju i flokulaciju u procesu bistrenja sirove vode. Budući da tako onečišćena voda može negativno utjecati na okoliš ako bi bila ispuštena u prirodne vodotokove, potrebno ju je na odgovarajući način obraditi i vratiti u procesni tok. Jedna od mogućnosti obrade otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara je ponovno taloženje zaostalih suspendiranih tvari te obrada u flokulatoru u procesu bistrenja sirove vode.^{10,11,12}

Eksperimentalni dio

Radi što učinkovitijeg vraćanja otpadne vode nastale ispiranjem pješčanih filtara iskorišten je postupak taloženja suspendirane tvari iz otpadne vode, koja je uglavnom onečišćena suspendiranim tvarima te kemikalijama zaostalim nakon procesa bistrenja sirove vode u flokulatoru. Izveden je potpuno automatiziran sustav povrata otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara u betonski spremnik TK1 ukupna obujma $V = 380 \text{ m}^3$. Dimenzije betonskog spremnika TK1 su $10\,000 \text{ mm} \times 10\,000 \text{ mm} \times 3\,800 \text{ mm}$. Betonski spremnik TK1 opremljen je pokazivačima razine

vode s alarmima visoke i niske razine vode, ventilom za potpuni ispušt otpadne vode te usisnom cijevi spojenom na centrifugalne crpke P1, odnosno P2. U navedenom betonskom spremniku skuplja se otpadna voda nastala pranjem pješčanih filtara za filtraciju vode nakon procesa bistrenja sirove vode (od F1 do F5), pješčanih filtara za filtriranje rashladne vode (od F6 do F9) te pješčanih filtara za filtriranje izbistrene vode prije obrade ionskom dekarbonatizacijom (od F10 do F12). Tehnološko-tehničke karakteristike pješčanih filtara prikazane su u tablici 1.

Postupak ispiranja pješčanih filtara provodi se preventivno svakih 12 sati, pri čemu tijekom 24 sata nastaje otpadna voda u ukupnoj količini od oko 2000 m^3 . Za operaciju ispiranja pješčanih filtara primjenjuje se kombinacija propuhivanja zrakom pomoću puhala B1 do B6 te ispiranje izbistrenom vodom iz spremnika TK2 ukupna obujma 1800 m^3 pomoću centrifugalnih crpki P3 i P4. Otpadna voda nastala pranjem pješčanih filtara sustavom izvedenog cjevovoda i betonskim kanalima usmjerava se u betonski spremnik TK1. U navedenom spremniku proveden je postupak taloženja suspendiranih tvari iz otpadne vode. Određivanje brzine protjecanja i kontrole taloženja suspendiranih tvari u otpadnoj vodi provodilo se laboratorijskim određivanjem njihove koncentracije⁸ u pravilnim vremenskim razmacima.

Tablica 1 – Tehnološko-tehničke karakteristike pješčanih filtara F1 do F5, F6 do F9 i F10 do F12

Table 1 – Technology-technical characteristics of sand filters F1 to F5, F6 to F9, and F10 to F12

Karakteristika pješčanog filtra Sand filter characteristics	F1 do F5 F1 to F5	F6 do F9 F6 to F9	F10 do F12 F10 to F12
vrsta pješčanog filtra sand filter type	otvoreni/gravitacijski/ dvoslojni/ležeći open/gravity/ double layer/horizontal	otvoreni/gravitacijski/ dvoslojni/ležeći open/gravity/ double layer/horizontal	zatvoreni/tlačni/ dvoslojni/stojeći closed/pressurized double layer/vertical
$Q / \text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	1620	600	675
A / m^2	64	64	9,50
$v / \text{m h}^{-1}$	6,3	4,7	23,70
h_1 / mm	1000	1000	1800
h_2 / mm	300	300	300
h_3 / mm	1000	1000	1000
p / bar	1	1	9
dimenzije filtra, mm dimensions of filter, mm	$10\,000 \times 2\,000 \times 2\,300$	$10\,000 \times 2\,000 \times 2\,300$	$3\,500 \times 3\,100 \times 20$
vrsta filtracijskog nosivog sredstva type of filtration support material	kvarcni pijesak quartz sand	kvarcni pijesak quartz sand	kvarcni pijesak quartz sand
ϕ / mm	1,0 – 2,2	1,0 – 2,2	1,0 – 2,2
$V(\text{filtracijsko nosivo sredstvo}) / \text{m}^3$ $V(\text{filtration support material}) / \text{m}^3$	19,2	19,2	2,85
vrsta filtracijskog sredstva type of filtration material	kvarcni pijesak quartz sand	kvarcni pijesak quartz sand	kvarcni pijesak quartz sand
$V(\text{filtracijsko sredstvo}) / \text{m}^3$ $V(\text{filtration material}) / \text{m}^3$	64	64	17,1
$Q(\text{voda za ispiranje}) / \text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ $Q(\text{water for backwashing}) / \text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	1600	1600	190
$Q(\text{zrak za rahljenje}) / \text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ $Q(\text{air for scouring}) / \text{m}^3 \text{ h}^{-1}$	4800	4800	475
$n(\text{sapnice po pješčanom filtru}) / \text{kom.}$ $n(\text{nozzles per sand filter}) / \text{pc.}$	3584	3584	701

Nakon određivanja optimalna vremena u kojem se postiže maksimalno učinkovito taloženje suspendiranih tvari i flokula zaostalih od kemikalija prilikom doziranja u tehnološkom procesu bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1 centrifugalnim je crpkama P1 i P2 izbistrena voda iz betonskog spremnika TK1 pretočena u primarnu zonu flokulatora KSU1. Zahvaljujući pojedinačnom obujamskom kapacitetu navedenih crpki od $275 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ betonski spremnik TK1 može se isprazniti za jedan sat. Kako bi se izbjeglo narušavanje ravnoteže aktivnog mulja u primarnoj zoni flokulatora KSU1 zbog transporta izbistrene vode iz betonskog spremnika TK1, izveden je sustav nepovratnog odušnog vodenog ventila. Njegovom primjenom omogućeno je automatsko kontinuirano doziranje izbistrene vode iz betonskog spremnika TK1 u flokulator KSU1 bez opasnosti narušavanja ravnoteže bistrenja sirove vode. Istodobno se onemogućuje povratak izbistrene vode u transportni cjevovod nakon prekida rada centrifugalnih crpki P1, odnosno P2. Povrat vode iz flokulatora KSU1 u betonski spremnik TK1 omogućen je radi visinske razlike između razine vode u flokulatoru KSU1 i betonskog spremnika TK1, odnosno zakona spojenih posuda.⁷ Isto tako kontinuirano su laboratorijski određivane uobičajene kemijske karakteristike izbistrene vode na izlazu iz flokulatora KSU1 te na izlazima svih pješčanih filtara, kako bi se utvrdio učinak povrata otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara na tehnološki proces bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1.

Rezultati i rasprava

Na postrojenju za pripremu industrijske vode za energetske i proizvodne potrebe prvi korak je bistrenje sirove vode u flokulatoru KSU1, ukupnog obujamskog kapaciteta $1620 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. U flokulatoru se provodi samo tehnološki proces bistrenja sirove vode uz dodatak $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{ H}_2\text{O}$ i organskog polielektrolita. Tim dodacima uklanjaju se samo suspendirane tvari, bez utjecaja na tvrdoću vode. Prosječna masena koncentracija suspendiranih tvari u sirovoj vodi akumulacijskog jezera Pakra na ulazu u flokulator KSU1 iznosi $\gamma = 26,70 \text{ mg L}^{-1}$. Prosječna masena koncentracija suspendiranih tvari nakon procesa bistrenja, a prije procesa filtriranja pješčanim filtrima iznosi $3,60 \text{ mg L}^{-1}$. Koncentracija suspendiranih tvari i zaostalih kemikalija u izbistrenoj vodi smanjuje se uporabom pješčanih filtara F1 do F5 za filtriranje izbistrene vode iza flokulatora KSU1. Za filtriranje izbistrene vode prije tehnološkog procesa ionske dekarbonatizacije upotrebljavaju se pješčani filtri F10 do F12, dok se za filtriranje rashladne vode upotrebljavaju pješčani filtri F6 do F9. Radni vijek pješčanih filtara u prosjeku iznosi 12 sati, nakon čega slijedi tehnološka operacija ispiranja. Vrijeme rada pješčanog filtra može se procijeniti prema jednadžbi (1):²

$$t = \frac{h_1 \cdot C_f}{v \cdot \gamma} \quad (1)$$

Primjenom navedene jednadžbe te laboratorijskim određivanjem koncentracije suspendirane tvari u izbistrenoj vodi određeno je optimalno vrijeme rada pješčanih filtara, prije "filtarskog proboja". U tablici 2 uspoređena su vremena rada pješčanih filtara određena laboratorijskom analizom koncentracija suspendiranih tvari i procesnih podataka dobivenih mjerenjem pada tlaka vode na ulazu odnosno izlazu pješčanih filtara. Pad tlaka je procesna mjerna veličina

Tablica 2 – Prosječne masene koncentracije suspendiranih tvari u izbistrenoj vodi prije i poslije tehnološke operacije filtriranja pješčanim filtrima F1 do F5, F6 do F9 te F10 do F12 i vremena rada

Table 2 – Average mass concentration of suspended matter in the clarified water before and after the technological operation of filtration with process sand filters F1 to F5, F6 to F9 and F10 to F12 and working time cycles

Procesna veličina Process quantity	F1 do F5 F1 to F5	F10 do F12 F10 to F12	F6 do F9 F6 to F9
γ_{ulaz} (suspendirana tvar) / (mg L^{-1})			
γ_{inlet} (suspended matter) / (mg L^{-1})	3,60	0,80	24,50
γ_{izlaz} (suspendirana tvar) / (mg L^{-1})			
γ_{outlet} (suspended matter) / (mg L^{-1})	0,80	0,20	6,50
Δp / mbar	0,500	0,500	0,500
t (prema suspendiranoj tvari) / h			
t (according to suspended matter) / h	18,50	26,00	24,50
t (prema padu tlaka) / h			
t (according to pressure drop) / h	12,30	14,70	24,00

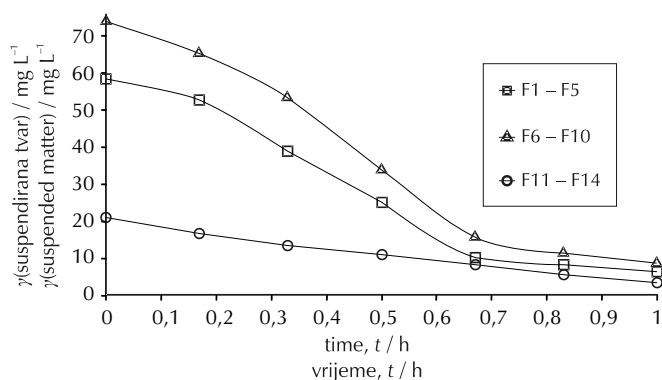
koja ukazuje na onečišćenost pješčanih filtara, nakon čega slijedi tehnički postupak njihova ispiranja. Pad tlaka posljedica je nagomilavanja naslaga unutar filtarskog sloja. Pad tlaka ovisi o površinskoj brzini (v), poroznosti sloja (ϵ), promjeru filtarskog zrnja (d), debljini sloja (δ) te karakteristikama kapljevine.¹ Iskustvena vrijednost pada tlaka koja ukazuje na onečišćenost pješčanih filtara iznosi $0,500 \text{ mbar}$. Iz podataka u tablici 2 vidljivo je da bi se pješčani filtri s obzirom na izračunatu vrijednost dobivenu putem laboratorijski određene koncentracije suspendirane tvari mogli ispirati svaka 24 sata. Međutim radi sigurnosti rada ionskih izmjenjivača te vizualnih iskustvenih podataka, pranje pješčanih filtara F1 do F5 i F10 do F12 provodi se svakih 12 sati, dok se pješčani filtri F6 do F9 peru svaka 24 sata.

Operacija ispiranja pješčanih filtara provodi se tako da se prvo putem puhala B1 do B5 rahli sloj pijeska, nakon čega slijedi pranje pomoću vode i zraka. Završna operacija ispiranja je ispiranje samo pomoću izbistrene vode iz spremnika TK2. Obujam onečišćene vode koja nastaje prilikom pranja pojedinog pješčanog filtra F1 do F5, odnosno F6 do F9 iznosi $V = 300 \text{ m}^3$. Za pješčane filtre F10 do F12 obujam onečišćene vode iznosi $V = 200 \text{ m}^3$ po pranju pješčanog filtra. Tijekom 24 sata pranja pješčanih filtara obujam onečišćene vode naraste do obujma od 1900 do 2000 m^3 . Otpadna voda nastala pranjem pješčanih filtara onečišćena je zaostalim suspendiranim tvarima te kemikalijama koje se upotrebljavaju u procesu koagulacije, odnosno flokulacije u tehnološkom procesu bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1.

Kako bi se spriječilo ispuštanje onečišćene otpadne vode u prirodne vodotoke te istodobno smanjio normativ utroška sirove vode akumulacijskog jezera Pakra, proveden je tehnički postupak taloženja suspendiranih tvari i zaostalih

kemikalija iz otpadne vode u betonskom spremniku TK1 nastale pranjem pješčanih filtara. Nakon taloženja suspendiranih tvari i zaostalih kemikalija izbistrena otpadna voda odvodi se putem centrifugalnih crpki P1, odnosno P2 u primarnu zonu flokulatora KSU1. Za određivanje optimalna vremena taloženja suspendiranih tvari i zaostalih kemikalija iz otpadne vode u betonskom spremniku TK1, provedena su u pravilnim vremenskim razmacima laboratorijska određivanja koncentracija suspendiranih tvari u otpadnoj vodi. Na slici 1 prikazana je ovisnost vremena taloženja o masenim koncentracijama suspendiranih tvari u otpadnoj vodi nakon ispiranja pojedinih pješčanih filtara.

Iz dobivenih podataka vidljivo je da nakon jednog sata dolazi do smanjenja koncentracije suspendiranih tvari u otpadnoj vodi ispod 10 mg L⁻¹. Dobiveni rezultat je osjetno ispod prosječne vrijednosti masene koncentracije suspendiranih tvari u sirovoj vodi akumulacijskog jezera Pakra, odnosno na razini prosječne godišnje vrijednosti koncentracije suspendirane tvari nakon procesa bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1. Dobiveni rezultat odgovara teorijskim postavkama taloženja suspendiranih čestica koje se odvija prema Stokesovom zakonu⁶ te Sternovoj teoriji⁴ flokulacije, odnosno koagulacije.



Slika 1 – Vrijeme potrebno za taloženje suspendiranih tvari iz otpadne vode u betonskom spremniku TK1 nastale pranjem pješčanih filtara F1 do F5, F6 do F9 i F10 do F12

Fig. 1 – Time required for the sedimentation of suspended matter from the wastewater in concrete reservoir TK1 during backwashing of sand filters F1 to F5, F6 to F9 and F10 to F12

Osim toga u ostvarenu brzinu taloženja uključen je i doprinos zaostalih kemikalija Al₂(SO₄)₃ · 18 H₂O i organskog polielektrolita, koji se dodaju u procesu bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1. Zaostale kemikalije u otpadnoj vodi od pranja pješčanih filtara potiču nastanak koloidnih čestica, odnosno flokula. Na taj način ostvaruje se učinkovito taloženje suspendiranih čestica u betonskom spremniku TK1.

Dakle, nakon operacije pranja pješčanih filtara slijedi razdoblje čekanja od oko jednog sata, kako bi se što učinkovitije istaložile suspendirane tvari iz otpadne vode. Nakon toga slijedi transport izbistrene otpadne vode centrifugalnim crpkama P1, odnosno P2 i izvedenog cjevovoda u primarnu zonu flokulatora KSU1 gdje se uspostavlja ravnoteža između dodanih kemikalija te suspendiranih tvari, pri čemu se suspendirane tvari zbog procesa flokulacije i koagulacije talože u sekundarnu zonu flokulatora, odnosno u zonu pražnjenja mulja, dok se izbistrena voda preljevnim kanali-

ma usmjerava prema pješčanim filtrima. Kako bi se izbjeglo narušavanje ravnoteže u primarnoj zoni flokulatora KSU1, zbog povratka izbistrene otpadne vode iz betonskog spremnika TK1 nastale pranjem pješčanih filtara, izveden je automatski odušni vodeni ventil koji odvodi suvišan zrak iz cjevovoda za transport izbistrene otpadne vode. Nakon toga slijedi brtvljenje putem zapornog ventila, što se ostvaruje suviškom vode u posebno izvedenoj metalnoj posudi ukupnog obujma 10 L. Da se spriječi povratak vode iz primarne zone flokulatora KSU1 natrag u betonski spremnik TK1 zbog zakona spojenih posuda nakon završetka transporta izbistrene otpadne vode, prvo se uklanja voda iz posebno izvedene metalne posude te se transportni cjevovod puni zrakom, odnosno onemogućuje se povratak vode iz primarne zone flokulatora KSU1. Opisanim postupkom ostvaruje se potpuno automatsko vođenje tehnološke transportne tehnike izbistrene otpadne vode. Nakon pražnjenja betonskog spremnika TK1 slijedi pražnjenje zaostalog taloga ručnim ventilom kojim je omogućen njegov potpun ispušt. Radi utvrđivanja negativnih posljedica na proces bistrenja sirove vode u flokulatoru KSU1 zbog transporta izbistrene otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara iz betonskog spremnika TK1 provedena je usporedba kvalitete izbistrene vode između uobičajeno ispitivanih kvalitativnih pokazatelja izbistrene vode. U tablici 3 prikazani su prosječni podatci laboratorijskih analiza izbistrene vode prije i poslije operacije povratka otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara. Iz priloženih podataka vidljivo je da nema nikakvih negativnih utjecaja ni na jedan ispitivani pokazatelj kvalitete izbistrene vode.

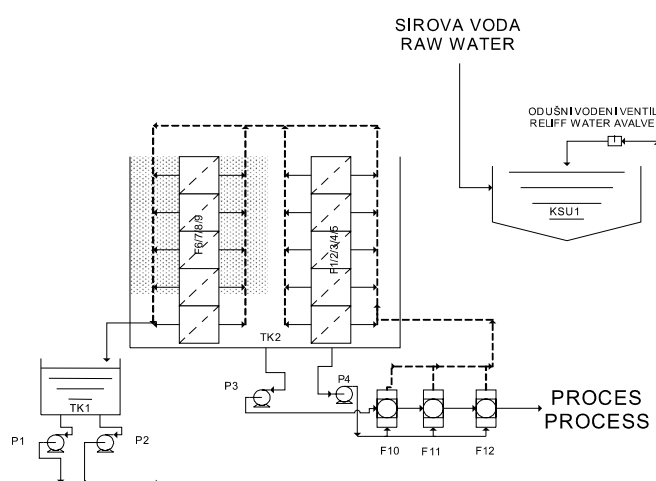
Tablica 3 – Prosječni pokazatelji kvalitete izbistrene vode prije i poslije operacije povratka otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara F1 do F5, F6 do F9 i F10 do F12

Table 3 – Average quality parameters of clarified water before and after treatment of wastewater from backwashing sand filters F1 to F5, F6 to F9 and F10 to F12

Pokazatelj kvalitete izbistrene vode Quality parameters of clarified water	Prije procesa obrade otpadne vode Prior to wastewater treatment	Nakon procesa obrade otpadne vode After wastewater treatment
pH	7,1	7,1
m-alkalitet / mmol L ⁻¹ m-alkalinity / mmol L ⁻¹	1,01	1,01
UT / °dH UT / °dH	5,0	4,9
CaT / °dH CaT / °dH	2,8	2,7
γ _c (KMnO ₄) / mg L ⁻¹ γ _c (KMnO ₄) / mg L ⁻¹	9,9	9,8
γ(suspendirana tvar) / mg L ⁻¹ γ(suspended matter) / mg L ⁻¹	0,25	0,26
γ(Cl ⁻) / mg L ⁻¹	12,8	12,9
γ(Cl ₂) / mg L ⁻¹	0,1	0,1
κ / μS cm ⁻¹ κ / μS cm ⁻¹	255	256

Cjelokupni automatizirani postupak obrade otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara prikazan je na slici 2.

Petrokemija d. d. temeljem zakona o financiranju vodnog gospodarstva (NN 153/09) dužna je plaćati naknadu za zaštitu i korištenje voda, pa se obradom otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara, osim smanjenog ekološkog onečišćenja, smanjuju i troškovi prilikom uporabe sirove vode, odnosno ispuštanja otpadne vode. Uzimajući u obzir obujam otpadne vode od 2000 m³ koji nastaje zbog pranja pješčanih filtara tijekom 24 sata, ukupno se godišnje može uštedjeti oko 730 000 m³ sirove vode iz akumulacijskog jezera Pakra, odnosno ista ta količina ispuštene otpadne vode. Ako se uzme u obzir da se na godišnjoj razini troši oko 6 000 000 m³ sirove vode, odnosno da se ispušta oko 1 500 000 m³ otpadne vode, vidljiva je ušteda na sirovoj vodi od oko 12 %, odnosno oko 50 % na ispuštenoj otpadnoj vodi.



Slika 2 – Sustav obrade otpadne vode nastale ispiranjem pješčanih filtara F1 do F5, F6 do F9 i F10 do F12

Fig. 2 – Treatment system of wastewater from backwashing sand filters F1 to F5, F6 to F9 and F10 to F12

Zaključak

Odabranim tehnološkim rješenjem naknadnog taloženja suspendiranih tvari i zaostalih kemikalija koje se dodaju u tehnološkom postupku bistrenja sirove vode u flokulatoru iz otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara uspješno je riješen problem ispuštanja otpadne vode u prirodne vodotoke. Učinkovito je izveden potpuno automatizirani sustav povrata otpadne vode nastale pranjem pješčanih filtara spajanjem postojeće tehnološke opreme s novoizvedenim cjevovodom uz ugradnju nepovratnog odušnog vodenog ventila. Povrat otpadne vode ostvario se u postojeći procesni tok bez negativnih učinaka na cjelokupni tehnički postupak pripreme vode za industrijske potrebe energetskih i proizvodnih postrojenja Petrokemije d. d. Osim ostvarivanja pozitivnih ekoloških učinaka, ostvarene su i znatne financijske uštede u dijelu uporabe sirove vode iz akumulacijskog jezera Pakra te u dijelu ispuštanja otpadne vode u

prirodne vodotoke. Prosječna financijska godišnja ušteda na uporabi sirove vode akumulacijskog jezera Pakra iznosi do 12 %, dok u dijelu ispuštanja otpadne vode u prirodne vodotoke iznosi do 50 %.

Popis simbola

List of symbols

- | | |
|---------------|---|
| A | – površina za filtriranje, m ²
– filtration area, m ² |
| CaT | – kalcijeva tvrdoća, °dH
– calcium hardness, °dH
$\frac{CaT}{°dH} = \frac{\gamma(CaO)}{10 \text{ mg L}^{-1}}$ |
| C_f | – kapacitet sredstva za filtriranje, kg m ⁻³
– capacity of filtration material, kg m ⁻³ |
| d | – promjer zrnja, mm
– particle diameter, mm |
| h_1 | – visina sredstva za filtriranje, mm
– height of material for filtration, mm |
| h_2 | – visina nosivog sredstva za filtriranje, mm
– height of support material for filtration, mm |
| h_3 | – visina slobodnog prostora iznad filtracijskog sredstva, mm
– height of free space above filtration material, mm |
| d_p | – granulacija filtarskog sredstva, mm
– granulation of filtration material, mm |
| n | – broj komada
– number of pieces |
| p | – tlak, bar
– pressure, bar |
| Q | – obujamski protočni kapacitet filtriranja, m ³ h ⁻¹
– volume flow for filtration capacity, m ³ h ⁻¹ |
| t | – vrijeme, h
– time, h |
| UT | – ukupna tvrdoća vode, °dH
– total hardness of water, °dH
$\frac{UT}{°dH} = \frac{\gamma(CaO)}{10 \text{ mg L}^{-1}}$ |
| V | – obujam, m ³
– volume, m ³ |
| v | – brzina filtriranja, L m ⁻² h ⁻¹ , m h ⁻¹
– filtration rate, L m ⁻² h ⁻¹ , m h ⁻¹ |
| γ | – masena koncentracija, mg L ⁻¹
– mass concentration, mg L ⁻¹ |
| γ_c | – utrošak KMnO ₄ , mg L ⁻¹
– consumption of KMnO ₄ , mg L ⁻¹ |
| δ | – debljina sloja, mm
– layer thickness, mm |
| ε | – poroznost
– porosity |
| κ | – električna provodnost, μS cm ⁻¹
– electrical conductivity, μS cm ⁻¹ |
| °dH | – njemački stupanj tvrdoće vode
– German degree of water hardness |

Literatura References

1. A. Glasnović, Dubinska filtracija, *Kem. Ind.* **41** (5) (1992) 163–176.
2. V. Korać, Tehnologija vode za potrebe industrije, 2. izdanje, Udruženje za tehnologiju vode, Beograd, 1985., str. 63–102.
3. M. Šivak, Tehnologija pripreme tehničkih voda u termoenergetici, Nakladnička djelatnost Marijan Šivak, Zagreb, 2002., str. 91–98.
4. J. R. Brault, *Water Treatment Handbook*, Vol. 1, Degermont, Paris, 1991., str. 131–197.
5. E. A. Stern, Theory of the Anharmonic Properties of Solids, *Phys. Rev.* **111** (3) (1958) 786–797.
6. K. J. Hsü, *Physics of Sedimentology*, Springer-Verlag, Berlin, 1986., str. 25–28.
7. R. H. Perry, D. Green, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6th Ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1986., str. 18/63–78.
8. ASTM D5907-09, Standard Test Method for Filterable and Nonfilterable Matter in Water.
9. V. Korać, Primjena ionskih izmjenjivača, Udruženje za tehnologiju vode, Beograd, 1986., str. 104–105.
10. Z. Song, C. J. William, R. G. J. Edyvean, Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation, *Desalination* **164** (3) (2004) 249–259.
11. P. Jarvis, B. Jefferson, S. A. Parsons, Flocc structural characteristics using conventional coagulation for a high doc, low alkalinity surface water source, *Water Research* **40** (2006) (14) 2727–2737.
12. A. Koohestanian, M. Hosseini, Z. Abbasian, The Separation Method for Removing of Colloidal Particles from Raw Water, *Am.-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* **4** (2) (2008) 266–273.

SUMMARY

Treatment of Wastewater from Backwashing Process Sand Filters

N. Zečević,* V. Panjkret, and S. Miletić

In the process of raw water treatment for use in the petrochemical industry, one of the most important treatments is the filtration process with process sand filters. A by-product of the filtration process of raw water is wastewater. The wastewater results from the technological process of backwashing process sand filters. Wastewater from backwashing sand filters is unsuitable for further use, since it is contaminated with residual suspended matter and chemical compounds that are added in the process of raw water clarification. To reduce the environmental impact of such wastewater and improve overall system processing of raw water, this paper presents the technological treatment of wastewater from backwashing process sand filters. The selected technological process with subsequent sedimentation of suspended matter from the wastewater enables it to be returned into the process stream. This paper also presents a wastewater treatment system, which consists of a concrete sedimentation tank, pumps, pipelines, and flocculator for the final acceptance of the wastewater. The treatment system of wastewater from backwashing process sand filters includes the wastewater from backwashing sand filters for the filtration of the clarified water after clarification of the raw water, sand filters for the filtration of the cooling water and sand filters for filtration of clarified water prior to ion decarbonatisation. The overall technological process is efficiently sized and fully automated. The treatment of wastewater from backwashing process sand filters allows the successful and continuous return of the water in a volume flow, Q , from $80 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ to $85 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, with no negative impact on the clarification of raw water. The constructed technological solution resulted in 12-percent less use of raw water from the Pakra accumulation lake, as well as 50-percent less discharge of the wastewater into natural watercourses.

*Petrokemija d. d., Fertilizer production,
44 320 Kutina, Croatia*

*Received June 17, 2010
Accepted June 2, 2011*