

Programsko orodje za razvrščanje šarž v pripravi surovin v Cinkarni Celje

Darko VREČKO, Anton LOŽAR, Vladimir VREČKO, Vladimir JOVAN

Izveček: V prispevku je predstavljeno programsko orodje za razvrščanje šarž za zmanjšanje nihanja porabe pare v pripravi surovin v Cinkarni Celje. Programsko orodje omogoča razvrščanje šarž za 24 ur vnaprej z upoštevanjem števila šarž, ki jih je potrebno izvesti, povprečnega trajanja šarž in profila porabe pare posameznih šarž. Orodje lahko služi kot podpora pri odločanju operaterjev v procesu priprave surovin. Investicijski stroški razvoja programskega orodja so mnogo manjši v primerjavi z nakupom shranjevalnika pare. Z ustreznim razvrščanjem šarž se lahko zmanjšajo obremenitev kotla pare in izpusti viškov pare.

Ključne besede: razvrščanje šarž, poraba pare, razvoj programskega orodja

1 Uvod

V Cinkarni Celje se pri proizvodnji titanovega dioksida (TiO_2) para porablja v različnih procesih, kot so hidroliza, razklop, šaržna kemična obdelava, priprava surovin itd. [1]. Pri tem se konice porabe pare, ki jih ni mogoče pokriti s paro, ki nastane v proizvodnji, pokrivajo s paro iz kotla. Če želimo zmanjšati dinamiko obremenitev kotla in s tem povečati njegovo življenjsko dobo, je potrebno porabo pare enakomerneje porazdeliti oziroma gladiti. Z glajenjem porabe pare lahko zmanjšamo tudi izpuste viškov pare.

Dr. Darko Vrečko, univ. dipl. inž. el., Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Anton Ložar, univ. dipl. inž. el., INEA, d. o. o., Ljubljana, mag. Vladimir Vrečko, univ. dipl. inž. el., Cinkarna Celje, d. d., Celje, dr. Vladimir Jovan, univ. dipl. inž. el., Institut Jožef Stefan, Ljubljana

Za glajenje porabe pare so bili v procesu hidrolize in razklopu uporabljeni lokalni shranjevalniki pare, v procesu priprave surovin pa smo porabo pare želeli gladiti z razvrščanjem šarž. Pri pripravi surovin se para porablja v različnih šaržah, ki se izvajajo nekajkrat na dan. Para, ki se pri tem porablja, ni zanemarljiva, saj predstavlja približno 20 % celotne porabe pare v proizvodnji TiO_2 [2]. Ker se šarže v pripravi surovin izvajajo samo nekajkrat dnevno, jih je možno razvrstiti tako, da je nihanje porabe pare čim manjše.

Za razvrščanje šarž pri pripravi surovin je bilo razvito programsko orodje, ki izračuna urnik šarž, pri katerem dobimo najmanjše nihanje porabe pare za prihodnjih 24 ur ob upoštevanju števila šarž, trajanja in porabo pare šarž in ostalih omejitev. Orodje za razvrščanje šarž lahko služi kot podpora operaterjem pri proženju šarž, investicija v razvoj orodja pa je bistveno manjša, kot bi bil nakup shranjevalnika pare.

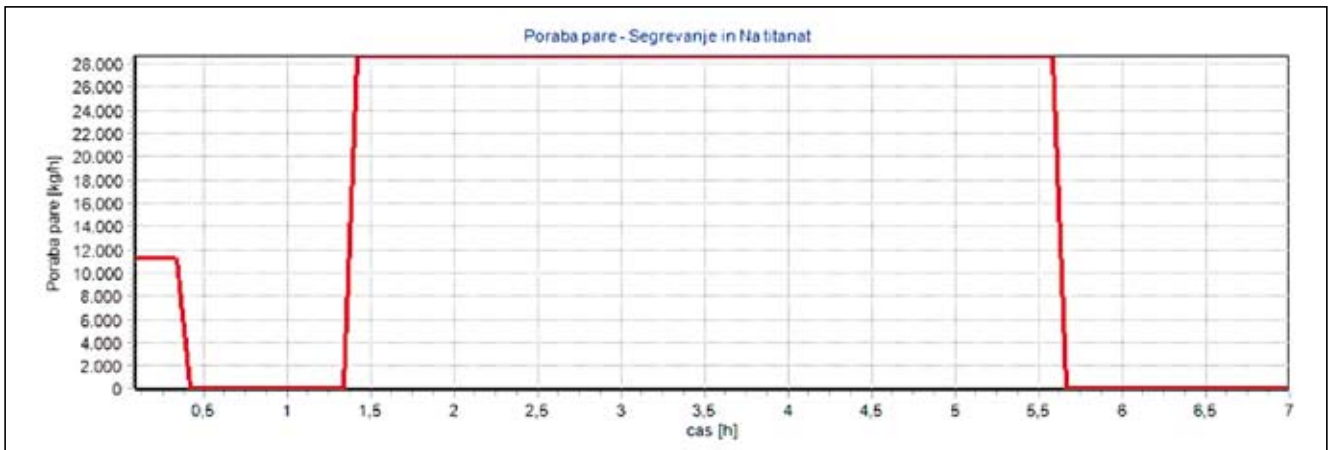
V prispevku je najprej podan profil porabe pare v šaržah v procesu priprave surovin. V nadaljevanju je predstavljeno programsko orodje skupaj z algoritmom za določanje urnika šarž v pripravi surovin. Prispevek zaključujejo najpomembnejše ugotovitve.

2 Profil porabe pare v šaržah v pripravi surovin

Pri pripravi surovin se para porablja v različnih šaržah, ki se izvajajo večkrat na dan [3].

V prvi šarži /Segrevanje in Na-titanat/ se para običajno porablja tako, kot je prikazano na *sliki 1*. Para se najprej porablja za segrevanje, nato pa za pripravo Na-titanata. Šarža traja okoli sedem ur, na dan pa je potrebno izvesti dve, pri čemer je potrebno prvo šaržo končati pred 14. uro.

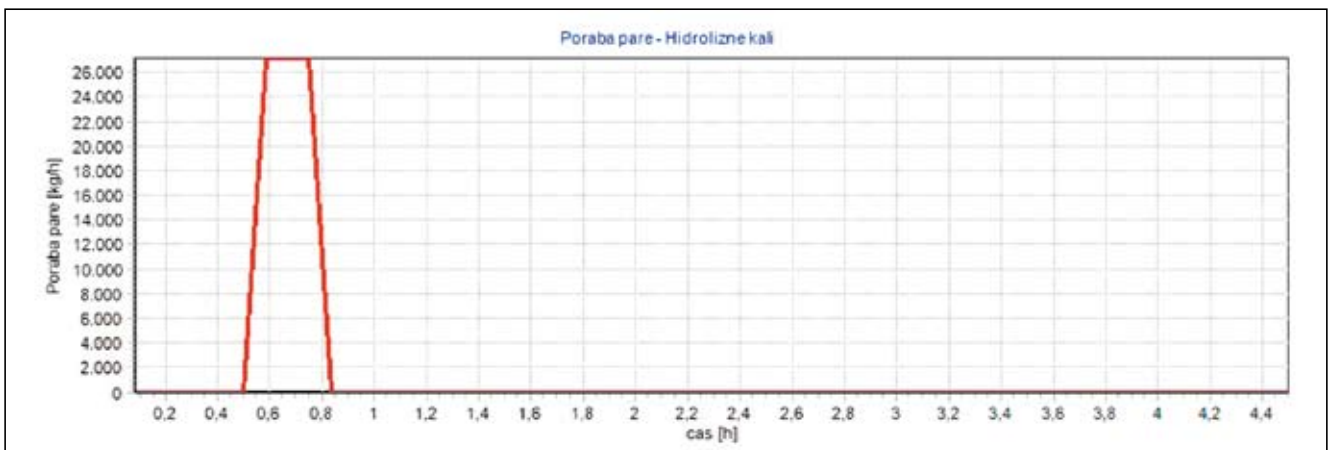
Naslednja šarža segrevanje in peptizacija navadno prav tako traja sedem ur. Začne se s segrevanjem, nato se



Slika 1. Običajni profil porabe pare v šarži /Segrevanje in Na-titanat/



Slika 2. Običajni profil porabe pare v šarži /Segrevanje in peptizacija/



Slika 3. Običajni profil porabe pare v šarži /Hidrolizne kali/

približno pet ur miruje in nato se izvede peptizacija. Običajni profil porabe pare v tej šarži je prikazan na *sliki 2*. Na dan je potrebno izvesti tri takšne šarže.

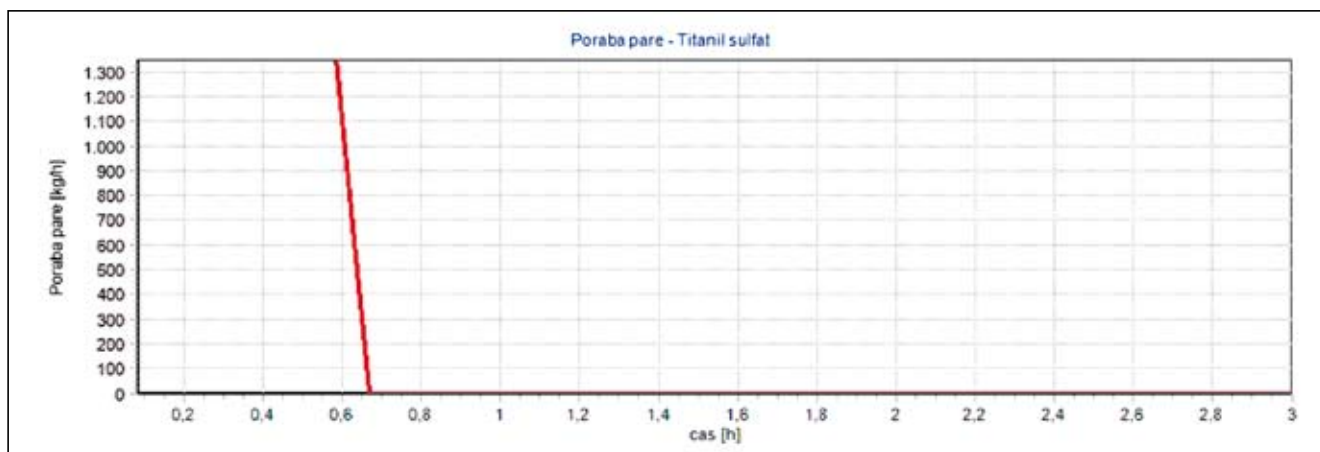
V šarži /Hidrolizne kali/ se para običajno porablja tako, kot je prikazano na *sliki 3*. Šarža običajno traja

okoli štiri in pol ure. Para se znotraj šarže porablja kratek čas, samo okoli pol ure. Na dan je potrebno izvesti tudi do tri takšne šarže.

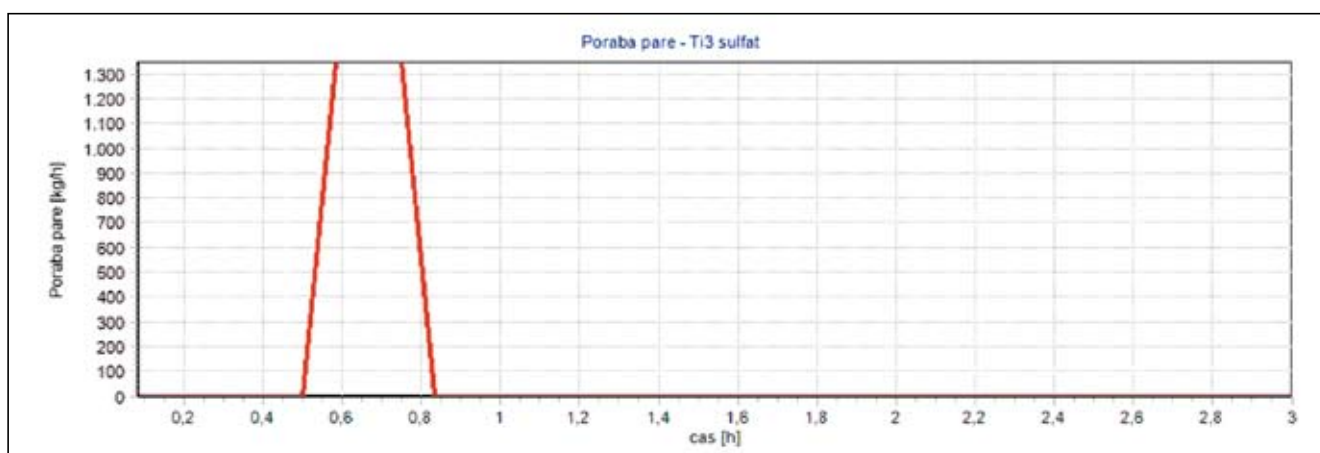
Šarža /Titanil sulfat/ traja okoli tri ure. Običajni profil porabe pare v tej šarži je prikazan na *sliki 4*. Na dan je potrebno izvesti eno takšno šaržo.

Običajni profil porabe pare v šarži /Ti(III) sulfat/ prikazuje *slika 5*. Šarža traja približno tri ure, izvesti pa jo je potrebno enkrat na tri dni.

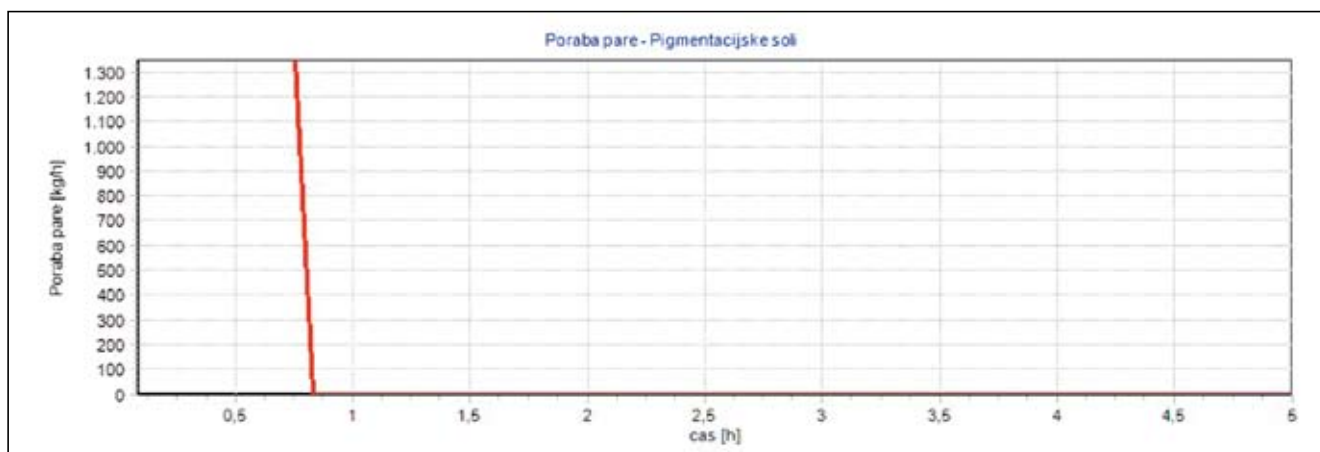
Priprava pigmentacijske soli traja okoli pet ur. Profil porabe pare v tej šarži je prikazan na *sliki 6*. Na dan je potrebno izvesti eno takšno šaržo.



Slika 4. Običajni profil porabe pare v šarži /Titanil sulfat/



Slika 5. Običajen profil porabe pare v šarži /Ti(III) sulfat/



Slika 6. Običajni profil porabe pare v šarži /Pigmentacijske soli/

Del pare se v pripravi surovin porablja tudi kontinuirno. Profil kontinuirne porabe pare je prikazan na *sliki 7*. Kontinuirna poraba pare pade na nič samo pri ustavitvi proizvodnje.

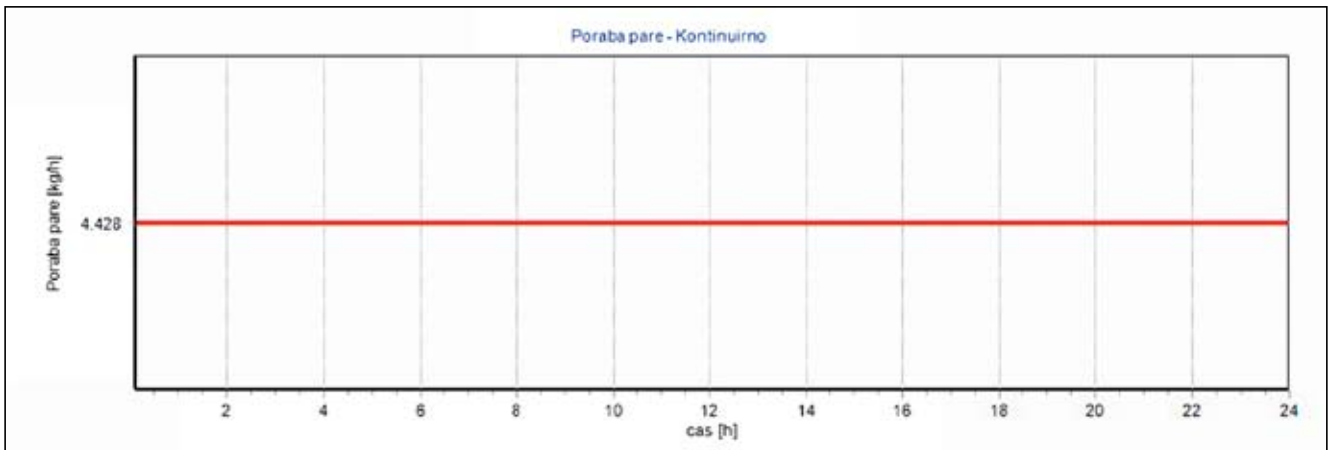
Šarža /Na-aluminat/ navadno traja sedem ur. Običajni profil porabe pare v tej šarži je podan na *sliki 8*. Na dan je

potrebno izvesti do dve takšni šarži, pri čemer je potrebno dopoldansko šaržo končati pred 14. uro.

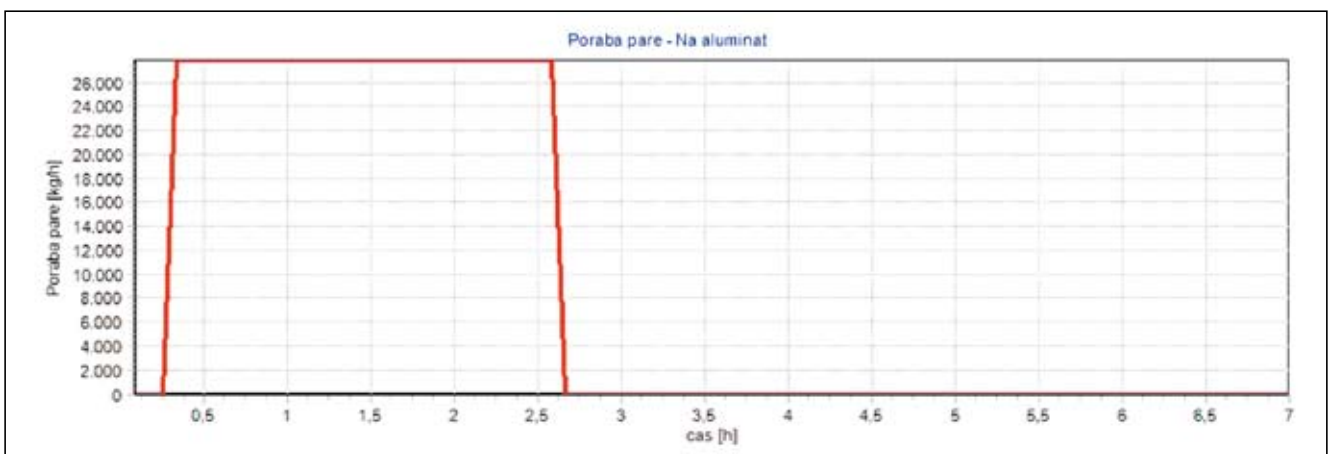
Omeniti je potrebno, da so privzeti profili porabe pare v šaržah zelo poenostavljeni. Privzeta poraba pare je znotraj posameznih operacij konstantna in enaka maksimalni. V realnosti

poraba pare ni konstantna, ampak niha med nič in maksimalno vrednostjo. Poleg tega velja, da ne moremo začeti naslednje, enake šarže, dokler se šarža ne konča.

Šarže lahko razdelimo glede na velikost porabe pare. Največjo porabo pare dobimo pri šaržah /Segrevanje



Slika 7. Kontinuirna poraba pare



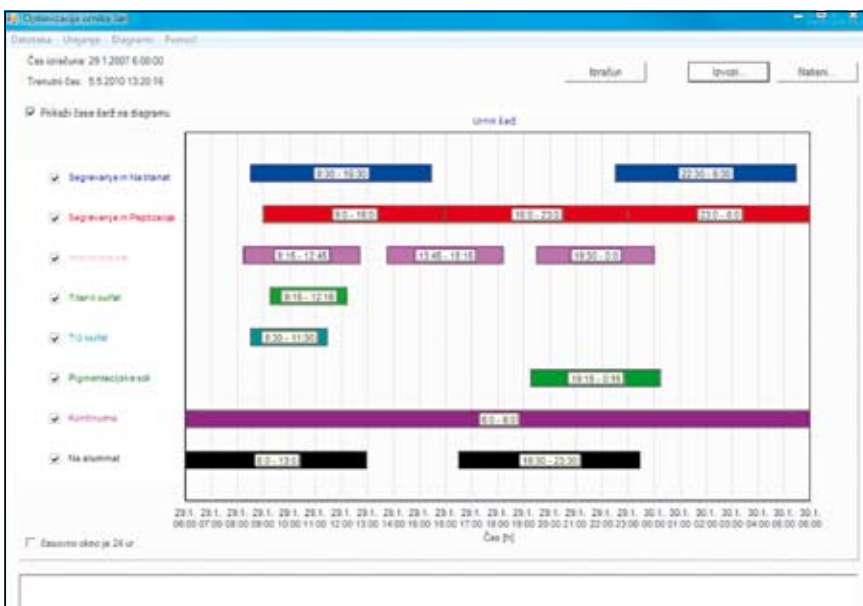
Slika 8. Običajni profil porabe pare v šarži /Na-aluminat/

in Na-titanat/, /Segrevanje in peptizacija in Na-aluminat/. Malo manjšo porabo pare pri šaržah /Titanil sulfat in pigmentacijske soli/, najmanjšo pa pri šaržah /Hidrolizne kali/ in /Ti(III) sulfat/.

■ 3 Programsko orodje za razvrščanje šarž v pripravi surovin

Razvito je bilo programsko orodje, ki lahko služi kot podpora operaterjem

pri proženju šarž v pripravi surovin. Orodje izračuna urnik proženja šarž za naslednjih 24 ur, pri katerem dobimo najmanjše nihanje porabe pare. Pri tem se predpostavlja, da bo profil porabe pare v šaržah približno takšen, kot ga nastavi operater. Programsko orodje smo načrtali v okolju Visual Basic.NET ver 7.1. Glavno okno programskega orodja za razvrščanje šarž je prikazano na sliki 9.



Slika 9. Glavno okno programskega orodja za razvrščanje šarž

V zgornjem levem robu glavnega okna vidimo padajoče menije: Datoteka, Urejanje, Diagrami in Pomoč. Na sredini glavnega okna je prikazan zadnji izračunan urnik šarž, spodnja vrstica glavnega okna pa je namenjena izpisu opozoril.

Znotraj menija Datoteka operater shrani ali prebere zadnje nastavitve. V meniju Urejanje operater definira profil porabe pare v šaržah ter izbere število in omejitve šarž. Okno za definiranje profila porabe pare v šaržah je prikazano na sliki 10.

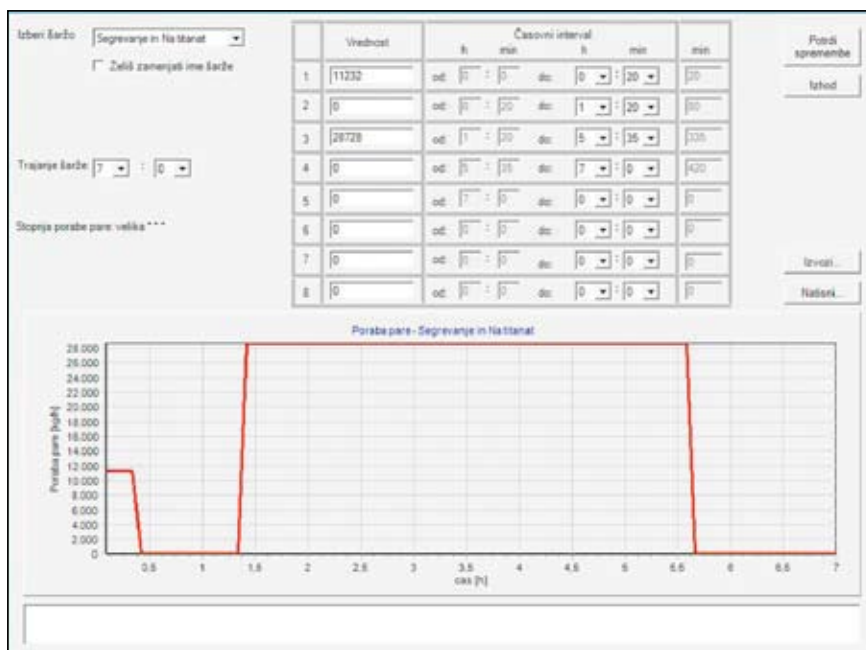
V oknu za definiranje šarž lahko operater nastavi dolžino trajanja šarž in običajni profil porabe pare znotraj šarž. V oknu za izbiranje šarž, ki je prikazano na *sliki 11*, pa operater nastavi čas začetka proženja šarž, označi šarže, ki so še v teku, določi število šarž, ki jih je potrebno razvrstiti, in določi čas, do katerega se morajo končati prve šarže.

V meniju Pomoč ima operater dostop do datoteke s podrobnimi navodili za uporabo programskega orodja [4].

Ko operater definira vse šarže in izbere vse parametre za razvrščanje šarž, zažene izračun urnika šarž za naslednjih 24 ur pri katerem bo nihanje porabe pare v pripravi surovin najmanjše. Šarže se razvrščajo po algoritmu, ki predstavlja glavni del orodja.

3.1 Algoritem za razvrščanje šarž v pripravi surovin

Algoritem deluje tako, da računa standardno deviacijo skupne porabe pare šarž v pripravi surovin za veliko število urnikov šarž in izbere tistega, pri katerem je standardna deviacija porabe pare najmanjša. Algoritem preizkusi samo tiste urnike šarž, ki ustrezajo omejitvam, ki jih poda operater. Ker je vseh takšnih urnikov kljub temu preveč, se njihovo število omeji, in sicer tako, da se iskanje optimalnega urnika šarž razdeli na tri dele [5].



Slika 10. Okno za definiranje profila šarž

V prvem delu se razvrstijo šarže, pri katerih je poraba pare največja (/Segrevanje in Na-titanat/, /Segrevanje in Peptizacija/ in /Na-aluminat/). Pri tem se preizkusijo vse možne kombinacije šarž s premikanjem šarž za 30 minut. Urnik šarž, pri katerem je standardna deviacija oziroma nihanje porabe pare najmanjše in ki zadosti vsem omejitvam, se fiksira. Vse nadaljnje šarže se nato prištevajo k dobljenemu urniku.

V drugem delu se na podoben način razvrstijo šarže z nekoliko manjšo porabo pare (/Titanil sulfat/ in /Pigmentacijske soli/). Preizkusijo se vse možne kombinacije omenjenih dveh

šarž s premikanjem šarž za 15 minut. Dobljeni urnik šarž se fiksira in vse nadaljnje šarže se prištevajo k temu urniku.

V tretjem delu se na podoben način razvrstijo še šarže z najmanjšo porabo pare (/Hidrolizne kali in /Ti(III) sulfat/). Tudi v tem primeru se preizkusijo vse možne kombinacije omenjenih dveh šarž s premikanjem šarž za 15 minut.

Algoritem na ta način določi urnik šarž v pripravi surovin, ki je približno optimalen v smislu najmanjšega nihanja porabe pare. Primer nihanja porabe pare pri nekem dobljenem urniku šarž je prikazan na *sliki 12*.

Konec izračuna: 6 : 0
Začetek izračuna: 6 : 0 : 29. januar 2007

Ime šarže	Šarže v teku		Nove šarže		Časovna omejitev prve šarže		Izhod
	Izbira	Začetek šarže h min	Izbira	Število šarž	Izbira	Konec šarže h min	
1. Segrevanje in Na titanat	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	15 : 30	
2. Segrevanje in Peptizacija	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	:	
3. Hidrolizne kali	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	:	
4. Titanil sulfat	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	14 : 0	
5. Ti3 sulfat	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	14 : 0	
6. Pigmentacijske soli	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	:	
7. Kontinuirno	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	:	
8. Na aluminat	<input type="checkbox"/>	:	<input checked="" type="checkbox"/>	2	<input checked="" type="checkbox"/>	18 : 30	

Slika 11. Okno za izbiranje šarž

Vidimo, da je v prikazanem urniku šarž skupni diagram porabe pare v pripravi surovin skoraj brez večjih konic, krajši konici nastopita samo v dopoldanskem času.

Načrtano programsko orodje je bilo nekaj mesecev testirano v Cinkarni Celje. V tem obdobju so se pokazale njegove prednosti in tudi nekatere pomanjkljivosti. Pokazalo se je, da je potrebno operaterje dobro pripraviti za delo z orodjem, če želimo z njim doseči optimalne rezultate. Poleg tega se je pokazala potreba po dopolnitvi orodja s povezavo z bazo sprotnih meritev, ki bi omogočala samodej-

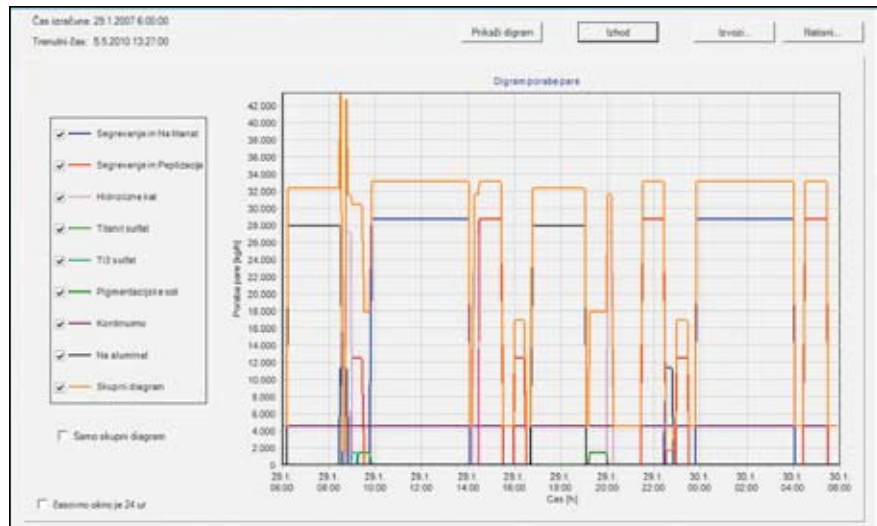
no nastavljanje profila porabe pare v šaržah. Z nekaterimi modifikacijami bi bilo mogoče programsko orodje uporabiti tudi v drugih procesih v proizvodnji TiO_2 .

4 Zaključek

V prispevku je predstavljeno programsko orodje za razvrščanje šarž za zmanjšanje nihanja porabe pare v pripravi surovin v Cinkarni Celje. Orodje lahko služi kot podpora operaterjem pri proženju šarž, investicija v razvoj programskega orodja pa je bistveno manjša kot za nakup shranjevalnika pare. Z glajenjem porabe pare, ki jo pri tem dobimo, želimo zmanjšati obremenitve kotla in s tem povečati njegovo življenjsko dobo, zmanjšati pa želimo tudi izpuste viškov pare.

Operater lahko v programskem orodju nastavi profil porabe pare v šaržah, trajanje šarž, število šarž in omejitve pri izvajanju šarž. Na osnovi teh informacij algoritem določi urnik šarž za naslednjih 24 ur, pri katerem je nihanje porabe pare najmanjše. Najprej se razvrstijo šarže z največjo porabo pare, nato tiste z nekoliko manjšo porabo in na koncu še šarže z najmanjšo porabo pare.

Nekajmesečno testiranje programskega orodja v Cinkarni Celje je pokazalo, da daje orodje obetavne rezultate,



Slika 12. Primer nihanja porabe pare pri dobljenem urniku šarž

potrebne pa bodo še nekatere funkcionalne dopolnitve, kot je povezava z bazo sprotnih meritev, ki daje možnosti za samodejno nastavljanje profila porabe pare v šaržah.

Literatura

- [1] Podgoršek-Selič, N.: Bilanca pare pri proizvodnji 56.000 t TiO_2 /leto. Izdaja 3.0. Delovno poročilo. Cinkarna Celje, 2005.
- [2] Vrečko, D. in Jovan, V.: Študija možnosti glajenja porabe pare v pripravi surovin pri proizvodnji TiO_2 v Cinkarni Celje. IJS Delovno poročilo, 2005.
- [3] Vrečko, D.: Določanje optimalnega urnika šarž v pripravi surovin

pri proizvodnji TiO_2 v Cinkarni Celje, IJS Delovno poročilo, 2006.

- [4] Ložar, A. in Vrečko, D.: Program za določanje optimalnega urnika šarž v pripravi surovin pri proizvodnji TiO_2 v Cinkarni Celje, INEA Delovno poročilo, 2006.
- [5] Sule, D. R.: Industrial scheduling, PWS Publishing Company, 1997.

Zahvala

Za finančno podporo se zahvaljujemo Evropskemu skladu za regionalni razvoj.

A software tool for the scheduling of batches in the raw-material preparation process in Cinkarna Celje

Abstract: In this paper a software tool for the scheduling of batches to reduce the oscillations of steam consumption in the raw-material preparation process in the Cinkarna Celje is presented. The batches are scheduled for 24 hours in advance by taking into account the number of batches produced, their average duration, and the steam consumption profile of each batch. Software can be used as a decision-support tool for the operators of raw-material preparation. The investment costs for the software tool are much smaller in comparison with the implementation of the steam accumulator. A proper scheduling of the batches can reduce the steam boiler's demands and excess steam emissions.

Key words: scheduling of batches, steam consumption, development of a software tool