

## **RAZVOJ NOVOG PROCESA KOKSOVANJA, SCOPE 21**

## **DEVELOPMENT OF NEW COKING PROCESS, SCOPE 21**

**Prof.dr. Sulejman Muhamedagić, dipl.inž.  
Doc.dr. Hasan Avdušinović, dipl. inž.  
Univerzitet u Zenici,  
Fakultet za metalurgiju i materijale  
Travnička cesta 1, 72000 Zenica, BiH**

**Kategorizacija rada:** Pregledni rad

### **SAŽETAK**

*U procesu proizvodnje gvožđa i čelika, troše se znatne količine goriva i sirovina. Metalurški koks kao gorivo, redukciono sredstvo i materijal koji uslovljava propusnost u visokopećnim procesima mora da posjeduje određenu zrnovitost i izražita svojstva u pogledu čvrstoće, zbog očekivanih promjena u uslovima visokih temperatura. U svijetu je povećana potražnja za kvalitetnim metalurškim koksom. Cilj razvoja novog procesa koksovanja je bio istraživanje mogućnosti proizvodnje kvalitetnog metalurškog koksa korištenjem dijela jeftinijih i slabo koksujućih ugljeva. Novi proces proizvodnje metalurškog koksa treba da obezbijedi: visoku produktivnost koksare, uštede energije, smanjenje investicionih troškova i poboljšanje životne i radne sredine u odnosu na konvencionalne koksare. U ovom radu prikazan je novi proces proizvodnje metalurškog koksa SCOPE 21.*

**Ključne riječi:** proces, ugalj, koks, čelik

### **ABSTRACT**

*In the process of production of iron and steel substantial amounts of fuel and raw materials are consumed. Metallurgical coke as fuel, reducing agent and material that provide gas flow trough blast furnace processes must possess certain properties in terms of strength, due to expected changes in the conditions of high temperature environment. Demand for high-quality metallurgical coke in the world is continuously increasing. The aim of developing a new coking process has been exploring the possibilities of producing high-quality metallurgical coke using cheaper and lower quality coking coals. New metallurgical coke production process should provide: high productivity, of coke ovens, energy saving, reduction of investment cost and improve the living and working environment in comparison to conventional coke ovens. This paper presents a new production process of metallurgical coke, SCOPE 21.*

**Keywords:** process, coke, coal, steel

### **1. UVOD**

Osobine čelika kao što su tvrdoća, duktilnost, zatezna čvrstoća, mogu se kreirati i kontrolisati u veoma širokom spektru, što čelik čini osnovnim metalnim konstrukcionim materijalom. U procesu proizvodnje čelika, troše se znatne količine goriva i sirovina i nastaju velike količine

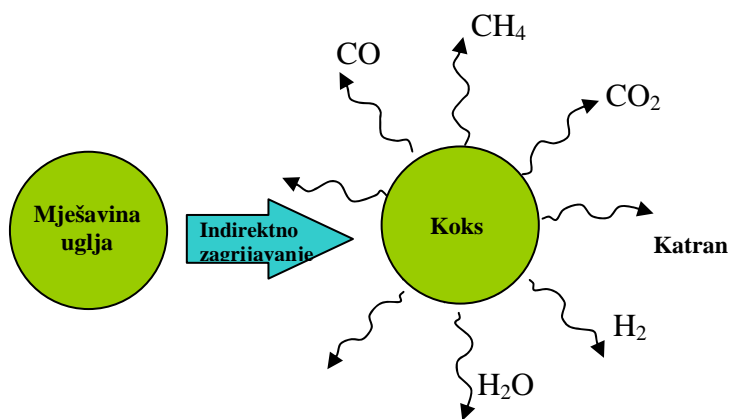
nus-proizvoda (plinoviti, čvrsti) koje imaju uticaj na zagađenje životne i radne sredine. Cilj svake tehnologije je da se na bazi raspoloživih sirovina proizvede takv proizvod, koji će svojim osobinama i sastavom zadovoljiti namijenjenu funkciju a proces proizvodnje da ima što manji uticaj na zagađenje radne i životne sredine. U 2013. godini u svijetu proizvedeno je 1 582 493 000 tona čelika, odnosno 70 % ili 1 107 746 000 tona čelika proizvedeno je po LD postupku (BOS-Basic Oxygen Steelmaking), tehnološka linija: Koksara-Aglomeracija-Visoka peć-Konvertor. Ostalih 30 % ili 474 747 000 tona čelika proizvedeno je elektro postupkom, tehnološka linija: Priprema skrapa-Elektro peć. U 2013. godini proizvedeno je 1 164 612 000 tona sirovog gvožđa, 722 010 000 tona metalurškog koksa i prerađeno je 924 176 000 tona koksujućih ugljeva [1].

Industrija čelika u svijetu doživljava velike promjene kao što je nedostatak kvalitetnih sirovina i goriva, ogromn porast cijena prirodnih resursa, energije i troškova transporta i pooštrena zakonska regulativa u oblasti zaštite radne i životne sredine. Japanska industrija čelika je poduzela niz tehnoloških mjera u procesu proizvodnje čelika, kako bi se ublažio uticaj porasta cijena resursa i energije i ostvarile uštede energije i poboljšali uslovi radne i životne sredine. Te mjere uključuju razvijanje kontinuiranih procesa i novih tehnologija u procesu proizvodnje i prerade čelika te korištenje otpadne energije, recikliranje svih nus-produkata. Ove promjene u tehnologiji omogućuju kontinuirano održavanje industrijske konkurentnosti sa promjenama cijena ulaznih sirovina.

Nastali tehnički progres u visokopećnoj proizvodnji gvožđa kao što su: intenzifikacija procesa, zahtjevi za smanjenje specifične potrošnje koksa, gradnja visokovolumnih peći, ugradnja bezzvonskih uređaja za zasipanje peći, postavljaju se strožije zahtjevi u pogledu čvrstoće koksa, zrnovitosti, njegove reaktivnosti, plinske propusnosti kao i izboru pouzdanih metoda za njihovu procjenu. Stepem promjene koksa zavisi od veličine peći, uslova eksploatacije i njegovog kvaliteta prije ulaganja u peć. Promjene fizičko-mehaničkih osobina koksa u uslovima visokih temperatura i njihov uticaj na rad peći posmatraju se u ovisnosti od osobina uglja, uslova koksovanja i osobina proizvedenog koksa.

## **2. KONVENCIONALNI PROCES PROIZVODNJE KOKSA**

Dobivanje koksa iz ugljene mješavine vrši se u koksni pećima. Između zidova dviju komora po čitavoj dužini raspoređeni su zagrijevni kanali u kojima se vrši sagorijevanje loživog plina, a toplota nastalih produkata gorenja kroz zidove prenosi se na mješavinu. U procesu zagrijavanja ugljene mješavine bez prisustva zraka dolazi do složenih hemijskih i fizičko-hemijskih promjena organske materije u mješavini, a kao rezultat toga nastaju plinoviti proizvodi i nakon 14 do 20 sati obrazuje se tvrdi ostatak. tj. koks. Sirovi koksni plin sadrži (katran, benzol, amonijak i hidrogen sulfid) i određenu količinu sitnih čestica ne koksovanog uglja i koksa. Istovremeno nastaju fizičke promjene koje bitno utiču na proces koksovanja. Na slici 1 dat je osnovni šematski prikaz transformacija ugljene mješavine u koks [2]. Proces koksovanja se odvija u određenim stadijima koji se dešavaju u određenim temperaturnim intervalima u ovisnosti od vremena koksovanja. U tabeli 1 dat je hemijski sastav sirovog koksog plina prije hlađenja [3].

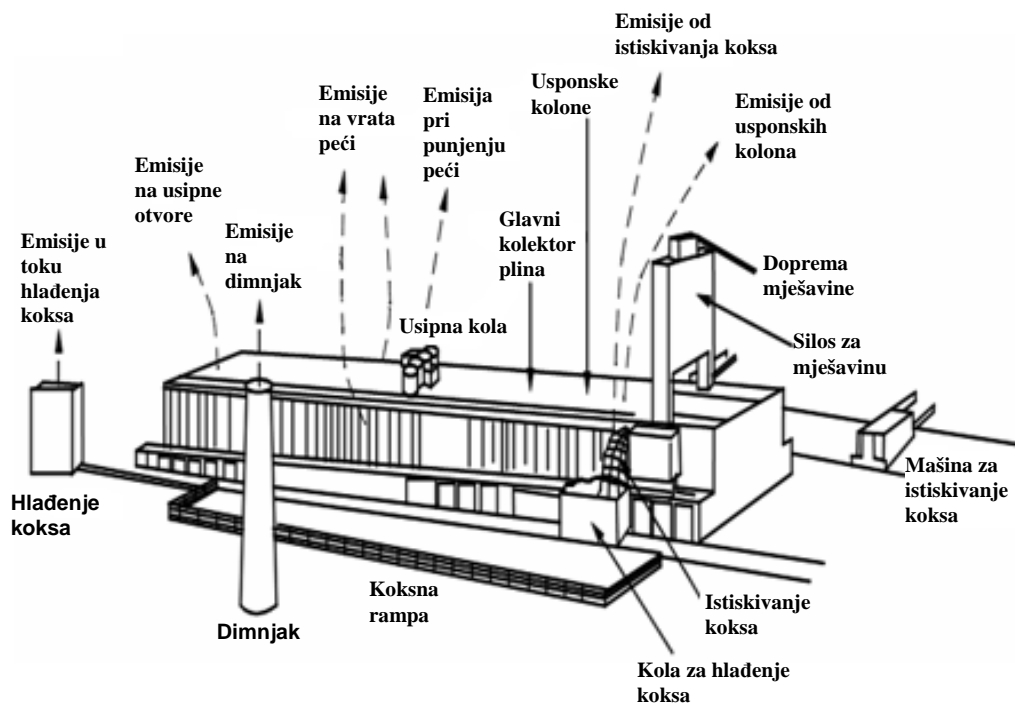


Slika 1. Transformacija ugljene mješavine u koks [2]

Tabela 1. Hemijski sastav sirovog koksnog plina prije hlađenja [3]

H <sub>2</sub> O para	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> C <sub>m</sub>	H <sub>2</sub> S	Amonijak	Naftalin	Benzol	Katran
%								g/Nm <sup>3</sup>			
43	29	13	5	3	2	1	14	mak. 8,5	mak. 10	mak.30	mak.40

Kod konvencionalnog procesa proizvodnje koksa stvaraju se štetne materije koje dospijevaju u zrak, vodu i tlo. Izvori emisije u zrak na koksari mogu biti kontinuirani i diskontinuirani. Na slici 2 dati su izvori emisije u zrak na konvencionalnoj koksoj bateriji [4]



Slika 2: Izvori emisije u zrak na koksoj bateriji [4]

### 3. RAZVOJ SCOPE 21

U Japanu su postignuta najveća saznanja o primjeni, ponašanju i promjeni koksa u tehnološkom procesu visoke peći. Utvrđeno je da koks počinje da se mijenja u donjem dijelu trupa peći i da se najveći stepen degradacije koksa obavi prije ulaska u zonu duvnica. Dosadašnja saznanja o ponašanju koksa u visokoj peći ukazuju da odlučujući uticaj koksa na rad peći počinje kod visokih temperatura kada dolazi do promjene strukturnih i mehaničkih svojstava koksa uz istovremeni uticaj faktora koji su prisutni u visokopećnoj sredini. Poseban uticaj na koks ima agresivno djelovanje CO<sub>2</sub>, vodena para, alkalije i abrazivni uticaj ukupnog zasipa. Navedeni faktori pojedinačno ili kompleksno uslovljavaju destrukciju strukture koksa, a time i promjene granulometrijskog sastava i mehaničkih osobina, što dovodi do promjena plinsko-dinamičkih i metalurško-tehnoloških uslova u radnom prostoru visoke peći.

Da bi se u potpunosti odredio kvalitet koksa neophodno je definirati:

- uslove koji vladaju u visokoj peći,
- hemijske osobine i sastav koksa,
- fizičko-mehaničke osobine koksa,
- fizičko-hemijske osobine koksa,
- reaktivnost koksa (CRI) i čvrstoću koksa poslije reakcije sa CO<sub>2</sub> (CSR).

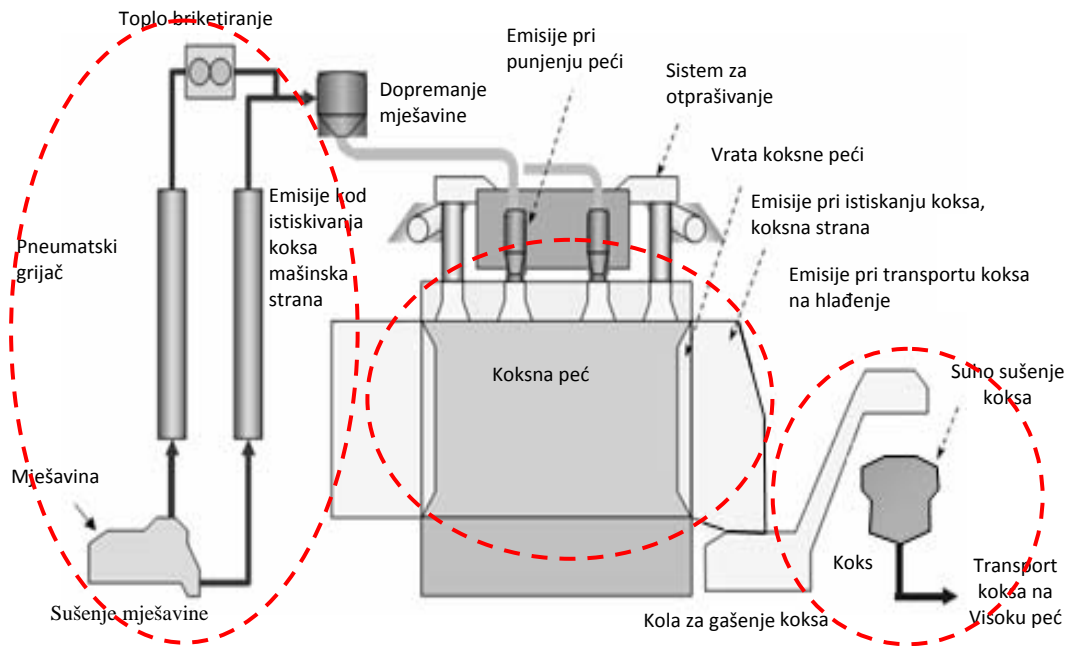
U periodu 1994-2003. godine u Japanu je rađen istraživački i razvojni projekat „SCOPE 21“: (Super Coke Oven for Productivity and Environment Enhancement for the 21<sup>st</sup> Century) - “Super koksara za povećanje produktivnosti i poboljšanje okoliša u 21 vijeku”. Ovo je bio nacionalni projekat koji je koštao oko 8,2 biliona jena (JPY), a finansiran je od strane Agency for Natural Resources and Energy (Agencije za zaštitu prirodnih bogastava i energije), of the Ministry of Economy, Trade and Industry Japan (od Ministarstva ekonomije, trgovine i industrije Japana). Kao istraživački i razvojni projekat zajedno su radili i Japan Iron and Steel Federation (JISF) i Center for Coal Utilization Japan. Ovo je bio najveći istraživački i razvojni projekat u svijetu iz područja procesa proizvodnje metalurškog koksa. Cilj projekta je bio istražiti mogućnost proizvodnje kvalitetnog metalurškog koksa korištenjem dijela jeftinijih i slabo koksujućih ugljeva, a da nova tehnologija proizvodnje metalurškog koksa treba da obezbjedi kvalitetan koks, visoku produktivnost koksare, uštede energije, smanjene investicionih troškova i poboljšanje životne i radne sredine u odnosu na konvencionalne koksare.

Razvoj ovog projekta je trajao 10 godina u periodu od 1994. do 2003. godine, kao nacionalni projekat Japana. U 2003. godini na pilot postrojenju koje je izgrađeno u Nippon Steel-u Nagoya, izvršena su sva testiranja procesa SCOPE 21. Testiranja su potvrdila očekivane parametre istraživanja i razvoja a paralelno rađeno je na prikupljanju podataka za izradu inženjering projekta za izgradnju nove komercijalne koksare [5].

Izgradnja koksare po ovoj tehnologiji počela je u Japanu, u kompaniji Nippon Steel, krajem 2010. godine, a planirani početak proizvodnje je u 2013. godini. Kompanija Nippon Steel, u 2010. godini ima 19 koksnih baterija, 17 baterija koje su izgrađene u periodu 1964-1977. godine a ostale dvije baterije su izgrađene 2005. i 2007. godine. U 2012. godini došlo je do integracije dvije japanske kompanije za proizvodnju čelika i to Nippon Steel i Sumitomo Metal Corporation. Sad je to nova kompanija Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, ("NSSMC"), Japan. Ova kompanija u 2013. godini bila je druga kompanija u svijetu po proizvodnji čelika u količini 47 900 000 tona iza ArcelorMittal, Luxsemburg sa proizvodnjom 93 600 000 tona čelika.

### 3.1. Proces SCOPE 21

Ovaj proces proizvodnje koksa objedinio je mnoga poboljšanja procesa koksovania i razvoj nove tehnološke opreme. Na slici 3 dat je tehnološki tok procesa koksovania SCOPE 21 [5].



Slika 3: Tehnološki tok procesa koksovania SCOPE 21 [5]

Na slici 4 dat je pilot industrijskog postrojenja u kojem su vršena ispitivanja proizvodnje koksa po novoj tehnologiji SCOPE 21 [5].



Slika 4: Pilot postrojenje SCOPE 21 [5]

Ovaj proces proizvodnje koksa u odnosu na konvencionalni postupak u suštini ima 3 bitna koraka i to:

- sušenje i toplo briketiranje ugljene mješavine,
- brzo koksovanje i
- nižu temperatura koksnog kolača.

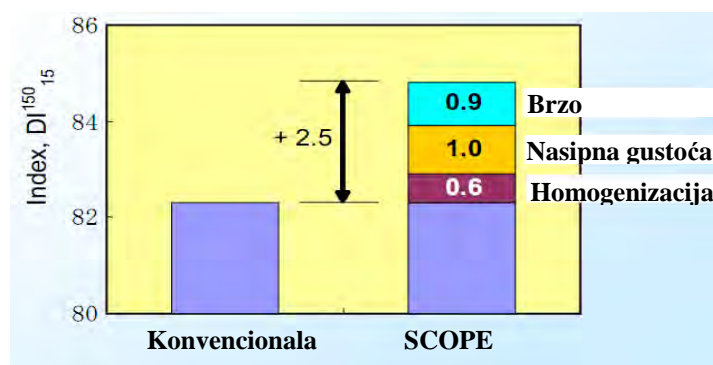
Proces SCOPE 21 je primjenio već ranija nova poboljšanja u procesu proizvodnje koksa koja već egzistiraju na savremenim koksarama koje su izgrađene poslije 2000. godine kao što su:

- suho gašenje koksa,
- korištenje visoko silikatne opeke visoke provodljivosti,
- utilizacija plinova koja nastaje kod suhog gašenja koksa,
- nove tehnologije iskorištenja toplotne moći sirovog koksnog plina,
- neutralizacija neugodnog mirisa koja nastaje u procesu koksovanja i
- sistem otprašivanja svih kontinuirani i diskontinuirani izvora emisije u zrak.

SCOPE 21 proces ima velike ekonomske prednosti u odnosu na konvencionalni proces proizvodnje koksa [5]. Ova tehnologija omogućuje:

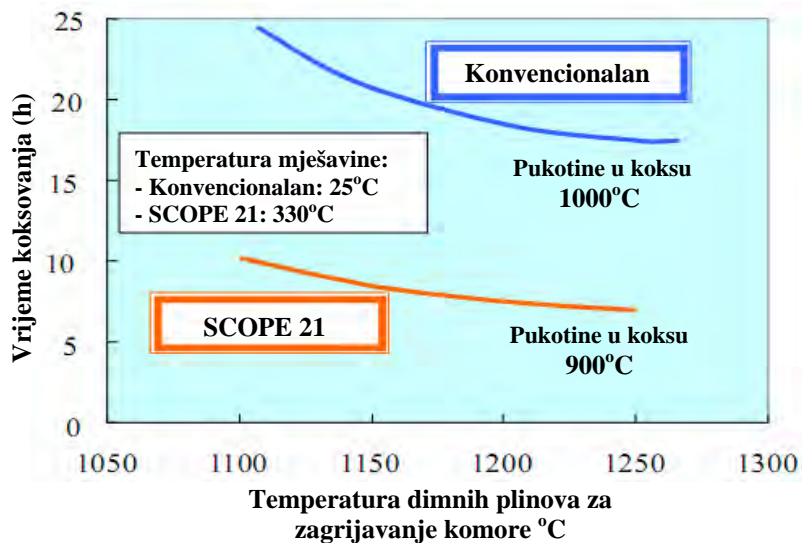
- korištenje slabo koksujućih ugljeva (do 50%),
- povećanje čvrstoće koksa,
- kraće vrijeme koksovanja,
- pojave pukotina u koksu kod nižih temperatura koksovanja,
- visoku produktivnost po jednoj peći i do tri puta u odnosu na konvencionalnu koksnu peć,
- nizak nivo emisija (30% smanjenje  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ),
- smanjenje potrošnje energije,
- niži troškovi proizvodnje koksa,
- niži investicioni troškovi.

Na slici 5 dati su uporedni pokazatelji čvrstoće koksa za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije.



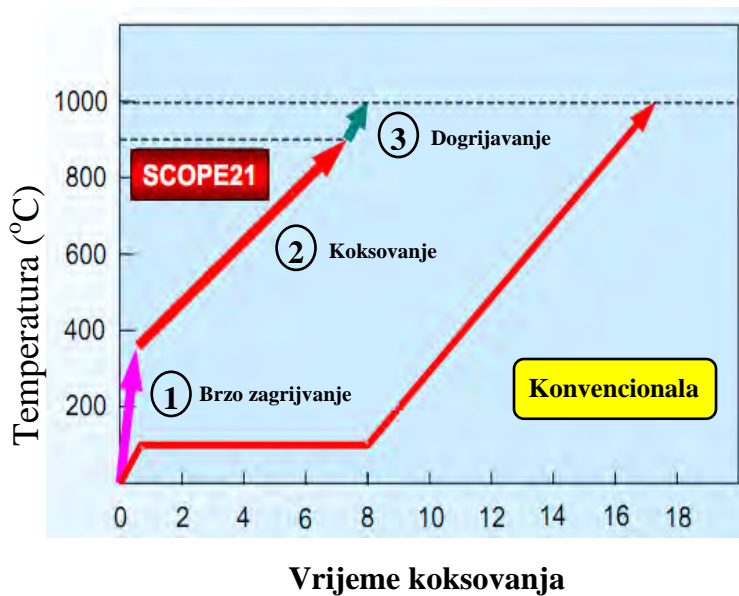
Slika 5. Pokazatelji čvrstoće koksa [3]

Na slici 6 data je kriva nastajanja pukotina u koksu u ovisnosti od vremena koksovanja i temperature za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije.



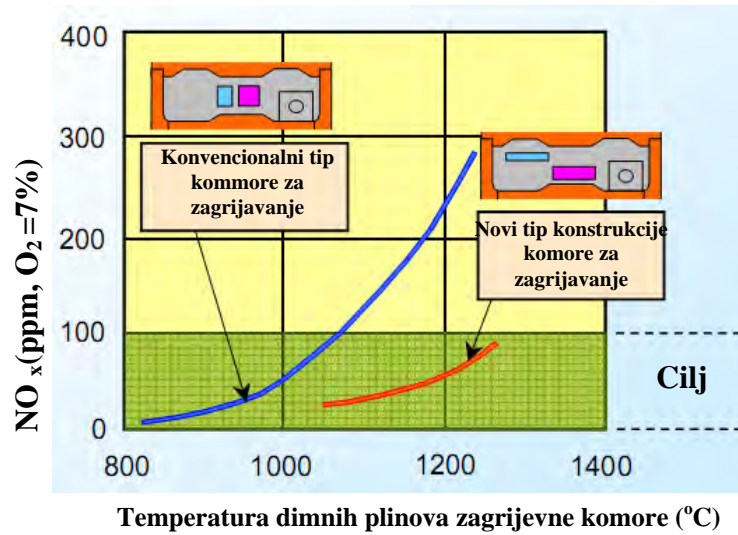
Slika 6. Vrijeme koksovanja [5]

Na slici 7 dat je uporedni pokazatelj vremena koksovanja i brzina zagrijavanja za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije.



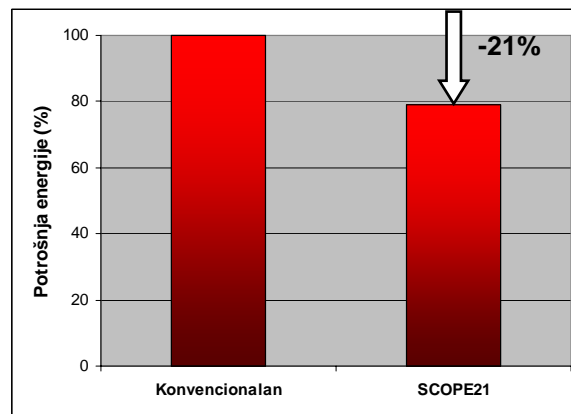
Slika 7 Brzina zagrijavanja i vrijeme koksovanja [5]

Na slici 8 dat je uporedni pokazatelj vrijednosti  $\text{NO}_x$  u ovisnosti od temperature dimnih plinova zagrijevne komore za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije.



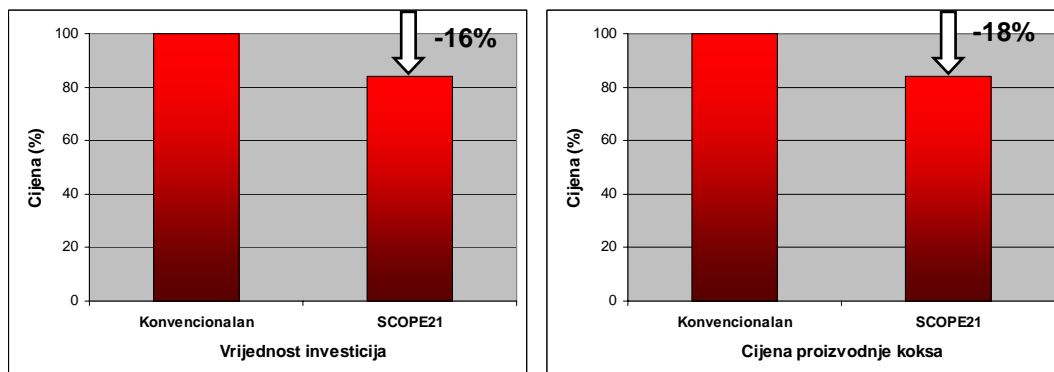
Slika 8: NO<sub>x</sub> za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije [3]

Na slici 9 dat je prikaz potrošnje energije za konvencionalni i SCOPE 21 tip koksne baterije.



Slika 9: Ušteda energije [5]

Na slici 10 dati su podaci troškova proizvodnje koksa i vrijednost investicija za konvencionalni i SCOPE21 tip koksne baterije.



Slika 10: Troškovi proizvodnje i vrijednost investicija [5]



#### **4. ZAKLJUČCI**

- Proces SCOPE 21 je najveći istraživački i razvojni projekat u svijetu iz područja procesa proizvodnje metalurškog koksa.
- Ovaj proces proizvodnje koksa omogućuje korištenje slabo koksujućih ugljeva (do 50%).
- Ovim procesom moguće je proizvesti kvalitetan metalurški koks koji ispunjava zahtjevane plinsko-dinamičke parametre u metalurško-tehnoloških uslovima u radnom prostoru visoke peći.
- Proces SCOPE 21 ima visoku produktivnost po jednoj peći i do tri puta u odnosu na konvencionalnu koksnu peć.
- Ovaj proces obezbjeđuje nizak nivo emisija ( 30% smanjenje NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>) i zadovoljava sve zahtjeve zaštite radne i životne sredine.
- Proces SCOPE 21 ima nižu potrošnju energije, troškove proizvodnje i investicija u odnosu na konvencionalnih postupak proizvodnje koksa.

#### **5. LITERATURA**

- [1]. World Steel Association-Statistics archiv  
[https://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive..\(1\)](https://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive..(1))
- [2]. K. Kobus: The History Of Cokemaking, McMaster Cokemaking Course, Hamilton, 2003.
- [3] Technical Note on the Best Available, Technologies to Reduce Emissions into Air from Coke Plants, 1993.
- [4] Study on the Technical and Economic Aspects of Measures to Reduce the Pollution from the Industrial Emissions of Cokeries. 1992.
- [5] Development of New Cokemaking Process, SCOPE21, K. Fukada, Senior Researcher, Steel Research Laboratory JFE Steel Corporation, Japan.