Praćenje emisija CO2 u procesu proizvodnje čelika u elektrolučnoj peći

Čehok, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:115:028676

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU METALURŠKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB FACULTY OF METALLURGY
SISAK

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Antonio Čehok

ZAVRŠNI RAD

Sisak, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Antonio Čehok

PRAĆENJE EMISIJA CO_2 U PROCESU PROIZVODNJE ČELIKA U ELEKTROLUČNOJ PEĆI

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada: izv.prof.dr.sc. Tamara Holjevac Grgurić

Članovi povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Ivan Brnardić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet - predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Tamara Holjevac Grgurić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet - član
3. izv.prof.dr.sc. Anita Štrkalj, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet - član
4. prof.dr.sc. Stjepan Kožuh, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – zamjenski član

Sisak, rujan 2020.

Velika zahvala voditeljici rada izv.prof.dr.sc. Tamari Holjevac Grgurić na strpljenju, pristupačnosti i stručnosti, kako prilikom izrade samog završnog rada, tako i tijekom cijelog studija. Također, zahvaljujem se na svakom savjetu, pomoći i na omogućenoj praksi u čeličani ABS SISAK.

Zahvaljujem se svima u ABS-u SISAK radi omogućene prakse, gostoljubivosti, pristupačnosti i predsjedničkom tretmanu tijekom svih dana praktičnoga dijela nastave.
Dipl. ing. Mario Ćosić hvala vam na vašem trudu, izdvojenom vremenu, na svim materijalima, na svakom detaljno objašnjenom zakonu i izračunu bez čega ovaj rad ne bi bio moguć.

Posebna zahvala ide mojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili oslonac i podrška tijekom cijelog studiranja, posebno mami na svakom brzinskom printanju te slušanju svih problema i prigovaranja, i naravno bratu strojaru (znaš da sam morao to napisati) koji je brzinski rješavao sve informatičke probleme koji su se našli prilikom studiranja.

SAŽETAK

Emisije ugljik (IV)-oksida, CO_2, nastale iz antropogenih izvora, predstavljaju sve veći problem u smislu onečišćenja atmosfere te direktno utječu na klimatske promjene koje mogu ostaviti katastrofalne posljedice za planet i čovječanstvo. S ciljem smanjenja emisija štetnih plinova na globalnoj razini te razini članica EU donesena je zakonska regulativa kojom se nastoji ograničiti emisije stakleničkih plinva na razinu koja neće štetno djelovati na okoliš. Kyoto protokol, ratificiran od 55 država, definira smanjenje stakleničkih plinova: ugljik (IV)-oksida (CO_2), metana (CH_4), dušik (I)-oksida (N_2O), klorofluorougljikovodika (HFC-i i PFC-i) i sumporovog heksafluorida (SF_6). Direktivom 2003/87/EZ Europskog parlamenta i vijeća od 13.10.2003. definirano je trgovanje emisijskim jedinicama stakleničkih plinova unutar članica EU zajednice. Zakonski se obvezuje svako postrojenje koje proizvodnim procesom emitira stakleničke plinove, na izradu godišnjeg izvješća o emisijama nastalim tijekom proizvodnje.

U ovom radu dan je detaljan prikaz polugodišnjeg izračuna emisija CO_2 za 2019. godinu koje nastaju tijekom proizvodnje čelika u čeličani ABS SISAK d.o.o. Nadalje, definirane su zakonske obveze čeličana, dan je opis procesa, definirani su tokovi izvora emisija te je dan iznos emisije otpadnog CO_2 u elektrolučnoj peći, dobiven metodom proračuna.

Ključne riječi: CO_2, stakleнički plinovi, elektrolučna peć, čelik

MONITORING OF CO_2 EMMISSIONS IN ELECTRIC–ARC FURNACE STEEL PRODUCTION

SUMMARY

Emissions of carbon dioxide, CO_2, from anthropogenic sources are a growing problem in terms of air pollution and directly affect climate change, which can have catastrophic consequences for the planet. Therefore, many legal acts and international agreements have been signed in global to implement cleaner technology production and reduce greenhouse gas emissions. The Kyoto Protocol, ratified by 55 countries, defines the reduction of greenhouse gases: carbon (IV)-oxide (CO_2), methane (CH), nitrogen (I) -oxide (N_2O), chlorofluorocarbons (HFCs and PFCs) and sulfur hexafluoride (SF6). Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13.10.2003. establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Member States. Every plant that emits greenhouse gases during the production process is legally obliged to prepare an annual report on emissions from production.

In this paper, a detailed overview of the semi-annual calculation of CO_2 emissions for 2019. that occur during steel production in the steel plant ABS SISAK d.o.o. is presented. Furthermore, the legal obligations of steels, description of the process, the flows of emission sources and the amount of waste CO_2 emissions in the electric arc furnace determined by the calculation method, are defined.

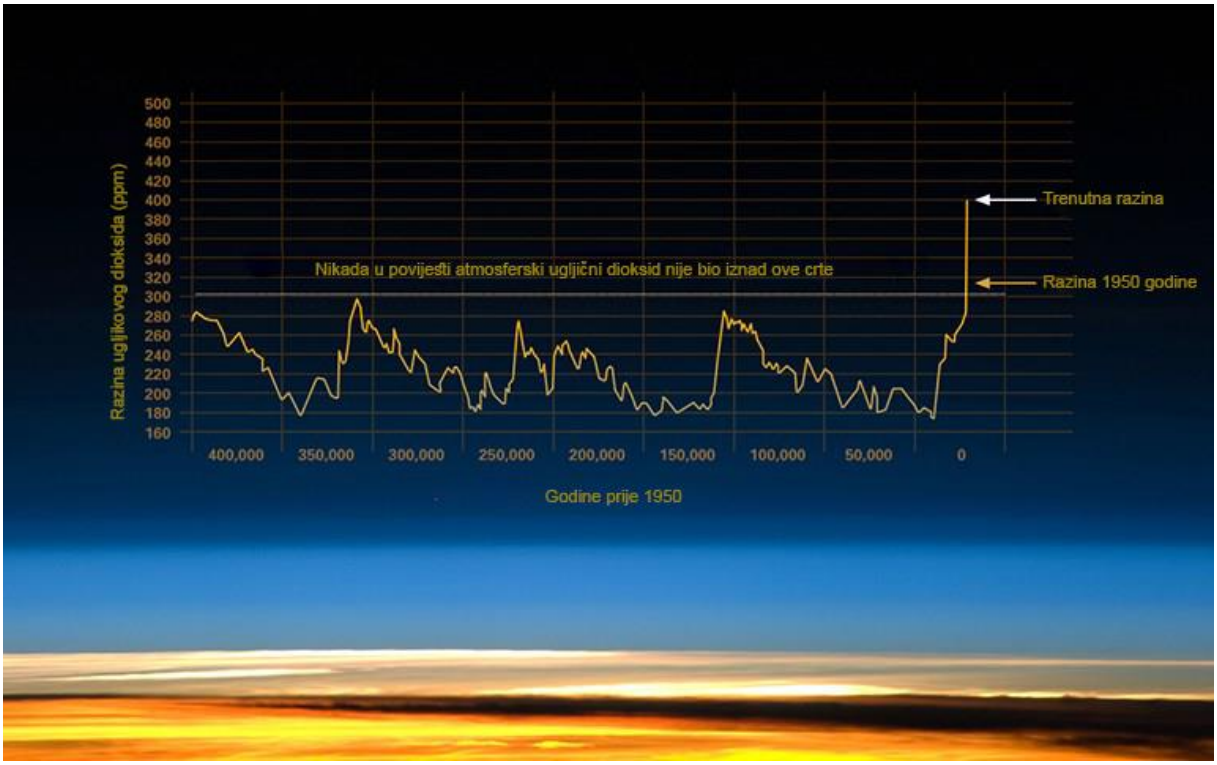
Keywords: CO_2 emmissions, greenhouse gasses, electric-arc furnace, steel

Sadržaj

1. UVOD 1
2. TEORIJSKI DIO 2
2.1. Kyoto protokol 2
2.2. Zakonska regulativa 3
2.3. Praćenje emisija iz stacionarnih izvora 5
2.4. Proizvodnja čelika 7
2.5.1. Elektrolučna peć 8
2.3.2. Emisije koje nastaju u procesu proizvodnje čelika 10
3. Eksperimentalni dio 12
3.1. Opis postrojenja 12
3.2. Metodologija proračuna 14
4. Najbolje raspoložive tehnike (NRT) u proizvodnji čelika 20
4.1. Direktno hvatanje i skladištenje CO2 20
4.2. Korištenje drugih reducensa i oblika energije 22
4.3. Postupak trajnog vezanja CO2 u karbonate pomoću troske iz elektročeličane 22
4.4. Biomasa 23
5. ZAKLJUČAK 23
6.LITERATURA 23
ŽIVOTOPIS 24

1. UVOD

Globalni trend emisija ugljikovog (IV)-oksida, CO_2, u povijesti je imao kontinuirani rast, odnosno pad ovisno o vremenskim uvjetima i pogodnostima. Zbog zračnih mjehurića zarobljenih u ledu moguće je odrediti atmosfersko i klimatsko stanje u procesu stvaranja Zemlje čak i do 400 000 godina nazad u povijest. Takvim mjerenjima određena je koncentracija ugljikovog dioksida prosječne razine od 200 ppm tijekom ledenih razdoblja te oko 280 ppm tijekom toplijih međuledenih razdoblja. Tijekom praćenih razdoblja, stoljećima prije, razina ugljikovog dioksida nikad nije prešla granicu od 300 ppm, sve do 1950. godine, kada se po prvi puta prelazi ta granica te počinje značajan i kontinuiran rast koncentracije emisija ugljikovog dioksida u atmosferu (slika 1). Među ostalim prirodnim izvorima koji su doprinjeli ovakvom rastu ispuštanja ugljikovog dioksida u atmosferu (vulkani, požari), najveći zagađivači su upravo antropogeni izvori predvođeni izgaranjem fosilnih goriva te utjecajem djelovanja industrijskih postrojenja [1].



Slika 1. Trend rasta CO_2 [1]

Koncentracija CO_2 je 2013. godine po prvi puta prešla razinu od 400 ppm te došla do trenutno mjerene razine od 410 ppm, i ona i dalje nezaustavljivo raste. S ovakvim brzim i kontinuiranim rastom očekuje se da bi mogla prijeći razina od 1500 ppm, nakon koje bi bilo potrebno desetke tisuća godina za potpuni oporavak u stanje kao u predindustrijsko doba zemlje [1].

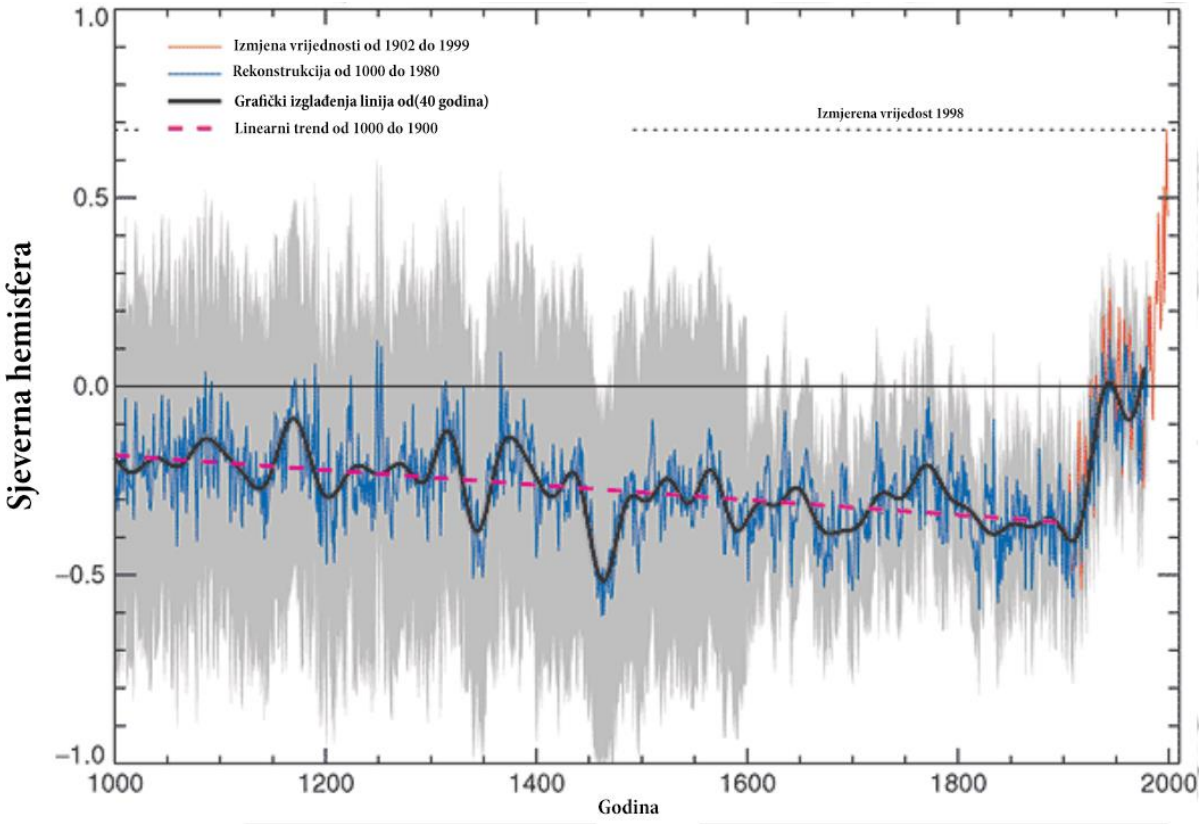
Jedan od antropogenih izvora onečišćenja su i čeličane, koje kao i sve ostale djelatnosti koje tijekom proizvodnje emitiraju stakleničke plinove, moraju na godišnjoj razini podnositi izvješća o emisijama CO_2, NO_2 i perfluoridnim spojevima (PFC).

U ovom radu dan je pregled izračuna polugodišnje emisije CO_2 u procesu proizvodnje čelika elekrolučnim postupkom u čeličani ABS d.o.o.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Kyoto protokol

Sa sve učestalijim praćenjem koncentracije emisije plinova u atmosferu, postale su jasnije posljedice naglog rasta štetnih emisija u atmosferu te narušavanja prirodnih ciklusa. Direktna posljedica ljudskih aktivnosti je porast prosječne temperature na zemlji, što je vidljivo na slici 2 [2].



Slika 2. Prikaz prosječne temperature na sjevernoj hemisferi [3]

Primjer je dan sjevernom hemisferom, čiji temperaturni trend prosječne temperature u posljednjih 1000 godina nije zabilježio značajnije odskakanje, sve do 20 st. kada dolazi do velikog odstupanja od +1°C. U cilju spriječavanja, odnosno smanjenja daljnjih posljedica globalnog zatopljenja 1997 godine potpisan je Kyoto protokol, koji je stupio na snagu 2005. godine, a ratificiralo ga je 55 država članica. Cilj Kyoto protokola je smanjenje emisija stakleničkih plinova: ugljikovog dioksida (CO_2), metana (CH_4), dušikovog oksida (N_2O), klorofluorougljikovodika (HFC-i i PFC-i) i sumporovog heksafluorida (SF_6). Uvođenjem protokola nastojalo se smanjenjiti koncentraciju emisije stakleničkih plinova na razinu koja neće imati štetne utjecaje na okoliš. 1997. godine članice potpisnice Kyotskog protokola postavile su cilj smanjenja emisija ukupno za 5% u razdoblju 2008. - 2012. godine, no ciljevi postavljeni za pojedine države su različiti, od -8% do +10 % emisija. Smanjenje emisija moguće je postići primjenom mehanizama Kyotskog protokola, koji definiraju međunarodno trgovanje emisijama, razvoj čistih tehnologija te zajedničku provedbu država [4]. Sam protokol polazi od stajališta da je kod globalnog zatopljavanja svejedno gdje je geografski došlo do emisija, kao i gdje je došlo do smanjenja emisija. Nastoji se ostvariti prijenos tehnologija i financijskih

sredstava u nerazvijene zemlje. RH je potpisala Kyotski protokol 1999. godine, ali ga je ratificirala 2007. godine te joj je utvrđeno smanjenje emisija od 5 % u razdoblju 2008.-2012. godine. Donesen je zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN 5/2007).

2.2. Zakonska regulativa

U cilju postizanja značajnijeg smanjenja emisija iz stacionarnih industrijskih izvora donesen je niz zakonskih propisa na razini EU i država članica. Ključni dokumenti su zelena knjiga i Direktiva 2003/87/EZ Europskog parlamenta i vijeća od 13.10.2003. o uspostavi sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova unutar Zajednice [5]. Zelena knjiga je potakla raspravu o prikladnosti i funkcioniranju trgovanja emisijama stakleničkih plinova unutar EU [6] U smislu olakšavanja praćenja količine ugljikovog dioksida uvodi se pojam emisijske jedinice.

Emisijska jedinica označava pravo na emisiju jedne tone ekvivalenta ugljikovog dioksida tijekom određenog razdoblja [5]. Dva su glavna principa prema kojima se postupa s emitiranim otpadnim ugljikovim dioksidom:

1. ETS (emissions trading systems) princip,
2. Princip poreza na ugljik

ETS princip podrazumjeva princip trgovine emisijama i stvaranje tržišta ugljikovim dioksidom. Na godišnjoj razini određuje se limit emitiranih količina CO_2 te se dodjeljuju besplatne emisijske jedinice poduzećima ovisno o veličini proizvodnje. U slučaju nepoštivanja odredbi, odnosno u slučaju prekoračenja dozvoljenih limita, donosi se uredba o načinima nadoknade potrebnih prekoračenih jedinica u godini trgovanja koje je moguće nadoknaditi s prethodno prenesenim neiskorištenim emisijskim jedinicama iz prijašnje godine ili kupovine jedinica burzovnim putem preko aukcija od operatera koji sadrži neiskorištene dodijeljene jedinice. Moguće je prenošenje i prodaja od maksimalno 5% ukupnih neiskorištenih dodijeljenih besplatnih jedinica. Trgovanje se odvija između članica Europske unije ili među članicama potpisnicama Kyoto protokola. Ostatak neiskorištenih emisijskih jedinica prenosi se u iduću godinu te se dodaje određenim besplatnim jedinicama [7].

Princip poreza na ugljik razlikuje se od ETS principa zbog neodređene granice emisije. Gospodarski subjekti mogu emitirati ugljikov dioksid u neograničenim količinama, ali prilikom toga plaćaju takse određene ovisno o količini emisija. Cijena ugljika može se odrediti definiranjem poreza emisija stakleničkih plinova ili češćom metodom, udjelom ugljika u fosilnim gorivima [8].

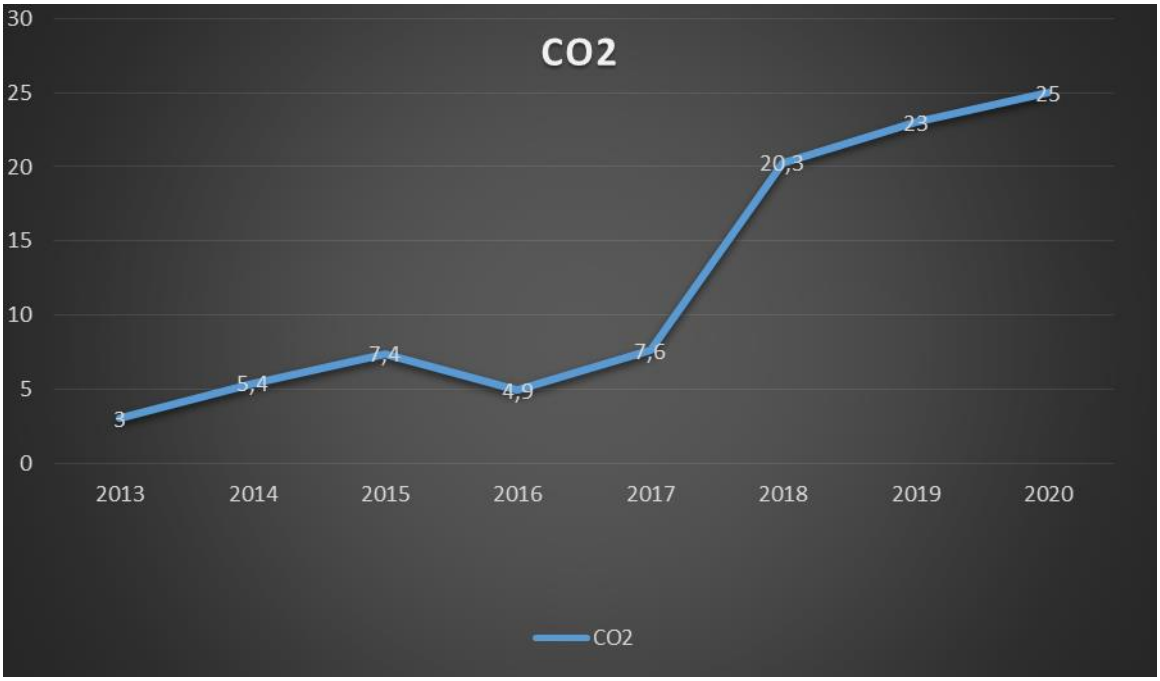
Pri određivanju tržišne vrijednosti ugljika prikupljaju se ukupni vanjski troškovi uzrokovani emisijama stakleničkih plinova. Takvi troškovi odnose se na gubitke društva utjecajem ugljikovog dioksida poput oštećenja usjeva, troškova javnog zdravstva uzrokovanih toplinskim valovima i sušama, oštećenje ili gubitak posjeda uzrokovano poplavama ili podizanjem morske razine.

Uvođenjem cijene ugljikovog dioksida nastoji se smanjiti opterećenje društva te raspodijeliti troškove na subjekte koji su direktno odgovorni za emisije stakleničkih plinova. Takvim principom potiče se zagađivače na poboljšanje tehnoloških procesa i uvođenje NRT tehnika, s ciljem smanjenja emisija štetnih tvari.

Na slici 3 dan je prikaz burzovne cijene otpadne tone ugljikovog dioksida po godinama. Može se vidjeti da je na početku osmogodišnjeg ciklusa trgovanja emisijama početna burzovna cijena ugljikovog dioksida iznosila svega 3 eura [9].

No, u lipnju 2019. godine dolazi do rekordnog iznosa od 31 eura po toni CO_2 [10]. S ovakvim rastom cijena jedinica postiže se veće pridržavanje zadanih ograničenja i potiče primjenu čistih tehnologija.

Također, uvođenjem ovakvih cijena, osim što predstavljaju sankcije za neodgovorne zagađivače u isto vrijeme predstavljaju nagradne poene za operatore koji se pridržavaju pravilne proizvodnje i potiču održivi razvoj.



Slika 3. Prikaz burzovne cijene CO_2 po godišnjim razdobljima

Od siječnja 2005. godine ijedno postrojenje ne obavlja djelatnosti koje rezultiraju emisijom stakleničkih plinova ukoliko operater nema dozvolu nadležnog tijela.

Zahtjev za izdavanje dozvole za emisije stakleničkih plinova mora sadržavati:

- opis postrojenja i njegove djelatnosti, uključujući tehnologiju
- opis sirovina i pomoćnih materijala, čije korištenje dovodi do emisija plinova
- izvore emisija
- opis planiranih mjera za praćenje i izvješćivanje [5]

U *službenom listu Europske unije* prepoznaje se važnost Europskog programa o praćenju klimatskih promjena te se naglašava hitna potreba za konkretnim djelovanjem na sveobuhvatnoj razini zajednice [11]. Razmatrane su razne mjere, politike i mogućnosti radi

postizanja održivog principa trgovanja emisijskim jedinicama. Konačno se uspostavlja sustav trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova diljem zajednice. Taj pristup postiže zainteresiranost više strana, jer osim ekološkog poboljšanja nudi i ekonomsku dobit vlasnicima postrojenja koji se pridržavaju zahtijevanih uvjeta proizvodnje i održavanja zahtijevanih koncentracija štetnih plinova. Kao početni plan navedeno je očekivano smanjenje koncentracije stakleničkih plinova od 8% manje u odnosu na razine koncentracija izmjerenih 1990- ih godina. Za određeno razdoblje svaka članica izrađuje nacionalni plan u kojem se daje ukupna količina emisijskih jedinica koje se planiraju raspodijeliti te se također daje prijedlog raspodjele emisijskih jedinica.

Uredba Europske komisije o praćenju i izvješćivanju o emisijama stakleničkih plinova br. 601/2012 je u skladu s direktivom 2003/87/EZ Europskog parlamenta i vijeća. Prema ovoj uredbi utvrđuju se posebne odredbe za planiranje i provođenje praćenja emisijskih jedinica stakleničkih plinova. Direktivom je odlučeno o dodjeli besplatnih emisijskih jedinica ugljikovog dioksida koja se, počevši sa 2013. godinom, postupno smanjivala po godišnjim razdobljima. Tako su poduzeća 2013. godine bila primorana na smanjenje emisija na 80% gledano na prethodne godine. 2020. godine emisijska tolerancija, odnosno količina dodijeljenih besplatnih jedinica iznosi svega 30% po poduzeću [12].

Osnovni pojmovi vezani uz definiranje i trgovanje emisijkim jedinicama:

- **fugitivne emisije** - nepravilne ili nenamjeravane emisije iz izvora koji nisu lokalizirani, drugim riječima predstavlja one emisije koje su premalene ili previše neujednačene da bi bilo moguće njihovo pojedino praćenje.
- **inherentni CO_2** - predstavlja ugljikov dioksid koji je sastavni dio goriva
- **razdoblje izvješćivanja**- kalendarska godina tijekom koje se prate emisije i daje izvješće o njima
- **nesigurnost** - parametar povezan s rezultatom utvrđivanja količine, koji označava raspršenost vrijednosti koje bi se opravdano mogle pripisati mjerenoj količini, uključujući učinke sustavnih i nasumičnih faktora, koji je izražen u postotcima i koji opisuje interval pouzdanosti oko srednje vrijednosti, koji obuhvaća 95% zaključnih vrijednosti uzimajući u obzir moguću asimetričku raspodjelu vrijednosti.
- **tok izvora -**

a) specifična vrsta goriva, sirovine ili proizvoda koja kao rezultat potrošnje ili proizvodnje uzrokuje emisije relevantnih stakleničkih plinova na jednom ili više izvora emisije

b) specifična vrsta goriva, sirovine ili proizvoda koja sadrži ugljik i uključena je u proračun emisija stakleničkih plinova primjenom metodologije masene bilance [11].

2.3. Praćenje emisija iz stacionarnih izvora

Svaki operater ima dužnost određivanja kategorije svoga postrojenja te u skladu s mogućnostima i bez dodatnih financijskih opterećenja, primijeniti praćenje emisija ovisno o određenoj kategoriji.

Kategorije postrojenja su:

- A kategorija - prosječne verificirane godišnje emisije CO_2, iznimka je CO_2 iz biomase, jednake su ili manje od 50 000 tona CO_2,

- B kategorija - količine emitiranog CO_2 veće su od 50 000 tona i manje od 500 000 tona,

- C kategorija - količine CO_2 iznose više od 500 000 tona.

Ono što utječe na operatere da se pridržavaju čišće proizvodnje i primjene ekološki prihvatljivijih načina transporta i obrade sirovine su stroža praćenja proizvodnje i strože mjere kriterija ovisno o kategorijama. Tako za svaku višu kategoriju u koju bi poduzeće operatera prelazilo zahtijevalo bi reakreditaciju laboratorija poduzeća te ispunjavanja ISO normi što označava dodatne visoke troškove primjene.

Također za različite kategorije različiti su i kriteriji dopuštene prethodno navedene nesigurnosti u proračunu godišnje razine emisija. Tako za postrojenja A kategorije dopuštena nesigurnost iznosi 7,5 %, za B kategoriju iznosi 5% i za postrojenja C kategorije nesigurnost iznosi 2,5%.

Nakon karakterizacije postrojenja unutar samog postrojenja operatera provodi se razvrstavanje tokova izvora operatera uključenih u metodologiju praćenja također ovisno o različitim kategorijama:

1. manji tokovi izvora kojima količina ispuštenog ugljikovog dioksida iznosi manje od 5 000 tona godišnje ili tokovi koji doprinose manje od 10% ukupnog emitiranog ugljikovog dioksida kada je maksimalna emitiranost CO_2 do100 000 tona godišnje,

2. tokovi izvora nazivani de- minimis, tokovi koji zajednički ispuste manje od 1 000 tona CO_2 godišnje ili doprinose ukupnom maksimalnom doprinosu od 20 000 tona CO_2,

3. glavni tokovi izvora, ukoliko se mjerodavni tokovi ne mogu svrstati u A i B kategorije.

Kao i u slučaju sa kategorijama postrojenja, i u razvrstavanju tokova izvora ovisno o razredima razlikuju se zahtijevane razine točnosti i dopuštene pogreške [11].

2.4. Proizvodnja čelika

Od početaka industrijske revolucije pa sve do modernoga doba težnja čovjeka za tehnološkim napretkom je ujedno doprinjela i velikom opterećenju prirode. Početkom dvadesetog stoljeća povećanju emisija ugljikovog dioksida postepeno doprinosi sve razvijeniji i sve više korišten sustav svakodnevnog transporta. Također počinje potraga za idealnim, univerzalnim i kvalitetnim konstrukcijskim materijalom koji će moći pronaći svoju upotrebu u svakoj grani industrije i tehnologije. Tada čovjek dolazi do otkrića čelika, slitine željeza i ugljika koja će polagano postati najvažnijim konstrukcijskim materijalom u daljnjem razvitku tehnologije. Ono što čelik čini idealnim i nezamjenjivim materijalom u primjeni suvremene civilizacije su njegova svojstva koja ne sadrži ni jedan drugi pristupačni i ekonomski prihvatljiv materijal.

Čelik je najbitniji konstrukcijski materijal, s obzirom na visoku tvrdoću, čvrstoću, žilavost te sposobnost oblikovanja deformiranjem. Čelik je željezna legura s najviše 2.06 % mas. ugljika te sadrži i druge elemente, kao što su mangan, silicij, krom, vanadij, nikal itd., koji u znatnoj mjeri određuju konačna svojstva čelika [13]. Uz razne legirajuće elemente, čelik sadrži i primjese koje mogu štetno djelovati na njegova svojstva, primjerice sumpor i fosfor te plinove poput kisika, vodika i dušika.

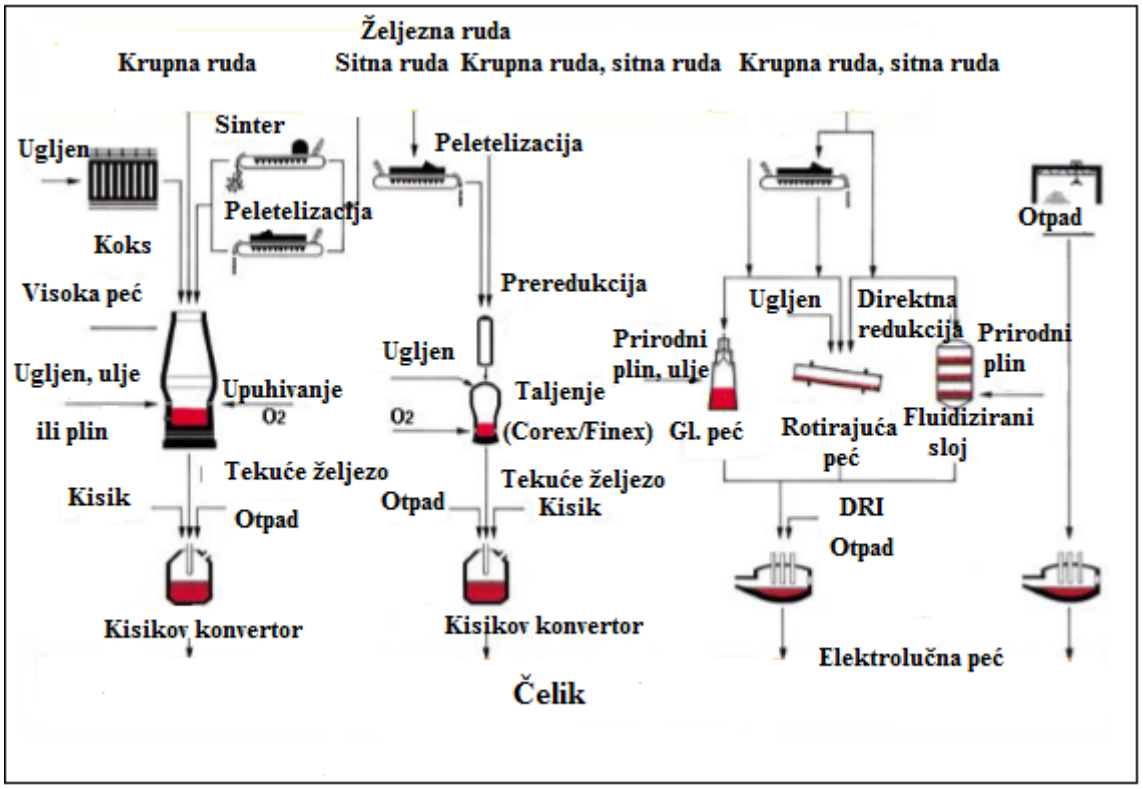
Ako je potrebno, svojstva čelika mogu se mjenjati na razne ekološki i ekonomski prihvatljive načine:

a) legiranjem
b) toplinskom obradom - žarenje, kaljenje, popuštanje
c) površinskom obradom - nitriranje, cementiranje, cijanizacija
d) hladno oblikovanje
e) ostalo

Načini dobivanja čelika su proizvodnja čelika u integriranim čeličanama, proizvodnja čelika u elektrolučnoj peći i direktna redukcija (slika 4). Danas se proizvodnja čelika uglavnom odvija na dva različita načina:

1) u kisikovim konvertorima - proces dobivanja čelika odvija se oksidacijskim pročišćavanjem sirovog željeza

2) u elektrolučnoj peći - u kojoj se proces odvija taljenjem čeličnog otpada



Slika 4. Postupci proizvodnje čelika u integralnim željezarama [14]

2.5.1. Elektrolučna peć

Elektrolučna peć je električna peć koja se koristi za taljenje sirovog željeza i otpadnog čelika uporabom električnog luka (slika 5). To je idealan proces dobivanja čelika u kojem se nalaze visoki udjeli ostalih metala, odnosno legirnih elemenata čiji je ukupni udijel u slitini veći od 5%. Elektrolučna peć radi na principu da se električna energija pretvara u toplinsku u električnom luku. Temperatura luka iznosi 4000 °C, a temperatura procesnog prostora peći iznosi 1700 °C. U Europi više od 40 % ukupne proizvodnje čelika spada na proizvodnju elektrolučnim postupkom.

Proizvodnja ugljičnog i niskolegirajućeg čelika uključuje sljedeće faze:

- rukovanje, prethodnu obradu i skladištenje sirovina
- punjenje elektrolučne peći,
- taljenje čeličnog otpada,
- oksidaciju, rafinaciju i izlijevanje čelika u lonac peć,
- legiranje u lonac peći,
- uklanjanje troske i
- lijevanje.



Slika 5. Elektrolučna peć [15]

Elektrolučna peć služi kao talitelj sirovina, nakon koje se proizvedeni čelik lijeva u lonac peći gdje se odvijaju naknadni postupci dorade čelika pri proizvodnji visokolegiranih i specijalnih čelika.

Prednost korištenja elektrolučnih peći pri proizvodnji čelika je mogućnost stvaranja čelika gotovo svih zahtjevanih kvaliteta. S ekonomskog stajališta, takav način proizvodnje legiranih čelika je najisplativiji ukoliko se radi o proizvodnji malih količina čelika.

U elektrolučnom postupku u proizvodnji se koristi uložak koji sadrži 95- 100 % čeličnog otpada što doprinosi manjim troškovima od uporabe sirovog željeza te manju uporabu energije prilikom obrade. Glavni nedostatak produktivnosti elektrolučnog postupka stvaranja čelika je kapacitet same peći.

Razlog nemogućnosti stvaranja većih peći je zahtjevanje većih peći za većim naponima, odnosno bila bi obavezna ugradnja većih električnih lukova koji bi oštetili svod i oblogu peći. Kapacitet peći uvjetovan je unutrašnjim promjerom, tako da masa uloška može iznositi od 2 tone to 150 tona, a kapacitet transformatora iznosi od 1500 do 35000 kVa.

Elektrolučne peći, iako su moderno i ekonomski isplativo rješenje za stvaranje raznih kvaliteta čelika, upravo zbog velikog udjela proizvodnje predstavljaju i veliko opterećenje za okoliš. U većini čeličana glavni su izvor emisija ugljikovog dioksida, ugljikovog monoksida, polikloriranih bifenila itd. [16].

2.3.2. Emisije koje nastaju u procesu proizvodnje čelika

Prvotno treba navesti da su elektrolučni procesi veliki potrošači energije i goriva. U najznačajnije emisije otpadnih plinova tijekom cijelog proizvodnog procesa u čeličanama spadaju emisije ugljikovog monoksida (CO), ugljikovog dioksida (CO_2), hlapljivih organskih spojeva (HOS), raznih dušikovih oksida (NOx), polikloriranih dibenzodioksina i polikloriranih bifenila. Od nabrojanih emisija otpadnih plinova najznačajnije količine emitiranih tvari iz elektrolučnog postupka su upravo emisije ugljikovog dioksida čija procjenjena emisija po toni proizvedenog tekućeg čelika iznosi od 70 kg do 180 kg. Također su i značajne količine emitiranog ugljikovog monoksida (po toni čelika 50-4500 g) te nitrata (po toni čelika 13- 460 g) (tablica 1).

Ono što značajno pridonosi visokom udjelu nastanka otpadnog ugljikovog dioksida i ugljikovog monoksida je u zadnjih 30-ak godina sve češća upotreba injektiranja tehnički čistog kisika tijekom procesa proizvodnje. Sve im je veća upotreba kao aditiva, tijekom početne proizvodne faze elektrolučnog procesa, zbog povećavanja tražene proizvodne produktivnosti [12].

Razlozi sve veće primjene injektiranja kisika u peći su mnogobrojni:

- kombiniranim injektiranjem tehnološki čistog kisika i granula ugljika stvara se pjena koja ima višestruku namjenu. Čuva zidove peći od radijacije te omogučava bolji prijenos energije u peći,
- koristi se za efektivnije uklanjanje neželjenih elemenata koji se nalaze u čeliku, npr. fosfora,
- dodaje se u vrhu peći nakon sagorjevanja kako bi reagirao s ugljikovim monoksidom prije nego što pare izađu iz peći, s ciljem dužeg zadržavanja topline u peći.

Injektiranje kisika u elektrolučne peći rezultiralo je u povećanom emitiranju ugljikovog monoksida, ugljikovog dioksida te čestica željeznog oksida iz peći.

Osim primarnih, ispušnih otpadnih plinova, također je bitno spomenuti i ostale onečišćivače u proizvodnji čelika, kao što su troska, prašina i buka. U sveukupnom procesu, ovisno o kapacitetima peći, količine otpadne troske mogu sezati od 70-350 kilograma, zatim elektrolučna prašina koje, po toni čelika, nastaje 10-30 kilograma. Još jedan bitan faktor zagađenja je buka čija veličina iznosi 90-130 dB.

Tablica 1. Emisije iz elektrolučnog postupka [13]

Izlaz		
Produkti		
Tekući čelik (LS)	kg	1000
Emisija u zrak		
Dimni plinovi	Milion Nm^3/h	1-2
	Nm^3/t LS	8 000-10 000
Prašina	g/t LS	4-300
	mg/m_3	0.35-52
Hg	mg/t LS	2-200
Pb	mg/t LS	75-2850
Cr	mg/t LS	12-2800
Ni	mg/t LS	3-2000
Zn	mg/t LS	200-24000
Cd	mg/t LS	1-148
Cu	mg/t LS	11-510
HF	mg/t LS	0.04-15000
HCl	mg/t LS	800-35250
SO_2	g/t LS	5-210
NO_X	g/t LS	13-460
CO	g/t LS	50-4500
CO_2	kg/t LS	72-180
TOC	g C/t LS	35-260
Benzol	mg/t LS	30-4400
Klorobenzen	mg/t LS	0.2-12
PAH	mg/t LS	9-970
PCB	mg/t LS	0.01-5
PCDD/F	µg I-TEQ/t LS	0.04-6
Proizvodni ostaci (otpad/nusproizvod)		
Troska iz peći	kg/t LS	60-270
Troska iz lonac peći	kg/t LS	10-80
Prašina	kg/t LS	10-30
Vatrostalni otpad	kg/t LS	1.6-22.8
Buka	dB (A)	90-133

3. Eksperimentalni dio

3.1. Opis postrojenja

Prvi korak u izradi plana praćenja emisija iz određene proizvodne cjeline je izrada opisa postrojenja. Postrojenje se dijeli u sektore radi lakše izrade plana i točnijih mjesta emisija (slika 6).

1. sektor
skladištenje sirovine

Dovedena osnovna proizvodna sirovina prolazi kroz kontrolu težine te kontrolu pošiljke s detektorima radijacije. Provodi se kontrola kemijskog sastava sirovine, utvrđuje se koje sirovine je potrebno podvrgnuti dodatnoj predobradi poput rezanja, drobljenja radi postizanja odgovarajuće veličine. Nakon toga sirovina se odvodi u odgovarajući prostor za skladištenje.

2. sektor
čelične košare

Pripremljena sirovina (čelični otpad) puni se u tzv. čelične košare. Košara se podvrgava vaganju. Dozira se vapno radi boljeg i reaktivnijeg stvaranja troske te vapno kao dodatno gorivo.

3. sektor
elektrolučna peć

Nakon doziranja sirovina se ulaže u elektrolučnu peć. Taljenje uloška započinje uspostavljanjem električnog luka između čeličnog otpada i grafitnih elektroda.

Grafitne elektrode napajaju se pomoću transformatora spojenog na peć i reguliranog iz kontrolne sobe. Tijekom tog procesa dodaju se dodatna sredstva za povećanje topline poput prirodnog plina, ugljika i kisika injektiranjem u talinu. Nakon postupka taljenja, nastala troska odvaja se od taline, a talina odvodi do dijela homogenizacije s argonom.

4. sektor
sekundarna metalurgija

Sekundarna metalurgija odvija se u lonac peći. U ovome sektoru primarno se postiže izrada zahtjevnijih vrsta čelika. Dodaju se ferolegure i ostali nemetalni dodaci neophodni pri izradi čelika. Postoje dodatne prednosti ovog dijela postrojenja:

- omogućava podizanje temperature čelika polako i kontrolirano,
- omogućava precizno postizanje kemizma upotrebom legirajućih elemenata,
- omogućava lagano miješanje taline u loncu i time temperaturnu homogenizaciju,
- osigurava održavanje parametara taline do trenutka lijevanja.

5. sektor
vakuum

U ovome sektoru odvija se uklanjanje otpadnih plinova iz taline. Otpadni plinovi mogu štetiti kvaliteti samog čelika gledano i na mehanička i fizička svojstva. Uklanjanje plinova iz čelika odvija se postupkom vakuumiranja tekućeg čelika u loncu prije kontinuiranog lijevanja. Postupak otplinjavanja temelji se na povećanju sadržaja ugljika te smanjenju topivosti vodika i dušika snižavanjem parcijalnih tlakova CO, H_2 i N_2.

Pod štetne plinove u čeliku ubrajamo vodik i dušik.

Vodik u čeliku znatno utječe na duktilnost, stoga se uklanja kako bi se postigla veća čvrstoća i žilavost čelika.

Dušik znatno povećava sklonost pucanju čelika zbog velike napetosti korozije, te uzrokuje starenje čelika.

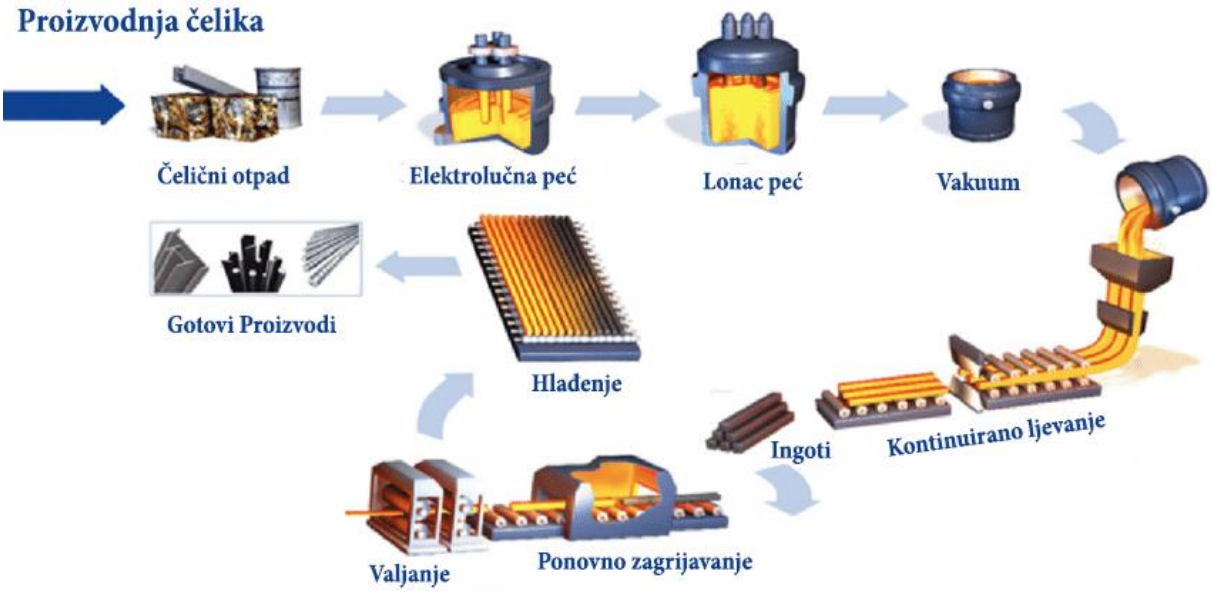
6. sektor
kontinuirano lijevanje

Nakon postupka otplinjavanja čelik se odvodi preko razdjeljnika u hlađene bakrene kokile. Dodaju se različiti prahovi za zaštitu od oksidacije i koji se koriste kao mazivo, tako što formiraju zaštitni sloj oko taline te sprječavaju gubitke uzrokovane trenjem. Unutar kokila formiraju se okrugli ingoti te se ingoti odvode u sustav za hlađenje gdje se provodi hlađenje direktnim prskanjem ingota vodom.

Nakon hlađenja ingoti se odvode na plinske rezalice gdje se dobivaju ingoti zahtijevane dužine, te se odvode na dodatno hlađenje.

7. sektor
kontrola, čišćenje i skladištenje gotovih proizvoda

U posljednjem sektoru odvija se čišćenje proizvoda, provjera skladnosti izrađenog čelika sa zahtijevanom kvalitetom. Provodi se dodatna kontrola radioaktivnosti te skladišti u za to adekvatnom prostoru [17].



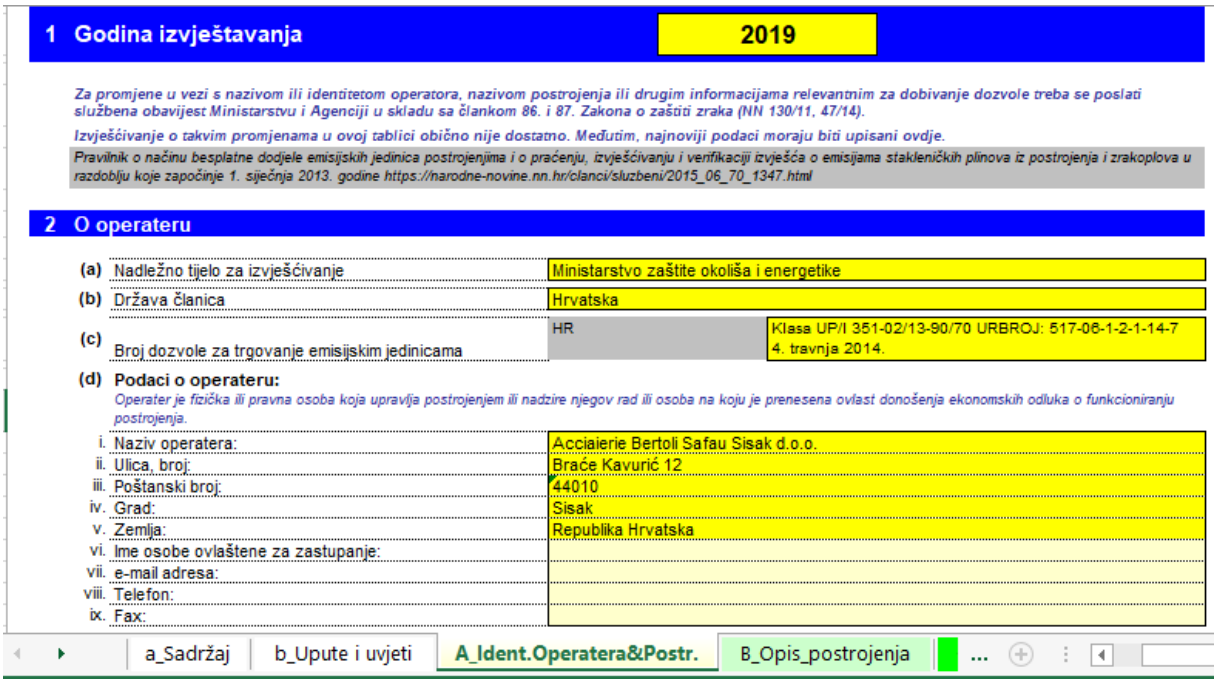
Slika 6. Prikaz postrojenja čeličane [18]

3.2. Metodologija proračuna

Nakon definiranja svih potrebnih podataka i karakteristika priprema se računanje emisijskih tona ugljikovog dioksida iz proizvodnih procesa. Operatorima je omogućen izbor između metodologije praćenja emisija pomoću metode mjerenja i metode proračuna.

Podaci o emisijama prilažu se pomoću predloška danog od strane ministarstva zaštite okoliša i energetike (MZOE). Predložak počinje navođenjem osnovnih podataka poput godine izvještaja, informacijama o poduzeću koje podnosi izvještaj te navođenjem kontakta glavnog pri izradi izvještaja (slika 7) [11].

Idući dio predloška je opis postrojenja gdje se opisuje vrsta rada i proizvodnje te se navode vrste i kategorije tokova izvora radi lakšeg snalaženja i manjih mogućnosti proračunskih greški. Navode se osnovne sirovine proizvodnje, osnovna goriva korištena prilikom pripreme, same proizvodnje, eventualno zagrijavanje prostorija. Također se mora uvesti i potrošnja goriva prilikom transporta gotovog proizvoda, osim u slučaju vlastitog transporta samog kupca. Navode se svi aditivi proizvodnji (poput vapna, FeSi…), proizvodni ostaci poput električne prašine, troske i ogorine (slika 8).



1 Godina izvještavanja — **2019**

Za promjene u vezi s nazivom ili identitetom operatora, nazivom postrojenja ili drugim informacijama relevantnim za dobivanje dozvole treba se poslati službena obavijest Ministarstvu i Agenciji u skladu sa člankom 86. i 87. Zakona o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14).

Izvješćivanje o takvim promjenama u ovoj tablici obično nije dostatno. Međutim, najnoviji podaci moraju biti upisani ovdje.

Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima i o praćenju, izvješćivanju i verifikaciji izvješća o emisijama stakleničkih plinova iz postrojenja i zrakoplova u razdoblju koje započinje 1. siječnja 2013. godine https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_06_70_1347.html

2 O operateru

(a)	Nadležno tijelo za izvješćivanje	Ministarstvo zaštite okoliša i energetike	
(b)	Država članica	Hrvatska	
(c)	Broj dozvole za trgovanje emisijskim jedinicama	HR	Klasa UP/I 351-02/13-90/70 URBROJ: 517-06-1-2-1-14-7 4. travnja 2014.

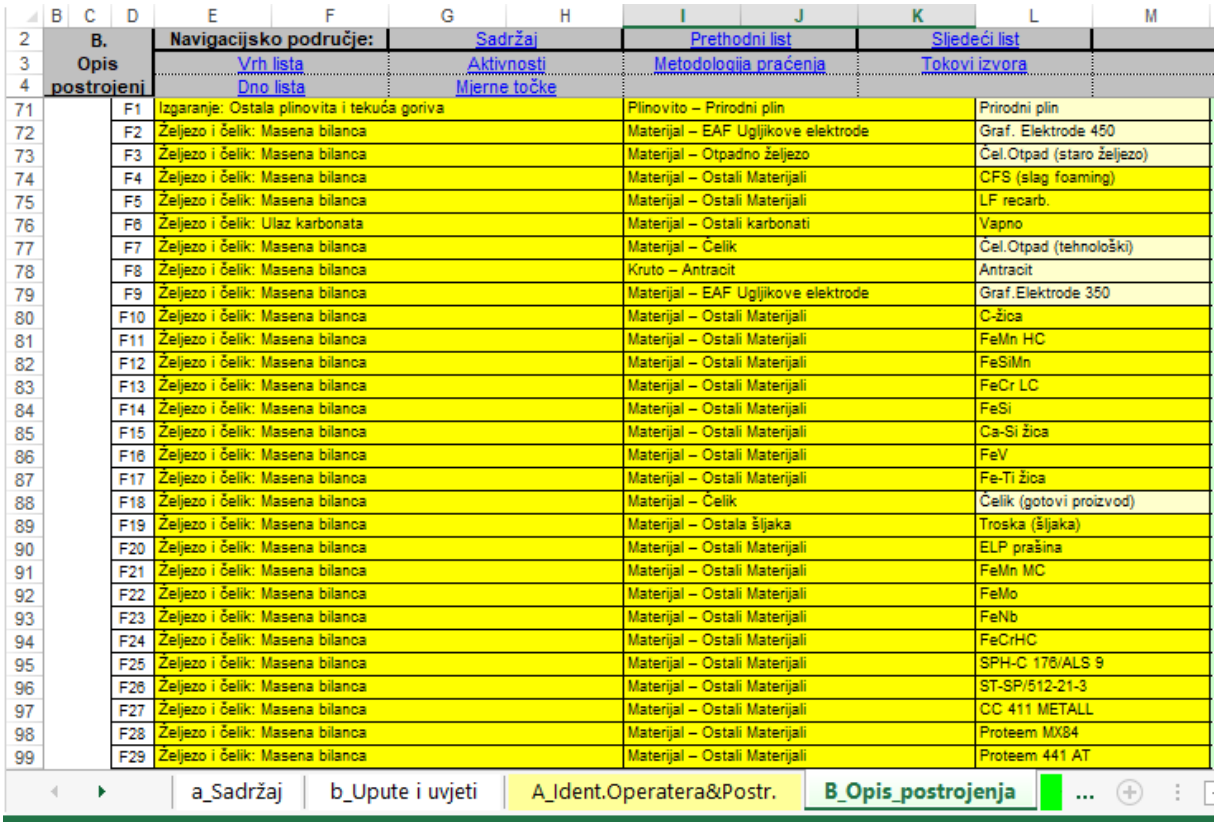
(d) **Podaci o operateru:**

Operater je fizička ili pravna osoba koja upravlja postrojenjem ili nadzire njegov rad ili osoba na koju je prenesena ovlast donošenja ekonomskih odluka o funkcioniranju postrojenja.

i.	Naziv operatera:	Acciaierie Bertoli Safau Sisak d.o.o.
ii.	Ulica, broj:	Braće Kavurić 12
iii.	Poštanski broj:	44010
iv.	Grad:	Sisak
v.	Zemlja:	Republika Hrvatska
vi.	Ime osobe ovlaštene za zastupanje:	
vii.	e-mail adresa:	
viii.	Telefon:	
ix.	Fax:	

a_Sadržaj | b_Upute i uvjeti | A_Ident.Operatera&Postr. | B_Opis_postrojenja

Slika 7. Primjer godišnjeg izvještaja o emisijama [19]



	B. Opis postrojenj		Navigacijsko područje:	Sadržaj	Prethodni list	Sljedeći list
3			Vrh lista	Aktivnosti	Metodologija praćenja	Tokovi izvora
4			Dno lista	Mjerne točke		
71		F1	Izgaranje: Ostala plinovita i tekuća goriva		Plinovito – Prirodni plin	Prirodni plin
72		F2	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – EAF Ugljikove elektrode	Graf. Elektrode 450
73		F3	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Otpadno željezo	Čel.Otpad (staro željezo)
74		F4	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	CFS (slag foaming)
75		F5	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	LF recarb.
76		F6	Željezo i čelik: Ulaz karbonata		Materijal – Ostali karbonati	Vapno
77		F7	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Čelik	Čel.Otpad (tehnološki)
78		F8	Željezo i čelik: Masena bilanca		Kruto – Antracit	Antracit
79		F9	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – EAF Ugljikove elektrode	Graf.Elektrode 350
80		F10	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	C-žica
81		F11	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeMn HC
82		F12	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeSiMn
83		F13	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeCr LC
84		F14	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeSi
85		F15	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	Ca-Si žica
86		F16	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeV
87		F17	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	Fe-Ti žica
88		F18	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Čelik	Čelik (gotovi proizvod)
89		F19	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostala šljaka	Troska (šljaka)
90		F20	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	ELP prašina
91		F21	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeMn MC
92		F22	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeMo
93		F23	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeNb
94		F24	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	FeCrHC
95		F25	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	SPH-C 176/ALS 9
96		F26	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	ST-SP/512-21-3
97		F27	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	CC 411 METALL
98		F28	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	Proteem MX84
99		F29	Željezo i čelik: Masena bilanca		Materijal – Ostali Materijali	Proteem 441 AT

a_Sadržaj | b_Upute i uvjeti | A_Ident.Operatera&Postr. | B_Opis_postrojenja

Slika 8. Prikaz tokova izvora emisija unutar proizvodnje [19]

Nakon opisivanja postrojenja i tokova izvora dolazi glavni dio popunjavanja podataka i svakom zasebnom toku izvora emisija, ovisno o metodologiji prema kojoj se obavlja postupak. Metodologija mjerenjem sastoji se od utvrđivanja emisija iz tokova izvora pomoću kontinuiranog mjerenja koncentracije odgovarajućeg stakleničkog plina u otpadnom plinu, gdje se prati odnos između koncentracija ugljikovog dioksida kroz sveukupni otpadni plin u toku.

Takav način praćenja dozvoljen je jedino u slučajevima dokaza o:

- kontinuiranom mjerenju koje predstavlja točnije podatke od podataka iz proračuna,
- principu kontinuiranog mjerenja s kojima se izbjegavaju visoki neopravdani troškovi
- prikazu identičnih podataka izvora emisija kao što je prikazano u proračunskoj metodologiji.

Emisije stakleničkih plinova naravno moraju biti obuhvaćene na svakom izvoru emisije, a o samom poslodavcu ovisi na koji način će pratiti emisije. Takav način mjerenja emisija može biti podijeljen po svakom izvoru odvojeno ili po principu zajedničkog brojača svih povezanih tokova izvora. O izboru metodologije može ovisiti porijeklo emisije, odnosno da li je emisija nastala u proizvodnom procesu ili u procesu izgaranja.

U ovakvoj metodologiji također postoji razlika ovisno o određivanju praćenja po izvorima emisija i po jedinicama emisija i izvorima. Tako se jednostavnijim industrijskim poduzećima koji koriste npr. samo jednu vrstu goriva omogućava jednostavan praćenje na principu određivanja ukupne potrošnje toga goriva.

Druga metodologija, ujedno i ona koja je uglavnom korištena diljem poduzeća, metodologija proračuna, sastoji se od utvrđivanja emisija iz tokova izvora na temelju podataka o djelatnosti dobivenih putem mjernih sustava i dodatnih parametara iz laboratorijskih analiza ili zadanih vrijednosti. Tako će se emisije računati zbrajanjem emisijama od izgaranja i emisijama od procesa. Na mjernom mjestu operater je dužan na svakom ispustu iz postrojenja osigurati stalno mjesto koje je dovoljno veliko, pristupačno i opremljeno na način da se mjerenja mogu provoditi tehnički odgovarajuće i bez opasnosti po izvođača servisa, kalibracije i povremenog mjerenja.

Uz odgovarajuću dozvolu ministarstva moguća je i kombinacija oba načina pristupa mjerenja koncentracija emisija.

Postupak računanja emisija od izgaranja:

CO_2 (emisija od izgaranja) = potrošnja × DOV × EF × oksidacijski faktor

Potrošnja- prikazuje količinu potrošenog goriva prikazanu u m^3
DOV- donja ogrjevna vrijednost goriva izražena u TJ/m^3
EF- emisijski faktor (količina ispuštenog ugljikovog dioksida) izražena u tonama CO_2/TJ
Oksidacijski faktor- udio izgorenog goriva

Ovisno o zadanoj kategoriji poduzeća te paralelno s time i zahtijevanoj razini točnosti izračuna, mogu se koristiti standardne određene donje ogrjevne vrijednosti ili za svaki tok izvora laboratorijski odrediti DOV ovisno o djelatnostima na tom određenom toku.

Postupak izračuna emisija iz procesa:

CO 2 (emisija iz procesa) = ulaz × emisijski faktor (ulaz) - izlaz × emisijski faktor (izlaz)

Ulaz - količina utrošene sirovine
Emisijski faktor = w(ugljika sadržanog u proizvodu) x 3,664
3,664 - predstavlja pretvorbeni faktor
Izlaz - količina gotovog proizvoda

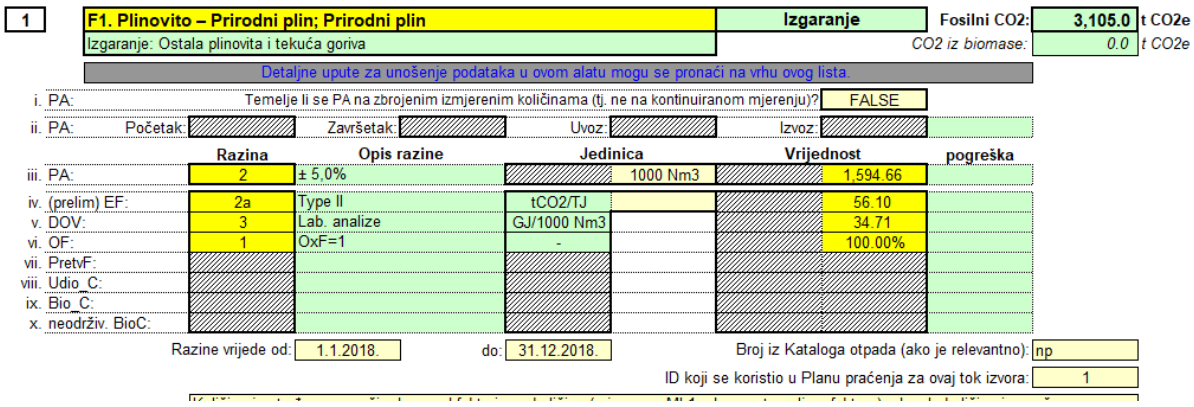
Druga formula razlikuje se zbog nemogućnosti računanja direktne upotrebe ili potrošnje. Zbog toga je potrebno uvesti računanje s obzirom na količine određene zalihe na početku godine i na količine zaliha na kraju kalendarske godine.

$$\textbf{Potrošnja}_{\text{razdoblje}} = \textbf{Dovedeno}_{\text{razdoblje}} + (\textbf{zaliha}_{x=0} - \textbf{zaliha}_{x=1}) - \textbf{odvedeno}_{\text{razdoblje}}$$

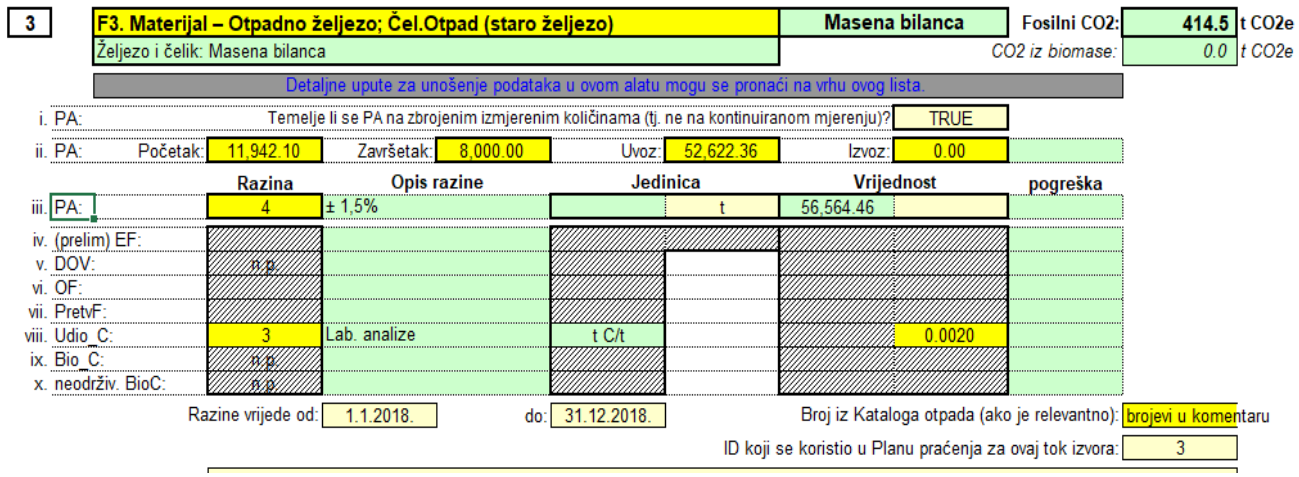
X=0 - početak godine
X=1- kraj godine
Dovedeno - količina kupljene sirovine ili goriva
Odvedeno - količina neiskorištene sirovine ili goriva

Izuzetak primjene točnosti odnosi se na operatere kojima se tok izvora sadrži isključivo od biomase te je moguće osiguranje toga toka izvora od kontaminacije drugim materijalima i gorivima. Za takve tokove izvora emisijski faktor iznosi 0 [11].

Tako je npr. za korištenje prirodnog plina tijekom 6 mjeseci proizvodnje u 2019 godini, prilikom unošenjem sirovine od 1594,66 tona plina, pri oksidacijskom faktoru od 100%, emisijskom faktoru od 56,10 i donjoj ogrijevnoj vrijednosti od 34,71, izračunata razina fosilnog CO_2 od 3105 tona, kako je prikazano u izrađenom polugodišnjem planu emisija izračunatih prilikom praktičnog vremena (slika 9).



Slika 9. Prikaz korištenja prirodnog plina kao goriva u proizvodnji [19]



Slika 10. Prikaz polugodišnjeg plana za iskorišteni čelični otpad [19]

U slučaju 2. na slici 10 je prikazan izračun fosilnog dijela CO_2 prilikom korištenja sirovine otpadnog čelika. Za razliku od primjera prirodnog plina gdje se koristio oksidacijski faktor, odnosno faktor izgaranja sirovine, u slučaju sirovine otpadnog čelika koristi se proračun masene bilance. U proračun se ubraja količina sirovine s kojom je operater završio prethodnu godinu, količine uvezene sirovine prilikom razdoblja izračuna, te količine sirovine na kojoj je završilo vrijeme mjerenja. Bitna razlika između principa je i udio ugljika u sirovini a podaci udjela ugljika mogu doći iz dva izvora - prvi obavezni izvor podataka dolazi od dobavljača sirovine.

Drugi izvor podataka dolazi iz laboratorija operatora ukoliko laboratorij ima akreditaciju i može se dokazati manji udjel ugljika od onoga koji je dostavio dobavljač.

Podaci o udjelima sirovina i potrošnji unose se na za to prikladnim predlošcima u Excel-u prema naputcima ministarstva.

Žuta polja označavaju mjesta obaveznih unosa podataka potrebnih za shvaćanje o kojem se toku izvora radi, koja sirovina se koristi i kolike su koncentracije tvari koje uzrokuju štetne emisije.

Plava polja označavaju automatski izračun na osnovi podataka unesenih u žuta polja, te način izračuna ovisno o vrsti navedenog procesa i sirovine unutar [11].

	Emisije (fosilne) t CO2e	Sadržaj energije (fosilni) TJ	*Emisije (biomasa) t CO2*	*Sadržaj energije (biomasa) TJ*	*Emisije (neodrživa biomasa) t CO2*
Tokovi izvora	**7,226**	**55.35**	*0*	*0.00*	*0*
Izgaranje	3,105	55.35	*0*	*0.00*	*0*
Procesne emisije	31	0.00	*0*	*0.00*	*0*
Masena bilanca	4,090	0.00	*0*	*0.00*	*0*
Emisije PFC					
MJERENJE					
CO2					
N2O					
preneseni CO2					
Nadomjesni pristup					
Ukupno	**7,226**	**55.35**	*0*	*0.00*	*0*

Ukupne emisije iz postrojenja: **7,226 t CO2e**

Ovo je ukupna količina emisijskih jedinica koje operater mora predati na račun.

Slika 11. Polugodišnji izračun emisija CO_2 [19]

Na slici 11 je prikazan automatski ukupan izračun emisijskih jedinica ugljikovog dioksida na osnovi prethodnih unošenja podataka o svim sirovinama i procesima uključenim u proizvodni proces. Sažetak dokumenta detaljno prikazuje kolike emisije CO_2 spadaju na masene bilance izračunate umetanjem uloška sirovina u proizvodnju.

Emisije izgaranja prikazuju emisije prilikom same proizvodne obrade materijala. Tako nakon svih izračuna dolazimo do zaključka da ukupne emisije ugljikovog dioksida za prvih 6 mjeseci 2019 godine iznose 7,226 t.

Vrste mjerenja mogu biti povremena i konstantna.

Povremena mjerenja traju minimalno 6 mjeseci u slučaju provođenja mjerenja na godišnjoj bazi, 12 mjeseci u slučaju trajanja mjerenja 2 godine. Plan praćenja sastoji se od izrade plana mjerenja onečišćujućih tvari u zrak, preračunavanja rezultata mjerenja koncentracija tvari u otpadnim plinovima na jedinicu volumena, procjene difuzne i fugitivne emisije u zrak.

Kontinuirana mjerenja onečišćujućih tvari provode se automatskim mjernim sustavom kojim se osiguravaju podaci o koncentraciji i emitiranom masenom protoku onečišćujuće tvari u otpadnom plinu tijekom neprekidnog rada nepokretnog izvora. Daju se podaci o sadržaju kisika i parametrima stanja otpadnog plina (temperatura, tlak, vlaga...) [20].

4. Najbolje raspoložive tehnike (NRT) u proizvodnji čelika

U početnim procesima proizvodnje čelika, nije bilo praćenja i kontrole emisija iz peći, već se primarno težilo tehnološkom napretku i većem kapacitetu proizvodnje. Zbog postupnih povećanja raznih emisija, te shvaćanja da otpadni plinovi stvaraju efekt staklenika na zemlji, donose se razni propisi u cilju poticanja čistije proizvodnje i smanjenju opterećenja okoliša i počinje se težiti unapređenju tehnologija, kako bi izvedba navedenih ciljeva bila moguća. Počinje izgradnja novih sustava kontrole emisija iz peći, a usklađivanjem ekoloških i ekonomskih stajališta počinje izrada modernijih i ekološki prihvatljivijih elektrolučnih peći.

Cilj izgradnje modernijih i kvalitetnijih elektrolučnih peći je maksimalno moguće smanjenje ukupne količine ispušnih plinova te osiguravanje saniranja onih prije puštanja u okoliš onih plinova čija se proizvodnja ne može izbjeći.

Postizanje takvog cilja nije jednostavno. Ne postoji jedinstveno rješenje koje bi momentalno uklonilo proizvodnju otpadnih plinova (primarno gledano ugljikovog dioksida) iz svakog prizvodnog ciklusa. Potrebno je pronaći balans između ekološki prihvatljivije tehnologije i sa stajališta firmi, ekonomske isplativosti uvođenja novih tehnologija u svoju proizvodnju.

Da bi se omogućilo ostvarivanje takvog smanjenja ispušnog ugljikovog dioksida, udruga, sastavljena od 48 različitih europskih firmi i organizacija uvodi projekt ULCOS (eng. ultra-low carbon dioxide steelmaking), kako bi se postiglo drastično smanjenje. Projekt je sastavljen od vodećih europskih proizvodnih čeličana, a cilj uvedenog projekta upotrebom najmodernijih tehnologija je smanjenje ukupnih količina ugljikovog dioksida za najmanje 50%. Ukupni budžet toga projekta iznosi 47 mil. Eura [21].

Plan izvedbe takvog smanjenja podijeljen je u više potencijalno izvedivih točaka :

- direktno hvatanje i skladištenje CO_2
- korištenje drugih reducensa i oblika energije
- postupak trajnog vezanja CO_2 u karbonate pomoću troske iz elektročeličane
- biomasa

4.1. Direktno hvatanje i skladištenje CO2

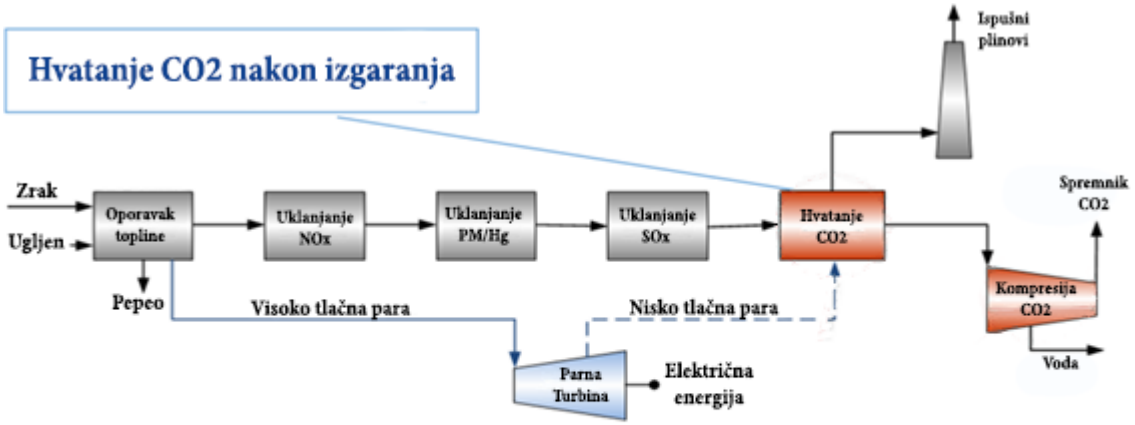
Jedan od mogućih načina smanjenja emisija CO_2 je hvatanje i skladištenje. Postoje dvije moguće tehnologije hvatanja ugljikovog dioksida:

1. nakon sagorijevanja i
2. prije sagorijevanja.

Nakon sagorijevanja

Proces prikupljanja počinje, kako ime navodi, nakon završenog procesa izgaranja goriva. Proces počinje u tzv. bojleru gdje se sakupljenom otpadnom plinu upuhuje vrući zrak. Zatim se smjesa odvodi u odjel za apsorpciju gdje se, uz dodatak topitelja (sulfata), odvaja ugljikov dioksid od ostalih otpadnih plinova.

Sljedeći korak je odvajanje ugljikovog dioksida od topitelja u separatoru uz pomoću topline generirane iz bojlera. Odvojeni topitelj se sakuplja i može ponovno koristiti u procesu, a sakupljeni ugljikov dioksid je spreman za daljnje postupanje sigurnog odlaganja (slika 12) [22].



Slika 12. Proces sakupljanja CO_2 nakon sagorijevanja [23]

Prednosti ovakve tehnologije su:

- sakupljanje ugljikovog dioksida preko 90%
- najveća čistoća sakupljenog ugljikovog dioksida
- moguća je ugradba tehnologije na već postojeća industrijska postrojenja

Nedostaci:

- visoka cijena investicije
- značajno veća potrošnja energije (i do 140%)

Prije sagorijevanja

Proces počinje zračnom separacijom gdje se kisik odvaja od ostatka zraka. Zatim se gorivu dodaje čisti kisik, te nastaje otpadni plin sastavljen od ugljikovog dioksida, ugljikovog monoksida i vode. Dodaje se vodena para kojom se ugljikov monoksid pretvara u dioksid. Kemijskom apsorpcijom ugljikov dioksid odvaja se od vodika (slika 13) [17].



Slika 13. Proces sakupljanja CO_2 prije izgaranja [24]

Prednosti:

- sakupljanje ugljikovog dioksida preko 95%
- manja potrošnja energije od tehnologije nakon sagorijevanja (20%)

Nedostaci:

- visoke cijene investicije
- nije moguća ugradnja na postojeća industrijska postrojenja

4.2. Korištenje drugih reducensa i oblika energije

U smanjenju, odnosno eliminiranju stvaranja ugljikovog dioksida iz elektrolučnog procesa razmatrana je zamjena ugljika sa drugačijim reducensom, poput vodika ili električne energije. Bilo bi to idealno rješenje za problem nastanka CO_2 tijekom proizvodnje. Glavni problem primjene drugih reagensa je neisplativost zamjene. Jednako i vodik i elektricitet su energenti koje je potrebno stvoriti iz drugih izvora, što predstavlja značajno veće cijene u odnosu na ugljik te objašnjava razlog male primjene elektrolize u industriji željeza.

4.3. Postupak trajnog vezanja CO2 u karbonate pomoću troske iz elektročeličane

Troska, kao nusproizvod u čeličanama, ima dokazana dobra vezivna svojstva te može biti pogodna za vezanje ugljikovog dioksida. Proces se odvija tako da se CO_2 upuhuje u nastalu trosku. Mješanjem plinovitog ugljikovog dioksida i troske stvara se stabilna masa, ekološki prihvatljivija, jer se tako smanjuje količina emisija u okoliš te uz to nastaje tvar određene tržišne vrijednosti [14].

4.4. Biomasa

Biomasa kao izvor goriva kao cilj dobivanja električne energije u budućnosti također može poslužiti kao alternativna zamjena za fosilna goriva i kao rješenje smanjenja nastajanja ugljikovog dioksida [14].

5. ZAKLJUČAK

S razvitkom modernih tehnologija dolazi do povećanja štetnih emisija u okoliš raznih otpadnih plinova. Nastavkom ovakvoga tempa proizvodnje moglo bi doći i do značajnih posljedica za planet i njegove stanovnike, ali implementacijom najbolje raspoloživih tehnika u proizvodni proces može se postići i ekonomski i ekološki prihvatljivi uvjeti za daljnji napredak. Čeličane su veliki antropogeni izvor onečišćenja te je osobito bitno uvesti NRT tehnike, s ciljem smanjenja emisije štetnih plinova, osobito CO_2. U tom smislu potrebno je u čeličanama na godišnjoj razini voditi evidenciju o koncentraciji štetnih emisija CO_2 te redovito izvještavati Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOE).

6.LITERATURA:

1. https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/ (03.07.2020)
2. http://klima.mzoip.hr/default.aspx?id=82 (04.08.2020)
3. https://www.crometeo.hr/temperature-kroz-povijest/ (04.08.2020)

4. https://unfccc.int/kyoto_protocol (05.08.2020)
5. Direktiva 2003/87/ez europskog parlamenta i vijeća o uspostavi sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova unutar Zajednice i o izmjeni Direktive Vijeća 96/61/EZ (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=HR) (15.07.2020)
6. Službeni list Europske unije - Zelena knjiga o oblikovanju klimatske i energetske politike za 2030 (2014/C 126/04)
7. Delegirana uredba komisije (eu) 2019/331 o utvrđivanju prijelaznih pravila na razini Unije za usklađenu besplatnu dodjelu emisijskih jedinica na temelju članka 10.a Direktive 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća
8. https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon#CarbonPricing (30.07.2020)
9. https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing (18.07.2020)
10. https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances (30.07.2020)
11. Uredba komisije (eu) br. 601/2012 o praćenju i izvješćivanju o emisijama stakleničkih plinova u skladu s Direktivom 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0601&from=HR) (15.07.2020)
12. Pravilnik o načinu besplatne dodjele emisijskih jedinica postrojenjima (NN 43/2012)
13. usporedba sastava i stabilnosti troske kod proizvodnje čelika u elektrolučnoj peći, Katarina Pavičić, Metalurški fakultet, Sisak, 2017. godina, Završni rad,
14. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production, Industrial Emission Directive 2010/75/EU, European Commission, 2013.
15.https://www.indiamart.com/proddetail/electric-arc-furnace-19730602591.html (06.08.2020)
16. Specijalni čelici, Stjepan Kožuh, Metalurški fakultet, Sisak, interna skripta
17. Tehničko - tehnološki opis postrojenja- Pogon Čeličana (ABS)
18. https://www.researchgate.net/figure/Production-process-of-an-electric-arc-furnace-EAF-steel-making-operation-adapted-from_fig1_227421526 (07.08.2020)
19. https://mzoe.gov.hr/ (23.07.2020)
20. Pravilnik o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 129/2012)
21. https://cordis.europa.eu/project/id/515960 (23.08.2020)
22. Jochen Oexmann-Post-combustion CO_2 capture in coal-fired power plants: Comparison of integrated chemical absorption processes with piperazine promoted potassium carbonate and MEA
23. https://www.netl.doe.gov/coal/carbon-capture/post-combustion (25.08.2020)
24. http://www.ccsassociation.org/what-is-ccs/capture/pre-combustion-capture/ (25.08.2020)

ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI **ANTONIO ČEHOK**

SISAK, Slavonska 53 a

mob. 097 631 84 66

email: antoniocehok1@gmail.com

spol: muško; datum rođenja: 15.08.1996.

državljanstvo: hrvatsko

OBRAZOVANJE

- završena srednja Tehnička škola Sisak

- smjer ekološki tehničar

- nastavak struke na Sveučilištu Zagreb, Metalurški fakultet Sisak; smjer industrijska ekologija

---

OSOBNE VJEŠTINE

- strani jezik: Engleski (aktivno), Talijanski (pasivno)

- osnove rada na računalu, poznavanje rada u MS office-u

- timski rad, komunikativnost

- vozačka B kategorija
