

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**OGLJIČNI ODTIS PROIZVODNJE ALUMINIJA V OBRATU
DRUŽBE TALUM, D.D., KIDRIČEVO**

DAVID MURŠEC

VELENJE, 2018

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**OGLJIČNI ODTIS PROIZVODNJE ALUMINIJA V OBRATU
DRUŽBE TALUM, D.D., KIDRIČEVO**

DAVID MURŠEC

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

Somentor: doc. dr. Marko Homšak

VELENJE, 2018

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **David Muršec** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Ogljični odtis proizvodnje aluminija v obratu družbe Talum d.d. Kidričevo.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Carbon footprint of aluminium production in Talum d.d. Kidričevo company.

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Somentor: **doc. dr. Marko Homšak.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani David Muršec, z vpisno številko 34100071, študent visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom Ogljični odtis proizvodnje aluminija v obratu družbe Talum d.d. Kidričevo, ki sem ga izdelal pod mentorstvom doc. dr. Cvetke Ribarič Lasnik in somentorstvom doc. dr. Marka Homšaka.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Tatjana Caf, prof. slovenščine in matematike;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: 7. 3. 2018

Podpis avtorja: _____

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorju doc. dr. Marku Homšaku za pomoč pri ustvarjanju diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem družini za podporo v času študija.

IZVLEČEK

Proizvodnja aluminija velja za energetska zelo intenzivno panogo. Pri tem izstopa predvsem poraba električne energije na enoto aluminija, ki je za čistim silicijem drugi najbolj zahteven material glede proizvodnje. S tem pridobivanje aluminija preko proizvodnje električne energije posredno povzroča velike količine emisij ogljikovega dioksida, ki velja za glavnega povzročitelja podnebnih sprememb. Tudi v procesu elektrolize glinice, kot predhodne surovine za proizvodnjo aluminija, se sproščajo toplogredni plini v ozračje. Izračun ogljičnega odtisa, kot vsote posredno in neposredno povzročenih emisij toplogrednih plinov, nam prikaže celoten vpliv aktivnosti podjetja na podnebne spremembe.

Z izračunom ogljičnega odtisa proizvodnje v družbi Talum, d.d., na osnovi emisij iz nepremičnih virov sem ugotovil, da višina le-tega v zadnjih letih rahlo narašča. K rasti največ prispevajo emisije t.i. perfluoriranih ogljikov (PFC), ki sicer predstavljajo relativno majhen delež v skupnem seštevku emisij toplogrednih plinov, a imajo zelo visok potencial globalnega segrevanja. Količina teh emisij iz proizvodnje se je od leta 2013 skoraj podvojila. Vzrok za njihovo rast je povečano število t.i. anodnih efektov, ki nastanejo v elektroliznem procesu pri pridobivanju primarnega aluminija in so posledica nenadnih nadzorovanih prekinitev električnega toka s strani distributerjev električne energije. Drugi, bolj razumljiv vzrok za povečanje obsega emisij, je povečanje proizvodnje aluminijastih izdelkov. Drugače je pri emisijah v odvisnosti od obsega proizvodnje, saj so se specifične emisije v obravnavanem obdobju zmanjšale.

Ključne besede: proizvodnja aluminija, ogljični odtis, toplogredni plini, evropska trgovalna shema, Talum d.d., elektroliza, anodni efekt, ogljikov dioksid, perfluorirani ogljikovodiki

ABSTRACT

Production of aluminium is very intensive sector by energy consumption. In this regard, the consumption of electricity per unit of aluminium stands out, which is the second most exacting material in terms of production behind pure silicon. By this, the production of aluminium through the production of electricity indirectly causes large quantities of carbon dioxide emissions, which is considered as the main cause of climate change. Also in the process of electrolysis of alumina, as the previous raw material for aluminium production, greenhouse gases are released into the atmosphere. The calculation of carbon footprint, as the sum of indirectly and directly generated greenhouse gas emissions, shows us overall impact of company's activity on climate change.

By calculating the carbon footprint of production in Talum d.d. company, based on emissions from stationary sources, I found that the amount of this in the past years is slightly increasing. The most important contributors to the growth are the so-called perfluorocarbon (PFC) emissions, although they represent a relatively small share in total greenhouse gas emissions, but have a very high global warming potential. The amount of these emissions of production has almost doubled since 2013. The reason for their growth is the increased number of anode effects, which are generated by the electrolysis process in the production of primary aluminium, as a result of sudden, but controlled interruptions of the electrical current by distributors of electricity. Another, more understandable reason for increasing volume of emissions is the increase in the production of aluminium products. Otherwise, emissions dependent on production, as the specific emissions, decreased in the period under consideration on the account of last year.

Key words: aluminium production, carbon footprint, greenhouse gases, European trading scheme, Talum d.d., electrolysis, anode effect, perfluorocarbons

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD.....	1
1.1.	Namen in cilj raziskave.....	1
1.2.	Hipoteze.....	1
1.3.	Material in metode dela.....	2
2.	PODNEBNE SPREMEMBE.....	3
2.1.	Vzroki.....	3
2.1.1.	Toplogredni plini (TGP) in njihova vloga v delovanju tople grede.....	3
2.2.	Posledice.....	4
2.2.1.	Naraščanje globalne temperature.....	4
2.2.2.	Opažene spremembe na območju Republike Slovenije.....	4
2.3.	Vladni protiukrepi.....	5
2.3.1.	Mednarodni sporazumi.....	5
2.3.2.	Evropska trgovalna shema EU ETS.....	5
2.3.2.1.	Razvoj EU ETS.....	6
2.3.2.2.	Način delovanja EU ETS.....	8
2.3.2.3.	Pridobivanje mednarodnih kreditov CDM in JI.....	10
2.3.2.4.	Dražbe.....	11
2.3.2.5.	Državna pomoč v okviru sistema EU ETS.....	11
3.	OGLJIČNI ODTIS ORGANIZACIJ.....	13
3.1.	Izračun ogljičnega odtisa.....	14
4.	PROIZVODNJA ALUMINIJA IN VIRI EMISIJ TGP.....	16
4.1.	Predstavitev podjetja Talum, d.d., Kidričevo.....	16
4.2.	Lastnosti aluminija.....	17
4.3.	Viri emisij TGP v proizvodnji aluminija.....	18
4.3.1.	Proizvodnja anod.....	18
4.3.1.1.	Oksidacija hlapnih snovi iz katranske smole zelenih anod.....	19
4.3.1.2.	Pečenje zelenih anodnih blokov v kalcinacijski peči Riedhammer.....	19
4.3.2.	Elektroliza.....	19
4.3.2.1.	Poraba anod.....	20
4.3.2.2.	Anodni efekti.....	21
4.3.2.3.	Raba električne energije.....	21
4.3.3.	Proizvodnja sekundarnega aluminija.....	21
5.	REZULTATI.....	23
5.1.	Neposredne emisije iz proizvodnje primarnega aluminija.....	23
5.1.1.	Emisije iz proizvodnje anod.....	23
5.1.1.1.	Emisije iz proizvodnje zelenih anod.....	24

5.1.1.2.	Emisije iz uporabe petrolkoka pri kalcinaciji anod	24
5.1.1.3.	Emisije iz porabe zemeljskega plina kot goriva pri kalcinaciji anod	25
5.1.1.4.	Skupne emisije iz proizvodnje anod	26
5.1.2.	Emisije iz procesa elektrolize	27
5.1.2.1.	Emisije iz porabe predpečenih anod.....	27
5.1.2.2.	Emisije perfluoriranih ogljikovodikov (PFC) pri anodnih efekti.....	27
5.1.2.3.	Skupne emisije iz procesa elektrolize	29
5.1.3.	Seštevek emisij iz proizvodnje primarnega aluminija	29
5.2.	Neposredne emisije iz proizvodnje sekundarnega aluminija	31
5.3.	Seštevek neposrednih emisij TGP.....	32
5.4.	Posredno povzročene emisije TGP	33
5.5.	Ogljični odtis proizvodnje.....	34
5.5.1.	Ogljični odtis v odvisnosti od proizvodnje aluminijskih izdelkov	36
6.	SKLEP	37
7.	POVZETEK.....	38
8.	SUMMARY.....	39
9.	VIRI IN LITERATURA	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Potenciali globalnega segrevanja TGP na referenčno dobo 100 let.....	3
Preglednica 2: Delež dodeljenih brezplačnih EUA na osnovi referenčnih vrednosti (%)	8
Preglednica 3: Gibanje proizvodnje aluminija in aluminijskih izdelkov v Talumu.....	17
Preglednica 4: Gibanje proizvodnje pečenih anod	19
Preglednica 5: Gibanje proizvodnje primarnega – elektroliznega aluminija	23
Preglednica 6: Gibanje emisij CO ₂ iz porabe katranske smole v proizvodnji anod.....	24
Preglednica 7: Gibanje emisij CO ₂ iz porabe zasipnega petrolkoka pri kalcinaciji anod	25
Preglednica 8: Gibanje emisij CO ₂ iz porabe zemeljskega plina pri kalcinaciji anod	26
Preglednica 9: Gibanje vsote neposrednih emisij CO ₂ iz proizvodnje anod	26
Preglednica 10: Gibanje emisij CO ₂ iz porabe predpečenih anod v elektrolizi	27
Preglednica 11: Gibanje emisij PFC iz procesa elektrolize.....	28
Preglednica 12: Gibanje neposrednih emisij TGP iz procesa elektrolize	29
Preglednica 13: Seštevek emisij iz proizvodnje primarnega aluminija v letu 2016.....	30
Preglednica 14: Porazdelitev porabe zemeljskega plina po poslovnih enotah v letu 2016.....	31
Preglednica 15: Gibanje porabe zemeljskega plina in pripadajoče emisije CO ₂	31
Preglednica 16: Seštevek neposrednih emisij TGP družbe Talum v letu 2016.....	32
Preglednica 17: Gibanje neposrednih emisij TGP družbe Talum.....	32
Preglednica 18: Deleži in emisije CO ₂ posameznih virov porabljene električne energije.....	34

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Primer referenčne vrednosti v sektorju proizvodnje primarnega aluminija (elektroliza)	9
Graf 2: Gibanje specifičnih emisij CO ₂ iz proizvodnje anod	26
Graf 3: Gibanje emisij TGP iz elektrolize v odvisnosti od proizvodnje primarnega aluminija ..	29
Graf 4: Struktura neposrednih emisij TGP v proizvodnji primarnega aluminija v letu 2016 ...	30
Graf 5: Gibanje neposrednih emisij TGP iz proizvodnje primarnega aluminija.....	30
Graf 6: Gibanje porabe električne energije v družbi Talum.....	33
Graf 7: Struktura ogljičnega odtisa proizvodnje v obratu družbe Talum v letu 2016.....	35
Graf 8: Gibanje ogljičnega odtisa proizvodnje aluminija in aluminijskih izdelkov v Talumu ...	35
Graf 9: Gibanje ogljičnega odtisa v odvisnosti od proizvodnje Al in aluminijskih izdelkov	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Organiziranost družbe Talum	16
Slika 2: Shema elektrolizne celice za pridobivanje primarnega aluminija	20

1. UVOD

Živimo v obdobju, v katerem eno največjih groženj našemu načinu življenja predstavljajo podnebne spremembe. Povezava med njimi in človeškimi aktivnostmi postaja vedno bolj očitna. Danes s svojimi aktivnostmi praktično odločamo o podnebjju in stanju okolja v bližnji ter daljni prihodnosti. S prekomerno rabo fosilnih goriv in posledičnim sproščanjem toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP) v ozračje je človek nehote sprožil verigo neželenih sprememb v naravnih procesih, na osnovi katerih se izoblikuje podnebje. Prišli smo do točke, ko ni več časa za odlašanje.

Evropska okoljska zakonodaja velja za eno najbolj radikalnih na področju podnebnih sprememb. Ta z evropsko trgovalno shemo EU ETS obvladuje približno polovico vseh TGP, ki se vsako leto izpustijo v ozračje iz območja Evropske unije in držav Evropskega gospodarskega prostora. Del te je tudi družba Talum, d.d., iz Kidričevega, ki je od 1. januarja 2013 z neposrednimi emisijami TGP iz proizvodnje primarnega aluminija in drugih dejavnosti v okviru sistema EU ETS vključena v trgovanje z emisijami TGP. Predstavnik teh plinov v proizvodnji sta ogljikov dioksid (CO₂) in perfluorirani ogljikovodiki (PFC). Poleg neposrednih emisij proizvodnja z intenzivno porabo električne energije prispeva tudi k posredno povzročenim emisijam, za katere pa v okviru sistema EU ETS odgovarjajo proizvajalci električne energije.

Zaradi velike količine povzročenih emisij TGP v sektorju proizvodnje aluminija, tako neposrednih kot posrednih, ima izračun ogljičnega odtisa proizvodnje v luči podnebnih sprememb veliko težo. V izračunu predvsem poraba električne energije igra veliko vlogo, saj je še vedno odvisna tudi od fosilnih goriv. Lažje merljive neposredne emisije predstavljajo manjši del ogljičnega odtisa.

1.1. Namen in cilj raziskave

Namen diplomskega dela je predstaviti značilnosti proizvodnje aluminija skozi prizmo nastajanja TGP. Posamezni tehnološki procesi se med seboj namreč močno razlikujejo po porabi energentov in ogljikovih surovin. Tako npr. emisije, povzročene v procesu elektrolize, predstavljajo večino celotnega ogljičnega odtisa proizvodnje.

Cilji, ki sem si jih pri delu zastavil, so:

- razčleniti proizvodnjo aluminija in ovrednotiti posamezne segmente proizvodnje glede na prispevek emisij TGP k ogljičnemu odtisu izbranega obrata
- ugotoviti vzroke in vire emisij TGP v posameznih tehnoloških enotah
- ugotoviti tendenco gibanja emisij TGP v zadnjih letih, in sicer tako količinsko, kot v odvisnosti od proizvodnje
- izračunati stanje in trende ogljičnega odtisa proizvodnje aluminija v Talumu

1.2. Hipoteze

Postavil sem naslednji hipotezi:

1. hipoteza: Vsota posredno in neposredno povzročenih emisij TGP v Talumu v zadnjih letih zaradi konstantnega povečevanja obsega proizvodnje ne upada.
2. hipoteza: Razmerje med celotnim ogljičnim odtisom proizvodnje in obsegom proizvodnje aluminijskih izdelkov v Talumu upada.

1.3. Material in metode dela

Pri izdelavi diplomskega dela sem uporabil naslednje metode:

- deskriptivna metoda: pri pregledu okoljske zakonodaje in njenih vplivov na upravljanje z emisijami iz proizvodnje aluminija sem uporabil domačo in tujo literaturo;
- raziskovalna metoda: za raziskovanje trenda gibanja emisij TGP iz posameznih tehnoloških enot in izračun ogljičnega odtisa v Talumu sem uporabil podatke o emisijah, pridobljene s strani somentorja, doc. dr. Marka Homšaka, skrbnika sistema za ravnanje z okoljem v tem podjetju;
- metoda izračuna ogljičnega odtisa: zajel sem neposredno in posredno povzročene emisije TGP na osnovi aktivnosti nepremičnih virov, torej tiste, ki so zajete v evropski trgovalni shemi EU ETS kot breme proizvajalcev aluminija in na drugi strani proizvajalcev električne energije.

2. PODNEBNE SPREMEMBE

2.1. Vzroki

V teoriji se kot možni vzroki podnebnih sprememb omenjajo zelo različni dejavniki. Tisti, katerih izvor je zunaj našega planeta, so spremembe na Soncu, spremembe gibanja Zemlje, sevanje Lune in drugih nebesnih teles, razna kozmična sevanja ter meteorji in meteoriti. Dejavniki z notranjimi vzroki so lahko vulkanski izbruhi, požari, spremembe oblačnosti, gibanje kontinentov z nastajanjem gorovij, spremembe kroženja ozračja in oceanov, spremembe slanosti morja, spremembe zaloge ledu, stanje zemeljske površine, spremembe vegetacije in človeški vplivi. Pri raziskovanju dejavnikov izven našega planeta strokovnjaki v zadnjih dvesto letih niso zaznali bistvenih sprememb. Od začetka do sredine 20. stoletja se je nekoliko povečalo sončevo sevanje, ki pa časovno ne sovпада s segrevanjem podnebja, ki je najbolj izrazito v zadnjih treh desetletjih. Tudi vulkani, ki izpustijo 0,76 % TGP v primerjavi s človeškimi izpusti, ne morejo imeti bistvenega vpliva (Kajfež Bogataj 2012). Tako pridemo do zaključka, da je glavni krivec človek oz. naraščanje števila prebivalstva, ki s spreminjanjem zemeljske površine in kurjenjem fosilnih goriv posledično povečuje koncentracije TGP v ozračju. S to teorijo se je že pred slabim desetletjem strinjalo 97 % podnebnih znanstvenikov (Cook 2010).

2.1.1. Toplogredni plini (TGP) in njihova vloga v delovanju tople grede

TGP so vsi tisti plini, ki v atmosferi prispevajo k segrevanju atmosfere na podlagi učinka tople grede. Kjotski protokol regulira emisije šestih TGP, ki so zastopani v znatnih količinah in so povzročeni s človekovimi dejavnostmi. Ti plini so ogljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_2O), fluorirani ogljikovodiki (HFC), perfluorirani ogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF_6). Ostala TPG sta še troposferski ozon (O_3) in vodna para (H_2O). Skupna lastnost TPG je dopuščanje sončevemu kratkovalovnemu sevanju vstop v atmosfero in vpiranje dolgovalovnega sevanja iste energije, ki se odbije od zemljine površine (Gore 2006).

TGP se razlikujejo med seboj po obstojnosti in aktivnosti v zgornjih plasteh ozračja. V preglednici so navedeni potenciali njihovega globalnega segrevanja z upoštevanom referenčno dobo 100 let in trajanje njihovega življenjskega cikla po podatkih iz 4. poročila IPCC o podnebnih spremembah iz leta 2007 (IPCC Fourth Assessment Report 2007). V uporabi so že tudi novejši podatki iz 5. poročila IPCC iz leta 2014 (IPCC Fifth Assessment Report 2014), a se v praksi še vedno pogosteje uporabljajo podatki iz leta 2007.

Preglednica 1: Potenciali globalnega segrevanja TGP na referenčno dobo 100 let

Plin	Življenjska doba (leta)	Potencial globalnega segrevanja
CO_2	20 - 200	1
CH_4	12 +/- 3	25
N_2O	120	298
CHF_3	264	14.800
CH_2F_2	5, 6	675
SF_6	3.200	22.800
CF_4	50.000	7.390
C_2F_6	10.000	12.200

Vir: GHG Protocol 2015

Brez TGP bi bila povprečna temperatura na površju planeta $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, medtem ko njihova zmerna količina omogoča temperaturo okrog $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. A človek je s svojimi aktivnostmi povzročil občutno povečanje njihovih količin. Današnji izpusti TGP so za 60 % večji, kot so bili leta 1990. Količina CO_2 v ozračju, ki predstavlja 80 % vseh izpustov TGP, je septembra leta 2016 narasla na 400 ppm (Climate Central 2017). Povprečna vsebnost tega plina v atmosferi v zadnjih 800.000 letih pred industrijsko dobo je znašala med 170 in 300 ppm (Kajfež Bogataj 2012).

Pri delovanju tople grede sončna energija vstopi v atmosfero v obliki kratkovalovnega UV sevanja in segreva zemljo. Zemljina površina nekaj te energije v obliki dolgovalovnega sevanja izseva nazaj v vesolje. Ostali del tega sevanja vpije ozračje, kar omogoča normalno temperaturo na Zemlji. Povečane koncentracije TGP danes povzročajo, da se količine dolgovalovnega sevanja planeta Zemlje v njeni atmosferi povečujejo in jo segrevajo (Gore 2006).

2.2. Posledice

Vplivi podnebnih sprememb se danes kažejo na številnih področjih in so vedno bolj intenzivni. Posebej zaskrbljujoče je pojavljanje pozitivnih povratnih zank, kot je npr. taljenje permafrosta v Sibiriji, v katerem je desetkratna količina CO_2 , ki ga letno izpustimo v ozračje. Te zanke nadalje pospešujejo podnebne spremembe. Poleg naraščanja globalne temperature, ki je prvo v vrsti verižnih dogodkov, se podnebne spremembe kažejo v spreminjanju prostorske in časovne porazdelitve padavin, zmanjšanju biološke raznovrstnosti, pomikanju živalskih in rastlinskih vrst proti poloma, pojavljanju tujerodnih invazivnih vrst, zakisljevanju oceanov, povečanju števila in moči tropskih neurij, povečanju števila požarov v naravi, taljenju ledenikov in ledu na obeh polih, izginjanju koralnih grebenov, dvigovanju morske gladine, spreminjanju morskih in zračnih tokov ter na splošno v naraščajočem številu ekstremnih naravnih dogodkov. Vse to vpliva tudi na socialno stanje prebivalstva in vedno intenzivnejše migracije ljudi iz prizadetih območij (Penna 2015).

2.2.1. Naraščanje globalne temperature

Vsa tri zadnja desetletja so bila izrazito toplejša, kot katero koli desetletje pred letom 1850. Obdobje od leta 1983 do leta 2012 je bilo najtoplejše 30-letno obdobje v zadnjih 1.400 letih na severni polobli. Povprečna globalna temperatura, izmerjena kot kombinacija temperature na zemeljski površini in temperature na površini oceanov, se je v obdobju 1880 – 2012 dvignila za $0,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2014).

Tudi leto 2017 ni izvzeto po temperaturnem odklonu. Prvih šest mesecev je bilo v celotni zgodovini merjenja temperature na Zemlji druga najtoplejša prva polovica leta. V tem obdobju je bila povprečna temperatura $14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, kar je $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ nad povprečjem 20. stoletja. Junij 2017 je bil za $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ toplejši od povprečja tega obdobja in tretji najtoplejši od leta 1880. Vsi trije najtoplejši juniji v zgodovini merjenja so juniji zadnjih treh let (NOAA 2017).

2.2.2. Opažene spremembe na območju Republike Slovenije

Podrobne meteorološke meritve pri nas potekajo zadnjih 60 let. Te kažejo naraščanje temperature v zadnjih 30 letih, in sicer za $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ na podeželju in za $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ v mestih. Zadnje hladno leto je bilo pred 39 leti, vsa od leta 1986 naprej pa so nadpovprečna. Povprečna letna temperatura je bila najvišja leta 2000, medtem ko je bilo poletje tri leta kasneje rekordno vroče in sušno. Povprečna temperatura od konca poletja 2006 do spomladi 2007 je bila

najvišja izmerjena v primerljivih obdobjih ostalih let. Leto 2012 je bilo tretje najtoplejše do obdobja takratnega merjenja (Kajfež Bogataj 2012). Podobno je bilo leta 2015, ki je bilo za rekordno toplim letom 2014 drugo ali tretje najtoplejše, medtem ko je bila istega leta izmerjena najvišja povprečna letna temperatura na Kredarici, in sicer 0,6 °C (ARSO 2016).

Opazen je tudi dvig najvišje dnevne in najvišje nočne temperature poleti, ko se daljša še koledarsko obdobje vročinskih valov. Toplejši so vsi letni časi, razen jeseni. Več je poplav in sušnih poletij, saj se spreminja padavinski režim. Prav tako globalno segrevanje v Sloveniji vpliva na zgodnejši začetek rastne dobe in hitrejši razvoj rastlin (Kajfež Bogataj 2012).

2.3. Vladni protiukrepi

2.3.1. Mednarodni sporazumi

Leta 1992 je v Rio de Janeiru potekala konferenca Združenih narodov v okviru okolja in razvoja, na kateri je prišlo do globalnega sporazuma z naslovom Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), ki je vstopil v veljavo 21. marca 1994. Cilj konvencije je bil stabilizirati koncentracije TGP v ozračju na stopnji, ko bi se še lahko izognili hujšim posledicam podnebnih sprememb. Sporazum, ki ga je do zdaj podpisalo 197 držav, ni vseboval prisilnih mehanizmov in omejitev glede emisij TGP, a je predstavljal prvi večji skupni korak na poti ukrepanja na področju podnebnih sprememb. Republika Slovenija je podpisala sporazum leta 1992 in ga ratificirala tri leta kasneje (United Nations 2006).

Najodločneje izveden korak proti podnebnim spremembam je bil storjen decembra leta 1997, ko je bil sprejet Kjotski protokol, ki je stopil v veljavo leta 2005. Obveze Kjotskega protokola so zahtevale vzpostavitev političnih instrumentov v vseh državah podpisnicah. 37 razvitih držav se je dogovorilo za vsaj 5 % zmanjšanje lastnih emisij TGP med leti 2008 - 2012 glede na bazno leto. Slovenija in Evropska unija sta ga podpisali leta 2002 (United Nations 2003). Med drugim je predstavljal temelje, na katerih je Evropska unija kasneje uvedla sistem EU ETS, saj so se izoblikovali fleksibilni kjotski mehanizmi CDM (Clean Development Mechanism) in JI (Joint Implementation).

Decembra leta 2015 je v Parizu na zasedanju v okviru UNFCCC prišlo do dogovora o Pariškem podnebnem sporazumu, ki ga je ratificiralo 155 držav. V veljavo je stopil 4. novembra 2016 in zajema obdobje od leta 2020 naprej. Vlade so se dogovorile, da bodo omejile zvišanje povprečne globalne temperature na manj kot 2 °C, in sicer s prizadevanjem, da bi ta vrednost ostala pod 1,5 °C. Predložile so celovite nacionalne akcijske načrte za zmanjšanje emisij TGP in dosegle dogovor, da bodo vsakih pet let seznanile druge podpisnice o svojih idejah, kako bi lahko prispevale k ambicioznejšim ciljem. Razvite države bodo državam v razvoju preko kjotskih mehanizmov še naprej nudile finančno pomoč za ukrepe proti podnebnim spremembam. Zaradi preglednosti in nadzora bodo javnost ter druga drugo obveščale o svojih napredkih (Evropska komisija 2017).

2.3.2. Evropska trgovalna shema EU ETS

Leta 2000 je Evropska komisija, v okviru Evropskega programa za podnebne spremembe (European Climate Change Program – ECCP), sprejetega prav tistega leta, predstavila dokument z naslovom »Greenhouse gas emissions trading within the European Union« (sl. Trgovanje z emisijami toplogrednih plinov v Evropski uniji), ki je vseboval prve ideje o obliki evropske trgovalne sheme in je služil kot osnova za oblikovanje tako Direktive 2003/87/EC

(Direktiva o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisij TGP v Skupnosti), kot tudi EU ETS v prvi fazi (Evropska komisija 2016a).

Na podlagi te direktive je bila shema uvedena leta 2005, kot temeljno orodje okoljske politike Evropske unije na poti zmanjševanja izpustov TGP. Namen trgovanja je spodbujati zmanjševanje emisij na stroškovno in gospodarsko učinkovit način. EU ETS je mehanizem trgovanja z emisijami, ki je predvsem po obsegu prvi tovrsten sistem in še danes predstavlja najboljše trgovanje z emisijami TGP v svetu. Glavno orodje delovanja EU ETS so emisijski kuponi (angl. EU Emission Allowance – EUA), s katerimi podjetja razpolagajo in trgujejo. Z določevanjem cen emisij TGP in na drugi strani z dodajanjem finančne vrednosti vsaki toni zmanjšanja emisij EU ETS spodbuja investicije v čistejše nizkoogljične tehnologije. S tem se tudi spreminjata politika in odnos do podnebnih sprememb s strani podjetij. Sistem temelji na omejevanju skupnih emisij TGP vseh zajetih naprav v shemi s t. i. »pokrovom« (angl. cap), s katerim se postopoma znižujejo količine dovoljenih emisij TGP. Zajete so predvsem energetske intenzivne panoge, od leta 2012 pa tudi letalstvo. Znotraj sistema lahko podjetja prodajajo in kupujejo emisijske kupone, če je potrebno. Tak pristop (»cap and trade«) daje podjetjem možnost izbire med investicijami v čistejšo proizvodnjo in trgovanjem s kuponi, da stroškovno čimbolj učinkovito zadostijo kriterijem sistema (Evropska komisija 2016b).

EU ETS je produkt evropske zakonodaje in s pravnega vidika deluje neodvisno od aktivnosti ostalih držav podpisnic UNFCCC, čeprav vse regije v okviru Kjotskega protokola stremijo k skupnim globalnim ciljem in nekatere sodelujejo s fleksibilnimi Kjotskimi mehanizmi (CDM in JI). EU ETS zajema okoli 170 sektorjev in podsektorjev, ki vključujejo okrog 11.500 proizvodnih naprav in elektrarn v vseh 28 članicah Evropske unije in v Islandiji, Lihtenštajnu ter Norveški. Te države so članice Evropskega gospodarskega prostora (EGP) in kljub temu, da niso članice Evropske unije, enakopravno sodelujejo v sistemu EU ETS. Delež reguliranih emisij s strani EU ETS pokriva približno 45 % vseh izpustov TGP v območju Evropske unije. EU ETS spodbuja razvoj podobnih sistemov v drugih regijah in se pogosto navaja kot referenčni model nastajajočih podnebnih politik v svetu. Evropska komisija si prizadeva za povezovanje z drugimi, kompatibilnimi shemami v preostalih delih sveta. EU ETS je namreč s Povezovalno direktivo (2004/101/ES) povezan s fleksibilnimi Kjotskimi mehanizmi, kot sta mehanizem čistega razvoja (angl. Clean Development Mechanism – CDM) in projekti skupnega izvajanja (angl. Joint Implementation – JI), v katerih lahko sodelujejo države podpisnice Kjotskega protokola. Ta dopolnjujeta EU ETS s priznavanjem dobropisov v te projekte vključenim podjetjem v obliki emisijskih kuponov. V svetu sicer obstajajo še drugi, manj razviti sistemi (Kitajska, Južna Koreja, Kanada, Japonska, Nova Zelandija, Švica in ZDA), katerih skupna količina reguliranih emisij TGP v primerjavi z EU ETS je 1 : 3. Evropska unija se je načeloma dogovorila s Švico za povezavo obeh shem v prihodnosti (prav tam).

Z ekonomskega stališča EU ETS vsebuje stroškovno najbolj učinkovita orodja za zmanjševanje emisij TGP. V nasprotju s klasičnimi ureditvami in predpisi na podlagi obdavčitev EU ETS namreč podjetjem omogoča izbrati najcenejši in hkrati najučinkovitejši način zmanjševanja emisij ter s tem zagotavlja uresničitev dejanskih emisijskih ciljev (Evropska komisija 2016a).

2.3.2.1. Razvoj EU ETS

Sistem EU ETS je razdeljen na več obdobj:

- prvo trgovalno obdobje (2005 – 2007);
- drugo trgovalno obdobje (2008 – 2012);
- tretje trgovalno obdobje (2013 – 2020);
- četrto trgovalno obdobje (2021 – 2030).

Prvo obdobje EU ETS je služilo kot poskusno obdobje in je trajalo od 1. januarja 2005 do 31. decembra 2007. Cilji v okviru trgovanja v tem obdobju so bili vzpostavitev delujočega trga, oblikovanje cene emisijskih kuponov na ogljikovem trgu in vpeljava ustrezne infrastrukture za spremljanje dejanskih emisij, poročanje o njih ter njihovo preverjanje. Pokrov dovoljenih emisij TGP je bil določen bolj površinsko, saj na voljo ni bilo dovolj verodostojnih podatkov o emisijah. Osnovna namena prve faze sta namreč bila priprava podlage za učinkovito delovanje EU ETS od leta 2008 naprej in aktivacija članic Evropske unije v spopadu z zavezami Kjotskega protokola. Shema je zajemala proizvodnjo elektrike in toplote ter energetske intenzivne sektorje, kot so naftne rafinerije, sežigalnice, koksne peči, tovarne jekla in železa, in obrate za proizvodnjo cementa, apna, stekla, keramike, opek, papirne kaše ter papirja. V emisijah onesnaževalcev je bil od TGP upoštevan le CO₂. Na koncu prvega obdobja so emisijski kuponi zapadli in jih ni bilo mogoče prenesti v drugo obdobje (IETA 2010).

Drugo trgovalno obdobje je potekalo od 1. januarja 2008 do 31. decembra 2012, torej sočasno s prvim petletnim ciljnim Kjotskim obdobjem, ko so morale članice Evropske unije doseči emisijske cilje, določene v Kjotskem protokolu. Evropska unija se je zavezala k 8-odstotnemu zmanjšanju emisij TGP glede na referenčno leto 1986. Evropska komisija je, glede na podatke emisij iz prvega obdobja, v tem obdobju zmanjšala količino dodeljenih emisijskih kuponov, in sicer za 6,5 % glede na stopnjo iz leta 2005. Na količino emisij TGP je močno vplivala svetovna gospodarska kriza, ki je posredno povzročila zmanjšanje emisij. Podjetjem je tako ostalo na razpolago večje število neizkoriščenih emisijskih kuponov, kar je vplivalo na povpraševanje in posledično na ceno samih kuponov. V tem obdobju so bile v shemo vključene emisije dušikovega oksidula (N₂O) iz proizvodnje dušikove kisline. Trgovanju so se pridružile države Islandija, Lihtenštajn in Norveška. Z letom 2012 so bile v shemo dodane še emisije TGP iz letalskega prometa in sicer za lete med letališči sodelujočih držav sistema EU ETS. Emisijski kuponi so se v tem obdobju dodeljevali na ravni potrjenega nacionalnega alokacijskega načrta (Evropska komisija 2016a).

Trenutno teče tretje trgovalno obdobje, ki se je začelo 1. januarja 2013 in se bo zaključilo z 31. decembrom 2020. Daljše trgovalno obdobje prispeva k večji predvidljivosti in preglednosti trga v smislu spodbujanja dolgoročnih investicij v zmanjšanje emisij. Poteka sočasno z drugim Kjotskim obdobjem, ki obvezuje Evropsko unijo, da do konca leta 2020 zmanjša količine emisij TGP za 20 % glede na leto 1990. EU ETS je v primerjavi z drugim obdobjem doživel temeljito prenovo. Evropska komisija si je namreč zelo prizadevala za izboljšanje trgovalne sheme. Predvsem je bilo vložena veliko truda v učinkovitost in skladnost sistema EU ETS. Poudarek je bil tudi na izboljšanju nadzora, poročanja in preverjanja emisij. Načrtovanje te faze je temeljilo na podlagi Direktive 2009/29/ES, pri oblikovanju katere so pomembno vlogo igrale izkušnje iz prejšnjih dveh obdobj. Najpomembnejša odločitev Evropske komisije je bila določitev pokrova oz. stopnje zmanjševanja emisij in sicer za 1,74 % letno glede na podatke iz leta 2010. S tem bi bile emisije TGP v letu 2020 nižje za 21 % v primerjavi z letom 2005. Emisijskih kuponov ne podeljujejo več posamezne države preko nacionalnih alokacijskih planov, temveč je podeljevanje poenoteno iz skupnega »pokrova« na ravni celotnega območja EU ETS v okviru skupnega registra evropske trgovalne sheme. Države same morajo le še voditi evidenco dodeljevanja kuponov, ki za razliko od prvih dveh obdobjih v mnogo večji meri poteka preko dražb (prav tam).

EU ETS ima pri doseganju okoljskih ciljev Evropske unije v tekočem obdobju še pomembnejšo vlogo, med drugim je z vključitvijo novih industrijskih sektorjev postal še bolj razširjen. Shemi so namreč pridružene emisije CO₂ iz sektorjev proizvodnje primarnega aluminija, amoniaka in petrokemikalij, emisije N₂O iz proizvodnje določenih kislin, emisije PFC iz proizvodnje aluminija ter inštalacije za zajemanje, transport in geološko shranjevanje TGP. S 1. januarjem 2017 se je EU ETS pridružila tudi Hrvaška (prav tam).

Evropska unija v načrtih nima končnega datuma zaključka EU ETS. Po koncu tretjega obdobja sledi četrto. Evropska komisija je namreč v juliju leta 2015 predstavila zakonodajni predlog k reviziji EU ETS za naslednje obdobje (2021–2030) v skladu s cilji energetske in okoljske politike Evropske unije do leta 2030. S predlogom si EU prizadeva zmanjšati količino emisij TGP za 43 % v primerjavi z letom 2005 (prav tam).

2.3.2.2. Način delovanja EU ETS

Z določevanjem pokrova izvršna oblast EU ETS vsako leto predpiše že vnaprej določeno število emisijskih kuponov v celotnem sistemu in s tem posredno regulira količino izpustov TGP. Pokrov s številom kuponov iz leta v leto postopoma upada in se tako linearno približuje ciljnim emisijskim vrednostim za konec obdobja. Ker so cilji Evropske unije glede zmanjšanja emisij z vidika onesnaževalcev zelo ambiciozni, takšen sistem podjetjem omogoča postopno prilagajanje na dekarbonizacijo proizvodnje.

En emisijski kupon predstavlja podjetju pravico emitirati eno tono ekvivalenta CO₂ (tCO₂-e). Vsako podjetje, vključeno v shemo, v odvisnosti od tipa in obsega proizvodnje, prejme sorazmeren del števila brezplačnih kuponov za vsako koledarsko leto posebej. Podjetja morajo sama izvajati nadzor in poročati o svojih emisijah ter ta poročila nato potrditi preko akreditiranega preveritelja (npr. SIQ). Po koncu leta morajo oddati tolikšno število kuponov, da z njimi pokrijejo vse svoje količine izpustov TGP. Oddani kuponi se s strani EU ETS prekličejo in izgubijo vsakršno vrednost, preostanek kuponov pa lahko podjetje proda ali obdrži in jih prenese v prihodnje leto kot rezervo (Evropska komisija 2016b).

Sistem EU ETS z intenzivnim krčenjem deleža brezplačno dodeljenih kuponov in sistematičnim omejevanjem števila razpoložljivih kuponov na trgu ustvarja pogoje, ki naj bi proti koncu tretjega obdobja predvidoma zvišali vrednost emisijskih kuponov in s tem spodbudili onesnaževalce, da bi vedno več sredstev investirali v čistejše oz. učinkovitejše tehnologije, kar je navsezadnje tudi cilj Evropske unije.

Količina brezplačno podeljenih kuponov se po odločitvi Evropske komisije proti koncu tretjega trgovalnega obdobja znatno zmanjšuje. Medtem, ko je v prvih dveh obdobjih bila velika večina potrebnih kuponov brezplačno podeljena (90 – 95 %), v tekočem obdobju ta delež iz leta v leto močno upada. Prejeti kuponi bodo leta 2020 v industrijskem sektorju predvidoma pokrivali le še 30 % vseh potrebnih kuponov glede na referenčno vrednost (EU ETS Factsheet). Proizvodnja električne energije je pri podeljevanju brezplačnih kuponov izzeta, saj morajo onesnaževalci v tem sektorju kupiti prav vse potrebne kupone (prav tam).

Preglednica 2: Delež dodeljenih brezplačnih EUA na osnovi referenčnih vrednosti (%)

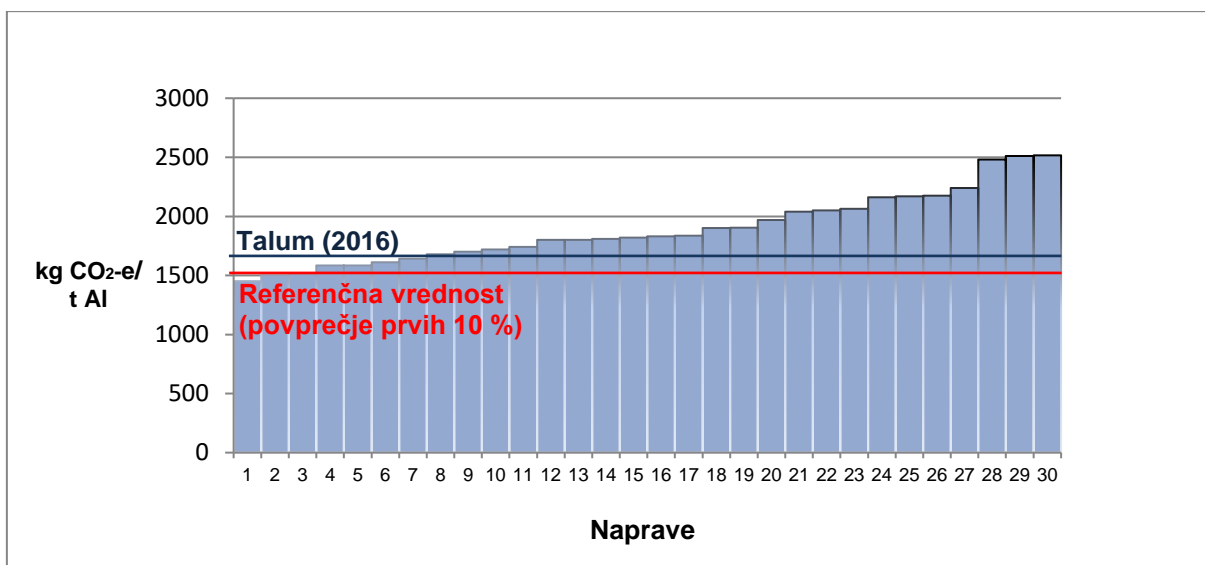
Leto	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Proizvodnja električne energije	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrijska proizvodnja	80	72,9	65,7	58,6	51,4	44,2	37,1	30
Industrijski sektor izpostavljen uhajanju emisij	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100

Vir: Handbook

V teoriji mora onesnaževalec v industrijskem sektorju, ki ni izpostavljen »uhajanju ogljika«, s količino emisij TGP na nivoju referenčne vrednosti, za leto 2017 z dokupljenimi emisijskimi kuponi pokriti 48,6 % svojih emisij. Na število brezplačnih kuponov, ki jih prejme posamezna

naprava v določenem letu, sicer vpliva več dejavnikov. Najpomembnejši so referenčna vrednost v sektorju, nivo pretekle proizvodne aktivnosti naprave, faktor brezplačno podeljenih kuponov v tekočem letu in t.i. izpostavljenost »uhajanju ogljika« (angl. carbon leakage).

Referenčne vrednosti služijo kot merilo za ocenjevanje števila dodeljenih emisijskih kuponov in so določene za vse, v evropski trgovalni shemi zajete, sektorje in podsektorje. Izračunane so iz povprečne vrednosti izpustov emisij TGP na enoto produkta prvih desetih odstotkov naprav v sektorju po učinkovitosti. Za večino sektorjev so referenčne vrednosti določene na podlagi podatkov iz prvega in drugega trgovalnega obdobja, torej ostajajo nespremenjene skozi celotno tekoče trgovalno obdobje. Te vrednosti ne predstavljajo nobene meje ali ciljnih vrednosti glede količine emisij. So merilo, po katerem prejmejo vse naprave v posameznem sektorju enako število brezplačnih kuponov na enoto aktivnosti, zato so s finančnega vidika naprave z nižjimi emisijami od referenčne vrednosti, v boljšem položaju pri razpolaganju s kuponi (Evropska komisija 2016a).



Graf 1: Primer referenčne vrednosti v sektorju proizvodnje primarnega aluminija (elektroliza)
Vir: Evropska komisija 2016b

Podjetjem s primanjkljajem kuponov ob koncu koledarskega leta ostanejo na voljo naslednje možnosti (prav tam):

- nakup kuponov na dražbi;
- zmanjšanje proizvodnih emisij z investicijami v čistejšo tehnologije oz. surovine ali z zmanjšanjem proizvodnje;
- koriščenje dobropisov iz sodelovanja v fleksibilnih Kjotskih mehanizmih (CER ali ERU);
- nakup kuponov neposredno od drugega upravljavca naprave, ki ima višek kuponov zaradi manjših emisij;
- koriščenje kuponov iz prejšnjih let istega obdobja, v primeru da je podjetje višek kuponov zadržalo;
- uporaba različnih kombinacij.

Če podjetje v določenem roku (30. april) ne preda zadostnega števila emisijskih kuponov, ga poleg javne objave doleti finančna kazen v višini 100 EUR na tono ekvivalenta CO₂, pomnožena s stopnjo inflacije v Evropski uniji glede na leto 2013. Kljub plačani kazni mora podjetje v naslednjem letu oddati kupone, da pokrije svoj dolg (Evropska komisija 2016a).

Cene emisijskih kuponov določa trg, zato nihajo v odvisnosti od več dejavnikov. Najpomembnejša sta velikost ponudbe, na katero najbolj vpliva dejanska količina izpustov TGP v celotni shemi, in na drugi strani povpraševanje s strani tistih podjetij, ki so ocenila, da bi bilo vlaganje finančnih sredstev v zniževanje emisij v določenem obdobju dražje od nakupa kuponov. Na tak način sile na trgu prerazporejajo kupone med udeleženci trga in posredno zmanjšujejo emisije v tistih regijah ali področjih, kjer je to najceneje (prav tam).

Z emisijskimi kuponi lahko trguje vsaka organizacija ali posameznik z računom v skupnem registru evropske trgovalne sheme (angl. Union registry), za katerega pa vključenost v EU ETS z emisijami ni pogoj. Register je elektronski sistem, podoben bančnemu. Vsebuje račune držav članic, podjetij in fizičnih oseb. Beleži lastništvo kuponov in mednarodnih kreditov (CER, ERU), vse transakcije (kuponov) med računi, dodeljevanje brezplačnih kuponov, dražbe, predaje in brisanje kuponov ter transakcije mednarodnih kreditov iz in v EU ETS. Prav tako vključuje vsa preverjena poročila o emisijah onesnaževalcev in alokacijski načrt sheme za celotno obdobje razdeljevanja kuponov (Evropska komisija 2016b).

2.3.2.3. Pridobivanje mednarodnih kreditov CDM in JI

Mednarodni fleksibilni mehanizmi v sklopu Kjotskega protokola so projektno zasnovani mehanizmi, ki omogočajo sodelujočim državam pridobivanje dobropisov v obliki mednarodnih kreditov, s pomočjo katerih lahko investitorji pokrijejo del svojih obvez znotraj trgovalne sheme. S povezovanjem različnih trgovalnih shem dajejo ti mehanizmi pomemben prispevek k nizkoogljičnemu razvoju na globalni ravni in spodbujajo rast ogljičnih trgov v državah v razvoju. Z vidika EU ETS z omogočanjem uporabe kreditov izboljšujejo stroškovno učinkovitost evropske trgovalne sheme. V nasprotni smeri ima EU ETS kot globalno največji ogljikov trg s svojo težnjo po mednarodnih kreditih pomembno vlogo pri delovanju teh mehanizmov. S tem EU ETS spodbuja tudi druge trge po svetu in vpliva na oblikovanje mednarodne cene ogljika (Evropska komisija 2016a).

Mehanizem čistega razvoja (angl. Clean Development Mechanism – CDM) na mednarodnem nivoju omogoča projektno sodelovanje med razvitimi državami in državami v razvoju na področju zniževanja emisij TGP. V njem lahko sodelujejo vse podpisnice Kjotskega protokola in sicer v smeri vlaganja finančnih sredstev razvitih držav (določene v aneksu 1) v države v razvoju (niso na seznamu aneksa 1). Mehanizem ne obvezuje podpisnic k sodelovanju. Pristop k sodelovanju je prostovoljen, način in trajanje sodelovanja pa sta v veliki meri odvisna od interesov in dogovora obeh strani. Investitorji iz razvitih držav z vlaganjem v projekte in nato s potrjenim zmanjšanjem emisij pridobijo kredite CER (angl. certified emission reduction) v trgovalni shemi, v katero so vključeni. Ena enota CER nosi vrednost zmanjšanja ene tone emisij ekvivalenta CO₂. V sistemu EU ETS investitor tako pridobi emisijske kupone, ki mu služijo kot alternativa nakupu le-teh ali zmanjšanju svojih emisij. Mehanizem čistega razvoja je začel delovati leta 2006 (Evropska komisija 2016b).

Projekti skupnega izvajanja (angl. Joint Implementation – JI) podobno kot mehanizem čistega razvoja omogočajo sodelovanje podpisnic Kjotskega protokola pri zmanjševanju emisij TGP in s tem koriščenje kreditov za pokritje dela obvez iz trgovalne sheme. Razlika je v tem, da je mehanizem JI namenjen le razvitim državam. Te s financiranjem projektov v drugi industrializirani državi pridobijo enote znižanja emisij pod imenom ERU (angl. emission reduction unit), ki prav tako kot enote CER nosijo vrednost zmanjšanja ene tone emisij ekvivalenta CO₂. Z vidika Kjotskega protokola so tarčne države investiranja predvsem tiste, kjer je vlaganje v zniževanje emisij najcenejše. Projekti skupnega izvajanja so na voljo sodelujočim državam evropske trgovalne sheme od 1. januarja 2008 (prav tam).

Za mednarodne kredite je v obdobju od leta 2008 do leta 2020 namenjeno pokritje največ 1,6 milijarde ton emisij ekvivalenta CO₂, od česar jih je bilo do 30. aprila 2016 izkoriščenih več kot 90 % oz. 1,468 milijarde ton (Evropska komisija 2016a).

2.3.2.4. Dražbe

Dražbe imajo pri razdeljevanju emisijskih kuponov iz leta v leto večjo vlogo, saj podjetja v prevladujočem industrijskem sektorju prejemajo vse manj brezplačnih kuponov in so tako v primeru, da ne vlagajo v zniževanje lastnih ali tujih emisij TGP, pri pridobivanju kuponov prisiljena k nakupu. Preostanek kuponov iz pokrova EU ETS, ki ni brezplačno podeljen, gre namreč na dražbo. Dražbe so po ekonomski teoriji in mnenju Evropske komisije najpreglednejša metoda razdeljevanja kuponov. Med drugim vnašajo v prakso načelo, da onesnaževalec plača (Celovitost in izvajanje EU ETS 2015). Izvedene so po pravilih Uredbe o dražbah (EU Uredba 1031/2010), ki predpisuje časovne, administracijske in druge lastnosti dražb, po katerih morajo biti le-te izpeljane na odprt, pregleden, skladen in nediskriminatoren način (Evropska komisija 2016b).

Dražbe potekajo vsakodnevno in sicer v obliki skupne platforme, ki jo uporablja večina držav. So javne in odprte za kupce iz katerekoli države, čeprav so organizirane s strani posameznih vlad držav članic. Izjema so dražbe, prirejene s strani vlad Nemčije, Poljske in Velike Britanije, ki so se odločile za svojo platformo, pri kateri so dražbe delno vodene po pravilih posamezne države. Pravico sodelovanja na dražbah imajo poleg onesnaževalcev iz evropske trgovalne sheme tudi ostale organizacije in posamezniki z računom v registru sheme (prav tam).

2.3.2.5. Državna pomoč v okviru sistema EU ETS

Leta 2012 je nadzorni organ EFTA izdal odločbo o spremenjenih pravilih na področju državne pomoči v okviru sistema za trgovanje s pravicami do emisij TGP v obdobju od leta 2013 do leta 2020. Glavna cilja pomoči sta večje zmanjšanje emisij TGP, kot bi bilo doseženo brez pomoči, ter doseči, da bodo pozitivni učinki pomoči večji od negativnih z vidika izkrivljanja konkurence na notranjem trgu. Z direktivo o EU ETS so bili določeni naslednji začasni ukrepi (EFTA 2012):

- pomoč za posredne stroške emisij;
- pomoč za naložbe visoko učinkovitim elektrarnam, vključno z novimi elektrarnami, ki so pripravljene na okoljsko varno zajemanje in geološko shranjevanje CO₂ (CCS);
- možnost prehodno brezplačnih pravic v sektorju električne energije v nekaterih državah;
- izvzetje nekaterih malih naprav iz EU ETS v primeru, če se lahko zmanjšanje emisij TGP doseže zunaj okvira EU ETS z nižjimi stroški.

Te smernice so namenjene doseganju treh specifičnih ciljev: zmanjšanju tveganja premestitve emisij TGP, ohranjanju cilja EU ETS glede stroškovno učinkovite dekarbonizacije (v smislu znižanja upravnih stroškov za vsako tono ekvivalenta CO₂) in zmanjšanju izkrivljanja konkurence na notranjem trgu na najnižjo možno raven (prav tam).

Pomoč za posredne stroške emisij nadomešča povišanje cen električne energije, ki izvirajo iz vključitve stroškov emisij TGP zaradi EU ETS. Namenjena je podjetjem v sektorjih in delih sektorjev, ki veljajo za izpostavljene visokemu tveganju premestitve emisij TGP zaradi stroškov pravic EU ETS, ki so bili vključeni v ceno električne energije. Premestitev emisij CO₂ je povezana s povečanjem globalnih emisij TGP, kadar podjetja preselijo proizvodnjo v države

zunaj EGP, ker ne morejo prenesti večjih stroškov, ki izvirajo iz EU ETS, na svoje stranke brez znatne izgube tržnega deleža (Evropska komisija 2012).

Pomoč v celoti ne nadomešča stroškov EUA v cenah električne energije in se postopoma znižuje. Ta degresivna intenzivnost pomoči je bistvena, da se preprečuje odvisnost od pomoči in ohranja tako dolgoročne spodbude za popolno internalizacijo okoljskih zunanjih učinkov kot tudi kratkoročne spodbude za prehod na generacijo tehnologij, ki povzročajo manjše izpuste TGP, hkrati pa poudarja začasni značaj pomoči in prispeva k prehodu na nizkoogljično gospodarstvo. Intenzivnost pomoči tako ne sme presegati 85 % upravičenih stroškov, nastalih v letih 2013, 2014 in 2015, 80 % upravičenih stroškov, nastalih v letih 2016, 2017 in 2018, ter 75 % upravičenih stroškov, nastalih v letih 2019 in 2020 (EFTA 2012).

Sektorji na področju proizvodnje kovin, ki predhodno veljajo za izpostavljene visokemu tveganju premestitve emisij CO₂ zaradi stroškov EUA, so (prav tam):

- proizvodnja aluminija;
- proizvodnja svinca, cinka in kositra;
- proizvodnja surovega železa, jekla in ferozlitin;
- proizvodnja brezšivnih jeklenih cevi;
- proizvodnja bakra;
- pridobivanje železove rude.

Metoda za določitev najvišjega zneska pomoči upošteva faktor emisij CO₂ za električno energijo, ki jo dobavljajo kurilne naprave na različnih geografskih območjih. Faktor emisij CO₂, izražen v tonah CO₂/MWh, nam da podatek o povprečnem izpustu ogljikovega dioksida za tisti del proizvedene električne energije, ki izhaja iz fosilnih goriv. Za Slovenijo velja vrednost tega 0,97 t CO₂/MWh. Regionalno razlikovanje odraža mešanico proizvodnje na posameznem območju. Faktor CO₂ dobimo tako, da podatke o emisijah v enoti ekvivalenta CO₂ za energetske sektor delimo z bruto proizvodnjo električne energije na podlagi fosilnih goriv v TWh. Delež obratov na fosilna goriva tako vpliva na končno ceno električne energije, ki se določi na trgu (prav tam).

V proizvodnji aluminija so stroški emisij, povezani s porabo električne energije, od šest do sedemkrat višji od stroškov povzročenih z direktnimi emisijami. Poleg tega se je podjetje Talum v preteklih letih dolgo ubadalo še z višjo ceno električne energije za industrijske odjemalce v Sloveniji v primerjavi s tujino in s tem bilo postavljeno v slabši položaj na trgu v primerjavi s konkurenco. Ta problem so delno rešili z novimi pogodbami z dobavitelji električne energije iz tujine (Talum 2015).

3. OGLJIČNI ODTIS ORGANIZACIJ

Zaradi vse boljše ozaveščenosti na področju podnebnih sprememb nevladne organizacije, investitorji, stranke in drugi interesenti vse intenzivneje pozivajo organizacije k razkritju informacij o emisijah TGP in s tem njihovega vpliva ter odnosa do okolja. Vrednosti ogljičnega odtisa se računajo tudi zaradi želje po nadzoru in zmanjšanju emisij ter zaradi obveze po njegovem sporočanju (GHG Protocol 2004).

Ogljični odtis v širšem pomenu ponazarja seštevek vseh TGP, ki jih posredno ali neposredno povzročajo človek, organizacija, proizvod, storitev ali dogodek. Izražen je v enoti ekvivalenta CO₂ – t CO₂-e (Umanotera 2009). Ob upoštevanju rezultatov izračuna in posledičnem ukrepanju je lahko učinkovito sredstvo organizacije za trajnostno energetska upravljanje v luči varovanja okolja. Tako se lahko izboljša delovanje organizacije na okoljski ravni, zmanjša stroške in poslovno tveganje, povečuje zadovoljstvo in motiviranost zaposlenih, se prilagaja vse strožji okoljski zakonodaji, pridobiva konkurenčno prednost ter navsezadnje krepi svoj ugled na trgu (Zelena Slovenija 2015). Nekaterne države so že uvedle obvezno poročanje o izračunih ogljičnega odtisa in označevanje na različnih ravneh delovanja organizacij, medtem ko v preostalih državah ogljični odtis predstavlja le prostovoljno orodje za ugotavljanje specifičnih vplivov na okolje.

Ogljični odtis pripomore k odkritju ključnih virov emisij in v okviru določenih meja zajema TGP iz vseh ravni delovanja organizacije. Sestavljen je iz emisij proizvodnje in porabe energije, ki se uporablja v zgradbah, proizvodnih procesih, službenih vozilih in potovanjih zaposlenih. Organizacije lahko v izračun vključijo še del TGP, nastalih s strani drugih organizacij, ki jih oskrbujejo z dobrinami ali storitvami, če so le ti na voljo. Izračunavanje ogljičnega odtisa je še toliko bolj smiselno za organizacije, katerih emisije niso vključene v trgovanje s TGP, saj nimajo zadostnega vpogleda v dejansko stanje svojih vplivov na podnebne spremembe. Za natančen izračun ogljičnega odtisa organizacije so potrebna jasna in čvrsta merila, v okviru katerih je zajet celoten spekter emisij TGP, za katere je odgovorna organizacija. Običajno se uporablja razvrščanje emisij glede na stopnjo nadzora, ki jo organizacija lahko uveljavi nad njimi. Na tej osnovi lahko razdelimo emisije TGP v tri glavne skupine (Umanotera 2009):

- neposredne emisije iz dejavnosti, ki jih ima organizacija pod nadzorom, nastajajo pri zgorevanju fosilnih goriv (emisije CO₂), proizvodnji kemikalij (CH₄), uporabi dušikovih gnojil (N₂O), elektrolizi pri proizvodnji aluminija (emisije PFC – CF₄ in C₂F₆) itd.;
- emisije zaradi porabe električne energije, ki je proizvedena z zgorevanjem fosilnih goriv, nad katerimi organizacija nima neposrednega nadzora, čeprav je z nakupom takšne elektrike posredno odgovorna za sproščanje nastalega CO₂;
- posredne emisije zaradi proizvodov in storitev, potrebnih za proizvodnjo in aktivnosti organizacije, ki jih sama organizacija sicer neposredno ne povzroča ter posredne emisije uporabe proizvodov, ki jih organizacija proizvaja.

Kljub vsem upoštevanim smernicam uveljavljenih standardov pri izračunavanju ogljičnega odtisa je treba pri interpretaciji informacij o njegovih vrednostih uporabiti kritično objektivni pristop. Organizacije namreč pri izračunu mnogokrat izpustijo posredno povzročene emisije TGP, nastale z uporabo njihovih proizvodov, in tudi tiste, ki nastajajo med pridobivanjem, pripravo in prevozom surovin, potrebnih za proizvodnjo. Če pa postavimo ogljični odtis v širši kontekst problematike varstva okolja, uvidimo, da nam prikaže le specifične lastnosti vplivov na okolje. Zajema namreč le emisije v zrak, ki vplivajo na podnebne spremembe, medtem ko so ostala onesnažila, ki lahko negativno vplivajo na okolico in zdravje ljudi, izvzeta. Ogljični odtis namreč ne vključuje proizvodnih emisij v vodo in tla, porabe vode, količine in vrste odpadkov, zvočnega in svetlobnega onesnaževanja itd. Pomen izračuna ogljičnega odtisa

organizacije je torej izključno ovrednotiti vpliv vseh aktivnosti organizacije na podnebne spremembe.

3.1. Izračun ogljičnega odtisa

Natančen izračun ogljičnega odtisa zahteva dosleden pristop po naslednjih korakih (Umanotera 2009):

1. definicija metodologije;
2. določitev obsega in mej vključenih podatkov;
3. zbiranje podatkov o emisijah in izračun ogljičnega odtisa;
4. morebitna verifikacija rezultatov;
5. morebitna objava ogljičnega odtisa.

Z definicijo metodologije je zagotovljena sistematičnost pri reševanju vprašanj, ki se pojavijo med izračunavanjem. Dosledna metodologija je še posebej pomembna v velikih organizacijah, kjer je izračun odvisen od velikega števila posameznikov. Nekatere organizacije same opredelijo metodo, po kateri računajo ogljični odtis, čeprav so uveljavljene metode bolj jasne in zanesljive. Takšen pristop zagotavlja tudi verodostojnejši in primerljiv rezultat. Eno najbolj uveljavljenih metodologij ponuja Greenhouse Gas Protocol (GHGP). V njem so določene smernice poročanja o emisijah in je prosto dostopen na spletu. Mednarodna organizacija za standardizacijo ISO (International Organisation for Standardisation) je pripravila novejši standard ISO 14064, ki temelji na konceptih protokola GHG in tudi določa celoten postopek računanja ter poročanja o emisijah.

Pri določevanju obsega in mej vključenih podatkov se mora organizacija odločiti, katere emisije upoštevati. Viri emisij, med katerimi se organizacije največkrat odločajo pri vključevanju podatkov v ogljični odtis so poraba električne energije, vozni park, proizvodi in storitve za potrebe vhodnih surovin ter transport lastnih proizvodov. Običajno se upoštevajo vse neposredne emisije in emisije zaradi porabe električne energije. Za ostale posredne emisije, ki jih je težje opredeliti, poročanje običajno ni obvezno. Če pa je posredno povzročenih emisij veliko, je priporočljivo, da se jih vključi v izračun. Poleg tega so organizacije mnogokrat v dilemi ali naj poleg CO₂ vključijo še druge TGP. Pomembno je tudi ali upoštevamo emisije iz vseh delov organizacije, torej tudi fizično oddaljenih objektov in komu pripisati emisije, če uporabljamo stroje, naprave ali vozila, ki so v lasti drugih organizacij. Običajno se pri tem koraku vključi celoten spekter emisij, za katere je organizacija odgovorna, torej tudi emisije fizično oddaljenih delov organizacije in emisije, ki so nastale z uporabo sredstev v vlogi najemnika. Na splošno je pri izračunu ogljičnega odtisa zelo pomembno, da je popolnoma jasno, katere vrste emisij so zajete (prav tam).

Pred začetkom zbiranja podatkov se mora organizacija odločiti kolikšno mero natančnosti vzeti in kolikšno je dopustno odstopanje, saj je od tega odvisna natančnost končnega izračuna. Podatki o porabi električne energije se izrazijo v enotah kWh ali MWh, medtem ko se pri porabi goriv uporabijo enote MJ, liter, Sm³ itd. Podatki o porabi energije se pretvorijo v ekvivalent CO₂ z uporabo standardnih emisijskih faktorjev, medtem ko drugi viri emisij mnogokrat zahtevajo kompleksnejše izračune v enote t CO₂-e, pri čemer se uporabljajo faktorji potenciala globalnega segrevanja (prav tam).

Preden organizacija pooblasti neodvisno službo za verifikacijo rezultatov izračuna, mora jasno definirati svoje cilje oz. vzroke za verifikacijo in se odločiti, ali je verifikacija primerna in skladna z zastavljenimi cilji. Vzroki za zunanjo verifikacijo so lahko (GHG Protocol 2006):

- dodajanje kredibilnosti objavljenim informacijam in zastavljenim ciljem;
- vlivanje zaupanja poslovnim partnerjem;

- dvig samozavesti in zaupanja vodstvu oz. upravi podjetja glede rezultatov izračuna;
- izboljšanje prakse izračunavanja ogljičnega odtisa in širjenje znanja v organizaciji na tem področju;
- spoznavanje in predvidevanje prihodnjih zahtev s strani zakonodaje;
- ugajanje predpisom ali zahtevam neodvisnih organizacij oz. javnosti.

V objavi podatkov o izračunu ogljičnega odtisa sta najpomembnejši preglednost in sporočilnost podatkov o obravnavanih procesih. Navedena mora biti uporabljena metodologija, upoštevane omejitve in vključene ter izključene emisije, načini zbiranja podatkov s stopnjo natančnosti in raven morebitne verifikacije rezultatov, ki jo je opravila neodvisna svetovalna služba (Umanotera 2009).

4. PROIZVODNJA ALUMINIJA IN VIRI EMISIJ TGP

4.1. Predstavitev podjetja Talum, d.d., Kidričevo

Skupino Talum, d.d., sestavljajo družbe, ki se ukvarjajo s proizvodnjo in predelavo primarnega aluminija, proizvodnjo različnih aluminijskih proizvodov ter opravljanjem širokega spektra storitev za aluminijsko industrijo in druge industrijske panoge.

V slovenskem prostoru sodi Talum, ki je ob koncu leta 2016 zaposloval nekaj več kot 1.300 ljudi, med največja slovenska proizvodna podjetja. Letno prodajo na trgu več kot 140.000 ton aluminijskih proizvodov in proizvedejo okrog 84.000 ton primarnega aluminija, kar predstavlja slab odstotek evropske proizvodnje aluminija (Talum 2017).

Podjetje Talum je delniška družba v večinski državni lasti. Po reorganizaciji, ki so jo uvedli z letom 2011, so v skupini Talum na novo organizirali službe in nekdanje delovne enote povezali v odvisne družbe. Danes skupina šteje 10 odvisnih družb (z že obstoječimi) in 10 služb v skupini Talum. Odvisne družbe so v popolni lasti skupine Talum.

Predsednik Uprave		
Člana Uprave		
za ekonomsko področje		
za razvojno-tehnično področje		
Proizvodno poslovne enote	Službe	Storitvene odvisne družbe
PE Aluminij	Strateška komerciala	Talum Servis in inženiring d.o.o.
PE Lívarna	Strateški razvoj	Talum Inštitut d.o.o.
PE Rondelice	Informatika	Kreativni aluminij d.o.o.
PE Ulitki	Sistemi upravljanja	Vital d.o.o.
PE Upravljanje z energijo	Računovodstvo	Vargas-al d.o.o.
	Finance	Vrtnarstvo Revital d.o.o.
Proizvodne odvisne družbe	Pravna služba	Ekotal d.o.o.
TALUM Izparilniki d.o.o.	Kadrovska služba	
TALUM d.o.o. Šabac	Upravljanje tveganj	
TALUM d.o.o. Bijeljina	Odnosi z javnostjo	

Slika 1: Organiziranost družbe Talum
Vir: Talum 2013

Začetek proizvodnje aluminija v Kidričevem sega v leto 1954. Sprva se je podjetje imenovalo TGA (Tovarna glinice in aluminija). Zmogljivost takratne tehnologije je omogočala 15.000 ton proizvedenega primarnega aluminija letno. Najpomembnejše spremembe v tehnologiji je proizvodnja doživela v 80. letih prejšnjega stoletja z modernizacijo proizvodnje primarnega aluminija, ki pa se je dokončno zaključila z letom 2002 z dokončanjem najnovejše in trenutno še edine delujoče elektrolize C. Nove čistejšje tehnologije so omogočile proizvodnjo z manjšo specifično porabo električne energije in občutno zmanjšanje izpustov emisij v zrak, vode in tla (Ciglencečki idr. 2004).

Z modernizacijo je proizvodnja v Talumu postala ena najsodobnejših v svetu v sektorju proizvodnje primarnega aluminija. To velja še posebej za energetska učinkovitost, izpuste

emisij in količino odpadkov. K temu je delno pripomogla tudi opustitev proizvodnje metalurške glinice iz boksita leta 1991, ki jo sedaj uvažajo iz drugih držav. Posledično sta sledili rekonstrukcija in sanacija odlagališča rdečega blata, ki je izviralo iz obrata proizvodnje glinice. Leta 2007 se je zaključilo obratovanje v starejši elektrolizi B, ki je predstavljala še zadnji obrat starejše tehnologije v procesu proizvodnje aluminija v Talumu. S ciljem ohranitve obsega proizvodnje končnih izdelkov je delno kot posledica zaprtja tega obrata nastal projekt pretaljevanja odpadnega aluminija. V okviru tega so vgradili oz. rekonstruirali naprave v livarnah v ustrezne za pretaljevanje odpadnega aluminija, namestili čistilne naprave in postavili skladišča za odpadni aluminij z napravami za predpripravo snovi za pretaljevanje. Ta projekt je eden izmed ključnih za nadaljnji razvoj Taluma, saj daje možnosti povečevanju obsega končnih proizvodov, hkrati pa predstavlja nadaljnji korak k varovanju okolja. Delovanje podjetja na vseh področjih usklajeno poteka po standardih ISO 9001, ISO 14001, ISO/TS 16949 in OHSAS 18001 (Talum 2016).

Sprejeti programi za ravnanje z okoljem in varnost pri delu so bili v obdobju med letoma 2000 in 2015 usmerjeni predvsem v zmanjševanje vplivov na okolje, povzročenih v preteklosti (odlagališče rdečega blata). Program, sprejet leta 2015, in drugi, ki še sledijo, bodo z nenehnimi izboljšavami prednostno izkazovali trajnostni razvoj, upoštevali življenjski cikel proizvoda in izkazovali skrb za varno delo ter zdravje (prav tam). Podjetje Talum je od leta 2013 z emisijami iz proizvodnje primarnega aluminija vključeno v trgovanje z emisijami TGP v okviru sistema EU ETS.

Skupina Talum se je iz prvotnega proizvajalca primarnega aluminija počasi preoblikovala v proizvajalca končnih aluminijastih izdelkov, saj proizvaja vedno več zahtevnejših izdelkov, tudi takih z visoko dodano vrednostjo. Največ njihovih produktov je namenjenih avtomobilski industriji, gradbeništvu, elektroindustriji in strojogradnji. S predelavo aluminija so začeli sodelovati s proizvodnjo hladilnikov in embalažno industrijo (prehrambena, farmacevtska in kozmetična industrija), sicer pa zbirajo odpadno embalažo iz aluminija iz skoraj vseh krajev v Sloveniji. Danes se usmerjajo še v ladjedelništvo, lesno panogo in tehnologije sončnih absorberjev, toplotnih črpalk, sedežnic ter hlajenja baterij za električna vozila, prodajajo pa tudi storitve in tehnološko znanje. So dobavitelji polizdelkov in izdelkov številnim znanim podjetjem v svetu. Poleg sodelovanja s tujimi partnerji krepijo poslovne aktivnosti tudi z domačimi podjetji. Sicer večino svojih izdelkov izvozijo. Njihova največja izvozna trga sta Nemčija in Italija, sledijo pa Avstrija, Češka, Madžarska, Poljska in Turčija. Za prodajo in trženje storitev postajajo vedno pomembnejši trgi zunaj Evrope, kot sta Severna in Južna Amerika (Pušnik 2014).

Preglednica 3: Gibanje proizvodnje aluminija in aluminijastih izdelkov v Talumu

Leto	2013	2014	2015	2016
Proizvodnja Al in aluminijastih izdelkov (t)	142.590	144.168	145.852	153.327

Vir: Talum 2017

4.2. Lastnosti aluminija

Aluminij je mehka, srebrno bela in polsvetleča se kovina z gostoto $2,7 \text{ g/cm}^3$, tališčem $660 \text{ }^\circ\text{C}$ in električno prevodnostjo 35 S/m . Je najbolj razširjena kovina v naravi in za kisikom ter silicijem tretji najbolj razširjen element v zemeljski skorji, kjer se njegov delež giblje od 7 do 8 %. Največkrat se pojavlja v spojinah kot je glinica oz. boksit. Čist aluminij v stiku z zrakom reagira s kisikom in v nekaj sekundah tvori oksidno plast (Al_2O_3). Ta se oprime aluminija in ga ščiti pred nadaljnjo oksidacijo. Zato ima aluminij odlično korozijsko odpornost v različnih okoljih in je zaradi tega, upoštevajoč tudi nizko težo, zelo zaželjena kovina v širokem spektru področij našega življenja (medmrežje 1).

V industrijskem procesu je primarni vir aluminija ruda boksit. Iz boksita se pridobiva glinica (Al_2O_3), ki se kasneje z elektrolizno redukcijo v raztopljenih fluorovih solih (elektrolit) pri temperaturi nad $950\text{ }^\circ\text{C}$ razkroji, pri čemer se izloči aluminij. Za tono glinice sta potrebni približno dve toni boksita, za tono aluminija pa dve toni glinice. Čisti aluminij vsebuje od 99 do 99,8 % aluminija. Višja kot je stopnja čistosti aluminija, bolj je obstojen proti koroziji. Vendar čisti aluminij nima posebno dobrih mehanskih lastnosti, zato mu v industriji dodajajo baker, cink, litij, nikelj, magnezij, mangan in silicij. Z vidika porabe energije je pridobivanje aluminija zelo zahtevno, saj je s sodobno proizvodnjo v povprečju za proizvodnjo 1 kg elektroliznega aluminija potrebnih 14 kWh električne energije (Talum 2016). Po drugi strani je velika prednost aluminija možnost recikliranja s pretaljevanjem, s čimer se prihrani 95 % energije v primerjavi s primarno proizvodnjo. Pri tem ne izgubi svojih lastnosti, zato je število ponovnega recikliranja neomejeno. Danes se sicer največ aluminija uporablja v ladjedelništvu, gradbeništvu in industrijskem oblikovanju ter v letalski, avtomobilski in embalažni industriji (Ciglencečki idr. 2004).

Pri vrednotenju ogljičnega odtisa proizvodnje aluminija je smiselno omeniti tudi kasnejši ogljični odtis izdelkov iz aluminija. Od točke, ko je primarni aluminij proizveden, je namreč njegov okoljski vpliv v primerjavi z drugimi alternativnimi materiali v povprečju zelo nizek (The Aluminium Association 2013). Zaradi nizke specifične teže in dolgotrajne obstojnosti je aluminij zelo zaželen material na številnih področjih.

4.3. Viri emisij TGP v proizvodnji aluminija

4.3.1. Proizvodnja anod

Proces proizvodnje elektroliznega oz. primarnega aluminija v tovarni Talum se začne s proizvodnjo anod za elektrolizo. V proizvodnih procesih anodnih blokov se v glavnem uporabljajo surovine, ki so ostanki oz. stranski produkti naftno predelovalne industrije. Te surovine med toplotnim obdelovanjem emitirajo ogljik, pri čemer nastaja ogljikov dioksid. Ta se sprošča tudi pri obratovanju kalcinacijske peči in ostalih tehnoloških procesih v proizvodnji anod, saj se za gorivo uporablja zemeljski plin.

Proizvodnja anod je razdeljena na tri tehnološke enote v naslednjem zaporedju:

1. proizvodnja zelenih anod;
2. pečenje zelenih anod v kalcinacijski peči;
3. sestavljanje pečenih anod z nosilci oz. zalivanje v anodne komplete.

Osnovna sestavina anodnega bloka je petrolkoks, kot vezivo pa se uporablja katranska smola, ki zavzema v povprečju 15-odstotni delež. Obe surovini imata visoko vsebnost ogljika, ki se skozi tehnološki proces proizvodnje sprošča z izgorevanjem. S ponovno uporabo jima je dodan še anodni ostanek porabljene anode iz elektrolize, ki predstavlja od 15 do 20 % nove anode, kar je optimalni delež, ki še zagotavlja kakovostno delovanje anode v elektrolizi. Te sestavine se v proizvodnji zelenih anod mešajo v predpisanem razmerju. Sledita gnetenje v vročo anodno maso in oblikovanje zelenih anodnih blokov v želeno velikost in obliko. Da anode dosežejo zelene fizikalne lastnosti jih zadržujejo še 56 ur v kalcinacijski peči Riedhammer pri temperaturi $1250\text{ }^\circ\text{C}$. Na koncu jim z zalivanjem dodajo še nosilce, ki imajo tudi vlogo električnega vodnika (medmrežje 2).

Emisije TGP se v proizvodnji anodnih blokov pojavljajo pri:

- oksidaciji hlapnih snovi iz katranske smole zelenih anodnih blokov;
- zasipnem petrolkoku v kalcinacijski peči Riedhammer;
- pečenju (kalcinaciji) zelenih anodnih blokov v predpečene anode.

4.3.1.1. Oksidacija hlapnih snovi iz katranske smole zelenih anod

Katranska smola je za petrolkoksom druga osnovna surovina pri proizvodnji anod. Pridobiva se iz premogovega katrana. Pri izdelavi koksa iz premoga nastane kot stranski produkt katran, pri čemer iz ene tone premoga ostane približno 30 kg katrana. Pri destilaciji katrana dobimo kot ostanek smolo. Med toplotnim obdelovanjem v proizvodnji zelenih anod, kot sta gnetenje v vročo anodno maso in oblikovanje zelenih anodnih blokov na vibracijski stiskalnici, prihaja do oksidacije hlapnih snovi iz katranske smole, pri čemer nastaja CO₂. Ta nastaja še posebej v kalcinacijski peči, kjer temperature dosežejo 1200 °C. Na eno tono proizvedenih pečenih anod nastane med 115 in 150 kg CO₂ (Wendt in Kreysa 1999).

4.3.1.2. Pečenje zelenih anodnih blokov v kalcinacijski peči Riedhammer

V kalcinacijski peči Riedhammer se po točno določeni temperaturni krivulji segrevajo, pečejo in na koncu ohlajajo anode, da se dosežejo določene lastnosti, kot sta električna prevodnost in trdnost, ki so potrebne za elektrolizo. Pri tem se za t.i. zasipni koks uporabljajo dodatne količine petrolkoks, katerega delež dosega okrog 2,5 %.

Petrolkoks je zadnja frakcija destilacije pri predelavi nafte. Na tono predelane nafte se pridela približno 15 kg koksa. V naftno predelovalni industriji ga obravnavajo kot stranski proizvod, je pa zato najpomembnejša surovina pri proizvodnji anod, saj ga sestavlja približno 98 % čistega ogljika, ki je potreben za elektrolizno razgradnjo glinice (Wendt in Kreysa 1999).

Drugi vir TGP pri kalcinaciji anod in nabavljenih katod ter tudi v ostalih tehnoloških enotah v proizvodnji aluminija je uporaba zemeljska plina kot goriva. Na eno tono proizvedenih anod tako nastane med 120 in 145 kg CO₂ iz porabe zemeljskega plina in okrog 90 kg iz zasipnega koksa (Talum 2015).

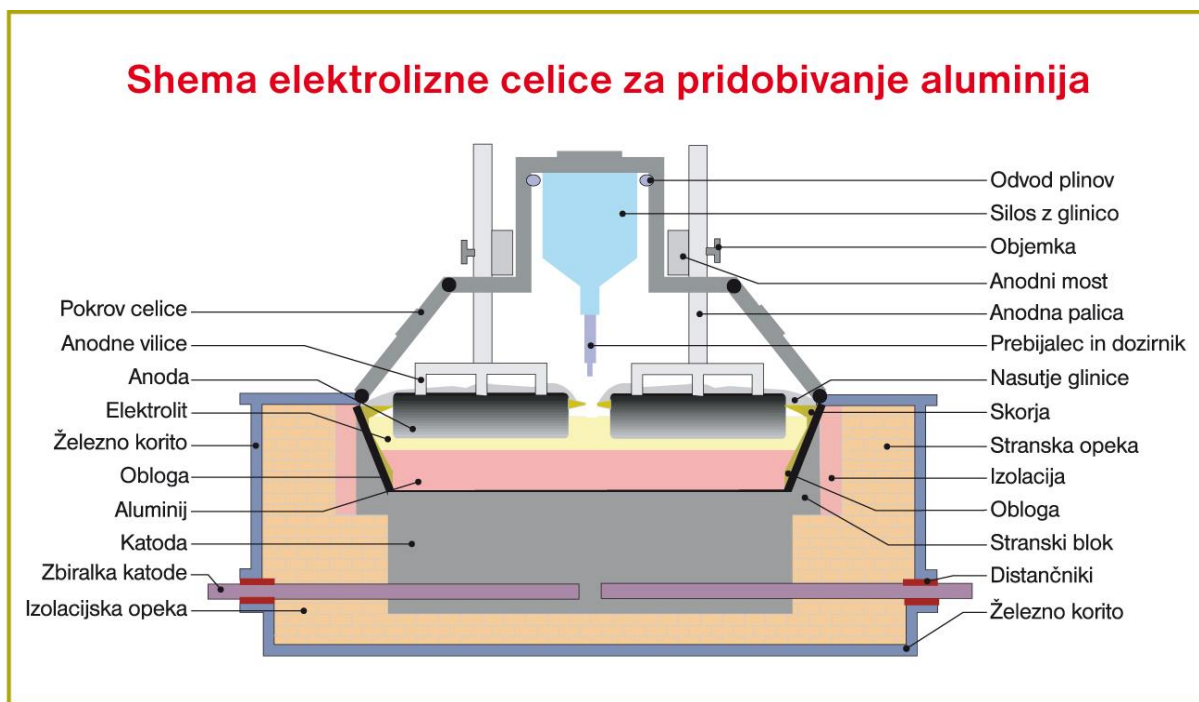
Preglednica 4: Gibanje proizvodnje pečenih anod

Leto	2013	2014	2015	2016
Proizvodnja pečenih anod (t)	43.576	43.511	46.587	48.152

Vir: Talum 2017

4.3.2. Elektroliza

Aluminij se pridobiva v elektrolizi C, v kateri je 160 elektrolitskih celic razvrščenih v dve vzporedni hali po 80 celic. Elektrolizne celice so zaprte in tipa Pechiney na predpečene anode (180 kA). Glavne surovine za elektrolizno proizvodnjo aluminija so glinica, kriolit in aluminijev fluorid. Celice so opremljene z odvodom emisij, ki vodi v čistilno napravo. Vsaka hala ima svojo čistilno napravo, ki deluje na principu suhega čiščenja z adsorbicijo fluora na glinico. Pri tem plini iz elektroliznih celic tečejo skozi reaktor, v katerega se razprši sveža glinica (Al₂O₃), ki zajame fluor, in se po izločitvi v separatorju ter vrečastih filtrih kot surovina vrača v proces na elektrolizne peči.



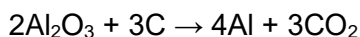
Slika 2: Shema elektrolizne celice za pridobivanje primarnega aluminija

Vir: Medmrežje 3

4.3.2.1. Poraba anod

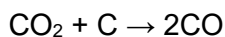
Elektrolizni aluminij se po elektrolitskem postopku z dovajanjem električne energije izloči iz glinice (Al_2O_3) na ogljikovi katodi zaradi večje specifične teže od elektrolita, kisik pa na ogljikovi anodi, ki se z vezavo v ogljikov dioksid (CO_2) porablja po naslednji enačbi (IAI 2006).

Enačba 1:

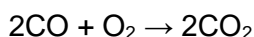


Ogljikov dioksid se prav tako sprošča zaradi reakcije ogljikove anode z drugimi viri kisika, največkrat iz zraka. V elektrolizi se pojavlja tudi t.i. Bodouardeva reakcija, ko CO_2 reagira z ogljikovo anodo in nastaja ogljikov monoksid, s tem pa se nadalje oblikuje CO_2 . Vsaka enota CO_2 v Boudouardevi reakciji (enačba 2) proizvede dve enoti CO_2 po oksidaciji (IAI 2006).

Enačba 2:



Enačba 3:



Med elektroliznim procesom ob neupoštevanju anodnega efekta nastane med 1.400 in 1.450 kg CO_2 na proizvedeno tono primarnega aluminija. Ogljikov preostanek anodnega bloka iz elektrolize se vrača v proces proizvodnje novih anod.

4.3.2.2. Anodni efekti

Med obratovanjem elektroliznih celic se pojavlja t.i. anodni efekt, med katerim pride do odstopanj od normalnega poteka elektrolitske reakcije in nastanka TGP pod skupnim imenom PFC (perfluorirani ogljiki). Specifična predstavnik za aluminijški elektrolizni proces sta perfluorometan (CF₄) in perfluoroetan (C₂F₆). Emisije PFC so skupina izjemno obstojnih toplogrednih plinov, njihova aktivnost v atmosferi pa traja več tisoč let. Tako je predvideno za CF₄ 50.000 in za C₂F₆ 10.000 let aktivnosti (GHG Protocol, 2015). Njihov toplogredni učinek, na referenčno obdobje 100 let, se izraža kot ekvivalent CO₂, ki znaša za CF₄ 7.390, za C₂F₆ pa 12.200 (1 kg C₂F₆ je ekvivalentnih 12.200 kg CO₂) (medmrežje 4). Velika večina emisij PFC v ozračju je industrijskega izvora.

Vzrok nastanka anodnega efekta je padec količine glinice v elektrolitu celice pod želeno mejo. Posledično steče reakcija med kriolitom in ogljikovo anodo (enačbi 4 in 5). Zaradi spremenjenih deležev snovi v elektrolitu nastanejo razmere, ki omogočajo tvorbo plinov CF₄ in C₂F₆. Ti plini ustvarjajo mehurčke, ki se dvignejo in prilepijo na dno anodnih blokov, kjer ustvarijo električno izolacijsko plast. Ta z zmanjšanjem prevodne površine povzroči dvig napetosti za 10 do 50 voltov. Takšno stanje lahko traja več minut, kar je odvisno od tehnologije celic. Količina pri tem ustvarjenih emisij PFC je odvisna od časa trajanja in intenzivnosti anodnega efekta, katerih podatki se računalniško beležijo. Razmerje mase nastalih emisij med CF₄ in C₂F₆ se giblje okoli 10. Na število in jakost anodnih efektov imajo največji vpliv tehnologija celic in morebitne prekinitve električnega toka (medmrežje 4).

Enačba 4 (IAI, 2006):



Enačba 5 (IAI, 2006):



Na tono proizvedenega primarnega aluminija nastane v povprečju 180 kg ekvivalenta CO₂ iz emisij PFC, povzročenih med fazami anodnega efekta. Največ neposrednih emisij TGP v elektrolizi tako nastaja pri elektrolitski reakciji oz. porabi ogljikovih anod v celici, kjer se ogljik iz anode veže s kisikom iz elektrolita (enačba 1).

4.3.2.3. Raba električne energije

Proces pridobivanja elektroliznega oz. primarnega aluminija z elektrolitsko razgradnjo glinice zahteva ogromne količine električne energije. Referenčna vrednost, določena s strani Evropske unije za potrebe sistema EU ETS, znaša namreč 14,256 MWh na tono proizvedenega aluminija (EFTA 2012). Poraba električne energije prispeva največji delež emisij TGP k ogljičnemu odtisu proizvodnje aluminija, saj v povprečju na globalni ravni dosega 58% celotnega ogljičnega odtisa (medmrežje 5).

4.3.3. Proizvodnja sekundarnega aluminija

Elektrolizni aluminij se transportira v livarno, ki je del istoimenskega podjetja, kjer se s procesi pretaljevanja in oblikovanja izdelujejo polizdelki za različne vrste industrij ter tudi za nadaljnjo obdelavo v ostalih delih proizvodnje v sklopu skupine Talum. V smislu reciklaže odpadnega aluminija se je v livarni v zadnjem desetletju zelo zvišal delež pretaljenega sekundarnega aluminija. V pečeh se kot gorivo uporablja zemeljski plin, ki v celotni

proizvodnji skupine Talum kot vir emisij TGP predstavlja največji delež neposrednih emisij CO₂ iz porabe plina.

Zemeljski plin se za termično obdelavo uporablja tudi v ostalih poslovnih enotah:

- Rondelice – polizdelki za embalažno panogo in različne tehnične dele;
- Ulitki – aluminijски ulitki za transportno tehniko, elektro energetiko, toplotno tehniko in splošno strojogradnjo;
- Izparilniki – izdelki za proizvodnjo hladilno-zamrzovalnih aparatov, kondenzatorjev toplotnih črpalk, hibridnih fotovoltaičnih panelov in solarnih sprejemnikov sončne energije.

5. REZULTATI

Pri izračunu ogljičnega odtisa sem uporabil metodo z zajemom podatkov o emisijah in porabi energentov nepremičnih enot proizvodnje, katerih raziskave in meritve opravlja služba Sistemi upravljanja in podjetje Talum Inštitut, d.o.o.. Pri obravnavi emisij TGP sem se osredotočil na zadnja štiri leta, ki po mojem mnenju najbolj relevantno prikažejo trend gibanja emisij, saj je od konca gospodarske krize, ki je močno vplivala na proizvodnjo, do začetka leta 2013 minilo dovolj časa za vzpostavitev stabilnega poslovanja. S tem letom so bile emisije iz proizvodnje primarnega aluminija tudi vključene v evropsko trgovalno shemo. S pomočjo podatkov iz tega obdobja je možno predvideti tudi gibanje količine emisij v prihodnjih letih.

5.1. Neposredne emisije iz proizvodnje primarnega aluminija

Neposredne emisije iz proizvodnje primarnega aluminija predstavljajo večino emisij TGP skupine Talum, saj je spekter teh tehnoloških procesov zelo širok, le-ti pa so energetsko in surovinsko zelo potratni. Po drugi strani je ta del proizvodnje najbolj stabilen, saj z vidika proizvodnih rezultatov deluje tako na letni, kot na več letni ravni zelo konstantno.

Preglednica 5: Gibanje proizvodnje primarnega – elektroliznega aluminija

Leto	2013	2014	2015	2016
Proizvodnja elektroliznega aluminija (t)	84.035	84.361	83.775	84.365

Vir: Talum 2017

Pri porabi anod v elektrolizi in petrolkoksa ter katranske smole v proizvodnji anod je pri izračunih emisij CO₂ treba najprej izračunati težo čistega ogljika v porabljenih materialih. Da dobimo celotno težo nastalega CO₂, moramo težo porabljenega ogljika pomnožiti z oksidacijskim faktorjem, ki upošteva masni delež ogljika v spojini z dvema atomoma kisika. Ta faktor se izračuna tako, da molekularno maso CO₂ delimo z relativno atomsko maso ogljika.

Enačba 6:

$$(mC + 2mO) / mC = (12,01 + 2 \times 16) / 12,01 = 44,01 / 12,01 = 3,664$$

5.1.1. Emisije iz proizvodnje anod

Poleg absolutnih količin neposrednih emisij CO₂ iz proizvodnje anod sem prikazal v preglednicah še gibanje emisij v odvisnosti od proizvodnje primarnega aluminija. Specifične emisije imajo namreč kot merilo učinkovitosti tako s strani evropske zakonodaje kot s strani proizvajalcev večji pomen kot absolutna količina emisij. Neposredne emisije TGP iz proizvodnje anod se sicer po navodilih IPCC iz leta 2006 in s strani Evropske komisije kot referenčne vrednosti prikazujejo v odvisnosti od proizvodnje pečenih anod. Sam sem jih prikazal v odvisnosti od proizvodnje primarnega aluminija, ker se po mojem mnenju tako najbolj nazorno prikaže učinkovitost pri porabi surovin in energentov na enoto končnega produkta proizvodnje primarnega aluminija.

5.1.1.1. Emisije iz proizvodnje zelenih anod

V proizvodnji zelenih anod se količina emisij CO₂ pri oksidaciji hlapnih snovi iz katranske smole kot veziva petrolkoksa zelenih anodnih blokov izračuna po naslednji enačbi (enačba 4.22 po IPCC 2006):

Enačba 7:

$$\text{Emisije CO}_2 = (\text{GA} - \text{BA} - \text{HW} - \text{WT}/1000) \times 3,664;$$

$$\text{HW} = \text{H}/100 \times \text{PC}/100 \times \text{GA}$$

Pri tem je:

GA – proizvodnja zelenih anod [t/leto];

BA – proizvodnja pečenih anod + izmet [t/leto];

HW – skupna masa H₂ [t], ki je prisoten v katranski smoli;

WT – delež odpadnega katrana [kg/t BA]; privzeta vrednost za peč Riedhammer = 5 kg/t;

H – delež H₂ v katranski smoli [%]; privzeta vrednost = 0,5 %;

PC – vsebnost katranske smole v zelenih anodah [%].

Izračun emisij za leto 2016:

$$\text{Emisije CO}_2 = (50.291,5 - 48.152,3 - 35 - 240,8) \times 3,664 = 6.827 \text{ t}$$

Razlika med količinama proizvedenih zelenih anod (GA) in pečenih anod z izmetom (BA) nam poda količino porabljene katranske smole, ki v kalcinacijski peči Riedhammer med pečenjem zelenih anod izgori.

Preglednica 6: Gibanje emisij CO₂ iz porabe katranske smole v proizvodnji anod

Leto	2013	2014	2015	2016
CO ₂ (t)	5.111	6.418	7.094	6.827
kg CO ₂ /t Al	60,8	76	84,7	80,9

Vrednosti v obeh kategorijah emisij CO₂ iz porabe katranske smole so v zadnjih dveh letih bistveno večje kot leta 2013. Specifične emisije so bile leta 2016 za 33,06 % višje kot leta 2013 in za 4,49 % nižje kot leta 2015. Višje emisije v zadnjih letih, ki nastanejo predvsem v kalcinacijski peči, so posledica večje proizvodnje in višje vsebnosti ogljikovodikov v vhodnih elektrodah. To se izraža predvsem v razliki med pečenimi in zelenimi anodami (GA – BA). Ta je leta 2013 znašala 1645 t, v obdobju od leta 2014 do leta 2016 pa med 2000 in 2200 t (Talum 2017).

5.1.1.2. Emisije iz uporabe petrolkoksa pri kalcinaciji anod

V tehnološki enoti kalcinacijske peči Riedhammer se v procesu pečenja zelenih anod po točno določenih merilih dodaja ustrezna količina zasipnega petrolkoksa na enoto ene anode, s čimer je znana količina porabljenega petrolkoksa na tono pečenih anod. To količino pomnožimo z letno proizvodnjo pečenih anod, da dobimo količino porabljenega petrolkoksa.

Enačba 8 (enačba 4.23 po IPCC 2006):

$$\text{Emisije CO}_2 = (\text{PCC} \times \text{BA} \times (100 - \% \text{Ash} - \% \text{S}) / 100) \times 3,664;$$

100 – %Ash – %S = delež ogljika v petrolkoku

PCC x BA = količina porabljenega petrolkoka

Pri tem je:

PCC – poraba zasipnega petrolkoka na tono pečenih anod; tipična vrednost = 0,01 – 0,02;

BA – proizvodnja pečenih anod [t] ;

Ash – delež pepela v petrolkoku [%]; privzeta vrednost = 0,1 %;

S – delež žvepla v petrolkoku [%]; privzeta vrednost = max. 3 %.

Vsebnosti žvepla in pepela sta povzeti po Načrtih vzorčenja za petrolkoks (Talum Inštitut, d. o. o.).

Izračun emisij za leto 2016:

$$\text{Emisije CO}_2 = (0,0255 \times 48.152,3 \times (100 - 0,15 - 1,3) / 100) \times 3,664 = 4.433,7 \text{ t}$$

Preglednica 7: Gibanje emisij CO₂ iz porabe zasipnega petrolkoka pri kalcinaciji anod

Leto	2013	2014	2015	2016
CO ₂ (t)	4.028	4.017	4.282	4.434
kg CO ₂ /t Al	47,9	47,6	51,1	52,5

Tako celotna količina emisij, kot tudi specifične emisije iz porabe petrolkoka, so v zadnjih letih v porastu. Količina emisij CO₂ se je v obravnavanem obdobju povečala za 10 %, medtem ko so bile specifične emisije v letu 2016 v primerjavi z letom 2013 višje za 9,6 %. Glavna razloga za povišane količine emisij v letih 2015 in 2016 sta večja proizvodnja anod (preglednica 4) in posledično večja poraba zasipnega petrolkoka.

5.1.1.3. Emisije iz porabe zemeljskega plina kot goriva pri kalcinaciji anod

Emisije iz porabe zemeljskega plina se izračunajo tako, da se količina plina pomnoži s pripadajočo kalorično vrednostjo, emisijskim faktorjem in oksidacijskim faktorjem. Količina porabljenega plina je izražena v enoti standardiziranega kubičnega metra (Sm³).

Enačba 9:

$$\text{Emisije CO}_2 = \text{PZP} \times \text{KV} \times \text{EF} \times \text{OF}$$

Pri tem je:

PZP – poraba zemeljskega plina [Sm³];

KV – kalorična vrednost [TJ/1000 Sm³]; privzeta vrednost = 0,034086 (ARSO 2014);

EF – emisijski faktor [t CO₂/TJ]; privzeta vrednost = 55,29 (ARSO 2014);

OF – oksidacijski faktor; privzeta vrednost = 1.

Izračun emisij za leto 2016:

$$\text{Emisije CO}_2 = \text{PZP} \times \text{KV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 3.755.556 \times 0,034086 \times 55,29 \times 1 = 7.078 \text{ t}$$

Preglednica 8: Gibanje emisij CO₂ iz porabe zemeljskega plina pri kalcinaciji anod

Leto	2013	2014	2015	2016
Plin (Sm ³)	3.267.166	2.902.894	3.468.037	3.755.566
Emisije CO ₂ (t)	6.158	5.470	6.535	7.078
kg CO ₂ /t Al	73,7	64,8	78	83,9

Količina porabljenega zemeljskega plina na enoto proizvedenega elektroliznega aluminija in kot tudi pripadajoče specifične emisije CO₂, so zaradi povečane proizvodnje anod v obravnavanem obdobju narasle za 13,8 %.

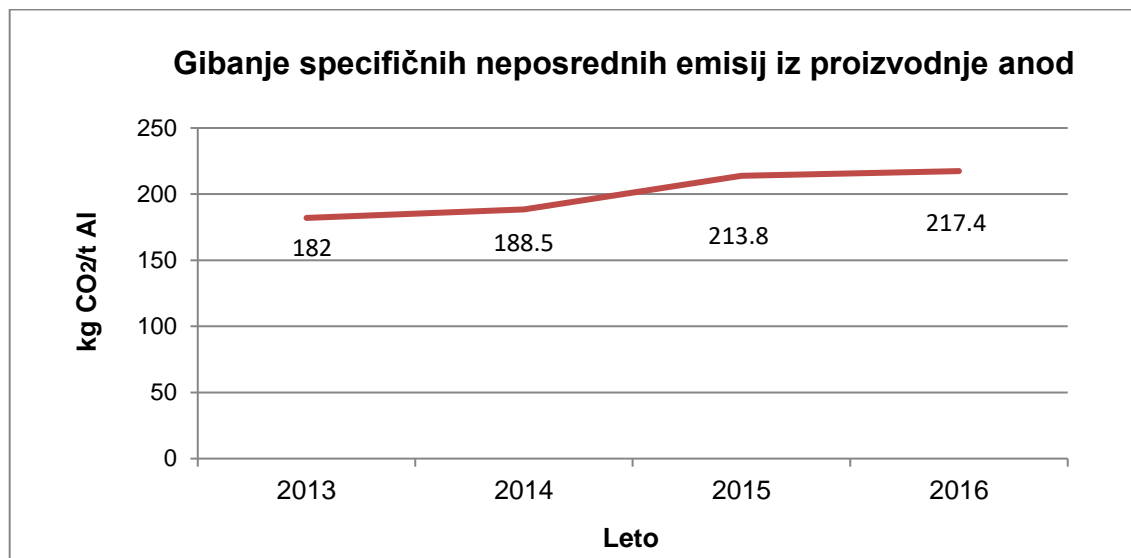
5.1.1.4. Skupne emisije iz proizvodnje anod

V obravnavanem obdobju je opazen trend naraščanja vsote emisij iz proizvodnje anod, ki vključuje emisije iz katranske smole, zasipnega petrolkoka in porabe plina. Te k skupnim neposrednim emisijam proizvodnje primarnega aluminija prispevajo v povprečju okrog 11 %. Količina emisij CO₂ se je v tem obdobju povečala za 19,9 %.

Preglednica 9: Gibanje vsote neposrednih emisij CO₂ iz proizvodnje anod

Leto	2013	2014	2015	2016
CO ₂ (t)	15.297	15.905	17.911	18.339

Tudi specifične emisije v odvisnosti od proizvodnje primarnega aluminija so v zadnjih dveh letih višje v primerjavi z letoma 2013 in 2014. Leta 2016 je bil delež teh emisij za 19,45 % višji kot leta 2013. K temu so največ prispevale emisije iz porabe katranske smole in zemeljskega plina.



Graf 2: Gibanje specifičnih emisij CO₂ iz proizvodnje anod

5.1.2. Emisije iz procesa elektrolize

5.1.2.1. Emisije iz porabe predpečenih anod

Pri izračunu emisij iz porabe predpečenih anod v elektrolizi moramo najprej izračunati neto porabo anod, saj se del anode, ki ne izgori, vrne v proizvodnjo zelenih anod. Dobljeno količino nato pomnožimo z deležem ogljika v anodah.

Enačba 10 (enačba 4.21 po IPCC 2006):

$$\text{Emisije CO}_2 = (\text{MP} \times \text{NCC} \times (100 - \%S - \%Ash) / 100) \times 3,664$$

$$100 - \%S - \%Ash = \text{delež ogljika v predpečenih anodah}$$

Pri tem je:

MP – proizvodnja elektroliznega aluminija [t];

NCC – neto poraba anod na tono aluminija [t/t Al]; tipična vrednost = 0,4;

S – delež žvepla v predpečeni anodi [%]; tipična vrednost = 1,6 %;

Ash – delež pepela v predpečeni anodi [%]; tipična vrednost = 0,8 %.

Vsebnosti žvepla in pepela sta povzeti po Načrtu vzorčenja predpečenih anod (Talum Inštitut, d. o. o.).

Izračun emisij za leto 2016:

$$\text{Emisije CO}_2 = (84.365,2 \times 0,3999 \times (100 - 1,09 - 0,23) / 100) \times 3,664 = 121.983 \text{ t}$$

Preglednica 10: Gibanje emisij CO₂ iz porabe predpečenih anod v elektrolizi

Leto	2013	2014	2015	2016
CO ₂ (t)	121.320	119.325	118.510	121.983
kg CO ₂ /t Al	1.443,7	1.414,5	1.414,6	1.445,9

Proizvodnja elektroliznega aluminija je zelo konstantna, saj v obeh halah elektrolize C maksimalno izkoriščajo proizvodne zmogljivosti, zato tudi pri porabi anod ni večjih sprememb. Ta je v letih 2014 in 2015 znašala 0,392 t na tono elektroliznega aluminija, v letih 2013 in 2016 pa 0,399 t. Zato so bile emisije CO₂ na enoto proizvedenega elektroliznega aluminija okrog 2,1 % nižje kot v letih 2013 in 2016, medtem ko z vidika celotnega obravnavanega obdobja ni bistvenih sprememb.

5.1.2.2. Emisije perfluoriranih ogljikovodikov (PFC) pri anodnih efektih

Pri emisijah perfluorometana (CF₄) in perfluoroetana (C₂F₆) moramo najprej izračunati dejansko količino proizvedenih plinov. To dobimo s podatki o anodnih efektih, ki se kažejo v anomalijah v napetosti električnega toka. Pri tem sta pomembna tako trajanje kot intenzivnost anodnega efekta. Pri izračunavanju emisij plina C₂F₆ dobljeno količino emisij CF₄ pomnožimo s konstanto (0,121), ki upošteva količinsko razmerje med nastalima plinoma pri anodnih efektih. Oba rezultata nato pretvorimo v ekvivalent CO₂ z uporabo potencialov globalnega segrevanja obeh plinov (GHG Protocol 2015).

Enačbe 11, 12 in 13 (IPCC 2006):

$$\text{Emisije CF}_4 = (\text{PR} \times \text{OVC} \times \text{AEO}) / \text{CE}$$

Emisije C_2F_6 = emisije CF_4 × 0,121

Emisije CO_2 -e = emisije CF_4 × 7.390 + emisije C_2F_6 × 12.200 (enačba 4.27 po IPCC 2006)

Pri tem je:

PR – proizvodnja elektroliznega aluminija [t];

OVC – prenapetostni koeficient; tipična vrednost = 1,16 za CF_4 in 0,121 za C_2F_6 ;

AEO – povprečna prenapetost anodnega efekta na dan [mV/celico];

CE – tokovna učinkovitost pri proizvodnji aluminija [%]; (iz sistema Tehnis); pr. vred. = 95 %.

Tokovna učinkovitost pri proizvodnji aluminija na letni ravni se izračuna po naslednji enačbi

Enačba 14:

$CE[\%] = \text{povp. letna proizvodnja [kg Al/dan]} / (\text{povp.št.elekt.peči} \times (\text{jakost toka}/1000) \times 8,049)$

Izračuni emisij za leto 2016:

Emisije CF_4 = $(84.365,2 \times 1,16 \times 2,195) / 96,28 = 2.231,1$ kg

Emisije C_2F_6 = $2.231,1$ kg × 0,121 = 269,96 kg

Emisije CO_2 -e = $2,231$ t × 7.390 + $0,27$ t × 12.200 = 16.488 t + 3.294 t = 19.782 t

Preglednica 11: Gibanje emisij PFC iz procesa elektrolize

Leto	2013	2014	2015	2016
Št. odvzemov el. toka	25	25	43	37
AEO	1,30	1,69	1,75	2,2
Emisije PFC (t CO_2 -e)	11.639	15.221	15.741	19.782
kg CO_2 -e/t Al	138,5	180,4	187,9	234,5

Opazno je občutno povečanje emisij PFC v letu 2014 in nato še v letu 2016. Leta 2014 se je količina le-teh povečala za 30,78 % glede na predhodno leto in za 25,67 % v letu 2016. Emisije so bile leta 2016 za 70 % višje kot v letu 2013. Spremembe v količini proizvedenega elektroliznega aluminija v obravnavanem obdobju niso presegle 1 %. Eden izmed vzrokov za višje emisije v letu 2016 je večje število prekinitev in regulacij odjema električnega toka s strani dobaviteljev električne energije. Glavni dejavnik oz. spremenljivka v procesu elektrolize, ki izraža intenzivnost anodnih efektov v določenem letu, je povprečna prenapetost anodnega efekta na dan na celico (AEO), ki je odvisna tudi od tipa elektroliznih celic.

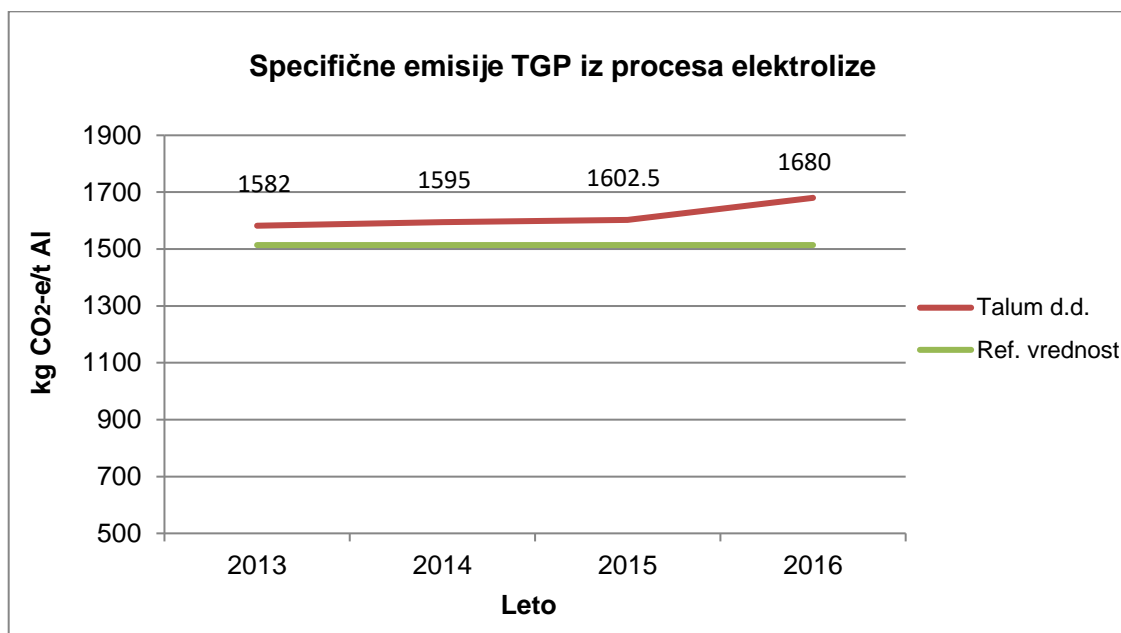
5.1.2.3. Skupne emisije iz procesa elektrolize

Vsota neposrednih emisij TGP iz emisij PFC in CO₂ iz porabe predpečenih anod v elektrolizi ima odločilen vpliv na gibanje skupnih emisij proizvodnje primarnega aluminija, saj je njihov delež blizu 90 %.

Preglednica 12: Gibanje neposrednih emisij TGP iz procesa elektrolize

Leto	2013	2014	2015	2016
Emisije CO ₂ -e (t)	132.959	134.546	134.251	141.765
kg CO ₂ -e/t Al	1.582	1.595	1.603	1.680

K dvigu emisij ekvivalenta CO₂ iz procesa elektrolize so pripomogle izključno emisije PFC, saj je poraba anod v tem času ostala na isti ravni.



Graf 3: Gibanje emisij TGP iz elektrolize v odvisnosti od proizvodnje primarnega aluminija

Na grafu je prikazana referenčna vrednost (1.514 kg CO₂-e/t Al), ki je določena s strani Evropske unije za potrebe sistema EU ETS. Razvidno je postopno naraščanje specifičnih emisij, ki so leta 2016 dosegle najvišjo stopnjo. Njihova vrednost je bila za 6,19 % višja kot leta 2013.

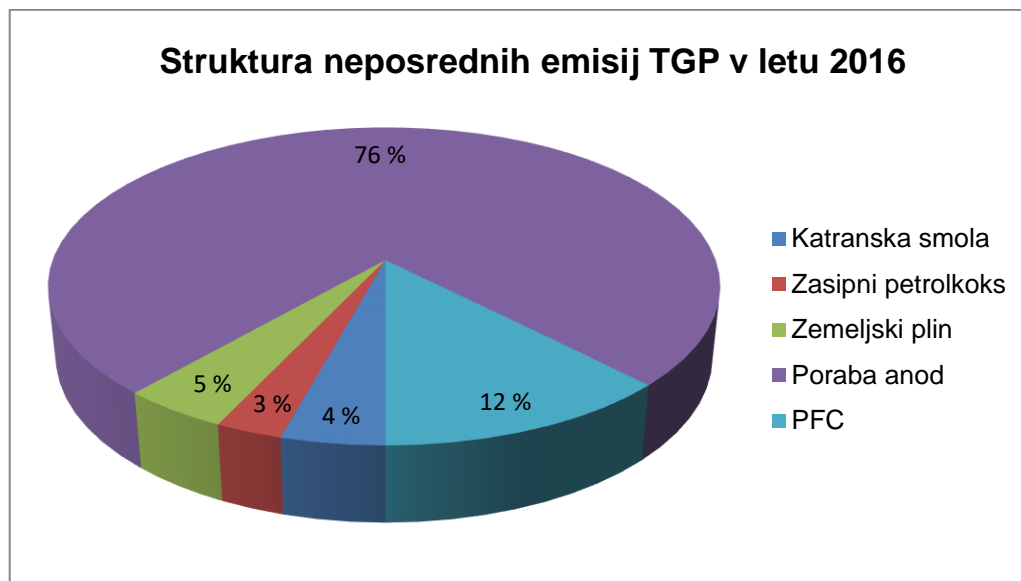
5.1.3. Seštevek emisij iz proizvodnje primarnega aluminija

Vsota neposrednih emisij iz proizvodnje primarnega aluminija, v katero so vključene emisije TGP iz proizvodnje anod in elektrolize, predstavlja približno 82 % vseh neposrednih emisij Talumove proizvodnje, zato imajo te emisije največji vpliv na končni rezultat letnih emisij.

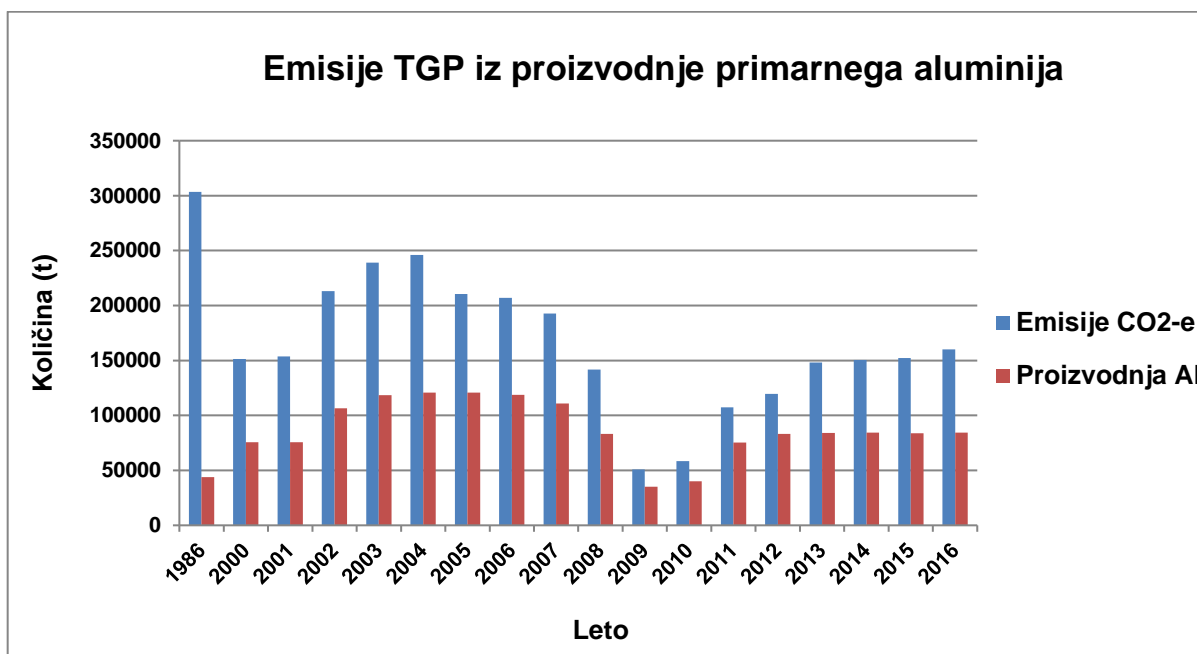
Preglednica 13: Seštevek emisij iz proizvodnje primarnega aluminija v letu 2016

Vir emisij	Emisije CO ₂ -e (t)
Proizvodnja anod	18.339
Elektroliza	141.765
Skupaj	160.104

V strukturi neposrednih emisij TGP prevladujejo emisije iz porabe anod (76 %), ki jim sledijo emisije PFC (12 %), zemeljskega plina (5 %), katranske smole (4 %) in zasipnega petrolkoka (3 %), kot je razvidno v spodnjem grafu.



Graf 4: Struktura neposrednih emisij TGP v proizvodnji primarnega aluminija v letu 2016



Graf 5: Gibanje neposrednih emisij TGP iz proizvodnje primarnega aluminija
Vir: Talum 2017

Na grafu so prikazane vrednosti emisij TGP iz proizvodnje primarnega aluminija iz leta 1986, ko je hkrati z elektrolizo B, delovala še elektroliza A. Ta je predstavljala prvo proizvodnjo elektroliznega aluminija večjega obsega v Kidričevem. Takrat so še pridobivali glinico iz boksita. V letih od 2002 do 2007 so bile emisije višje, ker sta hkrati obratovali elektrolizi B in C. V obdobju od leta 2009 do leta 2012 je bila proizvodnja omejena zaradi gospodarske krize. Emisije so bile leta 2016 za 8 % višje kot leta 2013 in od tega leta v povprečju naraščajo za 2,6 % letno. Največji delež k zvišanju emisij, glede na vrednosti iz prejšnjih let, so prispevale emisije PFC. Njihov prispevek k rasti v letu 2016 je, glede na leto 2013, znašal 86,7 % in 50,9 % glede na leto 2015.

5.2. Neposredne emisije iz proizvodnje sekundarnega aluminija

Neposredne emisije iz ostalih tehnoloških enot imajo v primerjavi z emisijami iz proizvodnje primarnega aluminija bistveno nižje vrednosti. Njihov glavni vir je poraba zemeljskega plina v pečeh za termično obdelavo izdelkov. Plin se porablja tudi za ogrevanje. Količine emisij v letu 2016 so navedene v spodnji preglednici.

Preglednica 14: Porazdelitev porabe zemeljskega plina po poslovnih enotah v letu 2016

Poslovna enota	Zemeljski plin (Sm ³)
Livarna	11.480,929
Rondelice	4.615,486
Ulitki	844.745
Kotel za ogrevanje	253.674
Izparilniki	77.079
Drugo	32.531
Skupaj	17.304,444

Vir: Talum 2017

Pripadajoče emisije CO₂ se izračunajo po isti enačbi, kot pri porabi plina za pečenje anod v kalcinacijski peči (enačba 9).

Izračun emisij za leto 2016:

$$\text{Emisije CO}_2 = \text{PZP} \times \text{KV} \times \text{EF} \times \text{OF} = 17.304.444 \times 0,034086 \times 55,29 \times 1 = 32.612,213 \text{ t}$$

Preglednica 15: Gibanje porabe zemeljskega plina in pripadajoče emisije CO₂

Leto	2013	2014	2015	2016
Poraba plina (Sm ³)	15.242.834	16.543.105	17.891.963	17.304.444
Emisije CO ₂ (t)	28.721,816	31.171,894	33.713,525	32.612,213

Emisije CO₂ iz porabe zemeljskega plina v proizvodnji sekundarnega aluminija v povprečju naraščajo in so bile leta 2016 za 13,5 % višje kot leta 2013. Poraba plina torej narašča hitreje kot proizvodnja aluminijevih proizvodov, ki je v tem času narasla za 7,53 %.

5.3. Seštevek neposrednih emisij TGP

Vsoto neposrednih emisij TGP vseh tehnoloških enot družbe Talum sestavljajo emisije iz proizvodnje primarnega aluminija, emisije iz proizvodnje sekundarnega aluminija oz. proizvodnje polizdelkov in izdelkov ter emisije iz kotla za ogrevanje. Seštevek emisij v letu 2016 je prikazan v spodnji preglednici.

Preglednica 16: Seštevek neposrednih emisij TGP družbe Talum v letu 2016

Vir emisij	Emisije CO ₂ -e (t)
Proizvodnja primarnega aluminija	160.104
Proizvodnja al. izdelkov + kotel za ogrevanje	32.612,2
Skupaj	192.716,2

Proizvodnja primarnega aluminija prispeva 83 % vseh neposrednih emisij TGP.

Preglednica 17: Gibanje neposrednih emisij TGP družbe Talum

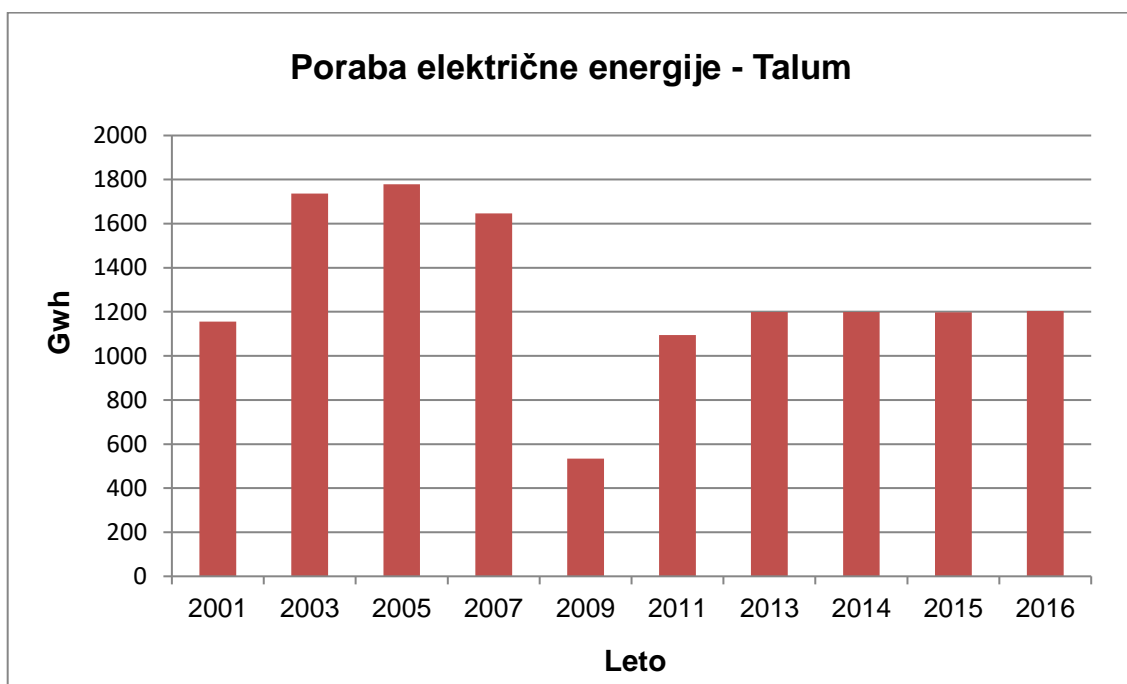
Leto	2013	2014	2015	2016
Emisije CO ₂ -e (t)	176.977,8	181.717,9	185.875,5	192.716,2

Vir: Talum 2017

Rast emisij v letu 2016 je bila 3,86-odstotna glede na leto 2015 in 8,89-odstotna v primerjavi z letom 2013. Prav tako kot v proizvodnji primarnega aluminija tudi k rasti skupnih neposrednih emisij celotne proizvodnje v podjetju Talum v zadnjih letih največ prispevajo emisije PFC. Njihov delež k rasti emisij v obdobju 2013 – 2016 znaša 81,7 % ter 59,07 % v letu 2016 glede na leto 2015.

5.4. Posredno povzročene emisije TGP

Raba električne energije je, tako kot v ostalih proizvodnjah aluminija, tudi v proizvodnji družbe Talum v največji meri odvisna od porabe v elektroliznih procesih. Ta se od zaprtja elektrolize B leta 2007 zadnja leta giblje okoli 1200 GWh. Talum je po učinkovitosti porabe električne energije v svetovnem vrhu, saj je v zadnjih letih poraba električne energije na meji ali tik pod referenčno vrednostjo, ki znaša 14,256 MWh na tono proizvedenega elektroliznega aluminija. Proizvodnja v Talumu je v letu 2015 dosegla 14,004 MWh/t Al, kar je Talum uvrščalo na drugo mesto v Evropski uniji (Talum 2016).



Graf 6: Gibanje porabe električne energije v družbi Talum
Vir: Talum 2016

Iz grafa je razvidna velika poraba električne energije v letih od 2003 do 2007. V tem času sta hkrati delovali elektrolizi B in C, ki je začela obratovati s polnim obsegom na začetku tega obdobja. Padec porabe v letu 2009 je posledica zaprtja elektrolize B in vpliva gospodarske krize na proizvodnjo. V zadnjih letih se je poraba električne energije stabilizirala predvsem zaradi konstantnega obratovanja elektrolize C.

Pri izračunu posredno povzročenih emisij TGP iz porabe električne energije za leto 2016 sem upošteval deleže posameznih virov električne energije, porabljene s strani podjetja Talum. Izgube v električnem omrežju torej niso upoštevane. Predpostavil sem, da obnovljivi viri in jedrska energija ne povzročajo emisij TGP, čeprav vsak vir energije že z vzpostavitvijo in vzdrževanjem ustvarja svoj ogljični odtis.

Preglednica 18: Deleži in emisije CO₂ posameznih virov porabljene električne energije

Vir energije	Poraba (kWh)	Delež (%)	TJ	Emis. faktor (t CO ₂ /TJ)	t CO ₂
Fosilna goriva	658.248.517	53,47	/	/	/
Premog in lignit	525.402.942	43,66	1.891,45	96,10	181.768,34
Zemeljski plin	80.699.971	6,70	290,52	55,29	16.062,85
Naftni derivati	4.019.720	0,33	14,47	77,40	1.119,98
Nedoločljivo	48.125.884	4,00	173,25	85,81	14.866,86
Jedrsko gorivo	417.912.999	34,73	/	0	0
Obnovljivi viri	127.288.991	10,58	/	0	0
Hydroenergija	86.767.930	7,21	/	0	0
Energija vetra	5.350.560	0,44	/	0	0
Energija sonca	14.195.327	1,18	/	0	0
Geotermalna energija	2.336.544	0,19	/	0	0
Energ. lesne biomase	16.946.798	1,41	/	0	0
Energija odlag. plina	228.384	0,02	/	0	0
Energija bioplina	667.584	0,05	/	0	0
Energija biodizla	17.568	0,00	/	0	0
Nedoločljivo	778.296	0,06	/	0	0
SKUPAJ	1.203.450.508	100	/	/	213.818,03

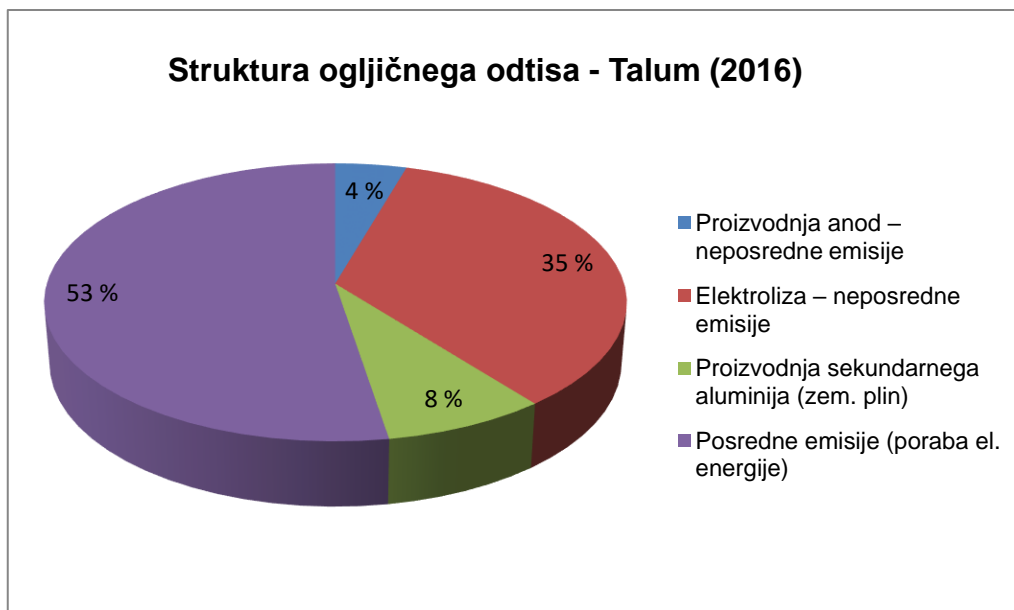
Za pretvorbo porabe iz kWh (kilovatna ura) v enoto TJ (terajoule) sem uporabil koeficient njunega razmerja, ki znaša $3,6 \times 10^{-6}$ (IEA 2017). Pripadajoče emisijske faktorje sem povzel po uradnem seznamu emisijskih faktorjev za leto 2016, ki ga letno objavlja ARSO (Značilne neto...2016). Pri nedoločljivih virih energije, ki spadajo med fosilna goriva, sem uporabil povprečje vseh navedenih emisijskih faktorjev v seznamu. Končni rezultat izračuna znaša 213.818,03 tone CO₂ oz. 177,67 g CO₂/kWh.

5.5. Ogljični odtis proizvodnje

V izračun ogljičnega odtisa sem vključil v prejšnjih poglavjih izračunane neposredne in posredne emisije TGP nepremičnih virov proizvodnje. Prikazan je izračun za leto 2016.

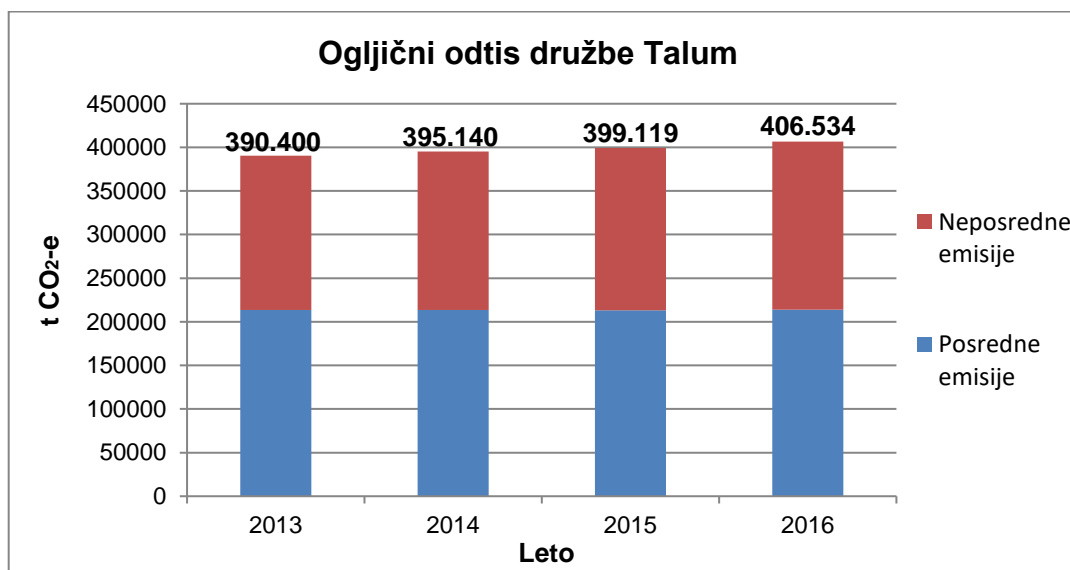
Enačba 15:

$$\begin{aligned} \text{Ogljični odtis (2016)} &= \text{neposredno povzročene emisije} + \text{posredno povzročene emisije} = \\ &= 192.716 \text{ t CO}_2\text{-e} + 213.818 \text{ t CO}_2\text{-e} = \mathbf{406.534 \text{ t CO}_2\text{-e}} \end{aligned}$$



Graf 7: Struktura ogljičnega odtisa proizvodnje v obratu družbe Talum v letu 2016

Največji del emisij TGP (53 %) k ogljičnemu odtisu prispeva poraba električne energije. Sledijo neposredne emisije iz elektrolize (35 %), emisije iz porabe plina (8 %) in neposredne emisije iz proizvodnje anod (4 %). V primerjavi s 14.633.700 tonami CO₂ ekvivalenta, kolikor je znašal izpust na območju Slovenije leta 2015 (SURs 2016), delež ogljičnega odtisa družbe Talum v ogljičnem odtisu Slovenije dosega 2,78 %.



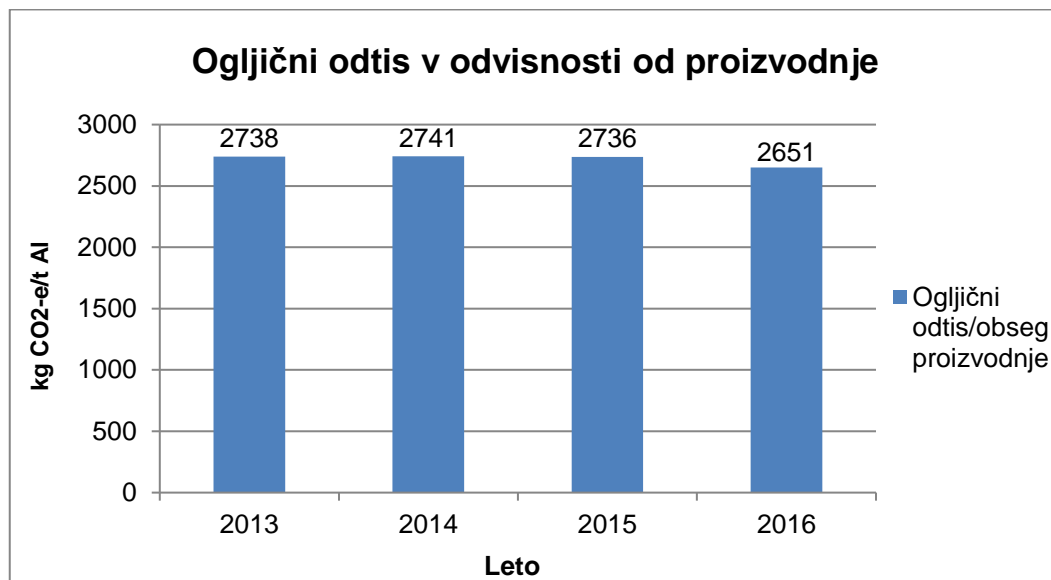
Graf 8: Gibanje ogljičnega odtisa proizvodnje aluminija in aluminijskih izdelkov v Talumu

Po isti metodi kot za leto 2016 sem izračunal ogljični odtis tudi za predhodna leta. Opažen je trend naraščanja. Obseg ogljičnega odtisa je v obravnavanem obdobju narasel za 4,13 %, medtem ko je obseg proizvodnje aluminijskih izdelkov v istem obdobju dosegel 7,53-odstotno rast. Rast emisij TGP v obravnavanem obdobju torej ni preseгла rasti proizvodnje. 50 % celotne rasti ogljičnega odtisa od leta 2013 gre na račun emisij PFC, ki jim sledijo emisije iz porabe plina v tehnoloških procesih proizvodnje sekundarnega aluminija (24 %), neposredne emisije iz proizvodnje anod (19 %) in posredne emisije iz porabe električne energije (5,5 %).

Kot sem navedel že v prejšnjih poglavjih, je vzrok rasti emisij PFC povečano število anodnih efektov v procesih elektrolize. Rast proizvodnje aluminijskih izdelkov je prispevala k povečani porabi zemeljskega plina v pečeh za termično obdelavo sekundarnega aluminija. Vzrok prispevka k rasti ogljičnega odtisa s strani porabe električne energije je ta, da je poraba le-te zelo intenzivna in hkrati predstavlja visok delež emisij v ogljičnem odtisu, zato lahko že majhno odstopanje v porabi, ki je v tem obdobju narasla samo za 0,4 %, občutno prispeva k dvigu ali padcu vsote emisij.

5.5.1. Ogljični odtis v odvisnosti od proizvodnje aluminijskih izdelkov

Pri ugotavljanju vpliva proizvodnje na razsežnosti ogljičnega odtisa sem uporabil podatke o proizvodnji aluminija in aluminijskih izdelkov. Razlika v količini med celotno proizvodnjo in proizvodnjo primarnega aluminija, ki se v zadnjih letih giblje okoli 84.000 ton, je sestavljena iz sekundarnega oz. odpadnega aluminija zunanjih zbiralcev, aluminija iz internega krožnega toka predelave in dodatno kupljenega aluminija, za obdelavo katerega se v proizvodnji izdelkov prav tako porabljajo energenti in surovine.



Graf 9: Gibanje ogljičnega odtisa v odvisnosti od proizvodnje Al in aluminijskih izdelkov

Iz grafa je razvidna stagnacija specifičnih emisij od leta 2013, ko je bilo za tono proizvedenih aluminijskih izdelkov in aluminija povzročenih 2.738 kg CO₂-e, do leta 2015, ko je ta vrednost znašala 2736 kg CO₂-e. Leta 2016 je ta količina padla na 2.651 kg CO₂-e/t Al. Količina specifičnih emisij TGP se je v tem obdobju zmanjšala za 3,2 %.

6. SKLEP

Glavna ugotovitev analize rezultatov diplomskega dela je, da se ogljični odtis podjetja Talum v zadnjih letih postopno povečuje. K temu največ prispevajo neposredne emisije TGP v proizvodnji primarnega aluminija. Z vidika procesa proizvodnje so glavni dejavnik naraščanja emisij TGP anodni efekti v procesu elektrolize. Ti z gostoto pojavnosti, trajanjem in intenzivnostjo praktično usmerjajo trend gibanja neposrednih emisij. Emisije PFC, ki ob tem nastajajo, so namreč zelo obstojni TGP in zato močno vplivajo na celoten ogljični odtis proizvodnje. Glavna težava pri anodnih efektih je, da jih je možno obvladovati le v določeni meri. Hkrati se tu skriva največja rezerva v smislu zmanjševanja emisij, saj bi z naprednejšo tehnologijo lahko občutno zmanjšali količino emisij TGP v proizvodnji aluminija. Drugi vzrok za naraščanje emisij je rast proizvodnje, ki je najbolj intenzivna v proizvodnji sekundarnega aluminija. Ta se namreč z raznolikostjo in širjenjem odziva na povpraševanje na trgu. Z morebitno nadaljno rastjo proizvodnje ne gre pričakovati zmanjšanja emisij. Z vidika posredno povzročenih emisij TGP proizvodnje aluminija v Talumu v obravnavanem obdobju ni prišlo do bistvenih sprememb, saj je poraba električne energije stabilna in ne povzroča večjih sprememb v ogljičnem odtisu, čeprav predstavlja več kot polovico le-tega.

Prvo hipotezo, ki pravi, da vsota posredno in neposredno povzročenih emisij TGP v Talumu v zadnjih letih zaradi konstantnega povečevanja obsega proizvodnje ne upada, sem torej potrdil.

Druga hipoteza, ki pravi, da razmerje med celotnim ogljičnim odtisom proizvodnje in obsegom proizvodnje v Talumu upada, je na račun znižanja specifičnih emisij TGP v letu 2016 obveljala. Glavni razlog za znižanje je občutno povečanje proizvodnje sekundarnega aluminija v omenjenem letu, saj ta del proizvodnje na tono izdelka povzroča precej manj emisij TGP, kot proizvodnja primarnega aluminija. To velja tako za posredne, kot za neposredne emisije, saj je poraba električne energije v primerjavi s pridobivanjem primarnega aluminija neznatna, neposredne emisije pa so v glavnem posledica porabe zemeljskega plina, ki povzroča precej manj emisij TGP kot proces elektrolize.

7. POVZETEK

V proizvodnji aluminija v Kidričevem upravljajo z najsodobnejšo tehnologijo, ki v svetovnem merilu zagotavlja visoko učinkovitost pri porabi surovin in energentov. Na več področjih uporabljajo namreč najboljše razpoložljive tehnologije (angl. BAT - best available technologies). Na področju neposrednih emisij TGP na enoto proizvedenega aluminija so v evropskem merilu med manj intenzivnimi onesnaževalci, medtem ko so na področju učinkovitosti porabe električne energije v svetovnem vrhu. Rast obsega ogljičnega odtisa v zadnjih letih gre pripisati povečani proizvodnji in rasti emisij perfluoriranih ogljikov (PFC). Pomemben vzrok za slednje so nadzorovane prekinitve električnega toka, ki so z večjim številom anodnih efektov največ prispevale k rasti emisij TGP v zadnjih letih. Te prekinitve niso pod nadzorom družbe Talum, saj so povzročene s strani distributerjev električne energije. Razlog za prekinitve električnega toka je v deležu odvzete električne energije s strani Taluma v celotni proizvodnji distributerjev, ki ima kot velik porabnik močan vpliv na skupno rabo energije na ravni pogodbenega distributerja. Ob primanjkljaju električne energije distributerji namreč največje porabnike izklopijo za krajši čas.

Postavljeni hipotezi sem z izračuni, rezultati in primerjavami potrdil kot pravilni. Ker povpraševanje po aluminiju narašča, posledično naraščata tudi proizvodnja in celoten obseg emisij TGP. V moči proizvajalcev aluminija je, da dolgoročno zvišujejo učinkovitost pri porabi surovin in energentov, torej da znižujejo emisije TGP v odvisnosti od proizvodnje. To je družbi Talum, kljub naraščanju specifičnih emisij v proizvodnji primarnega aluminija, v obravnavanem obdobju tudi uspelo.

Dejstvo je, da v prihodnjih letih zaradi globalno vedno večjega povpraševanja in posledično večje proizvodnje ni za pričakovati padca emisij iz proizvodnje aluminija, ter po zadnjih podatkih tudi velike rasti ne. Skupna količina emisij TGP svetovne proizvodnje aluminija je namreč približno na isti ravni kot leta 1990, čeprav se je proizvodnja več kot podvojila. Pri tem so upoštevane emisije od začetne do zaključne faze proizvodnje aluminija, kar zajema izkopavanje boksita, pridobivanje glinice iz boksita, pridobivanje aluminija iz glinice, proizvodnjo sekundarnega aluminija in recikliranje aluminija. Vzrok temu, da emisije ne sledijo povečevanju obsega proizvodnje, je v zamenjavi stare tehnologije z novejšo, predvsem v procesu elektrolize.

8. SUMMARY

Aluminium production in Kidričevo is managed by most contemporary technology (BAT - best available technologies), which guarantees high efficiency in the consumption of raw materials and energy products on a global scale. In the area of direct GHG emissions per unit of aluminium produced are one of the less intensive pollutants on European scale, while in the field of energy efficiency in the world's top. The growth in carbon footprint in recent years has appeared due to increased production and the growth of perfluorocarbon emissions. The important reason for the latter are controlled interruptions of the electric current, which, as a consequence, have increased the number of anode effects. That has contributed most to the growth of GHG emissions in recent years. These interruptions are not controlled by Talum company, as they are caused by electricity distributors. The reason for the interruption of electric current is the share of electricity, used from Talum company in the total production of distributors, which has a strong influence on the share of energy at the level of the contractual distributor as a major consumer. In the events of lack of electricity, distributors cut off the largest consumers for a short period of time.

The hypotheses, that I set up, were confirmed by the calculations, results and comparisons. As demand for aluminium is increasing, consequently, production and the total volume of GHG emissions are also increasing. The strength of aluminium producers is to increase efficiency in the consumption of raw materials and energy products in the long term, thereby reducing specific GHG in dependence on production. Last year Talum company succeeded in spite of the increase in specific emissions in primary aluminium production.

The fact is that in the coming years, due to the global increasing demand and consequently higher production, it is not expected to drop emissions from aluminium production and, according to the latest data, even not big growth. The total amount of greenhouse gas emissions from global aluminium production is approximately at the same level as in 1990, despite the fact that production has more than doubled. At that, the emissions from the initial to the final stage of aluminium production are taken into account, which includes the extraction of bauxite, the production of alumina from bauxite, the extraction of aluminium from alumina, the production of secondary aluminium and the recycling of aluminium. The reason why emissions do not follow an increase in production volumes, is replacing old technology with modern, especially in the process of electrolysis.

9. VIRI IN LITERATURA

Agencija Republike Slovenije za okolje. Kazalci okolja v Sloveniji. Padavine in temperatura. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=744 (3.7.2017)

Agencija Republike Slovenije za okolje. Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji za leto 2016. Medmrežje: <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/Register%20emisijskih%20kuponov/Obvestila/Znacilne%20neto%20kaloricne%20vrednosti%20in%20emisijski%20faktorji%20za%20let o%202016.pdf> (28.12.2017)

Ciglencečki, M., Ferlinc, D., Kerbler, S., Milošič, F., Toplek, D., Žigman, B. (2004). *Talum 1954-2004*. Kidričevo, Talum, Tovarna aluminija, d.d. Kidričevo, 97 str.

Climate Central. The World passes 400 ppm threshold. Medmrežje: <http://www.climatecentral.org/news/world-passes-400-ppm-threshold-permanently-20738> (19.7.2017)

Cook, J. 2010: Strokovni vodnik po dvomih o globalnem segrevanju. Medmrežje: https://www.skepticalscience.com/docs/Guide_Skepticism_Slovenian.pdf (4.5.2017)

European Commission. Climate action. Paris Agreement. Medmrežje: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en (10.7.2017)

European Commission. The EU emissions trading system. Medmrežje: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/factsheet_ets_en.pdf (4.3.2017)

European Commission. The EU emissions trading system. Medmrežje: https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf (4.3.2017)

European Environment Agency. Overview of electricity production and use in Europe. Medmrežje: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment> (15.7.2017)

Evropska komisija. Smernice za nekatere ukrepe državne pomoči v okviru sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov po letu 2012. Medmrežje: http://ec.europa.eu/competition/consultations/2012_emissions_trading/draft_ets_guidelines_sl.doc (23.1.2017)

Evropsko računsko sodišče. Celovitost in izvajanje sistema EU za trgovanje z emisijami (EU ETS). Medmrežje: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR15_06/SR15_06_SL.pdf (2.11.2017)

Gore, A. (2007). *Neprijetna resnica: Svetovna nevarnost ogrevanja ozračja in kako lahko ukrepamo*. Ljubljana, Mladinska knjiga, 325 str.

Greenhouse Gas Protocol. Global warming potential values. Medmrežje: http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf (4.5.2017)

International Aluminium Institute. The aluminium sector Greenhouse Gas Protocol. Medmrežje: http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/aluminium_1.pdf (24.3.2017)

International Emissions Trading Association. The EU's emissions trading system. Medmrežje: http://www.ieto.org/resources/Resources/3_Minute_Briefings/phase%203%20eu%20ets_fina_l.pdf (2.4.2017)

International Energy Agency. Unit converter. Medmrežje: <https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter/> (27.12.2017)

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007. Synthesis report. Medmrežje: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf (21.2.2007)

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014. Synthesis report. Summary for policymakers. Medmrežje: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf (19.7.2017)

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 4. Metal industry emissions. Medmrežje: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_4_Ch4_Metal_Industry.pdf (13.8.2016)

Kajfež-Bogataj, L. (2012). *Vroči novi svet*. Ljubljana, Cankarjeva založba, 211 str.

Medmrežje 1: <http://www.aluminiumdesign.net/why-aluminium/properties-of-aluminium/> (1.8.2017)

Medmrežje 2: <http://www.talum.si/primarni.html> (11.6.2017)

Medmrežje 3: http://www.jutro.si/slike/u1/a101_elektrolizna_celica.jpg (5.12.2016)

Medmrežje 4: http://www.aluminum-production.com/anode_effect.html (3.3.2017)

Medmrežje 5: <http://www.world-aluminium.org/statistics/> (15.7.2017)

N.Penna, A. (2015). *The human footprint: A global environmental history*. Chichester, John Wiley&SunsLtd, 364 str.

National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. saw 2nd warmest year to date on record and warmer than average June. Medmrežje: <http://www.noaa.gov/news/us-saw-2nd-warmest-year-to-date-on-record-and-warmer-than-average-june> (20.7.2017)

Odločba nadzornega organa EFTE, Politika državnih pomoči in direktiva o ETS, *Ur .l. EU*, št. L 296/25, 522/12/COL. Medmrežje: http://publications.europa.eu/resource/ellar/06e0949d-4794-11e3-ae03-01aa75ed71a1.0022.01/DOC_1 (23.1.2017)

Pušnik, M. (2014). Talum poleg končnih izdelkov izvaža tudi znanje in opremo: Družba iz Kidričevega 80 odstotkov izdelkov proda na tujem. *Finance*. Ljubljana, 2014, št. 64. Medmrežje: <https://izvozniki.finance.si/8503429?cctest&&cookietime=1501596070> (19.3.2017)

Republika Slovenija. Statistični urad. Računi emisij v zrak, Slovenija. Medmrežje: <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/6118> (14.7.2017)

Talum. Letno poročilo skupine Talum za leto 2016. Medmrežje: <http://ebook.creativelabdevelop.eu/TALUM/Spletna%20stran/LetnaPorocila/2016/index.html#p=1> (22.5.2017)

Talum. Organiziranost skupine. Medmrežje: <http://www.talum.si/organiziranost.html> (1.2.2017)

Talum. Ravnanje z okoljem ter varnost in zdravje pri delu ISO14001, OHSAS 18001. Medmrežje: <http://www.talum.si/index.html> (16.2.2017)

Talum, Sistem za ravnanje z okoljem (2014-2017)

The Aluminium Association. Environmental footprint of semi-finished aluminium products in North America. A lifecycle assessment report. Medmrežje: http://www.aluminum.org/sites/default/files/LCA_Report_Aluminum_Association_12_13.pdf (12.7.2017)

Umanotera. Ogljični odtis: Uvod za podjetja in organizacije. Medmrežje: <http://www.umanotera.org/wp-content/uploads/2014/10/Ogljicni-odtis.pdf> (2.6.2017)

United Nations. Framework Convention on Climate Change. Medmrežje: <http://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook.pdf> (1.7.2017)

United Nations Framework Convention on Climate Change. Caring for climate. Medmrežje: http://unfccc.int/resource/docs/publications/caring_en.pdf (1.7.2017)

Wendt, H., Kreysa, G. (1999). *Electrochemical engineering: Science and technology in chemical and other industries*. Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 394 str.

World Resources Institute. The Greenhouse Gas Protocol. A corporate accounting and reporting standard. Medmrežje: <http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/ghg-protocol-revised.pdf> (26.6.2017)

World Resources Institute. The Greenhouse Gas Protocol. The land use, land-use change and forestry guidance for GHG Project accounting. Medmrežje: http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards_supporting/LULUCF%20Guidance_1.pdf (27.6.2017)

Zelena Slovenija. Portal za trajnostni razvoj. Ogljični odtis. Medmrežje: <http://www.zelenaslovenija.si/kaj-nudimo/trajnostno-svetovanje/ogljicni-odtis> (22.7.2017)