
VODIČ O METODOLOGIJI IZRAČUNA FAKTORA EMISIJA I UKLANJANJA STAKLENIČKIH PLINOVA

Naručitelj	Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije Radnička cesta 80
Oznaka ugovora	EIHP: UG-2023-220005-85/1

VODIČ O METODOLOGIJI IZRAČUNA FAKTORA EMISIJA I UKLANJANJA STAKLENIČKIH PLINOVA

Voditelj studije	mr.sc. Robert Fabek, mag.ing
Autori	Dorotea Marčec, mag.ing.oecoing Ana Mandarić, mag.ing.oecoing
Ravnatelj	Dražen Jakšić, mag.ing.
Oznaka studije	STU-2024-240007-1/1

SADRŽAJ

1. UVOD	6
2. OPĆENITO O METODOLOGIJI	7
3. PREGLED BAZE PODATAKA	8
3.1. GORIVA	9
3.1.1. Opis kategorije	9
3.1.2. Opis metodologije	9
3.2. ELEKTRIČNA ENERGIJA	17
3.2.1. Opis kategorije	17
3.2.2. Opis metodologije	18
3.3. TOPLINA	21
3.3.1. Opis kategorije	21
3.3.2. Opis metodologije	21
3.4. PUTNIČKI PROMET	29
3.4.1. Opis kategorije	29
3.4.2. Opis metodologije	31
3.5. TERETNI PROMET	36
3.5.1. Opis kategorije	36
3.5.2. Opis metodologije	37
3.6. KORIŠTENJE ZEMLJIŠTA, PROMJENA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA I ŠUMARSTVO	40
3.6.1. Opis kategorije	40
3.6.2. Opis metodologije	41
3.7. OTPAD	42
3.7.1. Opis kategorije	42
3.7.2. Opis metodologije	44
3.8. KLIMATIZACIJA	48
3.8.1. Opis kategorije	48
3.8.2. Opis metodologije	52
4. ZAKLJUČAK	55
5. LITERATURA	56

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2020.)	10
Tablica 3-2. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2021.)	10
Tablica 3-3. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2022.)	11
Tablica 3-4. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2020.)	11
Tablica 3-5. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2021.)	12
Tablica 3-6. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2022.)	12
Tablica 3-7. Faktori biogenih emisija CO ₂ za krutu biomasu	13
Tablica 3-8. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2020.)	14
Tablica 3-9. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2021.)	14
Tablica 3-10. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2022.)	14
Tablica 3-11. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2020.)	15
Tablica 3-12. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2021.)	15
Tablica 3-13. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2022.)	16
Tablica 3-14. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2020.)	16
Tablica 3-15. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2021.)	17
Tablica 3-16. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2022.)	17
Tablica 3-17. Faktori emisije stakleničkih plinova za potrošnju električne energije u Hrvatskoj	19
Tablica 3-18. Faktori emisije stakleničkih plinova za električnu energiju iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj	20
Tablica 3-19. Faktori emisije stakleničkih plinova za električnu energiju iz elektrana na obnovljive izvore	20
Tablica 3-20. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2020.)	22
Tablica 3-21. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2021.)	22

Tablica 3-22. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2022.)	22
Tablica 3-23. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2020.)	23
Tablica 3-24. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2021.)	24
Tablica 3-25. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2022.)	25
Tablica 3-26. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2020.)	26
Tablica 3-27. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2021.)	26
Tablica 3-28. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2022.)	27
Tablica 3-29. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2020.)	28
Tablica 3-30. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2021.)	28
Tablica 3-31. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2022.)	28
Tablica 3-32. Podjela vozila za prijevoz putnika po tipu standarda	29
Tablica 3-33. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz putnika osobnim automobilima, mopedima i motociklima (2020.)	32
Tablica 3-34. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz putnika autobusom (2020.)	35
Tablica 3-35. Podjela vozila za prijevoz tereta po tipu standarda (2020.)	36
Tablica 3-36. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz terete (2020.)	38
Tablica 3-37. Faktori emisija stakleničkih plinova za prenamjenu zemljišta (2020.)	41
Tablica 3-38. Faktori emisija stakleničkih plinova za Odlaganje otpada (2020.)	45
Tablica 3-39. Faktori emisija stakleničkih plinova za Kompostiranje (2020.)	46
Tablica 3-40. Faktori emisija stakleničkih plinova za Spaljivanje otpada (2020.)	47
Tablica 3-41. Faktori emisija stakleničkih plinova za Upravljanje otpadnim vodama kućanstava (2020.)	48
Tablica 3-42. Smjese HFC-a korištene u RH i njihov sastav (2020.)	49
Tablica 3-43. Objedinjeni faktori emisije radnih tvari po primjenama, prosječne vrijednosti za razdoblje 2015.-2020.	54

1. UVOD

Na međunarodnoj razini postignut je znanstveni konsenzus o postojanju klimatskih promjena. Učinci klimatskih promjena već se osjećaju kroz porast prosječnih globalnih temperatura (češći i intenzivniji toplinski valovi), porast razine mora, promjenu učestalosti i intenziteta oborina te ekstremne vremenske prilike (jaki vjetrovi orkanske snage) u mnogim dijelovima svijeta. Prema podacima Svjetske meteorološke organizacije, 2023. godina je bila najtoplija godina otkad postoje mjerenja temperature. Prosječna globalna temperatura u 2023. bila je za 1,45°C iznad prosječnih temperatura u razdoblju 1850.-1900., na što antropogene emisije stakleničkih plinova imaju nedvojbenu utjecaj.

Europska unija (EU) je preuzela vodeću ulogu u svjetskim naporima za ublažavanje klimatskih promjena te je predstavila dosad najambicioznije određeni doprinos prema Pariškom sporazumu: obvezu smanjenja emisija stakleničkih plinova za najmanje 55 % do 2030. godine, u odnosu na emisiju iz 1990. godine. Kako bi se ostvarili zadani klimatski ciljevi, bit će potrebno pojačati aktivnosti na smanjenju emisija.

Smanjenje ugljičnog otiska organizacija dio je rješenja za problem klimatskih promjena, pri čemu dugoročni cilj treba biti ugljična neutralnost. Na taj način dolazi do smanjenja emisija stakleničkih plinova, odnosno lakšeg ostvarivanja Pariškim sporazumom preuzetih obveza te postizanja klimatske neutralnosti Europe do 2050. godine.

Cilj uspostave baze faktora emisija specifičnih za Hrvatsku je osigurati dosljednost i usporedivost u proračunima organizacija tako što će faktori biti javno dostupni te će sve organizacije u Hrvatskoj koje izračunavaju ugljični otisak prvenstveno koristiti faktore koji su navedeni u Nacionalnoj bazi. Ukoliko u bazi ne postoje traženi faktori emisije, moguće je koristiti prikladne faktore iz relevantnih javno dostupnih baza.

U sklopu ovoga projekta izrađena je Nacionalna baza faktora emisija i uklanjanja stakleničkih plinova specifičnih za Republiku Hrvatsku koja će se koristiti prilikom izračuna ugljičnog otiska. Nacionalna baza podataka obuhvaća sektore: Goriva, Električna energija, Toplina, Prijevoz putnika, Prijevoz robe, Korištenje zemljišta, promjena korištenja zemljišta i šumarstvo (LULUCF), Otpad te Klimatizacija. Faktori emisija su izrađeni za svaki od plinova zasebno te je određen i emisijski faktor CO₂ ekvivalenta.

2. OPĆENITO O METODOLOGIJI

Staklenički plinovi izračunavaju se odnosno procjenjuju pomoću podataka o aktivnosti (kao što je količina upotrijebljenog goriva) i primjenom relevantnih faktora emisija/uklanjanja i faktora konverzije (npr. ogrjevne vrijednosti, oksidacijski faktori itd.). Ti faktori omogućuju organizacijama i pojedincima da izračunaju emisije stakleničkih plinova iz niza aktivnosti, uključujući korištenje energije, potrošnju vode, odlaganje i recikliranje otpada te transportne aktivnosti.

U sklopu izračuna ugljičnog otiska emisije se klasificiraju u tri kategorije:

- Izravne emisije stakleničkih plinova: emisije iz izvora stakleničkih plinova u vlasništvu ili pod kontrolom organizacije
- Energetske neizravne emisije stakleničkih plinova: emisije iz proizvodnje kupljene energije koju koristi poduzeće (električna energija, toplina ili para).
- Ostale neizravne emisije stakleničkih plinova: emisije iz poslovnih putovanja zaposlenika, prijevoza proizvoda i materijala, otpada koji stvara organizacija itd.

Te emisije su definirane kao emisije Opsega 1, Opsega 2 i Opsega 3. Emisije prijavljene u Opsegu 1 su:

- izravne emisije iz nepokretnih energetske izvora
- izravne emisije iz pokretnih energetske izvora
- izravne emisije iz proizvodnih procesa
- izravne fugalivne emisije
- izravne emisije i uklanjanja iz korištenja zemljišta, promjene u korištenju zemljišta i šumarstva

U Opsegu 2 proračunavaju se neizravne emisije stakleničkih plinova koje nastaju izvan lokacija organizacije, a povezane su s nabavom i potrošnjom električne, toplinske i rashladne energije:

- neizravne emisije zbog potrošnje električne energije
- neizravne emisije zbog potrošnje toplinske i rashladne energije

Prema definiciji, Opseg 3 emisije nastaju iz izvora u vlasništvu ili pod kontrolom drugih subjekata. Najznačajnije ostale neizravne emisije povezane s ulaznim i izlaznim tokovima materijala i ljudi, koji su potrebni za funkcioniranje organizacije:

- neizravne ulazne emisije
 - kupovina robe ili usluga
 - kapitalna dobra
 - emisije vezane uz goriva i energiju (nije uključeno u opsege 1 i 2)
 - ulazni prijevoz i distribucija
 - proizvedeni otpad

- poslovna putovanja
- dnevna putovanja zaposlenika na posao
- unajmljena imovina
- ostale neizravne ulazne emisije
- neizravne izlazne emisije
 - izlazni prijevoz robe i distribucija
 - obrada prodanih proizvoda
 - upotreba prodanih proizvoda
 - kraj životnog ciklusa prodanih proizvoda
 - iznajmljena imovina
 - franšize
 - investicije
 - ostale neizravne izlazne emisije

Metodologija izračuna faktora emisija je specifična za svaku kategoriju pa se detaljni opisi metodologija nalaze u pripadajućim poglavljima (poglavlja od 3.1 do 3.8).

3. PREGLED BAZE PODATAKA

Baza podataka sastoji se od faktora emisija Opsega 1, 2 i 3 za kategorije:

- Goriva
- Električna energija
- Toplina
- Prijevoz robe
- Prijevoz putnika
- Korištenje zemljišta, promjena korištenja zemljišta i šumarstvo (LULUCF)
- Otpad
- Klimatizacija

U nacionalnoj bazi, faktori emisija su proračunati i iskazani za svaki od stakleničkih plinova zasebno i kao CO₂ ekvivalent. U sektorima u kojima su faktori emisija razvijeni za opseg 3, dane su i razine faktora emisija opsega 1 i 2. U nastavku se daje pregled kategorija i metodologija proračuna istih.

3.1. GORIVA

3.1.1. Opis kategorije

Nacionalna baza faktora emisije stakleničkih plinova obuhvaća fosilna i biogena goriva, koja izgaraju u nepokretnim i pokretnim energetske izvori. Faktori emisije podijeljeni su u sljedeće četiri kategorije:

- Kruta fosilna goriva: lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (nepokretni izvori)
- Kruta biomasa: drveni briketi, drveni peleti, drvna sječka, ogrjevno drvo i drveni ugljen (nepokretni izvori)
- Tekuća fosilna goriva: teško loživo ulje, ekstra lako loživo ulje i ukapljeni naftni plin (nepokretni izvori) te motorni benzin, dizelsko gorivo, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (pokretni izvori)
- Plinovita fosilna goriva: prirodni plin (nepokretni izvori) i stlačeni prirodni plin (pokretni izvori)

Izračun faktora emisije, specifičnih za Hrvatsku, temelji se na nacionalnim energetske bilancama [1]. U izračun su uključene značajke hrvatskog energetske sustava i karakteristike goriva specifične za Hrvatsku.

3.1.2. Opis metodologije

Pri određivanju faktora emisije stakleničkih plinova razmatra se cijeli lanac opskrbe od proizvodnje goriva, preko prerade i transporta krajnjim korisnicima, do potrošnje u sektorima neposredne energetske potrošnje (industrija, promet, kućanstava, usluge i poljoprivreda/ribarstvo/šumarstvo). Faktori emisije za izgaranje fosilnih i biogenih goriva temelje se na podacima iz nacionalnih energetske bilanci, pri čemu su korištene prosječne vrijednost zadnjih 6 godina.

Izračunati su faktori emisije za 17 fosilnih i biogenih goriva, koja se koriste u Hrvatskoj. Određeni su faktori emisije CO₂, CH₄ i N₂O te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4].

Kruta fosilna goriva

Ukupni faktor emisije stakleničkih plinova po jedinici potrošenog krutog fosilnog goriva (lignit, mrki ugljen i kameni ugljen) određen je tako da su osim direktnih emisija prilikom izgaranja u obzir uzete fugitivne emisije tijekom vađenja ugljena te emisije zbog potrošnje dizelskog goriva prilikom proizvodnje i transporta ugljena od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje. Za određivanje faktora emisije stakleničkih plinova korištena je prosječna ogrjevna vrijednost

pojednog ugljena u razdoblju od šest godina [1]. Lignit i mrki ugljen se u Hrvatsku uvoze iz zemalja u okruženju, uglavnom iz Bosne i Hercegovine, Mađarske i Češke, dok se kameni ugljen uvozi iz prekomorskih zemalja.

Određivanje faktora emisije stakleničkih plinova je prikazano na primjeru kamenog ugljena. Prosječna ogrjevna vrijednost je iznosila 24,78 MJ/kg [1], a faktori emisije za izgaranje kamenog ugljena su 94,6 kg/GJ za CO₂, 1,0 kg/TJ za CH₄ i 1,5 kg/TJ za N₂O [5]. U izračunu su uključene fugitivne emisije iz ugljenokopa, emisije zbog potrošnje dizelskog goriva tijekom proizvodnje ugljena, transport ugljena dizelskim kamionima do teretnih luka te prijevoz dizelskim brodom za rasuti teret.

Faktore emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-1.

Tablica 3-1. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2020.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Lignit	kg/MWh	371,396972	0,897151	0,005555	399,783596
	kg/GJ	103,165825	0,249209	0,001543	111,050999
Mrki ugljen	kg/MWh	353,156060	0,553392	0,005543	371,226750
	kg/GJ	98,098906	0,153720	0,001540	103,118542
Kameni ugljen	kg/MWh	362,736128	0,130161	0,005435	368,081320
	kg/GJ	100,760035	0,036156	0,001510	102,244811

Faktore emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-2.

Tablica 3-2. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2021.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Lignit	kg/MWh	383,394830	0,898186	0,006442	412,047505
	kg/GJ	106,498564	0,249496	0,001789	114,457640
Mrki ugljen	kg/MWh	358,356873	0,554039	0,006052	376,581933
	kg/GJ	99,543576	0,153900	0,001681	104,606092
Kameni ugljen	kg/MWh	352,003492	0,130762	0,006002	357,516957
	kg/GJ	97,778748	0,036323	0,001667	99,310266

Faktore emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-3.

Tablica 3-3. Faktori emisije stakleničkih plinova za lignit, mrki ugljen i kameni ugljen (2022.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Lignit	kg/MWh	383,152354	0,898174	0,006429	411,801264
	kg/GJ	106,431209	0,249493	0,001786	114,389240
Mrki ugljen	kg/MWh	358,025965	0,554021	0,006035	376,245886
	kg/GJ	99,451657	0,153895	0,001676	104,512746
Kameni ugljen	kg/MWh	354,667405	0,130902	0,006142	360,222231
	kg/GJ	98,518724	0,036362	0,001706	100,061731

Kruta biomasa

Kruta biomasa (drveni briketi, drveni peleti, drvna sječka, ogrjevno drvo i drveni ugljen) je obnovljivi izvor energije te nema direktnih fosilnih emisija CO₂ prilikom izgaranja, već je emitirani CO₂ biogenog porijekla. Sukladno smjernicama IPCC-a, emisije CO₂ koje nastaju izgaranjem biomase ne ulazi u ekvivalentnu emisiju ugljikovog dioksida (CO₂ekv), za razliku od emisija CH₄ i N₂O.

Određivanje faktora emisije stakleničkih plinova je prikazano na primjeru ogrjevnog drva. Prilikom proizvodnje troši se motorni benzin za sječu stabala te dizelsko gorivo za transport ogrjevnog drva od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje. Prosječna ogrjevna vrijednost je iznosila 9,00 MJ/dm³ [1], a faktori emisije za izgaranje ogrjevnog drva su 30 kg/TJ za CH₄ i 4 kg/TJ za N₂O, dok faktor biogene emisije CO₂biog iznosi 112 kg/GJ [5].

Faktore emisije stakleničkih plinova za drvene brikete, drvene pelete, drvenu sječku, ogrjevno drvo i drveni ugljen za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-4.

Tablica 3-4. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2020.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Drveni ugljen	kg/MWh	48,930527	0,110553	0,016869	56,501280
	kg/GJ	13,591813	0,030709	0,004686	15,694800
Drvna sječka	kg/MWh	43,502370	0,110352	0,016253	50,903982
	kg/GJ	12,083992	0,030653	0,004515	14,139995
Drveni peleti	kg/MWh	36,877627	0,110030	0,015715	44,127003
	kg/GJ	10,243785	0,030564	0,004365	12,257501
Drveni briketi	kg/MWh	34,756503	0,109918	0,015607	41,973814
	kg/GJ	9,654584	0,030533	0,004335	11,659393
Ogrjevno drvo	kg/MWh	26,554523	0,109386	0,015743	33,792067
	kg/GJ	7,376256	0,030385	0,004373	9,386685

Faktore emisije stakleničkih plinova za drvene brikete, drvene pelete, drvenu sječku, ogrjevno drvo i drveni ugljen za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-5.

Tablica 3-5. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2021.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Drveni ugljen	kg/MWh	28,484646	0,109488	0,015845	35,968158
	kg/GJ	7,912402	0,030413	0,004401	9,991155
Drvena sječka	kg/MWh	34,150500	0,110284	0,016023	41,705241
	kg/GJ	9,486250	0,030634	0,004451	11,584789
Drveni peleti	kg/MWh	30,324230	0,110028	0,015522	37,738398
	kg/GJ	8,423397	0,030563	0,004312	10,482888
Drveni briketi	kg/MWh	29,819346	0,110018	0,015478	37,221451
	kg/GJ	8,283152	0,030561	0,004299	10,339292
Ogrjevno drvo	kg/MWh	26,554523	0,109386	0,015743	34,008067
	kg/GJ	7,376256	0,030385	0,004373	9,446685

Faktore emisije stakleničkih plinova za drvene brikete, drvene pelete, drvenu sječku, ogrjevno drvo i drveni ugljen za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-6.

Tablica 3-6. Faktori emisije stakleničkih plinova za krutu biomasu (2022.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Drveni ugljen	kg/MWh	49,903036	0,110603	0,016918	57,704389
	kg/GJ	13,861955	0,030723	0,004699	16,028997
Drvena sječka	kg/MWh	36,899743	0,110263	0,016002	44,448191
	kg/GJ	10,249929	0,030629	0,004445	12,346720
Drveni peleti	kg/MWh	29,375061	0,110018	0,015506	36,784774
	kg/GJ	8,159739	0,030561	0,004307	10,217993
Drveni briketi	kg/MWh	29,045586	0,110012	0,015478	36,447509
	kg/GJ	8,068218	0,030559	0,004299	10,124308
Ogrjevno drvo	kg/MWh	26,554523	0,109386	0,015743	34,008067
	kg/GJ	7,376256	0,030385	0,004373	9,446685

Biogene emisije CO₂ ne ulaze u izračun ukupnih emisija stakleničkih plinova, već se odvojeno računaju i prikazuju. Faktore biogenih emisija za drvene brikete, drvene pelete, drvenu sječku, ogrjevno drvo i drveni ugljen prikazuje Tablica 3-7.

Tablica 3-7. Faktori biogenih emisija CO₂ za krutu biomasu

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂ biog – izgaranje
Drveni ugljen	kg/MWh	403,200000
	kg/GJ	112,000000
Drvna sječka	kg/MWh	403,200000
	kg/GJ	112,000000
Peleti	kg/MWh	360,000000
	kg/GJ	100,000000
Briketi	kg/MWh	360,000000
	kg/GJ	100,000000
Ogrjevno drvo	kg/MWh	403,200000
	kg/GJ	112,000000

Tekuća fosilna goriva

U proračunu faktora emisije stakleničkih plinova za tekuća fosilna goriva (derivate nafte), osim direktnih emisija izgaranja, dodane su i emisije koje nastaju u procesu proizvodnje na naftnim poljima, tijekom transporta do rafinerija, prilikom prerade nafte u rafinerijama, kao i zbog transporta derivata nafte do mjesta potrošnje.

Određivanje faktora emisije stakleničkih plinova je prikazano na primjeru dizelskog goriva. Prosječna ogrjevna vrijednost dizelskog goriva je iznosila 42,71 MJ/kg [1], a faktori emisije uslijed izgaranja dizela u cestovnom prometu su 74,1 kg/GJ za CO₂, 3,9 kg/TJ za CH₄ i 3,9 kg/TJ za N₂O [5]. U izračun su uključene fugitivne emisije tijekom proizvodnje nafte u Hrvatskoj [2], ali i fugitivne emisije prilikom proizvodnje uvezene nafte. Uzeto je u obzir da se dizelsko gorivo dijelom proizvodi u Hrvatskoj za vlastite potrebe i za izvoz, a dijelom se uvozi. Gubici i vlastita potrošnja energenata u rafinerijama prilikom proizvodnje dizela određeni su primjenom udjela pojedinog goriva u ukupnoj proizvodnji dizelskog goriva u rafinerijama. Konačno, na kraju je dodana emisija koja nastaje zbog potrošnje dizelskog goriva za kamionski transport dizela od mjesta proizvodnje do benzinskih crpki.

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u nepokretnim energetske izvorima (loživo ulje, ekstra lako loživo ulje i ukapljeni naftni plin) za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-8.

Tablica 3-8. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2020.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Loživo ulje	kg/MWh	299,740543	0,395693	0,002382	312,242628
	kg/GJ	83,261262	0,109915	0,000662	86,734063
Ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	288,268705	0,395682	0,002387	300,771800
	kg/GJ	80,074640	0,109912	0,000663	83,547722
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	254,742517	0,388707	0,000715	266,593260
	kg/GJ	70,761810	0,107974	0,000199	74,053683

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u nepokretnim energetske izvorima (teško loživo ulje, ekstra lako loživo ulje i ukapljeni naftni plin) za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-9.

Tablica 3-9. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2021.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Loživo ulje	kg/MWh	302,159165	0,499343	0,002431	317,783726
	kg/GJ	83,933102	0,138706	0,000675	88,273257
Ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	290,433213	0,499322	0,002438	306,059062
	kg/GJ	80,675893	0,138701	0,000677	85,016406
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	255,257702	0,551113	0,001027	272,063268
	kg/GJ	70,904917	0,153087	0,000285	75,573130

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u nepokretnim energetske izvorima (teško loživo ulje, ekstra lako loživo ulje i ukapljeni naftni plin) za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-10.

Tablica 3-10. Faktori emisije stakleničkih plinova za loživa ulja i ukapljeni naftni plin (2022.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Loživo ulje	kg/MWh	305,746308	0,692599	0,002524	327,193086
	kg/GJ	84,929530	0,192389	0,000701	90,886968
Ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	294,127418	0,692573	0,002535	315,576347
	kg/GJ	81,702061	0,192382	0,000704	87,660096
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	253,589059	0,548539	0,000963	270,300447
	kg/GJ	70,441405	0,152372	0,000268	75,083458

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u pokretnim energetske izvorima (dizelsko gorivo, motorni benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin) za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-11.

Tablica 3-11. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2020.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Dizelsko gorivo	kg/MWh	289,262665	0,399216	0,014280	305,023401
	kg/GJ	80,350740	0,110893	0,003967	84,728723
Motorni benzin	kg/MWh	270,772681	0,398668	0,020892	288,269199
	kg/GJ	75,214634	0,110741	0,005803	80,074777
Mlazno gorivo	kg/MWh	277,855813	0,386700	0,007602	291,471385
	kg/GJ	77,182170	0,107417	0,002112	80,964274
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	254,742517	0,608307	0,001075	273,276660
	kg/GJ	70,761810	0,168974	0,000299	75,910183

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u pokretnim energetske izvorima (dizelsko gorivo, motorni benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin) za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-12.

Tablica 3-12. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2021.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Dizelsko gorivo	kg/MWh	287,829592	0,507766	0,014392	306,876552
	kg/GJ	79,952664	0,141046	0,003998	85,243487
Motorni benzin	kg/MWh	272,973976	0,507373	0,020946	293,745767
	kg/GJ	75,826104	0,140937	0,005818	81,596046
Mlazno gorivo	kg/MWh	279,825407	0,485211	0,007653	296,409787
	kg/GJ	77,729280	0,134781	0,002126	82,336052
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	255,257702	0,551113	0,001027	272,063268
	kg/GJ	70,904917	0,153087	0,000285	75,573130

Faktore emisije stakleničkih plinova za goriva koja se koriste u pokretnim energetske izvorima (dizelsko gorivo, motorni benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin) za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-13.

Tablica 3-13. Faktori emisije stakleničkih plinova za dizel, benzin, mlazno gorivo i ukapljeni naftni plin (2022.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Dizelsko gorivo	kg/MWh	290,993387	0,700423	0,014475	315,841835
	kg/GJ	80,831496	0,194562	0,004021	87,733843
Motorni benzin	kg/MWh	276,759111	0,700038	0,021035	303,334468
	kg/GJ	76,877531	0,194455	0,005843	84,259574
Mlazno gorivo	kg/MWh	285,209604	0,683606	0,007746	307,770572
	kg/GJ	79,224890	0,189890	0,002152	85,491826
Ukapljeni naftni plin	kg/MWh	253,589059	0,548539	0,000963	270,300447
	kg/GJ	70,441405	0,152372	0,000268	75,083458

Plinovita fosilna goriva

Direktne emisije stakleničkih plinova koje nastaju prilikom izgaranja plinovitih fosilnih goriva (prirodni plin i stlačeni prirodni plin) uvećane su zbog fugitivnih emisija na plinskim poljima te emisija tijekom transporta i distribucije prirodnog plina do mjesta potrošnje.

Određivanje faktora emisije stakleničkih plinova je prikazano na primjeru prirodnog plina koji se koristi u nepokretnim energetske izvorima. Prosječna ogrjevna vrijednost prirodnog plina je iznosila 34,60 MJ/kg [1], a faktori emisije za izgaranje prirodnog plina su 56,1 kg/GJ za CO₂, 1,0 kg/TJ za CH₄ i 0,1 kg/TJ za N₂O [5]. U izračun su uključene fugitivne emisije uslijed proizvodnje prirodnog plina u Hrvatskoj [5], ali i fugitivne emisije prilikom proizvodnje uvezenog prirodnog plina. Također su dodane i emisije koje nastaju zbog potrošnje električne energije u procesu proizvodnje plina te u kompresorskim stanicama tijekom transporta i distribucije prirodnog plina do mjesta potrošnje. Za stlačeni prirodni plin dodatno je uračunata i potrošnja električne energije za stlačivanje prirodnog plina na prikladan tlak.

Faktore emisije stakleničkih plinova za prirodni plin (nepokretni izvori) i stlačeni prirodni plin (pokretni izvori) za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-14.

Tablica 3-14. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2020.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Prirodni plin	kg/MWh	221,711340	0,342878	0,000411	232,106584
	kg/GJ	61,586483	0,095244	0,000114	64,474051
Stlačeni prirodni plin	kg/MWh	230,423340	0,670478	0,010851	253,413184
	kg/GJ	64,006483	0,186244	0,003014	70,392551

Faktore emisije stakleničkih plinova za prirodni plin (nepokretni izvori) i stlačeni prirodni plin (pokretni izvori) za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-15.

Tablica 3-15. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2021.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Prirodni plin	kg/MWh	251,516570	0,408693	0,000474	263,903015
	kg/GJ	69,865714	0,113526	0,000132	73,306393
Stlačeni prirodni plin	kg/MWh	273,361178	0,914858	0,010965	303,712528
	kg/GJ	75,933661	0,254127	0,003046	84,364591

Faktore emisije stakleničkih plinova za prirodni plin (nepokretni izvori) i stlačeni prirodni plin (pokretni izvori) za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-16.

Tablica 3-16. Faktori emisije stakleničkih plinova za prirodni plin i stlačeni prirodni plin (2022.)

Vrsta goriva	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Prirodni plin	kg/MWh	251,094812	0,407610	0,000514	263,459241
	kg/GJ	69,748559	0,113225	0,000143	73,183122
Stlačeni prirodni plin	kg/MWh	272,753509	0,913299	0,011021	303,073137
	kg/GJ	75,764864	0,253694	0,003061	84,186982

3.2. ELEKTRIČNA ENERGIJA

3.2.1. Opis kategorije

Ova kategorija obuhvaća određivanje faktora emisije za potrošnju električne energije u Hrvatskoj. Potrošena električna energija se većim dijelom proizvodi u Hrvatskoj, a manjim dijelom se uvozi. Strukturu proizvodnje električne energije čine elektrane na obnovljive izvore energije (hidroelektrane, vjetroelektrane, fotonaponske solarne elektrane i geotermalne elektrane), termoelektrane (kameni ugljen, prirodni plin, ekstra lako loživo ulje i teško loživo ulje), kogeneracijska postrojenja na obnovljive izvore energije (bioplina i kruta biomasa) i kogeneracijska postrojenja na fosilna goriva (prirodni plin, ekstra lako loživo ulje i teško loživo ulje). S druge strane, uvoz električne energije je podijeljen na dobavu iz NE Krško u Sloveniji (50 % ukupne proizvodnje elektrane se isporučuje u hrvatski elektroenergetski sustav, u skladu s vlasničkim udjelima) i ostali uvoz iz susjednih zemalja.

3.2.2. Opis metodologije

Izračun faktora emisije stakleničkih plinova uzima u obzir prosječnu nacionalnu specifičnu kombinaciju potrošnje električne energije, na temelju proizvodnje električne energije u Hrvatskoj i uvoza. Faktori emisije su u skladu s nacionalnim energetske bilancama [1] za razdoblje od 2015. do 2022. godine. U proračunu su korišteni svi elementarni tokovi u lancu opskrbe karakteristični za hrvatski elektroenergetski sustav.

Izračunato je 6 faktora emisije za prosječnu potrošnju električne energije u Hrvatskoj te 6 faktora emisije za potrošnju električne energije proizvedenu iz obnovljivih izvora, za svaku godinu razdoblja od 2015. do 2022. godine. Za prosječnu potrošnju električne energije, određeni su faktori emisije CO₂, CH₄ i N₂O te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4], dok je za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora određen samo ukupni faktor emisije stakleničkih plinova.

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj

Proračun kreće od izračuna specifičnih faktora emisije CO₂, CH₄ i N₂O za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj, primjenom IPCC faktora emisije stakleničkih plinova za pojedina fosilna i biogena goriva [5]. Na faktore emisije utječe učinkovitost svakog postrojenja za proizvodnju električne energije na različite vrste goriva, kao i vlastita potrošnja električne energije u različitim postrojenjima, što je uzeto u obzir. Izračun također obuhvaća emisije koje nastaju prilikom proizvodnje i transporta goriva do elektrana, za svaku vrstu goriva koja se koristi za proizvodnju električne energije. Osim proizvodnje električne energije u Hrvatskoj, u cilju dobivanja faktora emisije za potrošnju električne energije u Hrvatskoj, potrebno je znati udio uvozne električne energije te emisije tijekom proizvodnje uvezene električne energije. U 2021. godini je uvoz iznosio 20,7%, a u 2022. godini 24,8%, pri čemu je veći dio uvezene električne energije proizveden u NE Krško (14,1% u 2021. godini i 14,8% u 2022. godini) bez direktnih emisija stakleničkih plinova. Za ostali uvoz je korišten prosječan faktor emisije za proizvodnju električne energije u EU [6]. Konačno, u izračun se uključuje povećanje emisija zbog gubitaka prilikom prijenosa i distribucije električne energije. U 2021. godini gubitci prijenosa u Hrvatskoj su bili 2,0%, a gubitci distribucije električne energije su iznosili 7,2% [7]. U 2022. godini gubitci prijenosa bili su 1,96% dok su gubitci distribucije električne energije iznosili 7,08% [8].

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za potrošnju električne energije u Hrvatskoj, za razdoblje od 2015. do 2022. godine, prikazuje Tablica 3-17.

Tablica 3-17. Faktori emisije stakleničkih plinova za potrošnju električne energije u Hrvatskoj

Godina	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
2015.	kg/MWh	203,162401	0,005224	0,002945	204,099431
	kg/GJ	56,434000	0,001451	0,000818	56,694286
2016.	kg/MWh	196,022855	0,006708	0,003053	197,033225
	kg/GJ	54,450793	0,001863	0,000848	54,731451
2017.	kg/MWh	181,680838	0,009816	0,002586	182,660678
	kg/GJ	50,466900	0,002727	0,000718	50,739077
2018.	kg/MWh	136,778635	0,011707	0,002669	137,837001
	kg/GJ	37,994065	0,003252	0,000741	38,288056
2019.	kg/MWh	156,205654	0,015496	0,003341	157,555779
	kg/GJ	43,390459	0,004304	0,000928	43,765494
2020.	kg/MWh	135,979203	0,015370	0,002886	137,205137
	kg/GJ	37,772001	0,004270	0,000802	38,112538
2021.	kg/MWh	128,158818	0,015506	0,002999	129,418829
	kg/GJ	35,599671	0,004307	0,000833	35,949675
2022.	kg/MWh	150,983915	0,019506	0,003668	152,541167
	kg/GJ	41,939976	0,005418	0,001018	42,372546

Električna energija iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj

Osim prosječnih faktora emisije za potrošnju električne energije u Hrvatskoj, izračunati su i faktori emisija za električnu energiju koja se proizvodi iz obnovljivih izvora energije. Za izračun su korišteni faktori emisije preuzeti iz francuske baze Base Carbone [9] za različite elektrane na obnovljive izvore energije koje se koriste u Hrvatskoj (hidroelektrane, vjetroelektrane, fotonaponske elektrane, geotermalne elektrane, bioplinske elektrane i elektrane na krutu biomasu) te udjeli proizvodnje električne energije iz tih elektrana u ukupnoj proizvodnji iz obnovljivih izvora energije za svaku godinu razdoblja od 2015. do 2022. godine. U 2021. godini, najveći udio u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora su imale hidroelektrane (68,1%), zatim vjetroelektrane (19,4%) pa elektrane na krutu biomasu (6,2%). Dok je 2022. godini, najveći udio u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora su imale hidroelektrane (61,6%), zatim vjetroelektrane (23,6%) pa elektrane na krutu biomasu (8,0%).

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za potrošnju električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj, za razdoblje od 2015. do 2022. godine, prikazuje Tablica 3-18.

Tablica 3-18. Faktori emisije stakleničkih plinova za električnu energiju iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj

Godina	Jedinica	FE CO ₂ ekv	FE CO ₂ ekv - ulazni tok	FE CO ₂ ekv - izgaranje
2015.	kg/MWh	11,512124	11,512124	0,000000
	kg/GJ	3,197812	3,197812	0,000000
2016.	kg/MWh	11,610325	11,610325	0,000000
	kg/GJ	3,225090	3,225090	0,000000
2017.	kg/MWh	11,625143	11,625143	0,000000
	kg/GJ	3,229206	3,229206	0,000000
2018.	kg/MWh	11,675384	11,675384	0,000000
	kg/GJ	3,243162	3,243162	0,000000
2019.	kg/MWh	12,147177	12,147177	0,000000
	kg/GJ	3,374216	3,374216	0,000000
2020.	kg/MWh	12,456474	12,456474	0,000000
	kg/GJ	3,460132	3,460132	0,000000
2021.	kg/MWh	12,203422	12,203422	0,000000
	kg/GJ	3,389840	3,389840	0,000000
2022.	kg/MWh	12,347559	12,347559	0,000000
	kg/GJ	3,429877	3,429877	0,000000

Faktore emisije stakleničkih plinova za različite elektrane na obnovljive izvore energije, preuzete iz francuske baze faktora emisije Base Carbone [9], prikazuje Tablica 3-19.

Tablica 3-19. Faktori emisije stakleničkih plinova za električnu energiju iz elektrana na obnovljive izvore

Vrsta elektrana	Jedinica	FE CO ₂ ekv	FE CO ₂ ekv - ulazni tok	FE CO ₂ ekv - izgaranje
Hidroelektrane	kg/MWh	11,500000	11,500000	0,000000
	kg/GJ	3,194444	3,194444	0,000000
Vjetroelektrane	kg/MWh	9,000000	9,000000	0,000000
	kg/GJ	2,500000	2,500000	0,000000
Fotonaponske elektrane	kg/MWh	32,000000	32,000000	0,000000
	kg/GJ	8,888889	8,888889	0,000000
Geotermalne elektrane	kg/MWh	38,000000	38,000000	0,000000
	kg/GJ	10,555556	10,555556	0,000000
Bioplinske elektrane	kg/MWh	11,000000	11,000000	0,000000
	kg/GJ	3,055556	3,055556	0,000000
Elektrane na biomasu	kg/MWh	24,500000	24,500000	0,000000
	kg/GJ	6,805556	6,805556	0,000000

3.3. TOPLINA

3.3.1. Opis kategorije

U Hrvatskoj se toplina proizvodi u različitim centralnim toplinskim sustavima, koji su grupirani u dvije kategorije: javne toplane (kogeneracijska proizvodnja električne energije i topline) i javne kotlovnice (proizvodnja samo topline). Postoje autonomni sustavi daljinskog grijanja u pojedinim gradovima (Zagreb, Osijek, Sisak, Rijeka, Slavonski Brod, Karlovac, Varaždin, Vinkovci i Vukovar). Analizirane su okolnosti u svakom gradu i izračunati odgovarajući faktori emisije stakleničkih plinova. Nadalje, izračunati su faktori emisije za karakteristične javne kotlovnice na prirodni plin, teško loživo ulje, ekstra lako loživo ulje i drvenu sječku. Dodatno su analizirani solarni i geotermalni toplinski sustavi te su i za njih određeni odgovarajući faktori emisije stakleničkih plinova.

3.3.2. Opis metodologije

Razmatran je cijeli opskrbeni lanac od proizvodnje goriva, preko dobivanja topline i procesne pare u javnim toplanama i kotlovnicama, do potrošnje od strane krajnjih korisnika (kućanstava, usluga ili industrija). Za izračun faktora emisije uzete su u obzir prosječne vrijednost iz nacionalnih energetske bilanci, za razdoblje od 2015. do 2020. godine.

Izračunato je 19 faktora emisije za potrošnju topline u Hrvatskoj. Određeni su faktori emisije CO₂, CH₄ i N₂O te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4].

Javne toplane u Zagrebu, Osijeku i Sisku

Temeljno polazište u proračunima je bila prosječna količina topline isporučena krajnjim potrošačima iz kogeneracijskih postrojenja u Zagrebu, Osijeku i Sisku za razdoblje od 2015. do 2020. godine. Zatim je određena količina proizvedene topline i potrošenog goriva (prirodni plin, ekstra lako loživo ulje, teško loživo ulje i drvenu sječku) u kogeneracijama za isto razdoblje, pri čemu se vodilo računa o gubitcima koji nastaju prilikom distribucije topline u toplinskoj mreži. Nakon toga je uzeta u obzir učinkovitost proizvodnje topline u pojedinim postrojenjima, kao i vlastita potrošnja u postrojenjima. Izračun također obuhvaća emisije koje nastaju prilikom proizvodnje i transporta goriva do kogeneracijskog postrojenja, za svaku vrstu korištenog goriva. Konačno, u obzir je uzeta potrošnja električne energije za crpke koje se koriste u sustavu distribucije topline te je pridodana i emisija koja je posljedica te potrošnje.

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-20.

Tablica 3-20. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2020.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	271,107556	0,005290	0,000632	271,433802
	kg/GJ	75,307654	0,001469	0,000176	75,398278
Osijek	kg/MWh	240,314754	0,022118	0,002884	241,742458
	kg/GJ	66,754098	0,006144	0,000801	67,150683
Sisak	kg/MWh	254,536967	0,012431	0,001558	255,322717
	kg/GJ	70,704713	0,003453	0,000433	70,922977
Prosjeak za Hrvatsku	kg/MWh	266,699191	0,007599	0,000940	267,176171
	kg/GJ	74,083108	0,002111	0,000261	74,215603

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-21.

Tablica 3-21. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2021.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	267,691555	0,005196	0,000586	268,002694
	kg/GJ	74,358765	0,001443	0,000163	74,445193
Osijek	kg/MWh	231,312640	0,028425	0,003716	233,150001
	kg/GJ	64,253511	0,007896	0,001032	64,763889
Sisak	kg/MWh	254,130970	0,012539	0,001559	254,920323
	kg/GJ	70,591936	0,003483	0,000433	70,811201
Prosjeak za Hrvatsku	kg/MWh	262,840697	0,008192	0,000989	263,348454
	kg/GJ	73,011305	0,002275	0,000275	73,152348

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-22.

Tablica 3-22. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim toplanama u Hrvatskoj (2022.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	267,763890	0,005202	0,000587	268,075376
	kg/GJ	74,378858	0,001445	0,000163	74,465382
Osijek	kg/MWh	228,757964	0,028378	0,003702	230,590215
	kg/GJ	63,543879	0,007883	0,001028	64,052838
Sisak	kg/MWh	285,156822	0,072953	0,009621	289,894891
	kg/GJ	79,210228	0,020265	0,002672	80,526359
Prosjeak za Hrvatsku	kg/MWh	264,155740	0,011457	0,001424	264,876689
	kg/GJ	73,376594	0,003183	0,000395	73,576858

Javne kotlovnice različitih gradova u Hrvatskoj

U proračunima za daljinsku toplinu temeljno polazište bila je količina topline isporučena krajnjim potrošačima iz javnih kotlovnica za razdoblje od 2015. do 2020. godine. Zatim je određena količina proizvedene topline i potrošenog goriva (prirodnog plina, ekstra lakog loživog ulja i teškog loživog ulja) u javnim kotlovnica za isto razdoblje, pri čemu se vodilo računa o gubitcima koji nastaju prilikom distribucije topline. U sljedećem koraku je uzeta u obzir učinkovitost proizvodnje topline i vlastita potrošnja kotlovnica. Izračun također obuhvaća emisije koje nastaju prilikom proizvodnje i transporta goriva do kotlovnica, za svaku vrstu korištenog goriva. Konačno, u obzir je uzeta potrošnja električne energije za crpke koje se koriste u sustavu distribucije topline te je pridodana i emisija koja je posljedica te potrošnje. S obzirom da u Hrvatskoj postoje autonomni sustavi opskrbe daljinskom toplinom u pojedinim gradovima koji su međusobno različiti, posebno su analizirane prilike u svakom gradu gdje postoji sustav daljinske topline i određeni odgovarajući faktori emisije stakleničkih plinova.

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-23.

Tablica 3-23. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2020.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	302,714828	0,006486	0,000849	303,134522
	kg/GJ	84,087452	0,001802	0,000236	84,204034
Osijek	kg/MWh	264,521543	0,004780	0,000495	264,796224
	kg/GJ	73,478206	0,001328	0,000138	73,554507
Rijeka	kg/MWh	337,242837	0,008177	0,001224	337,812406
	kg/GJ	93,678566	0,002271	0,000340	93,836779
Slavonski Brod	kg/MWh	259,594218	0,004692	0,000487	259,863936
	kg/GJ	72,109505	0,001303	0,000135	72,184427
Karlovac	kg/MWh	285,986229	0,005586	0,000654	286,327240
	kg/GJ	79,440619	0,001552	0,000182	79,535345
Varaždin	kg/MWh	343,812843	0,006193	0,000637	344,167380
	kg/GJ	95,503567	0,001720	0,000177	95,602050
Vinkovci	kg/MWh	321,199474	0,008777	0,001448	321,846529
	kg/GJ	89,222076	0,002438	0,000402	89,401814
Vukovar	kg/MWh	255,057110	0,004781	0,000526	255,339933
	kg/GJ	70,849197	0,001328	0,000146	70,927759
Prosjek za Hrvatsku	kg/MWh	300,518077	0,006402	0,000835	300,931527
	kg/GJ	83,477244	0,001778	0,000232	83,592091

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-24.

Tablica 3-24. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2021.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	312,875080	0,006664	0,000858	313,302235
	kg/GJ	86,909744	0,001851	0,000238	87,028399
Osijek	kg/MWh	254,249617	0,004631	0,000478	254,515146
	kg/GJ	70,624894	0,001286	0,000133	70,698652
Rijeka	kg/MWh	329,652702	0,007799	0,001131	330,186317
	kg/GJ	91,570195	0,002166	0,000314	91,718421
Slavonski Brod	kg/MWh	255,923006	0,004661	0,000481	256,190220
	kg/GJ	71,089724	0,001295	0,000134	71,163950
Karlovac	kg/MWh	281,783715	0,005526	0,000642	282,119682
	kg/GJ	78,273254	0,001535	0,000178	78,366578
Varaždin	kg/MWh	321,304235	0,005826	0,000597	321,637297
	kg/GJ	89,251176	0,001618	0,000166	89,343694
Vinkovci	kg/MWh	316,840103	0,008641	0,001415	317,474192
	kg/GJ	88,011140	0,002400	0,000393	88,187276
Vukovar	kg/MWh	254,683795	0,005187	0,000631	255,006662
	kg/GJ	70,745498	0,001441	0,000175	70,835184
Prosjek za Hrvatsku	kg/MWh	303,012800	0,006435	0,000828	303,425153
	kg/GJ	84,170222	0,001787	0,000230	84,284765

Prosječne faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-25.

Tablica 3-25. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica u Hrvatskoj (2022.)

Lokacija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Zagreb	kg/MWh	291,638708	0,006169	0,000787	292,032303
	kg/GJ	81,010752	0,001713	0,000219	81,120084
Osijek	kg/MWh	259,007454	0,004736	0,000492	259,279821
	kg/GJ	71,946515	0,001316	0,000137	72,022172
Rijeka	kg/MWh	321,262133	0,007438	0,001055	321,764761
	kg/GJ	89,239482	0,002066	0,000293	89,379100
Slavonski Brod	kg/MWh	253,417740	0,004617	0,000476	253,682506
	kg/GJ	70,393817	0,001283	0,000132	70,467363
Karlovac	kg/MWh	265,491161	0,004833	0,000498	265,768086
	kg/GJ	73,747545	0,001342	0,000138	73,824468
Varaždin	kg/MWh	311,324102	0,005650	0,000580	311,647187
	kg/GJ	86,478917	0,001569	0,000161	86,568663
Vinkovci	kg/MWh	180,368346	0,003315	0,000346	180,559541
	kg/GJ	50,102318	0,000921	0,000096	50,155428
Vukovar	kg/MWh	271,712849	0,006809	0,001029	272,189770
	kg/GJ	7,992036	0,000242	0,000041	8,010223
Prosjek za Hrvatsku	kg/MWh	289,239208	0,006131	0,000786	289,631435
	kg/GJ	80,344224	0,001703	0,000218	80,453176

Javne kotlovnice na prirodni plin, loživa ulja i drvenu sječku

Određeni su faktori emisije stakleničkih plinova za slučajeve kada se toplinska energije proizvodi u kotlovnica na prirodni plin, ekstra lako loživo ulje, teško loživo ulje i drvenu sječku. U proračunima temeljno polazište bila je količina topline isporučena krajnjim potrošačima iz javne kotlovnice. Zatim je određena količina proizvedene topline i potrošenog griva u kotlovnici, uzimajući u obzir gubitke koji nastaju prilikom distribucije topline. Nakon toga je uzeta u obzir učinkovitost proizvodnje topline i vlastita potrošnja u kotlovnica. Izračun također obuhvaća emisije koje nastaju prilikom proizvodnje i transporta goriva do kotlovnica. Konačno, u obzir je uzeta potrošnja električne energije za crpke koje se koriste u sustavu distribucije topline te je pridodana i emisija koja je posljedica te potrošnje.

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica na prirodni plin, ekstra lako loživo ulje, teško loživo ulje i drvenu sječku za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-26.

Tablica 3-26. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2020.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Kotao na prirodni plin	kg/MWh	259,698893	0,004694	0,000487	259,968717
	kg/GJ	72,138581	0,001304	0,000135	72,213532
Kotao na loživo ulje	kg/MWh	384,539115	0,014935	0,002995	385,780906
	kg/GJ	106,816421	0,004149	0,000832	107,161363
Kotao na ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	368,926788	0,014964	0,003001	370,170978
	kg/GJ	102,479663	0,004157	0,000834	102,825272
Kotao na drvenu sječku	kg/MWh	1,613430	0,156459	0,020876	11,579015
	kg/GJ	0,448175	0,043461	0,005799	3,216393

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica na prirodni plin, ekstra lako loživo ulje, teško loživo ulje i drvenu sječku za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-27.

Tablica 3-27. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2021.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Kotao na prirodni plin	kg/MWh	310,462768	0,005633	0,000578	310,784911
	kg/GJ	86,239658	0,001565	0,000161	86,329142
Kotao na loživo ulje	kg/MWh	471,556229	0,018345	0,003671	473,079419
	kg/GJ	130,987841	0,005096	0,001020	131,410950
Kotao na ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	447,214732	0,018171	0,003636	448,723473
	kg/GJ	124,226315	0,005047	0,001010	124,645409
Kotao na drvenu sječku	kg/MWh	1,492674	0,192397	0,025663	14,065403
	kg/GJ	0,414632	0,053444	0,007129	3,907056

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica na prirodni plin, ekstra lako loživo ulje, teško loživo ulje i drvenu sječku za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-28.

Tablica 3-28. Faktori emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u javnim kotlovnica za različita goriva (2022.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Kotao na prirodni plin	kg/MWh	310,389094	0,005633	0,000578	310,711237
	kg/GJ	86,219193	0,001565	0,000161	86,308677
Kotao na loživo ulje	kg/MWh	471,482555	0,018345	0,003671	473,005745
	kg/GJ	130,967376	0,005096	0,001020	131,390485
Kotao na ekstra lako loživo ulje	kg/MWh	447,141058	0,018171	0,003636	448,649798
	kg/GJ	124,205849	0,005047	0,001010	124,624944
Kotao na drvenu sječku	kg/MWh	1,419000	0,192397	0,025663	13,991729
	kg/GJ	0,394167	0,053444	0,007129	3,886591

Solarni i geotermalni toplinski sustavi

Prilikom korištenja Sunčeve energije za proizvodnju nisko temperaturne topline u solarnim toplinski kolektorima ne dolazi do emisija stakleničkih plinova. Međutim, da bi jedan takav sustav mogao funkcionirati potrebno je ugraditi odgovarajuće crpke koje osiguravaju cirkulaciju tople vode. Zbog toga u takvom sustavu postoji potrošnja električne energije iz elektroenergetske mreže za pogon crpki, a kao posljedica potrošnje električne energije određen je faktor emisije stakleničkih plinova.

Prilikom korištenja geotermalne energije za proizvodnju topline također ne dolazi do emisija stakleničkih plinova. Za funkcioniranje geotermalnog sustava su potrebne crpke koje osiguravaju cirkulaciju tople vode, ali je potrošnja električne energije relativno velika zbog većih udaljenosti. Također zbog većih udaljenosti dolazi do gubitaka toplinske energije u distributivnom sustavu. Uzimanjem u obzir navedenih činjenica određen je faktor emisije stakleničkih plinova.

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u solarnim i geotermalnim toplinskim sustavima za 2020. godinu prikazuje Tablica 3-29.

Tablica 3-29. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2020.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Solarni toplinski kolektori	kg/MWh	4,840290	0,000280	0,000080	4,869984
	kg/GJ	1,344525	0,000078	0,000022	1,352773
Geotermalna toplinski sustavi	kg/MWh	16,134301	0,000932	0,000268	16,233281
	kg/GJ	4,481750	0,000259	0,000074	4,509245

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u solarnim i geotermalnim toplinskim sustavima za 2021. godinu prikazuje Tablica 3-30.

Tablica 3-30. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2021.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Solarni toplinski kolektori	kg/MWh	4,478023	0,000376	0,000082	4,510933
	kg/GJ	1,243895	0,000105	0,000023	1,253037
Geotermalna toplinski sustavi	kg/MWh	14,926743	0,001254	0,000272	15,036443
	kg/GJ	4,146317	0,000348	0,000076	4,176790

Faktore emisije stakleničkih plinova za toplinu proizvedenu u solarnim i geotermalnim toplinskim sustavima za 2022. godinu prikazuje Tablica 3-31.

Tablica 3-31. Faktori emisije stakleničkih plinova za solarne i geotermalne toplinske sustave (2022.)

Tehnologija	Jedinica	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
Solarni toplinski kolektori	kg/MWh	4,257000	0,000376	0,000082	4,289910
	kg/GJ	1,182500	0,000105	0,000023	1,191642
Geotermalna toplinski sustavi	kg/MWh	14,190000	0,001254	0,000272	14,299700
	kg/GJ	3,941667	0,000348	0,000076	3,972139

3.4. PUTNIČKI PROMET

3.4.1. Opis kategorije

Kategorija prijevoza putnika obuhvaća određivanje faktora emisije za prijevoz putnika osobnim vozilima, mopedima, motociklima te autobusima. Za proračun se koristi COPERT model jer emisijski faktori ovise o tehnologiji vozila, gorivu i radnim karakteristikama (broj kilometara, prosječna brzina vožnje, udio vožnje na autocestama, državnim i županijskim cestama, itd.). Podaci potrebni za izračun su:

- vrsta vozila (osobni automobil, autobus, moped i motocikl)
- vrsta goriva (benzin, dizel, UNP, SPP, hibridna vozila)
- klasa vozila (mini - obujam <0.8l, mala - obujam 0,8-1.4l, srednja – obujam 1.4-2.0l, velika i SUV vozila >2.0l)
- godina proizvodnje vozila (zbog raspodjele vozila prema ECE kategorijama prema EC direktivi)

Ministarstvo unutarnjih poslova RH odgovorno je za bazu vozila s detaljnim informacijama o svakom registriranom vozilu u Hrvatskoj. Prema metodologiji vozila su raspodijeljena po kategorijama i klasama te prema ECE (engl. United Nations Economic Commission for Europe, hrv. Gospodarska komisija Ujedinjenih naroda za Europu) propisima koji reguliraju pojedino tehnološko rješenje za smanjenje emisije u danom razdoblju (Tablica 3-32.).

Tablica 3-32. Podjela vozila za prijevoz putnika po tipu standarda

Tehnologija	Tip	Euro standard	Početak standarda	Kraj standarda
Osobna vozila	Sva vozila na benzin	PRE ECE	-	1971.
		ECE 15/00-01	1972.	1977.
		ECE 15/02	1978.	1980.
		ECE 15/03	1981.	1985.
		ECE 15/04	1986.	1992.
		Euro 1	1993.	1996.
		Euro 2	1996.	1999.
		Euro 3	2000.	2004.
		Euro 4	2005.	2009.
		Euro 5	2010.	2014.
		Euro 6 a/b/c	2014.	2019.
		Euro 6 d-temo	2019.	2020.
	Euro 6d	2021.	-	
	Sva vozila na dizel	Konvencionalna	-	1992.
		Euro 1	1992.	1996.
		Euro 2	1996.	2000.
Euro 3		2000.	2005.	

Tehnologija	Tip	Euro standard	Početak standarda	Kraj standarda
		Euro 4	2005.	2010.
		Euro 5	2010.	2014.
		Euro 6 a/b/c	2014.	2019.
		Euro 6 d-temo	2019.	2020.
		Euro 6d	2021.	
	Sva vozila na UNP	Konvencionalna	-	1991.
		Euro 1	1992.	1996.
		Euro 2	1996.	1999.
		Euro 3	2000.	2004.
		Euro 4	2005.	2009.
		Euro 5	2010.	2014.
		Euro 6 a/b/c	2015.	2016.
		Euro 6 d-temo	2017.	2019.
		Euro 6d	2020.	-
	Sva vozila na SPP	Euro 4	2005.	2009.
		Euro 5	2010.	2014.
		Euro 6 a/b/c	2015.	2016.
		Euro 6 d-temo	2017.	2019.
		Euro 6d	2020.	-
Autobusi	Sva vozila na dizel	Konvencionalna	-	1991.
		Euro 1	1992.	1995.
		Euro 2	1996.	2000.
		Euro 3	2000.	2005.
		Euro 4	2005.	2008.
		Euro 5	2008.	2013.
		Euro 6 a/b/c	2013.	2019.
		Euro 6 d-temo	2019.	-
Mopedi	Sva vozila na benzin	Konvencionalna	-	1999.
		Euro 1	1999.	2002.
		Euro 2	2002.	2006.
		Euro 3	2006.	2016.
		Euro 4	2016.	2020.
		Euro 5	2020.	-
Motocikli	Sva vozila na benzin	Konvencionalna	-	1999.
		Euro 1	1999.	2002.
		Euro 2	2002.	2006.
		Euro 3	2006.	2016.
		Euro 4	2016.	2020.
		Euro 5	2020.	-

Podaci o potrošnji goriva preuzeti su iz nacionalnih energetske bilanci, pri čemu su korištene prosječne vrijednost zadnjih 6 godina (2015.-2020.), dok su podaci o srednjim mjesečnim temperaturama za velike gradove RH preuzeti iz Statističkog ljetopisa. Ostali podaci kao što su, godišnji ostvareni kilometri na autocestama, državnim i županijskim cestama, prosječna

brzina za različite vrste vozila, prosječna dnevna pređena udaljenost, beta veličina (frakcija mjesečno ostvarenih kilometara prije nego motor i ispušne komponente dosegnu radnu temperaturu) su ili procijenjeni ili su korišteni predloženi COPERT podaci.

3.4.2. Opis metodologije

Proračunati faktori emisija, specifični za hrvatsku, za prijevoz putnika sastoje se od tri kategorije; izgaranja, proizvodnje i ulaznog toka (dio emisije koji se odnosi na korišteno gorivo). Dio izgaranja izračunat je na temelju emisija stakleničkih plinova, prijeđenih kilometara i broja vozila navedenih u Izvješću o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2020. [2]. Za izračun EF-a korišten je prosjek emisija stakleničkih plinova i statistički podaci za razdoblje od 2015. do 2020. godine. Određeni su faktori emisije CO₂, CH₄ i N₂O te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4]. Prema COPERT metodologiji vozila su raspoređena po kategorijama i klasama, a prema ECE propisima koji uređuju pojedinačna tehnološka rješenja za smanjenje emisija u određenom razdoblju.

Od 216 kategorija koje daje COPERT model, kreirano je 89 faktora emisija za prijevoz putnika; 68 za osobna vozila, 12 za mopede i motocikle te 9 za autobuse. Za kategoriju osobnih vozila sva vozila s PRE ECE tehnologijom su zbrojena, Euro 1, 2 i 3 su jedna kategorija dok su Euro 4 do Euro 6 tehnologije dane zasebno. Tehnologije Euro 1, 2 i 3 zbrojene su zajedno za kategorije mopeda i motocikala. Autobusi su podijeljeni u dvije glavne kategorije; gradski i međugradski autobusi sa zbrojenim Euro 1,2,3 normama te Euro 4 i 5 dok je Euro 6 norma dana zasebno u jednoj tehnološkoj vrsti. Za svako gorivo zbroj svih emisija dijeli se s brojem vozila u svakoj kategoriji i prijeđenim kilometrima kako bi se dobio emisijski faktor izgaranja za jedno vozilo i jedan prijeđeni km.

Nacionalni faktori emisija za osobna vozila, autobuse, mopede i motocikle za 2020. godinu prikazani su u Tablicama 3-33 i 3-34.

Tablica 3-33. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz putnika osobnim automobilima, mopedima i motociklima (2020.)

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo	Kategorija automobila	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv	
					kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)	
1	Osobno vozilo	Benzin	Mini klasa vozila	Euro 4	0,183780	0,000028	0,000002	0,185130	
2				Euro 5	0,183509	0,000028	0,000001	0,184729	
3				Euro 6	0,177531	0,000027	0,000001	0,178700	
4			Mala klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,217872	0,000126	0,000008	0,223777	
5				EURO 1, 2 i 3	0,205774	0,000039	0,000005	0,208273	
6				EURO 4	0,213213	0,000030	0,000002	0,214619	
7				EURO 5	0,213062	0,000030	0,000001	0,214339	
8				EURO 6	0,209812	0,000029	0,000001	0,211065	
9				Srednja klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,257160	0,000127	0,000008	0,263112
10					EURO 1, 2 i 3	0,244475	0,000042	0,000007	0,247452
11			EURO 4		0,253834	0,000032	0,000002	0,255305	
12			EURO 5		0,253785	0,000032	0,000001	0,255126	
13			EURO 6		0,251067	0,000032	0,000001	0,252390	
14			Velika klasa i SUV vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,319581	0,000131	0,000008	0,325624	
15				EURO 1, 2 i 3	0,302041	0,000044	0,000006	0,304902	
16				EURO 4	0,335514	0,000037	0,000002	0,337135	
17				EURO 5	0,334844	0,000037	0,000001	0,336331	
18				EURO 6	0,330469	0,000036	0,000001	0,331933	
19			Benzin Hibrid	Mini klasa vozila	EURO 4 i 5	0,159532	0,000027	0,000002	0,160844
20					EURO 6	0,156592	0,000026	0,000002	0,157873
21				Mala klasa vozila	EURO 4	0,161771	0,000026	0,000002	0,163075
22					EURO 5	0,161672	0,000026	0,000002	0,162974
23					EURO 6	0,159741	0,000026	0,000002	0,161026
24				Srednja klasa vozila	EURO 4	0,161795	0,000026	0,000002	0,163098
25					EURO 5	0,161737	0,000026	0,000002	0,163040
26					EURO 6	0,160914	0,000026	0,000002	0,162209

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo	Kategorija automobila	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv		
					kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)		
27		Benzin PHEV Hibrid	Velika klasa i SUV vozila	EURO 4	0,167667	0,000027	0,000002	0,168983		
28				EURO 5	0,167518	0,000027	0,000002	0,168832		
29				EURO 6	0,166281	0,000027	0,000002	0,167583		
30			Mala klasa vozila	EURO 6	0,144075	0,000021	0,000001	0,145062		
31			Srednja klasa vozila	EURO 6	0,172162	0,000025	0,000001	0,173299		
32			Velika klasa i SUV vozila	EURO 6	0,190804	0,000026	0,000001	0,191948		
33		Dizel	Mini klasa vozila	Euro 4	0,138643	0,000007	0,000008	0,140868		
34				Euro 5	0,137781	0,000007	0,000007	0,139977		
35				Euro 6	0,136104	0,000007	0,000006	0,137923		
36				Mala klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,194423	0,000012	0,000007	0,196762	
37					Euro 4	0,191112	0,000011	0,000008	0,193440	
38					Euro 5	0,190462	0,000010	0,000008	0,192768	
39					Euro 6	0,188394	0,000010	0,000006	0,190323	
40					Srednja klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,200222	0,000015	0,000006	0,202220
41						Euro 4	0,192124	0,000011	0,000008	0,194466
42			Euro 5	0,189828		0,000010	0,000008	0,192125		
43			Euro 6	0,185160		0,000010	0,000006	0,187052		
44			Velika klasa i SUV vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,267284	0,000019	0,000006	0,269377		
45				Euro 4	0,267933	0,000015	0,000008	0,270411		
46				Euro 5	0,264356	0,000014	0,000008	0,266783		
47				Euro 6	0,255916	0,000013	0,000006	0,257912		
48				UNP	Mini klasa vozila	Euro 4	0,207807	0,000036	0,000004	0,209973
49					Mala klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,208584	0,000042	0,000006	0,211567
50			Euro 4			0,207472	0,000036	0,000004	0,209634	
51			Euro 5			0,206532	0,000036	0,000001	0,207902	
52			Euro 6			0,286795	0,000053	0,000002	0,288798	
53			Srednja klasa vozila	PRE ECE do ECE 15/04	0,208717	0,000047	0,000009	0,212495		

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo	Kategorija automobila	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv		
					kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)		
54	SPP		Velika klasa i SUV vozila	Euro 4	0,207533	0,000036	0,000004	0,209695		
55				Euro 5	0,206758	0,000036	0,000001	0,208130		
56				Euro 6	0,205868	0,000036	0,000001	0,207232		
57				PRE ECE do ECE 15/04	0,208194	0,000045	0,000008	0,211709		
58				Euro 4	0,206954	0,000036	0,000004	0,209108		
59				Euro 5	0,206161	0,000036	0,000001	0,207528		
60			Euro 6	0,202044	0,000035	0,000001	0,203377			
61			Mala klasa vozila	Euro 4	0,201208	0,000075	0,000002	0,203997		
62				Euro 5	0,199795	0,000075	0,000002	0,202469		
63				Euro 6	0,265250	0,000104	0,000002	0,268910		
64			Srednja klasa vozila	Euro 4	0,199365	0,000075	0,000002	0,202123		
65				Euro 5	0,203835	0,000077	0,000002	0,206580		
66				Euro 6	0,255590	0,000100	0,000002	0,259096		
67			Velika klasa i SUV vozila	Euro 4	0,201834	0,000076	0,000002	0,204635		
68				Euro 5	0,204103	0,000077	0,000002	0,206853		
69			L-kategorija vozila	Benzin	Moped 2-taktni <50 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3	0,124965	0,000130	0,000002	0,129388
70					Moped 2-taktni <50 cm ³	Euro 4	0,085643	0,000015	0,000002	0,086627
71					Moped 4-taktni <50 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3	0,096742	0,000098	0,000002	0,100212
72	Moped 4-taktni <50 cm ³	Euro 4			0,086642	0,000058	0,000002	0,088902		
73	Motocikli 2-taktni >50 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3			0,124965	0,000130	0,000002	0,129388		
74	Motocikli 2-taktni >50 cm ³	Euro 4			0,085643	0,000015	0,000002	0,086627		
75	Motocikli 4-taktni <250 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3			0,096742	0,000098	0,000002	0,100212		
76	Motocikli 4-taktni <250 cm ³	Euro 4			0,086642	0,000058	0,000002	0,088902		
77	Motocikli 4-taktni 250 - 750 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3			0,177849	0,000119	0,000002	0,181960		
78	Motocikli 4-taktni 250 - 750 cm ³	Euro 4			0,162367	0,000072	0,000002	0,165043		
79	Motocikli 4-taktni >750 cm ³	Konvencionalan, EURO 1, 2 i 3			0,185204	0,000081	0,000002	0,188185		

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo	Kategorija automobila	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
					kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)
80			Motocikli 4-taktni >750 cm ³	Euro 4	0,158999	0,000039	0,000002	0,160699

Tablica 3-34. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz putnika autobusom (2020.)

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo	Kategorija automobila	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
					kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)
81	Autobus	diesel	Gradski autobus	Konvencionalni	0,095320	0,000102	0,000441	0,095863
82				Euro I,II,III	0,139952	0,000442	0,000186	0,140580
83				Euro IV, V	0,172208	0,000232	0,000671	0,173112
84				Euro VI	0,134915	0,000157	0,000882	0,135955
85			Međugradski autobus	Konvencionalni	0,099808	0,000227	0,000361	0,100395
86				Euro I,II,III	0,399393	0,001420	0,000719	0,401532
87				Euro IV, V	0,516372	0,000896	0,003307	0,520574
88				Euro VI	0,347381	0,000566	0,003311	0,351257
89			CNG	Gradski autobus	Sve norme	0,117295	0,002154	0,000001

3.5. TERETNI PROMET

3.5.1. Opis kategorije

Kategorija prijevoza tereta obuhvaća određivanje faktora emisije za cestovni prijevoz robe i dobara lakim i teškim teretnim vozilima. Za proračun se koristi COPERT model jer emisijski faktori ovise o tehnologiji vozila, gorivu i radnim karakteristikama (broj kilometara, prosječna brzina vožnje, udio vožnje na autocestama, državnim i županijskim cestama, itd.). Podaci potrebni za izračun su:

- vrsta vozila (lako teretno ili teško teretno vozilo)
- vrsta goriva (benzin, dizel, UNP, SPP, hibridna vozila)
- nosivost (vozila do <3.5 t, vozilo kruto od 3,5-7.5 t, 7,5-12 t, 12-14 t, 14-20 t, 20-26 t, 26-28t, 28-32 t, >32t, zglobni 14-20 t, 20-28 t, 28-34 t, 34-40 t, 40-50 t, 50-60 t)
- godina proizvodnje vozila (zbog raspodjele vozila prema ECE kategorijama prema EC direktivi)

Ministarstvo unutarnjih poslova RH odgovorno je za bazu vozila s detaljnim informacijama o svakom registriranom vozilu u Hrvatskoj. Prema metodologiji vozila su raspodijeljena po kategorijama i klasama te prema ECE (engl. United Nations Economic Commission for Europe, hrv. Gospodarska komisija Ujedinjenih naroda za Europu) propisima koji reguliraju pojedino tehnološko rješenje za smanjenje emisije u danom razdoblju (Tablica 3-35.).

Tablica 3-35. Podjela vozila za prijevoz tereta po tipu standarda (2020.)

Tehnologija	Tip	Euro standard	Početak standarda	Kraj standarda
Laka teretna vozila	Sva vozila na benzin	Konvencionalna	-	1992.
		Euro 1	1993.	1997.
		Euro 2	1997.	2001.
		Euro 3	2001.	2006.
		Euro 4	2006.	2010.
		Euro 5	2011.	2015.
		Euro 6 a/b/c	2016.	2017.
		Euro 6 d-temo	2018.	2020.
	Euro 6d	2021.	-	
	Sva vozila na dizel	Konvencionalna	-	1992.
		Euro 1	1993.	1997.
		Euro 2	1997.	2001.
		Euro 3	2001.	2006.
		Euro 4	2006.	2010.
		Euro 5	2011.	2015.
		Euro 6 a/b/c	2015.	2017.
Euro 6 d-temo		2018.	2020.	

Tehnologija	Tip	Euro standard	Početak standarda	Kraj standarda
		Euro 6d	2021.	-
Teška teretna vozila	Sva vozila na dizel	Konvencionalna	-	1991.
		Euro 1	1992.	1995.
		Euro 2	1996.	2000.
		Euro 3	2000.	2005.
		Euro 4	2005.	2008.
		Euro 5	2013.	2019.
		Euro 6 a/b/c	2019.	-

Podaci o potrošnji goriva preuzeti su iz nacionalne energetske bilance, dok su podaci o srednjim mjesečnim temperaturama za velike gradove RH preuzeti iz Statističkog ljetopisa. Ostali podaci kao što su, godišnji ostvareni kilometri na autocestama, državnim i županijskim cestama, prosječna brzina za različite vrste vozila, prosječna dnevna pređena udaljenost, beta veličina (frakcija mjesečno ostvarenih kilometara prije nego motor i ispušne komponente dosegnu radnu temperaturu) su ili procijenjeni ili su korišteni predloženi COPERT podaci.

3.5.2. Opis metodologije

Proračunati faktori emisija, specifični za hrvatsku, za prijevoz tereta se sastoje se od tri dijela; izgaranja, proizvodnje i ulaznog toka (dio emisije koji se odnosi na korišteno gorivo). Dio izgaranja izračunat je na temelju emisija stakleničkih plinova, prijeđenih kilometara i broja vozila navedenih u Izvješću o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2020. [2]. Za izračun EF-a korišten je prosjek emisija stakleničkih plinova i statistički podaci za razdoblje od 2015. do 2020. godine. Određeni su faktori emisije CO₂, CH₄ i N₂O te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4]. Prema COPERT metodologiji vozila su raspoređena po kategorijama i klasama, a prema ECE propisima koji uređuju pojedinačna tehnološka rješenja za smanjenje emisija u određenom razdoblju.

Od 131 kategorije koje daje COPERT model, kreirano je 35 faktora emisija za prijevoz tereta; 8 za laka teretna vozila i 27 za teška teretna vozila. Za kategoriju lakih teretnih vozila sva Euro 1, 2 i 3 vozila su zbrojena u jednu kategoriju, vozila Euro 3 i 4 su prikazana zajedno dok su vozila Euro 6 tehnologije dana zasebno. Tehnologije Euro 1, 2 i 3 zbrojene su zajedno i za teška teretna vozila kao i vozila Euro 4 i 5 normi. Za svako gorivo zbroj svih emisija dijeli se s brojem vozila u svakoj kategoriji i prijeđenim kilometrima kako bi se dobio emisijski faktor izgaranja za jedno vozilo i jedan prijeđeni km.

Nacionalni faktori emisija za laka i teška teretna vozila za 2020. godinu prikazani su u Tablici 3-36.

Tablica 3-36. Faktori emisija stakleničkih plinova za prijevoz terete (2020.)

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo i nosivost	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
				kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)
1	Lako teretno vozilo	Benzin <=3,5 t	Konvencionalno	0,318621	0,000110	0,000008	0,323931
2			Euro1, 2 3	0,254269	0,000027	0,000005	0,256530
3			Euro 4 5	0,264548	0,000016	0,000002	0,265487
4			Euro 6	0,266614	0,000017	0,000001	0,267506
5		Dizel <=3,5 t	Konvencionalno	0,275140	0,000015	0,000000	0,275580
6			Euro1, 2 3	0,255164	0,000003	0,000006	0,256871
7			Euro 4 5	0,253912	0,000000	0,000007	0,255832
8			Euro 6	0,253589	0,000000	0,000006	0,255089
9	Teško teretno vozilo	Benzin	Konvencionalno	0,519940	0,000115	0,000006	0,525025
10		Dizel- kruto <=7,5 t	Konvencionalno	0,405477	0,000042	0,000031	0,414884
11			Euro1, 2 3	0,317463	0,000030	0,000004	0,319361
12			Euro 4 5	0,312010	0,000002	0,000011	0,314993
13			Euro 6	0,320053	0,000002	0,000018	0,324912
14			Konvencionalno	0,595441	0,000048	0,000031	0,605039
15		Dizel- kruto 7,5 - 20 t	Euro1, 2 3	0,518517	0,000039	0,000005	0,520984
16			Euro 4 5	0,491073	0,000002	0,000014	0,494808
17			Euro 6	0,480969	0,000002	0,000021	0,486498
18		Dizel- kruto 21 - 32 t	Konvencionalno	0,989532	0,000113	0,000032	1,001309
19			Euro1, 2 3	0,817751	0,000083	0,000007	0,822184
20			Euro 4 5	0,786587	0,000005	0,000018	0,791575
21			Euro 6	0,749121	0,000005	0,000036	0,758937
22		Dizel-kruto >33 t	Konvencionalno	1,156997	0,000115	0,000032	1,168952
23			Euro1, 2 3	1,002403	0,000085	0,000011	1,007903
24			Euro 4 5	0,874625	0,000005	0,000035	0,883949
25		Euro 6	0,728472	0,000004	0,000045	0,740514	
26	Dizel-zglobno 14-20 t	Konvencionalno	0,740392	0,000110	0,000031	0,751821	
27		Euro1, 2 3	0,608142	0,000084	0,000007	0,612588	

Redni broj	Vrsta vozila	Gorivo i nosivost	Euro standard	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
				kg CO ₂ /(vozilu i km)	kg CH ₄ /(vozilu i km)	kg N ₂ O/(vozilu i km)	kg CO ₂ ekv/(vozilu i km)
28			Euro 4 5	0,579955	0,000005	0,000021	0,585599
29			Euro 6	0,547777	0,000005	0,000035	0,557142
30		Dizel-zglobno 21-40 t	Konvencionalno	0,948383	0,000113	0,000032	0,960160
31			Euro1, 2 3	0,799522	0,000080	0,000007	0,803861
32			Euro 4 5	0,769352	0,000005	0,000018	0,774358
33			Euro 6	0,736793	0,000005	0,000052	0,750693
34		Dizel-zglobno 41-60 t	Konvencionalno	1,283864	0,000094	0,000026	1,293686
35			Euro1, 2 3	1,109568	0,000077	0,000013	1,115201

3.6. KORIŠTENJE ZEMLJIŠTA, PROMJENA KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA I ŠUMARSTVO

3.6.1. Opis kategorije

U slučaju LULUCF sektora te utvrđivanja nacionalnih EF-ova (emisijskih faktora) koje je u okviru projekta potrebno razviti, Hrvatska daje informacije koje se odnose na pohranište tla i listinca (prikazane zajedno) te kategorije zemljišta koje su predmet prenamjene. Navedeni podaci i informacije sastavni su dio Izvješću o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2020. [2].

Obzirom na nepotpune informacije o metodologiji koju je potrebno primijeniti uz jasne smjernice, ali i nedostatka podataka na nacionalnoj razini, nije moguće dati emisijske faktore za Opseg 2 i 3. U sklopu projekta razvijeni su faktori Opsega 1 za kategorije:

- Šumsko zemljište pretvoreno u Zemljište pod Usjevima
- Travnjaci pretvoreni u Zemljište pod Usjevima
- Zemljište pod Usjevima pretvoreno u Močvarno zemljište
- Šumsko zemljište pretvoreno u Naseljena područja
- Zemljište pod Usjevima pretvoreno u Naseljena područja
- Travnjaci pretvoreni u Naseljena područja

Podaci i informacije prikazani u ovom izvješću za sektor LULUCF-a koji se odnose na pohranište tla i listinca (prikazane zajedno) preuzeti su iz Izvješća o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990.-2020. [2].

Emisijski faktori koji su prikazani u nacionalnoj bazi podataka odnose se na implicirani faktor emisije (IEF) izračunat iz *Tabličnog prikaza izračuna emisija*, kao srednja vrijednost za razdoblje od posljednjih šest godina (2015. - 2020.).

3.6.2. Opis metodologije

Za određivanje zaliha ugljika u tlima prema IPCC kategorijama korištenja zemljišta, korišteni su podaci i informacije o zalihama ugljika koji su dobiveni od strane Hrvatskog geološkog instituta.

Za procjenu promjena zaliha ugljika u pohraništu tla za kategoriju zemljišta koje je predmet prenamjene, Hrvatska koristi jednadžbu:

$$\Delta\text{SOC} = (\text{SOC}_0 - \text{SOC}_{0-T})/20$$

pri čemu je:

ΔSOC = godišnja promjena zalihe ugljika u tlu

SOC_0 = zaliha organskog ugljika u tlu u inventarskoj godini utvrđena na nacionalnoj razini (71.01 t C/ha) za zemljišta pod višegodišnjim nasadima

SOC_{0-T} = zaliha organskog ugljika u tlu T godina prije inventara utvrđena na nacionalnoj razini (52.71 t C/ha) za zemljište pod jednogodišnjim usjevima

T = razdoblje procjene (20 godina)

Prilikom sastavljanja inventara stakleničkih plinova (GHG), vrijednosti ΔSOC za svaku vrstu prenamjene (gdje dolazi do emisija) koriste se zajedno s podacima o aktivnostima (površina zemljišta) za izračunavanje dobitaka/gubitaka u zalihama ugljika.

Nacionalni emisijski faktori (Tablica 3-37.) su procijenjeni za šest kategorija prenamjene zemljišta u kojima se emisije pojavljuju iz pohraništa ugljika u listincu i tlu za tri potkategorije LULUCF-a (zemljište pretvoreno u usjeve, zemljište pretvoreno u močvarno zemljište i zemljište pretvoreno u naseljena područja).

Tablica 3-37. Faktori emisija stakleničkih plinova za prenamjenu zemljišta (2020.)

Redni broj	Kategorija prenamjene	EF (kg CO ₂ /ha)
1	Šumsko zemljište pretvoreno u Zemljište pod Usjevima	-210,833333
2	Travnjaci pretvoreni u Zemljište pod Usjevima	3519,553952
3	Zemljište pod Usjevima pretvoreno u Močvarno zemljište	0,000000
4	Šumsko zemljište pretvoreno u Naseljena područja	9542,618417
5	Zemljište pod Usjevima pretvoreno u Naseljena područja	6700,401751
6	Travnjaci pretvoreni u Naseljena područja	10622,451751

3.7. OTPAD

3.7.1. Opis kategorije

U sektoru Otpad baza podataka uključuje EF iz sljedećih kategorija:

- Odlaganje otpada
- Kompostiranje otpada
- Spaljivanje otpada
- Upravljanje otpadnim vodama kućanstava

Odlaganje otpada

Kategorija Odlaganje otpada uključuje:

- Odlaganje otpada na uređena odlagališta
- Odlaganje otpada na neuređena odlagališta

Sastav otpada jedan je od glavnih čimbenika koji utječe na emisije iz odlaganja otpada, jer različite vrste otpada sadrže različite količine razgradivog organskog ugljika (eng. degradable organic carbon, DOC) i fosilnog ugljika. Odlaganjem komunalnog i biorazgradivog proizvodnog otpada te mulja s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda dolazi do emisije CH₄. Razgradnja organskog materijala primarni je izvor emisije CO₂ koja nije uključena u nacionalne ukupne emisije, jer je ugljik biogenog podrijetla.

Provedba i uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u Hrvatskoj omogućena je primjenom i ispunjavanjem ciljeva definiranih Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) i Planom gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. - 2022. (NN 3/2017, 1/2022). Okvirna direktiva o otpadu prenesena je u području gospodarenja otpadom u hrvatsko zakonodavstvo u okviru Zakona o gospodarenju otpadom.

U svrhu sprječavanja nastanka otpada te primjene propisa i politike gospodarenja otpadom, primjenjuje se red prvenstva gospodarenja otpadom, i to: (a) sprječavanje nastanka otpada; (b) priprema za ponovnu uporabu; (c) recikliranje; (d) drugi postupci uporabe, npr. energetska uporaba i (e) zbrinjavanje otpada. Izbjegavanje nastanka otpada (prevencija) ima najviši prioritet, a rezultira smanjenjem mase i štetnosti proizvedenog otpada koji ulazi u iduću fazu sustava. Iskorištavanje/oporaba proizvedenog otpada ima svrhu iskoristiti materijalna i energetska svojstva otpada u granicama tehničkih, ekoloških i ekonomskih mogućnosti. Odlaganje inertnog otpada na uređena kontrolirana odlagališta najniže je rangirano prema redu prvenstva gospodarenja otpadom.

U postupku prilagođavanja nacionalne klasifikacije odlagališta IPCC klasifikaciji, definiran je skup kriterija, koristeći podatke dostupne u Informacijskom sustavu gospodarenja otpadom (bivši Katastar odlagališta) i Registru onečišćavanja okoliša. Odlagališta na kojima je proces sanacije završen definirana su kao uređena. Odlagališta koja su potpuno ograđena i na kojima se provodi barem jedna od aktivnosti ravnjanja, zbijanja ili prekrivanja, definirana su kao uređena. Ostala odlagališta definirana su kao neuređena duboka (≥ 5 m) ili neuređena plitka (<5 m).

U bazu podataka uključeni su CH₄ EF iz odlaganja otpada na uređena i neuređena odlagališta i CO₂ EF iz prikupljanja otpada i rada odlagališta.

Kompostiranje otpada

Kompostiranje je aerobna fermentacija organske tvari u otpadu. Procijenjene emisije CH₄ kreću se u rasponu manje od 1% do nekoliko postotaka početnog sadržaja ugljika u materijalu. Kompostiranje također može proizvesti emisiju N₂O. Procijenjene emisije N₂O variraju u rasponu manje od 0,5% do 5% početnog sadržaja dušika u materijalu. Prednosti kompostiranja su smanjeni volumen otpadnog materijala, stabilizacija otpada i uništavanje patogena u otpadnom materijalu. Krajnji proizvodi kompostiranja mogu se, ovisno o kvaliteti, reciklirati kao gnojivo i dodatak tlu (proizvodnja komposta sprječava upotrebu umjetnih dušičnih gnojiva) ili se odlažu na odlagališta.

U bazu podataka uključeni su CH₄ i N₂O EF iz kompostiranja organskog otpada te CO₂ EF iz prikupljanja otpada i rada postrojenja za kompostiranje.

Spaljivanje otpada

Kategorija Spaljivanje otpada uključuje:

- Spaljivanje proizvodnog otpada
- Spaljivanje bolničkog otpada

Spaljivanje otpada je proces izgaranja otpada u kontroliranim uvjetima. Ložišta za spaljivanje proizvodnog i bolničkog otpada imaju posebno dizajnirane komore za izgaranje, koje omogućuju visoke temperature izgaranja i dugo vrijeme zadržavanja za potpunije izgaranje.

U bazu podataka uključeni su CO₂ i N₂O EF iz spaljivanja proizvodnog i bolničkog otpada te CO₂ EF iz prikupljanja otpada i rada postrojenja za spaljivanje.

Upravljanje otpadnim vodama kućanstava

Upravljanje otpadnim vodama kućanstava, posebno u ruralnim područjima u kojima se koriste septičke jame, djelomično je anaerobno, što rezultira emisijom CH₄. U septičkoj jami kombiniraju se dva procesa. Sedimentacija se odvija u gornjem dijelu spremnika, a akumulirane krute tvari anaerobno se razgrađuju u donjem dijelu. Kako otpadna voda kanalizacijom ulazi u septičku jamu, brzina protoka se smanjuje, tako da teže tvari potonu na dno a lakše krute tvari, uključujući masti, isplivaju na površinu. Te tvari se zadrže u septičkoj jami, a pročišćene otpadne vode se ispuštaju. Izravno ispuštanje nepročišćene otpadne vode također rezultira emisijom CH₄.

U bazu podataka uključen je CH₄ EF iz upravljanja otpadnim vodama kućanstava u septičkim jamama i izravnog ispuštanja nepročišćene otpadne vode.

3.7.2. Opis metodologije

Odlaganje otpada

Metodologija korištena za proračun emisije CH₄ prema smjernicama 2006 IPCC Guidelines je kinetički model raspadanja prvog reda (eng. First order decay, FOD). Proračun emisije CH₄ proveden je pomoću Tier 2 metodologije korištenjem IPCC FOD modela, uz kombinaciju nacionalnih podataka i preporučenih parametara. Relevantan podatak o aktivnosti je godišnja masa odloženog otpada. Svi parametri uključeni u IPCC FOD model detaljno su objašnjeni u NIR-u 2022. Za izračun CH₄ EF uzima se u obzir prosjek za posljednjih šest godina (2015. - 2020.) za sve parametre uključene u metodologiju.

Glavni izvor podataka o aktivnostima komunalnog i proizvodnog otpada te mulja s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda koji se odlaže na odlagališta je Baza podataka Registra onečišćavanja okoliša i Baza podataka Informacijskog sustava gospodarenja otpadom, kojima upravlja Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Podaci o masi proizvedenog i odloženog komunalnog otpada za razdoblje 2015. - 2020. godine preuzeti su iz Registra onečišćavanja okoliša - obrasci dostavljeni od operatera aktivnih odlagališta. Podaci o masi odloženog biorazgradivog komunalnog otpada za razdoblje 2015. - 2020. godine preuzeti su iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom - obrasci o odlagalištima i odlaganju otpada (OOO). Podaci o masi odloženog proizvodnog otpada i mulja za razdoblje 2015. - 2020. godine preuzeti su iz Informacijskog sustava gospodarenja otpadom. U procesu definiranja uređenih i neuređenih odlagališta za razdoblje 2015. - 2020. godine (postupak prilagođavanja nacionalne klasifikacije odlagališta IPCC klasifikaciji) definiran je skup kriterija korištenjem podataka dostupnih u Informacijskom sustavu gospodarenja otpadom.

Prikupljanje otpada i rad odlagališta

Prikupljanje komunalnog otpada u Hrvatskoj obavlja se kamionima za odvoz otpada. Potrošnja kamiona, zbog čestih zaustavljanja, iznosi i do 80 litara dizela na 100 km, ovisno o starosti opreme i uređaja. Za prikupljanje jedne tone komunalnog otpada kamion u prosjeku mora prijeći više od 15 km, ovisno o naseljenosti pojedinih područja i udaljenosti između naselja. Procjena ne uključuje rijetko naseljena područja. Primjenom metodologije predstavljene u Base Carbon verziji 1.01, procijenjen je CO₂ EF.

Emisije za rad odlagališta odnose se na izgradnju lokacije, utrošenu električnu energiju, rad strojeva na lokaciji, proizvodnju potrošnog materijala, itd. Primjenom metodologije predstavljene u Base Carbon verziji 1.01 korišten je predloženi prosječni CO₂ EF.

Izbjegnete emisije – proizvodnja električne energije

Jedno odlagalište proizvodi električnu energiju i prenosi je u električnu mrežu. Prema podacima o proizvodnji električne energije, procjenjuje se da se po toni otpada proizvede 76 kWh. Primjenom nacionalnog EF za prosječni električni kWh koji iznosi 0,1693 kgCO₂ekv/kWh, procijenjene su izbjegnute emisije.

Određeni su CO₂ i CH₄ FE te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4] (Tablica 3-38.).

Tablica 3-38. Faktori emisija stakleničkih plinova za Odlaganje otpada (2020.)

Kategorija	FE CO ₂	FE CH ₄ b	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Odlaganje otpada na uređena odlagališta	41,381035	31,248529	0,000000	916,339860
Odlaganje otpada na neuređena odlagališta	41,381035	23,733027	0,000000	705,905805

Kompostiranje otpada

Emisije CH₄ i N₂O iz kompostiranja organskog otpada izračunate su korištenjem IPCC Tier 1 metodologije preporučene smjernicama 2006 IPCC Guidelines. Relevantan podatak o aktivnosti je godišnja masa kompostiranog otpada. Svi parametri uključeni u Tier 1 model detaljno su objašnjeni u NIR-u 2022. Za izračun CH₄ i N₂O EF uzima se u obzir prosjek za posljednjih šest godina (2015. - 2020.) za sve parametre uključene u metodologiju.

Glavni izvor podataka o aktivnostima o različitim vrstama kompostiranog otpada je Baza podataka Registra onečišćavanja okoliša. Podaci o masi otpada obrađenog kompostiranjem uključuju podatke o različitim kategorijama otpada prema ključnim brojevima otpada (prema europskoj lista otpada, eng. List of Waste, LoW).

Prikupljanje otpada i rad postrojenja za kompostiranje

Primjenom metodologije predstavljene u Base Carbon verziji 1.01, CO₂ EF su prilagođeni uvjetima specifičnim za zemlju.

Izbjegnute emisije

Upotrebom komposta izbjegava se upotreba dušičnih gnojiva, što znači da će se smanjiti emisije iz proizvodnje gnojiva. Prema udjelu hranjivih elemenata u kompostu, predstavljenom u Base Carbon verziji 1.01, i proizvodnim emisijama za dušična gnojiva, procijenjene su ukupne uštedene emisije korištenjem jedne tone komposta umjesto umjetnih gnojiva. Ukupne izbjegnute emisije po toni kompostiranog otpada određene su prema procjeni da je za proizvodnju 1 tone komposta potrebno 3,3 tone biorazgradivog otpada (AEA tehnologija predstavljena u Base Carbon verziji 1.01).

Određeni su CO₂, CH₄ i N₂O FE te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4] (Tablica 3-39.).

Tablica 3-39. Faktori emisija stakleničkih plinova za Kompostiranje (2020.)

Kategorija	FE CO ₂	FE CH ₄ b	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Kompostiranje otpada	41,381035	10,000000	0,600000	480,381035

Spaljivanje otpada

Emisije CO₂ i N₂O iz spaljivanja proizvodnog i bolničkog otpada izračunate su korištenjem IPCC Tier 1 metodologije preporučene smjernicama 2006 IPCC Guidelines. Relevantan podatak o aktivnosti je godišnja masa spaljenog proizvodnog i bolničkog otpada. Svi parametri uključeni u Tier 1 model detaljno su objašnjeni u NIR-u 2022. Za izračun CO₂ i N₂O EF uzima se u obzir prosjek za posljednjih šest godina (2015. - 2020.) za sve parametre uključene u metodologiju.

Glavni izvor podataka o aktivnostima različitih vrsta otpada koji se spaljuje je Baza podataka Registra onečišćavanja okoliša kojom upravlja Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja.

Prikupljanje otpada i rad postrojenja za spaljivanje otpada

Primjenom metodologije predstavljene u Base Carbon verziji 1.01, CO₂ EF su prilagođeni uvjetima specifičnim za zemlju.

Određeni su CO₂ i N₂O FE te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4] (Tablica 3-40.).

Tablica 3-40. Faktori emisija stakleničkih plinova za Spaljivanje otpada (2020.)

Kategorija	FE CO ₂	FE CH ₄ b	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Spaljivanje proizvodnog otpada	1688,000000	0,000000	0,100000	1714,500000
Spaljivanje bolničkog otpada	918,000000	0,000000	0,100000	944,500000

Upravljanje otpadnim vodama kućanstava

Emisija CH₄ iz otpadnih voda kućanstava (posebno u ruralnim područjima u kojima se koriste sustavi poput septičkih jama i slično) izračunava se pomoću IPCC Tier 1 metodologije preporučene smjernicama 2006 IPCC Guidelines. Relevantan podatak o aktivnosti je godišnja masa razgradive organske tvari u individualnim sustavima odvodnje otpadnih voda. Svi parametri uključeni u Tier 1 model detaljno su objašnjeni u NIR-u 2022. Za izračun CH₄ EF uzima se u obzir prosjek za posljednjih šest godina (2015. - 2020.) za sve parametre uključene u metodologiju.

Hrvatske vode pripremaju i interpretiraju podatke o sustavima prikupljanja i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda sukladno obavezama koje proizlaze iz Zakona o vodama (NN 66/2019) te relevantnih podzakonskih akata. Izvori podataka su uvijek isporučitelji vodnih usluga, kvaliteta izvornih podataka ovisi o njihovim internim sustavima za praćenje podataka i pružanje.

Podaci o broju stanovnika s individualnim sustavom odvodnje otpadnih voda i podaci za izračunavanje razgradive organske tvari (kg BPK) uključeni su u proračun emisije CH₄.

Izračunat je CH₄ EF za upravljanje otpadnim vodama kućanstava u septičkim jamama i ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda, što bi se moglo usporediti s otpadnom vodom odbačenom u stajaćoj okolini prikazanoj u Bilan Carbone® - verzija 7.4. Određen je CH₄ FE te ekvivalentna emisija CO₂ (CO₂ekv) primjenom stakleničkog potencijala prema izvješćima IPCC-a [3 i 4] (Tablica 3-41.).

Tablica 3-41. Faktori emisija stakleničkih plinova za Upravljanje otpadnim vodama kućanstava (2020.)

Kategorija	FE CO ₂	FE CH ₄ b	FE N ₂ O	FE CO ₂ ekv
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
Upravljanje otpadnim vodama kućanstava	0,000000	247,712363	0,000000	6935,946150

3.8. KLIMATIZACIJA

3.8.1. Opis kategorije

Hidrofluorouglikovodici (HFC-i) se koriste u različitim sustavima kao zamjena za tvari koje oštećuju ozonski sloj. Korištenjem HFC radnih tvari oslobađaju se emisije ovih tvari u atmosferu, a zbog njihovog stakleničkog potencijala provode se mjere smanjenja emisija i ublažavanja klimatskih promjena, u skladu s odredbama Uredbe (EU) o fluoriranim stakleničkim plinovima 517/2014.

Prilikom prikupljanja podataka o potrošnji HFC-a u svrhu izvješćivanja, potrebno je voditi računa o uključenosti pojedinih radnih tvari u različitim smjesama koje su u uporabi, te u isto vrijeme izbjegavati uključivanje onih komponenti smjesa koje nije potrebno prijaviti (npr. klorofluorouglijci - CFC-i te hidroklorofluorouglijci - HCFC-i).

Najveći dio emisija HFC do kojih dolazi na području Republike Hrvatske javlja se u sklopu različitih sustava za hlađenje i klimatizaciju. Ovaj sektor uključuje sljedeće primjene/podsektore:

- Rashladni uređaji za kućanstvo
- Komercijalno hlađenje
- Industrijsko hlađenje
- Transportno hlađenje
- Stacionarni klima uređaji
- Mobilna klima

U svim navedenim podsektorima, različiti HFC-i postupno zamjenjuju prethodno korištene CFC-e i HCFC-e.

U Republici Hrvatskoj, u sklopu sustava za hlađenje i klimatizaciju u uporabi su radne tvari HFC-23, HFC-32, HFC-134a, te smjese R-404A, R-407C, R-407F, R-410A, R-417A, R-422D i R-507A.

Različite smjese uključuju HFC plinove u različitim omjerima, a njihov sastav prikazan je u tablici 3-42.

Tablica 3-42. Smjese HFC-a korištene u RH i njihov sastav (2020.)

Smjesa	Komponente smjese	Sastav smjese (%)
R-404A	HFC-125 / HFC-143a / HFC-134a	(44,0 / 52,0 / 4,0)
R-407C	HFC-32 / HFC-125 / HFC-134a	(23,0 / 25,0 / 52,0)
R-407F	HFC-125 / HFC-32 / HFC-134a	(30,0 / 30,0 / 40,0)
R-410A	HFC-32 / HFC-125	(50,0 / 50,0)
R-417A	HFC-125 / HFC-134a / HC-600	(46,6 / 50,0 / 3,4)
R-422D	HFC-125 / HC-600a / HFC-134a	(65,1 / 3,4 / 31,5)
R-507A	HFC-125/HFC-143a	(50,0 / 50,0)

U nastavku je dan kratki opis podsektora uključenih u kategoriju sustava za hlađenje i klimatizaciju, uz informacije o korištenim radnim tvarima i smjesama koje se koriste u sklopu pojedinih sustava u Republici Hrvatskoj.

Rashladni uređaji za kućanstvo

Većina emisija HFC-a iz rashladnih uređaja (hladnjaka i zamrzivača) za kućanstvo javlja se na kraju životnog vijeka uređaja (kod zbrinjavanja), dok su ispuštanja tijekom rada uređaja vrlo niska i uglavnom se javljaju zbog slučajnog oštećenja uređaja.

Uredbom (EU) 517/2014 (prilog III) propisana je zabrana stavljanja na tržište proizvoda za hlađenje u kućanstvu punjenih radnom tvari sa stakleničkim potencijalom većim od 150 od 2015. godine. Prije 2015. godine u kućanskim hladnjacima većim dijelom je korištena radna tvar HFC-134a, dok se danas isključivo koristi ugljikovodik R-600a.

U Republici Hrvatskoj postojao je jedan proizvođač kućanskih hladnjaka i zamrzivača, no već trideset godina uređaje ne proizvode već ih uvoze, dorađuju bez punjenja, te prodaju u zemlji ili izvoze u inozemstvo. Iz tog razloga smatra se da se svi hladnjaci uvoze.

Komercijalno hlađenje

Podsektor komercijalnog hlađenja obuhvaća rashladne sustave i uređaje koji se koriste za skladištenje i izlaganje proizvoda u prodaji hrane i pića te u ugostiteljskim objektima (restorani, hoteli itd.).

Općenito, u upotrebi su mali sustavi koji koriste tehnologiju sličnu kućnim hladnjacima, te instalacije većeg kapaciteta.

Većina emisija HFC-a iz rashladnih manjih uređaja javlja se na kraju životnog vijeka uređaja (kod zbrinjavanja), dok su ispuštanja tijekom rada uređaja relativno niska i uglavnom se javljaju zbog slučajnog oštećenja. Kod većih sustava, nešto su značajnija ispuštanja tijekom rada, no prilikom zbrinjavanja uređaja u Republici Hrvatskoj ispuštanja su vrlo značajna, premda niža nego kod manjih sustava.

Radne tvari koje se koriste u komercijalnom hlađenju u Hrvatskoj su HFC-134a te R-404A u manjim samostalnim hladnjacima i zamrzivačima u dućanima i supermarketima, te R-404A u instalacijama većih kapaciteta.

Industrijsko hlađenje

Ovaj podsektor uključuje rashladne sustave koji se koriste u proizvodnji i procesnoj industriji. Većina industrijskog hlađenja koristi se u obradi i skladištenju prehrambenih proizvoda i pića te u proizvodnji petrokemijskih, kemijskih i farmaceutskih proizvoda. Brojne druge industrijske operacije koriste hlađenje, kao što je proizvodnja plastičnih proizvoda i poluvodiča. Industrijska rashladna oprema također se koristi u raznim drugim aplikacijama kao što su velike hladnjače, klizališta i sl.

Značajan dio emisija nastaje kroz ispuštanje tijekom radnog vijeka, a primjena najbolje prakse u dizajnu i održavanju može dovesti do značajnog smanjenja emisije. Najveće emisije ipak javljaju se kod zbrinjavanja rashladnih uređaja.

Industrijsko hlađenje u Republici Hrvatskoj uključuje smjese R-404A, R-407F, R-417A, R-422D, R-507A, te HFC-23.

Transportno hlađenje

U transportno hlađenje uključeni su rashladni sustavi koji se koriste u različitim vrstama prijevoza. Većina transportnih rashladnih sustava koristi se za prijevoz smrznute ili ohlađene hrane i pića.

Velik dio emisija nastaje kroz ispuštanje HFC-a tijekom radnog vijeka transportne opreme te prilikom zbrinjavanja. Primjena najbolje prakse u projektiranju i održavanju opreme može dovesti do značajnog smanjenja emisija.

Za transport hlađene robe, kombi vozila nosivosti do 3,5 t u većini slučajeva koriste radnu tvar HFC-134a, a nešto manje R-404A. Kamioni nosivosti preko 3,5 t većinom koriste R-404A, a u manjem broju HFC-134a, dok se u rashladnim uređajima poluprikolica nosivosti preko 10 t koristi isključivo radna tvar R-404A. U Republici Hrvatskoj nije prisutna proizvodnja navedenih gospodarskih vozila već se vozila isključivo uvoze, odnosno faktor emisije prvog punjenja ne postoji.

Stacionarni klima uređaji

U podsektor nepokretnih (stacionarnih) sustava za klimatizaciju uključeni su manji split, multisplit i VRF sustavi, rashladnici vode te dizalice topline. Ovi uređaji većinu emisija proizvode prilikom njihova zbrinjavanja.

Radne tvari koje se koriste u navedenim uređajima su plinovi HFC-134a, HFC-410A, HFC-407C, te posljednjih nekoliko godina HFC-32 samo za tzv. single split sustave i ugljikovodik R-290 u manjim dizalicama topline.

Mobilna klima

Ovaj podsektor uključuje mobilne klimatizacijske sustave koji se koriste za hlađenje vozača i putnika u kopnenom prijevozu, uključujući automobile, kombije, kamione, autobuse, poljoprivredna vozila i vlakove.

Relativno značajan dio emisija nastaje tijekom životnog vijeka opreme, a dobra praksa održavanja smanjit će ispuštanje HFC-a, iako postoje ograničene mogućnosti poboljšanja postojećih sustava.

Hlađenje u mobilnim sustavima, odnosno putničkim kabinama u vozilima u Republici Hrvatskoj vrši se klimatizacijskim sustavima punjenima radnom tvari HFC-134a.

3.8.2. Opis metodologije

Pristup izračuna emisija prema IPCC smjernicama

Za izračun emisija stakleničkih plinova koje nastaju na prostoru Republike Hrvatske u sklopu ove kategorije korištena je IPCC Tier 2a metoda. Navedeni pristup izračuna emisija zahtijeva informacije o broju jedinica opreme ili proizvoda koji koriste navedene kemikalije, o prosječnim količinama punjenja, prosječnom vijeku trajanja opreme ili proizvoda, recikliranju, odlaganju te drugim relevantnim parametrima. Godišnje emisije se zatim procjenjuju kao funkcija ovih parametara kroz životni vijek opreme ili proizvoda, primjenom faktora emisije koji su relevantni za pojedine faze životnog ciklusa.

Glavni izvor podataka korištenih za izračun emisija je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, odnosno dokumentacija prikupljena na osnovu aktivnosti propisanih Zakonom o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja (Narodne novine br. 127/19). Također, dio podataka dobiven je iz arhiva Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske. Ostali podaci prikupljeni su istraživanjem i individualnim kontaktima s relevantnim pravnim i fizičkim subjektima.

Po identifikaciji izvora i podataka o aktivnostima, koji uključuju godišnje količine radnih tvari napunjenih u nove proizvode, količine u sustavima (prosječne godišnje zalihe), te količine u proizvodima prilikom zbrinjavanja, definirani su faktori emisije prilikom proizvodnje, tijekom životnog vijeka te prilikom zbrinjavanja.

Podaci o aktivnostima množe se s pripadajućim faktorima emisije izraženima u postocima na godišnjoj razini. Razlikuju se faktori emisije prilikom proizvodnje, tijekom životnog vijeka, te kod zbrinjavanja proizvoda i opreme koji predstavljaju godišnju stopu emisije u proizvodnji, tijekom rada, računajući ispuštanje i emisije tijekom servisiranja, te rukovanja proizvodima i opremom na kraju njihovog radnog vijeka.

IPCC smjernice iz 2006. godine predlažu niz vrijednosti faktora emisije, pri čemu se predlaže niža vrijednost za razvijene zemlje, a viša vrijednost za zemlje u razvoju.

Emisija radnih tvari prilikom zbrinjavanja uređaja prilično je velika u Republici Hrvatskoj, jer unatoč činjenici da sustav prikupljanja, uporabe, obnove i zbrinjavanja radne tvari postoji još od 2005. godine, njegova učinkovitost nije visoka (izvor „Učinkovitost i održivost sustava za prikupljanje, obnavljanje i uporabu tvari koje oštećuju ozonski sloj i fluoriranih stakleničkih plinova te analiza utjecaja Uredbe (EU) 517/2014 o fluoriranim stakleničkim plinovima na gospodarstvo u Republici Hrvatskoj“, FSB, 2016.). Potrebno je naglasiti kako se nakon donošenja Uredbe (EU) 517/2014 i nestašice te poraste cijene HFC radnih tvari situacija ipak znatno popravila u odnosu na prethodne godine.

Izračun prosječnih faktora emisije za promatrano razdoblje

Za potrebe ovog projekta, izračunati su faktori emisije za svaki pojedinačni plin koji je korišten u sklopu rashladnih uređaja za kućanstvo, u komercijalnom, industrijskom i transportnom hlađenju, stacionarnim klima uređajima te u mobilnoj klimatizaciji. Za svaku od navedenih primjena faktori emisije izračunati su zasebno.

Korišteni su podaci proteklog razdoblja od 2015. do 2020. godine.

Faktor emisije svakog HFC plina u svakoj pojedinačnoj primjeni izračunat je na način da je ukupna godišnja prijavljena emisija tog HFC-a (zbroj emisije iz proizvodnje, tijekom životnog vijeka, te emisije nastale kod zbrinjavanja, u kg CO₂ekv) podijeljena s ukupnom vrijednosti podatka o aktivnostima (zbroj količine plina napunjene u nove proizvode, u godišnjim zalihama te plina preostalog u proizvodima pri stavljanju izvan pogona, u g radne tvari). Na ovaj način izračunati su objedinjeni faktori emisije koji uključuju sve faze korištenja proizvoda/opreme.

Metodologija izračuna prijavljenih emisija opisana je u prethodnom potpoglavlju.

Rezultati su izraženi kao emisije HFC plinova svedenih na ekvivalentnu emisiju ugljikovog dioksida (CO₂). Budući da pojedini plinovi imaju različita svojstva zračenja te sukladno tome različito doprinose efektu staklenika, potrebno je emisiju svakog plina pomnožiti s njegovim stakleničkim potencijalom (eng. Global Warming Potential - GWP). Staklenički potencijali korišteni za izračun ekvivalentnih emisija CO₂ definirani su u Prilogu III Odluke 24/CP.19 Revizije smjernica UNFCCC-a o izvještavanju o godišnjim inventarima za Stranke sadržane u Prilogu i Konvencije.

Staklenički potencijali pojedinih plinova korišteni za izračun (koji se odnose se na vremensko razdoblje od 100 godina) prikazani su u nastavku.

<u>Plin</u>	<u>Staklenički potencijal</u>
HFC-23	12400
HFC-32	677
HFC-125	3170
HFC-134a	1300
HFC-143a	4800

Izvor: IPCC AR5, tablica 8.A.1

Po izračunavanju objedinjenog faktora emisije svakog plina za svaku godinu pojedinačno, izračunat je prosjek za razdoblje 2015.-2020. godina. Za pojedine plinove neke od aktivnosti

nisu bile prisutne u Republici Hrvatskoj tijekom čitavog promatranog razdoblja, te su stoga prosječne vrijednosti izračunate uzimanjem u obzir godina u kojima su aktivnosti bile provedene.

Tablica 3-43 prikazuje prosječne vrijednosti objedinjenog faktora emisije po plinovima i njihovim primjenama.

Tablica 3-43. Objedinjeni faktori emisije radnih tvari po primjenama, prosječne vrijednosti za razdoblje 2015.-2020.

Redni broj	Plin	FE CO ₂ ekv
		kg CO ₂ ekv/g tvari
Komercijalno hlađenje		
1	HFC-125	0,523
2	HFC-134a	0,151
3	HFC-143a	0,792
Rashladni uređaji za kućanstvo		
4	HFC-134a	0,076
Industrijsko hlađenje		
5	HFC-23	2,732
6	HFC-32	0,145
7	HFC-125	0,715
8	HFC-134a	0,285
9	HFC-143a	1,089
Transportno hlađenje		
10	HFC-125	1,951
11	HFC-134a	0,421
12	HFC-143a	1,440
Mobilna klima		
13	HFC-134a	0,382
Stacionarni klima uređaji		
14	HFC-32	0,107
15	HFC-125	0,507
16	HFC-134a	0,280

Kao što je vidljivo iz prethodne tablice, najveći faktor emisije, znatno veći od ostalih plinova, ima plin HFC-23, koji se u promatranom razdoblju koristio u podsektoru industrijsko hlađenje. Visoka vrijednost ovog faktora emisije uzrokovana je značajno visokim stakleničkim potencijalom ovog plina.

4. ZAKLJUČAK

Smanjenje ugljičnog otiska organizacija dio je rješenja za problem klimatskih promjena, pri čemu dugoročni cilj treba biti ugljična neutralnost. Na taj način dolazi do smanjenja emisija stakleničkih plinova, odnosno lakšeg ostvarivanja Pariškim sporazumom preuzetih obveza te postizanja klimatske neutralnosti Europe do 2050. godine. Kako bi smanjenje ugljičnog otiska bilo usporedivo prvi korak je izrada nacionalne baze faktora emisija i uklanjanja kako bi sve organizacije za izračun koristile, u što većoj mjeri, iste faktore emisija. Ukoliko se koriste faktori iz nacionalne baze smanjit će se i nesigurnosti izračuna ugljičnog otiska organizacija.

U sklopu projekta razvijena je Nacionalna baza faktora emisija koji će se koristiti za izradu ugljičnog otiska organizacija u Hrvatskoj. Bazu podataka čini 8 kategorija: Gorivo, Električna energija, Toplina, Putnički promet, Teretni promet, Rashladni uređaji, Prenamjena zemljišta te Otpad.

Nacionalni faktori emisije i uklanjanja stakleničkih plinova su usklađeni s metodologijom za izračun ugljičnog otiska, definiranom Protokolom o stakleničkim plinovima za korporacije (GHG Protocol Corporate Standard) i standardima ISO 14064-1 i ISO/TR 14069. Pri izračunu faktora emisija/uklanjanja stakleničkih plinova uključene su sve direktne i najznačajnije indirektno emisije stakleničkih plinova (CO₂, CH₄, N₂O, PFC-i, HFC-i). Ukupni emisijski faktor se svodi na ekvivalentnu emisiju CO₂ (CO₂ekv), pomoću potencijala globalnog zatopljenja (engl. Global Warming Potential, GWP) svakog pojedinačnog stakleničkog plina. Nacionalni faktori emisija i uklanjanja stakleničkih plinova izrađeni su za aktivnosti Opsega 1, Opsega 2 i Opsega 3 prema Protokolu o stakleničkim plinovima za organizacije, odnosno aktivnosti Kategorije 1, Kategorije 2, Kategorije 3, Kategorije 4, Kategorije 5 i Kategorije 6. prema normi ISO 14064-1:2018.

Iako je u sklopu projekta razvijeno preko 190 faktora emisija nisu se uspjele obuhvatiti sve aktivnosti kako bi organizacije mogle izračunati ugljični otisak bez korištenja drugih sličnih baza podataka. Stoga je preporuka da se daljnji razvoj baze podataka nastavi kako bi se pokrile i aktivnosti kao što su: prijevoz putnika i robe zrakoplovom, željeznicom, prehrana zaposlenika i drugo. Poželjno je da se baza faktora emisija ažurira i dopunjava svake godine, a najkasnije svake tri godine, kako bi se uključili aktualni podaci koji karakteriziraju odnose u energetske i ne-energetske sektorima. Potreba za godišnjim ažuriranjem se naročito odnosi na faktore emisije za električnu energiju, zbog snažne dekarbonizacije elektroenergetskog sektora u Hrvatskoj, odnosno sve većeg korištenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.

5. LITERATURA

1. Energetski institut Hrvoje Požar. Energija u Hrvatskoj, 2022. godina, Godišnji energetski pregled. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023.
2. Ekonerg. Croatian GHG inventory for the period 1990-2020, National Inventory Report 2022. Ministry of Economy and Sustainable Development, 2022
3. Intergovernmental Panel on Climate Change. Fifth Assessment Report, AR5 Climate Change: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). New York, USA, 2014
4. Intergovernmental Panel on Climate Change. Sixth Assessment Report, AR6 Climate Change: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers), New York, USA, 2021
5. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. WMO, UNEP. Hayama, Japan, 2006
6. Web stranica Europske agencije za okoliš: <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>
7. Hrvatska energetska regulatorna agencija, Godišnje izvješće za 2021. godinu, 2022.: https://www.hera.hr/hr/docs/HERA_izvjesce_2021.pdf
8. Hrvatska energetska regulatorna agencija, Godišnje izvješće za 2022. godinu, 2023.: https://www.hera.hr/hr/docs/HERA_izvjesce_2022.pdf
9. Francuska baza faktora emisije stakleničkih plinova (Base Carbone): <https://bilans-ges.ademe.fr/en/accueil/>