

Metodologija izračuna faktora primarne energije

FAKTORI PRIMARNE ENERGIJE

Određeni su faktori za izračun primarne energije za sve energente i energetske sustave koji se u Republici Hrvatskoj koriste za opskrbu zgrada energijom. Pod primarnom energijom podrazumijeva se ona potrošnja energije u strukturi ukupne potrošnje energije, odnosno na primarnoj strani energetske bilance, koja je nastala kao posljedica korištenja određene količine energije u zgradi, odnosno na razini finalne potrošnje energije u energetskej bilanci. Korišteni su odnosi iz hrvatskog energetskeg sustava i to na taj način da su u izračunu faktora primarne energije primijenjeni trogodišnji prosjeci iz ostvarenih godišnjih energetskeh bilanci Republike Hrvatske u razdoblju od 2012. do 2017. godine. Sve veličine i svi odnosi iz energetskeh bilanci koji su korišteni u izračunu faktora primarne energije određeni su primjenom metodologije izrade energetskeh bilanci koje je postavio Eurostat.

Za opskrbu zgrada potrebnom energijom u Hrvatskoj se koriste mrki ugljen, lignit, prirodni plin, ogrjevno drvo, energija Sunca, geotermalna energija, drveni briketi, drveni peleti, drvna sječka, drveni ugljen, ukapljeni naftni plin, petrolej, ekstra lako loživo ulje, loživo ulje, električna energija i daljinska toplina. Kada je riječ o daljinskoj toplini radi se o većim ili manjim sustavima u kojima se toplinska energija proizvodi u osnovi na dva sljedeća načina:

- u javnim toplanama (javnim kogeneracijskim sustavima)
- u javnim kotlovnica.

Pod javnim toplanama podrazumijevaju se termoelektrane – toplane u Zagrebu i u Osijeku, odnosno radi se o dva velika sustava daljinskog grijanja. Za proizvodnju daljinske topline u tim postrojenjima koristi se prirodni plin, ekstralako loživo ulje i loživo ulje. Javne kotlovnice nalaze se u pojedinim gradovima te se iz njih opskrbljuje veći ili manji broj zgrada, odnosno radi se o manjim ili vrlo malim pojedinačnim sustavima daljinskog grijanja. Za proizvodnju toplinske energije u tim postrojenjima također se koriste prirodni plin, ekstralako loživo ulje i loživo ulje, ali s obzirom da se radi o pojedinačnim sustavima pojedine kotlovnice uglavnom koriste jednu ili najviše dvije vrste navedenih energenata.

Provedeni su proračuni za svaki prethodno navedeni energent koji se koristi za opskrbu zgrada, odnosno za sve sustave daljinskog grijanja te je određen odgovarajući faktori za izračun primarne energije, kao i ukupna emisija CO₂ koja nastaje kao posljedica uporabe određenog energenta, odnosno sustava. Za sustave daljinskog grijanja faktori primarne energije određeni su za prosječne odnose koji vrijede na razini Republike Hrvatske i posebno za sustave daljinskog grijanja u Zagrebu i Osijeku, ali i za sve pojedinačne kotlovnice u gradovima koji imaju opskrbu iz kotlovnica. Osim toga određeni su faktori primarne energije za prosječne kotlovnice koje koriste prirodni plin, ekstralako loživo ulje ili loživo ulje za primjenu u onim slučajevima, odnosno mjestima za koja nije provedena posebna analiza.

Svi proračuni faktora primarne energije, kao i odgovarajućih emisija CO₂ provedeni su primjenom posebno razvijenog modela u excelu. U sljedećoj tablici prikazani su svi faktori primarne energije, kao i emisije CO₂ za energente koji se u Hrvatskoj koriste u zgradarstvu i koji su rezultat odnosa u hrvatskom energetsom sustavu. Ukupni faktor primarne energije podijeljen je na obnovljivu komponentu, ne obnovljivu (fosilnu) komponentu i na uvoznju komponentu. Uvozna komponenta postoji iz razloga što u potrošnji električne energije uvijek sudjeluje i električna energija iz uvoza, a za električnu energiju iz uvoza nije moguće odrediti je li nastala iz obnovljive, fosilne ili nuklearne energije.

Za potrebe projekta definirani su faktori primarne energije po teritorijalnom principu.

Tablica 0-1 Faktori primarne energije

Energent	Faktor primarne energije				Emisija tCO ₂ /GWh (kgCO ₂ /MWh)	
	Ukupno	Obnovljiva komponenta	Ne obnovljiva komponenta	Uvozna komponenta		
Kameni ugljen	1.033	0.00002	1.033	0.00001	349.44	
Mrki ugljen	1.050	0.00003	1.050	0.00002	359.35	
Lignit	1.081	0.00004	1.081	0.00003	385.17	
Ogrjevno drvo	1.106	1.0001	0.106	0.00004	28.09	
Drveni briketi	1.183	1.0528	0.099	0.0307	27.84	
Drveni peleti	1.173	1.0488	0.096	0.0284	26.80	
Drvena sječka	1.183	1.0363	0.126	0.0211	34.45	
Drveni ugljen	1.171	1.1301	0.041	0.0000	11.00	
*Sunčeva energija	1.000	1.0000	0.000	0.0000	0.00	
*Energija okoliša	1.000	1.0000	0.000	0.0000	0.00	
Prirodni plin	1.059	0.001	1.057	0.001	213.64	
UNP	1.128	0.002	1.124	0.001	255.19	
Motorni benzin	1.130	0.002	1.126	0.001	280.09	
Petrolej	1.021	0.00001	1.021	0.00001	264.31	
Mlazno gorivo	1.151	0.003	1.147	0.002	295.13	
Dizelsko gorivo	1.057	0.001	1.056	0.000	281.39	
Ekstralako loživo ulje	1.137	0.003	1.133	0.001	300.36	
Loživo ulje	1.113	0.002	1.110	0.001	307.41	
Električna energija	1.498	0.610	0.532	0.356	158.57	
Daljinska toplina	Hrvatska - prosjek	1.571	0.291	1.265	0.014	275.30
	CTS ZG+OS (kogeneracija)	1.555	0.022	1.520	0.013	332.74
	KO - prosjek za HR	1.514	0.008	1.502	0.004	337.10
	CTS ZG (kogeneracija)	1.522	0.022	1.487	0.013	325.93
	CTS OS (kogeneracija)	1.536	0.137	1.384	0.015	305.62
	CTS SK (kogeneracija)	1.526	0.083	1.430	0.014	308.24
	KO - prosjek za ZG	1.489	0.008	1.476	0.004	332.44

KO - prosjek za OS	1.368	0.007	1.357	0.004	290.71
KO - prosjek za RI	1.578	0.008	1.566	0.005	373.79
KO - prosjek za Sl. Brod	1.336	0.007	1.324	0.004	283.71
KO - prosjek za KA	1.448	0.008	1.436	0.004	314.54
KO - prosjek za VŽ	1.720	0.008	1.708	0.004	365.94
KO - prosjek za Vinkovce	1.406	0.008	1.394	0.005	347.41
KO - prosjek za Vukovar	1.311	0.007	1.300	0.004	282.32
KO - drvena sječka	1.515	1.314	0.174	0.027	53.27
KO - prirodni plin	1.311	0.007	1.300	0.004	278.52
KO - loživo ulje	1.427	0.009	1.413	0.005	435.71
KO - ekstralako loživo ulje	1.431	0.009	1.416	0.005	426.89

1.1. Mrki ugljen

U Hrvatskoj se mrki ugljen za opskrbu zgrada koristi vrlo rijetko i u vrlo malim količinama. Sve potrebne količine osiguravaju se iz uvoza pa u hrvatskom energetsom sustavu nema potrošnje energije za njegovu proizvodnju. Prema tome, da bi se odredio faktor za izračun energije mrkog ugljena na razini primarne energije u obzir je uzeta potrošnja dizelskog goriva koja je potrebna za transport mrkog ugljena do zgrada. Izravna posljedica potrošnje dizelskog goriva za transport je potrošnja na primarnoj strani veća za oko 4,9 posto. Međutim, kada se u obzir uzme i faktor primarne energije koji vrijedi za dizelsko gorivo dolazi se do konačnog rezultata potrošnje na primarnoj strani koja je veća za 5,4 posto, odnosno ukupni faktor primarne energije za mrki ugljen iznosi 1,054. U tome faktoru glavninu čini ne obnovljiva (fosilna) komponenta, dok obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluje tek s oko 0,004 posto. Ukupna emisija CO₂ za mrki ugljen povećava se za oko 4,2 %u odnosu na emisiju koja nastaje direktnim izgaranjem i iznosi 98,09 kgCO₂/GJ.

1.2. Lignit

Sve ono što vrijedi za mrki ugljen može se ponoviti i za lignit. Ukupne količine lignita također se osiguravaju iz uvoza tako da u izračunu faktora primarne energije treba uključiti samo potrošnju dizelskog goriva za transport lignita do zgrada. Ta potrošnja rezultira porastom na primarnoj strani energetske bilance za 7,3 posto, odnosno, kada se u proračun uključi i faktor primarne energije za dizelsko gorivo, dolazi se do konačnog faktora primarne energije za lignit koji iznosi 1,082. Kao i za mrki ugljen i u ovom faktoru glavninu čini fosilna komponenta, dok obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluju sa samo 0,006 posto, odnosno 0,005 posto.

Ukupna emisija CO₂ za lignit povećava se za oko 6 %u odnosu na emisiju koja nastaje direktnim izgaranjem i iznosi 105,13 kgCO₂/GJ.

1.3. Ogrjevno drvo

Ogrjevno drvo je primarni obnovljivi izvor energije i jedan je od najvažnijih energenata za opskrbu zgrada toplinskom energijom. Odnosi u hrvatskom energetsom sustavu su takvi da se opskrba ogrjevnim drvom osigurava uglavnom vlastitom proizvodnjom. Prema tome, da bi se odredio faktor primarne energije za ogrjevno drvo, potrebno je u obzir uzeti potrošnju energije za transport drva do zgrada (dizelsko gorivo) i potrošnju energije za proizvodnju ogrjevnog drva (motorni benzin i dizelsko gorivo). Zbog potrošnje dizelskog goriva ostvaruje se porast potrošnje na primarnoj strani za 9,5 posto, odnosno za 10,5 %ako se u obzir uzme i faktor primarne energije za dizelsko gorivo. Zbog potrošnje benzina u proizvodnji dolazi do daljnjeg povećanja potrošnje na primarnoj strani za 0,5 posto, tako da ukupni faktor primarne energije za ogrjevno drvo iznosi 1,111. Za razliku od ugljena, glavninu u tome faktoru s oko 90 %čini obnovljiva komponenta, dok fosilna komponenta iznosi 10 posto. Udio uvozne komponente je samo 0,01 posto.

Direktne emisije CO₂ koje nastaju prilikom izgaranja ogrjevnog drva ne uzimaju se u obzir, odnosno konvencijom se stavljaju jednake nuli. Ipak, zbog korištenja dizelskog goriva i motornog benzina za transport i proizvodnju postoje određene emisije koje iznose 8,08 kgCO₂/GJ utrošenog ogrjevnog drva.

1.4. Drveni briketi

Drveni briketi su oblik energije koji spada u grupu tzv. novih obnovljivih izvora energije. Može se reći da je uporaba ovog energenta u zgradama vrlo rijetka, ali postoji trend stalnog porasta potrošnje ovog energenta. Prosječne prilike u hrvatskom energetsom sustavu u tri zadnje godine bile su takve da je u potrošnji drvenih briketa udio domaćih briketa iznosio oko 77 posto, dok je oko 23 %briketa osigurano iz uvoza. Da bi se odredio faktor primarne energije za drvene briketa potrebno je u obzir uzeti potrošnju električne energije za sjeckanje i prešanje u proizvodnji domaćih briketa te potrošnju dizelskog goriva za transport domaćih i uvoznih briketa. Zbog potrošnje električne energije u proizvodnji domaćih briketa dolazi do porasta potrošnje na primarnoj strani energetske bilance za 7,7 posto, odnosno za 12,4 %kada se u obzir uzme i faktor primarne energije za električnu energiju. Zbog potrošnje dizelskog goriva za transport porast potrošnje na primarnoj strani iznosi oko 5 posto, odnosno kada se uračuna i faktor primarne energije za dizelsko gorivo taj porast iznosi oko 5,6 posto. Ukupni faktor

primarne energije drvenih briketa zbog potrošnje električne energije u proizvodnji domaćih briketa i potrošnje dizelskog goriva u transportu briketa iznosi 1,18. U tome faktoru udio obnovljive komponente iznosi 87,6 posto, udio neobnovljive (fosilne) komponente 9,9 % i udio uvozne komponente 2,5 posto.

Jednako kao i za ogrjevno drvo direktne emisije CO₂ koje nastaju prilikom izgaranja drvenih briketa se ne računaju, tako da emisiju za ovaj energent determinira uporaba električne energije u proizvodnji i dizelskog goriva u transportu, a ona iznosi 9,10 kgCO₂/GJ utrošenih drvenih briketa.

1.5. Drveni peleti

Drveni peleti također su novi obnovljivi izvor s malim udjelom u potrošnji energije u zgradarstvu i s relativno brzim porastom potrošnje. U strukturi potrošnje drvenih peleta domaći peleti sudjelovali su s oko 84 posto, a uvozni peleti s oko 16 posto. U proračunu faktora primarne energije u obzir treba uzeti električnu energiju koja se koristi u procesu proizvodnje domaćih peleta, kao i dizelsko gorivo koje se troši u transportu domaćih i uvoznih peleta do zgrade. Zbog potrošnje električne energije u procesu proizvodnje domaćih peleta potrošnja na primarnoj strani povećava se za 8,4 posto, donosno konačno za 13,6 posto kada se u obzir uzme i faktor primarne energije za električnu energiju. Potrošnja dizelskog goriva za transport uzrokuje daljnji porast primarne energije za oko 5 % tako da ukupni faktor primarne energije za drvene pelete iznosi 1,191. U tome faktoru obnovljiva komponenta sudjeluje s 87 posto, fosilna komponenta s 10,3 posto, a uvozna s 2,7 posto.

I za drvene pelete se izravna emisija CO₂ prilikom izgaranja uzima jednaka nuli tako da je ukupna emisija prilikom izgaranja ovog energenta rezultat samo korištenja električne energije za proizvodnju i dizelskog goriva za transport te iznosi 9,56 kgCO₂/GJ utrošenih drvenih peleta.

1.6. Drvena sječka

Drvena sječka vrlo rijetko se koristi u zgradarstvu, odnosno njezina primjena češća je za kotlovnice iz kojih se toplinskom energijom opskrbljuje više jedinica. Prosjek za tri prethodne godine bio je takav da je skoro ukupna količina potrošnje osigurana domaćom proizvodnjom (99,6 posto), odnosno uvozna drvena sječka sudjelovala je sa samo 0,4 posto. U proračunu faktora primarne energije u obzir treba uzeti potrošnju električne energije za proizvodnju te potrošnju dizelskog goriva za transport. Zbog potrošnje električne energije potrošnja na primarnoj strani povećava se za oko 7 posto, odnosno za 11,3 % kada se uračuna i faktor primarne energije za električnu energiju. Ukupno povećanje primarne energije zbog potrošnje

dizelskog goriva iznosi daljnjih oko 9,9 posto, tako da je ukupni faktor primarne energije za drvenu sječku 1,211. Udio obnovljive komponente u tom faktoru je 85,1 posto, udio fosilne komponente 12,7 % i udio uvozne komponente 2,2 posto.

Direktna emisija CO₂ prilikom izgaranja drvene sječke također se uzima jednaka nuli pa ukupna emisija kao posljedica potrošnje električne energije i dizelskog goriva iznosi 11,76 kgCO₂/GJ utrošene drvene sječke.

1.7. Drveni ugljen

Energetski tijek drvenog ugljena u sustavu složeniji je u odnosu na prethodno analizirane obnovljive izvore. Kao prvo, za proizvodnju drvenog ugljena potrebno je utrošiti određenu količinu drva. Uobičajeno je da se kao faktor pretvorbe u proizvodnji drvenog ugljena iz drva uzima vrijednost od 0,4. S obzirom da je prosječni udio domaćeg drvenog ugljena u potrošnji tijekom tri prethodne godine iznosio 47,5 posto, primarni je faktor drvenog ugljena zbog utrošenog ogrjevnog drva iznosio 1,186. Nadalje, u proizvodnji ogrjevnog drva troši se odgovarajuća količina dizelskog goriva i motornog benzina. Zbog potrošnje dizelskog goriva, uzimajući u obzir i faktor primarne energije za dizelsko gorivo, faktor primarne energije za drveni ugljen diže se za daljnjih 6,2 posto. Jednako tako zbog potrošnje motornog benzina ostvaruje se daljnji porast spomenutog faktora za 0,5 posto. Konačno, za transport drvenog ugljena do potrošača (zgrade) opet se troši određena količina dizelskog goriva što faktor primarne energije za drveni ugljen povećava za daljnjih 3 % tako da je ukupni konačni faktor primarne energije drvenog ugljena 1,286.

Ako se napravi analiza udjela obnovljive i neobnovljive komponente u navedenom faktoru, dolazi se do rezultata da obnovljiva komponenta sudjeluje s 92,3 posto, a neobnovljiva (fosilna) sa 7,7 posto. Udio uvozne komponente je zanemariv i iznosi samo 0,01 posto.

Kao i za sve obnovljive izvore energije, izravne emisije CO₂ prilikom izgaranja drvenog ugljena se zanemaruju tako da ukupnu emisiju korištenja ovog energenta određuje samo njegova fosilna komponenta na primarnoj strani energetske bilance i ona iznosi 7,27 kgCO₂/GJ utrošenog drvenog ugljena.

1.8. Sunčeva energija

Udio Sunčeve energije u ukupnoj energiji koja se koristi za opskrbu zgrada je vrlo malen, ali je ostvaren intenzivan porast potrošnje tijekom tri prethodne godine. Za korištenje nisko temperaturne Sunčeve energije potrebno je u sustav ugraditi crpke koje za svoj pogon koriste električnu energiju iz mreže. Potrošnja električne energije iznosi oko 3 % u odnosu ostvarenu

proizvedenu energiju iz Sunca, a ukupni faktor primarne energije, kada se u obzir uzme i faktor primarne energije za električnu energiju, iznosi 1,048. Udio obnovljive komponente u tome faktoru iznosi oko 96,6 posto, udio fosilne komponente 2,3 % i udio uvozne komponente oko 1,1 posto.

Zbog fosilne komponente u faktoru primarne energije za Sunčevu energiju, korištenje i ovog oblika energije za posljedicu ima emisiju CO₂, koja iznosi 1,96 kgCO₂/GJ utrošene toplinske energije proizvedene korištenjem Sunčeve energije.

1.9. Geotermalna energija

Geotermalna energija primarni je obnovljivi izvor energije s relativno malim udjelom u potrošnji te s relativno stabilnom potrošnjom tijekom tri prethodne godine. U transportu (distribuciji) geotermalne energije do potrošača u zgradama ostvaruju se toplinski gubici. Također je za proizvodnju i transport geotermalne energije do potrošača potrebna električna energija, tako da ukupni faktor primarne energije za geotermalnu energiju, kada se u obzir uračuna i faktor primarne energije za električnu energiju, iznosi 1,211. U tome faktoru obnovljiva komponenta sudjeluje s 90,3 posto, neobnovljiva (fosilna) komponenta sa 6,6 % i uvozna komponenta s 3,2 posto.

Ukupna emisija CO₂, koja je posljedica korištenja geotermalne energije, iznosi 6,52 kgCO₂/GJ utrošene geotermalne energije.

1.10. Prirodni plin

Prirodni plin primarni je oblik energije i jedan je od najznačajnijih energenata u opskrbi zgrada energijom. U Hrvatskoj se njegova potrošnja najvećim dijelom osigurava vlastitom proizvodnjom, dok se razlika do ukupnih potreba uvozi. Tijekom transporta i distribucije prirodnog plina do potrošača nastaju određeni gubici. Također prilikom procesa proizvodnje prirodnog plina ostvaruje se vlastita potrošnja ovog energenta. Zbog gubitaka transporta i distribucije i zbog vlastite potrošnje prosječni porast potrošnje na primarnoj strani energetskeg sustava tijekom tri prethodne godine iznosio je 9,4 posto. Osim toga za proizvodnju prirodnog plina i za njegov transport troši se određena količina električne energije iz mreže. Zbog potrošnje električne energije ostvaruje se daljnji porast faktora primarne energije prirodnog plina za 0,3 posto, uzimajući u obzir i faktor primarne energije električne energije. Ukupni konačni faktor primarne energije za prirodni plin iznosi 1,097, pri čemu fosilna komponenta sudjeluje s 99,9 posto. Udio obnovljive energije i uvozne električne energije je zanemariv i iznosi po 0,06 posto.

Ukupna emisija CO₂ koja nastaje izgaranjem prirodnog plina iznosi 61,17 kgCO₂/GJ i veća je za 9,6 % u odnosu na izravnu emisiju.

1.11. Ukapljeni naftni plin

Ukapljeni naftni plin transformirani je oblik energije koji se uglavnom koristi za kuhanje, ali i za proizvodnju toplinske energije za grijanje. U strukturi potrošnje ukapljenog plina sudjeluje domaći i uvozni, pri čemu je udio uvoznog ukapljenog plina oko 8,9 posto. Domaći ukapljeni naftni plin proizvodi se na dva načina i to u rafinerijama nafte i u degazolinaži (etanskom postrojenju). Proizvedene količine ukapljenog naftnog plina su takve da se iz Hrvatske ostvaruje značajni izvoz, koji u odnosu na ukupnu potrošnju ovog energenta u Hrvatskoj iznosi oko 94,4 posto. U procesu proizvodnje ukapljenog plina, u rafinerijama i u degazolinaži, ostvaruju se određeni gubici, a također u rafinerijama nafte postoji značajna potrošnja određenih derivata nafte koji se u njima i proizvode. Zbog tih gubitaka i vlastite potrošnje, koji se odnose na dio domaćeg ukapljenog plina u strukturi potrošnje, ostvaruje se porast potrošnje na primarnoj strani energetske bilance za 10,5 posto.

Zbog transporta ukapljenog naftnog plina do potrošača ostvaruje se potrošnja dizelskog goriva. Potrošnja dizelskog goriva iznosi oko 1,8 posto, odnosno kada se primjeni i faktor primarne energije za dizelsko gorivo taj porast iznosi oko 2 posto. Nadalje, u radu rafinerija nafte i degazolinaže troši se električna energija iz mreže. Također, kao osnovna ulazna energija u rafinerije nafte koristi se sirova nafta za čiju se proizvodnju također koristi određena količina električne energije. Kada se u obzir uzme električna energija utrošena u rafinerijama, degazolinaži i u proizvodnji domaće sirove nafte, ona je uzrok daljnjeg porasta potrošnje u primarnoj energetskej bilanci za 0,5 posto.

Osim električne energije u proizvodnji domaće sirove nafte, u radu rafinerija, kao i u radu degazolinaže troši se prirodni plin. Kada se uračuna potrošnja prirodnog plina za navedene procese s odgovarajućim faktorom primarne energije, ona je uzrok daljnjeg porasta potrošnje na primarnoj strani za 3,2 posto. Uzimajući u obzir sve navedene vlastite potrošnje kao i gubitke u rafinerijama i degazolinaži dolazi se do rezultata da je ukupni faktor primarne energije za ukapljeni naftni plin 1,162. Udio ne obnovljive komponente u tome faktoru je 99,8 % dok obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluju s po 0,1 posto.

Ukupna emisija CO₂ zbog fosilne komponente u faktoru primarne energije veća je za 16,1 % u odnosu na emisiju koja nastaje izravnim izgaranjem i iznosi 72,47 kgCO₂/GJ utrošenog ukapljenog plina.

1.12. Petrolej

Petrolej u opskrbi zgrada energijom ima skoro zanemarivu ulogu, odnosno njegov udio vrlo je nizak. U strukturi potrošnje sa znatno većim udjelom sudjeluje uvozni petrolej, dok je udio domaćeg samo oko 10,7 posto. Domaći petrolej proizvodi se u rafinerijama nafte pa, da bi se odredio ukupni faktor primarne energije, u obzir treba uzeti vlastitu potrošnju derivata i gubitke u rafinerijama, potrošnju električne energije u rafinerijama i proizvodnji sirove nafte, potrošnju dizelskog goriva za transport petroleja, te potrošnju prirodnog plina u rafinerijama i u proizvodnji sirove nafte.

Zbog vlastite potrošnje derivata nafte i zbog gubitaka u rafinerijama faktor primarne energije za potrošnju petroleja u Hrvatskoj iznosi oko 1 posto. Zbog potrošnje dizelskog goriva za transport ostvaruje se daljnji porast faktora za 2,2 posto. Potrošnja električne energije za posljedicu ima porast faktora za samo 0,04 posto, a potrošnja prirodnog plina rezultira s porastom potrošnje od 0,1 posto. Kada se u proračun uključe svi navedeni porasti dolazi se do rezultata da ukupni faktor primarne energije za petrolej iznosi 1,033. Udio fosilne komponente skoro je 100 posto, odnosno obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluju s po 0.01 posto.

Porast emisije CO₂ u odnosu na direktno izgaranje iznosi 3,4 % tako da ukupna emisija CO₂ za petrolej iznosi 73,54 kgCO₂/GJ.

1.13. Ekstralako loživo ulje

Ekstralako loživo ulje koristi se u zgradarstvu za dobivanje toplinske energije za grijanje prostora. U strukturi potrošnje ekstralakog loživog ulja domaće loživo ulje sudjeluje s oko 72,3 % dok se ostatak osigurava iz uvoza. Proizvodnja ekstralakog loživog ulja ostvaruje se u rafinerijama nafte, a njegova proizvodnja veća je u odnosu na ostvarenu potrošnju, tako da izvoz u odnosu na ukupnu potrošnju iznosi oko 19, 1 posto. Da bi se odredio ukupni faktor primarne energije za ekstralako loživo ulje kao prvo treba uključiti vlastitu potrošnju derivata i gubitke u rafinerijama koji se odnose na domaće loživo ulje u potrošnji. Zbog toga je faktor primarne energije veći za 9,9 % u odnosu na ukupnu potrošnju. Zbog potrošnje dizelskog goriva za transport ekstralakog loživog ulja ostvaruje se porast potrošnje na primarnoj strani energetske bilance za daljnjih 2,2 posto. Potrošnja električne energije iz mreže u rafinerijama nafte i u proizvodnji sirove nafte rezultira s porastom od 0,4 posto. Konačno, potrošnja prirodnog plina u rafinerijama i u proizvodnji sirove nafte ima za posljedicu porast potrošnje na primarnoj strani za 1,5 posto. Uzimanjem u račun svih navedenih porasta određen je ukupni faktor primarne energije za ekstralako loživo ulje koji iznosi 1,140. Fosilna komponenta u

navedenom faktoru ima udio od 99,8 posto, dok obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluju s po 0,1 posto.

Prilikom izgaranja ekstralakovog loživog ulja nastaje izravna emisija CO₂ od 73,33 kgCO₂/GJ, dok ukupna emisija, kada se uračuna i faktor primarne energije, iznosi 83,21 kgCO₂/GJ, što predstavlja povećanje za 13,5 posto.

1.14. Loživo ulje

Loživo ulje relativno rijetko se koristi u zgradarstvu, odnosno njegova primjena uglavnom se ostvaruje u većim sustavima. U strukturi potrošnje sudjeluje uvozna loživo ulje i domaće loživo ulje čiji udio iznosi 91,9 posto. Kao i ostali derivati i loživo ulje se proizvodi u rafinerijama zbog čije je vlastite potrošnje i zbog gubitaka potrošnja loživog ulja na primarnoj strani veća za 9,1 posto. Potrošnja dizelskog goriva za transport loživog ulja rezultira s porastom potrošnje za 2,4 posto. Električna energija koja se utroši u rafinerijama i u proizvodnji sirove nafta ima za posljedicu porast potrošnje na primarnoj strani za 0,4 posto. Konačno, potrošnja prirodnog plina u rafinerijama i u proizvodnji sirove nafte ima za posljedicu porast potrošnje od 1,4 posto. Svi ti porasti rezultiraju s ukupnim i konačnim faktorom primarne energije koji iznosi 1,132. Udio fosilne komponente iznosi 99,8 % dok obnovljiva i uvozna komponenta sudjeluju s po 0,1 posto.

Zbog faktora primarne energije ukupna emisija CO₂ koja nastaje izgaranjem loživog ulja veća je za 12,5 % u odnosu na emisiju izravnog izgaranja i iznosi 86,2 kgCO₂/GJ utrošenog loživog ulja.

1.15. Električna energija

Električna energija svakako je najznačajniji oblik energije u opskrbi zgrada energijom. Zbog prijenosa i distribucije električne energije do potrošača (zgrada) u elektroenergetskom sustavu javljaju se gubici. Također u proizvodnji električne energije u termoelektranama, hidroelektranama i javnim toplanama (kogeneracijskim postrojenjima) ostvaruje se vlastita potrošnja električne energije. Zbog gubitaka u prijenosnoj i distribucijskoj mreži kao i zbog vlastite potrošnje električne energije, prosječne prilike tijekom tri prethodne godine bile su takve da je potrošnja na primarnoj strani bila veća za 15,1 posto.

Hrvatski elektroenergetski sustav specifičan je po tome što u strukturi opskrbe s vrlo visokim udjelom sudjeluje električna energija proizvedena iz obnovljivih izvora, prije svega iz hidroenergije, i što je udio uvozne električne energije jedan od najviših u Svijetu. Tijekom promatranog trogodišnjeg prethodnog razdoblja (2009. – 2011.) udio električne energije

proizvedene iz obnovljivih izvora (hidroelektrane, vjetroelektrane i solarne elektrane) iznosio je 37,18 posto, udio termoelektrana iznosio je 16,13 posto, udio javnih toplana 13,39 % i udio uvozne električne energije 33,29 posto. Bez obzira na porijeklo električne energije, na svaku količinu električne energije isporučenu potrošačima (zgradama) primijenjen je osnovni faktor od 1,151 koji je posljedica gubitaka u mrežama, odnosno vlastite potrošnje električne energije. Nadalje je za električnu energiju proizvedenu u hidroelektranama, vjetroelektranama i solarnim elektranama primijenjen faktor primarne energije jednak jedinici, sukladno IEA/Eurostat metodologiji. To drugim riječima znači da je energija vodnih snaga, energija vjetra i energija Sunca na primarnoj strani energetske bilance jednaka električnoj energiji proizvedenoj u odgovarajućim postrojenjima. Faktor jednak jedinici također je primijenjen i za uvoznju električnu energiju.

Sljedeći korak bila je analiza proizvodnje električne energije u termoelektranama na kameni ugljen, prirodni plin, derivate nafte i deponijski plin (koji također spada u grupu obnovljivih izvora). Za svaki tip elektrane prema korištenom gorivu određen je faktor ulazne energije u termoelektrane u odnosu na proizvedenu električnu energiju. Prosječni faktor za sve termoelektrane iznosi 2,62. Slična analiza provedena je za javne toplane koje kao gorivo koriste prirodni plin, derivate nafte i u malim količinama obnovljive izvore – bioplina i biomasa. Prilike za ovaj tip postrojenja su složenije zbog toga što ona proizvode električnu i toplinsku energiju pa je prethodno trebalo izraditi analizu raspodjele ulaznog goriva na ono koje se koristi za proizvodnju električne energije i na ono koje je iskorišteno za proizvodnju toplinske energije. Ta je analiza također iskorištena za određivanje faktora primarne energije daljinske topline. Nakon što je određena raspodjela goriva za svaki tip kogeneracije prema korištenom gorivu određen je faktor ulazne energije u javne toplane u odnosu na proizvedenu električnu energiju za svaku vrstu goriva. Prosječni faktor za sve javne toplane iznosi 1,82.

Kada su određeni faktori za pojedina postrojenja, odnosno za pojedine vrste goriva koje se koriste u termoelektranama i u javnim toplanama, na njih je primijenjen odgovarajući ukupni faktor, karakterističan za svaku vrstu goriva, čime je konačno određena ukupna potrošnja energije na primarnoj strani energetske bilance za odgovarajuću potrošnju električne energije na mjestu potrošača (zgrade). Prema tome, ukupni konačni faktor primarne energije za električnu energiju određen je primjenom faktora za prijenos, distribuciju i vlastitu potrošnju, primjenom udjela u ukupnoj opskrbi iz obnovljivih izvora, termoelektrana, javnih toplana i iz uvoza, primjenom faktora proizvodnje u pojedinim tipovima postrojenja za proizvodnju i primjenom faktora za pojedine vrste goriva koja se koriste za proizvodnju električne energije. Ukupni faktor primarne energije za električnu energiju u Hrvatskoj iznosi 1,614. U tako određenom faktoru obnovljiva komponenta sudjeluje s 26,8 posto, udio uvozne komponente iznosi 23,7 posto, dok je udio ne obnovljive ili fosilne komponente jednak 49,5 posto.

Ukupna emisija koja je posljedica korištenja električne energije na mjestu potrošača određena je na taj način da je određena emisija iz pojedinih tipova postrojenja na određenu vrstu goriva, pri čemu je za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora (hidroenergija, energija vjetra, energija Sunca, deponijski plin, bioplin i biomasa), kao i za uveznu električnu energiju pretpostavljena emisija CO₂ jednaka nuli. Ukupna emisija za električnu energiju iznosi 0,235 kgCO₂/kWh, odnosno 65,22 kgCO₂/GJ utrošene električne energije.

1.16. Daljinska toplina

Kao što je u uvodnom dijelu navedeno ne postoji jedinstveni hrvatski sustav opskrbe daljinskom toplinom već se radi o većem broju odvojenih sustava u pojedinim gradovima ili mjestima, odnosno u većim gradovima postoji više odvojenih sustava. Daljinska toplina proizvodi se na dva sljedeća načina:

- u javnim toplanama (javnim kogeneracijskim sustavima)
- u javnim kotlovnica.

Pod javnim toplanama podrazumijevaju se termoelektrane – toplane u Zagrebu i u Osijeku, odnosno radi se o dva velika sustava daljinskog grijanja u kojima se potrebna toplinska energija proizvodi u kogeneraciji s električnom energijom. Za proizvodnju daljinske topline u tim postrojenjima koristi se prirodni plin, ekstralako loživo ulje i loživo ulje. Javne kotlovnice nalaze se u pojedinim gradovima te se iz njih opskrbljuje veći ili manji broj zgrada, odnosno radi se o manjim ili vrlo malim pojedinačnim sustavima daljinskog grijanja. Za proizvodnju toplinske energije u tim postrojenjima također se koriste prirodni plin, ekstralako loživo ulje i loživo ulje, ali s obzirom da se radi o pojedinačnim sustavima pojedine kotlovnice uglavnom koriste jednu ili najviše dvije vrste navedenih energenata.

U proračunu faktora primarne energije obrađeni su svi mogući slučajevi koji postoje u Hrvatskoj. Najprije je određen prosječni faktor za Hrvatsku koji u proračun uzima sve postojeće kogeneracijske sustave i sve kotlovnice, nakon toga je spomenuti faktor određen za CTS sustave (kogeneracijske sustave) u Zagrebu i Osijeku i konačno prosječni faktor za sve kotlovnice koje postoje u Hrvatskoj. Ti prosječni faktori primarne energije ne bi trebali imati bilo kakvu praktičnu primjenu jer je uvijek bolje koristiti odgovarajući faktor za svaki konkretan slučaj. Ovi faktori mogu se koristiti za eventualne usporedbe s prosječnim faktorima u drugim državama. Nakon navedenih faktora provedeni su odgovarajući proračuni za konkretne postojeće sustave i to za CTS u Zagrebu, CTS u Osijeku, i za sve kotlovnice u Zagrebu, Osijeku, Rijeci, Slavonskom Brodu, Splitu, Karlovcu, Varaždinu, Vinkovcima, Vukovaru i Sisku. Konačno određeni su faktori primarne energije za prosječne kotlovnice koje toplinsku energiju proizvode iz prirodnog plina, ekstralakog loživog ulja i loživog ulja.

Polazna točka u određivanju faktora primarne energije za daljinsku toplinu bila je analiza gubitaka u distributivnoj mreži kao i vlastite potrošnje toplinske energije u sustavima za proizvodnju. Zbog gubitaka i zbog vlastite potrošnje za toplinsku energiju iz javnih toplana određen je prosječni faktor porasta potrošnje energije za 1,243 u odnosu na toplinsku energiju isporučenu potrošaču (zgradi). Odgovarajući faktor za javne kotlovnice iznosi 1,134.

Sljedeći korak u analizi faktora primarne energije za daljinsku toplinu bio je analiza proizvodnje toplinske energije u javnim toplanama i u javnim kotlovnicama. Određena je struktura oblika energije koji su korišteni u javnim toplanama i struktura oblika energije koji su korišteni u javnim kotlovnicama. Nakon toga je određena proizvodnja toplinske energije iz pojedinih vrsta goriva u javnim toplanama i javnim kotlovnicama. Iz odnosa potrošnje energenata za proizvodnju i proizvedene toplinske energije određen je prosječni faktor proizvodnje koji za javne toplane iznosi 1,055, a za javne kotlovnice 1,266. Da bi se odredio ukupni prosječni faktor primarne energije za daljinsku toplinu trebalo je u proračun još uključiti i ukupne faktore primarne energije za pojedine oblike energije koji se koriste u proizvodnji toplinske energije. Kada se uračunaju svi navedeni faktori, proizlazi daje prosječni faktor primarne energije za daljinsku toplinu u Hrvatskoj 1,491, odnosno prosječna emisija CO₂ iznosi 99,12 kgCO₂/GJ.

Međutim, to još uvijek nije konačni faktor primarne energije za daljinsku toplinu, jer se za crpke u sustavima za distribuciju toplinske energije troši električna energija. Kada se u proračun uvede i potrošnja električne energije za distribuciju daljinske topline s odgovarajućim faktorom za električnu energiju, određen je ukupni prosječni faktor primarne energije za daljinsku toplinu u Hrvatskoj i on iznosi 1,523. Fosilna komponenta u tome faktoru sudjeluje s 98,1 posto, obnovljiva komponenta 1,4 % i uvozna komponenta 0,5 posto.

Prosječna ukupna emisija CO₂ iznosi za daljinsku toplinu u Hrvatskoj 100,69 kgCO₂/GJ toplinske energije predane potrošaču.

Na potpuno jednak način analizirani su svi prethodno navedeni sustavi za opskrbu daljinskom toplinom. U sljedećoj tablici prikazani su svi karakteristični faktori koji su iskorišteni za proračun ukupnog faktora primarne energije, kao i konačni ukupni faktor za pojedine sustave u Hrvatskoj.

	Faktor gubitaka i vl. potr.	Faktor proizvodnje topl. energije	Faktor energenta	Porast zbog el. energ. (%)	Ukupni faktor prim. en.
CTS ZG+OS (kogeneracija)	1,243	1,055	1,104	3,9	1,486
KO - prosjek za HR	1,134	1,266	1,107	1,6	1,605
CTS ZG (kogeneracija)	1,243	1,053	1,103	3,9	1,481
CTS OS (kogeneracija)	1,243	1,053	1,115	3,9	1,498
KO - prosjek za ZG	1,398		1,109	1,6	1,567
KO - prosjek za OS	1,387		1,097	1,6	1,537

KO - prosjek za RI	1,411	1,106	1,6	1,577
KO - prosjek za Sl. Brod	1,238	1,112	1,6	1,393
KO - prosjek za Split	1,353	1,133	1,6	1,548
KO - prosjek za KA	1,268	1,124	1,6	1,442
KO - prosjek za VŽ	1,351	1,097	1,6	1,498
KO - prosjek za Vinkovce	1,291	1,111	1,6	1,451
KO - prosjek za Vukovar	1,232	1,100	1,6	1,371
KO - prosjek za Sisak	2,199	1,097	1,6	2,427
KO - prirodni plin	1,224	1,097	1,6	1,358
KO - loživo ulje	1,268	1,132	1,6	1,452
KO - ekstralako loživo ulje	1,246	1,140	1,6	1,437

Sljedećom tablicom dan je prikaz svih faktora primarne energije za sve daljinske sustave u Hrvatskoj, postotni udio fosilne (ne obnovljive), obnovljive i uvozne komponente u svakom pojedinom faktoru, kao i ukupna emisija CO₂ po jedinici daljinske topline.

	Faktor primarne energije	Udio u postocima (%)			Emisija tCO ₂ /TJ (kgCO ₂ /GJ)
		Obnovljiva komponenta	Ne obnovljiva komponenta	Uvozna komponenta	
Hrvatska - prosjek	1,523	1,4	98,1	0,5	100,69
CTS ZG+OS (kogeneracija)	1,486	0,7	98,7	0,6	97,59
KO - prosjek za HR	1,605	0,3	99,5	0,2	109,57
CTS ZG (kogeneracija)	1,481	0,7	98,7	0,6	96,05
CTS OS (kogeneracija)	1,498	0,7	98,7	0,6	110,15
KO - prosjek za ZG	1,567	0,3	99,5	0,2	107,86
KO - prosjek za OS	1,537	0,3	99,5	0,2	93,66
KO - prosjek za RI	1,577	0,3	99,5	0,2	106,84
KO - prosjek za Sl. Brod	1,393	0,3	99,4	0,3	100,12
KO - prosjek za Split	1,548	0,3	99,5	0,2	132,48
KO - prosjek za KA	1,442	0,3	99,4	0,3	115,77
KO - prosjek za VŽ	1,498	0,3	99,5	0,3	91,27
KO - prosjek za Vinkovce	1,451	0,3	99,4	0,3	103,52
KO - prosjek za Vukovar	1,371	0,3	99,4	0,3	86,00
KO - prosjek za Sisak	2,427	0,2	99,7	0,2	148,13
KO - prirodni plin	1,358	0,3	99,4	0,3	82,74
KO - loživo ulje	1,452	0,3	99,4	0,3	124,41
KO - ekstralako loživo ulje	1,437	0,3	99,4	0,3	118,87

2. FAKTORI EMISIJA CO₂

Ovisno o mjestu nastanka razlikuju se direktne i indirektne emisije CO₂. Direktne emisije nastaju na lokaciji neposredne potrošnje energije (npr. stambene i nestambene zgrade), kao posljedica izgaranja fosilnih goriva u stacionarnim energetske postrojenjima (npr. kotlovi). S druge strane, u slučaju korištenja električne energije i/ili topline iz javnih toplana ili kotlovnica do emisije ne dolazi na lokaciji neposredne potrošnje energije, pa je potrebno izračunati indirektnu emisiju koja nastaje pri proizvodnji električne ili toplinske energije.

2.1. Direktne emisije CO₂

Tijekom izgaranja većina ugljika iz goriva oksidira i emitira se u atmosferu u obliku CO₂. Dio ugljika koji se oslobađa kao CO, CH₄ ili NMVOC, također oksidira u CO₂ u atmosferi u razdoblju od nekoliko dana do oko 12 godina. Ugljik iz goriva koji ne oksidira, već se vezuje u česticama, šljaci ili pepelu se isključuje iz proračuna. Udio oksidirajućeg ugljika za tekuća fosilna goriva i prirodni plin je približno konstantan i iznosi 99 % za tekuće gorivo, a 99,5 % za prirodni plin (IPCC metodologijom¹ preporučene vrijednosti). Međutim, oksidacijski faktor za ugljen ovisi o uvjetima izgaranja i može varirati nekoliko postotaka. Ukoliko oksidacijski faktor za ugljen nije moguće odrediti, koristi se u IPCC priručniku predloženi faktor (98 posto). Općenito, za proračun emisije CO₂ zbog izgaranja fosilnih goriva primjenjuje se sljedeća formula (1):

$$FE_{CO_2} = FE_C \cdot O_C \cdot \frac{44}{12} \quad (1)$$

Gdje su:

FE_{CO_2} – emisija CO₂ [kgCO₂/GJ]

FE_C – faktor emisije ugljika [kgC/GJ]

O_C – udio oksidirajućeg ugljika []

44/12 – stehiometrijski omjer CO₂ i C []

Za izračun faktora emisije CO₂ (1) potrebno je znati faktor emisije ugljika i udio oksidirajućeg ugljika (tablica 1).

¹ IPCC metodologija - IPCC/UNEP/OECD/IEA (1997): *Greenhouse Gas Inventory – Workbook & Reference Manual*, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 2 & 3, United Kingdom

Tablica 2-1 Faktori emisije CO₂ za različita fosilna goriva prema IPCC metodologiji

Izvor energije	FE _c [kgC/GJ]	Hd [MJ/kg(m ³)]	O _c [-]	FE _{CO₂} [kgCO ₂ /GJ]
Kameni ugljen	25,8	24,87	0,98	92,71
Mrki ugljen	26,2	17,57	0,98	94,15
Lignit	27,6	11,63	0,98	99,18
Lož ulje	21,1	40,19	0,99	76,59
Ekstra lako lož ulje	20,2	42,71	0,99	73,33
Petrolej	19,6	43,96	0,99	71,15
Ukapljeni naftni plin	17,2	46,89	0,99	62,44
Prirodni plin	15,3	34,00	0,995	55,82

U tablici navedeni faktori emisije ugljika i udjeli oksidirajućeg ugljika preuzeti su iz IPCC priručnika, dok su donje ogrjevne vrijednosti prosječne vrijednosti za Hrvatsku u razdoblju od 2009. do 2011. godinu preuzete iz odgovarajućih energetske bilanci.

Emisija CO₂ uslijed izgaranja goriva se izračunava prema sljedećoj formuli:

$$EM = FE_{CO_2} \cdot Hd \cdot AD \quad (2)$$

Gdje su:

EM – emisija CO₂ [kg]

FE_{CO₂} – faktor emisije ugljika [kgCO₂/GJ]

Hd – donja ogrjevna vrijednost [MJ/kg ili MJ/m³]

AD – količina izgaranog goriva [kg ili m³]

U konkretnom slučaju izračuna emisije CO₂ preporučuje se koristiti vlastite donje ogrjevne vrijednosti, a ukoliko su nepoznate moguće je koristiti prosječne nacionalne vrijednosti iz tablice 1.

Do emisije CO₂ dolazi i izgaranjem biomase. Međutim, emisija CO₂ pri izgaranju biomase, po preporukama IPCC metodologije, ne ulazi u ukupnu bilancu emisija stakleničkih plinova na državnoj razini jer je emitirani CO₂ prethodno apsorbiran za rast i razvoj biomase.

Osim emisije CO₂ koja nastaje na lokaciji neposredne potrošnje energije, dio emisije nastaje i prilikom transporta energenta do finalnih korisnika, od mjesta proizvodnje primarnog energenta (npr. naftna i plinska polja ili ugljenokopi). Također je potrebno uzeti u obzir uvoza i izvoza svakog energenta. Dakle, ukupne emisije CO₂ mogu se procijeniti na isti način kako su izračunati i faktori primarne energije i tada govorimo o emisijama CO₂ koje odgovaraju tijekom energije od mjesta proizvodnje ili uvoza do mjesta finalne potrošnje energenta. U tablici 2 su

za usporedbu prikazane emisije CO₂ koje nastaju izgaranjem i emisije CO₂ koje odgovaraju tijekom energije za sva goriva koja se koriste u zgradarstvu.

Tablica 2. Usporedba faktora emisije CO₂ uslijed izgaranje goriva na lokaciji zgrade i uslijed cijelokupnog tijeka energije

Energent	Faktor emisije CO ₂		
	Izgaranje goriva na lokaciji zgrade [kgCO ₂ /GJ]	Tijek energije [gCO ₂ /kWh]	Tijek energije [gCO ₂ /kWh]
Kameni ugljen	92,71	95,68	344,46
Mrki ugljen	94,15	98,36	354,11
Lignit	99,18	105,54	379,94
Ogrjevno drvo	0,00	8,62	31,04
Lož ulje	76,59	86,85	312,68
Ekstra lako lož ulje	73,33	86,43	311,14
Petrolej	71,15	80,28	289,00
Ukapljeni naftni plin	62,44	75,43	271,56
Prirodni plin	55,82	61,17	220,20

2.2. Indirektne emisije CO₂

Za potrebe proračuna emisije CO₂ uslijed potrošnje električne ili topline sagledava se indirektna emisija koja nastaje na lokaciji proizvodnje energije. Pri izračunu indirektnih emisija CO₂ koristi se sljedeća formula:

$$EM = AD \cdot FE_{CO_2} \quad (3)$$

Gdje su:

EM – emisija CO₂ [kg]

AD – količina potrošene električne/toplinske energije [kWh]

FE_{CO₂} – specifični faktor emisije CO₂ za električnu ili toplinsku energiju [kgCO₂/kWh]

Za potrebe određivanja emisija CO₂ na godišnjoj razini, uz podatak o količini potrošene energije, potrebno je poznavati i specifičnu emisije CO₂ po količini potrošene električne energije ili topline.

Specifični faktor emisije CO₂ za električnu energiju je izračunat prema podacima iz energetske bilanci za Hrvatsku i predstavlja prosječnu emisiju CO₂ po potrošenoj električnoj energiji u Hrvatskoj za razdoblje od 2009. do 2011. godine (tablica 3). Specifični faktor emisije CO₂ za

električnu energiju varira od godine do godine i ovisi o hidrometeorološkoj situaciji i proizvodnji iz hidroelektrana, o proizvodnji iz ostalih obnovljivih izvora energije, o uvozu električne energije, o dobavi iz NE Krško, kao i o strukturi fosilnih goriva korištenih u termoelektranama i javnim toplanama (kogeneracijska proizvodnja električne energije i topline). Industrijske toplane su izuzete iz proračuna budući da se proizvedena električna energija uglavnom potroši na lokaciji industrijskog postrojenja. Dio emisije CO₂ u kogeneracijskim objektima, koji se odnosi na proizvodnju topline, je izuzet u cilju izračuna specifične emisije CO₂ samo za električnu energiju. U proračunu je poštivan teritorijalni princip, tako da su računane samo emisije CO₂ nastale pri proizvodnji električne energije na teritoriju Republike Hrvatske, odnosno nisu pribrajane odgovarajuće emisije CO₂ za uvoznju električnu energiju. U tablici 3 su prikazani specifični faktori emisije CO₂ po potrošenoj električnoj energiji izračunati za izgaranje goriva na lokaciji proizvodnje električne energije u Hrvatskoj i za cjelokupni tijek energije pri čemu su uzeti u obzir i gubici u prijenosu i distribuciji električne energije.

Tablica 3. Specifični faktori emisije CO₂ za električnu energiju

Električne energije	Faktor emisije CO ₂	
	po jedinici potrošene električne energije (izgaranje goriva na lokaciji) [gCO ₂ /kWh]	po jedinici potrošene električne energije (tijek energije) [gCO ₂ /kWh]
Prosjeak za Hrvatsku*	183,96	235,82

* - prosjeak za razdoblje od 2009. do 2011. godine prema podacima iz energetska bilanci (Energija u Hrvatskoj)

Ukoliko bi se računala emisija CO₂ po jedinici proizvedene električne energije u Hrvatskoj, tada bi prosječna emisija, za razdoblje od 2009. do 2011. godine, bila 275,76 g/kWh, a računajući i cijeli tijek energije oko 25-30 % više.

Specifični faktor emisije CO₂ za toplinu izračunat je temeljem podataka iz energetska bilanci za 2009., 2010. i 2011. godinu (tablica 4). Slično kao što je računato u prethodnim analizama, specifični faktor emisije CO₂ izračunat je za izgaranje goriva na lokaciji proizvodnje topline i za cjelokupni tijek energije pri čemu su uzeti u obzir i gubici u toplinskoj mreži. U cilju preciznijeg izračuna emisija CO₂, analizirane su specifične emisije iz javnih toplana u Zagrebu i Osijeku te javnih kotlovnica u 10 gradova Hrvatske. U slučaju korištenja topline iz javnih kotlovnica bilo bi poželjno poznavati korišteno gorivo u kotlovnica, tako da su u tablici 4 prikazani i faktori emisije za najčešće korištena goriva (prirodni plin, ekstralako lož ulje i lož ulje). Ukoliko gorivo nije poznato, može se koristiti prosječna specifična emisija CO₂ po jedinici topline za javne

kotlovnice i javne toplane, kao i prosječna specifične emisija CO₂ za svu proizvedenu toplinu u Hrvatskoj, za razdoblje od 2009. do 2011. godine.

Tablica 4. Specifični faktori emisije CO₂ za daljinsku toplinu

Toplina	Faktor emisije CO ₂	
	po jedinici proizvedene topline (izgaranje goriva na lokaciji) [gCO ₂ /kWh]	po jedinici potrošene topline u zgradi (tijek energije) [gCO ₂ /kWh]
Prosjek za Hrvatsku*	238,75	364,68
Javne toplane - prosjek*	227,93	352,72
Javne kotlovnice - prosjek*	281,40	398,39
Javne toplane - Zagreb*	224,80	346,95
Javna toplana - Osijek*	252,61	400,09
Javna kotlovnica - Zagreb*	293,95	394,29
Javna kotlovnica - Osijek*	243,72	337,19
Javna kotlovnica - Rijeka*	268,15	387,13
Javna kotlovnica - S. Brod*	273,50	363,22
Javna kotlovnica - Split*	315,99	485,58
Javna kotlovnica - Karlovac*	284,17	422,34
Javna kotlovnica - Varaždin*	246,99	328,57
Javna kotlovnica - Vinkovci*	285,86	375,96
Javna kotlovnica - Vukovar*	227,06	312,33
Javna kotlovnica - Sisak*	304,12	533,27
Javna kotlovnica - p. plin	233,66	297,89
Javna kotlovnica - lož ulje	332,21	454,44
Javna kotlovnica - e.l.l. ulje	326,31	462,14

* - prosjek za razdoblje od 2009. do 2011. godine prema podacima iz energetskih bilanci (Energija u Hrvatskoj)

2.3. Smanjenje emisije CO₂

Smanjenje emisije CO₂ se izračunava kao razlika emisije prije i nakon primjene mjera za smanjenje emisije (npr. mjere povećanja energetske učinkovitosti), a prema formuli (4):

$$EM_S = EM_P - EM_N \quad (4)$$

Gdje su:

EM_S – smanjenje emisije CO₂ [kg]

EM_P – emisija CO₂ prije primjene mjera [kg]

EM_N – emisija CO₂ nakon primjene mjera [kg]

Uobičajeno je računati smanjenje emisije CO₂ na godišnjoj razini.

2.4. Nacionalni faktori emisije CO₂

Sukladno provedenim analizama, nacionalni faktori emisije CO₂ koji odgovaraju tijeku energije od mjesta proizvodnje ili uvoza do mjesta finalne potrošnje energenta prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Nacionalni faktori emisije CO₂

Energent	Faktor emisije CO₂ po jedinici energije [gCO₂/kWh]
Kameni ugljen	344,46
Mrki ugljen	354,11
Lignit	379,94
Ogrjevno drvo	31,14
Lož ulje	312,68
Ekstra lako lož ulje	311,14
Petrolej	289,00
Ukapljeni naftni plin	271,56
Prirodni plin	220,20
Električna energija*	235,82
Daljinska toplina	364,68