Informativna beleška IIR-a

32. Informativna beleška o tehnologijama hlađenja (oktobar 2016)

Harmonizacija metodologije Klimatskih karakteristika tokom veka trajanja

Svrha informativnih beležaka Međunarodnog instituta za hlađenje – IIR-a (franc. skraćenica IIF, a engleska IIR; kod nas se koristi ova druga; prim. prev.) jeste da redovno ispunjava potrebe onih koji donose odluke u celom svetu. Te beleške sabiraju znanje u ključnim domenima tehnologije i primene hlađenja. Svaka beleška donosi predloge budućih prioritetnih razvojnih rešenja i daje preporuke IIR-a u tom kontekstu.

U 2012. IIR je formirao jednu radnu grupu za procenu vrednosti metodologije Klimatskih karakteristika tokom veka trajanja (engl. Life Cycle Climate Performance – LCCP). Informativna beleška rezimira smernice LCCP-a koje je pripremila Radna grupa za izradu proračuna LCCP-a sistema za hlađenje i klimatizaciju. Ona sadrži preporučene pretpostavke i izvore podataka o različitim vrstama jedinica, različite postojeće LCCP alate i prikazuje postupke i ograničenja LCCP-a.

Autor zaključuje da je LCCP celovit sistem mera za kvantifikaciju uticaja na sredinu jedinica KGH tokom njihovog veka trajanja i trebalo bi da bude osnovni alat u budućem izboru, razvoju i primeni tih jedinica.

Ovu belešku pripremio je Yunho Hwang, predsednik IIR-ove Radne grupe „Procena klimatskih karakteristika tokom veka trajanja", a recenziralo ju je nekoliko eksperata IIR-a.

Uvod

Međunarodni institut za hlađenje (IIR) osnovao je u januaru 2012. radnu grupu za procenu vrednosti metodologije Klimatskih karakteristike tokom veka trajanja (LCCP). Radna grupa je izradila smernice za izračunavanje LCCP-a za sisteme klimatizacije i hlađenja, sa preporučenim pretpostavkama i izvorima podataka za različite vrste jedinica.

Donesene smernice obuhvataju harmonizovan metod za izračunavanje LCCP-a za sve vrste stacionarnih sistema klimatizacije i toplotnih pumpi. One razmatraju proces i pretpostavke kojima treba pristupiti LCCP-u. Smernice imaju cilj da projektantima, rukovaocima uređaja i proizvođačima ukažu na put prema efikasnoj proceni i upoređenju uticaja različitih sistema na životnu sredinu tokom njihovog veka trajanja.

U ovoj smernici rezimiran je sadržaj smernica LCCP-a. Smernica u celini je na raspolaganju na veb-sajtu IIR-a www.iifiir.org, u sekciji "Procena radne grupe za Klimatske karakteristike tokom veka trajanja" (http://www.iifiir,org/userfiles/file/about_iir/eorking _parties/WP_LCCP/08/BookletLCCP-Guideline-VI.2-JAN2016.pdf).

Izvor: http://www.iifiir.org/userfiles/file/publications/notes/NoteTech_32_EN.pdf

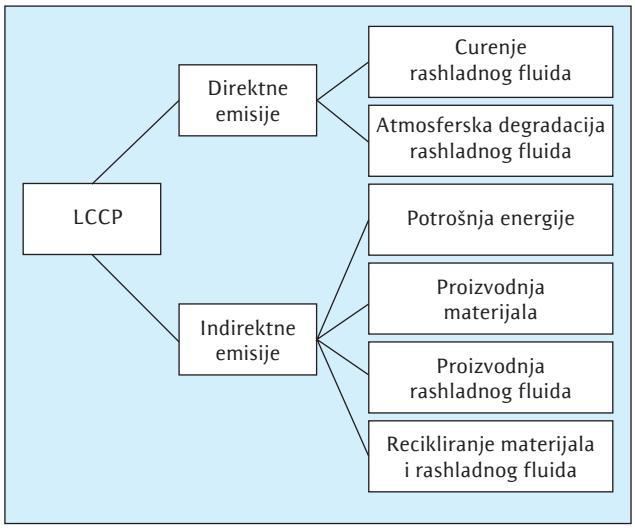
1. Klimatske karakteristike tokom veka trajanja (LCCP)

LCCP je indeks kojim se sistemi KGH mogu proceniti u pogledu uticaja na globalno zagrevanje tokom njihovog veka trajanja. On se izračunava kao zbir direktnih i indirektnih emisija koje proizvodi sistem tokom svog radnog veka, od „kolevke pa do groba". Direktne emisije obuhvataju sve efekte ispuštanja rashladnog fluida u atmosferu za vreme radnog veka sistema. One obuhvataju godišnje curenje i curenje tokom raspolaganja jedinicom. Indirektne emisije obuhvataju emisije iz procesa proizvodnje, potrošnje energije i raspolaganja sistemom.

1.1. Jednačina LCCP-a

Jednačina LCCP-a ima dva glavna dela – direktne i indirektne emisije, kako je prikazano na sl. 1. Konačne jednačine su prikazane u jednačinama (1–3). Svaka komponenta odgovara drukčijoj vrsti emisija koju jedinica ispušta tokom svog veka trajanja. Emisije se označavaju u jedinicama kg CO_2e/kg.

Jednačina 1: Jednačina LCCP



Slika 1. Komponente Klimatskih karakteristika tokom veka trajanja (LCCP)

$$LCCP = Direktne\ emisije + Indirektne\ emisije$$

Jednačina 2: Jednačina direktnih emisija

$$Direktne\ emisije = C\ (1 \cdot ALR + EOL)\ (GWP + Adp.\ GWP)$$

Jednačina 3: Jednačina indirektnih emisija

$$Indirektne\ emisije = L\ AEC\ EM + \Sigma(m\ MM) + \Sigma(mr\ RM) + C\ (1 + L\ ALR)\ RFM + C\ (l - EOL)\ RFD$$

gde su:

C – punjenje rashladnog fluida (kg),
L – prosečan vek trajanja opreme (god.),
ALR – stopa godišnjeg curenja (% punjenja rashladnog fluida),
EOL – kraj veka curenja rashladnog fluida (% punjenja rashladnog fluida),
GWP – potencijal globalnog zagrevanja (kgCO_{2e}/kg),
Adp. GWP – GWP proizvoda atmosferske degradacije rashladnog fluida (kg CO_{2e}/kg),
AEC – godišnja potrošnja energije (kWh),
EM – proizvedeni CO_2/kWh (kg CO_{2e}/kWh),
m – masa jedinice (kg),
MM – proizvedeni CO_{2e}/materijal (kg CO_{2e}/kg),
mr – masa recikliranog materijala (kg),
RM – proizvedeni CO_{2e}/reciklirani materijal (kg CO_{2e}/kg),
RFM – emisije pri proizvodnji rashladnog fluida (CO_{2e}/kg),
RFD – emisije pri proizvodnji rashladnog fluida (kg CO_{2e}/kg).

1.2. Izvori podataka o direktnim emisijama

Direktne emisije čine efekti rashladnih fluida ispuštenih u atmosferu tokom veka trajanja jedinice. One obuhvataju:

– godišnji gubitak rashladnog fluida od postepenog curenja;
– gubitke na kraju veka raspolaganja jedinicom;
– proizvodi atmosferske reakcije na raspadanje rashladnog fluida u atmosferi.

Ove tri kategorije se izračunavaju pomoću stope curenja rashladnog fluida pomnožene punjenjem rashladnog fluida i potencijalom globalnog zagrevanja (GWP) rashladnog fluida.

1.2.1. Potencijal globalnog zagrevanja

Ova smernica koristi vrednosti GWP-a dobijene od Međunarodnog panela o Petoj proceni promene klime (IPCC): Promena klime (AR5). Te vrednosti su izračunate korišćenjem vremenskog toka od 100 godina u cilju politike i doslednosti. Vrednosti AR5 su najčešće korišćene u međunarodnom istraživanju i javnoj politici. Ako rashladni fluid nije uključen u AR5, mogu se koristiti vrednosti GWP koje daje proizvođač. Da bi se izračunale mešavine rashladnih fluida, treba koristiti izmerene proseke komponenata rashladnog fluida. Adaptivni GWP je GWP proizvoda atmosferske reakcije na rashladni fluid. Vrednost bi trebalo uključiti u proračun kada je na raspolaganju. Tabela 1 pokazuje nekoliko uobičajenih GWP-a rashladnih fluida i vrednosti adaptivnih GWP-a.

Tabela 1. Informacije o rashladnom fluidu

Rashladni fluid	GWP (kg CO_{2e}/kg)	Adaptivni GWP (kg CO_{2e}/kg)
Amonijak	0	0
Ugljen-dioksid	1	0
HFC-32	677	Nije na raspolaganju
HFO-1234yf	< 1	3,3
HFC-134a	1.300	1,6
HC-290	3	Nije na raspolaganju
HFC-404A	3.943	Nije na raspolaganju
HFC-410A	1.924	Nije na raspolaganju

1.2.2. Informacije o sistemu

Prosečan vek trajanja jedinice (L), godišnje stope curenja rashladnog fluida jedinice (ALR) i stope curenja na kraju veka (EOL) uzete su iz izveštaja AR4, AR5 i izveštaja za 2002. Tehničkog opcionog komiteta UNEP-a. Date vrednosti su proseci za razvijene zemlje i obuhvataju jedinice koje su već u radu. Godišnje stope curenja su sume postepenog curenja sistema tokom jedne godine. Ti proseci obuhvataju i katastrofalna curenja tokom veka trajanja jedinice. Taj izraz ne obuhvata gubitak rashladnog fluida kada je jedinica uklonjena. Vrednosti su prikazane u tabeli 2 za različite vrste jedinice. Stope curenja na kraju veka trajanja obuhvataju količinu rashladnog fluida koji je izgubljen kada jedinica prestane da radi. Te stope su određene propisima koji su važili u razvijenim zemljama, da bi ograničili količine rashladnog fluida koje se ispuštaju u atmosferu.

Tabela 2. Informacije o sistemu

Vrsta sistema	ALR (%)	EOL (%)	L (god.)
Stambene paketne jedinice	2,5	15	15
Stambene split jedinice	4	15	15
Paketno hlađenje	2	15	15
Supermarket – direktni sistem	18	10	7–10
Supermarket – indirektni sistem	12	10	7–10
Komercijalno hlađenje – samostojeći	5	15	15
Komercijalno – paketne jedinice	5	15	10
Komercijalno – split jedinice	5	15	10
Čileri	5	15	15
Pomorski	20	15	15

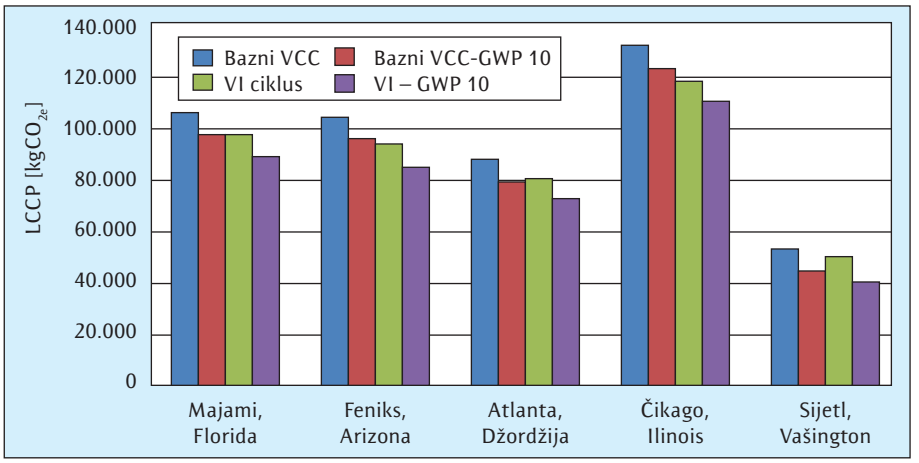
1.3. Izvori podataka o indirektnim emisijama

Indirektne emisije nastaju iz upotrebe jedinice tokom njenog veka trajanja kao i proizvodnje njihovih komponenata i raspolaganja njima. Obuhvataju:

– emisije iz proizvodnje električne energije;
– emisije iz proizvodnje materijala;
– emisije iz proizvodnje rashladnog fluida;
– emisije iz raspolaganja jedinicom.

1.3.1. Izračunavanje potrošnje energije

Emisije nastale iz proizvodnje energije su najveći faktor u jednačini LCCP. U izračunavanju godišnje potrošnje energije sistema, prednost ima metod koji koristi Model godišnjeg opterećenja, u skladu sa standardima ASHRAE, AHRI i ISO. Za IIR-ovu brošuru sa smernicama za upravljanje, napravljena su dva Excel-ova alata. Brošura se može naći na IIR-ovom veb-sajtu. Drugi Excel-ov alat je takođe na raspolaganju preko AHRI-ja, za složenija poređenja stambenih jedinica.



Slika 2. Unapredeni ciklus i poređenje rashladnih fluida sa malim GWP-om

Rashladna i toplotna opterećenja trebalo bi izračunavati korišćenjem odgovarajućeg ISO standarda ili standarda ANSI/AHRI za vrstu sistema koji je procenjivan. Najveći broj standarda je na raspolaganju u SI i IP jedinicama. Za klimatizacione, grejne i rashladne jedinice i čilere, čije karakteristike zavise od uslova vremena, trebalo bi koristiti najmanje četiri temperaturna intervala za hlađenje i četiri intervala za grejanje. Opterećenje bi trebalo izračunavati za svaki opseg, a onda sumirati, da bi se odredila ukupna godišnja potrošnja energije. Za jedinice čija potrošnja energije ne zavisi od vremenskih uslova u okolini, trebalo bi koristiti postupak proračuna preuzet iz proverenih standarda i sumirati za vek trajanja jedinice. Kada se izračunava ukupno potrošena energija, treba je pomnožiti sa stopom emisija koje nastaju pri proizvodnji energije za celo područje.

Stendbaj ili grejači kućista kompresora mogu takođe da troše znatne količine energije. Te uređaje treba razmatrati u klimatskim zonama u kojima je kompresor isključen ili je u stendbaj položaju vrlo dugo vremena.

Bazna jednačina kako je napisana pretpostavlja da je sistem ponovo napunjen rashladnim fluidom do svog optimalnog godišnjeg punjenja i da su uticaji potrošnje energije na sistem minimalni. Međutim, poznato je da će curenje rashladnog fluida imati negativan uticaj na osobine jedinica KGH tokom njihovog radnog veka. Ta degradacija karakteristika može biti razmatrana kada se izračunava potrošnja energije jedinice. Pogoršanje karakteristika može se odrediti pomoću podataka o ispitivanju jedinice ili iz prethodnih istraživanja.

1.3.2. Podaci o klimi

Podaci o klimi se koriste za određivanje opterećenja jedinice. Te podatke bi trebalo podeliti na sate u godini. Svaki sat treba da odrazi prosek tokom više godina. Ovaj metod otklanja neregularnosti iz godine u godinu. Kad god je moguće, treba koristiti datoteke Međunarodnog vremena za energetske proračune (IWEC), 2013, i Nacionalne laboratorije za obnovljivu energiju (NREL) – bazu podataka o Tipičnoj meteorološkoj godini (TWY3), 2015. Međunarodna agencija za energiju (IEA) i Ministarstvo energije SAD (DOE) izradili su spiskove alternativnih izvora ako lokacija koja je modelirana nije obuhvaćena datotekama IWEC-a ili TMY3-a.

1.3.3. Emisije pri proizvodnji elektroenergije

Emisije koje nastaju pri proizvodnji električne energije predstavljaju primarni faktor u proračunima LCCP-a. Metodologija LCCP-a pretpostavlja da jedinica koja je predmet procene koristi električnu mrežu za 100% zahtevane snage. Severnoamerička korporacija pouzdane elektroenergije (NERC) i IEA obezbeđuju sadašnje emisije pri proizvodnji električne energije. Izabrane stope emisije zavise od svrhe proračuna. Za specifičnog korisnika koji želi da smanji emisije pri specifičnoj primeni, mogu se koristiti lokalne stope. Uopšte, važno je koristiti uobičajene stope koje važe u području u kojem su električne mreže međusobno povezane.

1.3.4. Emisije pri proizvodnji materijala

Emisije pri proizvodnji materijala bile su sakupljene iz različitih izvora u SAD i EU. Ti izvori su obuhvatili trgovinske asocijacije, vladina odeljenja i ranije istraživačke napore. Četiri najčešća materijala u proizvodnji KGH jedinica navedena su u vodiču LCCP-a. Konačne vrednosti iznesene su u tabeli 3.

1.3.5. Emisije pri proizvodnji recikliranog materijala

Mnogi materijali su danas proizvedeni od mešavine neobrađenih i recikliranih materijala. Prosečne vrednosti za reciklirane materijale prikazane su u tabeli 3. Vrednosti emisija za reciklirane materijale su onda uzete i podešene za razvoj mešavine emisija iz proizvodnje (tabela 3).

Tabela 3. Emisije pri proizvodnji materijala

Materijal	Emisije iz neobrađenog materijala (kg CO_{2e}/kg)	Procenat recikliranih materijala u mešavini materijala	100% reciklirani materijal (kg CO_{2e}/kg)	Emisija iz mešovite proizvodnje (kg CO_{2e}/kg)
Čelik	1,8	29%	0,54	1,43
Aluminijum	12,6	67%	0,63	4,5
Bakar	3,0	40%	2,46	2,78
Plastika	2,8	7%	0,12	2,61

1.3.6. Emisije pri proizvodnji rashladnih fluida

Stope emisije pri proizvodnji rashladnih fluida navedene su u tabeli 4 za nekoliko najčešće korišćenih fluida. Te vrednosti su prikupljene iz različitih studija i informacija proizvođača i predstavljaju prosečne vrednosti raspoloživih izvora.

Tabela 4. Emisije pri proizvodnji rashladnih fluida

Rashladni fluid	Emisije pri proizvodnji (kg CO_{2e}/kg)
HFC–32	7,2
HFCO–1234yf	13,7
HFC–134a	5,0
HC–290	0,05
HFC–404A	16,7
HFC–410A	10,7

1.3.7. Emisije u radnom veku

Poslednja komponenta koja spada među indirektne emisije jesu emisije nastale pri raspolaganju jedinicama. Emisije nastale pri raspolaganju materijalom obuhvataju sve emisije do proizvodnje recikliranog materijala. Za metale i plastiku ona obuhvata iseckani materijal. Za rashladne fluide, ona uključuje energiju potrebnu za rekuperaciju rashladnog fluida. Te emisije mogu biti uključene u emisije pri proizvodnji, ako je materijal proizveden od recikliranog materijala. Istraživanje javnih saopštenja dovelo je do određivanja količina proizvedenih pri seckanju metala,i plastike. Vrednosti od 0,07 kg CO_{2e}/kg za metal i 0,01 kg CO_{2e}/kg za plastiku izabrane su iz raspoloživih izvora.

2. Alati za određivanje klimatskih karakteristika veka trajanja (LCCP)

2.1. Alati LCCP-a

Tabela 5 obuhvata raspoložive alate i njihovu primenu. Alati AHRI i IIR su za stambene toplotne pumpe. Alat ORNL se može upotrebiti u svim vrstama primene. Alat GREEN-MAC-LCCP je samo za mobilne klimatizacione jedinice. TEWI se može koristiti ako se želi hitno upoređenje. Za detaljniju procenu treba koristiti LCCP.

Tabela 5. Alati LCCP-a

Alat	Vrsta programa	Primena
AHRI LCCP	Na bazi Excela	Jednobrzinski kompresor. Stambene toplotne pumpe
ORNL LCCP	Otvoreni izvor (verzije Web i Desktop)	Svi tipovi
GREEN-MAC-LCCP	Na bazi Excela	Mobilna klimatizacija
IIR-LCCP	Na bazi Excela	Jednobrzinski kompresor. Stambene toplotne pumpe

3. Korišćenje i ograničenja LCCP-a

3.l. Korišćenje LCCP-a

Metodologija LCCP-a je veoma fleksibilan alat koji se može prilagoditi upotrebi sa bilo kojim sistemom stacionarnog hlađenja, klimatizacije i toplotnih pumpi, korišćenjem parno-kompresionih ciklusa pogonjenih električnom energijom iz električne mreže. Različiti sistemi se mogu upoređivati kada svi proračuni koriste iste pretpostavke i dati proračunski metod. Tu metodologiju treba koristiti za upoređenje različitih opcija u naporima da se smanje ukupne emisije jedinice tokom njenog radnog veka.

3.2. Korišćenje LCCP-a sa unapređenim opcijama ciklusa i rashladnim fluidima sa malim potencijalom globalnog zagrevanja (GWP)

Da bi se ostvarili ciljevi u pogledu smanjenja potrošnje energije, kao što su oni koje je predložilo Ministarstvo energije SAD (DOE) o smanjenju potrošnje energije u stambenom sektoru za 40% od nivoa u 2010, do 2025, neophodna je kombinacija unapređenih opcija ciklusa i rashladnih fluida sa malim GWP-om. Nekoliko naprednih opcija ciklusa je primenjeno na LCCP za stambene toplotne pumpe, koje koriste R-410A, uključujući usisnu liniju u ciklusu razmenjivača toplote, ekspanderski ciklus, ejektorski ciklus i parno-injekcioni flash-tank ciklus. Među modeliranim ciklusima, ciklus sa najboljim karakteristikama je parno-injekcioni flash-tank ciklus. Ciklus je pokazao smanjenje LCCP-a od 8,2% u Atlanti, Džordžija, u SAD. Kada se u ciklusu primeni rashladni fluid sa malim GWP-om, smanjenje LCCP-a se dalje povećava. Parno-injekcioni ciklus u Atlanti, pri korišćenju rashladnih fluida sa GWP-om 10, pokazao je smanjenje LCCP-a od 17,8%.

3.3. Ograničenja LCCP-a

Kao i za TEWI, izračunavanje LCCP-a zavisi od broja pretpostavki u vezi sa karakteristikama sistema, emisija pri proizvodnji, tipičnih karakteristika sistema i emisija pri proizvodnji energije. Te vrednosti su sve u nekoj meri stvar neizvesnosti. LCCP bi trebalo koristiti kao komparativno sredstvo za sisteme sa sličnim karakteristikama i funkcijom. Svrha LCCP-a nije da bude korišćen kao definitivno procenjena emisije tokom veka trajanja. Male varijacije između različitih jedinica ne mogu imati značaja zbog svojstvene neizvesnosti u pretpostavljenim vrednostima emisija.

Nomenklatura

Adp GWE – adaptivni GWP
AEC – godišnja potrošnja energije
ALR – stopa godišnjeg curenja (% punjenja rashladnog fluida)
C – punjenje rashladnog fluida
CO_{2e} – ekvivalent CO_2
L – prosečni vek trajanja opreme
LCCP – klimatske karakteristike veka trajanja
EM – CO_2 proizveden u jedinici kWh elektroenergije
EOL – kraj veka curenja rashladnog fluida
GWP – potencijal globalnog zagrevanja
m – masa jedinice
MM – CO_2 proizveden u jedinici mase materijala
mr – masa recikliranog materijala
RFM – emisije pri proizvodnji rashladnog fluida
RFD – emisije pri raspolaganju rashladnim fluidom
RM – CO_2 proizveden u jedinici mase recikliranog materijala

Preporuka

Korišćenje LCCP-a. LCCP je celovita mera za kvantifikaciju uticaja jedinica KGH na životnu sredinu. To je lako razumljiv metod za upoređivanje uticaja tih jedinica tokom njihovog veka trajanja. Ta mera bi trebalo da bude bitna alatka u budućoj selekciji, razvoju i primeni tih jedinica.

Upoređenje različitih rashladnih fluida sa LCCP-om. Kada se upoređuju različiti rashladni fluidi, trebalo bi razmatrati kapacitete hlađenja tih fluida. Ako je neophodno, kapacitete bi trebalo povećati tako da se fluidi mogu tačnije uporediti.

Alatka LCCP. Postoji nekoliko alatki LCCP-a. Tabela 5 obuhvata raspoložive alate i njihovu primenu. Alati AHRI i alati IIR su za stambene toplotne pumpe. Alat ORNL može se upotrebiti za sve vrste primene. Alat GREEN-MAC-LCCP je samo za jedinice mobilne klimatizacije. TEWI bi trebalo upotrebiti ako je potrebno brzo poređenje. Za detaljniju procenu treba koristiti LCCP.

Smanjenje LCCP-a. Dva su glavna puta za smanjenje LCCP-a jedinica KGH: smanjenje potrošnje energije i upotreba rashladnih fluida sa malim GWP-om. Napredni ciklusi su efikasan način za smanjenje potrošnje energije jedinice. U kombinaciji sa rashladnim fluidom sa malim GWP-om, LCCP se može značajno smanjiti. Međutim, za značajnije poboljšanje energetske efikasnosti potreban je veći napor, da bi se postigli ciljevi koje je odredio Pariski sporazum na konferenciji o klimi (COP21) u decembru 2015.