

Primljen / Received: 12.8.2021.  
Ispravljen / Corrected: 11.5.2022.  
Prihvaćen / Accepted: 7.6.2022.  
Dostupno online / Available online: 10.9.2022.

## Održivo stanovanje: Analiza energetske učinkovitosti u Turskoj u usporedbi s austrijskim građevinskim standardima

### Autori:



Izv.prof.dr.sc. **Hatice Kalfaoglu Hatipoglu**, dipl.ing.arh.  
Sveučilište Yıldırım Beyazıt u Ankari, Turska  
Fakultet arhitekture i likovnih umjetnosti  
Odsjek za arhitekturu  
[hhatipoglu@ybu.edu.tr](mailto:hhatipoglu@ybu.edu.tr)  
[haticekalfaoglu@hotmail.com](mailto:haticekalfaoglu@hotmail.com)  
Autor za korespondenciju



Doc.dr.sc. **Rukiye Cetin**, dipl.ing.arh.  
Sveučilište Yıldırım Beyazıt u Ankari, Turska  
Fakultet arhitekture i likovnih umjetnosti  
Odsjek za arhitekturu  
[rcetin@ybu.edu.tr](mailto:rcetin@ybu.edu.tr)



**Atilla Hatipoglu**, dipl.ing.arh.  
Tehničko sveučilište u Beču, Austrija  
Odjel za arhitekturu  
[atilla.hatipoglu@hotmail.com](mailto:atilla.hatipoglu@hotmail.com)

Pregledni rad

**Hatice Kalfaoglu Hatipoglu, Rukiye Cetin, Atilla Hatipoglu**

### Održivo stanovanje: Analiza energetske učinkovitosti u Turskoj u usporedbi s austrijskim građevinskim standardima

Cilj je ovog istraživanja otkriti potencijal energetske učinkovitosti stanovanja i potaknuti korištenje energetske učinkovitih načina primjene energije u Turskoj prilagodbom sadašnjih europskih građevinskih tehnika, politika i standarda gradnje turskom sustavu. U tom kontekstu najprije su uspoređeni građevinski standardi koji se primjenjuju u Austriji i Turskoj. Potom je provedeno istraživanje na slučaju tipične samostojeće kuće u Konyi u smislu analize energetske učinkovitosti pomoću PHPP alata (paket za planiranje pasivnih kuća) uz korištenje klimatskih podataka iz Konye. Nekoliko optimiziranih scenarija u kojima se primjenjuju austrijski propisi izvedeno je prema temeljnom scenariju. Kao rezultat toga, otkriveni su potencijali za smanjenje potrošnje energije i smanjenje emisija stakleničkih plinova, koji se mogu osigurati primjenom građevinskih pravila grada Beča, točnije njegovih strukturalnih praksi i energetske tehnika. Rezultati objašnjavaju na koji način građevinski standardi i graditeljske prakse mogu doprinijeti ekonomiji i ekološkoj ravnoteži. Slijedom toga, istraživanje naglašava nužnost revizije turskih građevinskih standarda i poboljšanja sadašnjih politika za visokokvalitetno i održivo projektiranje stambenih zgrada.

#### Ključne riječi:

energetska učinkovitost u stambenom sektoru, tehnike gradnje, stambena politika, kvaliteta stanovanja, održivo stanovanje, građevinski standardi

Scientific research paper

**Hatice Kalfaoglu Hatipoglu, Rukiye Cetin, Atilla Hatipoglu**

### Sustainable housing: Analysis of energy performance potential in Turkey with translation of building standards of Austria

This study aims to investigate the energy-saving potential in the housing sector and encourage the employment of energy-efficient applications in Turkey by adapting the current European building techniques, policies and building standards in the Turkish system. First, the building standards applied in Austria and Turkey were comparatively discussed. Secondly, an energy performance analysis was performed using a PHPP Tool (Passive House Planning Package) and Konya climate data to study a typical detached house in Konya. Several optimisation scenarios that apply the Austrian regulations were conducted to form a base case Scenario. As a result, the energy and greenhouse gas emission reduction potentials, which can be provided using Vienna's building code considering the structural practices and energy techniques, were revealed. The findings shed light on how the building standards and structural practices can contribute to economic and ecological balance. Consequently, the study emphasises revising the Turkish building standards and improving the current policies to ensure high-quality and sustainable housing designs.

#### Key words:

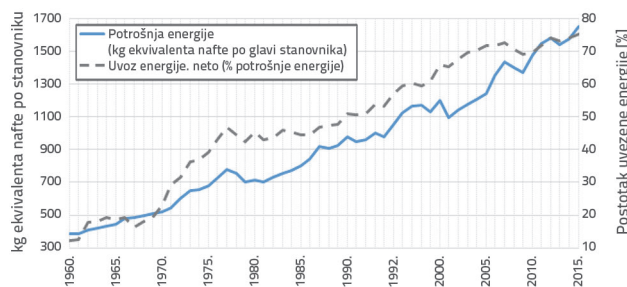
energy efficiency in housing, construction techniques, housing policy, housing quality, sustainable housing, building standards

## 1. Uvod

Koncept "održivosti", koji se 1970-ih pojavio diljem svijeta zajedno s energetsom krizom, postao je koncept koji se uzima u obzir u svim sektorima. Konkretno, projektiranje stanova čini veliki udio u građevinskom sektoru u Turskoj. Samom procesu projektiranja trebalo bi se pristupiti s holističkom perspektivom kako bi se osigurala okolina pogodna za život [1]. Pristupi koji mogu pogodovati toj perspektivi osobito su korišteni u zapadnim zemljama [2-5]. Moraju se uzeti u obzir ekonomske i ekološke ravnoteže koje predstavljaju kriterije oblikovanja nužne za tu perspektivu. Iako su određeni trendovi oblikovanja ovaj pristup nazvali "lošim dizajnom", njega je u prvom stoljeću prije Krista spominjao i rimski arhitekt Vitruvije [6].

U prošlom stoljeću, kao rezultat industrijalizacije i rasta stanovništva, potražnja za energijom nastavlja se povećavati iz dana u dan zajedno s negativnim popratnim učincima poput globalnog zatopljenja, klimatskih promjena i onečišćenja zraka [7-10]. U isto vrijeme, fosilna se goriva poput nafte, ugljena i prirodnog plina, koja se također nazivaju ograničenim izvorima energije, brzo troše. Energija, kao najznačajniji čimbenik koji izravno utječe na ravnotežu u gospodarstvu, postaje sve važnija i među zemljama uvoznicama i izvoznicama. Sve veće cijene energetskih resursa, iscrpljivanje masovno korištenih ograničenih energetskih resursa i njihovi štetni učinci na okoliš naveli su sva područja znanosti da minimiziraju zahtjeve za energijom i traže alternativne/obnovljive izvore energije.

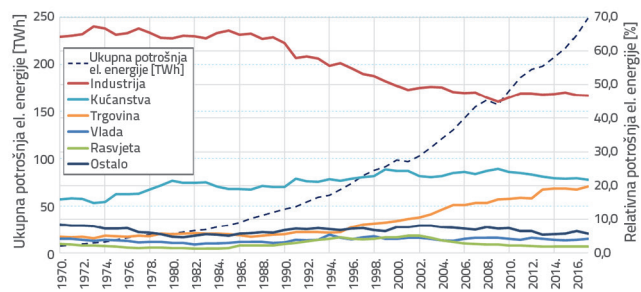
S obzirom na to, građevinski je sektor odgovoran za oko 40-50 % ukupne potrošnje energije u svijetu, 30-40 % svih emisija CO<sub>2</sub> i trećina emisija stakleničkih plinova [11-13]. Također, količina energije koja se koristi u HVAC sustavima u zgradama jednaka je otprilike polovici ukupne potrošnje.



Slika 1. Postotak potrošnje energije po glavi stanovnika i potražnja za energijom u Turskoj [14]

Energetska ovisnost Turske o uvoznim sirovinama znatno je veća od prosjeka europskih zemalja [15, 16]. Najveću stavku proračunskog deficita Turske čini uvoz primarnih energenata. Prema podacima Turskog zavoda za statistiku (TUIK), godišnji uvoz energije u Tursku tijekom 2019. dosegao je približno 42 milijarde dolara [17]. Kao što je prikazano na slici 1., godišnja potrošnja energije po glavi stanovnika i postotak uvoza energije u Turskoj proporcionalno rastu. U 2015. godini uvezeno je 1242 (75,2 %) od 1651 kg ekvivalenta nafte (eng. *kg of oil equivalent*

- koe) po glavi stanovnika [18]. Pitanje proizvodnje i potrošnje energije kao jedne od strateških tema u smislu nacionalne neovisnosti Turske, potrebno je pažljivo istražiti. Važan udio u toj potrošnji ima građevinski sektor. Prema statističkim podacima o distribuciji i potrošnji električne energije u Turskoj [19], industrijski sektor ima najveću stopu potrošnje energije (48 % u 2016.). Slijede kućanstva (~22 % u 2016.) i komercijalna uporaba (~20 % u 2016.). Moglo bi se reći da se, kada je riječ o kućanstvima i komercijalnim objektima, korištenje električne energije uglavnom odvija u izgrađenom okruženju. Dakle, ukupno 42 % električne energije, gotovo jednako kao industrijska potrošnja, troši se u zgradama i njihovoj blizini. A među tim zgradama izdvajaju se stambene s prosjekom od ~22 % (slika 2.).

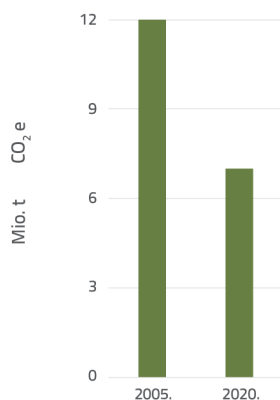


Slika 2. Godišnja potrošnja električne energije prema sektorima u Turskoj [19]

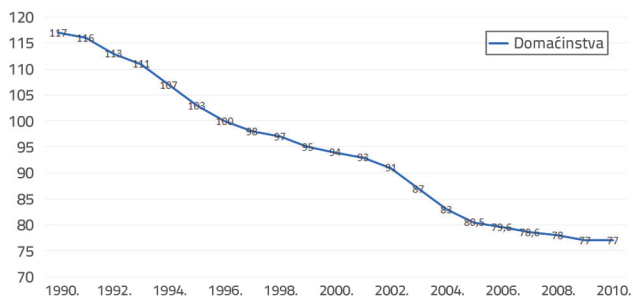
Prema podacima Ministarstva energetike i prirodnih resursa Republike Turske, konačna stopa potrošnje energije u građevinskom sektoru bila je na prvom mjestu u 2015. s postotkom od 32,8 % [20]. U okviru Akcijskog plana borbe protiv klimatskih promjena 2011. do 2023., Ministarstvo je definiralo različite ciljeve za povećanje energetske učinkovitosti i povećanje stope obnovljive energije u proizvodnji električne energije. U dokumentu Strategije energetske učinkovitosti predviđene su aktivnosti kojima bi se barem jedna četvrtina građevinskog fonda 2010. godine pretvorila u održive zgrade do 2023. godine. Nadalje, u ovom strateškom dokumentu navode se aktivnosti s ciljem uključivanja kriterija održivosti u zahtjeve za građevinske dozvole i promicanja održive izgradnje u projektima masovnog stambenog zbrinjavanja [20].

Prema podacima TÜİK-a, točnije dokumenta "Građevinske uporabne dozvole izdane u razdoblju od 2014. do 2018. za stambene zgrade u Turskoj," broj samostojećih kuća je 101.405, a njihova ukupna neto površina iznosi 19.729.501 m<sup>2</sup> [21]. Potrošnja energije i potencijal za uštedu po jedinici površine veći su u samostojećim kućama u odnosu na stanove. Stoga će se poboljšanje metoda uštede energije odraziti ne samo na izgradnju stambenih zgrada, već i na ostale građevine. S druge strane, postojanje smjernica za manje jedinice kao što su samostojeće kuće također ima potencijal za stvaranje platformi za raspravu i praćenje koraka u reviziji građevinskih standarda i uspostavljanju novih standarda za veće stambene jedinice nakon kojih slijede uredi, obrazovne zgrade, zdravstveni centri, a potom i industrijske zgrade.

Kako bi se to postiglo, jedan je način pratiti sadašnje, i dokazano uspješne, primjene, poput onih u Europi gdje se provode strateški planovi ne samo na nacionalnoj razini nego i na državnoj ili regionalnoj razini podupirući te planove zakonima i poticajima [22, 23]. Među europskim zemljama, Austrija je postala referentna zemlja zbog svog pristupa održivoj gradnji koji je formiran praćenjem EU normama s mjerama i sankcijama koje se odnose na energetske učinkovitosti i pogodnost za život u periodu od 30 godina [24-27]. U Austriji je "Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada (eng. *Energy performance of buildings directive - EPBD*)" odobrena 2002., a stupila je na snagu 2003. [28, 29]. Cilj je Direktive povećanje energetske učinkovitosti zgrada u zemljama unutar Europske unije pomoću troškovno učinkovitih mjera. Stvorena je kako bi se EU certifikat energetske učinkovitosti prilagodio nacionalnim zakonima u okviru uredbe "Direktiva 6: Ušteda energije i toplinska izolacija" u nadležnosti Austrijskog tehničkog instituta. Razdoblje između 2005. i 2009. godine označava početak ostvarivanja energetske i klimatskih ciljeva EU-a u kontekstu politike održivosti u Austriji. Od tada je poduzela mnoge mjere koje daju pozitivne učinke za postizanje zadanih ciljeva energetske politike u promatranom razdoblju [27, 30]. Nakon "20/20/20" ciljeva klimatske i energetske politike EU-a [28] 2008. godine, Austrija je postavila svoje ciljeve za 2020. u strategiji mjera razvijenoj u suradnji s državama i stručnjacima u travnju 2009. U toj strategiji cilj je 20 % veća energetska učinkovitost, 34 % veći udio obnovljive energije i 39 % manje emisija stakleničkih plinova u usporedbi s 2005. godinom [31]. Slika 3. prikazuje emisiju stakleničkih plinova u Austriji između 2005. i 2020. godine. Osobito je u stambenom sektoru osigurano ključno poboljšanje u pogledu energetske učinkovitosti, kao što je prikazano na slici 4. Kao rezultat toga, ova kretanja, koja povećavaju energetske učinkovitosti kroz različite inicijative, kao i sve primijenjene strategije i politike, pokazuju da je postignut ozbiljan napredak u pogledu održivosti.



Slika 3. Ukupna emisija stakleničkih plinova u građevinskom sektoru u Austriji 2005. i 2020. [31]



Slika 4. Indeks energetske učinkovitosti u stambenom sektoru u Austriji između 1990. i 2010. (Iznos energetske učinkovitosti u 1996. godini uzet je kao 100 i prema njemu su određeni postoci promjena u ostalim godinama) [31]

Kao rezultat toga, propisi koji su doneseni za zgrade, a koji su poboljšali energetske učinkovitosti u stambenom sektoru rezultirali su pozitivnom promjenom u europskim zemljama, a iz prije navedenih razloga, razvoj ovih propisa u Turskoj može potencijalno smanjiti potražnju energije u građevinskom sektoru. Cilj je ovog istraživanja otkriti potencijal energetske učinkovitosti u Turskoj koji će se postići prilagodbom sadašnjih europskih građevinskih tehnika, tehnologija energetske učinkovitosti i građevinskih standarda turskom sustavu. Važnost ovog istraživanja proizlazi iz prilagodbe gore spomenutih standarda na model samostojeće kuće u Konyi koja će demonstrirati potencijal energetske učinkovitosti i, štoviše, dat će smjernice za izgradnju novih samostojećih kuća i njihovu obnovu. Argumenti i prijedlozi o građevinskim standardima i politikama pružit će se na primjeru scenarija za slučajeve s minimalnim zahtjevima, optimalne slučajeve i poboljšane slučajeve.

Sami građevinski standardi imaju potencijal za postupno povećanje razine potrošnje energije, ali učinak će u određenoj mjeri biti ograničen. Ograničenje ponajviše ovisi o društvenom čimbeniku, a to je u ovom slučaju: sudjelovanje javnosti. Bez suglasnosti javnosti, građevinski standardi mogu se zanemariti, a gradnja može biti nekvalitetno izvedena. Povrh toga, bit će potrebna stalna ispitivanja gradnje. To će nedvojbeno rezultirati slabijim poboljšanjima nego što je predviđeno, čak i u slučaju minimalnih zahtjeva. Ukratko, sudjelovanje javnosti može se postići samo poticanjem koje će se kasnije odraziti na usvajanje građevinskih standarda. Stoga poticaji koje podržavaju upravljačka tijela u ovom slučaju postaju korisni. Poticaji koji su dio strateškog plana koji se odražava na nacionalne, regionalne i lokalne politike imaju moć održavanja energetske učinkovitosti primjena.

U Turskoj su građevinski standardi koji se odnose na toplinsku izolaciju razvijeni od 1989. godine. Međutim, standardi nisu bili učinkovito politički podržani. Drugi je problem što je, u usporedbi sa standardima EU, potrebna ozbiljna intervencija. Ovim će se istraživanjem provesti komparativna analiza kroz model samostojeće kuće. Osnova će biti sadašnje stanje u turskim standardima za samostojeće kuće izgrađene između 2014. i 2018. godine. Ostali scenariji bit će oblikovani prema austrijskim

normama i politikama. Slično istraživanje u kojem se uspoređuje TS 825 [32], EN 832 i njemačke norme toplinske izolacije proveli su Dilmaç i Kesen 2003. godine [33]. Međutim, ažurirana verzija TS 825 reorganizirana je 2008. i 2013. [32, 34, 35]. Norme EU također su se razvile, a posebice u posljednjih 20 godina. Uvedena su različita poboljšanja kako bi se smanjila potrošnja energije u zgradama. U tom smislu, usporedba normi TS 825 koje se primjenjuju u Turskoj i europskih normi putem modela građevine otvorit će put prijedlozima koji se mogu predložiti za nacionalne norme i građevinske politike.

U skladu s tim ciljevima izradit će se scenariji modela projekta samostojeće kuće. Temeljni scenarij bit će oblikovan u skladu sa zakonima i propisima u Turskoj, a ostali scenariji bit će postavljeni u skladu s austrijskim zakonima, propisima i politikama. Kao rezultat toga, utvrdit će se potencijal za uštedu energije i smanjenje vrijednosti emisija ugljika koji se može postići kroz poboljšanje strukturne i tehničke opreme i dijelova. Nadalje, uzimajući u obzir količinu ukupnih stambenih površina svih samostojećih stambenih jedinica izgrađenih između 2014. i 2018. u Turskoj, iznijet će se potencijal za smanjenje potražnje za energijom i smanjenje emisija ugljika svih samostojećih kuća izgrađenih tijekom ovih godina.

## 2. Standardi izolacije zgrada u Turskoj i Austriji

Energetska učinkovitost zgrade prije svega je povezana s ovojnicom zgrade. Drugim riječima, održavanje ugodnih uvjeta stvorenih u unutarnjim prostorima izravno ovisi o toplinskim svojstvima ovojnice zgrade. Kako bi ovojnica izvršavala svoju ulogu na najučinkovitiji način, treba izbjegavati otvore (pukotine, pogreške u nanošenju ili bilo koje planirane otvore koji se ne mogu koristiti). Drugo, vrijednosti toplinske transmisije (U-vrijednost  $[W/m^2K]$ ) svih građevinskih elemenata povezanih s ovojnicom, točnije temelja, zidova, ploča, prozora, vrata i krova, treba svesti na najmanju moguću razinu. Ako je razlika u U-vrijednostima dvaju od ovih elemenata velika, to će rezultirati toplinskim mostovima koji stvaraju putove prijenosa topline kroz građevinski element. U tom će se slučaju uočiti strukturne nepravilnosti, a toplinska učinkovitost strukture bit će određena prema elementu s najvećom U-vrijednošću [36]. Kako bi se osigurala energetska učinkovitost, izračun i odabir materijala koji tvore građevinske elemente te prilagođavanje tih proračuna

standardu osigurat će prednosti u smislu potrošnje energije. Ukratko, elementi koji tvore ovojnicu zgrade s homogenom raspodjelom U-vrijednosti poboljšat će energetska učinkovitost zgrade [37-39].

U skladu s Uredbom Europskog parlamenta, Austrija je u proteklih 15 godina donijela niz propisa vezanih uz energetska politiku u stambenom sektoru. Dok je omjer ovisnosti Austrije o izvozu energije 2000. godine bio 65 %, taj se omjer 2017. godine smanjio na 64 %. U Turskoj je 2000. godine taj omjer iznosio 64 %, a podaci iz 2017. pokazuju da je premašio 77 %. S obzirom na sve veći broj stanovnika i ubrzani industrijski i stambeni razvoj Turske, ovi će omjeri u bliskoj budućnosti vjerojatno dosegnuti mnogo više razine. Nadalje, kao rezultat poticaja i potpora koje je austrijska vlada dala stambenom sektoru u skladu s energetska politikom, omjer stambenih zgrada koje koriste obnovljive izvore energije povećan je s 1,2 % na 3,8 % u 2016.; s druge strane, u Turskoj je omjer stambenih zgrada koje koriste obnovljive izvore energije u odnosu na sve stambene zgrade s građevinskim dozvolama do 2017. godine iznosio 0,14 % [21].

Uredba ÖIB 6 koju je objavio Austrijski institut za građevinarstvo (Österreichische Instituts für Bautechnik), a koja se mora poštovati u pogledu energetske učinkovitosti pri planiranju novih kuća u Austriji, navodi granice energetske učinkovitosti zgrada i maksimalne U-vrijednosti za građevinske elemente. Ta uredba regulira maksimalnu potražnju za energijom za grijanje i toplu vodu  $[kWh/m^2 \text{ godišnje}]$ , maksimalnu potražnju primarne energije  $[kWh/m^2a]$ , ukupni koeficijent energetske učinkovitosti i vrijednosti emisije stakleničkih plinova po stambenim područjima prema holističkoj perspektivi. Štoviše, u toj uredbi maksimalna potrebna energija za grijanje ograničena je na 54,4  $kWh/m^2 \text{ godišnje}$  za nove stambene zgrade koje će se planirati u 2016. u skladu s Uredbom Europskog parlamenta 2010/31/EU. S obzirom na to da je projekt modela samostojeće kuće planiran 2016. godine, u izračunima su korištene maksimalne vrijednosti Uredbe ÖIB 6 važeće za 2016. godinu (tablica 1.) [40].

Prozirni arhitektonski elementi osiguravaju pasivnu dobit od Sunčeve energije u zgradi. U slučaju da se potencijali Sunčeve energije ne mogu iskoristiti, ti prozirni arhitektonski elementi uzrokovali bi velike gubitke topline zimi i noću. Stoga su veličina i položaj građevinskih elemenata kao što su prozori pitanja koje treba razmotriti u fazi planiranja. Prozorski sustavi sastoje se od okvira i staklenih modula, a U-vrijednosti ovih dvaju

Tablica 1. Vrijednosti energetske učinkovitosti za novoizgrađenu kuću prema Uredbi ÖIB 6

Potreba za energijom		Za projekte novogradnje	Za velike projekte obnove
Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu u kućanstvu $[kWh/m^2 \text{ godišnje}]$	do 31.12.2016.	$16 \times (1 + 3,0 / I_c^*)$	$23 \times (1 + 2,5 / I_c^*)$
	od 1.1.2017.	$14 \times (1 + 3,0 / I_c^*)$	$21 \times (1 + 2,5 / I_c^*)$
Maksimalna potreba za energijom za grijanje i toplu vodu u kućanstvu $[kWh/m^2 \text{ godišnje}]$	do 31.12.2016.	54,4	-
	od 1.1.2017.	47,6	-

$I_c$  = bruto volumen zgrade / ukupna površina ovojnice zgrade

Tablica 2. Usporedba Austrije i Turske u maksimalnim U-vrijednostima [ $W/m^2K$ ] građevinskih elemenata

Element zgrade	Austrija	Turska Regija 1	Turska Regija 2	Turska Regija 3	Turska Regija 4
Zid (vanjski kontakt)	0,35	0,70	0,60	0,50	0,40
Krov	0,20	0,45	0,40	0,30	0,25
Kat	0,40	0,70	0,60	0,45	0,40
Prozor	1,40	2,40	2,40	2,40	2,40

Tablica 3. Izračun  $Q'$  (godišnja potreba za energijom za grijanje [ $kWh/m^2$  godišnje]) koja je ograničena ovisno o regijama i srednjoj vrijednosti  $A_{neto}/V_{bruto}$  stopa [32]

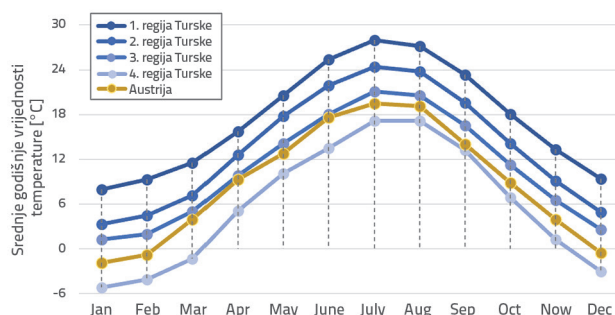
Regija	$Q'$ - godišnja potreba za energijom za grijanje [ $kWh/m^2$ godišnje]
1. regija	$Q'_{1,DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $A_{neto}$
	$Q'_{1,DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $V_{bruto}$
2. regija	$Q'_{2,DG} = 70 \times A/V + 24,4$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $A_{neto}$
	$Q'_{2,DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $V_{bruto}$
3. regija	$Q'_{3,DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $A_{neto}$
	$Q'_{3,DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $V_{bruto}$
4. regija	$Q'_{4,DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $A_{neto}$
	$Q'_{4,DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$ [ $kWh/m^2$ godišnje], izračunato pomoću $V_{bruto}$

$A_{neto}$  - neto ukupna površina zgrade [ $m^2$ ];  $V_{bruto}$  - ukupni bruto volumen zgrade [ $m^3$ ];  $Q'$  - godišnja potreba za energijom za grijanje [ $kWh/m^2$  godišnje]; DG - regija

materijala međusobno se razlikuju. Prema Uredbi ÖIB 6, ukupna U-vrijednost toplinske propusnosti prozorskih sustava ne smije prelaziti 1,4 ( $W/m^2K$ ). Osim toga, prozori u Austriji proizvode se s trostruko ostakljenim pločama, izolacijom i okvirom od drva/aluminija za niskoenergetske kuće. Ukupna U-vrijednost ovih prozora približno iznosi 1,0 ( $W/m^2K$ ). S novim prozorskim sustavima moguće je smanjiti U-vrijednost, čiji određeni iznos u Uredbi ÖIB 6 za pasivne kuće iznosi od 0,8 ( $W/m^2K$ ) do 0,6 ( $W/m^2K$ ).

Osim toga, prema članku 3. odlomku 118. Bečkog zakona o prostornom uređenju, nove zgrade moraju koristiti alternativne energetske sustave koji će osigurati visoku energetske učinkovitost [41, 42]. U članku 4.4. Uredbe ÖIB od 12. travnja 2019. [40], maksimalne U-vrijednosti za građevinske elemente navedene su u tablicama. Tablica 2. prikazuje sažetak U-vrijednosti Uredbe ÖIB i četiri različite klimatske regije u Turskoj prema "Direktivi o toplinskoj izolaciji u zgradama" koju je objavilo Ministarstvo za okoliš i urbanizam. Mjesečne prosječne vrijednosti temperature po regijama prikazane su na slici 5. Prema njima, grad Konya nalazi se u trećoj regiji. Maksimalne U-vrijednosti preporučene za ove klimatske regije prema elementima ovojnice zgrade uspoređene su za Austriju i Tursku u tablici 2.

U-vrijednosti navedene u Uredbi o toplinskoj izolaciji zgrada samo su preporuka. S druge strane, proračuni godišnje potrošnje energije za grijanje moraju se provoditi. Ove granične vrijednosti ovise o zoni i stopi ukupne površine/bruto volumena [ $A/V$ ] te su prikazane u tablici 3.



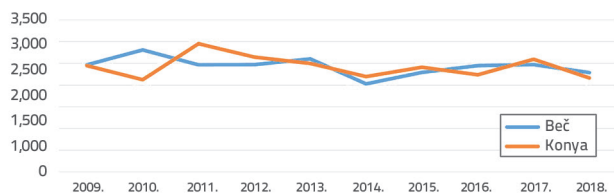
Slika 5. Prosječne godišnje temperature Austrije i klimatskih regija u Turskoj [32]

### 3. Materijali i metode

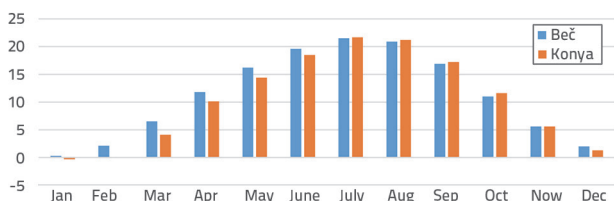
U Austriji se energetske certifikate zgrada izdaju putem GEQ Energieausweis, nacionalnog programa energetske simulacije zgrada. U ovom programu postoje unaprijed definirani klimatski podaci za svaku regiju u Austriji, a uređivanje podataka nije moguće. Osim toga, određivanjem lokalnih standarda unutar programa i izravnim prikazivanjem tih standarda korisniku, olakšava se korištenje i ubrzava proces registracije zgrade.

Na slici 6. prikazana je ovisnost stupanj-dan grijanja (eng. Heating Degree Day - HDD) gradova u periodu od 2009. do 2018., a na slici 7. raspodjela prosječne mjesečne vanjske temperature.





Slika 6. Stupanj-dan grijanja u Beču i Konyi između 2009. i 2018.



Slika 7. Raspodjela prosječne mjesečne vanjske temperature u Beču i Konyi

Iako su najniže, najviše i prosječne mjesečne vrijednosti temperature u 2019. godini, u Konyi i Beču bile podjednake (slike 6. i 7.), ipak postoje razlike u energiji globalnog zračenja. Budući da zgrade s istom geometrijom i istim građevinskim materijalima mogu pokazivati različite energetske performanse ovisno o klimi u različitim zemljopisnim regijama, korištenje GEQ programa koji je ograničen samo na austrijske klimatske podatke ne može se koristiti kao alat za odabrani slučaj u Konyi. Zbog tog ograničenja, izračuni energetske učinkovitosti provedeni su s PHPP 9.6 alatom koji je razvio institut "Passive House", a koji omogućuje uređivanje klimatskih podataka Konye [44].

Analize toplinske učinkovitosti provedene su samo za regije navedene u tablici 2., a količina oborina i vrste oborina su zanemarene. Iz tog razloga, energetska učinkovitost samostojeće kuće s grijanom površinom od 255 m<sup>2</sup> u Konyi, koja je projektirana 2016. i izgrađena 2018., odabrana je kao model kuće, a izračuni su provedeni s klimatskim podacima Konye pomoću PHPP alata. PHPP, predstavljen 1998., radi u formatu xls/xlsm. Glavne značajke tog alata su izračun grijanja i hlađenja prostora (godišnje i mjesečne vrijednosti, distribucije i opskrbe toplinom, potražnje za električnom i primarnom energijom, izračun karakterističnih vrijednosti prozora, zasjenjenja, toplinskog opterećenja, potrebe za hlađenjem i odvlaživanjem, ventilacija za velike objekte i nestambene zgrade, uzimajući u obzir obnovljive izvore energije, te EnerPHit certificiranje (adaptacija postojećih zgrada). Program je verificiran i međunarodno se koristi u brojnim akademskim i komercijalnim projektima za analizu i poboljšanje energetske učinkovitosti zgrada [45-47]. Stvoreni su scenariji u kojima se postojeći model kuće prilagođava austrijskim standardima u pogledu konstrukcijskih i energetske tehnika kako bi se osiguralo ispunjavanje minimalne usklađenosti s bečkim zakonima o prostornom uređenju sukladno s граниčnim vrijednostima Uredbe ÖIB 6. Prije svega, građevinski elementi raspoređeni su u skladu s Uredbom ÖIB 6 uzimajući u obzir granice U-vrijednosti, a zatim su toplinska crpka i solarni paneli, koji

se smatraju učinkovitim tehnologijama grijanja, prilagođeni u skladu s bečkim zakonima o prostornom uređenju. Kao rezultat, utvrđene su ukupne vrijednosti uštede energije i vrijednosti emisije ugljika postignute kroz poboljšane scenarije. Uzimajući u obzir područja korištenja svih samostojećih obiteljskih kuća u Turskoj koje su dobile dozvole između 2014. i 2018., utvrđena je približna vrijednost potencijala za uštedu energije i smanjenje emisije ugljičnog dioksida koja može postići ako se Uredba ÖIB primijeni diljem Turske.

### 3.1. Klimatski podaci i metoda izračuna energetske učinkovitosti

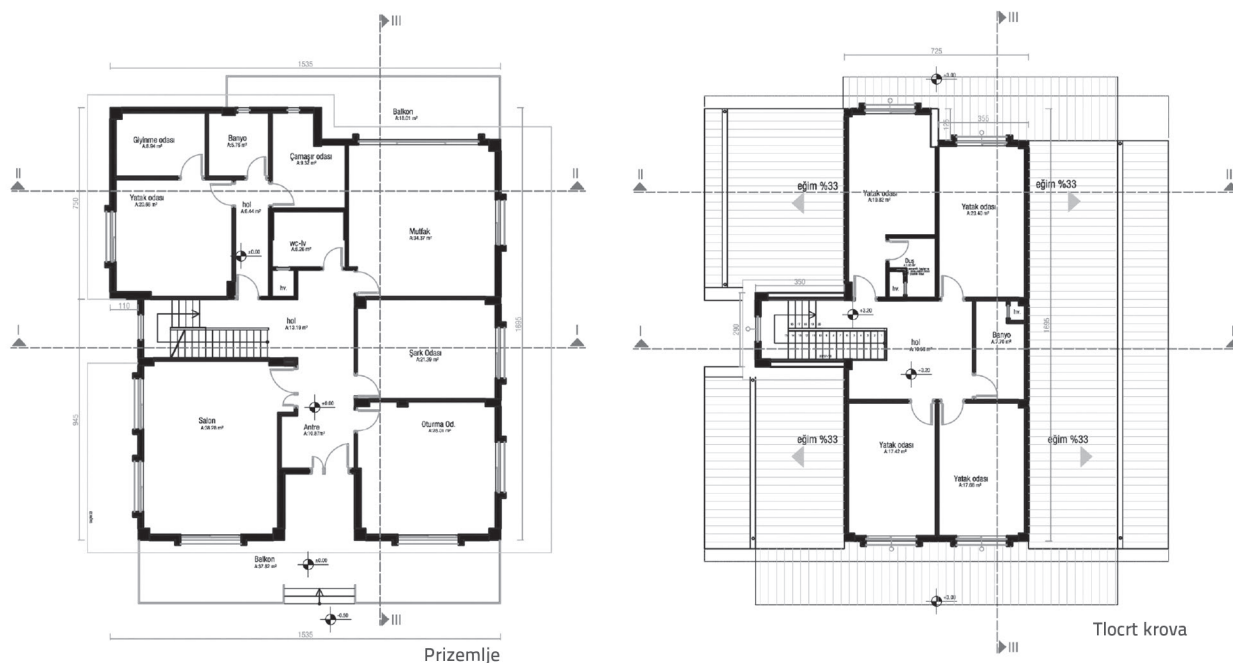
Nacionalni program energetske simulacije zgrada (GEQ) softver je specifičan za Austriju, stvoren u suradnji s Austrijskim građevinskim institutom. Klimatski podaci za sve pokrajine i gradove Austrije unaprijed su definirani i korisniku nije dopušteno te podatke mijenjati. Korisnik automatski definira klimatske podatke unosom podataka o adresi. Softver također ima sučelje za automatski prijenos konačnih izračuna relevantnoj instituciji. Zbog toga je to jedan od rijetkih softvera koje središnja vlada i lokalne samouprave diljem Austrije smatraju pouzdanim. Ovo je važan doprinos praksi i uspješnosti provedbe propisa koji se odnose na energetska učinkovitost. Zbog ograničene mogućnosti uređivanja klimatskih podataka programa GEQ, za procjenu energetske učinkovitosti odabran je PHPP alat.

Dva su važna klimatska podatka koja se koriste u izračunima energetske učinkovitosti: "stupanj-dan grijanja" i "vanjska temperatura". Klimatski podaci u Austriji i Turskoj klasificirani su prema ovim dvjema karakteristikama. Gradovi grupirani u četiri klimatske regije u TSE 825 svrstani su prema sličnim brojevima stupanj-dana. Uzimajući to u obzir, može se primijetiti da se sličnost između gradova Konye i Beča podudara u istoj klimatskoj klasifikaciji u smislu prosječne vanjske temperature i stupnja-dana grijanja. Stoga bi usporedba tih gradova u izračunima energetske učinkovitosti i korištenje austrijskih građevinskih propisa u Konyi imalo smisla upravo zbog ovih sličnih značajki.

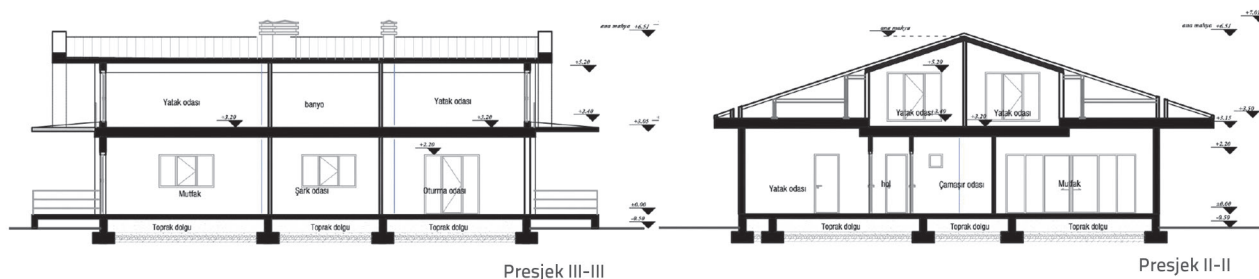
### 3.2. Postavljanje simulacije

Kao model kuće odabrana je samostojeća kuća u Meramu, četvrti grada Konya (slike 8. i 9.), koja je projektirana 2016. godine, a čija je izgradnja dovršena 2018. godine. Kuća se sastoji od prizemlja i potkrovlja. Na gornjoj etaži kuće, čija je visina ograničena na 3,5m prema Uredbi o prostornom uređenju, nalazi se potkrovlje koje se ne koristi zbog nagiba krova. Kuća, čija je ukupna građevinska površina 355 m<sup>2</sup>, a bruto volumen iznosi 1215 m<sup>3</sup>, ima građevinsku površinu od 877 m<sup>2</sup>. Njezin A/V omjer iznosi 0,72 [1/m], a V/A omjer je 1,39 m.

U postavkama simulacije, vrijednost zrakonepropusnosti (tlak n50 1/h) uzeta je kao 1,0. Budući da se ventilacijska norma DIN 1946-6 koristi pri izgradnji novih zgrada i adaptaciji – osim stručnih mišljenja u problematičnim slučajevima



Slika 8. Tloçrti modela kuće u Konyi (preuzeto iz Promim Architecture)



Slika 9. Poprečni presjeci modela kuće u Konyi (preuzeto iz Promim Architecture)

– vrijednost nema praktičnu važnost za postojeće zgrade. Građevinska praksa u novogradnjama i adaptacijama pokazuje da se u višekatnim stambenim zgradama često postiže veća nepropusnost na standardnim katovima. Stope izmjene zraka na 50 pascala ispod  $1 \text{ h}^{-1}$  nisu neuobičajene.

Sve simulacije u scenarijima provedene su pomoću klimatskih podataka grada Konya u PHPP alatu. Procjena sadašnjeg stanja izračunana je na temelju projektne dokumentacije koju je odobrila općina i u skladu s TS 825 i Direktivom o toplinskoj izolaciji u zgradama koju je objavilo Ministarstvo za okoliš i urbanizam.

Model kuće izračunan je pomoću PHPP alata i tri su različita scenarija, točnije scenarij 1a, scenarij 1b i scenarij 2, provedena s različitim provedbama u skladu s propisima, politikama i provedbama u Beču (slika 10., tablice 4. i 5.). U scenariju 1a (slika 1.a), poboljšanja su napravljena na način da se osigura ispunjavanje minimalnih uvjeta u skladu s bečkim zakonima o prostornom uređenju i Uredbama ÖIB 6. Izračuni napravljeni u skladu s time prikazani su u tablicama 4. i 5. i na slici 10. U ovom scenariju, poboljšanja su provedena za građevinske elemente

u skladu s minimalnim zahtjevima Uredbe ÖIB. Debljine toplinske izolacije određene su uzimajući u obzir ograničenje maksimalne vrijednosti potrebne toplinske energije u ovoj uredbi koja iznosi  $54,4 \text{ kWh/m}^2$  godišnje. Na primjer, dok je toplinska izolacija od 8 cm od ekspaniranog polistirena (EPS) dovoljna za U-vrijednost od  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , što odgovara vrijednosti ograničenja zahtjeva za vanjski zid, debljina materijala je promijenjena na 16 cm kako bi se osiguralo  $54,4 \text{ kWh/m}^2$  godišnje. U protivnom, čak i ako su zahtjevi U-vrijednosti građevinskih elemenata iz propisa ostvareni, kuća prema propisu ne bi bila projektirana zbog nepoznavanja maksimalne potražnje za toplinskom energijom.

Poboljšanja u scenariju 1b (S 1b) provedena su kako bi se osigurao još jedan zahtjev Bečkog zakona o prostornom uređenju, odlomak 118., članak 3. koji podrazumijeva primjenu alternativnih energetske sustava koji pružaju visoku energetske učinkovitost u novoizgrađenim zgradama. U okviru alternativnih energetske sustava prednost treba dati barem jednom od sljedećih sustava: sustav toplinske crpke, sustav daljinskog grijanja, kogeneracijski energetske sustav i sustav koji koristi

Tablica 4. U-vrijednosti sadašnje situacije i poboljšanja prema razmatranim scenarijima

Građevni elementi	Sadašnja situacija	Minimalne vrijednosti prema Uredbi ÖIB 6	Scenarij 1a-1b	Scenarij 2
Vanjski zid od opeke	0,50 [W/m <sup>2</sup> K]	0,35 [W/m <sup>2</sup> K]	0,21 [W/m <sup>2</sup> K]	0,17 [W/m <sup>2</sup> K]
Vanjski zid od armiranog betona	0,61 [W/m <sup>2</sup> K]	0,35 [W/m <sup>2</sup> K]	0,23 [W/m <sup>2</sup> K]	0,18 [W/m <sup>2</sup> K]
Pregradni zid potkrovlja	1,22 [W/m <sup>2</sup> K]	0,35 [W/m <sup>2</sup> K]	0,21 [W/m <sup>2</sup> K]	0,17 [W/m <sup>2</sup> K]
Ploča za potkrovlje koja nije korištena	0,24 [W/m <sup>2</sup> K]	0,20 [W/m <sup>2</sup> K]	0,18 [W/m <sup>2</sup> K]	0,15 [W/m <sup>2</sup> K]
Kat u dodiru sa zemljom	0,45 [W/m <sup>2</sup> K]	0,40 [W/m <sup>2</sup> K]	0,27 [W/m <sup>2</sup> K]	0,14 [W/m <sup>2</sup> K]
Korišteni kosi krov	0,30 [W/m <sup>2</sup> K]	0,20 [W/m <sup>2</sup> K]	0,19 [W/m <sup>2</sup> K]	0,13 [W/m <sup>2</sup> K]
Konzolna ploča	0,45 [W/m <sup>2</sup> K]	0,20 [W/m <sup>2</sup> K]	0,17 [W/m <sup>2</sup> K]	0,12 [W/m <sup>2</sup> K]
Prozor	2,80 [W/m <sup>2</sup> K]	1,22 [W/m <sup>2</sup> K]	1,22 [W/m <sup>2</sup> K]	0,71 [W/m <sup>2</sup> K]
Vrata	2,50 [W/m <sup>2</sup> K]	1,70 [W/m <sup>2</sup> K]	1,10 [W/m <sup>2</sup> K]	0,63 [W/m <sup>2</sup> K]

Tablica 5. Izvori energije koji se koriste u sadašnjoj situaciji i u poboljšanjima prema razmatranim scenarijima

NAPAJANJE				
Potreba za energijom	Sadašnja situacija	Scenarij 1a	Scenarij 1b	Scenarij 2
GRIJANJE I TOPLA VODA U KUĆANSTVIMA	Kombinirani kotao na prirodni plin	Kombinirani kotao na prirodni plin	Toplinska crpka čiji je izvor topline zrak + ventilator za povrat topline	Toplinska crpka čiji je izvor topline zrak + fotonaponske ploče (16 m <sup>2</sup> ) + ventilator za povrat topline

decentralizirane obnovljive izvore energije [33]. Kako bi se odgovorilo na zahtjeve ovog zakona, toplinska crpka i ventilator za povrat topline preferirani su kao alternativni energetska sustav u scenariju 1b zbog povoljnih troškova postavljanja i rasprostranjenosti u samostojećim kućama. Kao posljedica toga, osigurana je potpuna usklađenost s Uredbom ÖIB 6 i bečkim zakonima o prostornom uređenju u okviru energetske učinkovitosti.

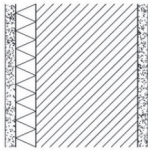
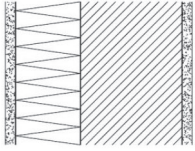
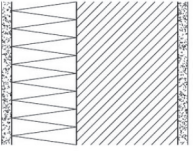
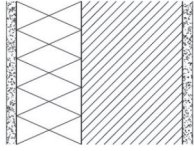
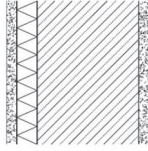
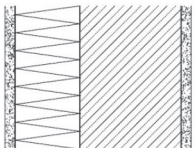
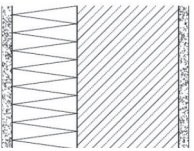
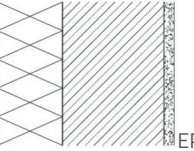
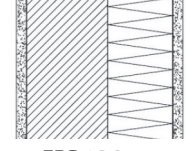
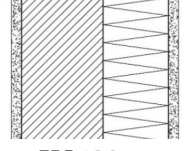
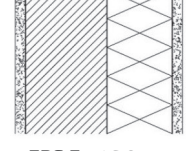
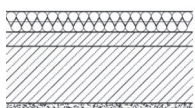



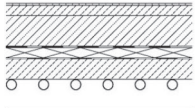
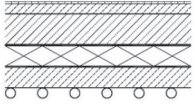
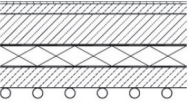
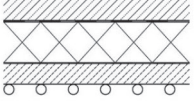
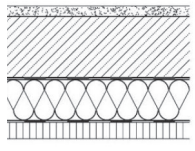
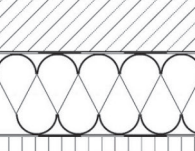
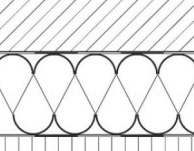
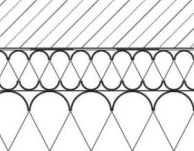
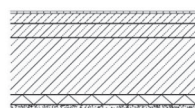
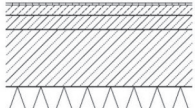
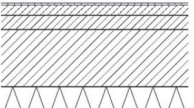
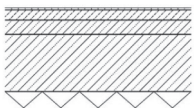
U scenariju 1a, kao izvor energije u zgradi zadržan je prirodni plin, kao što je bio u sadašnjoj situaciji u Konyi, a poboljšanja su provedena samo na značajkama građevinskih elemenata. U ovom slučaju, uštede u vrijednostima emisije ugljika i potencijalu energetske učinkovitosti utvrđene su pri poboljšanju građevinskih elemenata kuće. Osim tog poboljšanja, u scenariju 1b, toplinska crpka čiji je izvor topline zrak s ventilatorom za povrat topline zamijenjena je kondenzacijskim kotlom na prirodni plin. S druge strane, u scenariju 2, umjesto izolacijskih materijala korištenih u scenariju 1a i scenariju 1b, odabrani su materijali s većom toplinskom učinkovitošću. Dok vrijednosti toplinske vodljivosti izolacijskog materijala (EPS) koji se koristi na zidovima od opeke u scenariju 1a i 1b iznose 0,040 W/mK, u scenariju 2 (EPS F+) iznose 0,031 W/mK. Ti izolacijski materijali često se primjenjuju u Beču, a posebice u izgradnji samostojećih kuća. Nadalje, debljine termoizolacijskih materijala djelomično su promijenjene, a dodatno su primijenjeni i obnovljivi izvori energije kako bi se prikazala usporedba s prethodnim scenarijima (tablica 5.). U scenariju 2 korištena je toplinska crpka čiji je izvor topline zrak i ventilator za povrat topline na

sličan način kao u scenariju 1b. U skladu s tim promijenjene su vrste ostakljenja prozora. Primjerice, u sadašnjim scenarijima 4+12+4 prozirno ostakljenje s metalnim okvirom rezultiralo je U-vrijednošću od 2,80 [W/m<sup>2</sup>K]. U scenariju 1a i 1b prozor se mijenja u trostruko niskoemisijsko staklo ispunjeno argonom. S druge strane, u scenariju 2 korišteno je ostakljenje ispunjeno ksenonom s vrlo niskom emisijom. Vrijednost g za sve prozore u navedenim scenarijima uzima se kao 0,50. Na krovu su dodatno postavljene fotonaponske ploče površine 16 m<sup>2</sup>.

#### 4. Rezultati i rasprava

Kao rezultat analize napravljene pomoću PHPP alata, usporedno su utvrđene potražnja za energijom i vrijednosti emisije ugljika u sadašnjoj situaciji i u sva tri scenarija te energetska učinkovitost i energetska bilanca kuće. Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu, koja zasad iznosi 43.523 kWh/godišnje, smanjena je na 16.401, uz uštedu od 62 %, u scenariju 1a, u kojem su korišteni isti materijali kao u sadašnjoj situaciji, ali debljine materijala su poboljšane u skladu s Bečkim zakonom o prostornom uređenju i Uredbom ÖIB 6. Na taj je način utvrđeno da se ukupna potrošnja energije za grijanje i toplu vodu smanjuje sa 122,6 kWh/m<sup>2</sup> po površini na 46,2 kWh/m<sup>2</sup> što, u usporedbi sa sadašnjom vrijednošću, omogućuje uštedu od 62 %. U ovom scenariju primijećeno je da su godišnje emisije stakleničkih plinova također smanjene za 48 %, a godišnja potražnja za primarnom energijom smanjena je na 38.340, u odnosu na sadašnju situaciju u kojoj iznosi 84.845 kWh uz postotak uštede od 54 %.



TABLICA MATERIJALA ZA TOPLINSKU IZOLACIJU				
Građevni elementi	Trenutačna situacija	Scenarij 1a	Scenarij 1b	Scenarij 2
Vanjski zid od opeke	 EPS 5.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS F+ 16.0 cm
Vanjski zid od armiranog betona	 EPS 5.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS 16.0 cm	 F+ 16.0 cm EPS
Pregradni zid potkrovlja	-	 EPS 16.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS F+ 16.0 cm
Nije korištena potkrovnna ploča	 Kameni zid 10.0 cm	 Kameni zid 15.0 cm	 Kameni zid 15.0 cm	 Kameni zid 20.0 cm
Pod u kontaktu sa zemljom	 XPS 5.0 cm	 XPS 10.0 cm	 XPS 10.0 cm	 XPS 20.0 cm
Korišten kosi krov	 Kameni zid 10.0 cm	 Kameni zid 20.0 cm	 Kameni zid 20.0 cm	 Kameni zid 30.0 cm
Konzolna ploča	 EPS 5.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS 16.0 cm	 EPS F+ 16.0 cm

Slika 10. Termoizolacijski materijali i njihove debljine u sadašnjoj situaciji i scenarijima s poboljšanjima

Tablica 6. Potreba za energijom i vrijednosti emisije ugljika kuće prema sadašnjoj situaciji i različitim scenarijima

POTRAŽNJA ZA ENERGIJOM I VRIJEDNOSTI EMISIJE UGLJIKA					
355 m <sup>2</sup> samostojeća kuća A/V = 0,73 [1/m]	Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu za kućanstvo [kWh/godišnje]	Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu za kućanstvo po površini [kWh/m <sup>2</sup> godišnje]	Vrijednost emisije stakleničkih plinova [CO <sub>2</sub> /godišnje]	Vrijednost emisije stakleničkih plinova po površini [CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> godišnje]	Potreba za primarnom energijom [kWh/godišnje]
Sadašnja situacija	43,523	122,6	13,809	38,9	84,845
Scenarij 1a	16,401	46,2	7,064	19,9	38,340
Scenarij 1b	8,931	25,3	7,029	19,8	18,815
Scenarij 2	3,692	10,4	4,721	13,3	10,650

Tablica 7. Potrebnost za energijom i vrijednosti emisije ugljika kuće prema sadašnjoj situaciji i različitim scenarijima [%]

POTENCIJAL UŠTEDE POTRAŽNJE ZA ENERGIJOM I VRIJEDNOSTI EMISIJE UGLJIKA					
355 m <sup>2</sup> Samostojeća kuća A/V = 0,73 [1/m]	Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu za kućanstvo [kWh/godišnje]	Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu za kućanstvo po površini [kWh/m <sup>2</sup> godišnje]	Vrijednost emisije stakleničkih plinova [CO <sub>2</sub> /godišnje]	Vrijednost emisije stakleničkih plinova po površini [CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> godišnje]	Potreba za primarnom energijom [kWh/godišnje]
Sadašnja situacija	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Scenarij 1a	62 %	62 %	48 %	48 %	54 %
Scenarij 1b	79 %	79 %	49 %	49 %	78 %
Scenarij 2	91 %	91 %	65 %	65 %	87 %

Tablica 8. Sadašnje stanje kuće i energetska bilanca u različitim scenarijima

ENERGETSKA BILANCA			
355 m <sup>2</sup> Samostojeća kuća A/V = 0,73 [1/m]	Gubitak topline po građevinskim elementima [kWh/m <sup>2</sup> godišnje]	Dobivena solarna energija iz prozora [kWh/m <sup>2</sup> godišnje]	Toplina dobivena pomoću fotonaponskih ploča [kWh/m <sup>2</sup> godišnje]
Sadašnja situacija	144,4	50,9	-
Scenarij 1a	56,4	36,3	-
Scenarij 1b	56,0	30,9	-
Scenarij 2	34,9	24,3	4,81

Tablica 9. Godišnji gubici/dobici topline i potražnja u različitim scenarijima

Toplinski gubici/dobici/potražnja					
355 m <sup>2</sup> Samostojeća kuća A/V = 0,73 [1/m]	Ukupni toplinski gubici Q <sub>l</sub>	Dostupni dobici sunčeve topline Q <sub>s</sub>	Unutarnji toplinski dobici Q <sub>i</sub>	Toplinski dobici Q <sub>g</sub>	Potražnja za toplinskom energijom Q'
Sadašnja situacija	173,9	50,9	16,3	51,3	123
Scenarij 1a	85,3	36,3	14,7	39,1	46
Scenarij 1b	60,5	30,9	13,1	35,2	25
Scenarij 2	38,6	24,3	11,4	28,2	10

U scenariju 1b, čiji je cilj ostvariti "uvođenje visokoučinkovitih sustava obnovljive energije" prema članku 118. Bečke uredbe o prostornom uređenju, uvedena je "toplinska crpka" i ventilator za povrat topline, a u scenariju 1a debljine materijala prikladno su poboljšane. U ovom slučaju, dok je godišnja potražnja energije za grijanje i toplu vodu iznosila 16.401 kWh, a koja je postignuta

u scenariju 1a, smanjena je na 8.931; potrebna energija za grijanje i toplu vodu po jedinici površine koja je iznosila 46,2 kWh/m<sup>2</sup> u scenariju 1a, smanjena je na 25,3 kWh/m<sup>2</sup>. Slijedom toga utvrđeno je da je u scenariju 1b osiguran postotak od 79 % uštede energije u odnosu na sadašnju situaciju. Vrijednost emisije stakleničkih plinova iz scenarija 1b također je smanjena

za 49 % u odnosu na sadašnju situaciju. U ovom scenariju, potreba za primarnom energijom, koja je iznosila 38.340 kWh godišnje u scenariju 1a, smanjena je na 18.815. U scenariju 1b zgrada je osigurala 78 % uštede energije u odnosu na sadašnju situaciju (tablice 6. i 7.).

U scenariju 2, materijali iz scenarija 1a i 1b zamijenjeni su termoizolacijskim materijalima viših performansi koji se obično koriste u sektoru samostojećih kuća u Beču, točnije, promijenjena je njihova debljina, a uz to, na krovu su, kao obnovljivi izvor energije, primijenjene fotonaponske ploče ukupne površine 16 m<sup>2</sup>. Kao rezultat ovih poboljšanja i optimizacija, godišnja potreba energije za grijanje i toplu vodu smanjena je na 3.692 kWh i osigurana je ušteda od 91 % u usporedbi sa sadašnjom situacijom. Potreba za energijom za grijanje i toplu vodu u kućanstvu po jedinici površine koja je u scenariju 1b iznosila 25,3 smanjena je na 10,4 kWh/m<sup>2</sup>. Dok je emisija stakleničkih plinova smanjena za 65 % u usporedbi sa sadašnjom situacijom, potražnja za primarnom energijom smanjena je na 10.650 godišnje, što iznosi 87 % uštede energije u usporedbi sa sadašnjom situacijom. Posljedično, zaključeno je da scenarij 2 ima najveću energetske učinkovitost (tablice 6. do 9.). Kao što je prikazano u tablicama 8. i 9., s primijenjenim scenarijima godišnje vrijednosti po površini u smislu toplinskih gubitaka i toplinskih dobitaka, potražnja za toplinskom energijom značajno opada.

## 5. Zaključak

Istraživanje se bavilo odnosom između energetske učinkovitosti i kvalitete gradnje te važnosti dobro strukturiranih građevinskih normi/propisa za poticanje ove kvalitete. Nekoliko scenarija primijenjeno je na studiji slučaja u gradu Konyi u Turskoj. Pri tome su slijedili građevinski propisi i prevladavajuće primjene u Austriji kako bi se otkrio potencijal uštede energije u zgradama u Turskoj. U rezultatima simulacije izvedenim za scenarije modela kuće uočeno je postupno povećanje energetske učinkovitosti zgrade. To dokazuje da je u Beču potreba za energijom u zgradama pod nadzorom građevinskih normi i propisa te da nije prepuštena inicijativi aktera kao što su vlasnici zgrada, graditelji ili građevinske tvrtke. Politikama izgradnje pomoću kojih se aktere potiče na poboljšanje ovojnice zgrade ili korištenje alternativnih izvora energije, osigurava se održivost energetske učinkovitih pristupa.

Štoviše, jasno je da građevinske norme ne bi trebale navoditi samo svojstva materijala poput vrijednosti toplinske vodljivosti ili raspona debljine materijala, već imati i izrazitiji holistički pristup kao što su godišnja potražnja za energijom, ugljični otisak, analiza troškova, praćenje energije ili čak recikliranje otpadnih voda.

Ušteda do 62 % ostvarena je kao rezultat scenarija 1a, koji ispunjava samo ovaj zahtjev uredbe i obuhvaća smanjenje količine izgubljene topline kao rezultat same promjene debljine postojećih građevinskih elemenata u modelu kuće, a sankcijama

naglašava koliko je lako postići značajno smanjenje potrošnje energije. Osim toga, scenarij 1b temelji se na propisu u kojem se barem jedan od tradicionalnih sustava mora zamijeniti sustavom visoke učinkovitosti. S druge strane, dobitak od 79 % u usporedbi sa sadašnjom situacijom pokazuje da čak i određeno pravilo uključuje mjere za smanjenje potrošnje energije i zavisnosti. Nadalje, u Beču su politike izgradnje koje nude ekonomski poticaj za korištenje obnovljivih izvora energije i dodatno poboljšavaju njihov sustav zgrada s višim stopama učinkovitosti i usavršavaju ovojnice zgrade, rezultirale usvajanjem energetske učinkovitih pristupa u širem spektru. Kao rezultat ovih poboljšanja primijenjenih na modelu kuće u scenariju 2 (materijali s nižom toplinskom vodljivošću i njihova učinkovitija primjena, povećanje korištenja obnovljivih izvora energije, itd.) uočeno je smanjenje potražnje za energijom do 91 %.

Ovi istraživački procesi i rezultati pokazuju da bi nekoliko metoda gradnje moglo učinkovito funkcionirati u pogledu zgrada u Turskoj. Štoviše, ishode ne treba promatrati samo sa stajališta uštede energije. Oni su povezani i s emisijama stakleničkih plinova i stoga imaju izravan utjecaj na ugljični otisak zgrada, što će pridonijeti "održivo izgrađenom okolišu". S obzirom na velik broj samostojećih kuća u Turskoj, to će se odraziti i na ekonomiju. Početna točka poboljšanja za Tursku bi trebala biti revizija sadašnjih normi koji nisu ograničene samo na svojstva materijala. Treba primijeniti holistički pristup ondje gdje su uključene vrijednosti kao što su godišnja potražnja za energijom po jedinici i emisije plinova ili ondje gdje su predložene metode prostornog uređenja. Postojeći sustav energetske certificiranja treba poticati ne samo sankcijama već i sustavima financijskih potpora. Uzimajući u obzir potencijal politika izgradnje na javno prihvaćanje takvih pristupa, potrebno je poduzeti mjere slične politikama EU [48].

Zaključak koji treba istaknuti je taj da već sami građevinski propisi predlažu potencijal uštede do 62 %, čak i uz jednostavna rješenja koja ne iziskuju promjenu korištenih materijala, a odnose se na postavljanje ograničenja U-vrijednosti i godišnjih energetske potreba po jedinici ukupne površine. Uzimajući u obzir da je stambeni sektor drugi po redu sektor potrošača električne energije nakon industrijskog sektora, Turskoj bi to omogućilo značajno poboljšanje uštede energije. U tom smislu, ovo istraživanje naglašava nužnost tehnika i tehnologija koje potiču građevinski standardi u holističkoj perspektivi, a koje su potrebne za visokokvalitetno i održivo projektiranje stambenih zgrada. Štoviše, demonstracija ovih tehnika i normi u analizi slučajeva pružila je osnovu i smjernicu za istraživanja na ovu temu, ali i za razvoj politika koje se odnose na građevinske norme.

Za buduća istraživanja postoji nekoliko potencijalno zanimljivih smjerova koji proizlaze iz ovog istraživanja. Prvo, nekoliko tipologija u Turskoj može se provesti kao analiza slučajeva kako bi se otkrili rezultati. Drugo, istraživanje se može proširiti uzimajući u obzir troškove komparativne analize između primijenjenih scenarija.

## LITERATURA

- [1] Drexler, H., El Khouli, S.: *Holistic Housing Concepts, Design Strategies and Processes*, Munich: Detail, 2012.
- [2] WCED, S.W.S.: *World commission on environment and development, Our common future*, 17 (1987), pp. 1-91.
- [3] Kaltenbrunner, R.: *Auf dem Weg zum nachhaltigen Bauen: über die unscharfe Relation von Ökologie, Architektur und gesellschaftlichem Wandel, IzR-Informationen zur Raumentwicklung*, 1 (2002) 2, pp. 1-10.
- [4] Gauzin-Müller, D.: *Sustainable architecture and urbanism: concepts, technologies, examples*, Basel: Springer Science & Business Media, 2002.
- [5] Sassi, P.: *Strategies for sustainable architecture*, New York: Taylor & Francis, 2006.
- [6] Lee, L.: *Aesthetics of Sustainable Architecture*, Delft: (c) 010 Publishers, 2011.
- [7] Haeberli, W., Haeberli, B.M.: *Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps*, *Ambio*, 27 (1998) 4, pp. 258-265.
- [8] Zhou, D., Zhao, C., Tian, Y.: *Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications*, *Appl. Energy*, 92 (2012), pp. 593-605.
- [9] Pachauri, D.N.K.: *Climate change 2014: synthesis report, Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*, 2014.
- [10] Du, K., Calautit, J., Wang, Z., Wu, Y., Liu, H.: *A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges*, *Appl. Energy*, pp. 242-273, 2018.
- [11] Gysin, B.: *Sustainable design. A Statement*, in *Holistic Housing Concepts, Design Strategies and Processes*, Munich, Institute für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co, pp. 1-20, 2012.
- [12] EIA: *International Energy Outlook*, 2016. [Online]. Available: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf). [Accessed 28.05.2020].
- [13] Coma, J., Chàfer, M., Pérez, G., Cabeza, L.: *How internal heat loads of buildings affect the effectiveness of vertical greenery systems? An experimental study*, *Renew. Energy*, 142 (2019).
- [14] The World Bank: *Energy imports, net (% of energy use) - Turkey, 2020*. [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.IMP.CON.SZ?locations=TR>. [Accessed 28.05.2020].
- [15] The World Bank: *Turkey's Energy Transition Milestones and Challenges*, Energy & Extractives Global Practice Europe and Central Asia Region, Washington DC, 2015.
- [16] Sözen, A.: *Future projection of the energy dependency of Turkey using artificial neural network*, *Energy Policy*, 37 (2009) 11, pp. 4827-4833.
- [17] TUIK: *Faşıllara göre ithalat, 2013-2020 (genel ticaret sistemi), 2020*. [Online]. Available: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1046](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046). [Accessed 15.06.2020].
- [18] The World Bank: *Energy use (kg of oil equivalent per capita) - Turkey*. [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE?locations=TR>. [Accessed 28.05.2020].
- [19] TEDAŞ: *Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı, Temel İstatistikler, Çevre ve Enerji, 2020*. [Online]. Available: [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=1579](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1579). [Accessed 28.05.2020].
- [20] UEVE: *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Mart 2018, [Online]. Available: [http://www.yegm.gov.tr/document/20180102M1\\_2018.pdf](http://www.yegm.gov.tr/document/20180102M1_2018.pdf). [Accessed 29.05.2020].
- [21] TUIK: *Yapı İzin İstatistikleri ve Değişim Oranları, 2019*. [Online]. Available: [http://www.tuik.gov.tr/PrelIstatistikTablo.do?istab\\_id=1558](http://www.tuik.gov.tr/PrelIstatistikTablo.do?istab_id=1558). [Accessed 28.05.2020].
- [22] Janssen, R.: *Towards energy efficient buildings in Europe*, EuroACE - The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings., Londra, 2005.
- [23] Annunziata, E.F.M., Annunziata, R.F.: *Towards nearly zero-energy buildings: The state-of-art of national regulations in Europe*, *Energy*, 57 (2013), pp. 125-133.
- [24] TSE: *Türk Standartları Enstitüsü*, 2013, [Online]. Available: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099098111099114086114117048089098>. [Accessed 28.05.2020].
- [25] TSE: *TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları, 2008*, [Online]. Available: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073102053101116118069100085113116086>. [Accessed 28.05.2020].
- [26] TSE: *TS EN 832 Binaların ısı performansını - Meskenlerde ısıtma amacıyla kullanılan enerjinin hesaplanması, 2007*, [Online]. Available: <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?08111805111510805110411911010405504710510212008811104311310407308805308608611611505006911610111>. [Accessed 28.05.2020].
- [27] EST: *Enhanced Construction Details: Thermal Bridging and Airtightness*, Energy Saving Trust CE302, Londra, 2009.
- [28] Jovanovic, V.: *Energy-efficient Building Design in Southeast Europe*, Heidelberg: Springer Vieweg, 2019.
- [29] Anderson, B.: *Conventions for U-value Calculations*. BR 443. Watford: Building Research Establishmen, Watford: BRE, 2006.
- [30] Shmelev, S.: *Ways to choose the optimal set of energy-saving measures*, *Building Materials*, 3 (2013), pp. 7-9.
- [31] Eurostat: *Abhängigkeit von Energieimporten nach Produkten, 2019*, [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.?tab=table&init=1&language=de&code=sdg\\_07\\_50&plugin=1](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.?tab=table&init=1&language=de&code=sdg_07_50&plugin=1). [Accessed 29.05.2020].
- [32] Young, B., Falzone, G., Wei, Z., Sant, G., Pilon, L.: *Reduced scale experiments to evaluate performance of composite building envelopes containing phase change materials*, *Constr. Build. Mater.*, (2018) 162, pp. 584-595.
- [33] OIB: *OIB Richtlinien 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz, 2015*, [Online]. Available: [https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie\\_6\\_26.03.15.pdf](https://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf). [Accessed 29.05.2020].
- [34] Faninger, G.: *Towards sustainable development in Austria: renewable energy contributions, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 8 (2003) 2, pp. 177-188.
- [35] Seefeldt, F.: *Energy Performance Contracting—success in Austria and Germany—dead end for Europe*, 2003.
- [36] Schaffrin, A.S.S.: *The innovativeness of national policy portfolios—climate policy change in Austria, Germany, and the UK*, *Environmental Politics*, 25 (2014) 3, pp. 860-883.



- [37] Laustsen, J.: Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, IEA Information Paper. Support of the G8 Plan of Action, The International Energy Agency (IEA), Paris, 2008.
- [38] Kratena, K., Schleicher, S.P.: Emissions reduction policies and induced technological change: microeconomic evidence and macroeconomic impacts of the Austrian Kyoto Policy Package, In International Workshop on Induced Technological Change, Das Österreichische Klimaportal - The Austrian Climate Portal , Vienna, 1999.
- [39] Dilmaç, Ş., Nilgün, K.: A comparison of new Turkish thermal insulation standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German regulation, Energy and Buildings, 35 (2003) 2, pp. 161-174.
- [40] RIS: Landesgesetzblatt Für Wien, 19 Aralık 2018, [Online]. Available: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/lgb/l/2018/71/20181227?Abfrage=LgbIAuth&LgbNummer=71%2f2018&Bundesland=Wien&BundeslandDefault=Wien&FassungVom=&SkipToDocumentPage=True&ResultFunctionToken=4e9fa527-dc79-4f00-85ce-62fb415eae7>. [Accessed 31.05.2020].
- [41] Fischler, F.: Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities, 46 (2003), pp. 65-71.
- [42] Austrian Energy Agency: Energy efficiency trends and policies in Austria, Austrian Energy Agency, Vienna, 2018.
- [43] Austrian Energy Agency: Energy Efficiency Policies and Measures in Austria in 2010, ODYSSEE – MURE 2010, Monitoring of EU and national, Austrian Energy Agency, Vienna, 2012.
- [44] Hatipoğlu, H.K.: Austrian Sustainable Building Policy Lessons for Turkey, International journal of Environmental Science and Development, 7 (2016) 5, pp. 372.
- [45] Zeller, J.: Abschätzung der Infiltration nach DIN 1946-6, Lüftung von Wohnungen, Vergleich mit anderen Verfahren und Würdigung der Ergebnisse, 8<sup>th</sup> Internationales BUILDAIR-Symposium, 7.-8. Juni 2013, Hannover, Germany
- [46] Charron, R., Proprietor, S.: PHPP V9.6 Validation using ANSI/ASHRAE Standard 140-2017, Remi Charron Consulting Services, 2019
- [47] PHPP: PHPP- validated and proven in practice, [Online]. Available: [https://passipedia.org/planning/calculating\\_energy\\_efficiency/phpp\\_-\\_the\\_passive\\_house\\_planning\\_package/phpp\\_-\\_validated\\_and\\_proven\\_in\\_practice](https://passipedia.org/planning/calculating_energy_efficiency/phpp_-_the_passive_house_planning_package/phpp_-_validated_and_proven_in_practice) [Accessed 11.04.2020].
- [48] Delbeke, J., Vis, P.: EU Climate Policy Explained, 2008. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu\\_climate\\_policy\\_explained\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu_climate_policy_explained_en.pdf). [Accessed 2.06.2020].