

BƏRPA OLUNABİLƏN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN İQLİM DƏYİŞMƏLƏRİNƏ ZƏİFLİYİNİN ƏSAS FƏRQLƏNDİRİCİ CƏHƏTLƏRİ

Gülsurə Yusif qızı Mehdiyeva

fizika-riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru

AMEA-nın İqtisadiyyat İnstitutu

Azərbaycan Texniki Universitetinin elmlər doktorluğu üzrə dissertantı

Xülasə

Məqalədə iqlim dəyişmələrinin bərpa olunabilən enerji mənbələrinə, xüsusilə Su elektrik stansiyalarına (SES), Günəş enerjisi stansiyalarına (GES) və Külək enerjisi stansiyalarına (KES) mümkün təsirləri bu problemə həsr edilən tədqiqatların nəticələri əsasında müqayisəli təhlil edilib. Müxtəlif yanaşmaların müqayisəsi deməyə əsas verir ki, bərpa olunabilən enerji texnologiyalarının iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi istilik elektrik stansiyalarında olduğundan ciddi fərqlidir. Hətta bərpa olunabilən enerji növündən asılı olaraq, istifadə edilən hər bir texnologiyanın iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi müxtəlifdir. Ona görə də enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində hər bir enerji mənbəyinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi nəzərə alınmalıdır.

Açar sözlər: bərpa olunabilən enerji, külək turbinləri, günəş panelləri, global üfqi şüalanma (GHI), birbaşa normal şüalanma (DNI)

Giriş

İqlim dəyişmələri iqtisadi fəaliyyət sahələrinin, demək olar ki, bütün sahələrinə bu və ya digər dərəcədə təsir edir. Belə təsirlər enerji sektorundan da yan keçmir. Xüsusilə, yaxın onilliklərdə global miqyasda karbohidrogen enerji mənbələrinin tükənməsi təhlükəsiz bərpa oluna bilən enerji mənbələrinin əhəmiyyətini artırdığından iqlim dəyişmələrinin belə mənbələrə təsirləri və belə təsirlərin qiymətləndirilməsi metodlarının öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Dünyanın bütün ölkələri, xüsusilə də inkişaf etmiş ölkələr karbohidrogen mənbələrindən asılılığı azaltmaq və dayanıqlı enerji ehtiyatlarına malik olmaq üçün bərpa oluna bilən enerji mənbələrinin inkişafına xüsusi diqqət yetirirlər. Nəinki ayrı-ayrı ölkələr, hətta neft və qaz hasil edən transmilli şirkətlər də alternativ enerji mənbələri üzrə tədqiqatları genişləndirirlər. Belə tədqiqatların əksəriyyəti bərpa olunan enerji mənbələrinin resurs potensialının hesablanmasına, həmçinin texniki, iqtisadi və market potensialının qiymətləndirilməsinə həsr edilib. Lakin son zamanlar iqlim dəyişmələri ilə bağlı global narahatçılıqlar iqlim dəyişmələri ilə enerji sektoru arasındakı mümkün qarşılıqlı təsirin daha dərinədən tədqiq edilməsini zəruri edir. Belə ki, karbohidrogen mənbələrindən əsas enerji mənbəyi kimi istifadə iqlim dəyişmələrinə səbəb olan emissiyaların əsas yaradıcısı olmaqla yanaşı, həm də özləri iqlim dəyişmələrinin təsirinə məruz qalır. Bütünlükdə enerji sektorunun, o cümlədən, enerjinin istehsalı, ötürülməsi və paylanması prosesinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyinə həsr edilən tədqiqatlar və əldə edilən nəticələr müqayisəli təhlildilmiş və bu zaman əsas diqqət istilik elektrik stansiyalarının fəaliyyətinə yönəlmişdi. Lakin bərpa olunabilən enerji mənbələrindən istifadə edərək elektrik enerjisi istehsal edən qurğular da, o cümlədən, su-elektrik, günəş, külək elektrik stansiyaları da iqlim dəyişmələrinə müəyyən səviyyədə zəifliyə malikdirlər. Bu problem müxtəlif ölkələrin timsalında geniş tədqiq edilməkdədir.

Dünya Bankının “Enerji sistemlərinə iqlim dəyişmələrinin təsiri” hesabatında birbaşa təsirlər kimi enerji tələbinə, enerji təklifinə, enerji infrastrukturuna, enerji nəqlinə olan təsirlər, dolayısı təsirlər kimi isə hər hansı iqtisadi fəaliyyət sahələrindəki təsirlərin enerji sektoruna yönəldilməsi nəzərdə tutulur (Ebinger və Vergara, 2011) [1].

İqlim dəyişmələrinin bərpa olunabilən enerji mənbələrinə mümkün təsirlərini əsasən iki qrupa ayırmaq olar: 1) temperaturun dəyişməsinin təsirləri; 2) suyun əlçatanlığının təsirləri. Hər iki növ



təsir bərpa olunabilən enerji mənbələrinə müxtəlif cür təsir edir və belə təsirlərin qiymətləndirilməsi metodologiyası da fərqlidir. Mümkün təsirlər əsasən enerji təklifinə təsir edir.

• *Temperaturun dəyişməsinin bərpa olunabilən enerji mənbələrinə mümkün təsirləri (ədəbiyyata baxış)*

Qeyd edək ki, dünyada enerji istehlakına görə ABŞ bütün ölkələri üstələməklə yanaşı, həm də iqlim dəyişmələrinə səbəb olan karbon emissiyasının istehsal edildiyi əsas ölkədir. Digər tərəfdən ənənəvi enerji mənbələrinin getdikcə tükənməsi və iqlim dəyişmələrinin kəskinləşməsi ABŞ üzərinə yeni vəzifələr və məsuliyyət qoyur. İnkişaf etmiş ölkə olaraq, həm iqlim dəyişmələrinin azaldılması, həm də tükənən karbohidrogen mənbələrinin bərpa olunabilən enerji mənbələri ilə daha tez və daha keyfiyyətlə əvəzlənməsi prosesində ABŞ təşəbbüskar və əsas investor olaraq iştirak etməlidir. Təəssüf olsun ki, ABŞ hələ də bərpa olunabilən enerjiddən istifadə üzrə Avropa Birliyindən xeyli geridə qalır. Digər tərəfdən, iqlim dəyişmələrinin azaldılması istiqamətində dünya birliyinin mühüm təşəbbüslərinə, məsələn, Kyota protokoluna hələ də qoşulmayıb. Buna baxmayaraq, iqlim dəyişmələrinin müxtəlif sahələrə, o cümlədən, enerji sektoruna təsirləri, həmçinin alternativ enerji mənbələrinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi problemləri ABŞ-da dövlət qurumları səviyyəsində diqqətlə öyrənilir. Bərpa olunabilən enerji mənbələrinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi ABŞ-ın timsalında ABŞ-ın Enerji Departamentinin Beynəlxalq Əlaqələr və Siyasət ofisi tərəfindən yaradılan tədqiqat qrupu tərəfindən tədqiq edilib (*DOE-PI, 2013*) [2].

Cədvəl 1

Bərpa olunabilən enerji mənbələrindən (SES-dan başqa) alınan enerjinin həcminə görə ilk 20-likdə olan ölkələrdə istehsal dinamikası (teravatt.saat) (2010-2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	75	104.3	136.8	183.8	229.5	279.1	369.5	502	636.4	742	863.1
ABŞ	173.7	201.9	228.3	266.2	296.8	315.8	367.4	417.7	451.6	483.7	551.7
Almaniya	84.2	106.4	121.3	129.3	142.9	169.8	169.1	196.2	206.8	222.7	232.4
Hindistan	33.9	41.9	49.5	55.9	63	65.1	79.8	99.1	123.9	139.2	151.2
B.Britaniya	22.6	29.5	35.9	48.5	58.6	77.1	77.6	93	104.6	114.6	127.8
Yaponiya	29.7	31	34.2	41.2	52.2	68.2	72.3	87.5	98.7	111.2	125.6
Braziliya	34.1	35.3	40.8	47.6	59.3	71.6	84.9	96.1	106.3	117.6	120.3
İspaniya	54.6	55.6	66.4	74.2	71.1	68.9	68.2	69.5	69.8	73.8	80.5
İtaliya	25.8	37.1	50.3	59.2	62.1	63.4	65.6	67.7	65.6	69.5	70.3
Fransa	15.5	19.6	25.5	28.6	31.5	37.5	39.1	44	49.5	57.1	64.3
Kanada	19.3	21	23.1	23.7	24.7	39.8	46.3	41.6	47.5	47.1	51.2
Avstraliya	8.4	11.1	13.2	16.4	18.3	21.7	24.1	25.7	32.2	41.2	49.9
Türkiyə	3.9	5.8	7.4	9.8	12	16.5	23	29	37.8	43.3	49.8
İsveç	15.7	17.6	19.4	21.3	22	27.1	27.1	29.9	28.9	33.5	40.1
Meksika	8.7	9.1	10.5	11.6	13.8	16.6	18.1	19.9	25.9	32.3	39.2
C.Koreya	4.5	7.6	8.6	10.2	14.7	17.3	18.9	24.1	27.2	30.5	37
Niderland	11.1	12.3	12.4	12.1	11.6	13.6	14.6	17.4	18.8	22.7	32
Polşa	8	10.8	14.8	14.6	17.7	20.7	20.7	21.6	19.6	23.5	25.6
Belçika	6.2	8.2	10.1	11.3	12	14.2	14	15.6	16.8	19.2	23.5
Tailand	3.4	4.1	5.2	7.2	9	10	12.5	14.9	17.9	21.4	20.5
Dünya	761.2	908.2	1067.9	1245.5	1414.0	1634.4	1851.3	2180.2	2478.6	2789.2	3147.0

Qeyd: BP (2021) [3] məlumatları əsasında tərtib edilib

Qeyd edək ki, son on ildə dünyada bərpa olunabilən enerji mənbələrindən alınan enerjinin həcmi cəmi enerji istehsalında mühüm çəkiyə malik olmasa da getdikcə artım trendi müşahidə edilməkdədir. Son 10 ildə dünyanın əksər ölkəsində, xüsusilə inkişaf etmiş ölkələrində və iqtisadiyyatları böyük olan ölkələrdə bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə həcmi sürətlə genişlənməkdədir (cədvəl 1). Lakin bu həcm bütün mənbələrdən əldə edilən enerjinin həcmində hələ də xeyli az paya malikdir. Belə ki, bərpa olunabilən enerji mənbələri daha yaxşı inkişaf edən bəzi ölkələrdə, məsələn, Braziliyada 2020-ci ildə istehlak olunan cəmi enerjinin həcmi 3333 teravatt.saat, ABŞ-da 24167 teravatt.saat, Çində 40278 teravatt.saat olub. 2020-ci ildə bu həcmə uyğun olaraq, 3.6 %-i, 2 %-i və 2 %-i bərpa olunabilən enerji mənbələrinin payına düşüb. Almaniyada bu rəqəm

7%, Hindistanda 1.7 %, Böyük Britaniyada isə 7.7 % təşkil edib. Karbohidrogen enerji mənbələrinin sürətlə tükənməsi kontekstində bərpa olunabilən enerji mənbələrinin inkişaf sürəti xeyli aşağıdır.

Bərpa olunabilən enerji texnologiyalarının iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi istilik elektrik stansiyalarında olduğundan fərqlidir. Hətta bərpa olunabilən enerji növündən asılı olaraq, istifadə edilən hər bir texnologiyanın iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi müxtəlifdir. Ona görə də hər bir ölkədə enerji mənbələrinin cəmi enerji istehsalında və istehlakında payından asılı olaraq, iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi qiymətləndirilməli və enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məqsədilə zəruri tədbirlər görülməlidir.

• *Su elektrik stansiyalarının (SES) iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin əsas fərqləndirici cəhətləri*

SES-nin iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin əsas fərqləndirici xüsusiyyətləri və qiymətləndirilməsinə həsr edilən tədqiqatlara iqtisadi ədəbiyyatda az rast gəlinir. Lakin müxtəlif ölkələrin təmsalında bu problemə həsr edilən tədqiqatların sayı son 10 ildə artmaqdadır. Məsələn, *Lusena və digərləri (2009)* [4] Braziliyanın təmsalında, *Maurer və digərləri (2009)* [5] Mərkəzi Amerikanın təmsalında, *Dursun və Gokcol (2011)* [6] Türkiyənin təmsalında, *Ruiz və digərləri (2012)* [7] Kolumbiyanın təmsalında, *Uang və digərləri (2013)* [8] Çinin təmsalında bu problemi öyrənmişlər.

Lusena və digərləri (2009) [4] öz tədqiqatlarında göstərilir ki, Braziliyanın su elektrik stansiyalarının iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin tədqiq edilməsinin mühüm əhəmiyyəti var. Belə bir iddiada bulunmağın əsas səbəbi ondan ibarətdir ki, Braziliyanın istehlak etdiyi elektrik enerjisinin mühüm hissəsi məhz bu mənbədən əldə edilir. Hətta ölkədə SES-nin geniş potensialının olması imkan verir ki, gələcəkdə enerji təhlükəsizliyini SES vasitəsilə təmin etmək mümkün olsun. Belə ki, BP-nin hesabatına əsasən (*BP, 2021*) [3] 2020-ci ildə Braziliyada istehsal edilən 620.1 teravatt.saat elektrik enerjisinin yarısından çoxu (396.8 teravatt.saat) SES payına düşür. Qeyd edək ki, digər bərpa olunabilən enerji mənbələrinin payına 120.3 teravatt.saat enerji düşür. Beləliklə, bütünlükdə bərpa olunabilən enerji mənbələri Braziliyanın elektrik enerjisi təminatında 83.4 %-dən çox paya malikdir. Bu halda belə mənbələrin iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin həmişə diqqətdə saxlanması vacibdir.

Lusena və digərləri (2009) [4] öz tədqiqatlarında SES-nin iqlim dəyişmələrinə olan zəifliyinin qiymətləndirilməsi zamanı əsasən yağıntının təsirlərini əsas götürürlər. Bu zaman SUİSHİ-O adlanan simulyasiya modelindən istifadə təklif edilir.

Tədqiqatların müqayisəli analizi deməyə əsas verir ki, SES-nin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi əsasən bu stansiyaların fəaliyyət göstərdikləri çaylardakı suyun orta həcmnin dəyişməsi ilə və ya iqlimlə bağlı hər hansı gözlənilməz hadisənin su anbarlarının idarəedilməsinə yaratdığı problemlə bağlı ola bilər. *Lusena və digərləri (2009)* [4] tərəfindən aparılan qiymətləndirmələrdə qeyd etdiyimiz birinci növ təsirlər, yəni Braziliyanın SES-nin fəaliyyətinə çaylardakı suyun orta həcmnin dəyişməsinin təsirləri nəzərə alınır.

Dursun və Gokcol (2011) [6] tərəfindən aparılan qiymətləndirmənin nəticələrinə əsasən SES-nin inkişaf etdirilməsi bir neçə səbəbdən, məsələn, təmiz enerji olduğundan, bərpa olunabildiyindən, ətraf mühitə tullantı atmadığından, həmçinin ucuz başa gəldiyindən və yerli mənbə olduğundan Türkiyə üçün vacibdir. BP-nin 2021-ci il üzrə olan hesabatına (*BP, 2021*) [3] əsasən Türkiyənin 2020-ci ildə elektrik enerjisinə olan tələbatı 305.4 teravatt.saat olub. Türkiyədə elektrik enerjisinin mühüm hissəsi hələ də karbohidrogen mənbələrin, xüsusilə, təbii qaz və kömürün hesabına istehsal edilir. Lakin tələbin müəyyən hissəsinin, yəni 49.8 teravatt.saat bərpa olunabilən (SES-dən başqa) mənbələrin, 78.1 teravatt.saat isə SES-nin payına düşməsi deməyə əsas verir ki, həm karbohidrogen, həm də bərpa olunabilən enerji mənbələrinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi qiymətləndirilsin.

ABŞ-nin İqlim Dəyişmələri Elmi Proqramının (CCSP 2007) [9] nəticələrinə əsasən iqlim dəyişmələrinin su elektrik stansiyalarına əsas təsiri onun fəaliyyəti üçün zəruri həcmdə su kütləsinin toplanması ilə bağlı ola bilər. Digər tərəfdən, global iqlim dəyişmələri nəticəsində temperaturun artması su hövzələrində buxarlanmanı da artırır, həmçinin çayların mənsəbindən mənbəyinə doğru ərazilərdə suyun həcmnin azalması baş verə bilər.

• *Günəş enerjisi stansiyalarının (GES) iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin əsas fərqləndirici cəhətləri*



Günəş enerjisi öz resurs potensialına görə enerji təhlükəsizliyinin təminatı üçün ümidvericidir. Lakin günəş enerjisinin resurs potensialının texniki, iqtisadi və market potensialına çevrilməsi hələ ki, ondan geniş istifadəyə imkan vermir. Digər tərəfdən, günəş panellərinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi müəyyən problemlər yarada bilər. Lakin buna baxmayaraq, karbohidrogen mənbələrinin yaxın onilliklərdə tükənməsi, həmçinin iqlim dəyişmələrinin sürətlənməsi günəş enerjisindən istifadəni imperativ edir. Nəzərə almaq lazımdır ki, Günəş Elektrik Stansiyalarının tikintisinin layihələndirilməsi və reallaşdırılması zamanı əvvəllər, bəlkə də bəzi ölkələrdə hazırda, tikinti üçün seçilmiş ərazidə günəş radiasiyasının dəyişməyəcəyi fərz edilirdi. Lakin son onilliklərdə aparılan geniş tədqiqatlar global iqlim dəyişmələrinin müxtəlif fəsadlara, o cümlədən, global temperatur dəyişmələrinə, həmçinin müxtəlif ərazilərdə günəş radiasiyasının həcmində dəyişməyə səbəb olacağı ilə bağlı ssenarilər təqdim edir. İqlim Dəyişmələri üzrə Ölkələrarası Razılaşma (İPCC) tərəfindən hazırlanan 5-ci hesabatda Yer kürəsi səthində global istiləşmə nəticəsində temperaturun və günəş radiasiyasının dəyişməsi ssenariləri geniş şərh edilir. Bu ssenarilərə əsasən temperaturun və günəş radiasiyasının dəyişməsinə uyğun olaraq, günəş enerjisi ilə bağlı infrastrukturun da qurulmasına ehtiyac var.

Günəş enerjisindən elektrik enerjisi və istilik istehsalı üçün istifadə həcmi ilbəil artır. Günəş batareyaları vasitəsilə istehsal edilən elektrik enerjisinin maya dəyərinin hələ də karbohidrogen yanacağı ilə istehsal edilən elektrik enerjisindən xeyli baha olması inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, xüsusilə, neft və qazla zəngin ölkələrdə onun inkişafını ləngidir. Buna baxmayaraq, günəş enerjisinin imperativliyi bu sahənin inkişafı ilə bağlı investisiyaların artırılmasını tələb edir. Elə bu səbəbdən də hələ ki, günəş enerjisindən istifadə imkanları inkişaf etmiş ölkələrdə daha genişdir (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Bəzi ölkələrdə Günəş enerjisindən alınan elektrik enerjisinin istehsal həcmi (teravatt.saat) və bərpa olunabilən enerji həcmində (SES-dən başqa) payı (%) (2020)

	Günəş enerjisi	BOEM-də payı (%)	Cəmi elektrik enerjisi istehsalı		Günəş enerjisi	BOEM-də payı (%)	Cəmi elektrik enerjisi istehsalı
Çin	261.1	30.25	7779.1	Avstraliya	23.8	47.70	265.2
ABŞ	134.0	24.29	4286.6	Türkiyə	10.8	21.69	305.4
Almaniya	50.6	21.77	571.9	İsveç	1.1	2.74	169.2
Hindistan	58.7	38.82	1560.9	Meksika	11.9	30.36	313.2
B.Britaniya	12.8	10.02	312.8	C.Koreya	16.6	44.86	574
Yaponiya	82.9	66.00	1004.8	Niderland	8.1	25.31	122.4
Braziliya	8.0	6.65	620.1	Polşa	2.0	7.81	157.8
İspaniya	20.8	25.84	255.8	Belçika	5.1	21.70	90.4
İtaliya	26.0	36.98	282.7	Tailand	4.6	22.44	176.4
Fransa	13.1	20.37	524.9	Dünya	855.7	27.19	26823.2
Kanada	4.4	8.59	643.9				

Qeyd: BP (2021) [3] məlumatları əsasında tərtib edilib

İqlim dəyişmələrinin Günəş enerjisi stansiyalarına əsas təsiri temperaturun artması ilə bağlıdır. Belə ki, temperatur artdıqca PV günəş batareyalarının potensial enerji generasiya etmək qabiliyyəti azalır. Tədqiqatlar göstərir ki, (məsələn, *Omubo-Pepple et al. (2009a)* [10], *Omubo-Pepple et al. (2009b)* [11], *Feron et al. (2020)* [12], *Li et. al (2020)* [13]) təkcə temperaturun artması deyil, digər meteoroloji dəyişikliklər də, məsələn, buludlu günlərin sayının artması, rütubətin dəyişməsi, havada tozların həcmində artması və sair problemlər də PV batareyalarının illik və fəsilələr üzrə elektrik enerjisi generasiyası həcmində təsir göstərir.

Günəş batareyalarının fəaliyyətinə iqlim dəyişmələrinin təsirlərini tədqiq edən çoxlu sayda tədqiqatlar aparılıb. Tədqiqatlar müxtəlif coğrafi əraziləri əhatə etdiyindən əldə edilən nəticələrin müqayisə edilməsi çətindir. Belə ki, coğrafi ərazilərdən asılı olaraq iqlim dəyişmələrinin, xüsusilə global temperatur dəyişmələrinin nəticələri də fərqlidir. Bəzi ərazilərdə temperaturun dəyişməsi

müsbət, bəzi ərazilərdə isə mənfi təsirlər yarada bilər. Bu, günəş batareyalarına olan təsirlərə də aiddir. Məsələn, *Crook və digərlərinin (2011)* [14] apardıqları tədqiqatın nəticələrinə əsasən böyük həcmli Günəş Elektrik Stansiyalarının (GES) tikintisi böyük həcmdə investisiya tələb etdiyi kimi, həm də uzun müddətli dövr üçün bu stansiyaların fəaliyyətinə iqlim dəyişmələrinin təsirinə qiymətləndirilməsini tələb edir. Uzunmüddətli təsirlərin qiymətləndirilməsi zamanı isə iqlim dəyişmələri üzrə mümkün ssenarilər əsas götürülməlidir. Qiymətləndirmə zamanı *Crook və digərləri (2011)* [14] IPCC SREA A1B ssenarisi üzrə okean-atmosfer iqlim dəyişmələri modellərinə, yəni HadGEM1 və HadGEM3 modellərinə üstünlük verirlər. IPCC SREA A1B ssenarisi gələcəkdə həm karbohidrogen enerjisi, həm də bərpa oluna bilən enerjidən balanslı istifadə ilə sürətli iqtisadi artımı nəzərdə tutur. Tədqiqat zamanı əldə edilən əsas nəticə ondan ibarətdir ki, belə ssenari üzrə hadisələr davam edərsə, onda 2010-2080-ci illərarası dövrdə Avropa və Çində PV günəş batareyalarının məhsullarında bir qədər artım, Əlcəzair və Avstraliyada çox zəif artım, Qərbi ABŞ-da və Səudiyyə Ərəbistanında isə bir qədər azalma müşahidə ediləcək. Avropada CSP-nin (Concentrated Solar Power) artımı hətta 10%-ə qədər ola bilər. PV-nin və CSP-nin faydalı iş əmsalının belə dəyişməsi, əlbəttə, bu regionlarda temperaturun və radiasiya səviyyəsinin dəyişməsi ilə bağlıdır. Bu nəticələr deməyə əsas verir ki, CSP-nin və PV-lərin tikintisi zamanı elə uyğun yerlər seçilməlidir ki, iqlim dəyişmələrinə zəiflik daha az olsun.

Wild və digərlərinin (2015) [15] apardıqları tədqiqatda da iddia edilir ki, XXI əsrin ortalarına qədər iqlim dəyişmələri nəticəsində temperaturun artması Yer kürəsinin əksər hissələrində Günəş radiasiyanın azalmasına və beləliklə, PV batareyalarının faydalı iş əmsalının azalmasına səbəb olacaq. Lakin bəzi regionlarda, məsələn, Avropada, Çinin cənubi-şərqində, Şimali Amerikanın cənubi-şərqində və bəzi digər regionlarda, əksinə, Günəş radiasiyasının artması nəticəsində PV-nin məhsuldarlığı arta bilər. Bu tədqiqatda Birləşmiş Modellərin Qarşılıqlı Müqayisəsinin 5-ci Fazası (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5-CMIP5) üzrə 39 iqlim modeli əsasında proqnozlar verilib. Müqayisələr 2006 ilə uyğun aparılıb. Həmçinin əldə edilən nəticələrə əsasən Almaniya və İspaniyada günəş radiasiyanın 2049-cu ildə 2006-cı illə müqayisədə illik artımı 0.5 % proqnozlaşdırılır. Hindistanın şimalında, həmçinin Çinin şimali-şərqində radiasiyanın 2049-cu ildə 2006-cı illə müqayisədə illik azalması 0.5 % gözlənilir.

Huber və digərlərinin (2016) [16] apardıqları tədqiqatda iqlim dəyişmələri üzrə ssenarilərin günəş enerjisi potensialına təsirləri qiymətləndirilib. Bu zaman IPCC SRES A1B ssenarisi üzrə XXI əsrin ortalarına qədər sürətli iqtisadi artımın təmin ediləcəyi modelləşmədə əsas götürülüb. Tədqiqatda birbaşa normal şüalanma (DNI) və qlobal üfiqi şüalanma (GHI) fərqləndirilib. Tədqiqatda əldə edilən əsas nəticə ondan ibarətdir ki, tədqiq edilən 17 regiondan 12-sində DNI azalacaq. 10 regionda isə GHI 1995-1999-cu illərə nisbətən 2035-2039-cu illərdə azalacaq. DNI və GHI göstəricilərinin ən çox dəyişdiyi region Afrikadır. Afrikanın qərb regionlarında 1995-1999-cu illərlə müqayisədə GHI 741 W/m^2 həcmindən 2035-2039-cu illərə qədər 686 W/m^2 həcminə qədər, yəni təqribən 7 % azala bilər. Afrikanın cənubunda və şərq regionlarında GHI-nin 5 %-ə qədər azalması gözlənilir. Yuxarıda qeyd etdiyimiz tədqiqatlarda olduğu kimi *Huber və digərlərinin (2016)* [16] tədqiqatında da Avropa və Avstraliyada GHI və DNI-nin həcmində artma gözlənilir. Avropanın şimalında DNI həcmi 178 W/m^2 -dən 198 W/m^2 -ə qədər (12 %), Avropanın cənubunda və Aralıq dənizi ətrafında isə 340 W/m^2 -dən 432 W/m^2 -ə qədər (8 %) arta bilər. Bu regionlarda GHI-nin də artması gözlənilir. Bu artım, uyğun olaraq, 3 % və 1 % ətrafında ola bilər. Avstraliyada isə DNI-nin artımı 7 %, GHI-nin artımı 5 % gözlənilir.

• *Külək enerjisi stansiyalarının (KES) iqlim dəyişmələrinə zəifliyinin əsas fərqləndirici cəhətləri*

Külək enerjisindən qlobal miqyasda istifadə həcmi də son illərdə sürətlə artmaqdadır. Qlobal Külək Enerjisi Şurasının (GWEC, 2019) [17] məlumatlarına əsasən 2002-ci ildən 2018-ci ilə qədər olan dövrdə külək enerjisi turbinlərinin gücü hər il orta hesabla 26 % , 2009-2018-ci illərarası dövrdə orta hesabla ildə 19 % artaraq 600 GW-a qədər yüksəlmişdir. 2018-ci ildə Külək turbinlərindən (KT) 90 ölkə istifadə edib. 30 ölkədə bu turbinlərin cəmi gücü 1 GW-dan çox, 12 ölkədə isə 4.8 GW-dan



çoxdur. *GWEC (2019)* [17] məlumatlarına əsasən 2023-cü ilə qədər KT-nin gücü əlavə olaraq 300 GW artacaq.

BP-nin 2021-ci il üzrə Hesabatına (*BP, 2021*) [3] əsasən dünyada 2020-ci ildə külək enerjisindən alınan cəmi elektrik enerjisinin həcmi bərpa olunabilən enerji mənbələrindən alınan enerji həcmində (SES-dən başqa) 50%-dən çox paya malik olub. 3-cü cədvəldə Bəzi ölkələrdə Külək enerjisindən alınan elektrik enerjinin istehsal həcmi (teravatt.saat), onun bərpa olunabilən enerji həcmində (SES-dən başqa) və cəmi elektrik enerjisi istehsalı həcmində payı (%) göstərilib. Külək enerjisindən istifadə ilə bağlı maraqlı nəticə ondan ibarətdir ki, inkişaf etmiş ölkələrlə yanaşı bu enerji mənbəyindən inkişaf etməkdə olan ölkələr də geniş istifadə etməkdədirlər. 2020-ci ildə dünya üzrə külək enerjisindən alınan elektrik enerjisinin həcmi cəmi elektrik enerjisi istehsalı həcmində 5.9 % təşkil edib. Bu göstərici üzrə Hətta Çin külək enerjisindən istifadə üzrə liderdir. 2020-ci ildə Çində külək potensialından 466.5 teravatt.saat enerji alınıb. Müqayisə üçün deyək ki, bu həcm Azərbaycanda 2020-ci ildə istehsal olunan elektrik enerjisindən (25.8 teravatt.saat) 18 dəfə çoxdur (*ARDSK, 2021*) [18]. Bərpa olunabilən enerji növlərindən külək enerjinə bəzi ölkələrdə üstünlük verilməsinin əsas səbəbi, əlbəttə hər şeydən əvvəl bu ölkələrdəki iqlim şəraiti ilə və landşaftla, həmçinin külək generatorlarının texnoloji cəhətdən daha asan və ucuz başa gəlməsi ilə bağlıdır.

Cədvəl 3

Külək enerjisindən alınan elektrik enerjinin istehsal həcmi, onun bərpa olunabilən enerji həcmində (SES-dən başqa) və cəmi elektrik enerjisi istehsalı həcmində payı (%) (2020)

	Külək enerjisi (teravatt.saat)	BOEM-də payı (%)	Cəmi elektrik enerjisində payı (%)		Külək enerjisi (teravatt.saat)	BOEM-də payı (%)	Cəmi elektrik enerjisində payı (%)
Çin	466.5	54.0	6.0	Avstraliya	22.6	45.3	8.5
ABŞ	340.9	61.8	8.0	Türkiyə	24.8	49.8	8.1
Almaniya	131.0	56.4	22.9	İsveç	28.1	70.1	16.6
Hindistan	60.4	39.9	3.9	Meksika	19.7	50.3	6.3
B.Britaniya	75.6	59.2	24.2	C.Koreya	3.1	8.4	0.5
Yaponiya	7.8	6.2	0.8	Niderland	15.3	47.8	12.5
Braziliya	57.0	47.4	9.2	Polşa	15.7	61.3	9.9
İspaniya	53.2	66.1	20.8	Belçika	13.0	55.3	14.4
İtaliya	18.7	26.6	6.6	Tailand	2.2	10.7	1.2
Fransa	40.6	63.1	7.7	Dünya	1591.2	50.6	5.9
Kanada	36.1	70.5	5.6				

Qeyd: BP (2021) [3] məlumatları əsasında tərtib edilib

Külək generatorlarının istehsal həcmi iqlim dəyişmələrinə zəifliyi əsasən iqlim dəyişmələrinin küləyin sürətinə təsirləri ilə bağlıdır. Bu problem müxtəlif ölkələrin təmsalında müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən qiymətləndirilib. Məsələn, *Breslow və Sailor (2002)* [19], *Pryor və Barthelmie (2013)* [20] ABŞ-in təmsalında, *Pereira de Lucena və digərləri (2010)* [21] Braziliyanın təmsalında, *Pryor və digərləri (2020)* [22] Avropa ölkələrinin və bəzi digər ölkələrin təmsalında iqlim dəyişmələrinin külək enerjisi potensialına təsirlərini tədqiq ediblər.

Breslow və Sailor (2002) [19] öz tədqiqatlarında Kanada İqlim Dəyişmələri və Hadley Mərkəzinin hazırladığı Ümumi Sirkulyasiya Modelindən istifadə ediblər. Bu model imkan verir ki, fəsillər üzrə küləyin orta dəyişməsi səviyyəsi nəzərə alınsın. Bu metoda əsasən küləyin sürətinin dəyişməsinin ölçülməsi ilə KT-nin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi hesablanmışdır. Hesablamalar göstərir ki, 2050-ci ilə qədər ABŞ-da küləyin sürəti 1 %-dən 3.2 %-ə qədər azalacaq. 2100-cü ilə qədər isə 1.4-4.5 % azalmanı proqnozlaşdırmaq olar.

Külək enerjisinin potensialına iqlim dəyişmələrinin təsirini tədqiq edən tədqiqatların demək olar ki, hamısı təsdiq edir ki, KT-nin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi mövcuddur və gələcəkdə enerji təhlükəsizliyinin proqnozlaşdırılmasında belə zəifliyin nəzərə alınması vacibdir.



Nəticə

Bərpa olunabilən enerji texnologiyalarının iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi istilik elektrik stansiyalarında olduğundan fərqlidir. Hətta bərpa olunabilən enerji növündən asılı olaraq, istifadə edilən hər bir texnologiyanın iqlim dəyişmələrinə zəiflik dərəcəsi müxtəlifdir.

Günəş batareyaları vasitəsilə istehsal edilən elektrik enerjisinin maya dəyərinin hələ də karbohidrogen yanacağı ilə istehsal edilən elektrik enerjisindən xeyli baha olması inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, xüsusilə, neft və qazla zəngin ölkələrdə onun inkişafını ləngidir. Günəş panellərinin iqlim dəyişmələrinə zəifliyi də müəyyən problemlər yarada bilər. Lakin buna baxmayaraq, karbohidrogen mənbələrinin yaxın onilliklərdə tükənməsi, həmçinin iqlim dəyişmələrinin sürətlənməsi günəş enerjisindən istifadəni imperativ edir. Günəş enerjisinin imperativliyi bu sahənin inkişafı ilə bağlı investisiyaların artırılmasını tələb edir.

Ölkənin iqlim şəraiti və landşaftından, həmçinin külək generatorlarının texnoloji cəhətdən daha asan və ucuz başa gəlməsindən asılı olaraq, bəzi ölkələrdə külək enerjisində üstünlük verilməsi məqsəduyğundur. Külək turbinlərinin də iqlim dəyişmələrinə zəifliyi mövcuddur və gələcəkdə enerji təhlükəsizliyinin proqnozlaşdırılmasında belə zəifliyin nəzərə alınması vacibdir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Ebinger, J., Vergara, W., 2011. Climate Impacts on Energy Systems: Key Issues for Energy Sector Adaptation. World Bank study, Washington DC.
2. DOE-PI, 2013. U.S. Department of Energy's Office of Policy and International Affairs. U.S. Energy sector vulnerabilities to climate change and extreme weather. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130710-Energy-Sector-Vulnerabilities-Report.pdf>
3. BP, 2021. BP Statistical Review of World Energy 2021. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
4. Lucena, A.F.P., Szklo, A.S., Schaeffer, R., et al., 2009. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy* 37, 879–889.
5. Maurer, E. P., Adam, J. C., and Wood, A. W.: Climate model based consensus on the hydrologic impacts of climate change to the Rio Lempa basin of Central America, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13, 183–194, <https://doi.org/10.5194/hess-13-183-2009>, 2009.
6. Dursun, B., Gokcol, C., 2011. The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey. *Renewable Energy* 36, 1227–1235.
7. Ruiz, D., Martinson, D.G., Vergara, W., 2012. Trends, stability and stress in the Colombian Central Andes Climatic Change. *Clim. Change* 112, 717–732.
8. Wang, B., et al., Vulnerability of hydropower generation to climate change in China: Results based on Grey forecasting model. *Energy Policy* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.002>
9. CCSP (U.S. Climate Change Science Program). 2007. "Effects of climate change on energy production and distribution in the United States." In *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States, Synthesis and Assessment Product 4.5*, by Bull, S.R., D.E. Bilello, J. Ekmann, M.J. Sale, and D.K. Schmalzer. 8–44. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program.
10. Omubo-Pepple V. B., Israel-Cookey C., Aaminokuma G. I., 2009a. Effects of Temperature, Solar Flux and Relative Humidity on the Efficient Conversion of Solar Energy to Electricity. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.35 No.2 (2009), pp.173-180
11. Omubo-Pepple V. B., Tamunobereton-ari I., Briggs-Kamara M. A., 2009b. Influence of meteorological parameters on the efficiency of photovoltaic module in some cities in the niger delta of Nigeria. *Journal of Asian Scientific Research* 3(1):107-113
12. Feron, S., Cordero, R.R., Damiani, A. et al. Climate change extremes and photovoltaic power output. *Nat Sustain* 4, 270–276 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00643-w>
13. Li, X., Mauzerall, D.L. & Bergin, M.H. Global reduction of solar power generation efficiency due to aerosols and panel soiling. *Nat Sustain* 3, 720–727 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0553-2>
14. Crook, J. A., Jones, L. A., Forster, P. M., & Crook, R. (2011). *Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output. Energy & Environmental Science*, 4(9), 3101. doi:10.1039/c1ee01495a



15. Wild, M., Folini, D., Henschel, F., Fischer, N., & Müller, B. (2015). *Projections of long-term changes in solar radiation based on CMIP5 climate models and their influence on energy yields of photovoltaic systems. Solar Energy*, 116, 12–24. doi:10.1016/j.solener.2015.03.039
16. Huber I, Bugliaro L, Ponater M, Garny H, Emde C, Mayer B. Do climate models project changes in solar resources? *Solar Energy* 2016;129:65–84. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.12.016>
17. Global Wind Energy Council. Global wind report 2018 (GWEC, 2019).
18. ARDSK, 2021. Azərbaycan Respublikası Dövlət Statistika Komitəsinin rəsmi internet sahifəsi. https://www.stat.gov.az/source/balance_fuel/ (baxılıb: 25 oktyabr 2021)
19. Breslow, P. B., & Sailor, D. J. (2002). *Vulnerability of wind power resources to climate change in the continental United States. Renewable Energy*, 27(4), 585–598. doi:10.1016/s0960-1481(01)00110-0
20. Pryor, S. C., & Barthelmie, R. J. (2013). *Assessing the vulnerability of wind energy to climate change and extreme events. Climatic Change*, 121(1), 79–91. doi:10.1007/s10584-013-0889-y
21. Pereira de Lucena, A. F., Szklo, A. S., Schaeffer, R., & Dutra, R. M. (2010). *The vulnerability of wind power to climate change in Brazil. Renewable Energy*, 35(5), 904–912. doi:10.1016/j.renene.2009.10.022
22. Pryor, S.C., Barthelmie, R.J., Bukovsky, M.S. et al. (2020). Climate change impacts on wind power generation. *Nat Rev Earth Environ* 1, 627–643 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0101-7>

G.Y.Mehdiyeva,

Doctor of Philosophy in Physics and Mathematics,
Institute of Economics of ANAS

The main distinguishing features of the vulnerability of renewable energy sources to climate change

Abstract

The article provides a comparative analysis of the possible effects of climate change on renewable energy sources, especially on hydropower plants (HPPs), solar panels (SPs) and wind turbine (WTs), based on the results of researches on this issue. A comparison of different approaches suggests that the vulnerability of renewable energy technologies to climate change is significantly different from vulnerability of thermal power plants. Even depending on the type of renewable energy, each technology used has a different degree of vulnerability to climate change. Therefore, the vulnerability of each energy source to climate change must be taken into account in ensuring energy security policy.

Keywords: renewable energy, wind turbines, solar panels, global horizontal irradiation (GHI), direct normal irradiation (DNI)

Г.Ю.Мехдиева

доктор философии по физико-математике
Институт экономики НАНА

Основные отличительные черты уязвимости возобновляемых источников энергии к изменению климата

Резюме

В статье проводится сравнительный анализ возможных воздействий изменения климата на возобновляемые источники энергии, особенно на гидроэлектростанции (ГЭС), солнечные батареи (СЭ) и ветряные турбины (ВТ), основанный на результатах исследований по данной проблеме. Сравнение различных подходов показывает, что уязвимость технологий использования возобновляемых источников энергии к изменению климата значительно отличается от уязвимости тепловых электростанций. Даже в зависимости от типа возобновляемой энергии каждая используемая технология имеет разную степень уязвимости к изменению климата. Следовательно, при обеспечении политики энергетической безопасности необходимо учитывать уязвимость каждого источника энергии к изменению климата.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветряные турбины, солнечные панели, глобальное горизонтальное облучение (GHI), прямое нормальное облучение (DNI)

Daxil olub: 07.09.2021