



منابع انرژی تجدیدپذیر افغانستان و رول آن در حفاظت منابع طبیعی: مرور روایتی

غلام حضرت غلامی^۱

^۱ دیپارتمنت جنگلداری و منابع طبیعی، پوهنځی زراعت، پوهنتون بامیان

خلاصه

افغانستان با وجود داشتن منابع عظیم انرژی تجدیدپذیر، یکی از پایین‌ترین میزان دسترسی و استفاده از برق در جهان را دارد. منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند نقش مهمی در توسعه پایدار اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و منابع طبیعی ایفا کنند. عمده‌ترین انواع انرژی تجدیدپذیر در کشور ما شامل انرژی آبی، آفتابی، بادی، جیوترمل و بیومس است. وابستگی شدید خانواده‌های روستایی به هیزم، افزایش هزینه‌های سوخت‌های فسیلی، آلودگی هوای داخل و خارج از خانه و تغییرات اقلیمی از جمله چالش‌هایی هستند که می‌توان با تنوع‌بخشی منابع تولید انرژی و استفاده از تکنالوژی‌های انرژی تجدیدپذیر به آن‌ها پاسخ داد. برای تطبیق مؤثر و گسترش تکنالوژی‌های انرژی تجدیدپذیر و بهبود دسترسی به انرژی پایدار، پالیسی، اهداف و نهادهای تخصصی ضروری است. توسعه پایدار دسترسی به انرژی با هزینه مناسب و پاک را برای کشورها تشویق می‌کند تا منابع انرژی تجدیدپذیر و قابل‌دسترس خود را ارزیابی کنند. این تحقیق به تحلیل ظرفیت انرژی تجدیدپذیر افغانستان با استفاده از نظرسنجی‌هایی که توسط سازمان‌های ملی و بین‌المللی انجام شده است، می‌پردازد و به محققان، متخصصان و سرمایه‌گذاران، یک دید کلی از وضعیت فعلی و مسیر آینده در بخش انرژی تجدیدپذیر و رول آن در حفاظت منابع طبیعی را در سطح ملی ارائه می‌دهد.

کلیمات کلیدی: انرژی تجدیدپذیر؛ توسعه پایدار؛ انرژی آبی؛ انرژی آفتابی؛ حفاظت منابع طبیعی

Renewable Energy Resources of Afghanistan and Their Role in Natural Resource Conservation: A Narrative Review

Ghulam Hazrat Ghulam^{1*}

¹Department of Forestry and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Bamyān University

*Corresponding Author Email: ghulamighulamhazrat@gmail.com

Abstract

Afghanistan, despite its abundant renewable energy resources, remains among the countries with the lowest rates of electricity access and utilization globally. Renewable energy sources hold significant potential to contribute to the country's sustainable economic, social, and environmental development, particularly in the effective management of natural resources. The primary renewable energy sources in Afghanistan include hydropower, solar, wind, geothermal, and biomass energy. Rural communities' heavy dependence on firewood, the rising cost of fossil fuels, indoor and outdoor air pollution, and the growing impacts of climate change underscore the urgent need to diversify energy sources and adopt renewable energy technologies. To ensure the effective implementation and expansion of these technologies, and to improve access to sustainable energy, the establishment of clear policies, defined objectives, and specialized institutions is essential. Sustainable development frameworks encourage nations to evaluate their available and renewable energy resources to guarantee access to affordable, reliable, and clean energy. This study examines Afghanistan's renewable energy potential based on surveys conducted by national and international organizations. It offers researchers, policymakers, experts, and investors a comprehensive overview of the current status and future prospects of the country's renewable energy sector at both national and international levels.

Keywords: Renewable energy; Sustainable development; Hydropower; Solar energy; Natural Resources Conservation

انرژی تجدیدپذیر یا انرژی پاک به نوعی از انرژی اطلاق می‌شود که آلودگی کم را تولید می‌کند و از منابع قابل تجدید سرچشمه می‌گیرد. عمده‌ترین انواع انرژی تجدیدپذیر در کشور ما شامل انرژی آبی، آفتابی، بادی، جیوترمل، و بایومس است. منابع انرژی قابل تجدید در مقابل، منابع انرژی غیرقابل تجدید و سنتی قرار دارند که عمده‌ترین آن‌ها نفت، گاز، چوب، پارو حیوانی و غیره هستند. انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به عنوان راه‌حلی پایدار برای رفع این مشکل و بهبود شرایط اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی مورد استفاده قرار گیرند (Anwarzai & Nagasa, 2017). توسعه پایدار اجتماعی و اقتصادی یک کشور همیشه به مدیریت منابع امن انرژی داخلی وابسته می‌باشد. درحالی‌که انرژی تجدیدپذیر در دسترس است، اما بیشتر انرژی جهان از منابع غیرتجدیدپذیر تأمین می‌شود که این موضوع به طور مستقیم به تغییرات اقلیمی کمک کرده و مشکلات محیط زیستی ایجاد می‌کند. همچنان استفاده از این منابع کیفیت زندگی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. منابع انرژی غیرتجدیدپذیر سبب ۵۰ فیصد از آلودگی هوای جهانی و ۶۰ فیصد از گازهای گلخانه‌ای منتشرشده در سطح جهان هستند. بنابراین، کاهش وابستگی به منابع غیرتجدیدپذیر می‌تواند غلظت کاربن دای اکساید و انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را کاهش داده و اثرات درازمدت تغییرات اقلیمی را تعدیل کند. منابع انرژی تجدیدپذیر، در مقابل، می‌تواند نیاز روز افزون جهانی به انرژی را برآورده کرده و اهداف توسعه جهانی را درحالی‌که محیط زیست را حفظ می‌کند، پشتیبانی نمایند (Anwarzai, 2018).

وضعیت اجتماعی و اقتصادی ضرورت این تغییرات را بیشتر برجسته می‌کند. فقر در افغانستان افزایش یافته و کودکان فقیر بیشتر احتمال دارد که از مکتب ترک تحصیل کنند (Anwarzai & Nagasa, 2017). جمعیت افغانستان تا فبروری ۲۰۲۵، حدود ۴۴ میلیون نفر با اوسط سن ۱۷.۵ سال گزارش شده است که در رتبه ۳۶ام در فهرست کشورهای جهان بر اساس جمعیت قرار دارد. تراکم جمعیت ۶۷ نفر در هر کیلومترمربع است و ۷.۲۶ فیصد از جمعیت در شهرها زندگی می‌کند (Worldometer. Afghanistan population 2025). اگر دولت افغانستان بخواهد هدف توسعه پایدار را به اولویت تبدیل کند، باید اقدامات اساسی برای بهبود دسترسی به انرژی پایدار و تجدیدپذیر در نظر گرفته شود. این اقدامات نه تنها می‌تواند به بهبود شرایط بهداشتی، آموزشی و اقتصادی کمک کند، بلکه در کاهش فقر و بهبود کیفیت زندگی نیز مؤثر خواهد بود (Sediqi et al., 2017).

افغانستان به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی خاص، از منابع طبیعی فراوانی برای تولید انرژی تجدیدپذیر برخوردار است. ولی تاکنون حتی از ۵ فیصد این منابع هم استفاده صورت نگرفته است. با این حال، سال‌ها جنگ و ناآرامی‌ها باعث شده است که این کشور نتواند از این ظرفیت‌ها به طور کامل استفاده کند. متأسفانه با وجود این همه منابع، هنوز هم این کشور از لحاظ تأمین انرژی وابستگی مطلق به کشورهای همسایه دارد (Gencer et al., 2025).

این در حالی است که منابع آبی، بادی، آفتابی، جیوترمل و بایومس خود افغانستان ظرفیت تولید ۳۹۸،۱۲۵ میگاوالت برق را دارد. از این میان ظرفیت بالقوه جهت تولید برق آبی ۲۳،۳۱۰ میگاوالت، برق بادی ۱۴۷،۵۶۳ میگاوالت، برق آفتابی ۲۲۲،۸۵۲ میگاوالت و تولید برق از منابع بایومس یا بایوگاز در حدود ۴،۴۰۰ میگاوالت می‌باشد. در حال حاضر، تنها حدود ۳۰ فیصد از جمعیت افغانستان به برق دسترسی دارند و بیشتر مناطق روستایی و شهری از نعمت برق محروم هستند. درحالی‌که دسترسی به برق پایدار تنها بین ۱۰-۱۵ فیصد است، که افغانستان در بین کشورهایی با پایین‌ترین میزان دسترسی به برق در جهان قرار دارد (Mostafaeipour et al., 2020). منابع طبیعی همچنان منبع اصلی انرژی برای حدود ۸۵ فیصد از جمعیت کشور است. افغانستان مانند دیگر کشورهای در حال توسعه، علاوه بر چالش پایین بودن دسترسی به انرژی‌های مدرن، تلاش کرده است تا وابستگی سنگین به واردات، قطع جنگلات (Khurram et al., 2024)، و مشکلات بهداشتی ناشی از استفاده بیش از حد از چوب سوخت و سوخت‌های فسیلی را به عنوان منابع اصلی انرژی و آلوده کننده های هوا و محیط زیست کاهش دهد (Global solar atlas, 2025).

برای تأمین انرژی پاک، پایدار و قابل اعتماد، باید تعهد و سرمایه‌گذاری لازم در ایجاد زیرساخت‌های مؤثر تولید، تحویل و توزیع انرژی صورت گیرد. این زیرساخت‌ها نه تنها به ارتقای دسترسی به انرژی در سراسر کشور کمک می‌کنند، بلکه موجب افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و حفاظت از محیط زیست خواهند شد. با توجه به ظرفیت‌های طبیعی افغانستان در زمینه انرژی تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری در این زمینه می‌تواند راه‌حلی مؤثر برای حل چالش‌های موجود در تأمین انرژی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار باشد.

مواد و روش تحقیق

در این مقاله از روش مرور بر آثار گذشته استفاده شده است. این روش به منظور بررسی نظریات، تجربیات و ارقام موجود در زمینه منابع انرژی تجدیدپذیر و نقش آن‌ها در توسعه پایدار در افغانستان به کار رفته است. اطلاعات مورد نیاز از طریق مطالعه و تحلیل منابع معتبر به زبان‌های دری و انگلیسی گردآوری شده که شامل کتب تخصصی، مقالات علمی-تحقیقی، پایان‌نامه‌ها، گزارش‌های سازمان‌های بین‌المللی (مانند بانک جهانی، برنامه‌های غذا و زراعت، و انکشافی سازمان ملل متحد و غیره)، و منابع معتبر آنلاین می‌باشد، روش تحقیق شامل مراحل زیر است:

شناسایی منابع مرتبط با موضوع انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه پایدار، و وضعیت افغانستان از نظر ظرفیت‌های انرژی؛ مطالعه تحلیلی و انتقادی متون برای استخراج اطلاعات کلیدی؛ دسته‌بندی موضوعی یافته‌ها در زمینه‌های مختلف مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی، جیوترمل و بایومس؛ بررسی چالش‌ها و استخراج نتایج و پیشنهادات مبتنی بر جمع‌بندی منابع در این تحقیق، امکان یک تحلیل ساختارمند منابع و تولید یک چارچوب نظری جامع را فراهم کرده که می‌تواند به سیاست‌گذاران، محققین و فعالان حوزه انرژی تجدیدپذیر و رول آن در حفاظت منابع طبیعی در افغانستان یاری رساند.

منابع عمده انرژی تجدیدپذیر در افغانستان

منابع انرژی تجدیدپذیر یا انرژی پاک در افغانستان عبارت از انرژی آبی، آفتابی، بادی، جیوترمل و بایومس هستند که متأسفانه در طی سالیان دراز سرمایه‌گذاری کافی روی آن صورت نگرفته است. انرژی جیوترمل ظرفیت بالایی دارد، اما تاکنون به طور کامل تحلیل نشده است. منابع بایومس از ضایعات زراعتی به طور گسترده‌ای برای پخت‌وپز و گرمایش استفاده می‌شوند، اما می‌توانند به عنوان منبعی برای تولید انرژی تجدیدپذیر نیز به کار گرفته شوند (Sedighi et al., 2017). در بخش‌های بعدی، هر یک از منابع انرژی تجدیدپذیر به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

اول: انرژی آبی

انرژی برق آبی پرمصرف‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر است که بیش از ۱۰,۰۰۰ گیگاوات (۱۶ فیصد) از تولید کل انرژی جهانی را تأمین می‌کند (Slimankhil et al., 2020). اولین نیروگاه برق آبی تجاری افغانستان (جبل سراج) در سال ۱۹۱۶ در دریایی سالنگ در ارتفاع ۱,۶۰۰ متری ساخته شد و در سال ۱۹۲۲ فعالیت خود را آغاز کرد (Global solar atlas, 2019). تاکنون، از تمامی ظرفیت انرژی برق آبی استفاده کامل نشده است. میزان استفاده کل در ماه مارچ ۲۰۱۶ معادل ۲۵۶ میگاوات بود. تکمیل بازسازی بند سلما در نیمه دوم سال ۲۰۱۶ با ظرفیت ۴۲ میگاوات انرژی اضافی فراهم کرد و توان کل به ۳۳۰ میگاوات رسید. در سروی که توسط دولت افغانستان و موسسه همکاری بین‌المللی آلمان در سال ۲۰۱۴ میلادی صورت گرفته است، حوزه‌های دریایی کشور را به پنج حوزه ذیل تقسیم شده و ظرفیت بالقوه تولید انرژی این حوزه‌ها را ۲۳,۳۱۰ میگاوات برق برآورد کرده و به پنج حوزه آبی اصلی قرار ذیل تقسیم‌بندی نموده‌اند که در جدول ۱ ظرفیت تمام حوزه‌های آبی افغانستان گنجانیده شده است (World Bank, 2017).

۱- حوزه دریایی کابل

حوزه دریایی کابل شامل چهار حوزه دریایی فرعی می‌شود. دریا کابل، دریا پنجشیر، دریای لغمان و دریای کنر شامل این حوزه شده و در مجموع ظرفیت تولید ۱,۹۴۱ میگاوات انرژی آبی را دارد که نمایندگی از ۸,۴ فیصد مجموع ظرفیت بالقوه تولید انرژی کشور می‌کند. در این میان حوزه فرعی دریای کنر با ظرفیت ۱,۰۸۹ میگاوات بلندترین و لغمان با ظرفیت بالقوه ۴۴ میگاوات کم‌ترین ظرفیت را دارد (Slimankhil et al., 2020; World Bank, 2017).

۲- حوزه دریایی آمو و معاونین آن

حوزه دریایی آمو یکی از مهم‌ترین حوزه‌های دریایی کشور به شمار رفته که با داشتن ظرفیت بالقوه تولید ۲۰,۱۳۷ میگاوات برق آبی ۲۰,۸۶ فیصد ظرفیت بالقوه تولید انرژی کشور را به خود اختصاص داده است. این حوزه آبی شامل چهار حوزه فرعی شده که حوزه فرعی پنج ظرفیت ۹,۰۵۰ میگاوات، حوزه آمو ظرفیت ۹,۱۱۰ میگاوات، حوزه کوکچه ظرفیت ۱,۹۲۷ میگاوات و حوزه کندز ظرفیت بالقوه تولید ۵۰ میگاوات برق را دارد (ضیایی، ۱۳۹۹؛ Slimankhil et al., 2020).

۳- حوزه دریایی شمال

حوزه دریایی جوزجان و بلخ که در ولایت‌های بلخ و جوزجان موقعیت دارد، سومین حوزه دریایی کشور با ظرفیت بالقوه تولید انرژی ۷۶۰ میگاوات برق بوده که ۳.۳ فیصد مجموع ظرفیت بالقوه تولید انرژی کشور را به خود اختصاص داده است، این شامل دو حوزه فرعی است که حوزه جوزجان با ظرفیت ۴۶۰ میگاوات و حوزه بلخ با ظرفیت ۳۰۰ میگاوات تولید بالقوه برق را دارد (Danish et al., 2017; World Bank, 2017).

۴- حوزه دریایی هلمند

این حوزه دریایی شامل دو حوزه فرعی دریای هلمند و فراه رود می‌باشد. این حوزه دریایی ظرفیت بالقوه تولید ۲۷۰ میگاوات برق را دارد که ۷.۰ فیصد ظرفیت بالقوه تولید انرژی کشور را تشکیل می‌دهد (Slimankhil et al., 2020).

۵- حوزه دریایی هری رود و مرغاب

این حوزه دریایی در غرب کشور موقعیت داشته و دو حوزه فرعی هری رود و مرغاب را شامل می‌شود. این حوزه دریایی ظرفیت بالقوه تولید ۲۰۲ میگاوات برق آبی را داشته که ۶.۰ فیصد مجموع ظرفیت تولید انرژی آبی کشور را تشکیل می‌دهد (Najafizada, 2017; World Bank, 2017).

جدول ۱: ظرفیت انرژی آبی حوزه‌ها و دریا‌های افغانستان

ظرفیت میگاوات	دریا	زون
۴۰۸	کابل	کابل
۴۰۰	پنجشیر	
۴۴	لغمان	
۱۰۸۹	کنر	
۹۰۵۰	پنج	آمو و پنج
۹۰۱۱۰	آمو	
۱۰۹۲۷	کوکچه	
۵۰	کندوز	
۴۶۰	جوزجان	شمال
۳۰۰	بلخ	
۱۰۲	هریرود	هریرود و مرغاب
۱۰۰	مرغاب	
۱۹۰	هلمند	هلمند
۸۰	فراه رود	
۲۳,۳۱۰	جمع	

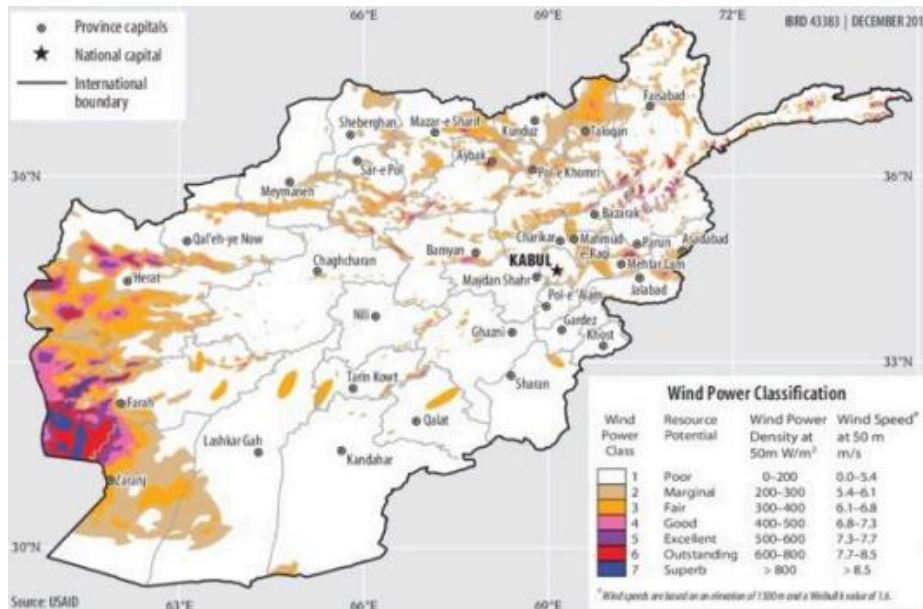
منبع: (Slimankhil et al., 2020)

دوم: انرژی بادی

مناطق مرتفع و کوهستانی افغانستان، به‌ویژه در شمال و غرب کشور، ظرفیت بالایی برای تولید انرژی بادی دارند. مطالعات نشان می‌دهند که سرعت باد در برخی از مناطق به حدی است که می‌تواند برای تولید برق در مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. تاکنون پروژه‌های محدودی در زمینه انرژی بادی در افغانستان تطبیق شده است، اما ظرفیت برای توسعه بیشتر وجود دارد. ایجاد توربین‌های بادی در مناطق بادخیز می‌تواند به تولید برق پایدار کمک کند (Danish et al., 2017).

در کل ظرفیت تولید ۱۴۷,۵۶۳ میگاوات برق بادی را دارد. اولین دستگاه تولید انرژی بادی در افغانستان در سال ۲۰۰۸ در ولایت پنجشیر ایجاد شد که متشکل از ده توربین بادی بوده و ظرفیت تولید ۱۰۰ کیلووات برق در ساعت را دارد که از آن برای تسخین و تنویر محوطه مقام ولایت پنجشیر استفاده می‌شود. فراه با ظرفیت تولید ۶۱۳,۳۵۳ میگاوات برق بادی مقام اول، هرات با ظرفیت ۳۶,۴۹۷ میگاوات مقام دوم، نیمروز با ظرفیت ۲۱,۴۵۰ میگاوات مقام سوم، تخار با ظرفیت ۴,۷۹۵ میگاوات برق مقام چهارم و بدخشان با ظرفیت تولید ۳,۳۱۴ میگاوات برق بادی مقام پنجم را دارد (ضیایی، ۱۳۹۹).

انرژی بادی بعد از انرژی آبی، دومین منبع انرژی پاک و ارزان در جهان به شمار می‌رود. این گونه انرژی در کشور تا کنون ناشناخته باقی مانده و از این ظرفیت خدادادی و طبیعی تا کنون به گونه‌ی شاید و باید آن استفاده نشده است. انرژی بادی با نصب توربین‌های بادی کوچک، متوسط و بزرگ به دست آمده و به گونه‌ی مستقیم و یا بعد از ذخیره‌سازی در بطری‌های مخصوص، توسط خانواده‌ها و یا برای مقاصد صنعتی استفاده می‌شود که در شکل ۱ ظرفیت انرژی بادی افغانستان نشان داده شده است (ضیایی، ۱۳۹۹، Gencer et al., 2025، Jahangiri et al., 2019).



شکل ۱: ظرفیت انرژی بادی افغانستان (Gencer et al., 2025)

سوم: انرژی آفتابی

آفتاب یک دستگاه طبیعی تولید واکنش‌های هسته‌ای است که ذره‌های بنیادی انرژی را به نام فوتون آزاد می‌کند که در هشت دقیقه و ۳۰ ثانیه به زمین می‌رسد. استفاده از تکنولوژی آفتابی در زندگی روزمره در حال افزایش است و به دنبال آن، هزینه بهره‌گیری از آن به سرعت در حال کاهش می‌باشد. انرژی آفتابی، منبع انرژی پاک، ارزان و تجدیدپذیر است و در هر نقطه‌ای که نور آفتاب به سطح زمین برخورد کند، مکانی بالقوه برای تولید این نوع انرژی است و از آنجایی که انرژی آفتابی از آفتاب تأمین می‌شود، یک منبع انرژی بی‌پایان است (یوسفی، ۱۴۰۰). ظرفیت انرژی آفتابی اکثریت ولایات افغانستان در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱: ظرفیت انرژی آفتابی افغانستان به میگاوات بر ساعت

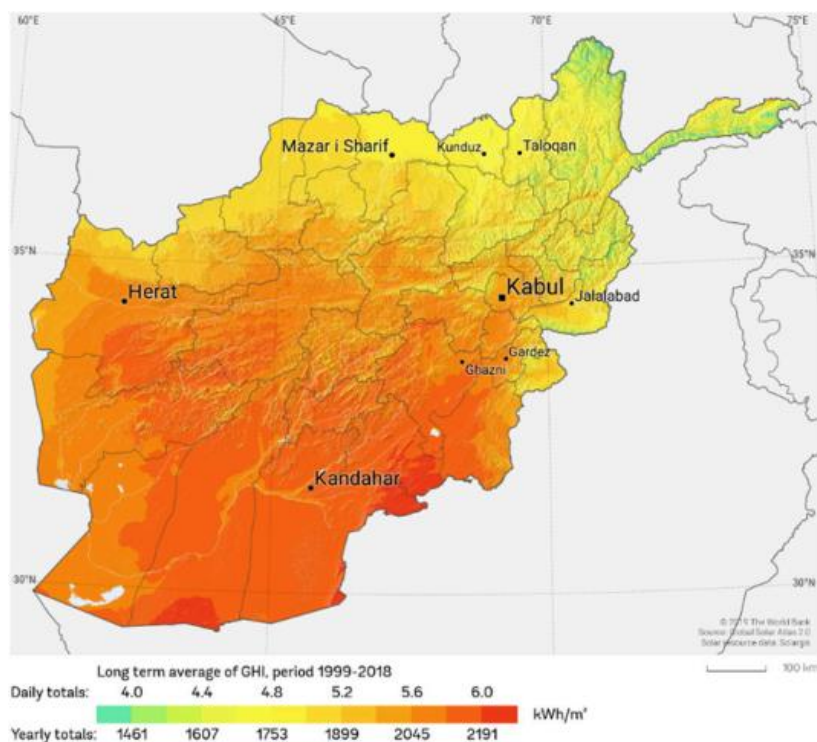
شماره	ولایت	ظرفیت	موقعیت	شماره	ولایت	ظرفیت	موقعیت
۱	هلمند	۳۳.۲۸۲	بغران	۱۸	تخار	۲.۵۴۳	بهارک
۲	کندهار	۳۱.۰۷۹	ارغنداب	۱۹	جوزجان	۲.۲۳۰	اقچه
۳	هرات	۲۸.۵۳۹	ادرسکن	۲۰	دایکندی	۱.۹۱۱	گیزاب
۴	فراه	۲۷.۱۳۷	اناردره	۲۱	بامیان	۱.۸۶۳	بامیان
۵	نیمروز	۲۲.۶۱۸	چهاربرجک	۲۲	ننگرهار	۱.۶۸۷	شیخ میسری
۶	غور	۱۰.۵۳۹	فیروزکوه	۲۳	بغلان	۱.۵۳۶	اندراب
۷	زابل	۹.۴۶۴	ارغنداب	۲۴	کندوز	۱.۲۷۹	علی آباد
۸	ارزگان	۶.۵۳۰	چوره	۲۵	وردک	۱.۰۴۳	چک وردک
۹	غزنی	۵.۸۰۲	آب بند	۲۶	نورستان	۸۸۸	برگ متال
۱۰	بادغیس	۵.۳۲۸	آب کمری	۲۷	لغمان	۸۴۲	النگار، لغمان
۱۱	پکتیا	۵.۰۴۲	برمل	۲۸	پروان	۵۴۸	بگرام
۱۲	پکتیکا	۵.۰۴۲	برمل پکتیکا	۲۹	لوگر	۴۵۱	ازره، لوگر

۱۳	فارياب	۴,۶۷۹	المار	۳۰	کنر	۴۴۷	اسدآباد، کنر
۱۴	سري پول	۴,۱۳۱	بليخاب	۳۱	کابل	۴۳۲	بگرامي
۱۵	بدخشان	۳,۷۳۶	ارغنج خواز	۳۲	پنجشير	۳۷۴	انابه
۱۶	سمنگان	۲,۹۱۲	اييک	۳۳	خوست	۳۶۴	بک خوست
۱۷	بلخ	۲,۹۰۰	بلخ	۳۴	کاپيسا	۱۸۳	اليسا
ظرفيت کلي انرژي آفتابي				۲۲۲,۸۴۹ ميگاوات			

منبع: اطلس جهاني خورشيد- افغانستان (Global solar atlas, 2019)

افغانستان در کل با داشتن ۳۰۰ روز آفتابي در سال يعني بيش از ۸۲ فيصد از روزهای سال آفتابي بوده و تنها ۱۸ فيصد غير آفتابي است و تابش کافي نور خورشيد با حد اوسط توليد ۶.۵ کيلووات برق در ساعت در هر مترمربع يا به عبارت ديگر شدت شعاع آفتاب به صورت متوسط در ۲۴ ساعت ۱۶۵ وات در يک متر مربع مي باشد و ظرفيت بالقوه براي توليد ۲۲۲,۸۵۲ ميگاوات برق آفتابي را دارد که توليد کنوني برق آفتابي در مقايسه با اين رقم ۰.۰۳ فيصد را نشان مي دهد (ارژنگ، ۱۴۰۲). بر اساس ارقام «مرکز معلومات انرژي افغانستان»، هلمند، کندهار، هرات، فراه و نيمروز به ترتيب با ظرفيت توليد ۳۳,۲۸۲ ميگاوات، ۳۱,۰۷۹ ميگاوات، ۲۸,۵۳۹ ميگاوات، ۲۷,۱۳۷ ميگاوات و ۲۲,۶۱۸ ميگاوات برق از انرژي آفتاب، بيش ترين ظرفيت توليد برق آفتابي در اين کشور را دارد که در شکل ۲ ظرفيت انرژي آفتابي افغانستان بصورت واضح نشان داده شده است (Global solar atlas, 2019; Modrzejewska, 2012).

انرژي آفتابي بعد از انرژي آبي و بادي سومين منبع ارزان و آسان انرژي پاک به شمار مي رود که از آن تا کنون استفاده ي بهينه صورت نگرفته است. کار ساخت نيروگاه های توليد برق از انرژي آفتابي در افغانستان، در ۲۰۱۴ از کندهار آغاز شد و اکنون، تنها پنج نيروگاه فعال برق آفتابي در سراسر کشور وجود دارد که ظرفيت توليد ۶۸.۱۸۴ ميگاوات برق در ساعت را دارد. توليد برق در اين نيروگاه ها، ۷.۴ فيصد کل برق موجود در شبکه ي برق رسانی افغانستان و ۳۵ فيصد برقي را تشکيل مي دهد که از منابع داخلي توليد مي شود (Najafizada, 2017; Global solar atlas, 2019).



شکل ۲: ظرفيت انرژي آفتابي در افغانستان (Global solar atlas, 2019)

در ذیل چند مثال برق آفتابی به سطح کشور ذکر می شود که از آنجمله سه نیروگاه تولید برق از انرژی آفتابی در کندهار فعال است که ظرفیت تولید ۴۰ میگاوالت برقی در ساعت را دارد. یک نیروگاه برق آفتابی در هرات با ظرفیت تولید ۱۰۷ میگاوالت برقی در ساعت فعالیت دارد. یک نیروگاه تولید برق از انرژی آفتابی در بامیان فعال است که ظرفیت تولید ۱ میگاوالت برقی در ساعت را دارد (یوسفی، ۱۴۰۰). یک نیروگاه برق آفتابی در بند نغلو ولسوالی سروبی کابل فعال است که ظرفیت تولید ۱۰ میگاوالت برقی در ساعت را دارد و به ارزش شش و نیم میلیون دالر امریکایی ساخته شده است (قویاش، ۱۴۰۲).

در حال حاضر در بیشتر از کشورهای جهان؛ یا از انرژی آفتابی برق تولید می شود و یا هم در حال سرمایه گذاری روی تولید برق از انرژی آفتابی هستند. از سوی دیگر، نبود انرژی کافی از منابع پاک و تجدیدپذیر باعث می شود که شهروندان برای گرمایش و سرمایش خانه های شان از انرژی فسیلی که آلودگی محیط زیستی را به همراه دارد استفاده کنند. استفاده بی رویه از انرژی فسیلی در کابل، باعث شده است که این شهر در هنگام فصل زمستان در میان آلوده ترین شهرهای جهان جا بگیرد (ارژنگ، ۱۴۰۲؛ یوسفی، ۱۴۰۰).

چهارم: انرژی بایومس

بیومس به تمامی موادی اطلاق می شود که در گذشته نزدیک منشأ زیستی داشته و از موجودات زنده به وجود آمده اند، یا زایدات و ضایعات آن ها به شمار می روند. می دانیم که منشأ منابع فسیلی نیز منابع بایومس می باشد ولی تفاوت آنها در این است که منابع فسیلی از منابع بایومس که در گذشته بسیار دور زنده بودند و تحت شرایط فشار و درجه حرارت خاص حاصل شده اند. از اعمال مجموعه ای از پروسه های فیزیکی، شیمیایی و محیط زیستی بر روی منابع مختلف زیست توده مانند تجزیه، تخمیر و غیره در یک محفظه، گازی به دست می آید که اصطلاحاً بیوگاز نام دارد (ضیایی ۱۳۹۹؛ Ghulami et al., 2018).

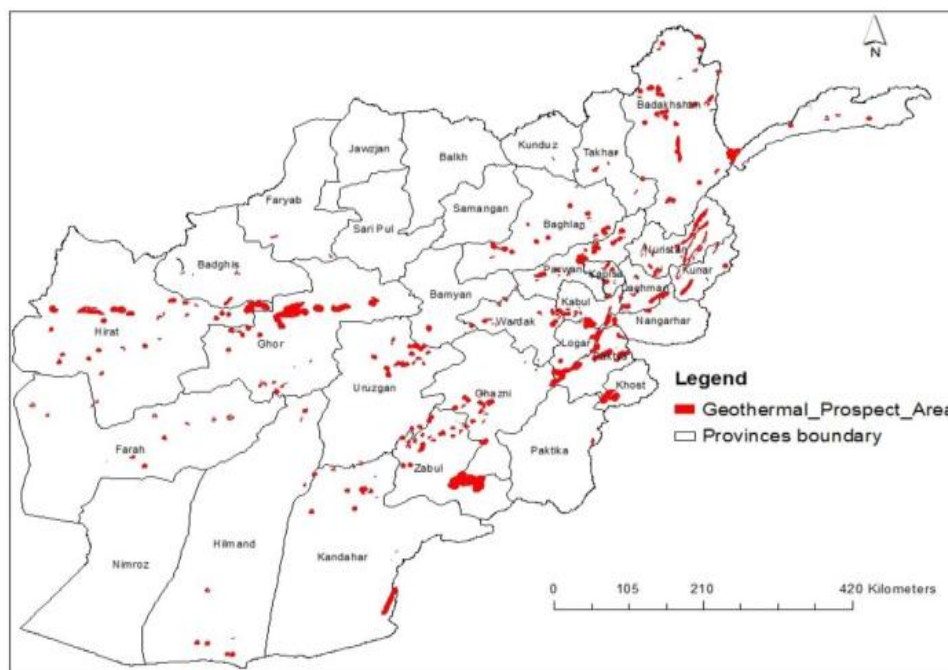
بایوگاز در یک عملیه تجزیه غیرهوازی (زنده و فعال بدون هوا و آکسیجن) توسط باکتری بی هوازی و یا در یک پروسه تخمیر مواد قابل تجزیه از قبیل کود زراعتی، فاضلاب، زباله ها و کثافات شهرداری، زباله ها سبز (باغ ها و پارک ها) مواد نباتی و محصولات زراعتی به دست آمده و یک منبع تجدیدپذیر انرژی در قرن حاضر به حساب می آید. این گاز به طور کل از میتان و کاربن دای اکساید تشکیل شده و ممکن است مقادیر ناچیزی هایدوجن سلفاید، بخار آب و اکساید سیلیکان نیز داشته باشد. اجزای تشکیل دهنده این گاز، ۶۲ الی ۷۰ فیصد گاز میتان و ۳۰ الی ۳۵ فیصد کاربن دای اکساید است (Ghulami et al., 2018; Slimankhil et al., 2020).

بایوگاز در شرایط تهیه آزمایشگاهی قابل اشتعال بوده و ارزش حرارتی آن دو برابر گرمایی است که از سوزاندن پارو حیوانات به صورت عادی تولید می گردد. بایوگاز ظرفیت جدید برای تولید انرژی در افغانستان است که از این منبع از بابت کثافات جامد و مواد زاید شهرداری ها، فضله حیوانات و بقایای زباله های سبز، مواد نباتی پوسیده و محصولات زراعتی و نباتات در حدود ۴۴۰۰ میگاوالت برقی در ساعت می توان تولید کرد. در شهرهای بزرگ کشور مانند کابل، هرات، مزار شریف و قندهار ظرفیت تولید بیش تر از ۱۵۰ تن مواد فضله در روز وجود داشته و در سایر شهرها و شهرک ها این ظرفیت متفاوت می باشد (World Energy Organization, 2017; World Bank, 2015).

پنجم: انرژی جیوترمل

اگرچه انرژی زمین گرمایی (جیوترمل) در افغانستان کمتر مورد توجه قرار گرفته است انرژی جیوترمل یکی از قابل اعتماد ترین و با دوام ترین منابع انرژی قابل تجدید است، بدون در نظر داشت شرایط آب و هوا قابل برداشت است و قادر به استفاده برای تولید برق است (Qasimi et al., 2022). تولید انرژی جیوترمل متکی به بخار و آب گرم از ساحات جیوترمل فعال زمین است و میتواند برای گرم کردن خانه ها یا تولید برق استفاده گردد. برای ارزیابی ظرفیت انرژی جیوترمل افغانستان به تحقیقات بیشتر نیاز است. از نظر زمین شناسی، افغانستان روی سه صفحه تکتونیکی قرار دارد که حرکت و تصادم آنها منجر به چشمه های آب گرم، مواد معدنی هایدروترمل، آتشفشان ها، و سنگ های مگما می شود. مطالعات اولیه سیستم های فعال زمین گرمایی (جیوترمل) در افغانستان، که عمدتاً در محور اصلی کوه های هندوکش واقع شده اند و در امتداد سیستم گسل هرات تا دهلز واکان در شرق گسترش یافته اند، شناسایی می کند (Najafizada, 2017). چشمه های بی شمار زمین گرمایی با درجه حرارت پایین و متوسط در این منطقه وجود دارند که در شکل ۳ ظرفیت مکان های فعلی انرژی جیوترمل افغانستان نشان داده شده است (Qasimi et al., 2022; World Energy Organization (WEO), 2015).

با وجود این همه ظرفیت بالقوه شگفتی‌انگیز در راستای تولید انرژی پاک با ظرفیت انرژی آبی ۲۳ گیگاوات، انرژی بادی ۶۷ گیگاوات انرژی آفتابی ۲۲۰ گیگاوات و انرژی بایومس ۴ گیگاوات در افغانستان، متأسفانه حتی باشندگان شهر کابل، پایتخت کشور، به گونه‌ی ۲۴ ساعته به انرژی برق دسترسی ندارند. تسهیل مشارکت عامه و خصوصی در پهلوی سرمایه‌گذاری‌های خارجی، می‌تواند نقش عمده در راستای تولید انرژی پاک و تبدیل کردن این کشور به یکی از صادرکنندگان انرژی به کشورهای منطقه بازی کند (Qasimi et al., 2022; Danish et al., 2017).



شکل ۳: ظرفیت مکان‌های فعلی انرژی جیوترمل افغانستان (Qasimi et al., 2022).

اهمیت منابع انرژی تجدیدپذیر در حفاظت منابع طبیعی

در دهه‌های اخیر، بحران‌های محیط‌زیستی از جمله قطع جنگلات، فرسایش خاک، کمبود آب، و آلودگی هوا به شکل روزافزونی تشدید یافته است (Khurram et al., 2024). یکی از عوامل اصلی این بحران‌ها، وابستگی زیاد جوامع به سوخت‌های فسیلی و منابع طبیعی همچون چوب، میوه و بته به عنوان منابع انرژی در سطح کشور است (Mahmoodi et al., 2023). با توجه به این چالش‌ها، منابع انرژی تجدیدپذیر (مانند انرژی آفتابی، بادی، آبی، و بایومس) به عنوان راه‌حلی پایدار و سازگار با محیط زیست برای تأمین انرژی و مدیریت منابع طبیعی مطرح شده‌اند. نقش انرژی تجدیدپذیر در مدیریت منابع طبیعی به‌ویژه چراگاه‌ها و جنگل‌ها، بسیار چشم‌گیر است، زیرا استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند فشار ناشی از بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی را کاهش داده و به حفظ اکوسیستم‌ها کمک کند. در ادامه این اهمیت را در چند محور اساسی توضیح می‌دهم:

۱- کاهش فشار بر منابع جنگلی و چراگاهی

در بسیاری از مناطق روستایی افغانستان، مردم برای تامین انرژی مورد نیاز خود مانند پخت و پز و گرمایش، به قطع درختان جنگلی و جمع آوری علف از چراگاه‌ها متوسل می‌شوند. این امر منجر به تخریب جنگلات، فرسایش خاک، و کاهش کیفیت پوشش نباتی می‌شود. جایگزینی این سوخت‌ها با منابع تجدیدپذیر مانند انرژی آفتابی، بادی و بیوگاز، می‌تواند برداشت از جنگل و چراگاه را به طور قابل توجهی کاهش دهد (UNDP, 2015; World Bank, 2017).

۲- کاهش گازهای گلخانه‌ای و تاثیرات اقلیمی

انرژی‌های تجدیدپذیر بخشی مهم از راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سازگاری با تغییرات اقلیمی هستند. در افغانستان، که از خشکسالی و فرسایش زمین رنج می‌برد، استفاده از منابع انرژی پایدار یک ضرورت است. استفاده از سوخت‌های فسیلی و سوزاندن چوب منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌شود که به گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی دامن می‌زند. تغییرات

اقلیمی نیز به طور غیرمستقیم به تخریب چراگاه‌ها و کاهش پوشش جنگلی منجر می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش انتشار این گازها به پایداری محیط زیست کمک می‌کند (UNDP, 2015).

۳- کاهش فرسایش خاک

اهمیت منابع انرژی تجدیدپذیر برای مدیریت منابع طبیعی، به‌ویژه خاک، بسیار اساسی و چندبعدی است. خاک یکی از حیاتی‌ترین منابع طبیعی برای زراعت، ذخیره آب، تولید غذا و تعادل اکولوژیکی است. انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند نقش بزرگی در حفظ، تقویت و احیای خاک داشته باشند. استفاده بیش از حد از پوشش نباتی برای سوخت، باعث افزایش فرسایش خاک می‌شود. توسعه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر به خصوص در مناطق مرتفع مانند افغانستان، به احیای چراگاه‌ها کمک می‌کند. در مناطقی که خاک به شدت تخریب شده، استفاده از انرژی‌های پاک در کنار پروژه‌های احیای منابع طبیعی (مثل کاشت درخت، مدیریت چراگاه) باعث موفقیت بیشتر و پایداری در بلندمدت می‌شود (Najafizada, 2017; UNDP, 2015).

۴- افزایش تاب‌آوری جوامع محلی و کاهش فقر

انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری جوامع محلی و کاهش فقر ایفا می‌کنند. با فراهم‌سازی دسترسی پایدار و ارزان به انرژی، خانواده‌های روستایی و دور از شبکه برق سراسری می‌توانند از وابستگی به منابع طبیعی شکننده کاسته و منابع زمانی و مالی خود را در مسیرهای سازنده‌تری مصرف کنند. در بسیاری از مناطق، به‌ویژه افغانستان، مردم به دلیل نبود گزینه‌های انرژی پایدار ناچار به جمع‌آوری چوب و پوشش نباتی هستند؛ فرآیندی که نه تنها منابع طبیعی را تخریب می‌کند بلکه وقت و توان نیروی کار، به‌ویژه زنان و کودکان را نیز از آموزش، تولید و فعالیت‌های مفید بازمی‌دارد. با جایگزینی این منابع با انرژی‌های پاک مانند شیشه‌های آفتابی یا سیستم‌های بیوگاز، زمینه برای تنوع معیشتی فراهم می‌شود؛ از جمله مشاغل مرتبط با نصب و نگهداری تکنولوژی، تولیدات خانگی، و فعالیت‌های زراعتی و مال‌دای پیشرفته‌تر. همچنین، انرژی پایدار امکان پمپ‌کردن آب، نگهداری محصولات غذایی و تولیدات مواد زراعتی را فراهم کرده و به بهبود امنیت غذایی خانواده‌ها کمک می‌کند. در نهایت، جوامعی که دسترسی پایدار به انرژی دارند، توانایی بیشتری برای مقابله با بحران‌هایی مانند خشکسالی، تغییرات اقلیمی و بی‌ثباتی اقتصادی دارند؛ زیرا وابستگی آن‌ها به منابع ناپایدار کمتر است و از ظرفیت بالاتری برای سازگاری و بازسازی برخوردارند (UNDP, 2015).

۵- احیای منابع طبیعی از طریق کاهش بهره‌برداری مستقیم

احیای منابع طبیعی از طریق کاهش بهره‌برداری مستقیم، یکی از مهم‌ترین راهکارهای حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه مانند افغانستان است. در این زمینه، کاهش وابستگی مردم به منابع طبیعی برای تأمین سوخت خانگی، گامی اساسی در راستای بازگرداندن سلامت اکوسیستم‌های طبیعی به شمار می‌رود. با کاهش استفاده مستقیم از چوب و پوشش نباتی برای سوخت، فرصت برای احیای جنگل‌ها و بازسازی چراگاه تخریب‌شده فراهم می‌شود. به‌ویژه در مناطق خشک یا نیمه‌خشک، انرژی تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در بازسازی اکوسیستم‌ها ایفا کند. با کاهش بهره‌برداری مستقیم از منابع طبیعی، جوامع محلی فرصت پیدا می‌کنند که در فعالیت‌های اقتصادی پایدارتر مشارکت کنند. مثلاً مال‌داری مدرن، زراعت محافظتی و گردشگری طبیعی، جایگزین فعالیت‌های مخرب می‌شود. این تغییرات بهبود معیشت، کاهش فقر، و حفظ بلندمدت منابع طبیعی را ممکن می‌سازد. در مجموع، احیای منابع طبیعی از طریق کاهش بهره‌برداری مستقیم، به‌ویژه در نتیجه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، راهکاری مؤثر برای مبارزه با تخریب محیط زیست، بیابان‌زایی و کاهش تنوع زیستی است. این مسیر همسو با اهداف توسعه پایدار، رفاه اجتماعی و حفاظت بلندمدت از منابع طبیعی می‌باشد (UNDP, 2015; World Bank, 2017).

چالش‌ها

۱. کمبود زیرساخت‌ها

نبود شبکه‌های انتقال و توزیع برق، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را با مشکل مواجه کرده است. بسیاری از مناطق روستایی از شبکه‌های برق سراسری دور هستند و نیاز به راه‌حل‌های محلی دارند.

۲. کمبود سرمایه‌گذاری

جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی به دلیل مشکلات سیاسی دشوار است. بسیاری از سرمایه‌گذاران تمایلی به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های بلندمدت در افغانستان ندارند.

۳. عدم آگاهی و آموزش برای حفاظت از منابع طبیعی

بسیاری از مردم و مسئولان از مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر آگاهی کافی ندارند. این موضوع باعث می‌شود که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در این حوزه با کندی پیش برود و منابع طبیعی تخریب گردد.

۴. چالش‌های فنی

کمبود نیروی متخصص و فناوری‌های پیشرفته، اجرای پروژه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند. بسیاری از فناوری‌های مورد نیاز باید از خارج وارد شوند.

پیشنهادهای

۱. جلب مشارکت بین‌المللی

همکاری با سازمان‌های بین‌المللی مانند بانک جهانی، برنامه توسعه ملل متحد (UNDP) و کشورهای پیشرفته می‌تواند به جذب سرمایه و فناوری کمک کند.

۲. توسعه آموزش و ایجاد انگیزه برای حفاظت از منابع طبیعی

برگزاری ورکشاپ‌ها و دوره‌های آموزشی برای افزایش آگاهی عمومی و تربیت نیروی متخصص در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و برعلاوه وقتی مردم از طریق انرژی پاک و ارزان زندگی بهتری تجربه کنند، انگیزه بیشتری برای حفاظت از جنگل‌ها، چراگاه‌ها و منابع آبی خواهند داشت، زیرا دیگر برای بقا مجبور به تخریب آن‌ها نیستند.

۳. کاهش فشار بر منابع طبیعی و توانمندسازی جوامع محلی

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی می‌تواند نیاز به استفاده مستقیم از منابع طبیعی نظیر چوب جنگلی یا فضولات حیوانی برای سوخت را کاهش دهد. این امر باعث جلوگیری از تخریب جنگل‌ها، فرسایش خاک و تخلیه پوشش نباتی چراگاه می‌شود. دسترسی به انرژی پایدار از منابع تجدیدپذیر، امکان توسعه زراعت مدرن، حفاظت از منابع آب، و ایجاد صنایع کوچک را فراهم می‌سازد که خود منجر به کاهش وابستگی به برداشت ناپایدار از طبیعت می‌گردد.

۴. ایجاد مشوق‌های مالی و تقویت همکاری‌های منطقه‌ای

ارائه تسهیلات و مشوق‌های مالی به سرمایه‌گذاران و شرکت‌های فعال در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند جذابیت این حوزه را افزایش دهد و همچنان همکاری با کشورهای همسایه مانند ایران، پاکستان، ازبکستان و تاجیکستان برای تبادل انرژی و توسعه پروژه‌های مشترک.

نتیجه‌گیری

در افغانستان، با وجود ظرفیت‌های بالقوه و منابع غنی انرژی تجدیدپذیر، بهره‌برداری مؤثر از این منابع به دلیل جنگ‌های طولانی مدت، ناآرامی‌ها، محدودیت‌های مالی و کمبود نیروی انسانی متخصص با چالش‌های جدی مواجه بوده است. در نتیجه، این کشور همچنان به واردات انرژی از کشورهای همسایه وابسته است. در چنین شرایطی، سرمایه‌گذاری هدفمند و برنامه‌ریزی شده در توسعه زیرساخت‌های تولید و توزیع انرژی تجدیدپذیر، نه تنها گامی اساسی در راستای ایجاد یک سیستم انرژی پایدار، پاک و مستقل به شمار می‌رود، بلکه ابزاری کارآمد برای مدیریت اصولی منابع طبیعی، به‌ویژه جنگل‌ها و چراگاه‌ها محسوب می‌شود. این امر به‌ویژه در کشوری مانند افغانستان، که با بحران‌های زیست‌محیطی، فقر گسترده و فشار روزافزون بر منابع طبیعی مواجه است، از اهمیت راهبردی برخوردار است. توسعه این زیرساخت‌ها می‌تواند با بهبود دسترسی به انرژی، افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و حفاظت از محیط‌زیست، نقش تعیین‌کننده‌ای در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا کند.

منابع

۱. ارزنگ م. (۱۴۰۲). کم بود مداوم برق؛ چرا روی تولید برق خورشیدی سرمایه‌گذاری نمی‌شود؟ ویسایت سلام و پندار فارسی؛ گرفته شده ۱۴۰۳/۱۲/۷. <https://sw.n.af/continuuou/s-lack-of-electricity-why-not-invest-in-solar-power-generation>
۲. ضیایی م. (۱۳۹۹). منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر در افغانستان. اطلاعات صنعتی افغانستان. <https://afghanistan-iim.com/?p=1070>. گرفته شده ۱۴۰۳/۱۲/۷.
۳. ضیایی م. (۱۳۹۹). منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر در افغانستان. روزنامه ۸ صبح، قابل دسترسی در: <https://8am.media/fa/clean-and-renewable-energy-sources-in-afghanistan>. گرفته شده ۱۴۰۴/۳/۲۲.

۴. قویاش، حبیب الرحمن (۱۴۰۲). کار ساخت پروژه تولید ۱۰ میگاوات انرژی آفتابی در سروبی آغاز شد. طلوع نیوز: <https://tolonews.com/fa/business-185169>. گرفته شده ۱۴۰۴/۲/۲۰.
۵. یوسفی ر. (۱۴۰۰). برق خورشیدی؛ سهمی را که باید، از آفتاب نگرفته‌ایم. روزنامه صبح کابل: <https://subhekabul.com>. گرفته شده ۱۴۰۳/۱۲/۷.
6. Anwarzai M. A. (2018). Research and analysis of Afghanistan's wind, solar, and geothermal resources potential. (Doctoral Dissertation) Tokyo, Japan, Search Results Web results Tokyo University of Agriculture and Technology; (https://tuat.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=1487&item_no=1&attribute_id=16&file_no=1) Accessed: 4 Feb., 2025.
7. Anwarzai, M. A., & Nagasa, K. (2017). Prospect Area Mapping for Geothermal Energy Exploration in Afghanistan. *Journal of Clean Energy Technologies*. 5(6), 501– 506. <https://doi.org/10.18178/jocet.2017.5.6.424>
8. Danish MSS., Sabory NR., Danish SMS., Senjyu T. and Ludin GA. (2017). Electricity sector transitions in an after war country: A review of Afghanistan's Electricity. *Journal of Energy and Power Engineering*. (vol. 11, no. 1, pp. 491–496) <https://doi.org/10.17265/1934-8975/2017.07.008>.
9. Danish MSS., Senjyu T., Sabory NR., Danish SMS., Ludin GA. (2017). Afghanistan's aspirations for energy independence: Water resources and hydropower energy. *Renewable Energy*. (vol. 113, pp. 1276–1287) <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.090>.
10. Gencer, Irving; Meier, Spencer and Wnuk C. (2018). Energy security trade-offs under high uncertainty: Resolving Afghanistan's power sector development dilemma. Kabul, Afghanistan, World Bank. (https://www.researchgate.net/publication/326331194_Energy_security_tradeoffs_under_high_uncertainty_Resolving_Afghanistan%27s_power_sector_development_dilemma). Accessed: 7 Jan. 2025.
11. Ghulami, G. H.; Prasanna, K.T.; Viresh Kumargouda and Karthik, S. K. (2018). A Study on Energy Use Pattern and Performance of Biogas Plant in Villages of Hassan District, Karnataka, India. 36.2. https://www.academedia.edu/41960978/A_Study_on_Energy_Use_Pattern_and_Performance_of_Biogas_Plant_in_Villages_of_Hassan_District. ISSN: 0254-8755.
12. Ghulami, G. H.; Prasanna, K.T.; Viresh Kumargouda and Karthik, S. K. (2018). Environmental and Economic Assessment of Household Biogas Plants for Indian Villages. 36.2. https://serialsjournals.com/abstract/86321_27_new.pdf. ISSN: 0254-8755.
13. Global solar atlas. (2019). Global solar atlas – Afghanistan. (<https://globalsolaratlas.info/download/afghanistan>). Accessed: 7 Jan. 2025.
14. Jahangiri M., Haghani A., Mostafaeipour A., Khosravi A. and Raeisi HA. (2019). Assessment of solar-wind power plants in Afghanistan: A review *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. (vol. 99, pp. 169–190) <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.003>.
15. Khurram, S., Shalizi, M. N., Bashari, M., Akamani, K., & Groninger, J. W. (2024). Barriers and opportunities regarding community-based forest management in Afghanistan: considerations for fragile states. *Environmental Conservation*, 51(1), 6-16. <https://doi.org/10.1017/S0376892923000280>
16. Mahmoodi, M. B., Shalizi, M. N., Groninger, J. W., Akamani, K., & Khurram, S. (2023). Stand characteristics and perceptions of local communities on the management of pistachio (*Pistacia vera* L.) forests in an unstable region of Afghanistan. *Journal of Sustainable Forestry*, 42(2), 170-188. <https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1978097>
17. Modrzejewska-leśniewska, J. (2012). Renewable Resources of Energy in Afghanistan Odnawialne źródła energii w Afganistanie. 185–206.
18. Mostafaeipour, A., Dehshiri, S. J. H., Dehshiri, S. S. H., Jahangiri, M., & Techato, K. (2020). A thorough analysis of potential geothermal project locations in afghanistan. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12208397>.
19. Najafizada SAM. (2017). Policy research institutions and the health SDGs: building momentum in South Asia Country Report: Afghanistan Kabul, Afghanistan. Afghanistan Research and Evaluation Unit (AREU). (<https://idl-bncidrc.dspacedirect.org/handle/10625/57091>).
20. Qasimi, A.B., Isazada, V. and Tomanian, A. (2022). A Review of Sustainable and Renewable Sources of Energy for Afghanistan. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*, Vol. 05 No.02 2022, DOI: 10.25299/rem.2022.vol5(02).10226.
21. Sediqi M., Rashid H., Ibrahimi A., Danish M. and Sabory RN. (2017). Development of renewable energy resources in Afghanistan for economically optimized cross-border electricity trading” *AIMS Energy*. (vol. 5, no. 4, pp. 691–717) <https://doi.org/10.3934/energy.2017.4.691>.
22. Shalizi, M. N., & Khurram, S. (2016). Socio-economic importance of chilgoza pine forest of Afghanistan: a survey based assessment. *Asian Journal of Science and Technology*, 7(9), 3556-3559.
23. Slimankhil, A. K., Anwarzai, M. A., Sabory, N. R., Danish, M. S. S., Ahmadi, M., & Ahadi, M. H. (2020). Renewable energy potential for sustainable development in Afghanistan. *Journal of Sustainable Energy Revolution*, 1(1), 8–15. <https://doi.org/10.37357/1068/jse.r.1.1.02>.
24. UNDP. (2015). Delivering Sustainable Energy for All: Opportunities at the nexus of development and environmental sustainability. United Nations Development Programme.
25. World Bank. (2017). Afghanistan poverty status update – Progress at risk. (<https://www.worldbank.org/en/country/afghanistan/publication/afghanistan-poverty-status-update-report-2017>). Accessed: 8 Jan., 2025.
26. World Energy Organization (WEO). (2015). *Special Report* Paris, France, *International Energy Agency (IEA)*. (<https://webstore.iea.org/weo-2015>).
27. Worldometer. Afghanistan population (2025). Worldometer (<https://www.worldometers.info/worldpopulation/afghanistan-population/>). 2025; Accessed: 24 Feb. 2025.