भूऔष्णिक ऊर्जा

भारताच्या स्वच्छ ऊर्जा प्रवासातील एक नवीन अध्याय

नवी दिल्ली,4 सप्टेंबर 2026

पृथ्वीच्या अंतर्भागातील प्रचंड उष्णता हा भूऔष्णिक ऊर्जा म्हणून ओळखला जाणारा एक शक्तिशाली स्वच्छ ऊर्जा स्रोत आहे. भारताची समृद्ध भूऔष्णिक संसाधने पाहता, ऊर्जेचा हा प्रकार चोवीस तास उपलब्ध होणारा ऊर्जा स्रोत म्हणून प्रचंड विश्वासार्ह आहे. राष्ट्रीय भूऔष्णिक ऊर्जा धोरणाचा उद्देश या क्षमतेचा योग्य उपयोग करून घेणे हा आहे. 2070 पर्यंत भारत 'निव्वळ शुन्य' कार्बन उत्सर्जनाच्या दिशेने वाटचाल करत असताना, भूऔष्णिक ऊर्जेला देशाच्या नवीकरणीय ऊर्जा प्रवासाचा एक महत्त्वाचा भाग बनवण्याचा या धोरणाचा प्रयत्न आहे. लडाखमधील पहिल्या दोन भूऔष्णिक विहिरी नुकत्याच कार्यान्वित झाल्या, ही याच प्रवासाची सुरुवात आहे.

शाश्वत भारतासाठी भूऔष्णिक ऊर्जेचा उपयोग

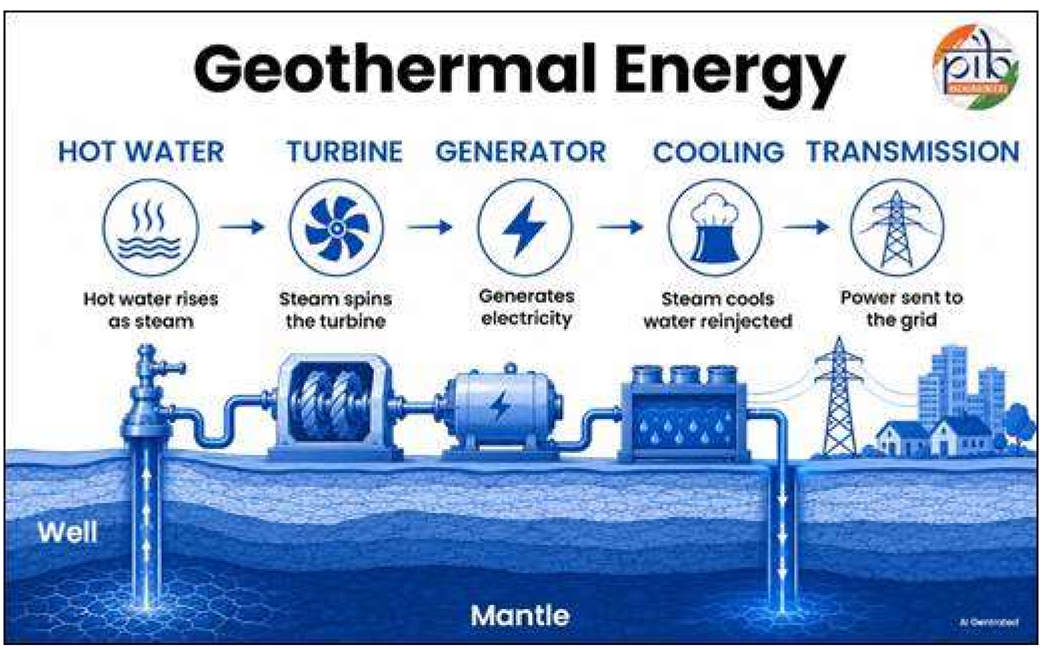
पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली खोलवर, तिच्या अंतर्भागातील प्रचंड उष्णतेतून निर्माण होणारा स्थिर, कमी-कार्बन ऊर्जा स्रोत म्हणजे भूऔष्णिक ऊर्जा. योग्य भूगर्भीय आणि विवर्तनिक रचना असलेल्या ठिकाणी, या ऊर्जेचा उपयोग वीज निर्मितीसाठी केला जाऊ शकतो किंवा थेट विजेच्या रुपात केला जाऊ शकतो. सौर आणि पवन ऊर्जेच्या तुलनेत भूऔष्णिक ऊर्जा हा स्रोत चोवीस तास उपलब्ध असणारी नवीकरणीय ऊर्जा प्रदान करतो. ही क्षमता ओळखून, सरकारने सप्टेंबर 2025 मध्ये भूऔष्णिक ऊर्जेवरील राष्ट्रीय धोरण अधिसूचित केले. हे धोरण भारताच्या भूऔष्णिक संसाधनांचे अन्वेषण आणि विकास करण्यासाठी एक स्पष्ट आराखडा सादर करते. नवीन आणि नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE) हे या धोरणाच्या अंमलबजावणीसाठी नोडल मंत्रालय आहे.

या आराखड्यावर आधारित, भारताने जुलै 2026 मध्ये एक ऐतिहासिक टप्पा गाठला. ओएनजीसी ऊर्जा केंद्राने लडाखमधील पुगा खोऱ्यात देशातील पहिल्या दोन भूऔष्णिक विहिरी कार्यान्वित केल्या. समुद्रसपाटीपासून 14,000 फुटांपेक्षा जास्त उंचीवर असलेले पुगा खोरे, गरम पाण्याचे झरे आणि भूमिगत उष्णतेच्या साठ्यांसाठी ओळखले जाणारे भारतातील सर्वात आशादायक भूऔष्णिक स्थळांपैकी एक आहे. या दोन्ही विहिरी प्रत्येकी 1,000 मीटर खोल असून त्यांचा उपयोग भूऔष्णिक साठ्यांचे मूल्यांकन करण्यासाठी केला जाणार आहे. तसेच, भारताच्या पहिल्या 1-मेगावॅट क्षमतेच्या प्रायोगिक भूऔष्णिक ऊर्जा प्रकल्पाचा मार्गही यामुळे मोकळा झाला आहे. यामुळे देशाने भूऔष्णिक ऊर्जा निर्मितीमध्ये प्रवेश केला आहे.

भारत आपल्या स्वच्छ ऊर्जा संक्रमणाच्या दिशेने मार्गक्रमण करत असताना, भूऔष्णिक ऊर्जा देशाच्या नवीकरणीय ऊर्जा मिश्रणात विविधता आणण्यासाठी एक विश्वासार्ह, स्वदेशी मार्ग उपलब्ध करून देते.

भूऔष्णिक ऊर्जा समजून घेऊया: एक आढावा

भूऔष्णिक ऊर्जा हा एक स्थिर, कमी-कार्बन उत्सर्जन करणारा आणि हवामानावर अवलंबून नसलेला ऊर्जा स्रोत आहे. भारताचे स्वच्छ ऊर्जेचे भविष्य बळकट करण्यासाठी आणि जीवाश्म इंधनावरील अवलंबित्व कमी करण्यासाठी या ऊर्जेमध्ये एक प्रचंड अप्रयुक्त क्षमता आहे.



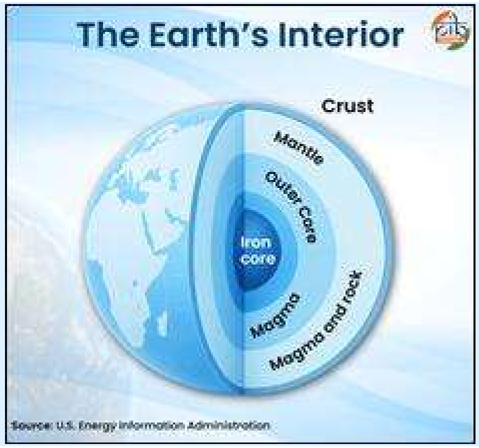
भूऔष्णिक ऊर्जेची निर्मिती

पृथ्वीच्या अंतर्भागात चार मुख्य थर आहेत: सर्वात बाहेरील-घन भूकवच; मधला-अर्धघन प्रावरण; आणि त्यानंतर दाट द्रव असलेला बाह्य गाभा आणि शेवटी घन आंतरिक गाभा यामध्ये विभागलेला आहे. पृथ्वीच्या अंतर्भागाचे तापमान खोलीनुसार वाढत जाते - प्रावरणाचे तापमान गाभ्याच्या सीमेवर सुमारे 3,700 अंश सेल्सिअसपर्यंत पोहोचते, तर गाभ्याचे तापमान 5000-6000 अंश सेल्सिअसपर्यंत वाढते. ही उष्णता युरेनियम, थोरियम आणि पोटॅशियम यांसारख्या मूलद्रव्यांच्या किरणोत्सर्गी क्षयामुळे, तसेच ग्रहाच्या निर्मितीनंतर शिल्लक राहिलेल्या अवशिष्ट उष्णतेमुळे निर्माण होते. या उष्णतेमुळे प्रावरणात प्रचंड संवहन प्रवाह निर्माण होते, कारण उष्ण पदार्थ गाभ्याच्या सीमेपासून प्रावरण आणि कवचाच्या थंड, वरच्या भागांकडे सरकतो. या पदार्थात हायड्रॉक्साईडच्या स्वरूपात अडकलेले पाणी देखील असते. हे संवहन प्रवाह भूकंप, ज्वालामुखी आणि पर्वतनिर्मिती यांसारख्या सर्व विवर्तनिक हालचालींना जन्म देतात. भूवैज्ञानिकदृष्ट्या सक्रिय प्रदेशांमध्ये, विभंग आणि भेगांमुळे हा उष्ण पदार्थ पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळ येऊ शकतो. या प्रक्रियेमुळे सच्छिद्र खडकांमध्ये अडकलेले गरम पाणी आणि वाफेचे साठे तयार होतात. पृथ्वीच्या आतून मिळवलेल्या या औष्णिक ऊर्जेला भूऔष्णिक ऊर्जा म्हणून ओळखले जाते.

भूऔष्णिक ऊर्जेपासून वीज निर्मिती

भूऔष्णिक वीज निर्मितीमध्ये, पृथ्वीच्या पृष्ठभागाखाली अडकलेले गरम पाणी आणि वाफ वापरून पृथ्वीच्या नैसर्गिक उष्णतेचे विजेमध्ये रूपांतर केले जाते. खोल विहिरीच्या मार्फत ही वाफ पृष्ठभागावर आणतात. त्यानंतर ही वाफ टर्बाइन फिरवते आणि टर्बाईनला जोडलेल्या जनरेटरद्वारे वीज निर्मिती केली जाते. ही प्रक्रिया पारंपरिक औष्णिक वीज निर्मितीसारखीच आहे. मात्र, यात इंधनाच्या ज्वलनाऐवजी नैसर्गिकरित्या उपलब्ध असलेल्या भूमिगत उष्णतेचा वापर केला जातो. वीज निर्मितीनंतर, वापरलेले पाणी संघनित करून पुन्हा भूगर्भातील साठ्यात सोडले जाते. यामुळे संसाधनांच्या पुनर्भरणास मदत होते आणि ऊर्जा उत्पादन सुरू राहते. भूऔष्णिक ऊर्जेचा वापर जिल्हा-स्तरीय उष्णता पुरवठा, शेती, मत्स्यपालन आणि जलचर संवर्धन, तसेच इमारतींचे तापमान वाढवणे आणि थंड करणे यांसारख्या थेट उष्णता वापरासाठीही करता येतो. त्यामुळे भूऔष्णिक उष्णतेचा कार्यक्षम वापर शक्य होतो.

पृथ्वीच्या अंतर्भागात



पृथ्वीच्या केंद्रापासून बाहेरील पृष्ठभागापर्यंत तिची रचना चार स्वतंत्र स्तरांमध्ये विभागली जाते. अंतर्गत गाभा (Inner Core): लोखंड आणि निकेलपासून बनलेला घन गोलाकार भाग. त्याचा व्यास सुमारे 2,400 किमी आहे. बाह्य गाभा (Outer Core): अंतर्गत गाभ्याभोवती असलेला वितळलेल्या लोखंड आणि निकेलचा द्रव स्तर. त्याची जाडी सुमारे 2,400 किमी आहे. प्रावरण (Mantle): मुख्यतः गरम आणि दाट खडकांपासून बनलेला हा स्तर सुमारे 2,900 किमीपर्यंत विस्तारलेला असून पृथ्वीचा सर्वात मोठा स्तर आहे. भूकवच (Crust): पृथ्वीचा पातळ आणि घन बाह्य स्तर. महासागरांच्या खाली त्याची जाडी सुमारे 5 ते 8 किमी, तर जमीनीच्या खाली सुमारे 24 ते 56 किमी असते.

भारतातील भूऔष्णिक संसाधनांचा आधार

भारताची विविधतापूर्ण भूगर्भीय रचना भूऔष्णिक ऊर्जेच्या विकासासाठी भक्कम आधार प्रदान करते. भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षणात (जीएसआय) देशभरातील 381 गरम पाण्याच्या झऱ्यांचे नकाशे तयार केले असून देशातील 10 भूऔष्णिक प्रांतांची ओळख पटवली आहे. भारताची सैद्धांतिक भूऔष्णिक ऊर्जा क्षमता सुमारे 10.6 गिगा वॅट इतकी आहे. यापैकी 42 ठिकाणे वीज निर्मिती आणि थेट उष्णता वापरासाठी आशादायी म्हणून ओळखली गेली आहेत.

10 भू-औष्णिक प्रांतांमध्ये हिमालयीन भू-औष्णिक क्षेत्र, नागा-लुसाई, अंदमान आणि निकोबार बेटे, सोन-नर्मदा-तापी (सोनाटा), पश्चिम किनारपट्टी, कॅम्बबे ग्रॅबेन, अरवली, महानदी, गोदावरी आणि दक्षिण भारतीय क्रॅटोनिक प्रदेशांचा समावेश आहे .

अनुकूल भूगर्भशास्त्र आणि भूविवर्तनिकीमुळे (टेक्टॉनिक्स) भारताच्या भूऔष्णिक रिफ्ट बेसिनमध्ये अफाट संधी आहे परंतु, जिथे भूऔष्णिक संसाधने उपलब्ध आहेत, तिथे कुठेही उपयुक्त प्रकल्प निर्माण होऊ शकतात. वर्धित भूऔष्णिक प्रणाली (EGS) आणि प्रगत भूऔष्णिक प्रणाली (AGS) यांसारख्या प्रगत तंत्रज्ञानामुळे अन्वेषणाच्या संधी आणखी विस्तारतील.

वापरात नसलेल्या तेल आणि वायू विहिरींचा पुनर्वापर

वापरात नसलेल्या तेल आणि वायू विहिरींपासून भू-औष्णिक ऊर्जा मिळवता येऊ शकते. तांत्रिक आणि कार्यान्वयनाच्या दृष्टीने व्यवहार्य असल्यास, निष्क्रिय किंवा अनुत्पादक विहिरींचा भू-औष्णिक

प्रकल्पांसाठी पुनर्वापर करता येऊ शकतो . हा दृष्टिकोन तेल आणि वायू क्षेत्रातील विद्यमान ड्रिलिंगविषयक नैपुण्य, विहिरींशी संबंधित माहिती आणि पायाभूत सुविधा यांवर आधारित आहे.

भारताचा भू-औष्णिक विस्तार

भारत संसाधनांच्या मूल्यांकनाकडून क्षेत्रीय प्रदर्शनाच्या दिशेने अत्यंत वेगाने वाटचाल करत आहे. या प्रगतीची चुणूक नवीन आणि नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालयाद्वारे जुलै ते ऑगस्ट 2025 या कालावधीत मंजूर केलेल्या पाच संशोधन आणि विकास प्रकल्पांमधून दिसून येते; या प्रकल्पांमध्ये भूऔष्णिक संसाधनांचे मूल्यांकन, स्वदेशी तंत्रज्ञानाचा विकास आणि क्षेत्रीय स्तरावर तंत्रज्ञानाचे प्रदर्शन यांचा समावेश आहे. या प्रकल्पांची व्याप्ती वीज निर्मिती बरोबरच उष्णता आणि शीतकरणासारख्या प्रत्यक्ष औष्णिक वापरापर्यंत विस्तारलेली आहे. या प्रयत्नांमधून मिळणारी तांत्रिक माहिती आणि क्षेत्रीय अनुभव भविष्यातील व्यावसायिक तैनातीसाठी आवश्यक आहे.

प्रकल्प	सरकार पुरस्कृत प्रकल्पांची सद्यस्थिती 12 डिसेंबर 2026 पर्यंत
अंकलेश्वर, गुजरात	अनुत्पादक तेल आणि वायू विहिरींचे नूतनीकरण करून वीज निर्मितीचे मूल्यांकन करणारा हा एक पथदर्शी प्रकल्प आहे . क्षेत्रीय तपासणी आणि बेसलाईन भूवैज्ञानिक व उत्पादनविषयक माहिती पूर्ण झाली आहे.
गांधीनगर, गुजरात	सौर आणि भू-औष्णिक ऊर्जेच्या एकीकरणावर आधारित एका प्रात्यक्षिक प्रकल्पांतर्गत तीन भू-औष्णिक विहिरी खोदण्यात आल्या आहेत. या विहिरी 70 ते 80 अंश सेल्सिअस तापमानाचे भू-औष्णिक द्रव निर्माण करत आहेत आणि या प्रकल्पाने 50 ते 90 किलोवॅट इतकी वीज निर्मिती करून दाखवली आहे.
तवांग, अरुणाचल प्रदेश	क्षेत्रीय तपासणी आणि भू-रासायनिक विश्लेषणाद्वारे या प्रदेशातील भू-औष्णिक संसाधनांचे मूल्यांकन करण्यासाठी पाच भू-औष्णिक स्थळांवर अभ्यास सुरू आहेत.
हैदराबाद, तेलंगणा	एक संशोधन प्रकल्प मॉडेलिंग आणि कामगिरी विश्लेषणाचा वापर करून वातानुकूलन अनुप्रयोगांसाठी भूऔष्णिक शीतकरण प्रणाली विकसित करत आहे.
उथळ भूऔष्णिक ऊर्जा	प्रायोगिक अभ्यासामध्ये, उष्णता आणि शीतकरण अनुप्रयोगांसाठी बोअरहोल हीट एक्सचेंजर्सचा वापर करून उथळ भूऔष्णिक प्रणालींचे मूल्यांकन करण्यासाठी विश्लेषणात्मक मॉडेल्स विकसित केले जात आहेत.

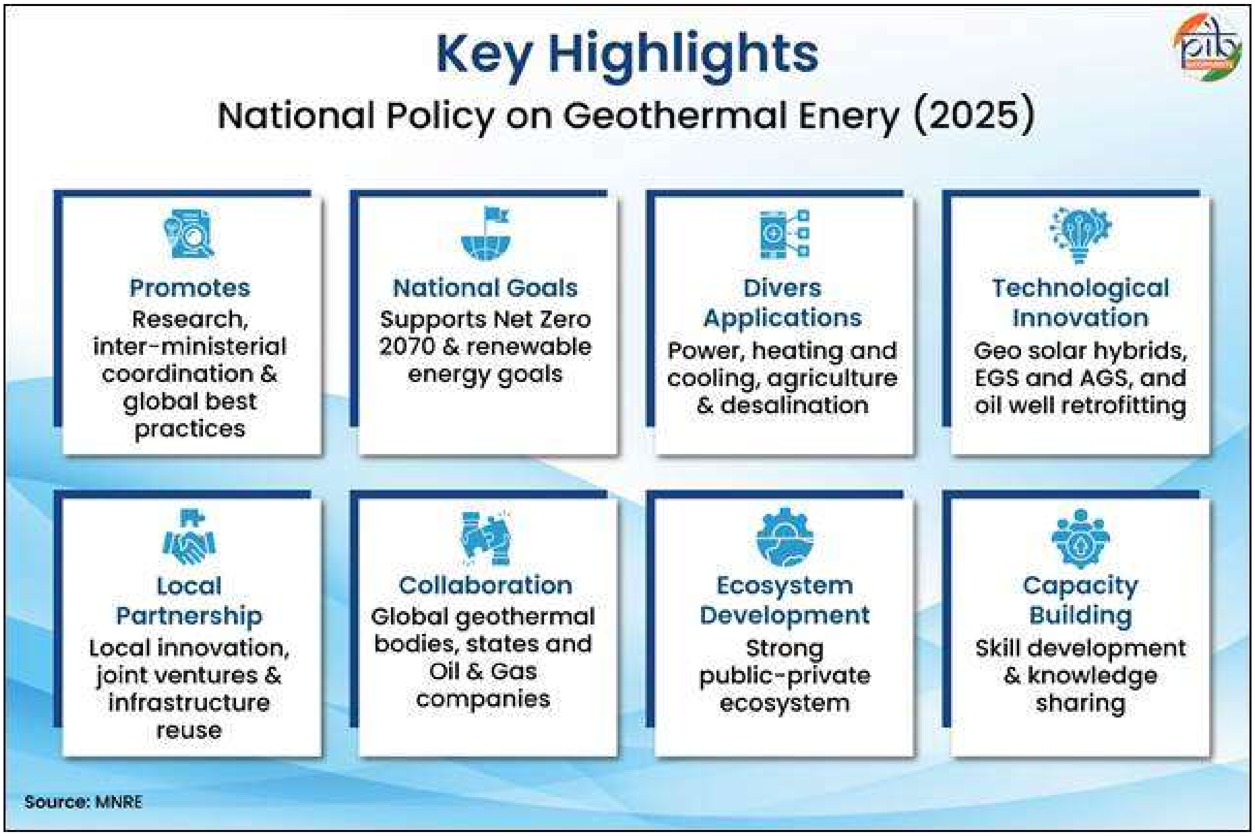
महत्त्वपूर्ण भू-औष्णिक संसाधने, प्रगत तंत्रज्ञान आणि प्रारंभिक क्षेत्रीय उपक्रम भारतात भू-औष्णिक ऊर्जेच्या भविष्यासाठी पाया रचत आहेत. अद्याप व्यावसायिक स्तरावर वीज निर्मिती सुरू झालेली नसली, तरी विहिरींच्या क्षेत्रांचा विस्तार, प्रात्यक्षिक उपक्रम आणि संशोधन व विकास उपक्रम या ऊर्जेच्या व्यापक वापरासाठी आवश्यक असलेली परिसंस्था बळकट करत आहेत.

भारताच्या भूऔष्णिक क्षमतेचा विकास: धोरण आणि भागीदारी

भूऔष्णिक ऊर्जा हे जगभरात सिद्ध झालेले, प्रस्थापित नवीकरणीय ऊर्जा तंत्रज्ञान आहे. 2025 च्या अखेरीस याची जागतिक स्थापित क्षमता 15.67 गिगावॅटपर्यंत पोहोचली आहे. इंडोनेशिया, अमेरिका, फिलीपिन्स, तुर्किये आणि न्यूझीलंड या क्षेत्रातले आघाडीचे देश आहेत. त्यांच्याकडे एकत्रितपणे जागतिक क्षमतेपैकी सुमारे 67% वाटा आहे. भारत आता भूऔष्णिक ऊर्जेला संसाधनांच्या मूल्यांकनापासून ते प्रत्यक्ष वापरापर्यंत गती देण्यासाठी एक मजबूत परिसंस्था तयार करत आहे. राष्ट्रीय कार्यक्रम आणि आंतरराष्ट्रीय भागीदारी या मोहिमेला पुढे नेत असून, या क्षेत्रात संशोधन, तंत्रज्ञान विकास आणि ज्ञानाचे आदान-प्रदान यांना चालना मिळत आहे.

भूऔष्णिक ऊर्जेवरील राष्ट्रीय धोरण, 2025

भूऔष्णिक ऊर्जेवरील राष्ट्रीय धोरणाचा उद्देश भूऔष्णिक ऊर्जेला एक प्रमुख नवीकरणीय आधारस्तंभ म्हणून विकसित करणे हा आहे. हे धोरण भारताच्या भूऔष्णिक संसाधनांचे पद्धतशीर अन्वेषण आणि उपयोजनास प्रोत्साहन देते. हे धोरण संशोधन, ड्रिलिंग , जलाशय व्यवस्थापन आणि थेट-वापर अनुप्रयोगांना प्राधान्य देते. हे धोरण उष्णता आणि शीतलीकरणासाठी ग्राउंड सोर्स हीट पंपांना (GSHPs) देखील समर्थन देते. एक स्पष्ट नियामक चौकट सार्वजनिक आणि खाजगी दोन्ही क्षेत्रांच्या सहभागास प्रोत्साहन देते. हे धोरण भूऔष्णिक वापरासाठी बंद पडलेल्या तेल आणि वायू विहिरींच्या पुनर्वापराची सुविधा उपलब्ध करते. याव्यतिरिक्त, हे धोरण राष्ट्रीय भूऔष्णिक डेटा भांडार, प्रायोगिक प्रकल्प आणि उत्कृष्टता केंद्रांच्या विकासाला समर्थन देते.



नवीकरणीय ऊर्जा संशोधन आणि तंत्रज्ञान विकास कार्यक्रम (RE-RTD)

नवीन आणि नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय संशोधन संस्था आणि उद्योग क्षेत्रातील भागीदारांच्या माध्यमातून आरई-आरटीडी (RE-RTD) योजना राबवत आहे. या उपक्रमाचा उद्देश देशभरात भू-औष्णिक ऊर्जेसह नवीकरणीय ऊर्जेसाठी स्वदेशी आणि किफायतशीर तंत्रज्ञान विकसित करणे हा आहे.

आंतरराष्ट्रीय सहकार्य

भारताने अनेक आंतरराष्ट्रीय भागीदारांसोबत सहकार्याच्या माध्यमातून भूऔष्णिक ऊर्जा क्षेत्रातील आपले प्रयत्न पुढे नेले आहेत. ऑस्ट्रेलिया आणि आइसलँडसोबतच्या सहकार्य यंत्रणांअंतर्गत, भूऔष्णिक ऊर्जेला सहकार्याचे एक प्रमुख क्षेत्र म्हणून चिन्हित केले आहे. त्याचप्रमाणे, सौदी अरेबिया सोबतच्या एका सामंजस्य करारामध्ये भूऔष्णिक ऊर्जेला द्विपक्षीय सहकार्याच्या प्रमुख क्षेत्रांमध्ये समाविष्ट करण्यात आले आहे.

हे उपक्रम भारताच्या भूऔष्णिक संसाधनांना विविध क्षेत्रांमध्ये विस्तारक्षम उपायांमध्ये रूपांतरित करण्यासाठी एक समन्वित व्यासपीठ प्रदान करत आहे.

भारताच्या नवीकरणीय ऊर्जा मिश्रणातील एक नवीन आयाम

भारताचा भू-औष्णिक ऊर्जेचा प्रवास हा ऊर्जा सुरक्षा आणि शाश्वत विकासाप्रती सरकारच्या दृढ कटिबद्धतेचे प्रतिबिंब आहे. 'भू-औष्णिक ऊर्जेबाबतचे राष्ट्रीय धोरण' अधिसूचित करण्यापासून ते लडाखमधील पुगा खोऱ्यात देशातील पहिले दोन भू-औष्णिक विहिरींचे प्रकल्प कार्यान्वित करण्यापर्यंत, भारताने नियोजनाकडून अंमलबजावणीच्या दिशेने निर्णायक प्रगती केली आहे. देशात भू-औष्णिक ऊर्जेची सैद्धांतिक क्षमता सुमारे 10,600 मेगावॅट इतकी आहे. वाढते प्रायोगिक प्रकल्प आणि बळकट होत असलेले आंतरराष्ट्रीय सहकार्य यामुळे वीज निर्मितीपासून ते हीटिंग , भू-पर्यटन आणि कृषी क्षेत्रापर्यंत या ऊर्जेचा वापर विस्तारत आहे. अशा प्रकारे, भू-औष्णिक ऊर्जा ही भारताच्या नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्रात एक महत्त्वपूर्ण पर्याय म्हणून उदयाला येत आहे. भारत 2070 पर्यंतच्या 'नेट झिरो' उद्दिष्टाकडे वाटचाल करत असताना ,भू-औष्णिक ऊर्जा ही देशाच्या ऊर्जा संक्रमण आणि प्रगतीचा एक स्थिर व स्वदेशी आधारस्तंभ म्हणून भूमिका बजावत राहील.

References:

Ministry of New and Renewable Energy

- https://mnre.gov.in/en/notice/national-policy-on-geothermal-energy/
- https://sansad.in/getFile/annex/269/AU1097_29PJgg.pdf?source=pqars&utm_source
- https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2200435&reg=3&lang=1
- https://www.pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1953550&reg=48&lang=2
- https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2167657&reg=48&lang=2

Administration of Union Territory of Ladakh

- L-G VK Saxena commissions India’s first two geothermal wells at Puga Valley in Ladakh. | The Administration of Union Territory of Ladakh | India

Ministry of Information and Broadcasting

- https://newsonair.gov.in/india-has-commissioned-its-first-ever-geothermal-wells-in-ladakh-union-minister-pralhad-joshi/

Telangana Renewable Energy Development Corporation Ltd

- https://tgredco.telangana.gov.in/Geothermal.aspx

International Renewable Energy Agency

- https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2026/Mar/IRENA_DAT_RE_capacity_statistics_2026.pdf?utm_source

U.S. Department of Energy

- https://www.energy.gov/hgeo/geothermal/geothermal-electricity-generation

U.S. Energy Information Administration

- https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/
- https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capital_cost_AEO2025.pdf?utm_source

पीडीएफ येथे पाहता येईल

नेहा कुलकर्णी/सुषमा काणे/श्रद्धा मुखेडकर/प्रिती मालंडकर