توليد الطاقة الحرارية الأرضية وتطبيقات

مهندس/ محمود صلاح

مدير طاقة معتمد من جمعية مهندسي الطاقة الأمريكية (AEE)

خبير طاقة معتمد من منظمة اليونيدو (UNIDO)

دبلوم هندسة الطاقة الحرارية الارضية

ماجستير في إدارة اعمال

تليفون : +201008606840

ايميل : msalah.energy@gmail.com

اسم المحاضرة : توليد الطاقة الحرارية الأرضية وتطبيقات

المدة: 30 دقيقة

المكان: اونلاين

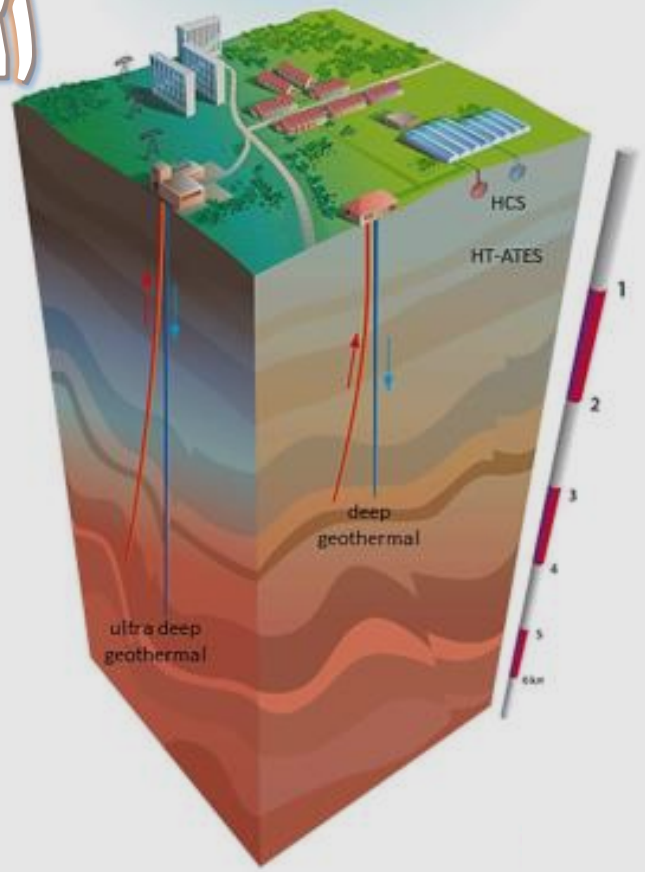
الهيئة المنظمة : جمعية عين البيئة المصرية

بالتعاون مع : جهاز شئون البيئة بوزارة البيئة المصرية والشركاء المجتمعين من الدول العربية

بنهاية هذه المحاضرة سوف يتمكن المشاركون من:

- مفاهيم الطاقة الحرارية الأرضية
- الاستخدامات المختلفة للطاقة الحرارية الأرضية
- مميزات وعيوب الطاقة الحرارية الأرضية
- دور الطاقة الحرارية في تقليل الانبعاثات الضارة
- التعرف علي الأماكن الواعدة في مصر لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية
- التعرف علي إعادة استغلال ابار النفط المهجورة لتوليد الطاقة الحرارية
- التعرف علي بعض الجهود المبذولة في تطوير مشروعات الطاقة الحرارية الارضية
- اسعار انتاج الطاقة الحرارية الأرضية عالميا
- التغلب على العقبات

مقدمة في
الطاقة الحرارية الأرضية



تلعب الطاقة المتجددة والتحول الطاقي دورًا حيويًا في مواجهة تحديات الطاقة العالمية والتخفيف من آثارها البيئية. تُعد الطاقة الحرارية الأرضية من أهم مصادر الطاقة البديلة، وقد تلعب دورًا هامًا في المستقبل القريب في حل مشاكل الطاقة العالمية، نظرًا لكونها

- طاقة نظيفة
- ذات انبعاثات كربونية منخفضة
- تكلفة تشغيل منخفضة
- تعد مصدر مستدام
- تنويع مصادر الطاقة لضمان الحصول على الطاقة دون انقطاعات مفاجئة
- تساهم في أمن الطاقة واستقلاليتها من خلال الاستفادة من الموارد المحلية.

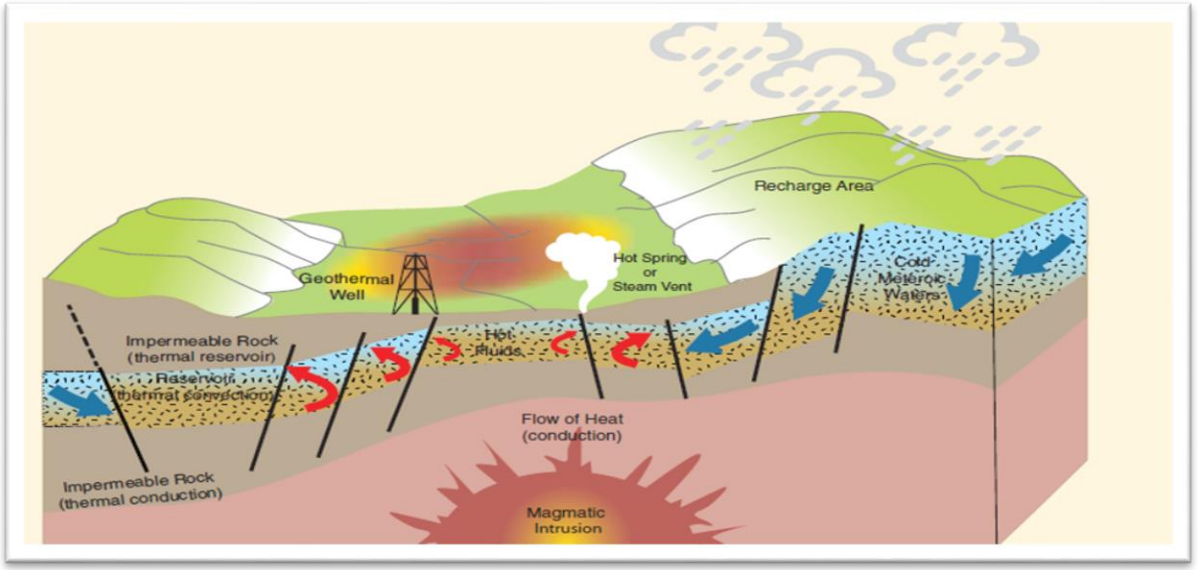
نبذة تاريخية

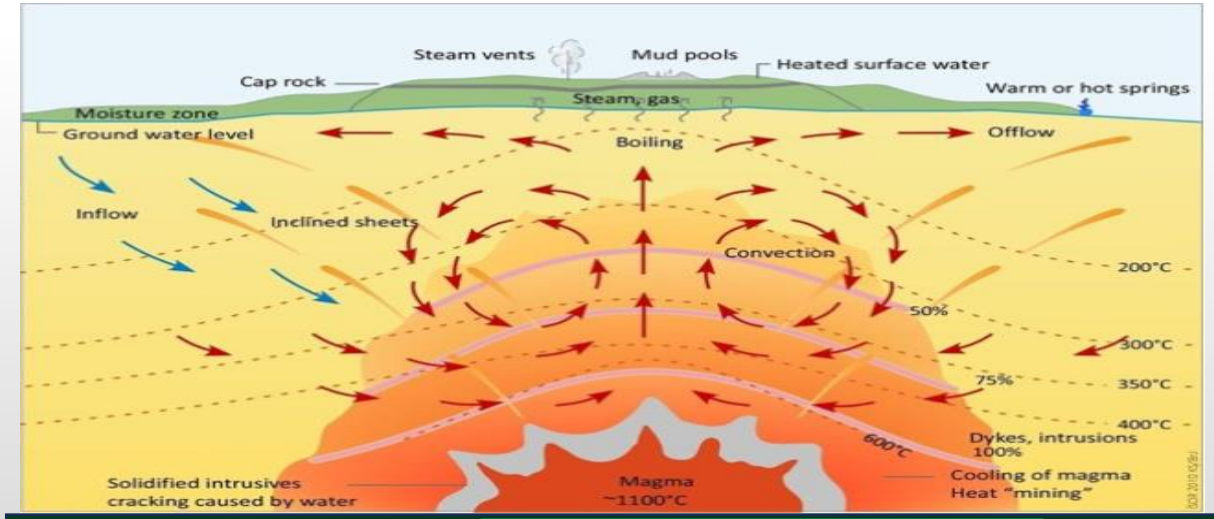
مصطلح geothermal يعني " حرارة الأرض ".

استفادت البشرية من الطاقة المستمدة من موارد الحرارة الأرضية منذ أقدم العصور. حيث استخدمت حضارات ما قبل التاريخ الينابيع الساخنة hot springs وتصريفات البخار الفومارولات fumaroles للطهي والتدفئة ولأغراض علاجية . وتُعرف هذه الاستخدامات، في العصر الحديث، بتطبيقات الطاقة الحرارية الأرضية المباشرة. geothermal direct-use applications

بدأ الاستخدام الحديث للطاقة الحرارية الأرضية في أواخر القرن التاسع عشر ومع تطوير أول محطة للطاقة الحرارية الأرضية في إيطاليا عام ١٩٠٤. وقد أدت التطورات اللاحقة في تكنولوجيا الحفر، وهندسة الخزانات، وتقنيات توليد الطاقة إلى توسيع نطاق وجدوى مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية في جميع أنحاء العالم.

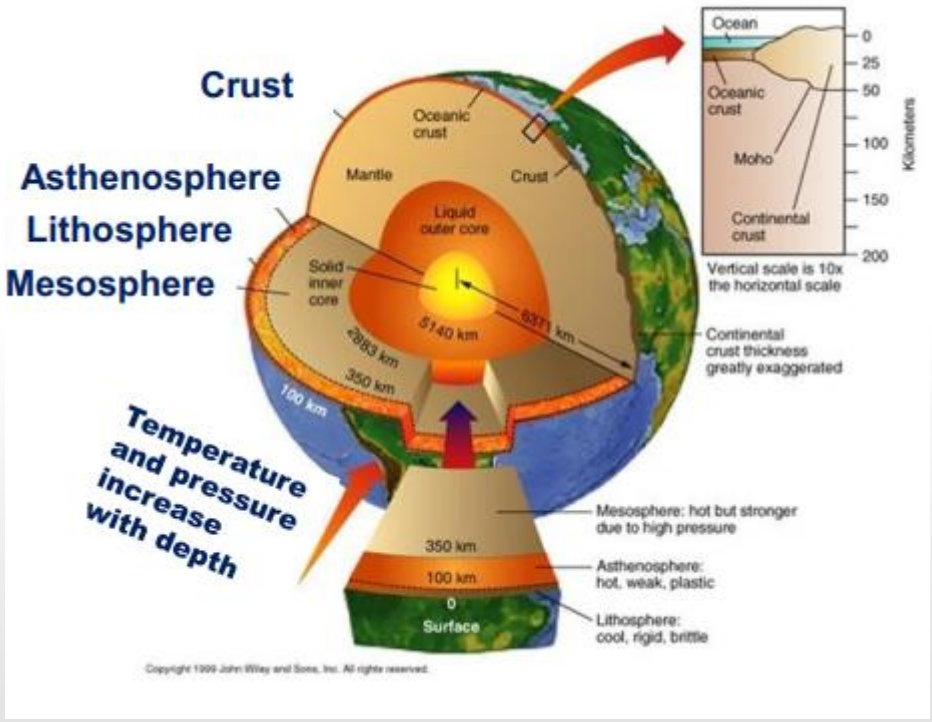
الطاقة الحرارية الأرضية

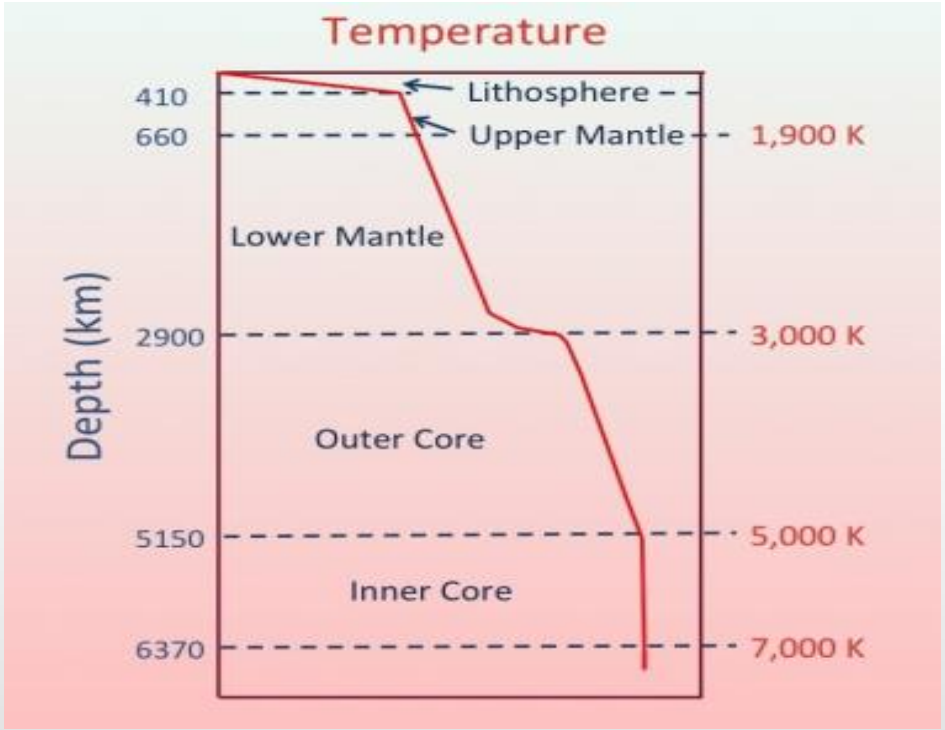




- الطاقة الحرارية الأرضية هي طاقة حرارية مخزنة في باطن الأرض، تُولّد من نواة الأرض نتيجةً للتحلل الإشعاعي للمعادن والحرارة المتبقية من تكوّن الكواكب.
- تنتقل إلى سطح الأرض عن طريق
  - ✓الماء
  - ✓والبخار
  - ✓والصخور عالية الحرارة.

تُعدّ الطاقة الحرارية الأرضية مصدرًا متجددًا للطاقة، إذ تُنتَج من حرارة الأرض الطبيعية، وتتجدد باستمرار

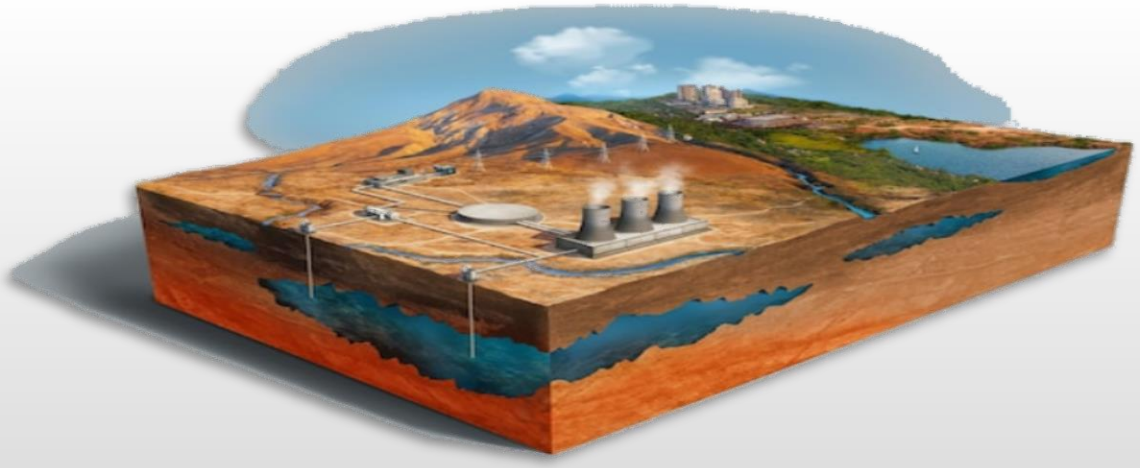


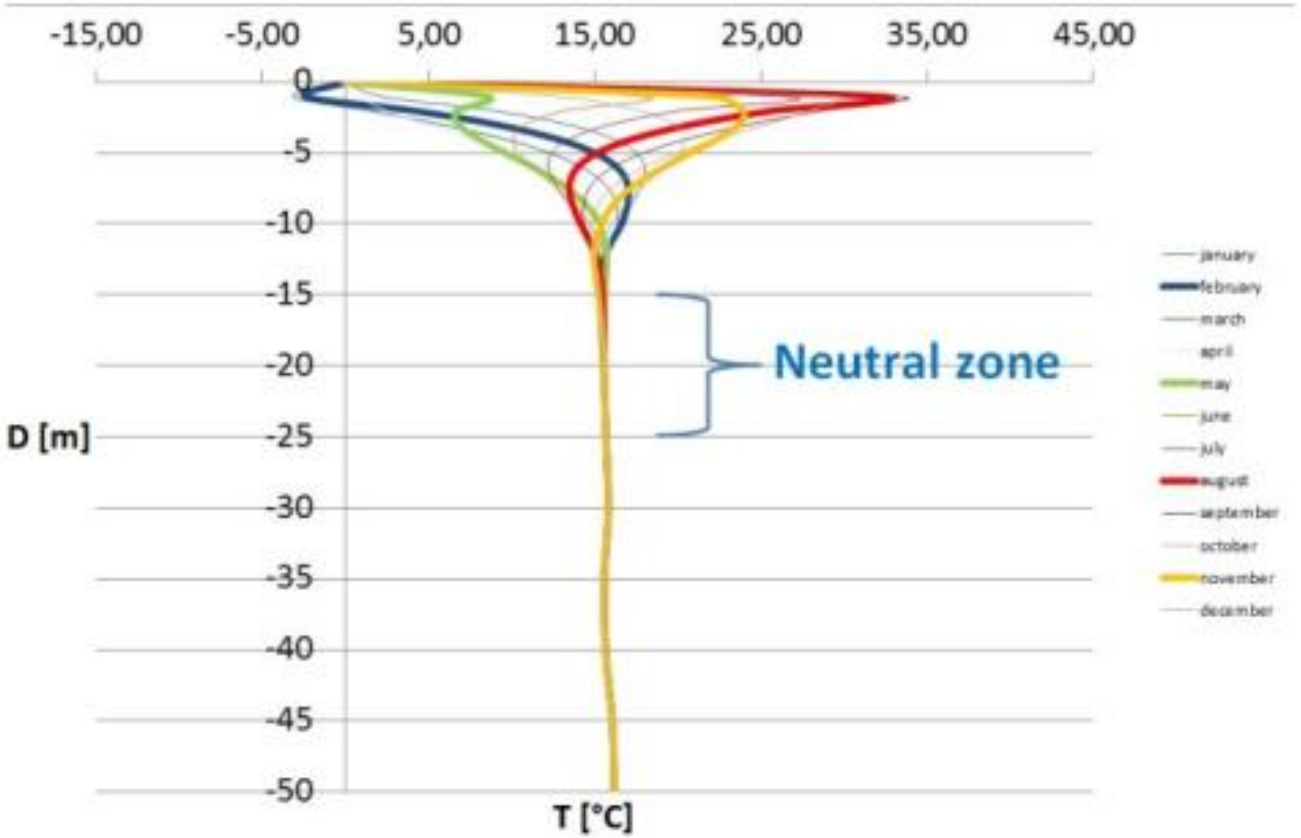


أين توجد محطات الطاقة الحرارية الأرضية؟

- تعتمد محطات الطاقة الحرارية الأرضية على خزانات الطاقة الحرارية الأرضية القريبة من سطح الأرض والتي تحتوي على ماء ساخن، أو بخار
- غالبًا ما توجد الخزانات في مناطق الطاقة الحرارية الأرضية النشطة على طول حدود الصفائح التكتونية واماكن النشاط البركاني وتشمل المناطق حلقة النار والنقاط الساخنة في جميع أنحاء العالم وأعماق الأحواض الرسوبية
- تلعب خصائص الخزان دورًا حاسمًا في تحديد جدوى مشاريع الطاقة الحرارية الأرضية وإنتاجيتها .مثل

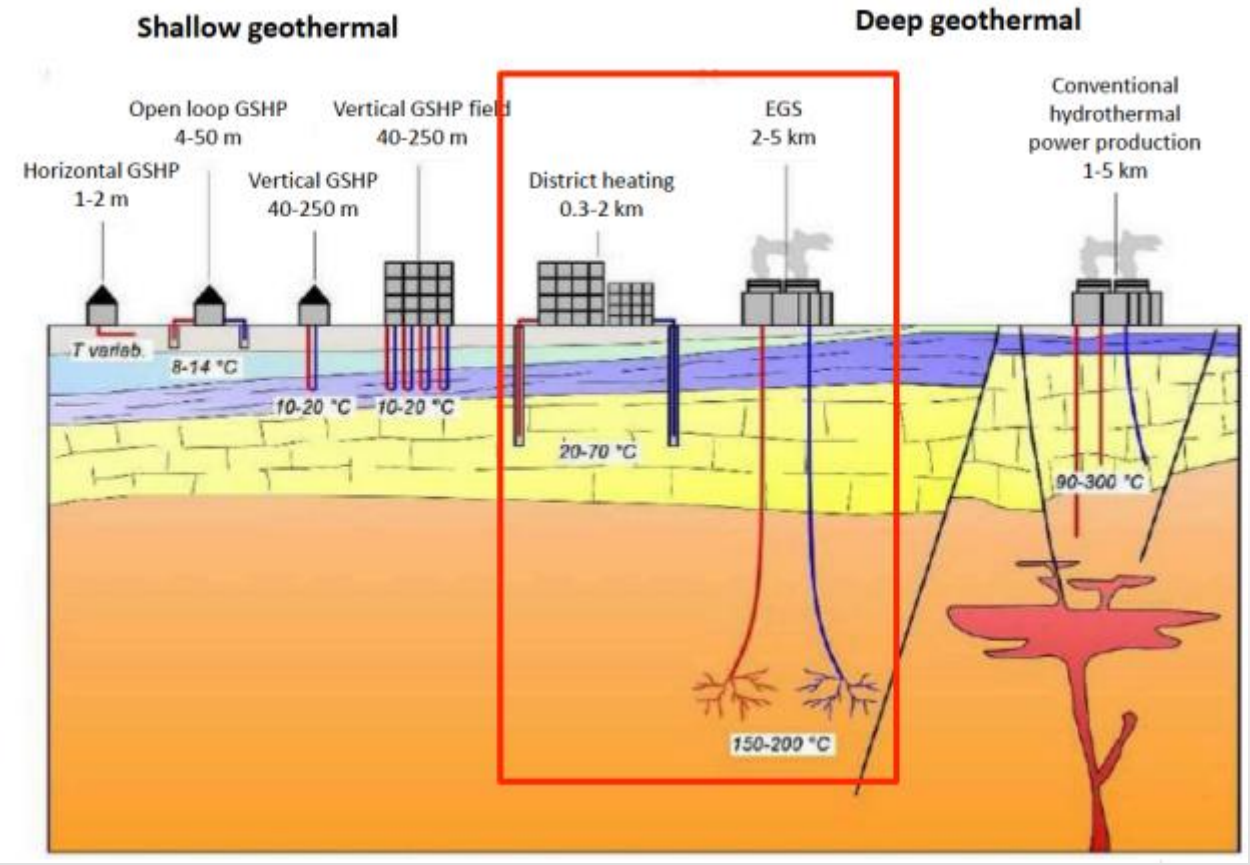
✓ درجة الحرارة temperature
✓ الضغط pressure
✓ تركيب السوائل
✓ النفاذية permeability
✓ المسامية porosity





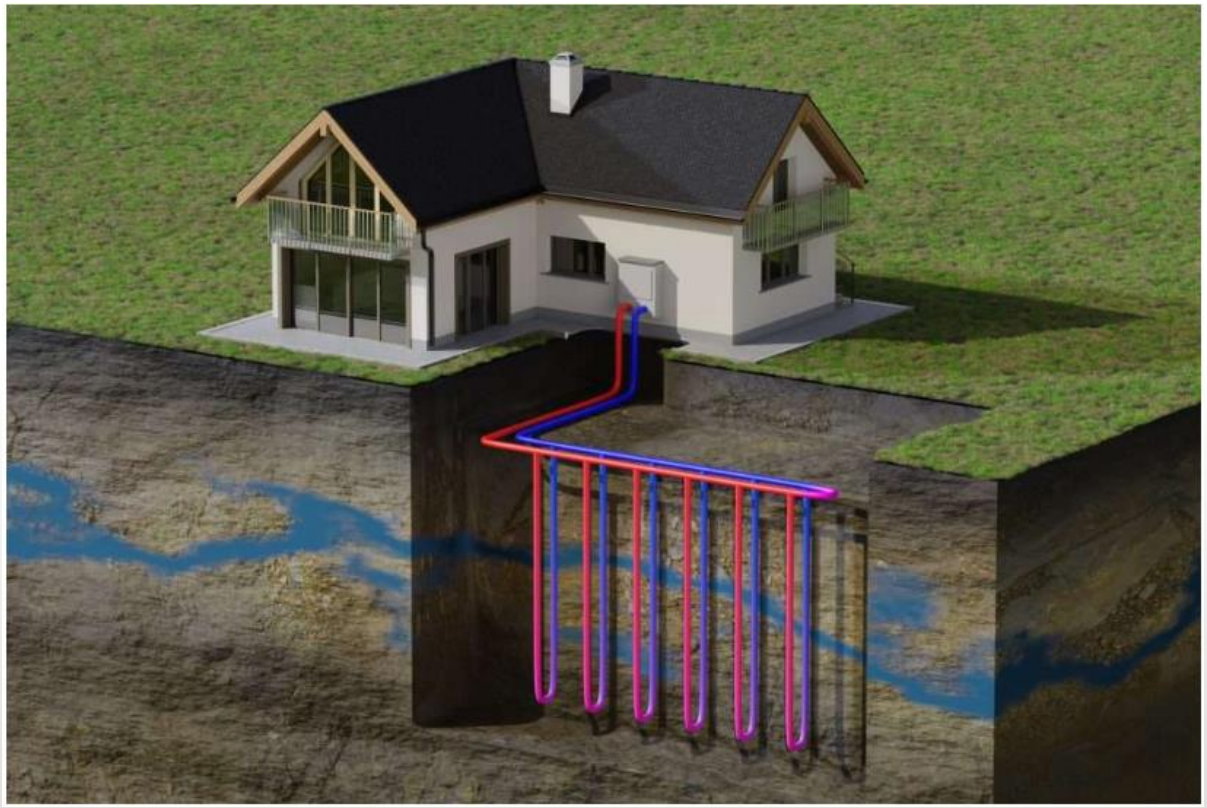
قد تتقلب درجة حرارة الهواء فوق سطح الأرض بحوالي10 درجات مئوية فوق وتحت المتوسط السنوي. ومع ذلك، على بُعد أمتار قليلة تحت سطح الأرض تكون التغيرات في درجات حرارة قليلة جدا.

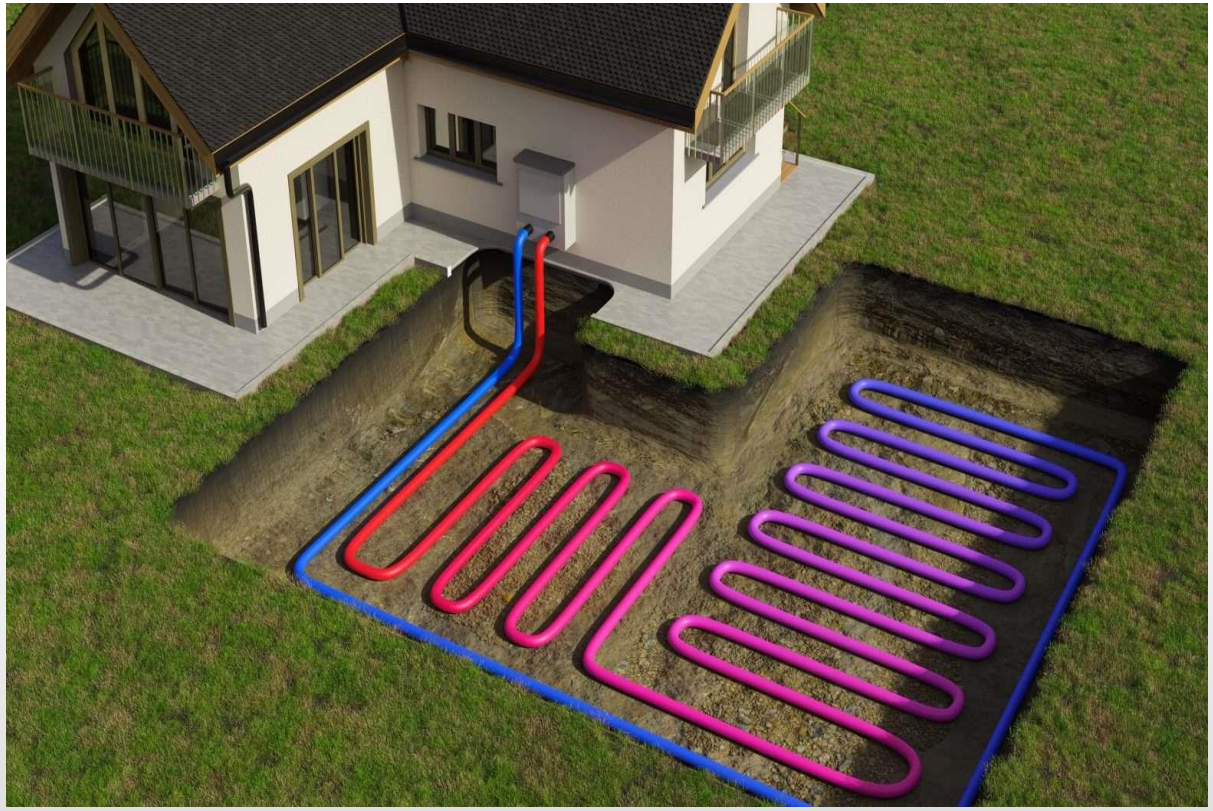
الطاقة الحرارية الأرضية

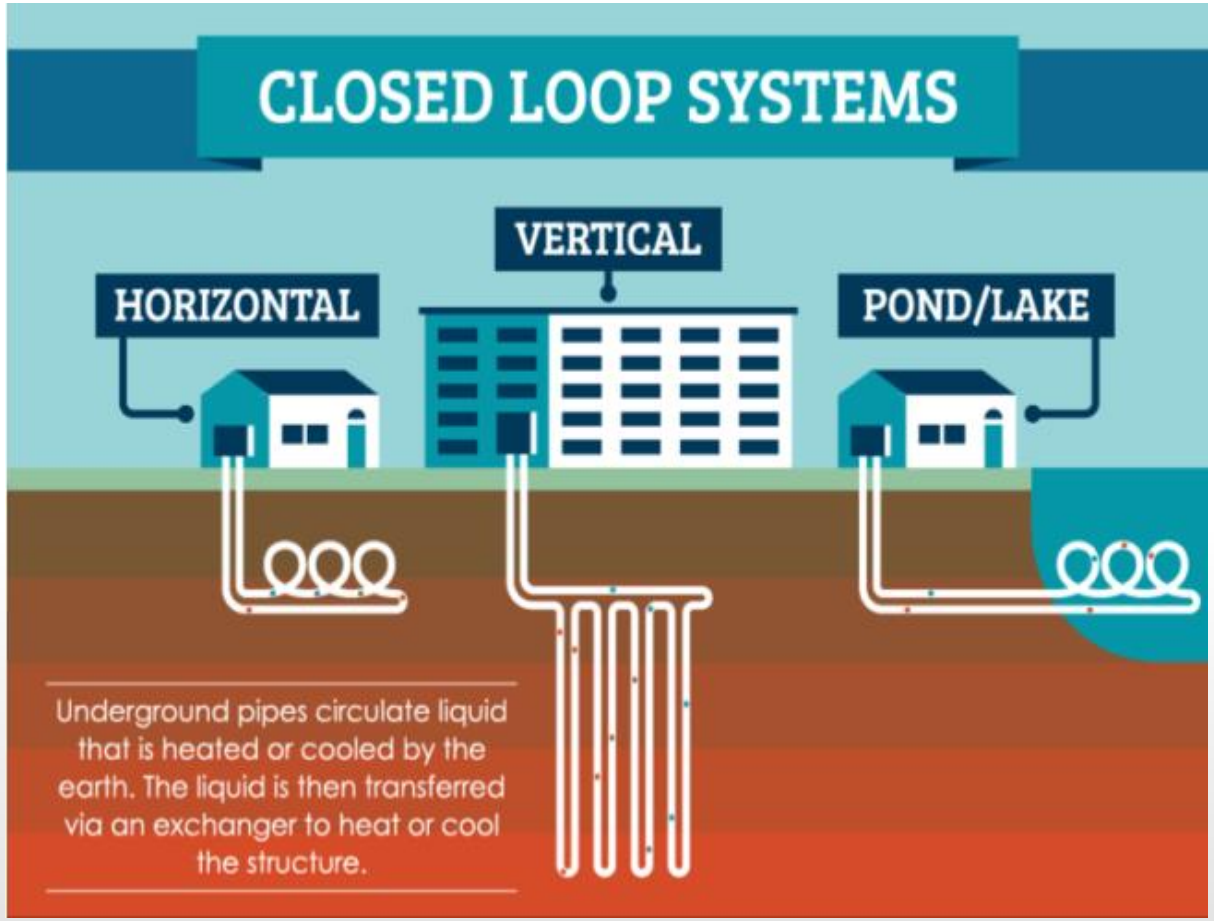


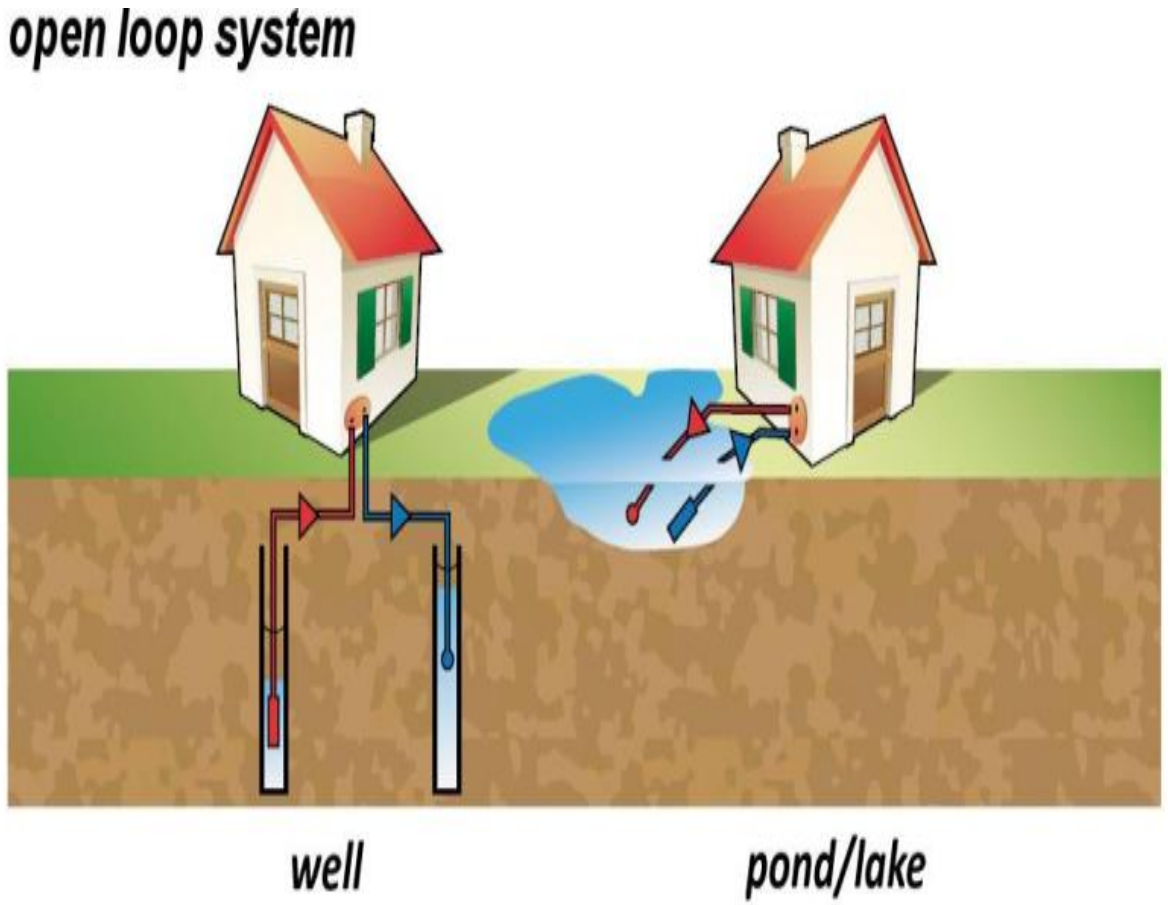
- Shallow (ضحلة) اقل من 400 متر عمق
- Deep (عميقة) اكبر من 400 متر عمق

Shallow geothermal



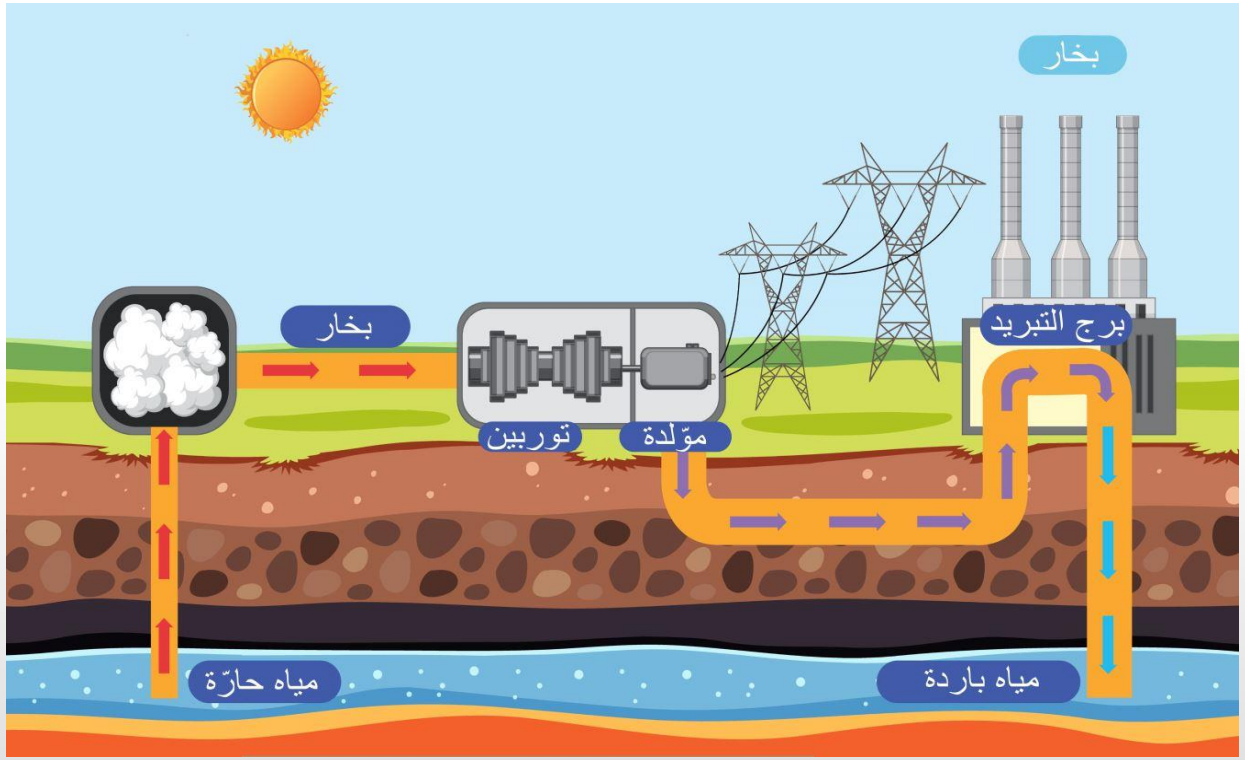



CLOSED LOOP SYSTEMS
VERTICAL
HORIZONTAL
POND/LAKE
Underground pipes circulate liquid that is heated or cooled by the earth. The liquid is then transferred via an exchanger to heat or cool the structure.


open loop system
well
pond/lake

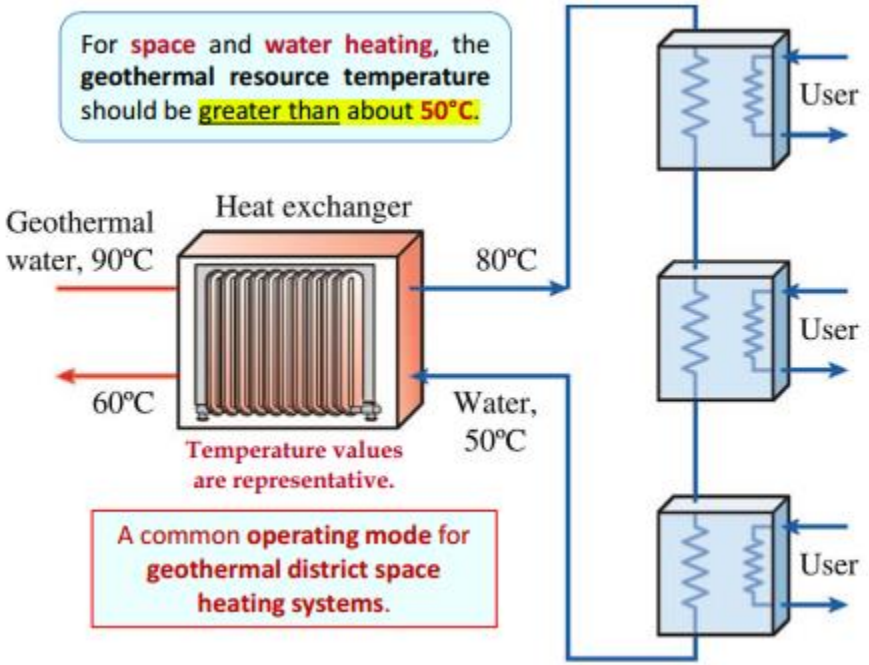
الاستخدامات العميقة

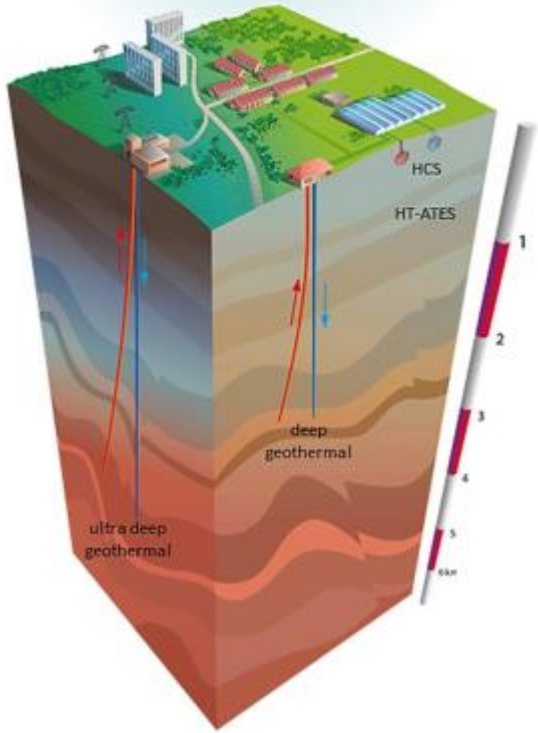
Deep Geothermal



- تُحفر آبار عميقة (ابار انتاج وحقن) للوصول إلى السوائل الساخنة أو الصخور
- تُستخرج السوائل وتُرفع إلى السطح
- يعمل السائل الساخن علي تشغيل توربينًا لتوليد الكهرباء.
- يُعاد حقن السائل المُستخدَم تحت الأرض للحفاظ على ضغط الخزان واستدامته.

تطبيقات الاستخدام المباشر
direct-use applications

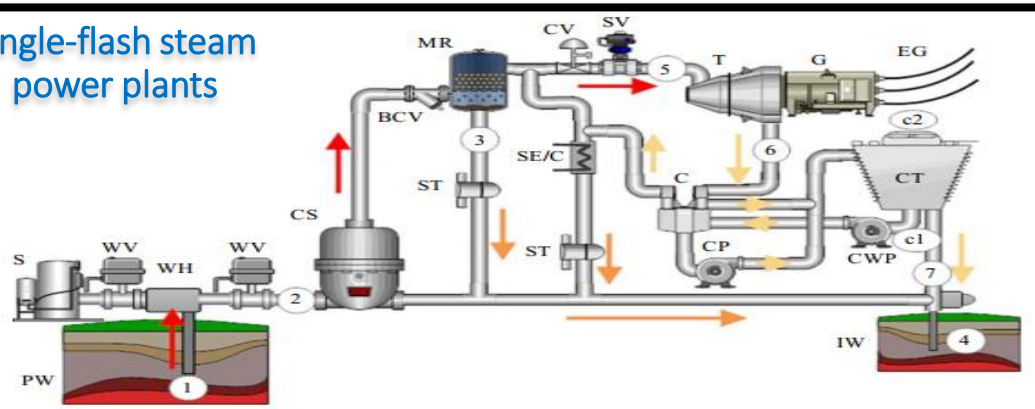




1. التدفئة والتبريد
2. العمليات الصناعية
3. في الزراعية
4. المزارع السمكية
5. المنتجعات الصحية.

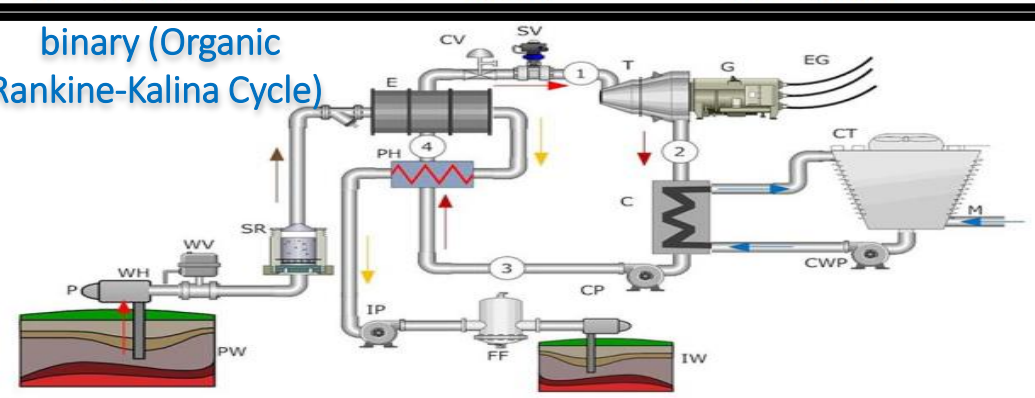
- المواقع ذات درجة الحرارة العالية (>150 درجة مئوية)، يمكن استخدام محطات الطاقة بالبخار الجاف ومحطات الطاقة بالبخار الفلاش
- المواقع ذات درجة الحرارة المنخفضة والمتوسطة، يمكن استخدامها لتطبيقات
  1. الاستخدام المباشر مثل أنظمة التدفئة والتبريد المركزية
  2. لتوليد الكهرباء مع تنفيذ دورة رانكين العضوية (ORC)

single-flash steam power plants



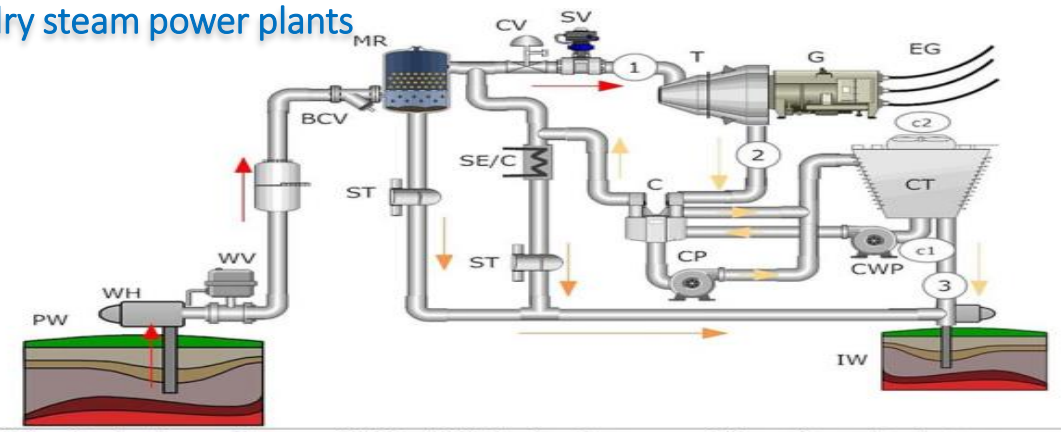
PW	Production well	BCV	Ball check valve	SV	Stop valve
S	Silencer	MR	Moisture remover	SE	Steam jet ejectors
WV	Well valves	ST	Steam tramp	C	Condenser
CS	Cyclone separator	CV	Control valve	CP	Condensate pump
IW	Injection well	EG	Electric grid	CWP	Condensed water pump
G	Generator	T	Turbine	WH	Wellhead

binary (Organic Rankine-Kalina Cycle)



PW	Production well	E	Evaporator	CV	Control valve
P	Pump	PH	Preheater	SV	Stop valve
WH	Wellhead	IP	Injection pump	T	Turbine
WV	Well valve	FF	Final filter	G	Generator
SR	Sand remover	IW	Injection well	EG	Electric grid
C	Condenser	CP	Condensate pump	CWP	Cooling water pump
M	Make-up water	CT	Cooling tower		

dry steam power plants



PW	Production well	BCV	Ball check valve	SE	Steam jet ejectors
WH	Wellhead	MR	Moisture remover	C	Condenser
WV	Well valves	ST	Steam tramps	CP	Condensate pump
IW	Injection Wells	CV	Control valve	CWP	Condensed water pump
EG	Electric grid	SV	Stop valve	T/G	Turbine- Generator

مميزات الطاقة الحرارية الأرضية

- لها قدرةعلى إنتاج الكهرباء على مدى 24 ساعة يومياً عكس طاقة الرياح والطاقة الشمسية
- تقليل الاعتمادها على واردات الوقود وزيادة الامن الطاقي
- حماية الاقتصاد من حالة التذبذب والتقلب في أسعار النفط العالمية
- مصدر طاقة مستدام ومتجدد
- تكاليف تشغيل منخفضة
- بصمة كربونية منخفضة
- تكلفة تنافسية تنافسية مقارنة مع الفحم أو الغاز الطبيعي
- توفرها بكميات كبيرة جدا وفي مساحات شاسعة.
- خلق فرص العمل والنمو الاقتصادي
- تتطلب مساحة أرض أقل لتوليد الطاقة مقارنة بتقنيات الطاقة المتجددة الأخرى.
- استهلاك منخفض نسبيًا للمياه مقارنةً بمحطات الطاقة التقليدية

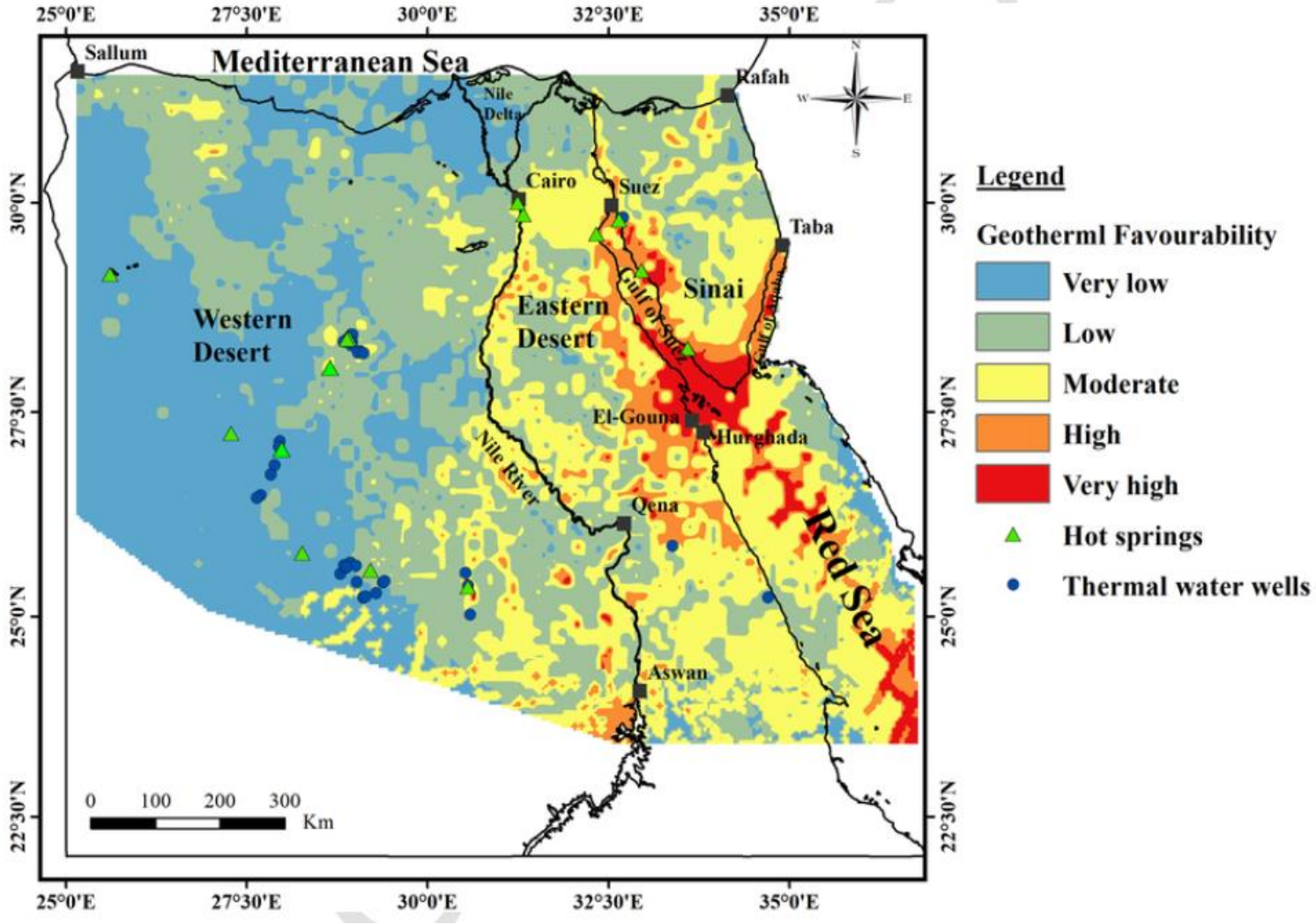
التحديات امام انتشار الطاقة الحرارية الارضية

- ارتفاع التكاليف الأولية خصوصا في مرحلة الاستكشاف الأولية وحفر الابار
- موقع محطات الطاقة الحرارية الأرضية مقيد لأن المحطات تعتمد على خزانات الطاقة الحرارية الأرضية.
- التحديات الفنية والتشغيلية
- الجداول الزمنية المطولة فيما يتعلق بتطوير المشروعات
- مخاطر الاستكشاف
- التمويل
- غياب الأطر السياسية والتنظيمية
- قلة الخبرات المؤسسية والفنية

+201148686466
www.ainelbeeah.green
ESESCA
ainelbeeah@
جمعية عين البيئة

Plant type	CO_2 Kg/MWh	SO_2 kg/MWh	NOx kg/MWh	Particulates kg/MWh
Coal-fired	994	4.71	1.955	1.012
Oil – fired	758	5.44	1.814	N.A
Gas – fired	550	0.0998	1.343	0.0635
Geothermal-flash steam, liquid dominated – USA	27.2	0.1588	0	0
Geothermal – The Geyesrs dry steam field – USA	40.3	0.000098	0.000458	Negligible
Geothermal – closed loop binary/EGS	0	0	0	Negligible
Geothermal – flash steam – Hellisheidi – Iceland	21.6	17.6	0	0
Geothermal – flash steam – Tuscany – Italy	324	1.65	-	-
Average. All European plants	369.7	1.1	0.5	0.1

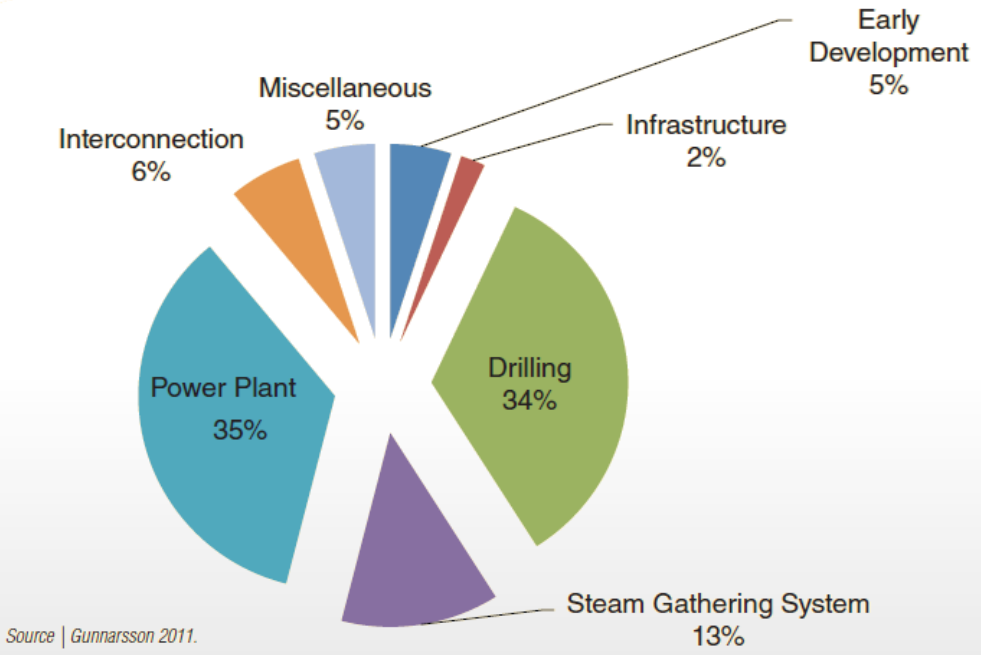
الأماكن الواعدة في مصر لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية



تقع موارد الطاقة الحرارية الأرضية الواعدة في مصر بشكل رئيسي على طول خليج السويس والبحر الأحمر وفي بعض المواقع في الصحراء الغربية لمصر. كما توجد ينابيع حرارية أخرى منخفضة المحتوى الحراري بالقرب من مدينة حلوان.

استغلال ابار البترول القديمة او المهجورة لتوليد الطاقة الحرارية الارضية

+201148686466
www.ainelbeeah.green
ainelbeeah@
جمعية عين البيئة



- التكلفة المرتبطة بحفر وبناء آبار جديدة والتحسينات المرتبطة بها قد تمثل ما بين 30 % الي40 % من إجمالي تكاليف المشروع.
- يمكن أن يؤدي إعادة توظيف ابار البترول المهجورة لإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية إلى التخلص من الحاجة إلى حفر وبناء آبار جديدة أو تقليل عددها ، مما يقلل بشكل كبير من إجمالي تكاليف المشروع ويجعله أكثر جدوى
- الخصائص الجيولوجية والحرارية للآبارغالبا ما تكون معروفة ومتاحة، والتي توفر معلومات قيّمة عن باطن الأرض مثل خصائص الصخور ودرجة الحرارة ومسامية التكوين .مما يقلل من المخاطر والتكاليف الأولية.

فوائد إعادة استخدام آبار النفط والغاز المهجورة

- خفض تكاليف التشغيل في حقول البترول
- تقليل الاعتماد على الشبكة
- تزويد المناطق النائية بالكهرباء
- خفض الكربون وتقليل احتمالية تسرب غاز الميثان وتلوث المياه الجوفية.
- طريقة نحو الطاقة المستدامة والطاقة النظيفة والاستخدام الفعال للبنية التحتية القائمة

استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية المُنتَجة من آبار النفط والغاز المهجورة

- تخزين الطاقة للاستخدامات المستقبلية.
- توفير التدفئة للاستخدامات السكنية والتجارية والصناعية .
- توليد الكهرباء
- استخدام الطاقة الحرارية الأرضية في عمليات تحلية المياه

بعض الجهود المبذولة في تطوير مشروعات الطاقة الحرارية الارضية

مشروع التعاون مع الاتحاد الاوربي لتطوير مشروعات الطاقة الحرارية الارضية

يهدف المشروع إلى بناء قدرات فنية مصرية في مجال الطاقة الحرارية الأرضية من خلال :

- تحسين المهارات العلمية للكوادر المصرية في مجال الطاقة الحرارية الأرضية
- تحسين كفاءات مؤسسات التعليم العالي المصرية في مجال الطاقة الحرارية الأرضية
- إنشاء دبلوم للدراسات العليا في هندسة الطاقة الحرارية الأرضية
- بناء تعاون مصري أوروبي في مجال الطاقة الحرارية الأرضية
- زيادة الوعي بأهمية الطاقة الحرارية الأرضية لدى الجهات الحكومية والشركات المحلية ومؤسسات التعليم المصرية.

شركاء المشروع

شركاء تعليم مصرية

- جامعة القاهرة (CU)
- جامعة قناة السويس(SCU)
- جامعة عين شمس(ASU)
- جامعة أسوان(ASWU)
- الجامعة المصرية اليابانية للعلوم والتكنولوجيا(E-JUST)

شركاء تعليم أوروبية

- جامعة بولونيا (UNIBO)
- جامعة بلد الوليد (UVA)
- جامعة زغرب(UNIZG)

شركاء صناعيين مصريين:

- هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة(NREA)
- شركة جنوب الوادي المصرية القابضة للبترول (GANOPE)

شركاء صناعية وهندسية.

- TELUR إسبانيا
- ECOFOREST إسبانيا
- BONIAN ومصر
- GEORENCO ألمانيا-مصر

مذكرة تفاهم بين شركة جنوب الوادي المصرية القابضة للبترول وشلمبرجير

خلال مؤتمر EGYPS 2025 تم توقيع مذكرة تفاهم بين شركة جنوب الوادي المصرية القابضة للبترول وشركة شلمبرجير العالمية لإجراء دراسات الجدوى التقنية والاقتصادية عن استغلال الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الطاقة الكهربائية وتقديم الخدمات ذات الصلة واستكشاف أفضل المواقع لتوليد الطاقة الحرارية الارضية في مصر

اسعار انتاج الطاقة الحرارية الارضية

اسعار انتاج الطاقة الحرارية الارضية 2010 و 2024

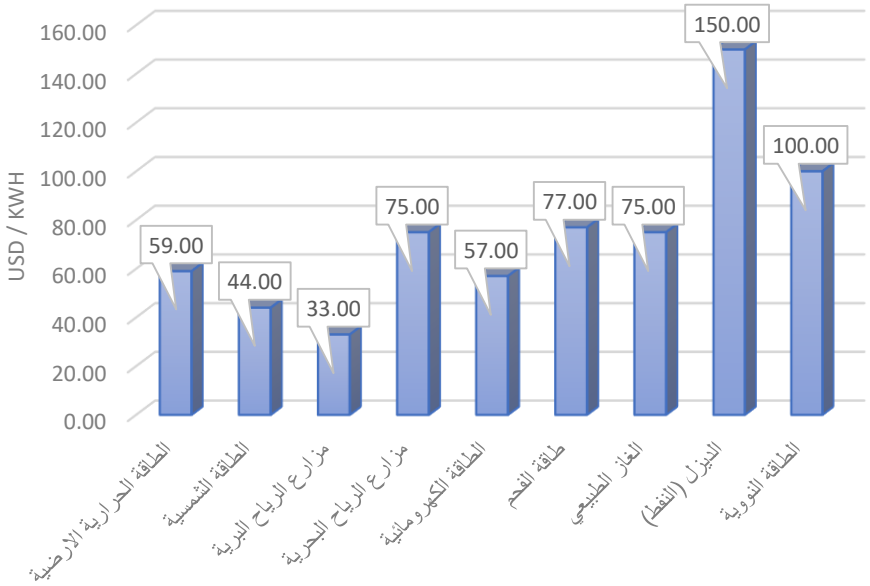
	Total installed costs (2024 USD/kW)			Capacity factor (%)			Levelised cost of electricity (2024 USD/kWh)		
	2010	2024	Percent change	2010	2024	Percent change	2010	2024	Percent change
Bioenergy	3 082	3 242	5%	72	73	1%	0.086	0.087	1%
Geothermal	3 083	4 015	30%	87	88	1%	0.055	0.060	9%
Hydropower	1 494	2 267	52%	44	48	9%	0.044	0.057	30%
Solar PV	5 283	691	-87%	15	17	13%	0.417	0.043	-90%
CSP	10 703	3 677	-66%	30	41	37%	0.402	0.092	-77%
Onshore wind	2 324	1 041	-55%	27	34	26%	0.113	0.034	-70%
Offshore wind	5 518	2 852	-48%	38	42	11%	0.208	0.079	-62%

Notes: CSP = concentrated solar power; kW = kilowatt; kWh = kilowatt hour; USD= United States dollars

المصدر : الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (إيرينا)

مقارنة أسعار مقياس التكلفة المستوية للكهرباء عالميًا لعام 2023

المصدر	متوسط التكلفة لكل ميجاواط/ الساعة (دولار)
الطاقة الحرارية الارضية	59
الطاقة الشمسية	44
مزارع الرياح البرية	33
مزارع الرياح البحرية	75
الطاقة الكهرومائية	57
طاقة الفحم	75-100
الغاز الطبيعي	70-80
الديزل (النفط)	150
الطاقة النووية	100



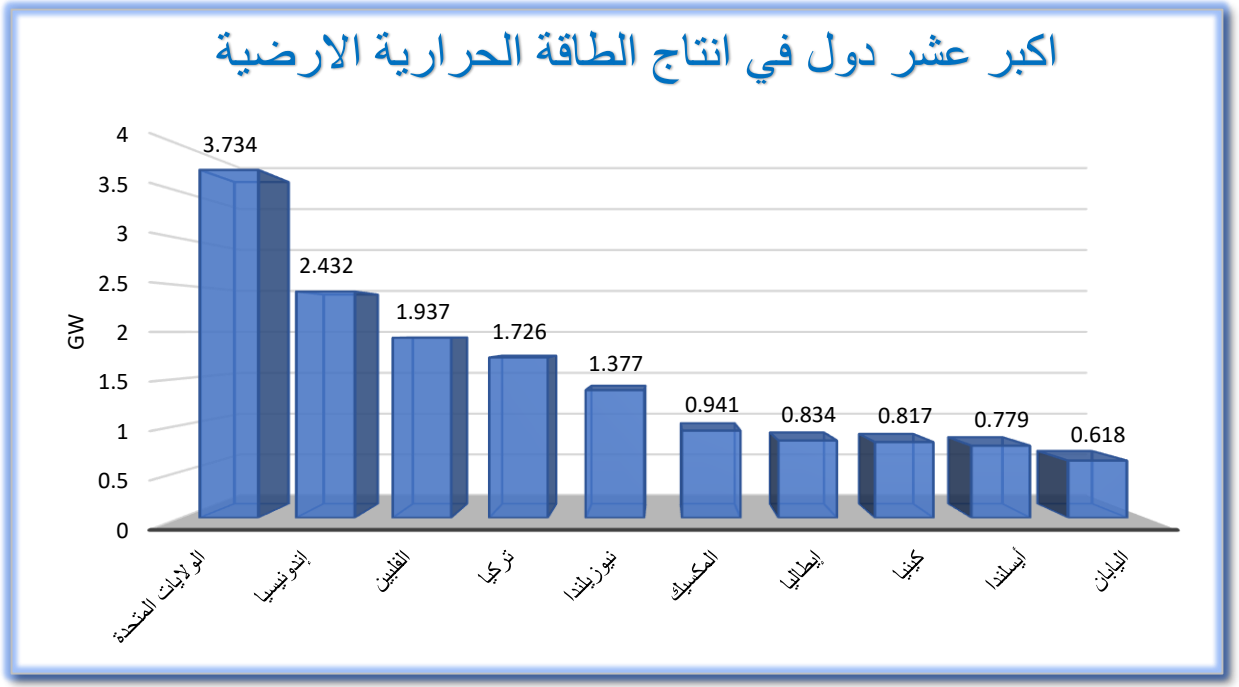
احصائيات الطاقة الجديدة

إجمالي الطاقة المتجددة 2024

CAP (MW)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
World	**1 851 114**	**2 019 709**	**2 187 425**	**2 358 285**	**2 542 854**	**2 812 981**	**3 075 931**	**3 378 790**	**3 862 881**	**4 448 051**
Egypt	3 658	3 681	3 802	4 793	5 690	5 934	6 258	6 322	6 709	7 752
Algeria	300	500	593	605	605	585	506	590	601	601
Morocco	2 307	2 417	2 539	3 272	3 272	3 522	3 638	3 725	4 105	4 375
Tunisia	330	340	349	375	391	406	406	508	817	1 084
Bahrain	6	7	7	7	10	11	22	48	59	69
Iraq	2 311	2 311	1 594	1 594	1 594	1 594	1 594	1 599	1 599	1 599
Jordan	200	514	635	1 074	1 374	2 088	2 460	2 615	2 638	2 725
Kuwait	7	24	25	46	97	97	97	114	114	114
Lebanon	298	318	331	347	368	382	482	1 167	1 297	1 297
Oman	2	2	8	26	76	179	205	705	722	722
Palestine	12	25	35	40	82	118	178	192	192	198
Qatar	23	24	24	24	24	24	24	824	824	1 699
Saudi Arabia	24	24	37	87	112	412	442	843	2 988	4 743
Syrian AR	1 579	1 501	1 497	1 499	1 500	1 509	1 530	1 557	1 557	1 557
United Arab Em	134	136	354	601	1 936	2 334	3 003	3 606	6 075	6 144
Yemen	60	81	103	253	254	258	258	264	290	410

الطاقة الحرارية الأرضية علي المستوي العالمي

CAP (MW)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
World	11 843	12 169	12 754	13 157	13 824	14 165	14 439	14 664	15 047	15 427



التغلب على العقبات

المبادرة العربية للتعليم البيئي
"تمكين بيئي مستدام"

جهود علمية وبحثية وتثقيفية

- العمل على بناء القدرات والبحث والتطوير
- ربط البحث العلمي ومخرجات مشروع التعاون مع الاتحاد الأوربي في مصر بمجال صناعة وإنتاج الطاقة الحرارية الأرضية
- نشر الوعي بأهمية استخدام الطاقات المتجددة والنظيفة بشكل عام ونشر ثقافة استغلال الطاقة الحرارية الأرضية بشكل خاص
- العمل علي رفع ثقافة الاستخدام الرشيد للطاقة
- دمج قضايا الطاقة والتغيرات المناخية في مراحل التعليم المختلفة

وضع أطر قانونية وتشريعية ومالية

- وضع حوافز علي الاستثمار
- إنشاء آليات للتمويل
- الاستثمار في أنشطة الاستكشاف والتطوير
- العمل علي وضع لوائح تنظيمية وتحديد السياسات والاستراتيجيات الداعمة
- دراسة الآثار البيئية والاجتماعية
- وضع الطاقة الحرارية الأرضية في مزيج الطاقة في مصر في رؤية مصر **2035**

تكثيف التعاون الدولي

- تقديم الخبرة الفنية والمعرفة
- جذب التمويل والاستثمار
- تقديم الدعم في وضع سياسة وإطار تنظيمي
- الاستفادة من التجارب السابقة حول العالِم

الربط والتنسيق الكامل مع صناع النفط والغاز

- للاستفادة من الخبرات والمهارات الموجودة خصوصا في مجالات الاستكشاف والحفر والتنقيب
- الاستفادة من البيانات الجيولوجية
- دراسة اعادة استغلال ابار النفط المهجورة وغير المنتجة

+201148686466
www.ainelbeeah.green
ainelbeeah@
جمعية عين البيئة

+201148686466 www.ainelbeeah.green ainelbeeah@ جمعية عين البيئة