

出國報告（出國類別：開會）

參加土耳其國際地熱能源大會
及地熱發電系統考察

服務機關：經濟部中央地質調查所

姓名職稱：陳棋炫 科長

派赴國家/地區：土耳其

出國期間：111.9.18-111.9.25

報告日期：111.11.11

目錄

摘要	1
一、 目的與概述.....	2
二、 過程	3
三、 心得及建議.....	12
參考文獻.....	23

圖目錄

圖 1. 全球前十大地熱裝置容量的國家	2
圖 2. 會議進行情形.....	6
圖 3. 電廠參觀過程.....	8
圖 4. 拜會土耳其礦產研究與探勘總局	9
圖 5. 鑽探公司參訪過程.....	11
圖 6. 鑽機外圍加上簾幕阻絕噪音	11
圖 7. 土耳其板塊環境圖.....	12
圖 8. 土耳其地熱田探勘鑽井溫度分布	13
圖 9. 土耳其地熱裝置容量的進展	14
圖 10. 有制定地熱法律的國家.....	17
圖 11. 土耳其西部的地質圖及剖面圖	19
圖 12. 土耳其變質岩地區的地熱概念模式.....	19
圖 13. Alaşehir 地區地熱執照範圍、開發井位及電廠	20

表目錄

表 1. 出國計畫行程表.....	3
表 2. 地熱研討會大會議程.....	4
表 3. 參與簡報主題.....	4
表 4. 土耳其 No. 5686 號地熱法重點節要.....	15

摘要

本次出國主要參加了在土耳其舉辦的國際地熱能源大會暨展覽會(IGC, turkey 2022)，會議在土耳其西岸的城市伊士麥舉行，會議近兩百名參與者包含開發商、供應商、營運商、地球科學領域人員、政府單位、及投資者和金融業者等。活動以研討會、產商展覽和實地參訪為特色，討論探勘系統、開發技術、規模經濟、AI 控制、資金來源、和降低成本之討論。會議第二天參觀一個位於 Alaşehir 地區的 30MW 地熱電廠，於電廠內聽取簡報並參觀其各項裝置設施，並沿途欣賞範圍廣大的其他地熱電廠。

此行於會議後，在內陸移動至首都安卡拉，拜訪土耳其礦產研究與探勘總局(MTA)，拜會能源研究與探勘部門首長及負責地熱之主要研究人員，主要討論土耳其在近年間如何成為世界地熱發電大國，並探詢合作的機會、面向及可能性。另外也參訪了曾經執行 MTA 委託案的鑽探公司，了解土耳其鑽探公司之規模及鑽探能力，以及土耳其在地熱探勘前期的鑽探方式。

目前我國政府將地熱能視為另一項再生能源的要角，土耳其為國際上少數在變質岩區發展地熱的國家，且近期發展歷程算相當快速，從資料上的研讀實在令人對其產生濃厚興趣，本行程雖然倉促且成員單薄，但也著實從社會面、政策面、法規面、地質條件面、產業面等，獲得相當心得，後續將轉化成我國環境之適用性，及視國內地熱發展需求，考量啟動相關經驗應用或合作規劃，以加速我國地熱能源及產業之發展。

一、 目的與概述

土耳其在這幾年成為世界前五強的地熱大國，地熱裝置容量擠身進入1GW 俱樂部(圖 1)。資料顯示統計至 2014 年底(ThinkGeoEnergy, 2015)，裝置容量甫突破 400MW，才剛擠身進入全球第 10 強，隨後短短 6 年間，增長了超過 4 倍的裝置容量，來到了全球第 4 強(圖 2)，使得土耳其成為世界地熱發電的重要話題。本行參加國際地熱大會，目的為實地了解歐洲國家對於利用地熱能作為綠色能源之氛圍，並對於地熱能有無潛力取代化石燃料之看法。藉由會議講者統整性的介紹，了解土耳其地熱增長速度的關鍵因素，並參觀地熱電廠，了解地熱電廠採用的發電設備裝置類型，佔地情形，並了解地熱設備供應大廠在土耳其的運作形式。

另項為人所知的是，土耳其目前的地熱發電裝置，有大部分位於變質岩區，這與世界排名前幾名擁有火山的國家有很大不同。利用火山作為發電熱源，通常因溫度或熱焓值較高，而有較高的發電成效。反觀我國過去調查所發現的地熱潛能區，除大屯火山群外，幾乎全位於變質岩地區。因此了解土耳其的變質岩區如何孕育出造成如此高地熱開發條件，以及變質岩區的地熱概念模式，亦為此行的重點。本行出發前，先預約連絡拜訪土耳其全國地熱能源探勘的政府部門，土耳其礦產研究與勘探總局-能源及原料研究及探勘部門(MTA)，也拜訪了執行過 MTA 委託計畫的 Ortadogu 鑽探公司，討論土耳其地熱探勘鑽井相關機器、規格及能力等。綜整以上行程所得之心得，作為我國後續推動地熱探勘及地熱發電工作之參考。

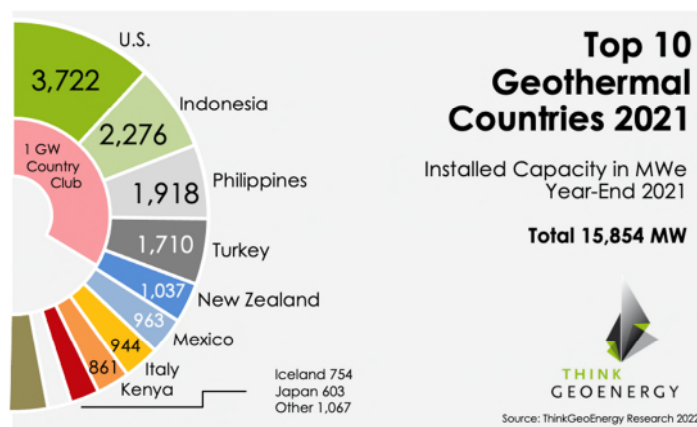


圖 1. 全球前十大地熱裝置容量的國家(Think Geoenergy, 2022)

二、 過程

本次出國首站為從台北(TPE)直飛土耳其伊斯坦堡國際機場(IST)，落地後再由伊斯坦堡轉機國內線，約一小時飛機飛到伊士麥，再搭車至郊區 Kaya Geothermal Hotel，在飯店會議中心，展開兩日 IGC, turkey 2022 大會，其中第 1 日為研討會(表 2)及廠商展覽大會(圖 2)，第 2 日則搭遊覽車約 3 小時到郊區參觀地熱電廠(圖 3)。會議結束後，翌日從伊士麥機場，搭乘國內線飛往首都安卡拉，排定兩天拜訪行程，於第 3 日再從安卡拉飛回伊斯坦堡搭機返台(表 1)。

表 1. 出國計畫行程表

日期/城市	活動	行程
9 月 18~19 日		去程
9 月 20 日 (土耳其伊士麥)	International Geothermal Congress & Exhibition	參加 2022 土耳其地熱研討會及展覽會
9 月 21 日 (土耳其伊士麥)	Maspo Energy-GeoTHOUR to ALA-2 PowerPlant in Manisa	地熱電廠參觀
9 月 22 日 (土耳其安卡拉)	General directorate of mineral exploration and research (MTA)-Energy and raw materials research and exploration department	參訪土耳其礦產研究與勘探總局-能源及原料研究探勘部門
9 月 23 日 (土耳其安卡拉)	Ortadogu drilling industrial & trade Ltd.	拜訪 Ortadogu 鑽探公司
9 月 24~25 日		返程

(一)研討會內容

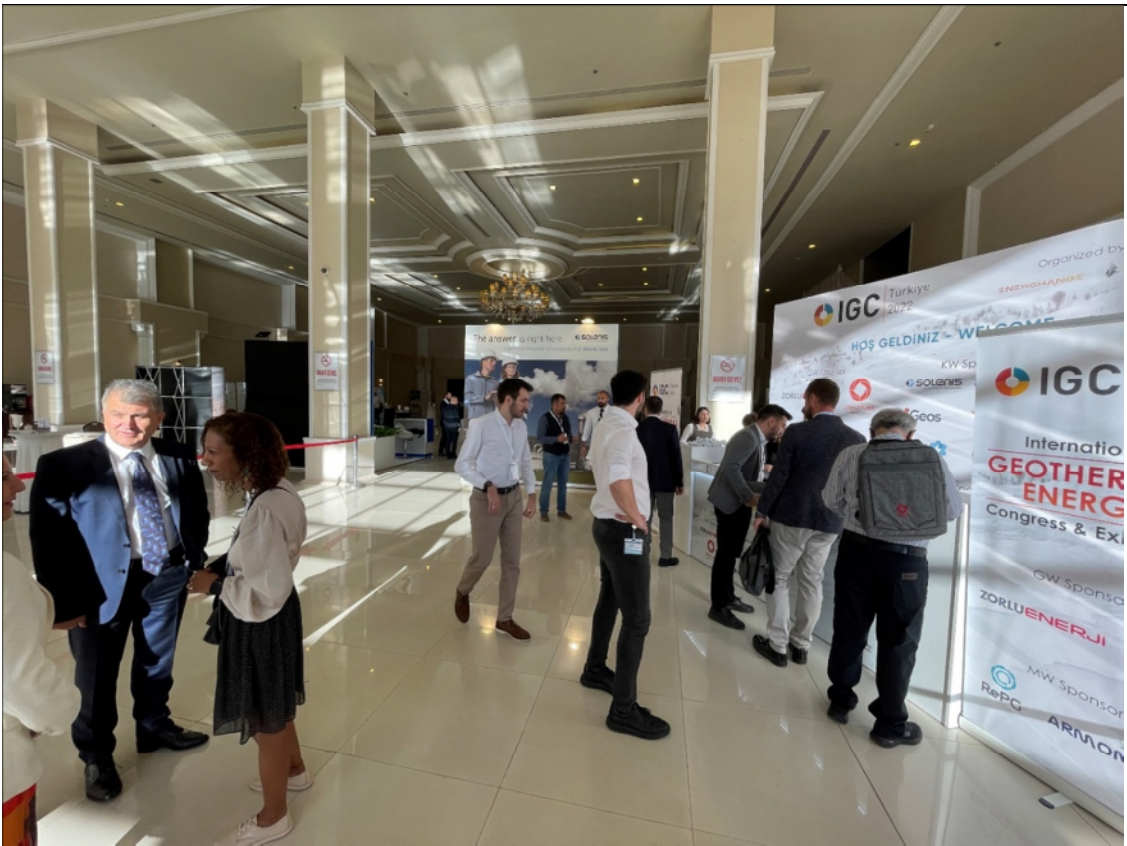
研討會舉辦於 Kaya Geothermal Hotel 會議中心，開幕式聚集約 200 名參與者(圖 2)，隨後分成三個演講廳分別進行，個人分別參加了 Drilling、Geothermal & Oil-Gas field、Geothermal countries、及 TUBITAK 等場次。晚宴時段由大會安排參與者搭乘 Bergama 郵輪，在船上進行交流。

表 2. 地熱研討會大會議程

09:00 - 10:40_Opening Ceremony
10:40 - 11:00_Coffee Break
11:00 - 13:00_Developing Technologies / Session I: Drilling
11:00 - 13:00_Developing Technologies / Session II: Heat Extraction Everywhere
11:00 - 13:00_JED Panel: The Journey of Renewable and Geothermal Energy in Turkey
13:00 - 14:00_Lunch
14:00 - 15:30_Utilizations / Session I: Direct use & Industry
14:00 - 15:30_Utilizations / Session II: Power Plant Technologies
14:00 - 15:30_Utilizations / Session III: Geothermal & Oil - Gas Fields
15:30 - 16:00_Coffee Break
16:00 - 17:30_Country Overviews / Session I: Geothermal Countries
17:30 - 18:00_Horizon 2023 / Session III: TÜBİTAK
16:00 - 18:00_Finance session / Session II: Impact Funding
16:00 - 18:00_Developing Technologies / Session III: Innovation
18:30 - 22:00_Networking Launch

表 3. 參與簡報主題

Developing Technologies / Session I: Drilling
Moderator/ Harun Yarım, Türkerler Holding
AI applications in drilling/ Hakkı Aydın, Zorlu Energy
Surface solutions to solve downhole geothermal problems and drilling solutions/ Marcus Oesterberg, Geolog International
Geothermal potential of Turkey based on MTA studies/ Dr. Oktay Çelmen, Mineral Research and Exploration Department
Utilizations / Session III: Geothermal & Oil - Gas Fields
Moderator/ Zeki Erincik, TPAO - Turkish Petroleum Corporation
Contribution of Petroleum Engineers in Geothermal Energy Production / Yüksel Kurt, Chamber of Petroleum Engineers
Overview and Design Principles of Drilling Fluids Systems for Geothermal Wells in Turkey / Öner Erge, GEOS Energy
Production Challenges at Oil&Gas Industry and Downhole monitoring Solutions / Aastik Saluja, GEO PSI
Geothermal Reservoir Assessment through State-of-the-art Heat Flow Dynamics Simulation / Dr. Andreas Kaus, Baker Hughes
Country Overviews / Session I: Geothermal Countries
Moderator/ Pınar Hacıköylü
Europe/ Dr. Jochen Schneider, Enerchange
Turkiye/ Orhan Mertoğlu, Turkish Geothermal Association (TJD)
Geothermal Development in Africa: The Path to a geothermal Future/ Jesse Nyokabi, ImPPPact Global Alliance-Kenya



2-a. 會議報到處



2-b. 開幕大會



2-c 中場休息討論

圖 2. 會議進行情形

(二)電廠參觀

本次參觀為 Maspo Energy Ala-2 地熱電廠，由該公司總經理親自接待並進行簡報。Maspo 能源科技與貿易公司創立於 2010 年，這間公司屬於 Gurmen Group，為土耳其再生能源投資的前 10 大地熱電廠之一，並於 2019 年經過工業和技術部門評估，在提高再生能源效率的認可下，成為土耳其首處地熱研發中心，目標為增加能源效率並減少對進口能源的依賴。此公司在 2011 年 10 月贏得了 MTA 的投標，並且購買 Manisa-Alasehir 某區塊 30 年的地熱田使用權利，目前此地區約有 6 家開發商進場，總開發量已超過 250MW。在強而有力的機器及設備基礎下，Maspo 公司目前在這區域擁有兩家地熱電廠，分別為 2017 年開始服役的 ala-1 電廠，裝置容量為 10MW，以及 Ala-2 電廠的 30MW。Ala-2 地熱電廠為 2017 年 4 月動工，2019 年 9 月開始服役。本電廠有 6 孔生產井、5 孔回注井，井口出水溫度最高可達 200°C，使用 Ormat 公司的 ORC 雙循環發電機組，且採氣冷式的水循環系統。



3-a. Maspo 電廠聽取簡報



3-b. Maspo 30MW 電廠參觀



3-c. 廣大張裂盆地之地熱開發 (山麓平原交界處的地熱井及管線)

圖 3. 電廠參觀過程

(<https://twitter.com/jeothermalhaber/status/1572662700278423552?t=Wp71OGI5HLrR6vRe-8fu8A&s=19>)

(三)拜訪土耳其礦產研究與勘探總局(MTA)-能源及原料研究探勘部門

土耳其礦產研究與探勘總局(MTA)位於首都安卡拉，依據法律成立於1935年，MTA組織職掌包含礦產勘探項目、地質、地球物理和科學研究、地質出版品和資料庫、水文地質研究、地熱研究、地球化學、地球表面研究、海洋研究、環境研究、活動斷層地震構造研究、都會區地質調查、鑽探核心資料庫研究、實驗室和技術研究、國際技術合作項目。是個組織相當龐大的機構。不僅組織龐大，組織總部占地也可以比擬大學校園。

本次拜會行程，由 MTA 能源及原料研究與勘探部(Department of energy raw material research and exploration)(圖 4)，部門首長 Ejder YAPICI 親自接待，另有該部門負責地熱專家 Dr. Oktay Celmen 與會。本次會談，由本人說明來意及目的，針對幾項關鍵地熱探勘及開發問題進行討論，包含土耳其投入地熱探勘的歷史、土耳其地熱專法的形成過程、地熱專法最關鍵的成功經驗、變質岩區的探勘經驗、未來合作的管道等。該單位也表示，土耳其地熱探勘及開發完全是靠本地政府投入，其地熱專法也是經過 45 年的努力才於 2007 年正式立法，由於技術完全是自己的，各項合作都非常歡迎，舉凡法規、探勘、開發、低溫利用等等，因此也吸引日本、韓國等前來取經，也有合作計畫進行。因此若我國有需求，也歡迎透過外交管道前來洽談。



圖 4. 拜會土耳其礦產研究與探勘總局

(四)拜訪 Ortadogu 鑽井公司及設備工廠

ORTADOGU 鑽井公司成立於 1995 年，主要服務於採礦業，取得 ISO 9001:2008、ISO 14000:2004 以及 OHSAS 18001:2007 等相關認證。該公司擁有土耳其最深鑽井岩心記錄 2,146 公尺。拜會此公司之主要目的為了解其在協助土耳其地熱探勘的程序、鑽機種類、鑽進能力及運作程序。由該公司兩位經理親自接待，並由鑽探部門經理進行雙方交流簡報討論。該公司目前有超過 30 部鑽機同時在各處案場工作，每年鑽井總長度超過 33,000 公尺，大部分在土耳其境內，也有在海外工作者。平均每台鑽機/案場，配備日夜班人力約需 10 人。該公司全部以鑽取 slimhole 取岩心為主，取心尺寸如同國際規格區分為 PQ、HQ、NQ、BQ 等。該公司同時有工廠，可以自行組立鑽機、購買井管鋼材後，也有自行依照需求加工之能力(圖 5)。

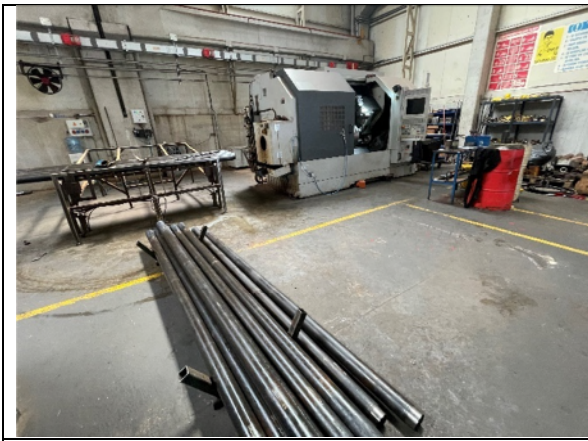
有關鑽井鑽頭大概與臺灣相同使用鑽石鑽頭進行取岩心作業，然而由其累積超過 20 年經驗，對於泥漿配比及種類有其經驗，且對於鑽探取心穿越破碎帶也有相當能力可以克服。該公司表示其尚未鑽取過強酸性之火成岩區，而在一般地區若為 24 小時連續工作，一日進尺可超過 60 公尺，當然也需視不同地質情況而定。另外該公司表示為防範噪音，由於鑽機相當機動及精簡，因此鑽進過程鑽機外面可加上一層簾幕，材質可能為帆布、或鐵皮或其他隔音材質(圖 6)，經驗上可將噪音降低至 70 dB 以下。



5-a. 位於安卡拉郊區工業區之 Ortadogu



5-b. 雙方互相交流簡介



5-c. 參觀工廠



5-d. 自行組立鑽機 (1,500m 級)

圖 5. 鑽探公司參訪過程(Ortadogu)



圖 6. 鑽機外圍加上簾幕阻絕噪音

三、心得及建議

土耳其為橫跨歐洲、亞洲的國家，首都為安卡拉，人口約 8,400 萬人，國土為東西狹長型，面積約為臺灣的 22 倍，地理位置北鄰黑海，南有地中海，西鄰愛琴海。地體構造環境為東南方的阿拉伯板塊、西南方的非洲板塊，向北推擠隱沒到本島的安納托利亞板塊，安納托利亞板塊再與北方的歐亞大陸板塊碰撞，沿著安納托利亞斷層向西方橫移運動(2-3 cm/year)(圖 7)。由於板塊擠壓，幾乎造成土耳其全區的山地地形，而土耳其東邊以板塊擠壓應力為主，西岸則有張裂型構造。由於板塊活動及地質構造運動發達，土耳其有很多規模大於 7 的地震分布、且有火山活動、花崗岩侵入古老地塊的分布，當然也伴隨一些溫泉分布，造就土耳其具有豐富地熱發展潛力的條件。

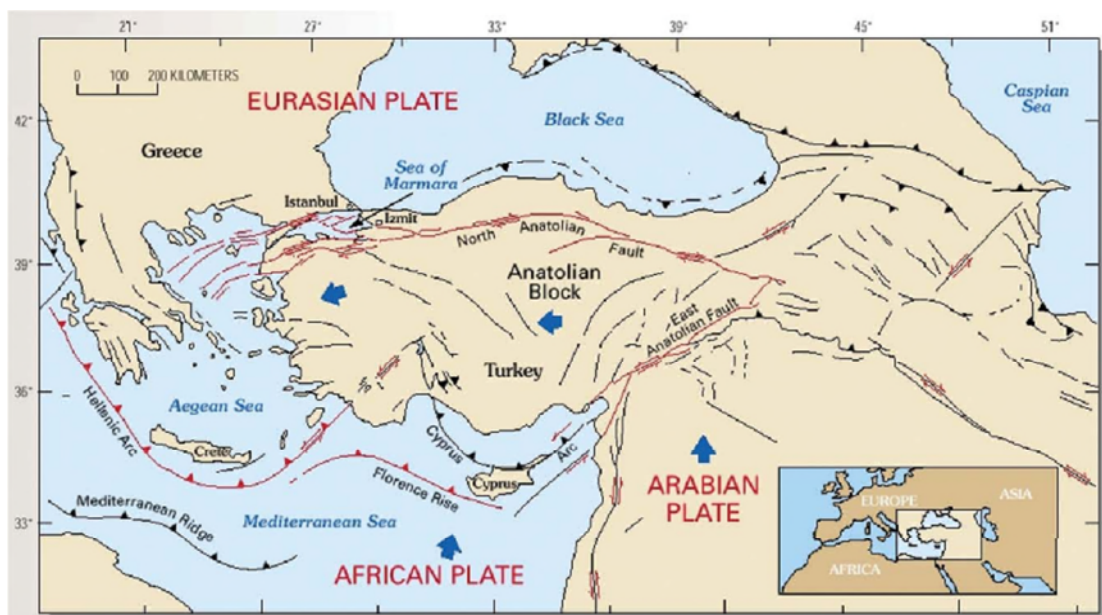


圖 7. 土耳其板塊環境圖 (Gökkaya, 2016)

(一) 土耳其地熱發展歷程

1962 年土耳其第一個地熱田在 İzmir-Balçova，由 MTA 發現，1974 年由 MTA 與 ENEL 合作在 Kizildere 建造第一座 0.5MW 的地熱電廠。1962-2004 年間，土耳其 MTA 共鑽掘了 373 孔地熱井，2005-2022 年鑽掘了 283 孔地熱井。其中 MTA 總共鑽了 440 公里的長度，若加上地熱

法開放私人企業進場後，總鑽井數可達 2,000 孔，合計鑽了約 2,000 公里長度的井(圖 8)(註:土耳其面積約為臺灣 22 倍)。至今 MTA 已經發現 243 個地熱田，鑽井最高溫達 287°C，估計總發電潛能達 5GW，其中有 25 個地熱田適合地熱發電，已經根據地熱法(NO. 5686 號)進行招標，轉移給投資者進行開發。

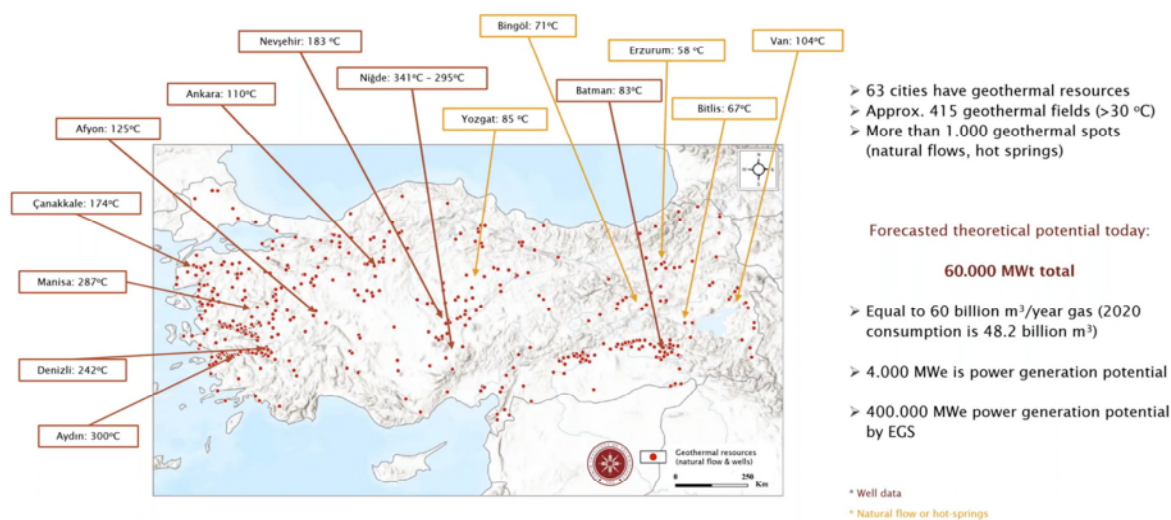


圖 8. 土耳其地熱田探勘鑽井溫度分布 (Enerchange Türkiye, 2022)

由上述可知，土耳其的地熱開發絕非短期的暴發戶，從 1962 年政府投入地熱探勘，已經來到第 60 個年頭，且從前面數十年的國土地下資訊累積後，政府感受到幅員廣大若要加快開發速度，需加入私部門的力量，因此在歷經 45 年後，除了 2005 年有了再生能源法後，終於在 2007 年有了第一部地熱專法。有了這部地熱專法後，建立探勘及開發制度，投資者依照政府規矩開始投入，整個地熱裝置容量就開始如雲霄飛車的成長(圖 9)。總結，土耳其因國土廣大，位在板塊交界地帶，幾乎全國各處都有自然豐富的地熱條件，加上地質資源探勘部門長期的經營探勘工作累積足夠的地質及地下溫度資訊，最後臨門一腳加上法規助力後，終有目前這番榮景，且本次會議也感受到，土耳其政府當地相關企業組織，絕對不只想止步在這邊，他們透過不斷宣傳及不斷探勘，企圖創造更多潛能區，甚至期待中有一天能取代化石燃料。

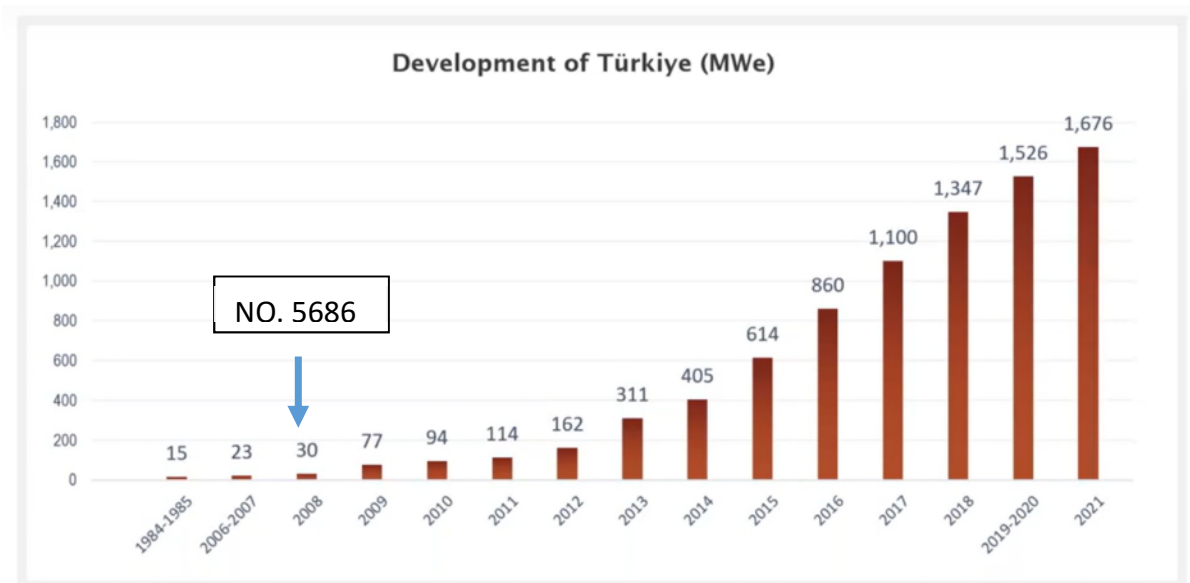


圖 9. 土耳其地熱裝置容量的進展(Enerchange Türkiye, 2022)

(二) 關鍵發展策略

這部地熱專法扮演重要推手，與 MTA 官員討論也詢及，這部地熱專法涵蓋多個面向，其中最重要的是哪一塊，對方回答：獎勵措施。目前地熱發電的獎勵措施包括保證 10 年收購及固定躉購費率 10.5 US Cent/kWh(我國躉購費率(約 18 US cent/kWh)。以下整理這部地熱專法的關鍵措施，其已對地熱資源的權利歸屬、探勘許可、營運許可、技術責任、土地取得、儲集層的保護、發展觀光溫泉用途，及政府部門進行探勘的各種事項，進行了完整的考慮(表 4)。近幾年來，地熱法在我國也為一主要討論課題，參考國際上有制定地熱法的 7 個國家中，有 5 個已擠入全球地熱發電前 10 名。我國地熱探勘起步約在 1970 年代，然而約進行 10 年後隨即中斷，近期雖重新再起，然而大部分地熱探勘資料需要重新累積，且須等待前期數年的探勘期，顯然目前並無太多本錢，宣告大量地熱田供投資商大刀闊斧，因此經濟部目前擬以再生能源發展條例，地熱專章之方式(尚在立法中)，進行探勘、申請及營運各階段的相關規範，期待成效待後續發展驗證。

表 4. 土耳其 No. 5686 號地熱法重點節要

<p>資源所有權: 地熱資源和天然礦泉水由<u>國家管理和執行</u>，不包括土地所有權。必須根據此法律獲得許可證才能開展與資源有關的操作。</p>
<p>探勘許可:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 由利害關係人向主管部門提出不超過五千公頃的勘查許可申請，並附上 1:25000 比例尺的勘查工程圖，包括地塊名稱和坐標。優先權是申請的基礎。同一地點有多個申請的，應對項目進行審核，優先選擇提出最快、投資價值最高的項目業主。 (2) 主管機關應通知礦物事業部有關申請領域的信息。申請探勘許可證的場地與之前申請的場地若有重疊，礦物事業部應當對重疊的部分進行標記，並通知主管部門可以對剩餘場地頒發“探勘許可證”。主管機關應將任何許可證的頒發通知礦物事業部，並附上其坐標以供記錄。 (3) 探勘許可證的有效期為三年。如果作業進展順利並需要額外工作，則應提交修訂的項目時間表，如果主管部門認為可以接受，則可將持續時間再延長一年，並應向礦物事業部發出展期通知。勘探許可證展期申請應在現行勘探許可證到期前向主管機關提出。 (4) 在探勘許可期間，生產只能以試驗為目的，並在通知主管機關和不污染環境的條件下進行。
<p>營運許可:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 探勘許可證持有人在現行勘查許可證有效期屆滿前，連同經營項目向主管部門提出經營許可證申請的，發給“經營許可證”。應通知申請人和礦物事業部，以及確定的封鎖區域。 (2) 經營許可證持有人有義務從相關機構取得必要的許可，方可展開經營活動。 (3) 經營許可證持有人未在規定期限內開始經營或經營許可證因故被吊銷的，保證金記作收入，並由招標人對場地進行招標。以其經營項目參加投標的投標人中，向主管部門提出最高收入建議的投標人將獲得經營許可證，並授予其經營許可證。 (4) 項目內的任何井的更新、增井、增產、注水、回注、一切為生產目的而進行的鑽井作業，以及其他項目的異動，未經主管部門同意項目，不得進行。必要時，主管部門可要求 MTA 進行評估；費用由管理部門承擔。 (5) 經營許可證的有效期為三十年。如果許可證持有人在許可證期限結束時要求延期，則期限應以十年為間隔延期。應將延期通知礦物事業部。 (6) 主管機關根據本法規定，申請直接經營、提取、開採地熱水和天然礦泉水的，應當附上經營許可證，並通知礦物事業部。
<p>技術責任及執行報告:</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 在勘探和運營許可期間，必須在具有相關學位的工程師的監督下進行操作。無技術監督者經營的，應停止經營。 (2) 技術主管在資源的勘查、研究、開發和生產中應當遵守科學技術原則，履行職責。但是，在天然礦泉水設施中，任何具有相關工程學位的個人都可以作為技術主管出席。 (3) 由技術主管或主管編制的勘探和作業活動報告，必須由許可證持有人在次年 3 月底，提交前一式兩份主管機關。活動報告的副本應由主管機關轉發給 MTA。 (4) 未在規定期限內向主管部門提交探勘和作業活動報告的，吊銷探勘許可證並通知礦物事業部。

土地取得:

- (1) 如果探勘許可證持有人未與進行探勘作業的不動產所有者達成一致，則許可證持有人可以向管理部門申請並要求行使地役權。
- (2) 在經營許可期間，如未與鑽井、輸配管道通行權或開採區所需土地的所有者達成一致，許可持有人可向主管機關提出申請，並可要求行使徵收或地役權。該請求應由主管部門評估，如果認為合適，應代表公共利益作出決定。
- (3) 地役權和徵收程序應按照 1983 年 11 月 4 日第 2942 號徵收法的規定進行。地役權和徵收的費用和費用由許可證持有人支付。
- (4) 被徵用的不動產應登記在行政名下的契約上，並在許可經營期間歸屬於許可持有人的名下。
- (5) 如果行政部門確定被徵收的不動產，不再需要用於經營活動，被徵收的土地可以返還給原所有者，但以徵收法規定的規則和原則確定的現值為限。由收購方支付，交易被正式通知給許可證持有者和房地產的前所有者。如果原所有人在六個月內不願獲得該不動產，該不動產仍應歸管理部門所有。
- (6) 從事地熱資源分配和生產的公司，視為工業機構和廢物處理機構。根據該評估，他們應有權從授予工業機構和廢物處理機構的所有激勵措施和權利中受益。

資源庫的保護:

- (1) 保護本法規定的地熱系統，不浪費資源和保護環境為目標，並且是強制許可證持有人在開始運營之前，對來源保護區進行調查。否則應停止經營，並給予許可證持有人足夠的時間來確定和指定保護區。在此期間未確定保護區的，適用第十一條的規定。
- (2) 保護區的調查報告應在獲得 MTA 的推薦後由主管機關批准。資源保護區調查中規定的與土地用途和結構有關的限制條件，作為建設發展規劃的依據。資源保護區採取措施的一般原則，由法律規定。
- (3) 經檢查，如果 MTA 確定運行不符合規定的措施，主管機關應勒令停工。將採取的措施應由 MTA 確定並轉發給主管部門。主管機關有責任採取必要措施。採取必要措施的期限最長為一年。不履行規定措施的，吊銷許可證。
- (4) 許可證持有人在符合環境限制條件的情況下，可以排放運營過程中產生的液體。如果液體內容物不允許按照環境限制排放，許可證持有人應負責重新處理。但是如果 MTA 因地層的物理化學特性不同意回注，則應採取一切措施防止環境污染進行排放。
- (5) 地熱資源綜合利用區以外的個別溫泉和天然礦泉水業務，可不要求回注和注入條件。行政當局應根據環境和林業部的建議對此作出決定。

礦產研究和勘探總局:

- (1) MTA 應根據本法的規定取得許可證，但不受許可費和擔保要求。如果 MTA 確定在其已獲得勘探許可證的區域內存在資源，MTA 將對該區域進行招標，並且主管部門應向中標者頒發該區域的營運許可證。MTA 的任何費用應從投標金額中收取，剩餘金額由 MTA 和主管部門分攤。
- (2) MTA 不受許可要求的限制，應能夠在包括現有許可區域在內的任何地方開展各類科技工作。

關於文化、旅遊保護、開發區、旅遊中心的事項:

- (1) 在根據 1982 年 3 月 12 日第 2634 號文法旅遊保護法:
 - a) 在本法範圍內頒發的以地熱旅遊為目的的經營許可證中，在為建設發展規劃確定的投資區域和經營能力提供足夠的資源後，可以考慮提出其他用途的申請。沒有建設發展規劃的溫泉旅遊使用區，不得頒發經營許可證。
 - b) 具有旅遊許可證的設施的地熱水使用成本，依使用的地熱水規定。

- c) 管理部門對任何新業務應首先徵求文化和旅遊部的意見。
- (2)除可用於發電和供熱應用的液體外，在其他液體存在的地區應優先使用熱旅遊。
- (3) 執行本條款的所有條款和條件應由文化和旅遊部同意，由文化部頒布的條例定。

Example dedicated geothermal laws

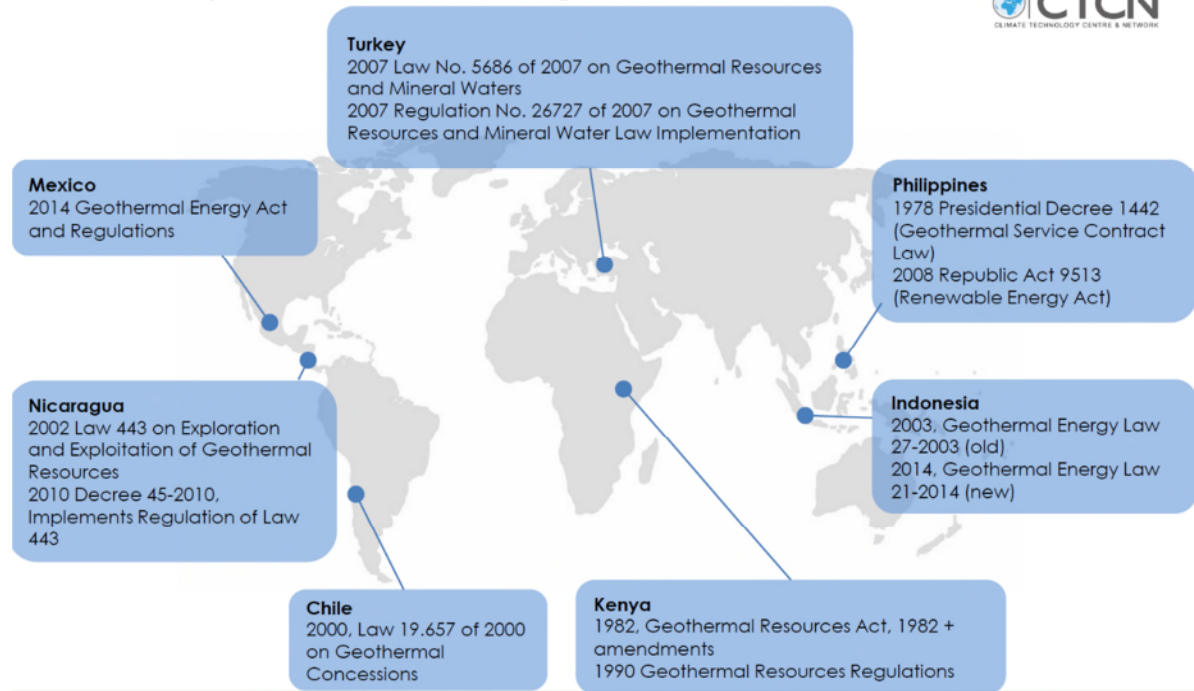


圖 10. 有制定地熱法律的國家 (Zakkour, 2016)

(三) 變質岩區的地熱模式

Manderes Massif 是土耳其西部的大範圍前寒武紀到侏羅紀的變質基盤，其上不整合的覆蓋第三紀到第四紀的沉積岩及地表沉積物。而這套變質岩內，有一系列的張裂地塹，Gediz Graben 即為本次參訪所屬的張裂地塹的廣大張裂盆地(圖 11)。平原和山麓交界地帶，為一道地殼尺度的滑脫斷層(Karamanderesi, 2013)。張裂盆地內則充斥西北-東南向的高角度或低角度正斷層，及近東北-西南向的橫移斷層。根據野外調查這道主要的滑脫斷層帶上，含有許多斷層角礫及換質作用，且這些古老變質岩塊，包含石英片岩、大理岩及一些變質花崗岩，受正斷層作用擾動及剪碎，特別是在主要滑脫斷層與這些正斷層、走向斷層的交接處，更易形成這地區的主要熱水儲集層，其上覆蓋中新世以降之砂岩或頁岩，可能為這個這構造之蓋層岩，因此地表除了因裂隙而有溫泉徵兆出露山麓外，平原區則完全看不到地熱徵兆。至於熱源是與地殼剪動相關，或是於其下的岩漿庫相關則尚未有定論，至少可確定不缺乏熱源。經比對其他變質岩地區的地熱概念模式(Moeak et al., 2014)，Ozdemir et al. (2022)推論本區的地熱概念模式，應該與其他變質岩區相近，熱儲集層與主要滑脫斷層相關，並沿著正斷層儲集，以及與橫移斷層相關的構造密集帶，並終止在第四紀的橫移斷層。

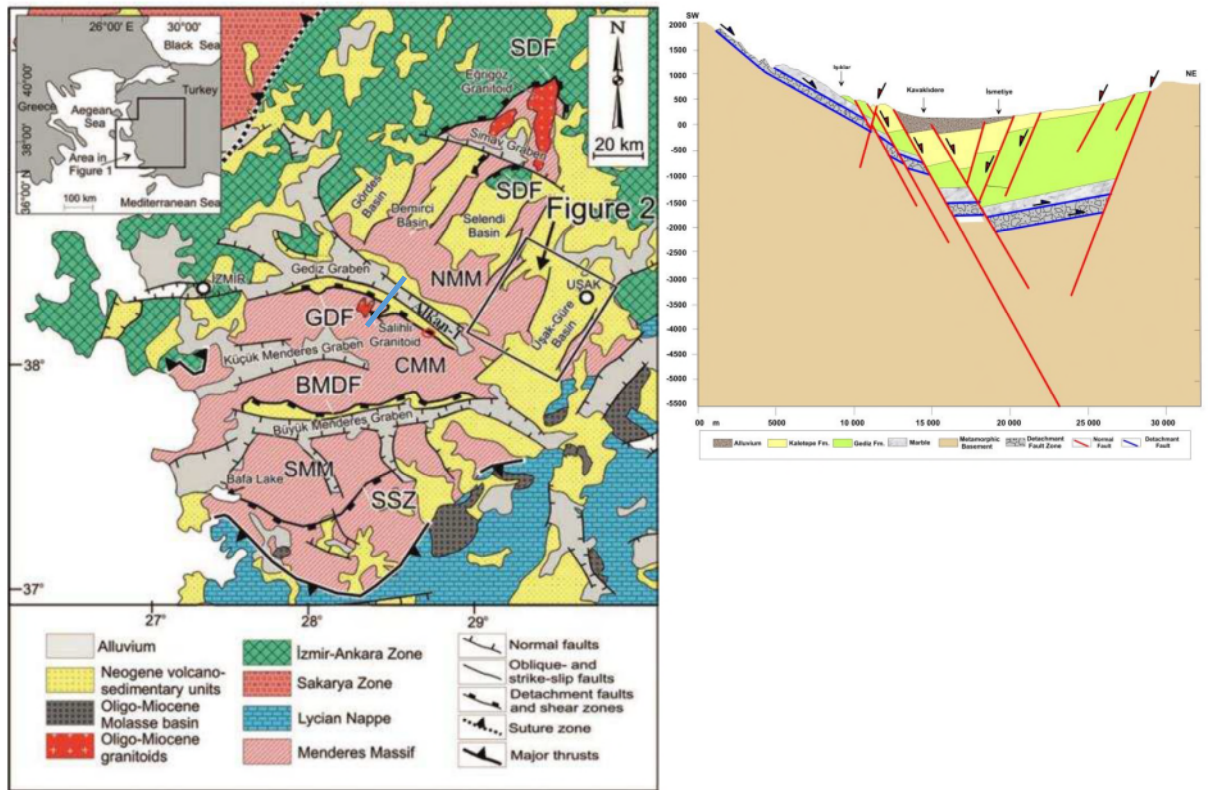


圖 11. 土耳其西部的地質圖及剖面圖 (左圖內藍色線條為右圖剖面位置)
(Karamandresi, 2013) (Ozdemir et al., 2022)

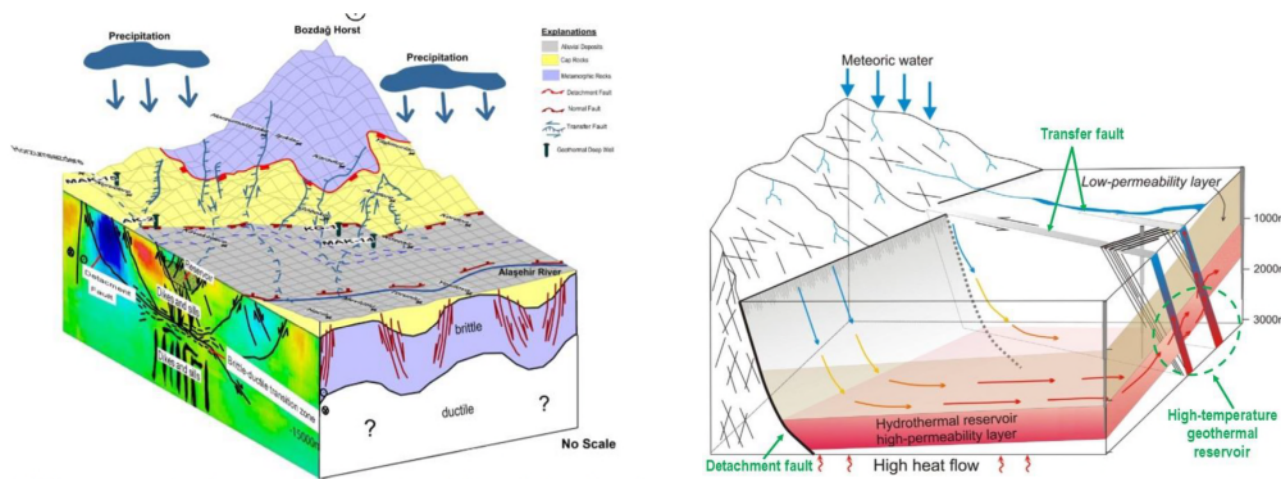


圖 12. 土耳其變質岩地區的地熱概念模式。(Ozdemir et al., 2022)

(四)地熱區開發範圍界定

本次會議參訪的 Maspo 地熱公司，屬 Alaşehir 地熱田，位於 Alaşehir 和 Salihli 城鎮之間。目前有超過 6 家運營商在競爭，開發該領域的電力容量，圖 13 為目前各家地熱開發公司申請地熱執照的範圍。電廠之間的發電效率變化很大，但由於有地熱法的獎勵措施，將逐年安裝額外的新電廠容量。在地塹的南部，有幾口深井，深度從 1100 米到 2500 米以上不等。最高溫 $>190^{\circ}\text{C}$ 。古生界基盤上部的儲層具有良好的滲透厚度(如前段的地熱概念模型)，可能來自相交的裂縫。儲層的以液體為主， CO_2 重量百分比為 2% 至 4%，氣體閃發壓力在 90 至 115 bara 之間，約可對應於深度 800 至 1,200 m 之間的氣體閃發深度，實際則取決於井流量的變化在 220 噸/小時至 635 噸/小時之間。靠近地塹中心的井深達 3,000 m 以上。在最高井底溫度為 251°C ，深度為 3011 m。平均流速為 300 噸/小時，滲透性厚度與地塹南部相當。因此在地質模式相對清楚下，進行發電潛能估算。

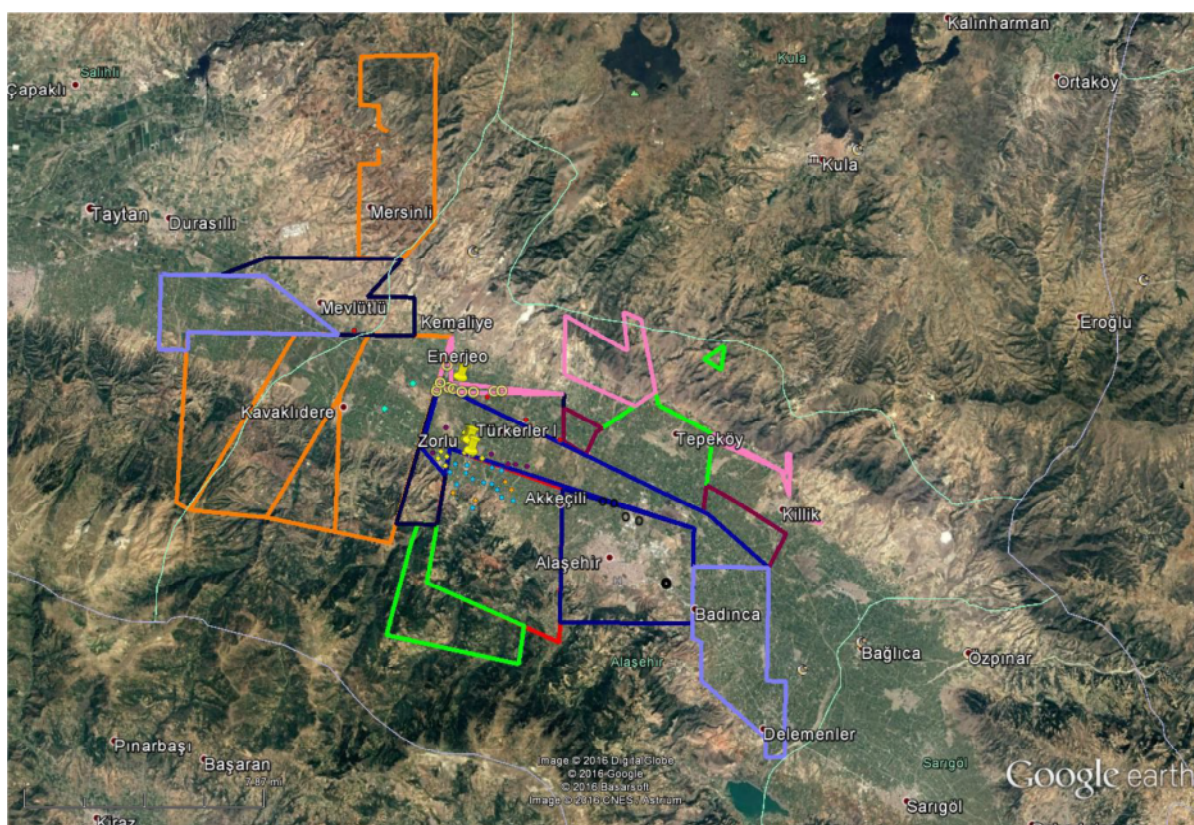


圖 13. Alaşehir 地區地熱執照範圍、開發井位及電廠 (Akin, 2017)

(五)建議

1. 地熱法規：

綠色能源的發掘及開發，為我國通往淨零排放路徑的重要項目，而地熱能源的特性優點，包含可為基載能源、可 24 小時發電、電廠用地相較其他發電種類小、排碳量少、以及可分散式布置可調配的特點，使得各界對於地底熱能賦予高度期待。繼 1960-1980 年代，我國地熱探勘工作告一段落後，近期重新啟動地熱探勘工作，發現與國際地熱發達之國家相比，似乎有許多值得精進之處，包含地下資料的缺乏、地熱主管法規的不明確、獎勵投資措施等。本次土耳其之行，參加會議及參訪主管單位特別重在這幾個主題，討論後也得知，土耳其各項目前令人稱羨的進展，也是經過了超過 40 年的努力。例如地質調查資料的累積方面，由於土耳其位於複雜的板塊匯聚帶，古老地塊受到擠壓隆升及逃逸張裂，加上中生代及新生代火山活動，因此擁有豐富的金屬及熱液礦床，MTA 於 1935 年成立即以探勘地下地質礦藏為其主要任務，因此雖然國土廣大，但也至今已經累積完成全國區域的不同尺度地質調查、各項地球物理調查資料、全國尺度的熱流調查、以及以地熱為主題的 2,000 公里的鑽井。1962 年發現第一個地熱田後，開始有了地熱法的倡議，45 年後至 2007 年，基本地熱地質資料初步完備，再加上地熱法的施行，開始對於已經掌握的地熱田進行開發競標，私人企業的加入開發，全國地熱裝置容量才逐步起飛。初步理解土耳其地熱法，是在規範探勘、營運、土地取得、資源保護、場域管理及改為觀光溫泉目的的做法，另加上規定要有獎勵措施及政府單位探勘及招標的權利。

我國目前地熱能源開發以再生能源法及電業法進行管理，業者可洽公、私有土地經由相關程序進行；但相關程序需由業者自行依相關法規辦理。經濟部目前以再生能源發展條例的修法，試圖在相關程序進行補強，讓各階段的權利義務更加明確，減少相關投資的不確定性。同步的，也由中央地質調查所，開始加速推動潛力場域的探勘工作，藉由探勘及公開相關基本資料，使其能明確化並吸引業者投入。整體而言，現階段我國各項措施都相對的自主，政府並無太大介入，政府對於潛能區地下地質資訊掌握尚未到位。因此建

議現階段由政府單位進行國家資源的探勘權力，利用幾年時間進行調查及地下鑽探驗證掌握資訊後，屆時或許可接續到土耳其作法，由政府主導開發權力，各案場公告招標來進行。當然未來發展階段各項配套工作皆須同步研擬進行。

2. 地熱開發區：

土耳其的地熱開發，廠商均須取得執照，目前由政府單位探勘認為可達地熱發電條件的案場，就釋放出來進行市場招標，由私人業者進行投標，接手後續的探勘及開發工作。土耳其規定廠商提出每案的探勘範圍，上限為 50 平方公里(5,000 公頃)，而至於對於開發量的限制，根據與當局討論有總鑽探長度的限制，而此範圍也為探勘者可優先申請的營運許可證的經營範圍。在本次參訪 Alaşehir 地區，由於潛能區範圍廣大，因此對於地熱潛能區的地表計畫範圍也僅需概略圈繪，文內(圖 13)所圈繪 Alaşehir 地區各業者取得執照範圍，及鑽井間的距離，則能由業主提出來的資源保護計畫書來衡量。目前也有文獻已經探討到在衝案場開發量的階段，鑽井距離過近可能會影響產能，後續應持續觀察，這在地熱法內也已有規定相關資源庫的保護措施，或許可增加觀測期間來加以因應。

3. 國際合作：

本次拜會 MTA，了解土耳其政府在法規處理、地質探勘、地熱模式、綠色融資、海外資金均有相當多的經驗，尤其在行銷方面，本次負責 IGC 大會的 Enerchange 及 Jeotermal Haberler 公司，Enerchange 為一家獨立的專業信息和諮詢服務機構，公司目標於可再生能源和可持續能源使用。服務範圍包括技術信息的研究和發布、活動的組織、新聞和公共關係以及為公司提供可再生能源項目實施方面的諮詢。此公司總部在慕尼黑，土耳其設有分部。而 Jeotermal Haberler (ThinkGeoEnergy)憑藉市場研究、收集世界新聞和事件，成為全球地熱能源行業及其服務市場的領先信息服務提供商。提供企業新聞、重點發展、技術、金融和相關主題，並結合市場分析和事件，為國際地熱能源市場的參與者提供信息。而臺灣近期的地熱活動事件屢屢刊上此新聞網。因此，本次參訪心得為地熱領域在全球，有很集中的團體，及良好的組織及媒介，甚至我國

在發展過程中如遇到任何需求，可很輕易地尋求到國際的經驗，因此，積極參加相關世界地熱大會的技術探討或會議，為了解世界地熱市場脈動及擠身世界地熱開發之林的不二途徑。

參考文獻

- Akin, S. (2017) Geothermal resource assessment of alaçehir geothermal field. Proceedings, 42nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University, Stanford, California, February 13-15, 2017. SGP-TR-212
- Enerchange (2022) Focus on Geothermal: Cannur Bozkurt (Enerchange Türkiye): Geothermal Market in Türkiye. (Webinar)
- Geothermal Law (2007): Law on the Geothermal Resources and Natural Mineral Water. Act, No. 5686, 13 June 2007, Official Gazette No: 26551. Ankara.
- Kemal Gökkaya (2016) Geographic analysis of earthquake damage in Turkey between 1900 and 2012, Geomatics, Natural Hazards and Risk, DOI: 10.1080/19475705.2016.1171259.
- Karamanderesi İ. H. (2013) Characteristics of Geothermal Reservoirs in Turkey, IGA Academy Report 0102-2013.
- Moeck, I. (2014) Catalog of geothermal play types based on geologic controls. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 37, 867-882.
- Muffler, P.L. (1978) Assessment of Geothermal Resources of the United States—1978. Geological Survey Circular 790.
- Özdemir, A. , Palabıyık, Y. & Arabacı, F. (2022) Structural Controls of High-Temperature and Deep Geothermal Systems Associated with Detachment Fault . European Journal of Technique (EJT) , 12 (1) , 62-72 . DOI: 10.36222/ejt.955186
- Think GeoEnergy (2022)
<https://www.thinkgeoenergy.com/thinkgeoenergys-top-10-geothermal-countries-2021-installed-power-generation-capacity-mwe/>