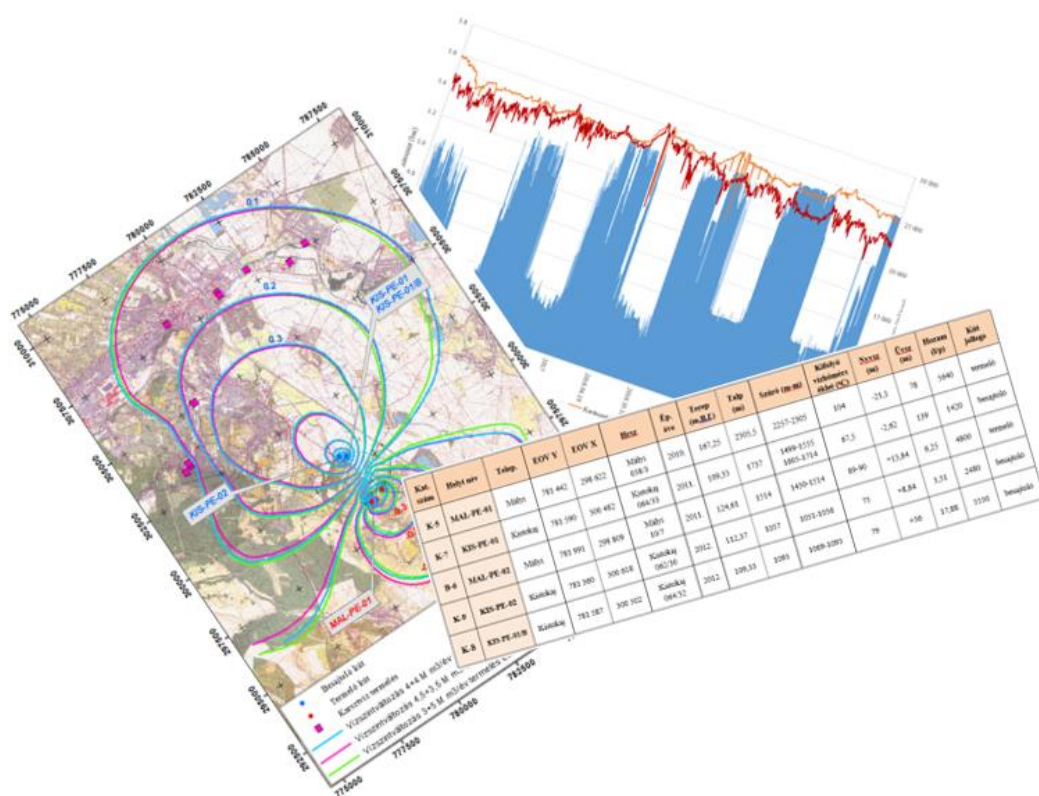


HIÁNPÓTLÁS

a miskolci geotermikus fűtőrendszer tervezett kapacitásbővítéséhez kapcsolódó engedélyezési eljáráshoz



AQUIFER Kft.

2019. április

TARTALOMJEGYZÉK

1	ELŐZMÉNYEK	3
2	BEVEZETÉS	3
3	A GEOTERMÁLIS FŰTŐRENDSZER ÜZEMELÉSE 2013-2018	6
3.1	A kitermelt víz hőmérséklete	6
3.2	A kitermelt víz minősége	6
3.3	Vízkezelés	7
3.4	A kitermelt víz mennyisége	8
3.5	Vízszint és nyomás változások a vizsgált időszakban	10
3.5.1	Tágabb környezet, a Bükk termálkarszt	10
3.5.2	Geotermikus kutak lokális környezete	13
4	A BŐVÍTETT KAPACITÁSÚ ÜZEMELÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA	16
4.1	Meglévő modell verifikálása	16
4.2	Tervezett termelés növelés hatásszámítása	19
4.2.1	Termelési változatok	19
4.2.2	Hatásterületek	20
4.2.3	Meglévő termálvíz hasznosításokra gyakorolt hatás	26
5	ÖSSZEFOGLALÁS	29

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A Miskolci geotermális rendszert ellátó kutak elhelyezkedése	4
2. ábra: A kitermelt víz hőmérsékletváltozása	6
3. ábra: A geotermikus rendszer összes víztermelése 2013-2018	9
4. ábra: MAL-PE-02 kút termelése 2013-2018	9
5. ábra: MAL-PE-01 kút termelése 2013-2018	9
6. ábra: A Bükk jellemző vízszint térképe az Nv-17 mérőhely maximum vízszintje idején	10
7. ábra: A geotermikus rendszer monitoring hálózata	11
8. ábra: A Kertészeti és a Selyemréti monitoring kutak mérési eredményei	12
9. ábra: A Parki és a 2.f. jelű monitoring kutak mérési eredményei	12
10. ábra: Termelés és kútfejnyomás alakulása a MAL-PE-01 kútban 2013-2018	13
11. ábra: Termelés és kútfejnyomás alakulása a MAL-PE-02 kútban 2013-2018	14
12. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-01 kútban 2013-2018	14
13. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-02 kútban 2013-2018	15
14. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-01B kútban 2013-2018	15
15. ábra: Nyomásváltozás a KIS-PE-01 kútban	17
16. ábra: Mért és számított eredmények a MAL-PE-02 kútban	18
17. ábra: Mért és számított eredmények a KIS-PE-01/B kútban	19
18. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 4,0+4,0 M m ³ /év termelés esetén	21
19. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 3,0+5,0 M m ³ /év termelés esetén	22
20. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 4,5+3,5 M m ³ /év termelés esetén	23
21. ábra: Hidraulikai hatással érintett területek összefoglaló ábrája	24
22. ábra: 8 M m ³ /év víztermelés/besajtolás hatásterülete	25
23. ábra: Számított hőmérsékletváltozás 50 éves időszakra 8 M m ³ /év termelés esetén	26
24. ábra: A tervezett 1,5 M m ³ /év termelés növelés többlet depressziós hatása (cm)	27

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Termelő és visszasajtoló kutak főbb műszaki alapadatai	5
2. táblázat: Geotermikus kutak átlagos hozama időlépcsőnként (m ³ /nap)	17
3. táblázat: Geotermikus kutak tervezett víztermelése	20
4. táblázat: A tevékenység felszín alatti vizekre meghatározott hatásterületét határoló jellemző pontok koordinátái	20

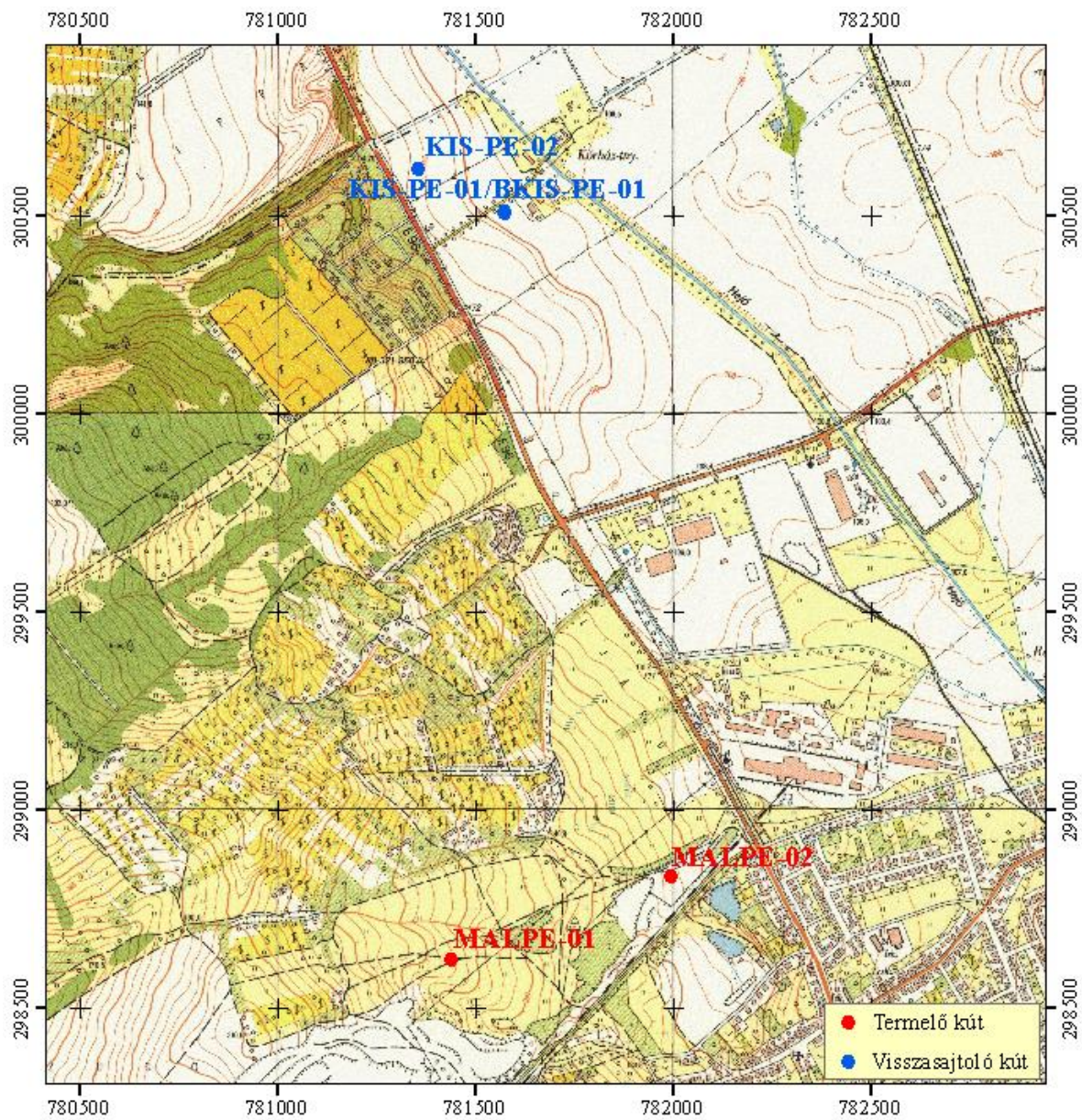
1 ELŐZMÉNYEK

A PannErgy Geotermikus Erőművek Zrt. leányvállalatai, a **Miskolci Geotermia Zrt.** és a **KUALA Kft.** triász korú bükki mészkőre létesített mélyfúrású kutakkal geotermikus alapú távfűtési rendszert üzemeltet Miskolc térségében.

Az üzemeltetők az érvényes engedélyek birtokában folytatott tevékenység bővítését tervezik. A tervezett tevékenység **az összes kitermelt és visszasajtoló vízmennyiség 6,5 millió m³-ről 8,0 millió m³-re** történő növelése. A Miskolci Geotermia Zrt. és a KUALA Kft. környezetvédelmi engedélyük módosítását kezdeményezték a területileg illetékes Hatóságnál. Az eljárás során a Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Igazgató-Helyettesi Szervezet Katasztrófavédelmi Hatósági Szolgálat **35500/2284/2019.** ált. számon **hiánypótlási** felhívást adott ki. Dokumentációnk a rendszer fontosabb elemeinek összefoglaló áttekintése után a hiánypótlásban feltett kérdéseket válaszolja meg.

2 BEVEZETÉS

A geotermia- alapú távfűtési rendszer megvalósítása során 5 db kút került lemélyítésre (2 db termelőkút és 3 db visszasajtoló kút). A környezethasználó szerepét a KIS-PE-01, KIS-PE-01/B, MAL-PE-01 kutak esetében a Miskolci Geotermia Zrt., a KIS-PE-02, MAL-PE-02 kutaknál pedig a KUALA Kft. tölti be. A kutak elhelyezkedését az **1. ábra**, főbb műszaki alapadatait az 1. táblázat mutatja.



1. ábra: A Miskolci geotermális rendszert ellátó kutak elhelyezkedése

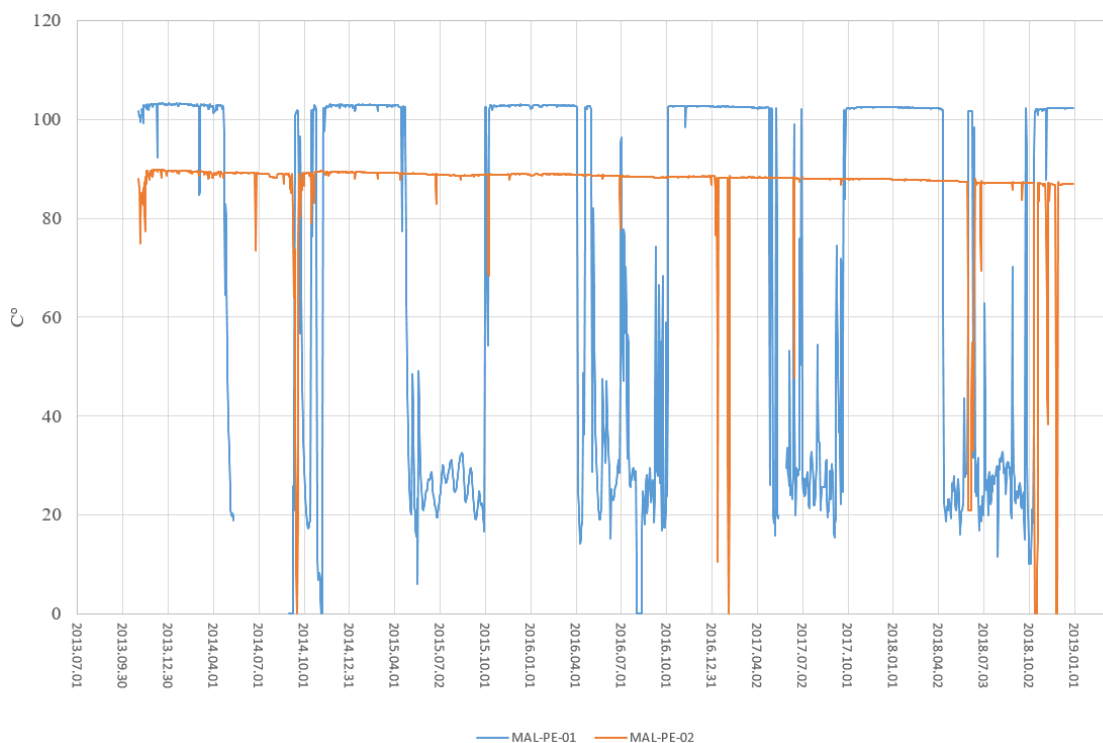
Kat. szám	Helyi név	Telep.	EOV Y	EOV X	Hrsz	Ép. éve	Terep (m.B.f.)	Talp (m)	Szűrő (m-m)	Kifolyó vízhőmérséklet (°C)	Nyvsz (m)	Üvsz (m)	Hozam (l/p)	Kút jellege
K-5	MAL-PE-01	Mályi	781 442	298 622	Mályi 058/3	2010.	167,25	2305,5	2257-2305	104	-21,1	78	5640	termelő
K-7	KIS-PE-01	Kistokaj	781 590	300 482	Kistokaj 064/33	2011.	109,33	1737	1499-1555 1605-1714	67,5	-2,62	139	1420	besajtoló
B-6	MAL-PE-02	Mályi	781 991	298 809	Mályi 10/7	2011.	124,61	1514	1430-1514	89-90	+13,84	6,25	4800	termelő
K-9	KIS-PE-02	Kistokaj	781 360	300 618	Kistokaj 062/30	2012.	112,37	1057	1051-1056	75	+8,84	3,51	2480	besajtoló
K-8	KIS-PE-01/B	Kistokaj	781 587	300 502	Kistokaj 064/32	2012.	109,33	1093	1069-1093	79	+36	17,88	5550	besajtoló

1. táblázat: Termelő és visszasajtoló kutak főbb műszaki alapadatai

3 A GEOTERMÁLIS FŰTŐRENDSZER ÜZEMELÉSE 2013-2018

3.1 A kitermelt víz hőmérséklete

Folyamatos üzemelés esetén a termelt víz hőmérséklete mindkét kút esetében állandónak tekinthető, a MAL-PE-01 kút vize 102 °C, míg a MAL-PE-02 kúté 87-89 °C. A **2. ábra** a közel négyéves üzemelés hőmérséklet adatait mutatja.



2. ábra: A kitermelt víz hőmérsékletváltozása

3.2 A kitermelt víz minősége

A két termelőkút vízminőségét az üzemeltetők rendszeresen ellenőrzik annak érdekében, hogy követni lehessen, történik-e változás a vízösszetételben.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a vízösszetétel egyik kút esetében sem mutat jelentős változást. Az idő és így a kivett mennyiség növekedésével kismértékű koncentráció-csökkenés megfigyelhető egyes komponensek esetében, de ez a csökkenés egyre kisebb mértékű, vagyis a kutak vízminősége kezd állandósulni.

A MAL-PE-01 vizének kémiai karaktere minden mintavételi eredmény alapján: kevés oldott anyagot tartalmazó, kalcium-nátrium-hidrogén-karbonátos-szulfátos jellegű, kissé kemény, fluoridos, kénes termálvíz, melynek jelentős a metakavasav tartalma.

A MAL-PE-02 kút ehhez hasonló: kevés oldott anyagot tartalmazó, kalcium-nátrium-hidrogén-karbonátos jellegű, kissé kemény, kénes termálvíz, melynek jelentős a metakavasav/fluorid tartalma.

3.3 Vízkezelés

2018.10.24-től kezdődően a KUALA Kft. rendszerében (MAL-PE-02 kút és kapcsolódó létesítményei) kísérleti jelleggel elkezdődött az engedélyezett vízkezelő szer – Turbodispin D100 – adagolása.

Az adagolás egyelőre kis koncentrációban (~2 ppm) történt, mert nagyobb mennyiségű inhibítor bejuttatása a rendszerbe esetleg azt eredményezhette volna, hogy a korábbi időszakokban kivált vízkő hirtelen elkezd visszaoldódni, eltömődést okozva a szűrőkben, hőcserélőkben.

Ezen felül cél, hogy a felszín alatti vizek minél kisebb terhelésnek legyenek kitéve, így mindenképpen a legkisebb, de még hatásos mennyiségű adagolás beállítása az Üzemeltetők szándéka.

Az üzemviteli adatok (hőcserélő nyomás- és hőfokviszonyai) értékelése alapján egyelőre nincs különbség az inhibítor adagolás nélküli és az adagolással történő üzem között. Az adagolás eredményességét a karbantartási (nyári) időszakban lehet majd felmérni, amikor szétszerelésre kerülnek a szűrők, a hőcserélő, és vizuális módon lesz ellenőrizve a vízkő mennyisége/minősége. Az ellenőrzés eredménye alapján felülvizsgálatra kerül az adagolt mennyiség, és amennyiben szükséges, a következő szezonban módosítva (emelve) lesz.

Mérési eredmények

A beadagolt 2 ppm mennyiségű (a fogyás alapján ellenőrizve egész pontosan 1,74 g/m³) Turbodispin koncentrációja több alkalommal is ellenőrzésre került a rendszerben. A beadagolási pont MAL-PE-02 kútfejen történt, míg a visszaellenőrzés egyrészt még a Mályi2 szivattyúházban a nyomásfokozó szivattyúk és a szűrők után, másrészt Kistokajban a hőcserélők előtt, mivel a tapasztalatok alapján a hőcserélők védelme a legfontosabb a rendszerben. A mérési eredményeket az alábbiakban foglaljuk össze:

2018.12.06.

MAL-PE-02 térfogatárama:	520 m ³ /h
MAL-PE-02 hőfok:	87 °C
Turbodispin adagolás (kútfejen):	1,74 g/m ³
Turbodispin mennyisége Mályi2 szivattyúházban:	1,37 g/m ³ (79%)
Turbodispin mennyisége Kistokaj:	1,25 g/m ³ (72%)

2019.01.30.

MAL-PE-02 térfogatárama:	523 m ³ /h
MAL-PE-02 hőfok:	87,1 °C
Turbodispin adagolás (kútfejen):	1,74 g/m ³
Turbodispin mennyisége Mályi2 szivattyúházban:	1,33 g/m ³ (76%)
Turbodispin mennyisége Kistokaj:	1,24 g/m ³ (71%)

Összehasonlítva a korábbi mérésekkel, valamivel több inhibitor maradt a vízben, mint a MAL-PE-01 esetében (2017. évben történt mérés), vagy MAL-PE-02 kísérleti adagolásakor (2018.09.21-én, egy diplomamunka keretein belül történt mérés). Ennek oka valószínűleg az, hogy MAL-PE-01 hőfoka jóval magasabb, mely gyorsabb hőbomlást eredményez, míg a MAL-PE-02 kísérleti adagolásakor kisebb volt a kút térfogatárama, így hosszabb volt a tartózkodási idő, ami szintén nagyobb bomlást eredményezhetett.

Emellett az is látszik, hogy arányaiban nagyobb csökkenés történik a kútfej és szűrők közötti szakaszon, mint a szűrők és a hőcserélők között. Ezt valószínűleg a gáztalanító tartályban lejátszódó folyamatok okozhatják, ahol egyrészt nagyobb mennyiségű inhibitor-vízke komplex tud kirakódni, másrészt a távozó gázok/gőzök is magukkal ragadhatják az inhibitor egy részét.

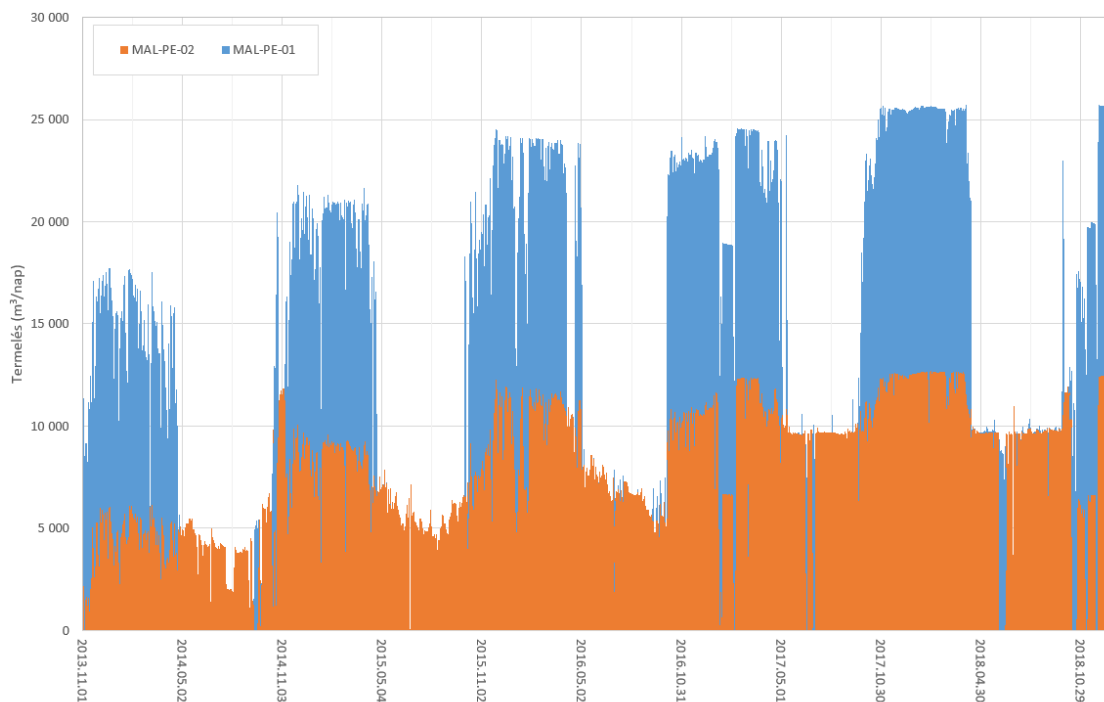
Az érvényben levő Környezetvédelmi engedély (BO-08/KT/00072-4/2018 sz.) és Vízjogi üzemeltetési engedélyek (35500/1648/2018. ált. és 35500/1647/2018. ált.) alapján kutanként maximum 10 ppm Turbodispin adagolható a geotermikus rendszerbe. Az alkalmazandó koncentrációt a kivett víz mennyisége nem befolyásolja, ezért a megemelt mennyiségű vízkivétel esetében is elég lesz a korábban engedélyezett 10 ppm. Az inhibitor mennyiségének ellenőrzése természetesen a továbbiakban is folytatódni fog.

3.4 A kitermelt víz mennyisége

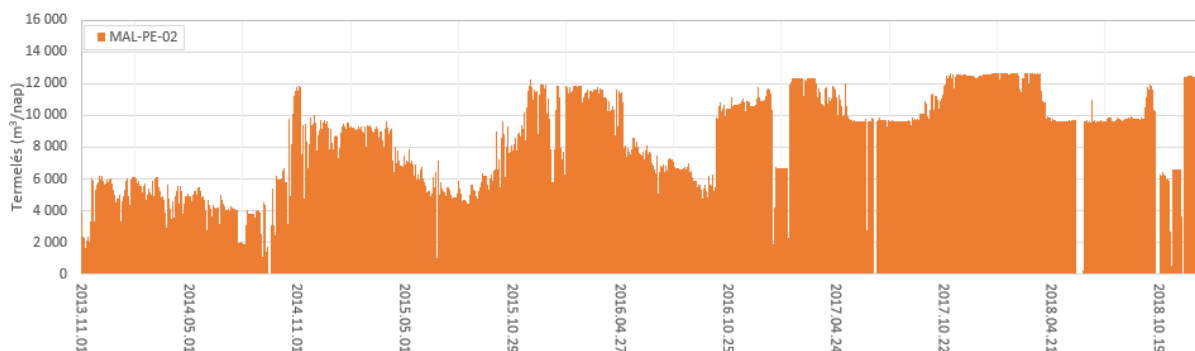
A termelés mennyisége a napi fogyasztói igényekhez igazodik. Az eddigi üzemelés ideje alatt termelt vízmennyiségeket a **3. ábra** grafikonja mutatja.

Nyári időszakban főként a MAL-PE-02 kút üzemel. A kút nyári időszaki termelése a kezdeti 5 000 m³/nap mennyiségről az utóbbi két évben 10 000 m³/nap-ra nőtt. A kút téli időszakra jellemző átlagos termelése 10-12 000 m³/nap (**4. ábra**).

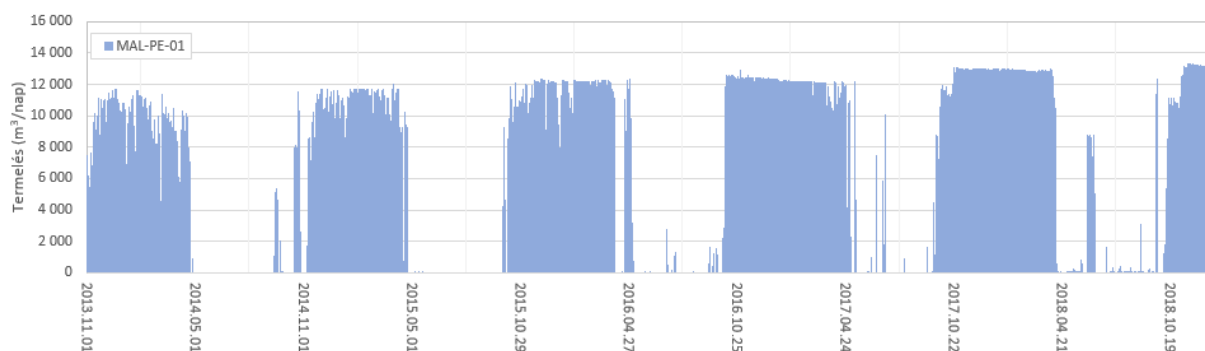
A MAL-PE-01 kutat döntően a fűtési időszakban termeltetik átlagosan 12 000 m³/nap kapacitással (**5. ábra**). Így a téli hónapokban, amikor mindkét kút üzemel, a rendszer összes termelése 20 000- 25 000 m³/nap volt.



3. ábra: A geotermikus rendszer összes víztermelése 2013-2018



4. ábra: MAL-PE-02 kút termelése 2013-2018

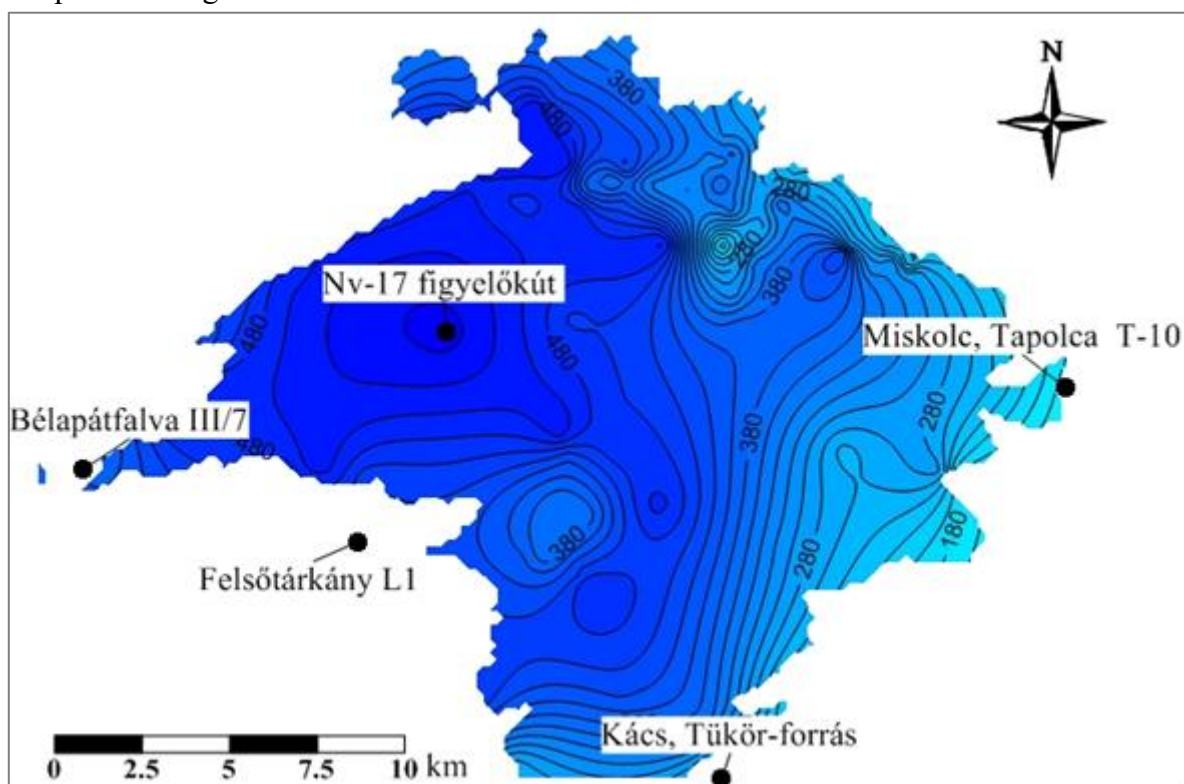


5. ábra: MAL-PE-01 kút termelése 2013-2018

3.5 Vízzint és nyomás változások a vizsgált időszakban

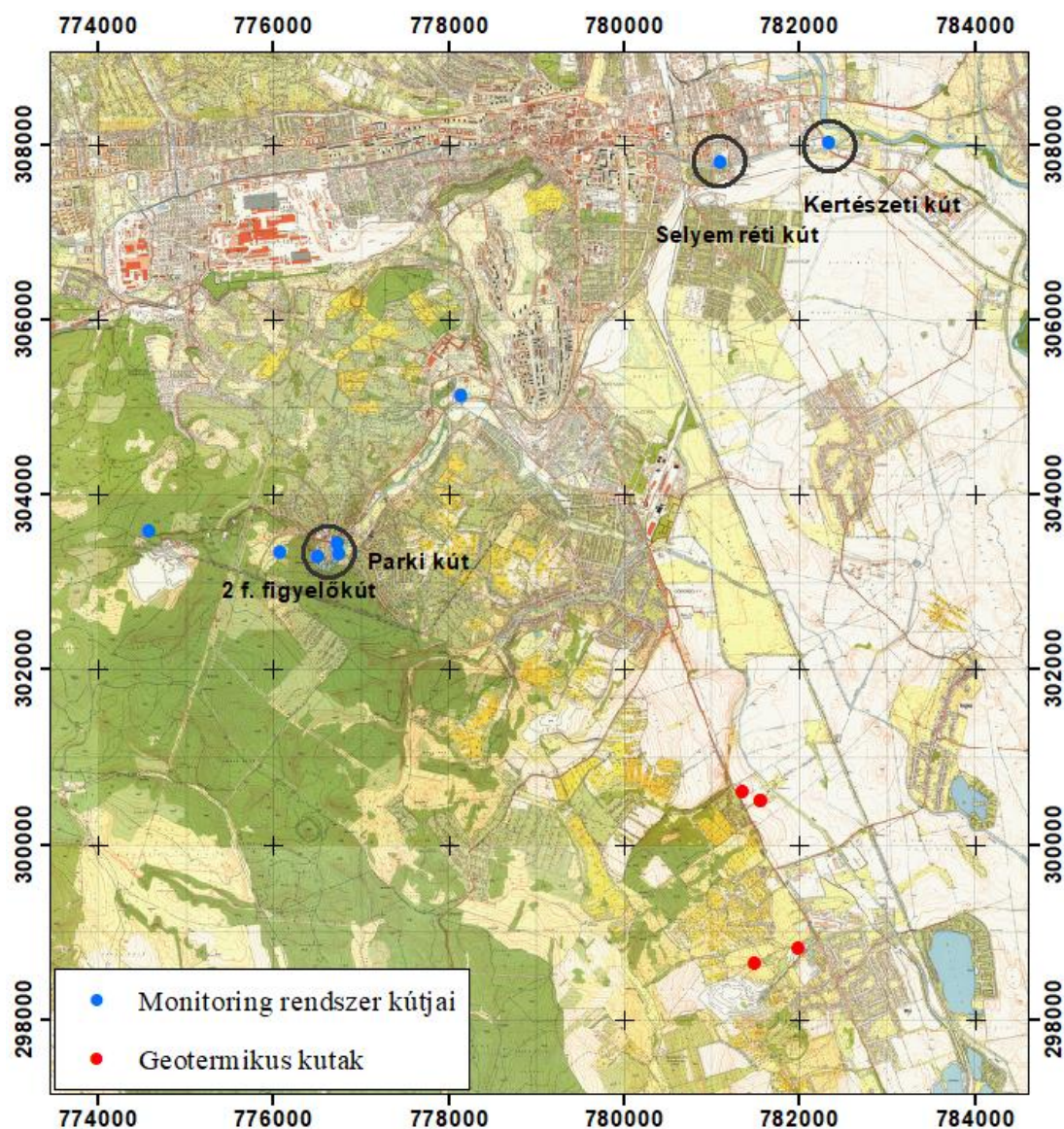
3.5.1 Tágabb környezet, a Bükki termálkarszt

A vizsgált térség karsztvízzintjeinek értékelése az 1992 óta folyamatosan működő Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer (BKÉR) adatainak alapján lehetséges. A karsztvízrendszer összefüggőségéről számos szakmai vita bontakozott ki, azonban a térség hidrodinamikájának áttekintő ismeretéhez szükséges egy mértékadó potenciálkép meghatározására. Erre vonatkozóan a BKÉR rendszer szakmai irányítója Dr. Lénárt László a **6. ábrán** látható vízzint térképet adta meg.



6. ábra: A Bükk jellemző vízzint térképe az Nv-17 mérőhely maximum vízzintje idején

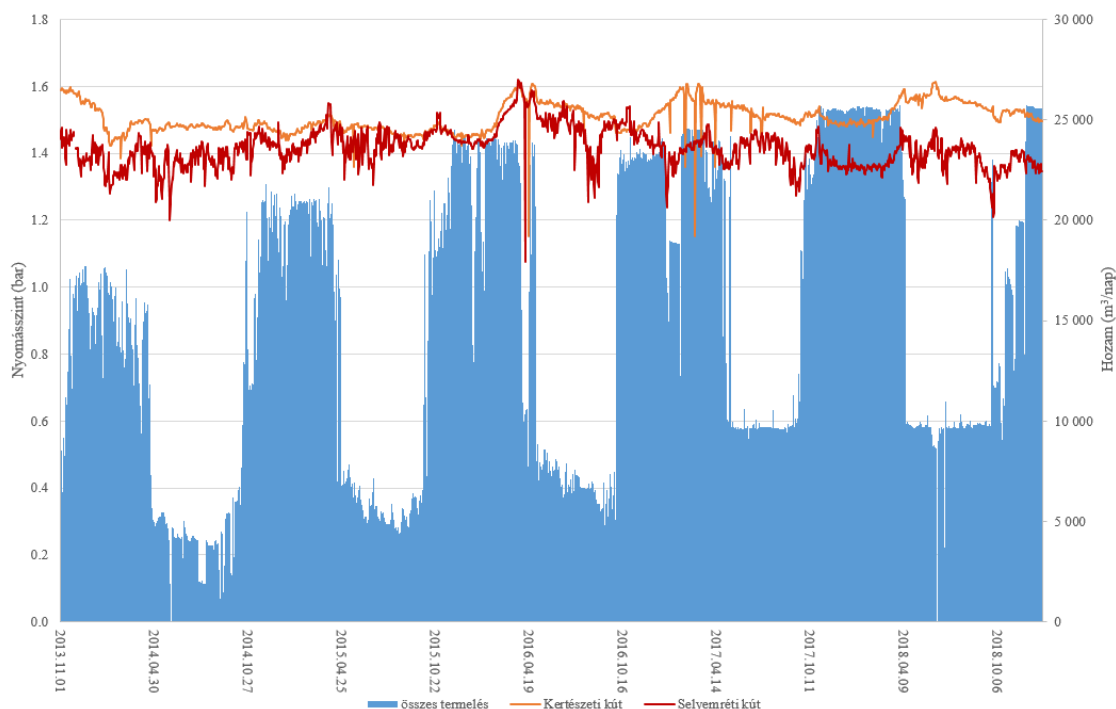
A geotermális rendszer működésének megkezdése óta az üzemeltető a térség külön kiválasztott karszt kútjain monitoring rendszert üzemeltet. A geotermikus rendszer kútjait és a monitoring kutak elhelyezkedését a **7. ábra** mutatja. Látható, hogy a monitoring kutak úgy helyezkednek el, hogy a geotermális rendszer felé irányuló természetes karsztvíz áramlás széles sávjában monitorozzák ez esetleges változásokat.



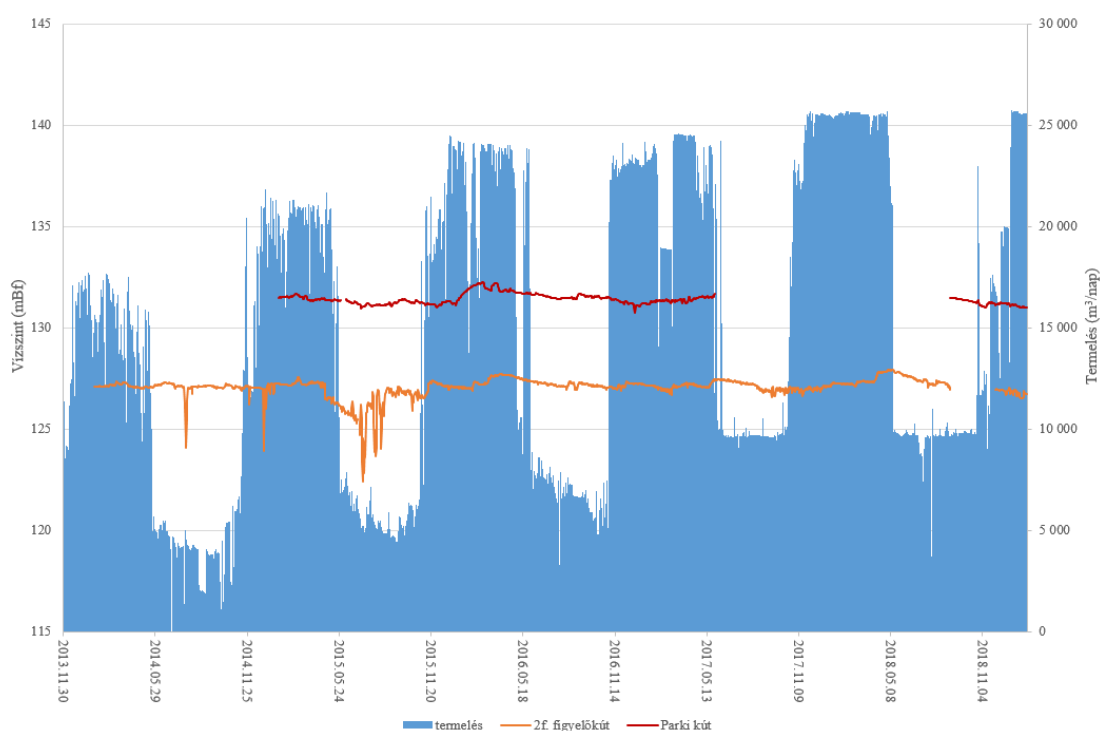
7. ábra: A geotermikus rendszer monitoring hálózata

A monitoring rendszer mérési eredményeiről az üzemeltető rendszeres jelentést küld az illetékes Hatóságnak, ezért jelen tanulmányban csak néhány kút mérési eredményeit mutatjuk be. Az ábrákon a kiválasztott kutak vízszintjei mellett feltüntettük a geotermikus rendszer összes termelését is.

A monitoring kutak mérési eredményeinek értékelésekor szükséges figyelembe venni, hogy a kutak egyéb lehetőség hiányában üzemelő termelőkutak, így a bennük mért vízszintet jelentősen befolyásolja saját üzemelésük. Jól látható ez a selyemréti és a kertészeti kút összehasonlításával. Mindkét kút a monitoring rendszer keleti részén található, a vizsgált időszakban tapasztalt monoton süllyedés is közel azonos mértékű a két kútban, ám a selyemréti kút vízjárása jól tükrözi a nyári strandidőszak nagyobb víztermelését. Ugyanakkor az is látható, hogy 2017 és 2018 tavaszán is a geotermikus kutak maximális üze mellett mindkét kútra vízszint emelkedés jellemző.



8. ábra: A Kertészeti és a Selyemréti monitoring kutak mérési eredményei



9. ábra: A Parki és a 2.f. jelű monitoring kutak mérési eredményei

A grafikonok alapján megállapítható, hogy a vizsgált időszakban a kutak vízjárása nem mutat rövid idejű, közvetlen kapcsolatot a termelés változásával. A mérések alapján az is megállapítható hogy a geotermikus rendszer 6 éves üzemelése nem indított be tendenciózus változásokat a hatásterülete szélén található termálkutakban.

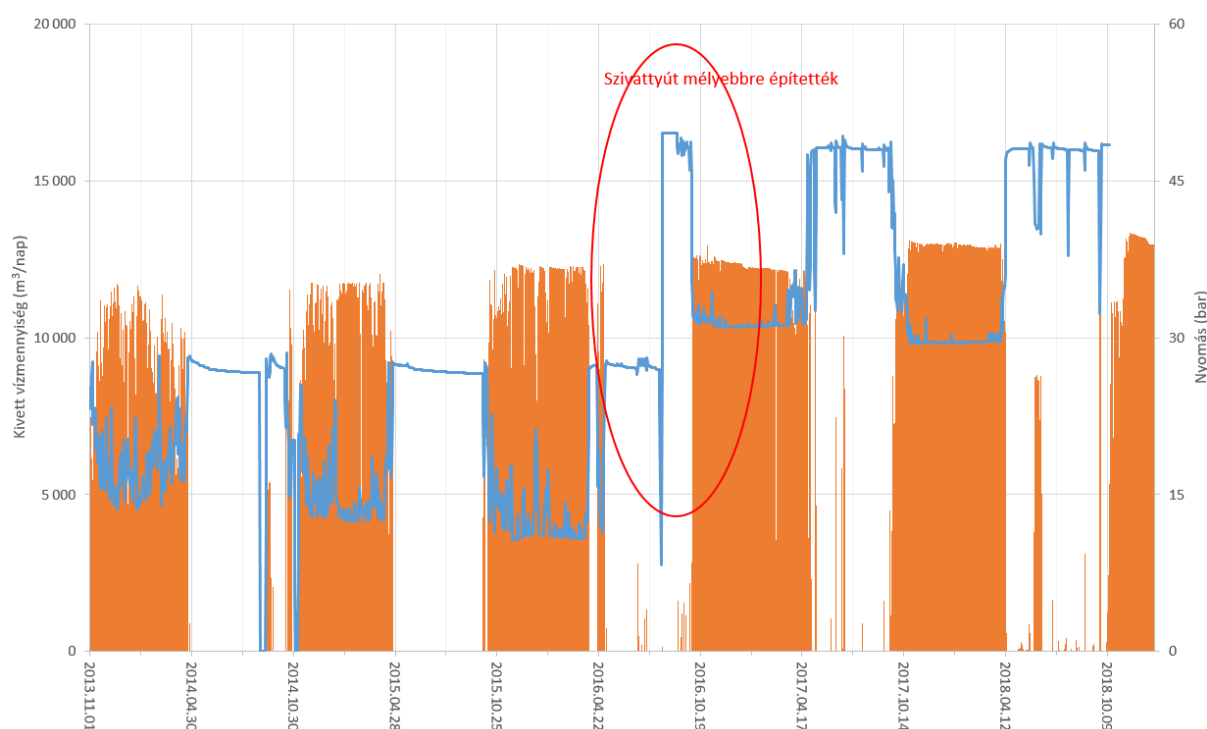
3.5.2 Geotermikus kutak lokális környezete

A miskolci geotermikus rendszer működésének körülményeit az üzemeltetők folyamatosan vizsgálják, és az eredményekről éves jelentéseket nyújtanak be az illetékes Hatóságnak. Dokumentációnkban a rendszeres méréseket az üzemelés hat éves időszakára összefoglalóan a tevékenység környezetében kialakult, jelenleg jellemző vízföldtani állapot bemutatása céljával értékeljük.

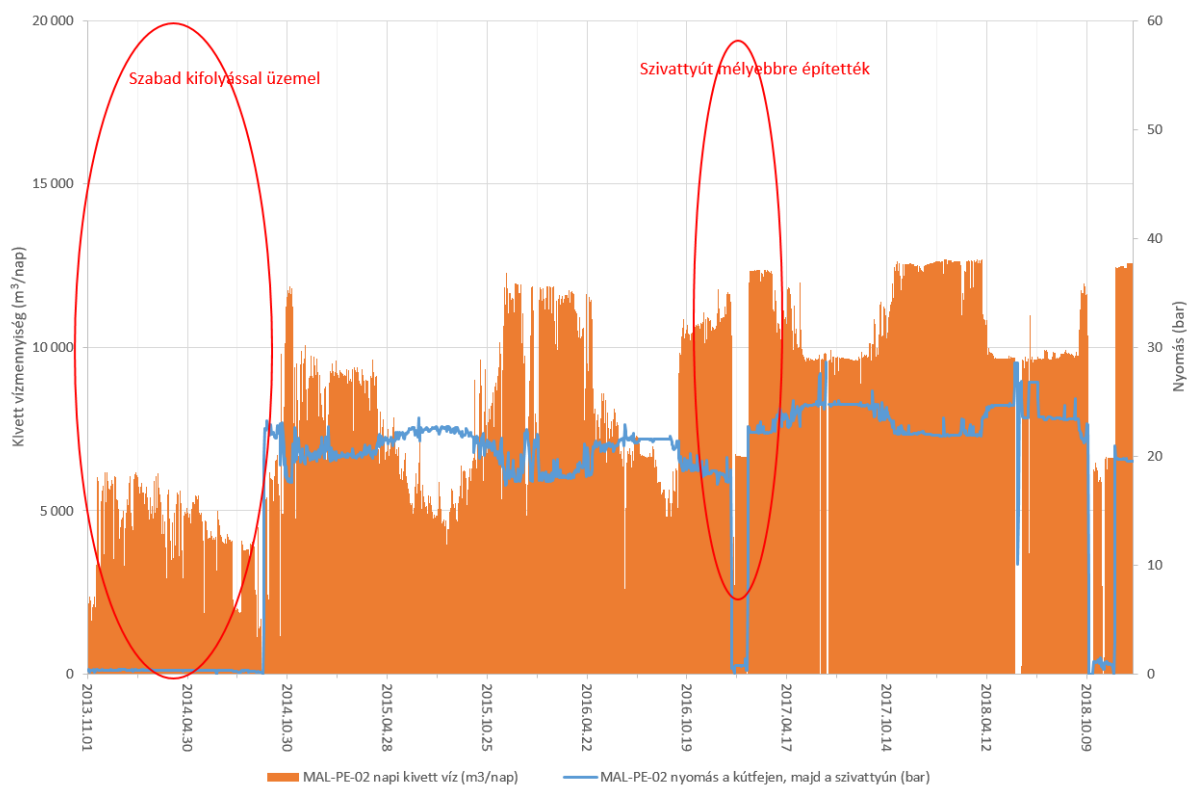
Az értékeléshez alábbi adatok állnak rendelkezésre:

- **termelő kutak (MAL-PE-01 és MAL-PE-02):** hozam, hőmérséklet, nyomás a szivattyún, dinamikus vízszint és napi kivett vízmennyiség
- **visszasajtoló kutak (KIS-PE-01, KIS-PE-01/B és KIS-PE-02):** hozam, hőmérséklet, nyomás a szivattyún és napi kivett vízmennyiség

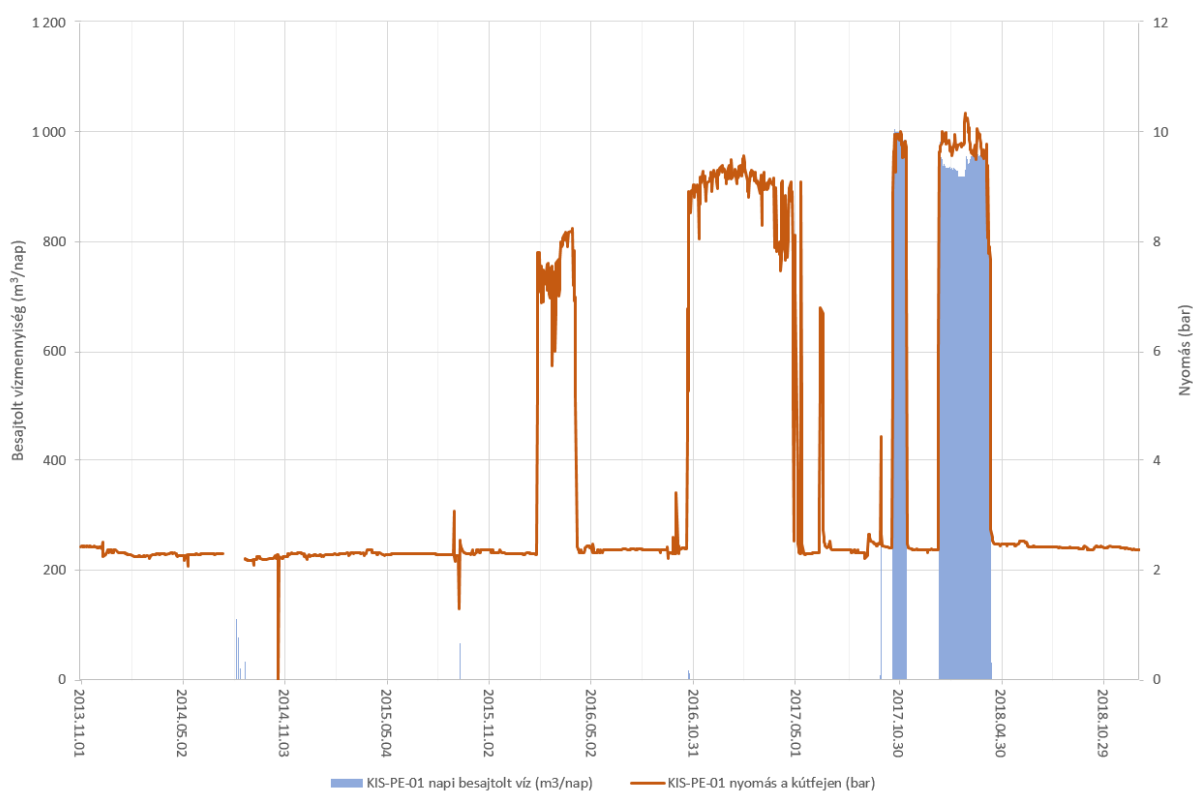
A 10. ábra-14. ábra az összes kútra rendelkezésünkre álló termelés/visszasajtolás és kútfejnyomás adatok grafikonjait mutatja be a 2013-2018 időszakra.



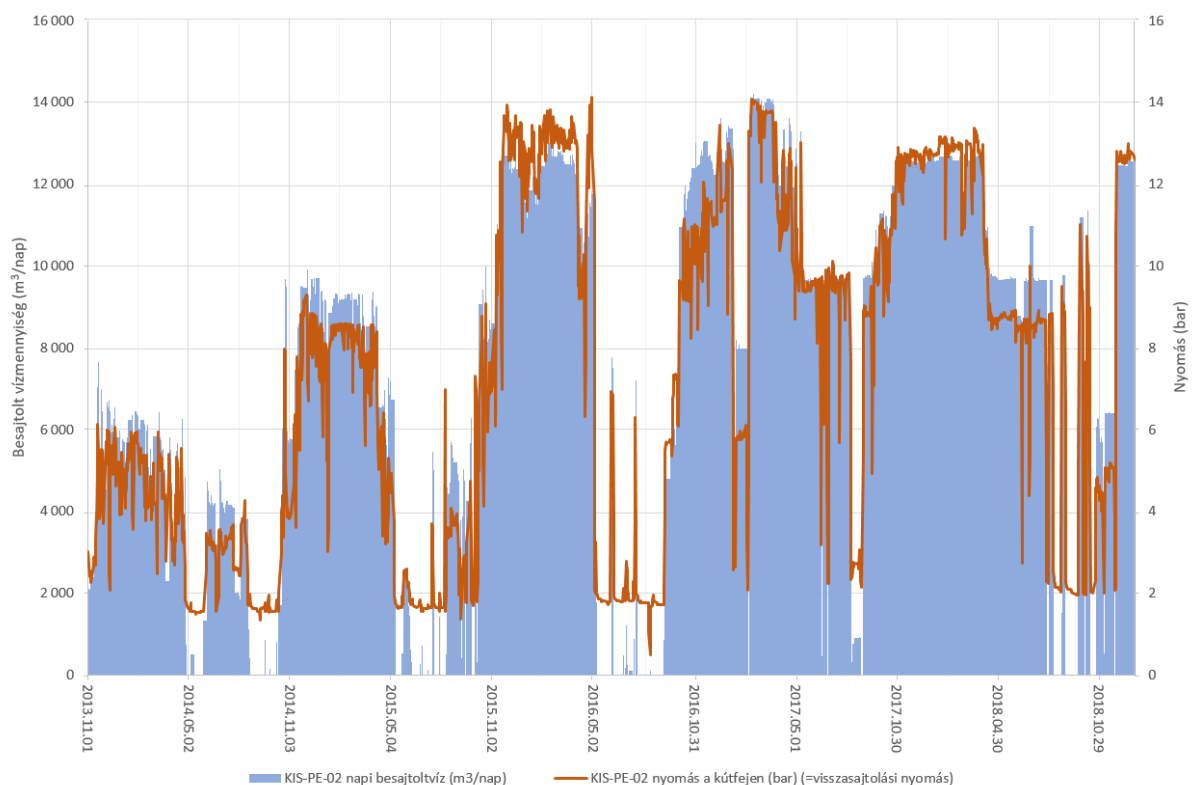
10. ábra: Termelés és kútfejnyomás alakulása a MAL-PE-01 kútban 2013-2018



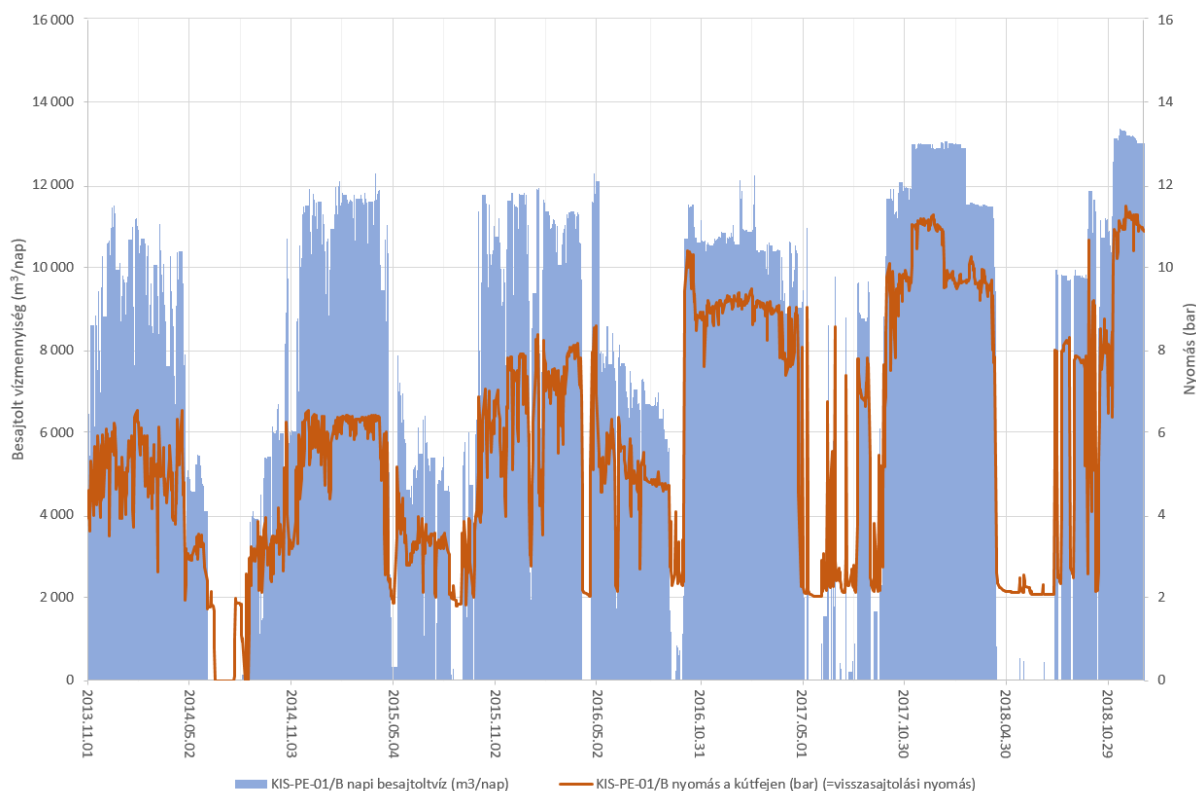
11. ábra: Termelés és kútfejnyomás alakulása a MAL-PE-02 kútban 2013-2018



12. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-01 kútban 2013-2018



13. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-02 kútban 2013-2018



14. ábra: Visszasajtolás és kútfejnyomás alakulása a KIS-PE-01B kútban 2013-2018

Az ábrasorozat alapján látható, hogy a vizsgált időszakban a kutak üzemelésének hatására a jellemző karsztvízszintben, nyomásállapotban érdemi változás nem történt. Az egyes kutakban

a termelés nélküli időszakokban a vízszintek/nyomások minden évben közel azonos szintre állnak vissza, vagyis a geotermikus rendszer üzemelésének eddigi 6 éves időszaka alatt a mérések alapján nem mutatható ki érzékelhető karsztvízszint változást –süllyedést vagy emelkedést – eredményező hatás. A KIS-PE-01 kútban üzemelésen kívüli időszakban észlelhető magasabb nyomásértékek oka, hogy azokban az időszakokban a kút „nyitva” volt. Mivel ilyenkor hidraulikailag közös rendszerben van a KIS-PE-01/B kúttal, ezért olyankor ott is a visszasajtoló szivattyúk által előállított nyomásértékek mérhetők.

4 A BŐVÍTETT KAPACITÁSÚ ÜZEMELÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

4.1 Meglévő modell verifikálása

A miskolci geotermikus rendszer létesítéséhez kapcsolódóan 2014-ben készítette el az AQUIFER Kft. a magyarországi szakmai gyakorlatban is több éve alkalmazott és elfogadott FEFLOW szoftver felhasználásával a vizsgált térség geotermikus vízföldtani modelljét.

Az üzemeltetéshez kapcsolódó környezetvédelmi szakértői tevékenység fontos feladata a monitoring mérésekre alapozva a meglévő vízföldtani modell folyamatos pontosítása, aktualizálása. A termelés növelés hatásvizsgálata előtt megtörtént a meglévő modell verifikálása. A verifikálás során az eltelt 6 év üzemelésének szimulálásával ellenőriztük, hogy a számított vízszintváltozás mennyire van összhangban a mért értékekkel, azaz a modell megfelelően írja le a hévíztárolóban a termelés hatására lejátszódó folyamatokat.

A modellt korábbi tanulmányaink részletesen ismertetik, így most csak az új eredményeket, a verifikálást ismertetjük.

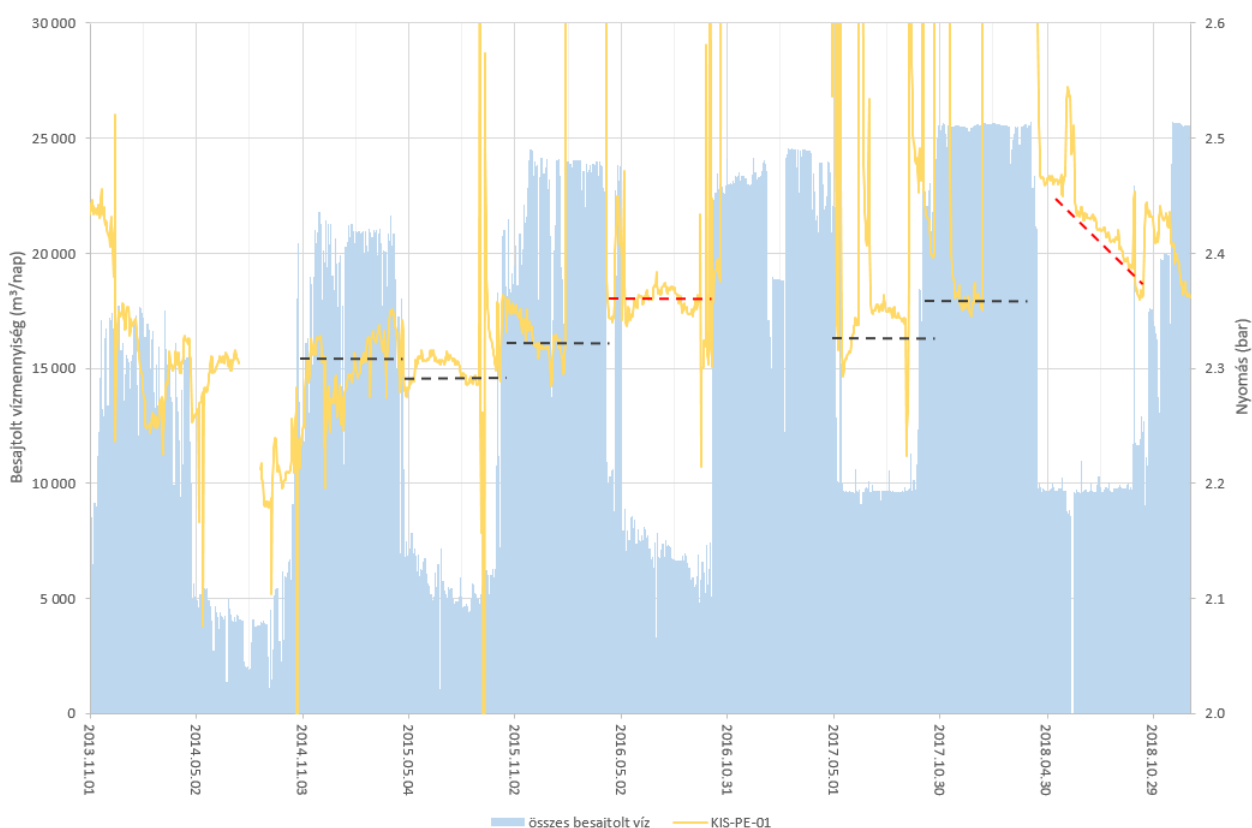
A geotermikus rendszer üzemelésének termelési visszasajtolási adatait a tényleges üzemelési adatok alapján meghatározott közel féléves időszakokra, az átlagos hozamértékekkel vettük figyelembe a számítások során. Az adatokat a **2. táblázatban** adjuk meg.

idő- lépcső	időszak	hossz (nap)	MAL-01	MAL-02	PE-02	PE-01/B
1	2013.11.01 - 2014.04.01	172	9 271	4 628	4 949	8 950
2	2014.04.02 - 2014.10.14	196	257	3 764	1 677	2 341
3	2014.10.15 - 2015.04.21	190	9 502	8 559	7 996	10 065
4	2015.04.22 - 2015.09.29	161	0	5 544	1 896	3 647
5	2015.09.30 - 2016.04.04	188	11 085	9 803	10 989	9 900

6	2016.04.05 - 2016.10.03	182	925	7 128	2 715	5 338
7	2016.10.04 - 2017.05.01	210	11 835	10 148	11 672	10 310
8	2017.05.02 - 2017.09.22	146	634	9 242	7 614	2 287
9	2017.09.23 - 2018.04.11	201	12 463	12 076	12 093	11 933
10	2018.04.12 - 2018.09.24	166	710	8 799	6 753	2 695
11	2018.09.25 – 2018.12.31	97	10 377	8 194	7 197	11 217

2. táblázat: Geotermikus kutak átlagos hozama időlépcsőnként (m³/nap)

A mért értékek közül amennyiben lehetséges célszerű üzemén kívüli (monitoring) kút adatait felhasználni a kalibrálás, verifikálás során. Részben ilyen kút a KIS-PE-01 jelű kút. Mint az a **12. ábra** látható ez a kút hosszú időszakokat van üzemén kívül. Részletesebben megvizsgálva a kútban mért nyomásokat (**15. ábra**) látható, hogy azok nem tekinthetők referencia értékeknek.

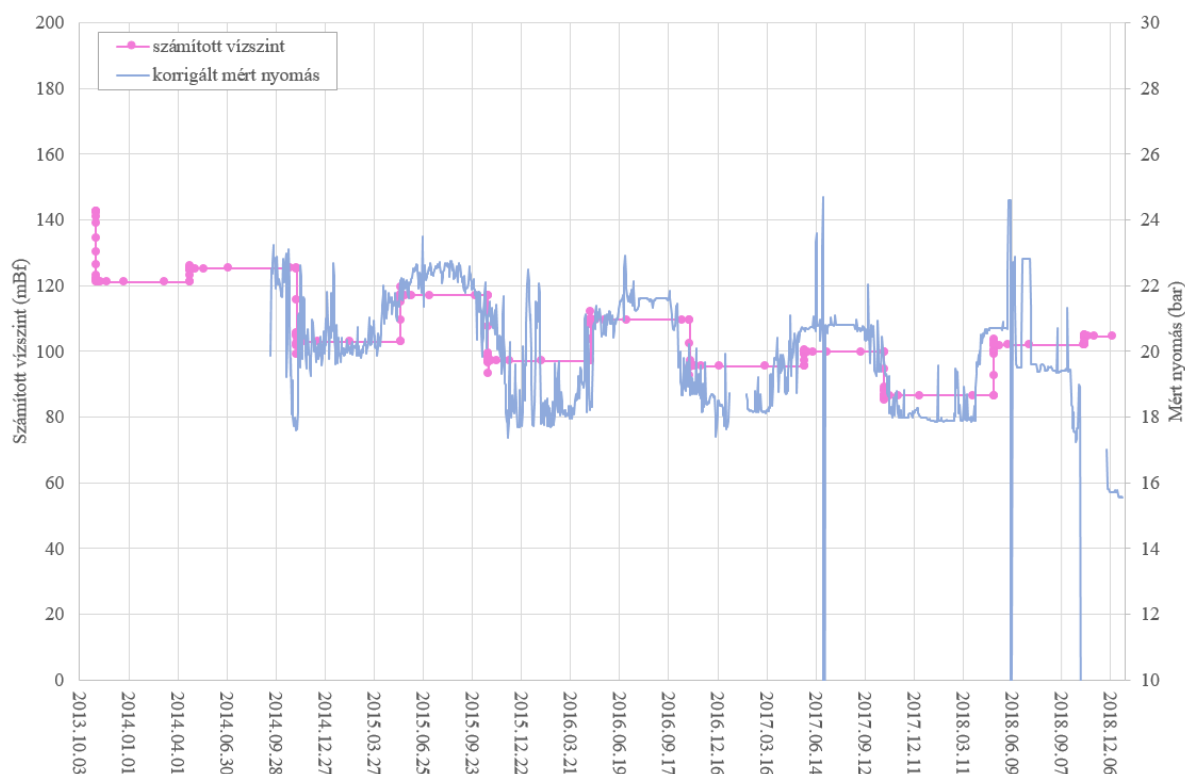


15. ábra: Nyomásváltozás a KIS-PE-01 kútban

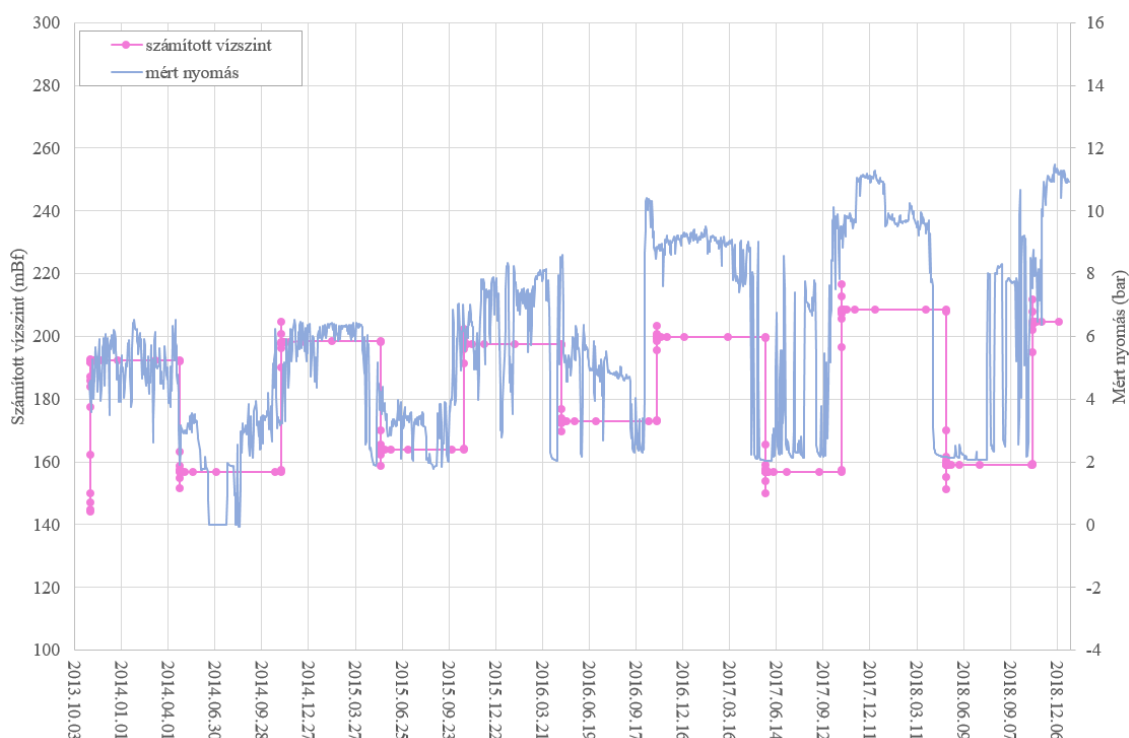
Az ábrán két problémás időszak látható, melyek mért nyomásait piros szaggatott vonallal átlagoltuk. 2016 nyarán, amikor lecsökken a besajtott víz mennyisége, a nyomás magasabb átlagos szintre áll be, mint az előző ciklusban, amikor nagy mennyiséget sajtottak vissza. Másik problémás időszak 2018 nyara. Ekkor nem alakul ki a kvázi permanens állapot, hanem a kútban fokozatosan csökkenő nyomást mérnek közel állandó visszasajtolás mellett. Mindkét esetben műszaki problémák miatt a mérési eredmények nem a valóságos rétegyomást mutatják.

Tekintettel arra, hogy a kút 2016 előtti méréseit használtuk a 2017 évi kalibráció során, a 2016-2018 időszak mérései pedig nem mértékadók modellezési szempontból, más referencia mérést kellett választani a modell verifikálásához. Egyéb lehetőség hiányában az üzemelő kutak mérésit használtuk referencia adatként. Az üzemelő kutak esetében a mérések mindig terheltek a kút műszaki állapotától függő kúthatással (skin), vagyis a mérések általában valamivel nagyobb vízszint/nyomás ingadozást mutatnak, mint amekkora a vízádó közegben jelentkezik. Emiatt a mért és számított értékek kisebb egyezése mellett is kalibrálnak/verifikálnak tekinthető a modell.

A számítási eredményeket a **16. ábra-Hiba!** A hivatkozási forrás nem található. mutatja.



16. ábra: Mért és számított eredmények a MAL-PE-02 kútban



17. ábra: Mért és számított eredmények a KIS-PE-01/B kútban

A korábbi és jelen vizsgálatok eredményei alapján áttekintve megállapítható hogy a jelenlegi ismeretek szintjén a meglévő modell kellő pontossággal szimulálja a nagytérési folyamatokat, és a termelőkutakban lejátszódó nyomásváltozásokat, így alkalmas a hatásvizsgálat elvégzésére.

Ezzel együtt szükséges hangsúlyozni, hogy a kutak tágabb környezetének kalibrált szivárgási jellemzői a Golder Associates (Magyarország) Zrt. által 2012.09.21-2012.09.24 között elvégzett hidrodinamikai mérésén, valamint a 2013-2016 üzemelési időszak alatt a KIS-PE-01 kútban mért nyomásváltozáson alapulnak. Ezek a referenciamérések még a jelenleginél kisebb termelésű üzemállapotot jellemeznek. A modell további pontosításához hasznos lenne a 2012 évihez hasonló mérés nagy hozamú termelés melletti ismételt elvégzése, valamint a KIS-PE-01 kút folyamatos, a KIS-PE-01/B kúttól független monitorozása, azonban ezeket a normál üzemmenet mellett technikailag nehezen lehet kivitelezni, illetve csak aránytalanul nagy ráfordítással (pénzügyi, technikai és logisztikai szempontból is).

4.2 Tervezett termelés növelés hatákszámítása

4.2.1 Termelési változatok

Az üzemeltetők a geotermikus rendszer üzemelését a jelenleg engedélyezett 6,5 M m³/év mennyiségről 8,0 M m³/év termásvíz termelésére és visszasajtolására tervezik módosítani. Az üzemelés során fellépő műszaki szempontok miatt nem biztos, hogy a két kút teljesen egyforma (50-50%) mértékben termel, ezért a számítások során a geotermikus rendszer hatásterületét a **3. táblázat** szerinti termelési szélsőértékekre is megvizsgáltuk.

	Jelenleg engedélyezett vízfelhasználás (m ³ /év)	Tervezett vízfelhasználás (m ³ /év)	Kitermelés szélsőértéke 1. (m ³ /év)	Kitermelés szélsőértéke 2. (m ³ /év)
Miskolci Geotermia Zrt. (1-es kút)	3,25 millió	4,00 millió	3,00 millió	4,50 millió
KUALA Kft. (2-es kút)	3,25 millió	4,00 millió	5,00 millió	3,50 millió
Két cég által kérelmezett összes vízmennyiség:		8 000 000 m³/év		

3. táblázat: Geotermikus kutak tervezett víztermelése

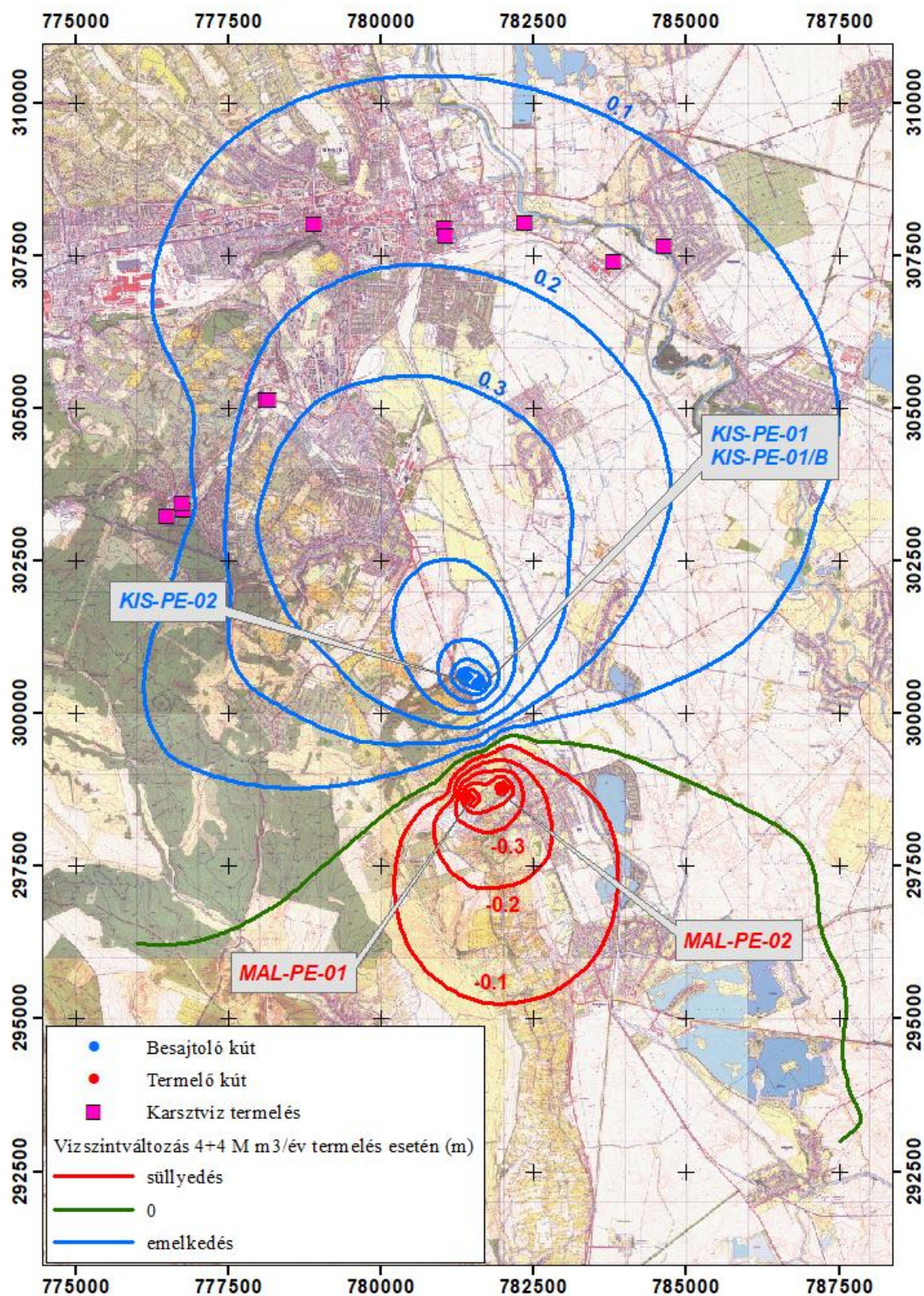
Az engedélyezés (és a VKJ-bevallás) alapja a kutanként 4-4 M m³, azonban $\pm 10\%$ eltérés könnyen előfordulhat, ezért annak bizonyítására, hogy a rezervoárt ebben az esetben sem éri jelentősebb hatás, kerültek modellezésre a feltüntetett szélsőértékek is.

4.2.2 Hatásterületek

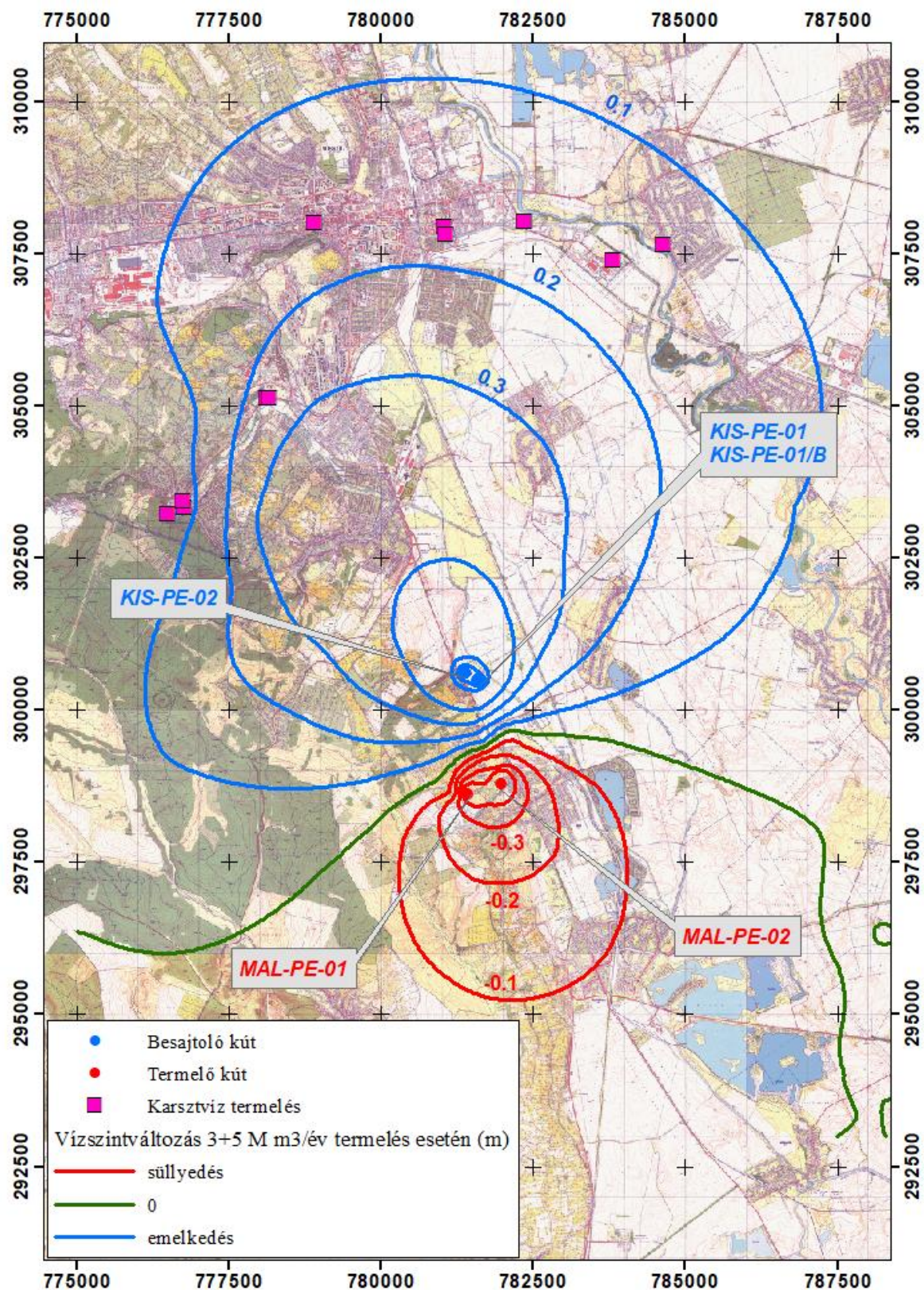
A tevékenység hatása nyomás- és hőmérsékletváltozás formájában érinti a geotermális rezervoárt. Környezeti hatás szempontjából, mint azt a jelenleg engedélyezett kapacitás hatásterülete esetében is tettük a 0,1 méteres hidraulikai hatással jellemezhető teret tekintjük hatásterületnek. Az összesen 8 M m³/év termásvíz három termelési változat szerinti megosztásban történő termelése/visszasajtolása esetén várható, számított hidraulikai hatásokat a **18. ábra - 20. ábra** mutatja. A **21. ábra** a három változat eredményéről ad összefoglaló áttekintést. Az ábráról jól látható, hogy a hatással érintett térrész a három változat esetében közel azonos. A bővített termelés esetén várható hatásterületet a három görbesereg közös burkoló görbéje adja. Az előzőek szerint lehatárolt hatásterületet és jellemző határoló pontjait a **23. ábra22. ábra** mutatja. A határoló pontok koordinátáit a **4. táblázat** tartalmazza.

Sorszám	EOVY	EOVX	Sorszám	EOVY	EOVX
1	783 197	295 520	17	776 758	308 549
2	783 963	296 648	18	776 222	306 755
3	783 976	297 849	19	776 473	305 950
4	783 537	298 779	20	776 960	304 810
5	783 732	299 831	21	776 876	304 106
6	784 269	300 318	22	776 943	303 419
7	785 747	301 017	23	776 507	301 910
8	786 860	302 507	24	776 088	300 552
9	787 554	304 626	25	776 457	299 295
10	787 068	306 654	26	778 058	298 724
11	785 861	308 281	27	779 022	298 692
12	784 638	309 286	28	779 592	298 306
13	783 129	310 074	29	780 162	297 635
14	781 335	310 426	30	780 269	296 218
15	779 424	310 342	31	781 099	295 285

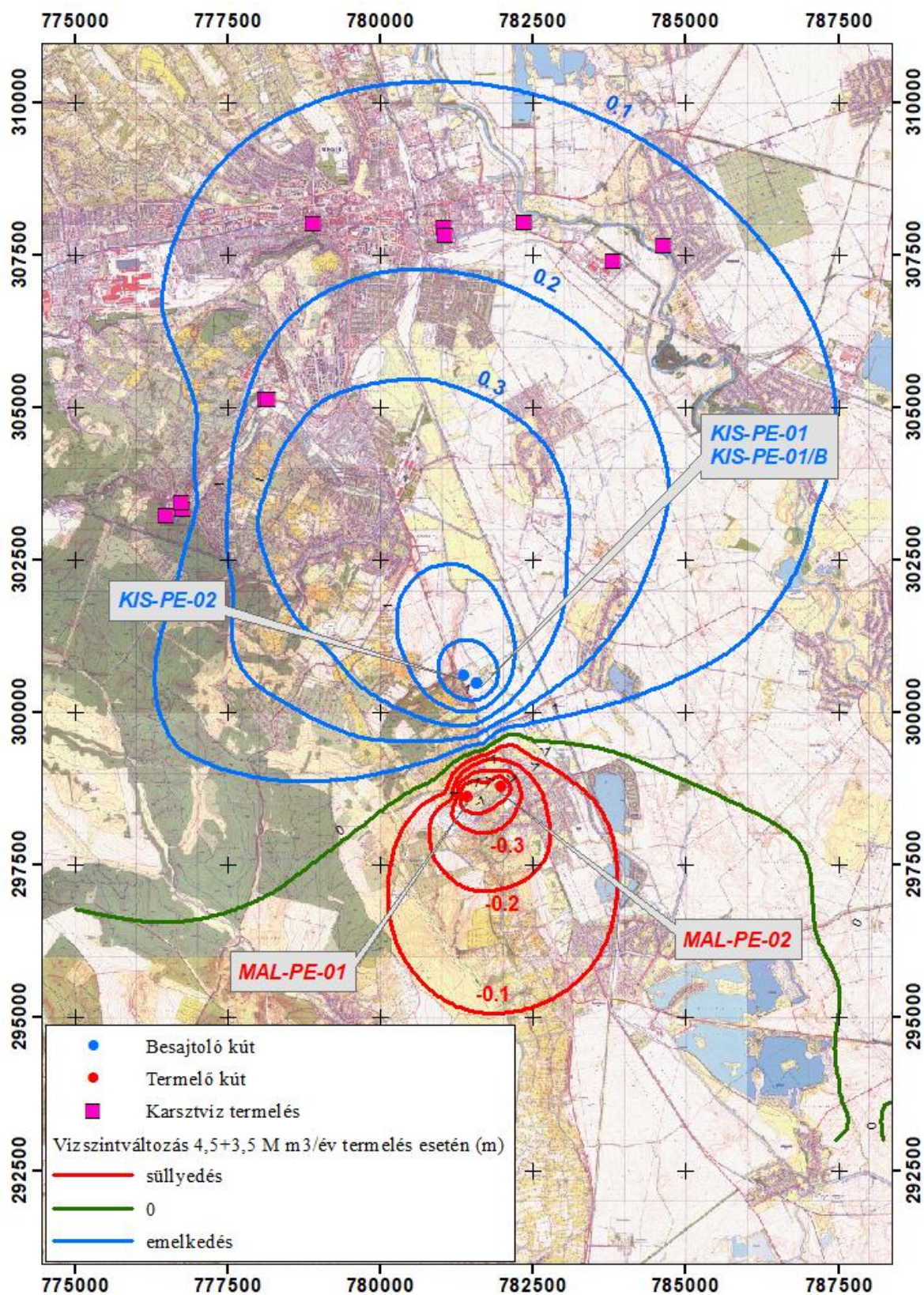
4. táblázat: A tevékenység felszín alatti vizekre meghatározott hatásterületét határoló jellemző pontok koordinátái



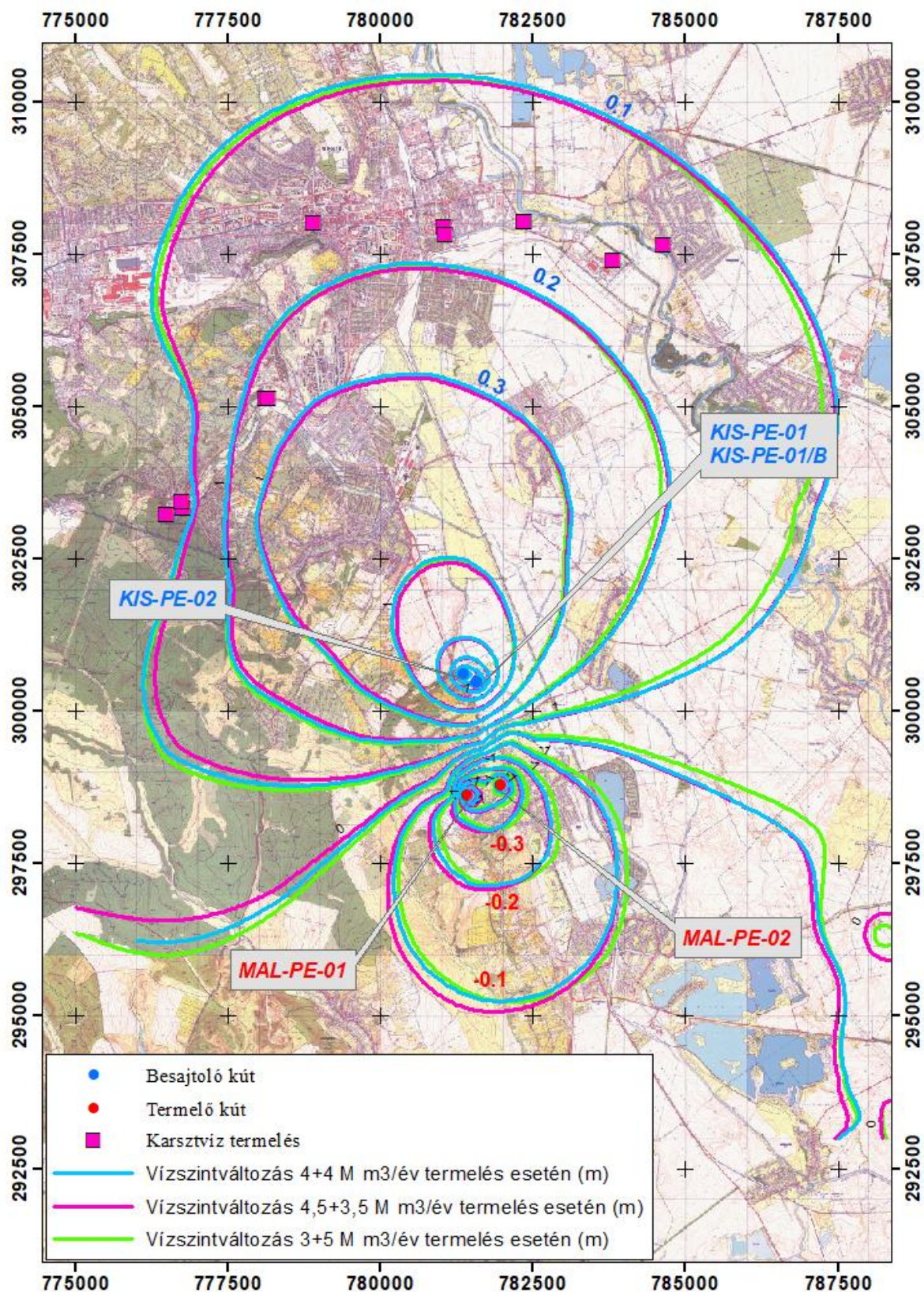
18. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 4,0+4,0 M m³/év termelés esetén



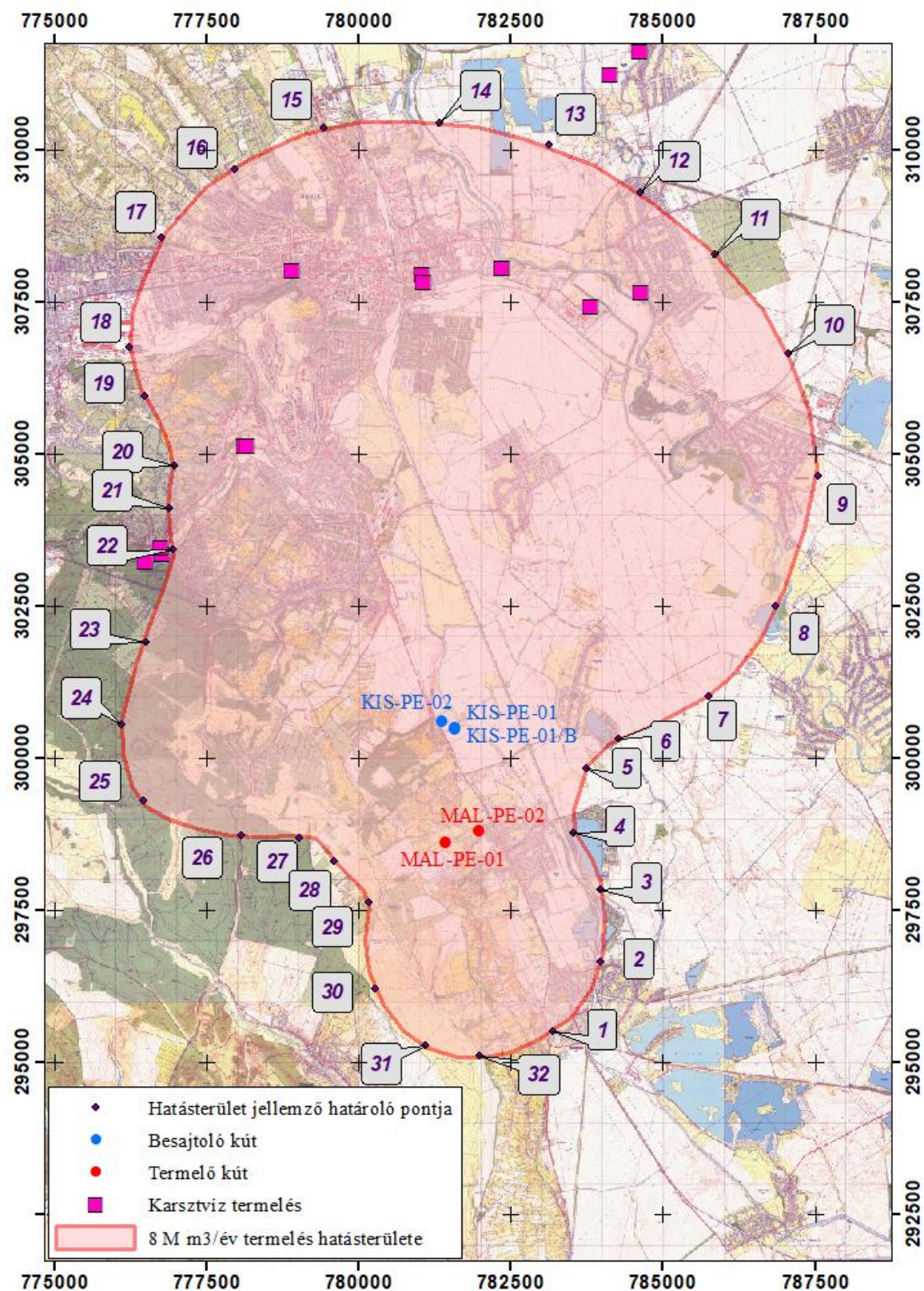
19. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 3,0+5,0 M³/év termelés esetén



20. ábra: 0,1 m-nél nagyobb számított hatással érintett terület 4,5+3,5 M m³/év termelés esetén



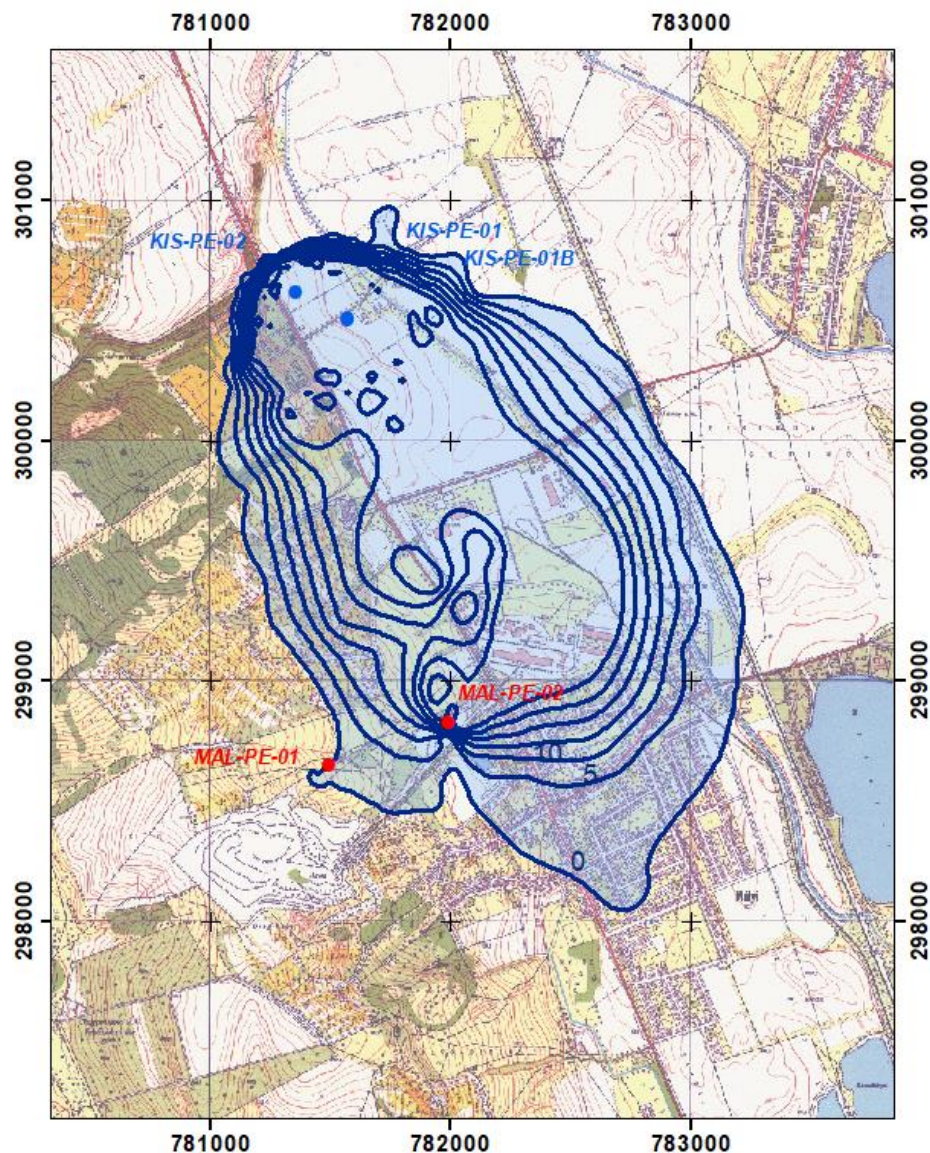
21. ábra: Hidraulikai hatással érintett területek összefoglaló ábrája



22. ábra: 8 M m³/év víztermelés/besajtolás hatásterülete

A hatásterület maximális kiterjedése észak-déli irányban 15,5 km, nyugat-keleti irányban 10,5 km.

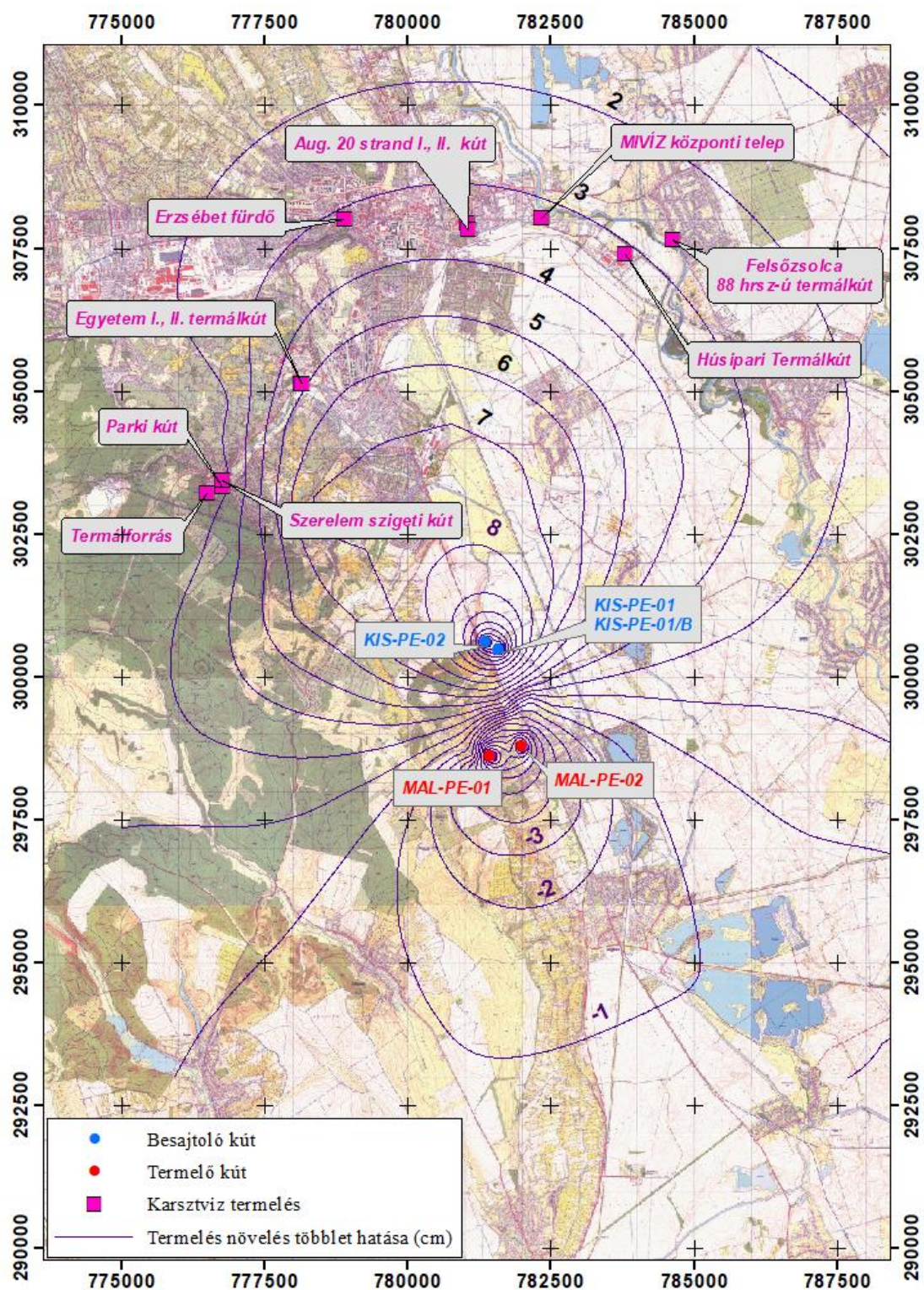
A hőtranszport folyamatok hatásterülete nagyságrendekkel kisebb, mint a hidraulikai folyamatoké, azok a hidraulikai hatások alapján kijelölt térrészen belül fognak lezajlani. A számított hőmérsékletváltozást a **23. ábra** szemlélteti.



23. ábra: Számított hőmérsékletváltozás 50 éves időszakra 8 M m³/év termelés esetén

4.2.3 *Meglévő termálvíz hasznosításokra gyakorolt hatás*

A geotermikus kutak hatásterületén nyolc üzemelő termáلكút található. Ezen túlmenően még három termáلكút a hatásterület peremén, de a hatásterületen már kívül helyezkedik el. A **24. ábra** jelenlegi termelt -6,5 M m³/év - állapotot jellemző vízszint és a tervezett 8 M m³/év termelés hatására kialakuló számított vízszint különbség térképét, azaz a termelés növelés többlet depressziós hatását mutatja.



24. ábra: A tervezett 1,5 M m³/év termelés növelés többlet depressziós hatása (cm)

Mint az a fenti ábrán látható a tervezett termelés növelés a meglévő termálvízkutakra 2-5 cm-es többlet depressziós hatással van. A hiánypótlási végzés 5. pontja szerint:

„Tételesen meg kell adni a hatásterületen lévő engedélyezett termálvízhasználatok, víztermelő helyek esetében prognosztizált hatásokat (nyomásváltozás, vízszintváltozás, hőmérsékletváltozás), vizsgálva és ismertetve ezek hatását az engedélyezett vízellátási üzemére, vízhasználatára.”

A meglévő termálvíz használatok üzemére, vízhasználatára vonatkozó hatás értékeléséhez szükséges azok jelenlegi, elmúlt néhány év átlagosan jellemző üzemi paramétereinek ismerete. Ezeket az adatokat a kötelező üzemeltetői adatszolgáltatás (OSAP) tartalmazza. Az adatokat a térképen feltüntetett 11 kútra megkértük a területileg illetékes Észak-Magyarországi Vízügyi Igazgatóságtól. Sajnálatos módon az üzemeltetői adatszolgáltatás meglehetősen hiányos, főként a termelt mennyiségekre vonatkozik, és alig tartalmaz a többlet depresszió hatásának értékeléséhez szükséges üzemi és nyugalmi vízszint adatokat. Ezért több esetben az értékeléshez egyéb adat hiányában a kutak építéskori kataszterezett adatait használtuk fel.

Az alábbiakban a hatásterületen lévő termálkutakra egyenként összefoglaljuk a rendelkezésre álló adatokat és értékeljük a várható hatást. A hatásterületen kívül található három kút –Parki kút, Termálforrás, Szerelemszigeti kút- a hatástérképen a teljesség kedvéért feltüntettük, ám a szöveges értékeléstől esetükben eltekintünk.

Húsiipari termálkút:

A K-117 kataszteri számú kút OSAP adataiban szerepel ugyan üzemi és nyugalmi vízszint adat, ám az elmúlt öt évben mindkét érték egymással azonosan 18 m-el van megadva. Ez feltételezhetően hibás adatszolgáltatás hiszen nem ad meg a termeléshez tartozó depressziót. A kút építéskori adatai szerint a kút fajlagos hozama 90 l/p/m. E szerint a kút esetében a számított 3 cm vízszint emelkedés várható, ami változatlan üzemi vízszint fenntartása mellett 2,7 l/p hozam növekedést jelent. Összevetve ezt az értéket a kút építéskori min. 900 l/p hozamával a hatás 0,3%.

MIVÍZ központi telep:

A K-109 kataszteri számú kút üzemi vízszintje 2017-ben 17,5-18,0 m. Nyugalmi vízszint adatot nem ad meg az üzemeltető, így ebben az esetben is a kút hévízkataszterben szereplő adatok adják az értékelésünk alapját. A kút építéskori adatai szerint a kút fajlagos hozama 2-300 l/p/m. Egy 1990-es mérés szerint viszont a fajlagos hozam 105 l/p hozam mellett már csak 10 l/p/m. A kút esetében a számított 3 cm vízszint emelkedés változatlan üzemi vízszint fenntartása mellett 0,3 l/p hozam növekedést jelent. Összevetve ezt az értéket a kút 1990 évi 105 l/p hozamával a hatás 0,28%.

Augusztus 20. Strand I. kút:

A B-10 kataszteri számú kút üzemi vízszintje 2017-ben 14,16-15,33 m. Nyugalmi vízszint adatot nem ad meg az üzemeltető, így ebben az esetben is a kút hévízkataszterben szereplő adatok adják az értékelésünk alapját. A kút építéskori adatai szerint a kút fajlagos hozama 74 l/p/m. 1990-ben a fajlagos hozam 600 l/p hozam mellett már csak 47 l/p/m. A kút esetében a számított 3,5 cm vízszint emelkedés változatlan üzemi vízszint fenntartása mellett 1,6 l/p hozam növekedést jelent. Összevetve ezt az értéket a kút 1990 évi 600 l/p hozamával a hatás 0,26%.

Augusztus 20. Strand II. kút:

A B-69 kataszteri számú kút üzemi vízszintje 2017-ben 13,23-14,26 m. Nyugalmi vízszint adatot nem ad meg az üzemeltető, így ebben az esetben is a kút hévízkataszterben szereplő adatok adják az értékelésünk alapját. A kút építéskori adatai szerint a kút fajlagos hozama 404 l/p/m. 1990-ben a fajlagos hozam 4132 l/p hozam mellett már 765 l/p/m. A kút esetében a számított 3,5 cm vízszint emelkedés változatlan üzemi vízszint fenntartása mellett 26 l/p hozam növekedést jelent. Összevetve ezt az értéket a kút 1990 évi 4132 l/p hozamával a hatás 0,64 %.

Erzsébet fürdő:

A B-72 kataszteri számú kút az utóbbi öt évben üzemen kívül van. Egyéb adat hiányában ebben az esetben is a kút hévízkataszterben szereplő adatai adják az értékelésünk alapját. A kút építéskor 1000 l/p hozamot adott 2,9 m depresszió mellett, azaz a fajlagos hozama 345 l/p/m. A kút esetében a számított 3,2 cm vízszint emelkedés változatlan üzemi vízszint fenntartása mellett mintegy 11 l/p hozam növekedést jelent. Összevetve ezt az értéket a kút építéskori 1000 l/p hozamával a hatás 1,1 %.

Egyetem I. kút:

A K-103 kataszteri számú kút az utóbbi főként monitoring kútként működik. Engedélyezett vízkivétele nincsen. A kút építéskor 700 l/p hozamot adott 12,1 m depresszió mellett, azaz a fajlagos hozama 58 l/p/m. Az erre a kútra számított mintegy 5 cm vízszint emelkedés amennyiben a kutat újra termelni akarják, a korábban jellemző vízszint fenntartása mellett 2,9 l/p hozam növekedést okoz. Összevetve ezt az értéket a kút építéskori 700 l/p hozamával a hatás 0,4 %.

Egyetem II. kút:

A K-187 kataszteri számú kút üzemelési műszerhiba miatt döntően a kitermelt víz mennyiségére vonatkozó adatokat tartalmazza, ezért itt is az építéskori kapacitás adatok képezik az értékelés alapját. E szerint a kút 1400 l/p hozamot 13,77 m depresszió mellett termel, ami 105 l/p/m fajlagos hozamot jelent. A kútra számított mintegy 5 cm vízszint emelkedés, azonos üzemi vízszint fenntartása esetén 5,2 l/p hozam növekedést okoz. Összevetve ezt az értéket a kút építéskori 1400 l/p hozamával a hatás 0,37 %.

5 ÖSSZEFOGLALÁS

A rendelkezésre álló mérési eredményeket áttekintve megállapítható, hogy a geotermikus rendszer elmúlt több mint 5 éves üzemelése során negatív hatású tendenciózus folyamatok nem alakultak ki a termálvíz tartó kőzetben. Az üzemelő geotermikus kutak nyomásváltozásai a termelt hozamnak megfelelő arányban ingadoznak. A rövid termelés nélküli időszakokban az üzembe helyezés kezdete óta, beleértve 2017-évi termelés növelés időszakát is közel azonos nyugalmi szintek jelentkeznek a kutakban, azaz komolyabb vízszintsüllyedés nem valószínűsíthető a geotermikus rendszer környezetében.

Hasonlóan nem mutatnak a geotermikus rendszer üzemeltetésével kapcsolatos vízmozgást a rendszerhez kapcsolódó, a tágabb környezetre vonatkozó információt adó monitoring kutak mérései sem.

A tervezett bővítés számított hatásait értékelve megállapítható, hogy az 1,5 M m³/év termelés növelés okozta 2-5 cm vízszint emelkedés, a meglévő hévíz hasznosításokra várhatóan <1% hatást gyakorol. Hangsúlyozni kell, hogy az ismertetett számított hatások igen kis értékek, nagyságrendekkel kisebbek, mint az érintett kutak üzemi jellemzői, így a gyakorlatban, a mindennapi üzemelés során a miskolci hévízkutakon nem várható a geotermikus rendszer okozta, érzékelhető hatás.

A meglévő tevékenység tervezett bővítése, jellegéből adódóan csak a felszín alatti vizet, ezen belül is csak a termálvíz rendszert érinti. A tervezett tevékenység során, vízgazdálkodási szempontból vízkivétel nem történik, minden kivett víz gyakorlatilag visszatáplálásra kerül. A visszatáplálás hatásait hidraulikai és hőmérsékletváltozás szempontjából, a hatásvizsgálat szerves részét képező hidraulikai és hőtranszport számítási fejezet tartalmazza. Ennek eredményei alapján sem hidraulikai, sem pedig a hőmérsékletváltozás szempontjából káros hatás nem várható. A számított hatásterületeket az összesített hatásokat bemutató 21. és 22. ábra (térkép) szemlélteti, melyek A3 formátumban, külön is csatolásra kerültek.

A terv kidolgozásában részt vett munkatársak:

Davideszné Dömötör Katalin
okl. hidrogeológus, vezető tervező
MMK 13- 6818

Révi Géza
okl. vízgazdálkodási mérnök, vezető tervező
MMK 01- 6817

M. Pelczéder Ágnes
okl. biomérnök, vízbiztonsági és környezetvédelmi menedzser

Budapest, 2019. április



.....
Révi Géza
ügyvezető