



Gázkutak elvizesedésének vizsgálata

Szerző: Czene Tímea Klára

Szak: Olajmérnök Msc, 1. Évfolyam

Miskolci Egyetem/

Műszaki Földtudományi Kar

Témavezető: Dr. Turzó Zoltán, egyetemi docens

Miskolci Egyetem

Olajmérnök Intézeti Tanszék

Beadás dátuma: 2012. december 30.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1. A gázkutak elvizesedésének okai	4
1. Többfázisú áramlás gázkutakban	4
2. A folyadék felhalmozódás	6
2. A vízfelhalmozódás felismerése.....	6
3. A folyadék felhalmozódásának megszüntetése.....	8
4. A talpi folyadék felhalmozódás vizsgálatánál és kiértékelésénél használt módszerek...	9
5. Kútadatok	10
6. Kútvizsgálat, mérések kiértékelése	14
6.1. Mérések, ellenőrzések.....	14
6.2. Eredmények	21
7. Összegzés.....	22
Melléklet	23
Irodalomjegyzék.....	26
Köszönetnyilvánítás	27

Bevezetés

A gázkutak legtöbbször nem tiszta gázt termelnek, némi vizet vagy szénhidrogén kondenzátumot mindig tartalmaznak. A termelés kezdetén nagy a rétegnyomás, így nagy mennyiségű gáz áramlik a felszínre. A folyadék cseppek formájában van jelen a gázfázisban, amely nagy mozgásenergiája révén a felszínre tudja szállítani azokat. Az idő elteltével a rétegnyomás csökken, így a kútba lépő gáz mennyisége is. A gáz mozgásenergiája már nem lesz elegendő a folyadék szállításához, így a talpon fog felhalmozódni. Tehát két nagy probléma lép fel, a csökkenő termelés és a talpi folyadék felhalmozódás. Szinte minden gázkutat érintenek manapság ezek a problémák, vagy érinteni fogják, ezért már régóta foglalkoznak azzal, hogy megoldást találjanak. Mivel a hazai és a világ gázigénye egyre nagyobb ütemben gyorsul, így szükségessé vált a már meglévő kutak termelésének növelése, mivel újabb gázkészletek feltárásával sem lehetne már követni a mai gázigényeket.

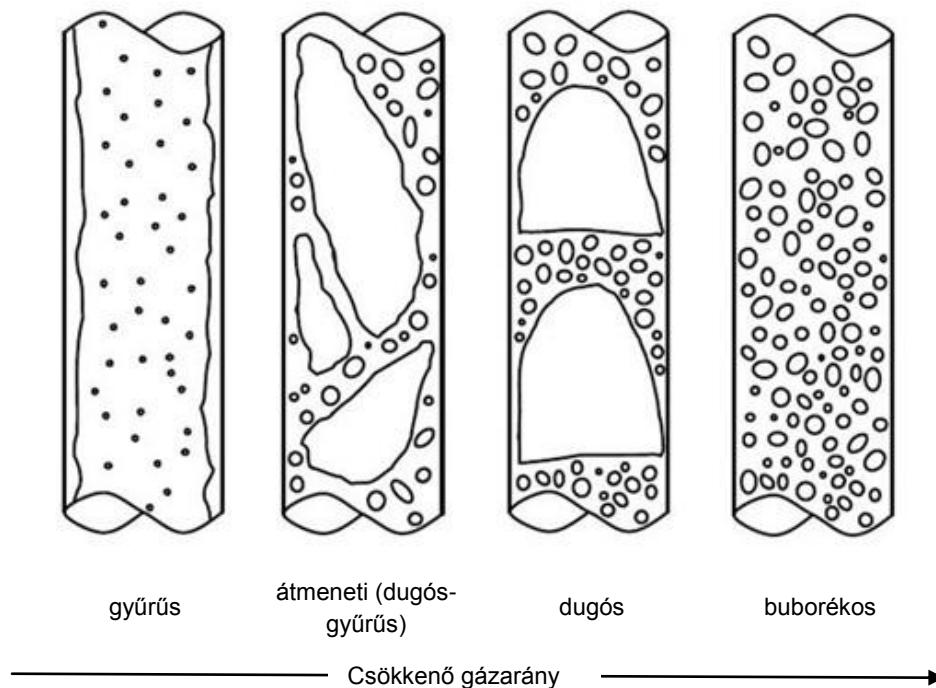
A dolgozatomban a következőkkel foglalkozom: miért vizesedhet el egy gázkút; hogyan lehet felismerni a talpi folyadék megjelenését; hogyan lehet minimalizálni, esetleg megszüntetni a folyadék felhalmozódást, milyen módszereket találtak már ennek megoldására.

A folyadék felhalmozódását és ennek mértékét, a folyadék szintet különböző mérések segítségével meg lehet határozni. Számításaim során a mérések által kapott adatok kiértékelésével és összegzésével foglalkozom.

1. A gázkutak elvizesedésének okai

1. Többfázisú áramlás gázkutakban

Először ismertetem azokat az áramlási rendszereket, amelyek segítségével megérthető a folyadék és a gáz fázis kölcsönhatása áramlás közben (1. ábra).

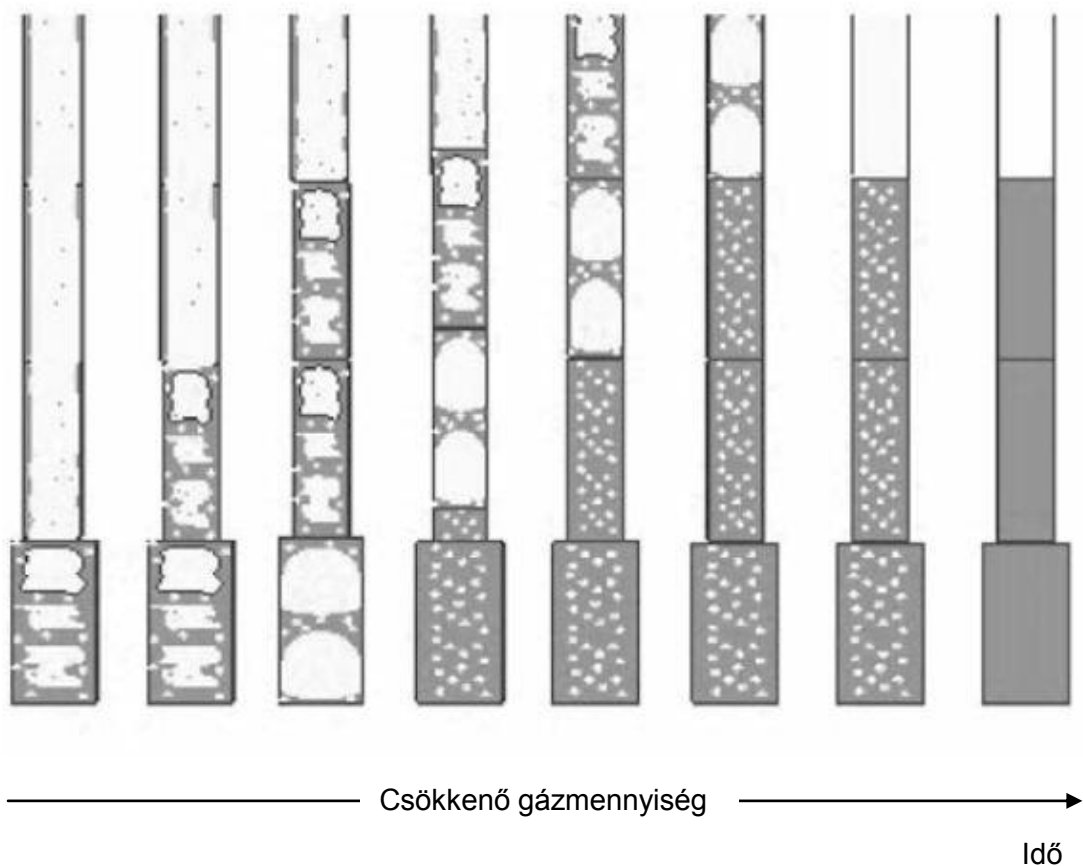


1. ábra (Ferro és Goldschmit, 2007) [1]

- **Gyűrűs áramlás:** Nagyon magas gázsebességnél gyűrűs áramlás van jelen, ahol a gáz összefüggő fázist alkot. A csőfalon filmréteggént megjelenhet a folyadék, mint egy folyadék gyűrű, amely hullámzik, illetve fodrozódik. Emellett finom eloszlású folyadékpermet is jelen van gázmagban. Ez a folyadékpermet azonos sebességgel áramlik a gázárammal
- **Átmeneti áramlás:** Ha a gázáramlás sebessége csökken, a folyadékarány nagyobb lesz az áramlásban. Nagyobb folyadékreszecskek jelennek meg.
- **Dugós áramlás:** Ennél az áramlásnál a folyadék már olyan nagy arányban van jelen, hogy egy-egy folyadékdugó elfoglalhatja a teljes csőkeresztmetszetet. A gázdugók és folyadékdugók sorban követik egymást, felfelé áramlanak. Körülöttük egy vékony filmréteg húzódik a csőfalon, amely a gravitáció hatására lefelé folyhat.
- **Buborékos vagy habáramlás:** A gáz aránya sokkal kisebb, mint a folyadéké, már a folyadék az egységes fázis, és a különálló gázbuborékok emelkednek fel folyamatosan a folyadékkal egy irányban. A buborékok alakja és mérete nagyon

különböző lehet, de sokkal kisebb, mint a csőátmérő. Alap esetben ez az áramlási forma gázkutakban nem lehetséges, de mivel elvizesedett gázkutakról beszélünk jelen esetben, ezért jellemeztem ezt.

Egy gázkútban élete során az előzőekben említett áramlási rendszerek mindegyike előfordulhat. Egy gázkút szinte mindig termel valamennyi folyadékot, amely vagy a rétegből a kútba lépő, vagy a gázáramból a hőmérséklet és nyomáscsökkenés hatására kiváló víz és/vagy szénhidrogén kondenzátum, ez ködös áramlást fog eredményezni. A termelés kezdetén a rétegnyomás még nagy, a kúttalp nyomás pedig kicsi, így nagy energiával tud a kútba áramolni a gáz. Idővel a rétegnyomás, ezzel együtt a gáz energiája csökken, és az áramlásban lévő folyadékcseppek egy részét már nem tudja a felszínre szállítani, az áramlási rendszer egyre inkább megváltozik, dugószerűen fognak felemelkedni. A folyadék a kúttalpon folyamatosan halmozódik, így növekszik a folyadékoszlop magassága, egyre nagyobb nyomást fejtve a kúttalpra, ezáltal a beáramló gáz mennyisége is lecsökken. Végül egyre több folyadék marad a kútban, a gáz mennyisége egyre kevesebb lesz, kialakul a buborékos áramlás. A folyamat addig tart, amíg a kút termelése teljesen leáll. Ezt a folyamatot a 2. ábra mutatja be.



2. ábra (Lea, Nickens és Wells, 2003) [2]

2. A folyadék felhalmozódás

Ha a rezervoárnyomás a harmatpont alá esik, a kondenzátum folyadékként lép a kútba a gázzal. Viszont, ha a harmatpont alatt marad, akkor gőz formájában érkezik a kútba, majd a nyomás és a hőmérséklet csökkenés hatására kiválik a termelőcsőben vagy a szeparátorban.

Ez a folyadék származhat:

- vízkúposodás hatására a termelő réteg feletti vagy alatti vizes zónából;
- a termelő réteg víznyomásos réteggel érintkezik, ahonnan a víz valamikor eléri a kútat;
- a termelő zónától elkülönülten más termelő zónából belépő vízből;
- szabad rétegvízből, ami a gázzal együtt lép a kútba;
- a víz illetve szénhidrogén gőzként lép a kútba a gázzal, és cseppfolyósodik a termelőcsőben.

Ez a jelenség leginkább a kishozamú, kisnyomású kutaknál jelentkezhet. A probléma megoldásához, megelőzéséhez lényeges a felhalmozódás felismerése, a forrásának meghatározása (rétegből áramlik a kútba, vagy esetleg a nyomás- és hőmérsékletcsökkenés hatására válik ki a gázáramból). Szükséges a kút termelési múltját ismerni.

2. A vízfelhalmozódás felismerése

A legtöbb gázkút idővel egyre több mennyiségű vizet illetve kondenzátumot termel. Ez a folyadék felhalmozódhat a kúttalpon, amely az áramlás drasztikus csökkenéséhez, esetleg a kút leállásához vezethet.

A felhalmozódott folyadékot több jelenség mutathatja meg:

- Nyomáscsúcsok jelenléte a gázmennyiség mérő regisztrátumán

A gázmennyiség mérésekor a gázáramlásban megjelenő folyadékcseppek nem okoznak gondot. Folyadék felhalmozódás során az áramló fázis dugós áramlási képet vesz fel, vagyis a gáz és a folyadék fázis dugókban követik egymást. A folyadékdugó keresztülhaladásával a nyomás regisztrátumon nagy csúcsok lesznek, amelyeknek gyakorisága egyre növekedni fog.

- Szabálytalan termelés és eltérés a termelési görbében

A kút korábbi termelésének adataiból meg lehet határozni egy regressziós görbét, amelyet fel lehet használni a kút termelésének előrejelzésében. Ha ettől a görbétől jelentősen eltér, csökken a termelés, akkor valószínű, hogy folyadék felhalmozódás van jelen.

- Emelkedő bélésű, csökkenő termelőcső nyomással

A termelőcsőben felhalmozódó folyadék miatt a kútfejen alacsonyabb nyomást mérnek. Ha packer nélküli a kút, a csökkenőben felhalmozódó gáz hatására a bélésű nyomása egyre növekedni fog. Ezekben a kutakban a csökkenő termelőcső és növekvő bélésű nyomás ciklikusan, kis frekvenciával változik, amely a csökkenőben folyamatosan feltöltődő majd leürülő folyadék és gáz okozza.

- Éles, eltérő meredekségű változás a mért nyomásgradiens esetében, mélységi nyomásmérés során

A nagyobb folyadéksűrűség miatt megnő a nyomásváltozás, mikor a folyadék a termelőcsőbe lép.

- Megszűnő folyadéktermelés

Ha már lecsökken a gáz energiája annyira, hogy nem tudja felszínre hozni a folyadékcseppeket, akkor a talpon felhalmozódik, és nem fog folyadékot termelni.

Kritikus sebesség

A gázáram folyadékszallító képességét a kritikus sebességgel szokták jellemezni. A kritikus áramlási sebességnél a folyadékcseppekre ható erők egyensúlyban vannak, ilyenkor lebegnek a gázban. Ha kisebb a sebesség, a folyadék leülepszik a kúttalpon. Ha nagyobb az áramlási sebesség, akkor a folyadékot a felszínre lehet emelni. A folyadék felhalmozódás elkerülése érdekében a kritikus sebességet vagy annál valamivel nagyobb sebességet szükséges fenntartani. Számos szerző dolgozott ki módszert a kritikus áramlási sebesség számítására.

3. A folyadék felhalmozódásának megszüntetése

A talpi folyadék felhalmozódást már régen felismerték, és próbálnak megoldást találni a probléma kiküszöbölésére. Csoportosították a talpi folyadék megszüntetésére alkalmazandó módszereket. A felszálló termelés közben elegendő néhány változtatás a termelő berendezésen a termelés fenntartásához (1. csoport). A rétegenergia további csökkenésével segédenergiára van szükség (2. csoport). Még további rétegyomás csökkenésével olyan mértékben csökken a gáz folyadékszállító képessége, hogy valamilyen szivattyúzási rendszer lesz szükséges a folyadék felszínre emeléséhez (3. csoport).

1. csoport: felszálló termelés fenntartása segédenergia nélkül

- **Időszakos termelés:** nem használnak külső energiát, a gázkutat időszakosan lezárják, a felhalmozódó rétegenergia segítségével távolítják el a talpi folyadékot.
- **Plunger Lift (búvárszivattyús termelés):** annyiban különbözik az előzőtől, hogy egy szabadon mozgó dugattyút alkalmaz a folyadék és az emeléshez felhasznált gáz között. Ez a dugattyú nem engedi visszacsorogni a folyadékot.
- **Az áramlási sebesség megváltoztatása:** kisebb átmérőjű termelőcső alkalmazásával az áramlási sebességeket megnövelik, ami a kritikus sebesség felé emelkedhet. Csomópont analízises vizsgálatot kell végezni a megfelelő átmérő megválasztásakor.
- **Szűkítő elemek alkalmazása:** a szűkítő elemeket a karmantyúk közé tehetik be. Ezek a szűkítő elemek meggátolhatják a folyadékfilm lefele való áramlását, a cső közepe felé kényszerítve, ahol a megnövekedett gázáramlás el tudja szállítani cseppek formájában.
- **Felületaktív (habképző) anyagok:** a habképző anyag hatására létrejövő hab stabil szerkezete miatt lecsökkenti a gáz siklását, és így egy adott csőkeresztmetszetben növekszik a gázhányad.

2. csoport: rásegítés a felszálló termelésre segédenergiával

- **Kompresszorok alkalmazása:** kompresszor alkalmazásával a termelt gáz egy részét visszajuttatják a kútba. A kútba nem helyeznek el packert, így a csőközbe juttatott gáz a termelőcsőben lévő gázzal egyesülve megnöveli annak áramlási sebességét, így a kritikus sebesség fölött tartva azt.

- **Plunger Lift és segédgáz:** a kútfejnyomást csökkentik a kompresszor segítségével, plunger liftes berendezés mellett.
- **Termikus rásegítés:** a gáz szárazgázként, gőzként is beléphet a kúttalpon, majd a hőmérséklet- illetve nyomáscsökkenés hatására a folyadék kiválik a gázból.

3. csoport: (mély) szivattyúzás

- **Himbás rudazatos mélyszivattyúzás (SRP):** a mélyszivattyúk leggyakrabban használt fajtája. Gázkút lévén, gázszeperator használata szükséges, a gáz a csőközben áramlik, a folyadéktermelés pedig a termelőcsőben történik.
- **Centrifugális búvárszivattyúzás (ESP):** szűk körben lehet alkalmazni, csak akkor, ha a folyadéktermelés nagy, és gáztalan a folyadék, vagyis a szivattyúba nem lép gáz.
- **Csavorszivattyúzás (PCP):** nagy viszkozitású, szilárdanyag tartalommal rendelkező folyadék szivattyúzására alkalmas.
- **Hidraulikus mélyszivattyúk:** nagynyomású folyadékáram működteti.
 - Sugárszivattyúk
 - Dugattyús szivattyúzás
- **Talpi folyadék visszasajtolás:** a talpi folyadékot vagy a felszínre emelik vagy már a kúttalpon injektálják egy adott, lejjebb lévő rétegbe.

4. A talpi folyadék felhalmozódás vizsgálatánál és kiértékelésénél használt módszerek

A termelési adatokból, felszíni mérésekből (pl. nyomás-, hozammérés) lehet következtetni a talpi folyadék jelenlétére. A felhalmozódás meglétét és annak mértékét mérésekkel lehet meghatározni. Jelen esetben gradiens és echométeres mérési vizsgálatok történtek.

Mérések

Gradiens mérés: A gradiens mérés során nyomás- és hőmérsékletmérő szondát engednek le a kútba és ott több, különböző mélységű pontban a nyomás és hőmérséklet értékeket regisztrálják. Lehet zárt vagy termelés közbeni nyomásmérés.

Echométeres (akusztikus) mérés: A termelőcsőben a talpi folyadék termelés közbeni vagyis a dinamikus nívó mélységének, az áramlási talpnyomásnak és a beáramlási jellemzőknek a meghatározása történhet.

Az echométeres mérés során egy hangkeltő berendezéssel ún. gázpuskával hanghullámot generálnak, amelyek a folyadékszintről, csőkarmantyúkról és egyéb helyekről visszaverődnek és a puszkában lévő mikrofon ezeket érzékeli. Az akusztikus mérések során nyomás mérés is történhet.

Kiértékelés

A dolgozat során használt programok, melyek segítségével a mérések eredményeit kiértékeltem a következők:

- **Total Well Management:** A Well Analyzer rendszer szoftvere, amelyet az echométeres mérés során illetve a mérés után, a kiértékelésre használnak
- **Prosper:** Kútadatok alapján modellezni lehet egy kútat, a gradiens mérés eredményeit ellenőriztem ezzel a programmal
- **Grapher, Excel:** táblázatok, diagramok szerkesztésére alkalmas.

5. Kútadatok

Két valós gázkút vizsgálata szerepel a dolgozatban. Azokat a fontosabb adatokat, amelyek szükségesek a kút jellemzésére és a felhasznált programokba be kell táplálni, az alábbiakban sorolom fel.

Kút-1 adatai

Folyamatos termeltetés van jelen ezen a kúton.

Perforáció mélysége:	2124-2130 m
Termelőcső külső átmérője:	73,025 mm
Bélésűcső belső átmérője:	177,8 mm
Napi kondenzátum termelés:	0,5 m ³ /nap
Napi víztermelés:	1 m ³ /nap
Nap gáztermelés:	11 500 m ³ /nap
Kútfej hőmérséklet:	31 °C
Kútfej nyomás:	6 bar

Talpi hőmérséklet:	65,56 °C
Kondenzátum sűrűség:	650 kg/m ³
Víz relatív sűrűség:	1050 kg/m ³
Rétegnyomás:	86,3 bar

A földgáz vizsgálati eredménye az 1. mellékletben látható.

Kút-2. Adatai

Időszakosan termeltetnek ezen a kúton.

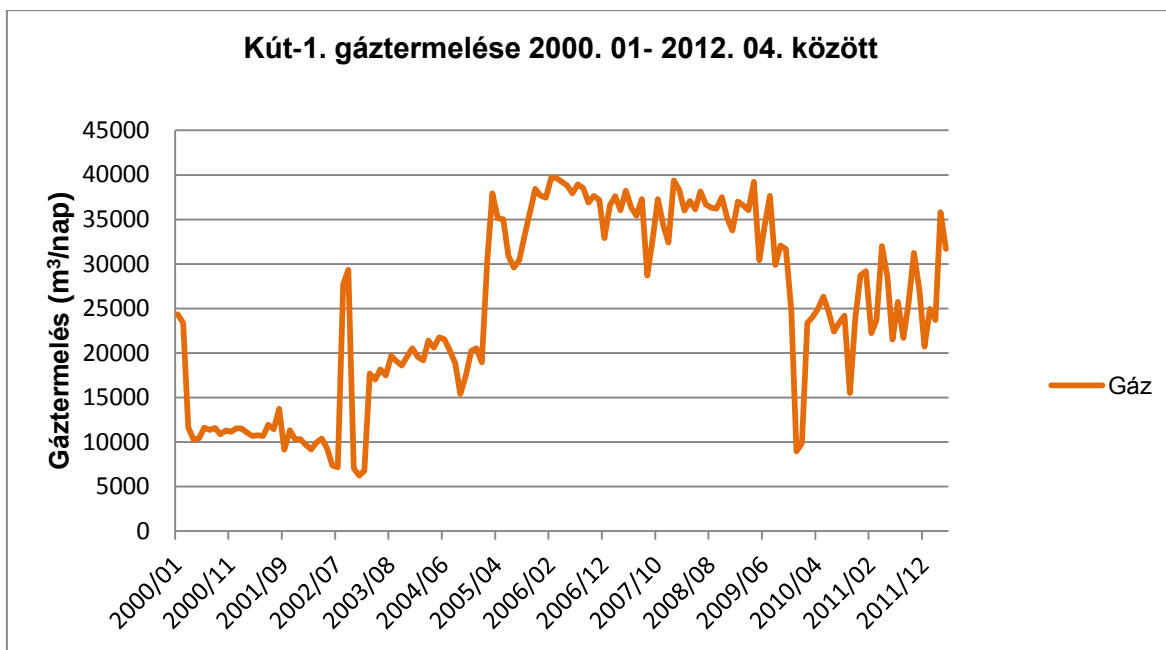
Perforáció mélysége:	1985- 1988 m
Termelőcső külső átmérője:	87,5 mm
Béléscső belső átmérője:	175 mm
Napi kondenzátum termelés:	1,9 m ³ /nap
Napi víztermelés:	2,5 m ³ /nap
Nap gáztermelés:	29 700 m ³ /nap
Kútfej hőmérséklet:	21,1 °C
Kútfej nyomás:	12 bar
Talpi hőmérséklet:	65,56 °C
Kondenzátum sűrűség:	650 kg/m ³
Víz relatív sűrűség:	1050 kg/m ³
Rétegnyomás:	46,73 bar

A földgáz vizsgálati eredménye az 2. mellékletben látható.

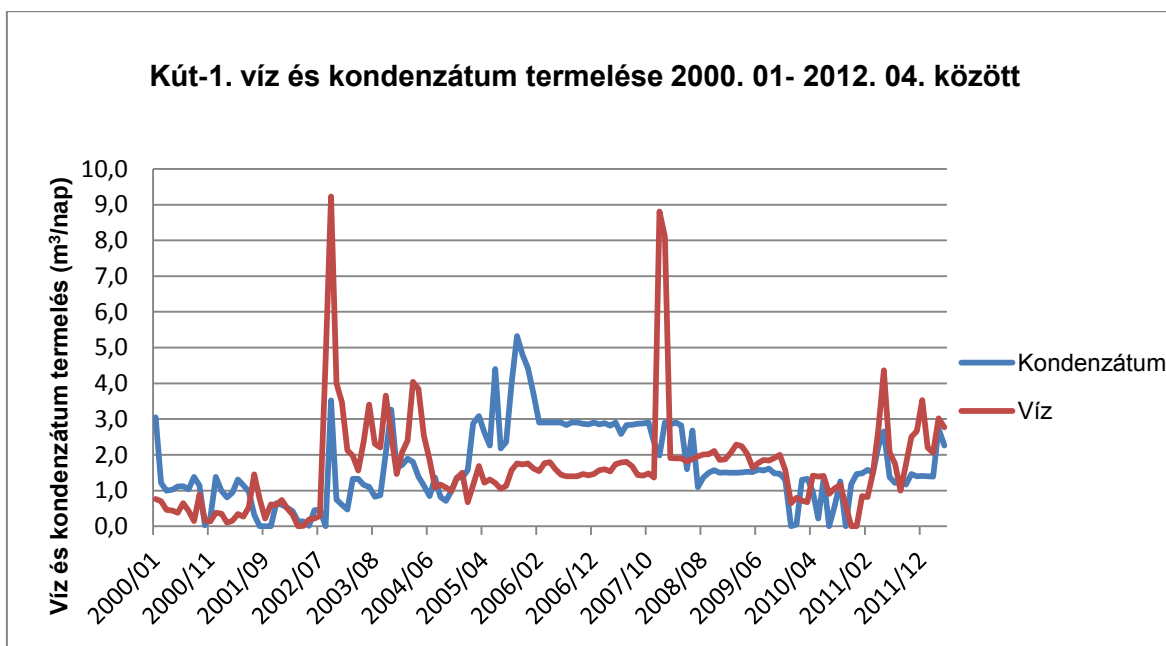
Talpi folyadék felismerése

Kút-1.

Az 1. és a 2. diagramon látható a Kút-1. gáz – illetve folyadéktermelése 2000. 01- 2012. 04. között. 2005-től magas volt a gázhozama, egy viszonylag magas folyadék kihozattal azért, mert ekkor csökkentették a gyűjtőnyomást 6 bar-ra. A gáz és a termelt folyadék mennyisége lecsökkent 2010. környékén, amely szintén a folyadék jelenlétére utalhat. A gáztermelést ekkor a kútfejnyomás csökkentésével növelték. Termelés közben ingadozások láthatóak, a folyadék folyamatos jelenlétére utal a kútban, amit időről-időre a felszínre kellett emelni, hogy a kút leállása ne történjen meg.



1. diagram: Kút-1. gáztermelése

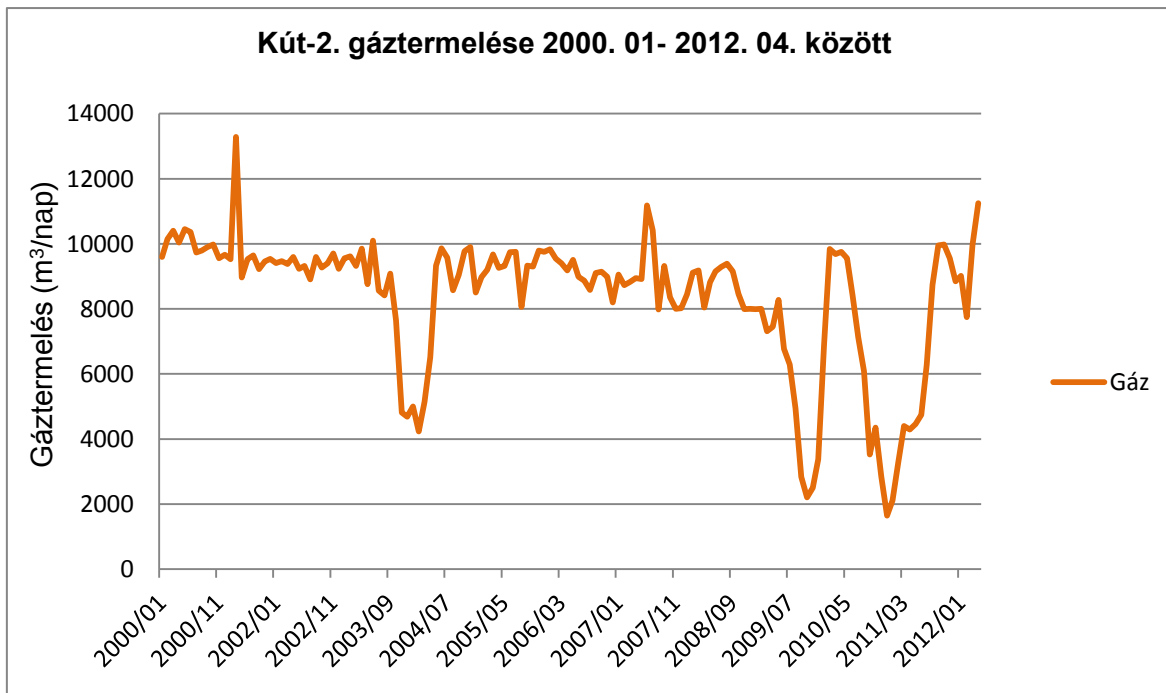


2. diagram: Kút-1. Víz-és kondenzátum termelése

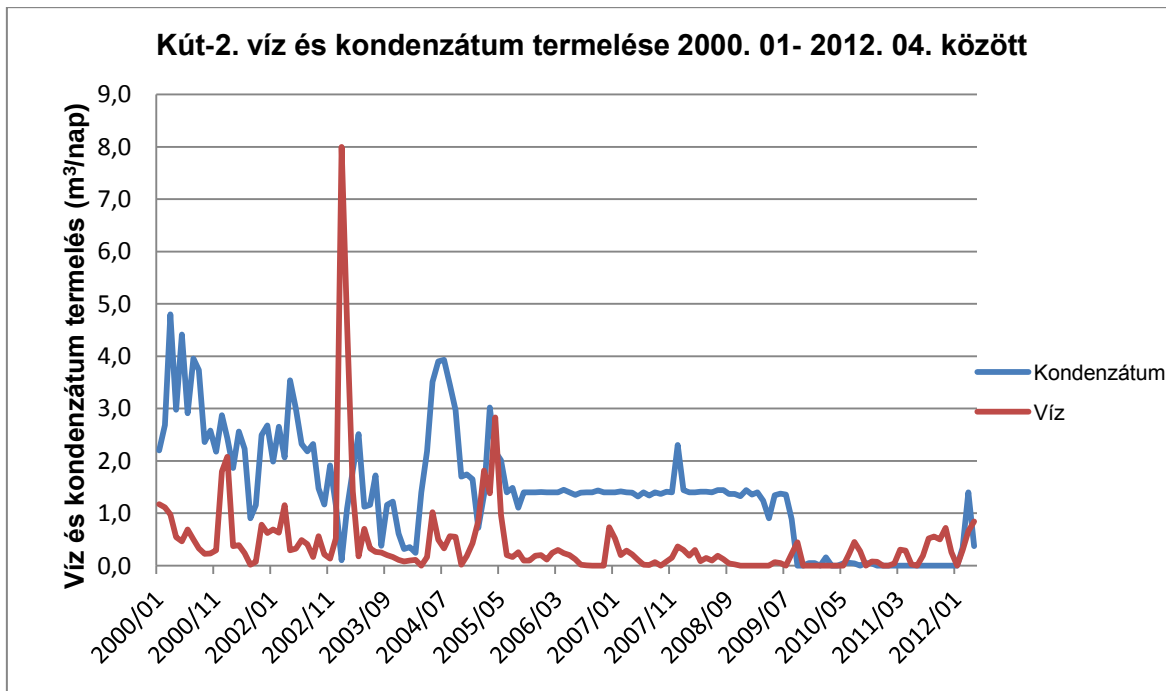
Kút-2.

Ennél a kútnál a folyadékhozam alacsony, jelen van a talpon is, amelyet a termelési görbén is megfigyelhetünk, de korábbi zárt gradiens mérésekből is következtethető. A 3. és 4. diagramon a gáz- illetve a folyadéktermelés története látható. Itt is egyértelmű a folyadék felhalmozódás. A gáztermelés lecsökkenése után, 2009-ben, majd 2010-ben is, látható egy-egy nagy hozamcsökkenés, ami után szükséges volt felszínre emelni a talpi

folyadékot. A gáz energiájának csökkenése miatt a folyadéktermelés is lecsökken, ami miatt a kúttalpon marad, vagy az áramlás közben visszacsorog oda.



3. diagram: Kút-2. gáztermelése



4. diagram: Kút-2. Víz-és kondenzátum termelése

6. Kútvizsgálat, mérések kiértékelése

A termelési adatokból megfigyelhettük a folyadék jelenlétét a kúttalpon és a termelésben. Ahhoz, hogy pontosabban tudjuk a talpi víz/ kondenzátum helyzetét, vizsgálatokat kell végezni, ellenőrizni jelenlétét.

6.1. Mérések, ellenőrzések

Kút- 1. mérései: Gradiens mérés

Az alábbi táblázatban (1. táblázat) egy adott gradiens mérés elvégzésének menete követhető végig. Látható, hogy háromszor végeztek gradiens mérést, egyszer lezárt kútnál, kétszer pedig termelés közben, úgy, hogy először leengedték a talpra a műszert, mérték a talpnyomást, majd azonos mélységekben egyre felfelé haladva végeztek el nyomás- illetve hőmérsékletmérést.

1. táblázat: Kút-1. nyomásgradiens mérése

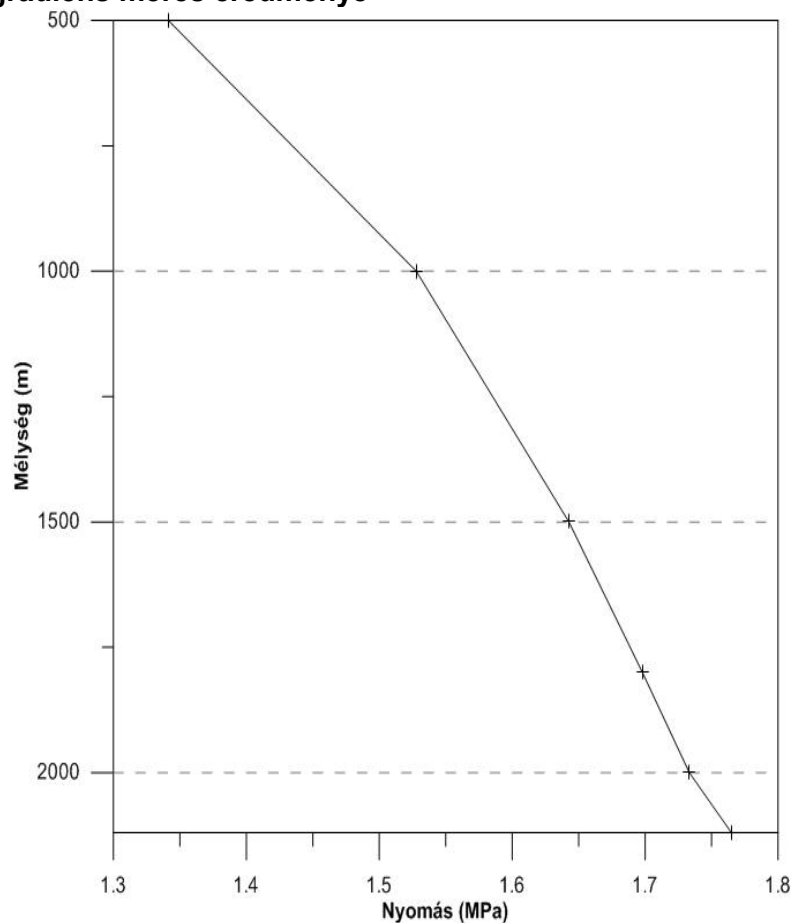
Idő	Mélység (m)	Művelet
09:11 – 09:21	0 – 500	Műszerleengedés 500 m-ig.
09:21 – 09:41	500	Zárt gradiens mérés.
09:51 – 10:11	1000	
10:22 – 10:41	1500	
10:48 – 11:07	1800	
11:14 – 11:31	2000	
11:35 – 11:54	2120	
12:00 – 15:00	2120	Termelés közbeni talpnyomás mérés.
15:06 – 15:33	2000	Termelés közbeni gradiens mérés.
15:39 – 16:06	1800	
16:16 – 16:43	1500	
16:58 – 17:23	1000	
17:36 – 18:04	500	
18:04 – 18:26	500 – 2120	Műszer visszaengedése 2120 m-be.
18:26 – 21:26	2120	Termelés közbeni talpnyomás mérés.
21:31 – 22:00	2000	Termelés közbeni gradiens mérés.
22:06 – 22:32	1800	
22:42 – 23:10	1500	
23:23 – 23:51	1000	
00:02 – 00:31	500	
00:31 – 00:44	0	Műszerkiépítés felszínig.

A következő, 2. táblázatban láthatóak a folyamatosan mért nyomásértékek. Az 5. diagramon csak a zárt nyomásgradiens értékeket ábrázoltam a mélység függvényében.

2. táblázat Kút-1. Nyomásgradiens mérés eredménye

Mélység (m)	Termelés közbeni nyomásmérés (MPa)	Termelés közbeni nyomásmérés (MPa)	Zárt (MPa)
500	1,4047	1,3413	3,1941
1000	1,6003	1,5278	3,3113
1500	1,7219	1,6426	3,4281
1800	1,7841	1,6979	3,5023
2000	1,8226	1,7332	3,5542
2120	1,8566	1,7649	3,5863

Zárt nyomásgradiens mérés eredménye



5. diagram: Zárt nyomásgradiens

Ezen a diagramon nem tapasztalható nagymértékű változás. 1000 méternél látható egy töréspont, feltehetően sűrűségváltozás, ami arra utal, hogy a gázáramból folyadékkiválás

történhetett. Mivel a mérést 2120 m-ig végezték el, illetve ott nincs változás a görbén, ezért valószínű, hogy ez a folyadék jelenlét nem talpi folyadék felhalmozódás.

Echométeres mérés

WELL ANALYZER rendszer segítségével el lehet végezni a méréseket. Ez a kútvizsgálat berendezés komplett, hardveres és szoftveres elemeket tartalmaz, gáz- illetve olajkutak működésének elemzésére használatos [5]. Szoftvere a Total Well Analyzer (TWM).

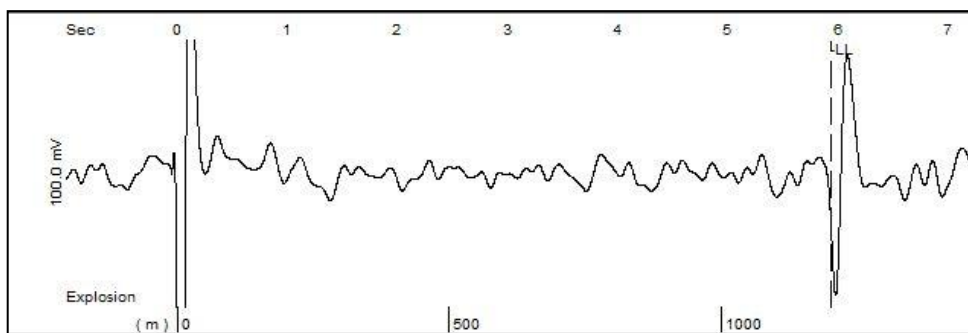
Az akusztikus mérést mind a két kút esetében a gradiens mérés után végezték el. Az echométeres mérés előtt a kút leállították. Bizonyos időközönként több lövést végeztek el, már az utolsónál nem tapasztaltak számottevő változást. Addig tart egy-egy mérés, amíg változást tapasztalnak. A program folyamatosan rajzolja az akusztikus jelet, addig, amíg a folyadékszintről a visszaverődés nem látható. Ha elérték a folyadékszintet, akkor leállítják a mérést. Utána automatikusan kiválasztja a pontos mélységet, de ha nem teljesen megfelelő számunkra, akkor manuálisan lehet rajta korrigálni.

A 3. ábrán látható, hogy a TWM hogyan rajzol meg egy akusztikus jelet. A kezdetnél látható nagy kitérés a felszíni eszközökről történő visszaverődést mutatják. A szaggatott függőleges vonal a folyadékszintet (LL – Liquid Level) mutatja.

A mért folyadékszint mérésenként eltérő. Valószínűsíthető, hogy a folyadékot a gáz a kút aljáról még el tudja szállítani, például egy ködös, vagy inkább átmeneti áramképet felvéve, a mérés előtt a kút leállításával a gázban lévő folyadék kicsapódik és visszafolyik a kúttalpra. Ennek a folyadéknak a szintjét mutathatják a mérési eredmények, melyek a következők:

1. lövés: folyadékszint: 1200,44 m
2. lövés: folyadékszint: 1718,37 m
3. lövés: folyadékszint: 1766,71 m
4. lövés: folyadékszint: 1679,26 m

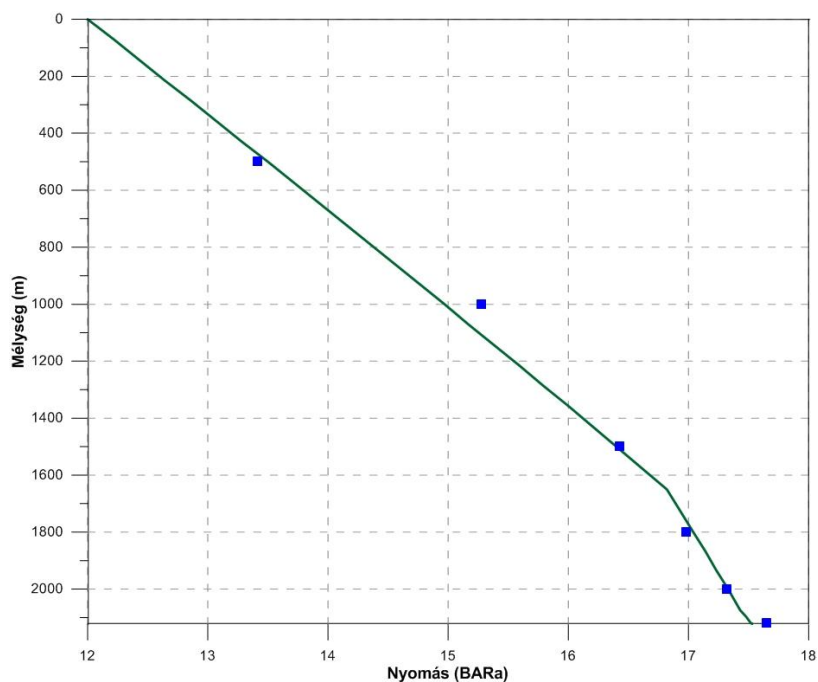
Az utolsó mérést lehet tartani állandósult állapotnak, mikor szinte minden lebegő víz/kondenzátum csepp visszahullt a kúttalpra. Ennek illetve a folyadék felhalmozódásának együttesét tartalmazza a mérés eredménye.



3. ábra: 1. lövés: folyadékszint: 1200,44 m

Ellenőrzés

Prosper szoftver segítségével ellenőriztem a kút adatait. A gradiens értékek alapján állítottam fel a kútmodell. A vízgőz és a kondenzátum kicsapódást is számításba vettem a Prosperben. A mért nyomásgradiens értékeket hasonlítottam össze a különböző korrelációkkal, amelyet a program használ. A legmegfelelőbb korreláció, amely illeszkedik a mért gradiens értékekre, a Petroleum Experts¹ korreláció. A mért és a program által számított nyomásértékeket a 3. táblázat és a 6. diagram tartalmazza. A diagramon a zöld folytonos vonal a Petroleum Experts korreláció értékei, a kék négyzetek pedig a mért gradiens értékek.



6. diagram: A mért nyomásgradiens és a Prosper által alkalmazott korreláció összehasonlítása

¹ Petroleum Experts korreláció: egyesítette az akkor létező korrelációk legjobb tulajdonságait. Felhasználta Gould és társai áramlási képét, dugós áramlásnál Hagedorn-Brown, ködösnél pedig Duns-Rons korrelációt. Az átmeneti áramlásnál a dugós és ködös áramlás egyesített eredményeit alkalmazta.

3. táblázat: Prosper-be bevitt illetve általa számított adatok

Petroleum Experts korreláció	
Mélység (m)	Nyomás (BARa)
0,0	12,00
71,4	12,22
142,9	12,43
214,3	12,64
285,7	12,86
357,1	13,07
428,6	13,28
500,0	13,50
571,4	13,71
642,9	13,92
714,3	14,13
785,7	14,34
857,1	14,55
928,6	14,76
1000,0	14,97
1071,4	15,17
1142,9	15,38
1214,3	15,59
1285,7	15,79
1357,1	16,00
1428,6	16,20
1500,0	16,40
1575,0	16,61
1650,0	16,82
1725,0	16,93
1800,0	17,04
1866,7	17,14
1933,3	17,23
2000,0	17,33
2037,0	17,38
2074,0	17,43
2097,0	17,48
2120,0	17,52
2121,0	17,53
2122,0	17,53

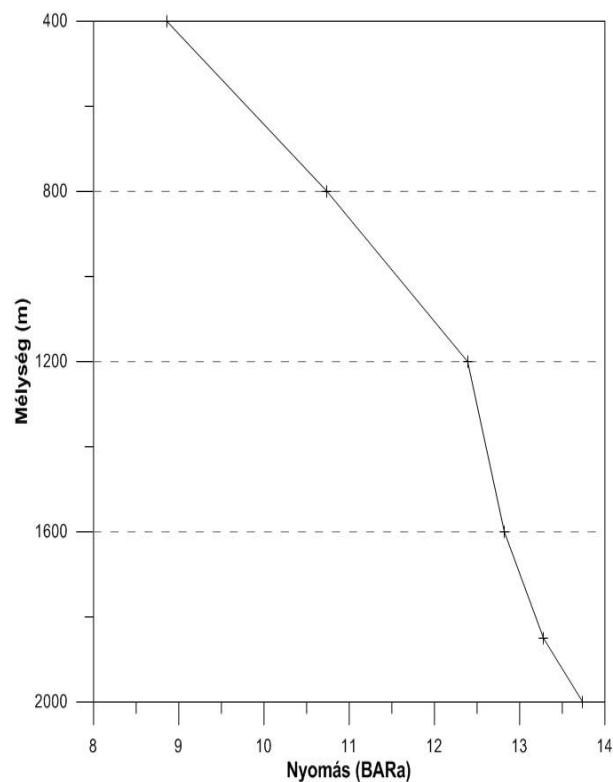
Mért nyomásgradiens értékek	
Mélység (m)	Nyomás (BARa)
500	13,413
1000	15,278
1500	16,426
1800	16,979
2000	17,322
2120	17,649

2. kút mérései: Gradiens mérés

Ennél a kútnál egy termelési nyomásgradiens mérés eredményeit tüntettem fel. A 7. diagramon látható némi változás, valószínűleg itt is sűrűségkülönbség miatt.

4. táblázat: Kút-2.
nyomásgradiens mérés

Mélység (m)	Termelési nyomásmérés (BARa)
400	8,86
800	10,74
1200	12,39
1600	12,82
1850	13,28
2000	13,74



7. diagram: Kút-2. nyomásgradiens mérés

Echométeres mérés

Az echométeres mérőeszközzel öt lövést végeztek el egy bizonyos időn belül. A termelési adatok alapján alig termel folyadékot.

1. lövés: folyadékszint: 522,26 m
2. lövés: folyadékszint: 1038,01 m
3. lövés: folyadékszint: 1762,35 m
4. lövés: folyadékszint: 1758,98 m
5. lövés: folyadékszint: 1777,74 m

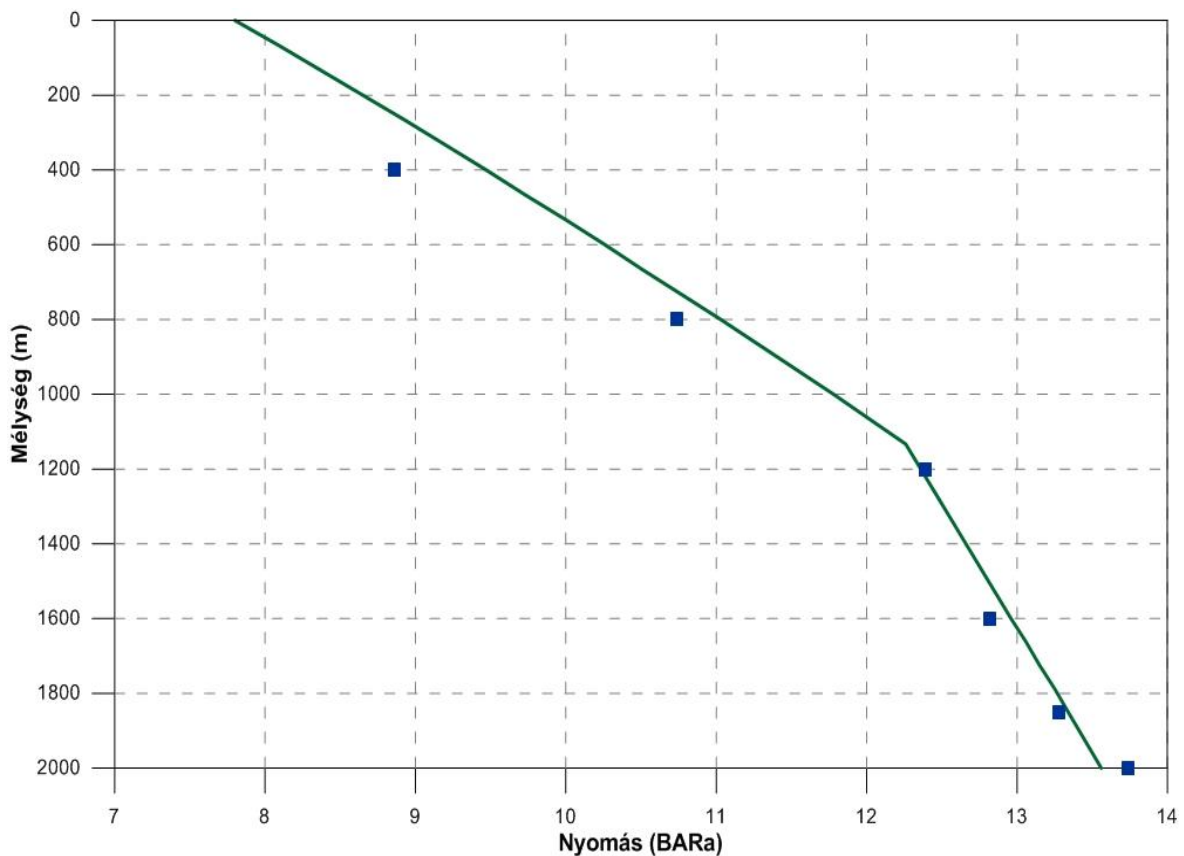
A csökkenő folyadékszintekből következtethetünk arra, hogy itt is a leállás miatti visszacsorgó folyadékot illetve a felhalmozódást mutathatják a mérési eredmények, vagyis nem a tényleges folyadékszintről érkezett a jelzés. Ez azért lehetséges, mert a mérés előtt néhány héttel lefúvatás történt, így a mérés napjáig nem gyűlt össze annyi folyadék, hogy az hatással lett volna a termelésre.

Ellenőrzés

A Kút-2 adatait is a Prosper program segítségével megvizsgáltam és összevettem különböző korrelációkkal. Ebben az esetben is a Petroleum Experts korreláció lett a megfelelőbb. A mért gradiens értékeket a 4. táblázat, a Petroleum Experts eredményeit az 5. táblázat tartalmazza. A 8. diagramon szemléltetem az összehasonlítást, ahol a zöld folytonos vonal a Petroleum Experts korreláció értékei, a kék négyszögek pedig a mért gradiens értékek.

5. táblázat: Prosper-be bevitt illetve számított adatok

Petroleum Experts korreláció			
Mélység (m)	Nyomás (BARa)	Mélység (m)	Nyomás (BARa)
0,0	7,80		
66,7	8,09	1133,3	12,26
133,3	8,37	1200,0	12,36
200,0	8,65	1266,7	12,46
266,7	8,93	1333,3	12,56
333,3	9,20	1400,0	12,66
400,0	9,47	1466,7	12,76
466,7	9,73	1533,3	12,86
533,3	10,00	1600,0	12,96
600,0	10,26	1662,5	13,06
666,7	10,51	1725,0	13,15
733,3	10,77	1787,5	13,25
800,0	11,03	1850,0	13,34
866,7	11,28	1925,0	13,45
933,3	11,53	1999,9	13,56
1000,0	11,78	2000,0	13,56
1066,7	12,02	2000,0	13,56



8. diagram: A mért nyomásgradiens és a Prosper által alkalmazott korreláció összehasonlítása

6.2. Eredmények

A mérések során kapott eredmények helyesek voltak. Az echométeres mérést ellenőriztem oly módon, hogy Prosperben összehasonlítottam a gradiens nyomásértékeket és a szoftver által alkalmazott korrelációkat. Az egyik korreláció szinte teljes mértékben illeszkedett a mért értékekre. Ezek alapján látható, hogy folyadék található a termelőcsőben. Az echométer által mutatott értékek a kút leállítása miatt, a talpra visszacsorgó folyadékot is mutatja. Kút-2-nél a jelenlévő folyadék mennyisége nem jelentős, mert a mérések előtt fúvatták le a kútát. Ettől eltekintve fontos mindkét kútnál a termelési adatok folyamatos megfigyelése, illetve gradiens és echométeres mérések elvégzése, hogy kellő időben észrevegyék, majd időszakos termeltetéssel felszínre emeljék a talpi folyadékot.

7. Összegzés

Dolgozatom egy rövid összefoglalót tartalmaz a vizes gázkutakról, arról, hogy is történhet az elvizesedés, honnan származhat a talpon felhalmozódó folyadék. Ezt a vizet vagy szénhidrogén kondenzátumot hogyan lehet felismerni, miként lehet, megszüntetni, vagy legalábbis csökkenteni a mértékét.

A két kút, amelyeket vizsgáltam, valós gázkutak, amelyek Magyarországon találhatóak. Mindkét kútnál a termelési adatokból lehetett következtetni talpi víz jelenlétére, illetve régebbi zárt gradiens mérések alapján is erre következtettek.

A cég, amely tulajdonába tartoznak az adott kutak, elrendelte azok vizsgálatát. Gradiens illetve akusztikus mérések során kapott adatok alapján végeztem el a kiértékelést. Az echométeres mérés adatait a Well Analyzer rendszer Total Well Manager (TWM) szoftverével tanulmányoztam. A Prosper szoftverbe bevitt kútadatok alapján ellenőriztem a nyomásgradiens mérés eredményét, összehasonlítottam a különböző korrelációkkal, majd kiválasztottam, melyik illeszkedik legmegfelelőbben a mért értékekhez. Mindkét kútnál a Petroleum Experts korreláció volt a legpontosabb.

Mindkét kútnál a gázáramban volt folyadék, amelyből valószínűleg kicsapódott a víz/kondenzátum, miközben a mérést elvégeztük. Az echométeres vizsgálat során leállították a kutat, valószínűleg az emiatt visszacsorgó folyadékot érzékelte a mérőeszköz.

Megállapítottam, hogy az adott kutaknál elegendő a folyadék felhalmozódás csökkentésére időszakos termeltetést alkalmazni, mert a folyadék mennyisége jelenleg még nem követel ennél nagyobb beavatkozást, de idővel ez változhat.

A gázkutak életében fontos az ellenőrzés és az esetleges víztelenítés, hogy a kutak élete hosszabb legyen, mert még kis termelésnél is megéri azokat termeltetni.

Melléklet

1. számú melléklet

Mintavétel helye:	Kút-1.	
Mintavétel időpontja:	2012.04.14 11:00:00	
Mintavételi hely nyomása:	11,0	bar
Mintavételi hely hőmérséklete:	27,0	°C
Vizsgálat időpontja:	2012. 4. 17. 12:30	

Komponens	mol %	g/m ³
C ₁	87,026	592,13
C ₂	3,689	47,05
C ₃	1,899	35,52
i-C ₄	0,721	17,77
n-C ₄	0,579	14,27
i-C ₅	0,281	8,60
n-C ₅	0,206	6,30
C ₆	0,214	7,82
C ₇	0,150	6,38
C ₈	0,074	3,62
CO ₂	3,672	68,54
N ₂ (+O ₂)	1,489	17,71
Összesen	100,000	825,70

g/m³ (15.0 °C,
101.325 kPa)

Számított adatok (MSZ ISO 6976 szerint):		
Abszolút sűrűség (0 °C) :	0,8715	kg/m ³
Abszolút sűrűség (15 °C) :	0,8257	kg/m ³
Wobbe-szám (0 °C) :	51,91	MJ/m ³
Wobbe-szám (15°C) :	49,12	MJ/m ³
Relatív sűrűség (0 °C):	0,6741	
Relatív sűrűség (15 °C):	0,6738	
Fűtőérték (15 °C) :	36,45	MJ/m ³
Égéshő (15 °C) :	40,32	MJ/m ³

Egyéb jellemzők:		
C ₃ +C ₄ tartalom (15 °C) :	67,56	g/m ³
C ₅ + tartalom (15 °C) :	32,72	g/m ³
Kén-hidrogén tartalom :	nincs mérve	mg/m ³
Oxigéntartalom :	0,014	mol %
Szilárdanyag-tartalom :	nincs mérve	mg/m ³
Kritikus nyomás :	46,6	bar
"Z" tényező (0 °C, 101.325 kPa)	0,9966	
CH harmatpont	nincs mérve	
Vízgőz harmatpont :	nincs mérve	°C
Vízgőz tartalom :	nincs mérve	g/m ³

Szagosítóanyag-tartalom:	nincs mérve	mg/m ³
Összes kéntartalom:	nincs mérve	mg/m ³
Kritikus hőmérséklet :	-66,0	°C
CH harmatpont határérték:	6,907	(4 MPa-on)

2. számú melléklet

Mintavétel helye:	Kút-2.	
Mintavétel időpontja:	2012. 3. 6. 7:00	
Mintavételi hely nyomása:		bar
Mintavételi hely hőmérséklete:		°C
Vizsgálat időpontja:	2012.03.06	

Komponens	mol %	g/m ³	
C₁	83,520	568,32	
C₂	4,810	61,35	
C₃	2,342	43,80	
i-C₄	0,839	20,68	
n-C₄	0,701	17,28	
i-C₅	0,312	9,55	
n-C₅	0,228	6,98	
C₆	0,203	7,42	
C₇	0,123	5,23	
C₈	0,059	2,90	
CO₂	3,773	70,43	
N₂ (+O₂)	3,090	36,72	
Összesen	100,000	850,65	g/m ³ (15.0 °C, 101.325 kPa)

Számított adatok (MSZ ISO 6976 szerint):		
Abszolút sűrűség (0 °C) :	0,8979	kg/m ³
Abszolút sűrűség (15 °C) :	0,8506	kg/m ³
Wobbe-szám (0 °C) :	51,27	MJ/m ³
Wobbe-szám (15 °C) :	48,51	MJ/m ³
Relatív sűrűség (0 °C):	0,6945	
Relatív sűrűség (15 °C):	0,6942	

Fűtőérték (15 °C) :	36,56	MJ/m ³
Égéshő (15 °C) :	40,42	MJ/m ³

Egyéb jellemzők:		
C ₃ +C ₄ tartalom (15 °C) :	81,77	g/m ³
C ₅₊ tartalom (15 °C) :	32,07	g/m ³
Kén-hidrogén tartalom :	nincs mérve	mg/m ³
Oxigéntartalom :	0,000	mol %
Szilárdanyag-tartalom :	nincs mérve	mg/m ³
Kritikus nyomás :	46,5	bar
"Z" tényező (0 °C, 101.325 kPa)	0,9965	
CH harmatpont	40 bar-on +4 °C felett	
Vízgőz harmatpont :	nincs mérve	°C
Vízgőz tartalom :	nincs mérve	g/m ³
Szagosítóanyag-tartalom:	nincs mérve	mg/m ³
Összes kéntartalom:	nincs mérve	mg/m ³
Kritikus hőmérséklet :	-64,3	°C
CH harmatpont határérték:	5,738	(4 MPa-on)

Irodalomjegyzék

- [1] Ferro, S. P. – Goldschmit M. B. (2007): A Numerical Model of Multiphase Flow on Oil Production Wells. A „2007 SPE Latin American and Karibbean Petroleum Engineering Conference” c. konferencián megtartott előadás, Buenos Aires, Argentína, 2007. Április 15-18.
- [2] J. F. Lea, H. V. Nickens, M. R. Wells: Gas Well Deliquification, Gulf Professional Publishing, 2008, ISBN 978-0-7506-8280-0
- [3] Takács G., Phd: Gas Lift Manual, 2005, Pennwell Corp., ISBN 0-87814-805-1
- [4] K. M. Clark: Hydraulic Lift Systems for Low Pressure Wells, Petroleum Engineering International, 1980. Február
- [5] <http://www.echometer.com/products/analyzer/index.html>

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a segítséget és a bizalmat Dr. Turzó Zoltán egyetemi docensnek, témavezetőmnek, aki tudásával gazdagított és segített az adatok, számítások feldolgozásában, az elmélet megszerzésében.