

## A SZÉNHIIDROGÉNTÉLEPEK MEGKUTATÁSÁNAK MŰVELÉSI SZEMPONTJAI

KÓKAI JÁNOS  
(1 ábrával)

**Összefoglalás:** A szerző foglalkozik azokkal a fázisjelenségekkel, amelyek a gáz és gáz-csapadék tárolóban a művelés folyamán játszódnak le. Ismerteti a nálunk is használatos hozamvizsgálatok hidrodinamikai alapjait, alkalmazhatóságuk feltételeit.

A szénhidrogéntelegek kutatásának és feltárásának végső célja, hogy energiahordozókat nyerjünk. A kutatási szakaszban szerezhető be azok az adatok, melyek megszabják magának a további kutatásnak irányát és mértékét, továbbá amelyek a gazdaságos leművelés megtervezéséhez elengedhetetlenül fontosak.

Az olajgeológus felelőssége nagy, munkája kettős, nem korlátozódhat a földtani megfigyelések rögzítésére, a magmintaavétel megfelelő elvégzésére, hanem ki kell terjedjen — együttműködve a tároló- és geofizikus mérnökkel — a fúrás során feltárt, szénhidrogén-tárolásra alkalmas rétegek ésszerű és szabatos vizsgálatának elvégzésére.

A szénhidrogéntelegek termelésének alakulása fizikai jellemzőik és művelési rendszerük függvénye. Ahhoz, hogy a telep művelési rendszerét megválasszuk, művelési tervét elkészítsük, szükséges a tároló földtani és hidrodinamikai viszonyainak, a telep kiterjedésének, közetfizikai paramétereinek, telítettségi viszonyainak, a telep nyomásának és hőmérsékletének, továbbá a telepolyadékok összetételének, fázisviszonyainak és ezek várható alakulásának ismerete.

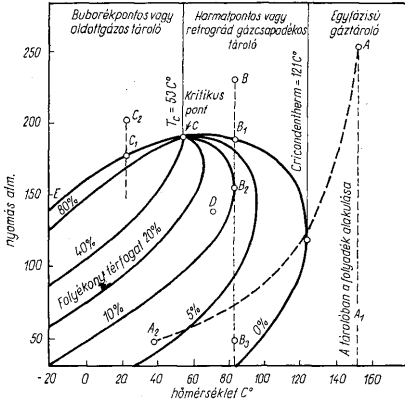
A telepben tárolt folyadékok természetére, a beáramlási viszonyokra a rétegvizsgálatok útján szerzünk adatokat. A vizsgálati eredmények nagy jelentőségűek, azoknak elegendő és megbízható adatot kell szolgáltatni a tároló megismeréséhez.

Hogy ezek az áramlásvizsgálatok megadják a tervezéshez szükséges adatokat, részleteiben kell ismernünk a tárolóban lejátszódó folyamatokat és az alkalmazható vizsgálatokat. A geológus dönt a megvizsgálendő rétegek és azok megnyitandó szakaszainak kijelölésénél, ezért ismernie kell nemcsak a kutatási, hanem a művelési szempontokat is, hogy elegendő adatot nyerjünk a mező helyes művelési tervének elkészítéséhez.

A tárolóban levő szénhidrogének, valamint a velük együtt jelenlevő  $\text{CO}_2$ -,  $\text{H}_2\text{S}$ -,  $\text{N}_2$ -gázok fázisviszonyait a nyomás és hőmérséklet függvényében a fázisdiagram mutatja (1. ábra).

Kisebb hőmérsékleten és nyomáson a kőolaj és földgáz különálló anyagként van jelen a tárolóban, nagyobb nyomáson a kőolajban gáz oldódik fel és magas forrpon-tú alkotórészek oldódnak fel a gázfázisban. Ha a szénhidrogén keverék kritikus hőmérséklete közel azonos vagy egyenlő a réteghőmérséklettel, akkor a „gáz” és „folyadék” kifejezéseknek nincs értelme. A kritikus hőmérséklet közelében a nyomás csökkenésére a folyadékok és gázok gyorsan megváltoztatják fázis jellegüket és kétfázisú tartományba lépnek.

Ha a szénhidrogén rendszer krikondenterm hőmérséklete, — amelyen a szénhidrogénkeverék gáz- és folyadékfázisa még egyensúlyban lehet egymással — a telep hőmérsékleténél kisebb, akkor a telepben csak gázfázis van. Ebben az esetben, mivel a telep hőmérséklete nem változik, a teleznyomás csökkenésekor is csak gázfázis marad, a termelt szénhidrogén összetétele nem változik. A termelőcsőben áramló folyadék hőmérséklete a felemelkedéskor csökken, a kút két fázist, csapadékot és gázt is termel.



1. ábra. Szénhidrogén-keverék fázisdiagramja. Magyarázat: EC — buborékpont-görbe, FC — harmatpont-görbe

Fig. 1. Phase diagram of hydrocarbon admixture. Explanation: EC — Bubble point curve, FC — Dew point curve

Ha a telepfolyadék krikondentermje a felszíni hőmérsékletnél kisebb, akkor a külszíni hőmérsékleten is csak gáz van, szárazgáztelepről beszélünk. A szárazgáztelepek gáza is tartalmazhat cseppfolyós frakciókat, amelyeket alacsony hőmérsékleten való szeparálással, ad-, ill. abszorpciós leválasztó berendezéssel nyerhetünk ki.

Ha a telep hőmérséklete nagyobb, mint a telepben levő szénhidrogénrendszer kritikus hőmérséklete, de kisebb mint a krikondenterm hőmérséklete, akkor harmatpontos gáz-csapadéktelep. A harmatpontnyomás felett csak gázfázis van. A termelés folyamán a harmatpontnyomásig a termelés összetétele nem változik. A nyomásnak a harmatpontnyomás alá csökkenésekor lecsapódás, harmatképződés indul meg. A lecsapódott folyadék először hozzátapad a kőzet pórusainak falához, mozdulatlaná válik, majd a telepben a folyadéktelítettség egyre nő és elérve a folyadéktelítettség adott határát mozgásba jön és kétfázisú áramlás alakul ki. Ez — a kőzet és az azt telítő folyadék jellemzőitől függően — 10–20% folyadéktelítettségénél következik be. A lecsapódás, a kondenzáció folyamata egy maximális folyadéktelítettségig tart, majd a teleznyomás további csökkenésével megindul a folyadék elpárolgása. Az ilyen telepeket retrográd gáz-csapadéktelepeknek nevezzük. A termelt gáz és folyadék összetétele a folyamatnak megfelelően változik. A lecsapódás miatt csökken a gáz nehezebb szénhidrogén tartalma, a folyadéknek a kőzet pórusainak falához való tapadása miatt kisebb lesz a folyadék-

termelés és ennek következtében megnő a gáz—folyadék arány. A kétfázisú áramlás megindulása után a folyadéktermelés növekszik, a gáz—olaj viszony csökken. A vaporizációt gázdúsulás jellemzi.

A harmatpont alatti telepnymáson a művelés folyamán a telepben levő szénhidrogénrendszer összetétele állandóan változik, a tárolóközvet pórusaiban maradt nehezebb szénhidrogének mennyisége a kondenzáció folyamán nő, a vaporizáció folyamán pedig csökken.

Azok a telepek, amelyek szénhidrogén rendszerének kritikus hőmérséklete nagyobb a telep hőmérsékleténél, buborékpontos vagy olajtelepek. Ezek megmintázása zárt állapotban vett mélységi vagy talpmintával történik.

A gáz- és gáz—csapadéktelepek folyadék tartalmát, illetve összetételét a kutak kis depressziója mellett huzamosabb ideig tartó termelés közben, egyensúlyi helyzetben vett gáz és csapadék mintából állapíthatjuk meg, vagyis pontosan mérjük a gáz és folyadék (olaj és víz) beáramlás mennyiségét és közben a felszínen szeparálási nyomáson és hőmérsékleten veszünk gáz és folyadék mintákat. A nagyobb nyomáskülönbség hatására a kúttalp közvetlen közelében folyadék-kicsapódás következhet be, ennek következtében a felszíni folyadék és gázhozam együttes összetétele nem felel meg a telep-folyadékának. Ha feltételezhető a kúttalp közelében csapadékkiválás, akkor csak hosszabb termeltetés és termelési egyensúly kialakulása után, a folyadék és gázhozam pontos mérése mellett lehet a valóságos telep-folyadék-tartalmat a csapadék és gázfázis egyidejű megmintázásával meg állapítani.

A szénhidrogéntároló egységes dinamikai rendszer, annak minden pontja kölcsönös kapcsolatban áll egymással. Ezért a kutat, amely a tárolót feltárja, nem egyedülállónak, hanem az egész tároló képviselőjének kell tekintenünk. Az egyes kutak vizsgálatánál az egész tároló, illetve réteg megismerését kell szem előtt tartani.

A gáz- és olajkutak hozama teljesítmény és áramlás vizsgálatokkal határozható meg. A hozamvizsgálatok három típusa ismert:

1. Hozzáfolyás vizsgálat
2. Ellennyomásos vizsgálat
3. Izokrón vizsgálat

A hozzáfolyás vizsgálatnál a lyukat megtöltött folyadék egy részének kiemelésével különböző méretű depressziót hozunk létre, amelynek következtében a tároló fizikai jellemzőinek és a depresszióknak megfelelően folyadékáramlás indul a nyitott rétegből a kútba. Az azt követő folyadékszint változást figyelő módszer nem alkalmas a réteg teljesítményének jellemzésére, mivel a depresszió, vagyis a folyadékmozgás sebessége pillanatról-pillanatra változik.

A folyadékszint emelkedésének vagy süllyedésének mérésénél, a rétegben a nem állandósult nyomás újraelosztási folyamatok változását figyeljük.

A szintfigyelési módszer fő hibája, hogy nem veszi figyelembe a réteg, valamint a folyadék és gáz rugalmas sajátosságait.

Ha a réteg és a rétegfolyadék abszolút merev, akkor a rétegben a nyomásújraelosztási folyamat pillanatszerűen megy végbe és a szintemelkedési folyamat tartós jellegű. Ebben az esetben a hozzáfolyási vizsgálat, vagyis a szintfigyelési módszer megfelelő lenne.

A valóságos viszonyok között azonban a réteg és a telítő folyadék rugalmas, azért a kutak a telep tényleges teljesítményét csak folyamatos hozam- és nyomásméréssel ún. áramlásvizsgálat alapján ismerhetjük meg.

A kutak kapacitását áramlásvizsgálatokkal az alábbiak szerint lehet meghatározni.

A gáz- és olajkutak teljesítményének mérésénél olyan matematikailag leírható áramlásviszonyokat kell létrehozni, amelyeknek ismeretében a telep és a kút jellemző

paramétereik közötti összefüggés egyszerűen kifejezhető. Janicek és Katz porózus közegekben az áramlás három fajtáját különbözteti meg. Az állandó állapotú vagy permanens áramlás, amikor a telepnyomás és a tápterület sugara időben állandó. Állandó állapotú áramlás esetében a kút teljesítménye a Darcy törvény alapján közvetlenül számítható, feltéve, hogy meghatározzuk a megcsapolási sugarat. A gyakorlatban ez az állapot ritkán állítható elő.

Nem állandósult állapotú vagy nem permanens áramlásról beszélünk, amikor a telepben a nyomás változik, a megcsapolási sugár még növekszik.

Stabilizálódott áramlásról akkor szólunk, ha a tároló effektív megcsapolási sugara eléri a tároló határát, illetve amikor a szomszédos kutak depressziós tölcseirei találkoznak és a megcsapolási sugár állandóvá válik, a beáramlást szabályozó nyomásviszonyok azonban változnak. Rövid időtartamra vonatkoztatva a stabilizálódott áramlás permanens (stacioner) állapotúnak tekinthető.

A stacioner sugaras áramlásnál a hozamot a Dupuit képlet

$$Q = \frac{2kh(p_k - p_b)}{\mu B \ln r_{kl}/r_b}$$

adja.

A nem állandósult áramlást, vagyis amikor a telepnyomás állandó és a tápterület sugara az idő függvényében változik

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{1}{\eta} \frac{\partial p}{\partial t}$$

alakú nem lineáris parciális differenciál egyenlet írja le, ahol

$$\eta = \frac{k}{\mu \cdot \varnothing \cdot c}$$

a diffuzivitás tényező ( $c$  az áramló közeg rugalmassági tényezője).

Az állandó állapotú áramlásnál az áramlási rendszerbe belépő és kilépő folyadék-mennyiségek egyenlők. A nem állandósult áramlásnál a be- és kilépő folyadék-mennyiségek nem egyenlők, a porózus közeg folyadéktartalma az idővel változik. A porózus közegben ilyen változások akkor lehetségesek, ha a folyadék és kőzet összenyomható.

Az állandó áramlás egyenletében szereplő változókon kívül a nem állandósult áramlást leíró egyenletben szerepel az idő, a tárolókőzet porozitása és a folyadék összenyomhatósági tényezője.

Elle ny om á s o s v i z s g á l a t, stabilizálódott vagy állandósult áramlásos vizsgálat. Ez áramlás—áramlás után vizsgálat, amelynél a 3—5 különböző hozamlépcsőben folyamatosan egymás után méri a kút hozamát, mikor az nagyobbról kisebbre változik, mert így a beáramlási sugárdifferencia kisebb.

Ez a módszer termelőtelepeknél használható, ahol a kutak beáramlási sugara megállapodott. Egy nem termelő vagy újonnan felkutatott telepet megnyitó kutaknál csak akkor használható, ha nagy átteresztőképességű a tárolókőzet és így a stabilizáció gyorsan bekövetkezik.

A kis átteresztőképességű tárolók esetében, amikor a stabilizáció lassan, hosszú termelési idő után következik be, az elle ny om á s o s kút vizsgálatnál a rövid ideig tartó vizsgálatok eredményeinek csak megfelelő korrekciója után jutunk a kút hozamegyenletéhez.

A gáz esetében a hozam és talpnyomás különbségek között a

$$Q = C(p_k^2 - p_b^2)^n, \quad (2)$$

olaj esetében

$$Q = C (p_k - p_b)^n \quad (3)$$

összefüggés írható fel.

A (2) vagy (3) egyenletet logaritmálva egy egyenes egyenletét kapjuk, melynek meredeksége  $n$ , tengelymetszete  $C$ .

A kapacitásmérés során a különböző  $p_b$  termelési talpnyomások mellett kapott  $Q$  hozamokat a  $p_k - p_b$  függvényben log-log rendszerben ábrázoljuk. A mérési hibák következtében rendszerint nem kapunk egyenest, a hiba kiegyenlítése grafikusan vagy számítás útján végezhető el. A  $C$  és  $n$  ismeretében a hozamgörbe bármely pontja kiszámítható. A  $C$  tényező a rétegparamétereket (rétegvastagság, átteresztőképesség, kútsugár, tápkontrútsugár) a folyadék fizikai tulajdonságait (viszkozitás, összenyomhatóság) és egyéb állandókat tartalmazza. Az egyenlet  $n$  kitevője az áramlás jellegére utal, lamináris áramlás esetén  $n = 1$ , vagyis az egyenes esése  $45^\circ$  C, Darcy törvénytől eltérő áramlásnál  $n < 1$ .

A hozamgörbe azon pontjához tartozó  $Q$  hozam, amely egy atm elméleti termelési talpnyomáshoz tartozik, a kút potenciális hozamát adja, a kút termelőképességének mérőszámául is szolgál és ezen adat alapján lehet a kutakat termelőképességük szempontjából összehasonlítani.

Ha állandósult vagy stabilizálódott áramlás a vizsgálat során nem áll be, akkor izokron vizsgálati módszert kell alkalmazni. Ez alkalmas közel stabilizálódott viszonyok között kapacitásmérésre. Új vagy nem termelő telepek vizsgálatánál szükséges az izokron vizsgálat. Ellennyomásos módszerrel csak hosszú termelési időszakok után kaphatnánk közelítőleg is jó eredményt. Az izokron módszer lényege, hogy tetszőleges megcsapolás mellett a beáramlási sugár azonos legyen. A beáramlási sugár a termelési idő függvénye és független a megcsapolás mérvétől. Ezt úgy érjük el, hogy azonos termelési időtartamhoz biztosítjuk az azonos kiindulási feltételt, vagyis az egyes termeltemési szakaszok között a kutat a nyomásbeálláshoz szükséges időre lezárjuk. A hozamegyenlet paramétereit egyenlő időtartamú nyitási, azaz termelési és zárási periódusok során mért adatokból számítjuk. Nem termelő telepek kútjainak ellennyomásos vizsgálati adatait gondos és részletes megfigyelés adatai alapján korrigálni lehet ugyan, de egyszerűbb az izokron mérés.

Nem állandósult áramlási vizsgálat a folyamatos termelés megszüntetése utáni állapot figyelése. A termelés megszüntetésekor a kút körüli depressziós zóna megszűnése, a nyomás kiegyenlítődése, a nyomásemelkedési-görbe a tárolókőzet főbb fizikai paramétereit tükrözi. Kútvizsgálatok után a nyomásemelkedési-görbék felvétele és értékelése fontos követelmény. Mint tudjuk, a tárolórétegben a termelés hatására bekövetkező nyomásváltozás arányos a termelt folyadék mennyiségével, viszkozitásával, a réteg átteresztőképességével, a tároló porozitásával, a tárolt folyadék összenyomhatóságával.

E vizsgálat alapján kapott rétegfizikai adatok nem a tároló egy pontját jellemzik, hanem az egész beáramlási sugár területére érvényesek, azoknak átlagos effektív értékét mutatják. Jobb adatot adnak, mint ami a karotázsmérés vagy a kőzetmagvizsgálat során nyerhető, ezért kútvizsgálatkor indokolt a nyomásemelkedési görbe felvétele.

### J e l ö l é s e k

	Fizikai rendszerben	Üzemi egységekben
$k$ átteresztőképesség .....	cm <sup>2</sup>	md
$h$ olajos vagy gázos réteg vastagsága .....	cm	m
$p_k$ termelőkút tápterületének határán uralkodó nyomás .....	din/cm <sup>2</sup>	ata

$p_b$	termelési talpnyomás .....	din/cm <sup>2</sup>	ata
$r_k$	a kút tápterének sugara .....	cm	m
$r_b$	a kút sugara .....	cm	m
$B$	rétegtérfigató tényező		
$\mu$	viszkozitás .....	P	cP
$Q$	hozam .....	cm <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /nap.

## IRODALOM — REFERENCES

- Craft, B. C. — Hawkins, M. F. (1959): Applied Petroleum Reservoir Engineering, Prentice Hall. — Eilerts, C. K. (1957—1959): Phase Relations of Gas-Condensate Fluids, Monograph Bureau of Mines I—II. — Van Everdingen, A. F. — Hurst, (1949): The Application of the Laplace Transformations to Flow Problems in Reservoirs, Trans. AIME. — Horner, D. R. Pressure Build-Up in Wells, Proc. Third World Petr. Congr. Sect. II. — Kassai L., (1960): Termelő-kutak nyomásemelkedési görbéinek értékelése, Bányászati Lapok 10—12 sz. — Kassai L., (1962): Nagyalföldi földgáztelepek művelése, Bányászati Lapok, 12 sz. — Katz, D. L. (1959): Handbook of Natural Gas Engineering, McGraw Hill Co. — Miller, C. C. — Dyes, A. B. — Hutchinson, C. A. (1950): The Estimation of Permeability and Reservoir Pressure from Bottom Hole Pressure Build-Up Characteristics, Trans. AIME. — Pirson, S. J. (1958): Oil Reservoir Engineering, McGraw Hill Co. — Portman, W. E. — Campbell, I. M. (1956): Effect of Pressure, Temperature and Well-stream Composition on the Quality of Stabilized Separator Fluid, Trans. AIME, 207, 308. — Standing, M. B. (1952): Volumetric and Phase Behavior of Oil Field Hydrocarbon Systems, Reinhold.

## Prospecting for hydrocarbon reservoirs in the light of production

J. KÓKAI

The article deals with the phase phenomena observed in the oil reservoirs during the prospecting work. This knowledge obtained during the research stage is absolutely necessary to an industrial geologist as it comes handy to him during the elaboration of the exploitation plan. The author lays open the principle basis of affluence, back-pressure and isochronous investigations as well as conditions of their application. In reality the actual capacity of the reservoir may be determined by flow tests, by the continuous measurements, considering the elasticity of the strata as well as the fluids saturating them.