

## NÉHÁNY MEGJEGYZÉS A SZÉNHIIDRÓGÉNTÉLEPEK FELTÁRÁSÁVAL KAPCSOLATBAN

TILLESCH L.ÉÓ

(3 ábrával)

**Összefoglalás:** A szénhidrogénkutató- és termelő fúrások lemélyítése és a tároló rétegek kivizsgálása során kell megkapnunk mindazon alapadatokat, amelyek a kőolaj- és földgáztelepek leművelési tervének elkészítéséhez szükségesek. Ezen adatoktól függ az optimális leművelési rendszer kiválasztása. A dolgozat röviden összefoglalja a szénhidrogéntárolók megismerésének főbb szempontjait.

A szénhidrogéntelepek feltárásánál elsőrendű szempont, hogy a lemélyített kutakból mindazon adatokat megkapjuk, amelyek a tárolók racionális leműveléséhez szükségesek. A hazai gyakorlat az, hogy a kutak helyét a kutatási illetve a termelési geológiai osztályok határozzák meg és ők a fúrások gazdái mindaddig, amíg a lemélyített, kivizsgált és többnyire termelésre kiképzett kutat át nem adják a termelő vállalatnak. Ez azt jelenti, hogy elsősorban földtani szakembereken múlik a leművelést és annak gazdaságosságát alapvetően meghatározó alapadatok megszerzése.

Egy szénhidrogéntelep feltárásán nemcsak annak leműveléséhez szükséges kutak lemélyítését értjük, hanem a tárolónak oly mértékben való megismerését, hogy leművelése megtervezhető legyen. A művelési tervben meg kell határozni a földtani és az ipari szénhidrogénkészleteket, a telep leműveléséhez szükséges kutak számát és elhelyezését, a kutak kiképzését és a kutak működési rendszerét, úgynevezett technológiai rezsimét. Meg kell állapítani azt az — elsődleges vagy másodlagos — művelési rendszert, amellyel adott gazdasági feltételek mellett a szénhidrogének leggazdaságosabban kitermelhetők. Ki kell számítani a telep várható viselkedését, meg kell határozni a rétegenergia-viszonyok és a termelés várható alakulását.

Az ipari készlet — vagyis az adott földtani készlet kinyerhető hányada — nem meghatározott mennyiség, hanem változó: a megfelelően kiválasztott művelési rendszertől függ. Nem lehet tehát az ipari készletet bármely telepnél a földtani készlet állandó meghatározott %-ával megadni, hanem azt minden egyes telepre külön, a telep jellemzőinek, a felhagyási nyomásnak és az adott gazdasági viszonyoknak megfelelően kell megállapítani.

A szénhidrogéntelepek művelésének megtervezése, a legmegfelelőbb művelési rendszer kiválasztása elsősorban a telepek kutatása és feltárása során nyerhető földtani megfigyeléseken, illetve azokkal szoros kapcsolatban levő alapadatokon nyugszik.

Ezek az alapadatok a következők:

1. A szénhidrogéntároló, és a vele hidrodinamikai kapcsolatban levő kőzet tulajdonságai, amelyek a kőzet ásványtani összetételétől és szerkezetétől függenek. Ezek: a porozitás, az abszolút — effektív — illetve a különböző fázisokra vonatkozó relatív átteresztőképesség, a pórusméret-eloszlás; a tárolókőzet kompresszibilitása; a felületi tulajdonságok, a különböző folyadékokra vonatkozó nedvesíthetőség, előnyomulási és visszahúzóási peremszögek, a határfelületi feszültség, és kapilláris nyomás. E tulajdonságoktól függően alakulnak a kőzetben a telítettségi viszonyok: a tapadóvíz-telítettség, az egyes fázisok közötti átmeneti zónák vastagsága és a különböző termelési módszerekkel történő leművelés után a telepben visszamaradó olaj aránya, más szóval a maradék olaj-telítettség.

2. Ismernünk kell a fenti tulajdonságok térbeli eloszlását a telepben és a telep geometriai alakját. Az olaj- és gáztárolók várható teljesítménye nagymértékben függ a szénhidrogéncsapda típusától, a tárolókőzetnek a szomszédos formációkhoz való viszonyától. Lényeges ismernünk, hogy a telep zárt vagy nyitott, milyen kiterjedésű, illetve térfogatú víztárolóval áll összefüggésben, a művelés folyamán milyen mértékű vízutáramlással számolhatunk.

Ismernünk kell a telepben a különböző fázisok elhelyezkedését: az olaj—víz, gáz—olaj, illetve gáztelepekben a gáz—víz határok helyzetét és az átmeneti zónák vastagságát a művelés megindítása előtti, kezdeti állapotban.

E kérdésekre — a telep termelésének megindítása előtt — egyedül a mélyföldtani megfigyelések adhatnak feleletet.

3. Ismernünk kell a kezdeti telepnymást és telephőmérsékletet. Az egyes kutakban mért értékeket azonos mélységre — a tároló középszintjére, az olaj—víz határra, vagy a gáz—olaj határra — számítjuk át és ezek alapján határozzuk meg a telep átlagos nyomását és hőmérsékletét.

4. Ismernünk kell a telepfolyadékok — a rétegvíz, és a szénhidrogénrendszer — tulajdonságait a telepviszonyok között, azaz a tárolóban uralkodó nyomás és hőmérséklet mellett, valamint ezen tulajdonságok változását a nyomás és a hőmérséklet csökkenésével. Meg kell határozni a rétegvíz oldott sótartalmának vegyi összetételét. Ismernünk kell a rétegvíz viszkozitását és kompresszibilitását telepviszonyok között.

Elsőrendű fontosságú, hogy pontosan ismerjük a tárolt szénhidrogénrendszer pontos összetételét, az olaj, a földgáz viszkozitását, kompresszibilitást stb. Olajtelepeknél nélkülözhetetlen adat az olaj térfogatit tényezőjének és a buborékpont nyomásának, illetve az oldott gáztartalomnak ismerete a telep termeltetését megelőző, kezdeti állapotra. A telep leművelésének megindítása előtt nyomás alatti talpmintát kell venni és azon laboratóriumban PVT mérést kell végezni, azaz meg kell határozni a rétegfolyadék térfogatának alakulását a nyomás és hőmérséklet függvényében. Ha ez a mérés nem történt meg időben, úgy a rétegvíznyomás lecsökkenése után vett mintából csak hozzávetőleges, becsült adatokat kaphatunk, ami nagymértékben bizonytalanná teszi a telep rezervoármechanikai vizsgálatát.

Gáz és gázcsapadék telepek esetében ismernünk kell — a kútból állandósult, egyensúlyi állapotban, meghatározott nyomáson és hőmérsékleten vett minta vizsgálata alapján — a szénhidrogénrendszer pontos összetételét, fázisviselkedését. Csak ennek ismeretében lehet megállapítani, hogy milyen jellegű szénhidrogénteleppel: szárazgáz teleppel, nedvesgáz teleppel vagy gáz-csapadék teleppel van dolgunk.

a) A szárazgáz telepekben a szénhidrogének csak gázfázisban vannak jelen és a termelés folyamán a felszínen sem válik ki a gázból csapadék.

b) A nedvesgáz telepekben réteghőmérsékleten a szénhidrogének mind gázfázisban vannak, de a termelés folyamán a kútban és a felszínen kondenzátum válik ki.

c) A gáz-csapadék telepekben a szénhidrogének egy része a telepben folyadék-fázisban van, vagy a termelés folyamán a nyomás csökkenése folytán folyadékfázis alakul ki. Ez utóbbiak a harmatpontos vagy retrográd telepek.

Ha egy retrográd gáz-csapadék telep ilyen jellegét nem ismerjük fel időben és művelése folyamán a telep nyomása bizonyos érték alá csökken, akkor a megfelelő eljárással kitermelhető gázolajkészlet nagy része teljesen elveszik számunkra.

A kutatófúrásoknál kutanként általában több réteget vizsgálnak meg egymás után és a kivizsgált rétegeket elcementezik, kizárják. Ha kellő időben a szükséges mintavételt elmulasztjuk azt már nem, vagy csak költséges kútmunkálatok árán tudjuk pótolni.

A fent felsorolt adatok birtokában és az egyes jellemzők — mint a kúthozam, gáz—olaj viszony, víz—olaj viszony stb. — termelés alatti megfigyelése alapján meg kell becsülni, hogy a telep termelése során milyen energiák fognak szerephez jutni — az előre nyomuló peremi víz, vagy a kiterjedő gázsapka kiszorító hatása, az olajból kiváló gáz rugalmas energiája, a felületi energia vagy a gravitáció hatása — és ezek milyen arányban vesznek részt az olajkihozatalban.

Természetesen a szénhidrogéntelegek feltárása folyamán szerzett ismeretek alapján csak durván lehet becsülni a művelés során szerephez jutó energiákat, azaz a telepek várható működési rendszerét. Ennek pontos meghatározása csak a telepek bizonyos ideig történő termeltetése után lehetséges, ha pontosan ismerjük a kitermelt szénhidrogén- és vízmennyiségeket, a rétegnyomás alakulását és a tárolóban levő fluidumok tulajdonságainak alakulását réteghőmérsékleten a nyomás függvényében. Ha a fenti adatok birtokában megállapítottuk a vizsgált időszak alatt a telepbe benyomult víz mennyiségét, akkor az anyagmérleg-egyenlet segítségével meghatározhatjuk a különböző energiefajtáknak a kiszorítási folyamatban való részvételi arányát, azaz a vízzel történő kiszorítás hatékonyságát, a szabad gáz hatékonysági fokát és az oldott gáz hatékonysági fokát.

A tárolókra és a tárolt fluidumokra vonatkozó alapadatok megismerése a következőképpen történhet:

1. A fúrás folyamán közvetlen földtani megfigyelések, illetve a magfúrások magmintái és a folyadék- vagy gázminták laboratóriumi vizsgálata alapján.

2. A tárolóközet bizonyos fizikai tulajdonságainak (pl. a természetes potenciál, az ellenállás, az indukció, a természetes és gerjesztett radioaktivitás, a szónikus hullámok terjedése stb.) kvantitatív értékelése alapján.

3. A tároló rétegekből a kutakba történő beáramlás mennyiségi és minőségi vizsgálata, a telepnnyomás — (a nyomásemelkedési görbék értékelése) — valamint a kutak kapacitásának mérése alapján.

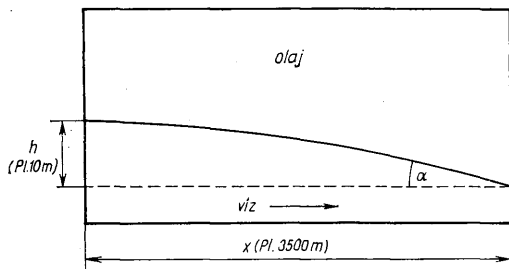
Nagyalföldi szénhidrogéntelegeink tárolóközete általában mind vízszintes, mind függőleges irányban változókéony kifejlődésű. Különösen vonatkozik ez a kristályos alaphegységre települt, illetve az alsópannonn alsó részén található képződményekből álló tárolókra Biharnagybajomban, Pusztaföldváron, Pusztaszőlősen, Battonyán, a flis tárolóra Hajdúszoboszlón és a demjéni olajtelepekre.

Pl. a pusztaföldvári „Békés” szint igen heterogén kifejlődésű, finom- és durvaszemű homokkőből, laza homokokból, aprószemű és durvaszemű konglomerátumból, breccsából és mállott kristályos palából álló telep. Leművelési szempontból azonban mindezek a képződmények egységes hidrodinamikai rendszert alkotnak. Ilyen telep megismerésének legmegbízhatóbb módja, ha megfelelő számú kútban folyamatos magfúrással harantoljuk a tárolót, magas magkihozattal érünk el és a magmintákat teljes egészében laboratóriumi vizsgálatnak vetjük alá. Erősen heterogén telepekben, illetve ott, ahol a különböző karotázsmódszerek eredményeinek pontos értékelése nem lehetséges, ezen

az ún. magszelvény módszerén kívül nincs más lehetőségünk a tároló alapos megismerésére.

A tárolókőzet fizikai tulajdonságainak az egész telepre vonatkozó értékelésénél világviszonylatban egyre nagyobb szerephez jutnak az ún. statisztikai módszerek. Így az egyes paramétereknek az egész telepre vonatkozó átlagát nem a kutankénti átlagból, vagy a terület szerint súlyozott átlagból, hanem mindig a közzétérfoogat szerint súlyozott átlagból számítják.

A másik fontos tényező a fázishatárok pontos megállapítása a telepben. Ismeretes, hogy az olaj-víz - sőt kisebb mértékben esetleg a gáz-olaj - határ nem feltétlenül vízszintes sík, hanem a tárolókőzet tulajdonságaitól, a tároló kialakulásától és a talpi víz áramlásától függően ferde is lehet.



1. ábra. Dőlt olaj-víz határ a talpi víz áramlása esetén  
Fig. 1. Inclined oil-water boundary in case of bottom water flow

A tárolónak a különböző fázisok által telített részei között átmeneti zónák találhatók, amelyek vastagsága, illetve az egyes fázisokra vonatkozó telítettség a pórusméret-eloszlás és a tárolókőzet felületi tulajdonságai szerint változik:

A kőzet kapillárisaiban a víz-, olaj- és gáztelítettség a kőzet felületi tulajdonságaitól és a kapillárisok, pórusok méretétől függő kapillaris erők és a felhajtó erők közötti egyensúlynak a függvénye.

$$p_c = \frac{2\sigma \cos\theta}{r} = g h (\varrho_1 - \varrho_2)$$

ahol

- $p_c$  = a kapillaris nyomás
- $g$  = a nehézségi gyorsulás
- $\varrho_1$  = a nehezebb folyadék sűrűsége
- $\varrho_2$  = a könnyebb folyadék sűrűsége
- $h$  = a kapillaris felemelkedés
- $\sigma$  = a felületi feszültség
- $\theta$  = a peremszög
- $r$  = a kapillaris sugár.

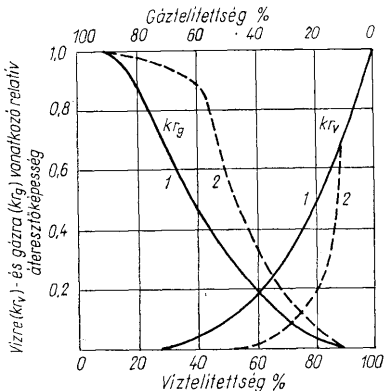
Hidrofil kőzet — amilyen a tárolókőzetek többsége — és kis pórusméretek esetén a kőzet nagyrészt vízzel telített, sőt lehetséges, hogy a telep kialakulásakor felhalmozódó olaj a tároló egyes részeiből egyáltalán nem tudja a vizet kiszorítani.

Ha a tárolóban az olaj–víz határ alatt a víz áramlásban van, akkor az olaj–víz határfelület dőlése meghatározható:

$$\operatorname{tga} = \frac{dh}{dx} = a \frac{\mu \cdot u \cdot f}{k \cdot \Delta \rho}$$

ahol

- $a$  = a mértékegységek megválasztásától függő állandó
- $u$  = áramlási sebesség
- $f$  = porozitás
- $k$  = átteresztőképesség
- $\Delta \rho$  = az olaj és a víz közötti sűrűség-különbség.



2. ábra. Relatív átteresztőképességi görbék (Botset szerint). Magyarázat: 1. Laza homok, 2. Homokkő

Fig. 2. Relative permeability curves (after Botset). Explanation: 1. Loose sand, 2. Sandstone

Így például e képlettel számítva az adódik, hogyha egy talpi vizes olajtelep alatt a víz 20,4 cm/év sebességgel áramlik, akkor 3500 m távolságon az olaj–víz határ mélysége 10 m-rel változhat (ha  $k = 50$  md,  $\mu = 226$  cP,  $f = 20\%$ ,  $\Delta \rho = 0,218$ ).

A fentiek következtében előfordul, hogy egységes hidrodinamikai rendszerű tárolóban azonos mélységben a tároló egy részében olaj, a másikban pedig víz található. Így például Közel-Kelet egyik legjelentősebb kőolajtárolójában a quatari Dukhan antiklinálisban található felsőjura korú „Arab 4” telepben az olaj–víz határ a szerkezet egyik szárnyán 30 m-rel mélyebben van, mint a másik szárnyon. Hasonló a helyzet a pusztaföldvári „Békés” szint esetében is.

Az alábbiak az olajgeológusok előtt jól ismert mindennapi fogalmak és csak az egységes nomenklatura érdekében térek rá ki röviden.

Az olaj–víz határ elnevezést nem mindenki értelmezi egységesen.

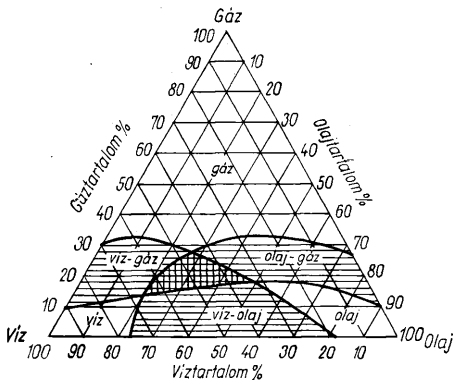
A szabad víztükör – nevezhetnénk alsó olaj–víz határnak – az a felület, amely alatt a tároló teljes egészében (a legnagyobb pórusok is) vízzel van telítve.

Ha a tárolót a kútban e felület alatt megperforáljuk, akkor olajmentes víztermelést kapunk.

A felső olaj–víz határ az a felület, amely fölött a kőzetben csak mozdulatlan tapadóvíz van. Ha a tárolót e felület fölött a kútban megperforáljuk, akkor gyakorlatilag vízmentes olajtermelést nyerünk.

E két felület között helyezkedik el az ún. átmeneti zóna, amelyben a víztelítettség felfelé csökken. Ha az átmeneti zónában perforálunk, a relatív áteresztőképességnek megfelelően együttes olaj és víztermelést kapunk.

Amikor a kútban a szénhidrogénteletet megnyitjuk, akkor a termelt olaj, gáz és víz aránya a réteg egyes folyadékokkal való telítettségének, a relatív áteresztőképességeknek és a viszkozitásoknak a függvénye. Már említettük, hogy a telítettség egyrészt a kőzet felületi tulajdonságaitól és a kapillárisok méreteitől, másrészt az esetleges dinamikai tényezőktől függ.



3. ábra. A porózus közegben végbemenő egy-, két- és háromfázisú áramlás (Leverett szerinti)  
Fig. 3. One-, two- and three-phase flow in a porous medium (after Leverett)

Ismeretes, hogy ha a kőzet pórusai különböző rétegfolyadékokkal (olaj, víz, gáz) vannak telítve, akkor az egyes fázisokra vonatkozó ún. effektív áteresztőképesség mindig kisebb az abszolút áteresztőképességnél. Az effektív és az abszolút áteresztőképesség arányát relatív áteresztőképességnek nevezzük. Ez a kőzet minőségétől és telítettségétől függ. A relatív áteresztőképesség alakulását víz és gáz esetére a 2. ábra mutatja. Ha a kőzet vizet, olajat és gázt tárol, akkor egy-két vagy háromfázisú áramlás lehetséges, ami háromszögdiagramon (3. ábra) szemléltetően ábrázolható.

Az olaj–víz átmeneti zóna vastagsága homokkötőtárolókban általában 0,5–10 m között változik. Pl. a pusztaföldvári „Békés” szintben 2–6 m.

Készletbecslésnél gyakorlatilag megfelelő pontosságot ad, ha az átmeneti zónában lineáris telítettség-változást tételezünk fel és az átmeneti zóna közép-szintjével, az ún. átlag olaj–víz határral számolunk.

Az olaj–víz határ helyzete – legalábbis megközelítőleg – megállapítható a karotázsszelvények alapján. Ezzel szemben a gáz–olaj kimutatása geofizikai módszerekkel jelenleg még bizonytalan. Ebben a vonatkozásban a neutron–gamma

szelvényezésen alapuló eljárás — folyamatban levő — kidolgozása nagy jelentőségű lehet.

A szénhidrogéntelepek feltárásával kapcsolatban lényeges, hogy a mélyfúrásokban a szénhidrogéntárolók átharántolásakor nyert teljes kőzetmag anyagot egy helyen rendszerezve tárolják. A művelés későbbi szakaszában vagy a további kutatással kapcsolatban bármikor szükség lehet a magmintákon további vizsgálatok elvégzésére.

A fentiek geológus szakembereink előtt nagyrészt ismertek. Elmondásukat azért tartottam mégis szükségesnek, mivel az ismertetett szempontok figyelembevétele a szénhidrogéntelepek művelésének tervezésénél elsőrendű fontosságú.

### **Some Notes on the Exploration of the Hydrocarbon Reservoirs**

#### **I. TILESCH**

While sinking hydrocarbon wildcat and producing wells and testing productive layers a fundamental data necessary to prepare an exploitation plan for oil and gas reservoirs must be obtained. The choice of the optimal exploitation system depends on these data. The paper summarizes the main features of studying hydrocarbon reservoirs.