

tenciál, ezeken belül is a seprős érintkezővel bíró szondával sós iszapban felvett kontakt potenciál mutatkozik a legeredményesebbnek. A laza (agyagos) zónák mindegyike jól jelentkezik. A görbe tagoló képessége jó és áttekinthetőségét sem zavarja felesleges csipkézettség. Ez a megállapítás egyébként különös nehézség nélkül magyarázható azzal, hogy az agyagos szakaszokon szelektív adszorpció lép fel, mely befolyásolja az elektróda fémjének polarizációját.

A vizsgálatok összefoglalásaként megállapíthatjuk, hogy

1. Nyitott hasadékokat a radiológiai és a lyukbőség szelvényezéssel jól ki lehet mutatni, ha azok a mérőrendszer hosszának nagyságrendjébe esnek (vastagságuk nem kisebb mint 0,1 l, ahol l a szonda hossza).
2. Kitöltött hasadékok vagy tömör kőzetek fellazult zónáinak kimutatására tájékozódó mérésként a radiológiai mérés-komplexum, részletező mérésként előszórt iszappal végzett kontakt potenciál mérés végzendő.

A megvizsgált és értékelt módszerek lehetővé teszik a tömör kőzetekben jelentkező makro méretű elváltozások, fellazulások, töredezett szakaszok kimutatását, de nem adnak indikációt olyan esetekben, amikor az egyébként tömör kőzetet mikrorepedések harántolják.

Abban az esetben, ha ezek kimutatása a cél, olyan mérőrendszert kell alkalmazni, mely elegendő felbontóképességgel bír az ilyen kis-méretű áramelvezetések érzékelésére.

Erre a fókuszált mikro áramterű potenciál és árammérő rendszerek alkalmasak — megfelelő kialakítás esetén. Az ilyen irányú kísérleti munka jelenleg van indulóban.

#### Исследования трещинных явлений в буровых скважинах пробуренных в известняках

Д-р Карой Шлебештен—Ласло Морваи

В работе излагаются результаты исследований, проведенных в разведочном районе Мань при помощи промышленно-геофизических методов, для определения трещиноватости известняков. Данные проведенных исследований показывают, что стандартные зонды метода сопротивлений не дают информации о микроструктуре известняков, даже при наличии больших отклонений на кривых кажущегося удельного сопротивления. Опытные измерения позволят сделать вывод о том, что для получения ориентировки хорошо могут использоваться кривые радиоактивного каротажа, причем на кривых ГК могут быть выделены более глинистые зоны, а на кривых ГГК и НГК — рыхлые, трещиноватые зоны. По кривым последних двух типов можно проводить и вычисление пористости.

Путем непосредственной развертки стенок скважины, в участках, выделяемых по данным макрометодов, можно получить информацию и о микротрещиноватости. В этом отношении наиболее эффективным оказались контактно-потенциальные кривые, главным образом в тех случаях, когда измерения проводятся после пересаливания глинистого раствора.

В работе приводится ряд практических примеров.

## Furólyukak természetes elferdülése és néhány ebből eredő probléma

Írta: Balla Imre

Általában vizsgálva a természetes lyukelferdülést, sok éves tapasztalat alapján megállapítható, hogy a jelenséget különböző geológiai, technikai és technológiai tényezők képesek előidézni, ill. befolyásolni. Ezek közül a fontosabbak:

#### Geológiai tényezők:

1. A rétegek vízszintestől való eltérése,
2. A rétegek összetételének, ill. szilárdsági jellemzőinek váltakozása.
3. A rétegek anizotróp tulajdonsága.

4. Tektonikai adottságok (törések, vetők)
5. Kavernás, vagy más egyenlőtlen térkitöltés a rétegben.

#### Technikai tényezők:

1. A torony tengelyének, illetve a csigasor mozgásvonalának eltérése a forgatóasztal-középtől.
2. A forgatóasztal vízszintestől eltérő állása.
3. A forgatórud, vagy fúrórudak (súlyosbítók) elgörbülése.

4. A menetek tengelyének ferdesége a rudazat alsó szakaszán.
5. Egymásnak nem megfelelő méretek alkalmazása fúrórud-, súlyosbító- és fúróátmé-  
rőben.
6. A fúró nem megfelelő a kőzetkeménység-  
hez.
7. A fúró erősen megkopott.

#### Technológiai tényezők:

1. Túlságosan nagy fúróterhelés.
2. A kőzeteknek és a fúrás sebességnek nem megfelelő öblítésmennyiség és iszapminőség.

A felsorolt tényezők legnagyobb része olyan természetű, hogy hatásukat felismerve, szinte önmaguk diktálják a kézenfekvő megoldást, így továbbiakban ezekkel természetesen nem foglalkozunk.

Alaposabb vizsgálódást igényelnek a geológiai tényezők, a fúrószerszám méretviszonyai és a fúróterhelés. Szinte valamennyi jelentősebb elméleti és gyakorlati szakember, aki foglalkozott a lyukferdülés problémáival, e tényezők tanulmányozásával kereste a megoldást.

A geológiai tényező jelentőségének megvilágítása céljából vizsgáljuk meg pl. a jólismert budafai kőolajmező geológiai felépítését a természetes lyukferdülés szempontjából.

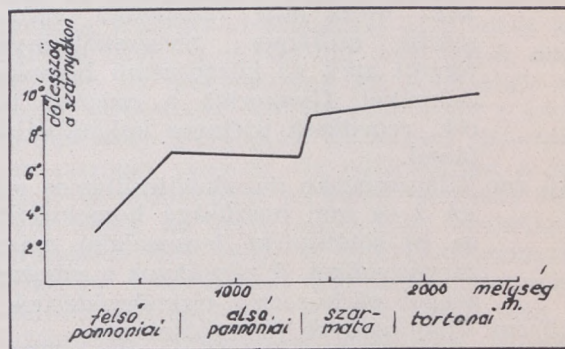
A budafai mező nagyjából egy nyugatkeleti irányú nagy antiklinálison fekszik, mint ennek a nagyszerkezetnek egyik viszonylag kiemelkedő része; lapos elliptikus boltozat, melyet helyenként törésvonalak kereszteznek.

A kőolajmező területén a rétegdőlésre vonatkozóan pontos adatok inkább csak a kisebb mélységek esetén áll rendelkezésünkre. E szerint a legfelső pannóniai (dáciai) rétegeknél  $3-4^\circ$  a rétegdőlés, ami viszonylag alacsony értéket jelent. Az alsó pannon felső szinttája a déli szárnyon  $3-5^\circ$ , de az északi szárnyon már eléri a  $7-10^\circ$ -ot. Viszont a részletesebb vizsgálatra kiválasztott keleti mezőrészen a Lenti-márga tetőjén a rétegdőlés nagysága  $7-13^\circ$  (természetesen éppen a nagyobb rétegdőlési érték miatt esett erre a mezőrészre a választás).

A mélyebb rétegek felé haladva — mint azt a mező ismertetői általában hangsúlyozták — a rétegdőlés szöge növekszik, mégpedig nagyjából folyamatos átmenet formájában.

Ez utóbbival kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy már korábban Dr. Szalánczy Gy. megemlítette bizonyos mikrodiskordanciák létezését, később pedig Dr. Bodzay I. két határozott diskordanciát állapít meg a mezőre jellemzően az eddigi ismert mélységegik: a Sziget homokkőösszleten belül és a felsőpannóniai alemelet alsó részén. Az egyéb rétegdőlésekben dőlésszögváltozás alig tapasztalható. A mező szárnyi részeire általánosítható

rétegdőlésszög alakulását az 1. sz. ábra szemlélteti.



1. sz. ábra.

A mezőt alkotó rétegek anyaga jól ismert. A felsőpannóniai alemelet a mező területén 600—800 m vastagságú. Anyagát puha igen jól fúrható rétegek alkotják: agyag, agyagmárga, homok és homokkő rétegek, vékony, fás barna közénrétegek váltakoznak igen gyakran.

Az alsópannóniai rétegsor agyagmárgából, márgából és homokkő rétegek váltakozásából áll és a felső pannon korú rétegekkel szemben sokkal inkább elmárgásodott.

A felső, kb. 300 m vastagságú szakaszában a márgák vannak túlsúlyban kisebb homokkő betelepülésekkel. Ez alatt az előzőeknél vastagabb homok- és homokkőrétegek (többnyire produktív rétegek), majd még mélyebben 70—100 m vastagságban található az egyöntetű, tömör Lenti-márga, mely fúrhatóság szempontjából az eddigi rétegek közül kiugróan a legkeményebb. A Lenti márga alatt ismét homokokat találunk. Az alsó pannóniai rétegsor vastagsága 800—1000 m.

A miocén korú képződményekbe az átmenet minden különösebb kőzettani változás nélkül megy végbe. A felső szakaszt az ún. „lencsés márga” ill. „csikos márga” alkotja, mely igen vékony homokos-csillámos meszes kötőanyagú világosabb és sötétebb szürke márga rétegek sűrű váltakozásából áll. A továbbiakban lágy agyagok, agyagmárgák és kemény mészmárgák váltakoznak, majd szürke homokos márga, kvarchomokkő, vulkáni tufa és homokos mészkő található. Fúrás szempontból igen lényeges a gyakori és nagymértékű kőzetanyag- és ennek megfelelő kőzetkeménységváltozás.

A kőzetanyag változásának gyakoriságára jellemző példa egy középsőmiocénból vett magminta, melynek összetétele Dr. Dank V. leírása szerint:

5 cm világosszürke tömött durvaszemű, meszes kötőanyagú homokkő.

25 cm sötétszürke kemény márga, helyenként réteglapok mentén igen apró muszkovit pikkelyek feldúsulásával, csúszási

tükrökkel és azok felületén utólagos kalcitkitöltéssel.

- 130 cm Sötétszürke igen apró muszkovitpikelyes kemény márga 10—15 cm-enként 6—8 mm vastagságú világosszürke csillámos meszeskötőanyagú tömött apró és középszemű homokkőcsikokkal. Gyakoriak a csúszási tükrök, repedések utólagos kalcitkiválasztással.
- 15 cm Világosszürke muszkovitsillámos márga 2—4 mm hosszúságú homokosmárga és sötétszürke lencsealakú márgazárványokkal. A zárványok a rétegzett-séggel párhuzamos elrendeződésűek.
- 10 cm Világosszürke homokosmárga.
- 15 cm Világosszürke, aprószemű csillámos, meszeskötőanyagú tömött homokkő szénült növénymaradványokkal.
- 45 cm Világosszürke, durvaszemű meszeskötőanyagú tömött muszkovitsillámos kloritot és kevés glaukonitot tartalmazó homokkő szénült növénymaradványokkal, 2—3 mm-es bentonitosodott szürke-fehér tufa kőzetbetelepülésekkel.
- 25 cm Világosszürke homokos alapanyagú, meszes kötőanyagú törmelékes kőzet néhány 0,5—1 cm vastagságú szürke kemény márgacsik közbetelepülésével.
- 5 cm Sötétszürke kemény márga, 4—5 mm-es világosszürke csillámos meszes kötőanyagú homokkőregecskéekkel váltakozik.
- 150 cm Sötétszürke, kemény szilánkostörésű márga, a mag vízszintes tengelyéhez viszonyított 25°-os dőlésszögű szemes kötőanyagú homokkőbeékelődésekkel, átlag 15°-os dőlésszögű 4—8 mm vastagságú világosszürke homokkőcsikokkal. Gyakoriak a csúszási tükrök.
- 5 cm Világosszürke homokos márga.
- 30 cm Világosszürke közép- és durvaszemű meszes kötőanyagú homokkő.
- 125 cm Sötétszürke, világoskötésű kemény márga, a mag vízszintes tengelyéhez viszonyítva 15°-os dőlésszögű meszeskötőanyagú homokbeékelődésekkel. Gyakoriak a csúszási tükrök és felületükön helyenként utólagos kalcitkéregzés figyelhető meg.

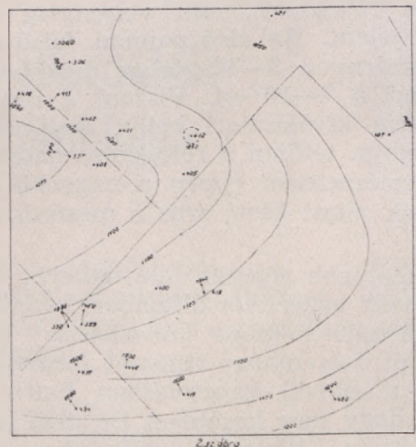
A miocén korú rétegek nagy vastagságban (több mint 1500 m) jelentkeznek.

A fentiek alapján látható, hogy a geológiai feltételek „kedvezőek” a fúróluk önelferdülése szempontjából.

Valamennyi a mezőben mélyült kutat figyelembe véve megállapítható, hogy ez a terület valóban határozott tendenciát mutat a lyukelhajlásra. A lyukelferdülés jelensége megfigyelhető a terület bármely részén, noha elsősorban a szerkezeti helyzettől és másodsorban

az egyéb tényezők hatásától függően eltéréseket tapasztalunk az egyes kutak elferdülésében, a részletes vizsgálat szempontjából elégséges lehet valamely mezőrész kiválasztása és megfigyelése. Ennek megfelelően a továbbiakban antiklinális szerkezet keleti részét fogjuk vizsgálni. E választást az indokolja, hogy itt a kiválasztott területen belül található különböző dőlésirányú (északi, déli, keleti) szárnyrészre került fúrások. Továbbá fontos szempont, hogy ezekre a kutakra vonatkozólag viszonylag több adat áll rendelkezésünkre, mint hogy a régebben mélyült (alacsonyabb sorszámú) kutak dokumentációja meglehetősen hiányos. Végül pedig ugyancsak lényeges, hogy e kutak között viszonylag nagyobb számmal vannak olyanok, melyek a Lenti-márgát átfúrva a Barsfa-rétegbe mélyültek.

A 2. sz. ábrán a Lenti márga tetejéről készült szerkezeti térkép ábrázolja a fent jelölt mezőrészt. A térkép olyan léptékben készült, hogy a kisebb (de határozott) lyukelferdülések, illetve lyuktalpi eltérések is érzékelhetőek legyenek. Itt jegyezzük meg, hogy a lyukelferdülés — a kialakult hazai gyakorlatnak megfelelően — csak az esetben lett figyelembe véve, hogy a lyukferdeség elérte a 2°-ot. A 2°-nál kisebb ferdeségű fúrást, illetve lyukszakaszt gyakorlatilag függőlegesnek tekintettük, így ilyen esetekben ahol a ferdeség a lyuk teljes hosszában 2° alatt van, a térkép vízszintes lyuktalpi eltérést nem ábrázol. A feltüntetett fúrásoknál a fúrás sorszámával jelölt kis kör a lyukszáj felszíni helyét, illetve a lyuktalp tervezett helyét mutatja. Az elferdült kutaknál ugyancsak fel van tüntetve az a mélység, melyhez az ábrázolt vízszintes lyuktalpi kitérés tartozik.



A 2. sz. ábrán látható térképhez mintegy kiegészítésképpen szolgál az 1. sz. ábrázlat, amelyben feltüntetjük a mezőrészen levő, 400-nál nem alacsonyabb sorszámú kutakat és

ezek elferdülésére jellemző adatokat. A táblázatban az elferdülés kezdetének a 2°-os ferdeség elérését tekintjük.

1. sz. táblázat

Kútszám:	A legmélyebben bemért pontban		Az elferdülés kezdete m
	mélység m	ferdeség fok	
400	1300	3,0	1300
401	1580	5,6	1200
402	1550	5,6	1300
404	1550	4,6	1300
405	1300	1,0	függ.
406	1200	1,5	függ.
407	1400	6,0	500
408	1200	2,0	függ.
412	1250	4,0	1100
413	1100	4,0	1000
415	1200	1,2	függ.
416	1190	2,1	1000
417	1500	6,0	1200
418	1540	4,6	1000—1200
419	1550	5,0	1200
420	1600	3,0	1100—1200
421	1650	6,5	200
434	1500	4,8	1400
446	1500	3,8	1200
460	1570	2,4	1500
462	1500	1,5	függ.

A térképmelléklet és a táblázat alapján megfigyelhető, hogy a mezőben határozottan kifejezett lyukelferdülési tendenciával állunk szemben. A táblázatban szereplő 19 kút közül mindössze 3 mélyült gyakorlatilag függőlegesen (405, 406 és 415 sz. kutak). De ezekhez sorolhatók még a 408 és 416 számú kutak, mint-hogy egészen minimális (2—2,1°) ferdeséget értek el.

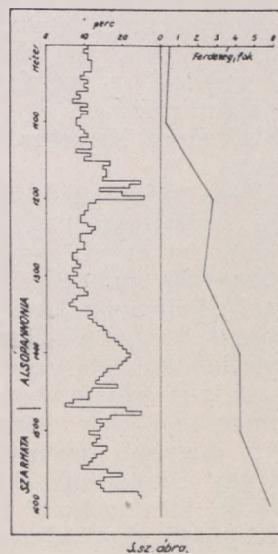
Helyesebb azonban, ha a kutakat mélység szerint két csoportra osztjuk. Az egyik csoportba tartoznak az 1300 m mélységet meg nem haladó kutak, Lenti márga feletti lyuktalpmélységgel a másik csoportba pedig az 1500—1600 mélységet elérő, Borsfa vagy Szarmata rétegben befejeződő fúrások.

Az első csoportban 8 kút közül csupán 3 tekinthető elferdültnek (37,5<sup>0</sup>), viszont a második csoportba tartozó 11 fúrás mind elferdült (100<sup>0</sup>). Természetesen ez utóbbi csoportban a lyukelferdülések esetének 100<sup>0</sup>-os értékét nem szabad abszolút értelemben az egész mezőre vonatkoztatni, mert vannak a mezőben olyan 1500 m mélységű kutak is, melyek mindvégig (gyakorlatilag) függőlegesen maradnak, vagy egészen minimálisan ferdültek csak el. Ilyenek pl. a 460, 462 sz. fúrások, melyek a

szerkezet kisebb dőlésszögű szárnyrészén helyezkednek el. Ugyanakkor előfordul a mezőben az átlagosnál sokkal erősebben elferdült fúrás is, melynél az elferdülés a 20°-ot is meghaladja. Ilyen a B—365 sz. kút annak ellenére, hogy ez meglehetősen kis dőlésszögű rétegeken át mélyült. Nyilvánvaló, hogy e kút elferdülésénél a rétegek dőlésszöge jelentéktelen szerepet játszott. Itt határozottan a technikai és technológiai tényezők hatására vezethető vissza az ilyen nagyarányú lyukelhajlás. Sajnálatos tény, hogy az elferdülés azimutális jellegére vonatkozóan nincsenek adataink az említett kút esetében, így konkrétan nem mutatható ki a geológiai viszonyok hatásának mértéke az elferdülés kezdeti szakaszában, tehát a lyukelhajlás megindulásában sem.

A táblázatban szereplő mélyebb kútcsoportot vizsgálva látható, hogy a lyukelferdülések kezdete általában 1000—1300 m mélységben következik be. Ez mindjárt magyarázatot szolgáltat arra, hogy a sekélyebb kutak csoportjában miért alacsonyabb az elferdült kutak százaléka és kisebb az elferdülés értéke. Nyilvánvaló, hogy a sekélyebb kutaknál az elhajlást elősegítő geológiai tényezők csak rövid szakaszon a lyuk alján érvényesülnek és így gyakorlatilag nincs „idő” jelentősebb ferdeség elérésére. Ha ezek a fúrások tovább mélyültek volna, minden bizonnyal ezek is elferdülnek döntő többségben.

A lyukelferdüléseket vizsgálva az előző táblázat mellett érdemes megfigyelni az 1. sz. ábrát, mely a rétegdőlések alakulását mutatja a mélység függvényében, továbbá a B—401 sz. fúrás fúróhaladás és lyukelhajlás diagramját (3. sz. ábra), mely jellemző a mezőre.



Ezeket egybevetve jól érzékelhető a geológiai tényezők, a kőzetkeménység, illetve a kőzetkeménységváltozások, valamint a réteg-

dőlés hatása a lyukelferdülésre. A felsőpannoniai szakaszban a fúrások általában függőlegesek, minthogy a rétegdőlés és úgyszintén a kőzetkeménység is meglehetősen alacsony értékű. Az elferdülés tulajdonképpen a felső pannon alsó szakaszán jelentkező (első) szögdiszkordancia elérése után következik be, ahol a rétegdőlés értéke eléri a  $6-7^\circ$ -ot. Az is jól látható, hogy a lyukferdülés kezdetének pontosabb helye éppen ott van, ahol viszonylag nagyobb keménységű kőzeteket ér el a fúró, vagyis ahol mindkét tényező együttesen hat. E két tényező együttes hatása a továbbiakban is megfigyelhető. A lyukelferdülésnek ebben a kezdeti szakaszában a ferdeség értéke aránylag kicsi, alig haladja meg a  $2^\circ$ -ot, és a Felső-Lispétől a Szigetig elhelyezkedő viszonylag kisebb keménységű rétegekben szinte stabilizálódni látszik. A sziget homokköösszetben (második szögdiszkordancia) újabb rétegdőlés növekedés következik be, amihez ismét csatlakozik a kőzetkeménység megnövekedése. Ez legerősebben a Lenti-márgákban figyelhető meg. Nyilvánvaló, hogy e jelenségek újabb lökést adnak a lyukelferdülésben. Így a fúróhaladás a lyukelhajlás diagramját, valamint a rétegdőlés diagramját összehasonlítva bizonyos párhuzamosságot találhatunk a kőzetkeménység (méterperc), rétegdőlés és lyukferdeség alakulását ábrázoló vonalak között. Ezek alapján kimondható tehát, hogy a budafai mezőben, 1100—1300 m-nél nagyobb mélységű fúrások esetében határozott lyukelferdülési tendencia mutatkozik, amivel a mélyebb fúrásoknál feltétlenül számolni kell.

A teljesség érdekében megemlítjük, hogy vannak olyan elferdült kutak, melyek nem tartják be az előbb említett párhuzamosság szabályát. Ilyen pl. a B—421 fúrás is. Ez a fúrólyuk már 200 m-ben elferdült, bár jelentékenyebb ferdeség csak 500 m-től tapasztalható és 1000 métertől a lyukferdeség értéke gyakorlatilag stabilizálódott.

Ez a példa három lényeges dologra hívja fel a figyelmet:

1. A  $8\frac{1}{2}$ "-es szelvényű fúrás itt a 94,5—923 m közötti szakaszban kétgörgős kísérleti fúrókkal történt. Az egyéb fúrástechnikai és technológiai tényezők nagyjából megegyeztek a többi fúrásnál alkalmazottakkal, (ezeket a későbbiekben fogjuk tárgyalni). Igaz, e szakaszban a fúrás mechanikai sebessége még budafai viszonylatban is igen magas volt, minthogy az egész 828,5 m-es szakaszon átlagban elérte a 21,8 m/órát. A nagyobb mechanikai sebesség elérése éppen úgy a kétgörgős fúró alkalmazásának tudható be, mint a korai lyukelferdülés fellépése. A kétgörgős fúró alkalmazásával járó intenzívebb lyukelferdülés tehát éppen úgy megmutatkozik, mint a szárnyas fúrók esetében a halfarkú fúrók alkalmazásánál három, vagy több élű fúró alkalmazásához viszonyítva.

2. Hogy 1000 m alatt a lyukferdeség gyakorlatilag stabilizálódott, ehhez két okot tekinthetünk fel: az egyik, hogy 1000 m alatt a fúrás már háromgörgős fúróval mélyült, a másik, hogy ez mellett a lyukferdeség elérte a ferdeségstabilizálódás szögértékét az adott viszonyok között.

3. Annak ellenére, hogy a kút viszonylag nem mély, mégis jelentős talpi eltérés mutatkozott, ami 1650 m-ben elérte a 116,5 m-t. A vizsgált fúrásoknál (és általában a Budafai mezőben) ennél lényegesen kisebb az eltérés a lyuktalp tervezett helyétől. Az átlagos fúrásoknál a lyukelferdülés csak 1100—1300 méterben kezdődik, ezért a ferde szakasz rövidsége miatt a lyuktalp nem tud nagyobb mértékben „elvándorolni”. Itt viszont már 200 m-ben  $2^\circ$ -nál nagyobb a ferdeség, így a hosszú ferde szakaszon, mivel a ferdeség iránya (azimut) közel azonos, jelentős kitérés jöhetett létre. Az adott kút esetében ez ugyan nem okozott különösebb problémát, minthogy a fúrás célja peremkutatás volt; más esetben viszont ilyen helyzetből súlyos kár adódhat elsősorban a mező leművelési hálózatának megsértése miatt. Így ez a fúrás is intő példa lehet a lyukelferdülési probléma fontosságának figyelembevételére.

A lyukelferdülések kutankénti maximális szögértékeire vonatkozóan a táblázat alapján úgy látszik, hogy az kb.  $5-6^\circ$  körül ingadozik, ami azt jelenti, hogy ez az érték tekinthető egyúttal a lyukferdeség stabilizálódási szögének az adott körülmények között. Ezt a megállapítást látszik igazolni, pl. a már említett B—421 sz. fúrás is. Itt bizonyos okok következtében a lyukferdeség korábban elérte a  $6^\circ$ -os értéket. Minthogy az 1000 m-nél mélyebb lyukszakasz fúrása már a többi kutakhoz hasonló körülmények közt történt, így gyakorlatilag az eddig elért ferdeség állandósult a továbbiak folyamán. Ez esetben tehát sem a mélyebben tekvő rétegek kőzetkeménységváltozásai, sem a rétegdőlés növekedés már nem tudott hatni a további ferdeségnövekedés irányában. Viszont e két tényező hatása mégis mutatkozik annyiban, hogy ugyanakkor nem engedték meg az elért lyukferdeség csökkenését sem, vagyis bizonyos egyensúlyi helyzetet hoztak létre a lyuk ferdeségére vonatkozóan.

A lyukferdeség maximális értékével kapcsolatos megállapítás a budafai mezőre általános, de természetesen csak meghatározott körülmények között. Előfordulnak kivételek, mint pl. a már ugyancsak említett B—365 sz. fúrás, mely ferdeségében a  $20^\circ$ -ot is meghaladta. Bár a régebbi dokumentációkra jellemző hiányosságok következtében ez eset megbízhatóan pontos vizsgálatára nincs módunk, nyilvánvaló, hogy ez az eset csakis az alkalmazott fúrószerszám és a fúrási rezsím nem megfelelő összehangolásának következménye.

A másik oldalon előfordulnak olyan fúrások, melyek 1500—1600 m között is gyakorlatilag függőlegesek maradtak, vagy a ferdeségük nem éri el a 3°-ot (pl. B—460, B—462). Ezek viszont olyan szerkezeti helyzetben vannak, ahol a rétegdőlés értéke is igen alacsony, még az 5°-ot sem éri el.

A budafai mező keleti szárnyrészének kiválasztásánál egyebek mellett azt a tényvetőtük figyelembe, hogy itt nagyobb a rétegdőlés, ezért a lyukelferdülés törvényszerűségei itt jobban megfigyelhetők. Így érthető, hogy a maximális rétegdőlésű terület meghatározott maximális lyukelferdülési szögérték még inkább határérték jellegű a mező más területén.

A lyukelferdülésből adódó vízszintes lyuktalpi eltérést (a tervezettől) az alábbi 2. sz. táblázat szemlélteti.

2. sz. táblázat:

Kútszám:	mélység: m	Lyuktalpi eltérés: m
400	1300	4
401	1580	26,7
402	1550	22,4
404	1550	15,8
405	1300	függ.
406	1200	függ.
407	1400	73,5
408	1200	függ.
412	1250	25,7
413	1200	14,5
415	1200	függ.
416	1190	10,7
417	1500	18
418	1540	27,6
419	1550	41,0
420	1600	23,5
421	1650	116,5
434	1500	19,5
446	1500	14,9
460	1570	6,9
462	1500	függ.

A táblázat alapján látható, hogy az észlelt lyuktalpi eltérések általában nem nagyok; a felsorolt kutak közül mindössze három haladja meg a 30 m-t, és csak egy a 100 m-t (ez utóbbi a kétgörgős fúróval mélyült kút). Ennek ellenére már ezek a tények is aláhúzzák a lyukelferdülés kérdésével való foglalkozás fontosságát, mert ha kevés is a száma a B—407-hez hasonló lyuktalpi eltérést mutató kútnak, már ez is elég lényeges a mezőleművelés szempontjából.

A 2. sz. ábrán látható még, hogy a fúrások elferdülése általában nem tetszőleges, hanem eléggé jól kifejezett orientáció szerint történik. Az elferdült kutak döntő többsége határozottan a rétegemelkedés irányában ferdült, ami arra utal, hogy budafai fúrások esetében a rétegek

vízszintestől eltérő fekvése igen jelentős szerepet játszott a lyukelferdülésben. Ez igen lényeges tény, mert hasonló feltételekkel máshol is találkozunk az ország területén és arra int, hogy már az 5—6°-os rétegdőlésű területeken is nagyobb kútmélységek esetén számolni kell a lyukelferdülés veszélyével.

A fúrások lyukelferdüléseit vizsgálva, ki kell térni a technikai és technológiai körülményekre is.

Az említett fúrások általában 8½"-es görgőfúróval rotary-fúrással mélyültek. Ez mellett az alkalmazott súlyosbító 4½"-es IF típusú és hosszúsága 70—100 m, mindig megfelel annak a követelménynek, hogy a fúróterhelés a súlyosbítóoszlop súlyából legyen biztosítva. A fúrási rendszer jellemző adatai:

Fúróterhelés:  $P = 5—6,5$  to.  
 Fúrfordulatszám:  $n = 80—100$  ford/perc  
 Öblítésmennyiség:  $Q = 1400—1800$  l/perc  
 Izsapfajsúly:  $\rho = 1,18—1,25$  g/cm<sup>3</sup>

Az előzőkből kiindulva a lyukelferdülés szempontjából két dolognak van különösen fontos jelentősége, mégpedig a szerszám méretarányának, vagyis a fúró-(lyuk) átmérő és súlyosbítóátmérő viszonyának és a fúróterhelésnek.

A fúró (és lyuk) átmérője:  $D = 216$  mm

A súlyosbító külső átmérője:  $d = 156$  mm

Ha a súlyosbító koncentrikusan helyezkedik el a lyukban, akkor a súlyosbító és lyukfal közötti hézag:

$$f = \frac{D-d}{2} = \frac{216-156}{2} = 30 \text{ mm}$$

Ez azt jelenti, amennyiben a fúróterhelés olyan méretékű, hogy meghaladja a kritikus tengelyirányú nyomás értékét ( $P_{kr} =$  kihajlást okozó minimális tengelyirányú erő), úgy a lehetőség lényegében adva van a szerszám kihajlásához.

A kritikus nyomóerő értékét Willers képlete szerint számolhatjuk, mely Euler egyszerű kihajlás egyenlete helyett egy harmadrendű differenciál egyenleten keresztül írja le a hosszúság, jelentékeny önsúlyal rendelkező rúd kihajlását. Ennek alapján a mi esetünkben a súlyosbító rudazatra vonatkozó kritikus nyomás értéke:

$$P_{kr} = 1,88 \sqrt[3]{EJ \cdot q^2 \cdot a \cdot h}$$

$E = 2,1 \cdot 10^{10}$  kp/cm<sup>2</sup> — rugalmassági modulus  
 $J =$  aquatorális inercianyomaték.

Jelen esetben  $d = 156$  mm külső és  $d_0 = 83$  mm belső átmérőjű súlyosbító:

$$J = \frac{\pi}{64} (d^4 - d_0^4) / \text{cm}^4$$

$q_0$  — a súlyosbító egységnyi hosszának iszapban mért súlya;  $1,25 \text{ gr/cm}^3$  fajsúlyú iszap esetén

$$q_0 = 0,9 \text{ kp/cm}$$

A felsorolt adatok alapján Willers szerint

$$P_{kr} = 1,88 \frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot \pi / 15,6^3 - 8,3^3 / 0,9^2}{64} = 3100 \text{ kp}$$

Lubinski szerint ugyanezre az esetre vonatkozólag:

$$P_{kr} = 2,04 \sqrt{EJq_0^2}$$

Es megfelelő behelyettesítések után kapjuk:

$$P_{kr} = 3370 \text{ kp}$$

A két kapott eredmények eltérése százalékosan:

$$\frac{3370 - 3100}{3100} \cdot 100 = 8,71\% \text{-os}$$

ami az adott esetben nem jelent lényeges differenciát.

Látható tehát, hogy a budafai fúrások esetében a gyakorlatban alkalmazott fúróterhelés mindig meghaladta a kritikus értéket, így a fúrórudazat alsó része kihajlott állapotban dolgozott.

Ez a tény párosulva a rétegek lyukelferdülést elősegítő tulajdonságaival (rétegdőlés értéke, kőzetkeménységek váltakozása, a kőzetek anizotróp tulajdonsága) együttesen hatva eredményezte a budafai fúrások törvényszerű elferdülését az adott körülmények között.

Nemcsak a vizsgált mezőben, de hazánk egyéb területein is találkozunk igen határozott lyukelferdülési tendenciával (Demjén, Lovászi, Nagylengyel stb.).

Az előzőekben már részletesen foglalkoztunk a budafai területtel, a lovászi terület pedig gyakorlatilag (a lyukelferdülés szempontjából), teljesen hasonlóan tekinthető. Néhány más területen mélyült fúrásnál tapasztalt lyukelferdülés értékéről az alábbi táblázat ad képet:

3. táblázat

Kút jele	Mélység m	Ferdeség a jelzett mélységben fck
Bak—4	2600	7,7
DK—274	800	8,5
DK—278	900	9,0
Nkö—1	2600	7,7
Nl—41	1700	14,6
Nl—280	2000	8,6
Nl—356	2400	8,0
Szen—3	1500	8,5
Vízvár—1	2075	6,6

A jelen időszakban a fúrás egyre inkább a nagyobb mélység felé irányul. Megkezdődtek a nagymélységű, 4500 m-re, sőt a 6000 m-re tervezett fúrások. Ennek megfelelően, a fúrások sikeres lemélyítése érdekében sokkal fokozottabb mértékben számolni kell a lyukelferdülés káros következményeivel, melyek kedvezőtlen esetben a fúrólyuk elszerencsétlenesedéséhez is vezethetnek.

A lyukelferdülésből eredő problémák jelentkezhetnek úgy a lyukmélyítés közben, mint a későbbi kütüzemeltetés folyamán.

A fúrás közben fellépő nehézségek közül egyik legjelentősebb: a megszorulás veszélye.

Ismeretes, hogy a ferde lyukszakaszban a fúrórudazat állandóan a lyukfal egyik részével érintkezik (általában a lyukfal alsó részével), illetve ahhoz nyomódik bizonyos erővel. Ennek következtében csővezetlen lyukszakaszban a szerszám mozgatása közben bizonyos csatorna, vagy vályúképződés megy végbe. A csatornaképződés nagysága, azaz a csatorna mélysége függ, az adott helyen lévő lyukferdeségtől, az adott szakaszon végbemenő ferdeségváltozástól, a kőzetkeménységtől, a lyukfalkoptató ráhatások számától és összidejétől (kiés beépítések, szerszámforgatás, fúrás vagy öblítés közben stb.). Ennek megfelelően a csatornaképződés nagysága a lyuk hosszában változó, de helyenként több cm lehet. Ha a csatorna mélysége megközelíti, vagy meghaladja a csőkapcsoló külső méretéhez tartozó sugár értékét, akkor a csatorna szélessége kb. egyenlő lesz a csőkapcsolók külső átmérőjével. Ez esetben az olyan szerszámok lyukbeépítése, melyeknek átmérője a csatorna szélességét meghaladja, de nem több mint 10—15%-ban, rendkívüli veszélyes a beékelődés lehetősége miatt. Ilyen tárgyak lehetnek például túlméretes súlyosbító, béláscsőoszlop, mentőszerszámok. Ugyanilyen veszély állhat elő a geofizikai mérések folyamán, különösen páncélkábelben beengedett műszerek esetén, felfeléhúzás közben.

Ezenkívül feltehető, hogy a csatornában történő szerszámmegszorulásnál lényeges szerepet játszik nemcsak a beékelődés, hanem a lyukfalhoz tapadás is. A fúrólyuk nyitott szakaszában nagyobb a hidrosztatikai nyomás, mint a rétegnyomás ugyanolyan mélységben. A csatornában lévő csőoszlop, különösen a lyukgörbületknél, a nagy lyukfalhoz szorító erő hatása alatt erősen a falhoz tapad. Részben a csatornaszélességtől, részben az iszaplepenyvestagságtól függően a kontaktus több cm szélességű lehet, és természetesen több méter, sőt több tíz méter hosszúságban. Az érintkező felület alatt a túlnyomás következtében a rétegbe szűrődő folyadék nem kap elegendő utánpótlást, így (a szerszám mozgatása nélkül) gyorsan kialakul olyan helyzet, hogy a felület mentén a csőoszlopra a réteg oldaláról a rétegnyomással azonos (vagy ahhoz közeli értékű) nyomás, míg

a csőoszlopon keresztül a teljes hidrosztatikai nyomás hat. Így rendkívülien nagy szívóhatás alakul ki. A szívóhatás nagyságát érzékeltetheti a következő példa. Legyen valamely mélységben a fúrólukban uralkodó hidrosztatikai nyomás és rétegnomás különbsége  $p=20$  at, a lyukfalhoz tapadó felület szélessége  $s=4$  cm, hosszúsága  $L=25$  m. Akkor a nyomáskülönbség következtében fellépő lyukfalhoz szorító erő:

$$P=pl_s=20 \cdot 2500 \cdot 4=200\,000 \text{ kg}=200 \text{ t}$$

Ha a sűrűdési együttható a cső anyaga és a lyukfal közötti sűrűdés esetén  $f=0,25$ , akkor a szerszám megszabadításához szükséges túlhúzási erő:

$$T=f \cdot P=0,25 \cdot 200=50 \text{ t}$$

Más esetben ez az erő még ennél is lényegesebb lehet, oly mértékben, hogy meghaladja a berendezés teherbírását, vagy a csőoszlopra megengedhető húzóerő nagyságát (figyelembe véve, természetesen az önsúly értékét is.)

A ferde és különösen görbe lyukszakaszban, miután annak bélésűvezése megtörtént, legnagyobb veszélyt a bélésű kidörzslése jelenthet, továbbfúrás esetén. Ez a jelenleg annál súlyosabb lehet, minél feljebb van a lyukgörbület, ill. minél hosszabb a görbület alatti lyukszakasz.

A bélésű kidörzslése — a nyitott szakaszban történő csatornaképződéshez hasonlóan — a lyukfalhoz szorító erő hatása alatt megy végbe a ki- és beépítések, valamint a szerszámforgatás eredményeként.

A jelenség pontosabb értékelésére szolgáljon az alábbi példa:

Ferde-egyenes (tehát görbület nélkül) lyukszakaszba beépített szerszám esetén vizsgáljuk a lyukfalhoz (bélésűfalhoz) szorító erő nagyságát. Ez az erő a csőkapcsolóknál hat az alsó lyukfalra, így az adott esetben az egy csőkapcsolónál ható erő nagysága érdekel bennünket, minthogy a vizsgált szakaszon a többi kapcsolónál is ugyanilyen erő fog hatni. Ez erő nagyságát a soktámaszú, egyenes, hosszában egyenletesen megterhelt tartó esete szerint számolhatjuk, miszerint az egy kapcsolóknál fellépő lyukfalhoz szorító erő nagysága:

$$P=1 \cdot q \cdot \sin \alpha, \text{ ahol}$$

1 — két alátámasztás közötti szabad hossz, tehát egy cső hossza; m

$q$  — a cső folyadékban mért folyóméterenkénti súlya; kg/m

$\alpha$  — a lyukferdeség; fok.

5XH 9,2 mm falvastagságú fúrórudak alkalmazása esetén, 10 m-es csőhosszakat és 1,4 gr/cm<sup>3</sup> fajúsúlyú iszapot figyelembe véve, 6°-os lyukferdeség mellett.

$$P=10 \cdot 25 \cdot \sin 6^\circ = 26,2 \text{ kg}$$

Ez esetben tehát egy csőkapcsolónál 26,2 kg-os, a lyuktengelyre merőlegesen ható erő hatása alatt dörzslődik a rudazat a bélésűfalhoz szerszámmozgatás közben. Ugyanezen sza-

kaszban ki- és beéptítés közben a fúró is a bélésűfalhoz nyomódik, mikor itt áthalad. Ha feltételezzük, hogy e közben a fúró fölötti súlyosító oszlop, melynek az iszapban mért súlya  $q_s=121$  kg, a fúró fölött 20 m-rel érintkezik az alsó fallal, akkor a fúró oldala

$$P=\frac{20q_s \sin \alpha}{2}=\frac{20 \cdot 121 \cdot \sin 6^\circ}{2}=127 \text{ kg}$$

erővel nyomódik a bélésű falához. Ezt a tényt már nem lehet figyelmen kívül hagyni, különösen, ha gyémántfúrókat akarunk a lyukba beépíteni. Ez esetben ugyanis nemcsak a bélésű kidörzslése, de a fúró meghibásodása is fenyeget.

A bélésű rudazat által történő kidörzslése szempontjából a súlyosabb helyzet a lyukgörbületi helyeken jelentkezik, ahol már a vizsgált pont alatt levő szerszám szakasz súlya is befolyásolja az oldalirányú erő nagyságát. Vizsgáljuk az előzőhöz hasonló esetet azzal a különbséggel, hogy itt a lyukferdeség változik: pl.

$$1620 \text{ m-ben a lyukferdeség } \alpha_1=6^\circ 20'$$

$$1640 \text{ m-ben a lyukferdeség } \alpha_2=5^\circ 40'$$

A ferdeségek azimutváltozás nélkül történt. Tételezzük fel, hogy a csőkapcsolók az adott pillanatban 1620, 1630 és 1640 m-ben helyezkednek el a vizsgált szakaszon és az 1640 m alatti szerszám összsúlya az iszapban mérve:  $Q=50$  t. Ekkor az 1630 m-ben levő csőkapcsolónál a bélésűfalhoz szorító erő

$$\begin{aligned} P &= 1q \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} + 2Q \sin \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} = \\ &= 10 \cdot 25 \cdot \sin \frac{6^\circ 20' + 5^\circ 40'}{2} + 2 \cdot 50\,000 \cdot \\ &\cdot \sin \frac{6^\circ 20' - 5^\circ 40'}{2} = 26,2 + 600 = 626,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ha a vizsgálandó szakaszon azimutváltozás is történik, akkor a számításnál a kifejezés második tagjában,  $(\alpha_1 - \alpha_2)$  helyére a görbületi szög,  $\psi$  értéket kell bevezetni.

$\psi = \arccos(\cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 + \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \Delta\psi)$  ahol  $\Delta\psi$  az azimut-változás a szakasz kezdetétől a végéig. A különböző fúrési műveletek folyamán természetesen a sűrűdési erő értéke változik. Pl. kiépítésnél a  $Q$  értéke egyre csökken, a sűrűdési erő is ennek megfelelően csökkenni fog. Összességében tekintve a problémát, megállapítható, hogy a kidörzslés veszélye a lyukmélységnek legalább a harmadik hatványával arányos.

Ennek magyarázata, hogy a mélységgel nő a ki- és beépítések száma, továbbá az adott szakaszon áthaladó csőkapcsolók száma egy ki- és beépítés alatt, nő a sűrűdési erő stb.

A előzőkből látható, hogy a legveszélyesebb lyukszakasz a ferdeségváltozás helye, azért itt fokozott mértékben védeni kell a bé-



léscsőszlopot — ha már a lyukelferdülés megtörtént. A ferdeségértékek pontos meghatározása után meg kell keresni a kidörzsölés szempontjából különösen veszélyeztetett helyeket, és — bár ez kétségtelenül többletkiadáshoz vezet, de szükséges és célszerű — felülvizsgálva a béléscsőtervezetet, a kritikus szakaszokra vastagabb falú béléscsőveket kell beépíteni. Természetesen ez az intézkedés nem helyettesíti a későbbi továbbfúrás folyamán a rudazatvédő gumik alkalmazásának szükségszerűségét. Továbbmenve, nem lehet egyetérteni azzal a gyakorlattal, melynél rakatonként alkalmazzák a védőgumikat, minthogy egy védőgumi csak egy csőkapcsolónál töltheti be szerepét, míg a rakat többi csőkapcsolójánál, szabad lehetősége van a fúrórúd — béléscső kontaktusának. A megszorulás és a béléscsőkidörzsölésen kívül még néhány kellemetlen következménye lehet a lyukelferdülésnek:

a) Szerszámtörés — a görbe szakaszban forgó, a fordulatszámnak megfelelő periódusban változó hajlítói-igénybevételnek kitett szerszám anyagának idő előtti kifáradása miatt.

b) Mentési nehézségek megnövekedése a görbe szakaszban.

c) Szerszám mozgatás nehezebb a súrlódási erők megnövekedése miatt.

d) Fúróterhelési probléma — különösen turbinás fúrásnál egyenlőtlen és bizonytalan a terhelés a lyukfalon fellépő súrlódás miatt, ami kihat a mechanikai sebesség alakulására.

e) Termelési hátrányok — a leművelési hálózat megsértése a lyuktalpi eltérésekből eredően, továbbá a termelőcső és a mélyszivattyúrudazat kopásának veszélye.

Az említett problémák a lyukmélységgel arányosan növekednek, ezért a mélyebb, különösen pedig a nagymélységű fúrásoknál messzemenően törekedni kell a lyuk elferdülésének megakadályozására és különösen pedig a hirtelen görbületek kialakulásának elkerülésére.

## IRODALOM

*Alexandrov M. M.*: Onredelnie szil szoprotivlenia pri bureonii szkvázsín (Moszkva 1965. Nedra).

*Balla I.*: Természetes lyukferdeség elleni védekezés és a fúrási rezsim összehangolása (OKGT, TKFF. 1965. évi témajelentése).

*Dr. Bodzay I.*: A Budafa-Kiscsehi szénhirogénmező földtani viszonyai és szerkezeti ösföldrajzi helyzete a délzalai medencében (Doktori értekezés 1961).

*Dr. Dank V.*: Mélyszerkezeti kutatások geológiai eredményei és gazdasági kilátásai a budafa-pusztai boltozaton (kézirat).

*Dr. Szalánczi Gy.*: A délzalai pannóniai korú kőolajmezők mélyföldtani vizsgálata. (A kőolajkutatás és feltárás módszerei Magyarországon. Budapest, 1957. Akadémiai Kiadó).

*Die natürliche Bohrlochabweichung und einige daraus entspringende Probleme.*

Im Artikel werden einige Probleme der natürlichen Bohrlochabweichung dargelegt. Die Gesetzmässigkeit der Abweichung wird durch einen konkreten Beispiel demonstriert. Die von Bohrlochneigung verursachten technischen Schwierigkeiten werden durch Berechnungen belegt. Zum Abschluss werden die Fachleute auf die notwendigen technischen Massnahmen aufmerksam gemacht, die eine Bohrlochabweichung verhindern können.

## Az R-200 fúróberendezés

Írta: Nagy Aurél

Hazai gyártású mélyfúró berendezéseink legkorszerűbb típusa a kedvező fúrési teljesítményénél és jó terepjáró képességénél fogva külföldi felhasználók által is kedvelt R-200 típusú fúróberendezés. Az alábbiakban ismertetjük a fúróberendezés kialakításának körülményeit, részletes leírását adjuk, majd közöljük a fúróberendezéssel kapcsolatos üzemi tapasztalatokat.

Hazánkban típusként gyártott első önjáró fúróberendezés a G-100 típusú fúróbe-

rendezés volt. E berendezést 12 évig ügyszolván változatlan kivitelben gyártották, csupán alváza változott több ízben a Csepel Autógyári alvástípusok változása következtében. A 12 év előtti típus természetszerűen nem tudta már az újabb igényeket kielégíteni, korszerűtlenné vált és elmaradt az időközben külföldön kifejlesztett újabb típusok mögött. Ennek következtében szükségessé vált a kivitelében már elavult fúróberendezés korszerűsítése.