

A NAGYLENGYELI KŐOLAJTÁROLÓ KÖZETEK REPEDEZETTSÉGI—ÜREGESSÉGI VIZSGÁLATA

DEDINSZKY JÁNOS*

(3 ábrával)

Összefoglalás: A nagylengyeli olajmező felsőkréta tároló mészkővének repedeztettségi és üregességi vizsgálatát a készletek pontosabb meghatározása tette szükségessé. A tároló rétegsorának magfúrással harántolása lehetővé tette a részletesebb kőzettani vizsgálatokat R. F o l k osztályozása alapján. A repedezettség mértéke a különböző mészkő típusokkal összefügg. Az olajtárolás szempontjából jelentős nyitott kőzetrések gyakorisága a vizsgált terület különböző pontjain nagy mértékben változó. A kőzetrések oldása és kitöltése egy állandó folyamat, amely a rétegben levő folyadék függvénye. Szilárdságtani vizsgálatok alapján a vizsgált felsőkréta mészkőben a kőzetrések nyílása a rétegviszonyok között csak minimálisan változik, teljes záródás 6000 m mélységben jön létre. A karsztosodás igen jelentős méretű és számú járatot és üreget hozott létre a kőzetrések mentén.

A már 15 éve termelő és közel 400 kúttal feltárt karbonátos kőolajtároló új típusú vizsgálatát követelték meg a termelési tapasztalatok. Bizonytalan volt a kőolaj elhelyezkedése a tárolóban, ismeretlen a kőolajtároló hasznos pörüstérfogata, valamint a kőzet repedezett zónáinak elhelyezkedése.

A nagylengyeli területen a kőolajat felsőkréta szenon mészkő, valamint triász dolomit tárolja.

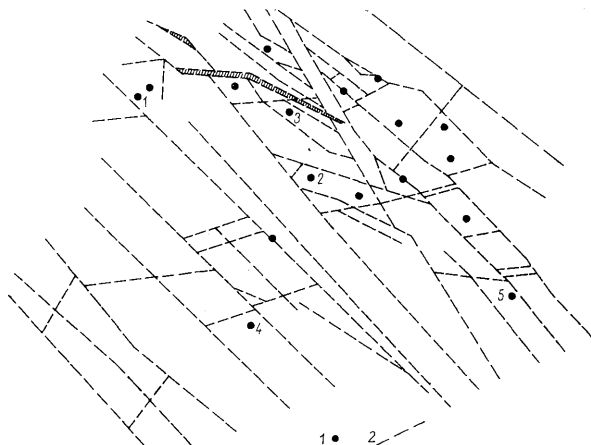
A repedezettség és üregesség vizsgálatához szükséges kőzetanyagot a tároló egészét harántoló folyamatossá magfúrások szolgáltatták (1. ábra). A magminta kihozatal 30—100% között változott, általában az üreges és erősen repedezett zónákból volt a legkisebb magnyeréség.

Jelenleg a vizsgálat súlypontja a felsőkréta mészkő, de emellett azonban az eocén mészkő- és triászösszlet is vizsgálat alatt áll.

Az adatok begyűjtése már a fúrás közben megkezdődik, amikor a f ú r ó h a l a d á s i d i a g r a m o t 20 cm-enként vezetik. E diagram értékelése a kőzetanyag ismeretével lehetővé teszi arra, hogy az erősen töredezett zónák, valamint az üregek kimutathatók legyenek. A fúrás közbeni teljes iszapvesztés minden alkalommal igen rövid idő alatt átfúrható kőzetszakaszokban lépett fel. Az igen erősen összetöredezett zónánál a fúróhaladási görbe nem egyértelmű, mivel a repedezett kőzetmagok szétcsúszva a magcsőbe ékelődnek.

A magfúrási anyag vizsgálatánál a kiindulási alap a következő volt: a kőzetrések gyakorisága a kőzet anyagától, az erőhatás nagyságától és a törésvonalak helyétől függ. A különböző kőzetek a rájuk ható erőkre különbözőképpen reagálnak. Az erőhatásra plasztikusan viselkedő kőzetekben (pl. márga, agyagmárga) kőzetrések nem, vagy csak kis mértékben keletkeznek, helyettük a zárt elmozdulási felületek, csúszási lapok, gyüredezettség az uralkodó. A rideg kőzetek az erő hatására töredeznek, bennük nyitott, zárt vagy utólag kitöltött kőzetrések az uralkodók. Magukon a mészkőveken belül, a különböző kőzettypusok is másképpen reagálnak az erőhatásokra. Ez volt a kiinduló feltételezés, a vizsgálatok ennek az összefüggésnek a bizonyítását célozták.

* Az 1967. V. 15-i Szénhidrogénföldtani Kollokviumon elhangzott előadás.



1. ábra. A nagylengyeli terület szerkezeti vázlata. Jelmagyarázat: 1. Alapfúrások, 2. Törések

Kőzettani vizsgálatok

A mészkőmagok kőzettani vizsgálatát R. Folk „Mészkövek gyakorlati kőzettani osztályozása” c. dolgozatában leírt módszerek alapján végezzük. Ez lehetővé teszi a mészkő több típusának meghatározását, amin keresztül elvégezhető a mikrofációs vizsgálatok és az ősföldrajzi kép kialakítása.

Az általunk használt anyag-alak-folyamat szerinti vizsgálati módszernek leginkább megfelel R. Folk módszere. Rendszerét nem tekinti lezártnak, így megfelelően fejleszhető és átalakítható a szükségesség mértékének megfelelően. Ebből következően teljes egészében a nagylengyeli mészkőre nem alkalmazható, bizonyos fokú kiegészítésre szorul.

A homokkőhöz hasonlóan a tengeri eredetű mészkövek három alkotó elemből kerülnek levezetésre (2. ábra). A homokkőhöz hasonlóan háromszög-diagramon a csúcokban

1. allokém anyagok (máshonnan odaszállított vagy differenciált karbonát testek (a homokkőnél ennek megfelelő a homokszemcsék).

2. 1–4 mikron nagyságú mikrokristályos kalcitanyag (mely a homokkődiagramon az agyagnak felel meg).

3. 4 mikronnál nagyobb, durvább és világosabb mészpát, mint pórusokat kitöltő anyag (és kötőanyag) kerülnek elhelyezésre.

Az alkatrészek különböző arányaitól függően alakulnak ki az eltérő kőzettípusok.

Az allokém anyag adja a mészkő szerkezeti vázát ugyanúgy, mint a homokköveknél a homokszemcsé. Az idegen allokém anyag 4 fajtájának van jelentősége a mészkövekben: a) intraklasztok – közel egyidős karbonát üledékek többször felőrölt törmelékei, b) oolitok, c) kővületek, d) mikrokristályos konkreciók: 0,04–10 mm nagyságú gömb alakú testek.

A mikrokrisztályos kalcit az üledékképződéskor keletkező igen finomszemű kiválás. A csak ebből álló kőzet a litográf mészkő.

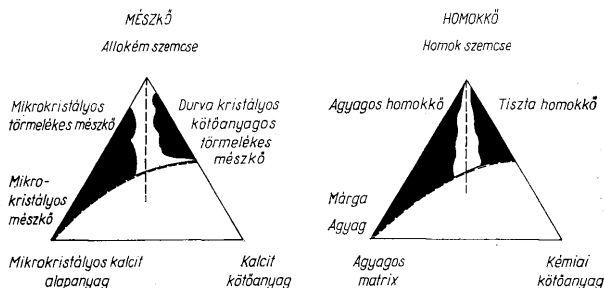
A 4 mikronnál nagyobb kalcitanyag a kőzettéválás alatt kitölti az allokémm szemcsék között levő pórusteret. Sem az allokéme, sem a kalcit kötőanyag önálló kőzetet nem alkotnak.

A kőzetanyag e módszerrel végzett vizsgálatával négy, ill. öt kőzettípus különböztethető meg a felsőkréta rétegsorban, amelyek heteropikusan is helyettesítik egymást. Miután a szénhidrogéntartó szerkezet egész területén a vizsgálatok még nem fejlődtek be, így általánosítható megállapításokat nem lehet tenni. Az azonban megállapítható volt, hogy az eddig vizsgált mészkő magoknál a maximális repedezettség mindig a sok 4 mikronnál nagyobb kémiai kötőanyagot tartalmazó, vagy részben átkristályosodott kőzetanyagú szakaszokon található. A sok mikrokrisztályos anyagot tartalmazó porózus mészkőben mindenütt minimális a repedezettség.

A kőzetanyag és a repedezettség összefüggésének vizsgálatához több szilárdsági vizsgálatot végeztek el a 2. sz. paraméterfűrásból származó felsőkréta mészkő magokon. Az elhatárolható 4–5 kőzettípus szilárdsági adatai igen nagy mértékben eltértek egymástól.

Mélység: (m)	2396 m	2442 m	2551 m
Térfogatsúly: $\gamma \cdot 10^{-3}$ kp/cm ³	2,38	2,58	2,84
Nyírószilárdság: δ_{ny}			
Rétegződésre \perp kp/cm ²	22,0	42,7	34,7
Rétegződéssel \parallel kp/cm ²	33,3	—	—
Egytengelyű nyomószilárdság: δ_{ny}	394	925	1300
Folyási feszültség: δ_{Fk}	150	326	870
Nyomófeszültség $v = 0,5$ -nél	180	476	—
Rugalmissági tényező $E \cdot 10^3$	100	400	750
Poisson-szám: ν	0,29	0,29	0,26
Alakváltozás:			
δ_F -nél: E_H o/o	1,59	0,95	1,14
E_K o/o	0,10	0,19	0,34
$v = 0,5$ -nél: E_H	1,77	1,29	—
E_K	0,25	0,32	—
$\delta_{F_{k/k}}$	4,5	7,8	25,0

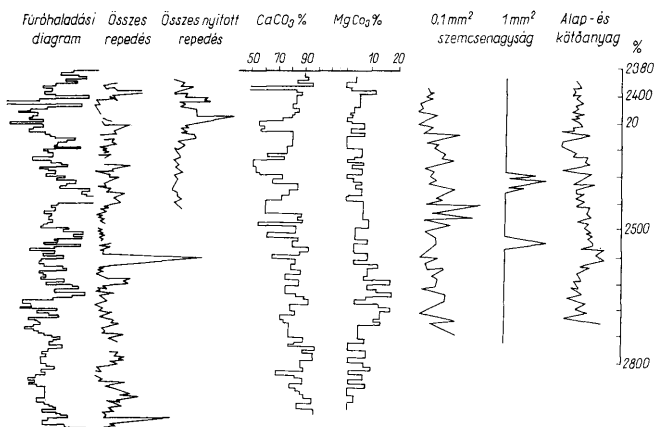
M a g y a r á z a t: 2396 m-ből porózus, finomszemű ösमारadványtörmelékéből és 4 mikronig terjedő finomszemű kalcitörmelékéből álló kőzet; 2442 m-ből durvaszemű, tömött, kemény ösमारadványokból és 4 mikronnál kisebb szemcsékből álló kőzet, ill. mészkő; 2551 m-ből tömött, kissé agyagos, zöm-mel kagylótörmelékéből és alárendelten 4 mikronnál kisebb kalcitszemcsékből álló kőzet.



2. ábra. Háromszög-diagramok mészkő és homokkő összehasonlítására

A szilárdsági vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a kis térfogatsúlyú, nagy plaszticitással rendelkező, általában porózus kőzetek repedezettsége kisebb, mint a nagy térfogatsúlyú, kis plaszticitású kőzeteké.

A törmelékes mészkő szemcse nagyság-eloszlása vékony csiszolaton került vizsgálatra. A tároló teljes egészét harántolva, a 2. sz. paraméterfúrásból vett magoknál a szemcse nagyság-eloszlási görbék (melyek 5 szemcse nagyság-frakcióra készültek el), arra engednek következtetni, hogy az egyes szemcse nagyság-frakciók megjelenése a mészkő szintezésére ad módot (3. ábra). A szemcse nagyság és a repedezettség között



3. ábra. A 2. sz. alapfúrás jellemzői

a következő összefüggés állapítható meg: repedezettségi minimumok vannak a kőzetanyagban azokon a helyeken, ahol az 1 mm átmérőnél kisebb allokém szemcsék válnak uralkodóvá. A változatos szemcse nagyságú allokémeket tartalmazó kőzetanyag repedezettségi mértéke általában nagyobb.

Kőzetrések és üregek vizsgálata

A kőolajat tároló karbonátos kőzet hasznos térfogatának meghatározása a felszínre kerülő, folyamatos magfúrás anyagán 10-cm-enként készített felületi csiszolatokon történt. A felületi csiszolatokon levő összes zárt, kitöltött és nyitott kőzetrések kerültek felmérésre. A maghiányos és a kőzetrések mentén szétesett anyag hasznos porozitásának megállapítása céljából a következő feltételezésből indultunk ki: a kitöltött és nyitott kőzetrések méreteloszlása egymáshoz hasonló. Ezen elv alapján a szétesett kőzetanyag részekén a nyitott kőzetrések száma meghatározható lett volna. Az eddigi vizsgálati eredmények alapján azonban ez a feltételezés eredeti formájában nem állta meg a helyét. Az 1. sz. paraméterfúrás viszonylag erősen átkristályosodott, felsőkréta mészkővének

hosszú, mintegy 60-m-es szakaszában (10 cm-enként 33 cm² felületen) 5863 db kőzetrés került felmérésre, melyből 566 db volt nyitott. A nyitott és kitöltött kőzetrések aránya a különböző mérettartományokban a következő:

0,02—0,1 mm mérettartomány között az összes kőzetrés	8,2%-a
0,1—0,2	12,0
0,2—0,3	18,6
0,3—0,4	17,8
0,4—0,5	15,2
0,5—0,6	15,2
0,6—0,7	14,3
0,7—0,8	47,3
0,8—1,0	52,1%-a volt nyitott.

A nagylengyeli mészkőösszetétel 3 különböző részén elvégzett vizsgálatok a felsőkréta mészkőben némi eltéréssel az előbbihez hasonló eredményeket adták.

A kőzetrések számszerű eloszlását a különböző mérettartományokban az alábbi összeállítás tartalmazza:

	Összes kőzetrés (db)	Összes kőzetrés-felület %-a
0,02-ig	960	1,495
0,02—0,1	3845	21,126
0,1—0,2	608	12,946
0,2—0,3	203	8,164
0,3—0,4	90	5,746
0,4—0,5	56	5,724
0,5—0,6	31	3,592
0,6—0,7	36	4,986
0,7—0,8	14	2,990
0,8—0,9	11	1,449
0,9—1,0	14	2,592
1,0 felett	55	27,856

A hasznos térfogat, amely folyadékkal vagy gázzal telítődhet, térfogatszázalékban a számszerű eloszlástól alaposan eltér, az összesen mért magfelület %-ában számolva. (1 sz. paraméterfúrás 2132,5—2195,5 m).

	Összes nyitott (db)	%
0,02-ig	52	0,538
0,02—0,1	366	17,914
0,1—0,2	69	12,522
0,2—0,3	35	12,003
0,3—0,4	15	10,175
0,4—0,5	9	5,579
0,5—0,6	4	3,150
0,6—0,7	4	4,624
0,7—0,8	2	0,642
0,8—0,9	5	6,817
0,9—1,0	4	2,117
1,0 felett	10	23,917

A fenti vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a nagyobb nyílású kőzetrések számszerű alárendeltségük ellenére fontos szerepet játszanak a kőolajtárolásban.

Az összes vizsgált kőzetrések több mint 95%-a kitöltött. A kőzetres-kitöltések 85%-át kalcitanyag tölti ki, 7%-ában fordul elő agyagos kitöltés, a fennmaradó 8%-át pirit, porózus kőzettörmelék és az előbbiekből kombinációja adja. A kitöltő anyag mintegy 80%-ban szorosan kapcsolódik a kőzethez, amelyben létrejött. A márgás mészkőben a kitöltőanyag minden esetben márgás kalcit vagy márga. A kitöltések 21%-a több fázisban ment végbe: a mai kitöltött kőzetres felnyílt és újra kitöltődött. A kőzetrések elosz-

lása a tárolóban változatos. Az egyik vizsgált magszakaszon a nyitott és kitöltött kőzet-
rések aránya szakaszosan változó a 0- és 26,7% között. Az 1 sz. paraméterfúrásban 2154—
2156 m között az összes kőzetrés 1,27%-a nyitott, 2160—2181 m között az összes kőzetrés
22,4%-a nyitott.

A kőzetrések formájuk szerint is felosztásra kerültek. Meg-
különböztetésre került egyenes lefutású, hullámos, felszakadozó elágazódó és hálózatos
kőzetrés. Hullámos, felszakadozó és elágazódó formája van a 0,01 és 0,2 mm-es kőzet-
rések 80%-ának. A nagyobb, 0,2—0,5 mm közötti kőzetrések 74%-ban egyenesek, enyhén
hullámosak. Az ennél nagyobb átmérőjű kőzetrések rendszerint egyenes, alárendelten
hullámos lefutásúak.

A vizsgált felsőkréta mészkő egyenes szakaszaiban igen gyakoriak a sztilo-
litok. Legnagyobb részük, mintegy 90%-uk agyagos, márgás kitöltésű. Vizsgálatu-
kat azonban nem lehet elhanyagolni, mivel 10%-ban nyitottak, vagy porózus anyaggal
kitöltöttek, így kőolajtárolásra alkalmasak.

A kőzetrések három különböző időben jöttek létre. Az első kőzetrés-generáció
a kőzettéválás időszakában, a második generáció a miocén előtt keletkezett, míg a har-
madik generáció alsópannoniai korú. Kőolajtárolás szempontjából az első generációnak
semmiféle jelentősége nincs, mindig kitöltött. A második generáció viszont igen fontos
szerepet játszik, mivel hosszú időn keresztül karsztosodásnak volt kitéve. A harmadik
generációt az előzőnél jóval kisebb erőhatások hozták létre. Számuk kicsi, azonban az
olaj—viz határ felett mindig nyitottak, sőt jórészt az olaj—viz határ alatt is.

A kőzetrésméréseket a felszínre kerülő magokon végzik. Felmerült az a kérdés, hogy
rétegvizonyok között a kőzetrések nem záródnak-e be, vagy milyen mértékben záródnak.
A kőzetszilárdági vizsgálatokat ezért kiterjesztették a kőzetrészáródásokra is. A felső-
kréta mészkő 14 mintáján elvégzett mérések alapján a kőzetrések nyílászélessége 1900—
3000 m között mindössze 0,25% változást mutat. Teljes kőzetrészáródás a vizsgált felső-
kréta mészkőben 6000 m körüli mélységben mehet csupán végbe, ahol a kőzet már plasztikusan
viselkedik.

A kőzetrés kalcitkitöltéséről a vizsgált anyag- és rétegnyitási tapasztalatok alap-
ján az az elgondolás adódik, hogy a kőzetrések oldása és kitöltése állandóan végbemenő
pusztító vagy építő földtani folyamat. A kitöltés vagy kioldás esetleges nyugalmi hely-
zete a rétegben elhelyezkedő folyadék függvénye. Egymással kapcsolatban levő kőzet-
résekben, ahol a víz mozgása elképzelhető, nyugalmi állapot nincs, vagy oldás vagy ki-
töltés megy végbe. A kőolajjal kitöltött kőzetrések és üregek konzerválódnak. A felső-
kréta mészkőben az olaj—viz határ alatt ma is állandó kitöltés folyik. Ez a folyamat az
olaj mozgékonyasága szempontjából játszhat szerepet.

A kőzet hasznos porozitásának meghatározása a követ-
kező képlet alapján történik:

$$\frac{\text{összes nyitott kőzetrés-felület}}{\text{összes vizsgált csiszolt magfelület}}$$

A nagylengyeli szerkezet felsőkréta mészkőjében az eddig elvégzett vizsgálatok
alapján az egyes kutaknál a következő eredmények adódtak:

$$1. \text{ sz. kút } 2132,5 - 2195,5 \text{ m } \frac{950,696 \text{ mm}^2}{670 091,2 \text{ mm}^2} = 0,142\%$$

$$2. \text{ sz. kút } 2380 - 2643 \text{ m } \frac{1 542,016 \text{ mm}^2}{4 587 281,7 \text{ mm}^2} = 0,034\%$$

$$3 \text{ sz. kút } 2294 - 2518 \text{ m } \frac{69,256 \text{ mm}^2}{5\,580\,306,8 \text{ mm}^2} = 0,00124\%$$

$$4 \text{ sz. kút } 2058 - 2311 \text{ m } \frac{575,368 \text{ mm}^2}{2\,550\,635,8 \text{ mm}^2} = 0,023\%$$

Kőolajat a területen nem tároló eocén mészkő repedezettsége a következően alakul:

$$5 \text{ sz. kút } 2144,5 - 2221,0 \text{ m } \frac{59,938 \text{ mm}^2}{652\,361,7 \text{ mm}^2} = 0,0092\%$$

A kőolajtároló hasznos térfogat kialakításában igen fontos szerepe volt a karsztosodásnak. A karsztosodás a tortonai korszak előtti szárazulati időszakban ment végbe a felsőkréta mészkőben. A krétavégi szerkezetalakulás a felsőkréta összletet összetörte, blokkokra tagolta. A létrejött kőzetrések mentén végbement a nagyméretű kioldás. A karsztvíz szintingadozása következtében több erőteljesen karsztosodott öv alakult ki. Az üregek nagysága erősen változó. A felszínre hozott magokon a 0,4–3 cm átmérőjű a leggyakoribb, míg a fúróhaladás alapján a 10–100 cm magasságú. A maximális észlelt magasság (üregmagasság) 27 m. Az eróziós felszín közelében levő kisebb üregek és járatok rendszerint miocén agyaggal, márgával vagy laza mésziszappal vannak kitöltve. A 20 cm-nél nagyobb járatokban az esetek többségében részleges kitöltés fordulhat elő, mely kőzet-törmelékéből, ritkábban agyagból áll.

Az üregesség vizsgálata a repedezettséghez hasonlóan csiszolt magfelületen történik. Az 1. paraméterfúrás felsőkréta mészkő 2132,5–2195,5 m szakaszán 670 091 mm² vizsgált felületén 2879,7 mm² üregfelület található. Ez hasznos porozításban 0,429%-ot ad meg. A fúróhaladási diagram alapján összesen 16,1 m üreg mutatható ki. Kitöltésük mértéke bizonytalan, 30–90% között változhat. Így az itt adódó hasznos porozítás 2,67% és 18,69%. A 2. sz. kútban 320 cm üreget jelzett a fúróhaladás, 7 különböző mélységben 20–80 cm magassággal. Az üregekben kitöltés nem volt. Hasznos üregtérfogat a felsőkréta mészkőben 1,33%. A 3. sz. kútban üreget kimutatni nem lehetett. A 4. sz. kúton az üregekből adódó hasznos porozítás 1,09% és 5,46% között változhat különböző kitöltöttséget véve figyelembe. Az 5. sz. kútban vizsgált eocén mészkőben üregek, karsztos járatok nem voltak.

Az 500 m mészkőmagon lefolytatott vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a kőolaj a felsőkréta mészkőben a nyitott kőzetrésekben és karsztos üregekben, járatokban helyezkedik el. A porózus mészkőben kőolaj-beitatás csak minimális mértékben fordul elő, a készletek meghatározásánál elhanyagolható. A folyamatban levő vizsgálatok valószínűvé teszik a hasznos repedezett hézagterefogat növekedését.