

## RQD ÉS C TÉNYEZŐK ÉRTÉKEINEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ ÜVEGHUTAI FÚRÁSOK ALAPJÁN

*Kovács László*

Kútfej Bt. Pécs, kutfejbt@chello.hu

*Vásárhelyi Balázs*

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tsz. vasarhelyib@freemail.hu

**Összefoglalás:** A kőzettestből magfúrással kapott fúrómagok darabhosszai különböző nagyságúak. Tömött, nem repedezett kőzetek fúrómagjai általában hosszabb darabokból állnak, szemben a repedezettebb kőzetekkel, amelyekből nem ritkán ép fúrómagok szinte ki sem nyerhetők. A tagoltságokkal átjárt kőzetmasszívumba mélyített fúrólyukak egyes szakaszai három csoportra oszthatók: a) ép magok szakasza; b) tört magok szakasza; c) maghiány szakasza. A fúrómagok elemzésére, kiértékelésére a nemzetközi gyakorlatban az ún. RQD tényezőt használják. Magyarországon ezen tényező mellett a kőzetest töredezettségét Hansági által kifejlesztett C-módszerrel is mérik. A cikk célja a két tényező alkalmazhatóságának bemutatása, kiemelve, hogy a C-tényező segítségével jóval jobban lehet a fúrómagot minősíteni. Jelen cikkben a Bábaapátiban készülő kis- és közepes radioaktivitású hulladéktároló kialakításához készített fúrómagok statisztikai elemzése kerül bemutatásra.

*Kulcsszavak:* RQD, C, tagoltság, fúrómag értékelés

### 1. Az RQD érték a tagoltság mértékének meghatározására

A tagoltság mértékének megállapítására és annak számszerűsítésére az RQD-módszer (RQD = Rock Quality Designation) terjedt el, és a legtöbb kőzettest osztályozási módszer mint alapadatot használja fel. Az RQD értéket előbb fúrómagra határozták meg, majd a szabad sziklafalakon felvehető egységnyi térfogatra eső tagoltsági értékkel is megfeleltették. A legújabb kutatásoknál már a tagolófelület irányát is figyelembe veszik e tényező pontos megállapításánál.

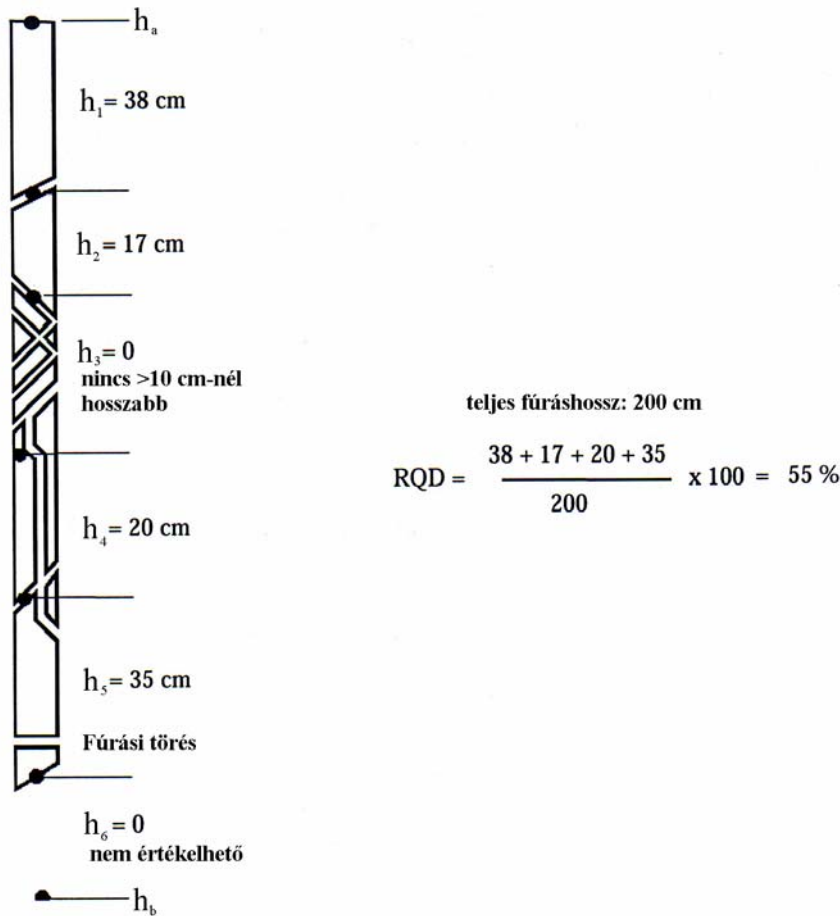
Az RQD érték használatát Deere vezette be 1964-ben és ma már az egyik alapvető mérőszám a kőzettest tagoltságára vonatkozóan. Meghatározásánál a fúrómagból, melynek átmérője minimálisan 54,7 mm, azaz 2,15 hüvelyk és a kihozott magminta darabok hosszának méréséből indultak ki. Maga a mérőszám százalékban adja meg azon daraboknak az összhosszát, melyek hosszabbak, mint 100 mm (ill. az angolszász használatban 4 hüvelyk), azaz az RQD érték:

$$RQD = \frac{\Sigma h_{10}}{h_b - h_a} 100 [\%] \quad (1.)$$

ahol  $\Sigma h_{10}$  a 10 cm-nél hosszabb darabok össz-hossza,  $h_b$  és  $h_a$  pedig a vizsgált mélységköz felső és alsó mélysége.

Deere szerint azon fúrások is épnek tekintendők, amelyen a tagoló felület a fúrástengellyel megegyezően helyezkedik el. Javaslatára alapján a kiszámítás lehetőségét egy példán keresztül mutatjuk be az 1. ábra segítségével. A 2. ábrán egy ép és egy nagyon töredezett magfúrás

eredménye látható. A 3. ábra Palmström (2001) mérési eredményét mutatja, felhívva a figyelmet ezen érték használatának buktatóira: amint az ábrán jól látszik, lényeges eltérés lehet mind az RQD = 0 %, mind az RQD = 100 %-os magkihozatalok között.

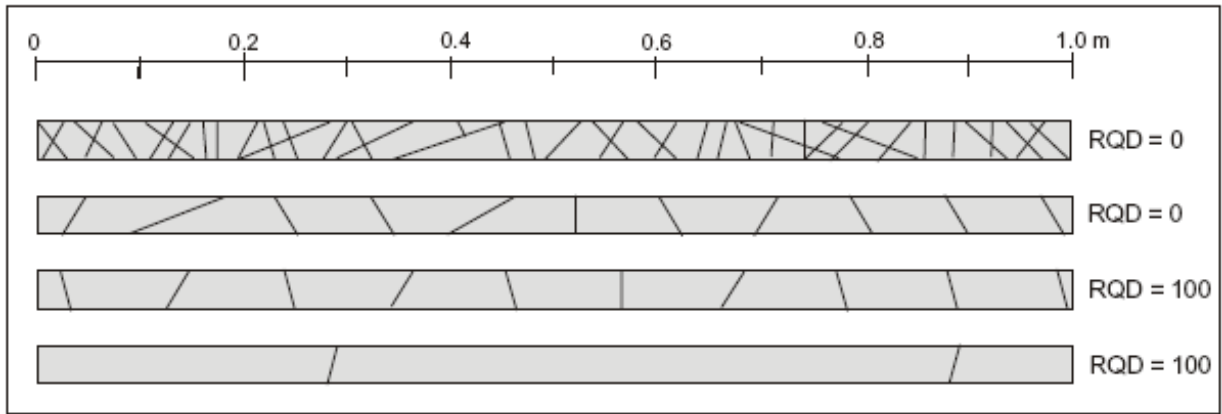


1. ábra. Példa az RQD meghatározásának módszeréhez (Deere, 1989).

Az RQD érték megállapításakor az egyértelműen a fúrásakor keletkezett friss törések figyelmen kívül hagyandók, a palás kőzetek esetében pedig közvetlenül a magkihozatal után kell a minősítést elvégezni, nehogy a paláság síkjában bekövetkező fellazulás az eredményt meghamisítsa. Az RQD érték még rossz magkihozatal esetén is reális képet ad, mivel a rossz magkihozatal oka a nagyon gyenge kőzetminőség.



2. ábra. Egy ép (a) és egy nagyon töredezett (b) kőzettest magládája (Gálos & Vásárhelyi, 2005)



3. ábra. Példa a minimális (0) és maximális (100) RQD tényezőkre (Palmström, 2005)

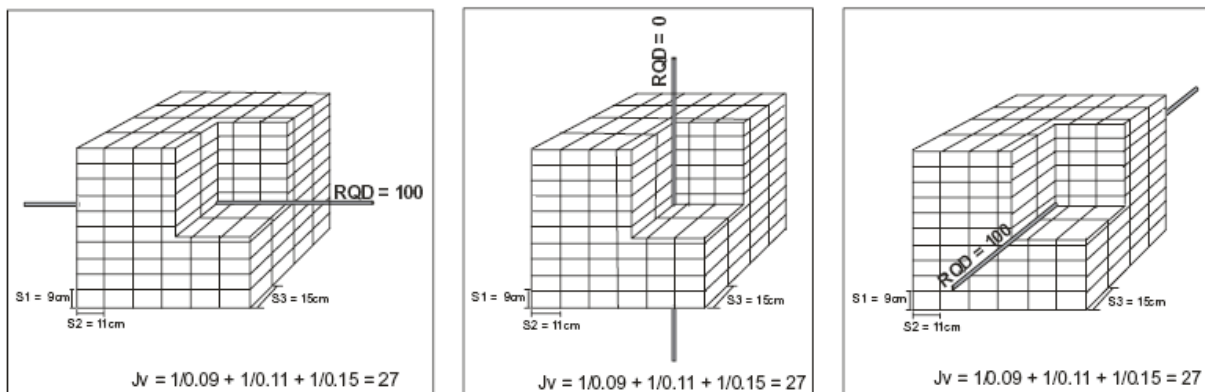
Az 1. táblázat a gyakorlati megfigyelések alapján megállapított RQD érték és a kőzettest osztályok közötti kapcsolatot adja meg – ez a táblázat megegyezik az EUROCODE 7-1-ben megadott osztályozással.

Az RQD érték mellett mind általánosabbá válik az ún. TCR érték megadása is, mely azt mutatja meg, hogy a teljes fúráshossz hány százaléka áll teljesen ép fúrómagból. Ez az érték inkább tájékoztató jellegű, az RQD mellett szokták csak felhasználni. Természetesen,  $TCR \geq RQD$ , értéke 0 és 100 % között változhat.

RQD %	Kőzettest minősítése EUROCODE 7-1 alapján	Kőzettest kőzetmechanikai minősítő megnevezése
> 25	Nagyon gyenge	gyakorlatilag talajként kezelhető
25 – 50	Gyenge	nagyon töredezett
50 – 75	Megfelelő	töredezett
75 – 90	Jó	kisé töredezett
90 – 100	Kiváló	ép

1. táblázat. Kőzettestek osztályozása az EUROCODE 7-1 szerint a kőzetmechanikai megnevezésekkel (Gálos és Vásárhelyi, 2005)

Amint azt fentebb említettük, az RQD értéke irányfüggő, míg a térfogati tagoltság-szám értéke nem. A 4. ábra egy szélsőséges példát mutat (Palmström, 2005): feltételezzük, hogy 3 tagoltsági rendszer van, melyek 9, 11, illetve 15 cm-es távolságra vannak egymástól. A fúrásiránytól függően így  $RQD = 100\%$ -os és  $RQD = 0\%$ -os értékeket kaphatunk.



4. ábra.: Ugyan abban a kőzettestben készített három különböző irányú fúrás RQD értéke és térfogati tagoltság-száma (Palmström, 2005)

## 2. C (Hansági) módszer

Az RQD érték megalkotásakor Deere feltételezte, hogy a feltáró fúrásnál minimálisan 54 mm átmérőt használnak. Ez a kötöttség elég sok nehézséget okoz, hiszen sok esetben még igen nagy anyagi ráfordítás esetén sincs lehetőség ekkora átmérőjű fúrásra. Ezt figyelembe véve Hansági (1965, 1986) ajánlására vezették be az ún.  $C$  tényező számításának módszerét, mely minden átmérő esetén használható. Kétségtelen tény, hogy a  $C$  tényező kiszámítása bonyolultabb, mint az RQD érték meghatározása, viszont a  $C$  tényező a gyakorlat szempontjából jobban megfelel az elvárt követelményeknek.

A  $C$  tényező a  $C_p$  un. próbatest-tényezőnek és a  $C_m$  maghosszúság-tényezőnek számtani középárányából adódik, vagyis:

$$C = \frac{C_p + C_m}{2} \quad (2)$$

A  $C_p$  próbatest-tényező kiszámításakor meghatározzák azt, hogy a magátmérőnél hosszabb hengeres fúrómag-darabokból hány  $p$  darab magátmérő-hosszúságú próbatestet lehetne kialakítani. Ezek a kifűrészelhető próbatest-darabok összegezve ( $pD$ ) egy fúrómag-hosszúságot adnak, amit arányba állítunk a vizsgálat tárgyát képező fűrőlyuk vagy fűrőlyukszakasz ( $h_b - h_a$ ) hosszúságával. Számszerűleg:

$$C_p = \frac{pD}{h_b - h_a} \quad (3)$$

ahol  $C_p$  a próbatest-tényező,  $p$  a vizsgálat tárgyát képező fűrőlyukból vagy fűrőlyukszakaszból kimunkálható szabványos próbatestek száma (db),  $D$  a fúrómag átmérője, ( $h_b - h_a$ ) a vizsgálat tárgyát képező vizsgált mélységköz hossza.

A  $C_m$  maghosszúság-tényező kiszámítása nagyjából hasonlóan történik, mint az RQD érték meghatározása, de szoros kapcsolatba hozva a mindenkori magátmérővel, továbbá nem a magdarabok összegzett  $M$  hosszát, hanem a magdarabok átlagos  $\bar{m}$  hosszát viszonyítjuk a teljes ( $h_b - h_a$ ) fűrőlyuk szakaszhoz. Ennek megfelelően a maghosszúság-tényező:

$$C_m = \frac{\bar{m}}{h_b - h_a} \quad (4)$$

ahol

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} = \frac{M}{n} \quad (5)$$

Ebben a kifejezésben  $M$  azon fúrómag-darabok összegzett hossza, azaz  $\sum_{i=1}^n m_i$ , amelyeknek hengeres hossza legalább akkora, mint a magátmérő. Azaz az összefüggés a következő alakban is felírható:

$$C_m = \frac{M}{n(h_b - h_a)}, \quad (6)$$

ahol  $n$  azon magdarabok száma, melyek hossza meghaladja a fúrómag átmérőjét. A  $C$  tényező kifejezhető az (3), (4) és (6) összefüggésből:

$$C = \frac{1}{2(h_b - h_a)} \left( pD + \frac{M}{n} \right) \quad (7)$$

A  $C$  tényező nagysága 0 és az 1 között változhat. Ha egyáltalán nem lehetséges szabványos henger alakú próbatestet kialakítani a fúrómagból, akkor a  $C$  tényező értéke 0. Ha viszont a magfúrás által csak egyetlen és olyan  $(h_b - h_a)$  hosszúságú fúrómag kerülne kinyerésre, mint a vizsgálat tárgyát képező fúróluk mélysége, vagy fúrólukszakasz hossza, akkor a  $C$  tényező értéke 1. Ez utóbbi eset nyilvánvalóan csak rendkívül ritkán és igen tömött, egynemű, szilárd kőzetek esetében fordulhat elő. Ekkor a kőzettest és a kőzettömb határ elmosódik, a kőzettest anyagtulajdonságai a kőzettömbével egyeznek meg.

A (6) egyenletről nyilvánvalóvá válik, hogy a  $C_m$  maghosszúság-tényező nagysága sokkal kisebb, mint a  $C_p$  próbatest tényező, mert a maghosszúság-tényező a magdarabok átlagos hosszának és a kérdéses  $(h_b - h_a)$  fúrólukszakasz hosszának aránya. Ez ugyan ellentmondásnak látszik, azonban könnyű belátni, hogy a maghosszúság-tényezőnek igen fontos szerepet kell kapnia a  $C$  repedezettségi (tagoltsági) tényező értékének kiszámításában, mert ez fejezi ki leginkább a kőzet repedezettségi (tagoltsági) tulajdonságait. Elképzelhető ugyanis, hogy a kőzetből magfúrással viszonylagosan sok rövidebb, de az átmérő kétszeresét mégis meghaladó hosszúságú hengeres magdarabokat kapunk, aminek következtében a  $C_p$  próbatest-tényező aránylag elég nagy értékű lesz, de ugyanakkor a  $C_m$  maghosszúság-tényező igen kicsi értékű, mert a kinyert magok átlagos hosszúsága kicsi. Ennek megfelelően a  $C_m$  reális értéke csökkenti le a  $C$  tényező nagyságát.

### 3. Az RQD és $C$ tényezők összehasonlítása

A több, mint 1000 mérési eredmény alapján (mely több, mint 1500 fm fúrómagnak feldolgozásának felel meg) megszerkesztettük az RQD- $C$  diagrammot (lásd 5. ábra).

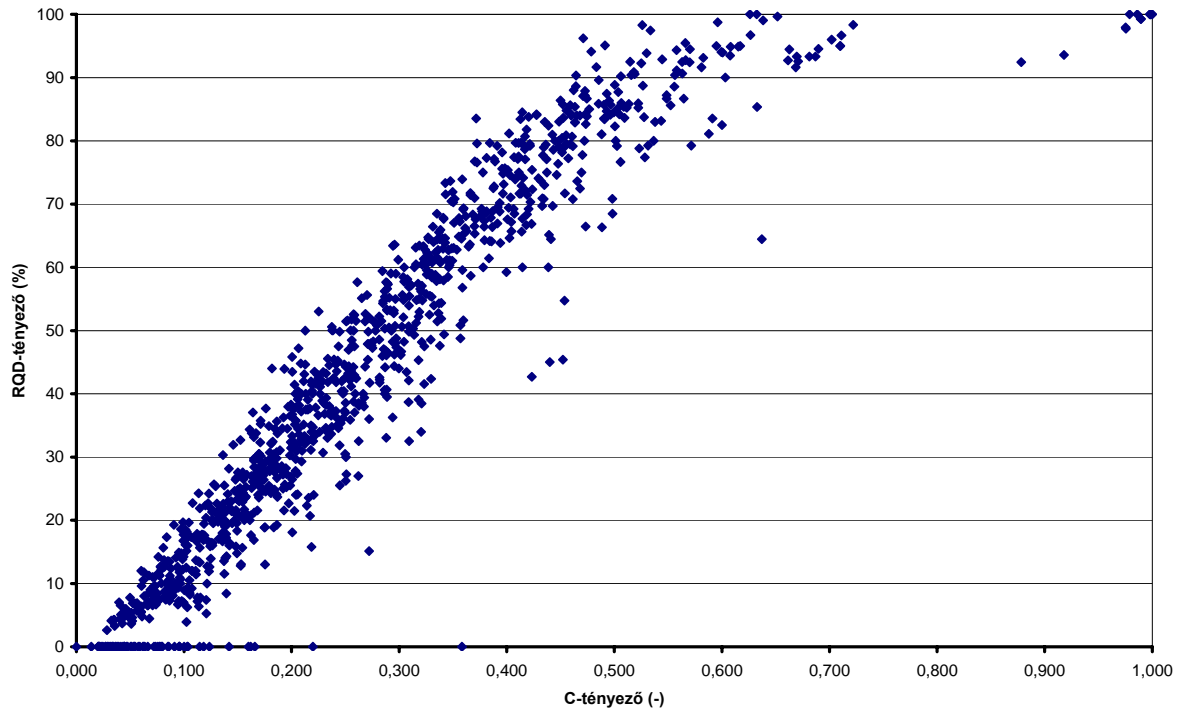
Az ábrán jól érzékelhető, hogy nincs egyértelmű kapcsolat a két érték között. A legjelentősebb eltérések az  $RQD = 0\%$ , és  $RQD = 100\%$  értékek körül vannak. Abban az esetben, ha nincs értékelhető RQD értékünk, a  $C$  tényező 0 és 0,358 között változott. Az RQD módszer esetén teljesen épnek tekintett fúrómagnál (100%) a  $C$  tényező jóval érzékenyebben mutatja a tagoltságok jelenlétét, értéke 0,652 és 1,000 közötti. A két tényező csupán 10 és 90 %-os RQD értékek között lehetséges. Ebben az esetben:

$$RQD = 175,75 C + 2 \quad (\%) \quad (8)$$

egyenlettel lehet a két tényező között a legjobb összefüggést megalkotni. Az adott pontsorozat azt mutatja, hogy ettől az egyenlettől jelentős eltérést is lehet mérni.

### Összefoglalás

A cikkben felhívjuk a figyelmet arra, hogy a tradicionálisan alkalmazott RQD módszernél a Hansági által bevezetett  $C$  tényező jóval pontosabban tudja a fúrómagok repedezettségét, töredezettségét számszerűsíteni. Érdemes ezért minden fúrómagot mindkét módszerrel analizálni, így lehetőség nyílik annak jóval pontosabb leírására.



5. ábra: RQD tényező C függvényében

### Köszönetnyilvánítás

Vásárhelyi Balázs ezúton mond köszönetet a Bólyai Ösztöndíjnak, valamint az OTKA (D048645, K60768) a kutatás támogatásáért.

### Hivatkozások

- Deere, D.U. 1964: Technical description of rock cores for engineering purposes. *Rock Mech. & Engng Geol.* **1**: 17-22
- Deere, D.U. (1989): Rock quality designation (RQD) after 20 years. US Army Corps. Engrs Rep. GL-89-1.
- Eurocode 1997-1: Geotechnikai tervezés, 1: Általános szabályok.
- Gálos M.; Vásárhelyi B. (2005): Mechanikai viselkedés az RQD-érték ismeretében. *Mélyépítés* **3**(2): 18-22.
- Hansági, I. (1965): Numerical determination of mechanical properties of rock and of rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, **2**: 219-223.
- Hansági I. (1986): *Gyakorlati kőzetmechanika az ércbányászatban*. Műszaki Kk. p. 172.
- Palmström, A. (2001): *Measurement and characterization of rock mass jointing*. In: In situ characterisation of rocks (Eds: Sharma, V.M.; Saxena, K.R.) 49-97.
- Palmström, A. (2005): Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD) *Tunnelling & Underground Space Techn.* **20**: 362-377.