

A shale*

The Shale – Review

VALCZ GYULA

nyug. okl. geológus

(KV, OKGT, MOL, TXM, Exxon Mobil)

E-mail: gyula.valcz@gmail.com



A shale mint kőzetnév sok problémát okoz. A magyar pala, agyapala esetleg agyagmárga, márga vagy aleurolit fordítás nem tükrözi az USA-ban használatos shale kifejezést minden tekintetben, a magyar szaknyelvben viszont nincs olyan szó, terminus, amely egyértelműen az angol shale szó magyar megfelelő fordítása lenne. Még az angol szaknyelv sem lehet elégedett e kifejezés jelentésével. A shale-kutatás és a shale-gáz/shale-olaj termelésének nehézségét Magyarországon a heterogenitás okozza, ami a kiterjedést és a szerves anyag tartalmat jellemzi. Emiatt nehéz körül határolni azt a területet, ahol kommerciális termelés érhető el (ahogy G. Mitchell tette az USA, Texas, Barnett Shale formációban).



Ez az anyag mint kőzet nehezen definiálható, inkább csak mint kőzetösszlet (formáció) írható le maradéktalanul, amely szinte minden törmelékes, üledékes kőzetet tartalmazhat (lásd lentebb, a shale eredete). Ezért mutatkozott szükségesnek a shale fogalmának pontosabb definiálása elsősorban az USA-beli példák elemzésével, ahol gazdag vizsgálati anyag került az irodalomban bemutatásra 2000 után. Ezt az igényt próbálja kielégíteni ez a cikk annak érdekében, hogy a hazai viszonylatokban is megtaláljuk az USA-beli formációknak megfelelő analógiát, ahol esetleg hasonló CH-termelést lehetne elérni.

Kulcsszavak: definíciók, fordítások, szakirodalom, osztályozás, mineralógia, eredet, területi elterjedés, forráskőzet, rezervoár, serkentés

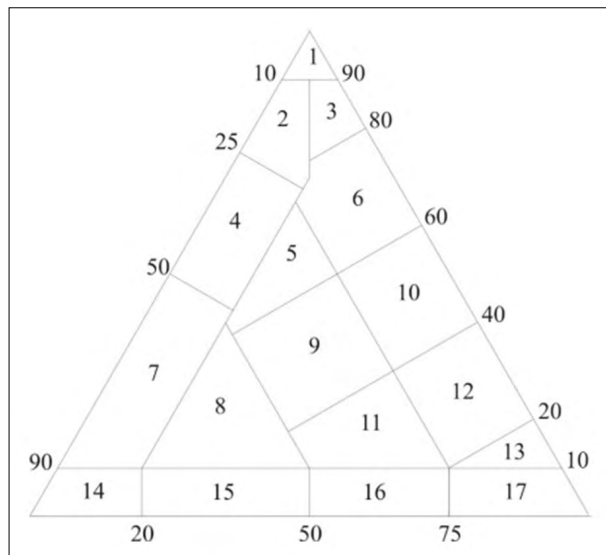
Shale as a rock name causes many problems. The Hungarian translations of shale, clay shale, clay marble, marl or aleurolite do not reflect the US shale in all respects, but there is no word, term or phrase in the Hungarian language that is a clear translation of the English word „shale”. Even the English language may not be satisfied with the meaning of the term shale. The difficulty of shale exploration and shale gas/shale oil production in Hungary is caused by the heterogeneity in extent and organic matter content, which makes it difficult to delineate the area where commercial production can be achieved (as G. Mitchell did in the Barnett Shale Formation, Texas, USA). Shale as a rock is difficult to define, but can only be fully described as a rock assemblage (formation), which can contain almost any sedimentary rock (see below, the origin of shale). It was therefore necessary to define the term shale more precisely, mainly by examining examples from the USA, where a rich body of research material has been presented in the literature since 2000. This need is addressed in this paper in order to find analogies to US formations in domestic formations where similar CH production could possibly be achieved.

Keywords: definitions, interpretation, literature, classification, mineralogy, origin, areal extension, sourcerock, reservoir, stimulation

* Bánhidi László, olajmérnök barátom emlékére.

1. A shale említése a magyar szakirodalomban

Az üledékes kőzetek nevezékτανát az irodalomban elérhető módon először *Bárdossy György* (1961) írja le [1]. A 17 pontot tartalmazó háromszögdiagram szélső értékei (csúcsai): 1. mészkő; 14. homok (kő) vagy aleur(ol)it; 17. agyag(kő); a shale-t vagy annak magyar fordítását nem említi.



1. ábra. *Bárdossy György* (1961) nevezékτανa [1]

A nevezékταν terminusai: 1. mészkő; 2. homokos (kőzetlisztes) mészkő; 3. agyagos mészkő; 4. erősen meszes homok(kő) vagy aleur(ol)it; 5. homokos (kőzetlisztes) márga; 6. mészmárga; 7. meszes homok(kő) vagy aleur(ol)it; 8. márgás homok(kő) vagy aleur(ol)it; 9. homokos (kőzetlisztes) márga; 10. márga; 11. homokos (kőzetlisztes) agyagmárga; 12. agyagmárga;

13. meszes agyag(kő); 14. homok(kő) vagy aleur(ol)it; 15. agyagos homok(kő) vagy aleur(ol)it; 16. homokos (kőzetlisztes) agyag(kő); 17. agyag(kő).

Dank V. „Kőolajföldtan” c. könyve (1980) [5] keřrőli a shale kifejezés használatát és a megfelelő magyar kifejezéseket, helyette a pelites kőzet, agyagos márgás kőzet, finomszemcsés kőzet stb. kifejezéseket használja.

Balogh Kálmán et al. (1991): *Szedimentológia I–III*. (JATE) [2] a shale kifejezést nem említi, csak az agyagpala és aleurolit nevek szerepelnek.

Szokmány Gy. (2008) a „Segédanyag BSc-szakosok geológus szakirány üledékes kőzettangyakorlat anyagához, 2008” (14. o.) [24]. Zárójelben a mudstone-ok között említi a shale-t.

Raucsik Béla (2020): *Kőzettan leckesorozat, 7. lecke: „Ha palás akkor a neve shale.”* [20]

A felsorolásból látható – bár ez nyilván nem teljes –, hogy a shale említése a magyar szakirodalomban nagyon szegényes, jőllehet a köznyelvben szinte naponta emlegetik a „palagázt”.

Badics és Vető cikke [3] angol nyelven jelent meg, ily módon kikerőlve a shale lefordításával mutatkozó kétértelmőséget (a pala-metamorf vagy üledékes kőzet). Badics és Vető szerint [3] azok a hazai anya- (forrás-) kőzetek, amelyeket potenciális shale-gáz/shale-olaj kőzeteknek/formációknak tekintenek: felső triász, kössen márga, jura, toarci shale oligocén, tardi agyag, középső miocén tengeri formációk (aleuritok), felső miocén, endrődi márga. Badics és Vető [3] gyakorlatilag minden, a Pannon-medencében előforduló anya- (forrás-) kőzetet potenciális shale-gáznak/shale-olajnak tekint.

1. táblázat. Az összehasonlításhoz USA/Magyarország használt adatok

Observed organic geochemical parameters of the source rocks. The datasets include immature and mature values.

Formation	Upper Triassic Kőssen Marl	Lower Jurassic marls	Lower Oligocene Tard Clay	Middle Miocene marls	Upper Miocene Endrőd Marl
Number of samples	131	109	93	135	81
Maturity as %Ro	0.32–0.35	0.68–4.0	0.43–0.52	0.38–2.2	0.24–2.0
T-max (°C)	395–435	426–495	404–436	415–475	422–474
TOC (wt.%)	3.86	0.57	2.21	0.8	0.82
	0.07–31.5	0–4.15	0.41–4.98	0.02–3.30	0.26–3.05
S2 (mg HC/g rock)	22	0.68	6.47	0.97	0.66
	1.09–206	0.01–19.46	0.34–19.61	0–8.24	0.03–5.86
HI (mg HC/g TOC)	516	70	252	92	81
	93–990	0–469	26–465	0–347	5–322

Numerator – average value; denominator – minimum and maximum values.

Lithological, compositional and main depth/area parameters of the source rocks

Formation	Upper Triassic Kőssen Marl	Lower Jurassic marls	Lower Oligocene Tard Clay	Middle Miocene marls	Upper Miocene Endrőd Marl
Carbonate (%)	40–90	20–90	30–50	50–100	60–100
Quartz (%)	4–20	20–30	10–20	5–25	10–25
Clay (%)	8–42	8–40	30–60	10–40	30–40
Thickness (m)	200	500	68	130	500
	17–575	150–1200	8–200	50–3000	50–800
Present-day burial depth (m) of oil-mature section	2100–3000	Surface in Mecsek Mountains	1300–3000	2300–4500	2300–4500
Area of oil-mature source rock (km ²)	450	200	2600	7500	5000
Present-day burial depth (m) of gas-mature section	3000–5000	500–5000	3000–4500	3200–6000	3200–6000
Area of gas-mature source rock (km ²)	270	12 800	1900	2000	1500

Numerator – average value; denominator – minimum and maximum values.

2. táblázat. A Hód-I fúrás 35. (5167–5183 m) és 40. (5468–5486 m) magjainak rövid makroszkópos leírása

Minta	Makroszkópos jellemzés	Vizsgálati módszerek
35/4	Sötétszürke, lemezes, szórtan csillámos márga (agyagmárga) finom-aprószemcsés homokkő betelepüléssel	Petrográfia, XRD, SEM, Palinológia
35/7	Sötétszürke, lemezes, szórtan csillámos márga	Petrográfia, Palinológia
35/10	Sötétszürke, lemezes, szórtan csillámos márga homokkő betelepüléssel	Petrográfia, SEM
35/13	Sötétszürke, gyengén lemezes, szórtan csillámos márga	Petrográfia, Palinológia
35/18	Sötétszürke, gyengén lemezes márga	Petrográfia, XRD, SEM, Palinológia
35/21	Sötétszürke, gyengén lemezes, szórtan csillámos márga	Petrográfia
35/24	Sötétszürke, lemezes, szórtan csillámos márga homokkőlencsékkel	Petrográfia, Palinológia
35/27	Sötétszürke, gyengén lemezes, szórtan csillámos márga	Petrográfia
35/30	Sötétszürke, gyengén lemezes, szórtan csillámos márga keresztlemezes homokkő betelepüléssel	Petrográfia, SEM
40/9	Világos- és sötétszürke színű, finomhomok és márga lemezek váltakozásából épül fel. Keresztlemezes, áramlási fodrok, terhelési szerkezetek (lángszerkezet) jellemzőek. A rétegek vastagsága 3–4 cm és 2–5 mm között változik. Csillámtartalma jelentős	Petrográfia, XRD, SEM
40/19	Sötétszürke, lemezes, szórtan csillámos márga (agyagmárga)	Petrográfia, Palinológia

Badics és Vető [3] az alábbi tanulmánnyal hasonlítják össze a magyar anyaközetek adatait: Unconventional shale gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale gas assessment (1. táblázat) [9].

A 2011-es tanulmány a termeltethető (technologically recoverable) forrásközet TOC alsó határának az 1%-ot tekinti, ami 2011-ben elfogadható volt, de 2013-ban a USGS már csak a 2% fölötti TOC minősítésű forrásközeteket tekintette művelhetőnek. Ezért a Badics és Vető [3] által számított készletek valószínűleg kb. a felére csökkennek. További problémának tekintem, hogy a forrásközetek térbeli kiterjedését, a heterogenitásuk miatt (mint azt ők is több helyen említik) hipotetikusán kezelik, mert nincs elegendő fúrási és tesztadat.

A shale terminus fordítása magyar nyelvre

Kázmér Miklós (2013): Angol–magyar geológiai szótár: shale = pala, agyagpala [11].

Kázmér Miklós (2020): Magyar–angol szótár, pala = shale (a slate, schist nem erre a közetre vonatkozik) [12]. Az angol nyelvterületen minden sziliciklasztikus finomszemcsés üledékes közetet legtöbbször shale-nek neveznek. Shale oroszul: сланце. Az orosz–magyar fordítás: szlance = pala, esetleg agyag. Mindszenti A. szóbeli közlése: az 1960–70–80-as években, amikor az angol irodalom elérése nehéz volt, gyakran angolból oroszra fordított szöveget fordítottak magyarra. Fignár A. szóbeli közlése: az orosz szlance néha agyagot jelent. Az orosz nyelv is átveszi a shale nevet cirill átírással (шале). Görög: plakidio = pala (palagáz = schistólithos aeriou).

Javaslat a nomenklatura változtatására: recens protolit: shalemud, (limemud, claymud mintájára). Shale-közet: shalestone vagy shaleit. Magyarul: shale.

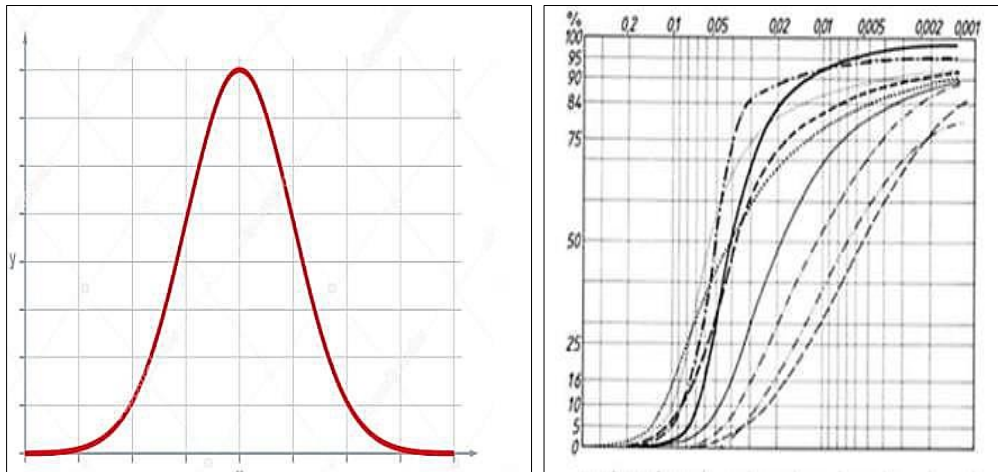
„Az Endródi Formáció közettani és palinológiai vizsgálata a Hódmezővásárhely–I fúrásban (Makói-árok) – öskörnyezeti és diagenézis-történeti értékelés” című tanulmányban [27] leírt 35. sz. (5167–5183 m) és 40. sz. (5468–5486 m) magok leírása alapján, ha ezeket a magokat az USA-ban írták volna le, akkor teljesen megegyezne a Barnett Shale „2. laminált agyagos, meszes mudstone” fáciesével, és a S. Boggs-féle „mudstones and shales” kategóriába [4] kéne sorolni (2. táblázat).

2. Az üledékes közetek osztályozása. A shale helyzete az üledékes köztanban

Ez a közetszemcsés/agyagos/karbonátos, kovás kötőanyagú keverék (laminákban, rétegekben és turbiditokban minden finomszemcsés, üledékes közetet tartalmazó) közet.

A szemcsés üledékes közeteket a szemcsenagyság alapján osztályozzuk. A közet nevét az uralkodó szemcsenagyság alapján kapja. Az uralkodó szemcsenagyságot laboratóriumban, szitasorozaton történő átráztatással határozzuk meg. Az eredményt egy eloszlásgörbe szemlélteti (Gauss-görbe), amelynek integrál alakja használatos a görbék összehasonlítására.

Mint azt a 3. táblázat mutatja, a Wentworth-skála (1922) [28] a shale-t nem tartalmazza, jóllehet a shale leírása legalább Pirsson (1908) [26] által ismert. Látható, hogy a Wentworth-skála nem ismeri sem a shale, sem az aleurit, sem a közetliszt kifejezést.



2. ábra. Pannóniai emeletbeli aleurolitok jellemző szemcseösszetételi görbéi Algyőről Szerkesztette: Révész István [21]. A Gauss-görbén az X tengely = szemcseméret, mm; az Y tengely = % (az egyes szemcseméret mennyisége a szitált mennyiség %-ában). Az integrálgörbén: az Y tengely a kumulatív mennyiség; az X tengely (fölül) a szemcse nagyság, mm. A shale nem ábrázolható a szemcseméret eloszlás görbéivel, mivel szinte valamennyi finomszemcsés szemcseméret tartományt tartalmazhatja. Ezért Révész [21] a hozzá legközelebb álló aleurolitot nevezi meg. Mint azt L. W. Pirsson [17] említi nehéz belőle kézi példányt kifaraggni, mivel néhány cm-rel távolabb már más jellegzetességeket mutat. Ezért csak egy nagyobb kőzetmennyiség (réteg, összlet, formáció) leírása ad megfelelő képet. A szemcsés, üledékes kőzetek osztályozása a C. K. Wentworth-skála és -nomenklatúra (1922) [28] alapján történhet

3. táblázat. A Wentworth-skála

Wentworth Grade Scale, Showing Correlation with ϕ Scale and Nomenclature for Unconsolidated Aggregates and for Lithified Sediments			
ϕ values	Particle diameter (mm diam.)	Wentworth grades	Rock name
-6	64	Cobbles	Conglomerate
-2	4	Pebbles	
-1	2	Granules	Granulestone
0	1	Very coarse	sand Sandstone
1	0.5	Coarse	
2	0.25	Medium	
3	0.125	Fine	
4	0.0625	Very fine	
8	0.0039	Silt	Siltstone
		Clay	Claystone

Helyettük az angol silt kifejezést használja. Ezt a kőzetnevet azonban a magyar szakirodalom nem alkalmazza. Általában az aleurit/aleurolit kifejezést használjuk (feltehetőleg az orosz irodalomból átvéve). Eredete a görög aleuros = liszt szóból származik, az ennek megfelelő szó a magyar kőzetliszt. Az aleurit/aleurolit kifejezést főleg az olajipar veszi igénybe, míg a kőzetliszt kifejezés a hidrogeológiai (víz- és termálkutak) munkákban használatos. A shale tehát nem szinonimája sem az aleurolitnak, sem a kőzetlisztkőnek, mivel ez (shale) a három (agyag/agyagkő, aleurit/aleurolit, homok/homokkő) megjelölést nem különíti el, mivel a (shale-ben gyakori) laminák és turbiditok mindhárom kőzetet tartalmazhatják.

3. Az angol nyelvű szakirodalom fontosabb fejezetei

Louis V. Pirsson: „Rocks and Rock Minerals” (1908)
A shale és a kapcsolódó kőzetek (a shale-kőzet) leírása [18]

„A shale egy név, amelyet azok a tömörödött iszapok és agyagok kapnak, amelyek többé-kevésbé vékonyan laminált vagy hasadó (fissile, palás jellegű) szerkezettel rendelkeznek. A palák (shale-ek) általában túl finomszemcsés ahhoz, hogy az alkotó részecskéket szabad szemmel vagy akár kézi nagyítóval meg lehessen határozni. Mikroszkópos és kémiai elemzéssel ismert, hogy többnyire kaolinból és rokon agyagokból állnak, amelyekkel sok csillám társulhat, de ezeket gyakran apró kvarc és más ásványi anyagok töredékei kísérik. Ahogy a kvarc mennyisége és a szemcsék mérete növekszik, úgy a shale-ek (aleurolitok, siltek) homokkőbe mennek át, és az ilyen közbenső kőzetek a leüledett iszapokat (mudrocks, mudstones) képviselik. A shale puha (?), késsel többé-kevésbé könnyen vágható, törékeny és morzsolódó, úgyhogy a hasadással összefüggésben gyakran nehéz kézi példányokat készíteni belőlük (az aleurolit összerágva csikorog a fog alatt, V. Gy.). Az agyaghoz hasonlóan sokféle színt mutat, fehértől a barnássárgáig vagy sárgáig, vöröstől barnáig, lila, zöldes és szürkefekete is lehet, és ugyanazon okok miatt (vas-oxidok, szén, kobalt) mint az agyagok. A szürke különböző árnyalatait talán a leggyakoribbak. Gyakran tartalmaznak különféle kiegészítő ásványi anyagokat, például karbonátokat, gipszet, kősót, piritet stb. Ezek közül néhány gyakran konkréciók for-

májában jelenik meg, amelyek nagyméretűek lehetnek, akár több láb átmérőjűek is.”

Érdekes, hogy Pirsson [18] 1908-ban még nem említi az ilyen fajta gázt, jóllehet ő egy amerikai geológus, és az USA-ban a tanulmányok már korábban is említik a shale-t. További közlései a shale-ről: „A shale-eknek sokféle fajtája létezik, főként a kiegészítő anyagok jelenlététől függően. Így nagy mennyiségű szerves anyag, főleg szén lehet jelen, és ezeket széntartalmú shale-eknek nevezik. Fekete színűek, és a széntartalom növekedésével shale-es szenekké alakulnak, majd tiszta szén a leírásuk. Nagyon gyakori típusok, a szénhez kapcsolódnak, és attól függetlenül is megtalálhatók, néha nagy területeket fednek le és nagy vastagságúak. A szerves anyag természetéből adódóan néha bitumenes shale-eknek nevezik őket. Valószínű, hogy a shale-ben lévő szén teljes mennyisége messze meghaladja a szénrétegekben meglévő mennyiséget. Más fajtákban nagy mennyiségű karbonát, különösen mészkarbonát van jelen, ezeket meszes shale-eknek nevezik. Ennek a karbonát anyagnak a növekedésével aleurolitos mészkőbe (vagy márgába) mennek át. Hajlamosak mészkővel társulni, és ezeket a meszes fajtákat savakkal való pezsgésük révén lehet kimutatni. Vagy a jelenlévő karbonát főként vaskarbonát (sziderit, ankerit) lehet, és így átmeneti formákat hozhat létre a shale és agyagvaskő között. A timsó-shale pirittel vagy annak megváltozásából származó szulfátokkal teli fajta.”

Ha a matrix anyag a szemcsékhez képest túl nagy, akkor nem lehet jellemző mennyiségű, szítálható anyagot készíteni a kőzetből. A matrix lehet agyag, karbonát és kova. Ezért a shale-eket az ásványtani és vegyi összetételük alapján lehet leírni. A paláság, mint tulajdonság a metamorf kőzetekre is jellemző. A probléma okára Tourtelot (1960) mutat rá, és a kettős értelmezés keltette paradoxon miatt a shale definiálását „zavarosnak” nevezi.

R. C. Selley (1988) értelmezése [23]

Szerinte: „A shale kifejezést, mindazonáltal, a geológusok talán jól alkalmazzák, kivéve, amikor mérnökökkel és a menedzsmenttel kommunikálnak.”

További zavaró körülmény, hogy a magyar nyelvű fordítások a shale-t mint „palá”-t említik (olajpala, gázpala, palagáz). Különös jelentőségre tett szert a shale kifejezés az USA-ban az ezredforduló után lezajló „palagáz” forradalom következtében. Ezért a javaslatom az, hogy a shale kifejezést a magyar nyelvű szövegekben nincs értelme lefordítani, hanem az eredeti angol kifejezést (shale) kellene szerepeltetni.

R. L. Folk (1957) „*Petrology of Sedimentary Rocks*”, 144. o.: *Petrology of mudrocks* [6]

„A mudrock” szót Ingram vezette be. Ez egy általánosan használt terminus, amely azokat a terrigén kőzeteket fedi, és amelyek több mint 50% siltet vagy agyagot tartalmaznak. A mudrockok legnyilvánvalóbb felosztása a szövet és szerkezet alapján (4. táblázat).

4. táblázat. A Folk-féle [6] shale-ek

Grain size of mud fraction	Soft	Indurated, non-fissile	Indurated, fissile
over 2/3 silt	silt	siltstone	silt-shale
subequal silt and clay	mud	mudstone	mud-shale
over 2/3 clay	clay	claystone	clay-shale

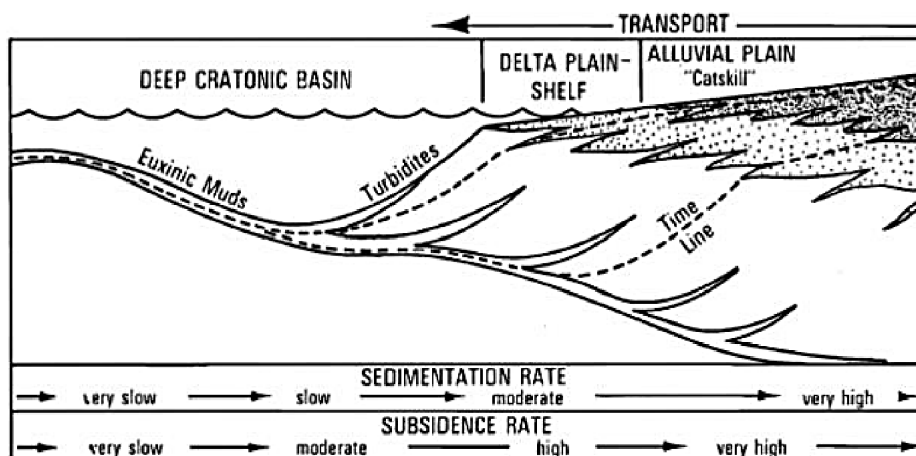
Folk [6] nem definiálja a shale-t önálló kőzetként, csak mint keverékkőzetet.

A shale-struktúrák

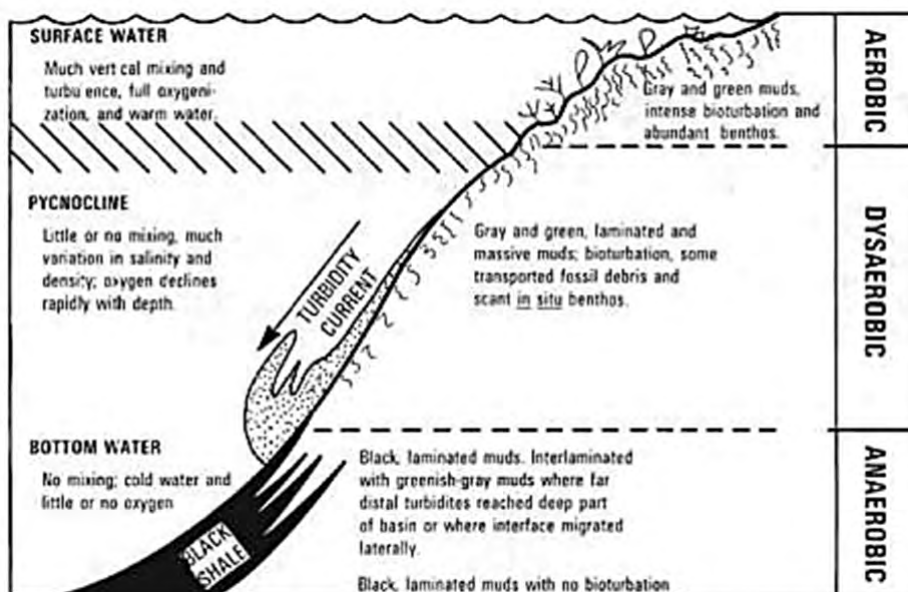
R. L. Folk (1957) könyvében [6]: „A shale-ek meglepően változatos struktúrákat mutatnak. Az olyan »normál« struktúrák mellett, mint a vékony lamináció, fokozatos rétegzettség, rogyott (roskadt) rétegzettség, kismérvű keresztarétegzettség, vágott és feltöltött szerkezetek (főleg a kézipéldányokon látható) sok különleges (furcsa) struktúrát mutatnak. Vékonycsiszolatban valóságos mikrokonglomerátum-struktúra jelentkezik, amely puha agyaggömbökből vagy megdermedt, bizonytalan csomókból áll. Mások látható száradási szerkezeteket és szabálytalan zsugorodási repedéseket mutatnak. Koncentrikusan rétegzett silt (shale), rogyott, megdermedt vagy más módon szabálytalan csikok és izolált homoklencsék általánosak egyes shale-ekben. Rejtélyes állatok járatai sok shale-fajtát behálóznak, és néha fekália pelleteket tartalmaznak.” A leírás alapján ma már inkább turbiditet (zagyáram üledéket) mondanánk, a leírt formák pedig ún. terheléses szerkezetek.

J. M. Hunt (1979) könyvében [8] a shale-t csak mint a CH-k előfordulási helyeit említi: „Az USA-ban (in Hunt) Newberry (1860), Snider (1934), a Parker D. Tracy az API és a USGS által támogatott, Hunt és Jameson (1956), Philippi (1957) hozza szóba a shale-t. Az olajpala (oil shale – a szerző): kompakt, üledékes eredetű, több mint 33 százalékos hamutartalommal rendelkező kőzet, amely olyan szerves anyagokat tartalmaz, amelyek desztillálva olajat eredményeznek. A shale mint forráskőzet: fi-

DEVONIAN-MISSISSIPPIAN BASIN MODEL



3. ábra. A Devon-Mississippi-medence sematikus modellje



4. ábra. Az Appalache-medence idealizált hosszszelvénye, Potter et al. (1980) [19]. A shale színe, laminációja és biótája (keletkezési helyei) – a szerző kiemelése

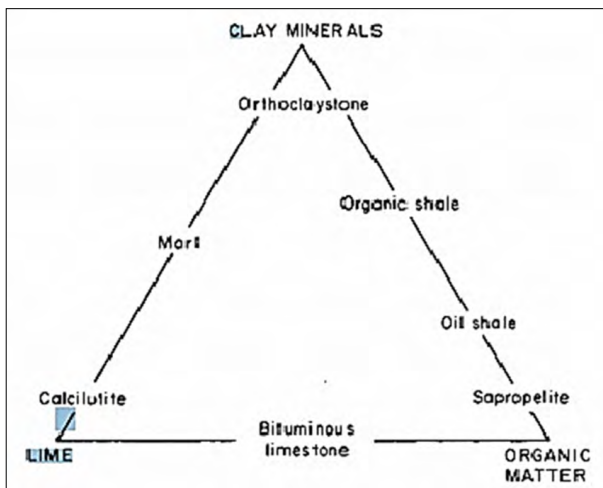
nomszemcsés üledék, amely természetes környezetében elegendő szénhidrogént termelt és szabadított fel ahhoz, hogy kereskedelmi olaj- vagy gázfelhalmozódást képezzen. A biogén CH-képződés hívei magas szerves anyag tartalmú shale-eket tekintették kezdettől fogva a kőolaj és a földgáz forrás- (anya-) kőzetének.” (3. ábra)

P. Potter et al. (1981) könyvében [19]: A szerzők ismertetik az USA-beli Appalache-medence shale-előfordulások rétegtani helyzetét (4. ábra).

R. C. Selley (1988) könyvében [23]: „A shale mint kőzet gondot okoz a szedimentológusoknak is. A kőzettani definícióját rossznak tartják, de egyebet nem közölnek.

A shale mint kőzet véleményem szerint egy polimikt kőzet hasonlóan pl. a polimikt konglomerátumhoz. Legalább három kőzetfajta tartamaz: agyag (agyagkő), aleurit (aleurolit) és homok (homokkő). Eredetileg képződésének helye az az iszapzóna a kontinentális lejtő alján, ahová az iszapzagy lecsúszik, és ezért itt minden szemcsenagyság előfordul, és csak a diagenézis során keletkezik belőle shale kőzet.” (5. ábra)

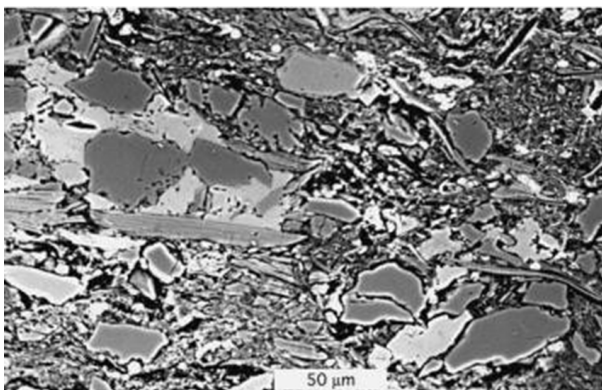
Mud Rocks (iszapkövek) [23]: „Egy másik terminus, amelyet a finomszemcsés üledékes kőzetekre használnak, recens üledékekre ez nem vonatkozik (a shale kifejezetten kőzet). Ez pontatlanul definiált, és nem különíti el az aleurolitot (siltet, mudstonet,



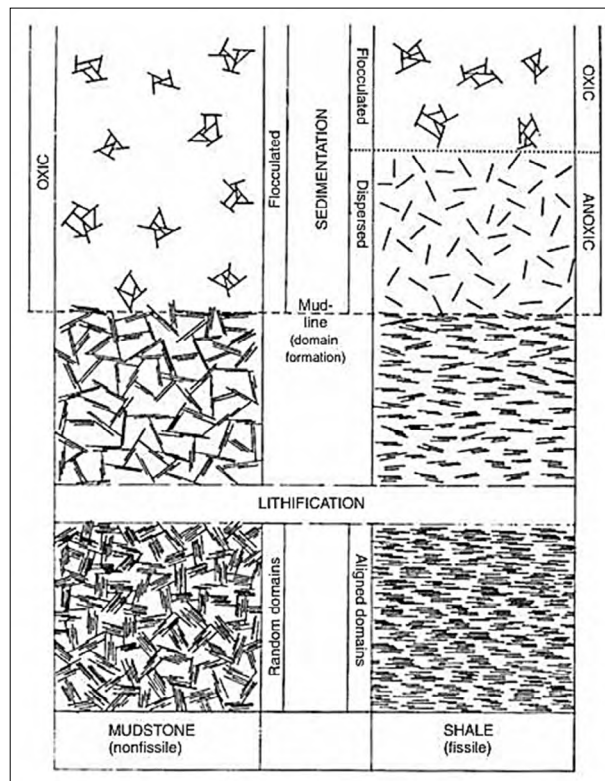
5. ábra. Háromszögdiagram (agyagásványok-mész-szer-ves anyag), amelyben R. C. Selley (1988) [23] elhelyezi a shale-eket (organic shale és oil shale)

iszapkövet) az agyagfokozatú üledékes kőzetektől. A shaley (palás) kifejezés másrésztől egy érvényes meghatározás a finomszemcsés üledékes kőzetek paláságára. Általában ez a csillámok finom rétegeinek megjelenése okozta lamináció (levelesség, paláság) következménye). A shale kifejezést, mindazonáltal, a geológusok talán jól alkalmazzák, kivéve amikor mérnökökkel és a menedzsmenttel kommunikálnak.”

S. Boggs (2009) Mudstonok és shale-ek [4]: „A finomszemcsés, sziliciklasztikus üledékes kőzetek, amelyek főként ~62 mikronnál kisebb részecskékből állnak (durva iszap és finomabb), a rétegtani jelentésekben szereplő összes üledékes kőzet körülbelül 50 százalékát teszik ki. Így körülbelül kétszer olyan gazdagok (nagy mennyiségűek és kiterjedésűek), mint a homokkővek és a konglomerátumok együtvéve. Ezeket a finomszemcsés kőzeteket különféle neveken ismerik, beleértve a lutitokat, iszapköveket,



1. kép. Egy mudstone elektron mikroszkópos képe, amely különböző szemcsenagyságú kvarc- (blocky) és agyag- (flacky) szemcsét tartalmaz (Forrás: Boggs (2009) [4])



6. ábra. Az iszapok és shale-ek mikroszöveti tulajdonságainak sematikus ábrázolása, amelyek az ülepedés és a litifikáció közben alakulnak ki (Forrás: Boggs (2009) [4])

iszapkőzeteket, agyagköveket és shale-eket. Tourtelot (1960) részletesen áttekinti a finom üledékes terminológia történetét. Rámutat (342. o.), hogy történelmileg a shale kifejezést kétféleképpen használták: 1) szűk értelemben laminált agyagos kőzetet és 2) tág, csoportnévként minden finomszemcsés, sziliciklasztikus kőzetet jelent.” (6., 7. ábra)

R. C. Selley (1988) [23] arra a következtetésre jut, hogy elfogadható gyakorlat a shale mindkét jelentésének szerepeltetése, és ezért a shale a megfelelő osztálynév a finomszemcsés kőzetekre, amelyek egyenrangúak a homokkővekkel és a mészkővel mint csoportnevekkel. „Bizonyosan, a felfogásunk elég tág ahhoz, hogy a shale szónak két jelentése legyen. Először is a »rétegelt agyagos kőzet« meglehetősen pontos jelentése, amelyre a szó eredete feljogosítja, másodsor pedig a »finomszemcsés kőzetek általános osztályának« jelentése, amely a szó történelmi használatából következik. Bár egyes geológusok (pl. Potter et al. (1980), 15. o. [19]) egyetértettek Tourtelot következtetésével, miszerint a shale elfogadható osztálynév minden finomszemcsés kőzet számára, mások (pl. Lundegard és Samuels (1980); Lándzsák (1980), Stow és Piper (1984)) azonban zavarónak tartják a kifejezés ilyen módon történő kettős használatát. Előnyben részesítik a mudstone kifejezést a finomszemcsés üledékes kőzetek csoportneveként, és

a shale kifejezést inkább szűkebb értelemben tartják fenn, hogy laminált vagy hasadó (palás), finomszemcsés kőzetet jelentsen.”

Potter et al. (2005) [19] úgy tűnik, a legújabb könyvében ezt a nézőpontot foglalja el. Most az iszapkővet (mudstone) ajánlja a finomszemcsés kőzetek általános osztályneveként (használatában egyenértékű a homokkővel és a mészkővel, azaz „kő” végződése van); a shale kifejezést nyilvánvalóan a hasadó fajtákra korlátozzák. Lásd még Macquaker és Adams munkáját (2003), akik – szintén úgy tűnik – a mudstone-t részesítik előnyben osztálynévként. „Bár (vonaodva) elismerem, Potter és munkatársai (2005) [19] korlátozott használatát, nehéz leküzdeni azt a régóta fennálló tendenciát, hogy minden finomszemcsés kőzetet shale-nek nevezzék.”

A fordításban elkerültem a „shale” szó lefordítását „pala”-ként.

S. Boggs (2009) a fenti okfejtés után a mudstone és shale kőzetosztályt együtt elemzi [4]. A mudstone-ok részletesebb vizsgálatát a vizsgálati módsze-

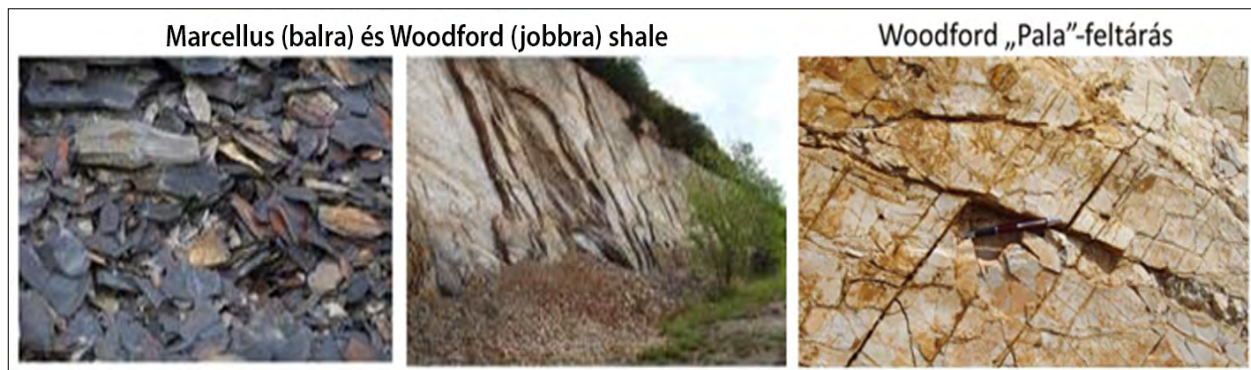
rek fejlődése és a mélytengeri fúrások, valamint a kőolajgeológiai kutatások tették lehetővé (lásd Barnett Shale) az 1960-as évek vége óta. 2000 után a palaolaj-forradalom következtében a mudstone-ok és shale-k mint anya- (forrás-) kőzetek és folyamatos CH-tárolók nagyon sok vizsgálati anyagot szolgáltatottak.

4. A shale-formációk az USA CH-kutatásaiban

1981-től G. Mitchell vállalata és kutatógárdája (62 fő) [25], tanulmányozta a Barnett Shale-t. Több részletes tanulmány készült a Barnett Shale geológiájáról, facieseiről, ásványtani és vegyi összetételéről, az alkalmazható fúrási és rétegvizsgálati (serkentési) technológiákról. Számos tanulmány jelent meg a Barnett Shale-ről. Kidolgozták a shale keletkezésének elméletét.

Az USA-ban a shale-ek (a teljesség igénye nélkül, csak a változatosság bemutatására) nagyon változatos formában találhatók. *Forrás:* Wikipedia (2025) [30].

Shale az USA-ban



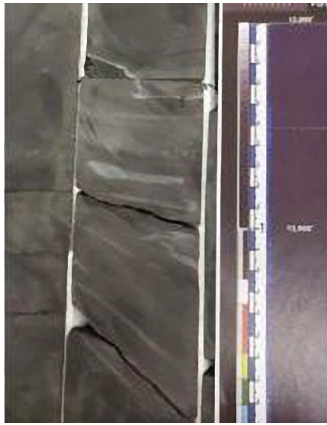
2. kép. Marcellus és Woodford Shale



3. kép. Cleveland Shale, feltárás



4. kép. Marcellus Shale, Észak-kelet Amerika, Appalache-medence, feltárás



5. kép. Caney shale, Oklahoma, fűrőmag



6. kép. Duvernay shale, Kanada, fűrőmag



7. kép. New Albany Shale, Illinois-medence, feltárás



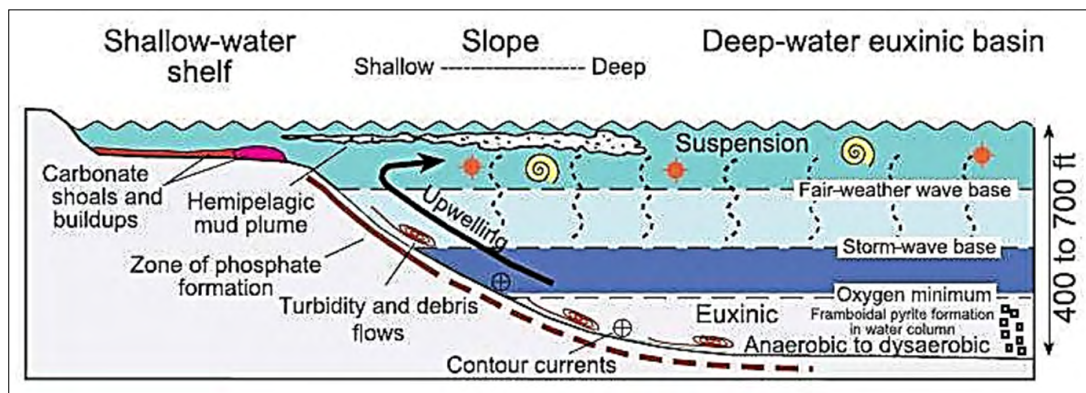
8. kép. Monterey Shale, Kalifornia, feltárás



9. kép. Niobrara Shale, Denver-Julesburg-medence, ÉK-Colorado, Wyoming, Nebraska, Kansas, feltárás

5. A shale keletkezése

A mississippi Barnett Shale, litofácies és leülepedéses elhelyezkedése a mélyvízi shale-gáz-sorozatban a texasi Forth Worth-medencében (7. ábra). 2007, R. G. Loucks és S. C. Ruppel [14] nyomán. Az ábra jól mutatja a shale képződésének minden fázisát a sekélytengeri karbonát shoaltól a hemipelagikus iszap szuszpenzió és foszfátos zónán, valamint a turbiditen és üledék folyáson (zagyáram) át a fenékáramlatokig, euxin oxigén hiányos és anaerob környezetekig, valamint a felemelkedő szuszpenzióig.



7. ábra. A shale keletkezése

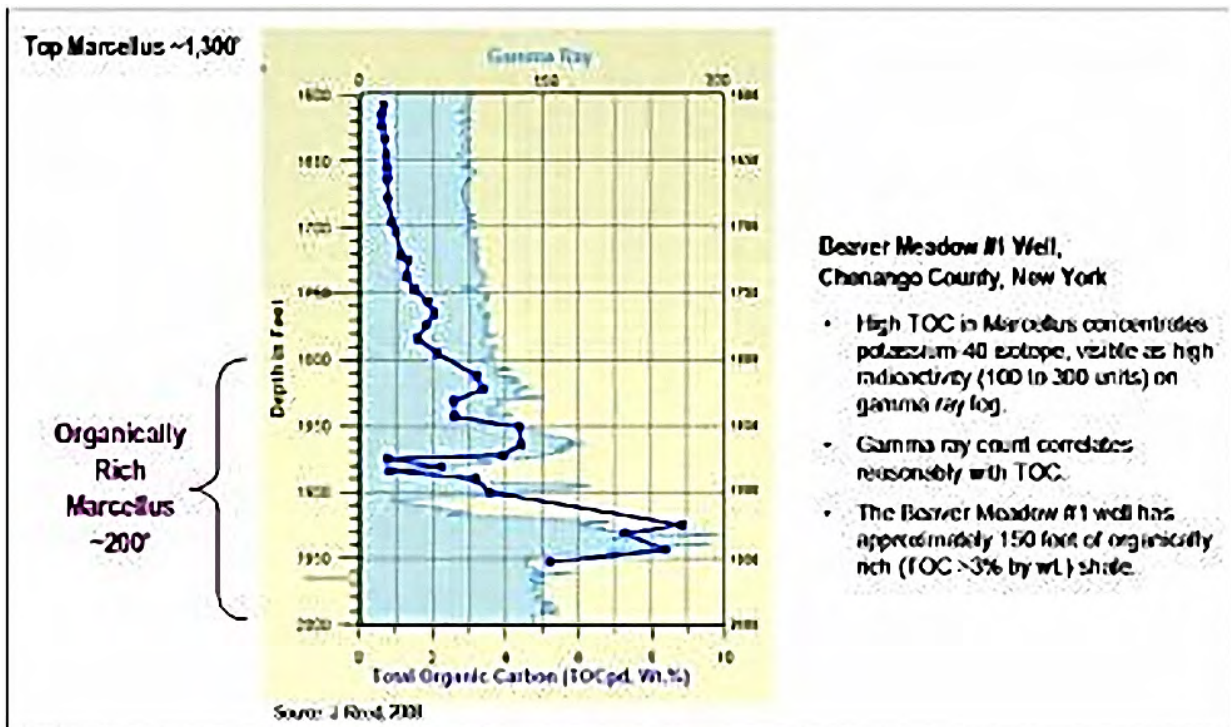
6. A shale mineralógiája – Status Report (1977) [22]

Az appalachi ún. alsó devon Brown Shale

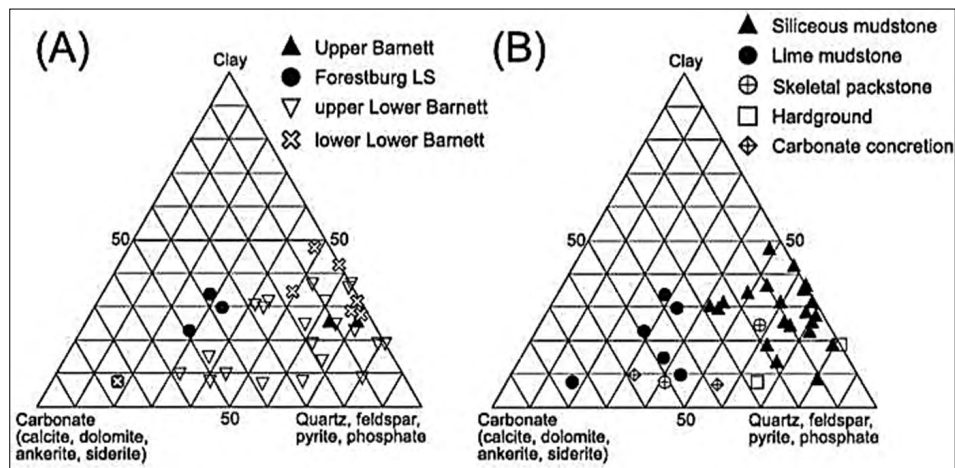
„A shale kőzet alapegysége: mikroszkopikus vékony-
ságú rétegpárok, amelyek egy ásványi anyagokban
gazdag és egy szerves anyagokból laminából álltak.
A laminák száma Ohióban elérte a 230 lamina/5 hü-
velyket (230 lamina/12,8 cm). Ezek összetétele egy
fúrásból származó mintában: a szeretlen rész főleg
illit agyagból (0,004 mm alatti) állt. Emellett kvarc
és földpát jelentkezett kb. 5%-nyi mennyiségben, va-
lamint kevés dolomit és pirit. Egy másik mag 60%
agyagot, 35% kvarcot és földpátot tartalmazott vé-
kony laminákban és lencsékben. A vörösesbarna/

csokoládébarna szerves frakció, mikron méretű, szén-
szerű anyag, amely növényi eredetű „O” alakú fosz-
lánnyokat, spórákat és algamaradványokat tartalma-
zott. Az anyag a devon tengerfenéken oxigénmentes
környezetben halmozódhatott fel. A laminákat éves
ciklusnak tulajdonítják. A szerves anyag mennyisége
10–20 vagy 40–60%. Ez nem olajszerű, hanem szén-
szerű. A kibúvásokban a shale pelyhesen, finom leme-
zekre esik szét a rétegződéssel párhuzamosan (lásd a
bevezető fotót). A barna shale mérhető urántartalmú,
0,005–0,007%-nyi mennyiségben.”

A fordításból látható, hogy a tárgyalt anyagunk
összetétele milyen szélsőséges határok között válto-
kozik (8. ábra).



8. ábra. A TOC és a természetes gamma-szelvény összefüggése a szerves anyagban gazdag Marcellus Shale-ben (Forrás: J. Reed (2008))



9. ábra. A Barnett Shale mineralógiája. A: felső Barnett; B: alsó Barnett

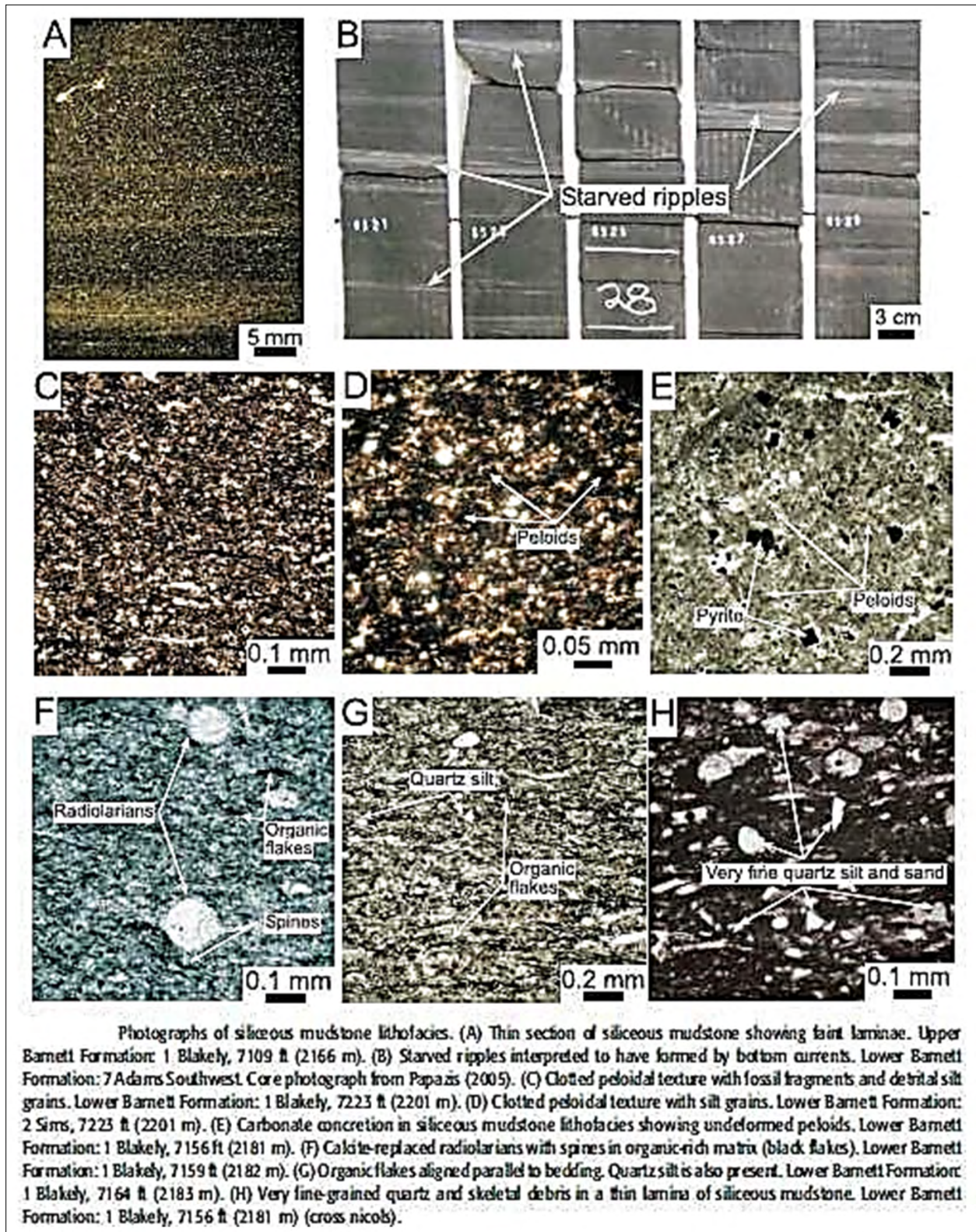
„A kétosztatú Barnett Shale (a felső és alsó Barnett Shale-t a Forestburg mészkő választja ketté) fáciesei és ásványtani összetétele:

1. kovás mudstone a nem laminálttól a lamináltig;

2. laminált agyagos, meszes mudstone;

3. vázszerű (skeletal) agyagos meszes packstone”.

A Barnett Shale mineralógiája Jarvie és munkatársai (2006) nyomán [10] (9. ábra).

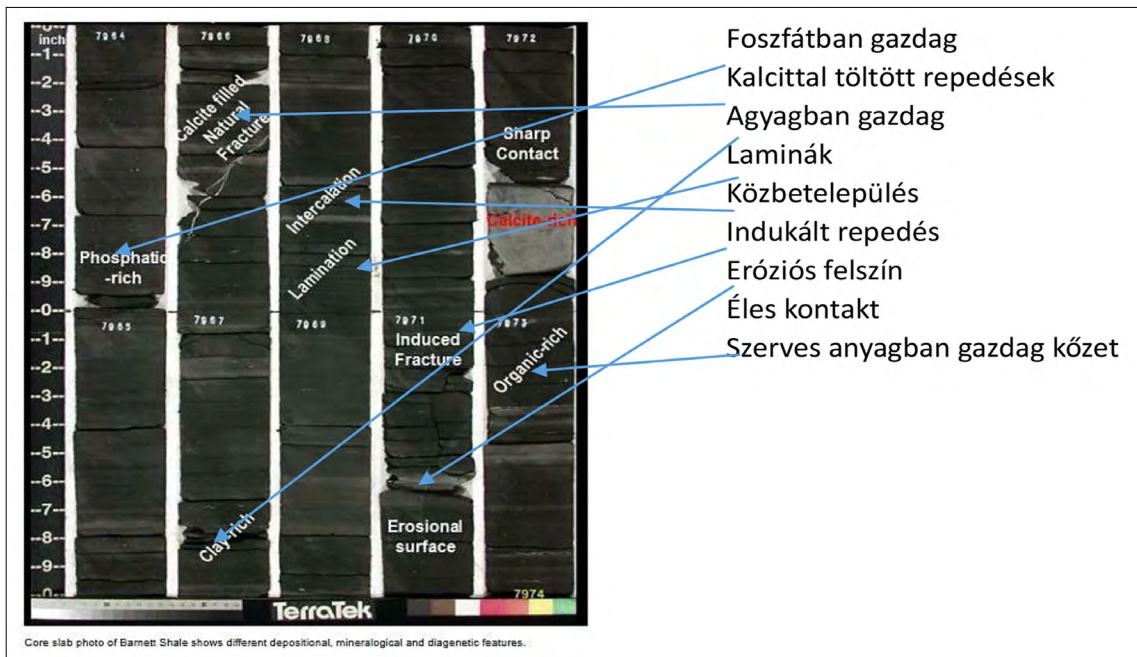


10. kép. A Barnett Shale mikroszkópos és makroszkópos (slab, szeletelt mag) képei

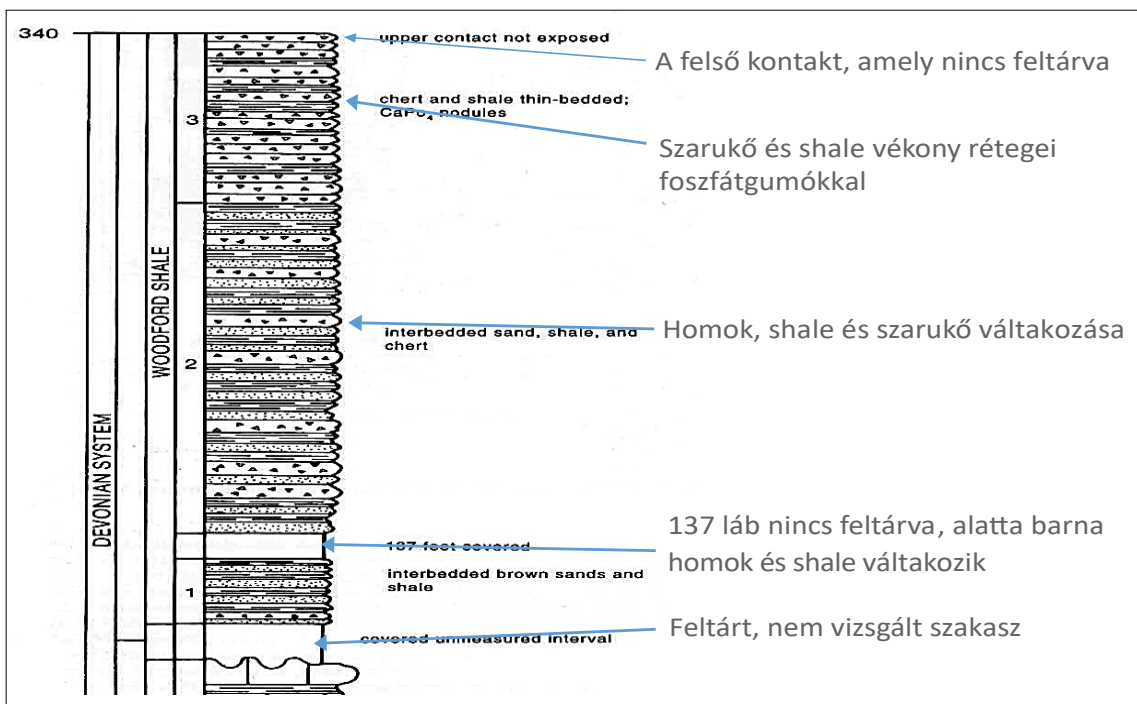
A kovás mudstone litofációs mikroszkopos és makroszkopos képe (10. kép) [10]

- A) Kovás mudstone vékony csiszolatban finom laminákat mutat. (Felső Barnett, Blakely, 1,7109 ft)
- B) Sorvadt hullámfodrok, amelyeket a fenékáramok alakítottak ki. (Alsó Barnett, DNY Adams 7,)
- C) Alvadt peloidális textúrák fosszilis töredékekkel és üledékes szilt szemcsékkel (Alsó Barnett, Blakely-1, 7223ft/2201 m)

- D) Alvadt peloidális textúra, szilt szemcsékkel (Alsó Barnett, Sims2, 7223ft/2201 m)
- E) Karbonát konkreciók a kovás mudstone litofációs-ben nem deformált peloidokat mutatnak (Alsó Barnett, Blakely-1, 7156 ft/2181 m)
- F) Kalcit kitöltéses radiolariák, tűkkel, szerves anyagban gazdag matrixban (fekete foltok) (Alsó Barnett, Blakely-1, 7159 ft/2182 m)
- G) Szerves pelyhek a településsel párhuzamosan. Kvarc silt szintén jelen van. (Alsó Barnett, Blakely-1, 7164 ft/2183 m)



11. kép. A Barnett Shale diagenetikus és ásványi jellegzetességei



10. ábra. A devon Woodford Shale összlet rétegsora. A shale mint formációnév

H) Nagyon finomszemcsés kvarc és váz töredékek egy vékony kovás mudstone laminában. (Alsó Barnett, Blakely–1, 7156 ft/2181 m) (keresztezett nikolok)

A szeletelt mag a Barnett Shale-ből, amely különböző ülepedési ásvány és diagenetikus jellegzetességeket mutat.

Két további shale leírás

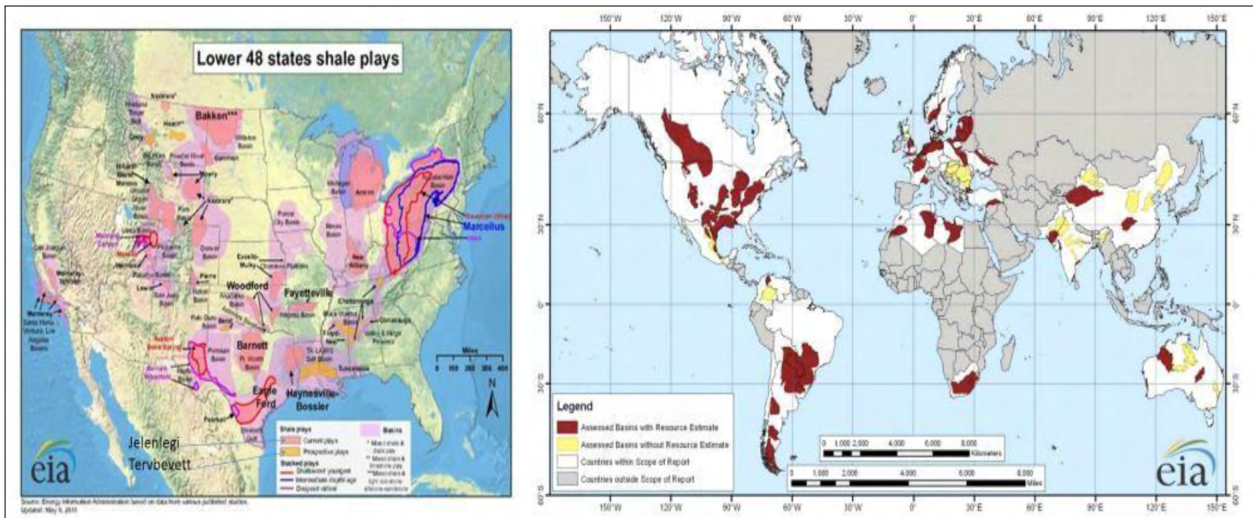
- 1) O'Brien and Slatt (1990), Carter County [17]: 63% quartz, 3% plagioclase feldspar, 10% calcite, 6% dolomite, 5% pyrite, 14% total layer silicates.
- 2) Kirkland et al. (1992), Arbuckle Mountains [13]: 55–87% quartz, 0–7% K-feldspar, 0–3% dolomite, 0–1% apatite, 0–1% pyrite, 8–34% illite, 3–7% kaolin

A bemutatott leírásokból látható, hogy a shale-ek igen változatos ásványtani összetételűek.

10. A shale a Földön

A shale-formációk az USA-ban és a Földön (Wikipédia (2025))

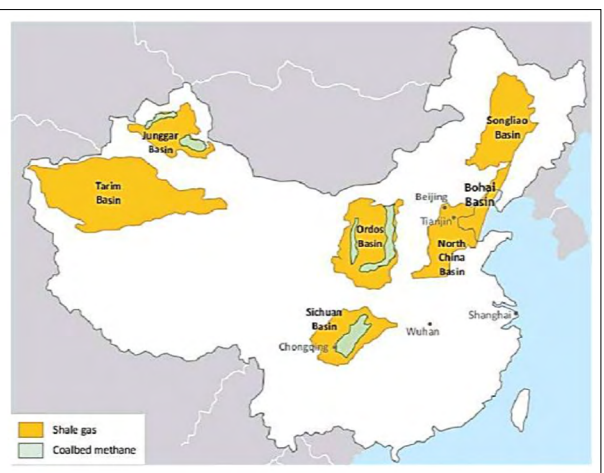
A shale-formációk az USA-ban 18 formációnév:
 1. Antrim Shale, Michigan 2. Barnett Shale, Texas
 3. Caney Shale, Oklahoma, 4. Conesauga Shale, Alabama, 5. Fayetteville Shale, Arkansas, 6. Floyd Shale, Alabama, 7. Gothic Shale, Colorado, 8. Haynesville Shale, Louisiana, 9. Mancos Shale, New Mexico and Coloardo, 10. Monterey Shale, California, 12. Niobrara Shale, Colorado, Kansas, Nebraska and Wyoming, 13. Pearsall Shale, Texas, 14. Eagle Ford Shale, Texas, 15. Devonian shales, Appalachian Basin, (15/a Chattanooga and Ohio Shales, 15/b Marcellus Shale) 16. Utica Shale, New York, 17. Woodford Shale, Oklahoma, 18. Bakken formation, North Dakota



11. ábra. A shale-formációk területi elterjedése az USA-ban (a bal oldalon). A shale-formációk a Földön (a jobb oldalon) (Forrás: Wikipédia (2025) [31])



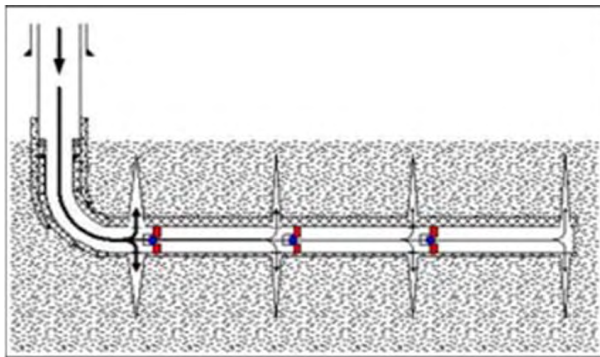
12. ábra. Shale Oroszországban



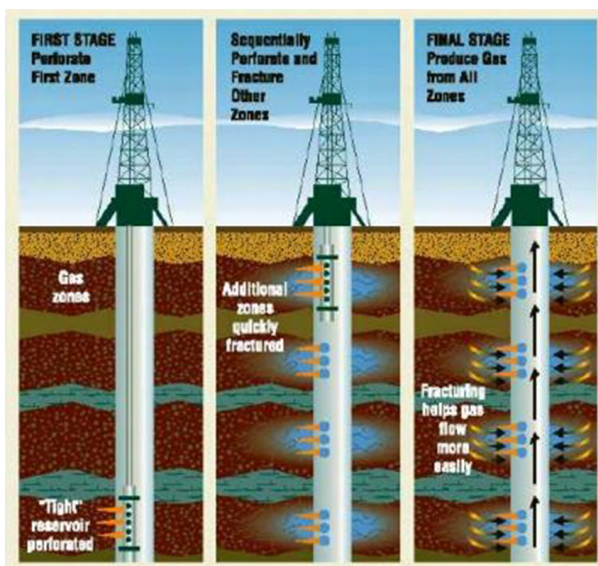
13. ábra. Shale Kínában

A technológiai kutatás eredményei és a shale-gáz és -olaj termelése a Földön

A shale-ek kutatásában, az USA-ban 1981-től G. Mitchell (Steward (2013) [25]) és kutatógárdája, valamint vállalatai szolgáltatott hatalmas mennyiségű anyagot. A Barnett Shale-ben 1981 és 2000 között elvégzett fúrások technológiai (vízszintes fúrás) és rétegvizsgálat (hidraulikus repesztéses stimuláció) (14. ábra, Steward (2013) [25]) tették lehetővé a shale-ek eredetileg csak 1000–5000 m³/napos hozamának kb. 25 000 m³/napra történő emelését és a formációk termeltethető részeinek letapogatását. G. Mitchell vállalatai a kutatás során 41 fúrást mélyítettek és vizsgáltak ki. A kutatások kiterjedtek a repedezettségre, a repedések irányaira, a repesztő folyadékok tulajdonságaira, a fúrási és rétegvizsgálati technológia minden részletére (14., 15. ábra). A kidolgozott módszereket 2000 után további 18 USA shale-formációban alkalmazták és alkalmazzák. A sok fúrás lehetővé tette a shale-formációk részletes földtani fáciesekre bontását, és azoknak a zónáknak kijelölését, ahol a vízszintes fúrás (függőleges saját repedezettség) és a hidraulikus



14. ábra. A shale repesztése egy vízszintes fúrásban



15. ábra. A tight sand serkentése függőleges kútban (Holoda A. nyomán)

repesztés eredményes lehetett. A kutatások következtében az USA 1991-ben már erősen lecsökkent földgázkészletei óriási növekedést mutattak, és az átvett módszerek az egész világra kiterjedtek.

A konvencionális és nem konvencionális kérdése

A shale-gázt és shale-olajat mint nem konvencionális CH-forrásokat tartják nyilván. A nem konvencionális források közül a legismertebb a shale (palagáz és olajhomok, palaolaj), de ezenkívül még ide tartozik a tight-gáz, coalbed metán és metánhidrát. A tight jelző angolul esetünkben annyit jelent, hogy a kőzet, amelyben a szénhidrogén tárolódik nagyon tömör (kompakt), porozitása és átteresztőképessége csekély. A coalbed metán a kőszénből kinyerhető metán. A metánhidrát a kontinensek körül a legalább 400 m-es tengermélységben keletkező metánjég. A 16. ábra mutatja a konvencionális és nem konvencionális szénhidrogének helyzetét az összes szénhidrogénen belül. Mint látható a konvencionális készletek könnyebben kitermelhetők, de készleteik kisebbek és kimerülhetnek. A nem konvencionális készletek mennyisége sokkal nagyobb, de kitermelésük technológiai fejlesztéseket igényel, és ezért termelési költségeik magasabbak.

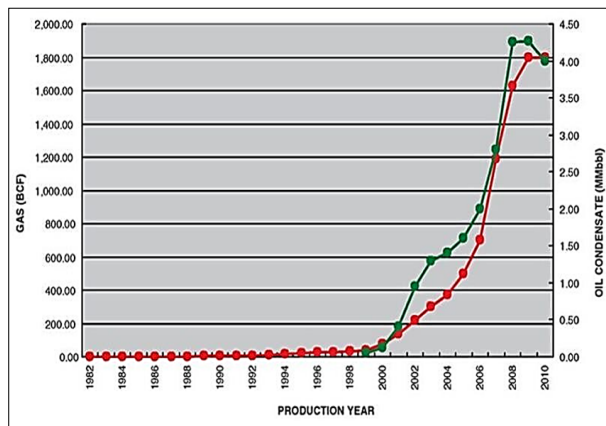


16. ábra. A szénhidrogén piramis. A konvencionális és nem konvencionális CH-rezervoárok (Forrás: MOL Group [16])

Összefoglalás

A „shale” fogalmat mint kőzet megjelölést bonyolult definiálni. Ez olyan kifejezés, amelyet a bányászat használ legalább kétféle értelemben: mint egy olyan kőzetre vonatkozó terminust, amely több kőzetből (agyagkő, aleurolit, homokkő) áll, és mint egyes kőzetek alaki átváltozása, mint palás (shaley) kőzet. Közvetlen magyar fordítása nem ismert, a szótári fordítások (pala, agyagpala) nem adják vissza az angol geológiai értelmet. Az angolból fordított idézetek kifejezik ezt a problémát. Ezért a magyar nyelvre történő lefordítása nem javasolható, és a „shale” terminus

változatlan formában való átvétele jobban betöltheti az eredeti funkciót (ahogy a dolomit, gránit, riolit stb).



17. ábra. A Barnett Shale termelésének növekedése 1982–2010 között (Forrás: Steward, (2013) [25])

IRODALOM

- [1] Bárdossy Gy. (1961): Üledékek nevezéktana. (Wikipédia, 2025)
- [2] Balogh K. (szerk.) (1992): Szedimentológia, I–III. Akadémiai Kiadó, Budapest
- [3] Badics B., Vető I. (2012): Source rocks and petroleum systems in the Hungarian part of the Pannonian Basin: The potential for shale gas and shale oil plays. *Marine and Petroleum Geology*, 31(1). <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.015>
- [4] Boggs S. (2009): *Petrology of Sedimentary Rocks*. Second Edition, Cambridge Univ. Press, New York
- [5] Dank V. (1992): *Kőolajföldtan*. Tankönyvkiadó, Budapest
- [6] Folk R. L. (1958): *Petrology of Sedimentary Rocks*. Second Edition
- [7] Holoda A. cikkei
- [8] Hunt J. M. (1979): *Petroleum Geochemistry and Geology*. Oxford: Freeman.
- [9] Jarvie D. M., Claxton B. L., Henk F., Breyer J. T. (2001): Oil and shale gas from the Barnett Shale, Ft. Worth Basin, Texas (abs.): AAPG Annual Meeting Program, Vol. 10, p. A100.
- [10] Jarvie D. M., Hill R. J., Ruble T. E., Pollastro R. M. (2007): Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment: *AAPG Bulletin*, 91, 475–499.
- [11] Kázmér M. (2013): Angol–magyar geológiai szótár.
- [12] Kázmér M. (2020): Magyar–angol geológiai szótár.
- [13] Kirkland D.W., Denison R. E., Summers D. M., Gormly J. R. (1981): Cincinnati, Ohio. *Geology and Organic Geochemistry of the Woodford Shale in Criner Hills and Western Arbuckle Mountains, Oklahoma*. In: Johnson K. S. and Cardott B. J. (eds.), *Source rocks in the southern Midcontinent*. 1990 Symposium: OGS Circular 93, 38–69.
- [14] Loucks R., Ruppel S. (2007): Mississippian Barnett Shale: Lithofacies and depositional setting of a deep-water shale-gas succession in the Fort Worth Basin, Texas. 2007 April, *AAPG Bulletin*, 91(4) 579–601. <https://doi.org/10.1306/11020606059>
- [15] Montgomery S. L., Jarvie D. M., Bowker K. A., Pollastro R. M. (2005): Mississippian Barnett Shale, Fort Worth basin, north-central Texas: Gas-shale play with multi-trillion cubic foot potential. *AAPG Bulletin* 89(2) 155–175. <https://doi.org/10.1306/09170404042>
- [16] MOL Group (2025): A hagyományos kutatás mint az organikus növekedés egy módja az Upstreamben. Wikipédia.
- [17] O'Brien N. R., Slatt R. M. (1990): *Argillaceous Rock Atlas*. xvi + 136 pp. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona: Springer-Verlag ISBN 3 540 97306 0
- [18] Pirsson L. V. (1908): *Rocks and rock minerals*. New York: John Wiley & Sons. <https://archive.org/download/rocksrockmineral0000loui/rocksrockmineral0000loui.pdf>
- [19] Potter et al. (1981): Sedimentology of gas-bearing Devonian shales of the Appalachian Basin. DOE/METC – 114 DE81 DOE/METC-114, Morgantown United States Department of Energy Technology Center.
- [20] Raucsik B. (2020): *Közöttani leckesorozat*, Szegedi Tudományegyetem.
- [21] Révész I. (1981): Az Algyő–2 telep földtani felépítése, üledékföldtani heterogenitása és ősföldrajzi viszonyai, *Földtani Közlöny*.
- [22] Katz M., et al. (1977): Status Report on the Gas Potential From Devonian Shales of the Appalachian Basin. November 1977, OTA Energy, Advisory Committee; and Perrine R. et al.: Enhanced Oil and Gas Recovery Advisory Panel.
- [23] Selley R. C. (1988): *Applied Sedimentology*. xii + 446 pp. London: Academic Press
- [24] Szakmány Gy. (2008): Segédanyag BSc-szakosok geológus szakirány üledékes kőzettan gyakorlat anyagához.
- [25] Steward D. B., Mitchell G. P. and the Barnett Shale (2013): *Journal of Petroleum Technology* October 31, 2013.
- [26] Tőkés Lilla, Sztanó Orsolya (2017): Zagyárok „mutatványai” és a turbiditkorlátozó medencék. *Földtani Közlöny*.
- [27] Raucsikné Varga A., Baranyi V., Raucsik B. Schubert F.: Az Endrődi Formáció kőzettani és palinológiai vizsgálata a Hódmezővásárhely–I fűrésben (Makói-árok) – Őskörnyezeti és diagenézis-történeti értékelés. *Földtani Közlöny*, 147(1). 61–84. ISSN 0015-542X
- [28] Wentworth C. K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377–392. <https://www.jstor.org/stable/30063207>
- [29] Wikipédia (2025): Gauss görbe.
- [30] Wikipédia (2025): A shale formációk az USA-ban.
- [31] Wikipédia (2025): A shale-formációk a Földön.
- [32] Proved Gas Reserves in the top 5 Countries, (1980–2013 US, EIA.)
- [33] Wikipédia (2025): World shale gas resources: An initial assessment of 14 regions outside the United States, 2011 April.