

MAGYARORSZÁG SZÉNHEZKÖTÖTT METÁNVAGYONA

Dr. Fodor Béla

Magyar Geológiai Szolgálat

BEVEZETÉS

A **szénhez kötött metán** (angol nyelvű megfelelője: Coalbed methane, rövidítése: **CBM**) elnevezés a széntelepekben (esetenként kísérvözegekben) elhelyezkedő *nem konvencionális földgázra* vonatkozik. A CBM a szénülési folyamat során keletkezett, nagyrészt metánból álló, de nitrogént, szénhidrogénféleségeket, széndioxidot stb. is tartalmazó gáz. A szénben helyben maradt, de bizonyos esetekben a fedő- és fekülvözegekbe is migrált. Alapvetően a szénrétegekben található. Egy része szabad gáz formájában, más része szorbeált formában van jelen a szénben. A *szorpció* nem csupán felületkitöltést, hanem teljes térbeli kitöltést jelent. Adott hőmérsékleten és nyomáson meghatározott mennyiségű metán szorbeálódik. A nyomás csökkenésével a metán felszabadul, deszorbeálódik. Ezt a jelenséget (adott hőmérsékleten) írja le a Langmuir egyenlet, illetve mutatják be a szorpció-deszorpció görbék, a Langmuir izotermák. (Barker, C. E., 1996) A deszorbeált metán diffúzió révén hagyja el a szénmátrixot és a mikropórusokat, ezután a természetes törési hálózatba kerül, ahol áramlással jut az esetleges megcsapoló helyhez.

A világ számos országában (USA, Kanada stb.) termelnek szénhez kötött metánt. 2000-ben az USA teljes földgáztermelésének közel 7%-a, 36 milliárd m³ a szénhez kötött metánból származott. A szén jó gáztároló rezervoár. Az USA CBM-t termelő mezőiben található szén permeabilitása 1-10 mD, helyenként az 1 D értéket is eléri és vízszint alatt helyezkedik el. A CBM termelés technológiája: a felszínről kutakat mélyítenek a széntelepek fekéjéig, a vizet folyamatosan szivattyúzzák. Ezáltal a szénben a nyomás csökken, a metán deszorbeálódik, s a vízzel együtt a kutakon távozik. A metán leválasztása a felszínen szeparátorokkal történik (Harris et al, 1990).

Összehasonlításként: Magyarországon a szénhez kötött metán szempontjából kiemelkedő helyen szereplő Mecseki Feketekőszén Medencében a szén permeabilitása csupán 10⁻¹-10⁻³ mD, a széntelepek és a kísérvözegek vízszintesek. A hazai szénmedencék zöme is csak minimális víztartalommal rendelkezik. Ezért a vízszintsüllyesztéses módszer Magyarországon nem alkalmazható. Kivételt képez a rétegvizek alatti pannon körüli lignit (melynek metántartalma gyakorlatilag zérus) és a Dorog-esztergomi szénmedence egyes,

karsztvízszint alatti széntelepei. Az utóbbi esetben azonban a vízszintsüllyesztés környezetvédelmi okokból nem valósítható meg.

A szénhez kötött metán jellemző mérőszáma az *in situ* szénben tárolt fajlagos gázmennyiség: $m^3/tonna$.

A **szénbányászattal összefüggő metán** (Coal Mine Methane, **CMM**) a szénhez kötött metánnal genetikailag azonos fogalom. Míg a CBM a még nem bányászott széntelepekben található, addig a CMM a széntermelés folyamán a szénből (és kísérőkőzeteiből) szabadul fel. Jellemző mérőszáma a *kitermelt szénre vonatkoztatott* fajlagos gázmennyiség: $m^3/tonna$). Mivel ennek értéke nem csak az *in situ* (gas in place) metántartalomtól, hanem a széntermelés volumenétől is függ, *nem azonos a szénben tárolt fajlagos gázmennyiséggel*. Kis vagy nagy mennyiségű termelés esetén – ugyanolyan mértékű szellőztetést feltételezve – megtévesztő is lehet.

A Mecseki Feketekőszén Medence kivételével (ahol konkrét *in situ* mérések álltak rendelkezésre) a hazai szénelőfordulások metánvagyona meghatározására (más információ hiányában) kénytelenek voltunk figyelembe venni a metánra a $m^3/tonna$ széntermelés értékeket (bányaszellőztetési adatok, sújtólég-veszélyességi osztályok). Magyarországon – a Márkushegyi Bányaüzem kivételével – már nem működik mélyművelésű szénbánya, ezért a CMM hasznosítása nem jöhet szóba.

A világ számos helyén azonban – a bányagázoktól szétválasztva – kommunális vagy ipari célra, ill. villamos áram termelésre használják a CMM és AMM gázt. Ezek fűtőértéke – az oxidáció következtében – alacsonyabb, mint a CBM gázé.

A **felhagyott bányák/bányamezők metánvagyonát** (Abandoned Mine Methane, **AMM**) az öregségi műveletekben csapdázódott szabad gáz alkotja, mely utánpótlást nyerhet a szénben szorbeált metánból. A nemzetközi szakirodalom GOB-gázként is definiálja. A „GOB” kifejezés felhagyott, összetöredezett bányatértséget jelent. az AMM *mérőszáma*: m^3 ; *illetve m^3/t a visszahagyott szénre*. Magyarországon AMM metán termelés elsősorban a Mecseki Feketekőszén Medencében kerülhet szóba, de a többi (lignit kivételével) szénelőfordulásokon sem kizárt (bár kis metánkészletre számíthatunk).

Szénbányászati külfejtések esetén – részben a földtörténeti korszakok során, részben a termeléssel egy időben – a kigázosodás miatt CBM; CMM; AMM gáz kinyerésének nincs létjogosultsága.

1. A SZÉNTELEPEK ÉS A SZÉNHEZKÖTÖTT METÁN KELETKEZÉSE, A METÁN FELHALMOZÓDÁSA

Mint ismeretes, a kőszén szerves eredetű kőzet, mely képződése során bonyolult fizikai és kémiai folyamatok eredményeképpen változatos kémiai összetételű, többnyire rendkívül porózus, nagy fajlagos felületű anyaggá vált. A kőszén növényi maradványokból keletkezett, melyek mocsarakban, lápokban rakódtak le a földtani korszakok folyamán. Ezek idővel földtani hatások következtében jelentős mélységbe kerültek, s a nagy nyomás és a hőmérséklet hatására kolloidális szerkezetük megváltozott. Az évmilliókig tartó szénülési (diagenetikus) folyamatban a nyomás elősegíti a fizikai-szerkezeti szénülést, a hőmérséklet növekedése meggyorsítja a kémiai szerkezeti változásokat (Radnainé, 1991). A szénülés kétfázisú folyamat: kezdő szakasza biokémiai, befejezése geokémiai átalakulás (Vadász, E., 1952).

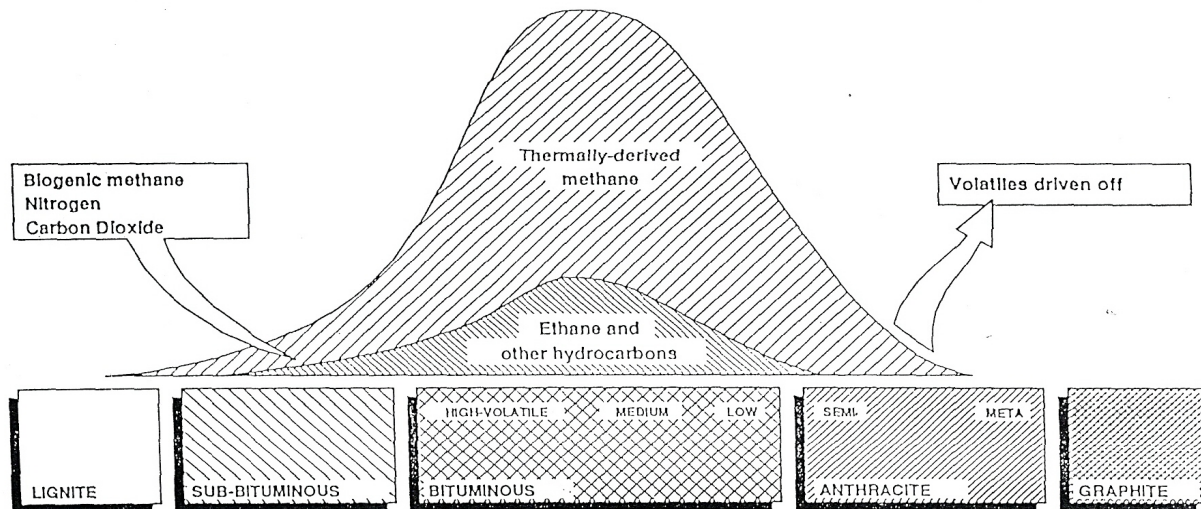
A növényi anyagban a lúp fenekén a levegőtől elzárva indul meg a tőzegképződés, mely a kőszénképződés biokémiai-diagenetikus bevezetője, normális hőmérsékleten, jelentősebb nyomás nélkül lezajló bomlási-redukciós folyamat. A mikrobák okozta folyamat kolloid oldatokat eredményez, melyekből a víz jelentős része fokozatosan eltávozik, a kolloid megkeményedik, a szén alapanyaga tömörül.

A további szénülés – melyet geokémiai-dinamomechanikai szakasznak nevezünk – során a nyomás és hő hatására a tőzeg, majd a barnaszén feketekőszénné, majd antracitá alakul (Radnainé, 1991). A szénülés során az illó anyag mennyisége csökken, a reflektáló képesség nő.

A cellulóz- és ligninmolekulák (főleg ezekből állnak a növényi sejtek) a szénképződési folyamat során *metán*, széndioxid és víz alakjában elvesztették hidrogénjük és oxigénjük egy részét. Hozzávetőleges számítások azt mutatják, hogy a szénülés folyamán tonnánként 100-200 m³ metánnak kell felszabadulnia (Szirtes, L., 1971).

A gázképződést a szenesülés függvényében szemlélteti az 1. ábra (ICF Resources Incorporated, 1992). A vízszintes tengelyen a szenesülési fok látható az U.S.A. American Society for Testing and Materials (ASTM) szabvány szerint. A legalacsonyabb szénülésnél, a lignitnél (lignite) biogén eredetű metán képződik, melynek szerepét a mélyre került szenes formációban a hőmérséklet hatására keletkező metán (valamint kisebb mennyiségben etán és egyéb szénhidrogének) veszi át. A metánképződés maximumát a közepes bituminous szeneknél éri el, a további szenesülés során a keletkezett metánmennyiség csökken, az illótartalom távozása után a meta-antracitnál már zérus.

GAS GENERATION IN COAL



1. ábra. A metánképződés és a szenesülés kapcsolata

A szénülés közben képződött gázokból – a migráció korlátozott volta miatt – a széntelepekben és kísérő kőzeteiben nagymennyiségű gáz halmozódhatott fel.

A szén sok esetben jobb metán rezervoár, mint egy porózus homokkő, vagy valamilyen repedezett mészkő. A metán a szén repedéseiben és makropórusaiban szabad gáz formájában fordul elő. A repedések felületén adszorpciósan, a mikropórusokban szorpciósan kötött formában, míg a szén molekuláris kristályrácsában szilárd oldatként van jelen.

A pórusméretek besorolása méretük alapján:

- *mikropórusok* $<10^{-5} \text{ mm}$
- *átmeneti pórusok* $10^{-5}-10^{-4} \text{ mm}$
- *szubmakro-pórusok* $10^{-4}-10^{-3} \text{ mm}$
- *makropórusok* $10^{-3}-10^{-1} \text{ mm}$

A Mecseki Feketekőszén Medencében – hazánk legnagyobb szénhezkötött metán előfordulásán – a *szén porozitása* az erősebben szenesült pécsi területeken 5-15%, a geológiailag fiatalabb komlói szeneknél 1-7% (Radnainé, 1991).

A mecseki medence meddőkőzeteinek porozitását mutatja be az 1. táblázat (Kiss, J., 2002):

1. táblázat

Megnevezés	Porozitás %
Kőzettörmelékes homokkő	1,0-2,7
Homokkő	22,5-54,5
Aleurolit	9,9-20,3
Agyagkő	39,5-15,7
Agyagvaskő (András akna)	4,0
Márga, mészkő (András akna)	10,7
Vulkanitok	0,2-0,4

A 2. ábra (Teichmüller et al, 1975, módosított) a szenesülés fokozatait, illetve a magyar, német és USA osztályozási rendszer szerinti széntípusokat szemlélteti. Az USA rendszerében lignitként definiált szénhez tartozik a magyar rendszer szerinti lignit (pannon és miocén földes-fás barnakőszén), az É-magyarországi miocén széntelepek, a dunántúli felső kréta széntelepek. Az ASTM szerinti sub-bituminous osztályba tartoznak eocén széntelepeink. A mecseki alsójúra (liász) kőszéntelepek a nagy illótartalmú (high-volatile) bituminous csoportba tartoznak.

Néhány magyarországi szénminta ASTM szerinti besorolása (E. Landis et al. 2002. a):

2. táblázat

Mintavétel helye	Széntelep kora	ASTM szerinti besorolás
Zobák akna	alsójúra (liász)	High-volatile bituminous
Ármin akna	felső kréta	Lignite A
Balinkai bányauzem	eocén	Sub-bituminous C
Putnok	miocén	Lignite A
Visonta	pliocén (pannon)	Lignite B

Mint az előzőekből kitűnik, a széntelepek egyrészt generálják a metán keletkezését, másrészt tárolják azokat. A tárolt/kötött gáz részben spontán szabadul fel, más esetben a kigázoltatáshoz serkentés, stimuláció szükséges.

THE DIFFERENT STAGES OF COALIFICATION ACCORDING TO THE GERMAN,
HUNGARIAN AND NORTH AMERICAN CLASSIFICATION
(after M. Teichmüller 1982, modified)

RANK OF COAL			CALORIC VALUE		VOL. M.	REFL.
HUNGARY	GERMANY	USA	a.f. raw coal		d a. f.	R _{m(st)}
			KCAL/KG	BTU/lb x 10 ⁻³	%	%
TŐZEG	TORF	PEAT	3	3		-0.2
			2220	4		-0.3
PUHA-	WEICH-	IGNITE	2780	5	moisture of	
FÉNYTELEN-	MATT-		3340	6		60
		SUB-C	3890	7	50	
			4450	8	40	
FÉNYES-	GLANZ-	BIT. B	5000	9	30	-0.4
		C	5560	10	25	
LÁNG-	FLAMM-		5670	11	20	
GÁZLÁNG-	GAS-	B	6670	12	15	
	FLAMM-	A	7230	13	10	0.6
GÁZ-	GAS-		7780	14	5	0.8
		HIGH VOL. BITUMINOUS	8340	15	35	1.0
ZSÍR-	FETT-		MEDIUM VOLATILE BITUMINOUS			30
		LOW VOLATILE BITUMINOUS			20	1.4
KOVÁCS-	ESS-		15			1.6
		SEMI-ANTHRACITE			10	1.8
SOVÁNY-	MAGER-		10			2.0
ANTRACIT	ANTRAZIT	ANTHRACITE			5	2.2
METÁANTRACIT		ANTHRACITE			5	2.4
					5	2.6
					5	2.8
					5	3.0
					5	4.0

2. ábra

2. MAGYARORSZÁG SZÉNMEDECÉI

Hazánk szénbányászata 1745-ben Vértessomlyón (Tatabánya-Oroszlányi szénmedence) kezdődött, ahol oligocén korú szenet fejtettek. Brennbergbányán 1759-ben, Csolnokon (Dorog-Esztergomi szénmedence) 1781-ben, a Mecsekben Vasason 1782-ben, Sajókázán (Borsodi szénmedence) 1786-ban indult meg az iparserű széntermelés. A szénbányászat az igények növekedése következtében mennyiségében, térben és időben bővült. A XIX., majd a XX. század során a kutatások következtében az ismert szénlelőhelyek, valamint a működő bányák száma és a termelés rohamosan növekedett. A ma-

gyarországi szénbányászat csúcspontja 1961-1965 között volt, több mint 30 Mt/év termeléssel. A hazai szénbányászat hanyatlása – elsősorban a belső és külső gazdasági környezet megváltozása miatt a XX. század utolsó harmadában következett be. A termelés a külfejtéses lignitbányászatban viszont nőtt. Napjainkban az éves széntermelés mindössze 13,4 Mt/év, melynek jelentős része (8,6 Mt) a külfejtéses lignit.

Már csak egyetlen mélyművelés üzemel: a Márkushegyi Bányaüzem. Éves termelése 1,5 Mt. A széntermelés fennmaradó része kisebb külfejtésekből származik.

Magyarország kőszéntelepeinek áttekintő térképét a 3. ábra szemlélteti [Radócz (1983) in E. Landis (2002 a.)].



3. ábra. Magyarország szénterületeinek áttekintő térképe

Az egyes szénmedencék rövid földtani ismertetése [Radócz (1983); OMBKE (1996); Némédi Varga Z., (1995); Hartai (2004)]

Mecseki Feketekőszén Medence

Magyarország egyetlen feketekőszén előfordulása. A kőszén egy része (kb. 25%) kokszolható. A medence tartalmazza Magyarország legnagyobb szénhez kötött metán készletét (ld. még 5. fejezet), ezért földtanát a többi medencéhez képest bővebben tárgyaljuk.

A kőszéntelepes rétegösszlet kora alsójúra (hettangi-alsó szinemuri emelet). Vastagsága Pécs környékén eléri a 900 m-t, majd É felé haladva fokozatosan elvékonyul, és Szászváron alig több, mint 200 m. A kőszénösszlet fedűjében előbb 50-200 m vastag homokkő rétegek, majd 70-500 m vastag márgaösszlet helyezkedik el. Felette a teljes júra rétegsor megtalálható. A kőszén-előfordulás teljes területe (mintegy 350-400 km²) a K-i Mecsekben található. Határai: Pécs, Komló, Magyaregregy, Szászvár, Máza, Hidas, Mecseknádasd, Hird. A területen belül a bányászatra érdemesnek tartott széntelepek 70 km²-en helyezkednek el, melyből a korábbi bányászat 20-25 km²-t érintett. A medencében az 5 cm-t elérő vastagságú telepek száma 175, melyek közül mintegy 30 telep bírt bányászati jelentőséggel. Ezek egy részét korábban művelték. A pécsi bányák összegzett művelhető telepvastagsága mintegy 25 m, Komló környékén 30-35 m, átlagosan 30 m. A terület erősen gyűrt, töréses és pikkelyes szerkezetű. A kéregmozgások a telepeket morzsalékosá tették. A telepeket szenes pala, homokkő és márga rétegek, továbbá szabálytalan tömbökben magmás eruptívumok (trachidolerit, diabáz) választja el. A feketekőszén átlagos szénülési foka délről, Pécsbánya körzetétől (soványkőszén) észak felé haladva csökken, a minimumot Komlón (lángkőszén, gázkőszén, gázkocszkőszén) és a Kelet-Mecsek északi részén (Nagymányok) éri el (Némedi Varga Z., 1995). A hegység északi részén Nagy-mányoktól nyugat felé haladva a szénülés ismét – erőteljesen – növekszik, úgy, hogy Szászvárnál zsírkőszén és kovácskőszén állapotot ér el.

A magyarországi többi szénmedencét – mivel iparilag felhasználható metánt csak kis mértékben tartalmaznak – csupán röviden tárgyaljuk.

Ajkai Medence (Ajka-Padrag-Csékút)

Felsőkréta (szenon) barnakőszén előfordulás. A kőszéntelepek három telepcsoportban jelennek meg. Jelenleg már valamennyi bánya bezárt.

ÉK-dunántúli eocén barnakőszén terület

Ide tartoznak a következő szénmedencék: Dorog-Esztergom-Pilis, Tatabánya-Nagyegyháza-Mány, Oroszlány, Balinka-Kisgyón-Dudar. Valamennyi limnikus eredetű barnakőszén terület. Jellemző rájuk a töréses szerkezet. A bányászat fő központjai Tatabánya, Dorog, Tokod, Balinka, Pusztavám, Mór, Dudar, Nagyegyháza, Csordakút és Mány voltak, de a Budai-hegységben is folyt széntermelés. Jelenleg termelés nem történik, valamennyi szénbánya bezárt. Korábban a területen vékony oligocén széntelepeket is művelték (Vértessomlyó, Mogyorósbánya stb.)

A nógrádi és a Borsod-Ózvidéki barnakőszén terület

A széntelepek az alsó-középső miocén korban keletkeztek, limnikus jellegűek. Jelenleg csupán néhány kisebb külfejtésben folyik termelés.

Brennbergbánya

A szén alsó miocén korú. A kőszéntelepesség összlet a paleozoós kristályos alaphegység lepusztult felszínére települt. Az előfordulás jelentősebb része Ausztriához tartozik. Nincs működő bánya.

Várpalota, Hidas

E területeken középső miocén korú lignittelepek találhatók. Mindkét területen bányászták a lignitet, jelenleg nincs széntermelés.

Mátra- és Bükkalja

Pannon korú lignit, mely a kiszélesedő Pannon-beltenger partszegélyi, mocsaras vidékein jött létre. A lignitvagyon kiemelkedően nagy. Jelenleg a visontai és a bükkábrányi külfejtésben folyik (jelentős volumenű) termelés.

Szombathely-Torony

A mátrai- és bükkaljai lignithez hasonlóan pannon korú lignit-előfordulás, mely Szombathelytől nyugat felé Ausztriába is áthúzódik. A lignit a Pannon-beltenger partszegélyi üledéke. Készlete jelentős. A területen korábban kis mértékű bányászat folyt.

Az egyes szénmedencék ismert földtani (in situ) vagyonát (MGSZ, 2004) a 3. sz. táblázat szemlélteti. a táblázatban nem szerepeltettük a kitermelhető szénvagyon (földtani vagyon mínusz pillérek vagyona mínusz tervezett termelési veszteség plusz tervezett termelési hígulás), mivel a szénhez kötött metán hordozója a földtani, és nem a kitermelhető vagyon.

Szénmedence neve	Földtani (in situ) szénvagyon (Mt)
Mecseki feketeszén-medence*, egyben Magyarország összes feketeszén vagyona	1597
Dorog-Pilisi barnakőszén medence	426
Tatabánya-Nagyaegyháza-Mányi barnaszénmedence	427
Oroszlányi barnaszénmedence	157
Bakonyi barnaszénmedencék (eocén-oligocén, miocén, kréta)	837
Nógrádi barnaszénmedence	211
Borsod és Ózd-vidéki barnaszénmedence	1153
Magyarország összes barnaszénvagyona	3211
Mátra-Bükkaljai és Nyugat-Magyarországi lignitterületek, egyben Magyarország összes lignitvagyona	5812
Magyarország összes ismert szénvagyona	10620

* A mecseki medence nyilvántartott szénvagyona 1100 m mélységig került kiszámításra. Ha a számítást további mélységekre is kiterjesztjük, úgy 1500 m mélységig mintegy 3,3 Mrd tonna, a teljes mélységig (kb. 3000 m) legalább 4 Mrd tonna földtani vagyon adódik.

3. A SÚJTÓLÉGVESZÉLY TÖRTÉNETE A MAGYAR MÉLYMŰVELÉSES SZÉN BÁNYÁSZATBAN

A magyar mélyműveléses szénbányászat közel 200 éves története során gyakran került szembe a bányatérsekbe beáramló *metánnal*, mely a *levegővel keveredve 5-15%-os koncentráció esetén robbanóképes elegyet*, sújtóléget alkot, mely 650°C hőmérséklet hatására robban. A *sújtólégveszély* kisebb-nagyobb mélységben (a pannon korú lignittelepek kivételével) szinte valamennyi szénmedencében fennállt. Ezt tetézte a mecseki liász korú szénmedencében a hirtelen kőzetfeszültség-átrendeződés hatására bekövetkező *gázkitörés* veszély, amikor is több ezer m³ metán robbanásszerű hevességgel tört a bányatérsekbe. A sújtólégveszély elhárításának alapvető módszere a bányák jó szellőztetése volt.

A következőkben – a teljesség igénye nélkül – ismertetjük a metánnal kapcsolatos legfontosabb eseményeket (OMBKE, 1996):

Brennbergbányán a régi fejtési üregekben halmozódott fel sújtólég abban az esetben, ha azok vízzel telítődtek. Ilyen jellegű sújtólég kiáramlást több ízben is megfigyeltek, de ezek szerencsétlenséget nem okoztak.

A Dorogi-medencében az első tömeges baleset a tokodi Gusztáv aknában 1871-ben következett be. A felhagyott bányatérsekben összegyűlt metánt egy nagyobb omlás préselte a nyitott bányatérsekbe, ahol az levegővel keveredve sújtóléget alkotott, amely a nyílt lángú lámpáktól robbant be. A legsúlyosabb tömegszerencsétlenség 1942-ben az

Erzsébet aknában történt. Egy robbantás hatására omlás, majd jelentős metánkiáramlás történt, melyet nyílt lángú lámpa robbantott be. Ez újabb metánkiáramlást idézett elő, így többközpontú robbanássorozat jött létre. 1963-ban a Reimann aknán volt súlyos sújtólég-robbanás, melyet követően az üzemet I-es sújtólég-veszélyességi osztályba sorolták. (sújtólég-veszélyességi osztályokat a 4. fejezetben tárgyaljuk). A Lencshegyi szénbánya – bár 1989 előtt I-es sújtólég-veszélyességi osztályba volt besorolva – nem tartalmazott metánt. Dorog XXI. aknán a fekü triász mészkőben egy kavernára fúrtak, a fúrásból 1-2 napig jött a metán.

A Pilisi medence Szent István aknájában lezárt feltörés megnyitásakor robbant be a metán, ezt követően a bányát I-es sújtólég-veszélyességi osztályba sorolták.

A **Tatabányai medencében** az első nagyobb metánrobbanás az u.n. II. aknában 1897-ben következett be. A robbanás dinamitos robbantás után történt. A legnagyobb katasztrófa a XII. akna nyugati bányamezejében 1950-ben történt, 81 bányász halálát okozva. A sújtólégrobbanást szénporrobbanás követte. 1978 folyamán a XII./a. akna egyik frontfejtésében volt katasztrófális sújtólégrobbanás.

Az **Oroszlányi medencében** 1948-ban a XVII. aknán vágathajtás során, 1970-ben ugyancsak a XVII. aknán volt sújtólégrobbanás. A legsúlyosabb metánrobbanás a Márkushegyi bányaüzemben 1983-ban következett be.

Balinkán sújtólégrobbanás nem történt. Metán jelenlétét azonban észlelték az öreg-ségi műveletekben.

A **várpalotai** miocén lignit-előfordulás valamennyi bányájában (SI., SII., Bántabánya) a mélység felé haladva észlelték a metánt, mely halálos balesetet is okozott.

Az **ajkai** felső kréta korú szénmedencében három metánfellobbanás ismert: 1965-ben Padrag Bányán, 1966-ban Jókai Bányán, és 1971-ben Ármin Bányán. Ezt követően sorolták az ajkai bányákat az I-es sújtólég-veszélyességi osztályba.

A **Nógrádi szénmedencében** először 1887-ben volt sújtólégrobbanás: a mizserfai János akna mélyítésével kapcsolatban a légakna tengelyében a külszínről indított fúrással föld alatt rályukasztottak, a bányában összegyűlt metán a fúrólyukon keresztül kiáramlott a szabadba, s ott felrobbanva tönkretette a mélyépítő vitlát és a gépházat. A Gyula lejtakna vágataiban 1920-ban metángázt észleltek. Metángáz jelenlétét mutatták ki a kisterenyei körzetben is. Az egyik kisterenyei bányában 1943-ban történt sújtólégrobbanás. 1961-ben a mizserfai bányaüzemben (Duclos VII. bánya) a II. telep fejtése során a korábban már lefejtett I. telepből metángáz áramlott be, a robbanás 8 emberéletet követelt.

A nagybányai bányák sújtólégveszélyesek voltak. A Nógrádi Szénmedencére jellemző, hogy a metánveszély nyugat felé haladva növekedett, de a gáz mennyisége általában nem haladta meg az I. sújtóléges osztályra előírt értéket. Nem képezi jelen dolgozat tárgyát, de említésre méltó, hogy a Vizslási és a Tiribes bányákban jelentős mennyiségű széndioxid-beáramlások voltak.

A **Mecseki Feketekőszén Medence** kiemelkedő jelentőségű a metántartalom és a sújtólégveszély szempontjából, részletesebben az 5. fejezetben tárgyaljuk.

A mecseki bányászkodás természeti környezetét jelentősen meghatározta a széntelepek metántartalma. A zárórétegektől és a későbbi tektonikai hatásoktól függően a telepek gáztartalma változó, de egyértelműen kimutatható, hogy a mélység felé haladva növekedett. Dr. Radó Aladár mérései szerint 1976 és 1981 között éves átlagban 46 Mm^3 gázfelszabadulás jelentkezett a művelt bányákban. A sújtólégveszély és a gázkitörésveszély minden földalatti mecseki szénbányára jellemző volt. Már az 1870-es években is voltak áldozatot követelő sújtólégrobbanások. A legsúlyosabb metánrobbanás 1910-ben Szászvár bányában történt. A metán veszélytelen mértékű felhígításához erőteljesen növelték a szellőztetési kapacitást. A sújtólégrobbanás-veszély elleni védekezést hatékonyan segítette a *földalatti gázcsapolás*, mely több évtizeden keresztül üzemszerűen működött. Az első gázlecsapoló berendezést Vasas bányán 1957-ben létesítették (Radó, A., 1958). A folyamat során a nagy fajlagos metántartalmú telepekből még a művelés megkezdése előtt bányabeli fúrásokból a gáz egy részét zárt csőrendszeren keresztül elszívták, majd a felszínen – csővezetéken eljuttatva a fogyasztókhoz – *hasznosították*. A medencében öt gázlecsapoló berendezést helyeztek üzembe, összesen 325 Mm^3 metánt szívtak el és hasznosítottak.

A mecseki szénbányászatban az első gázkitörés 1894-ben történt a pécsi Schroll aknán. Az É-i területen az első gázkitörés 1902-ben következett be Szászvár bánya VIII. szintjén. A gázkitörést sújtólégrobbanás kísérte. A komlói területen Zobák bányaüzemben 1964-ben a Diagonális akna mélyítésekor az aknatalpon, 286 m mélységben volt gázkitörés. A mecseki szénbányászatban összesen 574 gázkitörés történt, mely 89 halálos áldozattal járt. A gázkitörések elleni védekezés során provokációs robbantásokat és/majd védőtelepes művelést alkalmaztak. Az utóbbi során a gázkitörés-veszélyes telep fekéjében vagy fedőjében lévő nem gázkitörés-veszélyes telepet lefejtették, melynek hatására a védett telepben a fellazulási zónában a gázkitörés-veszély megszűnt. A gázkitörések oka vágathajtás esetén a vágjég előtt fellépő nagymértékű feszültségtorlódás (Szirtes, L., 1971). A veszélyes feszültség csökkentése előzetes anyagkivétellel, szénkimosatással történt.

4. A MAGYARORSZÁGI BÁNYÁK MINŐSÍTÉSE SÚJTÓLÉGVESZÉLY SZEMPONTJÁBÓL

A mélyműveléses szénbányák nagy részében a termelés során kisebb-nagyobb metán-felszabadulás ment végbe. Az „Általános bányászati biztonsági szabályzat” (OBF, 1982) rendelkezése szerint a bányákat sújtólégveszély szempontjából minősíteni kell, amennyiben a bánya bármely bányatárságában metán jelenlétére utaló jelenséget észleltek, illetve az előírt légmérés során 0,1%-ot meghaladó arányban metánt mértek. A sújtólégveszélyes bányákat hivatkozott szabályzat 8. § (2) bekezdése alapján I-III. sújtólégveszélyességi osztályba kell sorolni a (3) bekezdés szerinti meghatározás szerint: a szénbánya

- a) *I. sújtólég-veszélyességi osztályba tartozik, ha a munkanapi fajlagos metánfejlődés bármelyik termelő légosztályban legfeljebb 5 m^3 metán/tonna nyers szén,*
- b) *II. sújtólég-veszélyességi osztályba tartozik, ha a munkanapi fajlagos metánfejlődés bármelyik termelő légosztályban az 5 m^3 /tonna nyers szén mennyiséget meghaladja, de legfeljebb 15 m^3 metán/tonna nyers szén,*
- c) *III. sújtólég-veszélyességi osztályba tartozik, ha a munkanapi fajlagos metánfejlődés bármelyik termelő légosztályban 15 m^3 /tonnánál nagyobb (nyers szénre).*

Fokozottan sújtólégveszélyes a II. és III. osztályú sújtóléges bánya fejtése, fejtési vágata, szénben hajtott vagy széntelepét harántoló külön szellőztetésű bányatársága. Minden nyitott földalatti bányatárságot megfelelően szellőztetni kell. A szellőztetésre vonatkozó előírások szerint a levegő metántartalma nem haladhatja meg

- *főkihúzó és légosztálykihúzó légáramban a 0,75%-ot,*
- *áthúzó légáramú fejtésben az 1%-ot,*
- *egyéb áthúzó légáramú vágatban az 1,5%-ot.*
- *diffúzióval szellőztetett bányatárságban a 2,5%-ot.*

A sújtólég szempontjából minősített bányákat (OBF, 1982; OMBKE, 1996) a 4. táblázat mutatja.

Szénmedence	Bánya	Sújtólég-veszélyességi osztály
Borsod, miocén barnaszén	Lyukóbánya	I.
Dorog-Pilisi eocén barnaszén	XXI. akna, X. akna, Lencsehegy (1989-ig), Új-ebeszőnyi bányák, Reimann akna, pilisi Szent István akna	I.
	tokodi Erzsébet akna, csolnoki X., XII. akna, dorogi XIX. akna	II.
Nógrád, miocén barnaszén	Szorospatak-bánya	I.
	Kányás, Ménkes, Tiribes bányák	II.
Oroszlány, eocén barnaszén	A medence valamennyi mélyművelésű bányája (Márkushegyi bánya, XVI., XVII., XX., XXI., XXII., XXIII. aknák)	I.
Tatabánya-Nagyegyháza-Mány eocén barnaszén	A medence valamennyi mélyművelésű bányája (XIV., XV/c, Csordakút, Nagyegyháza stb.) a II. osztályú sújtólégveszélyes bányák kivételével	I.
	VII/a., XII. XII/a., XV., XV/a. aknák	II.
Balinka, eocén barnaszén	Balinkai bányauzem	I.
Ajka, kréta barnaszén	Ármin, Jókai, Padrag	I.
Várpalota, miocén lignit	SI., SII. és Bánta bánya	I.
Mecseki alsójúra feketekőszén	A medence valamennyi mélyművelésű bányája (Pécs, Vasas, Kossuth, Béta, Zobák stb.)	III.

5. A SZÉNMEDENCÉK TÁROLT (GAS IN PLACE) METÁNKÉSZLETE

A magyarországi mélyműveléses szénbányák (illetve szénmedencék) metánvagyonából – a Mecseki Feketekőszén Medence kivételével – csupán bányaszellőztetési adatok /sújtólég-veszélyességi osztályok – állnak rendelkezésünkre. A metánkészlet becslését is ennek alapján végeztük.

Tanulmányunkban becsültük az egyes szénmedencék földtani metánvagyonát (Methane Gas in Place), mely metánkészlet az angolszász szakirodalom szerint „Speculative” kategóriába sorolható. A Mecseki Feketekőszén Medence metánvagyonának ismeretességi foka magasabb, „Hypothetical”, de egyes szerzők „Inferred” kategóriába sorolják.

5.1. Az egyes szénmedencék gas in place metánvagyonának meghatározása

(A Mecseki Feketekőszén Medencét külön pontban tárgyaljuk)

A fajlagos tárolt metántartalom becslése:

- *A Dorog-Pilisi medencében* a bányászat során tapasztalt metán-jelenségek és az I., valamint a II. sújtólég-veszélyességi osztályok alapján 5-10 m³/t értéket tételeztünk fel.
- *A Tatabánya-Nagyegyháza-Mány medence* esetében bányászati adatok, valamint az I., illetve II. osztályba történő besorolásra tekintettel 8-12 m³/t metántartalmat valószínűsítettünk.
- *A Oroszlányi medencében* a bányászat során fellépő metán-jelenségek és az I. sújtólég-veszélyességi osztály alapján a szén feltételezett fajlagos metántartalma 2-3 m³/t.
- *A Bakonyi eocén (oligocén) szénmedencében* a már felhagyott Balinkai Bányászati Üzem az I. sújtólég-veszélyességi osztályba tartozott. Bányabeli szénminta adszorpciós-deszorpciós vizsgálata (Landis et al, 2002 b.) 1,29 cm³/g Langmuir konstanst mutatott, ezért kereken 1,3 m³/t fajlagos gáztartalommal számoltunk.
- *A Bakonyi kréta szénelőfordulásokon* a bányabeli metán-jelenségek és az I. sújtólég-veszélyességi osztályba sorolás miatt 2 m³/t fajlagos metántartalmat tételeztünk fel.
- *A Bakonyi miocén lignitmedencében* a bányabeli megfigyelések és az I. sújtólég-veszélyességi osztály miatt 1-1,3 m³/t fajlagos metántartalommal számoltunk.
- *A Nógrádi barnakőszén medence* fajlagos metántartalma a bányászat során tapasztalt metán-jelenségek és az I., valamint a II. sújtólég-veszélyességi osztályba sorolás alapján 6-12 m³/t-ban valószínűsíthető.
- *A Borsod és Ózd-vidéki barnakőszén medencében* csak elvétve jelentkezett metán, egyedül csak Lyukóbánya tartozott az I. sújtólég-veszélyességi osztályba. A szén fajlagos metántartalmát 1-2 m³/t-ra becsüljük.
- *A Mátra-Bükkaljai és Nyugat-Magyarországi pannon korú lignitterületek* megítélésünk szerint nem tartalmaznak szénhez kötött metánt. A korábbi mélyművelésű

bányákban (Mátra-Bükkalja: Rózsaszentmárton, Gyöngyöstarján, Tard, Bogács; Nyugat-Magyarország: Torony, Ondód) sújtólég nem jelentkezett.

A Pannon Medencében nagy mélységben is található lignitlepek, melyeket harántoltak a kőolajkutató fúrások. A nagy mélység, hőmérséklet és nyomás miatt feltételezhető (bár magyarországi mérési adatok nem állnak rendelkezésünkre), hogy e lignitlepek tartalmaznak szénhezkötött metánt. Érdekes adatokról számol be Steinbauer (2002) egy tanulmányában, mely szerint a Pannon Medence DNY-i (horvátországi) részén, a Dráva-menti tektonikus árokban a Molve földgázmezőn 1000-2000 m mélységtartományban a lignitben kb. 2 m³/t fajlagos metán mutatható ki.

5.2. A Mecseki Feketekőszén Medence szénhezkötött metán készlete

A Magyar Geológiai Szolgálat nyilvántartása szerint (MGSZ, 2004) a medencében 1100 m mélységig 1597 Mt földtani (in situ) szénvagyon szerepel. 1500 m mélységig 3,3 milliárd tonna, a teljes mélységig legalább 4 milliárd tonna szénkészlet valószínűsíthető (ld. 2. fejezet). A medencében a földfelszín átlagos tengerszint feletti magassága 300 m.

A Mecseki Feketekőszén Formáció kiterjedése 350-400 km², melyből korábban bányászat által igénybe vettek 50 km²-et. A szén szempontjából produktívnak tekinthető zóna területe 70 km², melyből a korábbi bányászati műveletek mintegy 20-25 km²-t érintettek. Az ismert (kategorizált) földtani szénvagyon számbavételi feltételei (cut-offs): vastagság $\geq 0,4$ m; fűtőérték ≥ 12560 kJ/kg, behígított meddő-közbetelepülések vastagsága $\leq 0,3$ m.

A mecseki szén az ASTM (USA) szabvány szerint a high-volatile bituminous osztályba tartozik. A földtani (in situ) vagyon átlagminősége 19126 kJ/kg, de a (korábban) termelt szén fűtőértéke a nagymértékű hígulás miatt csupán 11650 kJ/kg volt.

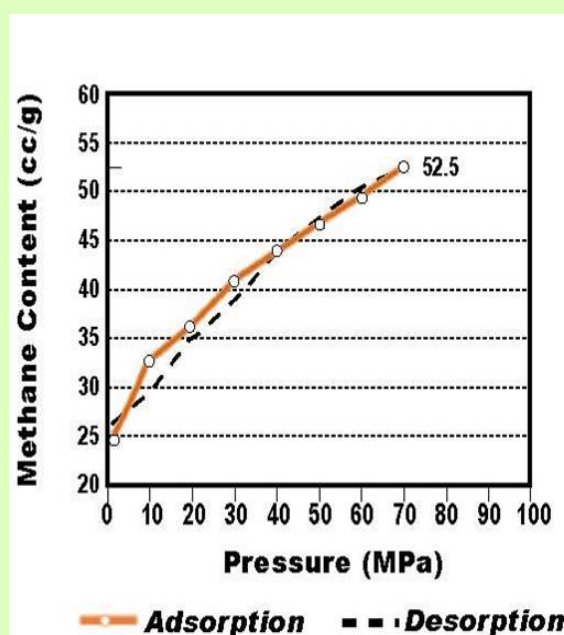
A mecseki szénhezkötött metán minőségi adatait az 5. táblázat (Somos, L., 1991) szemlélteti:

5. táblázat

CH ₄	C2+	H ₂	Inerts	CO ₂	Heat value (kJ/kg)
95%	0.8%	0.005%	4%	0.8%	36,000

A Mecseki Feketekőszén Medence szénhez kötött metán rezervoárja jelentősen eltér a hagyományos CBM rezervoároktól (Fodor, B. 2002):

- A szén permeabilitása csupán 0,001-0,1 mD, egy tanulmány (Radnainé 1991) egy rendkívül alacsony mérési eredményt (0,00039 mD) is közöl.
- A metántartalom 92-98%-a szorbeált, 2-8%-a szabad gáz formájában van jelen.
- A szén fajlagos szabad felülete 250-300 m²/g.
- A szén pórusstruktúrája 0,4-0,5 nm átmérőjű molekuláris pórusokból (a metán molekula átmérője 0,42 nm), mikropórusokból (10 nm-ig) és mezopórusokból (10-50 nm) áll.
- A fajlagos metántartalom átlagosan 50 m³/t (Radnainé, 1991; Somos, L., 1991; Kiss, J., 1995), de elérheti a 150 m³/t értéket is.
- A szénhez kötött metán nyomása 20-100 bar.
- A szén átlagos porozitása 1-15% között változik.



4. ábra. Adszorpció/deszorpciós izoterma egy mecseki szénmintáról

A széntelepességgel fedőrétegei vízzáróak. A szén, a meddő közbetelepülések, a fedő- és fekürrétegek nem tartalmazzak vizet. A szén in situ nedvességtartalma csupán 0,5-2,0%. A víz nem tud behatolni a molekuláris pórusokba. A felhagyott bányatérsegek (Abandoned Mines, GOB areas) viszont bányavízzel telnek fel. Ez a folyamat jelenleg is tart. A vízelárasztás a szén rendkívül kis pórustérfogata, valamint az abban tárolt gáz következtében nem tud behatolni a „szűz” szénrétegekbe.

A Mecseki Medence a földtörténet korok során elvesztette tárolt metánkészletének egy részét. A Tercier és a Quarter időszakban a denudációval érintett területeken a metán közvetlenül, vagy a konszolidálatlan fedőrétegeken keresztül a légkörbe távozott.

Szirtes, L. (1971) könyvében számos mérési adatot közöl a széntermelés során felszabaduló metán mennyiségéről, mely 15-80 m³/termelt tonna között ingadozott, de időnként elérte a 150 m³/t értéket is. Adatai fontos információt szolgáltattak az (akkori) bányá-

szellőztetés tervezéséhez, de nem tükrözték a szénben elhelyezkedő szabad + szorbeált metán mennyiségét.

A GEOPARD Kft. (Radnainé, 1991) vizsgálatai átlagosan 50 m³/t szénhez kötött metánt mutattak ki. Ezt szemlélteti a 4. ábrán látható adszorpció/deszorpció görbe (Radnainé, 1991). Számos laboratóriumi vizsgálat is hasonló eredményre vezetett.

Az **elméletileg** feltételezhető **földtani metánvagyon** (gas in place) 4 milliárd tonna földtani szénvagyont feltételezve **200 milliárd m³-t** tesz ki.

A Mecseki Feketekőszén Medence szénhez kötött metán meghatározására korábban is végeztek becsléseket:

- Somos, L. (1991)
- Kiss, J. (1995)
- Landis, E. R. et al (2002)

A becslések közül a Somos, L. féle tanulmányt tartottuk – bizonyos módosításokkal – elfogadhatónak. A másik két publikációt az alábbi indokok alapján vetettük el:

Kiss, J. (1995)

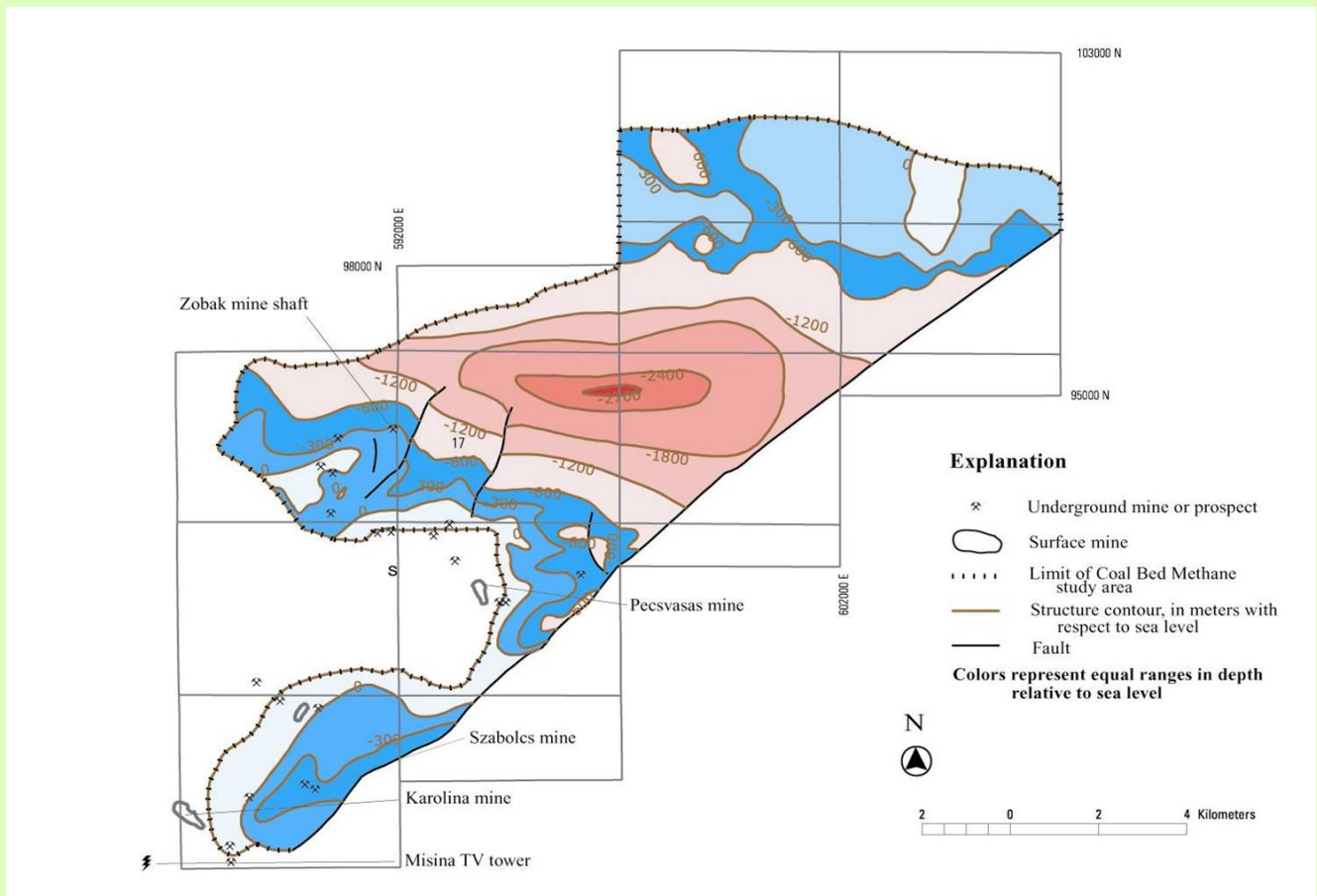
A tanulmány 70 km²-es területen 149,6 milliárd m³ földtani metánvagyont közöl. A bányászellőztetési (nem in situ mérési) adatok alapján a szén metántartalmát 75 m³/t-ban határozta meg. Ezt a fajlagos értéket a kitermelhető (és nem in situ) szénvagyonra vetítette. A metánvagyonnak csak akkor lenne létjogosultsága, ha a teljes medence szénvagyontát lefejténék. (CMM; bányászat közben felszabaduló metán). Mint már említettük, a Mecseki Medencében jelenleg nincs széntermelés.

Landis, E. R. et al (2002)

A publikáció Somos, L. 1991. évi tanulmányán alapul. Landis, E. R. et al felhasználták hivatkozott tanulmány szintvonalas térképeit, melyek a legfelső széntelep felszínének tengerszint feletti (alatti) helyzetét ábrázolták. Egy összefoglaló jellegű szintvonalas térképet szemléltet az 5. ábra.

Somos, L. tanulmányában 39 m³/t kitermelhető gázvagyonnal (összesen 112,9 milliárd m³) számolt, túlzott, 0,78-as kihozatali tényezőt feltételezve. Landis, E. R. et al 50 m³/t gas in place fajlagos metántartalommal számította vissza a szénvagyont (a 112,9 milliárd m³ gázból), majd ebből vont le nem megfelelő következtetéseket. Karolina és Vasas külfejtésekből szénmintákat vettek, melyeket adszorpció vizsgálatoknak vetettek alá. A Langmuir konstans Karolina bánya esetén 18,26 cm³/g-ra, Vasas esetén 20,74 cm³/g-ra

adódott. Ezen szénminták felszín közelből származtak, nem tekinthetők reprezentatívnak a Medence szempontjából. Továbbá feltételezték, hogy a széntelepekben hidrosztatikai nyomás uralkodik, holott sem a széntelepekben, sem a kísérő kőzetekben nincs víz.



A számított 27,9 milliárd m³ földtani szénhezkötött metánvagyon alábecsült.

A Somos, L. (1991) féle, általunk módosított tanulmány

Somos, L. (1991) több mint 200 szénkutató fúrás felhasználásával (a szénre produktív) 70 km²-es területre megszerkesztette a legfelső széntelep felszínének izovonalas térképét. A térkép felhasználásával, a 6. táblázatban közölt paramétereknek megfelelően készítette el a kitermelhető szénhezkötött metán készletszámítását, melynek eredménye 112,9 milliárd m³ volt.

6. táblázat

A széntelepek függőleges összvastagsága	30 m
A szén térfogatsűrűsége	1,5 t/m ³
A szén gáztartalma (in place)	50 m ³ /t
A kitermelhető gáztartalom	39 m ³ /t
A letermelt (GOB) területek gáztartalma	16 m ³ /t

Somos, L. számításait revidiálva meghatároztuk a földtani szénhez kötött metánvagyont.

Szabad és szorbeált gáz	132,0 milliárd m ³
GOB térségek gázvagyona	10,6 milliárd m ³
Összes földtani (gas in place) gázvagyont	142,6 milliárd m³

A kitermelhető gázvagyont számítása:

A rezervoárok megtalálásának valószínűsége 50%; a megtalált rezervoárok kihozatali tényezője 0,4 (Prof. Tóth, J. szóbeli közlése), így a teljes *kihozatali tényező* 0,2. A Mecseki Feketeköszén Medencére így 28,5 milliárd m³ kitermelhető gázvagyont kaptunk. A kihozatali tényező természetesen függ az alkalmazott termelési technológiától, így az a jövőben változhat.

Magyarország többi szénmedencéjénél is –jelenlegi ismereteink szerint- a 0,2-es kihozatali tényező alkalmazását javasoljuk.

5.3. Magyarország szénmedencéinek földtani metánvagyona

Az egyes szénmedencék prognosztizált földtani (gas in place) szénhez kötött metánvagyont a 7. táblázat szemlélteti.

7. táblázat

Szénmedence	Földtani szénvagyont (Mt)	Fajlagos metántartalom (m ³ /t)	Földtani (gas in place) metánvagyont (milliárd m ³)
Mecsek*	3300	50, (GOB: 16)	142,6≈143
Dorog-Pilis	426	5-10	2-4
Tatabánya-Nagyegyháza-Mány	427	8-12	3-5
Oroszlány	157	2-3	0,3-0,5
Bakony, eocén (oligocén)	177	1,3	0,2
Bakony, miocén lignit	294	1-1,3	0,3-0,4
Bakony, kréta	366	2	0,7
Nógrád	211	6-12	1,3-2,5
Borsod-Ózd	1153	1-2	1,1-2,3
Mátra-Bükkalja, Ny. Magyarország, pannon lignit	5812	n.a.	n.a.
Összesen	12323		151,9-158,6

Megjegyzések: * Mecsek: 1500 m mélységig ; n.a. nincs adat, valószínűleg nulla

A táblázatból kitűnik, hogy a magyarországi szénmedencék **összes földtani CBM vagyona** mintegy **152-159 milliárd m³**, mely majdnem eléri a hazai konvencionális földgáz mennyiségét (176,5 milliárd m³). A szénhez kötött metán *90-94%-a a Mecseki Feketekőszén Medencében* található. Hangsúlyozzuk, hogy a közölt metánkészlet adatok jelenlegi ismereteinket tükrözik. *Szükségesnek véljük a jövőben az egyes szénmedencékben mélyült, még meglevő (pl. vízszint megfigyelésre használt) fúrások metánra történő szisztematikus vizsgálatát.*

6. A SZÉNHEZKÖTÖTT METÁN HASZNOSÍTÁSÁRA VONATKOZÓ

KEZDEMÉNYEZÉSEK, A TOVÁBBLÉPÉS LEHETŐSÉGEI

A magyar szénbányászatban – a Mecsek hegység kivételével – nem történt szénhez kötött metán hasznosítás, és nem folytak annak kiaknázására kísérletek. A mecseki eredményes *földalatti gázlecsapolásról* (földalatti fúrások) már a 3. fejezetben tettünk említést.

A külszíni fúrásokkal történő gázlecsapolási kísérletek

(Kiss, J., 1995)

Az első mélyfúrásos kísérlet a Máza-Dél-i szénterületen történt 1980-ban. A fúrás mélysége 1000 m, a termelő béléscső átmérője 7" volt. A harántolt széntelepeket perforálták, majd a kőolaj- és földgáziparban alkalmazott technológia szerint édesvízi hidraulikus rétegrepszertést, majd homokkal történő kitámasztást végeztek. A kísérlet nem járt eredménnyel.

1993-94-ben további mélyfúrásos kísérleteket végeztek. Három kútban folyékony széndioxidos rétegrepszertést és homokkitámasztást, a negyedik kútban nyitott üreges technológiai eljárást alkalmaztak. Ezek a kísérletek is negatív eredménnyel végződtek.

A külszíni fúrások sikertelenek voltak, azonban a bányászat során spontán és földalatti fúrásokkal jelentős mennyiségű metán szabadult fel.

A bányászati tevékenységek következtében másodlagos (szekunder) feszültségállapot jött létre (Fodor, B., 2002). A fejtési homlok előtt jelentős feszültségnövekedés (áthárított nyomás) és nyomásgradiens alakult ki. A feszültségátrendeződés következtében a szén és a kísérő kőzetek a fejtési homlok előtt kb. 10 m-es körzetben fellazultak. A fellazulás/tönkremenetel a szén permeabilitását kb. 2-3 nagyságrenddel megnöveli, megnyitja a repedéseket, ezáltal növeli a metán deszorpcióját. Ez a folyamat térben és időben szoros összefüggésben van a mélyműveléses bányászattal. A Mecseki Feketekőszén Medencé-

ben a mélyműveléses bányászat során a szénből számottevő mennyiségű metán szabadult fel, a földalatti gázlecsapoló fúrások – védőtelepes fejtésekkel kombinálva – sikeresek voltak. A bányaműveletek (pl. frontfejtések) kiváló stimulátorok a metántermelés szempontjából. A külszíni fúrásokban alkalmazott növelt hatékonyságú módszerek (folyékony széndioxidos rétegrelesztés, homokkitámasztás, nyitott üreges kútkiképzés) nem vezettek eredményre a szén belső tulajdonságai és a rendkívül magas in situ közetfeszültség következtében. A kísérleti kutak gázlecsapolási területe a szén alacsony permeabilitása és a kis pórusméret miatt kis kiterjedésű volt. A hatékony, külszíni fúrásokból történő gázlecsapolás érdekében a hagyományostól eltérő stimulációs módszereket kell kifejleszteni, illetve alkalmazni.



IRODALOM:

- Barker, C. E. (1996):** The Geology of Coal Bed Gas: The perspective from coal and thermal history studies. U.S. Geological Survey, Denver, Colorado. 125 p.
- E. R. Landis, T. J. Rohrbacher, C. E. Barker and B. Fodor, G. Gombár (2002. a.):** Coalbed Gas in the Mecsek Basin, Hungary. Coalbed Methane Resource Potential in Hungary: A Coalbed Methane Workshop. September 23-26, 2002., Budapest-Pécs, Hungary. Organizers: Béla Fodor and Gizella Gombár (Hungarian Geological Survey)
- E. R. Landis, T. J. Rohrbacher, C. E. Barker, B. Fodor, G. Gombár (2002. b.):** Coalbed Gas in Hungary – A Preliminary Report. USGS Open File Report 01-473, Version 1.0, 2002. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey
- E. R. Landis, Timothy J. Rohrbacher, Charles E. Barker, B. Fodor, G. Gombár (2003):** Coalbed gas in the Mecsek Basin, Hungary. International Journal of Coal Geology 54 (2003). 41-55. Elsevier
- Fodor, B. (2002):** A possible technical solution for methane production from low permeability coal seams. Coalbed Methane Resource Potential in Hungary: Coalbed Methane Workshop. September 23-26, 2002., Budapest-Pécs, Hungary. Organizers: Béla Fodor and Gizella Gombár (Hungarian Geological Survey)
- Harris, B. T., Allison, M. F., Knox, L. M., Ramos, E. E., (1990):** Amoco Coal Degas Review Worldwide New Ventures. Manuscript.
- Hartai, É. (2004):** Teleptani alapismeretek (Alkalmazott földtan I.). Miskolci Egyetem, Földtan-Teleptani Tan-szék 57 p.
- ICF Resources Incorporated (1992):** Coalbed Methane Gas: A low cost energy supply for Hungary. Manuscript. 94 p.
- Kiss, J. (1995):** A mecseki gázlecsapolás történeti áttekintése és a fúrólukas gázfeltárás lehetőségeivel kapcsolatos kutatások (in: Némedi Varga Z. szerk.: A mecseki feketekőszén kutatása és bányaföldtana, Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből VII. pp. 317-331), Miskolci Egyetem
- Kiss, J. (2003):** A Mecseki Feketekőszén Medence metángáz vagyona . Coalbed methane Resource Potential in Hungary: Coalbed Methane Workshop. September 23-26, 2002., Budapest-Pécs, Hungary. Organizers: Béla Fodor and Gizella Gombár (Hungarian Geological Survey)
- MGSZ (Magyar Geológiai Szolgálat), [2004]:** Tájékoztató Magyarország 2004. I. 1-jei helyzet szerinti ásványi nyersanyag-vagyonáról. HU ISSN 0237-8361 Budapest, 283 p.

- Némedi-Varga, Z. (1995):** A mecseki feketekőszén-telepek szénülési viszonyai. (in Némedi-Varga Z. szerk: A mecseki feketekőszén kutatása és bányaföldtana, Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből VII. Miskolci Egyetem.) pp: 283-302
- OBF (Országos Bányaműszaki Főfelügyelőség) [1982]:** Általános bányászati biztonsági szabályzat. Szerk.: Kovács M. és Ernei L. Népszava Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 306 p.
- OMBKE (Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület) [1996]:** A magyar bányászat évezredes története II. kötet. Szerk.: Benke I., Reményi V. 752 p.
- Radó, A. (1958):** A vasasi üzemszerű gázlecsapolás. Bányászati és Kohászati Lapok, BÁNYÁSZAT, 91. évf. 8-9. sz.
- Radócz, Gy. (1983):** Magyarország kőszén-előfordulásai. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1983. évről. pp: 63-75
- Radnainé Gyöngyös Zs. (1991):** A mecseki szenek szerkezetének szerepe a gázkitörések kialakulásában. Kandidátusi értekezés. 125 p.
- Somos, L. (1991):** Coalbed Methane Fuel in Mecsek Mountains. Pre-Bid Documentation, Ministry of Industry and Trade. 42 p.
- Steinbauer, V. (1992):** Exploration the coal bed gas in pre-existing deep gas wells above the gas field Molve (Podravina, Croatia). Coalbed Methane Workshop. September 23-26, 2002., Budapest-Pécs, Hungary. Organizers: Béla Fodor and Gizella Gombár (Hungarian Geological Survey)
- Szirtes, L. (1971):** Szén- és gázkitörések leküzdése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 323 p.
- Teichmüller et al (1975):** Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart, 428 p.
- Vadász, E. (1952):** Kőszénföldtan. Akadémiai Kiadó, Budapest