Fókuszban a hazai felszín alatti természeti erőforrások - nyersanyagok, energia és technológiák nexusa, ISBN 978-963-358-277-0, oldal: 77-89.

A felső-miocén lignitek szénhidrogén potenciálja és üledékképződési környezete a Tiszapalkonya-I. számú fúrás szerves kőzettani vizsgálata alapján

Hámorné V. M.[1]*, Mádai F.[2]
[1*] Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtani és Meteorológiai Tanszék, vido.maria@pte.hu
[2] Miskolci Egyetem, Ásványtani - Földtani Intézet, ferenc.madai@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A Tiszapalkonya-I számú szerkezetkutató fúrás 3 üledékképződési ciklusában, 43 harántolt lignit padban vizsgáltuk a magas szervesanyag-tartalmú rétegeket a szénhidrogéngeneráló-képesség és képződési környezet szempontjából. A maceralelemzés alapján a kőszénképződés első ciklusában az átmeneti láperdő döntően lágyszárú vegetációjú környezete volt jellemző, amelyet fokozatosan, az egyre kiegyenlítettebb, 10 m vastagságot meghaladó, nedves mocsárerdő fás szárú növényekből álló telepképződése vett át a legfiatalabb ciklusra. A szervesanyagban-gazdag rétegek termikus érettsége alacsony, a vitrinitreflexió értéke 0,25%-tól 0,52%-ig változik, vagyis az összlet a biogén gázképződéssel jellemzett. Az attrinit-előfordulás gyakorisága a rétegsorban a C4 típusú vegetáció jelenlétét igazolja, amely a korai diagenezis során nagyobb mennyiségű biogén gáz képződését eredményezhette, amelyet korábbi szerzők a földgáztelepekben mért metán szén-stabilizotóp összetételével igazoltak, de az anyakőzet típusának pontos összetételét és változását e tanulmány vizsgálta először.

1. Bevezetés

A 2020 óta tartó koronavírusjárvány okozta globális leállást követően a 2021-ben újraindult ipari termelés válsághelyzetet eredményezett az energetikai piacon is, amely az ellátási láncok zavarát és megszakadását okozta, és elsősorban a kőszén, földgáz és kőolaj esetében a világpiaci árak drasztikus növekedéséthez vezetett [1].

Az Európai Bizottság a 2018-as Párizsi egyezmény célkitűzéseit figyelembe véve készítette el az „Európai zöld megállapodást", más néven „Green Dealt", 2020-ban. Az egyezmény célja, hogy az európai régió országaiban az üvegházhatású gázok kibocsátásának mértéke 2050-re semleges szintet érjen el, hogy függetlenné tegyék a gazdaság növekedését az erőforrás-felhasználástól és végül, hogy ennek az átalakulásnak se egyének, se térségek ne legyenek vesztesei. Mindazonáltal a „Green Deal" végrehatását 2021. végétől, átmeneti időre több európai állam is felfüggesztette a keresleti piac felfutása és a 2022. februárjában kezdődött ukrajnai háború kitörését követő szankciók bevezetése miatt, amely a tagországok orosz földgáztól és kőolajtól való függetlenedési programját felgyorsította. Bár Magyarország a szankciók e pontjainak végrehajtása alól átmeneti felmentést kapott, stratégiai fontosságú, hogy a hazai fosszilis energiahordozó földtani készletek jobb megismerését alapkutatással támogassuk.

A hazai szénhidrogénkutatás történetében ismert, hogy a Pannon-medence felső-pannon összletében található földgáztelepek anyakőzete a felszíni kibúvásban ismert Bükkaljai Lignit Formáció és medencebeli előfordulása az Újfalui Formáció [2]. A földgáztelepek eredete szerint megkülönböztetjük a bakteriális lebontás eredményeként a korai diagenezis fázisában képződött biogén gáz, és a medence belsejében a geotermikus hőfluxus hatására képződött termikus gázképződéseket.

Dolgozatunk célja, hogy alapkutatási eredményeinkkel segítsük a Nagyalföld szénhidrogén kutatását a felső-pannon lignittelepekkel jellemzett Bükkaljai Lignit Formáció és a medence belsejében harántolt Újfalui Formáció részletes szerves kőzettani leírásával és az üledékképződési környezet változásának bemutatásával.

2. Földtani viszonyok

A szénhidrogén-kutatás történetében jól ismert, hogy a Pannon-medence felső-pannon összletében található földgáztelepek potenciális anyakőzete az Újfalui Formáció és a fölötte települt Zagyvai Formáció lignittelepekkel és padokkal jellemzett sorozata [2,3,4,5,6,7,8]. A felső-pannóniai kőszéntelepes összlet feküképződménye nagy vastagságú, üledékes, a medenceperemi üledékösszlettől az alluviális folyóvízi környezetig változó kőzetekből épül fel. A legfiatalabb, felső lignittelepes összlet, az Újfalui Formáció Bükkaljai Tagozata, szürke, kékesszürke tarka agyag, homok és lignit közbetelepülésekkel jellemezhető, ahol a főtelepek vastagsága elérheti a 10-15 m-t is, amelyek a delta-síksági fácies víz fölött és alatt keletkezett rétegeinek váltakozásából állnak.

Az összlet rétegei a felszínhez közel, pl. Visontán nyugodt településűek, a főtelepben 10-11 m vastagságot érnek el, és általában 1-5°-kal dőlnek az Alföld felé. A rétegsor D-DK-i irányban 600 m-ig kivastagszik és változó vastagságú, sok telepes kifejlődésű sorozattá fejlődik, majd 15-40 padból álló sorozattá seprűződik szét [9]. A lignittelepes összlet rétegsora ÉNy-i irányban, a Mátra és a Bükk hegység előterében kiékelődik.

A rétegtani és ősföldrajzi viszonyokat a 90-es évektől részletesen vizsgálták [10,11,12], ahol a képződés idejét paleomágneses adatok kiértékelésével is alátámasztották [13,14,15,16]. Az Alföld felső-pannóniai rétegsorában a lignitréteges összletet a Tiszapalkonya–I fúrásban mintegy 1300 m vastagságban harántolták.

3. Mintavétel és módszertan

A Tiszapalkonya-I sz. fúrást az Alapfúrás Program keretében 1984-85 között mélyítették, teljes magfúrással. A fúrás 289,2 m-től 1591,4 m-ig – a 0,4 m-es számbavételi vastagságot és a kőzetminőséget figyelembe véve – 30 telepet harántolt. A széntelepek előfordulása három mélységközben jellemző, melyeket sziliciklasztos kőzetekből álló két sorozat választ el egymástól (1. táblázat). A fúrásból a termikus érettségi, vitrinitreflexió vizsgálatok 295-4,7 m-től 1595,7 m-ig összesen 25 mintán készültek, amelyek a diszperz szervesanyag-tartalmú kőzeteket és a széntelepeket foglalják magukba (2. táblázat, 4. ábra).

1. táblázat: A Tp-I. fúrásban harántolt Bükkaljai Lignit Formáció fontosabb teleptani jellemzői

	Mértékegység	Lignit				Közkő	
		Összes	III	II	I	Közkő III	II-II	Közkő I-
Települési mélység	m	289,2-1595,7	289,2-506,7	684,9-980	1160,9-1595,7	506,7-684,9	980-1160,9	
Összletvastagság	m	1306,5	196,4	283,2	434,8	177,8	180,9	
Lignit összvastagság	m	78,41	30,07	9,88	34,2	1,61	na	
Telepszám > 0,4 m)	db	52	18	12	21	1	na	
Réteg szám	db	90	25	23	34	8	na	
Részarány	%	4,8	15,3	3,5	7,9	0,9	na	
Réteg átlagvastagság	m	0,9	1,7	0,4	0,9	0,2	na	
MEO minták száma	db	189	80	31	70	8	na	
Átlagos fűtőérték	KJ/kg	10811	11968	8909	10777	7675	na	
Átlagos hamutartalom	%	43,79	35,22	49,09	50,01	50,29	na	
Átlagos kéntartalom	%	2,71	2,95	2,62	2,46	3,07	na	
Átlagos H_2 tartalom	%	2,57	2,92	2,25	2,36	2,20	na	
Tiszta hamumentes égéshő átlaga	Kj/kg	24685	23781	23637	26342	23111	na	

A szerves kőzettani vizsgálatok a magfúrás lignitrétegeiből és magasabb szervesanyag-tartalmú, szürke és sötétszürke színű kőzetliszt, kőzetlisztes-agyag és agyag mintái közül kerültek ki. A lignit- és barnaszénrétegek mintáit megtörtük, az 1-2 mm közötti szitán leválasztott frakciót műgyantába öntöttük, és polírozott csiszolatot készítettünk a teljes kőzetből. Az alacsonyabb szervesanyag-tartalmú pelites kőzetekből sósavas és fluorsavas kioldással a kőzetanyag döntő részét kioldottuk, majd nehézásvány-szeparálással – cink-bromiddal – a könnyű frakciót leválasztottuk, és műgyantába ágyazás után szerves koncentrátum felületi csiszolatot készítettünk. A polírozott minták maceráléelemzése Zeiss Axioplan kutatómikroszkópokon történt [17] Taylor és társai módszerével. A maceráléelemzéshez mintánként 3-6 db digitális fotó készült, és képenként normál és gerjesztett kék fényben, a 200 hálópontban meghatározott macerálösszetétel került dokumentálásra és kiértékelésre. A vitrinitreflexió-méréseket Leica DM-RX, MPM-200-as mikroszkópon készültek az ISO7404-5 és az ASTM D-7708-14 szabványok szerint. A magasabb szervesanyag-tartalmú mintákban legalább 20 autochton szemcsén történt mérés. A mérések értékelésénél az oxidált, mállott szervesanyag-tartalmú, főleg koncentrátum mintákat külön dokumentáltuk és a termikus érettségi trend meghatározásánál kihagytuk. Ezek a vitrinitreflexió-adatok csillaggal vannak az összefoglaló táblázatban megadva (2. táblázat). A macerál összetétel alapján számolt konzerválódási és gélesedési indexeket is felhasználva határoztuk meg a kőszénképződés mikrofáciesét, amely az adott réteget, vagy telepet jellemzi.

4. Eredmények

4.1. Szerves kőzettan

4.1.1 Maceralelemzés

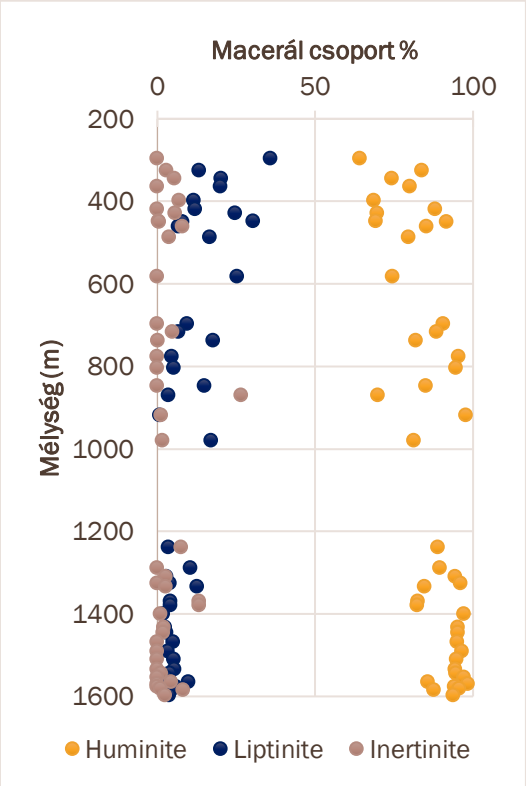
A szerves kőzettani macerálvizsgálatok 43 szénpad kőzettani összetételét reprezentálják 294,7 m-től 1597,5 m-ig. A legidősebb kőszénképződést (I. ciklus) 1597,5 m-től 1238 m-ig, a középső szakaszt (II. ciklus) 979,7 m-től 696,8 m-ig és a legfiatalabb kőszénképződési periódust (III. ciklus) 506,7 m-től 294,7 m-ig tartó üledéksor képviseli (2. táblázat).

Szerves kőzettani összetétele alapján a rétegsorban huminites típusú, alacsony szénültségű szenek és diszperz szervesanyag-tartalmú (DOM) kőzetek fordulnak elő. A teljes mintasorra térfogatszázalékos-an számított átlagos ásványianyag-tartalom 22%, amelyből 3% pirit. A szerves komponenseket döntően huminit alkotja 68,8%-kal, amelyet a liptinit 6,9%-kal és az inertinit 2,9%-kal követ. A teljes, ásványianyag-mentes, „hamumentes" sorozatra térfogat-százalékosan számított átlagos huminittartalom 87,1%, a liptinittartalom 9,1% és az inertinittartalom 3% (2. táblázat).

A tiszta szerves anyagra számított huminit mecerálcsoporton belül az ulminit, mint eu-ulminit 35,9%-kal, és a humodetrinit mint a leggyakoribb huminit macerál 38,0%-kal fordul elő. A törmelékes eredetű humodetrinit a telepfejlődést jelző konzerválódási (TPI) és gélesedési (GI) indexek számításánál (4.2.2 fejezet) nem lett elkülönítetve attrinitre és denzinitre, mert megjelenésében a két szubmacerál azonos képződéshez köthető a fúrásban. A denzinit és a porigelinit csak a középső és alsó, 650 m alatti szénképződési ciklusokban jellemző, ahol a kompakció és gélesedés már előrehaladott és ezek itt gelinitként lettek besorolva. Az attrinit csak hibahatáron belül, az előkészítés során képződött törmelékanyagként található az I-II. kőszénképződési ciklus mintáiban, amit a macerálösszetétel-mérésnél nem vettünk figyelembe. A felső, III. kőszénképződési ciklusban az attrinit előfordulása a döntő. Gyakoriságát tekintve a humodetrinit mennyisége fölfelé csökken a fúrásban. A legmagasabb törmelékes anyagtartalom az alsó, I. ciklusban található, ahol értéke 30% és 70% között változik, majd a középső ciklus közepén, a 802,0 m-es mélységben mért 62,7%-os helyi maximumot követően a felső ciklusban általában 20% és 40% közötti értékekre csökken.

A gélesedett faszövetből álló ulminit döntően eu-ulminit formájában van jelen, nyitvatermő típusú fák elgélesedett anyagaként, átlagosan 35,9%-kal. A jól konzerválódott texto-ulminit, amelynek átlaga 6% főleg a felső és a középső ciklusban jelentősebb, ahol 20% körüli értéket is elér. A gelinit és a korpogelinit a texto-ulminit dúsulásokkal azonos ciklusokban és mélységközök mentén, vagy azt megelőző szakaszokon mutat maximumokat. A gelinit gyakorisága a legmagasabb a fölső, III. ciklus alsó szakaszán 485,6 m-től 428,5 m-ig.

A liptinit tartalom is a szénképződési ciklusok szerint változik. Az alsó ciklusban a sporinit átlagosan 1%-ban mutatkozik, a rezinit és kutinit mindkét esetben 1,2%-ot ér el. Az alsó szakaszon szuberinit nem fordul elő, amely összetétel inkább a lágyszárúakból álló vegetációra utal. A középső és a legfiatalabb felső ciklusban a liptinit-tartalom folyamatosan növekszik, az átlagértékek is ezt támasztják alá. A sporinit 3,5%, a kutinit 4% és a szuberinit 2,5%-ot ér el a felső ciklusban. A II. és III. ciklusban a rezinit átlaga mind a két esetben 1,9%. A sporinit több mint 70%-át légzsákos, Dissacate pollen adja, megerősítve, hogy a képződés környezete főleg nyitvatermő típusú, magasabb rendű fafélékből állt.



1. ábra: A vizsgált kőszéntelepek és rétegek macerálcsoportjainak összetétel-változása a mélység függvényében

2.Táblázat: A vizsgált minták macerál összetétele, jellemző láptípusa és vitrinitreflexió értékei

	Teljes kőzetre számított macerál összetétel																							Hamu mentes állapotra számított macerál összetétel																				TPI - konzerválódási index	GI - Gélesedési index	Domináns fácies	Vitrinitreflexió Ro %
	Macerál csoport + minerit				Huminit csoport					Liptinit csoport							Inertinit csoport					Karbominerit		Macerálcsoport összetétel			Huminit csoport					Liptinit csoport							Inertinit csoport								
	100% Vol				Vol %					Vol %							Vol %					Vol %		100%			Vol %					Vol %							Vol %								
Mélység(m)	Huminit	Inertinit	Liptinit	karbominerit	Textinit	Ulminit	Korpogelinit	Gelinit	Humodetrinit	Sporinit	Rezinit	kutinit	Szuberinit	Alginit	Bituminit	Liptodetrinit	Fuzinit	Szemi-fuzinit	Makrinit	Funginit	Inertodetrinit	Karbominerit	Pirit	Huminit	Inertinit	Liptinit	Textinit	Ulminit	Korpogelinit	Gelinit	Humodetrinit	Sporinit	Rezinit	kutinit	Szuberinit	Alginit	Bituminit	Liptodetrinit	Fuzinit	Szemi-fuzinit	Makrinit	Funginit	Inertodetrinit				
294,7	16,7	0,0	9,3	74,0	0,0	6,7	1,7	0,0	8,3	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,0	5,0	64,1	0,0	35,9	0,0	25,6	6,4	0,0	32,1	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	MéLY	0,25
324	65,5	2,3	10,3	21,8	14,0	17,5	3,3	0,0	30,7	0,0	2,0	0,0	4,8	0,0	0,0	3,5	0,0	2,0	0,0	0,3	0,0	19,2	2,7	83,8	3,0	13,2	17,9	22,4	4,3	0,0	39,2	0,0	2,6	0,0	6,2	0,0	0,0	4,5	0,0	2,6	0,0	0,4	0,0	0,4	1,1	NME	0,24
344	59,4	4,4	16,2	20,0	8,0	25,4	1,2	0,0	24,8	1,8	1,0	8,0	2,6	0,4	0,0	2,4	0,0	0,0	2,0	2,4	0,0	19,0	1,0	74,3	5,5	20,3	10,0	31,8	1,5	0,0	31,0	2,3	1,3	10,0	3,3	0,5	0,0	3,0	0,0	0,0	2,5	3,0	0,0	0,2	1,6	KISZ	0,26
363,4	57,0	0,0	14,3	28,8	0,0	53,3	0,0	0,0	3,8	5,5	0,0	0,3	1,3	1,3	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	0,3	80,0	0,0	20,0	0,0	74,7	0,0	0,0	5,3	7,7	0,0	0,4	1,8	1,8	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	NME	0,28
397	68,6	7,0	11,6	12,8	4,2	31,2	11,6	0,0	21,6	2,6	0,4	3,0	1,6	0,0	0,0	4,0	0,0	3,0	4,0	0,0	0,0	4,4	8,4	68,6	7,0	11,6	4,8	35,8	13,3	0,0	24,8	3,0	0,5	3,4	1,8	0,0	0,0	4,6	0,0	3,4	4,6	0,0	0,0	0,3	2,4	NME	0,27
418,3	55,6	0,0	7,6	36,8	17,4	11,0	15,4	2,4	9,4	0,6	0,8	5,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6	2,2	88,0	0,0	12,0	27,5	17,4	24,4	3,8	14,9	0,9	1,3	7,9	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,4	NME	0,32
428,2	68,3	5,5	24,3	2,0	10,0	12,3	20,3	5,0	20,8	0,3	0,5	15,5	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	1,8	3,8	1,5	0,5	69,6	5,6	24,7	10,2	12,5	20,7	5,1	21,2	0,3	0,5	15,8	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	1,8	3,8	0,7	1,7	NME	0,27
446,5	49,6	0,2	21,8	28,4	0,0	16,0	12,0	2,0	19,6	1,6	7,0	0,4	9,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	27,4	1,0	69,3	0,3	30,4	0,0	22,3	16,8	2,8	27,4	2,2	9,8	0,6	12,6	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	2,5	NME	0,32
449,4	74,2	0,4	6,4	19,0	6,0	27,0	13,0	9,0	19,2	0,2	1,2	1,0	1,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	15,2	3,8	91,6	0,5	7,9	7,4	33,3	16,0	11,1	23,7	0,2	1,5	1,2	1,2	0,0	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	2,7	NME	0,27
459,5	78,3	7,3	6,2	8,2	0,0	36,0	6,0	1,5	34,8	0,3	1,8	1,8	0,2	0,0	0,0	2,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,7	6,0	2,2	85,3	8,0	6,7	0,0	39,2	6,5	1,6	37,9	0,4	2,0	2,0	0,2	0,0	0,0	2,2	7,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	1,9	KISZ	0,26
485,6	56,2	2,6	11,8	29,4	0,0	29,0	2,2	5,0	20,0	2,4	1,4	2,0	0,0	0,2	0,2	5,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,6	23,2	6,2	79,6	3,7	16,7	0,0	41,1	3,1	7,1	28,3	3,4	2,0	2,8	0,0	0,3	0,3	7,9	2,8	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	2,5	NME	0,28
580,8	33,3	0,0	11,3	55,3	10,0	15,0	2,0	0,0	6,3	1,3	0,3	0,0	0,0	8,7	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	1,7	74,6	0,0	25,4	22,4	33,6	4,5	0,0	14,2	3,0	0,7	0,0	0,0	19,4	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,4	MéLY	0,31
696,8	65,2	0,0	6,8	28,0	0,0	31,8	8,6	0,0	24,8	1,3	0,3	0,0	1,4	2,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	5,0	90,6	0,0	9,4	0,0	44,2	11,9	0,0	34,4	1,8	0,4	0,0	1,9	2,8	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,6	NME	0,29
715,3	82,5	4,5	6,3	6,8	8,8	26,3	5,5	0,0	42,0	0,5	2,8	1,5	0,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,3	4,3	6,5	0,3	88,5	4,8	6,7	9,4	28,2	5,9	0,0	45,0	0,5	2,9	1,6	0,3	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,3	4,6	0,2	1,3	ÁTM	0,27
736,2	63,0	0,2	13,6	23,2	15,0	20,0	3,6	0,0	24,4	4,4	4,6	0,0	0,2	0,6	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	19,8	3,4	82,0	0,3	17,7	19,5	26,0	4,7	0,0	31,8	5,7	6,0	0,0	0,3	0,8	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	1,2	NME	0,35
775,8	82,3	0,0	4,0	13,8	22,5	25,8	1,5	21,3	11,3	0,3	1,3	0,5	0,0	0,3	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	4,0	95,4	0,0	4,6	26,1	29,9	1,7	24,6	13,0	0,3	1,4	0,6	0,0	0,3	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,8	NME	0,34
802,7	53,3	0,0	3,0	43,8	0,0	15,0	3,0	0,0	35,3	1,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	4,0	94,7	0,0	5,3	0,0	26,7	5,3	0,0	62,7	2,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	MéLY	0,34
847	66,0	0,0	11,6	22,4	9,6	43,4	2,4	0,0	10,6	0,0	4,0	0,2	6,0	0,8	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	0,8	85,1	0,0	14,9	12,4	55,9	3,1	0,0	13,7	0,0	5,2	0,3	7,7	1,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	NME	0,25
869,6	68,2	26,0	3,4	2,4	8,0	23,6	14,4	0,0	22,2	1,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,2	0,8	0,0	24,4	0,0	0,0	1,6	1,6	0,8	69,9	26,6	3,5	8,2	24,2	14,8	0,0	22,7	1,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,2	0,8	0,0	25,0	0,0	0,0	1,6	1,0	1,1	KISZ	0,26
917	73,8	1,0	0,6	24,6	0,0	54,8	1,6	0,0	17,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	24,0	0,6	97,9	1,3	0,8	0,0	72,7	2,1	0,0	23,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	4,2	NME	0,33
979,7	47,8	1,0	10,0	41,2	6,0	18,2	0,6	0,0	23,0	2,6	0,2	0,0	0,2	3,6	0,0	3,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	39,6	1,6	81,3	1,7	17,0	10,2	31,0	1,0	0,0	39,1	4,4	0,3	0,0	0,3	6,1	0,0	5,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	1,4	MéLY	0,33
1238	87,0	7,4	3,4	2,2	4,0	27,0	9,8	2,4	43,8	0,2	0,0	1,4	0,2	0,8	0,0	0,8	0,0	0,4	7,0	0,0	0,0	2,0	0,2	89,0	7,6	3,5	4,1	27,6	10,0	2,5	44,8	0,2	0,0	1,4	0,2	0,8	0,0	0,8	0,0	0,4	7,2	0,0	0,0	0,2	1,9	KISZ	0,30
1287	84,2	0,0	9,8	6,0	16,0	28,8	5,2	0,8	33,4	0,8	6,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	1,4	89,6	0,0	10,4	17,0	30,6	5,5	0,9	35,5	0,9	7,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	NME	nincs
1308	89,8	2,6	2,8	4,8	6,0	44,4	2,8	1,2	35,4	0,8	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	0,2	2,2	4,2	0,6	94,3	2,7	2,9	6,3	46,6	2,9	1,3	37,2	0,8	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,2	0,2	2,3	0,1	1,9	NME	nincs
1325	78,4	0,0	3,2	18,4	8,0	21,0	4,0	5,4	40,0	1,2	0,6	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	14,8	96,1	0,0	3,9	9,8	25,7	4,9	6,6	49,0	1,5	0,7	0,0	0,0	0,2	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,5	ÁTM	nincs
1333,2	72,8	2,4	10,8	14,0	6,0	24,2	2,2	4,6	35,8	0,8	0,4	2,8	0,0	0,0	0,6	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,8	0,2	84,7	2,8	12,6	7,0	28,1	2,6	5,3	41,6	0,9	0,5	3,3	0,0	0,0	0,7	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,1	1,5	ÁTM	0,46
1369	74,5	12,0	3,8	9,8	7,5	34,8	0,8	0,0	31,5	0,8	1,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	8,0	1,8	82,5	13,3	4,2	8,3	38,5	0,8	0,0	34,9	0,8	1,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,1	1,3	KISZ	nincs
1377,5	75,2	12,2	3,8	8,8	6,3	35,0	2,2	0,0	31,7	0,3	3,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	4,3	4,5	7,2	1,7	82,4	13,3	4,2	6,9	38,4	2,4	0,0	34,7	0,4	3,3	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	4,8	4,9	0,2	1,5	KISZ	nincs
1399,2	74,8	0,8	1,4	23,0	0,0	27,8	4,0	0,0	43,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	21,8	1,2	97,1	1,0	1,8	0,0	36,1	5,2	0,0	55,8	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	1,7	ÁTM	nincs
1431,9	73,7	1,7	2,0	22,7	6,0	30,3	1,7	0,0	35,7	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	21,3	1,3	95,3	2,2	2,6	7,8	39,2	2,2	0,0	46,1	0,0	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,4	1,7	0,1	1,6	NME	nincs
1445,1	66,5	1,3	2,0	30,3	0,0	25,8	5,0	0,0	35,8	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	28,0	2,3	95,3	1,8	2,9	0,0	36,9	7,2	0,0	51,3	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,1	1,9	ÁTM	nincs
1466,7	75,5	0,0	4,0	20,5	0,0	28,0	4,3	0,0	43,3	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	6,3	95,0	0,0	5,0	0,0	35,2	5,3	0,0	54,4	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	ÁTM	0,43
1489,7	84,5	0,0	3,0	12,5	1,3	59,0	0,5	0,0	23,8	0,5	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	2,5	96,6	0,0	3,4	1,4	67,4	0,6	0,0	27,1	0,6	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	NME	nincs
1508,7	72,0	0,0	4,0	24,0	2,4	31,6	3,0	0,0	35,0	1,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	9,0	94,7	0,0	5,3	3,2	41,6	3,9	0,0	46,1	1,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	ÁTM	nincs
1534	77,0	0,0	4,5	18,5	4,5	34,5	0,0	0,0	38,0	0,3	1,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	1,8	94,5	0,0	5,5	5,5	42,3	0,0	0,0	46,6	0,3	1,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	ÁTM	nincs
1543	89,4	1,2	3,8	5,6	7,0	36,4	3,4	0,0	42,6	0,8	1,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	5,6	0,0	94,7	1,3	4,0	7,4	38,6	3,6	0,0	45,1	0,8	1,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	0,1	1,6	ÁTM	nincs
1552,5	79,5	0,0	2,3	18,3	0,0	42,3	0,0	0,0	37,3	0,3	0,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	2,3	97,2	0,0	2,8	0,0	51,7	0,0	0,0	45,6	0,3	0,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	NME	nincs
1564,8	54,0	2,8	6,3	37,0	0,0	20,8	0,0	2,0	31,3	4,0	1,0	0,5	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	34,3	2,8	85,7	4,4	9,9	0,0	32,9	0,0	3,2	49,6	6,3	1,6	0,8	0,0	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	1,8	MéLY	nincs
1569,3	20,3	0,0	0,3	79,3	0,0	7,7	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,3	10,0	98,4	0,0	1,6	0,0	37,1	0,0	0,0	61,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	MéLY	nincs
1575,6	84,6	0,0	5,2	10,2	0,0	34,0	1,6	0,0	49,0	0,6	1,0	2,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	2,6	94,2	0,0	5,8	0,0	37,9	1,8	0,0	54,6	0,7	1,1	2,9	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	ÁTM	nincs
1580	94,5	1,0	3,3	1,3	2,8	21,3	2,3	0,0	68,3	0,5	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,3	0,0	95,7	1,0	3,3	2,8	21,5	2,3	0,0	69,1	0,5	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	1,3	ÁTM	nincs
1582,8	80,0	7,4	4,2	8,8	0,0	21,8	1,2	0,0	57,0	2,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	2,0	1,4	0,0	3,4	4,0	4,4	87,7	8,1	4,6	0,0	23,8	1,3	0,0	62,2	2,2	0,4	0,7	0,0	0,0	0,0	1,3	0,7	2,2	1,5	0,0	3,7	0,0	1,3	KISZ	nincs
1595,7	85,4	2,2	3,4	9,0	0,0	32,4	0,6	2,6	49,8	1,0	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	4,0	5,0	93,8	2,4	3,7	0,0	35,6	0,7	2,9	54,7	1,1	0,2	0,4	0,4	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	1,6	ÁTM	0,52

A vizsgált mintákban az alginit általában alárendelten található, főleg lamalginitként, és kisebb részben 5-10 µm nagyságú telalginit, botryococcus formájában. A lamalginit dúsulása a lignittelepes sorozatokban, a 485,3 m-ben és a 696,8 m-ben található, amely minták a köztes, szilciklasztos sorozat fedő és fekü mintáink tekinthetünk a II. és a legfölső I ciklus között. Az alginit maximumát a szenes agyag megjelenésű réteg mutatja 580,5 m-ben; ahol a teljes szerves anyagra számított érték 19,1 %. További emelt alginit tartalmat találtunk 6,1%-kal 979,7 m-ben, ahol a II ciklus kezdődik mélyvízi, mélylápi környezetben. Ezekben az utóbbi mintákban az összes szerves komponens térfogat-százalékos aránya is a legalacsonyabb, rendre 44,7%-kal és 58,8%-kal.

A liptodetrinit gyakorisága a ciklusok felső harmadában nő meg mind a három esetben, de a legintenzívebb folyamatos növekedés a legfiatalabb, felső kőszénképződési szakaszban mérhető, ahol ez átlagosan 5,7%-nak adódott, és 294,7 m-ben 15,7%-os maximumot is elért.

A bituminit mind a három szakaszban előfordul, de csak nagyon kis mennyiségben: a maximumot a III. ciklus felső szakaszán 449,6 m-ben éri el 2,5%-kal. Megjelenése itt egybe esik a gelinit 11,1%-os maximumával, amely intenzívebb bakteriális tevékenységre utalhat.

Az inetrinitek közül a lápi tüzekhez köthető fuzinit csak a felső, III-as ciklusban jellemző, de mennyisége itt sem haladja meg a 8%-ot. Szemi-fuzinithez sorolt, de megjelenésében inkább pszeudo-vitrinitnek tekinthető elegyrész, amely 5-20 µm-es kiszáradási repedéseket mutat. Jelenléte a II-es ciklus alsó szakaszán a 869,6 m-es mintában a legmagasabb, és jellemző kőzettípus 25,0%-os gyakorisággal, melynek reflexiója magasabb, mint az érintetlen vitrinit.

Alacsony hőmérsékleten történő és lassú oxidációhoz köthető a szemi-fuzinit és a makrinit megjelenése. A szemi-fuzinit az I. ciklus kezdeti mintáiban és a III. ciklus záró szakaszában is megjelenik kisebb gyakorisággal; utóbbiban a 344,0 m és 397,0 m mintákban 2,6% és 4,5%-ot ér el. A makrinit az I. ciklus legfelső mintájában, 1238 m mélységben éri el a maximumot 7%-os értékkel. A klasszikus szivacsos szerkezet helyett az 50x100 µm nagyságú oxidált vitrinitszemcsék mállottságát a foltos, oxidációs szegély és az alacsonyabb reflexiójú elegyrészek képviselik a döntően humodetrinit törmelékkel kevert kőzetben.

Az inertodetrinit gyakorisága fölfelé folyamatosan csökken, a felső, III. ciklusban az átlag már csak 0,5%-ot mutat. Megjelenése a leggyakoribb az I. ciklusban, ahol az átlagértéke 1,5%, és a maximum értéke 13,3 % 1369,0 m-ben. Az alacsonyabb vízszinthez és humid, klímához köthető funginit előfordulása nagyjából egybeesik az inertodetrinit megjelenésével. A funginit részaránya a vizsgált mintákban alárendelt, a teljes sorozat átlaga 0,4%, de klíma, képződési környezeti változását jelző jelentéssel bír, maximuma 4,8% 1377,5 m-ben.

A vizsgált mintákban a nem szerves eredetű anyag döntően agyagásványokból áll. Földpát és kvarc szemcsék megjelenése nem jellemző. A pirit elsősorban framboidális piritként a teljes szelvényben megtalálható, a framboidok átlagos mérete 10 µm. Egykristály, euherdrális pirit az 1325,0 m-ből származó mintában látható, ahol a kristályméret 5-10 µm-es. Az előbbiek mellett a pirit bekérgezés formájában is előfordul, a II. ciklus mintáiban, pl. a 696,8 m-es, a 736,2 m-es és a 775,8 m-es szakaszon és az I. ciklusban az 1325,0 mintában. A piritbekérgezések mérete akár néhány száz mikron is lehet, amely a kiszáradási repedéseket tölti ki.

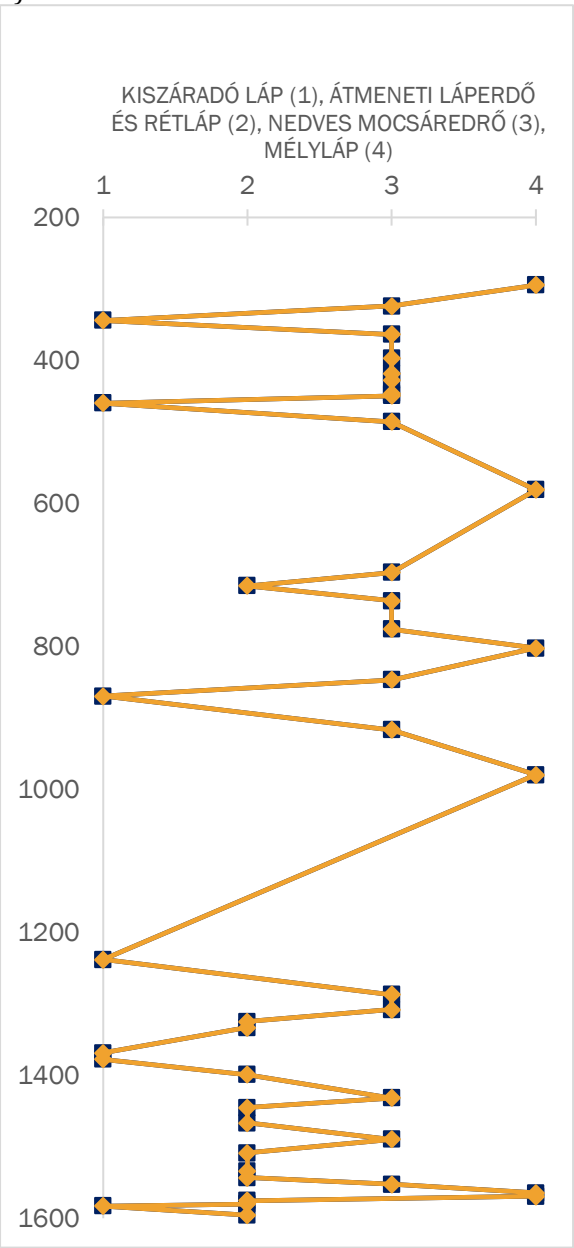
4.1.2. A lápövekbe sorolás, a maceráladatok értékelése

Az egyes macerálok trendjét és a statisztikai adatok alapján a fúrási szelvény mikrofácies-változásait mélység szerint a 2. ábra mutatja. A legjellegzetesebb fácieseket négy csoportba soroltuk. A típusokat az adott környezetre és vegetációra jellemző és azokban domináns és megőrződő macerálok részaránya szerint határoztuk meg. A négy fácies típust a kiszáradó láperdő (1), az átmeneti láperdő és rétláp (2), a nedves mocsárerdő (3) és nyíltvízi környezet, mélyláp (4) adta.

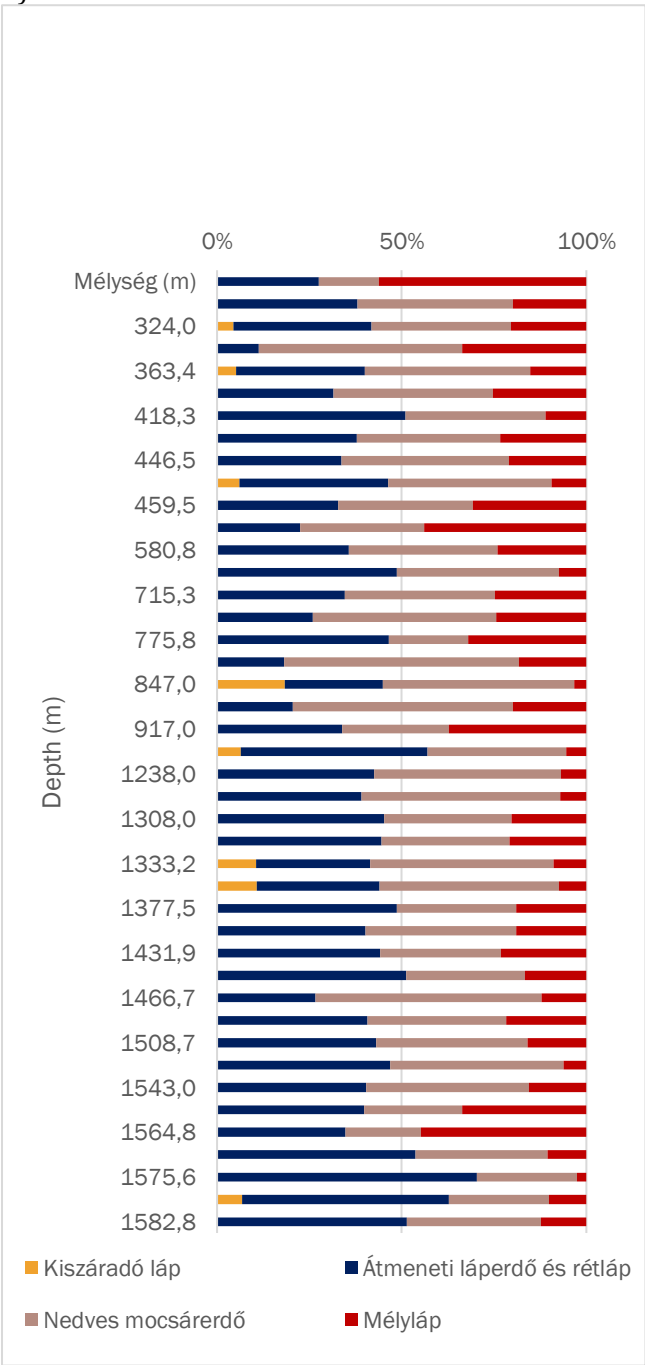
A kiszáradó lápi környezet esetében az oxidálódott maceráltípusokat csak az inertinit csoport 5% fölötti részaránya esetén vettük figyelembe. Erre azért volt szükség, mert a rétegsorban az inertinit aránya egyébként is nagyon alacsony, átlagosan 3%. Az átmeneti láp és rétláp kategóriába (2) eső környezetnél a bokros, cserjés, valamint a fellápi vegetációhoz kapcsolható, általában lágyszárú növények maradványait megőrző, főleg humodetrinit formájában megjelenő macerál képviseli. Ebben a fáciesben a liptinitek között gyakori a kutinit és liptodetrinit megjelenése. Az átmeneti fáciesben az időszakos talajvízeséshez köthető

oxidációs termékek, mint pl. az inertodetrinit, makrinit és funginit jellemző. A nedves mocsárerdőt (3) a jól konzervált magasabb rendű fás szövetek, mint pl. a texto-ulminit és eu-ulminit, valamint korpogelinit és gelinit, a liptinitek közül a rezinit, kutinit, az intertinitek közül a fuzinit és szemi-fuzinit képviselik. A nyíltvízi környezethez (4) a törmelékes eredetű macerálok, mint humodetrinit, liptodetrinit, valamint alginit, sporinit dúsulást mutató minták kerültek besorolásra.

a)



b)



2. ábra: Fáciesváltozások a mélység függvényében. Kőszénképző fáciesek a kiszáradó láptól az átmeneti komplex övön (láperdő és réti láp), a nedves mocsárerdőn és a nyíltvíz környezetekig a három kőszénképződési cikluson keresztül. a) A domináns láptípus mélységszerinti változása. b) A láptípusban jellemző macerálok százalékos aránya a mélység szerint.

A telepek fejlődése a fúrásban folyamatos változást mutat a szárazföldi környezetektől a nyílt víz irányába (2. ábra). A kőszénképződés első ciklusában döntően átmeneti övi és rétlápi és nedves láperdei fáciesekkel jellemezhető a szerves anyag felhalmozódási környezete. A ciklus kezdeti és záró szakasza a kis fokú oxidációt jelző macerálok jelenléte miatt inkább kiszáradó lápi környezetnek mondható. A nyíltvízi környezetet az 1564,8 m-ben és az 1569,3 m-ben mért 37,0%-os és 79,3%-os karbominerit, ásványi anyag tartalom indokolja (2. Táblázat). A ciklus kezdetén az átmeneti öv, rétláp uralkodott, amit a humodetrinit gyakorisága is alátámaszt, majd a ciklus közepétől a jól megőrzött szöveti típus, a texto-ulminit és a rezinit kerül előtérbe és a környezet fokozaton egyre nagyobb százalékban tartalmaz magasabb rendű növényianyag-maradványt, így a nedves láperdő válik uralkodóvá (2. ábra).

A középső ciklusban a kőszénképződés a nyíltvízi környezettel indul, ahol a vízi környezetet a tasmanites típusú, 10–20 µm-es vastag falú solitary alga, átlagosan 15 µm-es botryococcus telepekből épült 20–30 µm vastag és 100–200 µm-es lencsék halmazát adó telepes alga (847,0 m és 580,8 m) és 2–5 µm-es mikroplankton-maradványok adják (736,2 m). Ez utóbbiak méretük miatt és a nevezéktant követve a liptodetrinit csoportba sorolhatók. A II. ciklusra nedves mocsárerdő fácies válik uralkodóvá 847,0 m-ig. A 802,0 m-es mintában újra a komplex láp övet és rétlápot jellemző humodetrinit kerül előtérbe átmenetileg. A ciklus felső szakaszában a magasabb rendű növényi maradványok texto-ulminit és eu-ulminit kerülnek többségbe, a nedves láperdő viszonyait bizonyítva.

A 485,3 m-től induló III. ciklus kőszénképződése – két kisebb talajvízesést és ezzel a kiszáradó lápra jellemző környezeteket kivéve – folyamatosan nedves mocsárerdei környezetet jelez 344,0 m-ben és 459,6 m-ben, míg a legjobban konzervált huminit szöveti elemeket tartalmazó réteg a legmagasabb háncsszöveti maradványokkal jellemzett szuberinit koncentrációval, a leginkább erdővel borított nedves mocsárerdőt jelzi és 418,3 m-től 363,4 m-ig tartó mélységben található. Az ennél sekélyebb helyzetű mintákban a humodetrinit mennyisége ismét jelentősen növekszik. További fáciesjelző macerálok, mint a szuberinit, gyökér maradványként az újra induló kőszénképződések egyik fontos jelzője, amely a szemi-fuzinit, makrinit, funginit tartalommal együtt a nedves láperdei környezet kisebb visszaszorulására és az átmeneti komplex öv előretörésére utal. Ezt erősíti a kutinit tartalom megemelkedése a 10,0%-os (344 m) és 15,8%-os (428,2 m) gyakoriságával, amely feltehetően a lágyszárú vegetáció jelentősebb előfordulására ad bizonyítékot. A rétegsort 294,7 m-ben nyílt vízi környezet zárja, ahol jelentősebb mennyiségű sporinit (20,5%) és liptodetrinit (15,4%) a szárazföld közelségét jelzi.

4.2 A konzerválódási és gélesedési index TPI/GI adatok értékelése

A mélység szerinti macerálösszetétel szerinti fáciesváltozás mellett a korábbi munkákban is használt konzerválódási és a gélesedési indexet használtam [18,19]. A z indexek egyenletei az alábbiak:

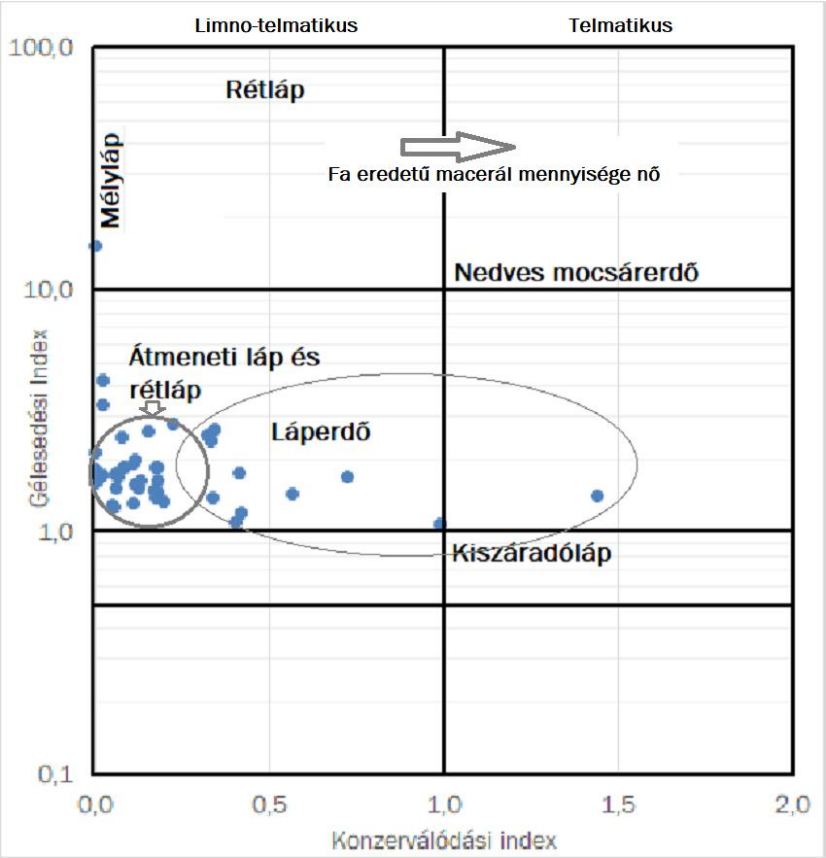
$$TPI = \frac{texto\text{-}ulminit + eu\text{-}ulminit + korpogelinit + fuzinit}{humodetrinit + makrinit} \quad (1)$$

$$GI = \frac{eu\text{-}ulminit + korpogelinit + gelinit + humodetrinit + makrinit}{texto\text{-}ulminit + fuzinit + inertodetrinit} \quad (2)$$

ahol, a konzerválódási index, a *TPI* mértéke a jól megőrzött szövetet, valamint a fizikai aprózódást és az alacsony hőmérsékletű oxidálódást és mállást szenvedett cellulóz és lignin eredetű növényi részek arányát mutatja. Ha a *TPI* egynél nagyobb számot ad, az a fás növényekkel borított mocsárerdőt igazolja, ahol a jól konzervált szövetek enyhén savas közeget <5 pH) és reduktív környezetet jeleznek. A gélesedési index, *GI* a vízzel borítottság és ezzel egyidejűleg a biokémiai degradáció mértékét fejezi ki az adott mintára és a mikrofáciesre úgy, hogy a gélesedett elegyrészek arányát mutatja a még át nem alakult macerálok, mint pl. az épen maradt sejtfalak mennyiségéhez képest.

A huminit macerálok arányai alapján készült a Diessel-féle [20] képződési környezeti diagram (3. ábra). A vizsgált minták limno-telmatikus környezetre utalnak, bár néhány pont közel áll a kiszáradó lápot jellemező

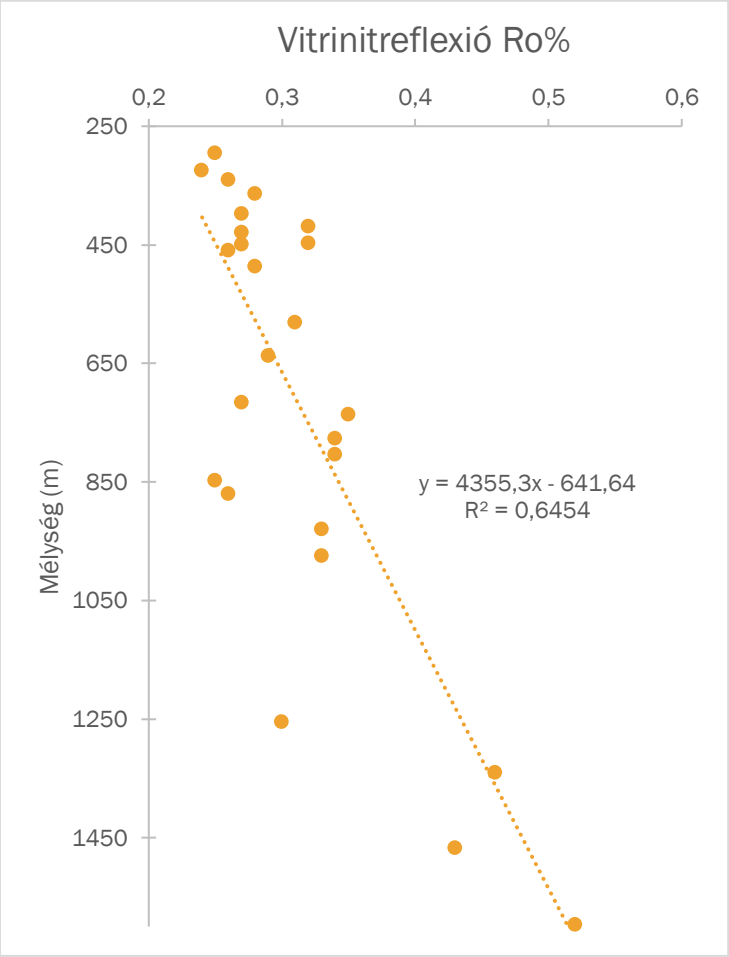
GI = 1 körüli vagy az alatti sávhoz. A *TPI* konzerválódási index 0-től 2-ig, a *GI* gélesedési index 1-től 15,2-ig változik. ahol néhány minta a nyíltvízi és a nedves láperdő fáciesre jellemző. A Diessel féle diagram szerint a mérések legtöbbször a rétláp, átmeneti láp komplex típusba sorolhatók a macerál-öszetétel alapján is. Itt kell megjegyeznünk, hogy a diagram eredetileg a Gondwana szenek érdemezéséhez készült, viszont az É-i félteke szenei általában alacsonyabb inertinittartalmú kőszenek, így a fúrásban mért, inertinit csoportba tartozó macerálok kisebb gyakorisága már 5% felett jelentősnek tekinthető.



3. ábra: A vizsgált minták jellemző fáciese a TPI – konzerválódási index és a GI- Gélesedési index alapján, módostva [20] után

4.3 A Bükkaljai Lignit Formáció termikus érettsége a Tiszapalkonya I. Fúrás adatai alapján

A termikus érettség vizsgálatához vitrinitreflexió méréseket végeztünk 51 mintán (4. ábra). A vitrinitreflexió trendje nem egyirányú, mert a 700 m-től 1300 m-ig tartó szakaszon sokszor az átlagosnál alacsonyabb reflexiójú sorozatok következnek. A mérések során készült megjegyzésekből kitűnik, hogy ezen a szakaszon, de az 1500 m alatti mélységekben is a reflexió adatai azért lehetnek alacsonyabbak, mert a mintákban a szerves anyag oxidált, amely a reflexió képesség csökkenéséhez vezet. Ilyen jellegű bejegyzések készültek a középső, II. ciklusban a 637 m, 715,3 m, 763,0 m 775,8 m, 847,0, és 869,6 m mélységből származó mintákról. Az 1000 m alatti szakaszon szintén oxidált, mállott szerves anyag található 1014,4 m, 1117,6 m valamint 1593,5 m és 1611,2 m mintákban. A reflexióképességet befolyásoló tényező a képződési környezettel is összevethető. Az alsó, I. ciklus idején főleg az átmeneti komplex öv és rétláp fáciesei voltak gyakoriak, a felhalmozódott szerves anyag döntően humodetrinitből állt, kiindulási vegetációjában pedig valószínűleg nagyobb mennyiségű volt a lágyszárú növények aránya közepes vagy alacsony talajvízállás mellett. Hasonlóan a középső, II. ciklus idején még mindig nagyarányú törmelékes szerves anyag halmozódott fel változó talajvízszintek mellett. Az időszakos kiszáradások segítették a gombák általi lebontást és a korhadás eredményeként szemi-fuzinit és makrinit is keletkezett. Az első ciklusban, főleg annak alsó szakaszán erre macerál összetételi bizonyítékaink is vannak.



4. ábra: A vitrinitreflexió változása a mélységgel és a vitrinitreflexió változás lineáris trendje

A kőszén-minőségi és geokémiai adatok alapján a lignit folyamatos kompakciója és a tiszta hamumentes állapotra számított égéshője is egyenletes emelkedést mutat, párhuzamosan a vitrinitreflexió-értékekkel (2. Táblázat), amely bizonyítékul szolgál a lignit korai diagenetikus és termikus átalakulására.

5. Következtetések és összefoglalás

A Tiszapalkonya-I számú fúrás mintegy 1300 m vastag rétegsorában 43 réteg macerálösszetételét és a termikus érettségét vizsgáltuk vitrinitreflexió-méréssel. Megállapítottuk, hogy a lignitrétegek előfordulása a rétegsorban három szakaszra, szénképződési ciklusra osztható. Az 1200-1600 m közötti szakaszon a döntően alluviális szedimentációval kísért alsó ciklusban az átmeneti láp képződését kísérő, magas törmelékes szerves anyaggal jellemzett, feltehetően lágyszárú növény dominanciájú vegetáció uralkodik. Ezt a szakirodalom a C4, száraz klímájú, vagy magasabb átlagos hőmérsékleti körülményeket jellemző növénytársulásnak tartja [21]. Az átmeneti láp jelenléte a 600-900 m közötti szakaszon előforduló lignitrétegek tőzegképző környezete alapján már inkább láperdei fácieshez köthető, ahol a nedves mocsárerdőben a C3 típusú fotoszintézissel jellemzett növénytársulás vált uralkodóvá. A középső ciklusban azonban a szerves anyag felhalmozódás és a medence süllyedési sebessége még nem került egyensúlyba, amely hét padban képződött, átlagosan 0,2 m vékony lignit réteg képződését eredményezte. Az alsó delta síkágon képződött legfiatalabb kőszénképző ciklus, amely a fúrás 300-500 m közötti szakaszán jellemző, szintén C3, nedves mocsárerdős vegetáció dominanciával jellemezhető láperdei kifejlődés mutatható ki, amelyik már kiegyenlített viszonyokat jelez, ami tőzegképződést eredményezett. Az átlagos telepvastagság 1,33 m és a rétegsorban az 1 m-nél vastagabb telepeket felülről számítva az ötödik telep – amelynek a

vastagsága 9,15 m vastag a fúrásban – a visontai külfejtésben és a bükkábrányi felszíni bányában 0-s főtelepként ismert [9,18], vagyis laterális kiterjedése 30–90 km távolságban is követhető. Ez a kőszénképző ciklus kiegyenlített képződési körülményeket mutat, ahol a bioproduktivitás és a betemetődés egymással egyensúlyi helyzetbe került, és a szerves anyag felhalmozódását természetes gátak védték a törmelékes üledék beszállításától.

Termikus érettsége alapján a harántolt sorozat szárazföldi eredetű szerves anyaga a korai diagenezis állapotában van, amelyben a bakteriális gázképződés jellemző. A vitrinitreflexió adatok a középső szénképződési ciklusig a lignitre jellemző, 0,3% alatti értéket érik el. A legalsó szakaszon, 1200 m alatti mélységben a termikus érettség hirtelen megnő és 0,43%-tól 0,5%-ig változik, amely lepusztulást és diszkordanciát jelezhet.

Koncz István már a 80-as évek végén rámutatott, hogy a hazai szénhidrogén telepekben található földgáz metántartalmának legalább 10%-a biogén eredetű [4,5]. Kutatásunk bizonyította, hogy a kezdeti alluviális fáciesekben képződött lignitek a C4 típusú fotoszintézist végző vegetációval jellemezhetők, amelyben a cellulóz tartalom relatíve nagyobb a magasabb rendű fás szárú növényi anyagokat tartalmazókhoz képest. A biogén lebontásnak kedvez, ha kiindulási szerves anyag magas szénhidrát tartalmú [22]: Ezek alapján feltételezhetjük, hogy a legalsó kőszénképző ciklusban nagyobb mennyiségű biogén gáz képződhetett.

6. Köszönetnyilvánítás

A tématerületi kutatás a Miskolci Egyetem „Társadalmi hasznosság növelő fejlesztések a hazai felszín alatti természeti erőforrások hatékonyabb kiaknázása és hasznosítása területén” című, az Innovációs és Technológia Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott támogatói okirat (Támogatói Okirat ikt. száma: TKP-17-1/PALY-2020) alapján zajló projektje részeként valósult meg.

7. Irodalom

[1] IEA 2021. Global Energy Review 2021. Abstract Assessing the effects of economic recoveries on global energy demand and CO2 emissions in 2021, International Energy Ageny Report. p. 36.

[2] Gyalog L. ed. 1996. A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. – A MÁFI Alkalmi Kiadványa, 187., Budapest, 172, p.

[3] Kertai Gy. 1967. Magyarországi földgázkincs és CO_2 tartalmának keletkezése. Akadémiai székfoglaló, MTA X. Osztályának közleményei I., 199-218.

[4] Koncz, I., Etler, O. 1994: Origin of oil and gas occurences in the Pliocene sediments of the Pannonian Basin, Hungary, Org. Geochem, 21/10-11, 1069-1080.

[5] Koncz I. 1989. A Jászsági neogén medence szervesgeokémiai adatainak összefoglalása és értelemezése, kézirat, MOL Rt, 1989

[6] Koncz I. 2019. A vertikális migráció szerepe a hazai szénhidrogén-felhalmozódások feltöltődésében. Földtani Közlöny, 149/2, pp. 163-174.

[7] Koncz I. 2021. A szénhidrogének primer migrációja. Földtani Közlöny, 151/1, pp. 51-64.

[8] Fedor F. 2003. A Közép-alföldi kevert gázöv gázainak eredete. PhD. doktori értekezés, Kézirat, Miskolci Egyetem, p. 255.

[9] Hámorné Vidó M., Mezei, Á. 2004: Field trip to the Visonta open-pit mine of Mátra Power Station Company and Eger. Filed trip guide to the 56th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology, ICCP 12-18th September, Budapest. 9 pp.

[10] Juhász Gy. 1992. A pannóniai (s.l.) formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. — Földtani Közlöny 122/2 (4), 133-165.

[11] Magyar I. 2009. A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő-miocénben őslénytani és szeizmikus rétegtani adatok alapján. MTA doktori értekezés, pp. 132.

[12] Magyar, I., Fogaras I. A., Vakarcs, G., Bukó, L. & Tari, G. 2006. The largest hydrocarbon field discovered to date in Hungary: Algyő. (In Golonka, J. & Picha, F. J. eds): The Carpathians and their foreland: geology and hydrocarbon resources. AAPG Memoir, 84, pp. 619–632.

[13] Pogácsás Gy. - Jámbor Á. - Mattick, R. L. - Elston, D. P. - Hámor T. - Lakatos L. - Lantos M. - Simon E. - Vakarcs G. - Várkonyi L. - Várnai P. 1989. A nagyalföldi neogén képződmények kronosztratigráfiai viszonyai szeizmikus és paleomágneses adatok összevetése alapján - Magyar Geofizika, Vol. 30., No. 2-3., pp. 41-62.

[14] Elston, D. P. - Lantos M. - Hámor T. 1990: Az Alföld pannóniai (s.l.) képződményeinek magnetosztratigráfiája – MÁFI Évi Jel. 1988. évről, I., pp. 109-134.

[15] Hámor T. 1996. S, O, C isotopic signatures of the Late Miocene Pannonian Lake. Acta Geologica Hungarica 39, Suppl. p. 68.

[16] Hámor T. 1988: Üledékes piritek genetikája és fáciesanalízis a Tiszapalkonya-I. sz. fúrás felsőpannóniai képződményeinek vizsgálata alapján - MÁFI. Évi Jel. 1986. évről, Budapest, 165-174.

[17] Taylor, H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic Petrology. Borntraeger Publisher, Berlin-Stuttgart. 704 p.

[18] Hámor-Vidó, M., Hámor, T. 2006. Sulphur and carbon isotopic composition of power supply coals in the Pannonian Basin, International Journal of Coal Geology.71/4, 425-447. https://doi.org/10.1016/j.coal.2006.11.002

[19] Bechtel A., Hámor-Vidó M., Sachsenhofer R.F., Reisenbacher D., Gratzer R., Püttmann W. 2007: The middle Eocene Márkushegy sub-bituminous coal (Hungary): Paleoenvironmental implications from petrographical and geochemical studies. International Journal of Coal Geology.72/1, 33-52.

[20] Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. Advances in the Study of the Sydney Basin, 20th Newcastle Symp. Proc., pp. 19–22.

[21] Stilli, C.J., Berry, J.A. 2003. Global distribution of C3 and C4 vegetation: Carbon cycle implications. Global Biochemical Cycles, 17/1, 1006. p.6

[22] van der Weijde, T., Kamei, C.A., Torres, A.F., Vermerris, W., Dolstra, O., Visser, R.F., Trindade, L.M. 2013. The potential of C4 grasses for cellulosic biofuel production. Frontiers in plant sciences, 2013/4, 107, p. 18