

Jelen tudományos munkám során egy nagyobb lélegzetvételű kutatási projekt lebonyolítását tűztem ki célul, amely egy saját mérési folyamat alapján segít a biztonságos és hatékony energiaellátásra vonatkozó fejlesztési javaslatokban. A hazai és nemzetközi szakirodalmak áttekintése és a a szenek általános jellemzői után bemutatom a Mátrai Erőmű bányavidékén található szenek jellemzőit és a kutatást. Háromhetes projektem során az erőmű területén bányászott különböző lignitmintákon végeztem méréseket, amelyek segítségével az erőműves tapasztalataimat és a szakirodalmi anyagokat kiegészítve olyan fejlesztési pontokat tudtam kiemelni, melyekre gondosan odafigyelve javulhat egy erőmű eredményessége és biztonságtechnikája.

**Kulcsszavak:** biztonságos energiatermelés, lignittárolási módok, lignit korú szenek anyagtudományi vizsgálata, elkerülhető termelés kiesés

---

## Bevezetés – a kőszénről általában

---

Bolygónk mai állapotát többek között jól jellemzi, hogy a gazdasági tevékenységek növekvő tendenciájával egyenesen arányosan egyre nagyobb energiaszükségleti igény is jelentkezik. A mai napig folyamatosan gyarapodó szükségletek kielégítésére már nem elég csupán egyféle energiahordozó kihasználása, ezek az energiahordozók megnövekedett skáláját igénylik. Ennélfogva az energiaipar és az energiapiaci tevékenységi körök egyre inkább a megújuló energiák hasznosíthatóságát helyezik előtérbe, és próbálják azt különböző támogatási rendszerekkel integrálni a mindennapi energetikába, az energiaelosztás és a biztonságos ellátás érdekében. Világviszonylatban a 2012-es adatok szerint az éves szénfogyasztás mintegy 7 milliárd tonna volt. A fosszilis energiahordozók között a szén gazdasági vonatkozásait tekintve a legversenyképesebb energiaforrásunk a kőolaj és a földgáz mellett. Egységnyi árának alakulását tekintve mind a fejlett, mind pedig a fejlődő országok egyik biztos és alapvető forrása. Egyes előrejelzések szerint – a megújuló energiák egyre nagyobb térnyerésének ellenére –

továbbra is domináns szerepe lesz majd az elkövetkezendő évtizedek energiaellátásában.<sup>1</sup>

Mintegy 570 millió évvel ezelőtt vette kezdetét a földtörténeti ókor, amelynek meghatározó része volt a karbon időszak, ekkor ugyanis jelentős széntelepek keletkeztek (éppen erről kapta a nevét ez a korszak). Természetesen az idők során fiatalabb, hozzánk közelebb eső korokban is keletkeztek széntelepek. Az 1. táblázatban szemléltetem a földtörténeti idő tagozódását, megjelölve a legjelentősebb szénelőfordulások keletkezési idejét, rögzítve a magyarországi vonatkozásokat. (Mivel az ókor karbon időszakáig bányászati szempontból jelentős szénképződés nem volt, így az ez előtti időszakot nem részletezem a táblázatban.)

Az első széntelepek a szárazföldi növényvilág megjelenésével és tömeges térhódításával keletkeztek, ám nagymértékű, bányászati és gazdasági szempontból jelentős kőszéntelepek csak mintegy 330 millió évvel ezelőtt, a karbon korban jöttek létre. Olyan üledékgyűjtő medencékben képződtek, amelyek lassan süllyedve párhuzamosan lépést tartottak a növényzet halmozódásával és szaporodásával, ami elegendő tápanyagot biztosított a keletkezéshez. A hegységképződés folyamán felhalmozódott növényzet-letarolás adta hordalék összegyűlésével pedig létrejött a kőszén, a szerves üledékek, egykori lápok növényzetének maradványai és átalakult formája révén. A szenesedési folyamat egyrészt biokémiai – tőzegesedés –, másrészt pedig geokémiai – tőzeg átalakulása kőszénre – folyamat.

A kőszén összetételét tekintve elmondható, hogy azt meghatározzák a hajdani növényvilág és az anno domináns üledékképződési körülmények és a szénülés közbeni átalakulások is. A kőszén tehát nem egynemű, hanem különböző részekből áll; a következő alkotóelemek szabad szemel nem feltétlen ismerhetők fel, leginkább laboratóriumi vizsgálat tudja őket kimutatni: vitrit, durit, fuzit, klárit. Ezen összetevők megemlítése azért lényeges, mert nem mindegy, hogy egy adott szenet mire használunk. Példának okáért: koks és brikett gyártásánál ugyanis előnyösebb a magas vitrittartalom, de ettől a kőzet hajlamos az öngyulladásra is, míg a fuzit pont ellentétes hatású. Láthatjuk tehát, hogy a szenek vizsgálata fontos a későbbi felhasználás miatt.

<sup>1</sup> The global value of coal (working paper; OEC/IEA 2012).

Idő	Időszak	Kor	Megjegyzés	Millió éve
ÚJKOR	NEGYED-IDŐSZAK	Holocén	Homo sapiens	1
		Pleisztocén	Tőzegképződés	
	HARMADIDŐSZAK	Pliocén	Mátra- és Bükk-vidéki lignit előfordulása	8
		Miocén	Salgótarján, Sajóvölgy: barnaszén	20
		Oligocén	Zsil-völgyi barnaszén	35
		Eocén	Tatabányai-medence – Esztergom vidéke: barnaszén	55
		Paleocén	Dunántúli-középhegység barnaszenei	70
KÖZÉPKOR	Kréta	Felső	A dinoszauruszok kipusztulnak Ajka: barnakőszén	140
		Alsó		
	Jura	Malm	Kalifornia: arany; sokféle szén-, só-, gipsztelepek	180
		Dogger		
		Liász		
	Triász	Felső	Dél-Afrika: gyémánt, márvány, gipsz, kősó Első dinoszauruszok	230
		Középső		
Alsó				
ÓKOR	Perm	Zechsteini	Szász- és Csehországban kőszéntelepek Észak-Kína: kőszéntelep sorozat Kelet-Ázsiában fő kőszénképződési idő Észak-Amerika: kőolaj Magyarország: uránérc	290
		Vörös fekvő		
	Karbon	Felső	A földtörténet első nagy kőszénképződései: Ruhr-medence, Szilézia, Moszkva – Donyeck – Anglia, Kuznyeck, Türkisztán, Szibéria, Kína, Észak-Amerika keleti része	330
		Alsó		

1. táblázat: Szénelőfordulások keletkezése földtani időszakok szerint

Magyarország földtani viszonyait és kőszénkészleteit kutatva elsődleges céloom, hogy egy összefoglaló tanulmányt készítsek ezen energiahordozóink anyagvizsgálati elemzéséhez, illetve a bányászat után, elsősorban erőműves környezetben felhasznált lignitek tüzeléséről, a szabályozatlan tüzesetek vizsgálati elemzéséről, ezek megakadályozásáról. Bemutatom a megfelelő és biztonságos energiaellátás fontosságát, nemzetközi irodalmi kitekintést teszek a szén mint energiahordozó előfordulási arányaira kontinensünkön kívül, Európában és hazánkban egyaránt.

A biztonságtechnika tudományterülete manapság egyre nagyobb teret nyerő és alkalmazandó részét képezi fejlődő és változó világunknak. Elsődleges szemponttá vált a minél nagyobb biztonság és kiszámíthatóság biztosítása, mind az energiaellátás, mind pedig a felhasználás területén. Ezért fontosnak tartom egy olyan összegzés készítését, amely alapjaiban véve anyagtudományi szempontok szerint taglalja a különböző korú szenek fizikai és kémiai tulajdonságait. Ezt követően saját kutatási eredményeim alapján – amely nagyrészt vizsgált lignitmintá (visontai lignit) természetes állapotban való nedvességtartalom-elvesztését vizsgálja, azaz az illékony anyagtartalom tulajdonságait elemzi – vonom le következtetésem. Ezek alapján öngyulladás, tárolási és továbbítási, valamint anyagösszetételre – azaz homogenizálási – folyamatok lefolytatásához adok iránymutatást és javaslatokat.

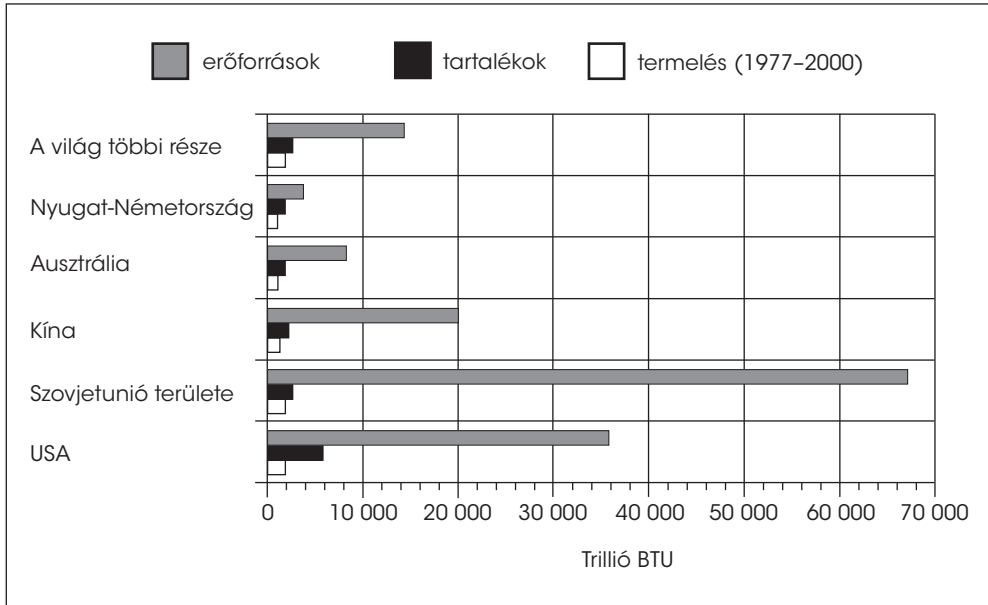
A kőszén összetételére vonatkozóan két fontos fogalmat kell tisztán lássunk, hiszen ezek ismeretében tudjuk meghatározni a további csoportosítási módokat. A kőszén és keletkezési folyamata, vagyis a kőszénülés megkülönböztetése tárgyalásunk alapvető kiindulási pontja. Vadász Elemér megfogalmazásában a kőszén nagyrészt növényi anyagok lebomlása útján keletkező olyan szilárd üledékes kőzet, amely összetett vegyi bomlási úton alakult ki. Az átalakulási folyamatot a *kőszénülés* folyamatának nevezzük, amelyet földtani viszonyok szerint minden kőszéntípusra lezártnak tekintünk. Ebből kifolyólag a kőszén fogalmi értelmezésébe mindig csak a már lezárt földtani időszakokban létrejött szénkőzetek tartoznak, de a ma is keletkező tözeg *„még folyamatban levő kőszénülésével ebbe a keretbe nem foglalható. Az így jellemzett éghető, túlnyomóan növényi anyagokból keletkezett, szilárd üledékes kőzetfajtákat, egyetemleges megjelöléssel, kőszén gyűjtőnévvel illetjük.”*<sup>2</sup>

Kezdetben a magyar szakirodalom nem minden esetben tett különbséget a kőszénfajták megnevezésében: csak feketeszen vagy kőszén megnevezést alkalmazott, és gyakran nem tett különbséget a kőszén csoportosításán belül barnaszén és lignit fajták között, így gyakran összemosva alkalmazta ezeket a megnevezéseket. Később, a földtani tanulmányok és ismeretek birtokában már a lignitet a barnaszén egyik fajtájába sorolták. Földtani elemzések megállapították, hogy a nyomás és hőmérséklet alakulása nagyban befolyásolja a kőszéneseledést, és a két csoport (fekete, barna) meghatározását is.

<sup>2</sup> Vadász Elemér: Kőszénföldtani tanulmányok. Dunántúl Pécsi Egyetemi Könyvkiadó és Nyomda Rt., 1940. 5. o.

A hazai viszonyokat vizsgálva és a Mátrai Erőmű Zrt. felhasznált anyagminőségét elemezve elsődlegesen a szénfajták lignit alcsoportját kívánom meg bővebben bemutatni. Ezt megelőzően azonban nemzetközi forrásokat is megvizsgálva fogom a szén kialakulásának folyamatait részletezni, valamint a külföldi irodalomban is megjelentek alapján a szén tulajdonságainak jellemzőit ismertetni.

A külföldi szakirodalom a szenet egy szerves kőzetként elemzi, szemben a Földön előforduló legtöbb kőzettel (pl. homokkő, gránit, bazalt stb., amelyek szeretlen anyagok). A szén legnagyobb részt kémiai szénvegyületet tartalmaz (C), de hidrogént (H), oxigént (O), ként (S) és nitrogént (N) is, természetesen koruknak és lelőhelyüknek megfelelő arányban, csakúgy, mint néhány szeretlen alkotóelemet, például ásványokat és vizet is.



1. ábra: Széntársulások. Erőforrások és tartalékok eloszlása a világban (BTU = British Thermal Unit<sup>3)</sup><sup>4</sup>

Ahogy az 1. ábrán is látható, egy 1990-es években készült kutatási felmérés szerint a Földön előforduló széntársulások megoszlásának nagyobb részét az USA, a korábbi Szovjetunió és volt tagállamai (a mai Oroszország) és Kína közösen birtokolja, ami a világon hasznosítható erőforrások mintegy 80%-át tette ki. Az ábrán látható jelölések sorrendben az erőforrások, tartalékok és a termelés nagyságát hivatottak bemutatni. Az erőforrások birtoklása óriási hatalommal bírt és valószínűleg fog is bírni. Nagy-Britannia például mindössze alig 1%-át birtokolja a Föld szénkészleteinek, és mégis ők a világ vezető szénki-termelő országa már egy évszázada. Nagyon hasonló a helyzet Ausztráliában is: kevesebb

<sup>3</sup> 1 BTU 1,054–1,060 KJ értéknek felel meg.

<sup>4</sup> Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.

mint 2%-át birtokolják a szénkészleteknek a világon, mégis a vezető szénexportáló nemzetek egyikének mondhatják magukat.

A szénkészletek és források felkutatása már nem új keletű dolog, azonban időről időre szükség lehet az adatok felülvizsgálatára az újabb telepek létrejöttével és a földtani kutatások előrehaladásával. Ezen modellekbe számos feltételezést kell beépíteni, hogy közeli becslést tudjunk adni a jövőbeni készletekről és a felhasználhatóságról, ezzel együtt pedig az ellátásbiztonság fenntartásáról. Egyes feltételezések szerint, ha nem találnak további (jelentős) széntartalékokat, újabb bányászati metódusokat és technológiákat sem fejlesztenek, továbbá az eddigiek során ismert forrásokat mind kiaknázzák és felhasználják. Ha az éves szénfogyasztás 5%-kal növekszik, akkor az ismert, felmért széntartalékok hozzávetőleg 100 évig elegendőek.

A szén kialakulásának és létrejöttének eredetét őskori növénytársulásokból származtatjuk, amely folyamat mocsaras környezetben, néhány tíz-/százmillió évvel ezelőtt kezdődött meg. A 2. táblázat a különböző korú szenek egyes tulajdonságait foglalja össze.

Széntípus	Becsült kor (év)	Becsült széntartalom (%)
<b>Lignitek</b>	60 000 000	65-72
<b>Sovány szenek</b>	100 000 000	72-76
<b>Bitumenes szenek</b>	300 000 000	76-90
<b>Antracitek</b>	350 000 000	90-95

2. táblázat: Az egyes széntípusok tulajdonságai<sup>5</sup>

A szén megnevezést mint gyűjtőfogalmat még az egyes szakirodalmak is széles értelmezési skálában használják. Az egyes szénminták elemzésénél és összehasonlításánál viszont egy egységes rendszer alapján – melyet az USA-ban használnak és alkalmaznak –, egyszerűbb és világos módon láthatjuk az egyes kémiai és anyagbeli összetevőket, a különböző szenek tulajdonságait.

A szén kémiai összetételének meghatározásánál célunk, hogy feltérképezzük és definiáljuk az anyagban megtalálható különböző összetevők mennyiségét, így összetett jellemzést adjunk. Az anyagtudomány szakzsargonjában ezt az eljárást és vizsgálati módot *alapvető szénelemzésnek* hívják. Ezen vizsgálat szerint a kőszén fő éghető elemei a hidrogén és a szén. Arányaiban és súlyában is döntő többséggel a kémiai szénvegyület az uralkodó, hiszen az anyag 60-95%-át alkotja. A legtöbb széntípus esetében 90% (vagy kevesebb) szén- és általában kb. 5% hidrogéntartalom a jellemző; mindössze a világ szeneinek 2%-a az, amelyik több mint 95% széntartalommal bír. Majdnem minden szénfajta nitrogéntar-

<sup>5</sup> Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.

	<b>Lignitek</b>	<b>Sovány szenek</b>	<b>Bitumenes szenek</b>	<b>Antracitek</b>
<b>C-tartalom (%)</b>	65-72	72-76	76-90	90-95
<b>H-tartalom (%)</b>	~5			~2
<b>N-tartalom (%)</b>		~1	2	
<b>O<sub>2</sub>-tartalom (%)</b>	~30			~1
<b>S-tartalom (%)</b>	~0	4		~0
<b>H<sub>2</sub>O-tartalom (%)</b>	70-30	30-10	10-5	~5
<b>Fűtőérték (BTU/Lb)</b>	~7000	~10000	12000-15000	~15000
<b>Fűtőérték (kJ/kg)</b>	~16282	~23260	27912-34890	~34890

3. táblázat: A szenek tulajdonságainak megoszlása felépítésük, összetevőik alapján<sup>1</sup>

talma kb. 1-2%, az oxigéntartalom pedig pontosan fordítottan arányos a széntartalommal. A szénfajták kéntartalma igencsak változó és eltérő lehet. Mivel a kéntartalom kiemelt jelentőséggel bír a szén égetésével kapcsolatos környezetvédelmi kérdések miatt, így fontos ennek az összetevőnek a jelenlétét részletesebb vizsgálati folyamatnak is alávetni.

Egy másik mérési módszert is alkalmazhatunk a szén anyagjellemzőinek leírásához, ahol minden tesztelési folyamat szigorúan meghatározott körülmények között történik, így minden elemzés ugyanolyan eredményt ad, ha később más, laboratóriumi körülmények között tesztelik is ugyanazt az anyagot. Ennél a módszernél az elemzések során mérik az anyag hamutartalmát, szén- és nedvességtartalmát, valamint az illékony anyagok jelenlétét a vizsgálandó produktumban. Minden széntípus (szinte kivétel nélkül) bizonyos mennyiségű nedvességtartalommal rendelkezik. Ez a tulajdonság nem kívánatos alkotórésze a szeneknek, hiszen a tüzelési folyamatok során több nedvességtartalom több energia befektetését és felhasználását is igényli, ami a nedvességtartalmi tényező csökkentését, egyben a tüzelési folyamatok kedvező irányú lefolyását segíti elő. Emellett a kibányászott széntömeg szállításában is jelentős szerepű a víztartalom, ami magával vonja a költségek növekedését vagy a tömegcsökkentő technológiák bevonását (pl. szárítás). Ilyen tömegcsökkentő eljárás lehet a nedvesség csökkentése is, ami alternatív megoldás lehet.

<sup>1</sup> Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.

Az ezen elemzésben meghatározott négy összetevő közül valójában csak az illékony anyagok és a fix szénrész ég és szabadít fel hőenergiát. Mivel a szenek nedvesség- és hamutartalma igencsak változatos lehet széntípustól függően, illetve ez függhet attól is, hogy a szenet részlegesen szárították-e annak érdekében, hogy néhány szerves anyagot eltávolítsanak belőle, bármely széntípusok éghetőségi összehasonlításánál figyelembe kell venni a nedvesség- és hamutartalmat. Hasonlóképp a fűtőérték is csökken a nedvesség- és hamutartalom növekedésével. Összehasonlítva a szenek csak éghető részét, jó, ha tudjuk: a nedvesség és hamu nem befolyásolja a fűtőértéket. Ahhoz, hogy ilyen összehasonlításokat tudjunk végezni, meghatározzuk a szenek fixszénértékét, az illékony anyagokat és a kalória<sup>6</sup>/hőenergiát egy nedvesség- és hamumentes bázishoz képest. Ezek alapján tehát a szenek csoportosítása és osztályozása igen jó pontossággal megadható, amit a 4. táblázatban feltüntetett és megadott előzetes vizsgálati adatok is alátámasztanak.<sup>7</sup>

Osztály és csoport	Fixszén (%) <sup>a</sup>	Illóanyag-tartalom (%) <sup>b</sup>	Fűtőérték (BTU/lb) <sup>c</sup>
<b>Antracit</b>			
• metaantracit	>98	>2	
• antracit	92-98	2-8	
• szemiantracit	86-92	8-14	
<b>Bitumenes</b>			
• alacsony illóanyag tartalom	78-86		
• közepes	69-78		
• magas A	<69	>31	>14 000
• magas B			13 000-14 000
• magas C			10 500-13 000
<b>Sovány</b>			
• sovány A			10 500-11 500 <sup>c</sup>

<sup>6</sup> „Az energia mértékegysége a kalória (jele cal, eredete latin, calor = hő) az a hőmennyiség, amely 1 gr 14,5 °C-os víz hőmérsékletét 15,5 °C-ra emeli, 1 atmoszféra, azaz 101,325 kPa nyomáson.” [www.solaronics.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=192&Itemid=97&lang=hu](http://www.solaronics.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=192&Itemid=97&lang=hu) (letöltés ideje: 2014. 06. 12.)

<sup>7</sup> Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.



• sovány B			9500-10 500
• sovány C			8300-9500
<b>Lignit</b>			
• lignit A			6300-8300
• lignit B			<6300

4. táblázat: Szenek osztályozása és csoportosítása<sup>8, 9</sup>

## Lignit a Mátrai Erőmű bányavidékein

A kőszén általános jellemzőinek bemutatása után az általam vizsgált terület szénfajtaját, a visontai székhelyű erőmű bányavidékeiről származó lignitet mutatom be. Ezen a folyamatos művelés alatt álló területen – Visonta és Bükkábrány vonzáskörzetében – külfejtéses bányászati technológiát alkalmaznak, és kotrógépek segítségével termelik ki a hasznosítani kívánt lignitet. Kutatásaim szerint az elkövetkezendő években megfelelő mennyiségben található lignit hazánk ezen területén, amit az 5. táblázatban összegyűjtött adatok is alátámasztanak.

	<b>Terület</b>	<b>Lignitvagyon (Mt)</b>
<b>Bányanyításra alkalmas lignit-előfordulások</b>	Nagyút-Kál	1300
	Füzesabony	1400
	Összesen	2700

5. táblázat: Lignitvagyon a Mátrai Erőmű vonzáskörzetében

A cikkben leírtak alapján „egy 1000 MW teljesítményű villamos erőmű lignitigénye 50 évre 400 millió tonna. Ez azt jelenti, hogy a hazai lignitvagyonunk igen hosszú távlatban biztosíthatja a villamosenergia-termelés tüzelőanyagát.” Érdemes tehát továbbra is a hazai készletmennyiség meglétét és rendelkezésre állását szem előtt tartani, amikor napjaink egyik fő célja a hosszú távú és biztonságos energiaellátás.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> A: száraz ásványianyag-mentes bázisra vetítve; B: ásványianyag-mentes, nedvességtartalom alapján, C: ha nem durva szemcsenagyságú.

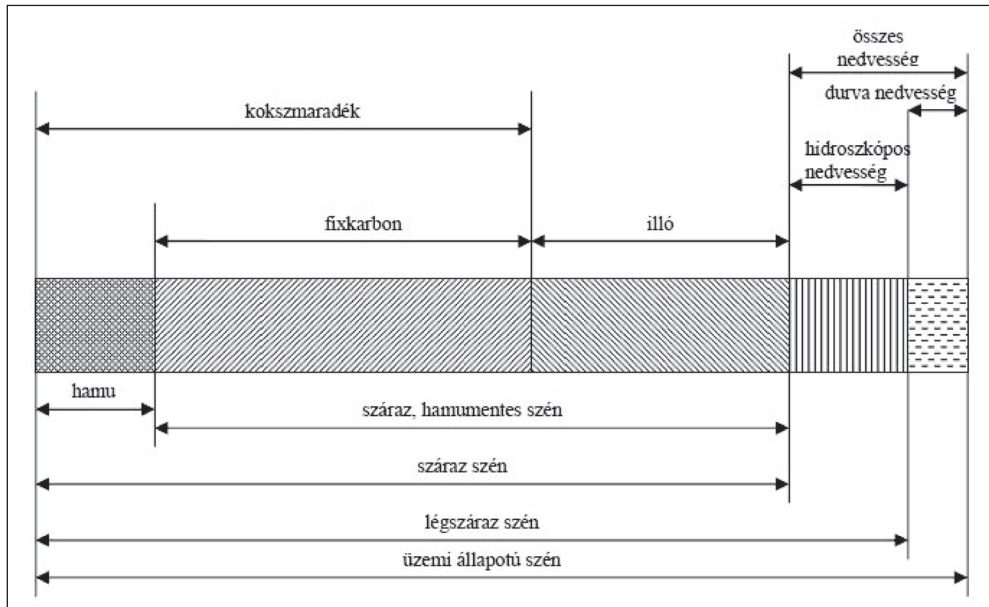
<sup>9</sup> Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.

<sup>10</sup> Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület: Hazai ásványi nyersanyagaink hasznosítási lehetőségei. Budapest, 2013. 11. 20. Összefoglaló tanulmány, 10. o.

Legfiatalabb korú szénkészletünk, azaz lignitvagonunk tulajdonságainak elemzését folytatva három fő ismérvet érdemes szem előtt tartani, ami alapvetően határozza meg felhasználhatóságának előre tervezését.

Hazánkban a jellemzően előforduló szénkészletek leginkább a puha és fás szerkezetű, magas nedvességtartalommal (42-52%) rendelkező, a Mátra és a Bükk hegység lábánál megtalálható telepek. Az utolsó meghatározó tényező a lignit magas ballasztartalma miatti alacsony fűtőértéke. Ez a ballaszt irodalmi vonatkozások és megállapodások szerint is a nedvesség, valamint a hamutartalom kettős összetevőjéből áll. Fűtőértékként az 5500-7500 KJ/kg-os értéket tekintik elfogadott és számszerűsített adatnak.<sup>11</sup>

A kőszénfajták típusától és méretétől függetlenül, azonos társulásokat alapul véve vagy akár különböző korú szeneket összehasonlítva is elmondható, hogy feldolgozásuk és hasznosításuk, tüzelési vagy akár vegyipari térnyerésük alkalmával is figyelembe kell venni a szénminta összetételét, amit szakirodalmi tényezők és a különféle szakmai követelményekre épülő szabványok is mértékadóknak tekintenek a 2. ábrán látható módon.

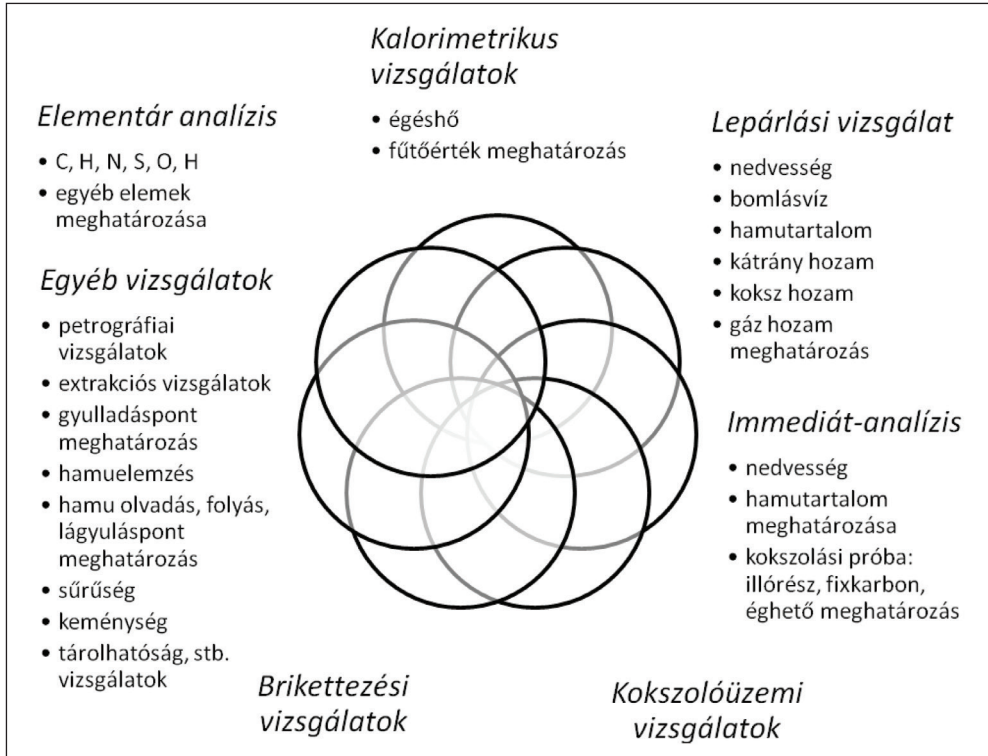


2. ábra: Szénminta összetételét szemléltető ábra<sup>12</sup>

<sup>11</sup>Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 128. évfolyam, 3. szám: Varga József (Mátraaljai Szénbányák, Gyöngyös): A visontai lignitminták nedvességének kísérleti mérései mikrohullámú berendezésekben, 230. o.

<sup>12</sup>Széntípusok rangsora és tulajdonságai, [www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html](http://www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html) (letöltés ideje: 2014. 04. 10.)

Az eltérő korú és típusú szenek eltérő mértékben tartalmazzák az egyes összetevők megoszlási arányait. A vizsgálati folyamatok – amelyeknek mára már számos példája ismeretes – különböző rendszerezési lehetőségeinek rövid bemutatására térek ki a következőkben. Ezek lehetnek kalorimetrikus vizsgálatok, lepárlási vizsgálatok, immediát analízis, kokszolózemi vizsgálatok, brikettezési vizsgálatok, elementáranalízis és az egyéb vizsgálati csoportba tartozó elemzések. Az egyes csoportokon belüli összetevők listáját a 3. ábra szerinti megoszlásban mutatom be.

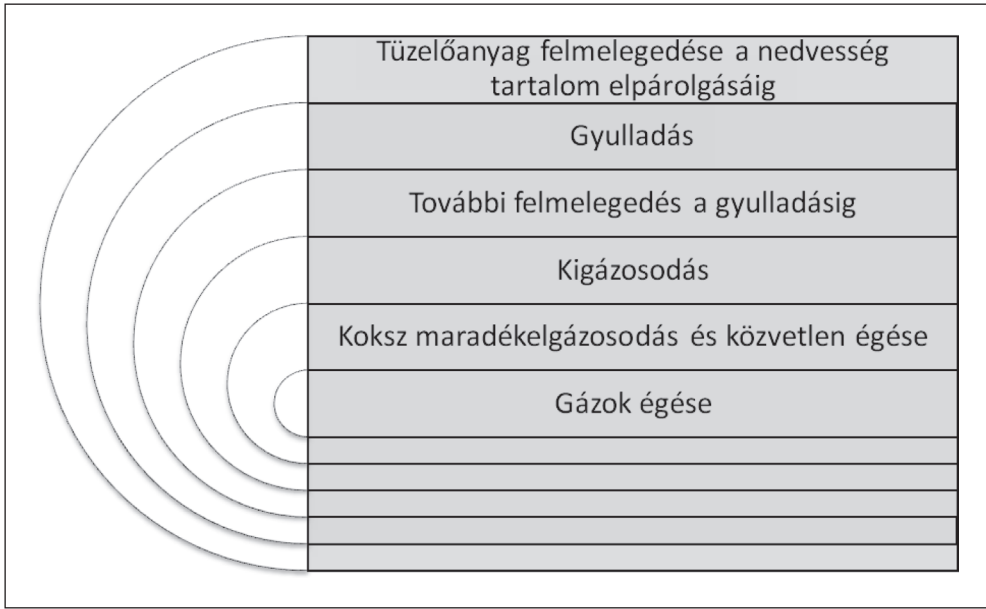


3. ábra: Szenek vizsgálati beosztását szemléltető ábra (saját szerkesztés)<sup>13</sup>

Áttekintve a szenek különböző és egyben igen változatos felhasználhatósági tartományát, nem túlzás megállapítani, hogy egy összetett és bonyolult anyagról van szó. Az emberi tudáson és kreativitáson múlik, milyen területen és milyen igénynek/igényeknek megfelelően hasznosul. Kutatásaim és vizsgálati szempontjaim az erőműves alkalmazásra, a szén hasznosításával összefüggő további céljaim pedig – a hazai erőműves tüzelési folyamatok előkészítéséig (bányászat, szállítás, széntárolás, kazánokba történő beadagolás) – a szén anyagában történő változásainak feltárására korlátozódnak. Az erőműves

<sup>13</sup>Széntípusok rangsora és tulajdonságai, [www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html](http://www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html) (letöltés ideje: 2014. 04. 10.)

berkekben eltüzelt kőzet égési részfolyamatai a 4. ábra szerinti részfolyamatokra bonthatók. A szemléltetett és ábrázolt mód alapján is fontos kiemelni a folyamat időbeli és térbeli egymásra hatását.<sup>14</sup>



4. ábra: Szenek égési részfolyamatai (saját szerkesztés)<sup>15</sup>

## Korábbi lignitkutatások a Mátrai Erőműben

A visontai és bükkábrányi bányaterületeken előforduló ásványvagyron (lignitek) kitermelhető mennyiségét és minőségét a cikkben megjelentek alapján tárgyalom. A térfogatsúly, a fűtőérték, a hamu- és nedvességtartalom, a kéntartalom mind befolyásolja a termelési volumen alakulását. „E minőségi jellemzők közül a nedvességtartalom meghatározása rendkívül fontos, mert annak állapotától függ a többi minőségi jellemző értéke. A gyakorlatban a legfontosabb jellemző a fűtőérték, ami már 1% nedvességtartalom-változás esetén is jelentős módosulással jár. Az idő függvényében lignitminták szabadon történő száradását vizsgálva és elemezve belátható, hogy a különböző száraz hamutartalmú lignitminták esetén viszonylag rövid idő alatt milyen nedvességtartalom-csökkenés következik be.” Ezen megállapításokból következik, hogy „az erőmű által elfogadható minőségű lignit

<sup>14</sup> Széntípusok rangsora és tulajdonságai, [www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html](http://www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html) (letöltés ideje: 2014. 04. 10.)

<sup>15</sup> Széntípusok rangsora és tulajdonságai, [www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html](http://www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-széntípusok.html) (letöltés ideje: 2014. 04. 10.)

fűtőértéke 48 órás szabadban való száradás folyamán mintegy 700 KJ/kg-mal nő. Kérdésként merül fel, hogy a meghatározásra kerülő ásványvagyon melyik nedvességi állapothoz kössük, hiszen a valóságban az *in situ* állapottól az erőművi felhasználásig jelentős száradási folyamaton megy keresztül az ásványi anyag. A folyamat részei a következők: elővíztelenítés, bányászati feltárás, termelés-előkészítés, termelés, szállítás, törés, széntéri tárolás homogenizálással.”

Az eddig vizsgált szénminták (visontai) elemzése és vizsgálata során is megállapítást nyert a már korábban is bemutatott és szakirodalomban is leírt tény, azaz hogy a kibányászott szén száradási és szárítási folyamata nagymértékben függ a szénszemcse-frakció méretétől, darabosságától, a szénszemcsék minőségétől, a széndepó (szénlerakat) szabad felületétől, továbbá az időjárás körülményektől.<sup>16</sup>

Időjárás sajátosság és tulajdonság lehet a szenek vizsgálatánál a hőmérséklet, a szél, a páratartalom, valamint az esetleges csapadék, amely rendkívül nagy szereppel bír. A korábban lefolytatott, erőműves mintavételezési és elemzési sorozatok alkalmával már megállapították, hogy a kitermelt és tüzelés során hasznosított szén összes nedvességtartalma 46-49% közé tehető. Ebből egy kisebb hányad az ún. durva nedvesség, míg a nagyobb hányad a higroszkopikus nedvességtartalom. A széntéren tárolt szénből vett mintákon 40%-nál alacsonyabb nedvességtartalmat – a laborral folytatott konzultáció alapján – hosszabb állás után sem mértek. Ez az információ is jelentős lehet, ugyanis széntárolási megoldások alkalmazásával és a lignit széntéri homogenizálásával, továbbá a szén optimálisnak tekintett tüzeléstechnikai jellemzői alakulásával az idő függvényében elkerülhető mind a túlzott nedvességtartalom, mind pedig az öngyulladás folyamat létrejötte.

A Mátrai Erőmű által végzett korábbi mérésekből és kutatásokból is kiderül, hogy a 2011-ben végzett kísérleti sorozatok alkalmával a szénfeladóról vett mintákból tapasztalati mérések után milyen mértékű tömegvesztés/víz-tartalomvesztés következett be. A mérési sorozatot három napon keresztül, meghatározott mennyiségű mintákkal folytatták. A jellemzőkről és a környezeti/vizsgálati körülményekről elmondható: a kb. 20 °C hőmérsékleten, de naptól, esőtől, széltől védett helyen, egysorosán kitergetett szén az első 24 órában 2,5%-ot veszített a tömegéből, további 18 óra után az összes tömegvesztés 4,3% volt a mintaként kivett 33,8 kg tömegű mintán. A szabad levegőn, tehát napnak, szélnek és esőnek kitett mintán az első 24 órában 12,2% volt a tömegcsökkenés, a további 18 óra után az összes tömegvesztés 16,7% volt a 36 kg tömegű mintán. Az első 24 órában magasabb hőmérséklet és naposabb idő volt, majd utána párásabb, hűvösebb idő következett. A vizsgálók véleménye alapján a depókban (tárolókban) elhelyezett szén esetében ez a nagyfokú tömegvesztés csak a felső rétegre jellemző, alatta a kupac többi része naponta 1-2%-nál többet nem veszít a nedvességtartalmából, illetve a tömegéből. Példaként: ha van egy 2 m

<sup>16</sup> Bányászati és Kohászati Lapok, 2001. szeptember–október, 134. évfolyam 6. szám. Ásványvagyon-gazdálkodás a visontai és a bükkábrányi bányaterületeken (Kissné Mezei Ágnes és Madai László, Mátrai Erőmű Zrt., Visonta).

magas, 2 m sugarú kúp formájú depóba rakott lignitünk, és feltételezzük, hogy a felület felső 20 cm-e szárad 25-30 °C közötti nappali és 20 °C körüli éjjeli hőmérsékleten 12%-ot (csapadék nélkül), a többi része pedig csak 1%-ot, akkor a kupac kb. 10 467 kg-jából 1 nap múlva 10 050 kg marad. Ez így 4%-os átlagos tömegcsökkenést jelent.<sup>17</sup>

## További szénmintaelemzés – önálló kutatási projekt

Önállóan végzett kutatásomban, a korábbiakhoz közel hasonló módon, kiterített szén-garmada esetében kismértékű eltérés volt észlelhető a kiterített, kb. 30 cm magasságban felrakott lignit vizsgálata esetén. Azonos hőmérsékleti és páratartalmi viszonyok mellett (átlagosan 13 °C hőmérsékleten és 72%-os páratartalom mellett), az első hétnapos megfigyelésem után vett mintáknál már csak kevesebb mint 2%-os átlagos tömegcsökkenés jelentkezett. Kiegészítő információként mindenképpen el kell mondani, hogy a széntereken alkalmazott homogenezálási folyamatok nélkül, zárt tárolási körülményeket szimulálva történt a megfigyelés.

A kutatómunkám során az erőműtől kapott, meghatározott tömegű és minőségű (61,7 kg, amely a mérési periódus befejeztével 47,1 kg tömegűre csökkent; Visonta, Déli bánya, lakossági szénkiadó rendszerből vett) lignitminták 3 hetes periódusban történt megfigyelését és elemzését végeztem el.

<b>Kalorikus adatok</b>			
Minta megnevezése	Fűtőérték Q <sub>ir</sub> (kJ/kg)	Hamu Ar (%)	Nedvesség W <sub>tr</sub> (%)
	üzemi állapot		
2014. május 12., lakossági szénminta	10 287	5,99	49,37

<sup>17</sup> Személyes konzultáció – Kissné Mezei Ágnes, Mátrai Erőmű Zrt. Visonta

Elemi összetétel							
Minta megnevezése	Carbon Ctr (%)	Hidrogén Htr (%)	Nitrogén Nr (%)	Kén Str (%)	Oxigén számított Odr (%)	Fűtőérték Qid (kJ/kg)	Carbon Ctd (%)
	Üzemi állapot					Száraz állapot	Száraz állapot
2014. május 12., lakossági szénminta	30,23	3,20	0,59	0,78	9,84	22 707	59,71

6. táblázat: Lakossági szénminta vizsgálata, ME Zrt. laboratórium

Kalorikus adatok			
Minta megnevezése	Fűtőérték Qir (kJ/kg)	Hamu Ar (%)	Nedvesség Wtr (%)
	üzemi állapot		
2014. június 2., lakossági szénminta	14 258	9,29	29,41

Elemi összetétel							
Minta megnevezése	Carbon Ctr (%)	Hidrogén Htr (%)	Nitrogén Nr (%)	Kén Str (%)	Oxigén számított Odr (%)	Fűtőérték Qid (kJ/kg)	Carbon Ctd (%)
	Üzemi állapot					Száraz állapot	Száraz állapot
2014. június 2., lakossági szénminta	40,54	4,29	0,92	0,73	14,82	21 219	57,43

7. táblázat: Lakossági szénminta vizsgálata 2., ME Zrt. laboratórium

A táblázatokról láthatók az eredmények a saját kutatásomat megelőző és követő laborvizsgálatokról. A Mátrai Erőmű laborjában elemezték az általam is vizsgált szénmintá-

kat, és elmondható, hogy ezek hasonló eredményeket hoztak, mint amit az elemzés elején a szakirodalom feldolgozásában vártam. Ennek megfelelően a laboreredmények is alátámasztják a nedvességtartalom csökkenését, ezáltal a fűtőérték hatékonyságának javulását.

Az erőmű bányából a szénterre és ezek után a kazánokba kerülés (tüzelés, energiaátalakítás) során a tüzelőanyag szállítása zajlik, melynek számomra kiemelt fontosságú része a széntéren összegyűjtött, majd további homogenizáláson átesett szén mennyiségének és minőségi paramétereinek analízise. A széntér vagy a szállítószalag egy-egy adott helyéről összegyűjtött lignitminta mind szerkezetét, mind összetételét tekintve változatos szemcsékből állhat. Megfigyelésem során szemrevételezéssel 3 különböző szerkezetű mintát választottam ki a visontai Déli bányából kikerülő szénadagból, melyeket ezek után külön kezelve vizsgáltam. Ezek sorrendtől függetlenül agyagos; átlagos szenes szerkezetű és fás szenek egyes mintái voltak. További megfigyelési eljárási metódust dolgoztam ki, melyet szintén 3 különböző állapotú mintára állítottam fel. Egy, az erőmű széntéréhez hasonló területet, ún. kísérleti szénteres garmadát képeztem, mely a valós és alkalmazott technológiát képviseli, a visontai széntereken alkalmazottakhoz hasonlóan. Különbőség viszont, hogy az adott területen esőtől és erős napsugárzástól védett, zárt, illetve fedett területen végeztem a mérési sorozataim. A másik két állapotról elmondható, hogy egy szélsőségesebb struktúrát alakítottam ki, melyek egy egyenletesen elosztott és közel azonos lefedettségű, kiterített mintát képeztek. Ezenkívül egy, a levegőtől elzárt térben (zsákban) elhelyezett tárolási eljárási módot alkalmaztam.

A kutatás során előzetes hipotéziseket állítottam fel, melyeknél alapnak tekintetem a Mátrai Erőmű laborjában elemzett adatokat, és ezekhez viszonyítva indultam el az analízisben. Ezek a hipotézisek a következők voltak:

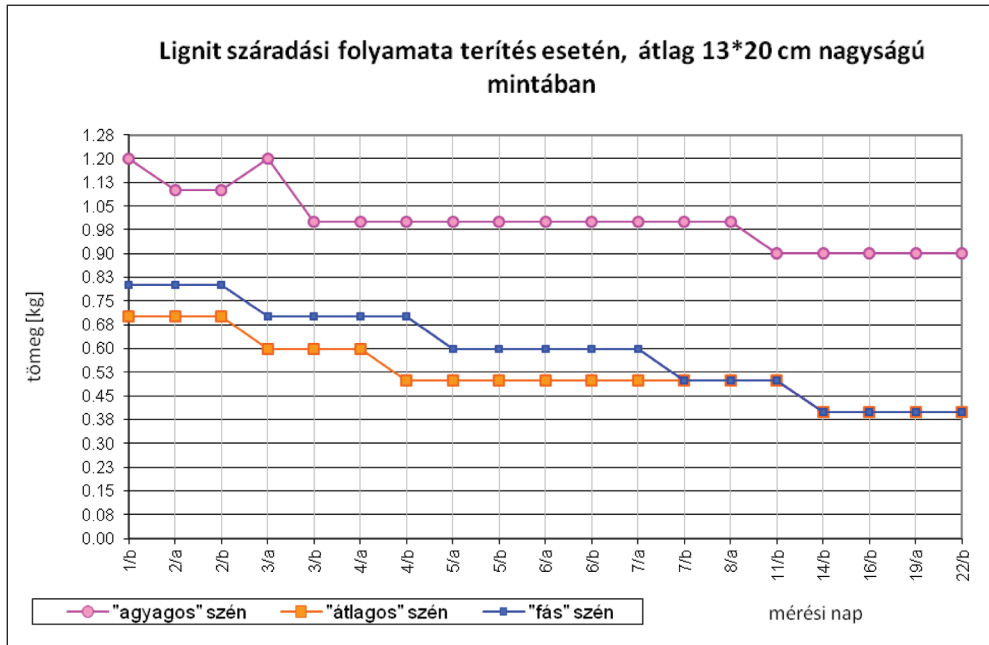
1. A *fás* és *átlagos* szerkezetű szenek nagyobb mértékű tömegvesztéseget (nedvességcsökkenést) produkálnak egységnyi idő alatt az *agyagos* szerkezetűhöz képest.
2. A szenek tömegének/nedvességtartalmának csökkenési folyamata rövid időn belül bekövetkezik, a nagyobb mértékű tömegcsökkenés a procedúra első szakaszában zajlik le, illetve a szakaszok nem különíthetők el élesen, folyamatosság várható el.
3. A szenek tárolási módjára vonatkozó előzetes elvárásom az volt, hogy a kiterített tárolási mód jár a legnagyobb tömeg-/nedvességcsökkenéssel, az elzárt (zsákos) tárolási mód pedig a legkisebbel.

Az előzetesen felállított hipotézisekhez képest a következő lényegi eredményekre jutottam.

1. A lignit víztartalmának és az anyag tömegének kapcsolati elemzése során kapott eredmények azt igazolják, hogy mindhárom szénmintánál kb. 25%-ot meghaladó tömegcsökkenés ment végbe a vizsgálat első periódusában. A *fásabb* szerkezeti kialakítású lignitminták esetében az idő előre haladtával a második periódusban nagyobb mértékű tömeg- ezzel együtt nagyobb arányú víztartalom-csökkenés volt megfigyelhető, mint a másik két minta esetében. Amint az 1. diagramon jól látható, a harmadik periódusban újra



egy nagyobb nedvességtartalom-vesztés történt, majd a folyamat ezután nem változott jelentősen. A három szénminta vizsgálati ideje alatt zárt széntér-kialakítást alkalmaztam, ahol a hőmérsékleti és páratartalmi viszonyok közel azonosak voltak a mérési periódus során. A zárt széntárolási módszer ezekből fakadóan hozzásegít azon időpont könnyebb meghatározásához, mikor a tárolási folyamat végeztével a lignit eléri a felhasználási feltételeknek megfelelő állapotot. Reflektálva az előzetesen felállított hipotézisemre, a diagramról leolvasható, hogy a *fás* és *átlagos* szerkezetű szenek nagyobb mértékű nedvességcsökkenést produkáltak az agyagos szerkezetűhöz képest.



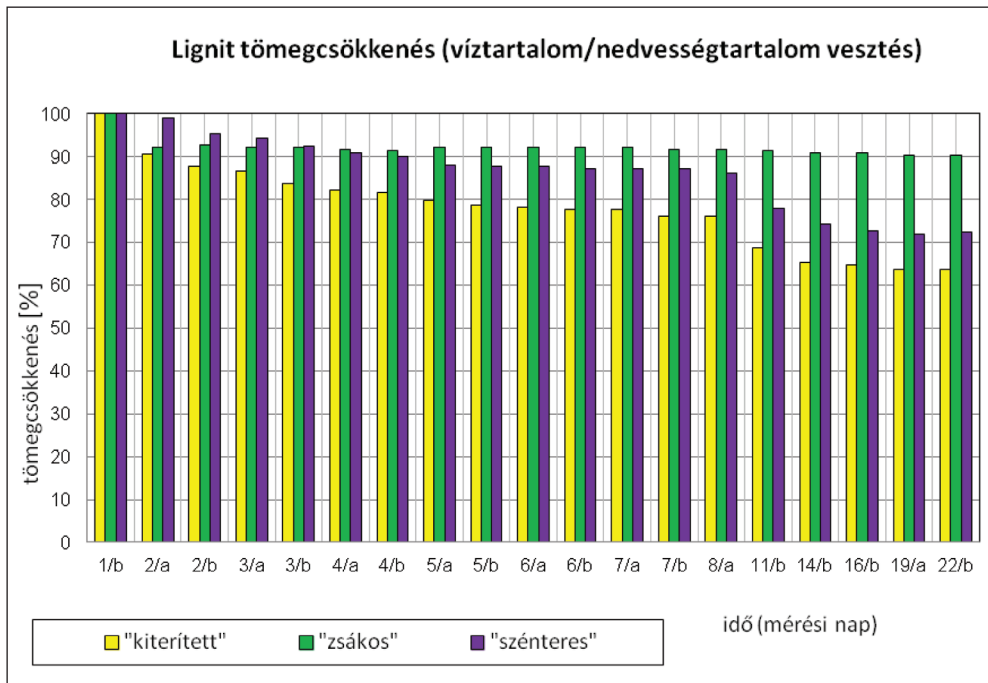
1. diagram: Vizsgált lignitminta száradási folyamata (saját szerkesztés)<sup>18</sup>

2. Meghatározó tényező lehet a földtani társulások kiszámíthatóságán túlmenően, hogy a tárolási és későbbi széntéri homogenizálási folyamatoknál célszerű külön kezelni, ezzel együtt nagy hangsúlyt adni a különféle anyagbeli társulásoknak. Ezek víztartalmának elvesztése és tárolási módszere ugyanis befolyással lehet a folyamatra. A gyakorlatban ennek megvalósítása azonban sajnos szinte teljességgel lehetetlen, mivel a kotrógépek együtt, keverten szedik ki a fás, agyagos és átlagos minőségű lignitet. Az *átlagos* szénminta vizsgálata során megállapítottak szerint a kísérleti szakasz első periódusában, az első 24–48 órában nem volt lényegi változás a tömegben (ami az 1. diagramból is jól látszik), majd a második 48 órában tömegvesztés, ezzel együtt jelentősnek mondható víztartalom-

<sup>18</sup> Megjegyzés: egy mérési napon belül 2 mérés történt, ezeket „a” és „b” jelöli. Itt „a” átlagosan a 10:00-12:00-ig terjedő időszakot, „b” pedig a 20:00-22:00 óra közötti intervallumot jelenti.

vesztés volt tapasztalható. Érzékeltethető, hogy energetikailag és biztonságtechnikailag ilyen vagy ehhez hasonló minőségű lignit esetén a tárolás a vizsgálat második szakaszában biztosítottnak mondható, mert az a környezetét nem veszélyeztetné a hirtelen anyagbeli vagy szerkezeti változással, és így biztos módon lenne tárolható. A folyamat során ezek után nagyobb mértékű változás csak a következő hosszabb periódus után, a 264. óránál volt. Így az előzetes elvárásom, miszerint egyenletes módon indul be a nedvességtartalom csökkenése, nem igazolódott be, hiszen az szakaszos módon, leegyszerűsítve két fázisban valósult meg.

3. A három különféle tárolási eseténél („szénteres”, „elzárt”, „kiterített”) az idő függvényében figyelhető meg a tömeg- és víztartalom-csökkenés. A második diagramon látható változásokból leszűrhető, hogy – az előzetes elvárásoknak megfelelően – a kiterített tárolási mód jár a legnagyobb mértékű nedvességcsökkenéssel, illetve az elzárt, zsákban tárolt eljárásnál a legkisebb mértékű a csökkenés. A tárolás módjával tehát összefüggésbe hozható a száradás, továbbá az időjárás adatok befolyásoló hatásán túl (pl. páratartalom alakulása) látható az is, hogy fedett széntér alkalmazásával milyen mértékű tárolási időtartammal lehet vagy érdemes kalkulálni a tüzelésre továbbított vizsgált lignitminta esetében. Ezekből arányosan következhet, hogy előre számítható módon tudjuk jelezni a leginkább kedvező tüzeléstechnikai paraméterek alakulását, nem utolsósorban az öngyulladás jelenségére, elkerülésére is odafigyelve.



2. diagram: Vizsgált lignitminta nedvességtartalom-vesztése (saját szerkesztés)

A kutatási megfigyelésem során különböző időpontokra szétosztva a kísérleti sorozatot, szemléltető ábrákat is készítettem, amelyek a vizsgált lignitminta kiszáradási és nedvességszökkentő folyamatait hivatottak szemléltetni. Egymástól független, előre nem meghatározott időpontokat kiválasztva készítettem képeket a három vizsgált szénmintáról. Az 5. ábrán látható, hogy milyen alakbeli (kisebb mértékű), illetve külszíni és felületi szerkezeti változások (nagyobb mértékű) következtek be a kísérleti periódus alatt. A megfigyelés 1., 6., 11., 12., 16. és 20. napján készült felvételek mutatják a folyamat előrehaladtával végbement változásokat. Az első szembetűnő változás a szín és a felületi szemcse alakulásában mérhető, míg a másik a 3 különféle (*átlagos szén, fás szén, agyagos szén*) összetételű anyag méreteiben történt. Itt is igaznak bizonyult, hogy az azonos mintavételezési helyeken belül az anyagbeli és szerkezetbeli változásokban is közrejátszik az adott lignitdarab földtani kialakulása miatti nedvességtartalom alakulása az idő függvényében. A kezdeti és végfázisban kialakult különbségek is igazolták, hogy az arányokhoz mérten a legkisebb méretbeli és ezzel együtt nagyságbeli változás az *agyagos szén*, míg a legnagyobb mértékű módosulás a *fás szén* esetében jött létre.

A szenek kora és az anyagukban lévő összetétel alapján általánosságban igaz, hogy ha egy széntípus „fiatalabb korú”, úgy magasabb nedvesség-/víztartalommal bír, fűtőértéke pedig alacsonyabb mértékű. A nedvességtartalom fogalma alatt kétféle típust különböztetünk meg: ezek a durva nedvesség (bányanedvesség) és a higroszkópos (adszorpciós, kapilláris) nedvesség. Durva nedvesség vizsgálatánál, amelynél a szén szobahőmérsékleti állapotát vizsgáljuk, a szenet kiterítik és állni hagyják. A durva nedvesség a légszáraz állapotot elérve távozik a mintából, míg a higroszkopikus nedvesség egy bizonyos hőmérsékleti tartományon, 105 °C hőmérsékleten tartással és szárítással vész csak el. Vizsgálatom során én is ezen megállapítási tényezőkre is alapoztam.<sup>19</sup>

Ezekből a kísérletekből is megállapítható volt, hogy az itt előforduló kőszéntársulások nedvességtartalmának elvesztése a vizsgálati periódus első negyedére (első 5 nap) esett. Ebből következően a már korábban is részletezett széntárolási megoldások javasolhatók a későbbi kedvezőbb tüzelési folyamatok eléréséhez, így a „főlöleges energia” befektetésének (amit a szén nedvesség-/víztartalmának csökkentésére kell fordítani) elkerüléséhez.

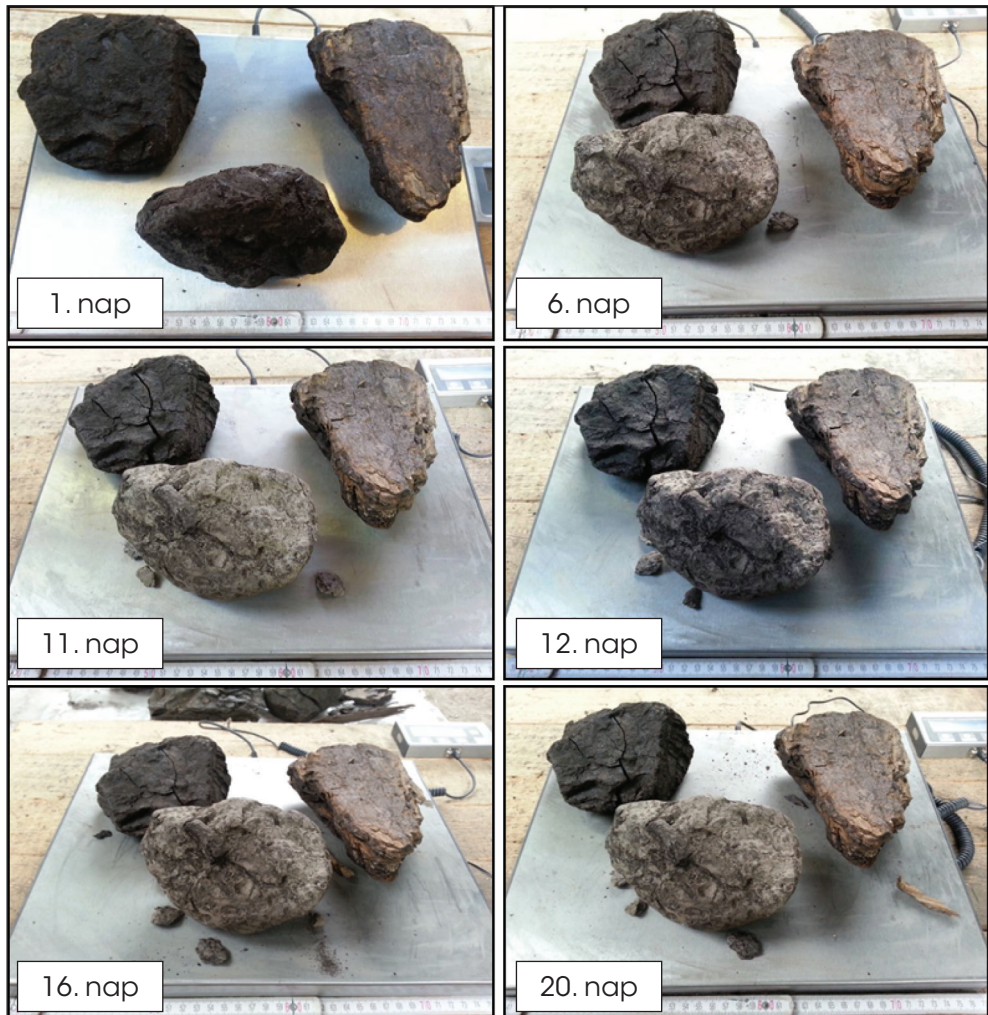
---

## A kutatás eredményeinek hasznosítása: következtetések

---

A kutatás eredményei, a meghatározott összefüggések, a lignit bányászata utáni fizikai és kémiai szerkezet (elsősorban a nedvességtartalom alakulása) változása az idő függvényében lehetőséget nyújtanak a szénerőművek tüzelőanyag-ellátásának optimális megvalósíthatóságára.

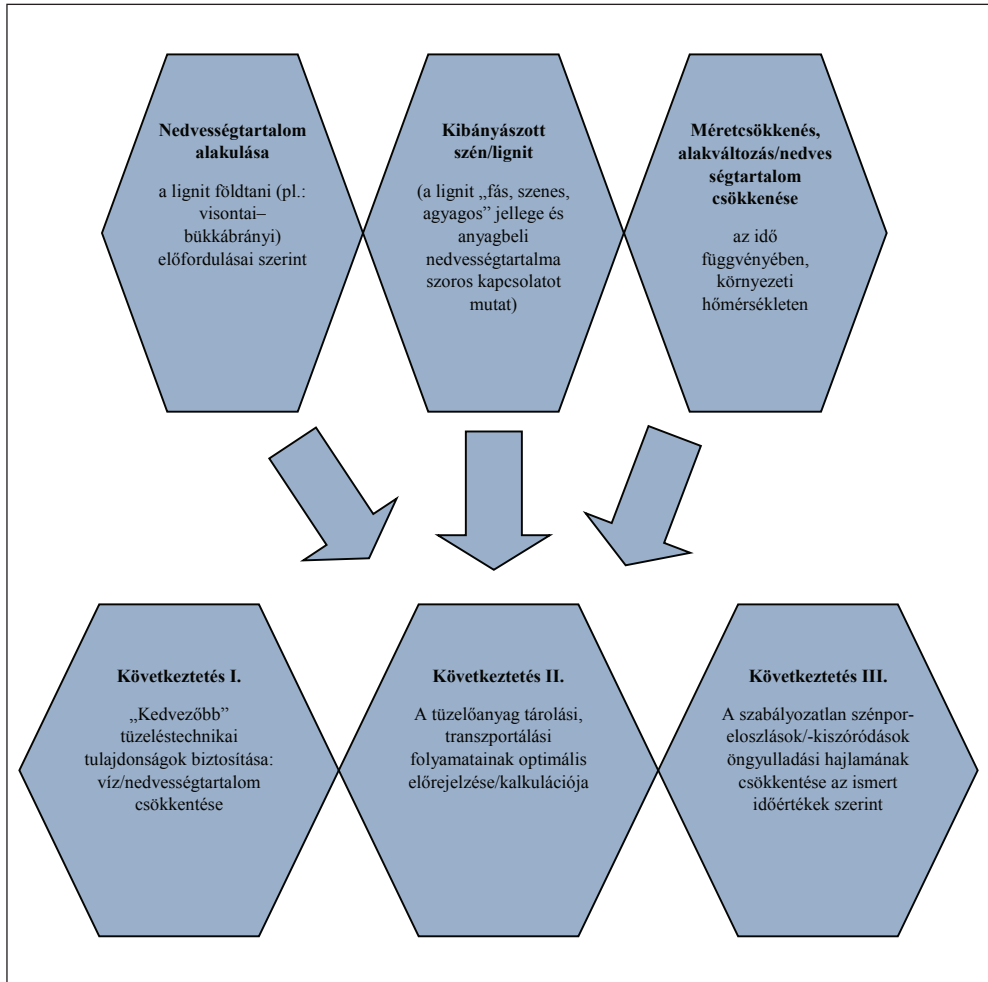
<sup>19</sup> [ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/energetika...Energiahordozók/szén.pdf](http://ftp.energia.bme.hu/pub/energetika...Energiahordozók/szén.pdf) (letöltés ideje: 2014. 04. 10.)



5. ábra: Vizsgált lignitminták fizikai változását szemléltető ábra (saját szerkesztés)

gára mind a biztonságos ellátás, mind pedig a tüzelőanyag tüzeléstechnikai paramétereinek maximális és lehető legoptimálisabb hasznosítása érdekében. Ezzel elősegíthető a tüzelési és anyagtranszport-folyamatok maximális, a környezet és technológia adta biztonságos ellátása, és nem utolsósorban a tüzelési folyamaton belüli, a lignit nedvességtartalom-csökkentéséhez szükséges „főlős” energia-befektetés elkerülése is. Az anyag környezeti hőmérsékleten való változása, azaz nedvességtartalmának elvesztése is megfigyelhető volt a kísérletek során. Ezen témakör hasznosítási lehetőségeit a szállítás során kialakult, finom szemcse nagyságú és szabályozatlan eloszlású lignitpor öngyulladás hajlamának kérdéskörénél látom leginkább. Emellett pedig lényeges szempont a szállítórendszerek mellett a zárt széntéren lévő szénmennyiség biztonságos tüzelési-tárolási tulajdonságainak előrejelzésénél is.

Az alábbi ábrán – a visontai és bükkábrányi szeneken (vizsgált lignitminta) történt elemzésem alapján – az általam legfontosabbnak ítélt következtetéseket szemléltetem.



6. ábra: Anyagáramlási folyamatok fejlesztési javaslatjai (saját szerkesztés)

A 6. ábrán látható, melyek azok az input tényezők, melyeket kiemelten kezeltem a következtetések levonásánál, annak függvényében, hogy milyen hatással vannak a lényeges fejlesztési következtetésekre. Ennek megfelelően fontosnak tartottam kiemelni a nedvességtartalom alakulását, amelyet meghatároznak a szénfajta földtani tulajdonságai is, ezáltal lényeges, hogy milyen bányaterületről származó, milyen idős szenet vizsgálunk. Emellett szintén központi kérdés a kibányászott szénfajta kőzettani összetétele is, amely az előző ponttal szoros összefüggésben áll. Jelen kutatási projektem során egy mintavételezésen belül is megkülönböztettem három széntípust, annak agyagos, fás vagy inkább

szenes mivolta alapján. Ezen tényezők és jellemzők pedig szoros összefüggésben állnak a nedvességtartalommal, ezáltal a száradási folyamattal. A harmadik lényeges szempont a különböző szénfajták méret-, alakváltozása és nedvességtartalom-, valamint tömegcsökkenése az idő függvényében, a különböző időjárási viszonyoknak kitéve.

Ezen három pont alapján három lényegi javaslatot foglalkok össze:

- Fontos, hogy a tüzelőanyag kiválasztásával is kedvező körülményeket biztosítsunk az égéshez, így fenn kell tartani a szén megfelelő szárazanyag-tartalmát, különböző módszerekkel csökkenteni kell a nedvességtartalmat a hatékony égés elérésének érdekében.
- Emellett lényeges az is, hogy előzetes kalkulációk és előrejelzések alapján kell betervezni a szénkészletek betárolását és a szállítási folyamatok optimalizálását. Nemcsak a változó igények reális kielégítése fontos, de a felhalmozott szén megfelelő szárazságának elérése és a tárolók kapacitásának előrejelzése is, logisztikai okok miatt. A tárolók kérdése az energetikai biztonság szempontjából is lényeges, mivel például egy szállítószalag-rendszer meghibásodására felkészülve nagyobb termelésekiesést kerülhetünk el megfelelő mennyiségű szénkészlet betárazásával.
- Végül, de nem utolsósorban pedig nem elhanyagolható az sem, hogy folyamatosan monitorozni kell a szabályozatlan szénpor-eloszlások/-kiszóródások öngyulladásai hajlamát és annak csökkentési lehetőségeit. A biztonságos energiatermelés rendkívül fontos szempont, így a szénpor-robbanások és a nagyobb tüzesetek elkerülése mindenképp vizsgálandó kérdéskör bármilyen széntüzelésű erőmű életében.

---

## Összegzés

---

Tudományos munkám során anyagtudományi szempontból vizsgáltam a szenek egy altípusát, a Mátrai Erőmű bányavidékein található lignitet annak függvényében, hogy egyes jellemzőivel és különböző szempontokból szemlélve milyen hatással vannak a tulajdonságai az erőműves felhasználás során a biztonságos energiatermelésre.

Ennek megfelelően a kutatásom hazai és idegen nyelvű szakirodalom feldolgozásával indul: így a munka során bemutatom a szenet, annak kémiai és fizikai tulajdonságait ismertetve, illetve általánosságban a világ gazdasági és energetikai életében elfoglalt helyét. Az általánostól a konkrétig elvet követve előbb a nagyvilágban általában előforduló szeneket és azok csoportosításait mutatom be, majd ezután térek rá a Mátrai Erőműben elégetett lignit elemzésére és részletezésére. Előbb az erőműben már megtalálható korábbi kutatások szekunder eredményeit dolgoztam fel, ami jó összehasonlítási alapot adott a következő részhez, önálló, primer kutatásomhoz. Ennek során három héten keresztül vizsgáltam különböző tárolási módokat, modellezve az erőmű bányaterületeiről kapott kísérleti lignitet.



A mérési sorozat az előzetes várakozásaimmal nagyrészt megegyező eredményeket hozott: így elmondható, hogy lényeges szempont a lignit felhasználása, tárolása és szállítása során az időjárás befolyásoló szerepe, a tárolás módja, a szén nedvességtartalma és annak csökkentése, a szén kora és maga a szén anyagbeli adottsága, azaz hogy milyen szerves vegyületek találhatóak benne nagyobb arányban.

A jövőre tekintve pedig ezeken túlmenően olyan következtetéseket vontam le, amelyek elősegítik az erőmű biztonságos működését és az optimális energiaellátást. Többek között kiemeltem a szén nedvességtartalmának fontosságát az égési hatékonyság szempontjából, de abból az aspektusból is, ami a tárolás során fellépő szénporrobbanási kérdéseket veti fel. Fontosnak tartom még az előzetes kalkulációkat a szénkészletek tervezéséről, a szállítási és tárolási kérdésekről, így elkerülhetők a termelés kiesések.

Összességében elmondható, hogy rendkívül tanulságos volt a projekt, hiszen egy apró szénmintán modellezhettem egy egész bánya és erőmű működését, és vonhattam le olyan következtetéseket, amelyek valóban hozzájárulhatnak a gondos és biztonságos, hatékony energiatermeléshez.

## Irodalomjegyzék

1. Mátrai Erőmű Zrt. hivatalos honlapja, belső dokumentációs listája, <http://www.mert.hu/hu>
2. Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Selmechánya: hazai ásványi nyersanyagaink hasznosítási lehetőségei. Budapest, 2013. Össze-foglaló tanulmány, 10. o.
3. Vadász Elemér: Kőszénföldtani tanulmányok. Dunántúl. Pécsi Egyetemi Könyvkiadó és Nyomda Rt., 1940. 5. o.
4. Radovic: Energy and Fuels in Society. Chapter 7, The Global Value of Coal. Working Paper, 2012.
5. <ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/energetika...Energiahordozók/szén.pdf>
6. Mátrai Erőmű Zrt. által végzett korábbi mérések és kutatások, 2011.
7. Konzultációs beszélgetések, Kissné Mezei Ágnes, Mátrai Erőmű Zrt., Visonta.
8. Bányászati és Kohászati Lapok, 2001. szeptember–október, 134. évfolyam 6. szám. Ásványvagyon-gazdálkodás a visontai és a bükkábrányi bányaterületeken (Kissné Mezei Ágnes, Mátrai Erőmű Zrt. Visonta, Madai László).
9. Széntípusok rangsora és tulajdonságai, [www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-szenti-typusok.html](http://www.feketeszen.info/dokumentum-letoltese/3-szenti-typusok.html)
10. The global value of coal. Working paper. OEC/IEA 2012.
11. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, 128. évfolyam, 3. szám. Varga József (Mátraaljai Szénbányák, Gyöngyös): A visontai lignitminták nedvességének kísérleti mérései mikrohullámú berendezésekben. 230. o.

## Material and Combustion Technology Analysis of Lignites

ZELE BALÁZS

This present scientific work has been done with the aim of writing a comprehensive research project. The self-assessment process helped me to make development proposals contributing to a safe and efficient energy supply. After reviewing the Hungarian and international literature on the general characteristics of coals, I

gradually came to demonstrate the characteristics of the coals in the Mátra Power Plant mining area. During a three-week measurement project, I made different analysis on the different lignite samples from the mines of the power plant. These measurements completed my experiences in the plant and the literature materials, so with these points I could highlight such development issues, which must be considered in order to improve the effective and safe engineering of the plant.

**Keywords:** safe energy production, lignite storage methods, material science examination of lignite-aged coals, avoidable production loss