

dr. GAGYI PÁLFFY ANDRÁS, dr. JÁVOR ALAJOS, KÁRPÁTY LÓRÁNT, KREFFLY GÁBOR, dr. MARTOS FERENC, PÉCZELY ANTAL, PODÁNYI TIBOR, RADÓ ALADÁR, dr. RADÓ ANTAL, STOLL LÓRÁNT, SZÉKELY LAJOS, dr. TARJÁN GUSZTÁV, TETTAMANTI TIBOR, dr. TÓTH MIKLÓS, VANKÓ RICHÁRD

Budapest V., Szabadságtér 17., III. em. 306
Telefon: 127-084, 318-926

A bányászati koncentráció gazdaságosságának elvi alapjai

Dr. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, a műszaki tudományok doktora, Kossuth-díjas és Állami Díjas egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja (Nehézipari Műszaki Egyetem, Miskolc)

A szerző azt vizsgálja, hogyan viszonylik az egyáltalán megvalósítható bányászati koncentráció a gazdaságilag optimális koncentrációhoz.

A koncentráció gazdaságilag akkor optimális, ha a fajlagos költség a legkisebb.

Megállapítható, hogy általában — különleges esetektől eltekintve — a gazdaságilag optimális koncentráció nem kisebb az egyáltalán lehetségesnél.

Napjaink szénbányászatának egyik legjellegzetesebb vonása az üzemkoncentrációra való törekvés. Jelenti ez egyrészt a nagyteljesítményű munkahelyek kialakítását, másrészt pedig azt is, hogy a munkahelyek a lehetséges legkisebb területen helyezkedjenek el. Ez a törekvés szerves része a nagykapacitású üzemek telepítésének. A két törekvés egyazon elvre épül: az aknaüzemi termelési kapacitás és a munkahelyi koncentráció növekedésével növekszik a termelékenység, ennek megfelelően csökken a fajlagos termelési költség.

A nagykapacitású üzemek telepítésének és ezen belül az üzemkoncentrációnak előnye az ipar minden területén, így a bányászatban is, már régóta ismert. A felismerés még egymagában nem jelent megoldást, hiszen a megvalósításnak természeti, társadalmi, műszaki-technikai előfeltételei vannak. A bányászatban a természeti előfeltételt a megfelelő ásványi előfordulás jelenti, a társadalmi előfeltétel alatt az igényt értjük, a műszaki-technikai előfeltétel pedig akkor van meg, ha rendelkezésre állnak azok a technikai eszközök és berendezések, amelyek egyrészt a nagy kapacitás, másrészt az üzemkoncentráció kialakításához szükségesek.

Csak a műszaki-technikai előfeltételeket tekintve a nagykapacitású bányászati üzemek telepítése akkor vált és válik lehetségessé, amikor rendelkezésre álltak, illetve fognak állni a nagyteljesítményű szállítóberendezések. Gondolunk a nagyteljesítményű aknaszállításra, a folyamatos szállító-

berendezésekre, elsősorban a gumiszalagokra, vagy a hidraulikus szállításra. A munkahelyi koncentráció megvalósításában az előfeltétel megteremtésének szükségességét talán leginkább a frontfejtés példázza. Folyamatos szállítóberendezés, rázócsúszda, láncosvonszoló nélkül a frontfejtés nem jöhetett volna létre az enyhébb dőlésű telepeken.

Az üzemkoncentráció természetesen nem fokozható minden határon túl, mert objektív korlátai is vannak. Most nemcsak a természeti korlátokra gondolunk. Egészen természetes, hogy a koncentráció foka függvénye az előfordulás gazdagságának, a kőzet-, gáz-, vízviszonyoknak stb. Korlátot szabhatnak azonban a kötelező biztonsági tényezők is, a törvényben megszabott követelmények, pl. légosztályok.

A bányászatnak régi mutatója az időegységben az aknamező felületegységéről kitermelt ásványmennyiség. Dimenziója 10^6 t/km², év vagy t/km², nap. Bár ez a fogalom eléggé elterjedt és közismert, mégis közelebről kell vele foglalkozni, elsősorban az értelmezést illetően.

A német irodalom ezzel a mutatóval méri az aknamező kihasználásának fokát. Ilyen értelemben ehhez a mutatóhoz úgy jutunk, hogy az aknaüzem napi vagy évi termelését (t/nap vagy 10^6 t/év) elosztjuk az aknamező kiterjedésével (km²). A nevezőben tehát nem az éppen nyitvalevő terület, hanem az egész aknamező területe szerepel. Ezzel szemben beszélhetünk a területkihasználás fokáról, amikor a nevezőbe az éppen nyitva levő terület kerül. Ennek az utóbbinak a megállapítása elég körülményes, mert annak megítélésében, hogy mi legyen az éppen nyitva tartott terület, a szubjektív megítélés hatása elkerülhetetlen.

A kétféleképpen értelmezett mutatószám között nagyságrendbeli különbség is lehet. Ennek érzékeltetésére talán elég annyit megemlíteni, hogy

a Ruhr-vidéken az 1950-es években az aknamezőkihasználás mutatója 400 t/km^2 , nap volt átlagosan, amikor a két szélső érték 100 t/km^2 , nap- és 1200 t/km^2 , napnak mutatkozott. Ugyanakkor tudnunk kell azt is, hogy a Ruhr-vidéken a település termelékenysége $12\text{--}25 \text{ t/m}^2$ közötti érték. A második fogalmazás szerinti mutatóra — sajnos — nincsenek számszerű értékeink, de így is érzékelhető, hogy ennek lényegesen nagyobbak kell lennie.

A területkihasználás foka több tényező függvénye. Ezek közül a legdöntőbbek a település termelékenysége és tektonikája, valamint a telepek gázossága. Lényeges szerepe van még a kőzetmechanikai viszonyoknak: annál nagyobb lehet a kihasználás foka, minél nagyobb a mellékkőzetek szilárdsága, és minél inkább vékonyados a fedőkőzetek rétegződése. Természetesen lényeges a településnek nemcsak vertikális, de horizontális kiterjedése is.

Az egyes tényezők részletükben is tovább elemezhetők, de erre különösebben nincs szükség, mert szerepük egyszerűen egyértelmű: annál inkább növelhető a területkihasználás foka, minél nagyobb a település termelékenysége, tektonikailag minél nyugodtabb a terület, minél kisebb a telepek gázossága, minél inkább hajthatók ki és tarthatók fenn nagyobb szelvényű folyosók, minél gyorsabban következik be a fedőkőzetek teljes omlása, és végül minél nagyobb lehet a nagyszélességű fejtések kifizetési távolsága.

A természeti lehetőségek adta és a biztonsági követelmények által megszabott határokon belül a megvalósítandó üzemkoncentráció nagyságrendjét illetően különböző felfogások lehetnek. Az egyik ilyen felfogás abból indulhat ki, hogy a folyosók szelvényének növelésében is minden esetben van egy felső határ, és ezt nem kivételezés lehetősége szabja meg, hanem a gazdaságosság. Természetesen a felfogás helyes vagy helytelen voltát konkrét vizsgálattal lehet csak eldönteni.

Az üzemkoncentráció fokozása régebben inkább, ma már kevésbé azért is ütközött ellenállásba, mert az üzemzavarok, természeti csapások az üzem termelésének rendszerint tekintélyes részét érintik. A technikai berendezések fejlődése, tervszerű karbantartásuk ezt az ellenállást egyre inkább megszünteti.

Az előzmények után térjünk rá az üzemkoncentráció előnyeinek és hátrányainak konkrétabb megismerésére.

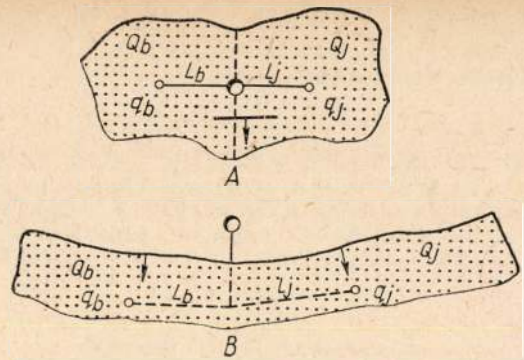
Az 1. ábrán alapvetületben egy laposdőlésű előfordulás (A) aknamezője és egy meredek dőlésű előfordulás (B) szintmezője látható. Az előbbinél táblás, az utóbbinál szintműveléses rendszerben folyik a bányászkodás.

Tételezzük fel, hogy az egyik változat szerint egyszerre mindkét szárnyon folyik a bányászkodás, a másik változat szerint először az egyik szárnyon, majd a másikon. q_b, q_j, q jelentse az évi átlagos termelési mennyiségeket, L_b, L_j, L a súlyponti távolságokat, Q_b, Q_j, Q a kitermelhető ásványvagyon, amikor:

$$q_b + q_j = q$$

és

$$L_b Q_b + L_j Q_j = LQ.$$



1. ábra

q_b, q_j, q dimenziója t/év , $L_b Q_b, L_j Q_j, LQ$ dimenziója pedig tkm .

Egyelőre tekintsünk el annak vizsgálatától, hogy a felvett modell gyakorlatilag megvalósítható-e vagy sem, illetve milyen megszorításokkal váltható valóra. Célunk vele ugyanis mindössze annyi, hogy érzékeltessük a két változat üzemi fajlagos költségének viszonyát. Erre a célra a felvett modell megfelelő.

Az üzemi költség regressziós függvényét már ismerjük [2]:

$$K_b = b q^v L^\omega,$$

ahol K_B évi vagy havi üzemi termelési költség, a b, v, ω pedig regressziós eljárással meghatározható koeficiens, illetve kitevők.

Ha a megfelelő q -értékekkel osztunk, fajlagos költséget kapunk. Ennek megfelelően az első változatban a fajlagos költség:

$$k_1 = \frac{b_b q_b^{v_b} L_b^{\omega_b} + b_j q_j^{v_j} L_j^{\omega_j}}{q}$$

a második változatban pedig:

$$k_2 = b q^{v-1} L^\omega.$$

A könnyű és szemléletes összehasonlítás érdekében legyen

$$q_b = q_j; \quad Q_b = Q_j = \frac{Q}{2}; \quad L_b = L_j = L$$

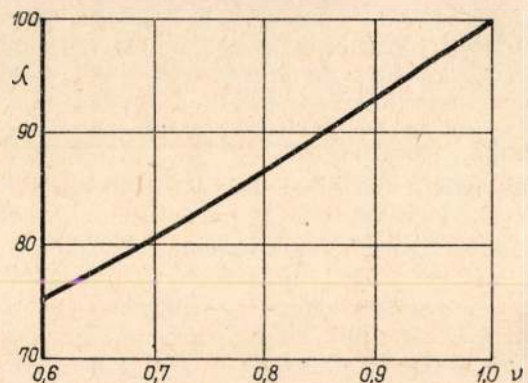
továbbá $v_b = v_j = v$ és $\omega_b = \omega_j = \omega$.

Így

$$k_1 = 2^{1-v} q^{v-1} L^\omega.$$

Legyen

$$\lambda \% = 100 \frac{k_2}{k_1}$$



2. ábra

$$\lambda\% = 100 \cdot 2^{r-1}$$

Ez az összefüggés százalékosan fejezi ki a fajlagos költségek viszonyát, ha a leírt egyszerűsítő feltételek mellett az üzemenkénti koncentráció foka megkétszereződik. A 2. ábra a fajlagos költségviszonyt mutatja a r kitevő függvényében. Mivel a r -érték a hazai viszonyok mellett 0,7 körül mozog, azért a fajlagos költség 80–85%-ra csökken. Egyébként a levezetés nélkül is látható, hogy minél kisebb a r , a százalékos eltérés annál nagyobb. Természetesen, ha $r=1$, akkor $\lambda=100\%$, azaz ebben a különleges esetben a koncentráció fokozása nem jelentene fajlagos költségsökkenést.

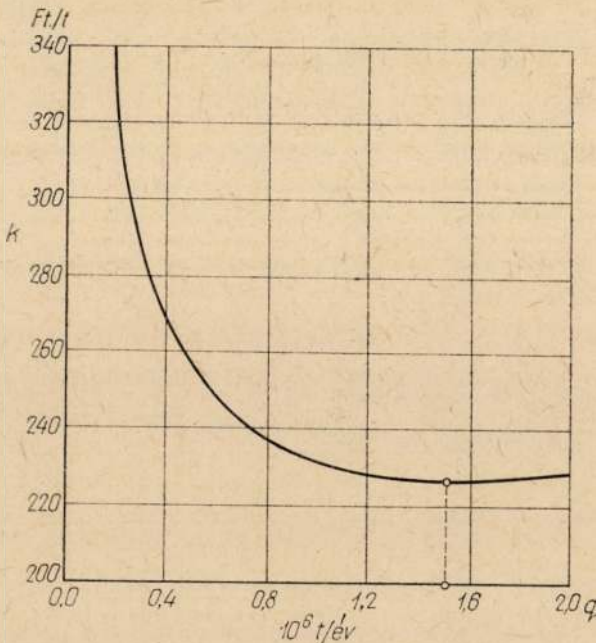
A bemutatott egyszerű modellel csak érzékelteni akartuk a koncentráció növelésében rejlő költségsökkenő hatást. Természetesen az egyszerűség kedvéért nem lehetünk tekintettel arra, hogy a koncentráció növelése többletkiadással jár. Ez elsősorban a nagyobb szállítási és légellátási kapacitás következtében áll elő, mert egyrészt nagyobb vágatszélvényre, másrészt pedig nagyobb teljesítményű beépített szállítóberendezésre van szükség.

A részben beruházás jellegű fajlagos költség a termelési kapacitás függvényében fejezhető ki a

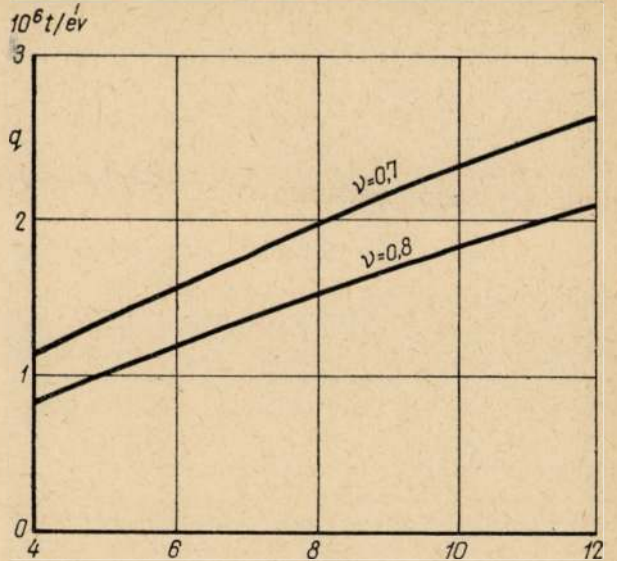
$$k_c = cq^p$$

összefüggéssel, ahol k_c az egységnyi mennyiségű kitermelhető ásványvagyont feltárásához, előkészítéséhez szükséges beruházás jellegű fajlagos költség, dimenziója Ft/t. Természetes, hogy egy meghatározott előfordulásban ez a fajlagos költség szoros összefüggésben van a terület (bányamező, fejtési terület) termelési kapacitásával, az üzemenkénti koncentráció fokával. Így most már ezzel a fajlagos költséggel kiegészítve az előbbit, írhatjuk:

$$k = k_B + k_c = bq^{r-1}L^w + cq^p$$



3. ábra



4. ábra

A függvénynek szélsőértéke van, ha

$$\frac{dk}{dq} = (v-1)bq^{v-2}L^w + pq^{p-1} = 0$$

Mivel v, p, b, c, q, L pozitív értékek, azért a második differenciálhányados tanúsága szerint a függvénynek ezen egyenlet által megszabott helyén minimuma van, azaz

$$q_{opt} = \left(\frac{1-v}{p} \frac{b}{c} L^w \right)^{\frac{1}{p-v+1}}$$

Nézzünk meg egy számszerű példát. Legyen az üzemenkénti költségek regressziós függvénye $K_B = bq^r L^w = 200 q^{0,7} \cdot 0,5^{0,1}$, ahol a q dimenziója 10^6 t/év, az L dimenziója km. Legyen továbbá a feltáráshoz, előkészítéshez szükséges fajlagos költség regressziós függvénye $k_c = cq^p = 45 q^{0,8}$, ahol q dimenziója ismét 10^6 t/év.

Ezeknek megfelelően:

$$q_{opt} = \left(\frac{0,3}{0,8} \frac{200}{45} \cdot 0,5^{0,1} \right)^{\frac{1}{1,1}} \approx 1,5 \cdot 10^6 \text{ t/év}$$

A 3. ábrán a fajlagos költség függvényét ábrázoltuk, amikor

$$k = \frac{186,6}{q^{0,3}} + 45q^{0,8}$$

A gyakorlatban a függvény ábrázolása mindig célravezető, mert a fajlagos költség alakulása így szemléletes. Általában ezekre a görbékre az a jellemző, hogy a q növekedésével a k kezdetben rohamosan csökken, az optimum környékétől kezdve pedig ellaposodnak.

A feltett kérdésre választ adni tehát mindig csak konkrét esetben lehet. Annyi azonban általános érvénnyel is megállapítható, hogy az optimális koncentráció viszonylag mindig nagy, rendszerint eléri, sőt meg is haladhatja az egyáltalán lehetségeset. Az $1-v$ érték ugyanis 0,3–0,2 körül, a p -érték 0,7–0,8 körül van, a $\frac{b}{c}$ viszony már

változatosabb lehet, és kb. 4—12-ig terjedhet. Ilyen értékek mellett pedig az optimális kapacitás, illetve koncentráció viszonylag nagy. Ha még azt is tekintetbe vesszük, hogy az optimum környékén a fajlagos költség változása kevésbé számottevő, akkor általában — különleges esetektől eltekintve — az optimális koncentráció nem kisebb az egyáltalán megvalósíthatónál.

A 4. ábrán a q_{opt} változását láthatjuk a $\frac{b}{c}$ viszony függvényében, ha $v=0,7$ és ha $v=0,8$. A q -értéket és az L^w -értéket mindkét esetben 1-nek vettük, megtehettük ezt, mert ezzel a fenti állítás helyességét nem számottevően és nem félrevezetően torzítjuk. Ha $q=1$, akkor a beruházás jellegű költség a koncentrációval lineárisan változik, márpedig a gyakorlat ennél általában kedvezőbb. Mivel az ω -érték közel áll a 0-hoz, azért az L^w gyakorlatilag közel áll az 1-hez. A diagrafból is látható, hogy az optimális koncentráció általában nagy, a különleges esetektől eltekintve.

Különlegesnek lehet számítani például azt az esetet, amikor a település termelékenysége viszonylag nagy, ezzel szemben a nagyobb mélységben fekszik, és a kőzetek rendkívül kicsi szilárdságúak. Ilyenkor az egyáltalán megvalósítható koncentráció ugyanis nagy, de a rossz viszonyok miatt a folyosók építése és fenntartása nagyobb szelvényben rendkívül költséges.

A $K_B = bq^r L^w$ függvény előállítására regressziós úton történik. Vele közelebből nem is foglalkozunk, mert az előállítás módszere az irodalomból már bőven ismert [2].

A $k_C = cq^p$ fajlagos költségfüggvény szintén előállítható regressziós eljárással. Megnehezíti ezt azonban az a körülmény, hogy lényegesen kevesebb üzemi adat áll rendelkezésre, mint K_B -függvény esetében. Ezért a k_C -függvény megalkotásánál meg kell engednünk, hogy a regresszióba kalkulatív adatok is, sőt esetleg csak kalkulatív adatok kerüljenek be. Ebben az esetben viszont a kalkuláció erősen megbízható, mert a bányauzemekben elégséges olyan tapasztalati vagy tényadat áll rendelkezésre, amelyek segítségével a kalkuláció viszonylag gyorsan és egyszerűen végezhető el. A k_C -függvényt gyakorlatilag minden egyes bányauzemre, sőt bányamezőre, esetleg fejtési területre külön kell meghatározni, más szóval a k_C -függvény mindig egy meghatározott, zárt tartományra vonatkozik. Előállításához ismerni kell a tartomány (bányamező, fejtésterület) kitermelhető ásványvagyonát (Q), a tartományon belül kihajtandó feltáró és fejtéselőkészítő vágatok hosszát. A vágatok kihajtásának költségét különböző koncentráció fokoknak megfelelően kalkuláljuk, ami annyit jelent, hogy a különböző kapacitásoknak megfelelően különböző vágatszelvényekkel és a

kapacitásnak megfelelő szállítóberendezésekkel számolunk. Természetesen a vágatok kihajtási költségéből a kinyert ásvány értékét le kell vonnunk.

A k_C -függvény annál megbízhatóbb lesz, minél több regresszióba vonható értékpárt kalkulálunk. Természetesen a regresszióba bevonhatók olyan értékpárok is, amelyeket nem kalkulatív alapon nyerünk, hanem az üzemi adatok alapján ténylegesen rendelkezésre állnak.

A k_C -függvény fajlagos költségre vonatkozik, és a

$$k_C = \frac{K_C}{Q}$$

összefüggésből nyerjük, amikor regresszióval tulajdonképpen a K_C -t határozzuk meg.

A K_C bizonyos fokig beruházás jellegű költség, legalábbis olyan vonatkozásban, hogy a befektetett költség nem térül meg azonnal. Ezért helyes, ha a K_C helyébe kamatosított értéket helyettesítünk. A visszatérülési időt lehet kalkulálni vagy megszabni. A kalkulált idő súlyozott átlagidő, amikor az átlagot a vágatok nyitvatartási idejéből és a berendezések élettartamából képezzük. Ha az években kifejezett visszatérítési időt n -nel jelöljük, akkor az alábbi összefüggésből számítható az a \bar{K}_C érték, amelyet a K_C helyébe kell tennünk:

$$K_C p^n = \frac{\bar{K}_C}{n} \frac{p^n - 1}{\delta}$$

ahol p a kamattényező (1,05, 1,06...), továbbá $\delta = p - 1$ (0,05, 0,06...), n a visszatérítés ideje években. A \bar{K}_C kifejezhető:

$$\bar{K}_C = \frac{n \delta p^n}{p^n - 1} K_C = f_n K_C$$

Ezek szerint a \bar{K}_C a K_C -től egy f_n szorzótényezőben különbözik. Tekintettel arra, hogy az n viszonylag nem nagy érték, ezért az f_n tényező sem nagymértékben üt el az egységtől. Ha pl. $n=5$ év, és $p=1,05$, akkor $f_n=1,156$, ha pedig $n=10$, akkor $f_n=1,295$. Az utóbbi eset ritkább.

A bányauzemi koncentráció gazdaságosságának elvi vizsgálata alapján általános érvennyel leegyszerűsítendő, hogy gyakorlatilag — különleges esetektől eltekintve — a gazdaságosság törvényének tesztünk eleget, ha az üzemi koncentrációban teljesen kimerítjük a lehetőségeket még akkor is, ha számolnunk kell azzal, hogy az üzemzavarok, természeti csapások a jobban koncentrált üzemet jobban sújtják.

IRODALOM

- [1] Bányászati telepítések analitikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1960.
- [2] Telepítésmélet a bányászatban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1966.