

## Lágy feküre laposan települt szénelőfordulások leművelése

Dr. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, egyetemi tanár, Kossuth-díjas

Замбо Янoш, горный инженер, профессор лауреат премии имени Кошута:  
РАЗРАБОТКА ПОЛОГОПАДАЮЩИХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С МЯГКОЙ ПОЧВОЙ.

Univ.-Prof. Dipl. Ing. J. Zambó, Kossuthpreissträger:  
Der Abbau von auf weichem Liegenden gelagerten Kohlenvorkommen.

J. Zambó, mining eng., prof. of the University, Kossuth-Price-Winner:  
Extraction of flat coal-seams on soft floor.

J. Zambó, ing. des mines, prof. d'université, Prix Kossuth:  
L'extraction des couches de charbon en plateau, audessus des murs tendres.

A magyar szénmedencék települési viszonyai igen változatosak és nagy általánosságban kedvezőtlenek. A kísérő mellékközetek lágyak, maguk a medencék tagoltak, gyűrtek. A változatosság egy-egy szénmedencén belül is megvan. Különböző a mellékközetek szilárdsága, a gyűrődés foka. Legkellemetlenebb jelenség a hazai szénmedencék azon adottsága, hogy a mellékközetek, a közvetlen fedő, de legtöbb esetben a közvetlen fekü szilárdsága rendszeren kisebb, mint magának a szénnek a szilárdsága. Ez a sajátosság azt eredményezi, hogy a geosztatikai nyomás, sőt a gyakran tetemes áthárított nyomással megnövelt geosztatikai nyomás hatására nem a szén, hanem a mellékközetek, leginkább a fekü kerül a kőzetfolyás állapotába. *A magyar bányászat rosszindulatú velejárója tehát a talpduzzadás.*

*Világviszonylatban* a karbonrétegeket az jellemzi, hogy a szén nyomószilárdsága 260—440 kg/cm<sup>2</sup> értékek között változik, ugyanakkor a fedőközeteké 600—870 kg/cm<sup>2</sup>, a fekközeteké pedig 360—960 kg/cm<sup>2</sup> értékeken belül ingadozik. A szovjet karbonbányászat idevágó adatai némileg elütnek, mert a szén nyomószilárdsága 50—170 kg/cm<sup>2</sup>-en belül, a mellékközeteké pedig 120—2200 kg/cm<sup>2</sup> határok között jelentkezik. A cseh és német barnaszénbányászatban a szén átlagos törőszilárdsága 80 kg/cm<sup>2</sup> értéket mutat a fedő és a fekü 130—260 kg/cm<sup>2</sup>-es szilárdságával szemben.

*Liaszbányászatunk* mellékközetei általában szilárdabbak, mint a többi szénterületünk mellékközetei. Különösen nagy szilárdságot mutatnak a vastagabb pados homokkövek. Nyomószilárdságuk 200—1000 kg/cm<sup>2</sup> között változik. Ezen aluli értékek csak Komlón jelentkeznek, sőt egyik-másik esetben a morzsalékony homokkő, a széntelepeket kísérő pala egészen alacsony értéket ad. A telepeket kísérő szenes agyagos palák nyomószilárdsága Pécsent általában magasabb, mint Komlón. Az előbbi helyen értéke mintegy 200—300 kg/cm<sup>2</sup>-re, Komlón pedig 50—130 kg/cm<sup>2</sup>-re tehető. A szén szilárdsága rendszeren kisebb, mint a mellékközeteké. Ezt a jövészethezesség szempontjából kedvező körülményt lerontja az a tény, hogy liasz-területünk zavart. A zavart területeken a szilárdsági értékek lényegesen esökkennek.

A *tatabányai szénmedence* területén az eddigi minták alapján is tisztán láthatók a szilárdsági viszonyok. A szén átlagos törőszilárdsága 90 kg/cm<sup>2</sup>-re, az égő paláé 175 kg/cm<sup>2</sup>-re, és a mellékközeteké pedig átlagosan 55 kg/cm<sup>2</sup>-re tehető. A feküben igen gyakoriak az olyan kőzetek, amelyek nyomószilárdsága nem haladja meg a 20—30 kg/cm<sup>2</sup> értéket. Egyik-másik helyen kirívóan alacsony értékek vannak. Így pl. az oroslányi közvetlen fedü 4—10 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú. A tatabányai szénterületen is érvényes általában, hogy a széntelep szilárdsága nagyobb, mint a kísérő kőzeteké.

Korántsem mondható annyira egyöntetűnek a szén és az égőpala szilárdsága a *dorogi medencében*. Amíg ugyanis a csolnoki I. akna főtelepének szene mindössze 6 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságúnak bizonyult, addig ugyanazon aknában a fornai szén szilárdsága átlépi a 80 kg/cm<sup>2</sup>-t, a Leontina-telep szene a II. aknában vett minta szerint ennél is nagyobb, 150 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú. Erzsébet-bánya Keselő-aknai szene 200 kg/cm<sup>2</sup>-en felüli értéket adott. Meglehetősen szórást mutatnak a mellékközetek is. Átlagos szilárdságuk mintegy 120 kg/cm<sup>2</sup>-re tehető.

Az *ajkai szénmedencében* különösen a felső telepek szene szilárdabb, mint a mellékközeteké, elsősorban a feküé. Az alsó telep feküje agyag. Szilárdsága 10—50 kg/cm<sup>2</sup>. Az alsótelepi szén nyomószilárdsága 70—90 kg/cm<sup>2</sup>, a felső telepekben ugyanezen jellemző érték 150—200 kg/cm<sup>2</sup> között vál-

tozik. A széntelepek közötti márgák szilárdsága megközelíti, néha túl is lépi a szén szilárdságát. A közvetlen márgafedő feletti fedőagyag a szénél kisebb szilárdságú.

A *dudari* fedő szilárdsága erősen változik. A közvetlen fedő, az eocén összlet meglehetősen szilárd. Nyomószilárdsága 100—140 kg/cm<sup>2</sup> között változik. Az oligocén szilárdsága már lényegesen kisebb, 10—30 kg/cm<sup>2</sup> között mozog. Éppen ezért az oligocénben kiképzett bányaterek nem állnak meg. A felső telep szene lágyabb, mint az alsó telepé, mert a felső pad mintája 16 kg/cm<sup>2</sup>, az alsó padé pedig 83 kg/cm<sup>2</sup> értéket adott. A fekvő palából vett egyetlen minta 33 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságot mutatott.

A *balinkai* viszonyok annyiban különböznek a dudaritól, hogy Balinkán a fekvő kőzetei még a dudarinál is lágyabbak.

A *pustavámi* szénterületen viszont a magasabb fedő szilárdabb. Amíg 20—25 m-rel a telep felett lévő márga szilárdsága meghaladja néha még a 300 kg/cm<sup>2</sup> értéket is, addig a telep közvetlen fedőjének márgája csak 20—50 kg/cm<sup>2</sup> értékeket árult el. Az agyagesíkokkal átszótt homokfedő szilárdsága elenyészően kicsi. A felsőtelep szénének szilárdsága kisebb, mint az alsótelepi széné. Az ingadozás 40—70 kg/cm<sup>2</sup> között mutatkozik. A fekvő lágy, nyomószilárdsága nem egy esetben 6—9 kg/cm<sup>2</sup>-ig is lecsökken.

A *borsodi* szénelőfordulásokra legjellemzőbb az a körülmény, hogy a szén szilárdabb, mint a mellékkőzetek. A különböző helyeken különböző széntelepekből vett 37 db szénminta átlagos szilárdsága 255 kg/cm<sup>2</sup>. A mellékkőzetek közel 100 db mintájának átlagos nyomószilárdsága 67 kg/cm<sup>2</sup>. A szenek szilárdsága általában nem mutat kirívóan nagy szóródást. A mellékkőzetek is meglehetősen egyöntetűek szilárdsági szempontból, mégis egyik-másik esetben elütő értékek mutatkoznak. A fedővagy a fekéretegek homokos márgái, agyagesíkokkal átszótt homokjai igen kis szilárdságúak, nem egy esetben néhány kg/cm<sup>2</sup>-es értéket adnak csupán. A közvetlen fedőben és fekében gyakoriak a 20—40 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú palák, márgák.

Több minta adata alapján megállapítható, hogy a *salgótarjáni medence* szene átlagosan 165 kg/cm<sup>2</sup>, a mellékkőzetek pedig 100 kg/cm<sup>2</sup> szilárdságúak. Itt is érvényesül tehát a széntelep keményebb voltából eredő kedvezőtlen hatás. A homokos fekéanyagok gyakran mutatnak ezen a területen is alacsony, 20 kg/cm<sup>2</sup> körüli nyomószilárdságot még száraz állapotban is.

A *várpalotai lignit* a peremi területtől eltekintve 75—100 kg/cm<sup>2</sup> nyomószilárdságú. A közvetlen fedő eléggé szilárd, eléri a 100 kg/cm<sup>2</sup> értéket, sőt azt nem egy esetben túl is lépi. Felfelé haladva a szilárdság csökken és a telep felett 6—7 m-ben már 20—30 kg/cm<sup>2</sup> értékre is lecsökken. A fekvő szilárdsága alacsony. A minták 6—40 kg/cm<sup>2</sup> értékeket szolgáltatottak. A fedőréteg kedvező szilárdsági viszonyai tették elsősorban lehetővé, hogy Várpalotán a felsőpadban az omlasztásos frontfejtés kiváló talajra talált. Mivel a telep főtétjétől felfelé haladva a fedőkőzet csökkenő szilárdságú, az omlasztás mintaszerűen megy végbe. Az a tény, hogy a közvetlen fedő szilárdabb a lignitnél, eredményezi azt a kedvező jelenséget, ami szerint a telep felső része a vállapok mentén szétesik és lehull. Amennyire kedvező körülmények vannak a felsőpad leművelésénél, annyira kedvezőtlen az alsópad lefejtése, mert egyfelől itt már hiányzik az eredeti kőzetnyomás szénjővesztő hatása, másfelől a talp lágy.

A *mátraaljai lignitmedence* szénvezető rétegsorainak kőzetfizikai jellemzői híven tükrözik a fiatalokú lignitelőfordulások sajátosságait. Maga a lignit mindig szilárdabb, mint a lignitet magába záró mellékkőzetek. Amíg az előbbi nyomószilárdsága 40—75 kg/cm<sup>2</sup> között ingadozik, addig az utóbbiak szilárdsága 5—35 kg/cm<sup>2</sup> között mutatkozik, amikor is azok nagyobb része inkább az alsó határ közelébe eső értéket ad.

\*

*A vázlatosan bemutatott helyzetkép is megmutatja, hogy a magyar szénbányászat mostoha körülmények között kénytelen dolgozni.* Rávilágít, hogy a lágy kőzetek közötti bányászkodás problémája országos és nagy. Igazolja azt is, hogy ezzel a problémával súlyosságánál fogva behatóan kell foglalkozni. Elsősorban az ezzel járó elméleti kérdéseket kell megvizsgálni. Igen alaposan meg kell ismerni a rétegsorok *kőzetfizikai* tulajdonságait. Azon legelemibb követelménynek, hogy a rakodót, vagy gépteret a rétegsor legszilárdabb rétegébe helyezhessük, ismerni kell előre — különösen új üzemek esetében — a rétegsor rétegenkénti kőzetfizikai jellemzőit. Hazai kőzetviszonyok mellett a tervezés alapvető feltevése ezen elégetes megismerés. Nélkülözhetetlen tehát a szénvezető rétegekből vett fúrás magok szakszerű kezelése és vizsgálata, különösen az új telepítéseknel. Amint a feltáró aknák a rétegsort harántolták, a vizsgálatokat újból el kell végezni. Folytatni kell azokat a földalatti rakodó-, gépterek kiképzése, a feltáró folyosók kihajtása közben is.

Kétségtelenül igaz, hogy a kőzetek megismerése, az elméleti problémák tisztázása, megoldása nem változtatja meg magát a kedvezőtlen helyzetet. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a kényeszerűen kedvezőtlen adottságok megszabta előnytelen megoldások közül a legkevésbé hátrányosat kell kiválasztani.

*Az elméleti vizsgálatoknak elsősorban arra kell fényt deríteniök, milyen viszonyok mellett mennek tönkre a mellékkőzetek a folyosók, fejtések környékén.*

A kőzetek a rájuk ható terhelés következtében alakjukat a terhelésnövekedés egy bizonyos mértékéig azzal egyenes arányban változtatják, követik a *Hooke-törvényt*. A terhelés további fokozásával a százalékos alakváltozás már nem a terheléssel egyenes arányban megy végbe, hanem rende-

sen az alakváltozás nagyobbmértvű lesz, mígnem az anyag tönkremegy, eltörik. Az elválasztó pont az *arányossági határ*. Az arányossági határig érvényesek a rugalmas anyagokra vonatkozó törvényszerűségek. Az arányossági határ és a tisztán plasztikus állapot között átmeneti szakasz van. Ezen szakaszban lejátszódó törvényszerűségek még messzemenően ismeretlenek. Ezen szakasz azon részére, amely a rugalmas szakaszhoz esik közelebb, a rugalmasságtan tétéleit szokták alkalmazni, a szakasz másik részére pedig a plasztikus anyagokra érvényes összefüggéseket használják.

Amíg a kőzetek terhelése az arányossági határon innen esik, addig a folyosókkal, fejtési üregekkel érintkező és azok szomszédságában lévő kőzetek az üreg létesítése után viszonylag gyorsan, rendszeren egy-két óra alatt elszenvedik rugalmas alakváltozásukat, ha a folyosó vagy fejtés időközben nem halad előbbre. A folyosó előrehaladása, a fejtési üreg megnövekedése a folyosók és fejtések vájvégének, illetőleg homlokának közvetlen környékén kialakult feszültségi állapotot megváltoztatja, megnöveli. Ez természetesen újabb alakváltozással jár.

Ha a kőzetek terhelése túllépi az arányossági határt, egyfelől a folyosók és fejtési üregek szomszédos kőzetei viszonylag nagyobb alakváltozást szenvednek, másfelől az alakváltozás rendszeren hosszabb ideig tart. Minél közelebb van az igénybevétel a folyási határhoz, annál inkább tovább tart az alakváltozás lezajlása, sőt legtöbb esetben az csak hosszú idő és viszonylag nagy alakváltozás után áll meg gyakorlatilag.

Oly irányú elméleti vizsgálattal, hogy a folyosók, fejtések környékén a kőzetek milyen feltételek mellett jutnak a folyás, a törés állapotába, milyen körülmények között mennek tönkre, a bányászati szakirodalom analitikus úton lényegében még nem foglalkozott. Ellenben a modellkísérletek ezen a téren eléggé kiterjedtek. Meg kell tehát kísérelnünk az itt mutatkozó hiányt pótolni, mert amilyen széleskörű a talajmechanika ezirányú ismeretköre, olyannyira mostoha ebben a vonatkozásban a bányászati kőzetmechanika.

*Az elméleti összefüggések alapján meg kell vizsgálnunk, lehetséges-e egyáltalán a vágatbiztosítás méretezésének alapjait rögzíteni.* Elemezni kell, hogy a folyosóknak szilárdabb kőzetekbe, pl. a fedőbe való helyezése mikor és milyen feltételek mellett célszerűbb, mint a szénben hajtott, de lágy kőzetek közé ágyazott folyosó rendszer kialakítása. Elgondolásokat kell keresni a tekintetben is, hogy melyek azok a fejtésmódok, amelyek legjobban felelnek meg a gazdaságosság kérdésének lágy mellékkőzetek esetében.

Az előzőkben elmondottaknak megfelelően foglalkozunk előljáróban az elméleti kérdésekkel, majd ezt követően javaslatokat teszünk egyfelől a folyosórendszer kialakítására, másrészt a fejtésmódok megválasztására.

\*

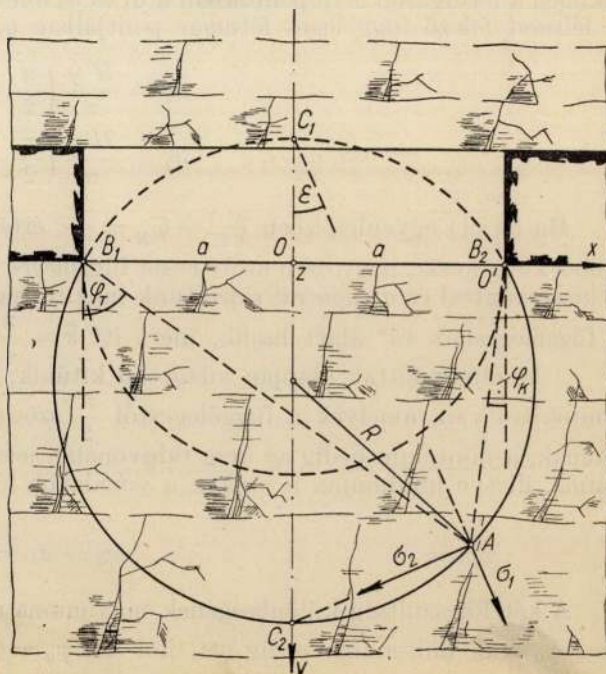
Szintesen, laposan fekvő széntelepben egyirányban hosszan elnyúló derékszögű négyszögű üreget létesítettünk (1. ábra). A talpban ébredő feszültségi állapot kéttengelyű ( $x, y$ ), síkalakváltozási állapotnak tekinthető, mert a harmadik tengely ( $z$ ) irányában a feszültségi állapot lényegében nem változik. A  $z$  tengely irányában ugyanis hosszan nyúlik el a létesített üreg. Elégséges tehát a feszültségi állapot változásának vizsgálatát az  $x, y$  derékszögű vagy ennek megfelelő poláris rendszerben megtenni. Ha  $z$  tengely irányában mozgunk, a feszültségi állapot számbavehető változást csak az üreg végpontjainak közvetlen környékén mutat. E két végponttól, illetve azok közvetlen szomszédságától eltekintve a  $z$  tengely különböző pontjaiban levő  $x, y$  metszetek, síkok feszültségi állapota homológ. Ez a körülmény teszi lehetővé, hogy az üreg környéki feszültségi állapotot *síkalakváltozási* állapotként kezeljük a nehezkesebb térbeli feszültségi állapot helyett.

A fekére egy tetszőleges  $A$  pontjában két egymásra merőleges főfeszültség  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  működik. A két főfeszültség értéke [7]

$$\sigma_1 = \frac{H'\gamma}{\pi} \left\{ \pi - (\widehat{\varphi}_T - \widehat{\varphi}_K) - \sin(\varphi_T - \varphi_K) \right\}$$

$$\sigma_2 = \frac{H'\gamma}{\pi} \left\{ \pi - (\widehat{\varphi}_T - \widehat{\varphi}_K) + \sin(\varphi_T - \varphi_K) \right\} \quad (1)$$

ahol  $H'$  a folyosónak a külszíntől számított relatív mélysége. A  $\varphi$  szög egyik szára mindig függőlegesen indul ki a  $B_1$ , illetve  $B_2$  sarokpontból, másik szára pedig a függőlegestől jobbra, illetve balra hajlik el az  $A$  tetszőleges pont helyzetének megfelelően. Ha a  $\varphi$  szög mozgó szára jobbra hajlik el, akkor a  $\varphi$  szög pozitív, ellenkezőleg negatív.



1. ábra

A két főfeszültség iránya is adott. A  $\sigma_1$  főfeszültség iránya az  $(AC_1)$  irány, amelynek a függőleges-szel bezárt szöge  $\varepsilon = \frac{\varphi_T + \varphi_K}{2}$ . A  $\sigma_2$  főfeszültség irányát az  $A$  és  $C_2$  pontok határozzák meg, azaz a két főfeszültség egymásra merőleges.

Ha a két sarokponton ( $B_1, B_2$ ) és a tetszőleges  $A$  ponton keresztül kört szerkesztünk, akkor a kör bármely pontjában a két főfeszültség, továbbá a két főfeszültség összege és különbsége is változatlan marad, mert a  $\varphi_T - \varphi_K$  szögérték, mint a  $B_1$  és  $B_2$  sarokpontokon nyugvó kerületi szög is változatlan marad. A főfeszültségek iránya természetesen a kör különböző pontjaiban különböző lesz.

Ha a  $B_1$  sarokponton álló szénhomlok szélehomlokú fejtéssel előrehalad, akkor az üreg  $x$  irányú kiterjedése is relatíve nagy lesz (2. ábra). Helyezzük ugyanakkor a koordináta-rendszer kezdőpontját  $B_2$  pontba ( $O'$ ). Legyen most a közvetlen fekvőben a tetszőleges  $A$  pontunk. Azáltal, hogy az  $A$  pontot a közvetlen fekvőben vettük fel, továbbá azáltal, hogy az üreg  $x$  irányú kiterjedése is relatíve nagy, gyakorlatilag következik, hogy  $\widehat{\varphi}_T = \frac{\pi}{2}$ . A koordináta-rendszer áthelyezése folytán pedig  $\varphi_K$  helyébe  $\varphi_0$ -t írunk. Ezek szem előtt tartásával (1) alatti összefüggéseink a következő alakot veszik fel:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{H'\gamma}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_0 - \cos \varphi_0 \right) \\ \sigma_2 &= \frac{H'\gamma}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_0 + \cos \varphi_0 \right)\end{aligned}\quad (2)$$

Ezen utóbbi egyenletek első pillanatra elárulják, hogy a köröket az  $O'$  pontból kiinduló egyenesek cserélték fel. Ez esetben tehát a főfeszültségek egyenesek mentén maradnak változatlanok. Ugyan csak változatlan marad ezen egyenesek mentén a főfeszültségek összege és különbsége is mindaddig, amíg a közvetlen fekvőben mozgunk.

A  $\sigma_1$  főfeszültség iránya most  $\widehat{\varepsilon} = \frac{\pi + 2\widehat{\varphi}_0}{4}$  szöggel hajlik el a függőlegetől. A  $\sigma_2$  iránya erre merőleges.

A  $\varphi_0$  szög egyik szárát itt is a függőleges, másik szárát pedig a tetszőleges  $O'A$  egyenes adja.  $\varphi_0$  pozitív, ha az  $O'A$  egyenes jobbra hajlik, negatív, ha balra hajlik. A széntelep talpvonalán  $\widehat{\varphi}_0 = \frac{\pi}{2}$  és így  $\sigma_1 = \sigma_2 = H'\gamma$ . Az üreg talpvonalán  $\widehat{\varphi}_0 = -\frac{\pi}{2}$ , azaz  $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$ . Ebből az következik, amíg az  $O'$  pontból induló félsugár a széntelep talpvonalától az üreg talpvonaláig elmozog, addig a közvetlen fekvőben a félsugáron lévő pontokban a  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  főfeszültségek értéke a  $H'\gamma$  és 0 értékek között változik. A félteret felező függőleges félsugár pontjaiban  $\varphi_0 = 0$ , tehát:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{H'\gamma}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} - 1 \right) \doteq 0,18 H'\gamma \\ \sigma_2 &= \frac{H'\gamma}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} + 1 \right) \doteq 0,82 H'\gamma\end{aligned}\quad (3)$$

Ha az (1) egyenletekben  $\widehat{\varphi}_T - \widehat{\varphi}_K = \frac{\pi}{2}$  értéket helyettesítjük, a (3) alatti egyenleteket kapjuk. Ebből következik, hogy ezen utóbbi eset függőleges félsugara az előbbi eset azon körét képviseli, amelyet  $O$  középponttal és  $a$  sugárral rajzoltunk meg. A függőleges félsugár pontjaiban a  $\sigma_1$  főfeszültség iránya a függőlegeshez  $45^\circ$  alatt hajlik, mert itt  $\widehat{\varepsilon} = \frac{\pi}{4}$ .

Az elmondottak alapján világosan kitűnik, hogy a  $\sigma_1$  és  $\sigma_2$  főfeszültségeknek maximuma azon pontokban van, amelyek a függőlegetől  $\frac{\pi}{2}$  szöggel elhajló egyenesen, azaz a széntelep fekvővonalán vannak, a minimum pedig az üreg talpvonalán jelentkezik. Az is világos, hogy a  $\sigma_1 + \sigma_2$  összeg maximuma, illetve minimuma is ezeken a vonalakon lévő pontokban van. A két főfeszültség különbsége:

$$\sigma_2 - \sigma_1 = \frac{2H'\gamma}{\pi} \cos \varphi_0 \quad (4)$$

A két főfeszültség különbségének maximuma azon félsugár pontjaiban van, amelynél  $\cos \varphi_0 = 1$ , azaz  $\varphi_0 = 0$ , minimuma pedig ott, hol  $\cos \varphi_0 = 0$ , azaz  $\widehat{\varphi}_0 = \frac{\pi}{2}$ . A különbség maximuma tehát a függőleges félsugáron, minimuma pedig a szintes félsugarakon jelentkezik.

A 3. ábrán a feszültségek Mohr-féle ábrázolását látjuk. A  $\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2}$  sugárral megrajzolt kör az ú. n. Mohr-féle főfeszültségi kör. Ha ez a kör érinti az  $AP$  ú. n. határegyeneset, akkor az anyag törése bekövetkezik. A határvonal tulajdonképpen nem egyenes, hanem általában Mohr szerint csak úgy fejezhető ki, hogy  $\tau = f(\sigma)$ . Coulomb szerint nyomás esetében ez a görbe  $\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi_s + C$  egyenessel helyettesíthető, ahol  $\tau$  a nyírófeszültség,  $\varphi_s$  az anyag belső súrlódási szöge,  $C$  pedig a kohézió. Rajzunk tehát a törés ismert feltételét mutatja be.

Vonjunk az  $A$  ponton keresztül az abszcissza-tengellyel párhuzamosat. Az  $APA'$  derékszögű háromszögben:

$$\sin \varphi_s = \frac{\overline{A'P}}{\overline{AA'}}$$

mde

$$\overline{A'P} = \overline{O'P} - \overline{O'A'}$$

és

$$\overline{AA'} = \overline{OO'} - \overline{O'A_0}$$

Az  $O'A_0A'$  derékszögű háromszögben viszont érvényes, hogy

$$\overline{O'A'} = \frac{C}{\cos \varphi_s} \text{ és } \overline{O'A_0} = C \operatorname{tg} \varphi_s$$

A rajzról az is látható, hogy

$$\overline{O'P} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} \text{ és } \overline{OO'} = \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2}$$

Ezek alapján írható:

$$\sin \varphi_s = \frac{\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} - \frac{C}{\cos \varphi_s}}{\frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2} - C \operatorname{tg} \varphi_s}$$

ahonnan

$$\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} = \frac{\sigma_2 + \sigma_1}{2} \sin \varphi_s - C \left( \sin \varphi_s \operatorname{tg} \varphi_s - \frac{1}{\cos \varphi_s} \right)$$

Ámde

$$\sin \varphi_s \operatorname{tg} \varphi_s - \frac{1}{\cos \varphi_s} = -\cos \varphi_s$$

és így végső fokon:

$$\sigma_2 - \sigma_1 = (\sigma_2 + \sigma_1) \sin \varphi_s + 2C \cos \varphi_s \quad (5)$$

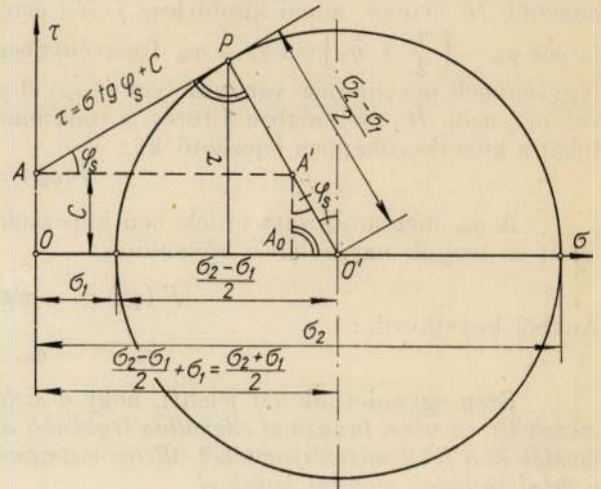
Ezen utóbbi összefüggés fejezi ki tehát a törés feltételét [4]. A  $\sin \varphi_s$  és  $C$  meghatározott konstans értékek. A  $\sigma_2 - \sigma_1$  és  $\sigma_2 + \sigma_1$  értékek pedig egy félsugáron elhelyezkedő pontokban állandóak. Ebből az következik, hogy a törés, tönkremenetel feltétele ugyanaz a félsugár összes pontjaiban. A fekéü félsugarai közül azon félsugáron következne be legkönnyebben a törés, a tönkremenetel, amely mentén a  $\sigma_2 - \sigma_1$  különbségnek maximuma,  $\sigma_2 + \sigma_1$  összegnek pedig ugyanakkor minimuma lenne. Ez az eset azonban nem lehetséges, mert a  $\sigma_2 - \sigma_1$  különbségnek maximuma, mint láttuk, a függőleges félsugáron van, a  $\sigma_2 + \sigma_1$  összeg minimuma pedig a talpvonallal egybeeső félsugáron jelentkezik. Az a félsugár, amely mentén a törés, tönkremenetel legenyhébb követelményei jelentkeznek, az előbbi két félsugár, azaz a talpvonal és a szénhomlokot átmenő függőleges félsugár között van.

Helyettesítsük az (5) egyenletbe a (2) egyenletet:

$$\frac{H'\gamma}{\pi} \cos \varphi_0 = \frac{H'\gamma}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_0 \right) \sin \varphi_s + C \cos \varphi_s$$

Megfelelő átalakítás után

$$\cos \varphi_0 - \left( \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_0 \right) \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{H'\gamma} \quad (6)$$



3. ábra

Csupán az elméleti megfontolások és összefüggések kedvéért képzeljük el, hogy a széntelep felé mozgatjuk a benne lévő széleshomlokú fejtéssel együtt, miközben feltételezzük, hogy a feké közetfizikai jellemzői, a belső súrlódás szöge  $\varphi_s$ , a kohézió és  $\gamma$  változatlan marad. (6) összefüggésünk jobboldala  $f(H') = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{H' \gamma}$  a  $H'$  függvényében egyenszerű hiperbola szerint változik. Minél nagyobb  $H'$  értéke, annál kisebb lesz  $f(H')$  értéke és megfordítva. Összefüggésünk baloldala  $f(\varphi_0) = \cos \varphi_0 - \left(\frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_0\right) \sin \varphi_s$  a  $\varphi_0$  függvényében változik és egy bizonyos  $\varphi_0$  érték mellett a  $f(\varphi_0)$  függvénynek maximuma van, amelyet  $f(\varphi_m)$ -el jelölünk. Amikor ezen  $f(\varphi_m)$  érték egyenlő a  $f(H'_0)$ -vel, ott, azon  $H_0$  mélységben a törés, a tönkremenetel feltétele kielégül. Ezen kielégülés bekövetkezése tehát a következőképpen fejezhető ki:

$$f(\varphi_m) = f(H'_0)$$

A  $\varphi_m$  meghatározása érdekében képezzük a  $f(\varphi_0)$  függvény  $\varphi_0$  szerinti első differenciálhányadosát és tegyük azt nullával egyenlővé:

$$f'(\varphi_0) = -\sin \varphi_0 - \sin \varphi_s = 0$$

Amiből következik:

$$\varphi_m = -\varphi_s, \text{ mert } f''(\varphi_m) < 0 \quad (7)$$

Ezen egyenletünk azt jelenti, hogy a széleshomlokú fejtés közvetlen fekéjében a töréssel, a tönkremenetellel szemben tanusított ellenállás legkisebb azon a félsugáron, illetve azon a félsíkon, amely a szénhomlok és a feké metszéspontjából, illetve metszéspontjából indul el és a függőlegestől a kifejtett terület felé a belső súrlódás szögével hajlik el.

Helyettesítsük most már a (7) egyenletünket a (6) egyenletbe:

$$\cos \varphi_s - \left(\frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s\right) \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{H'_0 \gamma}$$

Ezen utóbbi összefüggésből már  $H'_0$  értéke kifejezhető:

$$H'_0 = \frac{\pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{\gamma \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \quad (8)$$

ahol  $H'_0$  azt a relatív mélységet jelenti, amelyben adott közetfizikai jellemzők mellett a talp anyagának tönkremenetele megindul.

A  $H'_0$  azonban, mint már említettük, nem a tényleges, hanem a relatív mélység.  $H$  mélységben a geosztatikai nyomás  $H\gamma$ , míg ugyanazon mélységben az átlagos áthárított nyomással növelt geosztatikai nyomás  $H'\gamma$ . Legyen  $\frac{H'}{H} = \lambda$ , és nevezzük a  $\lambda$  tényezőt az áthárítás tényezőjének. Az áthárítás tényezőjének segítségével  $H_0$  is kifejezhető:

$$H_0 = \frac{\lambda \pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{\gamma \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \quad (9)$$

4. ábrán a  $H$  mélységben lévő széleshomlokú fejtést ábrázoltunk. A függőleges szénhomlok és a szintes talpvonal metszéspontjában,  $A$ -ban választottuk meg az  $x, y$  koordináta-rendszer kezdőpontját. Az  $x$  tengely egy tetszőleges  $A'$  pontjában az eredeti geosztatikai nyomás,  $H\gamma$  az  $A'b$  ordinátametszetnek felel meg. A  $b\bar{a}$  ordinátametszet pedig az  $A'$  pontban jelentkező áthárított nyomást jelenti. Az  $A'\bar{c}$  ordinátametszet mutatja az átlagos  $H'\gamma$  értéket. Látható tehát, hogy fenti összefüggéseinkben a  $H'\gamma$  érték az átlagos áthárított nyomással megnövelt geosztatikai nyomást képviseli, mert a  $c$  ponton átmenő szintes egyenes az  $x$  függvényében változó áthárított nyomás átlagértéke. Ez az átlagolás gyakorlatilag csak  $x = 0$  és  $x = X$  értékek között történik, amikor  $X$  értéke úgy választandó meg, hogy ezen távolságon már az áthárított nyomás értéke relatíve kicsi. Gyakorlatilag  $X$  nem lesz nagyobb 100 m-nél. Eljárásunk nem meríti ki a teljes pontosság kritériumát, mert az  $x$  függvényében változó áthárított nyomást átlagértékkel vettük számításba.

Ha az áthárított nyomásnak  $x$  függvényében való változását is figyelembe akarjuk venni, akkor (1) egyenleteink és ennek megfelelően további összefüggéseink is rendkívüli módon összetettek lesznek, és pedig olyannyira, hogy az azokkal való analízis gyakorlatilag nem használható. Jelenti ez azt, hogy az 1. ábrán lévő körök nem körök, hanem azokhoz közelálló görbe vonalak. Így természetesen a fentebb említett félsugarak is csak megközelítő érvényűek. Valóságban a törés, tönkremenetel tehát nem félsugar mentén megy végbe, hanem ahhoz simuló görbevonallal mentén, ha a közvetlen fekéről van szó.

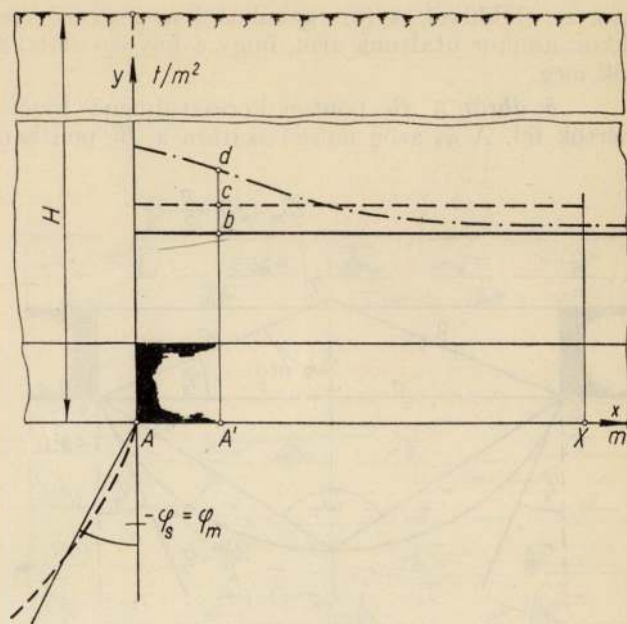
Ha az áthárított nyomás az eredeti geosztatikai nyomáshoz viszonyítva kicsi, akkor a törés, tönkremenetel vonala az egyenestől nem nagy mértékben tér el. Az eltérés annál nagyobb, minél nagyobb az áthárított nyomás az eredeti geosztatikai nyomáshoz viszonyítva.

Az áthárított nyomás értéke több-kevesebb pontossággal számítható az egyes elméletek alapján levezetett összefüggések segítségével. Ezek azonban csak addig adnak megközelítően használható értékeket, amíg az üreg főtéje zömében meg nem mozdul, talpra nem ül, tehát vágatok esetében. Fejtésekben már az alávájt fedőösszlet kisebb-nagyobb százalékban a talpra ül, a leült összlet súlya már nem hárul át. A fejtés nagyobb-mérvű előrehaladása után kialakul a törési felület és ebben az esetben már a nyomásáthárítás különleges esete forog fenn.

A nyomásáthárítás exakt megoldása még arra a viszonylag egyszerűbb esetre vonatkozóan is hiányzik, amikor a főté még nem mozdult meg.

Ugyancsak itt említjük meg, hogy a komplikált összefüggések elkerülése végett a Poisson számot 2-nek szokás venni. Lágyabb kőzetknél ezen egyszerűsítés gyakorlatilag megengedhető.

Legyen a (9) összefüggésünkben az áthárítás tényezője  $\lambda = 1$ . Jelenti ez azt, hogy azon  $H_0$  mélységet számítjuk, amely mellett a törés, tönkremenetel a közvetlen fekében bekövetkezik, ha csak az eredeti geosztatikai nyomást vesszük számítási alapul. A



4. ábra

$$H_0 = \frac{\pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{\gamma \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (10)$$

összefüggésből számított  $H_0$  mélység mindig nagyobb, mint tényleges, mert mindig érvényes, hogy  $\lambda < 1$ . Ha a  $H_0$  értékét nagyobb pontossággal akarjuk meghatározni, akkor a fent leírt módon  $\lambda$  értékét meghatározhatjuk. Az elérhető pontosság  $\pm 5\%$ -on alulra tehető, ha az áthárított nyomás relative kicsi.

Utóbbi összefüggésünk kifejezésre juttatja, hogy kohéziómentes anyagban a minimális mélység mellett is van a talpban elmozdulás.

4. ábránk azt a feltételezést rejti magában, hogy a fedő és maga a széntelep még a rugalmasság arányossági határán belül van. A fekének az a része, amely a tönkremenetel félsugarától az ép telep felé terjed, szintén még a rugalmasság határán belül van.

Térjünk vissza ezek után arra az esetre, mikor az üreg szélessége kicsi, azaz a folyosó esetére. Vezessük végig fenti gondolatmenetünket ezen esetre vonatkozóan is. Helyettesítsük tehát az (5) egyenletünkbe az (1) egyenleteket:

$$\sin \omega - (\pi - \widehat{\omega}) \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{H \gamma} \quad (11)$$

ahol  $\omega = \varphi_T - \varphi_K$  és az egyszerűség kedvéért  $H' = H$ .

A törés, a tönkremenetel feltétele az előzők analógiájára:

$$f(\omega_m) = f(H_0)$$

Az  $\omega_m$  meghatározása érdekében képezzük a  $f(\omega)$  első differenciálhányadosát és tegyük azt nullával egyenlővé:

$$f'(\omega) = \cos \omega + \sin \varphi_s = 0$$

ahonnan

$$\widehat{\omega}_m = \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_s, \text{ mert } f''(\omega_m) < 0 \quad (12)$$

Tegyük a (12) összefüggésünket a (11) egyenletbe:

$$\cos \varphi_s - \left( \frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s \right) \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{H_0 \gamma}$$

ahonnan

$$H_0 = \frac{\pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{\gamma \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (13)$$

azaz az előbbivel, a (8) egyenlettel megegyező eredményre jutottunk, ami előrelátható is volt már akkor, amikor utaltunk arra, hogy a folyosó alatti körök a fejtések fekjében lévő félsugaraknak felelnek meg.

5. ábrán a  $B_2$  ponton keresztülmenvő függőlegestől mérve a  $\varphi_s$  szöget negatív forgásirányban mértük fel. A  $\varphi_s$  szög mozgó szárára a  $B_2$  pontban merőlegest emeltünk, amely az üreg szimmetriatengelyét a kör  $O$  középpontjában metszi. Az ábráról közvetlenül leolvashatók az alábbi összefüggések, éspedig :

$$\widehat{\omega}_m - 2\widehat{\varphi}_s = \frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s$$

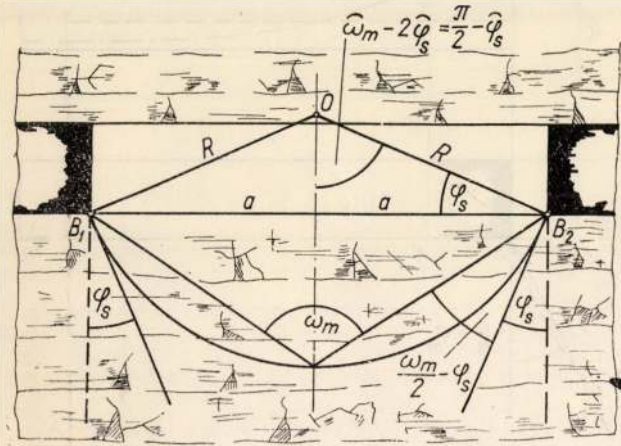
ahonnan

$$\widehat{\omega}_m = \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_s$$

azaz a fenti elvek szerint szerkesztett kör megfelel a (12) egyenletnek. A kérdéses kör sugara az ábra alapján egyszerűen fejezhető ki :

$$R = \frac{a}{\cos \varphi_s} \tag{14}$$

Ezen utóbbi összefüggések is azt igazolják, hogy a folyosók talpában a legkisebb ellenállás köre a fejtés relative hosszabb előrehaladása után



5. ábra

egyenessé fajul, amikor az egyenes a kört a  $B_2$  pontban érinti. Ez természetesen csak a közvetlen fekjében érvényes.

$R$  a legkisebb ellenállás körének sugara, mint láttuk, igen egyszerűen szerkeszthető. Ha az áthárított nyomás figyelemreméltó a geoztatikai nyomáshoz viszonyítva, akkor a kör is torzul a valóságban. Normális bányászati viszonyok mellett a kör gyakorlatilag megfelelő értéket ad, ha a  $2a$  szélesség nem nagy, tehát a folyosók esetében.

Összefüggéseink azt is megmutatják, hogy az  $\omega_m$  és  $\varphi_m$  értékek csak a belső súrlódási szögnek ( $\varphi_s$ ) függvényei és így függetlenek a kohéziótól. Ha a  $C = 0$ ,  $\varphi_s = 0$ , akkor a (6) és (11) egyenletek szerint  $\widehat{\varphi}_0 = \frac{\pi}{2}$ , illetve  $\omega = 0$ , azaz magán a talpvonalon kezdődik a tönkremenetel.

Végeredményben megállapítható, hogy folyosók közvetlen fekjében a törés, tönkremenetel, elmozdulás legkedvezőbb vonala azon kör, amelynek középpontja a folyosó tengelyében van, sugara  $R = \frac{a}{\cos \varphi_s}$  és keresztülmegy a folyosó talpvonalának két sarokpontján. Ezen két utóbbi pontban a körhöz húzott érintők a függőlegestől a folyosó tengelye felé  $\varphi_s$  szöggel elhajló egyenesek, félsugarak. Ha az üreg szélessége viszonylag nagy, akkor a köröket a közvetlen fekjében a sarokpontban húzott érintők helyettesítik.

Az 5. ábrán az üreg talpa tulajdonképpen hosszan elnyúló sáv, amelynek mindkét oldalán igen nagy távolságig terjedő terhelés van. Ezt a terhelést *negatív sávterhelésnek* is nevezhetjük.

Legyen a terhelésünk most *pozitív sávterhelés*, azaz az egyenletesen megoszló terhelés igen hosszan elnyúló  $2a$  szélességű sávon hat. A 6. ábrán ezt úgy érzékeltettük, hogy hosszan elnyúló szénpillért ábrázoltunk. Az egyenletes terhelés  $q_0$ . A terhelés alatti féltérben a két főszűlség :

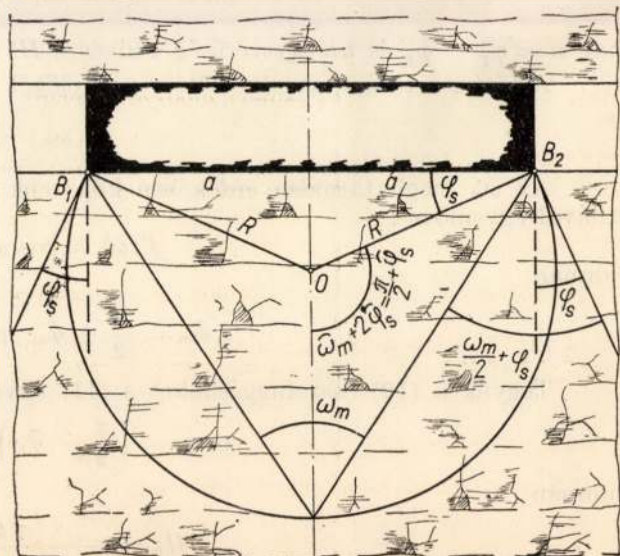
$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{q_0}{\pi} (\widehat{\omega} + \sin \omega) \\ \sigma_2 &= \frac{q_0}{\pi} (\widehat{\omega} - \sin \omega) \end{aligned} \tag{15}$$

ahol, mint említettük,  $\omega = \varphi_T - \varphi_K$ . Ez esetben  $\sigma_1 > \sigma_2$ , tehát az (5) egyenlettel felírt törési, tönkremeneteli feltétel az alábbi lesz :

$$\sigma_1 - \sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_2) \sin \varphi_s + 2C \sin \varphi_s \tag{16}$$

Helyettesítsük a (15) egyenleteket a (16) összefüggésbe :

$$\sin \omega - \widehat{\omega} \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{q_0} \tag{17}$$



6. ábra



Az összefüggés jobboldala  $f(q_0)$  a  $q_0$  függvényében egyenszárú hiperbola szerint változik, minél nagyobb  $q_0$ , annál kisebb  $f(q_0) = \frac{\pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{q_0}$ . A baloldal  $f(\omega) = \sin \omega - \omega \sin \varphi_s$  függvény  $\omega_m$  értéknél maximum:

$$f'(\omega) = \cos \omega - \sin \varphi_s = 0$$

ahonnan

$$\widehat{\omega}_m = \frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s, \text{ mert } f''(\omega_m) < 0 \quad (18)$$

Tegyük ezen utóbbi összefüggésünket a (17) egyenletbe:

$$\cos \varphi_s - \left( \frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s \right) \sin \varphi_s = \frac{\pi C \cos \varphi_s}{q_0} \quad (19)$$

Innen már meghatározható azon  $q_0$  terhelés, amely mellett a törés megindul:

$$q_0 = \frac{\pi C \operatorname{ctg} \varphi_s}{\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}} \quad (20)$$

6. ábra szerint a tönkremenetel azon a körön indul meg, amelynek sugara  $R = \frac{a}{\cos \varphi_s}$  és amely kör középpontja a szimmetriatengelyen van, a sarokpontban,  $B_2$  pontban vont érintője a függőlegestől pozitív irányban  $\varphi_s$  szöggel elhajló félsugar.

Magáról az ábráról leolvasható az alábbi összefüggés:

$$\widehat{\omega}_m + 2 \varphi_s = \frac{\pi}{2} + \widehat{\varphi}_s$$

ahonnan

$$\widehat{\omega}_m = \frac{\pi}{2} - \widehat{\varphi}_s$$

azaz a szerkesztés eleget tesz a (18) egyenlet megszabta követelménynek. A kör sugara ez esetben is:

$$R = \frac{a}{\cos \varphi_s} \quad (14a)$$

A negatív sávterhelés fent levezetett törvényszerűségeinek alátámasztására dr. Horváth József okl. bányamérnök megfigyelését hozhatjuk fel. Horváth „A Baross-aknai bányauzem átszervezése és fejlesztése” c. munkájában a 68. oldalon a 21. ábrán bemutatja megfigyelését.

A közvetlen fekében ténylegesen fellelhetők voltak a törések és a tönkremenetel fentiek szerint értelmezett vonalai.

A (10) és vele megegyező (13) egyenleteinkben két közetfizikai állandó szerepel: a belső súrlódás szöge és a kohézió. E kettő közül az első viszonylag pontosan meghatározható. A belső súrlódási szög és az egyirányú nyomószilárdság segítségével a  $C$  kohézió értéke is helyettesíthető az ismert módszer szerint.

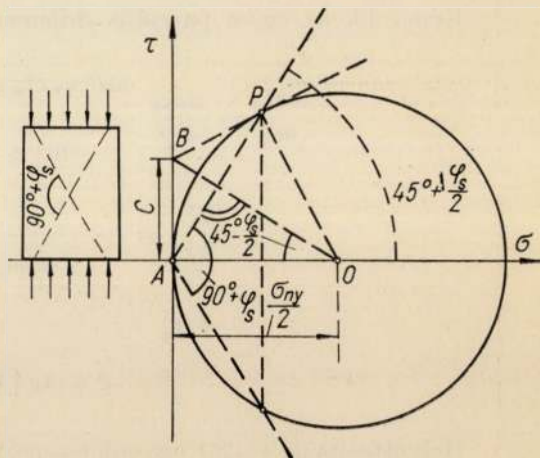
A 7. ábrán az egyirányú nyomás feszültség-állapotának Mohr-féle ábrázolását látjuk. Egyedül a függőleges főfeszültség,  $\sigma$  nem nulla, ezért a Mohr-féle kör érinti a  $\tau$  ordinátát. Törés esetén a kör érinti a  $BP$  Coulomb-féle egyenest. Mivel a csúszólapok ismeretesen  $45^\circ + \frac{\varphi_s}{2}$  szöggel hajlanak a vízszinteshez,

ezért a próbakocka segítségével az  $AP$  egyenes megvonható. Ezek után már a  $BAO$  derék szögű háromszögből felírható az ismert összefüggés [2]:

$$C = \frac{\sigma_{ny}}{2} \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \quad (21)$$

Ezen értékek behelyettesítése után a (10), illetve a (13) egyenletünk alakja [4]:

$$H_0 = \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (22)$$



7. ábra

ahol  $\sigma_{ny}$  az egyirányú nyomószilárdságot jelenti. Ennek megfelelően (20) egyenletünk pedig a következőképpen írható fel:

$$q_0 = \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \quad (23)$$

Ezen összefüggések arra alkalmasak, hogy velük meghatározzuk a bányatérsegeknek azt a külszíntől számított mélységét, amelynél adott kőzetfizikai jellemzők mellett a folyosók, fejtések fekéjében, vagy benthagyott szénpillérek alatt a feké anyagnak tönkremenetele megindul a meghatározott körökön, illetve felsugarakon. Ha összefüggéseinkben a nyomószilárdság helyett nem a törésnek, hanem az arányossági határnak megfelelő  $\sigma_a$  értéket helyettesítjük, akkor a folyosók, illetve pillérek fekéjében is az arányossági szakaszon belül maradunk azon a külszíntől számított mélységig, illetve terhelésig, amely mélység a  $\sigma$  ilyen értéke mellett adódik összefüggéseink szerint.

\*

A bányászatnak lényeges érdeke fűződik ahhoz, hogy előre meg tudja állapítani: a kihajtásra kerülő folyosó körül az anyag törésbe kerül-e vagy sem, a kőzetek az arányossági határon belül lesznek-e igénybevéve, azaz követik-e a Hooke-törvényt, vagy sem? E fontos kérdésre a gyakorlat megkívánta pontossági határokon belül a fenti elméleti összefüggések választ adnak. A fúrás magból vagy a kihajtás kezdetén a helyszínen vett mintáknak három kőzetfizikai jellemzőjét kell meghatározni: a *belső súrlódási szöveget*, az *egyirányú nyomószilárdságot* és a *térfogatsúlyt*. Nem lesz tehát érdektelen megvizsgálni, hogy az egyes kőzetfizikai jellemzők meghatározásánál jelentkező mérési, meghatározási középhiba magában a függvényben, jelen esetben  $H_0$  mélységben milyen középhibát eredményez. Ismeretes a hibavaterjedést kifejező összefüggés:

$$\mu_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \mu_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \mu_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \mu_z^2 + \dots} \quad (24)$$

ahol  $\mu_f$  a  $f(x, y, z, \dots)$  függvénynek a középhibája,  $\mu_x, \mu_y, \mu_z, \dots$  pedig a független változók középhibái. Esetünkben a függvény

$$f(\varphi_s, \gamma, \sigma_{ny}) = H_0 = \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)}$$

és

$$\mu_f = \mu_{H_0}, \quad \mu_x = \mu_{\varphi_s}, \quad \mu_y = \mu_\gamma, \quad \mu_z = \mu_{\sigma_{ny}}$$

Képezzük az egyes parciális differenciálhányadosokat:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H_0}{\partial \varphi_s} &= \frac{\pi \sigma_{ny}}{4 \gamma} \frac{\cos^3 \varphi_s \operatorname{ctg} \varphi_s - \cos \varphi_s \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right) (1 + \sin \varphi_s)}{\sin^2 \varphi_s \cos^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)^2} \\ \frac{\partial H_0}{\partial \gamma} &= - \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma^2 \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \\ \frac{\partial H_0}{\partial \sigma_{ny}} &= \frac{\pi \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \end{aligned} \quad (25)$$

Helyettesítsük a (25) egyenletcsoportot a (24) összefüggésbe, tekintetbevéve esetünkre alkalmazott jelöléseket:

$$\begin{aligned} \mu_{H_0} &= \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_s}{2}\right) \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)} \times \\ &\times \sqrt{\frac{\left\{\cos^3 \varphi_s \operatorname{ctg} \varphi_s - \cos \varphi_s \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right) (1 + \sin \varphi_s)\right\}^2}{\sin^2 \varphi_s \cos^4 \varphi_s \left(\operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2}\right)^2} \mu_{\varphi_s}^2 + \frac{\mu_\gamma^2}{\gamma^2} + \frac{\mu_{\sigma_{ny}}^2}{\sigma_{ny}^2}} \end{aligned} \quad (26)$$

A gyök előtti kifejezés magát a  $H_0$  értéket adja. A  $H_0$  értékének bizonytalansága tehát az alábbi egyenlet szerint számítható a három kőzetfizikai jellemző bizonytalanságából:

$$\mu_{H_0} = H_0 \sqrt{\frac{\left\{ \cos^3 \varphi_s \operatorname{ctg} \varphi_s - \cos \varphi_s \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right) (1 + \sin \varphi_s) \right\}^2}{\sin^2 \varphi_s \cos^4 \varphi_s \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)^2}} \widehat{\mu}_{\varphi_s}^2 + \frac{\mu_{\gamma}^2}{\gamma^2} + \frac{\mu_{\sigma_{ny}}^2}{\sigma_{ny}^2} \quad (27)$$

Legyen a  $\mu_{H_0}$  bizonytalanság a  $H_0$  értéknek  $\eta\%$ -a, azaz  $\mu_{H_0} = \frac{\eta}{100} H_0$ , ahonnan  $\eta = 100 \frac{\mu_{H_0}}{H_0}$ .

Helyettesítsük  $\mu_{H_0}$  értékét a (27) egyenlet szerint:

$$\eta = 100 \sqrt{\frac{\left\{ \cos^3 \varphi_s \operatorname{ctg} \varphi_s - \cos \varphi_s \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right) (1 + \sin \varphi_s) \right\}^2}{\sin^2 \varphi_s \cos^4 \varphi_s \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)^2}} \widehat{\mu}_{\varphi_s}^2 + \frac{\mu_{\gamma}^2}{\gamma^2} + \frac{\mu_{\sigma_{ny}}^2}{\sigma_{ny}^2} \quad (28)$$

Ha az előző egyenletet elosztjuk az utóbbival, nyerjük:

$$H_0 = 100 \frac{\mu_{H_0}}{\eta} \quad (29)$$

ami egyébként is természeteszerű.

Vegyünk fel a példa kedvéért számszerű adatokat. Legyen  $\sigma_{ny} = 300 \text{ t/m}^2$ ,  $\varphi_s = 30^\circ$ ,  $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$ , továbbá  $\mu_{\sigma_{ny}} = \pm 20 \text{ t/m}^2$ ,  $\mu_{\varphi_s} = \pm 3^\circ$  és  $\mu_{\gamma} = \pm 0,2 \text{ t/m}^3$ . Számítsuk ki elsősorban magának a  $H_0$ -nak az értékét:

$$H_0 = 1,57 \frac{300 \cdot 1,73}{2,6 \cdot 1,73 \cdot 0,68} \doteq 266 \text{ m}$$

Nézzük meg számszerűen is, hogy felvett példánk esetében milyen bizonytalanság keletkezik a  $H_0$  értékében a három kőzetfizikai jellemző bizonytalansága következtében:

$$\mu_{H_0} = 266 \sqrt{0,65 \cdot 0,052^2 + \frac{0,2^2}{2,6^2} + \frac{20^2}{300^2}} \doteq \pm 29 \text{ m}$$

Ez az egyetlen számszerű példa is világosan megmutatja, hogy a  $H_0$  mélység számításában számottevő bizonytalanság lehet, ha a kőzetfizikai jellemzőket csak durva középhibával tudjuk meghatározni.

A 8. ábrán a

$$H_0 = \frac{\pi \sigma_{ny} \operatorname{ctg} \varphi_s}{2 \gamma \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)}$$

összefüggés grafikonnal történő megoldását adjuk meg. A teljes vonallal kihúzott görbe a

$$f(\varphi_s) = \frac{\operatorname{ctg} \varphi_s}{\operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_s}{2} \right) \left( \operatorname{ctg} \varphi_s + \widehat{\varphi}_s - \frac{\pi}{2} \right)} \quad (30)$$

függvényt mutatja be. Ez a dimenzió nélküli függvény arra használható fel, hogy vele adott  $\varphi_s$ ,  $\gamma$ ,  $\sigma_{ny}$  értékek mellett a  $H_0$  érték igen gyorsan nyerhető. Az eredményvonallal megvont görbe a  $H_0$  változását mutatja  $\varphi_s$  függvényében  $\sigma_{ny} = 200 \text{ t/m}^2$  és  $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$  kőzetfizikai jellemzők esetében.  $\varphi_{s0}$  érték mellett a  $H_0$  értéke a grafikon adta  $f(\varphi_{s0})$  adat felhasználásával a következőképpen fejezhető ki:

$$H_0 = 1,57 \frac{\sigma_{ny}}{\gamma} f(\varphi_{s0}) \quad (31)$$

Mint már említettük, igen fontos bányászati érdek az, hogy előre meg lehessen határozni egy bizonyos mélységben a folyosó környékén megindul-e a kőzetek tönkremenetele, vagy sem. Ezen fontos kérdés eldöntésére a következő módszert ajánlhatjuk a fentiek alapján.

Meg kell ismerni több minta alapján három kőzetfizikai jellemző értéket, éspedig a nyomószilárdságot, a  $\sigma_{ny}$ -t, a belső súrlódási szöget, a  $\varphi_s$ -t, és fedő-összlet átlagos térfogatsúlyát, a  $\gamma$ -t. Meg kell állapítani, hogy a kőzetek alakváltozása a nyomószilárdság milyen százalékát kitevő terhelésig egyenesen arányos az igénybevétellel. Jelöljük ezen százalékszámot  $\eta_a$ -val. Meg kell vizsgálni, hogy a mellékkőzetek a vízfelvétel függvényében hogyan változtatják nyomószilárdságukat és belső súrlódási szögüket.

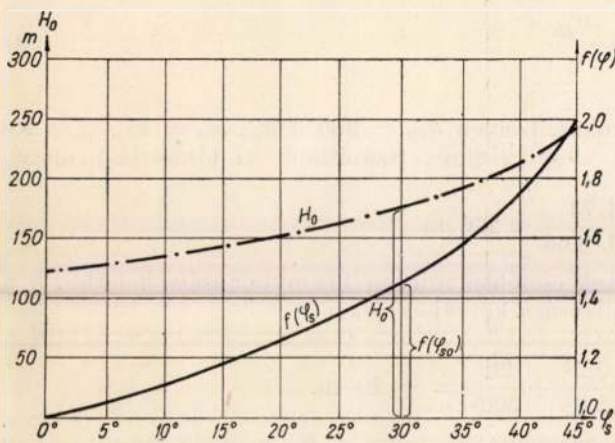
A 8. ábra, valamint a (31) összefüggés alapján számítható azon mélység,  $H_0$ , amelyben már akár a feké, akár a fedő eltörik, tönkremegy. Ugyancsak számíthatjuk a

$$H_a = 0,0157 \eta_a \frac{\sigma_{ny}}{\gamma} f(\varphi_{s0}) = 1,57 \frac{\sigma_a}{\gamma} f(\varphi_{s0}) \quad (32)$$

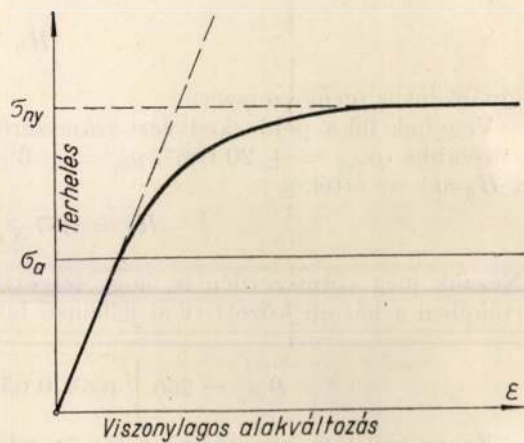
összefüggésből azt a külszíntől számított mélységet is, amelynél a folyosó talpa csak olyan rugalmas alakváltozást szenved, amikor az alakváltozás a terheléssel proporcionális, tehát biztonságosan megáll. Ebben az esetben a folyosó falait csak a kőzetmállás és hullás ellen kell biztosítani mindaddig, amíg a mellékközetek újabb többletterhelést nem kapnak, tehát fejtés vagy folyosó nem közelíti meg azokat, vagy amíg a mellékközetek fizikai tulajdonságai vízfelvétel következtében meg nem változnak.

A 9. ábrán a hazai fekézőzetekre jellemző alakváltozási diagrammot mutatunk be. A görbe az  $\epsilon$  alakváltozás változását mutatja a  $\sigma$  terhelés függvényében. A  $\sigma_a$  adja meg az arányossági határt. Ezen túl a kőzet nagyobb mértékben változtatja alakját, mint ahogy a terhelés növekszik. Több mint száz mintadarabon végrehajtott felvétel mutatja, hogy a magyar szénkísérő mellékközetek arányossági határterhelése,  $\sigma_a$  a nyomószilárdságnak,  $\sigma_{ny}$ -nak mintegy 1/3—1/5-ére tehető.

Ha egy szénterületen a kőzetfizikai jellemzőket azonosnak vesszük és a külszín síknak tekintjük, akkor három mélységi övet különböztethetünk meg, amelyeket egymástól síkok választanak el. Az első öv mélységét,  $H_a$ -t úgy számítjuk, hogy összefüggésünkbe a  $\sigma_{ny}$  helyébe  $\sigma_a$ -t helyettesítünk. A második öv  $H_a$ -tól  $H_0$ -ig tart, míg a harmadik ez alatt van. Mivel általában a külszín nem sík és a kőzetfizikai jellemzők még egy medencén belül is változnak, az egyes öveket nem síkok, hanem általában felületek választják el. Az áthárított nyomás vándorlása, a kőzetek elvizesedése ezeket az elválasztó felületeket állandó hullámszásban tartják.



8. ábra



9. ábra

A  $H_a$  és  $H_0$  közötti második szakasz már nem megbízható. Ebben a szakaszban már a terhelés-növekedés vagy a vízfelvétel hatására a kőzetek észrevehető módon duzzadnak, változtatják alakjukat, ami a beépített biztosítószerkezetek igénybevételében, enyhe talpduzzadásban jelentkezik.

A harmadik szakaszban, amikor a mélység nagyobb a számított  $H_0$  értéknél, már beáll a teljes tönkremenetel. Az egyik szakasz állapota a másik állapotába is átmehet megfelelő terhelésnövekedés, áthárított nyomás vagy vízfelvétel hatására.

Hazai viszonylatban a széntelepek tekintélyes hányadának fekvője homokos agyag. Az agyagok nyomószilárdsága, belső súrlódási szöge a víztartalom növekedésével csökken. A belső súrlódási szög csökkenésének hatása a 8. ábrából leolvasható. Ha ehhez még hozzáadjuk a nyomószilárdság csökkenését is, akkor nyerünk csak képet a víz romboló hatásáról. A száraz és tiszta agyag belső súrlódási szöge elérheti a 40°-ot, nyirkos állapotban lecsökken 28—25°-ra, a nedves agyag belső súrlódási szöge pedig lemehet 10—15°-ig is. Ugyancsak erős csökkenést mutat a nyomószilárdság is. A 8. ábra magyarázatot és pedig számszerű magyarázatot ad arra, hogy miért és mekkora kellemetlenséget, gondot és bajt okoz az a körülmény, ha homokos agyagfekü vizet kap.

Szénmedencéink rétegsorainak megismerése megindult. Ez a munka csak úgy lehet teljes és hasznos, ha az összes szóba jöhető és felhasználható kőzetfizikai jellemzőket meghatározzuk. Különösen fontos az új létesítmények esetében. Ma még elenyészően kevés adat áll rendelkezésünkre pl. a belső súrlódási szöget vagy a fedő-összlet átlagos térfogatsúlyát illetően.

Az oroslányi fekézőzetek átlagos nyomószilárdsága 20 és 30 kg/cm<sup>2</sup> közé tehető. Egyik-másik helyen lényegesen ezen érték alá csökken a nyomószilárdság. Ha átlagosan 25 kg/cm<sup>2</sup>-rel, továbbá  $\varphi_s = 30^\circ$ -kal,  $\eta_a = 30\%$ -kal,  $\gamma = 2,6$  t/m<sup>3</sup>-rel számolunk, akkor

$$H_0 \doteq 220 \text{ m, és } H_a \doteq 66 \text{ m}$$

Ha még a folyosó környéki áthárított nyomást is figyelembe akarjuk venni, akkor ezen értékeket kb. 10%-kal csökkentjük. Ezek szerint tehát, ahol a fekéző vagy a fedő nyomószilárdsága 25 kg/cm<sup>2</sup>, ott 200 m mélységben már teljes tönkremenetel következik be. Ilyen fekéző és fedő mellett csak 60—70 m mélységre hajtható úgy folyosó, hogy az egyáltalán nem jön mozgásba. Természetesen ezen adatok

csak addig állják meg helyüket, ameddig fejtés vagy folyosók révén többletnyomás, vagy a vágat talpán víz nem jelentkezik.

A *balinkai* széntelep közvetlen talpa szenes pala, nyomószilárdsága  $33 \text{ kg/cm}^2$ . Ha a többi adat egyezik az előzővel, akkor ilyen talp esetében a fekü teljes tönkremenetele  $260\text{--}270 \text{ m}$  mélységben kezdődne meg. Az említett szenes pala nem vastag. Az alatta lévő homokos agyag nyomószilárdsága lényegesen kisebb és így a fekü feltörése, beduzzadása kisebb mélységben is bekövetkezik.

A *pusztavámi* alsótelep fekjének nyomószilárdsága az eddigi minták szerint  $9$  és  $22 \text{ kg/cm}^2$  között változik. Ez azt jelenti, hogy a  $H_0$  durván  $70$  és  $170 \text{ m}$  között, a  $H_a$  pedig  $20$  és  $50 \text{ m}$  között változik, ha a többi kőzetfizikai jellemző az előző példákban felvettekkel egyezik. A mindenkori tényleges mélység  $H$  és a  $H_0$ , illetve  $H_a$  közötti  $H-H_0$ , illetve  $H-H_a$  különbséggel arányosan változik a talp vagy a főte beduzzadásának intenzitása is. Ezt a szabályszerűséget a *pusztavámi* szénbányászat története igen szemléltetően mutatja meg. A móri szerkezeti árok környékén, ahol a mellékkőzetek lágýabbak, nedvességtartalmuk nagyobb, igen komoly nehézségek mutatkoztak a bányáskodás megindulásával. A folyosók főtéje és talpa igen erős intenzitással duzzadt be. Amint a bányáskodás a móri ároktól eltávolodott, a vágatkörnyéki mozgás intenzitása is csökkent a mellékkőzetek szilárdságának növekedésével. Igen komoly méreteket itt csak akkor mutatott, ha a frontfejtések hatására a vágat két oldalán a terhelés komoly mértékben megnövekedett. Ez a javulás Oroszlány irányában fokozatosan jelentkezni fog.

*Petőfibányán* a fekü törőszilárdsága  $5\text{--}6 \text{ kg/cm}^2$ -ig is lecsökken. Ilyen fekün kihajtott folyosó talpa  $40\text{--}50 \text{ m}$  mélységben tönkre megy. A hasonló körülmények között dolgozó herendi lignitbányászkodás mindaddig nem küzd ezzel a nehézséggel, amíg kritikus mélységét el nem éri.

A kritikus mélység átlépésének hatása a *borsodi* szénélőfordulások területén a Baross-aknai üzemben, a Csanyik-i lejtősaknában is szemmel láthatóan jelentkezett, amint ezt *dr. Horváth József* okl. bányamérnök annak idején meg is figyelhette [3]. A Csanyik-i lejtősakna olyan területet tárt fel, ahol a takaróréteg vastagsága megnőtt. A régi műveletek kis mélysége mellett a  $25\text{--}30 \text{ kg/cm}^2$  szilárdságú anyagok még nem mozdultak,  $150\text{--}170 \text{ m}$  mélységben már legalább is a második szakaszba estek, sőt vízáztatta, vagy fejtések közelében lévő vágatokban, vagy ott, ahol a mélyebb fekü szilárdsága  $5\text{--}10 \text{ kg/cm}^2$ -ig is lecsökkent, már a harmadik szakasz jelenségei is megmutatkoztak.

A víznek igen nagy szerepe van. A *padragi* déli alapközle egy része  $90\text{--}100 \text{ kg/cm}^2$  szilárdságú anyagban nyert kihajtás a szénvezető rétegsorban kb.  $270 \text{ m}$  mélységben. A talp a kihajtás után hónapokig nem duzzadt a szóbanforgó részen. Amint a talp vizet kapott, az anyag szilárdsága és belső súrlódási szöge csökkent, előbb a második, majd a fejtések kiterjedésével a harmadik szakaszba került.

A kiragadott egypár eset korántsem ad teljes képet a magyar szénbányászat ezen a téren jelentkező problémájáról. A megkezdett sort igen messze lehetne még folytatni.

Az eddig elmondottakban elsősorban a talpban lejátszódó jelenségekkel foglalkoztunk. Megállapítottuk, hogy a folyosók talpában az anyag tönkremenetelének megindulása milyen feltétel mellett jöhet létre, valamint azt is, hogy folyosók esetében a tönkremenetel kör mentén, fejtésekben pedig sugáregyenes mentén indul meg. Ezen körök, illetve egyenesek geometriai megjelenési formáját egyedül a belső súrlódási szög határozza meg.

Igen könnyű belátni azt, hogy egy szintes tengelyre vonatkoztatva szimmetrikus földalatti üreg talpában és fedőjében a feszültségi mező is szimmetrikus abban az esetben, ha az anyagot súlytalannak tételezzük fel és ennek megfelelően a feszültségi mezőt létrehozó erőhatás a feltételelesen, vagy gyakorlatilag súlytalannak tekinthető anyagra a szimmetria tengelyre merőlegesen kívülről hat. Ez azt jelenti, hogy ilyen feltételek mellett a fedőben is pontosan ugyanolyan vonalak mentén indul meg az anyag tönkremenése, mint a talpban. Súlytalannak feltételezett anyagban létesített üreg lazulási magja tehát körvonalú. Természetesen a körvonalú lazulási mag csak elméleti, mert az említett, gyakorlatilag nem létező feltétel mellett érvényes csak.

A természetben nincs súlytalan anyag, bányászati vonatkozásban a külső terhelések elenyészőek, a terhelést maga az önsúly adja. Az önsúly következtében a talp és a főte feszültségi mezője nem szimmetrikus, mert a főtében a talphoz viszonyítva még húzó- és nyírófeszültségek is fellépnek, amelyek a főtében a talpra érvényes feszültségi mezőt módosítják, torzítják. Ennek megfelelően módosul, torzul maga a lazulási mag is. Ezek a húzó- és nyírófeszültségek annál inkább éreztetik hatásukat, minél szélesebb az üreg és megfordítva. A lazulási mag keresztmetszetének kontúrja tehát annál inkább hasonlít a körívhez, minél kisebb az üreg szélessége. Az üreg szélességének növelésével, a fejtés előrehaladásával a kezdeti, a körívhez közelálló görbevonala átalakul a törésvonallá. A szélesség növekedés függvényében ezen görbevonala alakulása analitikus úton is követhető, azonban az összefüggések rendkívüli módon nehézkesek. Egyébként sem célunk e helyen ennek részletes vizsgálatával foglalkozni. A nehézséget elsősorban az okozza, hogy az anyag első tönkremenési vonalának kialakulása után megváltozik maga a feszültségi mező is. Az első tönkremenést jelentő körökön, sugáregyeneseken a rájuk merőleges feszültség ugyanis nullává lesz a törés pillanatában éppúgy, mint ahogy az nulla volt a törés előtt az üreg minden falán. A módosult feszültségi mező azután esetleg az anyag tönkretételét folytathatja, amelynek geometriája már természetesen nem egyezik meg az első tönkremenés geometriájával. Ez a jelenség mindaddig folytatódhat, amíg annak feltétele kielégülhet.

A frontelőhaladás végigpusztíthatja a lágý talpkőzetet, plasztikussá teheti. Ez a hatás, ha nem is teljes mértékben, de érvényesülhet akkor is, ha a front nem közvetlen a lágý talpon halad először, hanem

a felső padban vagy telepben, amikor a fejtés talpa és a lágúbb fekü között még egyelőre bennmarad az alsó telep vagy alsó pad.

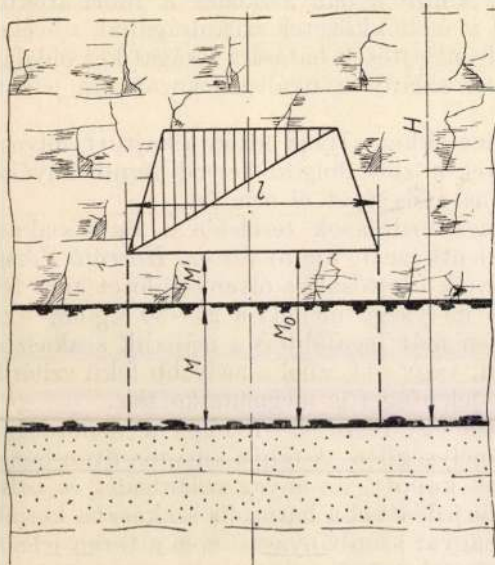
Lágú fekre települt, a fekünél lényegesen szilárdabb széntelepek feltáró, szállító és légfolyosító célszerű a fedőben elhelyezni. A 10. ábrán a széntelep fekvőjében lágú, duzzadó anyag van. A vágatot a fedőben képezzük ki. A folyosó talpa és a lágú fekü között levő  $M_0$  vastagságú közteréteget tekintünk két végén befogott, egységnyi szélességű tartónak. Érvényes tehát a szilárdságtan ismert, a befogott tartókra vonatkozó összefüggése:

$$w = M_0^2 = \frac{q_0 l^2}{2 \sigma_m}, \text{ azaz } M_0 = \sqrt{\frac{q_0 l^2}{2 \sigma_m}} = l \sqrt{\frac{q_0}{2 \sigma_m}} \quad (33)$$

ahol  $q_0$  a területegységre eső terhelés,  $l$  a folyosó talpának szélessége,  $\sigma_m$  pedig a tartó megengedhető hajlító igénybevétele. A biztonság érdekében szól, ha  $q_0 = H\gamma$ , azaz feltesszük, a fekü annyira lágú, hogy a hidrosztatika törvényeinek engedelmessékedik. Azzal, hogy  $q_0$  helyébe a  $H\gamma$  értéket helyettesítjük, az elméletileg elképzelhető legnagyobb terhelést vesszük fel. Ennek megfelelően:

$$M_0 \text{ (cm)} = \sqrt{\frac{H_{\text{(cm)}} \gamma_{\text{(kg/cm}^3\text{)}} l_{\text{(cm)}^2}^2}{2 \sigma_m \text{ (kg/cm}^2\text{)}}} \quad (34)$$

Ha ezen összefüggésből számított  $M_0$  érték nagyobb, mint a széntelep vastagsága az  $M$ , akkor a telep fölé kell emelni a talpat  $M'$  távolsággal, amikor tehát  $M_0 = M + M'$ . Ha ezen utóbbi eset forog fenn, azaz  $M_0 > M$ , akkor az első számított értékünk, amelynél a szén hajlításra megengedett igénybevétele helyettesítettük, csak első megközelítés lehet. A tartó ez esetben ugyanis két részből tevődik össze:  $M$  vastagságú széntelepből és  $M'$  vastagságú fedőből. A két réteg hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusa nem egyezik. Az első ízben számított  $M_0$  értékét tehát szigorúan véve a több-rétegű tartók elve alapján kellene ellenőrizni. Gyakorlatilag helyesen járunk el, ha ezt az ellenőrzést úgy végzük el, hogy a két rétegnek hajlítószilárdságából  $M$  és  $M'$  szerint súlyozott átlagos hajlítószilárdsággal, illetve meg-



10. ábra

engedhető igénybevétellel számolunk. Az így kapott második közelítés már gyakorlatilag megfelel.

Legyen a példa kedvéért  $H = 150$  m,  $\gamma = 2,6$  t/m<sup>3</sup>, és  $\sigma_m = 100$  t/m<sup>2</sup>,  $l = 2,5$  m. Ezek alapján

$$M_0 = \sqrt{\frac{15000 \cdot 0,0026 \cdot 250^2}{2 \cdot 10}} \doteq 349 \text{ cm} \doteq 3,5 \text{ m}$$

Ez azt jelenti, hogy 150 m mélységben 3,5 m vastag szén biztonságot nyújt a talpduzzadás ellen, ha a szénnek hajlításra megengedett igénybevétele eléri a 100 t/m<sup>2</sup>-t, azaz eléri a 10 kg/cm<sup>2</sup>-t. A balinkai széntelep átlagosan 2,2 m vastag, a takaróréteg vastagság 200 m-re tehető. A széntelep feküje kis szilárdságú homokos agyag. A szénben lágú fekün hajtott folyosó igen intenzív talpduzzadást mutat. A telep feletti márgában hajtott folyosó, amikor a folyosó talpa átlagosan 1 m-rel magasabban van, mint a telep fedőlapja, mentesült a talpduzzadástól. Sajnos, szeneink és fedőkőzeteink hajlítószilárdságát nem ismerjük. Ezen a téren is sürgős teendőink vannak.

Elégséges a  $\sigma_m$  értékét a hajlítószilárdság felére tenni. Így is az arányossági szakaszon belül maradunk, mert a  $H\gamma$  terhelés felvétele kellő biztonságot nyújt.

Kőzetek, különösen a szenek esetében a szilárdságtani összefüggéseket igen óvatosan szabad csak kezelni. A próbakocka adatai a természetben igen eltorzulhatnak vízfelvétel, a vállaposodás, a rétegződés, idegen természetű anyag, pl. homok közbetelepülése stb. révén. Az oldalak fellazulása következtében a talptávolság és így a tartó feszítávolsága is nő.

Az óvatosságra egymaga a rétegződés is int, mert tudott dolog, hogy ugyanolyan vastagság és feszítávolság mellett a rétegekből összetett tartó kisebb teherbírási, mint az egységes tartó. Az utólagos vízfelvételi lehetőség, a relatív alávájási szélesség esetleges megnövekedése, valamint a rétegződés kedvezőtlen hatása indokolja tehát azt az óvatosságot, miszerint a terhelést hidrosztatikusnak,  $H\gamma$ -nak vettük fel.

Ha a szilárd szén fedője is lágú és duzzadásra hajlamos, akkor legfeljebb annak lehet értelme, hogy a folyosó talpát a szén főtálcáján visszük, vagy számításból adódó mértékig süllyesztjük magába a széntelepbe, ha a szén hajlító szilárdsága ezt lehetővé teszi. Elsősorban a szállító, de a légfolyosóknál is az a legelső követelmény, hogy a talp viszonylag nyugodt legyen. Fontos ez különösen csille-szállításnál.

Viszonylag nagyobb mélységben, 150 m-nél mélyebben, lágy talp esetében a hazai viszonylatban használatos TH gyűrűs biztosítás csak egészen sűrű beépítés, 30–40 cm-es távolság mellett állja meg a helyét. Ennek oka többirányú. A TH gyűrű anyaga nem megfelelő. A legnagyobb gondosság mellett sem sikerül a körszelvény kivágása. A körszelvény talpi íve, néha felső íve duzzad, a keményebb szén pedig vagy egyáltalán nem, vagy csak kisebb mértékben duzzad, a TH gyűrű tehát egyenetlen terhelést kap. Ennek következtében a gyűrű engedékenysége nem érvényesülhet teljes mértékben, a talpon vagy a főtében behasasodik.

A sűrűn beépítendő TH gyűrűvel biztosított folyosó legtöbb esetben gazdaságilag is hátrányosabb, mint a fedőben, különösen a szilárdabb fedőben kihajtott vágat. A tapasztalat azt mutatja, hogy a TH gyűrű-biztosítással kihajtott folyosó előrehaladási sebessége nem haladja meg a fedőben hajtott vágat kihajtási sebességét. Ebből az következik, hogy a biztosítás anyaga nélkül számított vágatkivágási költségek a két esetben megegyeznek. A TH gyűrűs vágat biztosítási anyagköltsége  $a$  Ft/m, a fedőben hajtott folyosóé pedig  $b$  Ft/m. A telepben haladó folyosó szénértéke  $c$  Ft/m. Az  $a-c > b$  viszony rendszeren fennáll. Ez a viszony a vágat későbbi élettartama alatt is érvényben marad, ha a fedő-folyosót időálló anyaggal biztosítjuk, pl. impregnált fával, beton- vagy elhasznált sínből készült ácsolattal. Ha a fedővágatot fával biztosítjuk, akkor is csak kb. 10–12 év múlva lesz  $a-c = b$ . Ennyi idő után viszont a TH gyűrűs biztosítás is feltétlenül cserére szorul, ha nem előbb. Amíg a TH gyűrűs vágatkivágási sebességét csak körszelvényt vágó elővájó géppel lehet számottevő módon fokozni, addig a meddővágat haladási sebességét az érbányászat kipróbált eszközeivel és módszereivel hathatósan meg lehet növelni.

Ha a természeti adottságok nem teszik lehetővé a szállító- és légutak fedőbe való helyezését, akkor a vas- és betonbiztosítás jöhet számításba. A biztosító szerkezetek méretezése igen nagy körültekintést kíván. Amíg a vágatkörnyéki kőzetek csak olyan mértékig vannak igénybevéve, hogy az alakváltozás proporcionális az igénybevétellel, addig maga a kőzet egyben biztosító szerkezet is és ez esetben, mint említettük, a folyosó falait a hullás és az atmoszférikus hatás ellen kell megvédeni. Abban a szakaszban, amely az arányossági határ és a törés között van, sőt azon túlmenően egészen a teljes plasztikus állapotig, az alakváltozási feszültségek alapján lehetne a méretezést megkísérelni. A vágatkörnyéki kőzetek rétegződöttek, vállapozódottak, a kőzetek és a biztosító szerkezetek rugalmassági modulusa különböző és mindmegannyi tényező játszik még szerepet, amelyeket analitikus összefüggésben kifejezésre juttatni rendkívül körülményes. Utólagosan bekövetkező igénybevételek utólagos alakváltozásokat hoznak létre. Ezen utólagos igénybevételek jórésze előre még csak hozzávetőlegesen sem kalkulálható.

Hogy jelen sorainkban a méretezés egy határesetével foglalkozunk, azt csak azért tesszük, mert ki akarjuk mutatni, hogy milyen nagy és fontos szerepe van a biztosító anyag jó minőségének. Ez a határeset az lenne, amikor a terhelés  $H\gamma$  érték, tehát hidrosztatikus feszültségi állapot állna elő. Ez szokványos bányászati mélységeknél csak egészen lágy mellékkőzetek esetében fordul elő, illetve következik be annak megközelítése.

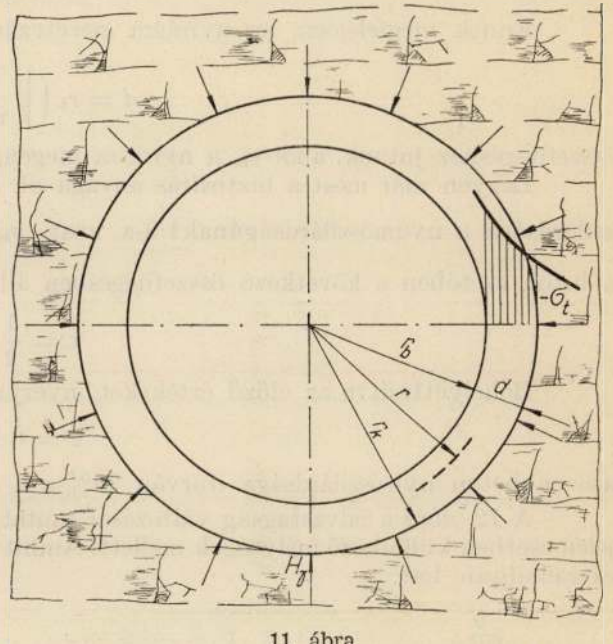
Legyen 11. ábra szerint körszelvényű vágatunk.  $H$  mélységben a körszelvényű biztosító szerkezetre kívülről egyenetlenül hat az előbbi feltételnek megfelelően  $H\gamma$  nyomás. Ahelyett, hogy az idevágó feszültségelmélet összefüggéseinek részletesebb bevezetését megtennénk, írjuk fel az üreges hengerekre érvényes összefüggést:

$$-\sigma_t = \frac{H\gamma r_k^2}{r_k^2 - r_b^2} \left( 1 + \frac{r_b^2}{r^2} \right) \quad (35)$$

ahol  $-\sigma_t$  a tangenciális irányú nyomófeszültség. Egyszerűen belátható, hogy  $-\sigma_t$  akkor maximum, ha  $r = r_b$ , azaz

$$-\sigma_{t \max} = \frac{2 H\gamma r_k^2}{r_k^2 - r_b^2} \quad (36)$$

A gyűrű belső felületén a sugárirányú feszültség  $\sigma_r = 0$ .



11. ábra

Ha az egyenletesnek felvett terhelés kívülről hat, akkor a biztosító szerkezetben nyomás és nyírás lép fel. A méretezést tehát a maximálisan felléphető nyomó- illetve nyírófeszültségre kell meg-ejteni aszerint, hogy melyik kíván nagyobb  $d$  falvastagságot.

Ha a maximális nyomófeszültség alapján méretezünk, akkor :

$$-\sigma_{t\max} = \sigma_m = \frac{2H\gamma(r_b + d)^2}{(r_b + d)^2 - r_b^2} \quad (37)$$

összefüggésből adódik, hogy

$$d = r_b \left( \sqrt{\frac{\sigma_m}{\sigma_m - 2H\gamma}} - 1 \right) \quad (38)$$

ahol  $\sigma_m$  a nyomásra megengedhető igénybevétel.

Ismeretes, hogy a maximális nyírófeszültség

$$\tau_{\max} = \frac{-\sigma_t - \sigma_r}{2} = \frac{-\sigma_{t\max}}{2} \quad (39)$$

Ennek megfelelően, ha nyírásra méretezünk

$$d = r_b \left( \sqrt{\frac{\tau_m}{\tau_m - H\gamma}} - 1 \right) \quad (40)$$

összefüggéshez jutunk, ahol  $\tau_m$  a nyírásra megengedhető igénybevétel.

Legyen már most a biztosítás anyaga pl. beton-, vagy betonidomkő. Általában a beton húzó-szilárdsága a nyomószilárdságának  $1/8$ -a, azaz  $\sigma_{húz} \doteq \frac{1}{8} \sigma_{ny}$ . Ismeretes az is, hogy a nyírószilárdság a beton esetében a következő összefüggésben áll a húzó-, illetve nyomószilárdsággal :

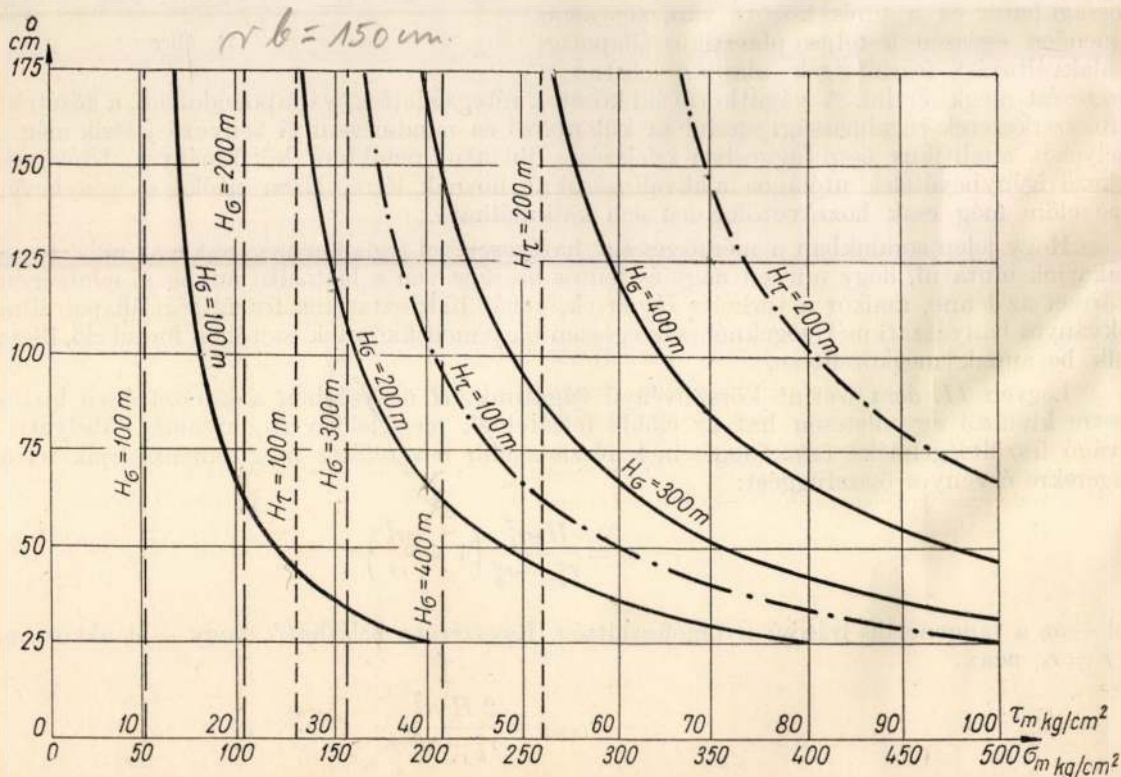
$$\tau = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_{húz} \sigma_{ny}} \quad (41)$$

Behelyettesítve az előző értékeket, nyerjük :

$$\tau = 0,177 \sigma_{ny} \quad (42)$$

azaz a beton nyírószilárdsága durván 20%-a a nyomószilárdságnak.

A 12. ábra a falvastagság változását mutatja  $\sigma_m$ , illetve  $\tau_m$  függvényében különböző terhelések, jelen esetben különböző mélységek mellett. Amint említettük, a feltétel az, hogy  $H\gamma$  terhelés egyenletes és radiálisan hat.



12. ábra



Az abszcissa-tengelyre a megengedhető nyomó-, illetve nyíróigénybevételt raktuk fel. Az ordináta a falvastagság változását mutatja. A görbéket 100 m, 200 m, 300 m, 400 m mélységnek megfelelően  $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$  térfogatsúly mellett rajzoltuk meg. A görbék egyik asszimptota-tengelye maga az abszcissa-tengely, mert ha elvileg  $\sigma_m = \infty$  és  $\tau_m = \infty$ , akkor  $d = 0$ . A másik asszimptota-tengely az abszcissa-pontban emelt ordináta, amely pontban  $d = \infty$ .

Elvileg a falvastagság  $d = \infty$ , ha egyfelől  $\sigma_m = 2H\gamma$ , vagy másfelől  $\tau_m = H\gamma$ . Ahol tehát a  $\sigma_m$  a  $2H\gamma$  értékével, illetve  $\tau_m$  a  $H\gamma$ -val egyezik meg az egyes  $H$  értékeknek megfelelően, ott szaggatott vonallal megjelöltük a görbék másik asszimptotáját.

A megrajzolt diagrammok természetesen a hidrosztatikus állapotot tételezik fel. A kőzeteknek mindig van belső sűrűlódásuk,  $\varphi_s > 0$ , és összenyomhatók, azért ezen idealizált eset csak megközelíthető, akkor, ha az anyag lágy. Ilyen kőzetekben való méretezésnél célszerű felhasználni ezen összefüggéseket. Mivel a terhelés felvételében kellő biztonsággal számolunk, a  $\sigma_m$  és  $\tau_m$  értéke a  $\sigma_{ny}$ , illetve  $\tau$  értékhez, azaz magához a nyomó-, illetve nyírószilárdsághoz közelebb állhat, sőt azt el is érheti.

A 12. ábra görbéi megmutatják, hogy a biztosító anyag minőségének nagyobb hatása van, mint a falvastagságnak.

Ha a biztosító gyűrű anyagának nyomószilárdságát pl. a kétszeresére emeljük, a falazati gyűrű teherbírása nagyobb lesz, mint abban az esetben, ha a falvastagságot emeljük a kétszeresére.

Ha pl. a terhelés  $40 \text{ kg/cm}^2$  és  $\tau = 60 \text{ kg/cm}^2$ , akkor 3 m-es belső átmérő esetében a falvastagság  $d = 1,1 \text{ m}$ . Ha a  $\tau$  értékét  $120 \text{ kg/cm}^2$ -re emeljük, akkor ugyancsak 3 m-es belső átmérő mellett a falvastagság  $d = 0,34 \text{ m}$ -re csökken le, tehát lényegesen kisebbre, mint a felére.

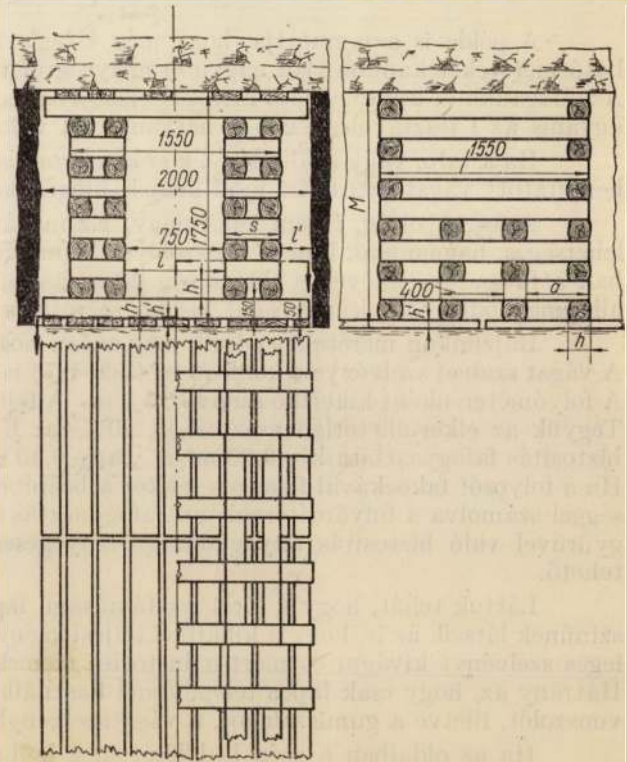
A (40) összefüggésben legyen  $\tau = H\gamma$ , vagy ha a falazatra ható külső egyenletes és radiálisan ható terhelést általában  $q_0$ -al jelöljük,  $\tau = q_0$ , akkor  $d = \infty$ . Ez azt jelenti, hogy abban az esetben, amikor a nyírószilárdság nem haladja meg a külső terhelés értékét, akkor bármilyen vastagságú falazat sem bírja el a terhelést, eltörik. A görbék lefutása azt is elárulja, hogy amikor a nyírószilárdság nem lényegesen nagyobb, mint a terhelés, akkor igen nagy falvastagságra van szükség.

Megállapítható tehát kétséget kizáró módon, hogy döntő szerepe van az anyag minőségének. Igaz ugyan, hogy a hidrosztatikus állapot igen ritka jelenség, az összefüggésekből levont következtetések mégis helyesek, mert ezek bármilyen  $q_0$  külső egyenletes és radiálisan ható terhelés esetében érvényesek.

Hazai bányászatunkban használatos betonidomkövek csak úgy állhatják meg helyüket, ha azok a legmodernebb technológiával készülnek minőségi anyagokból. Igen ajánlatos lenne hazai viszonylatban a betonidomkő anyagába 1—2 súlyszázalékban dróthuzalvagdalékot adagolni. A dróthuzalvagdalék átlagos hosszúsága mintegy 4—5 cm, átmérője pedig 1—2 mm lehet. Ez az adagolás a betonidomkő nyomó-, de különösen a nyírószilárdságát tekintélyes mértékben megemeli. A nagy szilárdságú, de különösen a dróthuzalvagdalékkal készült betonidomkövek még a hazai kőzetviszonyok között is megállják helyüket. Kivételt képeznek azok a helyek, ahol vetőmenti hegymozgás, csúszás van, amely utóbbi nem egyszer a fejtések hatására is létrejöhet. Ilyen helyeken csak az engedékeny fagyűrűs biztosítás állja meg a helyét viszonylag tűrhető ideig.

A fejtések előkészítésénél az elővájásokat a széntelepben kell kihajítani. Ha a talp lágy, akkor még a lefejtés előtt beduzzad, nem egyszer a fejtéseket ellátó vágatrendszer annyira tönkremegy, hogy elfogadható állapotban való megtartása komoly erőfeszítéssel és nagy költséggel jár. Már említettük, hogy erősen duzzadó, lágy mellékkőzetek és kemény szén esetében az utóbbi időben kiterjedtebben alkalmazni kezdett TH gyűrűs biztosítás nem állja meg a helyét. Maga a biztosítás anyaga költséges, beépítése körülményes és körszelvényű kivájtást igényel. Ha minden oldalról lágy kőzetek vannak, gyakran talál alkalmazást a fakockás körszelvényű falazat. Az igénybevételnek jobban ellenáll, mint a TH gyűrű, áll azonban itt is, hogy a körszelvény kivájtása körülményes, maga a falazás is viszonylag lassú.

A 13. ábrán fapilléres biztosítást mutatunk be. Az elővájás talpát pallódeszkákkal, illetve kettő vagy három részre fűrészelt gömbfákkal letakarjuk úgy, hogy azok hosszabb oldalukkal az elővájás haladási irányába essenek. A takarófák vastagsága  $h'$ . Erre merőlegesen nyomógerendákat fektetünk az elővájás teljes szélességében



13. ábra

egymástól  $a$  távolságra. Szelvényük  $h \cdot h$ . A nyomófákra építjük fel a máglyákat az ábra szerinti elrendezésben. A két máglya közötti távolság  $l$ , a máglyák és a szénfal közötti távolság pedig  $l'$ . A máglyák szélessége  $s = 0,25 - 0,30 M$ , ahol  $M$  a telepvastagság. A minimális  $s$  érték 40 cm-re tehető. A főtebiztosítás hasonlóan történhetik, mint a talp lefogása. Ha azonban a főte viszonylag jobb magatartású, akkor a nyomófákat ritkábban helyezzük el a főtében, mint a talpban és a főtetakarás is hézagossabb és vékonyabb lesz.

Méretezzük először a nyomógerendákat mint két végén alátámasztott egyenletesen terhelte tartókat. A terhelésként a  $H\gamma$  értéket választjuk mint a lehetséges legnagyobb terhelést. Ez a két felvétel biztonságot jelent, ezért a hajlításra megengedett igénybevételt a hajlítózsilárdsággal,  $\sigma_h$ -val azonosnak vehetjük. Az összefüggések az alábbiak lesznek:

$$w = \frac{h^3}{6} = \frac{H\gamma a l^2}{8 \sigma_h}$$

ahonnan

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 H \gamma a l^2}{4 \sigma_h}}$$

Méretezzük ezután a pallódeszkákat. Felírható ugyanis:

$$w' = \frac{h'^2 a}{6} = \frac{H \gamma a^2}{8 \sigma_h}$$

azaz

$$h' = a \sqrt{\frac{3 H \gamma}{4 \sigma_h}}$$

Vegyünk elő egy példát. Legyen  $H = 150 \text{ m} = 15\,000 \text{ cm}$ ,  $\gamma = 0,0026 \text{ kg/cm}^3$ ,  $l = 75 \text{ cm}$  és  $a = 40 \text{ cm}$ . A felhasznált keményfa hajlítózsilárdságát  $1150 \text{ kg/cm}^2$ -ben adjuk meg. Ezek szerint:

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 15\,000 \cdot 0,0026 \cdot 40 \cdot 75^2}{4 \cdot 1150}} \doteq 18 \text{ cm}$$

és

$$h' = 40 \sqrt{\frac{3 \cdot 15\,000 \cdot 0,0026}{4 \cdot 1150}} \doteq 6 \text{ cm.}$$

A példa is azt mutatja, hogy még a legkedvezőtlenebb terhelés feltételezése esetén is elfogadható méreteket kapunk. Ha nagyobb mélységről van szó, akkor a nyomógerendák távolsága csökken. Az elfogadható, kivitelezhető méretek elsősorban azért vannak, mert az  $l$  fesztávolság kicsi. A  $h$  értéke ugyanis az  $l$  fesztávolság  $2/3$ -ik hatványával változik arányosan.

Ha a talp, vagy a főte lágy, a szén viszonylag kemény, az oldalból nem dől ki, akkor a 13. ábrán bemutatott vágatbiztosítási mód látszik megfelelőnek.

A fesztávolság,  $l$  nem lehet nagy. Ez magával hozza azt, hogy a folyosóban csilleszállítás nem lehetséges, hanem csak láncos vonszolóval, gumiszalaggal lehet a szállítást lebonyolítani. A légvágatokban a fabeadás csillével is történhet, ha a fás csille keresztirányú mérete és a vasút nyomtávolsága alkalmazkodik a szokványosnál kisebb mérethez.

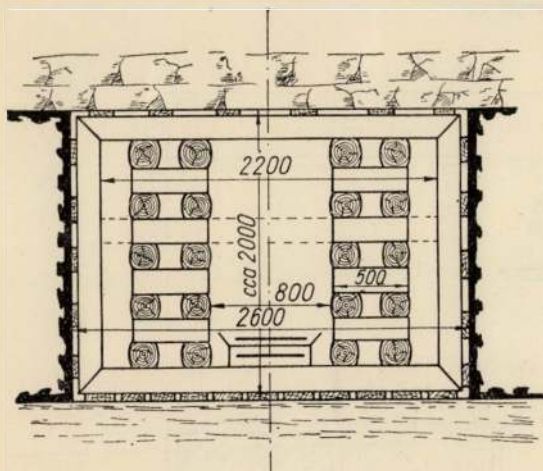
Rajzunkon méreteket adunk meg azért, hogy bizonyos gazdasági kalkuláció elvégezhető legyen. A vágat szabad szelvénye e konkrét esetben  $1,75 \text{ m}^2$ . A folyóméterenként beépített faanyag kb.  $1 \text{ m}^3/\text{m}$ . A folyóméterenként kikerülő szén kb.  $5 \text{ t/m}$ . A fejtés előrehaladásakor a beépített faanyag felszabadul. Tegyük az elkerülhetetlen veszteséget  $20\%$ -ra. Ez azt jelenti fenti adataink alapján, hogy a vágatbiztosítás fafogyasztása kb.  $0,20 \text{ m}^3/\text{m}$ , vagy  $0,40 \text{ m}^3/10 \text{ t}$  szén, ami az átlagos értékekkel megegyezik. Ha a folyosót fakockával falazzuk, akkor a beépített anyag  $2-3 \text{ m}^3/\text{m}$  között van. Ugyanolyan veszteséggel számolva a folyóméterenkénti fafogyasztás  $0,4-0,6 \text{ m}^3/\text{m}$ , avagy  $0,8-1,0 \text{ m}^3/10 \text{ t}$  szén. A TH gyűrűvel való biztosítás anyagköltsége lényegesen magasabb, a fapilléres biztosítás  $5-10$ -szeresére tehető.

Láttuk tehát, hogy a kicsi fesztávolságú fapilléres biztosítás a legkevésbé anyagigényes. Valószínűnek látszik az is, hogy a kihajtási teljesítmény is lényeges növekedést mutat, mert nem kell különleges szelvényt kívánni és mert a biztosító elemek kellő gyakorlat után igen gyorsan helyezhetőek el. Hátrány az, hogy csak lapos településnél használható, az elővájás közben be kell már építeni a láncos vonszolót, illetve a gumiszalagot, a vágatszélvénnyből jelentős részt kér magának a biztosító szerkezet.

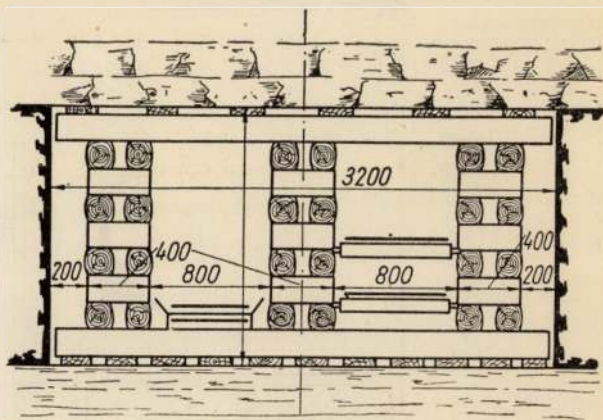
Ha az oldalsó szén bedőlését meg kell akadályozni, akkor a 14. ábra szerint járhatunk el. Ha a szükség úgy kívánja, a beépített keretácsolat, amelynek gerendái egyszerű lapolással illeszked-

hetnek, még külön is kifeszítható, amikor is a feszkék egyben a famáglyák megfelelő tagjai, vagy a famáglyák üregein mennek keresztül.

A 15. ábrán hárommáglyás biztosítást látunk. Előnye ennek, hogy nagyobb szabad szelvényt ad. A kétmáglyás biztosításnak hátránya az is, hogy a biztosítás anyagát nehézkes az elővájás munkahelyére szállítani. Ez a hátrány a kétszelvényes, azaz hárommáglyás biztosításnál esik. Az egyik szelvényben ugyanis megépíthető a faanyag szállítására szolgáló, fent említett kis nyomtávú vasút, vagy akár a láncos vonszoló, akár a gumiszalag kifelé való mozgása kötél és terelőcsiga segítségével befelé való mozgást tesz lehetővé a szomszédos szelvényben. A 10 t szénre vonatkoztatott fafogyasztás kb. megegyezik az előbbi kétmáglyás biztosítással. A hárommáglyás biztosítás elsősorban vékony településnél nyerhet alkalmazást.



14. ábra



15. ábra

Rendkívüli módon tűzveszélyes telepekben ezen biztosítás nem ajánlatos, mert a gyorsan és észrevétlenül keletkező tűz a máglyasort meggyújtja.

Az így biztosított vágatok frontfejtést vagy csoportos kamra- vagy pillérfejtést szolgálnak ki. Ha az elővájás hossza nagy, célszerű gumiszalagot alkalmazni a láncos vonszoló helyett. A gumiszalag maximálisan 600-as hevederszélességű lehet, mert ez, amellet, hogy a fejtés szállításának eleget tesz, viszonylag kisebb  $l$  fesztávolságot kér magának. Az utóbbi években már tekintélyes hosszúságú láncos vonszolók is készülnek, úgyhogy a kicsi  $l$  fesztávolság nem okozhat problémát.

A 15. ábra bemutatja a gumiszalag elhelyezésének különleges módját is. A szalagot váz nélkül szereljük, mert a vázat maga a két máglyasor adja meg. A felső- és alsógörgők csapjait egyszerűen a pillérfában készített vágatban, csapágyban helyezük el. A szalagnak mind a felső, mind az alsó görgősora tetszőleges magasságban helyezhető el. A görgők munkája így könnyebben ellenőrizhető. Ha a két görgősor között megfelelő távolságot tartunk, akkor a visszafutó hevederen is lehet szükség- és alkalomszerűen anyagot szállítani. Ez a megoldás lehetővé teszi azt is, hogy adott  $l$  máglyák közötti fesztávolság esetében a hevederszélesség nagyobb lehet, mint a szokványos vázzal szerelt szalagok esetében. Ha esetlegesen a szállítandó mennyiséget a síkhevederes alkalmazás nem bírná el, akkor a teknőalakot biztosító három görgőt összefogó keretet rögzíthetjük egyszerű módon a máglyákhoz. Akár az egyik, akár a másik kivitelenben szerelt szalag mentes a talpmozgás kellemetlen hatásától, a talpban helyenként összegyülemlött víztől. Ezek az előnyök csak fokozzák a két-, három- vagy többmáglyás vágatbiztosítás már ismertetett előnyeit.

Ha maga a szén is igen intenzíven duzzad be a kinyitott folyosóba, ami a legritkább esetben fordul elő, akkor ez ellen a fapilléres biztosítás nem véd. Ilyen ritkán előforduló esetben kénytelenek vagyunk a lényegesen drágább, sűrűn rakott TH gyűrűs, vagy a fakocka-falazathoz folyamodni.

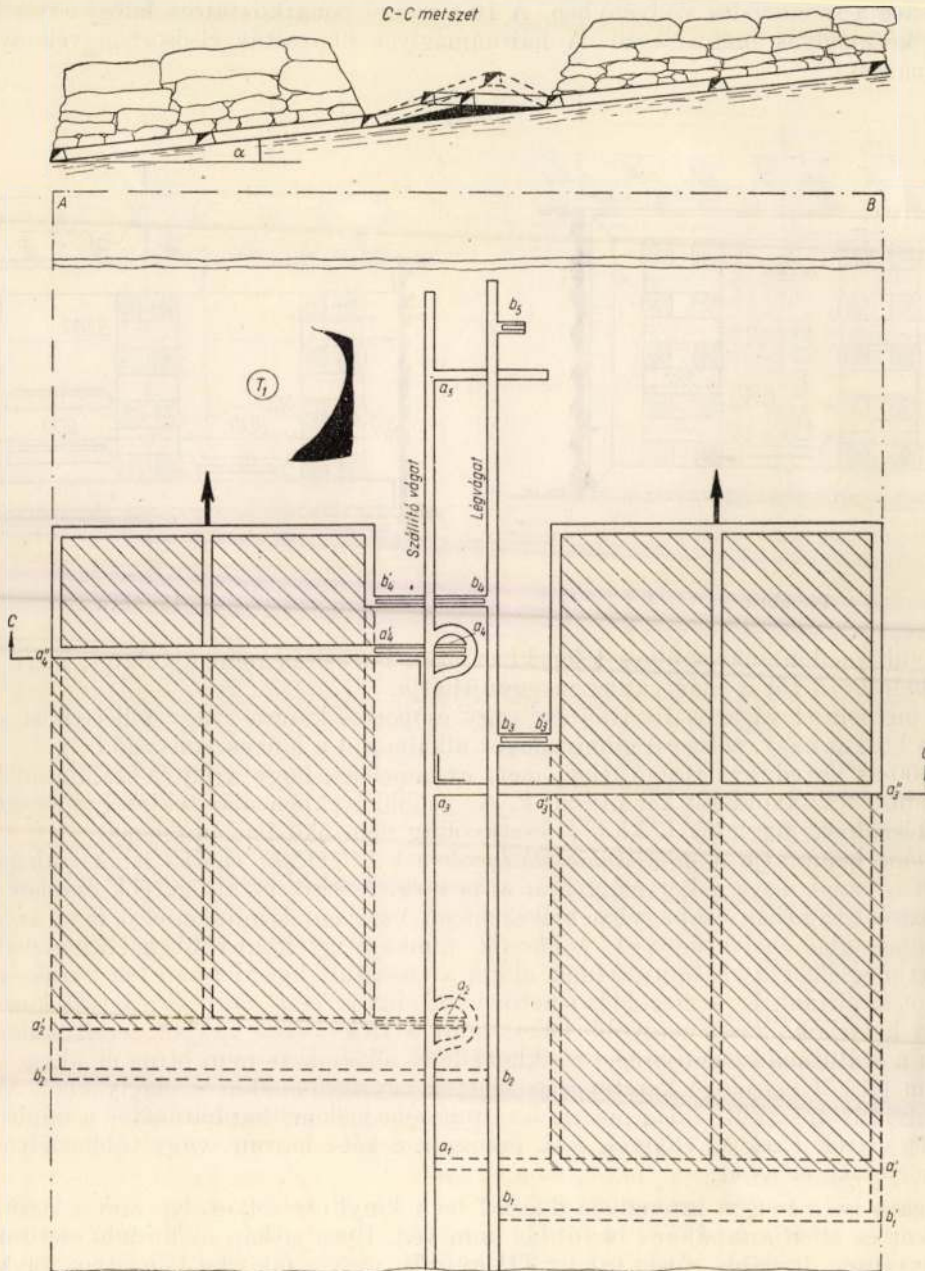
A kettő- vagy három-fapilléres biztosítási módszer nemcsak elővájás biztosítására alkalmas, hanem mezőbe haladó frontfejtések omlásban visszamaradó folyosóinak biztosítására is különösen akkor, ha ezek nem hosszúak.

A lány talpra települt szénélőfordulások leművelésének gazdaságos megoldását keresve nem elégséges csak a közlekedő utak biztosításával foglalkozni. Arra is kell törekedni, hogy a lány talpon kihajtott vágatot, vagy az omlásban visszahagyott folyosót lehetőleg rövid ideig használjuk. A lány fekére, lány kőzetek közé települt széntelepek — amelyek hazai viszonylatban igen nagy százalékban fordulnak elő — leművelése gazdaságosan csak a helyes biztosítási módszer alkalmazása esetében, valamint olyan fejtési mód mellett sikerülhet, amely utóbbi rövid ideig tartó vágat-nyitvatartást igényel. Amennyiben mód van rá, a fő vágatokat természetesen a legteherbíróbb rétegbe kell telepíteni, ha az viszonylag nem esik messze a szénteleptől vagy telepektől.

Lány talpra laposan települt szénélőfordulások fejtésmódjaira vonatkozó javaslatunkat két fázisban tárgyaljuk. Első esetben egy telep van, amelynek vastagsága nem haladja meg a 2,2 m-t.

A második esetben vastag telepünk van, amelyet két szeletben fejtünk le. Az első esetben a szállító- és légvágot a szilárd fedőben hajtjuk ki, a második esetben pedig a szénteleg felső padjában, illetve a felső telepben, amely utóbbi esetben beágyazás a vastag telepet két, egyenként egy szeletben fejthető részre osztotta.

A 16. ábránkon a fedőben kihajtott szállító- és légvágot a fedőben halad az aknától az  $A$  és  $B$  pontokon keresztülmenő határ felé. A feltárás és a lefejtés is a mezőbe halad. A telepek felnyitása

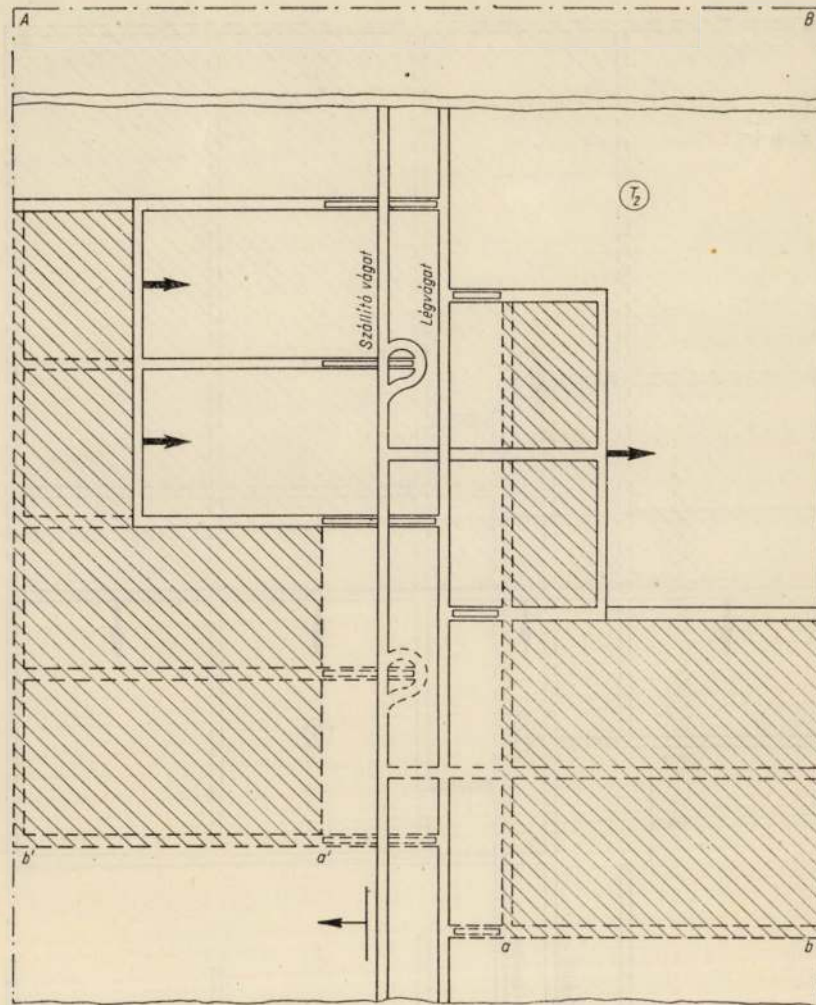


16. ábra

az  $a_1, a_2, b_1, b_2$  pontokban kezdődik, majd  $a_3, a_4$ , illetve  $b_3, b_4$  pontokban folytatódik. Az  $\overline{a_1a'_1}, \overline{b_1b'_1}$ , valamint  $\overline{a_2a'_2}$  és  $\overline{b_2b'_2}$ , továbbá  $\overline{a'_1b'_1}, \overline{a'_2b'_2}$  elővázások kihajtása után a széleshomlokú kétszárnyas omlasztásos fejtés megindul csapásirányban mezőbe. Amint a fronthomlokok túlhaladtak a  $b'_3$ , illetve  $b'_4$  pontokon, az  $a_1-a_3$ -ig és  $a_2-a_4$ -ig terjedő első fejtési szakasz felhagyható. Ezt követően az egyes szakaszok egymás után kerülnek üzemben kívül, míg kiérünk az  $AB$  határig. A visszamaradó vágotpillért hazafelé haladva fejtjük vissza. Az  $\overline{a_1a_3}$ , illetve  $\overline{a_2a_4}$  szakasz hosszakat akkorára méretezzük, hogy az omlásban visszahagyott folyosók biztonságos üzemben adjanak. Ezt a fejtéstervezetet a későbbiekben  $T_1$ -el jelöljük.

A 17. ábrán  $T_2$ -vel jelölt fejtéstervezetet láthatunk. A szállító- és légvágot a fedőben csapásirányban nyer kihajtást. A siklóféliben mezőbehaladó, az ereszkeféliben pedig hazafelé haladó kétszár-

nyas frontfejtést terveztünk. Az  $\overline{ab}$ , illetve  $\overline{a'b'}$  távolságok úgy méretezendők, hogy a széntelepben kihajtott, illetve az omlásban visszahagyott folyosók csak annyi ideig éljenek, ameddig azok az előzőkben javasolt biztosítás mellett kifogástalanul megállnak. A hazafelé fejtő ereszkéfében csak az első szakasznál kell kivájni három előkészítő vágatot, mert a következőkben már az első szakasz csatlakozó elővágását az omlásban nyitvatartjuk. Az első szakasz után tehát a kétszárnyú frontfejtés előkészítéséhez már csak két elővágásra van szükség. Ugyanez vonatkozik értelemszerűen a siklófelre is, ahol a fejtés mezőbe halad. A szállító- és légvágat pillérének lefejtése visszafelé történik.



17. ábra

A  $T_3$  változatot a 18. ábrán mutatjuk be. A lefejtés az  $AB$  határvonaltól hazafelé, az akna felé folyik. A fedőben kivájt szállító- és légvágat itt is csapásirányú. A szakasztávolságok  $\overline{a_1a_2}$ , illetve  $\overline{b_1b_2}$  ez esetben is a  $T_1$  mintájára választhatók meg. A szállító- és légvágat egész pillérszélessége,  $\overline{AB}$ , egyvonalban fejthető le. Az egyik szakaszról a következő másik szakaszra való átkapcsolás ekkor következik be, amikor a fronthomlok eléri a  $b_1, b_2 \dots$  stb., illetve  $a_1, a_2 \dots$  stb. pontokat.

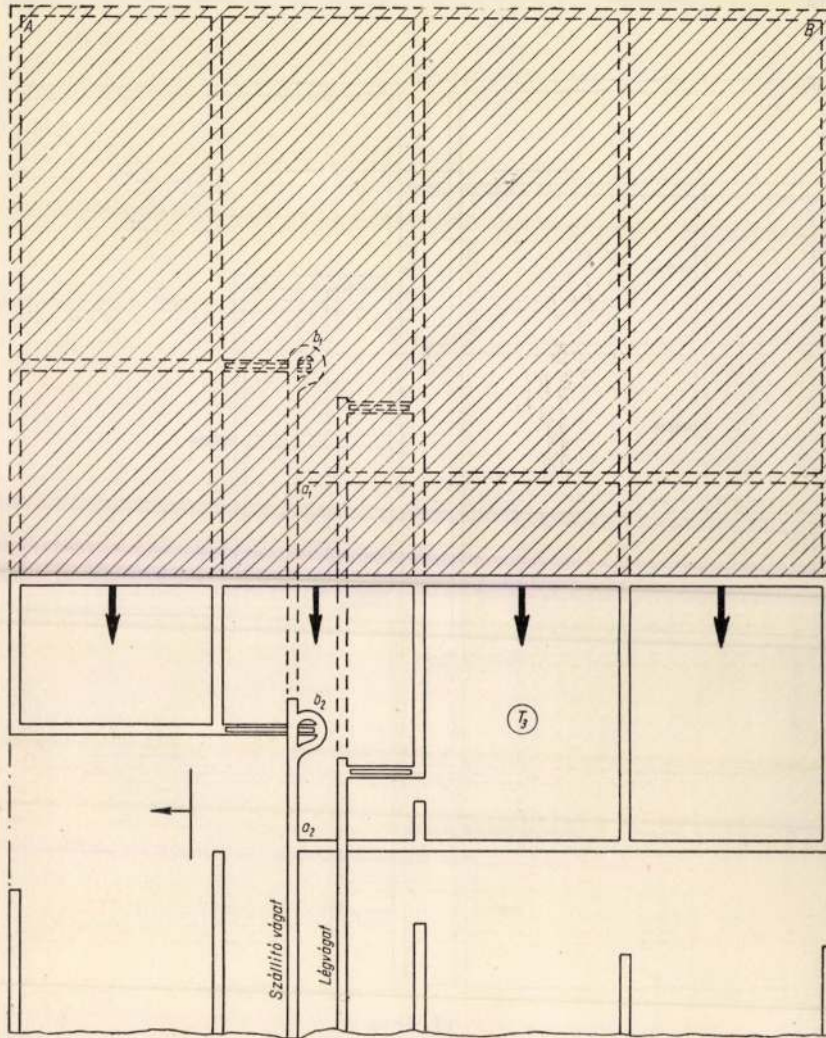
Ha a fedőben kivájt szállító- és légvágat nem csapásban, hanem sikló- vagy ereszkészerűen halad, akkor a lefejtés a fenti elveknek megfelelően ( $T_1, T_2, T_3$ ) alakulhat. Nem kívánjuk az összes lehetséges alternatívákat felsorakoztatni és rajzban bemutatni, mert azok mindegyike a  $T_1, T_2, T_3$  tervezetek alapján könnyűszerrel elvégezhető, mindössze példaképpen válasszunk ki egyet. Az ereszkémező  $\overline{AB}$  szélességű pillérét hazafelé fejtjük. A fejtések egyik oldalon szintén hazafelé, a másik oldalon mezőbe haladjanak. A javasolt megoldást a 19. ábrán  $T_4$  jelzéssel láthatjuk. A  $T_1, T_2, T_3, T_4$  fejtési tervezetek alapján minden változat elkészíthető.

Mindegyik változatnak jellemzője, hogy a szállítás legnagyobb része a fedőben kihajtott szállítóvágatokban történik. A szállítóvágatban szintesen vagy ferde pályán csille mozog, mozdonyal, illetve kötéllel mozgatva. A fejtési vágatokban a szállítást gumiszalag és láncos vonzó, vagy csak láncos vonzó bonyolítja le. A hevederes szállítóberendezések töltőállomásai nagy teljesítőképességűek, a csillék mozgatása gépi úton végezhető. A fabeadás a légvágatokon gépi úton történhet.

A fejtések légellenállása szerencsés. Nincs egyetlen légajtó sem. A légutak zöme a szilárdabb fedőkőzetekben van. A fejtési légutak hossza a viszonyoknak megfelelően szabályozható.

Az  $\overline{AB}$  pillérszélességet a megkívánt termelési mennyiség, a szállítási és légellátási kapacitás szabja meg, mert a viszonyoknak legjobban megfelelő frontelőrehaladási sebesség nem változtatható, az a kiindulási alap. A frontok csapás- vagy dőlésirányú haladását a vállaposodás és az  $\overline{AB}$  pillérszélesség szabja meg.

A nagy pillérszélességre való törekvés a természetes, mert vele fordított arányban van a kitermelhető egységnyi szénmennyiségre eső meddőmennyiség. A nagyobb pillérszélesség nagyobb koncentrációt is jelent. Elképzelhető, hogy egy teljes aknaüzem összes termelése egy pillérből kerül ki a leg-



18. ábra

tökéletesebb üzemkoncentráció mellett. Természetesen egy pillérré koncentrálni az egész üzemet csak egyáltalán nem, vagy kisebb mértékben tűzveszélyes telepekben lehet. Ez utóbbi esetben is csak úgy, hogy a fejtési módszer hazafelé haladó, azaz a levegőnek nincs módjában az omladékon keresztül szivárogni.

Igaz, hogy nagy koncentráció esetén a szállítási üzemzavar nagy területet érint. Ezen segíteni a helyszínen tárolt gépi alkatrészekkel és gondos megelőző karbantartással lehet. A nagy koncentráció az összteljesítményben oly magasfokú előnyt biztosít, amelyet a géphibák kihatása csak tört részében ronthat le.

Ha a lefejtendő területen széleshomlokú fejtést alkalmazni nem lehet, a fejtésre való előkészítés lényegében ugyanaz marad akkor is, ha kamra- vagy más keskenyhomlokú fejtést alkalmazunk.

Ha a pillérszélességet  $S$ -sel, a telepvastagságot  $M$ -mel jelöljük, akkor az egy méteres előrehaladás  $Q$  szénmennyisége:

$$Q_{m^3} = S_m M_m l_m \quad (47)$$

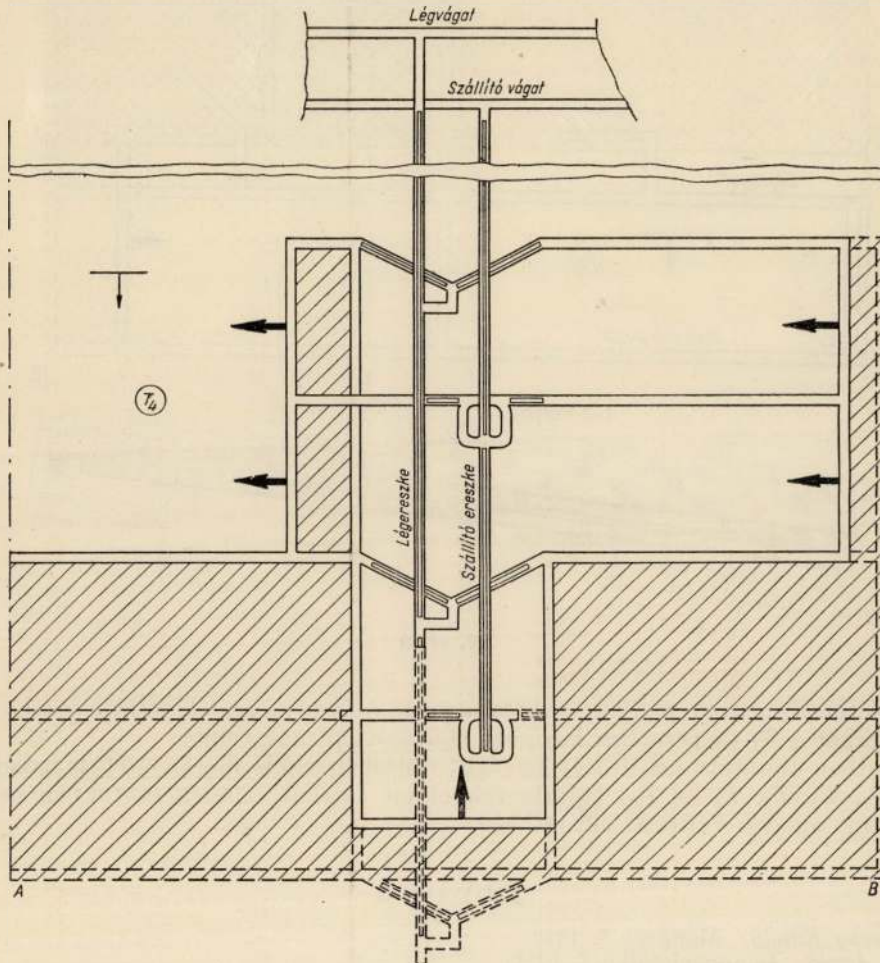
Erre a szénmennyiségre esik mintegy  $12 \text{ m}^3$  meddőanyag a szállító- és légvágat kivájása következtében, ha a két folyosó együttes szelvényét  $12 \text{ m}^2$ -nek vesszük fel. Ebből következik, hogy

$$Q_{0m^3} = \frac{12}{S_m M_m} \quad (48)$$

ahol  $Q_0$  az 1 m<sup>3</sup> szénre eső meddő térfogat szintén m<sup>3</sup>-ben kifejezve. Pl.  $S = 300$  m és  $M = 2$  m.

$$Q_0 = \frac{12}{300 \cdot 2} = 0,02 \text{ m}^3$$

Ezek szerint a megválasztott adatok mellett a szállító- és légvágat meddő köbtartalma 2%-a a vele kitermelhető szén köbtartalomnak. A kiképzendő ereszkék és rakodók a viszonyoktól, illetve szakaszhosszoktól függően a  $Q_0$  értéket megnövelik. Általában a  $Q_0$  értéke 3%-ra tehető. Ezt a mintegy 3%-os meddőkivájtást bőségesen ellensúlyozza az a körülmény, hogy a fedőben hajtott folyosó kisebb értékű biztosító anyagot igényel, biztonságos szállítást és légellátást biztosít és csak kis mértékben fenntartás igényes.



19. ábra

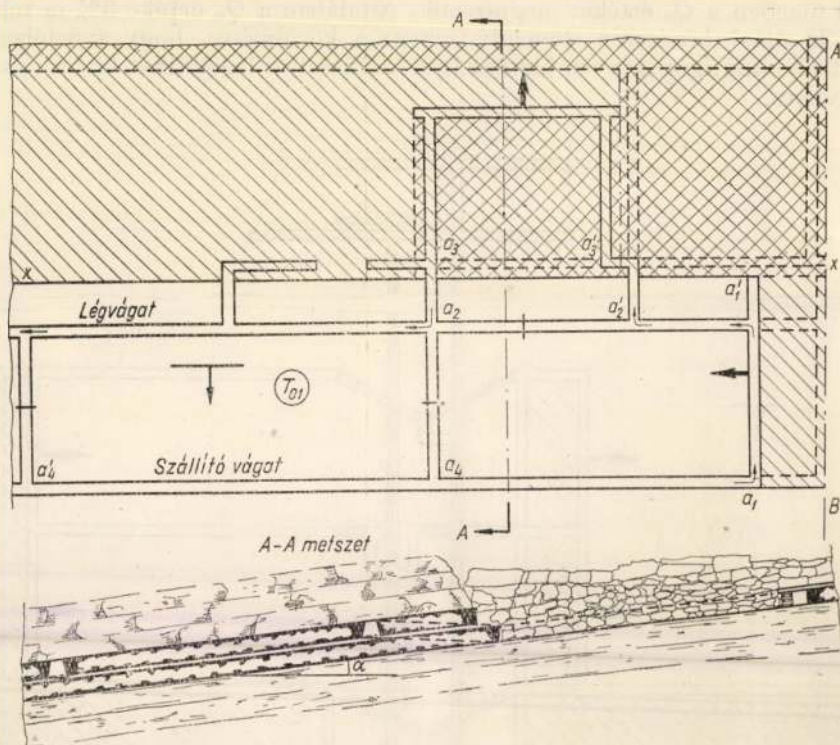
Térjünk rá ezután arra az esetre, amikor a telep két szeletben szedhető le, vagy egymáshoz közelfekvő két telepünk van és a fejtés széles homlokkal történhet. Abból indulunk ki, hogy a felső padban vagy telepben kihajtott szállító- és légfolyosó viszonylag jól megáll.

A 20. ábrán az  $x - x$  csapásvonalig a felső telep, vagy a felső pad már leművelt. Az  $\overline{AB}$  határvonalig kihajtott frontelőkészítő szállító- és légvágat a lefejtett területhez felzárkózó, újabb széles-homlokú fejtés megindítását teszi lehetővé. A felső padban vagy telepben csapásirányban halad a front az  $\overline{a_1 a_1'}$  homlokkal. Az  $a_2$  és  $a_2'$  pontokból elindulva haránttal kinyitjuk az alsó telepet vagy az alsó padot és az  $\overline{a_3 a_3'}$  frontvágat kialakítása után a front mezőbe halad a felsőpadi fronthossznak megfelelő távolsáig. A fejtésmódot  $T_{01}$ -gyel jelöljük. A szállítás gumiszalaggal és láncos vonszolóval történik. A felső- és alsópadi frontból szállított szén az  $a_4$ , illetve később az  $a_4'$  pontokban találkozik és nyer közösen elszállítását.

A friss levegőt a legmélyebb folyosón vezetjük be és így a felsőpadi front levegője megy keresztül az alsó pad frontján. Lényeges ez azért, mert az alsó padban vagy telepben erős robbantás szükséges, míg a felső padban vagy semmi, vagy lényegesen kevesebb.

Ezen, vagy hasonló elven felépülő fejtésmódnak leglényegesebb előnye az, hogy az alsó padban vagy telepben mezőbehaladó fejtés esetében nincs elővájás, hazafelé haladó fejtésnél pedig azok rövid élettartamúak. Az alsó padban az omlásban visszahagyott folyosók kezdőpontja kb. 40 napig,

befejező pontja pedig számba nem vehető ideig van csak nyitva. Az átlagos nyitvatartási idő tehát mintegy 20 napra tehető. A mezőbehaladó fejtésnél a folyosó kezdeténél gondosan kell alkalmazni javasolt biztosítást, a folyosó utolsó harmada már kevésbé érzékeny, mert mindössze pár napig marad nyitva. Hátránya a fejtésmódnak viszont az, hogy a felső pad leművelésekor kénytelenek vagyunk az alsó pad fejtésének előkészítő harántjait átdolgozni.



20. ábra

Ha az alsó telepben vagy padban is a csapásirányú frontmozgás a célirányosabb, pl. a vállapok helyzete miatt, akkor a  $T_1$  tervzetben követett eljárással jutunk célhoz.

A felső padban kihajtott szállító- és légvágtat dőlésben felfelé, illetve lefelé is haladhat. A fejtések telepítésénél a  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  és  $T_{01}$  fejtéstervek elveit tarthatjuk ezen esetekben szem előtt. Ezek segítségével ugyanis minden változat előállítható.

## IRODALOM

- (1.) Dr. Széchy Károly: Alapozás I. 1952.
- (2.) Kézdy Árpád: Talajmechanika I. 1952.
- (3.) Horváth József: A barossaknai bányauzem átszervezése és fejlesztése. 1943.
- (4.) O. Fröhlich: Die Druckverteilung im Baugrunde. 1936.
- (5.) K. Terzaghi, F. E. Richart: Stresses in Rock about Cavities. 1952.
- (6.) Nádai: Plasticity. 1931.
- (7.) Dr. Zambó János: Feszültségmegoszlás a föld alatt. 1954.

### Havi 25,000 tonna szenet termelnek Donbassz fejtőgéppel a Karaganda-medencében

A Karaganda-medencében két Donbassz fejtőgépkezelő, Velicsko és Buscsinszkij elvtársak a gép havi teljesítményét 25.000 tonnára emelték. Ez a Szénbányászati Minisztérium alá tartozó bányákban alkalmazott Donbassz-fejtőgépek átlagteljesítményének a négyszerese. A Kuznyeck-medence „Polüszajevszkaja-1” aknaüzemében Gyemidovics elvtárs fejtőgépkezelő havi 22.000 tonna teljesítményt ért el a Donbassz fejtőgép-pel. A Donyec-medencében Szokolenko I. és Aszejev D. fejtőgépkezelők 10–15.000 tonna szenet termelnek havonta. (Mehanizacija Trudojemkih i Tjzselih Rabot, 1954 augusztus—szeptember.)

Kádár Attila

### Földalatti légsűrítő-állomások

A német szénbányászat földalatti energiagazdálkodásával foglalkozó szervezet 1953. évi tevékenységét ismertető jelentéséből különös figyelmet érdemel a sűrített léggazdálkodással kapcsolatosan megadott táblázatos összeállítás: a tonnánkénti  $380 \text{ m}^3$  beszívott levegőt kitevő átlagos felhasználásból 42% a veszteség. Ez a veszteség főleg a vezeték-hossz-kilométerenként 300, illetve  $1200 \text{ m}^3$ -t kitevő óránkénti, vezetékvesztésből származik. Jó karbantartás mellett is ennek a vezetékvesztés mutatójának az értéke vágatvezetésekre 110, fejtési vezetésekre  $700 \text{ m}^3$ . A fajlagos vezetékvesztés további csökkentésének nehézsége folytán a légsűrítő-állomások földalatti, decentralizált elhelyezése a fejlődés sürgető követelménye. (Glückauf 1954 április 24. p 467 alatt).

— b. —