A szerkesztésért felelős:

HEINRICH JÓZSEF

Szerkesztőség:

1061 Budapest VI., Anker köz 1. I. em. 101.
Telefon: 423-943, 229-870, 229-876.

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

BÁNYÁSZAT

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET FOLYÓIRATA

110. évfolyam **5. szám** **1977. május**

A felnyitó bányatérségek telepítésének elvi alapjairól

Dr. h. c. dr. ZAMBÓ JÁNOS okl. bányamérnök, Kossuth-díjas és Állami-díjas tanszékvezető egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja
(Nehézipari Műszaki Egyetem, Bányaműveléstani Tanszék, Miskolc)

A felnyitó bányatérségek (függőleges aknák, lejtős aknák) telepítését optimálisnak lehet tekinteni, ha a telepítés helyével összefüggő költségek a lehető legkisebbek.

A telepítési hellyel alapvetően a mozgatás költségei, valamint a védőpillérben lekötött, ki nem termelhető ásványvagyon révén keletkezett értékveszteségek függnek össze.

Mivel az előfordulások szabálytalanok, ezért az optimális telepítés helyének kiválasztása csak megközelítő pontosságú lehet, a bizonytalanság azonban kisebb, mint az, amit a tervezésnél meg lehet engedni.

A hely kijelölése csak iterációs eljárással lehetséges, de az eljárás nagyon egyszerű, rajzi úton könnyen elvégezhető.

Általában az a hely jelenti az optimális helyet, amelynél az azt támadó bizonyos vektorrendszer egyensúlyban van. A pontot támadó vektorok könnyen megadhatók.

A felnyitó bányatérségek, függőleges aknák, lejtős aknák telepítésével fogunk foglalkozni. A telepítést akkor tartjuk optimálisnak, ha mozgatás és mozgás teljes költsége a legkisebb, de tekintettel leszünk a védőpillérben lekötött ásványvagyonra is.

Szabályos előfordulások nincsenek. Ha mégis bevezetésképpen szabályos előfordulásból indulunk ki, azt csak azért tesszük, hogy az elvi összefüggések egyszerűek és könnyen áttekinthetők legyenek.

Az *1. ábrán* egy derékszögű négyszög alakú szabályos előfordulás látható. Az előfordulás dőlésszöge viszonylag kicsi legyen: $\alpha < 10°$.

Legyen a függőleges szállító akna egy tetszőleges P pontban. A termelvényt egy adott külszíni pontba (R) kell elszállítani.

Adjuk meg elöljáróban az egyes jelölések értelmezését:

Q_0 az egységnyi alapvetületi területről kitermelhető ásványvagyon mennyisége [t/m²]; [10^6 t/km²].

Q az előfordulás kitermelhető ásványvagyona [t]; [10^6 t].

A a csapásmenti kiterjedés [m]; [km].

B a dőlésmenti kiterjedés [m]; [km].

z általában az előfordulás mélysége [m]; [km].

k általában a fajlagos mozgatási költség [Ft/tkm]. A c index a csapásra, s index a siklóra, e index az ereszkére, k index a külszínre utal.

k_P a pillérben lekötött ásványvagyon egységére vonatkozó értékveszteség [Ft/t].

Q_P a védőpillérben lekötött ásványvagyon [t]; [10^6 t].

Írjuk fel a telepítés helyének függvényében a teljes költséget:

$$K=\frac{Q_0B}{2}[x'^2+(A-x')^2]k_c+$$

$$+\frac{Q_0A}{2}[y'^2k_e+(B-y')^2k_s]+$$

$$+Qk_k\sqrt{(x_R-x')^2+(y_R-y')^2}+$$

$$+Q_0(z'_0-y'\operatorname{tg}\alpha)^2\pi k_P\operatorname{ctg}^2\beta$$

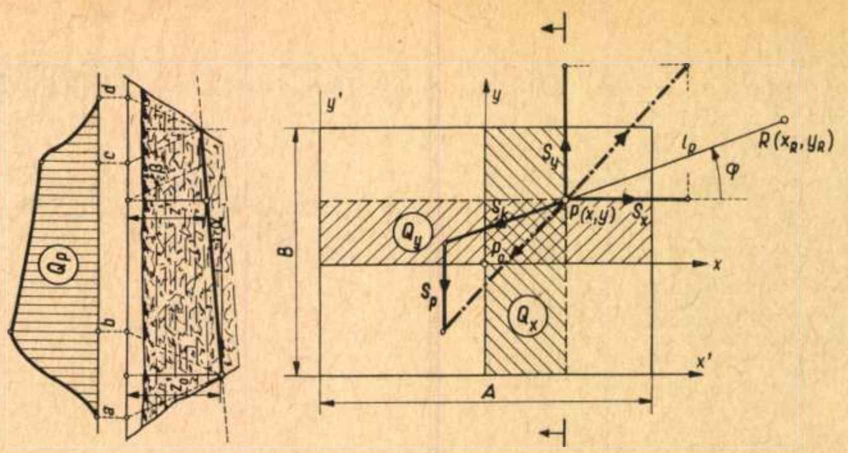
Az első tag a csapásirányú, a második a dőlésirányú, a harmadik a külszíni mozgatás teljes költsége, a negyedik tag azt az értékveszteséget fejezi ki, amely védőpillérben lekötött, ki nem termelhető ásványvagyon következtében keletkezik.

Az egyszerűség kedvéért a védőpillért kúpnak tekintjük, és mivel α kicsi, a kúpszelet körnek tekinthető. Az előfordulásra ráírt körsugara a P pontban:

$$r=(z'_0-y'\operatorname{tg}\alpha)\operatorname{ctg}\beta$$

ahol β a kúpalkotónak a vízszintessel bezárt szöge (határszög). A z' módosított mélység, amikor a külszín által kivágott kúpszelet, kör sugara:

$$r_0=(z'-z)\operatorname{ctg}\beta$$



1. ábra

azaz

$$z' = z + r_0 \operatorname{tg} \beta$$

A teljes költségnek szélső értéke lehet, ha

$$\frac{\partial K}{\partial x'} = Q_0 B(2x' - A)k_c - Q\,\frac{x_R - x'}{l_R}\,k_k = 0$$

$$\frac{\partial K}{\partial y'} = Q_0 A[y'k_e - (B - y')k_s] - Q\,\frac{y_R - y'}{l_R}\,k_k -$$

$$- 2Q_0(z'_0 - y' \operatorname{tg} \alpha)\pi k_P \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg}^2 \beta = 0$$

Igazolható, hogy a P pont a teljes költség minimumát jelöli ki, ha kielégül az alábbi egyenletrendszer:

$$Q_0 B(2x' - A)k_c - Qk_k \cos \varphi = 0$$

$$Q_0 A[y'k_e - (B - y')k_s] - Qk_k \sin \varphi - 2\,\frac{Q_P}{z'}\,k_P \operatorname{tg} \alpha = 0$$

Csak a föld alatti mozgatást tekintve a P_0 pont akkor biztosítja a minimumot, ha

$$x' = \frac{A}{2}$$

$$y' = B\,\frac{k_s}{k_s + k_e}.$$

Toljuk el az x', y' koordináta-rendszert önmagával párhuzamosan úgy, hogy a kezdőpont P_0 legyen. Így a P pont koordinátái:

$$x' = \frac{A}{2} + x$$

$$y' = B\,\frac{k_s}{k_s + k_e} + y$$

Behelyettesítés után a költségminimumot meghatározó egyenletrendszer:

$$2Q_0 Bxk_c - Qk_k \cos \varphi = 0$$

$$Q_0 Ay(k_s + k_e) - Qk_k \sin \varphi - 2\,\frac{Q_P}{z'}\,k_P \operatorname{tg} \alpha = 0$$

Jelöljük a Bx terület kitermelhető ásványvagyonát Q_x-el, az Ay területét pedig Q_y-nal, így:

$$2Q_x k_c - Qk_k \cos \varphi = 0$$

$$Q_y(k_s + k_e) - Qk_k \sin \varphi - 2\,\frac{Q_P}{z'}\,k_P \operatorname{tg} \alpha = 0$$

vagy:

$$2Q_x - Q\,\frac{k_k}{k_c} \cos \varphi = 0$$

$$Q_y\,\frac{k_s + k_e}{k_c} - Q\,\frac{k_k}{k_c} \sin \varphi - 2\,\frac{Q_P}{z'}\,\frac{k_P}{k_c} \operatorname{tg} \alpha = 0$$

Írhatjuk az egyenletrendszert még egyszerűbb formában is:

$$\mathbf{S}_x - \mathbf{S}_k \cos \varphi = 0$$

$$\mathbf{S}_y - \mathbf{S}_k \sin \varphi - \mathbf{S}_P = 0$$

Érvényes marad az egyenletrendszer az alábbiak szerint is:

$$\mathbf{S}_x \cos 0° - \mathbf{S}_k \cos \varphi = 0$$

$$\mathbf{S}_y \sin 90° - \mathbf{S}_k \sin \varphi - \mathbf{S}_P \sin 90° = 0$$

Ez az egyenletrendszer olyan keresett P pont mellett elégül ki, amely P pontot támadó vektorrendszer egyensúlyban van, eredője zérus, amikor a vektorok skalárértéke rendre a differenciálhányados, azaz:

$$2Q_x k_c\,;\ Qk_k\,;\ Q_y(k_s + k_e)\,;\ 2\,\frac{Q_P}{z'}\,k_P \operatorname{tg} \alpha,$$

továbbá $\mathbf{S}_x$ vektor iránya az x-tengely, azaz a csapásirány, $\mathbf{S}_y$ iránya az y-tengely, azaz a dőlésirány, $\mathbf{S}_k$ irányát az adott külszíni R pont és a keresett P pont szabja meg, $\mathbf{S}_P$ iránya a dőlésirány; a vektorok értelme arra mutat, amerre a költségek emelkednek, így $\mathbf{S}_x$ és $\mathbf{S}_y$ értelme a határok felé, $\mathbf{S}_k$ értelme az adott külszíni R ponttól a keresett P pont felé, míg végül $\mathbf{S}_P$ értelme dőlésben lefelé mutat.

Az $\mathbf{S}_P$ értelme csak egy bizonyos szakaszon mutat dőlésben lefelé. Az *1. ábrán* dőlésmenti metszetben látható Q_P változása. Könnyen belátható, hogy a fenti $\mathbf{S}_P$-érték csak a $b-c$ szakaszra vonatkozik. Következik ebből, hogy a $a-b$ és $c-d$ szakaszokat szükség esetén külön kell vizsgálni.

A P pont helyzetétől függ az akna mélysége és ennek megfelelően az aknaszállítás teljes költsége is. A védőpillérben lekötött ásványvagyon szerepének figyelembevételéhez hasonló módon lehet az aknamélységet is számításba venni. Mivel ennek hatása a többihez viszonyítva kicsi, ezzel közelebbről nem foglalkozunk.

Az elvi összefüggések megismerése után nézzünk meg egy valóságos esetet *(2. ábra)*.

Szénelőfordulásról van szó. Legyenek adva az alábbi adatok: $Q = 48 \cdot 10^6$ t; $\alpha = 6°$; $\beta = 56°$; $k_c =$ 7,2 Ft/tkm; $k_s = 6{,}8$ Ft/tkm; $k_e = 7{,}4$ Ft/tkm; $k_k = 5{,}8$ Ft/tkm; $k_P = 56{,}0$ Ft/t.

Ha $k_c = 1$, akkor $k_s = 0{,}94$; $k_e = 1{,}03$; $k_k = 0{,}81$; $k_P = 7{,}78$.

Először a P_0 pontot határozzuk meg, azaz azt a pontot, amelyhez a föld alatti mozgatási költség-minimum tartozik. A P_0 pont egy csapás- és egy dőlésvonal metszéspontja. A csapásvonalat meghatározza a

$$Q_s = Q\frac{k_e}{k_s + k_e}$$

$$Q_e = Q\frac{k_s}{k_s + k_e}$$

egyenletrendszer.

A dőlésvonal csapásirányban két egyenlő részre bontja a kitermelhető ásványvagyont, azaz:

$$Q_b = Q_j = \frac{Q}{2}$$

Adva van az R külszíni pont, ahová a függőleges aknából kikerült szenet a külszínen szállítani kell.

A függőleges akna keresett optimális helye abba a negyedbe fog esni, amelyben az R pont található.

Első lépésként vegyünk fel egy P_1 pontot. Ezzel Q_{x1} és Q_{y1} meghatározható, esetünkben $Q_{x1} = 9{,}6 \cdot 10^6$ t és $Q_{y1} = 14{,}9 \cdot 10^6$ t. A P_1 ponthoz tartozó $z_1 = 0{,}35$ km.

Így már a feltételi egyenletrendszer is felírható kikerekített értékekkel:

$$138 - 278 \cos\varphi = 0$$

$$213 - 278 \sin\varphi - 50 = 0$$

vagy:

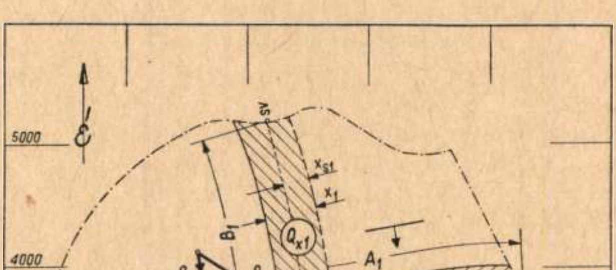
$$19 - 39 \cos\varphi = 0$$

$$22 - 39 \sin\varphi - 7 = 0$$

A két egyenlet ellentmondásban van, azaz a P_1 pontot nem jól választottuk meg.

Az első lépésben felvett P_1 pontot támadó vektorrendszer nincs egyensúlyban, hiszen E_1 eredő keletkezett. Újabb pontot kell felvenni, mégpedig célszerűen az E_1 eredő irányában az E_1 eredő értelmével ellentétesen. Mivel E_1 skalárértéke a vektorok skalárértékéhez viszonyítva kicsi, az újabb pont nem nagy mértékben mozdul el az első ponttól.

Ha a második pontot viszonylag jól választjuk meg, a hozzá tartozó eredő kisebb lesz, mint volt az első pont esetében. Ha a második ponthoz tartozó eredő nagyobb, mint az első ponthoz tartozó eredő volt, akkor az újabb pont kijelölésében messze



2. ábra

mentünk el. Messze mentünk el akkor is, ha a második eredő ugyan kisebb, de értelme megfordul. Könnyű tehát belátni, hogy már a harmadik lépésben közel járhatunk a keresett ponthoz.

A P_0 és a P_1 pontokon átmenő dőlésvonalak átlagos távolsága legyen x_1. A két dőlésvonal által meghatározott sáv átlagos hossza legyen B_1. A sáv területe így: $B_1 x_1$.

A sávban található és kitermelhető ásványvagyon átlagos fajlagos értéke legyen Q_{01}, azaz

$$Q_{x1} = Q_{01} B_1 x_1$$

A sávon belüli kitermelhető ásványvagyon súlyvonala $(sv - sv)$ átlagosan x_{s1}-re esik a P_1 ponton átmenő dőlésvonaltól.

A föld alatti csapásirányú mozgatás minimumát a P_0 ponton átmenő dőlésvonal határozza meg. Ha az összegyűjtés pontját ettől x_1 távolságra levő dőlésvonalhoz kötjük, akkor a csapásirányú mozgatás költsége megnő:

$$K_{c1} = K_{c0} + 2Q_{x1} x_{s1} k_c = K_{c0} + 2Q_{01} B_1 x_1 x_{s1} k_c .$$

Ha

$$x_{s1} = \frac{x_1}{2}$$

akkor

$$K_{c1} = K_{c0} + Q_{01} B_1 x_1^2 k_c$$

azaz

$$\frac{\partial K_{c1}}{\partial x_1} = 2Q_{01} B_1 x_1 k_c = S_{x1}$$

Az

$$x_{s1} = \frac{x_1}{2}$$

egyenlőség feltételezése csak viszonylag egyenletes előfordulásnál engedhető meg. Ha egyenetlen előfordulásnál az eltérés számottevő, akkor korrekciót alkalmazhatunk. Ilyen korrekció lehet az, hogy a P_1 ponton átmenő dőlésvonalat, rajta a P_1 ponttal áthelyezzük úgy, hogy x_1 helyébe x_1' lép, amikor

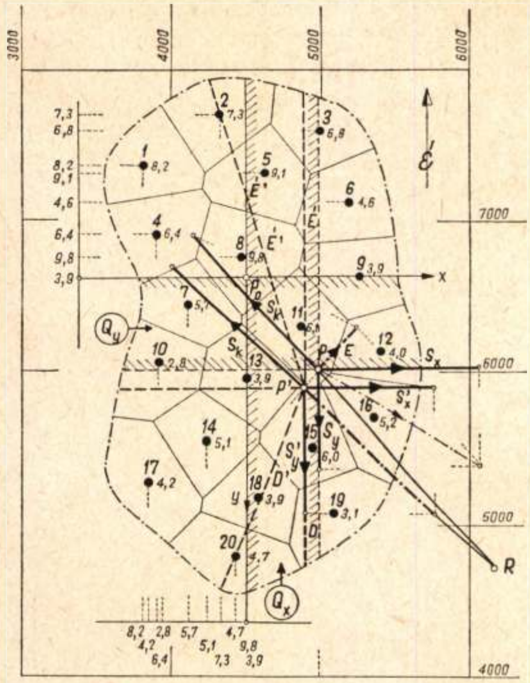
$$x_1' = 2x_{s1}$$

Dőlésirányban analóg módon járhatunk el.

A *3. ábra* szerinti alapterületen viszonylag nagy mélységben és vastag produktív rétegben elszórtan $Q = 110{,}8 \cdot 10^6$ t kitermelhető ásványvagyon fekszik, amelyet 20 db kutatófúrás tárt fel. Az egyes fúrólyukakhoz tartozó területeket és a kitermelhető ásványvagyont a rajzon feltüntettük. Pl. a 14. fúrólyukhoz tartozó területen $5{,}1 \cdot 10^6$ t a vagyon.

Szintműveléses rendszerben a föld alatti szintes fővonalak *É—D*, illetve *K—Ny* irányúak lesznek. A termelvényt a külszíni R pontba kell eljuttatni.

Ha a föld alatti mozgatás fajlagos költségét *É—D*, illetve *K—Ny* irányban azonosnak tekintjük, akkor a föld alatti mozgatás optimális P_0 pontját igen egyszerűen jelölhetjük ki. Két irányban kivetítjük a fúrólyukak által képviselt kitermelhető ásványvagyonokat, azokat rendre öszszegezzük $(7{,}3 + 6{,}8 + 8{,}2 + \ldots,$ illetve $8{,}2 + 4{,}2 +$



3. ábra

$+6{,}4+\ldots$) és amelyik pontokban (9, illetve 13) átlépjük a

$$\frac{110{,}8}{2}=55{,}4$$

értéket, azokat a pontokat visszavetítve jelöljük ki a P_0 pontot.

Vegyük figyelembe most a külszíni szállítást is. Jelöljünk ki egy P pontot. Ha a pillérben lekötött ásványvagyon szerepét egyelőre nem tekintjük, akkor a feltételi egyenletrendszerünk:

$$2Q_x k_f - Qk_k \cos\varphi = \mathbf{S}_x - \mathbf{S}_k \cos\varphi = 0$$

$$2Q_y k_f - Qk_k \sin\varphi = \mathbf{S}_y - \mathbf{S}_k \sin\varphi = 0$$

Legyen $k_f = 8{,}0$ Ft/tkm és $k_k = 5{,}5$ Ft/tkm. Ha $k_f = 1$, akkor $k_k = 0{,}69$. Q_x, illetve Q_y a rajz alapján megállapítható, és ezeket $Q_x = 33{,}5\cdot10^6$ t, illetve $Q_y = 19{,}6\cdot10^6$ t értékeknek találtuk. A feltételi egyenletrendszer tehát:

$$536-609\cos\varphi=0$$

$$314-609\sin\varphi=0$$

vagy:

$$67-76\cos\varphi=0$$

$$39-76\sin\varphi=0$$

A két egyenlet ellentmondásban van, a pontot nem jól választottuk meg. Így az E eredőhöz jutottunk. A következő pontot (P') az E eredő ellentétes értelmű meghosszabbításában vesszük fel, amikor már gyakorlatilag elfogadható zárást kapunk. Ezek szerint a föld alatti és a külszíni mozgatást tekintve a P' pont az optimális.

A P' pont ismeretében az előfordulás hossztengelyében fekvő fővonal értelemszerűen nem lesz pontosan É—D irányú, hanem az É fővonal É′-be, a D fővonal pedig D'-be fordulhat el úgy, hogy az É′ vonal az északi rész, a D' vonal a déli rész ásványvagyonát felezi.

Az É′ és D' új fővonal-rendszert jelent, amelyben az eljárást meg kell ismételni. Helyezzük át a P' pontot egy P_1'' pontba (*4. ábra*) úgy, hogy É′ és D' önmagával párhuzamosan tolódik el. Feltételi egyenletrendszerünk most:

$$\mathbf{S}_{x1}'' + \mathbf{S}_{x2}'' \cos\gamma - \mathbf{S}_k \cos\varphi = 0$$

$$\mathbf{S}_y'' - \mathbf{S}_k \sin\varphi = 0$$

A P_1'' pont esetében az előzőhöz hasonló módon eljárva az alábbi számszerű egyenletrendszerre jutottunk:

$$170+110-609\cos\varphi=0$$

$$450-609\sin\varphi=0$$

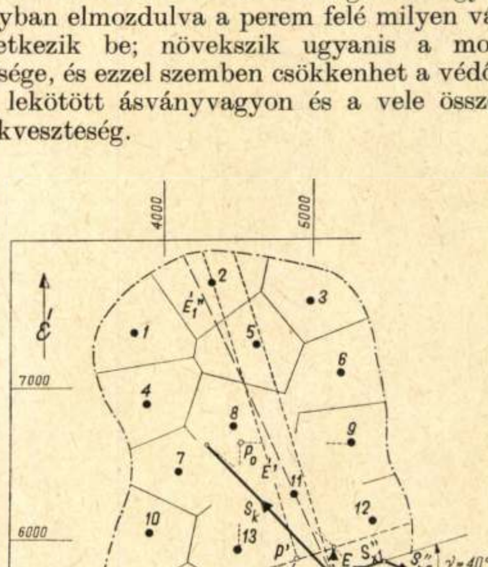
vagy:

$$35-76\cos\varphi=0$$

$$56-76\sin\varphi=0$$

Az első lépés után természetesen az egyenletrendszer ellentmondásban van, E eredő keletkezik. Az újabb pontot (P_2'') az E eredő meghosszabbításában, D-i irányban kell keresni. Mivel E viszonylag kicsi, a P_2'' pontot a P_1'' ponthoz viszonylag közel kell felvenni. Így a második lépés már gyakorlatilag elfogadható megoldást ad.

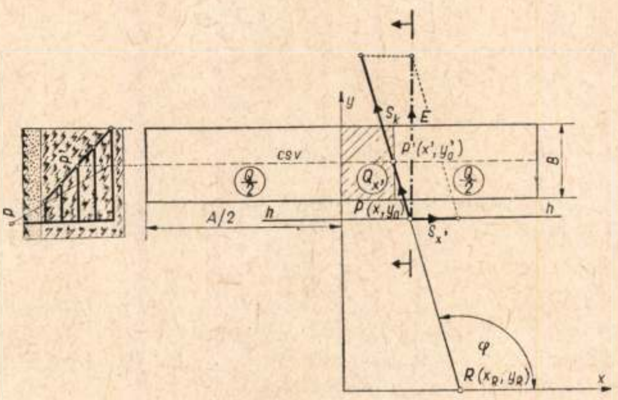
Eddig a védőpillérben lekötött ásványvagyont nem tekintettük. Ha ezt is figyelembe akarjuk venni, akkor esetünkben az alternatívák módszeréhez kell folyamodnunk, mert a védőpillérben lekötött ásványvagyon mennyisége még megközelítően sem változik szabályosan az akna helyének függvényében. Alternatívaként olyan, a P_2'' ponttól nem távol eső pont vagy pontok jöhetnek számításba, amelyekhez tartozó védőpillérben számottevő módon kisebb ásványvagyon van, mint a P_2'' pont esetében. Elsősorban azt lehet vizsgálni, hogy kb. x' irányban elmozdulva a perem felé milyen változás következik be; növekszik ugyanis a mozgatás költsége, és ezzel szemben csökkenhet a védőpillérben lekötött ásványvagyon és a vele összefüggő értékveszteség.



4. ábra

El lehet helyezni az aknát a produktív területen kívül is úgy, hogy a védőpillérben egyáltalán nincsen lekötött ásványvagyon. Ez a megoldás elsősorban meredek vagy gazdag előfordulásoknál jöhet szóba.

Az általános összefüggések megismerése érdekében most is induljunk ki egy szabályos aknamezőből *(5. ábra)*. A *h—h* az a határvonal, amelyre az aknát telepíteni kell, hogy a fenti feltétel kielégüljön. Vegyünk fel tehát a *h—h* egyenesen egy *P* pontot. Az *R* külszíni pontról már esett szó. A külszíni pálya (*R—P*) és a főkeresztvágatok (*P—P'*) essenek egy függőleges síkba.



5. ábra

A telepítési hellyel (*P*) összefüggő teljes mozgatási költség:

$$K=Q_0\left[\frac{A^2B}{2}+Bx'^2\right]k_f+Q\,\frac{y'_0-y_0}{\sin\varphi}\,k'_f+Q\,\frac{y_0}{\sin\varphi}\,k_k$$

ahol k_f fajlagos szállítási költség a föld alatt csapásban, k'_f pedig a főkeresztvágatokban.

Mivel

$$x'=x_R+y'_0\operatorname{ctg}\varphi$$

azért a szélsőértéket az alábbi egyenlőség határozza meg:

$$\frac{dK}{d\varphi}=2Q_0By'_0x'k_f+Q[(y'_0-y_0)k'_f+y_0k_k]\cos\varphi=0$$

ahol $\sin^2\varphi$-vel egyszerűsíthettünk, mert $\varphi\neq 0$.

A szélsőérték minimumot ad, ezért feltételi egyenletünk:

$$2Q_{x'}k_f+Q\left(\frac{y'_0-y_0}{y'_0}\,k'_f+\frac{y_0}{y'_0}\,k_k\right)\cos\varphi=0$$

illetve

$$2Q_{x'}k_f+Q\left(\frac{l_f}{l}\,k'_f+\frac{l_k}{l}\,k_k\right)\cos\varphi=0$$

vagy:

$$2Q_{x'}k_f+Q[rk'_f+(1-r)k_k]\cos\varphi=0$$

ahol

$$l_a=\overline{PP'}\,;\quad l_a=\overline{RP}\,;\quad l=\overline{RP'}$$

Rövidebben:

$$\mathbf{S}_{x'}+\mathbf{S}_k\cos\varphi=0$$

Ezek szerint *a h—h egyenesnek az a P pontja jelöli ki az optimális telepítés helyét, amely pontot támadó vektorrendszer eredője (E) a h—h normálisába esik,* amikor a vektorok skaláris értéke

$$2Q_{x'}k_f\,,\quad \text{illetve}\quad Q[rk'_f+(1-r)k_k]\,,$$

irányuk az x-irány (csapásirány), illetve *P* és *R* pontok által meghatározott irány. Az $\mathbf{S}_{x'}$ vektor értelme a *Q* ásványvagyont felező dőlésvonaltól a szélek felé, $\mathbf{S}_k$ értelme pedig az *R* ponttól *P* pont felé mutat.

Ha $k'_f=k_k$, akkor

$$2Q_{x'}k_f+Qk_k\cos\varphi=0$$

egyszerűbb összefüggéshez jutunk.

Mielőtt a valóságos előfordulásokra térnénk rá, tekintsük a *6. ábrát*. Legyen adva az $y=f(x)$ görbe vonal, rajta az *A* pont, amelyhez Q_A súly tartozik. Legyen adva a görbén kívül is egy *B* pont, Q_B súlylyal. Keresni kell a görbének azt a *P* pontját, amelybe Q_A súlyt a görbe mentén, a Q_B súlyt pedig egyenes mentén kell mozgatni. A *P*-hez tartozó mozgásmennyiség tehát:

$$M=Q_A\widehat{l}_A+Q_Bl_B$$

ahol

$$\widehat{l}_A=\int_{x_A}^{x}\sqrt{1+[f'(x)]^2}\,dx$$

$$l_B=\sqrt{(x-x_B)^2+[f(x)-y_B]^2}$$

$$f'(x)=\operatorname{tg}\alpha$$

M-nek akkor van szélsőértéke, ha

$$Q_A+Q_B(\cos\varphi+\sin\varphi\operatorname{tg}\alpha)=0$$

Ha $Q_B>Q_A$, akkor

$$Q_A+Q_B\cos(\varphi-\alpha)=0$$

A feltétel kielégítése az *M* minimumát jelenti.

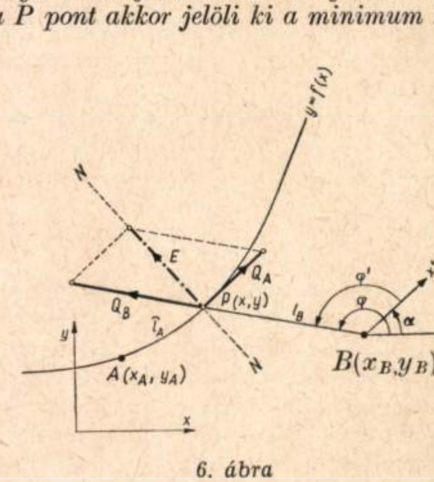
El is forgathatjuk a koordináta-rendszert α szöggel:

$$Q_A+Q_B\cos\varphi'=0$$

azaz:

$$\mathbf{S}_A+\mathbf{S}_B\cos\varphi'=0$$

Következik ebből, hogy *a görbén mozgó Q_A vektor iránya mindig az érintő iránya, továbbá az is, hogy a P pont akkor jelöli ki a minimum helyét, ha*



6. ábra

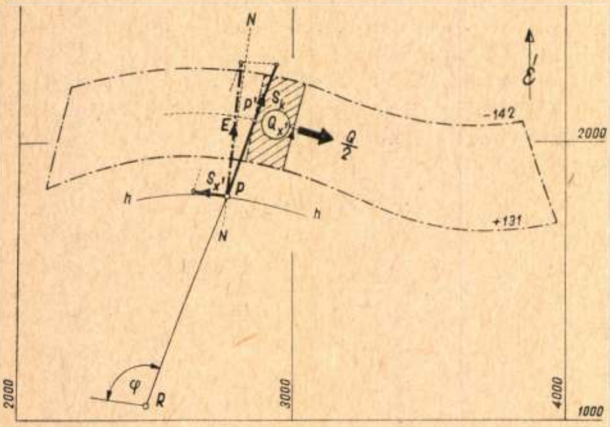
az őt támadó Q_A és Q_B vektorok eredője a P ponthoz tartozó normálisba esik.

Ha $Q_A \geq Q_B$, akkor M minimumát az A pont jelöli ki.

Lehet a görbén is és azon kívül is több pont. M minimumát akkor is az a pont jelöli ki, amelyet támadó vektorrendszer eredője a ponthoz tartozó normálisba esik.

Ha a *csv* csapásvonal és a vele párhuzamos h—h határvonal nem egyenes, gyakorlatilag ekkor is használhatók a szabályos aknamező összefüggései, csak a csapással együtt változik a koordinátarendszer is, azaz mozgó rendszert kell alkalmazni.

A 7. *ábra* egy, a valóságban is előfordulható esetet mutat be. A kitermelhető ásványvagyon $Q = 42 \cdot 10^6$ t. Legyen $k_f = 12{,}4$ Ft/tkm, $k_f' = 11{,}2$ Ft/tkm és $k_k = 4{,}1$ Ft/tkm.



7. ábra

Vegyünk fel a h—h görbén egy P pontot, amelyhez $Q_x' = 2{,}6 \cdot 10^6$ t, és $r = 0{,}26$ tartozik. Így a feltételi egyenlet kikerekítve:

$$64 + 250 \cos \varphi = 0$$

vagy, ha $k_f = 1$, akkor

$$5{,}2 + 20{,}1 \cos \varphi = 0$$

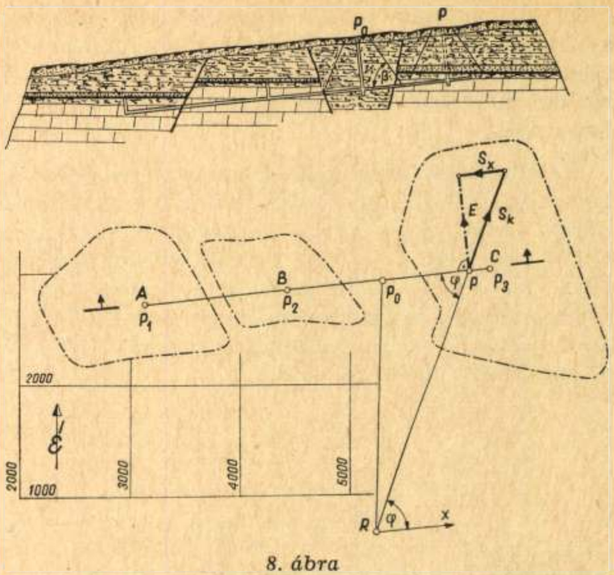
A P' pontot, illetve ennek függvényében a Q_x' értéket akkor választjuk meg helyesen, ha a két vektor ($\mathbf{S}_x'$, $\mathbf{S}_k$) eredője a P ponthoz tartozó normálisba esik.

Az ábrán látható, hogy az E eredő nem esik bele az N—N normálisba. A pontosság fokozása érdekében elvileg újabb pontot kell felvenni. Esetünkben az eltérés nem nagy, újabb lépésre gyakorlatilag nincs is szükség.

Előfordulhat, hogy a h—h görbének nemcsak egy pontja tesz eleget a feltételnek. Ilyenkor azt a pontot kell választani, amelyikhez a legkisebb eredő tartozik.

Hasonló feladatok az előzők alapján könnyen megoldhatók.

A 8. *ábrán* csoportos előfordulás látható. A kitermelhető ásványvagyonok: $Q_A = 45 \cdot 10^6$ t; $Q_B = 18 \cdot 10^6$ t; $Q_C = 123 \cdot 10^6$ t. A három együtt $Q = 186 \cdot 10^6$ t. A föld alatti szállító útvonal a fekübe telepített altáró, amelyre P_1, P_2, P_3 pontokban vakaknának adják le a termelvényt spirálcsúszdákon. A külszínre való szállítást az altáróra telepí-



8. ábra

tett függőleges akna bonyolítja le, majd az aknától a termelvényt az R külszíni ponthoz kell elszállítani.

Legyen az A előforduláshoz tartozó altárói mozgatás fajlagos költsége egységnyi, azaz $k_A = 1$. Ehhez viszonyítva $k_B = 1{,}23$; $k_C = 0{,}81$ és a külszíni szállítás fajlagos költsége $k_k = 0{,}42$.

Induljunk ki abból, hogy az akna keresett helye P_2—P_3 szakaszra esik, így a feltételi egyenlet:

$$Q_A k_A + Q_B k_B - Q_C k_C + Q k_k \cos \varphi = 0$$

Rövidebben:

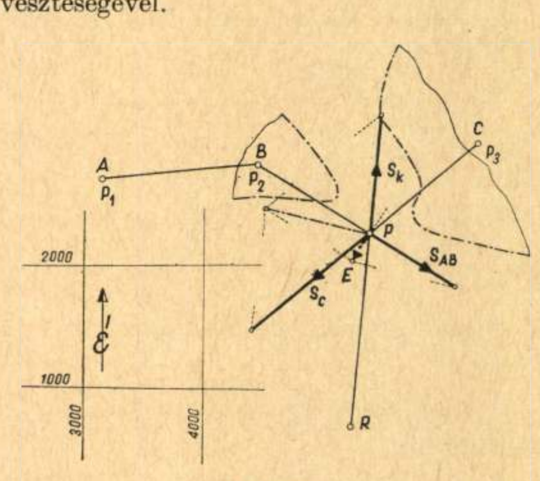
$$\mathbf{S}_f + \mathbf{S}_k \cos \varphi = 0$$

Számszerűleg kikerekített értékekkel:

$$78 \cos \varphi - 33 = 0$$

azaz $\varphi = 65°$.

A keresett P pont tehát egyszerűen kitűzhető. A pontba telepített függőleges akna védőpillérében a lekötött ásványvagyon viszonylag nagy. Célszerű lehet tehát az aknát a P_0 pontba telepíteni. A két alternatíva összehasonlítása már egyszerű, hiszen könnyen számítható a mozgatásban jelentkező költségnövekedés, amit szembe kell állítani a védőpillérben lekötött ásványvagyon értékveszteségével.



9. ábra

A *8. ábrához* csatlakozik a *9. ábra*. Nem szükségszerű ugyanis, hogy a P_2 és P_3 pontokat egy egyenes szakasz kösse össze, az akna telepítési helye megválasztható a P_2, P_3 és R pontok által alkotott háromszögön belül is úgy, hogy a védőpillérben ne legyen kitermelhető ásványvagyon.

A függőleges akna helyéül vegyünk fel egy P pontot. Könnyen igazolható, hogy a mozgatás teljes költsége minimum lesz, ha kielégül az alábbi feltételi egyenletrendszer:

$$(Q_A+Q_B)k_{AB}\cos\varphi_B+Q_Ck_C\cos\varphi_C+Qk_k\cos\varphi_k=0$$

$$(Q_A+Q_B)k_{AB}\sin\varphi_B+Q_Ck_C\sin\varphi_C+Qk_k\sin\varphi_k=0$$

illetve:

$$\mathbf{S}_{AB}\cos\varphi_B+\mathbf{S}_C\cos\varphi_C+\mathbf{S}_k\cos\varphi_k=0$$

$$\mathbf{S}_{AB}\sin\varphi_B+\mathbf{S}_C\sin\varphi_C+\mathbf{S}_k\sin\varphi_k=0$$

Ha az előzőknek megfelelően a fajlagos relatív költségek $k_C=0{,}81$, $k_k=0{,}42$ és $k_{AB}=1{,}07$, akkor kikerekítve:

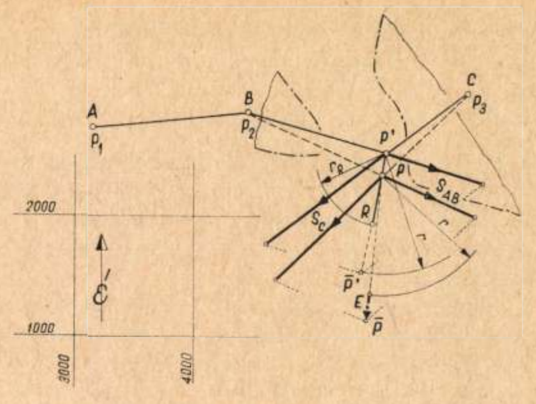
$$67\cos\varphi_B+100\cos\varphi_C+78\cos\varphi_k=0$$

$$67\sin\varphi_B+100\sin\varphi_C+78\sin\varphi_k=0$$

A P pont akkor felel meg a feltételnek, ha az őt támadó vektorrendszer eredője zérus. A rajzról megállapítható, hogy a P pont csak megközelítőleg felel meg a feltételnek, mert E eredő keletkezett. Újabb pontot kell tehát felvenni, mégpedig az E eredő irányában az ellentétes oldalon. Mivel az E eredő skalár értéke a vektorok skalár értékéhez viszonyítva kicsi, azért a keresett végleges pont helye nem lényegesen tér el az első lépésben felvett helytől. Az is látható, hogy a védőpillérben most sem lesz kitermelhető ásványvagyon.

A *8.*, illetve a *9. ábrán* látható két alternatívát természetesen össze lehet hasonlítani. Bizonyos, hogy a *9. ábra* szerinti alternatívához kisebb mozgatásmennyiség tartozik, a különbség kereken $90\times\times10^6$ tkm. Látható az is, hogy a *9. ábra* szerinti alternatívánál az altáró hossza nagyobb, kereken 0,4 km-rel, de a külszíni pálya rövidebb, kereken 0,6 km-rel. A mozgatásmennyiség különbségéből adódó költségkülönbség egyszerűen számítható, hasonlóan számítható az a különbség is, amely a beruházásnál áll elő. Esetünkben a *9. ábra* szerinti alternatíva adódik előnyösebbnek.

A *10. ábra* is az előző előforduláshoz kapcsolódik. Maradjon meg a P_1—P_2 egyenes szakasz, de P_2 és P_3 között ezt a megkötést feloldjuk. Legyen szabadon választható a külszíni R pont is, csupán az a



10. ábra

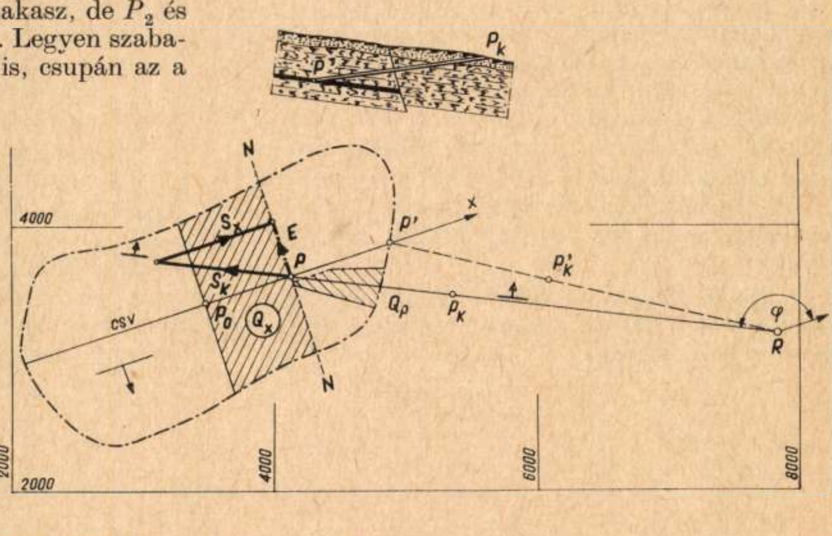
megkötésünk legyen, hogy a függőleges akna és a külszíni pont között t távolság legyen.

Vegyünk fel egy P pontot. Ezt a pontot támadják $\mathbf{S}_{AB}$, $\mathbf{S}_C$, $\mathbf{S}_k$ vektorok. $\mathbf{S}_{AB}$ és $\mathbf{S}_C$ vektorok eredője $P-\bar{P}$. Ha $r=\mathbf{S}_k=P-\bar{P}$, akkor jól választottuk meg a P pontot. Természetesen ez az első lépésben nem következik be. A második lépésben P' pontot veszünk fel a $P-\bar{P}$ irányban ellentétes értelemben. Ha $r=\mathbf{S}_k=P-\bar{P}'$ akkor P', mint a függőleges akna helye a mozgatási költségminimumot biztosítja. Esetünkben már a második lépés elfogadható eredményre vezetett. Ezzel nemcsak a függőleges akna helyét jelöltük ki, de az $r_R=t$ sugarú kör a $P'-\bar{P}'$ egyenesből R helyét is kimetszi. Természetesen meg kell vizsgálni azt is, hogy P' esetén a védőpillérben van-e kitermelhető vagyon?

A felnyitó bányatérség lehet lejtős akna is. A megoldások elve természetesen lejtős akna esetén is ugyanaz marad.

A *11. ábrán* lapos előfordulás látható. A kitermelhető ásványvagyon: $Q=40\cdot10^6$ t. A P_0 ponthoz tartozik a föld alatti mozgatás minimuma. A termelvényt lejtős aknán szállítjuk ki úgy, hogy a külszíni pálya a lejtős akna egyenes folytatása egészen az R pontig. A lejtős akna talpa legyen a P_0 ponton átmenő csapásvágaton (*csv*).

Vegyünk fel a csapásvágaton egy P pontot. A P_0 és a P pontokon átmenő dőlésvonalak közötti területhez Q_x kitermelhető ásványvagyon tartozik.



11. ábra

Az előzők alapján a feltételi egyenlet:

$$2Q_x k_c + Qk_k \cos\varphi = 0$$

azaz:

$$S_x + S_k \cos\varphi = 0$$

A P pontot addig kell a csapásvágaton eltolni, amíg az egyenlet kielégül. A fokozatos közelítést természetesen rajzban is el lehet végezni, amikor Q_x növekedésével az E eredő iránya is közelít a normálishoz.

A megkeresett P pont a $P-P_k$ lejtős akna talppontja. Ehhez a telepítéshez Q_P védőpillérben lekötött ásványvagyon tartozik. Felvetődhet a kérdés, nem lenne-e célszerűbb a lejtős aknát úgy telepíteni, hogy talppontja a P' pont legyen, mert így nem lenne a lejtős akna pillérében lekötött ásványvagyon. Ez a probléma már két alternatíva összehasonlítása.

Legyen $k_c = 10{,}0$ Ft/tkm, $k_k = 5{,}2$ Ft/tkm, a P ponthoz tartozó $Q_P = 1{,}5 \cdot 10^6$ t. A két alternatíva között a föld alatti csapás irányú mozgatás költségkülönbsége $220 \cdot 10^6$ Ft-nak adódott a P pont javára, a külszíni mozgatás költségkülönbsége $146 \cdot 10^6$ Ft a P' pont javára. Következik ebből, hogy $74 \cdot 10^6$ Ft mozgatási költségkülönbséget kell összevetni a védőpillérben lekötött $1{,}5 \cdot 10^6$ t ki nem termelhető ásványvagyon következtében előálló értékveszteséggel; más szóval, ha a fajlagos értékveszteség meghaladja a kereken 50 Ft/t értéket, akkor P' ponthoz való telepítés előnyösebb.

Még számos, a fentiekhez hasonló telepítés elemezhető, de talán ennyi is elég ahhoz, hogy az alapelveket láthassuk. A gyakorlatban a feladatok természetesen sokkal összetettebbek, a telepítéssel kapcsolatos munka lényegesen kiterjedtebb. Mi az egyszerűségre törekedtünk azért, hogy az *alapvető elvi összefüggések* jól láthatók legyenek. A gyakorlati telepítés tehát lényegesen több munkával jár, de az elvi alapok megmaradnak.

A feladatok rajzi megoldása a gyakorlatban mindig elégséges pontosságot ad, hiszen tervezésről van szó, az adatok is csak megközelítő pontossággal adottak (kitermelhető ásványvagyon, fajlagos költségek stb.). A túlzott pontosságra való törekvésnek azért sincs jelentősége, mert az optimum környékén a teljes költség csak kisebb mértékben változik.

A gyakorlatban a kitermelhető ásványvagyon meghatározása jelenti a kisebb problémát. A tapasztalat szerint a fajlagos költségek képzése okoz nehézséget. Lehet találkozni olyan felfogással is, ami szerint a fajlagos költségek képzését zavarja azoknak időben való változása. Megfigyelhettük, hogy nem szükséges a fajlagos költségek *abszolút értékét* felhasználni, elég csak az *arányokat* tekinteni, ezek pedig már sokkal kevésbé függenek az időtől.

A fajlagos költségek közül leginkább problematikus a védőpillérben lekötött ásványvagyon fajlagos értékvesztesége.

Ennek értékelése elvileg többféle lehet.

Ki lehet indulni például abból, hogy a védőpillérben lekötött ásványvagyon nem vesz részt a beruházás visszatérítésében. Legyen Q az előfordulás kitermelhető ásványvagyona, Q_P a pillérben lekötött, ki nem termelhető ásványvagyon és K_B a beruházási összeg.

A kamatosítás nélküli, egyszerű fajlagos értékveszteség:

$$k_P = \frac{K_B}{Q}$$

A mozgatás költségei az üzemidő alatt időben elnyújtva jelentkeznek, a $Q_P k_P$ fölös beruházási összeg pedig az üzemkezdés előtt, azért kamatosított értékveszteséggel számolunk, amikor

$$k_{Pk} = k_P(p-1)n\frac{p^n}{p^n-1}$$

ahol n az egyszerű megtérülési idő években,

$$p = 1 + \frac{\Delta}{100},$$

amikor Δ a kamatláb százalékban.

Legyen például $\Delta = 6\%$ és $n = 12$ év. Így

$$k_{Pk} = 1{,}43 k_P$$

Egy másik kiindulási alap lehet az, hogy a védőpillérben lekötött ásványvagyon nem hoz hasznot. Ebben az esetben az értékveszteség megegyezik a fajlagos tiszta haszonnal. Mivel a tiszta haszon az üzemidő alatt elnyújtva jelentkezik, csakúgy, mint a mozgatási költségek, azért ez esetben kamatosításra nincs szüksége. Ha a várható tiszta fajlagos haszon k_h Ft/t, akkor

$$k_p = k_h.$$

Ez az értékelés egyszerűbb, ajánlatosabb ezt használni.

Bármelyik módszerhez is folyamodunk, a védőpillérben lekötött és ki nem termelhető ásványvagyon következtében keletkező értékveszteséget csak pekuniális alapon vesszük figyelembe. Érezhető azonban, hogy az értékveszteség ennél nagyobb, különösen akkor, ha az ásványi nyersanyag mennyiségében nem bővelkedünk. Valamivel azonban számolni kell. Az érezhető, de számszerűen ki nem fejezhető értékveszteség arra késztet bennünket, hogy a védőpillérben lekötött ásványvagyonnak nagyobb jelentőséget tulajdonítsunk, mint amekkorát a csak pekuniális szemlélet tulajdonít neki.

Tanulmányunkkal nem sablont kívántunk nyújtani, a célunk mindössze az volt, hogy a telepítések alapvető összefüggéseibe pillantsunk be. Az optimumra való tudatos törekvés lényegesen több munkát kíván, de ez a munkatöbblet esetenként olyan haszonnal járhat, amelyhez viszonyítva a többletmunkába fektetett költség még csak említésre sem méltó.