

## A vízkárelhárítás hosszútávú tervezése

A hosszútávú tervezésben a specifikus ágazati és a népgazdasági érdekeknek egyaránt megfelelő (optimális) fejlesztési variáns kiválasztása számítástechnikai nehézségek miatt nem valósítható meg egyetlen, az egész népgazdaságot átfogó matematikai modellel. A túlzott egyszerűsítések és a számítástechnikai problémák elkerülését célozza a kétszintű tervezés módszere, amely *szektor modellekkel és egy általános (népgazdasági) modellel* dolgozik.

A szektor modellek az ágazati sajátosságok és ágazati preferenciák figyelembevételével, viszonylag nagy részletességgel készülnek. A népgazdasági modell ezzel szemben lényegesen összevontabb, csak a népgazdasági szempontból lényeges összefüggéseket tartalmazza. A kétféle modell között a kapcsolatot — elméletileg — úgy biztosítják, hogy a szektor modellek számítási eredményei egyben a népgazdasági modell bemenő adatai, amelyeknek népgazdasági szintű realizását a népgazdasági modellel végzett *konzisztencia vizsgálatok* segítségével mérlegelik.

*Az ágazati előirányzatok közötti (népgazdasági szinten: belső) ellentmondásoknak az ágazati tervezés párhuzamos rendszeréből következően* ugyanis igen nagy a valószínűsége. A gazdasági kapcsolatok bonyolult rendszerének a következőjén, hogy bármely ágazat csak akkor tud reális fejlesztési tervet készíteni, ha ismeri termékei (vagy szolgáltatásai) felhasználóinak várható igényeit. Miután minden ágazat időben párhuzamosan készíti távlati tervét, az igényekre vonatkozóan csak feltételezésekkel lehet élni.

A feltételezések és az azokból következő ágazati célkitűzések realizását a népgazdasági konzisztencia vizsgálatok hivatottak megállapítani. Eredményképpen kialakulnak *bizonyos arányok*, amelyek *ágazati szinten a fejlesztési előirányzatoknak korlátokat szabnak*. A következő lépésben tehát a korlátozó feltételek figyelembevételével felül kell vizsgálni az ágazati előirányzatokat, majd a javított változatok újra a népgazdasági modellbe kerülnek.

*Az optimális tervvariáns kialakítása* egy sok szakaszból álló iterációs eljárással történik, ahol fokozatosan és kölcsönösen javítják az ágazati és a népgazdasági előirányzatokat, s közelítik azokat az optimális megoldáshoz.

*A következő matematikai módszer célja a vázolt tervezési rendszerbe kapcsolódva kitzúzni a vízkárelhárítás hosszútávú és területileg is differenciált fejlesztési céljait a gazdasági fejlődéssel összhangban.*

### 1. A döntési problémák megfogalmazása

*A káros vizek elleni védelem* több, egymással kölcsönös kapcsolatban álló de elvileg elhatárolható területen folyik. *Az árvízvédelem* a nagyvízfolyások sza-

bályozását, a *belvízrendezés* a síkvidéki területeken keletkező csapadékvizek elvezetését, a *hegy- és dombvidéki vízrendezés pedig* a kisvízfolyások szabályozását végzi.

Mindegyik tevékenység közös jellemzője *egyrészt*, hogy feladata az emberi élet, a nemzeti vagyon és a termelés biztonságának megfelelő szintű *védelme a vizek* — különböző módon jelentkező — *kártételeivel* szemben, *másrészt*, hogy fejlesztésük túlnyomórészt az *állami költségvetés* terhére történik.

A költségvetési kiadásokat közgazdaságilag értelmezve és csoportosítva [1] a vízkárelhárítási ráfordítások az ún. „szűken értelmezett infrastrukturális költségvetési kiadások” körébe tartoznak, amelyeknél a racionális gazdálkodás érvényesülésének nincsenek akadályai.

A *kárelhárítással szemben támasztott társadalmi igény* ezért a védett értékeknek megfelelő, gazdaságilag hatékony védelem. Ha a fejlesztési ráfordításokkal szemben nem áll megfelelő eredmény — azaz a fejlesztés nem hatékony — akkor helyesebb bizonyos területeken a *károk eltűrése*, s a korlátozott anyagi eszközöknek más — jobb eredményez hozó — területen történő hasznosítása. (Az eredmény szempontjából ugyanis azonos értékűnek tekinthető a kárelhárítással és a kapacitásbővítéssel elért termelésnövekedés.

A vízkárelhárítási rendszerek meghatározott mértékű *fejlesztésének eredménye* az az *elmaradó kár*, amely a káros vizek fellépése esetén a védelmi rendszerek fejlesztésének (azaz védelmi képessége növekedésének) eredményeképpen nem keletkezik.

A *fejlesztések hatékonyságát* az elmaradó károk és a védőképesség növeléséhez szükséges ráfordítások viszonya fejezi ki. A *jövőbeni fejlesztés kritériuma* ezért az lehet, hogy a mutató számított értéke elérjen egy megfelelőnek tartott szintet.

Az elvárt hatékonysági szint a különféle gazdaságpolitikai megfontolások alapján természetesen különböző mértékű lehet. Megfelelőnek tarthatjuk például a ráfordítások és az eredmények azonos szintjét, vagy a minimális többleteredményt is.

A korlátozott anyagi eszközök optimális hasznosítása oldaláról közelítve lehetséges az is, hogy csak a népgazdasági szinten is hatékonynak tekinthető, vagy az országos átlagos hatékonyságot elérő fejlesztéseket tekintjük mértékadónak, s vesszük figyelembe a távlati célok kialakításánál.

A modell szempontjából ennek az a jelentősége, hogy felhívja a figyelmet, a népgazdasági konzisztencia-vizsgálatok illetve gazdaságpolitikai megfontolások két irányban korlátozhatják vagy módosíthatják a vízkárelhárítás fejlesztését:

- állást foglalnak a *hatékonysági elvárásokkal* kapcsolatban;
- a népgazdasági szinten várhatóan felhasználható anyagi eszközök ismeretében megadják (az arányos fejlődés feltételeinek biztosítása mellett) a *vízkárelhárítás fejlesztésére fordítható összegek felső határát*.

A döntéselőkészítési modell tehát akkor felel meg céljának, ha segítségével meghatározhatók a vízkárelhárításnak a gazdasági fejlődéssel összhangban álló, optimálisnak tekinthető fejlesztési célkitűzései

- adott hatékonysági elvárások, vagy pedig
  - adott (korlátozott) anyagi eszközök mellett,
- és a számítások az egyes tényezők változása esetén újra és újra gyorsan elvégezhetőek a népgazdasági szinten is optimális eredmény fokozatos megközelítése érdekében.

A kétféle számításból már választ kapunk a harmadik kérdésre is, a *vízkárelhárítás fejlesztésének optimális struktúrájára*. Arra, hogy adott időpontban az egyes tevékenységeknek milyen részaránya tekinthető optimálisnak az egész — azaz a vízkárelhárítás mint komplex egység — felől közelítve.

Konkrétizálva a feladatokat, a *cél olyan modell kialakítása*, amelynek segítségével meghatározható, hogy

- a vízkárelhárítás egyes tevékenységeit területi egységeként milyen mértékben kell fejleszteni, hogy az adott hatékonysági szintet elérő összes fejlesztéseket elvégezzük, ill.
- a vízkárelhárítás egyes tevékenységeit milyen mértékben kell fejleszteni területi egységeként, hogy valamely adott beruházási keretet optimálisan hasznosítsunk.

## 2. A fejlesztések hatékonyságának értelmezése

A káros vízzel veszélyeztetett területek öblözetekre, vízgyűjtőkre tagolhatók, amelyeknek jellemzője, hogy védelmük önállóan, más területektől függetlenül — egy összefüggő védelmi rendszerrel — megoldható.

Az *árvízvédelem* esetében a védelmet minden öblözetben egy folyamatos töltésrendszer biztosítja, amelynek *erősségét*, vagyis az *általa nyújtott biztonságot* a *védvonalrendszer védőképessége* fejezi ki.

A *belvízvédelem* a síkvidéki területeken összegyűlő csapadékvizet vezeti el a nagyvízfolyásokba (az ún. főbefogadókba) és tározókba. Az elvezetőrendszer *teljesítőképessége* ezért az öblözetenkénti (főbefogadóba és tározóba történő) *vízszállítóképességgel* fejezhető ki.

A *hegy- és dombvidéki vízrendezés* feladata a hegyvidéki kisvízfolyásokban összegyűlő csapadékvíz lehető legkisebb kártétel melletti levezetése. A levezetőrendszert a kisvízfolyások képezik, amelyeknek *teljesítőképessége* a mederbe (kiöntés nélkül) levezethető vízmennyiséggel fejezhető ki.

A *vízkárelhárítás fejlesztése* a fentiek alapján a védelmi rendszerek teljesítő-ill. védőképességének növekedésével fejezhető ki számszerűen, s *eredményüket* a teljesítő-ill. védőképesség növekedése miatt *elmaradó kár* adja.

A *fejlesztés hatékonyságát*, a nettó eredmény (az elmaradó kárnak a ráfordításokkal csökkentett értéke) és a szükséges beruházási ráfordítás hányadosa mutatja.

A következőekben a vízkárelhárítás egyes tevékenységeire meghatározzuk a hatékonysági mutatót.

### 2.1 A teljesítőképesség növelésének évi átlagos bruttó eredménye<sup>1</sup>

Az egyes öblözetekben jelentkező káros vizek mennyisége a véletlentől függően ingadozik, azaz a káros vízmennyiség valószínűségi változó. Valószínűségi eloszlása, azaz a  $H_k(x) = P(z_k < x)$  függvény megfelelő statisztikai mérések birtokában meghatározható. Ez a függvény azt fejezi ki, hogy a  $k$ . öblözetben mennyi a valószínűsége annak, hogy egy bizonyos évben a maximális káros víz ( $z_k$ ) kisebb egy adott értéknél.

<sup>1</sup> A matematikai problémák megoldásánál Vithalm Zoltán segítségére támaszkodtam, s ezúton fejezem ki köszönetemet hasznos tanácsaiért.

Természetesen az árvizek, és a sík- ill. hegyvidéki csapadékvizek eltérő törvényszerűséggel keletkeznek, ezért az eloszlásfüggvények csak akkor alkalmazhatóak, ha a káros vizek mindhárom megjelenési formájára (s értelemszerűen mindegyik öblözetre) meghatározzuk őket.

Valamely meghatározott valószínűséggel jelentkező káros víz esetében a *teljesítőképesség egységnyi növelésével elhárítható kár* (bruttó eredmény) nagysága egy adott öblözetben két tényezőtől függ:

- az öblözet gazdasági értékétől, illetve az értékeknek az öblözet területén belüli megoszlásától, amely a népgazdaság időben és térben differenciált fejlődésének függvénye;
- a teljesítőképesség bázis szintjétől, azaz attól, hogy az egységnyi fejlesztés milyen szintről történik.

A vízmennyiség egységnyi növekedése következtében károsított terület nagysága ugyanis a domborzati viszonyok függvénye. Minden öblözetre meghatározható az *előntési görbe*, amely kifejezi az egyes vízmennyiségekhez tartozó előntött területeket, illetve a különböző szintekről történő egységnyi emelkedés következtében előntött további területeket.

A teljesítőképesség növelésével megvédhető újabb területek nagysága tehát attól függően változik, hogy milyen szintről történik az egységnyi növelés, azaz az adott szintről történt teljesítőképesség emeléssel — az előntési görbe alapján — milyen nagyságú újabb területet lehet a károsodás veszélyétől mentesíteni.

A teljesítőképesség egységnyi növelésével mentesíthető területen az elhárítható kár nagysága az ott levő gazdasági értékektől függ, amelyek a népgazdasági fejlődés következtében az időben változnak.

A teljesítőképesség egységnyi növelésével megvédhető meghatározott nagyságú (időben gyakorlatilag nem változó) területen tehát a gazdasági érték mindenkori nagyságától függ (tehát időben változó) az elhárítható kár.

A  $k$ . öblözetnél  $q_k$  teljesítőképesség növelés évi bruttó eredménye ezért a fentiek figyelembevételével a következőképpen határozható meg:

$$m_k(q_k; t) = G_k(t) \cdot m_k(q_k) \quad (1)$$

$G_k(t)$  = gazdasági érték függvény, amely megadja a  $k$ . öblözet gazdasági értékét a  $t$ . évben.

Ez a függvény biztosítja a kapcsolatot a vízkárelhárítás és a népgazdaság fejlődése között. Azt, hogy a távlati tervezés minden szakaszában a vízkárelhárítás fejlesztési variánsai összhangban legyenek a népgazdasági és azon belül a területi fejlesztési variánsokkal. Minden területi fejlesztési variánshoz tartozik ugyanis egy konkrét  $G_k(t)$  függvény, amely kifejezi, az adott variáns hogyan befolyásolja a vizsgált öblözet gazdasági értékét.

Ha a vízkárelhárítási modellt lefuttatjuk a konkrét  $G_k(t)$  függvénnyel, megkapjuk milyen teljesítőképesség növelés szükséges a különböző öblözetekben bizonyos hatékonysági követelmények mellett úgy, hogy a vízkárelhárítás a területek gazdasági értékének változásával összhangban fejlődjék, azaz az ottlevő értékeknek megfelelő biztonságot nyújtson.

$m_k(q_k)$  = a  $k$ . öblözetben  $q_k$  teljesítőképesség növelés bruttó évi eredménye a terület értékének százalékában kifejezve. Azt mondja, hogy a  $q_k$  teljesítőképesség növeléssel a terület gazdasági értékének további hány százaléka védhető meg a károsodástól.

Az nem szorul különösebb bizonyításra, hogy valamely  $q_k$  teljesítőképesség növelés eredményét — egy terület értékének bizonyos százalékában kifejezve — a terület gazdasági értékével (100%) szorozva, a teljesítőképesség növelésnek a mindenkori területértéktől függő — értékben kifejezett — bruttó eredményét kapjuk.

A következőekben azt bizonyítjuk, hogy

$$m_k(q_k) = \int_{h_k}^{h_k+q_k} V_k(x) \cdot dH_k(x) \quad (2)$$

$h_k$  = a  $k$ . öblözetet védő rendszer jelenlegi (bázis) teljesítőképessége.

$q_k$  = teljesítőképesség növelés a  $k$ . öblözetben.

$V_k(x)$  = a  $k$ . öblözetre érvényes károsított terület függvény, amely azt fejezi ki, hogy  $x$  káros víz az öblözet területének hány százalékát károsítja. Ha feltételezzük, hogy az öblözetben belül az értékek egyenletesen oszlanak meg, (amelyet az öblözetek nagy számára való tekintettel nagyságrendi torzítás nélkül feltételezhetünk) akkor ez a függvény azt is kifejezi, hogy az  $x$  káros víz a terület gazdasági értékének hány százalékát veszélyezteti.

$H_k(x)$  = az évi legnagyobb káros víz valószínűségi eloszlás függvénye.

A következőkben kifejtjük a (2) képlet tartalmát és bizonyítjuk annak helyességét.

Tekintsük az  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) lehetséges árvízszinteket a hozzájuk tartozó relatív kárértékeket ( $v_i$ ) és a káros vizek bekövetkezésének valószínűségi értékeit ( $p_i$ ).

A  $p_i \cdot 100$  valószínűségi érték azt jelenti, hogy hosszú időszak (mondjuk  $T$  év) alatt, az évek ennyi százalékában (azaz  $p_i \cdot T$  évben) lesz a káros víz mennyisége  $x_i$ .

Az  $x_i$  vízmennyiség által  $T$  év alatt okozott károkat százalékosan kifejezve a vízmennyiség gyakoriságának és az egyszeri károknak figyelembevételével a  $v_i \cdot p_i \cdot T$  érték adja.

Az összes relatív kár  $T$  év alatt:

$$V_{\bar{0}} = \sum_{i=1}^n v_i \cdot p_i \cdot T \quad (3)$$

Az évi átlagos relatív kár:

$$V = \frac{V_{\bar{0}}}{T} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot p_i \cdot T}{T} = \sum v_i \cdot p_i \quad (4)$$

Ha a rendszer védőképessége  $h$ , azaz az ennél kisebb káros vizek ( $x_i < h$ ) esetén biztosít védeltséget, akkor a rendszer bruttó eredményének az az elhárított kár tekinthető, amelynek évi átlagos értéke:

$$V_h = \sum_{i \in (x_i \leq h)} v_i \cdot p_i \quad (5)$$

ahol  $i \in (x_i \leq h)$  = azon  $i$  értékek, amelyekre  $x_i \leq h$ .

Ha a rendszer teljesítőképességét  $q$ -val növeljük, a megnövelt teljesítőképesség által elhárítható évi átlagos kár:

$$V_{h+q} = \sum'_{i \in (x_i \leq h+q)} v_i \cdot p_i \quad (6)$$

A védőképesség  $q$  cm-rel való emeléséből származó átlagos évi eredmény tehát:

$$m_q = V_{h+q} - V_h = \sum'_{i \in (h \leq x_i \leq h+q)} v_i \cdot p_i \quad (7)$$

A következőkben azt bizonyítjuk, hogy (7) tartalmilag egyezik a (2) képlet  $m_k(q_k)$  értékével.

Először  $p_i$  és  $H(x)$  kapcsolatát vizsgáljuk. Ha a káros vizet folytonos valószínűségi változóként tekintjük, akkor lehetséges értékeinek tartománya olyan diszjunkt intervallumokra bontható, amelyeknek mindegyike az  $x$  értékek közül egyet tartalmaz.

Legyen az  $x_i$ -t tartalmazó intervallum hossza  $\Delta x_i$ . Minden olyan esetben, amikor a káros víz az  $i$  intervallumban veszi fel értékét, akkor  $x_i$  bekövetkezésének valószínűsége:

$$p_i = H(z_{i+1}) - H(z_i) = \int_0^{z_{i+1}} dH(x) - \int_0^{z_i} dH(x) = \int_{z_i}^{z_{i+1}} dH(x) \quad (8)$$

ahol  $z_{i+1}$  és  $z_i$  = az  $i$ . intervallum határpontjai.

Ha ezután (8)-at (7)-be helyettesítjük, a következő eredményt kapjuk:

$$m_q = \sum'_{i \in (h \leq x_i \leq h+q)} \left[ v_i \cdot \int_{z_i}^{z_{i+1}} dH(x) \right] = \sum'_{i \in (h \leq x_i \leq h+q)} \int_{\Delta x_i} v_i \cdot dH(x) \approx m(q) \quad (9)$$

Az  $m_q \approx m(q)$  úgy látható be, hogy határmenetet véve ( $\Delta x_i \rightarrow 0$ ) és  $v_i \rightarrow V(x_i)$ -t feltételezve  $\lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} m_q \rightarrow m(q)$ .

Az (1) és (2)-t egybevetve, a  $k$ . öblötetben a vízkárelhárítás valamely fajtájánál a  $q_k$  teljesítőképesség növelés évi bruttó eredménye:

$$m_k^{(i)}(q_{ki}; t) = G_k^{(i)}(t) \cdot m_k^{(i)}(q_{ki}) \quad (10)$$

ahol  $i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) = a vízkárelhárítás tevékenységei

- 1: árvízvédelem
- 2: belvízvédelem
- 3: hegy- és dombvidéki vízrendezés

$q_{ki}$  = teljesítőképesség növelés az  $i$ -edik vízkárelhárítási tevékenységnél a  $k$ . öblötetben.

A vízkárelhárításra általánosan megfogalmazott képletnek az egyes tevékenységeknél való alkalmazásához még konkrétizálni kell néhány dolgot.

*Árvízvédelem:*

$$m_k^{(1)}(q_{k1}; t) = G_k^{(1)}(t) \cdot \int_{h_{k1}}^{h_{k1} + q_{k1}} V_k^{(1)}(x) dH(x) \quad (11)$$

*Belvízvédelem:* A belvizek túlnyomórészt a mezőgazdasági termelést veszélyeztetik. A síkvidéki mezőgazdasági területen összegyűlt csapadékvíz

azonban csak akkor károsítja a termelést, ha meghatározott időn belül nem vezetik el.

A  $k$ . öblözetben keletkezett  $x$  belvízmennyiségből kárt tehát csak a  $p$  nap alatt el nem vezetett belvízmennyiség okoz, amikor  $p$  az az időtartam (gyakorlatilag 6–12 nap közötti érték), amelyet a növényzet vízzel elborítva maradandó károsodás nélkül elvisel.

Legyen a  $k$ . ( $k = 1, 2, \dots, K_2$ ) öblözethez tartozó belvízelvezetőrendszer mértékadó teljesítőképessége  $h_{k2}$ , s jelentse azt a vízmennyiséget, amelyet a rendszer  $p$  nap alatt összesen elvezetni képes.

A meghatározott valószínűséggel keletkező  $x$  belvízmennyiségből ebben az esetben  $(x - h_{k2})$  okoz károkat.

Az általános értelmezés szerint a teljesítőképesség növeléssel várhatóan elhárítható évi átlagos kár a kiinduló ( $h_{k2}$ ) és a megnövelt ( $h_{k2} + q_{k2}$ ) teljesítőképesség által elhárítható károk különbsége.

A  $k$ . öblözetben a  $q_{k2}$  belvízelvezetőképesség növelés bruttó évi eredménye a fentiek figyelembevételével a következőképpen határozható meg:

$$m_k^{(2)}(q_{k2}; t) = G_k^{(2)}(t) \left\{ \int_{h_{k2}}^Q V_k^{(2)}(x - h_{k2}) dH_k^{(2)}(x) - \int_{h_{k2} + q_{k2}}^Q V_k^{(2)}(x - h_{k2} - q_{k2}) dH_k^{(2)}(x) \right\} \quad (12)$$

ahol  $Q$  = az előfordulható legnagyobb belvízmennyiség, amelynél nagyobb mennyiséggel a modellben már nem számolnak.

*Hegy- és dombvidéki vízrendezés:* A hegy- és dombvidéki kisvízfolyásokból kiömlő vizek által okozott károk inkább elsodrasi, mint elöntési jellegűek, ezért az elöntött területeket azonnal megkárosítják.

A  $k$ . kisvízfolyás  $p_k$  valószínűséggel bekövetkező  $x$  vízhozamából kárt a vízhozam és a mértékadó mederbeni vízlevezetőképesség ( $h_{k3}$ ) különbségéből adódó, a mederből kiömlő vízmennyiség okoz.

Az évi átlagos elhárítható kár ugyanúgy számítható, mint a belvízvédelemnél (a (12) képlettel, a kisvízfolyásokra érvényes függvényeket és változókat helyettesítve).

## 2.2 A fejlesztési ráfordításokról

A védekezés évi eredményeivel az évi költségeket lehet szembeállítani. A *beruházási költségeket* az értékcsökkenési leírási kulcsok felhasználásával évi költségekké kell átalakítani, miután a másik fő költségtényező, a *folymatos fenntartási költség* évi átlagban van megadva.

Az értékcsökkenési leírás és a fenntartási költségek mellett mindhárom vízkárelhárítási tevékenységnél speciális tényezők is jelentkeznek.

Az *árvízvédelemnél* az árvizek idején fellépnek az operatív *védekezési* (és mentési) költségek.

A védőképesség növekményére jutó évi védekezési költség meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a töltéserősítés hatására csökken a védekezési költség:

- az erősebb (nagyobb védőképességű) töltéseknél ugyanis csak a magasabb vízállást okozó, tehát kisebb valószínűséggel fellépő árvizek ellen kell védekezni, és azok esetében is
- a védekezést később kell elkezdni, ezért a védekezési munka összességében kisebb lesz.

A  $q$  védőképesség növekményre jutó védekezési költség:  $d(q)$ , a megnövelt és az eredeti szint évi védekezési költségeinek különbözete.

A  $q_{k1}$  védőképesség növelés évi ráfordítás igénye így a következő:

$$g_k^{(1)}(q_{k1}) = (e_{k1} + f_{k1} + d_{k1})q_{k1} \quad (13)$$

ahol  $e_{k1}$  = egységnyi védőképesség növelés évi értékcsökkenési leírási költsége a  $k$ . öblözetben.

$f_{k1}$  = éves fajlagos fenntartási költség a  $k$ . öblözetben.

$d_{k1}$  = évi átlagos fajlagos védekezési költség a  $k$ . öblözetben.

$q_{k1}$  = védőképesség növelés a  $k$ . öblözetben.

A belvízvédelemnél a beruházási költségek a következő tételeket tartalmazzák:

- a főbefogadóba emelő szivattyútelepek létesítési (bővítési) költségeit;
- a tározók létesítésének költségeit;
- a belvizet összegyűjtő csatornahálózat bővítésének költségeit.

Az eddigi számításoknál nem játszott szerepet, hogy a vízvezetőképesség növelés ( $q_{k2}$ ) hogyan oszlik meg a tározóba és főbefogadó vízfolyásokba történő levezetésére. Ez érthető, hiszen az elhárított kár szempontjából közömbös, hogy a belvíz hová kerül.

A ráfordítások oldaláról tekintve már két okból fontos szerepe van a vízvezetőképesség növelés megoszlásának:

- a tározóépítésnek, illetve az oda történő levezetésnek és a főbefogadóba történő levezetés fejlesztésének eltérőek a költségei;
- a tározók létesítésével, járulékos eredményként, lehetőség nyílik a belvizek hasznosítására. A mezőgazdasági termelés összetételétől függően kisebb-nagyobb mértékben a rétek, legelők öntözésében és a halgazdálkodásban rendszeresen hasznosítható a tározott csapadékvíz. A hasznosításból származó eredmény tehát évente jelentkezik, s mint ilyen csökkenti a belvízvédelem ráfordításait. A főbefogadóba való levezetés esetén ez elmarad.

A  $q_{k2}$  védőképesség növelés ráfordításai tehát a főbefogadóba történő elvezetőképesség növelésének ( $n_{k2}$ ) évi ráfordításáiból és a tározókapacitás növelésének ( $w_{k2}$ ) évi ráfordításáiból tevődnek össze. Mindkét esetben feltételezzük, hogy a belvizet összegyűjtő csatornahálózat arányos növelését és ennek költségeit is tartalmazza a két mutató.

A  $q_{k2}$  vízvezetőképesség növelés évi ráfordítás igénye a következő:

$$g_k^{(2)}(q_{k2}) = (e_{k2}^{(n)} + f_{k2}^{(n)}) \cdot n_{k2} + (e_{k2}^{(w)} + f_{k2}^{(w)}) w_{k2} - s_k^{(2)}(w_{k2}) \quad (14)$$

ahol  $e_{k2}^{(n)}$  = a főbefogadóba történő elvezetés egységnyi növelésének évi értékcsökkenési leírási költsége a  $k$ . öblözetben.

$e_{k2}^{(w)}$  = a tározó kapacitás egységnyi növelésének évi értékcsökkenési leírás költsége a  $k$ . öblözetben.

$f_{k2}^{(n)}$  = a főbefogadóba történő levezetés egységnyi növelésének évi fenntartási költsége.

$f_{k2}^{(w)}$  = a tározókapacitás egységnyi növelésének évi fenntartási költségei.

$s_k^{(2)}(w_{k2})$  = a tározókapacitás megnövekedett részének hasznosításából származó évi eredmény.

A hegy- és dombvidéki vízrendezésnél valamely kisvízfolyás adott vízhozamának kiöntés nélküli levezetése kétféle „technológiával” történhet, az egyik a mederben való levezetés, a másik a tározás. Ennek megfelelően a levezetőké-



esség növelés is történhet mederrendezéssel vagy tározókapacitás bővítéssel.

A fejlesztés kétféle lehetőségének természetesen eltérőek a beruházási költségei. A ráfordításokat tekintve a tározás bővítésével a víz hasznosításának a lehetőségei is bővülnek. Az ebből származó járulékos bevételek a számításban költségcsökkentő tényezőként vehetők figyelembe.

$A q_{k3}$  vízlevezetőképesség növelés évi ráfordítás igénye tehát:

$$g_k^{(3)}(q_{k3}) = (e_{k3}^{(n)} + f_{k3}^{(n)}) n_{k3} + (e_{k3}^{(w)} + f_{k3}^{(w)}) w_{k3} - s_k^{(3)}(W_{k3}) \quad (15)$$

ahol  $e_{k3}^{(n)}$  = a vízlevezetőképesség mederrendezéssel történő egységnyi növelésének évi értékcsökkenési leírási költsége a  $k$ . kisvízfolyáson.  
 $e_{k3}^{(w)}$  = a  $k$ . kisvízfolyáshoz tartozó hegy- és dombvidéki tározókapacitás egységnyi növelésének évi értékcsökkenési leírási költsége.  
 $f_{k3}^{(n)}$  = a vízlevezetőképesség mederrendezéssel elért egységnyi növelésének évi fenntartási költsége a  $k$ . kisvízfolyás esetében.  
 $f_{k3}^{(w)}$  = a tározókapacitás egységnyi növelésének évi fenntartási költsége a  $k$ . kisvízfolyásokra vonatkozóan.  
 $n_{k3}$  = vízlevezetőképesség növelése mederrendezéssel.  
 $w_{k3}$  = vízlevezetőképesség növelése tározókapacitás bővítéssel.  
 $s_k^{(3)}(w_{k3})$  = a tározókapacitás növelésével elért (a hasznosított vízből származó) évi többleteredmény.

### 2.3 A teljesítőképesség növelésének hatékonysága

A  $q_{ki}$  teljesítőképesség  $j$ . évi nettó eredménye [ $E_k^{(j)}(q_{ki})$ ] az évi átlagos elhárított kár és a ráfordítások különbsége:

$$E_k^{(j)}(q_{ki}) = m_k^{(j)}(q_{ki}; t_j) - g_k^{(j)}(q_{ki}) \quad (16)$$

Ha  $j = (1, 2, \dots, T)$

A teljesítőképességnövelés hatékonysága ( $L_k^{(j)}$ ) pedig a védelmi rendszer fejlesztése következtében, egy hosszabb időtartam alatt ( $T = 15-20$  év) képződő nettó eredmény és az eredmény eléréséhez szükséges ráfordítások hányadosaként számítható.

A mutató értelemszerűen azt fejezi ki, hogy a teljesítőképesség növelés beruházási ráfordításai hányszor térülnek meg egy egységesen megválasztott időtartam alatt képződő nettó eredményből:

$$L_k^{(j)} = \frac{\sum_{j=1}^T E_k^{(j)}(q_{ki})}{q_{ki} \cdot b_{ki}} \quad (17)$$

ahol  $b_{ki}$  = a teljesítőképesség növelésének fajlagos beruházási költsége.

A fentiek szerint értelmezett hatékonyságra állapítható meg egy minimális, feltétlenül elvárt szint, amely behatárolja a vízkárelhárítás racionális fejlesztésének lehetőségeit. Addig tekinthető ugyanis a fejlesztés indokoltnak, amíg a teljesítőképesség növelés utolsó figyelembevett egységére is igaz, hogy a fejlesztés hatékonysága nem kisebb egy előre megadott szintnél.

A tervezési munka során kialakul — a fentiek szerint értelmezett — minimális hatékonysági szint (C). A számítások első fordulójában öblözetenként és

vizkérelhárítási tevékenységenként keressük a teljesítőképesség hatékony növelésének felső határát.

A vizkérelhárítás egészét — mint komplex egységet — vizsgálva, a legalább  $C$  hatékonyságú fejlesztéseket azon  $q_{ki}$  kiépítések képviselik, amelyek a következő feltételeket kielégítik:

$$q_{k1} \geq 0 \quad (k = 1, 2, \dots, K_1)$$

$$n_{l2} \geq 0 \quad (l = 1, 2, \dots, K_2)$$

$$w_{y2} \geq 0 \quad (y = 1, 2, \dots, K_3)$$

$$n_{l2} + w_{l2} = q_{l2} \geq 0$$

$$n_{y3} \geq 0$$

$$w_{y3} \geq 0$$

$$n_{y3} + w_{y3} = q_{y3} \geq 0$$

$$q_{k1} \leq h_{k1\max} - h_{k1}$$

$$n_{l2} \leq n_{l2\max} - \tilde{n}_{l2}$$

$$w_{l2} \leq w_{l2\max} - \tilde{w}_{l2}$$

$$n_{y3} \leq n_{y3\max} - \tilde{n}_{y3}$$

$$w_{y3} \leq w_{y3\max} - \tilde{w}_{y3}$$

$$\frac{\sum_{j=1}^T G_k^{(1)}(t_j) \cdot m_k^{(1)}(q_{k1}) - [T(e_{k1} + f_{k1} + d_{k1})q_{k1}]}{q_{k1} \cdot b_{k1}} \geq C \quad (18)$$

$$\frac{\sum_{j=1}^T G_l^{(2)}(t_j) \cdot m_l^{(2)}(q_{l2}) - T[(e_{l2}^{(n)} + f_{l2}^{(n)}) n_{l2} + (e_{l2}^{(w)} + f_{l2}^{(w)}) w_{l2} - s_l^{(2)}(w_{l2})]}{n_{l2} \cdot b_{l2}^{(n)} + w_{l2} \cdot b_{l2}^{(w)}} \geq C$$

$$\frac{\sum_{j=1}^T G_y^{(3)}(t_j) \cdot m_y^{(3)}(q_{y3}) - T[(e_{y3}^{(n)} + f_{y3}^{(n)}) n_{y3} + (e_{y3}^{(w)} + f_{y3}^{(w)}) w_{y3} - s_y^{(3)}(w_{y3})]}{n_{y3} \cdot b_{y3}^{(n)} + w_{y3} \cdot b_{y3}^{(w)}} \geq C$$

ahol  $q_{k1}$  = az árvízvédelmi rendszerek védőképességének öblözetenkénti növelése.

$q_{l2}$  = a belvízvédelmi rendszerek elvezetőképességének öblözetenkénti növelése.

$q_{y3}$  = a kisvízfolyások levezetőképességének növelése.

$h_{k1\max}$  = az árvízvédelemben számításba vehető maximális védőképességnövelések öblözetenként.

$h_{k1}$  = a védőképesség kiinduló szintje.

$n_{l2\max}$  = a belvízvédelemben számításba vehető maximális vízlevezetőképesség növelések öblözetenként.

$\tilde{n}_{l2}$  = a vízlevezetőképesség kiinduló szintje.

$w_{l2\max}$  = maximálisan hasznosítható tározott belvízmennyiség öblözetenként.

- $\tilde{w}_{l_2}$  = a tározott belvíz kiinduló szintje.  
 $n_{y3\max}$  = a hegy- és dombvidéki vízrendezésnél számításba vehető maximális vízlevezetőképesség kisvízfolyásonként.  
 $\tilde{n}_{y_3}$  = a vízlevezetőképesség kiinduló szintje.  
 $w_{y3\max}$  = maximálisan hasznosítható tározott csapadékvíz a hegy- és dombvidéki vízgyűjtőkben.  
 $\tilde{w}_{y_3}$  = a tározott víz kiinduló szintje.  
 $C$  = a fejlesztések hatékonysága.

### 3. Adott beruházási keret optimális hasznosítása

A tervezési folyamat eredményeképpen kialakul az a beruházási keret ( $B$ ), amely a vízkárelhárítás fejlesztésére felhasználható.

A tervezés utolsó feladata meghatározni, hogy a vízkárelhárítás különböző rendszereinek teljesítőképességét öblözetenként milyen mértékben kell növelni, hogy az adott beruházási keretet optimálisan hasznosítsuk, azaz a fejlesztések nettó eredménye a vizsgált időszakban maximális legyen.

A beruházási keret optimális hasznosítását, azaz a fejlesztések nettó eredményének maximumát a

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^T \left\{ \sum_{k=1}^{K_1} G_k^{(1)}(t_j) \cdot m_k^{(1)}(q_{k1}) - T(e_{k1} + f_{k1} + d_{k1}) q_{k1} + \sum_{l=1}^{K_2} G_l^{(2)}(t_j) \cdot m_l^{(2)}(q_{l2}) - \right. \\
 & - T[(e_{l2}^{(n)} + f_{l2}^{(n)}) n_{l2} + (e_{l2}^{(w)} + f_{l2}^{(w)}) w_{l2} - s_{l2}^{(2)}(w_{l2})] + \sum_{y=1}^{K_3} G_y^{(3)}(t_j) \cdot m_y^{(3)}(q_{y3}) - \\
 & \left. - T[(e_{y3}^{(n)} + f_{y3}^{(n)}) n_{y3} + (e_{y3}^{(w)} + f_{y3}^{(w)}) w_{y3} - s_{y3}^{(3)}(w_{y3})] \right\} \rightarrow \text{maximum}
 \end{aligned}$$

feladat megoldása adja a következő feltételek mellett:

$$\begin{aligned}
 q_{k1} & \geq 0 \\
 n_{l2} & \geq 0 \\
 w_{l2} & \geq 0 \\
 n_{y3} & \geq 0 \\
 w_{y3} & \geq 0 \\
 q_{k1} & \leq h_{k1\max} - h_{k1} \\
 n_{l2} & \leq n_{l2\max} - \tilde{n}_{l2} \\
 w_{l2} & \leq w_{l2\max} - \tilde{w}_{l2} \\
 n_{y3} & \leq n_{y3\max} - \tilde{n}_{y3} \\
 w_{y3} & \leq w_{y3\max} - \tilde{w}_{y3}
 \end{aligned}$$

$$\sum_{k=1}^{K_1} b_{k1} q_{k1} + \sum_{l=1}^{K_2} (b_{l2}^{(n)} \cdot n_{l2} + b_{l2}^{(w)} \cdot w_{l2}) + \sum_{y=1}^{K_3} (b_{y3}^{(n)} n_{y3} + b_{y3}^{(w)} w_{y3}) \leq B$$

(Beérkezett: 1971. szeptember 21.)

## IRODALOM

1. DOBROVITS I.: A hatékonyságvizsgálat alapjai a költségvetési szerveknél. Pénzügyi Szemle, 1971/6.
2. DR. BOGÁRDI I.—MÁTHÉ Z.: Árvédelmi töltések védőképességének és a védőképesség gazdaságos növelésének vizsgálata a valószínűségszámítás módszerével. Vízügyi Közlemények, 1968/4.
3. DR. CSOMA J.: Évi legnagyobb jégmentes vízállások elméleti eloszlásgörbéi. VITUKI, 1969.
4. DR. SZIGYÁRTÓ Z.: Hidrológiai események valószínűségének becslése eloszlásfüggvények segítségével. Vízügyi Közlemények, 1966/4.
5. Töltésezett vízfolyások árterületének gazdasági értékelése. VITUKI, 1964.
6. A vízgazdálkodás távlati műszaki-gazdasági fejlesztésének módozatai és feltételei. OMFБ Koncepciótervezet, 1970.
7. A vízrendezés hosszútávú fejlesztésének műszaki és gazdasági feladatai. Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Távlati Fejlesztési Bizottság, 1969.

## LONG TERM PLANNING OF PREVENTION OF THE FLOOD DAMAGE

The author attempts to build a model for preparation of decision included in the system of two-level perspective planning, that help to form the targets of national and regional development ensuring the *optimal development of preventing the flood damage*.

The series of calculations by means of the model can be divided into two parts: 1. Determination of capacity increment and the investment needed for each drainage area, so that it achieve a prescribed level. 2. Optimal distribution of a given investment fund among drainage areas for the development of preventing the flood damage.

The most important result of the application of the model which cannot have been achieved in traditional planning is that under *given* conditions of *efficiency* it can be ensured that the rate of developing prevention of the flood damage i.e. every single variant of development should be determined by the economic value of each area, or by the rate of growth of the economic value. The function of economic value  $G(t)$  in the efficiency index always expresses the consequences of the actual national economic regional development plan variant and thus certain constructions become economical (and can be included in the plan variant for preventing the damage) only if the economic value of the area achieves a certain level in consequence of the development. In this way as a result of the calculations the development of preventing damage is in accordance with the development of the national economy.

## ДОЛГОСРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОТВРАЩЕНИЯ УБЫТКИ ОТ НАВОДНЕНИЯ

В труде автор попробовал построить модель подготовки решения, входящую в систему перспективного планирования на двух уровнях, с помощью которой можно образовать целевые установки общего и отраслевого развития, обеспечивающего оптимальное развитие отращения убытки от наводнения.

Серия вычислений с моделью делится на две главные части: 1. Установление повышения мощностей и необходимых к этому капиталовложений по котлованам так, чтобы оно достигло предписанного уровня. 2. Оптимальное распределение имеющихся средств капиталовложения, обрацаемой на развитие отращения убытки от наводнения по котлованам.

Наиболее важным результатом применения модели, недостижимым на основе традиционного планирования является то, что при *данных* условий *эффективности* можно обеспечивать то, что степень развития отращения убытки от наводнения, а также все отдельные варианты развития установились экономической стоимостью, т. е. темпами роста экономической стоимости отдельных отраслей. Функция экономической стоимости  $G(t)$  в показатели эффективности во всяком случае выражает конзеквенции варианта плана развития народнохозяйственной страсли, итак некоторые построения становятся экономичным только тогда, (итак могут быть включены в вариант плана отращения убытки) если экономическая стоимость области в следствии развития достигает определенного уровня. Таким образом в результате расчетов развитие отращения убытки от наводнения будет согласовываться с развитием народного хозяйства.