

A KITERMELHETŐ FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELVI ÉS GYAKORLATI KÉRDÉSEI

V. NAGY IMRE

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM

[Beérkezett 1967. július 19-én]

A tanulmány a porózus közeg, a repedéses, a hasadékos, járatos kőzetekben tárolt vízkészlet (statikus és dinamikus) számítására vonatkozó eljárásokat foglalja össze, érintve a rétegnyomás, a gáznyomás és a konszolidáció problémáját is. A tanulmányban részletes állásfoglalás található a felszín alatti vizek mozgástörvényeire és a kitermelhető vízkészletek meghatározására vonatkozólag, továbbá a felszín alatti vízkészletek vizsgálatával kapcsolatos jövőbeli feladatokkal. A tanulmányból kitűnik, hogy a vízkitermelésekkel kapcsolatos konkrét számítási módszerek terén jelentős fejlődés állapítható meg. A felhasználás első kérdése azonban a készletek számbavétele, a vízmérleg meghatározásának és nyilvántartásának módja ma még világszerte vitatott.

I. Bevezetés

Ebben a dolgozatban azokat a kérdéseket ismertetjük, amelyek a porózus közeg mellett a repedéses, hasadékos, járatos kőzetekben tárolt vízkészlet (statikus és dinamikus) számítására vonatkoznak, érintve a rétegnyomás, a gáznyomás és a konszolidáció problémáját is.

A vizsgált témakör egészében tekintve az elméleti vonatkozásokon túlmenőleg gazdasági szempontból is rendkívül jelentős és aktuális. A vízszükségletek világszerte növekednek, és részben a mennyiségi, részben a gazdaságossági szempontok miatt egyre inkább előtérbe kerül a mélységi vízkészletek több célú felhasználásának kérdése.

A gyakorlati feladatok egyre bonyolultabbakká válnak, az azokkal kapcsolatos fúrási, kitermelési költségek igen nagyok, ezért nemcsak elméleti, de gyakorlati és gazdasági szempontból is fontos a víztermeléssel kapcsolatos kérdések tudományos megalapozása, miután enélkül nem lehetséges az ésszerű kitermelés sem.

A vizsgálatok és a konkrét mérési adatok száma az utóbbi időben világszerte megnőtt; minőségileg megjavultak és pontosabbá váltak a kutak és rétegek műszeres vizsgálati módszerei is. A nagy rétegnyomások aránylag kielégítő pontossággal történő mérése mellett ma már a rétegek paramétereinek meghatározása során is egyre inkább terjed az elektromos szelvényezés, a gamma- és neutronszelvényezés módszere.

Hidraulikai vizsgálatokat végeznünk ugyanis csak akkor lehet (a képletek csak akkor használhatók), ha ismeretesek a rétegek legfontosabb para-

métereit. A vízmozgás törvényszerűségeinek ismerete önmagában még nem fogja elősegíteni a gyakorlati szakemberek munkáját akkor, ha a szükséges kút- és rétegvizsgálatokat nem végzik el.

A vonatkozó fontosabb irodalmi anyagok áttekintése azt mutatta, hogy jelenleg a kísérletek elmaradtak az elméleti kutatások mögött, és ez a lemaradás az elméleti vizsgálatok eredményességét is komolyan veszélyezteti.

Mielőtt a téma részletes tárgyalására rátérnénk, megemlítjük, hogy a magyar szakirodalomban elfogadott szóhasználatnak megfelelően:

1. *hasadékos tároló közet vizének* nevezzük a szilárd összeálló kőzetek vizeit, amelyek egyébként vizet át nem eresztő kőzetek repedéseiben tárolódnak a felszín alatt;

2. *földtani (természetes) állandó (statikus) vízkészletnek* nevezzük azt a vízmennyiséget, amely a vizsgált területen a felszíntől nagy mélységig a kőzetek pórusaiban, ill. járataiban víz vagy vízgőz alakjában tárolódik;

3. *földtani (természetes) változó (dinamikus) vízkészletnek* nevezzük a felszín alatti vízkörforgalomnak azt a részét, amely víz formájában (források, rétegszivárgás stb.) a felszínre jut;

4. *kitermelhető vízkészletnek* nevezzük azt a vízmennyiséget, amit a felszín alatti vízkészletből műszakilag ki tudunk termelni. Ezen belül kitermelhető *dinamikus* vízkészletnek nevezzük azt a vízmennyiséget, amelyet kitermelhetünk anélkül, hogy valamely terület természetes hidrológiai vízforgalmát számottevő mértékben megváltoztatnánk. Végül kitermelhető *statikus* vízkészletnek nevezhetjük azt a vízmennyiséget, amelyet adott műszaki felkészültség mellett a felszín alatti rétegekből ki lehet emelni.

2. A felszín alatti vizek mozgásának kérdése

A repedezett, járatos kőzetekben történő vízmozgások leírása ma még leggyakrabban a porózus közeg viszonyaira érvényes elméleti összefüggések alapján történik. Minden ilyen esetben nyilvánvalóan számolni kell azzal, hogy az ily módon kapott összefüggések érvényessége csak közelítő jellegű.

Törekedni kell tehát arra, hogy a hasadékos kőzetekben történő vízmozgásnál, az elméleti vizsgálatokban is fokozottabb mértékben vegyük tekintetbe a *tehetetlenségi erők* szerepét. Nyilvánvalóan vannak olyan esetek, amikor az áramkép jellemezhető a *porózus közegekre* érvényes összefüggésekkel vagy azok módosított változataival, azonban az esetek egy részében erre nincs mód, tehát ekkor más elméleti modellből kell kiindulni.

Az erre vonatkozó, új, korszerű nézeteket csakis kellően megalapozott laboratóriumi (elméleti) és természetbeni együttes, összehangolt vizsgálatok alapján lehet kialakítani; jóllehet még ekkor is számolnunk kell azzal, hogy a geológiai, rétegtani, ásványi stb. összetétel specifikus adottságai miatt a kapott összefüggések nem lesznek minden esetben általánosíthatók.

Jelen ismereteink szerint a föld alatti vizek mozgását a következő, természetes és mesterséges eredetű tényezők szabják meg:

1. a földtani felépítés, szerkezeti viszonyok, geomorfológiai adottságok;
2. a hidrometeorológiai viszonyok;
3. a felszíni növénytakaró;
4. az ipari, kultúrtechnikai, mezőgazdasági stb. jellegű emberi tevékenység.

A fenti tényezők hatása természetesen esetenként különböző, néha közvetlenül, más esetekben pedig csak áttételesen érvényesül.

Dinamikai szempontból tekintve ma már általánosan elfogadható az a nézet, hogy minden víz- és gáztartalmú réteget hidraulikailag összefüggő rendszernek kell tekinteni, egészen a réteg természetes határáig.

A korábbi vizsgálatok során ugyanis a víz és kőzet *összenyomhatóságát* egyaránt elhanyagolták. Ez az elhanyagolás elvileg megengedhető volt addig, amíg csupán a kutak közvetlen környezetét vizsgálták. Minthogy azonban kitűnt, hogy a hatósugár lényegesen nagyobb annál, mint amire korábban gondoltak, el kellett vetni a kutak korlátozott állandó hatástávolságára vonatkozó feltevést, és így az említett elhanyagolás is lehetetlenné vált.

Lényegében arról van szó, hogy a vízkitermelés megkezdésekor a telepnomás és a réteg porózus térfogata csökken (a rétegnomás emelkedik), a víz (és gáz) kiterjed, azaz a rétegből további vízmennyiség (kitermelhető statikus készlet) termelődik ki.

A vízkitermelés megkezdése után a környező rétegben a nyomás újraeloszlásának hosszan tartó folyamatai játszódhatnak le és a kút hatósugara az időben növekszik.

A korábbi hidraulikai számítások során a rétegek *fedőjének és sekűjének átteresztőképességét* elhanyagolták, minthogy az rendszerint csekély. A részletesebb vizsgálatok során azonban kitűnt, hogy a telepnomás jelentékeny lecsökkenése esetén a két felületen keresztül jelentős mennyiségű víz hatolhat be a víztartó rétegbe, s annak mennyisége sem hanyagolható el. Egyetérthetünk tehát azokkal a nézetekkel, amelyek szerint pl. az artézi víz és a talajvíz *hidraulikai kapcsolatban* lehetnek egymással, tehát az artézi víz csapadékokból pótlódhat. Megjegyzendő továbbá, hogy az újabb vizsgálati eredmények szerint az artézi vizek oldaláramlásának lehetősége sincs kizárva.

A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszékének legújabb jósvafői és tatabányai kísérletei alapján ma már teljes joggal feltételezhetjük, hogy a felső talaj- és rétegvizekkel közvetlen vagy közvetett kapcsolatban levő mélységi vizek mozgására és utánpótlódási viszonyaira — különösen nagy kiterjedésű utánpótlódási terület esetében — jelentős hatással van a *légnyomásváltás* és a *holdjárás* is. Nyilvánvalóan ezek a hatások annál erősebbek, minél közelebb helyezkednek el a felszínhez a víztartó rétegek, s minél közvetlenebb a kapcsolat a felszín közeli és a mélységi víztartó rétegek között.

3. A kitermelhető vízkészletek meghatározása

Bevezetésként tekintsük át az egyes, leggyakrabban előforduló víztartó rétegeket, azok működési rendszere szempontjából.

1. *Gáznyomásosnak* nevezhetjük a réteg működési rendszerét akkor, ha a vizet a szabad állapotban levő sűrített gáz nyomása nyomja a kútba. *Oldott gázrendszerről* beszélhetünk olyan esetben, amikor a gáz kilép oldott állapotából (a nyomás a rétegben a telítettségi nyomás alá csökken), s a kiterjedő buborékok a vizet a kútba nyomják.

2. *Gravitációs* a réteg működési rendszere akkor, ha a víznek a kút felé történő áramlása a víztartó rétegben levő potenciálkülönbség hatására történik.

3. *Réteggkonszolidációs* működési rendszerről beszélhetünk akkor, ha a kitermelés hatására a rétegben irreverzibilis egyensúlyi állapotváltozás megy végbe.

4. *Rugalmas működésű* rendszer esetével állunk szemben akkor, ha a víznek a kútba történő áramlására a víz rugalmassága számottevő hatást gyakorol.

A fenti rendszerezés természetesen nem teljes (inkább csak szemléltető jellegű), minthogy az említett esetek tiszta formában ritkán fordulnak elő. Így pl. a víz és a réteg rugalmasságának hatása függ a vízzel töltött pórusok térfogatától, a réteg zártságának mértékétől, a réteg térfogatától, a kezdeti rétegnyomás nagyságától, a kivett vízmennyiségtől stb.

Miután általában kevert típusokról van szó, ezért a konkrét számítások esetében több oldalú lényeges lehatárolásokra van szükség.

5. Ha a kitermelhető statikus vízhozamot síkbeli megcsapolás esetére kívánjuk meghatározni [1], akkor a homogén izotrop közegben, sűrűn elhelyezett kutakba történő *permanens* szivárgás olyan alapesetéből célszerű kiindulni, amelyben a szivárgási tényező, továbbá a kút fajlagos, kitermelhető vízhozama próbaszivattyúzások adatai alapján már ismert. Ki kell kötnünk még, hogy a fedő és fekü nagy vastagságú homogén rétegekből álljon, s a réteg csak a kút irányában legyen nyitott.

A ténylegesen kitermelhető vízmennyiség ilyen esetben a következő mód-szerekkel számolható.

Ha csak a vízmennyiséget kívánjuk meghatározni, akkor az adott depresszió mellett bekövetkező hézag-tényező-csökkenésből ez az érték közvetlenül számítható. Ha viszont a változás időbeni alakulását is figyelemmel kívánjuk kísérni, akkor a Terzaghi—Gerszevanov-egyenlet alapján számítjuk a semleges, ill. tényleges feszültség időbeni változását [1], majd ennek alapján meghatározzuk a hézag-tényező időbeni csökkenését. Így az adott állandó depresszió esetében bármely időpontban a maximálisan kitermelhető vízhozamot is megkapjuk. A feladat megoldására bizonyos esetekben (a fentebb rögz-

zített feltételek esetében) a Kézdi-féle konszolidációs viszonyszám igen előnyösen használható.

A feladat folyamatosan növekvő depresszió esetében is egyszerűen megoldható akkor, ha a feszültségek időbeni változását GIBSON szerint vesszük fel. Ily módon lehetőség nyílik a rövid ideig tartó, nagy vízmennyiség kitermelését feltételező számítási alapeset konkrét megfogalmazására is [1].

Az ismertetett módszer elsősorban egyszerűségével és gyakorlatiasságával tűnik ki. Megfogalmazásának módja igen szerencsés, miután tág lehetőséget ad (az ismertetett határfeltételek érvényességi tartományán belül) a víztartó rétegek lényeges, specifikus adottságainak figyelembevételére, tehát az eljárásnak más, hasonló feltételekre való alkalmazására.

6. Amint a bevezetőben már említettük, a gyakorlatban többször előfordul a rugalmas működésű rendszertípusokra vonatkozó statikus (kitermelhető) készlet számítások esete.

Az adott feladat, annak bonyolultsága miatt, jelenleg célszerűen csak egyszerűsített eljárással oldható meg. Kiindulhatunk abból, hogy a víznyomás mélység szerinti változását (adott depresszió esetében) a kút környezetében vizsgáljuk. *Izotermikus eset és síkbeli megcsapolás* feltételezésével a rugalmas kiterjedés tényezőjét (a mérésekből korábban már ismert nyomás-és hőmérsékleti adatok segítségével) kifejezhetjük [2], s ekkor a kitáguló víz térfogatnövekedése adott depresszió mellett számítható.

Valamely \bar{y} átlagos depresszió esetében tehát, egy kiválasztott z_1 és z_2 mélységek közre a víz rugalmas kiterjedésének tényezője

$$\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2, \quad (1)$$

azaz

$$\Delta\beta = 7,4 \cdot 10^{-8} \bar{y} \gamma_t \left(t_0 + \frac{z - z_0}{g_g} \right)^2 - 1,85 \cdot 10^{-3} \bar{y} \gamma_t. \quad (2)$$

A rugalmasan kitáguló víz térfogatnövekedése ekkor a

$$\Delta V = \int_{z_1}^{z_2} \Delta\beta dz \quad (3)$$

egyenlet megoldása révén számítható, ahol

$\bar{y} \gamma_t$ — a tényleges nyomásnövekedés
 t_0 — a neutrális mélység hőmérséklete
 g_g — a geometrikus gradiens.

A fenti módon elvégzett számítások végeredményei szerint [2] a számított rugalmas készlet kis depressziók esetében nem jelentős, tehát legtöbbször gyakorlatilag elhanyagolható.

7. A vízellátás céljait szolgáló tervezések egyik fontos számítási alap-
esete a *gáznyomásos statikus készlet* meghatározása *oldott gázrendszer* esetében.

A feladat megoldása legegyszerűbben izotermikus állapot, az ideális
gáztörvény felvételével történhet pl. oly módon, hogy először kísérleti ada-
tok alapján meghatározzuk a levegővel közel azonos metángáz maximálisan
elnyelhető mennyiségét a nyomás függvényében [2].

A gázok térfogatváltozását s egyben a kitermelhető fajlagos vízmennyiséget a

$$\Delta V_g = V_{gz} \frac{Y}{\sigma'_z - Y} (z_1 - z_2) \quad (4)$$

összefüggés adja, ahol

σ'_z -- az eredeti telepnyomás
 V_{gz} -- az eredeti nyomáshoz tartozó gáztérfogat
 γ_l -- a réteg átlagos térfogatsúlya a vizsgált pontig
 $Y = \bar{y} \cdot \bar{\gamma}_l / 10$.

A fenti kiindulási adatok és feltételek alapján (izotermikus körülmények
közötti gáztérfogat-változást felvéve), a gáznyomás révén kitermelhető víz-
mennyiség számítható.

8. A gázzal kiprélhető statikus készlet az olyan gáznyomásos rendszer
esetén a legnagyobb, amelyben *önálló gázmező* is segíti a kitermelést.

A számítás akkor a legegyszerűbb, amikor a *gázmező térfogatát* előzetes
feltárások adataiból már előre ismerjük. Ekkor a kitermelhető víz mennyisége
az előbbiek szerint egyszerűen számítható. Ha a gázmező térfogata nem ismert,
akkor a számításokban *csak termelési készletet* határozhatunk meg úgy, hogy a
földtani viszonyok és az *üzemelő* kutak alapján először a *gáz nélküli* esetben
kitermelhető statikus készletet határozzuk meg, majd a kitermelt vízmennyi-
ség alapján közelítően visszszámíthatjuk a gáznyomással kitermelésre kerülő
vízmennyiséget is [2].

A számítási alapfeltételek pontos ismerete esetében a számításokban
elkövetett hiba az esetek többségében belül marad a gyakorlat által megköve-
telt pontosságon.

9. Magyarországi laza, üledékes kőzetekből, kutakkal történő vízkivéte-
lek tapasztalatai kapcsán lehetőség nyílt a *konzolidációs működési rendszer*
vizsgálatára is olyankor, amikor homogén, izotrop közegekről, viszonylag
gyorsan konszolidáló anyagról van szó.

a) Első lépésként célszerűen az ülepedett, egyensúlyban levő rétegsor
egyensúlyi állapotának megváltozását vizsgálhatjuk, az egyedül álló kútból
történő vízkitermelés hatására. Feltételezzük, hogy *vízutánpótlás* nincs, és
meghatározzuk a hézagtenyező mélység szerinti változását természetes álla-
potban a vízkitermelés után.

A hézagtenyező változásának ismeretében jellemezhetjük az *önsúly*
hatására kiprélődő vízmennyiséget egyrészt olyankor, amikor a vizsgált

réteget egy összefüggő víztartó és vízvezető egységnek tekintjük, másrészt akkor, amidőn a vizsgált rétegsor csak egy intervallumának viszonyait vesszük alapul [4].

A keresett vízmennyiség (V') valamely felvett 1—2 mélységközre a hézagtényező (e) függvényében a

$$dV' = (e_1 - e_2) dz \quad (5)$$

képlettel fejezhető ki. Itt JUHÁSZ szerint

$$e_1 = e_0 - c \log \frac{\sigma_z}{\sigma_0}, \quad (6)$$

és

$$e_2 = e_0 - c \log \frac{\sigma_z}{\sigma_0} + \frac{\bar{y} \cdot \gamma_v}{10 \sigma_0}, \quad (7)$$

ahol

- c — a konszolidáció anyagjellemzője
 e_0 — a felszíni réteg hézagtényezője
 σ_0, σ_z — a felszíni, ill. a z mélységű réteg nyomása.

A fenti módszer alapján történt számítások eredményessége főleg attól függ, hogy mennyire pontosan sikerül meghatározni a hézagtényező mélység szerinti változását; mennyire teljesülnek a víztartó réteg tulajdonságaira, hidrogeológiai viszonyaira, s állapotára felvett kiindulási feltételek.

Az eddigi ellenőrző számítások szerint, magyarországi viszonyok között a végeredmények a gyakorlati adatokkal összhangban vannak.

b) Minthogy a konszolidációs készletek számításának megbízhatósága döntő mértékben függ a *tényleges mélységi nyomásviszonyok* pontos ismeretétől, ezért regionális készletjellemzések esetében hasznos segédeszközt jelentenek a fúrásokban észlelt talpnyomások, ill. helyettesítő korrigált nyugalmi vízszintek alapulvételével készült *nyomásábrák*, továbbá a különböző *nyomásállapotok területi térképei*.

A víz kiszorulásának jellege lényegesen függ a rétegek *határgradienseinek* értékétől. A folyamat jellegét pozitív nyomásállapot és akadályozott, természetes konszolidáció esetén is vizsgálhatjuk [3].

c) Valószínűnek tűnik, hogy a kitermelés hatására létrejövő terepsüllyedések, terepszintváltozások (irreverzibilis összenyomódási esetre gondolva) térfogatilag megegyeznek a réteg összenyomódásával. Így a *víz készletfogyasztás mennyisége* egyenlőnek vehető a felszíni deformáció térfogatával [5].

A kitermelt vízmennyiség (Q) a statikus készletfogyasztásból (Q_k) és pótlódásból (Q_p) számítható. Valamely F leszívási területen előálló depresszió-

változás (Δs) átlagértékét ($\alpha \Delta s$) felvéve, s a h vastagságú réteg

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta \varepsilon}$$

összenyomódási modulusát helyettesítve, a készletfogyasztás változása

$$\Delta V_k = \frac{F}{M} h \gamma \alpha \Delta s, \quad (8)$$

ill. a vízhozam statikus része

$$Q_k = \frac{dV_k}{dt} = B \frac{ds}{dt}. \quad (9)$$

A pótlódó részt hasonló módon kifejezve

$$Q_p = A \cdot s(t), \quad (10)$$

a teljes vízhozam

$$Q = A s(t) + B \frac{ds}{dt}. \quad (11)$$

Az A és B állandók a területre felírt vízháztartási egyenletből számíthatók. azaz

$$\int_T Q dt = A \int_T s dt + B \int_T \left(\frac{ds}{dt} \right) dt. \quad (12)$$

Ha a felszíni deformáció térfogatát azonosnak vesszük a készletfogyasztással vagyis, ha

$$B = \int_T \left(\frac{ds}{dt} \right) dt = V_k, \quad (13)$$

akkor a keresett állandók értéke

$$A = \int_T \frac{Q dt - V_k}{\int_T s dt} \quad \text{és} \quad B = \frac{V_k}{\Delta s}, \quad (14)$$

ill. a leszívás (s) időbeni változása a

$$s = \frac{Q}{A} (1 - e^{-A/B t}) \quad (15)$$

összefüggésből számítható.

Természetesen a terepszint-változások felsőrendű szintezéssel történő, kellő hibahatáron belüli meghatározása, majd annak alapján a vízkészlet számítása, általában csak akkor lehetséges, ha

- a vizsgált területen intenzív és hosszan tartó vízkitermelés történt;
- a süllyedések nagysága lényegesen meghaladja a mérési pontosságot;
- megnyugtatóan bizonyítható az, hogy a terepváltozásokban más geológiai, geofizikai tényezők nem játszottak lényeges szerepet.

Az említett elvek figyelembevételével elvégzett számítások alapadatait a Debrecen területén az utolsó 50 év alatt végzett felsőrendű terepszintezésekből határozták meg. Mintegy 100 db kútból történő rétegvízhasználat jellemzésére bevezették a dinamikus helyettesítő szint fogalmát, s ezzel jellemezték a számításokban felhasznált (egy fiktív kútra vonatkoztatott) s depressziót.

A fenti esetre vonatkozó számítások adatai szerint Debrecenben az elmúlt 30 év alatt a statikus készletfogyasztás mintegy 2,5%-a az összes kitermelt vízmennyiségnek, míg a tartósan kitermelhető dinamikus vízhozam 22×10^6 m³/év.

4. A felszín alatti vízkészletek vizsgálatával kapcsolatos további feladatok

Az előbbi áttekintés alapján látható, hogy a *vízkitermelésekkel* kapcsolatos konkrét számítási módszerek terén jelentős fejlődés állapítható meg, azonban a felhasználás első kérdése a *készletek számbavétele*, a *vízmérleg* meghatározásának, nyilvántartásának módja ma még világszerte vitatott, s az egyes országokon belül sem nevezhető egységesnek. A feltárás módszerei, üteme, a föld alatti vízkészletek kategorizálása különböző, s azoknak a gazdasági tevékenységben való felhasználása sem tervszerű. Az egyes vélemények annyira ellentmondóak, hogy a jelen referátumban azok egységesítésére nem vállalkozhattunk.

A teljesség kedvéért mégis megemlítjük a problémát azzal a megjegyzéssel, hogy a további ilyen irányú, a hidrogeológiai térképezéseket is magukban foglaló munkák során, elsősorban az olyan *vízadó szinteket* tartalmazó területszakaszokat célszerű *feltárni*, amelyek egyrészt az adott területen megkövetelt vízmennyiség és kémiai összetétel szempontjából *perspektivikusnak* mutatkoznak, másrészt ahol a *hidrogeológiai viszonyok eléggé tisztán lehatárolhatók* ahhoz, hogy a vizsgálatok során nyert adatok bizonyos elméleti következtetések alapjául szolgálhassanak.

A vizsgálatot célszerű olyan részletességgel elvégezni, amely biztosítja a terület felszín alatti vizei által képviselt *termelési készletek* végleges értékelését.

A készletszámítások *módszertani* szempontból elméleti *hidrodinamikai* és *empirikus* alapokon végezhetőek. Az esetek többségében azonban célszerű

kombináltan alkalmazni a hidrodinamikai, hidraulikai és empirikus vizsgálati módszereket, a föld alatti vízelőfordulások típusainak megfelelően. Ilyen főbb típusok lehetnek a *táblás területek* artézi medencéi, a *gyúrt szerkezetek* artézi medencéi, a *karszt területek* föld alatti vizei, a *hegylejtők* és az *üledékes területek* víztartó szintjei stb.

A konkrét kutatási cél nyilván a települési szerkezetek és a vízáadó szintek *nyomásviszonyainak*, valamint a víztartó kőzetek *szivárgási, táplálási viszonyainak*, az egyes vízáadó szintek egymás közötti, továbbá a felszíni, felszín közeli vizekkel való kapcsolatainak tisztázása lehet. Természetesen a tervezett felhasználás jellegétől függően a kutatás mélysége is területenként változó, az adott feladat által meghatározott lesz.

Az egyes területek felszín alatti termelési vízkészleteinek meghatározásával és nyilvántartásával egyidejűleg a további cél a *prognosztikus termelési készleteknek regionális* alapon való kimutatása, egyes olyan vízáadó szintenként, amelyek vízkitermelés céljaira országos vonatkozásban is szóba jöhetnek. Az ilyen munkák során már figyelembe kell venni azt a körülményt is, hogy milyen hatással van (vagy lesz) a föld alatti vizek kitermelése a *felszíni* vízfolyások, víztárolók, tavak (sőt a felszín közeli talajréteg) *vízháztartására*.

A különböző működési rendszerű víztartó rétegekre bemutatott számítási eljárások alkalmazhatóságának kérdése is a szabatosan meghatározott paramétereken múlik. További részletes vizsgálatokat kell tehát végezni a *rétegnyomás, talpnyomás* megállapítására, az egyes rétegek *határgradienseinek, rugalmassági és összenyomódási jellemzőinek, nagy nyomások melletti vízleadóképességének* stb. meghatározására.

A vízkészlet számítására alkalmazható módszerek megválasztása érdekében a hidrogeológiai kutatások során célszerű területenként meghatározni a *rétegműködési* rendszereket. Éppen ezért ma már halaszthatatlan feladat a mélységi vizek *észlelőkút-hálózatának* létrehozása, valamint az észlelések *folyamatosságának biztosítása*.

IRODALOM

1. JUHÁSZ, J.: A kitermelhető statikus vízhozam síkbeli megcsapolásnál. *A szivárgás és a kút-hidraulika-ankét*. Budapest 1966, I/B témacsoport.
2. JUHÁSZ, J.: A rugalmas és gáznymomásos statikus készlet. *Ugyanott*.
3. ALMÁSSY, E. A konszolidáció és a határgradiens szerepe a mélységi vizek mozgásviszonyaiban. *Ugyanott*.
4. JUHÁSZ J. A konszolidáció révén kitermelhető statikus vízkészlet számítása. *Ugyanott*.
5. ORLÓCZI, I.—TÖRÖK, L.—GABOS, L.: A tartósan kitermelhető rétegvíz mennyiségének becslése a vízkivétel okozta terepszintváltozások vizsgálatára alapján. *Ugyanott*.