

A víz felszínalatti előfordulási formáinak jellemzése

Dr. ac. Kovács György

(6 ábrával)

Összefoglalás: A vízkészletek egyre fokozottabb kihasználása szükségessé teszi, hogy a felszínalatti vizeket is a lehető legnagyobb mértékig hasznosítsuk. Ehhez meg kell azonban ismernünk a hasznosítható készletek nagyságát, mozgását, utánpótlódását. Nehezíti ezt a feladatot, hogy a témakörrel foglalkozó különböző tudományágak sokszor eltérő nomenklatúrát használnak, vizsgálatuk során különböző tárgyalásmódot követnek. Eredmény pedig ennek a nagyon összetett kérdésnek a megoldásában csak akkor remélhető, ha a különböző tudományágak eredményeit az érintett határterületeken összehangoljuk és egységes rendszerben, több oldalról közelítjük meg a feladatot, minden érintett tudományág szemléletbeli és módszerbeli eszközeit felhasználva. Ennek érdekében szükségesnek tartjuk, hogy olyan egységes osztályozási rendszer kidolgozásával, amely törekszik minden felmerülő szempont figyelembevételére, megteremtjük az egységes szóhasználatot.

Az osztályozási rendszer alkalmas arra, hogy a feltárás különböző fokának megfelelően röviden és egyértelműen jellemezzük a felszínalatti vízelőfordulásokat.

A víz állandóan megújuló hidrológiai körforgása során jelentős utat tesz meg a — föld felszíne alatt is. A lehullott csapadéknak csak egy hányada folyik le a felszínen a tengerek nagy vízgyűjtője felé. Másik része elpárolog, majd — összegyülekezve a légkörben — újra csapadék formájában jelenik meg a körforgásban. A harmadik rész a talajba szivárog és itt része lesz a felszínalatti vízkészletnek.

I. A felszínalatti víz fajtái és csoportosításuk

A felszínalatti víz a földkéreg kőzeteinek pórusaiban, hasadékaiban, üregeiben és járataiban található víz. Egy hányada természetes állapotban is mozgásban van, csak időszakosan tározódik a felszín alatt. A rétegekből forrásokban a felszínre törve, felszíni vizekbe szivárogva, közvetlenül elpárologva, vagy a növényzet által elpárologtatva tovább is részt vesz a hidrológiai körfolyamatban, míg helyét a rétegben a csapadékból vagy a felszíni vizekből beszivárogva utánpótlódó új víz foglalja el. A felszínalatti víz másik része a rétegekbe zárt, természetes állapotban nincs mozgásban, csak mesterséges beavatkozás hatására, a megcsapoló létesítményeken keresztül jut a felszínre és kapcsolódik bele a hidrológiai körfolyamatba. A két említett rész — amit aktív és passzív felszínalatti vízkészlet névvel különböztetünk meg — azonban nem választható el élesen egymástól. Hosszú ideig tározódó, mozdulatlan víz is bekapcsolódhat időnként a körforgalomba, vagy a mozgó víztömeg egy része megállapodhat és tározódhat a rétegekben.

Nem vonható éles határ az egyes víztípusok között akkor sem, ha más szempont szerint osztályozzuk a felszínalatti vízfajtákat, mert a közöttük levő kapcsolat, a víz áramlása, keveredése — bármelyik csoportosítási szempontot vesszük is figyelembe — átmeneti formákat, fokozatos változást hoz létre.

A rendszerezés egyébként sokféle alapelv szerint történhet, nagy lévén a száma azoknak a jellemzőknek, amelyek a felszínalatti víz előfordulását, mozgását, fizikai vagy kémiai jellegét, felhasználhatóságát befolyásolják. Az osztályozáshoz leggyakrabban használt jellemzők a következők:

- a vizet tározó réteg jellege, szerkezete;
- a víztartó rétegnek a felszínhez viszonyított helyzete;
- a vízfajta kutatásával, a jellemző folyamatok feltárásával és leírásával foglalkozó tudományágak;
- a létrejöheto áramlás hidraulikai jellege;
- a víz eredete;
- a vízfajta készletének meghatározási módja.

Lehetséges más rendezési mód is, pl. a víz kémiai összetétele, hőfoka stb. szerint. Ezek azonban általában kisebb mértékben átfogó, kevésbé általánosítható csoportokat adnak, ezért alkalmazásuk csak egy-egy meghatározott vizsgálat során javasolható. Így az említett kémiai összetétel szerinti osztályozás az öntözéshez történő felhasználás esetében, vagy a hőfok figyelembevétele a termálvizek hasznosítása során indokolt.

Az osztályozás egyik alapjaként olyan kettős rendező rendszer figyelembevétele javasolható, amely a tározó rétegek jellege és helyzete szerint vonja össze csoportokba az egyes vízfajtákat (1. ábra). A réteg jellege szerint megkülönböztetünk laza üledékes kőzetben (A oszlop) és szilárd kőzetben (B oszlop) tározódó vizet. Mindkettőt két-két alcsoportra bonthatjuk: az elsőt a szemcsés (homok, kavics, lösz) (A₁ oszlop) és a kötött (agyag, iszap, tőzeg) (A₂ oszlop) rétegek vizére; a másodikat pedig aszerint, hogy a kőzet karsztosod-e (mész-kő, dolomit, esetleg márga, homokkő) (B₁ oszlop), vagy sem (B₂ oszlop). Az utóbbi víztartó kőzetek közül elsősorban a homokkő, a pala és a márga számottevő, mivel ezek tározóképesége az eruptív kőzetekhez (mélységi, teléres és kiömlési kőzetek) viszonyítva lényegesen nagyobb. Míg a tározó réteg fajtája elsősorban a létrejövő mozgás jellegét befolyásolja, a réteg helyzete azt szabja meg, hogy a benne tárolt víz közvetlen kapcsolatba jut-e a felszíni hidrológiai jelenségekkel, vagy sem. Az előző esetben felszínközeli vízként jellemezzük a felszínalatti vizet, (1. sor) az utóbbiban mélységi víznek nevezzük (2. sor). Eszerint a bontás szerint külön választanunk még annak a viszonylag sekély kéregrésznek a vizét, amely a minden pórust, hasadékot, járatot és üreget teljesen feltöltő víztér (kétfázisú zóna) légköri nyomással jellemezhető felszíne és a terep között helyezkedik el. Itt a szilárd kőzetfázis által ki nem töltött térrészben levegő és a szilárd határoláshoz tapadórésszel kötött víz található (háromfázisú zóna). Ebben a kéregrészen elhelyezkedő víz a talajnedvesség, ami osztályozási rendszerünkben a 0. sorban jelentkezik.

Az elmondottak alkalmazásával az alábbi fő felszínalatti víztípusok különböztethetők meg, megtartva és használva a magyar irodalomban kialakult elnevezéseket:

1/A₁—A₂ A talajvíz a felszín közelében, a vizsgált területre jellemző első, nagykiterjedésű, összefüggő vízzáró réteg fölött levő laza kőzetekben — szemcsés és kötött üledékekben — tározódó víz.

A VÍZTARTÓ RÉTEG	A LAZA ÜLEDÉKES KÖZET		B SZILÁRD KÖZET	
	A ₁ SZEMCSÉS ÜLEDÉK (Kavics, homok, lösz, stb.)	A ₂ KÖTÖTT ÜLEDÉK (Agyag, iszap, tőzeg, stb.)	B ₁ KARSZTOSODÓ KÖZET (Mészkö dolomit, esetleg márga, homokkő)	B ₂ EGYÉB KÖZET (Elsősorban homokkő, pala, márga)
0 A FELSZÍNALATTI VÍZ ÖSSZEFÜGGŐ FELSZÍNE FELETTI RÉTEGEK	TALAJNEDVESSÉG			
1 FELSZÍNKÖZELI RÉTEGEK (A kapcsolat a felszíni hidrológiai jelenségekkel közvetlen)	TALAJVÍZ		Nyílt karszt Mély karszt KARSTVÍZ	HASADÉKVÍZ
	Zömmel gravitációs víz	Nagyobb részben kötött víz		
2 MÉLYSÉGI RÉTEGEK (A víztartó réteg a felszín felől nagy kiterjedésű, összefüggő vízzáró rétegekkel határolt)	RÉTEGVÍZ			
	Vízvezető csak kis mértékben összenyomódó rétegben	Víztároló csak korlátozottan vízvezető, erősen összenyomódó rétegben		

1. ábra. A felszínalatti vízfajták osztályozása a víztartó rétegek jellege és helyzete szerint
 Fig. 1. Classification of subsurface water types according to the nature and position of the water-bearing layers

Kapcsolata a felszíni hidrológiai és meteorológiai folyamatokkal közvetlen. A csapadék beszivárgó hányada — csökkentve a talajnedvességként a talajvízfelszín fölött visszamaradó mennyiséggel — táplálja, a fölötte levő háromfázisú rétegen át kialakuló párolgás valamint a növényzet elszívó és párologtató hatása fogyasztja a készletét, végül a gravitációs erő hatására a vízfelszín esése irányában kialakuló áramlás mind táplálója, mind fogyasztója lehet a vizsgált talajvízrétegnek. Ez az áramlás a felszíni vízterek környezetében táplálója és megcsapolója is lehet a talajviznek, attól függően, hogy a felszíni víz szintje magasabban vagy mélyebben helyezkedik-e el, mint a talajvízfelszín. További alosportokra éppen aszerint bontható, hogy a vizsgált talajvízteret közvetlenül felszíni víz hatása befolyásolja-e vagy nem.

$2/A_1 - A_2$ A réteg víz ugyancsak laza üledékekben tározódik, a talajvízzel ellentétben azonban mélyebben, összefüggő, nagyterjedésű vízzáró réteg alatt elhelyezkedő rétegben, így közvetlen utánpótlódása sem a felszíni vizekből, sem a csapadékból nincs.

Természetes táplálása és megcsapolódása is csak a felszínközeli rétegeken keresztül történhet. Mozgásának létrehozásában és fenntartásában a gravitáción kívül más aktív erő (rétegnomás, fajsúlykülönbség, gáz- és gőznyomás) is jelentős lehet.

$1 - 2/B_1$ A karsztvíz a karsztosodó kőzeteknek (mészkönek, dolomitnak) a repedéseit, litoklázisait, járatait és üregeit kitöltő víz.

A laza üledékekben tárolt vízzel szemben jellemzője, hogy mozgását általában kisebb ellenállás gátolja — különösen a nagyméretű járatok és nyílt szerkezeti síkok mentén — így a készletváltozással járó mozgások gyorsabban és nagyobb távolságokra adódnak tovább. Az utánpótlódás közvetlen vagy közvetett volta szerint ez is tovább bontható.

$1/B_1$ A nyílt karsztban tárolt vizet tartó karsztos kőzet a felszínre bukkan és így a karsztvíz a terephez viszonyítva az első vízréteg, tehát kapcsolata a felszíni hidrológiai folyamatokkal éppenolyan közvetlen, mint a talajvízé.

A különbség mindössze az, hogy a karsztban kialakuló háromfázisú réteg gravitációs hézagai általában nagyobbak, vízvisszatartó képessége pedig kisebb, mint szemcsés rétegekben, a beszivárgás tehát nagyobb és gyorsabb, a vízfelszín mélységével kevésbé változó mint azokban, a párolgás és a növényzet párologtatása pedig — részben ugyan — csak a felsorolt okok, részben a vízfeszín többnyire nagy mélysége miatt — gyakorlatilag elhanyagolható.

$2/B_1$ A mély karszt (fedett karszt) vízének tároló kőzetét összefüggő vízzáróréteg borítja. Utánpótlódásának és megcsapolódásának jellege tehát a rétegvizével azonos.

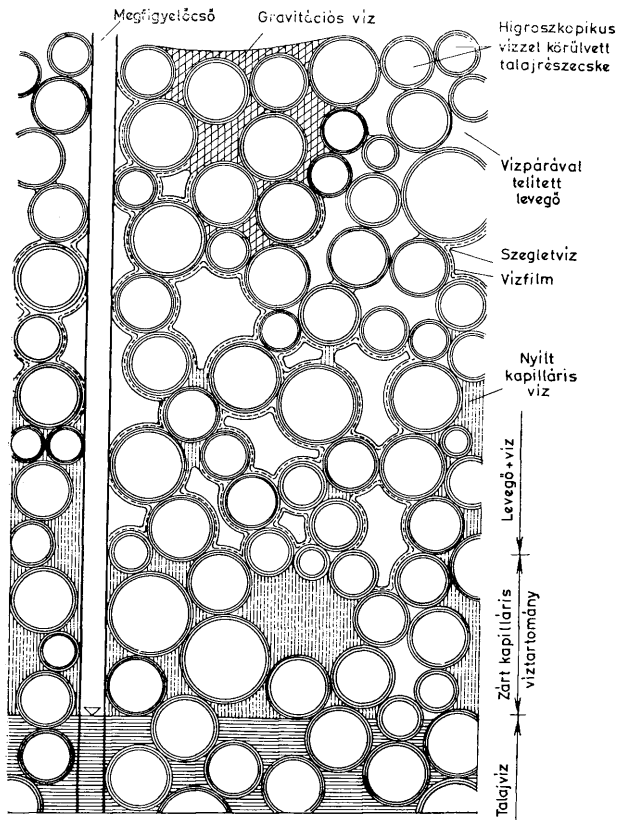
$1 - 2/B_2$ A hasadékvíz csoportjában foglalhatjuk össze a laza üledékektől és a karsztosodó kőzetektől eltérő minden más kőzettípusú tárolt vizet. Ezek a víztartó kőzetek nagymértékben különböző tulajdonságúak lehetnek (pl. a homokkő a laza üledékekhez hasonlóan porózus, az erősen töredezett agyagpala szerkezete a sejtes dolomitéhoz közelálló stb.).

Vizkészletük általában kis mennyiségű az előbb tárgyalt két kőzettípus vízének mennyiségéhez viszonyítva. Ezért a hasadékvizek közös jellemzője — amelynek meghatározása egyébként sem lehet egyértelmű a kőzetek eltérő jellege miatt — szükségtelen, ehelyett a hasonló laza üledékekben vagy karsztos kőzetekben tárolt víz tulajdonságaira kell utalnunk, természetesen itt is megkülönböztetve a nyílt ($1/B_2$) és a fedett ($2/B_2$) víztartó vize és a felszíni folyamatok közötti kapcsolat közvetlen vagy közvetett voltát.

$O/A - B$ Végül külön csoportot alkot a víztípusok sorában a talajnedvesség, az a vízmennyiség, amely a rétegben az összefüggően vízzel kitöltött hézagok terét felülről határoló talajvízfelszín felett tárolódik.

Ezt a vízkészletgazdálkodási szempontból nem számottevő víztípust általában a laza üledékekhez kötötten vizsgáljuk csak (O/A), bár szilárd kőzetek háromfázisú zónájában éppúgy megtalálható (O/B), igaz, hogy itt mennyisége és hatása — mivel a teljes térfogathoz viszonyított tapadó felület és a tapadó erő a laza üledékekben mérhető értékénél lényegesen kisebb — nem olyan jelentős (közvetnedvesség).

Tovább bontva ezt a víztípust, sokféle, különböző névvel jelölt vízfajtákat ismerhetünk meg (2. ábra). Ilyen a szemcséket körülvevő hidrátburrok, amelyet általában két rétegre osztunk. A belső az erősen kötött higroszkopikus víz vagy



2. ábra. A talajnedvesség megjelenési formái háromfázisú rétegben
Fig. 2. Forms of manifestation of air moisture in a three-phase layer

adszorbeált burok, amely olyan erősen tapad a szemcséhez, hogy a növényi gyökér szívőereje sem képes onnan lefejteti. A szemcsétől távolodva a tapadóerő csökken, így a külső réteg az ún. hártya víz, vízfilm vagy lioszorbeált burok már csak lazán kötött. Ott, ahol két szomszédos szemese hidrátburka érintkezik, a tapadóerő hatása összegződik és a lazán kötött rétegen kívül is fenntartja a vizet a nehézségi erővel szemben. Így alakul ki a pórusszöglet-víz. Ha a szemcsék között az összegződő tapadóerők számottevő hatása a teljes térre kiterjed, kapilláris hézagok alakulnak ki, amit a kapilláris víz tölt ki. Ez lehet függő kapilláris víz, ha a felülről beszivárgó vízre ható gravitáció a pórusokban kialakuló meniszkusz feszültségével jut egyensúlyba, és így a víz itt függve tározódik. Ennek ellentettje a talajvízfelszínhez csatlakozó kapilláris tartomány, amit zártnak nevezünk az alsó zónában, ahol minden hézag kapillárisan vízzel töltött. Efelőtt helyezkedik el a nyílt kapilláris tartomány, amelynek hézagai már csak részben kitöltöttek.

2. A felszínalatti vízzel foglalkozó tudományágak és a jellemző mozgástípusok

A felszín alatt elhelyezkedő víz — ami Földünk folyékony édesvíz-készletének jelentős hányada — a lakosság vízellátásának fontos alapja, mással nem pótolható ipari nyersanyag, növényi élet pedig el sem képzelhető jelenléte nélkül. Jellemzőinek meghatározása ezért mindig elsőrendű kérdés volt. Megnehezíti azonban ezt, hogy vizsgálata több tudományág határterületét érinti.

Az elmúlt geológiai korokban lerakódott rétegek hézagait, repedéseit, járatait víz tölti ki és jelenléte, nyomása, vegyi összetétele, mozgása a rétegek viselkedését is befolyásolhatja. Így a víz maga is szerves része a földkéregnek, tárgya tehát az ennek tanulmányozásával foglalkozó geológianak, amelynek hidrogeológia fejezete a víztartó rétegek kiterjedését, azoknak a vízzel kapcsolatos tulajdonságait, a bennük tározott vagy mozgó víz jellemzőit és a víz utánpótlódási lehetőségeit kutatja.

A hidrologia fő feladata a Föld vízkészletének különböző fajtáik közötti kapcsolatnak, a hidrológiai körfolyamatnak az elemzése, így a felszínalatti vizek vizsgálatakor elsősorban annak utánpótlódását, a felszíni és légköri vízkészletekkel való összefüggését igyekszik feltárni. A hidrológiának a felszínalatti vizekkel foglalkozó ága tehát lényegében a geológiai vizsgálatokkal azonos kérdések tisztázására törekszik, ezért azt is vagy hidrológiának nevezzzük, vagy — ha ki akarjuk emelni, hogy ebben az esetben a feladat megoldását a hidrologia területe felől közelítjük meg — geohidrológiának mondjuk.

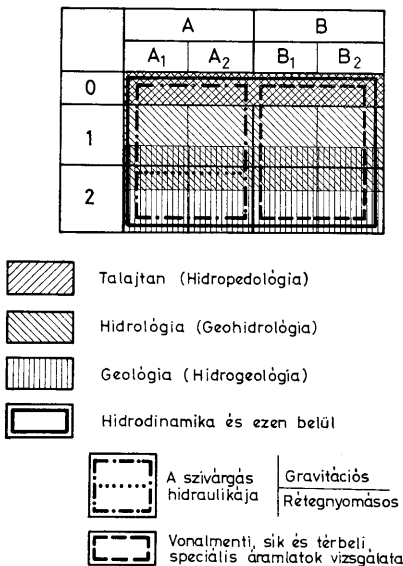
A talajnedvesség és az ennek utánpótlódását biztosító talajvízkészlet a növényi élet nélkülözhetetlen kelléke. Foglalkozik tehát a felszínalatti vizek tanulmányozásával a legfelső talajréteg kialakulását, valamint ennek és a növényi életnek a kapcsolatát elemző talajtan is, annak hidropedológiának nevezett fejezete.

A természettudomány három felsorolt, leíró jellegű ágának egyikében sem nélkülözhetjük azonban a felszínalatti víz mozgásának vizsgálatát. A különböző rétegekben tárolt vizek kapcsolata, a vízcsera, a felszínalatti víz utánpótlódása, a csapadék beszívárgása, a talajnedvesség és a talajvíz kapcsolata mind feltételezi, hogy a víz a felszín alatt áramlik. A mozgás tanulmányozása újra más tudományág, a fizikán belül a mechanika — speciálisan a víz mozgásával foglalkozó hidromechanika — feladatkörét alkotja, illetőleg része a folyadék mechanikáját a mérnöki gyakorlat igényeinek megfelelően tárgyaló hidraulikának. A felszínalatti

víz mozgásának vizsgálata tárgyalásmódját tekintve tehát önálló kutatási kör, azonban szerves kiegészítője, segédanyaga az előbb említett tudományágaknak, a hidrogeológiának, a hidrológiának és a talajtannak, ugyanakkor fontos eszköze a létesítményeket tervező, azok várható hatásait előre számító mérnöknek.

Ha a felsorolt tudományágak által vizsgált víztípusokat oly módon ábrázoljuk, hogy az 1. ábrán közölt osztályozási rendszerben feltüntetjük azokat a tartományokat, amelyekre azok érdeklődési köre kiterjed (3. ábra), megállapíthatjuk, hogy a talajtan, a hidrológia és a geológia — egymást többé-kevésbé átfedve — tanulmányozza valamennyi felszínalatti vízfajta, míg a hidraulika egymaga, bár csak egy meghatározott szempontból, a mozgás jellegét vizsgálva, átfogja a felszínalatti vizek teljes körét. Ezért, ha a különböző kőzetekben mozgó víz hidraulikai vizsgálati módszereit kívánjuk osztályozni az áramlás jellege szerint is csoportosíthatjuk a felszínalatti víz típusait.

A felszínalatti víz nagyrésze laza üledékes kőzetekben tározódik, és így mozgása is ezekhez a rétegekhez kötött. A szemcsék közötti hézagok összefüggő, bonyolult csőrendszert alkotnak. Ennek az ellenállását kell legyőznie a mozgó víznek. A vizet vezető hálózat ezekben a rétegekben általában egyenletesen elosztott, egyes csatornái között az összeköttetés minden irányban biztosított, ezért ezeket a vízvezető rétegeket a legtöbbször a szomszédos



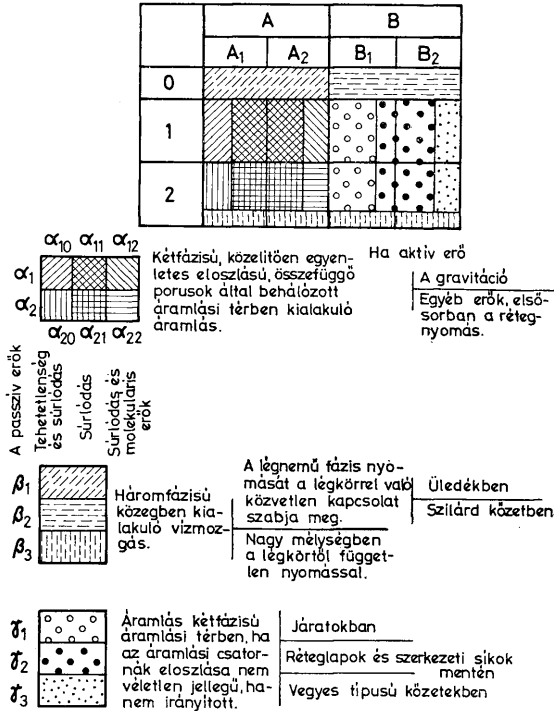
3. ábra. A különböző tudományágak érdeklődési köre a felszínalatti vízfajta osztályozási rendszerében ábrázolva
Fig. 3. Sphere of interest of the various scientific branches as represented in the classification of subsurface water types

vízjáró rétegek helyzete által megszabott határolású homogén áramlási tereknek tekintjük. Hasonló áramlási tér jellemezheti a hajszálrepedésekkel, vagy pórusokkal sűrűn átszőtt szilárdközeteket (pl. a sejtes szerkezetű dolomitot, homokkövet) is, amelyekben a litoklázisok vagy hézagok által kialakított járatrendszer szerkezetileg alig különbözik a szemcsés üledékek hézagai által alkotott hálózattól. A két áramlási tér közötti különbség elsősorban a járatok méreteiből adódik, és abból, hogy — a geomechanikai törvényszerűségeknek megfelelően — a litoklázisok zártabb vagy nyitottabb volta a geológiai szerkezetet létrehozó erők által meghatározott főirányok szerint rendeződik, a porózus szilárd kőzetekben pedig a törési zónák fellazult kőzete általában jobb vízvezető, mint maga a kőzet tömege. Így az áramlási tér tulajdonságai irány szerint változnak, a réteg aniztróp. Az áramlási tér irányított jellege még fokozottabb azokban a kőzetekben, amelyekben a víz mozgása a réteglapok mentén alakul ki. Ekkor már a térbeli jelleg helyett áramlási síkokat kell vizsgálnunk, még akkor is, ha a kőzet erősen rétegzett volta miatt (pl. agyapalában) az áramlás a réteg teljes térfogatára kiterjed. Végül vonalmentén kialakuló áramlás jellemzi azokat a tömött kőzeteket, amelyekben a vízmozgás csak járatokban jöhet létre, mint a karsztosodott mészkőben. Természetesen ezek a típusok nem önállóan, elszigetelten jelentkeznek, hiszen a járatos mészkőnek szerkezeti síkjai mentén is létrejön sík-áramlás, ugyanígy a sejtes dolomit tömegére kiterjedő mozgást egy-egy nyílt törés mentén kialakuló erősebb vízmozgás megszakíthatja, sőt a vízszállítás mértéke szerint sokszor ez meghaladja a térbeli áramlás hatását, vagy a laza, szemcsés rétegekben is előfordulhat, az ülepedés körülményeinek megfelelően, anizotrópia.

Newton axiomái rögzítik, hogy mozgás csak erő hatására jöhet létre, ugyanakkor ellenhatásként olyan passzív erők lépnek fel, amelyek a mozgást fékezni, megállítani igyekeznek. Folyamatos mozgás tehát csak akkor alakulhat ki, ha az aktív erők állandóan hatnak, az áramlást fenntartják. A felszínközeli és a mélységi vizeket mozgató és mozgásban tartó erő lehet a gravitáción kívül a rétegnyomás, amely a mélyebben levő rétegeket összenyomva, azok hézagaiból a vizet kipréseli és áramlásra kényszeríti, a különböző rétegekben tárolt víz hőmérsékletkülönbségéből és oldott anyag tartalmából eredő fajülék különbség, továbbá a rétegekbe zárt gőz és gáznyomása. Minthogy a részletezett hatások általában csak a mélyebb szintekben lehetnek számottevőek, szerepük elsősorban a földgáz és az olajbányászat érdekeit érinti, az általános mérnöki gyakorlatban a rétegvízkezelés kitermelésekor, mélyfúrású kutak hidraulikai vizsgálata során kerülhet sor figyelembevételükre. A talajnedvesség és az ehhez kapcsolódó legfelső talajvízréteg mozgásának létrehozásában aktív erőként szerepelhet még a kapilláris erő, továbbá a szemcse és a víz között ható tapadóerő is.

Összefoglalva az előzőekben elmondottakat, a 4. ábrán szemléltetjük, hogy a mozgás jellege, hidraulikai tárgyalásmódja szerint végrehajtott csoportosítás hogyan illeszkedik az általános alkalmazásra javasolt alapvető jellemzési rendszerbe. A hidraulikai szemléletet választva rendezési alapul a felszínalatti vizeknek a következő fő mozgástípusait különböztetjük meg:

α Kétfázisú közegben, az áramlási teret közel egyenletesen behálózó pórusok összefüggő háló-



4. ábra. A felszínalatti vizek csoportosítása a mozgás jellege, hidraulikai tárgyalásmódja szerint a javasolt osztályozási rendszerben

Fig. 4. Grouping of subsurface waters according to the hydraulic interpretation of the character of movement in the proposed classification

z a t á n k e r e s z t ü l l é t r e j ö v ő t ö b b n y i r e l a m i n á r i s á r a m l á s. A csoportot a mozgást döntően befolyásoló aktív erők szerint bonthatjuk tovább.

α_1 A mozgást létrehozó és fenntartó aktív erők közül csak a gravitáció jelentős.

α_2 A gravitációs erőn kívül számottevő más aktív erők (rétegnyomás, a hőmérséklet vagy az oldott anyagtartalom eltéréseiből adódó fajszülkülönbség, gőz vagy gáznyomás) szerepe is.

Másik felosztási lehetőségként adódik annak figyelembevétele, hogy a három lehetséges passzív erő (tehetetlenség, sűrűlódás, molekuláris erőhatások a

szilárd és folyadék fázis között) egymáshoz viszonyítva milyen arányban vesz részt a mozgás fékezésében. A passzív erők különböző kombinációi természetesen az aktív erők szempontjából az előzőekben megkülönböztetett mindkézmozgástípusban lehetségesek, ennek megfelelően az alábbi alcsoportok különböztethetők meg:

- α_{10} — α_{20} A passzív erők közül a tehetetlenséghez viszonyítva a többi elhanyagolható, vagy a tehetetlenség és a sűrűlódás együttes figyelembevételére szükséges. Az áramlás turbulens, illetőleg a turbulens és lamináris mozgás közötti átmeneti állapotban van.
- α_{11} — α_{21} Passzív főerő egyedül a sűrűlódás, az áramlás lamináris. A felszínalatti vizeknek a mozgás jellege szerint megkülönböztetett legnagyobb csoportját képezi ez a típus, az ún. Darcy-féle mozgás-állapot.
- α_{12} — α_{22} A sűrűlódáson kívül passzív erőként jelentős szerephez jutnak a pórusok hálózatának szilárd határolása és a folyadék között működő molekuláris erőhatások is (mikroszivárgás).

Az α jelű mozgástípus a laza üledékek jellemzője, bár hasonló tárgyalási móddal írható le néhány szilárd kőzetben áramló víz mozgása is (homokkő, litoklázisokkal nagy-tömegében egyenletesen és sűrűn szabdaltséjtes dolomit). Az utóbbiak jelentősége — lényegesen kisebb kiterjedésük miatt — azonban a laza üledékekhez viszonyítva elenyészően kicsiny, ezért a mozgási törvényeket minden esetben szemcsék és vízzel telt pórusok rendszerének figyelembevételével tárgyaljuk. Az α_1 és α_2 típusok megkülönböztetése a talajviznek és a rétegvizek tárgyalásakor indokolt. A gravitációval együtt működő aktív erők közül legjelentősebb ugyanis a rétegyomás, aminek számításbavétele elsősorban a mélységi vizek esetében indokolt, bár — mint említettük már — éles határ egyik osztályozási mód szerint sem vonható, így a talajvíz mozgása is lehet α_2 , illetőleg a rétegvízé α_1 típusú. A passzív erők hatása elsősorban a szemcséfelületnek a teljes térfogathoz viszonyított arányától és a szemcsék felületi aktivitásától függ. Így az α_{10} és α_{20} típusú durvaszemű rétegeket (kavics), az α_{12} és α_{22} típusú sok kolloid szemcsét tartalmazó üledékeket jellemzi, míg a legtöbb laza üledékes kőzetben bekövetkező vízmozgás az α_{11} és α_{21} csoportba sorolható.

β H á r o m f á z i s ú k ö z e g b e n k i a l a k u l ó v í z m o z g á s, amelynek létrehozásában és fenntartásában aktív erőként a gravitáción kívül jelentős a vízburkok felületén kialakuló feszültségkülönbségek szerepe is, a tényleges áramlási felület nagyságát pedig a harmadik fázisként jelenlevő légnemű anyag mennyisége és állapota döntően befolyásolja. Bontanunk kell ezt a mozgástípust aszerint, hogy az áramlási térben helyetfoglaló levegőfázis a légkörrel szabadon érintkezik vagy sem, az első csoportot pedig még tovább, attól függően, hogy a tározó réteg laza üledék vagy szilárd kőzet.

β_1 A felszínalatti víztér felszíne fölött (az osztályozási rendszer szerint a 0. sorban feltüntetett helyzetben) elhelyezkedő háromfázisú laza üledékben (A oszlop) kialakuló vízmozgás. A levegőfázis a légkörrel érintkezik és így nyomását az atmoszférikus nyomás szabályozza. A szemcsék felülete a mozgó víz tömegéhez nagy és jelentős a felületen működő tapadóerő is. Ennek a két jellemzőnek csökkenése (pl. durva kavicsokban) már átmenetet jelent a következő mozgástípus felé.

β_2 Az előzőhöz hasonló helyzetű (0. sor), háromfázisú szilárd kőzetben (B. oszlop) létrejövő áramlás. A légkörrel való kapcsolata a β_1 típussal azonos. Kicsi azonban a szilárd határfelület és a mozgó víztömeg hányadosa, valamint a járatok fala mentén fellépő

- tapadóerő, a beszivárgás gyors, a tározódás kismértékű és a víztérből a rétegen keresztül történő párolgás elhanyagolható. Mint különleges áramlási típust ide kell sorolnunk a karsztos kőzetek (elsősorban mészkövek) járataiban nem telt szelvényel kialakuló vízmozgásokat is pl. a barlangi patakokat, amelyeknek hidraulikai tárgyalásmódja a felszíni vízfolyások vizsgálatával azonos.
- β_3 A nagy mélységekben légnemű halmazállapotban kiváló gőzök és gázok hatására létrejövő háromfázisú rétegekben kialakuló áramlás. Itt a légnemű fázis nyomása a légkörtől függetlenül a közvetlen környezeti hatások szerint alakul.
- γ Kétfázisú áramlási térben létrejövő áramlás, ha a szilárd fázis közötti áramlási csatornának nem véletlen jellegű elosztásúak, hanem irányítottak (járatok, szerkezeti síkok, réteglapok, litoklázisok). A mozgás jellege — a szemcsék közötti porusoknál többnyire nagyobb áramlási csatornaméreték következtében — általában turbulens vagy átmeneti. Ez a mozgástípus a szilárd kőzetek (B. oszlop) vízének jellemzője, bár mint említettük, kivételként adódhat olyan szilárd kőzet is, amelyben az áramlás az α típushoz közelálló. Ebben a csoportban nem indokolt sem az aktív erők, sem a passzív erők szerint történő továbbosztás. Az előző azért nem, mert a gravitáción kívül működő aktív erők legjelentősebbje — a rétegnyomás — a szilárd kőzetekben csak ritkán érvényesül mint vízmozgást fenntartó erő, az egyéb aktív erők (fajsúlykülönbség, gőz- és gáznyomás) hatása pedig csak olyan kisszámú vízmozgás esetében jut szerephez, amelyeket önálló csoportként különválasztani nem érdemes. A passzív erők közül a tapadás ezekben a közettípusokban elhanyagolható, a tehetetlenséget és a surlódást pedig — a mozgás turbulens, illetőleg átmeneti jellegének megfelelően — csaknem minden esetben együttesen figyelembe kell vennünk. Feltétlenül külön kell választanunk azonban a mozgásfajtákat aszerint, hogy a kőzet szerkezetétől függően az áramlási csatornák milyen jelleggel irányítottak.
- γ_1 A járatokban — többnyire nagyméretű üregekben és barlangfolyosókban — kialakuló, teltszelvényű vonalas vízmozgás amelyeknek vizsgálata a csővezetékek hidraulikai jellemzéséhez közelálló. Karsztos kőzetekre, elsősorban a mészkövekre jellemző.
- γ_2 Réteglapok és szerkezeti síkok mentén — esetleg a fellazult törési zónákban — létrejövő síkmozgás, vagy közelítően síkmozgásként jellemezhető áramlás. A karsztos kőzetek mindegyikében — mészkőben és dolomitban egyaránt — előforduló mozgástípus, általában azonban elsősorban a dolomitok vízmozgását soroljuk ebbe a csoportba, mert ezekben kisebb a karsztos járatok és így a vonalas áramlás kialakulásának valószínűsége. A nem karsztosodó kőzetek közül a vízszállítás szempontjából legjelentősebbek (márga, pala) ezzel a mozgástípussal jellemezhetők.
- γ_3 Azokban a kőzetekben kialakuló vízmozgás, amelyekben az áramlási csatornák kialakulásának várható jellege, a kőzet szerkezeti tulajdonságai és minősége alapján nem jelezhető előre. Így ebben a csoportban a legkülönbözőbb áramlási fajtákat fogjuk össze (homokkőben α típushoz hasonló, szerkezeti síkok mentén γ_2 típusú, hidrotermálisan preformált járatokban γ_1 típusú mozgás). Közös jellemzőjük azonban, hogy vízszállítóképeségük az előző csoportokhoz viszonyítva általában kicsiny.

Áttekintve a felszínalatti vizeknek a hidraulikai tárgyalásmód szerinti osztályozását, vissza kell még térnünk a tudományágak szerinti csoportosítási rendszer elemzésére (3. ábra). Amint láttuk, a hidraulika vizsgálati köre a felszínalatti víz minden típusára kiterjed. Gyakran a hidraulikának azt a fejezetét, amely a felszínalatti vizek mozgását tárgyalja, átfogóan a szivárgás vizsgálatának nevezik. Nem helyesülhet ez a szóhasználat, mert a szivárgás szóhoz kapcsolható fogalmi elképzelés pl. egyáltalán nem egyezik a barlangjáratokban mozgó víz áramlási jellegével, vagy a törésvonalak mentén kialakuló koncentrált áramlással. A fejezet összefoglaló elnevezésére a két és háromfázisú áramlási térben kialakuló vízmozgás vizsgálatát javasolható, megkülönböztetve ezen belül a szivárgást, a laza üledékekben mozgó víz áramlási típusát (az átfogó osztályozási rendszer A. oszlopa) és a vonalmenti sík vagy térbeli speciális áramlások vizsgálatát két és háromfázisú közegben, amely a szilárd kőzetekben tárolt víz mozgásával foglalkozik (B oszlop).

Az elmondottak alapján a szivárgó vízmozgás definícióját a következőkben adhatjuk meg:

A felszínalatti víz mozgását laza — szemcsés vagy kötött — üledékes kőzetben, amikor tehát az áramlási teret két fázis (szemcse és víz) vagy három fázis (szemcse, víz és levegő) tölti ki, és a szilárd fázis közötti áramlási csatornák jellemzője a többé-kevésbé folyamatos csatlakozás, valamint eloszlásuk véletlen jellege, szivárgásnak nevezzük, függetlenül attól, hogy a szilárd szemcse geometriai és minőségi jellemzői, valamint a pórusok méretei és alakja a tér különböző pontjaiban közel állandóak (homogén áramlási tér), szabálytalanul változóak (inhomogén áramlási tér), egy-egy pontban a vizsgált iránytól függetlenek (izotróp áramlási tér), vagy irányítottak és így a vizsgált iránnyal változnak (anizotróp áramlási tér).

A szivárgás hidraulikájaként összefoglalt hidromechanikai vizsgálatok tovább bontatók az aktív főerők szerint:

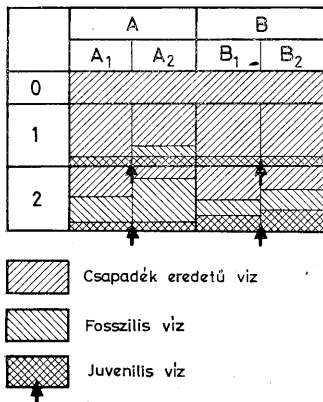
- a háromfázisú zónában (β_1 típus) a gravitáción kívül a vízburok felületi feszültségkülönbségei hatnak aktív erőként;
- a kétfázisú gravitációs szivárgási térben (α_1 típus) a nehézségi erő az egyetlen gyorsító erő;
- míg azokban a rétegekben, ahol a víz eltávozása rétegösszenyomást okoz, a rétegnyomás hatását is figyelembe kell venni, mint aktív erőt (α_2 típus). Ebben a csoportban általában hat már a fajsúlykülönbség, továbbá a gőz- és gáznymomás is gyorsító erőként, ezeket azonban csak ritkán, különleges környezeti adottságok jellemzésére kell bevonnunk vizsgálatainkba.

A felszínalatti vizek másik mozgástípusa a szilárd kőzetekben kialakuló áramlásokat foglalja össze. Ennek a csoportnak a hidraulikai jellemzésére nem dolgozhatunk ki egységes rendszert, mint a szivárgó vízmozgások leírására, mert az áramlási teret alkotó járathálózat — szemben a laza üledékekben kialakuló, folyamatosan csatlakozó és többé-kevésbé azonos jellemzőkkel leírható pórusokkal — nagyon változatos, a kőzet anyagától és a korábban működött geomechanikai hatásoktól függően alakul ki. Ezek a speciális áramlások lehetnek vonalszerűek (pl. a karsztjáratokban), leírhatók síkáramlásként (pl. réteglapok, vagy szerkezeti síkok mentén), vagy a szivárgáshoz hasonlóan kiterjedhetnek a vízvezető kőzet teljes tömegére, amikor irányuk az áramlási téren belül véletlen jelleggel követi a folyamatosan csatlakozó sűrű járatrendszer (pl. homokkőben, sejtés dolomitban). Ennek

megfelelően a mozgás hidraulikai jellemzésére az adottságoktól függően felhasználhatjuk a csővezetékek és csőhálózatok vagy nyílt medrek (két vagy háromfázisú vízmozgás) vízszállításának meghatározására kidolgozott összefüggéseket, vizsgálhatjuk a mozgást két párhuzamos vagy közel párhuzamos lemez között kialakuló síkáramlásként, esetleg alkalmazhatjuk leírására a szivárgás hidraulikai törvényszerűségeit.

3. A felszín alatti vizek eredete

Az I. fejezetben felsorolt osztályozási módok sorában a víz eredetének figyelembevétele a következő. Ennek vizsgálata a geológia tárgykörébe tartozik. Ez a csoportosítás nehezen végrehajtható, mert még nem kifejlettek azok a



5. ábra. A víz eredete szerint meghatározott felszínalatti víztípusok helyzete az alapul választott osztályozási rendszerben

Fig. 5. Positions of genetical subsurface water types in the adopted classification

kémiai és főleg az eltérő atomsúlyú atomok (deuterium, trícium stb.) arányának elemzésén alapuló eljárások, amelyek segítségével a vizek eredete egyértelműen tisztázható.

Ennek az osztályozásnak jelentőségét korlátozza az a tény is, hogy a keveredés hatására az egyes csoportok határai leginkább az így különválasztható víztípusok között mosódnak el. A vízkészletek hasznosításához is csak kevés támpontot ad az eredet tisztázása, ezért külön jelrendszert nem is vezetünk be a víz származásának jelölésére.

Röviden áttekintjük az így adódó csoportokat, részben annak érdekében, hogy teljes képet adjunk az osztályozásról, részben annak igazolására, hogy az alapként javasolt osztályozási rendszerbe beilleszthetők az említett szempont szerint meghatározott csoportok is.

Eredet szerint a felszínalatti vizeket általában három fő csoportba soroljuk:

A juvenilis vizek a föld mélyéből törnek fel. Utánpótlást a Föld nagyhőmérsékletű övezetében lesüllyedő és ott megolvadó kőzetek felszabaduló kristályvizéből kapnak. A mélységi vizek között a juvenilis eredetű víz előfordulása valószínű, nagyobb mértékben a szilárd kőzetekben, mint a laza üledékekben. Törésvonalak mentén feltörve a felszínközeli rétegek vizéhez is keveredhet.

Csapadékeredetű — mégpedig a jelenkori csapadékból pótlódó, a ma is ható meteorológiai jelenségekkel folyamatos kapcsolatot tartó — víz tölti ki a felszínközeli rétegeket, sőt behatolva a mélyebb szintekre is, ez adja a mélységi vizek egy részét is. Aránya az utóbbiakon belül a felszínközeli és mélységi víztartók között bekövetkező vízcserére lehetőségétől függ, így legnagyobb a karsztos kőzetekben, ahol a legkisebb a vízcserével szemben kialakuló ellenállás, a legkisebb a kötött laza üledékekben, ahol az ellenállás a legnagyobb.

A fosszilis víz (vagy telep víz) ugyancsak csapadékból származik, azonban nem mai, hanem a rétegek kialakulása idején hullott csapadékból, illetőleg az akkor volt felszíni vizekből, amelyekben a rétegek leülepedtek, vagy amelyek akkor hasadékaikba szivárogtak és bezáródva mindmáig megőrizték eredeti tulajdonságukat (pl. vegyi összetételüket). Az anyagi jellemzők változatlansága természetesen csak akkor következhet be, ha a rétegek folyamatos utánpótlódása nincs és a vízcserével szemben ellenállása nagy. Így ellentétben a csapadékeredetű vizekkel a mélységi vizek csoportjában elfoglalt arányával a legkisebb mennyiségben a karsztos kőzetekben várható fosszilis eredetű mélységi víz, míg a kötött laza rétegekben a legnagyobb az arányuk, sőt ezekben a rétegekben a felszínközeli víz is lehet fosszilis eredetű.

A felszínalatti vizek eredet szerinti csoportosítását és az így megkülönböztetett víztípusok helyzetét az alapul választott osztályozási rendszerben az 5. ábra mutatja.

4. A felszínalatti vizek osztályozása vízkészletük meghatározási módja szerint

A vízkészletmeghatározás egy-egy vízgazdálkodási egység (terület, vízfolyás, víztartó réteg vagy rétegsor, vízelőfordulás) vízkincsének számszerű jellemzésére törekvő vizsgálatok összessége. Függetlenül attól, hogy felszíni vagy felszínalatti készlet meghatározása-e a célunk, két típusú jellemzőt alkalmazhatunk, a statikus és a dinamikus vízkészlet értékét.

A statikus vízkészlet általában a vizsgált térrészben adott időpontban tározódott víz. Jellemző dimenziója tehát köbmennyiség (pl. m^3). A dinamikus vízkészlet ezzel szemben a vízgazdálkodási egységhez az időegységben érkező, vagy onnan távozó vízmennyiséget adja meg — egyensúly esetében természetesen a két érték egyező — tehát dimenziója vízhozam jellegű (pl. m^3/sec , vagy $m^3/év$). A víztermelés számára a statikus jellemző csak az utánpótlódás változásának kiegyenlíthetőségéről ad tájékoztatást. Átlagos értéke osztva a sokévi közepes dinamikus vízkészlettel a vízcsera idejének átlagát jellemzi. A dinamikus vízkészlet a víz hidrológiai körforgalmában folytonosan megújuló jellegének megfelelően a természetes utánpótlódás mérőszáma.

A felszínalatti víz statikus készlete az előző definíciónak megfelelően a vizsgált réteg vagy rétegsor pórusaiban, repedéseiben, járataiban és üregeiben tárolódott víz mennyisége. Víztermelő létesítményeinkkel minden esetben csökkentenünk kell a statikus készletet, mert csak így tudunk — csökkentve a létesítmény környezetére jellemző természetes nyomást — nagyobb kiterjedésű rétegeket bevonni a víztermelésbe. Ha a statikus készletnek ez a csökkentése olyan nagy mértékű, hogy a kivett vízhozam hatására megváltozott nyomásviszonyokkal jellemzett új áramlási rendszerben a környezetből pótlódni nem tud, a réteget fokozatosan víztelenítjük, a folyamatot vízbányászatnak nevezzük.

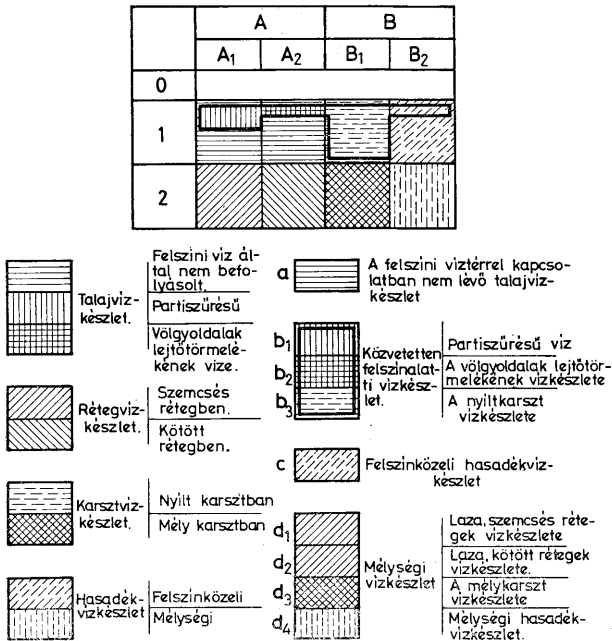
A természetes dinamikus felszínalatti vízkészlet sem jellemzője a kitermelhető mennyiségnek, bár a definíció szerint ez az a vízhozam, amely a felszínalatti vízhez évente átlagosan hozzááramlik. (A felszínalatti vizek esetében jellemző legrövidebb időegységül ugyanis elégséges az évet választanunk, a rövidebb időszakok ingadozását a réteg tározóképesége kiegyenlíti.) Több év átlagában vizsgálva a felszínalatti víz mennyisége azonban egyensúlyban van, ami csak úgy lehetséges, hogy a hozzááramló vízhozam (az érkező dinamikus készlet) egyenlő a megcsapolásokon — forrásokban, párolgás, vagy elszivárgás útján — a rétegből távozó hozammal (a távozó dinamikus készlettel). A dinamikus készletet elvonva a megcsapolások azonban csak kisebb mértékben, vagy egyáltalán nem változnak, így egy ilyen mértékű víztermelés vízhiányt, a statikus készlet csökkenését nem okozza.

A hasznosítható felszínalatti vízkészlet egy-egy meghatározott víztermelő létesítményt vagy létesítménycsoportot vizsgálva helyesen három tagból tehető össze. Első a vízteleníthető rétegek statikus készlete. Ez csak egyszer hasznosítható mennyiség, amely osztva a termelés tervezett időtartamával, a kivethető hozamot (tehát a dinamikus készlettel azonos dimenziójú mennyiséget) adja meg, ami a teljes termelésnek — hosszabb időszakra vonatkoztatva — többnyire csak kis hányada. Vizsgálata, a folyamat időbeli jellemzése elsősorban azért lényeges, hogy a várható nyomáscsökkenések a további vizsgálatok érdekében meghatározhatók legyenek. A természetes dinamikus készletből elvonható mennyiség meghatározása annak elemzését kívánja meg, hogy ez a hozam milyen területeken és milyen formában okoz majd hiányt a természetes egyensúlyhoz képest. A legfontosabb forrása a tartósan hasznosítható felszínalatti vízkészletnek a termeléssel létrehozott járulékos készlet, ami ugyancsak vízhozamdimenziójú mennyiség, tehát dinamikus készletjellemző.

A statikus készlet fokozatos csökkentésével süllyesztjük a felszínalatti víz szintjét, illetőleg csökkentjük nyomását. Ezzel növeljük a réteghez hozzááramló vízhozamot és csökkentjük az onnan távozót (pl. a szemeses rétegben tározott rétegvíz nyomásának csökkentése vezet el az érintkező kötött rétegekből előidézve azok összenyomódását, a talajvíz felszínének süllyesztése a párolgás-beszivárgás természetes egyenlegét a beszivárgás javára módosítja ami hasznosítható vízként értékelhető, vagy a partiszűrőesű víz kitermelése növeli a folyóból a rétegbe áramló víz esetét és ezzel mennyiségét is). A víztermelés hatására megváltozott állapotban a hozzáfolyó és az elfolyó dinamikus készlet különbsége a járulékos készlet, amely természetes állapotban megfigyelt adatokkal nem jellemezhető, mert akkor ez a differencia — mint már említettük — az egyensúlynak megfelelően zérus.

A vízkészletgazdálkodási jellemzőknek ez a rövid összefoglalása már lehetővé teszi számunkra, hogy a felszínalatti víztípusokat a készletmeghatározás szempontjából is értékeljük (6. ábra). A kettős csoportosítási módnak megfelelően az ábra jelmagyarázatát is kettős rendezőben állítottuk össze. Az első követi az 1. fejezetben ismertetett víztípusok rendszerét, a másikkal csoportosításában is érvényesül a vízkészletmeghatározást szolgáló szemlélet. Eszerint a következő vízfajták különböztethetők meg:

a) Felszíni víztérrel kapcsolatban nem levő talajvízkészlet, amelynek kitermelésekor a beszivárgás-párolgás különbségének a talajvízfelszín süllyedésével járó növekedése biztosítja a termeléssel létrehozott járulékos készletet, vagy a vízszintes áramló talajvizet fogyaszt-



6. ábra. A felszínalatti víztípusok osztályozása a készletmeghatározási szempontok figyelembevételével
 Fig. 6. Classification of subsurface water types according to the principles of water reserve estimation

jük, amely más területen okoz talajvízfelszín-süllyedést és az itt jelentkező beszívargási többlet méri a járulékos készletet.

b) Közvetetten felszínalatti vízkészlet, amelynek nagy hányada része a felszíni vízkészletnek, hasznosításukkor tehát figyelembe kell vennünk az utóbbiak csökkenését. A hasznosított készletet ezért a vízgazdálkodási mérlegben zömmel a felszíni vizek mérlegében kell számításba venni. Ennek a víztípusnak részei a következők:

b₁ A partiszűrűsű vízkészlet (felszíni víz által táplált talajvízkészlet) a felszíni vizet — amely mennyiségének nagy hányadát adja — a parti rétegeken átszűrve, tehát jobb minőségben szolgáltatja. A talajvízfelszín süllyesztése következtében a vízkivételhez áramló talajvíz számbavétele és hatása az „a”-típusú talajvízhez hasonlóan történik.

b₂ A völgyoldalak lejtőtörmelékének vízkészlete (felszíni víztérrel táplált talajvízkészlet) a kötött rétegekben nagy mennyiségben tárolódik a csapadékos időszakban és a hosszúidejű száraz periódusokban egyetlen táplálója a völgy

felszíni vízfolyásának, szolgáltatva annak alapvízhozamát. Ezért kitermelése éppen a felszíni vizek hasznosítása szempontjából mértékadó kritikus időszakban csökkenti azok vízkészletét.

b_3 A nyíltkarszt vízkészletének az előzőekhez viszonyítva nagyobb hányadát adja a természetes dinamikus készlet, ez viszont a karsztforrások hozamával egyenlő. A mesterséges vízkivételek tehát csak a vízvételési pontok koncentráálására, célszerű elhelyezésére szolgálnak. Többletet csak a statikus készlet fogyasztása és a más rétegek felé elszivárgó víz összefogása jelent. Ez az utóbbi — a járulékos készlet — viszonylag kis érték.

c) A felszínközeli hasadékvíz-készlet a készlet meghatározása szempontjából vagy a felszíni víztér által közvetlenül nem befolyásolt talajvízkészlethez, vagy a völgyoldalak lejtőtörmelékének vízkészletéhez, vagy pedig a nyíltkarszt vízkészletéhez hasonló, attól függően, hogy közvetlen táplálója-e felszíni vízfolyásnak, vagy sem, illetőleg felszín milyen mélyen helyezkedik el a terep alatt és így bekövetkezhet-e onnan párolgás vagy sem. A víztípus további felosztása — annak viszonylag kis mennyisége miatt — nem indokolt.

d) A mélységi vízkészlet utánpótlást csak a felszínközeli rétegek közvetítésével kap, így természetes dinamikus készlete lényegesen kisebb, mint azoké. A víztermelés hatására statikus készlete — többnyire réteggösszenyomódást okozva csökken, a természetes egyensúly megbomlik és az így kialakuló utánpótlódás jelentős járulékos készletet biztosít. Alcsoportjai főleg a víztermelés hatására bekövetkező réteggösszenyomódás mértékében térnek el egymástól.

d_1 A laza szemcsés rétegek rétegvízkészletének megcsapolásakor nagy terület kapcsolható be a víztermelésbe. A víztermelés folyamatának első szakaszában a statikus vízkészlet csökkenését a réteg összenyomódása követi, mindaddig, amíg a teljes rétegnyomás már a szemcsék érintkezési pontjain adódik át. Ezután a tömörödött hézagok víztelenítése már azok kiürülését, illetőleg a szomszédos rétegek megcsapolását vonja maga után.

d_2 A laza kötött rétegek rétegvízkészlete csak lassan és a határesés által megszabott környezetből vonható el. A kitermelhető készletet zömmel a rétegnyomás nagyrészt viselő víz elvonásával járó réteggösszenyomódás szabja meg.

d_3 A mélykarszt vízkészletének elvonásakor a rétegnyomást a szilárd közet jelentős alakváltozás nélkül felveszi, a statikus készlet kitermelése tehát már kezdetől a járatok kiürülését, illetőleg a szomszédos rétegek megcsapolását okozza.

d_4 A mélységi hasadékvíz-készlet a réteg szerkezetétől függően többnyire a mélykarszthoz, vagy a laza szemcsés üledékhez hasonlóan értékelhető.

Összefoglalás

A vízkészletek egyre fokozottabb kihasználása szükségessé teszi, hogy a felszínalatti vizeket is a lehető legnagyobb mértékig hasznosítsuk. Ehhez meg kell azonban ismernünk a hasznosítható készletek nagyságát, mozgását, utánpótlódását. Nehezíti ezt a feladatot, hogy a témakörrel foglalkozó különböző tudományágak sokszor eltérő nomenklatúrát használnak, vizsgálatuk során különböző tárgyalásmódot követnek. Eredmény pedig ennek a nagyon összetett kérdésnek a megoldásában csak akkor remélhető, ha a különböző tudományágak eredményeit az érintett határterületen összehangoljuk és egységes rendszerben, több oldalról közelítjük meg a feladatot minden érintett tudományág szemléletbeli és módszerbeli eszközét felhasználva. Ennek érdekében szükségesnek tartjuk, hogy olyan egységes osztályozási rendszer kidol-

gozásával, amely törekszik minden felmerülő szempont figyelembevételére, megteremtjük az egységes szóhasználatot.

Az osztályozási rendszer alkalmas arra, hogy a feltárás különböző fokának megfelelően röviden és egyértelműen jellemezzük a felszínalatti vízelőfordulásokat. Ha csak a víztartó kőzet típusát és valószínű helyzetét ismerjük, az alaposztályozási rendszer sor és oszlopszámának feltüntetésével jelölhetjük a vízelőfordulást (pl. $1/A_1$ szemcseretegben tározódó talajvíz, vagy $2/B_1$ mélykarsztvíz). Ha részletesebb vizsgálatot hajtottunk már végre, a hidraulikai jellegzet mutató indexet is feltüntethetjük (pl. $1/A_1-\alpha_{11}$ szemcsés rétegben tározódott talajvíz, amelynek hidraulikai vizsgálata során főerőként csak a gravitációt és a sűrülési erőt kell figyelembe vennünk, vagy $2/A_1-\alpha_{21}$ rétegvíz szemcsés rétegben, amelynek mozgása az előzőhöz hasonlóan jellemezhető a Darcy-törvénnyel, figyelembe kell venni azonban a réteg összenyomódását is). Végül ha tisztáztuk a vízelőfordulás teljes kapcsolódását környezetéhez és ezzel utánpótlódási módját is, készletgazdálkodási szempontból végrehajtott osztályozási rendszerbe is besorolhatjuk azt (pl. $1/A_1-\alpha_{11}-b_1$ az előzőekben vizsgált talajvíztípus partiszűrési vízkészletként történő előfordulása, vagy $2/A_1-\alpha_{21}-d_2$ az előbb definiált rétegvíz, ha készletének kitermelésekor jelentős réteggösszenyomódást várunk).

Bár egy átfogó és rendszerező osztályozás a kapcsolódások feltárásával az esetleg korábbi ismeretekkel még nem fedett területek felkutatásával magában is szolgáltat tudományos eredményt, véleményünk szerint ez az osztályozás ezen túlmenően a gyakorlati munkát is segíti.

Az egyes vízelőfordulások felsorolt és egymástól különválasztott csoportjaihoz előre összeállíthatjuk azoknak a jellemzőknek a sorát, amelyeknek meghatározása a vizsgált csoport készletének számszerű meghatározásához szükséges. Ezekhez a jellemzőkhöz hozzárendelhetjük a meghatározáshoz szükséges feltárásokat és vizsgálatokat, tehát minden csoporthoz előzetes tájékoztató feltárási tervet dolgozhatunk ki. További segítséget nyújthatunk a gyakorlat számára azzal, hogy az osztályozási rendszer egyes csoportjaihoz — ismervé mindegyikben az áramlási tér jellemzőit és a mozgást befolyásoló főerőket — hidraulikai modelleket dolgozunk ki a készletszámítások megkönnyítésére, rutinszerű elvégzésének elősegítésére.

Az osztályozási rendszer felsorolt gyakorlati felhasználását — az egyes vízelőfordulások jellemzéséhez szükséges operatív rendszerét és a készletszámítások előkészítéséhez szükséges hidraulikai modellek kialakítását — az ismertetett csoportosítási mód megvitatása és gyakorlatbavétele után kell majd következő feladatként megoldani.

Irodalom — References

- Béltékny L. — Böcker T. — Csoma J. — Ihrig D. — Major P. (1968): Felszínalatti vízkészlet becslése és vízmérleg megállapítása. Vizsgálgatói Tudományos Kutató Intézet. (Kézirat), Budapest — J u h á s z J. (1955): Felszínalatti vízkészletünk. Hidrológiai Közl. 1-2. sz. — J u h á s z J. (1962): Hazánk vízkészletére vonatkozó ismereteink. Hidrológiai Közl. pp. 283-293. — J u h á s z J. (1965): A szivárgás vizsgálata, Hidrológiai Közl. 1. sz. — J u h á s z J. (1966): A kitermelhető rétegvíz készlet. Budapest. Doktori dissz. (Kézirat). — J u h á s z J. (1966): Hidrológia. Budapest — K o v á c s Gy. (1957): A mikroszivárgás vizsgálata. Hidrológiai Közl. 3. sz. — K o v á c s Gy. (1966): Dinamic Investigation of Seepage by Invariant Numbers. Symposium on Problems of Seepage and Well Hydraulics. Budapest — M o s o n y i E. — K o v á c s Gy. (1952): Kismintatörvények a nehézségi és a sűrülődési együttes figyelembe vételére. Hidrológiai Közl. 7-8. sz. — M o s o n y i, E. — K o v á c s, Gy. (1956): Loi des modèles réduits de filtration. IAHR Congress, Dijon — R ó n a i A. (1963): Az Alföld negyedkori rétegeinek dinamikus vizsgálata. Hidrológiai Közl. 5. sz. — S c h m i d t E. R. és t s a i (1963): Magyarország Vízfeldtani Atlasza. Budapest — S z á d e c z k y - K a r d o s s E. (1949): A hévizek, karsztvizek és artézi vizek kapcsolatáról. Hidrológiai Közl. 3-4. sz. — S z p i r i e v B. (1965): Hévízkutak optimális termelési viszo-

nyainak megállapítása. *Vízügyi Közlem.* 1. sz. — Ubell K. (1959): A talajvízháztartás és jelentősége Magyarország vízgazdálkodásában. *Vízügyi Közlem.* pp. 185–251. — Ubell, K. (1962): A felszín alatti vízkészlet. *Hidrologiai Közl.* pp. 92–104. — Urbancsek J. (1960): Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozamai és az azokból levonható következtetések. *Hidrologiai Közl.* 5. sz. — Urbancsek J. (1963): A földtani felépítés és a rétegvíznyomás közötti összefüggés az Alföldön. *Hidrologiai Közl.* 3. sz. — Urbancsek J. (1965): Az Alföld negyedkori képződményeinek mélyszerkezete. *Hidrologiai Közl.* 3. sz.

Characterization of the modes of subsurface occurrence of water

Dr. ac. Gy. Kovács

During its continually renewing hydrological circulation, water takes a considerable travel under the Earth's surface, too. It is only a fraction of the precipitations that runs off on the surface towards the seas. Another part evaporates and, after accumulating in the atmosphere, it reappears in form of precipitation, and its circulation will be repeated in the same way. The third part infiltrates into the ground and is added to the subsurface water resources.

For one of the bases of classification of subsurface waters, a double system can be proposed, that groups the individual water types according to the nature of the water-bearing layers and their position (Fig. 1). According to the nature of the layer, waters accumulated in unconsolidated sedimentary rocks (Column A) and in solid rocks (Column B), can be distinguished. Both can be split up into two subgroups each.

In addition to this, the waters of that comparatively shallow crust portion should be distinguished, which lies between the zone of water-filled pores, fissures, joints, galleries and cavities (*two-phase zone*) of atmospheric pressure, on the one hand, and the surface of the field, on the other. Here, in the space, which is not filled by the solid rock phase, there is some air and some water bound by adhesion to the solid contact face (*three-phase zone*).

After a discussion of subsurface waters according to their hydraulic classification (Fig. 4) follows an analysis of their classification according to scientific disciplines. That chapter of hydraulics which is concerned with the kinematics of subsurface waters, is called filtration study in global terms. This usage cannot be approved, as the notion implied by the word *filtration* does not agree with the character of flow of water motion in caves, nor with the concentrated flow observable along faults (fracture lines). As a composite term, *water movement* in the two- and three-phase zones can be proposed. In this connection, the filtration, the type of flow of the water moving in unconsolidated sediments and the investigation of special flows of linear, sheet, and spatial type in the two- and three-phase environment should be distinguished: investigation concerned with the movement of water in solid rocks.

On the basis of the above, the movement of infiltrating waters can be defined as follows:

The movement of subsurface waters in unconsolidated—granular or cemented—sedimentary rock [where the space of flow is filled up by two (grains and water) or three (grains, water, and air) phases and where the flow channelways within the solid phase are characterized by more or less continuous connection and the accidental character of distribution] is called filtration independently of whether the geometrical and qualitative characteristics of the solid grain and the size and shape of the pores in different points of space are subidentical (homogeneous space of flow) or irregularly variable (inhomogeneous space of flow); whether they are independent of the examined direction in single selected points (isotropic space of flow) or oriented and thus bound to change with that direction (anisotropic space of flow).

Another type of subsurface water movement comprises the flows occurring in solid rocks. For the hydraulic characterization of this group, no uniform system could be developed—unlike in the case of the description of filtrating water movements—since the system of lithoclasts, forming the space of flow is very diversified, being independent genetically of the lithologic composition of the rock and that of earlier geomechanic effects (in contrast with the pores of continuous connection and of more or less the same characteristics observable in unconsolidated sediments). These special types of flow may be linear (e. g. in karst galleries), they can be described as sheet flow (e. g. along bedding planes or structural planes) or they may embrace, like infiltration, the whole volume of the water-bearing rock, when their direction within the space of flow follows, by random the dense system of intercommunicating galleries (e. g. in sandstones or porous dolo-

mites). Accordingly, for the hydraulic characterization of the movement, in dependence on the given circumstances, one can make use of the relationships, correlations, established for the determination of the discharge of pipelines, tube systems or open channels (two- or three phase water movement), one can examine the movement as a sheet flow occurring between two parallel or subparallel planes, or, eventually, one can use the hydraulic laws of filtration to describe it (the movement).

The genetic classification of subsurface waters and the positions of the resultant water types in the adopted basic classification system are shown in Fig. 5.

The determination of water reserves includes the sum total of investigations devoted to the quantitative characterization of the water reserves of single units of water economy (area, watercourse, water-bearing layer or sequence, water occurrence). Independently of the fact whether surface or subsurface water reserves are to be determined, two types of characteristics can be applied: static and dynamic water reserve values.

If single water production plants or groups of plants are examined, the exploitable subsurface water reserves can be considered as consisting of three members. The first one comprises the static reserves of the drainable strata. This quantity can be utilized only once. Divided by the designed duration of water production, it gives the exploitable yield (i. e. a volume of water identical with the dynamic reserves) which represents only a small fraction of total production, if referred to a comparatively longer period. The investigation of the static reserves and the characterization in time of the process are essential, in the first place, because their results may allow determination of the potential decrease of pressure with a view to further investigations. The determination of the amount extractable from the natural dynamic reserves requires to analyse the areas and ways in which this may cause any deficit with reference to natural equilibrium. The most important source of subsurface reserves exploitable in a long run is the amount of accessory reserves brought about by production. This is again a three-dimensional quantity and, hence, a characteristic of dynamic reserves.

The above short summary of the characteristics of water resources economy already enables us to evaluate the subsurface water types even from the point of view of the estimation of the reserves (Fig. 6). In accordance with the two different classifications, the first column of the legend to the figure follows the system of water types. The water-reserve-determination-bound approach has been applied in the case of the second classification, too. Accordingly, the following water types can be distinguished:

- a) Ground-water reserves not connected with the surficial water space
- b) Indirect subsurface water reserves
 - b₁ Water reserves of river bank filtration
 - b₂ Water reserves of the talus of valley flanks
 - b₃ Water reserves of open-tabled karst waters
- c) Near-surface fissure water reserves
- d) Reserves of deep aquifers recharged only through the intermediary of near-surface strata
 - d₁ Artesian water reserves connected with unconsolidated, granular rocks
 - d₂ Artesian water reserves connected with unconsolidated, but cemented sediments
 - d₃ Reserves of deep karstic aquifers
 - d₄ Fissure waters of deep aquifers.

The exploitation of water reserves at an ever increasing rate makes it necessary to make use of subsurface waters in the greatest possible measure, too. This requires, however, the knowledge of the size, movement and recharge of exploitable reserves. Solution is handicapped by the use of often very different nomenclatures in the various disciplines involved in the study of the problem. A positive solution to this very complex problem can be hoped to be attained, if the results of the various scientific branches are co-ordinated and the problem is approached from several aspects in a uniform system by the use of the theoretical and methodological means of all disciplines concerned. For this purpose, the author considers it necessary to develop such a uniform system of classification which takes into consideration all relevant principles in order to achieve uniformity in usage.

Although an all-around and systematics-seeking classification itself may yield scientific results by exploring relationships and any possible „white spot” of knowledge, the author believes that the present classification will be helpful in practice, too.