

**KÚTFŐ – A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának felszín alatti
vizekhez kapcsolódó nemzetközi kutatási potenciáljának fejlesztése célzott
alapkutatási feladatok támogatása által**

- Kutatási terv –

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar

Miskolc, 2012. március 28.

Tartalomjegyzék

1. Előzmények	3
2. Hazai és nemzetközi fejlesztési prioritások.....	3
3. A fejlesztés szakmai indokoltsága, relevanciája	6
4. A kutatás alap gondolata, hipotézisei	14
5. Szakmai kompetenciák és partnerség.....	9
6. A fejlesztés célkitűzései	16
6. 1. Ásvány-, gyógy- és hévízkészletek feltárását és hasznosítását szolgáló komplex vízföldtani kutatások az Észak-Magyarországi Régióban	17
6. 2. Hideg és meleg karsztvíztestek kapcsolatrendszerének jobb megismerését és védelmét célzó kutatások.....	18
6. 3. A bányászati tevékenységek felszín alatti vízkészletek mennyiségére és minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata	19
6. 4. Speciális szennyezőanyag/szennyezések felszín alatti transzportfolyamatainak pontosabb és megbízhatóbb megismerését segítő kutatások	20
6. 5. Szélsőséges időjárási viszonyok hatása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra	21
7. Vizsgálati módszerek	22
8. Szakmai irányítás, megvalósítás és kapcsolatrendszer	27
9. Új tudományos eredmények, és hasznosítási lehetőségek	30
10. A kutatás várható ütemezése és költségterve	32

1. Előzmények

A felszín alatti vízkészletek egyre nagyobb stratégiai jelentőséggel bírnak a Föld lakosainak vízellátásában. Jelenleg a Föld népességének vízigényét több mint 50 %-os mértékben már felszín alatti vízkészletekből biztosítjuk. A globális arányokhoz képest Európában még magasabb a felszín alatti vízkészletek iránti igény, tekintve, hogy az európai vízigények 75 %-át felszín alatti vízkészletekből elégítik ki. Magyarországon a vezetékes vízellátásban még nagyobb szerepe van a felszín alatti vízkészleteknek. **A hazai ivóvíz ellátás több mint 95 %-ban felszín alatti vizeinkből származik.** A világban híresek vagyunk kiváló minőségű ivóvizünkről, jelentős ásvány- és gyógyvíz, valamint hévíz készleteinkről, kiváló geotermikus adottságainkról, valamint e tématerületeket művelő szakembereink felkészültségéről is. A hidrogeológusok szakmai felelőssége igen nagy a tekintetben, hogy felszín alatti vizeinket mennyiségi és minőségi szempontból is fenntartható módon hasznosítsuk, illetve hosszú távon megőrizzük. Az utóbbi időben hazánkban is számos új globális és lokális természeti és társadalmi problémával kellett szembesülnünk, amelyeknek környezeti elemekre (így a felszín alatti vizekre) gyakorolt káros hatásai aggasztóak. A jelen és a jövő hazai hidrogeológusainak **új típusú szakmai kihívásokra** kell hatékony választ adniuk mérnöki és természettudományos kutatásokon alapuló innovatív megoldások segítségével Magyarországon, a Kárpát-medence belsejében és globális léptékben is (Galloway 2010)¹.

Az ENSZ és az UNESCO felmérései szerint az utóbbi húsz évben a **hidrogeológiai témájú alap és alkalmazott kutatások száma** igen jelentős mértékben **növekedett (Voss 2005)²**. Ezzel párhuzamosan a **felszín alatti vizekkel kapcsolatos kutatási eredményeket bemutató nemzetközi publikációk** jelentős **növekedési trendje** figyelhető meg az SCI folyóiratok tekintetében. Jól mutatja ezt a trendet a Springer Verlag által kiadott Hydrogeology Journal, amely 1992-ben évenkénti 4 számmal indult útjára, amit előbb évi hat számra, majd 2006-tól évenként 8 számra emeltek, egyre növekvő terjedelemmel. Hasonló tendenciák figyelhetők meg egyéb vezető felszín alatti vizekkel foglalkozó tudományos folyóiratok (pl. Groundwater vagy Water Resources Research) esetében is. A felszín alatti vízkészletekkel kapcsolatos kutatási aktivitás természetesen nemcsak a világban, hanem Magyarországon is jelentősen nőtt. A **kutatási témák** igen **széles skálán** mozognak, jelezve a felszín alatti vizekhez kötődő kutatások **interdiszciplináris jellegét**.

2. Hazai és nemzetközi fejlesztési prioritások

2012 szeptemberében Kanadában, Niagara Falls-ban kerül megrendezésre a Nemzetközi Hidrogeológiai Társaság (IAH 2012 - 39th World Conference) tradicionális világkonferenciája, ahol a szervezők által megadott **6 átfogó témakör egyben kijelöli a szakterület aktuális nemzetközi kutatási fókuszait** is, melyek a következők:

- Energia hasznosítási lehetőségek, klíma változási hatások,
- Karszt hidrogeológia,

¹ Galloway D.L. (2010): The complex future of hydrogeology. Hydrogeology Journal, 18: 807-810.

² Voss C.I. (2005): The future of hydrogeology. Hydrogeology Journal, 13: 1-6.

- Felszín alatti és felszíni vízkészletek kölcsönhatása,
- Felszín alatti vízkészlet-gazdálkodás,
- Felszín alatti vízkészletek vízminőségi kérdései,
- Általános hidrogeológia, felszín alatti áramlási rendszerek vizsgálata.

A 2014-ben induló új európai tervezési időszak, a Horizont 2020 program³ prioritásai közül többen is megjelenik a vízkészletek védelme. A természeti erőforrások és ökoszisztémák fenntartható kezelése (5.2.)⁴ prioritás háttérében az áll, hogy az ökoszisztémák leépülésének üteme Európa szerte túllépi a természet regeneráló képességét, azaz a környezeti erőforrásokat – hangsúlyosan beleértve a vízkészleteket – a fenntartható egyensúlyt meghaladó módon használjuk. A tervezési irányelv megfogalmazza, hogy **kutatásokat kell végezni a környezetkárosító tendenciák visszafordítása érdekében**, és biztosítani kell, hogy az ökoszisztémák továbbra is azokat az erőforrásokat, javakat és szolgáltatásokat nyújtsák, amelyek alapvetőek a jóléthez és a gazdasági virágzáshoz. A program kiemelt figyelmet fordít az emberi tevékenység környezetre, és a környezeti tényezők emberek jólétére gyakorolt hatásának értékelésére, felügyeletére és előrejelzésére, annak érdekében, hogy a kockázatok időben azonosíthatóak legyenek (5.2.1.)⁵. Kutatási igényt fogalmaz meg a természeti erőforrások és a társadalmi, gazdasági és ökológiai rendszerek közötti komplex kölcsönhatások pontosabb megismerése irányába, beleértve a felszín alatti vizektől – különösen a talajvizektől – függő ökoszisztémák szerepét. Szükséges megvizsgálni, hogy miként működnek az ökoszisztémák, miként reagálnak az antropogén hatásokra, hogyan lehet azokat helyreállítani és milyen hatást gyakorol ez a gazdaságra és az emberek jólétére. Ezen túlmenően kapcsolódó megoldásokat is fel kell tárni, illetve a szakpolitikai intézkedésekre is javaslatokat kell adni. A kutatás és az innováció alátámasztja azokat a szakpolitikai döntéseket, amelyek a természeti erőforrások és az ökoszisztémák kezeléséhez szükségesek annak érdekében, hogy **elkerüljük a káros éghajlati és környezeti változásokat**, vagy alkalmazkodjunk azokhoz (5.2.2.)⁶. Hangsúlyossá válnak a természeti veszélyek kezelésére, előrejelzésére, korai riasztására és értékelésére irányuló képességek. A monitoring rendszerek és új típusú helyszíni érzékelők (5.5.)⁷ mobil szolgáltatásokra, kommunikációs hálózatokra, épülő webalapú szolgáltatásokra és továbbfejlesztett számítástechnikai és modellező infrastruktúrára kell hogy támaszkodjanak. Ezek célja, hogy segítségükkel a szakemberek folyamatosan időszerű és pontos információt, előrejelzéseket és előbecsléseket nyújthassanak.

Szorosan a szakterülethez (és jelen fejlesztéshez) kapcsolódó prioritás a **geotermikus, vízi, és más megújuló energiaforrásokban rejlő lehetőségek** (3.2.4.)⁸ kiaknázása. A geotermikus, vízi (és tengeri) energia, valamint az egyéb megújuló energiák hozzájárulhatnak az európai energiaellátás szén-dioxid-mentesítéséhez, miközben növelik annak rugalmas alkalmazkodását a változó energiatermeléshez és energiafogyasztáshoz.

³ Európai Unió, „Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram (2014–2020)

⁴ Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, A természeti erőforrások és ökoszisztémák fenntartható kezelése

⁵ Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, Az ökoszisztémák működésének, a társadalmi rendszerekkel való kölcsönhatásainak, valamint a gazdaság és az emberek jólétének fenntartásában betöltött szerepüknek jobb megértése

⁶ Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, Tudás és eszközök biztosítása a hatékony döntéshozatalhoz és a közösségi részvételhez

⁷ Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, Átfogó és fenntartható globális környezeti megfigyelő és informatikai rendszerek kifejlesztése

⁸ „Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, A geotermikus, vízi, tengeri és más energiaforrásokban rejlő lehetőségek kiaknázása

Az általános **innováció fejlesztési prioritás** (6.2.3.)⁹ szorosan kapcsolódik a jelen pályázat kutatás, és tudásmenedzsment feladatához. A tudás tudományos közösségekben és szélesebb közönség körében történő terjesztése érdekében az államilag finanszírozott kutatási eredmények hozzáférhetőségét és felhasználását kell tovább fejleszteni.

A 2012.évi víz világnapi rendezvényeken a kormány képviselői hangsúlyosan említették a felszín alatti vízkészleteinkkel való fenntartható gazdálkodás fejlesztését, az egészséges ivóvízhez jutás lehetőségeinek bővítését, emiatt joggal feltételezhető, hogy a közeljövőben az általános vízföldtani kutatások, illetve az ivóvízellátás kormányzati intézkedések szintjén prioritást fog élvezni.

A tervezett alapkutatói programunk a nemzetközi trendek mellett számos hazai fejlesztési **prioritáshoz is kapcsolódik**. Az **Új Széchenyi Terv** 7 programja közül kettőben kiemelkedő szerepet szánunk a felszín alatti vizek jelenleginél hatékonyabb hasznosításának. A Gyógyító Magyarország – Egészségipari Program, valamint a Zöldgazdaság-fejlesztési Program igen komolyan épít Magyarország ásvány-, gyógy- és hévízkészleteire. Az egészségipar magában foglalja hazánk kivételesen gazdag termál- és gyógyvízkészletének, geotermikus adottságainak hatékony, sokrétű kiaknázását és hasznosítását. Az ehhez kapcsolódó gyógy- és termálturizmus fejlesztése már az első Széchenyi terv turizmus fejlesztési programjának is a legsikeresebb része volt. Az egészségipar és a zöldgazdaság fejlesztése valamennyi nemzetgazdasági prioritásnak megfelel, mivel rendkívül innovatív és kutatásigényes területei vannak, jelentős, de még részben kihasználatlan külpiaci lehetőségekkel, és igen komoly, tovább bővíthető munkaerőbázissal rendelkeznek. A tervezett felszín alatti vizekhez kapcsolódó fejlesztések alapjául szolgálhat az a természeti adottság, hogy ásvány- és gyógyvízkészletünk mennyiségben, de még inkább minőségben világszinten is egyedülálló. A geotermikus energia komplex hasznosítási lehetőségeinek támogatása szintén a prioritások között szerepel az Új Széchenyi Tervben.

A 2012-ben elfogadott **Nemzeti Vidékstratégia (Darányi Ignác terv)**¹⁰ átfogó célkitűzésében is hangsúlyos szerepet kap a természeti erőforrások felelősségteljes és fenntartható hasznosítása. A stratégiai célkitűzések között első helyen szerepel a tájaink természeti értékeinek-, és erőforrásainak megőrzése, ezen belül is a vízbázisok tisztaságának megőrzése. A „Természeti erőforrások, Környezet” stratégiai területen belül az „ivóvíz program”, „Vízkihasználás-, és vízminőségvédelmi program” és a „Területi vízgazdálkodási programok” nevesítése jelzi a téma fontosságát. A kapcsolódó tevékenységek között szerepel a vízgazdálkodás ágazati szakpolitikák összehangolása, a Víz Keretirányelv (VKI) teljesítését szolgáló tevékenységek erősítése, a szakterületi felsőfokú szakképzés beindítása és felkészülés a klímaváltozás vízgazdálkodást érintő szélsőséges hatásaira.

2009 végére elkészült **Magyarország vízgyűjtő gazdálkodási terve (Perger 2011)**¹¹, amely a hazai felszíni és felszín alatti vízkészletek általános állapot felmérése mellett egy cselekvési programot fogalmaz meg, 6 éves periódusokban előírva a **vízkészleteink „jó állapotának” elérését**. Az **országos vízgyűjtő gazdálkodási terv** számos olyan **meglévő felszín alatti vizeket érintő problémára világított rá**, amelyek megoldása nem kidolgozott, és esetenként

⁹ „Horizont 2020” kutatási és innovációs keretprogram, A társadalmi elkötelezettség biztosítása a kutatásban és az innovációban

¹⁰ Darányi Ignác Terv, A nemzeti vidékstratégia (NVS 2012-2020)

¹¹ Perger L. (2011): Vízminőségi állapotok javítása és megőrzése a Duna a régióban. XXIX. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, Eger, 2011. július 6-8, CD kiadvány, ISBN 978-963-8172-28-0.

alapkérdéseket tisztázó, magas szintű kutatási tevékenységeket igényelnek. Ezek közül legjelentősebbek az igénybevételi határérték meghatározása felszín alatti víztesteknél, a felszín alatti vizekre alapozott ökológiai vízigények számszerűsítése, a nyílt karsztos területek vízbázisvédelme, Magyarország határai alatt a felszín alatti vízforgalom meghatározása, fenntarthatósági kérdések egyértelművé tétele, éghajlati változások hatásai a felszín alatti vizekre, ill. felszín alatti vízminőségi problémák okainak feltárása.

Pályázatunk **felszín alatti vizekkel** kapcsolatos **alapkutatási és célzott alapkutatási** célkitűzéseinek kijelölésében meghatározó volt az **MTA Köztisztületi Stratégiai Programok keretében** 2008 őszén elfogadott nyolc iránymutató szakmai dokumentum is. Eszerint a **felszín alatti vízkészletekkel foglalkozó szakemberekre igen jelentős szerep vár** úgy a **kutatás**, mint a gyakorlati megvalósítás **3 meghatározó területén is: Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok** (Somlyódy 2011)¹², **Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság** (Bozó 2010)¹³, valamint **Megújuló energiák** hasznosítása (Büki és Lovas 2010)¹⁴.

3. A fejlesztés szakmai indokoltsága, relevanciája

Magyarország a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében, a Föld egyik legzártabb medencéjében helyezkedik el. Ennek a természetföldrajzi vonatkozásnak igen fontos kihatásai vannak a felszíni és felszín alatti vízkészleteinkre. Viszonylag kis méretű hazánk hét országgal szomszédos, ez pedig speciális viszonyokat eredményez a felszín alatti vizek esetében is (Marton 2009)¹⁵. Európán belül **Magyarország rendelkezik fajlagosan a legtöbb határral osztott felszín alatti vízbázissal** (Stephan 2009)¹⁶. Az ország vízgyűjtő-gazdálkodási tervében¹⁷ megadott **185 felszín alatti víztestből** jelenleg **40** hivatalosan is elismert **határral osztott víztest**. Ezeken a területeken a **környezet és klímaváltozás hatásai még érzékenyebben jelentkezhetnek**. A határral osztott felszín alatti vízkészletek kérdésköre különösen nagy hangsúlyt kap az Észak-Magyarországi Régióban, ahol az összetett vízföldtani helyzetben lévő érintett víztesteink a kiszolgáltatottabb helyzetet jelentő alvízi oldalon helyezkednek el.

Az ország egészét tekintve hazánk vízföldtani adottságai egyrészt igen jók, ugyanakkor **lokálisan** (mint például az **Észak-Magyarországi Régióban is**) a hidrogeológus szakembereknek **speciális földtani, hidrogeológiai, meteorológiai és geotermikus viszonyokra** kell számítaniuk a Pannon-medencében (Cserny et al. 2008)¹⁸. Az ország

¹² Somlyódy L. (szerkesztő) (2011): Köztisztületi Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, ISBN 978-963-58-608-5, 1-336.

¹³ Bozó L. (szerkesztő) (2010): Köztisztületi Stratégiai Programok. Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, ISBN 978-963-508-597-2, 1-64.

¹⁴ Büki G., Lovas R. (szerkesztő) (2010): Köztisztületi Stratégiai Programok. Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, ISBN 978-963-508-599-6, 1-144.

¹⁵ Marton L. (2009): Alkalmazott hidrogeológia. Kézikönyv, ELTE Eötvös Kiadó, 1-626.

¹⁶ Stephan R.M. (2009): Transboundary Aquifers: Managing a Vital Resource. UNESCO, International Hydrological Program, France, 1-24.

¹⁷ A Víz Keretirányelv hazai megvalósítása, Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv, Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság, 2009

¹⁸ Cserny T., Gál N., Tullner T., Tahy Á. (2008): A magyarországi felszín alatti víztestek földtani kiértékelésének 2006. évi eredményei. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2006. 145-154.

jelentős területein **ugyanabban a naptári évben előfordulhat** a felszín alatti vizekre is hatással levő **árvíz, belvíz és akár aszály** is. Hazánk, illetve azon belül az **Észak-Magyarországi Régió** is igen **változatos földtani és hidrogeológia képet mutat**, ahol szinte minden, szakmai szempontból **kihívást jelentő jelenség megtalálható** egymás közelében. Például az **Észak-Magyarországi Régióban** a vízellátás szempontjából komoly jelentőséggel bíró **karszthegységeink** hidrogeológiai viszonyai mellett tanulmányozhatóak a **hasadékos vulkáni, magmás és metamorf kőzetek** igen érdekes, valamint fontos vízraktározási viszonyai is (Juhász 2002)¹⁹. A **Sajó** és a **Hernád** völgyében emellett jelentős vízkészletek találhatók nagyvastagságú, **durvatörmeléken** felszín összletekben is. Magyarországon a felszín alatti kőzetek pórusaiban és repedéseiben, egy időben kb. 5000 km³ víz helyezkedik el. Ez a mennyiség tekinthető az ún. **statikus felszín alatti készletnek**. A **fenntartható vízhasznosítás** szempontjából sokkal nagyobb jelentősége van azonban a **dinamikus, vagy csapadékból utánpótlódó készletek** meghatározásának (Tóth et al. 2003)²⁰. **Országos szinten** a fenntartható módon kitermelhető felszín alatti vízkészlet nagysága **kb. 2-3 km³/év** körül alakulhat. Az **Észak-Magyarországi Régió** esetében jelenleg **nem rendelkezünk használható becsléssel sem a hasznosítható felszín alatti vízkészletek volumenét** illetően.

A hazai **biztonságos vízellátás jövőbeli fenntartása** érdekében tovább kell folytatni az országos **vízbázisvédelmi programot** az üzemelő és a távlati vízbázisok tekintetében. A mintegy **1700 hazai vízbázis több mint fele sérülékenynek** tekinthető, így csak ezek megfelelő diagnosztikája, biztonságba helyezése és biztonságban tartása garantálhatja létfontosságú nemzeti érdekünket az ivóvízellátás területén. Az **ivóvízminőség javító program** keretében törekedni kell olyan lehetséges hidrogeológiai és vízgazdálkodási megoldásokra, amelyek nem csak az igen költséges víztisztítási technológiák alkalmazására támaszkodnak. Sajnos a jelenleg is futó **vízbázisvédelmi program végrehajtása** rávilágított arra, hogy a jelenlegi **hatályos jogszabály szerinti védőidom és védőterület kijelölés megvalósíthatatlan gyakorlati problémákat vet fel nyílt karsztos területeken, pl. Miskolc térségében is**.

Magyarország ásvány-, gyógy- és termálvíz kincse világviszonylatban is kiemelkedő (Borszéki 1998)²¹, a nemzetgazdaság számára is jól hasznosítható, számos település és térség számára további felemelkedést és munkahely teremtést jelenthető **természeti értéket képvisel (Glatz 2010)²²**. Az is világossá vált viszont, hogy a **felszín alatti ivóvízbázisok, ásvány-, gyógy- és hévizek mennyiségi és minőségi védelme**, valamint **fenntartható hasznosítása** területén **új tudományos eredményekre, innovatív szakmai megoldásokra, interdiszciplináris együttműködésre, széleskörű szakmai konzultációkra és új vízgazdálkodási stratégia kidolgozására van szükség**. A Kárpát-medence összetett vízrendszerébe tartozó értékes felszínalatti vízkészleteink hasznosítása és védelme komplex, a határokon túlnyúló szemléletet, kutatást és vízgazdálkodási gyakorlatot is igényel (Szócs et

¹⁹ Juhász J. (2002): Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1-1176.

²⁰ Tóth Gy., Rotárné Szalkai Á., Horváth I. (2003): A Kárpát-medence magyarországi részének hidrológiai modellezése. A Magyar Állami Földtani Intézet hozzájárulása a feladat megoldásához. Felszín alatti vizeink kutatása, feltárása, hasznosítása és védelme I., Szemelvények a kutatás és az oktatás munkáiból. X. FAVA Konferencia, Balatonfüred. 1-15.

²¹ Borszéki B.Gy. (1998): Ásványvizek, gyógyvizek. MÉTE Kiadó, ISBN 963 550 583 3. 1-107.

²² Glatz F. (2010): Határokon átnyúló vidékfejlesztés és nemzetpolitika. Párbeszéd a vidékért. 2010/1. sz., 3-6.

al. 2011)²³. A **környezetvédelmi szempontokat** is figyelembe vevő **ásvány és gyógyvíz ellátás** minőségi bővítését, a gyógyászati, rekreációs és wellness igények kielégítését, valamint a **geotermikus energia** fokozott hasznosítását a nemzetközi szervezetekkel és **tudományos trendekkel összehangoltan** kell tervezni az Észak-Magyarországi Régióban is.

Az alkalmazott földtudományoknak igen jelentős szerepet kell játszania a **geotermikus energia** szélesebb körű hazai felhasználásának **növelésében** a jövőben. A **30 Celsius foknál melegebb hévizeknek** igen jelentős szerepe van a hő, illetve az energia felszínre hozatalában és hasznosításában. Bonyolítja a helyzetet, hogy a **termálvizek** - a Kárpát-medencében sok helyen - **az ivóvíztermelésre használt rétegekkel hidraulikailag összefüggnek**. **Speciális vízgazdálkodási stratégia** kialakítására van szükség annak érdekében, hogy fenntartható módon elégeíthessük ki egy adott területen az ivóvíz, a gyógyászati célú és az energetikai célú felszín alatti vízigényeket. Hazánk, valamint a Kárpát-medence kimagaslóan jó geotermikus potenciálját, hidrogeotermikus rendszereit, hévíz felhasználási lehetőségeit több, az utóbbi időben született kiváló **áttekintő tanulmány** is bemutatja (Mádlné Szőnyi 2006²⁴, Szanyi and Kovács 2010²⁵, Székely 2010²⁶). Magyarország területén a felszín alatt a Föld belseje felől az átlagos földi hő áram értéke kb. 90 mW/m², míg a geotermikus gradiens értéke 30-50 °C/km értéktartományban változik. Ezen adatok birtokában meghatározható az **ország elméletileg rendelkezésre álló teljes dinamikus hő készlete**, amely **több mint 8000 MW** értékűre adódik. Ehhez képest a **tényleges geotermikus energia hasznosítás** mértéke jelenleg **sokkal kisebb** hazánkban. Hasonló kép körvonalazható régiós szinteken is. Az Észak-Magyarországi Régióban az igen változatos geológiai és vízföldtani kép biztosíthatja a különböző jellegű és típusú geotermikus energia hasznosítás alapjainak megteremtését és kiszélesítését (Bobok és Tóth 2010)²⁷. Tekintve, hogy Borsod-Abaúj-Zemplén megye területe 7248 km², a megye elméletileg rendelkezésre álló teljes dinamikus hőkészlete 650 MW értékűre adódik. Ehhez képest a **tényleges geotermikus energia hasznosítás** mértéke jelenleg elhanyagolható mértékű az egész Észak-Magyarországi Régióban.

Az **éghajlatváltozás** napjainkban egyre **szélsőségesebb időjárási viszonyokat** eredményez, **jelentős hatást gyakorolva a természetes vízkörforgalomra** (Berecz et al. 2001)²⁸. Ezek a jelenleg nem pontosan ismert hatások természetesen erőteljesen befolyásolhatják a felszín alatti vizek természetes utánpótlódási, mennyiségi és minőségi viszonyait az Észak-Magyarországi Régióban is. A témakörhöz kapcsolódó **kutatásoknak stratégiai jelentősége** van a felszín alatti vízkészletekkel való gazdálkodásban. A **biztonságos ivóvíz ellátás** miatt kiemelkedő jelentősége van annak, hogy a szakemberek tisztában legyenek azzal, hogy milyen **változások érhetik az ivóvízbázisokat** akár már a közel jövőben is. A régióbeli és határainkon túli vízgyűjtőkben várható éghajlatváltozás következtében csökkenhet a felszín alatti vizek utánpótlódását biztosító beszivárgás, **összességében várható a hasznosítható felszín alatti vízkészleteink fogyatkozása**. **Indikátor és monitoring rendszer**

²³ Szócs T., Tóth Gy., Muráti J., Nádor A., Lapanje A., Rman N., Székely E. (2011): Közös termálvíz gazdálkodási terv a magyar-szlovén határ menti régióban. XXIX. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, Eger, 2011. július 6-8, CD kiadvány, ISBN 978-963-8172-28-0.

²⁴ Mádlné Szőnyi J. (2006): A geotermikus energia. Grafon, ISBN 963-218-058-5, 1-144.

²⁵ Szanyi J., Kovács B. (2010): Utilization of geothermal systems in South-East Hungary. Geothermics. 39: 357-364.

²⁶ Székely F. (2010): Hévízeink és hasznosításuk. Magyar Tudomány, 2010/12, 1473-1485.

²⁷ Bobok E., Tóth A. (2010): A geotermikus energia helyzete és perspektívái. Magyar Tudomány, 2010/8, 926-936.

²⁸ Berecz T., Fórizs I., Deák J. (2001): Felszín alatti vizek környezeti izotópos és kémiai vizsgálata a Duna-Tisza köze déli részén" Hidrológiai Közlöny, Vol. 81. No 2. 118-124.

fejlesztése/kialakítása szükséges, amivel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárási és vízgazdálkodási következményei. A **lehetséges forgatókönyvek** figyelembevételével **modellezni, szimulálni és számszerűsíteni** lehet a várható jövőbeli hatásokat. A megfelelő vízkészlet gazdálkodási stratégia kialakítása mellett olyan intézkedések is megfontolandók, melyek a felszíni lefolyási, beszivárgási viszonyok módosításával ezen várható negatív változások hatásait mérsékelik, esetleg ki is küszöbölik. A talajvíz szintje határozza meg a felszín alatti **víztől függő ökoszisztémáink** állapotát is, amelyek közül számos nemzetközi védelem alatt áll. Az **aszály – belvíz – öntözővíz - vizes élőhely problémakör** sem Magyarországon, sem az Észak-Magyarországi Régióban tartósan nem oldható meg a felszín alatti vízrendszerek figyelembe vétele nélkül.

Az **Észak-Magyarországi Régió** a hazai **vegyipar** egyik fellegvára a TVK és a BorsodChem, mint legnagyobb cégek jóvoltából. Több mint 20 évvel ezelőtt a Sajó völgyében, továbbá Miskolcon, Ózdon és Salgótarjánban igen erőteljes környezetszennyező **nehézipari és bányászati tevékenység** is folyt. A környezeti elemeket, így a **felszín alatti vizeket és talajokat érintő** megörökölt ipari és bányászati eredetű szennyezések feltárása és felszámolása még napjainkban is tart. Ehhez a súlyos örökséghez kötődően **további kutatások szükségesek** a speciális, felszín alatti vizekbe is jutó szennyező anyagok (pl. DNAPL, klórozott szénhidrogének, nehézfémek, radioaktív izotópok) transzport folyamatainak pontosabb leírása és szimulációja érdekében. A kutatások eredményeképpen még pontosabbá váló **hidrogeológiai modellezésnek** továbbra is igen jelentős szerepe lesz a felszín alatti környezetszennyeződések felszámolását megcélzó újszerű **kármentesítési eljárások** tervezésében, méretezésében és e rendszerek működésének nyomon követésében (Simonffy 1998)²⁹.

Az Észak-Magyarországi Régióban számos új, nagy léptékű ipari beruházás várható a jövőben (Lakatos, Lakatos-Szabó 2008)³⁰, ahol a hidrogeológusokra speciális és fontos gyakorlati és kutatási feladatok várnak. A növekvő energia és ásványi nyersanyag igények miatt igen erőteljes újbóli megerősödése körvonalazódott a **bányászati tevékenységeknek** (Kovács 2007)³¹ a **Kárpát-medencében**, így az **Észak-Magyarországi Régióban is** a globális trendeknek megfelelően. **Innovatív bányászati technológiák** (pl. szuperkritikus széndioxid alkalmazása ércek kinyerésére) elterjedése és gyakorlati alkalmazása is **új és speciális feladatok** ellátását várja a jövő **hidrogeológusaitól és földtani szakembereitől**.

4. Szakmai kompetenciák és partnerség

A **hidrogeológia** hazai **egyetemi** oktatásának és **kutatásának** alapjait a Miskolci Egyetemen Dr. Juhász József rakta le az **1960-as években**. A **hidrogeológus mérnök** képzés önálló szakirányként **1978-ban indult** el a Miskolci Egyetem. Az azóta végzett szakemberek jelentős elismerést szereztek mind itthon, mind a világban. A Miskolci Egyetem **Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszékén** egy széleskörű nemzetközi kapcsolatokkal rendelkező oktatói gárda nőtt fel, amely a hidrogeológia oktatását és kutatását nemcsak hazai, hanem ma már a magyar és **angol nyelvű hidrogeológus MSc** képzés, valamint nemzetközi oktatási programok és pályázatok keretében **nemzetközi szinten is végzi**. Oktatóink részt vesznek az

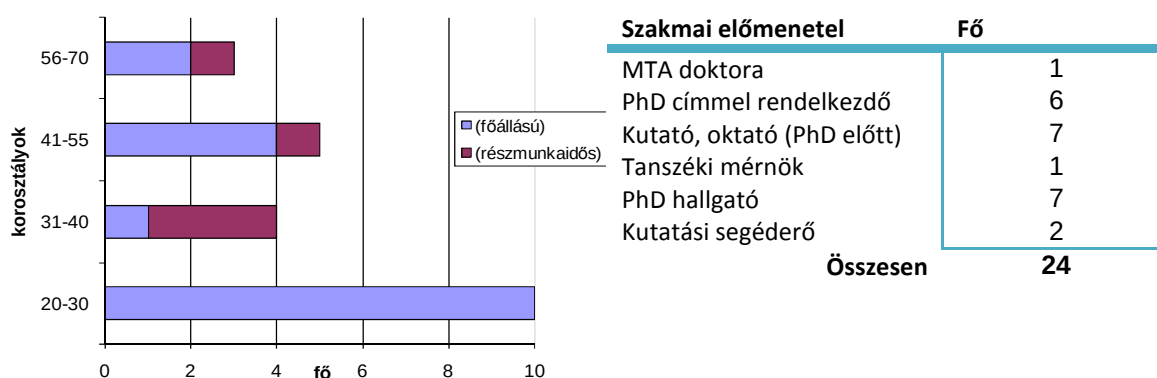
²⁹ Simonffy Z. (1998): Szennyeződés-terjedési modellek alkalmazása. Kármentesítési Kézikönyv, 1, Budapest, 1-146.

³⁰ Lakatos I., Lakatos-Szabó J. (2008): Global Oil Demand and Role of Chemical EOR Methods in the 21st Century. International Journal of Oil Gas and Coal Technology 1:(1-2), 46-64.

³¹ Kovács F. (2007): World energy demands and coal reserves. Acta Montanistica Slovaca, 12: (3), 276-283.

Erasmus Mundus program által finanszírozott European Environmental and Geotechnical Course (EGEC) nemzetközi MSc képzésben is. A kutatási eredmények oktatásba való bevonása mellett, valamint a folyamatos tananyagfejlesztés eredményeként a Miskolcon végzett hidrogeológus mérnök hallgatók korszerű ismeretek birtokában kezdhetik el munkájukat itthon vagy külföldön. A **hidrogeológus MSc szak hallgatóinak** lehetőségük van **külföldi részképzésen** (pl. ERASMUS program keretében a Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék szerződéses partnerintézményeinél, mint **Leoben (Ausztria), Freiberg (Németország) és Umea (Svédország)**, illetve **külföldi nyári szakmai gyakorlaton** (pl. LEONARDO program, Umea, Svédország) való részvételre, amely nagymértékben erősítheti a kutató-fejlesztő munka iránti elkötelezettségüket és fontos részét képezi kutatói utánpótlás nevelési programunknak. A **tehetséges hallgatók** egy jelentős része **munkájával segíti** a tanszéken folyó **kutatási projektek** eredményes megvalósulását. A kutató csoport 5 résztvevője (más szerzőkkel együtt) 2010-ben jelentette meg a Vízkezelésvédelem című egyetemi tankönyvet, ami jelenleg a szakterület legáttekintőbb szakkönyvének és tankönyvének tekinthető.

Hidrogeológiai alapkutatások megvalósításában a **Miskolci Egyetem kiemelkedő referenciákkal, korszerű laboratóriumokkal, 20 éves karsztvíz-monitoring adatbázissal rendelkező kutatási helyszín és szellemi műhely** az országban. **Miskolcon található az ország egyetlen** felszín alatti vizekre specializálódott műszaki profilú **Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszéke**, ahol a hidrogeológia területén **a teljes kutatói létszám** az oktatókkal, kutatókkal, PhD hallgatókkal és projekten alkalmazott kutatókkal együtt ma már meghaladja **a 20 főt**. Bár az országban több **helyen is** folyik igen **magas szintű oktatási és kutatási tevékenység a hidrogeológia területén**, jelenleg nincs olyan méretű hazai intézmény sem egyetemi, sem akadémiai, de még ipari körökben sem, ahol ilyen **koncentrált kutatói háttér**e lenne a felszín alatti vizekkel kapcsolatos megoldandó kérdésköröknek és problémáknak. A tanszék felszín alatti vizekkel foglalkozó kutatói közül **1 fő az MTA doktora, 6 fő PhD tudományos fokozattal rendelkezik, akik jelenleg 7 fő doktorandusz** témavezetését látják el. A kutatóműhely kutatóinak korfáját és előmenetel szerinti megoszlását az 2. ábrán mutatjuk be.



1. ábra: A KGI korfája és kutatói előmenetel szerinti megoszlása 2012 márciusában

A szakmai megvalósítás **alap kompetenciáját a pályázó kutatóhely biztosítja**, célunk azonban, hogy a megvalósítás ideje alatt **egy hatékony partneri hálózatot építsünk fel**

kutatók alkalmazásával és a partneri szakértői kör bevonásával. A pályázat szakmai megvalósítóinak körét úgy építettük fel, hogy egyrészt a Műszaki Földtudományi Kar kapcsolódó szakterületi kompetenciáit kihasználva (geológia, a geofizika, az ásványtan, a geokémia, a talajtan a tér- és geoinformatika, a természetvédelem, a környezetkémia, a rezevoárméchanika és a geotermikus energia hasznosítás), másrészt az **ország más elismert kutató és képzőműhelyeinek** szakmai tudását is ötvözve **kompetens hazai partnerséget építsünk fel a felszín alatti vízgazdálkodás témakörében** (3. ábra).

A Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék, valamint az említett tényleges és potenciális kari és egyetemi partnerek széleskörű és működő szakmai kapcsolatokat ápolnak külföldi egyetemekkel és kutatóintézetekkel, ezért a pályázat megvalósítása során kihasználjuk az érdemi és hatékony nemzetközi együttműködés előnyeit is.



2. ábra: A fejlesztéshez szükséges kompetenciák és partnerségi viszonyok

A megvalósító tanszék **sikeres pályázati tevékenységet folytat** mind hazai, mind nemzetközi vonatkozásban. Az utóbbi másfél évtizedben **7 OTKA pályázat** témavezetése mellett több hazai és **európai pályázati felhívásba** is bekapcsolódtak a tanszék **oktatói, kutatói** (**1 NATO Tudomány a Békéért program, 1 EU FP 5 és 1 EU FP 6, 1 FP7 program, 1 TEMPUS program, 3 ERASMUS és 1 LEONARDO program, 6 Tudomány és Technológiai „TÉT” program, 2 GVOP és 1 Széchenyi terv**), ezzel a Miskolci Egyetem viszonylatában az **európai/nemzetközi kutatási projekt tapasztalatokat illetően is előkelő helyen állunk**. A Műszaki Földtudományi Kar nevesített bekapcsolódó oktatóival együtt az egyetem legtapasztaltabb Európai Unió keretprogram megvalósítói vannak jelen a kutató csoportban. A **korábbi alap kutatási tevékenységhez** kötődő legfontosabb **hazai és nemzetközi referenciáink** az 1. sz táblázatban találhatóak meg.

1. sz. táblázat: A Hidrogeológiai-Mérnökgeológia Tanszék és a Műszaki Földtudományi Kar kutatóinak legfontosabb hazai és nemzetközi projekt tapasztalatai

Projekt megnevezése	A megvalósítás időpontja	A projekt összes költsége (MFt)	Program, felhívás neve, azonosítója	Támogatott projekt esetén pályázati azonosító szám
Nemzetközi projektek				
Squash – Qualitative and Quantitative interpretation of the Szamos/Somes transboundary aquifer.	2001-2003	60	NATO Sfp	NATO Sfp 973684
IRON CURTAIN projekt -Modell-fejlesztő projekt	2001-2004	39	EU FP5	NQLRT-CT-2001-01401

eltérő fejlettségi szintű területek területhasználatának optimalizálásához				
NORRIS – North Hungary and Kosice bilateral regional innovation strategy project	2005-2008	17.3	EU FP6	FP6-2004-INNOV-4- 014634
The Cross Border Knowledge Bridge in the Renewable Energy Sources Cluster in the East Slovakia and North Hungary	2008-2012	21	EU FP 7	FP7-Regions-2008-1 N° 229747
PEREBAR – Long-term performance of permeable reactive barriers used for the remediation of contaminated groundwater.	2000-2003	1.34 (MEUR)	EU FP 7	EVK1-CT-1999-00035
TAILSAFE – Sustainable Improvement in Safety of Tailings Facilities	2002-2005	1.934 (MEUR)	EU FP 7	EVG1-CT-2002-00066
OMENTIN - Ore mining and information technologies Network	2000-2004	90	EU FP4	
Természetvédelmi és természeti területek kezelését megalapozó kutatás a történelmi Bodrogházban.	2006–2008	104	INTERREG IIIA	HUSKUA/05/02/404
A Bodrogház természeti értékeinek; a természetvédelem és a gazdálkodás konfliktusainak bemutatása kiadványban, kiállításon és CD-n	2006-2008	30	INTERREG IIIA	HUSKUA/05/02/400
„Envasso” Environmental assesment of soils for monitoring”	2006-2010		EU FP5	
E-SOTER-Regional pilot platform as EU contribution to a Global Soil Observing System	2008-2012	75	EU FP7	211578
GS Soil	2009- 2012	85	eContentplus	ECP-2008-GEO-318004
Hazai projektek				
Inverziós módszerek a hidrogeológiában	2000-2002	2.1	OTKA	T 31741
Hidrogeológiai modellek megbízhatóságának növelése geostatistikai módszerek fejlesztésével	2005-2007	5.1	OTKA	T 48329
Roncsolásmentes technológia fejlesztése felszín alatti szennyeződések környezeti diagnosztikájának céljára	2005-2007	8	GVOP	GVOP-3.1.1.-2004-05- 0187/3.0
Innovatív vízkészletvédelem – A legújabb kutatási eredmények és az EU szabályozások népszerűsítése	2009. július- december	4.5	NKTH Mecenatúra pályázat	INNO_VIZ
Vízgazdálkodási döntéseket támogató monitoring rendszer megvalósítása a Bükk-vidéken a fenntartható fejlődés érdekében	2005-2007	28.0	GVOP	GVOP-3.1.1.-2004–05- 0530/3.0
Új generációs reaktív falak fejlesztése talajvíz szennyezések felszámolására	2009-2011	29.6 (15.8)	Innocsekk Plusz	INNO_PRB
Nem folytonos végelem módszerek (DCGM) megoldáson alapuló hulladékok a laza talajok és abroncsok kölcsönhatásának vizsgálatára alkalmas szoftver kidolgozása, validálása és gyakorlati, a hulladékelhelyezés és egyéb területeken való alkalmazhatóságának vizsgálata.	2010-2011	42.7	GOP	GOP-12-08/10002-
Módszerfejlesztés indukált polarizációs adatok inverziós értelmezésére földtani szerkezetek térbeli jellemzése céljából.	2000-2003	3	Felsőoktatási Pályázatok Irodája	FKFP-0277/2000.
Laterálisan inhomogén felszín közeli szerkezetek vizsgálata vezetett hullám diszperziós adatok inverziójával	2000-2003.	2.4	OTKA	T 032278
Kutatási és oktatási együttműködés a környezetgeofizikában	2001-2004	0.1	Tudományos Technológiai Alapítvány	SF-8/01
Együttes (joint) inverziós módszerek fejlesztése felszín közeli 2-D és 3-D szerkezetek kutatására.	2002-2005	5.1	OTKA	T 037842
Hulladéklerakók és környezetük állapotfelmérése	2003-2006	5.8	OTKA	T 042686

geofizikai módszereinek fejlesztése.				
Elektromágneses módszerfejlesztések a mérési adatokban lévő földtani információ hatékonyabb és stabilabb feltárása céljából.	2004-2007	10	OTKA	T 046765
Módszerfejlesztés mélyfúrási geofizikai adatok integrált intervallum-inverziójára földtani szerkezetek morfológiájának meghatározása céljából.	2005-2009	13	OTKA	T 049852
Inhomogenitások lehatárolása elektromágneses frekvenciaszondázások alapján.	2005-2009	7.9	OTKA	T 049479
Együttes inverziós módszer fejlesztése rétegzett földtani szerkezetek 3D kutatására.	2006-2010	8.3	OTKA	K 62416
A Kárpát-medencei paleogén szerkezetalakulás rekonstrukciója a magmás tevékenység és üledékképződés egyidejű jellemzésével.	2001-2005	10	OTKA	T 37619
Műszaki Földtudományi – Környezettudományi kutatási eredmények disszeminációja - Ásványi nyersanyag kutatások a régiókban.	2008-2010	1000 (25)	GOP	GOP-1.1.2-08/1-2008-0002
Primér kőzet geokémia és kőzet eredetű víz-savasodási folyamatok karbonátos kőzetekhez kötött szulfidos ércesedések előfordulásain Rudabányán (Magyarország) és Asturiasban (Spanyolország).	2009-2011	2.5	TÉT	ES34/2008
Az ukrán-magyar határvidék társadalomföldrajzi vizsgálatai, kapcsolatrendszer és együttműködés a két ország határmenti térségében.	2002-2005	4.6	OTKA	T 037335
A Délkeleti Bükk felszínalaktani vizsgálata különös tekintettel annak feltételezhető trópusi karszforma-maradványaira és délkeleti szegélyvidékére.	2003-2006	2.1	OTKA	T 43397
Földrajzi és társadalmi periférián élő népcsoportok szociálgeográfiai szempontú vizsgálata Észak-Cserehát aprófalvas térségében.	2006-2009	4.3	OTKA	K 62373
BONUS-HU-8	2008-2012	8	BONUS-HU	OMFB – 01251/2009
Hévíztárolók művelésének fejlesztése	2002-2005	36	MOL	
Kiválósági Központok Projekt Geotermikus kutatócsoport	2011-2013	46	TÁMOP	TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001
E-learning fejlesztés Geotermikus tananyag	2012-2014	120	Széchenyi Terv	TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0059

	Hidogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék kutatói részvételével
	Bányászati és Geotechnikai Intézet kutatói részvételével
	Geofizikai és Térinformatikai Intézet kutatói részvételével
	Ásványtani - Földtani Intézet kutatói részvételével
	Földrajz Intézet kutatói részvételével
	Kőolaj és Földgáz Intézet kutatói részvételével

Az intézményünkben jelenleg futó „kiválósági központok” **TÁMOP projekt**³² keretében a **Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központban** az **1. Környezet és fenntartható természeti erőforrás gazdálkodás Tudományos Műhelyben** több K+F téma (Vízkezelés gazdálkodás, Geotermia, Geoinformáció) **keretében** már most több olyan **megalapozó kutatás fut**, amelyek **tapasztalataira alapoz a megcélzott alapkutatási projekt**, illetve azok **szerves továbbfolytatásának** is tekinthető. A nemzetközi trendekkel összhangban a **Hidogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék kutatási profilja** ma már **igen széleskörű**. A Tanszék életében a klasszikus hidogeológiai kutatási vonalak (pl.

³² A felsőoktatás minőségének javítása kiválósági központok fejlesztésére alapozva a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területein, TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001

vízföldtani paraméterek meghatározása, hidrogeológiai modellezés, vízháztartási vizsgálatok, kúthidraulika, vízminőség-védelem, szennyeződésterjedési modellezés, stb.) mellett megjelentek a karszthidrogeológia, a környezeti kockázatelemzés, a kármentesítés, az ásvány- és gyógyvíz, valamint a geotermikus energia hasznosítás területei is. Az 1992-ben, bükkí víztermelők finanszírozásával indult **Bükkí Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR)** egyetemi szinten végzett kutatását a mai napig végezzük.

Kutatási eredményeink hasznosítására egy **szakterületi kutatás- és tudáshasznosítási mintaprogramot építünk fel** a 100%-ban Miskolci Egyetemi tulajdonú **UniFlexis Kft.** bevonásával. A kutatási eredményeink – fejlesztési modultól függően – vagy nemzetközi kutatási (pl. FP8) felhívásokba bevonva kerülhetnek piaci hasznosításra, vagy hazai KKV számára közvetlen hasznosítható eredményeket jelenthetnek.

A tervezett kutatás infrastrukturális feltételei a Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézetében adóttak. A **megvalósításában** igen **komoly háttérrel** jelent a Műszaki Földtudományi - Környezettudományi oktató-kutató és innovációs központ **integrált labor együttese**, illetve ennek a Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék kezelésében található, jól felszerelt **szakmai laboratóriumai**, amelyek az elmúlt években példa nélküli fejlesztésen estek át egyrészt szakképzési forrásokból, másrészt a Miskolci Egyetem TIOP pályázatai forrásaiból finanszírozva³³. Az integrált labor együttes pályázat szempontjából releváns egységei a következők:

- Mérnökgeológiai (geotechnikai) laboratórium,
- Hidrogeológiai laboratórium,
- Talaj és vízkémiai, vízminőségi laboratórium,
- Számítógépes transzport modellező laboratórium,
- Hidrogeológiai terepi mérőállomás.

5. A kutatás alap gondolata, hipotézisei

A modern hidrogeológia elmélet kialakulásának fontos mérföldköve az **áramlási rendszerek hidrogeológiájának** megjelenése, ami Tóth József 1963-ban publikált cikkéhez köthető (Tóth 1963)³⁴. Az áramlási rendszerek elmélete egyesítette a korábban a mérnökök által művelt műszaki hidrogeológiát, az erősen leíró szemléletű vízföldtannal. Az elméletet (Tóth 1999)³⁵ előbb a világ számos pontján (pl. Kanada, Hollandia, Kína, Mexikó stb.) igazolták, majd később a vízkutatásban (pl. Kanada és Mexikó), a szénhidrogén-kutatásban (pl. USA és Kanada), sőt a radioaktív hulladékok elhelyezésének tervezése (pl. Svédország) terén is alkalmazták. Magyarországon az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén folytak először az áramlási rendszerekkel kapcsolatos kutatások, mind az alföldi medence-

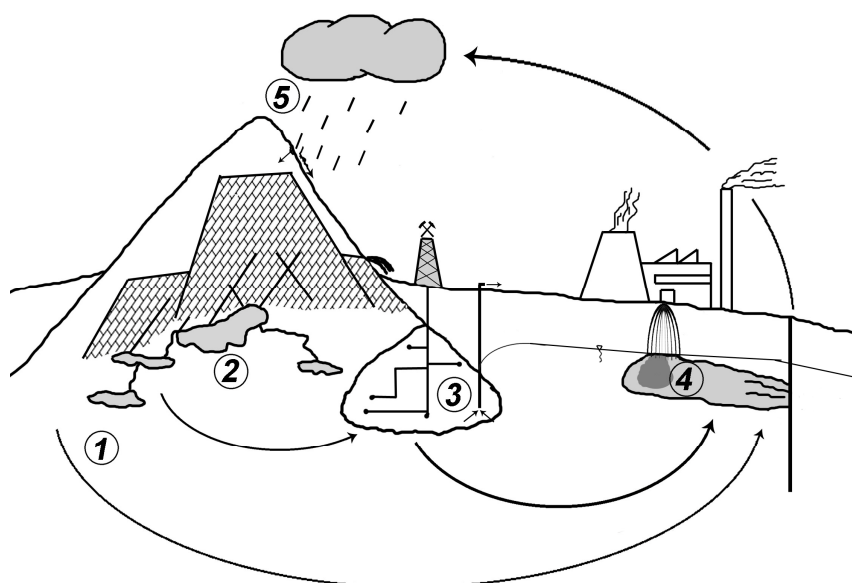
³³ A Miskolci Egyetem hazai és nemzetközi versenyképességének komplex megújítása, TIOP 1.3.1-07/1-2F-2008-0005, ill. A Miskolci Egyetem kiválósági központjainak infrastrukturális és informatikai fejlesztése, TIOP-1.3.1-10/1-2010-0012

³⁴ Tóth, J. (1963): A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins; Jour. Geophys. Res., 68(10), p. 4795-4812, 1963. Also reprinted in Freeze, R.A., W. Back (ed.): Physical Hydrogeology; Benchmark Papers in Geology, v.72, Hutchinson Ross Publ. Co., 431 p., 1983.

³⁵ Tóth, J. (1999): Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations; Hydrogeology Journal, 7(1) p. 1-14, 1999. [Also published in Spanish]

üledékekkel (Tóth, Almási 2009)³⁶, mind a karsztokkal (hipogén karsztos rendszerek) kapcsolatban, melyek elsősorban az áramlási rendszerek leírását, jellemzését, az áramlási rendszerek létét igazoló víz- és izotópkémiai jeleket foglalták össze. Az **áramlási rendszerek mérnöki alkalmazhatósága terén kutatások eddig Magyarországon nem folytak**, ezért a Miskolci Egyetemen e projekt keretében tervezett **hidrogeológiai alapkutatás kiemelt célja** az áramlási rendszerek vizsgálatának mérnöki és vízgazdálkodási aspektusainak kutatása, a fenntartható hévíz-, ásvány-, gyógy- és ivóvíz-készletgazdálkodással, az antropogén hatásokkal, az ökohidrogeológiával, a porózus és karsztos készletekkel kapcsolatos komplex, multidiszciplináris kutatási feladatok végrehajtása (Szűcs et al. 2009)³⁷.

A kutatási céljainkat a kérdéskör öt releváns szegmensének mérnöki szemléletű vizsgálatával kívánjuk elérni, melyeket kutatási **modulokként** definiáltunk, amely az 1. ábrán látható (az egyes modulok kutatási céljait a 6. fejezetben mutatjuk be.)



1. ábra: Az áramlási rendszerek és a kutatási modulok kapcsolódásának sematikus ábrája

A vizsgálatainkat kiegészíti **egy hatodik, általános, kutatás-, és tudásmenedzsment modul**, ami a kutatói utánpótlás neveléstől, az eredmények disszeminációján át, hazai és nemzetközi kutatási trendekhez történő csatlakozást szolgáló speciális modul. A korábban ismertetett szakmai kihívások és szakterület hazai sajátosságai alapján a kutatási moduljainkat az **alábbi 5 kutatási hipotézis igazolása/vizsgálata** céljából hoztuk létre:

1, A XX.sz. második felében kidolgozott „**áramlási rendszerek hidrogeológiája**” elmélet mérnöki **alkalmazhatósága és műszaki konzekvenciái konkrétan megfogalmazhatóak** a hazai ásvány-, gyógy- és termálvíz-készletek kutatása és fenntartható hasznosítása területére.

³⁶ Tóth J., Almási I. (2001): Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain. Geofluids. 1: 11-36.

³⁷ Szűcs P., Sallai F., Zákányi B., Madarász T. (szerkesztők). Szerzők: Jolánkai G., Kovács G., Madarász T., Mádliné Szőnyi J., Mándoki Mónika., Muránszkiné Mojtócszki Mária., Sallai F., Szűcs P., Takács J., Virág M., Zákányi B. (2009): Vízkészletvédelem. A vízminőség-védelem aktuális kérdései. Bíbor Kiadó, ISBN 978-963-9988-00-2, 1-418.

2, A Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszéke által több mint 20 éve üzemeltetett Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer fejlesztésével egy **általánosan** (más karszt rendszerekben is) **használható kitermelhető vízkészlet előrejelző módszertan** adható meg.

3, Az „áramlási rendszerek hidrogeológiája” szemlélet alkalmazhatósága igazolható a **bányászati tevékenységek által érintett**, eltérő földtani, vízföldtani és geokémiai adottságú **vízkészletek mennyiségi és minőségi kockázatainak** elemzése terén.

4, Szennyezőanyagok lokális transzport folyamatainak megértéséhez az elméleti megfontolások mellett elengedhetetlen a terepi mérések (1), laboratóriumi vizsgálatok (2) és transzport modellezési vizsgálatok (3) **együttes innovatív alkalmazása**.

5, **Környezeti izotópok terepi méréseivel igazolható** illetve számszerűsíthető, hogy a **szélsőségesse váló időjárási viszonyok** hatással vannak a felszín alatti vízforgalomra is. Vizsgálandó, hogy a beszivárgási viszonyok kedvezőtlenebbé válása miatt csökkenek-e a felhasználható felszín alatti vízkészletek, legyen akár szó az ivóvizekről vagy ásvány- és gyógyvizekről.

6. A fejlesztés célkitűzései

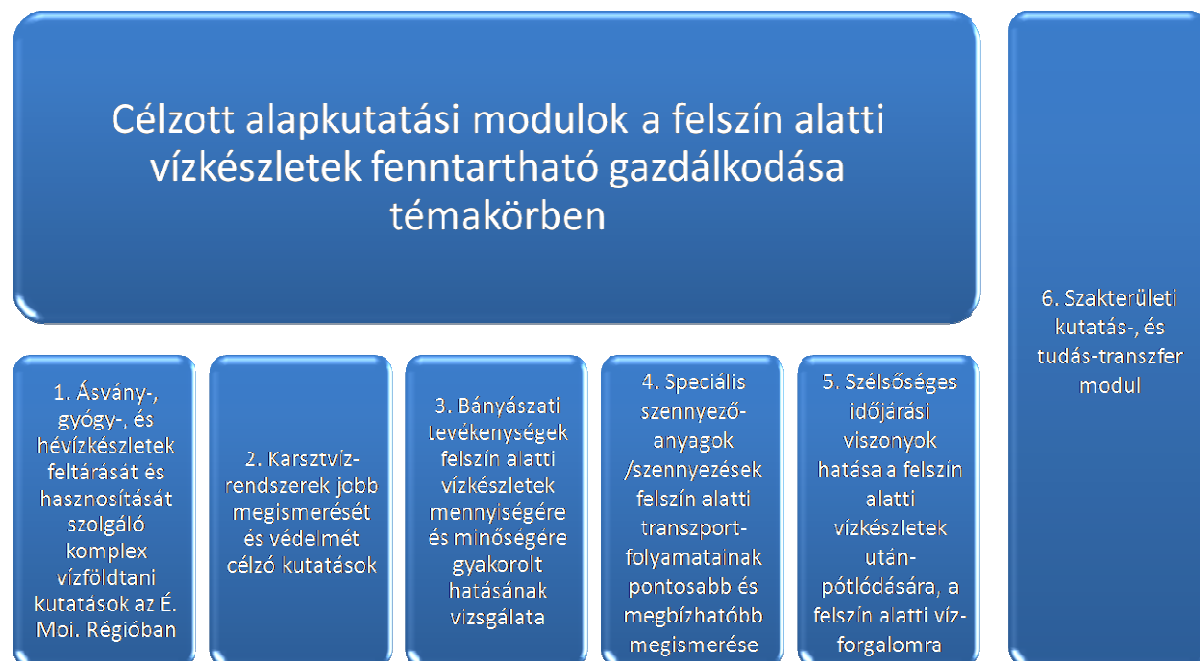
A fejlesztés keretében a felszín alatti vízkészletek mennyiségi és minőségi védelmét, illetve fenntartható hasznosítását szolgáló célzott alapkutatói projektet kívánunk megvalósítani. A korábban részletezett **alapvetést és kutatási hipotéziseket** szem előtt tartva az **alapkutatói tevékenységet igénylő**, és felszín alatti vízkészletekhez kötődő kérdések tisztázására az **Észak-Magyarországi Régió specifikumaiból kiindulva az alábbi 5 kutatási modul (4. ábra)** által kijelölt célokat kívánjuk elérni. Az egyes **kutatási modulok** egymást segítve és részben egymásra épülve biztosítják a **kutatás interdiszciplináris jellegét**, másrészt a **témacsoportok várható eredményei** a felszín alatti vízkészletek mennyiségi és minőségi védelmét, továbbá hasznosítását szolgálva **egységes rendszerbe foglalhatóak**.

A tervezett öt kutatási témacsoport:

1. Ásvány-, gyógy- és hévízkészletek feltárását és hasznosítását szolgáló komplex vízföldtani kutatások az Észak-Magyarországi Régióban
2. Hideg és meleg karsztvíztestek kapcsolatrendszerének jobb megismerését és védelmét célzó kutatások
3. A bányászati tevékenységek felszín alatti vízkészletek mennyiségére és minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata
4. Speciális szennyezőanyag/szennyezések felszín alatti transzportfolyamatainak pontosabb és megbízhatóbb megismerését segítő kutatások
5. Szélsőséges időjárási viszonyok hatása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra

Az 5 szakmai fejlesztési modul mellett a fejlesztés fontos eleme a pályázó intézmény **szakterületi tudástranszfer koncepciójának megtervezése** (6. modul). A létrehozott tudás

egyrészt a kutatócsoport európai hálózatépítő munkája révén a 2014-ben induló 8. keretprogram (Horizont 2020) pályázataiban tovább fejleszthető, míg más modulok kutatási eredményeit szakmai partnereink (piaci szereplők) tevékenysége által szabadalmi oltalom alatt tervezzük hasznosítani.



2. ábra: A kutatási program szakmai (1-5) és tudástranszfer (6) moduljai

A tervezett **öt témacsoport** esetében a **legfontosabb célkitűzések és kutatási feladatok** az alábbiak szerint adhatóak meg.

6. 1. Ásvány-, gyógy- és hévízkészletek feltárását és hasznosítását szolgáló komplex vízföldtani kutatások az Észak-Magyarországi Régióban

Az Észak-Magyarországi Régió nevének említése esetében az embereknek (de még a szakembereknek sem) általában nem az ásvány-, gyógy- és hévízkészletek jutnak az eszébe elsőként. A régió összetett és bonyolult földtani és hidrogeológiai viszonyai miatt ez a komplex témakör eddig alapvetően csak lokális szerephez jutott néhány területen, holott a természeti adottságok sokkal jobb helyzet alapjául is szolgálnak. **A tervezett kutatás** lehetőséget teremtene az igen összetett **természeti adottságok jobb megismerése**, valamint **a készletek feltárása és hasznosítása területein**, amely **komoly gazdasági és fejlődési lehetőségeket** nyithatna az **Észak-Magyarországi Régió több helyszínén** is az Új-Széchenyi Terv programjainak megfelelően.

Célkitűzések

- 1.) **Ásvány-, gyógy- és hévízkutatási metodika kidolgozása komplex földtani környezetre** földtani, geofizikai és hidrogeológiai módszerek együttes alkalmazásával.

- 2.) Az Észak-Magyarországi régióban az **ásvány-, gyógy- és hévíz készletek jövőbeli további feltárását, fenntartható termelését és hasznosítását szolgáló átfogó hidrogeológia háttér tanulmány elkészítése** a szakmai döntéshozók és beruházók részére. Emellett további fontos aspektus a régióban elhelyezkedő **határral osztott felszín alatti vízkészletek vízháztartási viszonyainak, valamint mennyiségi és minőségi jellemzőinek meghatározása.**
- 3.) **Átlagos geotermikus adottságokkal rendelkező térségek kis-, és közepes entalpiájú rendszereinek együttes alkalmazásán alapuló fenntartható és gazdaságos hő hasznosítási stratégiájának kidolgozása.**

Tervezett kutatási feladatok:

1. **Komplex földtani környezetben elhelyezkedő ásvány-, gyógy és hévízkészletek megkutatása és feltárása** geológiai, geofizikai és hidrogeológiai módszerek különböző kombinációjának együttes alkalmazásával, vízkutató célú **terepi mérések kivitelezése, speciális geofizikai módszer együttes kidolgozása.**
2. Vízháztartási vizsgálatokra alkalmas **regionális léptékű áramlási és hő transzport modellek készítése és kalibrációja (Kovács, Szanyi 2005)³⁸** az Észak-Magyarországi Régióban ásvány-, gyógyvíz és hévízkészletek értékelésére, a tényleges és feltételezett termelés, és a hasznosítás szimulációjára, a vízmérleg egyenletek pontosítására, a határ alatti vízforgalom meghatározására, továbbá a regionális és lokális léptékben hasznosítható ivóvíz, ásvány- és gyógyvíz, valamint a hévíz vízkészletek meghatározására.
3. A **fenntartható felszín alatti ásvány-, gyógy- és hévízkészlet-gazdálkodás kritérium rendszerének kidolgozása** az Észak-Magyarországon található felszín alatti víztestek vonatkozásában.
4. Regionális **geotermikus energia potenciál meghatározása, a potenciális hőpiac feltérképezése.**

6. 2. Hideg és meleg karsztvíztestek kapcsolatrendszerének jobb megismerését és védelmét célzó kutatások

A **karsztos vízádók** igen jelentős szerepet játszanak az Észak-Magyarországi Régióban. Elég, ha a **Bükk** összetett karsztvíz rendszereire, vagy az **Aggtelek** környéki, Szlovákiába is áthúzódó karszt vidékre gondolunk. Ugyanakkor a **nyílt karsztos területek** a vízellátás szempontjából **„veszélyes üzemnek” is tekinthetőek** a **sérülékenységgel** és a nagyon **gyors vízmozgások miatt**. A régió karszt területei másrészt nem elég megkutatottak földtani szempontból. Például nem ismerjük, hogy a Bükk-hegység alatt milyen mélységben találhatóak mészkő és dolomit kőzetek, nem ismerjük pontosan a mélybeli karsztosodási és áramlási viszonyokat. Az utóbbi időszakban a **vízbázisvédelem, a hideg és meleg karsztvíz-hasznosítás, a vidék vízműveinek vízellátási biztonságának** javítása területeken számos olyan **szakmai kihívás** került a szakemberek látókörébe, amelyek feltétlenül igénylik az alaputatási tevékenységeket.

Célkitűzések

³⁸ Kovács B., Szanyi J. (2005): Hidrodinamikai és transzport modellezés II. (Processing MODFLOW és Surfer for Windows környezetben.) Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Szegedi Tudomány Egyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, GÁMA-GEO Kft., 1-213.

- 1.) **Módszertani fejlesztés a hideg karsztvíz szintek és kitermelhető vízkészletek előrejelzése területén a víztermelők és a hatóságok részére a Bükk-hegység környezetében.**
- 2.) **A hideg és meleg karsztrendszer kapcsolatainak tisztázása** a Bükk-térségben, alapvetően a **további termálvíz** (hőmennyiség) kivételének, ill. az **ökológiai** (hideg karsztvíz) igényeknek a megnövekedése függvényében, tekintettel a klímaváltozás fluktuáló, igen szerteágazó, nagyon sok részletében még nem ismert hatásaira.
- 3.) A 15 magyarországi termálkarsztos víztest feltártságának ismeretében a **termálkarsztos víztestek termelhetőségének, a rétegvizekkel és a hideg karsztvizekkel való kapcsolatainak elemzése** komplex hidrogeológiai, vízkémiai, izotóphidrogeológiai, geofizikai, geotermikus és fúrástechnikai vizsgálatokkal.
- 4.) **Új metodika kidolgozása a bükki karsztvíz-készletek szennyezettségének ellenőrzésére a barlangokban felhalmozódott üledékeken megkötődött szennyezőanyagok vizsgálata alapján**

Tervezett kutatási feladatok

1. A 20 éve létrehozott Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) keretében az **adatok további gyűjtése, a mérőhelyek bővítése**, a meglévő adataink eddigieken túlmutató vizsgálata, **általánosítható hidrogeológiai összefüggések megfogalmazása**, a BKÉR adatai alapján az eddigiektől hatékonyabb, komplex, vízszinteken és nyomásszinteken, klimatológiai adatokon, termelési értékeken alapuló vízkészlet előrejelző rendszer kialakítása és működtetése a bükki víztermelő vállalatok és a hatóságok felé
2. A **termálkarsztokon** mélyített fúrásos feltárások, a kutak működtetéséből és ellenőrzéséből, az együttes (esetenként egymásra hatási) vizsgálatából nyert új adatok eddigieken túlmutató vizsgálata. Az eredmények alapján új terepi mérésekre vonatkozó javaslat, lehetőség szerint mérések elvégzése, azok eredményeinek feldolgozása, az általánosítható hidrogeológiai összefüggések megfogalmazása, termálkarsztvíz készletek meghatározása
3. A bükki töbrökben és barlangokban (mint üledékcsapdákban) felhalmozódott törmelékben lévő **szerves és szervesetlen szennyezők** műszeres, kvantitatív meghatározása, szerepének tisztázása, a nyert adatok alapján, szükség esetén vízbázisvédelmi javaslatok megfogalmazása

6. 3. A bányászati tevékenységek felszín alatti vízkészletek mennyiségére és minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata

A XX. század magyarországi **bányászati tevékenysége** összefonódott a **felszín alatti vizekre és/vagy a felszín alatti vizek által okozott hatásokkal**, így az **Észak-Magyarországi Régióban** is.

Az egykori ércbányák mindegyike sajátos és egyedi környezeti problémákkal terhelt a **rudabányai vasércbányászat** éveken át jelentős víztelenítéssel üzemelt, jelenleg a bányászat befejeztével az egykori magas érctartalmú meddők, korábbi fejtések nagykiterjedésű állóvizet vesznek körül, melynek potenciális és valós szennyező hatása máig ismeretlen. A recski mélyszinti és a sekély Lahóca-hegyi rézérc-testek termelésének felhagyását követően megkezdődött a bányaterek feltelése, azonban a hatások előrejelzése és a káros következmények kivédése tudományosan nem feltárt problémakör. Az egykori

Gyöngyösoroszi-Mátraszentimrei bányaterek feltárása folyamatban van, miközben a mélyben zajló hidrodinamikai és transzportfolyamatokat csak kismértékben ismerjük, a következmények, mint pl. az erősen savas bányavizek kibocsátása és semlegesítése napi probléma. Az egykori eocén barnakőszén bányászat sorsát is a víztelenítés ellehetetlenülése okozta, és hasonlóan fontos maradt a kérdés vizsgálata a gyöngyösvisontai és a bükkábrányi bányák térségében. A kitermelt nagymennyiségű felszín alatti víz hasznosíthatósága, az okozott környezeti hatások csökkentése a víz felszín alatti közegbe való visszajuttatásával gazdaságosan csökkenthető-e, van-e mód a bányászat által érintett nagy vízáadó képességű képződmények hozamának csökkentésére, amivel egyaránt csökkenthető a bányászat okozta környezeti kár és a bányászat költsége is.

A felsorolt példák mutatják, hogy a **bányászat és a felszín alatti vizek védelme**, a vízkészlet-gazdálkodás **két egymással erősen összefüggő terület**, ahol a folyamatok megértése, a jelenségek vizsgálata megalapozott **multidiszciplináris**: bányászati, mérnöki technológiai és vízföldtani ismereteket és kutatást kíván.

Célkitűzések

- 1.) **1. A bányászat és a felszín alatti a vízkészletek egymásra hatásának vizsgálata és értelmezése, multidiszciplináris (bányászati, mérnöki technológiai és vízföldtani) ismeretek bevonásával konkrét hazai bányaterületeken.**
- 2.) **2. Az EU Vízkeretirányelve (VKI) által a felszín alatti víztestek esetében megkövetelt jó állapot értelmezése és elérésének lehetőségei (mennyiségi és minőségi vízkészlet-gazdálkodás aspektusainak vizsgálata) kiválasztott hazai bányászati létesítmények esetében.**

Tervezett kutatási feladatok:

1. Felhagyott **bányatérsegeken, meddőhányókon átszivárgó felszín alatti vizek hatásainak vizsgálata**, a bányászati **meddők anyagának és a felszín alatti vizek kompatibilitásának meghatározása**, a **környezeti kockázatok előrejelzése** a kőzetek összetételének és a vízföldtani környezetnek ismeretében. A kilúgzási folyamatok geokémiai modellezése.
2. Külfejtési **bányaterek okozta hatások csökkentését célzó lehetséges eljárások kidolgozása**, valamint új technológiák kidolgozása a külfejtési bányák vízemelésének csökkentésére.
3. **Numerikus számítási metodika kidolgozása** karsztos vagy repedezett, illetve porózus tárolók térségében lejátszódó hidrodinamikai, geotechnikai és anyagtranszport-folyamatok leírására. Komplex végeselemes számítási algoritmusok szimultán alkalmazása a víztelenítés, a víztelenítés hatására bekövetkező tranziens áramlási térben a folyamatosan változó geotechnikai tulajdonságokkal jellemezhető földtani közegben.

6. 4. Speciális szennyezőanyag/szennyezések felszín alatti transzportfolyamatainak pontosabb és megbízhatóbb megismerését segítő kutatások

A hazai vegyipar igen jelentős fellegvárai helyezkednek el jelenleg is az **Észak-Magyarországi Régióban**. Emellett számos **múltbeli és jelenleg is zajló nehézipari és ipari tevékenység** környezeti hatásai még ma is igen **komoly kockázatokat** jelentenek a környezeti elemekre,

így a **felszín alatti vízkészletekre** is. A **transzport folyamatok** jobb megismerése és azok megbízható **szimulációja** vezethet csak megfelelő hatékonyságú **kármentesítési eljárások** kidolgozásához. Különösen nagy szakmai kihívást jelentenek az **ún. speciális szennyezőanyagok**, amelyek jobb megismerése érdekében - a nemzetközi trendeknek megfelelően - feltétlenül szükségesek az **új és összehangolt kutatások**.

Célkitűzések

- 1.) DNAPL típusú szennyezőanyagok **transzport folyamatainak jobb megismerése és modellezése.**
- 2.) A **szennyezőanyag transzport** és a szivárgás egyidejű vizsgálatára alkalmas DKS permeabiméter továbbfejlesztése speciális transzportfolyamatok vizsgálatára, reaktív gátak töltetanyagának vizsgálatára és minősítésére, hulladéklerakók szigetelőrendszerei egyenértékűségének meghatározására.
- 3.) **Passzív mintavételezési eljárás** bevezetése a hazai vízminőségi monitoringba.
- 4.) **Nem permanens** (időben folyamatosan változó) szivárgás során kialakuló **szennyezőanyag** (és hő-) **transzport** vizsgálata különös tekintettel a parti szűrészű rendszerek szennyezőanyag-dinamikájára.

Tervezett kutatási feladatok:

1. **DNAPL** típusú szennyezőanyagok **modellezési módszertanának fejlesztése**, transzport folyamatok jobb megértése.
2. DKS permeabiméterre alapozott **laboratóriumi mérések áteresztőképesség és szennyezőanyag transzport együttes vizsgálata** céljából, reaktív gát töltetanyagok **szennyezőanyag megkötő képességének minősítésére.**
3. Passzív mintavételezési eljárás illesztése a Bükki karszt rendszer szennyezettségi monitoringjába.
4. A felszíni és felszín alatti vizek kontaktzónájában bekövetkező transzportfolyamatok, a csóvadinamika értelmezése, jellemzése. A felszíni vizek vízállásváltozásainak hatásvizsgálata a felszín alatti vizekben bekövetkező transzportjelenségekre.

6. 5. Szélsőséges időjárási viszonyok hatása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra

Bár már készültek különböző **forgatókönyvek a szélsőséges időjárási viszonyok előrejelzésére** Magyarország területére, a **felszín alatti vízforgalomra gyakorolt hatásokat** azonban sem országosan, sem régió léptékben **nem ismerjük pontosan**. A hazai ivóvízellátás **biztonsága**, a felbecsülhetetlen értékű **ásvány-, gyógy- és hévíz készleteink jövőbeli alakulása és hasznosítása** miatt a **természetes utánpótlódási kérdések tisztázása tudományos kutatómunkára alapozva** feltétlenül szükséges. A **környezeti izotópok** még szélesebb körű alkalmazása a hidrogeológiában **új kutatási irányok megjelenését kívánja**.

Célkitűzések

- 1.) Az Észak-Magyarországi Régióban kiválasztott teszt területen **indikátor és monitoring rendszer fejlesztése, illetve kialakítása**, amivel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárási és vízgazdálkodási következményei a felszín alatti vizek tekintetében.
- 2.) A **felszín alatti vizek utánpótlódásának az eddigieknél pontosabb meghatározása környezeti izotópok, valamint hidrogeológiai modellezés kombinált alkalmazásával** az Észak-Magyarországi Régióban 2-3 teszt terület bevonásával.
- 3.) A **szélsőséges időjárási jelenségek által** az Észak-Magyarországi Régió felszín alatti vízkészleteire gyakorolt lehetséges hatások - **forgatókönyvek kidolgozása, a** kutatási eredmények birtokában **javaslatok készítése az Észak-Magyarországi felszín alatti vízkészlet gazdálkodási stratégia jövőbeli módosítására.**

Tervezett kutatási feladatok:

1. A felszín alatti vizek **utánpótlódási viszonyainak meghatározása környezeti izotópok alkalmazásával. Környezeti izotópok** kimutatására irányuló **terepi mérések** végzése.
2. **Szélsőséges időjárási viszonyok hatásának meghatározása** a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra.
3. **Környezeti izotópok alkalmazásának lehetőségei hidrodinamikai modellek kalibrációjában.**

7. Vizsgálati módszerek

Az 5 modul munkahipotézisét és vizsgálati módszereit és a kutatási eredmények várható hasznosulásának típusait a 2. sz. táblázatban foglaltuk össze strukturáltan. Az alábbi szöveges leírásban inkább módszertani csoportosításban mutatjuk be vizsgálati módszereinket. .

A pályázatban megfogalmazott kutatási feladatok megvalósítása során a legmagasabb technikai színvonalat képviselő **hidrogeológiai kutatási módszerek** mellett a kutatói team összetételének megfelelően igen széles tárházát kívánjuk bevonni egyéb **elméleti és alkalmazott földtudományi eljárásoknak és technikáknak**. Az ásvány-, gyógy és hévízkutatás aspektusainak kidolgozása során **szimultán földtani, ásványtani, geofizikai, geokémiai és hidrogeológiai kutatási módszereket kívánunk együtt alkalmazni** egy-egy kutatási terület specifikumait innovatív módon figyelembe véve. A terepen alkalmazható **hidrogeológiai** valamint **földtudományi mérési**, továbbá **laboratóriumi módszerek** mellett különböző **analitikus és numerikus modellezési eljárásokat** (Processing MODFLOW, Processing Shemat, Groundwater Modeling System, FEFLOW), így pl. hidrodinamikai és hő transzport modellezési eljárásokat is kívánunk alkalmazni. Fontos feladatunk a DNAPL típusú szennyezők transzport folyamatainak jobb megismerése a GMS szoftver UtChem modulja segítségével. A **magas szintű numerikus szimulációk alkalmazása** ma már elengedhetetlen kelléke a hidrogeológiai kutatásoknak, illetve a megfelelő szakmai döntéshozatalnak. A **sokrétű földtudományi eljárások együttes alkalmazása új adatfeldolgozási és értelmezési metodika kidolgozását is szükségessé teszi (Steiner 1997)³⁹**. A különböző típusú földtani adatokat és információkat **egységes adatbázisban** kezelni, amely lehetővé teszi a **Műszaki Földtudományi Karon** kidolgozott, **speciális geomatematikai és geostatistikai módszerek**

³⁹ Steiner F. (ed.) (1997): Optimum methods in statistics. Akadémia Kiadó, Budapest. 1-370.

hatékony alkalmazását is a kutatásba bevont szakemberek számára (Szűcs, Civan, Virág 2006)⁴⁰. A tervezett kutatási feladatokban a **geofizikai módszerek** közül elsősorban az alacsonyabb fajlagos költségű gravitációs, mágneses és geoelektromos módszerek speciális kombinált alkalmazása vezethet eredményre.

A bükki terepi vizsgálatok alapja a 20 éve fennálló és bővítendő BKÉR keretében az adatok további gyűjtése, melyek alkalmasak általánosítható hidrogeológiai összefüggések megfogalmazására, majd azok használható formájú közkinccsé tételére. A főleg a hideg karsztvizekre vonatkozó terepi kutatások kibővítését jelenti a termálkarsztokon történt fúrások feltárási, működtetési, ellenőrzési, egymásra hatási vizsgálati adatokból általánosítható hidrogeológiai összefüggések megfogalmazása, azok közkinccsé tétele. A hideg és meleg kapcsolódó karsztvízrendszer folyamatos kutatása alapján (kiegészítve a klímamérésekkel) lehetőség nyílik az eddigiektől hatékonyabb komplex termelési előrejelző rendszer kialakítása és működtetése a bükki víztermelő vállalatok és a hatóságok felé. Az emberi létesítményeken (kutakon, aknákon, forrásfoglalásokon) kívül a terepi vizsgálatok adott helyszínei a töbrök és barlangok, ahol, mint üledékcsapdákban felhalmozódott törmelékben lévő szerves és szervetlen szennyezők műszeres, kvantitatív meghatározása, szerepének tisztázása történik meg, szükség esetén vízbázisvédelmi javaslatok megfogalmazásával.

A környezeti izotópok alkalmazásának igen jelentős szerepe lehet a felszín alatti áramlási rendszerekhez, illetve a természetes utánpótlódás meghatározásához kapcsolható 1. és 5. kutatási témacsoportokban. A stabil és radioaktív izotópok terepi mérésére támaszkodó vizsgálatok segítségével jelentős új eredmények várhatók a felszín alatti vizekkel kapcsolatos folyamatok jobb megértésében. A környezeti izotópok igen kis koncentrációja miatt igen nagy a jelentősége a terepi mintavételnek, illetve a laboratóriumi méréseknek. Ezen a területen kimagasló hazai és nemzetközi referenciákkal rendelkezik az MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriuma Dr. Palcsu László vezetésével, akinek munkájára és tapasztalataira a projekt megvalósítása során is számítunk.

A felhagyott bányatérsegek, meddőhányók környezetében a kiválasztott teszterületeken jelentősen eltérő geokémiai folyamatok alakulnak ki, aminek laboratóriumi nagyminta-kísérletek (oszlopkísérletek) segítségével történő vizsgálatát végezzük el. A vizsgálatokat doktorandusz hallgatónk végzi el a Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Intézete munkatársainak bevonásával. A jellemző értékek folyamatos méréssel való követése során felvett karakterisztikát a Freibergi Egyetemen kidolgozott (Prof. Brodel Merkel) geokémiai számítási metodikával szimuláljuk. A kidolgozott modellel a legkisebb környezeti hatásokat előidéző rendszerek paramétereit határozzuk meg.

⁴⁰ Szucs P., Civan F., Virag M. (2006): Applicability of the most frequent value method in groundwater modeling. Hydrogeology Journal (2006), 14: 31- 43, Springer- Verlag.

2. sz. Táblázat: a Kutatási modulok hipotézisei és alkalmazandó kutatási módszerek

Srsz	Kutatási modul neve	Munkahipotézis	Vizsgálati módszerek	Várható eredmények			
				Tanulmány, módszertani útmutató	Termék/szolgáltatás ipari partner számára	További konzorcialis kutatás (pl. FP8) alapjául szolgáló szellemi termék	Várható jogszabályi/hatósági befolyás
1.	Ásvány-, gyógy- és hévízkészletek feltárását és hasznosítását szolgáló komplex vízföldtani kutatások az Észak-Magyarországi Régióban	A XX. sz második felében kidolgozott „áramlási rendszerek hidrogeológiája” elmélet mérnöki alkalmazhatósága és műszaki konzekvenciái konkrétan megfogalmazhatóak a hazai ásvány-, gyógy- és termálvízkészletek kutatása és fenntartható hasznosítása területére.	Komplex földtani környezetben elhelyezkedő ásvány-, gyógy és hévízkészletek megkutatása és feltárása geológiai, geofizikai és hidrogeológiai módszerek különböző kombinációjának együttes alkalmazásával, vízkutatói célú terepi mérések kivitelezése, speciális geofizikai módszeregyüttes kidolgozása.	++	++	+	
			Vízháztartási vizsgálatokra alkalmas regionális léptékű áramlási és hő transzport modellek készítése és kalibrációja az Észak-Magyarországi Régióban ásvány-, gyógyvíz és hévízkészletek értékelésére, a tényleges és feltételezett termelés, és a hasznosítás szimulációjára, a vízmérleg egyenletek pontosítására, a határ alatti vízforgalom meghatározására, továbbá a regionális és lokális léptékben hasznosítható ivóvíz, ásvány- és gyógyvíz, valamint a hévíz vízkészletek meghatározására.	++	+	+	
			A fenntartható felszín alatti ásvány-, gyógy- és hévízkészlet-gazdálkodás kritérium rendszerének kidolgozása az Észak-Magyarországon található felszín alatti víztestek vonatkozásában.	++	++	++	+
			Regionális geotermikus energia potenciál meghatározása, a potenciális hőpiac feltérképezése	++	++	+	
2.	Hideg és meleg karsztvíztestek kapcsolatrendszerének	A Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszéke által több mint 20 éve üzemeltetett bükki	a hideg és meleg karszt rendszerek egymáshatásának vizsgálata/pontosítása a közelmúlt nagymélységű kutak kiképzésével keletkezett új földtani, vízföldtani és kúthidraulikai adatok feldolgozása által	++	+	++	+

	jobb megismerését és védelmét célzó kutatások	karsztvíz monitoring rendszer fejlesztésével egy általánosan (más karszt rendszerekben is) használható kitermelhető vízkészlet előrejelző módszertan adható meg	Karszt rendszerek vízminőségi monitoringjának kidolgozása természetes (barlangi szedimentek) és mesterséges (passzív mintavételi cellák) szennyezőanyag „csapdák” alkalmazásával	+	+	++	+
			Általánosan (más karszt rendszerekben is használható) kitermelhető vízkészlet előrejelző módszertan elkészítése	++	++	+	
3.	A bányászati tevékenységek felszín alatti vízkészletek mennyiségére és minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata	Az „áramlási rendszerek hidrogeológiája” szemlélet alkalmazhatósága igazolható a bányászati tevékenységek által érintett, eltérő földtani, vízföldtani és geokémiai adottságú vízkészletek mennyiségi és minőségi kockázatainak elemzése terén.	Felhagyott bányatérsegeken, meddőhányókon átszivárgó felszín alatti vizek hatásainak vizsgálata, a bányászati meddők anyagának és a felszín alatti vizek kompatibilitásának meghatározása, a környezeti kockázatok előrejelzése a kőzetek összetételének és a vízföldtani környezetnek ismeretében. A kilúgzási folyamatok geokémiai modellezése.	+	++	+	
			A külfejtéses rendszerek környezeti hatásainak csökkentése szimulálható komplex, a vízföldtani, geotechnikai és valamennyi víz-kőzet kölcsönhatást magában foglaló numerikus számítási rendszerekkel, amelyek terepi mérési eredményeken és laboratóriumi nagyminta-vizsgálatok eredményein alapulnak.	+	++		+
			Numerikus számítási metodika kidolgozása karsztos vagy repedezett, illetve porózus tárolók térségében lejátszódó hidrodinamikai, geotechnikai és anyagtranszport-folyamatok leírására. Komplex végeselemes számítási algoritmusok szimultán alkalmazása a víztelenítés, a víztelenítés hatására bekövetkező tranziens áramlási térben a folyamatosan változó geotechnikai tulajdonságokkal jellemezhető földtani közegben	++	+	++	
4.	Speciális szennyezőanyag/szennyezések felszín alatti transzportfolyamatainak pontosabb és megbízhatóbb megismerését segítő kutatások	Szennyezőanyagok lokális transzport folyamatainak megértéséhez elengedhetetlen a terepi mérések, laboratóriumi vizsgálatok és transzport modellezési vizsgálatok együttes innovatív alkalmazása.	A ME-en kidolgozott új típusú (humín sav tartalmú töltetű) reaktív gátak CRC vizsgálata a Jessberger által kifejlesztett DKS permeabiméterrel	+	++	+	
			A passzív mintavételezési eljárás illesztése hazai vízminőségi monitoring gyakorlatba	+	+	++	+
			Parti szűrészű rendszerek esetleges szennyezéseinek mozgását az eltérő genetikájú víztetek kontaktzónájában nem permanens modellezési feladatként értelmezzük	+	++	++	+
			DNAPL szennyezések modellvizsgálata UTCHEM (és más transzport modulok) segítségével	++		++	
5.	Szélsőséges időjárási viszonyok hatása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra	Környezeti izotópok terepi méréseivel igazolható, illetve számszerűsíthető, hogy a szélsőségesse váló időjárási viszonyok hatással vannak a felszín alatti vízforgalomra is. Vizsgálandó, hogy a beszivárgási viszonyok kedvezőtlenebbé válása miatt csökkennek-e a felhasználható felszín alatti vízkészletek, legyen akár szó az ivóvizekről vagy ásvány- és gyógyvizekről.	A felszín alatti vizek utánpótlódási viszonyainak meghatározása környezeti izotópok alkalmazásával. Környezeti izotópok kimutatására irányuló terepi mérések végzése.	++	++	++	
			Szélsőséges időjárási viszonyok hatásának meghatározása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra.	++	+	++	
			Környezeti izotópok alkalmazásának lehetőségei hidrodinamikai modellek kalibrációjában.	++	+	+	

Külfejtéses bányaterek okozta hatások csökkentését célzó lehetséges eljárások kidolgozása. A külfejtések környezetében működő hidraulikai monitoring rendszerek tapasztalatai, illetve a kutatás során telepítendő mérőrendszer adatainak felhasználásával végeselemes modellt építünk SVOoffice/SVFlux modellkörnyezetben. Egyidejűleg meghatározzuk a vízszintsüllyesztés hatására bekövetkező kompakció mértékét is (SVoffice/SVsolid szoftverrel, amit az ME MFK agrogeotechnikai és kőzetmechanikai laboratóriumaiban végzett talaj és kőzetmechanikai mérésekkel (hagyományos és dinamikus triaxiális, ödométeres mérések, hullám-terjedési sebesség mérések) is alátámasztunk. Meghatározzuk a hidraulikai hatásokban domináns tényezőket, és javaslatot dolgozunk ki a leginkább vízkészlet kímélő, a külfejtéses bányák vízemelésének csökkentésével működő bányászati módszerekre, miközben megvalósítási javaslatot adunk a kitermelt vizek ivóvízként vagy hőforrásként történő alkalmazására. Kidolgozzuk a bányaterek víztelenítő kútjai védőidomának meghatározási metodikáját, mely alkalmazkodik a hatályos jogszabályi környezethez, ugyanakkor lehetővé teszi a kitermelt jó minőségű felszín alatti vízkészlet ivóvízellátásban történő hasznosítását is.

Az SVOoffice rendszer használatával egy pilot rendszert alakítunk ki, melyben egyidejűleg végzünk számításokat a víz-kőzet kölcsönhatások valamennyi területén. Egyszerre végzünk (1) a földtani környezetben feszültségátrendeződést okozó víztermeléshez köthető folyamatokra vonatkozó számításokat, (2) a feszültségeloszlások változásának hatásra bekövetkező tömörödés szimulációját, (3) a tömörödés hatására megváltozó talajmechanikai és geotechnikai paraméterek mellett a munkagödör falának állékonyságára vonatkozó számításokat, (4) a kivett felszín alatti vizek hőhasznosítása után visszajuttatott vizek hőmérséklet-változtató hatásának szimulációját. Elvi jellegű számításokat végzünk karsztos és porózus rendszerek esetén kialakuló környezeti hatások szimulációjára, mely metodika kidolgozásánál tekintettel leszünk a PannErgy Zrt. által jelenleg megvalósuló Mályi-Kistokaji Geotermikus Rendszer környezetének vizsgálati igényeire is.

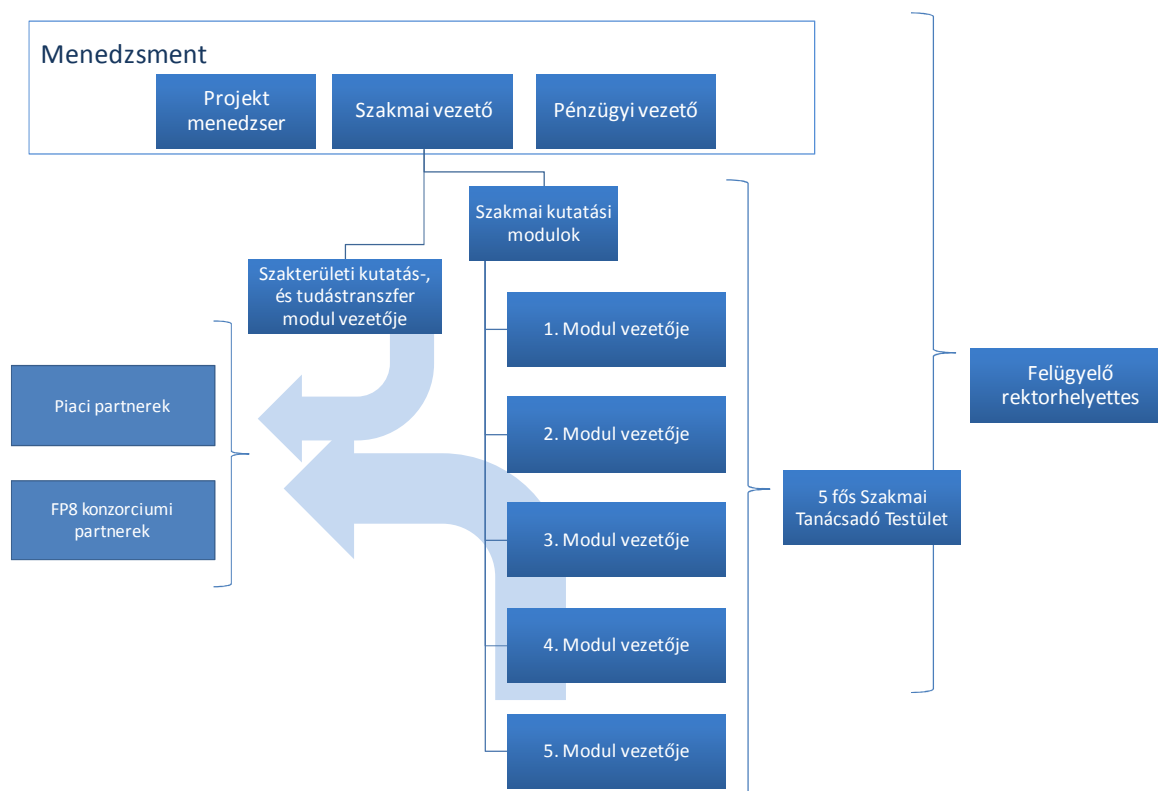
A kutatói csoport több tagja által korábban kidolgozott új típusú (humín sav tartalmú töltetű) reaktív gátak (PRB) vizsgálatához – feltételezésünk szerint - jól alkalmazható a Jessberger által kifejlesztett DKS permeabiméter, mivel azzal áteresztőképesség vizsgálatok és szennyezőanyag áttörési vizsgálatok egyszerre végezhetőek el, különböző transzport jelenségek részletes megadása mellett. Az eszköz legyártása, továbbfejlesztése és alkalmazási protokolljának kidolgozása a kutatási modul egyik fontos rész célja és a reaktív gátak tervezésének egy fontos háttérvizsgálata lehet. A reaktív gátak vizsgálata mellett hulladéklerakók szigetelőrendszereinek vizsgálatára is ideálisnak tartjuk a hazánkban korábban nem alkalmazott DKS permeabimétert, mivel a szigetelőrendszerek egyenértékűségét biztosító kumulált szennyezőanyag-transzport megadására is alkalmas. Az áttörési görbék során kapott transzport paraméterek a gát méretezés modellezési feladatainál használhatók fel.

A passzív mintavételezési eljárás hazánkban nem, de egyes európai országokban felszíni és felszín alatti vizek monitorozására elterjedten használt, szennyező-specifikus membránokra alapozott hosszabb időtartamra vonatkoztatható mintavételezési eljárás. A pillanatszerű mintákkal szemben pontosabb információt nyújt pl. humán kockázatbecslések adatszükségletei számára. Az eljárás illesztése hazai monitoring rendszerekbe egy, a projektben felvállalt alapkutatási feladat.

A hazai vízellátásban lokálisan fontos szerepet kapó (és egyre hangsúlyosabb) parti szűrésű rendszerek jobb megismerése egyaránt célja víztermelő szolgáltatóknak és a fogyasztóknak is. Az esetleges szennyezések mozgásának vizsgálata az eltérő genetikájú víztestek kontaktzónájában eddig nem vizsgált, nem permanens modellezési feladat.

8. Szakmai irányítás, megvalósítás és kapcsolatrendszer

A projekt szervezeti és kapcsolati felépítését az 5. ábrán mutatjuk be. A projekt adminisztratív és pénzügyi vezetéséért Dr. Madarász Tamás egyetemi docens projektmenedzser és Kandi Zsolt megbízott pénzügyi vezető felel. A szakmai vezetést és koordinálást Dr. Szűcs Péter (DSc) a Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék tanszékvető egyetemi tanár látja el. A projekt intézményi felügyeletét Dr. Deák Csaba Stratégiai és Fejlesztési Rektorhelyettes látja el. A menedzsment munkáját az egyetemen működő TÁMOP TÉKED projektüggyviteli csoport fogja 2 főállású munkatárssal támogatni.



4. ábra: A projekt menedzsment és a szervezeti felépítés

Az alapkutatás és célzott alapkutatás jellegéből adódóan a projekt megvalósítása során több olyan szakmai kérdés, döntéshelyzet kerülhet elő, ami a kutatás folytatásának fő irányait, kimenetelét és sikerét érinti. Ezeknek a kérdéseknek a véleményezésére – és a projekt szakmai felügyeletének az ellátására – egy **Szakmai Tanácsadó Testületet** hozunk létre, amelynek felkért tagjai: **Mádliné Dr. Szőnyi Judit**, egyetemi docens, ELTE; **Dr. Szanyi János** egyetemi docens Szegedi Tudomány Egyetem; **Vancsura Miklós**, a Magyar Fürdőszövetség elnöke; **Gilyén Elemér**, Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozatának elnöke és

dr. Perger László, főosztályvezető, Nemzeti Környezetügyi Intézetből (3. sz. Táblázat) . Az ő felügyeletük mellett lesz lehetőség - a szakmai vezetővel és a modulvezetőkkel együttműködve - a modulokhoz rendelt „Előre nem látható K+F szolgáltatások”-ként jelzett költségvetési tételek költségére. A tervezett alap kutatás **magas színvonalának biztosítása** érdekében **az egyes kutatási témacsoportokban (modulokban) a szakmai vezetést** hazai és nemzetközi szinten is elismert kutatók végzik.

3. sz. Táblázat: A projekt megvalósítás és felügyelet személyi összetétele

Megvalósítás		Felügyelet	
Feladat	Név	Szakmai felügyelet	Projekt felügyelet
Szakmai vezető	Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár, az MTA doktora	Tanácsadó Testület: - Mádliné Dr. Szőnyi Judit , egyetemi docens, ELTE - Dr. Szanyi János , egyetemi docens Szegedi Tudományegyetem - Vancsura Miklós , Elnök, Magyar Fürdőszövetség - Gilyén Elemér , Elnök Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozat - dr. Perger László , Főosztályvezető, Nemzeti Környezetügyi Intézet	Dr. Deák Csaba Stratégiai és Fejlesztési Rektorhelyettes
Modulvezetők	Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár, az MTA doktora		
	Dr. Lénárt László, egyetemi docens, PhD		
	Dr. Kovács Balázs, egyetemi docens, PhD		
	Dr. Madarász Tamás egyetemi docens, PhD		
	Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár, az MTA doktora		
	Schupler Helmuth, ügyvezető igazgató		
Projekt menedzser	Dr. Madarász Tamás egyetemi docens, PhD		
Pénzügyi vezető	Kandi Zsolt I.K.Sz. 98 Kft.		

A fejlesztésünk **meggyőződéses célkitűzése, hogy minél magasabb számban vonjunk be fiatal kutatókat a kutató teamekbe. BSc és MSc hallgatók bevonása mellett, PhD hallgatók, predoktorok és postdoktor kutatók** is részt vesznek majd minden kutatócsoportban, mivel ezt a leghatékonyabb kutatói utánpótlás nevelési eszköznek látjuk. A **Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának kutatói mellett számos partner egyetem és vállalati kutatót is bevonunk a témacsoportok szakmai vezetésébe** konkrét célfeladatok ellátására. A megvalósítás két éve alatt a projektbe bekapcsolódó kutatók összlétszáma (hallgatók nélkül) megközelíti a 70 főt. Az 5 kutatási modul és a 6. kutatás-, és tudásmenedzsment modul vezetőjének, bevont fiatal és tapasztalt kutatóinak a nevét, valamint **a partneri kapcsolatokat** a 4. táblázat mutatja be.

Bár a Miskolci Egyetem önállóan nyújtotta be pályázatát, de már a célrendszer meghatározásakor is több hazai és nemzetközi együttműködő partnert/személyt nevesített közreműködőként vontunk be a pályázatba. Az együttműködések egy része – készülve a Horizont 2020 tervezési időszak felhívásaira - a nemzetközi hálózatosodás tudatos erősítését szolgálja, másik csoportja az ipari kapcsolatokat és K+F- együttműködések erősíti. A projekt tudatos kapcsolatot épít hatósági szereplőkkel is, mivel néhány tématerületen számítunk olyan eredményekre, amik szakterületi jogi és hatósági kérdésekre is hatással lehetnek. A pályázat megvalósítására létrehozott partnerség a kutatáshoz szükséges teljes szakmai kompetenciáit lefedi. A kitűzött feladatok egy részét (a fejlesztések összértékének 13%-a) partnerségbe bevont szakértők vagy alvállalkozók útján fogjuk megvalósítani, akik egyes részfeladatokhoz kapcsolódó célzott K+F tevékenységet végeznek majd, illetve terepi, laboratóriumi mérések, szakmai szolgáltatások kivitelezését vállalják.

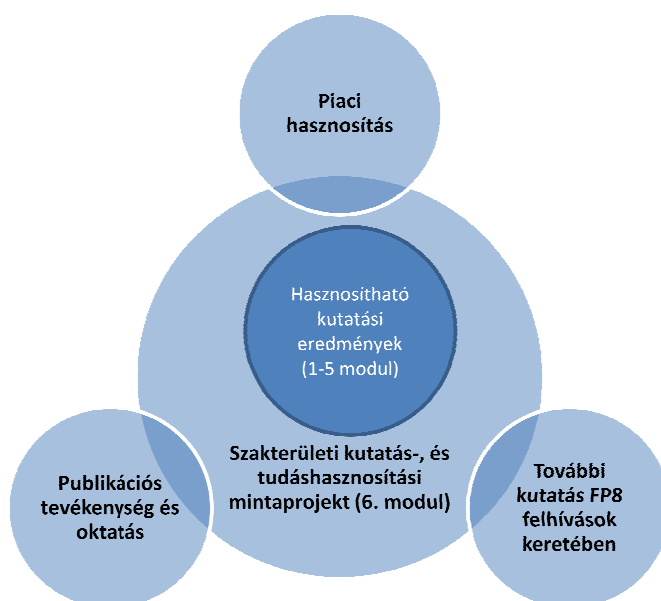
4. sz. Táblázat: A kutatási modulok személyi összetétele, bevont vezető és fiatal kutatók, partnerintézmények

Sors zám	Modulvezető neve, beosztása	Tapasztalt kutatók neve, beosztása	Bevont fiatal kutatók	Potenciális/bevont Partner Intézmények
1.	Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár, az MTA doktora	Dr. Székely Ferenc, az MTA doktora Dr. Less György, egyetemi tanár, az MTA doktora Dr. Gyulai Ákos, egyetemi tanár, az MTA doktora Dr. Bobok Elemér, professzor emeritus, az MTA doktora Dr. Kovács Balázs, egyetemi docens, PhD	Fejes Zoltán, PhD hallgató Kompár László, PhD hallgató Gonda Nóra, PhD hallgató Zákányi Balázs, egyetemi tanársegéd	ÉKÖVIZIG, Ásványvíz szövetség, Magyar Fürdőszövetség, Pannergy NyRt, Szegedi Tudományegyetem, ELTE, Montanuniversitaet LEOBEN, University of Freiberg
2.	Dr. Lénárt László, egyetemi docens, PhD	Dr. Juhász József, professzor emeritus, az MTA doktora Dr. Dobróka Mihály, egyetemi tanár az MTA doktora Dr. Cserny Tibor, PhD	Darabos Enikő, PhD hallgató Sűrű Péter, PhD hallgató	Bükk-térség víztermelői, ÉKÖVIZIG, Energie AG, VIKUV, Geolog, Bükk-térségi fürdők (Miskolc, Eger, Mezőkövesd, Bogács, Egerszalók, Demjén) Kassai Műszaki Egyetem; Kolozsvár, Babes-Bolyai Egyetem; Nyugat-magyarországi Egyetem (Szombathely)
3.	Dr. Kovács Balázs, egyetemi docens, PhD	Dr. Kovács Ferenc, professzor emeritus, az MTA rendes tagja Dr. Debreczeni Ákos, egyetemi docens, PhD Dr. Földessy János, egyetemi tanár, PhD Dr. Broder Merkel, egyetemi tanár, PhD, Technical University of Freiberg	Kántor Tamás, PhD hallgató Mikita Viktória, PhD hallgató Makó Ágnes, PhD hallgató Tóth Márton, PhD hallgató	Rotaqua Kft., ME Zrt, Mecsekérc Zrt, MecsekÖko, Freibergi Bányászati Egyetem, Mátrai Erőmű ZRt; MFK laboratóriumok, ÉKÖVIZIG, ÉMKTVF, Szegedi Tudományegyetem
4.	Dr. Madarász Tamás egyetemi docens, PhD	Dr. Szabó Imre, egyetemi tanár, PhD Dr. Kovács Balázs, egyetemi docens, PhD Dr. Daniela Sager, post doc, PhD, Ausztria Dr. Turai Endre, egyetemi docens, PhD Dr. Lakatos János, egyetemi docens, PhD	Zákányi Balázs, egyetemi tanársegéd Tóth Andrea Trauer Norbert Székely István, MSc hallgató	University of Umea; Montanuniversität Leoben, Szent István Egyetem, Háromkör Delta Kft., Mecsek-Öko Zrt., NICOLE, BGT Hungaria Kft., BorsodChem Zrt., MOL Nyrt,
5.	Dr. Szűcs Péter, egyetemi tanár, az MTA doktora	Dr. Deák József, PhD Dr. Lénárt László, egyetemi docens, PhD Dr. Kovács Balázs, egyetemi docens, PhD	Kompár László, PhD hallgató Fejes Zoltán, PhD hallgató	ÉKÖVIZIG, ATOMKI, MIVIZ, FeTiKÖVIZIG, Szent István Egyetem
6.	Schupler Helmuth	Dr. Madarász Tamás, egyetemi docens	Darabos Enikő, PhD hallgató, Kompár László, PhD hallgató, Zákányi Balázs, egyetemi tanársegéd	Uniflexys Kft.

9. Új tudományos eredmények, és hasznosítási lehetőségek

A projekt kutatási feladatainak kivitelezése mellett **egyéb kapcsolódó tevékenységek** is a fejlesztés szerves részei (5. ábra):

- 1, Kutatási-, és tudáshasznosítási terv elkészítése – szakterületi tudáshasznosítási mintaprogram elindítása
- 2, Nemzetközi hálózatépítés, az európai kapcsolatrendszer kibővítése
- 3, Kutatási eredmények piacosítása, a piaci szereplőkkel való együttműködés katalizálása
- 4, Minőségi publikációs tevékenység ösztönzése



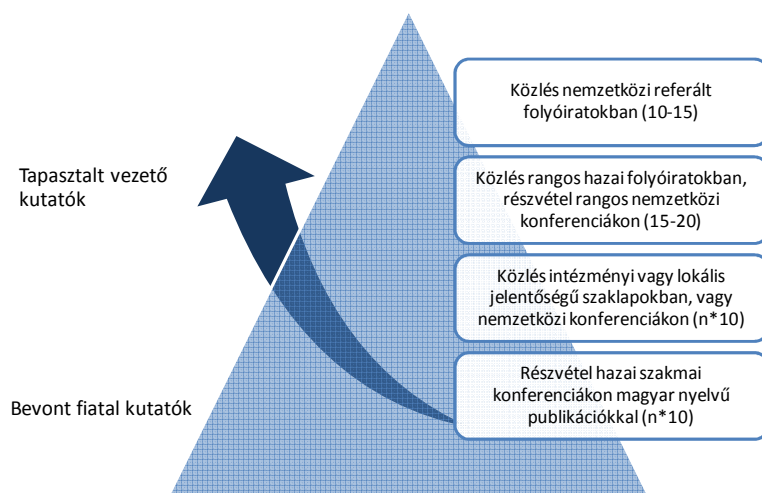
5. ábra: A projekt tudáshasznosítási koncepciója

Az **ipari bevezetéshez közel álló, és piaci értékkel bíró eredményeket** a vállalati szférával együttműködve – az újonnan kialakítandó tudástranszfer programmal összhangban – keressük a kölcsönösen érdekelt piaci hasznosítás lehetőségét, három esetben szabadalmi bejelentést készítünk elő. Célunk, hogy a Miskolci Egyetem szakterületi tudása és kutatási potenciálja a gazdasági szféra szereplői számára könnyen elérhető legyen. Az ehhez szükséges gondolkodásmódbeli és ügyviteli változtatások kidolgozása a projektbe bevont UNI-FLEXYS Kft feladata. Ennek fontos eredménye lehet az egyetem piaci versenyképességének növelése.

A **piaci bevezetéstől még messze álló eredmények** egy - arra érdemes - részét nemzetközi kapcsolatainkkal közreműködve FP8-as konzorciumi kutatásokban fejlesztjük tovább, amennyiben más szakmai kutatóhelyekkel össze tudunk azok megvalósításában kapcsolódni. A bár jelen fejlesztésben a bevont kutatók jelentős keretprogrambeli pályázati gyakorlattal rendelkeznek, a Miskolci Egyetem európai uniós pályázati jelenléte méltatlanul alacsony. A projekt erőforrásainak kb. 7-8%-át azzal a céllal kívánjuk felhasználni, hogy az egyetem

kutatóinak nemzetközi láthatóságát növeljük. Ennek konkrét eszközei lehetnek az FP8-as felhívások előkészületeként rendezendő partnerkereső rendezvényeken és szakmai „knowledge brokerage” eseményeken való részvétel, a korszerű web alapú szakmai hálózatépítő eszközök használata (linkedin, plaxo, stb.) és egy átgondolt publikációs stratégia megvalósítása.

A kutatóink a projekt eredményeit intenzív és célzott publikációs tevékenységgel kívánják közzéadni a hazai és nemzetközi szakmai fórumokon. Publikációs stratégiánkban helyet kapnak a bevont fiatal kutatók, a PhD-vel rendelkező kutatók és a kiváló tapasztalt kutatók publikációs tevékenységének megfelelő eszközök is. Fontos elv, hogy a tapasztalt kutatók publikációs gyakorlatukat átadják a fiatalabbaknak, illetve társszerzős szakmai folyóirat cikkek készítése által bevezessék őket is a nemzetközi szakmai közéletbe. Publikációs stratégiánkat a 6. ábrán szemléltetjük. Megvalósításával célunk, hogy a kutatóink nemzetközi publikációs láthatóságát jelentősen növeljük oly módon, hogy a bevont kutatók kumulált impakt faktor mutatójának összegét a projekt futamideje alatt 12%-kal növeljük (elfogadott publikációk alapján).



6. ábra: A Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszékének publikációs stratégiája

A fentiekben túl tudáshasznosítási modul általános feladata az lesz, hogy a kutatási eredményeket, előrejelzéseket a társadalom minden érintett szféráját (kutatási, oktatási, felhasználói, termelői, civil, döntéshozatali, ellenőrző) megfelelő tájékoztatási eszközökkel elérje, illetve kapcsolatot építsen az intézményi beiskolázás és szakképzés szereplőivel is.

Felvetett kutatási hipotézisek igazolására/elvetésére vonatkozó döntés a korábban vázolt konkrét kutatási célkitűzések eredménye alapján hozható meg. Hasznosítható kutatási eredményekre az alábbi témakörökben számítunk:

- Vízháztartási vizsgálatokra alkalmas regionális léptékű áramlási és hő transzport hidrogeológiai modell készítése és kalibrációja az Észak-Magyarországi Régióban ásvány-, gyógyvíz és hévízkészletek értékelésére, a tényleges és a feltételezett termelés és a hasznosítás szimulációjára, vízmérleg egyenletek pontosítása, határral osztott felszín alatti víztestek határ alatti vízforgalmának meghatározása

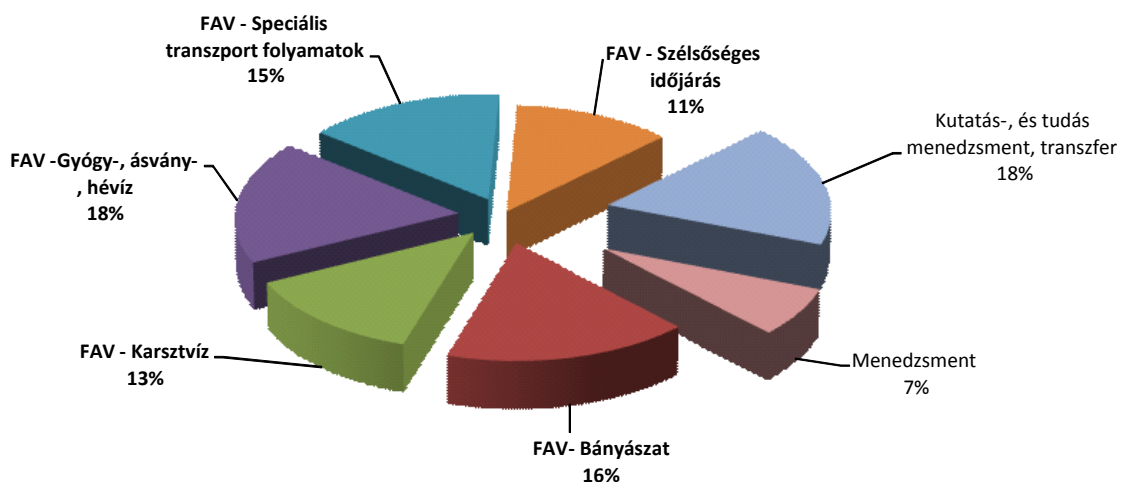
- Komplex földtani környezetben elhelyezkedő ásvány-, gyógy és hévízkészletek megkutatása és feltárása speciális geológiai, geofizikai és hidrogeológiai módszerek együttes alkalmazásával
- Speciális geofizikai módszerek kidolgozása nem túl mély (felszín alatt kb. 500 méterig) vízvezető szerkezeti vonalak kimutatására repedezett és hasadozott kőzetekben,
- Ásvány-, gyógy és hévizeket érintő Regionális és lokális léptékben a hasznosítható ivóvíz, ásvány- és gyógyvíz, valamint hévíz készletek meghatározásának alapelvei, a fenntartható gazdálkodás kritérium rendszerének kidolgozása az Észak-Magyarországon található víztestek vonatkozásában,
- Regionális geotermikus energia potenciál meghatározása, potenciális hő piac feltérképezése
- Szélsőséges időjárási viszonyok hatásának meghatározása a felszín alatti vízkészletek utánpótlódására, illetve a felszín alatti vízforgalomra, a felszín alatti vizek utánpótlódási viszonyai meghatározásának lehetőségei környezeti izotópok alkalmazásával,
- Környezeti izotópok alkalmazásának lehetőségei hidrodinamikai modellek kalibrációjában,
- Különböző típusú talajok vízháztartásra gyakorolt hatásának megállapítása, felhasználása modellkalibráció céljából
- a BKÉR kiterjesztése a termálkarsztos monitoring adatokkal – a karsztvízszint (nyomásszint) és a karsztvíz termelhetőségére vonatkozó előrejelző rendszer adatainak pontosítása, felhasználhatóságának fokozása, az ökológiai és a társadalmi vízigények kielégíthetőségének harmonizálása, a kitermelhető vízhozam előrejelző rendszer pontosítása
- Töbrök és barlangok üledékcsapdáiban felhalmozódott törmelékben lévő szerves és szervetlen szennyezők meghatározása alapján vízbázisvédelmi javaslatok megfogalmazása, passzív mintavételezési eljárás illesztése a vízminőségi monitoring rendszerbe
- Működő vagy felhagyott bányáüzemek tevékenységeinek, folyamatainak (Gyöngyösvisonta, Bükkábrány víztelenítés; Gyöngyösoroszi-Mátraszentimrei térségek tömedékelés; a recski rézérc és a mecseki uránérc előfordulások bányászati üregrendszerének feltöltődés) vízminőségi következményeinek mérséklése, mennyiségi és minőségi vízföldtani hatásának és kockázatainak kezelése, csökkentése
- A rudabányai bányató vizsgálata, savas bányavizek karbonátos környezetbeli természetes semlegesítődése és kapcsolódó kockázatok
- DNAPL típusú szennyeződések összehasonlító modellezése
- Új laborvizsgálati protokoll kidolgozása PRB töltetanyagok és szigetelő rendszerek vizsgálatára

10. A kutatás várható ütemezése és költségterve

Terveink szerint a projekt megvalósítást 2012. november 1-én indítjuk, futamidejét 28 hónapra tervezzük. A tervezett tevékenységeket és azok várható ütemezését negyedéves bontásban az 8. sz. ábra Gantt diagramján adjuk meg. A kutatási feladatok döntő részének tervezését, kivitelezését a szerződéskötéskor megkezdjük. A tanulmányutakon, konferenciákon való részvételt, csak a 2013-as évben kezdjük meg. Az alkalmazások egy része a teljes futamidőre szól, de tervezünk rövidebb idejű célfeladatokra méretezett

alkalmazásokat, megbízásokat is. A kutatást támogató szolgáltatásokat értelemszerűen ütemeztük, némi mozgásteret is hagyva az előre nem látható, kisebb ütemezésbeli hibák kezelésére. Az infrastruktúra fejlesztést, az ERFA típusú beszerzéseket a projekt első felében minél hamarabb szeretnénk lebonyolítani.

A projekt modulok költségmegoszlásának tájékoztató arányait a 8. ábrán, a tevékenység alapú költségtervét negyedéves bontásban 9. ábrán adjuk meg.



7. ábra: A projekt szakmai, kutatás-, és tudásmenedzsment és projekt menedzsment moduljainak költségei (arányok)

A projekt költségvetésének fontos sarokszámai a következők: a költségvetés **50%-át kitevő bér és járulék** költségek tartalmazzák: 1 MTA doktora szakmai vezető (FTE: 0,5), 7 MTA doktor/akadémikus (átlag FTE 0,2), 25 tapasztalt kutató/kutatómérnök (átlag FTE: 0,25), 8 fiatal PhD-vel rendelkező vagy PostDoktor (átlag FTE: 0,75), 9 Predoktor, (átlag FTE 0,5), 10 fő PhD hallgató, 10 fő BSc/MSc hallgató , 5 fő tanácsadó testület és 6 fő kutatási segéd személyzet, technikai asszisztencia (átlag FTE 0,5) (összesen 65 fő kutató, 6 fő segéderő és 10 fő hallgató) foglalkoztatásának költségeit. A teljes költségvetés 20 %-a 37 fő fiatal kutató és hallgató bér és járulékaiknak költségét fedezi. A résztvevő kutatók konferenciákon, kapcsolatépítő látogatásokon és tanulmányutakon való részvételének költségei a teljes költségvetés 11%-át teszik ki, az ERFA típusú költséget 6% alatt vannak. A költségvetés 21%-át teszi ki a kutatást segítő mérés és szakmai szolgáltatások, mérnöki szakértői díjak, nyilvánosság és K+F szolgáltatások összege (részletesebben lásd 9. ábra). A projekt megvalósítás ideje alatt felmerülő törvényi szabályozás hatására jelentkező költségek fedezésére 6 Mft tartalék összeget terveztünk be.

	2012				2013				2014				2015
	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.
1. Célzott alapkutatói projekt megvalósítása													
1.1. Innovatív kutatói teamek támogatása a felszín alatti vizekhez (FAV) kapcsolódó célzott alapkutatói feladatok ellátására													
1.2. Koordinációs és munka- látogatások													
1.3. Fiatal kutatók részvétele tanulmányutakon													
1.4. Kutatók részvétele szakmai konferenciákon													
1.5. Kutatást támogató szolgáltatások, mérések megrendelése													
1.6. Szakirodalom és kutatói anyagok beszerzése													
2. Kutatás-fejlesztés megvalósításához szükséges humán erőforrás és szolgáltatás biztosítása													
2.1. Kutatók alkalmazása, foglalkoztatása													
2.2. BSc, MSc hallgatók foglalkoztatása kutató teamekben													
2.3. PhD hallgatók és predoktorok foglalkoztatása kutató teamekben													
2.4. Posztdoktori státuszok meghirdetése													
2.5. Kutatói segédzsemet alkalmazása													
3. Kutatás-fejlesztési szolgáltatások fejlesztése, valamint kutatói és innovációs együttműködések kialakítása													
3.1. BSc, MSC, PhD és szakképzési programok kapcsolatépítése													
3.2. Kapcsolat és konzorcium építés a Horizont 2020-ra készülve													
3.3. Felkészítő tréning Keretprogramokra Horizont 2020 felhívásokra													
3.4. Szabadalom kutatás, szabadalmi bejelentések													
3.5. K+F+I megbízások teljesítése													
3.6. Minőségi publikációs tevékenység													
3.7. Intézményi tudásmenedzsment és tudástranszfer terv													
3.8. Szakmai PR és disszeminációs tevékenység													
3.9. Szakmai Tanácsadói Testület foglalkoztatása													
4. Kutatás-fejlesztési, valamint innovációs tevékenységek és azok infrastruktúrájának létrehozása													
4.1. K+F tevékenységet támogató eszközök beszerzése, gyártása													
4.2. Informatikai eszközök beszerzése (hardver és szoftver)													
5. Egyéb tevékenységek													
5.1. Menedzsment, projekt irányítási tevékenység													
5.2. Nyilvánosság biztosítása													
5.3. Közbeszerzések kapcsolatos tevékenység													
5.4. Könyvvizsgálat													

8. ábra: A projekt tevékenységeinek ütemezése negyedéves bontásban

	Költségek (e Ft)											
	2012				2013				2014			
	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
Előkészítés	0,0	0,0	0,0									
1. Célzott alapvetési projekt megvalósítása												
1.1. Innovatív kutatói csapatok támogatása a felszín alatti vizekhez (FAV)												
kapcsolódó célzott alapvetési feladatok ellátására	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2	2 167,2
1.2. Koordinációs és munka- látogatások	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1	2 150,1
1.3. Fiatal kutatók részvétele tanulmányutakon		705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4	705,4
1.4. Kutatók részvétele szakmai konferenciákon		2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8	2 586,8
1.5. Kutatást támogató szolgáltatások, mérések megrendelése	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8	3 563,8
1.6. Szakirodalom és kutatási anyagok beszerzése	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0	644,0
2. Kutatás-fejlesztés megvalósításához szükséges humán erőforrás és szolgáltatás biztosítása												
2.1. Kutatók alkalmazása, foglalkoztatása	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6	12 325,6
2.2. BSc, MSc hallgatók foglalkoztatása kutató csapatokban	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0	348,0
2.3. PhD hallgatók és predoktorok foglalkoztatása kutató csapatokban	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4	4 843,4
2.4. Posztdoktori státuszok meghirdetése	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0	4 572,0
2.5. Kutatói segédcsapat alkalmazása	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6	1 630,6
3. Kutatás-fejlesztési szolgáltatások fejlesztése, valamint kutatási és innovációs együttműködések kialakítása												
3.1. BSc, MSc, PhD és szakképzési programok kapcsolatépítése				600,0				500,0				
3.2. Kapcsolat és konzorcium építés a Horizont 2020-ra készülve	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0	168,0
3.3. Felkészítő tréning Keretprogramokra Horizont 2020 felhívásokra				800,0	1 000,0							
3.4. Szabadalom kutatás, szabadalmi bejelentések							780,0	780,0	780,0	780,0	780,0	780,0
3.5. K+F+I megbízások teljesítése	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0	2 960,0
3.6. Minőségi publikációs tevékenység				140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
3.7. Intézményi tudásmenedzsment és tudástranszfer terv		500,0	500,0	1 300,0								
3.8. Szakmai PR és disszeminációs tevékenység	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0	404,0
3.9. Szakmai Tanácsadói Testület foglalkoztatása		2 796,8		2 796,8			2 796,8			2 796,8		
4. Kutatás-fejlesztési, valamint innovációs tevékenységek és azok infrastruktúrájának létrehozása												
4.1. K+F tevékenységet támogató eszközök beszerzése, gyártása	1 895,0	4 000,0	7 000,0	2 000,0	1 000,0							
4.2. Informatikai eszközök beszerzése (hardver és szoftver)	2 000,0	4 615,0	5 000,0	1 000,0	1 000,0	1 000,0						
5. Egyéb tevékenységek												
5.1. Menedzsment, projekt irányítási tevékenység	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4	3 448,4
5.2. Nyilvánosság biztosítása	1 000,0	437,5	437,5	437,5	437,5	437,5	437,5	437,5	437,5	437,5	1 817,0	
5.3. Közbeszerzések kapcsolatos tevékenység	546,7	546,7	546,7	546,7	546,7							
5.4. Könyvvizsgálat											1 200,0	
Tartalék											6 000,0	
Összesen	0,0	0,0	0,0	44 666,8	55 413,2	56 001,4	52 138,2	46 641,4	44 874,7	46 671,5	44 374,7	43 874,7
											54 545,4	489 202,3

9. ábra: A fejlesztés tevékenység alapú költségvetése negyedéves bontásba (eFt-ban)

A kutatási tervet készítették:

.....
Prof. Dr. Szűcs Péter
Tsz. vez. egyetemi tanár
szakmai vezető, kutatási modulvezető

.....
Dr. Kovács Balázs
Int. Ig. egyetemi docens
kutatási modulvezető

.....
Dr. Lénárt László
egyetemi docens
kutatási modulvezető

.....
Dr. Madarász Tamás
egyetemi docens
projektmenedzser, kutatási
modulvezető