



EXPEDÍCIÓ AZ EGYIK LEGSZÁRAZABB ORSZÁGBAN

## Magyar vízkutatók a Szaharában

Bahai, Csád Szudánnal határos legkeletebbi települése felé egy kiszuperált orosz Mi-26 helikopter fedélzetén haladva a kietlen, száraz tájat szemlélve teljesen reménytelennek tűnt a küldetés: vizet találni a Szaharában. Volt akinek ez már sikerült. A sikerhez nem kell más csak a megszerzett tudás kreatív alkalmazása, bátorság, és persze egy kis szerencse.

Ugyan tanulmányaim alatt és a médiából sokszor hallottam, hogy a sivatag alatt egy hatalmas vízkészlet van – ami így szó szerint azért nem teljesen igaz – nem voltam túl optimista. Ha még lett is volna némi illúzióm a sikerrel kapcsolatban, az gyorsan elpárolgott a leszálláshoz készülődve: az egyik épp működő fúrógépet a levegőből szemlélve több tíz méter magas porfelhő látódott. Ez csak akkor lehetséges, ha száraz követ fúr a fúrógép. Az ENSZ katonai táborba megérkezve kiderült, előérzetem nem volt téves. A területen dolgozó, nagy tapasztalattal bíró holland hidrogeológustól tudtam meg, hogy a környék összes vádjija (időszakos folyóvölgye) igen sekély és teljesen száraz. Remény hiányában, és mert már több hónapja dolgozott a sivatagban, a kilátástalannak tűnő vízkutatás folytatását (befejezését) rám bízva, érkezésem után egy nappal hazautazott. Így lettem teljes mértékben tapasztalatlan kezdő geológusként, friss doktori fokozatommal egy vízkutató expedíció egyetlen szakértője – ha csak rövid időre is – a Szaharában. Ha nem találtunk volna vizet, ez a cikk sem született volna meg, de szépen mindent sorjában!

Csád – a Föld egyik legszegényebb országa

Őszintén megvallva, napi szintű hírfalóként, 2010 előtt Csádról egyetlen betűt sem olvastam a hírekben. Annyit lehet tudni a földrajzi atlaszból, hogy valahol ott terül

el a szomszédos nagy területű országok (Mali, Szudán, Líbia) által közrefogva, ahol az atlasz csak nagy sárgaságot (sivatagot) és nagyon kevés utat és települést jelöl. Ezeket a területeket képzeletében mindenki tevékaravánokkal, oázisokkal, homokdűnékkel, esetleg bennszülött pásztorokkal társítja. Ez nagyjából igaz is az országra: területének háromnegyede a teljesen száraz szaharai és kiszáradó félben lévő szub-szaharai régióhoz tartozik, említésre méltó mezőgazdasága csak az ország déli negyedében található, amely már az erdős-füves szavannák zónájához tartozik. Bányászata, ipara és jelentősebb települései is erre a területre, valamint az éppen kiszáradó félben lévő Csád-tó partján lévő fővárosra, N'Djamena-ra összpontosulnak. Az ország reménytelen szegénysége egyébként nem lenne szükségszerű: a déli területein jelentős kőolaj és frissen feltárt arany és uránkészletekkel rendelkezik. Ennek ellenére objektív mérőszámokkal mérve, mint például a HDI (humán development index – emberi fejlettségi mutató) ranglistán a mért 189 országból a 186-dik, az egy főre jutó GDP-je pedig 669 USD. Csak összehasonlítás képpen ez utóbbi Magyarországon 14 224 USD, Norvégiában pedig 75 504 USD volt 2018-ban. Csak néhány további száraz statisztikai adat, hogy érthetővé váljon, ez mit is jelent: a Magyarországnál 13-szor nagyobb ország aszfaltozott közúthálózatának hossza 400 km, ezt is a kínai befektetők építették az utóbbi években.

Szociális ellátás, kórházak, iskolahálózat, tömegközlekedés nincsenek, az ország lakosságának 80%-a szegénységi küszöb alatt él.

Az okok és a történelem pedig ugyanaz, mint a többi volt gyarmati országban. Függetlenségét Franciaországtól 1960-ban elnyerve François Tombalbaye lett az ország diktátora, tőle a vezetői pozíciót „természetesen” minden esetben puccsal Hisséne Habré majd tábornoka Idriss Déby „örökölte”. Ő 1990 óta több, többé-kevésbé demokratikus választáson lett megerősítve pozíciójában és ő Afrika egyik legrégebben hatalomban lévő diktátora. Persze ezt szerencséjének és elővigyázatosságának is köszönheti. Hatalomra jutása óta többször – nagyjából éves rendszerességgel – próbálták őt is megpuccsolni, legutóbb 2013-ban. Ez persze nem jelenti azt, hogy hatalma valóban olyan szilárd is lenne. Az országban ugyanis mintegy 200 féle különböző etnikum él (szara: 30%; szudáni négerek: 26%, tedák: 7%; mbumok: 7%; maszalit, maba, mimi: 7%; stb.), amelyek többsége ugyan iszlám vallású, de a konfliktusok elsősorban az egyes népcsoportok között feszülnek. Az országban több fegyveres csoport tartja (tartotta) kezében a hatalmat pl.: Janjaweed (arab milícia), JEM (Justice & Equality Movement – Igazság és Egyenlőség Mozgalom), URF (Union des Resistance Forces), amelyek

közül az ANT, a Csádi Nemzeti Hadsereg csak az egyik, de a legerősebb volt. A belső etnikai megosztottságot tovább tetőzte a darfúri konfliktus, amely ugyan Szudán belügye lenne, ha a határ két oldalán nem ugyanazok az egymással harcban álló etnikumok élnének és nem menekült volna közel 280 000 ember a még mindig relatíve biztonságosnak tekinthető Csádba. A darfúri konfliktus 2003-as kezdete és 2011-es vége között 400 000 áldozatot követelt és több mint 2 millióan lettek belső vagy külső menekültek. A konfliktus egyébként több szempontból hatott Csádra. A szudáni és csádi lázadók éves rendszerességgel, a száraz és még viszonylag hűvös időszakhoz alkalmazkodva októbertől májusig, jellemzően novemberben és áprilisban dúlták végig Csádot. A 2009-es volt talán a legemlékezetesebb: a lázadók úgy jutottak el Csád keleti felől a nyugati határon lévő fővárosba N'Djaména, hogy alapvető infrastruktúra hiányában nem vették észre őket. Déby szerencséje az volt, hogy a fővárost ostromló két lázadóvezér még a végső győzelem után összeveszett és kivonult Csádból. Az elnök ekkor kezdett a légierő fejlesztésébe, hogy legalább azt észrevegye, hogy az országon lázadók vonulnak át...

További nehézséget jelentett Csád számára a menekültek ellátása. Az országba 170 000 belső, 55 000 közép-afrikai és 280 000 szudáni menekült érkezett 2010-ig. Ez a végtelenül szegény ország 15 milliós lakosságának több mint 3%-át jelentette, amivel sem biztonsági

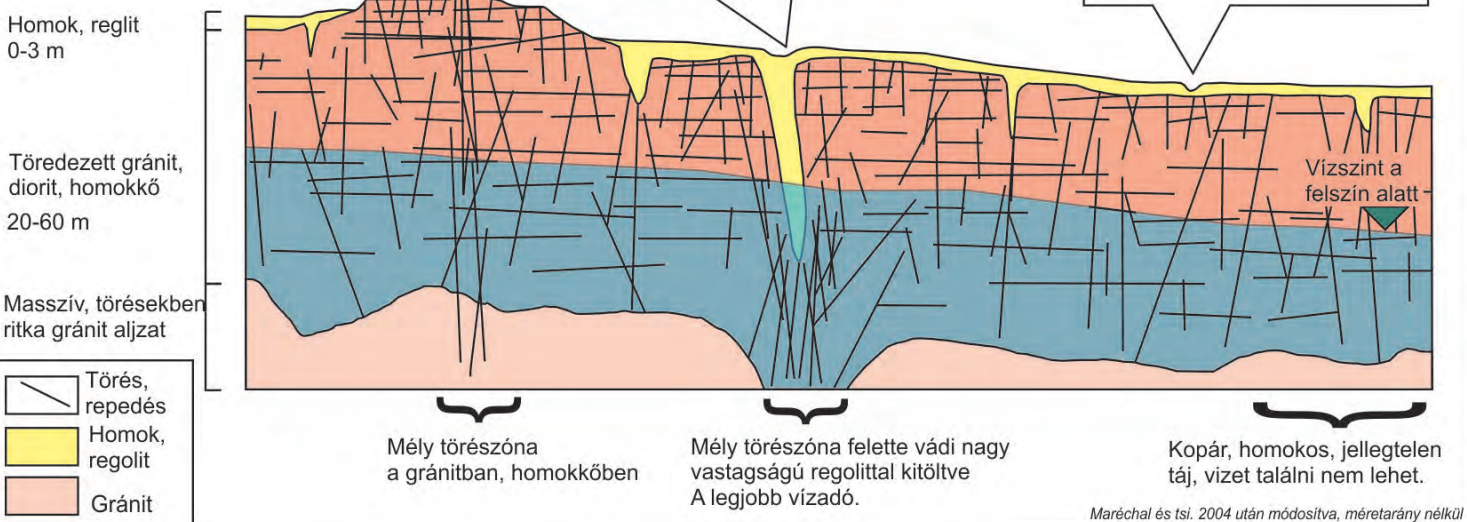
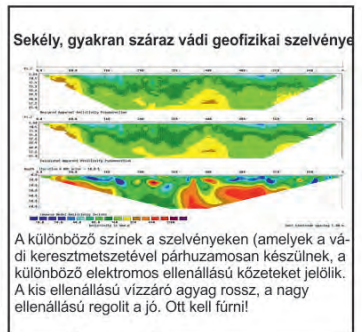
A vizkutatásra perspektívikus helyek a felszín alatt, azok elvi modellje és megtalálásuk lehetőségei.



**Törések kovás homokkőben, ahogy a felszínen kinéznek**  
Mélyebben ezekben a repedésekben jelentős mennyiségű, tiszta, idős vízkészlet rejlik. Mennyisége viszont kisebb mint a vádikban. Megtalálni ezeket a törészónákat csak ott lehet, ahol azok valamilyen szilárd kőzetben pl. kovásodott homokkőben jelennek meg és ezáltal kiperparálódnak.

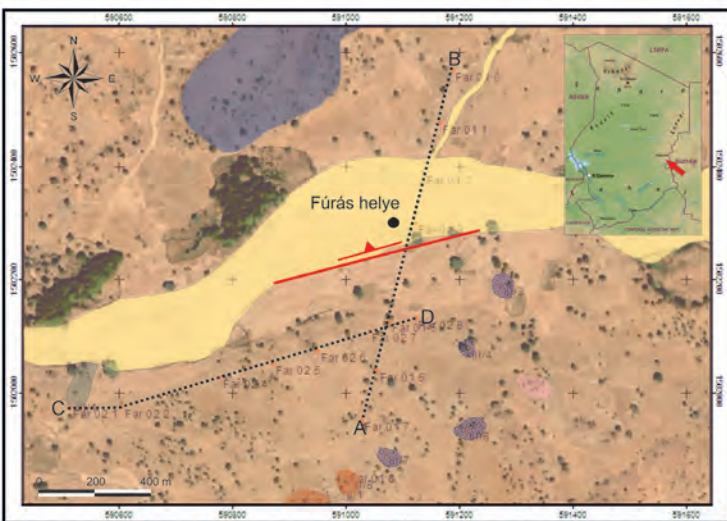
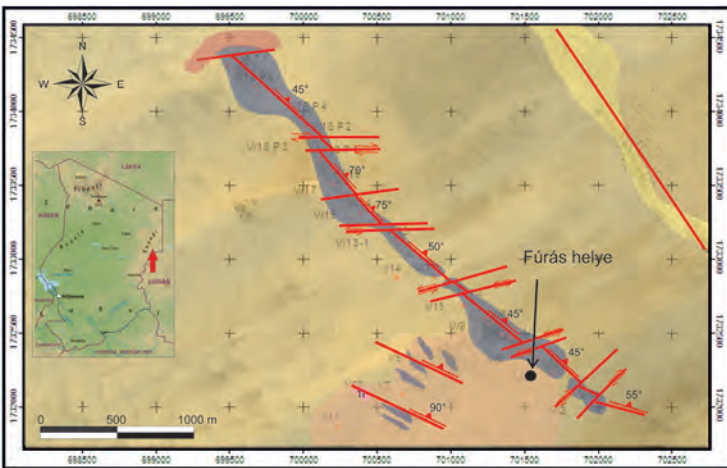


**Vádi (ideiglenes folyóvölgy) növényzettel**  
Környezetétől eltérően, gazdag növényzetben. A települések ezek partján találhatóak. Kutakat a helyeik a vádi medrébe ásnak és ezekből itatják állataikat. Viz csak ritkán, a nagy esők alkalmával jelenik meg a mederben. A víz szint nyáron 1-2 m-el is lehet a vádi medre alatt.



Maréchal és tsi. 2004 után módosítva, méretarány nélkül





Morfológiai, geológiai térképek hiányában csak a Google Mapsre lehetett hagyatkozni térképkészítés és vízkutatás során. Azonban ez is nagyon hasznos: a sivatagban felülnézetből szépen kirajzolódnak a vádik, a vízkedvelő mangófa csoportok, a hegygerincek és a kisebb feltárások.

sem humanitárius szempontból nem tudott megbirkózni. Az érkező menekültek lokálisan jelentősen felborították a helyben kialakult viszonylag kiegyensúlyozott etnikai arányokat, a segélyszervezetek által osztott „gazdag” segélyek pedig féltékenységet szültek a helyiek és a menekültek között.

### A MINURCAT expedíció

A menekültek nagy száma, a vérengzés, és a sok polgárháború, amely nem csak Csádot és Szudánt, hanem a Közép-afrikai Köztársaságot is érintette 2007-re megütötte az ENSZ ingerköszöbét is és a háború

kiszélesedésétől tartva egy ENSZ kontingens települt Csádba MINURCAT (United Nations Mission in the Central African Republic and Chad) néven. A rendőri és békefenntartó egységek elsődleges feladata a civil lakosság és a menekülttáborok védelme volt. A kontingensbe 25 ország delegált rendőri, katonai vagy műszaki személyzetet, a leggazdagabbaktól (USA, Norvégia) a legszegényebbekig (Banglades, Ruanda). Mandátuma 2010-ben járt le, amikor Idriss Débry tábornok „felkérte” a nemzetközi békefenntartókat a távozásra, mondván, hogy a helyzet megszilárdultával már maga is rendet tud tartani az országában, szavatolni a menekültek jogait, gondoskodni az eseteikről... Ahogy azt megtudtam, „diktátori körökben” nem számít erősnek az, akinél az ENSZ-nek kell a rendet fenntartania. Persze addig jók, amíg ég a ház...utána mehetnek!

A MINURCAT számos feladatot látott el. A szűken vett rendfenntartáson túl foglalkozott emberi jogokkal, jogsegély szolgáltatással, AIDS programokkal, segélyezés szervezésével és bányászattal. Ez utóbbi elsősre ugyan érdekesen hangzik, de ez alatt alapvetően a vízkutatást kell érteni. Ahogy egyéb infrastruktúra sincs Csádban, úgy vízvezeték hálózat sem, márpedig a jelentős létszámú menekült- és a menekültekre vigyázó katonaság vízzel való ellátását valamilyen módon helyben – felszíni vízfolyás hiányában – a felszín alatti vízkészletekből kellett megoldani. Ezt a feladatot a körülbelül 15-20 fős norvég katonai kontingens kapta feladatául. Őket még Norvégiában képezték ki az egyes eszközök (fúróberendezések és felszín alatti elektromos szondák) használatára és a teljes felszerelés a legnagyobb fúróberendezésektől az ellátmányig Norvégiából repülővel érkezett Afrikába. Az eszközök használatára ugyan kiképezték őket, de hogy hol és hogyan kell és érdemes vizet keresni, ahhoz hidrogeológus szakértőre volt szükség. Így lett az expedíció szakmai vezetője Fridtjof Ruden, Norvégia egyik legismertebb



és legjobb hidrogeológusa, aki karrierjének nagy részét Afrikában töltötte. De még ő sem volt elég egyedül, Norvégiában viszont nem akadt más olyan kalandor vállalkozó munkanélküli geológus, aki elvállalta volna a – magyar szemmel kiemelkedő fizetés ellenére sem – hogy a sivatagban, egy lázadóktól dúlt országban, folyamatos katonai kíséret mellett vizet keressen. Így került a kialakuló csapatba, a WDU-ba (Water Drilling Unit – vízkutató egység) a norvég katonák és Fridtjof mellé egy holland hidrogeológus, dél-afrikai menedzser, egy tanzániai fúrómester, és persze mi, magyarok!

### Magyar geológusok Afrikában

Nem mondhatom, hogy én lettem volna az első. Voltak idők, úgy a 80-as években, amikor rendszeresen jártak népes magyar kutatóexpedíciók Líbiában. A Magyar Állami Földtani Intézet (ma: Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat) kutatói térképeztek Kadhafi országában olaj után nyomozva – megjegyzendő, nem kis sikerrel, de ez egy másik történet.

Fridtjof Ruden jól ismerte a magyar hidrogeológusokat és geofizikusokat, akik a régi afrikai hagyományokra, szakmai kihívásból és egy kicsit kalandvágyból, csatlakoztak a WDU-hoz. Összesen négyen töltöttünk rövidebb-hosszabb időt 2010-ben Afrikában és vetünk részt fúrási helyek kijelölésében és a küttesztekben. Ezek a kutatások az ország keleti felében lévő nagy menekülttáborok (Abeche, Iriba, Bahai és Frachana)



közelében létesült ENSZ táborok vízellátására koncentráltak. Így kerültem én is Csádba a MINURCAT mandátumának lejártá előtt alig pár hónappal.

### A vízkutatás körülményei

Mint Afrikában oly sok mindent, ezt is a végletes szélsőségek jellemzik, amelyekről csak szuperlatívuszokban lehet írni. A kutatás lépcsői a térképezés, ami a kiszemelt terület bejárását jelenti, majd geofizikai mérések elvégzése, és ha ezek alapján van esély, akkor kezdődhet a fúrás. Mindent kint szabadban és nappal, amikor a hőmérő higanyszála napon közel van az 50 °C-hoz, a 36 °C-os „klimatizált” sátor igazi felüdülést okoz. Ehhez társul az extrém alacsony páratartalom (~20%), ami mellett az ember közel 1-2 óra alatt teljesen kiszárad, de annyira, hogy észrevétlenül gyorsan eszméletvesztés lehet a vége. Leégés ellen természetesen teljes öltözetben illik mozogni, cipelve a térképet, kalapácsot, és a legalább 3-4 palacknyi italt. De nem számomra volt mégsem a legkellemetlenebb a helyzet! Mellém rendeltek ugyanis minden alkalommal 4 állig felfegyverzett nepáli ENSZ katonát, akik a biztonságomat voltak hivatottak garantálni. Ők, és az engem kísérő terepjáró sofőrjét sajnáltam csak igazán, mert nekik a még több felszerelés mellett a napi 12 órás unalommal is meg kellett küzdeniük, amíg én számukra teljesen értelmetlen dolgokat végzek, például kalapálom az elem kerülő köveket, térképet rajzolok. A kutatófúrások ellenben számomra voltak kissé unalmasak: amíg a fúrás zajlott semmi dolgom nem volt, a norvég katonák viszont teljes összhangban, hozzáértéssel és szinte semmi pihenőidő mellett fúrták a lyukat napi 10-12 órában. A sivatag porát kellőképpen kompenzálta a táborok felszereltsége. Amíg az úton számtalanszor vízért/élelemért könyörgő emberek mellett kellett elhaladnunk, a táborban igazi mennyország fogadott. Gyorsan megtapasztaltam, hogy mit jelent az, hogy a norvég tábor a legjobban felszerelt: a dupla borítású sátorokban állandó 22 °C fogadott, darts, csocsó, gitár, play-station, wi-fi, a konyhában pedig svédasztalos kiszolgálás, közel olyan étkezővel, mint amilyeneket csak 3-4 csillagos hotelekben lát az ember. Őrült kontraszt a két világ között, amit itthon el sem tudunk képzelni. Ezt kell látni ahhoz, hogy elhiggyük: minden sirámunk ellenére a világ leggazdagabb országainak felső egynegyedéhez tartozunk!

A helyi lakossággal kapcsolatunk csak minimális volt, ezt az ENSZ szabályzata sem engedte volna. Városokba kimenni csak felfegyverzett katonai konvojval lett volna lehetséges, így nem is próbálkoztam vele. Terepi munkáink során ellenséges lázadókkal nem, de fegyveresekkel találkoztunk. Ők Toyota Pickupjaik



## Hol a víz?



platóján utazva néha közel jöttek és szemügyre vettek, de mi kerülve a szemkontaktust és a kommunikációt mindig megúsztuk az efféle találkozásokat. Legmegrázóbb számomra a gyerekekkel való találkozás volt. Alig 5-6 éves gyerekek már több literes palackokkal hordták az ismert kutakról vagy a mi kútjainkról a vizet. Mi ugyan nem közeledhettünk volna feléjük, azért mindig megtaláltuk a módját, hogy ha lehet, megajándékozzuk őket. Bár eleinte mindig féltek, azért idővel mindig felbátorodtak és jöttek, érdeklődtek, és persze könyörögtek ételért, de leginkább vízért. Egyszer megtörtént, hogy maradék ebédünket a gyereksereg legkisebb, legvéznaabb tagjának adtuk. Ő örült is neki, a többiek azonban mind rávetették magukat, így a rizseshús teljes egészében a homokban landolt. Ekkor értettük meg miért tilos megállni vagy bárhogy segíteni nekik: segítségünkkel mind rájuk mind magunkra veszélyt jelentettünk volna egy esetleges pánik esetén. Legfájóbb az volt, hogy mindezek után hozták nekünk ajándékba a frissen szedett mangót...

Dolgozni (vizet hordani, kecskékre vigyázni) amúgy a gyerekeken kívül csak nőket láttam, fiatal nőket. A férfiak többsége a teázókban üldögélt vízzipázva, gondolom az éppen aktuális politikai helyzetről diskurálva.

Mindenki tudja az iskolai földrajz óráról, hogy a sivatagban alig esik eső. Ez valóban így is van, Csád északi harmadában, a sivatagos területein az éves csapadék mennyisége 50 mm alatt van. Ettől délre folyamatosan nő az éves csapadékmennyiség, azonban ennek időbeli eloszlása szélsőséges, a csapadék június és szeptember között időszakos nagy viharokból esik, jellemzően egyszerre nagy mennyiségben. Ezzel a csapadékkal az a gond, hogy hirtelen lehullva a száraz talaj nem képes egyszerre elnyelni a teljes mennyiséget és a csapadék jelentős része lefolyik a többnyire lefolyástalan völgyek, a vádik irányában. A leömlő csapadék ide mossa le a sziklákról a nagy hőingadozások során összeaprózódott kőzetet, a regolitot. Ahol a vádik véget érnek, a terület legmélyebb pontjain, ott halmozódhat fel a legtöbb regolit, akár 100 méter vastagságban is. Ez, a többnyire durva kőzettörmelékkel létrejövő képződmény, amiben viszonylag alacsony az agyagtartalom, kiváló víztároló és hatalmas vízkészletek tárolására is alkalmas, még akkor is, amikor a felszínen már minden kiszáradt. Abeche környékén magyar hidrogeológus kollégáim ilyen vádikban tártak fel hatalmas vízkészleteket, amelyekben a vízszint a folyamatos termelés ellenére sem csökkent jelentősen, azaz a vízkitermelés a területen megfelelő szakértelem mellett fenntartható lehetne. Visszatérve Bahaiiba, az én kutatási területemre az a kutatási taktika, mely szerint fúrjuk meg a legmélyebb vádikat, nem működött. Kiderült, hogy mivel a terület magasabban fekszik az Ennedi-fennsíkon, így a vádik sekélyebbek és néhány tíz méter után a fúrófej a kemény alapkőzetbe, többnyire gránitba ütközik. Az összes szóba jöhető vádi tesztelése után vettem át a kutatást a katonai táborban, látszólag minden remény nélkül. Egyetemi tanulmányaim során viszont azt tanultam tanáraimtól, hogy a víz nem csak a folyókban





illetve azok törmelékében lehet, hanem a kőzet repedéseiben is. Lehet nem annyi, mint egy egészséges vádiban, de abban is lehet sok. Igen ám, de egy homoksi-  
vatagban hol lehet ilyen repedéseket találni? A hegyek tetején! A tábor közelében több hegygerinc húzódott, amelyekről közelebb érve kiderült, hogy kovásodott anyagú homokkőből állnak így jobban ellenálltak a szélróziónak és a fagyaprózódásnak és kiemelkedtek a lepusztult térszínből. Ezeket megmászva sikerült két nagyobb, a kőzetet metsző repedésrendszer metszetét kitérképezni majd kiserkeszteni térben azt a mélységet, ahol a két törés egymást a hegy lábánál körülbelül 50-60 méter mélységben metszi. Ezt a pontot jelöltem ki a fúrás célpontjának. Egyéb ötlet és utasítás híján, másnap reggel már egy hat kocsiból álló, a berendezéseket szállító konvoj élén mutattam lelkes norvég kollégáimnak, hol lesz az új fúrás helye. A siker igen kérdéses volt. Nem voltam egyáltalán biztos az elméletben, illetve abban, hogy ez ott működhessen, a fúrógép pedig csak 100 méterig volt képes fúrni, puha kőzetben, nem pedig töredezett kovás kőzetben. Ennek ellenére a próbafúrás teljes sikert hozott! Körülbelül 40 méteres mélységben már meg is jelent a víz és csak több és több lett, amint lejjebb értünk. Két hetes sikertelen kutatás után sikerült vizet találni! A második nagy öröm akkor ért, mikor kiderült, a kitermelés rövidtávon legalábbis fenntartható, azaz a kút a benne lévő összes víz leszívása után gyorsan újratelítődik. Bánatomra azonban

a területet néhány napon belül el kellett hagyni. A kutat lezártuk, szivattyút építettünk úgy, hogy később is használni lehessen, a kulcsot pedig a katonai parancsnok átadta a helyieknek.

Ha a kút sorsáról azóta sem tudni sokat, a tapasztalatot magammal vittem. Második kutatási területemen, a Farchana mellett, a kutatásvezetővel Fridtjof Rudennel egyetértve a vízkutatást már nem is a legmélyebb helyeken kezdtük, ahol az amúgy logikus lett volna, hanem a hegytetőkön. Ott, ahol a töréseket kitérképezhattuk és meghatározhattuk, a völgytalpakon hol lesz a felszín alatt törészóna. Az eredmény itt is hasonló volt: egy próbálkozásból egy siker. A kutat itt is kiépítettük..

### Utószó

Attól tartok, kútjaink nem kerültek a legjobb kezekbe. Néhány héttel hazautazásom után a teljes MINURCAT missziót felszámolták és norvég kollégáimmal egyetemben, minden rendfenntartónak el kellett hagynia Csádot. Ezeknek a kutaknak a műveléshez szakértelemre és megfelelő eszközökre lenne szükség, ami Csádban biztosan nem áll rendelkezésre. Fájdalmas volt otthagyni ezt a területet úgy, hogy tudjuk segítettünk és még többet segíthettünk volna, ugyanakkor ezt a megfelelő infrastruktúra, végső soron egy rossz politikai rendszer miatt nem tehettük meg. Szent meggyőződésemmel, hogy hozzáértéssel a sivatagos száraz területet csepegtető locsolással és megfelelő talajhasználattal kiegészítve egy gazdag mezőgazdasági területté lehetne varázsolni. Olyanná, amely ellátja és megtartja az ottani lakosságot és nem kényszeríti szülőföldjének elhagyására!

BENKÓ ZSOLT



#### Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom Molnár Kata kolléganőmnek, aki jobbitó megjegyzéseivel és stilisztikai javításaival segítette a szöveg olvashatóbbá tételét!

#### IRODALOM

- MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É.Ó., Taylor, R.G., 2012. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. *Environ. Res. Lett.* 7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024009>
- Maréchal, J.C., R. Wyns, P. Lachassagne, and K. Subrahmanyam. 2004b. Vertical anisotropy of hydraulic conductivity in the fissured layer of hard-rock aquifers due to the geological patterns of weathering profiles. *J. Geol. Soc. India* 63:545–550.

