

# Saharská veľká umelá rieka

Kategórie: Veda

Autor: **Juraj Kotulič Bunta, Ph.D.**, v Líbyi strávil dva roky svojho raného detstva.



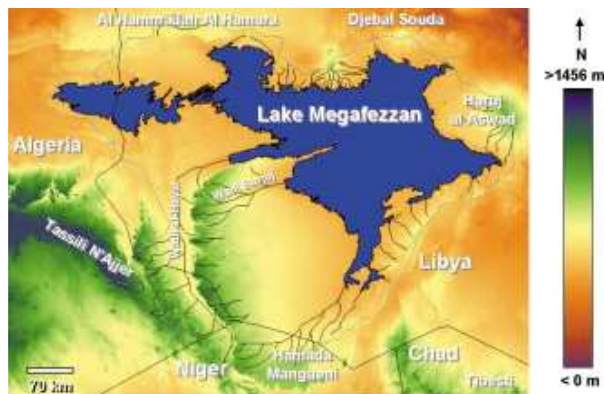
Logika hovorí, že najväčšie a rekordné projekty budú realizované v najvyspelejších či prinajmenšom najľudnatejších krajinách sveta disponujúcich dostatočnými zdrojmi. O informácie z budovania impozantných priehrad, mostov či tunelov v týchto krajinách nie je v médiách núdza, avšak existuje výnimka vybudovaná z technologického hľadiska v doposiaľ opomínanej časti sveta, o ktorej je povedomie vo vyspelých krajinách takmer nulové. Alebo ste už azda niekedy počuli o projekte Veľkej umelej rieky na Sahare? Ak nie, prečítajte si nasledujúci článok o tejto pozoruhodnej a obdivuhodnej stavbe vybudovanej v Saharskej púšti.

## Malá krajina s veľkými možnosťami

Projekt zrealizovala severoafrická krajina s počtom obyvateľov porovnateľným so Slovenskom - Líbya, plným názvom Veľká socialistická ľudová líbyjská arabská džamahírija (džamahírija je špecifická forma socialistickej republiky). Náklady na projekt presahujú 27 miliárd USD (to je viac než suma, ktorú pohltilo vybudovanie najväčšej hydroelektrárne sveta Three Gorges Dam v Číne, alebo aj podstatne viac ako napr. náklady na skonštruovanie najväčšieho stroja - Veľkého hadrónového urýchľovača). Je pozoruhodné, že krajina všetky tieto náklady pokryla vlastnými zdrojmi, bez zadlžovania a úverov od medzinárodných bánk či fondov. Umožnilo to jej veľké nerastné bohatstvo - odhady zásob ropy krajinu umiestňujú na deviatu priečku na svete. Toľko stručne k politicko-ekonomickému pozadiu projektu, my sa však poďme teraz pozrieť na jeho vedecké pozadie a predovšetkým na technické detaily.

## Vody na Sahare je viac než v Kaspickom mori.

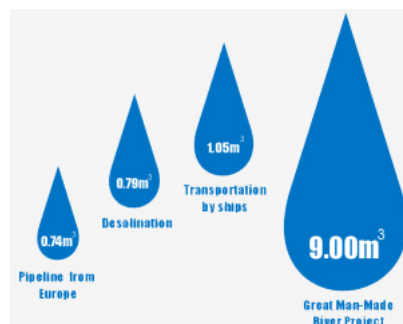
V prvom rade si musíme povedať niečo o Saharskej púšti. Väčšina ľudí je toho názoru, že táto najväčšia púšť na svete musí byť vyprahnutá a bez vody. Nepochybne čo sa týka zrážok je táto oblasť skutočne suchá (i keď najsuchším miestom sveta je juhoamerická púšť Atacama v Chile). Avšak počas ropných geologických vrto v päťdesiatych rokoch bola odhalená prekvapujúca skutočnosť - pod Saharou sa nachádzajú enormné zásoby podzemnej vody. Táto voda sa nachádza uväznená vo vrstvách usadenín zväčša v hĺbkach niekoľkých stovák metrov pod povrchom, pod obrovskými plochami predovšetkým vo východných častiach Sahary (pod územím Líbye, Čadu, Sudánu a Egyptu). Tieto rezervoáre geológovia pomenovali Núbijský pieskovcový akviferový systém (geologický pojem akvifer znamená podzemnú vrstvu nasýtenú vodou), a je najväčším rezervoárom fosilnej podzemnej vody na svete, s rozlohou viac než dva milióny kilometrov štvorcových a objemom vody odhadovaným na 150000 km<sup>3</sup>. To je približne dvojnásobok množstva vody obsiahnutej v Kaspickom mori! Za pozornosť stojí aj fakt, že voda pochádza prevažne z poslednej doby ľadovej (preto pojem "fosilná"), nazhromaždila sa v akviferoch počas obdobia pred zhruba 38000 - 10000 rokmi, keď v Saharskej oblasti bola vlhká klíma bohatá na atmosferické zrážky, dostatočná na udržanie rozvetvenej riečnej siete. Od konca doby ľadovej sa po následnom ustatí zrážok v sahorskej oblasti tieto rezervoáre už nedopĺňajú.



**Obrázok 1:** Sahara nebola zd'aleka vždy vyprahnutou krajinou. V oblasti juhozápadnej Líbye (Fezzan) boli objavené usadeniny pravekého jazera, ktoré tu existovalo pred 750 tisíc až 420 tisíc rokmi. Vedci ho nazvali jazero Megafezzan - s rozlohou 130 tisíc km<sup>2</sup> si toto meno rozhodne zaslúži (Slovensko má rozlohu 49 035 km<sup>2</sup>). Jeho usadeniny sú výnimočným zdrojom informácií o vývoji klímy v saharskej oblasti za posledných trištvrté milióna rokov.  
Zdroj: The British Academy

### Vyprahnutá krajina

Vedomosť o týchto ohromných množstvách kvalitnej pitnej vody samozrejme nezostala bez odozvy. Líbya nemá žiadne trvalé rieky ani súvislé vodné toky, všetku pitnú vodu teda získava z akviferov v prímorských oblastiach a odsolovaním morskej vody. Prímorské akvifery však trpia neprijemným neduhom - v priebehu času sa odčerpaná pitná voda prirodzene dopĺňa priesakom morskej vody z blízkeho Stredozemného mora. Salinita (slanosť) akviferov teda postupne narastá, a v posledných obdobiach dosiahla až 0.7% obsah soli. Takáto voda je nielenže nezdravá, ale nie je vhodná ani na zavlažovanie poľnohospodárskych pozemkov, pretože spôsobuje zasoľovanie pôdy a následne zníženú úrodu. Líbya teda zdroj kvalitnej pitnej vody potrebovala omnoho viac "ako soľ". Bolo uskutočnených viacero podrobných štúdií nákladov na výrobu vody odsolovaním, transportom na lodiach z južnej Európy, či hromadným transportom vody v cisternách. Jednoznačne najlacnejšie sa však ukázala byť práve alternatíva umelej rieky z púšte.



**Obrázok 2:** Množstvo vody v metroch kubických, ktoré by si Líbya na základe odborných štúdií dokázala obstaráť za jeden líbyjský dinár. Spomedzi viacerých zvažovaných spôsobov či technológií (podmorské potrubie z južnej Európy, odsolovanie morskej vody, transport vody na vodných tankeroch, a umelá rieka) vyšiel jednoznačne najlacnejšie projekt umelej rieky - za jeden dinár poskytne približne desaťnásobne viac vody než konkurenčné možnosti.  
Zdroj: The Great Man Made River Authority

Spočiatku sa uvažovalo o vyvrtaní studní priamo v oblastiach akviferov a vytvorenie nových miest a poľnohospodárskych zavlažovaných oblastí. Avšak znamenalo by to presun veľkého množstva obyvateľstva a vybudovanie infraštruktúry do ťažko prístupných oblastí uprostred púšte, čo by bolo veľmi neefektívne a problematické. Avšak ako hovorí staré príslovie - keď nemôže prísť Mohamed k hore, príde hora k Mohamedovi. V roku 1983 padlo v Líbyi rozhodnutie zrealizovať projekt, ktorý nemal a nemá vo svete obdoby. Priviesť vodu z akviferu ďaleko v púšti na pobrežie. To však znamenalo prekonať viacero úskalí - medzi nimi napr. veľkú vzdialenosť akviferu od pobrežia, tvrdé púštne podmienky, výškové rozdiely na trase, koróziu železobetónu a mnohé ďalšie.

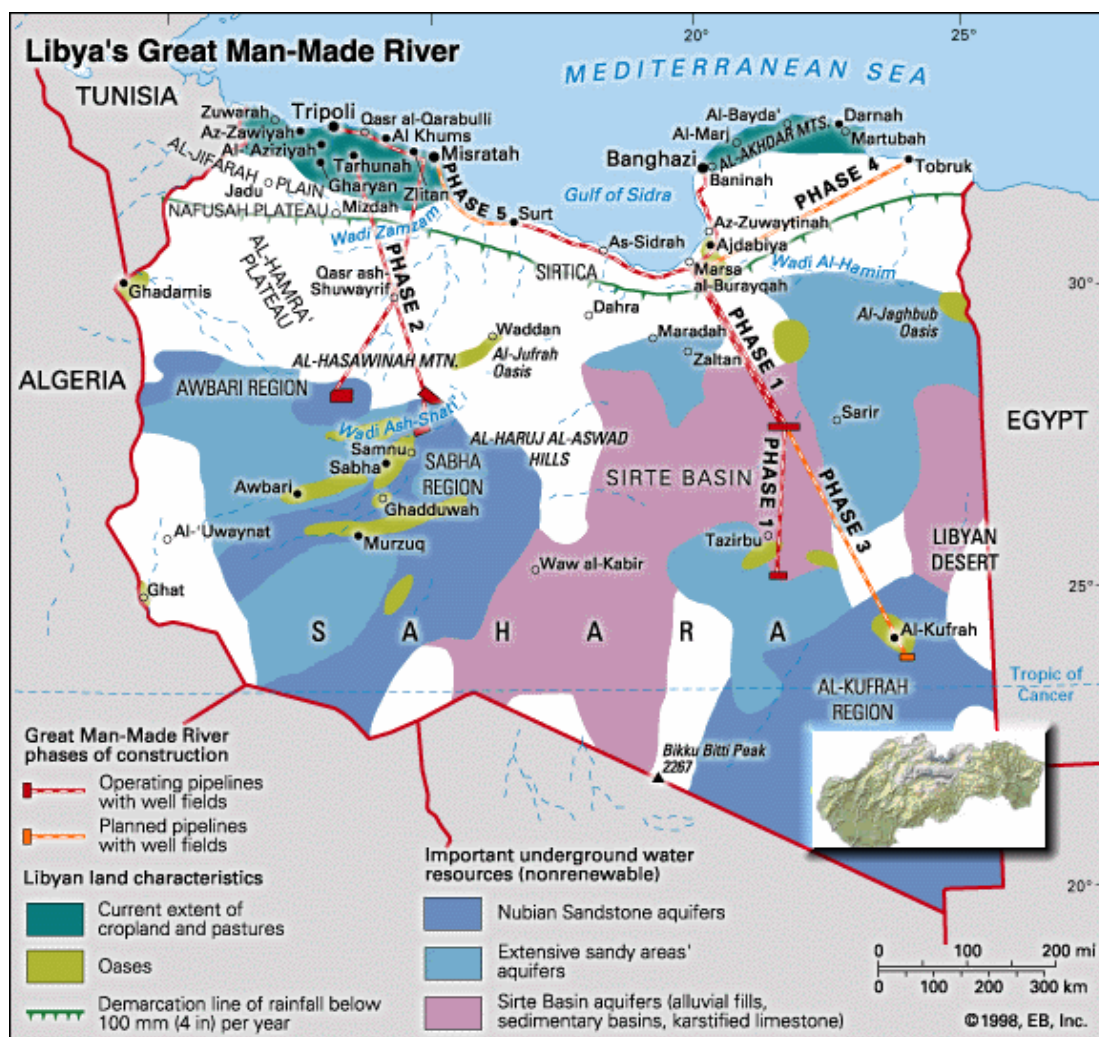
### Projekt v číslach

V roku 1984 sa prvé špeciálne upravené rýpadlá zahryzli do vyprahnutej pôdy, a začala sa prvá najnáročnejšia fáza megaprojektu. Bolo potrebné vybudovať ťažobné vodné polia so stovkami studní hlbokými niekoľko sto metrov, transportné potrubia zložené zo sekcií zo špeciálneho tzv. predpätého

železobetónu s priemerom až 4 metre, dĺžkou 7,5 metra a hmotnosti 86 ton (najväčšie predpäté potrubie na svete) skryté pod zemou, aby sa zabránilo stratám vzniknutým odparovaním, veľké zásobníky vody pre rovnomerné pokrytie prevádzky aj pri zvýšenej spotrebe počas letných mesiacov, prečerpávacie stanice poháňajúce vodu v potrubíach želaným smerom a rýchlosťou, elektrárne napájajúce jednak čerpadlá vo vrtoch aj v prečerpávacích staniaciach, dve továrne na výrobu potrubí a množstvo ďalších netriviálnych úloh.

Celkovo bolo naplánovaných päť fáz, z ktorých boli doposiaľ plne dokončené tri, štvrtá je v procese budovania, a piata má byť ukončená do roku 2025. V prvých troch fázach bolo zatiaľ preinvestovaných 19,58 miliardy USD, zvyšných cca 7,5 miliardy bude preinvestovaných v štvrtej a piatej fáze.

Navyše, v rokoch 1999 až 2001 došlo k piatim poškodeniam potrubných rúr. Po analýze sa zistilo, že boli spôsobené koróziou kovovej výstuže rúr, a bola vyvinutá a implementovaná metóda na rozsiahle monitorovanie potrubnej siete pomocou sofistikovaných akustických detektorov. K nečakaným poškodeniam odvtedy už nedošlo.



**Obrázok 3:** Mapa Líbye s vyznačením trás jednotlivých fáz projektu umelej rieky (prerušované viacfarebné čiary), ako aj dodatočných údajov - oáz (okrové škrvny uprostred púšte), polí a pastvín (tmavozelené oblasti na pobreží), jednotlivých akviferov (odtiene modrej a ružovej) a hranice s priemerným ročným úhrnom zrážok menším než 100 mm ("ostnatá" čiara približne lemujúca pobrežie). Pre porovnanie veľkosti krajiny a názornosť rozsahu projektu umelej rieky je v pravej spodnej časti pripojená mapa Slovenska v rovnakej mierke ako mapa Líbye.

Zdroje: Encyclopedia Britannica (Líbya), SlovakiaPhotos.com (Slovensko)

**Prvá fáza** budovania umelej rieky sa začala v roku 1984 v najťažšom a najvyprahnutejšom regióne juhovýchodnej Líbye. Voda je cez potrubia o dĺžke 1600 km transportovaná z vodných vrtných polí na púštnom juhovýchode krajiny obsahujúcich 234 vrtoch (ktoré pri štandardnej "vodnej" terminológii môžeme nazvať aj studne) do dvoch oblastí na pobreží, pričom dva rezervoáre vybudované na trase majú každý kapacitu viac než 20 miliónov metrov kubických vody. Kapacita prepravy dosahuje 2 milióny m<sup>3</sup> vody denne. Spotreba energie: 65 MW. Prvá voda dorazila v roku 1990.

**Druhá fáza** priniesla v auguste 1996 vodu konečne aj do hlavného mesta Tripolisu - potrubia o dĺžke 1277 kilometrov v západnej časti krajiny sú schopné transportovať 2,5 milióna m<sup>3</sup> vody denne a obyvatelom hlavného mesta prinášajú vodu obsahujúcu viac než dvadsaťkrát menej soli než doterajšie zdroje.

**Tretia fáza** znamenala predĺženie potrubia z prvej fázy o 383 kilometrov ešte ďalej do púšte, kde sa vybudovalo nové ťažobné vrtné pole obsahujúce ďalších viac ako 300 vrtov. Sedem nových prečerpávacích staníc poháňa dodatočných 1,68 milióna m<sup>3</sup> vody denne, pričom transport do cieľových rezervoárov trvá približne 9 dní.

**Štvrtá fáza** je už menšieho rozsahu, a bude transportovať štvrt milióna m<sup>3</sup> vody denne, použijúc 621 kilometrov potrubí (plus 181 kilometrov potrubí v samotnom vrtnom poli), štyri prečerpávajúce stanice a tri rezervoáre.

**Piata fáza** bude finálnou fázou prepájajúcou západný a východný transportný systém. S dĺžkou potrubia 190 kilometrov, transportnou kapacitou 0.98 milióna m<sup>3</sup> denne, dvoma čerpadlovými stanicami, celkovým výkonom 43,6 MW, a jedným rezervoárom bude už menším, zato však dôležitým súrodencom predchádzajúcich fáz.



**Obrázok 4:** Zázrak prírody alebo produkt umu človeka? Voda prýštiaca z jedného zo 1116 aktívnych vrtov uprostred vyprahnutej púšte.  
Zdroj: SNC-Lavalin Company.

Celkové parametre projektu sú imponantné - umelá rieka sa oproti tým prírodným nemá za čo hanbiť a jej názov "rieka" nie je rozhodne prehnaný:

Parameter	Hodnota	Porovnanie
Celková dĺžka potrubia	<b>4071 km</b> transportné potrubie mimo vrtných polí + 1679,5 km potrubie spájajúce navzájom vrty vo vrtných poliach	Zemský obvod na rovníku: 40075 km Celková dĺžka rieky Dunaj: 2860 km Vzdušná vzdialenosť medzi: Bratislava - Severný pól: 4667 km Bratislava - Londýn: 1291 km Bratislava - Káhira /Egypt/: 2350 km Bratislava - Bagdad /Irak/: 2812 km
Celkový počet vrtov / studní vo vrtných poliach	1116 (nerátajúc záložné vrty)	
Celková transportná kapacita systému	<b>6,5 milióna m3 vody denne</b>	Podobný priemerný prietok (~ 75 m3/s) má rieka Vltava v okolí jej stredného toku, alebo napr. Váh v okolí mesta Trenčín
Kapacita najväčšieho rezervoáru Umar Al-Mukhtar	24 miliónov m3	Známa slovenská priehrada Sĺňava pri Piešťanoch má kapacitu 12 miliónov m3, najväčšia slovenská priehrada Liptovská Mara má kapacitu 360 miliónov m3 vody.
Celková kapacita rezervoárov	54,9 milióna m3	
Celková plocha vrtných polí	11 927 km2	Rozloha Slovenska: 49035 km2
Celková plocha novej pôdy zavlažovanej z umelej rieky	130000 hektárov (1300 km2)	Celková orná pôda na Slovensku: 1450000 hektárov (14500 km2)
Celkové náklady	27 miliárd USD	Najväčšia priehrada sveta: (Three Gorges Dam , Čína) - 26 miliárd USD
Objem zemin odstránenej pri hĺbení priekopy, do ktorej bolo potrubie uložené	250 miliónov m3	Objem zemin odstránenej pri stavbe najväčšej priehrady sveta - 102,6 milióna m3
Množstvo použitého cementu	7 miliónov ton	Hmotnosť Cheopsovej pyramídy - cca 6,5 milióna ton  Množstvo betónu použitého na stavbu Three Gorges Dam - 200000 m3 (hmotnosť cca 480000 ton)
Celková dĺžka predpätého drôtu	6 miliónov km	150 násobok obvodu Zeme na rovníku
Priemerná hĺbka studní	viac než 500 metrov	
Počet vyrobených a prepravených potrubných rúr	500000	

## Projekt v obrazoch



Nakladanie potrubia si vyžadovalo špeciálne ťažkotonážne mechanizmy schopné manipulovať s objektom o hmotnosti 86 ton.

Zdroj: Halcrow



Hydraulický exkavátor (rýpadlo) schopný vyhĺbiť dostatočne hlbokú priekopu na uloženie potrubia s priemerom 4 metre.

Zdroj: Galen Frysinger



Preprava potrubných blokov s priemerom 4 metre, dĺžkou 7,5 metra a váhou 86 ton cez púšť si vyžiadala špeciálne transportéry.

Zdroj: Galen Frysinger



Flotila viac ako sto transportérov najazdila pri preprave dohromady vzdialenosť rovnú vzdialenosti Zeme od Slnka.  
Zdroj: Green Prophet



Potrubie pripravené na inštaláciu.  
Zdroj: Halcrow



Exkavátor pri práci uprostred púšte.  
Zdroj: water-technology.net



Žeriav s nosnosťou niekoľkých stoviek ton ukladá potrubie do zeme.  
Zdroj: UNESCO



Priekopa sa do púšte zaráva do hĺbky približne 7 metrov.  
Zdroj: National Geographic





Ukladanie potrubia do vyhlbenej priekopy.  
Zdroj: 7-Technologies A/S



Aj zákruty patria k životu.  
Zdroj: The McGraw-Hill Companies, Inc.



Rezervoár Umar Al-Mukhtar pred dokončením.  
Zdroj: BBC



Rezervoár Umar Al-Mukhtar po dokončení. Je najväčším rezervárom vody projektu slúžiacim na zabezpečenie kontinuálnej dodávky vody počas celého roka.  
Zdroj: Galen Frysinger



Satelitný snímok rezervoáru Umar Al-Mukhtar. Narozdiel od tradičných priehrad, kde človek vytvoril len priehradný múr, tento rezervoár je kompletne umelo vybudovaný.

Zdroj: Google Imagery,  
súradnice **25.45556°N,+21.60083°E**



Aj keď bola pôvodná koncepcia poľnohospodárskej pôdy uprostred púšte zavrnutá, nestalo sa tak bez výnimky. Tieto zelené kruhy zavlažovaných plodín vidieť voľným okom aj z obežnej dráhy.  
Zdroj: University of California, Berkeley



Pohľad na poľnohospodársku pôdu uprostred púšte z obežnej dráhy.  
Zdroj: University of California, Berkeley



Súčasťou projektu je aj táto sústava vysokotlakových nádob s futuristickým dizajnom.  
Zdroj: Socomenin company

### Projekt v kontexte

Projekt, ako aj investované úsilie, um a koordinácia práce si zaslúži rovnako ako akýkoľvek ďalší výdobytok ľudstva obdiv a úctu. V neposlednom rade aj preto, že Líbya ním investovala do zlepšenia životných podmienok svojich obyvateľov také percento hrubého domáceho produktu ako málokterá iná krajina sveta. Je jednou z mála, kde nerastné bohatstvo bolo bez zadĺženia krajiny medzinárodným bankám či fondom priamo využité na zvýšenie životnej úrovne ľudu - napriek nepopierateľným spoločensko-politickým negatívam má Líbya spomedzi všetkých afrických krajín najvyšší tzv. Index ľudského rozvoja (**Human Development Index**) vyhodnocovaný OSN na základe priemernej dĺžky života, vzdelania a hrubého domáceho produktu na obyvateľa, a to dokonca vyšší ako niektoré krajiny EU a NATO. To určite stojí za pozornosť bez ohľadu na všetky výhrady, ktoré môže západná spoločnosť mať pred osobitou formou socializmu panujúcou v tejto stredomorskej krajine.

Objavili sa však aj kritické hlasy - *ekológovia* majú výhrady voči čerpaniu neobnoviteľných zdrojov vody (protiargumentom líbyjskej vlády je jednak rozsah zásob - pri súčasnom tempe čerpania akvifery v samotnej Líbyi vydržia približne jedno tisícročie - a jednak zbytočnosť ponechania vody v akviferoch, ktorá má len minimálny význam ak by sa nečerpala). *Politici* poukazujú na možné budúce konflikty medzi susednými štátmi z dôvodu vzájomného čerpania akviferoch, ktoré samozrejme nepoznajú politické hranice (protiargumentom Líbye je jej panafrický prístup a navrhovaná spolupráca so susednými štátmi, ktoré zatiaľ vodu z akviferoch nečerpajú). Medzinárodní *ekonómovia* pre zmenu kritizujú skutočnosť, že pestovať plodiny s takto získanou vodou je drahšie ako dovoz plodín zo zahraničia - protiargumentom je však fakt, že 30 percent vody z umelej rieky sa používa na priamu spotrebu domácností, ďalej najmodernejšie metódy úsporného a efektívneho zavlažovania a v neposlednom rade tiež jednoznačná výhoda potravinovej sebestačnosti krajiny a stabilnej ceny plodín získaných zavlažovaním vodou z umelej rieky.

Suma sumárum, tento najväčší zavlažovací projekt sveta (zapísaný v roku 2008 aj do Guinnessovej knihy rekordov) je spiacou kráskou svetového inžinierstva, ktorá sa až prednedávnom po osviežení vzťahov Líbye so svetom začala nesmelo predvádzať na medzinárodných konferenciách a v médiách. A rozhodne sa nemá za čo hanbiť.

### Hlavné zdroje:

UNESCO

Water-technology.net

The Great Man Made River Authority

## Politicko-historický dodatok:



**Muammar Al-Kaddáfi** - kontroverzný líbyjský vodca, pre ktorého bol projekt umelej rieky dôležitou súčasťou rozvoja krajiny. Ako 27 ročný zorganizoval v roku 1969 revolúciu (v západných krajinách vnímaná skôr ako vojenský puč), zvrhol kráľa Idrisa I., a nastolil socialistický systém osobitého typu odlišného od sovietskej totality (tzv. islamský socializmus, popísaný v **Zelenej knihe**, a reprezentovaný absenciou akýchkoľvek politických strán, zrušením republiky a zriadením džamahírije, čo teoreticky znamená priamu vládu ľudu prostredníctvom lokálnych a globálnych rád/snemov). Za jeho socialistickej vlády sa na rozdiel od éry ropného kráľovstva životná úroveň Líbyjčanov enormne zvýšila, príjmy z exportu ropy boli použité na budovanie cestnej siete, obytných blokov, vybudovanie oproti predchádzajúcim rokom podstatne kvalitnejšieho a bezplatného školstva a zdravotníctva a napr. aj veľkej umelej rieky. Počas jeho vlády Líbya dosiahla najvyšší Organizáciou spojených národov vyhodnocovaný Index ľudského rozvoja v Afrike, a prekonala dokonca aj niektoré krajiny EU. Zároveň však líbyjská cesta socializmu obmedzuje slobodu tlače, prenasleduje politických odporcov a v rebríčku slobôd a demokracie vyhodnocovaných renomovanými organizáciami v USA a Francúzsku tak dostala najhoršie ohodnotenia ako z pohľadu západných krajín neslobodná a nedemokratická krajina. Navyše, Líbya aktívne podporovala terorizmus (krajine sa - aj keď nie celkom bez pochybností - prisudzuje zodpovednosť za bombový atentát na diskotéku v Berlíne v roku 1986 (3 obete, 229 zranených), atentát na lietadlo spoločnosti Pan Am nad škótskym mestečkom Lockerbie v roku 1988 (270 obetí), či financovanie barbarského zavraždenia 11 izraelských športovcov na olympijských hrách v Mníchove v roku 1972). Avšak po sklamaní, ktoré Muammar Al-Kaddáfi zažil s myšlienkou panarabizmu (snaha o vytvorenie jednotného štátneho útvaru všetkých Arabov), ako aj izoláciou krajiny, negatívnym dopadom medzinárodného embarga a následnému zníženému uplatneniu relatívne vzdelaného líbyjského obyvateľstva (popri samotnom spomínanom indexe HDI má Líbya aj najvyššie percento gramotného obyvateľstva v Afrike) priznal škodlivosť tohto kurzu pre krajinu, a obrátil sa terorizmu chrbtom (vrátane vyplatenia 2,7 miliardy US dolárov príbuzným obetí teroristického útoku nad Lockerbie). V súčasnosti sa orientuje najmä na Afriku (v rokoch 2009-2010 bol predsedom Africkej únie). Následkom tejto radikálnej zmeny sa vzťahy Líbye s USA a krajinami EU za posledné roky výrazne zlepšili, vrátane nadviazania diplomatických a ekonomických vzťahov, čo Líbyu stavia do polohy zaujímavého partnera nielen pre krajiny stredomoria. Čo sa týka západného náhľadu na demokraciu sa však jej situácia v krajine ani po opustení podpory terorizmu nezmenila. Za zmienku ešte stojí, že Muammar je aj priaznivcom astronómie, pričom v blízkej budúcnosti sa chystá investovať 10 miliónov eur do vybudovania najväčšieho teleskopu severnej Afriky umiestnenom v blízkosti oázy Kufra.



"Projekt veľkej umelej rieky spraví púšť tak zelenou ako je líbyjská vlajka" vyhlásil Mummar Al-Kaddáfi. Líbyjská vlajka je jediná vlajka sveta obsahujúca len čisto jednu farbu bez insígnií či akýchkoľvek iných znakov.