



## **Atomerőmű leépítők és építők a világban**

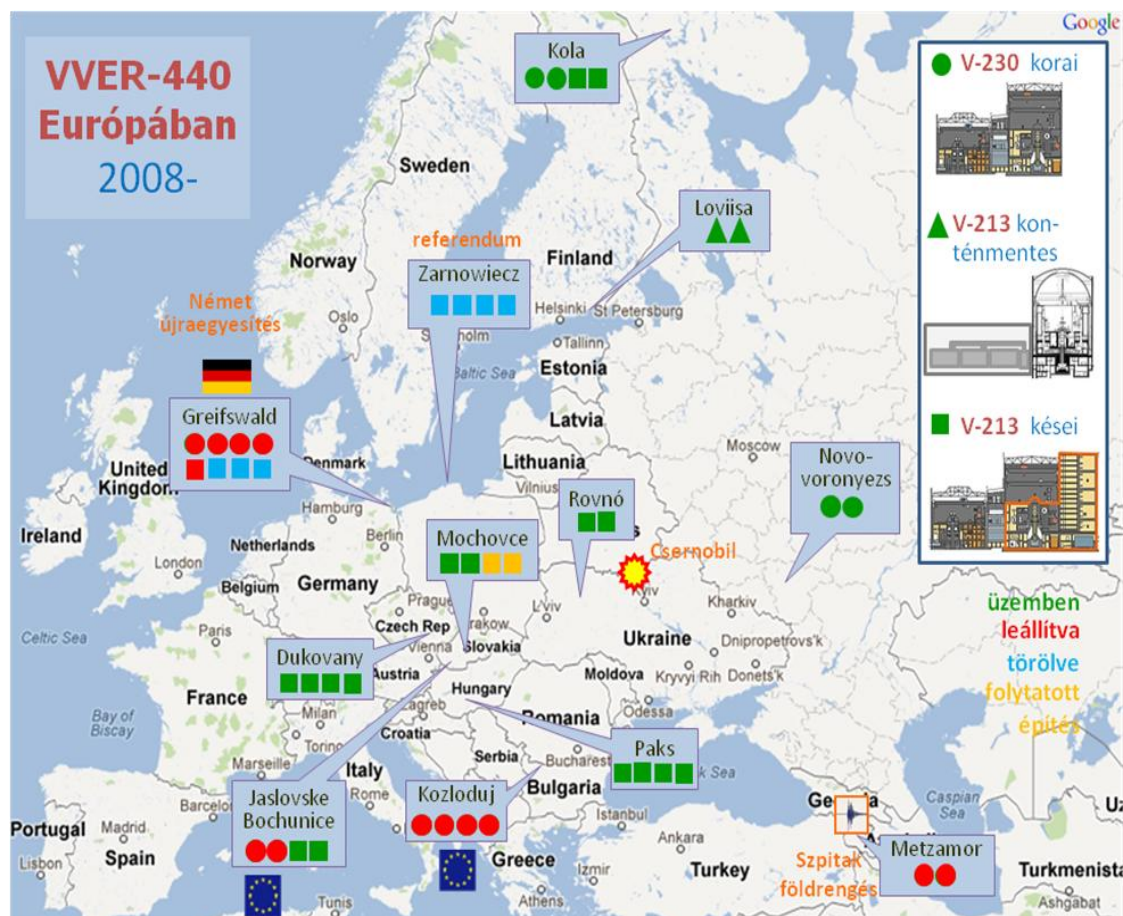
2013. április 11-én, az Energetikai Szakkollégium Zipernowsky Károly emlékfélévének programjaként Cserhádi András, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. műszaki főszakértője tartott előadást *Atomerőmű leépítők és építők a világban* címmel.

### **Bevezetés – VVER-440 történelme**

A világ atomenergiához való hozzáállása kezdetektől fogva megosztott, a tendenciát az aktuális események mindig befolyásolták. Az atomerőművek építése napjainkban sem állt le. Habár néhány ország az elmúlt években, közvetlen vagy közvetve a japán események következményeként határolta el magát teljesen vagy részben az atomenergetikától, a világ nagy része folytatja, vagy éppen most kezdi meg saját atomerőművei megépítését.

Bevezetésül a mindig változó hozzáállást, illetve az atomerőművek kitettségét az éppen aktuális politikai és egyéb eseményeknek VVER-440 típusú, nyomottvizes blokkokon keresztül mutatjuk be vázlatosan. A VVER-440 első, korai V-230-as verzióját 1971-ben indították el Novovoronyezsben, majd a '70-es évek végéig ezt a típust helyezte üzembe az NDK (Greifswald 1-4), illetve Bulgária (Kozloduj 1-4) is. 1977-ben a finnknél létesült először konténmenttel ellátott, új típusú V-213. A '70-es évek végén lépett be Csehszlovákia és Örményország 2-2 blokkal, ezek azonban még régebbi típusú VVER-440-sek voltak. Jellemzően a '80-as években már nem épültek konténment nélküli vagy annak megfelelő üzemzavar lokalizációs torony nélküli blokkok, 1982-től pedig megindult a Pakson is működő, VVER-440/V-213 típusú atomerőművekben a termelés. 1986-ban a csernobili baleset gyakorolt nagyobb hatást a világ atomenergetikai fejlődésére. 1989-ben az örmény Metzamort erős földrengés érte. A blokkok kibírták a rengést, azonban a következő évben földrengésveszélyre hivatkozva leállították az atomerőművet. A leállítások sorozatát Németország folytatta, amikor is üzemén kívül helyezte a greifswaldi 5. blokkot, majd 1991-ben az első négyet is, mondván a szovjet nukleáris technológia nem elég biztonságos, feljavítása túl sokba kerülne (ebben persze benne volt az akkori nyugatnémet

atomerőmű szállítók piaci érdeke is). Lengyelország ugyanebben az évben törölte a tervezett blokkok építését (érdekesség, hogy a Paksi Atomerőmű Karbantartó és Gyakorló Központjában található reaktortartály innen származik). Ezek után újabb indítások következtek: az 1995-ös nagy örmény áramkimaradások után az 1990-ben leállított 2 blokkot egyesítve újra beindult Metamor, majd Szlovákia is új reaktorokat helyezett üzembe. Végezetül az Európai Unióhoz való csatlakozás feltételeként Szlovákiának és Bulgáriának le kellett állítania legrégebbi atomerőműveit. Szlovákia azonban nem adta fel, olasz privatizáció után folytatta a pénzhiány miatt korábban leállított mochovcei beruházást.



1. ábra - VVER-440 típusú blokkok Európában

## A leépítők

### Ausztria

1972-ben Ausztria Zwentendorf közelében kezdte meg felépíteni első atomerőművét, azonban az atomenergia-ellenzők egyre erőteljesebben tiltakoztak, így a kancellár 1978-ban kénytelen volt népszavazást kiírni. A szavazás előtt politikai jövőjét kötötte a végkifejlethez. A részvétel 60% feletti volt, és szűk, 50%-ot alig meghaladó aránnyal antinukleáris győzelem

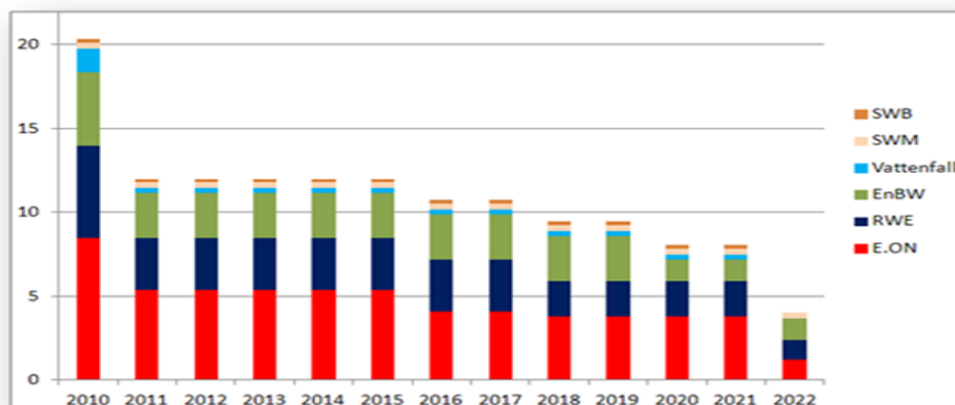
született. Így az atomerőmű építését leállították, az atomellenesség alkotmányba került. A kancellárt ennek ellenére egy év múlva újraválasztották. A fél százalékos fölény az évek folyamán offenzív atomellenességbe csapott át, manapság már-már irracionális döntéseket követelve, mint pl. megtiltani a szürkeáram (atomerőművekből érkező áram) importját. Ezzel szemben az osztrák gyakorlatban éveken keresztül éjjel megvásárolták a német, cseh és francia atomerőművekből érkező olcsó áramot, amivel a vizet szivattyús-tározós erőművekben pumpáltak fel, hogy aztán reggel tiszta, zöld energiaként adhassák el.

### *Olaszország*

Az olasz atomenergetika első kudarca 1987-ben volt, amikor is a csernobili baleset következményeként mind a három erőművüket leállították. 2008-ban a Berlusconi vezette kormány ismét megpróbálkozott az atomenergia bevezetésével, de az ellenzék nyomására 4 kérdéses abrogatív szavazást írt ki (ebből egy a nukleáris energia alkalmazásának elutasításáról szólt). A népszavazáson rég nem látott, 60% fölötti részvétel volt, ahol mind a négy kérdésben elsőpró, 90% feletti elutasítás született. Ez betudható többek között annak is, hogy a népszavazást a 2011-es japán földrengés után tartották meg. Az olasz Enel ezek után a szlovák Mochovce bővítését ugyan folytatja, de kiszállt a francia Flamanville-3 építéséből, illetve az EDF-el való együttműködéséből.

### *Németország*

A 2011. márciusi japán földrengés után pár nappal, március 15-én Merkel kancellár azonnali hatállyal ideiglenesen leállította a 7 legöregebb atomerőművet. Ennek oka a 2 héttel később esedékes tartományi választás volt, amit azonban mégis elbuktak, a zöldek soha nem látott mennyiségű szavazatot kaptak. Később Merkel kancellár összehívta a Bölcsek Tanácsát, ahol etikai (!) alapon vitatták meg az atomerőművek kérdését. Ennek következményeként a 7, ideiglenesen leállított blokk nem indulhat újra, illetve 2021/22-ig folyamatosan az összes atomerőművüket üzemén kívül helyezik, az üzemanyag adó (a behelyezett fűtőelemek minden grammja után 145 €, melyet a megújuló energiaforrások kiépítésére fordítottak) pedig érvényben marad. Ez utóbbi nagy felháborodást váltott ki, ugyanis egy 2011-es döntés értelmében ez volt az ára az üzemidő hosszabbításnak.



2. ábra - Német atomerőmű leállítások 2022-ig

A leállítások következtében Németország exportórból importőr lett, az ország energiaellátottsága felborul: északon az újonnan épült szélenergia-park miatt energia-többlet, délen viszont a bezárt atomerőművek miatt hiány fog fellépni. Ennek leküzdésére közel 3600 km távvezetékkel kell kiépíteniük. Környezetvédelmi szempontból is jelentős a döntés: a leállítások miatt a CO<sub>2</sub> kibocsátás többlet várhatóan 350 Mt lesz. Az energiaigényes iparágak, mint pl. az alumíniumgyártás szintén megsínyli a változást: a drága, megújulókból származó energiát nem tudják megfizetni, így tömeges elbocsátások, bezárások várhatóak. Az ország közvetlen szomszédságában azonban így is 22 működő atomerőmű marad. A németek befolyásolhatóságát és elvakultságát jól jellemzi az Atomstromfilter-paródia: az interneten pár száz euróért olyan készüléket lehet vásárolni, ami, az eladók állítása szerint, kiszűri az atomerőművekből érkező áramot, sőt, az újabb típusúak vissza is küldik ezeket az elektronokat.

### *Svájc*

Részen a környező országokban kialakult atomhisztéria miatt, részben pedig a zöldek intenzív atomellenes kampánya következtében az új blokkok előkészületeit felfüggesztették, a működő blokkokat pedig 50 év üzemidő után állítják le, az utolsót 2034-ben.

### *Japán*

2012 májusában mind az 50 blokk állt, azonban a zöldek híresztelése ellenére ezek csak részletes felülvizsgálaton estek át. Ennek eredményeképp az Ohi 3,4 2012 nyarán újraindult. Ebben az évben az Energiapolitikai Szakbizottság több forgatókönyvet is kidolgozott a jövőre nézve. A különböző lehetőségek az alábbi táblázatban láthatók.

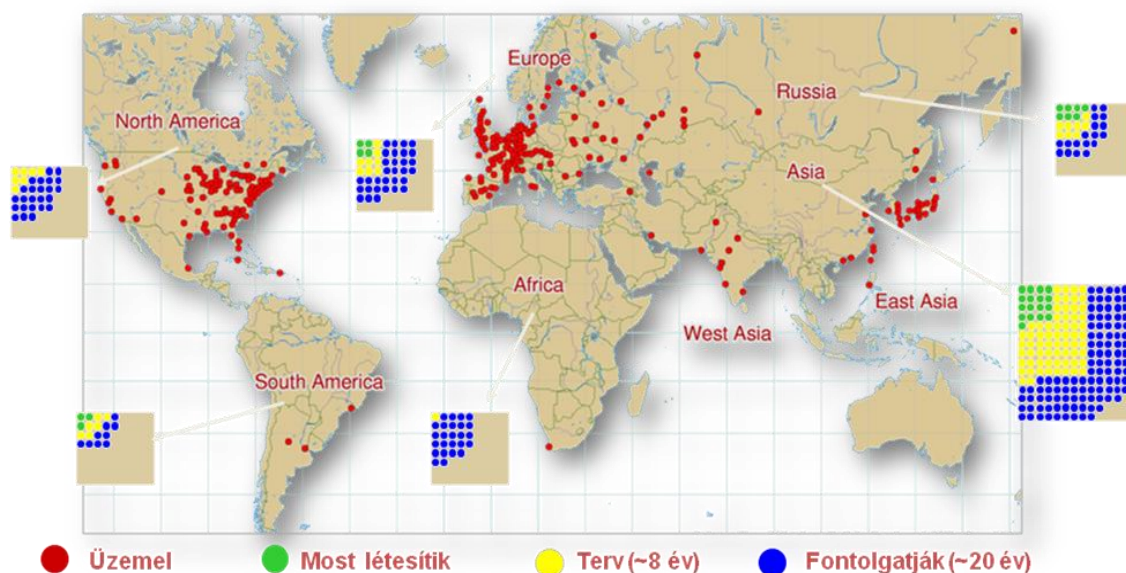


| Forgatókönyv                                            | Atom részaránya                              |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| az összes reaktor leáll 2030-ig*                        | atom – 0% (megújulók – 35%)                  |
| jelentős csökkentés 2030-ig                             | atom – 15% (megújulók – 30%, majd új döntés) |
| mérsékelt csökkentés                                    | atom – 20-25% (mértékét még pontosítani)     |
| az önszabályzó piac határozza meg az energiaszerkezetet | atom – ?                                     |
| nincs változás <b>ELVETVE</b>                           | atom – 35%                                   |

Az első lehetőség alapján a GDP akár 5%-al is csökkenhet, illetve az ellátást nem tudják biztosítani, ha egyik atomerőművük sem termel áramot. A 2012. decemberi választásokon az atompárti LDP győzött, ami reményt adhat egy nagyobb részarányú atompolitikára.

### Az építők – Továbbépítők

Az alábbi ábra a 2009-ben működő, épülő és tervezett blokkokat mutatja régióként.



3. ábra - Működő és tervezett atomerőművek 2009-ben

A 2011-es fukushimai földrengés után is ez maradt a jellemző tendencia, csupán az iram mérséklődött. Az élen Ázsia jár, ezen belül is Kína. Az IAEA (International Atomic Energy Agency – Nemzetközi Atomenergia Ügynökség) reaktor adatbázisa alapján napjainkban 68 blokk épül, ennek majdnem fele éppen Kínában.

## *Kína*

2015-ig évente 6 új blokk lép üzembe, terveik szerint az atomerőművi kapacitás 5-6-szorosára fog nőni. Ilyen szédületes tempóban nőtt a '70-es évek végén az USA atomerőmű-parkja is. A japán szökőár okozta baleset csupán időben tolta el a fejlődést, egyetlen következményeként a Jangce partjára tervezett atomerőművek tervét elvetették. A kínaiak egyre inkább önellátóbbak ezen a területen, épülő atomreaktor-parkjuk jellemzően nyomottvizes reaktorok 4-18 elemű sorozataiból áll.

## *Oroszország*

Az oroszok mind belföldön, mind külföldön élen járnak a nukleáris energetikában. Jelenleg 33 működő blokkjuk mellé 11 épül (egy részük új telephelyen, egy részük meglévő blokkok mellé). A Rusatom Overseas leányvállalat megalapításával pedig külföldön is fokozottan terjeszkednek. Többek között Kínában, Törökországban, Indiában is építenek erőművet, illetve ők az egyik lehetséges építői a paksi 5,6-os blokknak.

## *Dél-Korea*

Az országban működő 23 blokkból energiaellátásuk 35%-a származik. 2010-ben kitörtek a világpiacra: ők építik az Egyesült Arab Emírségek első, APR1400-as típusú atomerőművét, ami a paksi bővítésnél is egy lehetséges reaktortípus.

## *Egyesült Államok*

Amerika 30 év után kezdett el ismét atomerőműveket építeni. Vogtle-3-nál 2012-ben, Summer-2 esetében pedig 2013 első hónapjaiban indultak el a munkálatok. Ezen kívül még 4 blokkot terveznek építeni, az összes típusa AP 1000.

## *Franciaország*

A világon itt a legnagyobb a nukleáris energia részesedése a villamos energiaellátásból 78%-kal. Ezt a ma működő 58 blokk biztosítja. Az egyik legjelentősebb atomenergetikai technológia exportőr. Otthon jelenleg 1 blokkot építenek (Flamanville-3) és kettőt terveznek bezárni (a két legöregebbet, Fessenheim 1,2-t). Az épülő EPR blokk 1650 MW teljesítményű lesz. A beruházás azonban éveket csúszik, illetve folyamatosan drágul.

## Finnország

Mint ahogy Franciaországban, így Olkilouto-3-nál is nagy az EPR blokkok késése és drágulása, Olkilouto-4 még tenderezés előtt áll, azonban itt is esélyes az EPR. Egy másik telephelyre is terveznek atomerőművet, ami német- finn beruházás formájában valósulna meg. Lehetséges reaktortípus az EPR, illetve a Toshiba által kifejlesztett ABWR (előadás utáni hír, hogy utólag meghívták a tenderbe a Rusatomot is).

## Nagy-Britannia

Jelenleg 17% a nukleáris hányad, azonban 2025-ig 9 blokkot fognak leállítani. Új erőművek építésében a kormány nem vesz részt, de támogatja azokat. Három beruházás folyik: a Horizon, ami eredetileg E.ON UK és RWE Npower vegyesvállalat, a németek azonban pénzügyi okokból kiszálltak a projektből, részüket a japán GE-Hitachi vásárolta meg, így a létesítendő blokkok típusa várhatóan ABWR lesz. Az EDF Energy projekt cég 80%-ban francia, 20%-ban brit tulajdonnal indult, azonban a brit Centrica kiszállt, helyüket a kínai CGNPC veheti át. Itt 2-2 UK EPR típusú blokk fog létesülni. Harmadikként a NuGen francia-spanyol projekt keretében összesen 3,6 GW teljesítményű blokkokat készül építeni.

## Az építők – Új belépők

Világszerte közel 50 ország fontolgat atomerőmű építést, ebből nagyjából 20 tett meg komolyabb előkészületeket. Az alábbi táblázat 12 közülük kiválasztott ország gazdasági, villamos energia, illetve a GDP-re, népességre, lakosságra vonatkozó adatait tartalmazza.

| Országok      | Alapadatok    |                      |              |                            |                            |                             | Fajlagosak           |            |                 |
|---------------|---------------|----------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|------------|-----------------|
|               | Lakos-<br>ság | Terület              | GDP<br>(PPP) | GDP növ<br>3 éves<br>átlag | Beép.<br>teljesít-<br>mény | Vill.<br>energia<br>termel. | Nép-<br>sűrű-<br>ség | GDP<br>/fő | termelés<br>/fő |
|               | millió fő     | ezer km <sup>2</sup> | mrd USD      | %                          | GW                         | TWh                         | fő/km <sup>2</sup>   | USD/fő     | kWh/fő          |
| Banglades     | 161,1         | 148                  | 282,5        | 6,2                        | 6,6                        | 25,6                        | 1089                 | 1754       | 159             |
| Belarusz      | 9,6           | 208                  | 141,2        | 4,4                        | 8,0                        | 33,0                        | 46                   | 14708      | 3438            |
| EA Emírségek  | 8,2           | 75                   | 260,8        | 1,1                        | 27,0                       | 100,0                       | 109                  | 31805      | 12195           |
| Egyiptom      | 83,7          | 1002                 | 515,4        | 3,7                        | 26,9                       | 123,9                       | 84                   | 6158       | 1480            |
| Indonézia     | 248,6         | 1904                 | 1121,0       | 5,7                        | 34,1                       | 141,2                       | 131                  | 4509       | 568             |
| Jordánia      | 6,5           | 89                   | 36,8         | 3,4                        | 3,1                        | 13,0                        | 73                   | 5662       | 2000            |
| Lengyelország | 38,4          | 313                  | 765,6        | 3,1                        | 33,4                       | 141,8                       | 123                  | 19938      | 3693            |
| Malajzia      | 29,2          | 330                  | 447,0        | 3,6                        | 25,4                       | 118,2                       | 88                   | 15308      | 4048            |
| Nigéria       | 170,1         | 924                  | 414,5        | 7,5                        | 5,9                        | 20,1                        | 184                  | 2437       | 118             |
| Szudán        | 33,6          | 1861                 | 89,1         | 5,3                        | 2,6                        | 8,4                         | 18                   | 2652       | 250             |
| Törökország   | 79,7          | 784                  | 1026,0       | 2,7                        | 49,5                       | 185,2                       | 102                  | 12873      | 2324            |
| Vietnam       | 91,5          | 331                  | 299,2        | 6,0                        | 15,2                       | 106,0                       | 276                  | 3270       | 1158            |

Az *Egyesült Arab Emírségek* első atomerőművének építése 2012 júliusában indult el. Érdekeség, hogy a környezetvédelmi és építési engedély után egy nappal már meg is indult a betonozás (ebben a július 20-án kezdődő ramadán böjt is közrejátszott).

*Vietnam* gyorsan fejlődő gazdaság, összesen 8 darab 1000 MW körüli beépített teljesítményű blokkot terveznek, az első blokkokat 85%-ban a beszállítók finanszíroznak (felét japán energiatársaságok, felét pedig a Rusatom Overseas). Ez esetben magyar vonatkozást is megemlíthetünk: a vietnami felsőoktatás nukleáris szakembereinek képzésében a BME Nukleáris Technikai Intézete illetve a Paksi Atomerőmű is részt vesz.

*Jordániában* várhatóan egy hónap múlva születik döntés, miután a 2011-ben kiírt tender jelöltjeit 2012 tavaszán kettőre csökkentették: a francia-japán ATMEA1 és az orosz AES-91. Sivatagi ország lévén az atomerőművet nem csak energiatermelésre használnák, hanem tengervíz sótalanítására is.

A *lengyel* atomerőmű építés valószínűleg éveket fog késni, ugyanis a PGE elhalasztotta a tender kiírását. 2035-re teljes szerkezetváltást terveznek: a nukleáris energia részarányát 36%-ra akarják megnövelni, míg a ma uralkodó szén 40% körülire szorítanák vissza. Beszállítónak a GE-Hitachi és a Westinghouse esélyes.

*Törökország* a '70-es évek óta kíván atomerőművet építeni. Jelenleg több erőművet is tervez: Akkuyuban orosz AES-2006 (4-szer 1200 MW) fog épülni, Sinop pedig még nyitott, valószínűleg ázsiai nyertese lesz. Előbbi érdekessége, hogy megépítése BOOT (Build, own, operate, transfer) konstrukcióban fog megtörténni: tehát az oroszok megépítik, birtokolják, üzemeltetik, a termelt villamos energiát fix áron eladják, majd egy idő után a profit 20%-át befizetik a török kormánynak. Ilyen körülmények között felmerül a felelősség és a hatósági felkészültség kérdése is.

*Fehéroroszország* 2008-ban döntött atomerőmű építése mellett, 2011-ben az orosz AES-2006 megnyerte a tendert, 2013-ban megkezdődnek az építkezések. A NAÜ javaslata alapján azonban szükség van a jogszabályi környezet fejlesztésére.

*Malajziában* folynak az előkészületek, az infrastruktúra kialakítása viszont hol folyik, hol elakad.

*Indonéziában* is lassan haladnak az előkészületek. Kérdéseket vet fel a nagy földrengésveszély, ezért a tervek szerint a kevésbé szeizmikus Szunda lemezen, a Bangka szigetén megtermelt áramot tenger alatti kábellel juttatnák el Szumátra szigetére.



Szudán nagy területű ország, szigetes kis hálózattal, minimális beépített teljesítménnyel. Ennek következményeként egy kb. 1000 MW teljesítményű atomerőmű nem építhető be biztonságosan a rendszerbe. Komoly kockázatot jelent Szudánnal kapcsolatban az is, hogy az al-Kaida egyik háttérországa.

## **Magyar kilátások**

A közelmúltban több prototípust is megtekintettek a magyar szakértők, illetve a lehetséges beszállítókkal is megindultak a konzultációk. 2012-ben pedig kormánybizottság alakult a miniszterelnök vezetésével. A bizottság tagja a gazdasági és a fejlesztési miniszter, meghívottak az MVM és a PA Zrt. vezérigazgatója, az OAH főigazgatója, az MTA EK és a BME NTI igazgatója. A beruházást kiemeltté nyilvánították, hogy ezzel is gyorsítsák az engedélyek beszerzését. A Paks II projektársaság az MVM leányvállalataként alakult meg, a tenderkiírás műszaki vonatkozása elkészült, a finanszírozási rész kidolgozása folyamatban van. A lehetséges blokkok műszaki és biztonsági színvonala megfelelő, így a döntés várhatóan gazdasági és politikai érveken fog alapulni. Sajnos nem kizárt, hogy a következő választásokon kampánytéma lesz.

Mindezek fényében elmondható, hogy az atomerőművek egyre több ország számára nyújtanak megfelelő alternatívát villamos energia igényük kielégítésére, még akkor is, ha kevesen közülük ideiglenesen vagy végleg lemondtak eme energiaforrásról.

**Batta Alexandra**

**Az Energetikai Szakkollégium tagja**