

LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK AZ ATOMENERGIA-IPAR JELENLEGI PROBLÉMÁIRA

I. rész – A sóolvadékos reaktor

Király Márton
Budapest

A Földön kitermelhető fosszilis energiaforrások biztosítják az energiaigény közel 80%-át. A világon naponként 18 millió tonna kőszén, 15 millió m³ kőolajat és 3 milliárd m³ földgázt termelnek ki [1]. A felhasználás helyétől messze található az energiahordozó-készletek. A jelenlegi becslések szerint a növekvő igény figyelembe vételével a jelenlegi kőolaj kitermelés 40-60 évig, a földgázkitermelés 60-100 évig, a kőszénfejtés pedig mintegy 150-200 évig folytatható. A kitermelés mennyisége azonban idővel csökkenni fog, nem tud lépést tartani a meredeken növekvő fogyasztással, ötven éven belül tehát súlyos, globális méretű energiaválsággal kell szembenéznünk. A válság elkerülésére olyan megoldási javaslatok születtek, mint a korlátozás, a kiváltás megújuló forrásokkal, azonban ezek egyike sem csökkentette jelentősen a hagyományos tüzelőanyagok használatát.

Az atomenergia múltja

Bár az atommagkutató elsőséges eredményeit katonai célokra használták, az 1960-as évektől az atomenergia békés célú felhasználása került előtérbe. Több atomerőmű-típust fejlesztettek ki és kerültek ezek kereskedelmi forgalomba. A legelterjedtebb konstrukciók a PWR (Pressurized Water Reactor), BWR (Boiling Water Reactor) és a CANDU (CANada Deuterium Uranium) voltak, vagyis rendre a nyomottvízes, a forralóvízes és a nehésvízes reaktorok. Ezek adják a ma működő reaktorok nagy részét is. Ekkoriban úgy gondolták, hogy az atomenergia megfelelően biztonságos, hatékony és kiadhatatlan energiaforrás lesz a következő évszázadokra.

Ma a világ több mint 30 országában működnek atomerőművek. Egy atomerőmű beruházási költségei óriásiak, de a fenntartási és üzemeltetési költségek alacsonyak, így viszonylag olcsón termelhető elektromos energia. Általában állami beruházások és banki befektetések finanszírozzák a telepítési költségek harmadát, a többi hosszú távú kölcsönszerződés, 10-20 évre, változó kamattal. A telepítés átlagos költsége új nyomottvízes erőmű létrehozása esetén 2000-4000 \$/kW, tehát a Magyarországra telepítendő 1 GWe teljesítményű III+ generációs atomerőmű 2-4 milliárd dollár értékű beruházás árán valósulna meg. Ezeknél a zónaszerűlés várható valószínűsége 10⁻⁶/év, 50-60 éves üzemidőre tervezettek, termodinamikai határfokuk – elsősorban a megnövelt gőznyomásnak köszönhetően – 33-37% közötti.

Nukleáris energiatermelésről lévén szó fontos megemlíteni a közvélemény és a média szerepét. A nukleáris technológia elmúlt mintegy 70 éve alatt sok

esemény befolyásolta negatívan az atomenergia elfogadottságát. Történt néhány súlyosnak ítélt baleset a működő atomerőművekben, amelyek megrendítették a közvélemény bizalmát. Az 1986-os csernobili katasztrófa után az atomerőművektől való félelem oda vezetett, hogy világszerte gyakorlatilag leállt a reaktorok építése. Néhány ország még a teljes kivonulás lehetőségét is felvetette. Az 1990-es évektől kezdődően elszórtan egy-egy atomerőmű épült, némelyiket az átadás előtti hónapokban kellett felszámolni. Az atomenergia bizalmi válságba jutott.

A 2010. március 11-i Tōhoku-földrendés és az azt követő szökőár mintegy 15000 áldozatot követelt. A Fukushima prefektúrában található Fukushima Daiichi atomerőművet egy órával a földrendés után 10 métert meghaladó cunami sújtotta. Ez ismét súlyos atomerőmű-balesethez vezetett, amelyről – többek közt – e lap hasábjain is részletes beszámoló jelent meg [2].

A nyugati hírekben a földrendés napján még a szökőár által okozott károkról és az áldozatok lehetséges számáról lehetett hallani, másnapra azonban megváltozott a helyzet. Az éjszaka folyamán beékezt hírek, amelyek szerint a TEPCO közleményben ismerte el az egyik japán erőmű meghibásodását és kis mennyiségű radioaktív anyag kibocsátását a környezetbe, arra készítették a nyugati újságírókat, hogy elővegyék a Csernobil óta alig használt félelmet keltő szavakat, mint a sugárzás, zónaolvadás, radioaktív kibocsátás, nukleáris baleset, atomkatasztrófa, kitelepítés és halálzóna. Ezek egytől-egyig megjelentek mind a hazai, mind más európai hírekben, felnagyítva, közel hozva a több ezer kilométerre történeteket és elhítelve, hogy a Japánban történt kibocsátás egészségügyi kockázatot jelent a világ egészére. A fukushimai baleset jó példa arra, hogy egy lokális baleset a média által felnagyítva és a közvéleményt feltűzelve hogyan indíthat el atomerőmű-ellenes fellángolásokat világszerte.

Mindez mutatja, hogy az atomenergia megítélése a mai napig igen kedvezőtlen, és ez adott esetben nyomást tud gyakorolni a politikai vezetőkre és egyes országok energetikai iparára, ahogy Németországban történt. Ott kijelentették, hogy a ma még működő atomerőműveiket 2022-ig leállítják és más energiahordozót fognak alkalmazni. Az elhatározott energiastratégia előre láthatólag mintegy 240 milliárd eurós beruházást kíván a következő tíz évben, 370 millió tonna többlet CO₂ kibocsátással jár és az ország addig is jelentős elektromosenergia-importra szorul [3]. A 2011-es olasz népszavazás eredményeképpen az 1990-ben leállított atomerőművek helyett nem építhetnek újakat, így Olaszország továbbra is import földgázból fedezi szükségleteit. Az atomenergiát ki-

váltani pedig nem könnyű, mivel nincs még egy ilyen kis fenntartási költséggel üzemelő, ilyen nagy energiasűrűségű és CO₂-semleges energetikai technológia.

Atomenergia a közeljövőben

Manapság – a növekvő energiaigény és a működő erőművek elöregedése miatt – egyre több országban, köztük hazánkban is újra felvetik az atomenergia alkalmazását a fosszilis erőművekkel szemben. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának globális következményei lassan beszivárogtak a köztudatba. A globális felmelegedés okait tekintve a jelenlegi álláspont szerint a természetes és a mesterséges kibocsátások egyaránt felelősek a klímaváltozásért. A Kyotói Egyezmény keretében a fejlett államok kötelezték magukat a CO₂ kibocsátásuk korlátozására. A kormányok először CO₂ kvótát határoztak meg, jelenleg pedig adó kivétését tervezik a CO₂ kibocsátással járó tevékenységekre, elsősorban szénttartalmú fosszilis tüzelőanyagok égetésére. Ez jelenleg is fokozottan érinti az egyre dráguló fosszilis tüzelőanyagokon alapuló áramtermelést. Ezek mind a nem fosszilis energiatermelés felé billentenék a gazdaságot, azonban egy atomerőmű építése hihetetlen mértékben megdrágult.

A manapság kereskedelmielg elérhető atomerőmű-típusok jó része a III+ generációba tartozik. Ezek III. generációs reaktorok továbbfejlesztései, méretnövelései, rendszerint 1000 MW fölötti elektromos teljesítménnyel. Az új technológiák nagyobb kapacitással és elképesztően összetett irányítási és biztonsági rendszerek segítségével próbálják a befektetők bizalmát ismét elnyerni. Egy ilyen reaktor beruházási költsége azonban több milliárd dollárra rúg, amely évente mintegy 5-10%-kal nő. A nagy gyártók tökéletesen egyeduralgokká váltak, sok kisvállalkozás nem élte túl a hosszú recesszív időszakot. A nagy gyártók azonban a fűtőelem-utánpótlásra és a más területekre irányuló kereskedelmi beruházások révén folyamatosan nyereségesek maradtak. Egy adott gyártó által épített atomerőmű gyakorlatilag csak a gyártó üzemanyag-kazettáit tudja felhasználni, mivel szinte minden típus különbözőt használ. Az évek során nagyon sok fajta kazettaelrendezést fejlesztettek ki, az üzemanyaggyártók pedig ehhez alkalmazkodnak. Az atomerőművek – a megvalósítást tekintve – jelentősen eltérnek egymástól, a különböző gyártók hasonló reaktorai, továbbá minden erőmű a helyi sajátosságoknak és kéréseknek megfelelően egyedül. A világon összesen négy cég van (a Japan Steel Works, a China First Heavy Industries, az orosz OMZ Izhora és a koreai Doosan Heavy Industries), akik 1000 MWe vagy annál nagyobb PWR-ekhez reaktortartályt tudnak gyártani. Ez erősen korlátozza az évente építhető reaktorkapacitást.

Fukushimát követően a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség jelezte, hogy a 2035-ig előre jelezhetően épülő reaktorok száma megfelelő. Az 1950-es évek óta előre jelzett nukleáris fellendülés napja leáldozóban van. Nő a bizalmatlanság a népesség, a befektetők, az

államok és a gyártók részéről egyaránt. A jelenlegi helyzetben a vizet használó, továbbfejlesztett technológiák nem tudják hatékonyan orvosolni az iparág gondjait. Szükségessé vált tehát az atomenergia-ipar újjászülése, amely teret nyithat új elképzeléseknek és forradalmi újításoknak, egy új, biztonságosabb, fenntartható és hatékony nukleáris energiatermelés felé.

A fejlődés irányai, a IV. generációs reaktorok

A IV. generációs elképzelések a nukleáris technológiák újragondolását, hatékonyabbá tételét tűzték ki maguk elé. A magas hőmérséklettel operáló elgondolások a nagyobb termodinamikai hatásfok elérésére és kapcsolt energiatermelésre is alkalmassá teszik a reaktorokat [4]. Egy magas hőmérsékletű reaktor olcsó hőforrásként szolgálhat különböző energia-átalakító műveletekhez mint:

- vízbontás termokémiai úton, jód-kén ciklus, réz-klor ciklus,
- másodlagos, CO₂-semleges üzemanyagok gyártása hidrogén felhasználásával (metanol, dimetil-éter, etanol, ammónia, metán),
- nitrogénmegkötéses műtrágyagyártás,
- termikus depolimerizáció, műanyag-feldolgozás,
- tengervíz sótalanítás, új termőterületek létrehozása.

A világon jelenleg több száz kis és közepes kísérleti reaktort terveznek, építenek vagy üzemeltetnek [5]. Ezek jó része az eddigi technológiák fejlesztéséből, továbbgondolásából származnak, akadnak azonban az eddigi hagyománnyal szakító, forradalmian új ötletek is. A 2000-ben felvázolt negyedik generációs reaktorok még csak a tervezőasztalon léteznek, de bizonyos alapvető előnyök így is felmerülnek.

A reaktortípusok alapvetően két kategóriába sorolhatók: a termikus, vagyis lassú neutronokkal üzemelő, víz, nehésvíz vagy grafit által moderált reaktorokhoz, illetve a gyors neutronokkal működő tenyésztő-reaktorokhoz. A IV. generációs elképzelések közül három termikus (magas hőmérsékletű, szuperkritikus vízhűtésű és a sóolvadékos reaktor) három pedig gyors neutronokkal működik (hélium-, nátrium- és ólom-bizmut hűtésű gyorsreaktorok). Ezek a tervezett reaktorok a ma elérhető technológiai háttér, a precíziós mérőberendezések és új műszaki anyagok felhasználásával igyekeznek megvalósítani a hatékonyabb, kevesebb hulladékot termelő, a jelenlegi hulladékot újrahasznosító, biztonságosabb és olcsóbban megépíthető atomerőművek új generációját. Jelen írás további részében a sóolvadékos technológia történetét és elért eredményeit részletezem.

MSR – A sóolvadékos reaktor

Ezt a reaktortípust az amerikai Oak Ridge National Laboratory (ORNL) által vezetett Sóolvadékos Reaktor Kísérlet (Molten Salt Reactor Experiment) során fej-

lesztették ki az 1960-as években [6]. Léteznek elképzelések, amelyek a sóolvadékot szilárd üzemanyag hőjének elvezetésére használnák, de az elterjedtebb koncepció szerint a sóolvadékos reaktorokban a primer körű hűtőközegben, a fluorid-alapú sóolvadékokban oldva található meg maga az urán-tetrafluorid (UF_4) üzemanyag, a reaktor pedig lassított, termikus neutronokkal működik. A sóolvadék nagy előnye, hogy így közvetlen a hőátadás, nem falon keresztül kell a hőt a rossz hővezető kerámiatöltetű burkolaton keresztül átvezetni a hűtőközegig. Másik alapvető jó tulajdonsága az atmoszférikus nyomáson elérhető magas hőmérséklet, amellyel magasabb átalakítási hatások érhetőek el, vagy kapcsolt energiatermelésre teszi alkalmassá a reaktort.

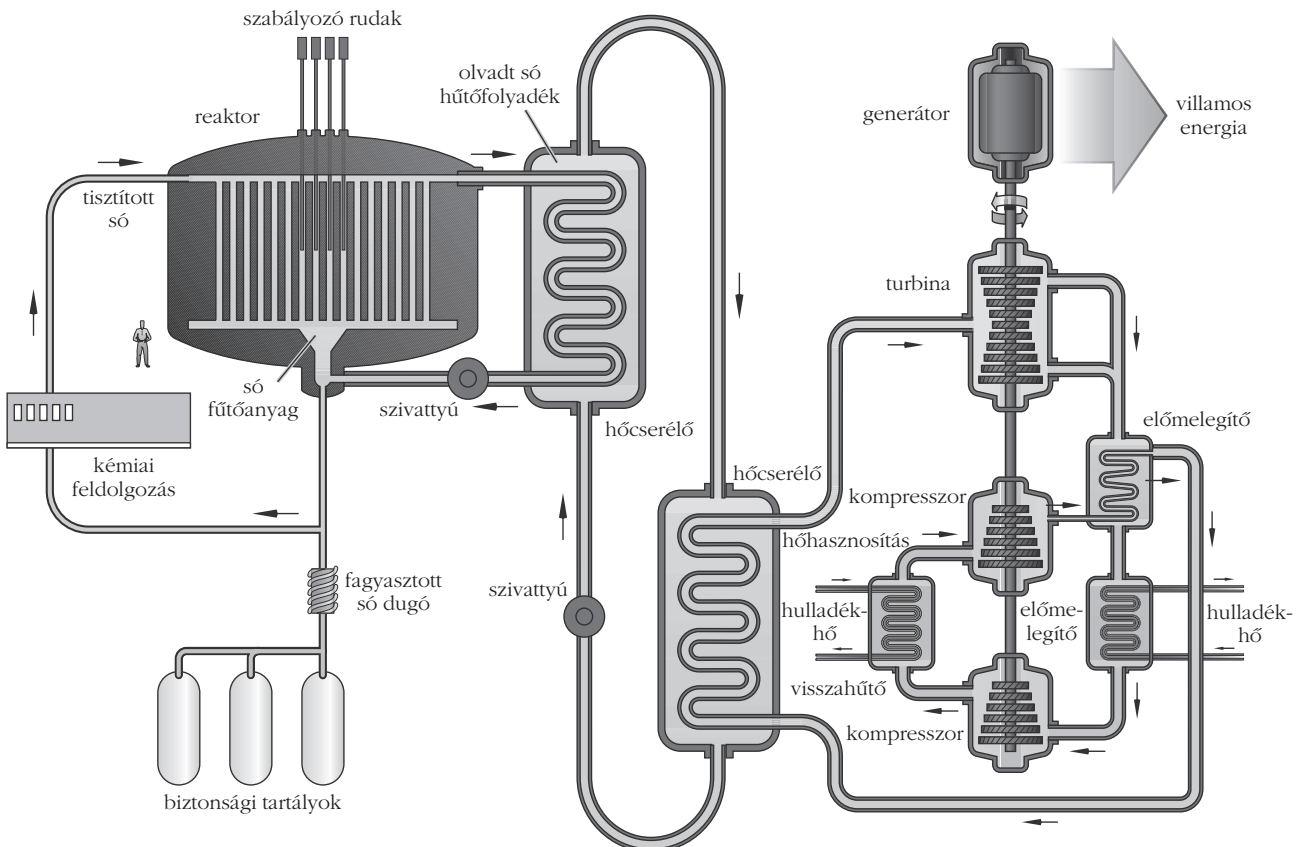
Az MSR története

Egy olvadt sóval, mint üzemanyaggal működő reaktor koncepcióját Wigner Jenő vetette fel 1945-ben. Az ötlet szerint közvetlen hőátadást kellene megvalósítani a hasadóanyag és a hűtőközeg között. Az első sóolvadékos erőmű tervét Wigner Jenő barátjával, Alvin Weinberggel közösen 1947-ben jelentette meg, az első jelentősebb kutatás-fejlesztés azonban csak 1954-ben indult. Az Amerikai Légierő egy kis méretű, repülőgépek üzemeltetéséhez használható reaktor megalkotását kérte az ORNL-től (Aircraft Nuclear Propulsion, ANP), ugyanekkor Alvin Weinberget tették meg a kutatóintézet igazgatójának. A program si-

kerrel zárult 1959-ben, megalkotva a világ első sóolvadékkal működő reaktorát, amely közel 900 °C-os hőmérsékleten üzemelve mai napig hőmérsékleti csúcstartó [7].

A sóolvadékosreaktor-kísérlet (Molten Salt Reactor Experiment, MSRE) az ANP eredményeit szem előtt tartva 1960-ban indult Oak Ridge-ben. Több száz kutató végzett számításokat, tervezte, építette a reaktort és vetett fel megoldandó kérdéseket a radikálisan új, addig ismeretlen technológiával kapcsolatban. Ennek során egy olyan, olvadt fluoridokból álló elegyben oldott urán felhasználásával működő reaktor megalkotása volt a cél, amely képes lakossági villamosenergia-termelésre és biztonságtechnikai vonásai merőben eltérnek a szilárd üzemanyagú reaktoroktól. A kutatás kezdeti, tervező szakasza 1962-ig tartott, majd elkezdődött az újonnan létrehozott ötvözetek kipróbálása és a tervezett berendezések elemeinek legyártása. 1965 június 1-jén lett kritikus a reaktor, amely ekkor 0,3 mol% $^{235}UF_4$, 0,6 mol% $^{238}UF_4$, 5 mol% ZrF_4 , 29 mol% BeF_2 és 65 mol% 7LiF összetételű olvadt sóval működött, teljes víz- és levegőkizárással a rendszerből. Azért kellett a lítium 7-es izotópját használni, mert a 6-os tömegszámú enyhén neutronelnyelő. A teljesítményt fokozatosan növelték, a maximális teljesítményt (7,7 MW hőteljesítmény) 1966 májusára érték el. A primer kör egy szekunder sóolvadékkal cserélt hőt, amely $NaF-NaBF_4$ összetételű volt. Ezt a termelő hőt elvezették a reaktorból és egy léghűtőben a rajta átáramló levegőnek, a környe-

1. ábra. A sóolvadékos reaktor vázlatja [9].



zetnek adta át. A primer és a szekunder kör is leállás esetén passzívan lecsapolható, a grafit moderátortól elvezethető volt. Erre találták ki a „freeze plug”, vagyis a „fagyott dugó” rendszert. A sóolvadék útja a lecsapoló tartályok felé nyitva volt, szerelvény nélküli csövekkel közvetlen összeköttetésben álltak a tartályokkal, azonban a cső egy pontját kívülről hűtötték. Azon a ponton a só megfagyott, megszilárdult és dugót képezett. Leállás, áramszünet vagy üzemzavar esetén a hűtés megszűnt, a dugó felolvadt és az olvadék a gravitáció által a tartályokba folyt. A sóolvadék ilyenkor több, passzívan hűtött tartályba folyt át, ahol az olvadáspontja alá hűlve megdermedt és így teljesen elszigetelhető volt.

Több hosszabb folyamatos üzem után 1967 szeptembere és 1968 márciusa között a reaktor hat hónapig át működött 5-8 MW teljesítménnyel, terv szerint, 3840 órán át folyamatosan kritikus állapotban. A körülálló sóolvadék más paramétereit, összetételét ez alatt nem változtatták, a jelen lévő urán mennyiségét folyamatos mérésrel és beadagolással tartották állandón. Az utántöltés szintén nem jelentett gondot, mivel ez mindössze néhány gramm urán-fluorid hozzáadását jelentette az elegyhez, amely azonnal elolvadt és elkeveredett. Ez a kísérleti reaktor tehát hagyományos üzemanyagot (^{235}U) használt, újdonságot csupán a folyékony fluorid sóban való oldás és az új típusú reaktor jelentett. Ezzel a kísérlettel sikerült igazolni a technológia megvalósíthatóságát, biztonságosságát és nagyon sok tapasztalatra tettek szert a reaktorfizikai paraméterekkel és az üzemeltetéssel kapcsolatban.

A kísérlet végeztével a teljes uránmennyiséget kivonták fluorinálással, vagyis fluorgáz átáramoltatásával. Ekkor a sóolvadékban található UF_4 -ból UF_6 gáz keletkezik, amely könnyen elválasztható a sótól. 221 kg uránt sikerült így kinyerni hat nap alatt, mely a teljes mennyiség mintegy 99,5%-át jelentette.

1968 októberében a hordozó sóhoz, a $^7\text{LiF}-\text{BeF}_2$ elegyhez $^{235}\text{UF}_4$ -ot adtak, majd a reaktort újraindították, így ez lett a világ első kizárólag ^{235}U üzemanyaggal működő reaktora. Stabil üzemelést értek el, amely jól illeszkedett a számított előrejelzésekhez.

1969 szeptemberében $^{239}\text{PuF}_3$ -ot adtak a sóolvadék-elegyhez, így vizsgálva annak hatását és üzemanyagként való alkalmazhatóságát. Ezen vizsgálatok bebizonyították, hogy sikerrel alkalmazható a plutónium dúsított ^{235}U mellett [8].

Általánosságban elmondható, hogy a sóolvadékos reaktorban a primer körű hűtőközegben, a fluorid-alapú sóolvadékban oldva található meg az üzemanyag (1. ábra). A sóban oldott $^{235}\text{UF}_4$ kémiaiilag stabil. A maghasadáshoz a ma elterjedt reaktorokhoz hasonlóan termikus neutronokra van szükség. A hasadási reakcióban keletkező neutronokat le kell lassítani moderátor közeg segítségével. Erre a célra grafit-tömbök szolgálnak, amelyek között kialakított csatornában folyik a sóolvadék. Az üzemanyag csak a grafit-tömbök között lehet kritikus, mivel a só önmagában nem alkalmas moderátornak. A grafitot elhagyó olvadék ezután egy szeparátorba kerül, ahol hélium bubo-

1. táblázat

Reaktorokban alkalmazható hővezető közegek fizikai paramétereit [10]

fizikai paraméterek	Na	66% ^7LiF - 34% BeF_2	H_2O
olvadáspont ($^\circ\text{C}$)	97	455	0
üzemi hőmérséklet ($^\circ\text{C}$)	500	700	320
üzemi nyomás (MPa)	0,1	0,1	12
fajhő (kJ/kg $^\circ\text{C}$)	1,3	2,34	5,62
sűrűség (kg/m 3)	841,3	2050	720
hővezetési tényező (W/m $^\circ\text{C}$)	66,8	1	0,558
dinamikai viszkozitás (cP)	2,21	5,6	0,087

ról át rajta és eltávolítja a gáz halmazállapotú hasadási termékeket, köztük a nemesgáz kripton és a ^{135}Xe reaktormérget. Ugyanitt leválasztják a sóból kicsapódó, főként hasadási terméként keletkező fémeket, amelyek nem alkotnak fluoridot. Az olvadék tovább haladva egy hőcserélőbe kerül, ahol energiáját egy szekunder sóolvadékos körnek adja át, majd a szivattyú után visszakerül a grafitos aktív zónába.

Sóolvadékokat jelenleg is előszeretettel alkalmaznak különböző területeken, például fémek hőkezelésénél és hőtartó közegként naperőművekben. Magas olvadáspont, közepes hőkapacitás, 2 g/cm 3 sűrűség, vízszerű hővezetés, nagy viszkozitás jellemző rájuk. Mivel tenziójuk kicsi, így alacsony, atomszférikus nyomáson lehet velük dolgozni, hátrányuk hogy általában igen korrozívak. Ezt a problémát a reaktortervezés korai szakaszában sikerült megoldani egy ellenálló, magas hőmérsékleten is megfelelő szilárdsággal rendelkező szuperötvözet kifejlesztésével (Hastelloy $^{\text{®}}$ N).

A legtöbb mai elképzelés szerint sóolvadékos reaktorban $^7\text{LiF}-\text{BeF}_2$ sókeverék használatát tervezik, nagyjából 66–34 m/m% arányban. Ez a keverék minimális olvadáspontú eutektikumot alkot, olvadt állapotban átlátszó, forráspontja 1400 $^\circ\text{C}$ körüli, tehát a várt üzemi hőmérséklet közelében (600–900 $^\circ\text{C}$) atomszférikus nyomásviszonyok mellett használható. Tulajdonságai alkalmassá teszik atomreaktorok primer hűtőkörében való használatra (1. táblázat).

A sóolvadékos technológia előnyei a jelenleg elterjedt reaktorokkal szemben:

- a só egyszerre folyékony üzemanyag és hőelvonó közeg, direkt hőátadás,
- nincs ^{135}Xe mérgezés, héliumos gázleválasztás és adszorpció,
- atomszférikus nyomású sóolvadék, nincs víz a rendszerben, nincs dekompresszió,
- magas üzemi hőmérséklet (600–800 $^\circ\text{C}$), magasabb átalakítási hatások ($\eta = 0,5$, Brayton-, Rankine-ciklus) vagy kapcsolt energiatermelés,
- nincs LOCA (loss of coolant accident, hűtőközeg elvesztésével járó baleset), a hűtőközeg egyben az üzemanyag is,

- on-line üzemanyag-betöltés vagy csere, nincs kizettaátrakódás,
 - passzív biztonság, csak a grafit moderátorok között van termikus neutron,
 - az üzemanyag gyorsan és biztonságosan eltávolítható grafit magból, „fagyott dugó”,
 - negatív termikus reaktivitás-visszacsatolás a só hőtágulása miatt,
 - a radioaktív hulladék fluorapatit vagy üveghulladék formában biztonságosan tárolható,
 - nincs utólagos reprocessálás, működés közbeni szeparáció lehetséges, értékes orvosi izotópok (^{99}Mo , ^{213}Bi , ^{225}Ac , ^{229}Th , ^{125}I , ^{106}Ru , ^{90}Y).
- A folytatásban a tóriumos tenyésztőreaktorok működése kerül bemutatásra.

Irodalom

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Fossil_fuel
2. Aszódi Attila, Boros Ildikó: Az atomenergia jövője Fukushima után. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 23–27, 46–51.
3. Cserhádi András: A leépítők – osztrák, olasz, német, svájci és japán atomenergia. *Nukleon* 2012. szeptember, http://mnt.kfki.hu/Nukleon/download.php?file=Nukleon_5_3_115_Cserhati.pdf
4. US DOE, Generation IV International Forum: A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, GIF-002-00, 2002
5. <http://www.iaea.org/NuclearPower/SMR/>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Molten-Salt_Reactor_Experiment
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft_Nuclear_Propulsion
8. M. W. Rosenthal: Molten-Salt Reactor Program Semiannual Progress Report For Period Ending February 28 1970. ORNL-4548, Oak Ridge National Laboratory (1970)
9. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Molten_Salt_Reactor_hu.svg
10. Yamaji Bogdán: *A sóoldadékos reaktor és a hozzá kapcsolódó hűtőkör termohidraulikája*. Diplomamunka, BME NTI, 2002, 28.

A KUKORICA ALAPÚ BIOETANOL MAGYARORSZÁGI ELŐÁLLÍTÁSÁNAK EXERGIAELEMZÉSE

Herman Edit – egyetemi hallgató, ELTE-TTK/BME-VBK
 Kádár József – ELTE, TTK, Környezettudomány Doktori Iskola
 Martinás Katalin – ELTE TTK, Atomfizika Tanszék
 Bezegh András – Bezekon Kft., Budapest

A világ gazdasági fejlődése az energiaszükséglet növekedését hozta magával. Ezt az igényt a hagyományos, fosszilis tüzelőanyagok segítségével sokáig ki lehetett elégíteni, azonban ezek mennyisége véges. Ez a tény, valamint az, hogy a szükséges energiamennyiség jelenleg is évről-évre nő, arra készítette az embereket, hogy alternatív megoldások után nézzenek. Egyik lehetőség a szükséges energiamennyiség csökkentése (energiatakarékosság, -hatékonyság), másik pedig az egyéb energiaforrások alkalmazása. A hagyományostól eltérő energiaforrások iránti igényt a fosszilis eredetű széndioxid-kibocsátás csökkentésének szándéka is erősíti.

A Nap energiájának egyik közvetett hasznosítása a bioüzemanyagok felhasználása, azonban meg kell vizsgálni, hogy a használat mennyire gazdaságos. Jelen munkánkban erre teszünk kísérletet. Konkrétan megnézzük, hogy egy jelenleg már használt bioüzemanyag, a bioetanol mekkora fizikai hatékonysággal jellemezhető. E témában már számos kutatás készült, azonban a mi vizsgálatunk újnak tekinthető egyrészt a vizsgált terület, másrészt a vizsgálati módszer tekintetében.

A bioetanol szerves vegyület, valójában etilalkohol. Előállítása bármilyen növényből, növényi részből történhet, amennyiben annak van cukor- vagy más szénhidrát tartalma, a bioetanolt ugyanis leegyszerűbben a cukor erjesztésével lehet előállítani. Az, hogy végül melyik növényből készítenek bioetanolt, a gazdaságosságtól függ. Ezt jelentősen befolyásolja

egy adott terület éghajlati adottsága, mezőgazdasági fejlettsége, valamint gazdasági helyzete, támogatási rendszere. A leggyakoribb alapanyagok a cukornád, cukorrépa, kukorica, búza. Magyarországon a kukorica a legelterjedtebb alapanyag cukortartalma, valamint eltarthatósága miatt. Az éghajlati adottságok kedvezőek e növény nagy mennyiségű termesztésére, amit a növény viszonylag magas terméshozammal hálál meg (1. ábra).

A bioetanolt alapvetően autók tüzelőanyagaként hasznosítják önmagában, vagy a benzínhez különböző arányban keverve. Előnye az eredete, valamint a jobb oktánszáma, azonban jelentős hátránya a

1. ábra. Kukoricahozam Magyarországon. Forrás: KSH STADAT 6.4.1.5.

