

# ÉGÉS- ÉS ROBBANÁSVESZÉLYES ANYAGOK VÁRHATÓ SZIVÁRGÁSAINAK ROBBANÁSVÉDELMI SZEMPONTÚ MEGKÖZELÍTÉSE NORMÁL ÜZEMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT ATOMERŐMŰVEKNÉL

## EXPLOSION PROTECTION APPROACH TO ANTICIPATED LEAKS OF COMBUSTIBLE AND EXPLOSIVE MATERIALS UNDER NORMAL OPERATING CONDITIONS IN NUCLEAR POWER PLANTS

*Tugyi Levente\*, Prof. Dr. Siménfalvi Zoltán\*\*, Dr. Szepesi L. Gábor\*\*\**

### ABSTRACT

Nuclear power plants can play a vital role in the energy supply of a country or region. On the other hand, they also represent a major source of danger to human society if they do not comply with strict regulations during export and operation. The nuclear threat caused by a malfunction or human action can pose a serious problem for the population. The formation of potentially explosive hydrogen atmospheres in some parts of nuclear power plant technology units, assumed under normal operating conditions, cannot be avoided.

### 1. BEVEZETÉS

A nukleáris ipar kapcsán a társadalom először a radioaktív sugárzásból eredő veszélyekre gondol [1], [2]. Az atomerőműveknél azonban jelen vannak olyan veszélyes területek is, ahol a robbanásveszélyes légkör alakulhat ki akár olyan mennyiségben normál üzemi körülmények között, amely műszaki és szervezési intézkedéseket tesz szükségessé a munkavállalók biztonságának védelme érdekében. Ez a gyúlékony gázt tartalmazó légkörökre vonatkozik, és eltér a nukleáris vagy havária veszélyeitől. Atomerőművek esetében fokozott kockázatot jelent, hogy a hidrogén okozta potenciálisan robbanásveszélyes környezet képes kialakulni.

### 2. HIDRÓGÉN SZEREPE ATOMERŐMŰVEKNÉL

A hidrogén esetében a potenciálisan robbanásveszélyes térség a nyomottvízes reaktorok (PWR esetében az alábbi esetekben alakulhat ki:

- A szekunder kör berendezéscsoportjába tartozó generátorok hűtésére használják a gáznemű hidrogént, jelentős fajlagos hőkapacitása miatt
- Hidrogént a reaktor hűtőközegrendszerében (RCS) lévő oxigénkoncentráció csökkentésére is alkalmazzák.
- A fővízkörben a reaktor működése során is keletkezhet üzemi körülmények között hidrogén

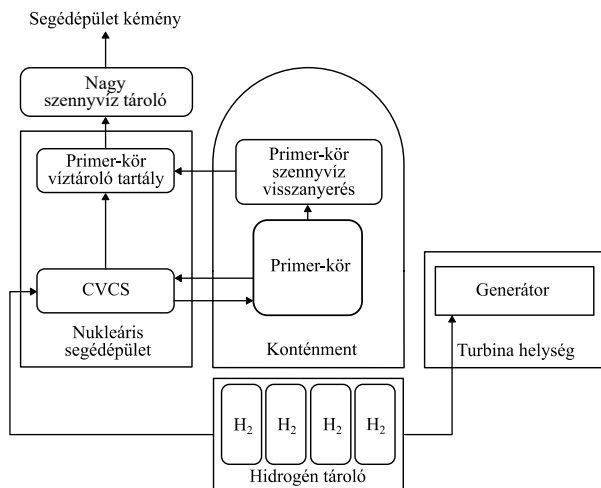
A hidrogén szivárgásának lehetősége több kibocsátó forrás esetén is megvalósulhat, mint például a csővezetékek és/vagy peremes kötéseknel, vagy az akkumulátorok üzemi és tároló helyiségeiben lévő szellőzőrendszerek meghibásodása során. A hidrogént a nukleáris épületeken kívül tárolják, jellemzően fekvőhengeres tartályokban, amelyeket közúti járművekből töltenek és közvetlenül a generátor hűtőrendszerébe, valamint az RCS-be kémiai és térfogatszabályozó rendszeren (CVCS) keresztül juttatják be a hűtőberendezésekbe, amelyet az 1. ábra szemléltet. A közúti jármű vagy tartálykocsi egy további veszélyforrást képez a lefejtési művelet során. Az elsődleges keletkező szennyvizet az atomerőmű reaktor- és segédépületeiben gyűjtik, a gáznemű hulladékokat pedig külön tárolják az erre a célra szolgáló tartályokban, mielőtt a légkörbe bocsátható állapotba hozzák és visszaengedik oda.. Ennek következtében az erőmű normál működése során a hidrogén cirkulációja a nukleáris segédépületben, a reaktorépületben és a turbinacsarnokban történik, külön erre a célra kialakított körökön keresztül [3]. A hidrogén koncentrációja ezekben a körfolyamatokban az üzemállapottól függ, de akár 100 %-ot megközelíthető is lehet, különösen a hidrogéntároló tartályokhoz közvetlenül csatlakozó csővezeték rendszerek esetében. Ezenkívül hidrogént állítanak elő az elektromos akkumulátorok is, amelyek az erőmű további különálló elektromos épületeiben találhatóak. Az akkumulátorok töltése során az akkumulátorok celláiban a töltőáram által végzett vízhidrolízis eredményeként gázok (oxigén

\*doktorandusz, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

\*\*egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

\*\*\*egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

és hidrogén) keletkeznek. Ezenkívül hidrogén keletkezhet a tengervíz szivattyúállomásokon az elektroklorozás kezelése során is. Ezt az elektrokémiai eljárást nátrium-hipoklorit előállítására is használják, amelyet a szivattyúállomás hűtőrendszerébe fecskendeznek, továbbá csökkenti a biológiai mikroba kialakulását. Ez az eljárás csak a tengerparti helyszíneket érinti.



1. ábra: A hidrogén körforgását érintő fő rendszerek PWR reaktorok esetében [3]

### 3. ROBBANÁSI KOCKÁZAT ÉRTÉKELÉSE

A robbanás kockázat értékelése több lépésből áll [3]. Legelőször a hidrogén kiáramlási sebességének és a helyiségen belüli hidrogénfelhalmozódás lehetőségeinek vizsgálata. Ezt követően a kockázatcsökkentő eszközök hatékonyságának vizsgálata, amely atomerőműben a hidrogénrobbanás elleni két fő védelmet jelenti a szivárgás- és a szellőzőrendszerek automatikus elszigetelése, ahol a fő hidrogénvezetékek elzárószelvényekkel vannak felszerelve, és az I&C [4] automatikusan elküldi a lezárási parancsot, ha a helyiségben a hidrogénkoncentráció eléri egy bizonyos küszöbértéket. Végül a robbanás gyakoriságának számszerűsítése egyszerű eseményfák segítségével történik, figyelembe véve az esetlegesen hatékony (a törés nagyságától függő) védelmi rendszerek megbízhatóságát. A legfontosabb pont a szivárgás gyakoriságának értékelése a méret függvényében.

### 4. SZIVÁRGÁS PEREMES KÖTÉSEKNÉL

A peremes kötések (szelepen, karimán stb.) vagy közvetlenül a csövön keletkező szivárgás (lyuk) a helyiségben hidrogén felhalmozódásához vezet. Ebben az esetben a hidrogén áramlási sebessége a kibocsátási pontnál az MSZ EN 60079-10-1 [5] szabvány alapján két helyzetet kell figyelembe venni aszerint, hogy kritikus áramlás alatti vagy feletti esetről van szó. Ezt a

kritikus nyomás értéke határozza meg a rendszer belső nyomásnak a függvényében.

$$p_c = p_a \left( \frac{\gamma+1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad (1)$$

ahol:

- $p_a$  az atmoszférikus nyomás (Pa),
- $\gamma$  az adiabatikus expanzió politrop indexe (-), mely a (2) egyenlettel határozható meg.

$$\gamma = \frac{M \cdot c_p}{M \cdot c_p - R} \quad (2)$$

Ahol

- $M$  a moláris tömeg  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$ ,
- $c_p$  az állandó nyomás vett fajhő  $\left( \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)$ ,
- $R$  az univerzális gázállandó  $\left( 8,314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right)$ .

Kritikus áramlás alatti eset:

$$W_g = C_d \cdot S \cdot p \sqrt{\frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \cdot \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]} \cdot \left( \frac{p_a}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (3)$$

Kritikus áramlás feletti eset:

$$W_g = C_d \cdot S \cdot p \sqrt{\frac{M}{Z \cdot R \cdot T} \cdot \left( \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{\gamma}}} \quad (4)$$

a változók a következőket jelentik:

- $C_d$  a kibocsátás együttható (-),
- $S$  a lyuk keresztmetszete ( $\text{m}^2$ ),
- $p$  a berendezés belső nyomása (Pa),
- $M$  a moláris tömeg  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$ ,
- $Z$  az összenyomhatósági tényező (-),
- $T$  az anyag hőmérséklete (K),
- $\gamma$  az adiabatikus expanzió politrop indexe (-), a (2) egyenlet alapján,
- $p_a$  az atmoszférikus nyomás (Pa).

### 5. SZIVÁRGÁS AKKUMULÁTOROKNÁL

Az akkumulátorok helyiségeiben a hidrogéntermelés az akkumulátorok töltésének köszönhető. Két üzemmódot kell figyelembe venni: a lebegő töltés üzemmódot és az akkumulátorok töltését. Az úgynevezett csepptöltés üzemmódban az akkumulátor természetes önkisülését az önkisülési áramnál nagyobb tápfeszültségi árammal kompenzálják. Az akkumulátorok önkisülési árama időben változó (öregezési hatás), függ a hőmérséklettől és az

akkumulátor állapotától. Ennek következtében a lebegőáram nem állandó, hanem milliámpér/Ah nagyságrendben marad.

Az akkumulátorok használata alternatív tápforrás, vagy vészeseti tápellátást biztosít, amikor az elektromos áramkimaradás fennáll vagy egy időszakos teszt során. Az atomerőművi rendszereknél a hosszabb időt felölölő áramkimaradás jelentős problémával járhat.

A hidrogén felhalmozódása az épületben található akkumulátorhelyiségek állandó szellőztetésének meghibásodásából eredhet. Normál hőmérsékleti és nyomásviszonyok mellett, feltételezve, hogy az akkumulátorra adott teljes elektromos áramot hidrogéntermelésre használják (ami nagyon óvatos feltételezés).

A helyhez kötött akkumulátorok és akkumulátor telepek robbanásvédelmi térségbesorolását az MSZ EN IEC 62485-2:2018 szabvány [6] alapján lehet elvégezni, amely az ólomsavas, nikkel-kadmium (NiCd), nikkel-metál-hibrid (NiMH) és egyéb lúgos akkumulátorokra vonatkozó biztonsági előírásokat tartalmazza. A robbanóképes hidrogén gázközeg kialakulásának megelőzése érdekében mesterséges vagy természetes szellőzéssel kell gondoskodni a kilépő hidrogén megfelelő hígításáról (koncentráció csökkentés) és elvezetéséről. A minimális légáramlási térfogatáram kiszámítását a szabvány szerinti következő összefüggéssel határozható meg.

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

ahol:

- $Q$  a szellőzési térfogatáram ( $\frac{m^3}{óra}$ ),
- $n$  a cellák száma (-),
- $I_{gas}$  a kigázósító áramerősség (mA/Ah),
- $C_{rt}$  a 10 órás kapacitás (Ah).

Az MSZ EN IEC 62485-2:2018 szabvány értelmében az akkumulátorok közvetlen közelében a robbanásveszélyes gázok hígulása nem mindig

biztosított, celláinak közvetlen környezetében, ezért a kilépő hidrogén gáz alsó robbanási határérték (ARH) alá történő hígulása nem biztosítható, ezért az akkumulátorok környezetében védőtávolságot szükséges meghatározni. A meghatározott védőtávolságon belül potenciális gyújtóforrások vagy forró felület, amely a 300°C maximális felületi hőmérsékletet meghaladja nem helyezhető el.

$$d = 28,8 \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \quad (6)$$

ahol:

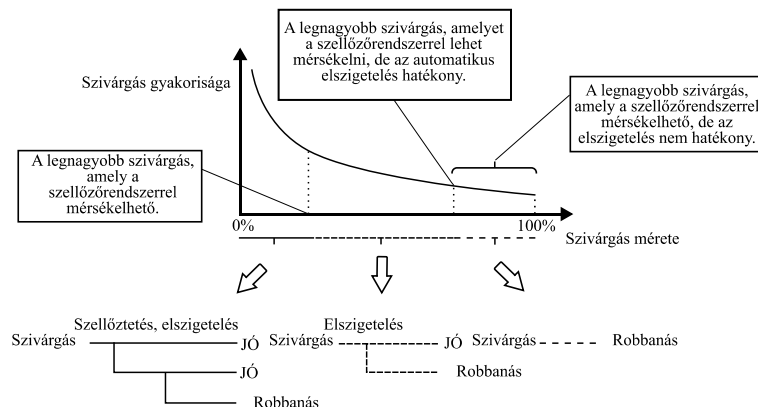
- $d$  a védőtávolság (mm),

## 6. SZIVÁRGÁS SZIVATTYÚ ÁLLOMÁSOKNÁL

A tengervíz elektroklórozással történő kezelése a szivattyútelepeken a tengervíz elektrolíziséből áll: a vízmolekulák a katódon H<sub>2</sub>- és OH- ionokra bomlanak, az anódon pedig a vizes Cl- ionok Cl<sub>2</sub> gázzá egyesülnek. Az eljárás által termelt hidrogén áramlási sebessége elérheti az óránkénti több köbmétert.

## 7. ROBBANÁS GYAKORISÁGÁNAK SZÁMSZERŰSÍTÉSE EGYSZERŰ ESEMÉNYFÁK SEGÍTSÉGÉVEL

A helyiségen belüli robbanási gyakoriság számszerűsítése eseményfák segítségével történhet, mely során a kiváltó esemény lehet a csővezeték szivárgás. Ez ilyen jellegű eseteknél a különböző kárelhárító rendszerek megbízhatóságát pedig klasszikus hibafák segítségével modellezhetőek. A nukleáris kiszolgáló létesítmények minden helyiségére három különböző típusú eseményfát lehet készíteni, a szivárgás áramlási sebességétől függően, melyet a 2. ábra mutat be.



2. ábra: Eseményfák a robbanási gyakoriság számszerűsítéséhez [3]

A legkisebb szivárgások esetén a robbanás elkerülése érdekében mind a légtelenítés, mind az automatikus elszigetelés figyelembe vehető. Ebben az esetben az alsó robbanási határértéktől magasabb koncentráció csak nagyon hosszú idő után alakulhat ki.

Ha a szivárgás kiáramlási mértéke jelentősebb, az elszívó rendszer nem lesz képes megakadályozni a robbanásveszélyt a lehetőségét. Bizonyos idő elteltével eléri az alsó robbanási határ értékét.

A legnagyobb szivárgásoknál az alsó robbanási határérték olyan gyorsan elérhető, hogy az automatikus leválasztás túl későn következik be a robbanás elkerülése érdekében. A valószínűségi elemzésnek a célja, hogy bemutassa azokat a helyzeteket, amikor a rendszer nem hatékony, ritkák előforduló esetek történnek és nem járnak jelentős következményekkel.

Természetesen adott atomerőműnél az egyedi jellemzőktől függően a szellőzőrendszer bármilyen méret esetén hatékony lehet. Egyes helyiségek esetében az elszigetelés bármilyen törésből adódó szivárgás esetén is hatékony lehet. Bizonyos különleges helyzetekben az automatikus leválasztás nem vehető figyelembe, például amikor az érintett hidrogénvezeték nincs felszerelve leválasztó szelepekkel vagy a helyiségben nincsen gázérzékelő a hidrogén gázra kalibrálva. Ezen szempontokat fel kell sorolni minden egyes nukleáris segédépület helyiségére vonatkozóan. A robbanás gyakoriságának számszerűsítése nemcsak az biztonsági rendszerek megbízhatóságától függ (amelyet a klasszikus hibafák segítségével értékelnek), hanem a kiváltó esemény, nevezetesen a szivárgás gyakoriságától is, amelyet minden törésből adódó szivárgás esetén meg kell határozni.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Atomerőművek esetében robbanásveszélyes léghő kialakulhat normál üzemi körülmények között, illetve üzemzavarok során. A fővízkörben a reaktor működése során kis mennyiségű hidrogén képes keletkezni, melyet a robbanásveszély megelőzése érdekében egy izzó fűtőtesten átvezetve elégetik. Számottevően a hidrogén megjelenését lehet vizsgálni a közúti járművek lefejtésénél, tárolásánál és generátorokhoz kapcsolódó csővezeték rendszereknél vagy az elektromos akkumulátorok helyiségében, továbbá hipotéziseket is lehet elemezni a szellőzés elvesztése esetén. Jellemzően meg kell kérdőjelezni azt a feltételezést, hogy a hidrogénfelszabadulás nem terjed át más helyiségekre, mint ahol a szivárgás található. A nukleáris segédépület különböző helyiségei általában a szellőzőrendszeren keresztül vannak összekötve. Ezt a hatást a jelen tanulmány nem veszi figyelembe, és nehéz eldönteni, hogy ez az egyszerűsített feltételezés konzervatív-e vagy sem. A hidrogénnek a szellőzőrendszerrel összekapcsolt helyiségekben történő hígításával elkerülhető a robbanásveszélyes közeg kialakulása,

másképpen azonban, ha a hidrogén szivárgás jelentős, az alsó robbanási határ több helyiségben is kialakulhat.

Ritkák azok a helyzetek, amikor az atomerőmű biztonsági rendszer nem elégséges és robbanás történhet, ami esetleg a következménye magkárosodáshoz lehet. A legfontosabb helyiségek esetében a meglévő kockázatértékeléseket ki lehet egészíteni például az erőmű hidrogénkockázattal szembeni értékeléssel, ha a védelmi rendszerekre vonatkozóan szellőztetés, hidrogén gázérzékelés stb. konkrét szabályokat vesznek figyelembe. Ezek lehetnek meghibásodási kritériumok. Az általános üzemeltetési szabályokat is figyelembe lehet venni néhány fokozottabb műszaki követelménnyel. A legfontosabb helyiségekre vonatkozó műszaki előírásokat, a szellőzőrendszer időszakos ellenőrzését és karbantartását stb. Üzemzavar, veszélyhelyzeti állapotok esetén különböző fizikai és vegyi folyamatok nagy mennyiségű hidrogén felszabadulással járhatnak, ezáltal a robbanásveszélyes megelőzésére a hermetikusan védett térben katalitikus elven működő hidrogén rekombinátorokat telepítenek.

## IRODALOM

- [1] V. Saenko *et al.*, "The Chernobyl Accident and its Consequences," *Clinical Oncology*, vol. 23, no. 4, pp. 234–243, 2011, doi: 10.1016/j.clon.2011.01.502.
- [2] Y. Hatamura, S. Abe, M. Fuchigami, and N. Kasahara, Eds., "The 2011 Fukushima Nuclear Power Plant Accident," Boston: Woodhead Publishing, 2015, pp. 1–201. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100118-9.09987-3>.
- [3] J. Beaucourt, G. Georgescu, J. Beaucourt, G. Georgescu, M. Hydrogen, and L. Psa, "Modelling Hydrogen Explosion in Level 1 PSA To cite this version: HAL Id: hal-03164341 Modeling hydrogen explosion in level 1 PSA," 2021.
- [4] P. Singh and L. K. Singh, "Instrumentation and control systems design for nuclear power plant: An interview study with industry practitioners," *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 53, no. 11, pp. 3694–3703, 2021, doi: 10.1016/j.net.2021.05.025.
- [5] MSZ EN 60079-10-1:2016 „Robbanóképes közegek. 10-1. rész: Térésbesorolás. Robbanóképes gázkeverék”.
- [6] MSZ EN IEC 62485-2:2018: „Akkumulátorok és akkumulátortelemek biztonsági előírásai. 2. rész: Helyhez kötött akkumulátorok (IEC 62485-2:2010)”.

# CONTENTS

<i>1. Szilárd Szabó, Ferenc Schifter, Péter Bencs:</i> HISTORY OF DEPARTMENT OF FLUID AND HEAT ENGINEERING .....	7	<i>11. Viktória Mikáczó, Zoltán Siménfalvi:</i> INVESTIGATION OF THE MAXIMUM REDUCED PRESSURE OF VENTED EXPLOSIONS IN THE SCOPE OF EN 14994 AND NFPA 68 STANDARDS .....	52
<i>2. Prof. Dr. Zoltán Siménfalvi:</i> THE 60th ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF CHEMICAL MACHINERY .....	14	<i>12. Máté Petrik:</i> EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FINNED TUBE HEAT EXCHANGER STRUCTURES .....	56
<i>3. György Fábry, Sándor Verdes, Viktória Mikáczó:</i> THE FOUNDER PROFESSOR – DR. GYÖRGY FÁBRY .....	21	<i>13. Norbert Szaszák:</i> INDIRECT EVAPORATIVE AIR CONDITIONING SYSTEM WITH SOLAR ENERGY UTILIZATION – PRINCIPLE OF OPERATION AND A POSSIBLE IMPLEMENTATION .....	60
<i>4. Gerda Szendi, Péter Bencs:</i> NATURAL HOUSES .....	24	<i>14. L. Gábor Szepesi:</i> INVESTIGATION OF PRESSURE SWING IN CASE OF SUDDEN CLOSURE OF VALVE .....	64
<i>5. Betti Bolló, Szilárd Szabó, László Vanyorek:</i> NUMERICAL MODELING OF AN ELECTRIC REACTOR PRODUCING NANOPARTICLES .....	28	<i>15. Dr. Betti Bolló, Sándor Tollár:</i> ICING PROBLEMS OF WIND TURBINE BLADES, MODELLING OF ICING .....	68
<i>6. Dávid Faragó, Péter Bencs:</i> INVESTIGATION OF FLOW DOWNSTREAM OF AN ACTIVE TURBULENCE GENERATOR .....	32	<i>16. Sándor Tollár:</i> DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL FOR THE INVESTIGATION OF AIRFOIL PROFILES PLACED IN FREE FLOW .....	72
<i>7. Béla Fodor:</i> ASPECTS AND METHODS OF NUMERICAL MESHING OF ROTATING EQUIPMENT .....	36	<i>17. Bernadett Spisák, Szabolcs Szávai:</i> FINITE ELEMENT ANALYSIS OF PRESSURIZED THERMAL SHOCK INDUCED STRESSES IN A REACTOR PRESSURE VESSEL .....	76
<i>8. Viktória Kállai, Zoltán Szamosi:</i> INVESTIGATION OF ABSORPTION OF CARBON-DIOXIDE IN WATER .....	40	<i>18. Ádám Patócs, Zsolt Hegyes:</i> OUR HERITAGE: ACTIVITIES OF THE CHEMICAL MACHINERY COUNCIL AT THE UNIVERSITY OF MISKOLC .....	80
<i>9. Gyula Krámer, Dr. Zoltán Siménfalvi, Dr. L. Gábor Szepesi:</i> NOVEL HEAT DRIVEN PUMP TO SUBSTITUTE THE ELECTRIC SOLUTION PUMP IN ABSORPTION HEAT PUMP .....	44	<i>19. Levente Tugyi, Prof. Dr. Zoltán Siménfalvi, Dr. L. Gábor Szepesi:</i> EXPLOSION PROTECTION APPROACH TO ANTICIPATED LEAKS OF COMBUSTIBLE AND EXPLOSIVE MATERIALS UNDER NORMAL OPERATING CONDITIONS IN NUCLEAR POWER PLANTS .....	81
<i>10. Dr. Viktória Mannheim:</i> INTEGRATION OF ENERGY AND LIFE CYCLE ASSESSMENT MODELS TO OPTIMIZE THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF PRODUCTION PROCESSES .....	48		

# GÉP

## INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám  
President of Editorial Board

Vesza József  
General Editor

Dr. Jármái Károly  
Dr. Péter József  
Dr. Szabó Szilárd  
Deputy

Dr. Barkóczy István  
Bányai Zoltán  
Dr. Beke János  
Dr. Bukoveczky György  
Dr. Czitán Gábor  
Dr. Danyi József  
Dr. Gáti József  
Dr. Horváth Sándor  
Dr. Illés Béla  
Dr. Kalmár Ferenc  
Dr. Orbán Ferenc  
Dr. Pálkás István  
Dr. Patkó Gyula  
Dr. Péter László  
Dr. Penninger Antal  
Dr. Szabó István  
Dr. Szántó Jenő  
Dr. Szűcs Edit  
Dr. Tímár Imre  
Dr. Tóth László

For the occasion of the 70<sup>th</sup> anniversary of the foundation of the Department of Fluid and Heat Engineering and the 60<sup>th</sup> anniversary of the foundation of the Department of Chemical Machinery at the Institute of Energy Engineering and Chemical Machinery of the Faculty of Mechanical Engineering and Informatics of the University of Miskolc



Peaceful uses of Nuclear Energy started in the same period as the notable anniversaries of the University.

Second generation nuclear power plants, developed in the 1960s on the basis of the first designs of the 1950s, were built in the 1970s and began their 30-year lifetime in the 1980s - including the four units of the Paks Nuclear Power Plant. The 1990s were a decade of increasing output and improving nuclear safety. In the first decade of the new millennium, we established the basis for extending the lifetime of the nuclear power plant units by 20 years, in 2014 the Parliament decided on the construction of new Paks units, and in the current decade we started to lay the foundations for extending the lifetime of the Paks units by an additional 20 years.

Each element of the life cycle of a Nuclear Power Plant requires a series of profound professional analyses and studies. All this is based on a thorough knowledge of the raw materials for the equipment and the improvement of the manufacturing technology. Without tensile testing of the test pieces irradiated in the casks, it would be impossible to determine the remaining lifetime of the reactors in the existing Paks Nuclear Power Plant. As we all know, the Paks reactor vessels were built to Russian specifications and applying Russian manufacturing technology by Czechs with Czech engineering precision. At the Paks site, the vessels and other equipment were then transferred and committed under the supervision of Hungarian engineers.

However, the Hungarian engineers could not go without the technical, chemical and metallurgical knowledge of the engineers and metallurgists trained in Miskolc. The knowledge acquired at the University of Miskolc transformed into useful experience in Paks, which is now indispensable in laying the foundations for the future. The University is an irreplaceable partner for the Nuclear Power Plant in the training of specialists, in the knowledge of the properties of raw materials and in the provision of professional advice in this field, in supporting future nuclear developments through basic research and technological development, and in the service of the Hungarian Energy Sector in general, and nuclear energy in particular.

This journey is not over as nuclear reactors continue to be used not only for power generation, but also for maritime transport, the establishment of a hydrogen economy, heat production and the development and production of microreactors for space exploration. These challenges require skilled engineers, experimental laboratories as scientific research bases - trusted partners in the field of nuclear energy. Such a dependable partner for Paks is the Department of Fluid and Heat Engineering and the Department of Chemical Machinery at the University of Miskolc.

As a professional and policy leader who has been working in the field of energy for almost 35 years and who was in charge of energy issues for two governmental terms, I wish all the respected members of the Departments a successful future and the professionals trained by you a successful career and outstanding professional achievements in the field of energy in Hungary and especially in the nuclear energy industry!

*Budapest, 21 November 2022.*

Pál Kovács  
Vice President

Hungarian Energy and Public Utility Regulatory Authority

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.  
Phone: +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433  
Phone: +36-1/202-0656, Fax: +36-1/202-0252, E-mail: mail@gteportal.eu, Web: www.gteportal.eu  
Web: <http://www.gepujsag.hu> • Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Bárdos Krisztina, Managing Director  
Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Phone: +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: [www.posta.hu](http://www.posta.hu) WEBSHOP (<https://eshop.posta.hu/storefront/>), via e-mail: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), by phone: +36-1/767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest  
Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Batthyány Kultur-Press Kft., H-1013 Budapest, Attila út 2/A/III/14.  
T: +36 1 201 88 91, +36 1 212 53 03, E-mail: [batthyany@kultur-press.hu](mailto:batthyany@kultur-press.hu)

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

The published articles have been reviewed. • The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary



Az ExNB  
Tanúsító Intézet és  
a Miskolci Egyetem együttműködésével:



[www.dustlab.eu](http://www.dustlab.eu)

Kutató- és vizsgáló laboratórium porok, gázok,  
gőzök, hibrid keverékek potenciális robbanási  
tulajdonságainak vizsgálatára



FRESH  
CØRNER



Én a Fresh Cornerből  
nyerem a lendületet.

*Márkó Dózsa*

A magyar labdarúgó-válogatott szövetségi kapitánya