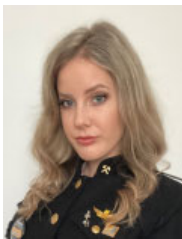


# A hidrogén bekeverésével felmerülő kockázatok a földgázelosztói, -szállítói, és -tároló rendszerben

## Risks arising from the mixing of hydrogen in the distribution, transport and storage system of natural gas

MOLNÁR ZITA

MVM Főgáz Földgázhálózati Kft., junior hálózatfejlesztési mérnök



*A népesség növekedésével az emberiség energiafelhasználása is ugrásszerűen megnövekedett. Ezzel párhuzamosan a földgáz (és/vagy más egyéb fosszilis tüzelőanyagok) felhasználásával, az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása is ugrásszerűen növekszik. Manapság már számos törekvés irányul az ÜHG megfékezésére. Többek között az Európai Unió célul tűzte ki, hogy 2050-re klímasegélyessé váljon, ami azt jelenti, hogy gazdasági tevékenységeivel nem idéz elő üvegházhatású gázkibocsátást (amennyi ÜHG-t kibocsát, ugyanannyit le is köt, ezáltal tekinthető „zérónak”). A hidrogén mint „új” alternatív tüzelőgáz lehetősége már évek óta jelen van a köztudatban. Az Európai Unió Bizottsága 2020. július 8-án kihirdette a „Hidrogénstratégia a klímasegélyes Európáért” c. stratégiát, melynek fő célja, hogy a fejlesztések, kutatások, beruházások és innovációk révén a gazdaság képes legyen a dekarbonizáció megvalósításában határos eredményeket elérni a hidrogén segítségével [1]. Ennek kapcsán indult útjára az a felvetés, hogy a meglévő földgázhálózatokat használják fel a különböző arányokban hidrogént tartalmazó földgáz betáplálására. Megemlítendő néhány EU-s projekt, melyek a fentebb említett felvetést igyekeznek vizsgálni: NaturalHy, HIPS-NET, GRHYD, HyDeploy@Keele.*

**Kulcsszavak:** hidrogén bekeverése, kockázat, elosztó-, szállító-, tárolórendszer

*With the growth of the population, humanity's energy consumption has increased dramatically. In parallel, the use of natural gas (and/or other fossil fuels) has led to a significant increase in the emission of greenhouse gases (GHGs). Nowadays, there are numerous efforts aimed at mitigating GHGs. Among these, the European Union has set a goal to become climate-neutral by 2050, which means that it will not produce greenhouse gas emissions through its economic activities (it will offset the emissions it produces, making it 'net-zero'). The potential of hydrogen as a 'new' alternative fuel has been in the public consciousness for years. On July 8, 2020, the European Commission announced the 'Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe', whose main objective is to achieve decarbonization through developments, research, investments, and innovations utilizing hydrogen [1]. In this context, the idea of using existing natural gas networks for injecting natural gas with varying proportions of hydrogen has been proposed. It is worth mentioning some EU projects that aim at investigating the aforementioned proposal: NaturalHy, HIPS-NET, GRHYD, HyDeploy@Keele.*

*There has not yet been a unified European stance regarding the injectable hydrogen content in natural gas networks, which would serve as the basis for transportation and trade between individual countries [4]. Hungary's National Hydrogen Strategy has a key objective for the distribution network, aiming at a minimum 2% H<sub>2</sub> volume ratio blend into the natural gas system by 2030.*

*It is clear that numerous efforts and research are focused on integrating hydrogen into the natural gas network. Hydrogen has significant differences compared to natural gas, raising various technical, economic, and safety questions in both distribution, transportation, storage, and utilization processes. Current regulations and standards only partially or do not address hydrogen and its associated specific conditions at all. Therefore, it is necessary to review and amend the regulations to meet the challenges associated with any use of hydrogen and ensure the mutual safety of people and the environment. In this article, we examine the expected operational and technical issues that may arise concerning domestic distribution and transportation pipelines, as well as gas storage, assuming the injection of hydrogen-rich natural gas. Due to the constraints of this publication, it is not possible to provide a comprehensive, detailed description of the risks related to the mentioned areas, so we aim to capture only some of the more significant aspects and present them. To obtain a comprehensive view of the risks in different areas, we consulted with experts from OPUS Tígáz Zrt., Földgázszállító Zrt., and Magyar Földgáztároló Zrt., who greatly contributed their professional knowledge.*

**Keywords:** mixing of hydrogen, risk, transport and storage system

## Prognosztizálható hidrogénrészarány

A ThyGA projekt keretében workshopot rendeztek, melyen mintegy 100 résztvevőt kérdeztek meg arról, hogy szerintük milyen hidrogénrészarány prognosztizálható a gázelosztó-hálózatban 2030-ban és 2050-ben. A válaszokat az 1. ábra grafikonjai mutatják [3].

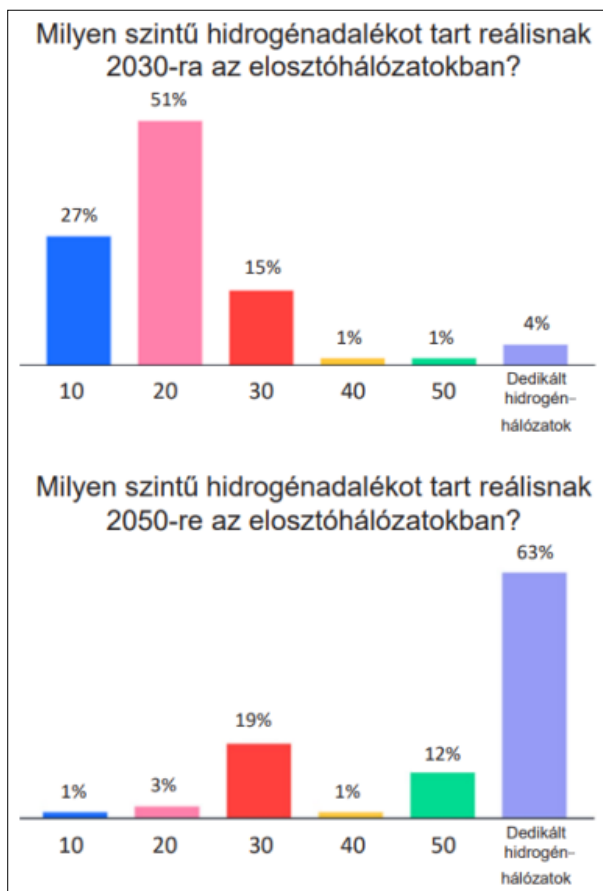
A földgáz-hálózatba injektálható hidrogéntartalomra vonatkozóan még nem alakult ki egységes állásfoglalás európai szinten, amely az egyes országok közötti szállítást, illetve a kereskedelmet alapozná meg [4]. A hazai Nemzeti Hidrogénstratégia elosztóhálózatot érintő kiemelt cél 2030-ig minimum 2% H<sub>2</sub>-térfigatarányos bekeverés a földgázrendszerbe.

Látható, hogy számos törekvés és kutatás irányul a hidrogén földgázrendszerbe történő integrálására. A hidrogén a földgázhoz képest jelentősen eltérő tulajdonságokkal rendelkezik, ezért számos technikai, gazdasági és biztonsági kérdést vet fel mind az elosztási, szállítási, tárolási, mind a felhasználási folyamatok során. A jelenlegi jogszabályok és szabványok csak részben vagy egyáltalán nem tartalmazzák a hidrogén-összetételt és a hidrogénnel kapcsolatos speciális körülményeket. Ezért szükséges a jogszabályok felülvizsgálata és ennek módosítása annak érdekében,

hogy megfeleljenek a hidrogén bármilyen nemű felhasználásával kapcsolatos kihívásoknak, és biztosítsák az emberek, a környezet kölcsönös biztonságát. Jelen cikkben azt vizsgáljuk, hogy a hazai elosztói, szállítóvezetékekre, illetve gáztárolókra vonatkozóan, milyen várható üzemeltetési/műszaki problémák adódhatnak, amennyiben hidrogéntartalmú földgáz betáplálását feltételezzük. A publikáció terjedelmi korlátjai miatt az említett területeket érintő kockázatok teljes körű, részletes ismertetése nem lehetséges, így csupán a kérdés néhány fontosabb részletét tudjuk kiemelni és azokat ismertetni.

## Általánosságban felvetődő problémák a hidrogén földgáz-hálózati betáplálása kapcsán

Először is célszerű pár szót ejteni a hidrogén fizikai és kémia tulajdonságairól, viselkedéséről csővezetési környezetben. A hidrogénmolekula kis mérete miatt a szivárgásból eredő veszteség nagyobb, mint a metán esetén. Általánosságban elmondható, hogy a polimer csövekben a szivárgás a hidrogén esetében körülbelül 4-5-ször nagyobb, mint a metán esetében. Az acél- és lágúvas vezetékekben hidrogénbetáplálást feltételezve a szivárgási térfogati ráta körülbelül háromszorosa a földgázénak, és a szivárgás többnyire a csavarmenteknél, tömitéseknél vagy mechanikai kötéseknel fordul elő. Polietilén csővezetékek a hidrogén szállítására alacsony nyomáson alkalmasak lehetnek jelentős szivárgás nélkül, valamint ezek esetén nem érvényesül a hidrogén elridegítő hatása szemben az acélvezetékekkel. Ebből következik a másik általános probléma: a hidrogén acélananyagokra gyakorolt káros hatása, mint például a hólyagosodás, a magas hőmérsékletű „hidrogéntámadás” vagy az elridegedés (melyen belül további csoportokat különböztetünk meg). A hidrogénmolekula kis mérete mellett megemlítendő még, hogy egységnyi térfogatra vetített energiatartalma kb. harmada a földgázénak, így ennek következtében, amennyiben 100% hidrogénnel lenne kiváltva a földgáz, úgy azonos energiatartalom-szolgáltatáshoz kb. 3-3,5-szer akkora mennyiségre lenne belőle szükség, ami többletkapacitás-terhelést jelent a rendszeren [2]. Ezenfelül a földgázba történő hidrogéninjektálás esetén a keverékgáz mind égési, mind fizikai jellemzői megváltoznak, amelyek jelentősen befolyásolhatják az együttműködő földgázrendszer üzemeltetését és karbantartását. A gázkeverék gázminőségének változása a megszokottól eltérő műszaki-biztonsági követelményeket eredményezhet. A földgáz-hidrogén elegy alsó és felső robbanási határértéke megváltozik. (A H<sub>2</sub>-koncentráció növelésével egyre szélesebb robbanási tartomány alakul ki.) Ennek eredményeképpen a jelenleg használatos gázszivárgás-érzékelők és -kereső műszerek riasztási szintjeit a H<sub>2</sub>-földgáz keverékhez kell hangolni (ARH20%, ARH40%). A gáz-



1. ábra. Felmérés a ThyGa projekt részéről, hogy a résztvevők szerint milyen arányban prognosztizálható a hidrogén aránya a gázelosztó-hálózatokban 2030-ra és 2050-re [3]

keverék érzékelésére a H<sub>2</sub>-szenzorok alkalmazása is szükségessé válik [2].

Általánosságban elmondható, hogy egy tipikus 2H minőségű földgázösszetételének gyújtási koncentrációhatárai 4–15% közé tehetőek. Nézzük, hogyan változik ez a határérték különböző arányú hidrogén injektálásával! A számításhoz az alábbi képletet használtam:

$$z_{\text{kev.,alsó/felső}} = z_{\text{kev.,égh.alsó/felső}} \times \frac{1 + \frac{B}{1-B}}{1 + z_{\text{kev.,égh.alsó/felső}} \cdot \frac{B}{1-B}},$$

ahol:

$B$  – a keverék inerttartalma,

$z_{\text{kev.,égh.alsó/felső}}$  – az éghető rész alsó/felső gyújtási koncentrációhatára.

Az alsó/felső gyújtási koncentrációhatárok különböző hidrogéntartalmú földgázelegyek esetén:

- 2% H<sub>2</sub>-tartalom esetén (2% H<sub>2</sub> – 98% CH<sub>4</sub>)  
4,35–15,78%,
- 5% H<sub>2</sub>-tartalom esetén (5% H<sub>2</sub> – 95% CH<sub>4</sub>)  
4,34–16,18%,
- 10% H<sub>2</sub>-tartalom esetén (10% H<sub>2</sub> – 90% CH<sub>4</sub>)  
4,32–16,89%,
- 23% H<sub>2</sub>-tartalom esetén (23% H<sub>2</sub> – 77% CH<sub>4</sub>)  
4,27–19,06%,
- 100% H<sub>2</sub>-tartalom esetén 4–80%.

### A hidrogén megjelenése az földgáz-elosztó-hálózaton és a vele járó kockázatok

A földgáz–hidrogén elegy a nyílt és zárt téri robbanásveszélyes zónákat módosíthatja: a gyulladási hőmérséklet csökkenése, a robbanás átterjedési képesség növekedése, a legkisebb gyújtóáram (MIC) csökkenése és a láng égési sebességének növekedése miatt.

A gázelosztó vezetékek ellenőrzési kategóriái gyakoriság alapján öt csoportba oszthatók, polietilén és acélvezetékre megkülönböztetve. Mivel a biztonsági övezetek határának módosítása/növelése csak olyan vezetékek esetében lehetséges, amelyeknél más nyomvonalas létesítmények nem helyezkednek el, így az olyan a hidrogén–földgáz elegytartalmú vezetékek esetén, ahol a biztonsági övezetek nem módosíthatók, érdemes szigorúbb/gyakoribb ellenőrzési kategóriákba sorolni azokat.

A hidrogén elosztóhálózatban történő megjelenése kérdést vet fel az acélra és polietilénre gyakorolt hatása szempontjából. Az acélszerkezet esetében a hidrogén számos probléma forrását képezi, többek között ridegedést (ezeknek több mechanizmusa meg-

különböztethető), hólyagosodást, korróziót. Ezek a mechanizmusok a vezetékek törésére, élettartamára jelentős befolyással vannak. Elosztói oldalról azt lehet mondani, hogy mivel a vezetékek kisebb részarányban tartalmaznak acélt, mint szállítói oldalról, valamint kisebb nyomáson is üzemelnek, így elsősorban és főleg a 2 tf% H<sub>2</sub>-tartalmú földgázelegy valószínűleg nem jelent problémát az üzemeltetés során.

A polietilén vezetékek esetén nem jelentkezik anyagkárosodás, viszont az áteresztőképességéről elmondható, hogy a hidrogén a polietilén vezetékre vonatkoztatva kb. 4-5-ször nagyobb szivárgási rátával rendelkezik, mint a földgáz. Ezért az egyik gázelosztó engedélyes belső laboratóriumi vizsgálatot végzett PE vezetékre vonatkozóan, mely bár alátámasztotta a 4-5-ször nagyobb szivárgási tényezőt, ugyanakkor azt a megállapítást is tette, hogy ezzel együtt is elhanyagolható a szivárgás mértéke, különösen a 2 tf% hidrogénbetáplálásánál.

Az eddig alkalmazott tömítések legfontosabb feladata, hogy metánra nézve ne legyenek áteresztő képességük, így az a kérdés merül fel, hogy a hidrogén megjelenésével a rendszerben, tapasztalható-e hidrogén áteresztés. Ez érvényes lehet az egyéb alkatrészek funkcionális megfelelőségére, mint például az elzárószerelvényekre, vagy arra, hogy nyomásszabályozók esetén, lezáráskor, történik-e gázátáramlás, a hidrogénmolekula rendkívül kis méretéből fakadóan. Ezenfelül elmondható, hogy az oldható kötések jelentős része nem ellenőrzött, így azon túl, hogy hidrogén–földgáz elegyre is tömörök-e, másik kérdést vet fel, hogy rétegződéstől függetlenül, szükséges-e hidrogénérzékelő műszerek telepítése?

A rétegződés jelenségéről a fentiekben már szó esett, viszont kérdésként merülnek fel azoknak fogyasztóknak az esetében, melyeknél a vételezés huzamos ideig (több hónapon keresztül) szünetel, és így nem állnak rendelkezésre a gázelegy diffúziójához szükséges feltételek. Esetükben vizsgálat szükséges, hogy a koncentráció függvényében mennyi idő elteltével alakul ki a rétegződés jelensége, és annak milyen hatásai/következményei lehetnek.

Gázmérők esetében megkülönböztetünk térfogat-kiszorításos, illetve áramlási sebességre visszavezethető gázmérőket. Mindkét típus esetében, a hidrogén megjelenésével, a rendelkezésre álló hibagörbék módosulhatnak. A térfogat-kiszorításos mérők esetében a hangsúly a tömítések hidrogénállóságára irányul. Az áramlási sebességre visszavezethető mérők, mint például a turbinás gázmenyiségmérők esetében, a gázelegy sűrűségének a csökkenéséből adódhatnak problémák, habár a 2 tf% H<sub>2</sub> megjelenésével a földgázban várhatóan a mérések a hibagörbén belül maradnának.

## Hidrogén megjelenése a földgázszállító rendszerben és a vele járó lehetséges kockázatok

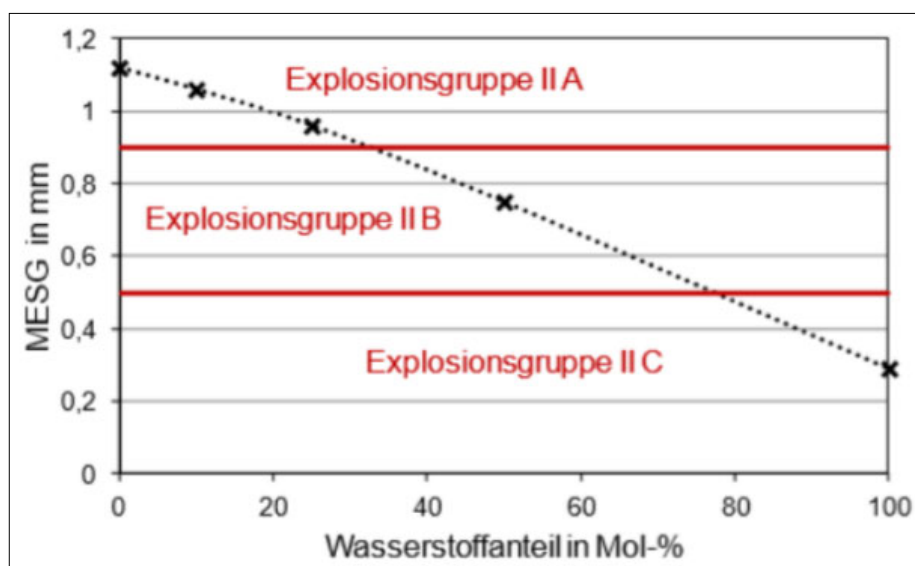
A szállítórendszert érintő, a hidrogén megjelenése kapcsán felmerülő problémák feltárására 2 mol% H<sub>2</sub>-tartalmú földgáz esetén készültek kutatások, melyek az alábbiak.

Első körben a fizikai-kémiai tulajdonságok vizsgálatánál megállapítható, hogy 2 mol% hidrogén bekeverésével a tüzeléstechnikai paraméterek egyaránt csak kis mértékben változnak 2H és 2S gázcsoport esetén. A kompresszibilitási tényező, az állandó nyomáson mért fajhő, a gyulladási koncentrációhatár tartománya, a lángterjedési sebesség és az égési hőmérséklet értékei esetén elhanyagolható mértékben növekednek a tiszta földgázhoz képest. Ezzel szemben a gázkeverék sűrűsége, dinamikai viszkozitása, Wobbe-indexe, relatív sűrűsége, égéshője, fűtőértéke, gyulladási hőmérséklete és Joule–Thomson-együtthatójának értéke kismértékben csökken a 100%-os földgázhoz képest. (Ezek az eltérések jellemzően 0,5–1,5% közé tehetők.) Kérdésként merül fel, hogy a szállítórendszerbe beadagolt hidrogén a gázelegy részeként fog-e viselkedni, vagyis hogy mennyiben változtatja meg a gázkeverék jellemző tulajdonságait, amelyet pl. azelőtt a döntő többségben jelen lévő metán tulajdonságaival jellemeztek a robbanásveszélyes térségek besorolása esetén. Amennyiben szivárog a gázelegy és robbanásveszélyes közeget hoz létre, akkor a metánérzékelő hamarabb fog érzékelni. A metánérzékelő mellé megfelelő számú hidrogénérzékelőt is telepíteni kell, azonban RB-s szempontból a 2 mol% H<sub>2</sub> mellett elhanyagolhatónak tekinthető a vészhelyzet növekedése. Megjegyzendő azonban, hogy nagyobb H<sub>2</sub>-arány esetén már módosulhat az előbbi kijelentés, és további vizsgálatok szükségesek e témakörben [7].

Az áramlástanban végzett szimulációk eredményeként elmondható, hogy a kezdetben egyenletes összetételű gázkeverékekből csak akkor kezdenek kiválni az alkotók, ha a különválaszt elősegítő erők meghaladják a keveredést elősegítő erőket. (Kiválást elősegítő erőnek tekinthető például az egyes alkotók sűrűségkülönbsége.) Tartályos vizsgálatot végeztek homogén és inhomogén metán–hidrogén gázkeverékekkel is. A homogén elegy esetén nem volt kimutatható koncentrációváltozás, ezzel szemben az inhomogén gázkeveréken végzett vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy a tartályban lévő koncentrációkülönbség a diffúzió következtében fokozatosan kiegyenlítődik, míg nem egy homogén gázelegy alakul ki. A kiegyenlítődéshez szükséges időt a nyomás, a hőmérséklet, a koncentrációkülönbség és a tartály térfogata is befolyásolja. A nyomás növekedése, a koncentrációkülönbség növekedése és a tartály térfogatának növekedése emeli, a hőmérséklet növekedése csökkenti a kiegyenlítődéshez szükséges időt, de a végeredményt nem befolyásolja. További kérdést vet fel a hidrogén gázáramba való betáplálásának feltétele. A szimuláció alapján az is megállapítható volt, hogy az ún. felső injektálás esetén a metán és hidrogén nem keveredik megfelelően, így ez a mód nem javasolt. Alsó bekeverési mód esetén, amennyiben a metán sebessége 1 m/s, a gázkeveredés megfelelő lehet.

Összegezve tehát a földgázszállító rendszerben a 2 tf% H<sub>2</sub> jelenlétekor rétegződés, szeparáció nem várható, azonban nagyobb mértékű betáplálásnál további vizsgálatok szükségesek [7].

Robbanás elleni védelem esetén 2% H<sub>2</sub> földgázba történő injektálása esetén megállapítható, hogy a gázkeverék robbanásveszélyt okozó gázcsoportja nem változik a 100%-os földgázhoz képest. Így en-



2. ábra. Robbanásveszélyes csoportok különböző hidrogénkoncentráció függvényében [7]

nek következtében a robbanásvédelmi intézkedéseket nem szükséges módosítani, illetve a rendszerbe épített robbanásbiztos kialakítású berendezések továbbra is megfelelnek a gázcsoport támasztotta követelményeknek [7]. A 2. ábrán látható, hogy robbanásveszélyt okozó csoportbesorolás változása kb. 35 mol% H<sub>2</sub>-tartalomnál valósul meg (II A csoportból II B csoportba történő sorolás.)

Anyagszerkezeti szempontból az acélokba diffundáló hidrogén hólyagosodást, ridegedést és egyéb szerkezeti problémákat okozhat. A hidrogén szállítóvezetési elemekre gyakorolt hatásáról hazai viszonylatban azonban nem áll rendelkezésre egyértelmű és megalapozott információ. A fellelhető szakirodalmi adatok ugyanis kísérleti körülmények között általában 100%-os hidrogénközegben, teljesen ép szerkezetű és ép felületű fémeken végzett vizsgálatok, melyekből csak következtetni lehet, a már évtizedek óta a rendszerben működő anyagok és a hidrogén közötti kölcsönhatásokra. További problémát jelent, hogy a teljes rendszer vizsgálatához szükséges információk (szállítóvezetékek állapota, anyagminősége stb.) a korai építések esetében hiányosan állnak rendelkezésre. Ugyanakkor kijelenthető, hogy az ASTM szabványhoz tartozó egyes A jelű anyagminőségek (A35B, A38B, A40B, A44B) ridegedése hidrogén hatására jelentős mértékben megnő, így az ebből az anyagminőségből készült elemek fokozott vizsgálata és szükség szerinti cseréje javasolt. Továbbá az egyes inhomogén összetételű, főleg régebbi, valamint a nagyobb szilárdságú (DX52, L485, P460) anyagok nyúlása akár jelentősen csökkenhet, ridegedés lép fel, ami rezgések és dinamikus hatások következtében töréshez vezethet [7].

Szivárgás szempontjából érdekes kérdést vet fel a hidrogén megjelenése a rendszerben. A földgázhoz viszonyított jóval kisebb méretéből és viszkozitásából adódóan a kis átmérőjű réseken, a molekuláris szinten porózus szerkezetüként jellemezhető fémes tömítéseken a hidrogénmolekula könnyebben áthatol. Szakirodalmi megállapítások alapján 2% H<sub>2</sub> megjelenése a rendszerben valószínűleg csak csekély mértékben befolyásolná a rendszer jelenlegi tömörségének állapotát, továbbá ez a szivárgási veszteség elsősorban inkább gazdasági jelentőségű. Műszaki-biztonsági kockázata a szabadtéri technológiánál nincs, mivel a légkörbe lépve a H<sub>2</sub> gyorsan elillan. További vizsgálatokat igényel azonban a zárt terekben szivárgó hidrogén robbanóképes gázelegy kialakulására vezethet. Megjegyzendő az is, hogy nagyobb hidrogénkoncentráció tartalmú földgáz esetén újabb vizsgálatok szükségesek a szivárgást érintően [7].

A H<sub>2</sub> egységnyi térfogatra vetített energiatartalma megközelítőleg harmada a földgázhoz képest, így azonos üzemeltetési feltételek mellett változik a szállított

energia mennyisége a fölgázálózatban. Amennyiben a földgázt kizárólag 100% hidrogénnel helyettesítjük a hálózatban, akkor kb. 3,0–3,5-szer nagyobb mennyiségre lenne belőle szükséges azonos energia-közléséhez. Ugyanakkor azonos indítónyomás mellett a hidrogén nyomásvesztése 6-szor kisebb. Ebből fakadóan nemcsak az energia továbbításából adódna üzemeltetési probléma, hanem az egyes szerelvények esetén is. Így e szerelvények használhatóságát szükséges ellenőrizni mind az anyagminőség, mind kapacitás szempontjából. Továbbá javasolt a hegesztési varratok ellenőrzése, mivel ezek esetében a H<sub>2</sub> hatása eltérhet a cső anyagára gyakorolt hatástól [2, 7].

A gázösszetétel mérése szempontjából elmondható, hogy a földgázközeggel kalibrált gázmennyiségmérő eszközök alkalmasak a 2 tf% H<sub>2</sub>-tartalmú földgázelegy mérésére, a mérés eltérése ugyanakkor feltételezhetően elhanyagolható mértékű. (Az üzemeltető ütemezetten tervezi beépíteni az új, hidrogén mérésre is alkalmas kromatográfokat.)

A szagosítás tárgykorát illetően a szagosítóanyag gyártója belső kutatások alapján megerősítette, hogy az FGSZ Zrt. által alkalmazott ún. Spotleak 1039 megfelel a különböző arányban hidrogént tartalmazó – vagy akár 100% hidrogén esetén is – a szaghatás és szagjelleg megváltozása nélkül. Továbbá az FGSZ Zrt. által felkutatott nemzetközi szakirodalom szerint a kéntartalmú földgáz szagosítóanyagok (mint a THT és a TBM) nem mutattak a hidrogén jelenlétéhez köthető, szagintenzitási és szagjellegben bekövetkező eltéréseket, így a földgáz szagosítására továbbra is megfelelőek. Ennek kapcsán a konklúzió, hogy az alkalmazott Spotleak 1039 (50% THT – 50% TBM) megfelel a 2% hidrogént tartalmazó földgáz szagosítására [7].

### Gáztárolók alkalmassága hidrogén és hidrogén–földgáz tárolására

A föld alatti gáztárolás során felmerülő problémákat az alábbiakban fejtjük ki.

Az Európai Unió Net Zero kezdeményezése szerint 2050-re, mintegy 2500 TWh hidrogénigény a kitűzött cél, mely hidrogén és hidrogén–földgáz elegy együttesét jelenti. Ezt a hatalmas mennyiséget egyszerre csak a föld alatti gáztárolókban lehetséges tárolni, mely több problémát is hordoz magában. Egyrészt a hidrogén egységnyi térfogatra vetített energiatartalma mintegy harmada a földgázénak, így azonos energiakitermeléséhez nagyságrendileg 3-szor akkora mennyiségre lenne belőle szükség. Ebből következik a másik probléma, miszerint a rendelkezésre álló föld alatti gáztároló kapacitások nem elegendőek a célkitűzésekhez. Ezekon felül pedig a föld alatti gáztárolóban megjelenő hidrogén egyéb geokémiai és mikrobiológiai kérdéseket is felvet a tárolás és üzemeltetés kapcsán.

Az MFGT Zrt. az ún. HyUsPre konzorcium tagja, mely projekt a megújuló hidrogén porózus eredetű geológiai tárolókban való nagyszabású európai tárolásának a megvalósíthatóságát és lehetőségeit kutatja [8]. Rezervoár körülmények között a hidrogén és kőzetegyüttes, valamint a tárolóban található közeg között számos reakció mehet végbe, melyeknek hosszú távú kihatásai lehetnek az üzemeltethetőségre, illetve a tároló műszaki biztonságára. A legfontosabb prioritási vizsgálattal azok a reakciók rendelkeznek, melyeknek a hatására hidrogénvesztés, valamint egyéb nem kívánatos gázok megjelenése áll fenn (pl. inert gázok, kén-hidrogén). Továbbá nem szabad figyelmen kívül hagyni azokat a folyamatokat sem, melyeknek a hatására a tárolói élelciklus rövidül, romlik, vagy ellehetetlenül a kapacitás kihasználása.

A geokémiai folyamatok általában az idővel megszűnő reakciótipusok csoportjába tartoznak, és három fő probléma köthető hozzájuk a hidrogén megjelenésével. Egyrészt a hidrogén hatására a környezet pH-értéke megváltozik, melynek következtében erős redoxidfolyamatok indulhatnak be. Ez rövid távon kedvező lehet, mert ezáltal nőhet a pórustérfogat és az átteresztőképesség. Hosszú távon azonban csökken a kőzet állékonysága, így tárolói szinten ez homoktermelés beindulását idézheti elő, vagy a későbbiekben, mivel elveszíti a mátrixot összefogó cementet, ezáltal tömörödés következhet be. Hazai viszonylatban azt lehet mondani, hogy a karbonátos kőzetek hidrogénnel való reakciója mérsékeltebb, ezért nem lehet jelentős átalakulásokra számítani. Másrészt problémát jelenthet az agyagásványokban történő hidrogénadszorpció, amely hidrogénvesztéshez vezethet. Az agyagásványokban ugyanis „megakad” a hidrogén a kis molekulamérete miatt, és megkötődik. Kimutatása rendkívül nehéz, mivel nincs még olyan vizsgálati eljárás (legalábbis a szakirodalomkutatásban egyelőre nem találni), amely egyértelműen megmutatná, hogy mely agyagásványok esetében kell erre a jelenségre különös figyelmet fordítani. Harmadrészt jelentős kockázati tényező a pirit jelenléte a gáztárolóban. Adott nyomás és hőmérsékleti tartomány között a pirit hidrogénmolekulával érintkezve prikotinná alakul, miközben kén-hidrogén szabadul fel. A kén-hidrogén mindamelllett, hogy a H<sub>2</sub>-t fogyasztja, rendkívül mérgező és korrozív tulajdonságú. Magyarországon, a Zsanán található föld alatti gáztároló ebből a szempontból kockázatnak van kitéve, ugyanis záróképződménye magas pirittartalommal rendelkezik [9].

A mikrobiológiai folyamatok döntően az úgynevezett idővel nem megszűnő folyamatok csoportjába tartoznak. A rétegvizekben élő anaerob baktériumok (melyek oxigén jelenléte nélkül is képesek fennmaradni a földkéregben) szerves táplálékát képezi a hidrogén. A baktériumok legnagyobb aktivitása

a földgáztárolók vagy földgáztelepek esetén mindig az aktuális víz-gáz határán van, így ennél a „mozgó” határnál folyamatos biológiai aktivitást mutatnak. Földgáztároló üzemeltetése esetében ez a víz-gáz határ állandóan változik, hiszen a gáz kitermelése során emelkedik, míg a besajtolás során csökken. Ennek következtében viszonylag nagy felületen képesek ezek a baktériumok problémát okozni. Az életképességüket/aktivitásukat meghatározza a hőmérséklet és rezervoár sótartalma is. A hőmérsékleti maximum 80–90 °C körüli, de a baktériumok számára a 35–60 °C közötti hőmérséklet az optimális. Sótartalom szempontjából a felső limit 55 mg/l-re tehető. Problémát jelent azonban, hogy hiába emelkedik a hőmérsékleti vagy sótartalomérték az optimum fölé, a baktériumok nem pusztulnak el, csupán inaktívvá válnak. Azonban a tárolói körülményekhez képest hidegebb hőmérsékletű gáz besajtolása, majd a hőmérséklet-optimum körüli tartományba történő kiegyenlítődését követően, ismét aktívak lesznek a baktériumok, egészen addig, amíg a számukra kedvező körülmények fennállnak. Hazánkban a négy kereskedelmi földgáztároló közül a zsanai ebből a szempontból kevésbé van fenyegetettségnek kitéve, ugyanis mind hőmérséklete, mind sótartalma magasabban van, mint az optimum. Ezzel szemben a kardoskúti, pusztadericsi és hajdúszoboszlói gáztárolók már jelentősebb kockázattal bírnak, mivel vagy a sótartalom vagy a hőmérséklet vagy mindkét tényező tekintetében a biológiailag aktív zónába tartoznak [10].

## Összefoglalás

Jelen cikkben azt foglaltuk össze, hogy hidrogén megjelenésével a földgázellátó rendszeren (elosztói, szállítói és tárolói megközelítésben) milyen jellegű üzemeltetési, műszaki-biztonsági problémák merülhetnek fel. Szakirodalmi kutatások, valamint a segítségünkre lévő szakmai megbeszélések alapján elmondható, hogy a földgázrendszerbe betáplált hidrogén kis molekulamérete és sűrűsége, egységnyi térfogatra vetített kis energiatartalma, illetve a levegővel alkotott fokozottan robbanóképes elegye okozza a legnagyobb kihívást. Az elosztórendszer szempontjából az acél- és polietilén vezetéseken, illetve az egyéb tömítéseken, szerelvényeken fellépő szivárgások, a védőzónák, a biztonsági övezetek felülvizsgálata, a rétegződés jelenségének, valamint a gázmenynyiséget mérő berendezések üzemeltethetőségének a vizsgálata alapvető fontosságú. A földgázszállítás esetében a szivárgás és rétegződés kérdése mellett, kiemelten fontos a hidrogén acélananyagokra gyakorolt hatásának elemzése, az alkalmazott szagosítási technológia, a kromatográfok megfelelősége. A föld alatti gáztárolás szempontjából pedig az egyéb geokémiai és mikrobiológiai folyamatok vizsgálata

kulcsfontosságú, a tároló hosszú távú és kapacitásvesztés nélküli működése szempontjából.

Ahhoz, hogy elosztói, szállítói és tárolói oldalról is átfogó képet kapjunk az egyes területeket érintő kockázatokról, egyeztetünk az OPUS Tigáz Zrt., a Földgázz szállító Zrt. és a Magyar Földgáztároló Zrt. szakembereivel, akik szakmai tudásukkal nagymértékben járultak hozzá a cikk létrejöttéhez.

### Köszönetnyilvánítás

A publikációnak

- az elosztóhálózattal foglalkozó fejezete Bán Zoltánnal, az OPUS Tigáz Zrt. (4200 Hajdúszoboszló, Rákóczi u. 184.) eszközmenedzser igazgatójával,
- a szállítórendszerrel foglalkozó fejezete Chován Péterrel, az FGSZ Zrt. (8600 Siófok, Tanácsház utca 5.) csővezeték-integritás vezetőjével,
- a gáztárolókkal foglalkozó fejezete Lemberkovich Viktorral, a Magyar Földgáztároló Zrt. (1138 Budapest, Váci út 144-150.) geológusával

folymatott konzultáció alapján született. Ezúton fejezi ki köszönetét számukra a szerző.

### IRODALOM

- [1] Molnár Zita, Lékó Csaba, Galyas Anna Bella, Szunyog István: A hidrogéntartalmú földgáz hatása az expanziós gázelőkészítő technológiára
- [2] Fehér Könyv – Stratégiai megalapozó tanulmány a hazai hidrogén és hidrogéntekológiai szektor fejlesztéséhez (2021)
- [3] Tóth László, Guy Pluvinage, Capelle Julien: A hidrogén szerepe a földgázhálózatok tervezésében, üzemeltetésében és karbantartásában
- [4] Galyas Anna Bella, Kis László, Tihanyi László, Szunyog István: A víztelítettség vizsgálata a földgáz hidrogéntartalmának függvényében
- [5] 18/2022. (I. 28.) SZTFH rendelet a gázelosztó vezeték biztonságai követelményeiről és a Gázelosztó Vezetékek Biztonsági Szabályzatáról
- [6] 26/2022. (I.31.) SZTFH rendelet a szénhidrogén szállítóvezeték biztonságai követelményeiről és a Szénhidrogén Szállítóvezeték Biztonsági Szabályzatáról
- [7] FGSZ Zrt.: 2 MOL% arányú hidrogén–földgáz keverék betáplálása. Döntéselőkészítő dokumentáció (Belső dokumentáció, 2022)
- [8] <http://www.hyspre.eu>
- [9] <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acseenergylett.1c00845>
- [10] [https://www.hyspre.eu/wp-content/uploads/2022/10/HyUSPre\\_D3.1\\_Viability-of-microbial-metabolisms-relevant-for-UHS\\_2022.10.01.pdf](https://www.hyspre.eu/wp-content/uploads/2022/10/HyUSPre_D3.1_Viability-of-microbial-metabolisms-relevant-for-UHS_2022.10.01.pdf)



**3B** | **3B Hungária Kft.**  
H-8900 Zalaegerszeg, Wlassics Gyula u. 13. • Tel.: +36 92/549-033  
info@3bh.hu • www.3bh.hu

HIVATALOS MAGYARORSZÁGI **metso** KÉPVISELET

