

Magyarország első LNG és LCNG töltőállomásának megvalósítása

H. Domanovszky*

*Műszaki igazgató és a PAN-LNG Projekt vezetője, Pannon Fuel Kft, 2015 Biatorbágy, Magyarország (Tel: +36-70396-7502; e-mail: domanovszky@panlng.eu).

Abstract: Az LNG, mint a legtisztább égési folyamatot lehetővé tevő szénhidrogén, exponenciálisan gyorsuló ütemben terjed a közlekedés szektorai, így a hajózás, a közúti fuvarozás és már a vasúti vontatásban, de példákat találni a légi közlekedésre is. 2019 nyarától Magyarország is átjárható az LNG üzemű nehézgépjárművek számára. A következő tanulmány a megvalósítás folyamatát ismerteti.

1. BEVEZETŐ

A PAN-LNG Projektet az Európai Bizottság (EB) a támogatható közlekedés infrastruktúra fejlesztési projektjei közé szavazta, majd 2015 őszén a projektet megvalósítani szándékozó együttműködő felek vezetőjeként az EB közlekedésért felelős igazgatóságának (DG MOVE) végrehajtó ügynökségével (INEA) szerződést köthettem a 17 millió eurós tervezett költségvetésű projekt támogatására. A projekt célja az LNG alapú közúti közlekedés elindulásához és elterjedéséhez az alapkövek lerakása és üzembeállítása. Ezen belül elkészült az IFFK 2017-es konferencián is bemutatott széleskörű tanulmánycsomag, mely az LNG teljes hatásrendszerét vizsgálta meg, rövid, közép és hosszútávra előre tekintve. A projekt infrastruktúra építési céljai a Magyarországon áthaladó korridorok mentén 5 jól elosztott töltőállomás létrehozását és egy ellátást biztosítani képes, úgynevezett „small scale liquefaction” (SSL) üzem létrehozását célozta meg, továbbá az ellátáshoz szükséges 2 LNG tanker jármű forgalomba állítását.

A következő évi felhívásra a PAN-LNG-4-Danube projektjavaslat ismertetésével a dunai hajóforgalom LNG töltésének lehetőségét és egy még további célként a vasúti dízelvontatás felváltásának lehetséges jövőképét mutattam be, mely kezdeményezést szintén támogatásáról biztosította az EB.

A támogatásra javasolt projektek az Európai Unió közlekedésfejlesztési stratégiájának megvalósítását célozták, miszerint a 1315/2013 TEN-T szabályozás kimondja, hogy az alternatív üzemanyagok töltőinfrastruktúrája a TEN-T útvonalak kiépítendő elemei. A 2014/94/EK irányelv (DAFI) az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről meghatározta a CNG és LNG üzemanyagtöltő infrastruktúra minimális szükségletét, valamint felhívta a tagállamokat, hogy határozzák meg egyéni vállalásaikat a köoolaj alapú közlekedés kiváltását szolgáló üzemanyagok elterjesztésének forgatókönyvére.

2. KÖZLEKEDÉSI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉS

2.1 Magyarország benyújtotta az AÜINK-t

A PAN-LNG Projekt elején elkészült átfogó tanulmányok kellő információt biztosítottak a szaktárca részére, hogy a szükséges mértékű CNG és LNG infrastruktúra fejlesztésről, mint az Alternatív Üzemanyagok Infrastruktúrájának Nemzeti Keretéről (AÜINK, angol megfelelőjeként a National Policy Framework szerepel) az EB-t tájékoztathassák. Ennek brüsszeli értékelése megtörtént, a célok megfelelősége mellett a tagállami intézkedések hiányát jelezve (COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT - Detailed Assessment of the National Policy Frameworks). Ez utóbbi pótlására azóta sem történt csekély intézkedés sem.

2.2 Megvalósítás előkészítése

A PAN-LNG Projekt koncepciójának elkészítésekor nyílt közbeszerzési eljárás lefolytatásának szükségével nem számoltunk, mivel azt sem a hazai, sem az uniós rendeletek nem írták elő magántársaságok részére, kizárólag a kellően körültekintő és indokolt beszerzést és annak dokumentálását. Az akkor új CEF (Cohesion European Facility) intézménye több szempontból hozott újdonságot a korábbi 7 éves TEN-T programokhoz képest, például azt is, hogy megjelenhettek nagyobb számban a kedvezményezettek között magán társaságok. Erre azonban Magyarországon gyakorlat lényegében nem volt, emiatt az elszámolhatóság érdekében – a felügyelő hatóság szerepét betöltő minisztérium határozott álláspontja szerint – nyílt, uniós közbeszerzés indítását kellett megtenni. Ennek lebonyolítása önmagában felér egy sikeres projekttel.

A pontos tervezés és műszakilag jól azonosított tartalmi meghatározás eredményeként a közel egy évig tartó közbeszerzési eljárás az első körben, vitarendezés nélkül eredményesen lezárulhatott és szerződést köthettünk a projektben meghatározott gépészeti egységek teljes szállítására, mely szerződéskor a tervezett ütemezésnek

megfelelő szállítást is biztosított, a korábban becsült költséget némiképp meghaladó 12,4 millió euros vállalással.

A tervezésre és a területek mélyépítési munkálataira további beszerzési eljárásokat folytattunk le és szerződtek le a kiválasztott vállalkozókkal azokat a munkákat, melyeket nem a projekt kedvezményezettnek körének saját teljesítményével kívántuk megvalósítani.

Újra elemeztük a lehetséges legjobb töltőpont elhelyezkedéseket és a projektjavaslatot eszerint igazítva határoztuk meg a korábnál kedvezőbb lokációkat az M0 autópálya legforgalmasabb déli szakaszán, az M1 autópálya Győr melletti kihajtójánál, az M7 autópálya Székesfehérvári kihajtójánál, az M5 autópálya Kecskeméthez közeli kihajtójánál és az M3-M30 autópálya elágazás közelében. Előbbiekre bérleti szerződést kötöttünk, míg az M3 melletti helyszínen telket vásároltunk két nagyváros és térsége (Miskolc és Eger) hulladéklerakó központjai közvetlen szomszédságában, azzal a céllal, hogy a létrehozandó cseppfolyósító üzemet a hulladéklerakókban keletkező depóniagázzal tápláljuk.

2.3 Tervezés

A közbeszerzés előkészítése során meghatározott műszaki (gépészeti) tartalommal elkészültek az engedélyezési tervsomagok és azokra az engedélyeket négy esetben meg is kaptuk, az ötödik esetben hiánypótlási felszólításra nem tettünk eleget, mivel nem jutottunk még el annak szükségéhez.

Megkaptuk az elvi létesítési engedélyt az SSL-re is, melyet megalapozó engedélykérelmet időközben módosítottunk.

A projekt gyors kivitelezése és a későbbi egyszerű adaptációs lehetőség miatt három egységtervet hoztunk létre. Ennek célszerűsége abban is rejlett, hogy az általam vízionált, mára pontosan bekövetkezett LNG töltőállomás építési felfutásban, egy regionális szállító és kivitelező céggént léphessünk fel.

A három töltőállomás kapacitásában tér el egymástól, így High, Medium és Small kapacitású, fixen telepített töltőállomásokról beszélünk, feladat volt azonban a gyors kiszolgálás, az alacsony ráfordítási költség és a fajlagosan alacsony teljes bekerülési költség is célként szerepelt.

A típustervek azonos, vagy csekély mértékben eltérő komponensekből állnak, így a raktározási igény a lehetséges legalacsonyabbra csökkent.

A High és a Medium töltőállomások az M0 és M1 helyszínekre nagyobb tartálykapacitással és nagyobb CNG kiszolgáló sebességgel rendelkeznek, különbség közöttük, hogy az M0-nál kettő LNG töltőoszlop szolgálja a kamionokat, addig az M1-nél egy. A Small kapacitású töltőállomások 53 köbméteres tartállyal és valamivel szerényebb sebességű CNG kiszolgáló képességgel rendelkeznek, de ezek elemei – a tartályt leszámítva – azonosak.

2.4 Mélyépítés

Az első legfontosabb és egyben legnagyobb kapacitású töltőállomás építése 2017 júliusában megkezdődött, 2,5 hónap múlva pedig befejeződött. 2017 szeptemberben pedig a második töltőállomás alapozása, mélyépítési munkálatai kezdődtek meg, október végére közel végleges állapotban a kivitelező felhagyott a munkával.

2.5 Kényszerszünet

A támogatási szerződés szerinti cash-flow tervet a közbeszerzési eljárás lefolytatásának szüksége alapvetően borította fel, ezáltal a támogatás lehívási ütemterv meghiúsult. Mivel lehívásra kizárólag évente kerülhetett sor a megelőző év lezárását követő több mint háromnegyed évvel, ráadásul ezen feltételrendszer sem volt egyértelműen meghatározva sem a támogatási szerződésben sem erre vonatkozó tájékoztató anyagokban, így számítani sem lehetett arra, hogy a szerződéseknek megfelelő ütemben nem leszünk képesek fizetési kötelezettségeinknek eleget tenni. Ennek áthidalására volnának a bankok, melyek azonban vagy nem értették a – jellemzően állami beruházások társfinanszírozását nyújtó – CEF projektek rendszerét, vagy más céllal, de egy év intenzív finanszírozás kereső munkája ellenére nem nyújtottak a szerződött támogatásra előfinanszírozást.

A projekt folytatásához pénzt kellett bevonni, melyhez banki forrás híján tőkebefektetőt kellett találni, lehetőség szerint nem ellenséges, illetve a projekt megvalósítását célul kitűző befektető képében. Ilyen végül az ENEFI Zrt. és fő részvényese Soós Csaba lett, 2018-tól így a megvalósulásának folytatása következhetett.

Azonban a korábbi kivitelezési szerződések lezárása és a megvalósítás saját kezben tartása a költségek leszorítása érdekében a feladat részévé vált.

2.6 Gépészet összeállítása

A szállítóval történt megegyezést követően a cseppfolyósító üzem és a töltőállomás gépészete átadásra került. Az M0 töltőállomás kivitelezése 2018 decemberében az LNG tartály érkezésével indult újra.

A 77,7 köbméteres, 13,6 méter magas tartályt egy, a keljfeljancsi hatást kiküszöbölni képes, sűrűn vasalt beton kockatest fogadta, 8 db M56-os horgonyzó csavarral. Ezen fogadó csavaroknak mindössze pár milliméteres hibátűrése volt, így kellő stresszt okozott, hogy a 200 tonnás daru a helyére képes-e emelni a tartályt. Szerencsére példásan sikerült mind az előkészítés, mind pedig a Prangl mérnöke által kisserkesztett 2 darus, összehangolt beemelés.

Néhány további alkatrész karácsonyi érkezését követően tavasszal lehetett neki állni az összeszerelésnek, villamos szerelésnek.

A töltőállomás legutolsó komponensei április 18-án érkeztek, így a végső szerelésre ezt követően kerülhetett sor. Ennek fényében gyors haladást jelent az a tény, hogy nitrogént április 26-án tölthettünk a tartályba, mellyel megkezdődhetett az egyes csőszakaszok, korábban le nem próbálható elemek

nyomáspróbája, funkcionális vizsgálata, illetőleg programozása.

A további munkát hátráltatta a páratlanul zord májusi idő, mely alig nyújtott néhány nap kivitelezésre alkalmas időjárást. Mindennek ellenére egy hónappal később, május vége előtt az első próba járműtöltéseket sikerrel el tudtuk végezni.

2.7 Töltőállomás komponensei és működési logikája

A töltőállomás két különböző üzemanyagot, az LNG és a CNG járművek számára is képes kiszolgálni. A koncepció összeállításának idején (2014) még Európában talán egyetlen ilyen töltőállomás sem működött, ezért kifejezetten úttörőnek számított a koncepció, melynek megvalósíthatóságára az ISO szabványosítási értekezleteken tudtam nemzetközileg méltán elismert tudású kollégáktól igazolást szerezni. Összehasonlításként, 2014 végén mintegy 30 LNG töltőállomás volt az Unióban, míg 2019-ben mi nyitottuk a körülbelül 200-ik nyilvános töltőpontot. De már nem az első LCNG töltőállomást.

2017-ben változtatást kellett a már gyártásba került töltőállomás tervén végrehajtani, mivel a Volvo által egy szűkkörű munkaértekezleten bemutatott (Westport technológiájú) LNG-hajtású, de kompressziógyújtású teherautó tankolása a már piacon lévő IVECO és a közel piacra lépő Scania tisztán gázüzemű, szikragyújtású modelljeihez képest viszonylag jelentős eltérést és a töltőállomás üzemeltetőktől adaptációt igényelt.

A Volvo ugyanis HPDI befecskendező elemekkel készül, azaz mintegy 250 baros nagy nyomással fecskendezi be a gázt közvetlenül az égéstérbe. Ehhez a tankba épített merülő szivattyú szállítja az LNG-t, szemben a másik két gyártó hagyományosnak nevezhető szívócső befűvő szelepeivel, melyek ellátására 8 bar körüli (Saturated LNG) tartálynomás szükséges. A Volvo ennek megfelelően a többiekétől eltérő üzemanyagot kíván vételezni a teherautók tartályába. Minél hidegbbet (Cold LNG), hogy minél több férjen a tartályba, ráadásul a sztenderddé vált szellőző csatlakozás (Vent) helyett a Volvo tartálya az esetlegesen kialakult, kívánatosnál nagyobb nyomást a töltőcsatlakozón keresztül vezeti vissza, melyre a töltőállomásokra korábban felépített töltőoszlopok nem voltak felkészítve.

Ehhez a gépészeti módosításhoz a mélyépítési munkálatokat már nem lehetett adoptálni, de a gépészet kiegészítésre került.

A gépészet egységei a következők:

- A Worthington-Aritas által gyártott duplafalú LNG tartály, mely a kriogén gáz hőmérsékletét vákuumszigeteléssel tartja fenn. A tartály négy irányban csatlakozik, északról a töltővezeték és lefűvató szelepek kerültek elhelyezésre, keletről az LCNG szivattyú csatlakozik, valamint nitrogén visszahűtő csatlakozást lehet felszerelni, délről az „A” LNG szivattyú szán csatlakozik, nyugatról pedig a „B” LNG szivattyú szán kerül majd elhelyezésre.

- Az LNG szivattyú szán lényegi része egy „zárt vödörbe” helyezett LNG merülőszivattyú, melyet a világ első kriogén szivattyúgyártója, az ACD készített.
- Az LNG szivattyúból az LNG töltőoszlopba vagy egyenesen, vagy a kondicionálón keresztül halad az LNG, attól függően, hogy a töltőoszlopon milyen üzemanyagot választottunk, Saturated, vagy Cold LNG-t.
- Hasonlóan az LNG szivattyúhoz, az LCNG szivattyút is az ACD készítette, annak azonban a reciprok dugattyús működési elve alapvetően tér el az LNG centrifugál szivattyútól. Ez a szivattyú 300 bar nyomással tolja az LNG-t az elpárolgotókba.
- Két elpárolgotó torony áll az LCNG szivattyú mellett, melyek összességében 1200 Nm³/h gázt képesek újra gázosítani napi 8 óra működés mellett. A nagynyomású elpárolgotó tornyokban a gáz megtartja a 300 baros nyomását.
- Az elpárolgotókból a pufferpalack kötegbe kerül a gáz, amely előtt szagosító anyaggal látjuk el az üzemanyagot. A használt szagosító anyag egy kénmentes, környezetre és az autók katalizátorrendszerére ártalmatlan vegyület, szemben a Magyarországon csőrendszerbe kerülő Merkaptán tartalmú vegyülettel. A pufferpalackokból 240 barra csökkentett gáznyomással látjuk el a CNG töltőoszlopot, melyet a járművezetők önkiszolgáló jelleggel, a fizető terminálon történt azonosítás után használhatnak.
- A gépészeti térben található kezelő épület ad teret az elektromos betáplálásnak és a vezérlésnek is. A Siemens rendszerű vezérlő szekrény PLC-je távoli felügyelettel van ellátva, mely lehetővé teszi az online megfigyelést. Ezt egészíti ki a területen elhelyezett 8 kamera, mely a gépészeti tér mellett a töltőállások megfigyelését is végzi.
- Az üzemanyagtöltő szigetektől jól elkülönülten kapott helyet a lefejtő állás. A tankerjárművel érkező LNG lefejtése mintegy másfél órás művelet, ez idő alatt a kiszolgálás szüneteltetendő. A lefejtést végző, magasan képzett kezelő, a lefejtő hely melletti kapcsolótáblán a lefejtés állásra kapcsolással éri el, hogy a jelentős kockázatot hordozó műveletre minden külső veszélyforrást kizárjunk.

A nyilvános forgalom számára szabadon megközelíthető a kétoldali töltőfejjel rendelkező CNG kútoszlop, mely több más Magyarországon található CNG töltőállomással egyezik. Ezzel szemben a középső szigeten található és mindkét oldalon álló LNG járművet megtölteni képes töltőoszlop elsőként került felszerelésre nyilvános töltőállomáson, így világpremierként is beállíthatjuk. Mint minden ilyen, dokumentációs feladatok hosszú sorát,

beállítási és ezt követően újabb és újabb szisztematikai módosítást igényelte.

2.8 A töltőállomás összeszerelését követő szabályozási időszak

A gépészet összeszerelését követően a helyszínen készített varratok röntgenes vizsgálata és szükség szerinti javítása következett. Az eredmény tudatában lehetett a teljes rendszer lehűtéssel együttes nyomáspróbáját megtenni.

Mint a legtöbb projekt esetében az időfaktor kritikus volt itt is, jelen esetben sok más tényező mellett a gyártótól 5 mérnök jelenlétével, időkeretével is gazdálkodni kellett. A cseppfolyósított nitrogéngázzal (LIN) való feltöltéssel emiatt nagyon kellett sietni. Öt nappal az utolsó meghatározó elem, az LNG-skid helyére emelése után már megtörtént a tartály lehűtése és elkezdődhetek az egyes üzemanyag utak lépésről-lépésre növelt nyomáson végzett próbái, majd a funkcionális próbákat követően a vezérlés programozása.

Magyarországon még kriogén üzemanyagrendszert nem állított össze senki. Látszólag ugyan egyszerű, de valójában egy rendkívül összetett működési folyamatról van szó. Hő- és Áramlástan tanulmányainkban, legalábbis amikor én a BME Közlekedésmérnöki Karán e tantárgyat hallgattam, számos itt is lezajló folyamatról tanultunk ugyan, de talán még többről nem. Az évtized elejétől folytatott LNG kutatásaim során sem minden kristályosodott ki teljes mértékben azokból melyekkel a szabályozási folyamatok során szembesültem. Mivel a gyártó mérnökei a működőképesség létrejöttét követően azonnal távoztak, a besabályozás folyamatát hátra hagyták.

A hegesztett, valamint a bontható kötések a 6 bar és a >400 bar közötti tartományban szerepelnek a töltőállomáson. Biztonsági szelepből (PSV) sem kevesebb, mint két tucatot épített be a gyártó, vagy a helyszínen alkalmazott csőszereleők. A PSV-k kizárólag a kezelési hibából, esetleg a működési rendellenességből eredően az adott csőszakaszban ébredő kívánatosnál nagyobb nyomást kell elérniük. Mivel azonban a gáz pénzbe kerül, ráadásul fokozott üvegházhatása miatt szabadba engedése nem kívánatos, a PSV-k nyitása kerülendő, a besabályozás egyik célja, hogy arra a működés során ne kerülhessen sor.

A töltőállomás besabályozási feladatának komplexitását érzékeltetendő kell kiemelni, hogy a folyamatok állandóan legalább 6 dimenzióban változnak. Ezek az elsődlegesen és állandóan figyelemmel kísérendő dimenziók az alábbiak:

- hőmérséklet;
- nyomás;
- közegállapot;
- gázösszetétel;
- áramlási sebesség;
- idő.

Természetesen a tervezés során, majd pedig a helyszíni összeszerelésnél is, mindezen dimenziókat minden részletre kiterjedően, például anyagválasztásnál, méretezésnél figyelembe kellett venni.

A működés közben ezek a tényezők szorosan összefüggnek és egymásra hatnak. A szabályozás létrehozása érdekében ezeket az ismereteket el kellett mélyíteni és menet közben szisztematikusan tesztelni. Kijelenthető, hogy a felsorolt dimenziós változások a töltőállomás vezérlésére állandó adaptációs feladatot rónak.

2.9 Termikus kihívások

Az LNG töltőrendszer folyamatosan termikus kihívásokkal küzd, mely során a hőfelvétel következményeként számolni kell:

- nyomásviszony változással;
- halmazállapotváltozással;
- korrosodás bekövetkezésével.

Az LNG elsődlegesen az LNG tartályban van, mely egy duplafalú, különösen jólszigetelt, de nem nagynyomású tároló edény. Az LNG tartályok belső és külső fala között vákuum tér található, mely a hőátadást a lehető legalacsonyabb szintre csökkenti.

A metán alábbi elpárolgási görbéje mutatja, hogy az 1 bar nyomás mellett 161,6 °C cseppfolyós halmazállapot a hőmérséklet emelkedésével együtt a kritikus pont eléréseig növekedő nyomás társul. A görbe alatt a folyadék-halmazállapot gőzfázisba lép. Ez azonban a folyamatnak csak az egyik része. Az szintén jól ismert tény, hogy a hőfelvétel során az edényben lévő kriogén folyadék felszíne folyamatosan gőzölög. A gőzzé válás során nem csak a halmazállapot változik, de az anyag térfogata is. A gőzzel folyamatosan telő edény nyomása egyre emelkedik.

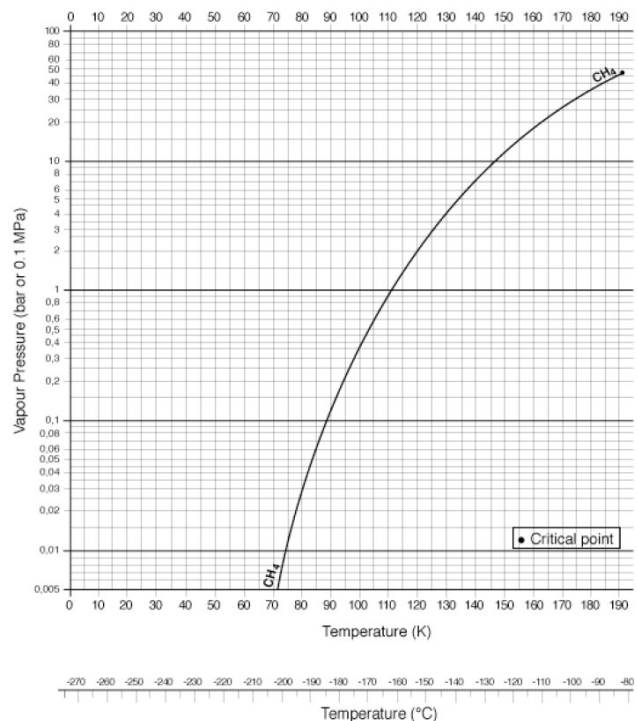


Fig. 1. Metán halmazállapotának P-T függvénye

Az LNG üzemanyag termelés-szállítás-felhasználás útvonala mentén a kriogén anyag hőmérséklete és nyomása változik, sőt az eltérő pontokon eltérő igényeket kell tudni kielégíteni.

A cseppfolyósítás technológiája szerint lehet 1 bar és akár 5-6 bar is a termelt LNG nyomása/hőmérséklete. A szállító tartályjárművek ennek megfelelően kell legalább 5-6 bar nyomást elviseljenek. Az állandóan friss szállítmánnyal hűtött szállító tartályok az egy-két nap szállítási útvonal esetén sem melegítenek számottevően az LNG-n, amit jól mutat az is, hogy egy belgiumi importterminálból a szigetszentmiklósi töltőállomásra leszállított LNG nyomása 1,6 bar tud lenni. Ezt jellemzően szivattyúval fejt át a tankerjármű a töltőállomás tartályába, ahol a szállítmány keveredik a korábról hátramaradt LNG-vel. Így lefejtés közben a hőmérséklet a tartályban csökken, de számos tényező miatt nem a folyadéktömegek arányából számolható módon. Az LNG tartályban a tervezés szerinti üzemi nyomás maximumát szigorúan be kell tartani, mivel ez elsőszámú biztonsági szempontként szerepel. Amennyiben a tartályban a gőznyomás ezt az értéket eléri, akkor a biztonsági szelepek megnyitnak és annyi gőzt kiengednek, amennyi után a nyomás visszasüllyed a megfelelő tartományba.

A tartályból a kiszolgálás során szivattyúkra engedett LNG nyomása el kell érje a minimum 4-5 bart, ellenkező esetben a szivattyúk működése nem megfelelő. Ezt követően a szivattyúk ezt a statikus nyomás értéket a szállíthatóság érdekében magasabb dinamikus nyomásra emelik. Az LNG járművek üzemanyagtartályaiba pedig szintén egy további nyomásértéket kell biztosítani. Ráadásul a legutóbbi hónapokban két eltérő motor üzemanyagellátási stratégia is szerepel az európai gyártók piacán, mely eltérő üzemanyagtartály és eltérő üzemanyag nyomásértéket is vár el a töltőállomás üzemeltetőktől, amint arról a 2.7 fejezetben említést tettem.

A hagyományos szikragyújtású gázmotorok szívócső gázbefúvói minimum 7,5 bar tartálynomás mellett képesek biztosítani a motor tervezett nyomaték-teljesítmény karakterisztikáját. A szintén duplafalú tartályok üzemi nyomása pedig legfeljebb 16 bar. A Westport technológiájával piacra lépett közvetlen befecskendezésű, kompressziógyújtású motorokhoz egy nagynyomású szivattyú biztosítja a 250 bar nyomású gázpermetet. A tartályba azonban a lehető legalacsonyabb nyomású (mely elméletileg 4-5 bar között tud lenni) LNG-t kívánnak tankolni a minél nagyobb mennyiségű felvehető üzemanyag érdekében.

Mindettől természetesen jelentősen eltér az LCNG rendszer, mely környezeti hőmérsékletű, gázfázisú üzemanyagot igényel a CNG járművek palackjaiba tölteni, még hozzá nagy nyomással. A CNG a kontinentális Európa egészén névleg 200 baros nyomású rendszert jelent. A gáztörvénynek megfelelően a 288°K hőmérsékletre meghatározott nyomásérték egy P-T egyenes mentén korlátozott, ahol az alkalmazható P maximum értéke szabvány szerint 260 bar. A töltés sebességét a jármű palackjainak és a töltőoszlopot ellátó rendszer nyomáskülönbsége befolyásolja, miközben a

célfüggvény a minél gyorsabb üzemanyagellátás elérése, addig a töltőoszlopba bevezetett gáznyomás nem haladhatja meg a 250 bar-t. A töltőoszlop pedig a P-T grafikonnak megfelelően zárja el a gáz útját, azaz állítja meg a töltést, amikor a palackokban a gázmennyiséget elértük. A gyors töltés érdekében pufferpalack kötegen tárolunk sűrített földgázt, a CNG szabványnál magasabb nyomásértéken. Az LNG-ből környezeti hőmérsékletre hőcserélőn melegített gáz 300 bar körüli nyomás mellett alakul át és jut a pufferokba.

Míg az LNG hőmérséklet és nyomásértékeinek folyamatos és lépésenként bekövetkező változása többnyire ismert legalább a szakemberek előtt, addig az úgynevezett „Ageing”, ha úgy tetszik az LNG korosodása csak nagyon kevesek által tudott folyamat annak ellenére, hogy jelentősége rendkívül nagy.

Az LNG nevéből következően cseppfolyósított földgáz, mely azonban származhat nem fosszilis, azaz bányászott forrásból is. A mi terminológiánk szerint BioLNG a megújuló forrásból előállított, tehát szerves alapú metán cseppfolyósítása révén keletkezik, míg további lehetőségként a szintetikus metán – mint a megújulók által termelt áram tárolási céllal előállított energiahordozó – is megjelenik. Ezek teljes mértékben kompatibilis, egymással bármilyen mértékben keverhető üzemanyagok, melyeknél mindössze annyi különbség adódik, hogy az energiahordozó életciklusára – a WtW vizsgálati módszertan szerint – a jármű eltérő CO₂/km terheléssel közlekedik, vagyis a hagyományos üzemanyaghoz képest 10-25 % közötti kibocsátáscsökkenés, vagy nulla közeli, vagy akár negatív CO₂ kibocsátási értékkel fut.

A valóságban azonban az LNG nem 100 százalékos mértékben áll metánból, bár lényegesen kevesebb a nem metán molekula benne, mint a csövön szállított földgázban és így a kompresszorral előállított CNG-ben. Míg Magyarországon a kedvezőbb területeken is nem ritka, hogy a földgázban az FGSZ kimutatása szerint is mindössze 85 % a metántartalom ami mellett jelentős mértékű nitrogén és széndioxid is érkezik a csőben amihez a köbméter alapon kötelezően biztosítandó fajlagos fűtőérték szintjének elérése érdekében C₃, C₄, C₅ szénhidrogénmolekulákat kevernek. Az LNG ezzel szemben inert gázokat egyáltalán nem tartalmaz, etán néhány százalékban, esetleg C₃ és C₄ szintén kismértékben lehet az LNG része, annál is inkább így van ez, mivel a termelők ezzel emelik a cargo elszámolás alapjául szolgáló hőértékét. Az én eddig szerzett tapasztalatom a terminálból érkezett szállítmányra vonatkozóan az, hogy a C₁ 94,5 – 93 %, a C₂ 4 – 6,5 %, C₃&C₄ 1,5 – 0,1 % között mozgott és ritkán beszélhetünk a C₄ molekulák ezreléket elérő Mol%-ról. A csekély hosszabb szénhidrogénlánc tartalom ellenére az LNG-ben huzamosabb tárolás esetén szétválasztódási folyamat mehet végbe. A nehezebb n-C₄H₁₀, i-C₄H₁₀ molekulák a folyadék aljára úsznak lassan, míg a szénhidrogének között legkönnyebb metán molekula a folyadékoszlop felszíné felé tart. Amennyiben ez a rétegződés hosszú ideig megy végbe és mindig a metán fogy, a nehezebb szénhidrogének aránya pedig megnő a tartályban, az nagyon jelentősen ront az üzemanyag minőségén.

A földgáz üzemanyag kompresszió tűrése a benzin oktánszámához hasonló metánszámmal (MN) jellemzett tulajdonság. A tiszta metán 100-as MN-el rendelkezik, egy jó LNG szállítmány 130 körüli oktánszámnak megfelelő kompressziótűréssel bír. Ez azt is jelenti, hogy rendellenes kopogásos égés nélkül minden további nélkül 13,5 és még kicsit afeletti kompresszióviszonyt lehet tervezni az ilyen minőségű üzemanyagra. A propán-bután keverék esetében 105-115-ös ROZ oktánszámról beszélhetünk „mindössze”. Az eltérés nem csak az alacsonyabb kompressziótűrésben, de a magasabb lamináris égési sebességben, továbbá alacsonyabb levegő-üzemanyag keverési szükségletben is jelentkezik. Mindennek eredményeként belátható, hogy az LNG-re fejlesztett motor nem kedveli a propán-bután koncentráció megnövekedését, ami főként a magasabb határfokú, nagy sűrítési arányú motorok esetén eredményezhet súlyos motor károsodást.

A kiszolgált üzemanyag összetételének változását tehát szintén el kell kerülni, ami részben tervezési, részben üzemeltetési eljárással valósulhat meg. A helyzetet súlyosbítja az új járművek átadás előtti tárolása, mely az LNG nagyrészt elgőzölögését eredményezi, míg a jelentősen magasabb forrpontra rendező PB gázok hátra maradnak az üzemanyagtartályban.

3. BIZTONSÁGI MEGFONTOLÁSOK

A szénhidrogén iparban, még fokozottan a kriogéneknél a biztonság mindenekelőtt kell szerepeljen. A megelőzés érdekében minden döntést, módosítást annak meglépése előtt háromszor ellenőrizni kell. A balesetek elkerülésére a folyamatok szigorúan szabályozottak, ebből ered az is, hogy az LNG világa rendkívül kedvező baleseti múlttal rendelkezik.

Azonban az úttörőszerep felvállalásával az ember kikerül a teljes körben szabályozott világból és önmaga válik szabályalkotóvá. Sok szempontból ez történt az első magyarországi LNG töltőállomás létrehozatala során is. Az LNG, az LNG-vel járó kockázatok, valamint a kockázatok csökkentésének és kikerülésének módjait sok lépésben kellett vizsgálni és vonatkozó dokumentumokba foglalni.

A munka átfogó jellegének érzékeltetéseként tartalomszerűen felsorolom az elemzett és összefoglalt kockázati területeket:

- LNG fizikai tulajdonságai
- LNG & LCNG töltőállomás üzemeltetésével és karbantartásával járó veszélyek értelmezése, elemzése és kezelése, biztonsági megfontolások és intézkedések
- Tűz keletkezése, lángrobbanás, fáklyatűz
- LNG medence kialakulása, ridegtörés
- Fázisváltozás, túlnyomás, hirtelen fázisváltozás
- Forrásban lévő folyadékból terjedő gőz robbanása
- Gőzfelhő meggyulladás, robbanás
- Kriogén sérülések
- Természeti katasztrófák, földrengés, vihar, villámlás, árvíz kockázata

- Támadások kockázata, terrortámadás, rongálási és rablási kísérletek
- Járművel okozott balesetek kockázata
- Tankoló járművel és járműtöltéssel összefüggő veszélyek
- LNG szállításával, átféjtésével összefüggő veszélyek

4. OKTATÁSI FELADATOK

Mint újdonság és ügyis, mint jelentős kockázattal bíró üzem, alapos oktatási feladatot hárít ránk. Egyrészt az üzemeltetői személyzet kialakításához az oktatást kell rendszer szemlélettel megvalósítani. Másrészt a külső partneri edukáció is fontos szerephez jut. Európában a legtöbb LNG töltőállomáson az üzemanyagvételezést a járművezetők végzik, azonban ehhez a folyamathoz a töltőállomás üzemeltetőjének engedélyre van szüksége úgy, hogy az rendszerint nem tartózkodik a helyszínen. A balesetek elkerülésének céljával a járművezetőknek oktatáson kell részt venniük, vizsgát kell tenniük. Majd ezt követően is folyamatosan monitorozzák őket, hogy a töltéseket, az egész töltőállomást előírás szerűen használják-e. A vizsga után igazolást kapnak, mely felhatalmazza őket a tankolásra, amit évente meg kell újítani. A kialakult rendszer szerint az üzemanyagkereskedő hálózatok rendszerint elfogadják egymás oktatását, illetve a hollandoknál a hét piaci szereplő közös oktatási és vizsgáztatási anyagot állított össze és alkalmaz.

Magyarországon természetesen ezt is újonnan kellett előállítani, melyre az új, eddig még máshol nem alkalmazott töltőoszlop is okot adott. Az oktatási rend és a vizsgáztatás az újonnan érkező járművezetőkre ki kell terjedjen, ami természetesen jelentős igénybevételt okoz a nyelvi nehézségek miatt is.

Ezzel szemben a CNG járműtöltés oly egyszerű, mint a benzintankolás, de biztonsági szintje annál még magasabb is. Mindennek ellenére 2016 előtt CNG járművet csak töltőállomás kezelő tölthetett, az autós nem. Ezt sikerült mára a vonatkozó rendeletből törölni, azonban olyan CNG töltőállomás, melynek a kezelése „csak” távfelügyelettel történik, előttünk még használatbavételi engedélyt nem kapott.

Sajnálatos, hogy bár az edukáció már a tervezés elindulásakor meg kellett volna valósuljon, erre azonban nem került sor. Emiatt egyes szakágaknál tapasztalnom kellett, hogy átgondolás helyett a már bevált gyakorlatot követték tervezők, ami hibákhoz, költséges és nehezen javítható következményekhez vezetett.

5. DOKUMENTÁCIÓS SZÜKSÉGLET

A töltőállomás építési engedélyeztetési folyamata viszonylag egyszerű volt. A megvalósulással együtt járó dokumentációs igény ennél határozottan bővebb. Csak a használatbavételi engedély kérelem benyújtásához egy vastag dossziéba alig betölthető, 25 fejezetbe rendszerezett hard copy dokumentációs csomag állt össze, melynek még további

sokszáz oldalnyi kiegészítést elektronikusan szolgáltatottam. Külön engedélyeztetési eljárás lefolytatását kellett véghezvinni az új LNG töltőoszlop tekintetében mind mérésügyi, mind pedig ATEX-es irányban.

Az engedélyezési, továbbá előbb taglalt biztonságtechnikai, valamint oktatási dokumentációkon felül az üzemeltetési szabályzat, illetőleg a karbantartási előírások összeírása is szükséges a soron következő időszakban.

6. ÖSSZEGZÉS

Célunk nagy áteresztőképességű, gyors üzemanyagvételezést lehetővé tevő töltőállomás létrehozatala volt. Habár még finomítások továbbra is zajlanak, a járműtöltések sebességét már elismeréssel lehet illetni. A legnagyobb LNG tankkal szerelt IVECO-k közel 1500 km megtétele után 350-380 kg gázt vesznek fel, aminek a tiszta töltési ideje 6 perc körüli. Ezt előzi meg a kártyaterminálnál végzendő azonosítási folyamat és a töltést megelőző csőrendszer lehűlési folyamat, mely utóbbi a kellő sűrűséggel érkező járművek esetén már nem fog időt elvenni.

Az LCNG rendszer járműtöltési ideje szintén gyors, egy disztribúciós tevékenységet folytató nehézgépjármű napi utántöltési folyamata 240 bar eléréséhez 7-8 percet vesz igénybe, ezalatt 70-80 kg üzemanyagot töltünk a palackjaiba. A 20-30 kg-ot felvevő könnyű haszonjárművek rendszerint 3-4 percet töltenek üzemanyagvételezéssel, ami szintén kedvező érték. A járműüzemeltetőket természetesen emellett a futási költség, az energiahordozó költsége érdeklí leginkább. Ennek érzékeltetéseként a töltőállomás totemére nem csak az LNG és a CNG árát írjuk fel, hanem annak gázolaj-liter-egyenértékét, mely jelenleg bruttó 243 Ft/l, illetve az LCNG-nél a benzin-liter-egyenértékét is, ami 202 forintos benzin árral volna azonos kilométer költségű.



Fig. 2. Totem az LNG & LCNG töltőállomáson

Az LNG töltőállomás iránt érzékelhetően nagy az érdeklődés és elsősorban a nyugati flottaüzemeltetők részéről felmerült igény. Mivel Európában az elmúlt nem több, mint kettő

évben a forgalomba helyezett LNG kamionok száma meghaladta a 10 ezer darabot és ezek jellemzően távolsági, nemzetközi forgalomra álltak forgalomra, természetes az érdeklődés a régió felé történő alkalmazásuk iránt. Ez a szám természetesen eltörpül a kínai több száz ezres LNG járműszámhoz képest, de az Egyesült Államokban is megközelíti már a 100 ezer darabot az LNG vontatók száma.

Mindazonáltal az elterjedést Európa sok országában politikailag is támogatják, minthogy a közúti áruszállítás egyedüli életképes környezetkímélő alternatívájaként az LNG és természetesen főként a BioLNG az érdeklődés középpontjában szerepel. A hazai elterjedéshez természetes módon szükség van az első után a következő négy, majd pedig a következő hullámban néhány tucat töltőállomás megnyitására. A töltőállomásokhoz azonban fogyasztókra van szükség, helyszínenként legalább 40-50 jármű folyamatos kiszolgálása szükséges az üzemeltethetőség érdekében. Ez akkor alakulhat ki, ha a flottaüzemeltetők számára a kedvező gazdasági megtérülés biztosíthatóvá válik. Ez Nyugat-Európában támogató intézkedések és kedvező üzemanyagárak mentén valósul meg. Egy-egy kamion általában két év alatt pozitív mérleget nyújt a dízellel szemben, köszönhetően a primer energiahordozó által biztosított kedvező üzemanyag áraknak. Magyarországon azonban az LNG forrásaként szóba jöhető lehetséges importtermináloktól a legmesszebb fekszünk, így a szállítási költség is a legmagasabb. Az üzemanyagár versenyképességét nálunk rontja az is, hogy az EU 28 tagállama közül mindössze 6 olyan van, melyben az LNG-re kivetett jövedéki adó magasabb volna a mienknél, de 18 olyan, ahol kevesebb, akár nulla a jövedéki adó. Mindemellett a 6 között találni Németországot ahol egyrészt az LNG jármű beszerzését 12 ezer euróval támogatják, továbbá a gázüzemű teherautók autópályadíj fizetési mentességet élveznek, de természetesen ezt élvezik a más tagállamban forgalomba helyezett, Németországi autópályát használó járművek is. Az ottani támogatási rendszer első évében, júliusig 994 LNG és 339 CNG teherautó került forgalomba.

Svédország is a magasabb jövedéki adót kivétező tagállamok közé tartozik, azonban a megújuló alapú gázüzemanyagok mentesülnek az adó alól. Mivel ez a szabályozás régóta kiszámítható környezetet biztosít számukra, mára a közlekedésben felhasznált gáz több mint 90 százaléka megújuló eredetű és a fogyasztás folyamatosan emelkedik.

Magyarország Kormánya elfogadta az európai irányelvnek megfelelően elkészített Alternatív Üzemanyagok Infrastruktúrájának Nemzeti Keretprogramját, abban megjelölte mindazokat a szükséges infrastruktúra kiépítési mutatókat, melyeket a PAN-LNG Projekt tanulmányai során előtártunk. A járművek elterjesztése érdekében meghozandó intézkedési program azonban hiányzik azóta is, melyre az Európai Bizottság felhívta Magyarországot figyelmét. Jármű elterjesztési szándék és hatásos cselekedet nélkül azonban infrastruktúra terjedésnek nem lesz meg a gazdasági alapja.