MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET

69 1952 2021

3 2021

ÉPÜLETGÉPÉSZET KIADÓ KFT.

ONLINE KIADÁSUNK: www.epgeponline.hu

Kövessen minket a facebook-on is!

Pioneering for You

wilo

Lakossági szennyvíz és szennyezett víz elvezetés!
Válassza Ön is megbízható, kimagasló minőségű termékeinket!

Wilo-Plavis
- Kompakt kondenzvíz átemelő berendezés
- Beépített visszafolyásgátló
- Halk üzem (< 40 dBA)
- 180 fokban elforgatható csatlakozás

Wilo-HiDrainlift
- Csatlakoztatásra kész, szennyezett víz átemelő

Wilo-HiSewlift
- Csatlakozás szabványos WC-hez, további csatlakozási lehetőség

www.wilo.hu

Engineering progress
Enhancing lives

Helyi hőszolgáltatás hatékonyan RAUVITHERM távhővezeték segítségével

Az építési körülményeknek megfelelő robosztus köpenycső megnövelt falvastagságú és hosszirányban víztömör.
Jól fektethető a bordázott külső köpenycsőnek és az eltolható habrétegeknek köszönhetően.
Maximális hőszigetelés a hagymahája szigetelés-kategóriában.
Könnyű fektetés a több milliószor bevált REHAU toldóhüvelyes kötéstechnikának és az intelligens karmantyúnak köszönhetően.

REHAU

MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET

LXX. évfolyam, 2021/3. szám

Az épületgépészeti szakterület elméleti és gyakorlati folyóirata. Az Építéstudományi Egyesület „Épületgépészet” című lapjának jogutódja.
Megjelenik havonta, évente két összevont számmal.
Főszerkesztő: Dr. Barna Lajos PhD
Szakszerkesztők: Mészáros Ferenc, dr. Magyar Zoltán PhD
Reklám-média:
Hunyady Melinda (mobil: 30 402 5196) *epgep@t-online.hu*
Zoles Réka (mobil: 30 552 2033) *epgeplap@gmail.com*
Dr. Both Balázs (30 319 3719) *both@epget.bme.hu*
Szakmai szerkesztőbizottság: prof. emeritus Barótfi István, prof. emeritus Bánhidi László, prof. emeritus Garbai László, prof. emeritus Kontra Jenő, Eördöghné dr. Miklós Mária PhD, Dr. Nyers József professzor
E számunk egyik cikkének lektora: Lékó Csaba

A lapot kiadja: **Épületgépészet Kiadó Kft.**
Ügyvezető igazgató: Dr. Magyar Zoltán PhD
A szerkesztőség és kiadóhivatal elérhetősége:
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. T épület, földszint 12.
Telefon/fax: 201 2562, e-mail: *info@epgeplap.hu*
Online kiadás: ***www.epgeponline.hu***
A kiadásban közreműködő partnereink:
Strobel Verlag GmbH & Co. KG
D-59806 Arnsberg, Postfach 5654
Fax: (49-2931) 890048 *www.ikz.de*

REHVA Journal – European Journal of Heating, Ventilating and Air-conditioning Technology
www.rehva.eu

Az **Épületgépészet Kiadó Kft**. tagjai:
Építéstudományi Egyesület, Caloris Kft.

Kéziratokat, ábrákat, fotókat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. Hirdetésfelvétel, előfizetés és egyes lapszámok megvásárlása a szerkesztőségben. Egy szám ára 480 Ft, az összevont számoké 960 Ft. Az előfizetés díja egy évre 4 200 Ft.

A lapot előfizetésben a Magyar Posta Zrt. Hírlap Üzletága terjeszti. Előfizethető valamennyi postán, a kézbesítőknél, illetve a *hirlapelofizetes@posta.hu* e-mail címen (észrevétel bejelentési lehetőség a 06-40/56-56-56-os számon).
A papír alapú szakfolyóirat ONLINE előfizetési lehetősége:
www.epgeponline.hu/megrendeles
HU ISSN 1215 9913
Nyomdai munkák:
PRINTMEDIA COM Kft.
1116 Budapest, Kondorosi út 3.
(Szerémi Business Park)
Telefon: (36-1) 205 3107
Felelős vezető:
Majorné N. Zsuzsa ügyvez. ig.

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult
OBSERVER
www.observer.hu

TARTALOM

Dr. habil Magyar Zoltán PhD – Németh Gábor: TripleA-reno kombinált minősítési rendszer lakóépületekre vonatkozóan. 2. rész. A kombinált minősítés eredményei a magyarországi demonstrációs épület esetében **3**
Galyas Anna Bella – Dr. Szunyog István PhD: A metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavításának peremfeltételei a hazai földgázellátó rendszeren **9**
Nádasdi Ákos: Zöldfal az irodában **17**
Jeannette Wapler – Danny Günther – Dr. Constanze Bongs – Dr. Marek Miara: Hőszivattyúk hatékonysága meglévő épületekben – Helyszíni mérési eredmények **22**
Az Épületgépészeti Múzeum kincseiből:
dr. Chappon Miklós: Rotaméter **26**
Lászlófi András: MSZ EN 15632. Az előre szigetelt hajlékony távhővezeték rendszerek szabványa **27**
Hollókövi Zoltán – Köffer Ákos – Szőts Attila: Mennyire „zöld” az új debreceni strandfürdő? **29**
Prof. Dr. Barótfi István: Épületgépészet Évkönyve 2020 **32**
Szebellédi Tamás: RAUVITHERM a helyi hőellátás hatékony megoldása **35**

Könyvismertető **28**

Címlapunkhoz:

Wilo házi kisátemelő berendezések

Családi házak pincehelyiségei, mosókonyhák, kis irodahelyiségek szennyezett- és szennyvizének átemelésére csendes és üzembiztos megoldás nyújt a Wilo kisátemelő sorozata:

Plavis kondenzvíz átemelő
- kompakt kivitel, csendes üzem
- felcserélhető befolyó- és nyomóoldal
- hibajel riasztó vagy kazán számára

HiDrainlift szennyezettvíz átemelő
- kompakt méret, könnyű elhelyezés
- csendes üzemvitel
- csatlakozókkal a könnyű telepítés érdekében

HiSewlift szennyvíz átemelő
- közvetlen WC mögé szerelhető
- keskeny kivitelben szerelőfal mögé
- megbízható, csendes üzemvitel

WILO Magyarország Kft.
2045 Törökbálint, Torbágy u. 14.
www.wilo.hu

MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET

Jahrgang 70, 2021/3

Theoretische und praktische Fachzeitschrift auf dem Gebiet der „Technischen Gebäudeausrüstung". Nachfolger der Fachzeitschrift des Ungarischen Vereins für Bauwesen „Épületgépészet". Erscheint monatlich.

Chefredakteur: **Dr. Lajos Barna**
Fachredakteur: **Ferenc Mészáros**
Redakteur: **Dr. Zoltán Magyar**

Redaktion und Herausgeber: **„Épületgépészet Kiadó Kft."**
Geschäftsführender Direktor: **Dr. Zoltán Magyar PhD**
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., T 012. Ungarn
Telefon/Fax: (36-1) 201-2562
http: www.epgeponline.hu
e-mail: info@epgeplap.hu

In Verlagsgemeinschaft mit dem
Strobel Verlag GmbH & Co. KG
Postfach 5654, D-59806 Arnsberg
T: (49) 2931-890043, Fax: (49) 2931-890048
www.ikz.de Redaktion: **Markus Sironi**
Anzeigen: siehe Verlagsadressen

REHVA Journal
European Journal of Heating, Ventilating and Air-conditioning Technology
www.rehva.com

MAGYAR ÉPÜLETGÉPÉSZET

Volume 70, 2021/3

Theoretical and practical periodical in the field of HVAC. Successor of the previous periodical of the Hungarian Scientific Society for Building „Épületgépészet". Published monthly.

Editor in Chief: **Lajos Barna PhD**
Technical Editor: **Ferenc Mészáros**
Editor: **Zoltán Magyar PhD**

Edited and published by **„Épületgépészet Kiadó Kft."**
Managing Director: **Zoltán Magyar PhD**
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., T 012. Hungary
Phone/Fax: (36-1) 201-2562
http: www.epgeponline.hu
e-mail: info@epgeplap.hu

Published in co-operation with
Strobel Verlag GmbH & Co. KG
P.O.B. 5654, D-59806 Arnsberg, Germany
Phone: (49) 2931-890043, Telefax: (49) 2931-890048
www.ikz.de Representative: **Markus Sironi**
Advertising at the publisher.

REHVA Journal
European Journal of Heating, Ventilating and Air-conditioning Technology
www.rehva.com

INHALT

Dr. habil Zoltán Magyar PhD – Gábor Németh: TripleA-reno kombiniertes Bewertungssystem für Wohngebäude. Teil 2. Ergebnisse der kombinierten Bewertung für das Demonstrationsgebäude in Ungarn **3**
Anna Bella Galyas – István Szunyog PhD: Randbedingungen zur Verbesserung der Qualität des Methan-Wasserstoff-Gasgemischs mit kommerziellem Propan auf dem inländischen Erdgasversorgungssystem **9**
Ákos Nádasdi: Grüne Wand im Büro **17**
Jeannette Wapler – Danny Günther – Dr. Constanze Bongs – Dr. Marek Miara: Wärmepumpeneffizienz in existierenden Gebäuden – Lokale Messergebnisse **22**
Schätze des Gebäudetechnischen Museums:
Dr. Miklós Chappon: Rotameter **26**
András Lászlófi: MSZ EN 15632 – Norm der werkmäßig gedämmten flexiblen Fernwärmerohrsystemen **27**
Zoltán Hollókövi – Ákos Köffer – Attila Szőts: Wie „grün" ist das neue Strandbad in Debrecen? **29**
Prof. Dr. István Barótfi: Jahrbuch für Gebäudetechnik 2020 **32**
Tamás Szebellédi: RAUVITHERM ist eine effiziente Lösung für die lokale Wärmeversorgung **34**

Bücherschau **28**

CONTENTS

Dr. habil Zoltán Magyar PhD – Gábor Németh: TripleA-reno combined rating system for residential buildings. Part 2. Results of the combined rating in the case of a demonstration building in Hungary **3**
Anna Bella Galyas – István Szunyog PhD: Boundary conditions for the quality improvement of methane-hydrogen gas mixture with commercial propane in the domestic natural gas supply system **9**
Ákos Nádasdi: Green wall in the office **17**
Jeannette Wapler – Danny Günther – Dr. Constanze Bongs – Dr. Marek Miara: Heat Pump Efficiency in Existing Buildings – Results from a Field Measurement Campaign **22**
Treasures of the HVAC Museum:
Dr Miklós Chappon: Rotameter **26**
András Lászlófi: MSZ EN 15632 – Standard for pre-insulated flexible district heating systems **27**
Zoltán Hollókövi – Ákos Köffer – Attila Szőts: How "green" is the new lido in Debrecen? **29**
Prof. Dr. István Barótfi: Yearbook of Building Service Engineering 2020 **32**
Tamás Szebellédi: RAUVITHERM is an efficient solution for local heat supply **34**
Book Review **28**

TripleA-reno kombinált minősítési rendszer lakóépületekre vonatkozóan

2. rész. A kombinált minősítés eredményei a magyarországi demonstrációs épület esetében

Dr. Magyar Zoltán[1,2] – Németh Gábor[2]

Az előző lapszámban olvasható cikkben ismertettük a lakóépületekre kifejlesztett TripleA-reno kombinált minősítési rendszert. A TripleA-reno projekt keretében az új, kombinált minősítési rendszert sikeresen alkalmaztuk három társasházi lakáson Magyarországon, három lakáson egy többlakásos épületben Spanyolországban, egy lakáson egy többlakásos épületben Szlovéniában, négy lakáson egy többlakásos épületben Olaszországban, két családi házra vonatkozóan Hollandiában és egy diákszállón Görögországban. Ebben a cikkben bemutatjuk a magyarországi esettanulmány eredményeit.

1. Bevezetés

A TripleA-reno projekt az Európai Unió H2020 kutatási és innovációs keretprogramján belül koordinációs és támogatási tevékenységekre kapott támogatást a 784972 sz. támogatási megállapodás szerint. A projekt 2018. májustól 2021. áprilisig tart. A projekt átfogó célja a mélyfelújítás és a közel nulla energiaigényű felújítások elfogadottabbá tétele és a felújítással kapcsolatos döntés elősegítése a lakók számára. Ennek érdekében a projekt egy felhasználó központú platformot fejleszt ki, amely segít a felújítás döntéshozatalában, megvalósításában, sőt a kivitelezést követően a használati fázisban is.

A projekt részeként a cél egy olyan kombinált minősítési rendszer kialakítása lakóépületekre vonatkozóan, amely magában foglalja az energetikai, a beltéri környezeti minőségi és a jóllét mutatóit. A kombinált minősítési rendszer indikátorait a projekt céljának megfelelően gyűjtöttük össze, ezért ezek a mutatók elsősorban a lakóépület felújítással fejleszthető energetikai és komfort jellemzőire összpontosítanak. Az alábbiakban részletesen ismertetjük a TripleA-reno kombinált minősítés eredményeit a magyarországi demonstrációs épületben található két lakásra vonatkozóan.

2. A kombinált minősítési rendszer alkalmazása

Az új, kombinált minősítési rendszer validálását a TripleA-Reno projekt demonstrációs épületeinek adataival hajtottuk végre. A kombinált minősítési rendszert sikeresen alkalmaztuk három társasházi lakáson Magyarországon, három lakáson egy többlakásos épületben Spanyolországban, egy lakáson egy többlakásos épületben Szlovéniában, négy lakáson egy többlakásos épületben Olaszországban, két családi házra vonatkozóan Hollandiában és egy diákszállón Görögországban. A validálási eljárás célja a kombinált minősítési rendszer alkalmazhatóságának és hatékonyságának tesztelése volt.

A TripleA-reno demonstrációs épületekért felelős partnerek szakértői kitöltötték a kombinált minősítési rendszer excel sablonját. A szakértők kiszámolták a primer energia fogyasztást és a végső energia fogyasztást a demonstrációs épületeknek arra a lakásaira, ahol helyszíni szemléket és méréseket végeztek. A helyszíni bejárások során összegyűjtötték az épület és az épületgépészeti rendszer minőségi jellemzőit, valamint elvégezték a szükséges méréseket annak érdekében, hogy a kombinált minősítési rendszer sablonjának vonatkozó részeit kitöltsék. A mediterrán országok (Spanyolország, Olaszország és Görögország) partnerei jelezték, hogy országaikban vannak olyan régiók, ahol az enyhe téli időjárás miatt nincs fűtési rendszer kiépítve, ezért az ilyen típusú épületek megfelelő minősítése érdekében a „nincs fűtés” válasz bekerült a jóllét és a belső környezeti minőség indikátorokhoz (2.1 indikátor: a fűtési rendszer szabályozása).

A TVOC, a formaldehid, a PM2,5 és a PM10 mérése nem kötelező, ezért a sablonba a „nincs mérés” válasz is bekerült. Ha a „nincs mérés” lehetőség kerül kiválasztásra a sablonban, akkor a projekt nem kap sem elméleti maximális pontot, sem pontszámot ennél a paraméternél, tehát a minősítés csak a többi, mért paraméterre vonatkozik. Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha a méréseket csak egy évszakban hajtják végre (fűtési vagy hűtési szezon), akkor a megfelelő szezont kell kiválasztani a sablonban és a „nincs mérés” lehetőséget a fűtési szezon operatív hőmérséklet vagy a hűtési szezon operatív hőmérséklet esetén.

2.1. Magyarországi demonstrációs épület két lakásának kombinált minősítése

A TripleA-reno projektben részt vevő magyarországi demonstrációs épület 1982-ben épült, előregyártott hőszigetelt vasbeton panelos építési technológiával. Az épületben összesen 60 lakás található. A lakásokban eredetileg fa keretszerkezetű nyílászárók kerültek beépítésre. A lakások külső üvegezett nyílászáróinak jelentős részét a lakók kicserélték új, PVC keretszerkezetű, hőszigetelő üvegezésű nyílászárókra. Az épület távfűtéses, a fűtési rendszer egycsöves átkötőszakaszos, a hőleadók kézi szeleppel szerelt radiátorok. A következő ábrákon bemutatjuk a magyarországi demontrációs épületben található két lakás kombinált minősítésének eredményeit: **1.** és **2. ábra**: a 2. lakás kombinált minősítése, **3.** és **4. ábra**: a 3. lakás kombinált minősítése.

[1] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., K ép. 232. *zoltan.magyar.dr@gmail.com*
[2] Comfort Consulting Kft., 2310 Szigetszentmiklós, Deák Ferenc u. 2. fszt. 3. *nemeth.gabor@comfortconsulting.hu*

Kombinált minősítés: Energetika, Belső környezeti minőség, Jóllét

Épület / lakás	Szigetszentmiklós, demonstrációs társasház, 2. lakás	Dátum	2020.09.16

A KOMBINÁLT MINŐSÍTÉS EREDMÉNYEI

Mérési időszak	Energetikai besorolás	Számított összes primer energia fogyasztás	Számított végső energia fogyasztás	Mért végső energia fogyasztás	Megújuló energia részarány	Átlagos hőátbocsátási tényező	Jóllét és belső környezeti minőség indikátor		Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátor	
Fűtési és hűtési időszak	FF	201 kWh/m²a	158,85 kWh/m²a	185 kWh/m²a	0,04 %	1,23 W/m²K	58%	Gyenge	63%	Elfogadható

Energetikai indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Hivatkozás / Leírás	Érték
1.1	Energetikai besorolás	-	7/2006. (V. 24.) TNM Rendelet, 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet	FF
1.2	Számított összes primer energia fogyasztás	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	201
1.3.1	Számított végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	0
1.3.2	Számított végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	0,85
1.3.3	Számított végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	158
1.3	Számított végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Számított végső energia fogyasztások összesítve	158,85
1.4.1	Mért végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	0
1.4.2	Mért végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	22
1.4.3	Mért végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	163
1.4	Mért végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Mért végső energia fogyasztások összesítve	185
1.5	Megújuló energia részarány	%	Megújuló primer energia fogyasztás és az összes primer energia fogyasztás aránya	0,04
1.6	Felületre súlyozott átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	Padlószint feletti szerkezetekre vonatkoztatva: Uavr = ∑Ai*Ui / ∑Ai	1,23

1. ábra. A magyarországi demonstrációs épület 2. lakásra vonatkozó kombinált minősítés eredményei (1. rész)

Jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
2.1	Fűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Épület szintű központi hőmérséklet-szabályozás	5	20
2.2	Hűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Nincs hűtési rendszer	-	-
2.3	Egy főre jutó friss levegő mennyisége (mesterséges szellőzés esetén)	l/s	3 kategória	Nincs mesterséges szellőzés	-	-
2.4	Nyílászárók légzárása	-	3 kategória	Jó légzárás: gyárilag beépített, alakos tömítéssel rendelkező vagy minősítő iratban EN 12207 szerint 4-es légáteresztési osztályú nyílászáró	10	10
2.5	Külső árnyékolás	%	11 kategória	Az üvegezett nyílászárók 100%-a rendelkezik külső árnyékolással (kelettől nyugatig tartó tájolás, kivéve észak)	10	10
2.6	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés üzemel a kondicionált alapterület legalább 50%-át lefedő helyiségekben	%	2 kategória	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés nincs, vagy kevesebb, mint a kondicionált alapterület 50%-át lefedő helyiségekben üzemel	0	10
2.7	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria	-	2 kategória	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria kielégíti az ISO 7730 szabvány A vagy B kategóriáját	10	10
Összesen					35	60

Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
3.1	Operatív hőmérséklet - fűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány II. kategória	30	30
3.2	Operatív hőmérséklet - hűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány III. kategória	8	15
3.3	A levegő relatív páratartalma 30% és 70% közötti érték	%	Igen / Nem	A relatív páratartalom 30% és 70% közötti tartományon kívül esik	0	5
3.4	CO_2 koncentráció	ppm	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány III./IV. kategória	10	20
3.5	TVOC	µg/m³	2 kategória	TVOC 500 µg/m³ felett van	0	10
3.6	Formaldehid	ppb	2 kategória	Formaldehid 100 µg/m³ alatt van	10	10
3.7	PM2,5	µg/m³	2 kategória	PM2.5 15 µg/m³ alatt van	5	5
3.8	PM10	µg/m³	2 kategória	PM10 50 µg/m³ felett van	0	5
Összesen					63	100

Javaslatok

- A külső falak és a tető hőszigetelése javasolt, mely a fűtési energia fogyasztást csökkenti és jobb belső környezeti minőséget biztosít (3.1 és 3.2 indikátorok).
- A radiátorokra termosztatikus szelep felszerelése javasolt, mely biztosítja a fűtési rendszer helyiségenkénti szabályozását, a fűtési energia fogyasztást csökkenti és javítja a hőkomfortot (nincs több túlfűtés).
- Javasolt a társasházat ellátó napkollektoros rendszer telepítése, mely a használati melegvíz előállítás energia fogyasztását csökkenti és a megújuló energia részarányt növeli.

2. ábra. A magyarországi demonstrációs épület 2. lakásra vonatkozó kombinált minősítés eredményei (2. rész)

Kombinált minősítés: Energetika, Belső környezeti minőség, Jóllét

Épület / lakás	Szigetszentmiklós, demonstrációs társasház, 3. lakás	Dátum	2020.09.16

A KOMBINÁLT MINŐSÍTÉS EREDMÉNYEI

Mérési időszak	Energetikai besorolás	Számított összes primer energia fogyasztás	Számított végső energia fogyasztás	Mért végső energia fogyasztás	Megújuló energia részarány	Átlagos hőátbocsátási tényező	Jóllét és belső környezeti minőség indikátor		Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátor	
Fűtési és hűtési időszak	FF	243,5 kWh/m²a	192,85 kWh/m²a	234 kWh/m²a	0,03 %	1,09 W/m²K	69%	Elfogadható	28%	Nagyon gyenge

Energetikai indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Hivatkozás / Leírás	Érték
1.1	Energetikai besorolás	-	7/2006. (V. 24.) TNM Rendelet, 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet	FF
1.2	Számított összes primer energia fogyasztás	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	243,5
1.3.1	Számított végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	0
1.3.2	Számított végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	0,85
1.3.3	Számított végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	192
1.3	Számított végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Számított végső energia fogyasztások összesítve	192,85
1.4.1	Mért végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	0
1.4.2	Mért végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	35
1.4.3	Mért végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	199
1.4	Mért végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Mért végső energia fogyasztások összesítve	234
1.5	Megújuló energia részarány	%	Megújuló primer energia fogyasztás és az összes primer energia fogyasztás aránya	0,03
1.6	Felületre súlyozott átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	Padlószint feletti szerkezetekre vonatkoztatva: Uavr = ∑Ai*Ui / ∑Ai	1,09

3. ábra. A magyarországi demonstrációs épület 3. lakásra vonatkozó kombinált minősítés eredményei (1. rész)

Jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
2.1	Fűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Épület szintű központi hőmérséklet-szabályozás	5	20
2.2	Hűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozás	20	20
2.3	Egy főre jutó friss levegő mennyisége (mesterséges szellőzés esetén)	l/s	3 kategória	Nincs mesterséges szellőzés	-	-
2.4	Nyílászárók légzárása	-	3 kategória	Jó légzárás: gyárilag beépített, alakos tömítéssel rendelkező vagy minősítő iratban EN 12207 szerint 4-es légáteresztési osztályú nyílászáró	10	10
2.5	Külső árnyékolás	%	11 kategória	Az üvegezett nyílászárók 100%-a rendelkezik külső árnyékolással (kelettől nyugatig tartó tájolás, kivéve észak)	10	10
2.6	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés üzemel a kondicionált alapterület legalább 50%-át lefedő helyiségekben	%	2 kategória	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés nincs, vagy kevesebb, mint a kondicionált alapterület 50%-át lefedő helyiségekben üzemel	0	10
2.7	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria	-	2 kategória	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria kielégíti az ISO 7730 szabvány A vagy B kategóriáját	10	10
Összesen					55	80

Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
3.1	Operatív hőmérséklet - fűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány IV. kategória vagy annál rosszabb	0	30
3.2	Operatív hőmérséklet - hűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány III. kategória	8	15
3.3	A levegő relatív páratartalma 30% és 70% közötti érték	%	Igen / Nem	A relatív páratartalom 30% és 70% közötti tartományon kívül esik	0	5
3.4	CO_2 koncentráció	ppm	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány III./IV. kategória	10	20
3.5	TVOC	µg/m³	2 kategória	TVOC 500 µg/m³ felett van	0	10
3.6	Formaldehid	ppb	2 kategória	Formaldehid 100 µg/m³ alatt van	10	10
3.7	PM2,5	µg/m³	2 kategória	PM2.5 15 µg/m³ felett van	0	5
3.8	PM10	µg/m³	2 kategória	PM10 50 µg/m³ felett van	0	5
Összesen					28	100

Javaslatok

- A külső falak és a tető hőszigetelése javasolt, mely a fűtési energia fogyasztást csökkenti és jobb belső környezeti minőséget biztosít (3.1 és 3.2 indikátorok).
- A radiátorokra termosztatikus szelep felszerelése javasolt, mely biztosítja a fűtési rendszer helyiségenkénti szabályozását, a fűtési energia fogyasztást csökkenti és javítja a hőkomfortot (nincs több túlfűtés).
- Javasolt a társasházat ellátó napkollektoros rendszer telepítése, mely a használati melegvíz előállítás energia fogyasztását csökkenti és a megújuló energia részarányt növeli.

4. ábra. A magyarországi demonstrációs épület 3. lakásra vonatkozó kombinált minősítés eredményei (2. rész)

A kombinált minősítésen látható a különbség a számított és a mért végső energia fogyasztás között. Ez részben természetes, mert a világítás és a lakáson belüli elektromos berendezéseket nem tartalmazza a számított érték, másrészt a mért energia fogyasztást és komfort kategóriát a felhasználói szokások is jelentősen befolyásolják. A számított energia fogyasztás mellett a mért érték is értékes információ, mert környezetvédelmi szempontból az épület vagy a lakás tényleges energia fogyasztása a mérvadó és kis túlzással mindegy, hogy a számított érték mennyi lett volna. Ha egy épületet hosszú ideig (1 hónap vagy annál hosszabb ideig) nem használtak, akkor a mért értéket nem célszerű figyelembe venni, de minden más esetben a mért energiafelhasználás felhasználható az alábbi célokból:

1. Különböző épületek vagy lakások tényleges energiafogyasztásának összehasonlítása.
2. A tényleges energia fogyasztás és a végrehajtott intézkedések hatásának nyomon követése.
3. A tényleges energiafogyasztás összehasonlítása felújítás előtt és után.
4. A számított és a mért energia fogyasztás összehasonlítása.

Az energetikai besorolás mindkét vizsgált lakás esetében „FF”. Az épület külső határoló falainak és tetőjének gyenge a hőszigetelése, amelynek következtében magas a felületre súlyozott átlagos hőátbocsátási tényező. A megújuló energia részaránya a jelenlegi állapotban gyakorlatilag nulla.

A jóllét és a belső környezeti minőség értékelésének eredménye „gyenge” a 2. lakásra vonatkozóan és „elfogadható” a „3. lakás” esetében. Ennek fő oka, hogy az épületben központi fűtési hőmérséklet-szabályozás van, ezért a felhasználók nem tudják igényeik szerint szabályozni a hőmérsékletet. A „3. lakásban” split klíma is üzemel, amely hőmérséklet-szabályozással rendelkezik, ezért ez a lakás jobb eredményt ért el a jóllét és a belső környezeti minőség vonatkozásában, mert a felhasználóknak legalább a hűtési időszakban lehetőségük van szabályozni a helyiség hőmérsékletet.

Az ablakok és az ajtók jó légzárásúak, mert a lakók az utóbbi években cserélték a nyílászárókat. Mindkét lakásban az északi tájolást kivéve a kelettől nyugatig található ablakok 100%-a rendelkezik külső árnyékolással. A demonstrációs épület egy régi épület, ezért nincs sugárzó (padló, fal, mennyezet) fűtési vagy hűtési rendszer. Az elemzett lakások gépészeti tulajdonságai kevés esélyt kínálnak a lakók számára a jó beltéri környezeti minőség megteremtésére és a jóllét elérésére otthonaikban. A központi hőmérséklet-szabályozás nem alkalmas az épületen belül minden lakásban jó hőérzetet biztosítani. Jellemzően, ha az épület szélén található lakásokban megfelelő a belső hőmérséklet, akkor a köztes lakásokban túlmelegedés léphet fel helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozás nélkül. A fűtési rendszer fent említett jellemzői komfort panaszokat okoznak.

A lakások mért jóllét és belső környezeti minőség értékelésének eredménye „elfogadható” a 2. lakás esetében és „nagyon gyenge” a 3. lakás esetében. A fűtési szezonban végzett hőmérséklet mérések alapján a 2. lakásban – amely az épületen belül közbenső pozíciójú – a mért operatív hőmérséklet megfelel az EN 16798-1 szabvány II. kategóriának, a 3. lakásnál azonban – amely az épület szélén van – a szabvány szerinti IV. kategória vagy annál rosszabb besorolást kapott. A hőmérséklet mérése a hűtési szezonban is megtörtént a lakásokban és mindkét lakás beltéri hőmérséklete megfelelt az EN 16798-1 szabvány III. kategória követelményeinek.

A mért CO_2 koncentráció szintén a szabvány III. kategóriájába tartozott. A lakások természetes szellőzéssel rendelkeznek, ami azt jelenti, hogy a CO_2 koncentráció attól függ, hogy a lakók hogyan szellőztetnek.

A relatív páratartalom mindkét lakásban a komfort tartományon (30 - 70% relatív páratartalom) kívül volt. A lakásokban a TVOC-t is mértük, mely értéke meghaladta az 500 µg / m³ jóllét határértéket. A mért formaldehid értékek viszont jóval a határérték (100 µg / m³) alatt voltak. A lakásokban a PM2,5 és a PM10 értékeket is mértük. A 2. lakásban a PM2,5 a határérték alatt volt, míg a PM10 meghaladta a határértéket. A 3. lakásban a PM2,5 és a PM10 is a határérték felett volt.

Az épületben természetes szellőzés van, ezért amikor a kültéri szálló por koncentráció magas (erősebb járműforgalom, forgalmi dugó, szilárd tüzelőanyaggal fűtenek a környéken), lehetőség szerint kerülni kell az ablakok nyitását.

2.2. Családi ház kombinált minősítése

A kombinált minősítést egy nemrégiben épült családi házzal is teszteltük, hogy lássuk, mennyire alkalmazható eredményesen egy viszonylag új épületben.

A családi ház 2017-ben épült, 120 m² alapterületű épület. Az épület külső határoló szerkezetei jól hőszigeteltek, a külső vázkerámia falon 20 cm hőszigetelés, a födémen 30 cm hőszigetelés található. A fűtést és a melegvíz ellátást kondenzációs gázkazán biztosítja. A hőleadó a hideg burkolatos helyiségekben padlófűtés, a többi részen termosztatikus szeleppel szerelt acéllemez lapradiátor. A családi ház kombinált minősítésének eredményei a következő oldalon bemutatott **5.** és **6. ábrán** láthatók.

A 2017-ben épült családi ház a 7/2006. (V. 24.) TNM Rendelet és a 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet alapján „CC” energetikai besorolással rendelkezik. A számított és a mért végső energiafogyasztás nagyon közel áll egymáshoz.

A helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozás, a fokozott légzárású nyílászárók és a külső árnyékolás alkalmazása, valamint a sugárzó fűtési rendszer együttesen azt eredményezi, hogy a jóllét és a belső környezeti minőség indikátora kitűnő, ami kedvező feltételeket teremt a lakók számára a jóllét fenntartásához.

Mint már korábban említettük, a mérések nagyon fontosak, mert segíthet a megvalósult állapot értékelésében és a felhasználók tájékoztatásában, hogy mely paraméterek jók és melyeken lehet javítani. A vizsgált családi ház esetében a mért CO_2 koncentráció csak a szabvány III. kategóriáját elégíti ki. Ennek oka, hogy az épületben természetes szellőzés valósul meg, a nyílászárók fokozott légzárásúak, ezért már néhány órán keresztül zárva tartott ablakok esetén is a CO_2 koncentráció értéke jelentősen megnőhet.

Kombinált minősítés: Energetika, Belső környezeti minőség, Jóllét

Épület / lakás	Dunaszeg, családi ház	Dátum	2020.09.16

A KOMBINÁLT MINŐSÍTÉS EREDMÉNYEI

Mérési időszak	Energetikai besorolás	Számított összes primer energia fogyasztás	Számított végső energia fogyasztás	Mért végső energia fogyasztás	Megújuló energia részarány	Átlagos hőátbocsátási tényező	Jóllét és belső környezeti minőség indikátor		Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátor	
Fűtési és hűtési időszak	CC	119,75 kWh/m²a	115,59 kWh/m²a	115,7 kWh/m²a	0,23 %	0,33 W/m²K	100%	Kitűnő	75%	Elfogadható

Energetikai indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Hivatkozás / Leírás	Érték
1.1	Energetikai besorolás	-	7/2006. (V. 24.) TNM Rendelet, 176/2008. (VI. 30.) Kormányrendelet	CC
1.2	Számított összes primer energia fogyasztás	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	119,75
1.3.1	Számított végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	112,75
1.3.2	Számított végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	2,84
1.3.3	Számított végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	MSZ EN 15603 és MSZ EN ISO 13790 vagy MSZ EN ISO 52000 szabvány csomag alapján	0
1.3	Számított végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Számított végső energia fogyasztások összesítve	115,59
1.4.1	Mért végső energia fogyasztás (fűtőanyag)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	102,8
1.4.2	Mért végső energia fogyasztás (villamos energia)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	12,9
1.4.3	Mért végső energia fogyasztás (távhő)	kWh/m²a	Mérés vagy számlák alapján. Az energia fogyasztás korrekciók nélkül értendő.	0
1.4	Mért végső energia fogyasztás	kWh/m²a	Mért végső energia fogyasztások összesítve	115,7
1.5	Megújuló energia részarány	%	Megújuló primer energia fogyasztás és az összes primer energia fogyasztás aránya	0,23
1.6	Felületre súlyozott átlagos hőátbocsátási tényező	W/m²K	Padlószint feletti szerkezetekre vonatkoztatva: Uavr = ∑Ai*Ui / ∑Ai	0,33

5. ábra. 2017-ben épült családi ház kombinált minősítése (1. rész)

Jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
2.1	Fűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Helyiségenkénti hőmérséklet-szabályozás	20	20
2.2	Hűtési rendszer szabályozása	-	5 kategória	Nincs hűtési rendszer	-	-
2.3	Egy főre jutó friss levegő mennyisége (mesterséges szellőzés esetén)	l/s	3 kategória	Nincs mesterséges szellőzés	-	-
2.4	Nyílászárók légzárása	-	3 kategória	Jó légzárás: gyárilag beépített, alakos tömítéssel rendelkező vagy minősítő iratban EN 12207 szerint 4-es légáteresztési osztályú nyílászáró	10	10
2.5	Külső árnyékolás	%	11 kategória	Az üvegezett nyílászárók 100%-a rendelkezik külső árnyékolással (kelettől nyugatig tartó tájolás, kivéve észak)	10	10
2.6	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés üzemel a kondicionált alapterület legalább 50%-át lefedő helyiségekben	%	2 kategória	Sugárzó fűtés és/vagy hűtés üzemel a kondicionált alapterület legalább 50%-át lefedő helyiségekben	10	10
2.7	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria	-	2 kategória	Sugárzási hőmérséklet aszimmetria kielégíti az ISO 7730 szabvány A vagy B kategóriáját	10	10
Összesen					60	60

Mért jóllét és belső környezeti minőség indikátorok

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Osztályozás	Hivatkozás / Leírás	Elért pontszám	Elérhető max. pontszám
3.1	Operatív hőmérséklet - fűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány II. kategória	30	30
3.2	Operatív hőmérséklet - hűtési időszak	°C	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány II. kategória	15	15
3.3	A levegő relatív páratartalma 30% és 70% közötti érték	%	Igen / Nem	A relatív páratartalom 30% és 70% között van	5	5
3.4	CO_2 koncentráció	ppm	3 kategória	MSZ EN 16798-1 szabvány III./IV. kategória	10	20
3.5	TVOC	µg/m³	2 kategória	TVOC 500 µg/m³ felett van	0	10
3.6	Formaldehid	ppb	2 kategória	Formaldehid 100 µg/m³ alatt van	10	10
3.7	PM2,5	µg/m³	2 kategória	PM2.5 15 µg/m³ alatt van	5	5
3.8	PM10	µg/m³	2 kategória	PM10 50 µg/m³ felett van	0	5
Összesen					75	100

Javaslatok

- A belső levegő minőség javítására hővisszanyerős szellőztető rendszer kialakítása javasolt. Alternatív megoldás CO_2 szenzorok beépítése, mellyel a felhasználó információt kap arról, hogy mikor szükséges szellőztetni.
- A tetőre napelemes rendszer telepítése javasolt, mellyel a megújuló energia felhasználás aránya növelhető és a közműhálózati villamos energia fogyasztás csökkenthető.

6. ábra. 2017-ben épült családi ház kombinált minősítése (2. rész)

A ház egy faluban található és a szomszédságban gyakran szilárd tüzelőanyagot használnak fűtésre, ami növeli a kültéri levegő szállópor koncentrációját, ezért feltehetően ez okozza, hogy a PM10 értéke a jóllét határérték felett van.

Az új családi ház kombinált minősítésének eredményeként megállapítható, hogy a beltéri levegő minősége javítható gondosabb természetes szellőzéssel vagy lakásszellőztető berendezés telepítésével, amely szűrt friss levegőt biztosít, ami szükséges az alacsonyabb CO_2 koncentráció és PM fenntartásához. A kombinált minősítés arra is rámutat, hogy a megújuló energia részaránya 1% alatt van, ami viszonylag könnyen növelhető napelemes rendszer tetőre történő telepítésével.

3. Összefoglalás

A magyarországi demonstrációs épület lakásainak értékeléséből kiderült, hogy az épület energiahatékonysága nagyon gyenge, a megújuló energiafogyasztás elenyésző, továbbá az épületgépészeti rendszer jellemzői kevés esélyt biztosítanak a lakóknak otthonaikban a jóllét elérésére és a jó beltéri környezeti minőség megteremtésére. A TripleA-reno kombinált minősítés alkalmas arra, hogy kiemelje, mely területeken kell beavatkozni a jobb belső környezeti minőség és jóllét biztosítása érdekében. Ha az épület és a gépészeti rendszer minősítése rossz eredményt hoz, az nem minden esetben jelenti azt, hogy a tényleges beltéri környezeti minősége is rossz, viszont ilyen körülmények között várhatóan sokkal nehezebb fenntartani a jó beltéri környezeti minőséget és a jóllétet. A tényleges állapot a mért indikátorokkal értékelhető, amelyeket a kombinált minősítés magában foglal.

A kombinált minősítés Excel táblázata a Comfort Consulting Kft. honlapján az alábbi oldalon érhető el:

www.comfortconsulting.hu/publikaciok.

A kombinált minősítéshez kifejlesztett Excel táblázatba történő adatbevitelt és a minősítés folyamatát szeretnénk egyszerűsíteni, ezért a TripleA-reno projekt csapata a kombinált minősítést webböngészőben elérhető online eszközzé fejleszti, mely hamarosan elérhető lesz. A Comfort Consulting Kft. honlapján (*www.comfortconsulting.hu*) és a TripleA-reno projekt honlapján (*www.triplea-reno.eu*) közzétesszük az információt, amint elérhetővé válik a kombinált minősítés online verziója, ami szintén ingyenesen használható lesz.

Reméljük, hogy a kombinált minősítést sikeresen alkalmazzák majd az épületgépész, energetikai tanúsító és építész kollégák, informálva ezzel a lakások tulajdonosait, bérlőit és a befektetőket a lakás energetikai, belső környezeti minőségi és jóllétel kapcsolatos tulajdonságairól és a fejlesztési lehetőségekről.

comfort consulting

A 2004-ben alakult **Comfort Consulting Kft.** célul tűzte ki az épületek komfortjának növelését és energiafelhasználásának csökkentését a partnereinek nyújtott alábbi magas szintű szolgáltatásai által:

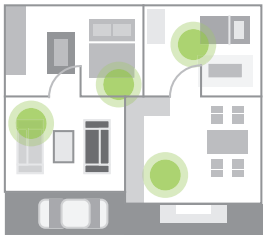
Energetikai audit,
TAO igazolás

Energetikai szakreferens,
kötelező almérés

Energetikai pályázat

SRI okosépület mutató
számítása

Épületgépészeti rendszerek
méréses vizsgálata



Épületgépészeti és
épületenergetikai szakértés

További információ:

www.comfortconsulting.hu
info@comfortconsulting.hu

Várjuk jelentkezésüket!

A metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavításának peremfeltételei a hazai földgázellátó rendszeren

Galyas Anna Bella[1] – Dr. Szunyog István[2]

Absztrakt

A világ jelen álláspontja szerint a jövő egyik legígéretesebbnek tűnő energiahordozója a hidrogén, amelynek legnagyobb előnye a fosszilis tüzelőanyagokkal szemben, hogy eltüzelése során szinte teljes mértékben vízgőz keletkezik, ezzel csökkentve az üvegházhatású gázok kibocsátását. Emellett fotovoltaikus úton villamos energiából is előállítható, amellyel az energia molekula formában a földgázhálózatba táplálható és hosszú ideig tárolható. Viszont meg kell említeni, hogy jelentős eltérések jelentkeznek a hidrogén, valamint a földgáz tulajdonságaiban. Amellett, hogy a hidrogén levegőben robbanóképes közeget alkot, az energiatartalma is jelentős mértékben elmarad a közszolgáltatásban alkalmazott földgázétól, melyre alkalmas megoldásként ígérkezik a hidrogén tartalmú földgáz kereskedelmi propánnal történő minőségjavításának kérdése. A szerzők jelen cikkben vizsgálat alá vonják a kizárólag metánból és hidrogénből álló gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavításának lehetőségét abból a célból, hogy a hazai földgázellátó rendszeren érvényes gázminőségi előírásoknak való megfeleltetés során jelentkező mennyiségi és minőségi peremfeltételek, ajánlások kerüljenek megállapításra.

Abstract

According to the current view of the world, one of the most promising energy sources of the future is hydrogen, the biggest advantage of which over fossil fuels is that only water vapour is generated during combustion, thus reducing GHG emissions. It can also be produced photovoltaically from electricity, with which the energy can be fed into the natural gas network in molecular form and stored for a long time. However, it should be mentioned that there are significant differences in the properties of hydrogen as well as natural gas. In addition to being an explosive medium in the air, its energy content is significantly lower than that of natural gas used in public utilities, for which the issue of improving the quality of hydrogen-containing natural gas with commercial propane promises to be a suitable solution.

In this article, the authors examine the possibility of improving the quality of a gas mixture consisting exclusively of methane and hydrogen with commercial propane in order to establish the quantitative and qualitative boundary conditions and recommendations during the compliance with the gas quality standards of the domestic natural gas supply system.

Kulcsszavak: hidrogén, földgázhálózat, gázminőség, kereskedelmi propán, minőségjavítás

Bevezetés

Napjaink egyik legsürgetőbb problémája az éghajlatváltozás megfékezése, aminek jelentős forrása az energiafelhasználáshoz köthető üvegházhatású gázok légkörbe jutása. Európai szinten is erősödik az igény egy olyan megújuló forrásból származó energiahordozóra, amely a hagyományos fosszilis tüzelőanyagok helyettesítésére részben, vagy teljesen alkalmas lehet. A hidrogén erre a célra alkalmasnak ígérkezik. A megújuló forrásból származó hidrogén egyik legnagyobb előnye a jelenleg alkalmazott fosszilis tüzelőanyagokkal szemben, hogy eltüzelése során nem keletkezik CO_2 vagy egyéb üvegházhatású gázok.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium 2020 januárjában megjelent „Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig” című közleménye szerint a meglévő földgáz infrastruktúra „szezonális energiatárolóként” szolgálhat a jövőben. [1] Ez előrevetíti azt a jövőképet, amely szerint a villamos energia- és hőtárolási megoldások egyik alternatívája lehet az energia „molekula formában” történő tárolása, amely ezáltal hosszabb ideig tárolható, és a felmerülő igényekhez igazodva felhasználható. A már a piacokon is elérhető power-to-gas (P2G) technológia alkalmazásával fotovoltaikus úton állítható elő a hidrogén, valamint szén-dioxid segítségével metán, amely a földgázhálózatba kerülhet közvetlen betáplálásra, kiküszöbölve a napi és akár az éves szezonalitási kérdéseket. [2]

Az éghajlatváltozás problémájának megoldása viszont nem ilyen egyszerű. A hidrogén tulajdonságai ugyanis jelentősen eltérnek a közszolgáltatásban alkalmazott földgázétól. A hidrogén egyre nagyobb figyelmet kap a világban, számos ipari kutatás zajlik jelenleg is arra vonatkozóan, hogy meghatározzák azt a maximális hidrogéntartalmat, amelyet még képes tolerálni a földgázhálózat, valamint a hozzá kapcsolódó gázfelhasználói berendezések.

Az egyik legjelentősebb különbség a metán és a hidrogén energiatartalmában jelentkezik, mivel a hidrogén egységnyi térfogatra vetített

[1] egyetemi tanársegéd, *gazgab@uni-miskolc.hu*
[2] egyetemi docens, *szunyog.istvan@uni-miskolc.hu*
Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Kőolaj és Földgáz Intézet

energiatartalma közel egyharmada a földgázt alkotó legfőbb komponensnek, a metánnak. Amilyen arányban növeljük a földgáz hidrogéntartalmát, olyan mértékben csökken az egységnyi térfogatra vetített energiatartalom is. A hálózaton szolgáltatott földgáz alsó hőértéke viszont szerződésben rögzített, attól csupán ±5%-ban való eltérés engedélyezett. A szerzők célja megvizsgálni, hogy a földgázrendszerbe táplált egyre növekvő hidrogénarány miatt jelentkező energiatartalom csökkenés hogyan ellensúlyozható kereskedelmi propánnal történő minőségjavítással, és annak milyen peremfeltételei vannak a magyar földgázellátó rendszeren érvényes gázminőségi előírásokra vonatkoztatva.

A hidrogén és a földgáz gázminőségi jellemzői

Ahhoz, hogy a hidrogént földgázhálózati betáplálás szempontjából értékelni lehessen, mindenképpen szükséges megvizsgálni legfontosabb tüzeléstechnikai jellemzőit, összevetve a földgázt alkotó legjelentősebb komponens, a metán jellemző értékeivel.

A minőségbeállításhoz alkalmazott kereskedelmi propán összetétele: 97 mol% propán, 0,5 mol% etán, 2 mol% *i*-bután és 0,5 mol% *n*-bután, amely alapján az alábbi táblázatban feltüntetésre kerültek a fontosabb tüzeléstechnikai- és anyagjellemzői. [3]

Ahogyan az **1. táblázatban** látható, a hidrogén jelentősen kisebb sűrűséggel, ebből következően relatív sűrűséggel – amely az ugyanazon referenciaállapoton vett vizsgált gáz és a standard összetételű száraz levegő sűrűségének hányadosa – rendelkezik a metánhoz viszonyítva. Gáztechnikai normálállapotban (15 °C, 101325 Pa) egynyolcada a metán sűrűségének, valamint relatív sűrűségének. A táblázatban viszonyítási alapként megadtunk egy jellemző orosz import gázminőséget is.

A hidrogén energiatartalma jelentős mértékben elmarad a metánétól, hiszen hőértéke – egységnyi energiatartalma – kevesebb mint egyharmada a metán hőértékének. Viszont a hidrogén nagyon kis sűrűségének következtében a Wobbe-számok – amely az éghető gázok cserélhetőségének legfőbb paramétere – már közelebb helyezkednek el egymáshoz, csupán 10-15%-os eltérést mutatva.

Jelentős különbség mutatkozik viszont a lángterjedési sebességekben, hiszen a hidrogén lángterjedési sebessége közel 8-szorosa a földgázénak, amellyel szinte „robbanásszerűen” halad végig az éghető gáz-levegő keverékben. Ez jelentősen ronthatja a földgázra beszabályozott gázfogyasztó berendezések tüzeléstechnikai értékeit, valamint lángvisszagyulladást okozhat.

Az alsó és felső gyulladási koncentrációhatárokat vizsgálva is szembetűnő különbség figyelhető meg. Míg a metán levegőben 4,4-15,0 tf% között gyullad meg, addig a hidrogén esetében ez a tartomány jóval szélesebb, 4,0-77,0 tf%. A földgázhoz jelentős mértékű hidrogén bekeverése a felső gyulladási koncentrációhatár nem elhanyagolható mértékű eltolódását, így a tartomány kiszélesedését eredményezi 100 tf% földgázhoz viszonyítva.

A tökéletes eltüzelés megvalósításához szükséges fajlagos elméleti oxigénszükséget, illetve az ebből számítható fajlagos elméleti levegőszükséglet vizsgálata során megfigyelhető, hogy a hidrogén eltüzeléséhez jelentősen kisebb mennyiségű oxigén-, illetve az azt tartalmazó levegő szükséges,

1. táblázat. A hidrogén és metán tüzeléstechnikai- és anyagjellemzőinek összehasonlítása [3], [4]

Tulajdonság	Mérték-egység	Hidrogén (H_2)	Metán (CH_4)	2H Beregdaróc	Elv Energy kereskedelmi propán
Moláris tömeg	kg/kmol	2,016	16,043	16,409	44,378
Sűrűség (15 °C, p_n)	kg/m^3	0,090	0,718	0,695	1,912
Relatív sűrűség	–	0,070	0,555	0,567	1,560
Alsó hőérték (15/15 °C)	MJ/m^3 (kWh/m^3)	10,223 (2,840)	34,016 (9,449)	34,205 (9,501)	88,540 (24,594)
Felső hőérték (15/15 °C)	MJ/m^3 (kWh/m^3)	12,102 (3,362)	37,781 (10,495)	37,973 (10,548)	96,237 (26,733)
Alsó Wobbe-szám	MJ/m^3 (kWh/m^3)	38,758 (10,496)	45,668 (12,686)	45,406 (12,613)	70,890 (19,692)
Felső Wobbe-szám	MJ/m^3 (kWh/m^3)	45,880 (12,744)	50,724 (14,090)	50,407 (14,002)	77,053 (24,404)
Lángterjedési sebesség	cm/s	~267	~35	~34	~40
Gyulladási koncentrációhatár (20 °C)	tf%	4,0 - 77,0	4,4 - 15,0	4,3 - 15,6	2,0 - 11,4
Fajlagos elméleti oxigénszükséglet	m^3/m^3	0,499	2,003	2,014	5,138
Fajlagos elméleti levegőszükséglet	m^3/m^3	2,383	9,565	9,614	24,531
Keletkező CO_2	m^3/m^3	0,001	0,998	1,009	3,074
Metánszám	–	0,0	100,0	92,5	33,0

a metán sztöchiometrikus elégetéséhez szükséges mennyiségek kb. 25%-a. Viszont vegyük számításba, hogy a gázkészülékben a földgázzal azonos energiatartalom felszabadításához többszörös hidrogén térfogatáram, ezáltal többszörös égési levegő mennyiség szükséges.

A levegőfelesleg nélküli sztöchiometrikus eltüzelés esetén jelentkező fajlagos füstgáztérfogatban lévő CO_2-tartalom jóval kedvezőbb a hidrogén esetében (0,001 m^3/m^3), amely gyakorlatilag megegyezik az eltüzeléshez használt levegő szén-dioxid tartalmával. Ezzel szemben a metán esetén a füstgáz szén-dioxid tartalma 0,998 m^3/m^3.

Az 1. táblázatban összehasonlítás céljából feltüntettük egy Beregdaróc felől érkező, orosz import földgáz (2H gázminőség) minta jellemző adatait, amely magas metántartalommal (>96%) és kisebb egyéb szénhidrogén-tartalommal, valamint egy kevés inert-tartalommal rendelkezik.

Látható, hogy a hazai közszolgáltatásban alkalmazott H gázminőség milyen mértékben tér el a hidrogén tüzeléstechnikai és anyagjellemzőitől, kiemelve a hőértékek, a lángterjedési sebességek, a gyulladási koncentrációhatárok, valamint a fajlagos elméleti oxigén- és levegőszükségletek közötti jelentős különbségeket. [5]

A metán-hidrogén gázelegy tüzeléstechnikai vizsgálata

A hidrogén földgázhálózati betáplálásának vizsgálata során – a meglévő földgázinfrastruktúra hidrogéntűrése mellett – döntő szerepet játszik a gázminőségi előírások oldaláról történő megközelítés. A gáz minőségében bekövetkező zavaró változások a gázfogyasztó berendezések biztonságos és energiahatékony működését teszik kérdésessé. A földgáztól eltérő minőségű éghető gázok földgázrendszerbe történő betáplálásának szabályozása során a követelményrendszer középpontjában továbbra is a szolgáltatott gázelegy minőségi paramétereinek kell állni. Az Európában leginkább használt szabványok és előírások az EN 437 jelű szabványra, azaz a Wobbe-számnak való megfeleltetésre épülnek. [6]

A szabvány azt az elvet követi, hogy egy földgázcsoporton belül a földgáz égési jellemzőinek csak olyan mértékű változása engedhető meg, amely a gázkészülékek működését nem befolyásolja, a készülék vagy az égő átalakítását nem teszi szükségessé. Az eredeti minőségi csoportba tartozó földgáztól eltérő gázt csak a készülék megfelelő átállítása után lehet szolgáltatni. A Magyarországon is döntően szolgáltatásra kerülő H gázcsoport esetében a szabvány a visszagyulladás határgázában 23%-os hidrogén tartalommal történő vizsgálatot ír elő 1999 óta, viszont ez nem jelent garanciát arra, hogy az azt követően üzembe állított készülékek ezt a hatást folyamatosan és hosszú távon képesek lennének elviselni.

A magyar földgázrendszerben szolgáltatható gázminőségek vonatkozásában a földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvény végrehajtási rendeletének (19/2009. (I. 30.) Korm. rendelet) 11. számú melléklete (továbbiakban: GET Vhr.), valamint az MSZ 1648:2016 szabvány ad útmutatást. (**2. táblázat**)

2. táblázat. A magyar földgázrendszerben szolgáltatható gázminőségek [5], [6]

A gáz-csoport jele	2H	2S
Jellemző	**Határérték**	
Wobbe-szám felső hőértékből	45,66-54,76 MJ/m^3 (12,68-15,21 kWh/m^3)	36,29-41,58 MJ/m^3 (10,08-11,55 kWh/m^3)
Névleges Wobbe-szám	50,72 MJ/m^3 (14,09 kWh/m^3)	39,11 MJ/m^3 (10,86 kWh/m^3)
Felső hőérték	31,00-45,28 MJ/m^3 (8,61-12,58 kWh/m^3)	
Alsó hőérték	27,94-40,81 MJ/m^3 (7,76-11,34 kWh/m^3)	

A következő oldalon látható **1. ábra** alapján, amennyiben egy tiszta metán-hidrogén gázkeveréket veszünk alapul, akkor a keverékben legfeljebb 25,45 mol% hidrogéntartalom megengedett ahhoz, hogy a keverék még éppen megfeleljen a H gázcsoportra vonatkozó hőérték, és 41,09 mol% hidrogén lehet, hogy még éppen megfeleljen a Wobbe-szám követelményeinek, azaz a gázcsoportra megengedett tartományokon belül maradjon. Mindebből következik, hogy egy átlagos összetételű földgáz esetében megközelítőleg 25 mol% az a maximálisan betáplálható hidrogén részarány, ami még a H gázcsoporton belüli gázkeveréket eredményez, vagyis nem történik csoportváltás.

Mindezt visszaigazolja az EN 437 szabványban található 23 mol% hidrogén részarányú határgáz is. Fontos, hogy ez az elméleti szám csupán a gázminőség oldaláról közelített, a készülék működési oldaláról, annak viselkedéséről nem ad információt. [7]

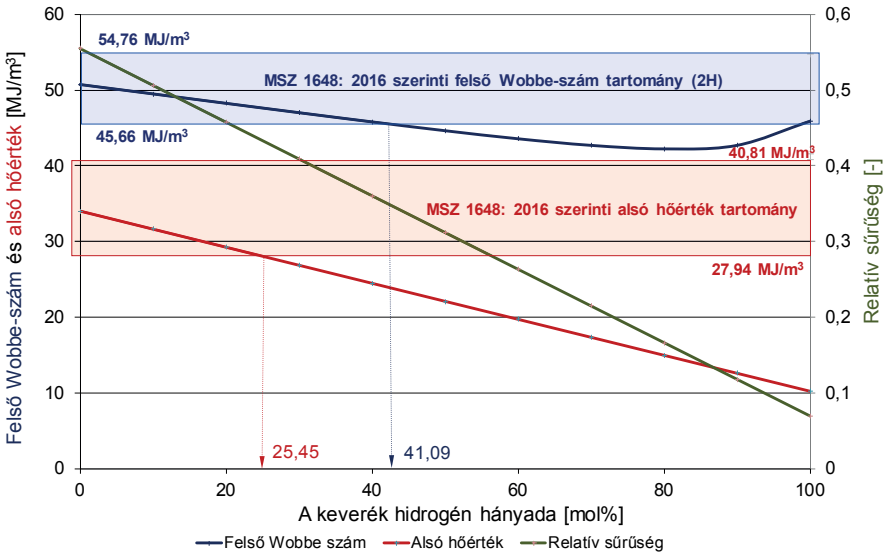
Megjegyezzük, hogy jelen gondolatmenet nem veszi figyelembe a korábban említett, szerződés szerint megengedhető legfeljebb ± 5% hőérték változást a hálózaton szolgáltatott gázhoz képest. A vizsgálatok során bemutatott tüzeléstechnikai jellemzők számítását az MSZ ISO 6976 Földgáz. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből c. harmonizált szabvány tartalmazza. [8]

A következő oldalon látható **3. táblázat** az éghető metán-hidrogén gázelegy alsó hőértékének és felső Wobbe-számának változását mutatja be, eltérő hidrogén részarány mellett. Már 1 mol% hidrogéntartalom esetében 0,7%-kal csökken a gázelegy tiszta metánhoz viszonyított alsó hőértéke. 5 mol% hidrogéntartalom mellett már 3,5%-os a csökkenés mértéke, ami 10 mol% H_2 részarány mellett közel 7%. Ennek oka a metán és a hidrogén jelentősen eltérő alsó hőértéke, hiszen a hidrogén hőértéke a metán hőértékének kb. 30%-a.

A gázelegy Wobbe-számának változása nem ilyen számottevő, de ebben az esetben is eltérés tapasztalható a hidrogéntartalom megjelenésével. 5 mol% hidrogéntartalmú metán-hidrogén gázelegy esetében a felső Wobbe-szám kb. 1,2%-kal csökken a tiszta metánéhoz viszonyítva, míg 20 mol% H_2 részarány mellett ez az érték már 5%.

Ahogyan az 1. ábrán is megfigyelhető, a metán-hidrogén gázelegy felső Wobbe-szám görbéje kb. 87 mol% hidrogén részarány mellett egy lokális minimum pontot ér el, amely után ismét növekvő tendencia veszi kezdetét.

A lokális minimum pont eléréséig történő Wobbe-szám csökkenés, majd az azt követő növekedés megértéséhez a gázelegy Wobbe-számának kiszámítására szolgáló összefüggést matematikai szempontból szükséges megvizsgálni. A Wobbe-szám a gázelegy hőértékének, valamint a relatív sűrűség négyzetgyökének a hányadosaként számítható. Az egyre növekvő hidrogén részarány következtében mind a gázelegy hőértéke, mind pedig relatív sűrűsége csökkenni kezd. Az ábrán megfigyelhető, hogy a relatív sűrűség változását szemléltető görbe jóval nagyobb mértékben kezd csökkenni a növekvő hidrogéntartalom hatására, mint a hőérték változását ábrázoló görbe.



1. ábra. A metán-hidrogén gázelegy tüzeléstechnikai jellemzői [5]

Mivel a Wobbe-szám kiszámítására szolgáló képlet nevezőjében a relatív sűrűség négyzetgyöke szerepel, emiatt a gázelegy egyre nagyobb mértékű hidrogén részarányának következtében egyre nagyobb mértékű csökkenés veszi kezdetét a relatív sűrűség négyzetgyökének értékében. Megközelítőleg 87 mol% H_2-tartalom mellett a gázelegy hőérték csökkenésének mértéke meghaladja a relatív sűrűség négyzetgyökének csökkenését, amely változás hatására a metán-hidrogén gázelegy Wobbe-száma növekedni kezd.

A szénhidrogén-harmatpont jelentősége a földgázok esetében

Mivel a hidrogén hőértéke jelentősen eltér a földgázt legnagyobb arányban alkotó metánétól, emiatt már 5 mol% hidrogéntartalom is jelentősen befolyásolhatja a hálózaton szolgáltatott földgáz szerződött fűtőértékét, amely értéktől való eltérés csupán ± 5%-os mértékben megengedett. Mind a szerződésnek való megfeleltetés céljából, mind pedig a metán-hidrogén gázelegy hőértékének javítása érdekében szükséges megvizsgálni a minőségjavítás kérdését. Magyarországon jelenleg sem jogszabály, sem törvényi előírás nem létezik a kereskedelmi propánnal történő minőségjavítási eljárás tiltására vagy korlátozására vonatkozóan, ellentétben például Svédországgal vagy Ausztriával, ahol ez tiltott. [3]

A metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavítása esetén kiemelt figyelmet kell fordítani a szénhidrogén kondenzáció kérdésére. A szénhidrogén-harmatpont az a hőmérséklet, amely alatt állandó nyomáson megindul a szénhidrogén-kondenzáció jelensége, vagy a gondolatmenetet megfordítva az a minimális hőmérséklet, amely felett adott nyomáson nem következik be szénhidrogén-kondenzáció. A problémát a földgázban lévő magasabb szénatomszámú szénhidrogének jelentik. A gázvezetékben lévő cseppfolyós szénhidrogén üzemeltetési problémákat okozhat, mint a vezetékkapacitás csökkenése vagy a berendezések károsodása, pl. a kompresszorok, nyomásszabályozó szelepek esetében. A magyar földgázrendszeren szolgáltatott földgázok esetében általában nem jelent problémát a szénhidrogén-kondenzáció jelensége, a földgázelőkészítés során a szénhidrogén-harmatpontot beállítják. Ha viszont kereskedelmi minőségű propánt kevernek a földgázáramba, a megnövekedő propántartalom következtében mindenképpen meg kell vizsgálni a kérdést.

3. táblázat. Metán-hidrogén gázelegy főbb tüzeléstechnikai jellemzőinek változása a növekvő hidrogéntartalom következtében

Jellemzők	100 mol% CH_4	1 mol% H_2	5 mol% H_2	10 mol% H_2	20 mol% H_2	50 mol% H_2	100 mol% H_2	Mértékegység
Alsó hőérték	34,016	33,777	32,822	31,628	29,242	22,099	10,223	MJ/m³
Felső Wobbe-szám	50,724	50,600	50,105	49,484	48,241	44,625	45,882	MJ/m³
Alsó hőérték a metánhoz viszonyítva		99,298%	96,489%	92,980%	85,967%	64,967%	30,054%	–
Felső Wobbe-szám a metánhoz viszonyítva		99,756%	98,780%	97,556%	95,106%	87,977%	90,454%	–

A **2. ábra** eltérő arányú metán-hidrogén gázelegyek, valamint a vizsgálat során alkalmazott kereskedelmi minőségű propán harmatponti görbéit szemlélteti 0 – 80 bar túlnyomás és (–300) – (– 150) °C hőmérsékleti tartományban, amely görbék az Aspen HYSYS nevű szimulációs szoftver segítségével kerültek kiszámításra, a Peng-Robinson állapotegyenlet felhasználásával.

Egy adott gázösszetétel esetén az ahhoz az összetételhez tartozó harmatponti görbe adja meg a kondenzáció nyomás és hőmérséklet közötti összefüggést. A görbék alatt a folyadékfázis tartománya, míg a görbék felett a gázfázis tartománya helyezkedik el. A GET Vhr. 11. számú melléklete, amely az országos távvezetékes és regionális rendszerről szolgáltatott gázokkal szemben támasztott követelményeket fogalmazza meg (és előírásai megegyeznek az MSZ 1648:2000 sz. visszavont nemzeti szabvány követelményeivel), a 2H gázminőség esetében 4 °C-ot határoz meg szénhidrogén-harmatponti hőmérsékletnek, 4 MPa nyomáson.

A 2. ábra alapján a vizsgált nyomástartományban a kereskedelmi propán 10 bar alatti nyomáson jelenthet problémát a biztonságos földgázellátás tekintetében, amely 4 °C szabvány szerinti harmatponti-hőmérsékleten már 5 bar túlnyomás felett kondenzálódni kezd. A jelenleg érvényben lévő MSZ 1648:2016 sz. szabvány a szénhidrogénharmatpontra vonatkozóan –2 °C-ot irányoz elő 1-70 bar(a) nyomástartományban, amely szigorúbb a jelenleg alkalmazandó előírásnál, viszont ez a határérték sem jelent problémát a hidrogén földgázhálózati betáplálása szempontjából.

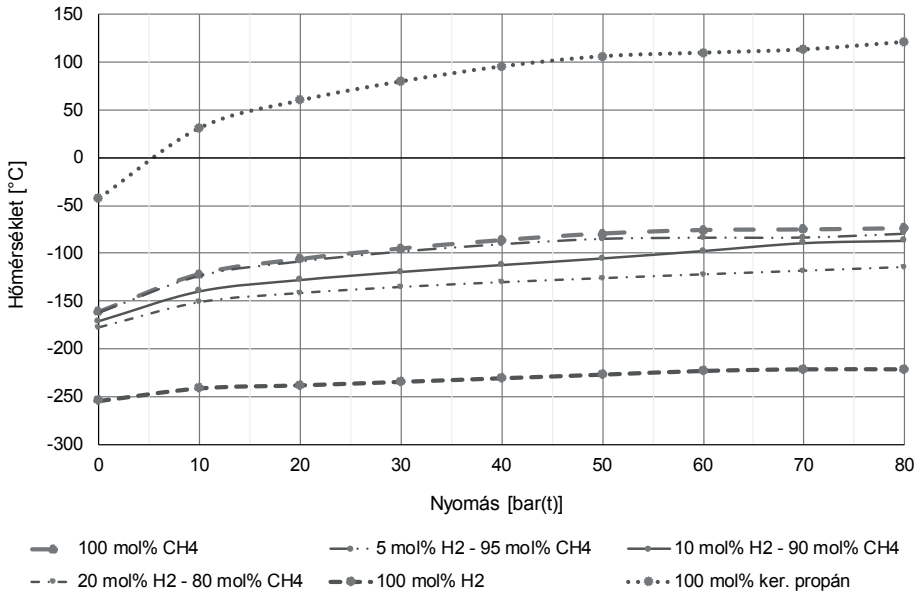
Látható, hogy a hidrogén harmatpontja jelentősen eltér a metánétól, értéke (–250) °C körül alakul. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy az egyre nagyobb hidrogén részaránnyal rendelkező metán-hidrogén gázelegyek szénhidrogén-harmatpontja egyre nagyobb mértékben csökken, értékük (–100) – (–150) °C körül jelentkezik, amely tartomány földgázellátó rendszeren történő kialakulása kizárható.

Ezek alapján kijelenthető, hogy a hidrogén földgázhálózati megjelenése, földgázhoz való hozzákeverése nem eredményez szénhidrogén-kondenzációt, az eredetileg szolgáltatott földgáz adott nyomáson jelentkező szénhidrogén-harmatpontját csökkenti, hiszen – összetételéből adódóan – nem növeli meg a földgázösszetétel magasabb szénatomszámú szénhidrogén-tartalmát. Problémát a hőérték csökkenése miatt esetlegesen szükséges kereskedelmi propánnal történő minőségjavítás okozhat, amelynek vizsgálatát a továbbiakban mutatjuk be.

A metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavításának vizsgálata

Annak érdekében, hogy a hidrogén földgázhálózati betáplálása során az eredetileg szolgáltatott földgáz szerződésben rögzített alsó hőértéke ne csökkenjen jelentős mértékben, célszerű megvizsgálni a kereskedelmi propánnal történő minőségjavítás kérdését. Magyarországon ezt az eljárást – ahogy korábban már említettük – semmilyen jogszabály vagy műszaki előírás nem tiltja. Az alábbiakban bemutatott ábrák számítási eljárásának alapját a [3] forrás szolgáltatta.

A **3. ábra** a metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi minőségű propánnal történő keverésének lehetséges tartományát mutatja be az MSZ 1648:2016 sz. nemzeti szabvány alsó hőérték tartományának (27,94 – 40,81 MJ/m^3) megfeleltetve. A diagramon a vízszintes tengelyen olvasható le a kizárólag metánból és hidrogénből álló gázelegy metántartalma (mol%), míg a függőleges tengelyen az ehhez az ismert összetételű metán-hidrogén gázelegyhez keverhető kereskedelmi propán mennyisége (mol%) kereshető vissza, amellyel az így keletkezett metán-hidrogén-kereskedelmi propán által alkotott gázkeverék már eléri a 27,94 MJ/m^3 hőértéket (zöld ötszög alsó határoló vonala). Ez a hőérték a magyar szabvány által megfogalmazott alsó hőérték tartományának alsó határértéke, vagyis



2. ábra. A metán-hidrogén gázelegy harmatponti görbéi

ebben az esetben a metánból, hidrogénből, valamint kereskedelmi propánból álló gázelegy már megfeleltethető az MSZ 1648:2016 sz. szabvány alsó hőértékre vonatkozó előírásának, így a gázkeverék a földgázellátó rendszerbe juttatható. A zöld ötszög felső határoló vonala a magyar szabványban megfogalmazott alsó hőérték tartomány felső határértékét jeleníti meg (40,81 MJ/m^3) a metán-hidrogén-kereskedelmi propán által alkotott gázelegy esetén.

A görbe segítségével – az előbbiekben ismertetett eljárás alapján – a függőleges tengelyen leolvasható az a maximális kereskedelmi propán mennyiség (mol%), amelyet az ismert összetételű metán-hidrogén gázelegyhez keverve az így alkotott gázkeverék még éppen az alsó hőérték tartomány felső határértékén belül marad, megfelelve a nemzeti szabvány által előirányzott alsó hőérték tartománynak.

A zöld ötszög tartományán belül minden pont esetén megkereshető a metán-hidrogén elegyhez hozzákeverhető kereskedelmi propán mennyisége, amely keverék alsó hőértéke megfelel a magyar szabvány alsó hőértékre vonatkozó előírásának.

Egy példán keresztül bemutatva a diagram alkalmazását, tételezzünk fel egy 50-50 mol% metán-hidrogén gázelegyet. Az 50 mol% metántartalommal rendelkező metán-hidrogén elegyből kiindulva egy függőleges húzható, amely – ahogyan a 3. ábrán is látható – elmetszi a zöld vonallal jelölt tartomány alsó és felső határoló vonalait. Az alsó határoló vonal azt a gázkeverék mennyiséget jelöli, ahol a metán-hidrogén-kereskedelmi propán gázelegy belép a magyar szabvány alsó hőérték tartományába, azaz már eléri a 27,94 MJ/m^3 hőértéket.

A metszéspontot a függőleges tengelyre vetítve leolvasható, hogy 50-50 mol% metán-hidrogén gázelegyhez 9,0 mol% kereskedelmi minőségű propán bekeverése szükséges az alsó hőérték tartomány alsó határértékének eléréséhez. Az ábrán látható másik zöld színnel jelölt metszéspont a 40,81 MJ/m^3 alsó hőértéket jeleníti meg a metán-hidrogén-kereskedelmi propán gázelegyre vonatkoztatva, amely az alsó hőérték tartomány felső határértéke.

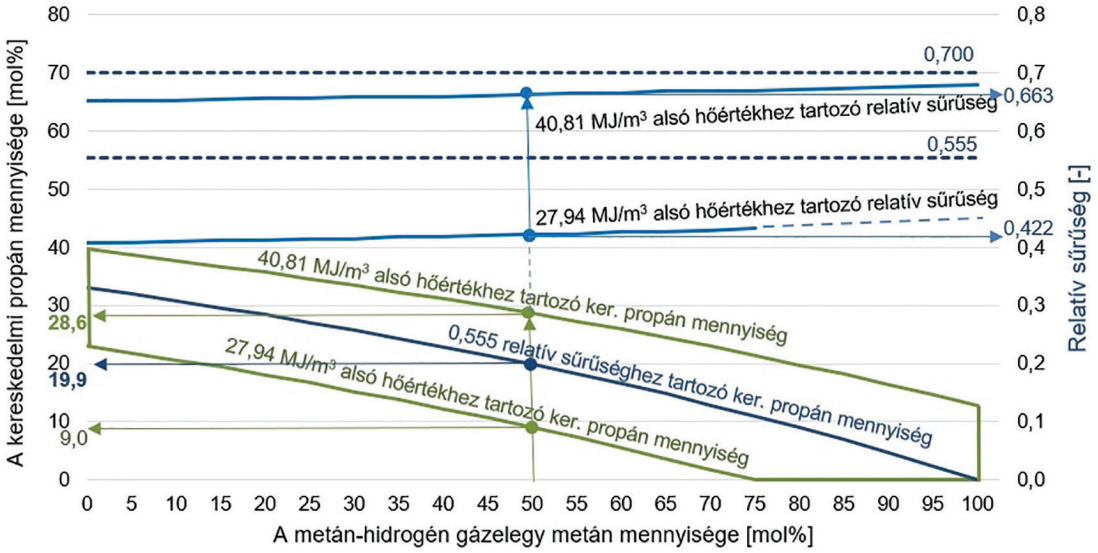
Láthatóan 50-50 mol% metán-hidrogén gázelegyhez 28,6 mol% kereskedelmi minőségű propán keverhető, hogy még ne lépjen ki az MSZ 1648:2016 szabvány alsó hőértékre vonatkozó tartományából. Vagyis 50-50 mol% metán-hidrogén gázelegy esetében legalább 9,0 mol% és legfeljebb 28,6 mol% kereskedelmi propán bekeverése szükséges, hogy az így alkotott keverék alsó hőértéke megfeleljen a magyar szabvány alsó hőértékre vonatkozó előírásának.

Az ábrán látható, hogy 74,6 mol% metántartalom mellett már nem szükséges a kereskedelmi propán gázelegyhez való hozzákeverése, mert a metán-hidrogén keverék önmagában eléri az alsó hőértéktartomány alsó határértékét, további kereskedelmi minőségű propán hozzáadása növeli az alsó hőértéket.

A kereskedelmi propánnal való minőségjavítás elemzése során elvégeztük a biztonságtechnikai szempontból jelentős relatív sűrűség elemzését is, amelynek eredményét az ábrán kék színnel jelöltük. Erre vonatkozóan a magyar szabvány 0,555-0,700 relatív sűrűség tartományt irányoz elő (szaggatott vonalak), hivatkozva az MSZ EN 16726:2016 szabványra [9].

Megfigyelhető az ábra felső részében, hogy a metán-hidrogén-kereskedelmi propán által alkotott keverék alsó hőértéktartomány alsó határértékénél (27,94 MJ/m^3) számított relatív sűrűségek jelentősen elmaradnak a 0,555 relatív sűrűség értéktől. 50-50 mol% metán-hidrogén gázelegy esetén a 27,94 MJ/m^3 alsó hőértékhez tartozó relatív sűrűség értéke 0,422. Emellett az is látható, hogy a relatív sűrűség megengedhető tartományának felső határát nem éri el a propánnal bekevert gázelegy, annak értéke minden esetben 0,700 alatt marad, így ennek további vizsgálatától eltekintünk.

Az ábra alsó részében az alsó hőértéktartomány határértékeihez számított, a metán-hidrogén elegyhez bekeverhető kereskedelmi propán mennyiségeket jelölő vonalaihoz (zöld) feltüntetésre került a 0,555-ös relatív sűrűség értékhez tartozó kereskedelmi propán mennyiséget jelölő vonal (sötétkék).



3. ábra. A metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő keverése az MSZ 1648:2016 szabvány által megengedett alsó hőérték és relatív sűrűség tartományban

Láthatóan a metán-hidrogén elegy szabvány által megfogalmazott alsó hőértéktartomány alsó határértékének eléréshez szükséges kereskedelmi propán mennyiség bekeverésével még nem elégíti ki a szabvány relatív sűrűség tartományának alsó határérték követelményét.

Az előbbiekben vizsgált 50-50 mol% összetételű metán-hidrogén elegyet megvizsgálva, 9,0 mol% propán bekeverésével az alsó hőérték tartományba belép a gázkeverék, viszont a 0,555 relatív sűrűség értéket legalább 19,9 mol% kereskedelmi minőségű propán hozzákeverése esetén éri el. Legfeljebb 28,6 mol% propán keverhető be a vizsgált összetételű gázelegyhez, hogy a keverék alsó hőértéke a szabvány alsó hőértéktartományában helyezkedjen el. Ezáltal a metán-hidrogén elegy szabvány által előírt alsó hőértékre és relatív sűrűségre vonatkozó előírásainak történő megfeleltetéshez legalább akkora mennyiségű propán bekeverése szükséges, hogy az így alkotott keverék elérje a 0,555 relatív sűrűség értéket és legfeljebb akkora mennyiségű propán keverhető a metán-hidrogén elegyhez, amellyel az így alkotott keverék eléri a 40,81 MJ/m^3 alsó hőértéket.

Az MSZ 1648:2016 sz. nemzeti szabvány az alsó hőérték mellett az éghető gázelegy felső Wobbe-szám tartományára is irányoz elő határértéket a földgázhálózatba való betáplálhatóság megítélésére. A **4. ábra** a szabványban meghatározott 2H gázminőségre vonatkozó felső Wobbe-szám tartományt mutatja be a metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavítása esetén, amely esetben figyelembe vettük az előzőekben vizsgált alsó hőérték-, valamint relatív sűrűség tartománynak való megfeleltetést is.

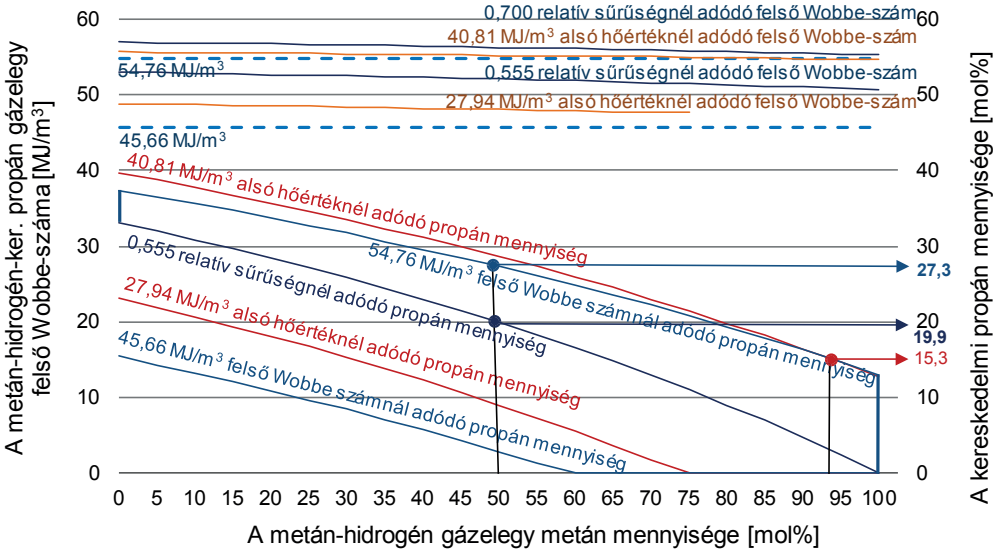
Az ábra felső részében található kék színű szaggatott vonalak jelölik a 2H minőséghez tartozó felső Wobbe-szám tartomány alsó és felső határértékét (45,66-54,76 MJ/m^3). Ezen tartomány mellett – ahogyan az ábra felső részén is látható –, ábrázolásra kerültek a metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi minőségű propánnal történő bekeverése során elért, a magyar szabvány által megfogalmazott alsó hőérték tartomány alsó (27,94 MJ/m^3) és felső (40,81 MJ/m^3) határértékeihez tartozó felső Wobbe-számok, amelyet a narancsszínű vonalak jelölnek. Emellett a megengedett relatív sűrűség tartomány határértékeihez számított felső Wobbe-számok is feltüntetésre kerültek, amelyeket kék színnel jelöltünk.

Megfigyelhető, hogy a metán-hidrogén-kereskedelmi propán által alkotott gázkeverék 45,66 MJ/m^3 felső Wobbe-szám elérésével még nem elégíti ki a gázminőségi szabvány alsó hőértékre vonatkozó előírásait, hiszen nem éri el az alsó hőérték tartomány alsó határértékét (27,94 MJ/m^3). Az alsó hőértékre vonatkozó határértékét elérve viszont a keverék nem tesz eleget a relatív sűrűségre vonatkozó előírásoknak, hiszen relatív sűrűsége nem éri a 0,555-ös értéket. Emellett az ábra alapján az is megállapítható, hogy ha metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségbeállítása az alsó hőérték tartományának felső határértékéhez történik (40,81 MJ/m^3), abban az esetben az így kapott gázkeverék felső Wobbe-száma kilép a 2H gázminőséghez tartozó felső Wobbe-szám tartományból, hiszen meghaladja az 54,76 MJ/m^3 értéket.

Megfigyelhető, hogy a felső Wobbe-szám tartományának vizsgálata során csak a 2H gázminőséget vettük figyelembe. Ennek oka, hogy a metán-hidrogén gázkeverék már kereskedelmi propán hozzákeverése nélkül is meghaladja a 41,58 MJ/m^3 felső Wobbe-szám értéket, amely a 2S gázminőség felső Wobbe-szám tartományának felső határértéke, így ennek további vizsgálatától eltekintünk.

A 4. ábra alsó részében a metán-hidrogén gázelegyhez keverhető kereskedelmi minőségű propán mennyiségeket tüntettük el a szabvány 2H gázcsoport esetén előirányzott alsó hőérték tartomány (27,94-40,81 MJ/m^3), felső Wobbe-szám tartomány határértékeinek (45,66-54,76 MJ/m^3), illetve a relatív sűrűség alsó határértékének (0,555) megfeleltetve.

Az ábra alapján elmondható, hogy az ismert összetételű metán-hidrogén elegyhez legalább akkora mennyiségű propán



4. ábra. Metán-hidrogén gázelegy kereskedelmi propánnal történő keverése során alkalmazható keverési határértékek az MSZ 1648:2016 szabvány által megengedett felső Wobbe-szám- és relatív sűrűség tartomány (2H) függvényében

bekeverése szükséges, amellyel a keverék eléri a 0,555 relatív sűrűség értéket, ugyanis ebben az esetben elégíti ki az alsó hőértékre, felső Wobbe-számra, valamint a relatív sűrűsége vonatkozó előírásokat. Legfeljebb pedig akkora mennyiségben szükséges a minőségjavító kereskedelmi propán bekeverése, amellyel a keverék eléri a felső Wobbe-szám tartomány felső határértékét (54,76 MJ/m^3).

Az ábra alsó részén megjelenített ábra alapján jobban láthatóvá válik az az érdekesség is, mely szerint 93,0 mol% metántartalmú metán-hidrogén gázelegy esetében a kereskedelmi propánnal történő minőségbeállítás szabványnak megfeleltethető felső határérték meghatározása már nem a Wobbe-szám felső határértékére történik (54,76 MJ/m^3). Ettől a metántartalmú metán-hidrogén elegytől kezdve a kereskedelmi propánnal történő minőségjavítás esetében a gázkeverék hamarabb eléri az alsó hőérték tartomány felső határát (40,81 MJ/m^3), így a minőségbeállítás erre a hőértékre történik a felső Wobbe-szám felső határa helyett, a maximálisan bekeverhető propánmennyiség meghatározása céljából.

A diagram alkalmazhatóságának ismertetéséhez vegyük alapul az előzőekben használt 50-50 mol% összetételű, kizárólag metánt és hidrogént tartalmazó gázelegyet. Ahhoz, hogy ez az elegy elérje a magyar szabvány által megfogalmazott előírásokat, legalább 19,9 mol% (0,555 relatív sűrűség alapján) és legfeljebb 27,3 mol% (felső Wobbe-szám alapján) kereskedelmi propán bekeverése szükséges. A metán-hidrogén gázelegyet a kereskedelmi propánnal történő minőségjavítás esetén vizsgálva megállapítható, hogy 93,0 mol% metántartalomig a maximálisan bekeverhető propánmennyiség meghatározása a felső Wobbe-szám tartomány felső határértéke alapján történik, e feletti metántartalmú metán-hidrogén gázelegy esetén pedig az alsó hőérték tartományának felső határértékére valósul meg a minőségbeállítás, a maximális propánmennyiség meghatározásához. Az ábra alapján 93,0 mol% metántartalmú hidrogén-metán elegy esetében a maximálisan bekeverhető propán mennyiség 15,3 mol%, ezzel elérve az alsó hőérték tartomány felső határát.

Összefoglalás

A világban egyre nagyobb érdeklődés övezi a hidrogént, amelynek legfőbb okai, hogy megújuló energiaforrásból állítható elő, eltüzelése során szinte kizárólag vízgőz keletkezik, amellyel hozzájárul az EU klímapolitikai törekvéseihez, valamint a földgázhálózatba táplálva megoldást nyújthat a hosszú idejű energiatárolás kérdésére. Fontos megemlíteni, hogy a hidrogén jelentősen eltér a földgáztól, hőértéke a földgázt alkotó legfőbb komponens, a metán hőértékének egyharmada, így a földgázhálózatba bekeverve csökkenti a közszolgáltatásban alkalmazott gázok hőértékét. A szerzők ennek érdekében vizsgálat alá vonták a kizárólag metánból és hidrogénből álló gázelegy kereskedelmi propánnal történő minőségjavítását, a 2H gázcsoporthoz tartozó gázminőségi előírásoknak megfelelve.

A szerzők elemezték a hidrogén földgázhálózati betáplálása következtében kialakuló szénhidrogén-harmatpont változást, amely alapján kijelenthető, hogy a hidrogén földgázhoz való hozzákeverése nem eredményez szénhidrogén-kondenzációt, az eredetileg szolgáltatott földgáz adott nyomáson jelentkező szénhidrogén-harmatpontját csökkenti. Emellett meghatározásra kerültek azok az alapelvek, amelyek a jelenleg érvényben lévő nemzeti gázminőségi szabványnak történő megfeleltetéshez szükségesek kereskedelmi propánnal történő minőségbeállítás során.

Egy metán-hidrogén elegyhez legalább akkora mennyiségű kereskedelmi propán bekeverése szükséges, amellyel az így alkotott keverék eléri a relatív sűrűség tartomány alsó határértéket, és legfeljebb akkora propán mennyiség, amellyel a keverék a felső Wobbe-szám tartomány felső határértékét éri el. Ezen határértékek között a metán-hidrogén-propán keverék bármely pontban megfelel a szabvány 2H gázminőségre vonatkozó követelményeinek, vagyis a földgázhálózatba táplálható.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

[1] Innovációs és Technológiai Minisztérium: Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig, 2020. január *https://www.banyasz.hu/images/klimapolitika/Nemzeti%20Energiastrat%C3%A9gia%202030.pdf*

[2] *Szunyog I. – Galyas A. B.*: A földgáz hidrogénnel történő helyettesítésének potenciálja Magyarországon; Műszaki Földtudományi Közlemények, 89. kötet, 1. szám, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2020. HU ISSN 2063-5508 (227-233. o.)

[3] *Szunyog I.*: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon; PhD értekezés, 2009. június

[4] *Galyas A. B.*: Hidrogén a földgázhálózatban – Fikció vagy már a valóság?, 26. Dunagáz Konferencia és Kiállítás, Visegrád, 2018. április 18-19.

[5] *Galyas A. B. - Szunyog I.*: A hidrogén hatása a földgázhálózati gázminőségre; Műszaki Földtudományi Közlemények, 89. kötet, 1. szám, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2020. HU ISSN 2063-5508 (221-226. o.)

[6] MSZ EN 437:2019 Vizsgálógázok. Vizsgálónyomások. Készülékkategóriák

[7] *Szunyog I. – Galyas A. B.*: A biometán és a hidrogén hatása földgázra beszabályozott gázkészülékekben; A miskolci IPW – IV. Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodás Projekthét Kiadványa, 2020. november 25-27. Miskolc, 1-10 pp. 2020. ISBN 978-963-358-222-0

[8] MSZ ISO 6976:1997 és MSZ ISO 6976:2017 Földgáz. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből

[9] MSZ EN 16726:2016 Gázinfrastruktúra. Gázminőség. H gázcsoport

Zöldfal az irodában

Nádasdi Ákos*

Absztrakt

Életünk legnagyobb részét zárt terekben töltjük, ezért kiemelt fontosságú, hogy ezek a terek kielégítsék az ember életfunkcióival kapcsolatos objektív és szubjektív igényeit. Komfortunkat zárt terekben sok minden befolyásolhatja és diszkomfort tényezők léphetnek fel. Belsőlevegő-minőség szempontjából elsődlegesen a levegőben megtalálható, a kül- és beltérből származó különböző szennyezőanyagok (pl. formaldehid, benzol, szállópor stb.), valamint az emberi légzés melléktermére, a szén-dioxid. Ha ezeket az anyagokat nem távolítjuk el a zárt térből, akkor a bent tartózkodók komfortját nagymértékben csökkentik, hosszan tartó jelenlétük miatt egészségkárosító hatásuk lehet. Ezen szennyezők közül a szén-dioxidra koncentrálva vizsgáltam egy beltérben elhelyezett zöldfal viselkedését.

We spend most of our lives in confined spaces, so it is of paramount importance that these spaces meet the objective and subjective needs of individuals in relation to their vital functions. Our comfort in enclosed spaces can be affected by many things and discomfort factors can occur. From an indoor air quality point of view, there can be various pollutants from the in- and outdoor (e.g. formaldehyde, benzene, particulate dust, etc.), furthermore the by-product of the human breathing, the carbon dioxide. If these substances are not removed from a confined space, they will greatly reduce the comfort of the occupants and may have a health-damaging effect due to their prolonged presence. Among these pollutants, I focused on carbon dioxide to examine the behavior of an indoor green wall.

Kulcsszavak: zöldfal, belső levegő minőség, szén-dioxid koncentráció

Bevezetés

A zöldfal kifejezést a kültérben vagy beltérben kialakított, növényzettel borított függőleges szerkezetek gyűjtőfogalmaként használjuk. Ezen szerkezeteknél a növényzet növekedhet a falszerkezetben elhelyezett ültetőközegben gyökerezve, de növekedhet közvetlenül a falszerkezeten vagy azzal párhuzamos segédszerkezeten.

A festékekből, bútorokból, szőnyegekből, elektromos berendezésekből a belső terek levegőjébe kerülő jelentős mennyiségű szerves anyagot (formaldehid, benzol stb.) a beltéri növényfajok többsége hatékonyan képes megkötni. A kültéri zöldfelületekhez hasonlóan képesek megkötni a port, növelni a levegő páratartalmát, a fotoszintézis során oxigént termelni és szén-dioxidot felhasználni. Ezen tulajdonságaik révén javítják a belső terekben tartózkodók általános közérzetét, egészségi állapotát. A növények a zöld szín, az organikus formák által hangulatjavító hatásúak, csökkentik a fáradtságérzetet, valamint a munkahelyi hiányzások mértékét.

A vizsgált zöldfal

A vizsgált zöldfalat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszéke biztosította számomra. A rendszer képes ventilátorok segítségével légmozgást létrehozni, ezáltal növelve a növények felületével érintkező levegő mennyiségét. Az alkalmazott növény elnevezése szempontjából sokféle változattal találkozhatunk. A legismertebb magyar neve a *szobai futóka* vagy *hegyescsúcsú futóka*. Európa nagy részén *scindapsus aureus* néven ismerik. A vizsgált zöldfal az **1. ábrán** látható.

1. ábra. A vizsgált zöldfal

A rendszert eső ránézésre egy szekrényhez lehet hasonlítani, egy átlagos ruhásszekrény méretével egyezik meg.

* épületgépész tervező gyakornok
Temesvári Tervező Mérnökiroda Kft.
akos.nadasdi98@gmail.com
Konzulensek: *dr. Both Balázs*, *dr. Szánthó Zoltán*, BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

Magassága 2400 mm, szélessége 1000 mm, mélysége 510 mm. A fém váz szerkezet, ami egy puffertérként működik, felül egy 940x170 mm-es nyíláson szívja be a levegőt.

A vázon 33 db növénytartó kaspó található, egy sorban 3 db, tehát 11 sor, amelyek között 30 mm rés van. A befúvás ezeken a réseken keresztül valósul meg, melyeket résbefúvóként lehet modellezni.

A levegő keringetéséről a puffertérben található öt darab párhuzamosan kötött ventilátor gondoskodik, amelyek mindegyikének légszállítása 12 [m^3/h]. A ventilátorok on/off szabályozásúak, a megmozgatott levegő mennyiségét az egyidőben működő ventilátorok számával lehet állítani.

A zöldfal a tanszéki légtechnika laboratóriumban lévő elkülönített 3x3 m-es mérőszobában foglalt helyet a vizsgálat során. A szoba „ház a házban” elrendezésű, alapterülete 3×3 m; belmagassága 2,7 m, ami megfelel egy kisméretű irodahelyiségnek. A szobához tartozik egy a zöldfaltól független légtechnikai rendszer is, amelyhez érintőleges légtechnikai rendszer tartozik függőleges irányú befúvással és elszívással, azonban jelen vizsgálatok alatt ez nem üzemelt.

A zöldfal vizsgálatának egyik legfontosabb alapadata a zöld növényfelület, mivel természetesen nem mindegy mennyi növénnyel dolgozunk. Ezen rendszerre is megbecsültem a levélfelületet, amely 2,5 [m^2].

Célkitűzések

Az általam végzett vizsgálatok célja, a zöldfalnak a helyiség szén-dioxid koncentrációjára kifejtett hatásnak meghatározása volt. A vizsgálatok azért a szén-dioxidra koncentrálódtak, mivel ez a komfortterekben leggyakrabban fellépő gáznemű szennyező anyag, amelynek felgyülemlése esetén csökkennek az ember kognitív funkciói, fáradékonyság, rossz közérzet lép fel.

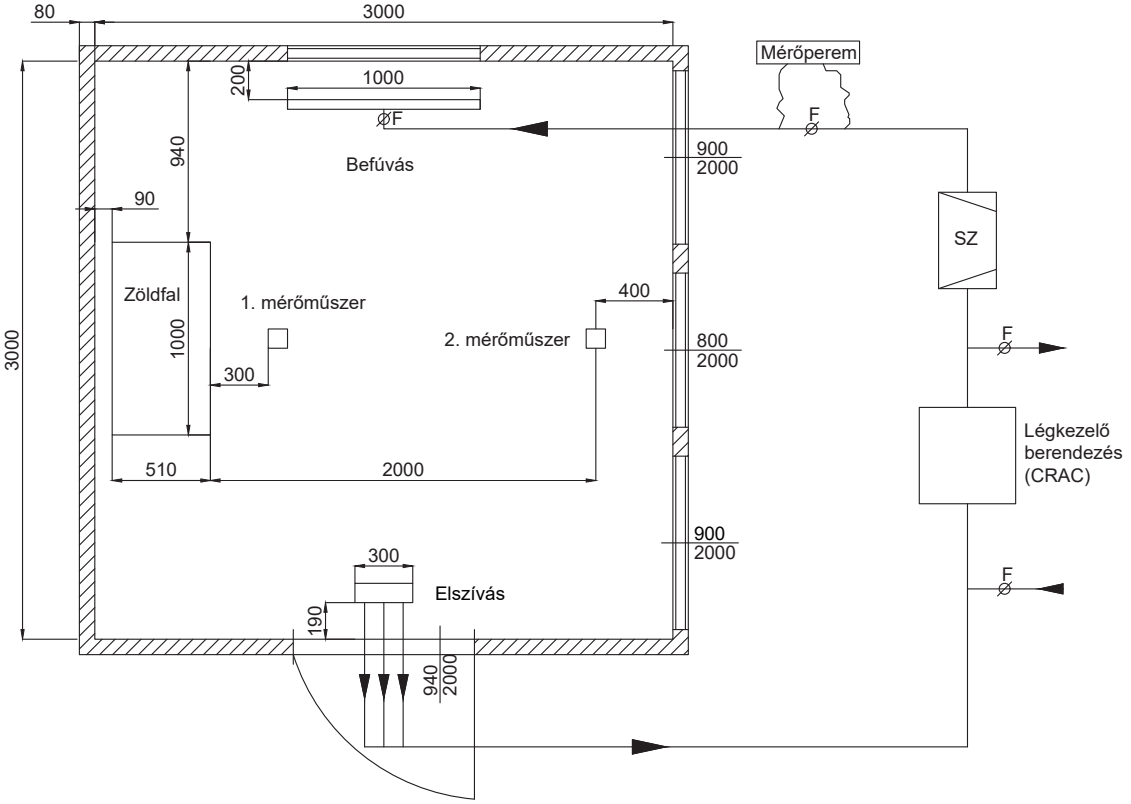
A vizsgálatok eredményeitől azt vártam, hogy igazolódik az a hipotézis, hogy a zöldfal pozitív hatással van a belső levegő minőségre, csökken a helyiségben a szén-dioxid koncentráció. A ventilátorok megnövelik a hatékonyságot, növelik a szennyezőanyag koncentráció leépülésének sebességét.

Vizsgálatok

A mérésekhez két adatgyűjtő volt elhelyezve a helyiségben, amelyek elhelyezését a **2. ábra** mutatja.

A labor szén-dioxid terhelése a bent lévő emberekből származott. Az ott dolgozók száma 3 fő, akik általában a laborban tartózkodtak és ülő munkát végeztek, ezen felül a hallgatók, akik 6 fős csoportokban érkeztek a tanórákra és könnyű fizikai munkát végeztek, ők jelentették a kiugró terheléseket. Egy fő könnyű munkavégzés közbeni szén-dioxid terhelésére figyelembe vett érték 23 [l/h].

A mérések között voltak hosszú távú adatgyűjtések, amelyek összesen 27 napon keresztül történtek 10 másodperces mintavételezéssel és rövidtávú, néhány órán át tartó mérések 2 másodperces mintavételezéssel attól függően, hogy mi volt a mérés célja és ennek a célnak megfelelően különböző esetekre bontottam a mintavételezést és a kiértékeléseket is.

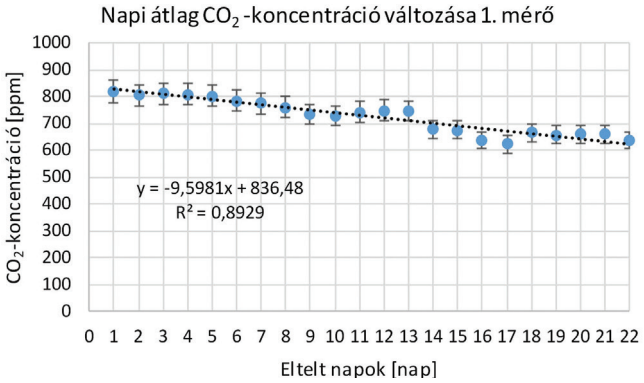


2. ábra. A mérőhelyiség elrendezése

I. eset

Ebben az esetben nem alkalmaztam semmilyen szellőztetést, a zöldfal a ventilátorok működése nélkül volt jelen a helyiségben. Nyitott nyílászáró sem volt, csak a tömítetlenségből adódó természetes filtráció hozhatott létre légmozgást, de ez elhanyagolható mértékű. A mérőműszerek 10 perces mintavételezéssel gyűjtötték az adatokat.

Ebben az esetben a zöldfal mellett elhelyezkedő 1. számú mérőműszer eredményeit emelném ki. A **3. ábrán** a napi átlag CO_2-koncentráció értékek változása látható.



3. ábra. A napi átlag CO_2-koncentráció változása

A CO_2-koncentráció értékében egy folyamatos csökkenés látható, erre Abbe-próbát is végeztem, amely segítségével megállapítható, hogy a várható érték 95%-os valószínűséggel nem állandó, tehát valóban csökken. Ez a változás a növények szén-dioxid megkötő képessége miatt következett be és 22 nap alatt a napi átlagérték 819 [ppm]-ről 637 [ppm]-re csökkent, ami 22%-os különbség. Mindez a ventilátorok működése nélkül jött létre.

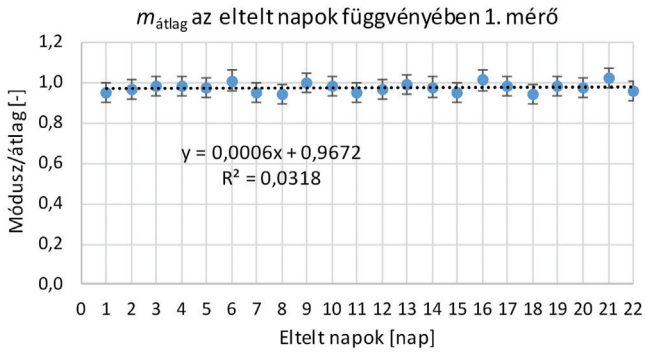
Méretezési állandók bevezetése

Az épületgépészetben a két leggyakrabban alkalmazott méretezési érték a maximum és az átlag. Ezen értékek közül sokszor csupán tapasztalati úton történik kiválasztás. Meggondolandó lehet azonban a leggyakrabban előforduló elemet, azaz a móduszt is alkalmazni. A módusszal összevetve a maximumot és az átlagot, definiáltam az m_{max} és $m_{átlag}$ méretezési állandókat, amelyek segítségével eldönthető, hogy a leggyakrabban előforduló értékhez képest a maximum, vagy az átlag közelíti jobban az adott jelenséget:

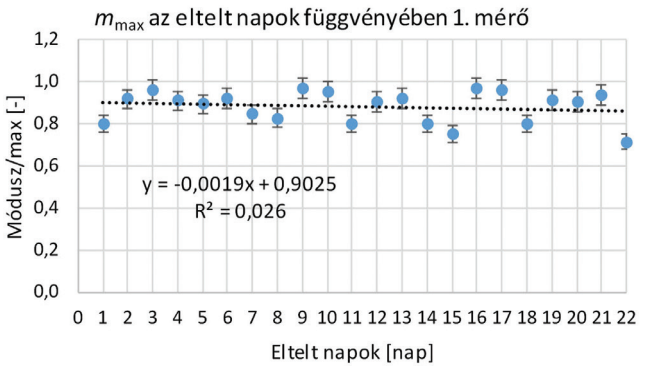
$$m_{\max} = \frac{módusz}{maximum}\,[-] \text{ és } m_{átlag} = \frac{módusz}{átlag}\,[-].$$

Jelen esetben is az 1. mérő eredményeit emelem ki, amelynek eredményei a **4.** és **5. ábrán** láthatók.

A diagramhoz készült Abbe-próba, amelynek eredménye az lett, hogy m_{max} és $m_{átlag}$ várható értékei 95%-os valószínűséggel konstansok. Az ábrázolt pontokra illesztett egyenes meredeksége tehát 0-nak tekinthető, csupán ábrázolástechnikai szerepet tölt be a diagramokon.



4. ábra. $m_{átlag}$ az eltelt napok függvényében



5. ábra. m_{max} az eltelt napok függvényében

Az $m_{átlag}$ és m_{max} állandóknál a nevezetes érték az 1. Ha azt feltételezzük, hogy a módusz mutatja meg a rendszer viselkedésének várható értékeit az adott cikluson belül a legpontosabban, akkor az 1-nél kisebb értékek esetén túlméretezésről, a nagyobbaknál pedig alulméretezésről beszélhetünk.

A műszereken mutatott két állandó átlagértékei közötti különbséget az **1. táblázat** mutatja.

1. táblázat. Méretezési állandók összehasonlítása

MÉRŐ	$m_{átlag}$ [–]	m_{max} [–]	Különbség [%]
3	0,957	0,794	17
2	0,954	0,828	13
1	0,974	0,881	10
Összes	0,962	0,834	13

Az m_{max} és $m_{átlag}$ méretezési állandók bevezetésével megállapítottam, hogy az átlagra történő méretezés 13% ±5%-kal alkalmasabb az általam vizsgált jelenség előre jelzésére, mint a maximumra történő, így elkerülhető a rendszer túlméretezése.

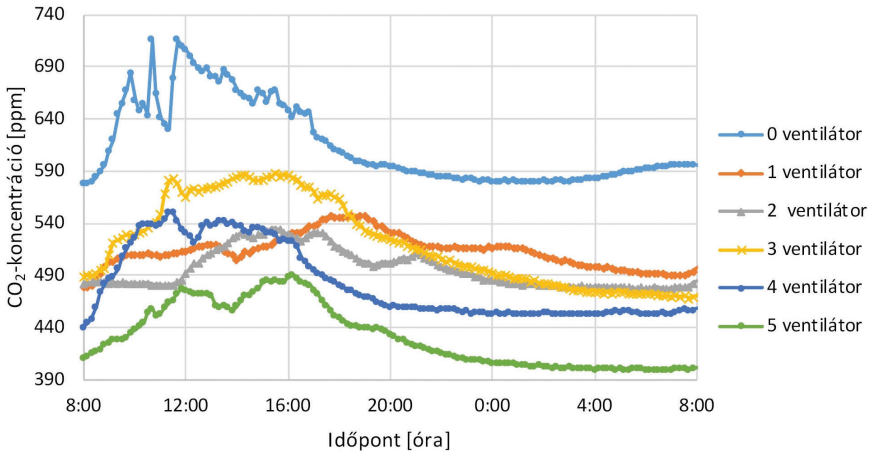
Műszaki szempontból azért lehet értékes ez az eredmény, mivel az Abbe-próbával igazoltam, hogy ez a jelenség értéktartó, ezáltal a későbbiekben méretezési érték kiválasztásához fel lehet használni.

II. eset

Ebben az esetben a cél az volt, hogy megvizsgáljam, a ventilátorok egyenként mennyire hatnak a szén-dioxid koncentráció csökkenésére és milyen mértékben a ventilátor nélküli állapothoz képest, kvázi stacioner szennyezőanyag felszabadulás mellett. Kvázi stacioner szennyezőanyag felszabadulás során a rendszer a labor mindennapi működése mellett üzemelt, ahol a dolgozók és a diákok állandó szén-dioxid kibocsátást keltettek.

Decentralizált szellőztetést alkalmaztam, a ventilátorok szakaszos üzemben működtek, változó térfogatáramok beállítása mellett. Az egyes üzemek 24 órás intervallumokra bonthatók, amelyek hétköznapi napokon reggel 8 órától másnap reggel 8 óráig tartottak. Tehát az első szakaszban ventilátor üzemelése nélkül, majd a második 24 órás szakaszban 1 ventilátor ment, ezután 2 ventilátor és így tovább a maximum ventilátor számig, azaz 5-ig.

A helyiségben lévő két adatgyűjtőn mért szén-dioxid koncentráció értékeinek átlagát, azaz a helyiségre jellemző szén-dioxid koncentráció napi lefutásait mutatja a **6. ábra**.



6. ábra. Átlag CO_2-koncentráció változás a helyiségben

Látható, hogy minél több ventilátor üzemel, annál kisebb a szennyezőanyag koncentráció a helyiségben. Ezek az értékek az MSZ CR 1752 és MSZ EN 13779 szabványok alapján kategóriákba sorolhatók.

2. táblázat. A helyiségre jellemző átlag CO_2 koncentrációk

ÜZEM-ÁLLAPOT	Átlag CO_2	MSZ CR 1752	EN 13779
0 ventilátor	615	B	III
1 ventilátor	514	B	III
2 ventilátor	496	B	II
3 ventilátor	521	B	III
4 ventilátor	482	B	II
5 ventilátor	432	A	II

A 0 és 5 ventilátoros üzemállapotok összehasonlításából elmondható, hogy mindkét szabvány alapján eggyel jobb kategóriába sorolható a helyiség, ha 5 ventilátor üzemel. Ez az átlag koncentráció értékeiben 30%-os különbséget jelent.

Ha a helyiségben keletkező szén-dioxid koncentráció csökkenhető a zöldfal hatására, akkor ez azt is jelenti, hogy a bejuttatandó frisslevegő mennyiség is csökkenthető. Egy ilyen kis helyiségben, ami modellezhető egy irodaként, és azt feltételezve, hogy a szennyezőanyag terhelés kizárólag az egy fő ülő munkavégzéséből származik, a szén-dioxid terhelés 23 [l/h].

Az (1) összefüggés segítségével meghatároztam a frisslevegő igényeket, ahol külső térben lévő szennyezőanyag koncentrációt elhanyagoltam, és a megengedett koncentráció értéket MSZ CR 1752 és az MSZ EN 13779 szabványok kategóriáihoz való megfelelés érdekében vettem fel.

$$\dot{V} = \frac{\dot{K}_{CO_2}}{k_{meg} - k_k}, \qquad (1)$$

ahol:

$\dot{K}_{CO2}$ [m³/h,fő] – az ember CO_2 kibocsátása
k_{meg} [m³/m³] – a CO_2 koncentráció megengedett értéke a komforttérben
k_k [m³/m³] – a CO_2 koncentráció a külső levegőben

Az MSZ CR 1752 és az EN 13779 szabvány szerinti frisslevegő igényeket táblázatos formában a **3.** és a **4. táblázat** tartalmazza.

3. táblázat. Frisslevegő igények az MSZ CR 1752 szerint

MSZ CR 1752 kategória	Frisslevegő igény [m³/h, fő]	
	0 ventilátor	5 ventilátor
A	50	35
B	35	24
C	19	14

4. táblázat. Frisslevegő igények az EN 13779 szerint

EN 13779 kategória	Frisslevegő igény [m³/h, fő]	
	0 ventilátor	5 ventilátor
I	66	46
II	46	32
III	29	20
IV	19	13

A helyiségre jellemző átlag szén-dioxid koncentráció értékek a ventilátor nélküli üzem és az összes ventilátor üzemelése mellett 30% különbséget mutatnak, kvázi stacioner szennyezőanyag felszabadulás esetén.

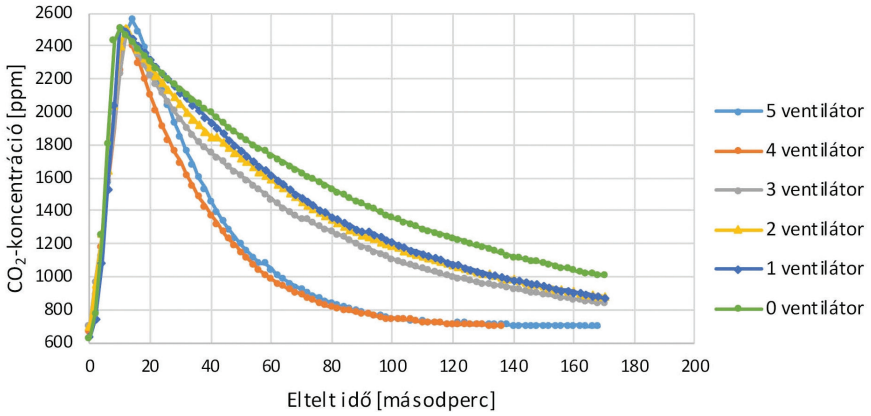
III. eset

Egységugrás terhelést kaptak a mérőműszerek, amit a mérőszonda közvetlen közelében lévő, ülő szellemi munkát végző személy szén-dioxid kibocsátása szolgáltatott. A szén-dioxid koncentráció fel- és lefutása ez esetben időben változó.

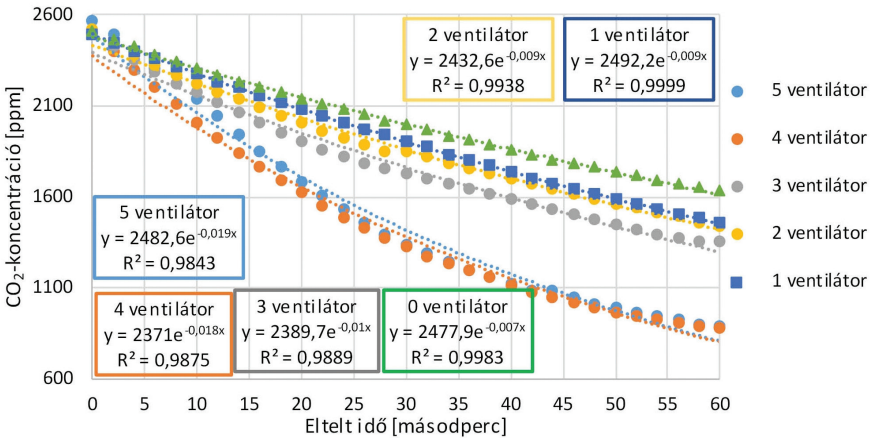
Ekkor a nyugalmi helyzet a laborban 700 [ppm] volt. Az érték felfutását követően elkezdődött a koncentráció leépülése, melyet az összehasonlíthatóság érdekében minden ventilátor üzemállapotnál a 2500 [ppm] értékről vagy a hozzá legközelebbi értékről vettem figyelembe. Ebben az esetben 2 másodperces mintavételezési idő volt beállítva a folyamat pontos nyomon követése végett, lásd **7.** és **8. ábra**.

A koncentráció csökkenés az ismert matematikai háttér miatt exponenciális jelleget követ, exponenciális függvény illesztésével össze lehet vetni a függvények és ezek által a különböző üzemállapotok tulajdonságait. Látható a görbékből és rájuk illesztett függvények meredekségéből is, hogy ha növekszik a működő ventilátorok száma, gyorsul a szén-dioxid koncentráció leépülésének sebessége.

Számszerűen megfogalmazva a helyiségre jellemző szén-dioxid koncentráció leépülésének sebessége a ventilátor nélküli üzem és az összes ventilátor üzemelése mellett 41% különbséget mutatnak, egységugrás terhelés esetén.



7. ábra. Az egységugrás terhelés fel- és lefutása, 1. mérő



8. ábra. Exponenciális lefutás, 1. mérő

Összefoglalás

A vizsgálatok során kiderült, hogy a zöldfalnak ventilátorok nélkül is van pozitív hatása a szobában lévő szén-dioxid koncentrációra, azonban sokkal nagyobb mértékű szennyezőanyag csökkenés érhető el, ha a ventilátorok üzemelnek, így növelve a növény leveleinek felületén a légmozgást. A méretezési állandók bevezetésével megállapítottam, hogy a CO_2-koncentráció átlagértékére való méretezés jelen esetben 13%-kal pontosabb, mint a maximumra történő.

A helyiségre jellemző átlag szén-dioxid koncentráció értékek a ventilátor nélküli üzem és az összes ventilátor üzemelése mellett 30% különbséget mutatnak, kvázi stacioner szennyezőanyag felszabadulás esetén. A helyiségre jellemző szén-dioxid koncentráció leépülésének sebessége a ventilátor nélküli üzem és az összes ventilátor üzemelése mellett 41% különbséget mutatnak, egységugrás terhelés esetén.

A zöldfal abban az esetben lehet egy nagyon jó alternatíva, amennyiben a helyiséghez nem tartozik központi szellőztetés, és a természetes szellőzés valamilyen ok miatt nem valósul meg megfelelően, például egy forgalmas út melletti helyiségnél, ahol az ablaknyitással történő szellőztetés következtében több károsanyag érkezhet a kültérből, mint amennyi távozik.

Természetesen további vizsgálatok és kísérletek szükségesek még a rendszer tökéletes működéséhez és kereskedelmi forgalomba hozásához. A következő mérések ki fognak terjedni a zöldfalnak a helyiség páratartalmára kifejtett hatására, dohányfüst megkötő képességére, valamint központi szellőztetéssel való párosításra és élőalanyos komfortvizsgálatokra.

Irodalomjegyzék

[1] *Bánhidi László, Kajtár László*: Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2017.

[2] Zöldhomlokzatok. Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója
Budapest Főváros Városépítési Tervező Kft., 2016, 13-27. o.

[3] *Herczeg Levente*: Irodaterek belső levegő minőségének értékelése. A szén-dioxid koncentráció hatása az ember közérzetére és az irodai munka teljesítményére
Doktori értekezés, Budapest, 2008.

[4] *https://www.ourhouseplants.com/plants/pothos*
utolsó megtekintés: 2021.03.17.

Heat Pump Efficiency in Existing Buildings – Results from a Field Measurement Campaign

Jeannette Wapler – Danny Günther – Dr. Constanze Bongs – Dr. Marek Miara

Hőszivattyúk hatékonysága meglévő épületekben – Helyszíni mérési eredmények

Németországban az újonnan épült családi házakban a hőszivattyús rendszerek váltak a legnépszerűbb fűtési rendszerekké. A Fraunhofer Institute által végzett helyszíni mérési eredmények alapján a hőszivattyús rendszerek megbízhatóan működnek a meglévő lakóépületekben is. Ez a cikk áttekintést nyújt a hőszivattyúk alkalmazási területéről, működési körülményeiről, valamint az üvegházhatású gázok megtakarítására gyakorolt hatásáról.

A kutatási projekt során mérték az átlagos fűtési vízhőmérsékletet és a hőszivattyú éves jósági fokát (SPF), valamint vizsgálták a gazdasági eredményeket is. A monitoring során 42 családi ház és 14 kis társasház (2 - 4 lakás) képezte a vizsgálat tárgyát, amelyek 1850 és 2005 között épültek. A fűtési rendszerek között radiátoros, felületfűtéses, fan coil-os rendszerek, valamint ezeknek a különböző kombinációi fordultak elő. Megállapították, hogy a hőszivattyúk alkalmazhatósága nem az épület építési idejétől, hanem a szükséges fűtési vízhőmérséklettől és az épület fajlagos hőveszteség tényezőjétől függ.

A cikk a REHVA Journal 2020/6. számában jelent meg.

In newly built single-family houses in Germany, heat pump systems have become the most popular heating system. However, heat pump systems also operate reliably in existing buildings. This is a conclusion of a field test of heat pumps in existing residential buildings conducted by Fraunhofer ISE. This article gives an overview of the operation conditions of the application area, the energy-related performance of the systems as well as their impact on greenhouse gas savings.

Key words: heat pumps, existing buildings, renovation, single family houses, field trial, monitoring

The Project

Several studies pointed out the significant role of heat pumps in the future heat supply of buildings [IWES/IBP 2017; BCG/PROGNOS 2018; DENA 2017, ISE 2020a]. The results of these investigations underline that the use of heat pumps in existing buildings must increase significantly in order to reach sustainability targets. The research project "HPsmart in existing buildings" (12/2014 - 07/2019) addressed this area of application with heat pumps in existing residential buildings. The project focused on two central research topics: load management with heat pumps and the analysis of the efficiency of heat pumps in existing single-family houses (SFH). This article addresses the latter topic and gives an overview of the measured heating temperatures and the seasonal performance figures (SPF), as well as an ecological classification of the results. More detailed explanations and further analyses are described in the project report [ISE 2020b].

The project consortium consists of eight heat pump manufacturers and three energy suppliers and is led by Fraunhofer ISE. A scientific monitoring of 56 heat pumps installed in 42 single-family homes and 14 two- to four-family houses was conducted. This includes 32 systems with ambient air as the heat source. Mostly one heat pump combines space heating (SH) and domestic hot water (DHW) in a single component whereas nine systems applied two heat pumps dedicated to these services – one heat pump with ambient air as heat source (for SH) and the other one with room air as heat source (for DHW). Furthermore, 13 heat pumps using the ground as heat source (exclusively geothermal probes) and two heat pumps with ice storage on the source side were examined. All systems provide SH as well as DHW. Ten of the systems are designed as bivalent systems, comprising a natural gas or fuel oil boiler in addition to the heat pump unit. Solar thermal systems are installed in four systems. In many of the buildings, a stove is installed, for example in the living room. According to the information provided by the residents, these stoves are very rarely operated in most of the houses and contribute substantially to space heating in four monitoring objects only.

Jeannette Wapler
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

jeannette.wapler@ise.fraunhofer.de

Danny Günther
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

danny.guenther@ise.fraunhofer.de

Dr. Constanze Bongs
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

constanze.bongs@ise.fraunhofer.de

Dr. Marek Miara
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

marek.miara@ise.fraunhofer.de

Building and Heating Temperature

The oldest building in the field test was built in 1850, the newest one in 2005. The buildings are classified according to their year of construction. The classification is oriented towards the implementation of the first Thermal Insulation Regulation in Germany (WSchV´77). 57% of the buildings were built before 1979 and have been renovated energetically to varying degrees. In 89% of the cases the windows were replaced, 86% have renovated roofs and 57% renovated outer walls significantly. The buildings constructed after 1979 were – from an energy point of view – only slightly renovated.

In order to characterize the original and the current energetic state of the building envelope in a semi-quantitative way, the "building coefficient" was introduced within this project. **Figure 1** represents an area-weighted average heat transition coefficient (*U*-value) of the exterior wall, window and roof. The calculation bases on the information provided by the house owners, such as the structure of the original building envelope and the renovation measures that were carried out. According to these data, around 60% of the buildings constructed up to 1979 currently have a "building coefficient" between the thresholds of the Thermal Insulation Regulation 1977 and those of the version revised in 1995. One quarter of the buildings have a significantly better energy condition.

In consequence of differently realized renovation measures – and the variation in user habits – there is no correlation between the specific heating consumption and the age of the building. The specific, weather-adjusted heat consumption of the buildings range from 50 kWh/(m²·a) to 250 kWh/(m²·a), with a median of 110 kWh/(m²·a). The space heating load is one of the factors influencing the required heating circuit temperature. This is influenced by the selection of the heat transfer system (e.g. radiator vs. floor heating), its dimensioning (e.g. width, height and type of a panel radiator) and commissioning (e.g. with/without hydraulic adjustment and optimization of the heating curve).

In approximately 25% of the buildings, only radiators are installed and in less than 20% of the buildings only underfloor heating is installed. Around 50% of the buildings combine both radiators and panel heating systems.

In the following, these systems will be referred to as combined heating systems and are classified in three groups: "radiator guided" (21 systems), "surface heating guided" (2 systems) and not clearly assignable (6 systems).

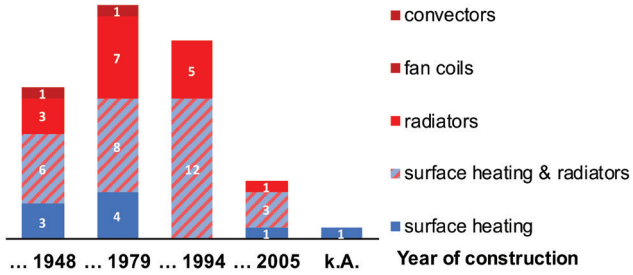


Figure 2. Distribution of building ages and heat transfer systems (year of construction of one building is unknown) [ISE 2020b]

Figure 3 (see next page) shows the average heating circuit temperature (energy weighted average values of flow and return) for the individual monitoring objects. The type of heat transfer system is color-coded in the figure. On the one hand the expected tendency of the distribution of the different heat transfer systems is shown: Panel heating systems are often operated at lower temperatures than radiator systems. Seven of the systems, which are exclusively equipped with surface heating or a "surface heating guided" combined system, are operated at an average heating circuit temperature in the range of 31 °C to 33 °C. One system in this category has a significantly lower average heating circuit temperature (27 °C), three systems have significantly higher average heating circuit temperatures (36 °C to 39 °C).

On the other hand, the evaluation shows that even panel radiators can be operated at temperatures that are in the range of the temperature level of panel heating systems. This presupposes appropriate dimensioning (and good commissioning). The majority of the systems (84%), which are exclusively equipped with radiators or are "radiator-guided" combined system, use – fairly evenly distributed – average heating circuit temperatures between 34 °C and 43 °C. Two systems in this category are operated at even lower temperatures and four at higher temperatures. One system with an average heating circuit temperature of 53 °C has by far the highest average heating circuit temperature.

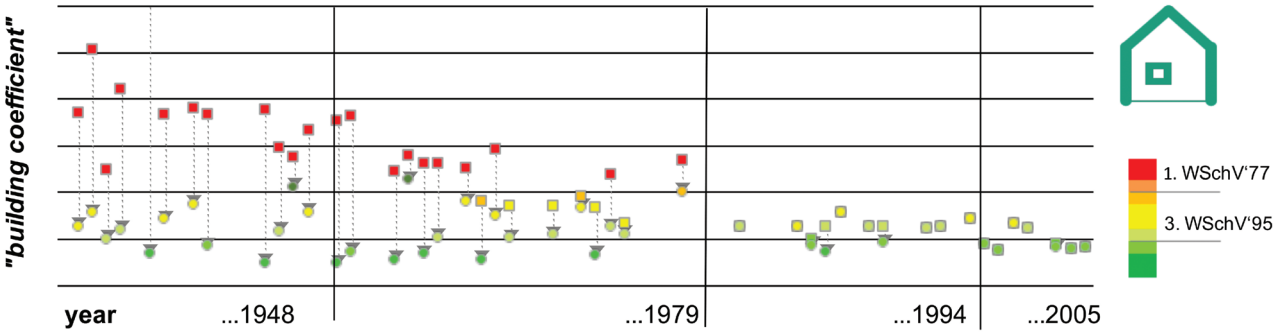


Figure 1. "Building coefficient" in the state of construction (rectangular icon) and in the present state (round Marker) for 45 buildings sorted by the age of building [ISE 2020b]

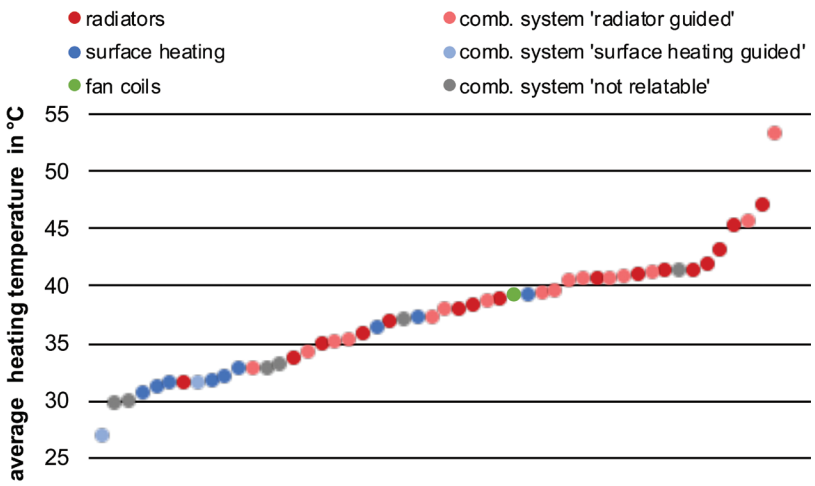


Figure 3. Average operating temperature of the heat pump in space heating mode of 50 systems (data base: bivalent heat pump systems with a coverage fraction of the boiler > 10% are not shown; evaluation period 2018/2019 with the exception of 2 systems that were evaluated for the period 2017/2018).

Efficiency Analysis and Green House Gas Emissions

For the comparative analysis of the seasonal performance factor (SPF) a common system boundary for its calculation is shown in **Figure 4**. The SPF considers the provided thermal energy for space heating (SH) and domestic hot water (DHW) which are both measured close to the heat pump and not include possible storages. As input the electrical energy consumption of the compressor, the control, the brine pump respectively the ventilator and the electrical back-up heater are included in the calculation. To ensure a comparative data base, the results of 29 ambient air source heat pumps (ASHP) and 12 ground source heat pumps (GSHP) are considered.

Out of the 41 considered heat pumps around 75% were installed from 2013 to 2016. The remaining heat pumps were installed before, apart from one heat pump. For efficiency analysis the coefficient of performance (COP) – which represents the basic quality of the devices in terms of efficiency – is important to mention. Thus, the COP values of the ASHP reach from 3.2 to 4.2 (A2/W35) and from 4.5 to 5.0 (B0/W35) for the GSHP. Most ASHP are operated in monoenergetic mode whereby six systems are designed as bivalent systems. According to the different operation strategies for the bivalent systems only 4 boilers cover the heat demand significantly from 20% to 40%. The GSHP are solely monovalent or monoenergetic driven. Solar thermal systems support DHW production with three GSHP but none of the ASHP. The characteristic of the buildings and heat transfer systems of the 41 monitoring objects show a similar bandwidth and distribution as shown for the 56 monitoring objects before (overall data base of the project).

Figure 5 shows the SPF values of the 41 assessed heat pump systems for the measurement period from July 2018 to June 2019, divided into the heat sources ambient air and ground. For the ASHP SPF values from 2.5 to 3.8 were determined, the average SPF amounts to 3.1. Two SPF outliers (4.1 and 4.6) are not considered in the averaging. As expected, the SPF values of the GSHP reach a higher level with values from 3.3

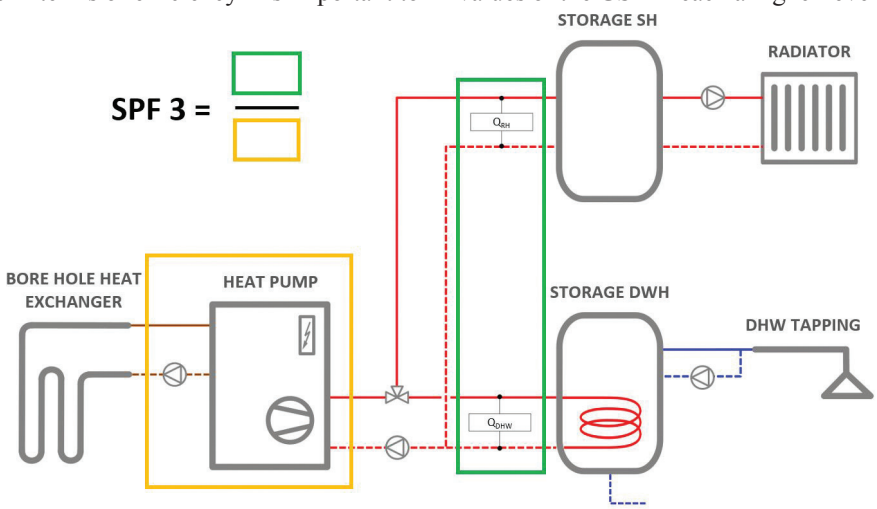


Figure 4. System boundary 3 for the seasonal performance factor calculation illustrated with an exemplary hydraulic scheme [ISE 2020b]

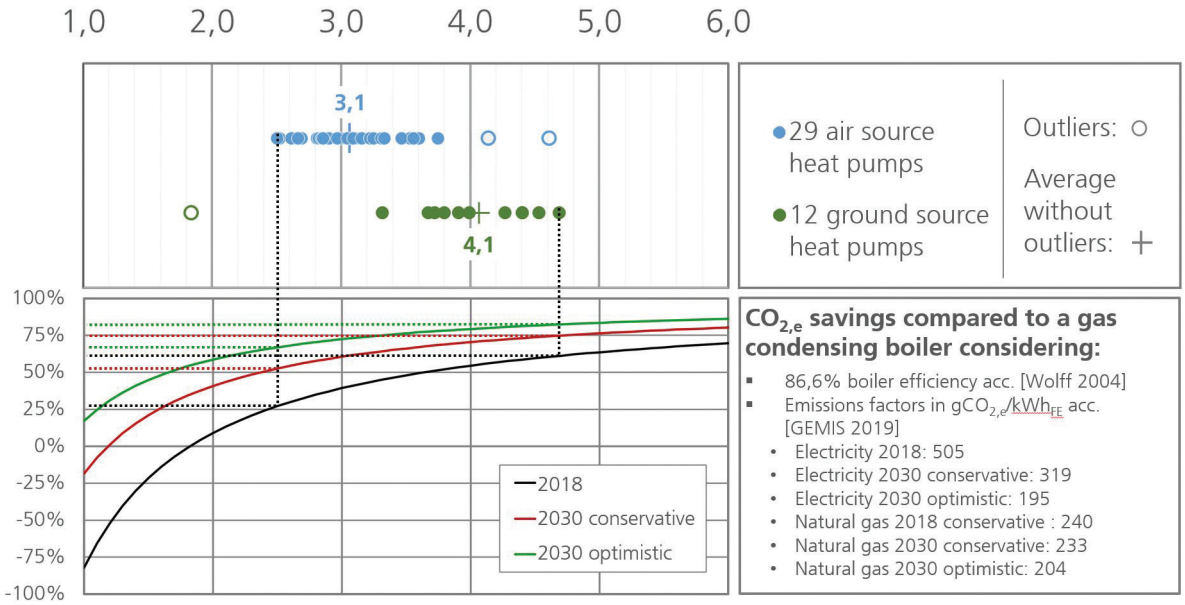


Figure 5. SPF of the investigated ambient air and brine heat pumps and their mean value as well as an estimation of the reduction in emissions (CO_2 equivalents) compared with a gas condensing boiler, taking into account the lowest and highest SPF (without outliers) for electricity/natural gas parameters for the years 2018 and 2030 in Germany [ISE 2020b]

to 4.7. The average was calculated to 4.1. The SPF bandwidths reflect the various efficiency influences such as the individual COP values, the operating temperatures on the sink and source sides or the relation between the produced energy for DHW and SH. The average share of the thermal energy production for SH amounts to 85% which underlines the significance of the heating circuit temperature in terms of efficiency.

The maximum temperatures provided by the heat pumps (daily average) for SH reach from 35/30 °C to 65/57 °C (average 45/39 °C) and were measured at an average ambient temperature of merely –3,4 °C. Subsequently, the required heating temperatures at design ambient temperatures (e.g. –12 to –16 °C) would have been higher. However, significant in terms of SPF values are the average heating circuit temperatures during the operation. Those values are indicated as energy weighed average values of supply and return temperatures and reach from 30 °C to 43 °C (average 36 °C) for the ASHP and 31 °C to 52°C (average 39 °C) for the GSHP. This shows that the estimation of SPF values for space heating in the project planning phase does not rely solely on the heating temperature according the design ambient temperature but on the necessary average space heating temperature based on the heating curve and the expected average ambient temperature. Those ambient temperatures were measured with 4 °C in average.

The final energy consumption of the electrical back-up heater plays a minor role in terms of efficiency influence. For 11 of the 29 ASHP the back-up heater was set in operation for SH or DHW production. For five of these systems the relative electrical work of the back-up heater – related to the compressor work – was higher than 2%. For GSHP only 2 systems used the back-up heater. Significant back-up heater operation was only detected with activated legionella mode, with wrong parametrization or defect of heat pumps (once).

The lower part of Figure 5 shows an estimation of greenhouse gas savings compared to a gas condensing boiler system. This is based on a simplified balance approach based on annual data [ISE 2020b]. As SPF bandwidth the efficiency values of the heat pumps with the lowest and the highest SPF values 2.5 and 4.7 (without outliers) are considered. The boiler´s efficiency is assumed with 86.6% based on the higher calorific value and is also determined within a field measurement project [Wolff 2004]. Considering the emission factors for 2018 in Germany the savings are between 27% und 61%. According to the presumed future emission factors the positive contribution of the increasing share of renewables in the electricity sector can be seen. With a conservative expansion scenario, the savings would reach 53% to 75%. The optimistic scenario, based on national climate protections plans with the ambitious goal of greenhouse gas reduction of 95% until 2050, savings would reach values from 67% to 82%.

Summary and Further Research

Compared to previous measurement campaigns [ISE 2011, ISE 2014] obvious malfunctions and faults - recognizable during the measurement - appeared rather seldom. The results from the measurements in context of the buildings showed, that renovation of the buildings to a standard for new building is not necessary to operate heat pumps ecological reasonable. The construction year of the building should not be an exclusion criterion for heat pump applications. The significant parameter is the necessary temperature level for space heating and thus the individual conditions according to the specific heat load and the type and dimensioning of the heat transfer systems. In this regard the efficiency prognosis – and thereby the ecological and economical values – should base on medium heating circuit temperatures and not on design temperatures.

Acknowledgement

We gratefully acknowledge financial support provided by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) due to an enactment of the German Bundestag under Grant No. 03ET1272A.

References

BCG/PROGNOS 2018 The Boston Consulting Group (BCG) / PROGNOS (2018): Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI)

DENA 2017 Deutsche Energieagentur (2017): Gebäudestudie – Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik 2050 im Gebäudesektor

GEMIS 2019 Gemis 5.0. Globales Emissions-Modell integrierter Systeme. Edited by IINAS GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien.

ISE 2020a Sterchele et. al.; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende; Freiburg, Februar 2020

ISE 2020b Günther et. al.; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; Wärmepumpen in Bestandgebäuden – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand"; Freiburg, Juli 2020

ISE 2014 Günther et. al.; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; „WP Monitor" – Feldmessung von Wärmepumpenanlagen; Freiburg, 2014

ISE 2011 Miara et. al.; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE; Wärmepumpen Effizienz – Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb; Freiburg, 2011

IWES/IBP 2017 Fraunhofer IWES/IBP (2017): Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende

Wolff 2004 Wolff et. al.; Fachhochschule Braunschweig Wolfenbüttel; Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln; Wolfenbüttel, April 2004

ÉPÜLETGÉPÉSZETI MÚZEUM

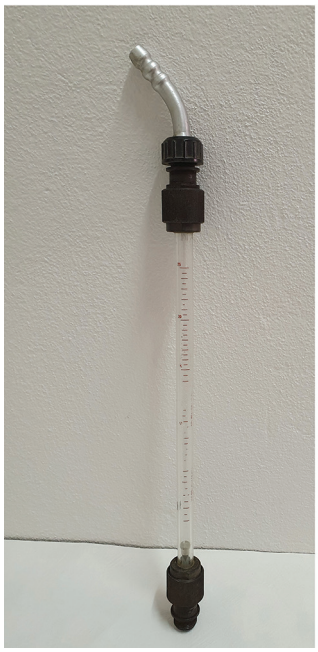
Az Épületgépészeti Múzeum kincseiből

Rotaméter

Az Épületgépészeti Múzeum kincseit bemutató sorozatunkban már nagyon sok műszerrel ismerkedhettek meg olvasóink. Ez alkalommal a rotaméterekkel foglalkozunk.

A rotaméter áramlásmérésre alkalmas műszer, amely egy olyan felfelé bővülő, kúpos „mérőcső" (**1. fotó**), leggyakrabban üvegből vagy műanyagból, amelyben egy könnyen mozgó úszó található. Működési elve, hogy az áramló közeg ereje egyensúlyba kerül az úszó súlyerejével. Amikor megnő a közeg térfogatárama, akkor nő a sebessége és az impulzusereje is, ezáltal addig mozog felfelé az úszó, míg a kúposság miatti átmérő növekedés következtében csökken a sebesség és beáll egy újabb egyensúly. Az úszó felső peremének kell leolvasni a mérőcsövön lévő skálát. A skála minden egyes jeléhez egy meghatározott keresztmetszet, azaz sebesség, ezáltal pedig térfogatáram tartozik. A skála pl.: l/min, azaz liter per perc mértékegységben mutatja az aktuális térfogatáramot. A mérendő közeg lehet folyadék, vagy gáz halmazállapotú. A rotamétert függőlegesen kell elhelyezni, a közeg pedig alulról felfelé áramlik, miközben megemeli az úszót. Az úszón, a felső peremének – egyenletes elosztásban – ferde bemetszések (**2. fotó**) vannak, s ezeken a közeg átáramolva az úszót forgatással központosítja, ezáltal az úszó forog, így biztosítva a kisebb ellenállást és az úszó körüli egyenletes áramlást. A különböző térfogatáramokhoz (tól-ig) különböző méréshatárú mérőcsövek építendők a rendszerbe, azaz előre tudnunk kell a feladathoz tartozó várható értéket, a megfelelő mérőcső kiválasztásához. Természetesen a közeg sűrűségét is figyelembe kell venni a kiválasztáskor. A rotamétereket általában konkrét szabályozástechnikai feladatokra használják, adott esetben csoportos formában, mint például a padlófűtési körök beszabályozásához.

A rotaméterek hitelesítése vagy egy hiteles mérőeszközzel, vagy az úgynevezett „köbözés" módszerével történik. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a hitelesítéskor nem zárt körben áramlik a folyadék, hanem egy mérlegre helyezett nagyméretű edénybe.



1. fotó **3. fotó**
2. fotó

Mérnünk kell tehát az időegység alatt átáramlott folyadék tömegét, amit el kell osztani a közeg sűrűségével és így megkapjuk a tényleges térfogatáramot. Ezt az eredményt kell összehasonlítanunk a mérőcsövön leolvasott értékkel. A rotaméter hitelesítési görbéje ezután felrajzolható.

Állandó feladat esetén fix bekötést, menetes kötést (**3. fotó**) alkalmazunk, míg laboratóriumi méréseknél általában tömlővéges, tehát könnyen bontható a kapcsolat. A számításoknak megfelelő térfogatáramot fojtószelepekkel állítják be.

A rotaméterek érzékenyek a közeg tisztaságára, ezért célszerű szűrő beépítése a rendszerbe, valamint a mérőcső belső felületét rendszeresen tisztítani, illetve vízkőteleníteni kell.

A mérési eredmények egyszerűbb rögzítése és feldolgozása érdekében ma már készítenek távadós készülékeket is.

Dr. Chappon Miklós, az Épületgépészeti Múzeum igazgatója

MSZ EN 15632
Az előre szigetelt hajlékony távhővezeték rendszerek szabványa

A központi hőtermelők távvezetéken keresztül kialakított csatlakoztatása a fogyasztási helyekhez ipari és mezőgazdasági telepek vonatkozásában nem új feladat. Azonban egyre gyakoribb a központi vagy több hőtermelővel kialakított helyi hőellátás szálloda és wellness komplexumok, de lakóparkok esetében is.

Helyi hőellátás céljára a műanyag haszoncsöves rendszerek esetében 90%-ban használatosak az előszigetelt, térhálósított polietilén PE-X rendszerek. Kérdés, hogy melyik gyártmány felel meg a feladatra?

A gyors, de hibás válasz az, hogy a közeg üzemi hőmérséklete és nyomása ismeretében haszoncső típust kell megválasztani. Vagyis, ha a szállítandó közeg maximális hőmérséklete 70 - 80 °C alatt van, és az üzemi nyomás értéke nem éri el a 6 bar-t, akkor szinte bármelyik műanyag haszoncső használható.

A helyi- és távhőellátó hálózatok kialakítására a forgalomban lévő termékekkel kapcsolatban a következő szabvány hivatkozásokkal találkozhatunk:

MSZ EN ISO 15875-1-2-3
Műanyag csővezetékrendszerek meleg és hideg vizes berendezésekhez. Térhálósított polietilén (PE-X)

DIN 16892
Nagy sűrűségű, térhálósított polietilén csövek (PE-X). Általános minőségi követelmények, vizsgálat.

DIN 16893
Nagy sűrűségű, térhálósított polietilén csövek (PE-X). Méretek.

A helyi- és távhőellátó hálózatok esetében a megfelelőség csupán a fenti szabványoknak téves, mivel csak magát a haszoncsövet minősítik.

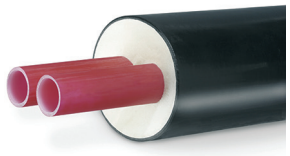
A kérdés egyértelmű szabályozása érdekében készült 2015-ben az EN 15632 szabvány, amely 4 részből áll és a különböző, földbe fektethető flexibilis előszigetelt távhő vezetékekkel foglalkozik.

MSZ EN 15632-1-2-3-4
Távhőhálózati csővezetékek. Előre szigetelt hajlékony csővezetékrendszerek.

Tehát az MSZ EN 15632 szabvány nem a haszoncső megfelelőségét határozza meg, hanem a hőszigeteléssel együtt, a teljes földbe fektethető előszigetelt cső és annak összes elemének megfelelőségét.
A szabvány egyes részeinek címe a Magyar Szabványügyi Testület fordításában magyarul és németül:
Távhőhálózati csővezetékek. Előre szigetelt hajlékony csővezetékrendszerek.
Fernwärmerohre- Werkmäßig gedämmte flexible Rohrsysteme
1. rész: Osztályba sorolás, általános követelmények és vizsgálati módszerek
Teil 1: Klassifikation, allgemeine Anforderungen und Prüfungen

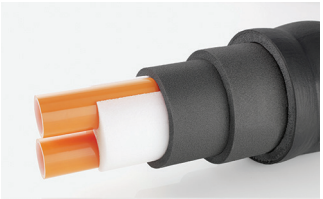
Ez a rész az osztályba sorolást, általános követelményeket és a minőséget biztosító vizsgálati módszereket tartalmazza. A szabvány bevezetőjében kiemeli, ami szerint a műanyag haszoncsöves előszigetelt csővezetékek élettartamának, használati biztonságának, és gazdaságos energiafogyasztásának a piaci összehasonlíthatósága érdekében készült.

A 2-3-4. részek a különböző technológiájú rendszerek követelményeit tárgyalják:
2. rész: Ragasztott műanyag szolgáltatócsövek. Követelmények és vizsgálati módszerek
Teil 2: Verbundsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff – Anforderungen und Prüfungen



Szigetelés: zártcellás PU-hab

3. rész: Nem ragasztott rendszerű műanyag szolgáltatócsövek. Követelmények és vizsgálati módszerek
Teil 3: Nicht-Verbundsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff – Anforderungen und Prüfungen



Szigetelés: hagymahéj szerkezet

4. rész: Kötött köpenyű fém csőrendszer, követelmények és vizsgálati módszerek
Teil 4: Verbundsystem mit Mediumrohren aus Metall - Anforderungen und Prüfungen

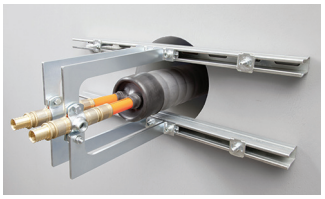
A különbségek teljes igényű tárgyalása nélkül, három jelentős eltérés:

Az MSZ EN 15632 szabvány szerint a gyártónak az előreszigetelt cső, és nem a haszoncső hőveszteségi értékeit minden méretre és hőfoktartományokra 0,1 W/m pontossággal kell megadni, valamint megfelelni a gyűrűmerevségre, repedésállóságra, az oxigénzárási tulajdonságra vonatkozólag is.

Maximális hőszigetelés a kategóriájában, akár 50 mm a szigetelés vastagsága.

Az MSZ EN 15632 szabvány a biztonsági tényezőt lényegesen magasabb értékben határozza meg, mint a szigeteletlen a PE-X haszoncső esetében. Normál állandósult üzemben 80 °C közeghőmérséklet alatt 1,5-ös, míg 80 °C felett 1,3-as biztonsági tényezőt, amely az üzemeltetési feltételekkel együttesen határozza meg a várható élettartamot.

Az MSZ EN 15632 szabvány a hősokkos vizsgálatot a teljes mérettartomány minden elemére és lényegesen több és hosszabb vizsgálati ciklust ír elő, szemben a csupán a haszoncső kettő méretének vizsgálatával.



Fixpont kialakítása az épületbe való belépésnél

A tervezett élettartam és a biztonságos üzemvitel elérése érdekében az előszigetelt távhővezeték az MSZ EN 15632 szerinti követelményeknek kell megfelelnie. Amennyiben egy termék műszaki anyaga ezt nem tartalmazza, szükséges a gyártói nyilatkozat bekérése.

Lászlófi András
mérnök tanácsadó
REHAU Épületgépészeti üzletág

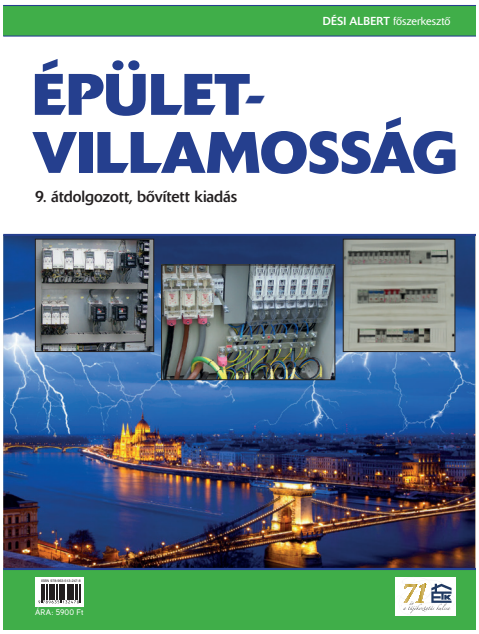
REHAU Kft.
2051 Biatorbágy, Rozália park. 9.

Az ÉPÜLETVILLAMOSSÁG című szakkönyvnek már a kilencedik, átdolgozott kiadása jelent meg. A szakkönyvek kiadásában nem volt még példa a 9. kiadásra. Az átdolgozott, bővített kiadást az indokolta, hogy a szakma szűk másfél év alatt megvásárolta, alkalmazta munkájához a közel kétezer ötszáz példányban megjelent kiadványt. Remélhetőleg a mostani, az új és az újabb aktuális ismereteket is feldolgozó szakkönyv továbbra is hasznos információkat nyújt olvasóinak, az épületvillamos tervezőknek, kivitelezőknek, beruházóknak, az áramszolgáltatás területén dolgozó szakembereknek, valamint a villamos szakmát oktató szaktanároknak és az e területtel ismerkedő tanulóifjúságnak.

A könyv – bár az előző kiadáshoz képest újabb szakterületekkel nem bővült – sem terjedelmében, sem felépítésében nem szándékozik az épületvillamosság teljes területét átfogni az alapoktól a jelenkor követelményéig. A szerzők továbbra is azt a célt tűzték maguk elé, hogy az épületvillamosság főbb, napjainkra jellemző ismereteit a teljesség igénye nélkül összefoglalják, bemutassák, különös figyelemmel az EU-tagságunkból adódó rendeleti, szabványossági és más szabályozási kérdésekre.

Bővebb és részletesebb a VMBSZ-szel, az OTSZ-szel és azok módosításaival, a világítástechnikával, a villámvédelemmel, az érintésvédelemmel, a túlfeszültség-védelemmel, valamint az új MSZ 447:2019. szabvány érvényben lépő előírásaival, és a szakmát érintő aktuális előírásokkal és szabványok felsorolásával foglalkozó részek.

Ne várja senki a könyvtől, hogy azt áttanulmányozva, a saját szakmai területére vonatkozóan mindenben naprakész információt kap, mivel ennek gátja a kötött terjedelem és a napról-napra fejlődő technikai haladás, az új és újabb



szabályozás, valamint az újnál is újabb technológia, termék- és választékskála. Természetesen az új kiadás előkészítése során a nyomdába adás napjáig követtük az információ- és adat-áradat erősáramú/energetikai szakembereket érintő/érdeklő változásait.

Abban a korban élünk, amikor a szerzőknek is és az olvasóknak is egyaránt újra és újra tanulniuk kell ezt a szakmát, az új megfogalmazást, az új előírásokat, az új elnevezéseket, az új szemléletet. Mindezeket szeretnék ismét közkinccsé, és könnyebben értelmezhetővé tenni ebben a már kilencedik kiadást megért könyvben. *Dési Albert*

Mennyire „zöld” az új debreceni strandfürdő?

Az új debreceni ***Aquaticum strandfürdő*** nemcsak építészeti megoldásaiban egyedülálló, de magas teljesítményigénye miatt gépészeti megoldásaiban is kiemelkedő projektje a BORD Építész Stúdiónak. Az iroda minden épületénél komoly figyelmet fordít a megújuló energiák hasznosítására, ami egy ilyen léptékű vizes létesítménynél különösen fontos szempont volt.

Néhány adat a létesítményről:

- Összesen 17 medence található a strandon, amelyből 14 úszó- és élménymedence, illetve 3 termálvizes.
- Az úszó és élménymedencék teljes vízfelülete 4720 m^2, a termálvizes medencék vízfelülete pedig 639 m^2.
- Az élménymedencék átlagos vízhőmérséklete 27 – 32 °C, a termálvizes medencék pedig 36 – 38 °C-os hőmérsékletűek.

1. ábra. A BORD Építész Stúdió által tervezett debreceni Aquaticum strandfürdő madártávlatból (fotó: *Bujnovszky Tamás*)

Miből épül fel és körülbelül mekkora a strand fűtési igénye?

Ennek megértéséhez több tényezőt is figyelembe kell venni. Számos olyan egységgel rendelkezik a strand, amelyeknek nyáron (illetve adott esetben télen is) számottevő fűtési igényük van (például: melegvizes medence, öltözők, zuhanyzók, üzletek, éttermek stb.), ezek közül a legjelentősebb „fogyasztók” a medencék.

A teljesítményigény persze több külső tényezőtől is függ, például a fürdőzők számától, az időjárástól, a környezeti levegő hőmérsékletétől, páratartalmától, a napszaktól, a bérleményi területek kihasználtságától. A maximális látogató létszám figyelembevételével így az „A” épület pinceszinti hőközpontjában nyolc darab, egyenként 2-2 m^3-es, összesen 16 m^3 térfogatú használati melegvíz tárolót helyeztünk el. A használati melegvíz előállítása szintén jelentős fűtési igénnyel jár.

A tervezett fűtési igények:

Nyáron:

- Medencefűtés hőntartás és a pótvízigény felfűtése 5 026 kW
- HMV fűtés strandfürdők, konyhák részére 700 + 250 kW

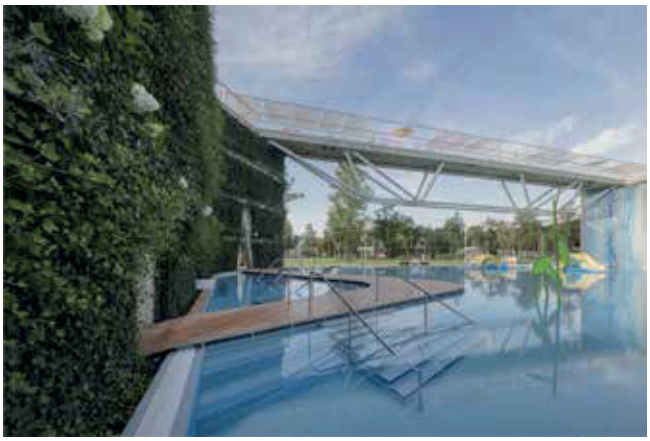
Összesen: 5 976 kW

Télen:

- HMV fűtés konyhák részére 250 kW
- Bérleményi légkezelők kiszolgálása 72 kW
- Bérleményi területek transzmissziós fűtési igények 71 kW

Összesen: 393 kW

Számszerűsítve a strandfürdő így nyáron ~6000 kW, télen ~400 kW fűtési igénnyel rendelkezik. Összehasonlításképp a szomszédos Nagyerdei stadion pályafűtéssel ~2500 kW energiát igényel.



2. ábra. A strandfürdő területén összesen 17 medencét alakítottak ki (fotó: *Bujnovszky Tamás*)

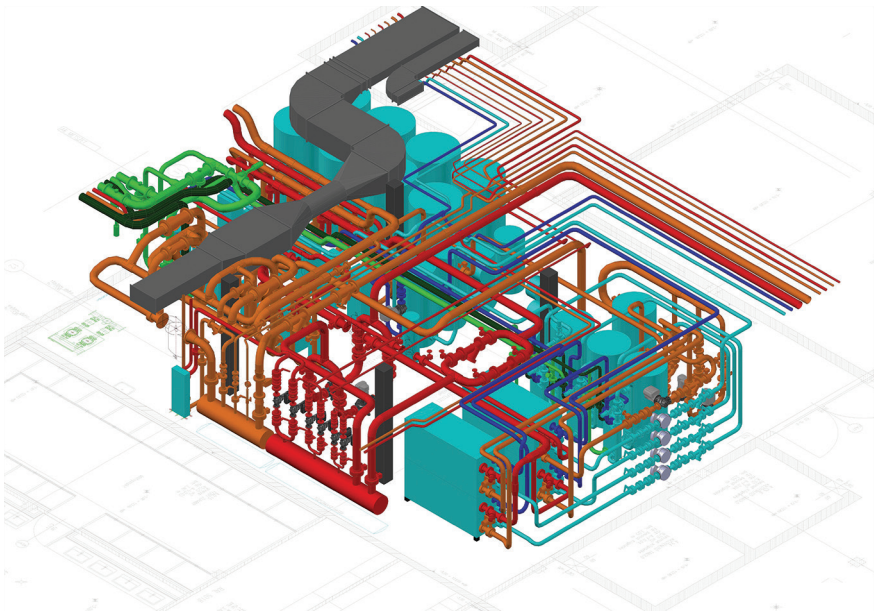
Hogyan működik a strand fűtése?

A város távhőellátó rendszere képes biztosítani a szükséges teljesítményt, mivel azonban a strand fűtési igénye jelentős, emiatt a gazdaságos üzemeltetés biztosítása érdekében minden rendelkezésre álló „megújuló energia” fűtési megoldást bevetettünk. Ilyenek többek között:

- a termálvízkútról érkező termálvíz hőhasznosítása,
- az 50 °C-ra visszahűtött termálvíz további hűtése hőszivattyúval, a közben felszabaduló hő hasznosítása a fűtési rendszerben,
- a termálvíz medencékből elengedett és puffertárolóban összegyűjtött termálvíz tovább hűtése hőszivattyúval,
- a bérleményi területeken elhelyezett légkezelők hűtőkaloriferének, valamint a fan-coilok hűtése víz-víz hőszivattyú segítségével, a hűtés során felszabaduló hő hasznosítása a fűtési rendszerben,
- a meglévő gázmotor által termelt hulladékhő hasznosítása.

A komplexum hőközpontjában a főköri fűtési osztó-gyűjtőn a következő köröket alakítottuk ki:

- Medencevíz és pótvíz fűtési kör: 60/35 °C
- Strandfürdői HMV fűtés kör: 60/35 °C
- Bérlemények HMV fűtési köre: 60/35 °C
- Bérlemények fűtési kör: 60/35 °C



Amennyiben a megrendelő a későbbiek folyamán tudja biztosítani a nagyobb vízmennyiséget akár további kutak bevonásával, úgy a kinyerhető hő mennyisége a 3 000 kW teljesítményt is elérheti. Ennek megfelelően méreteztük a fűtési gerincvezeték visszatérő vezetékébe tervezett, és a többi megújuló energia oldali hőcserélővel párhuzamosan kötött termálvíz hővisszanyerő lemezes hőcserélőt.

3. ábra. A strandfürdő hőközpontja, izometria 1

Minden megoldás esetén a hasznosítható hőt rendszerenként párhuzamosan kötött lemezes hőcserélővel a strand központi fűtési rendszer visszatérő gerincvezetékének előfűtésére lehet hasznosítani, azaz a távfűtő művek hőcserélőivel sorosan lehet a rendszerbe hidraulikailag kötni.

A megújuló energiák

Ma az előírásoknak megfelelően az összes igény min. 25%-át kell kitenni a megújuló energiának. A strandfürdőnél ez most átlagosan 50%, ami megfelel egy modern, hőszivattyúval ellátott épület megújuló energiafelhasználásának.

Ha a strandfürdő fűtési igénye csökken, például egy meleg nyári napot nézve, úgy a megújuló energiafelhasználás részaránya tovább nő és elérheti a 70%-ot is, ami kiemelkedőnek számít.

Hogyan járulnak hozzá a megújuló energiák a minél „zöldebb” üzemeltetéshez?

- A leglényegesebb maga a termálvíz. A megrendelői adatszolgáltatás szerint a tervezett termálkutak irányából a következő vízhozamok várhatók:

  1. kút: 45 - 48 m^3/h vízhozam, 66 °C vízhőmérséklet,
  2. kút: 33 m^3/h vízhozam, 60 °C vízhőmérséklet,
  3. kút: 45 - 48 m^3/h vízhozam, 66 °C vízhőmérséklet,

  amelyek 60 °C-os átlagos előremenő vízhőmérséklet esetén 10 °C-os hőfoklépcső mellett 1 500 kW fűtési teljesítményt biztosítanak. Ezt a teljesítményt a belső gépészeti rendszer visszatérő gerincvezetékének előfűtésére lehet hasznosítani, azaz a távfűtő művek hőcserélőivel sorosan tudjuk a rendszerbe hidraulikailag kötni.

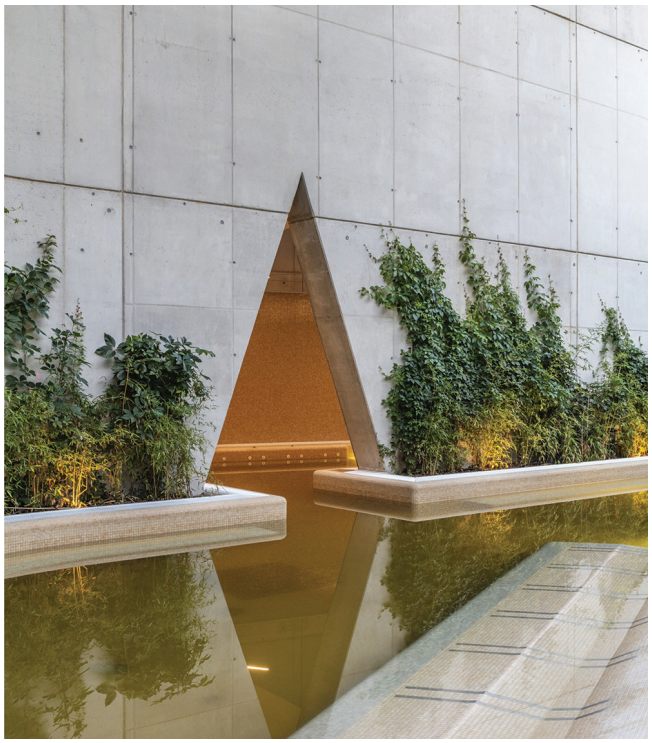
A medencetechnológustól kapott adatszolgáltatás szerint a termálvizes medencék csak folyamatos vízcserével üzemeltethetők, illetve minden éjszaka kötelező a leürítésük és feltöltésük.

- A termálvíz hőcserélőből kilépő víz hőmérséklete 50 °C, amely megfelel a medencetechnológia által igényelt min. 45 °C-os termálvíz hőmérséklet követelménynek. Tekintettel a rendszer hőveszteségére, illetve a termálvíz medencék távolságára a hőközponttól (50 – 80 m), a termálvíz hőcserélőn nem engedünk meg nagyobb hőfokesést. Amennyiben a termálvíz medencékbe beáramló víz hőmérséklete mégis magasabb az igényeltnél (például a levegő magasabb hőmérséklete miatt), akkor úgy tudunk még a termálvízből a medencékbe történő vezetése előtt hőt kinyerni, hogy az 50 °C-ra hűtött termálvízből kinyert energiát hőszivattyú segítségével hasznosítjuk.

Számításaink szerint a biztonságosan kivehető teljesítmény a rendszer veszteségeit is figyelembe véve 300 kW. Ezt a teljesítményt, hasonlóan a termálvíz fűtési energiájának hasznosításához, a belső gépészeti rendszer visszatérő gerincvezetékének előfűtésére lehet hasznosítani, azaz a távfűtő művek hőcserélőivel sorosan tudjuk a rendszerbe hidraulikailag kötni. A berendezés evaporátor oldalán tudjuk a termálvíz hőjét hasznosítani. A fűtési teljesítmények leadására 1 darab 300 kW egységteljesítményű hőszivattyú alkalmazható, amelyet szintén a medencék alatt kialakított épületgépész hőközpontban tervezünk elhelyezni.

Tekintettel a magas termálvíz hőmérsékletekre, a víz-víz hőszivattyú oldalán a lemezes hőcserélő előtt motoros háromjáratú keverőszelepes bypass ág beépítése szükséges a hőszivattyú védelme érdekében!

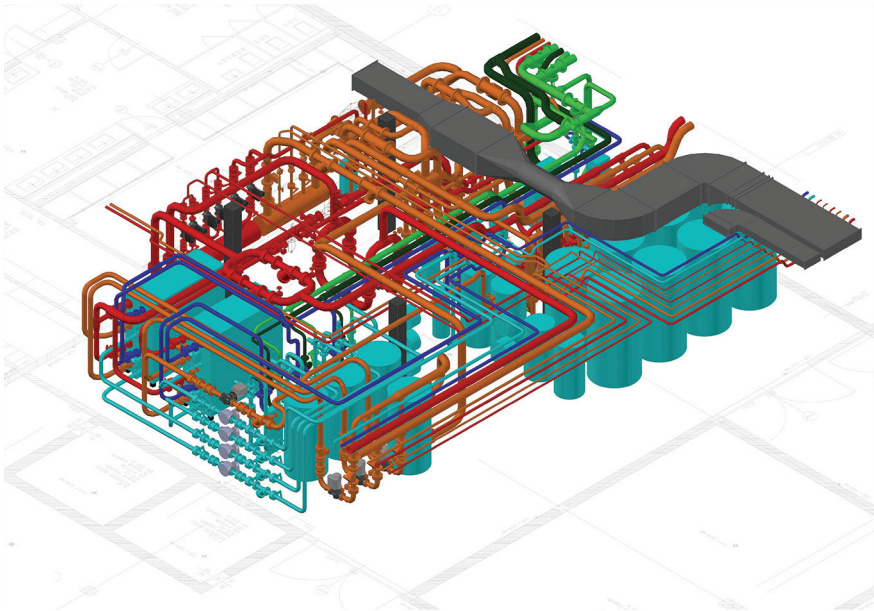
A szükséges termálvíz hővisszanyerésekor az alsó vízhőmérséklet határ 45 °C. Ez a minimális termálvíz hőmérséklet, amire a termálvizes medencék nyári hőntartására szükség van a legkisebb vízutánpótlás esetén. A medencékbe belépő termálvíz hőkinyerésére betervezett hőszivattyú a fent leírtak szerint vagy a medencékbe bemenő, vagy a medencékből elfolyó termálvízből nyeri ki a hőt. A medencék felé elmenő víz hőmérséklete szerint a központi épületfelügyelet a hőszivatytyú hűtési oldalán elhelyezett motoros váltószelepet vezérli, hogy melyik irányból legyen a hő hasznosítva.



4. ábra. A strandfürdő egyik termálmedencéjének átjárója (fotó: *Bujnovszky Tamás*)

- További hőhasznosításra van lehetőség a használt termálvíz esetén. A medencékből leeresztett 32 – 34 °C-os vizet az „A” főépület mellett elhelyezett 6x4x3,5 m-es tározóba vezetjük. A tározó kapacitása megfelel a három medencéből folyamatosan leengedett termálvíz tározására, a minimális termálpótvíz mennyiséget figyelembe véve. Innen a vizet szűrőn keresztül juttatjuk a hőközpontban elhelyezett három darab, egyenként 300 – 300 kW-os víz-víz hőszivattyú lemezes hőcserélőjéhez. Ezek közül egy a már fent leírt hőszivattyú, amely vagy a belépő termálvizet hűti, vagy a medencékből elfolyó használt termálvíz hőenergiáját hasznosítja.
- További hővisszanyerésre ad lehetőséget a bérleményi (éttermek, büfék, üzletek a strand területének külső ívén, a Pallagi út melletti épületben) területek hűtésére beépített 1 darab víz-víz hőcserélős hőszivattyú kondenzátor oldali hőhasznosítása. Ez a teljesítmény változó, tervezett maximális értéke 200 kW. A teljesítmény az éttermek kihasználtsági szintje és a külső hőmérséklet függvényében változik.
- A strandfürdő területén ezen felül egy gázmotor található, amelynek hulladékhője is hasznosításra kerül a fűtési visszatérő víz hőmérsékletének emelésére. A gázmotor által leadott hulladékhő összes teljesítménye 200 kW.

A fent leírtakból jól látható, hogy a megújuló energiaforrások használatának maximalizálásával az alternatív fűtési megoldások ideális esetben 2 800 kW teljesítményt szolgáltathatnak, ami a fellépő összes fűtési teljesítményigény közel 50%-át jelenti. A maximális igény várhatóan csak ritkán jelentkezik, így az időszak jelentős részében a megújuló energia részaránya meghaladja a tervezett arányt. Minden fűtési kör rendelkezik hőmennyiségmérővel, amelyek segítségével nyomon követhető a felvett teljesítmény alakulása.

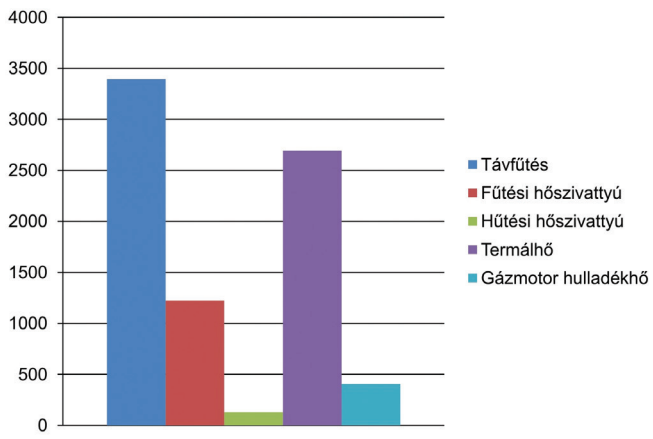


5. ábra. A strandfürdő hőközpontja, izometria 2

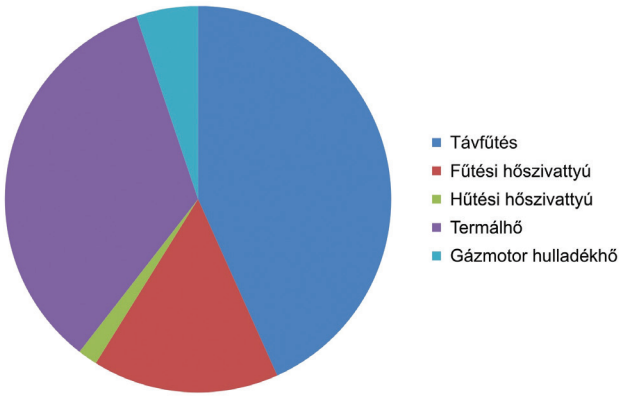
És az eredmény? A tavalyi év nyara volt a megújult strandfürdő első teljes szezonja. Mint minden hasonló rendszer esetén, az üzemszerű működés első heteiben jönnek elő a „gyermekbetegségek” (hőcserélő kötésének kialakítása, szűrők hiánya stb.), de az összkép pozitív. A strandfürdő üzemeltetőjének adatszolgáltatása szerint a következő kép rajzolódik ki a megújuló energiák felhasználási arányairól:

Strandfürdő energiafelhasználás GJ-ban, 2020. június - augusztus						
Hónapok	**Távfűtés**	**Fűtési hőszivattyú**	**Hűtési hőszivattyú**	**Termálhő**	**Gázmotor hulladékhő**	**Összesen**
Június	186	97	5	265	35	588
Július	1312	319	39	883	286	2839
Augusztus	1022	521	61	1045	0	2649
Szeptember	875	287	24	498	85	1769
Összesen	**3395**	**1224**	**129**	**2691**	**406**	**7845**

A végeredményt oszlop és kördiagramokban a következő oldalon látható **6.** és **7. ábra** szemlélteti.



6. ábra. A strandfürdő energiafelhasználása GJ-ban, 2020. június – augusztus (oszlopdiagram)



7. ábra. A strandfürdő energiafelhasználása GJ-ban, 2020. június - augusztus (kördiagram)

Tavaly nyáron a fürdő megújuló energia részaránya 56,7% volt, amely igazolta az előzetes számításokat, de van lehetőség a további „fejlődésre”. Javítható a megújuló energiák aránya a hőközponti termálvíz hőcserélő bekötésének átalakításával, amit a szezon befejezése után az üzemeltető már meg is tett. Jól látható a diagramokból, hogy a hűtési hőszivattyú kondenzátor oldali hőhasznosítása alacsony, elmaradt az előzetes várakozástól, amelynek oka a bérleményi területek szakaszos „feltöltése” éttermekkel, üzletekkel. A nyár végére a kihasználtság jelentősen javult, és remélhetőleg a következő szezonban már teljes kihasználtság mellett működhet a hűtés, hozzájárulva a kondenzátor oldali hő hasznosításához.

A gázmotor esetén az üzemeltető eldöntheti, hogy melyik területen hasznosítja a hulladékhőt (meglévő szálloda vagy az Aquaticum), és az előző nyár folyamán időszakosan más területeken történt meg a hasznosítás. Üzemeltetéstől függően itt is lehet javítani a kihasználás arányát.

Hollókövi Zoltán
BORD Épületgépész Stúdió, ügyvezető
Okl. gépészmérnök, felelős tervező, G-01-11716
Köffer Ákos
BORD Épületgépész Stúdió
Okl. létesítménymérnök, tervező, G-13-16826
Szőts Attila
BORD Épületgépész Stúdió
Okl. gépészmérnök, tervező, G-17-05872

Épületgépészet Évkönyve 2020

Az évkönyv gondolata

Első alkalommal jelent meg az Épületgépészet Évkönyve. Az épületgépészeti évkönyv gondolata nem egy ötlet, hanem egy célul tűzött feladat eredménye. Amikor 2017-ben a tisztújító közgyűlésen a koordinációs szövetség helyzetét elemeztem és az elképzeléseket közösen újra gondoltuk, akkor a feladatok között első helyen került megfogalmazásra a szakterület ismertségének, elismertségének, társadalmi beágyazottságának javítása.

A szervezetek közötti szakmai és vezetőik közötti bizalom és kapcsolat tette lehetővé, hogy a célként megfogalmazott társadalmi beilleszkedés területén együtt jelentős előrelépés történjen. A szakterület szakmai összetartása és ünnepe korábban szokásos szűk rétegű találkozója helyett széleskörű részvételű, alulról építkező rendezvénysorozatot alakítottunk ki (OMÉN). Az átalakítás célja az volt, hogy egy egyhetes időszakban a szakma megmutassa magát, felhívja a környezetének figyelmét a szakterületre, aktivizálja a résztvevőket és a zárórendezvényen ünnepelje magát.

A MÉgKSZ következő tisztújító közgyűlésére a megszokott tavaszi időponttól eltérően 2020. szeptemberében került sor. A közgyűlést a COVID-19 járvány kockázatának minimalizálását és terjedésének megakadályozását szem előtt tartva, maszk használatával, érintkezés nélküli üdvözléssel, távolságtartással sikerült megtartani. Ez a helyzet egy szükségszerű alkalmazkodás volt a lét és a járvány kompromisszumában, de eredményes volt és az elnökség megújult. Az új elnökség megfiatalodott, a képviselt szervezetek és a képviselőik összetételében lefedi a teljes szakmát. Ez bátorított arra, hogy tovább lépjünk a szakma elismertetése érdekében és örömömre az elnökség elfogadta az évkönyvvel kapcsolatos javaslatomat. Az évkönyv kiadásának konkrét tennivalói tehát az elmúlt év szeptemberében fogalmazódtak meg és kezdődött el a munka.

Az évkönyv küldetése

Az évkönyv küldetése az épületgépészet szakterület társadalmi beilleszkedésének, elismertségének növelése. A szakterület elismertsége alatt természetesen nem azt kell érteni, hogy mi magunkat mennyire ismerjük, mennyire ismerjük el, mennyire értékeljük (nagyra) magunkat, hanem kívülről az épületgépészet, az épületgépészek hogyan látszódnak. Ezzel a látszódással kapcsolatban van egy érdekes ellentmondás: miközben az épületek használata a mai igények követelményei szerint épületgépészeti rendszerek nélkül elképzelhetetlen, ezeknek a rendszereknek az elemeit nem szívesen látjuk a környezetünkben.

Az épületgépészet tehát szükséges, nélkülözhetetlen, de nem nagyon látható, miközben a szolgáltatásait elvárjuk, nélküle már létezni is alig tudnánk. A szakterületünk egy kicsit olyan, mint az egészségügy: ha egészség van, azt természetesnek vesszük, nincs probléma, ha megbetegszünk, akkor rohanunk az orvoshoz, és érdekel az egészségügyi szolgáltató rendszer. Az épületgépészet szolgáltatóit is akkor keressük, ismerjük meg, ha nincs víz, vagy éppen ömlik, ha nem megy a fűtés, esetleg elviselhetetlen meleg van stb.

A szakterület elismertetéséhez az első lépés a megismertetés. Ez alatt persze nem azt kell értenünk, hogy a környező világot épületgépésszé neveljük, épületgépész ismereteket népszerűsítsünk, hanem az, hogy bemutassuk a szakterület tevékenységét. Az elismertséget az fogja növelni, ha ennek a tevékenységek a nagyságát, jelentőségét a maga teljességében próbáljuk érzékeltetni. A szakterület nagysága talán a leginkább a teljesítményével fejezhető ki, és mint tudjuk a teljesítmény az időegység alatt végzett munka, ami esetünkben épületgépészek munkája egy év alatt: ez az évkönyv. A teljesítmény alkalmas tehát a szakterület munkájának bemutatására, a nagysága pedig az elismertségre.

A szakterület munkáját az eredmények bemutatásával kívánjuk elérni, tehát nem azzal, hogy minként dolgozik, melyek a szépségei, buktatói. Az épületgépészet munkájának bemutatásánál az eredményre helyeztük a hangsúlyt, de ezzel a pontosan megfogalmazott követelménnyel csak a nehézségek növekedtek. Az eredményesség ugyanis sokféleképpen értelmezhető az elvégzett munkával, annak megoldásakor keletkezett nehézségek leküzdésével, a létrehozott alkotás minőségével, értékével stb. Világosan lehetett látni, hogy ez olyan cél, melyet nagyon rugalmasan lehet csak kezelni, így leginkább a szakterület minél szélesebb körű bemutatását, a sokszínű megközelítést tudtuk követni. Ennek megfelelően a szakterületet, illetve annak egyévi munkáját a nemzetgazdasági jelentőségétől kezdve az aktuális évben született jelentős alkotásokon keresztül az ezekben közreműködő szereplők és azok megbecsülését megjelenítve egy életpálya befejezésének megemlékezéséig rendeztük a gondolatokat. A kiadványt ennek az ívnek a logikája mentén fejezetekre tagoltan alakítottuk ki. Ezt az elképzelés azonban rugalmasan kezeltük, mert a cél inkább a sokszínűség, a teljeskörűség és nem annyira az elvszerűség volt. A tervezett terjedelmi elképzelések és a közben alakult szerzői közreműködés változása miatt végül is 9 fejezetben foglaljuk össze a szakterület éves teljesítésének bemutatását. Az évkönyv szerkezete olyan, hogy a legszélesebb körben alkalmas a célként megjelöltek megvalósítására.

Az évkönyv főbb fejezetei:

Az épületgépészet nemzetgazdasági jelentősége
Hazai épületgépészeti helyzetkép
Jelentős épületgépészeti rendszerek
Szakmai köztestület és szervezetek munkái
Szakmai képzés, továbbképzés, utánpótlás
Élő múltunk
Épületgépészeti szakmai elismerések
Személyi hírek – dicsőségek, szomorúságok
Előre-tekintés – a műszaki fejlesztés irányai

Az egyes fejezetek más-más érdeklődési kör számára lehetnek érdekesek, de ezek terjedelmét igyekeztünk a témakör súlyához igazodóan megszabni. A törekvésünk ellenére azonban ezeket az arányokat nem mindig sikerült következetesen betartani, és ennek következménye, hogy a jövőkép, az elképzelések, a tervezett feladatok témaköre egy kissé túlszaladt. Ez persze nem baj, mert azt fejezi ki, hogy a szakma előtt álló feladatok, elvárások és lehetőségek nagyok, van tehát belátható perspektíva.

A megvalósult elképzelés

Az évkönyv összeállításánál világos volt a cél, a szándék és mindent megtettünk ezek megvalósulásáért. Ennek ellenére tisztában vagyunk azzal, hogy a kiadvány számos hiányossággal született meg. Valószínűleg minden igyekezetünk ellenére nincs benne minden, ami jól érzékeltethetné a szakterület súlyát, ezévi teljesítményét és talán többen is jogosan úgy érzik, hogy munkájuknak helye lett volna a kiadványban. A szakterület széleskörű tevékenysége miatt nagyszámú szerzői közösség vállalkozott a részletek bemutatására, feldolgozására. Az egyes tevékenységek bemutatásánál igyekeztünk a szakterület leginkább kompetens szereplőit megkeresni és ezt többségük el is vállalta, csupán néhány területről kaptunk visszautasítást.

A nagyszámú szerzőgárda persze azt is magával hozza, hogy mivel az írások magukon viselik az írójuk szemléletét, nézőpontját, sőt írásuk stílusát is, a kiadvány nem egységes hangvételű és megállapításaik adott esetben vitathatók is lehetnek. Mindezek a kételyek azért is jelennek meg, mert egy évenként megjelenő kiadvány első példányáról van szó és

ebben olyan témákat is fel kívántuk dolgozni, amellyel a szakterület eddig nem foglalkozott, illetve nem tartotta fontosnak bemutatni. A szakterület nemzetgazdasági jelentősége, a foglalkoztatottság stb. olyan témák, amelyek feltárása elemzéssel és szakmai megítélés alapján kimunkált adatokkal lehetséges, de tisztában vagyunk azzal, hogy ezeket az évek során csiszolni és pontosítani kell. Mindezekkel együtt reméljük, hogy az évkönyv hozzájárul az épületgépészet társadalmi elismertségéhez, szakmai súlyának bemutatásához, jelentőségének növeléséhez, és évenkénti megjelenésével a szakterület fejlődésének történeti dokumentuma lehet.

A kiadvány célközönsége

A célközönség az épületgépészeten kívül a nemzeti irányító testületek, kapcsolódó szak- és tudományterületek, az épületgépészeten belül valamennyi, a jelenlegi helyzetet mérlegelő és a jövő iránt érdeklődő szervezetek és személyek. A célközönségnél tehát elsődleges a szakterületen kívüli kör, amely az épületgépészeti szakterület szereplői számára a megrendelőkön kívül elsősorban a fő- illetve az irányító ellenőrző hatóságokat, szervezeteket jelenti, de a kiadványt ennél szélesebb körű érdeklődők számára tervezzük.

Világosan kell látni, hogy a szakmai elismerést a követlen gazdasági kötődésen kívüli körben is ki kell vívni, és a kapcsolatokat ki kell építeni. Ez egyébként a koordinációs szövetség kijelölt tevékenységének a fő területe (lásd az ábrát). Ez azt jelenti, hogy a szakterületet mozgató közvetlen megrendelői és a korlátozó szabályozói kapcsolatokon kívül a társadalmi beágyazottság ennél több, és hosszútávon mindenképpen figyelembe veendő. El kell fogadnunk, hogy az épületgépészet jövője nem az épületgépészet belső önfejlődéséből, hanem a vele szemben megfogalmazott követelményekből és az ezeket meghatározó társadalmi, gazdasági, tudományos és világképi tendenciákból vezethető le, ezeket a kapcsolatokat ki kell építeni és az évkönyvnek ezt a célt is ki kell elégítenie. Ugyanakkor azonban a tartalmát tekintve az épületgépészetről és annak szereplőiről szól, ezért a másik célközönség maga a szakma.

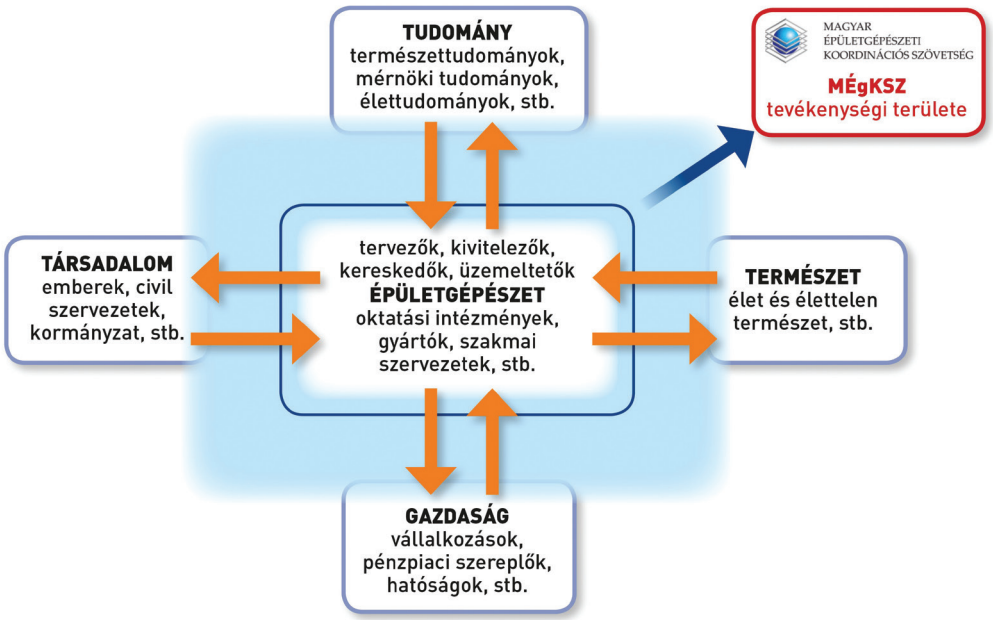
A kiadványt a célközönség számára a látókörünkben levő intézmények (minisztériumok, főhatóságok, társ- és kapcsolódó intézmények, kamarák, szakmai szervezetek) vezetői és szakmai referensei számára postán juttatjuk el. Az intézményeken kívül a társszakmák vállalkozói (pl. építészirodák, termék-forgalmazók, szolgáltatók stb.) számára, akik jelezték érdeklődésüket, és nem utolsó sorban az épületgépész szakma és a kiadvány támogatói számára küldünk a kiadványból. Ez a három csoport kb. azonos arányban száz-száz példányt jelent. A fennmaradó példányokat egyéni érintettség esetén (pl. díjazott) díjmentesen, illetve egyéb igényeknél megrendelés alapján (*www.megksz.hu*) korlátozott számban ki tudjuk elégíteni. Az évkönyv papír alapon jelenik meg, de egy későbbi időpontban elektronikusan is elérhető lesz.

Az évkönyvről összefoglalva

Az évkönyv első alkalommal került kiadásra és tervezetten a továbbiakban mindig az aktuális évet követően az első negyedévben fog megjelenni. Az évkönyv papír alapon, B5 formátumban, 500 példányban kerül kiadásra. Az első évben a terjedelem 180 oldal színes ábrákkal.

Ez az év az új-koronavírus járvány világméretű kihívásainak és ezek kezelésének jegyében zajlott. A SARS-CoV-2 vírus okozta világjárvány mindennapi életünk meghatározó részévé vált és hatását még fel sem tudjuk mérni, bizonytalanok vagyunk minden tervezésnél, előre tekintésnél. A bizonytalanságban egy biztos pont az Épületgépészet évkönyve 2020, amely a mögöttünk levő év már beteljesedett dolgait fogja össze, és reményeim szerint a következő években kedvezőbb körülmények között eredményesebb, aktív szakmai eredményekről fog tudni beszámolni.

Nem elegendő azonban a jól meghatározott cél és a szándék, a megvalósításhoz erőfeszítésekre, szívós munkára volt szükség.



Köszönet a szerzőknek, támogatóknak, akik közvetlen részvétellel, és/vagy anyagilag is hozzájárultak a megjelenéshez.

Reméljük, hogy ez a szándék és erőfeszítés hozzájárul szakterületünk ismertségének, elismertségének növeléséhez, társadalmi beágyazódásához, jövőnk tudatos alakításához.

Dr. Barótfi István

a Magyar Épületgépészeti Koordinációs Szövetség elnöke

RAUVITHERM a helyi hőellátás hatékony megoldása

A távhő és a helyi hőellátás közötti különbség, hogy a távfűtési rendszer többnyire nagy terület lát el. A helyi hőellátó rendszert kisebb ellátási terület és jóval csekélyebb számú fogyasztó jellemez. Névleges teljesítményük is eltérő. Ebből adódóan kis és kompakt hálózatokról van szó.

A jövő hőellátása

A különböző környezetbarát alternatív energiaforrások megjelenésével előtérbe kerültek, a csoportos hőellátás megoldásai, amikor több fogyasztó összefogásával, azok hőellátása csoportosan történik. Egyre gyakoribbak a multivalens kialakítások is, amely során több energiaforrás észszerű kombinációja szolgálja a fűtési/hűtési rendszereket. Egyértelmű haszon, hogy a csoportos hőellátási megoldások hatékonyabbak, gazdaságosabbak és jobban kímélik a környezetet, mint számos rendszer, amely egyetlen energiaforráson alapul.

A helyi hőellátó rendszerek alkalmazási területei:

- Kis és közepes hőszolgáltatási hálózatok létesítése.
- Kültérben elhelyezett levegő-víz hőszivattyúk, pellet üzemű fűtőberendezések vagy tárolók, geotermikus energiaforrások bekötése.
- Blokk fűtőerőművek, faapríték és biomassza kazánok bekötése, illetve hőelosztása az egyes hőfogyasztókra, ipari és mezőgazdasági üzemekben, így például csarnokok, üvegházak, istállók esetében.

A helyi hőellátás megvalósításához a **RAUVITHERM rendszer** komplett cső- és idomválasztékot kínál UNO és DUO vezetékekkel, valamint minden lényeges idommal. A DUO csöveknél a két haszoncső helyzetének állandóságát egymáshoz képest habosított PE idom biztosítja.

A RAUVITHERM cső oxigéndiffúzió-záró réteggel (EVOH) ellátott térhálósított haszoncsőből (PE-Xa), és zártcellás PE-habosított, a gyűrűmerevség és a rugalmasság növelése érdekében bordázott, külső köpenycsőből áll.

A tekercshossz 100 - 300 m a RAUVITHERM DUO 25-63 mm és az UNO 25 - 110 mm átmérő esetében. A haszoncsövek megengedett maximális hőmérséklete 95 °C, de rövid ideig képesek elviselni maximum 110 °C hőmérsékletet is.

REHAU toldóhüvelyes kötés minden szokványos elágazással, csatlakozóidommal, valamint speciális szerelvényekkel, például golyóscsapokkal és elzáró szerelvényekkel áll rendelkezésre.

REHAU FUSAPEX elektrokarmantyú 50-110 mm-es átmérőjű kötésekhez, könyökökkel, csatlakozóidomokkal és karimás kötéssel – 40 °C és + 95 °C között használható.

REHAU univerzális karmantyú alkalmas a RAUVITHERM és a piacon elérhető, minden szokványos csőrendszer bekötéséhez és elágaztatásához.

Egyszerű, kedvező árú, magas műszaki tartalmú vezetékfektetés a RAUVITHERM felhasználásával valósítható meg!

Gazdaságosság az egész hálózatban

A csövek anyagtulajdonságai döntően befolyásolják a bekerülési költséget. A REHAU PE-Xa polimer alapanyaga

egyértelműen kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezik, mint az acél.

Egyszerűbb nyomvonalak, egyszerűbb fektetés
A polimer rendszerek a legrövidebb nyomvonalvezetést teszik lehetővé, különösen helyszűke vagy kikerülések esetén a már kiépített lakókörnyezetben.

Kompenzátorok nélkül, egyszerű elágazások
A csőrendszer 100%-ban önkompenzáló, nem szükséges kompenzációs megoldásokat alkalmazni. Ráadásul nincs hegesztés, így a költséges minőség-ellenőrzési eljárások elmaradnak.

Gyorsabb munkavégzés a DUO csövekkel és a tekercses kiszereléssel
További előny az acéllal szemben: a PE-Xa csöveket a DUO 75 és az UNO 140 méretig tekercsben szállítjuk, akár 400 m-es hosszal is. Így a csőkötések és az utólagos szigetelési munkálatok nagy részére nincs szükség, az árkokban végzett munkálatok minimálisra csökkennek.
Az összesített átlagos megtakarítás 30% az acélhoz képest
Az egyszerűbb és kevesebb földmunka és a RAUVUTHERM csőfektetés együttesen átlagosan 30%-kal csökkenti az összköltséget az acél rendszerrel szemben.

Nem gond az utólagos bekötés
További költségmegtakarítás, hogy professzionális szerszámokkal és eljárásokkal az utólagos bekötések akár üzem közben is létrehozhatók.

Rendszerelem a REHAU NEXUS
Sokoldalúan alkalmazható üzemszünet nélkül

Ami sokáig csak hidegvizes, gázos és acélcsöves fűtési rendszereknél volt lehetséges, most már forró közegekhez és műanyaghoz is elérhető. A NEXUS, az első megfúró idom a PE-Xa csövekhez.

Hálózatbővítés? Légtelenítési pontok vagy mérési helyek utólagos beépítése szükséges? A felhasználási céltól függetlenül a REHAU NEXUS segítségével fűtési üzem közben és nyomás alatt elvégezhető a funkcióbővítés.

Legújabb fejlesztéseinkről a REHAU Magazin ad tájékoztatást!

Szebellédi Tamás
üzletágvezető
REHAU Épületgépészeti üzletág

Helyi hőellátás REHAU távhővezetékkel az ország legészakibb várában

Forrás: *www.fuzervara.hu*

Örömünkre szolgált, hogy a füzéri vár felújítása során *Várfalvi Géza* épületgépész tervei alapján a VÁRTERM Építő és Gépészeti Kft. az épületgépészeti munkák részeként a REHAU előszigetelt távhővezetékeivel építette ki a biztonságos hőellátást.

A Nemzeti Kastélyprogram és Nemzeti Várprogram keretében körülbelül 20 kastély és 19 vár újul meg a korszerű turisztikai igényeinek megfelelően, mintegy 70 milliárd forintos keretből. E projekt része a Füzér Vára REG-ÉLŐ Vár II. ütem is, amelynek befejezése 2021, a teljes beruházás elkészülte 2025-re várható. A felújítást követően a szakemberek arra számítanak, hogy a vár látogatottsága meghaladhatja az évi 140 ezer főt.

Az épület fűtésére a 2. ütemű keleti épületszárny pincéjében létesült a kazánház, amelyben a meglévővel azonos típusú fa-elgázosító kazánok kerültek alkalmazásra, 2 db 72 kW teljesítményű egységben.

A kazánházból a nyugati épületrészek fűtés ellátására a várudvaron áthaladó helyi távhő ellátás került kiépítésre. A beépített REHAU előszigetelt műanyag haszoncsöves vezetékek flexibilitása révén a talajszerkezet adottságaiból eredő nehézségek eredményesen kezelhetők voltak. Az iránytörések nagy részénél a csővezeték hajlítása révén idomok beépítése nem volt szükséges. Ez idő és költség megtakarítást eredményezett.

REHAU flexibilis távhővezetékek előnyei:

Optimális hőszigetelési képesség	Akár 95°C-ig és 10 bar nyomásig terhelhető
Rugalmas fektetés tekercsről	Gyors és költségtakarékos kivitelezés
Nincs korrózió és lerakódás	Teljes idom és tartozékválaszték

TPE

INTELLIGENS IN-LINE SZIVATTYÚK

A Grundfos TPE szivattyúk páratlan hatékonyságot és az intelligens funkciók széles skáláját kínálják. A TPE kiváló választás, ha egy egyfokozatú in-line megoldást keres. A száraztengelyű szivattyú – szemben a nedvestegelyű szivattyúkkal – kevésbé érzékeny a szivattyúzott közeg szennyeződésére. Ennek köszönhetően megbízható, robusztus, hosszútávú működést garantál.

www.grundfos.com/hu

GRUNDFOS

Pure competence in air.

above ErP compliance

EN 12101-3:2015 certified

Building & Industry

NOVENCO

SCHAKO Group

A világ leghatékonyabb ventilátora
már elérhető a JET garázs szellőztető rendszereknél is

ZERAX® AZT – GARÁZS SZELLŐZTETŐ JET VENTILÁTOR

Garázs

HELYTAKARÉKOS
Kompakt megoldás

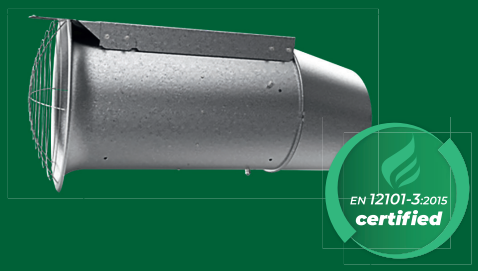
CSENDES
ZerAx® hangcsillapító nélkül

KÖLTSÉGHATÉKONY
Egyszerű és költséghatékony tervezés

GYORS SZÁLLÍTÁS
Raktáron lévő elemek

EGYSZERŰ TELEPÍTÉS
Kis tömeg
+ ‚click-click' szerelés

EGYSZERŰ KARBANTARTÁS
Könnyű hozzáférhetőség a főbb elemekhez



További információért, műszaki támogatásért keresse bizalommal
a SCHAKO KFT területileg illetékes kollegáját.

SCHAKO Group

WWW.SCHAKO.HU | Schako Kft. | H-2045 Törökbálint, Tó Park 6.
Telefon: 23/445-670 | Fax: 23/445-679 | e-mail@schako.hu

ADMECO · Building & Industry NOVENCO · REVENT · SCHAKO · SCHNEIDER · SIROCCO