

Épületgépészeti rendszerek villamosenergia-felhasználásának mérése, értékelése és összehasonlítása (iSERV projekt)

Dr. Magyar Zoltán¹ – Dr. Ian Knight²

Abstract

According to the EC's Joint Research Centre (2009), Heating, Ventilation and AC systems in the 27 European Union Member States were estimated to account for approximately 313 TWh of electricity use in 2007, about 11% of the total 2,800 TWh of electricity consumed in Europe that year. HVAC systems must therefore be a key contributor towards energy savings if the EU is to reach its target of reducing energy use by 20% by 2020. The old adage 'you can't manage what you can't measure' is very apt for HVAC systems as there is a real absence of publicly available information derived from large scale datasets on the detail of energy consumption of HVAC systems in buildings.

This article explores an approach towards achieving a better understanding across the EU Member States of these important elements of European energy consumption.

Bevezetés

Az Európai Bizottság Kutatóközpontjának (Joint Research Centre) 2009-es jelentése szerint a fűtés, a szellőztetés és a klímarendszerek villamosenergia-felhasználása a 27 európai tagországban hozzávetőlegesen 313 TWh volt 2007-ben, ami a teljes éves 2 800 TWh energiafogyasztásnak a 11%-a (1. táblázat).

1. táblázat. Épületgépészeti berendezések villamosenergia-felhasználása

Berendezések	Villamosenergia-felhasználás a teljes EU villamosenergia-felhasználásának %-ában (2007)
Klíma-berendezések és folyadékűtők	0,75
Szellőzőrendszerek ventilátorai	3,34
Szivattyúk	1,81
Központi fűtés	5,23

Az épületgépészeti rendszerek villamosenergia-felhasználása jelentős, így az EU 20-20-20 vállalásának teljesítéséhez nagymértékben csökkenteni kell e berendezések energiafelhasználását.

¹Pécsi Tudományegyetem, Épületgépészeti Tanszék

²Cardiff University, Welsh School of Architecture, UK



A régi mondás szerint: „amiről nincs információ, azt nem tudjuk kézben tartani, menedzselni” alkalmazható az épületgépészeti rendszerekre is. Napjainkban az épületfelügyeleti rendszerek rengeteg információt szolgáltat(hat)nak, de kérdés, hogy ezeket az információkat a leghatékonyabban tudjuk-e alkalmazni a megfelelő komfortkörülmények biztosítása mellett az épületek energiafelhasználásának csökkentése érdekében?

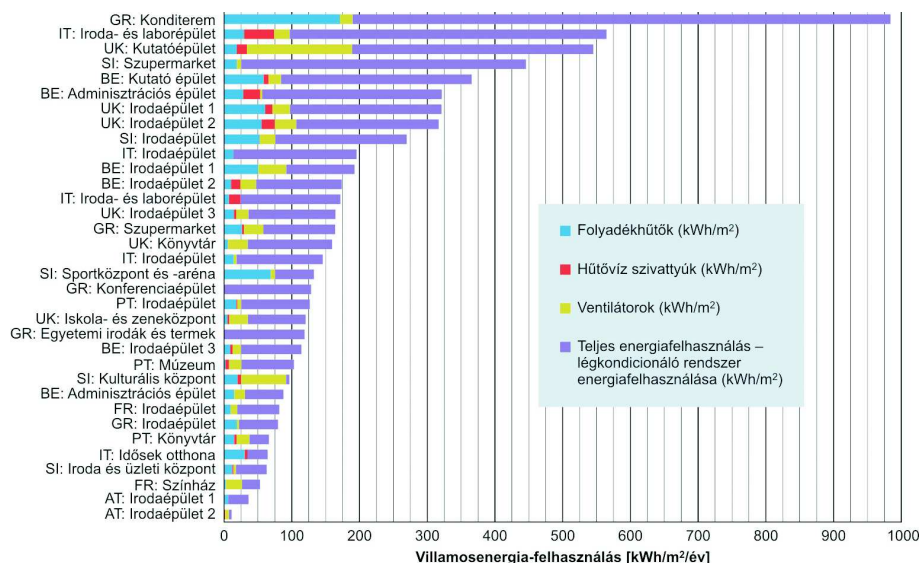
A cikk az Intelligent Energy Europe (IEE) keretében támogatott iSERV projektet ismerteti, amelynek célja az EU tagállamaiban összesen 1600 épületgépészeti rendszer energiafelhasználásának mérése (15 percenként), értékelése, az eredmények összehasonlítása, referenciaértékek kidolgozása, valamint javaslatétel az energiafelhasználás csökkentésére. A 3,3 m€ támogatással az iSERV projekt a legnagyobb, amelyet az Európai Bizottság EACI ügynöksége valaha is finanszírozott.

Az iSERV projekt célja az 1600 épületgépészeti rendszer vizsgálata során:

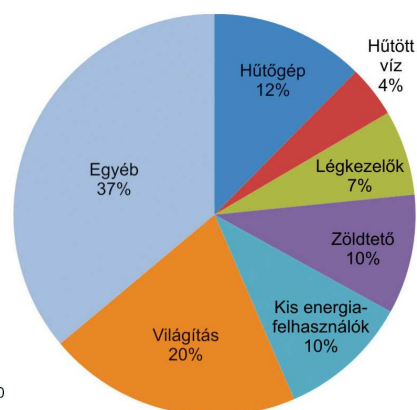
- Az adott tevékenységhez és funkcióhoz alkalmazott épületgépészeti megoldások, rendszerek meghatározása, vizsgálata.
- A vizsgált épületgépészeti rendszerek negyedóránkénti adatainak gyűjtése, elemzése.
- Az adott tevékenységet kiszolgáló épületgépészeti rendszer energiafelhasználásának ismerete alapján referenciaértékek meghatározása.
- Az épületgépészeti rendszer tulajdonosának visszajelzés arról, hogy a saját rendszerének energiafelhasználása hol helyezkedik el a referenciaértékhez képest, és milyen energiamegtakarítási lehetőségek vannak az adott rendszernél.

HARMONAC projekt

Az IEE iSERV projekt előzménye a 2010-ben befejeződött IEE HARMONAC projekt. Az 1. ábra (ld. a következő oldalon) a vizsgált 34 légkondicionáló rendszer villamosenergia-felhasználásának mérési eredményeit mutatja, külön kiemelve a hűtőgépek, a szivattyúk, a ventilátorok energiafelhasználását. A projektben az Egyesült Királyság, Olaszország, Szlovénia, Portugália, Belgium, Ausztria és Franciaország vett részt. Az ábrán látható az adott országban, adott funkciójú épületek teljes villamosenergia-felhasználása is. Megjegyezzük, hogy a vizsgálat során néhány esetben nem lehetett mérni a hűtőgép vagy a légkezelő energiafelhasználását, de a szivattyúk és a légnedvesítők energiafelhasználását minden esetben mérték. Általában jellemző volt, hogy az épületgépészeti rendszernek, valamint egyes elemeinek az energiafelhasználásáról nem állt rendelkezésre elegendő mérési adat, a mérők nagy részét a projekt során építették be.



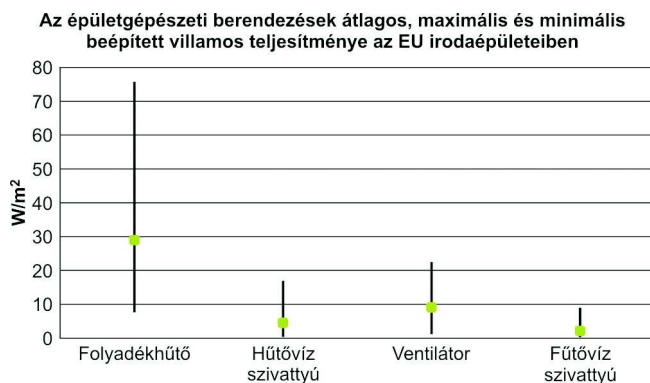
1. ábra. A teljes éves villamosenergia-felhasználás, valamint annak összetevői a HARMONAC program keretében vizsgált 34 épületben



2. ábra. Londoni irodaépület éves energiafelhasználása

A 2. ábra a mérési lehetőségek hiányosságait mutatja a 2008 májusában befejezett londoni modern irodaház (One Wood Street Building) példáján keresztül, amely teljes egészében az Egyesült Királyságban hatályos előírásoknak megfelelően, mérőkkel „megfelelően felszerelve” épült. Látható, hogy bár látszólag átfogó mérési stratégia készült, az éves villamosenergia-felhasználásának mintegy egyharmada nem ismert. Ez az épület volt az Egyesült Királyságban a HARMONAC projekt által vizsgált és jól dokumentált egyik referenciaépület, de senki sem tudta, hogy mire fordítódott a teljes villamosenergia-felhasználás 37%-a. Vélhetően ennek közel felét a légkondicionáló rendszer egyes elemeinek a villamosenergia-felhasználása tette ki.

A 3. ábra azt mutatja, hogy az irodaépületek épületgépészeti rendszereiben a beépített berendezések elektromos kapacitása hogyan viszonyul a tényleges energiafelhasználáshoz. Látható, hogy a beépített villamos teljesítmény és a felhasznált elektromos energia az egyes komponenseknél jellemzően hasonlóak, például a folyadékhűtőnek van a legnagyobb beépített teljesítménye és ennek van a legnagyobb energiafelhasználása is. A projektben vizsgált irodaépületek épületgépészeti rendszereinek átlagos éves energiafelhasználása 56 kWh/m² volt.



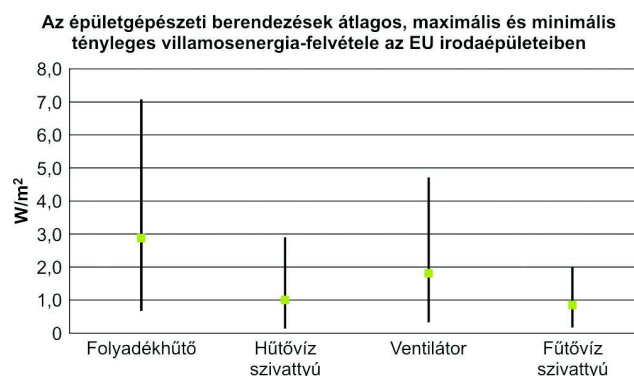
3. ábra. Az átlagos, a maximális és a minimális beépített és a ténylegesen felhasznált villamos energia

Az épületgépészeti rendszerek energiafelhasználásának ismeretéhez szükséges vizsgálatok

A meglévő épületgépészeti rendszerek tényleges energiafelhasználásának mérése azért fontos, hogy ennek ismeretében előre meghatározzuk a várható energiafelhasználást. Ennek ismerete hasznos az épületgépészeti rendszerek üzemeltetésénél és tervezésénél is, hogy minél kisebb tényleges energiafelhasználást érjünk el.

A HARMONAC projekt eredményeinek ismertetésében, az iSERV projekt során további információk gyűjtésére kerül sor az épület használatáról, az épületgépészeti elemekről, a felhasználói szokásokról és az épület használati idejéről is. Hasonló megközelítés található a német VDI 3807-es irányelvben és az UK SBEM módszerben is.

Az épületgépészeti rendszer vizsgálatához ismerni kell az épületben folyó tevékenységet, a rendszer és a beépített rendszerelemek jellemzőit. A kapott mérési adatokat – a beépített teljesítményt figyelembe véve – viszonyítási alapként lehet felhasználni. Az iSERV projekt egyik célja a mérési adatok alapján a „jó”, az „átlagos” és a „rossz” minősítésekhez tartozó fajlagos energiafogyasztás meghatározása, különböző elemekből álló épületgépészeti rendszerekre és különböző tevékenységekre.



Az egyes épületgépészeti rendszerelemek energiafelhasználásának birtokában olyan ismeretekhez juthatunk, amelyet figyelembe lehet venni az épületgépészeti rendszer energetikai felülvizsgálata során is. Az iSERV projekt egyik célkitűzése az energetikai felülvizsgálat kiegészítése olyan információkkal, hogy melyek a rendszer azon elemei, ahol további energia-megtakarítás érhető el. A referenciaértékekhez történő viszonyítás lehetőséget ad a rendszer és a rendszerelemek hatékonyságának meghatározásához, az adott esetben lehetséges energia-megtakarítás kiválasztásához.

Adatgyűjtés

Első lépésben a vizsgált rendszert kell definiálni, amely tartalmazza az épületgépészeti rendszer leírását, az előírt paramétereket, a használati időt és a felhasználói szokásokat. Az adatlap, melyet a következő oldalon látható **2. táblázat** szemléltet, megtalálható a projekt honlapján (www.iservcmb.info).

Az adatlap több olyan információt tartalmaz, amelyek vagy listából választhatók ki, vagy egy már korábban bevitt adatrendszer alapján opcionálisan választhatók. Az opcionális cellák is fontos információkat tartalmaznak, amelyek a mélyebb elemzéshez szükségesek.

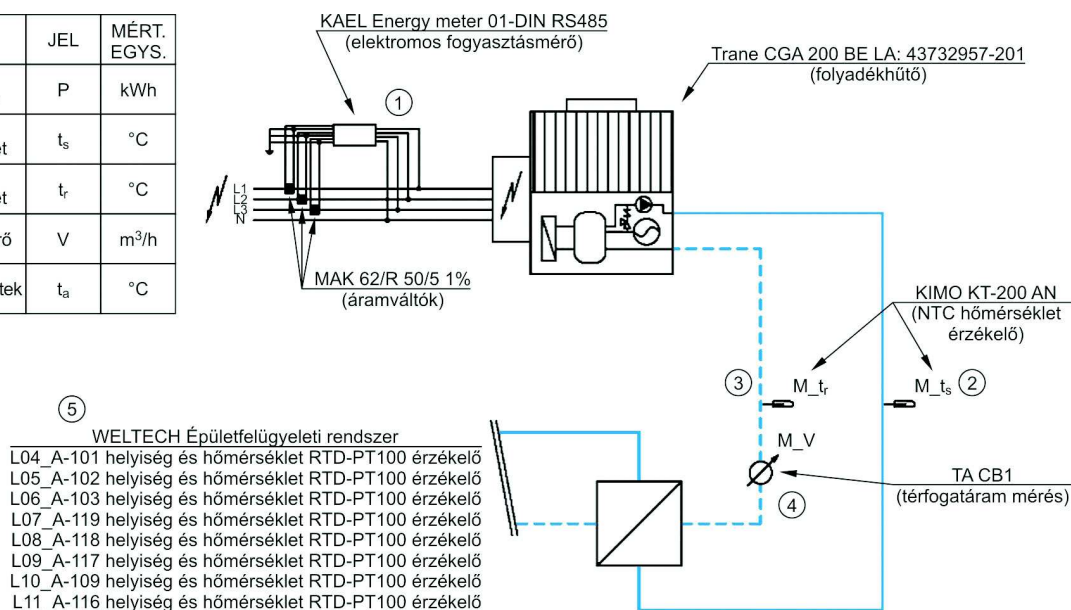
Hazai mérések

Az iSERV projekt magyarországi partnere a Pécsi Tudományegyetem Épületgépészeti Tanszéke. A projekt megvalósítása során 100 hazai rendszer kerül kiválasztásra, amely részt vesz a mérésekben, a kiértékelésben és az összehasonlításban. A vizsgált rendszer bekerül az iSERV adatbázisába, tulajdonosa, üzemeltetője használhatja az iSERV logót, a projekt honlapjáról link mutat minden résztvevő honlapjára.

A projektben való részvétel előnyei:

- A projektben való részvétel ingyenes azok számára, akik adatokat szolgáltatnak az iSERV-nek.
- Az adatszolgáltatás biztosítja, hogy a vizsgált rendszer energiafelhasználása összehasonlítható legyen más, hasonló típusú rendszerekkel (benchmarking).

SR	MEGNEVEZÉS	JEL	MÉRT. EGYS.
1	Elektromos fogyasztásmérő	P	kWh
2	Előremenő közeghőmérséklet	t_s	$^{\circ}\text{C}$
3	Visszatérő közeghőmérséklet	t_r	$^{\circ}\text{C}$
4	Térfogatáram-mérő	V	m^3/h
5	Helyiség hőmérsékletek	t_a	$^{\circ}\text{C}$



4. ábra. A vizsgált rendszer kapcsolási vázlatja

- A mérési eredmények alapján a rendszer lehetséges energia-megtakarítási lehetőségei világossá válnak.
- Az anonimitás biztosított, így az esetleges gyenge teljesítmény nem kerül nyilvánosságra.
- Lehetőség nyílik az energiafelhasználásról különböző jelentések készítésére.
- A projekt lehetőséget kínál arra, hogy a felhasználók rendszere ingyenes, részletes felülvizsgálaton és beltéri levegőminőségi ellenőrzésen essen át.
- Lehetőség nyílik arra, hogy a projektben részt vevők épületgépészeti rendszere bekerüljön a jó gyakorlatok esettanulmányába, bemutatva a cég jól működő menedzsment-folyamatait.

Az első méréseket a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar épületének egyik rendszerén végeztük. A vizsgált légttechnikai rendszer az oktatási épület egy részét látja el, az 1. emeleten kialakított 8 darab informatika termet. A rendszer központi egysége egy Trane CGA 20 (50,9 kW) folyadékűtő. A termekben nedves rendszerű mennyezet-hűtés található. A termek mindegyike 68 m² alapterületű, a teljes mennyezet felülethűtéssel beépített, amely $Q_h = 3,8 \text{ kW}$ teljesítményű és 16/19 $^{\circ}\text{C}$ tervezett hőfoklépcsővel rendelkezik.

A mérést több ponton végezzük, a fő mérési hely a villamos oldalon található. A villamos hálózatmérő (KAEL Energy-meter 01 DIN RS485) nem teszi lehetővé közvetlenül az elektromos áram felhasználásának a mérését, ezért a hozzá tartozó áramváltókkal (3 db MAK 62/R 50/5 1%) méri a felvett elektromos energiát. A folyadékűtő háromfázisú, azaz 400 V vonali feszültséget igényel. Ezen kívül mérjük a folyadékűtőnél az előremenő és a visszatérő víz hőmérsékletet (Kimo KT-200 AN), valamint a térfogatáramot (TA CB 1). Az épületfelügyeleti rendszeren (WELTECH System) keresztül kerül rögzítésre a külső hőmérséklet és minden vizsgált helyiség belső hőmérséklete. A rendszer kapcsolási vázlatát **4. ábrán** látható.

2. táblázat. Az adatgyűjtéshez használt adatlap

Épület	Mérőeszköz	Érzékelő	Épületgépészeti rendszer	Rendszerelem	Menetrend (alapértékek)	Helyiség
Épület neve	Név	Név	Név	Név	Név	Név
Leírása	Leírása	Leírása	Leírása	Leírása	Leírása	Leírása
Szervezet neve	Mérő típusa	Érzékelő típusa	Fő épületgépészeti rendszer	Az egyes elemek típusai	Időbeosztás	Alapterület (m ²)
Helyszín	Mértékegység	Mértékegység	Épületgépészeti rendszer	Az egyes elemek altípusa	Adatok: -tól	Szektor
Szektor	Szorító	Csővezeték (m ²)	Rendszer	Épületgépészeti rendszer	Adatok: -ig	Tevékenység
Cím	Létesítés helye	Egyedi mérőműszer ID	Alrendszer	Mérés helye	Páratartalom felső határa	Épületgépészeti rendszerek
Város	Mérőműszer ID	Adatvételezés kezdete	Adatvételezés kezdete	Névleges villamos energia bevitel (kW) és/vagy a mérőműszer neve	Páratartalom alsó határa	Mérőeszközök
Irányítószám	Adatvételezés kezdete	Adatvételezés vége	Adatvételezés vége		Fűtési alapértékek Dátum/Idő	Alapértékek, páratartalom, foglaltság
Ország	Adatvételezés vége		Érzékelő neve	Érzékelő neve	Hűtési alapértékek Dátum/Idő	Érzékelő neve
Ép. gép. rendszer hőmérsékletének felülvizsgálata	Főmérő eszköz		Mérőműszer neve	Adatvételezés kezdete	Relatív páratartalom Dátum/Idő	Adatvételezés kezdete
Szerkesztés hónapja			Áramló hőmérséklet vizsgálata	Adatvételezés vége	Elfoglaltság Dátum/Idő	Adatvételezés vége
Adatvételezés kezdete				Fő összetevők		Épületgépészeti rendszer hőmérséklete
Adatvételezés vége				Névleges hőteljesítmény (kW)		Épületgépészeti rendszer helye
Azonosító kód				COP tényező		Mérőműszer helye
GPS – szélesség				EER tényező		Megjegyzés
GPS – hosszúság				SEER tényező		
Belső terület – bruttó (m ²)				Európai szezonális energiahatékonysági arány		
Légkondicionált terület (m ²)				Gyártó		
Menetrend				Skála		
Épületgépészeti rendszer				Modell		
Épülethez tartozó megjegyzések				Szériaszám		
				Gyártás éve		
				Névleges hűtési teljesítmény (kW)		
				Névleges fűtési teljesítmény (kW)		
				Névleges fűtési energiafelvétel (kW)		
				Karbantartási szerződés		
				Az utolsó karbantartási időpont		
				A következő karbantartási időpont		

A lilás szín mutatja azokat az adatokat, amelyeket kiválaszthatunk a listából

A narancssárga szín mutatja azokat az adatokat, amelyeket a táblázatkezelőből választhatunk ki

A zöld cellák az EUROVENT Certification adatbázisából származnak

A szürke színnel jelzett cellák automatikusan kerülnek megadásra más cella adatai alapján

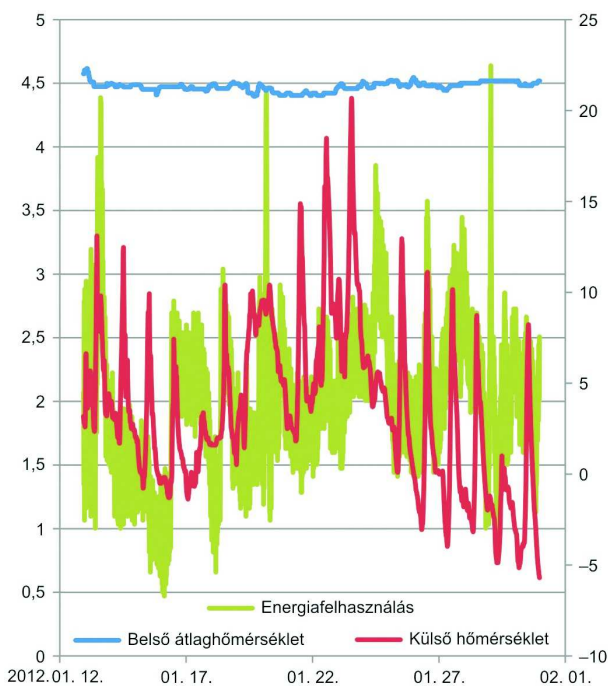
A kék színű cellák kitöltése nem kötelező, de nagyon hasznosak lehetnek a tulajdonosnak és az iSERV-nek

A vizsgált rendszer általános adatait a 2. táblázatnak megfelelően készítettük el. Az adatlap (5. ábra) tartalmazza a fő elemek adatait, az érzékelőket, valamint a vizsgált helyiségek előírt nyári és téli hőmérsékletét, a bent tartózkodók számát.

Utility Meter																								
Name*	Description	Meter Type*	Unit Type*	Multiplier	Space Where Located																			
K421	Energy meter 01-DIN 85485	with MAX 42/18 50/3 25 meter of current transformer	Electricity	kWh																				
HVAC Sensor																								
Name*	Description	Sensor Type*	Unit Type*	Duct/Pipe Area m2	Unique Sensor ID*																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Room air temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487504																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Chilled water flow temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487505																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Chilled water return temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487506																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Room air temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487507																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Hot water flow temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487508																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Hot water return temperature	Centigrade		TEMP_SEN_00487509																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Room air temperature sensor	Centigrade		TEMP_SEN_00487510																			
Temp 01-220-DIN-20	NTC sensor	Room air temperature sensor	Centigrade		TEMP_SEN_00487511																			
HVAC System																								
Name*	Description	Main HVAC System*	HVAC Type*	System Classification*	System Sub-Classification*																			
Heat 01-Heat Pump	Heat Pump	Yes	Heat exchanger with natural ventilation	Demanded system	Heat exchanger Heat Pump (iSERV)																			
HVAC Component																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Mon	H	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	RH	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Occ	0	0	0	0	0	0	10	10	10	20	50	50	50	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tue	H	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	RH	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Occ	100	100	100	100	50	0	10	10	10	20	50	50	50	50	20	20	20	20	20	20	20	20	100
Wed	H	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	RH	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Occ	0	0	0	0	0	0	10	10	10	20	50	50	50	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Thu	H	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	RH	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Occ	0	0	0	0	0	0	10	10	10	20	50	50	50	50	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fri	H	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	C	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	RH	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n

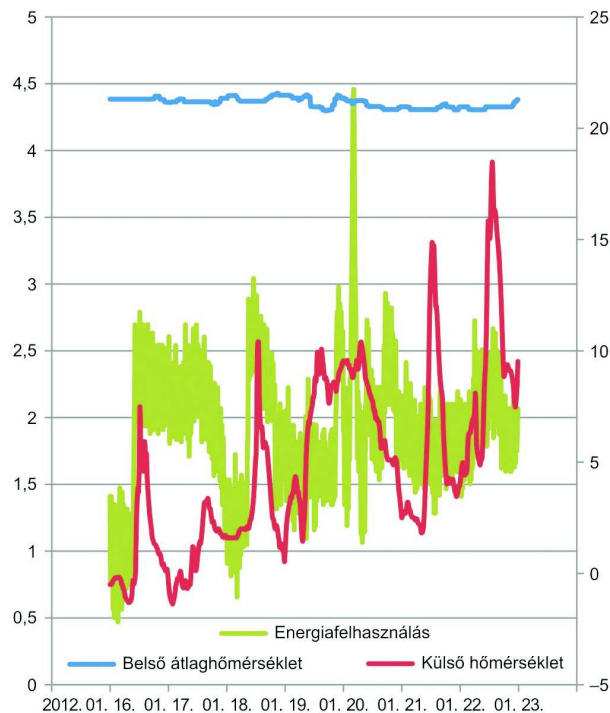
5. ábra. A vizsgált rendszer adatlapja

A mért adatok online kerülnek megadásra, a mérési adatok a későbbiekben bármikor lekérhetőek, különböző értékelések készíthetők. A 6. ábra a mérési eredmények közül a külső és belső hőmérsékleteket, valamint a folyadékűtő energiafelhasználását mutatja. Az ábrán látható, hogy a vizsgált időszakban a belső hőmérséklet 21,3 °C és 22,3 °C között volt, a külső hőmérséklet -6 °C és 21 °C között változott. A hűtőgép villamosenergia-felhasználása 15 perces mérési adatokból számítva átlagban 2,3 kWh körül volt.



6. ábra. Mérési eredmények 2012 januárjában

A mérési eredmények tetszőleges időre lekérhetőek, a 7. ábra például a 2012. január 16. és január 23. közötti időszakot mutatja.



7. ábra. Mérési eredmények 2012. január 16. és 23. között

Összefoglalás

Az épületek energiafelhasználásának legnagyobb része az épületgépészeti rendszerek energiafelhasználásából származik. A HARMONAC program keretében mért éves villamosenergia-felhasználás irodák esetén 18 és 106 kWh/m²/év között változott, az átlag 55 kWh/m²/év volt. Az eltérések részletesebb és mélyebb vizsgálatával, az energiafelhasználás 1600 rendszeren végzett mérésével, értékelésével és összehasonlításával foglalkozik a 2011 májusában indult 3 éves iSERV projekt.

Az iSERV EUprojekt összegyűjti a működő épületgépészeti rendszerek villamosenergia-felhasználását, a folyamatos monitoring következtében a működési rendellenességek azonnal észlelhetők, a helyes üzemeltetés elérésével 10–15%-os energia-megtakarítás várható.

Az iSERV projekt eredményeiről folyamatos tájékoztatást nyújtunk a különböző nemzetközi rendezvényeken, így 2012-ben a REHVA éves konferenciáján Temesváron, valamint 2013-ban a CLIMA 2013 Világkonferencián Prágában.

Amennyiben szeretne többet megtudni a projektről, illetve részt venni a projektben, kérjük, forduljon bizalommal az illetékes projekt koordinátorhoz, akinek a nevét az iSERV honlapján találja meg: www.iservcmb.info.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki mindazoknak, akik hozzájárultak a HARMONAC illetve az iSERV projektekhez, amely lehetővé tette, hogy e cikk létrejöhessen, illetve köszönetet mondanak az Európai Bizottság tagjainak a projektek létrejöttéért és finanszírozásáért.