

A távhőrendszer hőforrása működésének optimalizálása gázmotor és hőszivattyúk alkalmazásával

Optimizing the operation of the heat source of a district heating system using a gas engine and heat pumps

TAKÁCS János, MUDRÁ Martina

Szlovák Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kara, Épületgépészeti T.
Bratislava – Pozsony, Szlovákia
jan.takacs@stuba.sk, martina.mudra19@gmail.com

ABSTRACT

The content of the paper is a proposed application of cogeneration unit (CU) and heat pumps (HP) water-to-water in district heating system Západ in Brezno. The existing heat source consists of three hot-water boilers firing natural gas. CU and HP operation is designed without external connection to the electricity network. The main objective of the proposal is to consistency of CU performance with consumption of HP and its periphery. The CU and HP will be used for the preparation of hot water (HW) in an accumulation manner. The flow of heating medium passes first through the HP and then through the CU, if the temperature of the heating medium is not sufficient, the flow of heat transfer medium passes through the boiler. The real operating data on which we based our proposal were provided for the period 2016 – 2018. In conclusion, we assessed the proposal in terms of energy, economy and ecology.

KIVONAT

A cikk a hőforrás optimalizálására vonatkozó javaslatot tárgyalja a Breznoi nyugati lakótelep központi távhő rendszeréhez (KTR). A meglévő hőforrást három melegvizes kazán alkotja, amely földgázt (FG) éget. A meglévő hőforrás üzemeltetését egy kapcsolt energiatermelő egység - gázmotor (GM) és két víz-víz típusú hőszivattyú (HSz) egészíti ki. A GM és a HSz működését a hálózathoz való külső csatlakozás nélkül tervezték. A javasolt megoldás fő célja a GM teljesítményének összehangolása a HSz fogyasztásával és annak perifériájával. A használati melegvíz (HMV) nagyméretű tárolóba lesz összegyűjtve a GM és a HSz alkalmazásával. A visszatérő HMV áramlása először a HSz, majd a GM-on keresztülhalad át, ha a fHMV hőmérséklete nem elegendő ahhoz, hogy rendszerbe küldjük, a HMV a kazánon utófűtik. A javaslatunk alapjául szolgáló valós működési adatokat a 2016–2018 közötti időszakra vonatkozóan kaptuk meg.

Kulcsszavak: Központi távhő rendszeréhez (KTR), gázmotor (GM), hőszivattyú (HSz), használati melegvíz (HMV), földgáz (FG),

1. A TÁVHŐRENDSZER ÉS MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK

A hőforrásból a KTR a hőenergia fogyasztóhoz áramlik földalatti csőhálózatok segítségével és kapják a lakóépületek, irodaépületek, iskolák, sportlétesítmények és egyéb épületek. A központi távhő rendszer egy helyre koncentrálja a hőtermelést - a központi kazánházban, amely többnyire a lakóövezetek szélén helyezkedik el, és tiszteletben tartja az összes biztonsági és környezeti szempontokat. A KTR lehetővé teszi, hogy rugalmasan

reagáljon az eredeti és az új ügyfelek igényeire. Ez megakadályozza a légszennyezés más helyi forrásainak kialakulását. A KTR-hez csatlakoztatott épületek biztonságos és problémamentes hőellátást garantálnak. A hőt HMV formájában szállítják a hőfogadó állomásokig, amelyek nem termelnek káros anyagokat, és nem jelentenek veszélyt a végfelhasználókra vagy a környezetre. [9]

A világviszonylatban a fosszilis tüzelőanyagok kimerülnek, így a tartalékok is[3], az éghajlatváltozás és a légköri CO₂ növekvő szintje arra készíti a társadalmat, hogy fontolja meg az alternatív, vagy megújuló energiaforrások szükségességét. Az épületekben hő, hideg vagy villamos energia több mint 80 %-át felhasználják a fogyasztók kényelmének biztosításához olyan energiarendszerek segítségével, mint központifűtés, szellőzés és légkondicionálás, HMV és elektromos áramtermelés. [3], [5] Az Európai Unió (EU) ezért olyan rendeleteket, irányelveket és stratégiai dokumentumokat fogad el, amelyek egyrészt a megújuló energia felhasználásának növelésére, másrészt az épületek energia igényének csökkentésére irányulnak. [3]

Az Európai parlament és tanács elfogadott irányelv 2010. május 19-i 2010/31 /az épületek energiaigényéről szóló, többek között kimondja, hogy az EU tagállamait ösztönzi a nagyobb hatékonyságú és alternatív rendszereket, például a kapcsolt energiatermelést, hogy fontolják meg és vegyék figyelembe a jelentősen felújított épületek vonatkozásában. A KTR, különösen akkor hatékonyak, ha a megújuló energiaforrásokból, hőszivattyúból és más rendszerekből származó energiát részben vagy egészben felhasználják, amennyire mindez műszaki, funkcionális és gazdasági szempontból megvalósítható. [4]

A hatékony hőforrás az KTR nagyon fontos eleme. Ezek olyan hőforrások, amelyek a megújuló energiaforrásokból előállított hő legalább 50% -át, vagy az ipari folyamatokból származó hő 50% -át, a kapcsolt energiatermelés során előállított hő 75% -át vagy az ezek kombinációja által termelt hőt 50% -át szolgáltatják. [7]

2. A FŰTŐFORRÁS-MŰKÖDÉSÉNEK OPTIMALIZÁLÁSA

Ez a fejezet a jelenlegi hőforrás leírására szolgál, tekintettel a helyszínre és a hő előállításához használt technológiára. A hőforrás energiamérlegének értékelése az elmúlt három évben, valamint a GM egység és a hőszivattyú teljesítményének tervezése megtörtént.

2.1 A terület leírása

A fűtőforrás - kazánház két különálló épületből áll, amely a Garam folyó közelében található, a Ladislav Novomeský lakónegyedében. A Garam közelsége, ahogy az az 1. ábrán látható, azt feltételezi, hogy a környező altalajban sok a talajvíz (alacsony hőmérsékletű energia), amelyet egy víz-víz HSz működtetésével magasabb hőmérsékletű szintre emel. [3]



1. ábra

A Garam (Hron) folyó hőforrás közelében [szerzők]

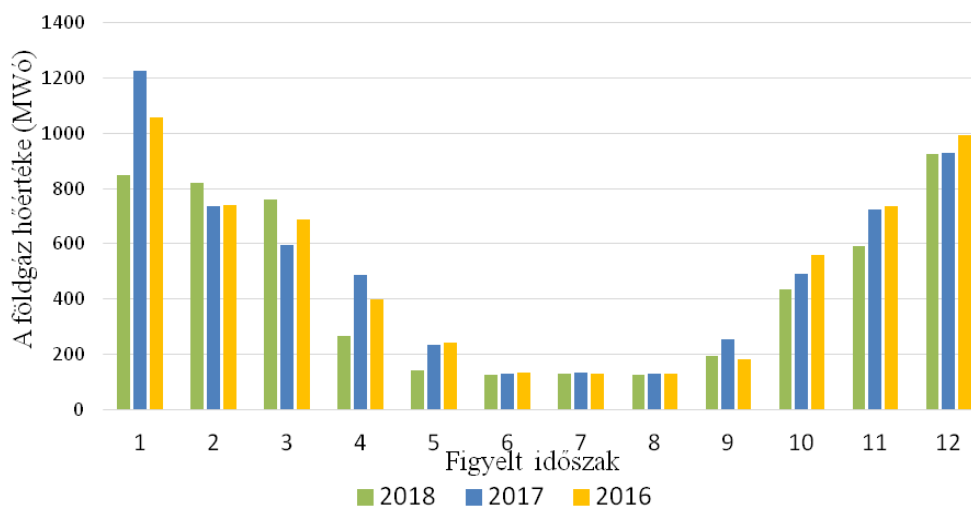
A központi hőforrás és KTR 782 lakást lát el fűtéssel és használati meleg vízzel (HMV), téli stadiont, egy éttermet és egy panziót a nyugdíjasok számára. A távhőrendszer hálózat teljes hossza 1 458 méter. [8]

2.2 A gázkazán helyiségének leírása

A fűtési szezonban folyamatos üzem 24 órás üzem van, nyáron a kazánház 4⁰⁰ és 23⁰⁰ között, azaz 19 óráig működik. Ebben a központi fűtőforrásban a hő szállító folyadék (fűtőközeg) melegvíz, az eredeti számítási hőlépcsővel $D\Theta = 90/70$ °C. A hőforrást három melegvíz kazán képezi, teljes hőteljesítményük $Q = 6,76$ MW. Ezekon a kazánokon füstgáz-hőcserélőt alkalmaznak. A HMV előállítás a lemezes hőcserélőkben soros összeköttetésben valósul meg előmelegítésként és vízmelegítésként, cirkulációs rendszerrel ezen hőcserélők között a visszatérő víz jobb hűtése érdekében. A hideg vizet előmelegítik egy kondenzációs készülékekben, amely egy $V = 6300$ literes előmelegített víztároló tartályhoz van csatlakoztatva, hogy hőt tárolhassanak, amikor kevés vagy nincs hőigény. [1]

2.3 A tervezett hőforrás energiamérlege

A földgáz (FG) óránkénti mennyiségét m³-ben adták meg nekünk a 2016 - 2018 közötti időszakokra. Ha a FG mennyiség értékeit megszorozzuk a fűtőértékével, akkor elérjük a FG teljes hőértékét. Összehasonlítva a FG éves fogyasztását és az FG-ben található összes hőértéket, arra a következtetésre jutottunk, hogy 2017-ben a FG legnagyobb fogyasztása volt, tehát a FG-ben az összes hő értéke is így alakult. Éppen ellenkezőleg, 2018-ban a fogyasztás 11,6% -kal volt alacsonyabb, mint 2017-ben, ezt a 2. ábra grafikonja is mutatja. [1]



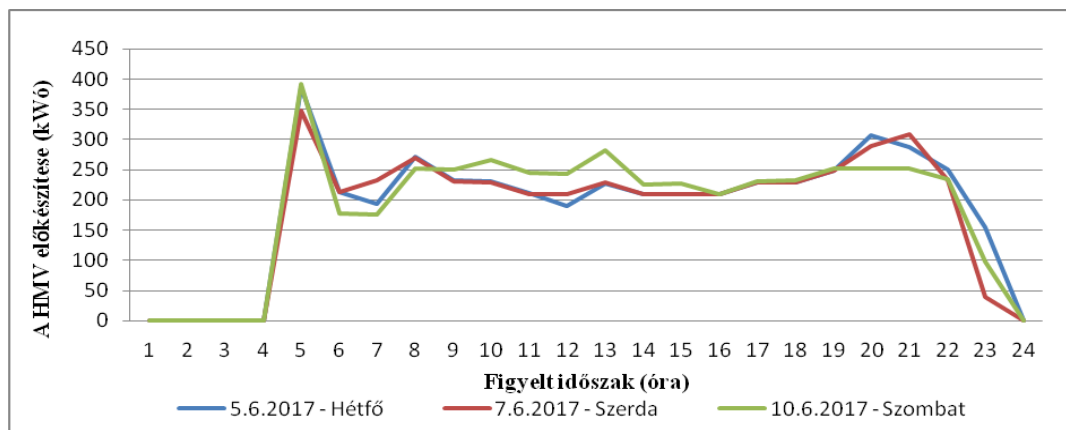
2. ábra

Az FG-ben teljes hő havi lefutása, MWh-ban, 2016 - 2018 időszak között [1]

2.4 A kapcsolt energiatermelő egység és a hőszivattyúk teljesítményének megtervezése

A jövőben egy gázmotorral (GM) és két hőszivattyú (HSz) segítségével a melegvízes-kazánok jelenlegi üzemeltetését bővítik. A GM meghajtásának energiaforrása FG. A hőszivattyú hajtásának energiaforrása a GM által termelt villamos energia. A GM és HSz - szett a használati melegvíz felhalmozódására és a előkészítésére szolgál. A tárolótartály a GM és a kazánok mögött helyezkedik el. Amikor a melegvíz-fogyasztás iránti igény csökken, a felmelegített víz felhalmozódik benne, és a megnövekedett igény esetén a hálózatba szállítja. A javaslat lényege a berendezések rendszeres működésének biztosítása, a lehető leghosszabb ideig történő működés és minimális indítás. Az eszköz optimális teljesítményének

meghatározása érdekében jó tudni, hogy mekkora a HMV fogyasztása 24 órán belül. Az eszköz teljesítményét a HMV előkészítéséhez az átlagos óránkénti hőfogyasztás alapján lehet meghatározni, és az a júniusi óránkénti fogyasztáson alapul. Munkanapok - hétfő, szerda és szabad nap - szombat összehasonlításra kerülnek. A 3. ábra grafikonja azt mutatja, hogy a TV-szállítás 4:00 és 23:00 között van, azaz 19 óra. Hétköznapokon a HMV-fogyasztás a legnagyobb reggel és este, hétfőn pedig a HMV-fogyasztás növekszik a munkanapokhoz képest, és a nap folyamán átlagosan azonos. A HMV előkészítés során az átlagos óránkénti hőfogyasztás 275 kW, 2017-ben 280 kW, 2018-ban pedig a melegvíz előkészítés hőfogyasztása 267 kW volt. [1]



3. ábra

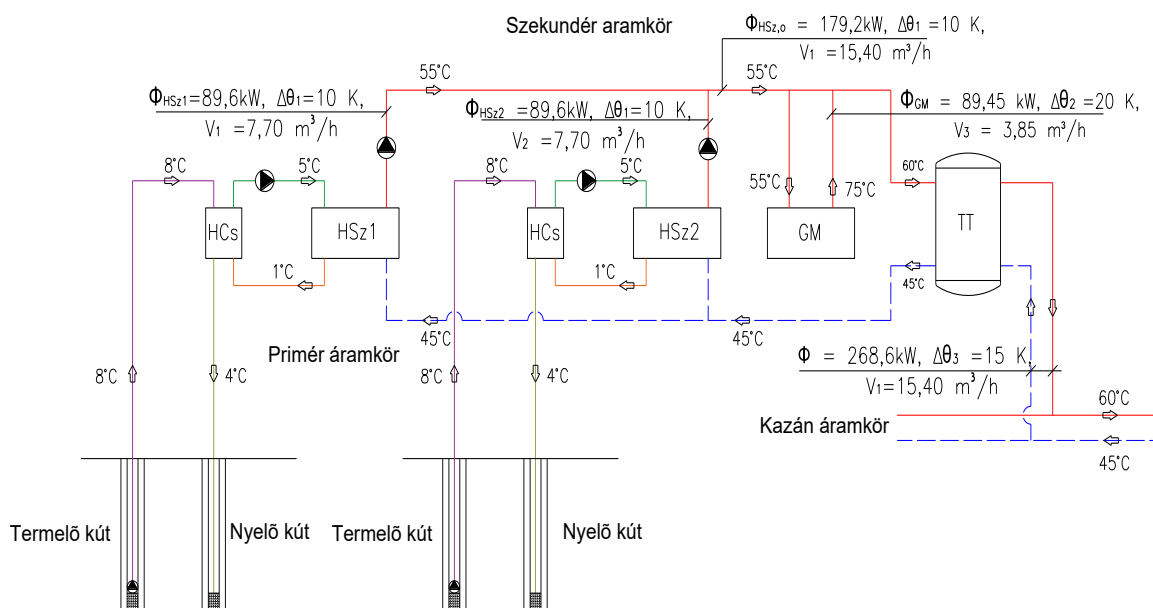
A HMV előkészítés óránkénti hőfogyasztásának összehasonlítása a 2017. június 3-i napokon, 24 óra folyamán [1]

A 2016 - 2018 közötti időszakra vonatkozó adatok összehasonlításával a GM és HSz hőteljesítményét 270 kW-ra állították. A GM és a HSz készlet a kazánok előtt helyezkedik el a visszatérő fűtési víz áramlása irányában. A visszatérő fűtővíz hőmérséklete $\theta_v = 45^\circ \text{C}$. Feladatunk az volt, hogy $\theta_{\text{HMV}} = 60^\circ \text{C}$ hőmérsékletű HMV-t állítsunk elő. A hőmérsékletcsökkenés tehát a rendszerben $60/45^\circ \text{C}$, így a hőmérsékleti különbség $\Delta\theta = 15\text{K}$. A berendezés teljesítményének megtervezése során nagyon fontos paraméter a térfogatáram is, amely a rendszeren keresztül áramlik. Annak a ténynek, hogy a rendszerbe belépő térfogatáramnak meg kell egyeznie azzal a térfogatárammal, amely elhagyja a rendszert, érvényesnek kell lennie. A térfogatáram 270 kW hőteljesítményénél és $\Delta\theta = 15\text{K}$ hőmérsékletkülönbségnél $V_1 = 15,48\text{ m}^3/\text{h}$.

A HSz primér oldalán az áramkör $5/1^\circ \text{C}$ hőmérsékleti gradienssel működik - vagyis az alacsony hőmérsékletű hőforrás a munkaközegbe jut - a kutak felszín alatti talajvízbe, és magasabb hőmérséklettel alakul át, amelyet a fűtési rendszer másodlagos körébe továbbít. Visszatérő melegvíz, amelynek hőmérséklete $\theta_v = 45^\circ \text{C}$, HMV jut, és 10 K-kal melegszik fel a melegvízben, ami azt jelenti, hogy a melegvíz kimenetén a HMV hőmérséklet 55°C lesz. Ezúttal tudjuk, hogy a hőszivattyún átáramló $\Delta\theta_1 = 10\text{K}$ hőmérsékletkülönbség és $V_1 = 15,48\text{ m}^3/\text{h}$ térfogatáramnál van. A számítás meghatározta a HSz hőteljesítményét 180 kW-on. A fentiekből következik, hogy a GM hőteljesítménye $Q_{\text{GM}} = 90\text{ kW}$ lesz.

Tekintettel arra, hogy a GM szokásos módon $\Delta\theta = 20\text{K}$ hőmérsékleti gradienssel működik, ami azt jelenti, hogy ha a GM-ban az 55°C hőmérsékletű víz belép a GM kimenetén lévő víz hőmérséklete 75°C , akkor meghatározhatjuk, milyen térfogatáramot kell vennie a GM-nak, hogy a víz hőmérséklete az egység kimenetén és a tárolótartályba való belépés előtt elérje 60°C -ot. A GM által kívánt térfogatáram $V_3 = 3,87\text{ m}^3/\text{h}$. A rendszer jobb irányíthatósága érdekében két azonos kétfokozatú víz-víz HSz-t terveznek. A kétlépcsős HSz előnye, hogy két teljesítményszinttel rendelkezik, és ezért egy kompresszorral működtethető,

teljes energiájának felével. Ennek a ténynek köszönhetően, hogy a szivattyúzott víz lehül lefagyhat és jegesedést okozhat a melegvízben, ami egy bizonyos idő elteltével teljesen leértékelődik. Ezért úgy döntöttünk, hogy elválasztó hőcserélőt használunk a primér áramkörben, amelynek feladata egy közbenső áramkör biztosítása fagyálló folyadékkal a szivattyúzott talajvíz és a HMV között. Részletes újraszámításon dolgoztunk két azonos HSz tervezésén, az egyik hőteljesítménye $Q_{HSz} = 89,6 \text{ kW}$. Annak érdekében, hogy a GM a HSz együtt alkotson egy készletet, nem csak a hőteljesítményüket, hanem az elektromos bemeneteiket is harmonizálni kell, mivel a GM villamos energiát szolgáltat a HSz számára. A HSz és a GM közötti kölcsönhatást szimuláltuk olyan számítási programok segítségével, amelyek a GM hőteljesítményét $Q_{GM} = 90 \text{ kW}$ -ra állították. [1]



4. ábra

A GM és a HSz összeköttetésének alapelve [1]

HCs - leválasztó hőcserélő, HSz - hőszivattyú, GM - gázmotor, TT – tárolótartály

3. A JAVASOLT MEGOLDÁS ÉRTÉKELÉSE

Az ok, amiért úgy döntöttünk, hogy a GM és a HSz-t alkalmazzák az adott műveletben, az volt, hogy a távhő rendszereknek lehetősége van rendkívül hatékony kombinált hő és villamos energiatermelésre és a környezeti energia hatékony felhasználására a GM-on keresztül.

Ha a GM és a HSz-t alkalmazzuk a gázkazánok jelenlegi üzemeltetésére, $7\,973 \text{ m}^3$ FG fogunk megtakarítani. Energia szempontjából ugyanazt, vagy több hőenergiát termelünk, de kevesebb üzemanyagot használunk fel. Az ökológia szempontjából alacsony potenciálú hőforrást talajvizet használunk, amelyet semmilyen módon nem szennyezzünk, és fosszilis tüzelőanyagot takarítottuk meg - földgázzal, amelynek készletei fokozatosan elfogynak.

A gazdaságot illetően az üzemanyag megtakarítás olyan költséget fog megtakarítani, amelyet egyébként az üzemanyag vásárlására költenénk. Az éves megtakarítás a FG-nál 3 631 Euró. Tekintettel arra, hogy nagy hatékonyságú kapcsolt energiatermeléssel állítunk elő villamos energiát (EE), kiegészítést igényelhetünk a Hálózati Iparágak Szabályozási Hivatalának a. 18/2017 Coll. a villamosenergia - ágazat árszabályozásának megállapításáról.

[6] A nagy hatékonyságú kapcsolt energiatermelésből származó éves bevétel 19 600 Euró. Az energia és a közgazdaságtan szempontjából pozitívan értékelhetjük az eredményeket, mivel többé-kevésbé önellátók vagyunk, és magunk is elő tudjuk állítani az elektromos áramot a GM-on keresztül, és nem függünk a nyilvános hálózathoz származó VE-ellátástól, kivéve azokat az eseteket, amikor a GM meghibásodik vagy fennmarad. A gazdaság szempontjából a kapcsolt hő- és energiatermelés éves értékesítését pozitívan értékeljük.

A GM csatlakoztatható a nyilvános villamosenergia-hálózathoz, de amikor az optimalizálásra került sor, a STOP-STAV új nagyobb villamosenergia-források csatlakoztatására alkalmazta.

4. KÖVETKEZTETÉS

Az energiahatékonyság biztosítása érdekében a régi technológiákat fokozatosan felváltják a modern technológiai berendezések. A GM és a HSz is ilyen modern technológiai berendezésnek tekinthető. Ezeket az eszközöket külön lehet telepíteni, de amint azt megmutattuk, feltételezzük, hogy a két eszköz egyidejűleg kölcsönhatásba lép. Mindenekelőtt meg kell határozni a berendezés működési területét, amelyet a teljesítmény meghatározása is befolyásol. Úgy döntöttünk, hogy ezeket az eszközöket olyan hő előállítására használjuk fel, amely a HMV felhalmozódásához szükséges, különösen nyáron. A fűtési szezonban a keletkező kiegészítő hő nem felhalmozódik, hanem a fűtőhálózatba kerül. Összességében pozitívan értékelhetjük ezt a javaslatot, mivel megmentettük az elsődleges energiahordozót, - a földgázt és a környezeti energiát - a talajvíz felhasználásával.

Ezt a munkát a Szlovák Köztársaság Oktatási, Tudományos, Kutatási és Sportminisztériuma támogatta a VEGA 1/0847/18 támogatással.

IRODALOM

- [1] MUDRÁ, M.: Zefektívnenie prevádzky zdroja tepla TP5 pre sídlisko Západ v Brezne [diplomová práca]. (A TP5 hőforrás működésének korszerűsítése a Breznoi Západ lakótelepen [diploterv]). Pozsony: Pozsonyi Szlovák Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Épületgépészeti Tanszék, [s.n.], 106 p.
- [2] PASTOR, P. - HORAK, M. - HORNIK, S.: Efektívne využívanie energie pri prevádzke zariadení a budov. Az energia hatékony felhasználása berendezések és épületek üzemeltetésekor. Pozsony: Jaga group, v.o.s, 2000. 159 p. ISBN 80-88905-33-8.
- [3] PETRÁŠ, D. - LULKOVIČOVÁ, O. - TAKÁCS, J. - FÜRI, B.: Obnoviteľné zdroje energie pre nízkoteplotné systémy. Megújuló energiaforrások alacsony hőmérsékletű rendszerekhez. Pozsony: JAGA GROUP, s.r.o, 2009. 223 p. ISBN 978-80-8076-075-5.
- [4] Smernica EP a ER č. 2010/31/EC o energetickej hospodárnosti budov. (EP és ER irányelv. 2010/31 / EK az épületek energiateljesítményéről).
- [5] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/844 z 30. mája 2018, ktorou sa mení smernica 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov a smernica 2012/27/EÚ o energetickej efektívnosti. (Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/844 irányelve (2018. május 30.) az épületek energiateljesítményéről szóló 2010/31 / EU irányelv és az energiahatékonyságról szóló 2012/27 / EU irányelv módosításáról).
- [6] Vyhláška Úradu pre reguláciu sieťových odvetví č. 18/2017 Z.z. ktorou sa ustanovuje cenová regulácia v elektroenergetike a niektoré podmienky vykonávania regulovaných činností v elektroenergetike. (A Hálózati Iparágak Szabályozási Hivatalának (18/2017 Coll. a villamosenergia - ágazat árszabályozásának és a villamosenergia - ágazatban szabályozott tevékenységek elvégzésének bizonyos feltételeinek megállapításáról).
- [7] Zákon č. 657/2004 Z.z. o tepelnej energetike. (657/2004 Coll. a hőenergiáról).
- [8] Firemné podklady spoločnosti Veolia Energia Brezno a.s. (A Veolia Energia Brezno a.s. adatbázisa)
- [9] <https://www.veolia.sk/pre-zakaznikov/mesta-obce/centralne-zasobovanie-teplom>
(<https://www.veolia.sk/pre-zakaznikov/mesta-obce/centralne-zasobovanie-teplom>)