



LÉGSEBESSÉG MÉRÉSE A MŰSZAKI KAR IRODÁIBAN

AIR VELOCITY MEASUREMENTS IN THE OFFICES OF THE FACULTY OF ENGINEERING

Németh Bíborka

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország
bibike.nemeth@gmail.com

Abstract

During renovations in various areas of the Engineering Faculty, fan coil and split air conditioning units have been installed. These devices have significantly improved the indoor environment quality during the summer season. However, if the indoor units are not properly positioned, they can exert several negative effects on the comfort of occupants and the quality of the indoor environment. Furthermore, improperly selected indoor units can increase installation and operational costs.

As a conclusion we can say that a correctly positioned and selected air conditioning unit can help maintain optimal indoor environmental conditions, while improperly chosen or positioned equipment can adversely affect occupants' comfort and increase operational costs.

Keywords: *air velocity measurement, Testo 400, comfort.*

Összefoglalás

A Műszaki Kar különböző rendeltetésű helyiségeiben végzett felújítások során fan coil és split klímaberendezéseket építettek be. Ezek a berendezések jelentősen javították a belső környezet minőségét a nyári időszakban. Ugyanakkor, ha a belső egységek nem megfelelően vannak elhelyezve, számos negatív hatást gyakorolhatnak a bent tartózkodók kényelmére és a belső környezet minőségére. Emellett a nem megfelelően kiválasztott beltéri egységek növelhetik a bekerülési és üzemeltetési költségeket is.

Összefoglalva, a helyesen elhelyezett és kiválasztott klímaegységek segítenek fenntartani az optimális belső környezeti feltételeket, míg a rosszul megválasztott vagy elhelyezett berendezések hátrányosan befolyásolhatják a helyiségben tartózkodók komfortérzetét, és növelhetik az üzemeltetési költségeket.

Kulcsszavak: *légsebességmérés, testo 400, komfort.*

1. Bevezetés

Mivel az emberek életük 80-90%-át zárt térben töltik (munkahely, utazás, szabadidő, otthon), ezért fontosak mindazon kutatások, amelyek az épületek komforttereiére irányulnak. Azonban az ember egyre több üvegfelületet igényel, hogy kapcsolatot teremtsen a külvilággal, ami nyáron növeli a hőterhelést, ennek következtében drasztikusan növeli a hűtési igényt. [1] Az üveg természetes fényt enged be, lehetőséget nyújt a természettel való kapcsolatteremtésre, csökkenti a szerkezeti terhelést, és javítja az épületek esztétikai megjelenését. Bár számos előnnyel jár az

üvegezés az épületben tartózkodók és a tervezők számára, ezzel szemben problémákat okoz, ha nem megfelelően választják ki. Az épületburkolat és az üvegezett nyílászárók jelentős forrását képezik a napsugaraknak és a hőterhelésnek. Ennek eredményeként teljes mértékben mechanikus eszközökre kell támaszkodni a beltéri hőmérséklet manipulálásához, és végül a hőkomfort eléréséhez, nagy energiafogyasztás mellett [2]. Magyarországnak kontinentális éghajlata van, forró nyarakkal, alacsony átlagos páratartalommal, de gyakori záporokkal és enyhe hideg, havas téli időszakokkal. Az átlagos éves hőmérséklet 9,7 °C. A hőmérséklet szélsőségei körülbelül 42 °C nyá-

ron és -29°C télen. Mivel július a legmelegebb nyári hónap Magyarországon, elemeztem az épület különböző helyiségeiben az egyes napokon belüli hőmérséklet-ingadozást ebben a hónapban. [1] Az épületek belső hőmérséklete változik a nap folyamán a külső hőmérséklettől, a homlokzatok tájolásától, az üvegezett területtől és az opálos épületelemek termofizikai tulajdonságaitól függően. [3] A természetes szellőzés segít hűteni az épület szerkezetét, ezáltal nagymértékben csökkenti az épület túlmelegedésének kockázatát a nyári időszakban. Nyáron a természetes szellőzés ablakokon keresztül történik, ami nagyban függ az uralkodó szelektől és a napfény által okozott hőmérsékleti különbségtől az épület különböző részein, így nem tudjuk szabályozni a beáramló levegő mennyiségét. [4] A Műszaki Kar régi, keleti tájolású homlokzatának egy részét felújították, és az évek során az épületegyüttesen több bővítést is elvégeztek. Lehetőségem volt a nyári időszakban különböző helységekből a belső levegő sebességét rögzíteni.



1. ábra. Műszaki Kar, műholdas kép (Google-térkép)



2. ábra. A Műszaki Kar keleti tájolású szárnya

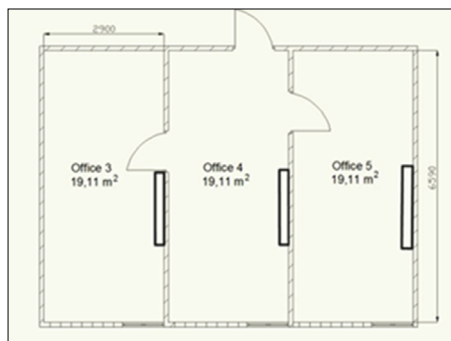
2. Az épület bemutatása

A Debreceni Egyetem Műszaki Karának épülete az Ótemető utca 2–4. szám alatt található. (1. ábra, 2. ábra) Az épületkomplexum magában foglalja az oktatási részt, a műhelyeket, a laboratóriumokat és a 270 lakóhellyel rendelkező kollégiumot. Az oktatási részben található a kar étterme, amelyet egy 500 főt ellátó konyha szolgál ki. Az oktatási épület összesen öt emeletről áll (földszint + 4 emelet), de a harmadik és a negyedik szint alapterülete eltér a többi szinttől. [1]

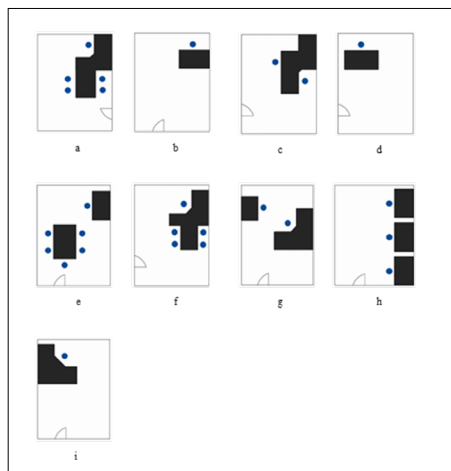
A harmadik emeleti irodák alaprajza és az épületgépészeti felújítás után beszerelésre került split klímák. (3. ábra)

A harmadik emeleten, a régi szárnyban 9 különböző elrendezésű iroda található meg, melyeknek berendezési módjait a 4. ábra mutatja.

A nyári időszakban Dr. Csáky Imre és Dr. Kalmár Ferenc az Indoor Temperature Monitoring in East Orientation Offices című cikkükben hőkamerás felvételt készítettek, amelyen a látható felületi



3. ábra. Irodaalaprajz split klímákkal [1]



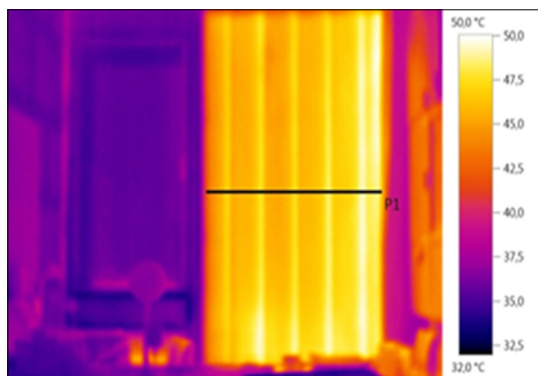
4. ábra. Irodaelrendezések a Műszaki Karon

hőmérséklet (akár 49,3 °C) okozza az irodákban a magas léghőmérsékletet. (5. ábra, 6. ábra) [5]

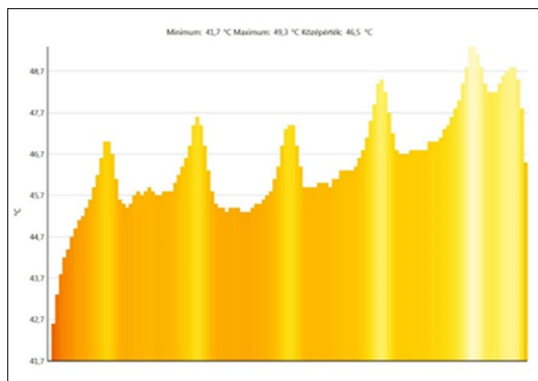
Az irodai léghőmérséklet 10–11 óra között volt a legmagasabb, elérte a 37 °C-ot is. (31–37°C volt mérhető egy nyári nap folyamán.) [5]

Azokban a nagy terű irodákban, ahol nincs lehetőség mesterséges szellőzésre, használati időszakban más alternatívákhoz kell fordulni. Ezért az épületüzemeltetés a következő intézkedéseket hozta: a régi szárny helyiségeibe split klímákat szereltek fel. A felújított szárnyba pedig fan coilok kerültek beépítésre. Azokban a helyiségekben, ahová se split klímák, se fan coilok nem kerültek beépítésre, ott asztali és toronyventilátorokat használnak a nyári időszakban a helyiségben tartózkodók.

Az MSZ CR 1752:2000 szabvány szerint a nagy terű irodákban az A komfort kategóriában a szabvány 0,18 m/s, B komfort kategória esetében 0,22 m/s és C komfort kategória esetében pedig 0,25 m/s az átlagos légsebesség a tartózkodási zónában. [6]



5. ábra. Hőkamerás felvétel [5]

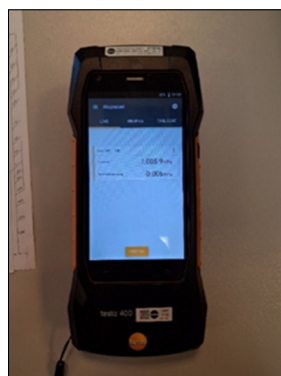


6. ábra. Hőfokeloszlás [5]

3. Mérőműszer bemutatása

Méréseim során testo 400-as klíma- és légtechnikai mérőműszert és testo turbulenciafok-szondákat használtam. (7. ábra, 8. ábra) A beltérben tapasztalható légsebesség a termikus közérzetre van hatással. A turbulenciafok a helyiségben uralkodó átlagos légsebességből, és a levegő hőmérsékletéből számított, százalékban kifejezett adat. A turbulenciafok kifejezi az adott belső térben létrejött hőmérséklet-ingadozást és a légáramlás intenzitását. A levegő hőmérséklete és a mért turbulenciafok között közvetlen összefüggés áll fenn. [7] A klíma- és légtechnikai mérőműszer a beépített mérési asszisztenssel optimális támogatást nyújt a légsebesség- és komfortérzetmérések szabvány szerinti elvégzésében, valamint a szellőző- és légkondicionáló rendszerek vizsgálatában és beállításában. [8]

A testo turbulenciafok-szonda irányfüggetlenül tud mérni, és egyidejűleg kiszámítja a turbulenciafokot és a huzatkockázatot az EN ISO 7730 / ASHRAE szabvány szerint. A pontos mérési eredmé-



7. ábra. Testo 400



8. ábra. Testo turbulenciafok-szonda

nyek biztosítása érdekében a levegősűrűséget a beépített abszolútnyomás-méréssel kompenzálja. A huzat korlátozza a komfortérzetet, és a beltéri levegővel kapcsolatos panaszok leggyakoribb oka. A szonda ideálisan alkalmas a munkahelyeken jellemző turbulenciafok és huzatkockázat megállapítására. A turbulenciafok a légsebesség időbeni ingadozása mértékének felel meg. Szükség van rá a huzatkockázat meghatározásához. [9] A klíma- és légtechnikai mérőműszer a beépített mérési asszisztenssel optimális támogatást nyújt a légsebesség- és komfortérzetmérések szabvány szerinti elvégzésében, valamint a szellőző- és légkondicionáló rendszerek vizsgálatában és beállításában. Nagy pontosságú, helytől független, beépített differenciálynomás-érzékelővel rendelkezik. Minden IAQ-paraméter mérésére képes: légsebesség, hőmérséklet, páratartalom, nyomás, megvilágítás, sugárzó hő, turbulenciafok, CO₂, és CO. [10] Ezek közül én a légsebességet, hőmérsékletet, turbulenciafokot és huzatarányt vizsgáltam méréseim során.

4. Mérés

Méréseimet két helyszínen végeztem, valós irodákban és laboratóriumban. A split klímákkal és fan coilokkal az irodákban végeztem el a méréseimet. A ventilátorokkal a Klíma és Légtechnika laboratóriumban végeztem a méréseimet, irodai helyiséget szimulálva. Azért volt szükség a laboratóriumi mérésekre, mert a laboratórium fala feketére van festve, hogy a ventilátor füstölése jól látható legyen. A füstölésre azért volt szükség, mert így jól látható, hogy a kiáramló levegő hogyan érkezik a vizsgált pont felé. (14. ábra, 16. ábra)

4.1. Mérések split klímával

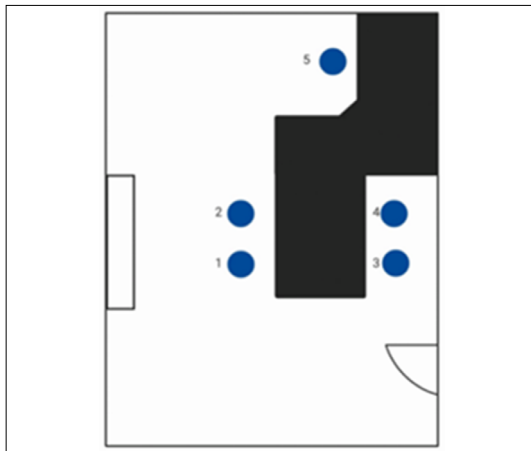
Méréseimet a 9. ábrán látható iroda (4/a. ábra, nagyított) 5 pontján végeztem el, két kitüntetett magasságban. 1,7 m és 1,1 m magasságban mértem: ez az álló ember fejmagassága és az ülő ember tarkójának magassága. Kitüntetett helynek az 5-ös pontot választottam, mivel ott van az irodában az asztali gép is, és ott tölti a legtöbb idejét a bent tartózkodó.

A 2-es pozíciót jelöltem ki a legkedvezőtlenebb helynek, mivel ott a legmagasabb a légsebesség, és még a gyenge fokozaton is több mint kétszerese a komfort kritériumhatárainak. A mért eredményeket táblázatba rendeztem, ahol jól látható, hogy a komfortkategóriáknak a légsebesség nem felel meg. (1. táblázat)

Az irodák Midea split típusú légkondicionálókkal vannak ellátva, melynek hűtőteljesítménye 4982 W és fűtő teljesítménye 5275 W. Legnagyobb üzemi nyomásszívás esetén 1.5 MPa nyomás esetén 4.2 MPa. Névleges teljes felvétele pedig 2200 W. (10. ábra)

1. táblázat. A 302-es iroda mérési eredményei

Pozíció	Magasság (m)	Légsebességek különböző fokozaton (m/s)		
		Erős	Közepes	Gyenge
1.	1,7	0,58	0,24	0,11
	1,1	0,31	0,17	0,08
2.	1,7	0,61	0,46	0,45
	1,1	0,5	0,4	0,39
3.	1,7	0,3	0,1	0,08
	1,1	0,17	0,11	0,03
4.	1,7	0,32	0,24	0,07
	1,1	0,31	0,19	0,04
5.	1,7	0,08	0,04	0,03
	1,1	0,09	0,06	0,03



9. ábra. Műszaki Kar, 302-es iroda



10. ábra. Midea split klíma

4.2. Mérések toronyventilátorral

Méréseimet a klíma- és légtechnika-laboratóriumban végeztem, ahol az irodai elrendezést szimulálva rendeztem be a helyiséget. Az irodák egy részegységét vizsgáltam, ahol egy asztalnál 1 ember helyezkedik el, és a ventilátort saját igényeire állítja be. (4. ábra /b, d, g)

A 11. ábrán szemléltettem, hogy helyezkedik el a személyhez képest a berendezés. Komfortméréseknél szabvány szerint 4 magasságban kell mérni: 1,7 m az álló ember magassága; 1,1 m az ülő ember tarkója; 0,6 m az ülő ember dereka; 0,1 m a boka magassága. A 0,6 m és 0,1 m magasságban mért eredményeimet nem tüntettem fel, hiszen a munkafelület alatt helyezkednek el, ezért a ventilátor által okozott légsebességek nincsenek rá

hatással. A ventilátor fix pozícióban volt, és méréseimet 3 erősségfokozaton végeztem (12. ábra, 13. ábra).

A mérési eredményeimet egy táblázatban rögzítettem. (2. táblázat) A komfortkritériumot meghaladó légsebességeket (v) pedig piros színnel kiemeltem. Ebből jól látható, hogy már 1-es fokozaton is sokszorosa a megengedett légsebességnek a kitüntetett ponton. Továbbá mértem turbulenciafokot (Tu), huzatarányt (DR) és hőmérsékletet (t).

4.3. Mérések asztali ventilátorral

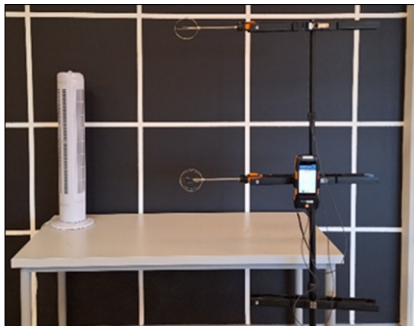
A mérés menete és elrendezése pontosan ugyanaz volt, mint a toronyventilátorral végzett mérések során. A mérési elrendezés a 14. ábrán látható, és a füstölt állapot pedig a 15. ábrán.



11. ábra. Ventilátor és a személy elhelyezkedése

2. táblázat. Toronyventilátor – mérési eredmények

Fokozat	h (m)	Tu (%)	DR (%)	v (m/s)	t (°C)
1.	1,7	63	0	0,04	23,7
	1,1	7	84	1,26	22,3
2.	1,7	51	0	0,04	23,4
	1,1	7	100	1,57	21,9
3.	1,7	56	0	0,05	23,1
	1,1	7	100	1,78	26,1



12. ábra. Toronyventilátor-mérés



14. ábra. Asztali ventilátor



13. ábra. Toronyventilátor füstölése



15. ábra. Asztali ventilátor füstölése

A mérési eredmények is a toronyventilátorhoz hasonlóan alakultak. A komfortnak nem megfelelő eredmények a táblázatban pirossal kiemelve láthatóak. (3. táblázat)

Nyári időszakban azokban a helyiségekben, ahol nincs split klíma vagy fan coil, és a léghőmérséklet meghaladja a 28 °C-ot, a magasabb légsebesség jölesik az embereknek és javítja a komfortérzetet. Ezeket az irodákat, melyben csak a ventilátorok vannak elhelyezve, nyári időszakban csak rövid távon használják. Hosszú távon a fan coilal vagy split klímákkal ellátott helyiségeket veszik igénybe. Minden személy saját igényeire szabva tudja használni az asztali ventilátorokat, ezzel javítva a saját közérzetét. A ventilátor pozíciója és fejének helyzete állítható, ezért minden opciót nem tudtam vizsgálni. A ventilátor fokozatának növelése a belső légsebességtől függ.

4.4. Mérések fan coilal

Méréseimet a SABIANA CARISMA fan coil segítségével végeztem. Hűtési teljesítménye 2,87 kW, a fűtési 3,56 kW. [11] (16. ábra)

A fan coilal való mérések során 3 pontban mértem. 1-es, közvetlenül a fan coil felett (legkedvezőtlenebb hely), 2-es, amikor az irodai asztalnál

3. táblázat. Asztali ventilátor – mérési eredmények

Fokozat	h (m)	Tu (%)	DR (%)	v (m/s)	t (°C)
1.	1,7	51	0	0,05	23,7
	1,1	12	100	1,36	22,7
2.	1,7	57	3	0,06	23,7
	1,1	19	100	1,47	22,7
3.	1,7	66	6	0,08	23,6
	1,1	27	100	1,72	22,8



16. ábra. Fan coil

egy személy ül, a 3-as (kitüntetett pont), amikor két személy ül az asztalnál, és itt a fan coilhoz közelebb tartózkodó személy helyzetét vettem figyelembe a méréseim során. (17. ábra)

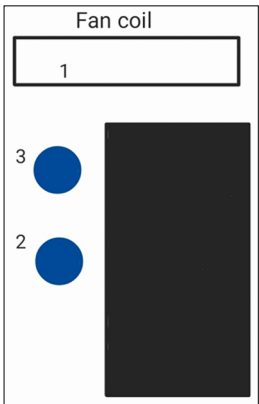
A legkedvezőtlenebb hely a fan coil közvetlen közelében található: itt magas légsebességek alakultak ki. A kitüntetett ponton pedig a légsebesség már meghaladta a komfortkritériumot a kettes pozícióval szemben. (4. táblázat)

5. Következtetések

Komplex méréseket végeztem nyári időszakban, hogy bemutassam a helyiségek légsebességeit azon a helyeken, ahol az irodákban leginkább tartózkodnak az emberek, a kitüntetett magasságokon. Az eredmények azt mutatják, hogy oda kell figyelni a munkaaállomások megfelelő elhelyezésére. Megvizsgáltam és laboratóriumi mérésekkel igazoltam a berendezések alkalmazási lehetőségeit különböző elrendezésű irodákban. A kutatási módszertan ismertetése után méréseket végeztem az irodákban. A Műszaki Kar irodáiban rendelkezésemre álltak a méréseimhez fan coilok, ventilátorok és klímaberendezések. A méréseim során kalibrált testo-műszereket alkalmaztam, hogy mérjem a belső légsebességet,

4. táblázat. Fan coil – mérési eredmények

Pozíció	h (m)	Tu (%)	DR (%)	v (m/s)	t (°C)
1.	1,7	31	100	0,76	20,8
	1,1	10	100	1,24	20,8
2.	1,7	46	7	0,08	21,3
	1,1	71	0	0,04	21,2
3.	1,7	44	25	0,21	22
	1,1	32	7	0,11	21,6



17. ábra. Szimulált iroda

turbulenciafokot, huzatarányt és a hőmérsékletet. A jövőben célom a nyári időszakban megvizsgálni a természetes szellőzés lehetőségét, hogy milyen légsebességek alakulnak ki a tartózkodási zónában.

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs minisztérium ÚNKP-23-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság programjának a nemzeti

Kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

„A TKP2021-NKTA-34 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium nemzeti kutatási fejlesztési és innovációs alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Csáki E.: *Influence of Transparent Surfaces on Summer Thermal Comfort in Buildings*. Proceedings of 16th Building Services, Mechanical and Building Industry Days, Debrecen, Hungary, 2010.)
- [2] Nedhal A., Sharifah F., Adel A.: *The Effect of Orientation and Glazed Area to the Indoor Air Temperature in Unventilated Building Sin Hot-Humid Climate*. The 3rd International Conference on Built Environment in Developing Countries, University Sains Malaysia, 424–433.
- [3] Kalmár F., Csiha A.: *Interrelation between Glazed Surfaces, Building Structure and Thermal Comfort*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- [4] Recknagel, Sprenger, Schramek: *Fűtés és klíma technika 2000*. Dialóg-Campus kiadó, Budapest–Pécs 2000.
- [5] Csáky I., Kalmár F.: *Indoor Temperature Monitoring in East Orientation Offices*. In: Proceedings of Denzero International Conference: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources, Debrecen, 2014. 155–164.
- [6] MSZ CR 1752:2000; *Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai*; Magyar Szabványügyi Testület
- [7] https://www.testo.com/hu-HU/komforter-zet-meres/turbulencia-fok/c/applications_building_construction_comfort_level_turbulence_degree (2023.08.23.)
- [8] <https://www.testo.com/hu-HU/testo-400/p/0560-0400> (2023.09.27.)
- [9] <https://www.testo.com/hu-HU/turbulencia-fok-szonda/p/0628-0152> (2023.09.27.)
- [10] <https://www.testo.com/hu-HU/testo-400/p/0560-0400> (2023.10.01.)
- [11] <https://climamarket.com/products/fan-coil-sabiana-carisma-crc-mv-33-kw-2-92-2-39> (2024.02.17.)