

SZAKDOLGOZAT

Cserhádi Levente László

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus

Létesítményfenntartó szakember
szakirányú továbbképzési szak

A Fornetti Kft. irodaházának légtechnikai átalakítása

Belső konzulens:

Dr. Szabó Márta

egyetemi docens

**MATE, Műszaki Intézet,
Épületgépészeti és Energetikai
Tanszék**

Külső konzulens:

Rapcsák Detre

Műszaki és üzemeltetési
osztályvezető, Fornetti Kft.

Készítette:

Cserhádi Levente László

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET
SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS
Létesítményfenntartó szakember specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Cserháti Levente László (VKLMGY)

részére

A szakdolgozat címe:

A Fornetti Kft. irodaházának légtechnikai átalakítása

Feladatkiírás:

A Fornetti Kft. irodaházának második emeleti légtechnikai rendszerének és a légtechnikai rendszer által biztosított belső levegő minőségének vizsgálata, légtechnikai rendszer bírálata üzemeltetői szemszögből. A munkavállalói visszajelzések értékelése, majd azok alapján javaslattevés a fejlesztésre.

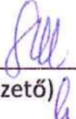
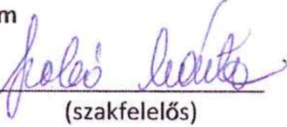
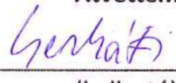
Közreműködő tanszék: Műszaki Intézet

Külső konzulens: *Rapcsák Detre Műszaki és üzemeltetési osztályvezető, Fornetti Kft., 6000 Kecskemét, Városvölgy 92.*

Belső konzulens: *Dr. Szabó Márta egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

A dolgozat beadási határideje: 2024 év április hó 22 nap

Kelt: Gödöllő, 2024 év március hó 04 nap

 _____ (tanszékvezető)	Jóváhagyom  _____ (szakfelelős)	Átvettem  _____ (hallgató)
---	--	--

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: *Kecskemét 2024.* év *04.* hó *17.* nap



(külső konzulens)

1 Tartalomjegyzék

1	Tartalomjegyzék.....	1
2	Bevezetés és célkitűzések	4
3	Szakirodalmi áttekintés.....	5
3.1	Belső levegőt érintő szempontok	5
3.2	Levegő érzékelése.....	6
3.3	Légzőrendszerünk.....	7
3.4	A bőr, mint érzékszerv	7
3.5	A levegő összetétele	8
3.6	A szén-dioxid.....	8
3.7	A friss levegő igény	9
3.8	Zárt térben tapasztalható páratartalom és megbetegedések okai.....	10
3.9	Egyéb légszennyezési lehetőségek belső térben.....	11
3.10	Levegőminőség elmélete.....	12
3.11	Hőérzet	12
3.12	Egyéni hőtermelés	13
3.13	Hőleadás	15
3.14	Ruházatunk, mint hőszigetelés.....	16
3.15	Komfortmérő indexek.....	16
3.16	Összegzés.....	17
4	A légtechnikai rendszerek részei.....	18
4.1	Természetes szellőzés.....	18
4.2	Szellőzés mesterségesen	19
4.3	Depressziós szellőztetés	19
4.4	Túlnyomásos szellőztetés	19
4.5	Kiegyenlített szellőztetés.....	20
5	A légkezelők főbb részei.....	21
5.1	Légkezelő ház.....	21
5.2	Ventilátor	21
5.3	Kalorifer	21
5.4	Szűrés.....	21

5.5	Hővisszanyerés	22
5.6	Légcsatorna.....	22
5.7	Anemosztát.....	23
5.8	Légvezetési rendszer (LVR)	23
5.8.1	Elárasztásos légvezetési rendszer	23
5.8.2	Keveredésezés légvezetési rendszer.....	23
6	Alkalmazott módszerek.....	24
7	Eredmények és értékelésük	25
7.1	A Fornetti Kft. rövid bemutatása	25
7.2	A központi irodaház elemzése	26
7.3	A jelenlegi légtechnikai rendszer elemzése.....	28
7.4	Személyes tapasztalatok, igények, észrevételek (kérdőív).....	31
7.5	Irodai műszeres mérések eredményei	36
7.5.1	Az első mérési nap – 2024.04.08.....	37
7.5.2	A második mérési nap – 2024.04.09	39
7.5.3	A harmadik mérési nap – 2024.04.10	40
7.5.4	A negyedik mérési nap – 2024.04.11	41
7.6	Fejlesztési lehetőségek feltárása szakmai fórumok alapján.....	42
7.6.1	Belimo.....	42
7.6.2	Rosenberg Retrofit + Airbox.....	43
7.6.3	Levegő tisztítása a szűrésnél eggyel magasabb szinten	43
7.6.4	Egyedi konfigurálás gazdaságosan	44
8	Következtetések és javaslatok	45
8.1	Meglévő légtechnikai rendszert érintő javítási lehetőségek.....	45
8.2	Meglévő rendszert érintő fejlesztések	46
8.3	Meglévő rendszer átmeneti kiegészítése	47
8.4	Komplett megoldás.....	48
9	Összefoglalás.....	51
10	Summary	54
11	Irodalomjegyzék.....	57
12	Ábrák, táblázatok, mellékletek és fényképek jegyzéke	59
12.1	Ábrák jegyzéke.....	59

12.2	Táblázatok jegyzéke	59
12.3	Mellékletek jegyzéke	60
12.4	Fényképek jegyzéke	60
13	Mellékletek	61
14	Hallgatói nyilatkozat.....	77
15	Konzulensi nyilatkozat	78

2 Bevezetés és célkitűzések

Szakedolgozatomban munkáltatóm, a több, mint 25 éve alapított, hazai viszonylatban piacvezető, de nemzetközi vonatkozásban is meghatározó szerepet játszó fagyasztott pékáru termelő és kereskedelmi vállalat, a Fornetti Kft. kecskeméti központi irodaháza légtechnikai rendszerének a közeljövőben tervezett fejlesztési lehetőségeit vizsgáltam.

Feladatom az irodaház második emeleti légtechnikai rendszerének és a légtechnikai rendszer által biztosított belső levegő minőségének vizsgálata, ezek alapján pedig a légtechnikai rendszer véleményezése üzemeltetői szemszögből. A munkavállalói visszajelzések, valamint a mért adatok elemzését követően a következtetések levonása után javaslattétel a légtechnikai rendszer fejlesztésére, korszerűsítésére.

A feladat elvégzéséhez elengedhetetlenül szükséges volt a meglévő légtechnikai rendszer megfelelő szintű ismerete, a rendszer gyenge pontjainak feltárása figyelembe véve az irodaház műszaki adottságait és esetleges átalakítási lehetőségeit is.

A feladat megoldása céljából tudatosan kerestem azokat a termékbemutatókat, konferenciákat, amelyek a légtechnikai rendszerekkel, berendezésekkel, a kor követelményeinek leginkább megfelelő műszaki és gyakorlati megoldásokkal foglalkoztak. Szerencsémre ebben a munkáltatóm is maradéktalanul partner volt, így ismereteimet ezeken a szakmai napokon is volt alkalmam bővíteni.

A dolgozatomban bemutatott elemzések reményeim szerint elősegítik a jövőbeli fejlesztések, korszerűsítések irányvonalának meghatározását.

3 Szakirodalmi áttekintés

3.1 Belső levegőt érintő szempontok

A mai dinamikus ütemben fejlődő, rohanó világunkban a mindennapjaink túlnyomó részét zárt terekben töltjük. Már egy 2003-ban, az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja által publikált tanulmány szerint a napunk mintegy 85-90 százalékát zárt terekben töltjük. [\(European Commission \(2003\)\)](#) Ilyen zárt terek lehetnek az életszakaszunktól függően az oktatási intézményeink, munkahelyünk, bevásárló központok, valamint az otthonunk. Az elmúlt időszakban tapasztalható energia árak növekedését megelőzően is törekedtünk arra, hogy a minket körülvevő épületek minél magasabb színvonalon tudják a szükséges komfortérzetünket kielégíteni, mindezt a lehető legkevesebb energia befektetése mellett. Ez vezetett oda, hogy a modern hőszigetelési technológiák biztosítani tudják a belső terekben a kívánt hőmérsékletet függetlenül az időjárási viszonyoktól. A belső komforttényezők olyan fontos tényezők, amelyek befolyásolják a bent tartózkodók általános kellemes közérzetét és kényelmét egy adott környezetben. Ilyen belső komforttényezők a hőmérséklet, a páratartalom, a levegő minősége, a zajszint és a világítás. A már szinte hermetikusan lezárt terekkel együtt egy árnyoldal jelent meg, ami nem más mint, hogy a természetes légcserre jelentősen lecsökkent. Az épületek természetes filtrációja, ami korábban a szigetetlen falszerkezeten, ablakokon keresztül megvalósult az új hőszigetelési rendszerekkel és fokozott légzárású nyílászárókkal ellátott épületeken gyakorlatilag nullára csökken. Így, ha a belső terekben a légcserre nem biztosított, többek között a levegő relatív nedveségtartalma megnövekedik, ami a hőhidas szerkezeti pontoknál, sarokpontokban páralecsapódáshoz vezet, ezáltal egyenes út vezet a penészedéshez. A szemmel látható fizikai jelenség mellett vannak egyéb észlelhető levegő minőség romlást mutató tényezők, melyek a belső szennyeződések felhalmozódása miatt rontják a levegő minőségét. Ilyen például a CO₂ koncentráció megnövekedése, vagy a környezeti levegő áporodottá válása, nem kívánt mértékben történő szagosodása.

A belsőlevegő-minőséget vizsgáló szakterület egy több tudományágot átölelő interdiszciplináris rész, mely összefüggéseit az épületgépészet, vegyészet, biológia, valamint az orvoslás is magába foglalja. Az általánosan elfogadott és alkalmazott definíció a BLM-el kapcsolatban:

„a komfortterek levegőjének minden olyan nem termikus jellemzőjét értjük, melyek az közérzetét befolyásolják” ([Bánhidi-Kajtár, 2017](#))

A belsőlevegő-minőséget befolyásoló szennyezőanyagok lehetnek gázok és gőzök (pl.: CO, CO₂, SO₂, O₃, NO₂, radon stb.), szaganyagok (pl.: szerves anyagok, emberi-, állati- és növényi szaganyagok), aeroszolok (pl.: porok, lebegő anyagok, pollenanyagok, nehézfém-szálak), vírusok, baktériumok, gombák és spórái. ([Bánhidi-Kajtár, 2017](#))

A fentebb felsorakoztatott levegő minőségét befolyásoló tényezőknek összességének számos negatív hatása lehet az épületekben tartósan tartózkodók számára. A bármely szennyezőanyag túlzott mértékben való megnövekedése és belélegzése számos egészségügyi problémát okozhat. Bár minden egyén más, és ezeket a tényezőket szubjektív módon érzékeli, valamint a szervezet egyénileg reagál rá, mégis általánosságban elmondható, hogy rövid vagy akár hosszú távon is allergiás reakciót válthat ki, légzőszervi megbetegedést okozhat. Mindemellett az egyes alkotóelemek a szellemi munkavégzésre lehetnek kihatással, ilyen például a széndioxid, ami túlzott mértékben való jelenlét esetén csökkenti a koncentrációs képességet, általános rossz közérzetet okozhat, ami a munkavégzés hatékonyságára negatívan hat.

3.2 Levegő érzékelése

Az emberi test és szervezet a külső környezetből érkező ingereket érzékeléssel fogadja az érzékszerveinken keresztül. Ilyen érzékszerveink a szem, ami a látásért, a fül, ami a hallásért, az orr, ami a szaglásért, a nyelv, ami az ízlésért, valamint a bőr, ami a hőérzékelésért felelős. A felsorolt érzékszervek a beérkezett ingereket receptorok segítségével érzékelik. Az információfelvételre szolgáló szerv a beérkezett jeleket elektromos impulzussá alakítja és idegszálakon továbbítja az észlelés szerve felé, ami az agy. Az általam feldolgozni kívánt légtechnikai rendszer témakör szempontjából releváns érzékszervi rész az orr és a bőr. Hiszen a levegőt és annak állapotát elsősorban ezen a két érzékszervünkön keresztül érezzük leginkább, de további érzékszerveinkre is kihatással vannak, ilyen még a tüdőnk, ami a belélegzett levegő hasznosításért felelél, vagy a szemünk, ami akár allergiás reakciókat is jelezhet a szennyező anyagok hatására a kötőhártyáját ért különböző ingerekre reagálva. ([Kalmár, 2013](#))

3.3 Légzőrendszerünk

Az orrunk által végzett szagérzékelés folyamatát a tudomány olfaktometriának nevezi.

Az orr rendkívül érzékeny szaglószerünk, amely képes észlelni a környezetben jelen lévő számos kémiai anyagot és szennyeződést. Amikor belélegzünk, az orrnyálkahártya a környezetben található szagokat érzékelve küld jeleket az agynak. A szaglászérzékelés a felső orrkagylóban elhelyezkedő kb. 2,5cm² felületű szaglóhámon megy végbe. A szaglóhámon találhatóak szaglósejtek és pamacszerű szálacskák, ahol az ingerek keletkeznek. A szaglósejtek számát az embernél 10-20 millióra becsülik. A szagérzékelése többnyire csak intenzív levegővételnél jut el a szaglóhámgig, átlagos levegővételnél a szagérzékelés elenyésző vagy nincs. A szaglószerünket a gyors adaptáció jellemzi. Egyrészt az új ingerként érkező szagokat a másodperc tört része alatt érzékeli, viszont bizonyos idő eltelte után a folyamatos érzékelés következtében adott szagot, legyen az akár kellemes vagy kellemetlen már nem érzékeli.

Az orron át belélegzett levegő a légzőrendszeren áthaladva támogatja a szervezet anyagcsere folyamathoz szükséges oxigén felvételét és szén-dioxid leadását. A légzőrendszer részei a tüdő, orr és melléküregei, száj, garat, gége, légcső, hörgők. A felső légúti rendszer feladata a levegő megszűrése, ahol az orrban található szőrszálak a nagyobb szennyeződések, kisebbek az orr nyálkahártyáján, a még kisebb részeket pedig a garat és gége nyálkahártyája köti meg. A felső légutak végzik a belélegzett levegő megfelelő hőmérsékletének és nedvességtartalmának biztosítását. Átlagos ember nyugodt légzési levegő térfogatmennyisége ½ liter. Az átlagos légzésszám 14-18, melyből következik, hogy 7-9 liter levegőre van szükségünk percenként. [\(Herczeg, 2008\)](#)

3.4 A bőr, mint érzékszerv

A bőr szervezetünk egyik legnagyobb kiterjedésű érzékszerve, ami a tapintás, nyomás, hő és fájdalomérző idegvégződéseit foglalja magában. A hőérzetért felelős receptorok termoreceptorok, melyek nem közvetlenül a testet környezetében lévő hőmérsékletet érzékelik, hanem a bőrhőmérsékletet. A hideg receptorok optimális érzékenysége 28°C (13-30°C között érzékeny), a meleg receptorok optimális érzékenysége 38°C (35-48°C között érzékeny). Fordított mennyiségi arány figyelhető meg a receptorok számát tekintve a testben és az agyban. A test felületén a hidegérző receptorok száma dominál, míg az agyban éppen ellentétesen a melegérző receptorok.

A hidegreceptorok reakciója nagyobb mértékben tud felvenni, érzékenységük majd háromszorosa tud lenni, mint a melegreceptoroknak. Meglepő tény, hogy a hidegreceptorok érzékelési reakciója nagyobb értéket vesz fel 45°C-nál, mint a melegreceptorok. Ez tapasztalható magas láz esetén, amikor bár a testhőmérsékletünk magas, mégis hidegrázást tapasztalunk, ami a testtől további hőtermelési igényt idéz elő. Ez szélsőséges esetben az agy hőérzeti központjában, a hipotalamuszban található hőérzékelő mechanizmus károsodásához, szélsőséges esetben agykárosodáshoz is vezethet. [\(Kalmár, 2013\)](#)

3.5 A levegő összetétele

A Földet körülvevő légkör összetétele hosszú idő alatt alakult ki, és jelenleg is folyamatosan változik. Az levegő színtelen és szagtalan gázok keveréke. A száraz levegő térfogatának nagy részét nitrogén és oxigén alkotja, míg a nemesgázok aránya kevesebb, mint 1%. Ebből a széndioxid koncentrációja mindössze 0,04%. Emellett a levegőben mindig jelen van kisebb-nagyobb mennyiségű vízgőz, ami a páratartalom forrása. [\(Nemzeti Köznevelési Portál, 2012\)](#)

3.6 A szén-dioxid

A levegő csupán 0,04%-a szén-dioxid, mégis a belső terek levegőjénél kiemelt fontossággal kell vizsgálni. Max Von Pettenkofer a XIX. század közepén vizsgálta a szén-dioxid koncentráció hatását az emberi szervezetre és közérzetre. 1858-ban publikálta kutatásai eredményét, melyben kimutatta, hogy a belső terek, mint például lakások, iskolák és előadótermek, levegőminősége eltér a külső levegőtől. A külső levegő szén-dioxid koncentrációja általában 0,03-0,04 tömegszázalék (300-400 ppm) között mozog, míg a lakásokban és előadóterekben ennél magasabb értékeket tapasztalnak. Ez alapján megállapították, hogy a levegőben 0,1 tömegszázalék (1000 ppm) szén-dioxid a "jó levegő" kritériuma. Ezt az értéket a szakma és szakirodalmak Pettenkofer-számnak nevezik azóta is. [\(Bánhidi-Kajtár, 2017\)](#)

A levegő CO₂ koncentrációjának hatását az emberre az alábbi 1. táblázatban olvashatjuk:

1. táblázat: Levegő CO₂ koncentrációjának hatása az emberre
(Forrás: Saját szerkesztés [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

0,1 tf%	1000 ppm	Pettenkofer-szám
2,5 tf%	25 000 ppm	nincs még hatás
3 tf%	30 000 ppm	erős mély légzés
4 tf%	40 000 ppm	órákon át fejfájást, fülzúgást, szédülést, pszichikai
5 tf%	50 000 ppm	0,5 – 1 órán át halált okoz
8-10 tf%	80 000 – 100 000 ppm	azonnali halál

Az 5/2020. (II. 6.) ITM rendelet ([Net Jogtár, 2020](#)) a kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének és biztonságának védelméről szóló rendelet alapján a munkahelyen megengedett átlagos szén-dioxid koncentráció értéke 5000 ppm, ami ötször nagyobb, mint az általános elfogadott „jó levegő” határértéke.

3.7 A friss levegő igény

Nincsen egységes szabvány az Európai Union belül arra, hogy hogyan kell meghatározni a friss levegő igényt zárt terekben. Korábbi szabványok (pl.: MSZ 04. 135/1982) egyszerűsítve csak 20m³/h,fő dohányzás nélkül, 30m³/h,fő dohányzás esetén. Későbbi hazai MSZ 21875-2-1991-es szabvány a munkavégzés intenzitásának foka szerint határozta meg a friss levegő igényt:

2. táblázat: Munkavégzés intenzitásának foka szerinti friss levegő igény
(Forrás: Saját szerkesztés [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

Munkavégzés	Minimális friss levegő igény [m ³ /h,fő]
szellemi munka	30
könnyű fizikai munka	30
közepes nehéz fizikai munka	40
nehéz fizikai munka	50

A jelenleg is érvényben lévő DIN1946 szabvány egyrészt már figyelembe veszi a fejadag mellett az alapterületet is, ami irodák esetén az alábbiak szerint alakul:

3. táblázat. Fejadag és alapterület szerinti friss levegő igény (DIN1946 alapján)
(Forrás: Saját szerkesztés [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

Térfajta	Fejadag szerint [m ³ /h]	Alapterület szerint [m ³ /m ² ,h]
Kisterű iroda	40	4
Nagyterű iroda	60	6

Másodsorban csak fejadag alapján: bent tartózkodók száma x 30m³/h. A szabvány kitért arra, hogy megengedett dohányzás esetén 20m³/h,fő-vel kell növelni személyenként a fejadag mennyiségét. Viszont Magyarországon 2012. január 1. óta a nemdohányzók védelméről szóló törvény módosítása értelmében a zárt közforgalmú terekben, mint például közintézményekben, munkahelyeken, szórakozóhelyeken tiltja a dohányzást, így ez számunkra irreleváns. ([Joób-Jenei, 2011](#))

3.8 Zárt térben tapasztalható páratartalom és megbetegedések okai

A mindennapjaink során a minket körülvevő levegőnek van nedvesség tartalma, amit relatív páratartalomként említünk. A levegő vízgőz mennyiségének nagyon fontos szerepe van akár a bent tartózkodók akár magára az épület szerkezeti elemeire. Ennek ideális mértéke 40-60 százalék közé tehető, ami a légzőszerveink optimális működésének és az épületeknek egyaránt megfelelő.

Amennyiben a belső tér páratartalma a kedvező határérték minimuma, azaz 40 százalék alá csökken, a levegő szárazzá válik, ami kiszáríthatja a nyálkahártyát, köhögés lép fel, felsőlégúti fertőzések kockázata megnő, és mindezek együttes hatása miatt a komfortérzetünk jelentősen csökken. Évszaktól függetlenül fennállhat ez a probléma. Nagy melegben a légkondicionáló készülékek a belső tér páratartalmát elpárologtatják, így a páratartalmat csökkentik. A száraz levegő könnyebben felveszi az aeroszoloikat, porokat. A felsőlégúti megbetegedéseket okozó vírusok inkább a száraz levegőt kedvelik. ([Menyhárt-Marcsó, 1997](#))

A levegő magas páratartalma sem ígér jobb feltételeket, sőt. A magas relatív páratartalmú levegő két fontos hatással bír: egyrészt növeli a poratkák elszaporodásának kockázatát, másrészt pedig páralecsapódást okoz a hidegebb felületeken. Ez a páralecsapódás ideális környezetet teremt a gombák és baktériumok számára, így elősegítheti azok elszaporodását és burjánzását. A házi poratkák a 17-25°C közötti magas páratartalmú közeget kedvelik. Az allergiás reakcióra hajlamosabb egyéneknél a házi poratka jelenléte náthaszerű tüneteket,

súlyosabb esetben asztmás megbetegedést válthat ki. Száraz levegőn, -20°C alatt, vagy 55°C fölött elpusztulnak. Egyes emberektől és állatoktól származó korokozók levegőbe kerülve rövid idő alatt elpusztulnak, viszont nedves felületen akár hónapokig életképesek maradnak.

[\(Kalmár, 2013\)](#)

Amikor a belső páratartalom magas, és az épületszerkezeten találhatóak hideg felületek, hőhidas felületek, ott harmatponti hőmérséklet állhat fent. A harmatpont az a hőmérséklet, amelynél a levegőben lévő vízgőz lecsapódik víz formájában, vagyis kondenzálódik. Amikor a levegő hőmérséklete lecsökken a harmatpont alá, a vízgőz lecsapódik a felületekre, például falakra vagy ablakokra, és nedves foltokat, penészt vagy penészgombát eredményezhet. Az így keletkező légszennyezés szintén allergiát, asztmát, bőrproblémákat okozhat.

Egy 2019. évi Európai lakosság egészségfelmérését publikálták, ami alapján kiderült, hogy a 15-59 év közötti magyar lakosság legalább 30 %-át érinti a pollenek okozta allergiás tünetek. A pollen allergia másnéven szénanátha tipikus tünetei: tüszögés, vizes orrfolyás, orrdugulás, orr-, garat-, szem- és fülviszketés, könnyezés, kötőhártya-gyulladás. Február végétől, a növényzet fejlődése, virágzása okozza a kiemelt terhelést, míg nyár közepétől egészen október közepéig különböző mértékben a különböző fűvek terhelhetik az erre érzékenyeket. Legismertebb ilyen fűféle a parlagfű. Szelesebb időben, napközbeni időszakban magasabb a levegő pollen tartalma, amit bárki szabadon ellenőrizhet a Nemzeti Népegészségügyi Központ napi pollenjelentés weboldalán.

3.9 Egyéb légszennyezési lehetőségek belső térben

A belső levegőt érintő szempontoknál felsoroltuk már a kémiai csoportba sorolható szennyezőanyagokat. Ezek a kémiai gázok, gőzök és porok minden léttérben jelen vannak. Ezek a szennyeződések bekerülhetnek a külső térből is, a forgalom okozta gázok formájában, vagy az ipar által a légkörbe juttatott szennyeződés formájában. A zárt térben tartózkodásunk folyamán a takarítás során felszabaduló és kipárolgó tisztító szerek vegyületei, mindennapi fogyasztási és tisztálkodási szereink által, például higiénias és szépségápolási termékek. Bent tartózkodásunk során használt irodai eszközök által generált például az ózon is, melyet a lézernyomatók bocsájthatnak ki működésük során. Az épület szerkezeti anyagai, berendezési tárgyaink által kibocsájtott szennyező anyagokat a WHO

illékony szerves anyagokat négy kategóriában sorolta kipárolgásuk alapján. ([Hrustinszky, 2012](#))

Szennyező anyagok kerülhetnek ki az épületgépészeti rendszerből, kiemelten például a légtechnikai rendszerből. Ezekre a szennyeződési lehetőségekre a légtechnikai rendszer elemeit áttekintő szakirodalmi feldolgozás részénél térek ki.

3.10 Levegőminőség elmélete

Bár már a XIX. században is mélyre hatóan vizsgálta Pettenkofer a levegő minőségét, mégis csak a XX. század végén, 1988-ban Ole Fanger, dán mérnök professzor dolgozta ki a beltéri levegő minőségét és a levegőszennyezettség kölcsönhatását összevető új módszert, ezzel a Yaglou által 1936-37-ben kidolgozott szubjektív módszer tézisét megdöntötte. Ezt a rendszert olf-decipol rendszernek nevezik. Ahol az olf a szennyező anyagok forráserősége a mértékegysége. Egy olf szennyezőanyagot juttat a környezetébe egy ülő munkát végző, átlagos felépítésű egészséges felnőtt, kellemes termikus egyensúlyi állapot és átlagos tisztálkodási feltételek esetén. Decipol pedig a levegő minőségének a mértékegysége. Egy decipol a levegő minősége, ha egy olf szennyező kibocsátása 10 liter/másodperc, tiszta friss levegővel keveredik. ([Bánhidi-Kajtár 2017](#))

A fentebbi témapontokban felvázolt szennyeződések csak egyetlen módon tudjuk a belső térből eltávolítani, mégpedig szellőztetéssel.

3.11 Hőérzet

Az egyént körülvevő hőkörnyezet mindenkiben szubjektív érzetet kelt. Ezt a szakirodalmak hőérzeti tényezőként említik, s hat pontban vizsgálható:

1. levegő hőmérséklete (térbeli, időbeli eloszlása, változása),
2. körülvevő felületek sugárzása,
3. relatív nedvességtartalom és annak nyomása,
4. levegő sebessége,
5. egyén hőtermelése, hőleadása, hőszabályozása,
6. ruházat hőszigetelő képessége.

Az első négy pont fizikailag mérhető mutatószám, viszont az utolsó két pontban szereplő tényezők az emberi szervezet alkalmazkodóképességétől függő komponens, ami egyénen-

ként változó. Az viszont egységesen kijelenthető, hogy az egyén hőtermelése nagyban függ az általa végzett tevékenységtől. A ruházat hőszigetelő képessége pedig az egyének hőleadását befolyásolja. A szubjektív hőérzetet egy hét pontos, úgynevezett ASHRAE hőérzeti skálán lehet számszerűsíteni, ahol a +1, 0, -1 a kellemes szubjektív zóna. (4. táblázat)

4. táblázat: ASHRAE hőérzeti skála

(Forrás: saját szerkesztés ASHREA, 2013 szerint [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

+3	forró
+2	meleg
+1	kellemesen meleg
0	neutrális
-1	kellemesen hűvös
-2	hűvös
-3	hideg

A szabvány szerint:

„A kellemes hőérzet az a tudati állapot, amely a termikus környezettel kapcsolatos elégedettséget fejezi ki.” (ASHREA szabvány szerint [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

A szabvány szerinti kellemes hőérzetért felelős szervünk az agyban található, amit hipotalamusznak nevezünk. Ez a szerv felelős, hogy a benne található hideg és meleg érző részegységek egyensúlyt teremtve, állandó hőmérsékleten tartsák az emberi szervezetet, megalkotva ezzel a harmóniát a test által termelt és leadott hő között. Egyes országokban, orvosi vonatkozások miatt a hét hőérzeti pontból kettőt kivettek, s az egyszerűbb válaszadás miatt hiányzik a kellemesen meleg és a kellemesen hűvös kategória. ([Bánhidi-Kajtár, 2017](#))

3.12 Egyéni hőtermelés

Az emberi testben lejátszódó folyamat során a szervezetben lévő oxigén oxidációs folyamat során égést végez, energia szabadul fel, ami munka formájában hasznosul. Ennek a műveletnek az eredménye az egyén hőtermelése. Nyugalmi állapotban lévő átlagos egyén oxigénfogyasztása 0,25 liter/perc, ami 0,015m³/óra. Ez az elfogyasztott oxigén mennyiség szükséges az úgynevezett alap-anyagcseréhez. Az átlagos munkavégzés oxigén igénye 1 liter/perc, ami 0,060m³/óra. ([Schifter-Tolvaj, 2011](#))

5. táblázat: Munkatípusonkénti oxigénfogyasztás és hőteljesítmény
(Forrás: saját szerkesztés [Schifter-Tolvaj \(2011\)](#) alapján)

Munkatípus	Oxigén szükséglet [l/min]	Hőteljesítmény [W]
alap-anyagcsere	0,25	88
könnyű (ülő) munka	0,5	175
közepes munka	0,5÷1	175÷350
nehéz munka	1-2	350÷700
átlagos munka	1	350-88=262
sportolói csúcs	4-5	735-960

Fanger összefüggést állapított meg a külső mechanikai munka és a belső hőszükséglet között
(Forrás: [Schifter-Tolvaj, 2011](#))

$$M = H + W \quad (1)$$

ahol:

M	[W/m ²]	metabolikus hő,
W	[W/m ²]	külső mechanikai munka
H	[W/m ²]	„belső hőszükséglet”

Fanger az oxidáció során létrejövő metabolikus hő (M) az alábbi képlet megadásával számszerűsíti:

$$M = RQ \cdot 5,8 \cdot \frac{\dot{V}_{O_2} \cdot 60}{F_{Du}} \quad (2)$$

ahol:

RQ	[-]	kilélegzett szén-dioxid és belélegzett oxigén térfogataránya ($\dot{V}_{CO_2} / \dot{V}_{O_2}$) értéke 0,83 (pihenés) és 1,00 (nehéz fizikai munka) között változik,
\dot{V}_{O_2}	[l/min]	oxigénfogyasztás értéke a levegő (0 °C és 1,0132 bar) normaállapotában,
5,8	[(Wh)/l]	egységnyi oxigéntérfogathoz tartozó energiaérték az előző normaállapotban RQ = 1 esetén,
F_{Du}	[m ²]	emberi test Du Bois felülete

A Du Bois felület az $F_{Du} = 0,203 \cdot m^{0,425} \cdot L^{0,725}$ képlettel számítható. (3).

Szakirodalmakban $m = 70\text{kg}$, $L = 1,73\text{m}$, ami szerint $F_{DU} = 1,84 \text{ m}^2$.

Ezen elméleteket elfogadva a mechanikai munka hatásfoka:

$$\eta = \frac{W}{M} \quad (4)$$

Különböző tevékenységek számszerűsíthető általános egyenértékét a nemzetközi szabványokban és gyakorlatban „MET” egységként használják:

$$1 \text{ met} = 58 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (5)$$

Néhány minket érintő releváns tevékenység metabolikus értékét a 6. táblázat tartalmazza:

6. táblázat: Tevékenységek metabolikus értéke

(Forrás: Saját szerkesztés [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)

Tevékenység	MET érték
alvás	0,7
nyugodt ülés	1,0
különböző irodai munka (pl.: ívek kitöltése, ellenőrzés)	1,0 – 1,2
gép munka – gépszerelő	2,8
nehéz munka – targoncatolás (57kg, 4,5km/h)	2,5

3.13 Hőleadás

Az emberi test a belőle származó hőt négy különböző módon tudja leadni:

- sugárzással 42 – 44 % - száraz hőleadás
- konvekcióval 32 – 35 % - száraz hőleadás
- párolgással 21 – 26 % - nedves hőleadás
- vezetéssel 2,4 % - száraz hőleadás

A légköri feltételek változása határozza meg azt, hogy a hőleadás, hőátadás mely módon megy végbe. Egy nyugodt ülő munkát végző személy, miközben nagyjából 1 met hőt termel szervezete, a testének az átlagos bőrhőmérséklete 33,3 °C. Ezt az állapotot ideális állapotnak

tekinti. A 31 °C fokos bőrhőmérsékletet már hidegnek, míg a 29 °C esetén már extrém hidegnek. [\(Kalmár, 2013\)](#)

3.14 Ruházatunk, mint hőszigetelés

Az emberi test hőleadását jelentősen befolyásolja a testfelületet borító ruházat. Minden ruhadarab rendelkezik saját hőszigetelő és páraáteresztő képességekkel, amelyek hatással vannak a hőleadás mértékére, és kisebb vagy nagyobb mértékben csökkenthetik azt. Ennek mértékegysége a clo.

$$1 \text{ [clo]} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{(Schiffter-Tolvaj, 2011)}$$

Cloquet és De George a XX. század elején végzett kísérletek alapján meghatározták, hogy különböző ruhadarabok és ruházati együttesek milyen mértékben befolyásolják az emberi hővesztésget. A hétköznapi ruházati összeállítások néhány értékét az alábbi 7. táblázatban láthatjuk:

*7. táblázat: Különböző ruházatok hőszigetelő képessége
(Forrás: Saját szerkesztés [Bánhidi-Kajtár \(2017\)](#) alapján)*

Ruházat	clo érték
Mezítelen	0
Tipikus trópusi ruházat: sort, nyitott nyakú ing rövid ujjal, könnyű zokni és	0,3–0,4
Könnyű nyári ruházat: hosszú szárú nadrág könnyű anyagból, nyitott nyakú ing,	0,5
Könnyű munkaruha: sort, gyapjúzokni, pamut munkaing és munkanadrág	0,6
Tipikus üzletember-ruházat	1

3.15 Komfortmérő indexek

Szakirodalmak és szabványok számos komfortszint meghatározását szolgáló mutatószámot említenek, melyek segítségével a hőkönyezet méretezése lehetséges. Számos más levegő minőséget vizsgáló szemponthoz hasonlóan, ezek a megállapítások is Fanger professzor nevéhez fűződnek, melyek közül hármat említek:

- PMV, mely az angol Predicted Mean Vote, amely a várható hőérzeti értéket mutatja meg számértékben. A PMV modell alapja a 7 pontos ASHRAE skála. Ezen érték számszerű meghatározása esetén figyelembe kell venni az emberi test hőleadását, a ruházat hőszigetelő képességét, környezeti tényezőket, mint például a hőmérsékletet, a páratartalmat és a légáramlást.

- PPD, mely az angol Predicted Percentage of Dissatisfied mozaik szónak felel meg. Adott PMV értéken mutatja meg, hogy az emberek hány százaléka érezheti magát kényelmetlenül az adott környezetben.
- AMV, mely az angol Acceptable Mean Vote rövidítése, és azt az átlagos PMV értéket jelöli, amelyet a lakók elfogadhatónak találnak az adott környezetben. ([Kaitár, 2019](#))

Még egy jól megtervezett komforttérben is kialakulhatnak olyan területek, ahol az ott tartózkodók elégedetlenséget tapasztalhatnak. Ilyen tényező lehet a huzathatás, vertikális hőmérséklet különbség, valamint a hideg és meleg padlók.

3.16 Összegzés

A korábbi fejezetekben bemutatott szempontok és értékek optimális szinten tartásához elengedhetetlen a zárt terekben történő levegő „frissen tartása”. Szellőztetés nélkül a zárt terekben a levegő minősége romolhat, ami negatív hatással lehet az ott tartózkodók egészségére és kényelmére. A friss levegő bevitelével a szellőztetés segít eltávolítani a szennyeződések, allergéneket és kellemetlen szagokat, valamint szabályozza a hőmérsékletet és páratartalmat. Ezáltal az optimális komfort megteremtése érdekében elengedhetetlen a rendszeres szellőztetés, amely friss, tiszta és egészséges belső környezetet biztosít az emberek számára.

4 A légtechnikai rendszerek részei

4.1 Természetes szellőzés

A korábbi fejezetekben ideálisnak nevezett levegő minőséget, amelynek a szennyező anyag koncentrációja alacsony, a szennyeződések mértéke határértékeken belüli csak úgy tudjuk zárt térben biztosítani, hogy a belső levegőt frissítjük, kicseréljük. Ezt a frissítést szellőztetéssel tudjuk biztosítani. A szellőztetés lehet természetes vagy mesterséges.

A természetes szellőztetést, azaz a légcserét régebbi épületek esetén a nyílászárók tömítetlensége, az épület szerkezetének légáteresztő képessége ki tudta szolgálni komfortterekben. Viszont a mai kor elvárásainak megfelelő légtömör terekben a természetes légcseré gyakorlatilag nulla, ami hosszú távon egészségügyileg elfogadhatatlan. Ablakszellőztetést mind a mai napig megtalálható a családi házak többségében. Az egyre szigorúbb energetikai előírások miatt, valamint ahol az üzemeltetési költségeket is figyelembe veszik, ott a komfortterek már nem rendelkeznek kültérbe nyitható nyílászárókkal.

Tervezett gravitációs természetes szellőzés során a hőmérséklet különbségből adódó sűrűség különbségnek köszönhető a levegő mozgása. Komfort terekben már nem, viszont csarnokokban, raktárakban a mai napig megtalálható ez a szellőztetési mód. Szélszellőzés esetén a külső levegő mozgását használták ki, olyan módon, hogy az épület szélfelőli és szélárnyékolt oldalai között létrejövő nyomás-különbség hatására a tér átszellőzése megoldott volt. ([Gábor-Zöld, 1981](#))

Természetes szellőztetés hátrányai:

- A természetes szellőzés határfoka az időjárás körülményeitől nagyban függenek, például a szélesebségtől és iránytól. Ez azt jelenti, hogy nincs teljes irányításunk a levegőáramlás felett, és nem lehet pontosan szabályozni az épület belső környezetét. Zavaró huzathatás léphet fel, ami hideg időben még fokozottan zavaró lehet.
- Az épületszerkezet külső környezetéből érkező hatások a belső teret terhelik. Ez lehet a külső térből beszűrődő zajhatások, valamint a kültérben

található szennyeződések, mint például por, kipufogógázok, technológiai szennyeződések.

- A természetes szellőzés nem energiahatékony, télen a beltér temperált levegőjét kidobjuk, míg nyáron a külső térből érkező meleg levegő fokozott terhelést okozhat a belső környezetben tartózkodók számára.

4.2 Szellőzés mesterségesen

Tehát kijelenthetjük, hogy a mai kor elvárásainak megfelelő hatásfokú légcserét mesterséges szellőztetéssel lehet megvalósítani. Előnyei a mesterséges szellőztetésnek, hogy így nem kerül annyi por és szennyező anyag a zárt terekben, a különböző energia hasznosításokkal előállított hőmérsékletet nem dobjuk ki a külső térbe, ventilátorok által keltett légmozgással biztosítani lehet az épület minden egyes területén a légcserét. Mesterséges szellőztetésről tehát akkor beszélhetünk, ha a szellőztetést géppel végezzük, tervezetten, a levegő oxigén tartalmának biztosításával, a befűjt levegő tisztításával, az évszaknak és az igényeknek megfelelően fűtve, ha a lehetőség adott akkor hűtve, alacsony zajszint mellett, huzathatás nélkül. [\(Raiss, 1964\)](#)

4.3 Depressziós szellőztetés

Depressziós szellőztetésről akkor beszélhetünk, ha a szellőztetett helyiség nyomása alacsonyabb szinten van tartva, mint a külső környezeté. Ezzel a típusú megoldással a külső környezetet tudjuk védeni a belső tér levegőjétől. Szerkezeti kialakítása során elszívó légcsatorna hálózat, és ventilátorból épül fel. A légutánpótlás biztosítása szükséges. Ez a típusú rendszer csak friss levegő utánpótlására nyújt megoldást, légkezelési feladatokra csak korlátozottan. [\(Raiss, 1964\)](#)

4.4 Túlnyomásos szellőztetés

Ahogy a nevében is benne van, a friss levegő a szellőztetett térbe való beáramlásával túlnyomást hoznak létre a külső környezethez képest. Ennek eredményeként a használt levegő a helyiség vagy az épület más területein keresztül távozik. A rendszer egy befűvő ventilátorból és légcsatorna hálózatból épül fel, a túlnyomás keltette távozó levegő az épület szerkezetén vagy épített légcsatornán hagyja el a szellőztetett teret. Ez a megoldás a friss

levegő utánpótlása mellett a levegő kezelésére is megoldást nyújthat – légfűtés, léghűtés.

[\(Raiss, 1964\)](#)

4.5 Kiegyenlített szellőztetés

A korábbi két lehetőséggel ellentétben itt a szellőztetni kívánt tér és a külső környezet között nincsen nyomáskülönbség, az elszívott és a befűvott levegő mennyisége megegyező. A rendszerben található egy elszívó és befűvó légcsatorna hálózat, valamint külön ventilátor végzi a befűvást és az elszívást is. Ezzel a típusú rendszer minden légtechnikai feladat megoldható. Központi légkezelő rendszer esetén négy légcsatorna hálózat csatlakozik a légkezelőhöz:

- Friss levegő: külső térből érkező kezeletlen levegő
- Szellőztető levegő: légkezelőből kilépő, már kezelt levegő
- Távozó levegő: elszívott levegő a zárt térből
- Kidobott levegő: légkezelőből a külső térbe távozó levegő

[\(Raiss, 1964\)](#)

5 A légkezelők főbb részei

5.1 Légkezelő ház

Légkezelő házának anyaga a mai kor követelményeinek megfelelően alumínium vagy horganyzott acéllemezről készül vagy különleges igény esetén rozsdamentes acél belső résszel vannak ellátva. A légkezelő falának szigetelnie kell lennie, mivel ez a szigetelés fogja a légkezelő hő- és hangszigetelési funkcióját ellátni. Főbb részei általában építő elemekből vannak összeállítva, ezzel megkönnyítve az összeszerelését, és a későbbi esetleges javítási tevékenységeket. Az illesztéseknek légtömörnek kell lennie a nyomástartás végett.

5.2 Ventilátor

A levegő mozgását ventilátorok biztosítják. Három fő típusa axiális-, radiális-, és keresztáramú. Szellőző gépekbe rendszerint axiális és radiális ventilátorok találhatóak. A keresztáramú kialakításúak alacsony nyomással működnek, alacsony hatásfokkal. Axiális kialakítás a tengely körül forgó lapátok jellemzik, a levegőt a tengellyel párhuzamosan mozgatják, míg a radiális ventilátorok esetén a levegő tengellyel párhuzamosan érkezik a járókerékhez, ott irányt változtat és tengelyre merőlegesen lép ki a ventilátor házból. Szabályozhatóság szempontjából az AC ventilátorok kevésbé, csak fokozatokban szabályozható, míg az EC ventilátorok fokozatmentes szabályozhatóságot tesznek lehetővé. [\(Schifter-Tolvaj, 2011\)](#)

5.3 Kalorifer

Kaloriferek szerepe a légkezelőben, hogy a rajta átáramló levegőnek hőt adjanak át, így üzemüket tekintve lehetnek fűtő- vagy hűtő kaloriferek. Fűtő funkció betöltése esetén a lamella osztása sűrűbb, míg hűtés esetén az lefagyás megakadályozása érdekében ritkább. Közvetítő közege lehet víz vagy hűtőközeg. [\(Raiss, 1964\)](#)

5.4 Szűrés

Szűrők hivatottak a légkezelőbe érkező és a légkezelőből távozó levegő szűrését elvégezni. A klíma- és komforttechnikában a kiszolgált térnek a megfelelő minőségű levegőt szűréssel lehet biztosítani. A szűrőket hatásfokuk alapján az alábbi osztályokba sorolják (8. táblázat):

8. táblázat: Szűrőosztályok megnevezése és jelölésük
(Forrás: saját szerkesztés [Liua és társai \(2017\)](#) alapján)

Szűrőosztályok megnevezése	Jelölésük
Durva porszűrők	G1 - G4
Közepes porszűrők	M5 - M6
Finom porszűrők	F7 - F9
Általános aerosol szűrők	E10 - E12
Nagyteljesítményű aerosol szűrők	H13 - H14
Ultra nagyteljesítményű aerosol szűrők	U15 - U17

Anyaguk szerint lehetnek fém szűrők, melyek jellemzően zsírleválasztásra alkalmaznak, vagy szálás anyagúak: műanyag, üveg, papír. Kialakításukat tekintve: síkszűrők, táskás szűrők.

5.5 Hővisszanyerés

Hővisszanyerés szerepe, hogy az elszívott levegővel távozó energiaveszteséget csökkentve a beszívott levegőnek hőt adjunk át. Ez a folyamat történhet szárazhőcserével, amit rekuperatív hővisszanyerőknek nevezünk. Ezek esetében az elszívott és a beszívott légáram közvetlenül nem találkozik, így keveredés nem történik. Kialakításuk lehet közvetítő közeges, hőcsöves, vagy lemezes, amit ellenáramúként is említene. Nedves hőcserével a regeneratív, úgynevezett forgó dobos hővisszanyerés lehetősége áll fent. Ekkor nem csak hőcsere, hanem nedvesség csere is végbemegy. [\(Rabi, 2018\)](#)

5.6 Légcsatorna

Légcsatorna feladata a levegő szállításának biztosítása a légkezelőtől a légbefúvókig légtömör zárással. Anyaguk szerint lehetnek fémlemez, általában horganyzott, speciális esetekben rozsdamentes kivitelben. Kör keresztmetszet esetén spirálkorcolt kialakításban, míg négyszög esetén szegecselt vagy ragasztott kivitelben. Utóbbi anyagszükséglete aránytól függően 13-30% több anyagszükségletet igényel. [\(Magyar-Vigh, N. a.\)](#) Alumínium kivitelben elérhető félmerev, és flexibilis légcsatorna is, utóbbi akár előre szigetelt verzióban is. Korlátozott méretben műanyag légcsatorna idomok is elérhetőek.

5.7 Anemosztát

A légcsatorna végpontján az befúvó és elszívó egység található, amelyet anemosztátnak nevezünk. Ezek szolgálják a szellőző levegő helyiségbe való elosztását, a légsugár irányíthatóságát, kialakításuktól függően légmennyiség szabályozhatóságot, valamint az elszívó rendszer kiinduló pontja is lehet.

5.8 Légvezetési rendszer (LVR)

5.8.1 Elárasztásos légvezetési rendszer

Elárasztásos légvezetési rendszer esetén a befúvó elem a lehetőség szerint a falsík mellett, a padló közelében került elhelyezésre, míg az elszívás fentről, jellemzően a mennyezeten történik. Ez a megoldás gyors légcserét biztosított megoldani, fűtési feladatokat is elláthat, jellemzően nagy terekben kerül telepítésre. [\(Kalmár, 2017\)](#)

5.8.2 Keveredéses légvezetési rendszer

Diffúz keveredés esetén a szellőző levegő nagy belépős sebességgel lép ki az anemosztáton keresztül, de kialakítása miatt a tartózkodási zónában már nincsen huzat érzet. Befúvás helye mennyezeten vagy a tér felső részében található, így nagy szétáramlási kép tud kialakulni.

Érintőleges légvezetési rendszer esetén megkülönböztetünk primer és szekunder áramlást. Előbbi jellemzően falsíkon keletkezik, és a keveredés következtében a tartózkodási zónában kialakuló szekunder áramlás már csökkent sebességgel jelentkezik. Kis belmagasságú terekben tud hatékonyan működni, míg a légbevezető lehet fali vagy mennyezeti kialakítás.

Sugaras légvezetés kialakítása nagy belmagasságú terekben kivitelezhető, ahol a légsugár nagy levegőárammal, pontszerűen lép ki a fúvókából. A nagy levegőáram ellenére csendes üzem jellemzi. [\(Kalmár, 2017\)](#)

6 Alkalmazott módszerek

A szakdolgozat a Fornetti Kft. kecskeméti irodaházának légtechnikai átalakítását, modernizálását tűzte ki célul mindezt úgy, hogy a kor és a 2025 évtől várhatóan változó törvényi szabályozásnak maradéktalanul megfeleljen, mindeközben szem előtt tartva a költséghatékony üzemeltetés alapvető szükségességét is. A feladat elvégzéséhez elengedhetetlenül szükséges a meglévő légtechnikai rendszer megfelelő szintű ismerete és bemutatása, a rendszer gyenge pontjainak feltárása figyelembe véve a cég irodaházának műszaki adottságait és esetleges átalakítási lehetőségeit is. Egy új, korszerűbb légtechnikai rendszer kialakításához szükséges a rendszerrel szemben támasztott alapvető igények felmérése a megfelelő, optimális rendszer kialakításához. Az épület műszaki és hőtechnikai adottságainak megismerése mellett az irodai dolgozók által támasztott alapvető követelményeket, a jelenlegi rendszerrel kapcsolatos személyes tapasztalataikat, észrevételeiket is próbáltam maradéktalanul megismerni akár személyes elbeszélgetések, akár kérdőív formájában, hogy a légtechnikai rendszer átalakítására tett törekvéseim, javaslataim a lehető legtöbb szempont figyelembe vételével lehetőség szerint hosszú távon is kielégítő megoldást biztosíthassanak mind a vállalat, mind a vállalat dolgozói számára.

Egy légtechnikai rendszer kialakításához számos szempont figyelembevétele szükséges, így célul tűztem ki a légtechnikai rendszerek, légkezelők legfőbb részeinek, vagyis a műszaki megvalósítás lehetőségeinek megismerése mellett a humán tényezőkre is hangsúlyt fektetni, úgy mint például az eltérő ruházakodásból adódó egyénenkénti eltérő hőérzetre, a friss levegő iránti alapvető igényre, a páratartalomra, a zajra, huzatra, illetve az allergiára való hajlamra, mely utóbbi irodai körülmények között is jelentősen megnehezítheti az erre érzékeny dolgozók gondtalan munkavégzését.

A feladat megoldása céljából tudatosan kerestem azokat a termékbemutatókat, konferenciákat, amelyek a légtechnikai rendszerekkel, berendezésekkel, a kor követelményeinek leginkább megfelelő műszaki és gyakorlati megoldásokkal foglalkoztak. Szerencsémre ebben a munkáltatóm is maradéktalanul partner volt, így ismereteimet ezeken a szakmai napokon is volt alkalmam bővíteni.

7 Eredmények és értékelésük

7.1 A Fornetti Kft. rövid bemutatása

A Fagyasztott Pékáru-termelő és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaságot Palásti József pékmester családi vállalkozásként hozta létre 1997 márciusában Kecskeméten. Hamarosan meg is kezdődött a fagyasztott termékek gyártása és a termékek értékesítése egy Magyarországon még újnak számító látványpékség hálózaton keresztül, franchise rendszerben. A vállalkozás már a kezdetektől gyors fejlődésnek indult. 1998-ban megépült a Fornetti első nagy üzemcsarnoka Kiskunfélegyházán, megjelent a franchise hálózat Szlovákiában, Lengyelországban, Horvátországban, Romániában és Csehországban. A néhány éves múlttal rendelkező cég az ezredfordulóra Közép-Kelet Európában már több mint 2700 sütési ponttal büszkélkedhetett. A gyors és dinamikus növekedést mi sem mutatta jobban, hogy 2001. augusztus 17-én Kecskeméten átadták a több mint 4000 m² alapterületű Franchise Export Központot, mely magában foglalja az irodaházat, a gyártócsarnokot és a raktárbázist is. 2006-ra még több ország csatlakozott a franchise hálózatukhoz. 2009-ben a Fornetti Kft. el is nyerte a hazai „Év Franchise Hálózata” díjat és ezzel tovább öregbítette hírnevét. A vállalat megszerezte BVQI tanúsítványát az IFS és FSSC 22000 élelmiszerbiztonsági és 2016 évben az ISO 50001:2012 energiairányítási rendszerek meglétéről.

2015 augusztusában a svájci-ír Aryzta AG Bakery Group megvásárolta a Fornetti Kft.-t, ezzel új fejezetet nyitva Magyarország piacvezető pékipari vállalatának történetében. Egy több lépcsős fejlesztési programot indított el a tulajdonosváltás, melyben szerepelt többek között új bútorgyártó üzem, gyártósorok modernizációja, csomagolás technológia automatizálása, gépjárműpark bővítése. Az újítások okozta kapacitás és minőség növekedés eredményeként a Fornetti Kft. 2016-ban ismét rangos hazai elismerésben részesült. A Magyar Franchise Szövetség „Az év franchise-hálózata” díjat adományozta a vállalatnak. A kezdeti lendület nem redukálódott az évek során, a kiskunfélegyházi üzemben 2018-ban ismét automatizálás és kapacitásnövekedés történt: nagyobb kapacitású lisztbehívó rendszer, automatizált csomagolósort, kelesztő- és fagyasztótornyos rendszerrel bővült a gyáregység. ([Fornetti Kft., 2024](#))

The European Franchise Awards

Az 1972-ben alapított Európai Franchise Szövetség (European Franchising Federation (EFF)) a franchise vállalkozási forma vezető szervezete és érdekvédelme Európában. Az EFF második éve értékeli az európai piacon jelenlévő szereplőket. 2023-ban a brüsszeli gálán a Fornetti-t hirdették ki Európa legjobb franchise-szolgáltatójának. A díj jelentése: a legjobbak legjobbja. Kiemelték a termékek köré kiépített teljes szolgáltatási csomagot, valamint a minőség állandóságát a termelés helyszínétől függetlenül. [\(Barta, 2023\)](#)

Környezetvédelem

A Fornetti Kft. kiemelkedő méretei tekintve is beletartozik a 2023. évtől kötelező ESG törvények hatálya alá. ESG az Environmental, Social, and Governance kifejezésre utal, amely magyarul környezeti, társadalmi és vállalatirányítási szempontokat jelent. Az Aryzta cégcsoport összes tagja számára kötelező érvényű a globális megfelelés, s mind az üzemeltetés, logisztikai mind a beszerzési folyamatoknál kiemelt szempont a CO₂-lábnyom csökkentése, a feladatok optimalizálása, idő és energia megtakarítás.

A Fornetti Kft. is csatlakozott a Kecskemét Városi Környezetvédelmi Karta elnevezésű együttműködéshez, mely célul tűzte ki, hogy 2030-ig 40%-al csökkentik a CO₂ kibocsátást a város területén. [\(Hraskó, 2023\)](#)

7.2 A központi irodaház elemzése

2001 augusztusában adták át a Fornetti Kft. kecskeméti komplexumát, amely magába foglalta a gyártóüzemet, a franchise központot, valamint az irodaházat. (1. fénykép, 73. oldal) A megvalósításhoz a lendületesen növekvő bevételek mellett a Gazdasági Minisztérium is támogatást nyújtott. Az épület jelenleg is az eredeti funkcióját látja el, mint a Fornetti Kft. központi irodaháza. Az épületen változtatás nem történt, megépítése óta sem a homlokzata, sem a statikai állaga nem került módosításra.

Az irodaház építménye szabadon álló, hasznos alapterülete 2092 m². A földszinten található az irodaépület aulája, a portaszolgálat, az igazgatósági irodák, a tárgyaló, a szociális helyiségek, üzemi fekete és fehér öltözők, vagyis az utcai és a gyártósori ruházat cseréjéhez

szükséges különálló helyiségek, valamint az irodaházhoz tartozó gépészeti tér. Az első emelet teljes értékű szint, itt találhatóak az irodák, a tárgyaló, az orvosi szoba, az étkező, a szerver szobák és a szociális helyiségek. A második emelet tetőtéri kialakítású, mely szintén irodáknak, két tárgyalónak, a szociális helyiségeknek, valamint az irodaházhoz tartozó légkezelő gépészeti terének ad otthont. Alaprajzát az 1. melléklet (61. oldal) szemlélteti.

Az épület monolit vasbeton pillérvázás szerkezeti kialakítású. A pillérek között 38 cm-es Porotherm N+F vázkerámia téglá található külső nemesvakolat rendszerrel, szigetelés nélkül. Az egyik oldalról az irodaház falzatához közvetlen kapcsolódik maga a gyártócsarnok. Ez utóbbi lapos tető kialakítású, héjazása bitumen lemezes. Egyes irodák nyílászárói erre a területre nyílnak. A nyári napsugárzás okozta hőterhelés csökkentése érdekében az irodaépülettől 10 méteres sávban a tető világos színű, hővisszaverő, kifejezetten bitumenes felületre szánt fedőfestéssel lett kezelve. Az irodaház épületének földem szerkezete fa, állapota korának megfelelő, de egyes helyeken felületi fekete penész látható, mely helyi kezeléssel orvosolható, egyéb elváltozások viszont nem észlelhetők. Héjazása cserepes lemez, a földem szerkezetben szigetelés nem található. A cserepes lemezes fedésen sérülések fedezhetőek fel, több helyen áttörések találhatóak a jelenlegi légtechnikai rendszer számára. A csavarrögzítések alatt található gumialátétek a több mint két évtized alatt elöregedtek, így egyes helyeken beázások nyomaira lehet bukkanni. Az irodaépület nyílászárói fém keretszerkezettel rendelkeznek 2 rétegű hőszigetelő üvegezéssel, külső oldalán fényvédő tükrös reflektív felülettel. (1. fénykép, 73. oldal) A több mint 20 esztendő nyílászárók illesztései már nem pontosak, nagy mértékű dilatációs hézagok láthatóak, valamint a gumi tömítések idővel zsugorodtak. (7. fénykép és 8. fénykép, 76. oldal) A nyári intenzív napsugárzás okozta hőhatás csökkentését külső árnyékoló rendszer nem támogatja, az irodaépület belső tereiben mindezt relaxák alkalmazásával próbálják meg mérsékelni. A belső térben a térelválasztás határoló szerkezetet horganyzott acéllemez profilra rögzített gipszkarton rendszer biztosítja, a két határoló oldal között közetgyapot szigeteléssel, ami hangszigetelő funkciót is ellát. A folyosók és a szociális helyiségek padlóburkolata hidegburkolat, míg az irodák és tárgyalóterek melegburkolattal vannak ellátva.

Az irodaház épületgépészeti terében található az irodaház fűtési és használati melegvíz igényét kiszolgáló két darab Cosmogas Mydens 60T típusú kondenzációs gázkazán, melyeket egy energetikai felújítás keretében 2017-ben üzemeltet be. A két gázkazán felváltva üzemel úgynevezett meleg tartalékú üzemviteli kialakításban, szabályozása pedig külső hőmérséklet

érzékelő vezérléssel működik. A fűtési rendszer 75/55°C-os hőfoklépcsővel és manuálisan állítható fordulatszámú keringtető szivattyúval üzemel. A fűtési csövek szigetelése több helyen hiányos, javítások és átalakítások elvégzése után nem lettek a szigetelést érintő hibák, problémák megfelelően helyreállítva. Több elzárónál különböző mértékű szivárgások láthatóak. A fűtési hőleadókhoz a fűtési víz elosztóvezetéken jut el, területi elosztásban osztó gyűjtő rendszerben. A földszinten vegyesen található radiátoros hőleadó és padlófűtési rendszer. Utóbbinál a hőfok termoszeleppel 35°C-os előremenő hőmérsékleten van maximálva a csőrendszer védelmének érdekében. Az első és a második emeleten a hőleadók egységesen kétcsöves kialakítású radiátoros rendszerűek bypass funkció nélkül, torló szeleppel történő áramlásmennyiség beállítással. A radiátorokon elhelyezett kézi állítású termosztatikus radiátorszelepekkel lehet a hőleadás fokát szabályozni, a légtelenítés pedig hőleadónként kézi légtelenítő csavarokkal van megoldva. A használati meleg vizet két darab, egyenként 500 literes indirekt fűtésű tároló szolgáltatja cirkulációs hálózati kialakítással a magasabb komfortszint érdekében. A kiterjedt hálózat és az épület nagysága miatt utóbbi elengedhetetlen, mivel csak így biztosítható, hogy a csapolók megnyitását követően két-három másodpercen belül rendelkezésre álljon a melegvíz. A rendszer üzemeltetését elektromos árammal működtetett keringtető szivattyú biztosítja, ám ennek üzemeltetési költsége töredéke annak, mint amennyi vízpazarlást ezzel meg lehet előzni ekkora méreteknél. A rendszer előnyeire sorolható még, hogy az állandóan keringtetett vízrendszerben csökken a pangó vízben könnyedén szaporodó legionella baktériumok száma, emellett az állandó melegvíz keringtetés fertőtlenítő funkciót is ellát. Hátránya ennek a megoldásnak az állandó magas víz hőmérséklet miatti fokozott vízkőlerakódás a csőhálózat belső falán.

7.3 A jelenlegi légtechnikai rendszer elemzése

Az irodaház légkezelői a második emelet tetőterében kaptak helyet, 97,5m² és 137,75m² területen. Szakdolgozatom szempontjából a második emeleti légkezelést végző légkezelőt mutatom be, mely a 97,5m² simított betonfelülettel rendelkező térben kapott helyet és 2001-es telepítése óta üzemel az irodaházban. A légkezelő légvezetési tervét a 2. melléklet (62. oldal) szemlélteti. Az egység az IV Produkt által gyártott, Flexomix S240 típusú moduláris légkezelő rendszerből épült fel, mely 9399m³/h szállítókapacitással bír tiszta szűrők esetén. [\(Airvent Zrt, 2001\)](#) Így kisebb irodaterekben, melyek átlagosan 12-30m² alapterületűek és

három – négy fő részére biztosítják a napi munkavégzéshez szükséges teret három, míg nagyobb terekben (pl: tárgyaló – előadóterem), melyek 35 és 80m² alapterületűek óránként 6,5 légcsereszámmal tud üzemelni. A légkezelő berendezés a hővisszanyerést az elszívott használt levegő visszakeverésével tudja biztosítani. A befűjt levegő szűrését egy 7 zsákos kialakítású szűrőbetét látja el, G4-es szűrési hatásfokkal. A befűjt levegő fűtését a gázkazánok által biztosított időjárás vezérelt automata keringtető szivattyú látja el egy fűtőkáloriferen keresztül. Kialakításra került benne egy hűtőkálorifer, melynek a belső egysége megtalálható a légtechnikai gépben, a hűtőköri csövezése rendelkezésre áll, viszont a kültéri aggregát egysége leszerelésre került. A Műszaki és Üzemeltetési Osztályon nem állt rendelkezésre információ arról, hogy ez az egység mióta üzemképtelen. Ennek hiányában az irodák hűtését mindenhol hűtő-fűtő split klímákkal látják el. (2. fénykép, 73. oldal) A friss levegő beszívása és a kidobó-ági levegő kivezetése a már korábban is említett tetőhéjazaton keresztül történik. A tető ezen része napsugárzásnak erősen kitett, az éves benapozott órák szám kiemelkedő, így a tető által felmelegített, a környezetéhez képest jelentősen melegebb hőmérsékletű levegőt szív be a rendszer, mint friss levegőt, mely jelentős hátránya ennek a kialakításnak. Másik említésre méltó probléma, hogy a tetőhéjazat áttöréseknél a tömítettség már nem megfelelő, így nagyobb esőzések alkalmával beázás tapasztalható (5. fénykép, 75. oldal), ami az épület szerkezetének állagromlásához vezet. A légtechnikai gép befűvő és elszívó oldalán is található egy osztó egység. A befűvő oldalon 315mm átmérőjű csövezéssel indul a rendszer, majd a leágazások következtében a légsebesség megtartása érdekében a további részekben 250 és 200mm csőátmérővel került kialakításra a légvezetési rendszer. Az elszívó egység 5cm-es alukasírozott kőzetgyapot szigeteléssel van a kondenzáció ellen védve. A befűvő osztó egység 10mm vastagságú KAI-Flex öntapadós szintetikus kaucsukhab lemezzel van védve a kondenzáció és hővesztés ellen. A befűvő oldali cső hő- és hangszigetelt flexibilis hajlékony alumínium légcsatorna csőből került kialakításra, míg az elszívó oldalon javarészt szigetelés nélküli alumínium lágy flexibilis légcsatorna csövet használnak. Mind a befűvő, mind az elszívó oldali csőszakaszokon számos probléma látható. A csőcsatlakozások illesztése nem légtömör, több helyen nem az erre a célra használható alu-ragasztószalagot használták, hanem pl. barkácsáruházakban fellelhető textil szálal erősítésű ragasztószalaggal, vagy éppen gyorskötegelővel oldották meg a rögzítést. (6. fénykép, 75. oldal) A gépészeti tér tetőtérben történő kialakítása miatt a belmagasság a legmagasabb helyen is csak 140 cm, így kényszerűsége miatt csak ezen a területen oldható meg

a gép szervizelése is. A karbantartási és egyéb javítások, valamint az alkatrészek mozgatása során a légtechnikai csövek könnyen sérülhetnek és sérülnek is, ezek javítása viszont nem, vagy nem mindig történik meg, így több helyen kifúvás tapasztalható, ami az üzemeltetés során légmennyiség veszteséget okoz. Az építőelemes moduláris kialakítás, valamint a rezgések minimalizálása érdekében az átkötések között rezgés csillapító gumis szövetbetétet alkalmaztak. Ezek szintén elöregedtek, több helyen sérültek, így ezeken a helyeken további légmennyiség veszteséget okozó kifúvás tapasztalható. Szellőztetés csak a komfort tartózkodási terekben történik, úgymint irodákban, tárgyalókban és szociális helyiségekben. A közlekedési folyosókon nincsen szellőzés, ott igény esetén ablaknyitással biztosítható a természetes szellőzés. A befúvó és elszívó anemosztátok a tartózkodási terek állmennyezetébe vannak beépítve. A befúvó elemek manuálisan állítható légszeleppel rendelkeznek, a befúvást 4 oldalra végzik. (3. fénykép és 4. fénykép, 74. oldal) Mindez helyileg az ablakok mellett történik, a távozó levegő elszívása pedig az ablakoktól távoli pontokon, szintén az állmennyezetekben található anemosztáton keresztül valósul meg. A szellőztetés kiegyenlített szellőztetési rendszerben valósul meg, tehát az elszívott és a befúvott levegő mennyisége egyenlő és állandó, ezeket Value VAM-361 típusú légsebesség mérővel magam is ellenőriztem.

Az épületfelügyeleti rendszerünkhöz a légkezelő közvetlenül kapcsolódik, ahonnan manuálisan lehet állítani az alapvető üzemeltetési funkciókat. (6. ábra, 63. oldal) A gép állandó térfogatárammal működtethető, „on-off” üzemeltetésű rendszerű berendezés. A kidobásra szánt elszívott levegő visszakeverésének zsaluját, valamint a fűtési keverőszelepet is manuálisan, kézi bevitellel lehet csak állítani, automata követéssel nem rendelkezik a rendszer. A rendszer tájékoztató információt nyújt a külső hőmérsékletről, a beszívott friss levegő hőmérsékletéről, az irodatérből elszívott használt levegő hőmérsékletéről, valamint a légkezelő által bekevert levegő induló hőmérsékletéről. A légkezelő sem helyiség szinten, sem központilag nem végez méréseket és így nem is vezérli önmagát mérhető fizikai paraméterek alapján, mint például pára- vagy széndioxid tartalom. Az ellennyomási értékről nem ad folyamatos tájékoztatást a rendszer, így a szűrő elszennyeződése rendszerleállást okoz. A csereperiódus ugyan 3 hónapban van meghatározva, de a szűrő idő előtti elszennyeződésére és így egy nem várt rendszerleállásra üzemeltető nem tud előzetesen felkészülni. Egy rendszerhiba okozta letiltásról a felügyeleti rendszer a felügyeleti számítógépre ugyan küld egy hibajelzést (un. „reteszelt légáram hiba”), de az csak az

alkalmazás futtatásakor látható, sem e-mail-es, sem SMS értesítést nem kap erről az üzemeltető. Ennek a hibajelzési rendszernek az előbb említett hiányossága legutóbb 2022-ben okozott nagyobb mértékű problémát, amikor téli időszakban egy lecsúszott levegő ellennyomás érzékelő cső miatt a légkezelő hibával megállt egy pénteki napon, munkaidő után. A hétvége folyamán az esti órákban a hőmérséklet nulla fok alá csökkent, így a szigetetlen tetőtérben kialakított gépészeti térbe elhelyezett légkezelő vízkörei áramlás hiányában elfagytak. A fagykár következtében károsodott a keringtető szivattyú, 2 db golyóscsap, a légkezelőben található kalorifer, valamint az alsóbb szinten beázást is okozott az elfolyt fűtővíz. A fűtőkalorifer helyszíni javítási költsége, valamint a fent felsorolt egyéb károsodott alkatrészek cseréje megközelítette a 2 millió forintot és egyben nem kis kihívás elé állítva a szervizes szakembereket az ideálisnak egyáltalán nem mondható szerelési körülmények miatt. Ez a nem várt kiadás egy a mai kor követelményeinek megfelelő értesítési rendszerrel rendelkező berendezés esetén könnyedén elkerülhető lett volna.

7.4 Személyes tapasztalatok, igények, észrevételek (kérdőív)

Az épület műszaki és hőtechnikai adottságainak megismerése után részben személyes elbeszélések, részben névtelen online kérdőív formájában adatokat és véleményeket gyűjtöttem az irodaházban működő, az előző fejezetben bemutatott légtechnikai rendszerrel kapcsolatban. Célom elsősorban a légtechnikai rendszerekkel kapcsolatos humán szempontok részletesebb megismerése volt, továbbá, hogy konkrét adatokat is gyűjtsék a leendő rendszer körültekintőbb kiválasztásához, az esetleges helyi sajátosságok, problémák, elvárások feltárásával pedig segítségére lenni a leendő kivitelező számára is a megfelelő méretezéshez szükséges technikai és humán vonatkozású információk átadásával egy hosszútávon jól kihasználható és üzemeltethető, magas fokú komfortérzetet és üzemelési biztonságot nyújtó korszerű és gazdaságos rendszer kiválasztásához és telepítéséhez.

Az irodaházban megkérdezett dolgozók nemek szerinti megoszlása ~57%, illetve ~43% volt, a válaszadó nők némileg többségben voltak a férfiakkal szemben. (10. táblázat, 64. oldal) Ez utóbbi arány szignifikáns különbséget ugyan nem mutatott, de meg kell jegyezni, hogy a kutatások szerint – elsősorban biológiai különbözőségekre visszavezethetően - a nők „fázósabbak” a férfiaknál. ([Landy-Gyebnár, 2021](#))

Vizsgálódásaim során szempont volt az irodában dolgozók öltözködésének felmérése, hiszen az eltérő ruházat eltérő hőszigetelő képességgel párosul, így ennek közvetlen kihatása van a hőveszteségre.

A szakirodalom által 1 clo [0,155 m²K/W] hőszigetelő képességű ruházatot a megkérdezettek ~19% viselt, 0,7 clo besorolását közel 29%, míg 0,5 clo értékkel bíró öltözetet a megkérdezettek döntő többsége, azaz 52% hordott a megkérdezett időszakban.

A férfiak és nők irodai öltözködési szokásaiban – legalábbis a viselt ruházat hőszigetelő képessége tekintetében - szignifikáns különbséget nem sikerült kimutatni. A fent részletezett hőszigetelő képességű ruházatokat mindkét nem közel azonos arányban részesítette előnybe a munkába járáskor. (28. táblázat, 71. oldal)

A megkérdezettek a számukra ideális munkahelyi hőmérsékletet 21°C és 24°C között adták meg, ennél alacsonyabb, vagy magasabb hőmérsékletet senki sem jelölt meg. A válaszadók kevesebb, mint 10%-a adta meg az ideális munkahelyi hőmérsékletnek a 24°C-ot, míg a válaszadók kevéssel több, mint 38%-a, a válaszadók többsége a 23°C-ot tartotta ideálisnak. A 21 és 22°C közötti hőmérsékleti sáv együttesen viszont már több, mint 52%-kal szerepelt. (12. táblázat, 64. oldal)

Egy kérdés az ideálisnak tartott irodai hőmérséklettel szemben az irodákban tapasztalt tényleges hőmérsékletre kérdezett rá. (13. táblázat, 64. oldal) A válaszadók döntő többsége, több, mint 38%-a az irodák tényleges hőmérsékletét is 23°C-ban adta meg, amely számosságát tekintve pontosan megegyezett a 23°C-os irodai hőmérsékletet ideálisnak tartók arányával. Ettől függetlenül csak a válaszadók ~19% volt az (szemben az eredeti 38%-kal), aki mind az ideális, mind a tényleges irodai hőmérséklet szempontjából 23°C-os irodában ül, vagyis amely számára pont megfelelőnek bizonyul. A válaszok alapján az is egyértelműen levonható, hogy a tényleges irodai hőmérsékletként általuk megjelölt 21-25°C közötti tartományból a válaszadók több, mint 80%-a a 23°C-ot, vagy azt meghaladó hőmérsékletet jelöltek meg. Az ideálisnak tartott hőmérséklethez képest az irodák tényleges hőmérséklete valójában meghaladta az ott dolgozók igényeit. Ez utóbbi megállapítás visszatükröződik az irodai hőérzet megadására adott válaszokkal. (14. táblázat, 65. oldal)

Kevesebb mint 5% sorolta az ASHRAE hőérzeti skálán az irodáját a kellemesen hűvös, azaz a -2 kategóriába. A megkérdezettek közel 20%-a semlegesnek tartotta a hőérzetét, több, mint 50% kellemesen melegnek, némileg kevesebb, mint 25% pedig kifejezetten melegnek kategorizálta az irodai hőérzetét a megadott skála alapján.

Vizsgálódásaim során az irodaház fekvése, tájolása miatt különbséget tettem az épület ÉNy-i, illetve DK-i oldalán elhelyezkedő irodákban dolgozók között. (pl. a benapozás hatása miatt is) Külön figyelmet fordítottam arra is, hogy vizsgálni tudjam a légkezelőhöz közeli és távoli irodákban dolgozók tapasztalatait akár annak függvényében is, hogy az épület ÉNy-i, vagy DK-i részén van-e az irodájuk. A fenti megosztásban vizsgáltam továbbá, hogy van-e esetleg valamilyen kimutatható ruházatkodásbeli különbség a légkezelőhöz közeli és távoli, vagy az épület fekvéséből, tájolásából adódóan. (24. táblázat, 68. oldal és 27. táblázat, 70. oldal)

Az épület adottságai miatt az ÉNy-i tájolású, légkezelőtől távoli irodák alul reprezentáltak, az erre vonatkozó megállapítások éppen ezért fenntartásokkal kezelendők. Az épület DK-i tájolású részén a dolgozók közel 62%-a tölti el a munkaidejét, míg az ÉNy-i fekvésű irodákban a dolgozók 38%-a.

A válaszok alapján megállapíthatóvá vált, hogy a légkezelőtől való távolságtól függetlenül a DK-i tájolású irodákban dolgozók döntő többségben - ~77% - a 0,5 clo hőszigetelő képességű ruházatban járnak be a munkahelyre, míg a fennmaradó 23% a 0,7 clo besorolású öltözetet jelölte meg. A DK-i irodákban szignifikáns különbséget nem lehetett kimutatni a légkezelőhöz közeli, vagy távoli irodákban dolgozók öltözködési szokásai között. (24. táblázat, 68. oldal)

Az ÉNy-i tájolású irodákban ezzel szemben 0,5 clo hőszigetelő képességű ruházatban mindössze ~13% dolgozik, közel háromszor annyian (~37%) a 0,7 clo, míg a dolgozók 50%-a az 1 clo, azaz a tipikus üzletember ruházatot, az öltönyös, melegebb ruházatot részesíti előnyben. Ezekben az ÉNy-i tájolású irodákban különbséget lehetett kimutatni a légkezelőhöz közeli, illetve távoli irodákban dolgozók öltözködési szokásai között. A légkezelőtől távolabbi irodákban az 1 clo hőszigetelő képességű ruházata a jellemző, de ahogy említésre kerül már, az a csoport a többihez képest statisztikailag alul reprezentált. (24. táblázat, 68. oldal)

A fentiek alapján elképzelhető, hogy a melegebb DK-i fekvésű irodákban dolgozók a munkahelyi öltözködési szokásaikban az irodáikban tapasztalható magasabb hőmérséklethez – akár akaratlanul is - alkalmazkodnak. Ezzel szemben az ÉNy-i tájolású irodákban dolgozók ruházatkodásában ezzel ellentétes trendet mutatkozik, vagyis a melegebb, jobb hőszigetelő képességű ruhadarabokban járnak be dolgozni. Felhívnom a figyelmet, hogy az épület adottságai miatt az ÉNy-i tájolású, légkezelőtől távoli irodák alul reprezentáltak, az erre vonatkozó megállapítások éppen ezért fenntartásokkal kezelendők.

Vizsgáltam az irodákban az uralkodó, dolgozók által „érezett” és válaszként megadott hőmérsékleteket az irodák légkezelőtől való elhelyezkedése függvényében. Összességében megállapítható, hogy a légkezelőtől távolabb jellemzően magasabb az irodákban a dolgozók által érzett hőmérséklet, a légkezelőhöz közeli irodákban az minden esetben mérsékeltebb. (25. táblázat, 69. oldal)

A DK-i tájolású irodákban ezzel összhangban a dolgozók által megadott hőkomfort a légkezelőtől távoli irodákban egyértelműen kellemesen meleg (75%), vagy meleg besorolású (25%). A légkezelőhöz közeli irodákban ezzel szemben a kellemesen hűvös és a neutrális besorolás közel 44%-ot tett ki, míg a válaszadóknak csak az 1/3-a jellemezte kellemesen melegnek és alig több, mint 20%-a melegnek az irodája hőkomfortját. (26. táblázat, 70. oldal) Az ÉNy-i tájolású irodáknál a kezelőkhöz viszonyított elhelyezkedés szerint ilyen szignifikáns különbséget nem lehetett kimutatni. (26. táblázat, 70. oldal) A légkezelőtől távoli irodák ráadásul ezen az oldalon alul reprezentáltak.

A kérdőívben feltett kérdések köre kiterjedt arra is, hogy a dolgozók otthoni és irodai körülmények között milyen alapvető méréseket végeznek a levegő hőmérsékletének mérésén kívül. A válaszadók közel 62%-a sem otthon, sem az irodában a levegő hőmérsékletén kívül más jellemző paramétert nem mér. A levegő pára- és CO₂ tartalmának meghatározására akár otthoni, akár irodai környezetben a kollégák mindössze 10-15%-a végez méréseket. (16. táblázat, 65. oldal és 15. táblázat, 65. oldal)

A fentiek alapján döntő többségében nem mért, hanem szubjektív érzet alapján a válaszadók 43%-a volt elégedett az irodai levegő páratartalmával, 1/3-uk szemszárazság, torokkaparás, vagy egyéb tünetek miatt száraznak véli azt, míg majd 25% bevallotta nem tudta megállapítani azt. (17. táblázat, 65. oldal) A levegő minőségével kapcsolatos kérdésben megoszlottak a vélemények, szignifikáns különbséget viszont nem sikerült kimutatni, hiszen közel azonos részük volt elégedett, vagy éppen elégedetlen annak minőségével. (18. táblázat, 66. oldal)

A huzatra és a zajhatásra közel 20% tett észrevételt, az alkalmazottak döntő többségének viszont ilyen kellemetlen tapasztalatai a légtechnikai rendszer működésével kapcsolatban nem merültek fel. (19. táblázat, 66. oldal)

A kérdőívben az esetlegesen allergiás tünetekkel összefüggő jelenségekre is rákérdeztem. A megkérdezettek kis százaléka vallotta magát allergiásnak, de azok közül is mindössze a 2/3-uk tapasztalt allergiás tüneteket a munkahelyi környezetben. (20. táblázat, 66. oldal) A

személyes elbeszélgetésekből és a szöveges visszajelzésekből viszont kiderült, hogy a friss levegő miatti rendszeres szellőztetések a nyílászárókon keresztül történnek, melyen akadálytalanul juthat pollen az irodák légterébe. A friss levegő iránti igényt 76% jelezte, míg 24% nem érzékelte, hogy az irodai levegő elhasznált lenne. (18. táblázat, 66. oldal) A kapott információk alapján ez utóbbi lehet, hogy az érzékenyebb kollégák gyakoribb szellőztetésének volt köszönhető.

A légtechnikai rendszer kapcsán beérkezett észrevételek az alábbiak voltak:

- hűtő kalorifer a nyári hónapokban szükséges lenne
- időnként dohányfüst kerül a rendszerbe, ami igen zavaró
- támogatnánk egy külső légterelő felszerelését, klíma alá
- sűrűn van üzemben kívül, nem megfelelő a légcseré, nyáron a kinti forró hőmérsékletet fújja be, ennek gyanánt, ha le van zárva a beszívott ág, akkor nincs friss levegő
- időnként leáll a rendszer
- elavult rendszer
- gyakran nem érezni, hogy működik, a biztosított hőfok ingadozó

Szubjektív megítélés alapján a légtechnikai rendszer takarítását, karbantartását a válaszadók közel 62%-a kielégítőnek tartotta. (21. táblázat, 66. oldal)

7.5 Irodai műszeres mérések eredményei

A cég központi irodaházának légtechnikai rendszere működésének még részletesebb megismerése érdekében irodai környezetben önálló méréseket végeztem, mely kiterjedt az irodai levegő hőmérsékletének, páratartalmának, CO₂ tartalmának detektálására, a külső, valamint a légtechnikai rendszer által irodatérbe befújt levegő hőmérsékletének nyomonkövetésére, mindemellett figyelmet fordítva az irodahelységben aktuálisan jelen lévő dolgozók létszámára, az esetleges ablaknyitásokra, valamint az irodahelységben található split klíma be, vagy éppen kikapcsolt állapotára az adott mérési időszakban.

A mérési programot több napon keresztül végeztem el a fent említett paraméterek 30 perces időközönkénti rögzítésével reggel 6:00 és délután 14:30 időpontok között. A méréseket ugyanabban az irodában végeztem el, hogy a mérési eredményeket maga az iroda paraméterei ne befolyásolják, úgymint az iroda fekvése, az iroda belső területének nagysága (légköbméter), stb.

Mérési eredményeimet táblázatos formában összefoglaltam és a könnyebb elemezhetőség, átláthatóság érdekében grafikusán is ábrázoltam.

Méréseimet 4 egymást követő napon végeztem el a 9. táblázatban [36. oldal] szereplő mérőműszerek segítségével. [\(Testo, 2020\)](#)

9. táblázat: Mérőműszerek megnevezése és főbb paraméterei

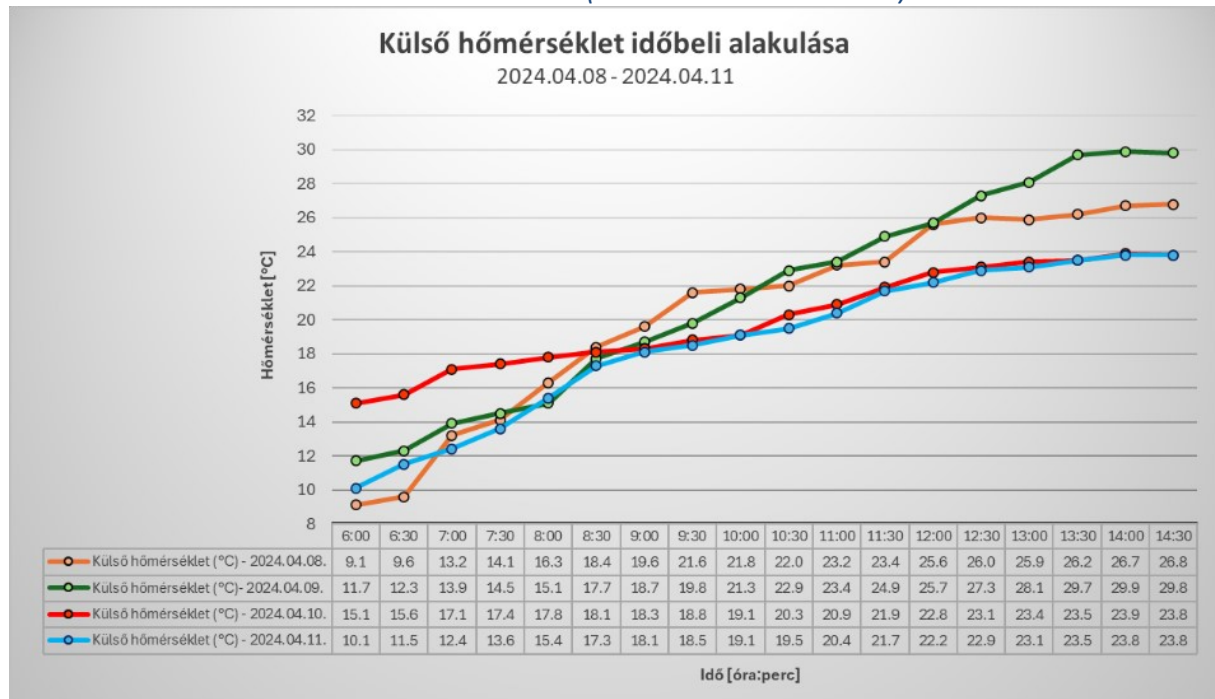
(Forrás: saját szerkesztés a mérőműszerek dokumentációja alapján)

Típus	Gyári szám	Funkció	Mérési tartomány	Mérési pontosság
Trotec BZ25	201110743	Beltéri klíma CO ₂ és klímamérő	0-9999 ppm	1 ppm (± 75 ppm vagy ± 5 % a mérési értéktől számítva)
VALUE VAM361	H170280870	Légsebesség mérő	0-30m/s	$\pm 3\% + 0.5$
Testo 872	62373919	Hőkamera	-30 ... +100 °C	± 2 °C, $\pm 2\%$ mért érték

A külső hőmérséklet vizsgált időszakon belüli változását a 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a reggeli időszakban (6:00-8:30 között) a hőmérséklet 2024.04.10-e kivételével egészen hasonlóan alakult. Az első két mérési nap során a hőmérséklet időbeli lefutása jó egyezést mutat, a mért hőmérsékletekben tartósan 2 foknál nagyobb eltérést csak 13:00 után mértem. 2024.04.10-én a reggeli hőmérséklet (6:00-8:30 között) ugyan magasabb volt a

többi napon mértékkel szemben, de 8:30 után az aznapi hőmérséklet alakulása szinte teljesen megegyezett a rákövetkező napi (2024.04.11) hőmérséklet időbeli lefutásával.

1. ábra: Külső hőmérséklet időbeli alakulása (2024.04.08-2024.04.11)



A fentiek ismeretében vizsgáltam az egyes napokon mérőműszerekkel mért paraméterek időbeli alakulását.

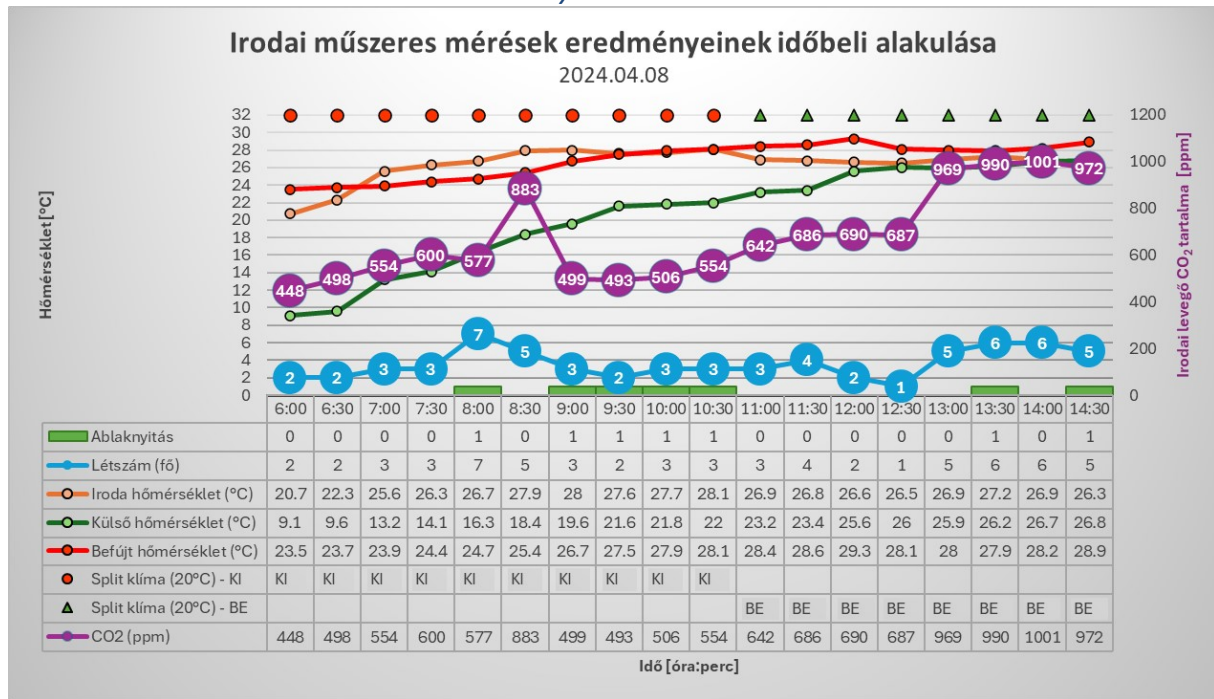
7.5.1 Az első mérési nap – 2024.04.08

A 2024.04.08-án mért adatokat a 2. ábra (38. oldal) szemlélteti. A külső hőmérséklet legalacsonyabb értéke 9,1°C, legmagasabb értéke pedig 26,8°C volt, mely a mért 6:00-14:30 időszámban szinte megszakítások nélkül folyamatosan emelkedett. A légkezelő által befűjt levegő hőmérséklete 23,5 és 29,3°C között változott, a mért időszakban ennek átlagos értéke 26,8°C volt. A befűjt levegő hőmérséklete 10:30-tól elérte a 28°C-ot és gyakorlatilag tartósan e fölött az érték fölött is maradt egészen 14:30-ig.

Az iroda levegőjének hőmérséklete reggel 6 órakor volt a minimumon, akkor 20,7°C -ot mért a műszer és a nap folyamán ettől csak magasabb hőmérsékleteket lehetett detektálni. Az irodában mért maximális hőingás mértéke így 7,4°C volt. Az iroda levegőjének hőmérséklete 7 órakor már meghaladta a 25°C-ot és ezt követően tartósan ezen érték felett maradt az irodában a hőfok. 8:00 és 10:30 óra között több ízben is történt szellőztetés, de a külső levegő hőmérséklete ezen időszakban mindvégig lényegesen elmaradt az irodai levegő

hőmérsékletétől. 11 óráig a klíma nem került bekapcsolásra, de akkorra az iroda hőmérséklete már 28°C fölé emelkedett. Ez a hőmérséklet lényegesen meghaladja a dolgozók által komfortosnak ítélt irodai hőmérsékletet.

2. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.08.



Az ábráról leolvasható, hogy az irodákban tartózkodó személyek száma nagymértékben kihatott a mért CO₂ szint értékére. A 8:00 és 8:30 óra között a 7 fő által kibocsátott CO₂-t szellőztetéssel még sikerült kordában tartani, de zárt nyílászárók mellett az irodában 8:30 és 9:00 között tartózkodó 5 fő mellett már jelentősen, 883 ppm értékre ugrott fel a CO₂ szintje. Ezt tartós szellőztetés követte 9:00-11:00 között, mely a megemelkedett CO₂ szint normalizálódásában ugyan segített, de az ebben az időszakban az ablakokon „beengedett” 19,6-22°C közötti hőmérsékletű külső, friss levegő ellenére is az iroda hőmérséklete a légkezelővel befűjt 26,7-28,1°C közötti hőmérsékletű levegő miatt 27,6-28,1°C közötti szinten állandósult a klíma használata nélkül.

A klíma segítségével az iroda levegőjének hőmérsékletét a 10:30-kor mért legmagasabb 28,1°C-hoz képest 1-2°C-kal sikerült mérsékelni a déli, kora délutáni időszakban, de annak hőmérséklete továbbra is tartósan 26°C fölött maradt egészen a mérési időszak végéig, azaz 14:30-ig. 12 órától az irodai, valamint a külső levegő hőmérsékletének különbsége -0,5°C és +1,0°C között mozgott, délután 14:30-kor fordult elő a nap folyamán, hogy a kinti levegő hőmérséklete – hacsak némileg is, de – magasabb volt, mint az irodában uralkodó. Az 50%-os

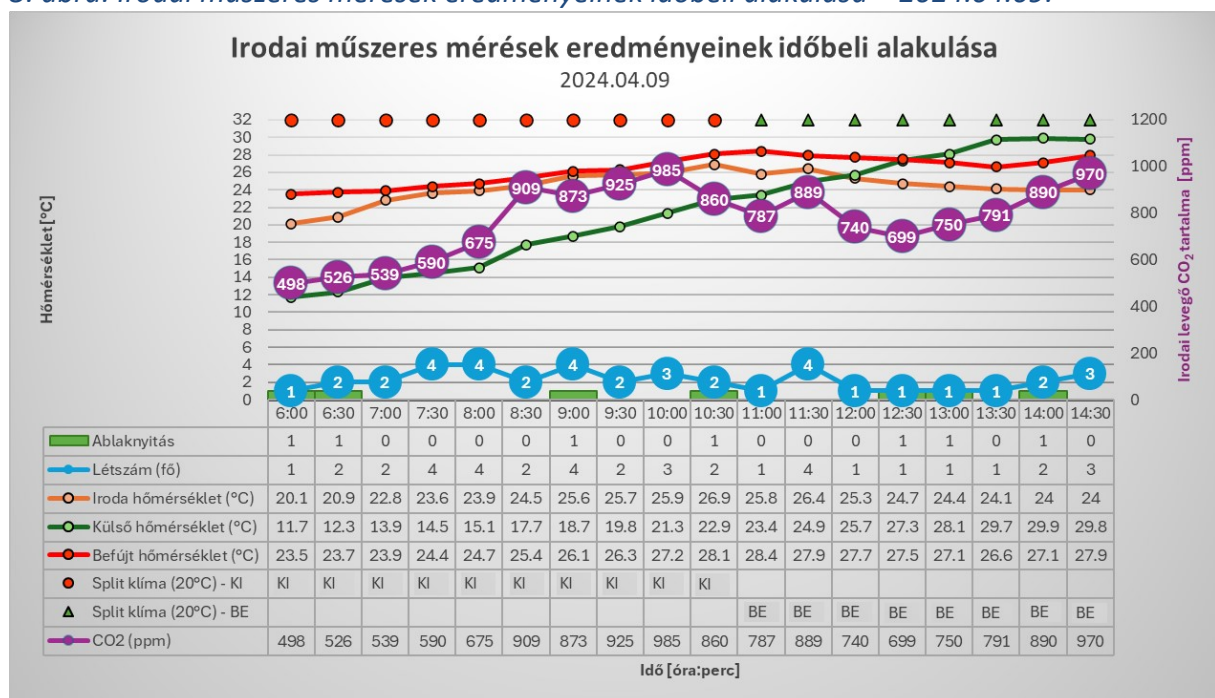
visszakeverési arány mellett a nap folyamán befűjt levegő hőmérséklete mindvégig meghaladta a külső hőmérsékletet, mely 2°C közeli, vagy alatti különbségre csak 12:30-tól csökkent. A befűjt levegő hőmérséklete 7:00 és 9:30 óra között alacsonyabb volt, mint az iroda levegőjének - klíma használata nélküli - hőmérséklete, ez 11:00 órától viszont már megfordul, az emelkedő hőmérsékletű befűjt levegőt csak a klíma használatával együtt olyan szintre csökkenteni, hogy az iroda hőmérséklete ne emelkedjen tartósan 28°C fölé.

13:00 órától az iroda kihasználtságának megemelkedésével a CO₂ szint megközelíti az 1000 ppm-es értéket és az alkalmankénti, de rendszeres szellőztetések ellenére sem csökken le az értéke, hanem ezen a szinten stabilizálódik 5-6 fő rendszeres jelenléte mellett.

7.5.2 A második mérési nap – 2024.04.09

A 2024.04.09-án mért adatokat a 3. ábra (39. oldal) szemlélteti. 12 óráig a külső hőmérséklet lefutása hasonló képet mutat, mint az előző napi mérések során, de azt követően már magasabb hőmérsékleti értékeket mértem, mint 2024.04.08-án. (2. ábra, 38. oldal)

3. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.09.



A délutáni órákban az iroda kihasználtsága lényegesen alacsonyabb volt az előző napihoz képest, de a délelőtti órák átlaga is alacsonyabb, így ez is lehet az oka, hogy az iroda hőmérsékletét a második napon lényegesen komfortosabb hőmérsékleti tartományban sikerült tartani a nap folyamán. A jelenség viszont felkeltette az érdeklődésemet, hogy főleg

a magasabb délutáni hőmérséklet ellenére miért sikerült ennyivel alacsonyabb hőmérsékleten (napi átlagban 2°C-kal hűvösebben) tartani a nap folyamán az irodai levegőt hasonló szellőztetés és klíma használat mellett, mint az előző napon.

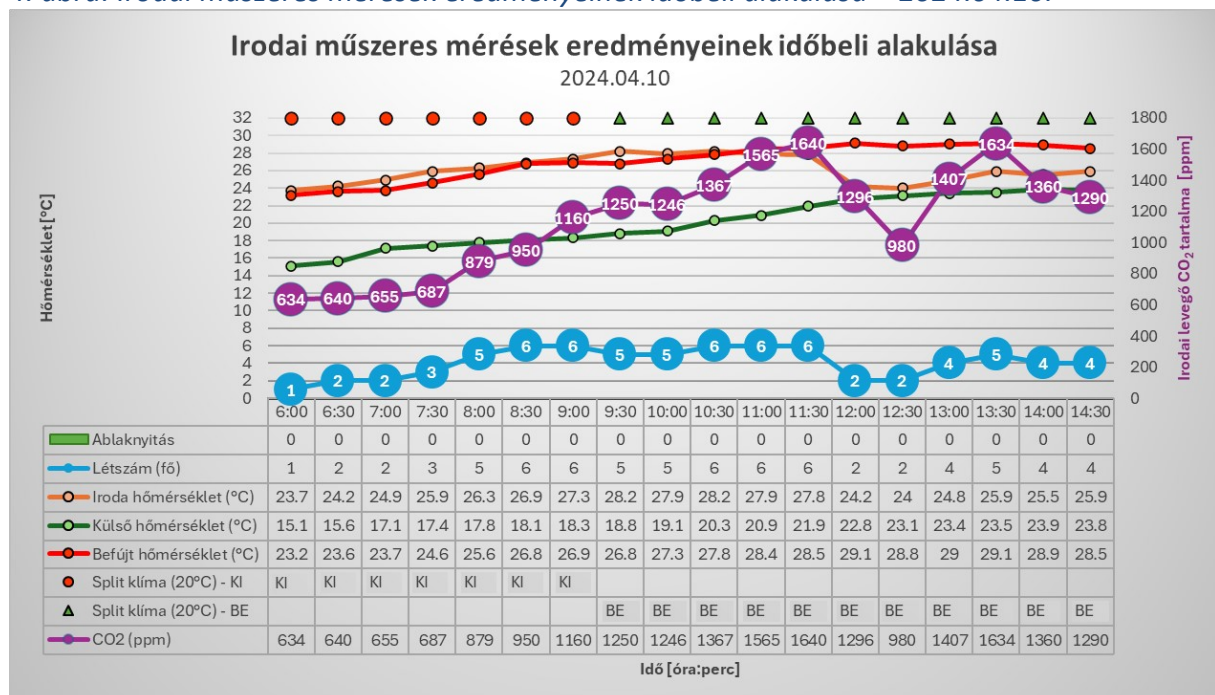
2024.04.09-én az emeleti nagyobb alapterületű tárgyalóteremben egész napos megbeszélés volt, így ilyen alkalmakkor a klíma itt is bekapcsolásra kerül, egyébként viszont nem. A tárgyalótérből származó addicionális hűtött levegő alacsonyabb hőmérséklete az 50%-os keverési arány mellett nagyban elősegítette, hogy a befűjt levegő hőmérséklete alacsonyabb hőmérsékletű lehessen, mely tovább segítette az általam mért iroda levegőjének kedvezőbb hőmérsékletét.

7.5.3 A harmadik mérési nap – 2024.04.10

A harmadik és negyedik mérési napokon (2024.04.10 és 2024.04.11) egyszerű kísérletet végeztem megkérve az irodában dolgozó kollégákat, hogy az adott napokon lehetőség szerint ne történjen szellőztetés a nyílászárókon keresztül. Ezt segítségükkel sikerült is maradéktalanul elérni, ami miatt külön köszönettel tartozom az érintett kollégáimnak.

Az első természetes szellőztetés mentes nap mérési eredményeit a 4. ábra (40. oldal) foglalja össze.

4. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.10.



Látható, hogy némileg magasabb irodai jelenlét mellett, mint az első két mérési napon, de szellőztetés hiányában tartósan 600 ppm felett maradt a CO₂ szintje a nap folyamán. 9 órától

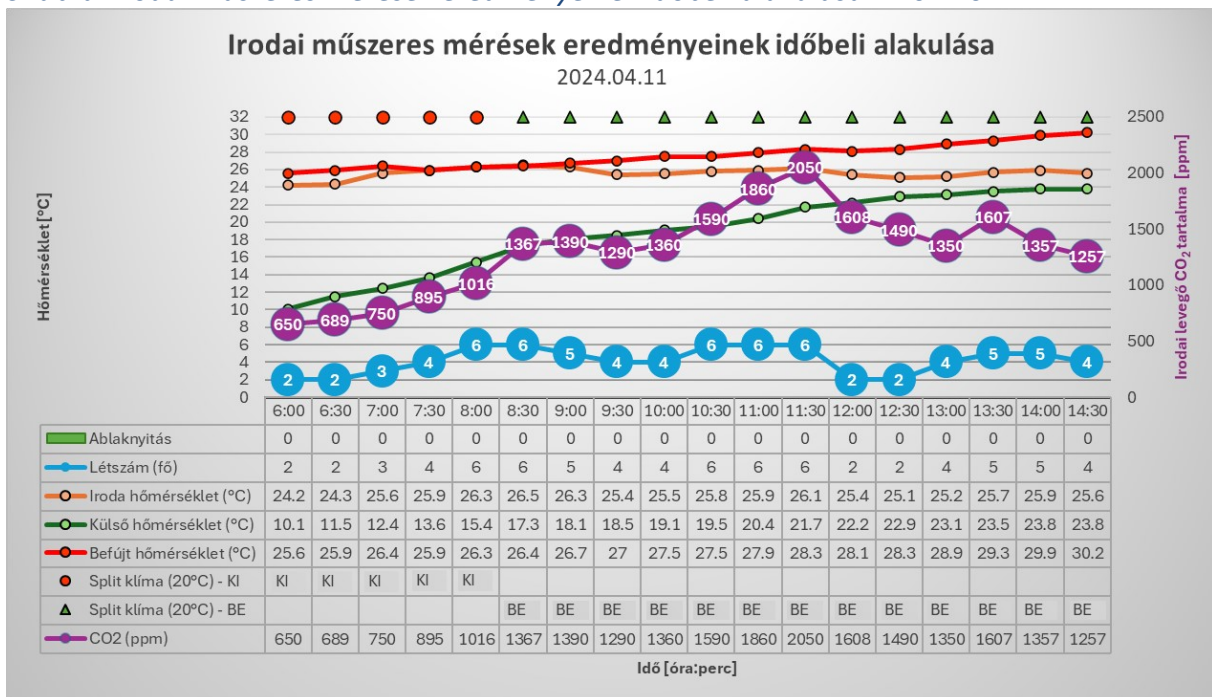
a napi mérés végéig gyakorlatilag 1100 ppm érték alá mindössze egy mérési ciklusra csökkent csak le, akkor is csak annak köszönhetően, hogy a déli órákban az étkezések miatt az irodai jelenlét lecsökkent és a légkezelő által befújt levegő képes volt némileg kompenzálni, normalizálni a magas CO₂ szintet. Az ebédszünet után a 4-5 fő tartós jelenléte és munkavégzése során az irodában - manuális szellőztetés hiányában - így a CO₂ szint értéke gyorsan az 1300-1400 ppm fölötti tartományokat ostromolta.

7.5.4 A negyedik mérési nap – 2024.04.11

Az utolsó mérési nap mérési eredményeit az alábbi 5. ábra (41. oldal) foglalja össze. A második szellőztetés mentes napon a CO₂ szint 650 ppm-ről indult és a nap folyamán 11:30-ig kisebb megszakítással, de folyamatosan emelkedett. Mérséklődést az előző naphoz hasonlóan csak az ebédszünet időszakában lehet tapasztalni, de azt követően is az 1300 ppm körüli tartományban maradt annak értéke.

A legmagasabb CO₂ értéket ezen a napon mértem, melynek értéke a 11:30 órai méréskor elérte a 2050 ppm értéket. A délutáni időszakban – hasonló irodai jelenlét mellett, mint az előző napon – a CO₂ szint az ~1250-1600 ppm értékek között mozgott.

5. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.11



A négy nap mérései alapján a mért iroda hőmérsékletének napi átlaga a 6:00-14:30 óra közötti időszakban 2 nap is meghaladta a 26°C-ot, egy nap pedig alig volt kisebb annál

25,6°C-os átlagértékével. A második napon, amikor a tárgyaló is klimatizálásra került egész napra, az iroda hőmérsékletének napi átlaga a legalacsonyabb, szám szerint 24,4°C volt.

Összességében megállapítható, hogy a dolgozók megkérdezése alapján komfortosnak ítélt hőmérsékletekkel szemben a négy nap mérései alapján a mért iroda hőmérséklete jelentősen meghaladta azt. Manuális szellőztetés hiányában a mért iroda terében a CO₂ szint hamar megemelkedik, amely az irodákban tartózkodó személyek számának növekedésével csak tovább romlik. A CO₂ szint időleges csökkenése a déli étkezési szünet idején tapasztalható, de annak mértéke nem igazán jelentős.

7.6 Fejlesztési lehetőségek feltárása szakmai fórumok alapján

A szakmai lehetőségek és innovációk iránti érdeklődésemnek, valamint a munkáltatóm, a Fornetti Kft. támogatásának köszönhetően több alkalommal részt vehettem a Magyar Épületgépészet Szövetsége által a Lurdy házba szervezett szakmai egyeztető és tájékoztató fórumokon, ahol a piaci aktualitásokról, fejlesztésekről, és az elkövetkezendő időszakra kaphattam szakmai iránymutatást. Legutóbb a 2023. november 11-i IX. Klíma és Légtechnikai Szakmai Napon, valamint az idén január 31-én megrendezésre került START 2024 - Épületgépészeti Évindító Információs Napon vettem részt, ahol a Fókuszban a klíma, légtechnika és hőszivattyú című egész napos előadássorozatot volt lehetőségem végighallgatni és a szakmai kiállítók képviselőivel személyesen konzultálnom. Számtalan naprakész és jövőbe mutató lég- és klímatechnikát érintő technikai vívmányról kaptam ízelítőt és új ismeretanyagot, ezáltal számomra eddig kevésbé frekvenciált témakörökben is gazdagodhattam szakmai ismeretekkel. A hazai és külföldi gyártók újdonságait kivonatos formában az alábbiakban foglalom össze.

7.6.1 Belimo

A svájci székhelyű, Belimo cégcsoport lassan 50 éves tevékenysége során ért el arra a szintre, hogy piacvezető szerepet tölt be a zsalumozgató hajtóművek, szabályószelepek, érzékelők és mérőműszerek piacán a fűtési, szellőztetési és légkondicionáló rendszereket érintő energiahatékonyságot növelő berendezések és kiegészítők piacán. Az általuk fejlesztett szabályzó szelepek segítségével az állandó térfogatáramú rendszerek átalakíthatóak változó térfogatáramlású rendszerré, miközben biztosítani tudják az egyenletes működési körülményeket a változó igényekhez igazodva. Kínálatukban megtalálhatóak a ma már

alapkövetelménynek tekinthető hőmérséklet vezérlésen kívül relatív és az abszolút páratartalom, harmatpont, CO₂ és a VOC (illékony szerves vegyületek) értékek alapján üzemelő helyiségérzékelők is. A technikai fejlődések mellett 2022-ben Red Dot Design Award díjjal tüntették ki helyiségérzékelőjüket, amely azonnali és részletes információt nyújt a felhasználók számára, és integrálható a meglévő épületfelügyeleti rendszerekhez is. ([Belimo Holdig AG, N. a.](#))

7.6.2 Rosenberg Retrofit + Airbox

Hazai viszonylatban szinte egyedülálló módon külön üzletággal rendelkezik a tokodaltárói Rosenberg Hungária Kft., aki egy részletes felmérés, méretezés és tervezést követően az akár több évtizede működő egyfokozatú gépeket az úgynevezett Plug & Play rendszerű megoldással egy egyszerűen szabályozható légmennyiségű légkezelővé alakítja át. Megoldásuk alapja egy ECFanGrid nevezetű ventilátor fal, amit a helyszínen összeállítva a legkisebb gépházakba is tudnak telepíteni. A telepítést követően egy egységes, szabályozható légáramot tudnak biztosítani a légvezetési rendszerben.

Természetesen nem csak retrofit témakörben érhető el a tudásuk, mivel egyedi igényekre szabva kettős héjú hangszigetelt horganyzott és akár saválló panelekből is készítenek légkezelőket, ellenáramú lemezes hőcserélővel, oldalsó és felső csőcsatlakozással az igényeknek megfelelően. ([Rosenberg Hungária Kft., N. a.](#)), ([Nyárády-Szekeres, 2023](#))

7.6.3 Levegő tisztítása a szűrésnél egyel magasabb szinten

Az alap tartozéknak számító levegőszűrőkön kívül ma már több gyártónak elérhető a levegő szűrésén kívül más technológia is a belső levegő magasabb szintű tisztítására. Különböző gyártók, különböző technológiai innovációkat kínálnak, melyek közül háromról tennék említést. Zárt térbe helyezhető eszköz elérhető a Panasonic, az Aereco és az Airvent kínálatában is. Előbbi mennyezeti elhelyezésű, air-e nanoe™ generátor néven ismert, technológiájának alapja hidroxilgyökön alapul, ami képes közömbösíteni a szennyeződések, vírusok és baktériumok nagy részét. ([Panasonic Marketing Europe GmbH, N. a.](#)) Míg utóbbi kínálatában UV-C légsterilizáló készülék érhető el, ami az aktív szűrést követően UV-C fényforrás segítségével szinte 100%-ban képes elpusztítani a kórokozókat. ([Airvent Zrt., 2021](#)) Ha nem elégszünk meg a helyi extra légtisztítással, akkor az Aereco által kínált PlasmaAir készüléket akár légkezelő és klíma egységekbe is telepíthető eszköze az ideális

választás. Az ő általuk kínált technológia alapja a bipoláris ionizáció, ami ígérete szerint nagy hatékonysággal semlegesítik a kórokozókat, kellemetlen szagokat, gázokat és aeroszolókat, valamint az illékony szerves vegyületeket (VOC-k). [\(Aereco Légtechnika Kft., N. a.\)](#)

7.6.4 Egyedi konfigurálás gazdaságosan

Számos gyártó kínálatában elérhetőek az előre gyártott légkezelők, amik különböző légszállítási mennyiséggel érhetőek el a kivitelezők és megrendelők számára. Ezek a készülékek általában adott légszállítási mennyiséghez adott külső méretekkel rendelkeznek, és a gyártó által meghatározott technikai lehetőségekkel. Ha a telepítendő területen relatív szabadon tudunk mozogni, nincsenek az épület adta korlátok, és az átlagostól eltérő igényeink vannak, akkor kiváló választás lehet az építőelemes légkezelő. Az ilyen légkezelőket egyedi igényeknek, egyedi elvárásokhoz igazodva van lehetőség összeállítani. Általam két ilyen téren megismert gyártó a Wolf és az Airvent által kínált moduláris építőelemes légkezelő család. Mind a két gyártó által kínált lehetőség időjárás álló kivitelben készül, így akár szabadba is kihelyezhetőek, hővisszanyerési lehetőségként kínálnak keresztellenáramú, forgódobos, valamint akár közvetítőközeges hővisszanyerést is.

Lehetőség van by-pass rendszer kialakítására, és mindemellett a szűrési mechanizmus és a kezelt levegő fűtési és hűtési módjának megválasztására is az igényeinknek és lehetőségeinkhez igazodva. [\(Wolf Klíma és Fűtéstechnika Kft., N. a.\); \(Airvent Zrt., 2018\)](#)

8 Következtetések és javaslatok

Javaslataimat több változatban foglalom össze elindulva a meglévő légttechnikai rendszer alapvető javítási lehetőségeitől ennek a rendszernek a további fejleszthetőségén át egészen egy teljesen új, komplett légttechnikai rendszer kiépítéséig.

8.1 Meglévő légttechnikai rendszert érintő javítási lehetőségek

Mindenekelőtt a karbantarthatóságot érintő észrevétel, hogy a légkezelő egység a tetőtér egy kis szegletében kapott helyet, ami nem nevezhető ideálisnak. A karbantartás, szereléshez rendelkezésre álló folyosó szélessége kezdetben 60 centiméter széles, míg a gép keverőházánál csupán 45 centiméter széles. A folyosó egyik oldalán a gép, míg másikon szabadon kőzetgyapot szigetelés található, ami az irodák hő és hangszigetelését hivatottak ellátni. A kőzetgyapot szigetelés káros hatása, hogy belélegzés útján köhögést, torokkaparást okoz, légzőrendszeri károsodást, bőrrel való érintkezés során viszketést, bőrirritációt okoz. A karbantartást megkönnyítené a kőzetgyapot elburkolásra.

Meglévő rendszerünk legnagyobb hibája a személyes meggyőződésem alapján a légtömörségnek a hiánya. Légtömörséget érintő problémák több helyen is fellelhetőek a gépészeti térben is, mind az elszívó, mind a befúvó oldalon. Okait 4 szempontba lehet sorolni:

- a csőhálózat sérülése, amik feltehetőleg a szűk folyosón való alkatrész mozgatás során keletkeztek, éles tárgy által okozott lyukak
- az építőelemek közötti rezgéscsillapító elemek szövetes gumi anyagúak, ami az idő alatt elöregedett és több helyen megtört, illetve kiszakadt
- a gépészeti térben található csőcsatlakozások többsége már javításra szorul. Az átkötések nem légtömören zárnak. Átkötéseket nem a jelenleg és a már 20-30 éve is rendelkezésre álló gumitömítéses idomokkal oldották meg. Ahol az átkötések csak „homlokfali” illesztéssel történtek ott a rögzítés egyes helyeken barna akril ragasztószalaggal van kivitelezve – köznyelvben havanna barna-, más helyeken textil szövetes ragasztószalaggal oldották meg. Ahol rendelkezésre állt átkötő vagy bekötő idom, ott gyorskötegelővel szorították le a flexibilis légcsatorna csövezést
- feltehetőleg korábbi felmérések során létrehozott mérőpont nyílásai, továbbá a korábbi felügyeleti rendszer érzékelő szondáinak a helye sincs lezárva.

8.2 Meglévő rendszert érintő fejlesztések

A fentebb felsorolt anomáliák javítása elsősorban üzemeltetési szempontból lenne előnyös. Üzemeltetési szempontból alappilléreként két alapvető fejlesztés lenne prioritás, ha és amennyiben a meglévő gép marad üzemben. Elsődleges lenne, hogy a felügyeleti rendszer ki legyen egészítve egy értesítési jelzéssel, ami az illetékes személyek részére e-mail és sms formájában értesítést küld a légtechnikai rendszer üzemképtelensége esetén. Így elkerülhetőek az anyagi kárral és a személyi komfortcsökkenéssel járó problémák.

Mindemellett előnyös lenne, ha a jelenlegi 0-24 órás üzemeltetés helyett, egy idő vezérelt üzemeltetést lehetne beállítani. Így munkaszüneti napokon, valamint munkaidőn kívül nem üzemelne feleslegesen a gép.

Előbbi felvetésnél eggyel magasabb szintű üzemeltetési lépést érhetnénk el akkor, ha a meglévő radiálventilátorunkat a Rosenberg Hungária által kínált, általuk ECFanGrid-nek nevezett ventilátorfal kerülne beépítésre. Ezzel a megoldással, a párhuzamosan működő, állítható fordulatszámú EC ventilátorokkal változó térfogatáram érhető el, így például a két nagyobb levegő térfogatú tárgyaló teret elegendő lenne jelenlét érzékelővel felszerelni, így ott a levegő cseréje csak akkor lenne szükséges amikor az iroda használatban van. [\(Rosenberg Hungária Kft., N. a.\)](#) Természetesen visszacsapó légszelepekkel kiegészítve a meglévő elosztó rendszert. Ennek megvalósítása a szűk gépészeti folyosón is kivitelezhető, hiszen építőelemekből épül fel.

A korábbi két pontban felsorolt technológiai javaslatok még értelemszerűen nem okoznának a munkavállalók számára érezhető komfortnövekedést, csupán üzemeltetési szempontokat vesz figyelembe. Komfortnövekedés szempontjából a meglévő légkezelőben rendelkezésre álló, de üzemképtelen hűtőkalorifer lenne előrelépés. Így az irodaterbe befűjt hőmérséklet melegebb napokon is alacsonyabb szinten lehetne tartani, ami akár a split klímák használatának időarányát is csökkentené. Teljesen nem tudná megoldani a kezelt levegő hűtését, hiszen az irodákban dolgozók számára ahogyan a felmérésből is kiderült különböző a hőérzetük, különböző hőfokot tartanának ideálisan a munkavégzés. A meglévő rendszer kiegészítése helyiségenkénti vezérlésének kialakítása feltehetőleg olyan magas összeget jelentene, aminek megtérülése igen sokára tehető. Ezenkívül logikátlan lenne egy relatív öreg gépre és mára már elavultnak tekinthető légvezetési rendszerre aránytalanul nagy fejlesztési összeget rászáni, ami több hibával rendelkezik.

8.3 Meglévő rendszer átmeneti kiegészítése

Mivel a meglévő, már több mint két évtizede üzemelő légkezelő egység nem tud a légkezelés során hűtési funkciót ellátva, kezelt hűtött levegőt az irodaterekbe juttatni, így az egész irodaházban a helyiségek hűtési igényét oldalfali split klímákkal oldották meg. A készülékek túlnyomó többségének életkora már 8 és 12 év között van. Az átlagos lakossági felhasználásnál az üzemeltetett órák száma nagyobbra tehető, mivel a heti hét napból öt munkanapon a napsugárzás okozta hőterhelés fő időszakában használatban vannak. Valamint az átmeneti tavaszi és őszi időszak hidegebb napjain, amikor az irodaház központi fűtése még nem üzemel fűtési funkciót is betöltenek. A jövőben meghibásodó készülékeket és már gazdaságosan nem javítható hűtőegységeket lecserélésénél két fő szempontot kell figyelembe venni. Az előregedett készülékek még R410A típusú hűtőközeggel üzemeltek, míg a piacon ma kapható készülékek túlnyomó része R32 típusú hűtőközeggel. Fontos megemlíteni, hogy míg az R410A hűtőközeg GWP értéke 1900 kgCO₂/kg egység, míg az R32 hűtőközegé 445 kgCO₂/kg. [\(Juhász és társai, 2020\)](#) S bár jelen F-gáz rendelet tervezete szerint a komforthűtést szolgáló berendezések szervizelési korlátozása 2032-től csak a 2500 GWP érték feletti hűtőközegeket érinti, mégis érdemes a jelen és a jövőbeni szabályozásnak is megfelelő, gazdaságosan üzemeltethető hűtőközegű klimatizáló berendezést választani. Új 12kW alatti levegő-levegő légkondicionáló és hőszivattyús 150-es GWP korlátja 2029-ben lép hatályba. [\(Szalai, 2024\)](#)

Saját méréseim alapján is egyértelművé vált, hogy a jelenlegi irodaszintű klimatizálás a központi szellőztető rendszer okozta hőterhelés ellen is dolgozik. Természetesen a mindemellett fennálló épület okozta hőhatások, munkavállalók és az általuk használt technikai rendszerek által kibocsátott hőhatásokat csökkentését is szolgálják. A mérés rámutatott arra is, hogy az irodák jelenlegi maximális létszámú felhasználása esetén a szellőztetett levegő mennyisége nem elegendő és igen hamar szükség van melegebb napokon a hűtésre. A hűtés mellett is rendszeresen az ablaknyitások, hogy így biztosítsák a dolgozók a friss levegőt munkavégzés közben. Jelenleg már elérhetőek a piacon olyan klimatizáló készülékek, amik a meglévő csőhálózat mellett igényelnek egy extra cső kialakítást a beltéri egység és a kültér között. Ezek a készülékek a zárt térben keringtetett levegő mellett a kültérből egy HEPA szűrőn keresztül akár 60 m³/h friss levegőt képesek a beltérbe juttatni. [\(Medgyesi, 2024\)](#) A szűrésnek köszönhetően hűtött friss levegővel tud feldúsulni az

irodatér levegője, ezzel megakadályozva az ablaknyitás okozta kültérből érkező szmog és pollen terhelést. Ilyen készülék elérhető többek között a Midea, vagy akár a magyar tulajdonú Polar klíma kínálatában is.

8.4 Komplet megoldás

A jelenlegi gépészeti térben rendelkezésre álló helykínálat szűkös, emellett a rendszer nem képes minden évszakban megfelelő mennyiségű és minőségű levegőt juttatni a dolgozók számára az évek során bekövetkezett dolgozói létszámnövekedés és technológiai fejlődések miatt. Ha a következő évtizedekre akarunk egy professzionális és a lehető legtöbb igényt kielégítő technológiai megoldást találni, akkor egyértelműen a meglévő légtechnikai gép- és légvezetési rendszer cseréje az egyetlen megoldás.

A 2023. év novemberétől érvényes épített környezet alakításáról és védelméről szóló 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet, az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról szól, és kimondottan kitér az 500 m²-nél nagyobb hasznos alapterületű építmények légtechnikai rendszerének légtömörségének megfeleléséről, amiről a kivitelező cégnek kell nyilatkoznia az MSZ EN ISO/IEC 17050 szabvány, vagy azzal egyenértékű műszaki leírás szerint. Továbbá kitér arra is, hogy a fűtési rendszereket, kombináltan helyiségfűtési és szellőző rendszereket, légkondicionáló, valamint kombináltan légkondicionáló és szellőző rendszereket legkésőbb 2025. év januárjáig fel kell szerelni épületautomatizálási és szabályozási rendszerrel. ([9/2023. \(V. 25.\) ÉKM rendelet](#))

Ha és amennyiben a tervezéskor a hűtőközeggel történő légkezelés lehetősége is felmerül a 8.3 fejezetben (47. oldal) említett, korábban már taglalt F-gáz megfelelést is szem előtt kell tartani a vonatkozó jogszabályok figyelembevételével.

Fenntarthatósági szempontból a meghatározó szempont lehet, hogy a beépítendő rendszer rendelkezik-e EPD nyilatkozattal, ami az angol Environmental Product Declaration, azaz környezeti terméknyilatkozat rövidítése. Ez a nyilatkozat az adott építőipari termékre vonatkozó életciklus elemzést igazolja, aminek segítségével számszerűen meghatározható a termék élettartama során annak környezetre gyakorolt hatása. Egyes gyártók az EPD nyilatkozatban a telepítési helyre való szállítás által kibocsátott károsanyagokat is feltüntetik, így nemcsak a nyilatkozat megléte, hanem annak tartalmi elemei is releváns adatokat tudnak

szolgáltatni. Rendelkezésemre álló információk alapján ilyen nyilatkozatot a hazai forgalmazók és gyártók közül jelenleg a Lindab tud kiállítani. ([Vigh, 2024](#))

Elhelyezés szempontjából a meglévő és rendelkezésre álló gépészeti térbe egy új gépet elhelyezni a beépítettség és a korlátozott dimenziók miatt, valamint az állandó irodaházi üzemelés mellett gyakorlatilag lehetetlen. Ideális megoldás lehetne, hogy az emeleti teret több dimenzióra bontani, így kettő vagy szükség esetén három légkezelővel lehetne ellátni a légkezelést. Tervezéskor figyelembe lehet venni az épületrészek eltérő tájolását, benapozottságát. A légvezetési rendszer csőhálózatának és anemosztátjainak kiválasztásánál kiemelten fontos szempontnak kell lennie a tisztíthatóságnak, hiszen a jelenlegi flexibilis csőhálózat tisztán tartása nagy fokú figyelmet igényel a nagy sérülésveszélye miatt, így amit telepítéskor esetlegesen megtakarítanánk, azt a későbbi üzemeltetési és karbantartási költségen fizetnénk meg.

A szállítandó levegőmennyiség meghatározásakor a terület várható maximális létszám-alapterület arányával javasolt kalkulálni, hiszen az idő előrehaladtával a foglalkoztatottak száma emelkedő tendenciát mutat. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a mesterséges intelligencia egyre növekvő alkalmazásának hatását több éves, évtizedes viszonylatban még nehéz lenne előjelezni, így az eddig tapasztalt növekedő dolgozói létszám nem feltétlenül garantált az elkövetkező évtizedekben. Így különösen fontos lehet az EC motoros kialakítású ventilátorhasználat, hogy a szellőző levegő térfogatmennyiségét ez által is tudjuk szabályozni.

A szabályozás alapját több szempontból is meg lehet közelíteni. Energiatakarékosági szempontból legalapvetőbb a jelenlét érzékelő. Funkciója egyszerű, hogy az adott térben csak akkor megy végbe légcseré, ha ott valóban tartózkodnak is. Komfort szempontból a legalapvetőbb elvárás a levegő hőmérsékletének függvényében való szabályozás. Itt nem feltétlen csak a központi levegőhőmérsékletre kell gondolni, hiszen vannak olyan többcsöves rendszerek, ahol a keveredés segítségével az irodákban különböző levegőhőmérsékletet tudnak beállítani, az ott tartózkodók igényeinek megfelelően. Munkateljesítmény szempontjából a munkáltató számára nem elhanyagolható a hatékonyság. A kétezres évek elejéig még nem fektettek nagy hangsúlyt a levegőminőség CO₂ szintjére, de mint korábban ezt bemutattam, mértem és elemeztem a munkahatékonyságra és a fiziológiai állapotra, így

a teljesítményünkre gyakorolt nagy hatását is. Emellett a levegő páratartalmát is lehet központilag víz porlasztású, vagy akár ultrahangos légnedvesítővel befolyásolni a kellemesebb páratartalom elérésének érdekében. Szabályozás szempontjából már több kommunikációs megoldás is létezik. Legmodernebb innovációnak mondható, hogy az igényvezérlés adatgyűjtő központjához már nem kell több kilométer kábelezt a rendszerbe beépíteni, hiszen több gyártónak elérhető bluetooth rendszerű információszolgáltató központ a kínálatában, ami vezeték nélkül továbbítja az információkat a légkezelőhöz és akár az anemosztáthoz, így a légmennyiség szabályozás két irányból is megközelíthető.

Az energiahatékonyság növelését hővisszanyeréssel lehet növelni. Ez történhet forgódobos hőcserélővel, ahol az elszívott levegő keveredik a friss levegővel, vagy lemez hőcserével. Utóbbi lehet akár közvetítő közeges is, ha a légkezelő gép elhelyezése miatt csak ez valósítható meg. Lemezes hőcserélő esetén megfontolandó az ún. by-pass ág beépítése is, hiszen ez a megoldás a nyári időszakban lehetőséget nyújt arra, hogy a kellemes éjszakai hűvös levegő az elszívott levegő okozta hőátadást megkerülve egy mellékágon jusson a légvezetési rendszerbe, így az épület hűtése „természetes” úton tud megvalósulni. ([Bodnár, 2019](#))

Ha némileg elvonatkoztatunk a légtechnikától, de mégis szorosan a légtechnika rendszer hatásfokát és annak üzemeltetési költségeit szeretnénk ésszerű keretek között tartani, akkor érdemes lenne a jövőben az irodaház energetikai tényezőin javítani. Ilyen megoldások lehetnek az épület tetőhéjazatának szigetelt kivitelezésűre történő cseréje, valamint a jelenlegi fém keretes, két rétegű nyílászárók cseréje három rétegű hőszigetelő üvegezéssel ellátott műanyag nyílászárókra. A délkeleti fekvésű irodák üvegfelületeit igen nagy óraszámban éri napsugárzás, ami főleg a nyári időszakban jelent extra hőterhelést. Ennek csillapítására az épület homlokzatára telepített állítható árnyékoló rendszer telepítése lehet egy lehetséges opció, amivel nyáron árnyékolni, a téli időszakban viszont az állíthatósága miatt a nap által okozott melegítő hatás kihasználásra is egyben lehetőséget tudna adni.

9 Összefoglalás

Szaktervezésemben a több, mint 25 éve alapított, hazai viszonylatban piacvezető, de nemzetközi vonatkozásban is meghatározó szerepet játszó fagyasztott pékáru termelő és kereskedelmi vállalat, a Fornetti Kft. kecskeméti központi irodaháza légtechnikai rendszerének a közeljövőben tervezett fejlesztési lehetőségeit vizsgáltam.

A belső levegő minőségét befolyásoló tényezőknek, a hőérzetnek, valamint a légtechnikai- és légvezetési rendszereknek a szakirodalmát megismerve kezdtem hozzá a feladatnak. Részletesen tanulmányoztam az irodaház főbb műszaki paramétereit, továbbá a jelenleg 2001 óta üzemelő légtechnikai rendszert, annak részletes felépítését, kialakítását, működését és karbantartásának lehetőségeit is. A pontosabb kép kialakításához az érintett emeleten dolgozó kollégák eddigi tapasztalatait és alapvető igényeit egy légtechnikai rendszerrel szemben kérdőív segítségével mértem fel.

Vizsgálódásom kiterjedt a munkavégzés közben viselt ruházatokra, hőkomfort érzetükre, a tartózkodási területükön általuk esetlegesen mért, vagy érzékszerveikkel tapasztalt hőmérsékleti viszonyokra. A kérdőívet úgy állítottam össze, hogy a válaszok alapján értékelni tudjam az irodák égtáj szerinti elhelyezkedésének esetleges hatását a légtechnikai rendszer működésére, valamint az egyes irodák légkezelőhöz viszonyított helyzete alapján is tudjak következtetéseket levonni. Egyértelmű különbség mutatkozott az ÉNy-i, illetve DK-i tájolású irodákban dolgozók öltözködési szokásai között, melyek egyértelmű összefüggésben vannak az irodákban uralkodó mindennapi hőmérséklettel. Az ÉNy-i, némileg hűvösebb irodákban többségében melegebben öltözködnek, míg a DK-i, jobban benapozott irodákban a mindennapos ruházódás ezzel szemben könnyedebb. A felmérés alapján nem lehetett szignifikáns különbséget kimutatni a női és a férfi dolgozók öltözködési szokásait illetően.

Ezt követően szisztematikus műszeres méréseket végeztem, hogy pontosabb képet kaphassak egy kiválasztott iroda napi hőmérséklet és szén-dioxid szint változásairól. A vizsgálat elsődleges célja az volt, hogy a légkezelő által biztosított tényleges hőkomfortot, valamint a levegő minőségét számszerűen is elemezni tudjam a kérdőívet kitöltő kollégáim többségében szubjektív válaszait követően. A mérések során feljegyzésre került a légkezelő által beszívott, majd befújásra kerülő kezelt és kevert levegőjének aránya és hőmérséklete,

az irodában mért hőmérséklet, valamint a szén-dioxid szint. A mérések 30 perces időközönként kerültek rögzítésre figyelembe véve a mérési időintervallumokban az irodahelyiségben átlagosan tartózkodók létszámát, valamint az alkalmi ablaknyitásokkal bejuttatott többlet friss levegőt, tovább az esetleges klímahasználatot is.

A mérések során tapasztaltak alapján megállapítható, hogy a vizsgálati időszak túlnyomó többségében a légkezelő nem tudta az emeleten dolgozók által a felmérésben ideálisnak megadott hőmérsékletet biztosítani. Az iroda 50%-os, vagy annál nagyobb kihasználtsága esetén a CO₂ koncentráció megközelíti a határértéket még alkalmankénti szellőztetés esetén is. Rendszeres szellőztetés hiányában az iroda nagyobb kihasználtsága mellett a CO₂ szint könnyen a Pettenkofer szint fölé emelkedhet.

Az adatok elemzése rávilágított arra, hogy az emeleti tárgyalók alkalmankénti légkondicionálása kifejezetten kedvezően hatott a kiválasztott iroda napi hőmérséklet alakulására.

A légkezelő egység és a légvezetési rendszer általam feltárt hibái részben javíthatóak, de az irodaház ezen szintjén dolgozó alkalmazottak ideálisnak ítélt hőkomfort elvárásait megismerve, valamint az általam mért értékek elemzését követően egyértelművé vált, hogy a rendszer jelen állapotában maradéktalanul nem képes ellátni a feladatát.

A munkavállalói visszajelzések, valamint a mért adatok elemzése és a következtetések levonása után a jelenlegi légtechnikai rendszer fejlesztésére, korszerűsítésére több alternatívát is kidolgoztam.

A meglévő rendszer hibáinak és hiányosságainak - úgymint a légvezetési rendszeren és a légkezelőn tapasztalt légtömörégi problémáinak – mielőbbi megszüntetésétől kezdve, a jelenleg üzemben kívül helyezett hűtőkalorifer beüzemelésén át, az üzemeltetési szempontból nagy előrelépést jelentő korszerűbb felügyeleti rendszer kialakításával, mely információt adhatna a légkezelőben uralkodó nyomásviszonyokról, annak rendellenes növekedéséről, melynek jelenlegi hiányára konkrét gyakorlati példán keresztül is rávilágítottam. A jelenlegi rendszer fejlesztésével hatékonyabb lehetne a rendszer működése és akár energiafelhasználása is, ha annak üzemeltetése, felügyelete programozható, szabályozható lenne.

Javaslataim között természetesen kitértem akár egy teljesen új rendszer megtervezésére, kivitelezésére és üzembe helyezésére is, ami ugyan költségesebb alternatíva, de a dolgozatomban is bemutatott egyre szigorodó szabályozások miatt a jelenlegi rendszer léte megkérdőjeleződik, amely immár több, mint 20 éve üzemelő légtechnikai rendszer, melynek gazdaságossága, energiahatékonysága, a várható szigorúbb környezetvédelmi előírásnak való megfelelése és nem utolsósorban üzembiztonsága nehezen vetekedhet egy korszerű, új rendszerrel szemben.

A bemutatott fejlesztési lehetőségek, elképzelések nagyban támaszkodnak a szakmai konferenciákon megismert legújabb technikai megoldásokra, az ott megismert, a lehető legtöbb igényt kielégítő, szabályozható, energiatakarékos és üzembiztos rendszerekre, valamint az irodaház jelenlegi műszaki, technikai adottságaira is. A dolgozatomban bemutatott elemzések reményeim szerint elősegítik a jövőbeli fejlesztések, korszerűsítések irányvonalának meghatározását.

10 Summary

In my thesis, I examined the near-future development possibilities of the air conditioning system at the central office of Fornetti Ltd. in Kecskemet, a company founded more than 25 years ago that is a market leader domestically and plays a significant role internationally in the production and trade of frozen bakery products.

I started the task by familiarizing myself with the literature on factors affecting indoor air quality, thermal comfort, and air conditioning and ventilation systems. I thoroughly studied the main technical parameters of the office building and the current air conditioning system, which has been in operation since 2001, including its detailed structure, design, operation, and maintenance possibilities. To get a clearer picture, I surveyed the previous experiences and basic needs of the colleagues working on the affected floor regarding an air conditioning system using a questionnaire.

My investigation extended to the clothing worn by employees during work, their sensation of thermal comfort, and the temperature conditions in their area, measured or experienced through their senses. I compiled the questionnaire in such a way that based on the responses, I could evaluate the potential impact of the office's orientation on the operation of the air conditioning system, as well as draw conclusions based on the position of each office relative to the air handler. There was a clear difference in the dressing habits of employees in offices facing northeast and southeast, which correlates directly with the daily temperatures in those offices. Those in the slightly cooler northeast-facing offices generally dress more warmly, while those in the sunnier southeast-facing offices dress more lightly. The survey did not reveal any significant differences in the dressing habits of male and female employees.

Following this, I conducted systematic instrumental measurements to gain a more accurate picture of the daily temperature and carbon dioxide levels in a selected office. The primary goal of the investigation was to numerically analyze the actual thermal comfort provided by the air handler and the air quality after receiving mostly subjective responses from colleagues who filled out the questionnaire. During the measurements, the ratio and

temperature of the air drawn in by the air handler and then blown out as treated and mixed air were recorded, along with the temperature and carbon dioxide level in the office. The measurements were recorded at 30-minute intervals, taking into account the average number of people present in the office space during measurement intervals, as well as any fresh air that might be introduced through occasional window openings and the use of air conditioning.

Based on the observations during the measurements, it was determined that for the majority of the study period, the air handler was unable to provide the temperature deemed ideal by the employees participating in the survey. When the office is utilized at 50% capacity or more, the CO₂ concentration approaches the threshold value even with occasional ventilation. Without regular ventilation, the CO₂ level can easily rise above the Pettenkofer limit with greater office utilization.

The data analysis highlighted that occasional air conditioning of the upstairs meeting rooms positively affected the daily temperature of the selected office.

The faults and deficiencies of the air handling unit and ventilation system that I uncovered could partly be repaired. However, having learned the ideal thermal comfort expectations of the employees working on this level of the office building and analyzing the measured values, it became clear that the system in its current state cannot fully perform its function.

After analyzing employee feedback and measured data and drawing conclusions, I developed several alternatives for upgrading and modernizing the current air conditioning system.

Starting from the immediate elimination of the existing system's faults and deficiencies, such as the air tightness problems experienced in the ventilation system and air handler, through the commissioning of a currently out-of-operation heating coil, to the development of a more modern supervisory system that could provide significant operational improvements by offering information about the pressure conditions within the air handler and its abnormal increase, which I have highlighted through specific practical examples. With the development of the current system, its operation could be more efficient and even its

energy usage could be reduced if its operation and supervision were programmable and adjustable.

Among my suggestions were, of course, considerations for designing, implementing, and commissioning an entirely new system, which would be a more expensive alternative but, as shown in my thesis, the current system's existence is questionable due to increasingly stringent regulations. The current air conditioning system, which has been operating for over 20 years, struggles to compete with a modern, new system in terms of cost-effectiveness, energy efficiency, compliance with expected stricter environmental regulations, and operational safety.

The presented development ideas heavily rely on the latest technical solutions learned at professional conferences, the most adaptable, energy-efficient, and reliable systems known there, as well as on the current technical and technical capabilities of the office building. I hope that the analyses shown in my thesis will help determine the direction of future developments and modernizations.

11 Irodalomjegyzék

- 1 Aereco Légtechnika Kft. (N. a.) Ionizációs légtisztítás, H. n., Aereco Légtechnika Kft.
https://www.aereco.hu/wp-content/uploads/2023/06/Aereco_A4_2_oldalás_Plasma_Air_Novaerus_szorolap_2023_atnezeti_mod0404.pdf
- 2 Airvent Zrt. (2001), Flexomix légkezelő Műszaki dokumentáció, H. n., K. n.
- 3 Airvent Zrt. (2018), MultiPlex 2 Moduláris légkezelő család, H. n., Airvent Zrt.
<https://www.airvent.hu/hu/ipari-szelloztetes/legkezelok/multiplex>
- 4 Airvent Zrt. (2021), UV-C FiltAir készülékcsalád, H. n., Airvent Zrt.
<https://www.airvent.hu/hu/ipari-szelloztetes/legsterilizalok/uv-c-filtair>
- 5 Bánhidi L.-Kajtár L. (2017), Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből, Budapest, Akadémia Kiadó
- 6 Barta B. (2023), Legjobb a legjobbak között, Fornetti New Times, Fornetti Kft., 2023. december
- 7 Belimo Holdig AG (N. a.), Az egészséges beltéri levegő hét alapvető feltétele, H. n., Belimo Holdig AG
- 8 Bodnár Gy. (2019), építem A házam, Budapest, TÉT Consulting Kft.
- 9 European Commission (2003), Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought, Brussels, European Commission
- 10 Fornetti Kft. (2024), Cégtörténet, Kecskemét, Fornetti Kft.
<https://www.fornetti.hu/rolunk/cegtortenet>
- 11 G. Liua, M. Xiaob, X.Zhangc, Cs. Galc, X. Chenb, L. Liud, S. Pane, J. Wue, L. Tangb, D. Clements (2017), A review of air filtration technologies for sustainable and healthy building ventilation, University of Reading
- 12 Gábor L.-Zöld A. (1981), Energiagazdálkodás az építészetben, Budapest, Akadémia Kiadó
- 13 Herczeg L. (2008), Irodatermek belső levegő minőségének értékelése, Budapest, Doktori értekezés
- 14 Hraskó I. (2023), Több nagy kecskeméti cég vállalná, hogy sokkal zöldebben működjön,
<https://kecsup.hu/2023/03/tobb-nagy-kecskemeti-ceg-vallalna-hogy-sokkal-zoldebben-mukodjon/>
- 15 Hrustinszky T. (2012), Komfortterek belső levegőminőség emisszióforrásainak vizsgálata, Budapest, Doktori értekezés
- 16 Joób S.-Jenei M. (2011), Hol lehet majd büntetlenül dohányozni?, Index
<https://index.hu/belfold/2011/04/26/hol-lehet-majd-buntetlenul-dohanyozni/>
- 17 Juhász L.-Maiyaleh T.-Vadász J.-Vasáros Z. (2020), Gyakorlati hűtéstechnikai ismeretek, Budapest, Nemzeti Klímavédelmi Hatóság
- 18 Kajtár L. (2019), Irodaépületek hő- és levegőminőségi komfortjának elemzése, Budapest, Doktori értekezés
- 19 Kalmár F. (2013), A belső környezet minősége, Budapest, TERC Kiadó
- 20 Kalmár F. (2017), Optimális lokális mikroklíma kialakítása épületekben váltakozó irányú légáramokkal, Debrecen, Doktori értekezés

- 21 Landy-Gyebnár M. (2021), A nők evolúciós okból fázósabbak, National Geographic <https://ng.24.hu/tudomany/2021/10/09/a-nok-evolucios-okbol-fazosabbak/>
- 22 Magyar T.-Vigh G. (N. a.), Légtechnikai tervezési segédlet A Magyar Szabványügyi Testület jóváhagyásával az MSZ CR 1752:2000 alapján, H. n., Lindab Kft. Ventiláció üzletág
- 23 Medgyesi T. (2024), Hogyan mondjam el neked, amit nem lehet...? Klíma a gyártótól a vevőig, 2024. 01. 31. START 2024 Épületgépész évindító Hogyan mondjam el neked, amit nem lehet...? Klíma a gyártótól a vevőig, Medgyesi Tamás ügyvezető, Cool Airconditional Kft.
- 24 Menyhárt J.-Marcsó S. (1997), Légtechnika I., Debrecen, Főtáv Rt.
- 25 Nemzeti Köznevelési Portál (2012), Kémiai Alapismeretek - Miből áll a levegő, Nemzeti Köznevelési Portál https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/kemia_7/lecke_02_010
- 26 Net Jogtár (2020), 5/2020. (II. 6.) ITM rendelet a kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének és biztonságának védelméről, Net Jogtár <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2000005.itm>
- 27 Nyárády Gy.-Szekeres Z. (2023), Szellőztessen olcsóbban!, Épületgépész, XII. évfolyam, 2023/2. május
- 28 Panasonic Marketing Europe GmbH (N. a.), Mennyezeti air-e nanoe™ generátor, H. n., Panasonic Marketing Europe GmbH https://www.aircon.panasonic.eu/HU_hu/happening/ceiling-mounted-air-e-nanoe-generator-22/
- 29 Rabi Zs. (2018), Hűtő- és Klimatechnikai alapismeretek, H. n., K. n.
- 30 Raiss W. (1964), Fűtés- és légtechnika, Budapest, Műszaki Könyvkiadó
- 31 Rosenberg Hungária Kft. (N. a.), ECFanGrid Retrofit rendszer, Rosenberg Hungária Kft.
- 32 Rosenberg Hungária Kft. (N. a.), Rosenberg Airbox légkezelőgépek, Rosenberg Hungária Kft. prospektus
- 33 Schifter F.-Tolvaj B. (2011), Épületenergetika, H. n., Nemzeti Tankönyvkiadó
- 34 Szalai G. (2024), Az F-gáz rendelet módosítása: öntsünk tiszta vizet a pohárba!, Épületgépész, XIII. évfolyam, 2024/1. március
- 35 Testo (2020), Gyakorlati útmutató: Beltéri levegőminőség és a komfort szintje a munkahelyen, H. n., Testo
- 36 Vigh G. (2024), A légtechnikai rendszerek hatása egy épület fenntarthatóságára előadás, 2024. 01. 31., START 2024 Épületgépész évindító, A légtechnikai rendszerek hatása egy épület fenntarthatóságára, Vigh Gellért - oktatási és fejlesztési vezető, Év Épületgépész Mérnöke 2023, Lindab Kft - előadása <https://www.lindab.com/sustainability/sustainable-buildings/environmental-product-declaration/>
- 37 Wolf Klíma és Fűtéstechnika Kft. (N. a.), Wolf építőelemes légkezelőgépek KG/KGW TOP 21-1000 tájékoztató anyag, Wolf Klíma és Fűtéstechnika Kft., prospektus
- 38 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról, H. n., K. n., <https://njt.hu/jogszabaly/2023-9-20-8X>

12 Ábrák, táblázatok, mellékletek és fényképek jegyzéke

12.1 Ábrák jegyzéke

1. ábra: Külső hőmérséklet időbeli alakulása (2024.04.08-2024.04.11).....	37
2. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.08.....	38
3. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.09.....	39
4. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.10.....	40
5. ábra: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.11.....	41
6. ábra: A felügyeleti rendszer kezelő- és információs felülete.....	63

12.2 Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Levegő CO ₂ koncentrációjának hatása az emberre.....	9
2. táblázat: Munkavégzés intenzitásának foka szerinti friss levegő igény.....	9
3. táblázat. Fejadag és alapterület szerinti friss levegő igény (DIN1946 alapján)	10
4. táblázat: ASHRAE hőérzeti skála.....	13
5. táblázat: Munkatípusonkénti oxigénfogyasztás és hőteljesítmény.....	14
6. táblázat: Tevékenységek metabolikus értéke.....	15
7. táblázat: Különféle ruházatok hőszigetelő képessége.....	16
8. táblázat: Szűrőosztályok megnevezése és jelölésük.....	22
9. táblázat: Mérőműszerek megnevezése és főbb paraméterei.....	36
10. táblázat: Válaszadók nemek szerinti megoszlása (Kérdőív alapján).....	64
11. táblázat: Ruházat típusa (Kérdőív alapján).....	64
12. táblázat Hőmérséklet-Mi a komfortos hőmérsékleti elvárás [°C] (Kérdőív alapján).....	64
13. táblázat: Hőmérséklet-Milyen hőmérséklet van általában az irodában? (Kérdőív alapján)	64
14. táblázat: Hőkomfort (Kérdőív alapján).....	65
15. táblázat: Hőmérsékleten kívül mit mér? Irodai környezet (Kérdőív alapján).....	65
16. táblázat: Hőmérsékleten kívül mit mér? Otthoni környezet (Kérdőív alapján).....	65
17. táblázat: Páratartalommal elégedett-e? (Kérdőív alapján).....	65
18. táblázat: Levegő minőségével elégedett-e? (Kérdőív alapján).....	66

19. táblázat: Kellemetlen érzése van-e? (Kérdőív alapján).....	66
20. táblázat: Pollen érzékenysége van-e, ha igen, akkor van-e tünete az irodában? (Kérdőív alapján).....	66
21. táblázat: Klíma tisztítása megfelelő-e? (Kérdőív alapján).....	66
22. táblázat: Üléshelyzet légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján).....	67
23. táblázat: Üléshelyzet légkezelőhöz képest-részletes (Kérdőív alapján).....	67
24. táblázat: Ruházat típusa légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján).....	68
25. táblázat. Hőmérséklet a légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján).....	69
26. táblázat: Hőkomfort a légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján).....	70
27. táblázat: Ruházat tájolás figyelembevételével (Kérdőív alapján).....	70
28. táblázat: Ruházat típusa nemenkénti megoszlásban.....	71
29. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.08.....	71
30. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.09.....	71
31. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.10.....	72
32. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.11.....	72

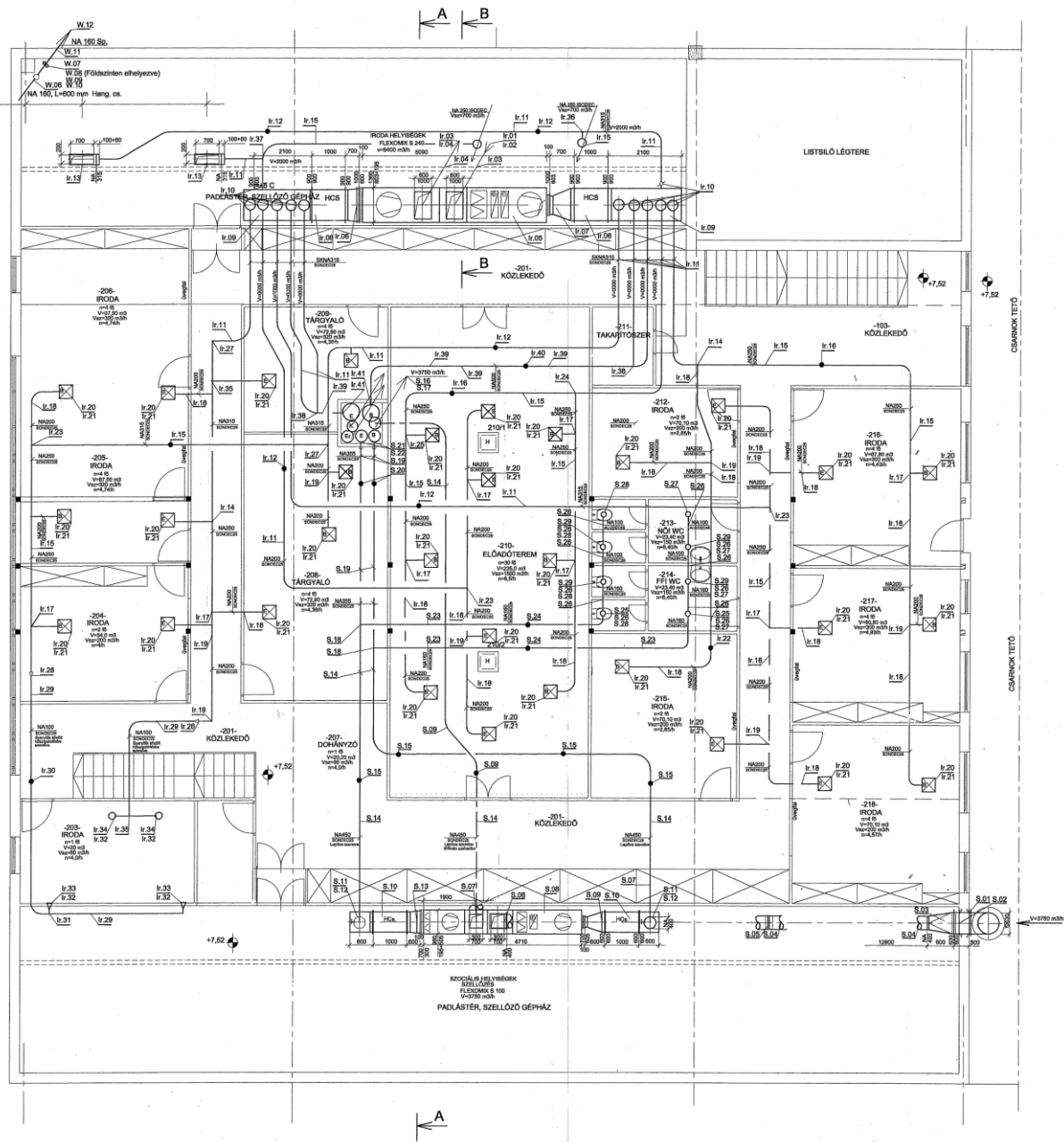
12.3 Mellékletek jegyzéke

1. melléklet: Fornetti Kft. kecskeméti központi irodaházának 2. emeleti alaprajza.....	61
2. melléklet: A 2001-es légvezetési rendszer tervrajza.....	62

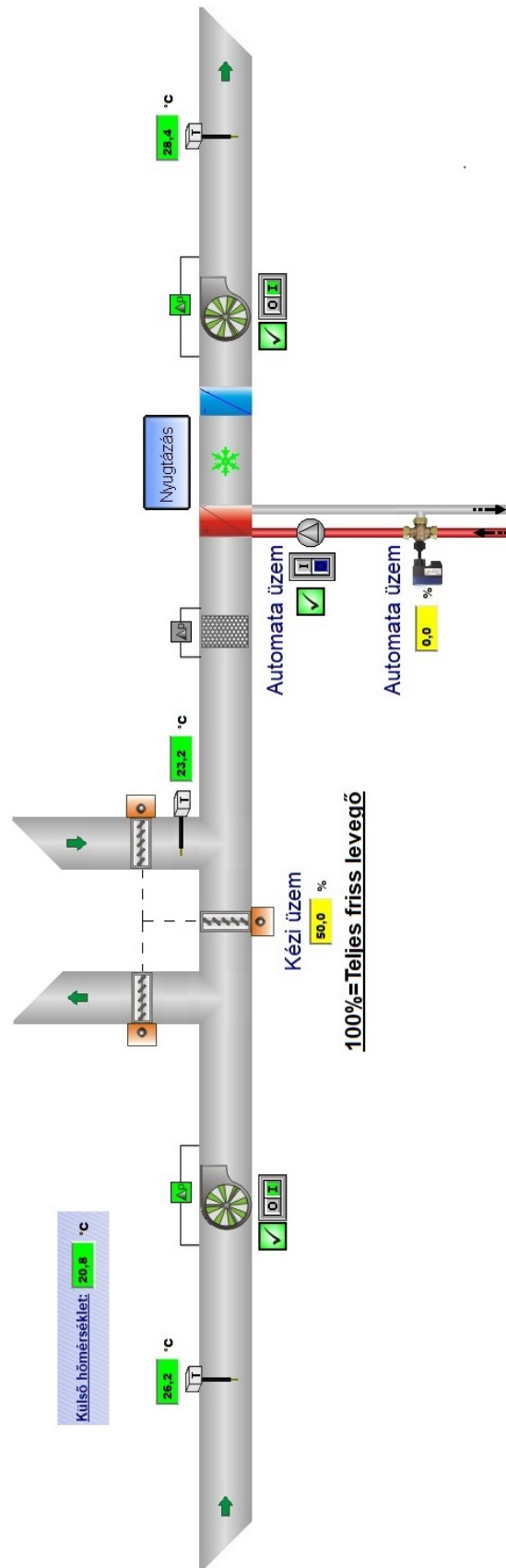
12.4 Fényképek jegyzéke

1. fénykép: A Fornetti Kft. irodaházának főépülete reflexiós üvegezéssel.....	73
2. fénykép: A Fornetti Kft. irodaházának oldalsó része a split klímákkal.....	73
3. fénykép: Az irodaház egyik irodai befúvó anemosztátjának képe.....	74
4. fénykép: Az irodaház egyik irodai befúvó anemosztátjának hőkamera képe.....	74
5. fénykép: Egy példa az irodaház légtechnikai tetőátvezetésének beázására.....	75
6. fénykép: Légvezetési rendszer csatlakozása a légkezelőhöz, nem légtömör csatlakozások.....	75
7. fénykép: Nyílászárók tömítés és illesztési dilatáció problémája (1).....	76
8. fénykép: Nyílászárók tömítés és illesztési dilatáció problémája (2).....	76

2. melléklet: A 2001-es légvezetési rendszer tervrajza



6. ábra: A felügyeleti rendszer kezelő- és információs felülete



10. táblázat: Válaszadók nemek szerinti megoszlása (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Válaszadók nemek szerinti megoszlása	%
Férfi	42.86%
Nő	57.14%
Összesen	100.00%

11. táblázat: Ruházat típusa (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Ruházat típusa	%
0,5 - hosszú szárú nadrág könnyű anyagból, nyitott nyakú ing, rövid ujjak	52.38%
0,7 - sort, gyapjúzokni, pamut munkaing és munkanadrág	28.57%
1,0 - Tipikus üzletember-ruházat	19.05%
Összesen	100.00%

12. táblázat Hőmérséklet-Mi a komfortos hőmérsékleti elvárás [°C] (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőmérséklet-Mi a komfortos hőmérsékleti elvárás [°C]	%
21	28.57%
22	23.81%
23	38.10%
24	9.52%
25	0.00%
Összesen	100.00%

13. táblázat: Hőmérséklet-Milyen hőmérséklet van általában az irodában? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőmérséklet-Milyen hőmérséklet van általában az irodában?	%
21	4.76%
22	14.29%
23	38.10%
24	23.81%
25	19.05%
Összesen	100.00%

14. táblázat: Hőkomfort (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőkomfort	%
-2 (hűvös)	0.00%
-1 (kellemesen hűvös)	4.76%
0 (neutrális / semleges)	19.05%
+1 (kellemesen meleg)	52.38%
+2 (meleg)	23.81%
Összesen	100.00%

15. táblázat: Hőmérsékleten kívül mit mér? Irodai környezet (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőmérsékleten kívül mit mér? Irodai környezet	%
Nem	61.90%
Igen, páratartalmat.	9.52%
Igen, szén-dioxid szintet.	14.29%
Igen, páratartalmat., Igen, szén-dioxid szintet.	14.29%
Összesen	100.00%

16. táblázat: Hőmérsékleten kívül mit mér? Otthoni környezet (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőmérsékleten kívül mit mér? Otthoni környezet	%
Nem	61.90%
Igen, páratartalom.	28.57%
Igen, szén-dioxid szint.	0.00%
Igen, páratartalom., Igen, szén-dioxid szint.	9.52%
Összesen	100.00%

17. táblázat: Páratartalommal elégedett-e? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Páratartalommal elégedett-e?	%
Igen, megfelelő.	42.86%
Nem, száraz. (pl: szemszárazság, torokkaparás)	33.33%
Nem tudom megállapítani.	23.81%
Összesen	100.00%

18. táblázat: Levegő minőségével elégedett-e? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Levegő minőségével elégedett-e?	%
Igen (pl.: tiszta, friss érzést nyújt).	52.38%
Nem (pl.: áporodott, elhasznált a minősége).	47.62%
Összesen	100.00%

19. táblázat: Kellemetlen érzése van-e? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Kellemetlen érzése van-e?	%
Nem.	80.95%
Igen, zavaró hangja van (léghang).	9.52%
Igen, huzat érzésem van.	4.76%
Igen, huzat érzésem van., Igen, zavaró hangja van (léghang).	4.76%
Összesen	100.00%

20. táblázat: Pollen érzékenysége van-e, ha igen, akkor van-e tünete az irodában? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Pollen érzékenysége van-e, ha igen, akkor van-e tünete az irodában?	%
Nem.	85.71%
Igen, de nincsen tünetem az irodai környezetben.	4.76%
Igen, van tünetem az irodai környezetben.	9.52%
Összesen	100.00%

21. táblázat: Klíma tisztítása megfelelő-e? (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Klíma tisztítása megfelelő-e?	%
Igen	61.90%
Nem	38.10%
Összesen	100.00%

22. táblázat: Üléshelyzet légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján)
(Forrás: Saját szerkesztés)

Üléshelyzet légkezelőhöz képest	%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	28.57%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	9.52%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	42.86%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	19.05%
Összesen	100.00%

23. táblázat: Üléshelyzet légkezelőhöz képest-részletes (Kérdőív alapján)
(Forrás: Saját szerkesztés)

Üléshelyzet légkezelőhöz képest	Nem	%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	Férfi	50.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	Nő	50.00%
Összesen		100.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	Férfi	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	Nő	100.00%
Összesen		100.00%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	Férfi	55.56%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	Nő	44.44%
Összesen		100.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	Férfi	25.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	Nő	75.00%
Összesen		100.00%

24. táblázat: Ruházat típusa légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Ruházat típusa légkezelőhöz képest	Ruházat típusa	%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	0.5	16.67%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	0.7	50.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	1	33.33%
Összesen		100.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	0.5	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	0.7	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	1	100.00%
Összesen		100.00%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	0.5	77.78%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	0.7	22.22%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	1	0.00%
Összesen		100.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	0.5	75.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	0.7	25.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	1	0.00%
Összesen		100.00%

25. táblázat. Hőmérséklet a légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőmérséklet a légkezelőhöz képest	Hőmérséklet	%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	21	0.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	22	16.67%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	23	50.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	24	33.33%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	25	0.00%
Összesen		100.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	21	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	22	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	23	50.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	24	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	25	50.00%
Összesen		100.00%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	21	11.11%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	22	22.22%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	23	22.22%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	24	22.22%
207, 208 (légkezelőhöz közeli DK-i tájolású irodák)	25	22.22%
Összesen		100.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	21	0.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	22	0.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	23	50.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	24	25.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli DK-i tájolású irodák)	25	25.00%
Összesen		100.00%

26. táblázat: Hőkomfort a légkezelőhöz képest (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Hőkomfort a légkezelőhöz képest	Hőkomfort	%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	hűvös	0.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	kellemesen	0.00%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	semleges	16.67%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	kellemesen	66.67%
204, 217, 218 (légkezelőhöz közeli ÉNy-i tájolású irodák)	meleg	16.67%
Összesen		100.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	hűvös	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	kellemesen	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	semleges	0.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	kellemesen	50.00%
201, 200 (légkezelőtől távoli ÉNy-i tájolású irodák)	meleg	50.00%
Összesen		100.00%
207, 208 (légkezelőhöz közeli Dél-Keleti tájolású irodák)	hűvös	0.00%
207, 208 (légkezelőhöz közeli Dél-Keleti tájolású irodák)	kellemesen	11.11%
207, 208 (légkezelőhöz közeli Dél-Keleti tájolású irodák)	semleges	33.33%
207, 208 (légkezelőhöz közeli Dél-Keleti tájolású irodák)	kellemesen	33.33%
207, 208 (légkezelőhöz közeli Dél-Keleti tájolású irodák)	meleg	22.22%
Összesen		100.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli Dél-Keleti tájolású irodák)	hűvös	0.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli Dél-Keleti tájolású irodák)	kellemesen	0.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli Dél-Keleti tájolású irodák)	semleges	0.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli Dél-Keleti tájolású irodák)	kellemesen	75.00%
212, 213 (légkezelőtől távoli Dél-Keleti tájolású irodák)	meleg	25.00%
Összesen		100.00%

27. táblázat: Ruházat tájolás figyelembevételével (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Ruházat tájolás figyelembevételével	Ruházat típusa [clo]	%
Észak-Nyugati tájolású iroda	0.5	12.50%
Észak-Nyugati tájolású iroda	0.7	37.50%
Észak-Nyugati tájolású iroda	1	50.00%
Összesen		100.00%
Dél-Keleti tájolású iroda	0.5	76.92%
Dél-Keleti tájolású iroda	0.7	23.08%
Dél-Keleti tájolású iroda	1	0.00%
Összesen		100.00%

28. táblázat: Ruházat típusa nemenkénti megoszlásban (Kérdőív alapján)

(Forrás: Saját szerkesztés)

Ruházat nemenkénti megoszlásban	Ruházat típusa [clo]	%
Férfi	0.5	55.56%
Férfi	0.7	33.33%
Férfi	1	11.11%
Összesen		100.00%
Nő	0.5	66.67%
Nő	0.7	16.67%
Nő	1	16.67%
Összesen		100.00%

29. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.08

(Forrás: Saját szerkesztés saját műszeres mérés alapján)

2024.04.08									
Időpont	Létszám (fő)	Iroda hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Visszakeverés aránya (%)	Befűjt hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)	CO ₂ (ppm)	Ablaknyitás	Split klíma (20°C)
6:00	2	20.7	9.1	50	23.5	45.1	448	Nem	Nem
6:30	2	22.3	9.6	50	23.7	42.7	498	Nem	Nem
7:00	3	25.6	13.2	50	23.9	37.3	554	Nem	Nem
7:30	3	26.3	14.1	50	24.4	36.3	600	Nem	Nem
8:00	7	26.7	16.3	50	24.7	35.9	577	Igen	Nem
8:30	5	27.9	18.4	50	25.4	36.4	883	Nem	Nem
9:00	3	28	19.6	50	26.7	32.9	499	Igen	Nem
9:30	2	27.6	21.6	50	27.5	31.6	493	Igen	Nem
10:00	3	27.7	21.8	50	27.9	31.2	506	Igen	Nem
10:30	3	28.1	22	50	28.1	30.8	554	Igen	Nem
11:00	3	26.9	23.2	50	28.4	32.5	642	Nem	Igen
11:30	4	26.8	23.4	50	28.6	33.4	686	Nem	Igen
12:00	2	26.6	25.6	50	29.3	33.9	690	Nem	Igen
12:30	1	26.5	26	50	28.1	34.1	687	Nem	Igen
13:00	5	26.9	25.9	50	28	35	969	Nem	Igen
13:30	6	27.2	26.2	50	27.9	36.2	990	Igen	Igen
14:00	6	26.9	26.7	50	28.2	36.9	1001	Nem	Igen
14:30	5	26.3	26.8	50	28.9	37	972	Igen	Igen

30. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.09

(Forrás: Saját szerkesztés saját műszeres mérés alapján)

2024.04.09									
Időpont	Létszám (fő)	Iroda hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Visszakeverés aránya (%)	Befűjt hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)	CO ₂ (ppm)	Ablaknyitás	Split klíma (20°C)
6:00	1	20.1	11.7	50	23.5	40.4	498	Igen	Nem
6:30	2	20.9	12.3	50	23.7	40.1	526	Igen	Nem
7:00	2	22.8	13.9	50	23.9	39.6	539	Nem	Nem
7:30	4	23.6	14.5	50	24.4	39.5	590	Nem	Nem
8:00	4	23.9	15.1	50	24.7	39.5	675	Nem	Nem
8:30	2	24.5	17.7	50	25.4	39.8	909	Nem	Nem
9:00	4	25.6	18.7	50	26.1	39.4	873	Igen	Nem
9:30	2	25.7	19.8	50	26.3	38.9	925	Nem	Nem
10:00	3	25.9	21.3	50	27.2	39.4	985	Nem	Nem
10:30	2	26.9	22.9	50	28.1	40.1	860	Igen	Nem
11:00	1	25.8	23.4	50	28.4	38.6	787	Nem	Igen
11:30	4	26.4	24.9	50	27.9	37.9	889	Nem	Igen
12:00	1	25.3	25.7	50	27.7	38.4	740	Nem	Igen
12:30	1	24.7	27.3	50	27.5	38.9	699	Igen	Igen
13:00	1	24.4	28.1	50	27.1	41.2	750	Igen	Igen
13:30	1	24.1	29.7	50	26.6	43.5	791	Nem	Igen
14:00	2	24	29.9	50	27.1	42.2	890	Igen	Igen
14:30	3	24	29.8	50	27.9	41.6	970	Nem	Igen

31. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.10
(Forrás: Saját szerkesztés saját műszeres mérés alapján)

2024.04.10									
Időpont	Létszám (fő)	Iroda hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Visszakeverés aránya (%)	Befűjt hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)	CO2 (ppm)	Ablaknyitás	Split klíma (20°C)
6:00	1	23.7	15.1	50	23.2	33.2	634	Nem	Nem
6:30	2	24.2	15.6	50	23.6	31.9	640	Nem	Nem
7:00	2	24.9	17.1	50	23.7	32.4	655	Nem	Nem
7:30	3	25.9	17.4	50	24.6	36.4	687	Nem	Nem
8:00	5	26.3	17.8	50	25.6	38.6	879	Nem	Nem
8:30	6	26.9	18.1	50	26.8	43.2	950	Nem	Nem
9:00	6	27.3	18.3	50	26.9	44.4	1160	Nem	Nem
9:30	5	28.2	18.8	50	26.8	45.6	1250	Nem	Igen
10:00	5	27.9	19.1	50	27.3	44.9	1246	Nem	Igen
10:30	6	28.2	20.3	50	27.8	44.2	1367	Nem	Igen
11:00	6	27.9	20.9	50	28.4	42.3	1565	Nem	Igen
11:30	6	27.8	21.9	50	28.5	40.6	1640	Nem	Igen
12:00	2	24.2	22.8	50	29.1	39.2	1296	Nem	Igen
12:30	2	24	23.1	50	28.8	38.4	980	Nem	Igen
13:00	4	24.8	23.4	50	29	37.5	1407	Nem	Igen
13:30	5	25.9	23.5	50	29.1	35.2	1634	Nem	Igen
14:00	4	25.5	23.9	50	28.9	37.8	1360	Nem	Igen
14:30	4	25.9	23.8	50	28.5	38.1	1290	Nem	Igen

32. táblázat: Irodai műszeres mérések eredményeinek időbeli alakulása – 2024.04.11
(Forrás: Saját szerkesztés saját műszeres mérés alapján)

2024.04.11									
Időpont	Létszám (fő)	Iroda hőmérséklet (°C)	Külső hőmérséklet (°C)	Visszakeverés aránya (%)	Befűjt hőmérséklet (°C)	Páratartalom (%)	CO2 (ppm)	Ablaknyitás	Split klíma (20°C)
6:00	2	24.2	10.1	50	25.6	27.2	650	Nem	Nem
6:30	2	24.3	11.5	50	25.9	28	689	Nem	Nem
7:00	3	25.6	12.4	50	26.4	28.2	750	Nem	Nem
7:30	4	25.9	13.6	50	25.9	30.2	895	Nem	Nem
8:00	6	26.3	15.4	50	26.3	35.6	1016	Nem	Nem
8:30	6	26.5	17.3	50	26.4	36.2	1367	Nem	Igen
9:00	5	26.3	18.1	50	26.7	38.2	1390	Nem	Igen
9:30	4	25.4	18.5	50	27	37.3	1290	Nem	Igen
10:00	4	25.5	19.1	50	27.5	38.5	1360	Nem	Igen
10:30	6	25.8	19.5	50	27.5	40.3	1590	Nem	Igen
11:00	6	25.9	20.4	50	27.9	39.9	1860	Nem	Igen
11:30	6	26.1	21.7	50	28.3	40.2	2050	Nem	Igen
12:00	2	25.4	22.2	50	28.1	37.6	1608	Nem	Igen
12:30	2	25.1	22.9	50	28.3	39.5	1490	Nem	Igen
13:00	4	25.2	23.1	50	28.9	40.3	1350	Nem	Igen
13:30	5	25.7	23.5	50	29.3	41.2	1607	Nem	Igen
14:00	5	25.9	23.8	50	29.9	39.9	1357	Nem	Igen
14:30	4	25.6	23.8	50	30.2	40.6	1257	Nem	Igen

1. fénykép: A Fornetti Kft. irodaházának főépülete reflexiós üvegezéssel
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



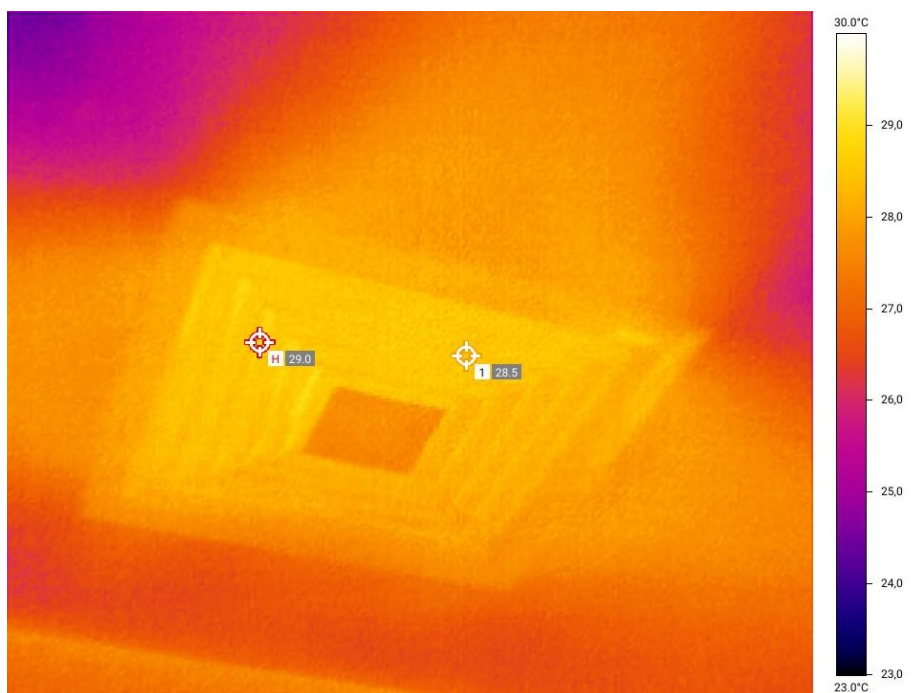
2. fénykép: A Fornetti Kft. irodaházának oldalsó része a split klímákkal
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



3. fénykép: Az irodaház egyik irodai befúvó anemosztátjának képe
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



4. fénykép: Az irodaház egyik irodai befúvó anemosztátjának hőkamera képe
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



5. fénykép: Egy példa az irodaház légtechnikai tetőátvezetésének beázására
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



6. fénykép: Légvezetési rendszer csatlakozása a légkezelőhöz, nem légtömör csatlakozások
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



7. fénykép: Nyílászárók tömítés és illesztési dilatáció problémája (1)
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



8. fénykép: Nyílászárók tömítés és illesztési dilatáció problémája (2)
(Forrás: saját felvétel a Fornetti Kft. engedélyével)



NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Cserhádi Levente László
A Hallgató Neptun kódja: VKLMGY
A dolgozat címe: A Fornetti Kft. irodaházának légtechnikai átalakítása
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. év április hó 21.nap


Hallgató aláírása

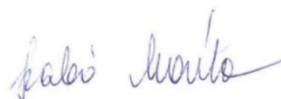
NYILATKOZAT

Cserháti Levente László (VKLMGY) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: ___2024_ év _április_ hó 22 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.