

Lapradiátorok hatásfokának vizsgálata és modellezése



Készítette:
Heteyi Csaba

Mérőtárs:
Vörös Zoltán

Konzulens:
dr. Kiss Endre

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
MŰSZAKI INTÉZET

Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék
2012.

Tartalom

Bevezetés	2
1. A háztartások fűtési rendszere.....	3
2. A radiátorok.....	5
3. A radiátorok működési elve	7
4. A fűtési rendszer	9
4.1. A méréshez használt fűtési rendszer elemei.....	9
4.2. A fűtési rendszer összeszerelése.....	12
5. A fűtési rendszerben a levegő kényszerített áramlásának megoldása	15
5.1. A csövekben lévő áramlás típusának kiszámítása:.....	15
6. Mérési eredmények	18
6.1 A ventilátorok felfelé fújó állásban	18
6.2 A ventilátorok lefelé fújó állásban.....	37
6.3 A ventilátorok felfelé fújó állásban, kisebb belső felületű radiátorral.....	46
7. Egy kiválasztott állapot lemodellezése.....	61
7.1. A modell felvétele	61
7.2. A kiszámoltatott áramlási sebességek	62
7.3. A kiszámoltatott hőmérsékletek	67
7.4. A számításhoz használt háló.....	71
7.5. A modellezés hibái	73
7.6. A modellezés értékelése	77
8. A mérések kiértékelés	78
8.1 A ventilátorok felfelé fújó állásban	78
8.1.1 Teljesítmény leadás a ventilátorok felfelé fújó állásában	80
8.2 A ventilátorok lefelé fújó állásban.....	83
9. Hatásfokelemzés	86
10. Összefoglalás	92
Források:.....	93

Bevezetés

Napjaink egyik legnépszerűbb háztartási fűtőteste az ún. lapradiátor, melynek hatásfoka jobb, mint sok más típusé. Célszerű azonban az egyre nagyobb hangsúlyt kapott energia megtakarítás szemszögéből is megvizsgálni ezt az eszközt, azt, hogy miképpen tudjuk tovább javítani a hőleadás hatásfokát, hatásosságát.

A hatásosság javítása a mai kiforrott technológiák és konstrukciók mellett meglehetősen nehéz feladat. Egy lehetséges megoldás a radiátorokon átáramló levegő sebességének növelése külső ventillátorok segítségével. A módszer előnye, hogy minden radiátorra fel lehet szerelni külső ventillátorokat és nem kell módosítani a fűtési rendszert. Hátránya, hogy soros fűtési rendszerek esetében csak úgy célszerű alkalmazni, hogy minden radiátorra felszereljük, különben a lakásonként jól kiegyensúlyozott hőleadás eloszlása megváltozik.

Fent leírtak alapján megépített fűtési rendszer vizsgálatáról számolunk be ebben a munkában. Egy új, gyári lapradiátort szereltünk be egy üres terembe, ahol teljes fűtőrendszert állítottunk össze. A lapradiátort felszereltük ventillátorokkal, amelyeket külön szívó és külön nyomó üzemben is működtettünk. Megvizsgáltuk a ventillátorok hatását különböző hőmérsékleteken, meghatároztuk a radiátor által leadott teljesítményt, és a módszer hatásosságát.

1. A háztartások fűtési rendszere

Minden építkező szembekerül azzal a problémával, hogy milyen fűtési rendszert alakítson ki épülő házában, mivel az egyre fogyó fosszilis tüzelőanyagok miatt az energia árak folyamatosan emelkednek. A fűtési rendszer egy költséges, nehezen átépíthető rendszer, kialakítása gondos előkészületeket igényel, három fő funkciója, a hőfejlesztés, a hőelosztás és a hőleadás.

A hőfejlesztési funkciónál választani kell energia hordozót, ami lehet megújuló és nem megújuló energia.

Nem megújuló energia a fosszilis tüzelő anyagokból előállított villamos és egyéb energia.

A villamos energia előállítható fosszilis tüzelőanyagok elégetésével, urán- és plutónium izotópok maghasadásával, és megújuló energiaforrásokból. A fűtési rendszer működéséhez szükséges energiát, állandóan biztosítani tudjuk a villamos hálózatról, melynek használata kényelmes, jól szabályozható és állandó minőségű.

Fosszilis tüzelőanyagok

Fosszilis tüzelőanyag a földgáz, a tüzelőolaj és a tűzifa.

A földgáz kényelmes, minősége állandó, jól szabályozható, változatos és magas hatásfokú tüzelőberendezések kaphatók hozzá. A beruházási költségek kedvezőek, ugyanakkor az ára már most is magas és további növekedés várható.

A tüzelőolaj kiment a divatból, mivel ára hasonló a földgázéhoz, a beruházási költségek sem alacsonyabbak, a használata viszont jóval kényelmetlenebb.

A tűzifa jóval olcsóbb, a beruházási költségek kedvezőek, az ellátás nem okoz gondot, viszont külön gondoskodni kell a szállításáról, a tárolásáról a tüzelőberendezésbe juttatásáról, valamint a hamu eltávolításáról és elhelyezéséről. Hátránya, hogy minősége változhat, a tüzelőberendezésekben nem nagy választék, tüzelése rosszul szabályozható.

Megújuló energiaforrások

Megújuló energiaforrások közé tartozik a napenergia, geotermikus energia, a biomassa, a vízi erőművek és a környezet hőmérséklete, amit hőszivattyúkkal tudunk hasznosítani.

A napenergia ingyen van, használatában jelentős fejlődés történt, szélesedett a beszerezhető berendezések köre, viszont a beruházási költségek magasak és a változó időjárási viszonyok miatt használata csak kiegészítő jellegű lehet.

A föld és levegő hője szintén ingyen van, de a kinyerésére alkalmazott hőszivattyú működtetéséhez villamos energiát kell felhasználni emiatt, valamint a hőszivattyús rendszer magas beruházási költsége miatt a megtérülési idő meglehetősen hosszú.

A hőfejlesztő rendszerek másik eleme a hőfejlesztő berendezés, amit természetesen döntően befolyásol a választott energiahordozó. A választásnál lényeges szempont az ár, a teljesítmény, a hatásfok, a szabályozhatóság és a minőség.

A hőfejlesztő berendezés teljesítményét gondosan kell megválasztani, mert a szükségesnél alacsonyabb teljesítmény ellátási gondokhoz vezet, a magasabb pedig felesleges beruházási költséget és a nem optimális működés miatt magasabb üzemeltetési költséget eredményez.

A hőfejlesztő berendezés szabályozhatósága fontos, mert minél jobban illeszkedik a berendezés által leadott hőmennyiség a mindenkori hőigényekhez, annál kisebb a veszteség.

A számtalan fűtési rendszer célja azonos: minél tisztábban és hatékonyabban megtermeljük a hőt, majd minél kisebb veszteséggel juttatni célba.

Az első viszonylag tiszta egyéni fűtési mód a gázkonvektor volt, amely a szén- és fatüzeléshez képest nagy tisztasággal égette el a finomított földgázt. Hátránya ugyanakkor, hogy a konvektor nyílt lángja a szoba levegőjét használja.

A modern gázkazánok már a pincében is remekül működnek. E készülékek lamellás hőcserélőkkel vannak ellátva, azaz a kazán belsejében futó csövek felületét bordázással megnövelik. A készülék gyenge pontja a szennyeződés lehetősége.

A piacon már versenyképes áron kaphatóak az új generációs ún. kondenzációs kazánok, amelyek nem csak tisztán égetik el a földgázt, de a dupla csövezésnek hála, az égéstermékek, füstgázok hőjét is hasznosítják. A kéményen így már viszonylag hideg, duplán hasznosított füst - jobbra csak vízgőz - távozik.

Az alternatív megoldás a kazán, amelyben biomasszát: fát, lágyszárakat, szalmát is égethetünk. Oda kell figyelni azonban, hogy az együtt égetett biomassza megfelelően száraz legyen. Ellenkező esetben a biomassza nehezen éri el a gyulladási hőmérsékletet, kormol, füstöl, kevés hőt ad le.

Nem elég a szükséges hőt előállítani, hanem el kell azt juttatni a hőleadó berendezésekhez. Minél nagyobb és összetettebb a fűtendő lakás vagy ház, annál fontosabb a hőelosztó rendszer. Alapelvük, jól toldható, könnyen szerelhető, megfelelő minőségű (nem korrodáló), illetve optimális keresztmetszetű vezetékhálózat kialakítása. A csőrendszert jól méretezett keringető szivattyúval, megfelelő szabályozó csapokkal, légtelenítő szelepekkel és tágulási tartállyal is fel kell szerelni.

Hőleadó berendezések, a radiátor, a fal illetve a padlófűtés. Ezek működési elve az, hogy a benne lévő közeg hőmennyiségének egy részét, a külső, eltérő hőmérsékletű közegnek átadja, ezáltal melegítheti illetve hűtheti is a helyiséget. A háztartásokban leggyakrabban alkalmazott hőleadó berendezés a radiátor. [1]

2. A radiátorok

Hazánkban a legelterjedtebb hőleadó berendezés a radiátor, melynek anyaga lehet öntöttvas, acéllemez, réz-alumínium, illetve alumínium. Kivitelét tekintve a radiátor lehet tagos, vagy lapradiátor. Az egyes alapanyagok között alapvető különbség a hővezető képesség, mely leginkább befolyásolja a radiátor hatásfokát. Mindezek mellett nem elhanyagolandó a radiátorokban lévő víz mennyisége, valamint a hőátadás módja sem, amelynek leghatékonyabb lehetősége a konvekció, vagyis a radiátoron átáramló levegő gyors felmelegítése, majd bejuttatása a helyiség belső tereibe, légcirkulációt kialakítva.

Padlóradiátoros fűtés

Elsősorban helyiségek kiegészítő fűtéseként, vagy nagy felületű nyílászárók páramentesítésére alkalmazható. A födémbe süllyesztett padlócsatorna használatával alkalmazható.

Fürdőszobai csőradiátorok

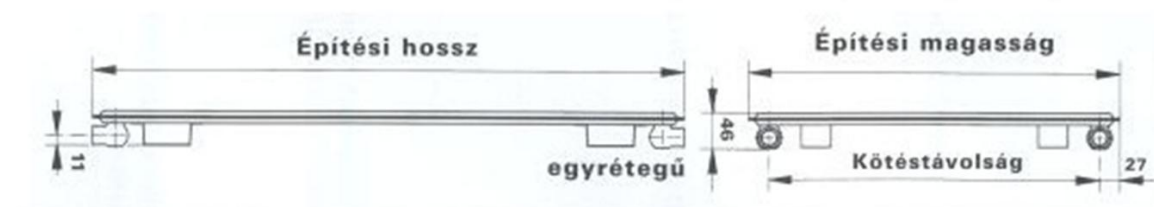
Felhasználási terület: Fürdőszobák kiegészítő, esetleg önálló fűtésére alkalmas acél, vagy vörösréz alapanyagból készült, különböző formájú, kialakítású csőből készült fűtőtestek. Jellemzője, hogy nagy típus-, méret- és színválasztékban kapható. Különlegességük, hogy a legtöbb típus használható elektromos fűtőpatronnal önállóan, meglévő fűtési rendszerbe bekötve, vagy előző kettő kombinációjában. [2]

Lapradiátorok

Dolgozatban ismertetett mérésekhez lapradiátort használtunk, mely a régi tagos radiátornál modernebb, könnyebben szerelhető, a létező legkisebb súlyú és víztérfogatú radiátor. Bármilyen fűtési rendszerrel kompatibilis, a kis víztérfogata miatt energiatakarékosabb és hosszú az élettartama.

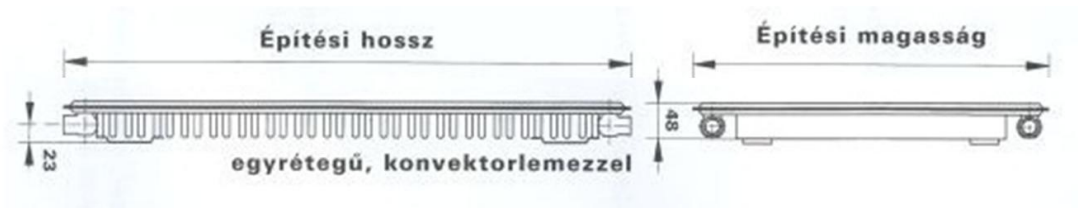
Különböző méretekben kapható, 200, 400, 600, 950 és 1200 mm magas lehet, míg hossza 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mm. [3] Kialakítás változó, lehet 1, 2 illetve 3 rétegű (2.1. a-f. ábra) [4].

Az egyrétegű lapradiátor (2.1.a. ábra), egy „falból” áll, amibe a meleg közeg beáramlik és hőt ad le.



2.1.a. ábra. Egyrétegű lapradiátor.

Az egyrétegű konvektorlemez lapradiátor hatásfoka ideálisabb, mint a konvektorlemez nélküli, mivel nagyobb felületen tudja leadni a hőt. Két változata van, a hátfal nélküli (2.1.b. ábra) és a hátfallal felszerelt (2.1.c. ábra). A két típus hőelosztása különböző.

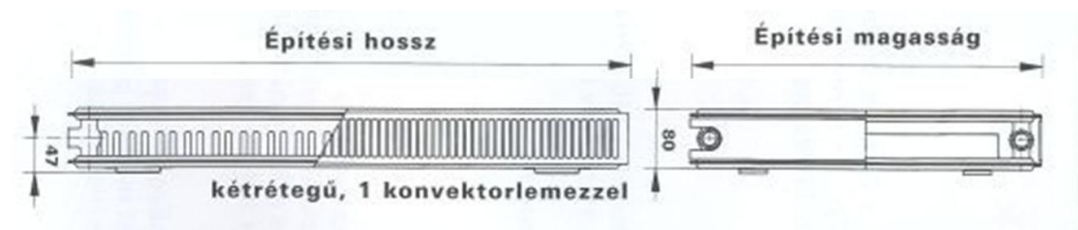


2.1.b. ábra. Egyrétegű, hátfal nélküli, konvektorlemezes lapradiátor.

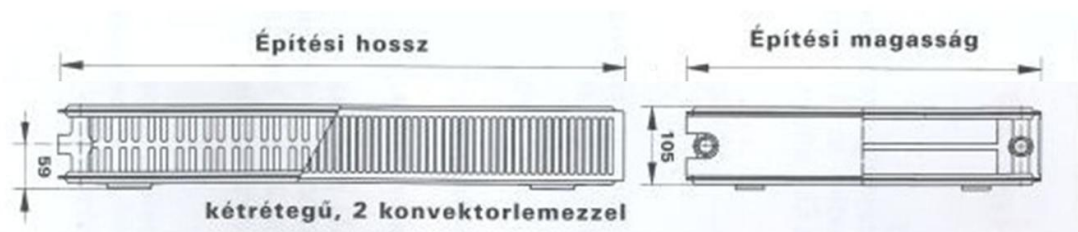


2.1.c. ábra. Egyrétegű, hátfallal felszerelt, konvektorlemezes lapradiátor.

A kétrétegű egy konvektorlemezes (2.1.d. ábra), illetve a két konvektorlemezes (2.1.e. ábra) lapradiátor belső felülete nagy, így hőleadása jobb, mint az előzőeké.

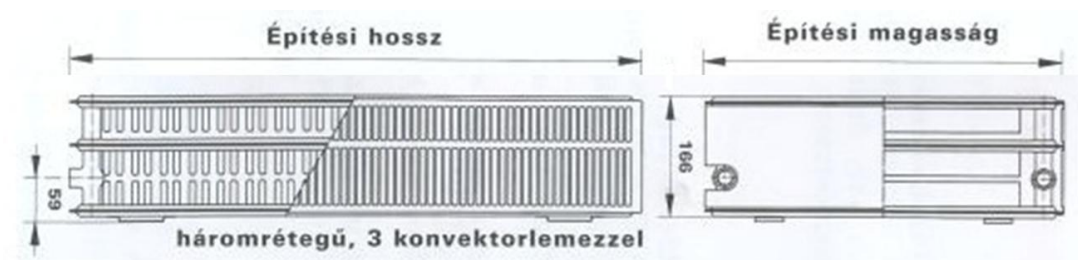


2.1.d. ábra. Kétrétegű, egy konvektorlemezes lapradiátor.



2.1.e. ábra. Kétrétegű, két konvektorlemezes lapradiátor.

A háromrétegű, három konvektor lemezes radiátor (2.1.f. ábra) hatásfoka a felsoroltak közül a legjobb, mivel belső felülete, és víztároló képessége a legnagyobb.



2.1.f. ábra. Három rétegű, három konvektorlemezes lapradiátor.

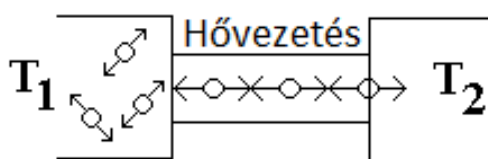
3. A radiátorok működési elve

A radiátorok bemeneti csomkján meleg víz áramlik be víztartályba, mely a kimeneti csomkon keresztül távozik a csőrendszerbe. Ezalatt a folyadék hőmérséklete megváltozik, hőt ad le, vagy vesz fel környezetből. A hőcsere a radiátor felületétől függ. Minél nagyobb a radiátor felülete, illetve a közte áthúzott lapok felülete, annál nagyobb hőmennyiséget tud leadni, illetve felvenni egységnyi idő alatt.

Ezt a folyamatot termikus energia transzportnak nevezzük. A termikus energia transzport alapvetően három különböző úton játszódhat le: hővezetés, hőátadás és hősugárzás.

Hővezetés

Ha két különböző hőmérsékletű testet (T_1 , T_2) összekötünk egy harmadikkal, szilárd közvetítő közeg esetén a magasabb hőmérsékletű test részecskéi a hőmérséklettől függő amplitúdójú rezgéssel rezegnek. Mivel a rezgés a hővel van kapcsolatban, ezért a rezgés a tér minden irányban megfigyelhető. A közvetítő közeg átveszi a rezgési energiát, és továbbviszi, majd átadja a másik testnek, amelynek részecskéi ettől nagyobb rezgési amplitúdót mutatnak, azaz nő a test hőmérséklete, energiát kapott, lezajlott a termikus energiatranszport (3.1. ábra).

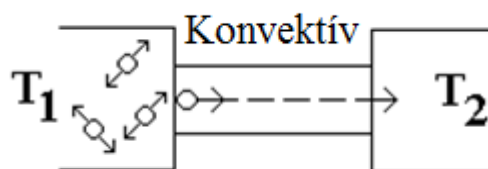


3.1. ábra Vezetéssel történő termikus energiatranszport értelmezése

Hőátadás

Az előző gondolatmenetet tovább folytatva, hőleadásról akkor beszélhetünk, ha a közvetítő közeg részecskéi nem helyhez kötöttek (nem szilárd halmazállapotúak). Ekkor nem rezgési energiát vesznek át, hanem maguk is elmozdulnak, s transzlációs mozgási energia formájában viszik magukkal a közvetítendő energiát akár a célig, de a valóságban sorozatos ütközések következtében.

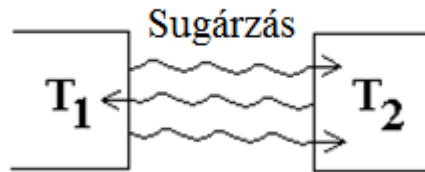
A közvetítő közeg részecskéinek átlagos elmozdulása mivel nem zérus, így hőátadásról (konvektív termikus energiatranszportról) beszélünk (3.2. ábra).



3.2. ábra Termikus energiatranszport áramlással (hőátadás)

Hősugárzás

Két test között akkor is lejátszódik az energiatranszport, ha az őket összekötő közeget elhagyjuk. E jelenségnek az alapja az, hogy minden test bármely hőmérsékleten elektromágneses sugárzást, s ezzel energiát bocsát ki. Nagyobb hőmérséklet esetén nagyobb a kisugárzás, kisebb esetén kisebb. A nagyobb hőmérsékletű test tehát nagyobb energiát sugároz a másiknak, mint fordítva. Ha a testek elnyelik (s valamennyit mindig elnyelnek) az elektromágneses sugárzás formájában kisugárzott energiát, úgy létrejön a termikus energiatranszport, mert az elnyelt energia növeli a hőmérsékletet (3.3. ábra).



3.3. ábra Termikus energiatranszport sugárzással

Esetünkben a hőfejlesztő rendszerből a fűtött közeg, víz áramlik a radiátorba, s áramlás közben vezeti a hőt, a radiátorban a szállított hőt átadja a radiátornak és végül a radiátor a külső közegnek hőt ad le, hősugárzással, vezetéssel és konvencióval. [5]

4. A fűtési rendszer

4.1. A méréshez használt fűtési rendszer elemei

A fűtési rendszert a Dunaújvárosi Főiskola „C” épületének egyik raktárhelységében állítottuk fel, egy 42 m³-es szobában.

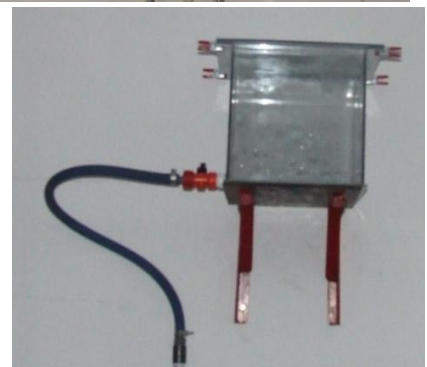


A fűtési rendszer részei:

Hajdú típusú villanybojler



kiegyenlítő tartály



Grundfos UPS 25-40 180-as szivattyú



három szál vascső



rotaméter (áramlási intenzitás mérőből)



feszültség szabályozó



négy darab ventillátor

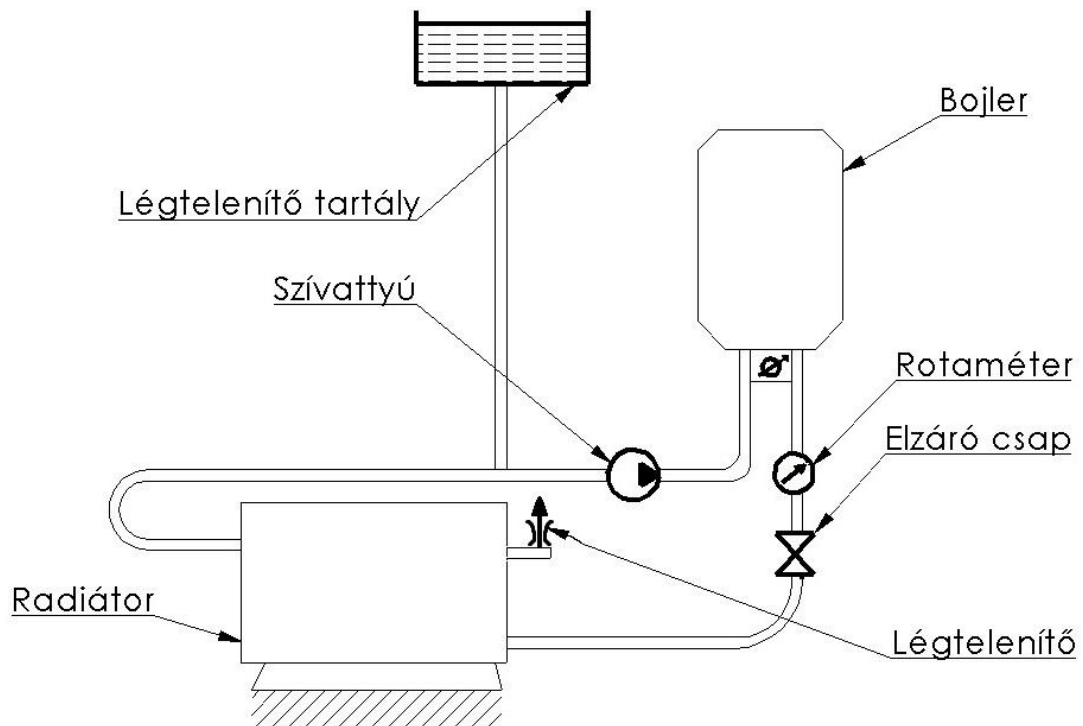


és két különböző belső felületű radiátor



4.2. A fűtési rendszer összeszerelése

A terem fűtési rendszerét a 4.2.1. ábrán látható módon szereltük össze.



4.2.1. ábra. Az összeszerelt fűtési rendszerünk kapcsolási rajza.

Az összeszerelés első fázisa bojler (4.1.2. ábra) felszelése volt, amit a hátuljára szerelt rögzítő konzollal oldottuk meg.



4.2.2. ábra. A bojler

A bojler rögzítése után a kiegyenlítő tartály elhelyezése következett, a bojlernél magasabb helyre (4.2.3.-es ábra).



4.2.3. ábra. A kiegyenlítő tartály helye a bojlerhez képest.

A folyamat következő fázisa a csővezetékek méretre vágása volt. A méretre vágott csöveket csőbilinccsel rögzítettük, majd a radiátort és a szivattyút elhelyeztük el (4.2.4. ábra).



4.2.4. ábra. az összeszerelt fűtési rendszer.

Az áramlási intenzitás mérésére, egy rotamétert (4.2.5. ábra) is beépítettünk a rendszerbe.



4.2.5. ábra A rotaméter

Ezek után a csővezetékeket hőszigetelésre következett, azért hogy kevesebb legyen a rendszer hővesztesége. E munka jelentette a szerelési folyamat végét (4.2.5. ábra).



4.2.5. ábra. A kész fűtési rendszer

5. A fűtési rendszerben a levegő kényszerített áramlásának megoldása

A radiátorra helyezett 4 db ventilátor először a levegőt felfelé (5.1. ábra), majd lefelé fújta (5.2. ábra).



5.1. ábra A ventilátorok felfelé fújó állásban



5.2. ábra A ventilátorok lefelé fújó állásban

A ventilátorok tölcser formában áramoltatják a levegőt, és a tölcserék „szélein” az áramlatok keverednek (5.3. ábra).



5.3. ábra A légáramlatok keveredése.

5.1. A csövekben lévő áramlás típusának kiszámítása:

Az áramlás típus meghatározásához a Reynolds szám meghatározása szükséges.

Adatok:

A cső belső átmérője (d) 1,6 cm.

Az áramló közeg (víz) sűrűsége (ρ) 1000 kg/m³.

η a viszkozitás 50°C-on $0,55 \cdot 10^{-3}$ [6]

Az áramló víz sebessége (v), függ a fűtési rendszerre szerelt szivattyú teljesítményétől. A

szivattyú első állásban 25 W teljesítménynél 27 l/h, a második állásban 35 W teljesítménynél 57 l/h a harmadik állásban 45 W teljesítménynél 69 l/h áramlási intenzitást hozott létre.

A számításhoz szükséges egyenletek:

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{V}{t} \\ v &= \frac{Q_v}{A} \\ Re &= \frac{v \cdot d}{\eta} \end{aligned}$$

Az egyenletekben Q_v az áramlási intenzitás, V a térfogat, t az idő, A a keresztmetszet, h az egységnyi csőhossz, d az átmérő, Re a Reynolds szám, ρ a sűrűség, η a viszkozitás.

Az adatokból számított áramlási intenzitás (Q_v), sebesség (v) és Reynolds szám (Re) az 5.1.1.-es táblázatban látható.

5.1.1. táblázat. Az áramlások tulajdonságai

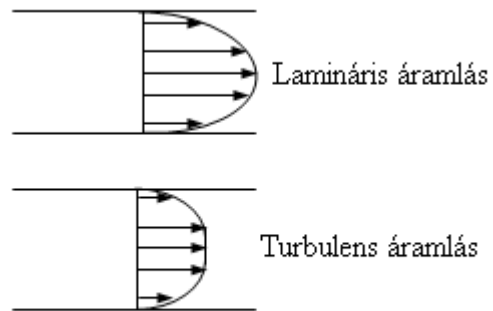
	25 W	35 W	45 W
Q_v	$7,50 \cdot 10^{-6} \text{ —}$	$1,58 \cdot 10^{-5} \text{ —}$	$1,92 \cdot 10^{-5} \text{ —}$
v	$3,73 \cdot 10^{-2} \text{ —}$	$7,88 \cdot 10^{-2} \text{ —}$	$9,53 \cdot 10^{-2} \text{ —}$
Re	$1,09 \cdot 10^3$	$2,29 \cdot 10^3$	$2,77 \cdot 10^3$

A Reynolds szám kritikus értéke 2320, mely alatt az áramlás lamináris, felette turbulens.

Lamináris áramlás esetében az áramlási rétegek egymással nem keverednek, a réteghatárra merőleges anyagáramlás nincs. Sebességprofil parabolikus.

Turbulens áramlás esetén az áramlási rétegek egymással keverednek. A sebesség első közelítésben a cső teljes keresztmetszetében állandó.

A lamináris és a turbulens sebességprofil összehasonlítása látható az 5.6. ábrán.



5.6. ábra A lamináris és a turbulens áramlás sebességprofiljának összehasonlítása [5]

A számítások alapján a Reynolds szám 2320 alatt van a szivattyú első kettő állásában (25 W, 35 W teljesítménynél), így az áramlás lamináris. A szivattyú harmadik állásában 45 W-on a Reynolds szám meghaladja a kritikus értéket, így ott az áramlás turbulens.

A valóságban az áramlás a szivattyú működése és a csőrendszer hossza miatt minden állásban turbulens.

6. Mérési eredmények

6.1 A ventilátorok felfelé fújó állásban

Első lépésként lemértük a ventilátorok által létrehozott levegőáramlás sebességét és a hőmérsékleteket a mérőpontoknál. Az adatokat a 6.1.1-es táblázattól a 6.3.15. táblázatig adjuk meg.

6.1.1 táblázat. 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a fal mellett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
25 cm	1,86 m/s	1,13 m/s	1,35 m/s	1,79 m/s	1,533 m/s
50 cm	1,36 m/s	1,98 m/s	2,03 m/s	1,63 m/s	1,75 m/s
75 cm	1,18 m/s	1,78 m/s	1,97 m/s	1,58 m/s	1,628 m/s
100 cm	1,00 m/s	1,62 m/s	1,82 m/s	1,40 m/s	1,46 m/s
125 cm	0,95 m/s	1,68 m/s	1,74 m/s	1,16 m/s	1,383 m/s
150 cm	0,98 m/s	1,26 m/s	1,75 m/s	1,36 m/s	1,088 m/s
200 cm	0,62 m/s	0,73 m/s	0,73 m/s	0,81 m/s	0,723 m/s

6.1.2 táblázat. 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a plafonon

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
30 cm	1,10 m/s	1,25 m/s	1,26 m/s	1,24 m/s	1,213 m/s
60 cm	1,04 m/s	0,94 m/s	0,94 m/s	1,06 m/s	0,995 m/s
90 cm	0,83 m/s	1,05 m/s	1,05 m/s	0,98 m/s	0,978 m/s
120 cm	0,68 m/s	0,95 m/s	0,95 m/s	1,04 m/s	0,905 m/s
150 cm	0,75 m/s	0,68 m/s	0,68 m/s	0,6 m/s	0,678 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s

6.1.3 táblázat. 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a padlón

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
A ventilátor alatt	1,72 m/s	1,20 m/s	1,16 m/s	1,48 m/s	1,39 m/s
0 cm	0,72 m/s	1,48 m/s	1,08 m/s	1,16 m/s	1,11 m/s
30 cm	0,72 m/s	1,68 m/s	0,97 m/s	1,17 m/s	1,135 m/s
60 cm	1,06 m/s	1,40 m/s	1,02 m/s	1,20 m/s	1,17 m/s
90 cm	0,99 m/s	1,22 m/s	1,08 m/s	1,04 m/s	1,0825 m/s
120 cm	0,82 m/s	1,09 m/s	0,89 m/s	1,00 m/s	0,95 m/s
150 cm	0,72 m/s	0,87 m/s	0,84 m/s	0,91 m/s	0,835 m/s
180 cm	0 m/s	0,76 m/s	0,76 m/s	0,82 m/s	0,585 m/s
210 cm	0 m/s	0,6 m/s	0,69 m/s	0,72 m/s	0,5025 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s

6.1.4 táblázat. 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a fal mellett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
25 cm	2,72 m/s	1,43 m/s	2,72 m/s	2,68 m/s	2,388 m/s
50 cm	1,39 m/s	1,97 m/s	1,76 m/s	1,76 m/s	1,72 m/s
75 cm	1,28 m/s	1,97 m/s	1,86 m/s	1,68 m/s	1,698 m/s
100 cm	1,43 m/s	1,93 m/s	2,2 m/s	1,74 m/s	1,825 m/s
125 cm	1,29 m/s	1,59 m/s	2,03 m/s	1,49 m/s	1,60 m/s
150 cm	1,10 m/s	1,78 m/s	1,87 m/s	1,35 m/s	1,525 m/s
200 cm	0,93 m/s	0,95 m/s	0,87 m/s	0,12 m/s	0,718 m/s

6.1.5 táblázat. 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a plafonon

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
30 cm	1,12 m/s	1,33 m/s	1,35 m/s	1,14 m/s	1,235 m/s
60 cm	1,20 m/s	1,28 m/s	0,39 m/s	1,17 m/s	1,01 m/s
90 cm	1,16 m/s	1,21 m/s	0,28 m/s	1,10 m/s	0,938 m/s
120 cm	0,97 m/s	1,14 m/s	0,97 m/s	1,00 m/s	1,02 m/s
150 cm	0,84 m/s	0,95 m/s	0,90 m/s	0,83 m/s	0,88 m/s
180 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm

6.1.6 táblázat. 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a padlón

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
A ventilátor alatt	1,89 m/s	2,29 m/s	3,38 m/s	2,74 m/s	2,575 m/s
0 cm	0,65 m/s	0,94 m/s	0,97 m/s	1,62 m/s	1,045 m/s
30 cm	0,86 m/s	1,66 m/s	1,14 m/s	1,67 m/s	1,3325 m/s
60 cm	0,82 m/s	1,78 m/s	1,21 m/s	1,71 m/s	1,38 m/s
90 cm	1,01 m/s	1,74 m/s	1,47 m/s	1,39 m/s	1,4025 m/s
120 cm	1,06 m/s	1,28 m/s	1,14 m/s	1,28 m/s	1,19 m/s
150 cm	0,94 m/s	1,14 m/s	1,13 m/s	1,05 m/s	1,065 m/s
180 cm	0,71 m/s	1,02 m/s	1,08 m/s	0,89 m/s	0,925 m/s
210 cm	0 m/s	0,64 m/s	0,77 m/s	0,93 m/s	0,585 m/s
240 cm	0 m/s	0,60 m/s	0,64 m/s	0,68 m/s	0,48 m/s

6.1.7. táblázat. 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a fal mellett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
25 cm	2,25 m/s	3,49 m/s	2,34 m/s	3,11 m/s	2,7975 m/s
50 cm	1,4 m/s	2,44 m/s	3,14 m/s	1,89 m/s	2,2175 m/s
75 cm	1,79 m/s	2,28 m/s	2,75 m/s	1,94 m/s	2,19 m/s
100 cm	1,74 m/s	2,3 m/s	2,41 m/s	1,53 m/s	1,995 m/s
125 cm	1,48 m/s	2,03 m/s	2,18 m/s	1,49 m/s	1,795 m/s
150 cm	1,68 m/s	2,07 m/s	2,05 m/s	1,6 m/s	1,85 m/s
200 cm	0,9 m/s	1,24 m/s	1,36 m/s	1,48 m/s	1,245 m/s

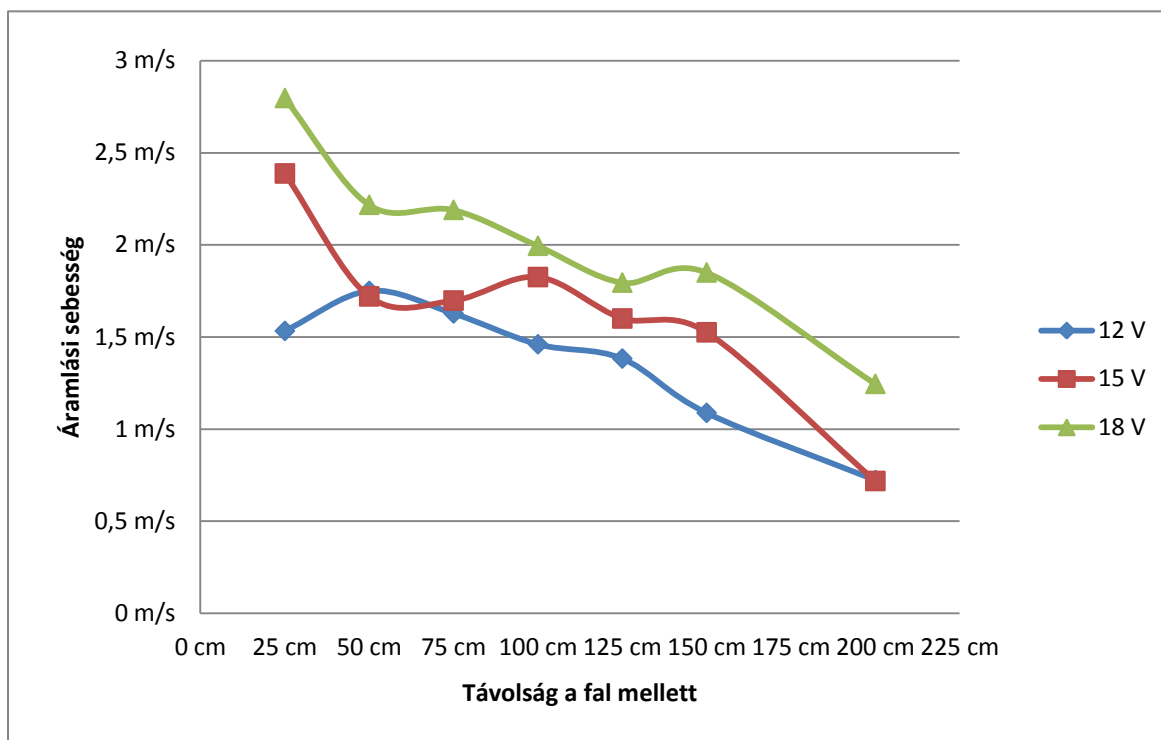
6.1.8 táblázat. 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a plafonon

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
30 cm	1,13 m/s	1,22 m/s	1,41 m/s	1,25 m/s	1,2525 m/s
60 cm	1,45 m/s	1,64 m/s	1,21 m/s	1,14 m/s	1,36 m/s
90 cm	1,18 m/s	1,37 m/s	1,31 m/s	1,09 m/s	1,2375 m/s
120 cm	1,26 m/s	1,17 m/s	1,20 m/s	0,90 m/s	1,1325 m/s
150 cm	1,20 m/s	1,14 m/s	1,09 m/s	1,00 m/s	1,1075 m/s
180 cm	0,79 m/s	0,95 m/s	0,89 m/s	0,66 m/s	0,8225 m/s
210 cm	0,69 m/s	0,94 m/s	0,73 m/s	0,86 m/s	0,805 m/s
240 cm	0,18 m/s	0,71 m/s	0,61 m/s	0,77 m/s	0,5675 m/s

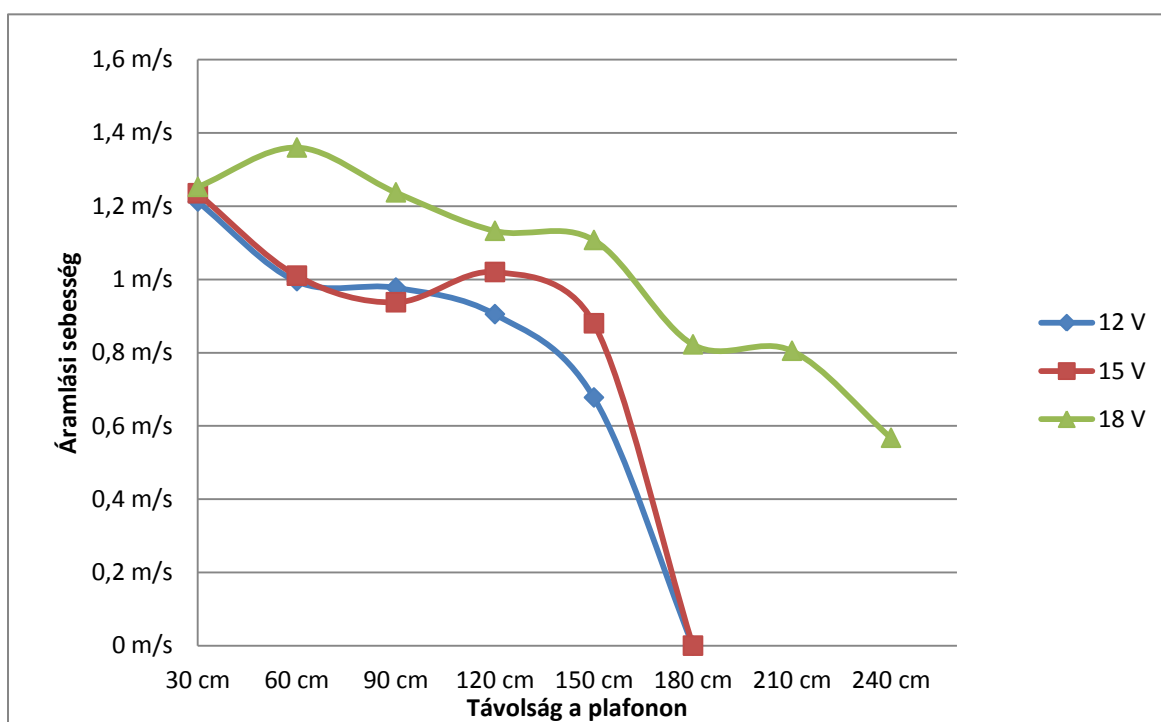
6.1.9 táblázat. 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorok áramlási sebessége a padlón

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	2,14 m/s	2,49 m/s	3,41 m/s	3,1 m/s	2,785 m/s
0 cm	0,89 m/s	0,97 m/s	1,02 m/s	1,70 m/s	1,145 m/s
30 cm	0,68 m/s	1,72 m/s	1,33 m/s	1,67 m/s	1,35 m/s
60 cm	0,84 m/s	1,52 m/s	1,41 m/s	1,62 m/s	1,3475 m/s
90 cm	0,89 m/s	1,74 m/s	1,37 m/s	1,47 m/s	1,3675 m/s
120 cm	0,86 m/s	1,20 m/s	1,29 m/s	1,33 m/s	1,17 m/s
150 cm	0,77 m/s	1,24 m/s	1,28 m/s	1,14 m/s	1,1075 m/s
180 cm	0,62 m/s	0,84 m/s	1,17 m/s	1,16 m/s	0,9475 m/s
210 cm	0,60 m/s	0,82 m/s	0,80 m/s	0,86 m/s	0,77 m/s
240 cm	0,68 m/s	0,76 m/s	0,72 m/s	0,73 m/s	0,7225 m/s

A mért eredmények szemléltetésére grafikonon ábrázoltuk az átlagsebességeket.



6.1.1. ábra. A levegő átlagos áramlássebessége a fal mellett



6.1.2. ábra. A levegő átlagos áramlássebessége a plafon alatt

A diagramokon látszik, hogy az áramlási sebesség a ventilátoroktól távolodva csökken, közel lineárisan.

A vizsgálat következő szakaszában úgy mértük le az áramlásokat, hogy meleg vizet áramoltattunk a radiátorokban.

A szivattyú 1-es állásában:

6.1.9 táblázat. Ventilátorok nélkül a levegőáramlás sebessége és a hőmérséklet a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	0,73 m/s	1,08 m/s	1,02 m/s	0,98 m/s	0,9525 m/s	21,7 °C
50 cm	0,68 m/s	0,90 m/s	0,94 m/s	0,90 m/s	0,855 m/s	19,7 °C
75 cm	0,73 m/s	0,94 m/s	0,97 m/s	0,76 m/s	0,85 m/s	19,4 °C
100 cm	0,83 m/s	1,08 m/s	1,05 m/s	0,86 m/s	0,955 m/s	18,6 °C
125 cm	0,84 m/s	1,12 m/s	1,04 m/s	0,80 m/s	0,95 m/s	18,1 °C
150 cm	0,86 m/s	1,06 m/s	1,25 m/s	0,91 m/s	1,02 m/s	17,8 °C
200 cm	0,62 m/s	0,65 m/s	0,63 m/s	0,60 m/s	0,625 m/s	17,9 °C
0 cm	0,68 m/s	0,91 m/s	1,01 m/s	0,69 m/s	0,8225 m/s	17,7 °C
30 cm	0,72 m/s	0,71 m/s	0,92 m/s	0,72 m/s	0,7675 m/s	17,1 °C
60 cm	0,72 m/s	0,79 m/s	0,75 m/s	0,69 m/s	0,7375 m/s	16,8 °C
90 cm	0,60 m/s	0,60 m/s	0,61 m/s	0,60 m/s	0,6025 m/s	16,4 °C
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16 °C
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15 °C
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,2 °C
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15 °C
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,8 °C
				Átlag	0,5710938 m/s	17,325 °C

6.1.10 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	2,41 m/s	1,05 m/s	2,38 m/s	1,72 m/s	1,89 m/s	16,9 °C
50 cm	1,98 m/s	2,16 m/s	2,43 m/s	1,22 m/s	1,9475 m/s	16,5 °C
75 cm	1,63 m/s	1,83 m/s	1,74 m/s	1,28 m/s	1,62 m/s	16,4 °C
100 cm	1,75 m/s	1,91 m/s	1,72 m/s	1,44 m/s	1,705 m/s	16,2 °C
125 cm	1,74 m/s	1,63 m/s	1,67 m/s	1,21 m/s	1,5625 m/s	15,8 °C
150 cm	1,62 m/s	1,59 m/s	1,47 m/s	1,26 m/s	1,485 m/s	15,7 °C
200 cm	0,61 m/s	0,62 m/s	0,92 m/s	0,72 m/s	0,7175 m/s	15,5 °C
0 cm	1,21 m/s	1,13 m/s	1,14 m/s	1,05 m/s	1,1325 m/s	15,5 °C
30 cm	1,16 m/s	1,21 m/s	1,05 m/s	1,08 m/s	1,125 m/s	15,5 °C
60 cm	1,40 m/s	1,1 m/s	1,04 m/s	0,94 m/s	1,12 m/s	15,4 °C
90 cm	1,00 m/s	1,18 m/s	1,08 m/s	0,93 m/s	1,0475 m/s	15,3 °C
120 cm	0,98 m/s	0,84 m/s	0,93 m/s	0,87 m/s	0,905 m/s	15,1 °C
150 cm	0,94 m/s	0,8 m/s	0,84 m/s	0,76 m/s	0,835 m/s	15 °C
180 cm	0,84 m/s	0,86 m/s	0,82 m/s	0,8 m/s	0,83 m/s	14,9 °C
210 cm	0,68 m/s	0,65 m/s	0,72 m/s	0,62 m/s	0,6675 m/s	14,8 °C
240 cm	0,60 m/s	0,62 m/s	0 m/s	0,60 m/s	0,455 m/s	14,7 °C
				Átlag	1,1903125 m/s	15,575 °C

6.1.11 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1. ventillátor	2. ventillátor	3. ventillátor	4. ventillátor	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	0,73 m/s	1,08 m/s	1,02 m/s	0,98 m/s	0,9525 m/s	21,7 °C
50 cm	0,68 m/s	0,90 m/s	0,94 m/s	0,90 m/s	0,855 m/s	19,7 °C
75 cm	0,73 m/s	0,94 m/s	0,97 m/s	0,76 m/s	0,85 m/s	19,4 °C
100 cm	0,83 m/s	1,08 m/s	1,05 m/s	0,86 m/s	0,955 m/s	18,6 °C
125 cm	0,84 m/s	1,12 m/s	1,04 m/s	0,8 m/s	0,95 m/s	18,1 °C
150 cm	0,86 m/s	1,06 m/s	1,25 m/s	0,91 m/s	1,02 m/s	17,8 °C
200 cm	0,62 m/s	0,65 m/s	0,63 m/s	0,60 m/s	0,625 m/s	17,9 °C
0 cm	0,68 m/s	0,91 m/s	1,01 m/s	0,69 m/s	0,8225 m/s	17,7 °C
30 cm	0,72 m/s	0,71 m/s	0,92 m/s	0,72 m/s	0,7675 m/s	17,1 °C
60 cm	0,72 m/s	0,79 m/s	0,75 m/s	0,69 m/s	0,7375 m/s	16,8 °C
90 cm	0,60 m/s	0,60 m/s	0,61 m/s	0,60 m/s	0,6025 m/s	16,4 °C
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16 °C
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15 °C
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,2 °C
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15 °C
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,8 °C
				Átlag	0,5710938 m/s	17,325 °C

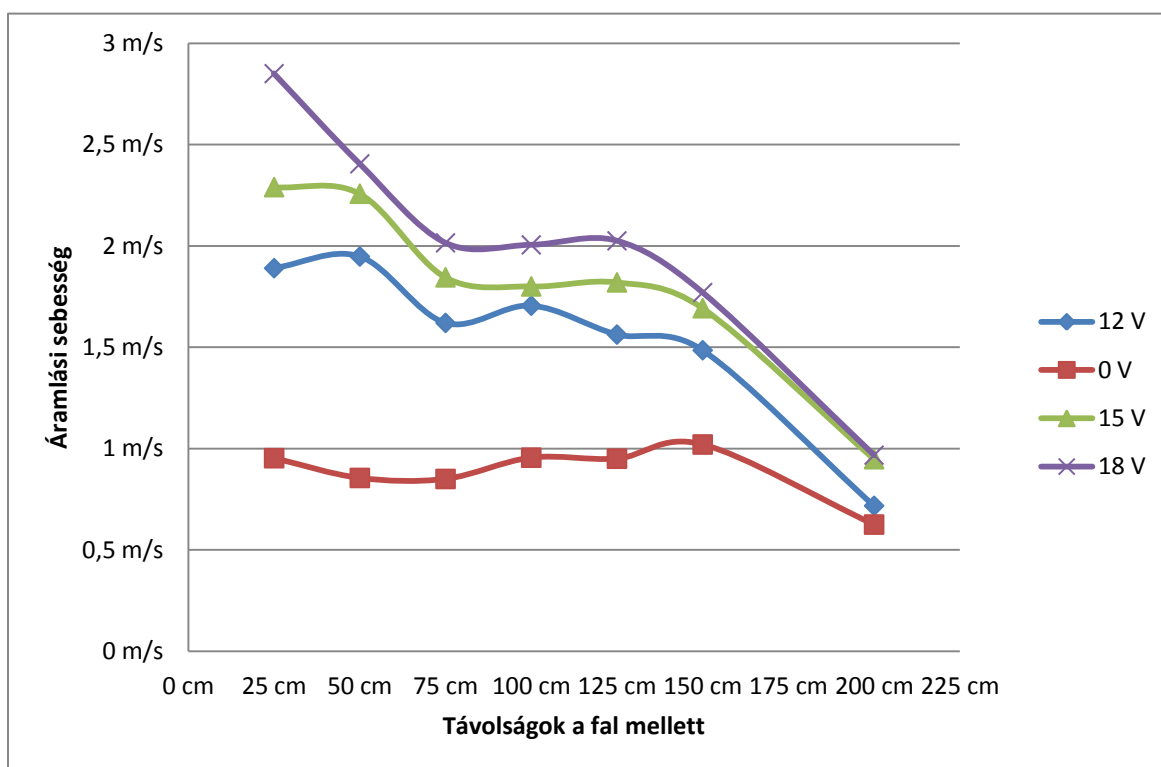
6.1.12 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1. ventillátor	2. ventillátor	3. ventillátor	4. ventillátor	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	3,05 m/s	2,60 m/s	3,17 m/s	2,58 m/s	2,85 m/s	18,8 °C
50 cm	2,32 m/s	2,56 m/s	2,72 m/s	2,02 m/s	2,405 m/s	18,7 °C
75 cm	1,98 m/s	2,21 m/s	2,05 m/s	1,82 m/s	2,015 m/s	18,4 °C
100 cm	2,05 m/s	2,23 m/s	2,03 m/s	1,71 m/s	2,005 m/s	18,1 °C
125 cm	2,10 m/s	2,16 m/s	2,09 m/s	1,75 m/s	2,025 m/s	18 °C
150 cm	1,82 m/s	1,90 m/s	1,72 m/s	1,64 m/s	1,77 m/s	17,7 °C
200 cm	0,94 m/s	0,82 m/s	1,01 m/s	1,10 m/s	0,9675 m/s	17,5 °C
0 cm	1,44 m/s	1,52 m/s	1,41 m/s	1,24 m/s	1,4025 m/s	16,4 °C
30 cm	1,47 m/s	1,48 m/s	1,45 m/s	1,40 m/s	1,45 m/s	16,3 °C
60 cm	1,41 m/s	1,36 m/s	1,40 m/s	1,20 m/s	1,3425 m/s	16,2 °C
90 cm	1,48 m/s	1,4 m/s	1,31 m/s	1,21 m/s	1,35 m/s	16,2 °C
120 cm	1,20 m/s	1,24 m/s	1,14 m/s	1,05 m/s	1,1575 m/s	15,9 °C
150 cm	1,17 m/s	1,12 m/s	1,01 m/s	0,84 m/s	1,035 m/s	15,7 °C
180 cm	1,00 m/s	0,89 m/s	0,86 m/s	0,83 m/s	0,895 m/s	15,7 °C
210 cm	0,93 m/s	0,84 m/s	0,83 m/s	0,74 m/s	0,835 m/s	15,5 °C
240 cm	0,61 m/s	0,64 m/s	0,66 m/s	0,60 m/s	0,6275 m/s	15,5 °C
				Átlag	1,5082813 m/s	16,9125 °C

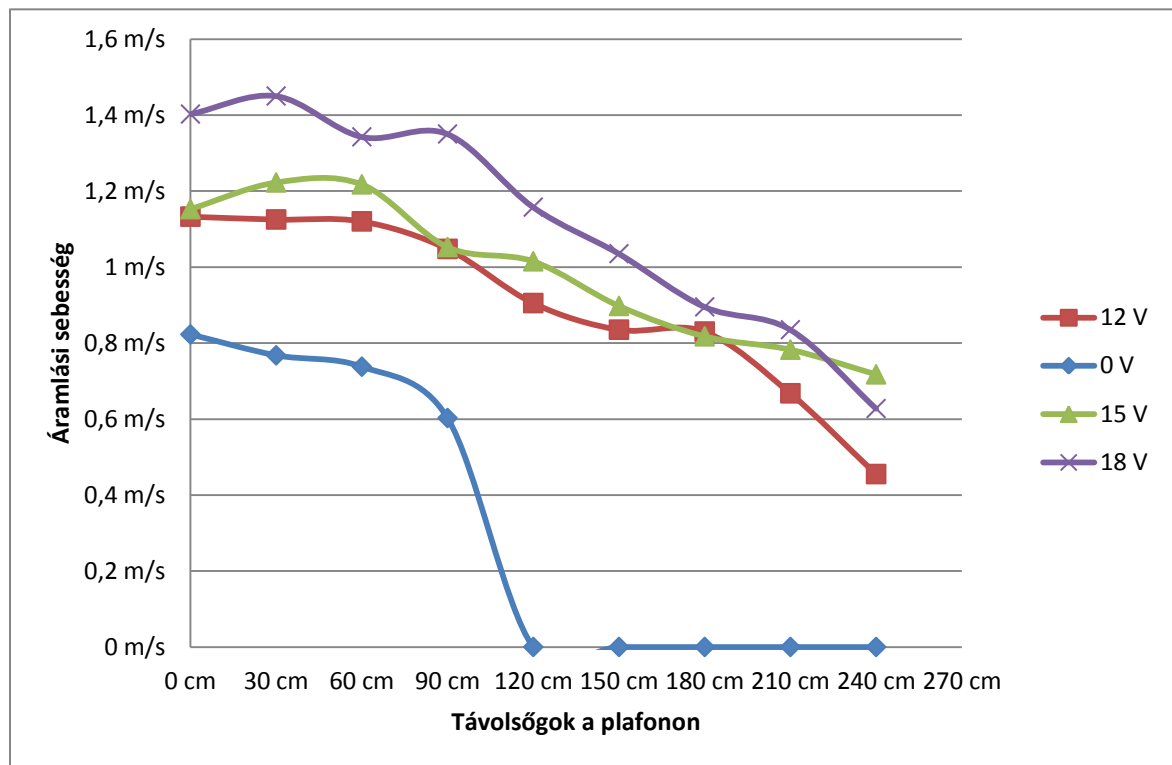
6.1.13 táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültség			
	12 V	15 V	18 V	Feszültség nélkül
$T_{\text{hőmérő kiinduló:}}$	13 °C	13 °C	17 °C	13 °C
$T_{\text{kapott:}}$	14 °C	14,5 °C	19 °C	13 °C
$T_{\text{változás:}}$	1 °C	1,5 °C	2 °C	0 °C
$T_{\text{bemenő:}}$	51,6 °C	52,3 °C	51,2 °C	51,6 °C
$T_{\text{kimenő:}}$	33,2 °C	33,2 °C	36,5 °C	38,1 °C
$T_{\text{mérőpont:}}$	31,1 °C	32,2 °C	35,8 °C	37,5 °C
$T_{\text{leadott:}}$	18,4 °C	19,1 °C	14,7 °C	0 °C

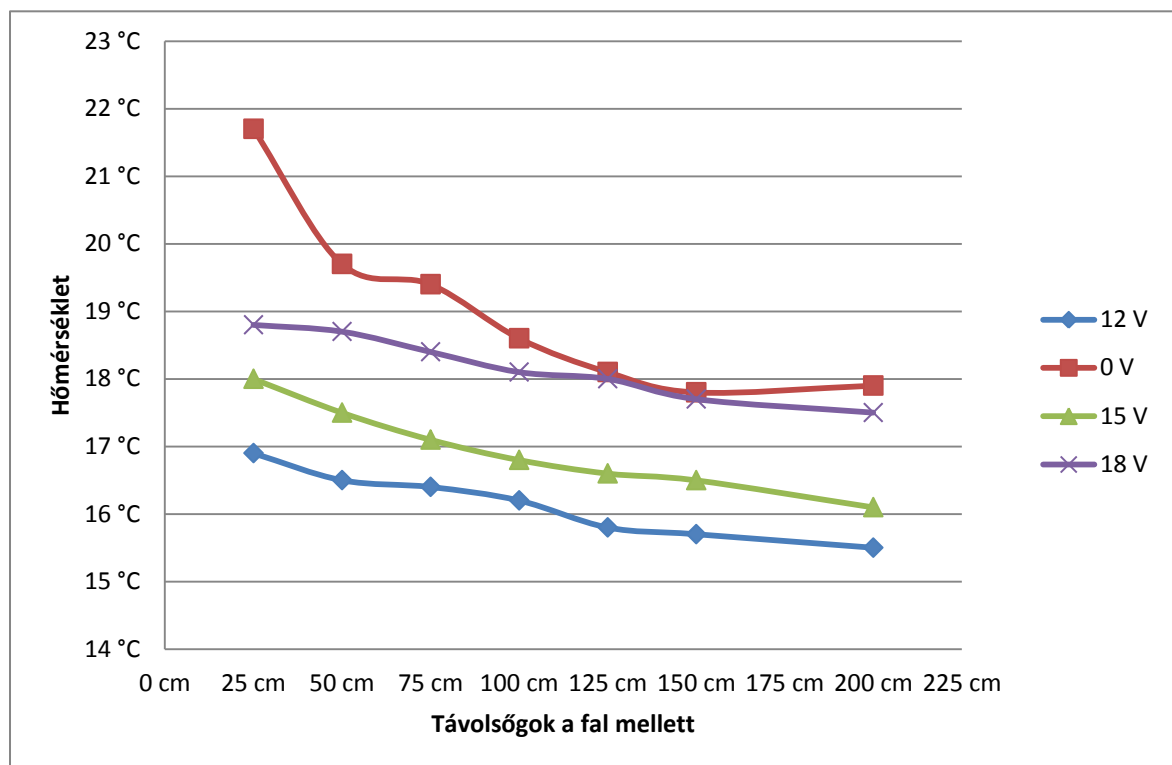
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



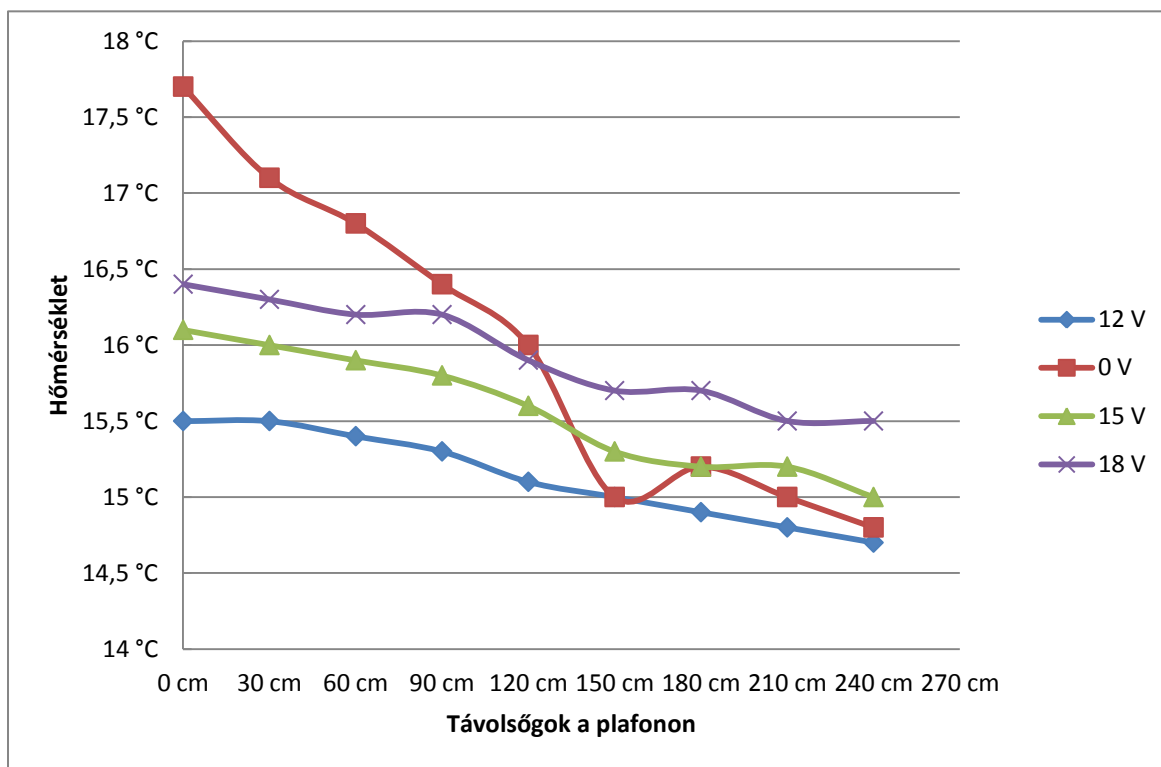
6.1.3. ábra. 27 --ás áramlási intenzitásnál, a levegőáramlás átlagsebességei a fal mellett



6.1.4. ábra. 27 –ás áramlási intenzitásnál, a levegőáramlás átlagsebességei a plafon alatt



6.1.5. ábra. 27 –ás áramlási intenzitásnál, a mért hőmérsékletek a fal mellett



6.1.6. ábra. 27 --ás áramlási intenzitásnál, a mért hőmérsékletek plafon alatt

A szivattyú 2-es állásában:

6.1.14 táblázat. Ventilátorok nélkül a levegőáramlás sebessége és a hőmérséklet a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	1,01 m/s	1,08 m/s	1,08 m/s	1,14 m/s	32,6 °C	1,0775 m/s
50 cm	0,76 m/s	1,09 m/s	1,06 m/s	1,02 m/s	27,8 °C	0,9825 m/s
75 cm	0,71 m/s	1,02 m/s	1,02 m/s	0,75 m/s	27 °C	0,875 m/s
100 cm	0,94 m/s	1,09 m/s	1,08 m/s	0,76 m/s	26,5 °C	0,9675 m/s
125 cm	0,94 m/s	1,10 m/s	1,09 m/s	0,84 m/s	26,2 °C	0,9925 m/s
150 cm	0,90 m/s	1,10 m/s	1,08 m/s	0,72 m/s	25,7 °C	0,95 m/s
200 cm	0,60 m/s	0,71 m/s	1,00 m/s	0,87 m/s	24,3 °C	0,795 m/s
0 cm	0 m/s	0,75 m/s	0,72 m/s	0 m/s	23 °C	0,3675 m/s
30 cm	0,60 m/s	0,72 m/s	0,80 m/s	0,87 m/s	22,8 °C	0,7475 m/s
60 cm	0,69 m/s	0,72 m/s	0,68 m/s	0,64 m/s	21,9 °C	0,6825 m/s
90 cm	0,71 m/s	0,69 m/s	0,60 m/s	0 m/s	21,3 °C	0,5 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,9 °C	0 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,7 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,4 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,2 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,1 °C	0 m/s
Átlag:					23,8375 °C	0,55859375 m/s

6.1.15 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,20 m/s	1,70 m/s	2,10 m/s	1,60 m/s	22,2 °C	1,9 m/s
50 cm	1,44 m/s	2,02 m/s	1,82 m/s	1,56 m/s	22 °C	1,71 m/s
75 cm	1,63 m/s	1,80 m/s	1,54 m/s	1,28 m/s	21,3 °C	1,5625 m/s
100 cm	1,68 m/s	1,43 m/s	1,34 m/s	1,20 m/s	20,5 °C	1,4125 m/s
125 cm	1,53 m/s	1,18 m/s	1,2 m/s	1,13 m/s	20,4 °C	1,26 m/s
150 cm	1,22 m/s	1,18 m/s	0,94 m/s	1,03 m/s	20,3 °C	1,0925 m/s
200 cm	0,94 m/s	0,90 m/s	0,85 m/s	0,82 m/s	19,3 °C	0,8775 m/s
0 cm	1,08 m/s	1,05 m/s	1,16 m/s	1,17 m/s	20 °C	1,115 m/s
30 cm	1,06 m/s	1,02 m/s	0,94 m/s	1,00 m/s	20,2 °C	1,005 m/s
60 cm	1,13 m/s	1,06 m/s	0,89 m/s	0,86 m/s	20,2 °C	0,985 m/s
90 cm	0,93 m/s	0,90 m/s	0,91 m/s	0,90 m/s	20,2 °C	0,91 m/s
120 cm	0,97 m/s	0,87 m/s	0,89 m/s	0,84 m/s	20 °C	0,8925 m/s
150 cm	0,79 m/s	0,71 m/s	0,77 m/s	0,71 m/s	19,5 °C	0,745 m/s
180 cm	0,86 m/s	0,74 m/s	0,71 m/s	0,77 m/s	19,4 °C	0,77 m/s
210 cm	0,60 m/s	0,60 m/s	0,75 m/s	0,65 m/s	19,2 °C	0,65 m/s
240 cm	0 m/s	0,61 m/s	0,71 m/s	0,62 m/s	19,1 °C	0,485 m/s
Átlag:					20,2375 °C	1,08578125 m/s

6.1.16 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,67 m/s	1,89 m/s	2,48 m/s	1,84 m/s	21,7 °C	2,22 m/s
50 cm	1,93 m/s	2,24 m/s	2,2 m/s	1,66 m/s	21,5 °C	2,0075 m/s
75 cm	1,89 m/s	1,99 m/s	1,87 m/s	1,36 m/s	21,3 °C	1,7775 m/s
100 cm	1,91 m/s	1,83 m/s	1,56 m/s	1,48 m/s	21,2 °C	1,695 m/s
125 cm	1,75 m/s	1,55 m/s	1,55 m/s	1,16 m/s	20,5 °C	1,5025 m/s
150 cm	1,72 m/s	1,53 m/s	1,42 m/s	1,18 m/s	20,5 °C	1,4625 m/s
200 cm	0,83 m/s	0,97 m/s	1,00 m/s	1,04 m/s	20,1 °C	0,96 m/s
0 cm	0,71 m/s	0,95 m/s	1,01 m/s	0,72 m/s	20,3 °C	0,8475 m/s
30 cm	1,36 m/s	1,13 m/s	0,82 m/s	0,79 m/s	20,4 °C	1,025 m/s
60 cm	1,13 m/s	1,28 m/s	1,14 m/s	1,08 m/s	20,2 °C	1,1575 m/s
90 cm	1,08 m/s	1,24 m/s	1,18 m/s	0,91 m/s	20,1 °C	1,1025 m/s
120 cm	0,94 m/s	1,01 m/s	0,97 m/s	1,02 m/s	20 °C	0,985 m/s
150 cm	0,87 m/s	0,95 m/s	0,94 m/s	0,72 m/s	19,7 °C	0,87 m/s
180 cm	0,87 m/s	0,90 m/s	0,91 m/s	0,82 m/s	19,8 °C	0,875 m/s
210 cm	0,80 m/s	0,64 m/s	0,80 m/s	0,72 m/s	19,7 °C	0,74 m/s
240 cm	0,62 m/s	0,68 m/s	0,71 m/s	0,72 m/s	19,6 °C	0,6825 m/s
Átlag:					20,4125 °C	1,244375 m/s

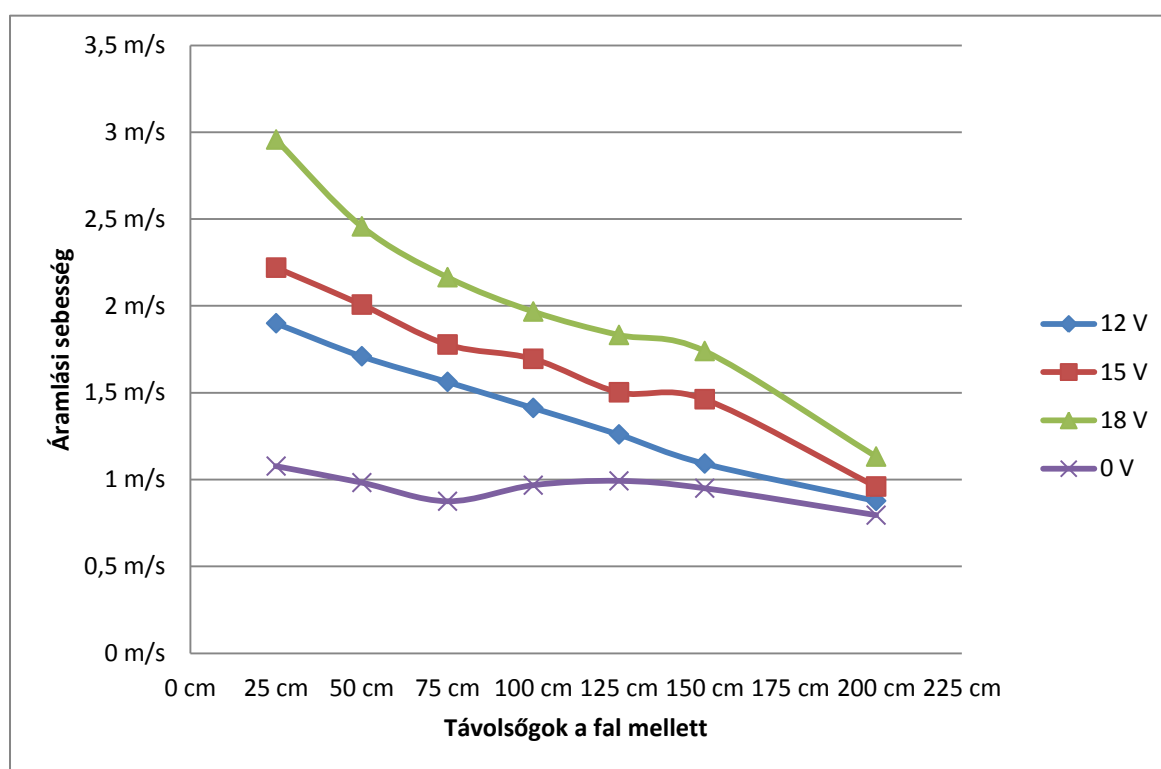
6.1.17 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,51 m/s	2,76 m/s	2,89 m/s	3,67 m/s	23,2 °C	2,9575 m/s
50 cm	2,40 m/s	2,93 m/s	2,44 m/s	2,06 m/s	22,4 °C	2,4575 m/s
75 cm	2,22 m/s	2,34 m/s	2,27 m/s	1,83 m/s	22,2 °C	2,165 m/s
100 cm	1,97 m/s	2,14 m/s	1,93 m/s	1,83 m/s	22,1 °C	1,9675 m/s
125 cm	1,86 m/s	1,90 m/s	1,89 m/s	1,68 m/s	22 °C	1,8325 m/s
150 cm	1,76 m/s	1,86 m/s	1,75 m/s	1,59 m/s	21,3 °C	1,74 m/s
200 cm	1,01 m/s	1,28 m/s	1,24 m/s	1,00 m/s	20,9 °C	1,1325 m/s
0 cm	1,14 m/s	1,25 m/s	1,31 m/s	1,48 m/s	21,1 °C	1,295 m/s
30 cm	1,50 m/s	1,52 m/s	1,18 m/s	1,14 m/s	21 °C	1,335 m/s
60 cm	1,25 m/s	1,39 m/s	1,47 m/s	1,49 m/s	20,8 °C	1,4 m/s
90 cm	1,22 m/s	1,26 m/s	1,02 m/s	1,16 m/s	20,5 °C	1,165 m/s
120 cm	1,18 m/s	1,97 m/s	1,14 m/s	1,04 m/s	20,3 °C	1,3325 m/s
150 cm	0,98 m/s	0,9,0 m/s	1,10 m/s	0,98 m/s	20,15 °C	0,99 m/s
180 cm	1,00 m/s	0,94 m/s	0,91 m/s	0,94 m/s	20,1 °C	0,9475 m/s
210 cm	0,86 m/s	0,86 m/s	0,82 m/s	0,82 m/s	20 °C	0,84 m/s
240 cm	0,77 m/s	0,73 m/s	0,73 m/s	0,66 m/s	19,8 °C	0,7225 m/s
Átlag:					21,11563 °C	1,5175 m/s

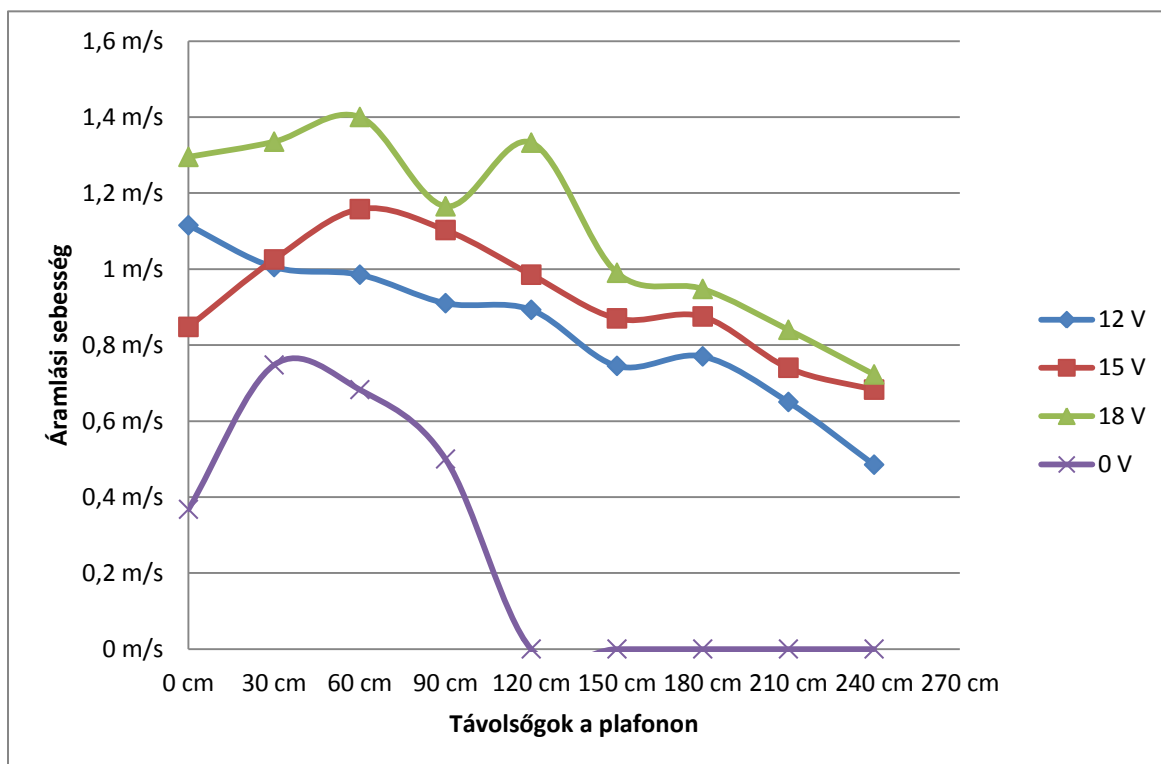
6.1.18 táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültség			
	12 V	15 V	18 V	Feszültség nélkül
$T_{\text{hőmérő kiinduló:}}$	17 °C	17 °C	17 °C	17 °C
$T_{\text{kapott:}}$	18,5 °C	19 °C	20 °C	17 °C
$T_{\text{változás:}}$	1,5 °C	2 °C	3 °C	0 °C
$T_{\text{bemenő:}}$	52,45 °C	53,9 °C	52,6 °C	54,7 °C
$T_{\text{kimenő:}}$	40,9 °C	41,9 °C	41 °C	45,2 °C
$T_{\text{mérőpont:}}$	40,2 °C	40,3 °C	39,4 °C	41,7 °C
$T_{\text{leadott:}}$	11,55 °C	12 °C	11,6 °C	9,5 °C

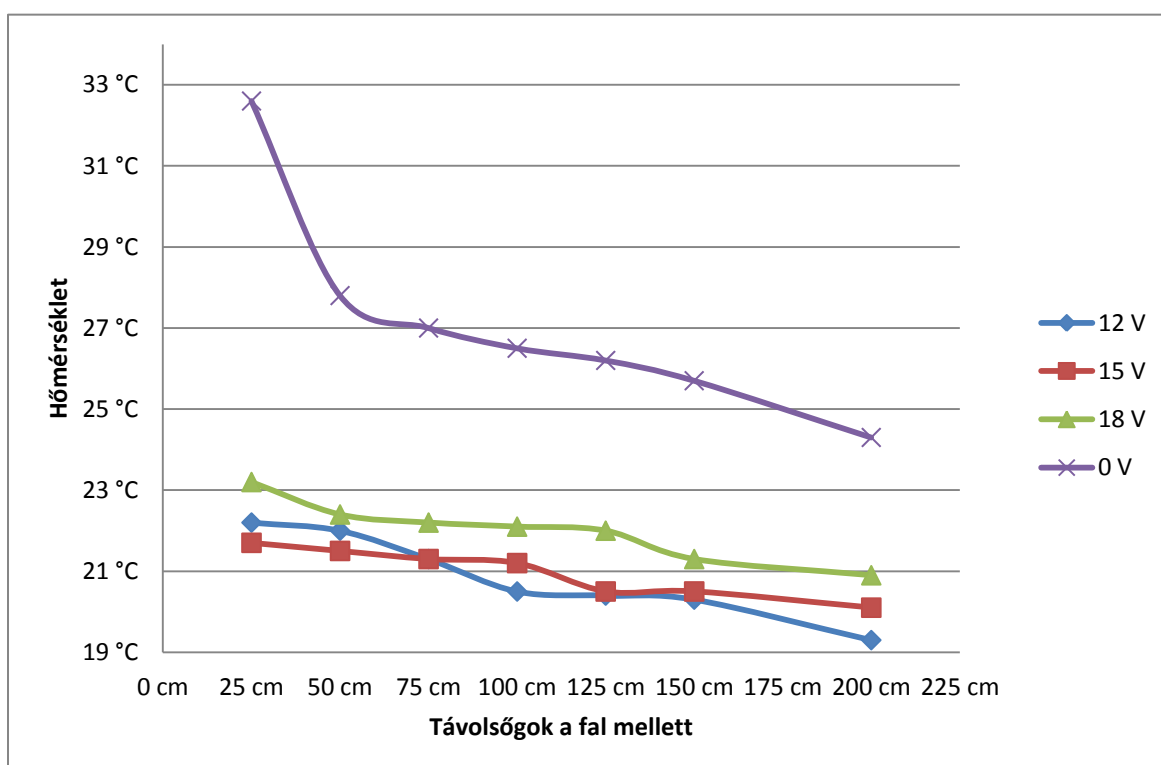
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



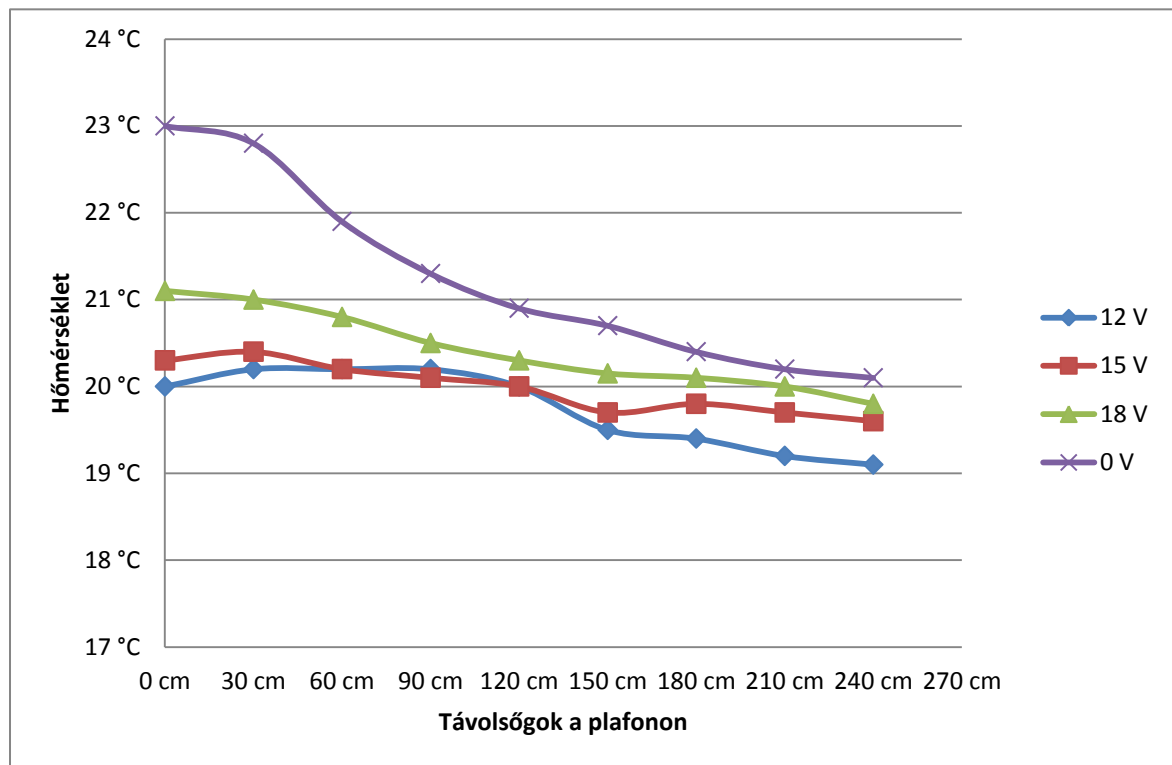
6.1.7. ábra. 49 –ás áramlási intenzitásnál, az áramlás átlagsebességei a fal mellett



6.1.8. ábra. 49 –-ás áramlási intenzitásnál, az áramlási sebességek a plafon alatt



6.1.9. ábra. 49 –-ás áramlási intenzitásnál, a mért hőmérsékletek a fal mellett



6.1.10. ábra. 49 --ás áramlási intenzitásnál, a mért hőmérsékletek a plafon alatt

A szivattyú 3-es állásában:

6.1.19 táblázat. Ventilátorok nélkül a levegőáramlás sebessége és a hőmérséklet a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	0,98 m/s	0,93 m/s	0,93 m/s	0,90 m/s	32,8 °C	0,935 m/s
50 cm	0,87 m/s	0,93 m/s	0,98 m/s	0,89 m/s	29,8 °C	0,9175 m/s
75 cm	0,75 m/s	0,97 m/s	1,00 m/s	0,91 m/s	25,3 °C	0,9075 m/s
100 cm	0,76 m/s	1,12 m/s	1,13 m/s	0,95 m/s	23,3 °C	0,99 m/s
125 cm	0,83 m/s	1,16 m/s	1,18 m/s	0,83 m/s	22,7 °C	1 m/s
150 cm	0,61 m/s	1,05 m/s	1,28 m/s	0,95 m/s	22,8 °C	0,9725 m/s
200 cm	0,66 m/s	0,90 m/s	0,79 m/s	0,79 m/s	23,9 °C	0,785 m/s
0 cm	0,73 m/s	1,00 m/s	1,10 m/s	0,83 m/s	23,9 °C	0,915 m/s
30 cm	0,61 m/s	0,86 m/s	0,98 m/s	0,80 m/s	23,7 °C	0,8125 m/s
60 cm	0,72 m/s	0,76 m/s	0,75 m/s	0,72 m/s	23,6 °C	0,7375 m/s
90 cm	0,61 m/s	0,76 m/s	0,64 m/s	0,61 m/s	22,6 °C	0,655 m/s
120 cm	0 m/s	0,60 m/s	0 m/s	0 m/s	22,4 °C	0,15 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	21,8 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	21,7 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	21,7 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	21,3 °C	0 m/s
				Átlag:	23,95625 °C	0,61109375 m/s

6.1.20 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,22 m/s	1,51 m/s	3,03 m/s	2,98 m/s	25,4 °C	2,435 m/s
50 cm	1,63 m/s	1,94 m/s	1,72 m/s	1,05 m/s	24,4 °C	1,585 m/s
75 cm	1,64 m/s	1,84 m/s	1,62 m/s	1,24 m/s	23,9 °C	1,585 m/s
100 cm	1,55 m/s	1,74 m/s	1,62 m/s	1,39 m/s	23,3 °C	1,575 m/s
125 cm	1,85 m/s	1,62 m/s	1,59 m/s	1,34 m/s	23 °C	1,6 m/s
150 cm	1,43 m/s	1,53 m/s	1,53 m/s	1,22 m/s	22,7 °C	1,4275 m/s
200 cm	0,75 m/s	0,68 m/s	0,61 m/s	0,6 m/s	21,6 °C	0,66 m/s
0 cm	0,84 m/s	1,00 m/s	1,14 m/s	1,10 m/s	22,2 °C	1,02 m/s
30 cm	1,05 m/s	1,13 m/s	1,28 m/s	1,05 m/s	21,9 °C	1,1275 m/s
60 cm	1,08 m/s	1,21 m/s	1,23 m/s	1,08 m/s	21,8 °C	1,15 m/s
90 cm	1,17 m/s	1,14 m/s	0,94 m/s	1,08 m/s	21,5 °C	1,0825 m/s
120 cm	0,95 m/s	0,93 m/s	0,83 m/s	0,80 m/s	21,1 °C	0,8775 m/s
150 cm	0,65 m/s	0,69 m/s	0,75 m/s	0,73 m/s	20,9 °C	0,705 m/s
180 cm	0,80 m/s	0,76 m/s	0,76 m/s	0,71 m/s	20,7 °C	0,7575 m/s
210 cm	0,76 m/s	0,53 m/s	0,76 m/s	0 m/s	20,6 °C	0,5125 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	20,6 °C	0 m/s
				Átlag:	11,678125 °C	1,13125 m/s

6.1.21 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,09 m/s	1,44 m/s	2,22 m/s	2,38 m/s	24 °C	2,0325 m/s
50 cm	1,62 m/s	1,70 m/s	1,80 m/s	1,65 m/s	23,7 °C	1,6925 m/s
75 cm	1,72 m/s	2,02 m/s	2,00 m/s	1,58 m/s	23,3 °C	1,83 m/s
100 cm	1,68 m/s	1,97 m/s	1,83 m/s	1,66 m/s	23,2 °C	1,785 m/s
125 cm	1,64 m/s	1,82 m/s	1,76 m/s	1,33 m/s	22,7 °C	1,6375 m/s
150 cm	1,56 m/s	1,08 m/s	1,83 m/s	1,33 m/s	22,3 °C	1,45 m/s
200 cm	0,71 m/s	0,68 m/s	0,84 m/s	0,69 m/s	22,4 °C	0,73 m/s
0 cm	1,29 m/s	1,33 m/s	1,26 m/s	1,29 m/s	22,4 °C	1,2925 m/s
30 cm	1,37 m/s	1,33 m/s	1,41 m/s	1,16 m/s	22,5 °C	1,3175 m/s
60 cm	1,32 m/s	1,47 m/s	1,33 m/s	0,94 m/s	22,4 °C	1,265 m/s
90 cm	1,21 m/s	1,36 m/s	1,14 m/s	0,8 m/s	22,2 °C	1,1275 m/s
120 cm	1,05 m/s	1,18 m/s	1,08 m/s	0,98 m/s	22 °C	1,0725 m/s
150 cm	1,00 m/s	1,02 m/s	0,93 m/s	0,69 m/s	21,9 °C	0,91 m/s
180 cm	0,87 m/s	0,76 m/s	0,79 m/s	0,68 m/s	21,4 °C	0,775 m/s
210 cm	0,66 m/s	0,79 m/s	0,76 m/s	0,65 m/s	21,6 °C	0,715 m/s
240 cm	0,6 m/s	0,64 m/s	0,6 m/s	0 m/s	21 °C	0,46 m/s
				Átlag:	22,4375 °C	1,25578125 m/s

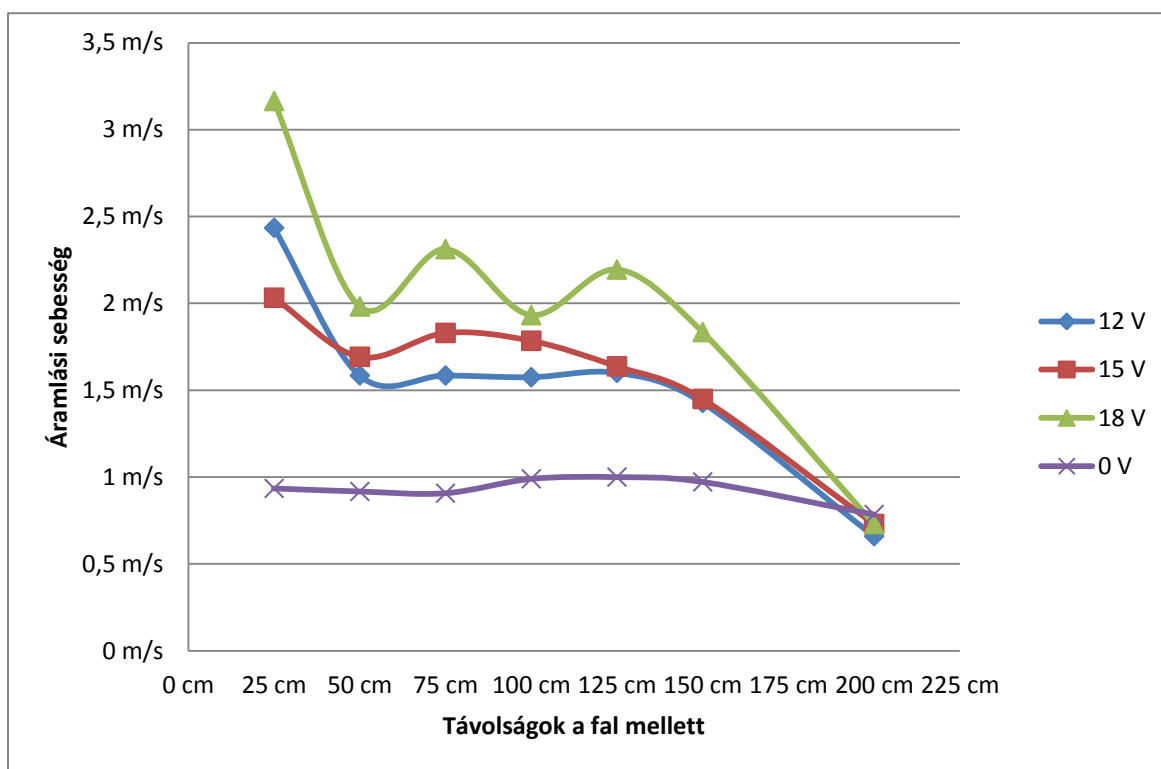
6.1.22 táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	3,19 m/s	2,67 m/s	3,26 m/s	3,54 m/s	23,4 °C	3,165 m/s
50 cm	1,67 m/s	2,22 m/s	1,95 m/s	2,09 m/s	23,6 °C	1,983 m/s
75 cm	2,01 m/s	2,28 m/s	2,16 m/s	2,80 m/s	23,6 °C	2,313 m/s
100 cm	1,94 m/s	2,03 m/s	2,10 m/s	1,66 m/s	23 °C	1,933 m/s
125 cm	1,84 m/s	2,07 m/s	2,03 m/s	2,84 m/s	22,8 °C	2,195 m/s
150 cm	1,67 m/s	2,00 m/s	1,87 m/s	1,80 m/s	22,5 °C	1,835 m/s
200 cm	0,6 m/s	0,66 m/s	0,82 m/s	0,84 m/s	22,5 °C	0,73 m/s
0 cm	1,12 m/s	1,59 m/s	1,52 m/s	1,37 m/s	22,6 °C	1,4 m/s
30 cm	1,52 m/s	1,64 m/s	1,52 m/s	1,39 m/s	22,3 °C	1,518 m/s
60 cm	1,47 m/s	1,55 m/s	1,41 m/s	1,32 m/s	22,1 °C	1,438 m/s
90 cm	1,41 m/s	1,36 m/s	1,35 m/s	1,36 m/s	21,9 °C	1,37 m/s
120 cm	1,21 m/s	1,18 m/s	1,24 m/s	1,14 m/s	21,6 °C	1,193 m/s
150 cm	1,20 m/s	1,12 m/s	0,93 m/s	0,91 m/s	21,5 °C	1,04 m/s
180 cm	0,93 m/s	0,95 m/s	0,98 m/s	1,00 m/s	21,4 °C	0,965 m/s
210 cm	0,87 m/s	0,79 m/s	0,90 m/s	0,75 m/s	21,3 °C	0,828 m/s
240 cm	0,62 m/s	0,60 m/s	0 m/s	0 m/s	21,2 °C	0,305 m/s
				Átlag:	22,33125 °C	1,513 m/s

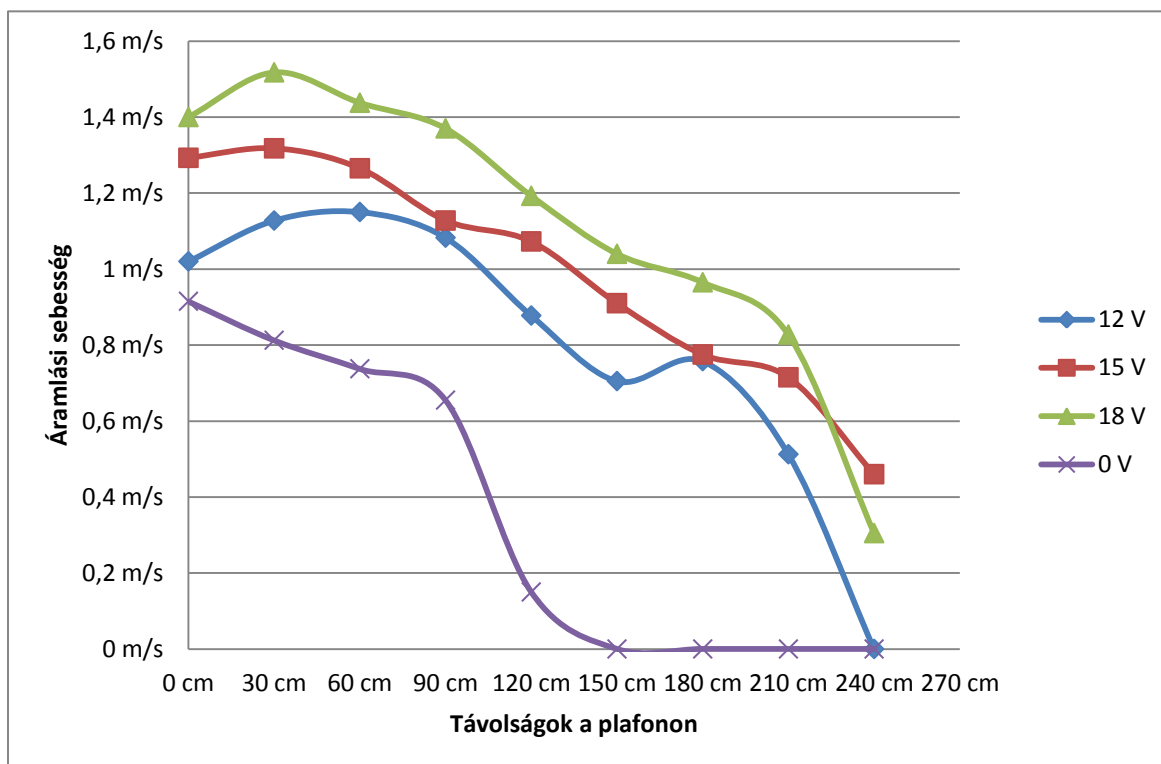
6.1.23 táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültség			
	12 V	15 V	18 V	Feszültség nélkül
$T_{\text{hőmérő kiinduló}}$	17 °C	17 °C	17 °C	19 °C
T_{kapott}	20 °C	20,5 °C	21 °C	19 °C
$T_{\text{változás}}$	3 °C	3,5 °C	4 °C	0 °C
$T_{\text{bemenő}}$	53,5 °C	53,6 °C	56,4 °C	59,1 °C
$T_{\text{kimenő}}$	44,5 °C	42,8 °C	43,6 °C	47,4 °C
$T_{\text{mérőpont}}$	41,5 °C	41,1 °C	42,5 °C	43 °C
T_{leadott}	9 °C	10,8 °C	12,8 °C	11,7 °C

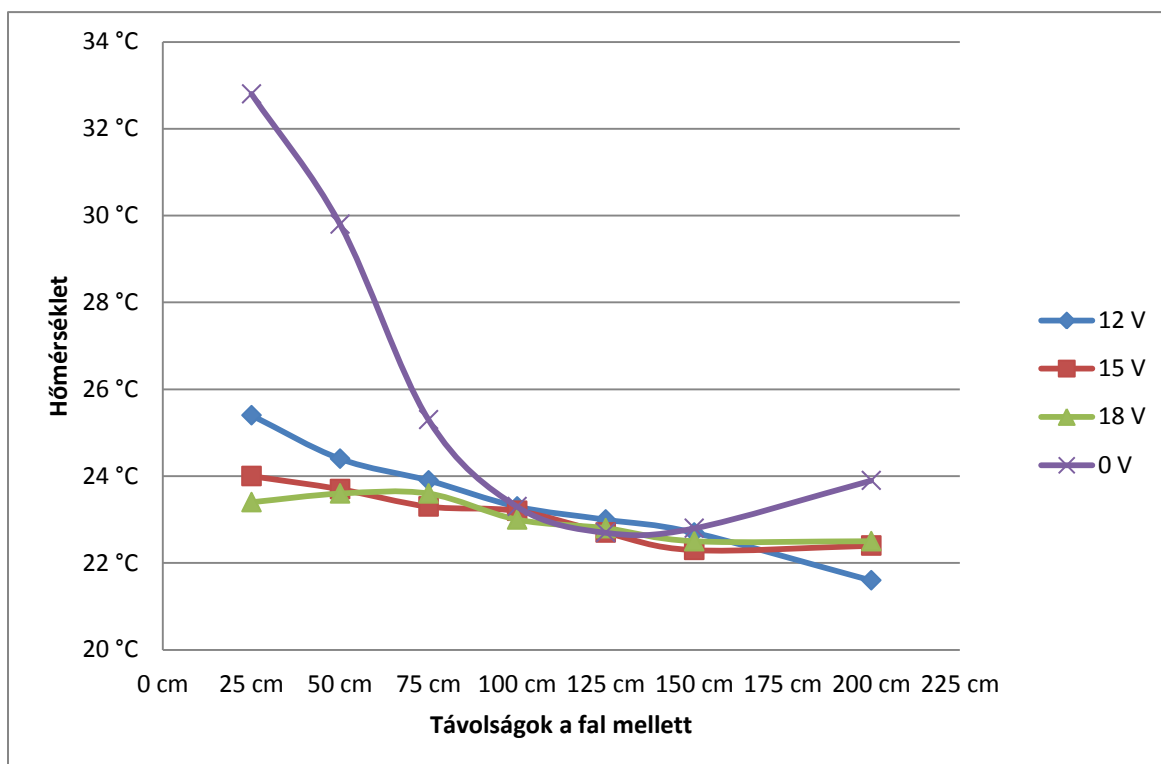
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



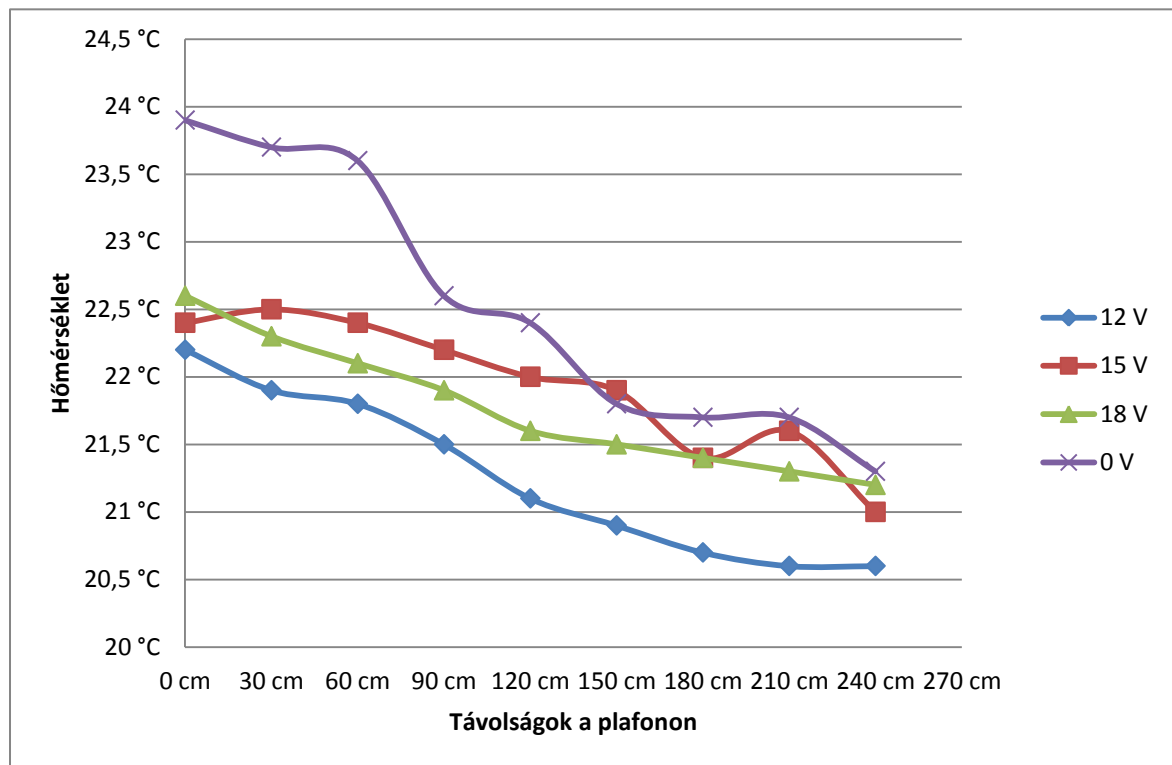
6.1.11. ábra. 69 –ás áramlási intenzitásnál, a levegőáramlás átlagsebessége a fal mellett



6.1.12. ábra. 69 –ás áramlási intenzitásnál, a levegőáramlás átlagsebessége a plafonon



6.1.13. ábra. 69 –ás áramlási intenzitásnál mért hőmérsékletek, a fal mellett



6.1.14. ábra. 69 –ás áramlási intenzitásnál, a mért hőmérsékletek a plafonon

6.2 A ventilátorok lefelé fújó állásban

A szivattyú 1-es állásában:

6.2.1. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Sebesség átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,76 m/s	1,50 m/s	2,00 m/s	1,46 m/s	31,9 °C	1,68 m/s
0 cm	1,68 m/s	1,95 m/s	1,82 m/s	1,30 m/s	29,2 °C	1,69 m/s
30 cm	0,93 m/s	1,43 m/s	1,22 m/s	1,08 m/s	22,3 °C	1,17 m/s
60 cm	0,73 m/s	1,08 m/s	1,04 m/s	0,883 m/s	18,4 °C	0,93 m/s
90 cm	0 m/s	0,60 m/s	0,77 m/s	0 m/s	15,4 °C	0,34 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,6 °C	0 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,3 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,2 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,3 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	14,5 °C	0 m/s

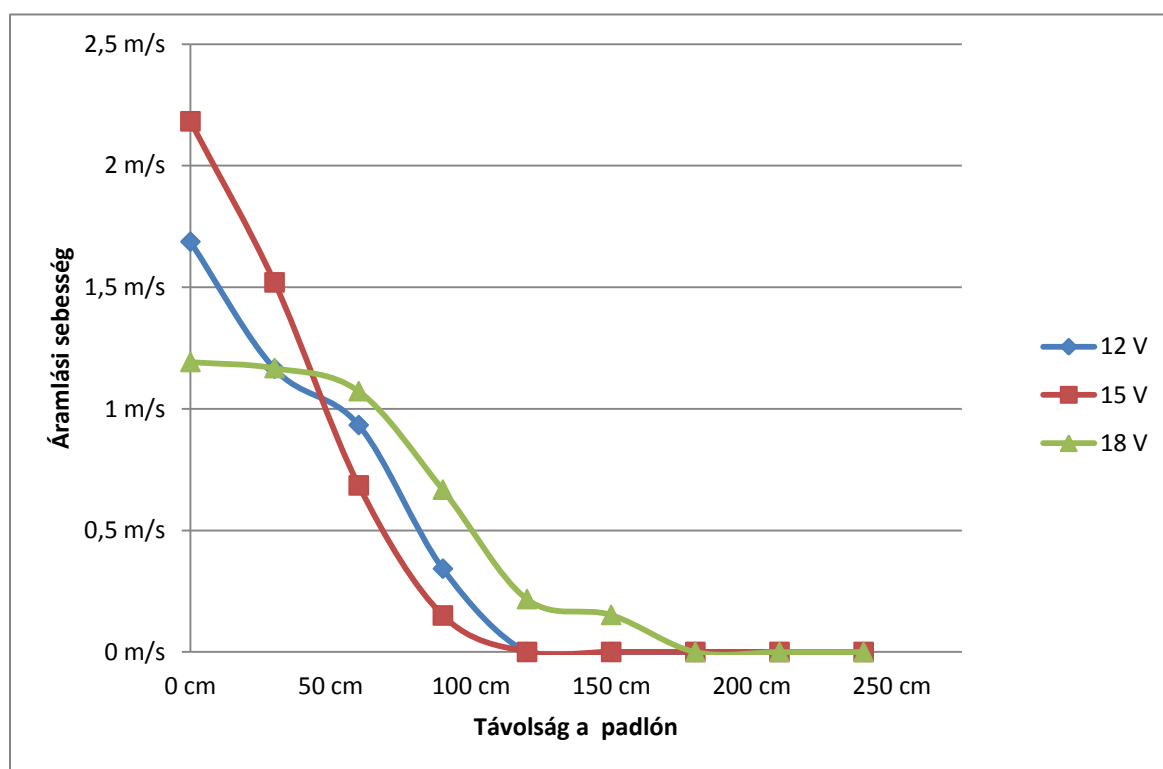
6.2.2. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Sebesség átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,68 m/s	1,72 m/s	1,80 m/s	1,97 m/s	32,8 °C	1,79 m/s
0 cm	2,26 m/s	2,14 m/s	2,13 m/s	2,2 m/s	29,3 °C	2,18 m/s
30 cm	1,41 m/s	1,71 m/s	1,70 m/s	1,26 m/s	26,7 °C	1,52 m/s
60 cm	0,60 m/s	0,83 m/s	0,71 m/s	0,60 m/s	20,9 °C	0,69 m/s
90 cm	0 m/s	0 m/s	0,6 m/s	0 m/s	16,6 °C	0,15 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,4 °C	0 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,2 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,1 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,0 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,1 °C	0 m/s

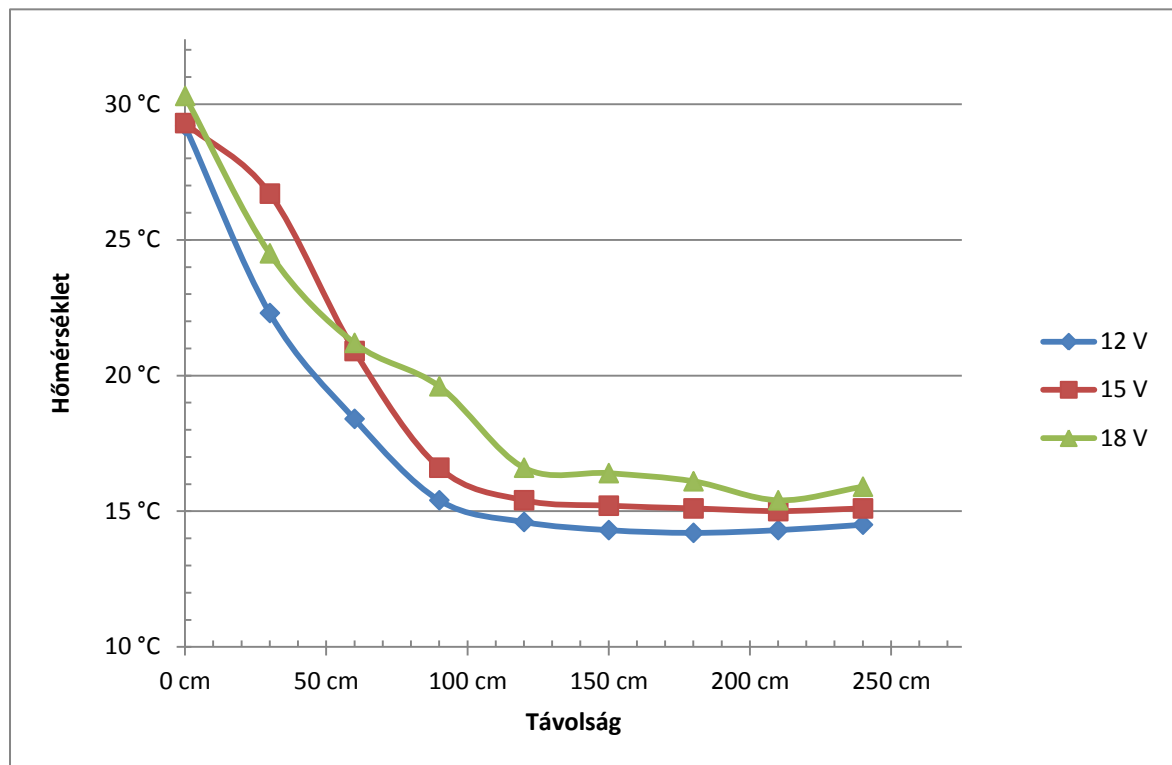
6.2.3. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Sebesség átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,87 m/s	2,25 m/s	2,14 m/s	1,60 m/s	34,0 °C	1,97 m/s
0 cm	1,26 m/s	1,35 m/s	1,25 m/s	0,91 m/s	30,3 °C	1,19 m/s
30 cm	0,72 m/s	1,43 m/s	1,32 m/s	1,20 m/s	24,5 °C	1,17 m/s
60 cm	0,83 m/s	1,28 m/s	1,13 m/s	1,05 m/s	21,2 °C	1,07 m/s
90 cm	0 m/s	0,95 m/s	1,10 m/s	0,62 m/s	19,6 °C	0,67 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0,87 m/s	0 m/s	16,6 °C	0,22 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0,61 m/s	0 m/s	16,4 °C	0,15 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,4 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,9 °C	0 m/s

A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



6.2.1. ábra. A levegőáramlás átlagsebességei a padlón, 55 –ás áramlási intenzitásnál



6.2.2. ábra. 55 --ás áramlási intenzitásnál, mért hőmérsékletek a padlón

A szivattyú 2-es állásában:

6.2.4. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,37 m/s	1,72 m/s	1,95 m/s	1,94 m/s	34,2 °C	1,75 m/s
0 cm	1,43 m/s	1,68 m/s	1,58 m/s	1,34 m/s	32,1 °C	1,51 m/s
30 cm	0,78 m/s	1,44 m/s	1,22 m/s	0,93 m/s	25,3 °C	1,09 m/s
60 cm	0,60 m/s	1,14 m/s	1,02 m/s	0,69 m/s	20,2 °C	0,86 m/s
90 cm	0 m/s	0,70 m/s	0,64 m/s	0 m/s	16,5 °C	0,34 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,2 °C	0 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s

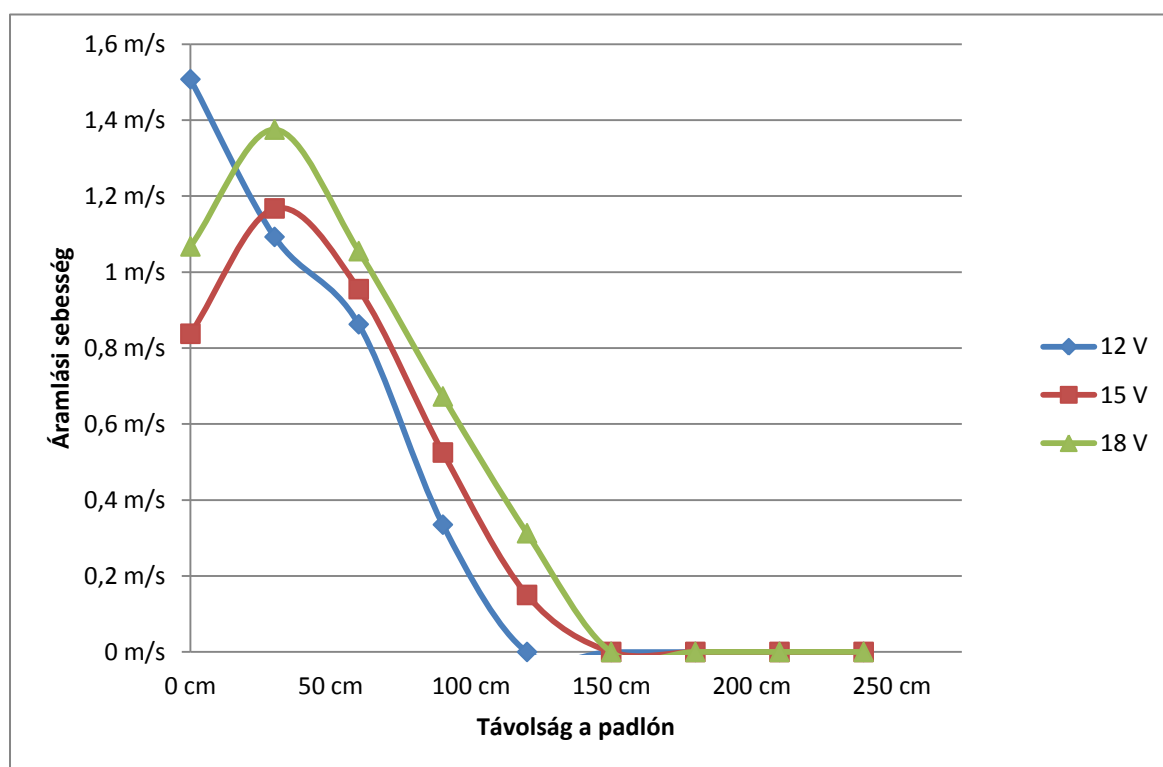
6.2.5. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,58 m/s	1,10 m/s	2,72 m/s	1,72 m/s	35,3 °C	1,78 m/s
0 cm	0,78 m/s	0,73 m/s	1,00 m/s	0,84 m/s	32,2 °C	0,84 m/s
30 cm	0,84 m/s	1,44 m/s	1,25 m/s	1,14 m/s	26,8 °C	1,17 m/s
60 cm	0,68 m/s	1,14 m/s	1,20 m/s	0,80 m/s	23,3 °C	0,96 m/s
90 cm	0 m/s	0,60 m/s	0,90 m/s	0,60 m/s	18,0 °C	0,53 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0,6 m/s	0 m/s	16,9 °C	0,15 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,3 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,2 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,7 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,7 °C	0 m/s

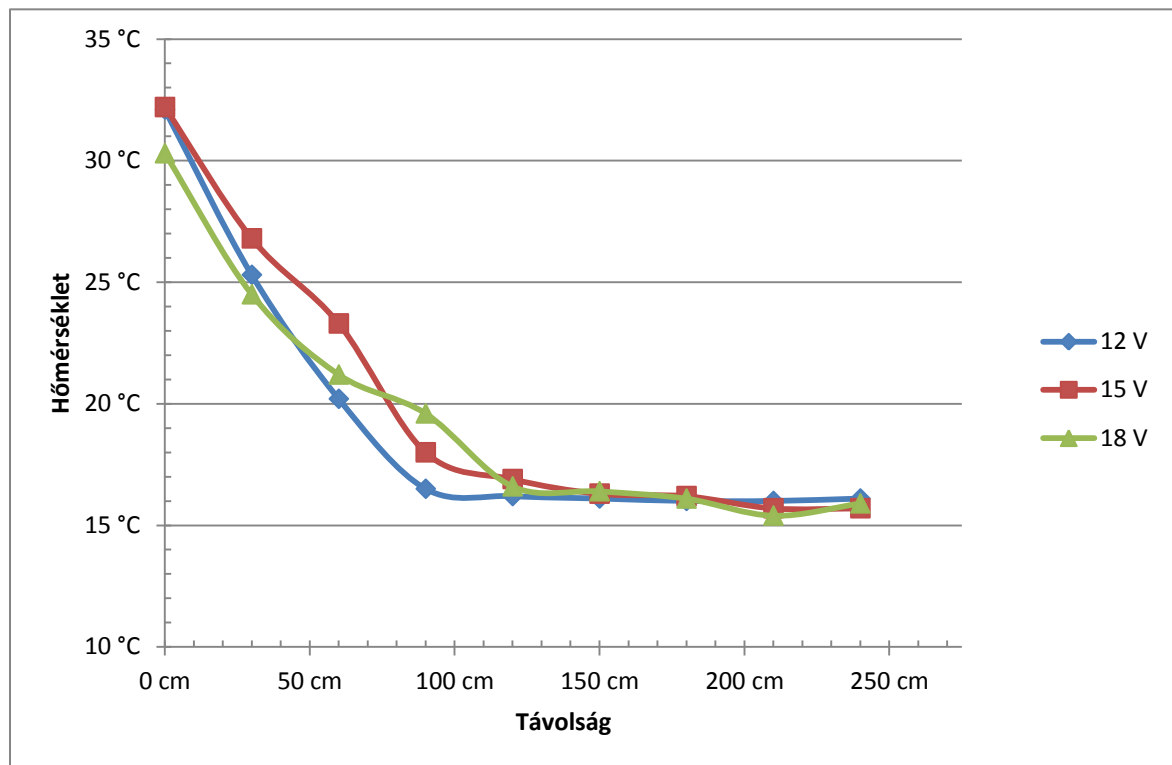
6.2.6. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	2,16 m/s	2,99 m/s	2,86 m/s	1,63 m/s	34,0 °C	2,41 m/s
0 cm	1,05 m/s	1,09 m/s	1,00 m/s	1,13 m/s	30,3 °C	1,07 m/s
30 cm	0,76 m/s	1,63 m/s	1,60 m/s	1,51 m/s	24,5 °C	1,38 m/s
60 cm	0,71 m/s	1,23 m/s	1,28 m/s	1,00 m/s	21,2 °C	1,06 m/s
90 cm	0 m/s	0,91 m/s	1,18 m/s	0,6 m/s	19,6 °C	0,67 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0,65 m/s	0,60 m/s	16,6 °C	0,31 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,4 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,4 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,9 °C	0 m/s

A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



6.2.3. ábra. A levegő átlagáramlási sebességei a padlón, 71 --ás áramlási intenzitásnál



6.2.4. ábra. 71 --ás áramlási intenzitásnál, mért hőmérsékletek a padlón

A szivattyú 3-as állásában:

6.2.7. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,37 m/s	1,72 m/s	1,95 m/s	1,94 m/s	34,2 °C	1,75 m/s
0 cm	1,43 m/s	1,68 m/s	1,58 m/s	1,34 m/s	32,1 °C	1,51 m/s
30 cm	0,78 m/s	1,44 m/s	1,22 m/s	0,93 m/s	25,3 °C	1,09 m/s
60 cm	0,60 m/s	1,14 m/s	1,02 m/s	0,69 m/s	20,2 °C	0,86 m/s
90 cm	0 m/s	0,7 m/s	0,64 m/s	0 m/s	16,5 °C	0,34 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,2 °C	0 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,0 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,0 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s

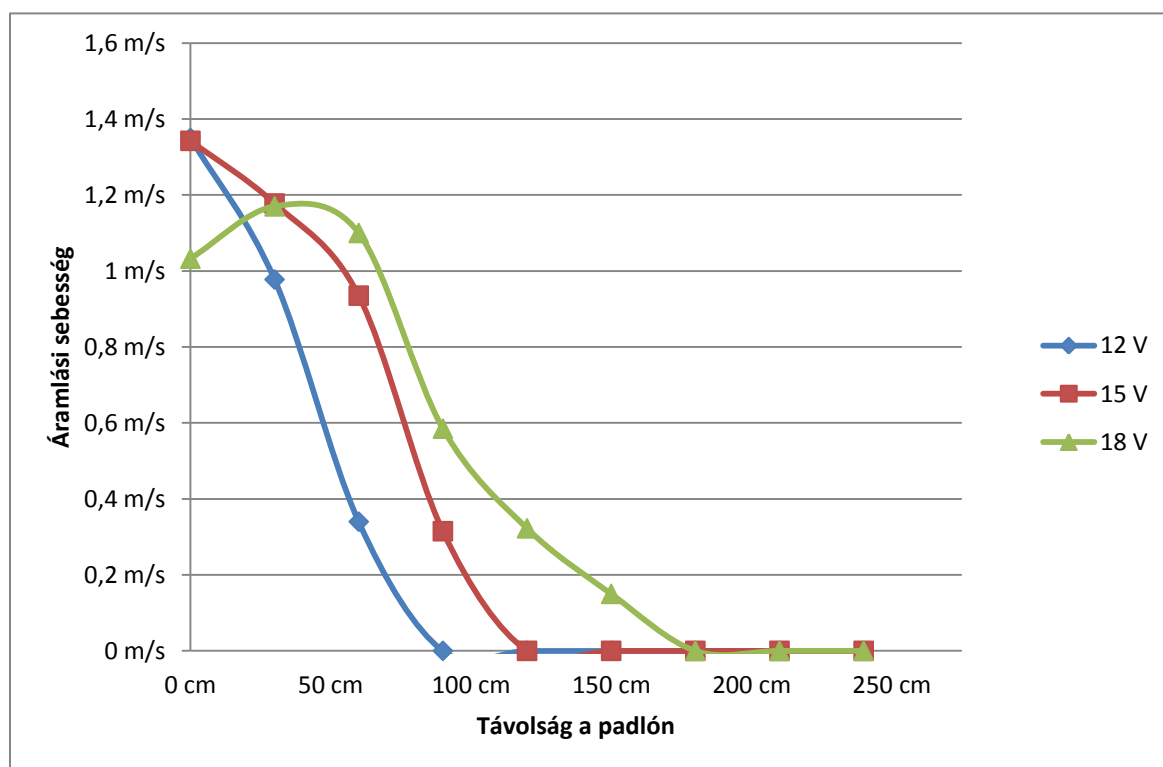
6.2.8. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	1,58 m/s	1,10 m/s	2,72 m/s	1,72 m/s	35,3 °C	1,78 m/s
0 cm	0,78 m/s	0,73 m/s	1,00 m/s	0,84 m/s	32,2 °C	0,84 m/s
30 cm	0,84 m/s	1,44 m/s	1,25 m/s	1,14 m/s	26,8 °C	1,17 m/s
60 cm	0,68 m/s	1,14 m/s	1,20 m/s	0,80 m/s	23,3 °C	0,96 m/s
90 cm	0 m/s	0,6 m/s	0,90 m/s	0,60 m/s	18,0 °C	0,53 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0,6 m/s	0 m/s	16,9 °C	0,15 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,3 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,2 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,7 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,7 °C	0 m/s

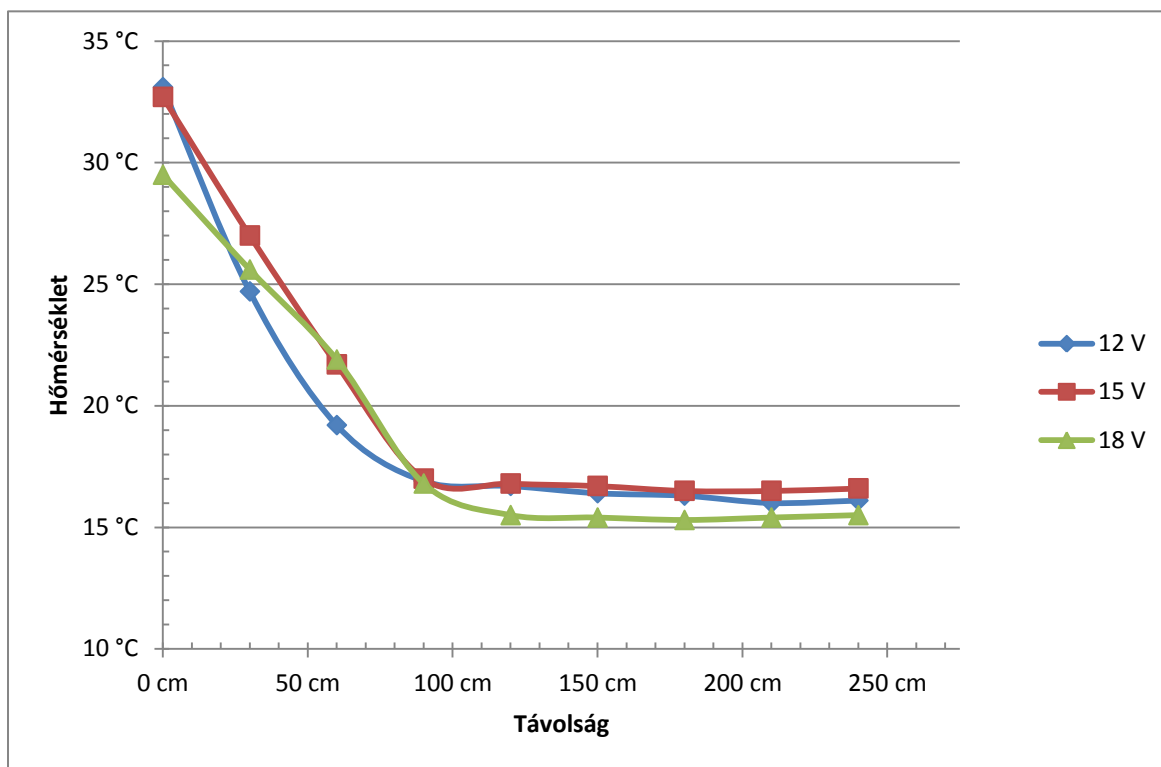
6.2.9. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a padló felett

	1. ventilátor	2. ventilátor	3. ventilátor	4. ventilátor	Hőmérséklet	Átlag
A ventilátor alatt (-15 cm)	2,16 m/s	2,99 m/s	2,86 m/s	1,63 m/s	34,0 °C	2,41 m/s
0 cm	1,05 m/s	1,09 m/s	1,00 m/s	1,13 m/s	30,3 °C	1,07 m/s
30 cm	0,76 m/s	1,63 m/s	1,6 m/s	1,51 m/s	24,5 °C	1,38 m/s
60 cm	0,71 m/s	1,23 m/s	1,28 m/s	1,00 m/s	21,2 °C	1,06 m/s
90 cm	0 m/s	0,91 m/s	1,18 m/s	0,6 m/s	19,6 °C	0,67 m/s
120 cm	0 m/s	0 m/s	0,65 m/s	0,6 m/s	16,6 °C	0,31 m/s
150 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,4 °C	0 m/s
180 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	16,1 °C	0 m/s
210 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,4 °C	0 m/s
240 cm	0 m/s	0 m/s	0 m/s	0 m/s	15,9 °C	0 m/s

A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



6.2.5. ábra. A levegő átlagáramlási sebességei a padlón, —-ás áramlási intenzitásnál



6.2.6. ábra. --ás áramlási intenzitásnál, mért hőmérsékletek a padlón

6.3 A ventillátorok felfelé fújó állásban, kisebb belső felületű radiátorral

A dolgozat előző részében bemutatott mérések után a használt radiátort lecseréltük, és egy másik kisebb belső felületű radiátort szereltünk a rendszerbe.

A szivattyú 1-es állásában:

6.3.1. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, a fal mellett és a plafonon, ventillátorok nélkül

	1	2	3	4	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	0,73 m/s	1,08 m/s	1,02 m/s	0,98 m/s	0,95 m/s	21,7 °C
50 cm	0,68 m/s	0,90 m/s	0,94 m/s	0,90 m/s	0,86 m/s	19,7 °C
75 cm	0,73 m/s	0,94 m/s	0,97 m/s	0,76 m/s	0,85 m/s	19,4 °C
100 cm	0,83 m/s	1,08 m/s	1,05 m/s	0,86 m/s	0,96 m/s	18,6 °C
125 cm	0,84 m/s	1,12 m/s	1,04 m/s	0,80 m/s	0,95 m/s	18,1 °C
150 cm	0,86 m/s	1,06 m/s	1,25 m/s	0,91 m/s	1,02 m/s	17,8 °C
200 cm	0,62 m/s	0,65 m/s	0,63 m/s	0,60 m/s	0,63 m/s	17,9 °C
0 cm	0,68 m/s	0,91 m/s	1,01 m/s	0,69 m/s	0,82 m/s	17,7 °C
30 cm	0,72 m/s	0,71 m/s	0,92 m/s	0,72 m/s	0,77 m/s	17,1 °C
60 cm	0,72 m/s	0,79 m/s	0,75 m/s	0,69 m/s	0,74 m/s	16,8 °C
90 cm	0,60 m/s	0,60 m/s	0,61 m/s	0,60 m/s	0,60 m/s	16,4 °C
120 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	16,0 °C
150 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	15,0 °C
180 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	15,2 °C
210 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	15,0 °C
240 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	14,8 °C
				Átlag	0,57 m/s	17,3 °C

6.3.2. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	2,41 m/s	1,05 m/s	2,38 m/s	1,72 m/s	1,89 m/s	20,9 °C
50 cm	1,98 m/s	2,16 m/s	2,43 m/s	1,22 m/s	1,95 m/s	20,8 °C
75 cm	1,63 m/s	1,83 m/s	1,74 m/s	1,28 m/s	1,62 m/s	20,5 °C
100 cm	1,75 m/s	1,91 m/s	1,72 m/s	1,44 m/s	1,71 m/s	19,9 °C
125 cm	1,74 m/s	1,63 m/s	1,67 m/s	1,21 m/s	1,56 m/s	19,5 °C
150 cm	1,62 m/s	1,59 m/s	1,47 m/s	1,26 m/s	1,49 m/s	19,3 °C
200 cm	0,61 m/s	0,62 m/s	0,92 m/s	0,72 m/s	0,72 m/s	18,3 °C
0 cm	1,21 m/s	1,13 m/s	1,14 m/s	1,05 m/s	1,13 m/s	18,1 °C
30 cm	1,16 m/s	1,21 m/s	1,05 m/s	1,08 m/s	1,13 m/s	18,0 °C
60 cm	1,40 m/s	1,10 m/s	1,04 m/s	0,94 m/s	1,12 m/s	17,9 °C
90 cm	1,00 m/s	1,18 m/s	1,08 m/s	0,93 m/s	1,05 m/s	17,8 °C
120 cm	0,98 m/s	0,84 m/s	0,93 m/s	0,87 m/s	0,91 m/s	17,5 °C
150 cm	0,94 m/s	0,80 m/s	0,84 m/s	0,76 m/s	0,84 m/s	17,3 °C
180 cm	0,84 m/s	0,86 m/s	0,82 m/s	0,80 m/s	0,83 m/s	17,1 °C
210 cm	0,68 m/s	0,65 m/s	0,72 m/s	0,62 m/s	0,67 m/s	17,0 °C
240 cm	0,60 m/s	0,62 m/s	0,00 m/s	0,60 m/s	0,46 m/s	16,9 °C
				Átlag	1,19 m/s	18,6 °C

6.3.3. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	2,75 m/s	2,02 m/s	2,47 m/s	1,92 m/s	2,29 m/s	20,4 °C
50 cm	2,18 m/s	2,43 m/s	2,44 m/s	1,98 m/s	2,26 m/s	20,5 °C
75 cm	1,87 m/s	2,13 m/s	1,93 m/s	1,45 m/s	1,85 m/s	20,4 °C
100 cm	1,76 m/s	2,03 m/s	1,98 m/s	1,43 m/s	1,80 m/s	20,2 °C
125 cm	1,94 m/s	2,01 m/s	1,94 m/s	1,39 m/s	1,82 m/s	19,7 °C
150 cm	1,72 m/s	1,84 m/s	1,78 m/s	1,43 m/s	1,69 m/s	19,4 °C
200 cm	0,82 m/s	0,94 m/s	0,98 m/s	1,05 m/s	0,95 m/s	18,8 °C
0 cm	1,06 m/s	1,21 m/s	1,21 m/s	1,13 m/s	1,15 m/s	18,7 °C
30 cm	1,27 m/s	1,28 m/s	1,28 m/s	1,06 m/s	1,22 m/s	18,5 °C
60 cm	1,36 m/s	1,21 m/s	1,21 m/s	1,09 m/s	1,22 m/s	18,2 °C
90 cm	1,09 m/s	1,05 m/s	1,05 m/s	1,02 m/s	1,05 m/s	17,8 °C
120 cm	1,04 m/s	1,02 m/s	1,02 m/s	0,98 m/s	1,02 m/s	17,4 °C
150 cm	1,02 m/s	0,83 m/s	0,83 m/s	0,91 m/s	0,90 m/s	17,1 °C
180 cm	0,91 m/s	0,82 m/s	0,82 m/s	0,72 m/s	0,82 m/s	16,9 °C
210 cm	0,84 m/s	0,80 m/s	0,84 m/s	0,65 m/s	0,78 m/s	16,7 °C
240 cm	0,83 m/s	0,72 m/s	0,72 m/s	0,60 m/s	0,72 m/s	16,5 °C
				Átlag	1,35 m/s	18,6 °C

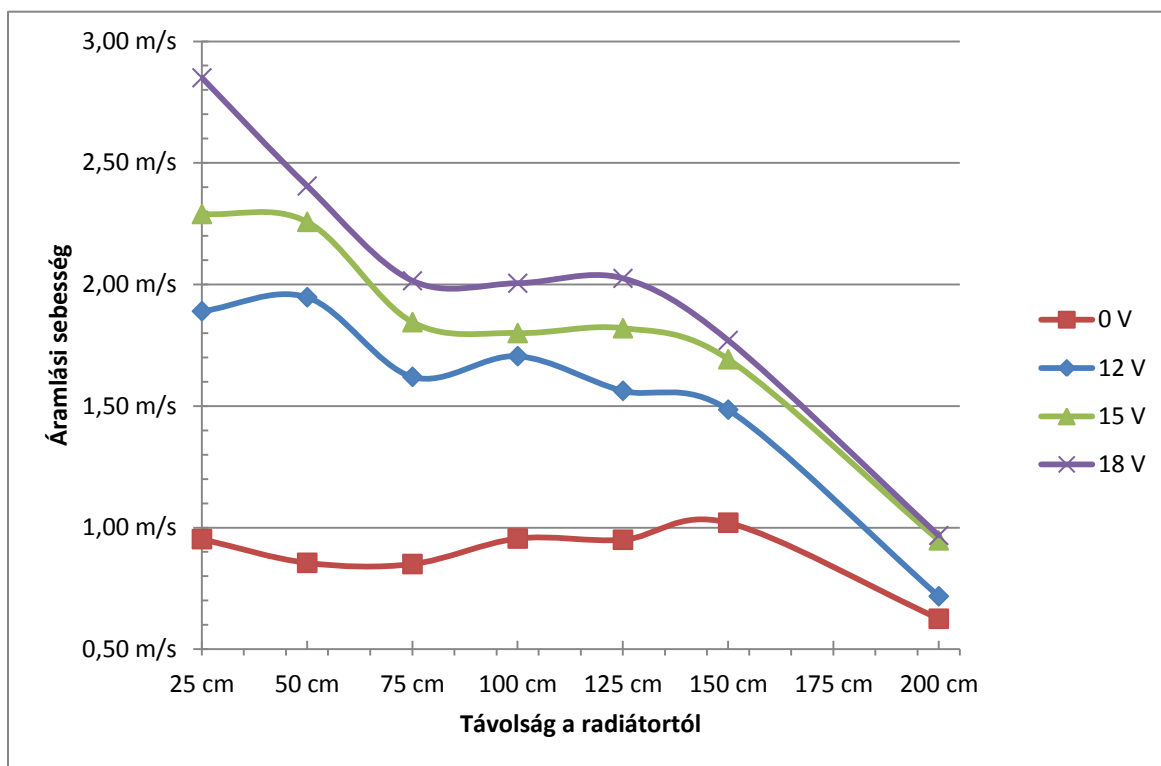
6.3.4. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Sebesség átlag	Hőmérséklet
25 cm	3,05 m/s	2,60 m/s	3,17 m/s	2,58 m/s	2,85 m/s	20,8 °C
50 cm	2,32 m/s	2,56 m/s	2,72 m/s	2,02 m/s	2,41 m/s	20,7 °C
75 cm	1,98 m/s	2,21 m/s	2,05 m/s	1,82 m/s	2,02 m/s	20,5 °C
100 cm	2,05 m/s	2,23 m/s	2,03 m/s	1,71 m/s	2,01 m/s	20,1 °C
125 cm	2,10 m/s	2,16 m/s	2,09 m/s	1,75 m/s	2,03 m/s	19,8 °C
150 cm	1,82 m/s	1,90 m/s	1,72 m/s	1,64 m/s	1,77 m/s	19,4 °C
200 cm	0,94 m/s	0,82 m/s	1,01 m/s	1,10 m/s	0,97 m/s	18,8 °C
0 cm	1,44 m/s	1,52 m/s	1,41 m/s	1,24 m/s	1,40 m/s	18,8 °C
30 cm	1,47 m/s	1,48 m/s	1,45 m/s	1,40 m/s	1,45 m/s	18,7 °C
60 cm	1,41 m/s	1,36 m/s	1,40 m/s	1,20 m/s	1,34 m/s	18,5 °C
90 cm	1,48 m/s	1,40 m/s	1,31 m/s	1,21 m/s	1,35 m/s	18,3 °C
120 cm	1,20 m/s	1,24 m/s	1,14 m/s	1,05 m/s	1,16 m/s	17,9 °C
150 cm	1,17 m/s	1,12 m/s	1,01 m/s	0,84 m/s	1,04 m/s	17,5 °C
180 cm	1,00 m/s	0,89 m/s	0,86 m/s	0,83 m/s	0,90 m/s	17,2 °C
210 cm	0,93 m/s	0,84 m/s	0,83 m/s	0,74 m/s	0,84 m/s	16,9 °C
240 cm	0,61 m/s	0,64 m/s	0,66 m/s	0,60 m/s	0,63 m/s	16,8 °C
				Átlag	1,51 m/s	18,8 °C

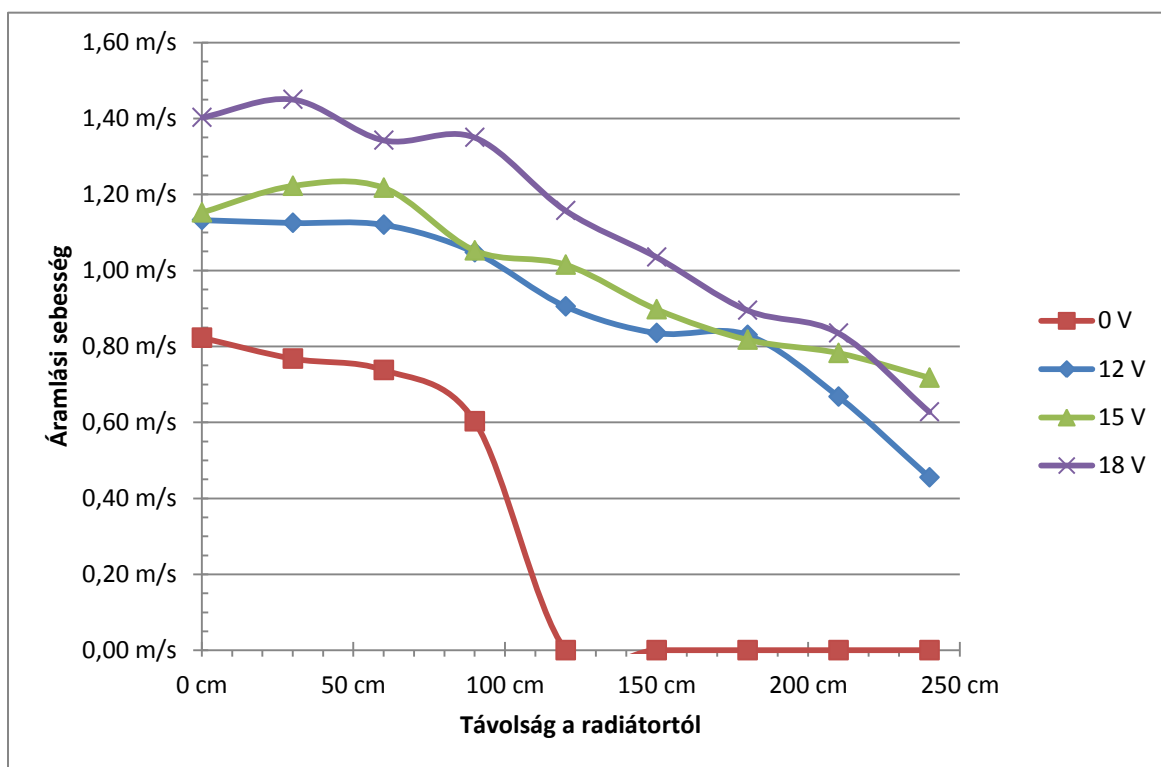
6.3.5. táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültséggel meghajtott ventilátorokkal			
	0 V	12 V	15 V	18 V
T _{hőmérőn mért}	14 °C	14 °C	14 °C	14 °C
T _{hőmérőn kapott}	14 °C	15 °C	16 °C	17 °C
T _{változás}	0 °C	1 °C	2 °C	3 °C
T _{bemenő}	53,3 °C	52 °C	54,1 °C	52,2 °C
T _{kimenő}	43,4 °C	43,3 °C	41,3 °C	41,1 °C
T _{mérőpont}	41,3 °C	42,4 °C	38,7 °C	39,9 °C
T _{leadott}	9,9 °C	8,7 °C	12,8 °C	11,1 °C

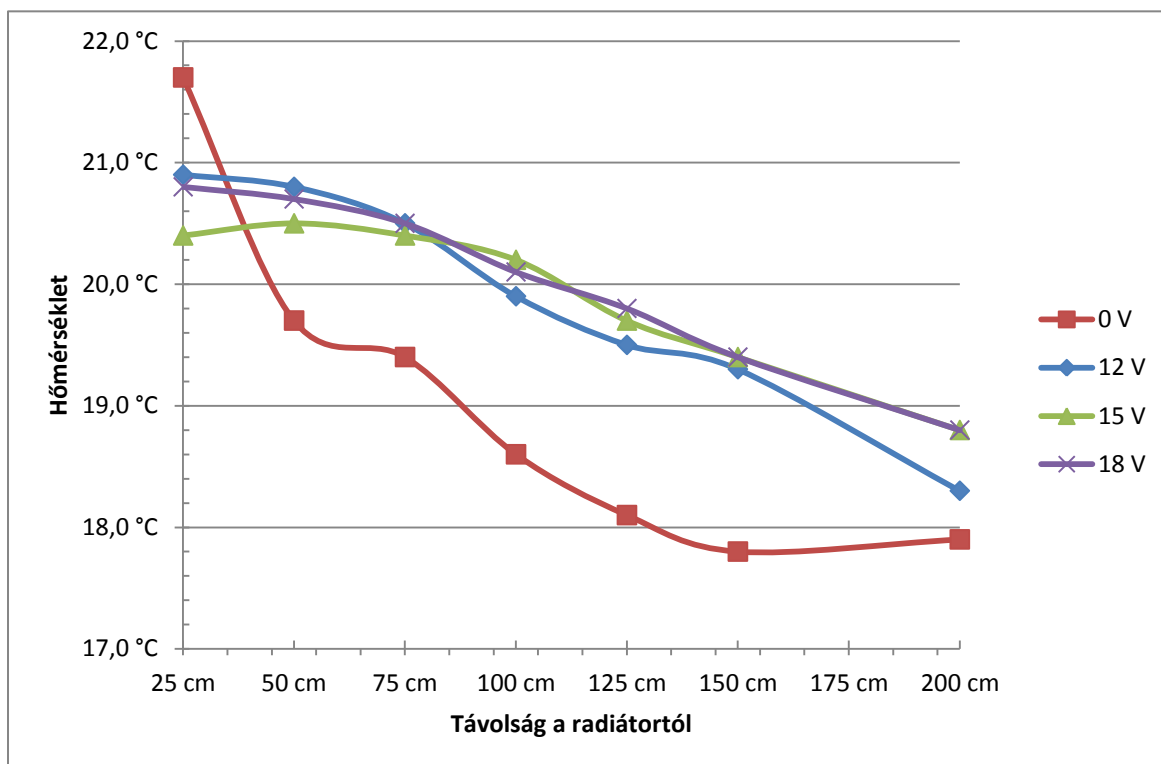
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



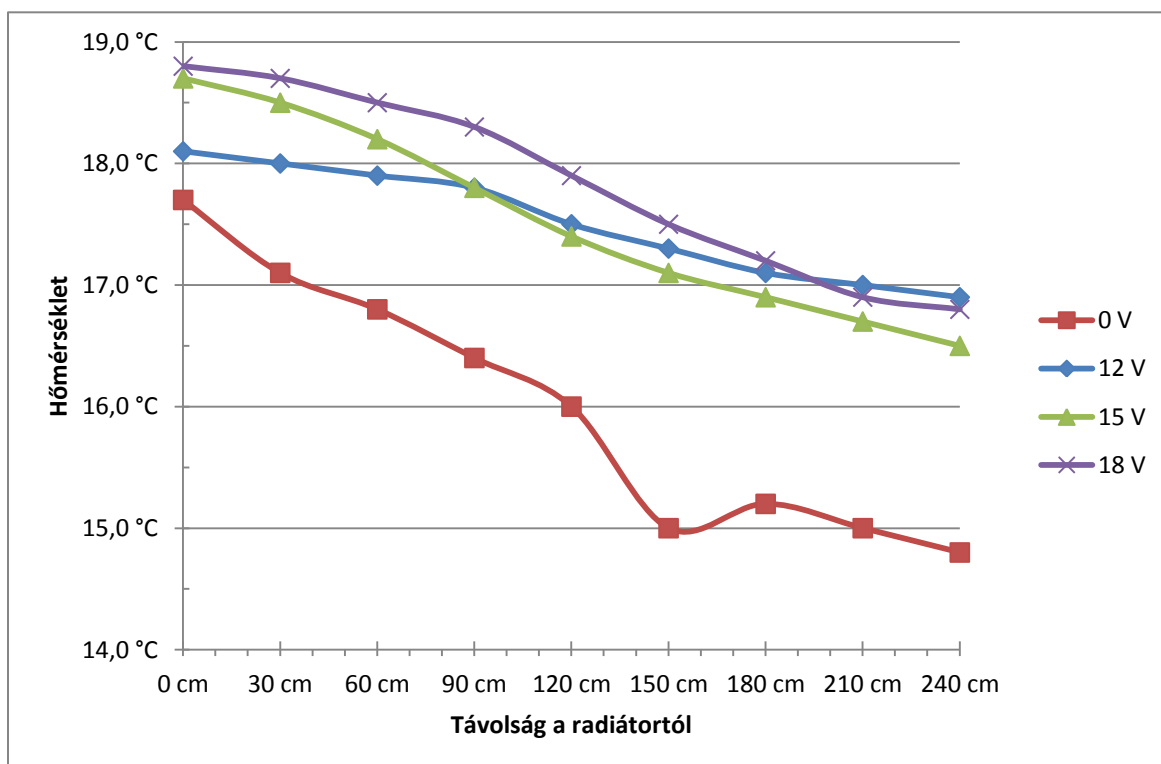
6.3.1. ábra. 27 –ás áramlási intenzitásnál, a levegőáramlási átlagsebességei a fal mellett



6.3.2. ábra. 27 –ás áramlási intenzitásnál, a levegő átlagáramlási sebességei a plafon alatt



6.3.3. ábra. 27 --ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a fal mellett



6.3.4. ábra. 27 --ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a plafon alatt

A szivattyú 2-es állásában:

6.3.6. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, a fal mellett és a plafonon, ventilátorok nélkül

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	1,01 m/s	1,08 m/s	1,08 m/s	1,14 m/s	32,6 °C	1,08 m/s
50 cm	0,76 m/s	1,09 m/s	1,06 m/s	1,02 m/s	27,8 °C	0,98 m/s
75 cm	0,71 m/s	1,02 m/s	1,02 m/s	0,75 m/s	27,0 °C	0,88 m/s
100 cm	0,94 m/s	1,09 m/s	1,08 m/s	0,76 m/s	26,5 °C	0,97 m/s
125 cm	0,94 m/s	1,10 m/s	1,09 m/s	0,84 m/s	26,2 °C	0,99 m/s
150 cm	0,90 m/s	1,10 m/s	1,08 m/s	0,72 m/s	25,7 °C	0,95 m/s
200 cm	0,60 m/s	0,71 m/s	1,00 m/s	0,87 m/s	24,3 °C	0,80 m/s
0 cm	0,00 m/s	0,75 m/s	0,72 m/s	0,00 m/s	23,0 °C	0,37 m/s
30 cm	0,60 m/s	0,72 m/s	0,80 m/s	0,87 m/s	22,8 °C	0,75 m/s
60 cm	0,69 m/s	0,72 m/s	0,68 m/s	0,64 m/s	21,9 °C	0,68 m/s
90 cm	0,71 m/s	0,69 m/s	0,60 m/s	0,00 m/s	21,3 °C	0,50 m/s
120 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	20,9 °C	0,00 m/s
150 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	20,7 °C	0,00 m/s
180 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	20,4 °C	0,00 m/s
210 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	20,2 °C	0,00 m/s
240 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	20,1 °C	0,00 m/s
				Átlag:	23,8 °C	0,56 m/s

6.3.7. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,20 m/s	1,70 m/s	2,10 m/s	1,60 m/s	21,5 °C	1,90 m/s
50 cm	1,44 m/s	2,02 m/s	1,82 m/s	1,56 m/s	21,2 °C	1,71 m/s
75 cm	1,63 m/s	1,80 m/s	1,54 m/s	1,28 m/s	20,6 °C	1,56 m/s
100 cm	1,68 m/s	1,43 m/s	1,34 m/s	1,20 m/s	19,9 °C	1,41 m/s
125 cm	1,53 m/s	1,18 m/s	1,20 m/s	1,13 m/s	19,5 °C	1,26 m/s
150 cm	1,22 m/s	1,18 m/s	0,94 m/s	1,03 m/s	19,1 °C	1,09 m/s
200 cm	0,94 m/s	0,90 m/s	0,85 m/s	0,82 m/s	18,4 °C	0,88 m/s
0 cm	1,08 m/s	1,05 m/s	1,16 m/s	1,17 m/s	18,2 °C	1,12 m/s
30 cm	1,06 m/s	1,02 m/s	0,94 m/s	1,00 m/s	18,1 °C	1,01 m/s
60 cm	1,13 m/s	1,06 m/s	0,89 m/s	0,86 m/s	17,7 °C	0,99 m/s
90 cm	0,93 m/s	0,90 m/s	0,91 m/s	0,90 m/s	17,3 °C	0,91 m/s
120 cm	0,97 m/s	0,87 m/s	0,89 m/s	0,84 m/s	17,1 °C	0,89 m/s
150 cm	0,79 m/s	0,71 m/s	0,77 m/s	0,71 m/s	16,9 °C	0,75 m/s
180 cm	0,86 m/s	0,74 m/s	0,71 m/s	0,77 m/s	16,8 °C	0,77 m/s
210 cm	0,60 m/s	0,60 m/s	0,75 m/s	0,65 m/s	16,7 °C	0,65 m/s
240 cm	0,00 m/s	0,61 m/s	0,71 m/s	0,62 m/s	16,6 °C	0,49 m/s
				Átlag:	18,5 °C	1,09 m/s

6.3.8. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,67 m/s	1,89 m/s	2,48 m/s	1,84 m/s	19,9 °C	2,22 m/s
50 cm	1,93 m/s	2,24 m/s	2,20 m/s	1,66 m/s	19,7 °C	2,01 m/s
75 cm	1,89 m/s	1,99 m/s	1,87 m/s	1,36 m/s	19,4 °C	1,78 m/s
100 cm	1,91 m/s	1,83 m/s	1,56 m/s	1,48 m/s	19,1 °C	1,70 m/s
125 cm	1,75 m/s	1,55 m/s	1,55 m/s	1,16 m/s	18,3 °C	1,50 m/s
150 cm	1,72 m/s	1,53 m/s	1,42 m/s	1,18 m/s	18,0 °C	1,46 m/s
200 cm	0,83 m/s	0,97 m/s	1,00 m/s	1,04 m/s	17,4 °C	0,96 m/s
0 cm	0,71 m/s	0,95 m/s	1,01 m/s	0,72 m/s	17,4 °C	0,85 m/s
30 cm	1,36 m/s	1,13 m/s	0,82 m/s	0,79 m/s	17,3 °C	1,03 m/s
60 cm	1,13 m/s	1,28 m/s	1,14 m/s	1,08 m/s	17,2 °C	1,16 m/s
90 cm	1,08 m/s	1,24 m/s	1,18 m/s	0,91 m/s	17,0 °C	1,10 m/s
120 cm	0,94 m/s	1,01 m/s	0,97 m/s	1,02 m/s	16,8 °C	0,99 m/s
150 cm	0,87 m/s	0,95 m/s	0,94 m/s	0,72 m/s	16,6 °C	0,87 m/s
180 cm	0,87 m/s	0,90 m/s	0,91 m/s	0,82 m/s	16,4 °C	0,88 m/s
210 cm	0,80 m/s	0,64 m/s	0,80 m/s	0,72 m/s	16,2 °C	0,74 m/s
240 cm	0,62 m/s	0,68 m/s	0,71 m/s	0,72 m/s	16,1 °C	0,68 m/s
				Átlag:	17,7 °C	1,24 m/s

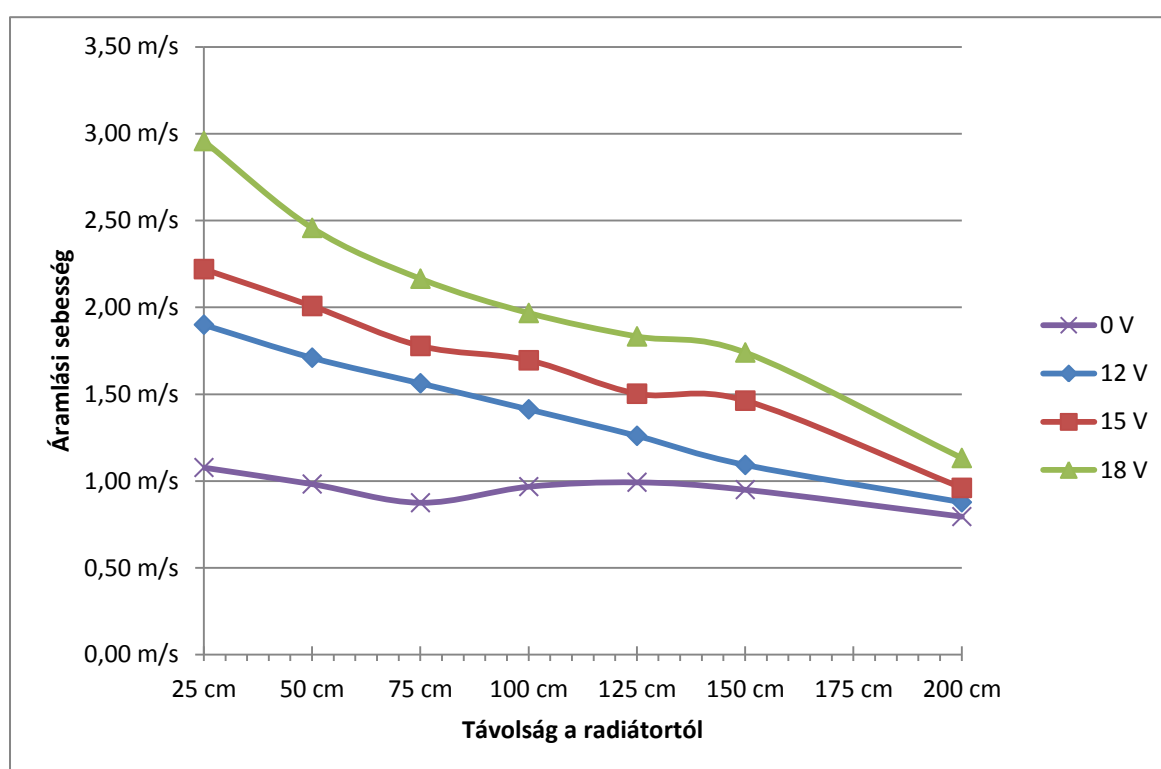
6.3.9. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,51 m/s	2,76 m/s	2,89 m/s	3,67 m/s	19,8 °C	2,96 m/s
50 cm	2,40 m/s	2,93 m/s	2,44 m/s	2,06 m/s	19,7 °C	2,46 m/s
75 cm	2,22 m/s	2,34 m/s	2,27 m/s	1,83 m/s	19,6 °C	2,17 m/s
100 cm	1,97 m/s	2,14 m/s	1,93 m/s	1,83 m/s	19,3 °C	1,97 m/s
125 cm	1,86 m/s	1,90 m/s	1,89 m/s	1,68 m/s	18,9 °C	1,83 m/s
150 cm	1,76 m/s	1,86 m/s	1,75 m/s	1,59 m/s	18,6 °C	1,74 m/s
200 cm	1,01 m/s	1,28 m/s	1,24 m/s	1,00 m/s	17,5 °C	1,13 m/s
0 cm	1,14 m/s	1,25 m/s	1,31 m/s	1,48 m/s	17,4 °C	1,30 m/s
30 cm	1,50 m/s	1,52 m/s	1,18 m/s	1,14 m/s	17,3 °C	1,34 m/s
60 cm	1,25 m/s	1,39 m/s	1,47 m/s	1,49 m/s	17,2 °C	1,40 m/s
90 cm	1,22 m/s	1,26 m/s	1,02 m/s	1,16 m/s	17,0 °C	1,17 m/s
120 cm	1,18 m/s	1,97 m/s	1,14 m/s	1,04 m/s	16,8 °C	1,33 m/s
150 cm	0,98 m/s	0,90 m/s	1,10 m/s	0,98 m/s	16,6 °C	0,99 m/s
180 cm	1,00 m/s	0,94 m/s	0,91 m/s	0,94 m/s	16,5 °C	0,95 m/s
210 cm	0,86 m/s	0,86 m/s	0,82 m/s	0,82 m/s	16,2 °C	0,84 m/s
240 cm	0,77 m/s	0,73 m/s	0,73 m/s	0,66 m/s	15,9 °C	0,72 m/s
				Átlag:	17,8 °C	1,52 m/s

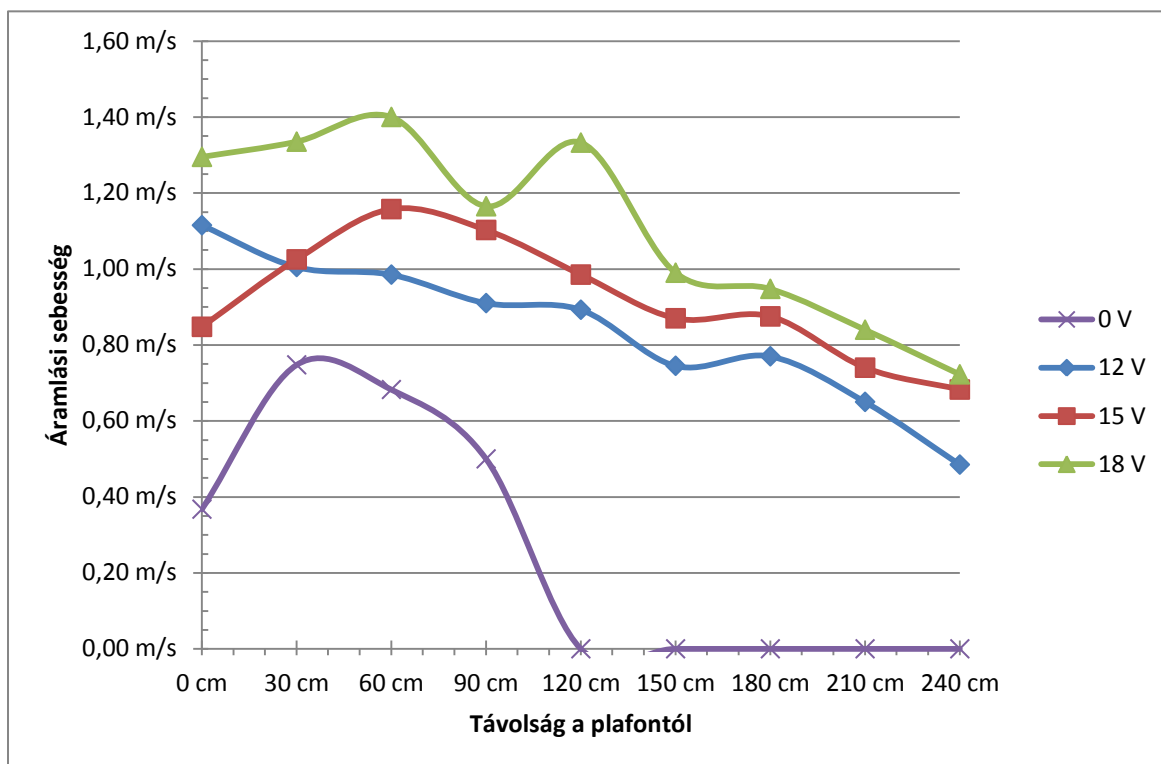
6.3.10. táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültséggel meghajtott ventilátorokkal			
	0 V	12 V	15 V	18 V
$T_{\text{hőmérőn mért}}$	12,5 °C	12,5 °C	12,5 °C	12,5 °C
$T_{\text{hőmérőn kapott}}$	12,5 °C	13,5 °C	14,5 °C	16 °C
$T_{\text{változás}}$	0 °C	1 °C	2 °C	3,5 °C
$T_{\text{bemenő}}$	52,8 °C	54,6 °C	54,1 °C	52,1 °C
$T_{\text{kimenő}}$	50,1 °C	43,6 °C	45,8 °C	44 °C
$T_{\text{mérőpont}}$	47,8 °C	43 °C	44,8 °C	42,3 °C
T_{leadott}	2,7 °C	11 °C	8,3 °C	8,1 °C

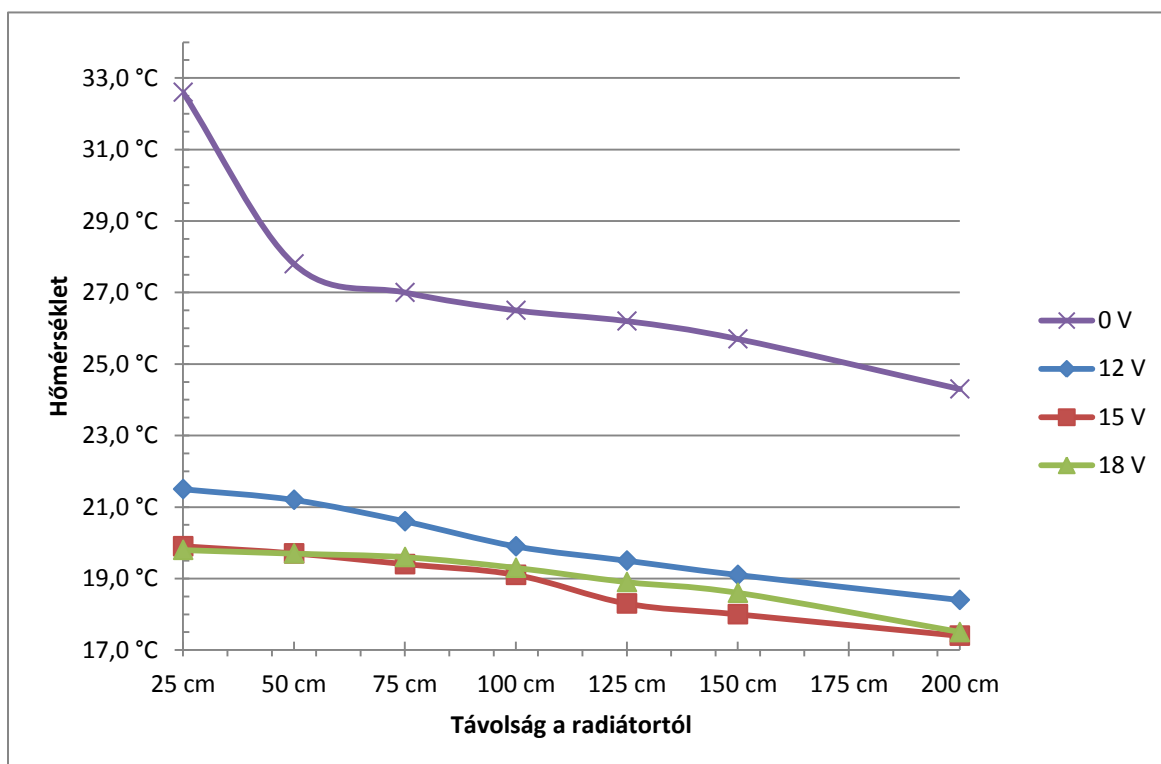
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



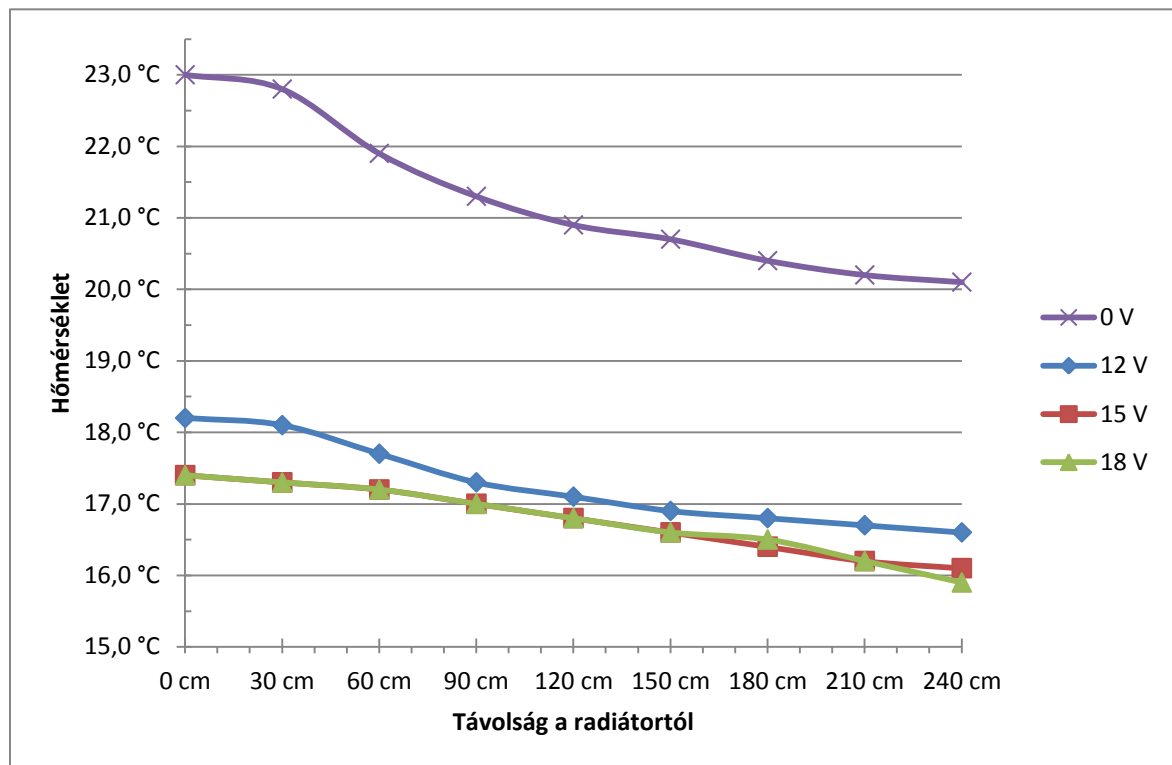
6.3.5. ábra. --ás áramlási intenzitásnál, a levegő átlagáramlási sebességei a fal mellett



6.3.6. ábra. —ás áramlási intenzitásnál, a levegő átlagáramlási sebességei a plafon alatt



6.3.7. ábra. —ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a fal mellett



6.3.8. ábra. –-ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a plafon alatt

A szivattyú 3-as állásában:

6.3.11. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, a fal mellett és a plafonon, ventillátorok nélkül

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	0,98 m/s	0,93 m/s	0,93 m/s	0,90 m/s	32,8 °C	0,94 m/s
50 cm	0,87 m/s	0,93 m/s	0,98 m/s	0,89 m/s	29,8 °C	0,92 m/s
75 cm	0,75 m/s	0,97 m/s	1,00 m/s	0,91 m/s	25,3 °C	0,91 m/s
100 cm	0,76 m/s	1,12 m/s	1,13 m/s	0,95 m/s	23,3 °C	0,99 m/s
125 cm	0,83 m/s	1,16 m/s	1,18 m/s	0,83 m/s	22,7 °C	1,00 m/s
150 cm	0,61 m/s	1,05 m/s	1,28 m/s	0,95 m/s	22,8 °C	0,97 m/s
200 cm	0,66 m/s	0,90 m/s	0,79 m/s	0,79 m/s	23,9 °C	0,79 m/s
0 cm	0,73 m/s	1,00 m/s	1,10 m/s	0,83 m/s	23,9 °C	0,92 m/s
30 cm	0,61 m/s	0,86 m/s	0,98 m/s	0,80 m/s	23,7 °C	0,81 m/s
60 cm	0,72 m/s	0,76 m/s	0,75 m/s	0,72 m/s	23,6 °C	0,74 m/s
90 cm	0,61 m/s	0,76 m/s	0,64 m/s	0,61 m/s	22,6 °C	0,66 m/s
120 cm	0,00 m/s	0,60 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	22,4 °C	0,15 m/s
150 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	21,8 °C	0,00 m/s
180 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	21,7 °C	0,00 m/s
210 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	21,7 °C	0,00 m/s
240 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	21,3 °C	0,00 m/s
				Átlag:	24,0 °C	0,61 m/s

6.3.12. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 12 V feszültséggel meghajtott ventillátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,22 m/s	1,51 m/s	3,03 m/s	2,98 m/s	18,6 °C	2,44 m/s
50 cm	1,63 m/s	1,94 m/s	1,72 m/s	1,05 m/s	18,4 °C	1,59 m/s
75 cm	1,64 m/s	1,84 m/s	1,62 m/s	1,24 m/s	18,0 °C	1,59 m/s
100 cm	1,55 m/s	1,74 m/s	1,62 m/s	1,39 m/s	17,6 °C	1,58 m/s
125 cm	1,85 m/s	1,62 m/s	1,59 m/s	1,34 m/s	16,7 °C	1,60 m/s
150 cm	1,43 m/s	1,53 m/s	1,53 m/s	1,22 m/s	16,1 °C	1,43 m/s
200 cm	0,75 m/s	0,68 m/s	0,61 m/s	0,60 m/s	15,4 °C	0,66 m/s
0 cm	0,84 m/s	1,00 m/s	1,14 m/s	1,10 m/s	15,2 °C	1,02 m/s
30 cm	1,05 m/s	1,13 m/s	1,28 m/s	1,05 m/s	15,0 °C	1,13 m/s
60 cm	1,08 m/s	1,21 m/s	1,23 m/s	1,08 m/s	14,7 °C	1,15 m/s
90 cm	1,17 m/s	1,14 m/s	0,94 m/s	1,08 m/s	14,4 °C	1,08 m/s
120 cm	0,95 m/s	0,93 m/s	0,83 m/s	0,80 m/s	14,1 °C	0,88 m/s
150 cm	0,65 m/s	0,69 m/s	0,75 m/s	0,73 m/s	13,8 °C	0,71 m/s
180 cm	0,80 m/s	0,76 m/s	0,76 m/s	0,71 m/s	13,5 °C	0,76 m/s
210 cm	0,76 m/s	0,53 m/s	0,76 m/s	0,00 m/s	13,4 °C	0,51 m/s
240 cm	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	13,3 °C	0,00 m/s
				Átlag:	8,3 °C	1,13 m/s

6.3.13. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 15 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	2,09 m/s	1,44 m/s	2,22 m/s	2,38 m/s	17,3 °C	2,03 m/s
50 cm	1,62 m/s	1,70 m/s	1,80 m/s	1,65 m/s	17,4 °C	1,69 m/s
75 cm	1,72 m/s	2,02 m/s	2,00 m/s	1,58 m/s	17,1 °C	1,83 m/s
100 cm	1,68 m/s	1,97 m/s	1,83 m/s	1,66 m/s	16,6 °C	1,79 m/s
125 cm	1,64 m/s	1,82 m/s	1,76 m/s	1,33 m/s	16,4 °C	1,64 m/s
150 cm	1,56 m/s	1,08 m/s	1,83 m/s	1,33 m/s	16,1 °C	1,45 m/s
200 cm	0,71 m/s	0,68 m/s	0,84 m/s	0,69 m/s	14,9 °C	0,73 m/s
0 cm	1,29 m/s	1,33 m/s	1,26 m/s	1,29 m/s	15,0 °C	1,29 m/s
30 cm	1,37 m/s	1,33 m/s	1,41 m/s	1,16 m/s	14,7 °C	1,32 m/s
60 cm	1,32 m/s	1,47 m/s	1,33 m/s	0,94 m/s	14,6 °C	1,27 m/s
90 cm	1,21 m/s	1,36 m/s	1,14 m/s	0,80 m/s	14,4 °C	1,13 m/s
120 cm	1,05 m/s	1,18 m/s	1,08 m/s	0,98 m/s	14,1 °C	1,07 m/s
150 cm	1,00 m/s	1,02 m/s	0,93 m/s	0,69 m/s	13,9 °C	0,91 m/s
180 cm	0,87 m/s	0,76 m/s	0,79 m/s	0,68 m/s	13,6 °C	0,78 m/s
210 cm	0,66 m/s	0,79 m/s	0,76 m/s	0,65 m/s	13,4 °C	0,72 m/s
240 cm	0,60 m/s	0,64 m/s	0,60 m/s	0,00 m/s	13,2 °C	0,46 m/s
				Átlag:	15,2 °C	1,26 m/s

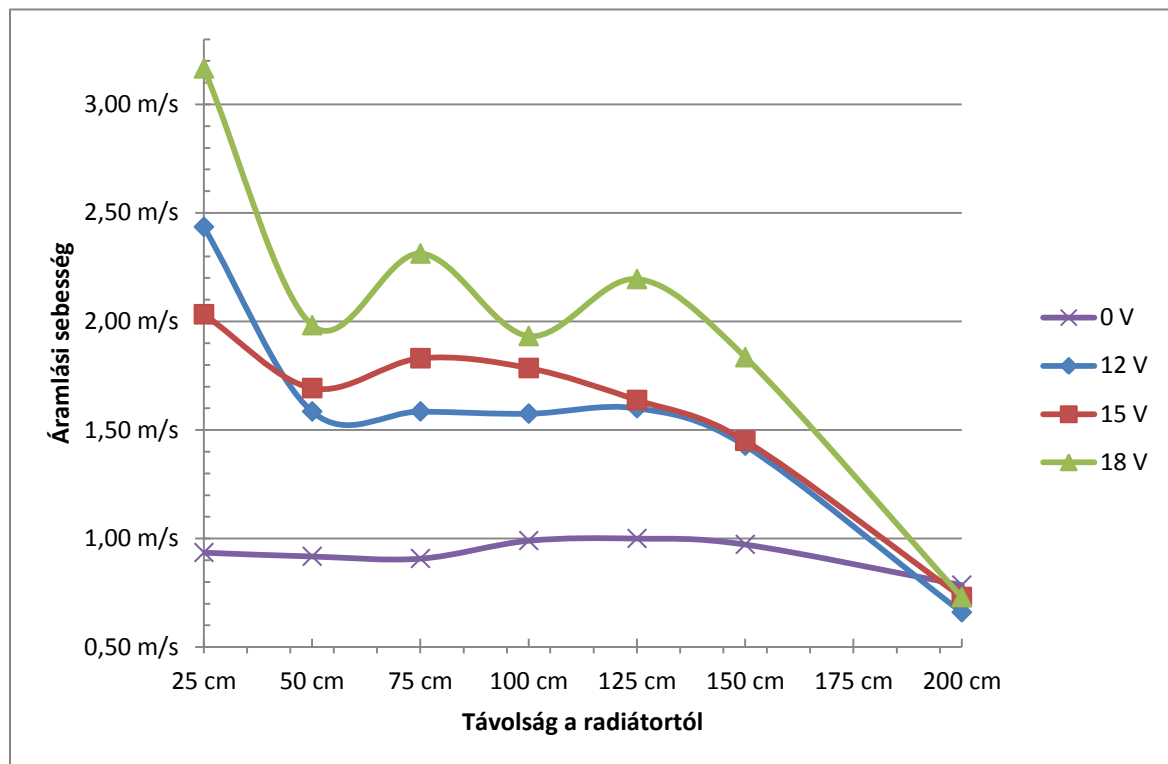
6.3.14. táblázat. A levegő áramlás sebessége és hőmérséklete, 18 V feszültséggel meghajtott ventilátorokkal a fal mellett és a plafonon

	1	2	3	4	Hőmérséklet	Sebesség átlag
25 cm	3,19 m/s	2,67 m/s	3,26 m/s	3,54 m/s	16,2 °C	3,17 m/s
50 cm	1,67 m/s	2,22 m/s	1,95 m/s	2,09 m/s	15,7 °C	1,98 m/s
75 cm	2,01 m/s	2,28 m/s	2,16 m/s	2,80 m/s	15,1 °C	2,31 m/s
100 cm	1,94 m/s	2,03 m/s	2,10 m/s	1,66 m/s	14,4 °C	1,93 m/s
125 cm	1,84 m/s	2,07 m/s	2,03 m/s	2,84 m/s	14,1 °C	2,20 m/s
150 cm	1,67 m/s	2,00 m/s	1,87 m/s	1,80 m/s	13,7 °C	1,84 m/s
200 cm	0,60 m/s	0,66 m/s	0,82 m/s	0,84 m/s	13,6 °C	0,73 m/s
0 cm	1,12 m/s	1,59 m/s	1,52 m/s	1,37 m/s	13,6 °C	1,40 m/s
30 cm	1,52 m/s	1,64 m/s	1,52 m/s	1,39 m/s	13,5 °C	1,52 m/s
60 cm	1,47 m/s	1,55 m/s	1,41 m/s	1,32 m/s	13,3 °C	1,44 m/s
90 cm	1,41 m/s	1,36 m/s	1,35 m/s	1,36 m/s	13,1 °C	1,37 m/s
120 cm	1,21 m/s	1,18 m/s	1,24 m/s	1,14 m/s	12,9 °C	1,19 m/s
150 cm	1,20 m/s	1,12 m/s	0,93 m/s	0,91 m/s	12,8 °C	1,04 m/s
180 cm	0,93 m/s	0,95 m/s	0,98 m/s	1,00 m/s	12,8 °C	0,97 m/s
210 cm	0,87 m/s	0,79 m/s	0,90 m/s	0,75 m/s	12,7 °C	0,83 m/s
240 cm	0,62 m/s	0,60 m/s	0,00 m/s	0,00 m/s	12,3 °C	0,31 m/s
				Átlag:	13,7 °C	1,51 m/s

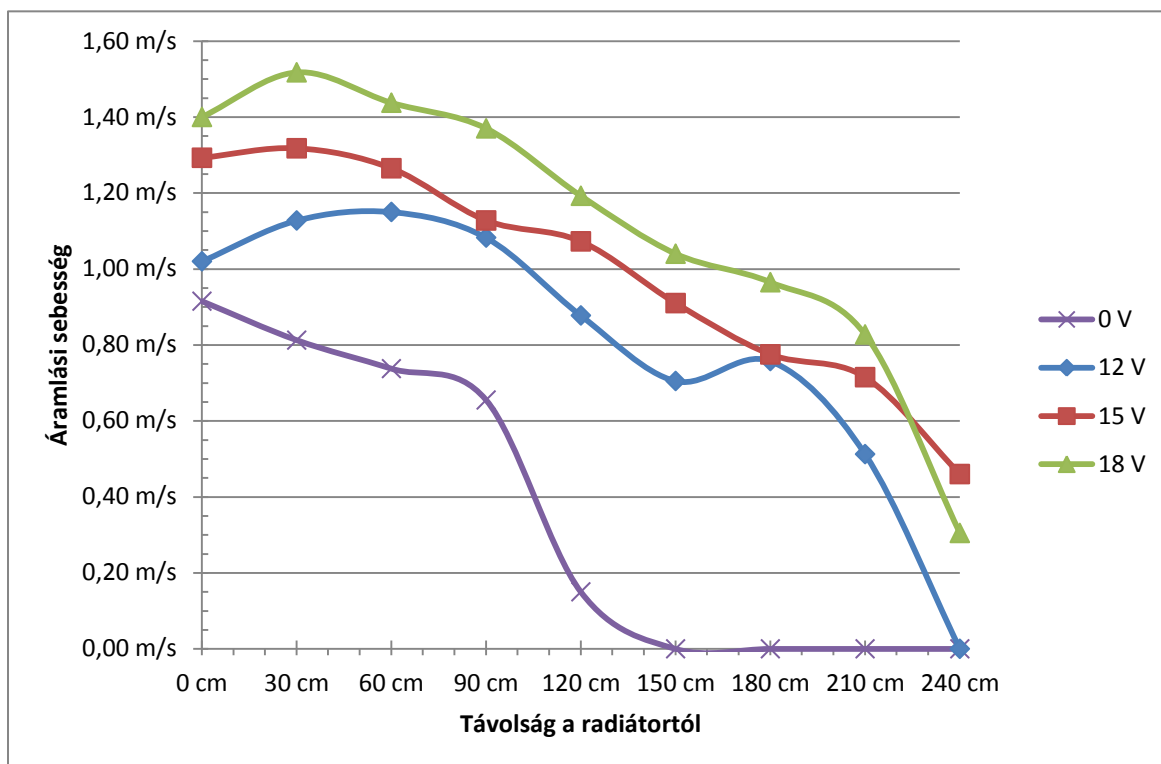
6.3.15. táblázat. A szoba és a mérőpontok mért hőmérséklete

	Feszültséggel meghajtott ventilátorokkal			
	0 V	12 V	15 V	18 V
$T_{\text{hőmérőn mért}}$	11 °C	11 °C	11 °C	11 °C
$T_{\text{hőmérőn kapott}}$	11 °C	12,5 °C	13,5 °C	14,5 °C
$T_{\text{változás}}$	0 °C	1,5 °C	2,5 °C	3,5 °C
$T_{\text{bemenő}}$	52,6 °C	52,7 °C	52,7 °C	53 °C
$T_{\text{kimenő}}$	47 °C	42,9 °C	43,7 °C	44,9 °C
$T_{\text{mérőpont}}$	46,2 °C	41,1 °C	43,3 °C	42,8 °C
T_{leadott}	5,6 °C	9,8 °C	9 °C	8,1 °C

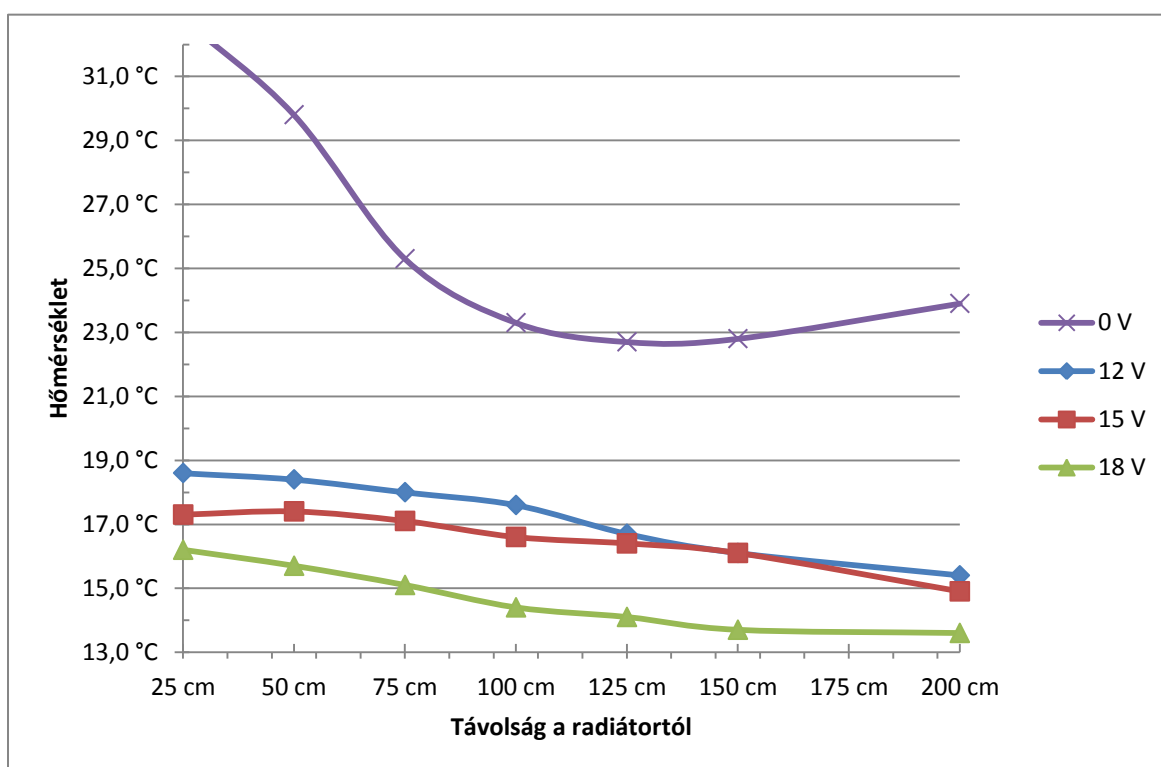
A mérési eredmények diagramokon szemléltetve:



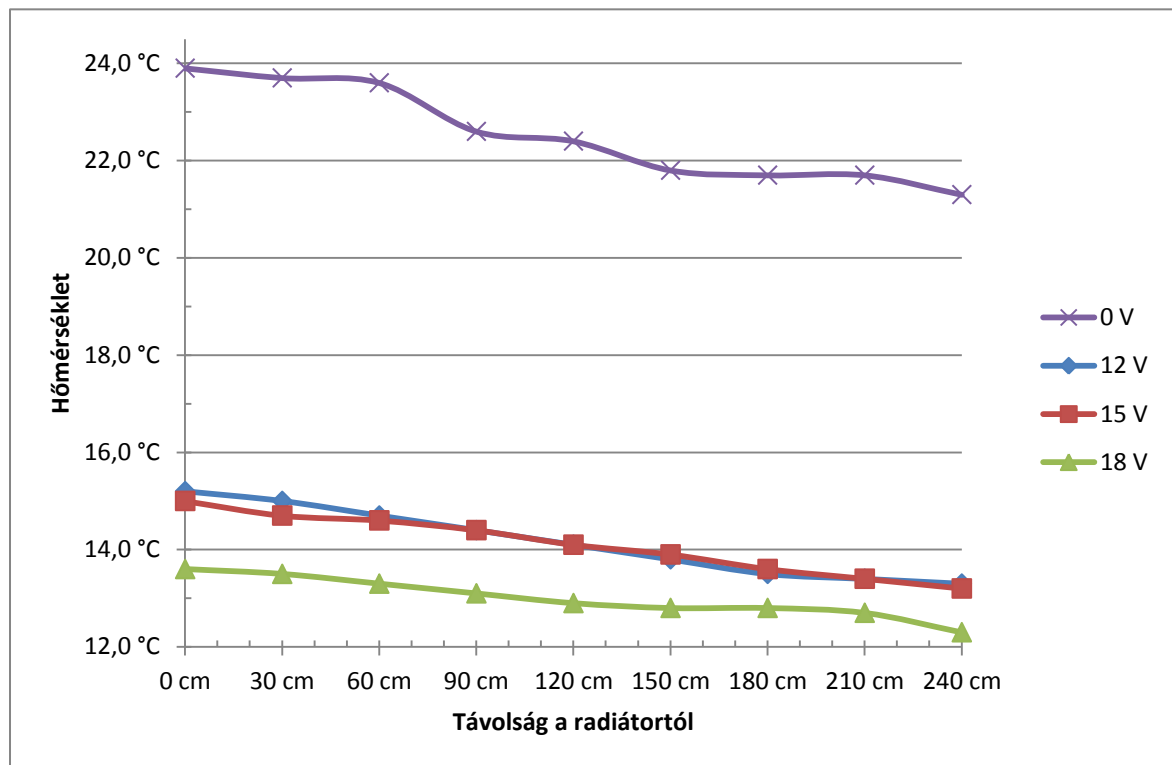
6.3.9. ábra. —ás áramlási intenzitásnál, a levegő átlagáramlási sebességei a fal mellett



6.3.10. ábra. —ás áramlási intenzitásnál, a levegő átlagáramlási sebességei a plafon alatt



6.3.11. ábra. —ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a fal mellett

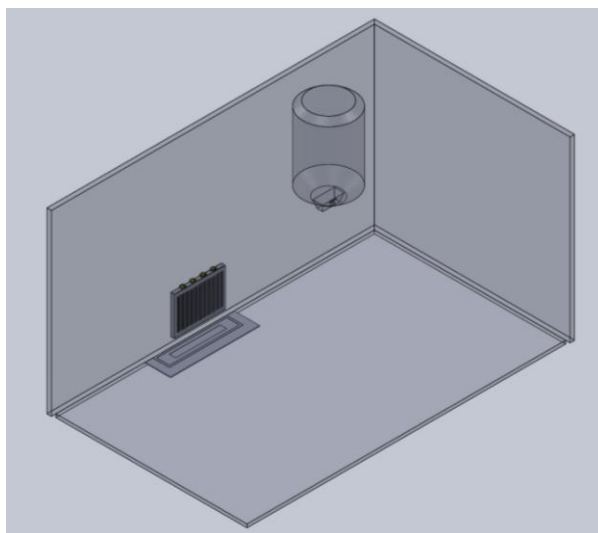


6.3.12. ábra. --ás áramlási intenzitásnál, a hőmérséklet eloszlása a plafon alatt

7. Egy kiválasztott állapot lemodellezése

7.1. A modell felvétele

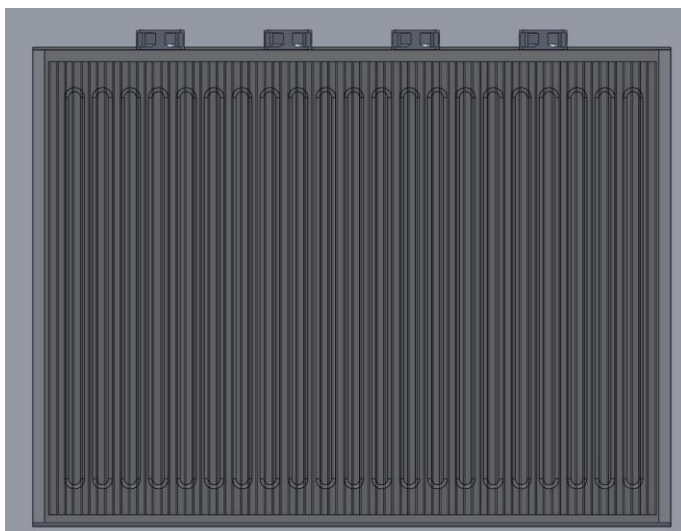
A mérési állapotaim közül a 12 V feszültséggel meghajtott és a szivattyú 1. fokozatába kapcsolt állapotot választottam ki. A modellezést SolidWorks 2011 nevű és típusú szoftverrel végeztem. A modellezést a szoba mérethű megrajzolásával kezdtem, mely a 7.1.1. ábrán látható.



7.1.1. ábra. A modellezett szoba.

A hő és áramlási modell elkészítéséhez 101325 Pa nyomást és mérésem alapján 14°C hőmérsékletet állítottam be. Az áramlási közegnek az előre definiált levegőt, a radiátor és a bojler anyagának a szintén előre definiált alumíniumot választottam. A radiátorra úgy, ahogy a mérések folyamán is volt, 4 db számítógép ventillátort helyeztem el. Ezekkel kívántam áramoltatni a levegőt, ez a 7.1.2. ábrán látható.

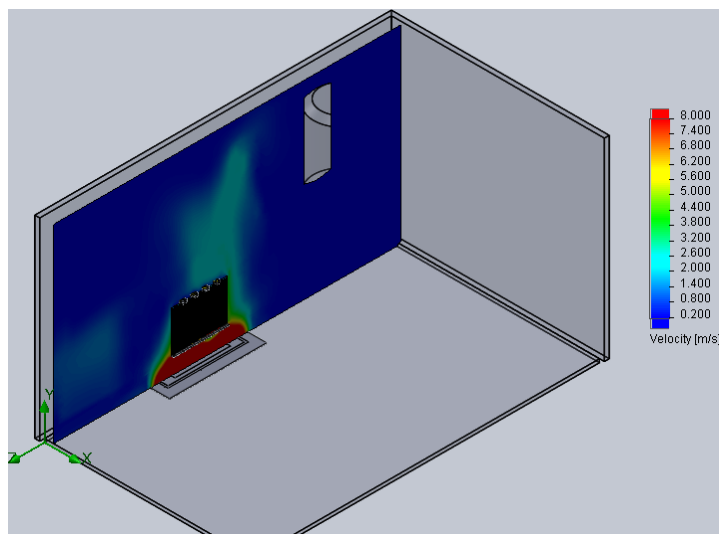
Ezek után a következő lépés a terem peremfeltételeinek beállítása volt.



7.1.2. ábra. A radiátor és a ventillátorok.

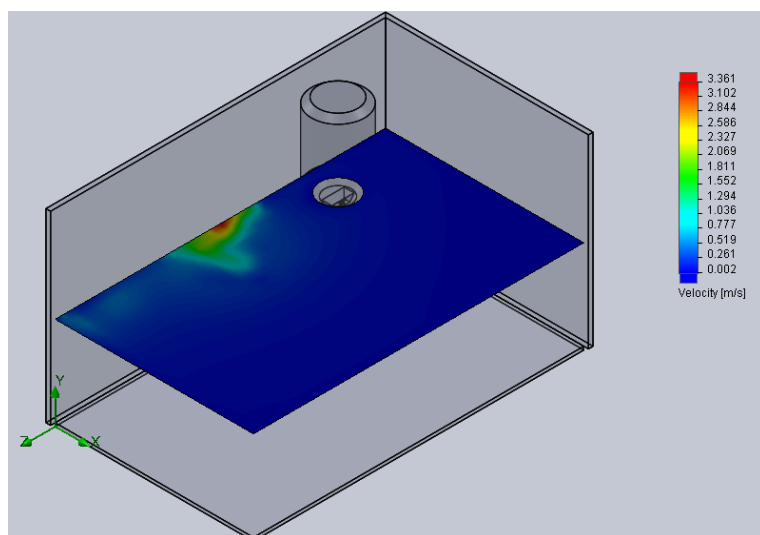
7.2. A kiszámoltatott áramlási sebességek

A lemodellezett szoba áramlási sebességeit a radiátor középsíkjában a 7.2.1. ábra mutatja.

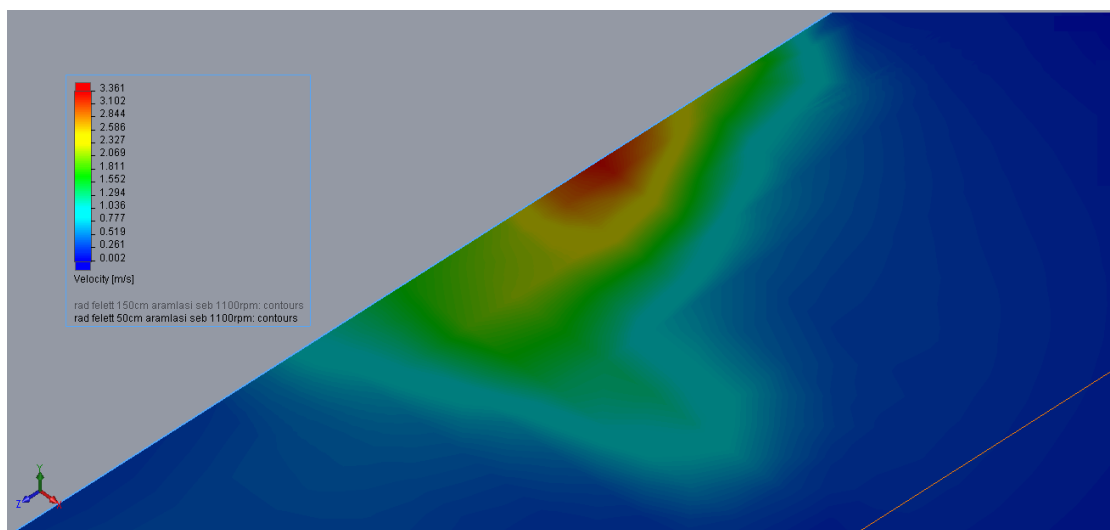


7.2.1. ábra. A radiátor közép síkjában uralkodó áramlási sebességek 0,2 és 8 m/s-os áramlási sebesség érték között.

A lemodellezett beállításaimat a mért mértékekhez úgy párosítottam, hogy a radiátor feletti 50 cm-es magasság áramlási sebességeit összehasonlítottam. Így a 6.1.10. táblázat alapján átlagosan 1,9475 m/s áramlási sebességet vártam. A beállításaimmal nagyjából ezt megtaláltam. A radiátor felett 50 cm-rel kiszámoltatott áramlási sebességek egy síkbeli metszeti képe a 7.2.2.-es ábrán található, illetve kinagyítva a 7.2.3.-es ábrán.

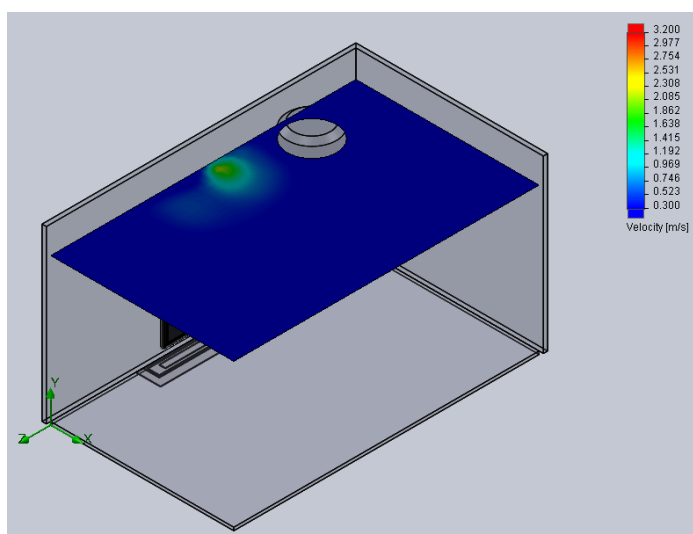


7.2.2. ábra. A radiátor felett 50 cm-rel az áramlási sebességek egy síkbeli képe.

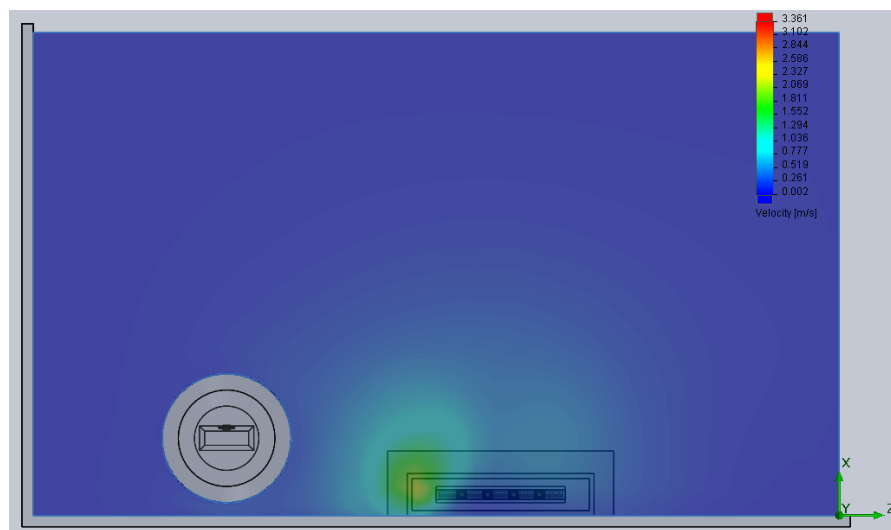


7.2.3. ábra. A 7.2.2. ábra áramlási képének nagyított változata.

Ezek után ellenőrzésként a 150 cm-es magassághoz tarozó értéket is megnéztem. Méréseim alapján ezt 1,485 m/s körülire vártam. Ezt az áramlási metszetet a 7.2.4. ábra mutatja. Ennek kinagyított képe nem olyan látványos, mint az 50 cm magasságban készítetté. Így a nagyobb, jobban szemléltető ábrát a 7.2.5.-es ábra mutatja.



7.2.4. ábra. A radiátor felett 150 cm-rel az áramlási sebességek egy síkbeli képe.

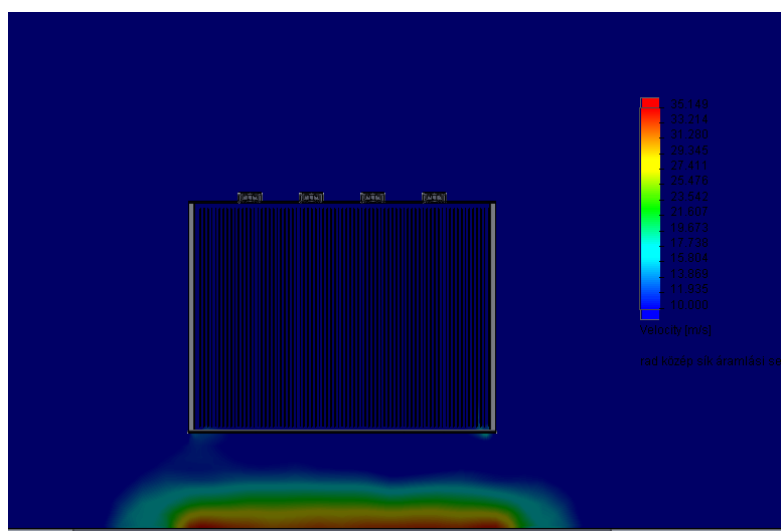


7.2.5. ábra. Az áramlási sebességek értéke 150 cm-rel a radiátor felett.

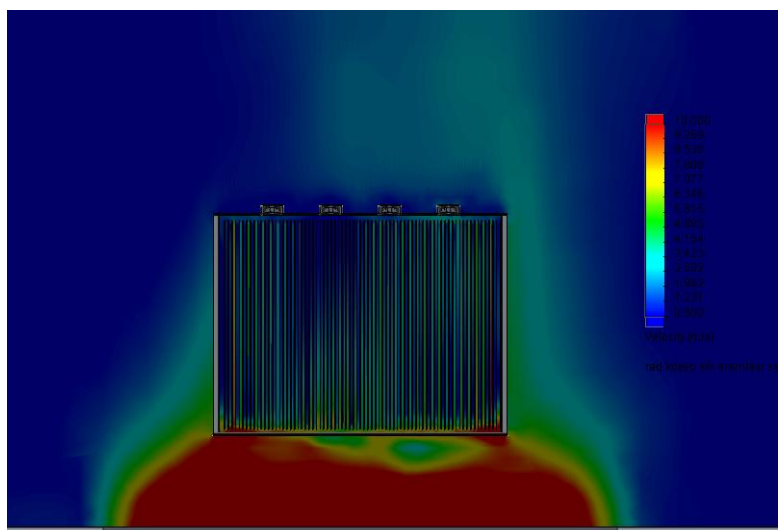
A kiszámolt értékeket elfogadhatónak találtam.

Ezek után az előlem eldugott helyeket, azaz a radiátor belsejét vizsgáltam.

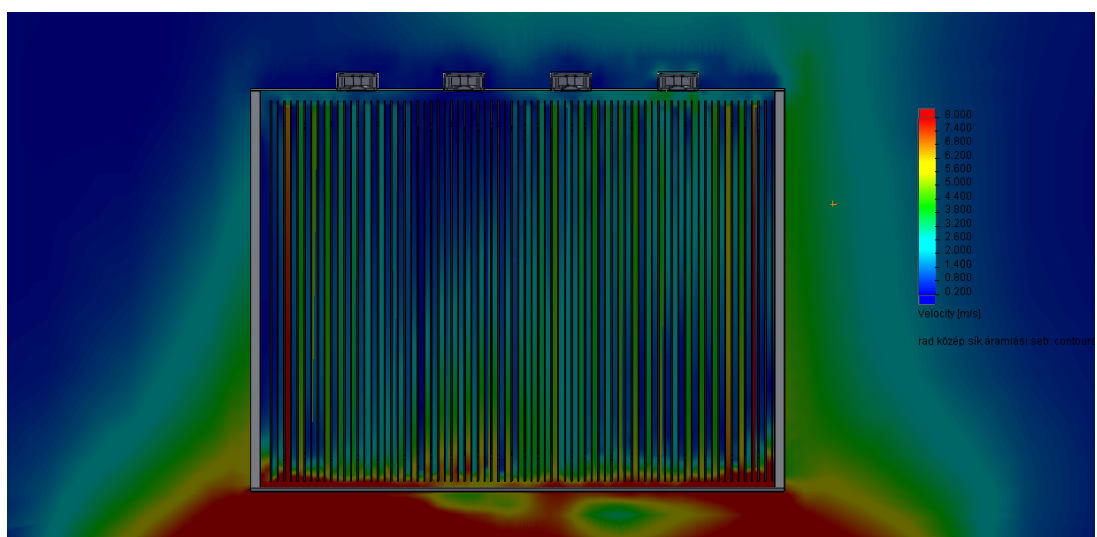
Az első képen a program által felkínált minimum és maximum áramlási sebességekkel látható az áramlási viszony, melyet a 7.2.6. ábra szemléltet. Mivel az értékek miatt nem látszik lényeges áramlás, így azokat csökkentettem 2 lépésben. Ezeket a 7.2.7. és a 7.2.8. ábrák mutatják.



7.2.6. ábra. A radiátorban és körülötte uralkodó áramlási sebességek 10-35,149 m/s-os érték között.



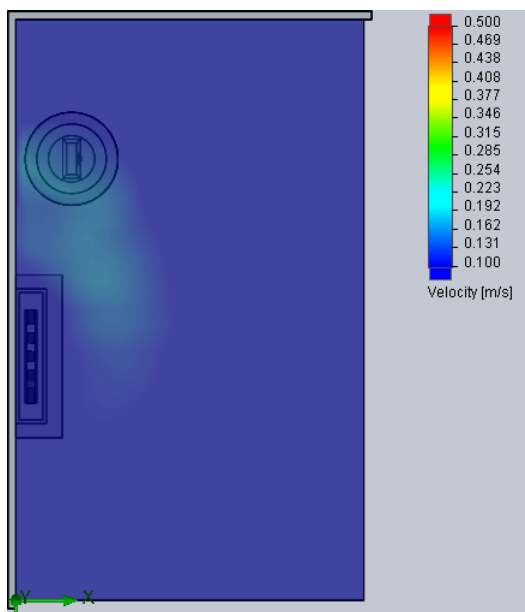
7.2.7. ábra. A radiátorban és körülötte uralkodó áramlási sebességek 0,5-10 m/s-os érték között.



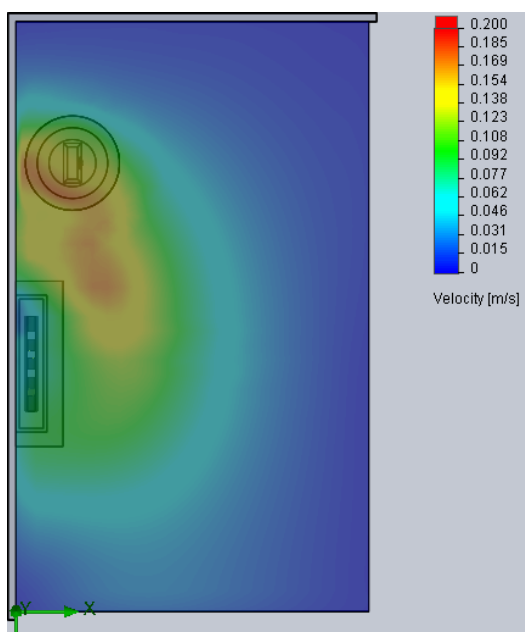
7.2.8. ábra. A radiátorban és körülötte uralkodó áramlási sebességek 0,2-8 m/s-os érték között.

Az utóbbi ábrákról megállapítható, hogy a radiátor belsejében a levegő nem egyenletesen áramlik, legnagyobb áramlási sebessége a két szélső ventilátor alatt található, ahol 1-1 „szálon” 8 m/s fölé gyorsul.

A mérések folyamán mértem a plafon alatt áramló levegő sebességét is, az ott kiszámolt eredményeket a 7.2.9. és a 7.2.10. árba mutatja.



7.2.9. árba. A plafon alatt 10 cm-rel kiszámított adatok 0,5 és 0,1 m/s-os áramlási sebességtartományban.

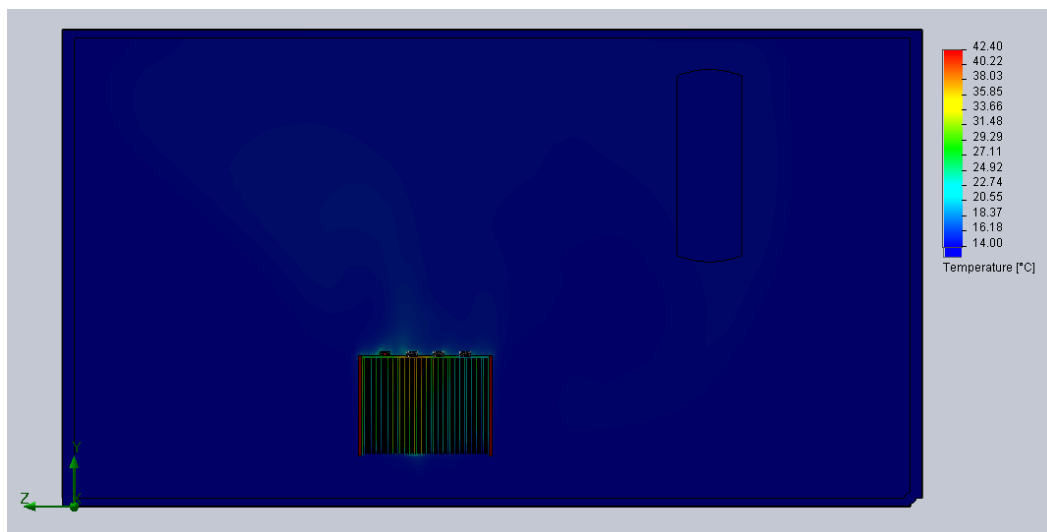


7.2.10. árba. A plafon alatt 10 cm-rel kiszámított adatok 0 és 0,2 m/s-os áramlási sebességtartományban.

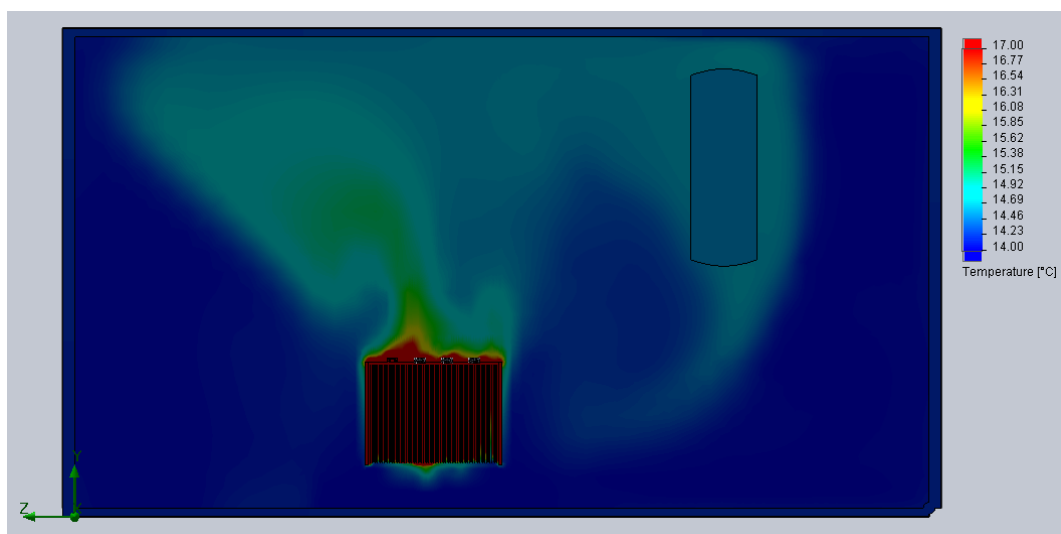
Az ábrákról megállapítható, hogy itt az áramlási sebességek nagyon alacsonyak. A legnagyobb áramlási sebesség a 4-es számú, azaz a bojlerhez legközelebbi ventilátor felett volt, mert ott a bojler befolyásolta az áramlási viszonyokat. A modell és a mért értékek nem egyeztek meg ebben az esetben egymással. A mérések során itt nem 0,3 és 0,4 m/s között volt a legnagyobb mért érték, hanem közel a dupláját mértem. A 0,6 m/s alatti tartományt a mérőműszerem nem tudta mérni, így az ebbe a tartományba modellezett eredményeket nem tudtam értékelni.

7.3. A kiszámoltatott hőmérsékletek

A méréseim folyamán a szoba hőmérsékletét is mértem. A modellezésnél így, a szobába elhelyezett radiátor hőmérsékletét az általam lemért értékre, 42,4°C-ra definiáltam. A szoba-hőmérséklet eloszlását a radiátor középsíkjában a 7.3.1. és a 7.3.2. ábrán szemléltettem.



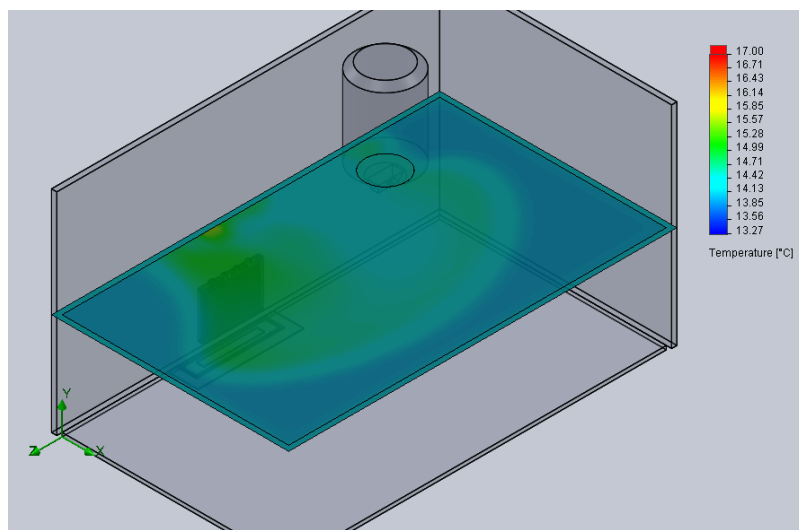
7.3.1. ábra. A szobahőmérséklet eloszlása a radiátor középsíkjában, 14 és 42,4°C közötti hőmérséklet tartományban.



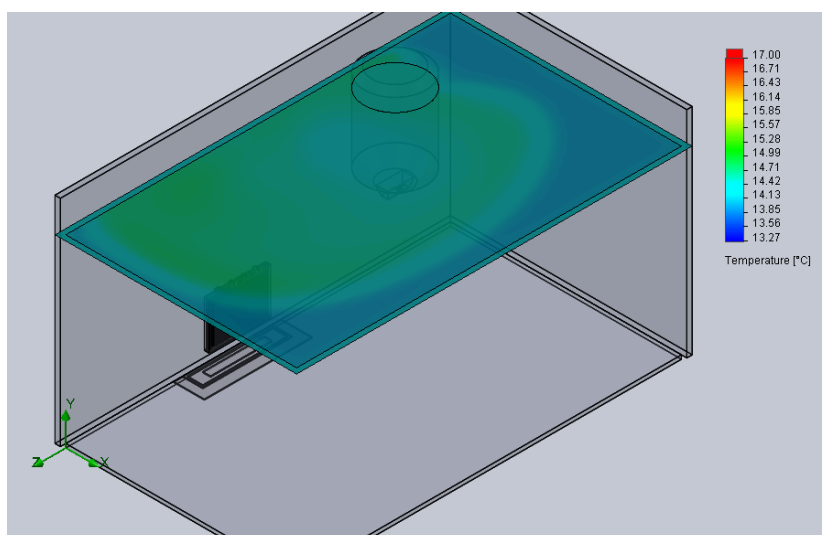
7.3.2. ábra. A szobahőmérséklet eloszlása a radiátor középsíkjában, 14 és 17°C közötti hőmérséklet tartományban.

Az ábrákon megfigyelhető, hogy a hőmérséklet megoszlása eltér az áramlási sebességek mintájától és 3-as számú ventilátor felett alacsonyabb hőmérsékletet van, mint az 1-es és 2-es számú felett.

Az előző alfejezet mintájára az 50 cm-es magasságú és a 150 cm-es magasságú sík hőmérséklet eloszlását a 7.3.3. és a 7.3.4. ábrán ismerttettem



7.3.3. ábra. A szobahőmérséklet eloszlása a radiátor tetejétől 50 cm magasságban lévő síkban.

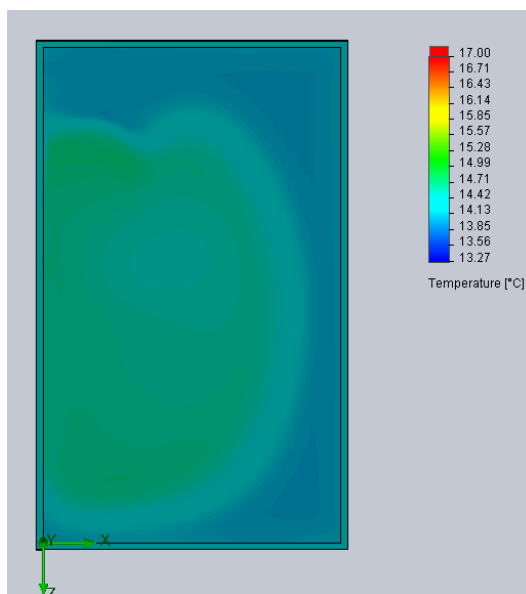


7.3.4. ábra. A szobahőmérséklet eloszlása a radiátor tetejétől 150 cm magasságban lévő síkban.

Az 50 cm-es síkban 16,5 °C, a 150 cm-es síkban 15,7 °C volt a mért értékeim átlaga. A modellemben a hőmérséklet értékek 15°C körül vannak, így ezeket a hőmérsékleteket elfogadhatónak találom.

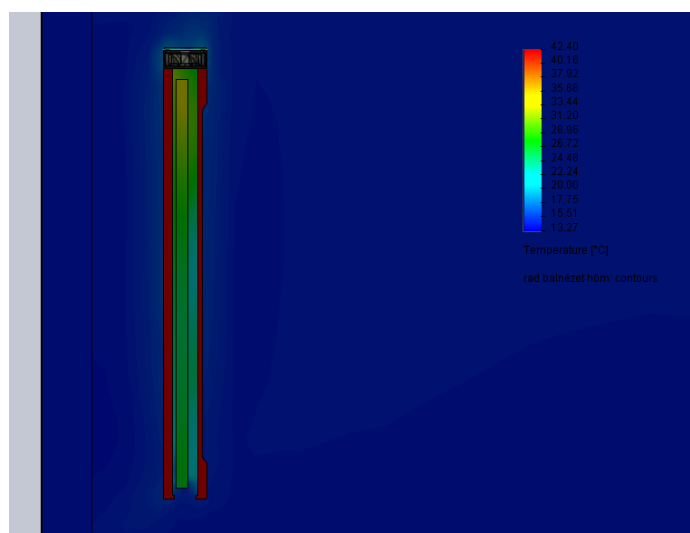
Méréseim folyamán mértem a plafon alatti hőmérsékleteket is, a kiszámított hőmérséklet eloszlási képet a 7.3.5. ábra mutatja. Itt a hőmérséklet 15,5°C és 14,7°C érték között volt. A csökkenést természetesen a radiátortól távolodva tapasztaltam.

Modellemben a kiszámított értékek zömében 15,5 és 14,1 °C között vannak, de az áramlásból kimaradó részekben ennél alacsonyabb értékeket mutat.



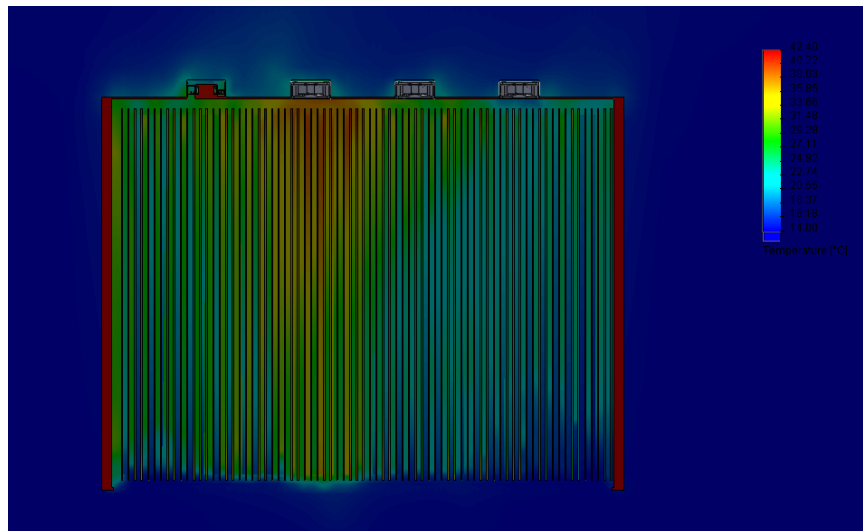
7.3.5. ábra. A plafon alatt 10 cm-re lévő sík hőmérséklet eloszlása.

További fontos hőmérsékleti metszetnek gondolom a radiátor belsejében fellépő hőmérsékletek képét, mert ezeket nem tudtam mérni. Ezt a képet a 7.3.6. ábra mutatja. Az ábrán megfigyelhető, hogy a hőmérsékleti értékek nem homogének a radiátoron belül. Ezeket az inhomogenitásokat a radiátor elejében a középtájon és alul találhatjuk. A radiátor hőmérséklete a színskálán zöld, azaz körülbelül 26-28°C fokok. Ezeken a foltokon cián illetve világoskék színűek, azaz 18-22°C között vannak.

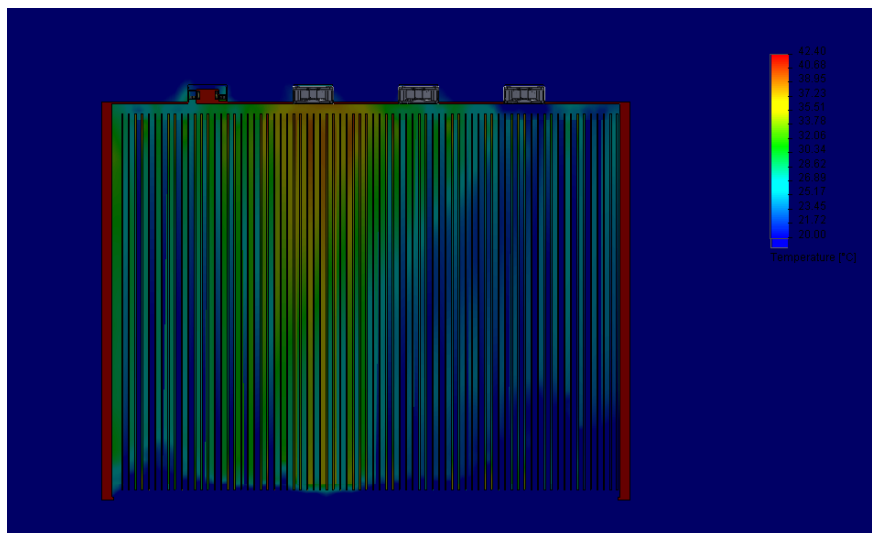


7.3.6. ábra. A radiátor belsejében, a 3-as számú ventilátor középsíkjában lévő hőmérsékletek.

A radiátor hőmérséklet eloszlását az elől nézet síkjából a 7.3.7. és a 7.3.8.-as ábrán található.



7.3.7. ábra. A radiátor középsíkjában a hőmérsékletek eloszlása, 14 és 42,4°C között.



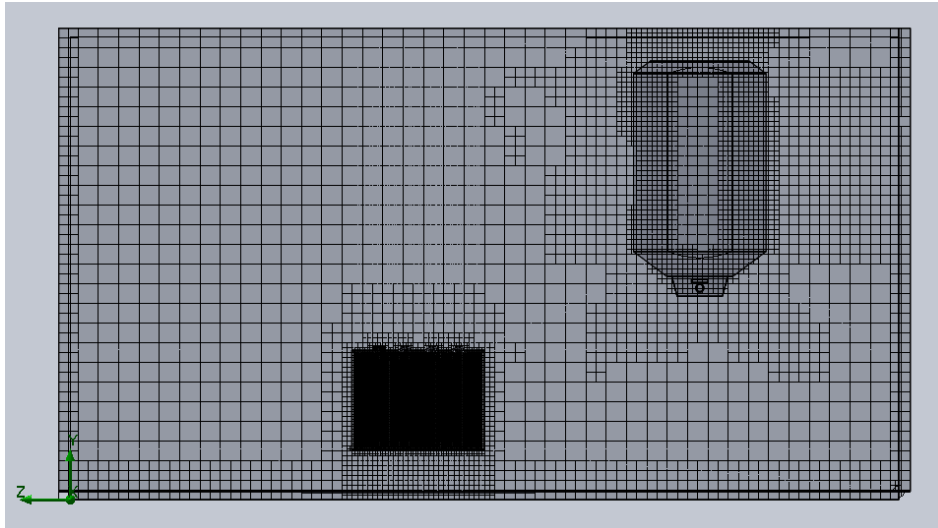
7.3.8. ábra. A radiátor középsíkjában a hőmérsékletek eloszlása, 20 és 42,4°C között.

Az képekről megállapítható, hogy a hőmérséklet eloszlása itt sem homogén. Az inhomogenitás okának a bojlert tartom, mert jelenléte befolyásolta a az áramlást és - a kontinuitás elv értelmében – a miatta keletkező kisebb áramlási térfogat nagyobb áramlási sebességet hoz létre. Így a 4-as számú ventilátor alatt a többi ventilátorhoz képest elérő nyomás van, így a hőmérséklet nem tud megrekedni ott és a teremben könnyebben szétoszlik.

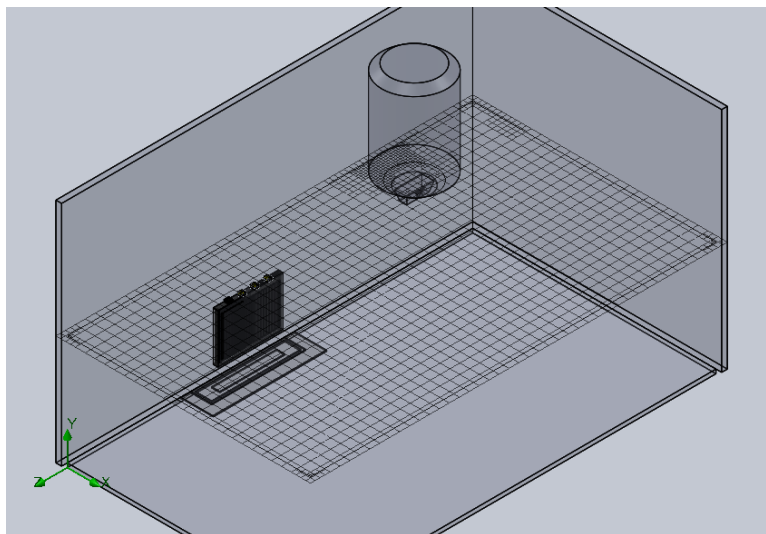
7.4. A számításához használt háló

A SolidWorks áramlási szoftvere 7 különböző hálózási szintet tud automatikusan készíteni. Én a számítógépen technikai szintje miatt, maximum az 5-ös hálózást tudtam beállítani, mert a többi kettő fokozathoz kevés volt a számítógémem memóriája.

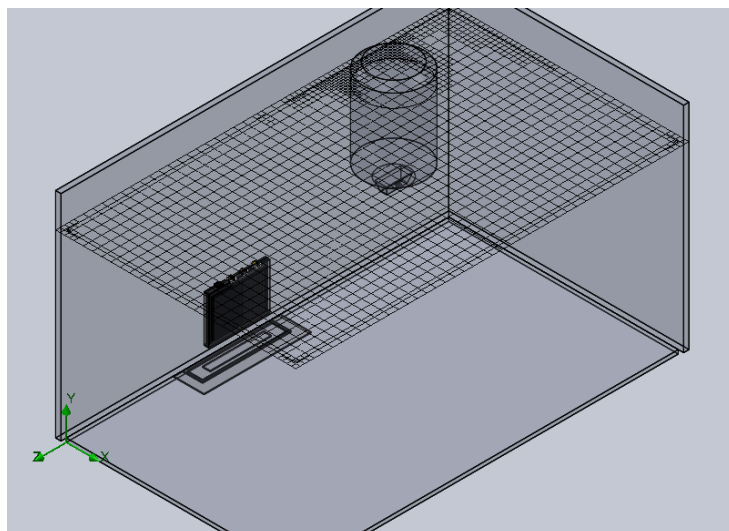
Az így kalkulált hálókat a 7.4.1.-7.4.6.-ös ábráig mutatom be.



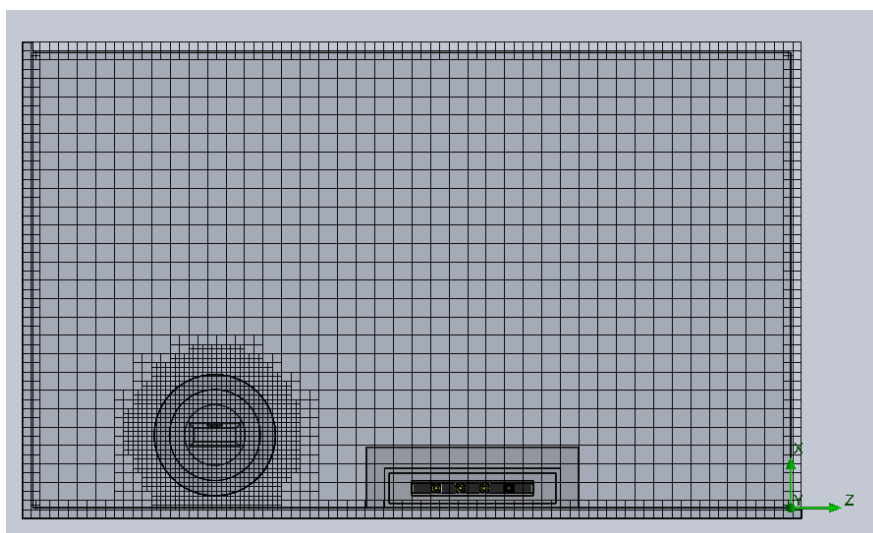
7.4.1. ábra. A radiátor közepének síkjában készített hálózás képe.



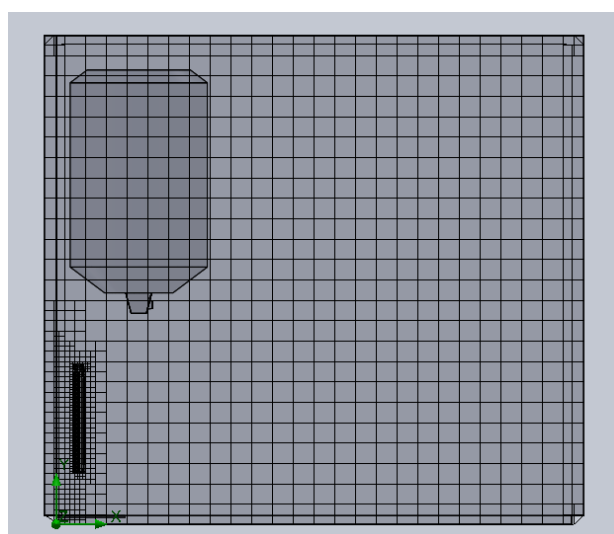
7.4.2. ábra. A radiátor tetejétől 50 cm-re készített sík hálózatainak képe.



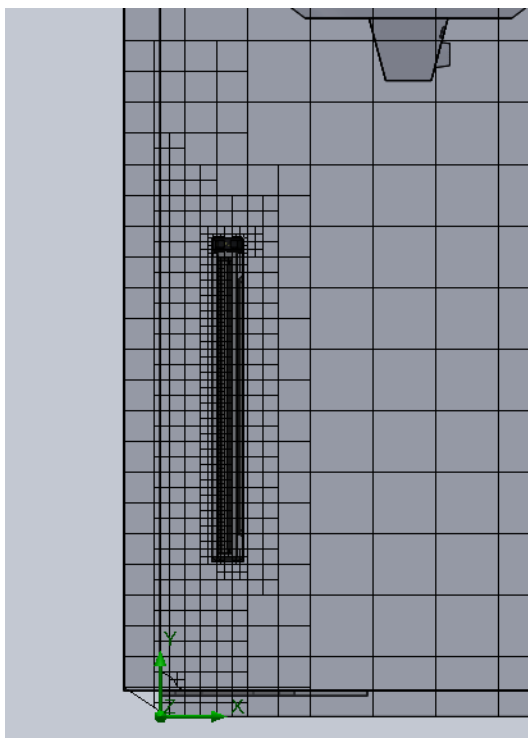
7.4.3. ábra. A radiátor tetejétől 150 cm-re készített sík hálózatának képe.



7.4.4. ábra. A plafontól 10 cm-re készített sík hálózatának képe.



7.4.5. ábra. A 3-as számú ventilátor középsíkjában generált hálózás.

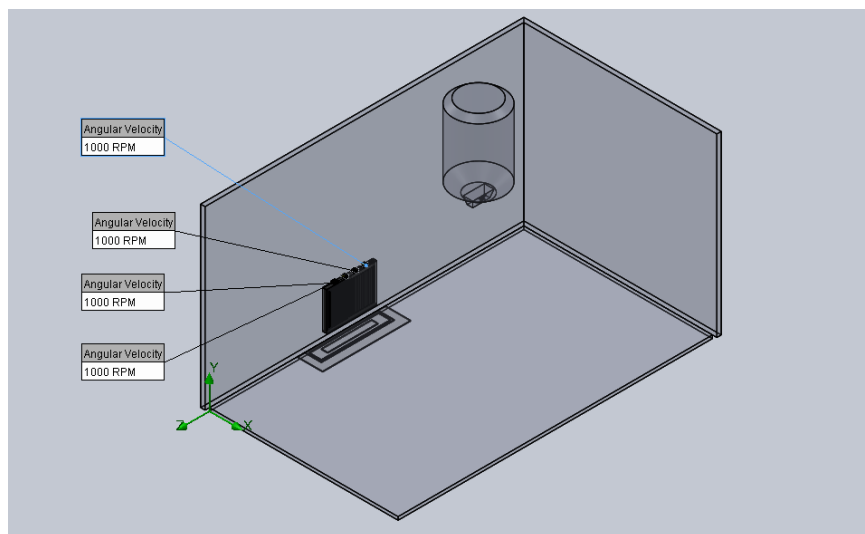


7.4.6. ábra. A 3-as számú ventilátor középsíkjában generált hálózás kinagyított képe a radiátor környezetében.

A hálózásokon megfigyelhető, hogy minden esetben a műtárgyak (radiátor, bojler, fal) közelében sűrűbbek, mint az „üres” térben.

7.5. A modellezés hibái

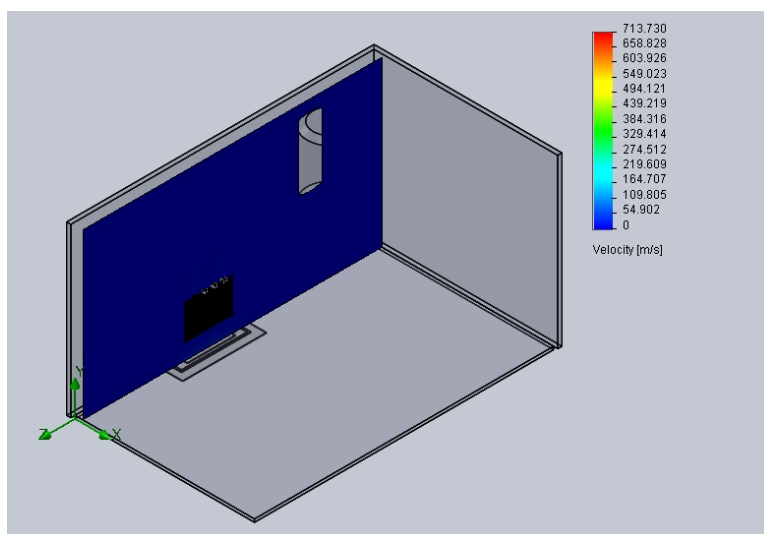
Természetesen a modell a valóság egy leegyszerűsített része, így a modellemből hiányoznak a bojler a radiátorral összekötő csövek, a tágulási tartály, a szivattyú és a bennük áramló víz. Illetve a modellem egyes paramétereiben nem tükrözik a valóságot. Ilyen a radiátorokra ráhelyezett ventilátor, melynek 2200 RPM-mel kellene üzemelnie, de a modellben ennek a felével, csupán 1100 RPM-mel működik és adja vissza a kívánt értékeket.



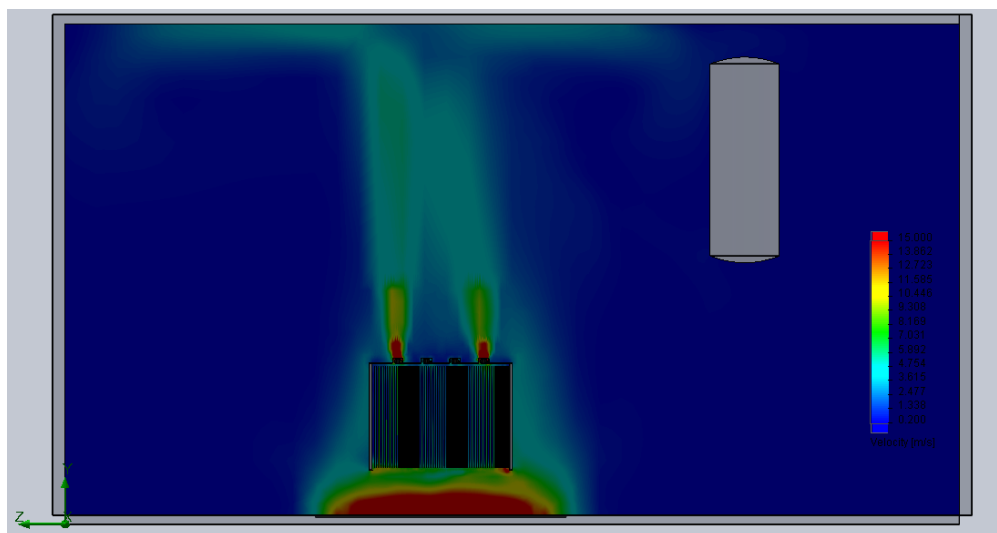
7.5.1. ábra. A ventilátorok sebesség értékei.

Továbbá az egyes értékek „keresgelése” közben megfigyelhető volt az, hogy a valóságban nehezen elképzelhető dolgokat is kiszámolt. Ilyen volt az 1000 RPM-hez tartozó számítások. A modellben csak az említett forgási sebességeket módosítottam (7.5.1. ábra), a többi értékhez nem nyúltam.

A 7.5.2. ábrán látható, hogy a kapott sebességi értékek maximuma 713,73 m/s. Ez az értéket a mérete miatt sajnos az modellben nem találtam meg, így az ábrázoláshoz egy alacsonyabb maximális értéket választottam, a 15 m/s-ot. Ennek a képét a 7.4.3.-as ábra mutatja. A képen megfigyelhető, hogy ennél az értéknél a két középső ventilátor nem működött. Kinagyítva a radiátort (7.5.4.-es ábra) megállapítható, hogy a két középső ventilátor alatt sem volt számottevő áramlási sebesség.

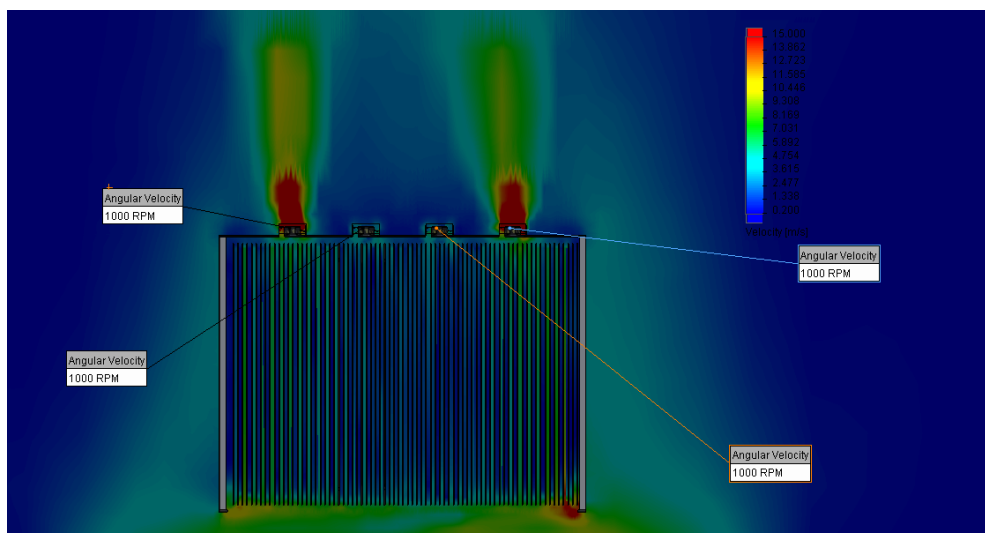


7.5.2. ábra. A kapott áramlási sebességek.



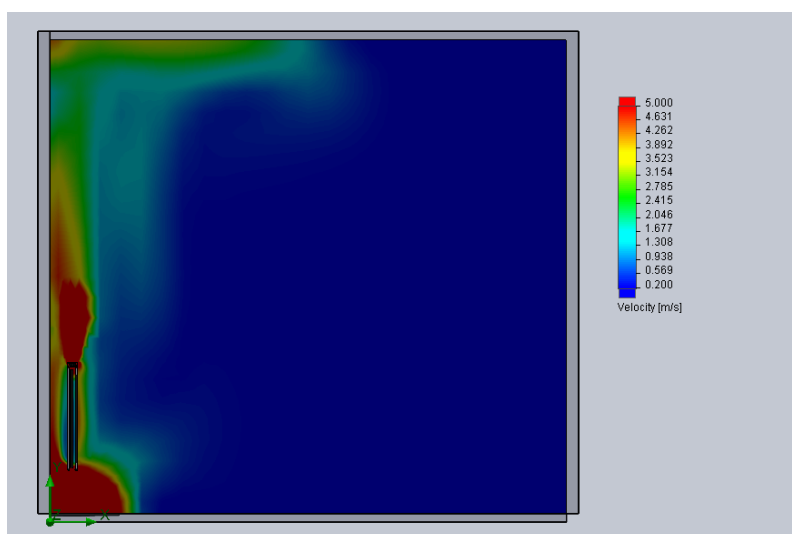
7.5.3. ábra. 0,2 és 15 m/s közötti áramlási sebességek.

Megfigyelhető a 7.5.3.-as ábrán, hogy a bojler jelenléte itt is befolyásolja az áramlási képet, balra, azaz magától eltolja.



7.5.4. ábra. 0,2 és 15 m/s közötti áramlási sebességek a radiátorban és annak közvetlen környezetében.

A modellen megfigyelhető volt az, hogy az áramlási képe hasonlított az előző fejezetben bemutatottéhoz, és a bal nézeti képen a radiátor mögött a fal mellett is volt áramlás. Ennek a nézetnek a képe a 7.5.5.-ös ábrán található.

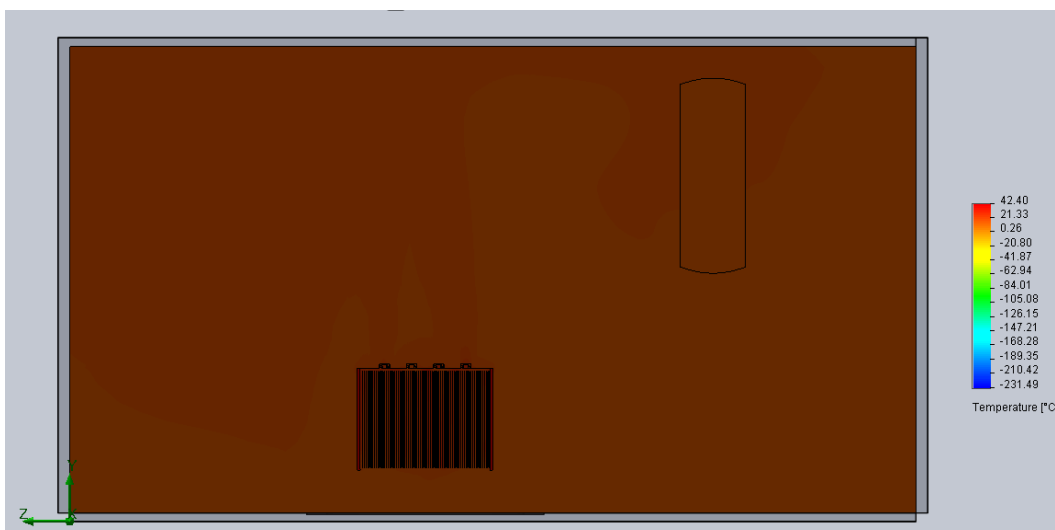


7.5.5. ábra. Az áramlási sebességek a 4. ventilátor bal nézeti síkjában ábrázolva.

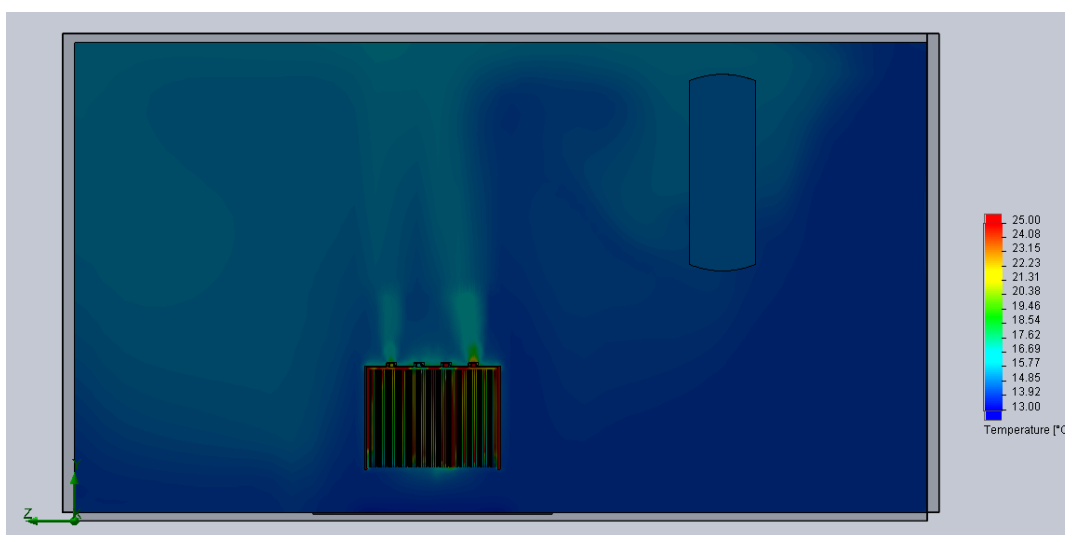
Ezeknél az áramlási képeknél sokkal meglepőbb értékeket találtam a hőmérséklet eloszlási metszeteken. A 7.4.6-os ábrán a radiátor középsíkjának hőmérséklet eloszlása látható előlnézetből.

Megfigyelhető az ábrán, hogy a valóságban nem feltétlenül fordul elő az, hogy a radiátorra ráhelyezett ventilátor forgási sebességét 1100-ról 1000 fordulat/perc értékre lecsökkentve, azaz kb. 9%-kal csökkentve a hőmérsékleti minimum leesik -271,49°C-ra.

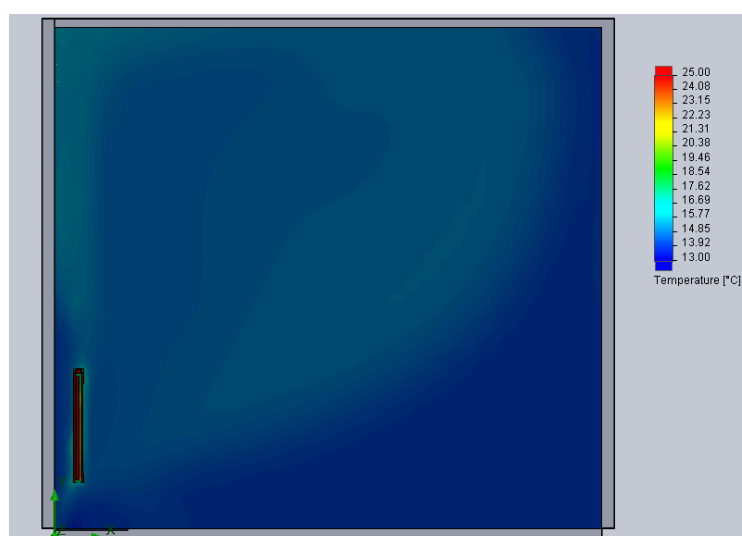
Ezt a hibát némileg szűrve, s beállítva a 13-25°C-os értéket a hőmérséklet eloszlást a kapott ábra a 7.5.7-es ábrán található. Ugyanezek értékek között baloldaltól nézve a 4. ventilátor közepének síkjában a hőmérséklet eloszlás a 7.5.8-as ábrán található.



7.5.6. ábra. Az 1000 RPM értékhez kapott hőmérséklet eloszlások előlnézetből.



7.5.7. ábra. A hőmérséklet eloszlás 13 és 25°C között.



7.5.8. ábra. A hőmérséklet eloszlása a 4. ventilátor középtengelyén bal nézeti irányból.

7.6. A modellezés értékelése

A numerikus modellalkotást hasznosnak találom, mert egy megfelelő teljesítményű számítógéppel és a megfelelő adatokkal gyorsabban tud dolgozni bizonyos esetekben, mint egy mérő csapat. A modellalkotás lényege, hogy a valóságot leegyszerűsítve esetlegesen gyorsabban, részletesebben, nem vagy csak nehezen megközelíthető helyekről szignifikáns eredményeket kapjunk.

De a modellalkotást csak kellő körültekintéssel szabad használni, mert egy nem feltétlenül hibás paraméter is képes azt a pillangó hatás alapján nagyban eltorzítani, mint ahogy azt a 7.5-ös fejezetben be is mutattam.

Esetemben a rajzolási és beállítási időtől eltekintve 5-6 óra alatt számította ki a szoba áramlási és hőmérsékleti értékeit. Mikor a méréseket végeztem, egyedül 3-4 óra alatt mértem le az áramlási sebességeket és a hőmérsékleteket, mikor a mérőtársammal mértem akkor körülbelül 3 óra alatt végeztünk vele. De a mérés nem ennyi ideig tartott – szintén eltekintve a szoba összeszereléséhez szükséges időtől, illetve a radiátorcsere és az egyéb fellépő kisebb időtöbbletektől – mert, a szoba felfűtéséhez is szükség volt néhány órára.

Így megítélésem szerint a numerikus modellizáció az általam használt, és az annál kisebb hálózati szintek esetén gyorsabb, mint a mérések elvégzése. De a méréseim nélkül a modellt nem tudtam volna elkészíteni, mivel a modellt a mért értékekhez állítottam be és a végeredmények között a mért értékeket kerestem.

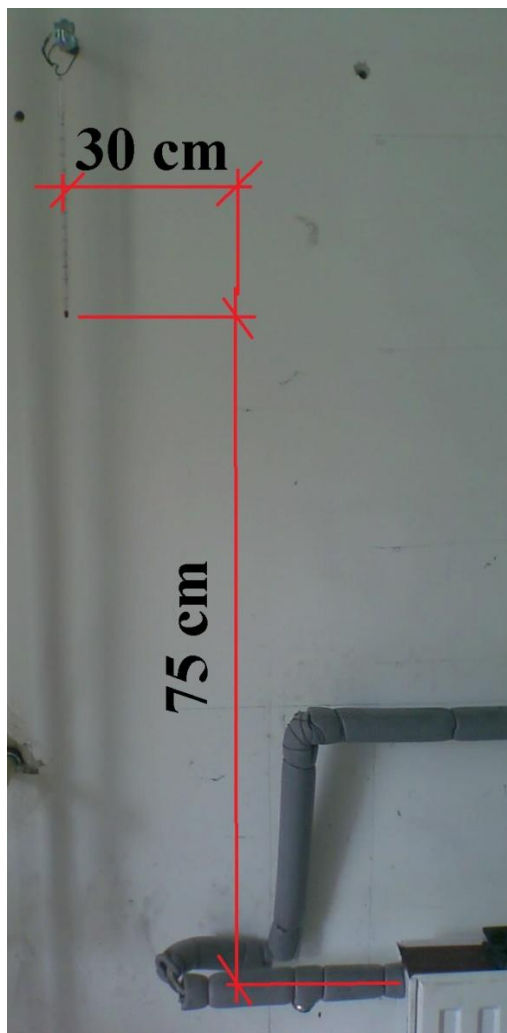
8. A mérések kiértékelés

8.1 A ventillátorok felfelé fújó állásban

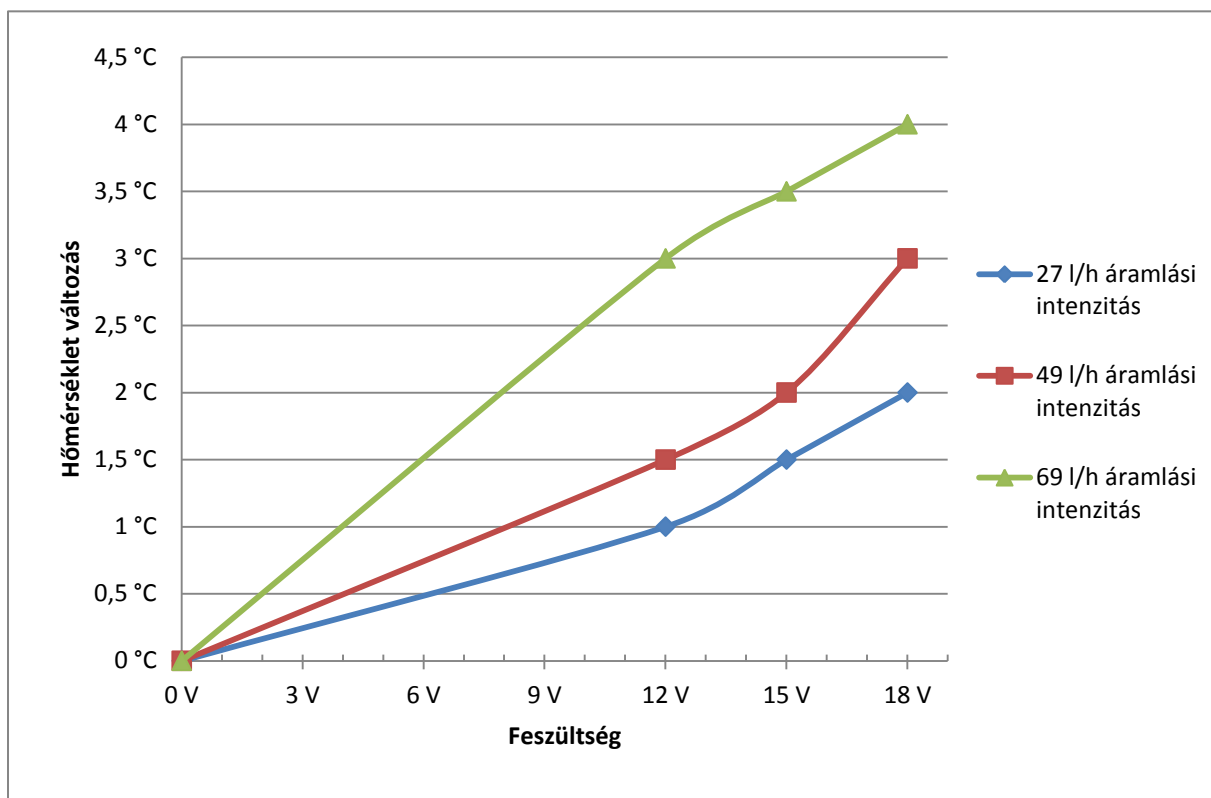
A levegő áramlási sebességét mutató diagramokról leolvasva megállapítható, hogy a legnagyobb áramlási sebességet 18 V-os feszültséggel meghajtott állapotban adták le a ventillátorok, így a szoba ekkor melegedett fel a leghamarabb.

A hőmérsékleteloszlásokat ábrázoló diagramokon meglepő módon 0 V-os feszültségnél – azaz amikor a radiátorról levettük a ventillátorokat – lehetett mérni a legnagyobb hőmérsékletet. Ennek oka, hogy a keletkezett hő megrekedt a fal mellett, és nem áramlott szét a szobában.

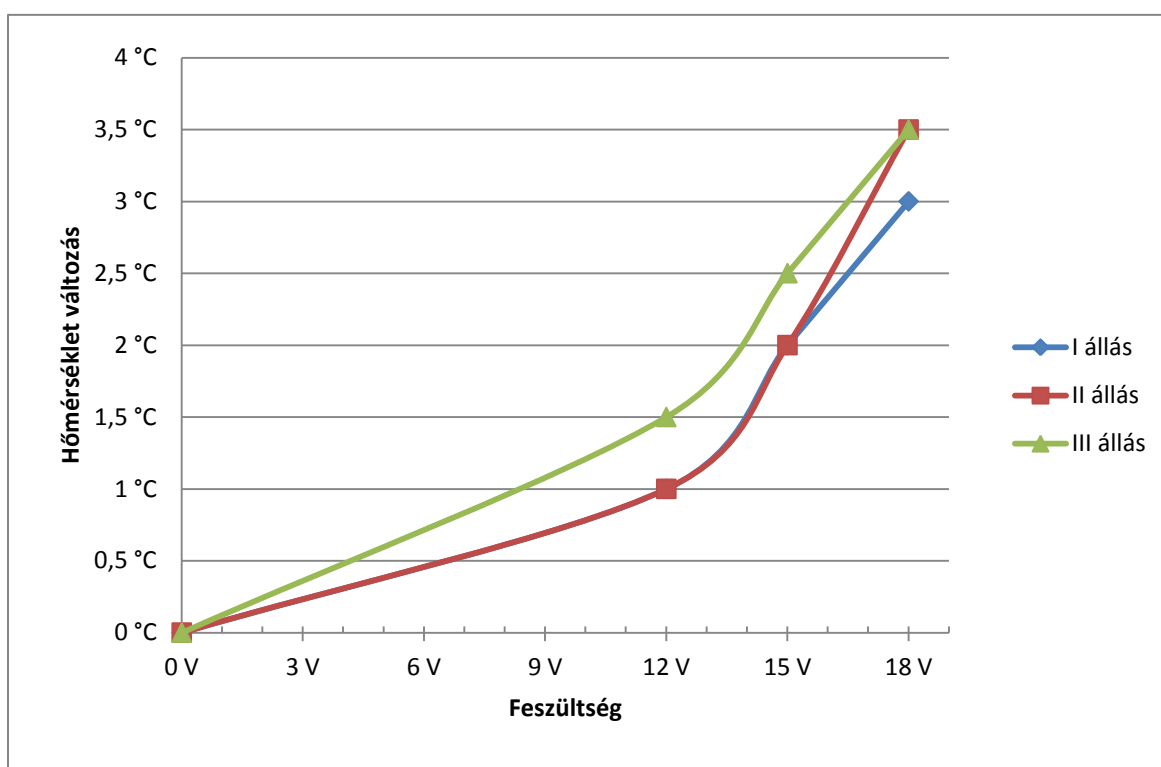
Ezért elhelyeztünk egy egyszerű hőmérőt is a szobában – a radiátortól 30 cm-rel balra, és 75 cm-rel magasabbra (8.0.1. ábra) – és az ott mért hőmérséklet növekedését is figyelemmel kísértük (8.0.2-3. ábra).



8.0.1. ábra. A hőmérő helyzete



8.0.2. ábra. A szobai hőmérőn mért hőmérsékletváltozás, a nagyobb belső felületű radiátorral



8.0.3. ábra. A szobai hőmérőn mért hőmérsékletváltozás, a kisebb belső felületű radiátorral

A diagramokról leolvasható hogy minél nagyobb az áramlási intenzitás, illetve minél nagyobb a ventilátorokra kapcsolt feszültség, annál magasabb a szoba hőmérséklet változása.

A két diagramot összehasonlítva eltérő hőmérsékleteket mértünk, a különböző hőmérsékleteket százalékosan kiértékelve a következő táblázatot kaptuk:

8.1.1-es táblázat. A kettő különböző radiátor által létrehozott hőmérsékletváltozások aránya

	27 l/h áramlási intenzitás	49 l/h áramlási intenzitás	69 l/h áramlási intenzitás
0 V	-	-	-
12 V	100,00%	150,00%	200,00%
15 V	75,00%	100,00%	140,00%
18 V	66,67%	85,71%	114,29%

A százalékszámításnál a nagyobb belső felületű radiátor hőmérsékletváltozását osztottuk a kisebbével. A kapott eredményekből megállapítható, hogy, a nagyobb belső felületű radiátor, méréseink szerint három helyen kisebb, két helyen azonos és négy mérési pontban nagyobb hőmérsékletváltozást hozott létre, a kisebb belső felületű radiátorénál.

8.1.1 Teljesítmény leadás a ventilátorok felfelé fújó állásában

A radiátor által a teremnek leadott teljesítmény függ a ventilátorokkal mozgatott levegő sebességétől. Az így kialakult hatásfok javulás meghatározása volt munkánk fő célja.

A radiátor leadott teljesítményét a rajta keresztül áramló víz által szállított teljesítmény változásával mérhetjük le. Ha eltekintünk a víz sűrűségének hőmérséklet függésétől, akkor a radiátoron leadott teljesítményt az alábbi formula adja:

Az egyenletben a P a teljesítmény, Q_v az áramló víz áramlási intenzitás, Δt a hőmérséklet változás, ρ a sűrűség, c_v a fajhő.

A fajhő (c_v) 4184 —, a sűrűség (ρ) 1000 —.

Az adatokból számított eredmények a 8.1.2-es táblázatban láthatók.

8.1.2. táblázat. A leadott teljesítmények

	A szivattyú 1-es állásban	A szivattyú 2-es állásban	A szivattyú 3-as állásban
Ventilátor nélkül	423,60 W	541,00 W	945,06 W
12 V feszültséggel meghajtva	577,39 W	657,76 W	726,97 W
15 V feszültséggel terhelve	599,36 W	683,39 W	872,36 W
18 V feszültséggel terhelve	461,29 W	660,61 W	1033,92 W

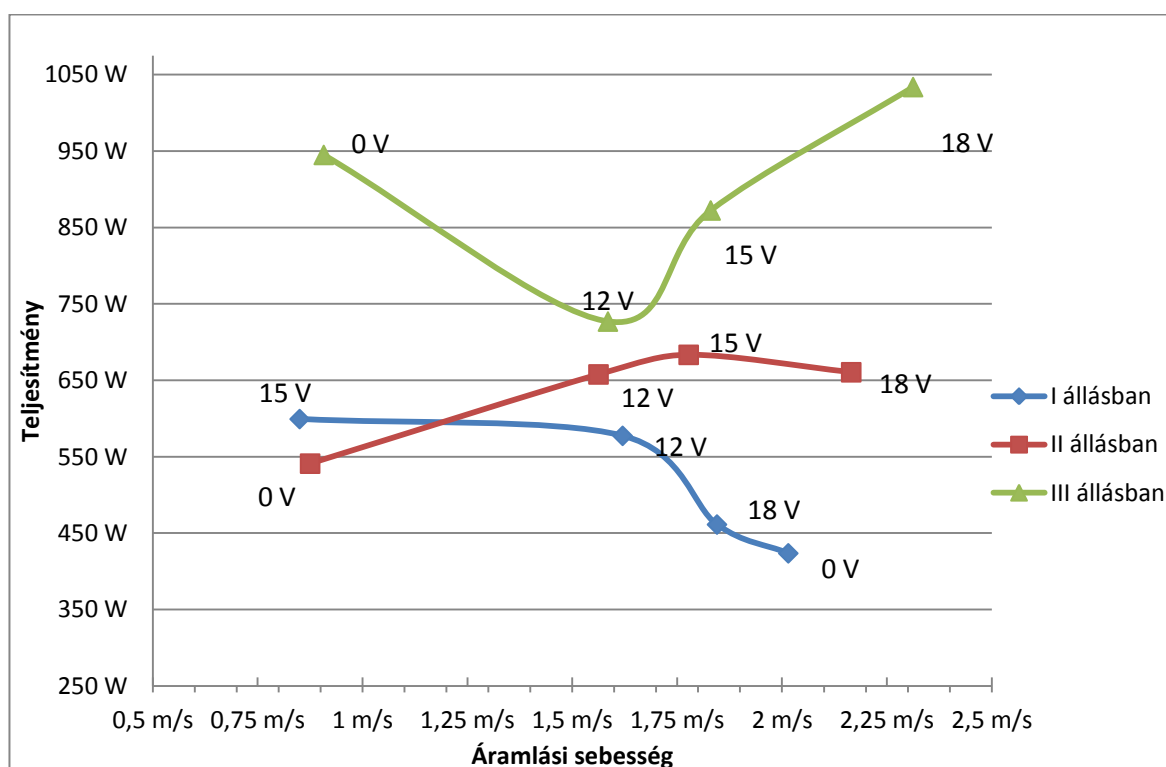
8.1.3-es táblázat. A számított teljesítmények százalékos változása az alapállapotokhoz képest

	A szivattyú 1-es állásban	A szivattyú 2-es állásban	A szivattyú 3-as állásban
Ventilátor nélkül	423,60 W	541,00 W	945,06 W
18 V feszültséggel terhelve	461,29 W	660,61 W	1033,92 W
%-os változás a ventilátor nélküli állapothoz képest	108,90%	122,11%	109,40%
%-os változás a I állásban lévő szivattyú, ventilátor nélküli állapothoz képest	108,90%	155,95%	244,08%

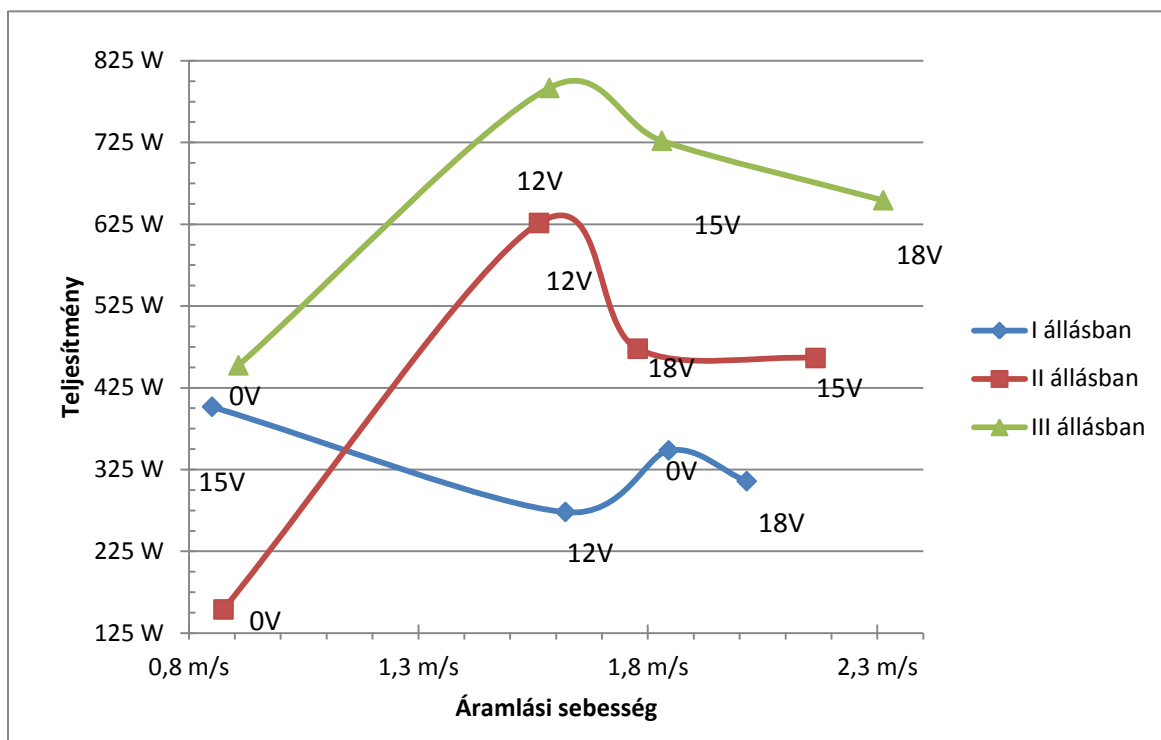
A 8.1.3.-as táblázatban számított adatok alapján az alapállapothoz képest (ekkor a szivattyú a legkisebb állásába volt, a ventilátorok nem mentek), 8,9%-kal nagyobb teljesítményt adott le a radiátor, a 4 db 18 V-os feszültséggel meghajtott ventilátor hatására.

Valamint 144,08%-kal nagyobb teljesítmény adott le az alapállapothoz képest, a 3-as állásban lévő szivattyú, 18 V-os feszültséggel meghajtott ventilátorokkal.

Teljesítmény leadás a levegő áramlási sebessége alapján, úgy hogy a sebességeket a radiátor tetejétől 75 cm-re mértük le:

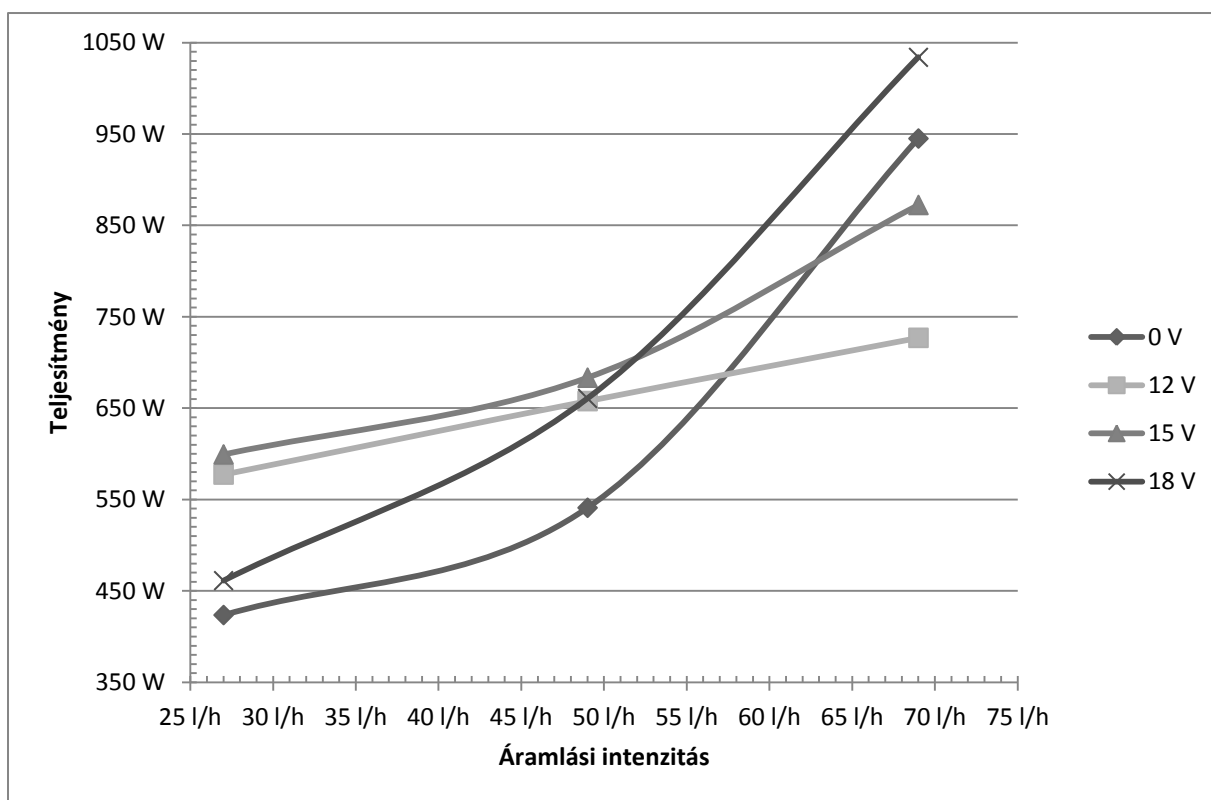


8.1.1. ábra. Teljesítmény leadás, a levegőáramlási sebessége alapján (a radiátor tetejétől 75 cm-re)

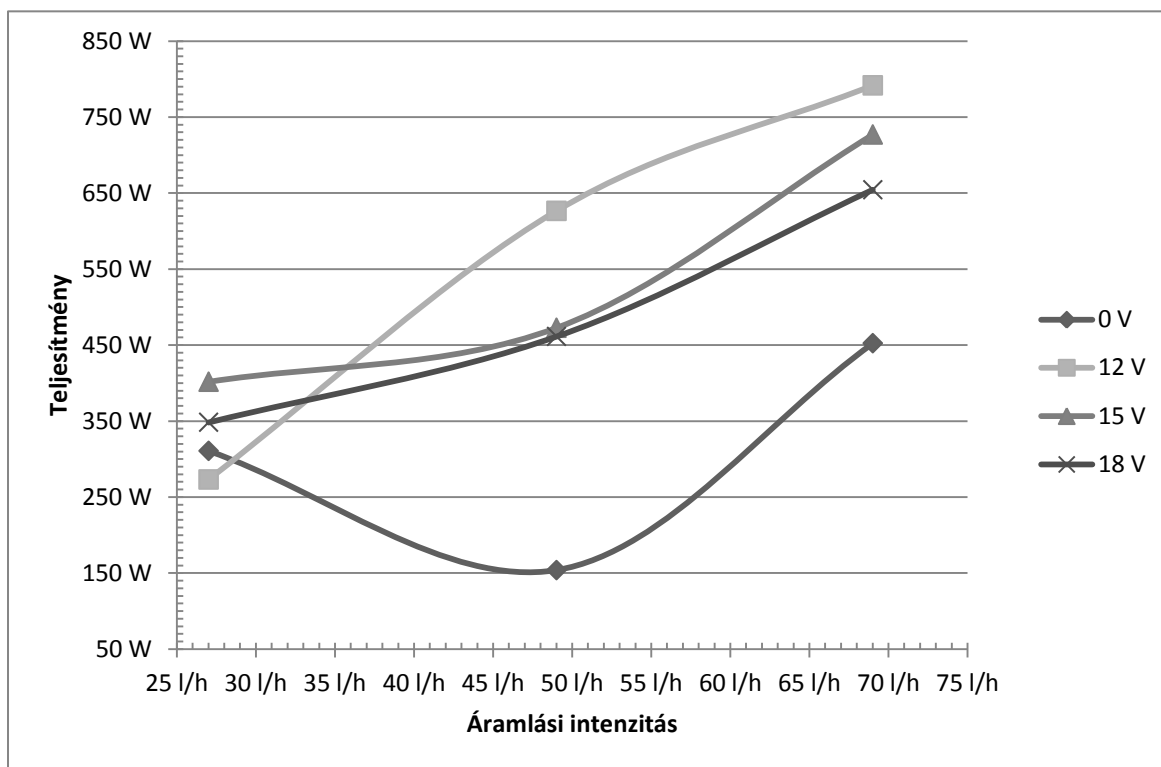


8.1.2. ábra. Teljesítmény leadás, a levegőáramlási sebessége alapján (a radiátor tetejétől 75 cm-re).

A víz áramlási intenzitás függvényében:



8.1.3. ábra. Teljesítmény leadás az áramlási intenzitás alapján



8.1.4. ábra. Teljesítmény leadás az áramlási intenzitás alapján, a kisebb belső felületű radiátoron.

A „8.1.3-4. ábra” diagramról leolvasható, hogy minél nagyobb az áramlási intenzitás, illetve a ventilátorokra kapcsolt feszültség, annál nagyobb a leadott teljesítmény.

8.2 A ventilátorok lefelé fújó állásban

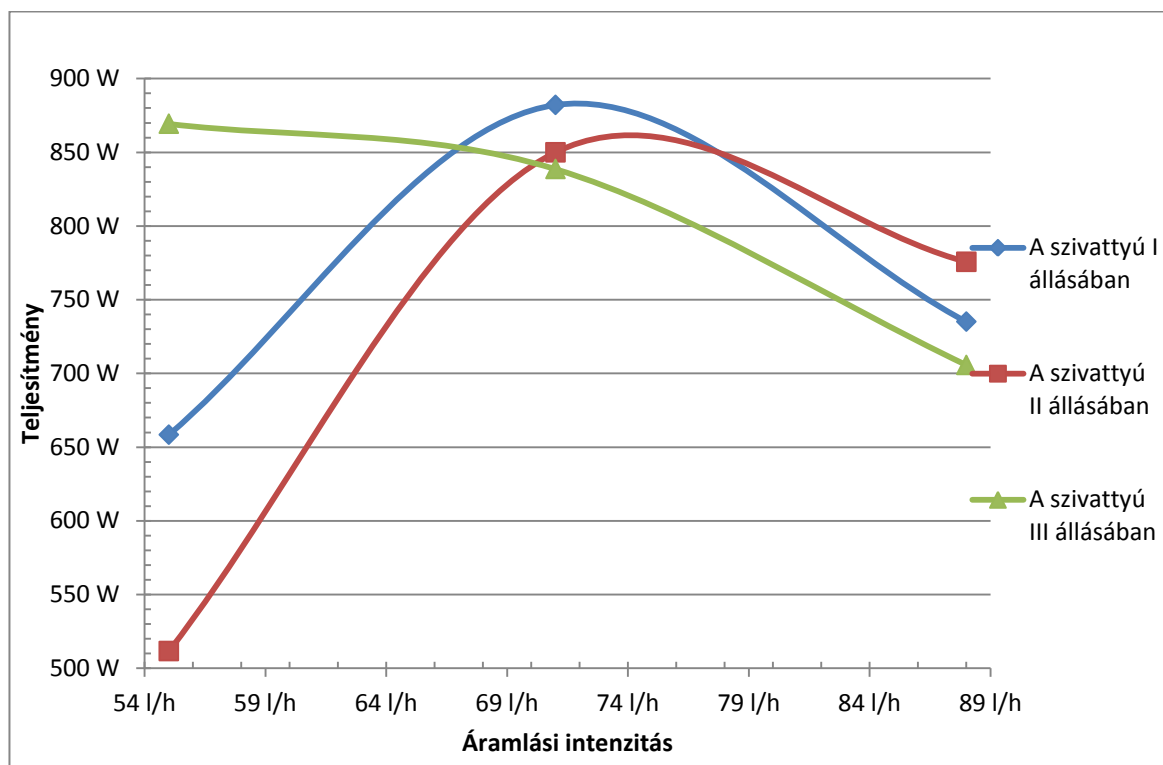
A ventilátor lefelé fújó állapotában hideg levegőt szív be a környezettől, azt felmelegítve a padlóra fújja ki, becsapva az érzékszerveinket, melegebb érzetet okoz.

8.2.1. táblázat. A lefelé fújó ventillátorok teljesítmény leadása

	A szivattyú 1-es állásában	A szivattyú 2-es állásában	A szivattyú 3-as állásában
Ventillátorok nélkül	357,96 W	222,80 W	286,37 W
12 V-os feszültséggel meghajtott ventillátorokkal	658,40 W	511,61 W	869,34 W
15 V-os feszültséggel meghajtott ventillátorokkal	882,13 W	849,93 W	838,66 W
18 V-os feszültséggel meghajtott ventillátorokkal	735,11 W	775,67 W	705,70 W

Meglepő módon a radiátor legnagyobb teljesítményt nem a várt állapotban (a szivattyú 3-as állásában), hanem a középső állapotban, a szivattyú 3-es állásban adta le.

Ez diagramon szemléltetve:



8.2.1. ábra. A lefelé fújó ventillátorokkal mért teljesítmény leadás az áramlási intenzitás függvényében

Az értékelés következő szakaszában az alapállathoz képest elért teljesítménynövekedést a szivattyú 2-es állapotában elért teljesítményekhez viszonyítottuk.

8.2.2. táblázat. A teljesítmények százalékos változása

	A szivattyú 1-es állásában	A szivattyú 2-es állásában	A szivattyú 3-as állásában
Ventillátorok nélkül	357,96 W	222,80 W	286,37 W
15 V-os feszültséggel meghajtott ventillátorokkal	882,13 W	849,93 W	838,66 W
Teljesítményváltozás a 15 V feszültséggel meghajtott állapothoz képest	246,43%	381,48%	292,86%
Teljesítmény-változás az alapállapothoz képest	246,43%	237,44%	234,29%

A számított értékek alapján megállapítható, hogy az alap állapot és a ventillátorral meghajtott állapot között több mint 100%-kal nagyobb a leadott teljesítmény 15 V-tal meghajtott ventillátorok esetén.

9. Hatásfokelemzés

A fűtési rendszer elemzésénél első lépésként a rendszer alap teljesítményét figyelmen kívül hagyva, a többletmunkát vizsgáltuk.

A ventilátor alap esetben nem megy, így bekapcsolt állapotban többlet teljesítményt vesz fel.

Teljesítményét a

képlettel lehet kiszámolni, ahol P a teljesítmény, U a feszültség, I az áramerősség.

A feszültségeket és az áramerősségeket a feszültség szabályozó mérőórájáról olvastuk le, az adatok a 9.1-es táblázatban kerültek bemutatásra.

9.1. táblázat. A ventilátorok teljesítmény adatai

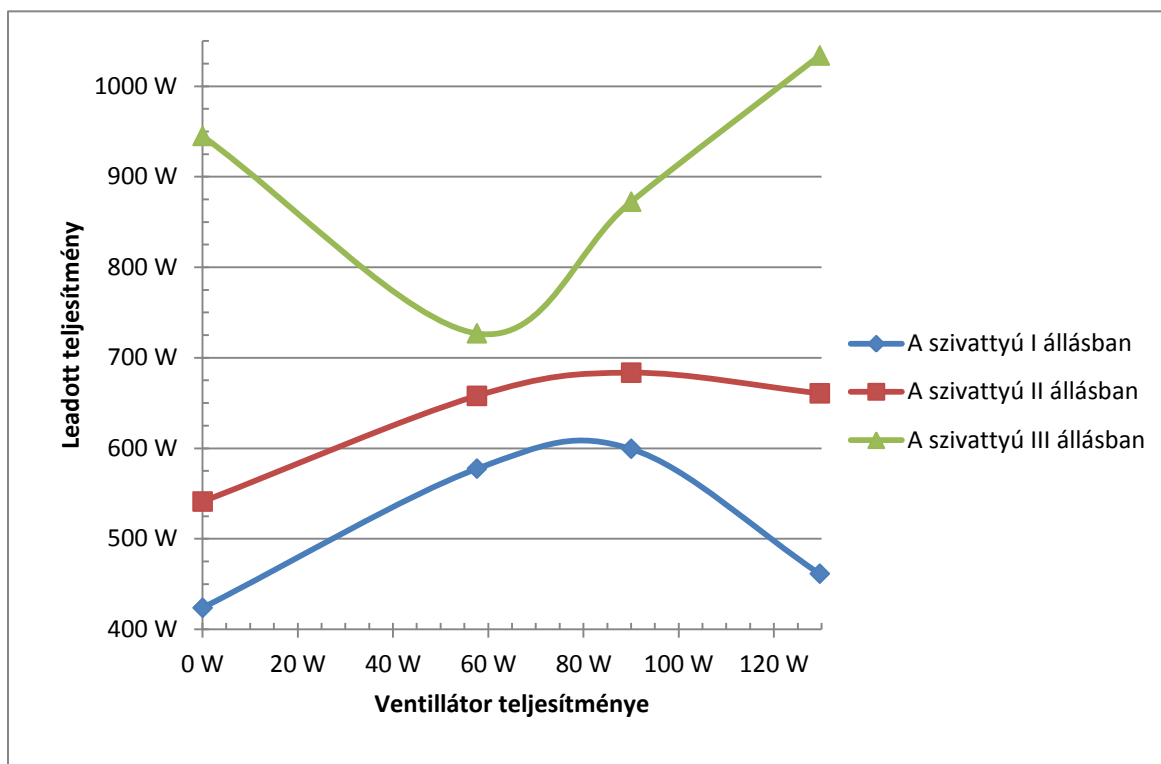
Feszültség (U) [V]	0	12	15	18
Áramerősség (I) [A]	0	1,2	1,5	1,8
Teljesítmény (P) [W]	0	14,4	22,5	32,4
A 4 db ventilátor teljesítménye (P_v) [W]	0	57,6	90	129,6

A leadott teljesítmények összefoglalva, újra a 9.2. táblázatban.

9.2. táblázat. A radiátorok leadott teljesítménye.

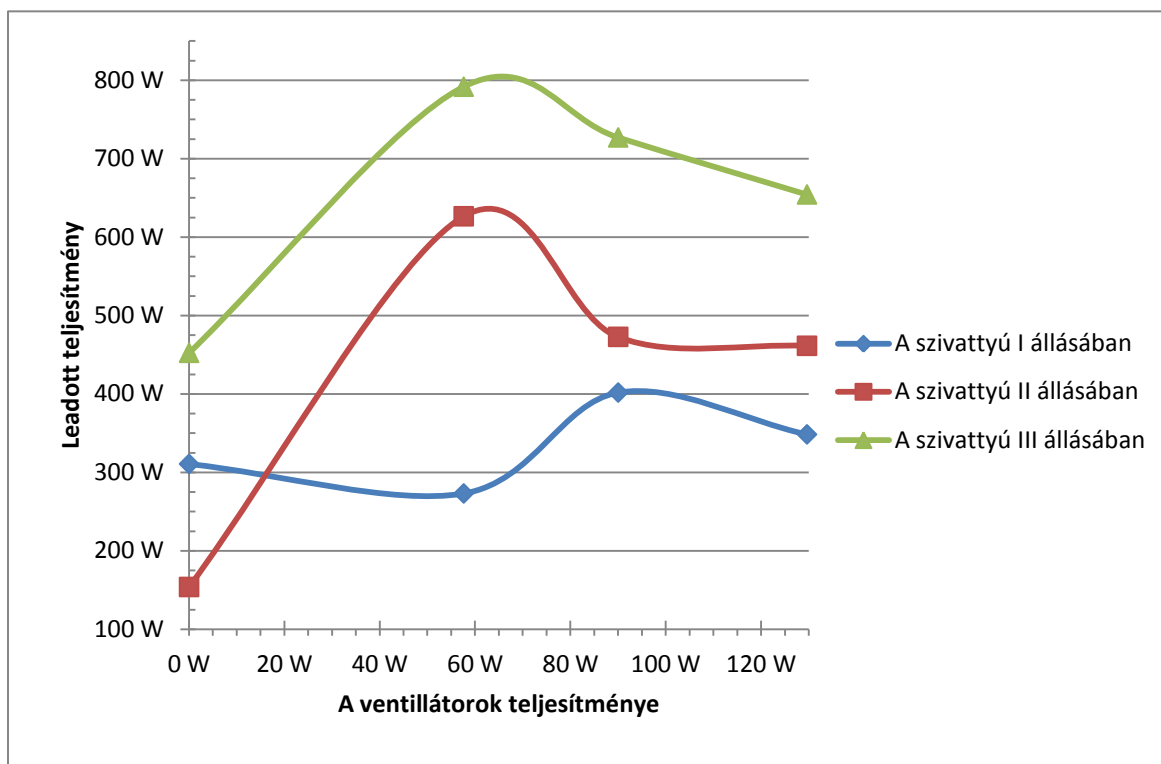
A nagyobb belső felületű radiátor				
	0 V	12 V	15 V	18 V
1-es állás	423,63 W	577,39 W	599,36 W	461,29 W
2-es állás	541,01 W	657,76 W	683,39 W	660,61 W
3-as állás	945,06 W	726,97 W	872,36 W	1033,9 W
A kisebb belső felületű radiátor				
	0 V	12 V	15 V	18 V
1-es állás	310,66 W	273,01 W	401,66 W	348,32 W
2-es állás	153,76 W	626,44 W	472,68 W	461,29 W
3-as állás	452,34 W	791,59 W	726,97 W	654,27 W

A 9.1-es és a 9.2-es táblázat adatait a 9.1-es és a 9.2-es ábrán, diagramban szemléltettük.



9.1. ábra. A nagyobb belső felületű radiátor leadott teljesítménye, a ventillátor teljesítményének függvényében.

A 9.1-es ábrán látható, hogy a legkisebb teljesítményt a szivattyú 1-es állásában adta le a fűtési rendszer, 0 W ventillátor teljesítménynél, míg a legnagyobbat a szivattyú 3-as állásában adta le, 129,6 W ventillátor teljesítménynél.



9.2. ábra. A kisebb belső felületű radiátor leadott teljesítménye, a ventilátor teljesítményének függvényében.

A 9.2-es ábrán látható, hogy a legnagyobb teljesítményt a szivattyú 3-as állásában adta le, megközelítőleg 67 W ventilátor teljesítménynél. A ventilátor teljesítményének növelésével - azaz a hőleadó felületen átáramló levegő sebességének növelésével – a szivattyú felső két állása esetében először jelentősen nő a hőleadás (közel duplájára), s egy maximumot elérve csökken. Ezek alapján joggal mondható, hogy egy megfelelő (intelligens) vezérlő rendszerrel jelentősen növelhető a radiátorok hőleadása.

Két különböző belső felületű radiátorral mértünk, a kisebb belső felületű radiátor teljesítményét és a nagyobb belső felületű radiátor teljesítményét a 9.3.-as táblázatban adjuk meg, úgy, hogy a nagyobb belső felületű radiátor teljesítményét elosztottuk a kisebb belső felületű teljesítményével, és az eredményt százalékos formába váltottuk át.

9.3. táblázat. A radiátorok teljesítményének aránya belső felületük alapján

	0 V	12 V	15 V	18 V
1-es állás	136,36%	211,49%	149,22%	132,43%
2-es állás	351,85%	105,00%	144,58%	143,21%
3-as állás	208,93%	91,84%	120,00%	158,02%

A táblázatban kapott eredmények alapján megállapítható, a nagyobb belső felületű radiátor egy esetet kivéve mindig nagyobb teljesítményt adott le.

A dolgozatban leírt ventilátorokkal történő hőleadás javítási módszer eredményességét célszerű mérni. A mérőszám legyen a ventilátorok segítségével elért hőteljesítmény leadás és a ventilátorok teljesítményének a hányadosa az alábbiak szerint. Ezt a számot nevezzük eredményességi tényezőnek. Kiszámítható az

képlettel, amiben ET a eredményesség tényező, P_{lv} a radiátor leadott teljesítménye feszültséggel meghajtott ventilátorokkal, P_{lvn} radiátor leadott teljesítménye kikapcsolt ventilátorok esetében, P_v a ventilátorok teljesítménye. A képlettel kiszámoltuk az eredményességi tényezőt minden állásban, és az eredményeket a 9.4. és 9.5. táblázatban, valamint a 9.3. és 9.4. ábrán mutatjuk be.

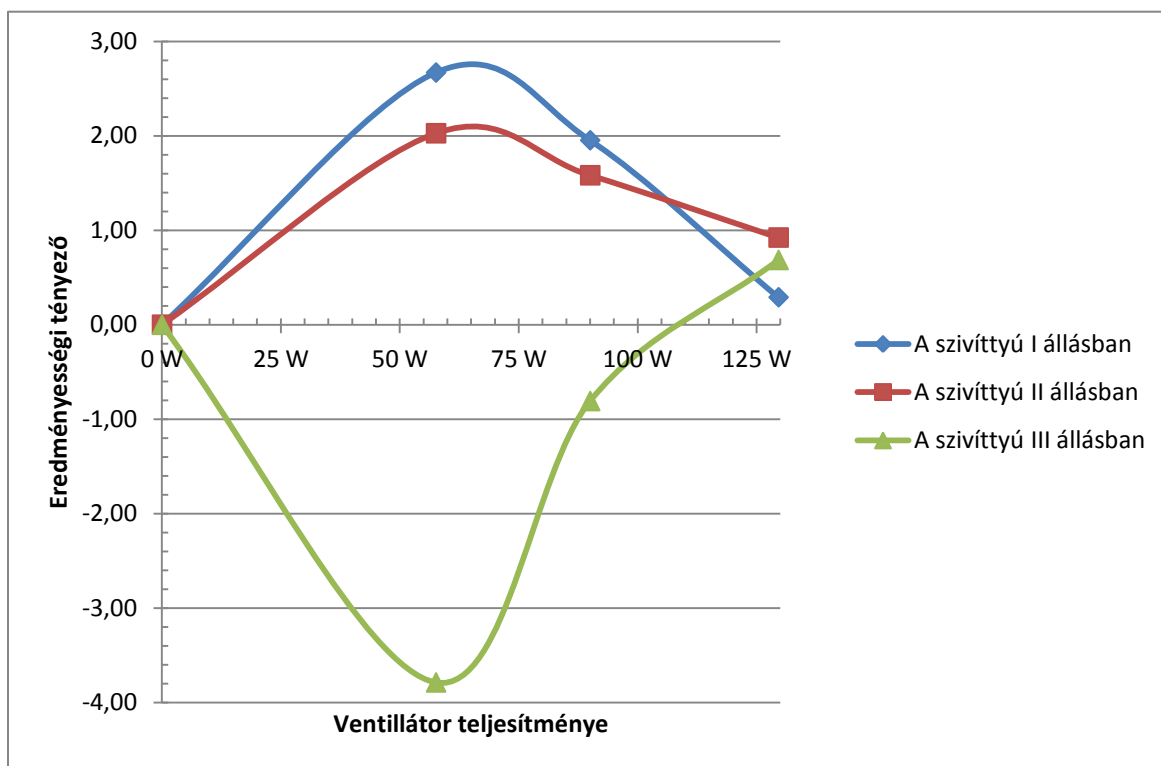
9.4. táblázat. A nagyobb belső felületű radiátor eredményességi tényezője.

	0 V feszültséggel meghajtott ventilátor	12 V feszültséggel meghajtott ventilátor	15 V feszültséggel meghajtott ventilátor	18 V feszültséggel meghajtott ventilátor
A szivattyú 1-es állás	0,00	2,67	1,95	0,29
A szivattyú 2-es állás	0,00	2,03	1,58	0,92
A szivattyú 3-as állás	0,00	-3,79	-0,81	0,69

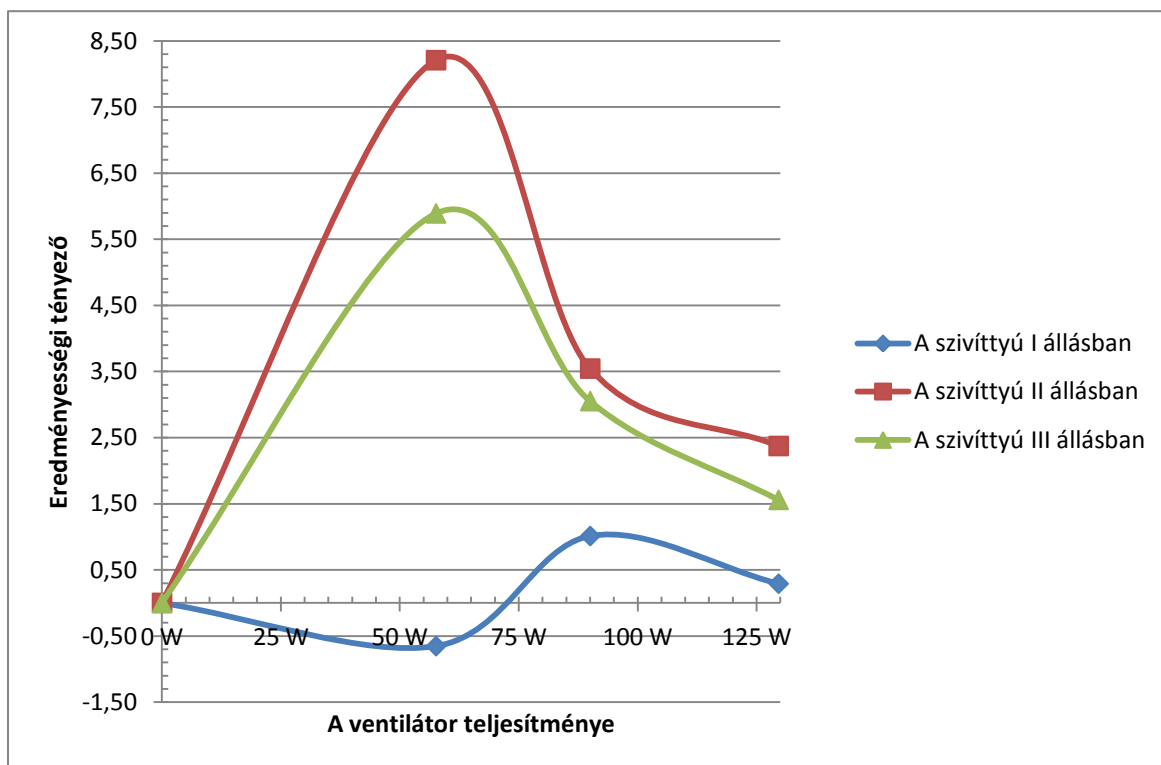
9.5. táblázat. A kisebb belső felületű radiátor eredményességi tényezője.

	0 V feszültséggel meghajtott ventilátor	12 V feszültséggel meghajtott ventilátor	15 V feszültséggel meghajtott ventilátor	18 V feszültséggel meghajtott ventilátor
A szivattyú 1-es állás	0,00	-0,65	1,01	0,29
A szivattyú 2-es állás	0,00	8,21	3,54	2,37
A szivattyú 3-as állás	0,00	5,89	3,05	1,56

A számítások szemléltetésére diagramokon ábrázoltuk a kapott eredményeket:



9.3. ábra. A nagyobb belső felületű radiátor eredményességi tényezője, a ventilátor teljesítményének függvényében



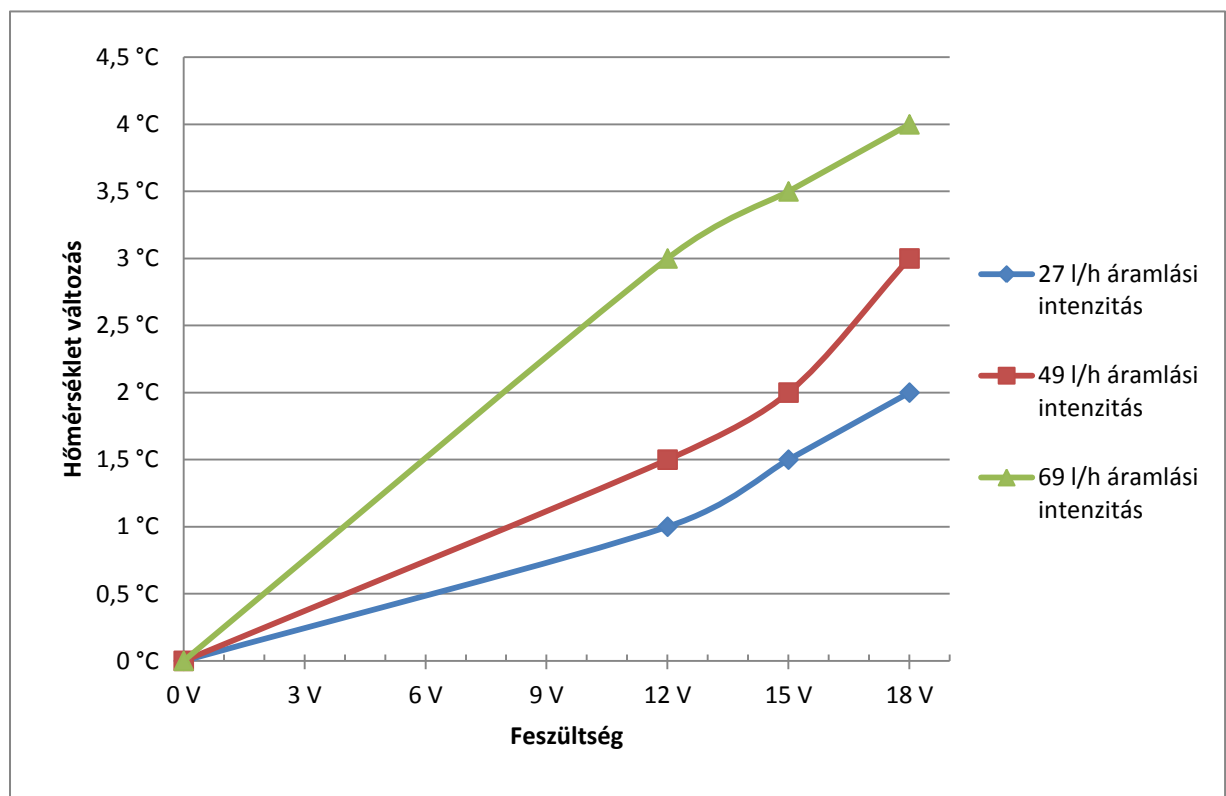
9.4. ábra. A kisebb belső felületű radiátor eredményességi tényezője, a ventilátor teljesítményének függvényében

A 9.3-as és 9.4-es diagramról leolvasható, hogy a radiátorok által leadott teljesítmény bizonyos ventilátor teljesítmény mellett jelentősen javítható, az elérhető teljesítmény növekedés a ventilátorok teljesítményének többszöröse is lehet. Ezzel a már üzemben levő radiátorok teljesítménye javítható, vagy azonos körülmények között kisebb radiátor is elegendő lehet, ha megfelelő ventilátorokat alkalmazunk. Az eredmények azt mutatják, hogy a legcélszerűbb intelligens vezérléssel ellátott ventilátorokat alkalmazni, amelynek segítségével mindig az optimális paraméterek állnak be.

10. Összefoglalás

A mérés során egy közönséges lapradiátort szereltünk fel egy terembe ráhelyezve 4 db ventillátort, amiket különböző feszültséggel hajtottunk meg, így a radiátor belsejéből a meleg levegőt a szobában szétozlatta. A munkafolyamat következő fázisában egy háromállású szivattyút kötöttünk a rendszerbe, amivel a fűtési rendszerben a meleg vizet különböző sebességgel áramoltattuk. Fentiek hatására egységnyi idő alatt nagyobb mennyiségű hő áramlott át a radiátoron, és több hőt tudott leadni.

A leglátványosabb javulást mutató diagramok a 8.0.2. ábrán láthatók. Az ábra azt mutatja, hogy a terem egy pontjának a hőmérséklete a ventillátorok feszültségének növelésével jelentősen nő, s ezzel a teremben tartózkodó személyek hőérzete is. Ez azt jelenti, hogy a ventillátorok alkalmazása komoly eredményeket ad.



8.0.2. ábra. A szobai hőmérőn mért hőmérsékletváltozás a ventillátorok feszültségének függvényében különböző fűtőközeg áramlási intenzitások esetében a nagyobb belső fűtőfelületekkel rendelkező radiátor esetében

A vizsgálataink eredményeképpen elmondható, hogy célszerű a dupla lapradiátorokra ventillátorokat helyezni és az azokra kapcsolt feszültség változtatásával, a fűtőközeg áramlási intenzitás változtatásával összehangolva működtetni, mert egy intelligens vezérlés segítségével akár kétszeresére is megnövelhetjük az ugyanazon radiátor által leadható teljesítményt.

Források:

- [1] <http://tudatosvasarlo.hu/cikkek/525>
- [2] <http://radiator.futes.org/2010/radiator-dolgok>
- [3] <http://www.radeco.eu/extrak/extrak/pdfek/hirlevel22.pdf>
- [4] <http://www.hydro-therm.hu/futes/futeskep/vogelszellapn.jpg>
- [5] Hő és áramlástan, Kiss Endre, Pór Gábor, Dunaújvárosi Főiskola, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék, 2008.
- [6] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Viszkozitás>