

SZAKDOLGOZAT

MOLNÁR TAMÁS

Gépészmérnök alapszak

Gödöllő

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Intézet
Gépészmérnök alapképzési szak

**JÁRMŰMOTOR HŰTÉSÉNEK ÁTTERVEZÉSE MEGVÁLTOZOTT
IGÉNYEK ALAPJÁN**

Belső konzulens: Dr. Oldal István
egyetemi docens

Készítette: **Molnár Tamás**
HY86MR
nappali tagozat

Tanszék: Műszaki Intézet
Gépszerkezettani Tanszék

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖKI ALAPSZAK
mérnökinformatika specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Molnár Tamás (HY86MR)

részére

A szakdolgozat címe:

Járműmotor hűtésének áttekintése megváltozott igények alapján

Feladatkiírás:

Tekintse át a járműmotorok hűtésével kapcsolatos szakirodalmakat. Mutassa be a vizsgálandó járművet. Készítsen méréseket majd modell segítségével ismeresse a kiindulási adatokat. Mutasson be többféle megoldási javaslatot. Számolja ki a megoldások eredményeit és összegezze azokat.

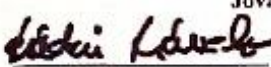
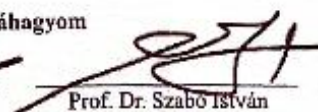
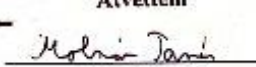
Közreműködő tanszék: Gépszerkeztani Tanszék

Külső konzulens:

Belső konzulens: Dr. Oldal István, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet, Gépszerkeztani Tanszék

Beadási határidő: 2024. április 22. (hétfő) 12.00 óra

Gödöllő, 2024. április 21.

 Prof. Dr. Kátai László tanszékvezető	Jóváhagyom  Prof. Dr. Szabó István szakfelelős	Átvettem  Molnár Tamás hallgató
--	--	--

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

Gödöllő, 2024. április hó 22. nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetések és célkitűzés.....	4
2.	Szakirodalmi áttekintés.....	6
2.1	A belsőégésű motor története.....	6
2.2	A motorok működése.....	7
2.3	Motorok hűtése.....	9
2.4	Hűtéstechikai rendszer részei.....	13
2.4.1	Hűtőradiátor.....	13
2.4.2	Szivattyú.....	13
2.4.3	Termosztát.....	13
2.4.4	Ventilátor.....	14
2.4.5	Hűtőfolyadék.....	14
3.	Tervezési alapadatok.....	6
3.1	Opel Corsa B gépjármű bemutatása.....	16
3.2	Vizsgált gépjármű alapadatai.....	16
3.3	Tervezési célok.....	17
4.	Gyári hűtőrendszer vizsgálata.....	18
4.1	Hiányzó adatok mérése.....	18
4.2	Mérés körülményei.....	18
4.3	Mérési eredmények.....	18
4.4	A 2. Mérési kísérlet eredményei.....	19
4.5	A ventilátor légsebességének mérése.....	21
4.6	Hűtőegység hőtani szimulációja.....	22
4.7	Számított eredmények.....	24
5.	Megoldási javaslatok bemutatása.....	28
5.1	Első koncepció: nagyobb hűtőradiátor.....	28
5.2	Második koncepció: erősebb ventilátor motor.....	28
5.3	Harmadik koncepció: nagyobb ventilátor.....	28
5.4	Negyedik koncepció: második ventilátor beszerelése.....	28
5.5	Ötödik koncepció: Az első 3 koncepció egyidejű alkalmazása.....	28
6.	Megoldási javaslatok kidolgozása.....	29
6.1	Első koncepció: nagyobb hűtőradiátor.....	29
6.2	Második koncepció: erősebb ventilátor motor.....	30
6.3	Harmadik koncepció: nagyobb ventilátor.....	31
6.4	Negyedik koncepció: második ventilátor beszerelése.....	33

6.5. Ötödik koncepció: Az első 3 koncepció egyidejű alkalmazása	35
6.6. Az eredmények összehasonlítása az eredeti koncepcióval	36
7. Koncepciók eredményeinek értékelése	38
7.1. Első megoldás eredményei	38
7.2. Második megoldás eredményei	38
7.3 Harmadik megoldás eredményei	38
7.4 Negyedik megoldás eredményei	38
7.5 Ötödik megoldás eredményei	38
8. Összefoglalás	40
Irodalomjegyzék	40
Ábrák és táblázatok jegyzéke	43
Hallgatói nyilatkozat	44
Konzulensi nyilatkozat	45

1. Bevezetések és célkitűzés

Szakedolgozatom témaválasztásának célja, megoldást találni arra, hogy milyen módon érhető el az, hogy a gépjármű hűtőrendszerében a hűtőfolyadék hőmérséklete a gyári beállításokat módosítva lassabban érje el a kritikus értéket egy esetleges forgalmi dugóban. A témát azért választottam, mert napi szinten saját gépjárművel közlekedve gyakran tapasztalom autóvezetés közben a gépjármű műszerfalát figyelve, hogy forgalmi dugóban ülve a hűtőfolyadék hőmérséklete egyre magasabb értéket ér el rövid időn belül. Kíváncsi voltam hogyan lehet ezt a hőmérséklet növekedést lelassítani esetleg megakadályozni. Ezek alapján gondoltam azt, hogy ez a téma megfelelő lenne tanulmányaim lezárásához.

Szakirodalmi áttekintés fejezetben elsőként szemléltetem a téma elméleti hátterét. A fejezetet történelmi áttekintéssel kezdem, melyben bemutatom a belsőégésű motorok kialakulásának történetét. Ezt követően a téma megértéséhez ismertetem a motorok működését. Ezután rátérek a motorok hűtési folyamatainak ismertetésére, megkülönböztetve a hűtési fajtákat. Szakirodalmi áttekintés utolsó alfejezetében pedig a hűtéstechnikai rendszer részeit dolgozom fel.

Tervezési alapadatok fejezetben elsőként bemutatom az Opel Corsa B típusú gépjárművet és annak paramétereit, valamint felállítom tervezési céljaimat.

Következő fejezetben a gyári hűtőrendszer nehezen hozzáférhető értékeit saját mérések által tárom fel. Kettő különböző mérést készítek el ezen adatok felderítésére, melyek célja, hogy bemutassam, hogy a hűtőfolyadék hőmérséklete hogyan változik az idő elteltével. A kapott eredményeket a méréseket követően részletesen ismertetem. Az eredmények pontosságának megerősítéséül, más eszközzel, egy lézeres hőmérsékletmérő segítségével is elvégzem a mérést. Az újonnan végzett mérés eredményeit is ismertetem, valamint diagrammal szemléltetem. Ezután a hűtőventilátor által generált levegő sebességét is megmérem. A fejezetben végezetül szoftverek segítségével modellt készítek a hűtőradiátorról, és a bordái közt áramló levegőről. Az ily módon kiszámított eredményeket táblázatba foglalom.

Megoldási javaslatok bemutatása fejezetben öt megoldást ismertetek az általam felvázolt problémára, melyeket a soron következő fő fejezetben kidolgozok. A befejező részben külön-külön ismertetem és értékelem az öt kapott megoldás eredményeit, valamint összehasonlítom azokat az eredeti koncepcióval. Ezt követően ismertetem és levonom a következtetéseket az eredmények alapján.

Összefoglalás című fejezetben a mérések eredményeire támaszkodva összegzem megállapításaimat.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A belsőégésű motor története

A belső égésű motor története több, mint 200 éves múltra vezethető vissza egészen 1800-ig, amikor Philippe Lebon megtervezte a robbanó gázmotort, amit szabadalmaztatott is 1 évvel később.

Következő fontos mozzanat a történelemben 15 évvel később, 1816-ban történt, amikor Robert Stirling skót származású lelkész épített egy hőlégmotort. Előbbinek elvét négy ilyen típusú motornak a gyártásával egybekötve 1823-ban hasznosította Samuel Brown. Ezt a hasznosítást ezen évben gépkocsi, négy évvel később pedig motorcsónak hajtására használta.

Ezt követő fontos mozzanat a történelem során Étienne Lenoir dugattyús gőzgépből kifejlesztett motorja volt. Ebben a motorban máshogy ég a gázkeverék, mint a hengertérben. Az égés a hengertéren belül, váltakozva a dugattyú előtt és mögött ment végbe. A gáz beáramlása is az eddigiektől eltérően történt, egy tolattyú vezérlésének segítségével. Étienne Lenoir nevéhez köthető a gyújtógyertya feltalálása is, mely 1860-ban valósult meg.

Következő mérföldkő a négyütemű motor működési elvének kidolgozása volt, melyhez több név is köthető. Elsőként Alphonse Beau dolgozta ki az elvet 1862-ben, majd 1 évvel később Nikolaus Otto. Ezután 1867-ben el is készült az első működőképes négyütemű motor, mely Nikolaus Otto és Eugen Langen munkájának volt köszönhető.

Közel 20 évvel később, 1885-ben kidolgozásra került egy jármű hajtására sokkal alkalmasabb gyorsjárású motor, mely Gottlieb Daimler és Wilhelm Maybach munkásságának volt köszönhető. Ennek a típusú motornak a feltalálásának köszönhetően valósulhatott meg a későbbiekben a gépjárművek gyártása. Egy évvel később el is készültek az első működőképes gépjárművek. Maybach és Daimlert követően 1886-ban Carl Friedrich Benz készített működőképes gépjárművet.

A kétütemű motort 1878-as évben Dugald Clerk tervezte meg. Rudolf Diesel ezt követően 1893-ban a benzinmotor kifejlesztésével párhuzamosan szabadalmaztatta gázolajüzemű és gyújtógyertya nélkül működő motorját.

A belső égésű motor utolsó alaptípusa 1957-ben készült el Felix Wankel által, mely a Wankel-motor elnevezést kapta feltalálójáról. Ebben a motorban az Otto-motor ide-oda mozgó dugattyújával ellentétben bolygó dugattyú található. (Belsőégésű motorok és segédberendezéseik, dátum nélk.)

Napjaink legmodernebb motorjaiban az üzemanyagot közvetlenül a hengerekbe fecskendezik be, közel a kompressziós löket csúcsához. (Más motorok előkeverik a levegőt és az

üzemanyagot a szívólöket során.) Mindkét esetben közvetlenül azelőtt, hogy a dugattyú elérné útja csúcsát, vagyis a felső holtpontot, a gyújtógyertyák meggyújtják a levegő és az üzemanyag keveréket. (K.C., 2019)

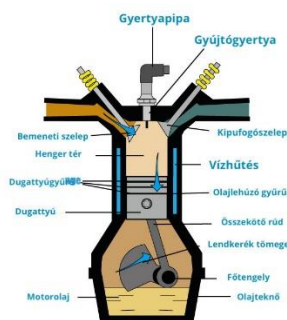
2.2. A motorok működése

A négy ütemű motor onnan kapta az elnevezését, hogy a benne lezajló folyamat négy munkafolyamatból, vagyis négy ütemből áll, melyek elnevezései: szívás, sűrítés, munka, kipufogás. A löket nem más, mint a dugattyúnak a mozgása a löket egyik holtpontjától a másikig. Ezzel párhuzamosan a forgattyús tengely, más néven főtengely, minden lökés által fél fordulatot tesz meg. A dugattyúnak működésbe lépése előtt össze kell kevernie a karburátorban a tartályból érkező üzemanyagot a környezetének levegőjével. Ezáltal nem közvetlenül az üzemanyag gyullad meg, hanem a levegőből és az üzemanyagból keletkező gázkeverék.

A négy ütemű motor munkafolyamatának négy fázisa tehát a következő:

1. fázis: szívás
2. fázis: kompresszió, más néven sűrítés
3. fázis: munka
4. fázis: kipufogás

1. ábra: A henger egyes alkatrészei
(Forrás: motomotors.eu)

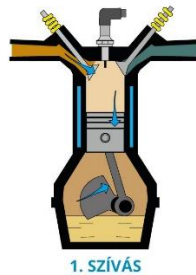


Következőben a négy ütemű motor munkafolyamatainak négy ütemét kívánom részletesen ismertetni:

1. löket – szívás

Ebben a fázisban a dugattyú lefelé haladó mozgást végez a felső holtponttól az alsóig, mely hatására vákuum termelődik. A szívószelep ezen folyamatok hatására kinyílik, így a gázkeverék beáramolhat a hengerűrbe, melyet beszippant.

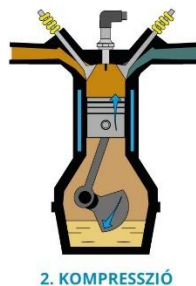
2. ábra: A szívás fázisa
(Forrás: motomotors.eu)



2. löket: Kompresszió, vagyis sűrítés

A dugattyú az alsó holtpontra elérése után visszaindul a felső holtpontra, miközben a benzint és a levegőt összenyomja. Ezen fázis alatt mindkét szelep zárva tart, megakadályozva a gáz távozását.

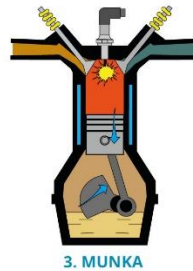
3. ábra: Kompressziós fázis
(Forrás: motomotors.eu)



3. löket: Munka

Ebben a fázisban is a szelepek zárva vannak, a gyújtógyertya meggyújtja a sűrített gázkeveréket. Ennek hatására a gáz robbanó szerűen ég el. A robbanás erejének köszönhetően a dugattyú visszanyomódik az alsó holtpontra. Fontos, hogy a négy ütemből csak ezen lépés alatt keletkezik olyan mértékű teljesítmény, ami a jármű által feldolgozható és mozgási energiává alakítható. A dugattyú a csatlakozó rudazaton át továbbítja az erőt a variátorhoz csatlakozó forgattyús tengelyre. Innen az erő az ékszíjra kerül, majd tovább küldi a hátsó alakítóhoz. Ez a hátsó alakító a tengelykapcsolóhoz, más néven kuplunghoz csatlakozik. Végezetül az erő tovább kerül a sebességváltóhoz, kerekhez.

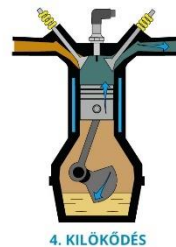
4. ábra: A munka fázisa
(Forrás: motomotors.eu)



4. löket: Kipufogás

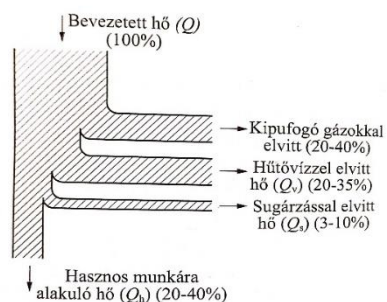
Ebben az utolsó fázisban a dugattyú visszatér az alsóról a felső holtpontra. A kipufogószelep ebben a fázisban nyitott állapotban van, hogy elősegítse a kipufogógázok kipufogón keresztüli áramlását. A felső holtpont előtt közvetlenül található egy szeleptámfedés, ahol a kipufogó és a szívószelepek is nyitva tartanak. A beáramló friss gázok elősegítik a kipufogógázoknak az átöblítését. (Robogó, 2021)

5. ábra: A kipufogás fázisa
(Forrás: motomotors.eu)



2.3. Motorok hűtése

6. ábra: A motor hőmérlege
(Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)



A hőenergiának, mely a motorba van bevezetve csupán 20-40%-a van hasznosítva. Ezenfelül ennek a hőnek 20-40%-a távozik a kipufogógázokkal együtt, a hőenergia további 3-10%-a a környezetbe kerül hőszugárzás által, a maradék 20-35% pedig átadódik az égéstérben lévő és annak közvetlen közelében található szerkezeti részeknek. (Szaller, 2021)

Ahhoz, hogy megakadályozzuk a henger, hengerfej, dugattyú és a kipufogószelep hőmérsékletének túlzott felmelegedését, (Lábadi, 2019) a nem megengedhető mértékű hőtágulást, illetve a szerkezeti szilárdságot is megőrizzük, a hővel terhelt alkatrészeknél hűtésre van szükség. (Szaller, 2021) A nem megfelelő hűtés kihathat a kenőolaj viszkozitására (Lábadi, 2019) és az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás egyéb járulékos hőfeszültséget okoz. (Dr. Vas, 2005)

Az autógyártók a motorok hűtésére többféle megoldást alkalmaznak, és az autó típusától függően a megfelelőt építik be a motor hűtésére a járműbe. (Lábadi, 2019)

Párolgatósas hűtés

Ezt a hűtési formát néhány helyen alkalmazzák, elsősorban csónakmotorok és kis stabil motorok esetében. E hűtési forma sajátossága, hogy azt a párolgási hőt használja el hőelvonásra, ami a víz párolgatósasából származik. Ennek következtében ez a hűtési mód állandó víz utánpótlást igényel (Dr. Vas, 2005)

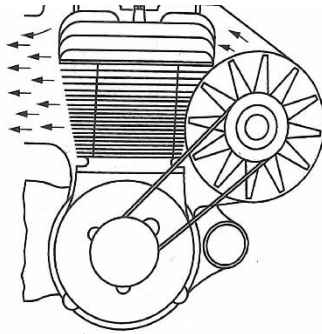
Léghűtés

A léghűtésű motorok egyik jellemzője, hogy a hengerfej és a henger azon felületét, ami a hűtőlevegővel érintkezik, hűtőbordák segítségével megnövelik. A léghűtésnél, más néven közvetlen hűtésnél, a levegő közvetlenül veszi át a hőt a bordák felületéről. A hűtés mértéke függ a bordák méretétől, a közöttük áramló levegő mennyiségétől. valamint a hőmérsékletétől. A motorkerékpárok hűtésénél nem szükséges turbóventilátor és terelőlemezköpeny használata, mivel csupán a menetszél képes őket kellően lehűteni. Nem úgy, mint a munkagépek menetszél elől eltakart motorjai esetében, melyeknél ezek által történik a levegő átáramoltatása. A léghűtés előnye az egyszerű szerkezete. (Szaller, 2021) Azonban hátránya, hogy a léghűtéses motorokban használt hűtőbordák további zajt kelhetnek működés közben. (Motor hűtőrendszer:működése és típusai, 2023)

Ezt a hűtési módot akkor használják, ha a felesleges hőmennyiség elvezetésére elegendő a hűtőn átáramló levegő mennyisége (motorkerékpár, versenymotorok) (Dr. Vas, 2005)

7. ábra: Léghűtésű motor

(Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)



Folyadékűtés

A folyadékűtés, más néven közvetett hűtés esetében a motor égésterét a folyadékter veszi körül, melyben a folyadék átveszi a hőt, és eljuttatja a hűtőradiátorhoz, ahol a levegőnek adja tovább. Ezt a fajta hűtést közepes, és nagy teljesítményű motoroknál alkalmazzuk. (Szaller, 2021) Előnye még hogy a léghűtő rendszerekkel ellentétben kevésbé zajos. (Types of Engine Cooling Systems: Working, Pros & More , dátum nélk.)

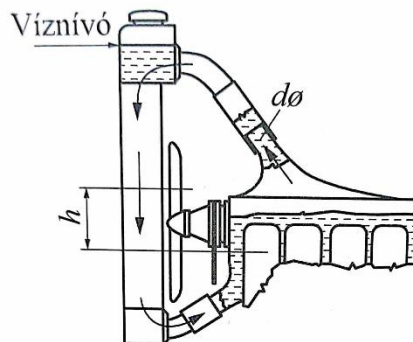
A folyadékűtésnek két változata létezik:

1., Hőcirkulációs folyadékűtés

A folyadékűtés e változatánál a hideg és a meleg folyadék sűrűség különbségének hatására áramlik a meleg folyadék a motorból a hűtőradiátor felé, a hideg folyadék pedig a hűtőradiátorból a motor irányába. Ahhoz, hogy a folyadékűtés ezen változatát alkalmazzuk a hűtőradiátor súlypontjának alacsonyabban kell elhelyezni, mint a motor folyadékterének súlypontját. A folyadékűtés ezen változata egyszerűbb szerkezetű, mint a szivattyús megoldás, de rosszabb hatásfokú.

8. ábra: Hőcirkulációs folyadékűtés

(Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)



2., Szivattyús folyadékűtés

A szivattyús folyadékűtés esetében a szivattyú gyorsítja a folyadék áramlását, ezért magasabb hatásfokot ér el, ezáltal kisebb hűtőradiátor (Szaller, 2021) kisebb átmérőjű csövek és kevesebb hűtőfolyadék (Dr. Vas, 2005) is elegendő a motor megfelelő hűtéséhez. Ennél a típusú folyadékűtésnél jellemzően előfordulhat a túlűtés jelensége, mely (Szaller, 2021) a teljesítmény romlását, a fogyasztás növekedését, valamint az alkatrészek kopását is eredményezheti. (Lábadi, 2019) Ennek megakadályozására termosztatikus szelepet kell alkalmazni mely a hidegindítás utáni gyors felmelegedést is segíti. A szelep zárt állapotban nem engedi az üzemi hőfoktól alacsonyabb hőmérsékletű hűtőfolyadékot a hűtőbe áramolni, hanem a motorba tereli vissza. Üzemi hőmérséklet elérését követően a szelep kinyílik és a hűtőbe tereli a hűtőfolyadékot.

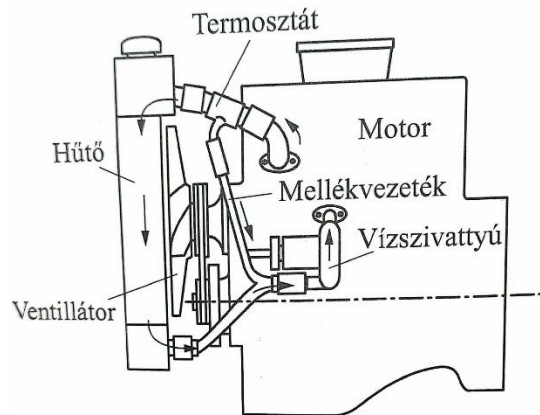
Folyadékűtés során a hűtőrendszerekben túlnyomás uralkodik, melynek hatására a hűtőfolyadék nagyobb hőmérsékleten forr fel. A nagyobb üzemi hőmérséklet hozzájárul a motor gazdaságos üzemeltetéséhez, valamint az égési folyamat hatásfokának javításához is.

A hűtőlevegőt egy ventilátor segíti eljuttatni a hűtőradiátorhoz. Ezeket a ventilátorokat általában egy villamosmotorral hajtják meg. Régebben ez a hajtás főtengeley segítségével zajlott le.

A modern rendszerekben kizárólag vízzel hígított fagyálló koncentrátumokat használunk hűtőfolyadékként. Ezzel elkerüljük a vízkőlerakódást, és megakadályozzuk télen az alacsony hőmérséklet okozta károkat. Ezenkívül a hűtőfolyadék számos más jellemzőjét is javítja a koncentrátum használata. (Szaller, 2021)

9. ábra: Szivattyús folyadékűtés

(Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)



2.4. Hűtéstechnikai rendszer részei

2.4.1. Hűtőradiátor

Az autók radiátorai egy pár fém vagy műanyag gyűjtőtartályból állnak, amiket sok különböző keskeny járattal rendelkező mag köt össze. Ezek segítségével biztosítanak nagy felületet az adott térfogathoz viszonyítva. Ez az említett mag egymáson található fémlemezekből álló rétegekből készül, csatornák préselésével és összeforrasztásával, vagy hidegforrasztásával egybekötve. (Motofocus, 2023)

2.4.2. Szivattyú

A hűtővíz-szivattyú feladata a hűtőfolyadék keringetése a motorban. (Combustion Engine Cooling Water System (Jacket Water System) explained, dátum nélk.) A vízszivattyúk különböző konstrukciós kialakításúak lehetnek, melyet az elhelyezési és a beépítési körülmények határoznak meg. Ez általában a motor azon részén valósul meg, ahol a hajtás egyszerűen biztosítható, valamint ott, ahol a hűtőrendszert a szivattyúval törés nélkül egyenes csövekkel működtethetjük. A vízszivattyúnak könnyűfémbe öntött spirális háza van. A csúszógyűrűk különböző anyagok párosítása által készíthetők el. Ezeket az anyagokat egy előfeszített rugó szorítja egymáshoz. Ennek következtében nem szivárog a hűtőfolyadék hosszabb üzemszünet alkalmával sem. A szivattyú maximális teljesítményszükséglete az effektív motorteljesítménynek az 1-3%-a. (Dr. Vas, 2005)

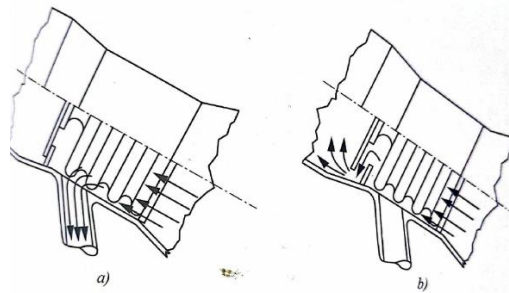
2.4.3. Termostát

A termostát szerepe a hűtőfolyadék áramlási útjának vezérlése. Amíg a motor hideg, addig a termostát helyzete zárt, a folyadék pedig a szivattyú kilépő csonkjából kezd áramolni a hengerek körüli hűtőköpeny felé, majd a hengerfejbe, végezetül pedig a szivattyú belépő csonkját éri el. Miután a motor elérte az üzemi hőmérsékletet, a termostát folyamatosan

kinyílik, a hengerfejből kilépő forró hűtőfolyadéknek egyre nagyobb része áramlik át a hűtőn, ahol lehűl, majd visszaáramlik a szivattyúnak a belső csonkjához. A hűtőrendszerhez csatlakozik a kiegyenlítő-tartály, ami lehetővé teszi a fölmelegedő folyadéknek a szabad hőtágulását. (Bagány, 2011)

10. ábra: Termosztát szelep működése

(Forrás: Szaller László: *Gépjárműmotorok és szabályozásuk*)



2.4.4. Ventilátor

A radiátor teljesítménye nagymértékben függ a légáramlástól. (Engine Cooling System: How it works, 2022) Ezért hasonlóan a termosztáthoz a hűtőventilátor is a motor állandó hőmérsékletét szabályozza.

Az első kerék meghajtású autók, mivel a motor általában keresztbe van beépítve (azaz az autó teljesítménye a gépjármű oldala felé mutat) elektromos ventilátorokkal rendelkeznek.

A hátsókerék-meghajtású gépjárművek (ahol a motor hosszanti beépítésű) általában motorhajtású ventilátorokkal vannak ellátva, melyek termosztatikusan szabályozott viszkózus tengelykapcsolóval rendelkeznek. Ez a kapcsoló a ventilátor agyánál helyezkedik el, ami az összkerék-meghajtású autókban néha előforduló viszkózus tengelykapcsolóra hasonlít leginkább. (Nice, 2021.)

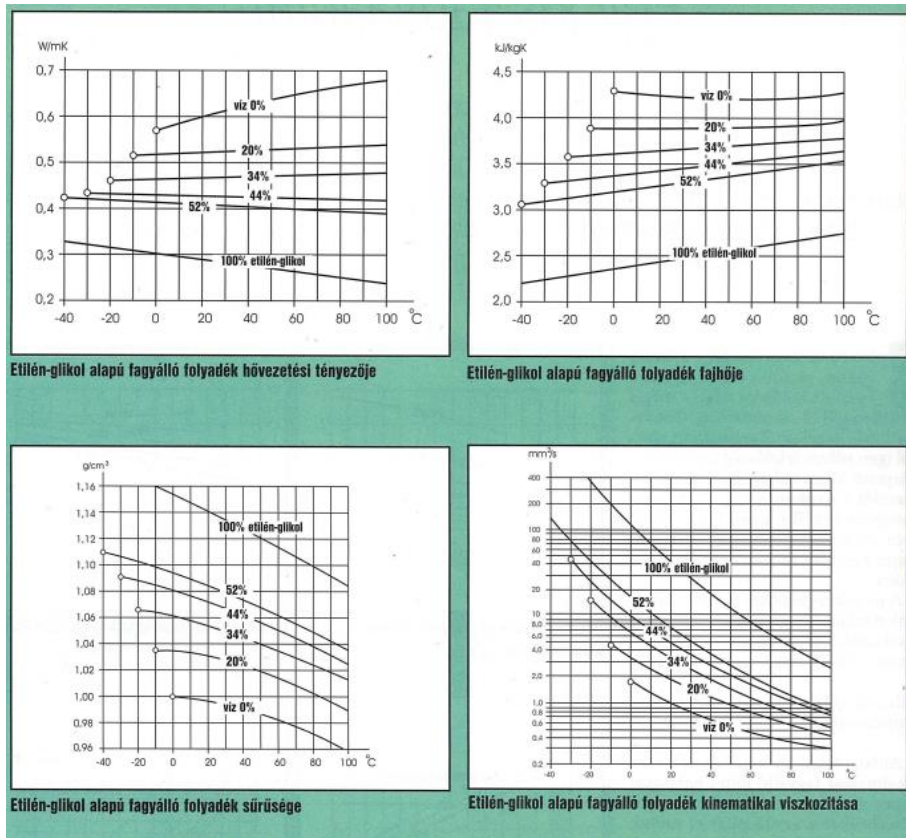
2.4.5. Hűtőfolyadék

A legtöbb berendezésnek részét képezik a különböző folyadékok. Nincs ez másképpen a hűtőrendszerrel sem, (Egy kis fagyállótan, 2002) A hűtőfolyadék (vagy fagyálló) megvédi a motort a fagyástól, miközben megvédi az alkatrészeket a korróziótól. Kritikus szerepet játszik a motor hőegyensúlyának fenntartásában a hő eltávolításával. (Fritz, dátum nélk.)

A gépjárművekben használt fagyálló folyadékok alapja az etilén-glikol melyet nem lehet használni számos területen tekintve, hogy mérgező az egészségre káros összetevőről van szó. Ehhez még egy olyan inhibitort is szoktak keverni, ami korrózióálló tulajdonságokat ad a folyadéknak.

A diagrammokon hőmérséklet függvényében vannak ábrázolva a fagyálló koncentrátumok egyes tulajdonságai. a fagyálló koncentrátum növelésével növekszik a kinematikai viszkozitás és a sűrűség, azonban csökken a fajhő és a hővezetési tényező. (Egy kis fagyállótan, 2002)

11. ábra: Etilén-glikol keverékeinek tulajdonságai hőmérséklet függvényében
(Forrás: multical.hu)



3. Tervezési alapadatok

3.1. Opel Corsa B gépjármű bemutatása

1993-ban gyártották először a gépjárművet, mely a mai napig is közkedvelt használatban van. Európában az egyik legsikeresebb városi autó, de más kontinenseken is nagy népszerűségnek örvend.

Kezdetben a B típusú Corsa 1,2 literes, valamint 1,4 literes benzinmotorokkal felszerelve került a piacra 45 vagy 60 lóerős változatban.

Az én saját gépjárművem alapján az 1997 júliusában megjelent 1.0 literes Ecotec X10XE motorral felszerelt „B” típusú Corsát vizsgáltam. (OPEL CORSA B (1993-2000) - modelltörténet, 2014)

3.2. Vizsgált gépjármű alapadatai

Teljesítmény:	40 kW, 54 LE
Üzemanyag:	benzin
Oktánszám:	95
Emissziós szabványok:	Euro 3 (forgalmi: 6, 7, 8)
Hengerek száma:	3 db
Hengerelrendezés:	soros álló
Hengerűrtartalom:	973 cm ³
Nyomaték:	82 Nm
Végsebesség:	150 km/h
Gyorsulás 100km/h-ig:	18 s

(OPEL CORSA B 1.0i 12V ECO adatok, dátum nélk.)

A gépjármű hűtőradiátorának méretei a következők:

- Magasság: 260 mm
- Szélesség: 514 mm
- Vastagság: 15 mm

A hűtőradiátorra szerelt ventilátor 260 mm átmérőjű és a menetirány szerint a radiátor bal szélén helyezkedik el és 4 db ventilátorlapáttal rendelkezik.

A gépjárműben 4,3 liter 50%-kal hígított fagyálló folyadék található. (1997 Opel Corsa B (facelift 1997) 1.0i 12V (54 Hp), dátum nélk.)

3.3. Tervezési célok

A tervezett módosítás célja, hogy 30 °C környezeti levegőhőmérséklet mellett álló helyzetben alapjáraton 10 perc alatt ne érje el a 100 °C hőmérsékletet a hűtőfolyadék. Vagyis egy extrém városi környezetben (torlódás) a hűtőfolyadék hőmérséklete ennél lassabban vagy egyáltalán ne érje el ezt az értéket.

4. Gyári hűtőrendszer vizsgálata

4.1. Hiányzó adatok mérése

A gépjármű legtöbb gyári adatához nincs hozzáférésem ezért mérés segítségével vizsgáltam azt, hogy az autó hűtőfolyadékának a hőmérséklete milyen gyorsan éri el a kritikus értéket. A méréshez egy stopperórát és az autó hőmérőjét használtam.

4.2. Mérés körülményei

Az 1. mérés valós forgalmi dugóban történt a vizsgálat. A mérés célja az volt, hogy eredményeket gyűjtsék arról, hogy az autó hűtőfolyadékának hőmérséklete 10 km/h átlagsebesség mellett forgalmi dugóban mennyi idő alatt érte el 90 °C üzemi hőmérsékletről a 97,5 °C-ös hőmérsékletet.

Az eltelt idő stopperóra segítségével lett lemérve.

A vizsgálat közben több részidő mérése is történt.

Első részidő mérése abban a pillanatban történt, amikor a hűtőfolyadék hőmérséklete elérte a 92,5 °C-ot.

Következő részidő azt az időt mutatja, hogy mikor éri el 92,5 °C-ról 95 °C-ig a hőmérséklet. A harmadik részidő számítása pedig akkor történt, amikor a hőmérséklet elérte a 97,5 °C-ot.

Ezt a folyamatot még két különböző alkalommal is lemértem. Azonban ezt az utóbbi kettő vizsgálatot nem valós forgalmi dugóban mértem, hanem egy parkolóban szimuláltam a közlekedési szituációt.

4.3. Mérési eredmények

Első mérés eredményei:

90 °C-ról 92,5 °C-ra 5 perc 14 másodperc

92,5 °C-ról 95 °C-ra 1 perc 53 másodperc

95 °C-ról 97,5 °C-ra 2 perc 19 másodperc

Összesen: 9 perc 26 másodperc

Második mérés eredményei:

90 °C-ról 92,5 °C-ra 7 perc 5 másodperc

92,5 °C-ról 95 °C-ra 3 perc 39 másodperc

95 °C-ról 97,5 °C-ra 2 perc 8 másodperc

Összesen: 12 perc 52 másodperc

Harmadik mérés eredményei:

90 °C-ról 92,5 °C-ra 1 perc 2 másodperc

92,5 °C-ról 95 °C-ra 1 perc 30 másodperc

95 °C-ról 97,5 °C-ra 1 perc 10 másodperc

Összesen: 3 perc 42 másodperc

A 3 mérés alapján, habár a mérések eredményei teljesen más görbét írnak le, mint amire számítottam emiatt a gépjármű hőmérséklet mérőjének a pontatlanságára gyanakodtam majd egy külső hőmérsékletmérővel újra próbáltam a mérést.

4.4. A 2. Mérési kísérlet eredményei

A 2. mérési kísérletben lézeres hőmérsékletmérőt használtam mellyel a motorból kivezető hűtőfolyadék cső hőmérsékletét mértem miközben a gépjármű motorja alpjáraton üzemelt. 5-ször végeztem el a mérést és az eredmények alapján hasonlít ahhoz a görbéhez, amelyre számítottam eredetileg.

12. ábra: Lézeres hőmérséklet mérő
(Forrás: Emag.hu)



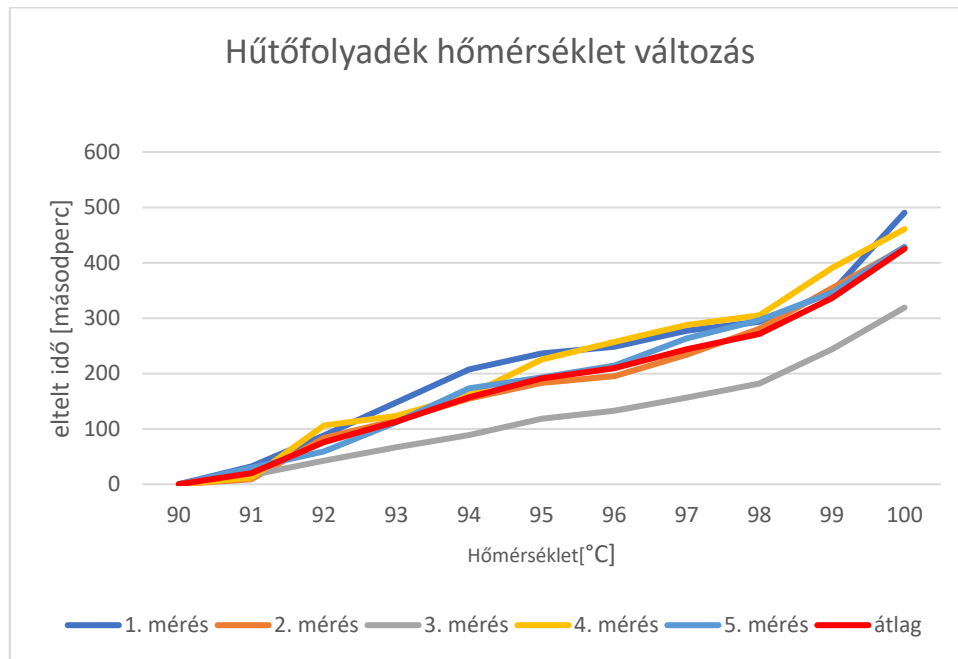
A stopperórát 90°C elérése után indítottam el.

A lézeres hőmérsékletmérővel a következő eredmények születtek:

1. táblázat: Motorból kivezető hűtőfolyadék hőmérsékletének vizsgálata
(Forrás: Saját szerkesztés)

Az egyes hőmérsékletekig eltelt idő [s]							
elért hőm.	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	max	átlag
90°C	0	0	0	0	0	0	0
91°C	32	8,7	16,6	11,7	29,7	32,0	19,7
92°C	88,1	83,5	42,4	106,3	59,2	126,6	75,9
93°C	147,6	115,4	67,3	123,4	111,9	186,1	113,1
94°C	207,4	154,8	89	160,8	173,8	247,3	157,0
95°C	236,4	183,1	118,2	225,2	192,8	311,7	191,0
96°C	248,2	194,9	132,7	257,4	214,3	343,5	209,4
97°C	277,3	233,6	156,1	287,5	263,8	392,4	243,6
98°C	293,3	280,5	181,9	304,9	296,1	439,4	271,3
99°C	346,9	354,2	243,8	390,4	345,9	524,8	336,1
100°C	490,2	427,5	318,2	460,8	428,9	668,1	425,1

2. táblázat: A hűtőfolyadék hőmérséklet-változásának szemléltetése diagrammon
(Forrás: saját szerkesztés)



A diagrammról leolvasható, hogy a hűtőfolyadék 90°C-ról átlagosan 425,16 másodperc alatt érte el a 100°C-os hőmérsékletet.

4.5. A ventilátor légsebességének mérése

Ezután szükséges volt egy újabb mérést csinálnom mellyel megtudhattam a hűtőventilátor által keltet légmozgás sebességét.

A mérést egy légsebesség mérővel csináltam.

13. ábra: Légsebesség mérő műszer
(Forrás: Saját kép)



Az mérés során a mérőműszer 7m/s-os értéket mutatott.

4.6. Hűtőegység hőtani szimulációja

Az Ansys és a SolidWorks nevű szoftverek segítségével készítettem egy modellt, melyből megszerezhettem azokat az adatokat melyek szükségesek a számításaim elvégzésére.

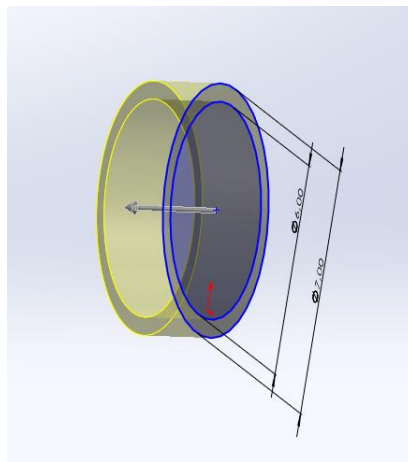
A gépjármű hűtőradiátorának egy kis részét először SolidWorks program segítségével megrajoltam.

2 részből áll az alkatrész, lemezrészből és csőrészből.

A vastagságot kihúzással adtam meg, 2mm-re a csőrészt, a lemezt 0,1mm-re húztam ki.

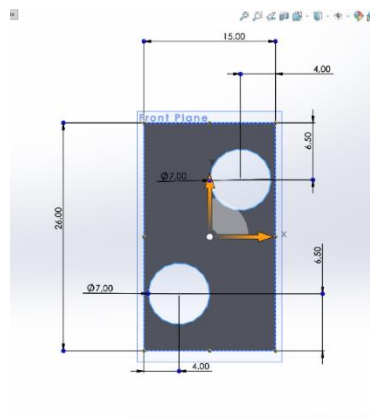
14. ábra: Csőrész méretei

(Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks programban)



15. ábra: Lemez méretei

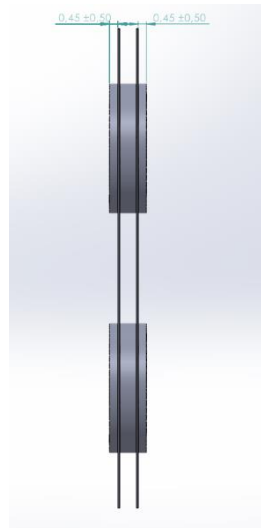
(Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)



Miután elkészültek nyitottam a SolidWorks programban egy assembly fájlt majd összeszereltem a vizsgálandó alkatrészt és elmentettem.

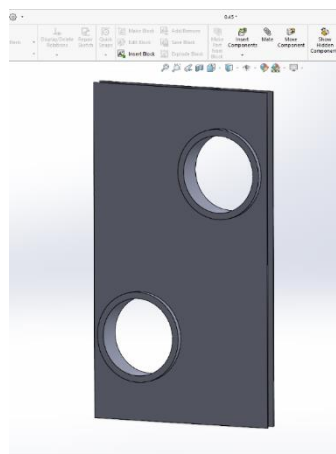
16. ábra: A kész Assembly fájl méretei

(Forrás: Saját szerkesztés a SolidWorks program segítségével)



17. ábra: Az elkészült Assembly fájl szemléltetése

(Forrás: Saját szerkesztés a SolidWorks program segítségével)



Ezután az Ansys nevű szoftverben a fluid flow CFX kiválasztása után be importáltam a kész alkatrészünket.

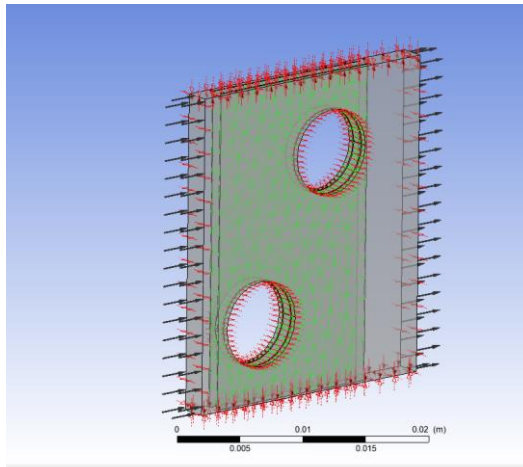
A 3D-s modell köré egy téglatestet szerkesztettem, mely a levegő áramlási területét hivatott szemléltetni.

Következő lépésként nevet adtam azoknak a felületeknek, ahol tudtam, hogy peremfeltételt fogok alkalmazni. A beáramló levegő felületének *be*, a kiáramló levegő felületének *ki* elnevezést adtam. Elneveztem még a hűtőradiátor egészét *lemez*-ként, majd végül a külső felületek a *szimm* elnevezést kapták.

A modell hálóját úgy állítottam be, hogy Tetrahedrons elrendezésű legyen.

Ezután beállítottam a peremfeltételeket is.

18. ábra: Peremfeltételek elhelyezkedése
(Forrás: Saját szerkesztés Ansys nevű szoftverben)



4 peremfeltételt kellett beállítanom:

1. peremfeltétel: a *be* elnevezésű felület, amit a befele mutató fekete nyilak jeleznek. Itt beállítottam egy 5m/s-os légsebességet, valamint adtam a levegőnek 30°C-os hőmérsékletet is. Később ezeket az adatokat megváltoztattam.

2. peremfeltétel: a *ki* elnevezésű felületet a kifelé mutató fekete nyilak jelzik és ennél a peremfeltételnél beállítottam, hogy subsonicus és 0Pa nyomás legyen ezen a területen

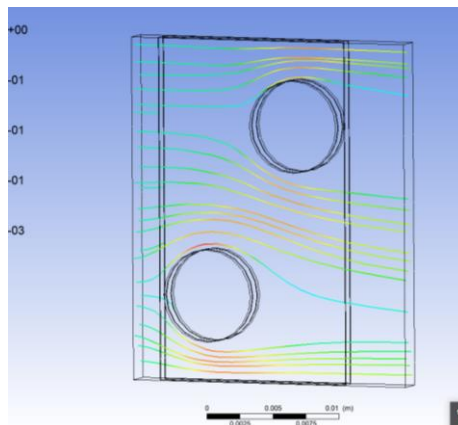
a 3. peremfeltétel a *lemez* elnevezésű felületek mely a képen a zölddel berácsozott felületek mutatnak. Itt wall típust állítottam be majd 90°C-os hőmérsékletet adtam meg.

A 4 peremfeltételt azaz a *szimm* elnevezéssel ellátott felületeket a piros nyilak jelzik melyre szimmetriát állítottam be.

Ezt követően kalkulátor segítségével kiszámítottam az eredményeket.

4.7. Számított eredmények

19. ábra: A levegő útjának szemléltetése
(Forrás: Saját szerkesztés Ansys nevű szoftverben)



3. táblázat: A be- és kimeneti levegő hőmérsékletkülönbségei
(Forrás: Saját szerkesztés)

		Delta hőmérséklet °C				
		Levegő Hőmérséklete °C				
		10	15	20	25	30
hűtőfolyadék hőmérséklete °C	80	17,579	16,324	15,067	13,813	12,543
	85	18,71	17,582	16,211	15,069	13,72
	90	19,951	18,837	17,456	16,324	14,964
	95	21,199	19,921	18,708	17,582	16,211
	100	22,446	21,337	19,953	18,837	17,456
	105	23,693	22,446	21,199	20,092	18,705

4. táblázat: A be-és kimeneti levegő hőmérsékletkülönbségei a levegő sebességének függvényében
(Forrás: Saját szerkesztés)

Hűtőfolyadék Hőmérséklete	levegő hőmérséklete		A levegő sebessége [m/s]						
			6	7	8	9	10	11	12
90°C	30°C	beáramló levegő	303,111	303,111	303,111	303,111	303,111	303,111	303,111
90°C	30°C	kiáramló levegő	318,455	318,785	319,062	319,284	319,454	319,582	319,672
90°C	30°C	delta	15,344	15,674	15,951	16,173	16,343	16,471	16,561

Miután megkaptam az eredményeket, következő lépésként kiszámoltam a hőelvonási teljesítményt.

Mivel a hőmérséklet különbséggel vizsgáltam, ezért a Celsius és a Kelvin fokok közötti átváltás ebben a kontextusban:

$$1^{\circ}K = 1^{\circ}C$$

Hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

ahol:

c = a levegő fajhője

m = a levegő tömege

ΔT = a levegő hőmérsékletének különbsége

t = az eltelt idő

A levegő fajhője 30°C-on 1,013kJ/kg (gepeszbolt.hu, dátum nélk.)

A levegő sűrűsége 1,165kg/m³ (gepeszbolt.hu, dátum nélk.)

A levegő térfogatárama:

$$I = A \cdot v$$

ahol:

A = az áthaladó levegő keresztmetszete

v = a levegő sebessége

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 7 = 0,000364 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

ahol:

ρ = levegő sűrűsége

$$m = 1,165 \cdot 0,000364 \cdot 1 = 0,00042406 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,00042406}{1} \cdot 15,674 = 6,7331 \text{ W}$$

Szélcsend esetén (0-1km/h (Shipstore.hu, dátum nélk.)) a maximálisan elérhető szélsősebesség átszámítva 0,2778 m/s ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

A bemeneti és a kimeneti levegő hőmérséklet különbsége 0,2778 m/s esetén:

$$\Delta T = 19,174$$

Ezért:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 2570-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 2570 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,13364 \text{ m}^2$$

A ventilátor területe:

$$A_{\text{ventilátor}} = r^2 \cdot \pi = 0,130^2 \cdot 3,14 = 0,0531 \text{ m}^2$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,0531}{0,13364}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 2570 \cdot \frac{0,0531}{0,13364} \cdot 6,7331 = 6,87 \text{ kW}$$

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

$$P_{\text{hűtő}} = 2570 \cdot \left(1 - \frac{0,0531}{0,13364}\right) \cdot 0,0013247 = 2,05 \text{ kW}$$

Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{ventilátor}} + P_{\text{hűtő}} = 6,87 + 2,05 = 8,92 \text{ kW}$$

5. Megoldási javaslatok bemutatása

Négyféle megoldási javaslatot találtam ki, melyeket az alábbiakban részletesen szemléltetek.

5.1. Első koncepció: nagyobb hűtőradiátor

A nagyobb hűtőradiátor nagyobb felületet biztosít a hőleadásra és nagyobb légtömegáram képes áthaladni rajta azonos sebességnél, mint az eredeti koncepcióban.

Ebben a koncepcióban a lehető legnagyobb felületű hűtőradiátorral számoltam, figyelembe véve, hogy autó típusába beszerelhető legyen. Ennek a szélessége és magassága 680 és 285 mm.

Az alábbi számítás megmutatta, hogy a modellünkhöz képest mekkora nagyításban kell számolni az eredeti 2570-szeres nagyítás helyett:

$$\frac{0,680 \cdot 0,285}{0,002 \cdot 0,026} = 3726,92$$

5.2. Második koncepció: erősebb ventilátor motor

A motor csere a ventilátorban nagyobb fordulatszámot és ezáltal gyorsabb légáramlást biztosít. A módosított koncepcióban a feljavított ventilátor képes 10 m/s-os légsebességet biztosítani a hűtőbordák között.

5.3. Harmadik koncepció: nagyobb ventilátor

A nagyobb ventilátor nagyobb felületen képes légáramlást biztosítani, ezzel növelve a hőelvonási teljesítményt a hűtőrendszernek. Ebben a koncepcióval megnéztem mennyivel hatékonyabb egy 280 mm átmérőjű ventilátor, mint az eredeti 260 mm átmérővel rendelkező.

5.4. Negyedik koncepció: második ventilátor beszerelése

Egy extra ventilátor hasonlóan a nagyobb ventilátorhoz nagyobb felületen képes a légáramlást biztosítani. Beépítése azonban bonyolultabb, de úgy gondoltam érdemes megvizsgálni ezt a lehetőséget is.

5.5. Ötödik koncepció: Az első 3 koncepció egyidejű alkalmazása

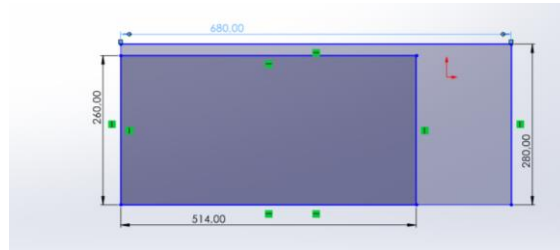
Az első három fejlesztés egyidejű felhasználásával érhetünk el a legnagyobb hőelvonási teljesítmény növelést. A negyedik koncepciót azért hagytam ki mert ahhoz, hogy egy második ventilátort beépítésre kerüljön hatalmas szerkezeti átalakításokra lenne szükség és a céloom az volt, hogy a koncepció megvalósítható legyen gyakorlati szinten is.

6. Megoldási javaslatok kidolgozása

6.1. Első koncepció: nagyobb hűtőradiátor

20. ábra: Nagyobb hűtőradiátor szemléltetése

(Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)



Hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedett területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 7 = 0,000364 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,000364 \cdot 1 = 0,00042406 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,00042406}{1} \cdot 15,674 = 6,7331 \text{ W}$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedetlen területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 3726,92-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 3726,92 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,1938 \text{ m}^2$$

A ventilátor területe:

$$A_{\text{ventilátor}} = r^2 \cdot \pi = 0,130^2 \cdot 3,14 = 0,0531 \text{ m}^2$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,0531}{0,1938}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 3726,92 \cdot \frac{0,0531}{0,1938} \cdot 6,7331 = 6,87 \text{ kW}$$

A ventilátor teljesítményén nem változtattunk ezért az eredmény nem változik.

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

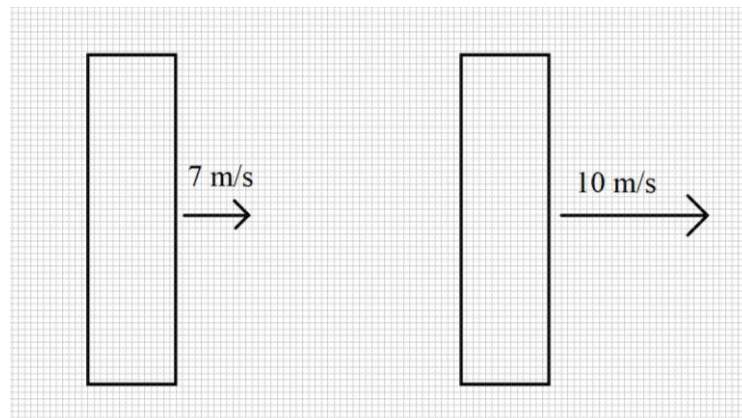
$$P_{\text{hűtő}} = 3726,92 \cdot \left(1 - \frac{0,0531}{0,1938}\right) \cdot 0,0013247 = 3,58 \text{ kW}$$

Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{ventilátor}} + P_{\text{hűtő}} = 6,87 + 3,58 = 10,45 \text{ kW}$$

6.2. Második koncepció: erősebb ventilátor motor

21. ábra: A motorcsere utáni légsebesség változásának szemléltetése
(Forrás: Saját szerkesztés)



Hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedett területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 10 = 0,00052 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00052 \cdot 1 = 0,0006058 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0006058}{1} \cdot 16,343 = 10,03 \text{ W}$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedetlen területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 2570-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 2570 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,13364 \text{ m}^2$$

A ventilátor területe:

$$A_{\text{ventilátor}} = r^2 \cdot \pi = 0,130^2 \cdot 3,14 = 0,0531 \text{ m}^2$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,0531}{0,13364}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 2570 \cdot \frac{0,0531}{0,1938} \cdot 10,02 = 7,06 \text{ kW}$$

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

$$P_{\text{hűtő}} = 2570 \cdot \left(1 - \frac{0,0531}{0,13364}\right) \cdot 0,0013247 = 2,05 \text{ kW}$$

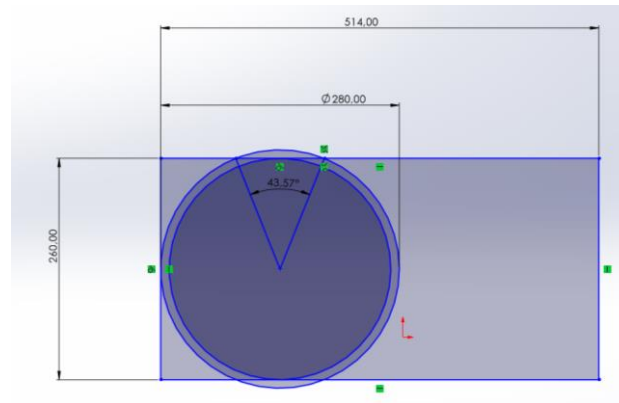
Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{ventilátor}} + P_{\text{hűtő}} = 7,06 + 2,05 = 9,11 \text{ kW}$$

6.3. Harmadik koncepció: nagyobb ventilátor

A ventilátor mérete és geometriai formája miatt elsőnek kiszámoltam a ventilátor által lefedett területet a hűtőradiátoron.

22. ábra: Nagyobb hűtőventilátor geometriai szemléltetése
(Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)



A körszelet területét a következőképp számoljuk:

$$t_{\text{körszelet}} = \frac{r^2 \cdot \beta}{2} - \frac{r^2 \sin \beta}{2}$$

Ezért a ventilátor munkát nem végző területe a következő:

$$t_{\text{körszelet}} = 2 \cdot \left(\frac{140^2 \cdot 43,57}{2} - \frac{140^2 \cdot \sin 43,57}{2} \right) = 840462 \text{ mm}^2 = 0,000840462 \text{ m}^2$$

A hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedett területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 7 = 0,000364 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,000364 \cdot 1 = 0,00042406 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,00042406}{1} \cdot 15,674 = 6,7331 \text{ W}$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedetlen területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 2570-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 2570 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,13364 \text{ m}^2$$

A ventilátor munkát végző területe:

$$A_{\text{ventilátor}} = (r^2 \cdot \pi) - t_{\text{kör szelet}} = (0,140^2 \cdot 3,14) - 0,000840462 = 0,06 \text{ m}^2$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,06}{0,13364}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 2570 \cdot \frac{0,06}{0,13364} \cdot 6,7331 = 7,76 \text{ kW}$$

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

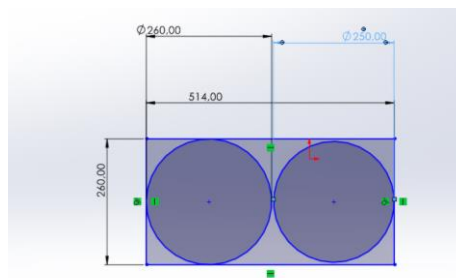
$$P_{\text{hűtő}} = 2570 \cdot \left(1 - \frac{0,06}{0,13364}\right) \cdot 0,0013247 = 1,52 \text{ kW}$$

Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{ventilátor}} + P_{\text{hűtő}} = 7,76 + 1,52 = 9,28 \text{ kW}$$

6.4. Negyedik koncepció: második ventilátor beszerelése

23. ábra: A két ventilátor elhelyezésének geometriai szemléltetése
(Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)



Az ábrán látható, hogy még egy ugyanolyan ventilátor nem fér el az eredeti mellett ezért a másik ventilátor átmérőjének a mérete 250 mm.

Hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedett területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 7 = 0,000364 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,000364 \cdot 1 = 0,00042406 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,00042406}{1} \cdot 15,674 = 6,7331 \text{ W}$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedetlen területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 2570-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 2570 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,1338 \text{ m}^2$$

A nagyobb ventilátor területe:

$$A_{nv} = r^2 \cdot \pi = 0,130^2 \cdot 3,14 = 0,0531 \text{ m}^2$$

A kisebb ventilátor területe:

$$A_{kv} = r^2 \cdot \pi = 0,125^2 \cdot 3,14 = 0,0491 \text{ m}^2$$

A ventilátorok által lefedett terület összesen:

$$A_{\text{ventilátor}} = A_{nv} + A_{kv} = 0,0531 + 0,0491 =$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,102}{0,13364}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 2570 \cdot \frac{0,102}{0,13364} \cdot 6,7331 = 13,21 \text{ kW}$$

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

$$P_{\text{hűtő}} = 2570 \cdot \left(1 - \frac{0,102}{0,13364}\right) \cdot 0,0013247 = 0,8 \text{ kW}$$

Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{\text{össz}} = P_{\text{ventilátor}} + P_{\text{hűtő}} = 13,21 + 0,8 = 14,01 \text{ kW}$$

6.5. Ötödik koncepció: Az első 3 koncepció egyidejű alkalmazása

Hőelvonást a következőképpen számoltam:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedett területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 10 = 0,00052 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00052 \cdot 1 = 0,0006058 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátorral:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0006058}{1} \cdot 16,343 = 10,03 \text{ W}$$

A levegő térfogatárama a ventilátor által fedetlen területen:

$$I = A \cdot v$$

$$I = 0,002 \cdot 0,026 \cdot 0,2778 = 0,00001444 \text{ m}^3/\text{s}$$

A levegő tömege másodpercenként így:

$$m = \rho \cdot I \cdot t$$

$$m = 1,165 \cdot 0,00001444 \cdot 1 = 0,0000682 \text{ kg}$$

Ezért a hőelvonás teljesítmény ventilátor nélkül:

$$P = 1,013 \cdot \frac{0,0000682}{1} \cdot 19,174 = 0,0013247 \text{ W}$$

A modellünk 3726,92-ed része a teljes hűtőradiátornak ezért a levegő áram keresztmetszete:

$$A_{\text{levegő}} = 3726,92 \cdot 0,002 \cdot 0,026 = 0,1938 \text{ m}^2$$

A ventilátor területe:

$$A_{\text{ventilátor}} = r^2 \cdot \pi = 0,140^2 \cdot 3,14 = 0,0616 \text{ m}^2$$

A ventilátor és a hűtőradiátor területének aránya:

$$\frac{0,0616}{0,1938}$$

A ventilátor által lefedett terület teljesítménye:

$$P_{\text{ventilátor}} = 3726,92 \cdot \frac{0,0616}{0,1938} \cdot 10,03 = 11,88 \text{ kW}$$

A ventilátor által fedetlen terület teljesítménye:

$$P_{hűtő} = 3726,92 \cdot \left(1 - \frac{0,0616}{0,1938}\right) \cdot 0,0013247 = 3,36 \text{ kW}$$

Az összes hőelvonási teljesítmény:

$$P_{össz} = P_{ventilátor} + P_{hűtő} = 11,88 + 3,36 = 15,24 \text{ kW}$$

6.6. Az eredmények összehasonlítása az eredeti koncepcióval

Az előbbi számításokhoz hasonlóan ki kellett számolnom a motor teljesítményét alapjáraton, hogy meg tudjam mennyi idő alatt melegszik fel a hűtőfolyadék az új koncepciókkal.

A következő képletet használtam:

$$P = \frac{Q}{t} = c \cdot \frac{m}{t} \cdot \Delta T \rightarrow P = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t}$$

ahol:

P = a motor teljesítménye

c = a hűtőfolyadék fajhője

m = a hűtőfolyadék tömege

t = a mért idő (perc)

ezért:

$$P_{motor} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t} = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{7,09} = 21,22 \text{ kW}$$

A motor teljesítménye az eredeti beállításokkal így:

$$P_{össz} = P_{motor} + P_{hűtő} = 21,22 + 8,92 = 30,14 \text{ kW}$$

A koncepciók idejét a következőképpen számoltam:

$$t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{P_{össz} - P_{hűtő}}$$

Ahol:

P_{motor} = a motor teljesítménye

$P_{hűtő}$ = a koncepció teljesítménye

első koncepció

$$t = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{30,14 - 10,45} = 7,64 \text{ perc} = 458,6 \text{ másodperc}$$

második koncepció

$$t = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{30,14 - 9,11} = 7,15 \text{ perc} = 429 \text{ másodperc}$$

harmadik koncepció

$$t = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{30,14 - 9,28} = 7,21 \text{ perc} = 432,9 \text{ másodperc}$$

negyedik koncepció

$$t = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{30,14 - 14,01} = 9,33 \text{ perc} = 559,8 \text{ másodperc}$$

ötödik koncepció

$$t = \frac{3,5 \cdot 4,3 \cdot 10}{30,14 - 15,24} = 10,1 \text{ perc} = 606 \text{ másodperc}$$

7. Konceptiók eredményeinek értékelése

7.1. Első megoldás eredményei (nagyobb hűtőradiátor)

Első megoldásom eredményeként 17%-kal nagyobb hőelvonási teljesítményt értem el, mint az alap koncepció. Ahhoz, hogy ezt az eredményt kapjuk a hűtőborda felületét 45%-kal kellett megnövelnünk, azonban a kitűzött célt ezzel a módosítással nem értük el.

7.2. Második megoldás eredményei (erősebb ventilátor motor)

A második megoldás eredménye 2%-os növekedést ért el, ehhez pedig 42%-kal növeltük meg a légáramlat sebességét. tekintve az extra munkabefektetés és az eredmény méretének arányát ezért ezt a koncepciót csak optimalizálás esetén használnám.

7.3. Harmadik megoldás eredményei (nagyobb ventilátor)

A harmadik megoldás eredménye hasonlóan a második megoldáshoz nem hozt jelentős növekedést (4%) ellenben ezt az eredményt csak a kör átmérőjének a 7,5%-os növelésével értem el. Ez azt jelenti, hogy a befektetett munka arányaiban jobban megtérül ellenben minél nagyobb a ventilátor annál több olyan felületen fog dolgozni, ahol nincs radiátor.

7.4. Negyedik megoldás eredményei (második ventilátor beszerelése)

A negyedik koncepció eredménye nagyon közel került ahhoz, hogy a kitűzött célt elérje azonban ennek a megoldásnak a legnagyobb hátránya, hogy jelentős szerkezeti átalakításokat kell végrehajtani a gépjármű motorterében ahhoz, hogy megvalósításra kerüljön a gyakorlatban. Gazdaságilag is előbb ütközhet korlátokba, mint a többi fejlesztés.

7.5. Ötödik megoldás eredményei (az első 3 koncepció egyidejű alkalmazása)

Az első 3 megoldás alkalmazásával elértem a kitűzött célt, ami az volt, hogy 10 perc alatt ne érje el a 100 Celsius fokot alapjáraton a hűtőfolyadék. Ez a megoldás a számításom szerint 10,1 percig a kritikus hőmérséklet alatt tartani. Azonban a 4. koncepcióhoz hasonlóan itt is rengeteg gazdasági erőforrásra van szükség. ellenben ez egy reális megoldás lehet a való életben hiszen a meglévő alkatrészeket kell meglévő alkatrészekre cserélni.

5. táblázat: Az eredmények összehasonlítása különböző szempontok szerint
(Forrás: Saját szerkesztés)

	Komplexitás	Szerkezeti átalakítás	Ár	Cél teljesülése	Megvalósíthatóság nehézsége
Hűtő csere	kicsi	nem jelentős	közepes	76%	kicsi
Ventilátor motor	közepes	nem jelentős	kicsi	72%	közepes
Nagyobb ventilátor	kicsi	nem jelentős	közepes	72%	kicsi
2. Ventilátor	nagy	jelentős	nagy	93%	nagy
A megoldások egyidejű alkalmazása	közepes	nem jelentős	nagy	101%	közepes

8. Összefoglalás

Szakedolgozatomban a járműmotor hűtési rendszerének átalakítási lehetőségét vizsgáltam egy adott forgalmi szituáció alapján. Abból az eseményből kiindulva, hogyha olyan forgalmi helyzet adódna, ahol a gépjármű kényszerből sokáig egyhelyben alapjáraton üzemel, akkor a motor hűtőrendszere nem bírja elvégezni a feladatát. Ez a helyzet gyakran fordul elő forgalmi dugó során.

Dolgozatom megírásának célja az volt, hogy járó motorú, álló gépjármű hűtő folyadékának hőmérséklete minél hosszabb ideig maradjon 100°C-os hőmérséklet alatt, elvárásként minimum 10 percen át. A kitűzött cél megvalósulása érdekében többféle eszköz és szoftver segítségét vettem igénybe. Konkrét adatok hiányában, azaz, hogy mennyi idő alatt éri el a motor a kritikus hőmérsékletet, különböző mérési kísérleteket végeztem el.

A szakirodalmi áttekintésben ismertettem a motorok kialakulását, valamint bemutattam a motor működését. Ezen belül kitértem részletesen a hűtőrendszer működésére, továbbá főbb részeire. Tervezési alapadatok részben ismertettem a vizsgálandó gépjármű típusát, mely egy Opel Corsa B típusú gépjármű, és ennek alapadatait, továbbá a hűtőradiátor méreteit. Ezt követően a gyári hűtőrendszer vizsgálata részben a nehezen elérhető adatokat mérések segítségével szereztem meg. Az első mérési kísérlet során az autó gyári hőmérséklet mérőjét használtam, azonban az eredmények nem a várt értékeket mutatták, így az első mérési kísérletem sikertelennek bizonyult. A második alkalommal már egy lézeres hőmérsékletmérőt használtam, és az így kapott eredmények már közelítettek a várt értékekhez. Egy újabb méréssel a hűtőventilátor által generált levegő sebességét légsebességmérő segítségével mértem meg.

Az alkatrészeket SolidWorks programmal modelleztem le, utána pedig Ansys által számíttattam ki a szakdolgozat folytatásához szükséges adatokat. Ezt követően kiszámoltam az alapkoncepció hőelvonási teljesítményét. Az alapkoncepció adatainak ismertetését követően 5 különböző megoldási javaslatot mutattam be, melyeknek hőelvonási teljesítményét kiszámoltam, képpel illusztráltam, majd az így kapott eredményeket összehasonlítottam az eredeti koncepcióval. Az összehasonlítás elvégzését követően külön-külön értékeltem a kapott eredményeket.

Végző konklúzióként megállapítottam, -amit az utolsó koncepció számított eredményei is igazolnak-, hogy a megváltozott igényeknek megfelelően, a gépjármű hűtőrendszere a három koncepció együttes fennállása esetén megfelelően működne, ezáltal realitássá vált a szakdolgozatomban megfogalmazott cél elérése.

Irodalomjegyzék

1997 Opel Corsa B (facelift 1997) 1.0i 12V (54 Hp). (dátum nélk.). Forrás: Technical specs, data, fuel consumption, Dimensions: <https://www.auto-data.net/en/opel-corsa-b-facelift-1997-1.0i-12v-54hp-2111>

Letöltés ideje: 2024.03.15

Autoalkatreszek24.hu. (2024). Forrás: HŰTŐ — OPEL CORSA B HATCHBACK (S93) 1.0 I 12V (F08, F68, M68) ÉVTŐL 11.1996, 54 LE: <https://www.autoalkatreszek24.hu/automarkak/alkatresz-opel/corsa-b-73-78-79/7863/10203/vizhuetoe.html>

Letöltés ideje: 2024.03.20

Bagány, M. (2011). *Belsőégésű motorok.* Kecskemét: Typotex Kiadó.

Letöltés ideje: 2024.02.25

Belsőégésű motorok és segédberendezéseik. (dátum nélk.). Forrás: Sulinet Tudásbázis : <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/kereskedelem-es-marketing/kereskedelmi-es-marketing-modulok/belsoegesu-motorok-es-segedberendezeseik/belsoegesu-motor>

Letöltés ideje: 2024.02.02

Combustion Engine Cooling Water System (Jacket Water System) explained. (dátum nélk.). Forrás: saVRee: <https://www.savree.com/en/encyclopedia/combustion-engine-cooling-water-system-jacket-water-system>

Letöltés ideje: 2024.02.04

Dr. Vas, A. (2005). *Belsőégésű motorok szerkezete és működése.* Budapest: Szaktudás Kiadó Ház Rt.

Letöltés ideje: 2024.03.05

Egy kis fagyállótan. (2002. 11). Forrás: Multical.hu:

https://www.multical.hu/upload/files/Egy_kis_fagyallotan.pdf

Letöltés ideje: 2024.04.06

Engine Cooling System: How it works. (2022. augusztus 1.). Forrás: daviescraig.com.au:

<https://daviescraig.com.au/blog/engine-cooling-system-how-it-works>

Letöltés ideje: 2024.02.01

Fritz, P. (dátum nélk.). *Engine Coolant Basics.* Forrás: Machinery Lubrication.

Letöltés ideje: 2024.04.05

gepeszbolt.hu. (dátum nélk.). Forrás: <https://www.gepeszbolt.hu/simonyi/leveg%F5.pdf>

Letöltés ideje: 2024.04.10

K.C., C. (2019. április 17.). *Here's how your car's engine works.* Forrás: Car and driver:

<https://www.caranddriver.com/features/a26962316/how-a-car-works/>

Letöltés ideje: 2024.04.03

Lábadi, L. (2019. 04 30). *A motor hűtése.* Forrás: Hét nap: <https://hetnap.rs/cikk/A-motor-hutese-28786.html>

Letöltés ideje: 2024.03.03

- Motofocus. (2023. február 1). *Hűtéstechnika a motorokban*. Forrás: Motofocus.eu:
<https://hu.motofocus.eu/hutestechnika-a-motorokban/>
Letöltés ideje: 2024.02.11
- Motor hűtőrendszer:működése és típusai*. (2023. június 18.). Forrás: autoride.hu:
<https://autoride.hu/motor-hutorendszer-mukodese-es-tipusai#1-leghuteses-rendszerek>
Letöltés ideje: 2024.02.25
- Nice, K. (2021.. február 11.). *Fan - How Car Cooling System Work*. Forrás: HowStuffWorks:
<https://auto.howstuffworks.com/cooling-system9.htm>
Letöltés ideje: 2024.03.08
- OPEL CORSA B (1993-2000) - modelltörténet*. (2014. február 7). Forrás: opelforum.hu:
<https://www.opelforum.hu/cikkek/technika/tipusok/cors/opel-corsa-b-1993-2000-modellt%C3%B6rt%C3%A9net-r119/>
Letöltés ideje: 2024.02.11
- OPEL CORSA B 1.0i 12V ECO adatok*. (dátum nélk.). Forrás: Kocsi.hu:
<https://kocsi.hu/autokatalogus/opel/corsa/corsa-b/corsa-1-0i-12v-eco-tipusid-58535>
Letöltés ideje: 2024.02.28
- Robogó, R. (2021. augusztus 31). *Hogyan működik egy 4-ütemű motor? A 4-ütemű henger működése!*
Forrás: motomotors.eu: <https://motomotors.eu/blog/hogyan-mukodik-egy-4-utemu-motor-a-4-utemu-henger-mukodese/?fbclid=IwAR2KUgDBdXocUaGEHR7M1FO1QvSCJD3GvkWxHdK0HxcJ6OnplyP-UJOelBA>
Letöltés ideje: 2024.03.21
- Shipstore.hu*. (dátum nélk.). Forrás: Beaufort-skála, avagy a szél erősség mérése 13 fokozatban:
<https://shipstore.hu/blog/beaufort-skala-szelerosseg-merese/>
Letöltés ideje: 2024.03.30
- Szaller, L. (2021). *Gépjárműmotorok és szabályozásuk*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó Kft.
Letöltés ideje: 2024.02.15
- Types of Engine Cooling Systems: Working, Pros & More* . (dátum nélk.). Forrás: dubizzle:
<https://www.dubizzle.com/blog/cars/engine-cooling-system-types/>
Letöltés ideje: 2024.04.10

Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: A henger egyes alkatrészei (Forrás: motomotors.eu)	7
2. ábra: A szívás fázisa (Forrás: motomotors.eu)	8
3. ábra: Kompressziós fázis (Forrás: motomotors.eu)	8
4. ábra: A munka fázisa (Forrás: motomotors.eu)	9
5. ábra: A kilöködés fázisa (Forrás: motomotors.eu)	9
6. ábra: A motor hőmérlege (Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)	9
7. ábra: Léghűtésű motor (Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)	11
8. ábra: Hőcirkulációs folyadékűtés (Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)	11
9. ábra: Szivattyús folyadékűtés (Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)	13
10. ábra: Termosztát szelep működése (Forrás: Szaller László: Gépjárműmotorok és szabályozásuk)	14
11. ábra: Etilén-glikol keverékeinek tulajdonságai különböző hőmérsékleteken (Forrás: multical.hu)	15
12. ábra: Lézeres hőmérséklet mérő (Forrás: Emag.hu)	19
13. ábra: Légsebesség mérő műszer (Forrás: Saját kép)	21
14. ábra: Csőrész méretei (Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks programban)	22
15. ábra: Lemez méretei (Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)	22
16. ábra: A kész Assembly fájl méretei (Forrás: Saját szerkesztés a SolidWorks program segítségével)	23
17. ábra: Az elkészült Assembly fájl szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés a SolidWorks program segítségével)	23
18. ábra: Peremfeltételek elhelyezkedése (Forrás: Saját szerkesztés Ansys nevű szoftverben)	24
19. ábra: A levegő útjának szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés Ansys nevű szoftverben)	24
20. ábra: Naqyobb hűtőradiátor szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)	29
21. ábra: A motorcsere utáni légsebesség változásának szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés)	30
22. ábra: Nagyobb hűtőventilátor geometriai szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)	32
23. ábra: A két ventilátor elhelyezésének geometriai szemléltetése (Forrás: Saját szerkesztés SolidWorks program segítségével)	33
1. táblázat: Motorból kivezető hűtőfolyadék hőmérsékletének vizsgálata (Forrás: Saját szerkesztés)	20
2. táblázat: A hűtőfolyadék hőmérséklet-változásának szemléltetése diagrammon (Forrás: saját szerkesztés)	21
3. táblázat: A be- és kimeneti levegő hőmérsékletkülönbségei (Forrás: Saját szerkesztés)	25
4. táblázat: A be- és kimeneti levegő hőmérsékletkülönbségei a levegő sebességének függvényében (Forrás: Saját szerkesztés)	25
5. táblázat: Az eredmények összehasonlítása különböző szempontok szerint (Forrás: Saját szerkesztés)	39

Hallgatói nyilatkozat

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: MOLNÁR TAMÁS
A Hallgató Neptun kódja: M486MR
A dolgozat címe: IGÉNYEK ALAPJÁN JÁRMŰMOTOR KÜLTÉRSÉVEK ÁTTERVEZÉSE MEGVALÓSÍTOTT
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MŰSZAKI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: GÉPSZERKEZETTANI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

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

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

Kelt: 6.00.01.10 év APRILIS hó 20 nap

Molnár Tamás
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

Konzulensi nyilatkozat

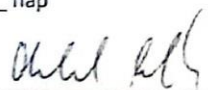
NYILATKOZAT

MOUKE TAMÁS (név) (hallgató Neptun azonosítója: NY861R)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Gödöllő 2024 év 04 hó 15 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő
² A megfelelő aláhúzendő.
³ A megfelelő aláhúzendő.