



ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Terméktervező Intézet

DIPLOMAMUNKA

Alternatív szívócsenk tervezése és csomagolása

Konzulens:
Dr. Prof. Kisfaludy Márta

Készítette:
Solymosi Szabolcs

BUDAPEST
2023

ÓBUDAI EGYETEM



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Terméktervező Intézet

DIPLOMAMUNKA FELADATLAP

Hallgató neve: Solymosi Szabolcs

Diplomamunka száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T003692/FI12904/R

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Ipari terméktervező mérnök (Msc)

Specializáció: Termék- és arculattervezés

A dolgozat címe: Alternatív szívócsonk tervezése és csomagolása

A dolgozat címe angolul: Alternative Intake Manifold and Packaging Design

A feladat részletezése:

1. Szakirodalmi áttekintés karburátoros autók történetéről, a karburátorok működési elvéről. A szívócsonkok fajtái, a régi autók teljesítményének optimalizálási lehetőségei. Ütemterv.
2. Piackutatás a "projektautók" tulajdonosai és a kereskedők körében. Elemzés és következtetések levonása. A 3D technológiák alkalmazási területei. Precedenskutató a vonatkozó csomagolásokról. Követelményjegyzék.
3. A fentiek összegzésén alapuló egyéni koncepció megfogalmazása. Méretvariációk, anyagmeghatározás, arculati elemek. Négy koncepció kidolgozása.
4. A kiválasztott modell kivitelezése, dokumentálása, költségterve és prezentációja (műszaki- és látványrajzok, valamint 70 x 100 cm plakát).

Intézményi konzulens neve: Kisfaludy Márta Erzsébet

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 07. 01.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A diplomamunka: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 05. 11.



[Handwritten signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

[Handwritten signature]
belső konzulens

.....
külső konzulens



Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

Terméktervező Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023. 05. 15.

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék	4
Bevezetés	8
1. Irodalomkutatás a karburátorokról	9
1.1. Karburátorok és történetük	9
1.2. Csonka és Bánki, a magyar vonatkozás	10
1.3. Működési elv	11
1.4. Karburátorsor fogalma	11
1.5. Befecskendező rendszerek fejlődésének bemutatása	12
1.6. Probléma feltárás	13
1.7. Szakemberhiány	13
1.8. Napjaink problémás autótípusai	13
1.9. Az átalakítás mivolta	16
1.10. Üzemanyag szállító rendszer	16
1.11. Levegő ellátás	16
1.12. Karburátorsor választás	16
1.13. Módosított szívósor	17
1.14. Utángyártott szívócsonkok fajtái	17
1.15. Szívócső gyártás	19
1.16. Szívócsővel szemben támasztott műszaki követelmények	19
1.17. Szívórendszereket érintő szabványok	20
1.18. Geometria számítási módszerek	20
1.19. Általános szívócsonk dizájn irányelvek	22
1.20. Szívócső hossz számítás	23
1.21. Gázlengések	23

1.22.	<i>Szívócsonk átmérők meghatározása</i>	24
1.23.	<i>Konkurencia elemzés</i>	25
1.24.	<i>Vetélytárs eladási számai</i>	26
2.	A projekt alanya, Piackutatás	27
2.1.	<i>Saját tesztalany bemutatása</i>	27
2.2.	<i>Projektautó, mint fogalom.....</i>	27
2.3.	<i>A projekt célja</i>	28
2.4.	<i>Kompatibilis járművek</i>	28
2.5.	<i>Kérdőíves felmérés és elemzés.....</i>	30
2.6.	<i>Funkciófa.....</i>	36
2.7.	<i>Követelményjegyzék</i>	38
2.8.	<i>Alkalmazott 3D technológiák.....</i>	42
2.9.	<i>3D technológiák alkalmazási területei.....</i>	42
2.10.	<i>Optikai 3D szkennelés</i>	44
2.11.	<i>Összetett fénnyel operáló szkennerek</i>	46
2.12.	<i>EinScan-Pro+ optikai szkennér bemutatása.....</i>	47
2.13.	<i>A szkennelés menete.....</i>	48
2.14.	<i>Az additív gyártás</i>	50
2.15.	<i>Miért műanyag?</i>	51
2.16.	<i>Alapanyag kutatás.....</i>	53
2.17.	<i>A polimerek újrahasznosíthatósága</i>	57
2.18.	<i>A választható 3D gyártócellák összehasonlítása</i>	57
2.19.	<i>Az SLS története</i>	59
3.	Egyéni koncepció alkotás.....	61
3.1.	<i>A virtuális és fizikai tervezés kezdeti lépései</i>	61
3.2.	<i>Formai követelmények.....</i>	62
3.3.	<i>A CAD modellezés menete</i>	65

3.3.1.	<i>Tervezési lépések, modellfa</i>	67
3.4.	<i>A kialakult modellek műszaki dokumentálása, látványterve.....</i>	72
3.4.1.	<i>2D tervdokumentáció</i>	72
3.4.2.	<i>Renderelt látványtervek.....</i>	73
3.5.	<i>Precedenskutató vonatkozó csomagolásokról</i>	75
3.5.1.	<i>Nagy nevek és csomagolásaik</i>	75
3.6.	<i>Csomagolás tervezés.....</i>	80
3.6.1.	<i>Első csomagterv változat</i>	80
3.6.2.	<i>Második csomagolásterv</i>	82
3.6.3.	<i>Harmadik csomagterv.....</i>	83
3.6.4.	<i>Negyedik csomagolás</i>	84
3.7.	<i>Végző csomagolás</i>	86
4.	Szívócsomók kivitelezése és beépítése	88
4.1.	<i>Szívócsomók pár additív gyártása.....</i>	88
4.1.1.	<i>SLS nyomtatási beállítások</i>	88
4.1.2.	<i>Nyomtatás menete</i>	89
4.1.3.	<i>Elkészült nyomtatás</i>	89
4.2.	<i>Költség kalkuláció</i>	93
4.3.	<i>Beépítés</i>	93
4.3.1.	<i>Kiinduló állapot.....</i>	94
4.3.2.	<i>A szétbontás fázisai</i>	94
4.3.3.	<i>Összerakás</i>	96
4.4.	<i>Tesztüzem</i>	98
4.5.	<i>Felmerülő problémák</i>	99
4.6.	<i>Fejlesztési irányok</i>	100
	Összefoglaló	101

Summary	102
Irodalomjegyzék	103
Ábrajegyzék	107

BEVEZETÉS

Diplomadolgozatomban egy olyan szakmai kihívásokat és egyúttal a hobbit ötvöző terméket és annak csomagolástervét szerettem volna megalkotni, ami nem csak saját felhasználásra, de az autós társadalom egy jelentős részének is hasznos lehet. Elsőre talán úgy tűnhet, hogy dolgozatom tárgyát csupán a szakmai hóbort és a szentimentalizmus szülte, én mégis azon leszek, hogy hasznosságát és környezetvédelmi szempontból vett eredményeit kihangsúlyozzam, ezzel meggyőzve az olvasót a termék létjogosultságával kapcsolatban. A kiválasztott termék egy a veterán, illetve young-timer korú, karburátorral vagy esetenként központi (mono) injektorral üzemelő személygépkocsikat megcélzó alkatrész dizájnja. Egy olyan szívócső dizájn megalkotását tűztem ki célul, mely révén az egyre idősödő, ám műszakilag megfelelő és használható személyautók életciklusa meghosszabbítható. Munkám eredményeként egy olyan konverzió válik lehetségessé a célcsoport számára, amivel a modern közlekedésben való helytállásuk jelentősen feljavul. Az átalakított gépjárművek potenciálisan javuló jellemzői az egyszerűbb szervizelésben, jobb dinamikában és csökkent emisszióban nyilvánulnak meg. Ezáltal az alanyok továbbra is alkalmasak lehetnek a közúti közlekedésben való aktív részvételre, ezzel pénzt és időt spórolva a tulajdonosnak, egyúttal pedig részben az új autó gyártással járó környezeti terhelést is visszafoghatja. Céлом volt, hogy a rohamosan fejlődő additív gyártástechnológiákat felhasználva fejlesszek egy megfizethető alternatívát a kézíleg előállított egyedi szívósorokra.

1. IRODALOMKUTATÁS A KARBURÁTOROKRÓL

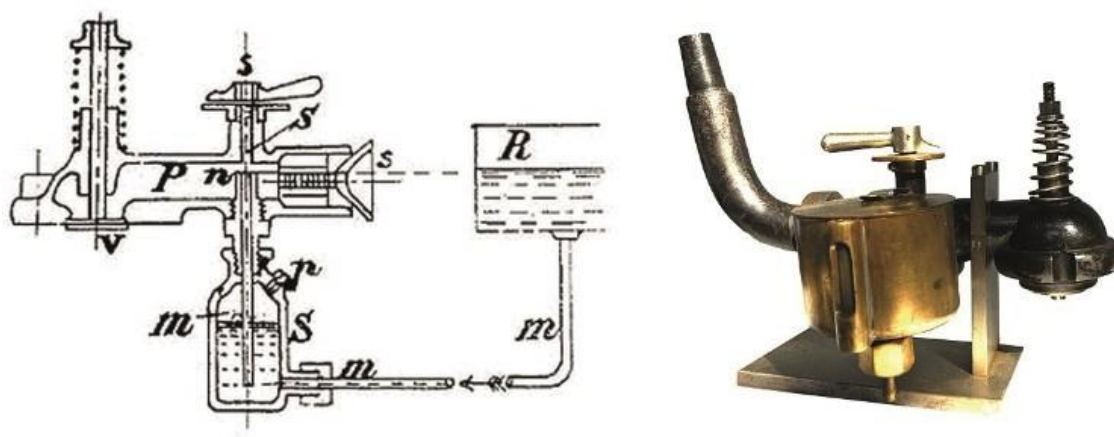
1.1. Karburátorok és történetük

A karburátorok azok az eszközök, melyeket belső égésű motorokon, az üzemanyag és levegő elegyítésére szereltek a szívóágba. Történetük a belső égésű motorok egész korai idejére nyúlik vissza.

1876-ban egy Étienne Lenoir nevű francia mérnök feltalálta az első praktikus belsőégésű motort, amely egyszerű karburátorral hozott létre keveréket, benzingőzzel és a levegőárammal. Lenoir motorja azonban nem volt túl hatékony, ezért egészen a szikragyújtású motorok kifejlesztéséig kellett várni, hogy a karburátorok szélesebb körben elterjedhessenek és egyre többen alkalmazni kezdjék.

1893-ban Wilhelm Maybach német mérnök kifejlesztette és szabadalmaztatta az első, úszós kivitelű karburátort, amely már egy úszóval szabályozta az üzemanyagszintet a karburátor úszóházában.

Ezzel egyidőben Bánki Donát és Csonka János magyar mérnökök, Maybach-hal párhuzamosan szintén megalkották első úszós kivitelű porlasztójukat. Megoszlanak a teóriák a vélt sorrendről, hiszen a szabadalmi elsőség Wilhelmet illette, azonban a magyarok által beadott szabadalmi sémákon bizonyítottan korábbi dátum szerepelt a németénél. Így a történelemben nem egyedül álló módon a németek és a magyarok is sajátjuknak tulajdonítják a 'carburator'¹ felfedezését. Ezt a fajta kialakítást Karl Benz javította tovább saját autója számára 1898-ban, és ezzel egyúttal az úszóházas karburátort sok éven át általánosan elfogadott szabványos kialakítássá tette. [1]



1.1. ábra, Bánki-Csonka porlasztójának szabadalmi ábrája és a kész produktum [1]

Az 1900-as évek elején több amerikai feltaláló igyekezett továbbfejleszteni a karburátorok kialakítását. 1904-ben George Schebler szabadalmaztatott egy mozgatható légbeömlővel ellátott karburátort, amivel jobb üzemanyag-fogyasztást tesz lehetővé.

¹ Bánki és Csonka használta először saját termékeikre a 'carburator' kifejezést.

1905-ben Frederick és Tom Reel kifejlesztett egy koncentrikus Venturi-csővel ellátott karburátort, amely nagyban javította az üzemanyag porlasztását és a motor teljesítményét. Az 1920-as és 1930-as években a karburátorok kialakítása tovább fejlődött, olyan fejlesztésekkel, mint a változtatható Venturi elvű karburátorok, amelyek pontosabb üzemanyag-adagolást tettek lehetővé, illetve megjelentek a lefelé áramló karburátorok, amelyek javították a légáramlást és az égés hatékonyságát. A 'downdraft' elven működő porlasztók lényege, hogy a porlasztást a gravitáció is segíti azáltal, hogy a motor a karburátoron fentről érkező levegőt áramoltat keresztül lefelé az égéstérig.

Az 1940-es és 1950-es években az üzemanyag-befecskendező rendszerek elkezdtek felváltani a karburátorokat bizonyos nagy teljesítményű és repülési alkalmazásokban, de a karburátorok továbbra is az elsődleges üzemanyag-ellátó rendszerként szerepelnek a legtöbb személygépkocsiban.

Az 1960-as és 1970-es években a levegőszennyezéssel és az üzemanyag-fogyasztással kapcsolatos növekvő aggodalmak új karburátor-konstrukciók kifejlesztéséhez vezettek, mint amilyenek a visszacsatolt és az elektronikus karburátor, amelyek elektronikus érzékelőket és vezérlőket használtak az üzemanyag hatékonyság javítására és a károsanyag-kibocsátás csökkentésére.

Az 1980-as évekre azonban a legtöbb új autót elektronikus üzemanyag-befecskendező rendszerrel szerelték fel, amely még jobban szabályozta az üzemanyag-szállítást és a károsanyag-kibocsátást. A karburátorokat ma is használják néhány régebbi járműben, valamint bizonyos verseny- és nagyteljesítményű alkalmazásokban, de ezeket nagyrészt felváltották az elektronikus üzemanyag-befecskendezéssel, mint a belső égésű motorok üzemanyag-ellátásának alapvető módszerével.

1.1.1. Csonka és Bánki, a magyar vonatkozás

A modern karburátor megoldásokhoz vezető több évtizedes időszakhoz több magyar vonatkozás is köthető, akik fontos szerepet játszottak a porlasztók fejlődésében.

A karburátorok első nagy fejlesztési mérföldkövének kulcsszereplő volt a magyar mérnök, Bánki Donát. 1893-ban Bánki feltalálta az első úszókamrás karburátort, amely egyenletesebb üzemanyag-szállítást és jobb motorteljesítményt tett lehetővé. Mindezt egyazon évben tette Wilhelm Maybach német mérnökkel, és az, hogy a vezető szabadság végül Németországa lett, nagyon kis időn múlt csupán. Bánki ugyanakkor kifejlesztett egy róla elnevezett, Bánki gyújtógyertyát is, amely a modern gyújtógyertyák korai formája volt.

Egy másik magyar mérnök, Csonka János a XX. század elején szintén jelentős mértékben hozzájárult a karburátorok fejlődési ívéhez. 1905-ben Csonka fejlesztett egy változtatható Venturi-csővel ellátott karburátor típust, amely minden korábbinál pontosabb üzemanyag-adagolást és jobb motorteljesítményt tett lehetővé. Csonka karburátorát többek között a maga korában igen sikeres, Austro-Daimler Grand Prix autómobilokon használták.

Emellett Szauter Imre magyar mérnöknek is fontos szerep jutott az 1960-as és 1970-es években az elektronikus karburátorok megalkotásában. Szauter feltalált egy elektronikus karburátort, amely érzékelőket és mikroprocesszorokat használt az üzemanyag-szállítás szabályozására, valamint a motor teljesítményének és fogyasztásának optimalizálására. Ezt a technológiát később sok autógyártó alkalmazta járműveiben.

Összességében elmondható, hogy a magyar mérnökök jelentős mértékben hozzájárultak különböző karburátor technológiák kidolgozásához, amivel egyúttal nagy hatással voltak a belső égésű motorok fejlődésére is.

1.1.2. Működési elv

Négyütemű, belsőégésű motorok karburátorai általános esetben a porlasztást is végző levegő mennyiségének szabályozásával operálnak, tehát egy pillangószelep (fojtószelep) határozza meg a szívócsatornába, ezzel együtt pedig az égéstérbe jutó keverék mennyiségét. Ezt a működtetést nevezik fojtás elvű, másnéven mennyiségi szabályzásnak, amikor is a beáramló levegő mennyiségének manipulálásával változtathatunk a motor üzemállapotán. Egyszerű szavakkal leírva, a gázpedál egyenes összeköttetésben áll a pillangószeleppel, mely a szívótorkot hol elzárja, hol megnyitja. Ezzel pedig hol kevesebb, hol több üzemanyagot rántva magával az úszóházból a torokba, ami éppen gyorsítja vagy lassítja a motor forgását. Az instant válasz a motor üzemállapot változásáról azonnal érkezik a sofőr részére, amely ennek a direkt kapcsolatnak köszönhető a vezető lába és az erőforrás között. Mindez jelentős károsanyag kibocsátással járhat, hiszen a hirtelen égéstérbe jutó megnövekedett mennyiségű üzemanyagot, a motor nem képes elég gyorsan elégetni. Ez főként a kopottabb, sokezer kilométert megtett központi karburátorokra igaz. Emiatt a mai gépkocsikra már egy indirekt és szándékosan késleltetett gázreakció jellemző, így ez a tulajdonság megmarad a karburátoros és egyéb, gázbowdent alkalmazó járműnek. Ez a többlet kibocsátást azonban - amelyet gyakran gomolygó füstfelhő kísér - egy karburátorsor alkalmazásával, a hengerenkénti adagolás révén csökkenteni tudjuk. Mivel a keverék szabályozottabb keretek között kerül az égéstérbe, a motor hatékonyabban képes kezelni a többletet, ám megmarad a rendkívül direkt gázreakció. A keverékből kisebb adagok kerülnek egyszerre a szívórendszerbe, ezáltal könnyebben és gyorsabban feldolgozhatóvá téve azt az erőforrás számára.

1.1.3. Karburátorsor fogalma

Dolgozatom koncepciójának lényeges eleme a karburátorsor, mint kulcsszereplő abban az egyenletben, amely a karburátoros autók, ésszerű költségek közti jobbítását célozza. A karburátorsorok a 80-as évektől kaptak egyre nagyobb szerepet, mint a többhengeres motorkerékpárok üzemanyagellátó és keverékképző rendszerei. Gyakorlatilag 4 db önálló karburátor, melyek összeköttetésben és szinkronban vannak egymással. Ezzel hidat képeznek a központi szimultán befecskendezéssel és a szívócső befecskendezéssel rendelkező gépjárművek között. Amíg működési elvükben karburátorok, képesek a hengerenkénti keverékképzésre is, ami javítja az emissziót, ezáltal a hatékonyságot és a

dinamikát, a szimultán központi karburálással szemben. Többnyire egy központi üzemanyag csatlakozásuk és egy gázkarjuk van. A pillangó szelepek szinkronizálásával hozhatók összhangba az egyes hengerekbe kerülő mennyiségek. Az autóiparban leginkább a karburátorpárok terjedtek el azonos időben, főként nagyteljesítményű, többhengeres változataik. A karburátorsorok jóval drágább, ám fejlettebb modernkori alternatívái az ITB (Individual Throttle Bodies) szettek, melyek injektorból fecskendezett, ám karburátor szerű torokban szétporladó üzemanyag bejuttatásának elvén működnek.

A karburátorsorok működése megegyezik a klasszikus karburátorokéval, így ezáltal sem a gyújtásrendszer, sem az üzemanyagellátás, sem egyéb paraméter a motoron nem módosítandó. A motor szívóütemben berántja a szívócsőből az ott lengő keveréket. A friss keverék összeállításáért a karburátorsor felel, míg annak várakoztatásáért a szívószelep nyitásaig, maga a szívócső felelős. Karburátorsorral szerelt járművek esetén a szívócső két részegységből tevődik össze, melyek közül egyik maga a szívócsőnk, a másik pedig a hengerfejben található, és egészen a szívószelepig vezető szívócsatorna.



1.2. ábra, Yamaha YZF R1 karburátorsor 1999-ből (saját fotó)

1.1.4. Befecskendező rendszerek fejlődésének bemutatása

A mai formájukban ismert, belsőégésű motorral hajtott gépjárművek megkerülhetetlen, létfontosságú részegysége a tüzelőanyag-ellátó rendszer, mely szerep fontossága a kezdetek óta változatlan. A rentábilisan és energia-hatékonyan működő motorokhoz elengedhetetlen egy pontosan kalibrált és jól beállított üzemanyag ellátó rendszer megléte.

Az „elektronikarettegés” ellenére az 1960-as években „más szelek kezdtek fűjni” Kalifornia felől. Pontosabban olyan jelentős mértékben romlott a levegő minősége az USA nyugati parti városaiban, hogy 1963-ban elfogadták a világ egyik első környezetvédelmi törvényét. Ezt az 1968-tól életbe lépő szabályozást még szigorúbb előírások követték. Néhány autógyártónak bizony komoly fejtörést okozott az új

szabályozás, ezek közé tartozott a Volkswagen is. Noha sikerrel forgalmazták a tengerentúlon a Bogarat, ám az ennek műszaki alapjaira épülő typ 3 némileg növelt lökettérfogatú erőforrást kapott. Ez pedig egészen egyszerűen nem felelt meg az egyre szigorodó amerikai környezetvédelmi előírásoknak. A megoldást a Bosch szállította, így az 1960-as évek elejére már majdnem sorozatgyártásra érett rendszert mutathattak be egy Mercedes-Benz 220 SE és egy Volkswagen 1500 prototípusban. [2]

A nehezen elért fejlesztési mérföldkövek alapját ma is a befecskendező rendszerek faragásával, módosításával és hangolásával érik el (modellciklusonként kevesebb, mint 5% hatékonyság növelés).

A mai trendek meghatározzák a fejlődési irányokat, miszerint a befagyasztott motorblokk konstrukciók mellett egyedül a befecskendező rendszerek és hozzájuk kapcsolódó, olyan társ alkatrész-osztályok fejlesztésével fokoznak hatékonyságot, mint amilyenek:

- a hengerfejek és ezáltal a szelepek, szívócsatornák (portok), illetve
- a kipufogórendszerek és
- a kibocsátott gázok utókezelését végző egyéb alrendszerek (EGR, katalizátorok).

1.2. Probléma feltárás

A probléma gyökere sok esetben a korai befecskendezőrendszerek komplikáltságában és a kiöregedő karburátorok alkatrészellátottságában keresendő. Manapság nem ritkán, a befecskendező rendszerek óriás javítási költségei okán lesznek az egyéb szempontból még bőven használható és korszerű négykerékűek az autóbontók martalékai.

1.2.1. Szakemberhiány

A klasszikus karburátorok és a kezdeti elektronikus befecskendezővel ellátott járművek lassú kihalásáért egyrészt a rohamosan fejlődő autóipar általi technikai egyszerűsödés, másrészt pedig a hozzáértő szakemberek hiánya tehető felelőssé.

A probléma feltárásához szükséges szempontrendszer egyik nagy szelete az egyre kiszoruló 'oldschool' járműtechnikák ismerőinek megfogyatkozása. Sokan elhagyták a szakmát, míg mások vagy elfelejtették, vagy már meg sem tanulták a mai szemmel túlbonyolított Bosch Jetronic és egyéb kezdetleges elektronikus injektor-rendszerű társaik javítási és működési metódusait.

1.2.2. Napjaink problémás autótípusai

A következőkben olyan gépkocsikat sorakoztatok fel, melyek többsége mára igen problémássá vált a koruk átlagánál gyengébb minőségű üzemanyag ellátó rendszereik, vagy azok gyorsabb elavulásának okán. Listám összeállításakor figyelembe vettem az általam kigondolt rendszerhez legjobban igazítható 5 típust, melyek kritériumai közt megtalálhatók a lökettérfogatbeli és hengerszámbeli határok is. A négynél több hengerrel ellátott járművek karburátorsorral való ellátása már önmagában túl nagy feladat. A többhengeres, nem soros elrendezésű blokkok szintén túlkomplikálttá és akár megbízhatatlanná válhatnak egy hasonló konverzióval. A lökettérfogati határt az adott,

teljesítményükben korlátozott kialakítású és fűvókázású karburátorsorok miatt hoztam be a felsorolásba. Esetenként a rendkívül nagy teljesítményű 4 hengeresek is kívánhatnak többet, mint ami az összekötött karburátortömbök határa. Adott motorok karburátorsorhoz társításánál egy DanST Engineering nevű angol műhely referenciáit vettem alapul, az ő ajánlásait ugyanis százezrek követik világszerte, hasonló átalakításaik esetén.

Az általam vett egyik referencia, az európai piacvezető alternatív szívócsonk gyártó, Dan Standley vállalata, a DanST Engineering Ltd. több, mint 10 éve foglalkozik teljesítmény optimalizálással az Egyesült Királyságban. Céljuk az elérhető árú teljesítménynövelés a kiállításra készülő 'show-car' és a hétvégi hobbiautó tulajdonosok számára. A megközelítésük szinte tökéletes, ám dolgozatomban arra keresem a választ, lehetséges-e a koncepciót a mindennapokban használhatóságba átültetni, még kedvezőbb áron a szélesebb tömegeknek.

A korosodó, potenciálisan beavatkozást igénylő gépkocsik listája főként az ő 12 éves szakmai tapasztalatuk és kísérletezésük eredménye. A ma is kapható átalakító szettek a következő járművekhez, motorverziókhoz ajánlottak és bizonyítottan alkalmazhatóak:

- Ford CVH motorok (1,4; 1,6 és 1,8 literes verziók),
- Ford HE Duratec motorok,
- Ford Pinto motorok,
- Ford Escort 1300ccm,
- Honda A18 motorok,
- Honda B18/B16 motorok,
- Honda D14/D16 motorok,
- Mazda MX5 NA 1,6 és 1,8 literes motorok,
- Mazda MX5 NB 1,8 literes motorok,
- Mazda 2ZZ motorkódos motorok,
- Mitsubishi 4G93 DGAS,
- Nissan Micra 1.1 & 1.3 K11 CG motorok,
- Peugeot 106 1.0 és 1.1L TU1 motorok
- Peugeot 106 XSI 1,4 és 1,6L 8 szelepes motorok (TU5 motorkód),
- Peugeot 106 GTI 1,6L 16 szelepes motorok,
- Peugeot 306 GTI6 & 405 MI16 modellek,
- Peugeot 206 GTI & Citroen C4 VTS modellek,
- Peugeot 205 teljes TU1 és TU3 motorcsalád,
- Peugeot 205 GTI XU5J 8 szelepes motorok,
- Citroën Saxo VTS 16 szelepes modellek (TU5 motorkód),
- Citroën Saxo VTR 8 szelepes (TU5 motorkód),
- Citroën C2 16 szelepes VTS modell (TU5 motorkód),
- Porsche 924, 2 literes EA831 motorkódú modellek,
- Renault Clio 16 szelepes F7P & Clio Williams F7R700 modellek,

- Renault Clio (Clio 172&182 modellek) F4R motorkódú motorok,
- Renault Megane F7R 16 szelepes motorok,
- Rover K-Series motorcsalád,
- Suzuki Swift MK1 GTi G13B motorok,
- Suzuki Jimny M13A és M15A motorok,
- Toyota 1,3 literes 2E motorok,
- Toyota 4A-GE motorok
- Toyota 3S-GE & 3SGTE motorok,
- Toyota 4E-FE & 4E-FTE motorcsaládok,
- Toyota 22R motorcsalád,
- Opel/Vauxhall 18E, C14/16 SE és C16SV, valamint C20XE motorok,
- Opel/Vauxhall X16XE motorcsalád, valamint C20NE, 18SE és 20SER motorok,
- Volkswagen Golf Mk1 és Mk2 (1,3; 1,5; 1,6 és 1,8 literes, 8 szelepes motorok)
- VW Golf Mk3 1,4 és 1,6 literes monopoint injektoros motorok.

A fentebb felsorolt típusok egytől egyig alkalmasak lehetnek az átalakításra, noha nagyrészüket már hengerenkénti injektorral szerelt jármű, rendelkeznek kezdetleges megoldásokkal, melyek javítása sok esetben rendkívül bonyolult és költséges. Másik részük karburátoros jellegüket megőrizve válhatnak mégis egy fokkal modernébbé, hatékonyabbá és ezáltal takarékosabbá. A listán szereplő autók az angol weblapon fellelhető típusok zömét tartalmazza, ám ezeken felül is léteznek nagyobb darabszámban legyártott, mára elavultnak mondható gépkocsik, melyek sok esetben befecskendező rendszerbeli hibáik és hiányosságai miatt kerültek parkoló pályára. Egyeseknél a pótalkatrész utánpótlás hézagjai miatt nem kifizetődő a javítás, míg más rendszerek esetében (pl. K-, és KE-Jetronik befecskendező rendszerek) a javítási és beállítási 'know-how'-ját birtokló mesteremberek hiánya, megint más esetekben pedig mindezek együttesen állnak fent. Mindezekre a problémákra kínálhat egy potenciális megoldást a karburátorsorok alkalmazása, mint a méregdrága ITB rendszerek alternatívái. Sokrétűen alkalmazhatóak, mivel nagyszámban legyártott motorkerékpárok alkatrészei ezek, melyek ma már nem üzemelnek nagy számban az utakon, ezért elérhető árú alternatívát képezhetnek 4 kerekű rokonaik életben tartásához. Karbantartásuk és behangolásuk rendkívül egyszerű és a sokezer legyártott példánynak köszönhetően az alkatrész utánpótlás is biztosított. Mindezek ismeretében egyetlen fontos alkatrész képezi tehát a gátat a megoldás elterjedése előtt, ami nem más, mint a karburátorsort az autó hengerfejével összekötő szívó sor. A szívó sorok feladata, azon túlmenően, hogy hidat képez, ez esetben az, hogy teret adjon az üzemanyag-levegő elegyedésének az égéstérbe bekerülés előtt. Keveréket tárol és fizikailag összeköt, miközben áramlási szempontból nem állít akadályt az áramló közeg útjába, amíg az eléri a szívócsatorna végéig és a szívószelep be nem engedi.

1.3. Az átalakítás mivolta

Eleve karburátoros autók esetén túlzás átalakításként említeni a folyamatot, noha a karburátorok számának sokszorozása már esetükben is a felső határt súrolja. Amennyiben egy autót eredetileg karburátorral szereltek a gyártósoron, maga az átalakítás nem igényel sokrétű beavatkozást a jármű alrendszerébe, mint amilyen a tüzelőanyag szállító rendszer, vagy a gyújtásrendszer. Ezekben az esetekben ugyanis még többnyire alacsony nyomáson üzemelő tüzelőanyag rendszerek teszik lehetővé a működést és nem változik meg gyökeresen a benzin keverékképzése és égéstérbe juttatásának folyamata.

Sok más esetben azonban, vagy részben, vagy teljesen elektronika vezérli a porlasztókat és ezáltal az adagolt üzemanyag mennyiségét, tehát szükség lehet más motorkomponensek, vagy külső alkatrészek cseréjére. Mindezek szükségesek lehetnek akkor, ha az ember karburátorsorral váltaná ki egy autó eredeti üzemanyag ellátó rendszerét. Ezeket a kellékeket, hozzávalókat érdemes szem előtt tartani már a tervezés fázisától kezdve, ugyanis nélkülük könnyen kudarcba fulladhat egy átépítési projekt.

A következő pontokban összeszedtem azokat az alkatrészeket, alrendszereket, melyek módosítást igényelhetnek, ha átalakításra szánjuk el magunkat.

1.3.1. Üzemanyag szállító rendszer

Alapvetően két út járható egy karburátorsor üzemanyaggal való ellátásához, ha az adott járművet közepes, vagy nagynyomású üzemanyagszivattyúval szerelték.

Az egyik, ha az eredeti konfiguráció mellé beépítésre kerül egy üzemanyagnyomást szabályzó alkatrész. A karburátorsorok, akárcsak szimpla egytorkú társaik, rendkívül kis nyomással, néha pedig akár egyszerű szabadeséssel képesek elég üzemanyagot porlasztani. Sok karburátorsor ez miatt nem rendelkezik tankba vezető visszafolyó ággal sem, hiszen csak abból gazdálkodik, amit eltárol az úszóházakban.

Másik lehetőség az autó saját benzinpumpájának kisnyomású verzióra cserélése. Mindkét változat működőképes, érdemes az adott jármű specifikációi alapján dönteni, hol mi az egyszerűbb, ésszerűbb választás.

1.3.2. Levegő ellátás

Kulcskérdés lehet a végső működést tekintve a megfelelő szívócső és levegőszűrő megválasztása. Sok elismert megoldás közül választhatunk, a szítaszűrőktől, az ágankénti zoknis megoldáson és egykamrás szűrőn át, egészen az egyedleg gyártott szűrőboxokig.

1.3.3. Karburátorsor választás

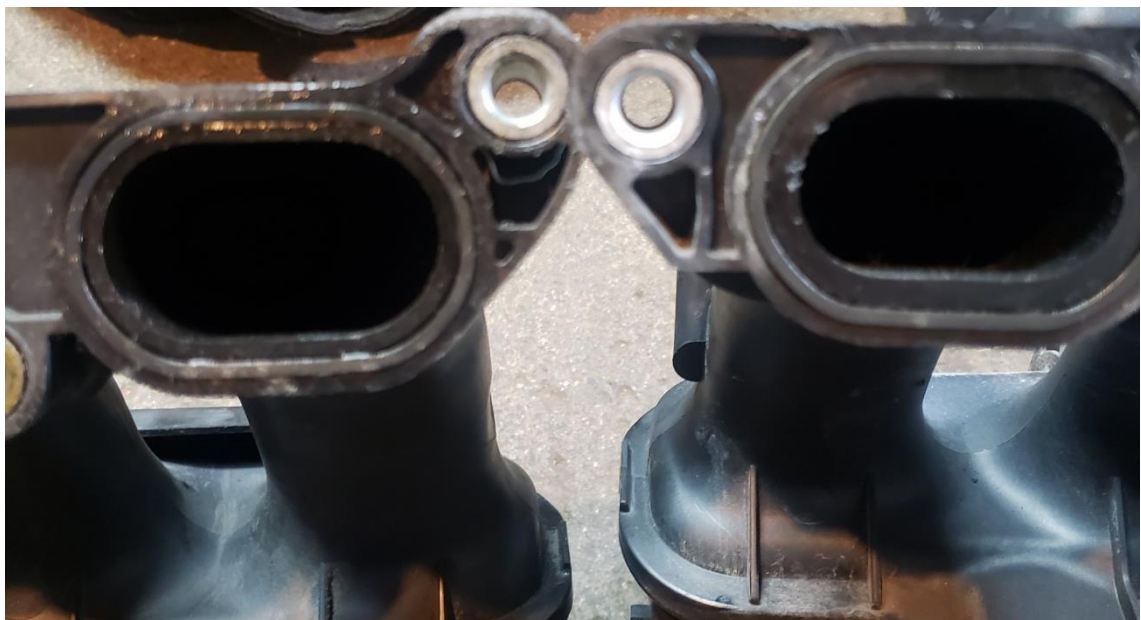
Általánosságban elmondható, hogy a célhoz érdemes eszközt választani ebben a tematikában, ugyanis sokféle karburátorsor megtalálható az alkatrészpiacon. Legtöbb esetben a motor hengerűrtartalma a fő irányadó, de fórumok tömkelege foglalkozik az egyes karburátorsorok kiszolgálóképességének elemzésével.

1.3.4. Módosított szívósor

Végül, de nem utolsó sorban szakdolgozatom fő témája a karburátorsorokra szabott egyedi szívócsonk gyártása, gyárttatása, vásárlása. Ezen pont kifejtése lesz a témája az elkövetkező oldalaknak, részletesen kibontva a problémát.

1.4. Utángyártott szívócsonkok fajtái

A szívócsonkok szerepe olyannyira nem elhanyagolható, hogy képesek alapvetően befolyásolni egy motor működését és jellemző karakterisztikáit, mint amilyenek a nyomatékcúcs és a csúcsteljesítmény értékek a fordulatszám függvényében. Sok esetben már a gyárban adódnak szívósorokban fellelhető eltérések, ugyanis minimális átmérőmódosítással már egy teljesen más teljesítményszinten üzemelő motort kaphatunk.



1.3. ábra, Gyári BMW szívórendszerek átmérőkülönbségei [3]

Egy eredeti szívócsonk lecserélésére az esetek 90%-ában biztosan a teljesítménynövelés miatt van szükség. Ezekben az esetekben a cél az adott literteljesítmény fokozása és a fő okot az a tény adja, hogy egy adott gyári szívócsonk legtöbbször fojtásként is üzemel, ami a motor levegővel való ellátását limitálja. Vannak esetek, amikor szimplán egy fojtószelep ház cserével is elérhető ugyanez a hatás, ám ez az autótípusok csupán elenyésző százalékára igaz. Minden erőforrás rendelkezik biztonsági, vagy funkcionális okokból meghagyott tartalékkal, ami a teljesítményt illeti. Az évek alatt elismertté vált, megbízható konstrukciókra előbb-utóbb rááll az utángyártó és tuning piac, hogy azokat a bizonyos teljesítménykorlátokat kitolják, vagy feszegessék. A több levegő, több és nagyobb teljesítmény leadást jelent, így alakultak ki a nagyobb áteresztő képességű sport levegőszűrők, illetve a módosított, kibővített térfogatú szívósorok, hozzá nagyobb átmérőjű fojtószeleppel.

Fő funkciójuk a levegő, üzem közbeni minél egységesebb elosztása az egyes hengerek között, ám nem mindegy a hengerelrendezés a kérdéskörben. Más az optimális megvalósítás és kivitel, ha az alany esetében egy V alakos henger elrendezésű motorról, vagy ha sorban elhelyezett hengersorról van szó.

A 4-es összehasonlító kép, különböző szívóág megoldásokat mutat egy adott motorra. Egy öntvényt tovább bonyolíthat, ha nem csak levegő szállítás megy végbe, hanem szívócső befecskendezés is szerepet kap a képletben. Ekkor indokolt injektor fészkek biztosítása a megfelelő funkcionalitás érdekében. Általánosságban elmondható, hogy a célzott szívóoldali fejlesztések és optimalizációs folyamatok, nagyban megnövelik a másodpiacon kapható szívócsonkok árát. Nem beszélve a kialakítási minőségükben tetten érhető különbségekről, ami egy fröccsöntött műanyag és egy öntött alumínium csonk összehasonlítását tovább nehezíti.



1.4. ábra, Honda K20 motorokra fejlesztett szívórendszerek összehasonlítása [4]

Egy másik eset, mely a fennmaradó 10%-ot taglalja és amelybe a saját egyéni elképzelésem is sorolható, amikor már a szívócső egész korai szakaszán megtörténik a befecskendezés, vagyis az üzemanyag porlasztása. Ekkor a keverék a szívócső egész hosszán keresztül végig halad, ami sok esetben jobb keveredést és egyenletesebb égést eredményezhet, ám nem árt, ha ehhez a jármű minden más alrendszere is adaptálódott. Ebbe a szegmensbe tartoznak a korábban bemutatott DanST Engineering féle hegesztett szívócsonkok is, melyek fő ihletül szolgáltak ezen diplomadolgozat elkészítéséhez.



1.5. ábra, Peugeot 205 hegesztett szívócsonk [5]

1.5. Szívócső gyártás

Az alternatív szívócsonkok alapanyagai legtöbbször fémek, fémötvözetek. Készülhetnek öntéssel és hegesztéssel is, legelterjedtebb alapanyagai pedig az öntöttvasak, illetve alumíniumok. A hegesztéssel előállított darabok, szinte kivétel nélkül állandó kör keresztmetszetű csőszakaszokból építkeznek, melyeket hajlítással alakítanak a kívánt formára, majd egy közös, hengerfejre felerősíthető lemeztalponhoz varrják őket. Ezzel szemben az öntészet berkein belül készült darabok már összetett, változó csőgeometriákat is tartalmazhatnak. A fő kihívás ez esetben a pontos minta és az általa meghatározott öntőforma kidolgozása, de nem mellékes tényező az olvadék hevítési ideje és hőfoka, valamint a szilárdulási hőmérséklet sem. A felfekvő felületek pontosra munkálásai komoly gépmunkát igényelnek, amely egy ennyire kezdeti fázisban lévő fejlesztés költségeinek többet árt, mint amennyit egy méretpontos, kész darab használni tudna. Hamar felismertem a tényt, hogy esetemben, fémes technológiákkal a célként kitűzött súlycsökkentés, az extrém és összetett geometria, valamint a bekerülési-költségoptimalizálás nem kivitelezhető. Ekkor a 3D nyomtatás felé, mint rohamosan fejlődő prototípus gyártási eljárás felé vettem az irányt.

1.6. Szívócsővel szemben támasztott műszaki követelmények

Mivel hidegindításkor fokozott mennyiségű üzemanyagot kell elviselnie, így vegyszer, benzin és alkohol ellenálló alapanyagok után kutatva, a technikai és anyagjellemző-adatlapokat olvasva, a különböző PA műanyagok bizonyultak a legalkalmasabbnak. Mindezek mellett hőtűrőképessége is kielégíti a kívánt 120°C-os igényt, ami a motortérben felléphet egy nyári napon. Előzetes meglátásom és munkatapasztalatom szerint a csonkot gyártani és rétegleválás mentesen megformálni, a legjobb minőségben SLS (Selective Laser Sintering) additív gyártógépeken lehetséges, hogy az extrém körülmények között is megfelelően legyen képes üzemelni.

A követelményrendszer összeállításakor számba vettem az autók motorterében fellépő körülményeket, kezdve a szélsőségekkel, melyekkel szemben alternatív szívócsonkomat megfeleltetni szándékozom.

A szívócsonkokkal szemben támasztott legfőbb követelmények a következők:

- Nyomástűrés

A szívócső és szívószelep között +15kPa (sűrítéskor) és -25kPa (szívás ütemben) tartományban mozoghatnak a nyomáslengések a célcsoportban szereplő gépkocsiknál. Nem elhanyagolható tehát az anyag légnyomáscsúcsokkal szembeni ellenállóképessége, mely a geometria alakításával és a gyártástechnológia helyes megválasztásával nagyban növelhető.

- Hőmérséklettűrés

A motortérben fellépő extrém hőmérsékletek környékünkön a -20 és +120°C közötti tartományban váltakozhat. Nem ridegülhet és nem lágyulhat túlzottan.

- Vegyi ellenállóság

Az anyagszerkezet stabilitását nem befolyásolhatja sem a túl dús, sem a túl szegény üzemanyag-levegő keverék. Legnagyobb vegyi terhelését az anyag a hidegindítások alkalmával fellépő túldúsítás során szenved el, amikor az üzemanyagrészek a dús közegből a csomók falán lecsapódnak, ezzel egybefüggő felületet képezve rajta. A modern, közel 10%-os etil-alkohol tartalmú üzemanyagok komoly tényezők lehetnek a szívócsomók időtállóságát tekintve.

- Homogenitás

A 3D nyomtatással készült darabok gyakran felmerülő problematikája a termék rétegről rétegre történő felépítésében rejlik. Homogenitás problémák lépnek fel, amikor adott rétegek nem olvadnak megfelelően egybe és ezáltal légrések, illetve egyenetlenségek jelennek meg a munkadarabon. Ilyen esetekben az elkészült test nemhogy nem légzáró, de még csak nem is folyadékzáró geometria.

1.6.1. Szívórendszereket érintő szabványok

A szívócsomóknak, mint kereskedelmi forgalomba hozható terméknek, rendelkeznie kell az adott piaci követelményeknek megfelelő tanúsítvánnyal. Ezen túlmenően pedig meg kell felelnie különböző szabványügyi elvárásoknak, amit az adott kereskedelmi régió előír.

Hazai szabályozás:

- Fogyasztóvédelmi törvény szabályoz, a meglévő EU-s és világszintű tanúsítványokon felül.
- 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek vizsgálatáról.

Európai Unió szabályozás:

- CE tanúsítvány és gyártói nyilatkozat.
- TÜV Süd a fő tanúsító szervezet.
- 97/68/EC EU-s direktíva, 1997-ben lett kiadva, legutóbb 2017-ben módosult.
- 97/68/EK EU-s direktíva, 1997-ben lett kiadva, legutóbb 2016-ban módosult

Világszintű szabályozás:

- Az IATF 16949 az ISO 9001 követelményeit pontosítja az autóiipari gyártás számára, mint az iparág legszéleskörűbben elismert szabályozó testülete.

1.7. Geometria számítási módszerek

Szakértők máig vitatkoznak az optimális szívócső számítások metodikáján. Ezt a bonyolult, sok összetevős feladatot mára szinte kizárólag számítógép segítségével végzik.

A mérnökök analitikai és áramlástani szoftverekben számítják, majd szimulálják a különböző kivitelek a kellően széles és a lehető legoptimálisabb működési tartomány eléréséhez. Hogy saját optimum pontomat megtaláljam, én mégis egy Excel táblázathoz fordultam, hogy az elvárások és a megadott bemeneti (input) adatok alapján megkapjam a szívócsonkom fő geometriai méreteit, ami a csatornákat illeti. Legfőbb megválaszolásra váró kérdéseim az optimális szívócső hosszokat és mellé a hozzájuk tartozó ideális átmérőket, szögeket illették.

Geometriai megkötések:

- A sok geometriai megkötés közül az egyik épp az átmérőket köti meg azáltal, hogy a kísérlethez meglévő karburátorsornak adottak a kimeneti átmérői, valamint a hengerfejen található csatornák átmérője is egy fix érték. Mindez egyben segítség az egyszerűsítésben, ám gátat szab egy szabadon optimalizált geometria kialakításának.
- A szívócső hosszom sem lehet korlátlan, ugyanis a hengerfej felfekvő felületétől számítva limitált hely áll rendelkezésre a tűzfalig, ahol még a karburátorsornak is el kell férnie.
- Nem mindegy azonban a karburátorsor beépítési szöge sem, hiszen a motorkerékpárjaikon a Yamaha ezt a Mikuni típusú karburátorsort a vízszinthez képes 45° -ban építette be. Optimálisan 60° -ig működő képes lehet a karburátorsor, de a legideálisabb porlasztás érdekében maradtam a 45° fokos értéknél.

Napjainkban a legtöbb elektronikus befecskendezővel (EFI) szerelt motor elég komplex szívóssorral rendelkezik. A szívócsonk, mint fő elem egy fojtószelepből, egy töltő/elosztó kamrából, valamint a hengerekhez vezető külön ágakból épül fel. Ezeknek az elemeknek a konstrukciója nagyban meghatározza és behatárolja a teljesítményt.

A fojtószelep szabályozza a hengerekbe jutó levegő mennyiségét. A legtöbb autó szívóssorának esetében egy fojtószelep van elhelyezve a sűrítőkamra elején, de vannak két vagy három fojtószelepes megoldások is. A nagykönyv szerint, amennyiben egy fojtószelepet használnak, akkor az általánosságban egy öntvényt képez a kamrával. Esetemben a hengerenkénti fojtószelepes rendszerek az irányadók, ahol a pillangószelepek közvetlenül a hengerfej előtt kerülnek elhelyezésre, és szimultán nyitnak. Amikor egy motor teljesítményét jelentősen megemelik, bizonyos szint után a szívóoldal eléri áteresztőképességének határát, ekkor a fojtószelep és adott esetben a karburátor fűvóka szűk keresztmetszetté válik, még akkor is, ha a pillangó teljesen nyitva van. Ez a jelenség az üvegnyak (bottle-neck) effektus, amikor is a saját járművemnél egyszerre jelent szűk keresztmetszetet a fojtószelep és mellette a fűvóka mérete is. Ez az effektus a keverék elszegényedéséhez vezet, ami a motor erejét elveszi ahogyan nő a fordulatszám.

1.8. Általános szívócsonk dizájn irányelvek

A forgó motor folyamatosan indítja és állítja meg az áramlást a szívó szelepek nyitásával és zárásával. A dugattyú, süllyedése közben vákuumot hoz létre a hengertérben, amely egy negatív hullám lengést indít el a szívócsatornában. Feltöltés nélküli motor esetén a hullám nyomásértéke az atmoszférikus (szívósor normál, nyugalmi nyomásviszonya) nyomás alatt van. Amikor a szelepek zárnak, a még mozgásban lévő keverék visszaverődik, és ezzel egy lengést hozva létre a szívósorban. Ez a lengés a magas fordulatszám miatt ezredmásodpercek alatt megfordul. Optimális esetben a kétszer visszaverődött mozgó nyomáshullám megkönnyíti a hengerek ismételt feltöltését, mivel a keverék az ismét nyitott szívó oldali szelep irányába halad.

A jó szívósor tervezésének egyik fő kihívása az, ha ez a visszaverődött hullám pont a megfelelő időben érkezik vissza a szívószelephez, ezzel segítve a hatékonyabb töltetcsert. A kinyerhető teljesítmény többlet, ami egy jól megtervezett szívósorból adódik, nem lebecsülendő. Úttörő munkát ezen a téren a Jaguar mérnökei végeztek a mechanikus befecskendezéssel ellátott versenymotorjaikon, amivel megmutatták, hogy akár 100%-kal is megnövelhető egy szívó motor töltöttségi foka (Volumetric Efficiency -VE) a kellően hosszú szívócsatornák használatával. Ez adott esetben azt is jelentheti, hogy egy szívó benzinmotorba nagyobb térfogatú légmennyiség tölthető, mint annak a valós lökettérfogata! Mára szinte minden autógyártó alkalmaz ilyen technológiát, amivel egész magas töltöttségi fokú motorok hozhatók létre az alacsonyabb gépjármű kategóriákban is. Általánosságban elmondható, hogy ezáltal a legtöbb motor lóereje és maximális nyomatéka is 20%-kal növelhető, ami vetekszik kis nyomáson üzemelő feltöltő rendszerek többlet teljesítményével!

Három fő paraméter megváltoztatásával operálhatnak a szívósor fejlesztők:

- a szívócső hosszával,
- annak átmérőjével, valamint
- a töltőkamra méretével.

A Jaguar kísérletei szerint egy hosszú szívócsővel ellátott szívósornak jobb a magas fordulaton mérhető nyomatékleadása, amit később más gyártók fejlesztései is beigazolták. Azonban a túlzottan hosszú szívócsövekben nagy nyomásesés is következhet be kis fordulati tartományokban a nem elegendő dekompresszió okán, így túlzásokba nem szabad esni a hosszokat illetően.

A szívójáratok átmérőjének és hosszának kiszámításához a kiindulási pontot David Vizard amerikai tervező géniusz megállapítása adja, aki szerint az ideális szívócső hossz (ami a szívószelep, és a fojtószelep közti szakasz) 178 mm, 10.000 fordulat/perc esetén. Ehhez a hosszhoz adható 43 mm, minden egyes 1000 percenkénti fordulatszám esés esetén. [3]

1.8.1. Szívócső hossz számítás

A szívócső hosszok helyes meghatározása kulcsfontosságú és alapvető részét képezi a diplomamunkámnak. Általános esetben a motorokat a csúcsnyomaték eléréséhez méretezzük, az alkalmazott képlet alapján pedig kiszámítható, hogy egy motort, ha 4000 f/min fordulatra hangolva, az optimális csúcsnyomaték eléréséhez 436 mm-es hossz lenne szükséges. [3]

$$L_{ideal} = 178 + (x \times 43) = 178 + (6 \times 43) = 436mm,$$

$$ahol\ x = (10000 - rpm) \div 1000 = (10000 - 4000) \div 1000 = 6$$

A fenti képlet jelölések szerint:

L_{ideal} = szívócső ideális hossz,

x = ideálishoz képest vett (10000 rpm) ezrenkénti fordulatszám esések száma.

A David Vizard féle számítás azonban nem képes minden tekintetben kiváltani a CFD és más, különböző áramlástan vizsgálatokat, amik a prototípus sikeressége esetén indokoltak lehetnek. Az esetleges közúti forgalomba kerülés előtt pedig teljességgel elengedhetetlenek is a vonatkozó tesztek elvégzése.

1.8.2. Gázlengések

A gázlengések figyelembevétele és szerepe elmaradhatatlan része a témámnak azáltal, hogy az elérhető hely szűkösége miatt el kellett játszadnom a számokkal, ami a szívócső hosszokat illeti. Annak érdekében, hogy a töltet időzítése a lehető legtöbb üzemiállapotnak megfelelően és ne okozzak felesleges veszteségeket a hatásfokban, de ugyanakkor bele is tudjak férni a rendelkezésre álló térbe, hasznosan kitöltve azt.

A gázlengés egy folyamat, mely a motor szívócsővében zajlik le. A kialakulásához vezető folyamatok a következők: a kipufogási ütem legvégén, amikor a dugattyú a felső holtponthoz eléri, nyitni kezd a szívószelepet, és ekkor a dugattyú, saját lefelé haladó mozgásával vákuumot kelt a hengertérben. Ez okozza, hogy a szívócsőben lévő friss keverék elindul a hengerek felé. A gázok és üzemanyagcseppek minden más anyaghoz hasonlóan, rendelkeznek tömeggel, ezáltal pedig tehetetlenséggel is. Így sebességükből adódóan, mozgási energiájuk is van. Ebből következően a dugattyú által létrehozott dekompresszió először felgyorsítja a szívócsőben tartózkodó keveréket, ezzel egyúttal stabil áramlást hozva létre. Később a dugattyú, amikor az alsó holtponthoz túllendülve felfelé kezd mozogni, a létrehozott vákuum sincs tovább fenntartva és a szívószelep lezár a szeleptárcsára. Emiatt a csőben már meglévő sebességgel áramló töltet, mintha egy "falba" ütközne megáll és mintegy vissza is pattan róla. Mivel a gázok nagyrészt összenyomhatóak, így a szívócsatornában keringő gázoszlop saját tehetetlensége okán az addigi sebességével haladna tovább, ám mivel az oszlop élén lévő részecskék már nem képesek erre, a mögöttük haladók összenyomják őket és ebből helyi nyomáscsúcs alakul ki. Ez a nyomáscsúcs igyekszik homogenizálódni és a kisebb nyomású tér felé haladni a nyomáseloszlásba átmenni, s mivel az addig mozgó gázoszlop végén pedig kisebb a

szeleptől távol. Mindaddig megy visszafelé, míg ugyanez a nyomáscsúcs a túloldalon újból kialakul. Addigra azonban már a szelepnél csökkenni kezd a nyomás, aminek hatására újból előre mozdul. Egy ilyen a ciklus gerjesztés nélkül hamar kioltaná önmagát, ám a szívószelep újbóli nyitásával fellép egy újabb gerjesztés.

Amennyiben pont abban a pillanatban jár a szívószelep mögött nyomáscsúcs, mikor a szelep kinyit, azzal jóval kisebb energia veszik el a motorban azzal, hogy a dugattyúnak könnyebb olyan vákuumot létrehozni, ami a helyben lévő friss keveréket beszívja. A feladat tehát olyan lengőrendszert kialakítani, ami szinte minden körülmény mellett a legoptimálisabb gázlengést gerjeszti szívócsövekben, ezzel is növelve a motor hatékonyságát. Az ide vezető út a szívócső hosszának és átmérőjének helyes megválasztása. A fordulatszám, mint paraméter akkor jön képbe, amikor dönteni kell a motor hangolásáról, mivel fordulatszám-tartománya széles skálát jár be. Ugyan ilyen fontos az adott motor hengerűrtartalmát is belevenni a képletbe.

A motor karaktere sok szempontból itt dől el. A nyomatékmaximumra történő tervezéskor a nyomaték tovább nő, felfokozódik. A lejjebb, 2000-3000 fordulat közé skálázásnak is megvan az a veszélye, hogy noha valóban csökkenhet a fajlagos fogyasztás, de magasabb tartományokban kifulladásra kerülhet. A teljesítménycsúcs közelébe történő hangolásnak is akad hátránya, hiszen ténylegesen plusz teljesítményt jelent, de magát az autózhatóságát áldozzuk fel a kisebb nyomatékkal és többlet fogyasztással. Ahogy kedvezhet a motornak a gázlengés, úgy ellenkezően is hathat. [4] Lényeg az optimum megtalálása az egyéni preferenciák mellett, hiszen minden felhasználó egy kicsit mást tart fontosnak. Ezekkel a gondolatokkal felvértezve választottam a 4000-es fordulatszámot, amire a motort hangoltam, hiszen ez egy egészen neutrális, abszolút középtartományba tartozó érték, közel a nyomatékcúcsához.

A szívócső hosszúságát több tényező limitálja, köztük a hengerfej és a tűzfal közötti távolság, melyből még levonásra kerül a karburátorsor szélességi mérete is. Nem elhanyagolható a rendelkezésre álló hely szűkösségéhez adaptált tervek készítésekor, hogy a karburátorsor nem vízszintben kerül beszerelésre, hanem 45 fokkal felfelé mutat majd, ami szintén nem kedvez az effektív helykihasználásnak. Mindezek a későbbiekben konkrét határokat szabnak majd a végső geometria megtervezésekor, így az ideális hossz méret is redukálódhat, kiegészülve a gázlengésekből adódó korrekciós értékekkel.

1.8.3. Szívócsőnk átmérők meghatározása

A megfelelő átmérők megválasztása kulcsfontosságú a megfelelő töltöttségi fok elérése érdekében. A motor lökettérfogatát alapul véve és megszorozva a célul kitűzött töltöttségi fokkal és fordulatszámmal, majd elosztva az eredményt 3330-as konstanssal és az egészből gyököt vonva megkapjuk az ideális szívócső átmérőt. Ez a szám esetemben 31,5 mm, ami a következő képlet szerint lett meghatározva:

$$d = \sqrt{v \times c \times rpm \div 3330} = \sqrt{1,6 \times 0,8 \times 4000 \div 3330} = 1,24 \text{ inch} = 31,5 \text{ mm}$$

Ahol: d = átmérő; v = lökettérfogat; c = töltési fok, rpm = fordulatszám percenként. [3]

A számítást követően a kapott értéket (31,5 mm) összevettem a meglévő geometriai határértékekkel, ugyanis a gyári szívócsatorna a hengerfejben 30 mm átmérőjű, míg a karburátorsor fojtószelep átmérői 38 milliméteresek. Elmondható, hogy az ideális célérték pont a két saját geometriai kényszer méreten belül van, így a hengerfejhez érve a szívósorom modellje nagyon megközelítheti az ideális átmérő értéket. Noha nem egyenletes belső átmérővel, de az optimálistól nem sokban eltérő modell készülhet.

1.9. Konkurencia elemzés

A vetélytársak felmérése fontos egy induló projekt sikere szempontjából, amivel megérthetők az utángyártó-piac motivációi és a vetélytársak üzletpolitikája. Összeségében elmondható, hogy az autós közösségek megbecsült modelljeit fejlesztve, modernizálva felhívható a rajongók és típuskedvelők figyelme a megfelelő alkatrészszel és dizájnjával. A következőkben felsorakoztatok néhány az elképzelésemhez hasonló alkatrészt.

Fő konkurens gyártóként az angol székhelyű DanST Engineering-et tudom megnevezni, akik professzionális szinten és minőségben állítanak elő átalakító készleteket karburátorsorok részére. Meglátták az igényt a méregdrága ITB rendszerek költségkímélőbb alternatívájának, a leselejtezett motorkerékpárok karburátorsorainak újra felhasználásával, ezúttal személyautókon. Magát az ötletet már sok éve használják otthoni barkács körülmények között összeállított sportautókon, melyeket gazdáik fejlesztési céllal kezdtek módosítani. Ezt a tendenciát látva a hengerenként adagoló karburátorsorok sorozatgyártott szívócsonkjait kezdte el gyártani és forgalmazni Dan Standley cégalapító. Ezzel párhuzamosan kiépített egy olyan szolgáltatás csomagot az Egyesült Királyságban, amely nem csak egy hegesztett szívócsonkot tartalmazott, hanem opcionálisan adott modellhez megfelelő kiegészítőket is, mint tömítések, bilincsek, szerelékek és komplett karburátorsorok. Manapság autók átalakítását is vállalják az átépítés folyamatától egészen a tesztekig és motorprogramozásig, amit saját kiépült műhelyükben végeznek. Tőlük merítettem ihletet, amikor saját termékemet megálmodtam azzal a céllal, hogy továbbfejlesszek egy bevált alkatrészt módosított formában és eltérő alapanyaggal, technológiával kivitelezve. Az alábbi képek (1.6 ábra) a weboldalukról származnak, ami mellett eBay-oldalakon is fellelhetők termékeik. [5]



1.6. ábra, Peugeot 106 kompatibilis hegesztett csomagtartó, DanST Engineering [5]

1.10. Vetélytárs eladási számai

E-mailes megkereséseimre sajnos választ nem kaptam a DanST Engineering Ltd. részéről, melyben diszkréten igyekeztem kérdezni anonim eladási számokról. Az eBay oldaluk (1.7. ábra) valamivel több támpontot ad a termékek kelendőségével kapcsolatban, ahol 15000 eladott termékkel, termékcsomaggal állnak a 2003-as regisztrációjuk óta, kiemelkedő értékelési rátával. Ebben a számban természetesen nem szerepelnek saját webshopjuk eladásai, ám minden tevékenységüket és folyamatosan bővülő termékpalettájukat figyelembe véve valós és máig fennálló igényről van szó az ilyen utángyártott szívócsomagtartók iránt. Példaként elmondható, hogy egy Peugeot 106 kompatibilis, szimpla hegesztett csomagtartó ára 183,33 angol font, ehhez pedig még plusz adó is tartozik, főként külföldre szállítás esetén. Ugyanezen modellhez elérhető egy komplett szett, átlagban 583,33 angol fontban számított áron, mely tartalmazza a szívócsomagtartót, a választott karburátorsorral párosítva és hozzá minden szerelési segédanyagot, mint a szorítóbilincsek, szilikon csövek és-, kiegészítő csavarok. [5]

DANST Engineering

98,6%-ban pozitív visszajelzés 15 ezer eladott árucikk 1,9 ezer követő

Megosztás Kapcsolatfelvétel Eladó mentése

Kategóriák

Vásárlás

Információk

Visszajelzés

Rólunk

DanST Engineering specialises in bike carburettor and throttle body conversion kits. We stock a huge selection of components to aid in these conversions including inlet manifolds, laser and water jet manifold flanges and much more. Google search 'Danst Engineering' to find our homepage.

Földrajzi hely: Egyesült Királyság
 Tagság kezdete: 2003. 01. 27.
 Eladó: dansteng

1.7. ábra, DanST Engineering eladási statisztikái az eBay weboldalon [8]

2. A PROJEKT ALANYA, PIACKUTATÁS

2.1. Saját tesztalany bemutatása

Mindennapi használati tárgyaink esetében, így az autónknál is érvényes, hogy a megbontásuk, netán átépítésük egy addig ismeretlen konfigurációra, rengeteg ismeretlen tényezőt és ezzel együtt veszélyt, bizonytalanságot rejthet magában. Ezekben a próbálkozásokban ugyanis sok a buktató és a nehezítő körülmény, könnyen juthatunk felemás, illetve hamis eredményre. Adott azonban a pillanat, amikor hosszas elégedetlenkedést és bosszankodást követően mégis belevág az ember és kutatni kezd a potenciálisan felmerülő, alternatív megoldások után. Erre az elhatározásra 106-os Peugeot személygépkocsim esetében, frissen végzett járműmérnökként, egy év használat után jutottam, megannyi oktatóvideó és fórumbejegyzés böngészését követően.

A probléma a motor töltetcserejének folyamatában volt keresendő, egészen pontosan a friss töltet, vagyis a friss tüzelőanyag-levegő keverékképzésében. Erre a következtetésre akkor jutottam, amikor egy hideg téli reggelen alapjáratot szerettem volna növelni, tehát az évszak időjárásának megfelelően hangolni a karburátort, ezzel együtt megkönnyíteni a gyakori hidegindítások lefolyását. Esetemben azonban az alap üzemállapotért, vagyis az alapjáratért felelős alkatrész, az ún. levegőcsavar manipulációjára a karburátor nem reagált. A levegőcsavar hivatott a pillangón egy alapállapotot beállítani, azáltal, hogy csatornákat nyit meg, vagy zár el a tekerés irányának függvényében. Hamar világossá vált, hogy a helyes keverékképzés nem érhető el a porlasztóegység felújítása, kitakarítása nélkül. Mivel azonban sem az addig tapasztalt fogyasztási értékekkel, sem a gázreakcióval, sem pedig a leadott teljesítménnyel nem voltam megelégedve, a szétszedés és változtatás mellett döntöttem. A következőkben felvázolom a teljesítménynövelésre, valamint az üzemanyagfogyasztás optimalizálására alkalmas alternatívákat.

2.1.1. Projektautó, mint fogalom

„A projektautó, az a mindenkori, családban már mindenki által kiutált közlekedési eszköz, melyre tulajdonosa az autó valós értékének többszörösét költi el. Mindezt úgy, hogy egy olyan romantizált elképzelést, képet követ, amit talán sosem fog tudni teljes mértékben megvalósítani. Majd óriási bukóval túlad rajta, mindezt a projektautó címszóval hirdetve és kimutatva ezzel odaadó szeretetét a gép iránt, ami noha épülget, de az esetek többségében késszé, élvezhetővé nem válik.” Ez az idézet² meglátásom szerint a legtöbb esetet hűen lefesti az ábrázolt jellemkép, hiszen az értékebecslésnél a legtöbb ember nem tisztán gazdasági szempontokat figyelembevéve dönt, hanem szentimentalitást, esetleg személyes preferenciát rendel mellé.

Egyik legfőbb küldetésemnek vettem ezen negatív sztereotípiák kiküszöbölését azáltal, hogy a potenciális eladott darabok minden csomagolásában, teljeskörű kalibrálási és

² Horváth Oszkár, a Spirit FM rádióadó, Önkényes mérvadó című beszélgető műsorában így nyilatkozott projektautó témában

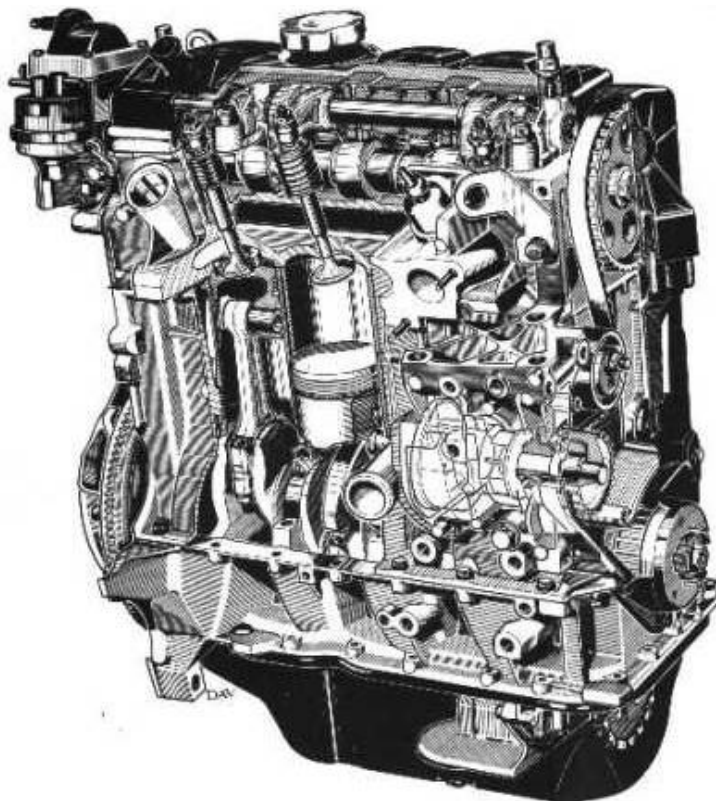
felszerelési útmutatót helyezek el, ezzel is kikerülve a felesleges köröket, félreértéseket. Nem mellesleg a termék ezáltal a felcsavarozható ('bolt-on') és a 'Plug and Play' alkatrész jelzőket is kiérdemelheti.

2.2. A projekt célja

Munkám fő célja újra értelmezni és új esélyt adni a lassan veteránkorba érő, elavuló befecskendező rendszerekkel szerelt, egykor populáris kisautóknak. Sok esetben ugyanis az alkatrész utánpótlás akadozása, vagy ellehetetlenülése okozza az egyébként műszaki állapotuk szerint potens gépjárművek idő előtti nyugdíjazását. A legmodernebb additív gyártástechnológiák által lehetővé válik egy szívócsonk modelljének kivitelezése egyenesen egy 3D CAD terv alapján. Korábbi munkakörömnek köszönhetően jó rálátásom van a 3D nyomtatási technológiákra és a nyomtatandó darabokkal szemben támasztott elvárásokra. Ezen tapasztalataimra és járműmérnöki végzettségemre, valamint jelenlegi munkahelyemen folyó gépjármű alrendszer tervezési gyakorlatomra támaszkodva vágtam bele ebbe a felettébb nagy vállalásba.

2.3. Kompatibilis járművek

A legtöbb Peugeot 106, mint modelleszalád, egy a Peugeot-Citroën konszern által sok más típusában előforduló erőforrást alkalmazott, amit TU gyújtó-kódnévvel illetnek.

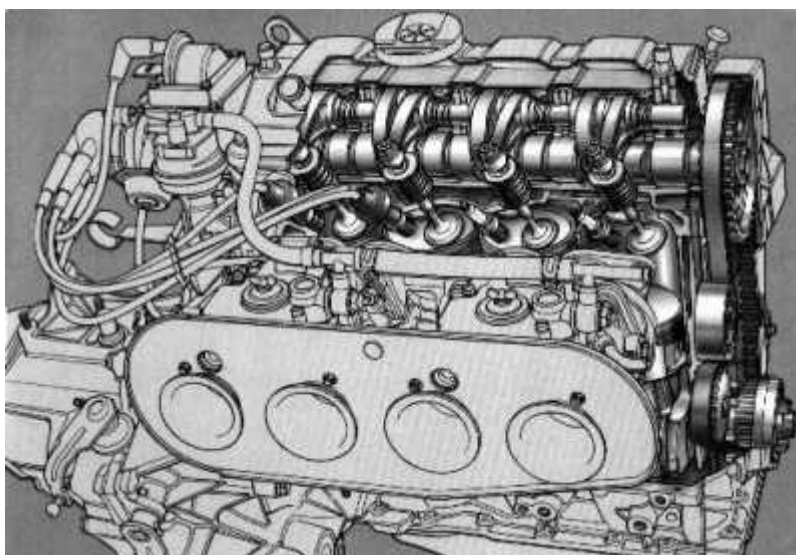


2.1. ábra, PSA TU erőforrás teljes metszeti ábrája [6]

A motorcsaládra (2.1 és 2.2 ábrák) jellemző a relatíve sokrétű teljesítménnyel és lökettérfogattal operáló verzió, bár egy több, mint 30 éven át tartó gyártási ciklust figyelembe véve, talán mégsem annyira meglepő a közel 10 féle lökettérfogat variáns. Az elnevezések relatív következetesek és logikailag jól követhetők, amint a kódsort a lökettérfogatból vezetik le és ahogy azt az alábbi példák prezentálják is:

- TU9 – 954ccm
- TU1 – 1,124ccm
- TU2 – 1,294ccm
- TU3 – 1,360ccm
- TU5 – 1,527ccm és 1,587ccm
- TUD3 – 1,360ccm
- TUD5 – 1,527ccm.

A felsorolásban szereplő alapkódok zöme 8 szelepes hengerfejjel ellátott benzines modellt takar, míg akadnak köztük 16 szelepes benzines és TUD kódjellel diesel üzemű verziók is. Legtöbb esetben ezek megkülönböztetése és pontos típus meghatározása már csak a konkrét motorkód ismeretében lehetséges. [6]



2.2. ábra, PSA TU motorvezérlés metszeti ábrája [6]

A szívócsomó formai kialakítást leginkább a hengerfej típusa, azon belül is a csavarhelyek és felfekvő felületek pozíciói határozzák meg, ezzel együtt pedig a kompatibilitását is. Mivel a listában szereplő motorvariánsok több mint 30 féle Citroën, illetve Peugeot modellben szerepeltek, ezek ráadásul sok esetben eltérő hengerfej változatot alkalmaztak, így tényleg csak konkrét motorkód ismeretében állapítható meg 100%-os bizonyossággal a beszerelhetőség ténye. Jó támpontot adhat a becslésnek, hogy csak Peugeot 106-ból összesen közel 2,7 millió darab kelt el világszerte, melyek túlnyomó többsége benzin üzemű. Az általam tervezett szívócsomó prototípus képes lefedni teljesítményben akár 1,4 literes motorokat is, noha a saját példány egy 1,1 literes

alapmodell. Az egyszerűség kedvéért célcsoportomat leszűkítettem azokra a központi injektoros és karburátoros 8 szelepes benzines modellekre, amik az 1000-es alapmotoroktól, az 1,4 literes lökettérfogatú társaikig a legelterjedtebbek voltak.

Ezek a motorok a teljesség igénye nélkül, az alábbi típusok mindegyikében helyet kaptak:

- Citroën AX,
- Citroën Saxo,
- Citroën Xsara,
- Citroën ZX,
- Peugeot 104,
- Peugeot 106,
- Peugeot 205,
- Peugeot 206,
- Peugeot 306,
- Peugeot 309,
- Peugeot 405.

A felsorolás megmutatja, hogy a leginkább érintett típusok a kis, illetve közepes méretosztályba sorolt személygépkocsik osztályába tartoznak. Jellemzően ezeknél a modelleknél voltak elterjedtebbek a viszonylag kis lökettérfogatú motorok, míg nagyobb karosszéria változatú társaikat már inkább a nagyobb, erősebb TU5-ös motorok jellemezték. Nehéz meghatározni egy pontos darabszámot, ami a potenciális ügyfél jelölteket illeti, de csak Magyarországon legalább 5000db-ra igény lehet a típusok sokaságát és széleskörben elterjedtségét figyelembe véve. Egymagában csak a Peugeot 205-ös modelljét mára óriási kultusz övezi itthon és világszerte egyaránt. Hasonló tendencia rajzolódik ki a 106-os és Saxo testvérmodellek esetében, köztük is főként a jobban felszerelt, sportos verzióknál. Mindezek a szempontok, valamint a még mindig élvezetesen vezethető kisautó mivoltuk, kedvelt és megújulásra érdemes modellek közé emelik a fentebb említett autótípusokat.

2.4. Kérdőíves felmérés és elemzés

Az ötletelés fázisában készített kérdőívem a potenciális vásárlók körében gyűjt információt az elgondolással kapcsolatos véleményekről. A felmérésem alanyai a legnépesebb autószerető, autószerelő és veteránautó fanatikus Facebook csoportok tagjai, akik alkalmanként segítenek nekem és minden kérdezőnek, aki kérdéssel fordul a közösséghez a legnépszerűbb közösségi oldalon.

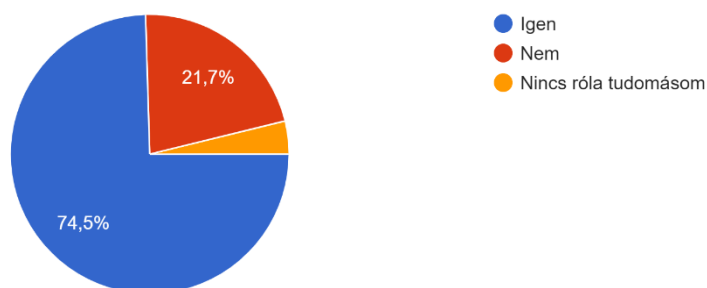
A kérdőívem statisztikai szerint a kitöltést 157 személy végezte el, akik mind rendelkeznek vezetői engedéllyel. A nemek aránya 95%-kal a férfiak javára dől el, ami nem meglepő a témát figyelembe véve. Korcsoportok szerint rangsorolva a kitöltők 65%-a 25 és 50 év közötti, 28%-uk pedig 25 év alatti, 10% 51 és 80 év között, illetve a fennmaradó 1%, a 80 feletti korosztályt képviselte.

157 emberből 72 'petrolhead'-nek titulálta magát, akit minden autózáshoz kapcsolódó kérdéskör megmozgat és kíváncsisága határtalan, még ha szakmai ismeretei nem is vetekednek egy gyakorló autószerelőével. 17,2%-nak vagyis 27 embernek ténylegesen autószerelés a szakmája, valamint 4 járműmérnök is részt vett a kitöltésen. A fennmaradó 54 főből 32 szerelést gyakorló haladónak, 20 alapfokúnak titulálta magát, 2 fő pedig semmilyen szakmai ismerettel nem rendelkezik a kérdéskörben.

A kitöltők több mint fele, 56,7%-a rendelkezik valamilyen 25 évnél idősebb veterán vagy youngtimer korba sorolható járművel. 96,2 százalékuk, ha tehetné, szívesen üzemeltetne valamilyen, szívéhez közel álló veterán járművet, akik közül 74,5%-nak volt már a témához köthető karburátoros vezetési élménye.

Vezetett már klasszikus karburátorral szerelt személyautót?

157 válasz



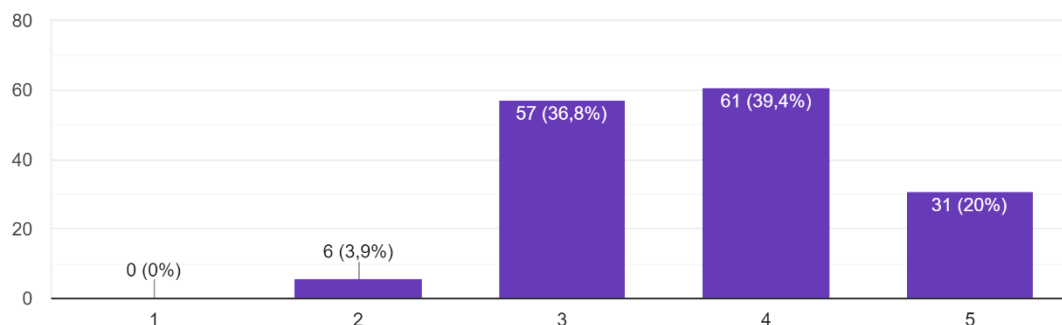
2.3. ábra, Karburátoros tapasztalatokat mutató kördiagram (saját felmérés)

Fő kifejtős kérdésem a karburátor rendszerekkel szerelt járművekkel volt kapcsolatos, ahol negatív tapasztalatokra voltam kíváncsi. A legtöbb visszajelzés a korral járó kopás és eltömődés miatti üzemzavarok, mint a korlátozott beállíthatóság, a tompa gázreakció és a torpanás a vagy leállás miatt érkezett. Ezen esetekben természetesen legtöbbször egy szétszedés, takarítás és összerakás, majd friss beállítás hozhat pozitív eredményt. Azonban sok esetben nem elérhető az adott karburátor típushoz szükséges pótalkatrész bázis, illetve az aktív szakember állomány, hogy ne kelljen adott esetben más megyébe szállítani az autót szervizelésre vagy beállításra. Többen a kézi hidegindítást szabályzó „szivató” rendszereket emelték ki, mint valós negatívumot, illetve a gyakran meghibásodó automata alapjáratú szabályzó elemeket. Típustól függetlenül, inkább a konstrukció hibájának róható fel, hogy a karburátorok érzékenyek a légnyomásra, hőmérsékletre, mivel egy motor egy adott fűvóka rendszerrel működik jól, átlagos körülmények között jól. Amennyiben optimalizálni szeretnénk egy adott körülményre vagy éghajlatra, akkor a folyamat újra fűvókázást és beállítást von maga után, amit egy korszerűbb befecskendezőrendszer már képes korrigálni. Összegezve elmondható, hogy a kopással járó elállítódás és a viszonylagos sűrű utánállítások szükségessége teszik kényelmetlenné a karburátorok mindennapi használatát az átlag felhasználók számára.

Minden negatívum ellenére azonban közepes, de inkább pozitív emlékekkel gondolnak vissza az emberek a karburátoros személyautók puritán, nyers, de őszinte karakterére. A megkérdezettek statisztikája az alábbi képet festi az karburátorok vélt hasznosságáról:

Milyenek a karburátoros emlékek, tapasztalatok általában?

155 válasz

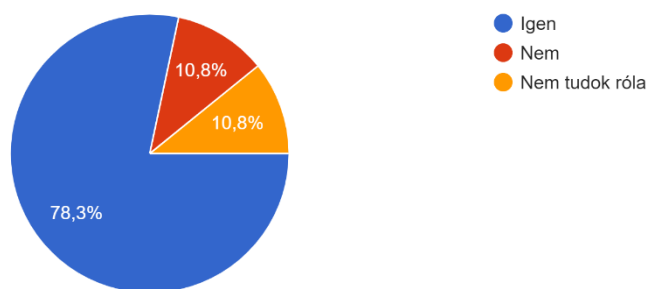


2.4. ábra, A megkérdezettek karburátoros tapasztalatainak elosztása (saját felmérés)

Második és egyben utolsó kifejtős kérdésem a központi karburátorok, mono injektorok használatával járó negatív tapasztalatokra irányult.

Vezetett már központi (mono) injektorral szerelt személyautót?

157 válasz



2.5. ábra, A megkérdezettek monojet injektorokhoz köthető tapasztalatainak kördiagramos eloszlása (saját kép)

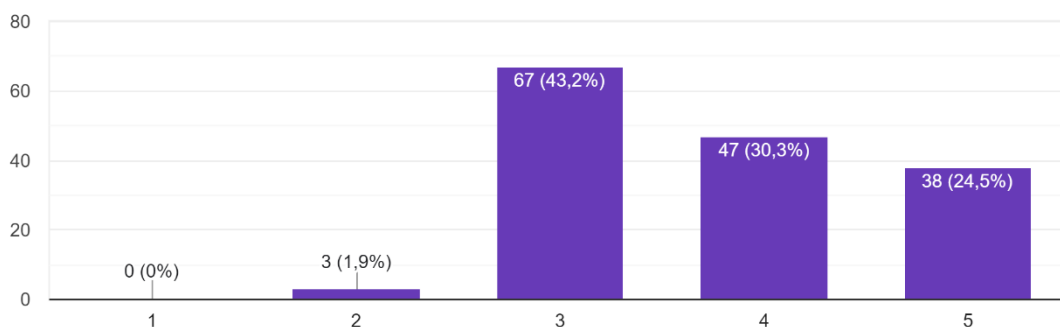
A kitöltők tábora a központi injektorok kérdéskörében kettéosztható Suzuki Swift felhasználók és minden más márkát kipróbált emberek csoportjára, ami a 43 kapott válaszból tisztán leszűrhető. Jellemzően a keleti autótípusok nem szenvedtek annyit az injektorokat és a környező érzékelőiket övező problémáktól, mint ahogy európai társaiknál megfigyelhető. Mindkét táborra elmondható azonban, hogy teljesítménybeli elégedetlenség jellemző a monojet rendszerekkel szerelt modelleknél. Sokáig

megbízhatóan üzemelő, de kezdetleges megoldások, amik esetenként könnyen, máskor egyáltalán nem javíthatók. Az injektor általában a szívósor közepén található, így a tőle távolabbi hengerek mindig kissé szegényebb keverékkel üzemelnek, mint a hozzá közelebb lévő középső hengerek.

Összeségében elmondható, ami az előnye az a hátránya is egyben. Egy esetleges befecskendező meghibásodás esetén könnyebb a hibamegállapítás, mert kevesebb részegységből áll és a hiba minden hengernél egyszerre jelentkezik. Viszont, ha meghibásodik a befecskendező, akkor az autó megáll, mert minden hengert egyetlen egység lát el üzemanyaggal. Egy hengerenkénti befecskendező rendszer, vagy karburátorsor esetében olykor kevesebb működő hengerrel, de tovább lehet haladni, viszont összetettségük miatt a hibalehetőségek száma is nagyobb és olykor nehezebben behatárolható a probléma.

Milyenek a monojet-hez köthető tapasztalatai általában?

155 válasz



2.6. ábra, A válaszadók monojet rendszerekhez köthető tapasztalatai és kialakult véleménye (saját kép)

A továbbiakban arra a kérdésre próbáltam választ találni, hogy mik a fő szempontok egy meglévő gépjármű felújításánál vagy modernizálásánál, úgy anyagi oldalon, mint követelmények tekintetében.

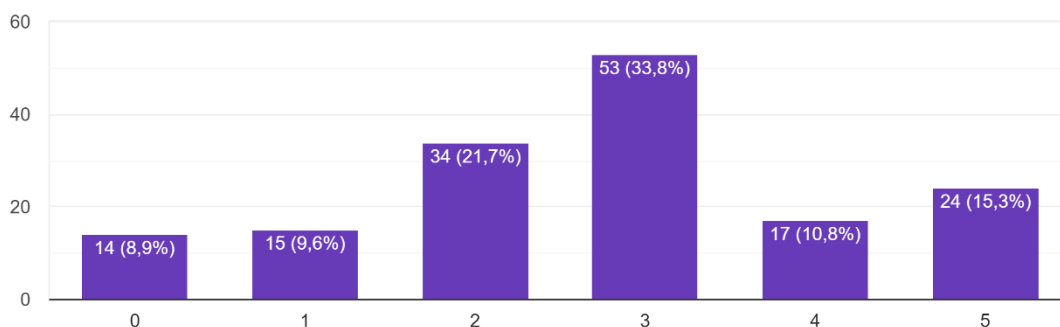
Anyagi oldalon a ráfordítani kívánt összeget igyekeztem felmérni, hogy lássam mennyit áldoznának az emberek egy készülő fejlesztésre, egy minimális 100 000 forintos összegtől, egészen 5 millió forintig terjedő lineáris skálán:

0 = ~100 ezer -, Ft;

5 = ~5 millió -, Ft.

Adott esetben, mekkora összeget volna hajlandó áldozni egy felújításra, modernizálásra egy régi járművén?

157 válasz



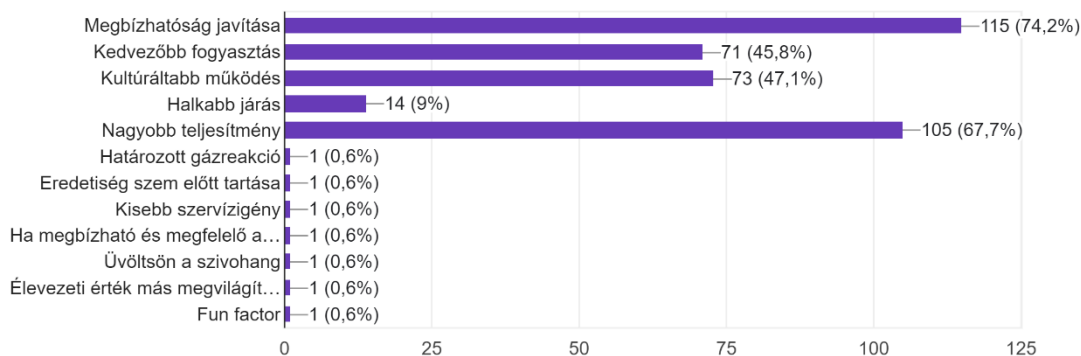
2.7. ábra, A szavazók 33,8 és 21,7 %-os többsége középre voksolt (saját kép)

A 2.7. ábra megmutatja, hogy az átlag autós a mediánra szavazott szavazott (ami 2 és 3 millió forint közé tehető), a 100 ezertől 5 millió forintig terjedő skálán.

Megkérdeztem továbbá, mi az a 3 fő szempont, amit egy befecskendezőrendszert érintő módosítástól a felhasználó elvárna. 155 válaszadó a következőképpen voksolt:

Mi lenne az a 3 fő szempont/elvárás, amit előbbre helyezne egy befecskendezőrendszer modernizáláshoz választott technológiánál?

155 válasz

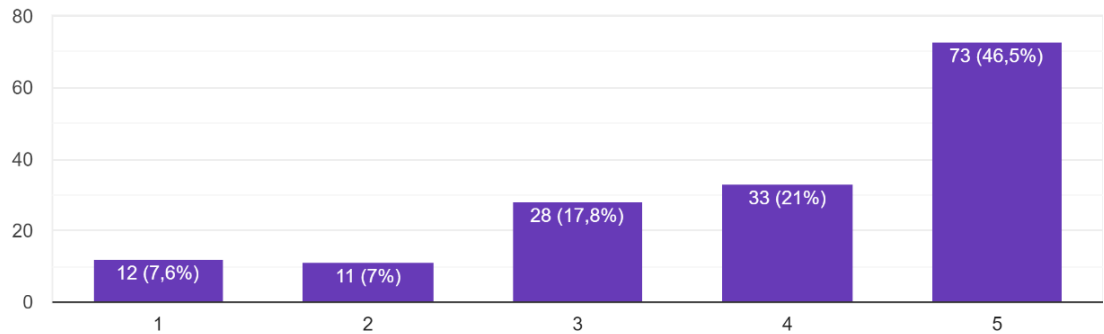


2.8. ábra, A megbízhatóság döntő szempontnak bizonyult, szorosan követi a többlet teljesítmény fontossága (saját kép)

Végül a megoldásra való nyitottságukról kérdeztem az embereket a releváns Facebook csoportokban.

Ha régi autóját néhány apró módosítással a mostaninál gazdaságosabban és tovább tudná üzemeltetni, mennyire lenne rá nyitott?

157 válasz

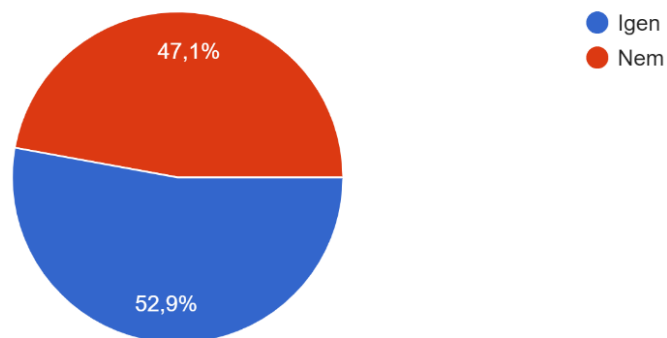


2.9. ábra, Egyértelmű többségben vannak az érdeklődők (saját kép)

Mindezt biztató eredménnyel, de mintegy bónuszként még bedobtam a kétkedőknek szánt kérdésemet, akik a következő képpen nyilatkoztak.

Változtatna a véleményén a tudat, hogy a fejlesztés a modern gyártástechnológiáknak köszönhetően nem haladná meg a 200.000Ft-os alkatrész költséget?

157 válasz



2.10. ábra, Az elsődlegesen kalkulált alkatrész költség meggyőzőnek bizonyult (saját kép)

Elmondható, hogy összességében kiemelt érdeklődés övezi a témát és volna kereslet egy a sajátomhoz hasonló megoldásra a használtautók alkatrészpiacán, főként azok számára, akik fejlesztési céllal vágnának neki az autózásnak.

2.5. Funkciófa

Szívócsonk modellem megtervezése előtt mérlegeltem a vele szemben támasztott általános igényeket, elvárásokat és az azokra válaszul szolgáló funkciókat.

Funkcióelemzésem során a felmerült igényekre megoldást nyújtó tulajdonságokat, jellemzőket sorakoztattam fel. Adott tehát funkciók sokasága, melyek fontossága és súlya nem feltétlenül egyenrangú, ezáltal könnyen rendszerezhetővé válnak. A legkönnyebben ezt a sorba rendezést egy funkciófa segítségével prezentálhatjuk a legegyszerűbben. Az elemzés a meghatározott funkciók hierarchikus elemzéséből áll, miszerint az alapfunkciót (F0) főfunkciókra (F1, F2, F3...), azokat pedig további mellékfunkciókra (F11, F12, F13...) bontottam. Általánosan meghatározott fő funkciók a „mit teszi?“, a mellékfunkciók a „hogyan teszi?“ kérdésekre felelnek. Később a mellékfunkciókat tovább bontva, azok további mellékfunkcióit (F111, F112, F113...) elemezve folytattam. Ez az elemzés sorozat további szükséges szintekig folytatható, ám nem árt kerülni közben a túlzásokat.

F0 Lehetővé teszi a beszívott levegő és az e-közben porlasztott üzemanyag elegyének eljutását a hengerfej szívócsatornáin keresztül, egészen az égéstérig

F1 Tároló térfogattal rendelkezik

F11 Megfelelő méretű belső térfogattal rendelkezik

F111 A szívóágak térfogati mérete mind a 4 esetben, közel azonos

F112 A kellő szívóág térfogat a tervezési fázisban meghatározható

F12 Rendelkezik legkevesebb 1 vákuum csatlakozási ponttal

F121 A fékrásegítés vákuum igénye a szívócsonk által teljesül

F13 Megfelelő szívóág hosszokkal operál

F131 Helykorláttal ugyan, de egyedi igényekre szabható paraméter

F2 Biztonságos tárolást tesz lehetővé a keverék részére

F21 Kellő falvastagsággal rendelkezik

F211 Falának vastagsága biztosítja a stabilitást és a jó zárást

F22 Kellő rétegek közötti adhézióval rendelkezik

F221 Kellő szivárgást gátló rétegek közötti adhézió jellemzi

F23 Kellő merevítésekkel rendelkezik

F231 Kellő számú és vastagságú merevítő bordával rendelkezik

F24 Megfelelő minőségű belső felületekkel rendelkezik

F241 Víz-, és lecsapódott páraálló belső felületekkel rendelkezik

F213 Üzemanyag álló belső felületekkel rendelkezik

F25 Hőmérséklet tűrő falakkal rendelkezik

- F251 A csomák már anyagában extrém hőtűrő képességű
- F22 Elegendő szívóággal rendelkezik minden henger részére
 - F221 Minden hengerhez saját szívóág vezet a csomákról
- F24 Mechanikai hatásoknak ellenáll
 - F241 Megfelelő nyomtatási minőség
 - F242 Kimagasló rétegek közötti adhézió
 - F243 Célzott dizájnya által fix tartást biztosít
 - F244 Masszív alapanyagból készül
- F3 Hengerfejhez pontos rögzítést lehetővé tesz
 - F31 Rögzítő furatokkal rendelkezik
 - F311 Megfelelő méretű furatok
 - F312 Megfelelő furat tűrés a könnyebb pozicionáláshoz
 - F32 Csavarozási ráhagyásokkal rendelkezik
 - F321 Megfelelő hely egy anyacsavar és egy csavarkulcs részére
 - F33 Hengerfej portokhoz illeszkedő szívócsomák dizájn
 - F331 Hengerfej portokhoz illeszkedő szívóág átmérő
 - F332 Hengerfej portokhoz illeszkedő szívóág kimeneti pozíció
- F4 Karburátorsorhoz stabil rögzítést lehetővé tesz
 - F41 Karburátorsorhoz illeszkedő szívócsomák dizájn
 - F411 Karburátorsor kimenő csomákhoz illő szívóág bemenő pozíció
 - F412 Karburátorsor kimenő csomákhoz illő szívóág bemenő átmérő
 - F42 Illesztési ráhagyással rendelkeznek a csomákvégék
 - F421 Könnyen hozzáférhetőre pozicionált rögzítőcsomák dizájn
 - F422 Elegendő hosszúságú rögzítési hellyel rendelkezik
 - F43 Biztonságos rögzítési kialakítással rendelkezik
 - F431 Előlátott rögzítési helyek szorítóbilincsek részére
 - F432 Biztonságos szorítóbilincses rögzítéssel rendelkezik
- F5 Motortéri esztétika igényeit kielégíti
 - F51 Tartósságot sugalló robosztus koncepció
 - F52 Harmóniát sugároz
 - F521 Az avatatlan szemek számára nem feltűnő dizájn
 - F522 A csomópár arányai és méretei összhangot teremtenek
 - F53 A motortéri környezetbe illő esztétikát követ
 - F531 A környezetének megfelelő színeket használ
 - F532 Szolid formai kialakítással bír
 - F533 Formai kialakítása leköveti a környező objektumokat

F6 Alap áramlási igényeknek megfelel

F61 Szintkülönbséget alkalmaz

F62 Rendelkezésre álló helyhez optimalizált szívócsatornák

F63 A szívócsatornák átmérőkülönbségeket is áthidalnak

F64 A szívócsatornák hosszai az áramló közeg lengéseire lettek hangolva

2.6. Követelményjegyzék

A szívócsonkom követelményjegyzékében, mint egy, a motortérben elhelyezendő alkatrészszel szemben támasztott igényeket soroltam fel, majd rangsoroltam őket fontossági sorrendben, de mindezek mellett nem felejtettem el minősíteni és súlyozni sem őket.

1. táblázat: Követelményjegyzék

Követelmény típusok	Minősítés/ Súlyozás/ Fontosság	Megjegyzés
A) Termékjellemzők		
I. Teherbírás	V	
3D nyomtatott termék teherbírása külső behatásokkal szemben	szint/5	statikus és dinamikus terhelésnek is ellenáll
nyomtatott termék teherbírása a motor működés közben fellépő belső hatásokkal szemben	szint/5	statikus és dinamikus gázlengéseknek is ellenáll
illesztő felületek teherbírása	szint/4	statikus és dinamikus terhelésnek is ellenáll a csavarkötéseknél
II. Méret	IV	
fizikai méretek és helyszükséglet figyelembevétel	szint/4	igazodik a beszerelési környezet geometriai és fizikai méreteihez
mérete ne gátolja a környező alkatrészek funkcióját	szint/2	túl nagy oldal- vagy hátrányú kiterjedés kerülendő
átlagos geometriai kialakítás elve	szint/3	különböző típushoz, valamint literteljesítményhez alkalmas dizájn
rendeltetésnek megfelelő méretkialakítás	alap	pl.: minden csonk közel egyforma belső térfogata által a hengerekbe jutó mennyiség is hozzávetőleg azonos
III. Anyag	IV	
környezetbarát	szint/1	újrahasznosítható vagy lebomló

szervezetre nem káros	alap	szervezetre káros festék-, rögzítő-, vagy adalékanyagok nem oldódnak ki használata közben
masszív	szint/4	tartósan ellenáll az alkatrész belsejében folyamatosan fellépő nyomásváltozásnak, gázlengéseknek
kis önsúly	szint2	könnyű, de jól tömöríthető alapanyagok használata nyomtatáskor
környezeti hatásokkal szembeni ellenállóság	szint4	pl.: tartós hőhatásra sem lágyul el, vagy deformálódik
tisztíthatóság	alap	
olcsó	óhaj	
minőségnek megfelelő ár	szint/3	pl.: különböző beszállítóktól érkező alapanyaggal is megbízható működés és gyártás
IV. Geometria	IV	
ergonómikus kialakítás a könnyebb szerelhetőséghez	szint/2	csavarhelyek és csavarkulcs hozzáférés biztosítása
könnyen legyártható	szint/2	gyártórendszerhez/célgéphez alkalmas méret és forma a lehető legkevesebb Support építés érdekében
geometriai formák összhangja	szint/1	esztétikus és közel szimmetrikus megjelenés
V. Szín	I	
visszafogott alapszín	alap	
konkrét színek használata	óhaj	anyag függő, ám jelen esetben kerülendők a rikító, feltűnő színek
B) Fejlesztési irányelvek		
I. Biztonság	V	
CFD geometriai optimalizálás, fejlesztés	szint/4	minél jobb hatékonyság elérése az áramló közeg szimulálása által
további színvariációk	szint/1	anyagában festett, vagy később felület kezelt darabok
felületi minőség optimalizálás	szint/4	a vonatkozó felület kezelő technológiák megismerése, főként a belső felületek bevonása

súlycsökkentett kialakítás	szint/1	dizájn modifikációk eszközlése a minél optimálisabb önsúlyhoz
II. Ergonómia	II	
csavarok, csavarhelyek könnyű hozzáférhetősége	szint/3	könnyű nyitás/zárás
könnyű fel- és leszerelés	szint/4	egyszerű, valamint biztonságos rögzítési/ragasztási megoldás kutatása
biztonságosan szerelhető, használható	alap	nem igényel külön elővigyázatosságot szervizelés közben
III. Esztétika	III	
igényes kialakítás	szint/4	lekerekítési helyek felülvizsgálatával elkerülhetők az indokolatlan éles sarkok és az anyag elvékonyodás is
formai összhang	szint/4	a csonk pár a térben egyértelműen elhelyezhető, összeegyeztethetők és jól beazonosíthatók
biztonsági elemek beillesztése a külső dizájnba	szint/3	pl. hozzáadott merevítőbordák vagy a meglévők vastagítása, ha szükséges
IV. Design	IV	
kezdetben felmerülő tapasztalatok, információk felhasználása	alap	
megtervezett, átgondolt forma	szint/4	
funkció és forma összhangja	szint/5	
V. Gazdaságosság	II	
előállítási költség minimalizálása	szint/3	pl.: kisebb cérna színekészlet
alapanyag költségek jó megválasztása	alap	minél több forrás figyelembe vétele
megfelelő alapanyag kiválasztása	alap	szakmai ismeretanyagokon és saját tapasztalaton alapuló anyagválasztás
előállítási folyamat árának előkalkulációja	szint/5	
selejtgyártás minimalizálása	szint/5	minőségbiztosítás, állandó használói visszacsatolás
VI. Minőség	IV	
minőségi végtermék előállítása	alap	
minőségi alapanyagok használata	szint/4	

árnak megfeleltethető minőségi termék létrehozása	szint/5	
C) A termék életfázisaihoz köthető tervezési követelmények		
I. Tervezés	V	
átgondolt alapterv	alap	funkciók, követelmények
beszerelési környezet figyelembe vétele	szint/4	rendelkezésre álló hely feltérképezése, 3D szkenneléssel
környezettudatos terméktervezés alapelveinek betartása	szint/4	pl.: anyagfelhasználás minimalizálása
célcsoportnak megfelelő tervezés	szint/5	vevői igények gyűjtése, monitorozás
II. Gyártás	IV	
gyártás folyamatának előkalkulációja	szint/2	
alkatrészek egy helyen történő gyártása	szint/4	költségcsökkentés és minőségbiztosítás
méretpontos gyártás	alap	
minimális hulladék termelése	szint/5	környezetvédelmi és költségbeli megfontolások, az alkalmazott támaszanyag újra felhasználható
alacsony energiaigényű gyártási módszer alkalmazása	szint/3	környezetvédelmi és költségbeli megfontolások
III. Szerelés	III	
egyszerű beszerelés	szint/4	egyértelmű, 'poke-yoke' rendszerű, csak egyféle képpen beilleszthető
alkatrészek/darabok pontos illesztése	szint/3	furathelyek és csatornák illesztési toleranciája meghatározott
IV. Csomagolás	III	
azonosítható legyen a termék	alap	szállítói és kinaló csomagoláson is megfelelő információk feltüntetése
védje a becsomagolt terméket	alap	csomagolás vastagságának helyes megválasztása
könnyen szállítható, mozgatható	szint/5	
hiánytalan tartalom biztosítása	szint/3	pl.: zárjeggyel
jól értelmezhető leírást tartalmazzon	óhaj	beszerelési útmutató a cég weblapjára vezető QR kód segítségével elérhető
V. Raktározhatóság	II	

a termék, alap csomagolásában ne foglaljon sok helyet	szint/3	
raktárban tároláskor anyaga nem degradálódik	alap	fénytől védett, stabil páratartalmú környezetben
VI. Felhasználás	IV	
mellékelt leírások pontosak legyenek	alap	tisztíthatóság, karbantartás
mellékelt leírások mindenki számára könnyen értelmezhetőek legyenek	szint/3	

2. táblázat: Követelményjegyzék magyarázata

Magyarázat	
Minősítés:	alap
	szint
	óhaj
Súlyozás: (szinten belül)	1-5 skála (5 a legfontosabb)
Fontosság:	I-V-ig a fő kategóriáknál

2.7. Alkalmazott 3D technológiák

A háromdimenziós eljárások nem csak egy adott termék fejlesztési folyamatában és prototípusok gyártásában játszanak óriási szerepet, hanem a késztermék legyártását követő minőségellenőrzésben, valamint a pótalkatrészek gyártásában is. Napjainkban már az optikai 3D szkennerek is az ipar szerves részét képezik a fejlesztési és végellenőrzési fázisokban egyaránt, olyan technológiai eszközök társaságában, mint a visszafejtő és CAD szoftverek, valamint a 3D nyomtatók, melyeket az elkövetkező fejezetekben részletezni fogok.

2.8. 3D technológiák alkalmazási területei

A világ iparágai közül az autóipar az egyik legjelentősebb, figyelembe véve az autógyártók között zajló fejlesztési versenyt. Ebből kifolyólag kötelességük követni más iparágakból származó trendeket is.

Egy ilyen trendként és forradalmi újításként jelentek meg az additív gyártástechnológiák alkalmazása, valamint a 3D szkennelés a járműgyártók körében is. Legyen szó formatervezésről, reverse engineering tevékenységről, fejlett minőségbiztosításról, vagy gyors prototípus gyártásról (rapid prototyping), manapság a 3 dimenzió kihasználásán alapuló technológiák megkerülhetlenné váltak az járműipar minden szegletében.

Kisebb vagy nagyobb mértékben, szolgáltatásként vagy saját célra, de a megakonszernektől kezdve, a legkisebb „Tier-2” -es besorolással rendelkező beszállítóig mindenki hasznát veszi. A fejlesztésbeli verseny megköveteli a gyorsaságot és a rendkívüli rugalmasságot, amikor a kutatás-fejlesztés aktuális irányáról kell dönteni. Ilyenkor jönnek képbe a 3D-s eljárások, hiszen a prototípusok készítését, optimalizálását nagyban megkönnyítik és gyorsítják, de legfőképp költséghatékonnyá teszik. A gyors prototípuskészítésnek hála, egyidőben, párhuzamosan több irányba is indulhatnak a fejlesztőmérnökök és cégek, hogy később egy minél szélesebb spektrumból legyen lehetőségük választani. Ezáltal érve el a számukra legkedvezőbb megoldást egy adott problémára.

Az additív gyártástechnológiák előnyei között említhető az egyre magasabb fokú újrahasznosíthatóság. Megfelelő műszerezettség esetén fennáll, az esetleg zsákutcába futott darabok újra felhasználásának lehetősége. Ezeket később alapanyagként bizonyos százalékban visszaforgathatják más, újonnan jött projekt ötletek kivitelezéséhez. Általános igazság, hogy a nagy termelékenységgel üzemelő fröccsöntő gépekkel és szerszámaikkal járó költségeket kizárólag a tömeges gyártás térítheti meg, ami példának okáért esetemben sem célszerű. Egy induló vállalkozás, aki kezdetben többnyire egyedi igényekre készült, kis darabszámú gyártással tervez, kevés olyan kedvező és gyorsan tanulható technológiára támaszkodhat, mint a 3D nyomtatás. Mint additív gyártástechnológia az egyszerűbb termékek esetében még kevésbé, ám geometriájukban összetettebb termékek esetében már rendkívül hamar megtérülhet. Mivel a termékem tökéletessé csiszolása hosszadalmas folyamat és eközben pedig számtalan prototípus előállítására is szükség lehet, ezek kivitelezése szinte kizárólag additív gyártással lehetséges. [7] Az alacsony volumenű 3D nyomtatás felhasználási területeinek nagyságrendi felosztását a 18. ábra szemlélteti.

A kiegészítő 3D nyomtatás tipikus alkalmazási területei:



2.11. ábra, Jellemző alkalmazási területek a 3D nyomtatásban [8]

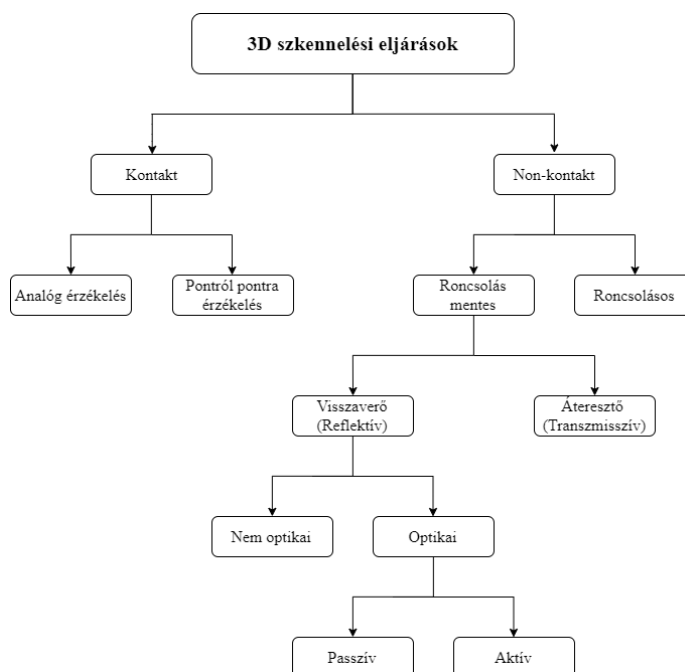
2.9. Optikai 3D szkennelés

„Az optikai mérés technika mára csaknem alapvető fontosságú módszer az autóipar olyan problémáinak megoldásában, mint a tervezési fázist megelőző feltérképezés, vagy mint a minden darabos minőségellenőrzés, helyes furatpozíciókra vonatkozóan.

Azokat az optikai, tehát érintés-, vagy letapogatás-mentes 3D mérési módokat, melyek az optikai háromszögelésen alapulnak, az általuk kibocsátott fény természete szerint 2 fő szkennerek csoportra oszthatjuk fel. Ezek a lézerfényvel és a strukturált fényvel operáló szkennerek, mely utóbbiak a hétköznapi mérnöki tevékenységek részét is egyre nagyobb gyakorisággal képezik. „³

Jelen írásomban az általam is alkalmazott és bemutatni kívánt, olyan aktív fényvel operáló berendezések alkalmazási területeiről, technológiájának előnyeiről, hátrányairól értekezem, melyek strukturált fény vetítésével térképezik fel a teret. A legfontosabb eltérés a passzív fényt használó szkennerekkel szemben, a fénykibocsátás képessége, mely nagyban megnöveli ugyan a szkennerek bekerülési költségét, ám ezzel együtt a mérési pontosságot is megsokszorozza. A későbbiekben ismertetésre kerülő strukturált fényvel dolgozó szkennerek mellett elérhető technológiák közé sorolhatók még a lézeres háromszögelést, valamint az időmérést alapul vevő szkennerek. [7]

A lézeres háromszögelést alkalmazó berendezések kamerái a vizsgált tárgy felületére vetített lézersugarakat rögzíti és a tárgy egy szelete mentén a lézerpont elmozdulását folyamatosan mérve nyeri ki a magasságprofilt. [9]



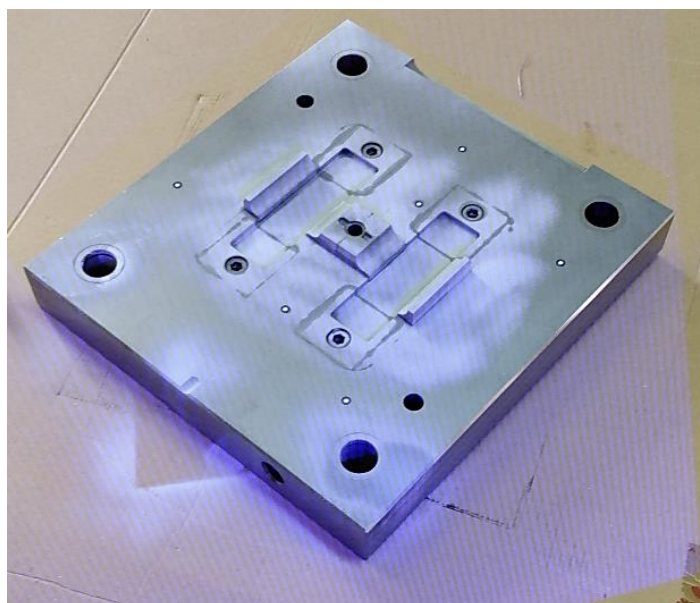
2.12. ábra, 3D szkennelési eljárások ágazatai [10]

³ Idézet Solymosi Szabolcs – Visszapillantó burkolat reprodukciója reverse engineering módszerekkel, témájú Járműmérnök BSc szakdolgozatából.

Manapság már számos vállalat állít elő optikai elven működő 3D szkennereket, konkrét ipari alkalmazásokra. Tervezésükkor elsődleges szempontként szerepel az optikai szkennerek minőségbiztosítási folyamatokba történő egyszerű integrálhatósága, amin túlmenően fontosnak mondható az egyszerű, letisztult és lehetőleg kompakt kivitel. [7]

Az optikai 3D szkennerek, előre definiált pontok alapján a vizsgált darabról szoftveresen képeznek egy ún. pontfelhőt, vagyis egy nem átfedő háromszögekből álló poligonhálót. Egy összetett formafelület leírására alapeometriai, könnyen felismerhető kisebb alakzatok felhasználásával, illesztésével kerül sor, mint amilyenek például a síkok, pontok vagy hengerek. Ezek segítségével meghatározhatók olyan kérdéses paramétereket, mint az átmérők, vagy szögek dimenziói. Egy mérésben szereplő nagyobb darab esetén a szkennert szoftver, minden soron következő objektum poligonhálóján képes az imént definiált alpméreteket létrehozni. Ezáltal egy sokkal hatékonyabb, gyorsabb mérési rendszert kapunk, a hagyományos eszközökhöz viszonyítva.

A 2.13. ábrán szemléltetem a mérések gyakorlati műveletét, amivel lehetővé válik a szkennelt darabok mikron pontosságú digitalizálása, vagy akár az eredeti CAD modell és az abból gyártott darab szkennelt megfelelőjének összevetése. Egy korábbi megbízásom alkalmával készítettem a képet egy fröccsöntő szerszám feltérképezésekor, digitalizálásakor. Ekkor használtam először hosszabb mérési folyamat során a Shining3D mérőgépét.



2.13. ábra, fröccsszerszámlapok 3D szkennelése, előző munkahelyemen (saját fotó)

Második alkalommal már annak a visszapillantó tükör burkolatnak a szkennelését végeztem, melyből később járműmérnök BSc szakdolgoztom témája is kikerekedett. Ugyanezen alkalommal volt lehetőségem, már munkaidőn kívül, saját gépkocsim motortérét is digitalizálni, beolvasni önszorgalomból, amit jelen diplomamunka elkészítésekor hasznosítani tudtam. [7]



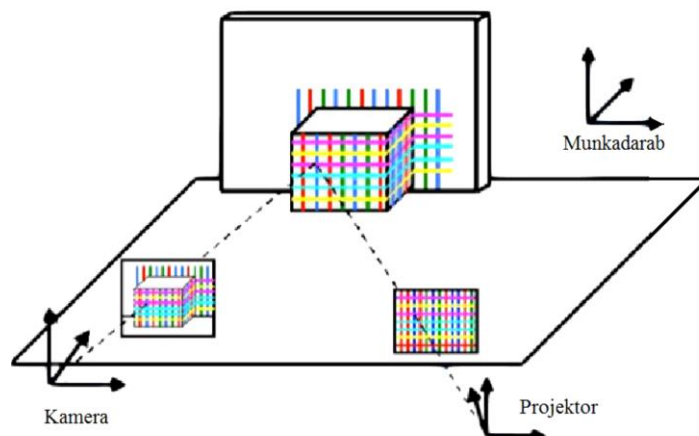
2.14. ábra, visszapillantó 3D szkennelése, járműmérnök BSc szakdolgozatomhoz (saját fotó)

2.9.1. Összetett fénnel operáló szkennerek

Az összetett, másnéven strukturált fénnel operáló rendszerekben egy aktív strukturált vékony csíkot, vagy különböző vastagságú fénysávokból alkotott mezőt vetítenek az objektumra. Mindezt a megfelelő referencia és távolsági adatok meghatározása érdekében projektálja az eszköz a vizsgált felületre. [7]

A saját vizsgálataimhoz is felhasznált szkennertípus, a bemérni kívánt területre egyidejűleg több fénycsíkot, más esetben kódolt mintát vetít. Ennek a legnagyobb előnye, hogy a kamerák látószögébe eső egész térről képes információt szolgáltatni.

A fényforrásból egy előre definiált minta vetül a felméréndő objektumra, ennek és a felméréndő objektumnak a képe egy szenzor segítségével kerül rögzítésre.



2.15. ábra, strukturált fényt alkalmazó rendszer ábrázolása 3D szkennelés közben [9]

2.9.2. EinScan-Pro+ optikai szkennerek bemutatása

A SHINING 3D méréstechnikai cég EinScan termékcsaládjába tartozó EinScan-Pro+ kézi mérőgépét előző munkahelyemen, még 3DPM csapattagként volt szerencsém aktívan használni különböző külsős és belsős megbízások alkalmával. Az eszköz máig modern, professzionális szkennerként van számontartva a kategóriájában. Járműmérnök BSc szakdolgozatom elkészültében is aktív szerepet vállalt a maga 300 x 170 milliméteres mérési tartományával, valamint másodpercenként akár 550 000 pont felvételével. Külön előnye, hogy az akkoriban aktívan 3D modellkészítésre használt CAD programunkkal, a Solid Edge-el rendkívül könnyeden és hatékonyan kommunikáló szkennerek szoftverrel rendelkezik az alább látható Pro+ modell.

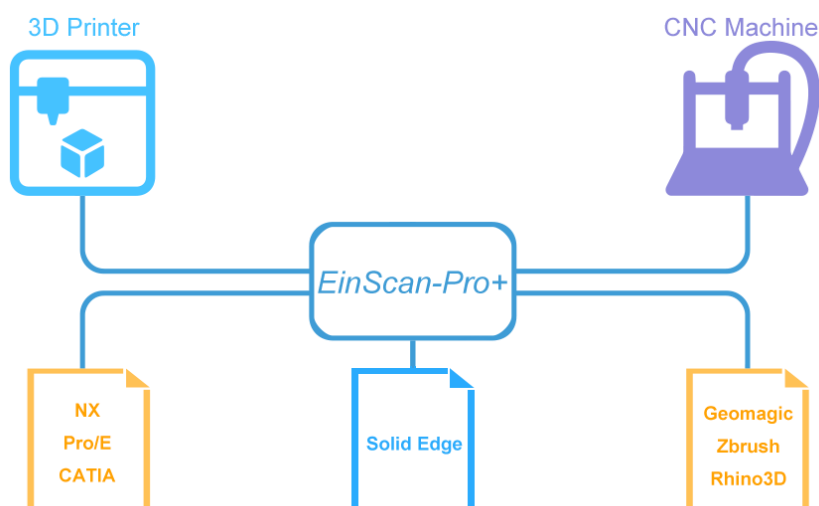
A kevesebb, mint 1 kg súlyú fejegység 4 különböző módon olvas be tárgyakat: [11]

- Kézi Quick Scan – gyors szkennelés,
- Kézi HD - nagyfelbontású szkennelés,
- Rögzített szkennelés - forgóasztal nélkül,
- Rögzített szkennelés - forgóasztallal.



2.16. ábra, EinScan-Pro+ mérőfeje [11]

Előnye a referencia pontok gyors felismerése, ezáltal relatív nagy terjedelmű objektumok is magas hatékonysággal szkennelhetők. Hasonló okból, a kevesebb felületi egyéniséggel rendelkező geometriák, egyszerűbb munkadarabok is könnyebben levilágíthatók. További nem elhanyagolható hasznos jellemzője, hogy hardver, de főleg szoftver szempontból közvetlenül kompatibilis, kezelhető pontfelhőt ad gyártórendszerekkel és CAD tervezőrendszerekkel egyaránt (2.17. ábra). Az EinScan Pro+ szoftverének nagyszerűsége a könnyű kezelhetőségben, felhasználóbarát mivoltában rejlik. Szoftveres eszközei között jelen van úgy a szimultán adat megjelenítés lehetősége, mint a hiányos és gyűrött rész felületeken alkalmazható felület javítás parancs. Ez utóbbi, felület javító, helyesbítő parancs óriási segítséget nyújtott munkám során, a 3DPM-nél, ahol az autó motorterének 3D szkennelt verziója is elkészülhetett. [11] [7]

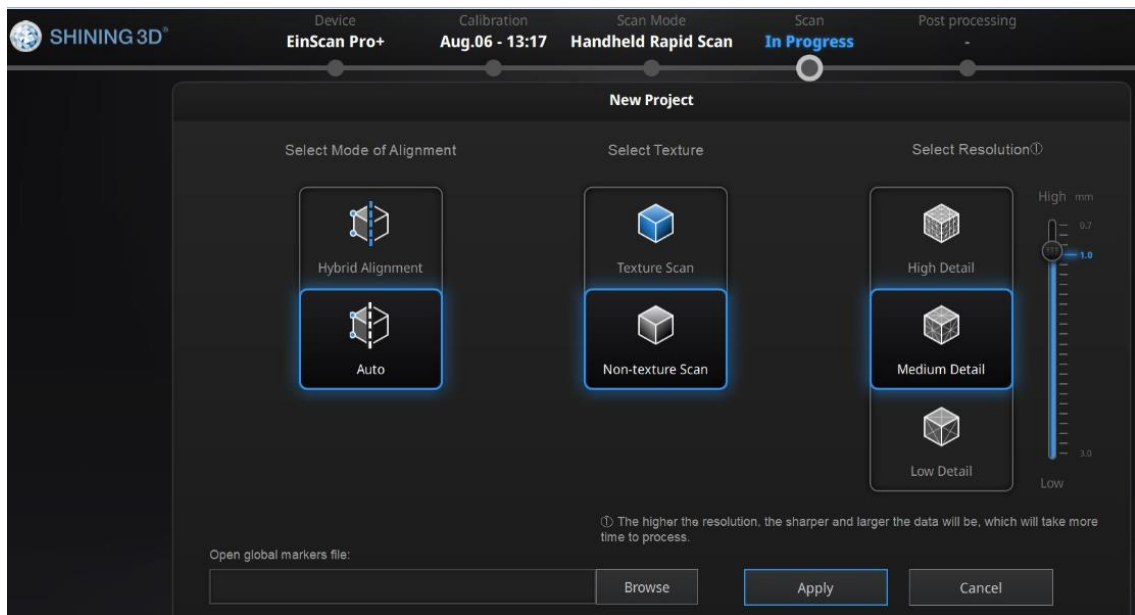


2.17. ábra, EinScan-Pro+ mérőrendszer kompatibilitása [11]

2.9.3. A szkennelés menete

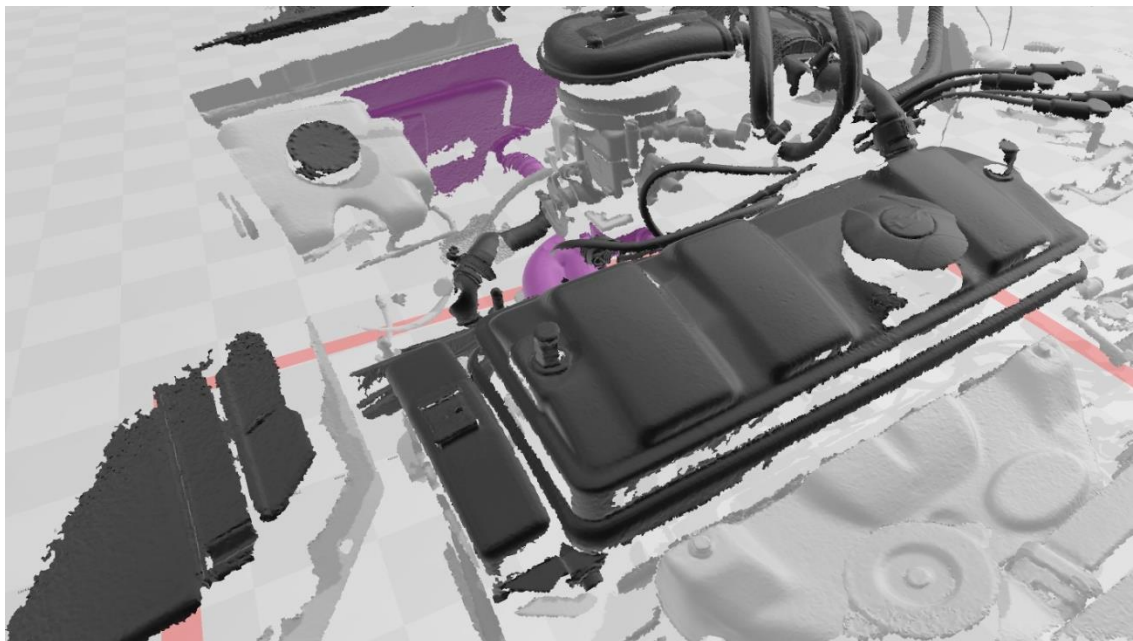
Az Shining 3D féle mérőrendszer egy USB porton keresztül csatlakozik a számítógéphez, ahol nyomon követhető a felvett élő kép és a szkennelés adatai. Külön jelzi a túl közeli, vagy távoli mérő pozíciót, illetve a jelvesztést, a túlzottan gyors mozgást illető figyelmeztetéssel. A szoftveres kezelőfelületén nincs sok személyre szabható funkció, sem sokrétű beállítási opciók. [7]

Egyszerűsége és kompaktsága miatt is ezt a mobil szkennel egységet választottam a feladatra, hiszen egy szinte teljes motortér részletes levilágítása egy statikus szkennelssel akár órákba telne. A kézi 3D szkennel kivitel nagyban segít abban, hogy a szkennelési folyamat akár 30 perc alatt kivitelezhető legyen, a rendszer felállításától, a gyors kalibráción át, egészen a szkennelt modell mentéséig (2.18. ábra).



2.18. ábra, A szkennelést meghatározó beállítások konfigurálása, EinScan 3D szoftverben [7]

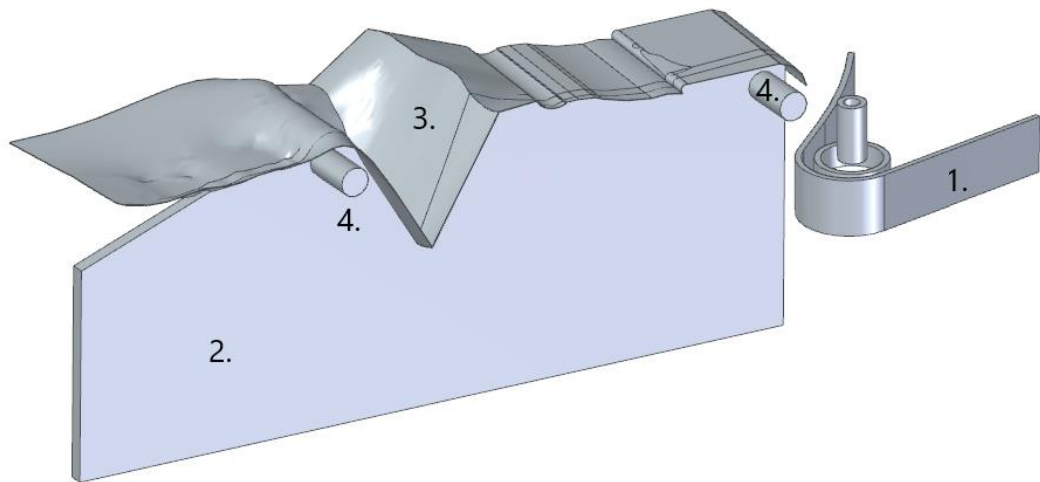
Az ilyen 3D szkennerek technológiák átfogó megismerése, professzionális szintű kezelése rengeteg gyakorlást és önfejlesztést követel. Az EinScan-hez hasonló eszközök alapszintű megismerése, néhány órányi oktatással, gyakorlással, és pár alapvető készséggel biztosítható. Lényeg a megfontoltság és a türelem. Sajnálatos módon a motortér levilágításának folyamatáról fénykép nem készült, ezért a már beszkennelt felületekkel prezentálom a módszer eredményét CAD rendszerben megjelenítve (2.19. ábra). [7]



2.19. ábra, Tervezési szempontból releváns, még nyers 3D szkennelt motortér elemek (saját kép)

A 2.19. ábrán látható a hengerfej felfekvési felületének pozíciója a tűzfalhoz viszonyítva, amely felületcsoportokat lila színnel jelöltem ki. A 2.20. ábrán pedig a szkennelés alapján visszafejtett főbb alakelemek és felületek lettek kiemelve. A későbbi modellezéshez szükséges visszafejtett alakelemek között említhető (2.20. ábra):

- a motortartó bak és felcsavarozási pozíciója, (1-es pont)
- a szívócsonk felfekvési felülete a hengerfejen, (2-es pont)
- a hengerfej felső síkja, mely a felfekvési felületet határolja (3-as pont)
- definiált csavarhelyek a szívócsonk rögzítéséhez (4-es pontok).



2.20. ábra, Tervezési szempontból releváns visszafejtett motortér elemek (saját kép)

2.10. Az additív gyártás

Diplomamunkám tervezésekor korábbi munkahelyemre és egyúttal járműmérnöki BSc szakdolgozatom szülőhelyére, a 3DPM berkeibe tértem vissza gondolatban, felidézve az ott megtanultakat. Feladatomban a cégnél 3D modellek készítése és optimalizálása volt, additív technológiákkal történő gyártásra. Volt lehetőségem többféle műanyag és fémnyomtatóval dolgozni, ezenfelül sokat megtanulni a különböző anyagrendszerekkel dolgozó gépekről és a bennük rejlő potenciálról.

Az elkövetkező fejezetekben értekezésem célja felderíteni, milyen követelményeket támaszt egy autóiipari alkalmazású polimer szívócsonk az autó motorterében, mind az anyag, mind a technológiákkal szemben. Mindeközben bemutatni szándékozom alapvetően az additív gyártást, mint feltörekvő technológiát, azon belül részletesebben az SLS eljárást, mint adott alkalmazásra jelenleg leginkább ár/érték arányban alkalmas technológiát.

Az additív gyártástechnológiák, a formális gyűjtőneve azoknak a technológiáknak, amit egykor gyors prototípus (Rapid Prototyping, RP) gyártási technológiáknak neveztek, a köznyelvben pedig egyszerűen 3D nyomtatásként (3D Printing) terjedtek el.

Ahhoz, hogy megértsük miért különleges gyártási eljárások az additív technológiák, először el kell helyeznünk őket a hagyományos gyártástechnológiákhoz képest.

A gyártástechnológiákat alapvetően három csoportba sorolhatjuk be:

- szubtraktív (elvonásos), mint pl. marás, esztergálás
- formatív (alakadó) folyamat, mint a hajlítás, kovácsolás, öntés
- additív (adalékolásos), AM, anyag hozzáadás és rétegenkénti felépítés jellemzi.



2.21. ábra, Szeletelt bemutatódarab (saját szerk. fotó)

Minden felépíthető, ha az adott modellt előbb rétegeire szeleteljük és újra összerakjuk. Szükséges hozzá a darab 3D modellje és egy úgynevezett szeletelőprogram, amely szoftver az adott nyomtató specifikációinak megfelelően előkészíti, rétegeire bontja a 3D modellt.

Az additív gyártástechnológiákkal feloldhatók a hagyományos gyártások bizonyos korlátjai, és a bonyolult geometriai alakzatok is egyszerűbben gyárthatóvá válnak. Persze a 3D nyomtatásnak is megvannak a maga határai, amelyekre a tervezési folyamat során figyelnünk kell. Tervezőként, ezeket a gyártási eljárásokat számos további alcsoportba sorolhatjuk, aszerint, hogy milyen alapanyagot használnak, illetve miként építik fel a gyártmányt, készüljön pontoként, vonalanként vagy akár rétegenként.

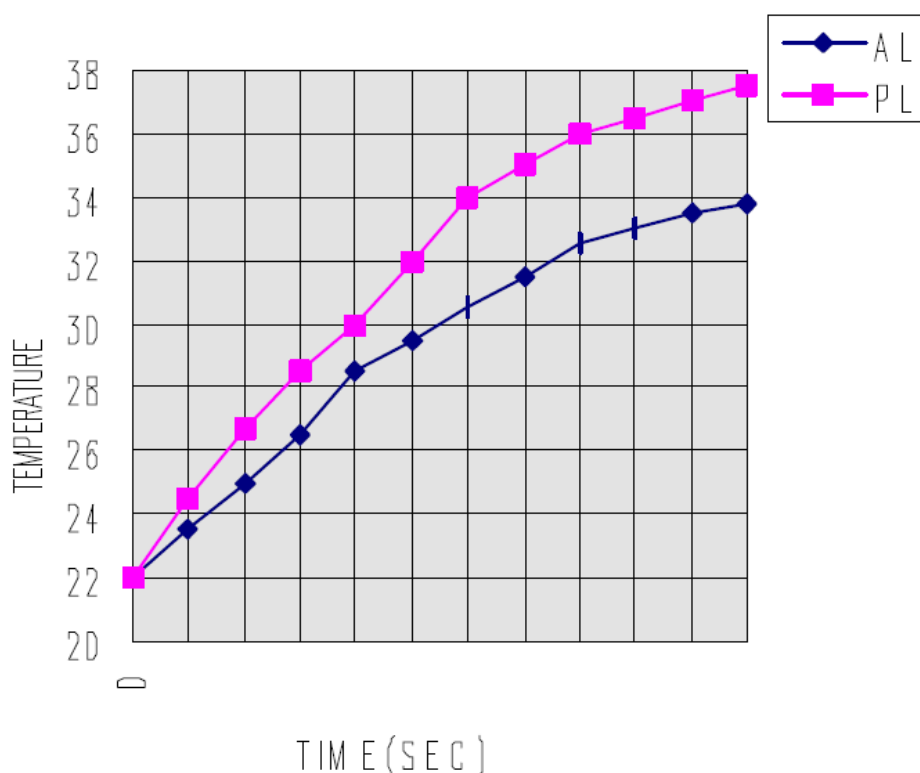
2.10.1. Miért műanyag?

Jogosan vetődhet fel a kérdés, hogy miért a műanyag szívócsónk elképzelés áll a középpontban. A 21. században a műszaki műanyagok, mint alapanyagok rendkívül sok esetben és alkalmazási területek széles skáláján vette át különböző fémötvözetek helyét, ami ezidáig megkérdőjelezhetetlennek tűnt. Így volt ez az egyre elterjedtebb közvetlen befecskendezéssel üzemelő gépjárművek szívócsónkjainak esetében is, amikortól a benzin vegyületek közvetlen behatásától mentesen tervezhettek műanyagokkal a mérnökök. Számos előnyt hozott ez a technológiai lépés, mivel ugyanazt a feladatot hasonló vagy jobb teljesítménnyel látják el a műszaki polimerek, mint alumínium öntvény társaik.

Erre erősít rá Ki-Ho Lee, Hyundai Motor Company-nél végzett 1998-as kutatása, amelyben polimer szívócsonkokat alumíniummal hasonlított össze, laboratóriumi mérések keretében. Az értekezésben diagrammokon keresztül ábrázolja a néhol meglepő konklúzióit, melyek alátámasztják a modern műanyagok létjogosultságát a közvetlen motorkomponensek között.

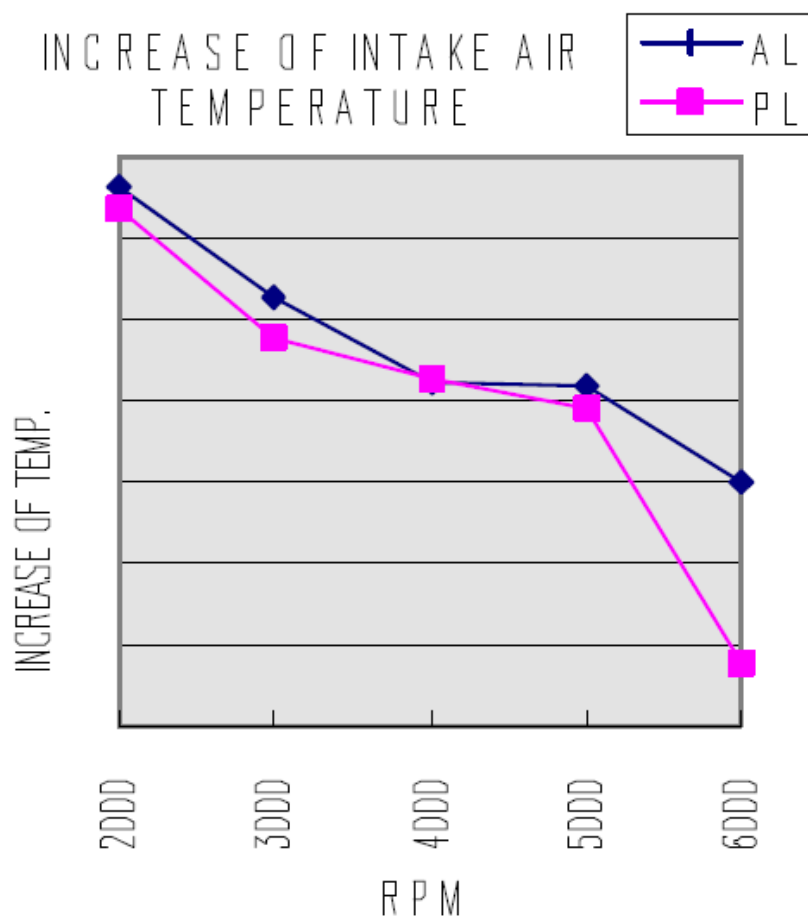
A kedvezőbb zajkibocsátás és rezgésértékek mellett külön kiemelt szerep jut a hőmérsékleti karakterisztikáknak különböző üzemállapotokban és a két alapanyag szembevetülő különbségeinek:

- Első grafikonján a szerző egy tranziens állapotot mutat be, amelyen látható a beszívott levegő változása hidegindítás után, részterhelésen (2400 fordulatszámon). Jól látszik, hogy a motor könnyebben és gyorsabban beáll az üzemi hőmérsékletre a polimer szívócsonkkal, ami jótékonyan hat az erőforrás élettartamára és az üzemanyaghatékonyaságra.



2.22. ábra, A hőmérséklet emelkedése hidegindításkor az idő függvényében [12]

- A második kiemelt esetben a szívócsőben lengő keverék hőmérsékletváltozását monitorozták az idő alatt, míg a levegő a belépéstől eljut a hengerfej szívócsatornájáig. Megmutatkozik az a meglepő tendencia, miszerint a fordulatszám növelésével a keverék a műanyag szívócsonkban keringve jobban lehűl, ezáltal égéskor jobb hatásfokot ér el.



2.23. ábra, Hőmérséklet változás a szívócsőben, a fordulatszám függvényében [12]

Esetemben a projekt erős kísérleti jellege okán is fokozottan indokolt plasztikus komponensek alkalmazása, hiszen az additív technológiák fejlettsége lehetségessé tenné akár 3D nyomtatott alumínium vagy titán szívócsonkok gyártását is. Előállítási költség szempontból azonban nem hasonlítható össze egy műanyag és egy fém komponens azonos méretben történő kivitelezése. Mindent összegezve érdekes kísérlet ezt a technológiát szívócső befecskendezéshez közeli állapotban kipróbálni, ami extra motivációt ad a kivitelezéshez.

2.10.2. Alapanyag kutatás

A készülő darab speciális beépítési és felhasználási helyének okán magának az anyagnak is sokrétűnek, speciálisnak kell lennie. Kevés az a 3D nyomtatásban használatos alapanyag, mely üzemanyag és levegő keverékét magas hőmérsékleten, nem statikus körülmények között, akár órákra megtartani képes. Igyekeztem a kiszemelt polimerekkel tesztnyomtatásokat is végezni, hogy később bevethetőek legyenek akár élesben, vagy akár labor körülmények között rendezett teszteken.

Gyűjtésben szerepelnek különféle ABS (Akrilnitril-Butadién-Sztirol) keverékek, valamint műszaki poliuretán (PU) és poliamid (PA/nejlón) műanyagok. A listán felsorolt anyagok többnyire tapasztalt kollégák és gyártómérnökök javaslatain alapulnak, ezt egészítettem ki saját kutatásommal és tapasztalataimmal.

- ABS és ASA polimerek

Az alábbi képen látható kísérleti csonk darabok szénszállal töltött műszaki ASA filament szálanyagból készültek.



2.24. ábra, ASA-CF műszaki polimerből funkcionális prototípus (saját kép)

Esetükben már a laborteszteken kiütközött alapvető hiányosságuk, ami elsősorban a vegyi anyagokkal és alkoholokkal szembeni ellenállóképességüket jelenti. Az alacsonyabb költségű, de az alap ABS-ek javított jellemzőit hordozó ASA esetében, már egy rövid időtartamú acetongőzős felületpolírozási kísérlet alkalmával is komoly maradandó elváltozást szenvedett. Egy későbbi alkalommal a HDH-Mérnök Kft.-nél újonnan beszerzett Stratasys F900 gyártórendszerben készítettünk egy funkcionális prototípust, mely el is jutott éles bevetésig. Nyomtatáshoz használt anyagjellemző adatlapját táblázatként csatoltam. [13]

3. táblázat: ASA-CF filamentszál datasheet [16]

NYOMTATÁSI PARAMÉTEREK		
Ajánlott nyomtatási hőmérséklet	Min: 230 °C;	Max: 255 °C
Nyomtatóágy javasolt hőmérséklet	Min: 80 °C	Max: 100 °C
Ajánlott nyomtatási sebesség	Min: 35 mm/s	Max: 80 mm/s
Ajánlott ventilátorsebesség	Min: 0 %	Max: 25 %

ÁLTALÁNOS ADATOK		
Fajlagos sűrűség:	1,14 g/cm ³	ISO 1183
Hőterhelési hőmérséklet:	98 °C	ISO 306
Szakító szilárdság:	48 MPa	ISO 527
Szakító rugalmasság:	2020 MPa	ISO 527
Hajlítószilárdság:	3,6 %	ISO 527
Hajlítási modulus:	15 %	ISO 527
Ütőszilárdság:	18 KJ/m ²	ISO 179

A szénszállal erősített ASA esetén azonban beszerelést követően, a kellő rétegek közti adhézió hiányában, üzemanyag szivárgás volt tapasztalható, főként hidegindítások alkalmával. Ezek után felhagytam az ABS alapú polimerek használatának tervével.

- Termoplasztikus Poliuretán (TPU)

Szintén FDM technológiát alkalmazó gyártórendszer segítségével alkottam meg az egyik legsikeresebb szívócsonk prototípust, mellyel több tesztet is sikerrel tettem meg.

4. táblázat: TPU Hard filament datasheet [17]

NYOMTATÁSI PARAMÉTEREK		
Ajánlott nyomtatási hőmérséklet	Min: 230 °C;	Max: 260 °C
Nyomtatóágy javasolt hőmérséklet	Min: 50 °C	Max: 60 °C
Ajánlott nyomtatási sebesség	Min: 20 mm/s	Max: 40 mm/s
Ajánlott ventilátorsebesség	Min: 0 %	Max: 30 %
ÁLTALÁNOS ADATOK		
Fajlagos sűrűség:	1,2 g/cm ³	ISO 2781
Hőterhelési hőmérséklet:	140 °C	ISO 306
Szakító szilárdság:	48 MPa	ISO 527
Szakító rugalmasság:	2020 MPa	ISO 527
Hajlítószilárdság:	3,6 %	ISO 527
Hajlítási modulus:	15 %	ISO 527
Shore keménység:	58D	ISO 868

A TPU műszaki polimer, mely többféle keménységben is megvásárolható és kiválóan ellenáll a vegyi anyagoknak, így a benzinhez adalékolt E10-es alkohol származékoknak

is. Az állandó magas hőmérsékleten tapasztalt minimális lágyulása által viszont, nem biztosít elegendő tartást. Ennek továbbmenő következménye, hogy rétegelválások jelennek meg a darabon, ahol szökni kezd az áramló közeg. Tömítettség és anyagfolytonosság híján szökni kezd a vákuum, ami előbb a motor egyenetlen működéséhez, majd későbbi leállításához vezet.



2.25. ábra, Frissen nyomtatott TPU csomák prototípusok (saját kép)

- Poliamid (PA/Nylon11)

Rugalmas, robusztus alkatrészekhez a Nylon 11 Powder egy nagyteljesítményű, bioalapú poliamid alapanyag. Funkcionális prototípusok készítéséhez és kis tételes gyártáshoz ajánlott. A Nylon 11 leginkább olyan munkadarabok nyomtatására alkalmas, melyeknek meghajolniuk vagy ütődniük kell, tehát a dinamikus változó környezetnek jól ellenáll. [14]

5. táblázat: Nylon 11 szinterezhető por datasheet összegző [14]

NYOMTATÁSI PARAMÉTEREK		
Nyomtatási rétegvastagság:	0,110 mm	
Nyomtatási mód:	Air mode	
ÁLTALÁNOS ADATOK		
Vízfelvétel (nyomtatás után):	0.07%	ASTM D570
Hőterhelési hőmérséklet:	189 °C	ASTM D 1525

Szakító szilárdság:	49 MPa	ASTM D 638-14 Type 1
Szakító rugalmasság:	1,6 GPa	ASTM D 638-14 Type 1
Hajlítószilárdság:	40 %	ASTM D 638-14 Type 1
Ütőszilárdság:	71 J/m	ASTM D256-10

2.10.3. A polimerek újrahasznosíthatósága

Diplomadolgozatom fontos pontja a környezetvédelmi trendek követése, melyben kiváló partner a 3D nyomtatás iparága. Esetenként akár 60-80%-os újrahasznosított aránnyal készíthetők termékek, felhasználási körtől függően. A poliamidok recikálhatósága a jelenlegi technológiai fejlettséget figyelembe véve is kiemelkedő mértékű. Az újrahasznosított nejlonok minden hátráltató tényező nélkül forgathatók vissza elsőosztályú alapanyagokba, így megjelenhetnek ruhaneműkben, autóalkatrészekben vagy épp filamentekben alapanyagként, 3D nyomtatók részére.

2.10.4. A választható 3D gyártócellák összehasonlítása

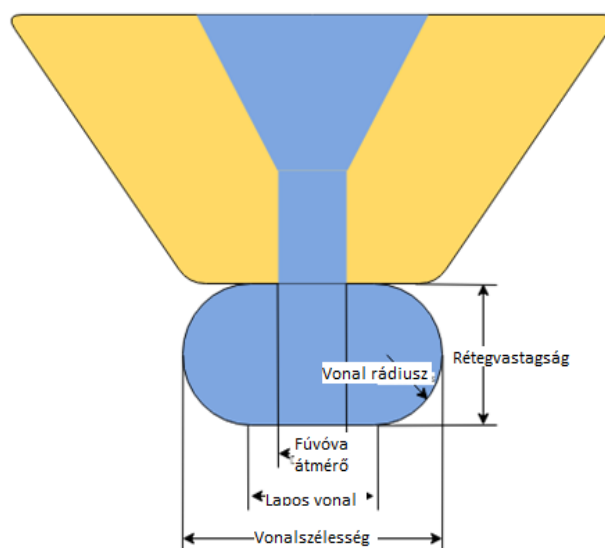
A következőkben olyan additív gyártórendszerek kerülnek összehasonlításra, melyek képesek poliamid ipari alapanyag fajtákkal dolgozni.

- FDM gépek

A mára kis túlzással minden második háztartásban elterjedt FDM technológiát talán nem szükséges részletesen körülírnom. A filamentszál extrúziós eljárás a termális műanyag-extrúziós folyamatokhoz sorolandó. A nyomtatást egy, vagy ritkább esetben akár több, fűtött extrúderfej végzi, mely konstans hőmérsékleten a bemenő szálanyag olvasztásával képez rétegeket X és Y irányokban, amint a tárgyasztal süllyed a térben Z irányban.

A technológiával csak viszonylag részletszegény modell készíthető, mindez az aránylag nagy extrudált átmérő miatt, ami a fűvókát elhagyja.

A szálanyag kör keresztmetszetét ellipszisre formálja a gép, miközben a kules a térfogati és felszíni erők megfelelő beállítása, kalibrációja, hogy a lehető legsimább kapcsolatot érhessük el két réteg között. A Fused Deposition Modeling technológiájához fejlesztett anyagok skálája mára közel végtelen, tekintetbe véve a színvariációkat és anyagösszetételeket. Legelterjedtebbek a különböző ABS, PETG, PLA vagy PPSF alapanyagok és válfajaik, ötvözeteik (2.26. ábra).



2.26. ábra, Filament extrúzió sematikus ábrája [15]

A rétegvastagságot elsősorban a fúvóka mérete határozza meg, az alap fúvóka átmérő pedig általában 0,4mm. Az ajánlott maximális rétegvastagság a fúvóka átmérőjének 80%-a. Az alsó határt a gép képességei, valamint a ráfordítani kívánt idő határoolja be. A kísérleti nyomtatásoknál rendelkezésre álló fúvókaméretok és a hozzájuk köthető rétegvastagság tartományait az alábbi táblázatba rendszereztem.

6. táblázat: FDM additív gyártórendszerekkel elérhető általános rétegvastagságok [10]

Fúvókaméret (mm)	Rétegvastagsági tartomány (mm)
0,25	Min.: 0,1 Max.: 0,2 (0,2)
0,4	Min.: 0,1 Max.: 0,32 (0,3)
0,6	Min.: 0,1 Max.: 0,48 (0,45)
0,8	Min.: 0,1 Max.: 0,64 (0,6)

- SLS gyártórendszerek

A szelektív lézeres szinterezés (SLS) egy additív gyártási (AM) technika, amely lézert használ energia- és hőforrásként, szinter-por anyagok (tipikusan nylon vagy poliamid) szinterezéséhez. A lézert automatikusan a tér 3D-s modell által meghatározott pontjaira irányítja, ezzel megkötve a port, így az anyag együtt szilárd szerkezetet hoz létre. Technológiailag hasonló a szelektív lézeres olvasztáshoz.

Az SLS (csakúgy, mint a többi említett 3D technika) egy viszonylag új technológia, amelyet eddig főként gyors prototípus-készítésre és funkcionális alkatrészek kis volumenű gyártására használtak. A gyártási szerepek bővülnek, ahogy az AM-technológia kereskedelmi forgalomba hozatala javul.

A porágyas fúzió az első kereskedelmi forgalomba kerülő additív gyártógépek által használt technológiák közt szerepelt. Az első változata az úgynevezett Szelektív Lézer Szinterezés volt (Selective Laser Sintering SLS). Az SLS technológia által használt elv képezi az összes porágyas fúziós gyártógép működési elvét, noha azóta tökéletesedtek pontosság, sebesség, és anyaghasználat terén.

A technológia alapelve, hogy egy vagy több hőforrás segítségével fúziót (egyesülés, nem az atomfizikából ismeretes fúzió) hozunk létre a kiterített porszemcsék között. Az ide tartozó technológiák a hőforrásban, és a porréteg létrehozásában térnek el egymástól. A leggyakrabban használt hőforrás a lézer nyaláb, de léteznek elektronsugaras gépek is. A lézernyalábos gépek kezdetben csupán polimer pontonkénti szinterezésére voltak képesek, de napjainkban már a technológia kiterjed a fém és kerámia por szinterezésére is, valamint megjelentek olyan gépek, amelyek rétegenkénti szinterezésre is alkalmasak. A legtöbb porágyas fúzió fűtött kamrában, védőgáz környezetében történik, ami segít elkerülni az anyag oxidációját, illetve degradációját. A gyakorlatban használt védőgázok az Argon és a Nitrogén. Az építési platform jellemzően rétegenként szokott lesüllyedni, majd a 'recoating' nevű rendszer elhúzza felette egy újabb réteg port. Ez a 'recoating' rendszer, lehet pengés, vagy egy ellenirányú forgást végző henger. A gyártáshoz használt finomszemcsés por alapanyag jellemzően óvatos bánásmódot követel. A rendkívül apró szemcseméret miatt, csak védőfelszerelésben érdemes vele dolgozni. A nyomtatás végeztével elengedhetetlen fontosságú a gép takarítása. A szinterezetlen port ki kell porszívózni a gépből. Alapanyag függően ugyan, de a visszamaradt por újra felhasználható későbbi nyomtatások során, ám jellemzően tisztítani kell használat előtt, valamint egyes porok esetében „friss port” kell hozzá keverni.

A fémporos eljárás egyre nagyobb szerepet tölt be a repülőgép- és az orvos iparban, még a polimeres rendszerek komoly konkurenciának számítanak a kis és közepes sorozatban gyártott, fröccsöntött termékeknek. A porágyas technológiák az egyik legelterjedtebb additív technológiák a mechanikailag stabil, minden tekintetben működő és beépíthető prototípusgyártás és kisszériás vagy egyedi gyártás területén.

2.10.5. Az SLS története

Története szerint a szelektív lézeres szinterezést (SLS) Dr. Carl Deckard és akadémiai tanácsadója, Dr. Joe Beaman fejlesztette ki és szabadalmaztatta az austini Texasi Egyetemen az 1980-as évek közepén, a DARPA támogatásával. Deckard és Beaman részt vettek az így létrejött DTM-ben, amely az SLS-gépek tervezésére és gyártására jött létre. 2001-ben a 3D Systems, a DTM és SLS technológia legnagyobb versenytársa felvásárolta a DTM-et. A Deckard SLS technológiájára vonatkozó legutóbbi szabadalmat 1997. január 28-án adták ki, ami 2014. január 28-án járt le. Mivel az SLS nagy teljesítményű

lézerek használatát igényli, otthoni használata gyakran túl drága, túlzott veszélyességéről nem is ejtve szót. Az SLS-nyomtatás kapcsolódó költsége és potenciális veszélye a kereskedelemben kapható, 1. osztályú biztonsági burkolattal rendelkező lézerrendszerek hiánya miatt azt jelenti, hogy az SLS-nyomtatás hazai piaca nem olyan nagy, mint az egyéb additív gyártási technológiák piaca, mint például az olvasztott rétegekkel operáló modellezés, az FDM (Fused Deposition Modeling).

SLS technológia előnyei

- A szinterezett porágy teljesen önhordó, lehetővé téve nagy kilógási szögeket (0-45 fok a vízszintes síkhoz képest)
- Összetett geometriák mélyen a részekbe ágyazva, például konform hűtőcsatornák
- 3D tömbökben előállított több alkatrész kötegelt gyártása, ezt a folyamatot egymásba ágyazásnak nevezik
- Az alkatrészek nagy szilárdsággal és merevséggel rendelkeznek
- Jó vegyszerállóság
- Különféle finiselési lehetőségek (pl. fémezés, kályhazománcozás, vibrációs csiszolás, kádfestés, ragasztás, por, bevonat, pelyhesítés)
- Biokompatibilis az EN ISO 10993-1[20] és az USP/VI/121 °C szint szerint
- Összetett alkatrészek belső alkatrészekkel úgy építhetők fel, hogy az anyag beszorul, és a felület megváltozik a támaszték eltávolítása miatt.
- A leggyorsabb additív gyártási folyamat funkcionális, tartós, prototípusok vagy végfelhasználói alkatrészek nyomtatásához
- Anyagok széles választéka szilárdsági, tartóssági és funkcionálitási jellemzőkkel
- A megbízható mechanikai tulajdonságok miatt az alkatrészek gyakran helyettesíthetők a tipikus fröccsöntött műanyagokat

SLS technológiai hátrányai

- Az alkatrészek porózus felülettel rendelkeznek; így ezeket többféle utókezelési módszerrel, mint például cianoakrilát bevonattal, vagy forró izosztatikus préseléssel lehet lezárni.
- Additív gyártásra történő tervezés (befolyásoló tényezők)

3. EGYÉNI KONCEPCIÓ ALKOTÁS

3.1. A virtuális és fizikai tervezés kezdeti lépései

A számított és mért, valamint szkennelt értékek a tervezőasztalon találkoznak először. Esetemben ez egy CAD tervezőrendszerben valósult meg, a Siemens cégóriás NX nevezetű dizájn szoftverében. A tervezés ezen fázisában ötvöztem először a formai elképzeléseket a rendelkezésre álló hely dimenzióival és az áramlási közeg térfogatának számított értékeiből származó geometriai optimummal.

Első lépésként a műhelyben, mérésekkel kezdtem a tervezési folyamat sorozatot, ahol megbizonyosodtam a szkennelt értékek valóságával és felmértem az elérhető, eredeti szívócsonk leszerelésével keletkező helykínálatot. Ez a távolság 240-250mm vízszintes irányban mérve (3.1. ábra).



3.1. ábra, Szívócsonk felfekvő felületének mért távolsága a tűzfaltól (saját fotó)

Következő lépés a csőhosszak véglegesítése felé a karburátorsor helyigényének felmérése volt. A rendelkezésemre álló, Yamaha R1 '99-es évjáratú Mikuni⁴ karburátorsor szélessége a bemeneti csonktól a kimenetig mérve, amint az alábbi, 3.2. ábra is mutatja, 110 milliméter.

⁴ A Mikuni márka egyike a néhány piacvezető sportmotor karburátorok gyártóinak.



3.2. ábra, Karburátorsor ki, - és bemenő csonek közötti átfogó méret (saját fotó)

3.2. Formai követelmények

A modellezési folyamat megkezdése előtt összegeztem a számolt és mért értékeket, és elkezdtem kidolgozni a közös metszetüket, hogy eredményül egy teljes mértékben funkcionális, gyártható és jól illeszkedő alkatrészt kapjunk.

Elsőként a műhelyben szétszedett autó motortérét, azon belül is a szívócsontot és felfekvő felületét vettem szemügyre, melyről aztán le is vettem az alapvető méreteket, mint amilyenek a talp dimenziói, a csavarpozíciók és nem utolsó sorban a szívócsatorna bemeneti furatának helyzete, átmérője.

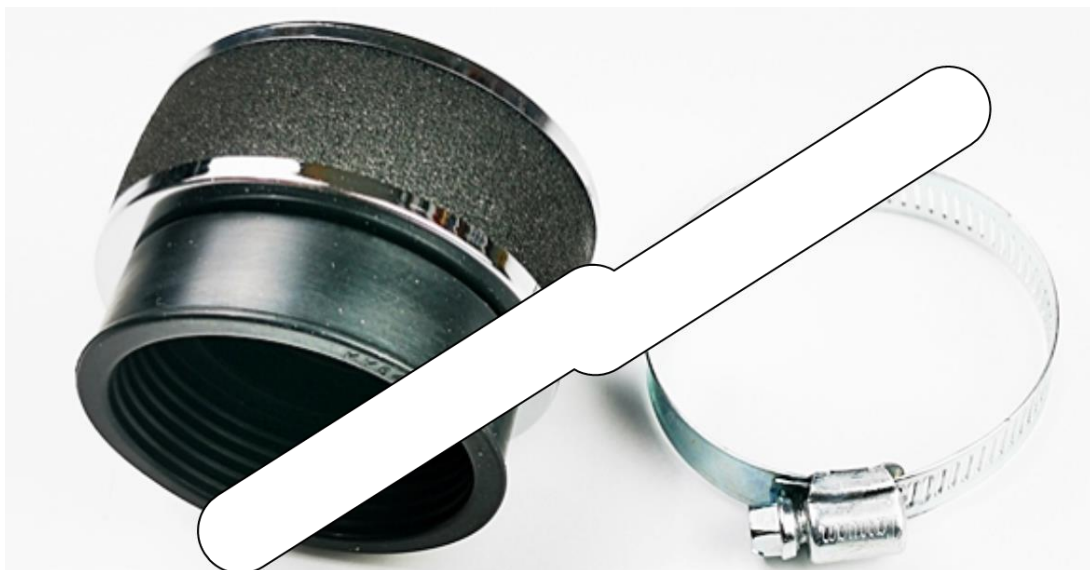
Ezt követően nekiláttam az ideális szívócsont hosszok korrekciójának, mivel a számított ideális csőhossz a hely szűkössége miatt nem férne el a motorházfedél alatt. A szétszedéskor a tűzfal vonalából készített fényképen jól megmutatkozik a szívócsatornáig terjedő szabad hely csekélyisége.



3.3. ábra, A szerelés helyszíne a tűzfalról nézve, még beépített szívócsonk nélkül (saját fotó)

A pontos tervezéshez több folyamatnak is előrehaladottnak kellett lennie, mint az átalakításhoz szükséges alkatrészek megvásárlása, vagy mint a jármű megbontása. A szívócsonk csatorna hosszainak kiszámítása nem csak a helyigény, de az áramlási szerepük miatt is elsődleges, már a tervezés nulladik időpillanatától. Mindez azzal járt, hogy még a rendszer teljes ismerete nélkül kellett levegőszűrőt választanom, illetve lemérnem a szívócsatorna hosszát a hengerfejen. Ez utóbbi méretet a bemeneti átmérőtől a szívószelepig mérve, 100 mm-re adódik ki. Az egyszerűség kedvéért a prototípushoz az egyik legolcsóbb és legpraktikusabb 'zokni'⁵ légszűrő megoldást választottam, melyek minden egyes karburátorelem szívóágára egyesével ráhúzhatók, flexibilis mégis tart és szivacsos akár még javítható, cseélhető is. A 4 egység sport légszűrő darabonként bruttó 4060 forintba kerül és teljes belsőmagasságuk 70 mm. [16]

⁵ A karburátorok szívó oldali csomójára nemes egyszerűséggel felhúzható levegőszűrőket nevezik zokni szűrőknek. A szívótorkok aktuális számától függően változik a szükséges, kellő darabszám.



3.4. ábra, Motorkerékpár sportlégszűrő [16]

A korrigáláskor számításba vettem a gázlengések jelenségét, amely segítségemre volt a szívócső hosszok iterációjánál. A szívórendszer komplett, maximális hosszát a levegőszűrőtől egészen a szívószelepig mérjük. Mivel esetemben ez a csatorna nem terjed ki egészen az autó elejéig, így a szívás üteme sem valósulhat meg az ideálisnak vett 436 milliméteres hosszön. Kénytelen két szívási ciklus közt a szívócsatornában lengeni, amely a mérések szerint legfeljebb 393 mm hosszú lehet, figyelembe véve a kitölthető teret. Ez a biztonsági ráhagyással lefelé kerekített 390 mm a következő összetevőkből áll össze: $L_{max} = L_{filter} + L_{carb} + L_{headport} + L_{IM}$;

- ahol az egész hossz: $L_{max} = 390$ mm;
- levegőszűrő: $L_{filter} = 70$ mm;
- karburátor: $L_{carb} = 110$ mm;
- szívócsatorna hossza a hengerfejen: $L_{headport} = 100$ mm;
- szívócsonc hossza: $L_{IM} = ?$

Innen kiszámítható, hogy a szívócsonc részére legfeljebb 180 mm állhat rendelkezésre:

$$L_{IM} = L_{max} - L_{filter} - L_{carb} - L_{headport} = 390 - 70 - 110 - 100 = 180 \text{ mm}$$

Ezt a maximális szívócsonc hosszt iteráltam oly módon, hogy a teljes hossza adódó gázlengés a töltet egy hullámának egész, páros többszöröse legyen. Az egész számítás alapja a sebesség képlet:

$$v = \frac{s}{t}$$

ahol v = sebesség, s = megtett úthossz, t = idő.

Kísérletek bizonyították, hogy a volumetrikus hatásfok növekedés akkor a legnagyobb, ha a hullámlengés is akkor tér vissza a szívószelephez, amikor a dugattyú a 90° fő tengely szögénél jár. Ebben a pontban a dugattyúsebesség maximál. Esetemben az út hossza a szívócsőhossz kétszerese, az időt pedig a motor sebességéből származtattam:

$$t = \frac{v}{s} = \frac{90^\circ}{RPM \cdot \left(\frac{rev}{min}\right) \cdot \left(\frac{min}{60s}\right) \cdot \left(\frac{360deg}{rev}\right)} = \frac{15}{RPM} = 0,225s$$

ahol az RPM értéke a szívócsonk hangolási motorfordulat száma, ami 4000 fordulat percenként. [17]

Ebből levonható a konklúzió, miszerint 0,225 másodperc alatt tesz meg a lengő keverék egy ideális szívócső hossznyi távolságot.

Mivel nem tudok majd fél méternyi helyet biztosítani az egy gázlengés lefolyásának érdekében, ezért ezt az ideális idő értéket iterálom a számolt 436 mm szívóág hossz felezésével mindaddig, amíg geometriailag kivitelezhető adatot nem kapok eredményül:

7. táblázat: Szívócsonk célhossz meghatározása

Időzített gázlengés száma	Szívócsonk hossza	Lengés időtartama
Első hangolt hullám	436 (mm)	0,225 (s)
Második hangolt hullám	218 (mm)	0,450 (s)
Harmadik hangolt hullám	109 (mm)	0,675 (s)

A későbbiekben tehát azzal a tudattal tervezhetek a 109 milliméteres szívócsonk hosszal, hogy 3 egész lengésszám után érkezik meg a szívószelephez egy friss töltetnyi keverék.

3.3. A CAD modellezés menete

A mérésekkel megkaptam két alapvető adatot a motortér helykínálatát illetően, ezzel neki is kezdhettem a 3D-s környezetbeli skiccelésnek. A 3D szkennel szoftvere és ezáltal kimeneti formátuma egy az egyben kompatibilis a Solid Edge tervezőrendszerekkel, ami rendkívüli segítséget nyújtott a pontfelhő feldolgozásában. A kezdeti formátum még egy kusza, átláthatatlan felület rengeteg, amelyet kezdésként letisztítottam, hogy az elmosódott vagy duplán észlelt, esetleg összecsiszított rétegek alatt meghúzódó ténylegesen hasznos felületek átláthatóvá váljanak. Ezt követően elláttam alapszínekkel a kedvezőbb áttekinthetőség érdekében. Feketével szerepelnek a közvetetten, lilával pedig a készülő csokra közvetlen ráhatással bíró felületelemek (42. ábra).

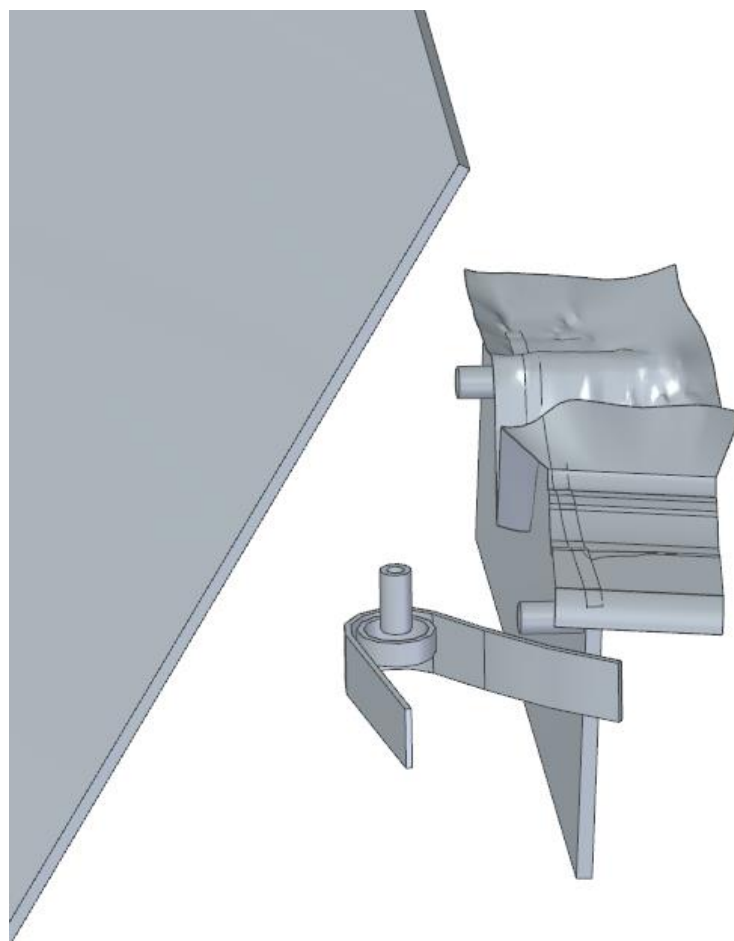


3.5. ábra, Felesleges felületektől megtisztított, színezett motortér-modellháló (saját kép)

A felület szelektálást követően célba vettem a geometriát ténylegesen befolyásoló alakelemeket, melyeket különböző élek mentén, generált síkokkal, vagy felületelemekből származtatott metszősíkokkal elszeparáltam a komplett motortér hálómódeljétől. Így ténylegesen hasznos felületeket kaptam, amelyekre elkezdhettem építkezni immár 3D alakelemekkel. A következő képen látható módon kiemeltem a hengerfejen lévő szívócsatorna felöntésének felső felületét és a hozzá kapcsolódó töcsavarok felületmodelljét is valós szolid 3D geometriára cseréltem. A szívócsatorna külső felületét felhasználva elkészítettem a szívócsónk felfekvő felületét is, amit hozzárendeltem a rajta elhelyezkedő egy-egy töcsavar geometriájához. Mindezek mellett külön síkot rendeltem a tűzfal részére és felülethálója alapján megalkottam egy 'dummy'⁶ motortartó bak modellt is, főbb átfogó csavar dimenzióival együtt (44. ábra). Ezzel megkaptam a funkcionális, méretpontos alkatrészkörnyezetemet, amelybe a termék aktívan bele

⁶ A 'dummy' modell az angol megfelelője az egyszerűsített, ám nem elhanyagolható alkatrészmodelleknek, amelynek csak néhány dimenziója számottevő a teljes modellteret illetően.

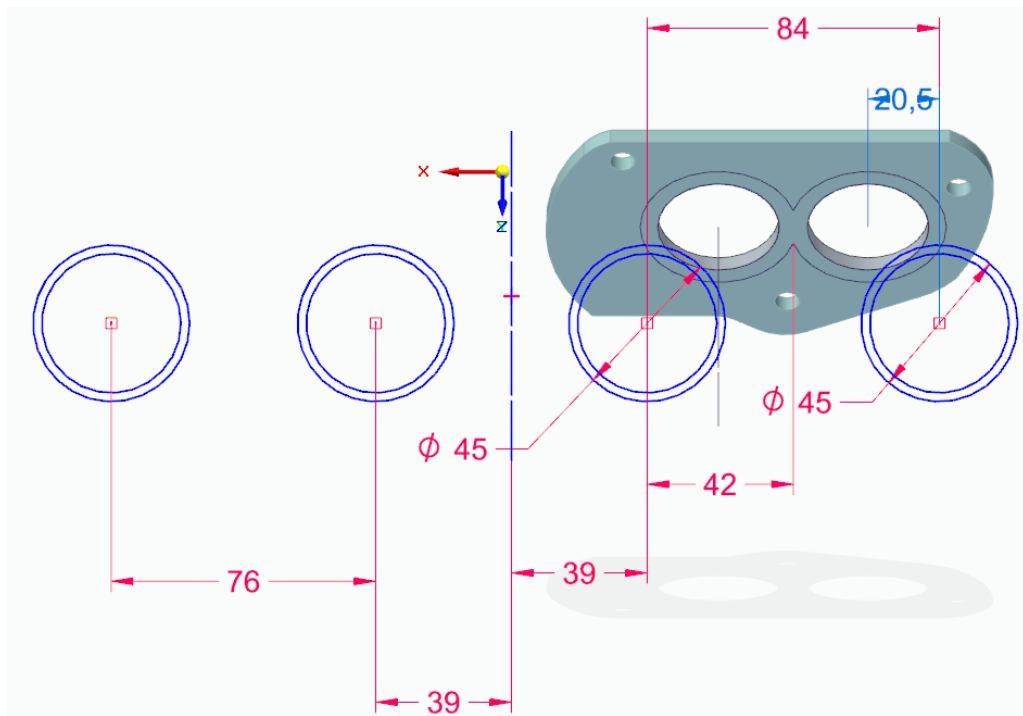
tervezhető és később virtuálisan be is szerelhető. A kép baloldalán látható a tűzfal síkját helyettesíteni célzó alakelem, jobboldalon pedig a szkennelt hengerfej felső felülete és az abból származtatott szívócsonk felfogatási sík és két csavarmodellje helyezkedik el. A kettő között, eltolva a szintén 3D szkennelt felületekből származtatott motortartó bak alape geometria található az alábbi képen.



3.6. ábra, Szívócsonk közvetlen szerelési környezete, kényszerítható 'dummy' alakelemekkel (saját kép)

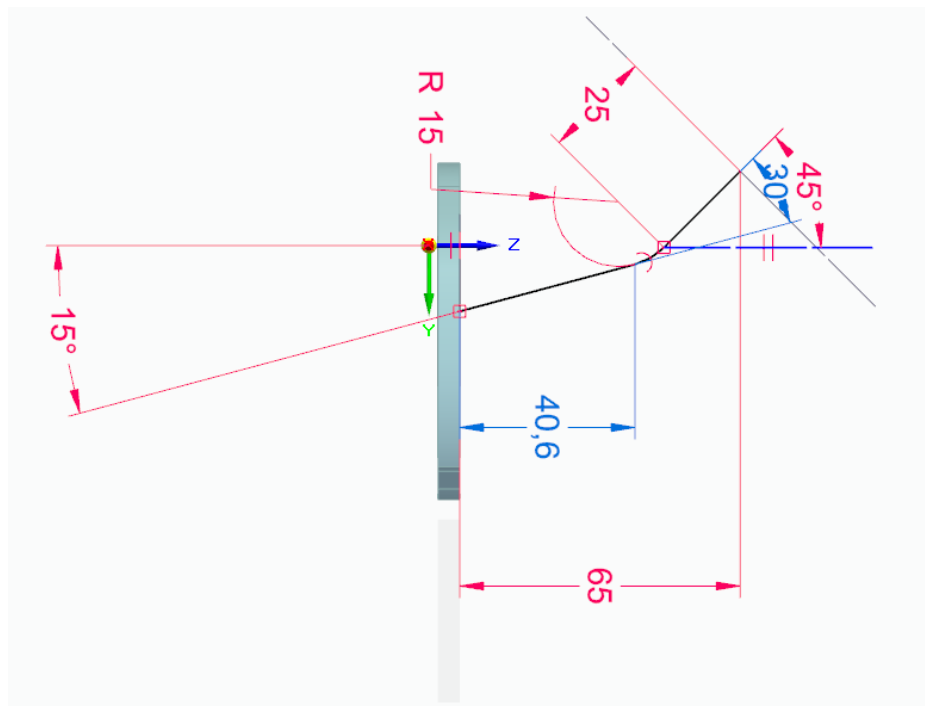
3.3.1. Tervezési lépések, modellfa

A szerelési környezet megalkotását követően nekifogtam vázlatokat készíteni, a meglévő, fix geometriai méretekre támaszkodva. Az elsődleges vázlat síkjának az iménti képen bemutatott szívósor felfekvő felületét választottam. A mért és számított adatokat felhasználva létrejött az alábbi, karburátorsor csomópontjait tartalmazó alapvázlat (3.7. ábra).



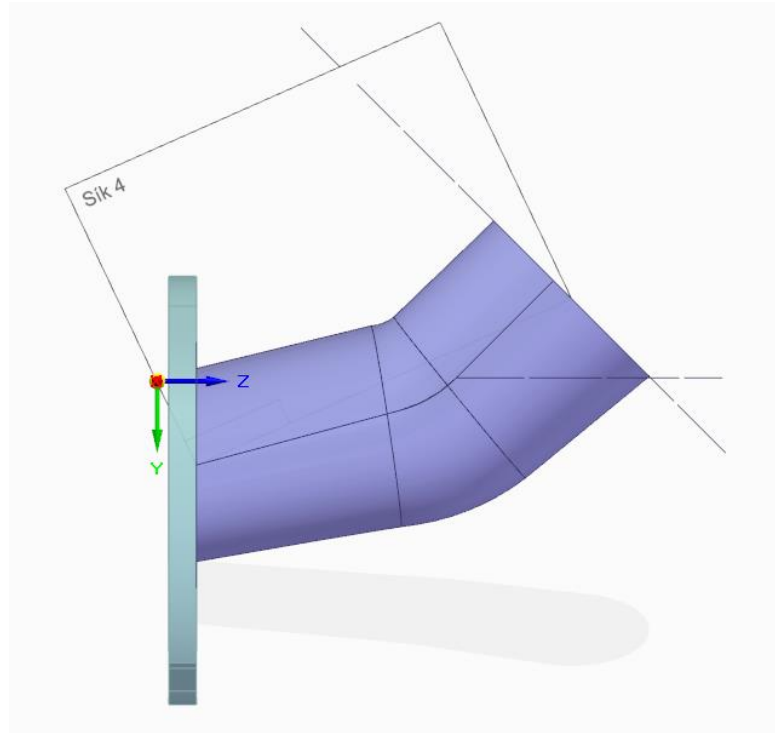
3.7. ábra, Szívócsont kezdeti vázlata (saját kép)

A felfekvő síklap és a karburátor oldali csónkvázlat alapozott meg a 3.8. ábrán látható, amely az imént említett két komponenst hivatott összekötni a megjelölt dimenziók által.



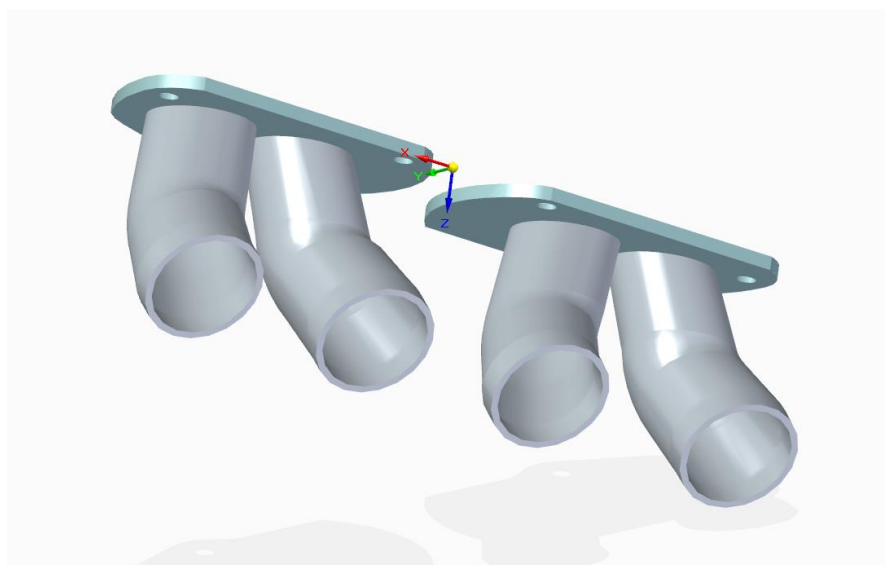
3.8. ábra, Szívócső útvonal hidat képez a két átmérő geometria között (saját kép)

A fenti alakelemek közreműködésével létrejött egy átvezetett felület két átmérő között és adott útvonal mentén, melyet az alábbi képernyőképen mutatok be.



3.9. ábra, Szívócsonk nyers csőszakasza (saját kép)

Hasonló módon készítettem el mind a 4 csőcsonkot, amit vastagítás paranccsal tényleges falvastagsággal is elláttam és összevontam azokat az alaplappal. Így ezzel kialakult egy kezdetleges alap modell, ami a következőképpen néz ki, izometrikus nézetből szemlélve.



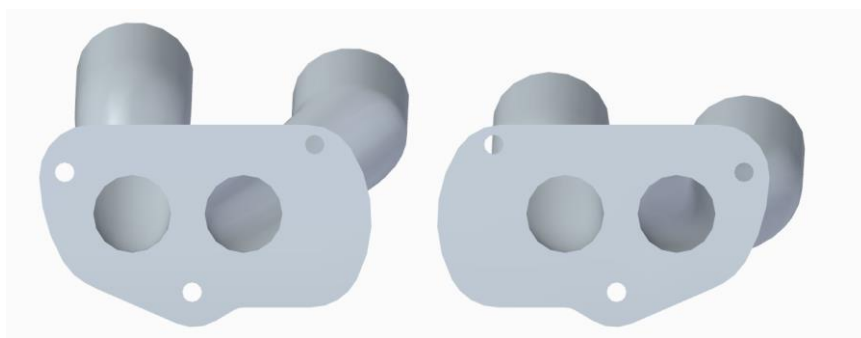
3.10. ábra, Szívócsonk nulladik manifestációja (saját kép)

Ekkor még minden környezeti szereplő rejtve volt a modelltérben és csupán 4 darab egyforma, egymás tükörképét képező csonk volt meg, mint ígéretes kezdet. Ezt a lépést követte a környező szomszédos alkatrészek, mint a motortartó és tűzfal dummy modellek láthatóvá tétele, ami egyúttal szembesített az első komolyabb modellezési kihívással is. A motortartó bak közelsége ütközést eredményezett a modellek között. Erre válaszul módosítani kezdtem kezdeti vázlataimat, arra törekedve, hogy a csonkok közötti geometriai hasonlóság megmaradjon. Ennek okán csupán egy szint eltolást alkalmaztam a csonkokon, a motortartó bak felől lévővel kezdődően megemelttem a felső végek szintjét ám nem egyforma arányban tettem, így megmaradhatott a geometriai összefüggés és térfogati egyezés (3.11. ábra).



3.11. ábra, Kísérleti eltolt csonk geometria (saját kép)

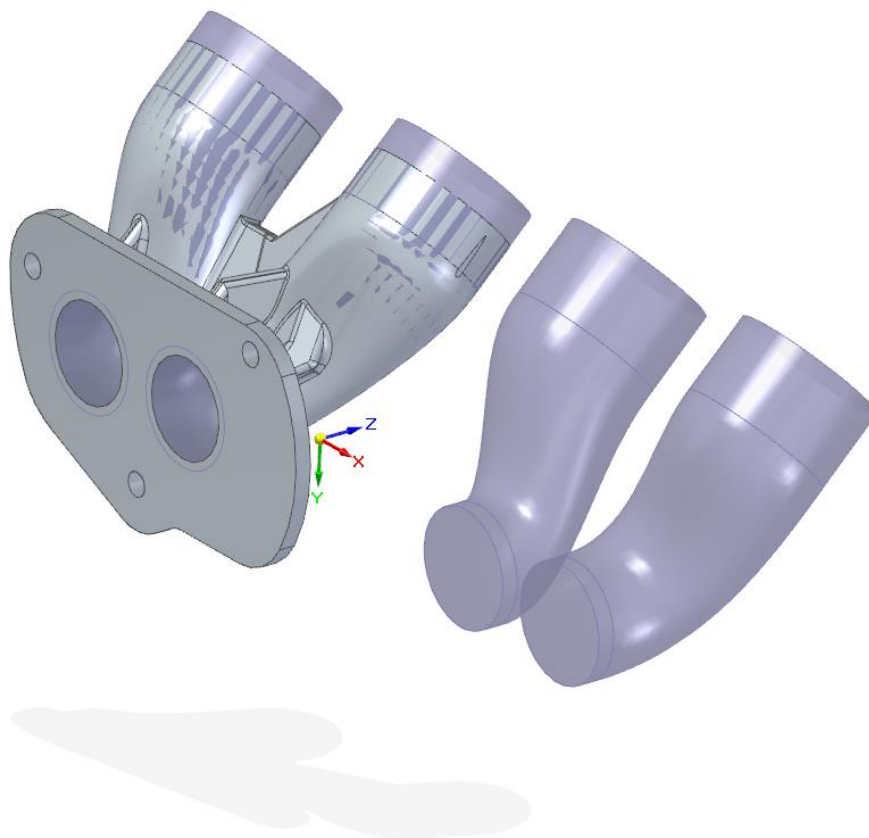
A kapott geometria mellett, hogy áramlástanilag kedvezőtlen, gyors, éles kanyarokat tartalmaz, még a karburátorsor úszóház vízszintességének feláldozását is eredményezné, amint az a 3.12. ábrán is megfigyelhető.



3.12. ábra, Elcsúszott vízszint a szívócsonk egyik kezdeti verzióján

Nem bizonyult tehát elégségesnek ez a félmegoldás, komplett re-dizájnr volt szükség további orientációs vázlatokkal kiegészítve, melyek irányt mutatnak és megkötik a csonkokat egy vonal vagy ív mentén. Ekkorra irányba állni látszott a modell, ám a csonkok itt már nem álltak egymással relációba, külön egységeket képeztek a térben. Ez azzal járt, hogy a térfogati befogadást tekintve egyenlőtlenségek léptek fel.

Ennek kiküszöbölésére alakítottam ki felületmásolatokat az egyes csonkokról, amiket összevonva zárt felületek külön modelljei jöttek létre a modelltérben, melyek az üreges csőszakaszokkal szemben tömörek. Tömörségükből adódóan mérhető a térfogatuk. Mivel kulcskérdést csináltam abból, hogy egyforma mennyiségek áramoljanak a külön keresztmetszetekben. CAD tervezőrendszer révén, a Solid Edge lehetőséget teremt alakelemek vizsgálatára, így tömeget, sűrűséget és térfogatot is képes mérni a kérdéses részek esetében. A méréshez készült közeget imitáló testek más, részben áttetsző kinézetben szerepelnek a térben, amint azt a 3.13. ábra is illusztrálja.

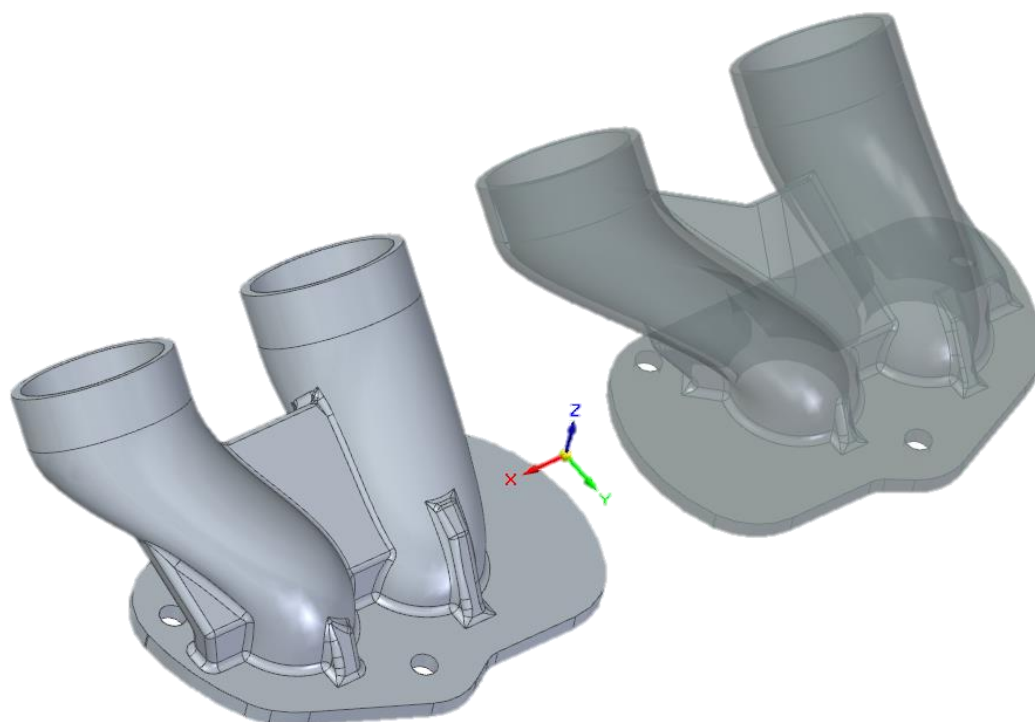


3.13. ábra, Balról a szülő, jobbról a származtatott térfogati geometria modellje látható (saját kép)

A térfogatmérések kezdetben nagy szórást mutattak az egyes testek között, ám a vázlatok és az átvezetett keresztmetszeti felületek apró módosításaival, finomhangolásával sikerült 1 tized köbcentiméteren belülre hozni az egyes kamrákba férő töltetmennyiségeket.

Következő lépés a merevítőbordák megalkotása volt, ugyanis a kész darab mindaddig nem szerelhető fel teljes biztonsággal, amíg nem kölcsönzünk a modell részére átfogó, az

egyes szívóágakon átívelő falakat, merevítési célzattal. Ez a művelet óriási jelentőségű a funkcionalitás megteremtésének tekintetében, melynek végeredményét alább prezentálom.



3.14. ábra, Kialakult, végleges szívócsonk modellek (saját kép)

A megfelelő lekerekítések, rögzítési furat pozíciók pontosítását követően felkerült a modellre a fékrásegítő vákuumcsonkja is, amely egy légtérrel alkot az 1-es henger szívócsatornájával, innen kölcsönözve a fékszervó hatásához szükséges dekompressziót. Ezt a végső geometriai kialakítást a következő fejezetben, egy 2D műszaki rajz és egy 3D renderelt ábra formájában prezentálom.

3.4. A kialakult modellek műszaki dokumentálása, látványterve

A téma több éves előkészítését és több hónapos tervezési folyamatát követően, előbb 2D tervdokumentációban, majd 3D render környezetben, immár kész termékként manifestálódik szívócsonk modellpárom.

3.4.1. 2D tervdokumentáció

A 3D nyomtatással készülő termékekhez sok esetben egyáltalán nem készül műszaki rajz, ugyanis sem a gyártási művelet, sem az utómunka szempontjából nem indokolt. Esetemben a helyzet némileg más, mivel egy olyan kulcs funkciót betöltő alkatrész, mint a szívócsonk, egy motor karakterisztikáját alapjaiban befolyásoló szereplő, ezáltal pedig a geometriai méreteken nem alakulhat ki szórás. Ez azonban csupán a kész nyomtatás,



3.16. ábra, Szívócsonek kísérleti render (saját render)

A korábbi évekből megmaradt, megkopott használati tudást felfrissítve és a csonek polimer anyagprofiljának textúráját megnövelve, egy még élethűbb, realiztikusabb csonekpárt kaptam eredményül, közel beszerelési pozíciójukba beállítva őket (3.17. ábra).



3.17. ábra, Háttér nélkül renderelt csonekpár (saját render)

3.5. Precedenskutató vonatkozó csomagolásokról

Diplomamunkám megtervezésekor a fizikailag szorosan behatárolt szívócsonk modell sokszínűségének hiánya okán indokoltá vált egy több változatossággal kecsegtető második tervezési irányba is elindulni, ami az egyedi csomagolástervekhez vezetett.

Itt vált kulcskérdéssé piackutatást tartani a fellelhető főbb, elterjedt utángyártó vállalatoknál, hogy megtudjam ki milyen stílusban áll hozzá a doboztervekhez és milyen kivitelek kísérik a kinézetet.

Leszögezendő, hogy egy átlag szívócsonk vásárló előbb a tartalmat nézi és a kompatibilitást, majd csak ezen előbbi feltételek teljesülése mellett választ a kínálatból. Mivel nagy általánosságban a helyszíni üzletekben ritkán tartanak az enyémhez hasonló egyedi szívócsonkokból raktárkészletet, többségében webshopokban találkozhatunk ilyen termékekkel. Így a piackutatásból leszűrhető tapasztalataim arra engednek következtetni, hogy igazán jó arculati és csomagolás dizájnnal csak az igazán nagy nevű gyártók rendelkeznek. A többség egyáltalán nem, vagy csak limitált információt közöl a csomagolásokról azok kiszállítása előtt. Ezáltal a tapasztalat összességében az, hogy a szívócsonk, mint alkatrészfajta, amiből nehéz komoly volument értékesíteni, általában nem fordítanak kiemelt figyelmet a csomagolás dizájnására.

3.5.1. Nagy nevek és csomagolásaik

- Skunk2 Racing

Dolgozatom számára az egyik leginkább releváns konkurens produktumot, főként dizájn téren a Skunk2 motoralkatrészei jelentik. Az 1994-ben, Észak Kaliforniában alapított cég, már kezdetekben is innovatív fejlesztésekkel állt elő főként Honda, később pedig Mazda modellek teljesítmény orientált alkatrészeinek terén. Több rekordjuk közül kiemelendő, hogy 1999-ben az ő tuning alkatrészeikkel teljesítettek először szívómotoros Hondával 10mp alatti időt, negyedmértöldes gyorsulási versenyen. Ezt a konkurencia csak 1,5 évvel később tudta megismételni. Fő profiljuk a különféle öntött és CNC gépeken gyártott motoralkatrészek, mint amilyenek a szívócsonkok, vezérműtengelyek. A rendkívül telített amerikai piacon is képesek egyedülálló dizájnnal operálni minden egyes terméküknél, ezzel is fokozva a minőségérzetet. [18] Mivel hivatalos weboldalakon alig találni csomagolást illető fotókat, így a másodpiachoz fordultam segítségért, az eBay és társai pedig ezúttal is segítségemre voltak (3.18. ábra).



3.18. ábra, Skunk2 szívcsont csomag [19]

Egyik fő jellemző dizájn elemük és összetevőjük a markáns logójuk, fémesen fénylő kartondoboz bevonaton megjelenítve, ám kiadtak más specifikációjú dobozterveket is, mint a következő ábrán látható sárga dizájn (3.19. ábra).



3.19. ábra, Honda szívórendszer sárga dobozvariációval [20]

- Edelbrock

Amerika kedvenc V8 tuningalkatrész beszállítója, ha izomautókról van szó. Minden lehetséges kivitelben gyártanak és fejlesztenek szívórendszereket akár egyéni vevői igényre is, de szívócsonk kínálatuk kirívóan széles. Itt is dominál a logó, ám immár a termék fotója is látható a dobozterven, aminek megjelenését nagyban könnyíti a soros 4 hengeres motorokhoz képest kétszeres alkatrész és dobozméret (3.18. ábra). [21]





3.21. ábra, ProTunerz féle szívócsonk csomagolás, belső elrendezés [22]

- Jenvey

Nem hivatalos online felületeken könnyebb a dolgom, ahogy az Edelbrock és Skunk2 márkák esetén korábban, úgy a Jenvey Dynamics Ltd. dobozterv megoldására is egy viszonteladói weblapon találtam rá (3.20. ábra).

A termék mérete itt is több szabadságot ad, mint amire a saját kisebb csonkjaimtól várhatok csomagterv szinten, ám a hangsúlyos logó mellett helyet kapott egy jól csengő szlogen és egy sokatmondó illusztráció a beszerelést követő állapotról.



3.22. ábra, Jenvey szívósor, Ford modellek részére [23]

- Redline Performance

Néhány kisebb ausztrál és újjélandi gyártó még figyelmet érdemel, köztük a termékem szempontjából leginkább releváns Redline Performance hasonló, 4 hengeres Ford motorokra kitalált karburátoros szívócsonkja és dobozterve (3.21. ábra). A csomagolás dizájn a klasszikus fordulatszámérők dinamikáját hozza, ami remekül egybehangzik a márkanévvel, ahogy a doboz feketéből vörösre vált. Megjelenik rajta a logón kívül a termék megnevezés, a csomag tartalma listázva és egy hangsúlyos alkatrészára.



3.23. ábra, a Redline Performance márka csomagdizájnjai [24]

- Greddy, Kawasaki, Nismo, Tomei, a japán út

A japán trendeket megfigyelve, szinte kivétel nélkül minimalista, egy logóval és cikkszámokkal illetett barna kartondoboz csomagokat kézbesítenek, legyen szó akár gyári új, vagy utángyártó termék csomagolásáról. A külföldi importot biztosító RHD Japan weboldalán valamennyi csomagolás megtalálható. [25] A webshopjukban a legnagyobb japán nevekből válogathatunk, ami a szívórendszerekkel kapcsolatos alkatrészeket illeti, a teljesség igénye nélkül Toda, Spoon, JUN, Trust-Greddy, Tomei, Nismo. Ezekből alább bemutatok néhány jellemző doboz variációt a 3.22. ábrán.



3.24. ábra, Mozaikképen a japán márkákra jellemző szívócsonk csomagdizájnok (saját szerk. kép)

3.6. Csomagolás tervezés

Ahogy a termékek elnyerték végső alakjukat, kialakultak a fő dimenzióik, amely befoglaló méretek által körülírhatóvá váltak. Ettől kezdve szabadon tervezhettem dobozt a számukra, amiről kezdetben nem sok konkrét ötletem volt azon kívül, hogy párban szeretném csomagolni a szívócsonkokat, mivel összetartozó alkatrészpárról van szó. A szívórendszerek csomagolásait érintő piackutatásomnak köszönhetően, sikerült a témában egy fokkal jobban eligazodnom. Az Adobe cég Illustrator rajzprogramja állt rendelkezésemre, ami kisegített már korábban több órai munkáknál, így ezúttal is a segítségével kezdtem el képernyőre vinni az elképzeléseimet. Végül 4 tetszetős verzió készült el, melyeket a következőkben ismertetni is fogok.

A dobozteríték befoglaló mérete 475x470 mm, melyből a hasznos, készre hajtogatott dobozméret 320x125x75 milliméterre adódott a kész modellméretek alapján.

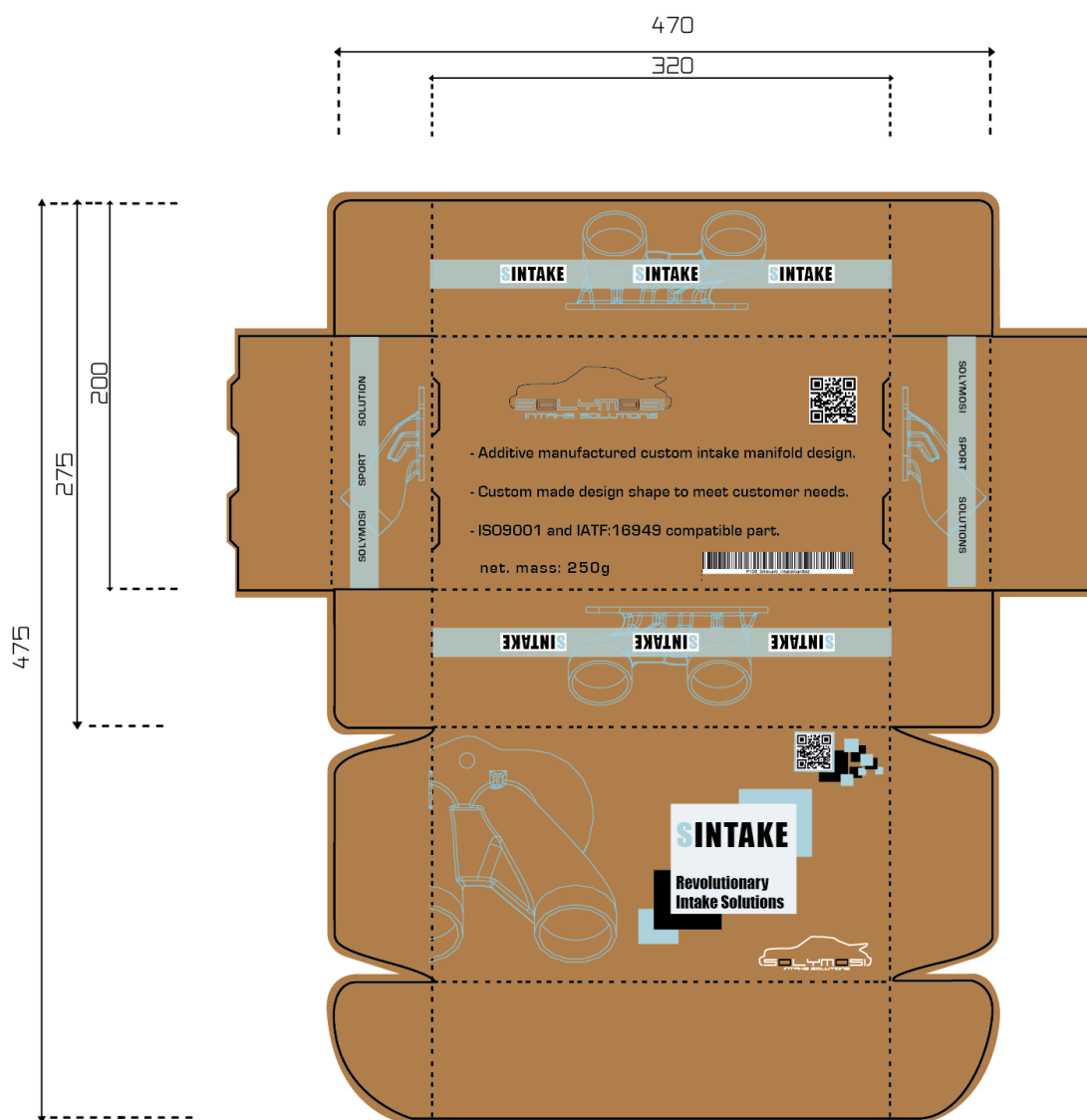
3.6.1. Első csomagterv változat

Meglátásom szerint, legelső tervemből egy visszafogott, szolid eleganciát sugárzó termékterv alakult ki. Fő jellemzője a 'blueprint'⁷ jellegű szívócsonk megjelenése több nézetben, valamint a terméknev első változata is, a SINTAKE szöveglogóba ágyazva.

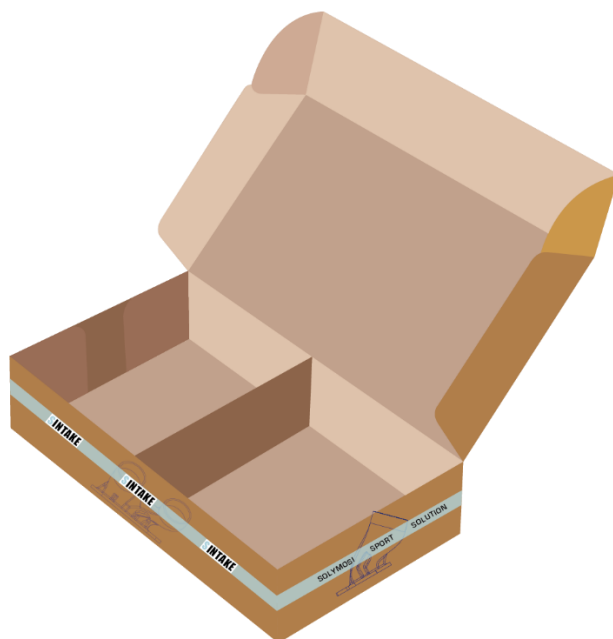
⁷ Angolról fordítva tervrajz vagy műszaki rajz reprodukciója kontaktnyomtatási eljárással fényérzékeny lapokon. Az 1842-ben, Sir John Herschel által bevezetett eljárás a gyors és pontos tervmásolatok kivitelezésére volt hivatott.

3.6.2. Második csomagolásterv

Második próbálkozásom alkalmával igyekeztem egy környezetbarát, festékszegény tervet kidolgozni, melyet akár újrahasznosított barna alapszínre is nyomtathatnak. Megmaradt a SINTAKE termék megnevezés és a 'blueprint' stílus, 3 hívószó kíséretében, kissé átvariált környezeti alakelemekkel, de összességében az elsőhöz hasonló elrendezésben.



3.27. ábra, Második kiterített doboztervem (saját kép)

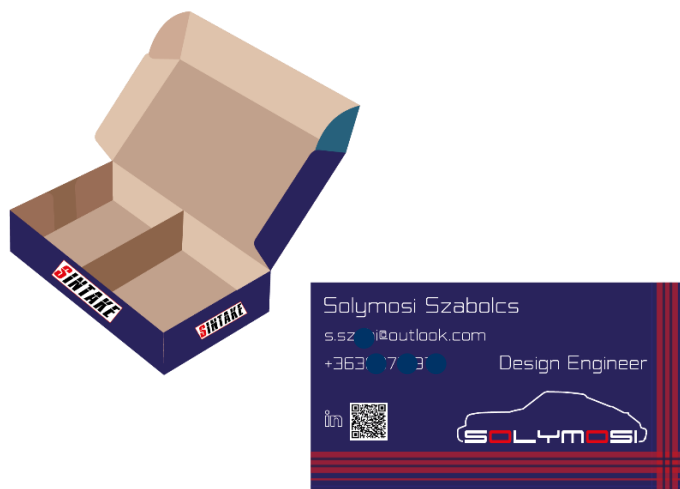


3.28. ábra, Második izometrikus doboztervem (saját kép)

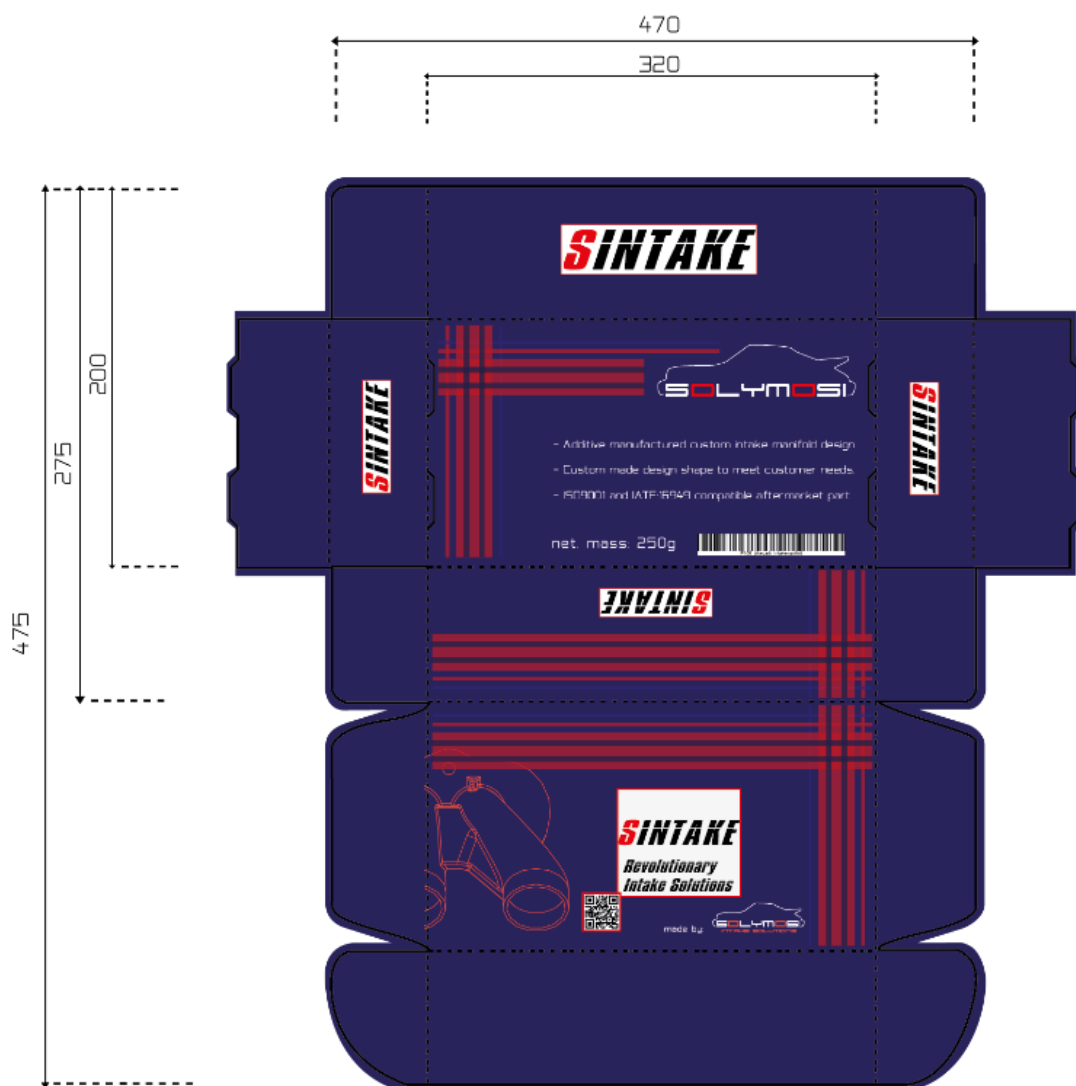
Az izometrikus megjelenítésen jól látható a divatos barna-kék színkombináció összhangja, kiemelve ezzel a szöveglogó és a 3 fő hívószó: Solymosi-Sport-Solution.

3.6.3. Harmadik csomagterv

A harmadik csomagtervem az egyik leginkább közel áll hozzám, ugyanis egy korábbi sajátmárkás arculattervem fő elemeiből építkezik. A sötétkék alapon élénk színekkel megjelenített szövés minta a klasszikus sportautók belterét idézi meg és remek összhangot alkot a sziluett alapú márkajelöléssel (3.28. ábra). A 3.27. ábrán visszaköszön a SINTAKE megnevezés, mellette pedig az ihletadó névjegykártya tervem szerepel.



3.29. ábra, Harmadik számú csomagolás és névjegykártya terv (saját kép)

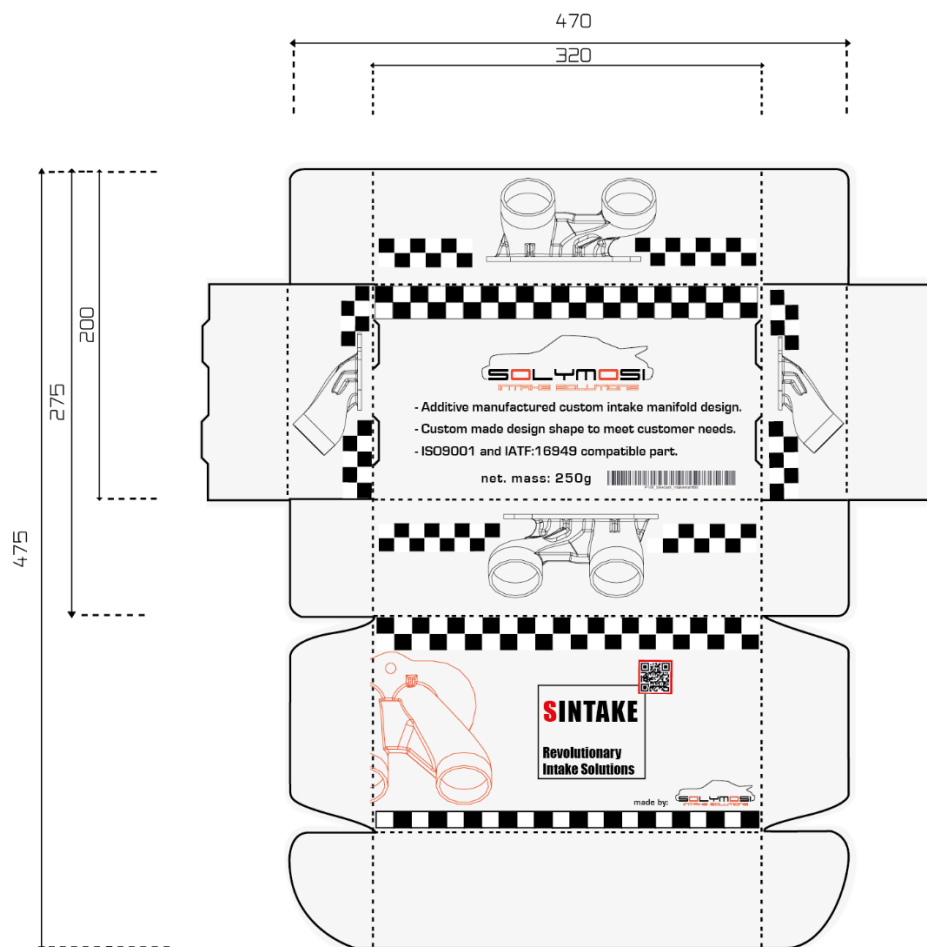


3.30. ábra, Harmadik csomagolástervem terítéken ábrázolva (saját kép)

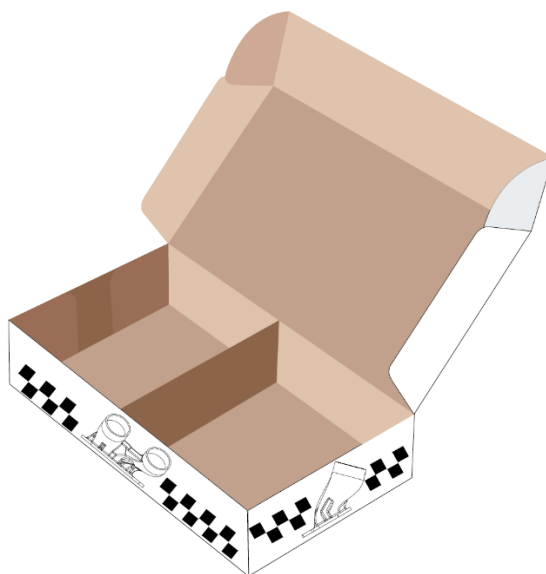
Az erős kontrasztokkal operáló dizájn tartalmazza a fehér alapon kiemelt SINTAKE próba logó, a fehérre konvertált sziluett márkalogómmal. Az egyszerűsített megjelenés nélküli a többnézetben ábrázolt szívócsonk körvonalát, helyette egy hangsúlyosabb vörös szín emeli ki a fedőlapon megmaradt felülnézeti rajzot, a hátlapon pedig fehérben rövid szöveges összegzés kapott helyet.

3.6.4. Negyedik csomagolás

A negyedik csomagolás tervem áll talán legközelebb a végső tervvariációmhoz. Alapszíne fehér, ami kiegészül a motorsportok futamainak végét jelző pepita, kockás zászló motívummal. Visszatér a fedőlapon és az oldalakon a szívócsonkom fekete vonalrajz formában, ahogyan a SINTAKE terméklogó is, melyet később leváltottam.



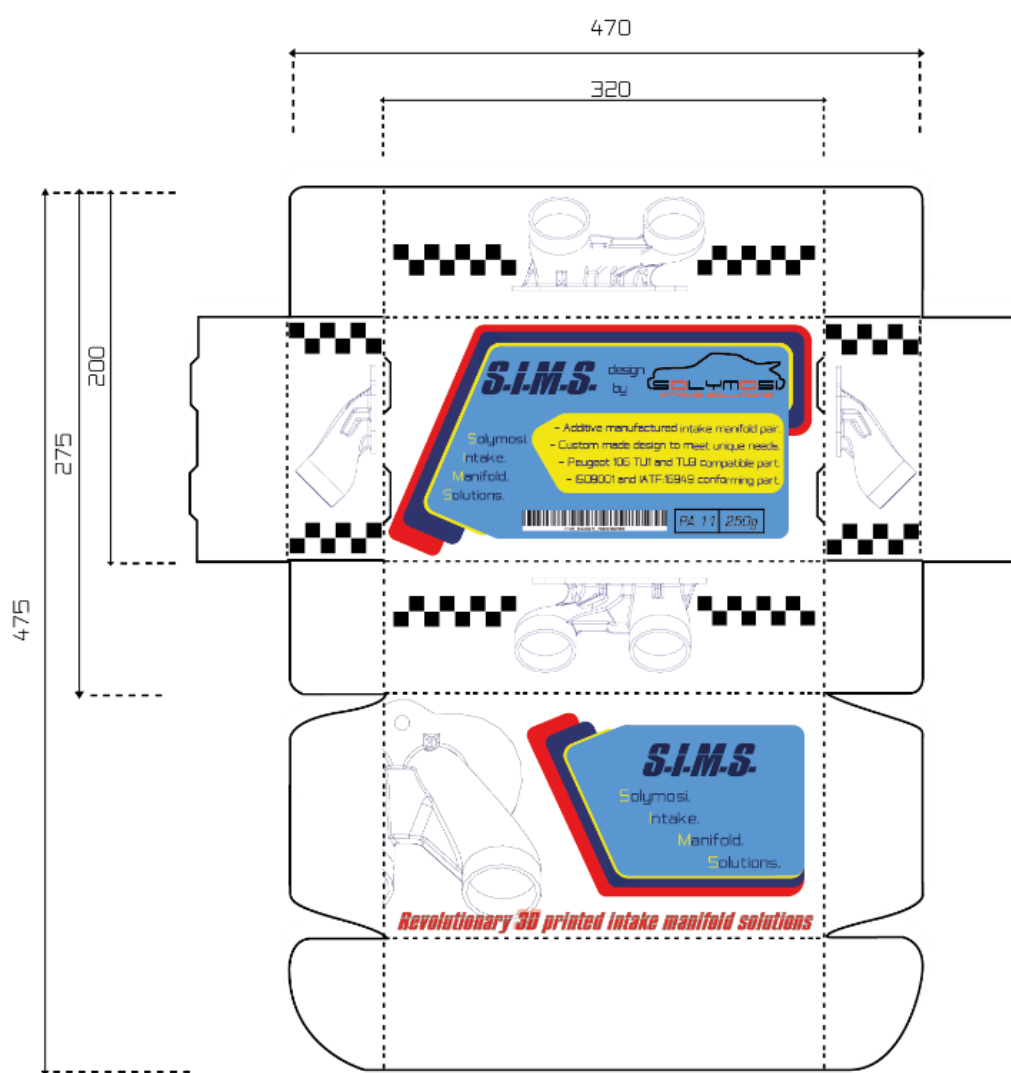
3.31. ábra, Negyedik, szívócsonkhoz skicelt csomagtervem (saját kép)



3.32. ábra, 4-es dobozterv variáció, kinyitott állapotában (saját kép)

3.7. Végző csomagolás

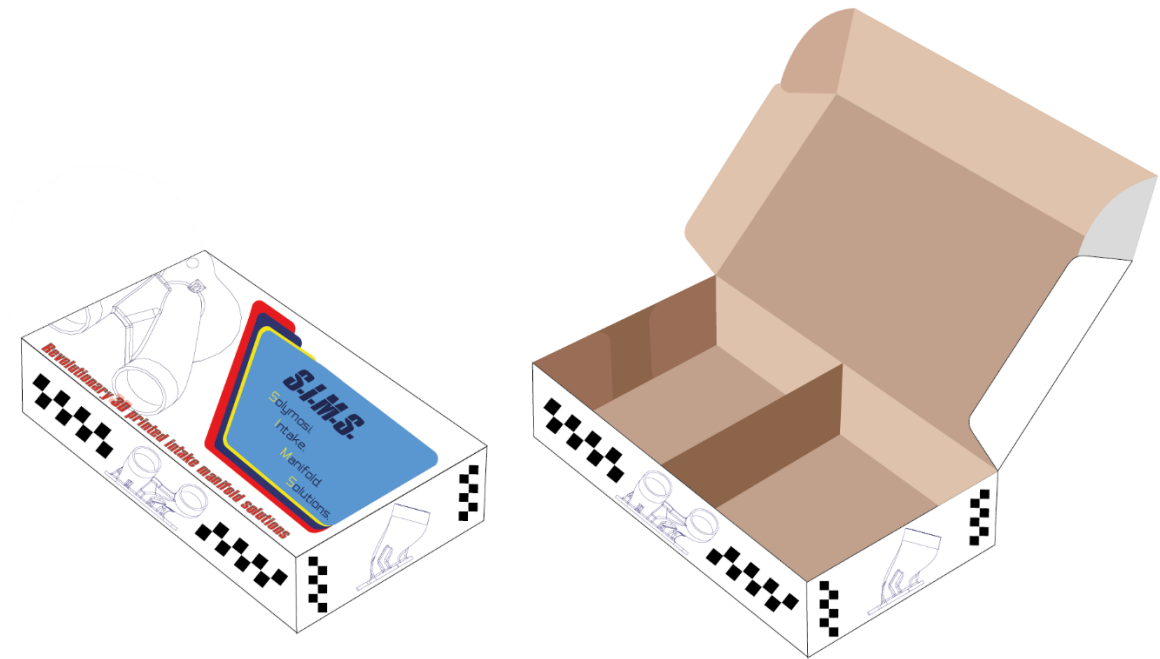
A csomagolás tervezést az alábbi elkészült darabbal tekintetem befejezettnek, amely dizájnjában tartalmaz utalást egyrészt a termék és az autómárka kapcsolatára, másfelől a saját márkám autósporttal kapcsolatos mivoltát is ábrázolja. A végül befutónak választott verzión megjelenik a végleges terméknev és arculati dizájn, kombinálva a saját logótervemmel. Erős áthallásokkal kötődik az előző dizájnhoz (3.32. ábra), így akár nevezhetnénk a 4-es verzió továbbfejlesztésének is a 3.33. és 3.34. ábrákon bemutatott terveket. Itt debütál az átgondolt és átdolgozott terméklogóm, a S·I·M·S; mely a Solymosi Intake Manifod Solutions mozaikszava.



3.33. ábra, Végleges termékcsomagolás terítéke (saját kép)

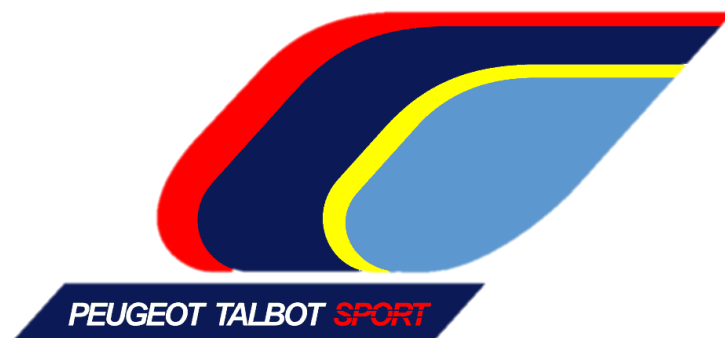
A terítéken, mintegy vázlatként megjelennek hajszál vonalakkal megrajzolt szívócsonk nézeteim és a kész termékarculatot kifejező 4-es színekombináció, mely kellő mértékű

dinamikát és frissességet hoz magával. Mindezt, a régmúltból visszahozott, Peugeot-Talbot versenysport csapatoknál használt, megnyerő szín és-, formavilág ötvözetéből született motívumokkal értem el. A kulcs, mint megfejtetem a színekben és azok súlyozásában rejlik, nem mellékelve a formák dinamizmusát.



3.34. ábra, Végleges dobozterv, lezárt és nyitott változatban (saját kép)

A 3.34. ábrán megtekinthető a kész csomagolásterv, immár készre hajtogatott változatokban, előbbinél zárt, utóbbinál nyitott állapotban. Visszatérő elem a doboz oldalain a több nézetben ábrázolt szívócsonk blueprint-ek, valamint az őket körülvevő kockászászló. Alábbi 3.33. ábrán az eredeti, legendás Peugeot Talbot Sport logót szemléltetem, ami ihletet adott az végső dobozdizájn megalkotásához. [26]



3.35. ábra, Peugeot Talbot Sport divízió logója [26]

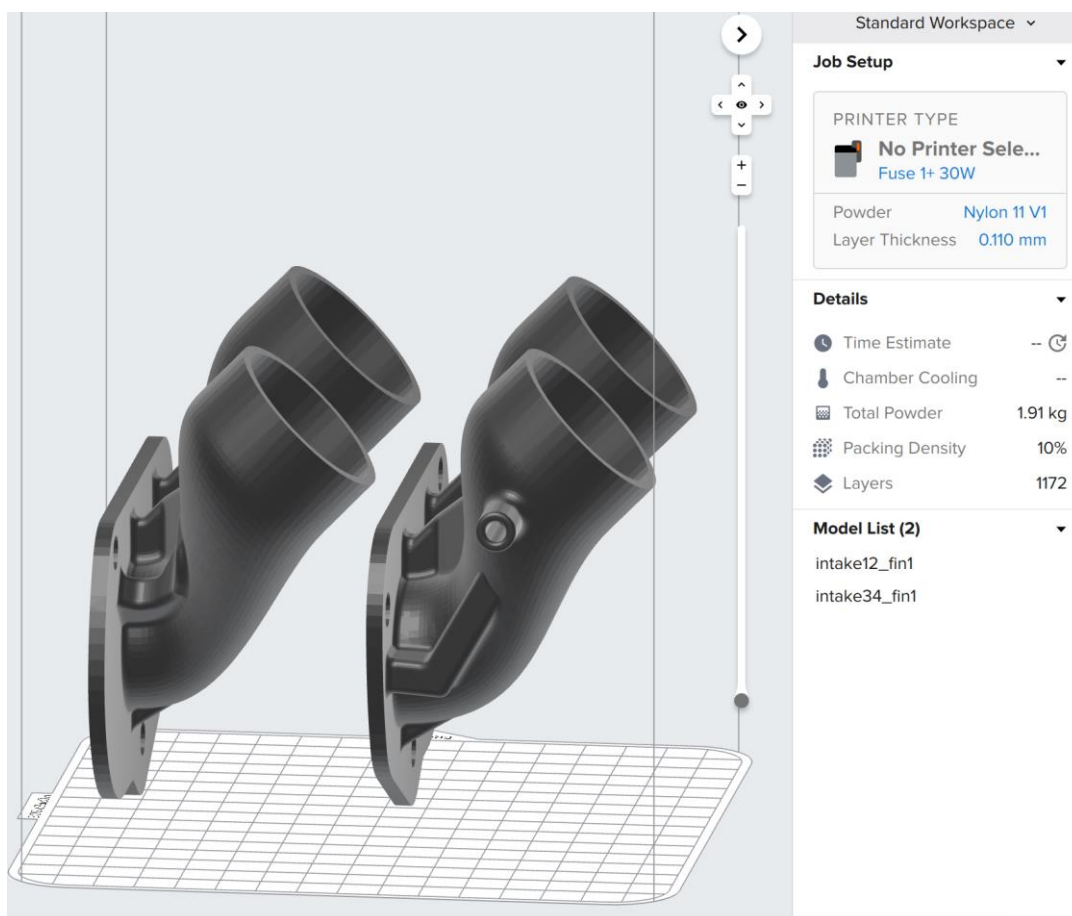
4. SZÍVÓCSONK KIVITELEZÉSE ÉS BEÉPÍTÉSE

4.1. Szívócsonk pár additív gyártása

Gyártórendszer tekintetében a választás egy olyan technikára esett, ami talán a jelenleg elérhető polimer 3D nyomtatók közül a legkompetensebb, ha funkcionális prototípus gyártás a kitűzött cél. Kevés additív gyártórendszer rendelkezik olyan tulajdonságokkal, mint a Formlabs vállalat Fuse 1+ célgépe, amely egy 30 Wattos összteljesítményű lézerrel lett felszerelve. [27]

4.1.1. SLS nyomtatási beállítások

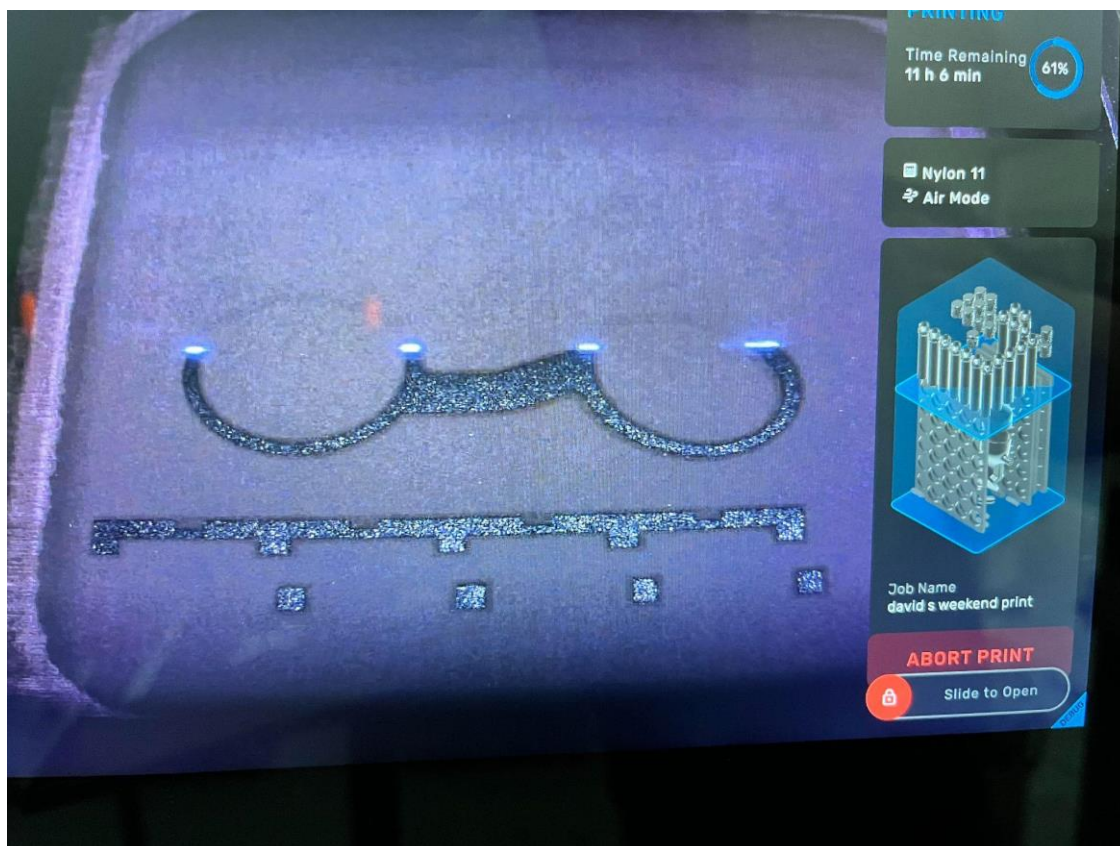
Sokatmondó statisztika, ami a 0,11 mm rétegvastagságot illeti, amiből a nyomtató porterítések közepette létrehozza a kész darabot. A beállítások így ezt, az anyagválasztást és a szabad darab pozicionálást teszi lehetővé. Megjeleníti a készülő termékek tömegét, a szeletelt rétegek számát, a támaszanyag sűrűségét százalékos értékben és a kész posztprocesszálo folyamatot követően, a becsült gyártási időtartamot is. A kezelőfelület egyszerűségét, letisztultságát az alábbi, 4.1. ábrán szereplő képernyőkép szemlélteti.



4.1. ábra, Gyártórendszer konfigurációja (saját kép)

4.1.2. Nyomtatás menete

A Formlabs féle gyártórendszer esetén lehetőség van a nyomtatási folyamat kamerás nyomon követésére, miközben virtuálisan megmutatja melyik réteget pásztázza éppen a lézerfej. A gyártás során minden egyes réteg lézeres levilágítását (szinterezés) egy újabb rétegnyi portakaró felhúzás követ, melyet egy porterítő penge segítségével végez el a gép.



4.2. ábra, Szívócsnok modell az SLS nyomtatási folyamat közben felúton (saját kép)

Két réteg között felsejlik az előző keresztmetszet azon a részen, ahol még nem égette egymáshoz őket a lézer fénysugara. A 4.2. képen látható felületen megbizonyosodhatunk a hátralévő nyomtatási időről, a folyamat százalékos állásáról és a felhasznált anyagról, illetve nyomtatási módról.

4.1.3. Elkészült nyomtatás

A nyomtatási feladat végeztével a kész darab még felismerhetetlenségig be van terítve félig összeállt nylon porral, így az ezután következő folyamatokat szigorúan maszkban, védőszemüvegben és ideális esetben védőruhában kell végezni. A 4.3. ábra hűen tükrözi a nyomtatást követő állapotokat, nem ok nélkül van a háttérben több kisebb, nagyobb kefe és egy porszívócső. A fotón látható faragatlan tömb rejti a kész szívócsnok párt.



4.3. ábra, Formlabs Fuse 1+ nyomtatóttere (saját fotó)

Az alábbi 4.4. ábrán látható a lecsatlakoztatott építő kamrában (Build chamber) az elkészült nyomtatás.



4.4. ábra, Elkészült nyomtatás a gép építőkamrájába ágyazódva (saját kép)

Alapos faragást követően a külső-belső tisztítást, egy sűrített levegős kompresszor rendszer által végzik szemcseszórással, hogy a támaszanyag maradványok nyom nélkül távozzanak a termék felületéről. Az ezután következő állapot a 4.5. és 4.6. ábrán látható az otthoni íróasztalomon, pár órával a nyomtatás elkészülte után.



4.5. ábra, Elkészült, letisztított nyomtatás (saját kép)



4.6. ábra, Szívócsontok pár, néhány órával a nyomtatást követően (saját fotó)

4.2. Költség kalkuláció

A Formlabs gyártmányú Nylon 11 anyagköltsége jelenleg 600 euró/6 kg, melyből a nyomtatás folyamata 2 kg port emésztett fel. Ebből a 2 kilóból mindössze 0,2 alkotja magát a csonkpárt, azonban a technológia megköveteli a nyomtatótér kitöltését, túl a munkadarab teljes magasságán. A pozitív hír, hogy a fel nem használt por 90%-ban újrahasznosítható, ami a darab megfelelő tisztíthatósága által biztosított.

Maga a nyomtatási folyamat 28 órán is túlfutott, ami a költséges technológiák közé sorolja a gyártórendszert, figyelembe véve, hogy a port rétegeképzés előtt 200°C-ra fűti fel. Lényegében ez egy olyan technológia, mely a nyomtatótér teljes kihasználásával tudja csak a megtérülés irányába tolni a gép 28000 Eurós bekerülési költségét. Áramfogyasztási adatok nem állnak rendelkezésemre, áramfelvétele 230V; 7,5 Amper mellett.

A fenti adatok és régi kollégám becslése alapján, a csonkok előállítási költsége valahol 100 és 130 euró között alakul, utómunkával, letisztított állapotra hozva.

4.3. Beépítés

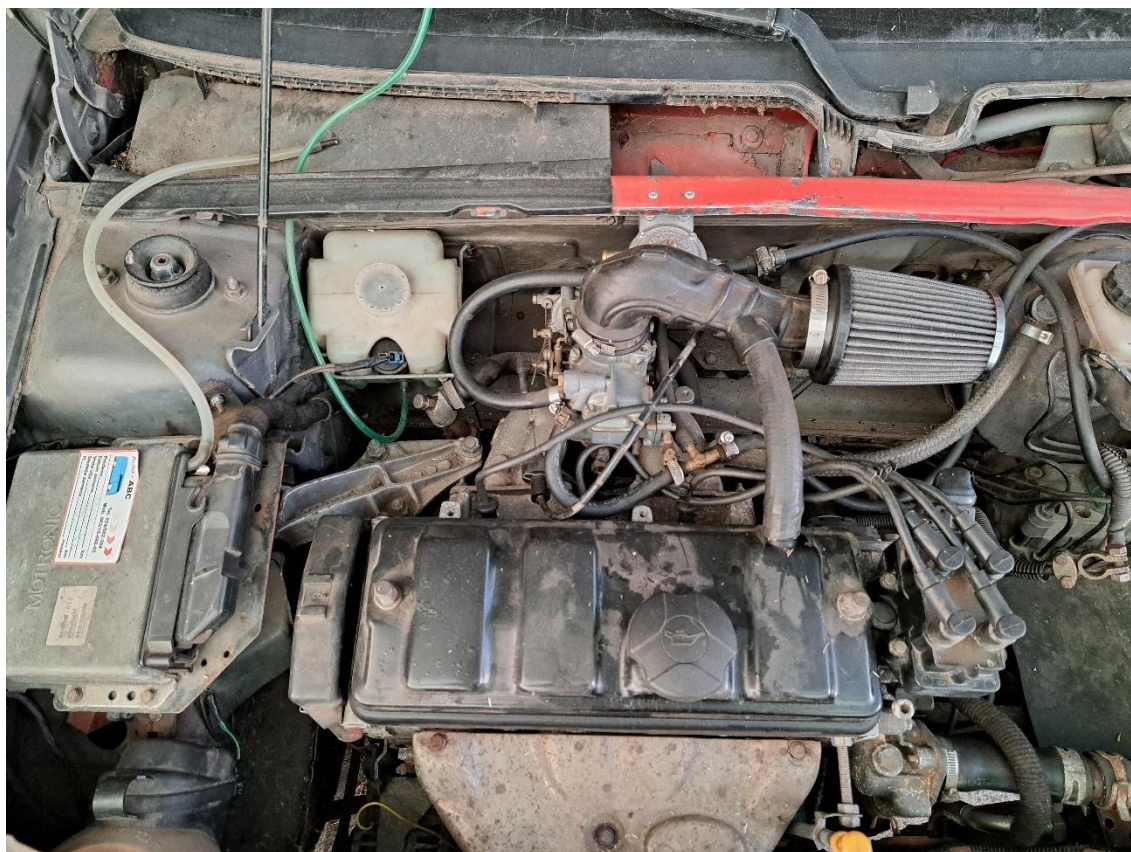
Mint minden alkatrész csere vagy beszerelés esetén, ezúttal is a meglévő konfiguráció megbontásával indul a szerelés menete. Mindenekelőtt az autó áramtalanításával, az akkumulátor kivételével kezdtem, egyrészt a többlet térnyerés okán, másrészt az esetleges rövidzárlat elkerülése érdekében. Ezt követően megkezdődhetett az eredeti állapot felszámolása, hogy a kicsi és régi átadja helyét az újnak, a nagyobbak, a jobbnak.



4.7. ábra, Peugeot 106 motorterének kiinduló állapota (saját kép)

4.3.1. Kiinduló állapot

A felszerelt, megbontatlan alkatrész mustrára a 4.8 ábrán van lehetőség, ahol a motortér kiinduló állapota lett megörökítve, még a szétszedési fázist megelőzően.

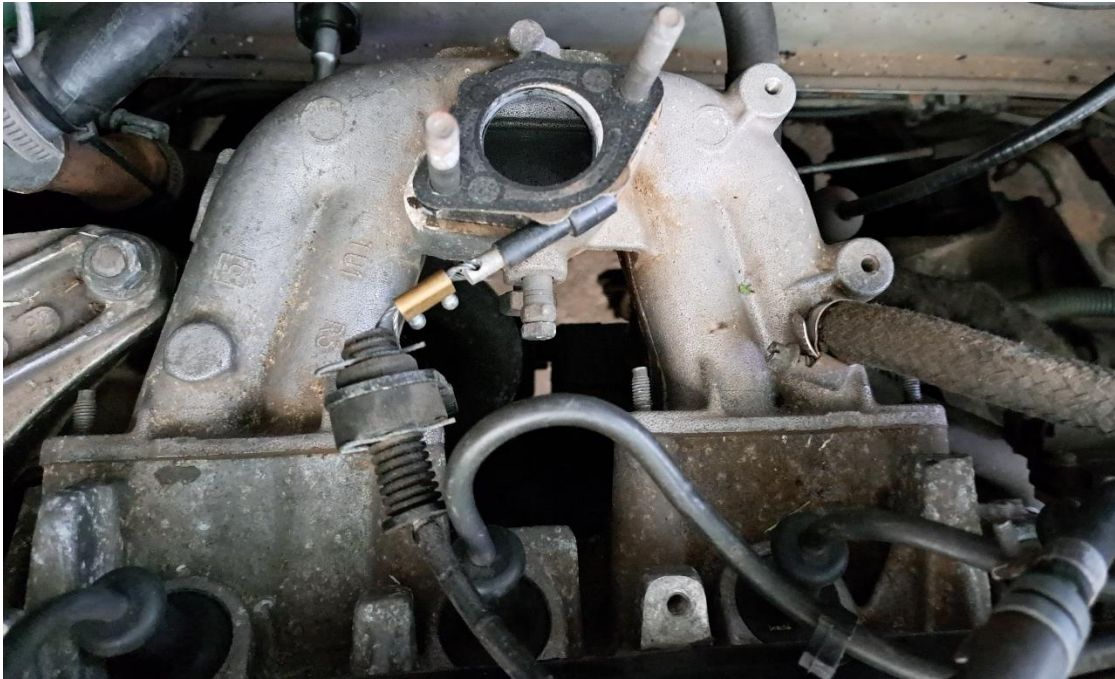


4.8. ábra, Motortér állapota megbontás előtt (saját fotó)

Jól látható a kép közepén elhelyezkedő szimpla karburátor, rajta pedig a fekete polimer szívócső, amelynek távolabbi végén a nagy áteresztő képességű levegőszűrő található. Mindezek alatt a gyári szívócsonk látható, rögtön a motortartó bak mellett.

4.3.2. A szétbontás fázisai

A soron következő képsorozat a szívóoldal megbontását dokumentálja, kezdve a légszűrő lebontástól, a karburátor és üzemanyag vezetékek levételén át, egészen a szívócsonk eltávolításáig. Az alábbi 4.6. ábrán az üres szívócsonk figyelhető meg, immár a róla lehúzott karburátortest nélkül, ezáltal látszódik a bemeneti átmérő és a karburátort rögzítő két töcsavar.



4.9. ábra, Eredeti szívócsonk, szerelések nélkül (saját fotó)

A karburátor és a benzincsövek útból való kikerülésével elkezdhettem a szívócsonk leszedését, mely 6 anyacsavarral és egy jókora feszítéssel később le is pattant a hengerfejről, amihez eddig oly erősen kapaszkodott. Így a 4.10. ábrán megfigyelhetővé válnak az eredeti szívócsonk kimeneti átmérői és felfekvő felületének geometriája.



4.10. ábra, Eltávolított gyári szívócsonk (saját fotó)

4.3.3. Összerakás

Rossz után jön a jó, című felkiáltással kezdtem neki az összeszerelés folyamatának, ami mindenekelőtt a felfekvési felületek megtisztításával kezdődött (4.11. ábra).



4.11. ábra, Szívócsonk felfekvési helye a hengerfejen (saját fotó)

Ezt követte a hézagoló, tömítő és szigetelő, hármass szerepet betöltő textilbakelit szívósor tömítés felhelyezése, egy vékony réteg szerelési tömítő szilikonpaszta felvitele után. Az ezt követő sorozatképen már a szívócsonk pár is felkerült az őt megillető helyre, az iméntihez hasonló paszta felviteli folyamatot követően (4.12. ábra).



4.12. ábra, 3D nyomtatott szívócsonkok próbaszerelése (saját szerk. fotó)

A tökéletes pozícióra illesztés ellenőrzését követően sor kerülhetett a csavarok meghúzására, amivel egymáshoz szorítottam a 3 illeszkedő felületet. Ettől kezdve a paszta kötési visszaszámlálása is megkezdődött, amivel párhuzamosan dokumentáltam az eddig beszerelt alkatrészek felülnézetét (4.13. ábra).



4.13. ábra, Felszerelt szívócsonkok felülnézete (saját fotó)

Ekkorra nem maradt más hátra, mint a karburátorsor illesztése, a közlő darabként funkcionáló nagy nyomástűrősű turbócsövek által (4.14. ábra). A későbbi szűk helyen történő szerelést megspórolva, előre fixáltam levegőszűrőimet a karburátorsor felső peremein, amint az a 4.14. ábrán bemutatásra kerül.



4.14. ábra, R1 karburátorsor illesztése a szívócsonkokra (saját fotó)

A fent látható illesztési folyamatot követte a benzincsővek, gázbowden⁸ és üzemanyag nyomásszabályzó készre szerelése, bekötése, melyeket a következő fejezet dokumentálja. A 4.15. ábrán megtekinthető a felpróbált karburátorsor, mely teljessé teszi a motor szívórendszerét, egyben lezárja a beszerelés első fázisát.



4.15. ábra, A felpróbált, illeszkedő karburátorsor ténye nagy mérföldkő (saját fotó)

4.4. Tesztüzem

A számomra leginkább várt érzelmes és fontos pillanat az első teszt indítás, friss összerakás után. Miután minden szorító bilincs, benzincső, nyomásszabályzó a helyére került, minden csatlakozás kétszeri újra ellenőrzése után az akkumulátor is visszakerült az autóba (4.15. ábra).

⁸ Gázpedált a fojtószelepekkel direkt összekötő, sodort acélhuzal.



4.16. ábra, Utolsó simítások próbaüzem előtt (saját fotó)

Az autó, miután három fordulat alatt a szivattyú feltöltötte a rendszert üzemanyaggal, végül beindult és kisebb szaggatások kíséretében gázpedállal ugyan, de leállítáig működött. Itt néhány másodperc telt el csupán, de hangra és érzetre egyértelmű volt az előrelépés. Némely üzemanyag szivárgás volt tapasztalható az alapjárat közeli fordulaton, ami az ilyen kis benzinnyomáson üzemelő rendszereknél legtöbbször a túlzott üzemanyagnyomás jele. Ez miatt szakítottuk meg a próbajáratást és ellenőriztem a nyomás szabályzó szelepet, ami után állítást igényelt. Ezt követően az érzésre beállított, csökkentett nyomással már különösebb probléma nélkül üzemelt.

4.5. Felmerülő problémák

Az egyetlen nehézség az alapjáratú működéssel adódott, valamint a hozzá köthető üzemanyag szivárgással, amit az úszóházak gyors megtelődése okozott. A túszelep nem képes lezárni az úszóházakat a hirtelen fellépő nagy nyomás ellenében, így a felesleg a túlfolyókon távozik. Ez nem fordulhat elő éles körülmények között, így a nyomásszabályzóra tekintettem. Az általam alkalmazott szabályzó primitív szerkezet, mely egy állítócsavart feszít egy áteresztő membrán ellenében, ami bizonyos nyomású üzemanyagot enged csak tovább. Ez a nyomás azonban még az előző szimpla karburátorhoz lett kalibrálva, illetve nyomásmérő óra hiányában érzésre történik a beállítás. Ez okozta tehát a karburátorokban fellépő túlnyomást, mely a második próbálkozás alkalmával már nem lépett fel és ezzel jótékonyan hatást gyakorolt a motor alapjáratára, valamint a gázreakciójára és a leforgására is.

Enyhébb, de szintén fennálló probléma a szívócsonkok enyhe feszülése az őket rögzítő töcsavarokon, ami némi korrekcióval a későbbiekben orvosolható. Apró, de bosszantó

probléma ez, hiszen egyes szívás ütemekben tömítetlenséget okoz és fals levegő juthat be, ami hosszú távon megzavarhatja az alapvetően stabil működést. Ráadásul a nem kívánatos feszülés, a merevítő bordán vagy a felfekvő felületen repedést vagy törést is okozhat használat közben. Így ezt a 3D modellen és a kész darabon is orvosolnom kell.

4.6. Fejlesztési irányok

Az első nap tapasztaltak alapján adódik néhány apró, de lényeges fejlesztési irány, amiket alább listába szedtem:

- Üzemanyag nyomás hatékonyabb szabályzása,
- Üzemanyag nyomás monitorozása, nyomásmérő óra bekötése,
- Ráadás hézagoló lemez beiktatása a csomópontok alá,
- CFD analízis készítése,
- Éles tesztek elvégzése,
- Fékpadi mérések,
- Menettulajdonságok fejlesztése – dizájn módosítás.

A későbbi, terheléses tesztekig nyitott kérdés marad a szívócsomók terhelhetősége és tartóssága, azonban a tény, hogy szinte elsőre tökéletesen tömített és zárt, biztató fejlemény a jövőre nézve. Úgy a számítások, mint a fejlett gyártótechnika nagy szerepet játszott abban, hogy az SLS nyomtatással készült szívócsomók első megpróbáltatását siker koronázza.



4.17. ábra, Az elkészült kísérleti projekt alanya és hasznélvezője (saját fotó)

ÖSSZEFOGLALÓ

Mindent összegezve egy rendkívül hosszú és megpróbáltatásokkal teli fejezet és időszak zárul le az életemben ezzel az SLS technológiával előállított szívócsonk párral. Az egész egy történet egy hibásan üzemelő, de műszakilag potens, könnyű kisautó hobbi célból történő megvásárlásával kezdődött, 2019 telén. Ezt követte a megismerkedésem a 3D-s additív gyártástechnológiákkal, előző munkahelyemen, ahol az egész kísérletezés elindult, 2021-ben. Hogy végül megtaláljam az autó optimális beállításait és előhozzam a számomra kielégítő menettulajdonságait, amire elméletben képesnek kellett lennie, előbb sok zsákutcába kellett belefutnom. Első ízben egy egyszerű karburátor cserével próbálkoztam az alapvető működéshez szükséges beállíthatóság visszanyerése érdekében. Azonban az autó, az egytorkú karburátorral elérhető maximumára történő hangolása után is erőtlen maradt magas fordulaton. Ekkor nagy áteresztőképességű levegőszűrővel ruháztam fel, ami utólag elégtelennek bizonyult, mivel mint utóbb kiderült, nem levegőhiányban, sokkal inkább elegendő üzemanyag hiányban szenved az autó a magas fordulatszám tartományokban. Ezt igyekeztem megoldani jelenlegi projektemmel, aminek megvalósításában és háttérében rengeteg konzultáció, utánajárás és irodalomkutatás fellelhető. A karburátorsor kínálta megoldás tökéletesen illik egy lassan veteránkorba lépő hobbi versenyautóhoz, ám a technológia és az ide vezető eljárások sok más egyéb, befecskendezőrendszer szintű típusbetegségektől szenvedő modellnél potenciális megoldást kínálhatnak. Mindezt szerettem volna az új és használt alkatrészpiacokon fellelhető csillagászati áraknál kevesebből kivitelezni. Ennek sikeressége nem csak vonzónak, de teljes mértékben élhetővé képes tenni lassan feledésbe merülő autótípusokat, melyek egy része csupán kezdetleges befecskendező rendszerének javíthatatlansága okán lett parkoló pályára állítva. Rengeteget tanultam autókról, tervezésről, fabrikálásról, improvizációs problémamegoldásról és nem utolsósorban a csapatmunka fontosságáról. Sikeresen alkottam alternatívát a számukra, amiben elengedhetetlen szerepe volt a szívómotivációnak, az autók iránti szeretetemnek!

Örömmel tölt el, hogy az ötlet kigondolásától a megvalósításig vezető úton megannyi ismeretség és barátság köttethetett. Ez a projekt valóban összehozta az embereket, családtagoktól ismerősökig. Sok óras fejtörést okozott nekem, megoldandó problémák sorát hozva társ hobbista édesapám és régi vagy jelenlegi kollégáim egy részére. Bizonyos szinten mindenki részt vett a megvalósításban az éppen aktuális közvetlen környezetemből, amiért rendkívüli hálával tartozok!

SUMMARY

Summing it all up, an extremely long, trying chapter and period ends in my life with this pair of intake manifolds, manufactured with SLS additive technology. The whole story started in the winter of 2019, with the purchase of a malfunctioning, but technically powerful, lightweight small car for hobby purposes. The following years passed with my introduction to 3D additive manufacturing technologies at my previous workplace, where the whole experiment started from scratch, in 2021. In order to finally find the optimal settings for the car and bring its best characteristics out, I had to run into lots of dead ends first. At first attempt, I tried a simple carburetor replacement in order to regain the adjustability, which is necessity for basic operation. However, even after tuning the car to its maximum with a functioning single-throat carburetor, it remained underpowered at higher revs. The second time, I equipped it with a high-permeability air filter, which later turned out to be insufficient, since the car does not suffer from a lack of air, but rather from a lack of sufficient fuel in the high rev ranges. I tried to solve this problem with my current project, of which there lies a lot of consultation and investigation of implementation, and even more literature research in the background. The solution offered by the bike carbs are perfectly suited for a hobby racecar of mine, that is slowly entering the veteran age. But not only to my car, as the technology and the procedures leading to this thesis, can offer a potential solution for many other models suffering from type like diseases at the level of the injection system. I wanted to do all of this for less than the ones found on the new and used parts markets, of which prices are hitting mountain heights. During this project, I learned a lot about cars, their design, fabrication, improvisational problem solving and, last but not least, the importance of teamwork. The success of this is not only attractive, but it can make car types fully livable again, that are slowly being forgotten, some of which were put on the parking lot due to the irreparability of their rudimentary injection systems. I'm glad that I was able to successfully create an alternative for them, in which the heart motivation of loving cars, played an essential role!

I'm pleased by the massive amount of acquaintances and friendships that were made along the way, from concept phase to final implementation. This whole project really brought people together, started from family members to colleagues. It caused me many hours of puzzlement, bringing a series of problems to solve for my fellow hobbyist father and some of my old or current colleagues. To a certain extent, everyone from my current immediate environment participated in the implementation, for which I am extremely grateful!

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] C. Szabolcs, „Autotechnika,” 12 2017. [Online]. Available: <https://autotechnika.hu/cikkek/veteran/11939/a-karburator-feltalalasa>. [Hozzáférés dátuma: 10 02 2023].
- [2] Bosch, „Boschblog-Félszázados befecskendező,” 13 09 2017. [Online]. Available: <https://boschblog.hu/felszazados-befecskendezo/>.
- [3] Sanyi, „Méretezzünk szívósort,” Prostreet Tech Blog, https://prostreet-tech.blog.hu/2009/06/08/meretezzunk_szivosort_1, 2009.
- [4] D. G. (Geree), „Gázlengések,” HALMAZ, <http://www.ford-klub.hu/forum>.
- [5] D. Standley, „danST Engineering,” danST Engineering LTD., [Online]. Available: <https://danstengineering.co.uk/Manifolds-and-Plates/Bike-Carburetor-Inlet-Manifolds/Bike-carb-inlet-manifolds-Peugeot/Peugeot-106-XSI-Saxo-VTR-TU5-8v-Inlet-Manifold-for-R1-Carbs>. [Hozzáférés dátuma: 05 05 2021].
- [6] Peugeot-Citroen, „Autoweb-France,” Autoweb, 12 2002. [Online]. Available: <http://www.autoweb-france.com/index.php?rub=22&cat=3>. [Hozzáférés dátuma: 20 04 2023].
- [7] S. Solymosi, *Visszapillantó tükör reprodukciója Reverse Engineering módszerekkel*, Kecskemét: NJE-GAMF, 2020.
- [8] FREEDEE, „FREEDEE-Kisszériás gyártás 3D nyomtatással A-tól, Z-ig,” 11 9 2020. [Online]. Available: <https://www.freedee.hu/kisszerias-gyartas-3d-nyomtatassal-a-tol-z-ig/>.
- [9] D. Mandula, *Irányelvek kidolgozása különböző alkatrész típusok 3D-s modelljének visszaállításához*, Miskolc: ME, 2019.
- [10] B. Mikó, „Investigation of Accuracy of 3D Scanning,” in *MultiScience Konferencia, XXXI. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference*, 2017.
- [11] E. P. b. S. 3D, „EinScan.com,” [Online]. Available: <https://www.einscan.com/handheld-3d-scanner/einscan-pro-plus/>. [Hozzáférés dátuma: 11 2020].

- [12] K.-H. Lee, „A Study on the Influence of Plastic Intake Manifold on the Performance and NVH of In-line 4 Cylinder Gasoline Engine,” *SAE TECHNICAL PAPER SERIES*, %1. kötet980728, p. 6, 1998.
- [13] Fila-ment, „Fila-ment.hu,” [Online]. Available: <https://www.fila-ment.hu/PRIMASELECT-ASA-1-75mm-750g-Fekete>. [Hozzáférés dátuma: 2020].
- [14] Formlabs, „formlabs.com,” [Online]. Available: <https://formlabs-media.formlabs.com/datasheets/2101560-TDS-ENUS-0.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 2023].
- [15] P. Carrier, „3D Printer Print Speed Calculation: How to find the optimal speed for reliable and constant print quality,” Dyzedesign, 07 2018. [Online]. Available: <https://dyzedesign.com/2018/07/3d-print-speed-calculation-find-optimal-speed/>. [Hozzáférés dátuma: 12 2020].
- [16] „robogoalkatreszek.com,” [Online]. Available: <https://robogoalkatreszek.com/id/9124-Levegoszuro-sport-krom-egyenes-54mm>. [Hozzáférés dátuma: 2022].
- [17] D. A. T. Kirkpatrick, „CSU Internal Combustion Engines,” Colorado State University, [Online]. Available: <https://www.engr.colostate.edu/~allan/fluids/page7/page7.html>. [Hozzáférés dátuma: 20 04 2020].
- [18] Skunk2, „skunk2.com,” Skunk2 Racing, [Online]. Available: <https://skunk2.com/about-us/>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [19] Skunk2, „JDMasters,” Skunk2 Racing, [Online]. Available: <https://www.jdmaster.net/shop/combo-deal-skunk2-ultra-street-intake-manifold-w-alpha-series-70mm-tb-honda-bseries/>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [20] Skunk2, „Lazada.com,” Skunk2 Racing, [Online]. Available: <https://www.lazada.com.my/products/honda-skunk2-pro-series-intake-manifold-honda-b-series-b16a-b16b-type-r-new-i422064889-s614518479.html?spm=a2o4k.tm80167375.9198521550.1.1bc2BPivBPivay.1bc2>

- BPivBPivay&priceCompare=skuId%3A614518479%3Bsource%3Alazada-om%3. [Hozzáférés dátuma: 05 05 2023].
- [21] Edelbrock, „eBay.com,” Edelbrock, [Online]. Available: <https://www.ebay.com/itm/115680261917>. [Hozzáférés dátuma: 20 04 2023].
- [22] ProTunerz, „protunerz.com,” ProTunerz, [Online]. Available: <https://protunerz.com/products/protunerz-datsun-lseries-turbo-manifold-intake-manifold-set>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [23] B. H. P. Ltd., „shopbhp.com,” Jenvey, [Online]. Available: <https://www.shopbhp.com/products/ford-zetec-st170-jenvey-inlet-manifold-only-for-tb45-throttle-bodies>. [Hozzáférés dátuma: 20 04 2023].
- [24] R. Performance, „turboescort.com,” Redline Performance, [Online]. Available: <http://www.turboescort.com/Carb%20and%20Manifold%20package.htm>.
- [25] R. Japan, „rhdjapan.com,” Greddy, Nismo, Tomei, [Online]. Available: <https://www.rhdjapan.com/>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [26] PTS, „pngwing.com,” Peugeot Talbot Sport, [Online]. Available: <https://www.pngwing.com/id/free-png-ahnro>. [Hozzáférés dátuma: 05 05 2023].
- [27] Formlabs, „formlabs.com,” Formlabs, 2022. [Online]. Available: <https://formlabs.com/uk/3d-printers/fuse-1/tech-specs/>. [Hozzáférés dátuma: 05 05 2023].
- [28] J.-S. H. A. Gebhardt, Additive Manufacturing, München: Hanser, 2016.
- [29] AVL, „AVL.com,” 2022. [Online]. Available: www.avl.com.
- [30] M. D. Ribeiro, „Researchgate,” Aug 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-a-V6-internal-combustion-engine_fig1_339612888.
- [31] K. V. Peter Kostal, „Flexible Manufacturing System,” in *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Törökország, 2011.
- [32] T. Orozco, „X3D,” 5. Szeptember 2020. [Online]. Available: <https://x3d.com.au/blogs/tips-and-tricks/ranking-of-the-best-tpu-filaments-according-to-shore-hardness>. [Hozzáférés dátuma: 14. 11. 2021.].

- [33] C. glossary, „Chisellabs,” 2021. [Online]. Available: <https://chisellabs.com/glossary/what-is-rapid-prototyping/>.
- [34] D. R. Eyers és A. T. Potter, „Industrial Additive Manufacturing: A manufacturing systems perspective,” Sciencedirect, Cardiff Business School, United Kingdom, 2017.
- [35] Neilvan, „e90post,” 20 08 2020. [Online]. Available: <https://www.e90post.com/forums/showthread.php?t=1750318>. [Hozzáférés dátuma: 13 03 2023].
- [36] 98luder, „98luder's Wordpress Weblog,” 28 09 2011. [Online]. Available: <https://98luder.wordpress.com/2011/09/28/k-series-intake-manifold-comparison/>. [Hozzáférés dátuma: 20 04 2023].
- [37] D. Standley, „eBay,” DanST Engineering Ltd., 2003. [Online]. Available: <https://www.ebay.com/str/danstengineering#tab1>. [Hozzáférés dátuma: 6 1 2023].
- [38] Extrudr, „<https://www.3djake.hu/extrudr/tpu-hard-feher>,” [Online]. Available: <https://c-3d.niceshops.com/upload/file/202007-tds-en-tpu-flex-hard.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 2020].

ÁBRAJEGYZÉK

1.1. ábra, Bánki-Csonka porlasztójának szabadalmi ábrája és a kész produktum [1]	9
1.2. ábra, Yamaha YZF R1 karburátorsor 1999-ből (saját fotó).....	12
1.3. ábra, Gyári BMW szívórendszerek átmérőkülönbségei [3].....	17
1.4. ábra, Honda K20 motorokra fejlesztett szívórendszerek összehasonlítása [4].....	18
1.5. ábra, Peugeot 205 hegesztett szívócsonk [5]	18
1.6. ábra, Peugeot 106 kompatibilis hegesztett csonk, DanST Engineering [5].....	26
1.7. ábra, DanST Engineering eladási statisztikái az eBay weboldalán [8].....	26
2.1. ábra, PSA TU erőforrás teljes metszeti ábrája [6]	28
2.2. ábra, PSA TU motorvezérlés metszeti ábrája [6]	29
2.3. ábra, Karburátoros tapasztalatokat mutató kördiagram (saját felmérés)	31
2.4. ábra, A megkérdezettek karburátoros tapasztalatainak elosztása (saját felmérés) ..	32
2.5. ábra, A megkérdezettek monojet injektorokhoz köthető tapasztalatainak kördiagramos eloszlása (saját kép)	32
2.6. ábra, A válaszadók monojet rendszerekhez köthető tapasztalatai és kialakult véleménye (saját kép)	33
2.7. ábra, A szavazók 33,8 és 21,7 %-os többsége középre voksolt (saját kép)	34
2.8. ábra, A megbízhatóság döntő szempontnak bizonyult, szorosan követi a többlet teljesítmény fontossága (saját kép)	34
2.9. ábra, Egyértelmű többségben vannak az érdeklődők (saját kép).....	35
2.10. ábra, Az elsődlegesen kalkulált alkatrész költség meggyőzőnek bizonyult (saját kép)	35
2.11. ábra, Jellemző alkalmazási területek a 3D nyomtatásban [8].....	43
2.12. ábra, 3D szkennelési eljárások ágazatai [10]	44
2.13. ábra, fröccsszerszámlapok 3D szkennelése, előző munkahelyemen (saját fotó)...	45
2.14. ábra, visszapillantó 3D szkennelése, járműmérnök BSc szakdolgozatomhoz (saját fotó).....	46
2.15. ábra, strukturált fényt alkalmazó rendszer ábrázolása 3D szkennelés közben [9].	47
2.16. ábra, EinScan-Pro+ mérőfeje [11]	47
2.17. ábra, EinScan-Pro+ mérőrendszer kompatibilitása [11]	48

2.18. ábra, A szkennelést meghatározó beállítások konfigurálása, EinScan 3D szoftverben [7].....	49
2.19. ábra, Tervezési szempontból releváns, még nyers 3D szkennelt motortér elemek (saját kép).....	49
2.20. ábra, Tervezési szempontból releváns visszafejtett motortér elemek (saját kép) ..	50
2.21. ábra, Szeletelt bemutatódarab (saját szerk. fotó)	51
2.22. ábra, A hőmérséklet emelkedése hidegindításkor az idő függvényében [12].....	52
2.23. ábra, Hőmérséklet változás a szívócsőben, a fordulatszám függvényében [12]....	53
2.24. ábra, ASA-CF műszaki polimerből funkcionális prototípus (saját kép).....	54
2.25. ábra, Frissen nyomtatott TPU csonk prototípusok (saját kép).....	56
2.26. ábra, Filament extrúzió sematikus ábrája [15].....	58
3.1. ábra, Szívócsonk felfekvő felületének mért távolsága a tűzfaltól (saját fotó)	61
3.2. ábra, Karburátorsor ki, - és bemenő csonkok közti átfogó méret (saját fotó).....	62
3.3. ábra, A szerelés helyszíne a tűzfalról nézve, még beépített szívócsonk nélkül (saját fotó).....	63
3.4. ábra, Motorkerékpár sportlégszűrő [16]	64
3.5. ábra, Felesleges felületektől megtisztított, színezett motortér-modellháló (saját kép)	66
3.6. ábra, Szívócsonk közvetlen szerelési környezete, kényszerezhető 'dummy' alakelemekkel (saját kép).....	67
3.7. ábra, Szívócsonk kezdeti vázlata (saját kép)	68
3.8. ábra, Szívócső útvonal hidat képez a két átmérő geometria között (saját kép)	68
3.9. ábra, Szívócsonk nyers csőszakasza (saját kép)	69
3.10. ábra, Szívócsonk nulladik manifesztációja (saját kép)	69
3.11. ábra, Kísérleti eltolt csonk geometria (saját kép)	70
3.12. ábra, Elcsúszott vízszint a szívócsonk egyik kezdeti verzióján.....	70
3.13. ábra, Balról a szülő, jobbról a származtatott térfogati geometria modellje látható (saját kép).....	71
3.14. ábra, Kialakult, végleges szívócsonk modellek (saját kép)	72
3.15. ábra, 4 nézetből álló műszaki rajz, kiegészítve egy izometrikus ábrával (saját kép)	73
3.16. ábra, Szívócsonk kísérleti render (saját render).....	74

3.17. ábra, Háttér nélkül renderelt csonkpár (saját render).....	74
3.18. ábra, Skunk2 szívcsonek csomag [19].....	76
3.19. ábra, Honda szívórendszer sárga dobozvariációval [20]	76
3.20. ábra, Edelbrock féle szívcsonek dobozterve V8 motorok részére [21]	77
3.21. ábra, ProTunerz féle szívcsonek csomagolás, belső elrendezés [22]	78
3.22. ábra, Jenvey szívósor, Ford modellek részére [23].....	78
3.23. ábra, a Redline Performance márka csomagdizájnjai [24]	79
3.24. ábra, Mozaikképen a japán márkákra jellemző szívcsonek csomagdizájnok (saját szerk. kép).....	80
3.25. ábra, Az elsőnek kialakított szívcsonek doboztervem (saját kép)	81
3.26. ábra, Első doboztervem izometrikus nézetben (saját kép).....	81
3.27. ábra, Második kiterített doboztervem (saját kép)	82
3.28. ábra, Második izometrikus doboztervem (saját kép)	83
3.29. ábra, Harmadik számú csomagolás és névjegykártya terv (saját kép).....	83
3.30. ábra, Harmadik csomagolástervem terítéken ábrázolva (saját kép)	84
3.31. ábra, Negyedik, szívcsonekhoz skiccelt csomagtervem (saját kép)	85
3.32. ábra, 4-es dobozterv variáció, kinyitott állapotában (saját kép)	85
3.33. ábra, Végleges termékcsomagolás terítéke (saját kép)	86
3.34. ábra, Végleges dobozterv, lezárt és nyitott változatban (saját kép).....	87
3.35. ábra, Peugeot Talbot Sport divízió logója [26].....	87
4.1. ábra, Gyártórendszer konfigurációja (saját kép).....	88
4.2. ábra, Szívcsonek modell az SLS nyomtatási folyamat közben félúton (saját kép) .	89
4.3. ábra, Formlabs Fuse 1+ nyomtatóttere (saját fotó)	90
4.4. ábra, Elkészült nyomtatás a gép építőkamrájába ágyazódva (saját kép)	91
4.5. ábra, Elkészült, letisztított nyomtatás (saját kép)	92
4.6. ábra, Szívcsonek pár, néhány órával a nyomtatást követően (saját fotó)	92
4.7. ábra, Peugeot 106 motorterének kiinduló állapota (saját kép).....	93
4.8. ábra, Motortér állapota megbontás előtt (saját fotó).....	94
4.9. ábra, Eredeti szívcsonek, szerelékek nélkül (saját fotó).....	95
4.10. ábra, Eltávolított gyári szívcsonek (saját fotó)	95
4.11. ábra, Szívcsonek felfekvési helye a hengerfejen (saját fotó).....	96
4.12. ábra, 3D nyomtatott szívcsonekok próbaszerelése (saját szerk. fotó)	96

4.13. ábra, Felszerelt szívócsonkok felülnézete (saját fotó)	97
4.14. ábra, R1 karburátorsor illesztése a szívócsonkokra (saját fotó).....	97
4.15. ábra, A felpróbált, illeszkedő karburátorsor ténye nagy mérföldkő (saját fotó)....	98
4.16. ábra, Utolsó simítások próbaüzem előtt (saját fotó)	99
4.17. ábra, Az elkészült kísérleti projekt alanya és hasznélvezője (saját fotó).....	100

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Követelményjegyzék	38
2. táblázat: Követelményjegyzék magyarázata	42
3. táblázat: ASA-CF filamentszál datasheet [16].....	54
4. táblázat: TPU Hard filament datasheet [17]	55
5. táblázat: Nylon 11 szinterezhető por datasheet összegző [14]	56
6. táblázat: FDM additív gyártórendszerekkel elérhető általános rétegvastagságok [10]	58
7. táblázat: Szívócsonk célhossz meghatározása	65