

## DRÓN TÖMEGÉNEK CSÖKKENTÉSE GENERATÍV TERVEZÉSSSEL

### WEIGHT REDUCTION OF A DRONE WITH GENERATIVE DESIGN

Seregi Bálint Leon, egyetemi hallgató, [seregibalint@edu.bme.hu](mailto:seregibalint@edu.bme.hu)  
Ficzere Péter, egyetemi adjunktus, [ficzere.peter@bme.kjk.hu](mailto:ficzere.peter@bme.kjk.hu)

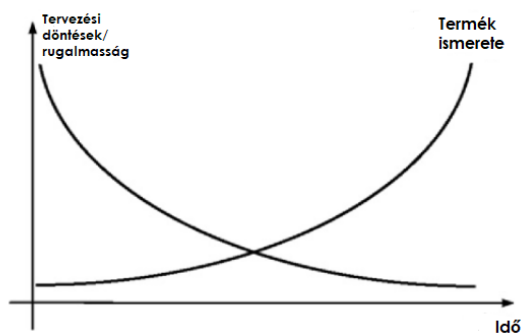
#### ÖSSZEFOGLALÁS

A generatív tervezés egy mesterséges intelligencián alapuló tervezési módszer, mellyel a tervezési probléma meghatározásával, különböző paraméterekre való optimalizációra van lehetőség. Ennek a módszernek a használata egy drónvázon kerül bemutatásra a különböző tervezési paraméterek magyarázata mellett.

#### ABSTRACT

Generative design has the potential to be optimized with different parameters by a design method based on artificial intelligence, by defining the design problem. The use of this method on a drone frame is to be presented with an explanation of the various design parameters.

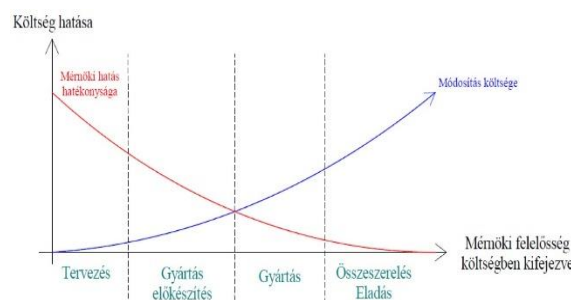
#### 1. BEVEZETÉS



1. ábra. A tervezési paradoxon

A gépészeti tervezés egy komplex folyamat. A mérnöknek egy konstrukció tervezése során nem csak a funkcionális elvárások kielégítésére és a biztonságra kell tervezni, hanem a költségekre, felhasználói igényekre, élettartamra és gyárthatóságra is figyelnie kell. Éppen ezért egy termék tervezésekor több fajta változat megalkotása után választja ki a legoptimálisabb,

minden igénynek elégségesen megfelelő verziót. A rapid prototyping elterjedésének köszönhetően már lehetőség van gyorsan legyártani és tesztelni mindegyik változatot. Ennek ellenére megfigyelhető a tervezési paradoxon jelensége, mely a termék ismeretének és a tervezési döntések viszonyát mutatja az idő függvényében a termék tervezésétől a gyártásig (1. ábra). [1] Ennek a mérnöki hatásnak szintén kiemelkedő befolyása van a költségekre, legnagyobb részt a tervezési fázisban és a gyártás előkészítésben (2. ábra).



2. ábra: A mérnöki döntés hatása a termékre [2]

Leggyakrabban a járműipari felhasználásokról lehet olvasni, ahol egy vagy több alkatrészből egy tömeg csökkentett konstrukciót alkotnak. A tömegcsökkentés közlekedési szempontból nyilvánvaló előnyt jelent, hiszen környezetkárosító hatást csökkentő megoldás a kisebb fogyasztás miatt [3]. A General Motorsnál például egy új optimalizált üléstartót terveztek, ami egy szabványos autóalkatrész, amely a biztonsági öv rögzítőit az ülésekhez és az üléseket a padlóhoz rögzíti. Míg előzőleg ez a konzol nyolc darabból volt összeillesztve, a generatív szoftver több mint 150 alternatív mintával állt elő, amelyek érdekes formákból álltak (3. ábra).

A nyolc helyett egy darabból álló rozsdamentes acélból készült darab 40%-kal könnyebb és 20%-kal erősebb konstrukció lett mint az előző hagyományosan tervezett konzol. [4]



3. ábra. Az eredeti és a generatív konstrukció [4]

A tömegcsökkentés bemutatására egy kisméretű drón vázának átalakításához a generatív algoritmust használjuk fel. A cél, létrehozni egy kisebb méretű röpképes drónt egy generatív tervezett vázzal, ezzel csökkentve a gép tömegét. Az ok pedig, hogy egy adott teljesítményt leadó motorral felszerelt gépnek a maximális sebessége nagyrészt a gép össztömegétől függ, tehát ennek minimalizálása kiemelt szempont. Az akkumulátor tömegét sajnos nem lehet elég effektíven csökkenteni, mivel ennek változtatása negatívan jelentkezik az elérhető hatótávon, ha kisebb akkucsomagot alkalmazunk.



4. ábra: A drón alap koncepciója

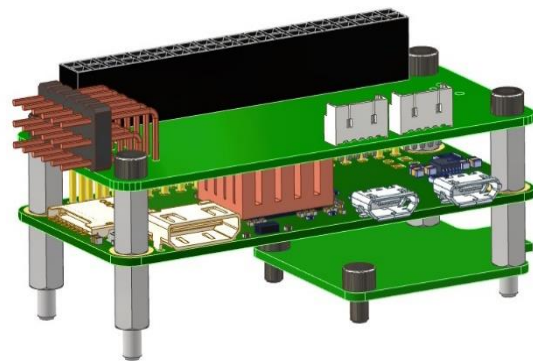
Éppen ezért a vázat akkora tömeggel szeretnénk csökkenteni, hogy az egy nagyobb akkucsomaggal is azonos tömegű legyen, ezzel növelve a hatótávot. A motor mérete szempontjából kedvező, hogy kereskedelmi forgalomban kaphatóak nagy teljesítményű, de kis méretű kivitelek. A vezérlés és elektronika szempontjából pedig a szükséges ESC-t (Electronic Speed Controller) tartalmazza és egy *PXFmini autopilot* kártyát, ami a *Raspberry Pi*

*Zero* fedélzeti számítógéphez csatlakoztatva elvégzi a létfontosságú funkciókat, mint a stabilizálás és az RC kapcsolat létrehozás.

## 2. MÓDSZER

1. táblázat: ABS műanyag mechanikai paraméterei [5]

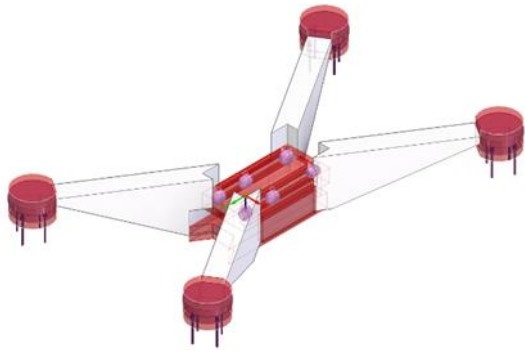
Young modulus [GPa]	2,24
Szakítószilárdság[MPa]	29,6
Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	1,06
Poisson tényező	0,38



5. ábra: Az elektronika a drón agya, melyről a jármű teljes vezérlése történik

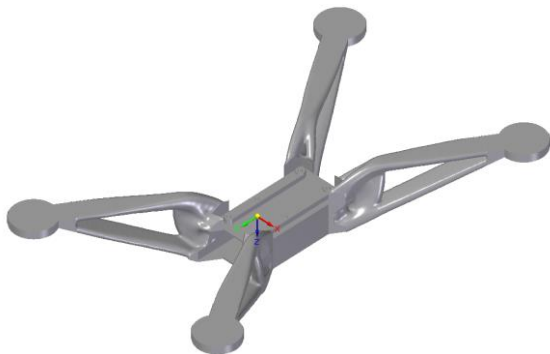
Mivel a négy motor teljesítménye 2800 grammos teherbírást eredményez, ez jelenti a drón kritikus tömegét, ami alatt kell maradni a tervezés során. A váz nélküli tömeg, tehát az egyéb alkatrészek, mint a motorok, a nyomtatott áramkörök és az akkumulátor összesen 404 grammot nyomnak. Ez a megengedett tömeg egy hetede, mely azt is jelenti, hogy a drón nagyobb sebességet is el tud érni, valamint a fogyasztása is kedvezőbb még a váz minimalizált tömegével is. A váz anyaga ABS műanyagból készül, melynek paramétereit (1. táblázat) fogjuk felhasználni a váz generálásakor is.

Először egy alapkonceptió létrehozása szükséges. Az elektronikát lehetőség van egy tömbként kezelni a kialakításának köszönhetően. (5. ábra)



6. ábra: Az alapmodell kényszerekkel, terhelésekkel és a megmaradó régiókkal

Az akkumulátor elhelyezése az elektronika alá kerül a motorok síkja alatt 38 mm-rel, mivel ezzel a tömegközéppont is ez alá a sík alá kerül, így egy stabilabb repülést biztosítva. A tervezés szempontjából szükség van egy alap modellre, melyen meg kell adni a megmaradó régiókat, rögzítési pontokat és terheléseket. A megmaradó régiók jelentik azokat a területeket, melyhez az algoritmus nem nyúlhat, nem módosíthatja. Esetünkben ezek a motorok rögzítési pontjai, (a kerek tányérok a modell sarkain). Továbbá az elektronikát két bordához szeretnénk rögzíteni, melyeket szintén megmaradónak adunk meg, az akkumulátor dobozának a falával egyetemben. A rögzített kényszerek a bordákban elhelyezett furatokon lettek megadva, ezzel lekötve a modell szabadsági fokait. A terheléseket a motorok rögzítési pontjára adtuk meg, 7 N-nal felfelé, mellyel a motorok felhatjőerejét szimuláljuk. A tömegcsökkentés mértékét 50%-ra adjuk meg.

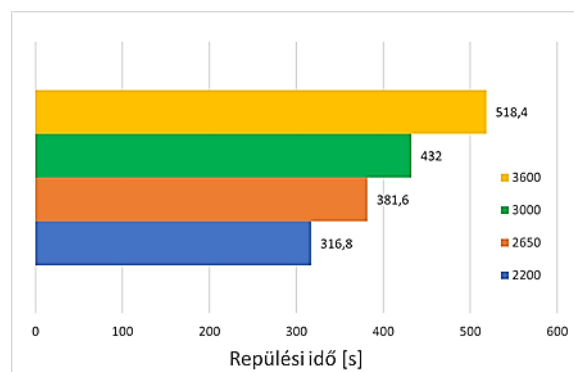


7. ábra: A tömegcsökkentett váz. Csökkentett tömeg: 84 g

### 3. VIZSGÁLAT

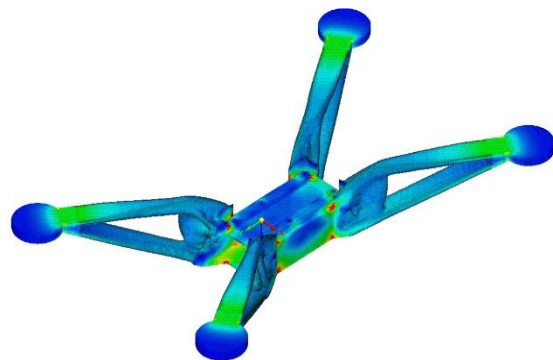
Látható a generatív modellen hogy, az algoritmus kikönnyítette a karokat, és a megmaradó régióknak jelölt alakelemeket nem változtatta meg. A karok tövében megmaradt sarkos peremek megtartása elsősorban a

merevség megtartása, valamint egy esetleges ütközés során védi (nem magas, de valamilyen mértékben) az elektronikát. A magyarázat pedig, hogy a karok közepén miért egy alsó-felső szálas megoldást kaptunk eredményül, a kar húzott és nyomott maximumainak megjelenése. Az 50%-os tömegcsökkentésnek köszönhetően pedig lehetőség van egy nagyobb kapacitású akkumulátort helyezni a drónra, mellyel hosszabb repülési időt érhetünk el. Az alap koncepció a drón egy 2200 mAh-s akkumulátort tartalmaz, de a tömegcsökkentésnek köszönhetően egy nagyobb kapacitású csomag felhasználása is lehetővé vált úgy, hogy az össztömeg nem növekszik.



8. ábra: A különböző akkumulátor kapacitások esetén elérhető repülési idők

A 2200 mAh-ás csomagnak 168 gramm a tömege. Az ennél egy lépcsővel magasabb kapacitású, 2650 mAh-ás csomag, melynek tömege 232 gramm. Az össztömeg ezzel csökken, mivel a váz tömegén többet csökkentettünk, mint amennyi a két akkumulátor tömegének a különbsége. A kapacitásnövekedéssel elért repülési idő pedig ezzel 65 másodperccel, azaz kb. 20%-kal növekedhet.



9. ábra: A tömegcsökkentett váz feszültségeloszlása

A 9. ábrán is jól látható, hogy az algoritmusnak köszönhetően ott a legnagyobb az ébredő feszültség, ahol a felhasználó által megadott megmaradó régiók és a program által generált részek találkoznak. Ennek további csökkentése elérhető a megmaradó régiók pontosabb megválasztásával, valamint a szimulációk többszöri iterálásával.

#### 4. ÖSSZEGZÉS



10. ábra: A felszerelt generatív váz

A generatív tervezéssel történő tömegcsökkentés került bemutatásra egy drón esetében. Látható volt, hogy ezzel a módszerrel egy hatékonyabb koncepció létrehozására tettünk szert. A generatív tervezés megfelelő használata számos téren nyújt segítséget egy új vagy egy már meglévő koncepció kialakításában. A járművek tömegének csökkentése mindig is egy fontos szempont volt az iparban, így ennek a mesterséges intelligencián alapuló tervezési módszernek egyre szélesebb körű használata várható ezen a téren [6]. Az e-mobilitás terén is sok segítséget jelenthet, mivel a legnagyobb probléma mindig az akkumulátorok mérete és tömege, mely nagyban kihat a fogyasztásra és a hatótávra is. Bár egy személyautó esetében a tömegcsökkentés komplexebb, a bemutatott példa jól tükrözi, hogy ez egy forradalmi megoldás lehet a jövő járműiparára nézve. Más szempontból pedig fontos kiemelni azt is, hogy a megnövekedett számítási kapacitásoknak köszönhetően már sokkal több típusú koncepcióra van lehetőség, ezzel is megadva a lehetőséget, hogy a lehető legoptimálisabb megoldást válasszuk tervezéskor.

#### HIVATKOZÁSOK

[1] Kuang-Hua Chang: Product Performance Evaluation using CAD/CAE, Academic Press, 2013, p 2-4.

[2] Lovas L.: Jármű- és hajtáselemek előadás jegyzet, 2019, 7. oldal

[3] Székely, P., Ficzer, P. “The Examination of Dynamic Effects of Shape Optimized Vehicle Components”, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 45(2), pp. 90-93., <https://doi.org/10.3311/PPtr.9875>, (2017)

[4] Driving a lighter, more efficient future of automotive part design, <https://www.autodesk.com/customer-stories/general-motors-generative-design>, letöltve 2021.06.10.

[5] Martinetti, Margaryan, van Dongen: Simulating mechanical stress on a micro Unmanned Aerial Vehicle body frame for selecting maintenance actions, Procedia Manufacturing, 2018, p 61-66, ISSN 2351-9789

[6] N. Shahrubudin, T:C: Lee, R. Ramlan: An overview on 3D printing technology: Technological, Materials and Applications, Procedia Manufacturing, 2019