

<https://www.edutus.hu/cikk/dron-vazszerkezet-letrehozasa-generativ-tervezessel/>

# DRÓN VÁZSZERKEZET LÉTREHOZÁSA GENERATÍV TERVEZÉSSSEL

**SEREGI BÁLINT LEON, egyetemi hallgató**  
*BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar*  
[seregibalint@edu.bme.hu](mailto:seregibalint@edu.bme.hu)

**FICZERE PÉTER PhD, egyetemi adjunktus**  
*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*  
[ficzere.peter@kjk.bme.hu](mailto:ficzere.peter@kjk.bme.hu)

**BORBÁS LAJOS PhD, Professor Emeritus**  
*EDUTUS Egyetem*  
[borbas.lajos@edutus.hu](mailto:borbas.lajos@edutus.hu)

DOI [10.47273/AP.2021.23.72-80](https://doi.org/10.47273/AP.2021.23.72-80)

## ABSZTRAKT

Napjainkban egy termék tervezésére szánt idő lecsökkent, a tervezés módszertana az új szoftveres lehetőségeknek köszönhetően megváltozott. 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

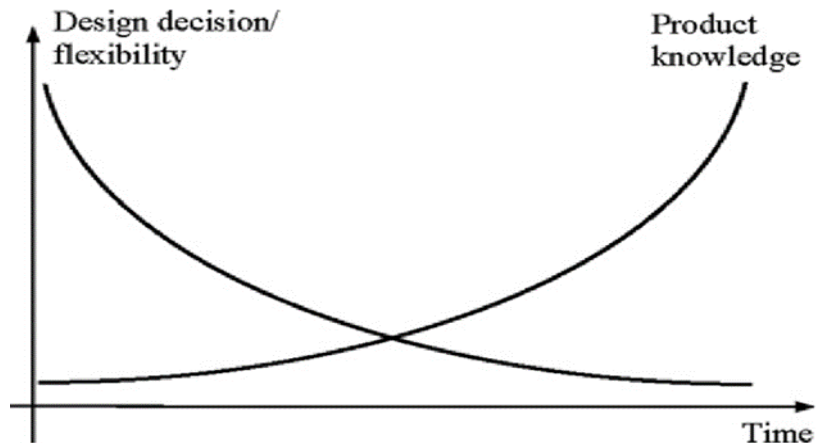
Nowadays, the time to design a product has been reduced and the design methodology has changed thanks to new software possibilities. Generative design has the potential to be optimized with different parameters by a design method based on artificial intelligence, by defining the design problem. The use of this method on a drone frame is to be presented with an explanation of the various design parameters.

### 1. Bevezetés

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 leoptimálisabb, 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

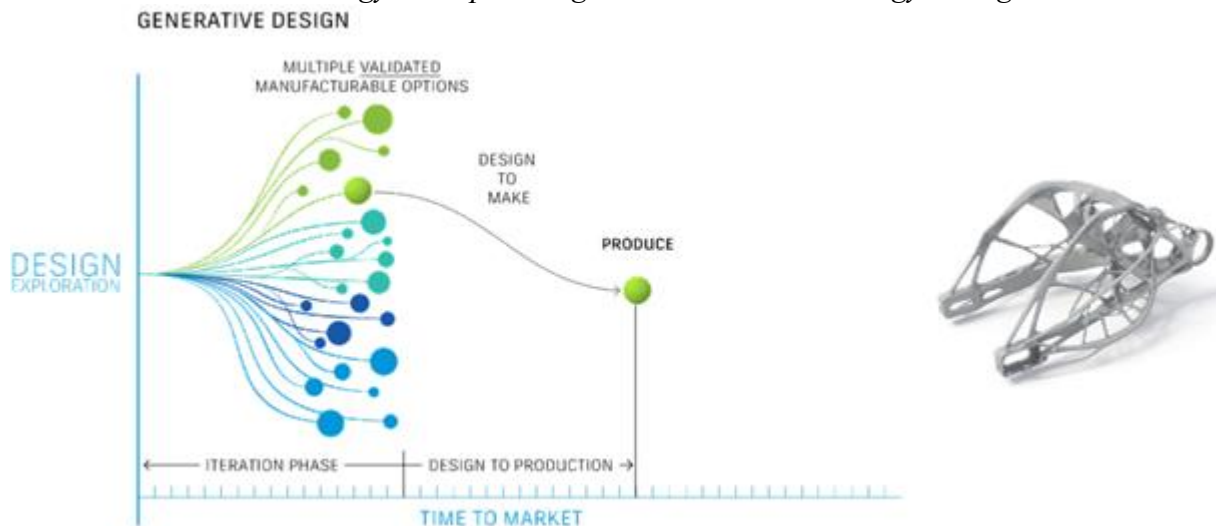
1. ábra A tervezési paradoxon



Forrás: K.-H. Chang, 2013

Ennek a mérnöki hatásnak szintén kiemelkedő befolyása van a költségekre, legnagyobb részt a tervezési fázisban és a gyártás előkészítésben.

2. ábra Egy koncepció megvalósulása az ötlettől a gyártásig



Forrás: <https://www.symetri.co.uk/insights/blog/what-is-generative-design-and-what-does-it-mean-to-manufacturers>

Korunk technológiai ipari kihívásai egyre nagyobb méreteket öltenek. Egyre kisebb tömegű és térfogatú alkatrészekre van szükség a megfelelő szilárdsági tulajdonságok megtartása vagy javítása mellett. Ezek mellett a szűkülő határidők betartása is egyre nagyobb kihívást jelent. Ezekre a generatív tervezés kínál megoldást. A technológiával több külön részegységből álló összeállításokat egy alkatrészre lehet összevonni, ami a szerelési és gyártási időt csökkenti.

Gyakran az így megtervezett alkatrészeknek kedvezőbb szilárdsági tulajdonságaik vannak, mint a több részegységből álló összeállításoknak. A kisebb tömeg kevesebb anyagfelhasználást jelent és a járművekben hatékonyabb. Mivel ez egy automatizált tervezési folyamat, ezért jelentősen kevesebb időt igényel, mint a hagyományos tervezés, így sok munkaórát meg lehet spórolni és lerövidül a termék piacra kerülési ideje. Leggyakrabban a járműipari felhasználásokról lehet olvasni, ahol egy vagy több alkatrészből egy tömeg csökkentett konstrukciót alkotnak. Ez közlekedési szempontból nyilvánvaló, hiszen környezeti hatást és költségeket csökkentő megoldás a kisebb fogyasztás és a nagyobb fékteljesítmény miatt.

3. ábra Az eredeti és a generatív konstrukció



*Forrás:* <https://www.symetri.co.uk/insights/blog/what-is-generative-design-and-what-does-it-mean-to-manufacturers>

A General Motorsnál például egy új optimalizált üléstartót terveztek, amely egy szabványos autóalkatrész, amely rögzíti a biztonsági öv rögzítő elemeit az ülésekhez és az üléseket a padlóhoz. Míg előzőleg ez a konzol nyolc darabból álló szerelt részegység volt, a generatív szoftver több mint 150 alternatív mintával állt elő, amelyek érdekes formákból álltak (4. ábra). A nyolc helyett egy rozsdamentes acélból készült darab, a GM által választott 40 %-kal könnyebb és 20 %-kal erősebb konstrukció lett, mint az előző hagyományosan tervezett konzol. (Autodesk, 2021) 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 is függ, tehát ennek minimalizálása fontos szempont. Az akkumulátor tömegét sajnos nem lehet elég effektíven csökkenteni, mivel ennek változtatása negatívan jelentkezik az elérhető hatótávon, ha kisebb akkucsomagot alkalmazunk. 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-ket (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 létrehozása.

## 2. Módszer

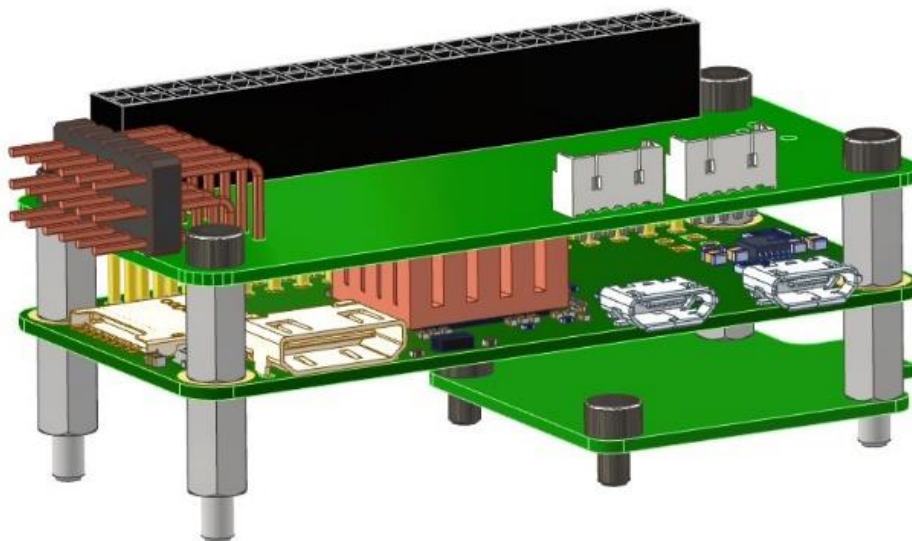
Mivel a négy motor teljesítménye 2800 grammos teherbírást eredményez, ez jelenti a drón kritikus tömegét, ami alatt kell maradni a tervezés során. A váz nélküli tömeg, tehát az egyéb alkatrészek, mint a motorok, nyomtatott áramkörök és az akkumulátor összesen 404 grammot nyomnak. Ez a megengedett tömeg 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.

1. táblázat: Az ABS tulajdonságai

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

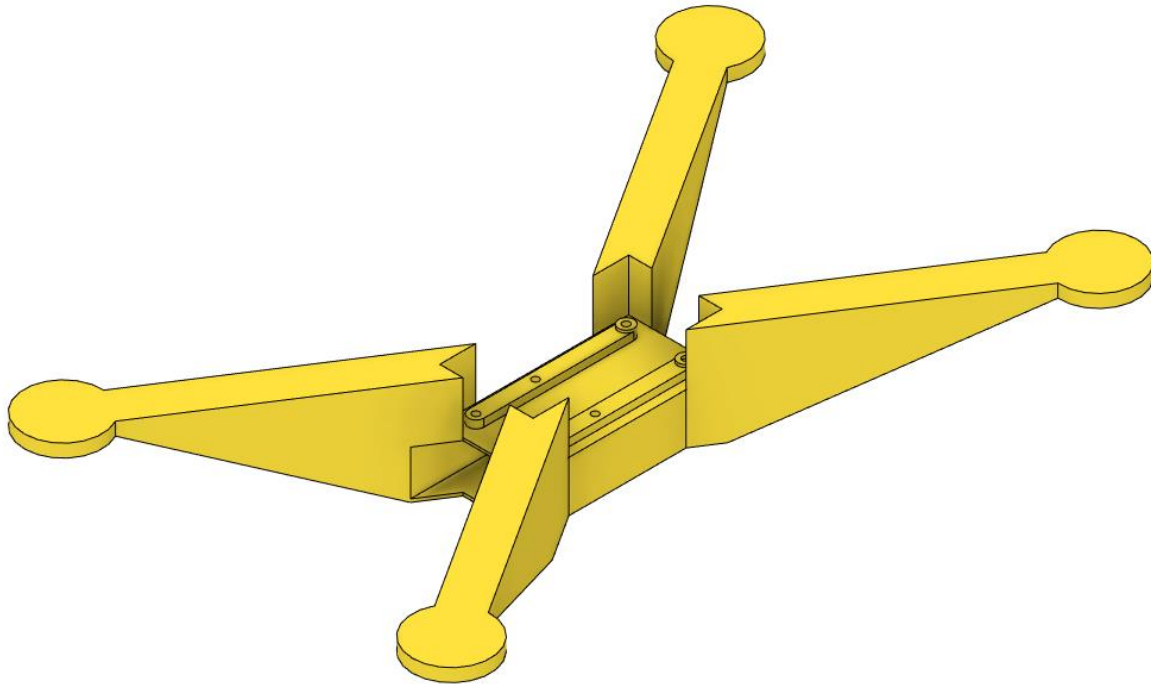
4. ábra Az elektronika a drón agya, melyről a jármű teljes vezérlése történik



*Forrás:* saját szerkesztés

Először egy alapkoncepció létrehozása szükséges. Az elektronikát lehet egy tömbként kezelni a kialakításuknak köszönhetően (4. ábra). 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 egy adott fokig, mint egy inga.

5. ábra A nagyolt modell, melyet kezdőformának használunk fel



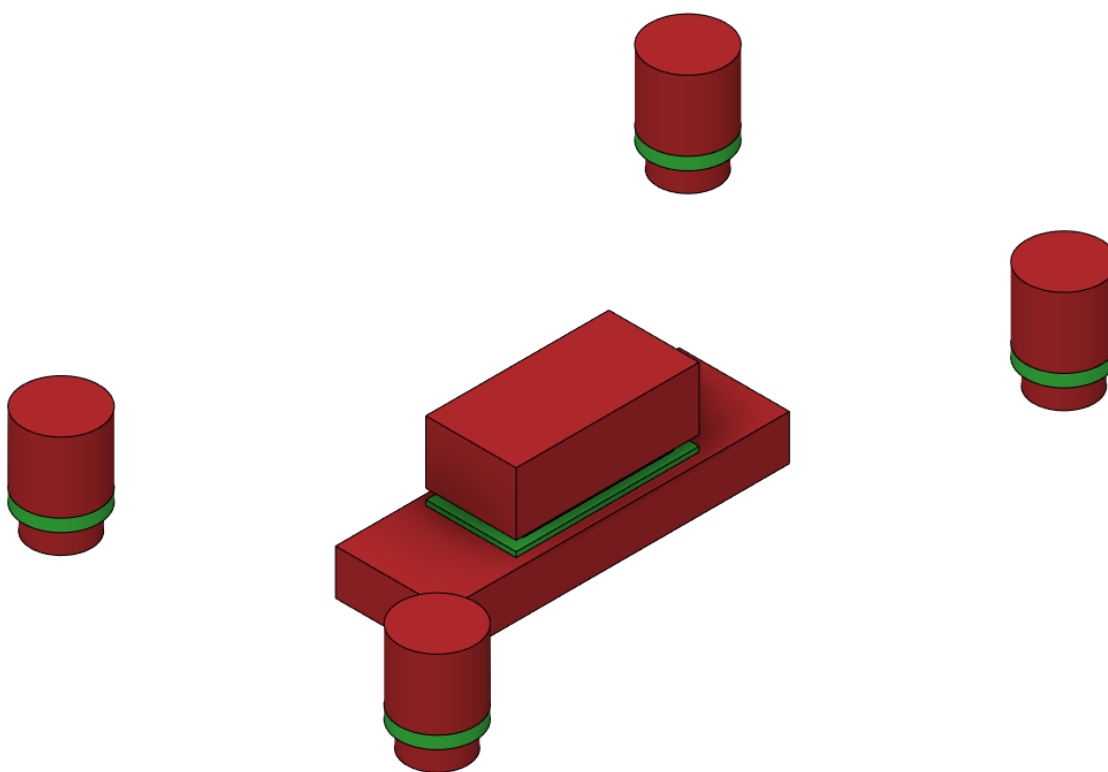
*Forrás: saját modell*

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 ez a motorok rögzítési pontjai, melyen a kerek tárcsák a nagyolt modellen. Továbbá az elektronikát két bordához szeretnénk rögzíteni, melyeket szintén megmaradónak adunk meg, az akkumulátor dobozának a falával egyetemben. A rögzített kényszert a bordákban elhelyezett furatok felületein adtuk meg, ezzel lekötve a modell szabadságfokait. A terheléseket a motorok rögzítési pontjára adtuk meg, 7 N-nal felfelé, mellyel a motorok felhatjőerejét szimuláljuk. Egy másik terhelési esetben pedig az akkumulátor súlyát szimulálva, a korongokat rögzítettük és a központi síkfelületre került a terhelés 14 N nagysággal. Mivel a legveszélyesebb terhelések nem a tervezett, normál menetciklus alatt keletkeznek, hanem a váratlan meghibásodásokból vagy repülési balesetekből adódó erők, így a legrosszabb eset (Worst-case-scenario) kockázatelemzési elvét felhasználva, további három terhelési esetet határoztunk meg, melyek frontális-, oldal- és 45 fokos irányból való becsapódást vizsgálnak akkor terheléssel, mely a drón vázát érné egy 6 méterről való zuhanás végén a becsapódás pillanatában. Ennek értéke kb. 307 N amelyet a tárcsákra definiáltunk, esetenként különböző szögekkel. A szimulációhoz kezdeti geometriaként a nagyolt modellt adtuk meg, hogy az algoritmus egy ilyen jellegű geometriával kezdje az optimalizálást. Ez a megmaradó és akadály régiók mellett kissé engedi befolyásolni a geometriát. Ha az általunk megadott kezdeti geometria eleve nem felel meg a terheléseknek, akkor az algoritmus ettől el fog térni, tehát a kialakuló geometriát csak a megmaradó és akadály régiókkal lehet kontrolálni, ha például kritikus, hogy a generált modellnek milyen irányú és mekkora kiterjedése lehet.

### 3. Vizsgálat

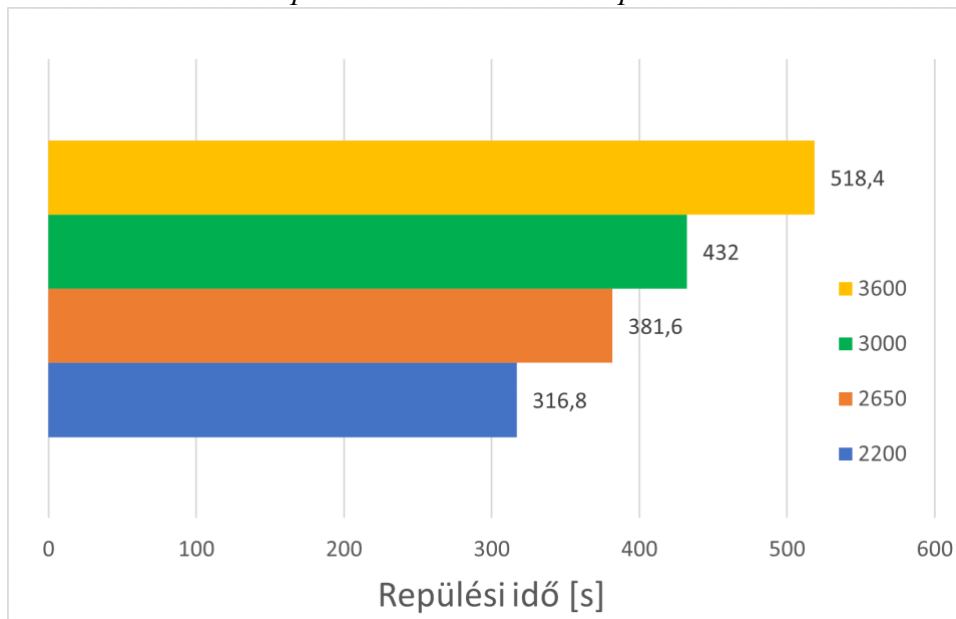
A tömegcsökkentésnek köszönhetően lehetőség van egy nagyobb kapacitású akkumulátort helyezni a drónra, mellyel több repülési időt érhetünk el. Az alap koncepció szerint a 2200 mAh-ás akkumulátort tartalmaz a drón, de a tömegcsökkentésnek köszönhetően egy nagyobb kapacitású csomag felhasználása is lehetővé vált úgy, hogy az össztömeg nem növekszik. A 2200 mAh-ás csomagnak 168 gramm a tömege, az ennél egy lépcsővel magasabb kapható kapacitás a 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 generatív váz tömege 87 g. A kapacitásnövekedéssel elért repülési idő pedig ezzel akár 65 másodperccel növekedhet.

6. ábra A megmaradó régiók (zölddel) és az akadály régiók (pirossal)



*Forrás: saját modell*

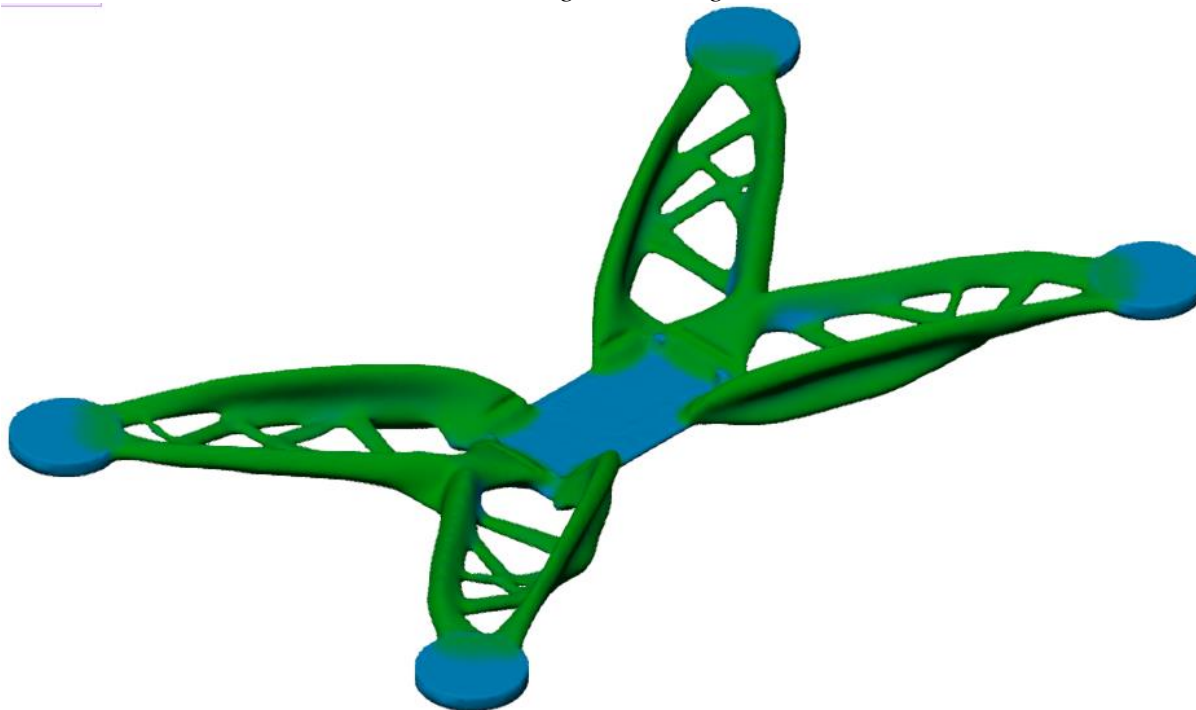
7. ábra Elérhető repülési idő a különböző kapacitású akkumulátorokkal



*Forrás: saját elemzés*

A 8. 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.

8. ábra Feszültségeloszlás a generatív vázon



*Forrás: saját modell*

Ennek további csökkentése elérhető a megmaradó régiók pontosabb megválasztásával, valamint a szimulációk többszöri iterálásával, illetve a biztonsági tényező növelésével. További fontos tervezési paraméter, additív gyártás esetén az orientáció is. Mivel az ABS ma már igen elterjedt a hobbi 3D nyomtatók körében és a piacon kapható FDM nyomtatók is megfelelő minőségben tudnak nyomtatni, így az algoritmust additív gyártásra való optimalizálásra is beállítottuk. Ez esetben a szoftver figyelembe veszi a rétegek orientációját a terhelésekhez képest, így a kialakult geometriát ennek megfelelően a lehető legerősebbre kívánja alakítani. Ez mind a tervező, mind a szoftver részéről fontos paraméter, mivel az egyes orientációk között a megengedett legnagyobb feszültség értéke akár a kétszerese is lehet (Tanoto et al., 2017)

#### **4. Összefoglalás**

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 egyre szélesebb használata ezen a téren várható. (Shahrubudin et al., 2109) 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 az is, hogy - a megnövekedett számítási kapacitásoknak köszönhetően - már sokkal több típusú koncepcióra összehasonlítására van lehetőség, hogy tervezéskor a lehető legoptimálisabb megoldást válasszuk.



## FORRÁSOK

1. Driving a lighter, more efficient future of automotive part design, <https://www.autodesk.com/customer-stories/general-motors-generative-design>, Letöltve 2021.06.10.
2. <https://www.symetri.co.uk/insights/blog/what-is-generative-design-and-what-does-it-mean-to-manufacturers>
3. Kuang-Hua Chang: Product Performance Evaluation using CAD/CAE, Academic Press, 2013, p 2-4.
4. N. Shahrudin, T:C: Lee, R. Ramlan: An overview on 3D printing technology: Technological, Materials and Applications, Precedia Manufacturing, 2019, [10.1016/j.promfg.2019.06.089](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089)s
5. Y. Tanoto, J. Anggono, I. Siahaan, W. Budiman: The effect of orientation difference in fused deposition modeling of ABS polymer on the processing time, dimension accuracy and strength, AIP Conference Proceedings, 2017, <https://doi.org/10.1063/1.4968304>