



Generative Design

Tartalom

01

Bevezetés – Mi az a GD?

Mi az a generative design? Miért hasznos számunkra? Miben újítás?

02

A GD geometriai vonatkozású része

Háromszög hálóból → szép, „watertight” felület

03

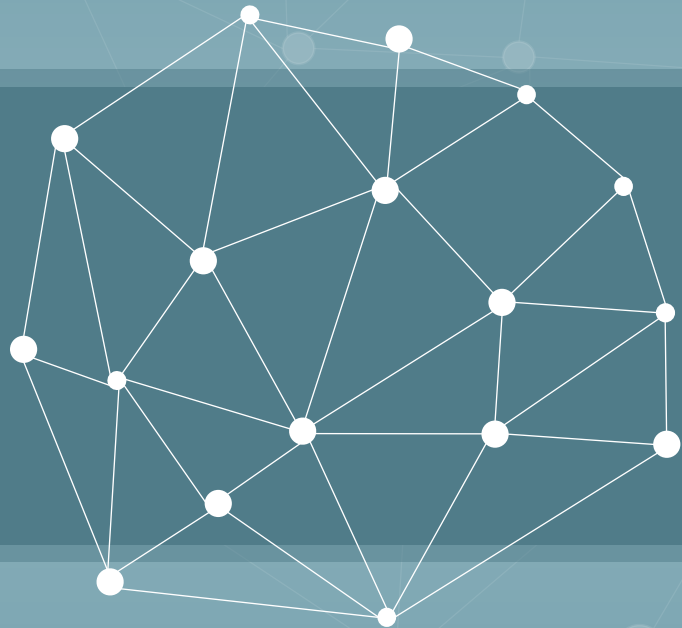
2D demo tesztprogram bemutatása

Algoritmusok, tapasztalatok

04

Jövőbeli tervek – projekt folytatása

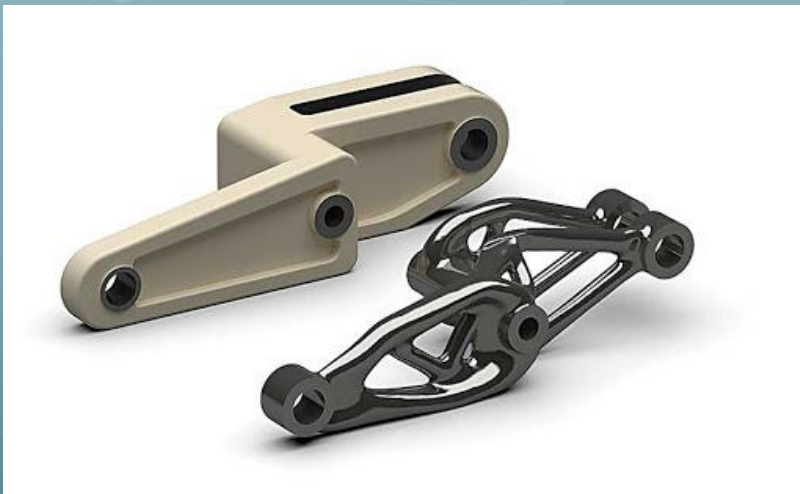
Mi van még vissza? 2D → 3D?



Bevezetés

Mi az a generative design?

Generative Design

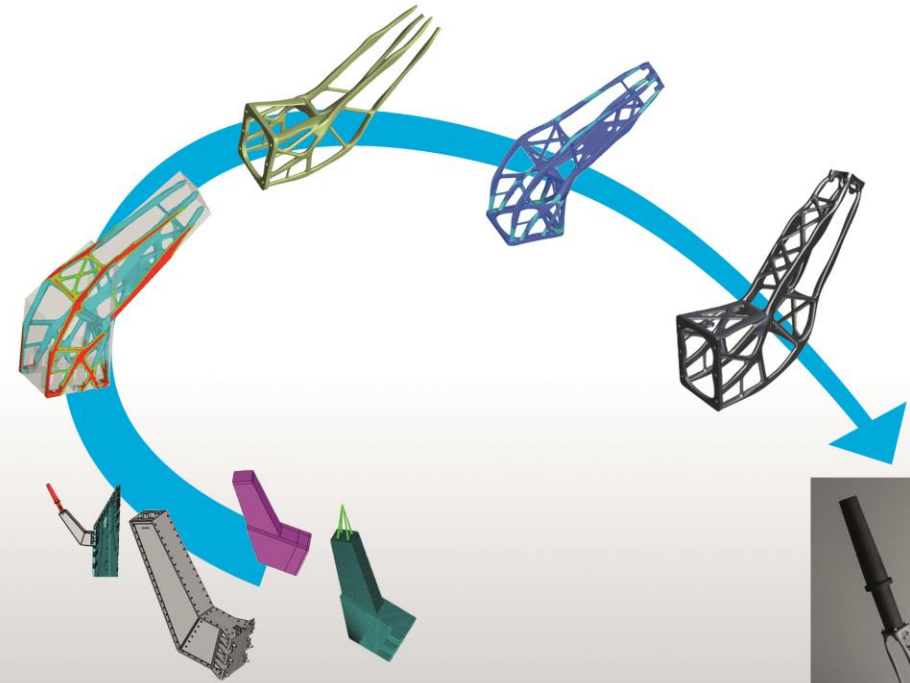


- A 3D tervezésben egy új modern módszer
- Az additív megmunkálások esetén hasznos (pl. 3D printing)



Előfutára: topológiai optimalizálás.

- Adott: kész modell
- Finomítás matematikai módszerekkel
- Cél: legoptimálisabb alkatrész előállítása kényszerek alapján
 - Pl. szilárdságtani, hőtani kényszerek
- Számos módszer:
 - Homogenizáció – SIMP,
 - ESO, BESO
 - Stb.

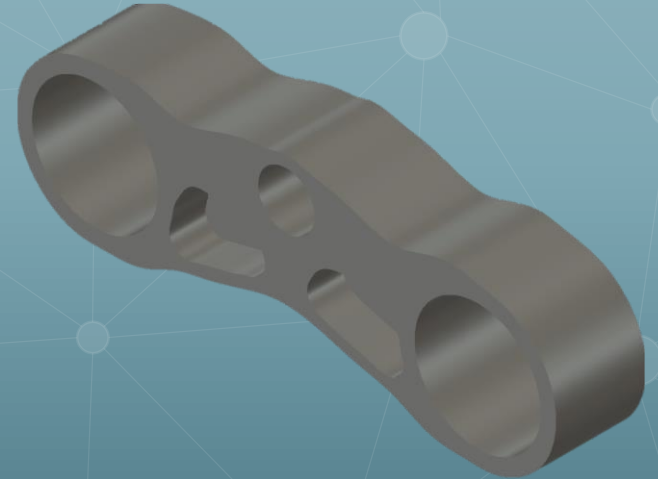
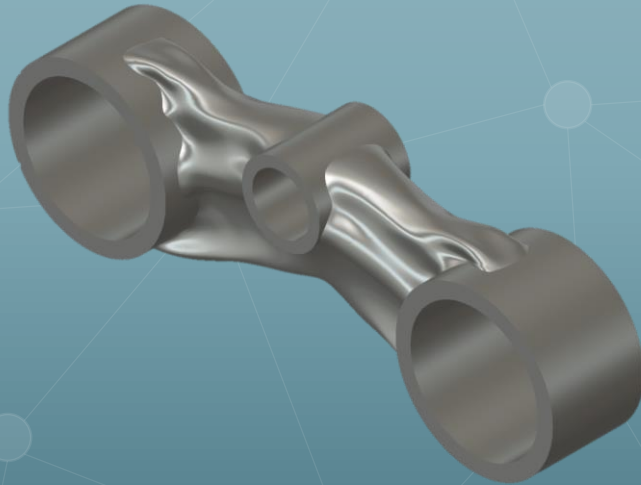
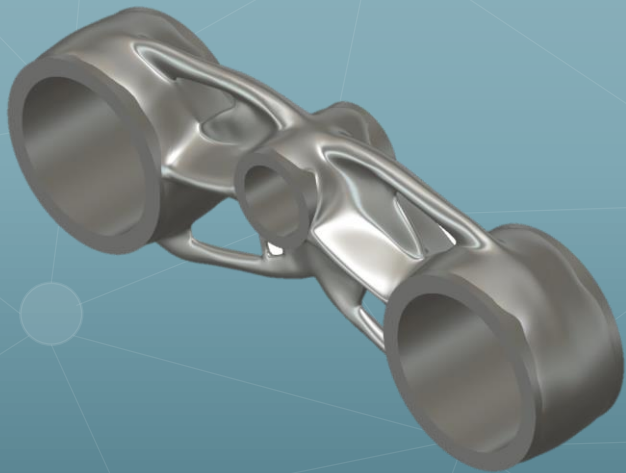


The technology symbiosis of topology optimization and additive manufacturing leads to:
half the weight - reduced stress - increased stiffness - minimum design lead time!

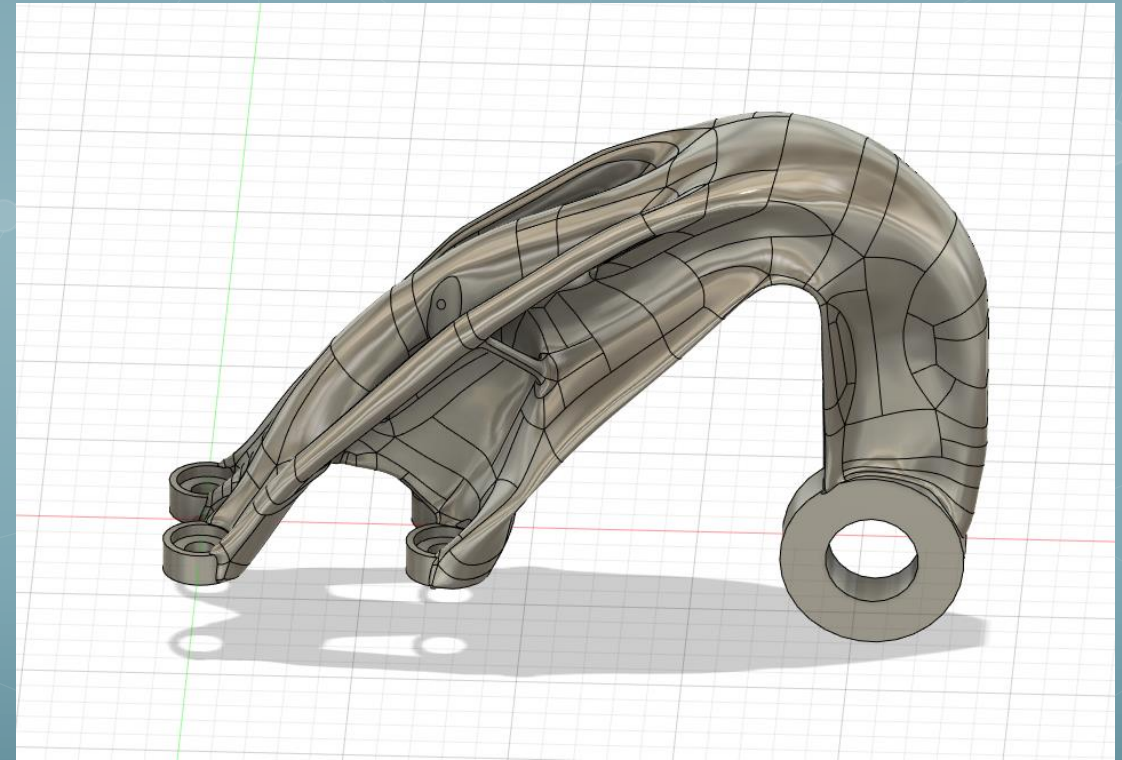
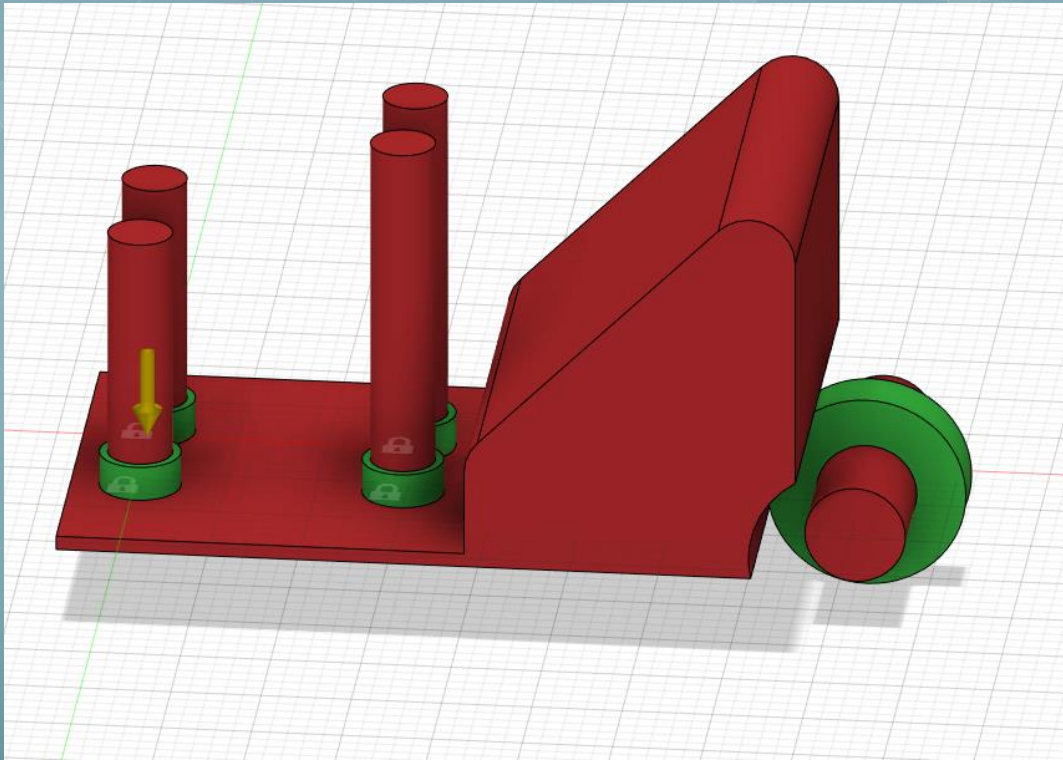


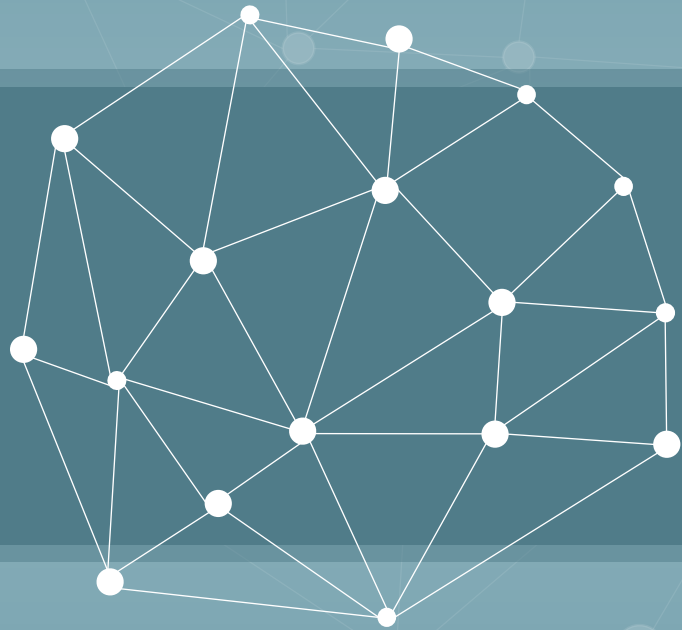
Generative design

- Input: kezdeti kényszerek
 - Alakzatok (pl. hengerek, téglatestek),
 - a kész alakzat teljesen vagy részben tartalmazza, esetleg kihagyja (furatok) (kényszerező testek)
- AI generál design-okat
- Előnye a topológiai optimalizáláshoz képest:
 - A tervezés korai szakaszában jelen van → több lehetséges design



DEMO – Autofusion360





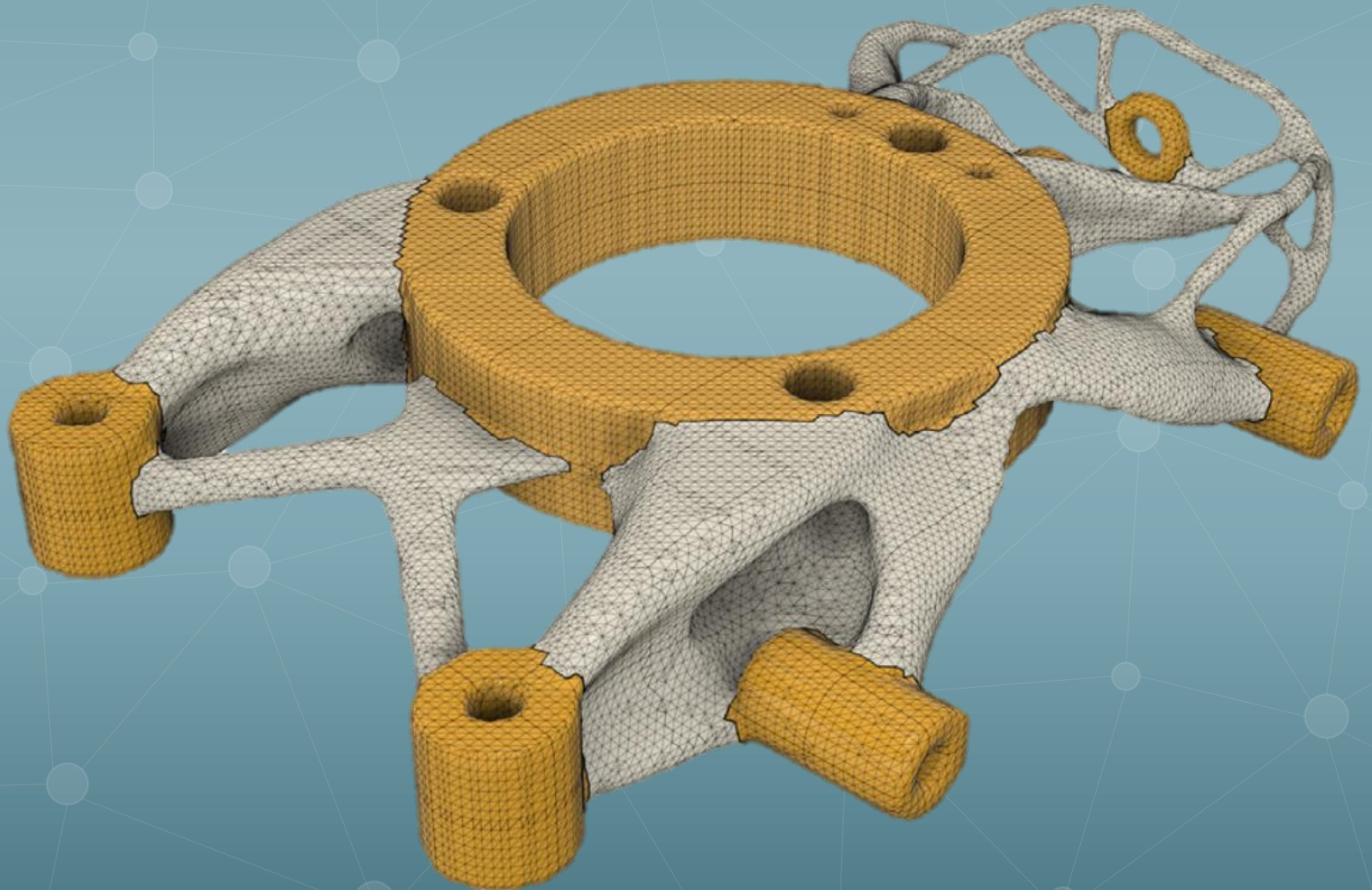
GD geometriai problémák

Watertight B-rep létrehozása



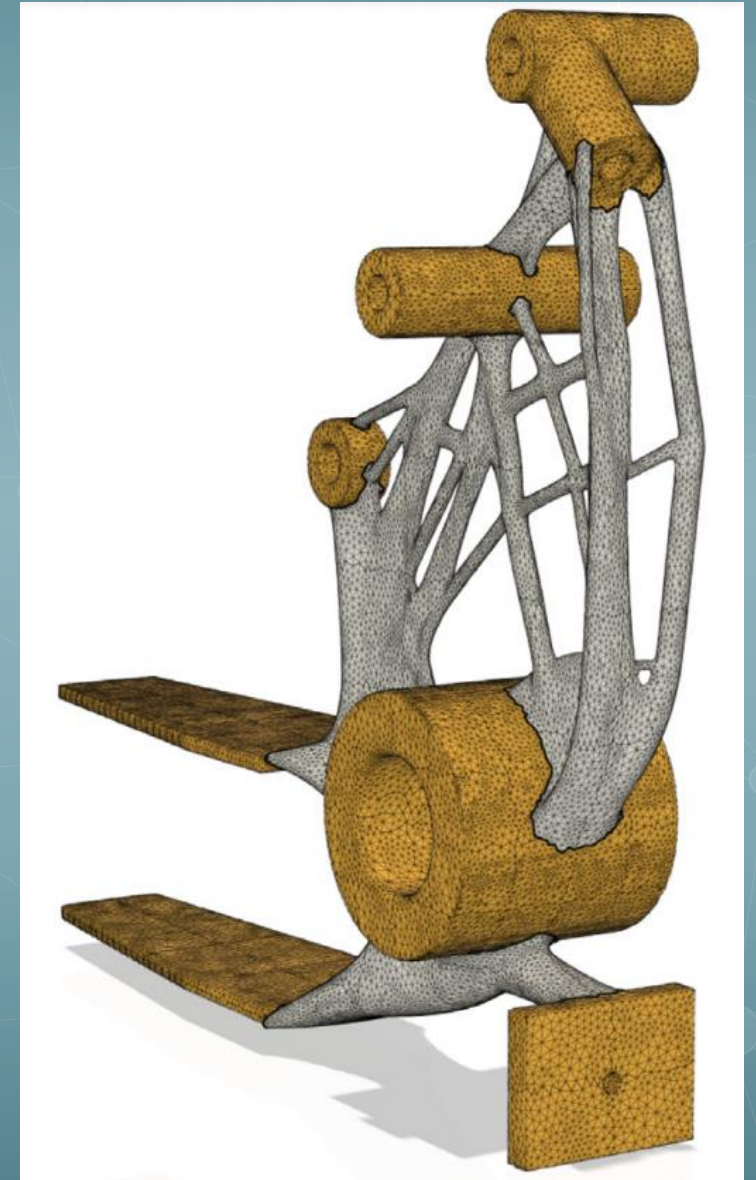
Az algoritmus eredménye: háromszögháló

- Eredmény: háromszögháló
- Oka:
 - az optimalizáló és a fizikai szimuláció algoritmusok
 - Diszkrét modellek (pl. térfogati modell)



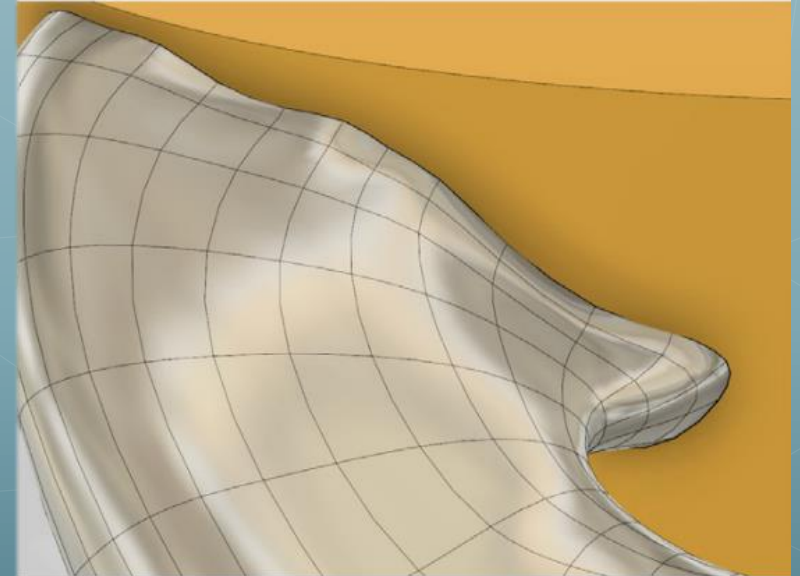
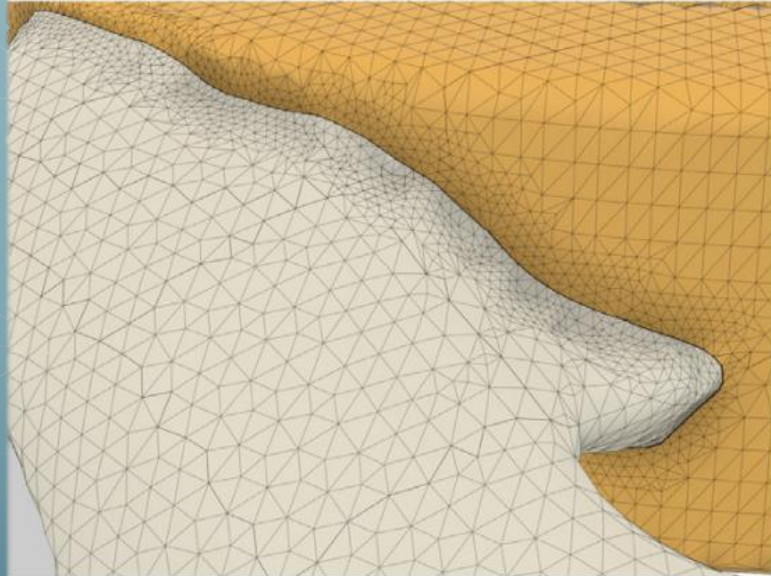
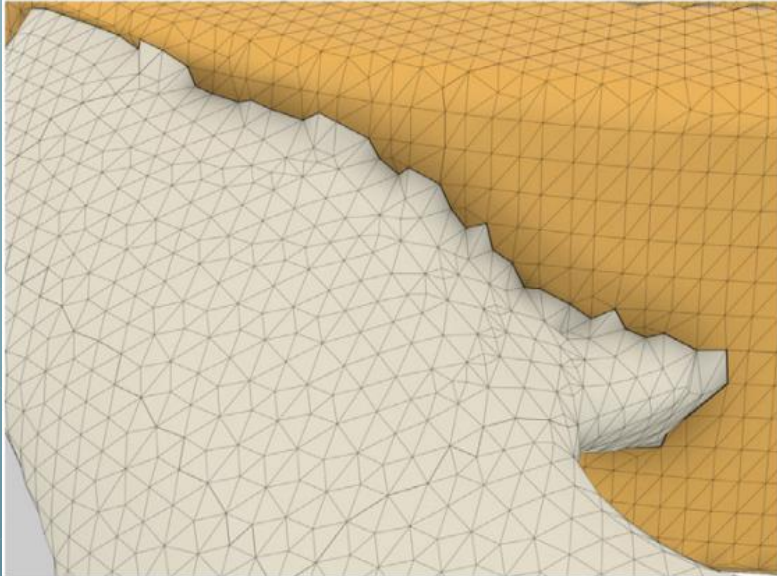
1. lépés: kényszerező geometriák detektálása és eliminálása

- Detektálni a kényszerező testhez tartozó vertexeket
- Eliminálni ezeket a részeket



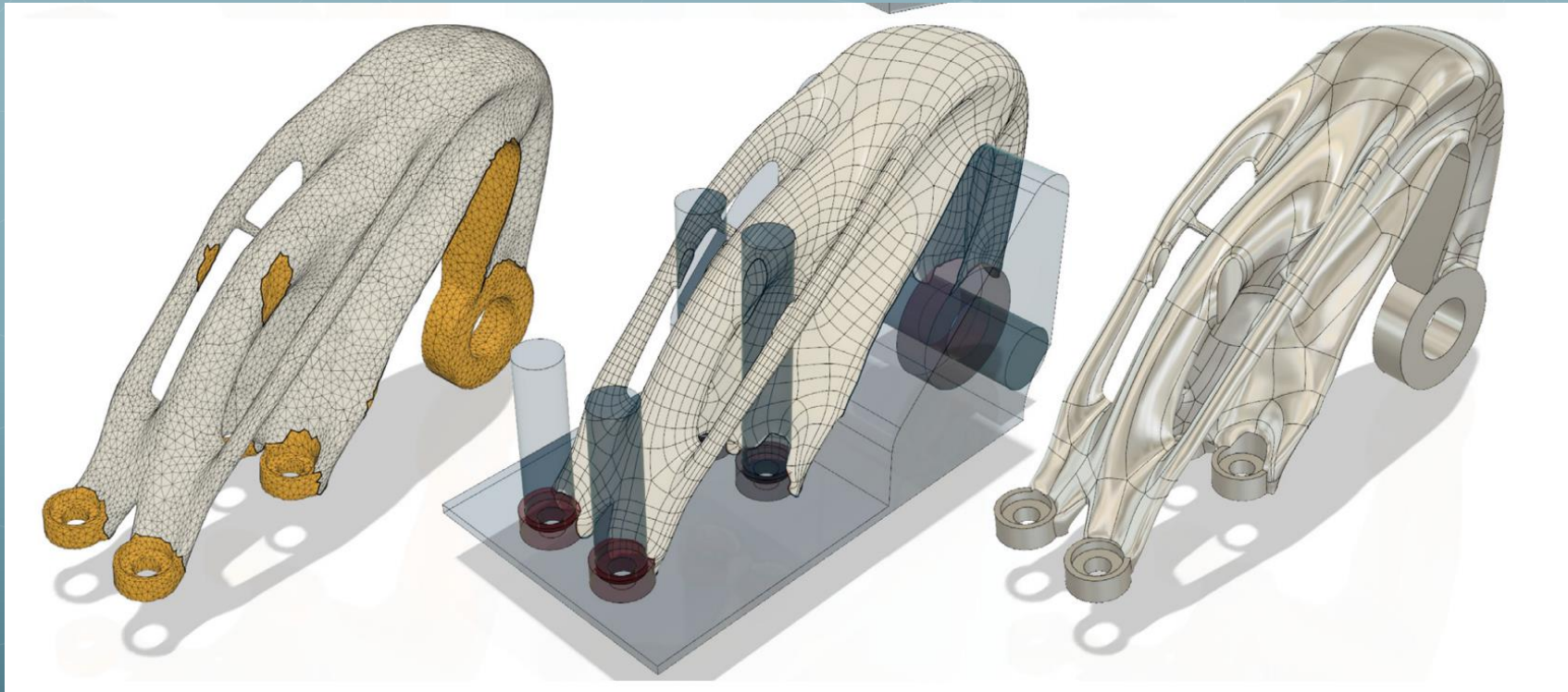
2.lépés: összekötő szerkezet és a kényszerező testek találkozásának pontosítása

- Felismertük a kényszerező testeket
- Határ két régió között: nem folytonos, töredezett
- Javítás: (2 lépés)
 - Adaptív remesh(curve based adaptive remesh)
 - Simítás (felszínre korlátozott)



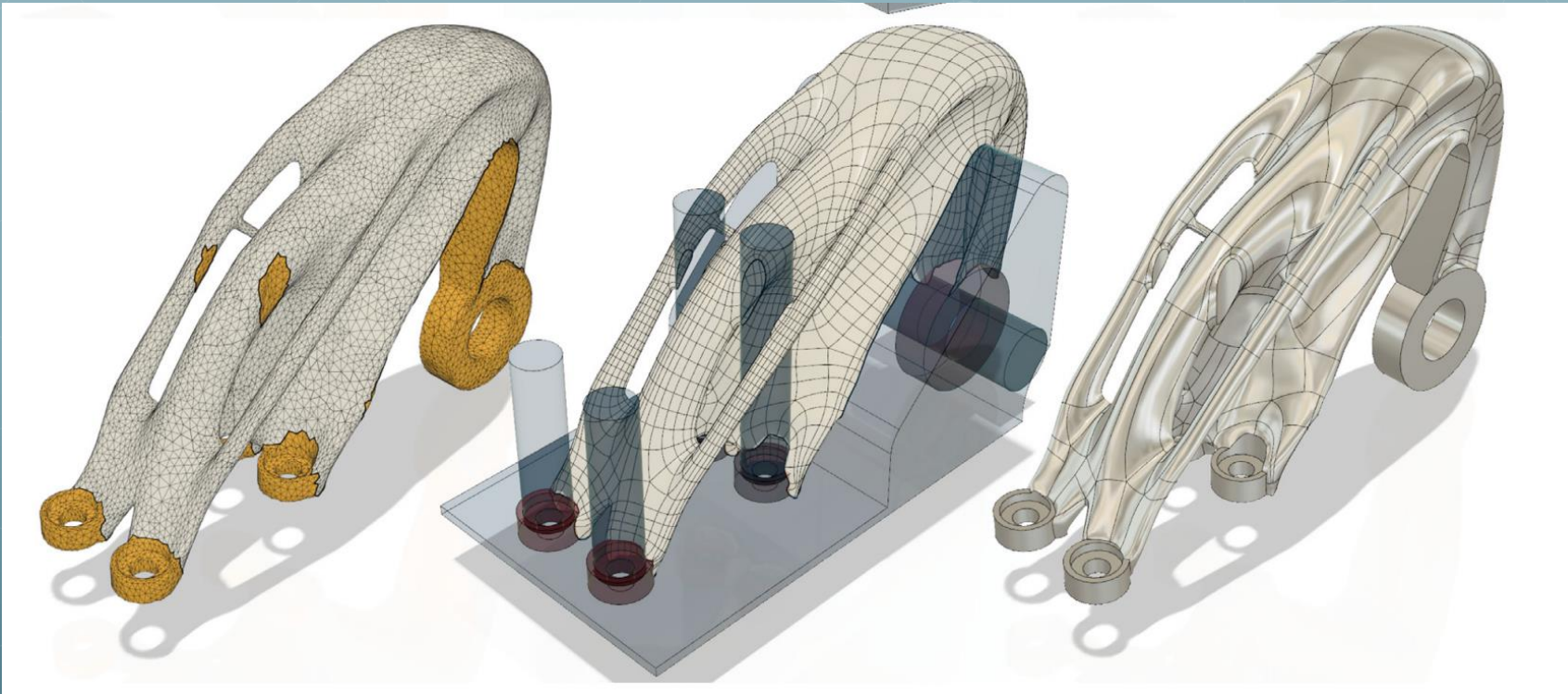
3. Lépés a megmaradt összekötő szerkezet régiókra bontása

- Régiókra bontás az illesztéshez
- Több lépés:
 - Cross-field - a főgörbületi irányok alapján
 - Size-field – adott területen mennyire apró részletek vannak
 - Quad-mesh generálása
 - Partícionálás



4. lépés: régiók illesztése felületekkel

- Több lehetséges felület:
 - 4 oldalú B-spline
 - T-NURCC
- CAD kompatibilis felületek
- (ezért nem megfelelő pl. egy n oldalú GB-patch)

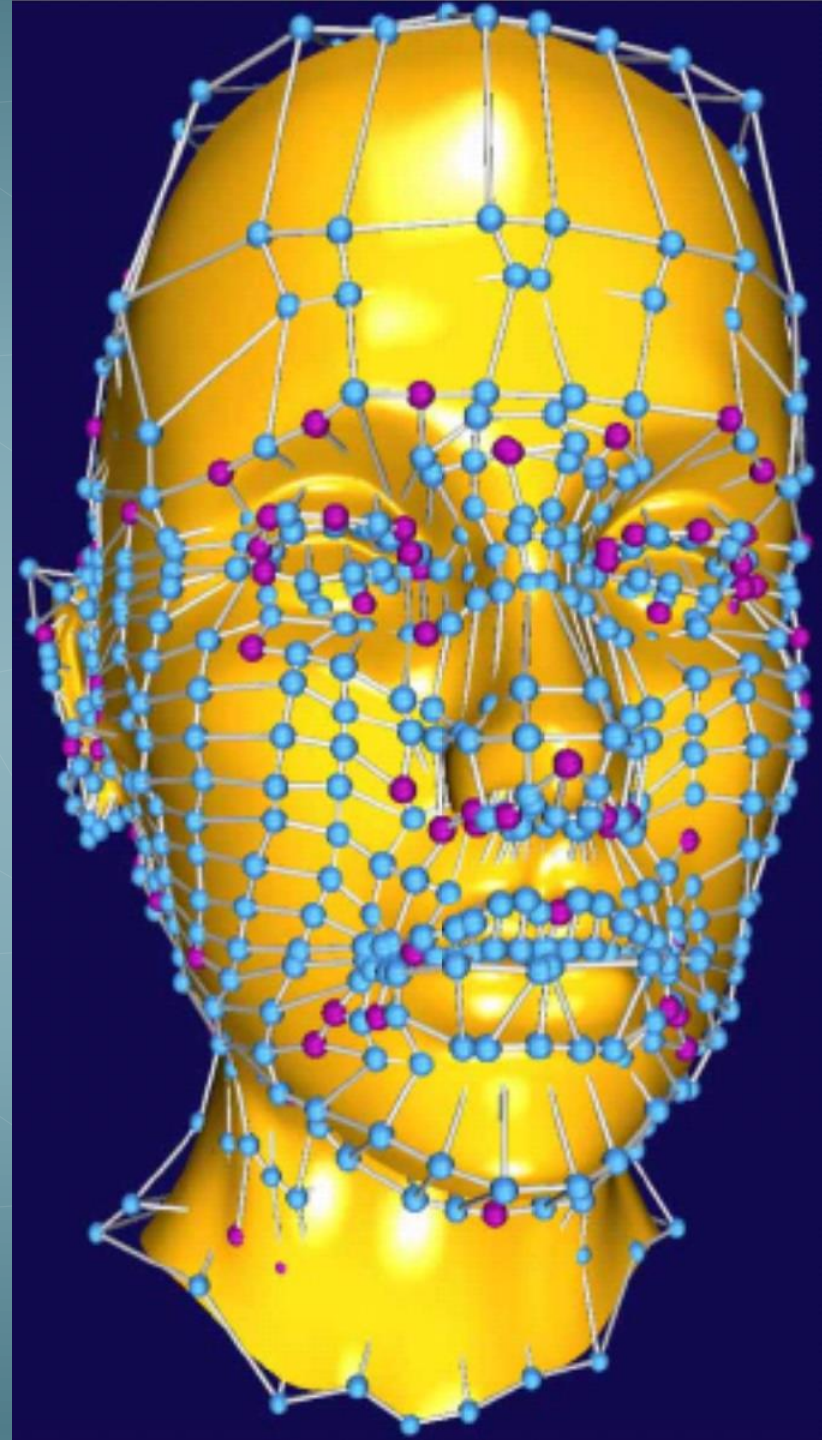
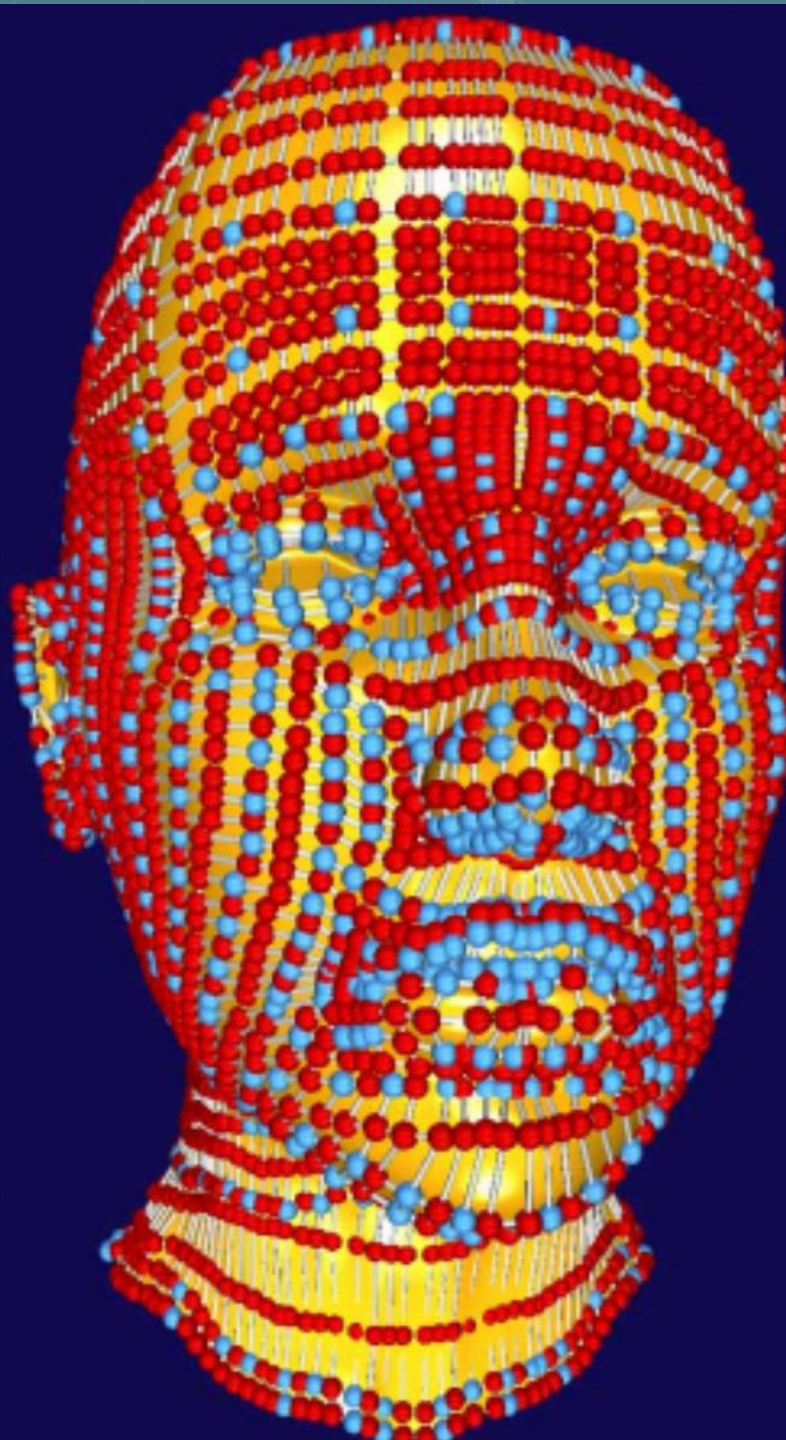
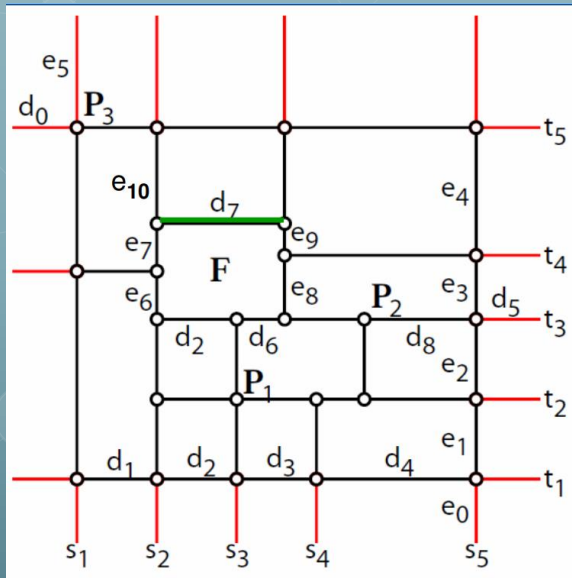


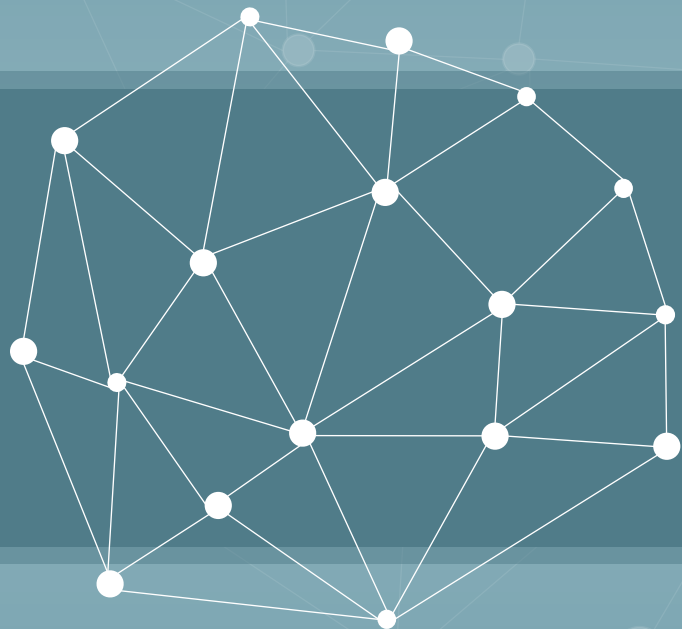
T-NURCC

NURCC – Non-uniform Rational Catmull-Clark surface

B-Spline vs T-Spline

- A kontrollpoligonba megengedünk T- csomókat is
- Előny: apró részleteknél sűrűbb kontrolstruktúra

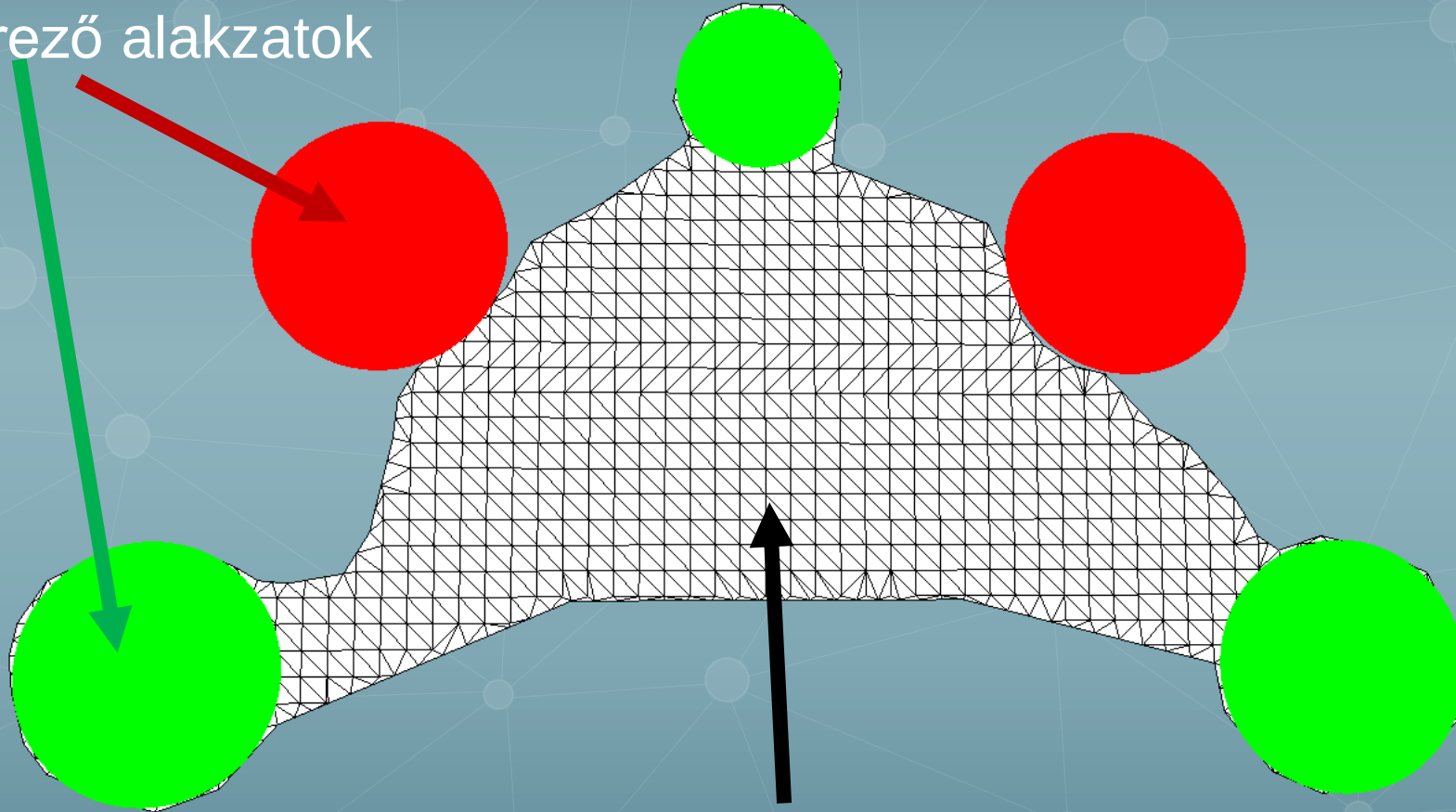




2D tesztprogram bemutatása

Teszteléshez használt geometriák

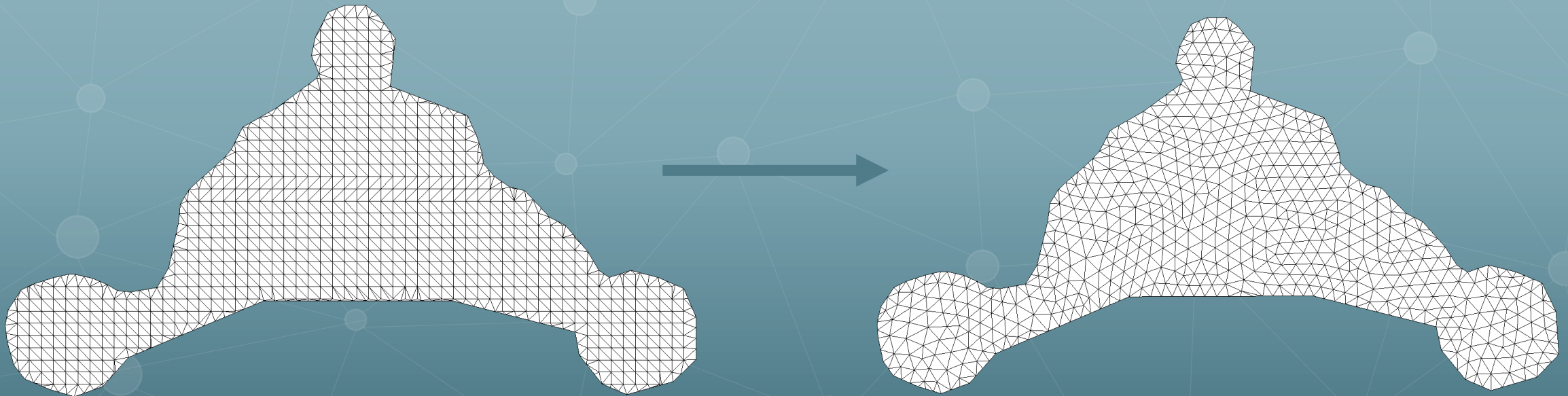
Kényszerező alakzatok



Összekötő szerkezet

1. lépés : Remeshing

- Cél:
 - élhosszak L közelében
 - a csúcsok vegyértékei 6 hoz közelítenek
- Az algoritmus lépései: (Input: L – kívánt hosszúság)
 1. Egy él split, ha hosszabb mint $\frac{4}{3} * L$
 2. Egy él collapse, ha rövidebb mint $\frac{4}{5} * L$
 3. Egy él flip, Ha csökken a vegyértékek 6-tól vett négyzetes eltérése
 4. Vertex koordináták újraszámolása - tangenciális simítás

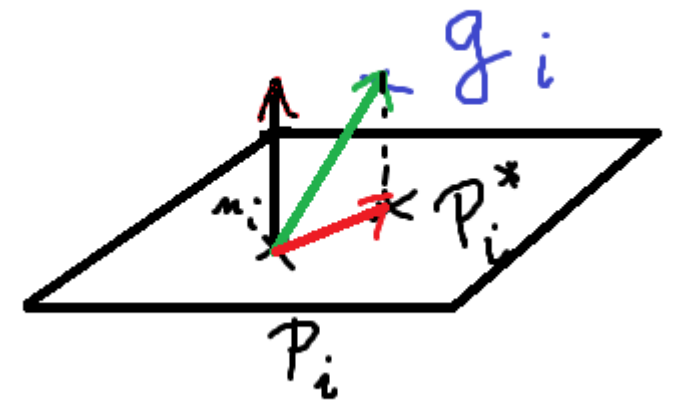


Tangenciális simítás

$$g_i := \frac{1}{\sum_{p_j \in N(p_i)} A(p_j)} \cdot \sum_{p_j \in N(p_i)} A(p_j) \cdot p_j$$

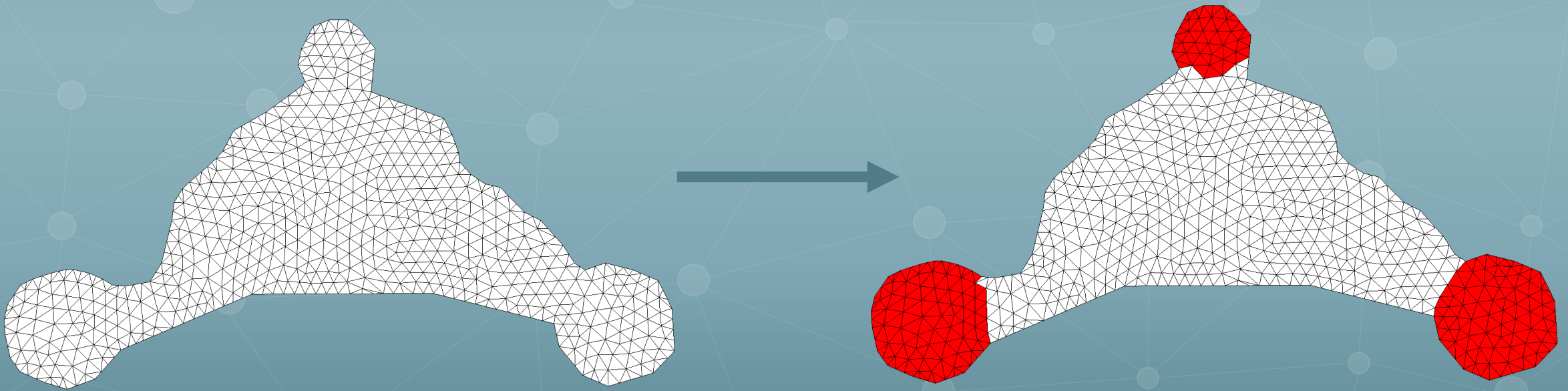
$$p_i \leftarrow p_i + \lambda \cdot (I - n_i n_i^T)(g_i - p_i)$$

- $A(p)$ – p pont Voronoi-cella területe
- λ – csillapítási tényező, hogy ne legyen oszcilláció
- n_i – normál vektor p_i -ben



2. lépés: A kényszerező alakzatokra illeszkedő háromszögek megtalálása

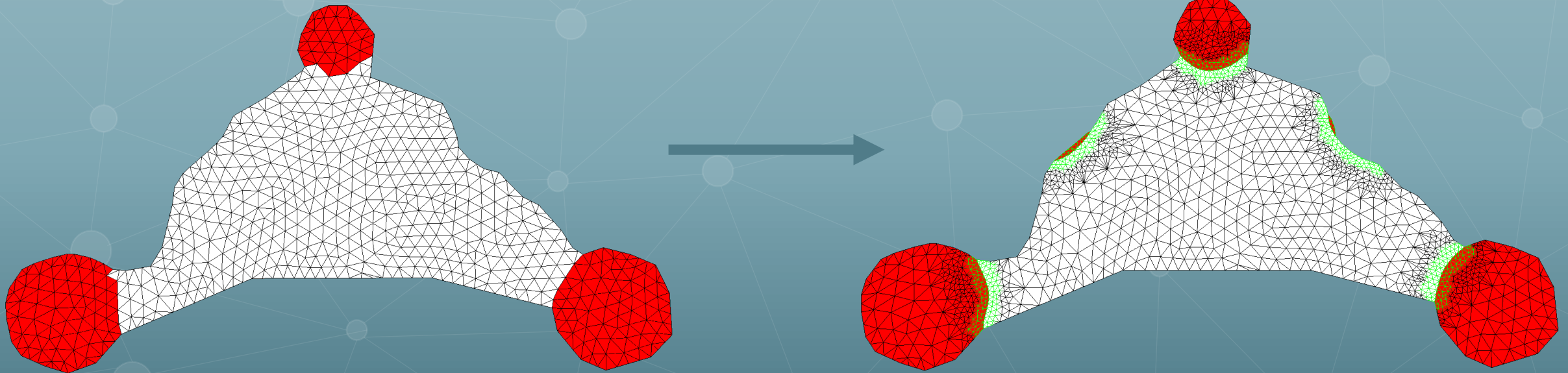
- Mindhárom csúcs benne van → háromszög a kényszerező alakzat része



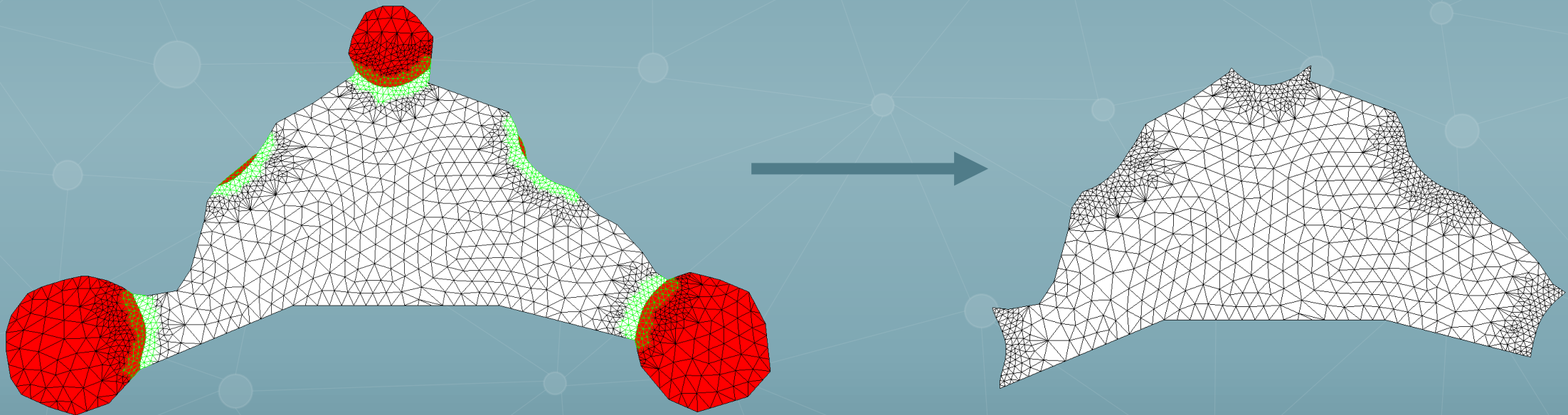
3. lépés: A két régió közötti határ finomítása ill. simítása

- Alapvetően görbület alapú adaptív remesh
- 2D –ben nincs nagy jelentősége
- Remesh adott L hosszúságra
- Laplace-simítás

$$p_i \leftarrow p_i + \frac{1}{2} \cdot L(p_i)$$
$$L(p_i) = \frac{1}{2} \cdot (p_{i+1} - p_i) + \frac{1}{2} \cdot (p_{i-1} - p_i)$$

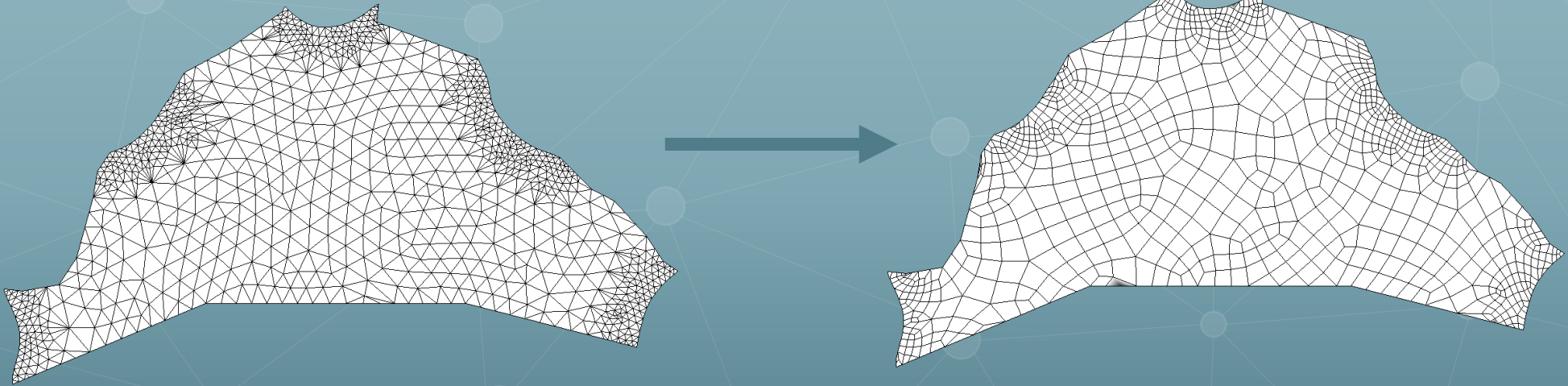


4. lépés: A piros háromszögek eliminálása



5. lépés: Quadmesh generálás

- Összetett lépés
- Két lépésben
 1. QuadMesh létrehozása a háromszög hálóból. (egyszerű, naív algoritmussal)
 - nem túl jó minőségű eredmény
 - Sok nem 4 vegyértékű csúcs, konkáv négyszögek
 2. Quadmesh javítás lokális műveletekkel



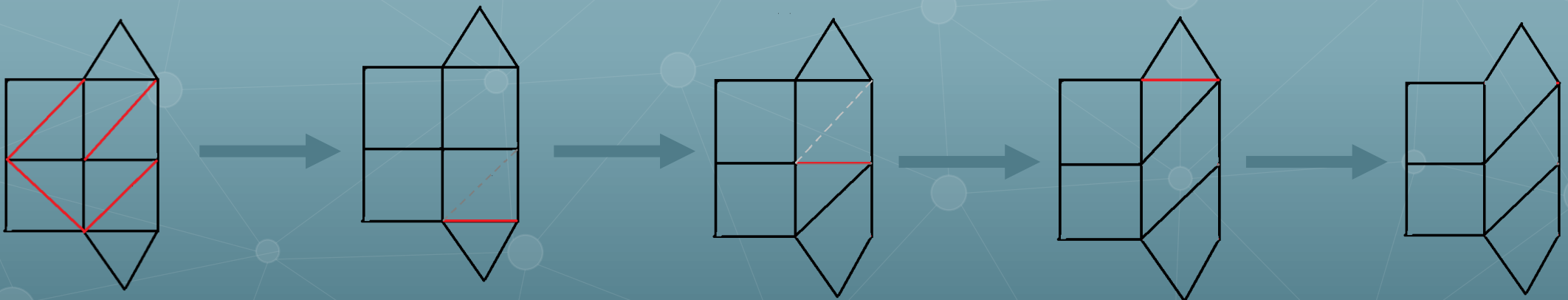
Quadmesh létrehozó algoritmus

1. Élek törlése – mohó algoritmus

- Élek osztályozása:
 - Ha egy élet törölünk a kapott négyszög szögei mennyire derékszögűek
- Mohó módon törölünk ha nem jön létre többszögű poligon

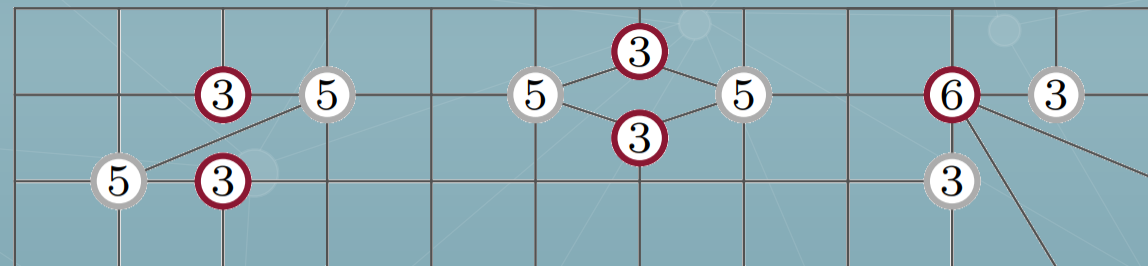
2. A megmaradt háromszögek mozgatása flip műveletekkel

- 1. lépés után maradnak háromszögek
- Minden háromszöghöz a hozzá legközelebb lévő másik háromszög keresése (BFS)
- Flip műveletek sorozatával a két háromszöget egymás mellé „visszük”
- Köztük lévő él törlése → négyszög



QuadMesh javító algoritmus

- Lokális lépések
- Bizonyos vertex konfigurációk keresése
- Műveletek amelyekkel csökken az irreguláris vertexek száma (azaz amelyeknek nem 4 a vegyértéke)
- Pl.



Swap

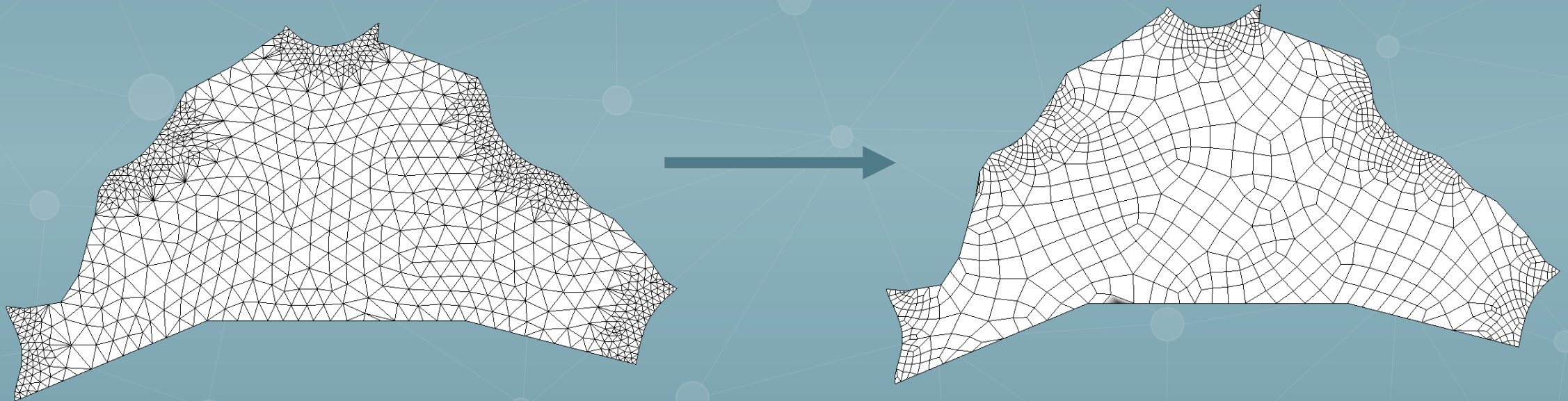
Collapse

Split



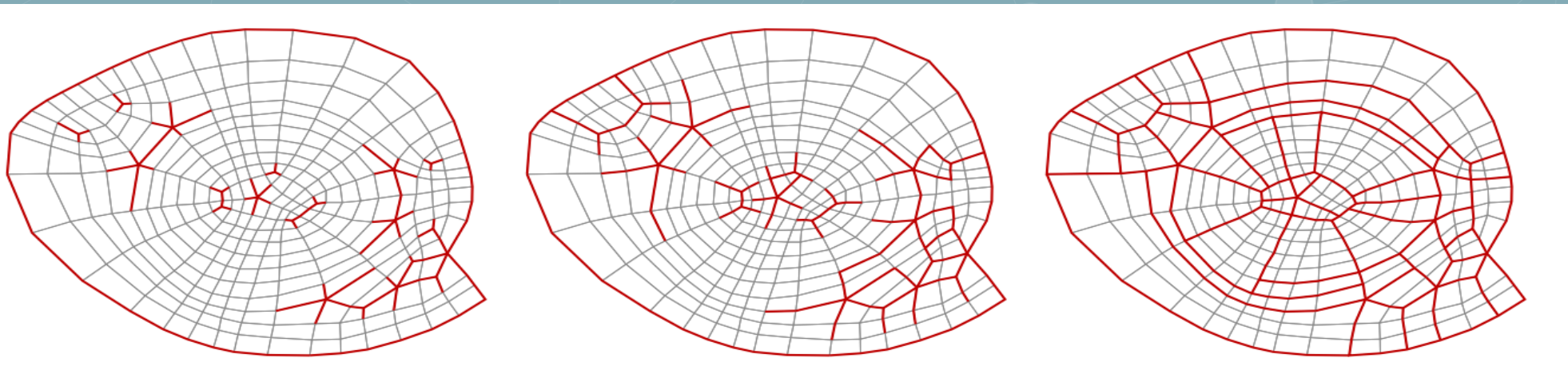
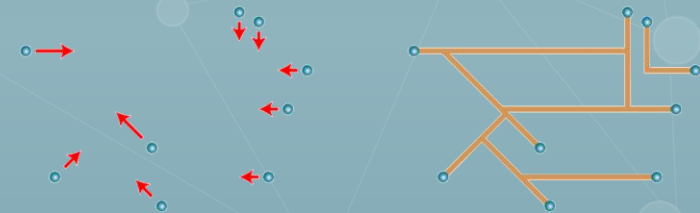
- Javítás előtt:
 - 430 reguláris
 - 391 irreguláris
- Javítás után:
 - 753 reguláris
 - 130 irreguláris

QuadMesh létrehozás

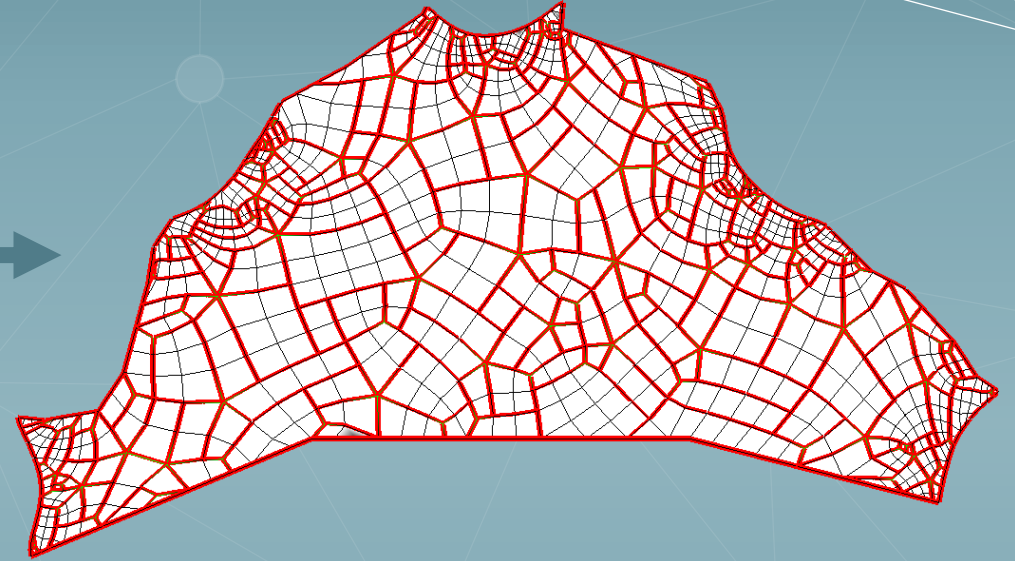
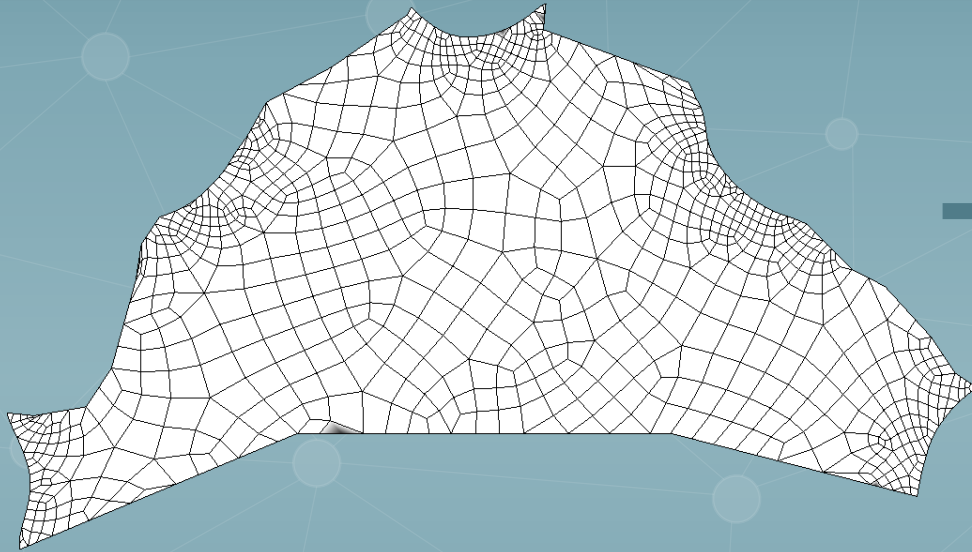


6. lépés: partícionálás

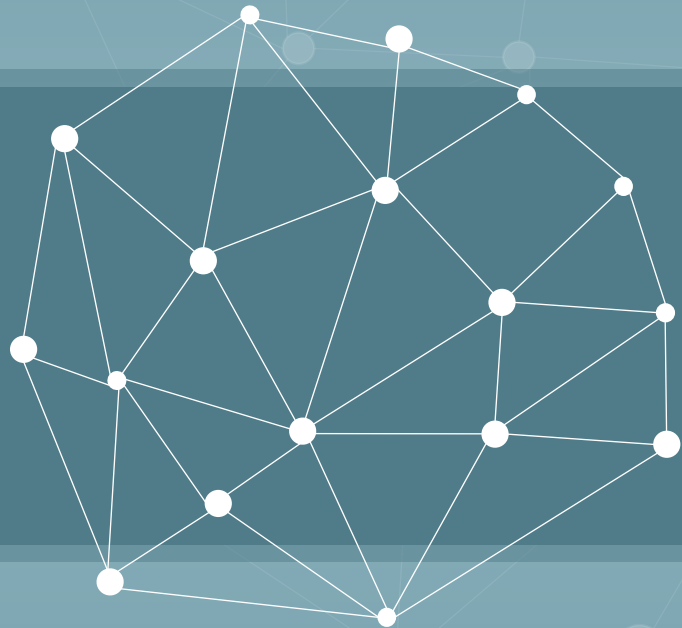
- „motorcycle” algoritmus
- Irreguláris pontok megkeresése
- A pontokból sugarak indítása
- Ha egy másik sugárba ütközünk, megállás



Eredmény



- Túl sok régió
- A partícionálás jó, a quadmesh minősége nem megfelelő



Jövőbeli tervek – projekt folytatása

Jövőbeli tervek – projekt folytatása

- 2D-ben visszavan:
 - Határok illesztése görbékkel → ezzel létrejönnek a patchek is
- 3D-ben:
 - Ugyanezek a lépések vannak
 - Minden algoritmust tesztelni kell 3D-ben is
 - Amit biztosan változtatni kell: a quadmesh generálás
 - 3D-ben még szükséges a patch-ek illesztése is valamilyen felülettel

The background is a dark teal color with a subtle pattern of light blue dots connected by thin lines, creating a network or molecular structure. In the center, there is a white geometric shape composed of several interconnected lines and dots, resembling a stylized molecule or a complex network node.

Köszönöm a figyelmet