

Nyugat-Magyarországi Egyetem
Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar
Alkalmazott Művészeti Intézet

Építész-tervezőművész MA

MANGLIÁR LÁSZLÓ

KISHÁZAK

**KOMPAKT HÁZ RENDSZER TERVEZŐ
GENERATÍV ALGORITMUS**

Szakdolgozat

témavezető:
U. Nagy Gábor

Sopron, 2016

NYILATKOZAT

Alulírott **MANGLIÁR LÁSZLÓ** (Neptun kód: **C9XIYV**) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

KISHÁZAK című **SAKDOLGOZAT / DIPLOMAMUNKA**

(*a továbbiakban: dolgozat*) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Hivatkozások és idézések szabályai: Az 1999. évi LXXVI. tv. a szerzői jogról 34. § (1) és 36. § (1) első két mondata.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenst illetve a feladatot kiadó oktatót nem tévesztettem meg. Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-magyarországi Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (*polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi*) jogkövetkezményeket.

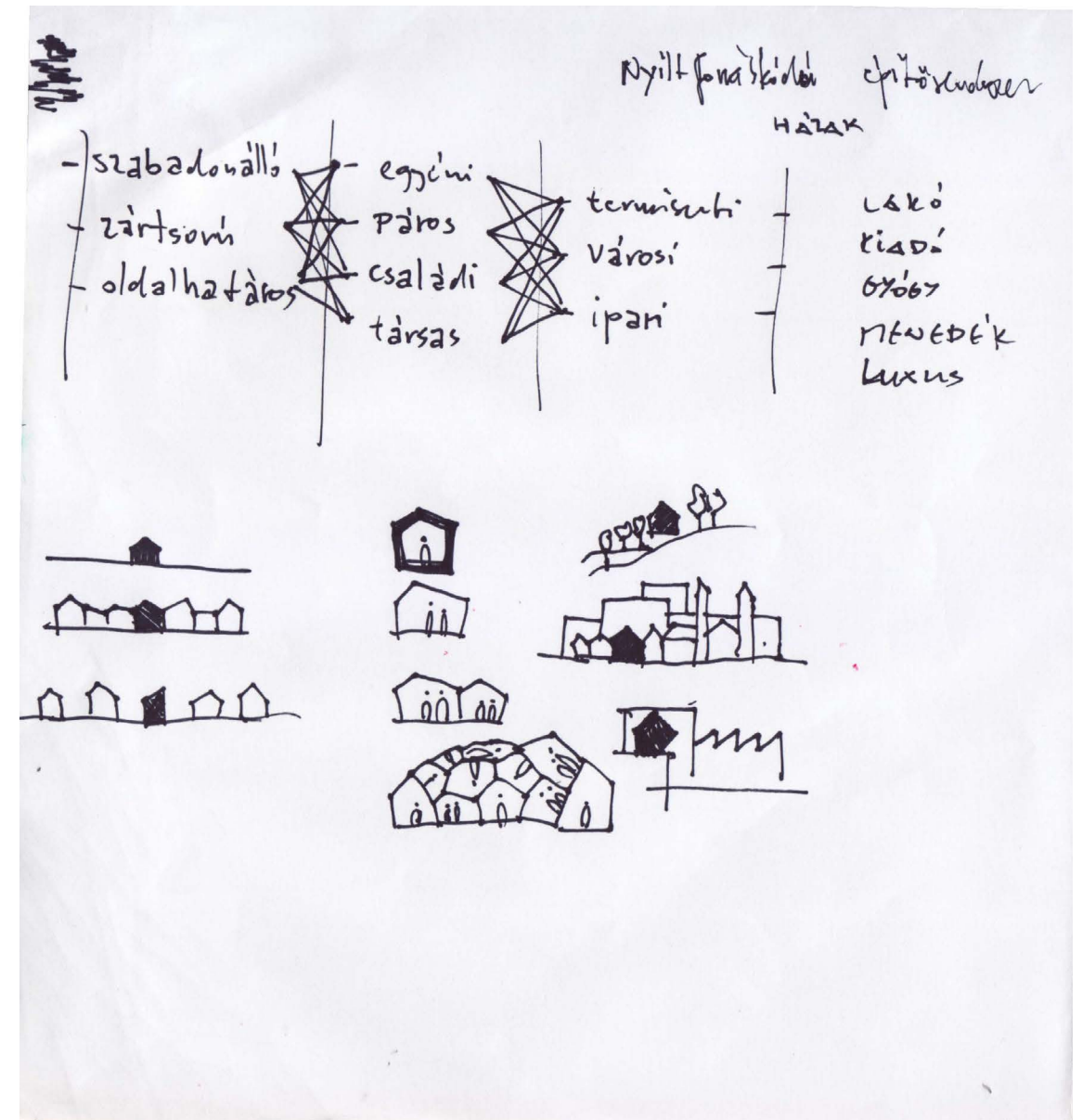
Sopron, 2016. május 5. _____

TARTALOM

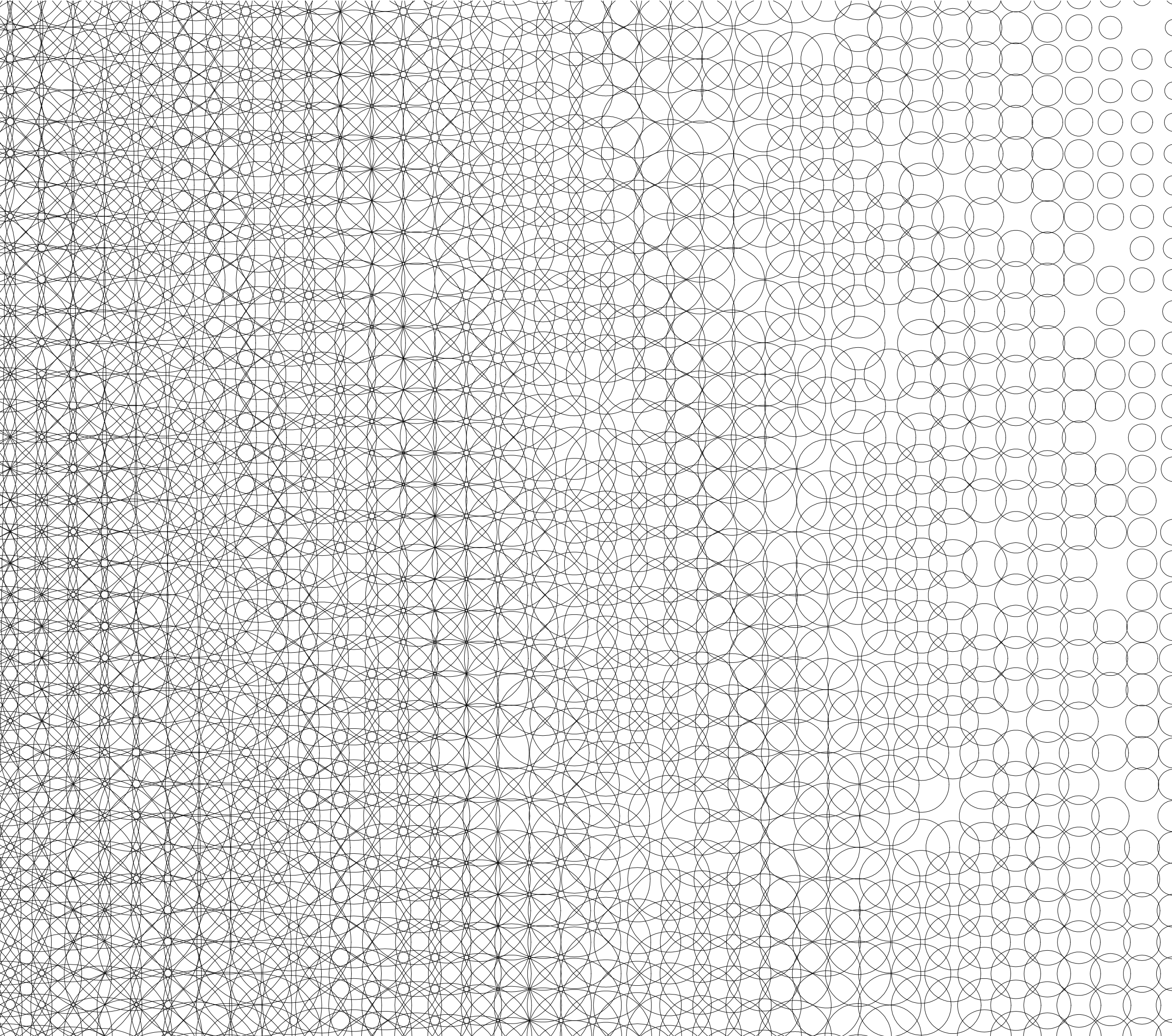
1.		
TÉMA		7
2.		
RESEARCH		9
nyílt forráskód		10
előregyártás		11
bionikus tervezés		12
3.		
ALAPKUTATÁS		17
sókristály növesztés		18
kavicsok		20
vázlatok		22
origami tesszalációk		24
algoritmus töredékek		26
szerkezet modellezés		34
konceptmodellek		36
4.		
A PROGRAM		38
az algoritmusról		42
az algoritmus menete		43
tömegképzés		46
szerkezetképzés		50
analízis		52
modell bake		54
5.		
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS		56

1. TÉMA

nyílt forráskódú parametrikus építészeti rendszer tervezése



témafelvetés



2.RESEARCH

A témához kapcsolódó kutatás, gyűjtés.



csomóponti részlet

WIKIHOUSE

Jelszavuk: design global, manufacture local. a wiki-house „open design”-nak köszönhetően egy teljes ház személyre szabása, gyártása, összeállítása pár nap alatt pár ember által megvalósíthatóvá válik. Az szerkezet minden eleme egy 2d-s cnc maróval rétegelt lemezből gyártható. A vázszerkezet ezután elemeiből egyszerűen összerakható, ékcsapos rögzítéssel, egyetlen kalapács segítségével.



robbantott szerkezeti modell

NYÍLT FORRÁSKÓD

A „szabad szoftver” elnevezés a felhasználók szabadságára utal. Azt jelenti, hogy a felhasználóknak szabad futtatni, másolni, közzétenni, tanulmányozni, megváltoztatni és tökéletesíteni a szoftvert. Pontosabban kifejtve a felhasználók négy különböző jogát jelöli:

A jogot arra, hogy futtassák a programot, bármilyen céllal.

A jogot arra, hogy tanulmányozzák a program működését, és azt a szükségleteikhez igazíthassák. Ennek előfeltétele a forráskód elérhetősége.

A jogot arra, hogy másolatokat tegyenek közzé a felebarátaik segítése érdekében.

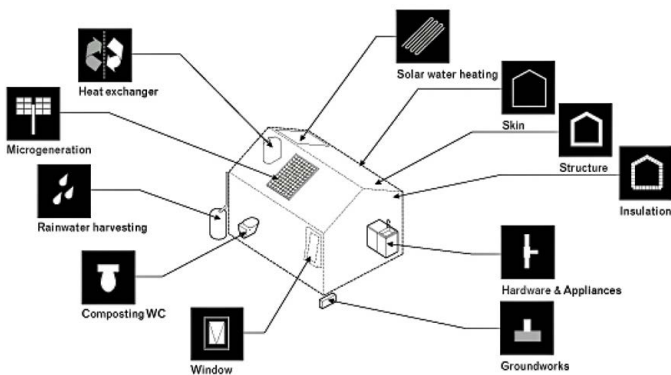
A jogot arra, hogy tökéletesítsék a programot, és a tökéletesített változatot közzétegyék, hogy az egész közösség élvezhesse annak előnyeit. Ennek előfeltétele a forráskód elérhetősége.¹

A nyílt forráskód az építészetben a tudás átadását, megosztását jelenti. Továbbá kísérletek születtek speciális nyílt forráskódú szerkezet-rendszerekre.



az összeállított keretek

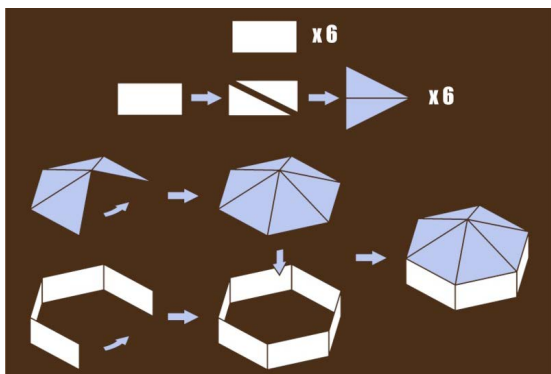
TOWARDS A TOTAL OPEN SOURCE HOUSE BUILDING SYSTEM



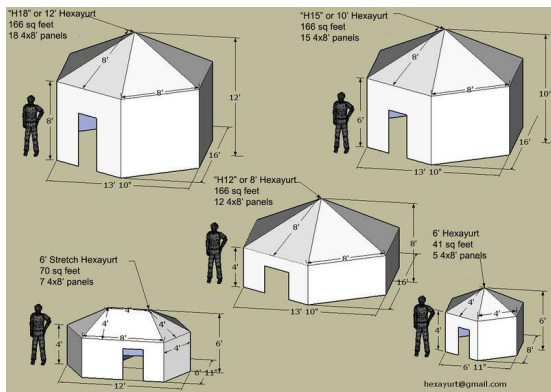
a Wikihouse diagram

HEXAYURT

Vinay Gupta terve egy építési rendszer, bárki által könnyen legyártható és összeállítható, szigetelt tér készítésére. A hexayurt egy hatszög alapú hasáb, rajta egy gúla. A forma a minimális gyártási pazarlás, egyszerű építés, maximális stabilitás követelményeinek felel meg. A szerkezet az amerikai építőiparban alkalmazott merev hőszigetelő panelekből áll, pontosan 6 téglalapból és 6 egyenlő oldalú háromszögből. A falelemek széles, erős ragasztószalaggal vannak egymáshoz illesztve. Alkalmazása a nevadai Burning-man fesztiválon széleskörben elterjedt.^{3 4}



összeállítás



hexayurt típusok



hexayurták a burning man fesztiválon

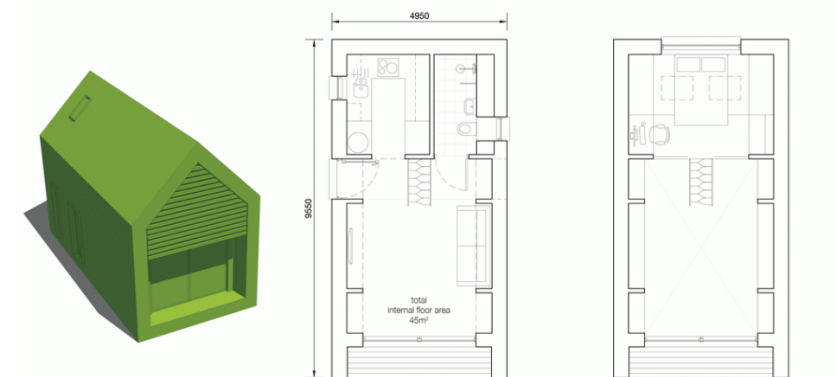
ELŐREGYÁRTÁS

DWELLE:

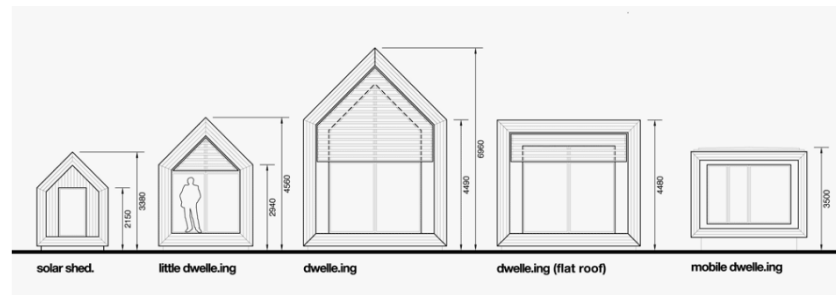


logó

Angol előregyártott pillérvázás lakóház rendszer. Választható egyszerű nyeregtetős vagy lapostetős alapforma két szélességben. A ház internetről rendelhető, szinte piaci termékként. Felszerelve érkezik a helyszínre, bedaruzás után lakható.⁵



tömegmodell, emeleti és földszinti alaprajz



kapható méretek



bemutató házikó

¹ <http://www.wikihouse.cc/>

² <http://www.prestashop.hu/>

³ <http://hexayurt.com/>

⁴ <http://www.appropedia.org/>

⁵ <http://www.dwelle.co.uk/dwelle-ings/>

BIONIKUS TERVEZÉS ⁶

A mérnöki evolúció eljutott oda, hogy megpróbál a természet fejével gondolkodni, megpróbálja szimulálni az evolúciót.

A gyorsan fejlődő és szerteágazó tudomány és technika az építészetre és az építőiparra is hatással van. Tapintható a a tervező eszközök befolyása, visszahatása az építészetre.

RESEARCH PAVILONOK-STUTTGART ICD/ITKE

A stuttgarti műszaki egyetem számítógépes tervezés és épületszerkezettan intézeteinek együttműködésében tervezett pavilonok a szakmák és tudományágak közti kollaborációban készültek. A pavilonok a számítógépes tervezés és a robotikus gyártás lehetőségeit kereső és bemutató művek.

Az organikus szemlélet, a miomimikri itt nem formai, hanem a tervezés módszerére, és a szerkezetek logikájára, működésére jellemző. A pavilonok forma-szerkezet-és gyártástervezése egyidejű, szervesen összefüggő folyamat. Lényeges a szerkezettervezés összhangja a koncepció-, és formaalkotással, annak visszahatása előbbiekre.

HIGROSKIN 2013

A pavilon koncepciója a környezetre való reagálás. A falat alkotó sejtek magjaiban lévő pórusok a tobozok pikkelyeinek analógiájára a páratartalom hatására nyitnak és csuknak.



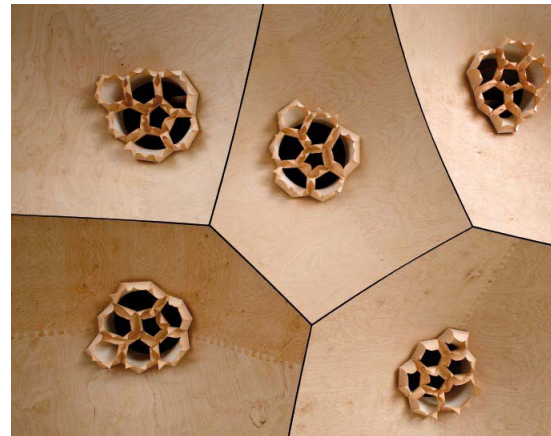
oldalnézet

RESEARCH PAVILION 2010

A 12 méter befoglaló méretű hullámszó torusz 6,5 mm vastag, hosszított bükk rétegelt-lemez szalagokból fonódik össze. A hullámsan meghajlított, egymáshoz csapolt szalagok egybefüggő, rugalmasan erős szerkezet képeznek.



a higroskin'13 zárt állapotban, egy parkban



falrészlet nyitott állapottban



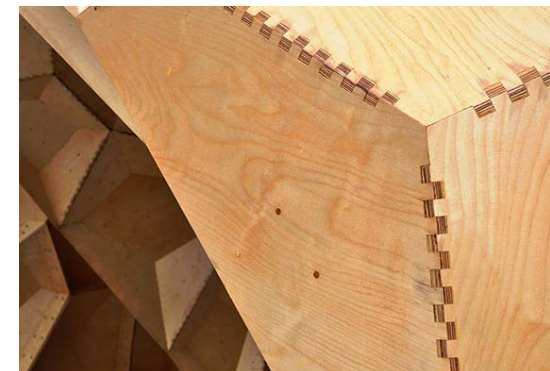
belső tér



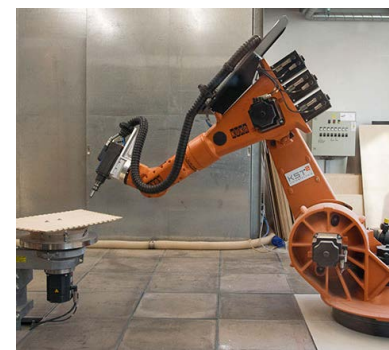
a pavilon madártávlatból



a porózus belső oldal és a köztes tér



a sejtet alkotó lemezek lapjainak csapolt kötése.



a robotikus megmunkálás



a sejt összeállítása



a tengeri sünn meszes vázának metszete

RESEARCH PAVILION 2011

A 2011-es research pavilon biológiai szabályszerűségek építészetbe történő átültetésének lehetőségét vizsgálja. A biológiai morfológiák alapján tervezett pavilon a legújabb számítógépes tervező és szimulációs módszerek, valamint a számítógéppel vezérelt gyártási módszerek építőipari alkalmazását kutatja.

A tengeri sünn meszes héjának vizsgálata és elemzése után az alábbi biológiai elveket állították fel.

1. Heterogenitás: Minden elem eltérő. A sejtekből álló fal minden sejtje alkalmazkodik a felület helyi görbületéhez és folytonosságához.

2. Anizotropia: A sejteknek iránya van. Az elemek szilárdsága különböző irányokban különböző, a sejtek nyúlnak és torzulnak a mechanikai erők hatására.

3. Hierarchia: A pavilon szerkezeti elemeinek hierarchikus rendje van. A sejtek rétegelt lemezekből csapolással és ragasztással állnak össze. Ez az első réteg, a második ezen sejtekből egyszerű csavart kötéssel összeállított héjszerkezet. Hierarchikus szinten maximum 3 lemez találkozik egy pontban.

A tervezés a projekt modell, a végelem analízis és a robotikus gyártás közötti zárt, végtelenített digitális információs körben zajlott. Az optimalizált adatcsere folyamat lehetővé teszi a komplex geometria folyamatos fejlesztését. Így a formakeresés és a szerkezettervezés szorosan összekapcsolódott. Ezzel egyidőben történt a ragasztott és csapolt kötések tesztelése, mérése, aminek eredményeivel számolták a szerkezetet.

Egyedi programozott rutinok által automatikusan generált gépi kód (NC-kód) alkalmazásával a számítógépes modell adta az alapot az ipari hét tengelyes robot vezérléséhez. Ez lehetővé tette a több mint 850 különböző elem gyártását; ezen elemek -összesen több mint 100000 élnek- térbeli ollós csapolásának kiképzését.

A robotikus megmunkálást követően a lemezekből összeállították a sejtet, azokból pedig a helyszínen felállították a pavilont.

A projekt diákok, tanárok, és kutatók együttműködésével valósult meg. A pavilon kísérlet szabadonformált felületek építésére bionikus moduláris kivitelezési módszerek alkalmazásával.

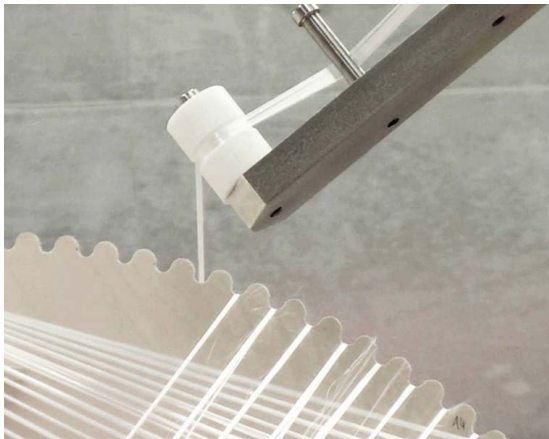
A pavilon két teret alkot. A porózus falfelületű fedett nyitott tér nagy megnyitása az egyetemi épületek felé fordul, míg egy közbelső tér is keletkezik a fal külső és belső rétegének elválásánál, ami bepillantást enged a szerkezet belső logikájába.

⁶<http://icd.uni-stuttgart.de/>

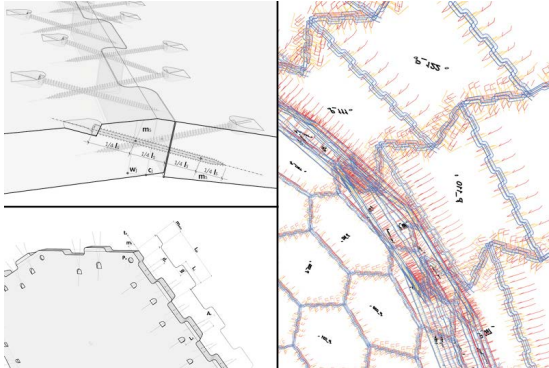
⁷<http://www.vilaglex.hu/>



a forgó zsalu



a szálak fűzése az egyedi célszerszám segítségével



részletrajz, elemterv, és modellnézet



a pavilon

RESEARCH PAVILION 2012

A 2012-es research pavilon egy anyag és gyártási kísérlet volt, ahol az üvegszálás és szénszálás műgyanta kompozit építőipari felhasználásának, robotikus gyártásának kísérlete. A pavilon zsaluja egy függőleges tengely mentén forgó öt ívelt keret. A robotkar végére szerelt egyedi célszerszám fűzte fel a forgó keretekre az üveg-, illetve szénszálakat. A szálak elrendezése a szerkezetben a szimulációk eredményeként kiszámolt belső energiák szerint történt.



a pavilon madártávlatból

LANDESGARTENSCHAU 2014

Az emberi szerkezethez képest a természetes szerkezetek sokkal differenciáltabbak. A pavilon koncepciója a minél kevesebb anyagból minél nagyobb tér létrehozása volt. A clypeasteroidák /homok talér/ meszes vázának síklapjainak csatlakozása az ollóscsaphoz hasonló. A 245 m² es felület egy 605 m³ teret alkot, 125 m² alapterületen, 12 m³ fából. A pavilon szerkezete felület/tér arányban a tojáshéj falvastagságánál kétszer vékonyabb.



a clypeasteroida fényképe



a vízzáró réteg



az összeállítás



az építkezés



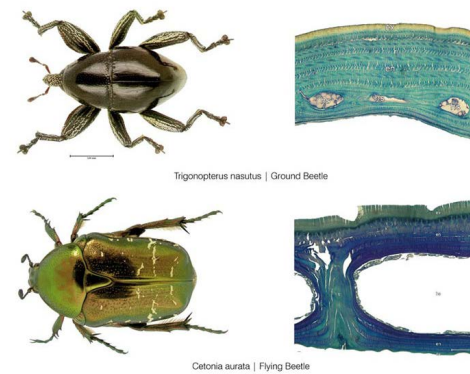
rögzítés csavarozással



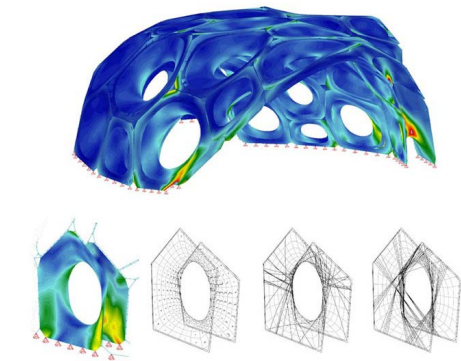
összeállítás



két hattengelyes robotkar csévéli az egyik falelem első rétegét



a futóbogár és a cserebogár kitinpáncéljának elektromikroszkopos vizsgálata



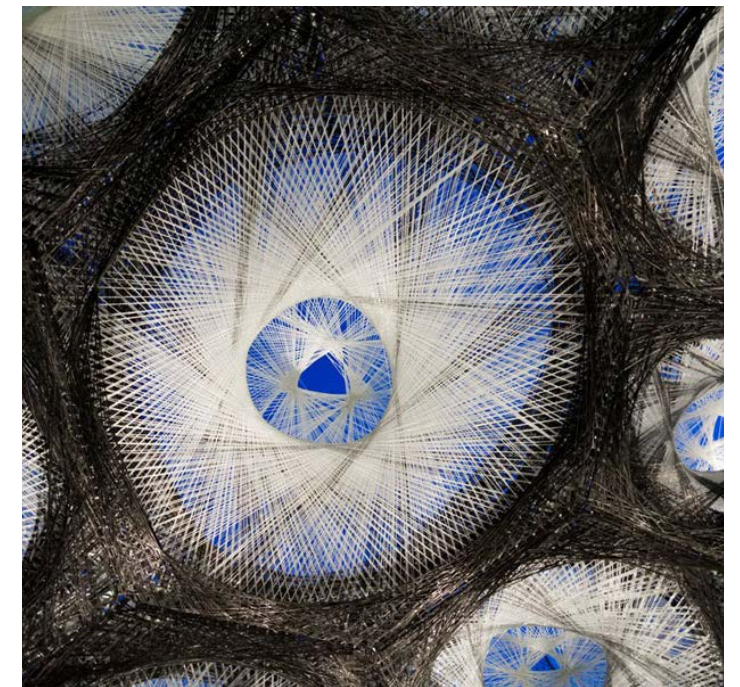
a sejtek eltérő szilárdságúak a bennük ébredő erőkre reagálva

RESEARCH PAVILION 2014-15

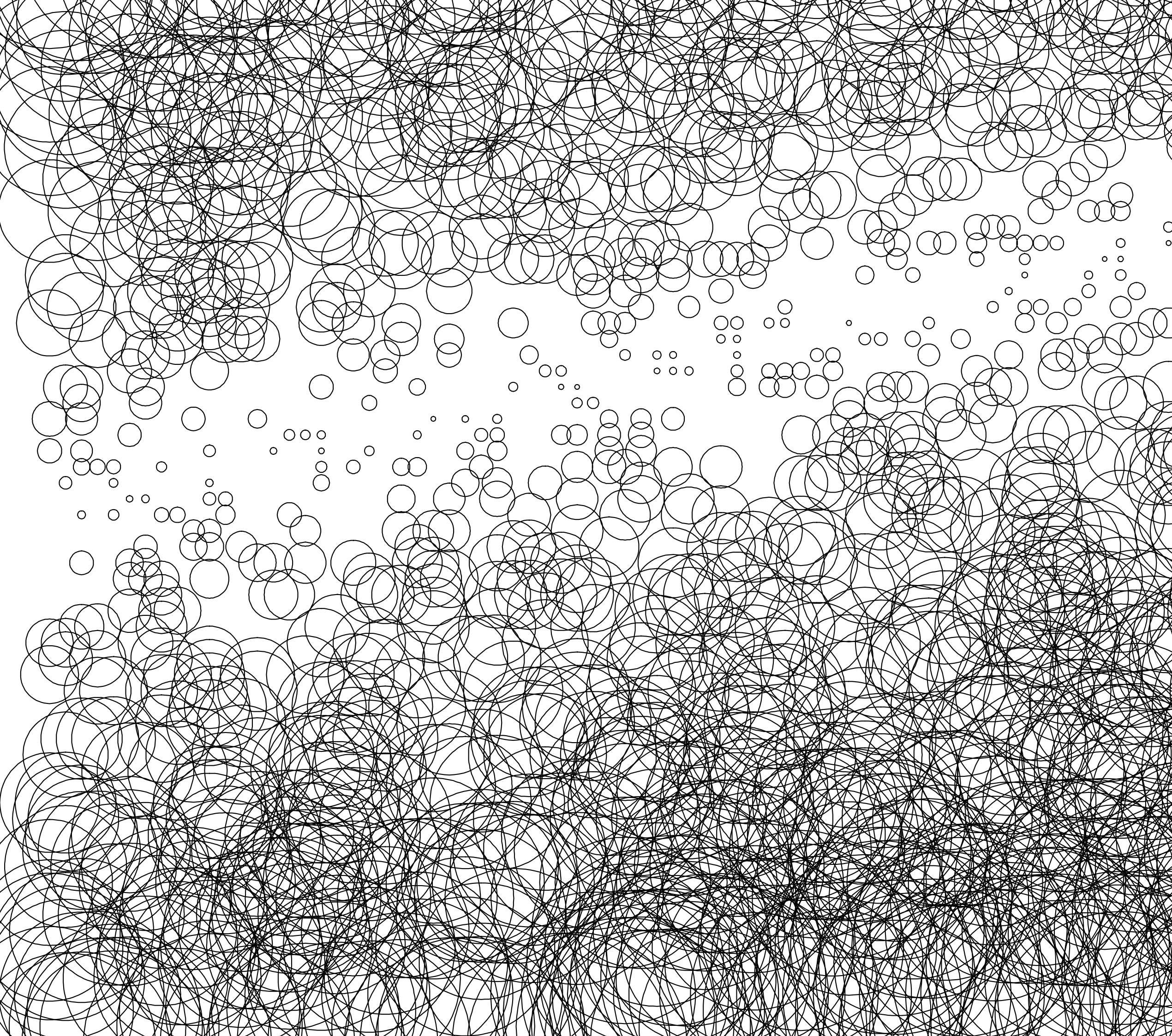
A 2014-15-ös pavilon szerkezeti rendje, formálása folytatása a 2012-esnek. Anyaga vegyesen szénszálás és üvegszálás műgyanta. A sejtek felülete eltérő szilárdságú, reagálva az igénybevételekre, a kitinpáncél atomi sturktúrájának analógiája szerint.



a pavilon felülnézete



bentről ki



3. ALAPKUTATÁS

A stúdium első szakaszában egy tapasztalati, kísérletező anyag-forma-geometria-szerkezet-tervezés-metodikai kutatást végeztem.



a kicsapódó sókristály merevíti a szálakat

SÓKRISTÁLY NÖVESZTÉS

A túltelített sóoldatba lógatott zsinegen a só a vízzel együtt a kappillaris jelenségnek köszönhetően felmászik. A víz elpárolog, a só pedig kicsapódik. A cseppkövekhez hasonlóan a kicsapódó só egyre növekszik.

A sókristályok formáját a hordozófelület határozza meg. Vonalmentén merőleges irányban képződnek szélesedő, karfiolhoz hasonló kristályok. Felületen síkban, abból kiemelkedve jégvirág szerűen terjed. Az edény alján maradt feloldatlan só felszínén kubsok képződnek. Két felület határán konzolos erkélyek formájában nő.



a 4-hetes sókristály elől és felülnézete, edénnyel együtt

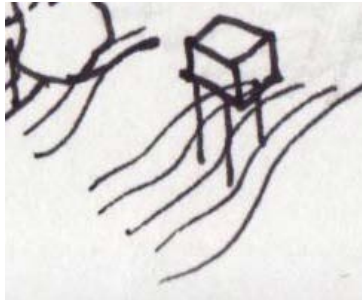


részlet

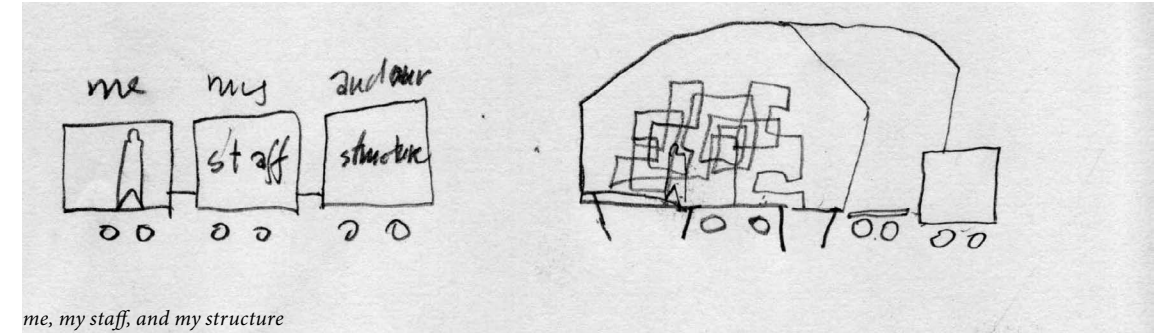
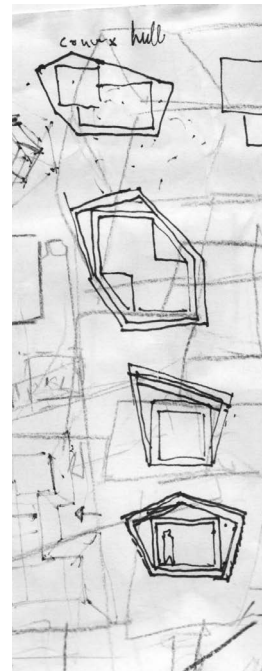
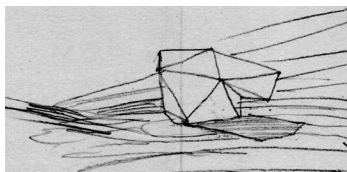
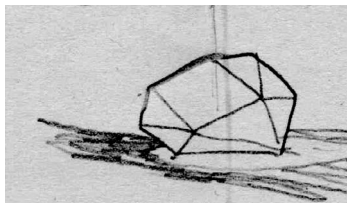
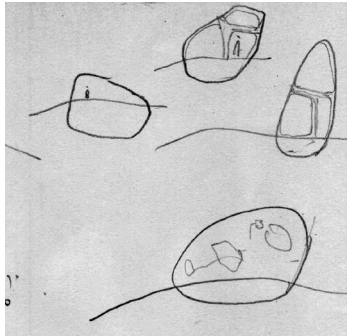
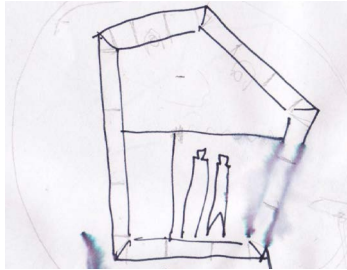


KAVICSOK
*Inspiráló formák, textúrák
és kompozíciók.*

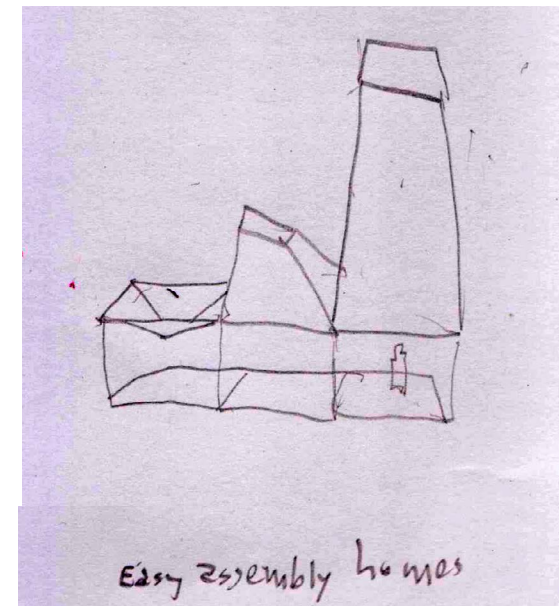
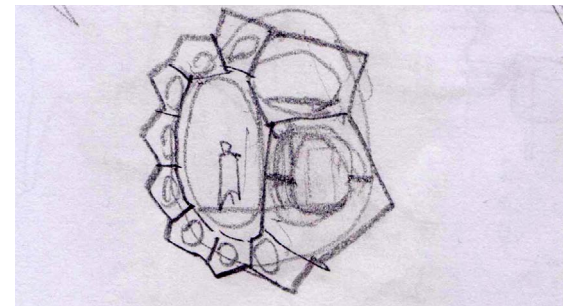
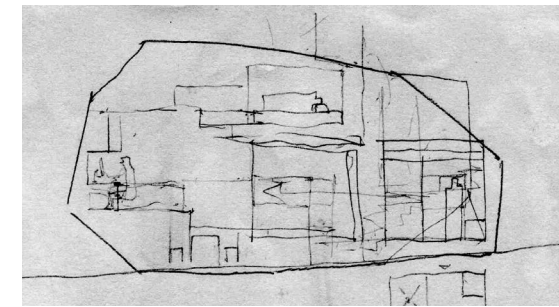
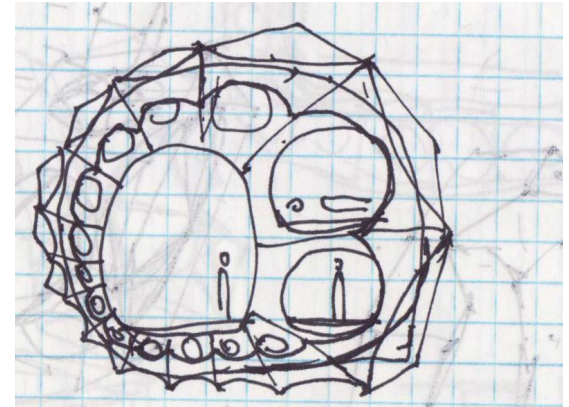
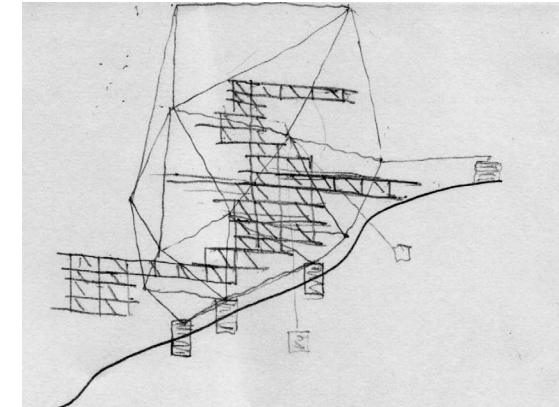




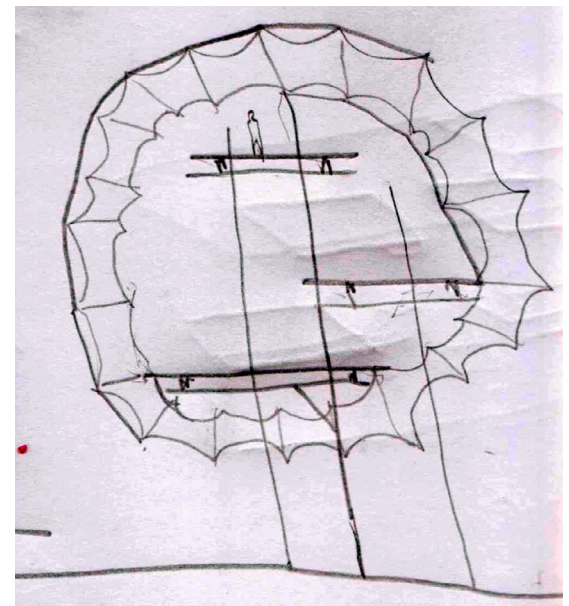
VÁZLATOK



me, my staff, and my structure

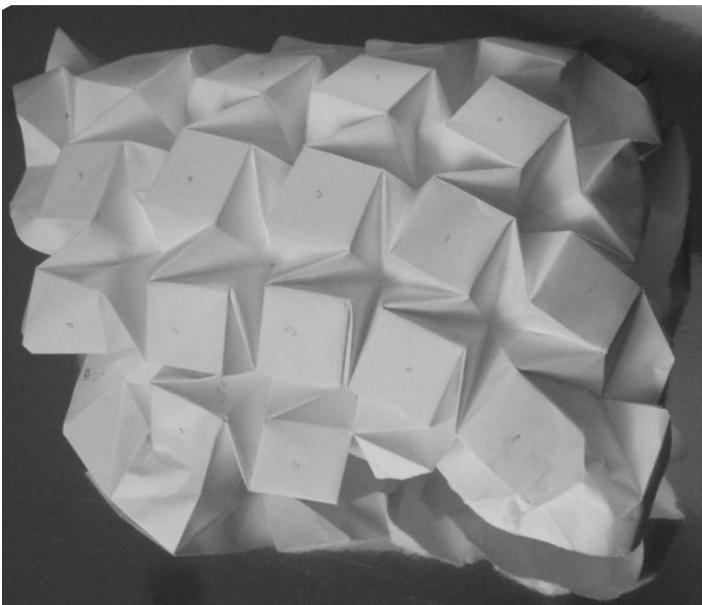


Easy assembly homes

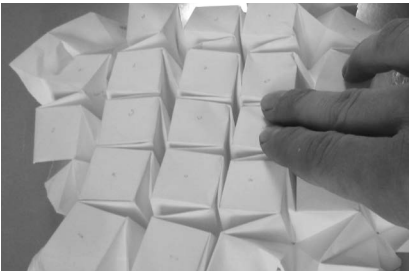


ORIGAMI TESSZALÁCIÓK

Tesszalációnak azt nevezik, amikor egy kétdimenziós síkon egy geometriai formát ismételnék átlapolás és rések nélkül.⁸ Ennek köszönhetően létre jön egy felület, ami bizonyos határok között mozgatható, nyitható, csukható. A yoshimura mintát 1951-ben találták fel Japánban, ez teljesen összecukható. A waterbomb mintánál kockákat sorolunk a síkon. A hajtogatási mintákat eltérő anyagokkal teszteltem.



waterbomb tesszaláció papírmódel



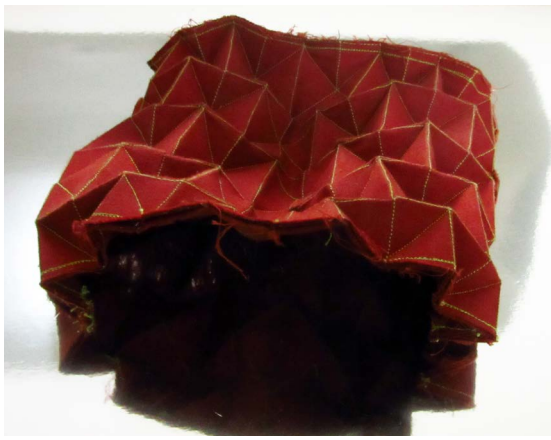
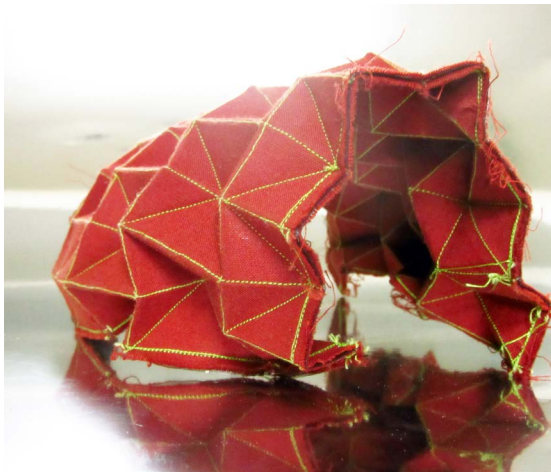
a waterbomb minta végállása



yoshimura minta végállása



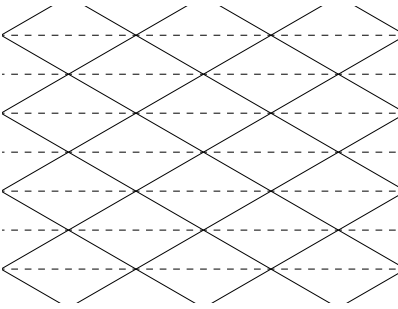
yoshimura minta pvc molinóból



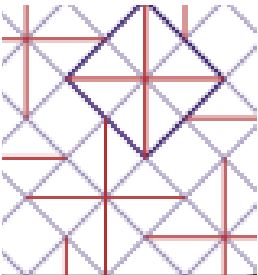
yoshimura minta műanyag fólia és vászon „kompozit”- módel

ORIGAMI SZIMULÁCIÓ

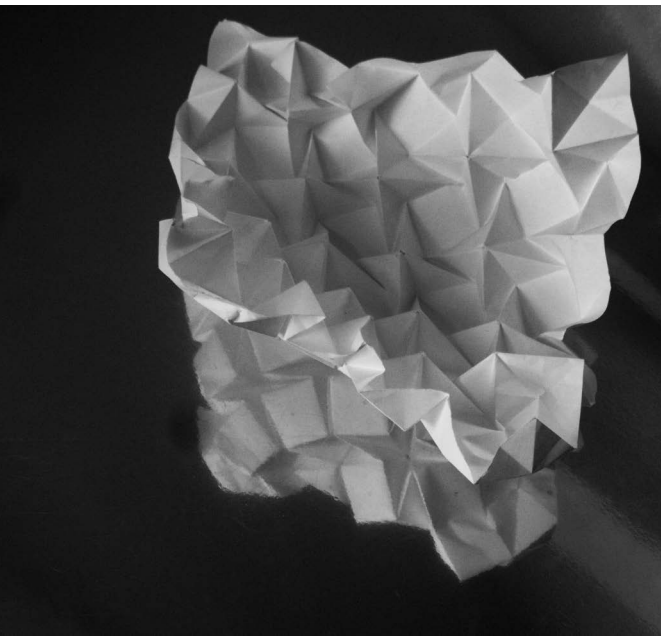
A Freeform Origami⁹ szoftver Tomohiro Tachi fejlesztése. Képes a hajtogatás szimulálására, a minták szerkesztésére, tesszaláció generálására, ezek torzítására, mutálására egyidejűleg.



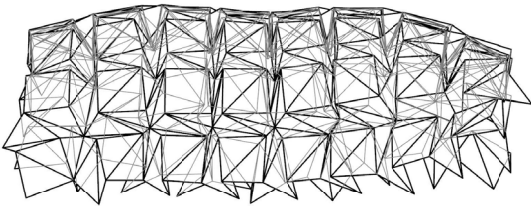
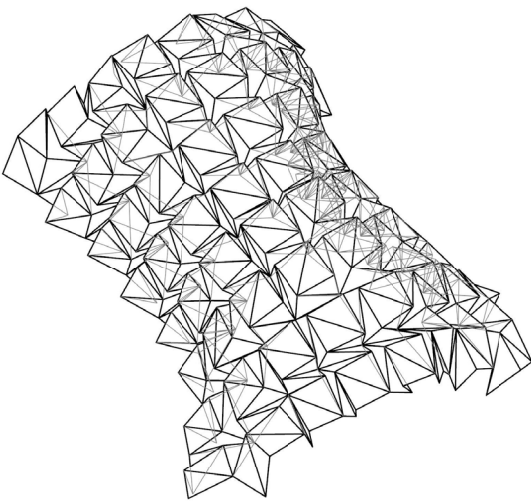
yoshimura hajtás minta



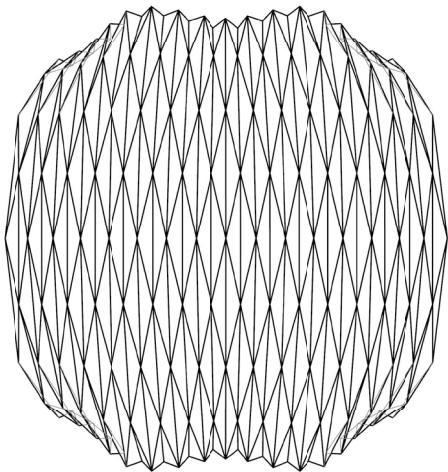
waterbomb hajtás minta



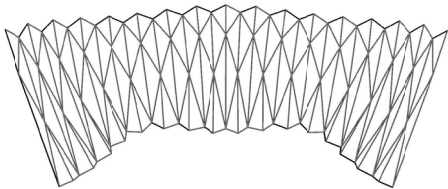
waterbomb tesszaláció belső oldala



waterbomb tesszaláció nézetei



yoshimura tesszaláció nézetei



⁸ <https://hu.wikipedia.org/>

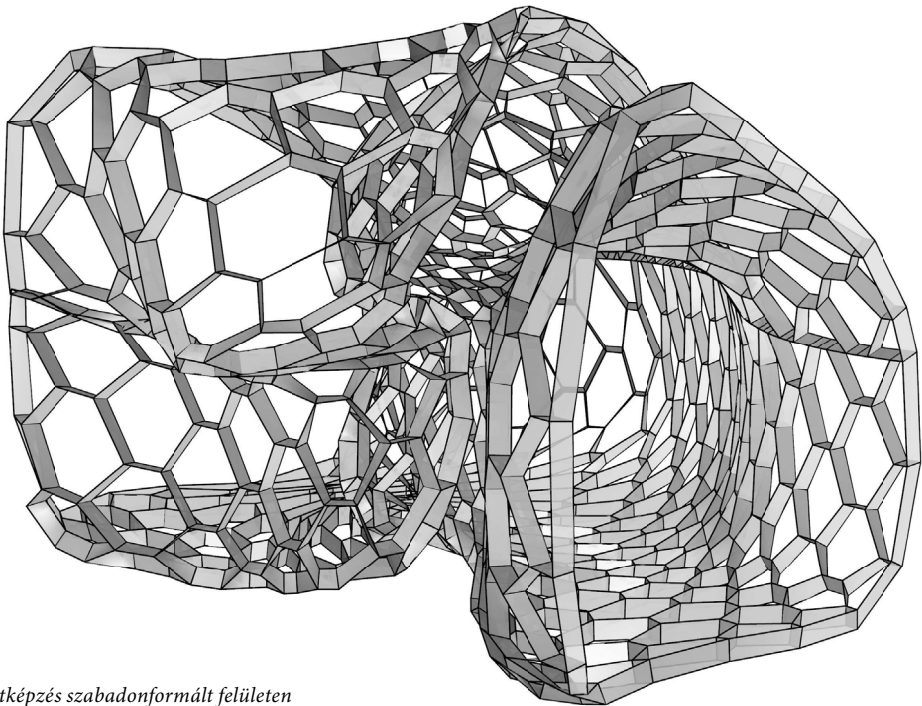
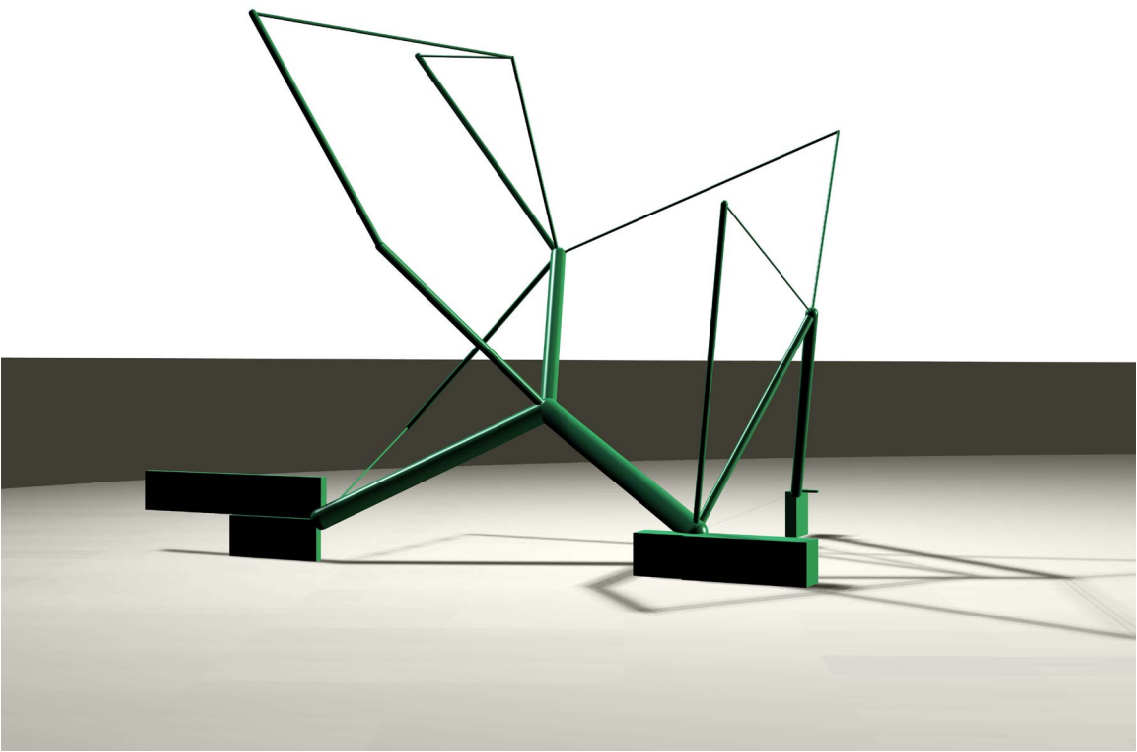
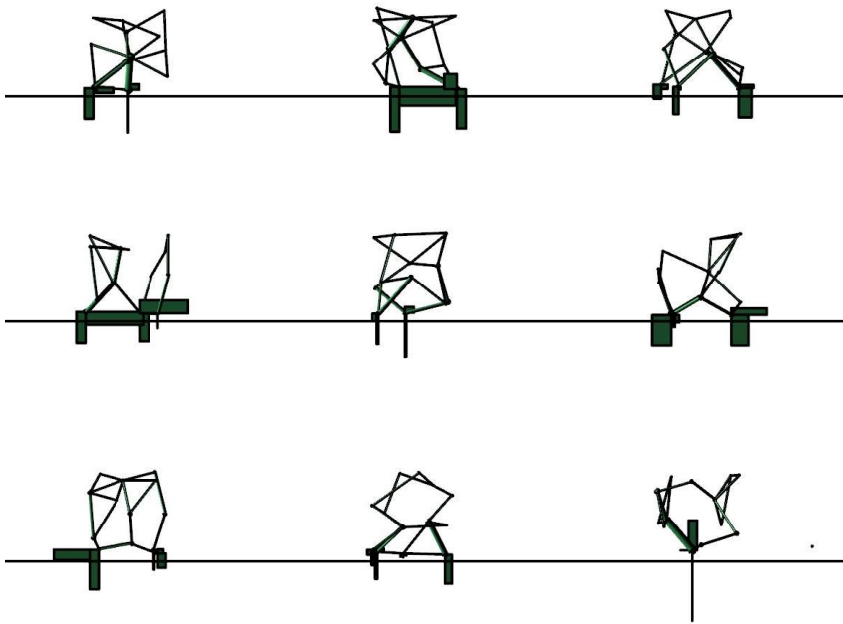
⁹ <http://www.tsg.ne.jp/TT/software/>

ALGORITMUS TÖREDÉKEK

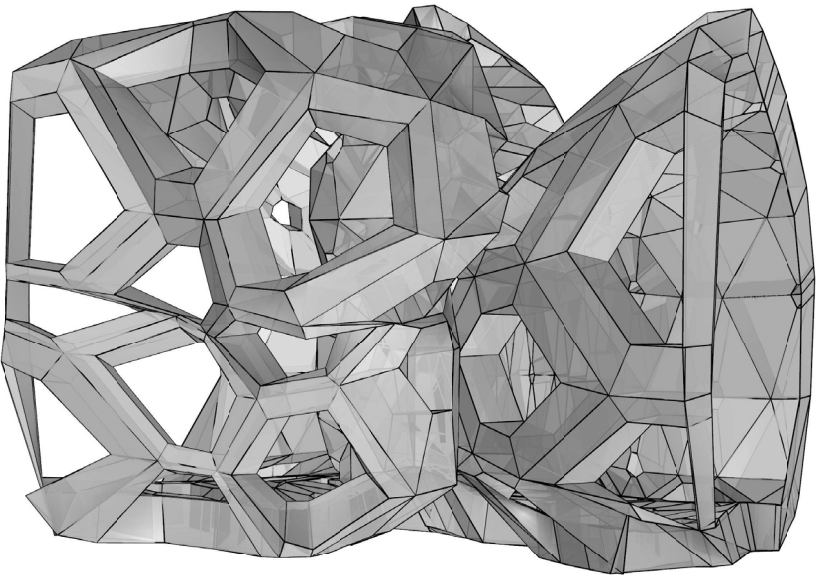
Ebben a fejezetben pár algoritmus vázlatomat ismertetem, amikkel a parametrikus tervezés lehetőségeit, logikáját, szeretném prezentálni, a teljesség igénye nélkül.

Ébredő erőre reagáló rúdszerkezet

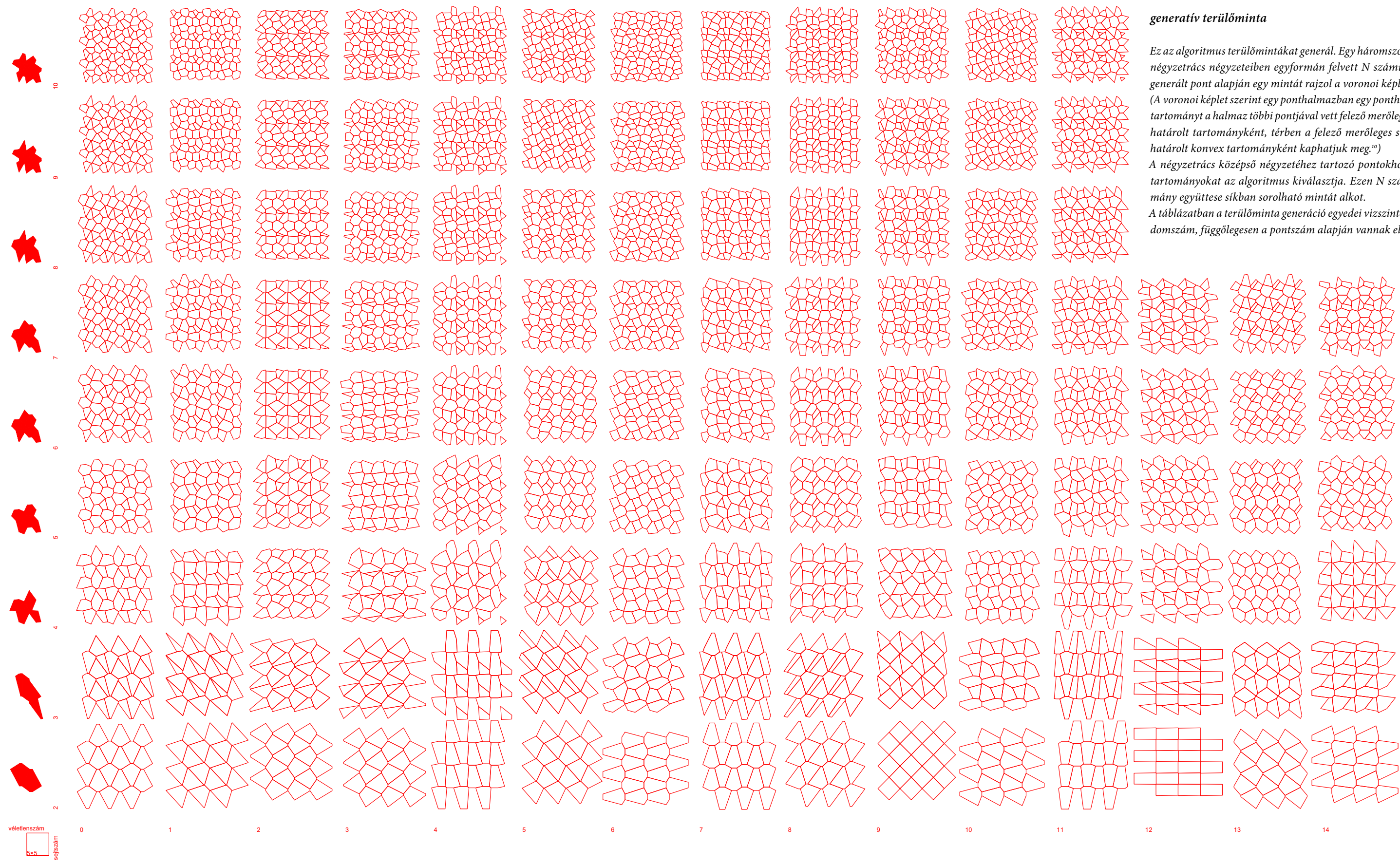
Az algoritmus random pontokat vesz fel adott tér tartományban. Minden pontot összeköt a legközelebbi két ponttal, így egy vonalháló készí. Bizonyos Z koordináta alatti pontokat támaszként, a vonalakat rudak tengelyeként definiál. Végeelem analízis alapján az algoritmus a rudakban, támaszokban ébredő erővel és nyomatékokkal arányos vastagságú csöveket, a támaszokban ébredő reakcióerőkkel arányos téglatesteket rajzol.



szerkezetképzés szabadonformált felületen



változó méretű nyílások a sejtek irányultságára reagálva



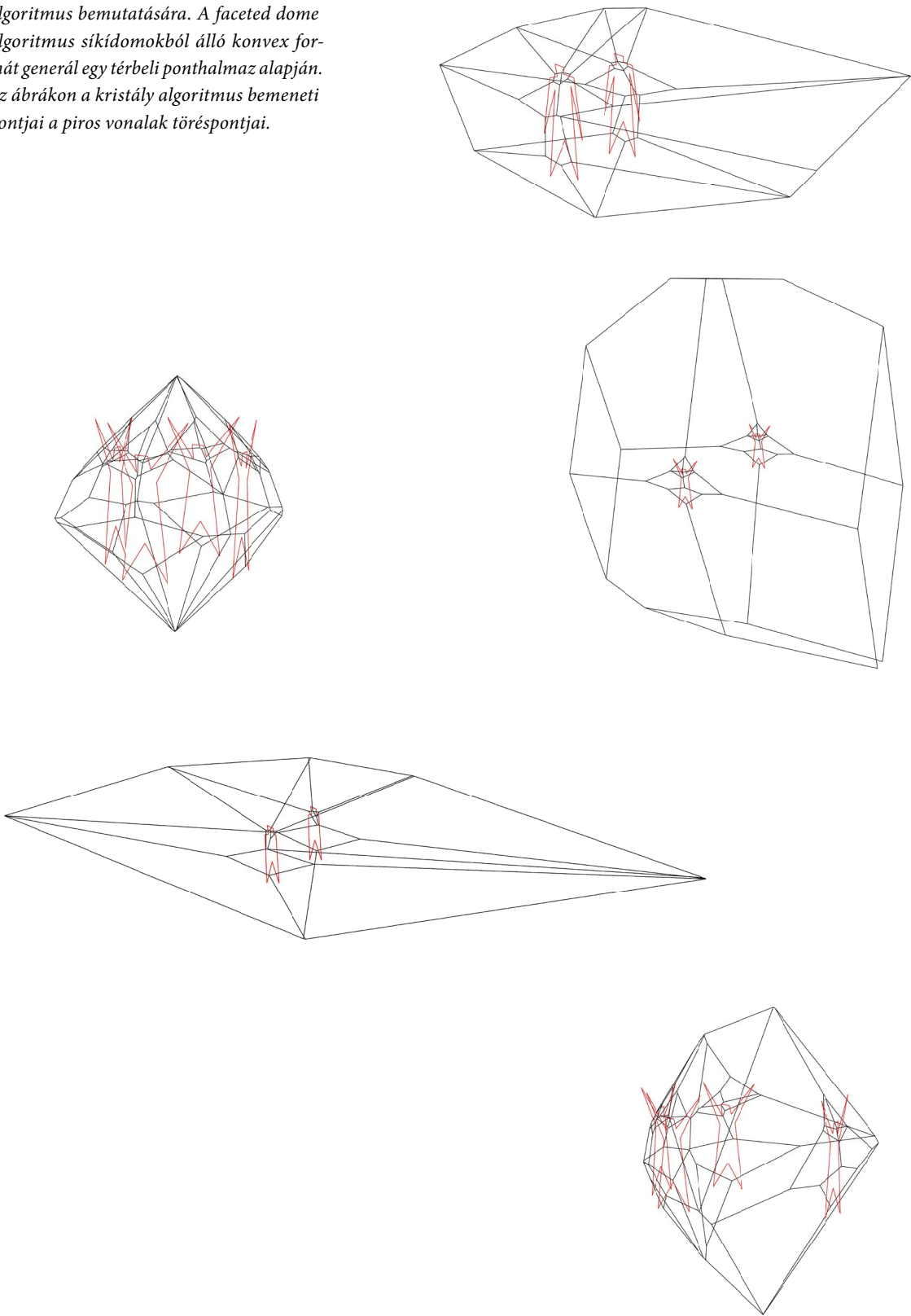
generatív terülminta

Ez az algoritmus terülmintákat generál. Egy háromszor-háromas négyzetrács négyzeteiben egyformán felvett N számú random generált pont alapján egy mintát rajzol a voronoi képlettel. (A voronoi képlet szerint egy pontthalmazban egy ponthoz tartozó tartományt a halmaz többi pontjával vett felező merőlegesek által határolt tartományként, térben a felező merőleges síkok által határolt konvex tartományként kaphatjuk meg.¹⁰) A négyzetrács középső négyzetéhez tartozó pontokhoz tartozó tartományokat az algoritmus kiválasztja. Ezen N számú tartomány együttese síkban sorolható mintát alkot. A táblázatban a terülminta generáció egyedei vízszintesen a randomszám, függőlegesen a pontszám alapján vannak elrendezve.

¹⁰ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Voronoi-cell>

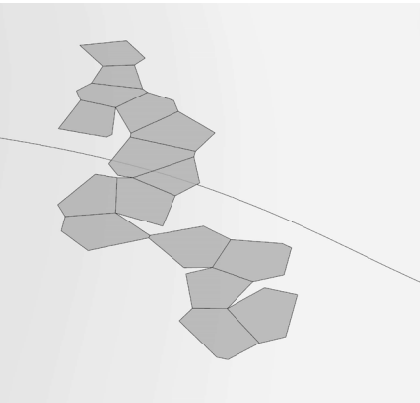
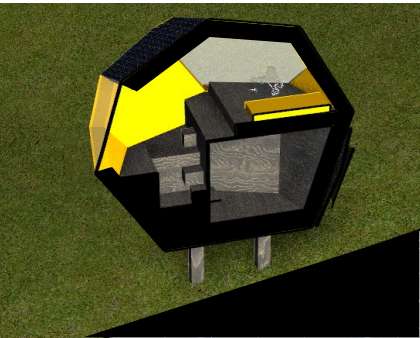
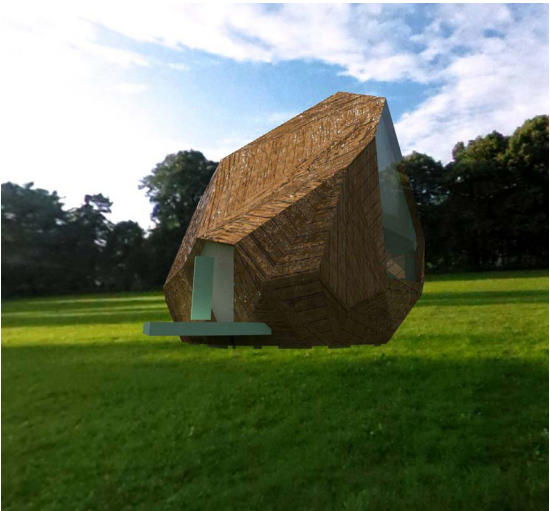
kristály algrotimus

Egyszerű példa a faceted dome (kristály) algoritmus bemutatására. A faceted dome algoritmus síkidomokból álló konvex formát generál egy térbeli ponthalmaz alapján. Az ábrákon a kristály algoritmus bemeneti pontjai a piros vonalak töréspontjai.



épülettömeg generálása

Ez az algoritmus vázlat egy épületet generál. Random pontok alapján pontokat generál, ebből faceted dome-t készít, második legnagyobb oldalára forgatja, és falvastagsággal látja el.
Ez a kísérlet a szelektációról szólt. A generált végtelen számú formából egy adott térfogathoz legközelebbi és bizonyos élhossznál nem rövidebb élű formát keresi meg.

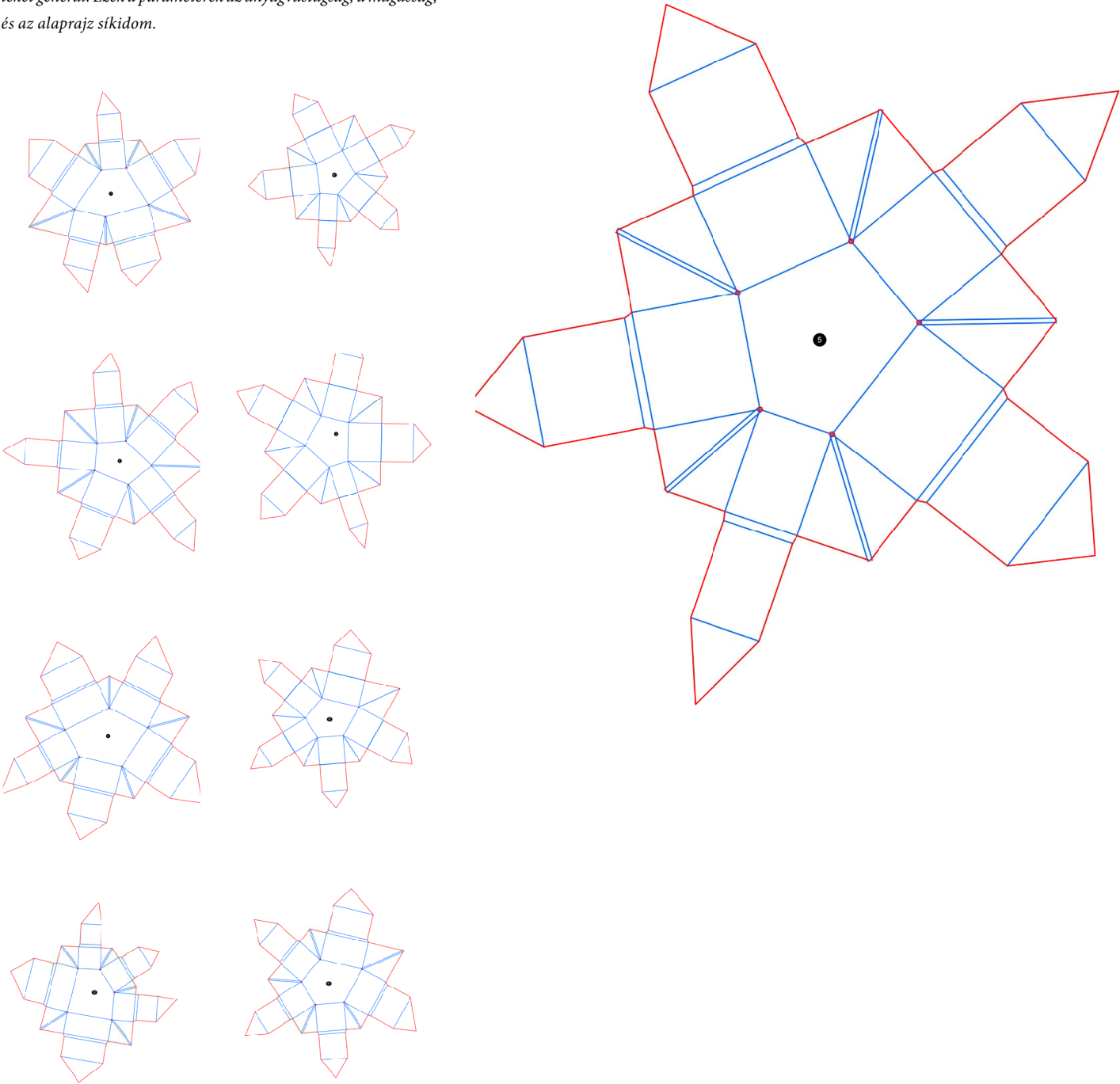


szelektáció 1. látványtervek
kritériumok:
térfogat: 300 légköbméter
élhossz: min. 0,3 méter

szelektáció 2. nézet, metszet, teríték
kritériumok:
térfogat: 80 légköbméter
élhossz: min. 0,3 méter

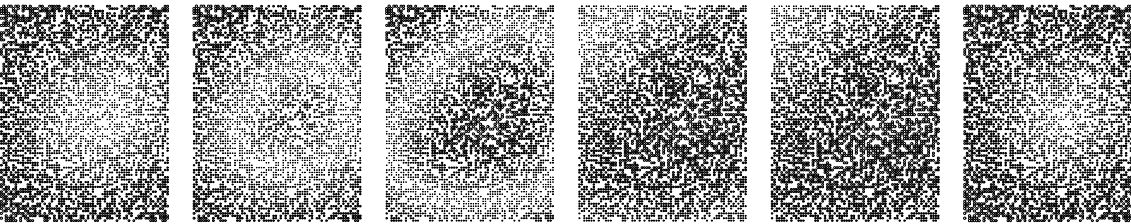
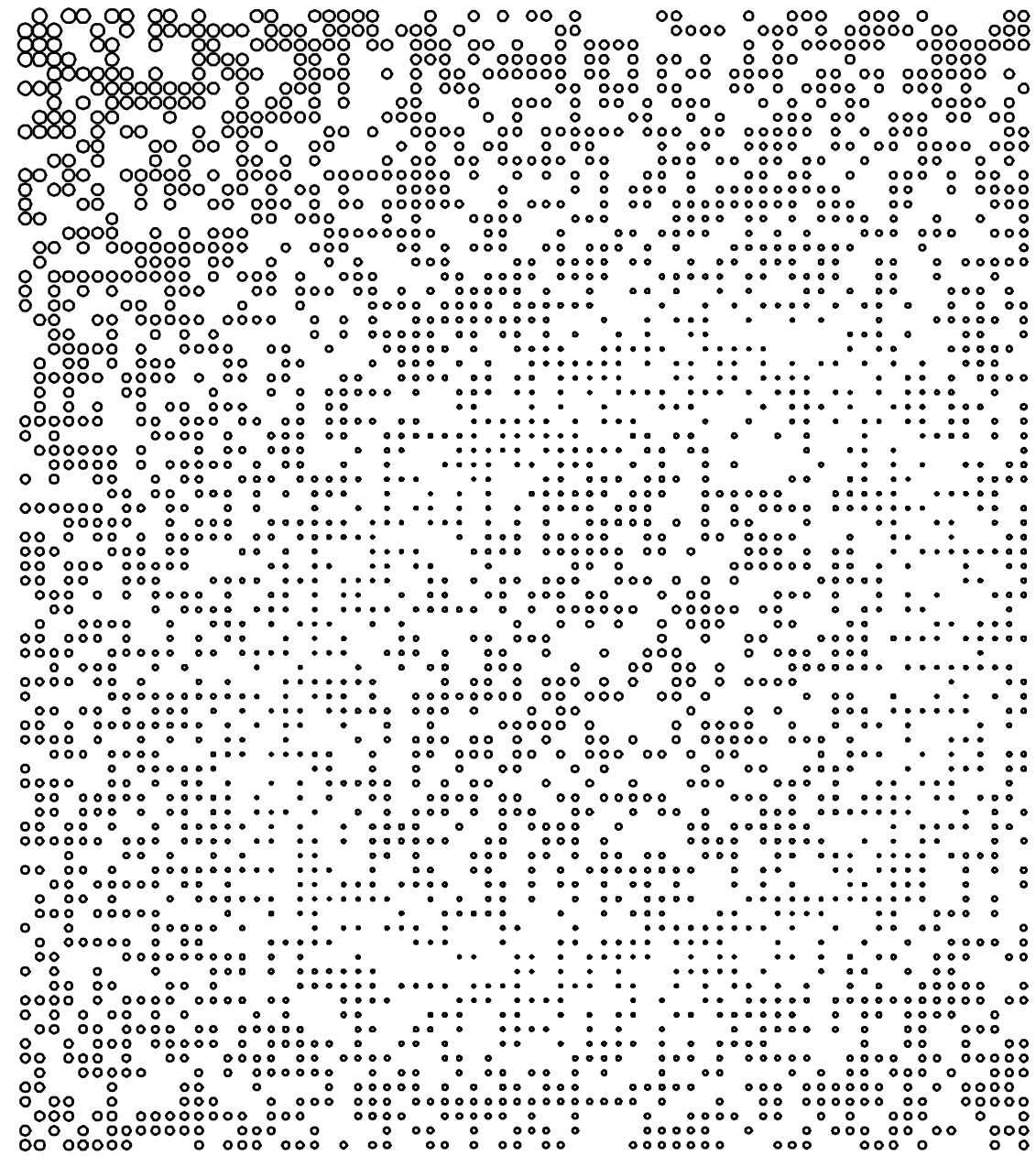
generatív doboz teríték

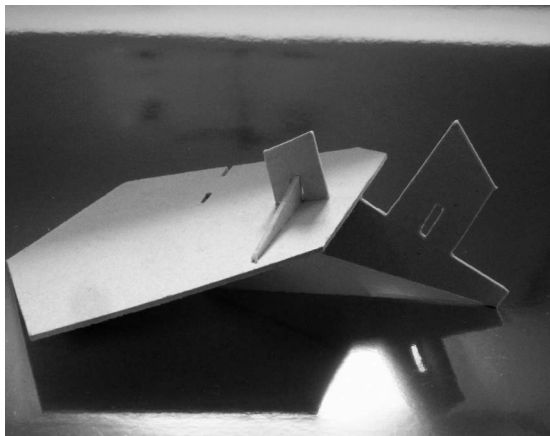
Az algoritmus három paraméter alapján egy önzáró doboz terítékét generál. Ezek a paraméterek az anyagvastagság, a magasság, és az alaprajz síkidom.



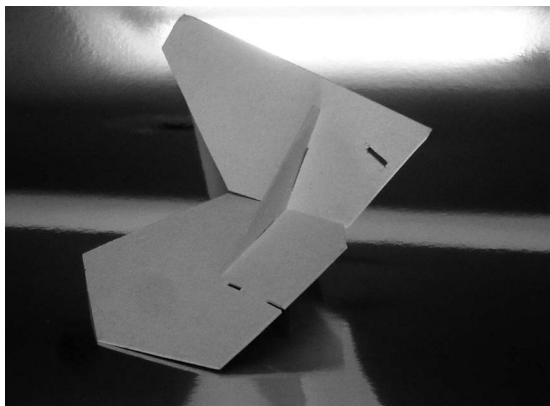
generatív textúra

A pontokban felvett körök sugara a pontok és egy görbén a ponthoz legközelebbi pont távolságának függvényében alakul. A fejezetcímek ábráinál is ez az algoritmus szerepel, más paraméterekkel. Az algoritmus paraméterei a változó sugarak határértéke.

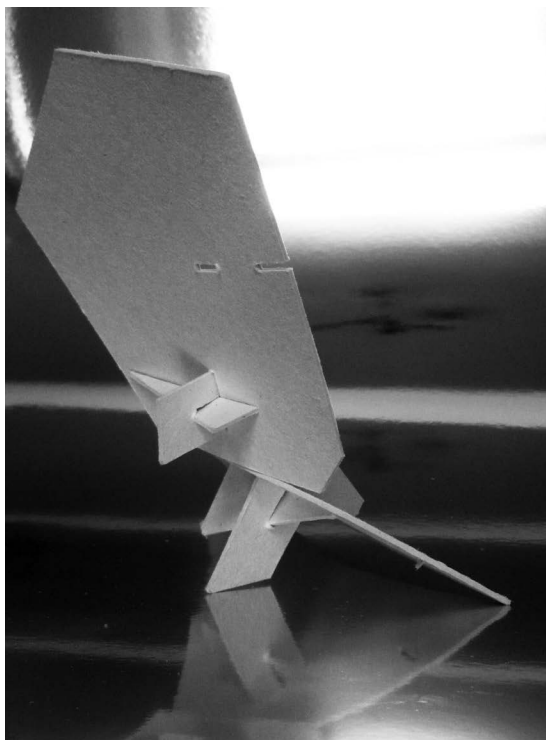




csomópont modell

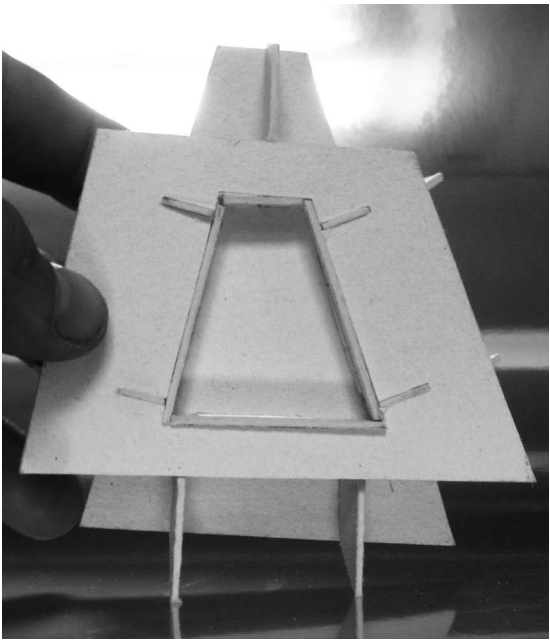


csomópont modell

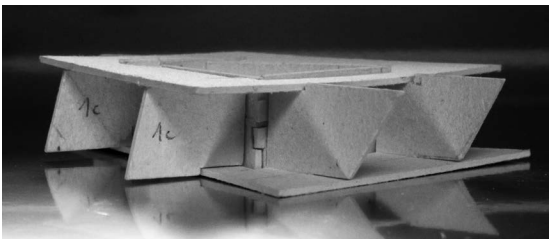


ékcspas kötés két lemez között

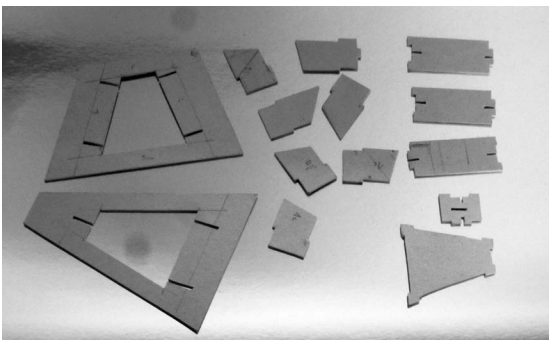
panel modell 1.



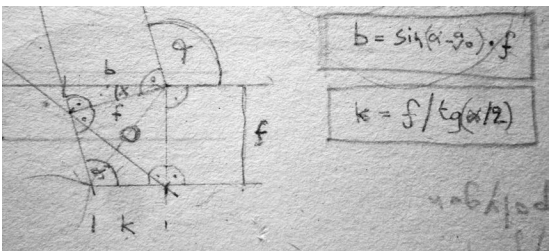
a falpanel karaktere



az összeállított falpanel

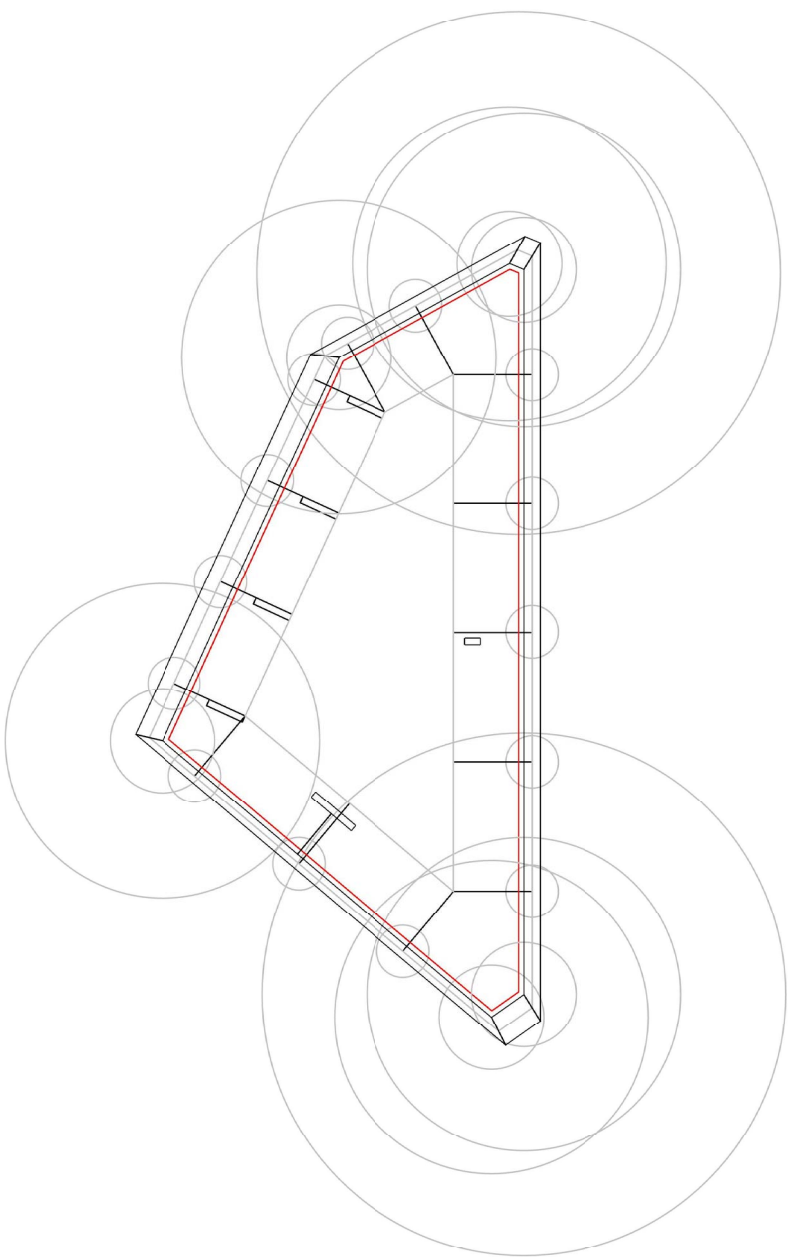


a falpanel elemei



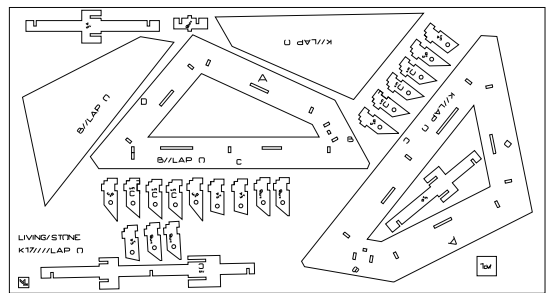
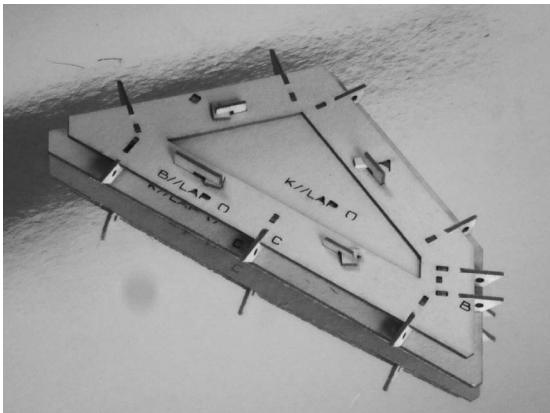
a hajtásszög és a bordák túlnyúlásának összefüggése

szerkesztési ábra



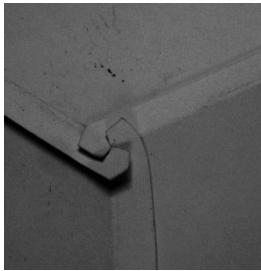
SZERKEZET MODELLEZÉS

Csomópont és falpanel modellek. Nyomatéktűrő él csatlakozás megoldások. A csomóponti logika a szerkezet karaktere.

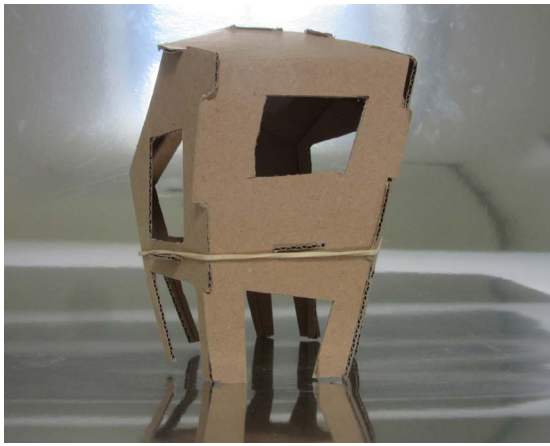




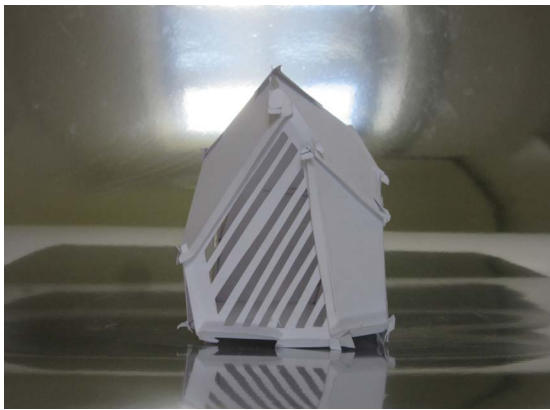
a teríték összehajtogatása



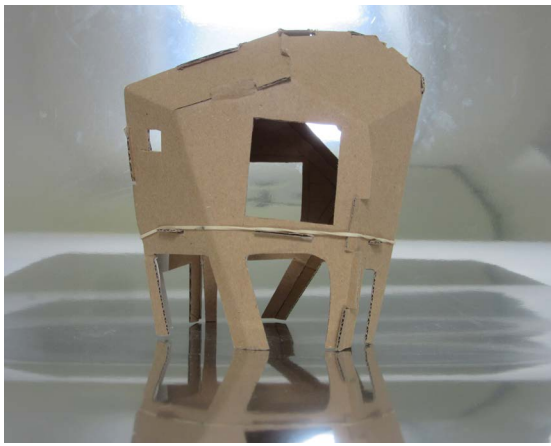
ragasztásmentes makett csomópontja



konceptiómodell nézetek



önzáró ragasztásmentes makett



teríték ragasztófülekkel



konceptiómodell környezetben

KONCEPTMODELLEK

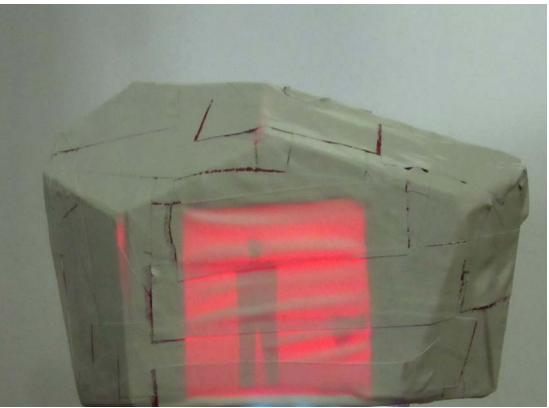
A kézi modellezés segít összefoglalni a térbeli koncepciót, megérteni a működések logikáját, észrevenni a tévedéseket.



konceptiómodell környezetben



az összehajtott modell



szigetelőszalag borítás

4. A PROGRAM

FELADATMEGHATÁROZÁS:

Egy mobil lakóegység tervezését választottam feladatul. A mobil garzon kortünet, az átgondolt, kisméretű, szállítható, előregyártott lakóegység ökonomikus megoldás életünk problémáira. A livingstone projekt egy vízió a vándorló hegyi kristályokról.

MIT JELENT, HOGY KISHÁZ?

Egy szobányi biztonságos, az időjárás és környezet viszontagsága-
itól védett emberi tartózkodásra való belső tér. Felszereltsége vál-
tozó. Nyitott rendszer, kompatibilis hagyományos infrastruktú-
rákkal, de működése átváltható autonóm üzemmódba. Formálása
karakteres, identitással rendelkezik. Belső tere optimális méretű.
Követelmény, hogy szerkezete legyen könnyen építhető, szállítható,
kompatibilis, bővíthető, gazdaságos, működése fenntartható.

PARAMETRIKUS RENDSZERTERVEZÉS

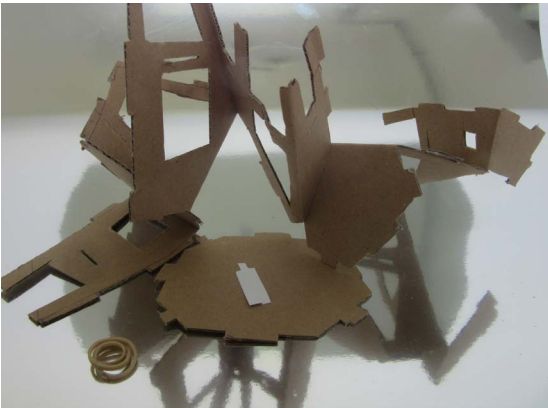
A feladat megköveteli a rendszerszemléletet, és felveti a személyre
szabhatóság lehetőségét. Az alapkutatás tapasztalatait, tanulságait,
a feladat követelményeit összegezve készítettem el parametrikus
tervemet. Ez a terv egy nyílt forráskódú, egyedi program ,tervezői
eszközt, amit kifejezetten a feladat megoldásához állítottam össze.
A tervező algoritmus a paraméterek beállításával eltérő helyzetek
követelményei szerint különböző formákat és szerkezeteket, meg-
oldásokat generál, így a program tulajdonképpen képes reagálni
az élet, lakhatás, túlélés, környezet eltérő igényeire, követelménye-
ire.
Az igényeket, a követelményeket kódoljuk a program számára bizo-
nyos paraméterek beállításával. A paraméterek meghatározása
után szelektálhatunk a generáció egyedei közül, így a legoptimá-
lisabb megoldást kereshetjük a programmal.

FELHASZNÁLÁS

A rendszer, illetve a program felhasználásának két elsődleges lehe-
tősége van.
A program lehetőséget ad az előregyártható épületszerkezet rend-
szer eltérő helyzetekre való adaptációjára, személyreszabására,
szerkezeti variációk tesztelésére, ellenőrzésére.
Továbbá hasznos lehet egy sorozatgyártott termék, termékrendszer
tervezésében, optimalizálásában is, teszem azt katasztrófa utáni
menedékek tervezésénél.



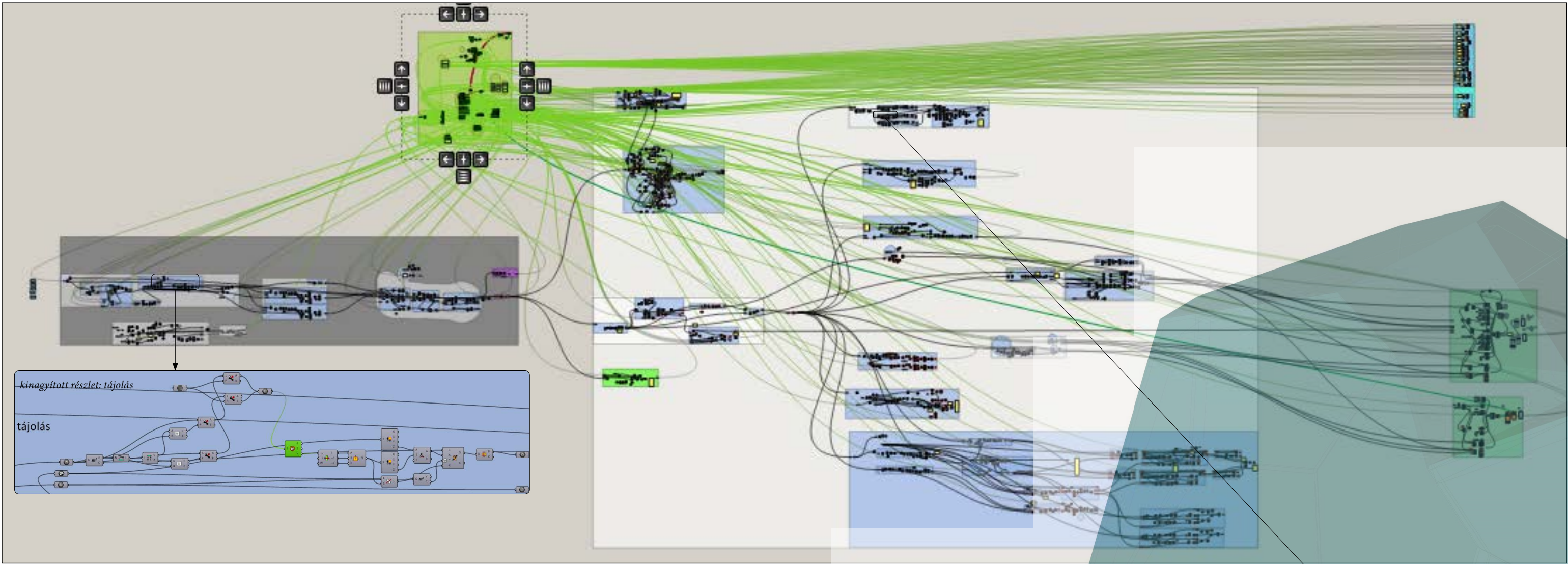
konceptmodell



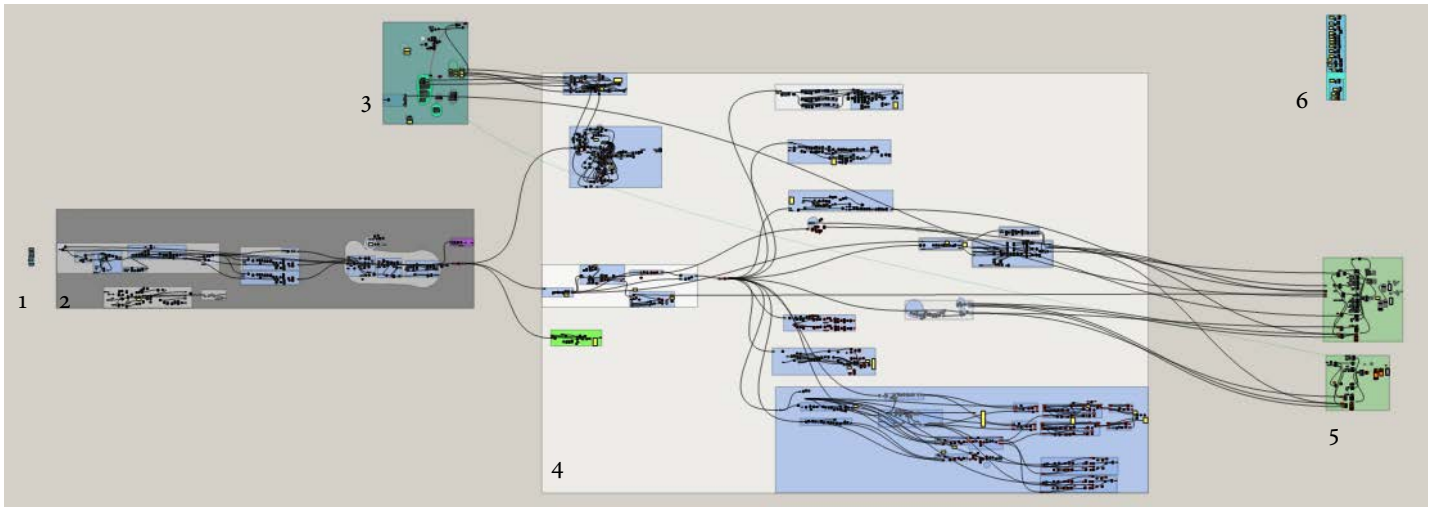
konceptmodell terítéke



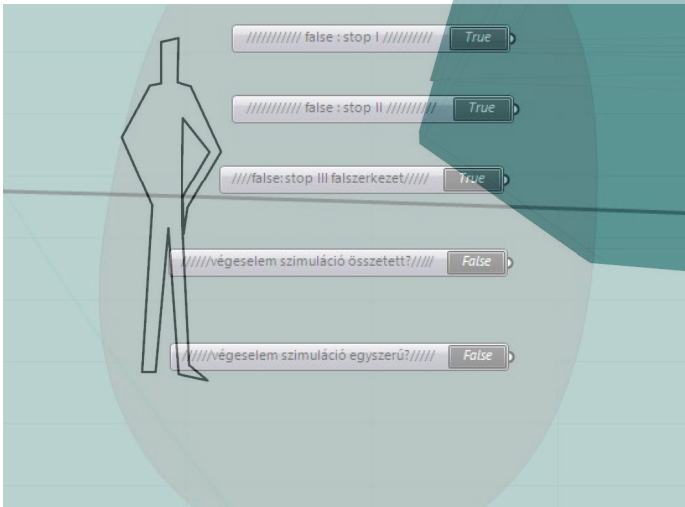
konceptmodell



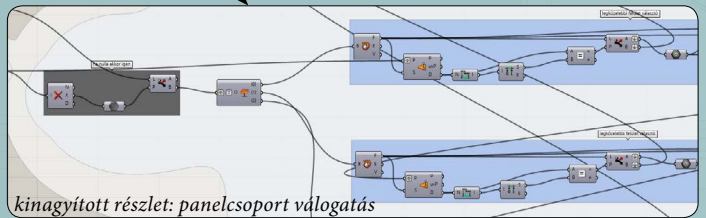
az algoritmus kezelőfelülete: kijelöléssel láthatóvá válnak az átláthatóság miatt elrejtett logikai szálak.



az algoritmus részei: 1. input paraméterek 2. tömegképzés 3. kontroll panel 4. szerkezetképzés 5. végelem analízis 6. bake modell



stop: az algoritmus menete szakaszonként megszakítható

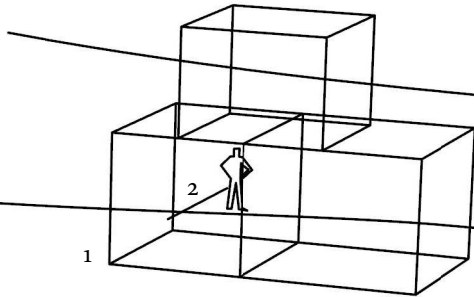


AZ ALGORITMUSRÓL

Az algoritmus egy nyílt forráskódú vizuális programnyelvvel készült, a Rhinoceros 3d¹² szoftverhez ingyenesen letölthető Grasshopper¹³ pluginnal. A Grasshopper a Rhino 3d környezetét kezeli, műveleteket végez el a virtuális geometriákkal. A vizuális, más néven moduláris programozó nyelv egy felület, ahol téri geometriai és matematikai műveletek -modulok- összekapcsolásával állíthatjuk össze a programot. Az összekapcsolt modulok egy-egy műveletsort alkotnak, több ilyen csoport összeállításával jön létre az összetett logikai hálót szövünk, melynek eredménye rengeteg változóval befolyásolható. Ezen paraméterekkel a modell képlékenyen módosítható. Különböző szempontok figyelembe vételével szelektálhatunk a generált populáció egyedei közül. A kiindulás és az eredmény egyidőben láthatóvá válik. Minden módosítás hatással van a végső eredményre. Ha egy újabb problémát, követelményt kódolunk a programba, a terv módosul.

A PROGRAM SZABÁLYAI

- A parametrikus tervhez nélkülözhetetlen egy szigorú, a tervet elejétől a végéig átható rend, mivel a terv nem egyetlen megoldás, hanem bizonyos szabályok felállításával behatárolt lehetőséghalma.
- Az épület egy tömeg, amit egy héj vesz körbe
 - A tömeget képző kristályformák síkidomokkal határolt konvex testek alkotják.
 - A tömeg egy vagy több kristályforma egysége.
 - Az egyesített kristályformák határán képződik a héj.
 - A héj egyetlen, változó tulajdonságú, többrétegű szerkezet.
 - Ez a héj panelekből áll.

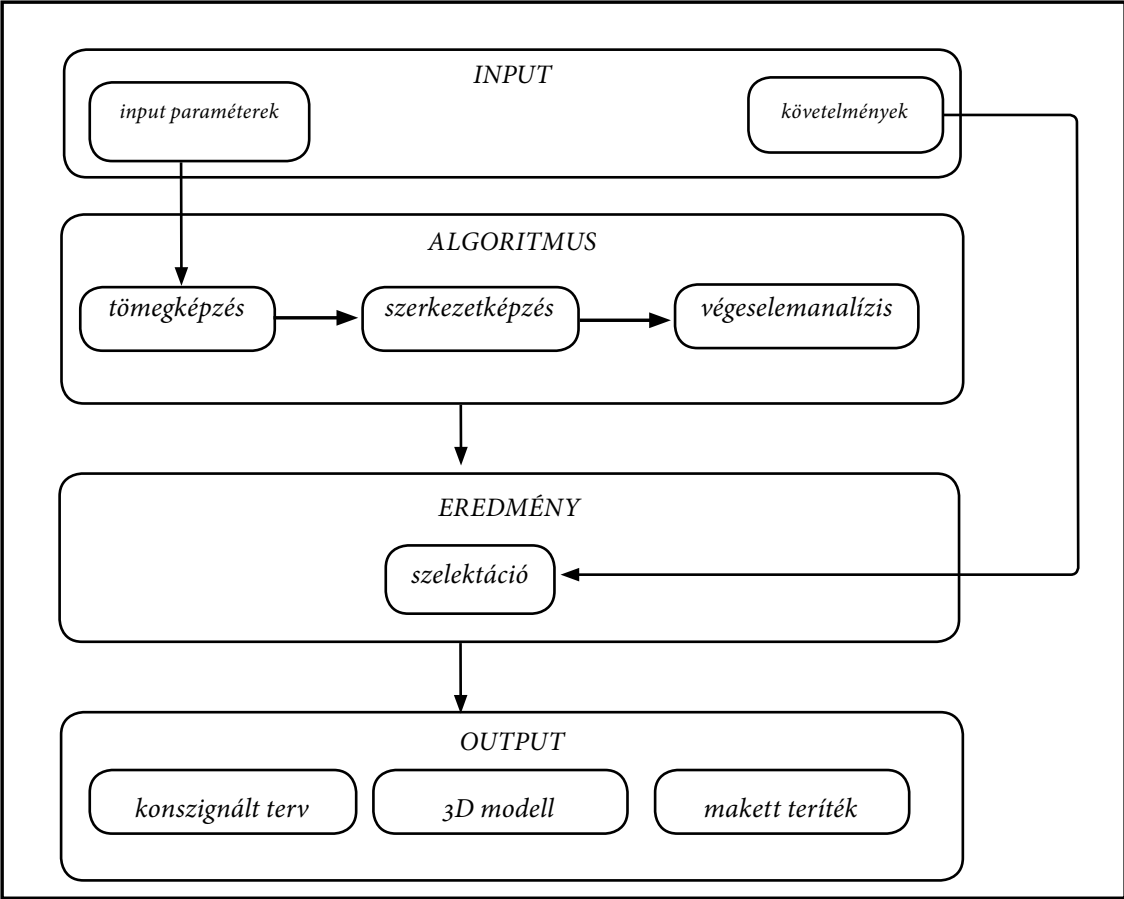


3

a fő input paraméterek

¹²www.rhino3d.com

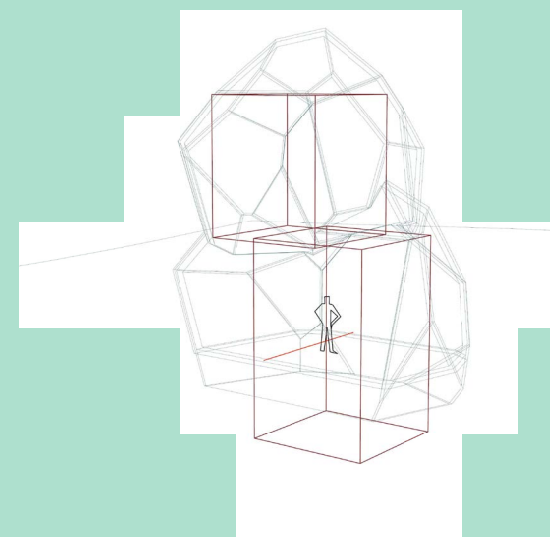
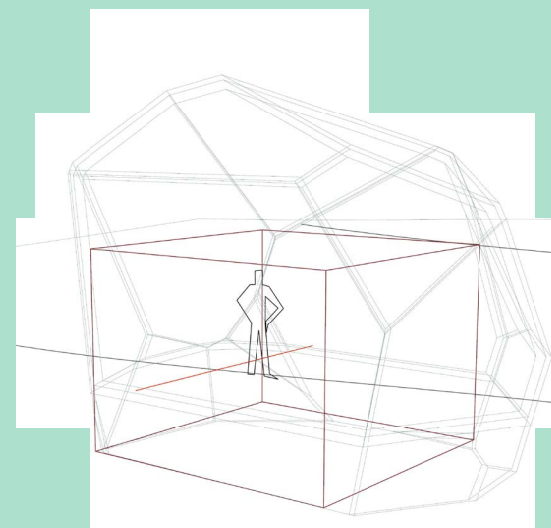
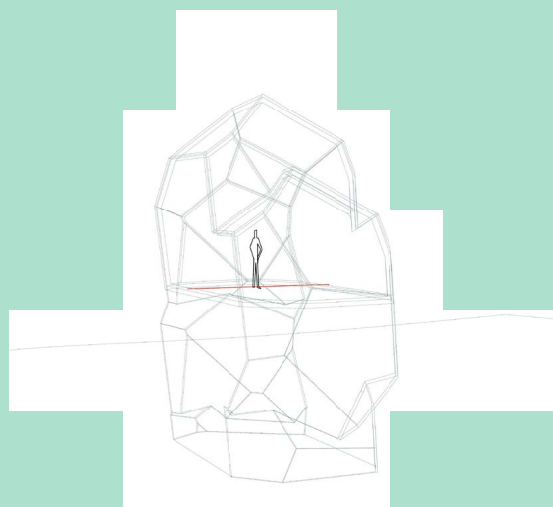
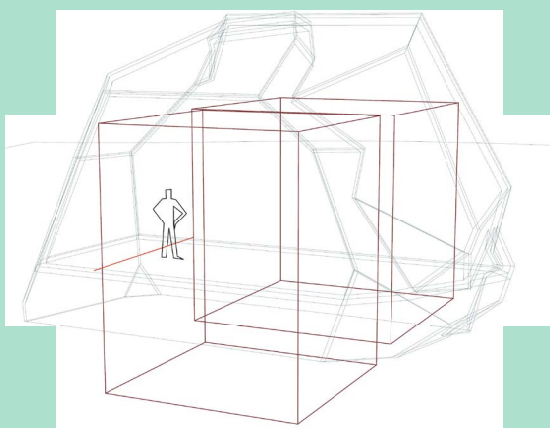
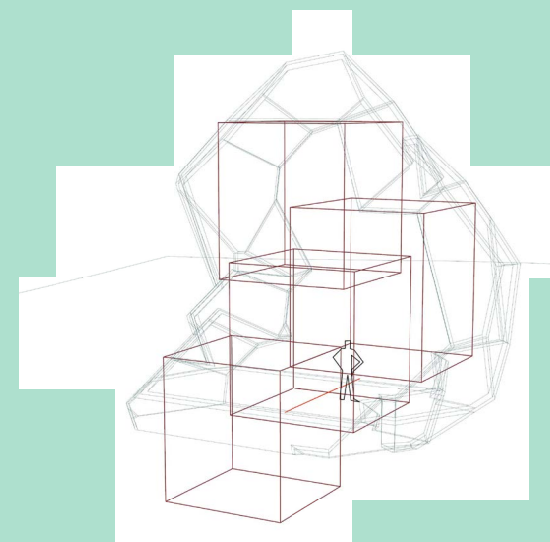
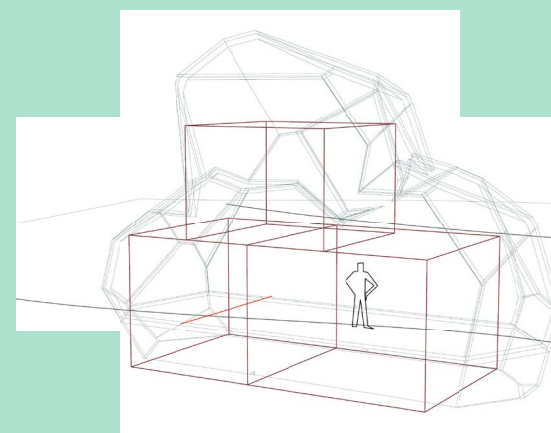
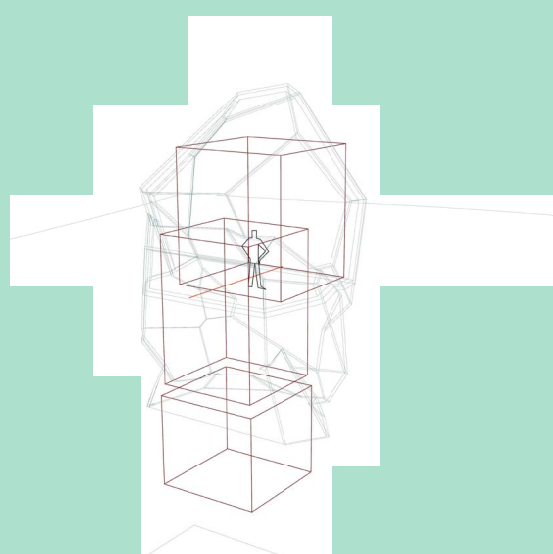
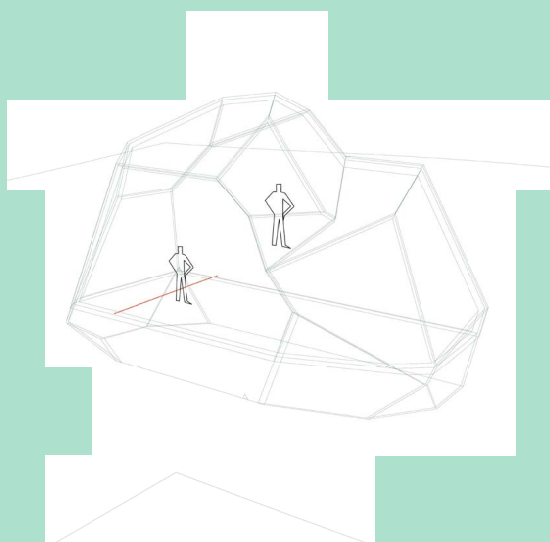
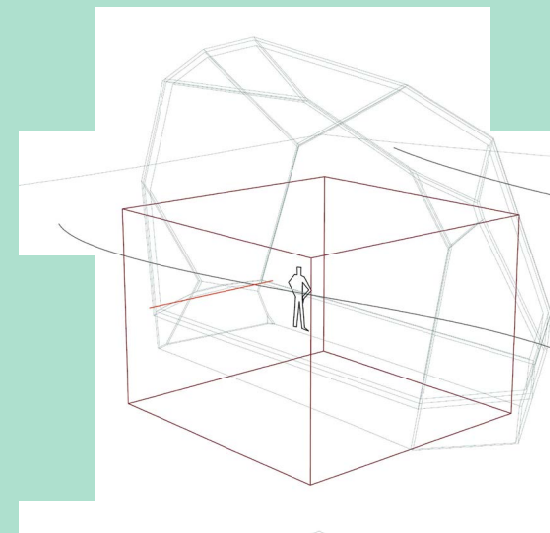
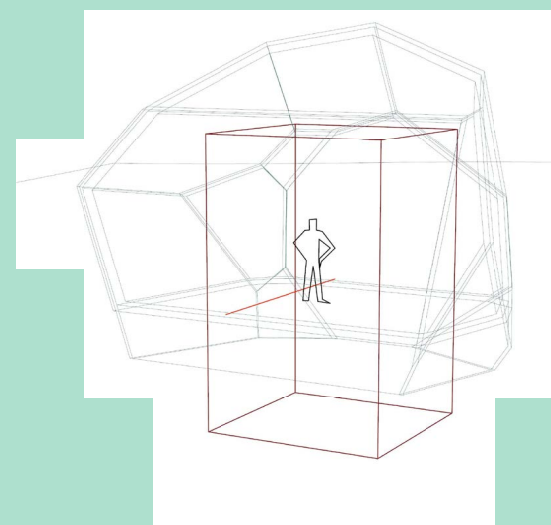
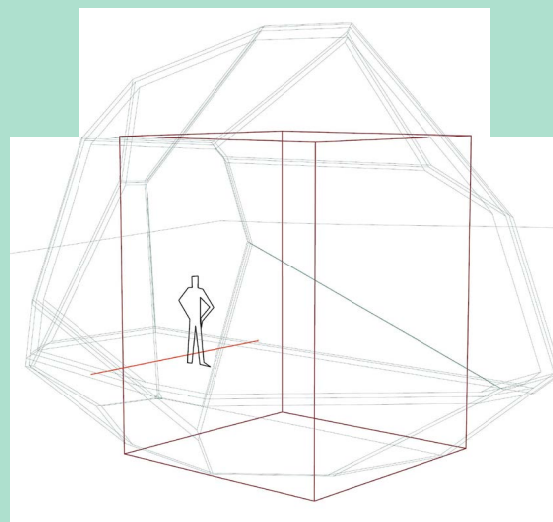
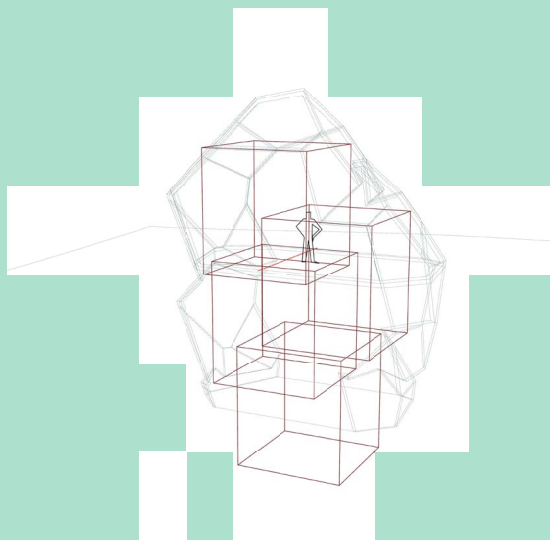
¹³www.grasshopper3d.com



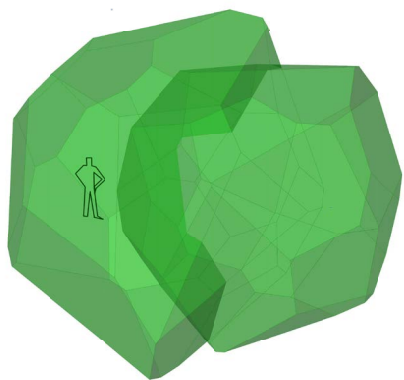
az algoritmus elvi működési diagrammja

AZ ALGORITMUS MENETE

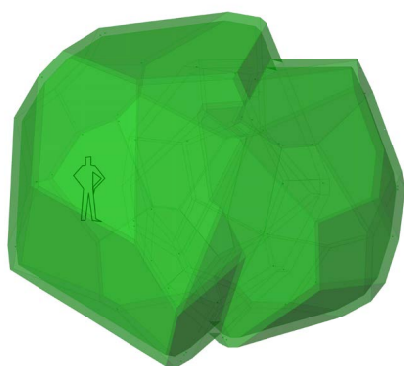
Az algoritmus három egymást követő fejezetre tagolódik, ezek a tömegformálás, szerkezetkiosztás és a végeelem analízis. A programnak a tömeg létrehozásához négy alapvető adatot kell megadni, térbeli geometria formájában. Ezeket fő input paramétereknek nevezem. Ezen geometriákat az algoritmus layerenként folyamatosan olvassa a Rhinoból. Az első fő alakító tényező a belső térigény, amit téglatestekkel definiálhatunk. Ezeket input kockáknak nevezem. Ezek a téglatestek definiálják a belső tér térfogatát és tömegközéppontjainak helyzetét a program számára. A második meghatározó paraméter a tengely, amit az input kockákhoz viszonyítva kell felvenni. Ezen tengellyel határozzuk meg az építmény megközelítésének és bővíthetőségének irányát. Továbbá ennek magassága adja meg a tér padlószintjét. A harmadik meghatározó elem a helyszín geometriája. A domborzatot a szintvonalak térbeli rajzolatával definiálhatjuk. A negyedik az észak iránya, ezt egy körrel és a kör középpontjából észak felé mutató vonallal jelöljük. A fő paramétereken kívül sok paraméter módosítható amelyek hatással vannak a generált eredményre, ezek a változók.



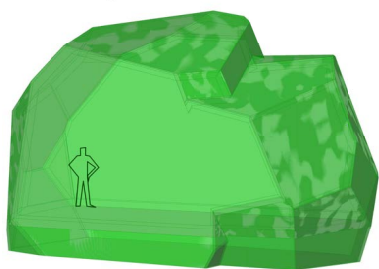
az input kocka módosításával generált variációk



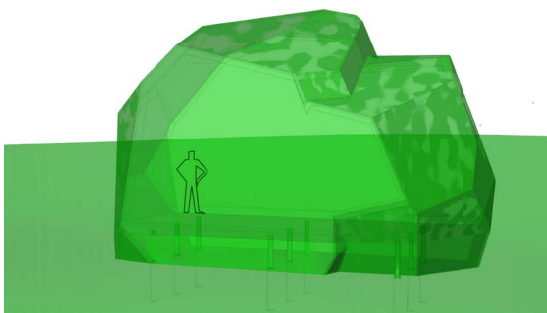
kristályképzés, méretezés



tájolás, falvastagság



síkvágások



a falrétégek domborzattal és a támaszokkal

1. TÖMEGKÉPZÉS

Kristályképzés

A formát a fő input paraméterek alapján hozza létre a program. Az input kockák térfogatát jegyzi, mint belső térfogat igény. A program az input kockákban véletlen elrendezésben pontokat helyez el, amik alapján konvex síkidomokkal zárt konvex testeket alkot. Ezeket kristályoknak nevezem. Ezen kristályok formája két paraméterrel állítható. Az egyik a //kristály véletlenszám//, a másik a kristály oldalainak számát meghatározó paraméter, az //oldalszám//. Az oldalszám kétféleképpen is megadható, ezt egy igen-nem kapcsolóval válthatjuk át. Lehet felszín-arányosan osztani, ekkor a felbontás mértékét lehet változtatni, vagy az oldalszám konkrét megadásával. Az oldalszámok megadása esetén a térfogattal egyenes arányosan a kristályok síklapjainak mérete is nő, a felbontáskor a térfogatonövekedéssel nem változik a síklapok mérete.

Tájolás

A kristályok legnagyobb oldalát dél felé //dőlésszög// -vel döntve tájolja. Ezzel a lehető legnagyobb benapozott felületet hozza létre. Amennyiben a lehető legkisebb felület tájolása a cél, erre is van lehetőség a //tájolás min/max// kapcsolóval.

Méretezés

Ezután a betájolt kristályok súlypontjait az input kockák által megadott súlypontokba helyezi, és ezen középpontból nagyítja a jegyzett belső térfogat kétszeresére.

Falvastagság

A méretezett kristályokat a program egyenletes, két rétegű falvastagsággal látja el, melynek mértéke az //falvastagság// és a //külső falvastagság// elnevezésű paraméterekkel állítható be. A három falrétetet a program innen kezdve párhozamosan kezeli.

Egyesítés

Amennyiben több input kockát adtunk meg, az egymásba ható formákat a program falrétetenként egyesíti. Így nem csak egy konvex teret lehet képezni, hanem egymásba kapcsolódó tereket is.

Vágás

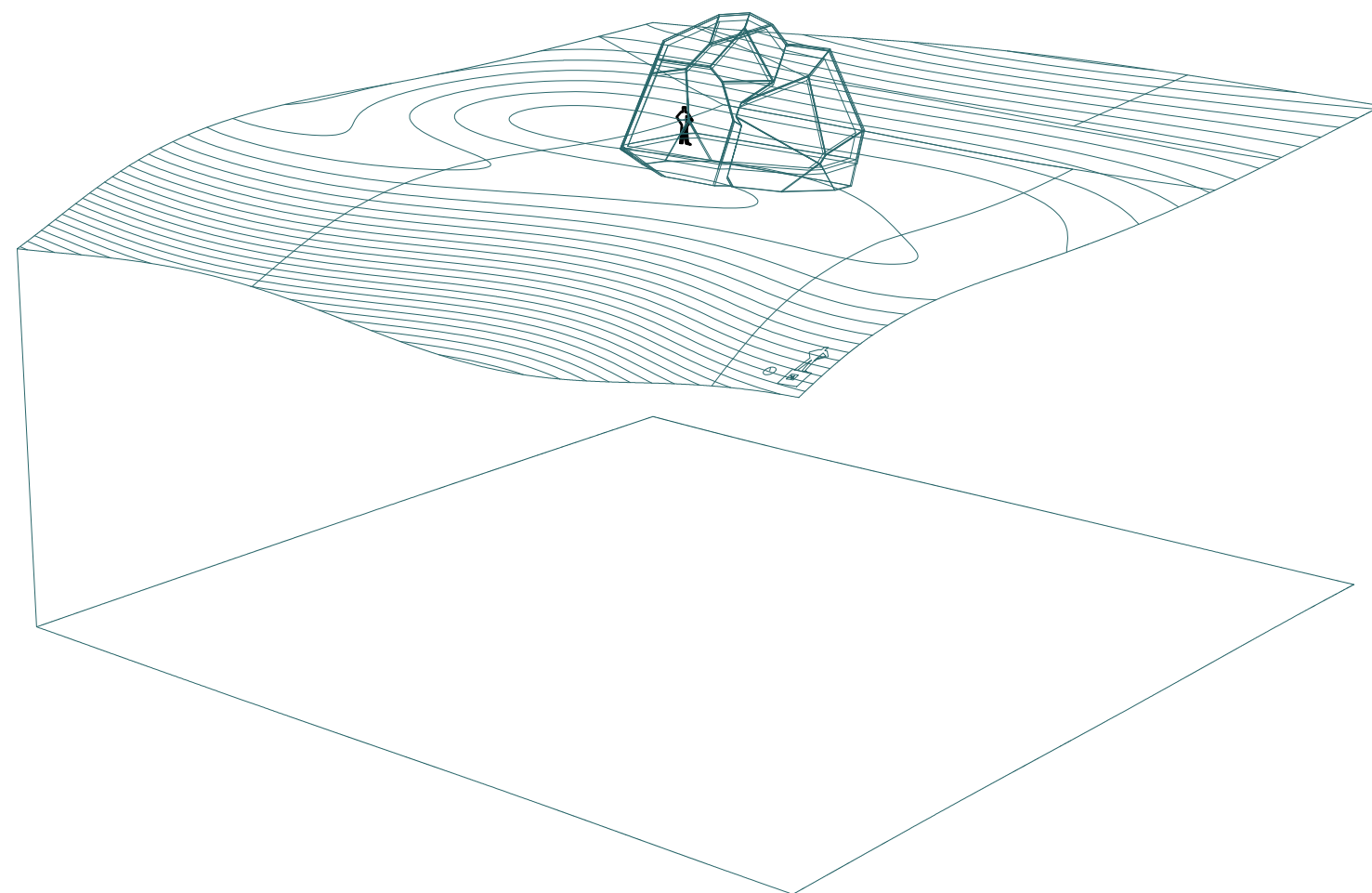
Az input tengely által megadott padlómagasságban egy vízszintes síkkal kerül levágásra a forma. Ez a síkvágás falrétetenként az adott vastagsággal lejjebb történik meg. Ezzel képződik egy padlószint. Az alsó síkvágáskor a //pincemagasság// megadásával beállítható a padló vastagsága, ahová így tartályok, és további tároló funkciók kerülhetnek.

Ezzel egyidőben a külső két réteg a talajjal is levágásra kerül. A külső burkolat szoknyaszerű továbbfuttatásával az építmény talajhoz való viszonya állítható be. Lebegő, lábakra állított, vagy talajon álló, abból kibukanó formálás is lehetséges.

A program az input tengelyekre merőlegesen, azok két végén egy-egy függőleges síkkal vágja le a formát. A képződött függőleges falakra egységesen 240x210-es nyílások kerülnek. Ezek lesznek a lakóegység bejáratai. Így válik a forma további lakóegységgel bővíthetővé, illetve meglévő településszövetbe zártan telepíthetővé.

Az eredmény

A kristályokból végül két függőleges fallal, és egy vízszintes padlóval is rendelkező tér keletkezik.



a generált épület- és domborzatmodell

2. SZERKEZETKÉPZÉS

Az algoritmus második szakasza a szerkezetképzés. A formai modell struktúrálása, építőelemek modellezése történik ekkor.

SZERKEZETTÍPUSOK

A szerkezetképzés szakasza többfelé ágazik, egyidőben párhozamosan dolgozik a falrétegekkel, és azok alapján generálja a szerkezeti elemeket. A mellérendelt művelet sorok közül egyes sorokat kihagyva eltérő szerkezeti, építési logikák közül válogathatunk. Több szerkezettípust képezhetünk eltérő anyaghasználat és gyártástechnológia esetére.

Statikai szempontból két típust különböztettem meg, az egyik az élekben csukló-, a másik az élekben nyomatéktűrő csomópontokkal modellezhető.

A/ *high tech* *jurták*:

Kompozit szövetek külön váz nélküli, merev, illetve merevített síklapokból álló könnyen és gyorsan összehajtogatható, többrétegű héj: polycarbonát, biopolymer, hőtükör és hőszigetelő fóliák, nap-elem fólia együttes használatával.

B/ *bordázott fal* *panelek*:

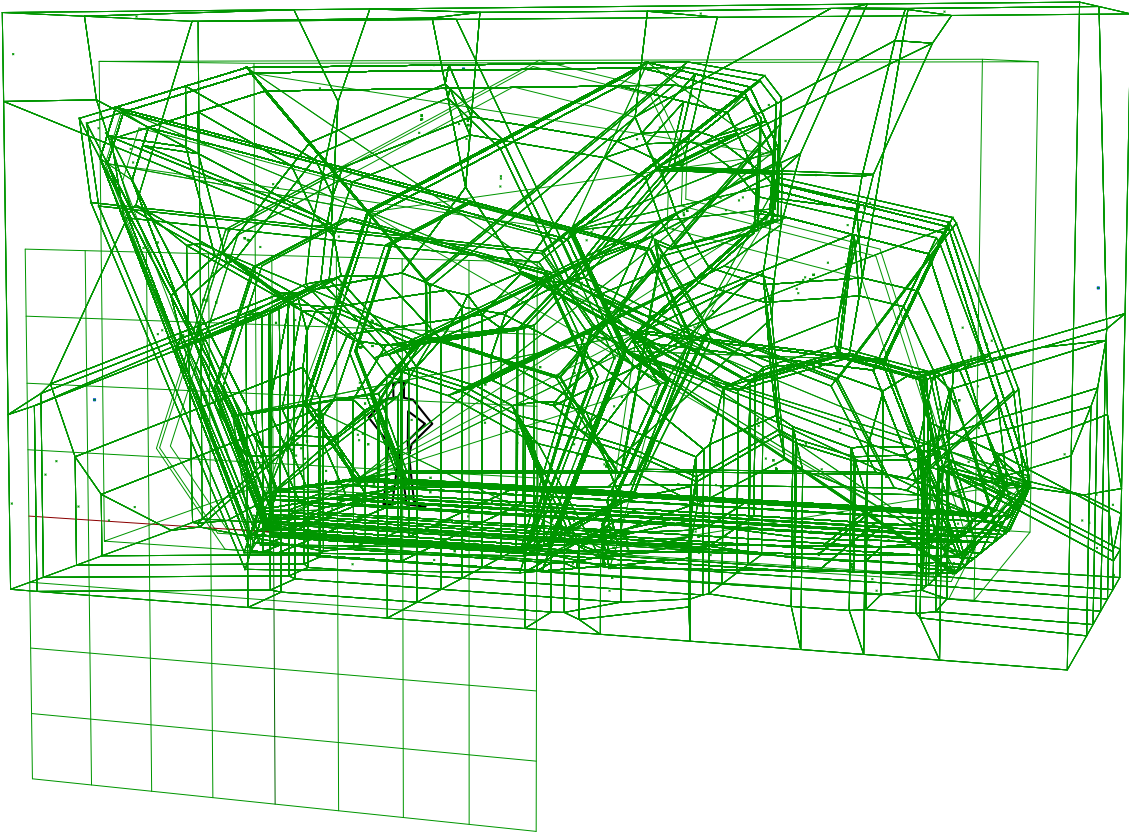
Klasszikus famegmunkálással gyártott építőelemekből épülő héjszerkezet.

C/ *nyílt forráskódú fal* *panelek*:

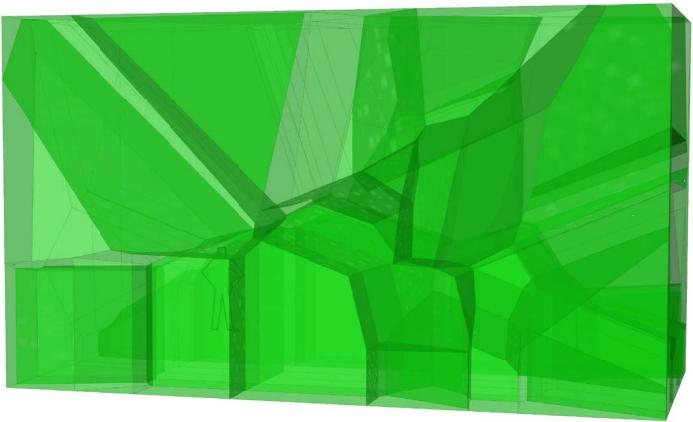
2D cnc maróval gyártott csapolt, csavarozás nélkül összeálló panelekből épül a héj szerkezet.

D/ *monolit héj*

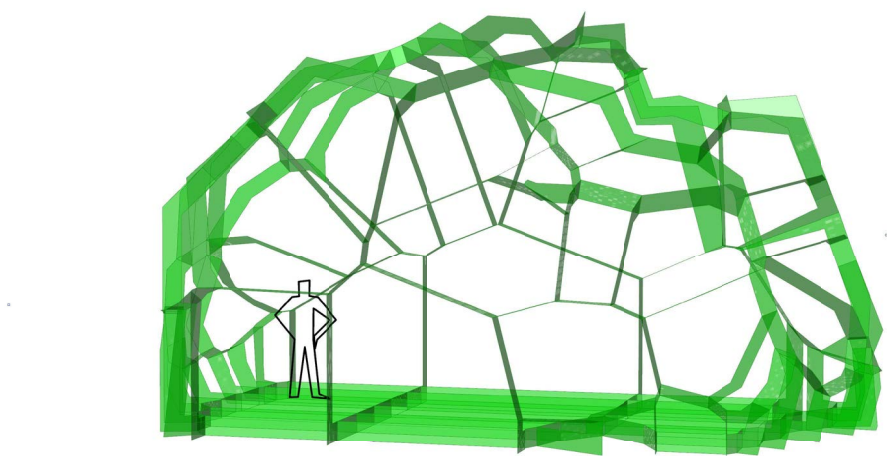
Bennmaradó előregyártott zsaluja helyszínen öntve monolit vázszerkezetet alkot.



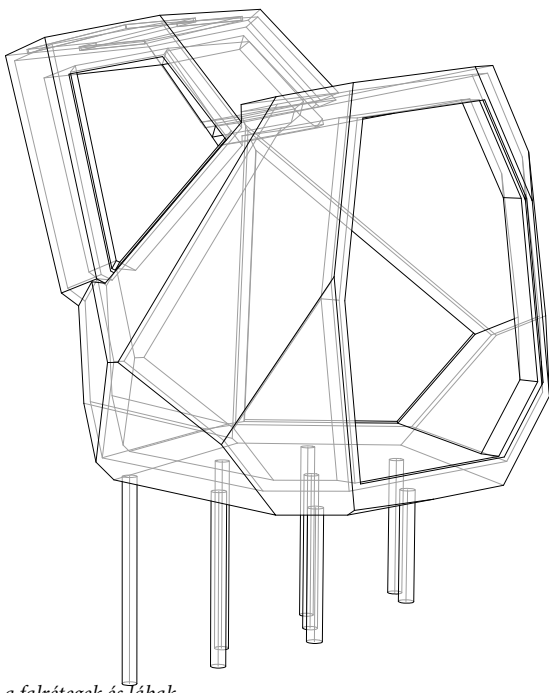
a szerkezetképzés műveletei



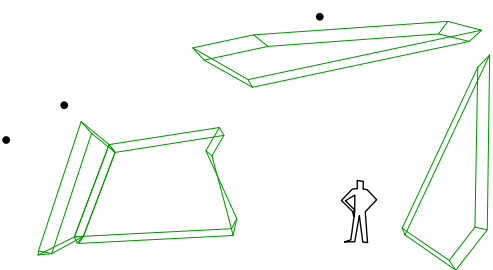
a szerkezetképzés egyik lépése



a panelek éleiben találkozó bordák



a falrétegek és lábak



a pontokkal kiválogatott panelcsoport és a hozzájuk tartozó élek

SZERKEZETI ELEMEEK

1/Lábak

Az épületet vagy az alaplemez csúcsaiban felvett oszlopok, támasztják alá, vagy az alaplemezen egy raszterben felvett oszlopokra van állítva.

2/Lemezek, és hajtásélek

A síklapok befelé offszettelésével keletkeznek a lemezek. Az eredeti és az offszettelt síkok különbsége a hajtásél. (egy „f” görbe offszettelt görbéje az euklédészi síkban az „f” görbe pontjaitól egyenlő távolságra elhelyezkedő pontok halmaza.)

3/Bordák

A síklapokon változtatható sűrűségben és mintában bordákat helyez el. Ezek a külső és belső réteg összekapcsolásával merevítik a paneleket. A síklapok éleiben kiszámolja a hajlásszögeket, és az élekre merőlegesen felvett bordákat ezen szögek alapján nyújtja túl.

4/Élek

A különböző rétegek összetartozó paneleinek éleit összekötő felület.

5/Panelcsoportok

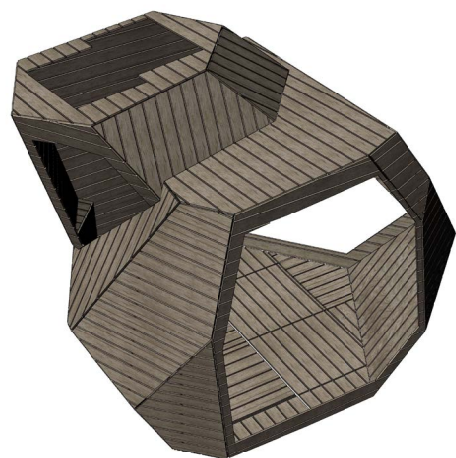
Térbeli pontokkal, vagy randomszámmal válogathatóak eltérő panelcsoportok. Különböző layer-eken felvett pontokkal különböző paneltulajdonságokat /transzparencia, szilárdság/ definiálhatunk.

6/Külső burkolat

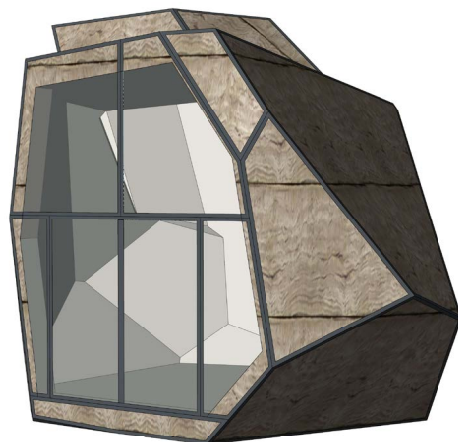
A külső falréteg burkolati osztása megadott szélességben akár a panelek esésvonalának mentén.

7/Belső szerkezetek, beépített bútorok

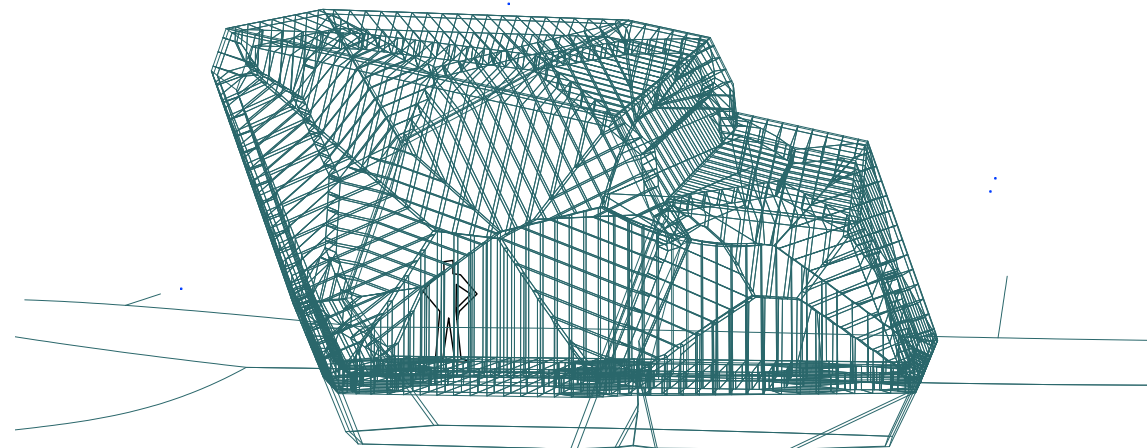
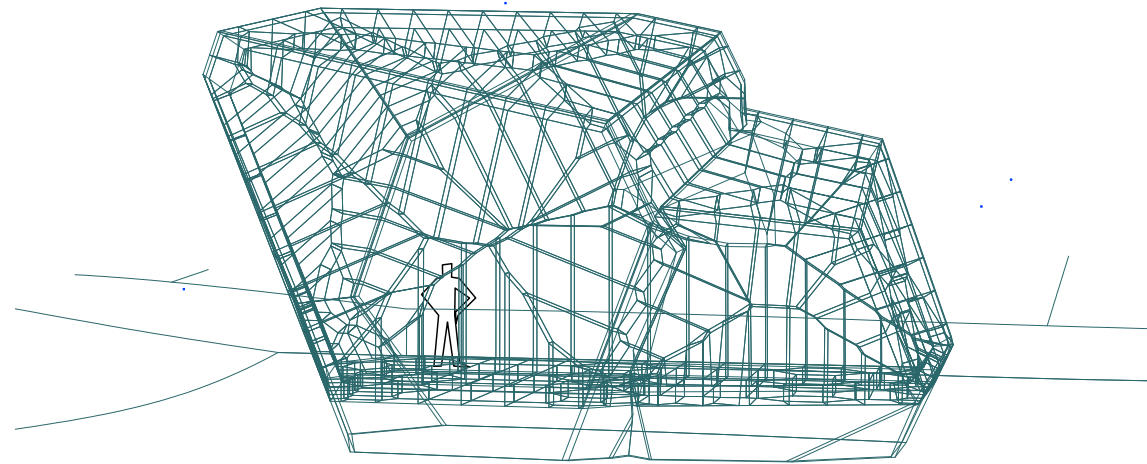
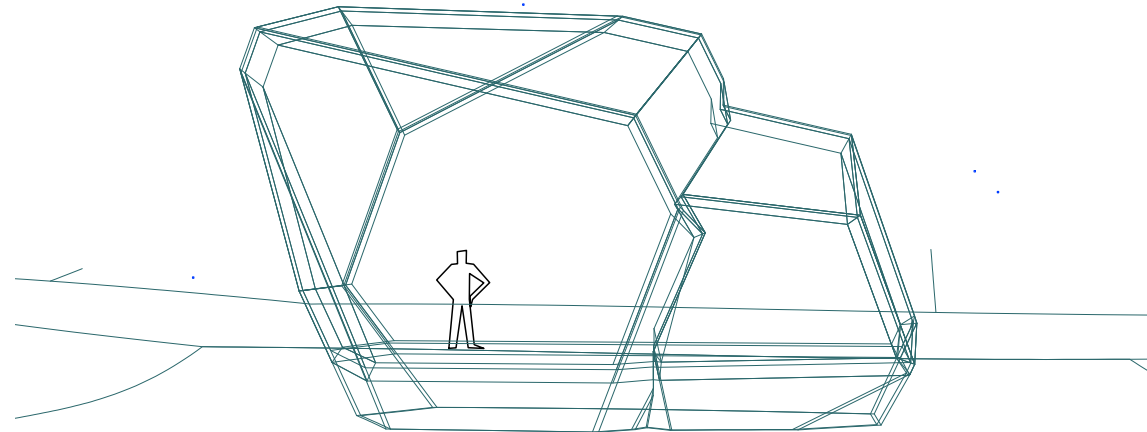
A beépített födémekeket, bútorokat síkidomokkal, -praktikusan bizonyos modulhálóban szerkesztett téglalapokkal- definiálhatjuk. Amennyiben a téglalapok túlnyúlnak a falrétegeken, ezek a belső falréteggel levágásra kerülnek.



a külső burkolat



lemezek és hajtásélek



az élfelosztás az élekre merőleges bordák osztását határozza meg:
fentről lefelé az élfelosztás méterben: nincs-0.7-0.35

3. ANALÍZIS

A strukturált modell szerkezeti elemei egy statikai analízis modulba csatlakoznak. Definiálnunk kell az elemek anyagát, a támaszokat, és a terheket. Az analízisekhez a grasshopperhez csatlakoztatható Karamba¹⁴ kiegészítő programot használtam, amivel az algorimus programozó felületén belül végezhetünk végeelem analíziseket, statikai és termodinamikai vizsgálatokat. „A Végeelemes módszer numerikus módszer, jellemzően mérnöki feladatokkal szorosan összefüggő mechanikai számítások elvégzésére. Ebben az esetben az alkatrészt modellező geometriai testet véges számú elemre bontják. Háromszögekre vagy négyszögekre, térbeli esetben esetleg hasábkokra vagy tetraéderekre.

A végeelemes módszert alkalmazni lehet nemlineáris feladatok megoldására is, mint például nem lineáris anyagtulajdonságok, nagy deformációk kezelésére, szerkezeti stabilitási problémák megoldására (épületszerkezetek stabilitása, kihajlása). Használják a VEM programokat hővezetési problémák illetve kombinált hővezetési és szilárdsági problémák megoldására is.”¹⁵

EVOLÚCIÓS VIZSGÁLAT

Az algoritmus alkalmazásának lényege a változók módosításával generált sorozat, generáció vizsgálata valamely szempontból, és a legjobb egyed kiválasztása. Ezt angolul evolutionary design-nak hívják.

Így az adott körülmények között lehetséges legoptimálisabb megoldást kereshetjük. A kritériumoknak való megfelelés mértéke a fitness érték, ami az eredmény adatainak mérésével fejezhetőek ki az algoritmus számára.

A modell vizsgálható többféle szempontból, és több fázisban. Egyes szempontok már a tömegképzés szakaszában kiderülnek, továbbiak csak a szerkezetképzés után számolhatóak.

A fitness értékek lehetnek például adott paraméterek mellett:

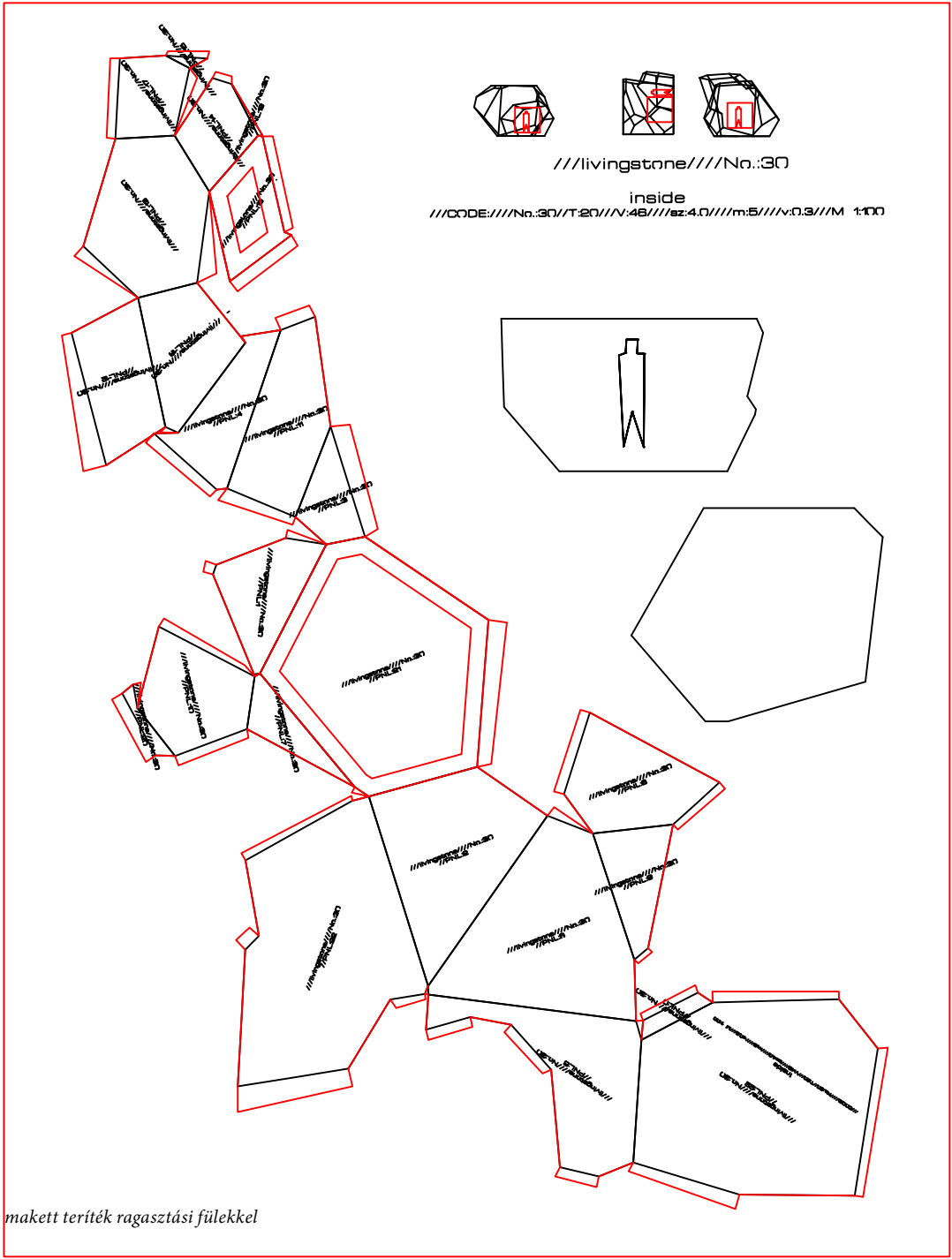
- legkönnyebb szerkezet
- leggyengébb igénybevétel
- ideálisan benapozott felületek legnagyobb területe
- szerkezeti elemek legjobb kiosztása/ keresztmetszete
- legkisebb lapraszerelt méret

¹⁴ www.karamba3d.com

¹⁵ www.hu.wikipedia.org

4. ÉPÜLETELEMEK KONSZIGNÁCIÓJA

Az algoritmus a szerkezeti elemeket konszignálja. Minden szerkezeti elem jelölve van az épület kódja, a falpanel, az elem típusa és sorszáma.



5. MODELL BAKE

Az algoritmus képlékeny környezetéből az optimalizált modellt egy kattintással „süthetjük ki”. A Rhinoceros 3D programban az épület modellje strukturálva, layereken jelenik meg.



a modelltől készült látványterv

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm családom támogatását, az AMI létezését.

Köszönöm U. Nagy Gábor és Lipák Gábor útmutató tanácsait, biztatását.

Köszönöm többek között Kiss Dániel, Nagy Kincső, Gáhy Kornél, Smiló Dávid, és Cepeda Nayari segítségét.

Köszönöm Sorlta E. Tamásnak a piritet, Wesselényi Garay Andornak a sókristálynövesztés receptjét, Juhász Mártonnak pedig azt, hogy minden a terv szerint halad..