



Lubomír Ježek

GLASS CHAPEL

Kaple jako skleněná tříšť

Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

Původním záměrem tohoto projektu bylo vytvoření skleněné střechy na zřícenině kostela u Tachova. Pro zefektivnění procesu návrhu jsem používal náhodně generované body, které jsem se snažil různými způsoby spojovat. Výsledkem této abstraktní cesty je asi 15 různých systémů skleněných trojúhelníků, z nichž žádný není příliš vhodný pro funkční zastřešení kostela.

Náhodnými body ovšem vznikly zajímavé kompozice, které by teoreticky mohly představovat prostor sám o sobě. Postupnou úpravou ploch jsem pak vytvořil menší kapli, která slouží spíše pro meditaci a modlitbu, než pro slavení mší. Kaple nemá přesně definované umístění v krajině, ale mohla by zpestřit nevyužitá městská prostředí. Je složena ze dvou systémů trojúhelníků: náhodně vytvořených ploch uprostřed a lomenicové struktury, která je obepíná jako náruč.

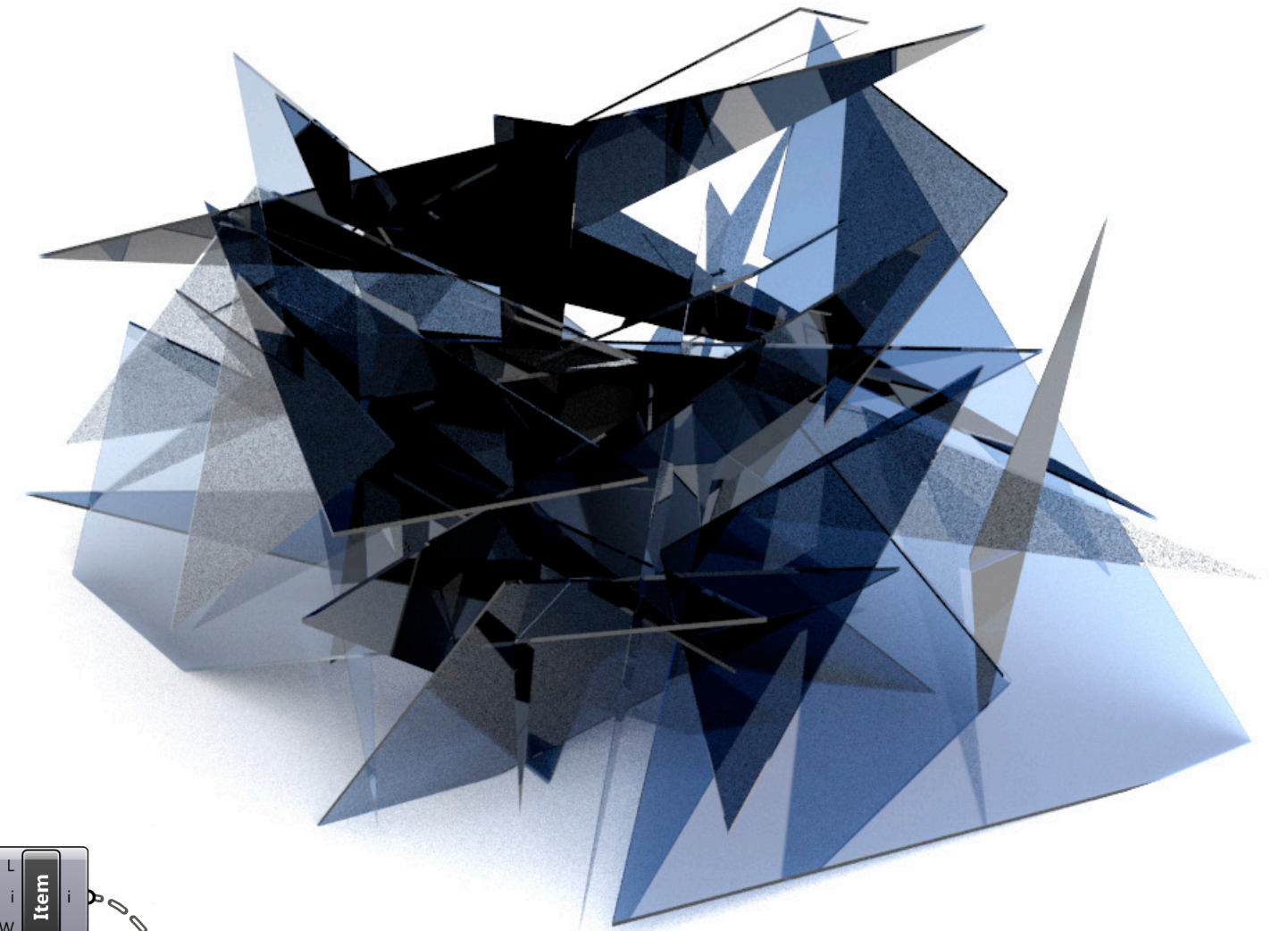
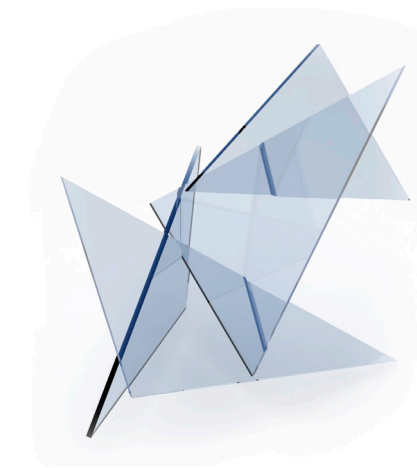
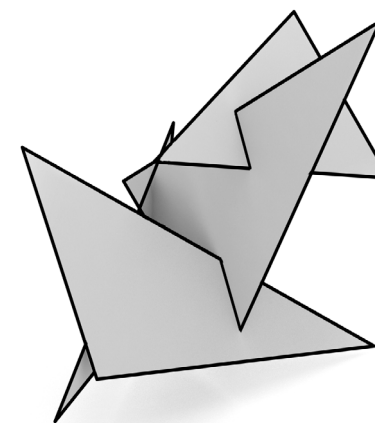
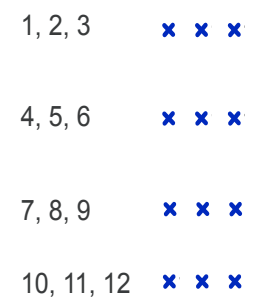
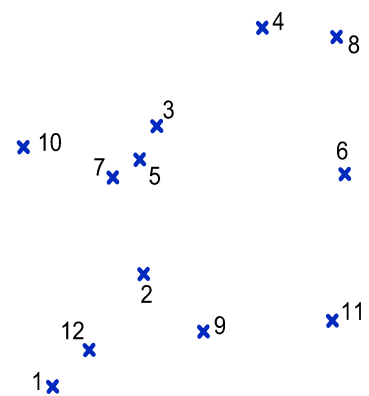
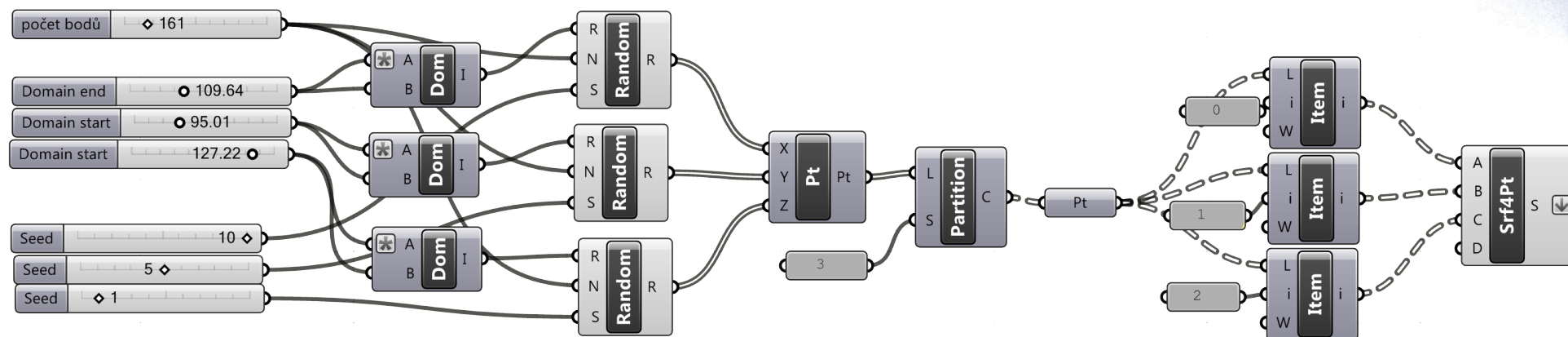


Schéma procesu návrhu obázku vpravo:



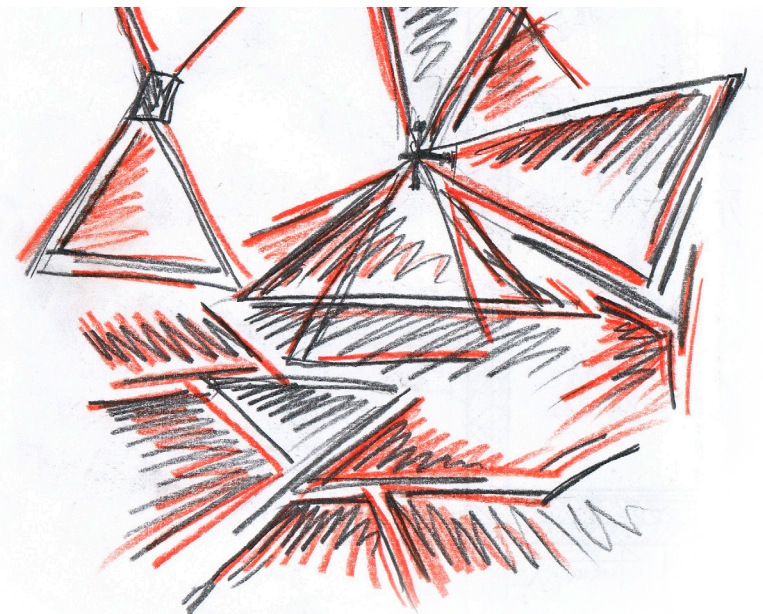
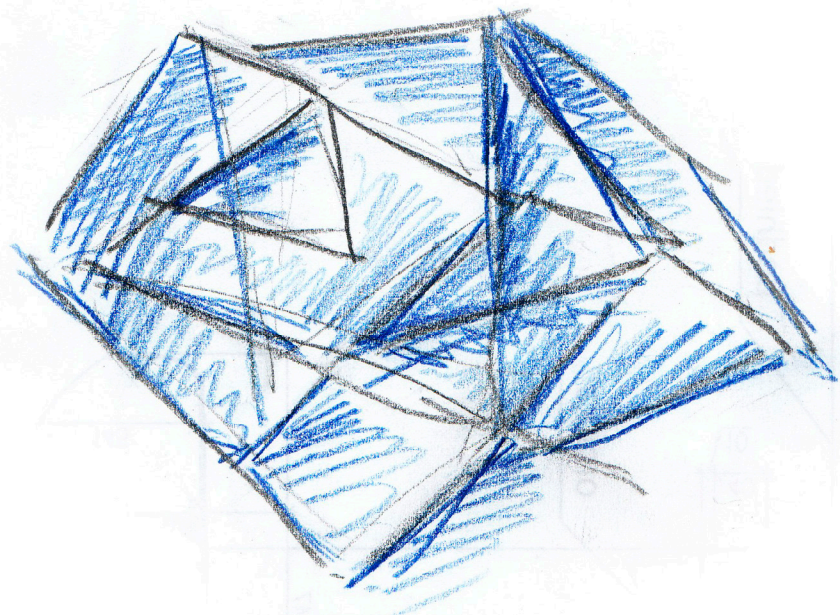
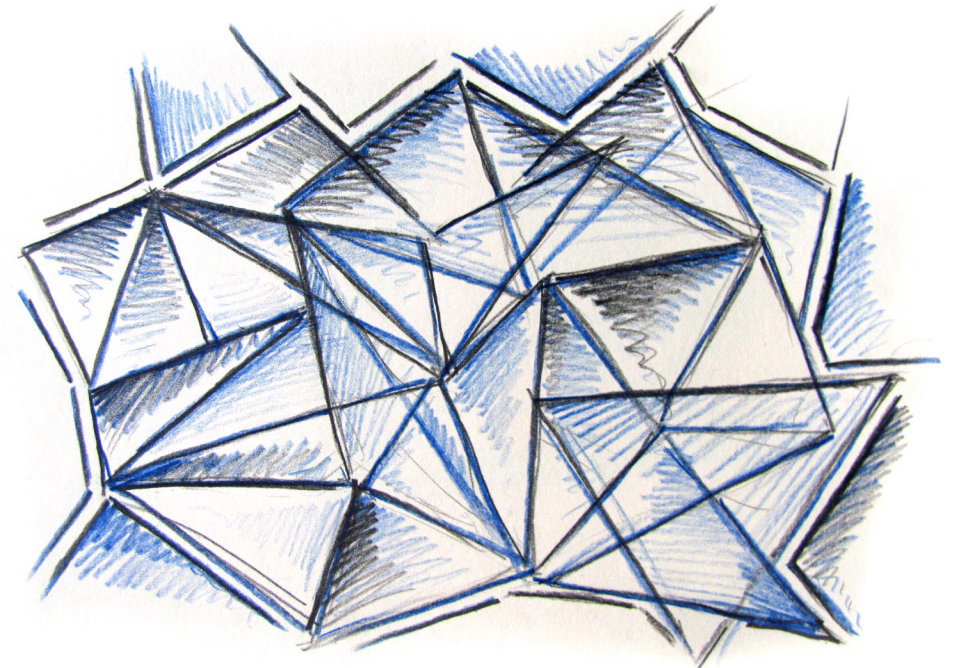
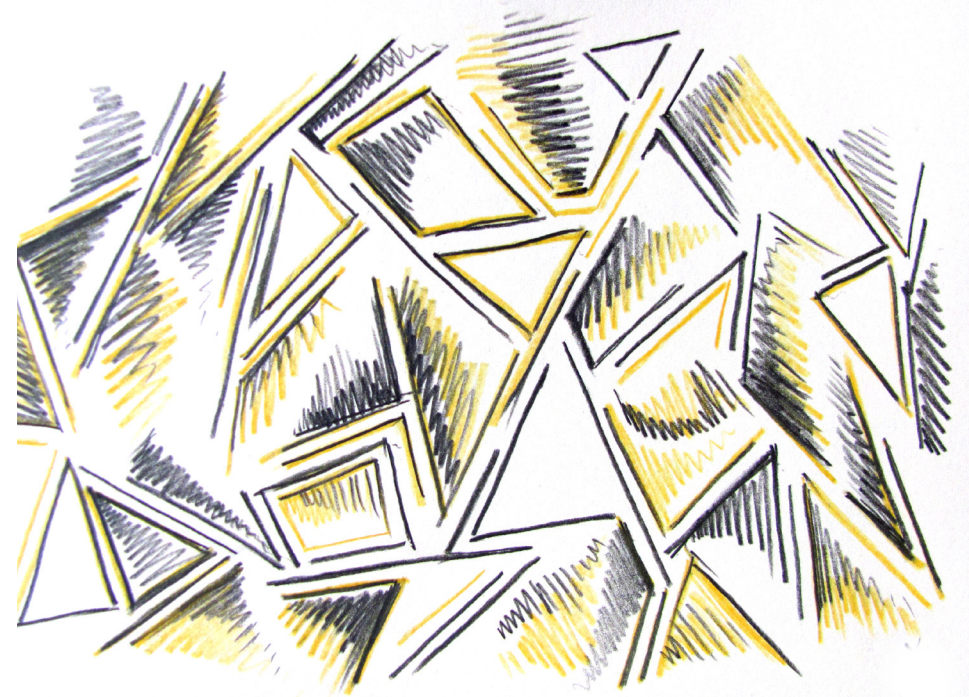
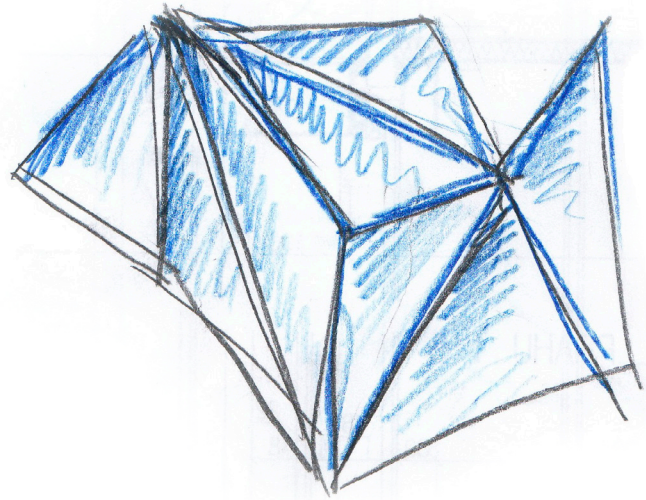
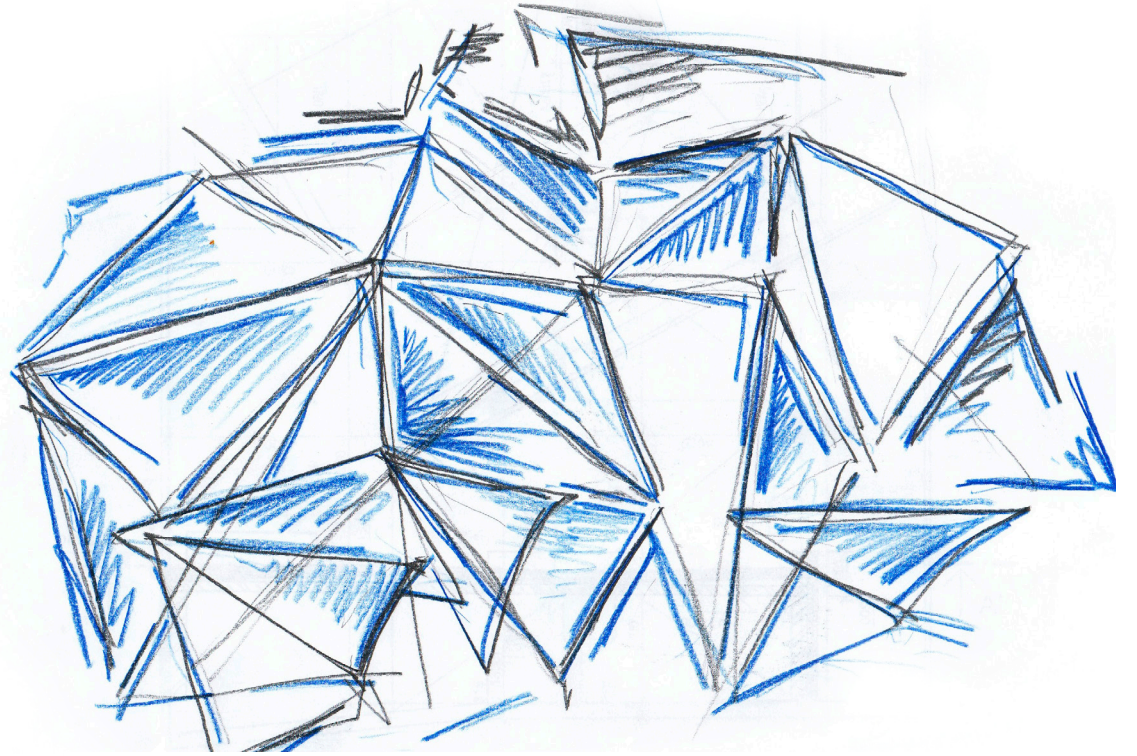
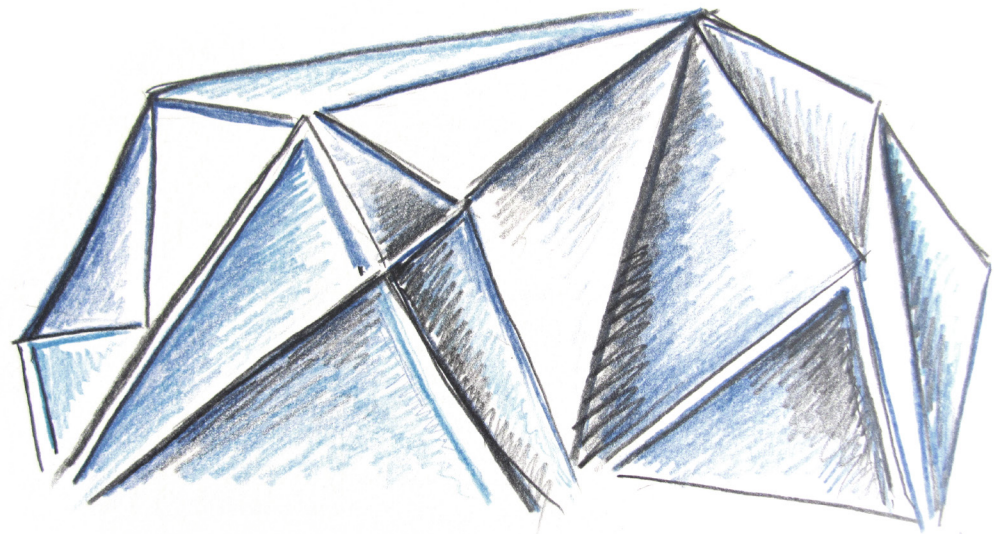
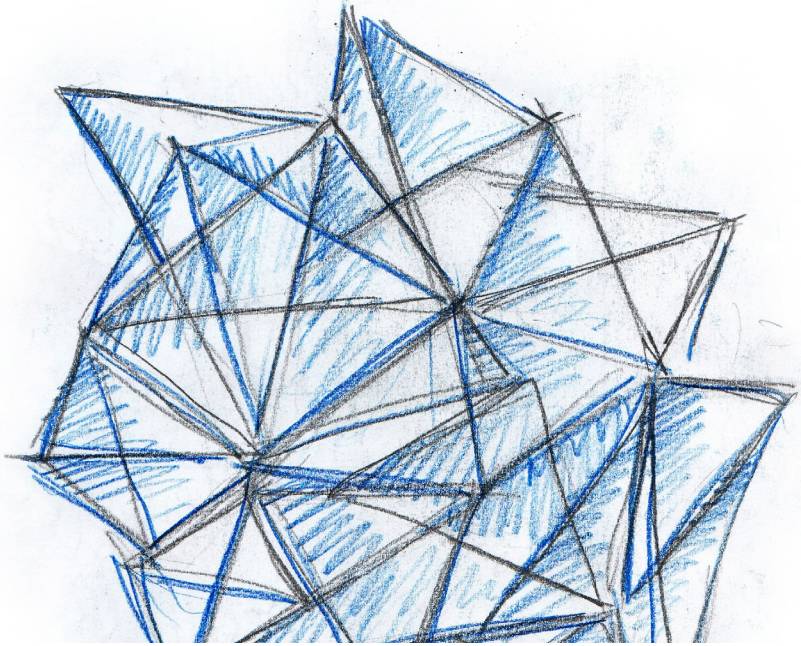
Vytvoření určitého počtu náhodných bodů v určitém intervalu

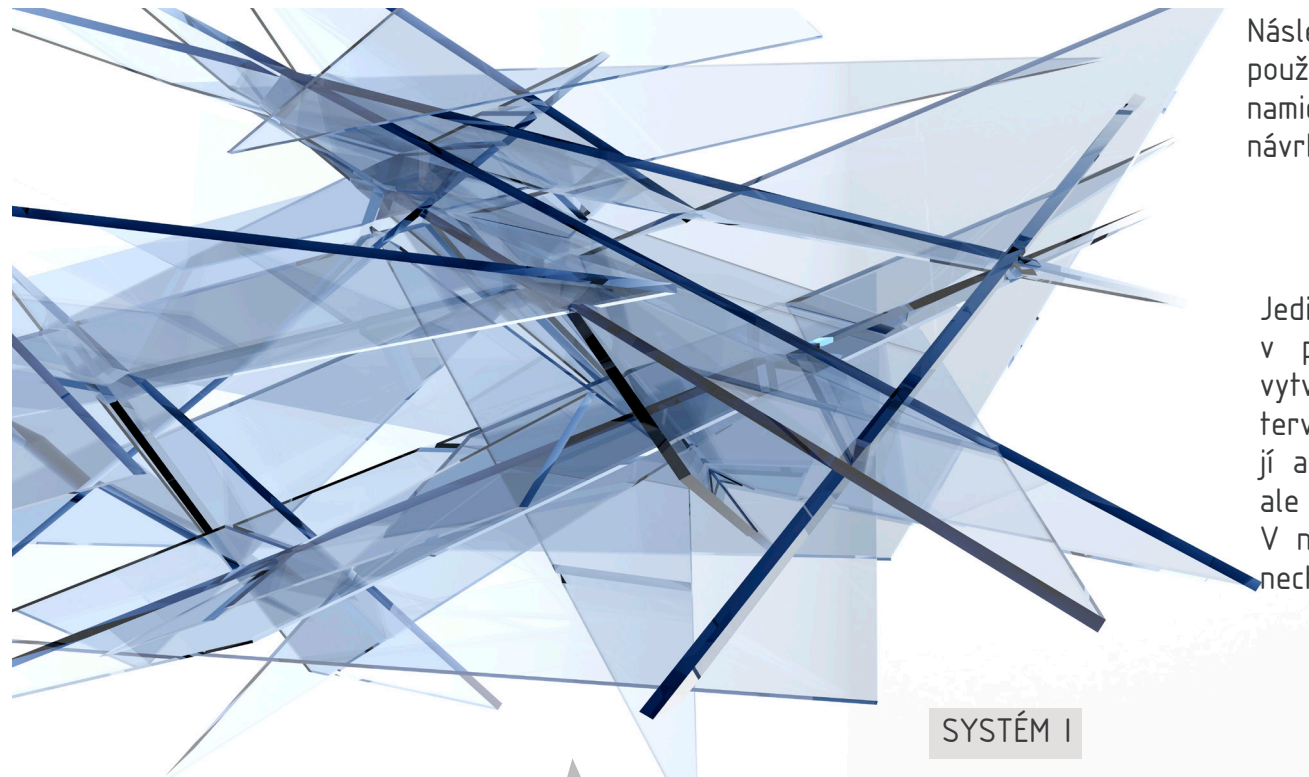
Rozdělení bodů do trojic dle pořadí vzniku

Spojení trojic bodů do trojúhelníků

Extrudování ve směru kolmém k rovinám trojúhelníků a renderování jako sklo

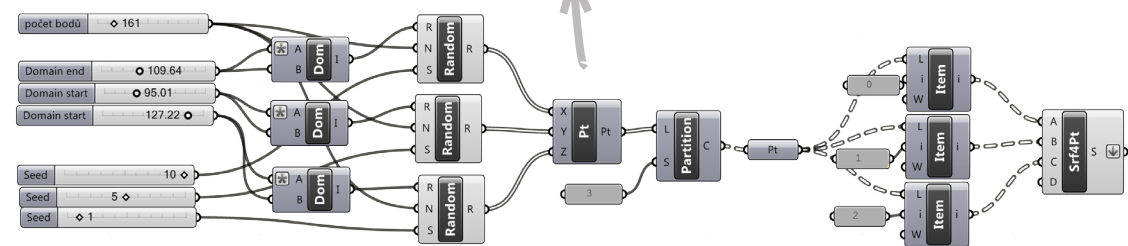
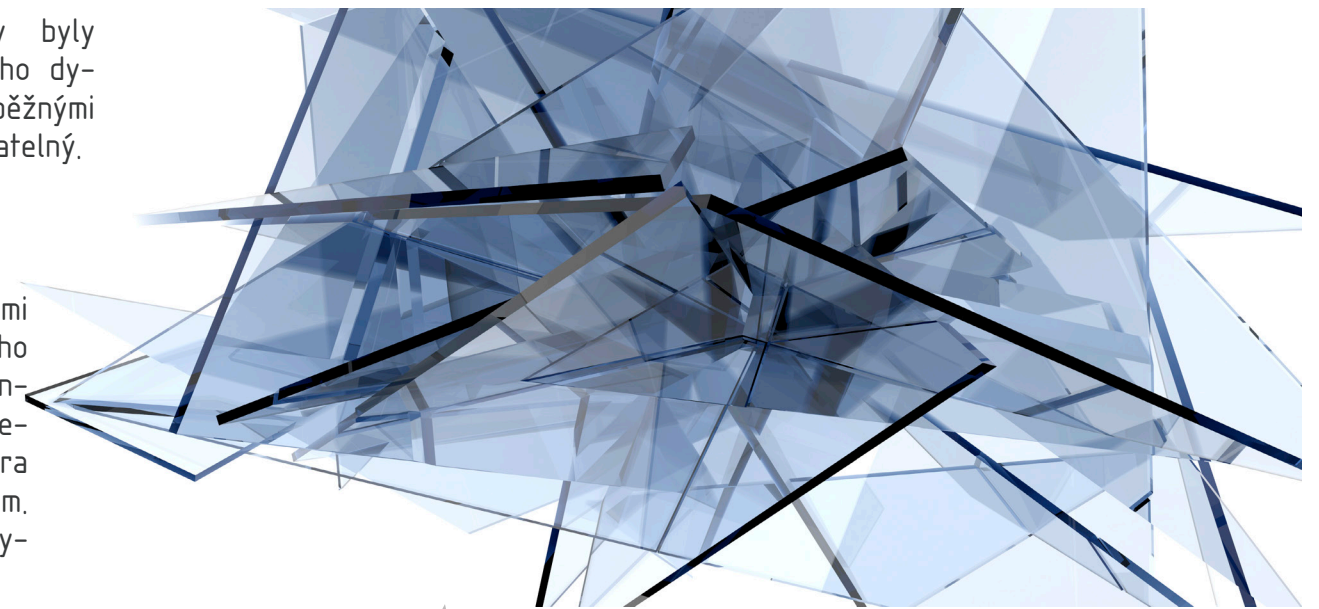
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



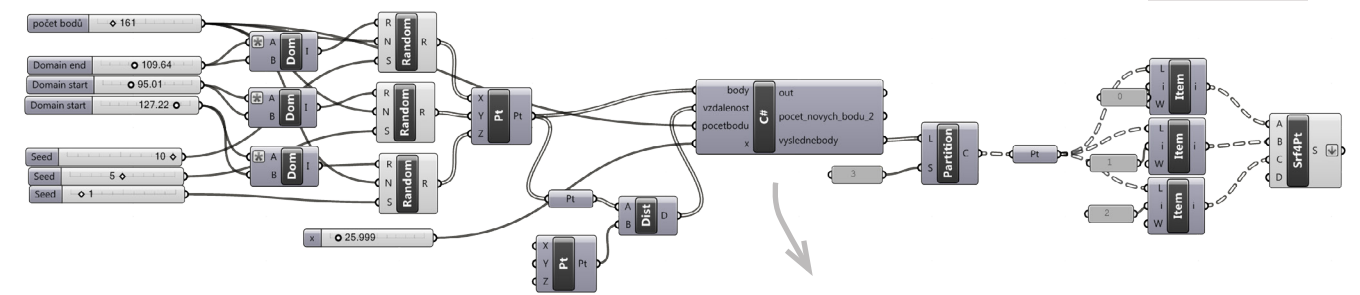


Následující parametrické postupy byly použity pro modelování abstraktního dynamického prostoru, který by byl běžnými návrhovými postupy těžko realizovatelný.

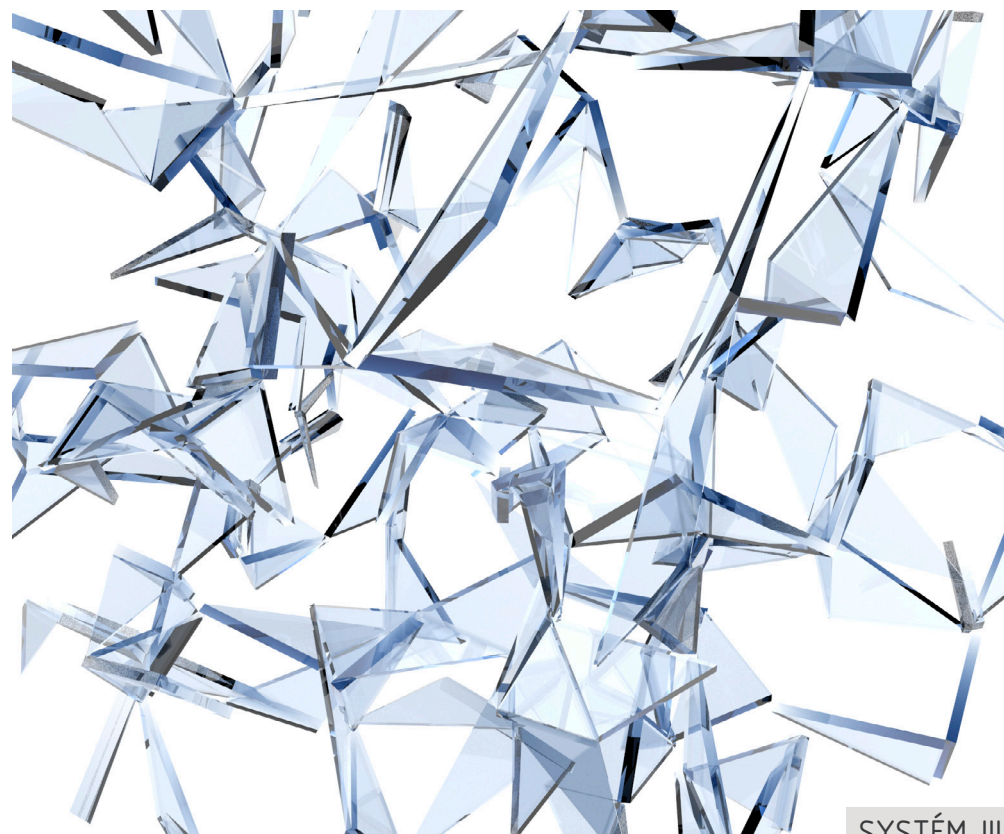
Jedinými nastavitelnými hodnotami v prvním systému parametrického vytváření bodů jsou: počet bodů, interval, ve kterém se body vytvářejí a tzv. "Random Seed". Struktura ale vytváří průniky přes celý objem. V následujícím kroku byly tedy vynechány body uprostřed tělesa.



SYSTÉM I



SYSTÉM II



SYSTÉM III

```

for (int c = 0; c < pocet_novych_bodu; c++)
{
    vzdalenost_1 = 100000000;
    vzdalenost_2 = 100000000;
    for (int b = 0; b < pocet_novych_bodu; b++)
    {
        if (!novebody[c].Equals(novebody[b]))
        {
            vzdalenost_0 = Distance(novebody[c], novebody[b]);
            if (vzdalenost_0 < vzdalenost_1)
            {
                vzdalenost_2 = vzdalenost_1;
                index2 = index1;
                vzdalenost_1 = vzdalenost_0;
                index1 = b;
            }
            else
            {
                if (vzdalenost_0 < vzdalenost_2)
                {vzdalenost_2 = vzdalenost_0;
                index2 = b;}
            }
        }
    }
    nejblizsi_body.Add(novebody[c]);
    nejblizsi_body.Add(novebody[index1]);
    nejblizsi_body.Add(novebody[index2]);
}
list_bodu2 = nejblizsi_body;
    
```

zdrojový kód C#

```

private void RunScript(List<Point3d> body, List<double> vzdalenost, int pocetbodou, double x, ref object pocet_novych_bodu_2, ref object vyslednebody)
{
    int pocet_novych_bodu = 0;

    List < Point3d > novebody = new List<Point3d>();

    for (int a = 0; a < pocetbodou; a++)
    {
        if (vzdalenost[a] > x)
        {novebody.Add(body[a]);
        pocet_novych_bodu++;}
    }
    vyslednebody = novebody;

    pocet_novych_bodu_2 = pocet_novych_bodu;
}
    
```

Absence vnitřních bodů ovšem vůbec nevyřešila problém průniků a nekontrolovatelnou velikost náhodně vzniklých trojúhelníků. Proto byl systém doplněn o podmínku, že se každý bod spojuje s nejbližšími dvěma body.

Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

Struktura vzniklá pomocí nejbližších bodů byla roztříštěná na příliš malé kousky. Do programu byl tedy integrován parametr pro výběr nejbližšího n-tého bodu. Tímto způsobem lze nastavit spojování každého bodu s 6. a 7. nejbližším bodem nebo 8. a 9. bodem atd.

Nejdůležitější část zdrojového kódu:

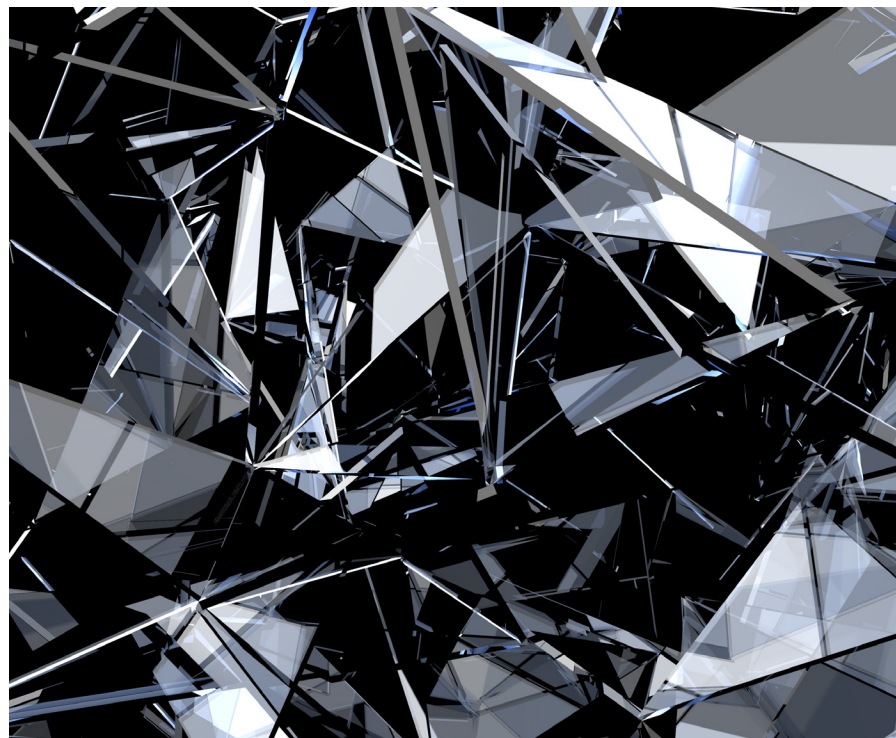
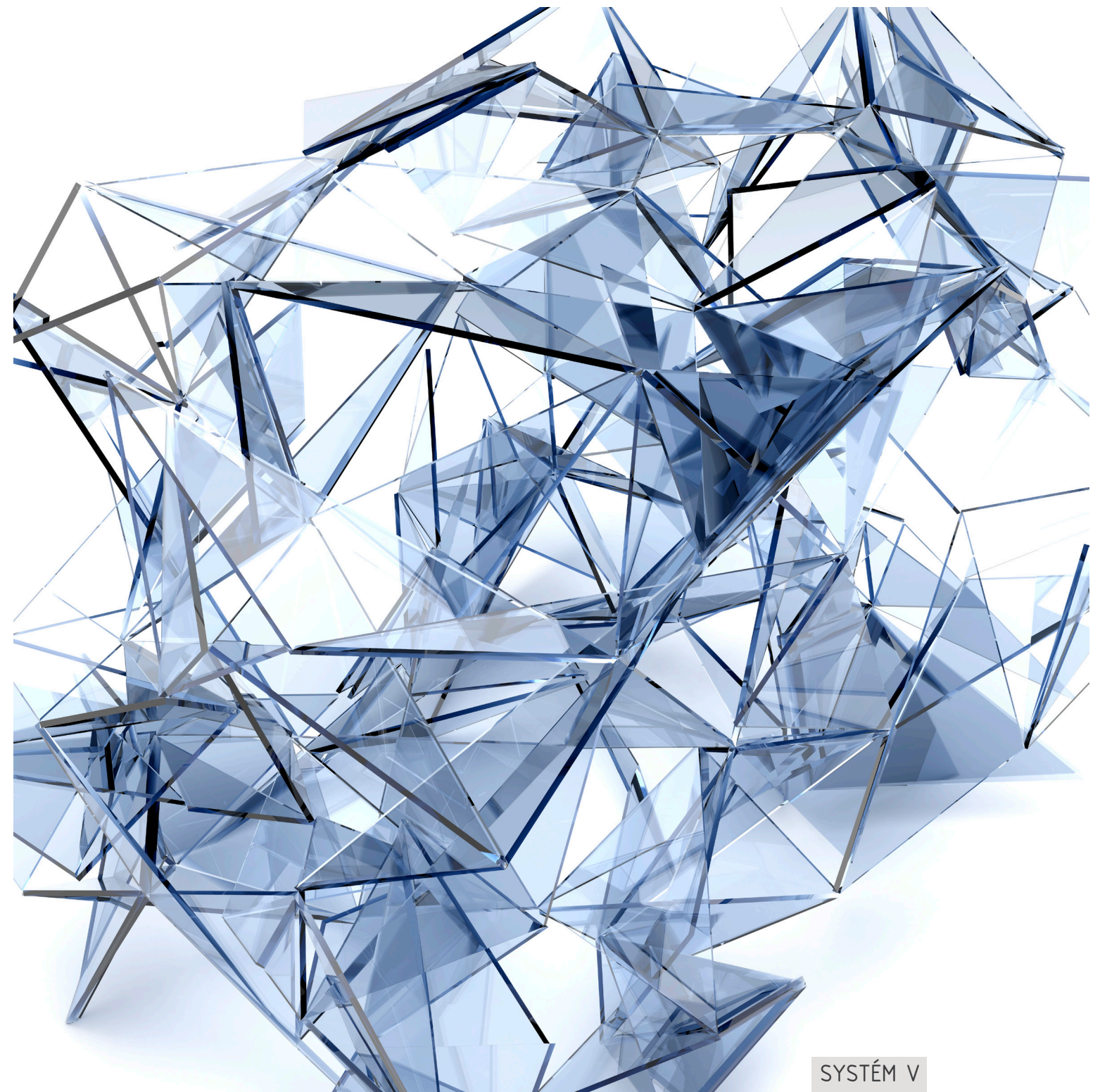
```
Point3d [] pole1 = new Point3d [pocet_novych_bodu];
Double [] pole_vzdalenosti = new double [pocet_novych_bodu];
List < Point3d > vysledny_list = new List<Point3d>();

for (int d = 0; d < pocet_novych_bodu; d++)
{
    for (int b = 0; b < pocet_novych_bodu; b++)
    {
        vzdalenost_0 = Distance(novebody[d], novebody[b]);

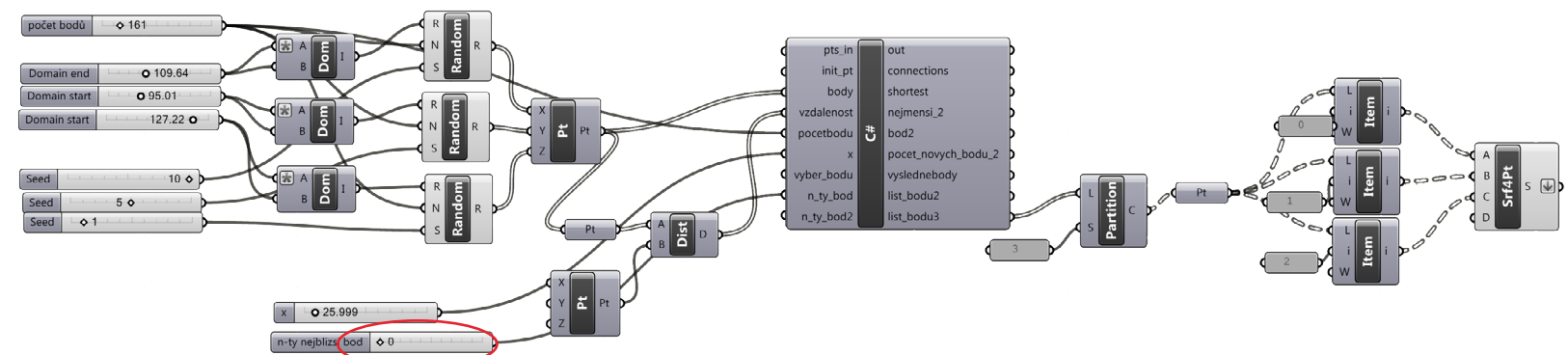
        if (!novebody[d].Equals(novebody[b]))
        {
            vzdalenost_0 = Distance(novebody[d], novebody[b]);
            pole_vzdalenosti[b] = vzdalenost_0;
            pole1[b] = novebody[b];
        }
        else
        {
            pole_vzdalenosti[b] = 10000000000;
        }
    }
    Array.Sort(pole_vzdalenosti, pole1);
    vysledny_list.Add(novebody[d]);
    vysledny_list.Add(pole1[n_ty_bod]);

    vysledny_list.Add(pole1[n_ty_bod + 1]);
}

list_bodu3 = vysledny_list;
```

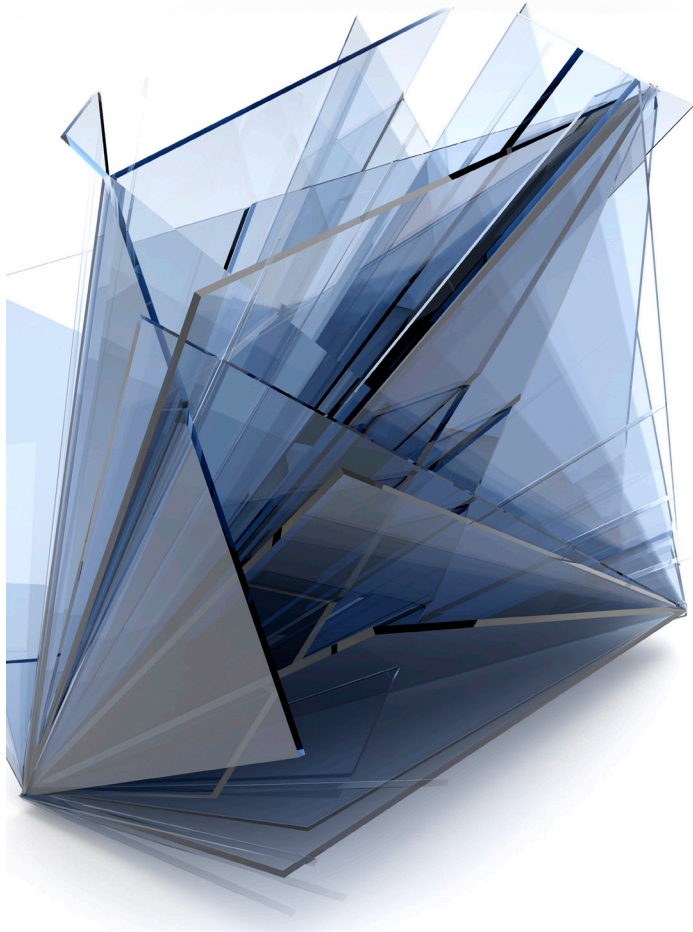


SYSTÉM V



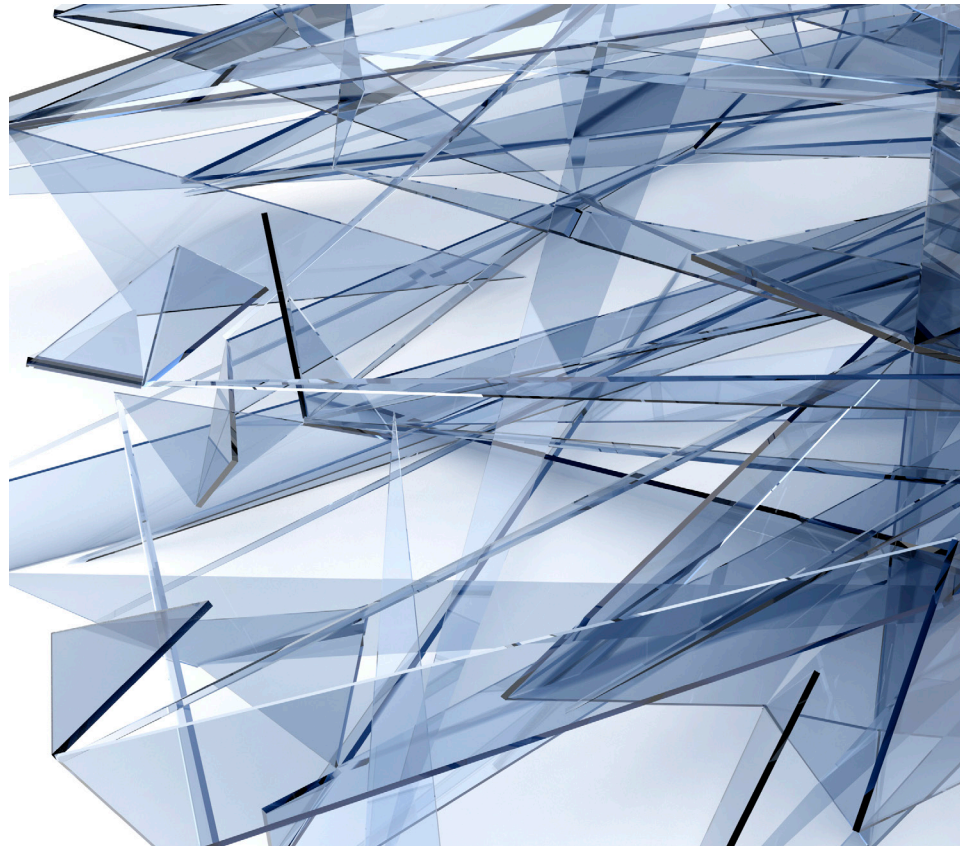
Parametr pro výběr n-tého nejbližšího bodu

Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



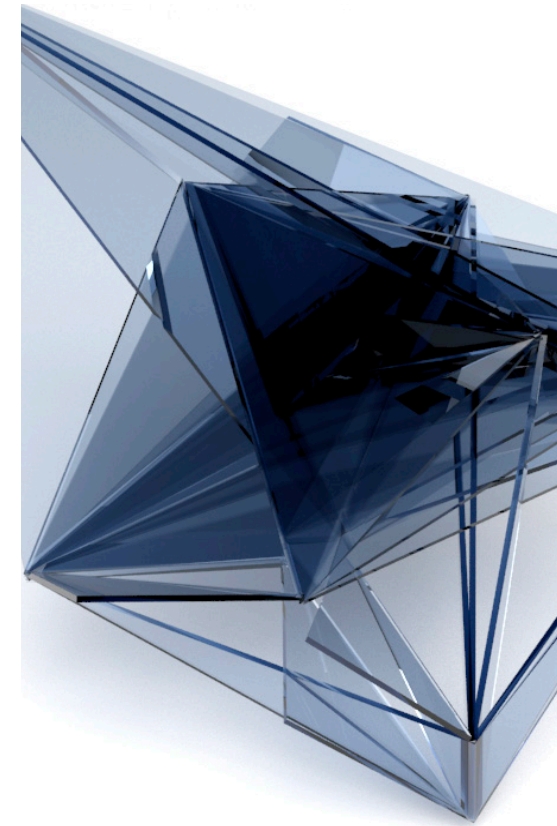
SYSTÉM IX

Spojení jediného bodu se všemi ostatními



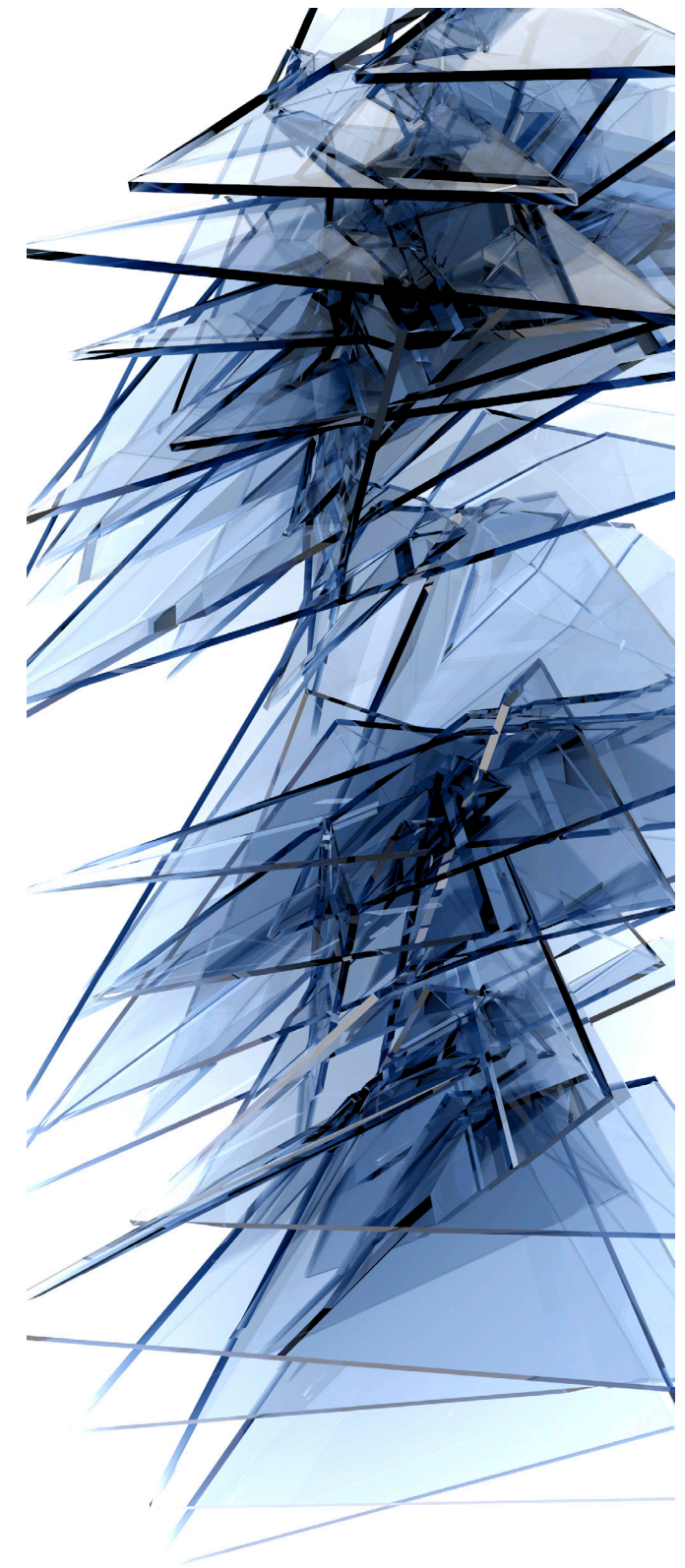
SYSTÉM IV

Plochy vzniklé spojením nejbližšího a libovolného bodu



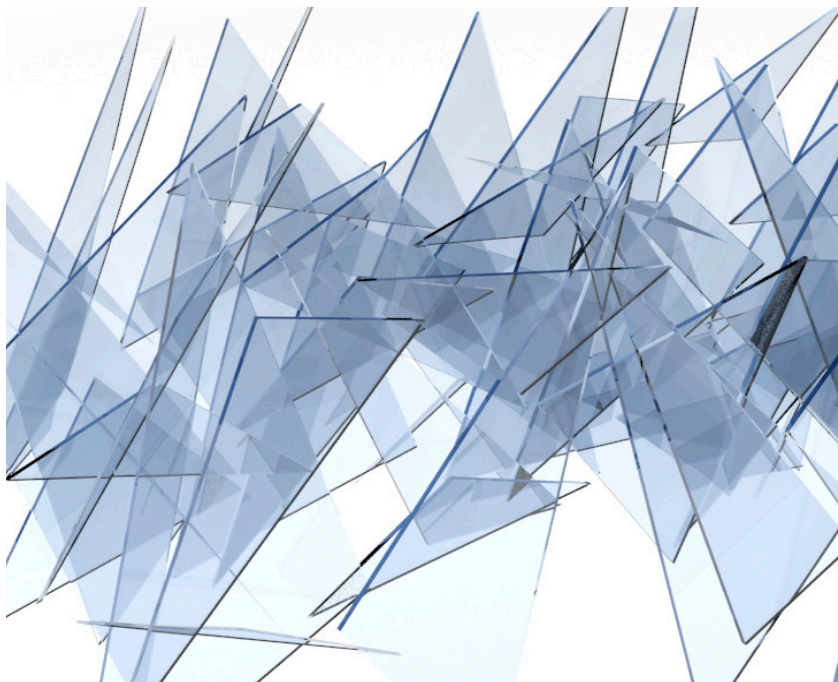
SYSTÉM XIV

Spojení každého bodu s každým



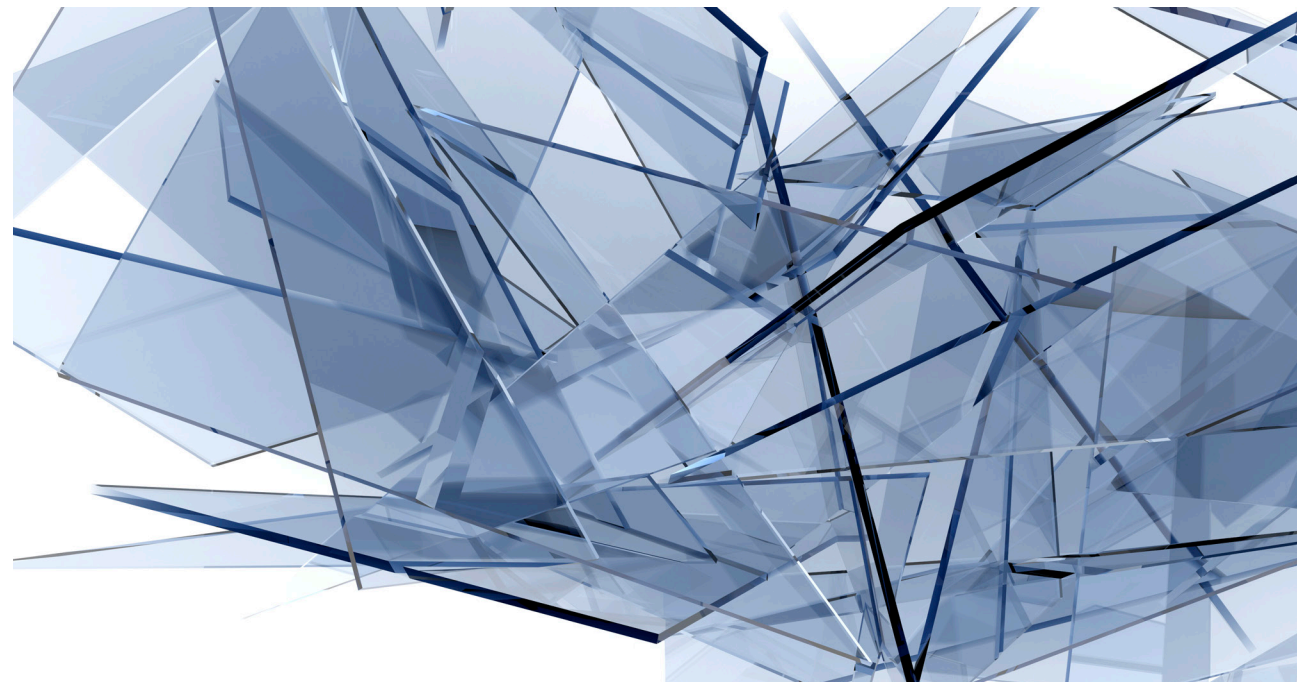
SYSTÉM XII

Každý bod vytvoří 3 další a kombinací těchto 4 bodů vzniknou 4 plochy tvořící dohromady čtyřstěny.



SYSTÉM VIII

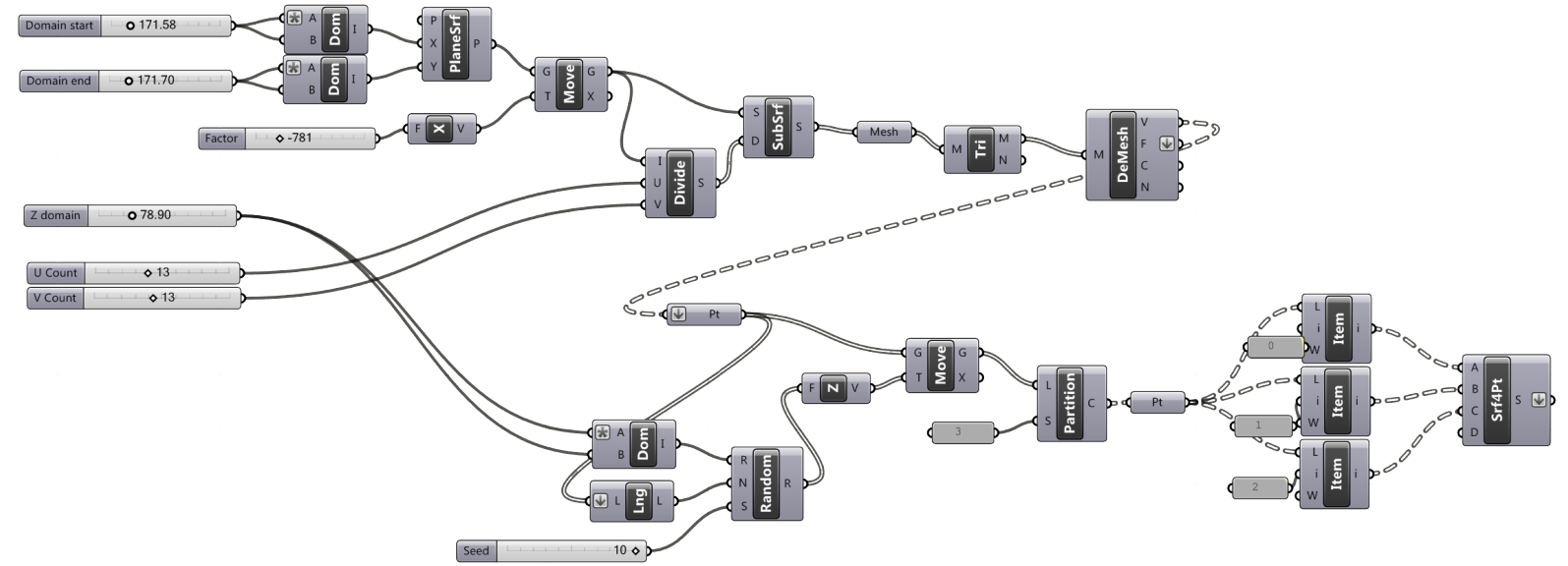
Body v obdélníkovém gridu jsou náhodně posouvány ve směru osy z.



SYSTÉM XV

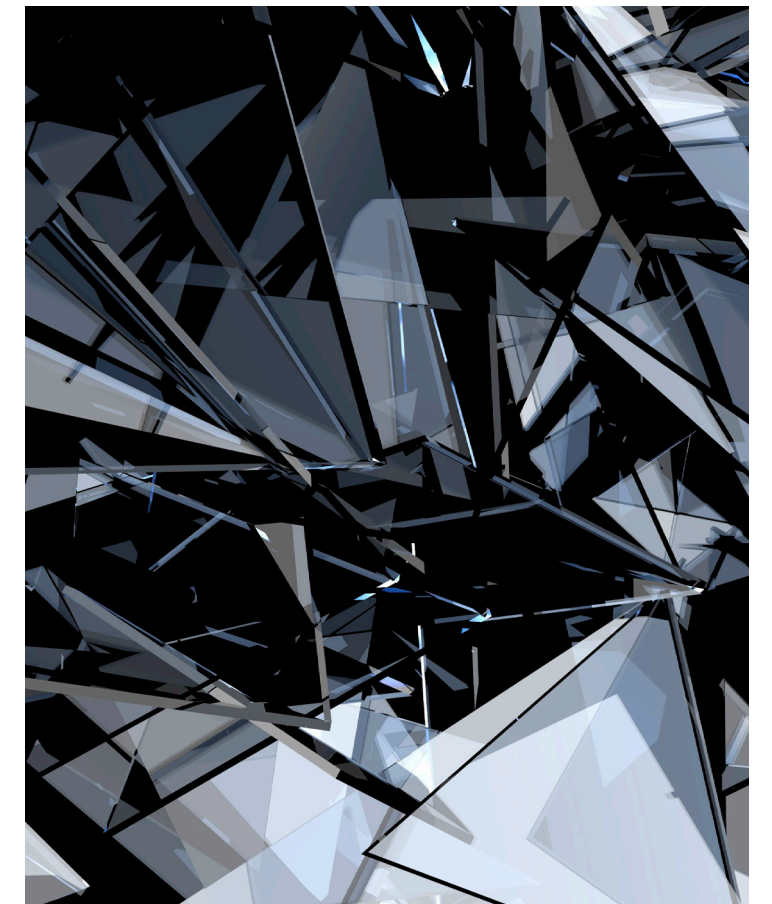
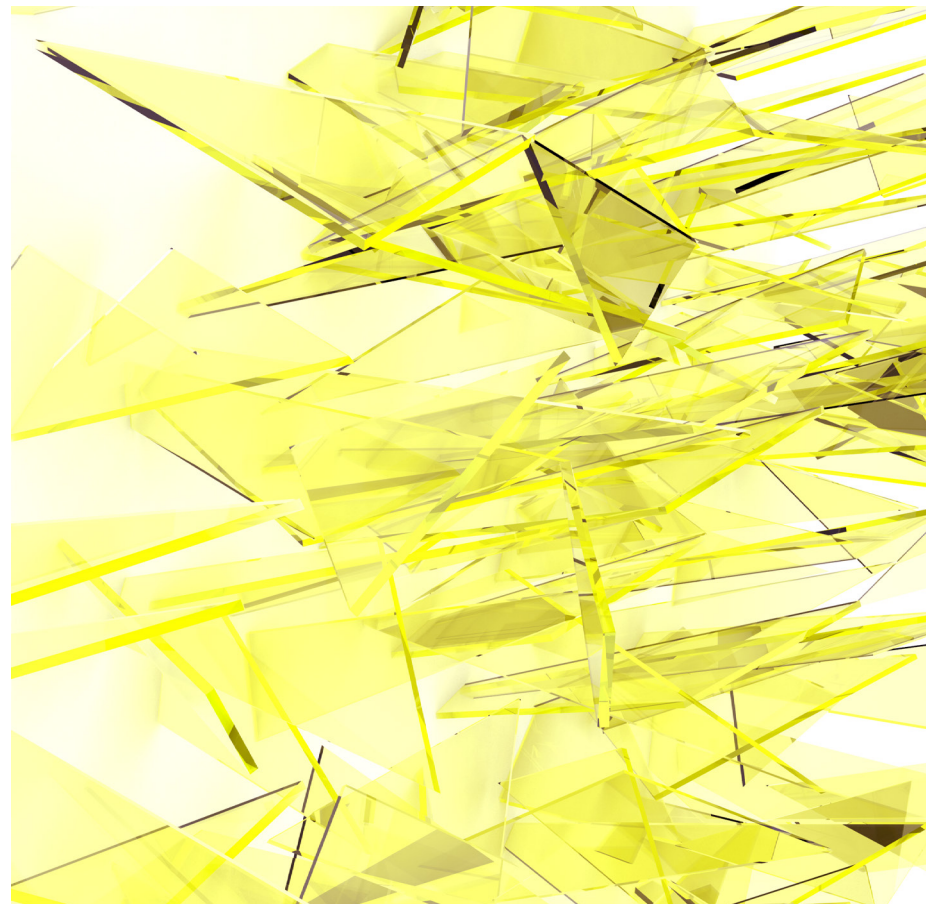
Každý bod je posunut o určitou vzdálenost ve směru osy x; až poté jsou body spojovány.

Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

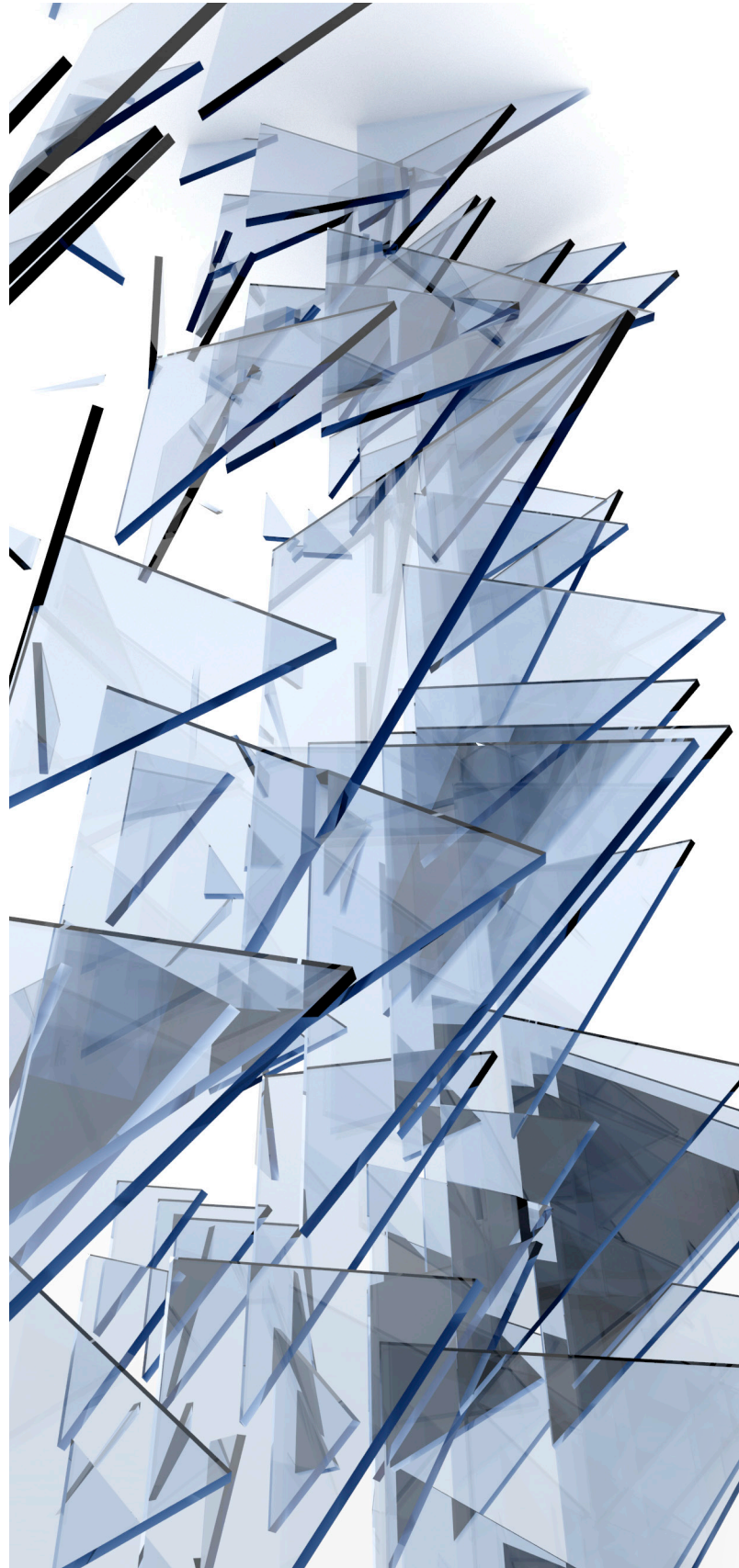


SYSTÉM XIII

Obdélník je rozdělen na trojúhelníkovou mesh a každý bod je posunut o random vzdálenost ve směru osy z.

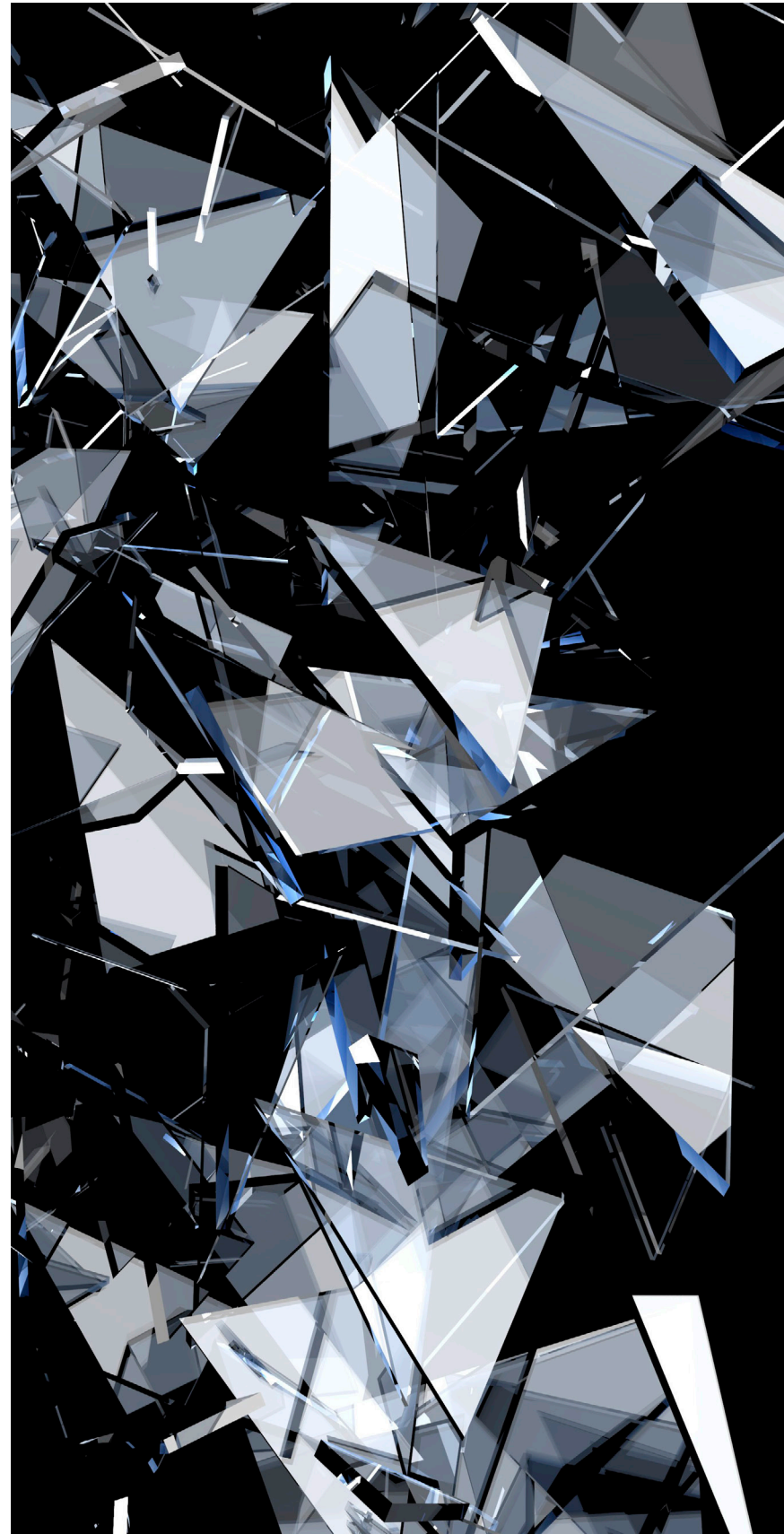


Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



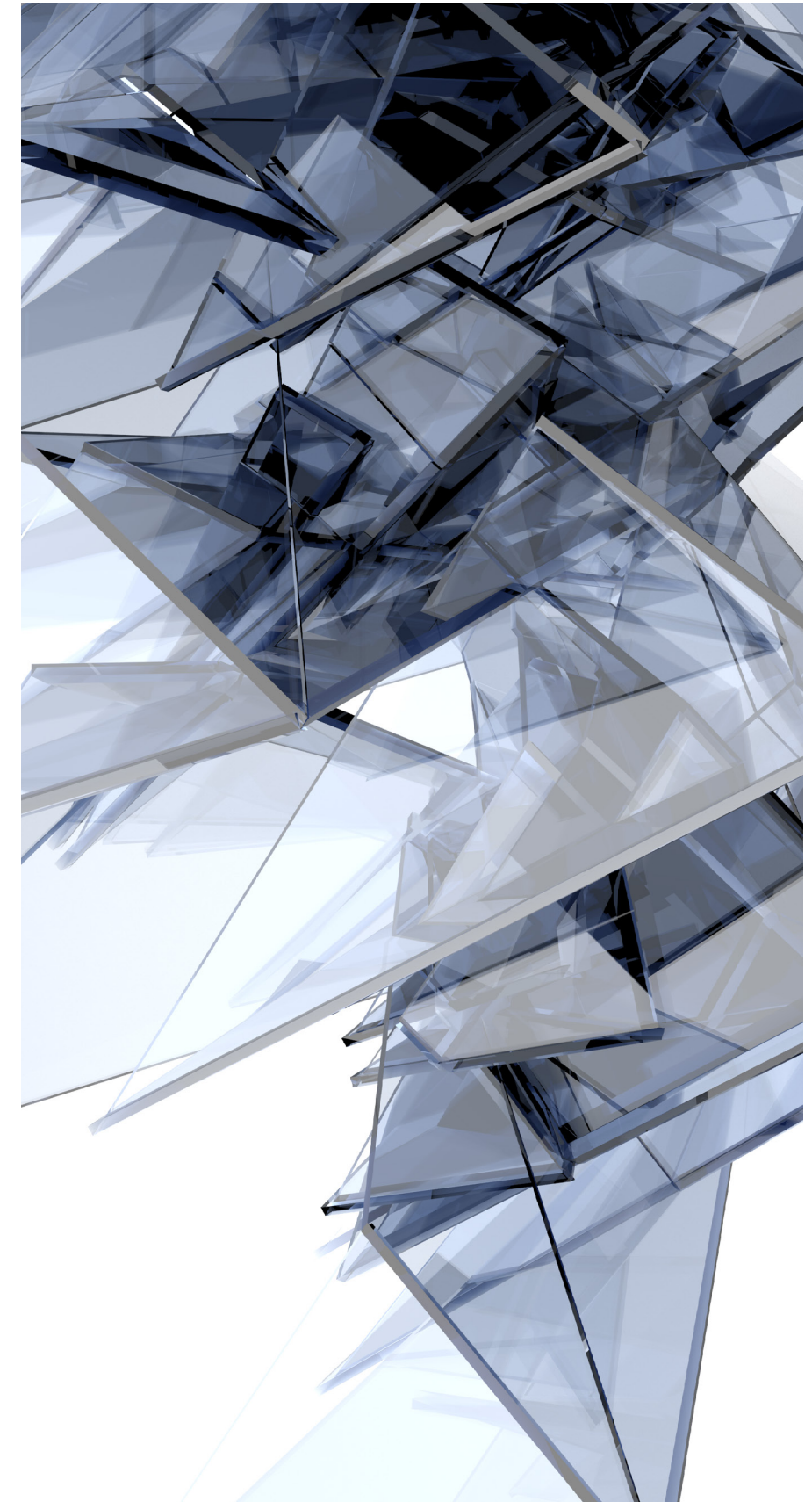
SYSTÉM X

Ke každému bodu jsou vytvořeny další dva body v random vzdálenosti.



SYSTÉM VI

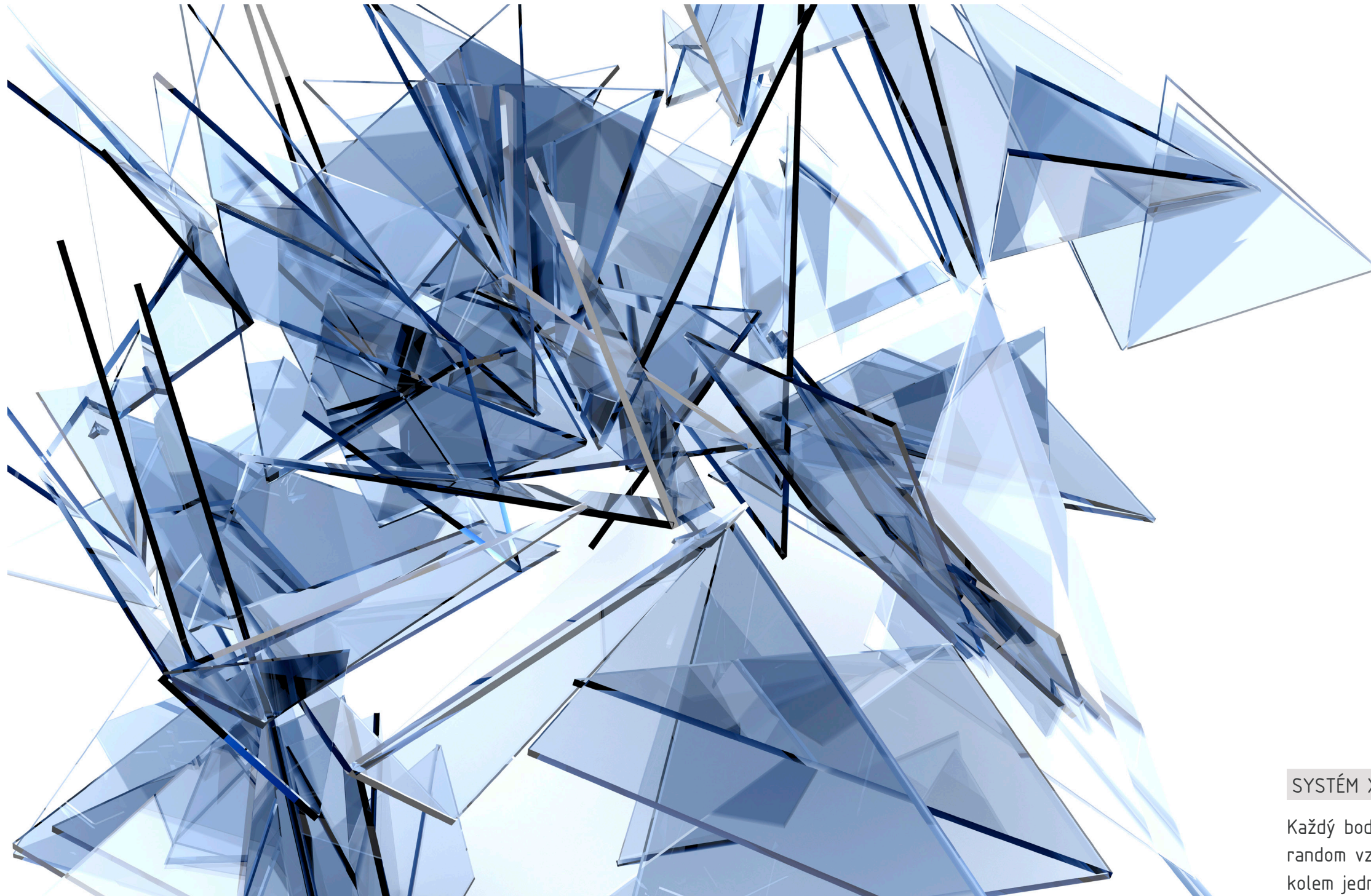
Každý bod si vytvoří další dva body blízko sebe a plocha se náhodně otočí



SYSTÉM XII

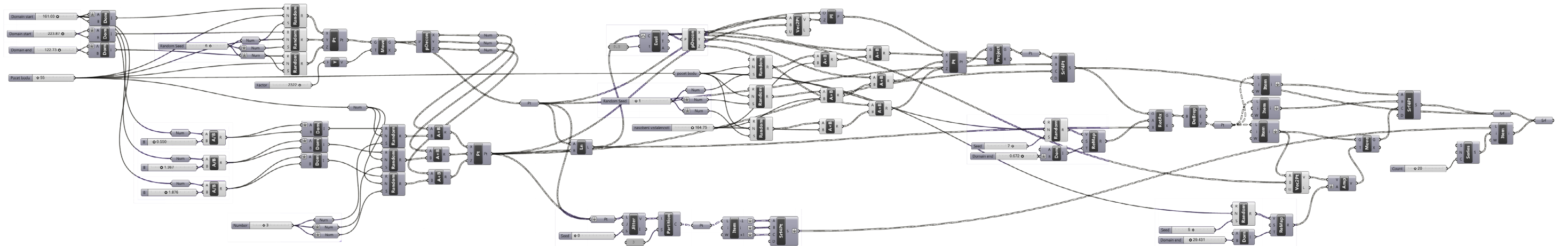
Každý bod vytvoří 3 další body a kombinací těchto 4 bodů vzniknou 4 plochy tvořící dohromady čtyřstěny.

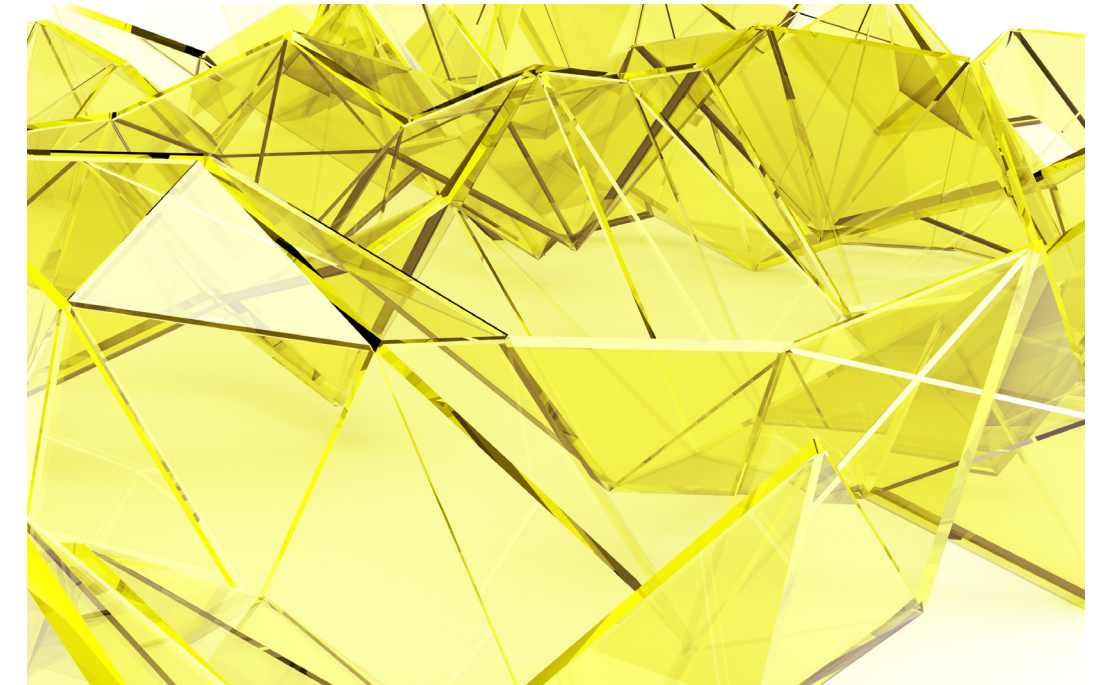
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



SYSTEM XI

Každý bod si vytvoří ve své blízkosti další body v určité random vzdálenosti. Plochy se následně otočí - zkopírují kolem jedné z hran.





SYSTÉM VII

V následujícím kroku byl kladen důraz na návaznost ploch, která se jevila jako rozhodující pro další postup.

Obdélníková plocha je rozdělena na trojúhelníkovou mesh a body se stejnými souřadnicemi jsou posunuty o stejnou random vzdálenost.

První pětina zdrojového kódu pro výběr shodných bodů:

```

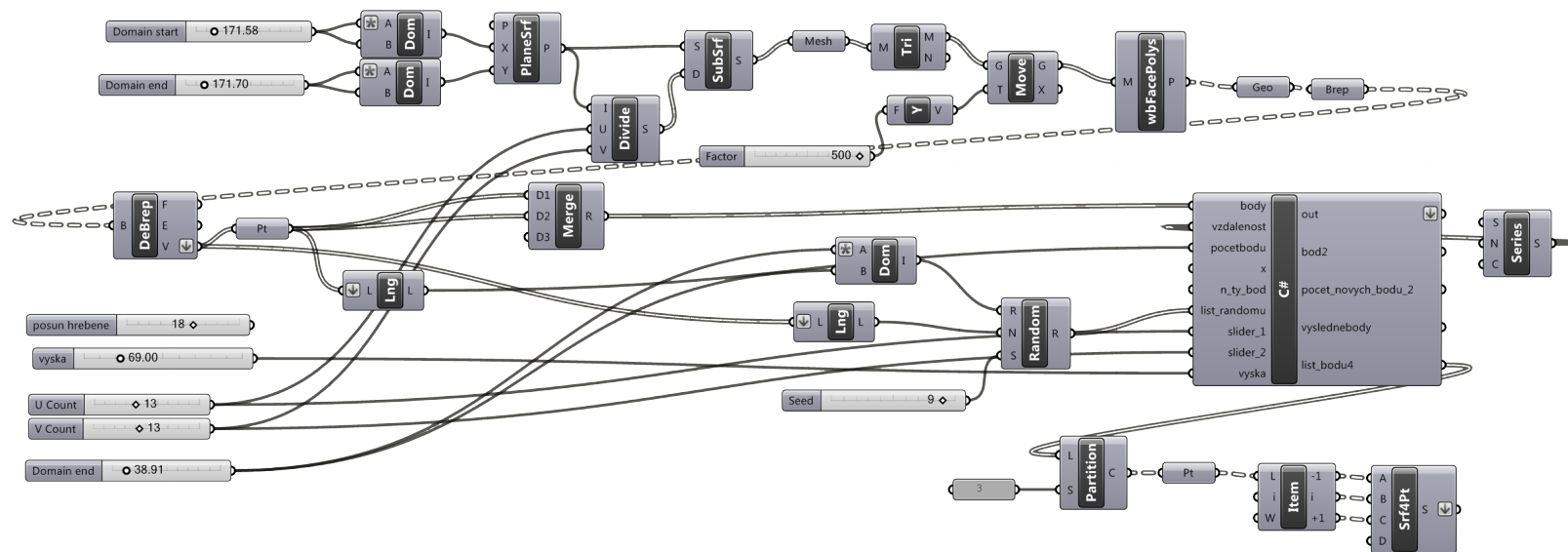
{
    Point3d [] pole5 = new Point3d [pocetbodu * 2];
    Point3d pomocny_bod = new Point3d (0, 0, 0);

    double sourad_z = 0;
    int pozice = 0;
    int p = 0;

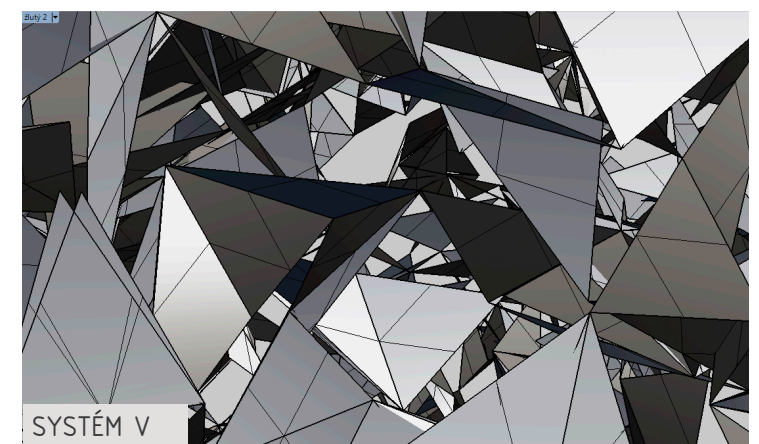
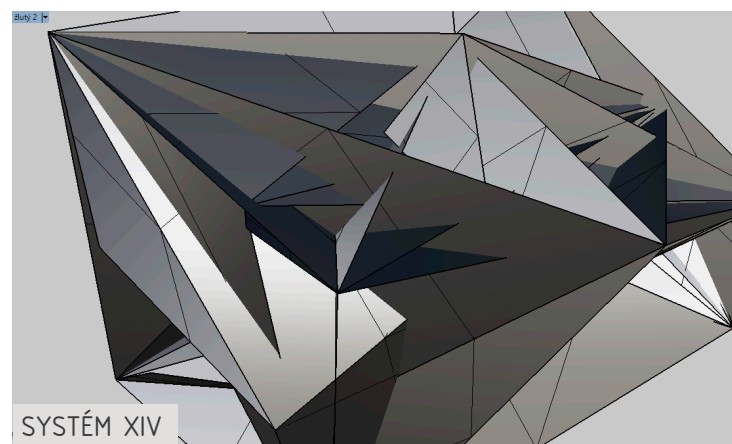
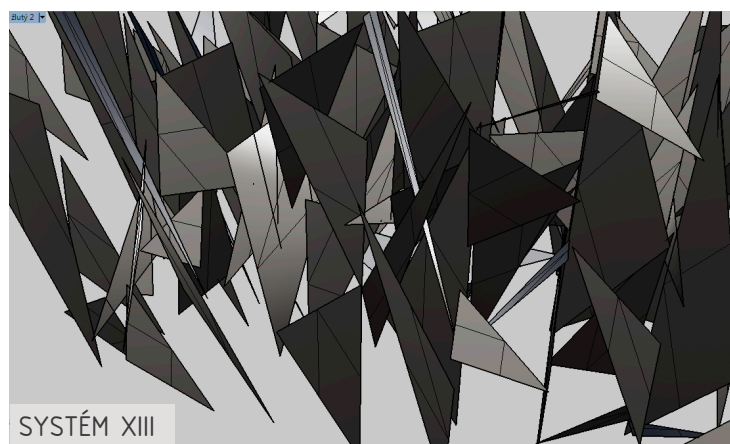
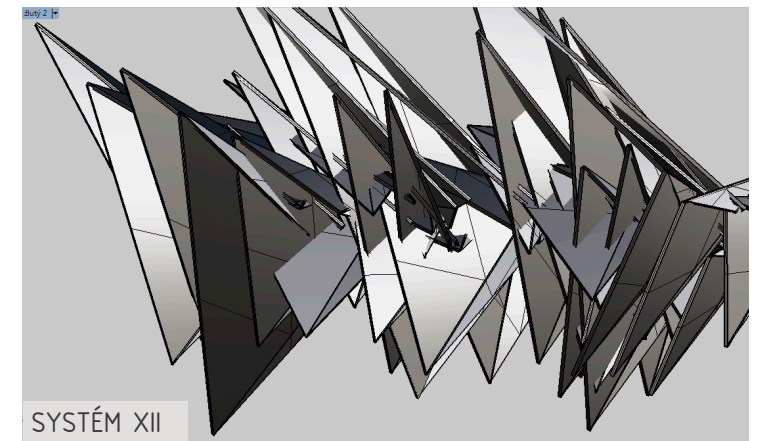
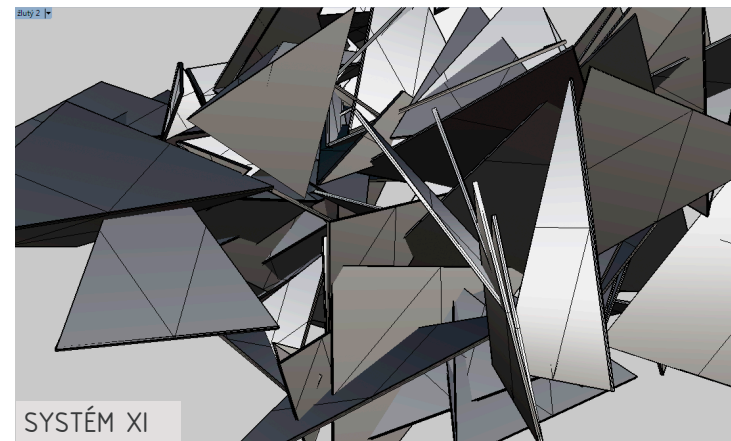
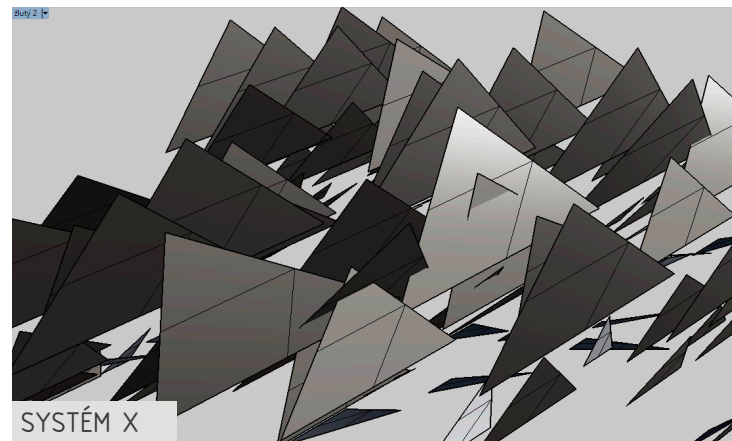
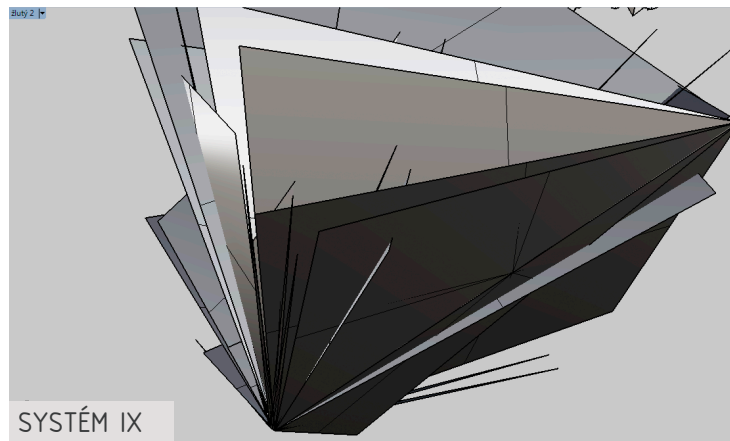
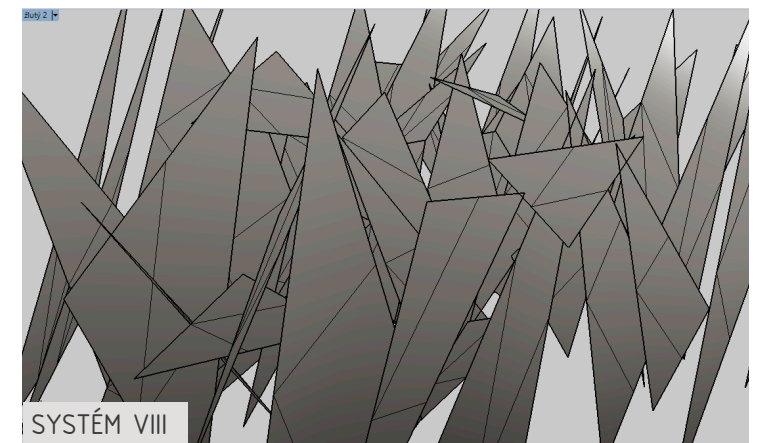
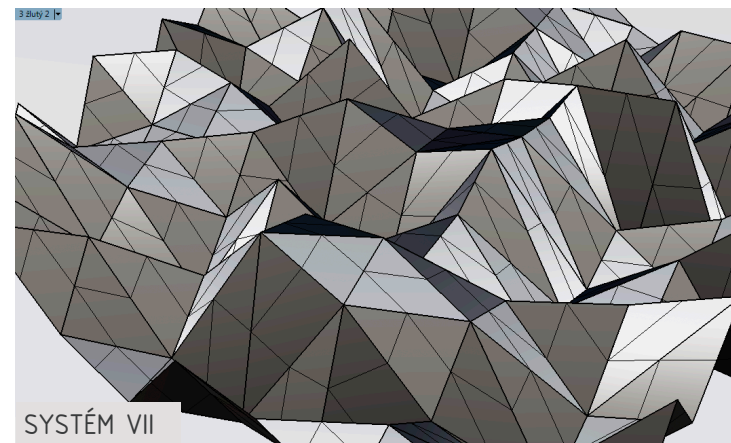
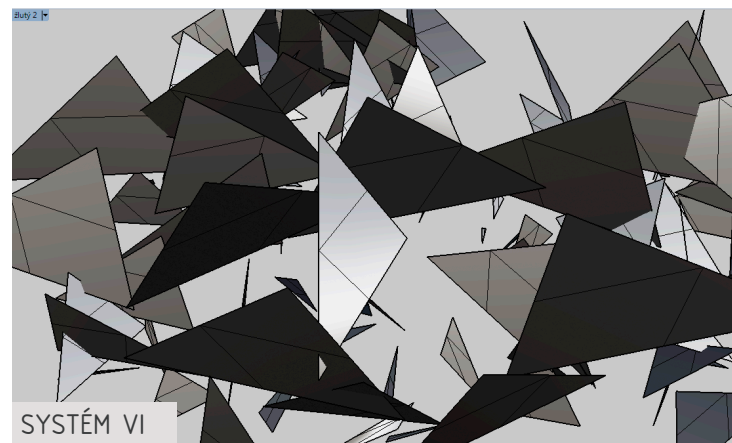
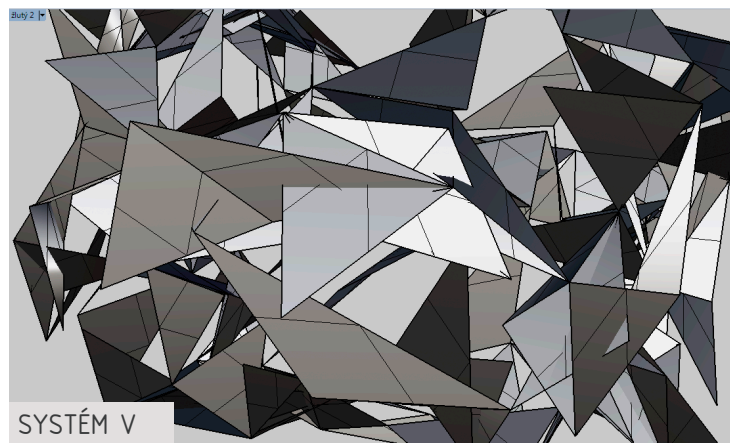
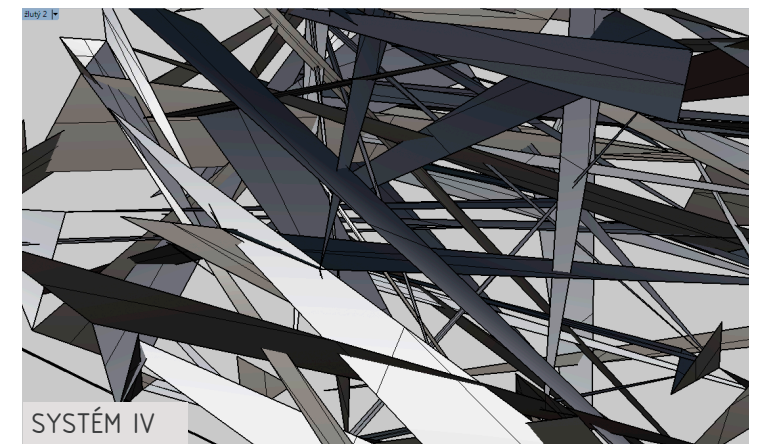
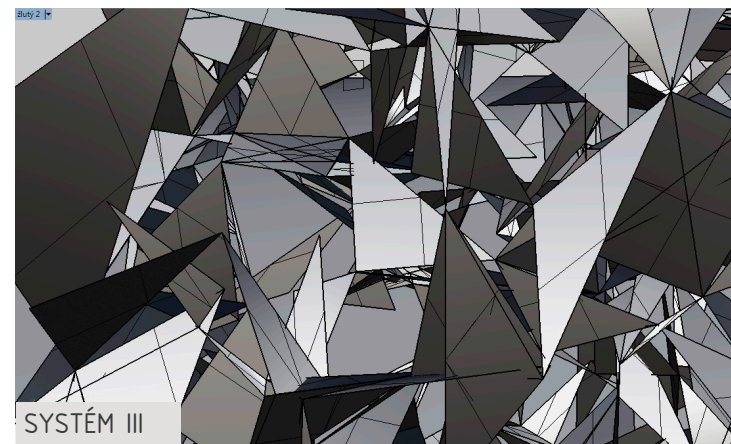
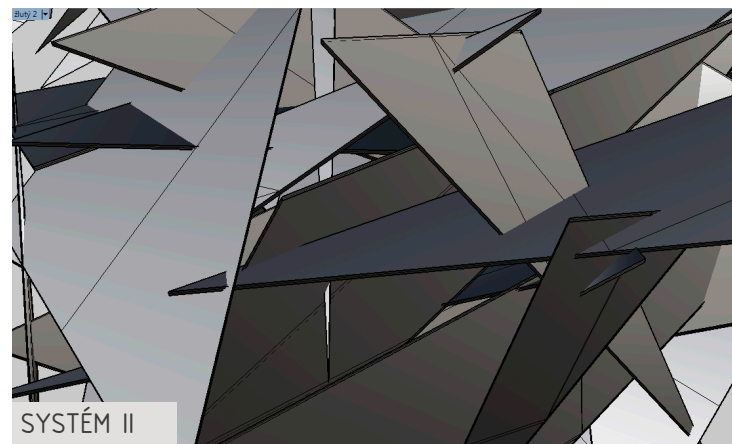
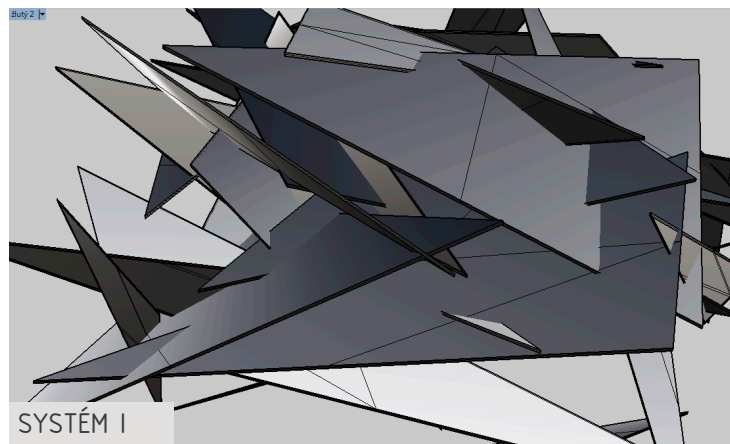
    //1. cislo
    {sourad_z = list_randomu[p] + vyska * vzdalenost[1] + body[pozice].Z; p++;}
    pomocny_bod = new Point3d (body[1].X, body[1].Y, sourad_z);
    pole5[1] = pomocny_bod;
    pole5[5] = pomocny_bod;
    //1. rada
    for (int a = 2; a < (slider_2 - 1) * 6 - 3; a = a + 6)
    {
        pozice = a;
        {sourad_z = list_randomu[p] + vyska * vzdalenost[pozice] + body[pozice].Z; p++;}
        pomocny_bod = new Point3d (body[pozice].X, body[pozice].Y, sourad_z);
        pole5[pozice] = pomocny_bod;

        pozice = a + 5;
        pole5[pozice] = pomocny_bod;

        pozice = a + 9;
        pole5[pozice] = pomocny_bod;
    }
    ...
}
    
```

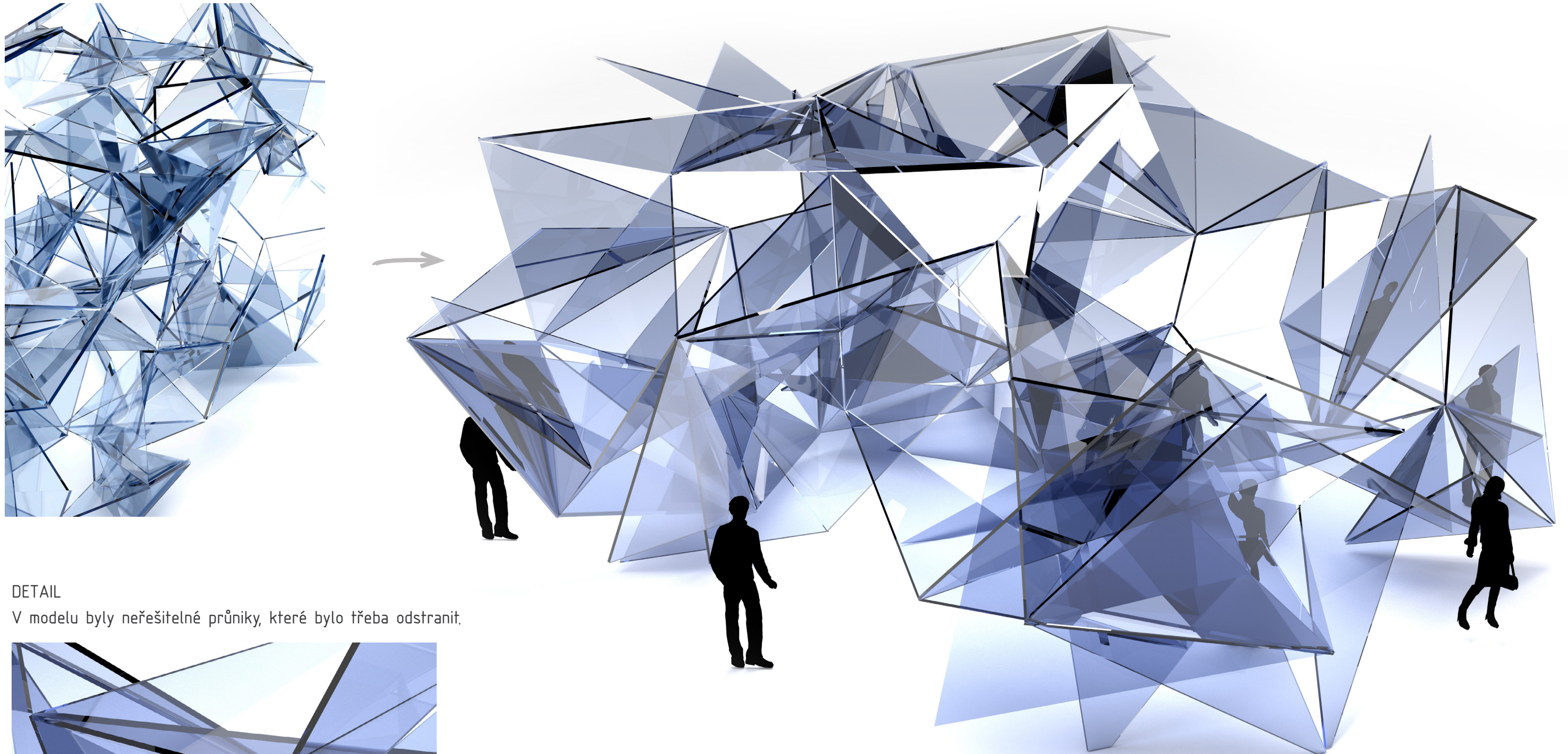


Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



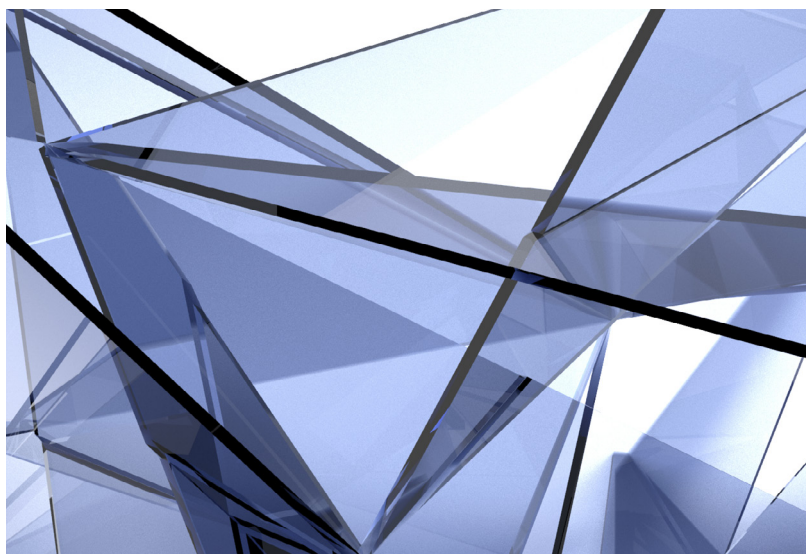
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

Výchozí prostor je vytvořen pomocí náhodných ploch vygenerovaných z programu Grasshopper. Byl použit systém náhodných bodů, který vykazoval nejlepší výsledky – systém V. Vzniklé plochy bylo nutné dále upravit.



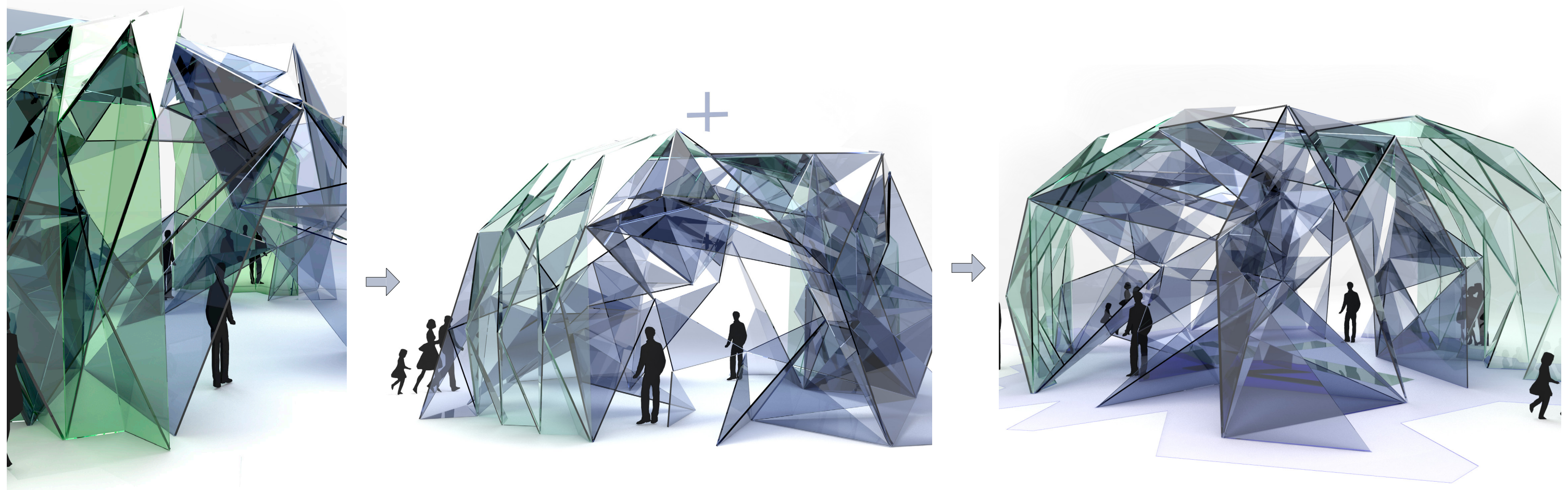
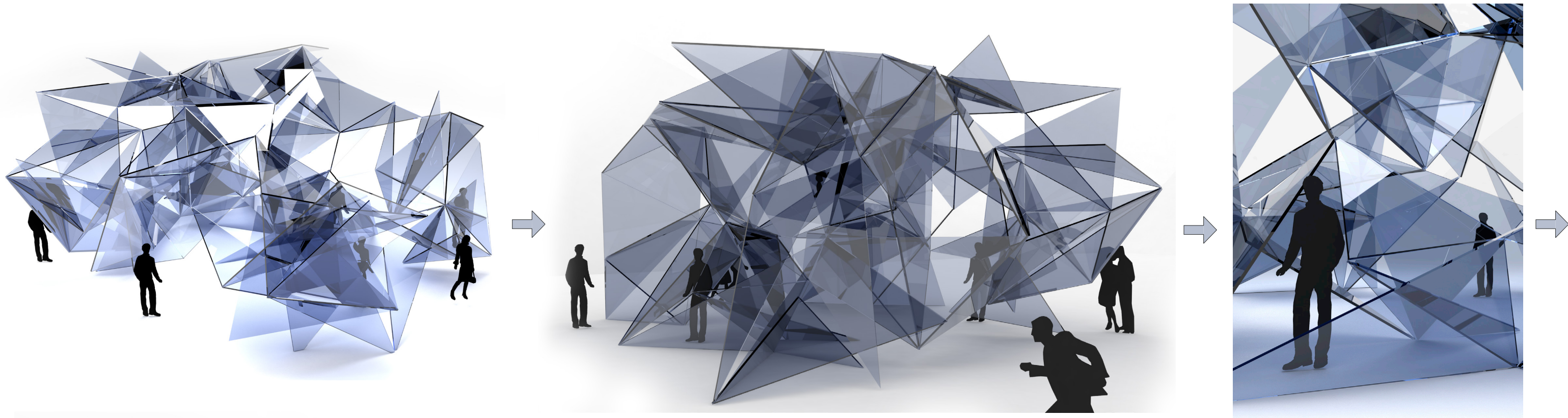
DETAIL

V modelu byly neřešitelné průniky, které bylo třeba odstranit.



Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

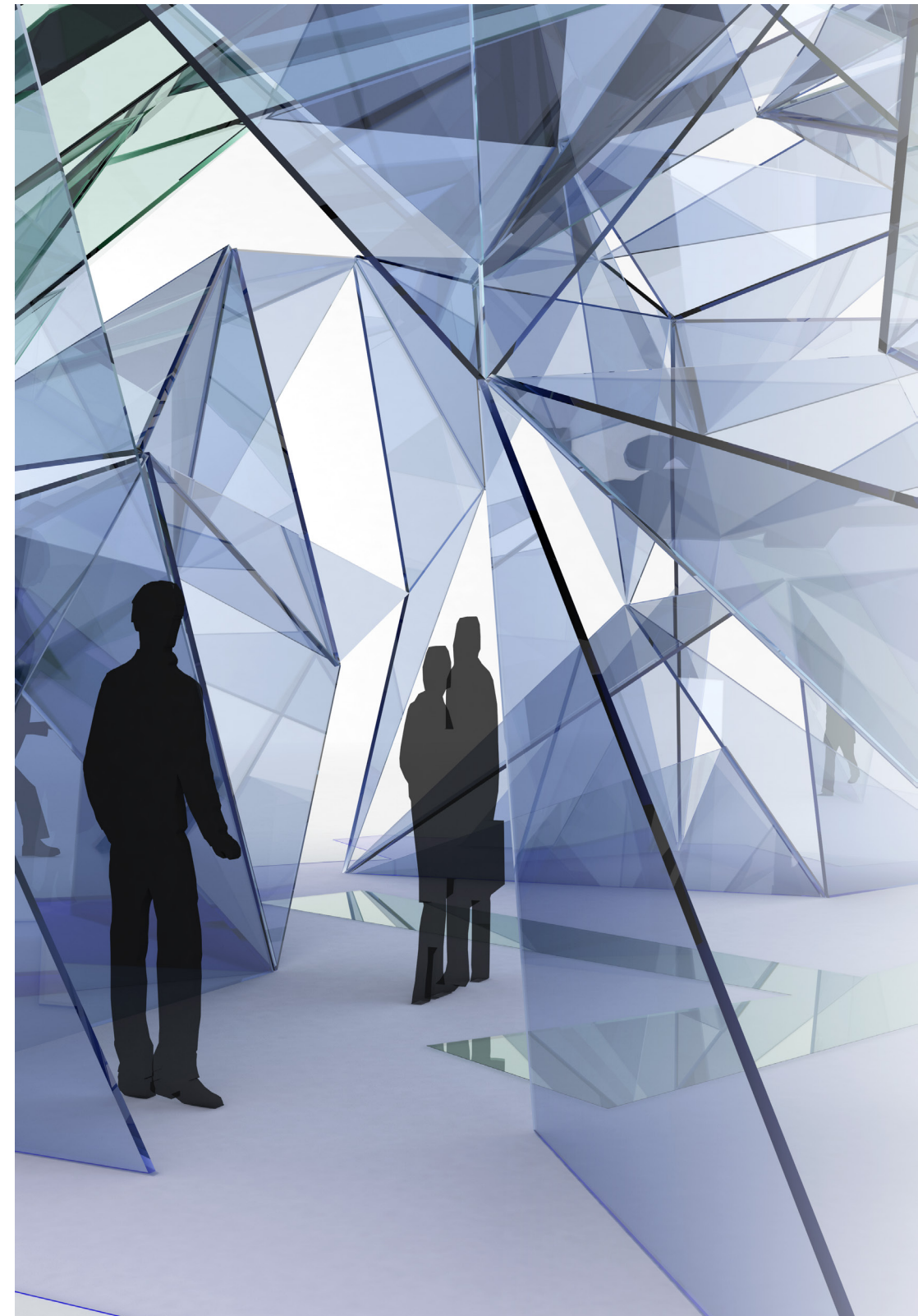
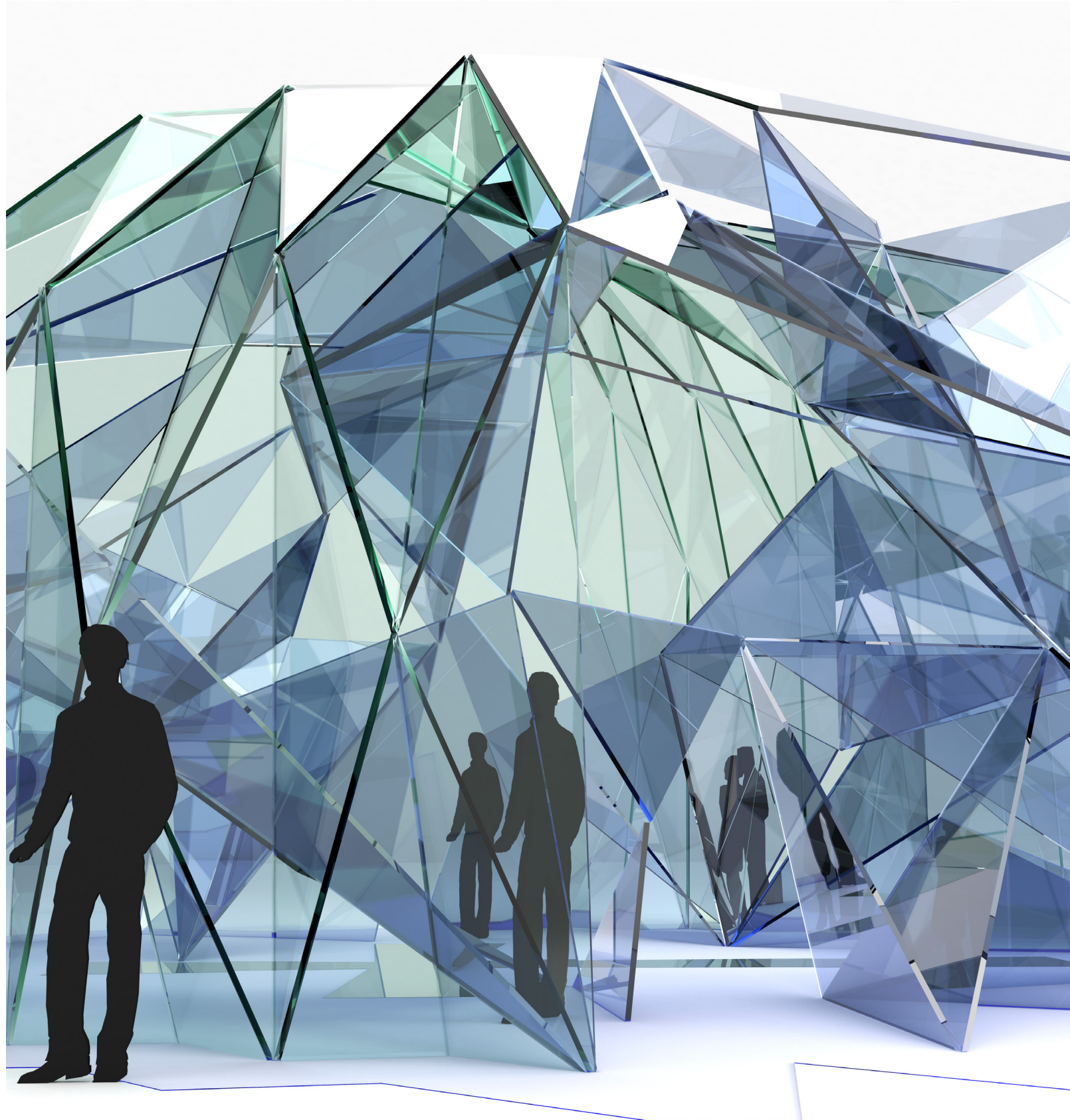
Změny náhodně generované struktury a odstraňování průniků skleněných tabulí



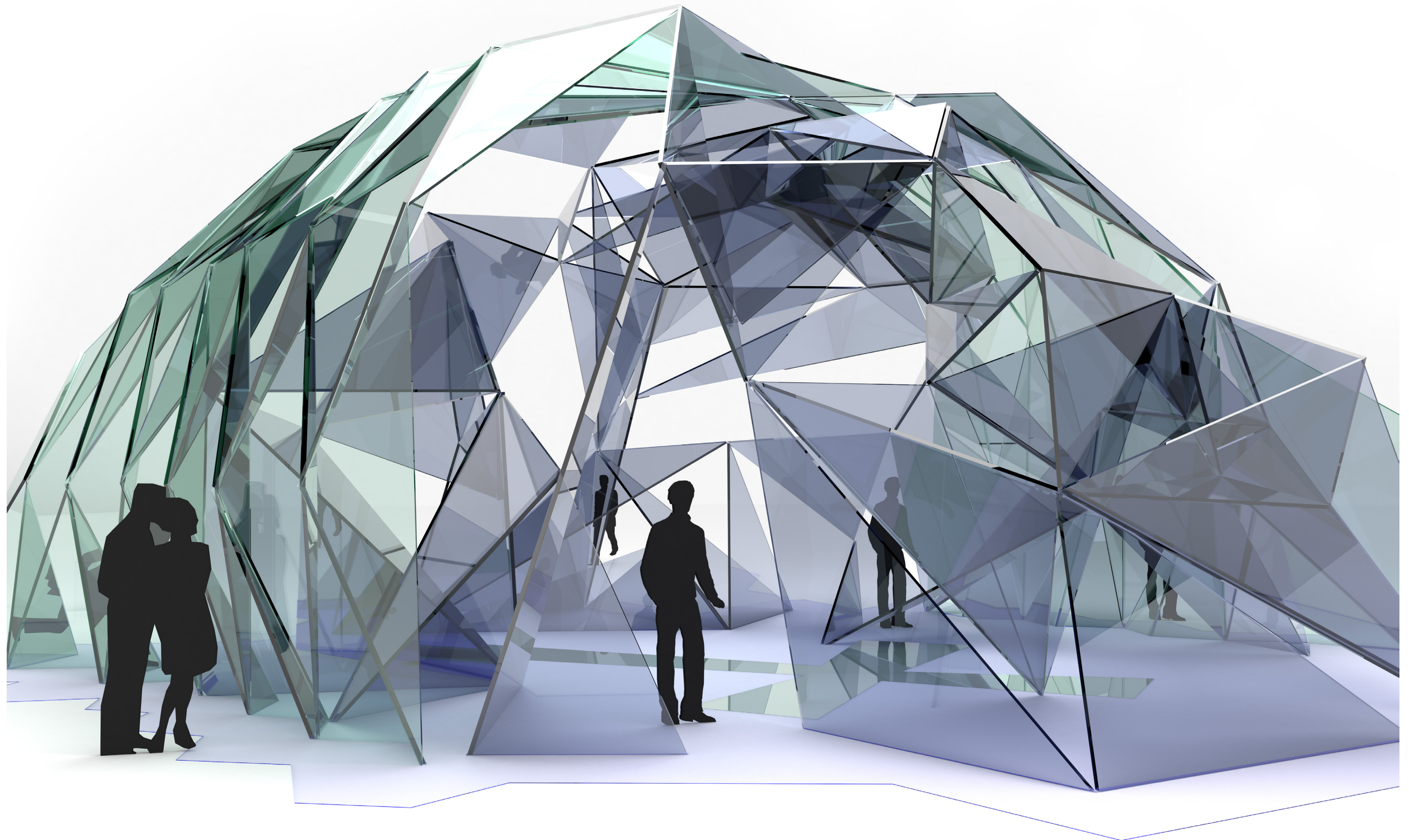
Přidání lomenicové struktury jako náruče pomáhající kapli uchopit

Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

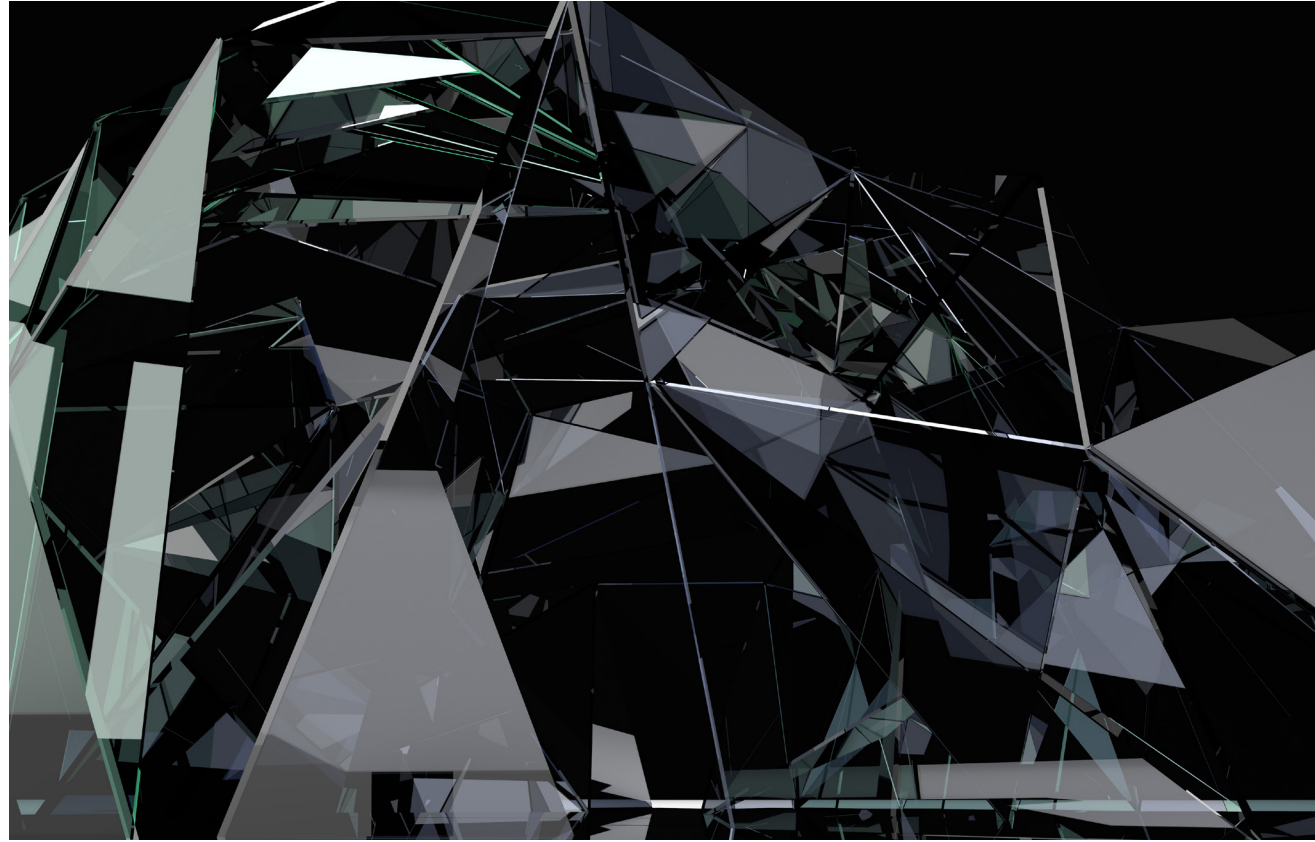
Tato kaple není koncipovaná pro pravidelné slavení bohoslužeb s velkými požadavky na vybavenost interiéru. Sklo zde vytváří prostor sám o sobě a je určen pro oživení městské struktury a pro meditaci nebo modlitbu. Kaple je volně průchozí. Zvláštností tohoto objektu je, že zde není žádný rozdíl mezi interiérem a exteriérem. Člověk se zde ocitne, aniž by musel dveřmi vcházet dovnitř.



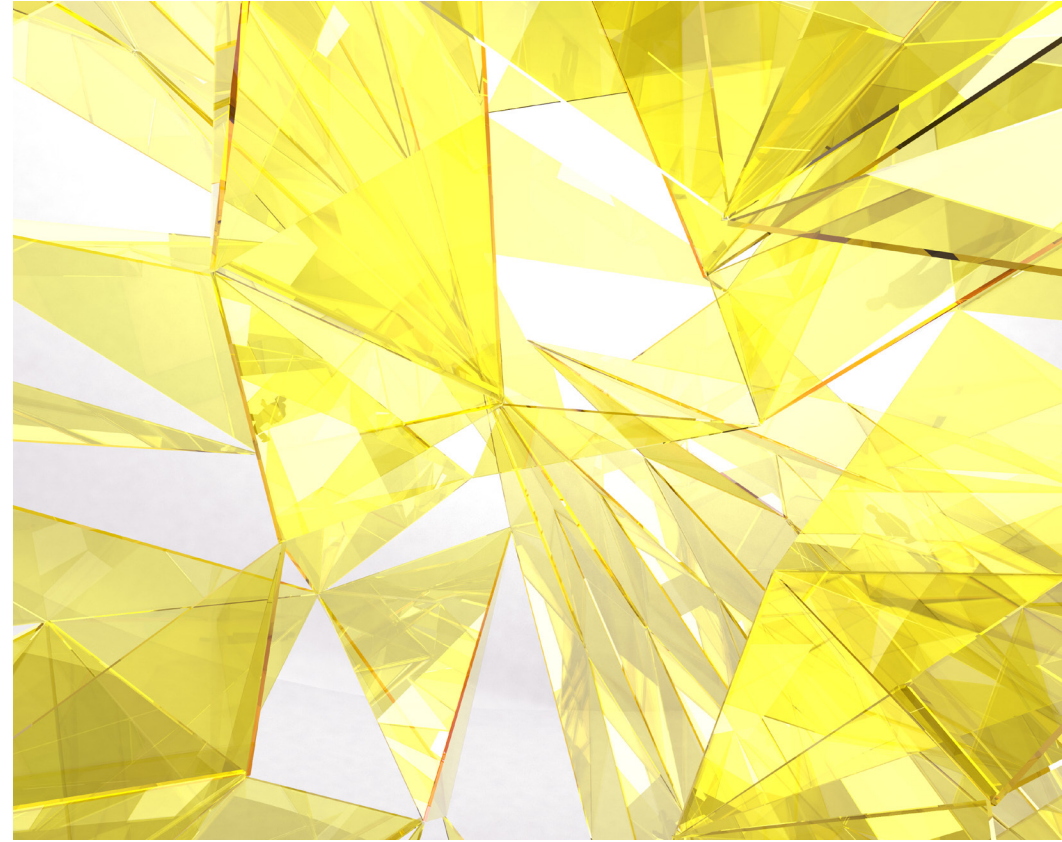
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



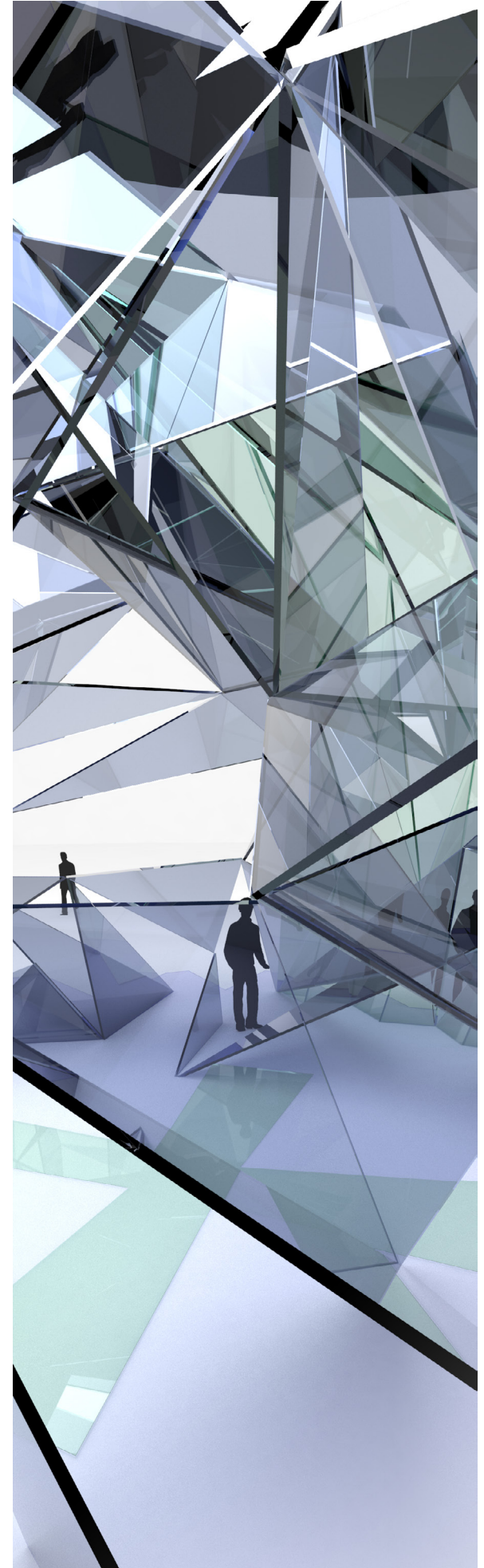
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW



"Noční" vizualizace

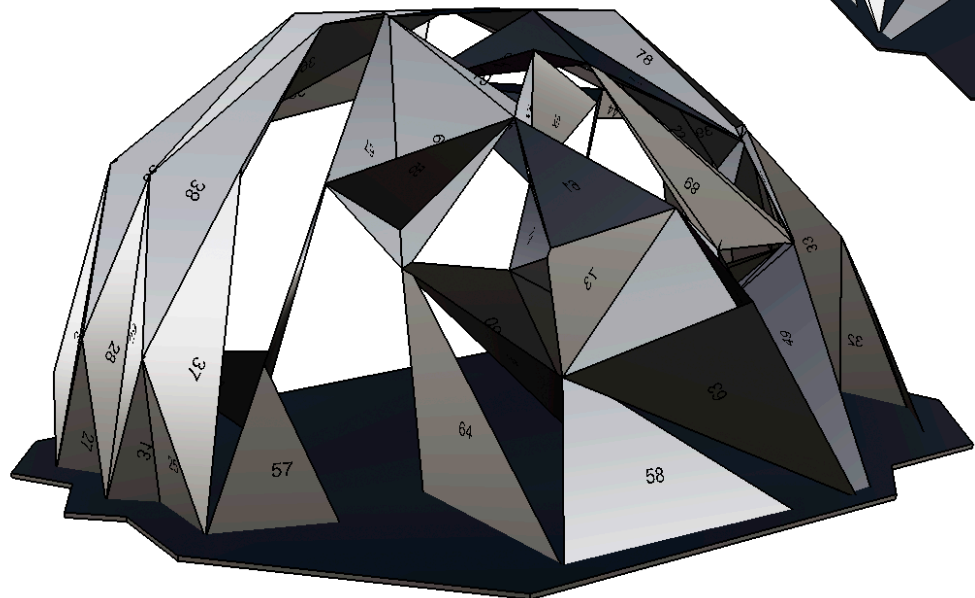
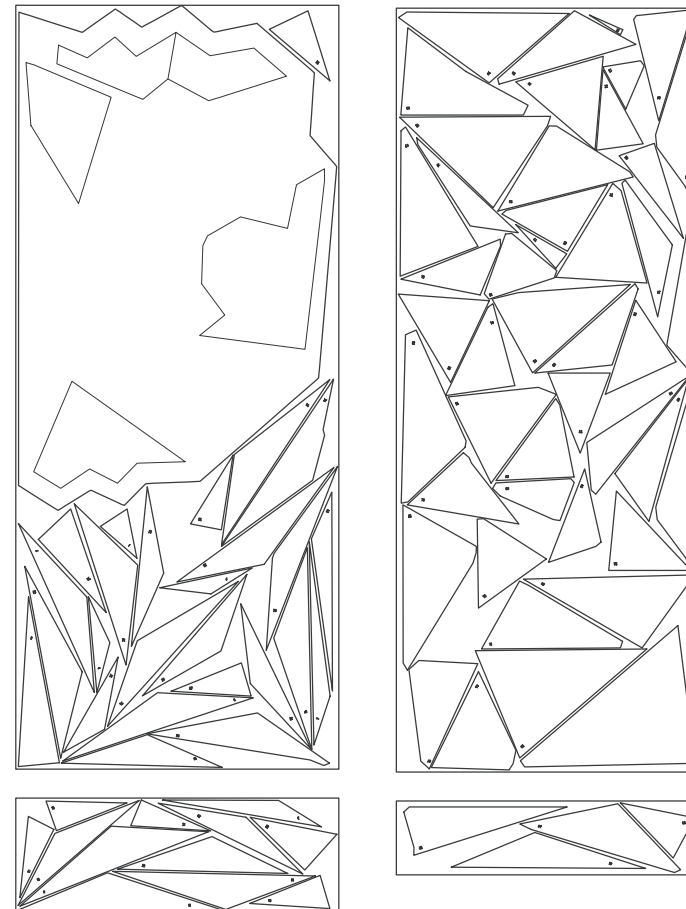
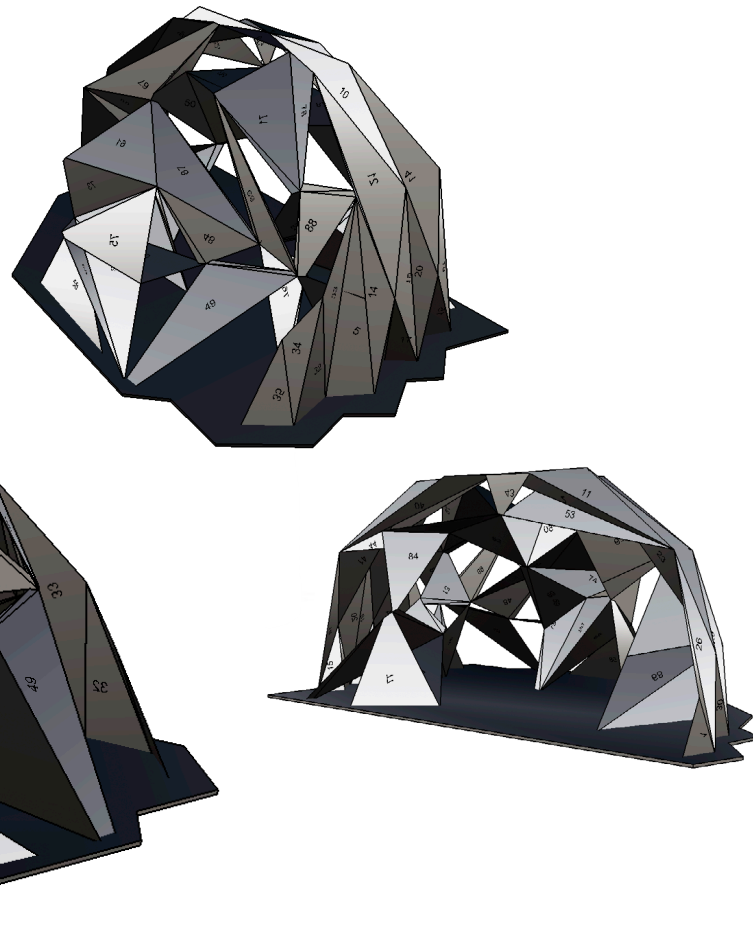


Pohled do horní části kaple



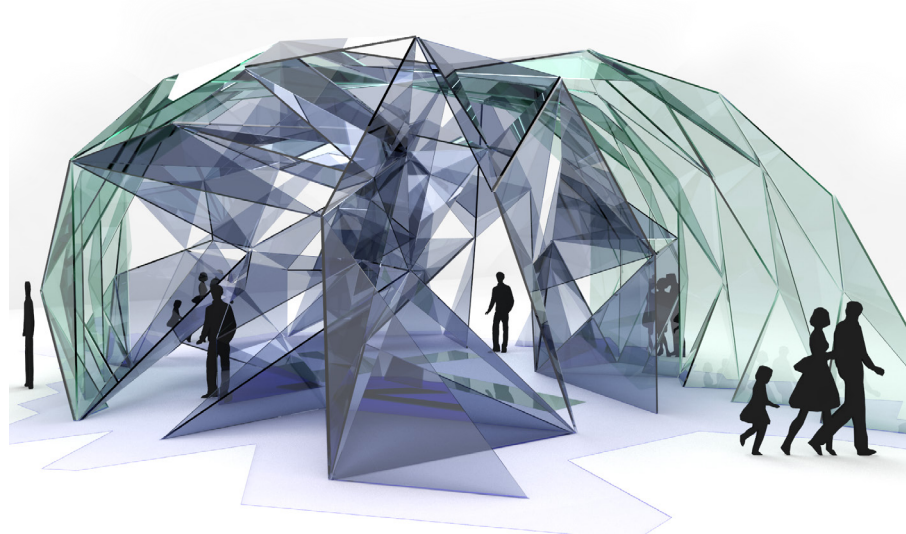
VÝROBA MODELU

Pro fyzický model byla vybrána polovina kaple a model byl zhotoven v měřítku 1:20. Devadesát unikátních ploch bylo vyřezáno laserem a opatřeno čísly, které odpovídaly číslování v modelu. Z časových důvodů ovšem nedošlo k přesnému broušení hran, bez kterého se model nakonec ukázal jako nesestavitelný.



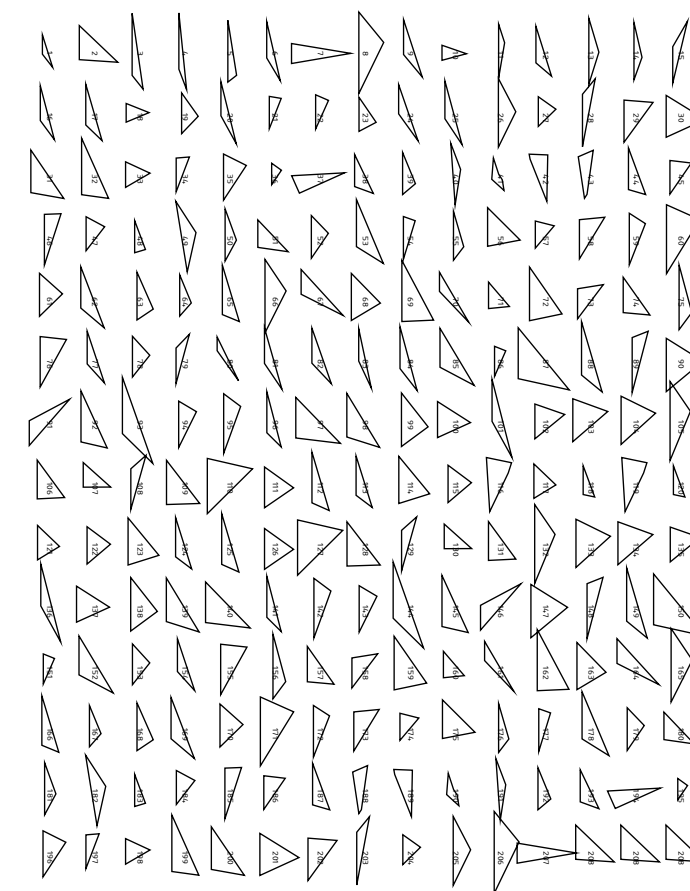
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

Kaple je založená na kontrastu dvou odlišných systémů. Jsou zde zkombinovány náhodné plochy a lomenicová struktura. Uprostřed prostoru je v podlaze začleněn kříž – jediné vybavení této kaple. Objekt je zároveň maximálně jednoduchý i složitý. Jediný materiál – sklo – zde použit pro prostorovou strukturu, kde každý díl je unikát.

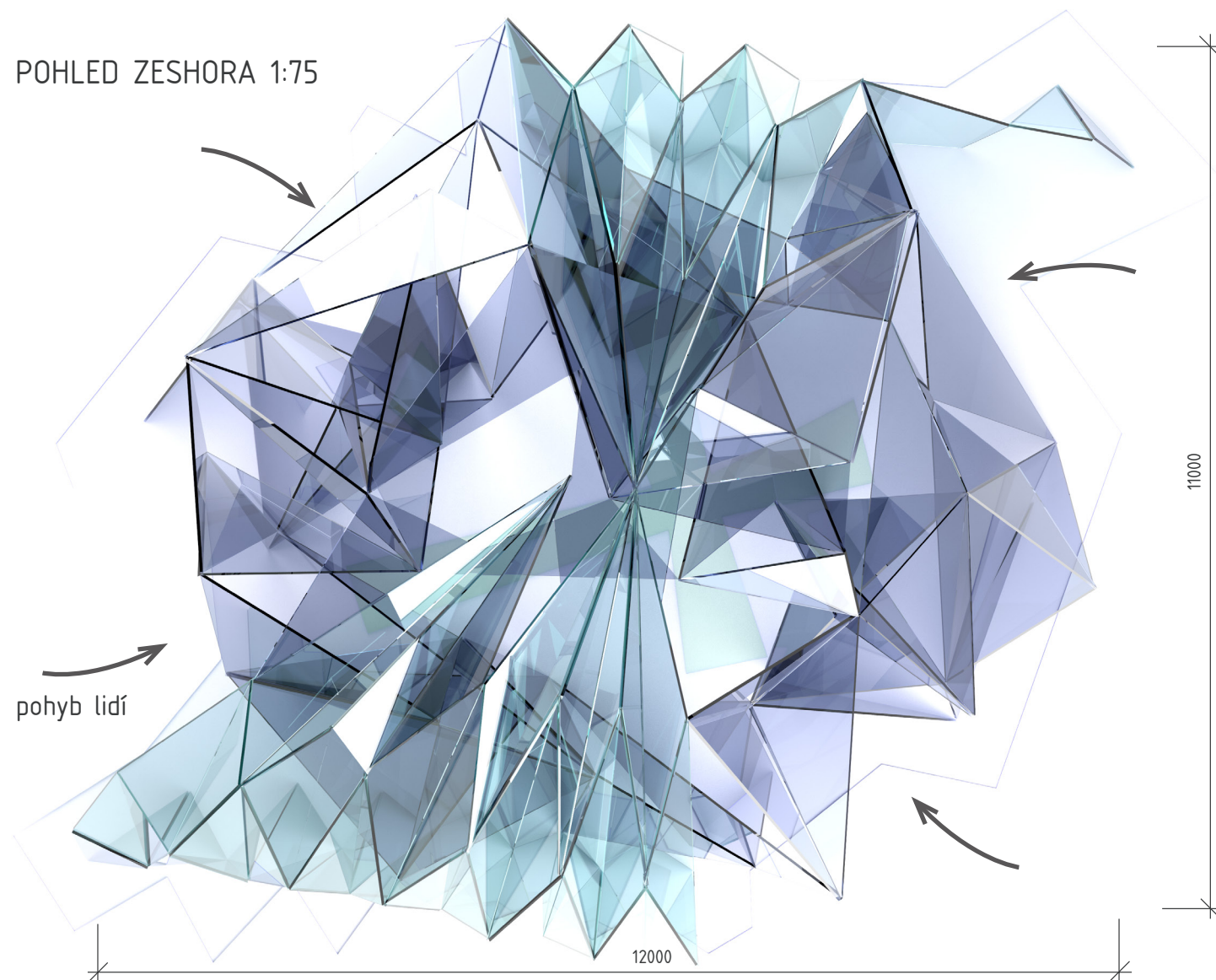


PLOCHY

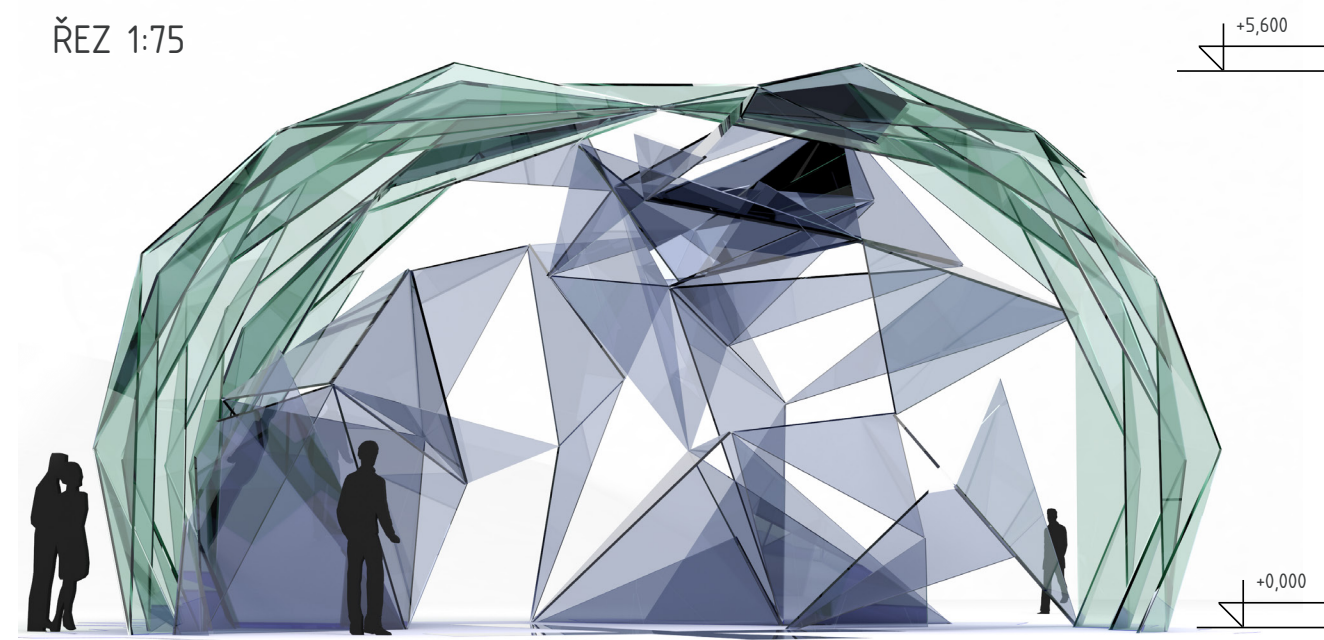
- celkový počet ploch: 208
- obsah skleněných ploch: 450 m²
- všechny trojúhelníky jsou rovinné, není využito ohýbaného skla v jednom nebo ve dvou směrech
- předpokládaná tloušťka skla: 30 mm
- maximální délka hrany: 3500 mm
- všechny plochy až na lomenicovou strukturu jsou unikátní, každá má své výrobní číslo
- plochy by k sobě byly lepeny na hranách; všechny spoje ve vrcholech by měly hranu minimálně 10 cm vytvořenou pomocí průsečnice rovin



POHLED ZESHORA 1:75

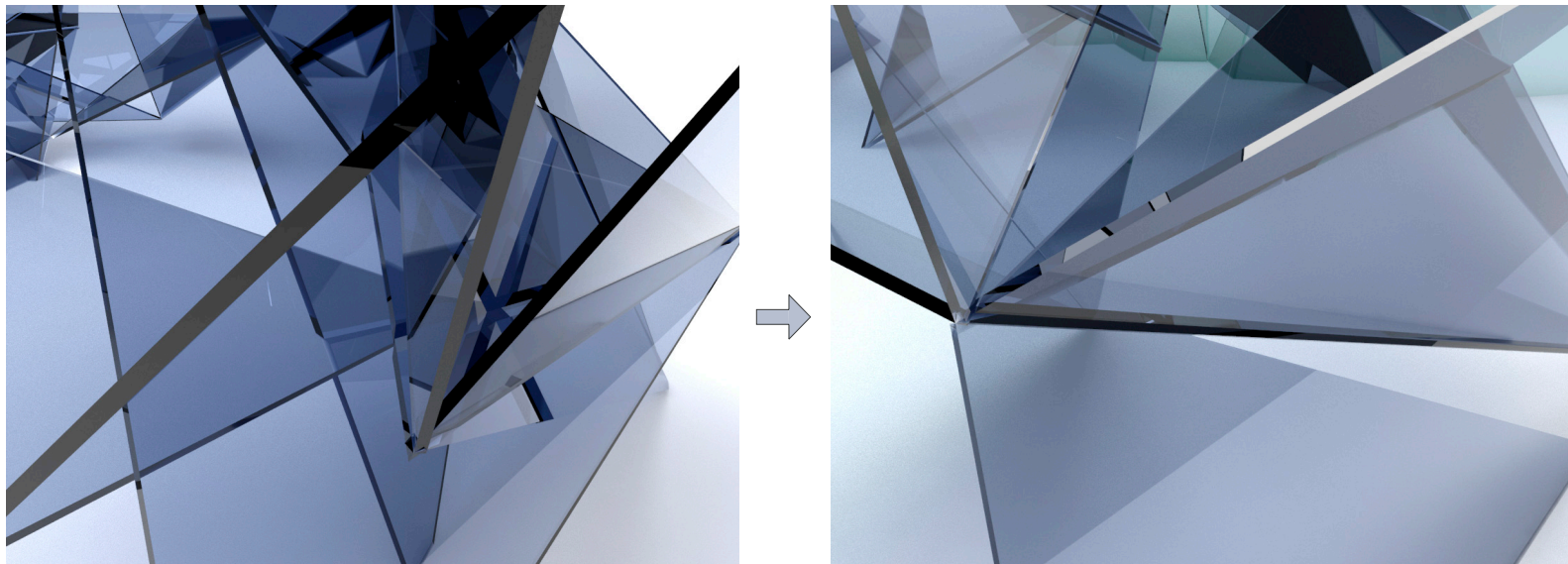


ŘEZ 1:75

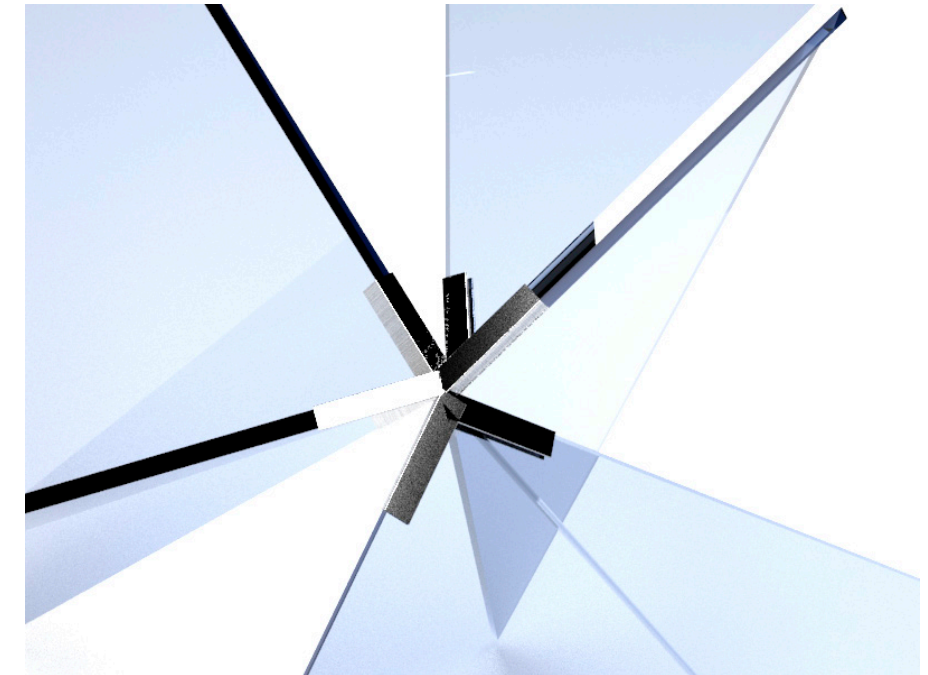


Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

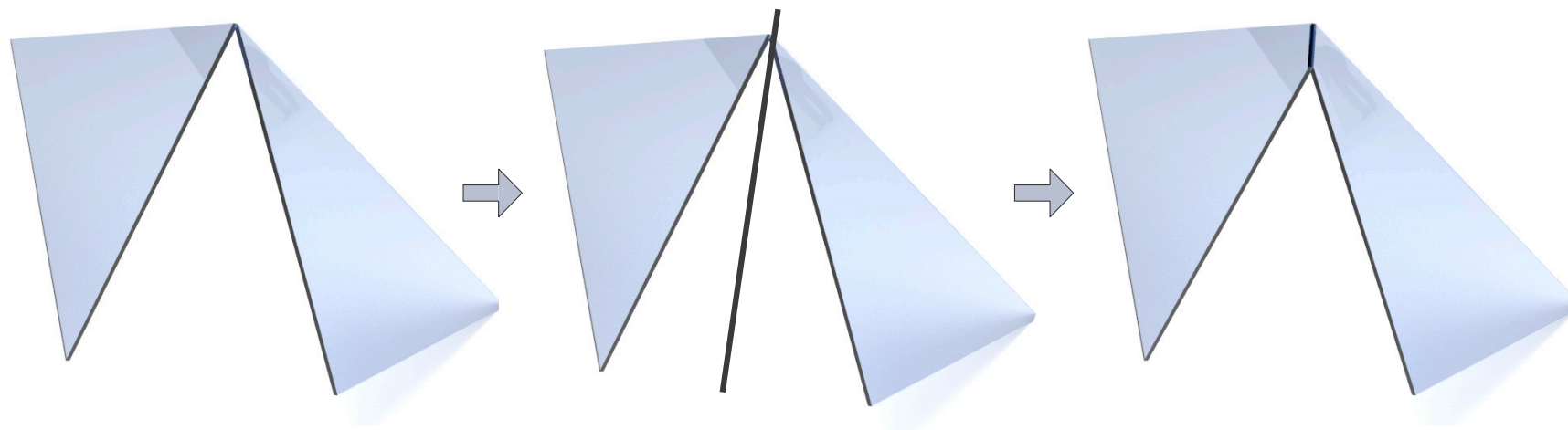
Při návrhu byl kladen důraz, aby jediným použitým materiálem bylo sklo. Jedině tak by nebyla narušena neomezená čistota provedení. Pokud by ovšem metoda lepení skel na hranách nestačila, byly by použity kovové styčníky. Všechno sklo je zde nosné a musí přenést všechna zatížení.



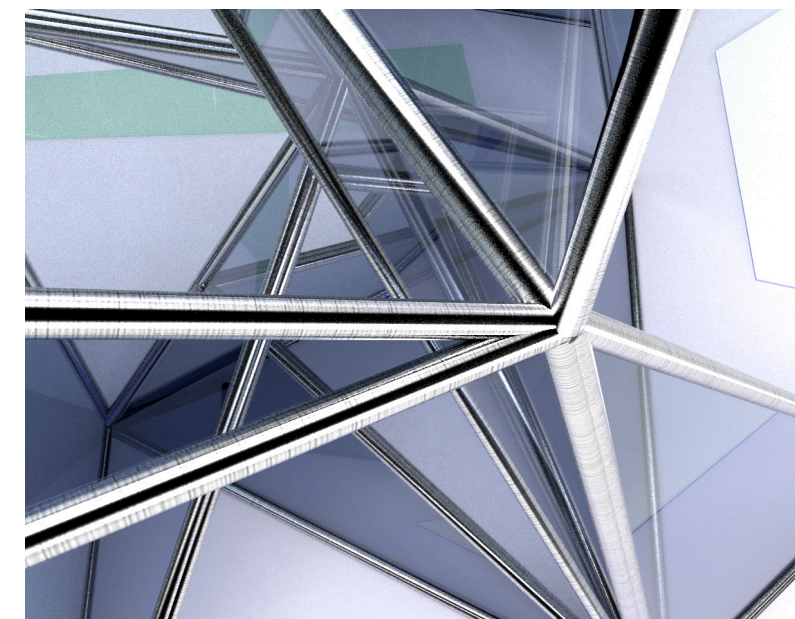
Krok 1: odstranění prostorových průniků



Varianta 1: kovové styčníky



Varianta 2: průsečnice rovin ploch a vytvoření společné hrany pro lepení

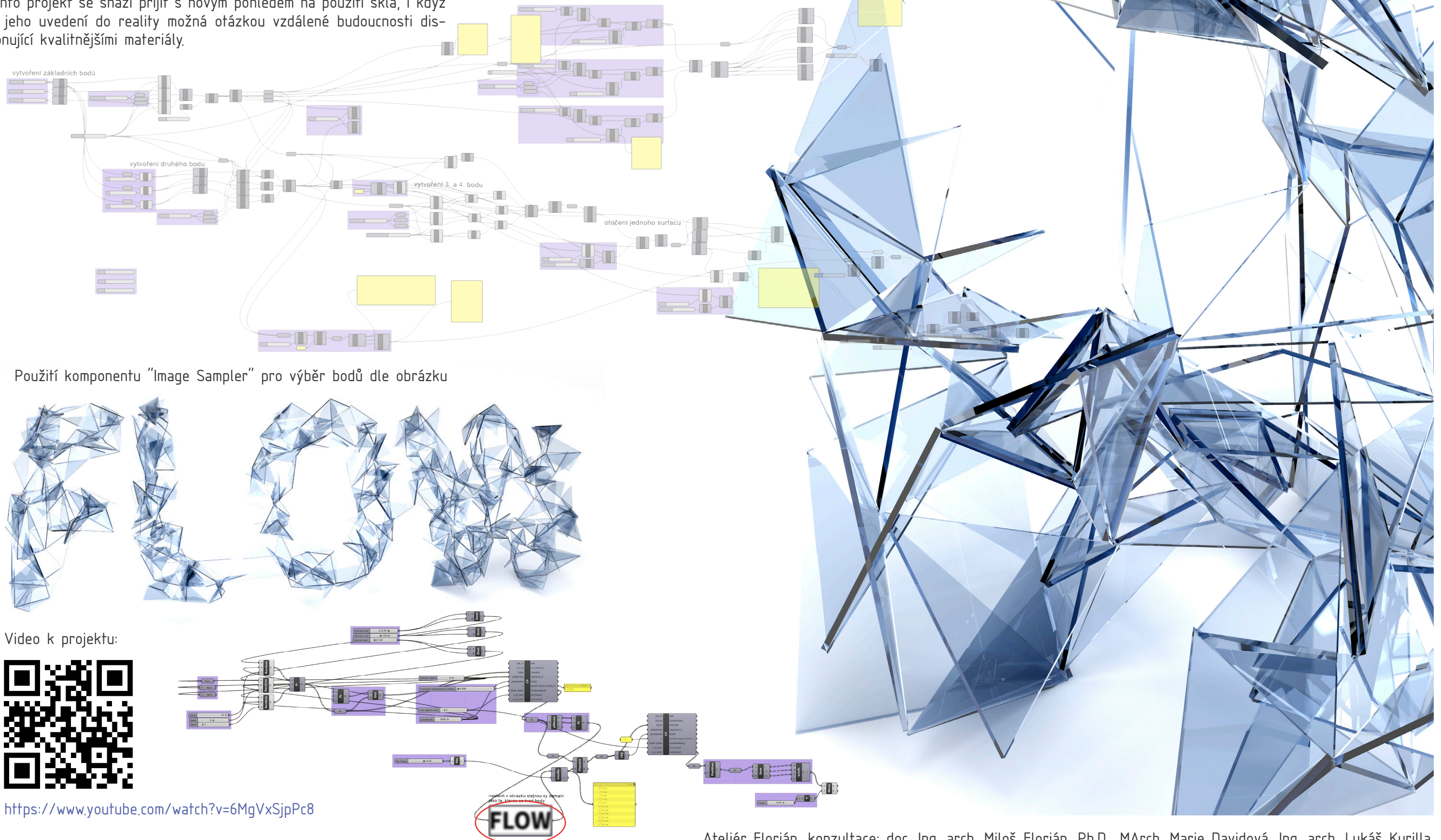


Varianta 3: osazení v ocelových rámech

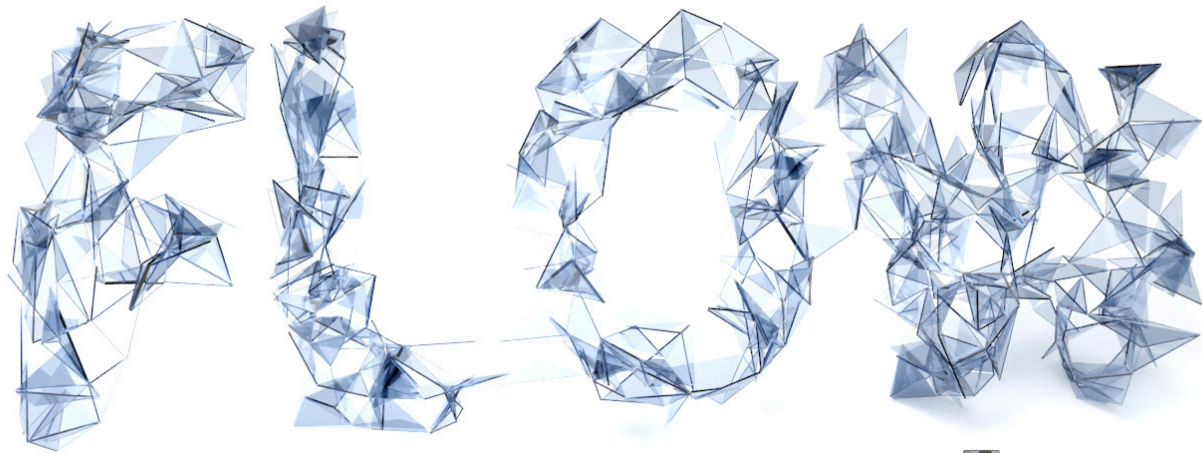
Lubomír Ježek, Glass Chapel, FA ČVUT, ATOS, LS 2013/2014, Studio FLOW

Podobný projekt ve světě zatím nemá obdoby, protože naráží na obrovské statické problémy, což potvrdila i výroba modelu. Současné uplatnění konstrukčního skla je nejčastěji ve formě skleněných nosníků nebo stěn, které se většinou liší konstrukčními spoji, ale ne základní geometrií. Nikdy nevzniká tak dynamická prostorová struktura.

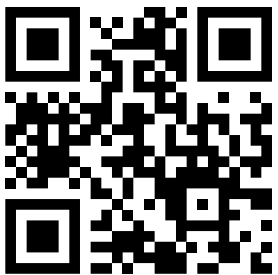
Tento projekt se snaží přijít s novým pohledem na použití skla, i když je jeho uvedení do reality možná otázkou vzdálené budoucnosti disponující kvalitnějšími materiály.



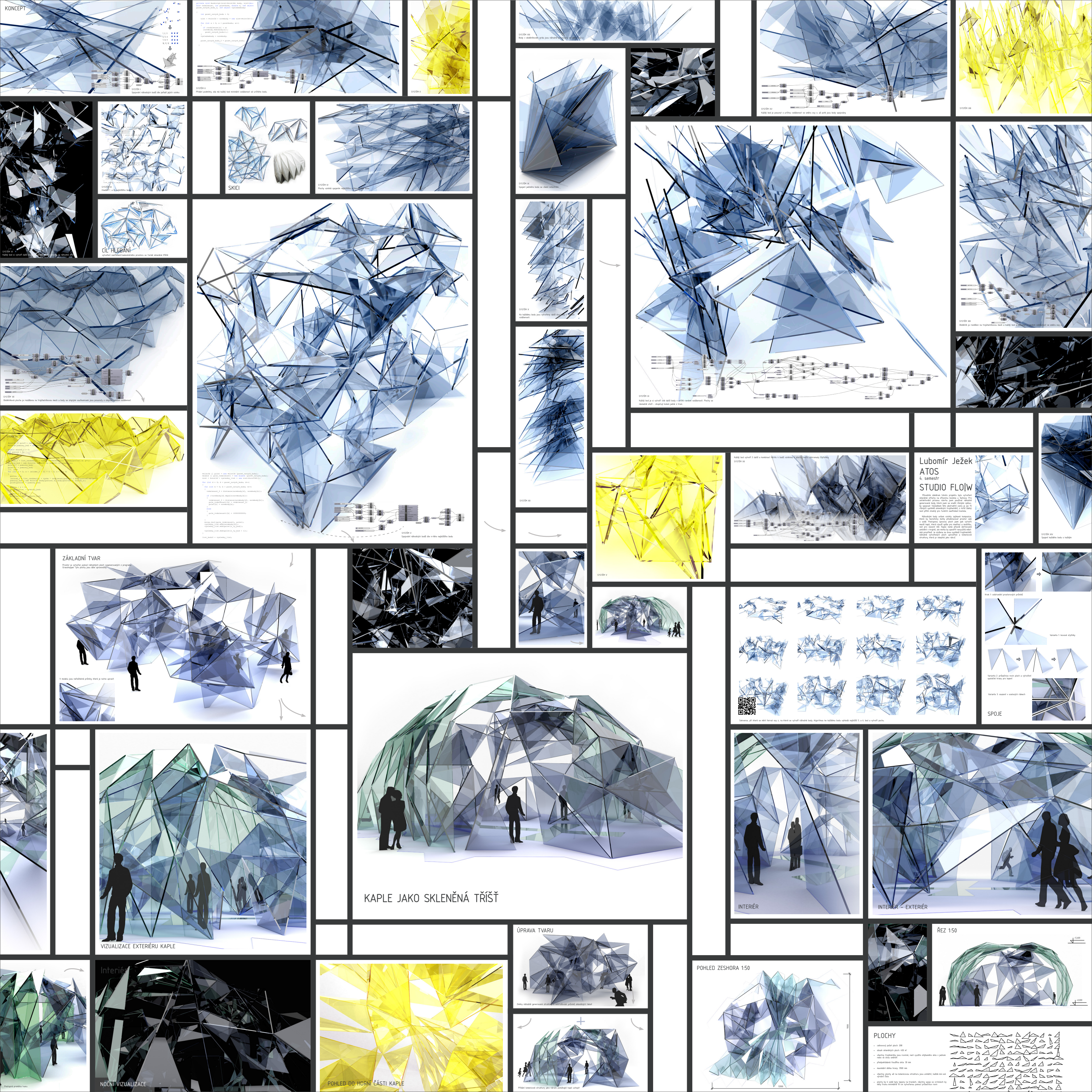
Použití komponentu "Image Sampler" pro výběr bodů dle obrázku



Video k projektu:

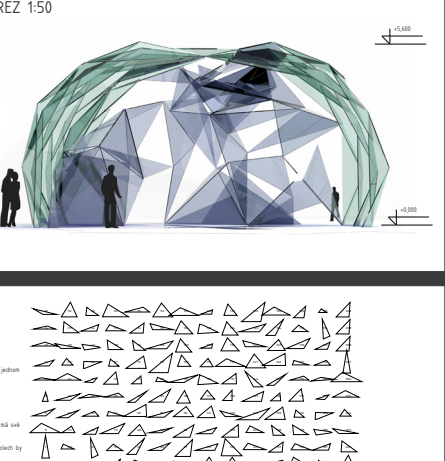
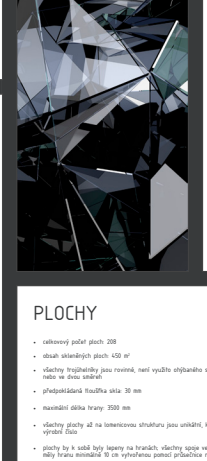
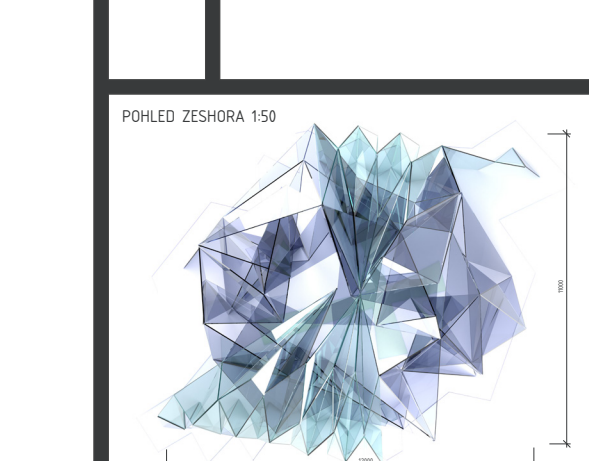
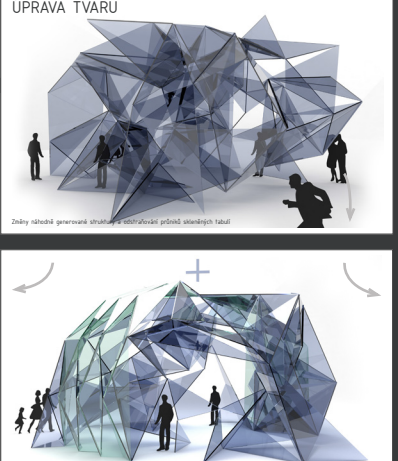
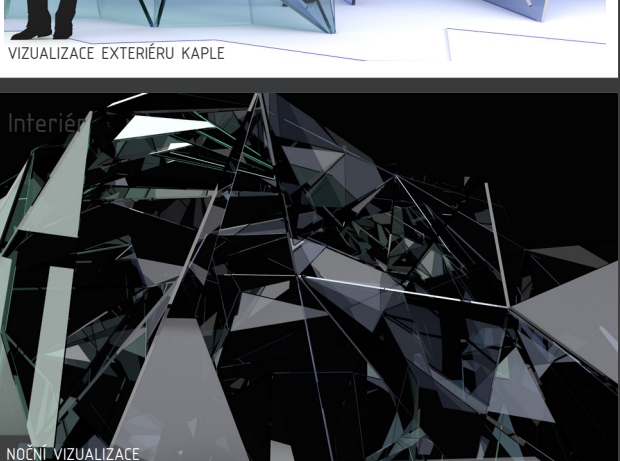
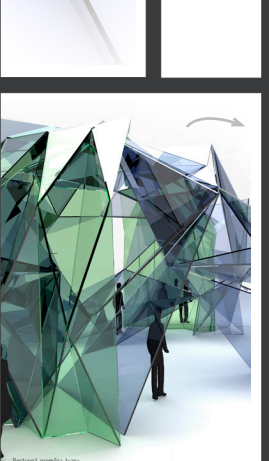
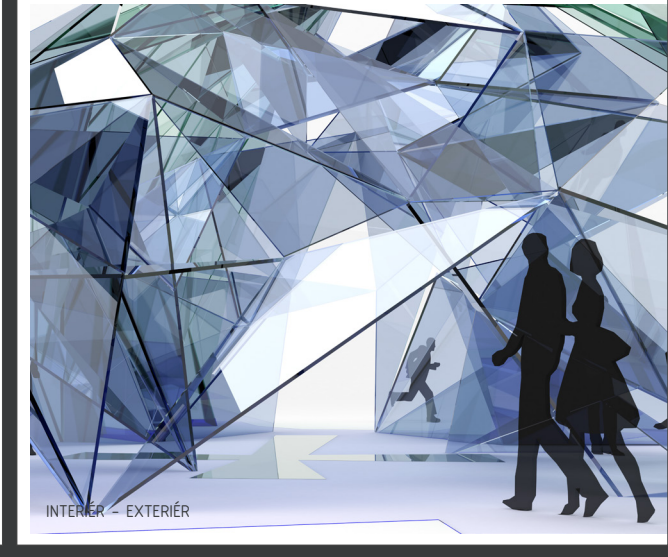
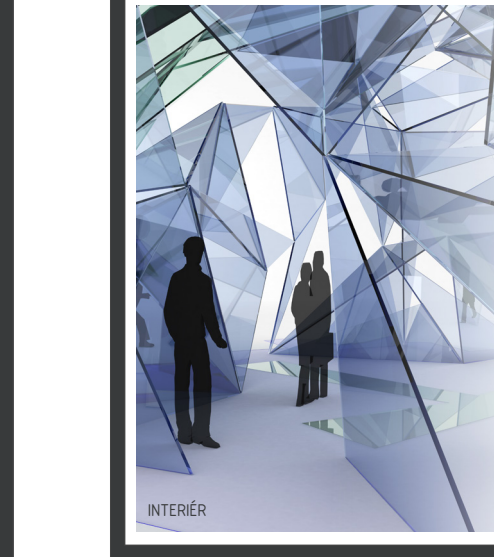
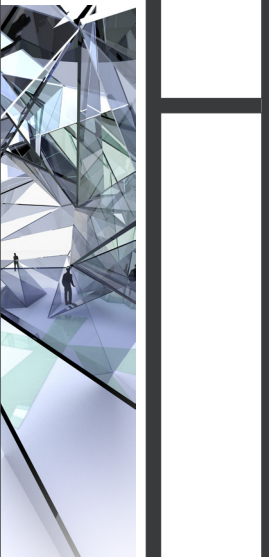
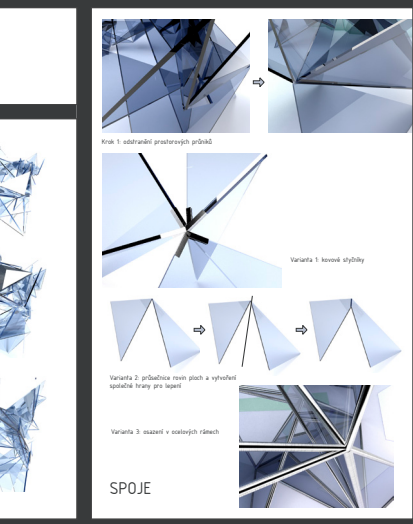
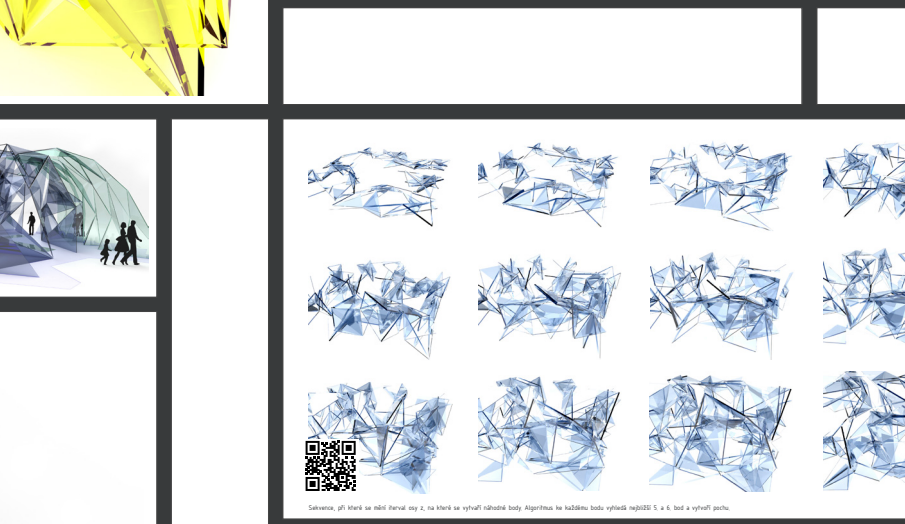
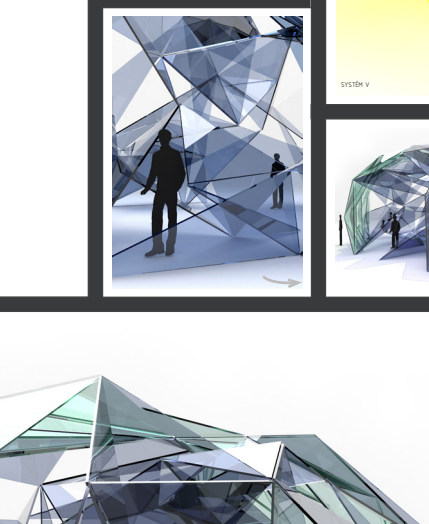
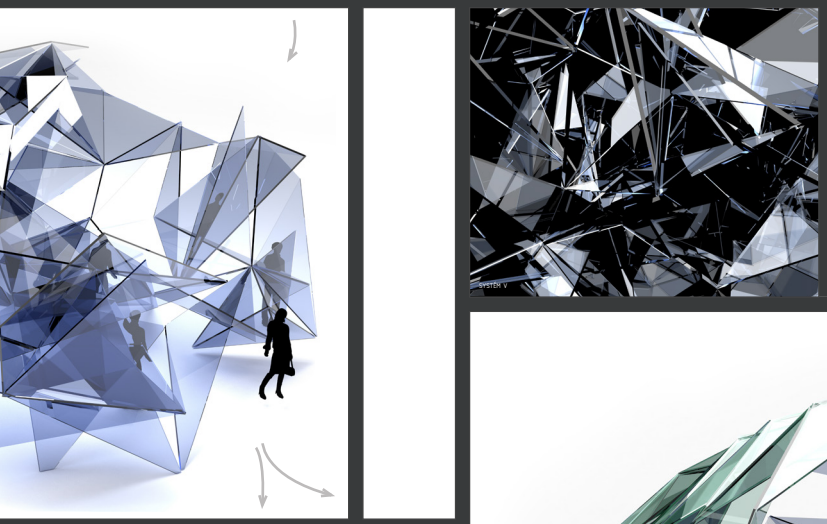
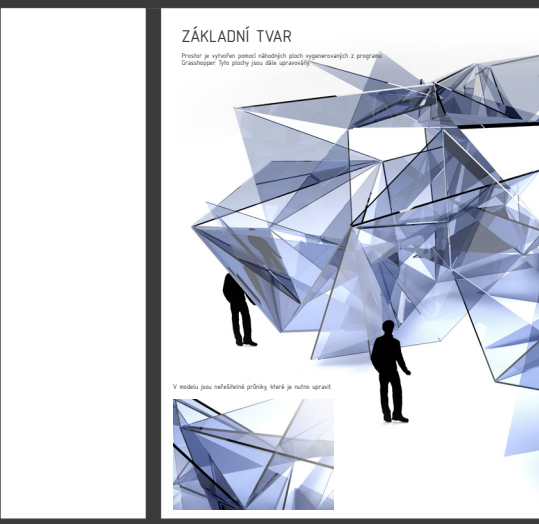
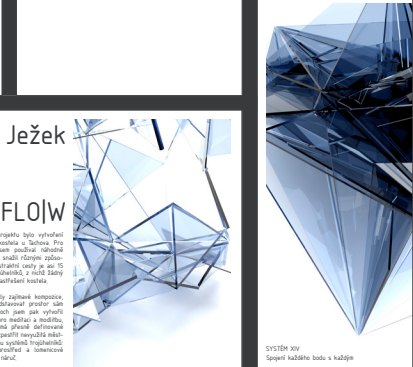
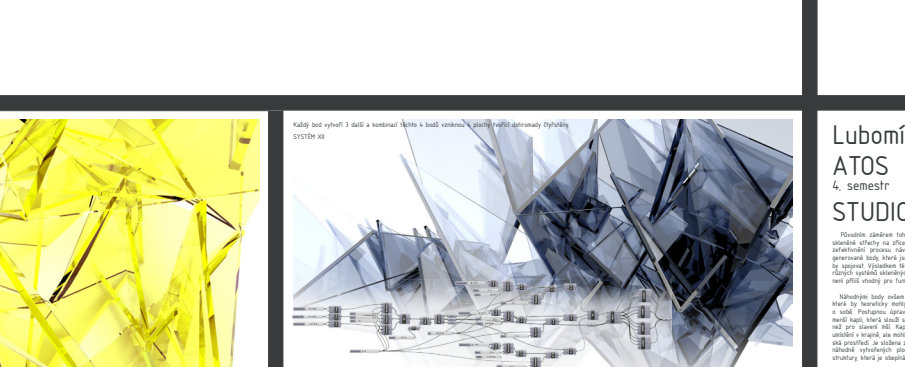
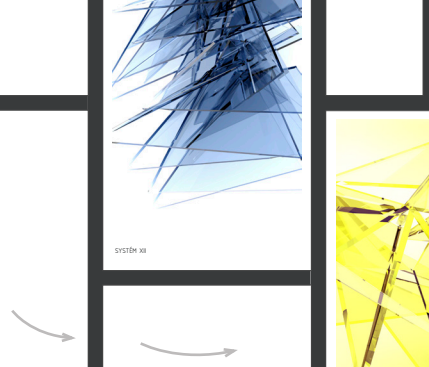
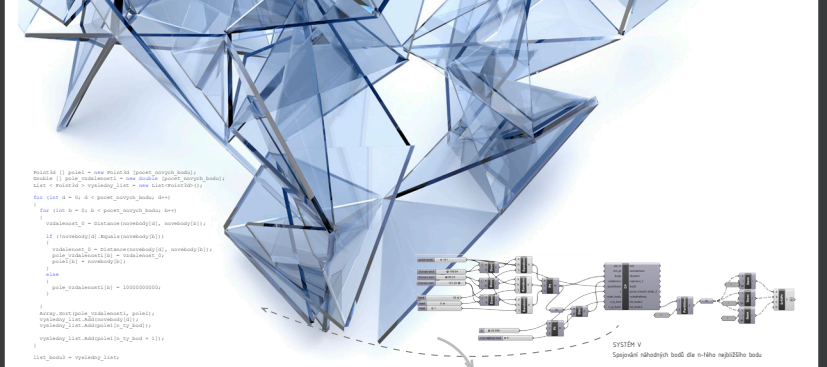
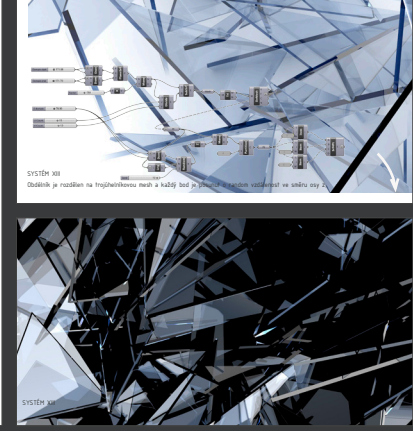
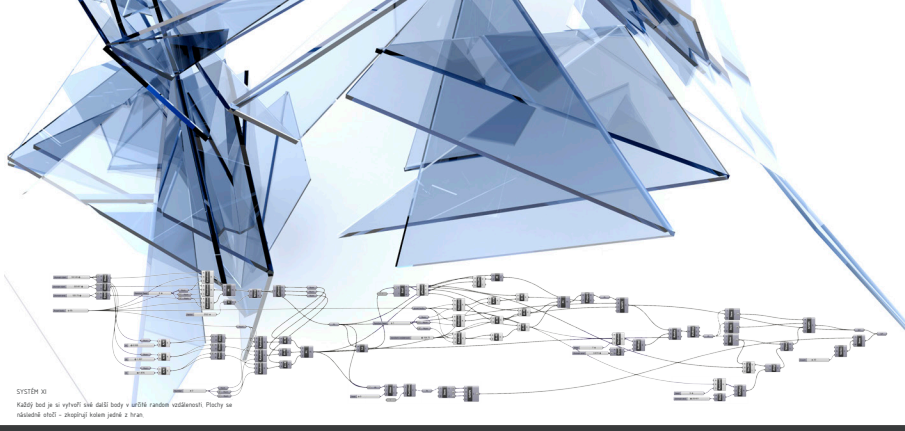
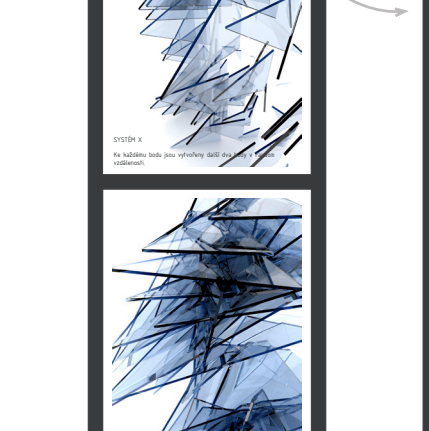
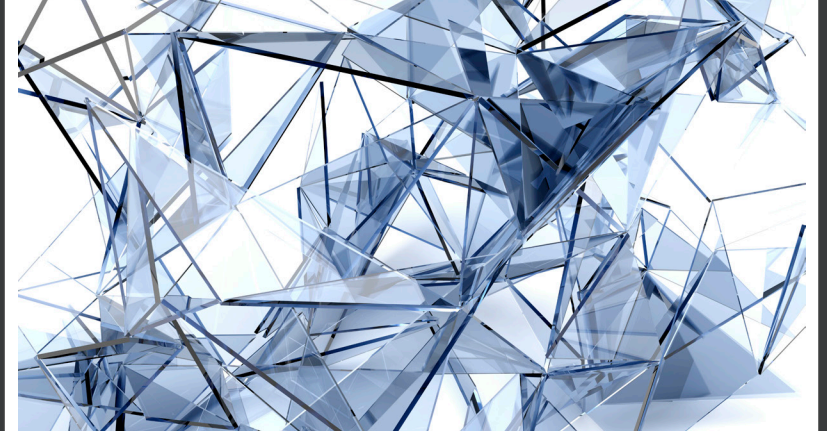
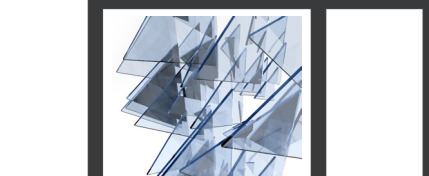
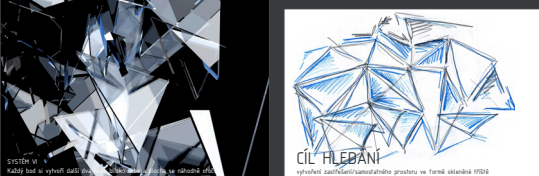
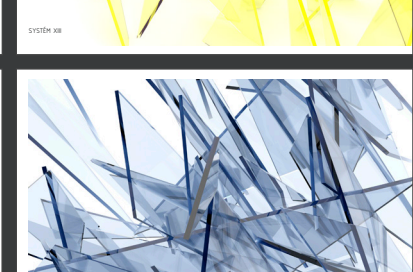
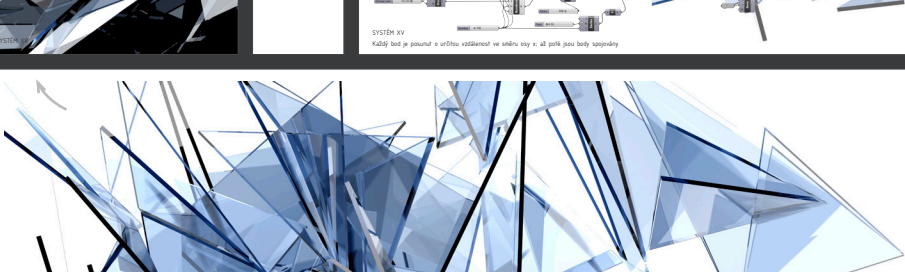
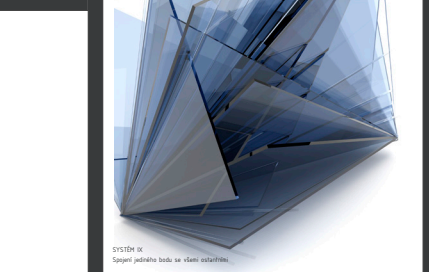
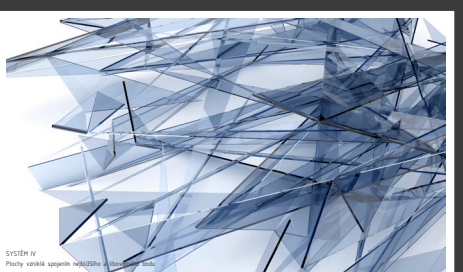
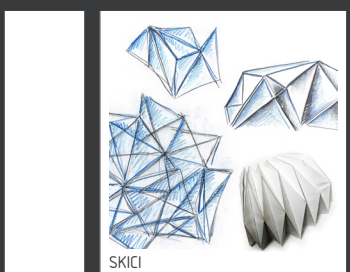
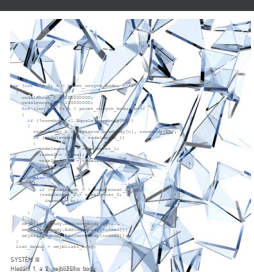
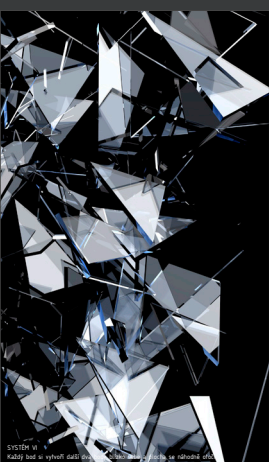
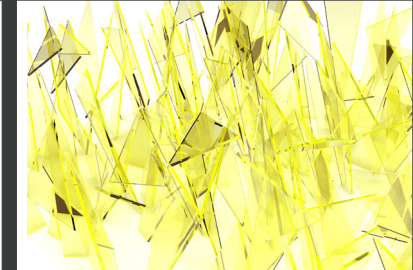
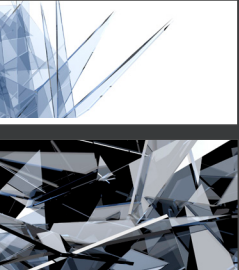
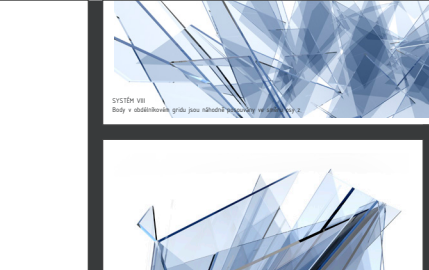
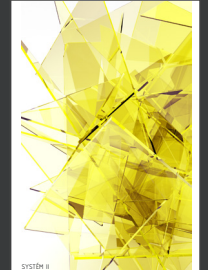


<https://www.youtube.com/watch?v=6MgVxSjpPc8>



KONCEPT

SYSTÉM I
Rozložení jednotlivých částí a jejich vzájemná vazba. Zobrazení celkové struktury a vzájemných vztahů mezi jednotlivými prvky.



ZÁKLADNÍ TVAR

Prvek je vzhledem velmi složitého tvaru, který vznikl jako výsledek algoritmu, který generuje základní tvar. Tento tvar je pak dále rozvíjen a upřesňován.

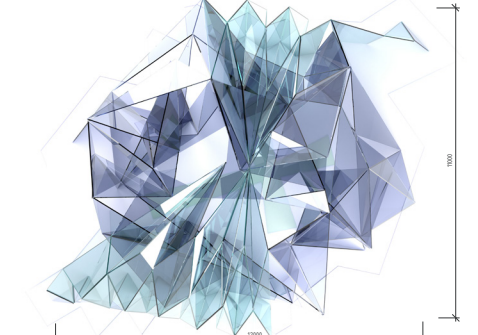
KAPLE JAKO SKLENĚNÁ TŘÍŠŤ

VIZUALIZACE EXTERIÉRU KAPLE

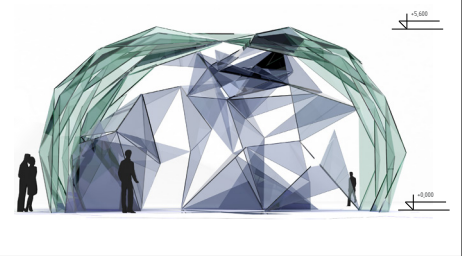
ÚPRAVA TVARU

Úprava tvaru jednotlivých částí a jejich vzájemná vazba. Zobrazení celkové struktury a vzájemných vztahů mezi jednotlivými prvky.

POHLED ZESHORA 1:50



REZ 1:50



PLOCHY

- celková plocha 200 m²
- celková plocha střešní konstrukce 150 m²
- celková plocha střešní konstrukce včetně izolace 180 m²
- celková plocha střešní konstrukce včetně izolace a podlahy 200 m²
- celková plocha střešní konstrukce včetně izolace a podlahy včetně výšky 200 m²
- celková plocha střešní konstrukce včetně izolace a podlahy včetně výšky a výšky 200 m²