PROCEDURÁLNE MODELOVANIE 3D BUDOV V ARCGIS CITYENGINE

RÓBERT FENCÍK, NIKOLETA LUPTÁKOVÁ

Katredra globálnej geodézie a geoinformatiky

STU SvF

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

GeoKARTO 2026 NITRA

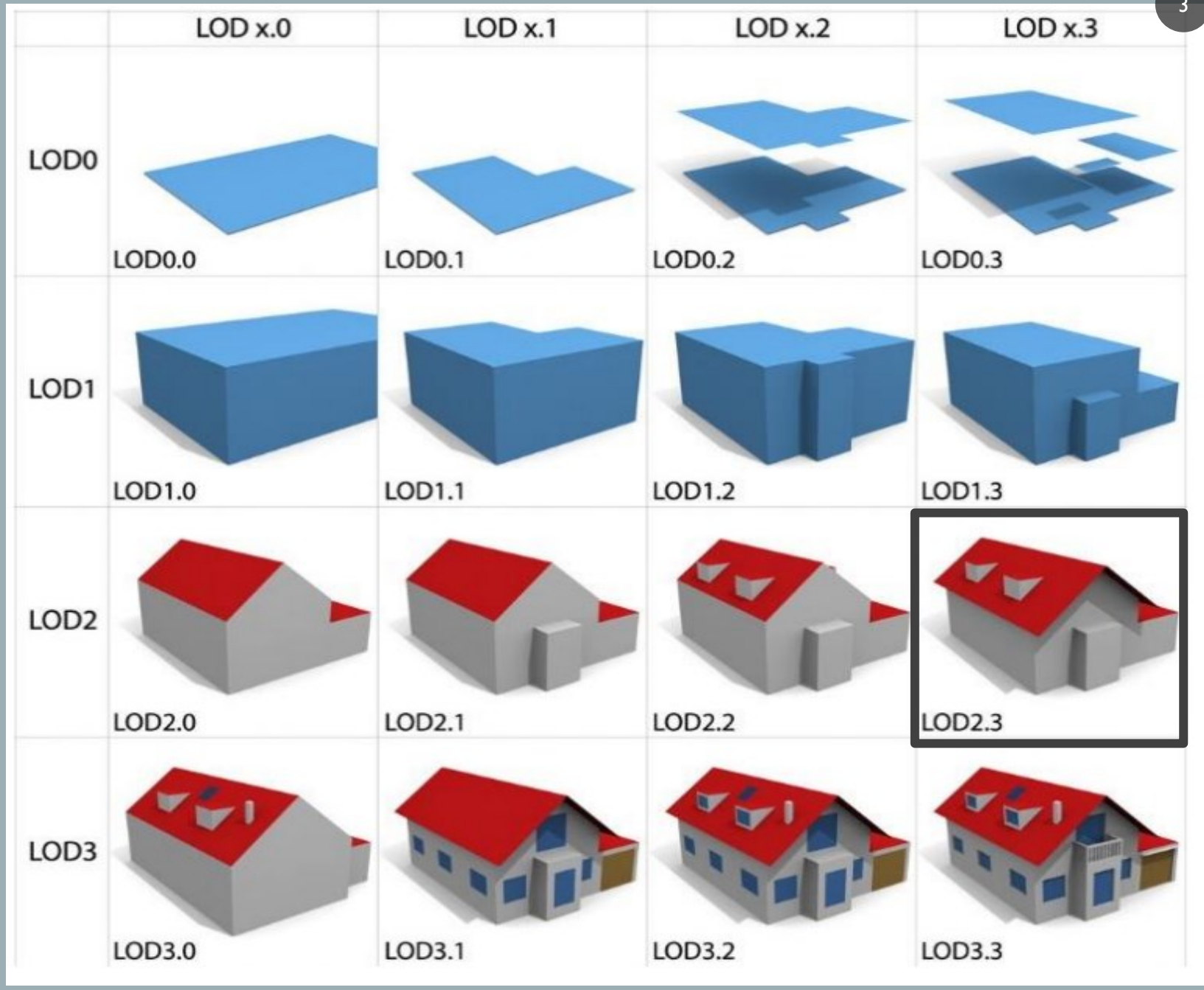
Hlavné ciele

Tvorba 3D modelov budov na úrovni LOD2

Návrh pracovného postupu spracovanie

Vyhodnotenie presnosti modelov

ROZŠÍRENÉ ROZDELENIE ÚROVNÍ DETAILU

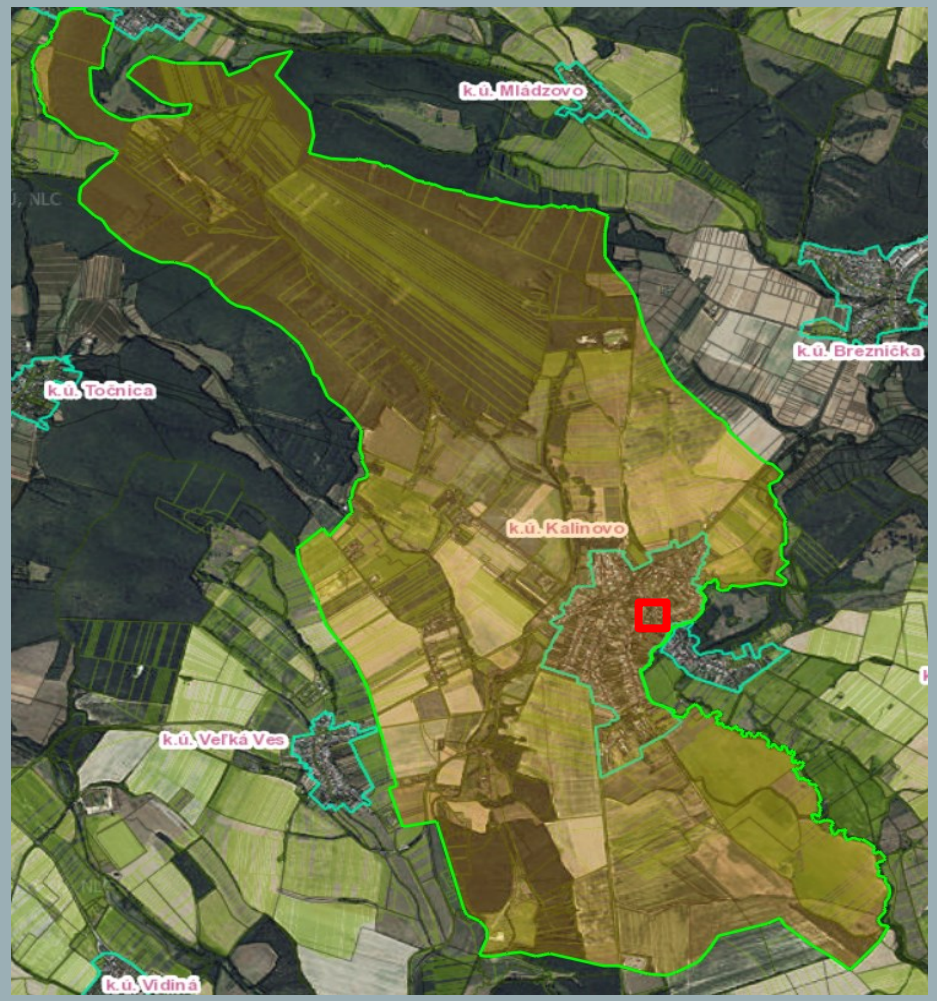


Zdroj : BILJECKI, F.: Level of detail in 3D city models. Doctoral dissertation, Delft: Delft University of Technology, 2017,0 DOI: 10.4233/uuid:f12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248.

SOFTVÉROVÉ RIEŠENIE PRÁCE



ZÁUJMOVÉ ÚZEMIA A VSTUPNÉ DÁTA



1 : 1000



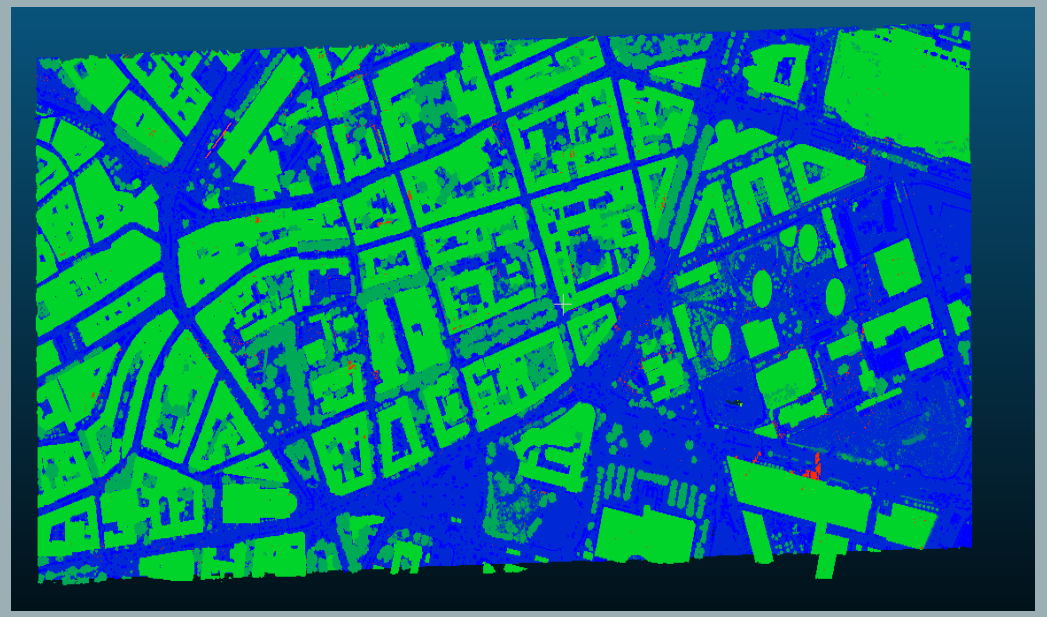
Kalinovo

Dáta: Geotronics Slovakia s.r.o.
Stav: Mračno bodov – neklasifikované
Rozsah vyhodnotenia: 45 budov
Typ zástavby: nízkopodlažná zástavba

ZÁUJMOVÉ ÚZEMIA A VSTUPNÉ DÁTA



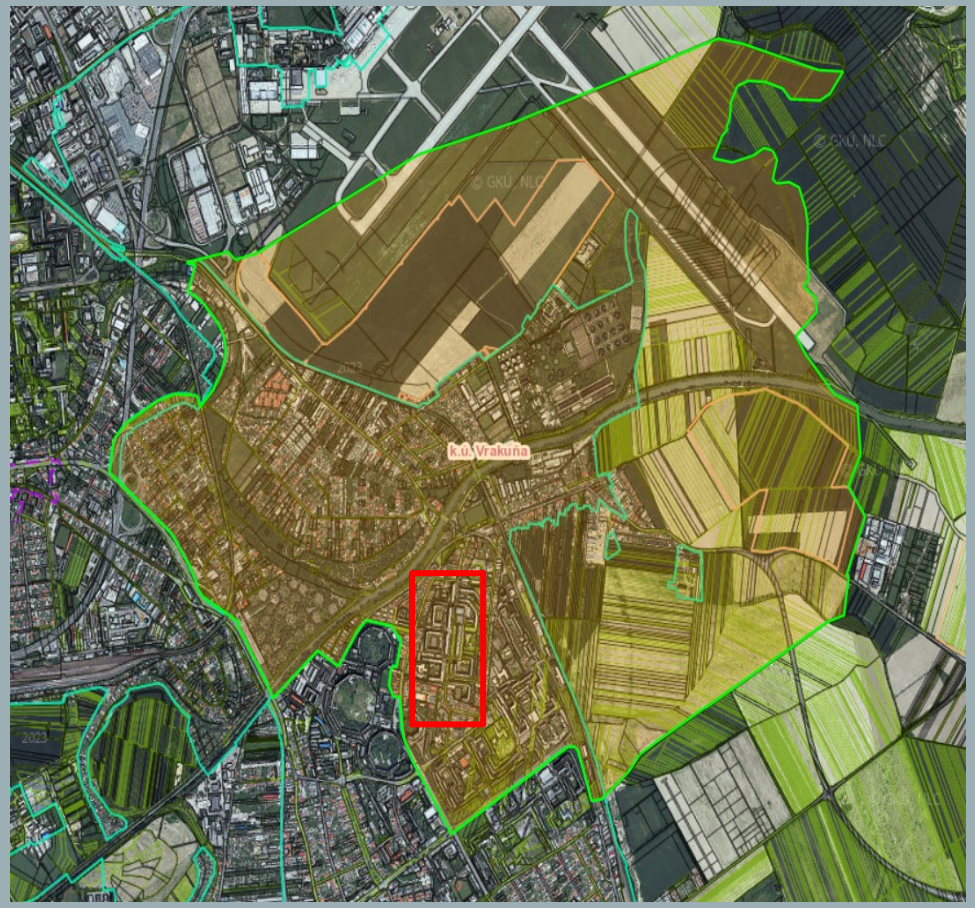
1 : 500



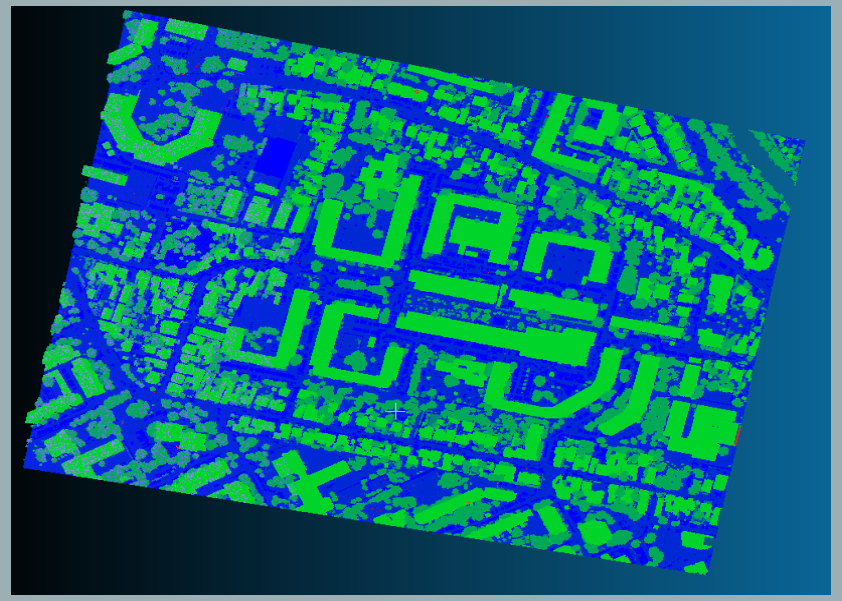
Bratislava – Staré Mesto

Dáta: ÚGKK SR, 2. cyklus MB 2.0 (S-JTSK(JTSK03), Bpv)
Stav: Mračno bodov – klasifikované (2_LOT08 – Bratislava)
Rozsah vyhodnotenia: 162 budov
Typ zástavby: historická a členitá zástavba

ZÁUJMOVÉ ÚZEMIA A VSTUPNÉ DÁTA



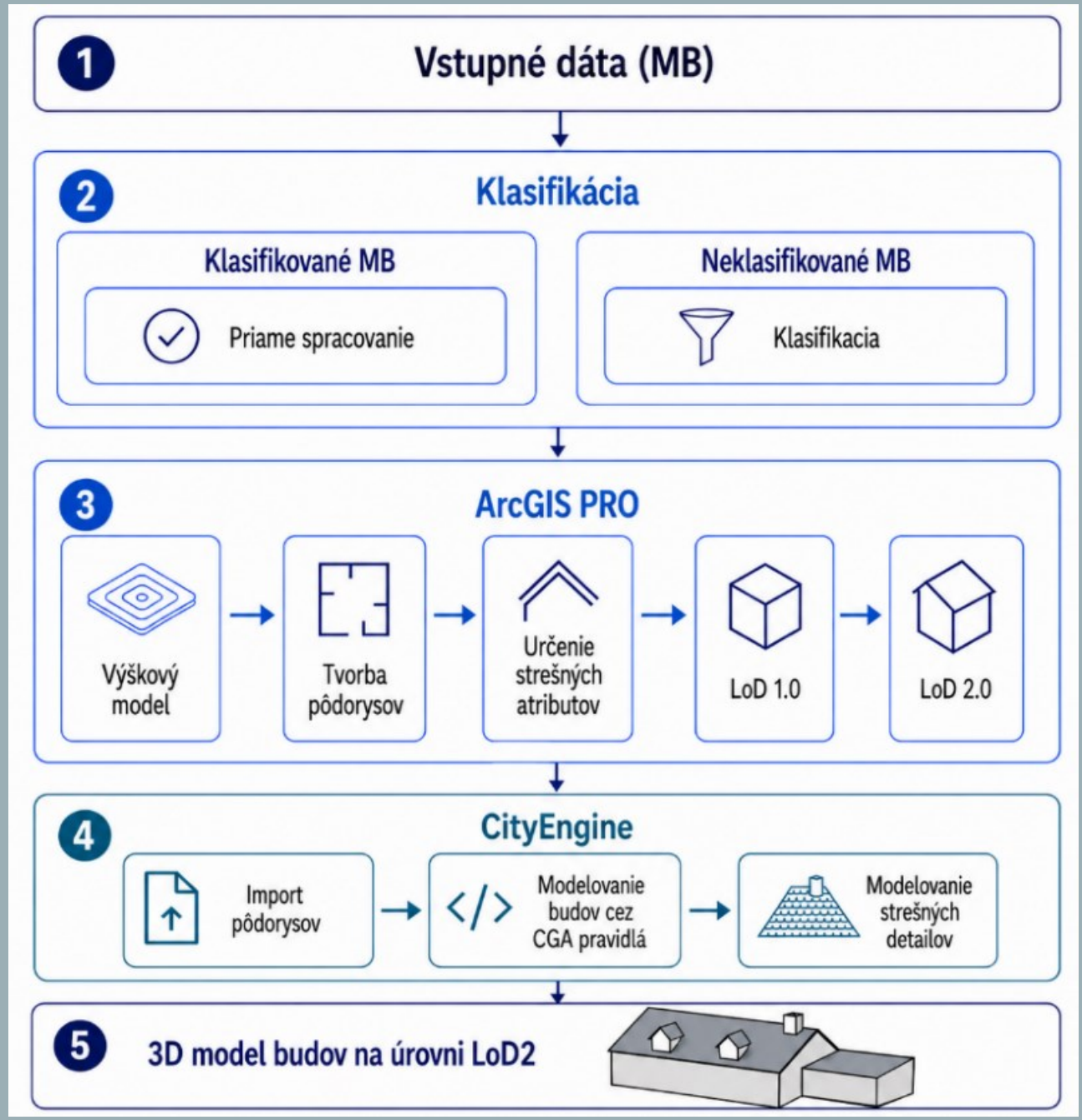
1 : 500



Bratislava – Vrakuňa

Dáta: ÚGKK SR, 2. cyklus MB 2.0 (S-JTSK(JTSK03), Bpv)
Stav: Mračno bodov – klasifikované (2_LOT08 – Bratislava)
Rozsah vyhodnotenia: 77 budov
Typ zástavby: panelová zástavba

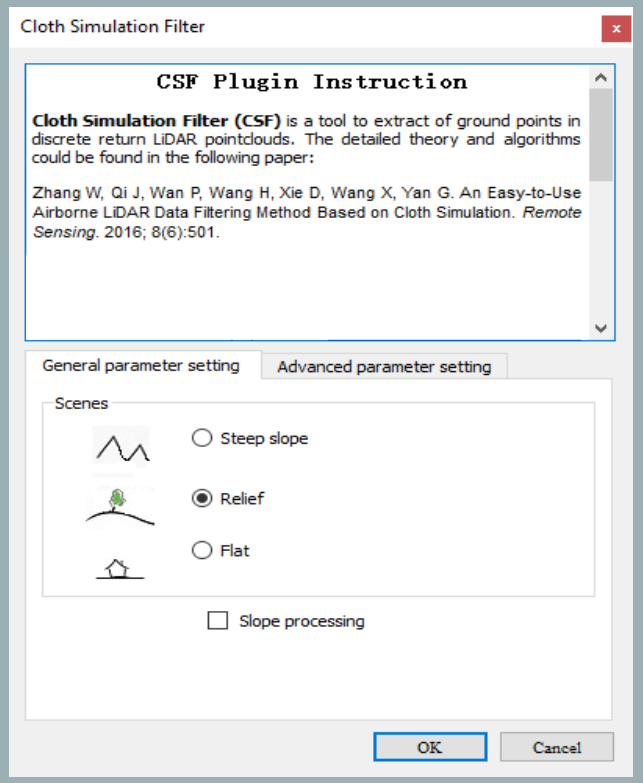
PRACOVNÝ POSTUP MODELOVANIA 3D BUDOV NA ÚROVNI LOD2

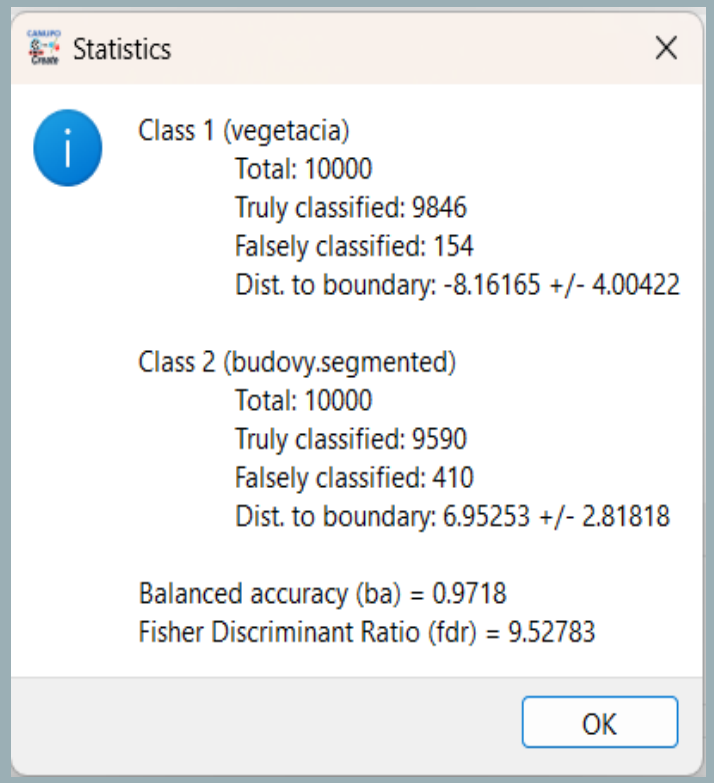


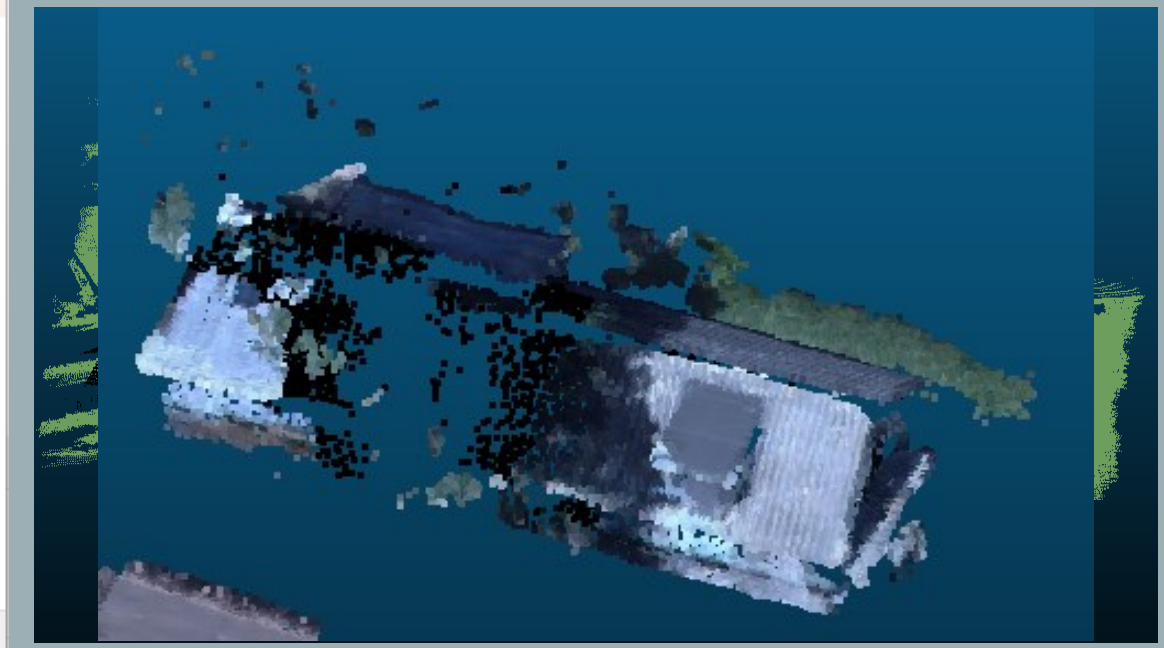
Zdroj: https://chatgpt.com/

KLASIFIKÁCIA MRAČNA BODOV – KALINOVO

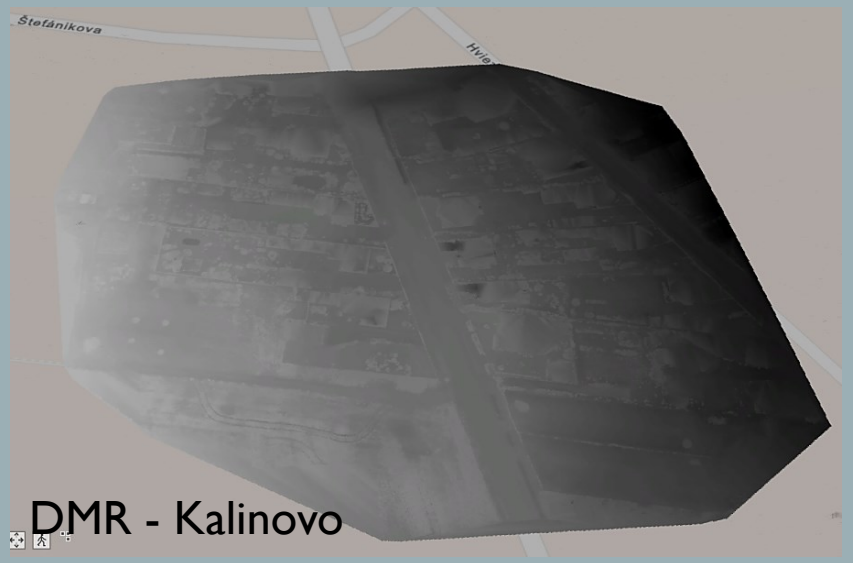
CSF filter → CANUPO → Klasifikované mračno bodov



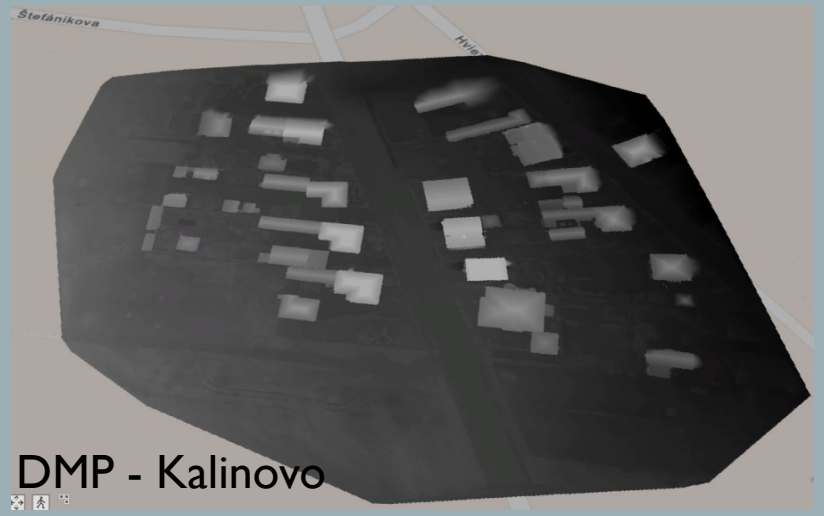




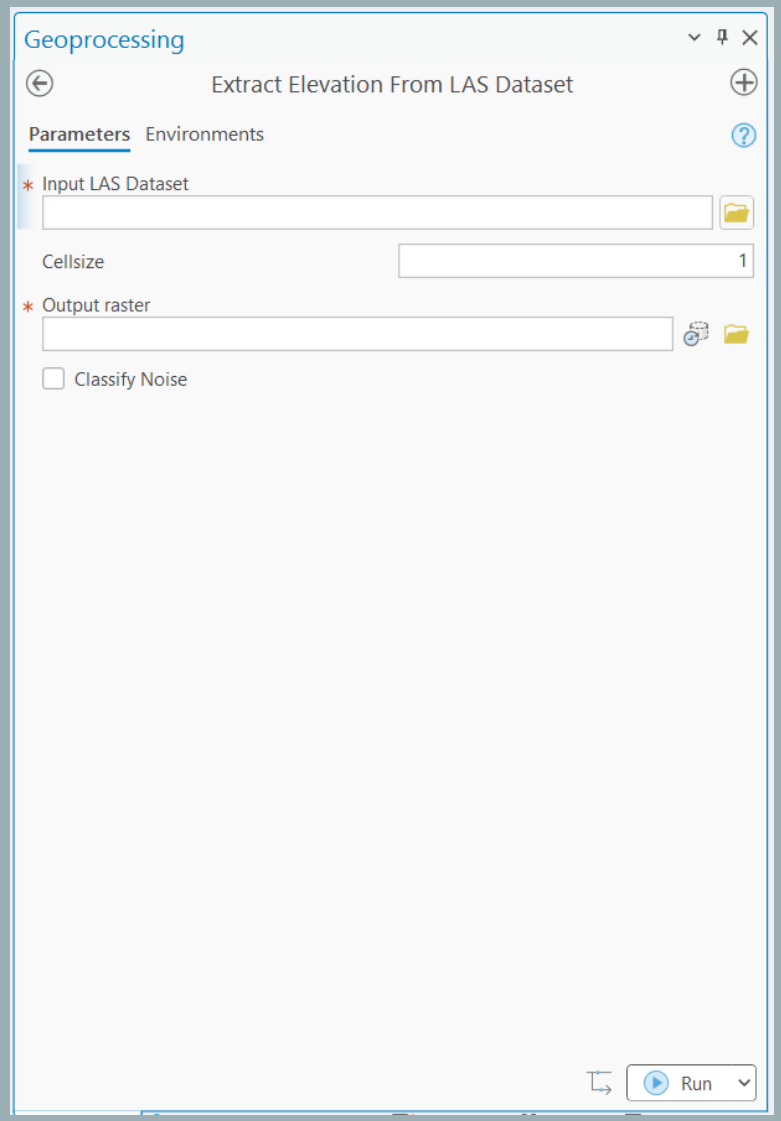
EXTRAHOVANIE VÝŠKOVÝCH MODELOV

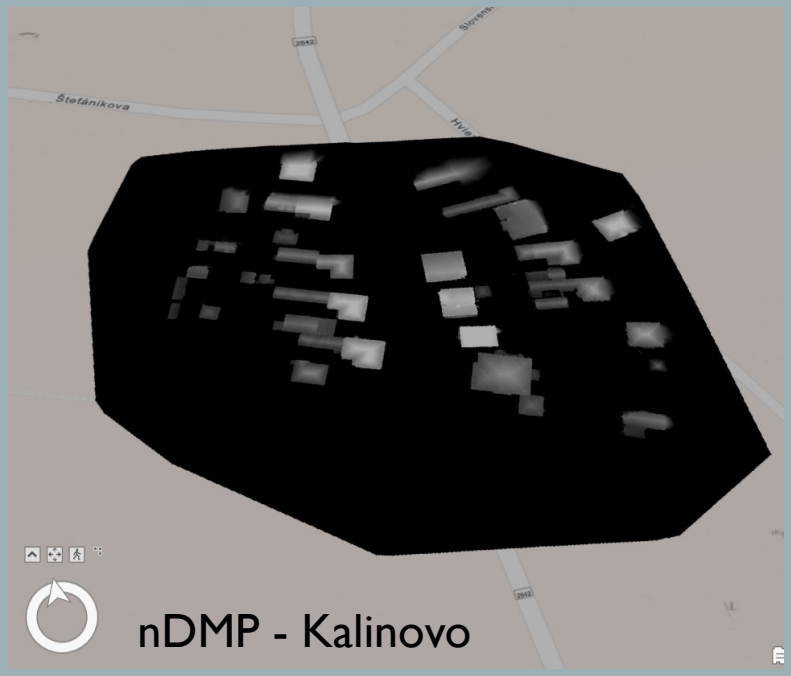


DMR - Kalinovo



DMP - Kalinovo





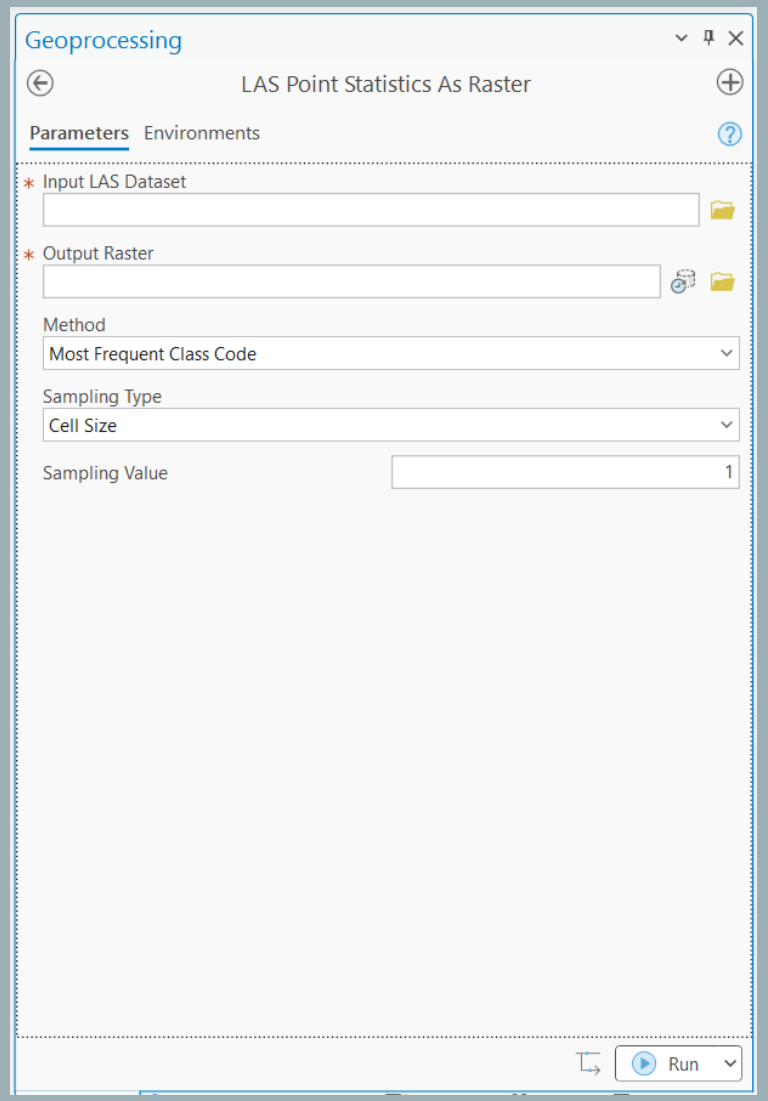
nDMP - Kalinovo

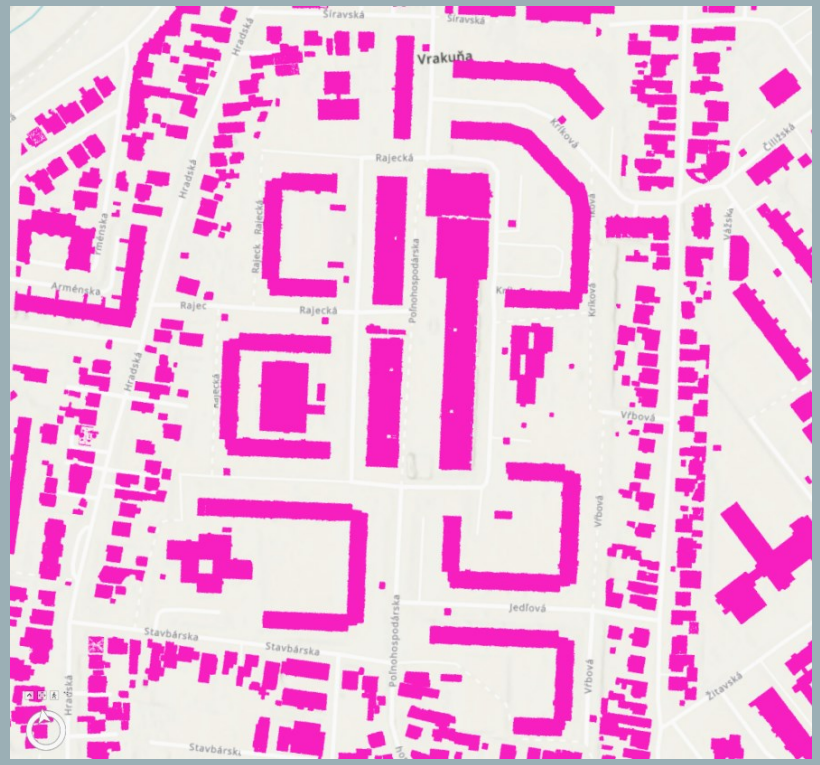
TVORBA PÔDORYSOV V RASTROVEJ FORME



Kalinovo

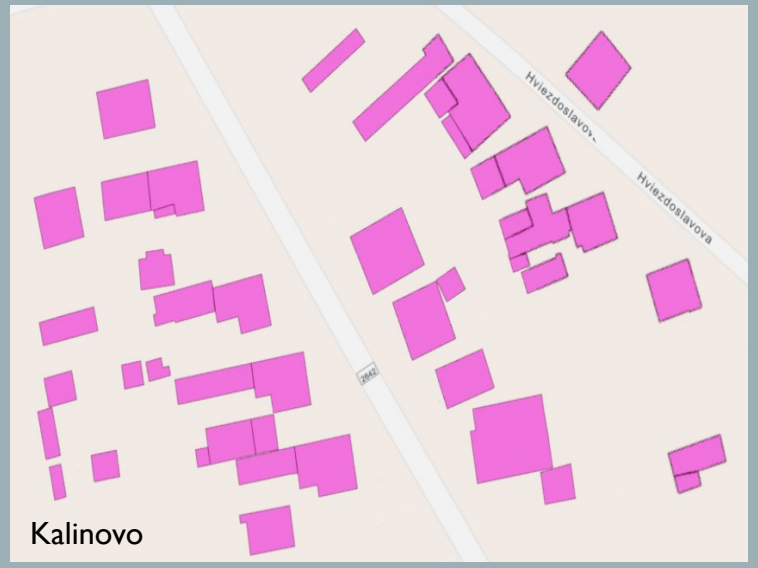

Staré Mesto





Vrakuňa

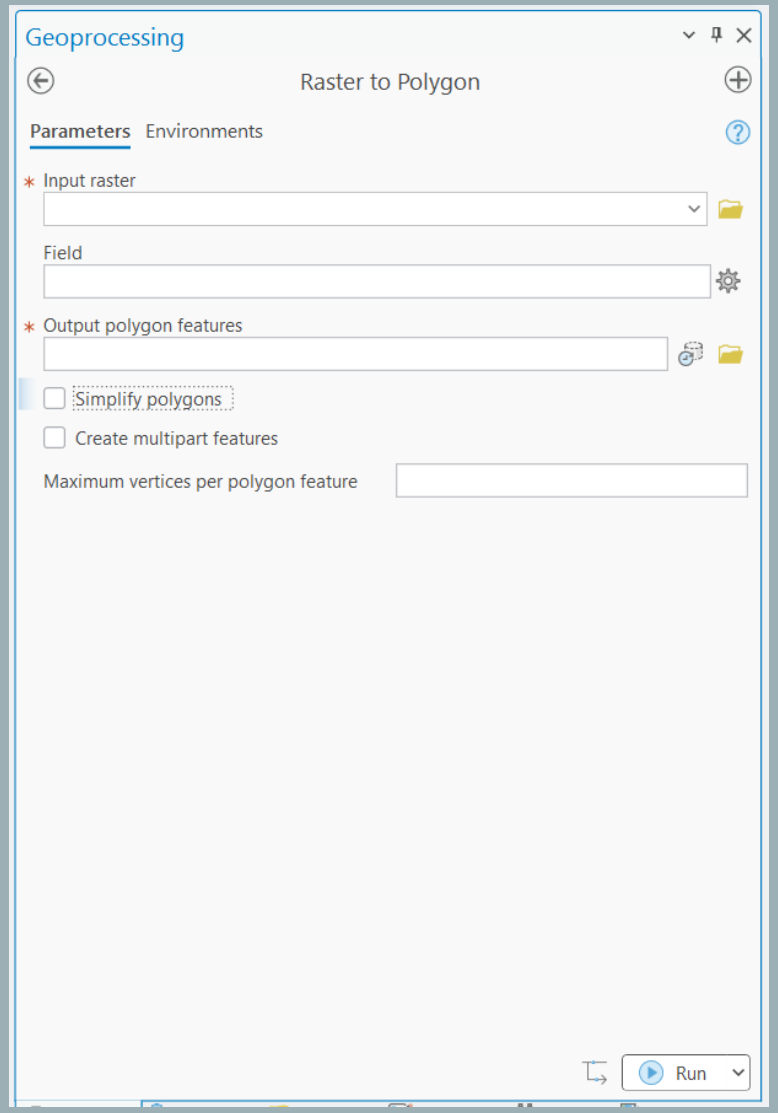
PREVOD RASTROVÝCH PÔDORYSOV DO VEKTOROVEJ FORMY

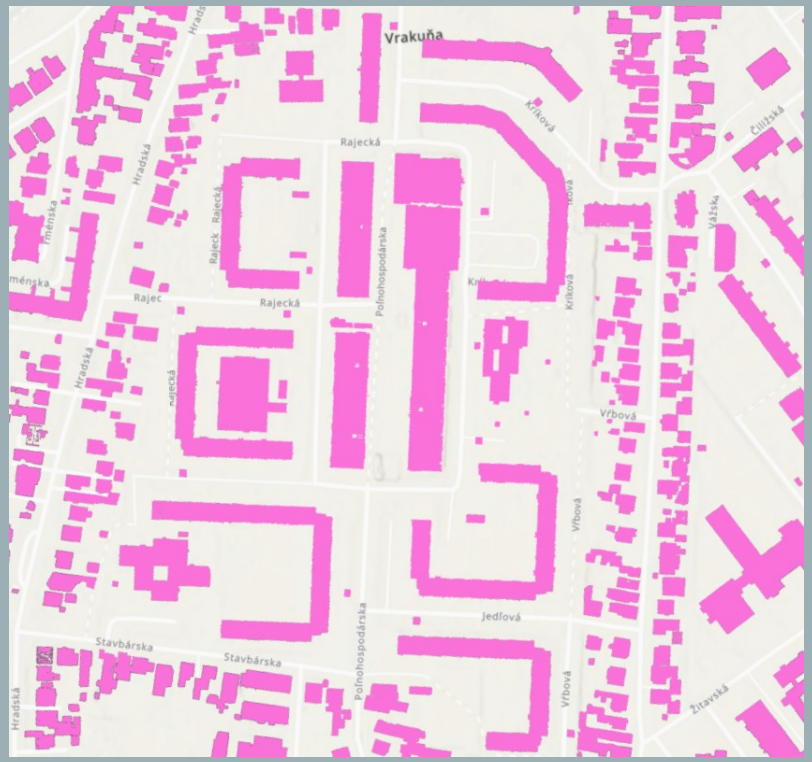


Kalinovo



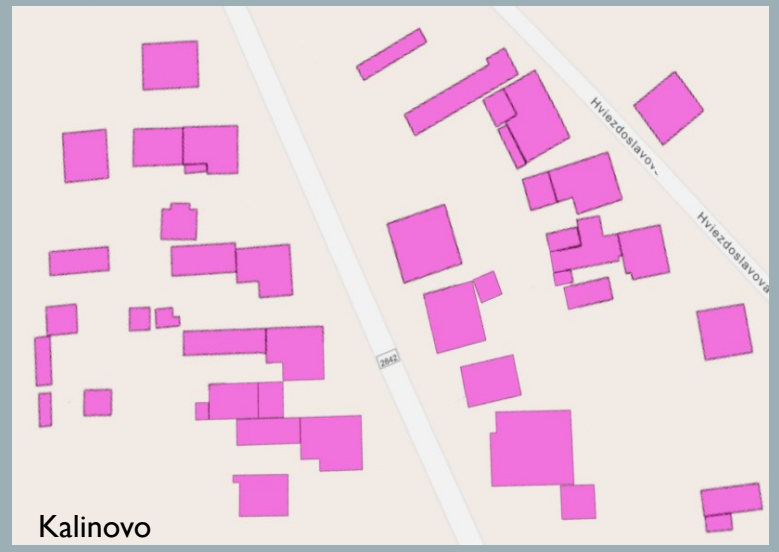
Staré Mesto





Vrakuňa

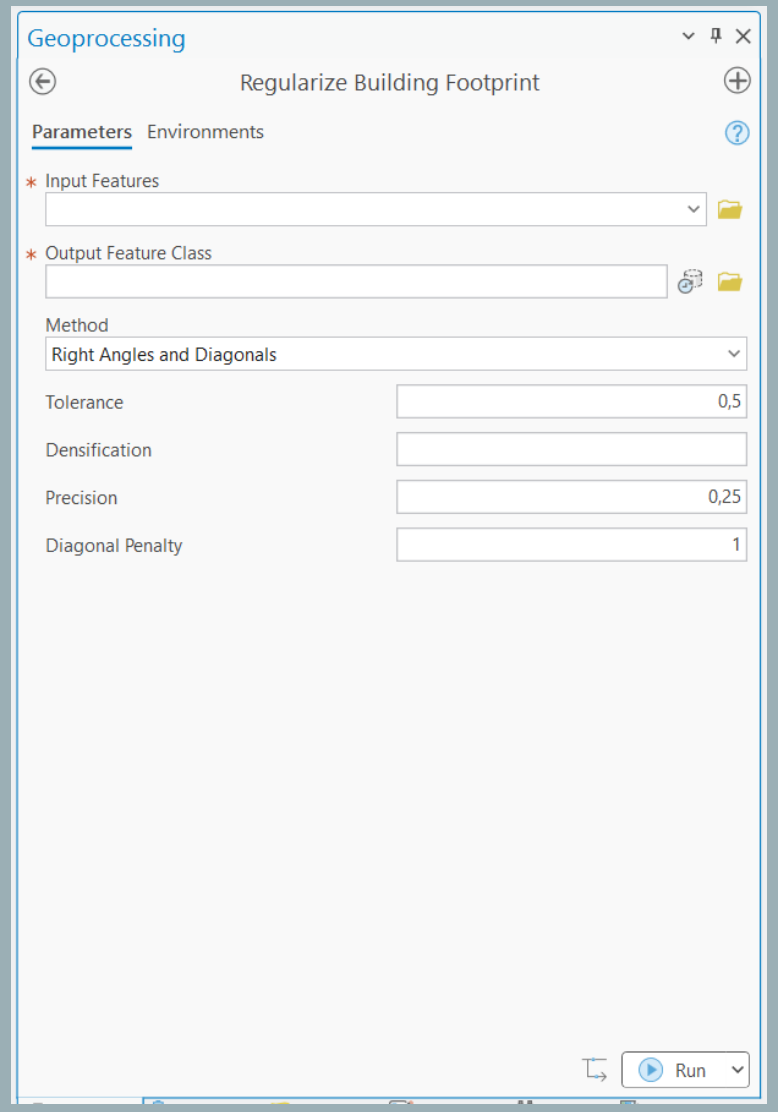
REGULARIZÁCIA POLYGÓNOV



Kalinovo



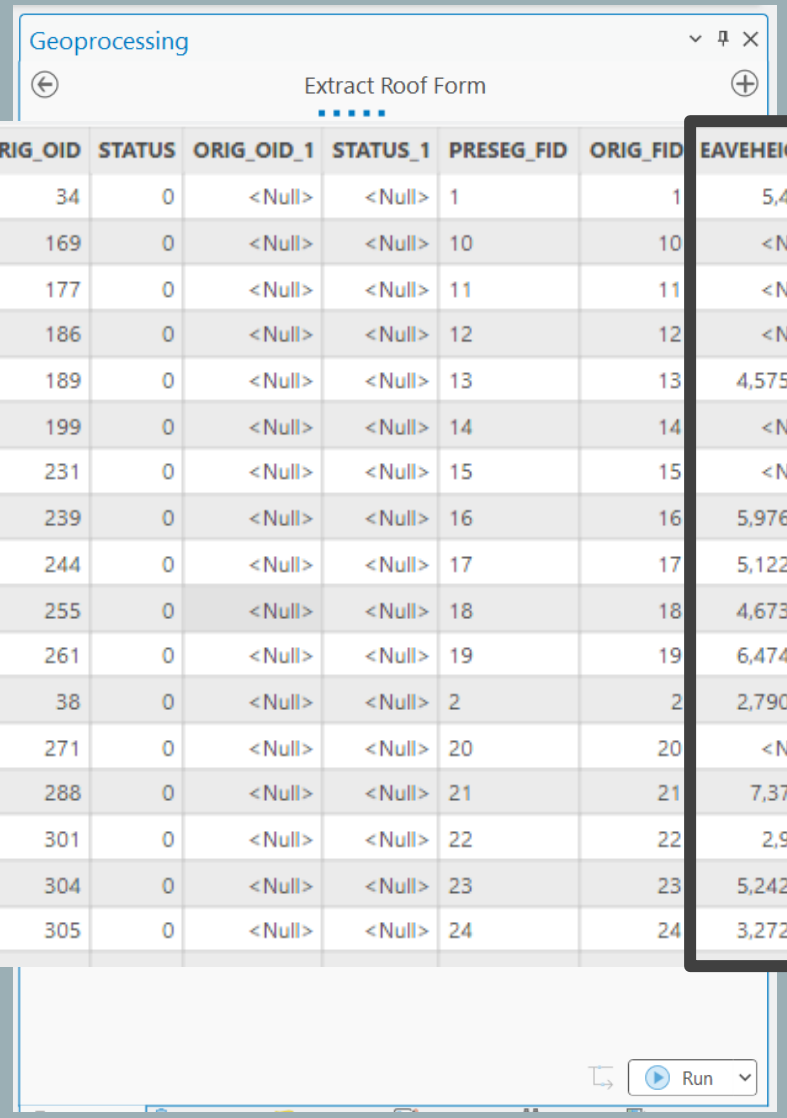
Staré Mesto





Vrakuňa

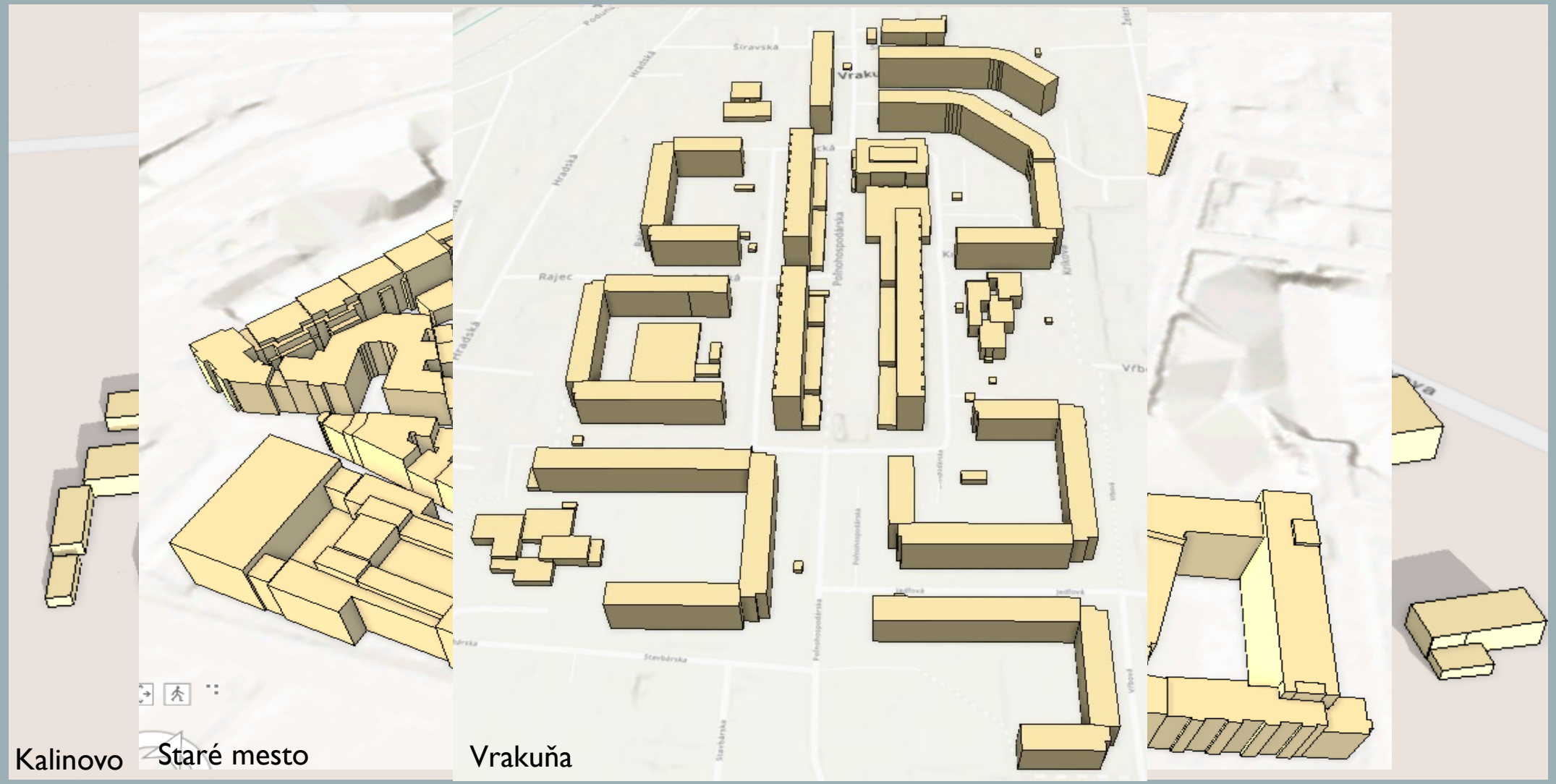
EXTRAKCIA STREŠNÝCH PLÁŠŤOV



D *	Shape *	Sha...	Shape_Area	BuildingFID	Id	gridcode	ORIG_OID	STATUS	ORIG_OID_1	STATUS_1	PRESEG_FID	ORIG_FID
1	Polygon	47	135,8125	Building_1	34	6	34	0	<Null>	<Null>	1	1
2	Polygon	27	35	Building_10	169	6	169	0	<Null>	<Null>	10	10
3	Polygon	19	19	Building_11	177	6	177	0	<Null>	<Null>	11	11
4	Polygon	;29203	181,0625	Building_12	186	6	186	0	<Null>	<Null>	12	12
5	Polygon	)11818	119,377532	Building_13	189	6	189	0	<Null>	<Null>	13	13
6	Polygon	19	18,5625	Building_14	199	6	199	0	<Null>	<Null>	14	14
7	Polygon	23	32,8125	Building_15	231	6	231	0	<Null>	<Null>	15	15
8	Polygon	'29708	141,4375	Building_16	239	6	239	0	<Null>	<Null>	16	16
9	Polygon	55	188,8125	Building_17	244	6	244	0	<Null>	<Null>	17	17
10	Polygon	51,5	147,1875	Building_18	255	6	255	0	<Null>	<Null>	18	18
11	Polygon	;00751	131,582955	Building_19	261	6	261	0	<Null>	<Null>	19	19
12	Polygon	42	110,1875	Building_2	38	6	38	0	<Null>	<Null>	2	2
13	Polygon	21	27,5625	Building_20	271	6	271	0	<Null>	<Null>	20	20
14	Polygon	49	149,8125	Building_21	288	6	288	0	<Null>	<Null>	21	21
15	Polygon	,66094	109,878835	Building_22	301	6	301	0	<Null>	<Null>	22	22
16	Polygon	50	143,375	Building_23	304	6	304	0	<Null>	<Null>	23	23
17	Polygon	41,5	93	Building_24	305	6	305	0	<Null>	<Null>	24	24

EAVEHEIGHT	BLDGHEIGHT	ROOFFORM	BASEELEV	ROOFDIR	RoofDirAdjust
5,4431	10,59021	Hip	222,1561	<Null>	0
<Null>	2,438065	Flat	224,00931	<Null>	0
<Null>	2,697632	Flat	223,24411	<Null>	0
<Null>	5,311798	Flat	220,4176	<Null>	0
4,575012	7,429703	Hip	222,4444	<Null>	0
<Null>	2,097275	Flat	224,36801	<Null>	0
<Null>	2,941605	Flat	223,92111	<Null>	0
5,976501	9,759903	Hip	219,48351	<Null>	0
5,122208	7,55661	Gable	221,6129	315	0
4,673508	7,325897	Hip	220,5379	<Null>	0
6,474594	9,455902	Hip	222,5675	<Null>	0
2,790588	5,19249	Hip	222,89322	<Null>	0
<Null>	2,422729	Flat	221,87741	<Null>	0
7,37616	8,736267	Gable	221,55704	315	0
2,9823	4,812302	Gable	220,98711	315	0
5,242905	9,22551	Hip	222,5905	<Null>	0
3,272308	5,867111	Hip	223,267	<Null>	0

LoD1.0



LoD2.0


Staré Mesto
Vrakuňa
Hradská
Rajec
Stavbárska
Vŕbová
Jedľová
Železničiarska

PROCEDURÁLNE MODELOVANIE V CityEngine

```
version "2024.1"

attr Start_
attr Vyk_ok
attr rooftyp

attr dormer
attr dormer

attr embedD

attr dormer
attr dormer

attr roofOv
attr roofOv
attr flatTo

attr archRi
attr archWa

attr canopy
attr canopy


@StartRule
Dormer -->
    DormerSe


DormerSelect
    case ro
    case ro
    else


DormerShape
    t(0, St
    color(d
    extrude
    comp(f)
        side
      | top
```

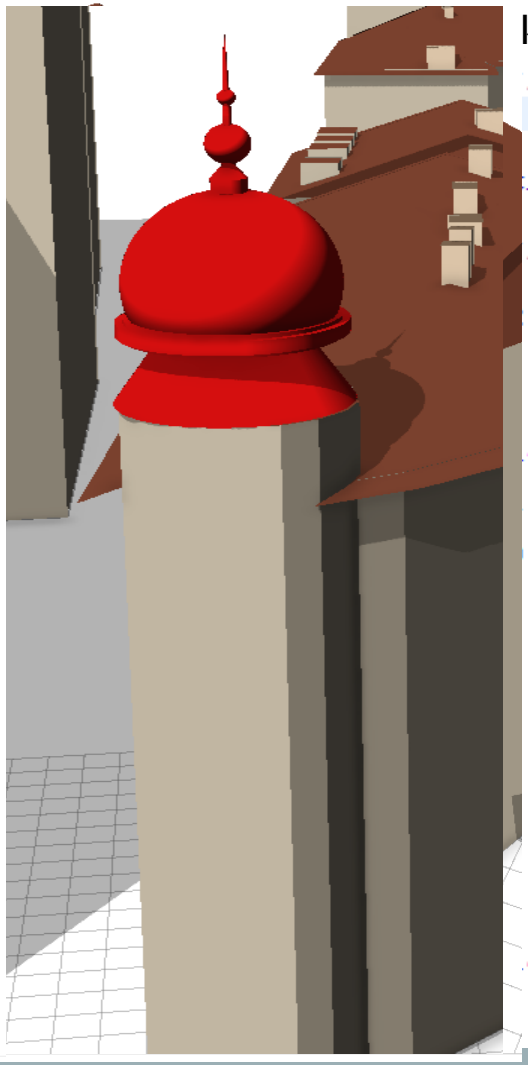
```
// ----------------------------
// KUŽEĽ SO ZREZANOU ŠPIČKOU
// ----------------------------
Cone -->
    primitiveCone(
        sides,
        diam() * rConeRel,
        scope.sy
    )
    subtract(noSwap) {
        t(0, scope.sy - diam() * coneCutRel, 0)
        s(
            diam() * coneCutBoxRel,
            diam() * coneCutRel * 2,
            diam() * coneCutBoxRel
        )
        primitiveCube()
    }

// ----------------------------
// PRSTENEC
// ----------------------------
Ring -->
    t(0, -diam() * ringSinkRel, 0)
    split(y) {
        scope.sy * ringEdgeFrac : RingBottom |
        scope.sy * (1 - 2 * ringEdgeFrac) : RingMiddle |
        scope.sy * ringEdgeFrac : RingTop
    }

RingBottom -->
    primitiveCylinder(
        sides,
        diam() * rRingRel - diam() * ringEdgeInsetRel,
        scope.sy
    )

RingMiddle -->
    primitiveCylinder(
        sides,
        diam() * rRingRel,
        scope.sy
    )
```

Pr. historické objekty



komíny

```
/

    = 0
ny  = 1

/

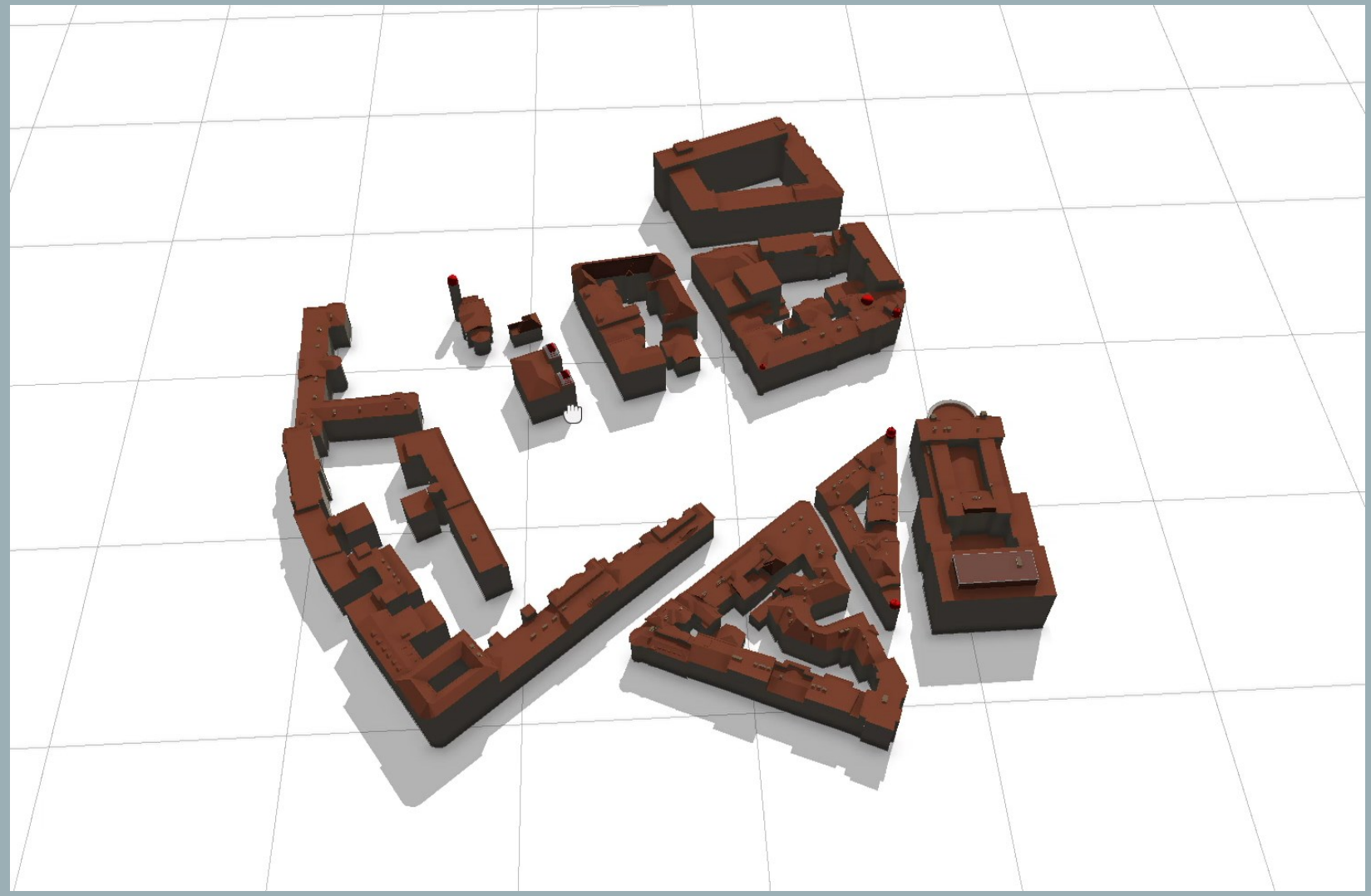
99"


47"


.10, vyska_len_prvok_samotny)


ght + embedDepth, scope.sz)
```

3D MODELY BUDOV V LoD2.3



Zdroj: DURAČIOVÁ, R.: An Aggregated Shape Similarity Index: A Case Study of Comparing the Footprints of OpenStreetMap and INSPIRE Buildings. ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 12, n. 12, articel 495, 2023. DOI: 10.3390/ijgi12120495.

ZHODA POLOHY A PÔDORYSU

$$S_{zjednotenie} = S_{MOD} + S_{VKM} - S_{INT}$$

Kde:
Szjednotenie – plocha zjednotenia
SMOD – plocha modelovaného pôdorysu
SVKM – plocha pôdorysu z VKM
SINT – plocha prieniku modelovaného pôdorysu a pôdorysu z VKM

$$P_P = \frac{S_{INT}}{S_{zjednotenie}}$$

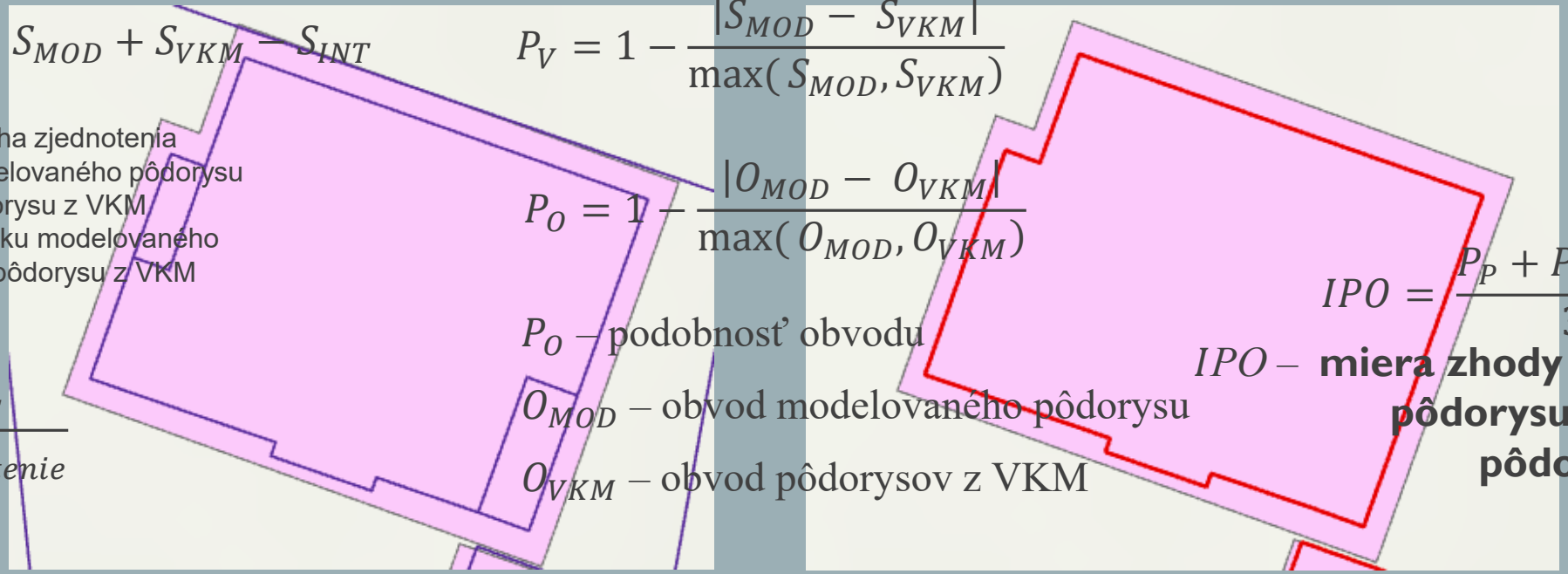
$$P_V = 1 - \frac{|S_{MOD} - S_{VKM}|}{\max(S_{MOD}, S_{VKM})}$$

$$P_O = 1 - \frac{|O_{MOD} - O_{VKM}|}{\max(O_{MOD}, O_{VKM})}$$

P_O – podobnosť obvodu

O_{MOD} – obvod modelovaného pôdorysu

O_{VKM} – obvod pôdorysov z VKM



$$IPO = \frac{P_P + P_V + P_O}{3}$$

IPO – **miera zhody modelovaného pôdorysu s referenčným pôdorysom vo VKM**

Porovnávali sme :

Referenčným podkladom pri analýze bola **vektorová katastrálna mapa (VKM)**

- Plochu zjednotenia – celkový plošný rozsah oboch porovnaných objektov
- Plochu prekrytu – podiel spoločnej časti objektov k ich plošnému rozsahu
- Podobnosť výmery – miera zhody medzi plochou pôdorysov jednotlivých objektov
- Podobnosť obvodu – miera zhody medzi obvodom jednotlivých objektov

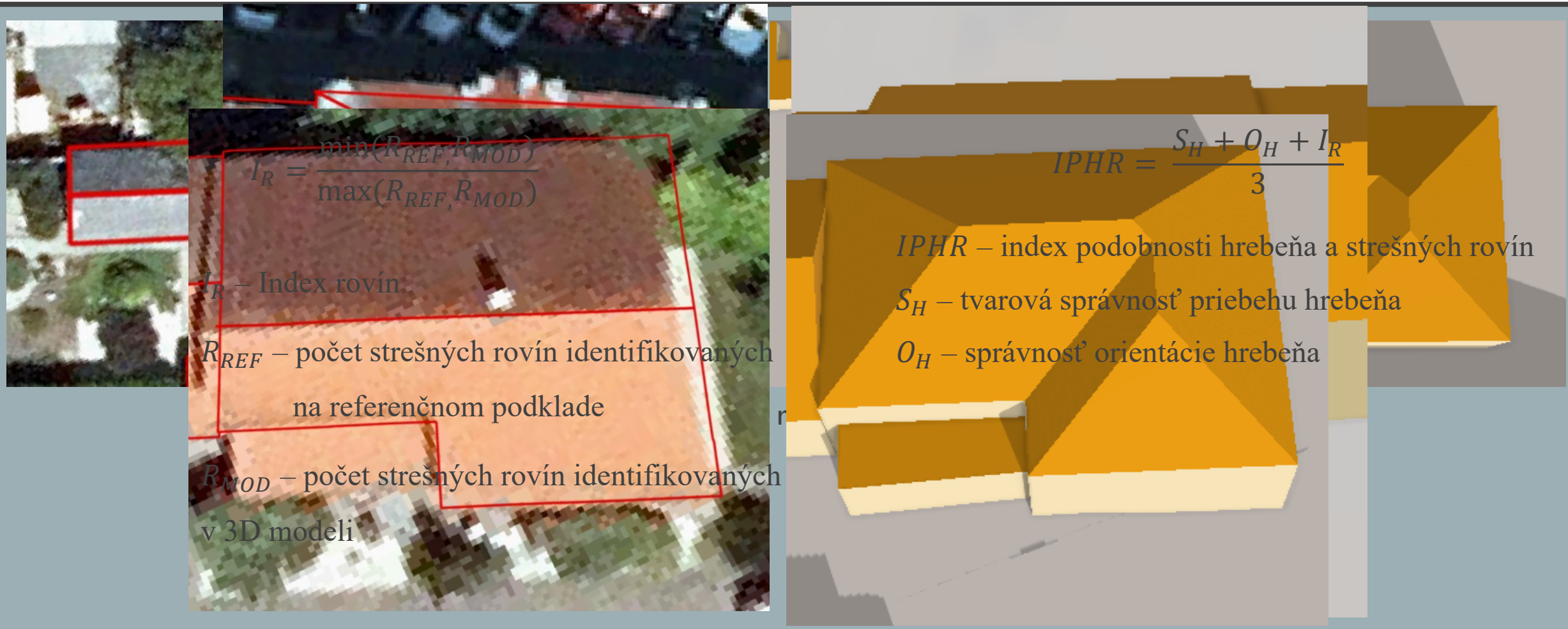
ZHODA POLOHY A PÔDORYSU

	Kalinovo	Staré Mesto	Vrakuňa
Počet hodnotených pôdorysov	25	60	48
Minimum	0,54	0,18	0,38
Maximum	0,91	0,96	0,95
Aritmetický priemer	**0,81**	**0,83**	**0,84**
Medián	0,83	0,86	0,89

SPRÁVNOSŤ URČENIA STREŠNÝCH TYPOV

	Kalinovo	Staré Mesto	Vrakuňa
Počet hodnotených dvojíc	42	122	63
Zhoda strešného typu	36	99	59
Nezhoda strešného typu	6	23	4
Počet neidentifikovaných dvojíc	3	40	14
Úspešnosť priradenia strešného typu [%]	**85,7**	**81,2**	**93,7**

ZHODA HREBEŇOV A STREŠNÝCH ROVÍN



$$I_R = \frac{\min(R_{REF}, R_{MOD})}{\max(R_{REF}, R_{MOD})}$$

I_R – Index rovín

R_{REF} – počet strešných rovín identifikovaných na referenčnom podklade

R_{MOD} – počet strešných rovín identifikovaných v 3D modeli

$$IPHR = \frac{S_H + O_H + I_R}{3}$$

$IPHR$ – index podobnosti hrebeňa a strešných rovín

S_H – tvarová správnosť priebehu hrebeňa

O_H – správnosť orientácie hrebeňa

Modelovaný hrebeň je čiastočne totožný s referenčným hrebeňom – hodnota 0,5

Modelovaný hrebeň nie je totožný s referenčným hrebeňom – hodnota 0

Source: CAMPOVERDE, C., KOEVA, M., PERSELLO, C., MASLOV, K., JIAO, W., PETROVA-ANTONOVA, D.: Automatic Building Roof Plane Extraction in Urban Environments for 3D City Modelling Using Remote Sensing Data. Remote Sensing, vol. 16, n. 8, artc. 1386, 2024. DOI: 10.3390/rs16081386.

ZHODA HREBEŇOV A STREŠNÝCH ROVÍN

	Staré Mesto	Kalinovo
Počet hodnotených objektov	46	26
Priemerná tvarová správnosť hrebeňa	0,67	0,90
Priemerná správnosť orientácie hrebeňa	0,83	0,94
Priemerný IR	0,83	0,92
Priemerný IPHR	**0,78**	**0,92**

IDENTIFIKOVANÉ LIMITY PRÁCE

- Kvalita vstupných dát
- Prekrytie budov vegetáciou
- Zložitá strešná geometria
- Manuálna oprava

ZÁVER

- 3D modely budov v LoD2.3 pre tri záujmové územia
- Postup tvorby 3D modelov v ArcGis Pro a CityEngine
- Modely a detailné prvky tvorené vlastnými CGA pravidlami
- Výsledky potvrdili dobrú zhodu s referenčnými podkladmi
- Limity pri členitých strechách, historickej zástavbe a vegetácii

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

robert.fencik@stuba.sk

Poďakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0151 a projektom Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaM SR a SAV, VEGA č. 1/0626/25.