



## DELIVERABLE T1.2.2

---

**D.T1.2. – Metodologie k vytvoření 3D modelů budov z dostupných dat leteckých snímků a územních plánů 01/2018**

---





## D.T1.2.2 – Metodologie k vytvoření 3D modelů budov z dostupných dat leteckých snímků a územních plánů

### A.T1.2 Vytvoření reálných 3D modelů budov

Vydáno: FBK

Datum: Leden 2018

Autoři		
	Jméno (organizace)	Jméno, e-mail
<b>WP vedoucí</b>	Bruno Kessler Foundation (FBK), PP1	Fabio Remondino, remondino@fbk.eu
Podílející se účastníci	Bruno Kessler Foundation (PP1) EUWT NOVUM (PP12) EZVD (PP2)	Fabio Remondino, remondino@fbk.eu Fabio Menna, fmenna@fbk.eu Isabella Toschi, toshi@fbk.eu Anna Nowacka, anna.nowacka@euwt-novum.eu Valerija Petrinec, valerija@ezavod.si

## 1. Úvod a cíle

Výstup projektu T1.2.2 vychází ze základního stavu inventáře 3D modelování měst (D.T1.2.1) a podává informace o metodikách používaných v projektu BOOSTEE-CE k vytvoření 3D modelů budov pilotních oblastí z dostupných dat shromážděných partnery projektu (D.T1.1.1), harmonizovaných (D.T1.1.2) a strukturovaných v geoprostorových databázích (D.T1.1.3). Tento dokument je vyhrazen pro projektové partnery (PP), recenzenty a JS.

## 2. Rekapitulace 3D modelů měst a jejich aplikace

3D modely měst jsou digitální přibližné odhady reálných městských prostředí modelovaných s přesně danou úrovní detailu (LoD). Městské prostředí zahrnuje nejen budovy, ale i ulice, mosty, stromy atd. LoD 3D budov vyjadřuje množství detailů, které jsou zachyceny v 3D modelu, co se týče geometrie i atributů. LoD koncept popisuje 3D modely měst/budov v pěti úrovních: LoD0 - Digitální terénní model (DTM), LoD1 - budovy jako extrudovaná (vytlačená) stopa, LoD2 - budovy se střešními tvary, LoD3 - velmi podrobně vyobrazené budovy s detaily fasád a LoD4 - vnitřní struktury. 3D modely měst lze generovat pomocí dat z průzkumu (obrázky, datové body LiDAR atd.), map nebo procedurálních metod.

Nejběžnější aplikace 3D modelů měst zahrnují analýzu viditelnosti, odhad slunečního záření a stínů, odhad energetických nároků nebo objemů nebo podlahových prostor, vizualizaci a nemovitosti, městské plánování a směřování, nouzové reakce, simulaci osvětlení, detekci změn, tepelnou analýzu atd.



Obrázek 1: Rozdílné Úrovně detailu (LoD) v 3D modelech budov (zdroj: TU Delft).

3D geometrie v modelech měst se velmi často zobrazují jako velké polygony s texturou (obr. 2a), bez mezer mezi budovami a bez sémantiky (např. Google Earth). Takové 3D modely jsou vhodné pro vizualizaci a zábavní účely, zatímco přístup LOD je vhodný pro různé aplikace (obr. 2b - oddíl 3).

### 2.1 3D modely měst/budov v pilotních oblastech

8 pilotních oblastí projektu BOOSTEE-CE nemá dostupné 3D modely měst/budov. 3D modely budov jsou nezbytné pro projektové aktivity a výsledky, proto budou generované pomocí dostupných geoprostorových dat shromážděných a harmonizovaných v předešlých aktivitách a dodávkách. Platforma OnePlace (WP2) pak bude přijímat a vizualizovat 3D modely umožňující dotazy na informace, které souvisí s energetikou.

### 3. BOOSTEE-CE metodologie pro generování 3D modelů budov

Vzhledem k tomu, že nebylo možné provést žádné nové akvizice geoprostorových dat, 3D modely budov projektu BOOSTEE-CE musí být vytvořeny pouze na základě dostupných geodat, shromážděných v pilotních oblastech (D.T1.1.1), harmonizovaných (D.T1.1.2) a strukturovaných v geoprostorových databázích (D.T1.1.3):

- Stopy budov s/bez informací o vlastnostech (jako je počet podlaží, výška budovy, atd.)
- Datové body získané lety LiDAR, odkud by mohly být odvozeny výšky budov a tvary střech
- DTM/DSM okolního prostředí pro odhad FV potenciálu (D.T1.3.1).

Počínaje těmito daty byly přijaty a zkvalitněny dvě metody pro vytvoření 3D modelů budov potřebné pro budoucí aktivity projektu. Metody se opírají o dostupná geodata, která se liší od oblasti k oblasti:

1. Stopa budovy s informacemi o vlastnostech: soubory .shp topografických map pilotních oblastí obsahují umístění a tvary budov. Každá budova (nebo skupina budov) je charakterizována polygonem (její stopa) obohacený tabulkou informací (obecně nazvanými atributy). Mezi těmito informacemi můžeme najít důkazy o výšce budovy nebo počtu podlaží. A tudíž pomocí extrudačních funkcí lze vytvořit model budovy LOD1 (obrázek 2). Tyto 3D geometrické entity uchovávají atributy a ve vyhrazeném prohlížeči se lze dotazovat na získání informací.
2. Bodová data LiDAR se stopami budov: 3D bodová data mají různou hustotu bodů, od několika málo metrů čtverečních až po desítky bodů na metr čtvereční. Bodová data popisují docela decentně tvar budov, zejména pro hustší data. Podle hustoty bodu jsme použili dvě metody:
  - 2.1. Řídký datový bod (několik bodů/sqm): geometrický průnik datového bodu s dostupnými stopami, odvození nejvyššího bodu v identifikované části dat a extruze stopy až na takovou hodnotu výšky, aby se generovaly stavební modely LOD1 (obr. 3)
  - 2.2. Hustý datový bod: geometrický průřez datového bodu s dostupnými stopami, instalace geometrických základů / tvarů střech budovy na identifikovanou část dat a generování stavebních modelů LOD2. Postup montáže se provádí iterativně, testováním různých tvarů střech a identifikací tvaru vedoucího k nejmenším zbytkovým čtvercům (obr. 4).

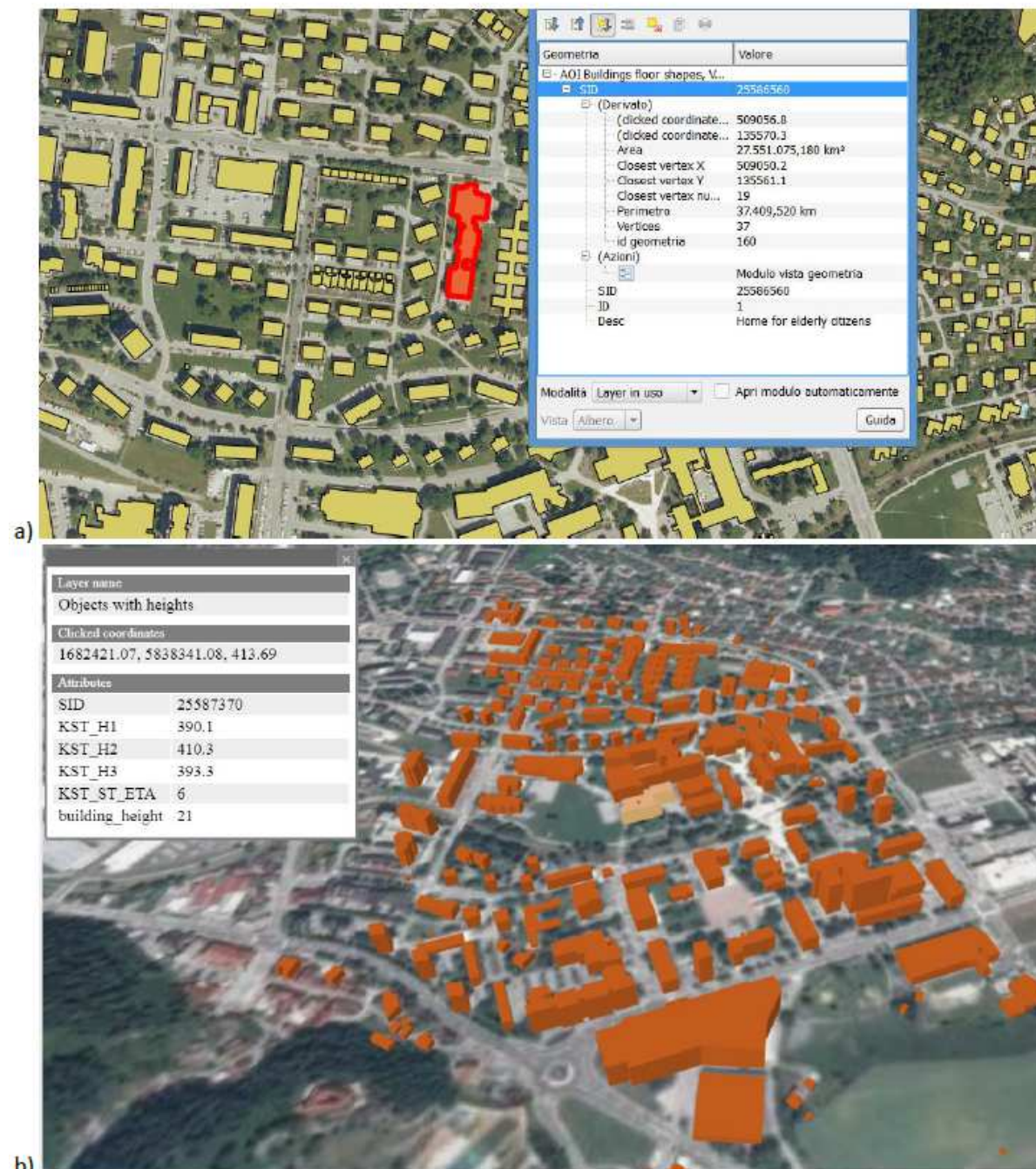
Prezentovaná metodika zahrnuje různé softwarové moduly, které jsou k dispozici buď jako open-source nebo jako interní nástroje partnerů projektu.

### 4. Kritéria digitálních 3D modelů budov

Generované 3D modely budov se používají pro vizualizaci a dotazování (např. Získání energetického auditu, zobrazení spotřeby nebo toků energie atd.), jakož i provádění / výpočet městského plánování, šíření hluku / znečištění, dynamické osvětlení, fotovoltaický

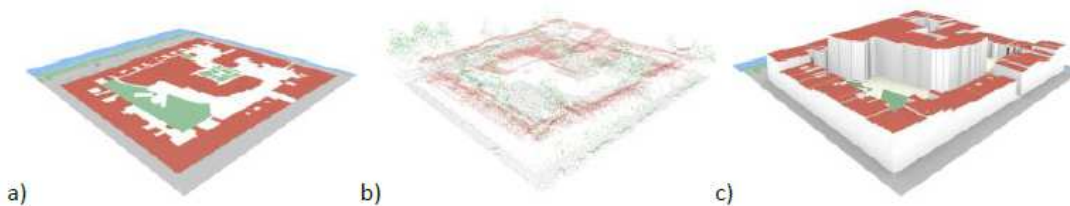
(FV) potenciál střechy budovy, okluze slunce apod. Specifická aplikace vyžaduje konkrétní model LOD, jinak odhad / výpočet / analýza není správně.

Obrázek 5 ukazuje množství rozdílů, kdy je aplikována metoda (1) a kdy metoda (2.1): záleží, která výška budovy (vrchol vs střed vs okap) nebo stopa (skutečný okraj vs obrys střechních okrajů) je použita, a tak se může objem budovy výrazně lišit. Navíc pro odhad FV je nutný

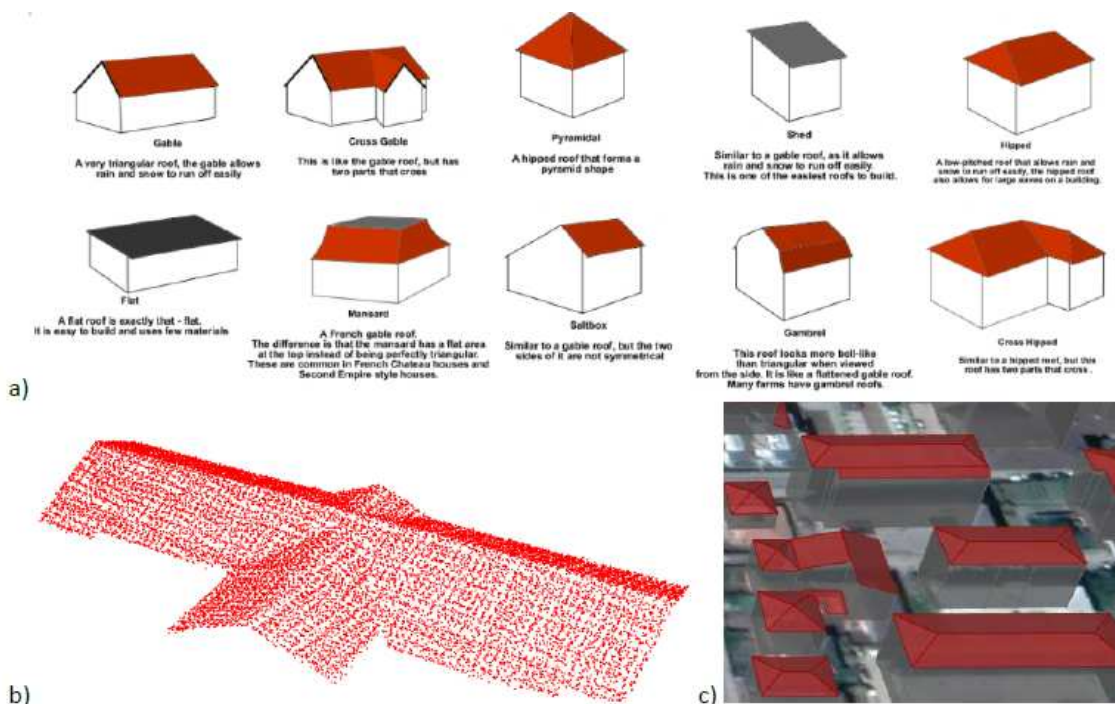


LOD2 (nebo dokonce LOD3), jinak dochází k nadhodnocení související energie.

Obrázek 2: Příklad v podobě souboru .shp s informacemi o budově a souvisejícími atributy (a). Mezi těmito informacemi může být výška budovy předložena a použita k vytlačování tvaru budovy za účelem vytvoření geometrie LOD1 (b).



Obrázek 3: Obrazová stopa budov 2D (dostupná v topografických mapách), datový bod LiDAR s hlavní geometrií zkoumaného města a extrudovaných 3D budov až do výšky odvozené od datového bodu.



Obrázek 4: Typické základní geometrické tvary bližící se tvarům střech budov (a), část datového bodu LiDAR je rozdělen užitím dostupných stop budov (c) a modely budov LOD2 (střechy jsou konstruovány jejich reálným tvarem) produkují opakující se padnoucí základní tvary vrcholu datového bodu (c).

Obrázek 5: Předpoklady (a vlastní chyby) při generování stavebních modelů LOD1 s funkcemi extruze na danou výšku: nadhodnocené nebo podhodnocené množství a špatný odhad potenciálu FV.

## 5. 3D modely měst v pilotních oblastech



Pomocí výše uvedených metod a zvážení dostupných dat vytvoříme v každé pilotní oblasti 3D modely budov ve formátu LOD1 nebo LOD2 (D.T1.2.3). Cílem projektu je celkem 300 budov. LOD2 se předpokládá pro konkrétní budovy, do kterých se bude investovat, pro okolí budov vytvořeny LOD1. Oba typy modelů budou dotazovatelné v platformě OnePlace.



Obrázek 6: Příklad vytvořeného 3D modelu budov v LOD1 v pilotní oblasti Judenburg (Rakousko).

## 6. Shrnutí

Tento dokument podával informace o řešení projektu vytvoření 3D modelů budov z existujících geoprostorových dat. Metody zkoumají typ dostupných dat, aby poskytly geometrické modely LOD1 nebo LOD2. Takové 3D geometrie budou (i) zachyceny do platformy OnePlace, (ii) dotazovatelné k získání informací související s energetikou, (iii) kombinované se strukturovanými informacemi, jako jsou fotovoltaické (FV) mapy a (iv) používané prostorovými plánovači a energetickými manažery ke zlepšení politiky a činností v oblasti energetické efektivity.