# VYUŽITIE BIM

# (ANG. BUILDING INFORMATION MODELING) V CESTNOM HOSPODÁRSTVE NA SLOVENSKU

Rozborová úloha

ING. MARTIN PITOŇÁK, PHD. CEDS, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita December 2017

#### OBSAH

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	
1. ÚVOD	4
2. CIEĽ ROZBOROVEJ ÚLOHY - VYUŽITIE BIM (ANG. BUILDING INFORMATION MODELING) CESTNOM HOSPODÁRSTVE NA SLOVENSKU	V 5
2.1. OBSAH RVT ÚLOHY 2.2. Prínos RVT úlohy	5 5
3. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM	6
3.1. BIM MODEL	7
3.2. BIM v infraštruktúre	8
3.3. IMPLEMENTÁCIA BIM SYSTÉMU DO PRAXE	8
4. SKÚSENOSTI S BIM SYSTÉMOM V ZAHRANIČÍ	12
5. SKÚSENOSTI S BIM SYSTÉMOM NA SLOVENSKU	14
6. PRÍPRAVA PROJEKTOV V 3D	15
6.1. SOFTVÉROVÉ RIEŠENIE 6.1.1. AutoCAD Civil 3D 6.1.2. Navisworks Manage 6.1.3. Civil View pre 3ds Max design	15 15 20 22
6.1.4. InfraWorks	23
6.2. PRIPRAVA PROJEKTOV V SOFTVERI CIVIL 3D	24
6.2.1. Civil DW1 sabiona 6.2.2. Tvorba TIN	24
6.2.3. Návrh smerového vedenia	26
6.2.4. Návrh výškového vedenia	28
6.2.5. Tvorba priečneho rezu – Civil zostavy	29
6.2.0. Ivorba 5D koriaoru	31
6.2.8. Návrh potrubných sietí	35
6.2.9. Subassembly Composer – tvorba Civil 3D podzostáv	37
7. ODOVZDÁVANIE PROJEKTOV V 3D FORMÁTE	38
7.1. Výhody 3D modelovania a odovzdávania projektov 7.2. Otvorená výmena dát v BIM	38 39
8. ODOVZDÁVANIE PROJEKTOV S INFORMÁCIAMI	40
8 1 DWG výstup zo softvéru Civil 3D	40
8.2. TRASA, POZDĹŽNY PROFIL, NIVELETA, PRIEČNE REZY	40
8.3. 3D koridor s informáciami o konštrukčných vrstvách vozovky	40
8.3.1. Tvorba a nastavenie Civil 3D šablóny pre zber dát	41
8.3.2. Extrakcia koriaoru	45 47
8.3.4. Inžinierske siete, podzemné/nadzemné vedenia	50
8.3.5. Odovzdávanie 3D modelov objektov pozemných stavieb ako súčasť líniových stavieb	54
8.4. PREZERANIE A ZDIEĽANIE 3D MODELU S INFORMÁCIAMI	55
8.4.1. Civil 3D	33 56
8.4.3. A360 a iné voľne dostupné webové prehliadače	50
9. PRÍKLAD MOŽNOSTI BIM APLIKACIE V ETAPE PROJEKTOVANIA V CESTNOM HOSPODÁRSTV SLOVENSKU – "PILOTNÝ PROJEKT"	'E NA 60
9.1. Forma odovzdaného projektu	60
9.2. TABUĽKY – DEFINÍCIE PRE KONKRÉTNE STAVEBNÉ PRVKY	61
10. ZÁVER	66
11. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	67

# ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

**BIM** - Building Information Modeling, informačný model stavby

**2D** - odkaz na dva rozmery

**3D** - odkaz na tri rozmery dĺžky, výšky a šírky, ktoré spoločne utvárajú geometrický priestorový model

4D model - k 3D modelu je priradený aj časový harmonogram

5D model - k 4D modelu je priradený aj cenový parameter

**CAD/CAD systém** - Computer Aided Design (počítačom podporovaný návrh) - podporuje všetky typy činností spojených s vyhotovením projektovej dokumentácie

**S-JTSK** - Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej katastrálnej siete používaný v civilnom sektore na území Slovenskej republiky, jeho parametre boli stanovené s ohľadom na presné pozemné geodetické práce najmä v oblasti evidencie nehnuteľností

DTM - Digital Terrain Model, digitálny model terénu

IS MCS - informačný systém Modelu cestnej siete

**Dialógové okno** - Grafický prvok používateľského rozhrania, pomocou týchto okien môže používateľ komunikovať s programom a priniesť imaginárny dialóg

NDS - Národná diaľničná spoločnosť, a.s.

SSC - Slovenská správa ciest

**IFC** - výmenný formát (Industry Foundation Classes) - štandardizovaný a plne dokumentovaný formát súboru vytvorený a definovaný organizáciou buildingSMART

**BCF** - výmenný formát (BIM Collaboration Format)

**CEN/ECS** - Európsky výbor pre normalizáciu (angl. European Committee for Standardization - ECS, franc. Comité Européen de Normalisation - CEN) je nezisková organizácia, ktorej poslaním je podpora európskej ekonomiky v globálnom obchode, prosperity obyvateľstva Európy a životného prostredia, tým že poskytuje efektívnu základňu pre zainteresované strany pri rozvoji, udržiavaní a šírení ucelených súborov noriem a špecifikácií

ÚNMS SR - Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky

**BIM Execution Plan** – Vykonávací plán pre BIM, slúži na uľahčenie riadenia informácií projektom BIM je uvedené v PAS 1192-2: 2013, kde je definovaný ako "plán pripravený dodávateľmi, aby vysvetlil, ako aspekty modelovania informácií v projekte vykonať ". Plán, často skrátený ako BEP alebo BxP, je vypracovaný pred a po kontrakte a je pripravený ako priama odpoveď na Požiadavky na informácie zamestnávateľa (EIR).

**Common Data Environment (CDE)** - spoločné dátové prostredie, ktoré každý používa na základe pokynov uvedených v PAS1192 a BS1192 na koordináciu informácií s členmi dodávateľského reťazca o projekte.

LOD - level of detail, predstavuje úroveň detailov, do akej sa popisujú prvky BIM modelu.TZB - technické zabezpečenie budov.

# 1. ÚVOD

Stavebníctvo je napriek rôznym ekonomickým dopadom v oblasti súkromných i verejných investícií v ostatných rokoch stále považované za jedno z rozhodujúcich odvetví slovenskej ekonomiky. Stavebníctvo vytvára diela dlhodobej životnosti a zabezpečuje tak okrem konkrétneho výrobného procesu aj prínos estetický, ekologický a sociálny dopad. Je tiež významným spotrebiteľom rôznych druhov energií, nerastných surovín, materiálov a výrobkov, odvetvie ďalej produkuje enormné množstvá stavebného odpadu, demolačných materiálov a emisií. Z tohto pohľadu je preto veľmi významný a nezanedbateľný vzťah medzi stavebnou činnosťou a životným prostredím na jednej strane a trvalo udržateľným rozvojom na strane druhej. Dodržiavanie zásad a princípov trvalo udržateľného rozvoja má preto pre stavebníctvo osobitný význam.

Objem inžinierskych stavieb (inžinierskej výstavby) vo výške 1 451,6 mil. Eur v roku 2016 tvoril 29,8 % zo stavebnej produkcie celkom (resp. 31,5 % z tuzemskej produkcie). Rok 2017 zaznamenal výraznejší rast výstavby inžinierskych stavieb. Hlavnú časť inžinierskych stavieb predstavuje budovanie dopravnej infraštruktúry – cestnej infraštruktúry - diaľnice, rýchlostné cesty, cesty I. triedy a oprava cestnej siete. Objem skutočne realizovaného rozsahu prác a teda čerpania zdrojov závisí od pripravenosti stavieb (majetkovo-právne vysporiadanie s vlastníkmi, stavebné povolenie, príprava kvalitných projektov pre čerpanie prostriedkov z fondov EÚ), alokácie zdrojov, úspešného priebehu výberu dodávateľa (verejné obstarávanie) a priebehu výstavby (nie povodne, archeologické nálezy, vyvolané investície) [1].

Vstup Slovenska do Európskej únie v máji 2004 predstavoval pre slovenské stavebníctvo a celú ekonomiku ďalší krok, ktorý je porovnateľný s takými medzníkmi, akými sú privatizácia, resp. liberalizácia. Celkovo sa dá skonštatovať, že členstvo v EÚ je pre slovenské stavebníctvo prínosom. K výhodám sa radil napríklad väčší prílev zahraničných investícií a účasť na európskom stavebnom trhu.

Európskou komisiou bola prijatá významná smernica, ktorá naštartovala rýchle tempo prípravy zmien legislatívy Jedná sa o smernicu č.2014/24/EU o zadávaní verejných zákaziek, ktorá nahradzuje pôvodnú smernicu č.2004/18/ES, ktorá bola schválená a implementovaná do právneho systému Slovenskej republiky zákonom č. 343/2015 Z. z. o verejnom obstarávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v novembri 2015. Napriek tomu, že informačné modelovanie nie je v smernici explicitne uvedené, je v smernici množstvo odkazov, ktoré používajú BIM ako nástroj, ktorý môže byť úspešný pre napĺňanie smernice a podporu cieľov smernice, ktorá hovorí že "štát má byť zodpovedným a informovaným investorom".

Cieľom Rozborovej úlohy (RÚ) úlohy je zmapovanie možností a prínosov v oblasti využívania BIM technológií v cestnom hospodárstve na Slovensku a nastavenie prvotných možných parametrov na konkrétnom príklade pre vstupy z pohľadu EÚ legislatívy pre verejné obstarávanie zákaziek, spracovávanie a zhromažďovanie 3D dát a modelov s príslušnými informáciami v investorskými útvarmi NDS, SSC a samosprávnymi krajmi (tvorba digitálnej cestnej siete SR), správa dopravných úsekov/stavieb a vybavenia pomocou 3D informačného modelu, informovanie verejnej odbornosti ohľadne danej problematiky.

Táto RÚ prináša úvod do problematiky v podobe základného prehľadu a popisu BIMu ako takého, skúsenosti s jeho aplikovaním v zahraničí a na Slovensku.

# 2. CIEĽ ROZBOROVEJ ÚLOHY - VYUŽITIE BIM (ANG. BUILDING IN-FORMATION MODELING) V CESTNOM HOSPODÁRSTVE NA SLO-VENSKU

Cieľom RÚ je zmapovanie možností a prínosu využívania BIM technológií (angl. Building Information Modelling) v cestnom hospodárstve. Myšlienka konceptu BIM spočíva vo vytvorení a riadení komplexného 3D modelu s príslušnými informáciami počas celého životného cyklu stavby. Používaním spojených inteligentných postupov sa zlepšuje predvídateľnosť, produktivita a ziskovosť projektu ako aj jednoduchšia správa stavieb a ich príslušného vybavenia. Úloha taktiež reaguje na Európsku smernicu o verejnom obstarávaní (EUPPD, European Union Public Procurement Directive), ktorá vyzýva členské štáty k podpore, špecifikácii alebo nariadeniu použitia BIM systému pre stavebné projekty financované z verejných prostriedkov v Európskej únii.

Vzhľadom na rozsah obsiahnutý v BIM procese a jeho aplikácie na cestné hospodárstvo, túto rozborovú úlohu možno považovať za prvú (pilotnú) etapu možností aplikácie BIM procesov do cestného hospodárstva, na ktorú je potrebné v nasledujúcom období nadväzovať. Pre lepšiu predstavu ako tento proces funguje je na konkrétnom príklade uvádzané, ako vytvoriť 3D model konštrukcie vozovky s kompletnými informáciami zo stavebných skúšok podľa platných TP a TKP pre cestnú komunikáciu pre jej jednotlivé konštrukčne vrstvy, čím sú zadefinované odporúčané základné prvky a ich formát pri odovzdávaní projektu. Úloha tak prinesie základné informácie ako aj jasnejšiu predstavu čo je to BIM a ako sa BIM model tvorí a napĺňa informáciami. Taktiež poslúži, ako štartovací bod pre širšiu odbornú diskusiu na témy, ktorými sa je ďalej potrebné podrobne zaoberať, naprieč spektrom cestného hospodárstva.

Rozborová úloha nebude určovať presné procesné kroky aplikácie BIM do cestného hospodárstva, tie je potrebné rozpracovať konkrétnejšie v ďalších etapách.

## 2.1. Obsah RVT úlohy

- Aktuálna medzinárodná legislatíva
- Stav na Slovensku a v zahraničí
- Zadefinovanie základných parametrov a 3D prvkov pre využívanie BIM technológie v cestnom hospodárstve na základe pravidiel v SR a na príklade je vysvetlený princíp 3D modelovania a priraďovania požadovaných informácií jednotlivým konštrukčným vrstvám vozovky podľa existujúcej platne legislatívy pre tvorbu kontrolno skušobných plánov
- Zadefinovanie charakteristických prvkov BIM technológie a formát v akom by bolo vhodné projekty odovzdávať a spracovávať v rámci projektov pre cestné hospodárstvo v SR

## 2.2. Prínos RVT úlohy

- Reflektovanie na pripravovanú legislatívu z Európskej komisie
- Nastavenie prvotných možných parametrov pre vstupy z pohľadu EU legislatívy, pre verejné obstarávanie zákaziek
- Spracovávanie a zhromažďovanie 3D dát a modelov s príslušnými informáciami v NDS a SSC (tvorba digitálnej cestnej siete SR)
- Správa dopravných úsekov/stavieb a vybavenia pomocou 3D informačného modelu
- Informovanie odbornej verejnosti ohľadne danej problematiky

# **3. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM**

BIM - informačný model stavby predstavuje proces založený na digitálnom modeli, ktorý reprezentuje fyzický a funkčný objekt s jeho charakteristikami. Slúži ako databáza informácií o objekte počas celej jeho životnosti a teda pre jeho koncepčný návrh, projekt, analýzu, realizáciu, prevádzku, rekonštrukciu až prípadnú demoláciu (obr. 3.1).



Preklad autora: Conceptual design - Koncepčný návrh, Analysis - analýzy, Documentation projektová dokumentácia, Construction 4D/5D - výstavba 4D/5D, Constrution Logistics logistika výstavby, Operation and maintenance - Správa a údržba, Demolation - demolácia, Renovation - renovácia alebo rekonštrukcia, Programming - programovanie, Visualization vizualizácia

Obr. 3.1 Schéma celého cyklu životnosti 3D modelu stavby [2]

Informačný model stavby je založený na vzájomnej spolupráci všetkých profesií, zdiel'aní informácií a koordinácií jednotlivých činností. Na základe tejto spolupráce vzniká jednotný model s definovanými parametrami jednotlivých konštrukcií v objekte, čo prispieva k väčšej efektivite navrhovania. Tento model tak prestáva byť jednoduchým 3D zobrazením ale stáva sa prepracovanou virtuálnou stavbou vyjadrenou v 5D. Dimenziu 4D dodáva modelu ďalšia veličina, ktorou je časový aspekt vo výstavbe. Za piaty rozmer je označované rozšírenie modelu o cenový parameter.

Výhodou BIM modelu je jeho schopnosť reagovať na aktualizáciu dát a analyzovať dôsledky zmien v návrhu projektu do všetkých súvisiacich oblastí vrátane vplyvu na následné používanie a správu danej budovy. Tým sú eliminované chyby projektu vznikajúce v nedokonalej koordináciu činností pri súčasnej úspore času i finančných prostriedkov. Ucelene prepojené informácie zvyšujú produktivitu a kvalitu projektu. Z hľadiska celkovej efektívnosti navrhovaní môže byť BIM prístup aj konkurenčnou výhodou. Informačný model stavby neslúži iba projektantom pre generovanie projektovej dokumentácie, ale je určený aj projektovým manažérom, stavebným firmám alebo investorom. Jedným z mnohých výstupov je prepracovaný 3D model, z ktorého je možné získať nielen projektovú dokumentáciu, 3D model ocenia predovšetkým klient (investor) pre lepšiu predstavu výslednej podoby navrhovaného objektu. Na vytvorený stavebný model objektu je možné nadviazať vytvorením modelu výstavby. Rozpočtári ocenia tabuľkový procesor s informáciami o jednotlivých materiáloch a ich objemoch (výkaz výmer), z ktorého ľahko a zrozumiteľne získajú prehľad o celkových nákladoch výstavby. Projektovým manažérom alebo realizačným stavebným firmám potom poslúži vygenerovaný časový harmonogram nadväzujúcich činností alebo prehľad čerpania finančných prostriedkov počas výstavby.

Koordinácia projektovej dokumentácie je dosiahnutá pomocou funkcií kontroly kolízií, ktorá vychádza z myšlienky trojrozmernej koordinácie jednotlivých profesií už vo fáze projekčných prác pomocou zdieľaného BIM modelu. Jedná sa predovšetkým o koordináciu medzi projektom architektonickým, stavebným, statickým a jednotlivými profesiami (obr. 3.2).



Obr. 3.2 Kontrola kolízií v analytickom softvéri [2]

BIM systém rieši predovšetkým koordináciu z hľadiska potrebného priestoru jednotlivých konštrukcií ako napr. kríženie a prestupy, predpísané odstupy, umiestnenie technológií v šachtách. Vďaka spoľahlivému súhrnu informácií môžu byť už v ranej fáze preskúmané aj ekologické a estetické aspekty stavby [1,2,3].

#### 3.1. BIM model

Tvorba BIM modelu by sa dala označiť ako realizácia stavby v počítači. Všetky prvky na seba nadväzujú, majú presné pomenovanie s definíciou použitého materiálu, presný výkaz výmer a pod. Okrem toho, že investor získava reálnu predstavu o stavbe, jej hmotnom aj architektonickom prevedení, taktiež v reálnom čase dostáva kompletný výkaz stavebných konštrukcií, materiálov a prvkov z celej stavby. Všetky požiadavky a pripomienky investora môžu byť priamo na stretnutí pred nim zapracované, čím sa urýchľuje celkový priebeh projektu ako sa aj optimalizuje počet stretnutí [4]. Na jednom modeli môže pracovať viac projektantov ako aj externých projektantov z iných profesií. BIM manažér má na starosti konečnú finalizáciu celého BIM modelu ako aj dozor nad opravou všetkých chýb ktoré odhalil, zapracovaných pripomienok a taktiež aktuálnosť všetkých súčastí modelu. Chyby, interferencie a rôzne prob-

lémy je možné odhaliť v analytických softvéroch, kde si vie BIM manažér projektu celú stavbu rozplánovať do časového harmonogramu, kde je možné pridať okrem časového faktoru aj finančné plnenie počas realizácie stavby.

## **3.2. BIM v infraštruktúre**

Pre oblasť infraštruktúry platia všetky vyššie uvedené pojmy, základom je geodetický podklad a to zameranie terénu a existujúcich stavieb, objektov, ďalej 3D model cestného telesa, úrovňových a mimoúrovňových križovatiek, spevnené plochy, mosty a priepusty, podzemné a nadzemné vedenia ako elektrické alebo telekomunikačné káble, kanalizačná sieť, káblové zväzky, revízne šachty, trakčné vedenie a pod.



Obr. 3.3 Ilustračný obrázok BIM v infraštruktúre [2]

Pre spracovanie takéhoto komplexného modelu sú k dispozícii softvérové riešenia od viacerých výrobcov, z čoho celosvetovo sú najviac rozšírené produkty od spoločností Autodesk, Bentley, Allplan, Trimble a Graphisoft a iné. Vo výsledku sú 3D modely vytvorené kombináciou rôznych softvérov veľmi podobné, jasne je zadefinované priestorové a výškové usporiadanie, tvary konštrukcií, výkopy a násypy, materiály, objemy a pod.

## 3.3. Implementácia BIM systému do praxe

Doteraz boli spomenuté skôr všetky pozitíva a prínosy systému BIM, ale pri prechode na tento systém je potrebné počítať aj s ťažkosťami. Zavedenie tejto pokročilej technológie nie je jednoduchá a finančne náročná záležitosť. V prvom kroku je potrebné investovať do nového softvéru, ktorý je drahší ako bežné používané 2D produkty, prípadne aj do výkonnej-

šieho hardvéru. S BIM aplikáciami sa pracuje iným spôsobom, preto je potrebné naučiť sa ako s nimi pracovať, čo znamená potrebu zmeniť existujúce návyky práce. Pre lepšie pochopenie nových zásad je vhodné absolvovať školenia vedené špecialistami v tejto oblasti. Taktiež je potrebné zmeniť súčasný prístup v spolupráci celého tímu pracovníkov a správne dodržiavať zdieľanie informácií.

Nerešpektovanie všeobecných pravidiel počas spolupráce vedie k vážnym nedorozumeniam, ktoré môžu mať za následok stratu dát alebo zbytočné prepracovanie už hotových výstupov. Prax projekčných firiem tiež poukazuje na špecifické problémy jednotlivých softvérov a prepojení činností.

Pojem BIM sa v mnohých prípadoch kvôli prílišnej komplexnosti môže zdať nevhodný pre bežnú stavebnú prax. Zložitý je aj prenos informácií medzi ostatnými spolupracovníkmi (subdodávateľmi), ktorí BIM technológie nevyužívajú. Vo všeobecnosti je možné očakávať väčší prínos systému BIM až v neskorších fázach projektu. Dôvodom je napríklad, prácnejšie prepracovanie 3D modelu alebo export výkresov oproti jednoduchému kresleniu v bežných 2D programoch a naopak jednoduchšie generovanie rezov, objemov materiálov, výsledných cien alebo plánov výstavby pri akýchkoľvek zmenách v projekte a samozrejme počas prevádzky a údržby. Nasledujúci obrázok predstavuje priestor využívania BIM počas životnosti a vplyvu nákladov na jednotlivé kroky.



*Obr.3.4 Vplyv nákladov celkového projektu počas životného cyklu s priestorom pre využívanie BIM modelu a jeho informácií* 

Pre implementáciu BIM do cestného hospodárstva ako komplexného nástroja je možné zadefinovať základnú schému integrácie BIM do procesov riadenia projektov cestného hospodárstva (obr. 3.5), z hľadiska investičného procesu, kde pred samotnou aplikáciou je potrebné vytvoriť komplexnú BIM špecifikáciu, od "0" po "N" stupeň, čo možno považovať za východiskový stav.



*Obr.3.5 Základná schéma integrácie BIM v rámci riadenia projektov cestného hospodárstva v SR.* 

Obrázky na nasledujúcej strane predstavujú schémy pre porozumenie celkového pohľadu BIM problematiky ako širokospektrálne sa ovplyvňujú jednotlivé oblasti života a súčasti cestného hospodárstva, obr. 3.6. Oblasti, ktoré nie sú zarámované možno považovať za priamu súčasť BIM. Nasledujúci obrázok 3.7. reprezentuje princíp na ktorom je potrebné rozvíjať BIM aplikácie v rámci cestného hospodárstva SR, z hľadiska informácií a práce s nimi.

Rozborová úloha prináša pilotnú – prvú etapu z BIM špecifikácií možného využitia BIM aplikácie vzhľadom na rozsah existujúcej legislatívy, ktorá je nevyhnutná pri dodržaní kvality stavebného diela, požadovaného aktuálnej platnou legislatívou vykonávanou v praxi.



*Obr. 3.6 Zobrazenie hlavných účastníkov procesov pri výstavbe v cestnom hospodárstve Delenie na oblasti [18], obsahovo podľa autora pozmenené* 



Obr. 3.7 Princíp vytvárania BIM pre cestné hospodárstvo v SR, z hľadiska informácií [18], obsahovo podľa autora pozmenené

# 4. SKÚSENOSTI S BIM SYSTÉMOM V ZAHRANIČÍ

Systém BIM sa už stáva samozrejmou súčasťou veľkých projektov v Spojených štátoch ako aj v okolitých Európskych krajinách. Hlavnou príčinou je možnosť vyriešiť mnohé konštrukčné problémy ešte pred samotným zahájením stavby a tým pádom nemalú úsporu času a finančných zdrojov. Druhým veľkým prínosom je možnosť použitia "inteligentného" 3D modelu pre facility management, správu objektov stavby.

Dostupných je mnoho informácií o úspešnej implementácii BIM procesu v rámci svetových stavieb pod vedením nadnárodných spoločností, ako aj menších lokálnych firiem. Zhrňujú tým svoje skúsenosti, očakávania, problémy pri realizácii a hlavné benefity, ktoré im BIM proces priniesol. Vzhľadom na neexistujúci jednotný predpis alebo odporúčanie sú tieto poznatky a prínosy v každej krajine rôzne, majú však spoločného menovateľa, a to že sa jedná o proces na základe ktorého sa dosahuje každým novým používaním významný pokrok.

Vývoj softvérových aplikácií založených na BIM zaznamenáva v posledných rokoch veľký rozmach, ktorý je ovplyvnený aj záujmom potenciálnych používateľov, ktorí našli veľké pozitíva v ich používaní. Hlavnou motiváciu je využitie BIM pri správe verejného majetku a lepšie aj objektívnejšie posúdenie návrhov vo výberových konaniach. Prvými významnými používateľmi sú štáty a štátne organizácie, ktoré BIM využívajú pri verejnom obstarávaní. Jedným z prvých štátov využívajúcich a podporujúcich BIM je Fínsko, ktoré vyžaduje BIM model vo formáte IFC pri ponukách pre verejnú správu. Ďalšou krajinou je Nórsko, kde sa BIM využíva okrem verejného obstarávania hlavne pre správu budov. Nasleduje Holandsko, Dánsko a Veľká Británia. V USA sa presadzuje metodika BIM hlavne s ohľadom na správu budov. BIM normy už v Amerike obsahujú požiadavky podľa definícií buildingSMART ako openBIM – ISO normy. Netreba ale zabúdať napríklad aj na Singapur, Austráliu, alebo Čínu. V susednej Českej republike bola vypracovaná BIM príručka, pripravuje sa smernica, normy a BIM štandardy pre nasadenie technológie do praxe [7].

V USA postavili národný program už v roku 2003, následne zaviedli povinnosť priestorovej koordinácie rozvodov TZB na projektoch v roku 2007. O rok neskôr predstavili ako prví na svete elektronický systém na odovzdávanie BIM modelu v Singapure. V tomto čase začali využívať BIM aj severské krajiny ako Nórsko, Fínsko, Švédsko, odkiaľ vzišla požiadavka na prípravu noriem v EÚ, ktoré sa v súčasnosti pripravujú CEN TC/442 Building Information Modelling (BIM).

Za zmienku stoja ambiciózne implementačné plány Nemecka a Francúzska (počas troch rokov 2017 až 2020 plánujú do implementácie vložiť 20mil €), ktorí plánujú zaviesť povinnosť využívať BIM na verejných projektoch. V roku 2018 sa k ním pripoja Španielsko a na základe dostupných informácií asi aj Česká republika.

V Dubaji (SAE) musia byť napríklad v BIM-e všetky budovy nad 40 poschodí, ale aj všetky nemocnice, školy a rozsiahlejšie projekty s rozlohou nad 27 850m<sup>2</sup>. V podpore však neostávajú v regióne sami, požiadavky na nové projekty majú aj v Katare a Kuvajte.

Rakúsko, ktoré koncom leta 2015 predstavilo radu noriem ÖNORM A 6241-1 - BIM -Level 2 a ÖNORM A 6241-2 - Level 3 – iBIM, ktorými deklarovali vysokú prioritu tejto otázky v krajine. V súkromnom sektore boli síce uskutočnené viaceré projekty, ale vo väčšej miere sa to stavebného trhu v Rakúsku dotklo počnúc rokom 2016, kedy organizácia BIG (Bundesimmobiliengesellschaft), ktorá je najväčším verejným vlastníkom nehnuteľností, začala nasadzovať na základe týchto nových noriem na projektoch BIM systém.

Väčšina európskych krajín má v otázke implementácie za sebou približne rovnaký príbeh. Proces v krajine rozbiehali nadšenci a inovátori, firmy zo súkromného sektoru, ktorí sa snažili presvedčiť štát, aby venoval tejto otázke náležitú pozornosť. Podobne je to aj v krajinách V4, ktoré sa snažia zmobilizovať svoje sily v zoskupení **V4 BIM Task Group** s cieľom urýchliť implementáciu a podporiť proces transparentného verejného obstarávania ako aj vytvárať odporúčania na základe zhromaždených informácií z jednotlivých krajín. Konkrétny systém zavedenia BIM však musí riešiť každá krajinu sama. Vydaný bol aj dokument s odporúčaniami a inštrukciami ako Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector (autorov preklad: Príručka pre zavedenie modelovania informácií o stavbách v európskom verejnom sektore).

Európsky parlament na svojom zasadnutí dňa 15. januára 2014 schválil odporúčanie pre všetky členské štáty zmodernizovať pravidlá pre zadávanie verejných zákaziek v oblasti stavebníctva a dopravy s využitím BIM technológie. Výsledkom má byť efektívnejšia a rýchlejšia realizácia projekčných prác stavebných objektov s cieľom úspor verejných financií a väčšej transparentnosti výberového procesu. Schválená smernica vošla do platnosti v marci 2014. Niektoré štáty EÚ, napr. Fínsko, Dánsko, Nórsko, Veľká Británia, Holandsko už prijali legislatívu na používanie BIM a pri projektoch financovaných z verejných zdrojov ju priamo vyžadujú. Vo Veľkej Británii sa pritom odhaduje úspora finančných nákladov, spojená s používaním BIM, na 2 miliardy EUR [7]. V praxi ide o to, že by sa už nemalo súťažiť len s ohľadom na cenu, ale oveľa väčší dôraz by sa mal klásť na kvalitu diela.

V apríli 2013 vznikla v Čechách prvá pracovná skupina zameraná na problematiku BIM, normy a legislatívu, takzvaná Odborná rada pre BIM. Jedná sa o skupinu, ktorá sa chce systematicky a dlhodobo venovať problematike informačného modelu stavby nielen z pohľadu uplatňovania vo svete, ale aj s ohľadom na špecifiká českého prostredia (normy, legislatíva a pod.) v praxi. Dlhodobá aktivita členov Rady má prvú lastovičku v podobe schváleného Uznesenia vlády ČR č. 958 z 2. novembra 2016, ktoré menuje MPO (Ministerstvo priemyslu a obchodu) gestorom pre oblasť BIM, a uložila mu spracovanie Koncepcie zavádzanie metodiky BIM v ČR do 31. júla 2017 a ktorá bola 25. septembra 2017 ministrom Jiří Havlíčkom predložená vláde a tá ju schválila. Koncepcia má urýchliť prechod k BIM a umožniť tak digitalizáciu celého sektora. Predložená koncepcia vznikla v spolupráci so Štátnym fondom dopravnej infraštruktúry a Odbornou radou pre BIM. Vďaka tejto aktivite sa tak Česká republika zaradila medzi popredné krajiny EÚ, ktoré uvádzajú metódu BIM do praxe a to v národnom meradle. Týmto krokom je zabezpečená aj konkurenčná schopnosť českých firiem na zahraničných trhoch, kde už BIM niekoľko rokov funguje alebo je vyžadovaný [8].

# 5. SKÚSENOSTI S BIM SYSTÉMOM NA SLOVENSKU

Vďaka rôznym brožúram, odborným článkom a konferenciám už väčšina projekčných firiem, ako aj odborníkov zo stavebnej praxe na Slovensku vie, čo je a aké výhody BIM prináša. Mnohí však ešte s využitím tejto inovatívnej technológie nemajú praktickú skúsenosť. Na Slovensku zatiaľ nie je vyvíjaný na projektantov žiadny tlak ani zo strany verejných, ani súkromných investorov na zavedenie BIM do projektovej a následne aj realizačnej a prevádzkovej praxe. Systém BIM sa pri projektovaní používa najmä v pozemnom staviteľstve, aj to nie v plnej miere, od počiatočných návrhov, realizáciu, až po správu budovy. Svojou vlastnou cestou idú v poznávaní a aplikovaní BIM-u Slovenské firmy, medzinárodné stavebné spoločnosti pôsobiace na Slovensku čerpajú už aj zo svojich konkrétnych úspechov v aplikovaní BIM systému na stavbách po celom svete.

Vzhľadom na zložitosť projektov pri líniových stavbách je aplikácia BIM v tejto oblasti pozadu oproti stavbám pozemných.

Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2014/24/ EÚ z 26. februára 2014 o verejnom obstarávaní a o zrušení smernice 2004/18/ES bola schválená a implementovaná do právneho systému Slovenskej republiky zákonom č. 343/2015 Z. z. o verejnom obstarávaní a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v novembri 2015. Smernica okrem iného uvádza možnosť vyžadovať použitie osobitných elektronických nástrojov k predkladanej dokumentácii vo verejných zákazkách. Cieľom je modernizovať existujúce pravidlá EÚ pre verejné obstarávanie tým, že zjednodušia postupy a urobia ho pružnejším. A tu sa dostávame do prieniku s podstatou BIM-u. Európska únia pochopila, že sa môže stať strategickým nástrojom pre zvýšenie transparentnosti, pružnejšieho procesu obstarávania a v neposlednom rade nástrojom pre zvyšovanie kvality projektov pri zabezpečení efektívneho vynaloženia nákladov. Preto odporúča a zároveň umožňuje svojim členským krajinám požadovať BIM v zákazkách, ktoré sú financované z verejných zdrojov.

V januári 2013 vznikla BIM asociácia Slovensko ako prvá odborná organizácia venujúca sa problematike informačného modelu stavby na Slovensku.

Dňa 15.6.2017 bola založená Technická komisia (TK) pri ÚNMS SR – TK 121 BIM – Informačné modelovanie stavieb.

Koncom roka 2016 boli prijaté do sústavy STN prvé tri európske normy na základe spolupráce a dohody medzi Európskym výborom pre normalizáciu (CEN), Medzinárodnou organizáciou pre štandardizáciu (ISO) a pracovnou skupinou CEN/TC 442. Na Slovensku sú už prevzaté a na ÚNMS SR sú k dispozícii nasledujúce normy:

STN EN ISO 29481-2 Informačné modely stavieb (BIM). Príručka na odovzdávanie informácií. Časť 2: Rámec interakcie (ISO 29481-2: 2012),

STN EN ISO 12006 – 3 Pozemné staviteľstvo. Usporiadanie informácií o stavebných prácach. Časť 3: Rámec pre objektovo orientované informácie (ISO 12006-3: 2007),

STN EN ISO 16739 Dátový formát Industry Foundation Classes (IFC) pre zdieľanie dát v stavebníctve a facility managemente (ISO 16739: 2013).

## 6. PRÍPRAVA PROJEKTOV V 3D

#### 6.1. Softvérové riešenie

Pre prípravu 3D dát v rámci projektovania je dostupné široké portfólio softvérových riešení od rôznych výrobcov ako napríklad spoločnosti Trimble, Autoesk, Bentley, Allplan, Graphisoft, CGS Labs a i. V Čechách a na Slovensku je taktiež rozšírené softvérové riešenie od českej spoločnosti Pragoprojekt – Roadpac, softvér pre automatizované projektovanie ciest a diaľnic.

Pre jasnejšiu predstavu ako sa projektuje v 3D a akým spôsobom je možné pripájať požadované informácie k 3D modelom, bolo vybraté konkrétne softvérové riešenie od globálne jedného z najväčších a najrozšírenejších dodávateľov BIM technológií, firmu Autodesk. Dôvod je čisto praktický, aby bolo vysvetlené, ako sa takýto obsah tvorí aj pre zainteresované strany, ktoré sa projekciou nezaoberajú a majú k dispozícii len teoretické informácie o systéme BIM. V žiadnom prípade nejde o snahu propagovať alebo odporúčať len jedno softvérové riešenie. BIM je založený na otvorenej spolupráci a aj prostredníctvom IFC zabezpečuje výmenu informácií z dátového modelu medzi jednotlivými profesiami v rámci životného cyklu, teda aj medzi rôznymi programovými prostrediami.

Ako príklad je pre oblasť infraštruktúry určený softvérový balík Architecture, engineering & construction collection. Z toho na projektovanie líniových stavieb slúži konkrétne AutoCAD Civil 3D. Alternatívou môžu byť napríklad softvéry InRoads od spoločnosti Bentley, Allplan Engineering CIVIL, alebo Plateia od spoločnosti CGS labs a i.

#### 6.1.1. AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D predstavuje komplexný produkt pre všetkých projektantov, stavebných inžinierov či geodetov. Jeho funkčnosť zahrňuje nielen tvorbu návrhov a výkresov, ale aj integrovanú správu širokého spektra stavebných projektov ako je projektovanie obytných zón, parkovísk, parciel, plošných stavieb, líniových stavieb, infraštruktúry ako vodovodných a kanalizačných sietí.

Základom softvéru Civil 3D je plne funkčný AutoCAD a Map 3D. Kompletná funkcionalita je integrovaná do jedného produktu, pričom sa dá veľmi jednoducho cez editovateľné nastavenie pracovných prostredí prepínať medzi úplnými funkciami toho ktorého produktu bez zatvárania výkresu. Samozrejme je možné si všetky potrebné a používané nástroje nastaviť a uložiť do jedného používaného pracovného prostredia, čo samozrejme urýchľuje celkovú prácu so softvérom.

Základnou funkčnosťou softvéru je dynamická práca s digitálnym modelom povrchu, ktorý sa vytvára priamo z bodov, alebo iných geodetických výstupov, či už vo formáte dwg, dgn, xml, gz, fbk a iných. (obr. 6.1). V týchto formátoch je možné konečnú prácu aj exportovať.



*Obr. 6.1 Digitálny model terénu – triangulačná sieť* 

Vďaka funkciám Map 3D sa dá pracovať s viacerými zoznamami súradníc, spracovať veľký objem dát, ukladať vektorové údaje do prostredia databázy Oracle Spatial, vytvoriť bodovú, sieťovú a polygónovú topológiu, analyzovať údaje, vytvárať rôzne štatistiky, tematické mapovanie. Celá aktuálna práca sa vykonáva s údajmi v 3D formáte. Je možné importovať a exportovať celé zoznamy súradníc, pričom nie je obmedzené množstvo bodov v projektovej databáze (obr. 6.2). Civil 3D taktiež zvláda import mračien bodov (milióny bodov vo formáte LAS, DEM, ASCII a pod.), ktoré dokáže podľa výšky farebne rozlíšiť, dokonca z nich dokáže vytvoriť povrch.



Obr. 6.2 Digitálny model terénu

Na základe vytvoreného digitálneho modelu terénu je možné ďalej riešiť rôzne jeho analýzy a úpravy, ako vyhodnotenie sklonov terénu, práce s povodiami, vrstevnicami, prezentácie terénu formou výškovej hypsometrie a pod. (obr. 6.3).



Obr. 6.3 Digitálny model terénu – analýza výšok

Cez funkcionalitu Survey je možné importovať body nakódované tak, že softvér tieto body podľa popisu pospája 3D čiarami a vytvorí tak automaticky kompletnú situáciu. Z takto pripraveného podkladu sa už veľmi jednoducho pripraví digitálny povrch, na ktorom vieme ďalej pracovať.

Cez funkcionalitu Zemné teleso sa pomocou povrchov dajú riešiť parkoviská, odstavné plochy, zemné práce, HTU, kruhové križovatky, skládky, retenčné nádrže s premenlivou hladinou vody, hrádze a pod. (obr. 6.4). Takto vytvorené 3D modely sú dynamické, zmeny sa aplikujú jednoducho a kedykoľvek je možné tieto modely meniť, čím dôjde následne k zmenám vo všetkých ostatných naviazaných objektoch, tabuľkách a výkazoch objemov.



Obr. 6.4 Modelovanie zemných telies

Dynamický návrh líniových stavieb je hlavnou súčasťou softvéru Civil 3D. Návrh smerového vedenia je možné vykonať rôznymi spôsobmi, možné je po zadaní návrhovej rýchlosti spustiť automatický výpočet klopenia jazdných pruhov a krajníc v smerových oblúkoch, v rozšíreniach, vo vetvách kruhovej križovatky pomocou editovateľných externých súborov. (obr. 6.5). Civil 3D umožňuje náhľad a možnosť editácie ktoréhokoľvek úseku individuálne cez tabuľku, prípadne cez grafické zobrazenie.



*Obr.* 6.5 *Trasa s popisom staničenia, klopenia a výškových pomerov nivelety* 

Podobným spôsobom prebieha návrh a kontrola výškového vedenia, pričom sa pozdĺžny profil vytvára automaticky podľa vybraného štýlu. Pozdĺžny profil je dynamický, zmena rezaného povrchu (prípadne viacerých) sa okamžite v zobrazení zaktualizuje (obr. 6.6).



Obr. 6.6 Náhľad na pozdĺžny profil s niveletou

Finálnym nástrojom je tvorba 3D koridoru na základe vytvoreného vzorového priečneho rezu, trasy a pozdĺžneho profilu - nivelety. Na výber je veľké množstvo podzostáv ako jazdný pruh, krajnica, svah, obrubník, oporný múr, most a mnohé ďalšie. BIM softvér generuje priečne rezy s kótami automaticky ako aj kubatúry zemných prác a výkazy použitých materiálov. Takto vytvorený koridor je samozrejme dynamický, akékoľvek zmeny v smerovom, výškovom vedení, prípadne vo vzorovom priečnom reze sa okamžite zaktualizujú a koridor sa prebuduje (obr. 6.7). Po takejto zmene sa zaktualizujú aj všetky priečne rezy s tabuľkami a výkazmi objemov a materiálov. Koridor je možné použiť aj na tvorbu parkovísk, križovatiek, úpravu vodných tokov a pod. Vďaka vytvoreným povrchom z koridoru sa taktiež vieme dopracovať k všetkým dostupným analýzam ako šípky sklonov, odtok vody a i.



Obr. 6.7 Koridor – cestné 3D teleso

Jednotlivým prvkom je možné pridávať rôzne farebné materiály, čím sa dosiahne reálnejší náhľad na produkovanú prácu. Vďaka funkcii Civil View je možné vytvárať dynamické vizualizácie v profesionálnom vizualizačnom softvéri 3D Max.

Softvér taktiež obsahuje nástroje na základné modelovanie kanalizačných sietí (obr. 6.8). Konkrétne je možné namodelovať gravitačné alebo tlakové potrubie, ktorého typ a tvar a veľkosť sa dá modifikovať, prípadne vytvoriť úplne nový prvok.



Obr. 6.8 Kanalizačná sieť

Civil 3D je založený na parametrickom (dynamickom) zobrazovaní, čo znamená, že vo všetkých súvisiacich častiach projektu sa prejaví okamžitá odozva, či už v pozdĺžnom profile, vo vypočítaných objemoch, v tabuľkách, alebo vo vygenerovaných priečnych rezoch na akúkoľvek zmenu v projekte, či už ide o smerové, výškové vedenie, klopenie a podobne.

Ďalšou veľkou prednosťou je skutočnosť, že všetky projekty sa tvoria podľa vopred zadefinovaných šablón, v ktorých sú upravené a dodatočne editovateľné štýly podľa noriem, pomocou ktorých softvér tvorí body, čiary, popisky, profily až samotné priečne rezy. Vďaka tomu majú všetky konečné projekty jednotný a aktuálny vzhľad.

#### 6.1.2. Navisworks Manage

Jedná sa o softvér, ktorý umožňuje prehliadanie 3D projektov vytvorených v rôznych iných produktoch a skúmanie vzťahov medzi jednotlivými prvkami a objektami. Navisworks umožňuje spájanie a prehliadanie 3D objektov v reálnom čase, skontrolovať dáta pomocou sady nástrojov vrátane vkladania komentárov, zvýraznenie konštrukčných častí, uloženie náhľadu, merania dĺžok a objemov (obr. 6.9 a 6.10).



Obr. 6.9 Náhľad na rôzne projektové dáta - horný pohľad (softvér Navisworks)



Obr. 6.10 Náhľad na rôzne projektové dáta – dolný pohľad (softvér Navisworks)

Pomocou funkcie TimeLiner je možné zostaviť komplexný časový harmonogram výstavby prípadne rekonštrukcie, čím vznikne 4D analýza, skladanie 3D modelu v čase, pridaním finančného plnenia do časového harmonogramu vznikne 5D analýza.

Verzia Navisworks Manage disponuje funkciou Clash Detective, ktorá skúma interakciu vybraných 3D prvkov. V celom projekte vyhodnotí a nájde všetky kolízie od vzájomného pretínania sa alebo interakcii v zadanej dovolenej minimálnej vzdialenosti (obr. 6.11). Všetky kolízne body graficky vyznačí a zhrnie do tabuľkového prehľadu.



Obr. 6.11 Kontrola možných kolízií medzi 3D prvkami (softvér Navisworks)

Navisworks umožňuje okrem rôznych analýz vytvárať vizualizácie, animácie a taktiež simulácie výstavby. Vďaka týmto komplexným nástrojom a 3D projektovaniu je možné odhaliť problémy v rámci projektu ešte skôr ako sa začne so samotnou realizáciou stavby. To má za následok nemalú úsporu nákladov na prerábanie projektu a s tým spojené omeškania jednotlivých stavebných procesov už počas samotnej realizácie projektu.

#### 6.1.3. Civil View pre 3ds Max design

Autodesk Civil View pre 3ds Max je vizualizačný nástroj pre stavebných inžinierov a projektantov v oblasti dopravnej infraštruktúry.

Civil View ponúka tesnú integráciu so širokou škálou aplikácií občianskych konštrukčných softvérov, ktorý umožňuje vizualizáciu modelov, ktoré sa dajú aktualizovať takmer okamžite, keď dôjde ku konštrukčným zmenám v projekte (obr. 6.12).

Jednoducho je možné vytvoriť vizualizáciu projektu už počas samotnej tvorby, nakoľko sa v Civil View dá celá vizualizácia jednoducho zaktualizovať a doplniť.



Obr. 6.12 Vizualizácia projektu (softvér Civil View 3ds Max)

Celé ovládanie a nastavenie je možné cez jeden takzvaný "Civil View Explorer" panel, kde sa zhromažďujú všetky vložené entity ako povrchy, 3D čiary, ortofotomapa a pod. Týmto entitám sa následne pridávajú vlastnosti, farby, zobrazenie pre potreby samotnej vizualizácie, čím sa vytvorí zobrazenie materiálu pre vozovku, okolitý terén, vodorovné značenie, pridať sa dajú aj objekty (pozdĺž naimportovaných 3D línií) ako zvodidlá, zvislé dopravné značenie, rôzne typy vozidiel, vegetáciu, budovy a pod.

Civil View dokáže spracovať 3D geometriu z rôznych softvérov, ktoré môžu byť aj od iných výrobcov ako Autodesk. Do Civil View je možné vložiť a spracovať nasledovné formáty ako Bentley MX Model, Bentley MX GENIO, 12D ASCII, LandXML, DXF. Primárne je však import nastavený pre 3D dáta zo softvéru Civil 3D, ktorý má priamy nástroj na export dát do VSP3D, ktorý sa importuje do 3ds Max cez Civil View, pričom sa tento súbor môže aktualizovať počas doby projektovania, čím sa zabezpečí aktuálnosť vizualizácie.

#### 6.1.4. InfraWorks

InfraWorks je softvér, ktorý umožňuje a podporuje spojenie s BIM procesmi, umožňuje projektantom z viacerých odvetví spojiť sa v jednom prostredí predstavujúce kontext reálneho prostredia. Podobne ako produkt Navisworks dokáže spracovať a zobraziť 3D geometriu a objekty v reálnom súradnicovom systéme z rôznych softvérov (obr. 6.13).



Obr. 6.13 Koncepčný návrh (softvér InfraWorks)

InfraWorks dokáže zobraziť zameranie potiahnuté ortofotomapou, vodné toky a plochy, existujúcu cestnú, železničnú a potrubnú sieť, mračná bodov, budovy, 3D bloky a mnohé ďalšie objekty. Na rozdiel od softvéru Navisworks je tu však možnosť aj návrhu nových sietí, ciest, železníc, mostov, priepustov, inžinierskych sietí a vodných tokov (obr. 6.14).



Obr. 6.14 Koncepčný návrh mostného objektu (softvér InfraWorks)

InfraWorks je primárne určený pre rýchly koncepčný návrh, ktorého vizuálny výsledok je zrozumiteľný pre všetky zainteresované strany. Avšak vďaka možnosti priameho prepojenia medzi Civil 3D a InfraWorks, je možné koncepčný návrh v prostredí InfraWorks dopracovať ku kompletnému a presnému návrhu pomocou Civil 3D. Takto upravené prvky ako koridor, križovatky a pod. je možné spätne vložiť do prostredia InfraWorks.

## 6.2. Príprava projektov v softvéri Civil 3D

#### 6.2.1. Civil DWT šablóna

Základom projektovania v softvéri Civil 3D je pripravená šablóna, ktorá obsahuje všetky potrebné štýly ako sa majú objekty zobrazovať a akým štýlom majú byť popísané. Šablóna je kedykoľvek editovateľná, ideálne je ju postupne upravovať a dopĺňať nové štýly. Cez Príkazy je možné nastaviť, ktoré štýly sa majú používať ako implicitné, čo urýchľuje každú ďalšiu prácu v novom projekte založenom na šablóne (obr. 6.15).



Obr. 6.15 Príklad pripravených štýlov 3D čiar v šablóne (softvér Civil 3D)

#### 6.2.2. Tvorba TIN

Ako prvé je potrebné vytvoriť Povrch – triangulačnú sieť. Systémom trojuholníkov sú pospájané všetky vybrané body, či sa jedná o AutoCAD body, COGO body, alebo body na 2D/3D krivkách. Tento spôsob digitalizácie zamerania je štandardný pre všetky 3D softvéry, ktoré majú funkcie na tvorbu DTM. Vstupné dáta môžu byť rôzne, od 3D bodov a čiar až po 2D texty, bloky a 2D čiary, prípadne externé súbory v rôznych formátoch so zoznamom súradníc. Po vytvorení DTM sú o tomto Civil objekte informácie ako plocha, max/min výška, údaje o triangulácii a pod. (obr. 6.16).

🕂 Vlastnosti povrchu - DTM									
Informace Definice Analýza Statistika									
Statistika Hodnota									
🗉 Obecné									
Číslo revize	0								
Počet bodů	2405								
Minimální souřadnice X	19857.26m								
Minimální souřadnice Y	19937.82m								
Maximální souřadnice X	22074.24m								
Maximální souřadnice Y	21300.54m								
Minimální výška	87.97m								
Maximální výška	120.70m								
Střední výška	95.38m								
🗏 Rozšířený									
Plocha 2D povrchu	2666242.36m2								
Plocha 3D povrchu	2678456.01m2								
Minimální spád/sklon	0.02%								
Maximální spád/sklon	783.38%								
Střední spád/sklon	4.64%								
Počet trojúhelníků	4727								
Minimální plocha trojúhelníku	233258.32m2								
Minimální délka trojúhelníku	0.02m								
Maximální délka trojúhelníku	1090.04m								

Obr. 6.16 Informácie o vytvorenom DTM (softvér Civil 3D)

#### 6.2.3. Návrh smerového vedenia

Nástroj Trasa slúži na tvorbu smerového vedenia. Vďaka nástrojom, ktoré táto funkcia obsahuje, je možné navrhnúť akékoľvek zložité smerové riešenie. Vytvorená trasa je popísaná dynamickými popiskami, ktoré sa okamžite po zmene geometrie aktualizujú (obr. 6.17). Samotné Vlastnosti trasy obsahujú presné informácie o geometrii smerového vedenia, ktoré je možné nechať zobraziť v dynamickej tabuľke. V tabuľke Vlastností trasy je možné niektoré parametre meniť, čím sa okamžite zmenia nadväzné údaje. Ostatné parametre sa dajú meniť priamo vo výkrese, pohybom trasy cez úchopové body. Po zmene geometrie sú všetky údaje o smerovom vedení zaktualizované, či už vo Vlastnostiach trasy alebo v tabuľke umiestnenej vo výkrese (obr. 6.18).



Obr. 6.17 Zmena polohy vrcholu smerového vedenia (softvér Civil 3D)

č.	A	Číslo 1	ур			Délka	Směr		Počáteční sta	ničení	Koncové	staničení	Počáteční	bod				
1		1		Úsečka		297.384m	\$52,952	741V (d)	0.00	10m	29	7.384m	(20061	.707m.20514.6	561m.O.	000m)		
2.1	38,730m	2	Přechodni	ce-oblouk-r	rechodnice	10.000m		()	297.3	84m	30	7.384m	(20299	.060m.20693.8	327m.0.	000m)		
2.2		2	Přechodni	ce-oblouk-c	ořechodnice	165.065m			307.3	84m	47	2.449m	(20307	108m.20699.7	, 763m.0.	000m)		
2.3	38.730m	2	Přechodni	ce-oblouk-c	ořechodnice	10.000m			472.4	H49m	48	2.449m	(20463	.657m.20709.6	, 546m.0.	000m)		
3		3		Úsečka		324.106m	J60.177	447V (d)	482.4	H49m	80	6.555m	(20472	.387m,20704.7	770m,0.	000m)		
4.1	38.730m	4	Přechodni	ce-oblouk-p	ořechodnice	10.000m			806.5	i55m	81	6.555m	(20753	.572m,20543.5	587m,0.	000m)		
4.2		4	Přechodni	ce-oblouk-p	rechodnice	157.469m			816.5	i55m	97	4.023m	(20762	.302m,20538.7	710m,0.	000m)		
4.3	38.730m	4	Přechodni	ce-oblouk-p	ořechodnice	10.000m			974.0	23m	98	4.023m	(20912	.532m,20544.3	38 1m,0.	000m)		
5		5		Úsečka		280.332m	S55.854	290V (d)	984.0	23m	12	54.355m	(20920	.869m,20549.9	901m,0.	000m)		
Koncov	ý bod			Průchozi	í bod 1		Průchozí l	ood2		Typ přech	odnice	Středový	úhel (alfa)	Počáteční sr	měr	Koncový směr	Vnitřní oblouk	
(2	)299.060m,:	20693.827m,(	0.000m)	(20061	.707m,20514	.661m,0.000m)	(20382.1	12m,20756.5	18m,0.000m	)								
(2)	)307.108m,	20699.763m,0	).000m)							Jedno	duchý	001	.9099 (d)	S52.95274	11V (d)	S54.862600V (d)	Vnitřní oblouk	
(2)	)463.657m,	20709.646m,0	).000m)									063	.0501 (d)	S54.86260	(b) V00	J62.087306V (d)		
(2)	)472.387m,	20704.770m,(	).000m)							Jedno	duchý	001	.9099 (d)	J62.08730	)6V (d)	360.177447V (d)	vNější oblouk	
(2	)753.572m,	20543.587m,(	0.000m)	(20382	.112m,20756	.518m,0.000m)	(20839.1	92m,20494.5	07m,0.000m	)								
(2	)762.302m,	20538.710m,	0.000m)							Jedno	duchý	001	.9099 (d)	360.17744	17V (d)	J62.087306V (d)	Vnitřní oblouk	
(2	)912.532m,	20544.381m,(	0.000m)									060	. 1485 (d)	362.08730	06V (d)	S57.764150V (d)		
(2)	)920.869m,	20549.901m,0	).000m)							Jedno	duchý	001	.9099 (d)	S57.76415	50V (d)	S55.854290V (d)	vNější oblouk	
(2	1152.875m,:	20707.251m,0	).000m)	(20839	.192m,20494	.507m,0.000m)	(21152.8	75m,20707.2	51m,0.000mj	)								
Slože	né Vi	nitřní poloměr	Vnějá	ší poloměr	Celková	X Celková	Y Defir	iice přechodni	ice Stani	čení vrchol s	měrového	polygonu pi	fechodnice	Souřadnice Y	vrcholu	směrového polygor	u přechodnice	
	alse	Nekonečnor	n	150.000m	9,999	m 0.11	1m	Klotoida			304.0	51m				20697.84	4m	
	alse	150.000m	N	ekonečnom	9.999	m 0.11	1m	Klotoida			475.7	'82m				20708.08	5m	
1	alse	Nekonečnor	n	150.000m	9.999	m 0.11	1m	Klotoida			813.2	22m				20540.27	1m	
1	alse	150.000m	N	ekonečnom	9.999	m 0.11	1m	Klotoida			977.3	57m				20546.15	9m	
Souř	adnice X vrd	holu směrové	ho polygor	nu přechodr	nice Zahrni	utý úhel vrcholu	i směrového	polygonu pře	echodnice	Y radiálního t	odu So	uřadnice X ra	adiálního bodu	Poloměr	Stupe	ň křivosti podle obla	uku	
		20204	10.2				170.0001	'LL		20577.00	7	20.20	1 420					
		20304	0211				178.0901	u)		20377.09	/111	2039.	5.459m	150.000m		011.4592 (d)		
		20466.0	503m				178.0901 (	d)		20577.09	7m	20393	3.439m					
		20759.3	356m				178.0901 (	d)		20671.26	Dm	2083	2.521m					
		20915.3	352m				178.0901 (	d)		20671.26	Dm	2083	2.521m	150.000m		011.4592 (d)		
Střed			Délka	a tětivy	Směr tětivy	Střed	ní ordinála	Externí teč	na Exterr	ní sečna	Zahrnutý	úhel PI	Větší než 180	Staničení	vrcholu	směrového polygor	u Vrchol směrov	ého polygonu
(2039)	3.439m,2057	77.097m,0.00	0m) 15	i6.861m	S86.38764	7V (d)	22.14	92.010	m 2!	5.971m	113.1	302 (d)	False		39	99.394m	(20382.3	51m,20752.718n
(2083)	2.521m,2067	71.260m,0.00	0m) 15	i0.337m	S87.83842	2V (d)	20.19	86.862	m 2:	3.335m	116.0	317 (d)	False		90	)3.417m	(20839.0)	59m,20498.048n

Obr. 6.18 Dostupné informácie o smerovom návrhu (softvér Civil 3D)

#### 6.2.4. Návrh výškového vedenia

Tvorba pozdĺžneho profilu spočíva v tvorbe rezu DTM pozdĺž navrhnutého smerového vedenia. Pozdĺžny profil sa zobrazí podľa výberu sady štýlov. K dispozícii sú dynamické popisky staničenia, smerové pomery, kóty terénu. Pozdĺžny profil je vždy aktuálny, nakoľko sa po akejkoľvek zmene trasy ihneď zaktualizuje. Návrh nivelety umožňuje paleta s nástrojmi, kde je možné vykresliť výškový polygón, polygón s oblúkmi, prípadne výškové vedenie vyskladať z dielčích komponent ako tyčnica a parabolický oblúk. K navrhnutému výškovému vedeniu – nivelete, sú k dispozícii opäť všetky informácie o geometrii (obr. 6.19).

	Staničení vrcholu polygonu	Výška PV	/I	Sklon vstupní t	ečny	Spád výstupní te	ečny	A (změna spádu)
1	0.00m	98.865	59m			-4.68%		
2	131.08m	92.730	04m	-4.68	%	0.60%		5.28%
3	298.15m	93.728	36m	0.609	%	1.11%		0.52%
4	577.29m	96.834	43m	1.119	%	0.80%	•	0.31%
5	887.00m	99.317	77m	0.809	%	0.00%		0.80%
6	1121.27m	99.317	77m	0.009	%	-3.17%		3.17%
7	1264.35m	94.783	35m	-3.17%				
	Typ výškového oblouku	Hodnota K	Тур	o dílčí entity	Délka oblo	ouku profilu	Poloměr	oblouku
	Údolnicový oblouk	37.89	Syn	metrická para	200.00000m		3789	.22228m
	Údolnicový oblouk	89.56	Syn	metrická para…	46	5.13677m	8955	.95778m
	Vrcholový oblouk	643.64	Syn	metrická para	20	0.00000m	64364	4. 10009m
	Vrcholový oblouk	249.42	Syn	netrická para…	20	0.00000m	24941	1.66499m
	Vrcholový oblouk	63.11	Syn	netrická para	20	0.00000m	6311	.27043m

Obr. 6.19 Dostupné informácie o výškovom návrhu (softvér Civil 3D)

Charakteristické body smerového návrhu je možné popísať na nivelete a taktiež je možné zobraziť výškové pomery nivelety pozdĺž trasy. Všetko je opäť dynamicky prepojené, všetky zmeny v projekte sú okamžite zaktualizované vo všetkých popiskoch (obr. 6.20).



Obr. 6.20 Informácie o výškovom návrhu pozdĺž smerového vedenia (softvér Civil 3D)

#### 6.2.5. Tvorba priečneho rezu – Civil zostavy

Pre tvorbu 3D koridoru je potrebné zadefinovať priečnu skladbu vozovky a svahov, takzvanú Zostavu. Civil 3D poskytuje širokú ponuku rôznych podzostáv, z ktorých sa vhodnou kombináciou vyskladá celý priečny rez (obr. 6.21).

× × ×	Podsestavy ČSN	CSN p
	VýkopNásypCZ     SměrNerozděl lízdní Pruh Klopení C7	smartC
I	SměrRozdělJízdníPruhKlopeníCZ	smartC
I	Střední Dělící PruhCZ	Šablon
	NezpevněnáKrajniceCZ	Základní
	Směrově nerozdělené VPR	lízdní p
I	>< Vzorový PR - S 7_5	Krajnice
LIES	≻-≺ Vzorový PR - S 9_5	Střední
JBASSEMB	>< Vzorový PR - S 11_5	Obrub
METRIC SI	Směrově rozdělené VPR	Promît
<b>TES - CIVIL</b>	>< Vzorový PR - R 25_5	Všeobe
OL PALET	≻< Vzorový PR - D 27_5	Podmí
1	> Vzorový PR - D 33_5	

Obr. 6.21 Paleta nástrojov obsahujúca podzostavy na vyskladanie priečneho rezu

Alternatívnou voľbou je tvorba vlastných podzostáv, prípadne celých zostáv pomocou aplikácie Subassembley Composer (článok 6.2.9.), ktorá je súčasťou inštalácie softvéru Civil 3D. Vďaka tomu nemá používanie týchto produktov žiadne obmedzenia pri návrhu akéhokoľvek priečneho rezu (obr. 6.22).



Obr. 6.22 Aplikácia Subassembley Composer

Počet zostáv ktoré je nutné zostrojiť pre koridor vždy závisí od konštrukčného návrhu a zložitosti riešenia. Zostavy sú jednoduché ako napríklad chodník, obrubník, alebo zložité, ktoré je možné klopiť, rozširovať, cieliť výškovo, nastavovať podmienky a pod. K dispozícii sú aj takzvané Podmienené podzostavy, ktoré umožňujú jednoduchším podzostavám rozhodovanie na základe výšky povrchu alebo vzdialenosti (obr. 6.23).



Obr. 6.23 Tvorba zostavy s rozhodovacími podzostavami

Takto vyskladané zostavy je možné uložiť kopírovaním do palety nástrojov a použiť ich v iných projektoch. Všetky vstupné parametre sú editovateľné, prípadne je možné jednotlivé podzostavy vymeniť.

#### 6.2.6. Tvorba 3D koridoru

Tvorba 3D koridoru spočíva v zadaní smerového a výškového vedenia a k tomu prislúchajúce zostavy – vyskladané priečne rezy v zadaných intervaloch staničenia trasy. Civil 3D vkladá tieto zostavy pozdĺž smerového a výškového návrhu a spája body zostavy s rovnakým kódom 3D čiarami – Návrhovými líniami koridoru (obr. 6.24).



*Obr.* 6.24 *Zobrazenie 3D cestného koridoru (softvér Civil 3D)* 

Vo vlastnostiach je možné jednotlivé návrhové línie koridoru vypínať, prípadne nechať zobraziť v inom štýle. Na základe priečnych spojníc koridoru je zas možné pridávať jednotlivým častiam rôznu farebnú výplň. Taktiež je možné použiť funkciu koridoru Šrafovanie svahov. Koridor je vymodelovaný ako jeden objekt, na zmeny v smerovom, výškovom vedení a v zostave reaguje buď automatickým prebudovaním alebo oznámením, že nie je aktuálny podľa nastavenia a je potrebné ho prebudovať. V rámci koridoru je možné vytvárať povrchy z koridoru. Najpodstatnejšie sú povrchy predstavujúce zemnú pláň a kryt (obr. 6.25).



Obr. 6.25 Povrchy z koridoru a ich kódovanie (softvér Civil 3D)

Povrchy z koridoru slúžia najmä na výpočet kubatúr, analýzy ako šípky sklonov, porovnanie navrhovaného stavu so zrealizovaným, prípadne pre tvorbu celých plôch medzi časťami koridoru pri parkoviskách.

#### 6.2.7. Generovanie priečnych rezov

Pozdĺž trasy sa vygenerujú Stopy priečnych rezov buď v nejakom intervale vo všetkých kritických bodoch, v ručnom staničení, z kriviek alebo z bodov. Stopy priečnych rezov je možné následne presúvať, predlžovať a dopĺňať, označenie a staničenie ostáva vždy aktuálne (obr. 6.26).



Obr. 6.26 Stopy priečnych rezov (softvér Civil 3D)

Ak sú Stopy priečnych rezov zadefinované, je možné vygenerovať hromadne priečne rezy. Tie sa zobrazia vo vybranej sade štýlov. Výsledný vzhľad je plne nastaviteľný. Na obrázkoch

6.27 a 6.28 sú uvedené príklady vygenerovaných priečnych rezov bez akýchkoľvek dodatočných úprav.



Obr. 6.27 Vygenerovaný priečny rez vo výkope (softvér Civil 3D)



Obr. 6.28 Vygenerovaný priečny rez v násype (softvér Civil 3D)

Pre jednotlivé konštrukčné vrstvy vozovky je možné zadefinovať výpočet objemov. Pre každú vrstvu je možné zadať konkrétny názov použitého materiálu (obr. 6.29).

Název materiálu	Podmínka	Typ množství	Faktor výkopu	Faktor násypu
⊡ 🛜 🖬 Objemy				
🕀 🙀 vrstva 1		Stavební objekty		
🕀 🙀 vrstva 2		Stavební objekty		
🕀 🙀 vrstva 3		Stavební objekty		
🕀 💀 vrstva 4		Stavební objekty		
🕀 🐺 vrstva 5		Stavební objekty		
🕀 🙀 vrstva 6		Stavební objekty		
🕀 🙀 vrstva 7		Stavební objekty		
🕀 🙀 násyp		Násyp		1.00
		Výkop	1.00	

Obr. 6.29 Definícia materiálov a celkových kubatúr pre 3D koridor (softvér Civil 3D)

Celkový objem jednotlivých materiálov je možné zobraziť v tabuľke rozdelenej podľa staničenia trasy. Priečne rezy sa taktiež dajú zobraziť s tabuľkou objemov a grafickým zobrazením výkopu alebo násypu ako je možné vidieť na obrázkoch 6.30 a 6.31.



*Obr. 6.30 Vygenerovaný priečny rez s výpočtom objemu zemných prác vo výkope (softvér Civil 3D)* 



Obr. 6.31 Vygenerovaný priečny rez s výpočtom objemu zemných prác v násype (softvér Civil 3D)

#### 6.2.8. Návrh potrubných sietí

Civil 3D umožňuje návrh gravitačného a tlakového potrubia. Nakoľko však nie je nadstavba Storm and Sanitary Analysis, ktorá je súčasťou inštalácie Civil 3D lokalizovaná a prispôsobená pre európsky trh, je možné tieto nástroje využiť len pre digitalizáciu navrhovaných, prípadne presne zameraných existujúcich sietí (obr. 6.32).



Obr. 6.32 Nástroje pre tvorbu potrubných sietí (softvér Civil 3D)

Návrh siete spočíva v definovaní trasy – os potrubia a jeho výškového vedenia. Pre tvorbu samotného modelu potrubí a vpustí je nutné nadefinovať im typ, tvar, rozmery a materiál (obr. 6.33).



Obr. 6.33 Návrh potrubia (softvér Civil 3D)

Po výbere vhodného tvaru a typu či už pre potrubie alebo vpusť/šachtu, nadefinujú sa rozmery, ktoré je možné podobne ako aj samotnú geometriu tvaru doplniť cez funkciu Generátor súčastí, osobitne pre potrubia a šachty (obr. 6.34).

🛕 Seznam částí sítě - Nová sieť						$\times$
Informace Potrubí Stavební objekty	Souhrn					
Název	Styl	Pravidla	Rendrovaný mat	Rozpočto	vá polo	
🛕 Katalog součástí						
Vtok – výpusti Vtok – výpusti CMP – obd Betonová o Sl betonová Variabilní v Betonové o Betonové o Stavební objekty s Válcovitý st Válcovitý st Soustředný	lélníková koncovka, S obdélníková propustv ého rozšířeného vyús ýška obdélníkové výtokové obdélníkové výtokové obdélníkové křídlové obdélníkové křídlové obdélníkové obdélníkové křídlové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové obdélníkové	SI výtokového čela, SI tění výtokového čela, SI é čelo, SI výtokové čelo, SI ky ečků ujkami, NF SI iřípojkami, NF SI bjekt, NF SI	Vybrat skupinu soud	iásti k zobra:	zení obráz	ku:

Obr. 6.34 Návrh vpustí a revíznych šachiet (softvér Civil 3D)

Celú sieť je možné zobraziť v 3D náhľade (obr. 6.35) ako aj v pozdĺžnom a priečnych rezoch.



Obr. 6.35 3D zobrazenie potrubných sietí (softvér Civil 3D) [2]

Takto zdigitalizované inžinierske siete je však ďalej možné využiť v ďalších produktoch ako Infraworks a Navisworks, kde to nie sú len grafické objekty, ale prenášajú sa s nimi aj priložené informácie.

#### 6.2.9. Subassembly Composer – tvorba Civil 3D podzostáv

Vzhľadom na náročnosť a rozmanitosť vzorových priečnych rezov je súčasťou inštalácie Civil 3D aj aplikácia, ktorá umožňuje tvorbu vlastných podzostáv a zostáv, čiže vyskladaných alebo celkových vzorových priečnych rezov, ktoré je možné po ich importovaní do Civil 3D použiť a vytvoriť z nich 3D koridor (obr. 6.36).



Obr. 6.36 Náhľad na prostredie aplikácie Subassembly Composer

Vďaka tejto aplikácii je možné vytvoriť, prípadne vyskladať akýkoľvek tvar, rozmery pre vzorový priečny rez. Takto vytvorená podzostava/zostava dokáže automaticky klopiť, rozši-rovať sa podľa zadanej krivky/trasy/návrhovej línie, výškovo cieliť a pod. Nemusí sa jednať len o cestný profil, môže to byť jednoduchší mostný objekt, oporný múr, tunel a pod.

# 7. ODOVZDÁVANIE PROJEKTOV V 3D FORMÁTE

3D modelovanie zmenilo spôsob akým sa projektujú stavby k lepšiemu. Nie je nápomocné len projektantom ale aj koncovým užívateľom predstaviť si priestorové požiadavky stavby, ale tiež zlepšuje účinnosť a presnosť projektu. Z 3D modelu sa generuje 2D dokumentácia, ktorá umožňuje vidieť to isté, čo by bolo vidieť v projekte nakresleného v 2D. Samotný 3D model však dáva projektantovi možnosť fyzicky vidieť priestorové usporiadanie a prezrieť projekt zo všetkých pohľadov. Prezerať 3D modely je možné v softvéri, v ktorom boli modely vytvorené alebo v špecializovaných softvéroch určených na prezeranie. Vidieť tak skutočnú veľkosť a priestorové usporiadanie konštrukcií, čo tiež umožňuje zistiť, či ich návrhy nie sú v rozpore s ostatnými disciplínami, čo za súčasných podmienok nemôže byť okamžite viditeľné v 2D dokumentácii. Špeciálne softvéry umožňujú kontrolu interferencií s ostatnými položkami v 3D modeli, ktoré boli doplnené od iných projektantov alebo profesií. Prechodom v 3D softvéri je možné určiť, či konštrukcia umožňuje prístup k objektom, operatívny prístup a rieši problémy so zabezpečením. 3D model tak vytvára užívateľsky prívetivý dizajn pre koncového užívateľa. Je to obzvlášť užitočné pre všetkých, ktorí majú ťažkosti predstaviť si stavbu reálne len z 2D výkresov. Taktiež umožňuje vidieť a uvedomiť si náročnosť celého projektu ešte predtým, než sa zrealizuje. Výhody 3D modelovania sa neobmedzujú len na produktivitu a koordináciu, je to aj vynikajúci komunikačný nástroj pre projektantov a koncových užívateľov. 3D modely môžu pomôcť začať dôležité diskusie vo fáze projektovania a potenciálne sa tak vyhnúť nákladným dodatočným prerábkam.

#### 7.1. Výhody 3D modelovania a odovzdávania projektov

3D modelovanie poskytuje architektom a inžinierom všetky potrebné nástroje ktoré potrebujú. Toto sú štyri najväčšie benefity 3D CAD modelov ktoré ponúkajú:

#### 1. Rýchlosť

3D modelovanie je schopné virtuálne postaviť stavenisko alebo konštrukcie rýchlejšie ako 2D výkresy a modely. Profesionáli musia byť schopní správne interpretovať údaje z projektu na prvýkrát, 3D modely ponechávajú minimálne možnosti nesprávnej interpretácie, pretože poskytujú presný a realistický obraz. To znamená, že projektanti a inžinieri nemusia tráviť čas hľadaním možných problémov v 2D výkresoch, čo im umožní dokončiť projekty rýchlejšie.

#### 2. Presnosť a ovládanie

3D laserové skenovanie zbiera presné dáta zo stavby, vďaka čomu je možné využiť dátové sady pre tvorbu bodových modelov reálnych stavieb. To znamená, že projektanti a inžinieri nemusia tráviť čas meraním a premeriavaním častí stavby alebo staveniska aby vytvorili presný model. Vďaka takejto presnosti a automatizácii je možné predísť chybám ešte pred samotným naliatím betónu alebo asfaltu počas výstavby.

#### 3. Vizualizácia stavby

Projektanti a inžinieri môžu manipulovať s 3D modelmi tak a takým spôsobom, ako nie je možné s 2D CAD dokumentáciou. Odborníci sú schopní otestovať "čo ak" scenáre so svojimi návrhmi v 3D, čo pomáha overiť ich návrhy a identifikovať prípadné problémy s kvalitou návrhu. 3D vizualizácia 3D návrhov šetrí projektantom čas, nie je totiž nutné vytvárať

dodatočný model pre potreby vizualizácie. Okrem toho takéto 3D modely môžu tiež dať projektantom a inžinierom presný obraz o tom, ako môžu zmeniť svoje návrhy, ak je to nutné. Je oveľa jednoduchšie a lacnejšie zmeniť projekt vo fáze návrhu a nie potom, ak je časť práce už dokončená.

#### 4. Zníženie dodacej lehoty

Vzhľadom k presnosti a flexibilite 3D modelov, projektanti a inžinieri sú schopní tráviť menej času vo fáze návrhu svojich projektov a viac času na skutočné dokončenie každej úlohy. Odborníci sú schopní identifikovať prípadné problémy vopred pomocou 3D modelovania, sú ušetrení od zmien termínov a navýšenia rozpočtu. 3D model môže poskytnúť výhody, ktoré umožňujú rýchlo dokončiť projekty, efektívne a v rámci rozpočtu.

#### 7.2. Otvorená výmena dát v BIM

Vzhľadom na rozmanité softvérové riešenia, ktoré zvládajú projektovanie systémom BIM, vznikla organizácia buildingSMART, ktorá pôsobí celosvetovo a zadefinovala pojem openBIM, čiže otvorený BIM, ktorý podporuje transparentný a otvorený pracovný proces umožňujúci členom projektu účasť bez ohľadu na to, aké softvéry používajú. Vytvára tak spoločný jazyk pre všeobecne odkazované procesy, čo umožňuje stavebnému priemyslu a vláde obstarávať projekty s transparentnou komerčnou angažovanosťou, porovnateľným hodnotením služieb a zabezpečenou kvalitou údajov. Poskytuje trvalé údaje o projektoch na použitie počas celého životného cyklu stavby. Softvéroví dodávatelia sa môžu zúčastňovať súťaží v zmysle "najlepšie riešenie" nezávisle na ponúkaných softvéroch [16].

#### IFC formát

IFC formát je založený na spoločnom dátovom modeli, ktorý zadefinovala organizácia buildingSMART, ktorý umožňuje uchovávať a vymieňať relevantné dáta medzi rôznymi softvérovými aplikáciami. Určený je na ukladanie a výmenu 3D dát ako sú skutočné steny, podlahy, dvere, okná a pod. so všetkými svojimi skutočnými vlastnosťami. Na rozdiel od grafických formátov súborov, v ktorých sú pomenované iba grafické entity, ako sú čiary, oblúky, výplne atď. IFC je otvorený štandard a je k dispozícii pre všetkých partnerov v stavebníctve. Formát sa neustále vyvíja, zlepšuje, prenáša čoraz viac informácií o jednotlivých prvkoch 3D modelu stavby. Dodávatelia celého spektra softvérov sa snažia držať krok a aby mohli prezentovať že majú funkčný výmenný IFC formát, musia k tomu získať certifikát [16].

#### **BCF** formát

IFC formát obsahuje údaje spojené s objektami 3D modelu a preto nie je vhodný tento formát pre dokumentovanie chýb a problémov, prípadne celých pracovných procesov. BCF je otvorený formát súboru, ktorý umožňuje pridanie textových komentárov, obrázkov a ďalších informácií do vrchnej hladiny IFC modelu pre lepšiu komunikáciu medzi koordinačnými stranami a projektantmi. Celá takáto komunikácie je oddelená od aktuálneho modelu [17].

# 8. ODOVZDÁVANIE PROJEKTOV S INFORMÁCIAMI

#### 8.1. DWG výstup zo softvéru Civil 3D

Samotný DWG výkres obsahujúci projekt vypracovaný v softvéri Civil 3D je možné otvoriť aj v samostatnom AutoCAD-e. Projekt je tak možné prezerať bez exportov a rozbíjania na AutoCAD entity. Využiť však všetky dostupné informácie z projektu vypracovaného v prostredí Civil 3D je otvárať a prehliadať v rovnakom softvéri rovnakej alebo vyššej verzii ako bol projekt vyhotovený. Vzhľadom na politiku veľkých softvérových spoločností ktoré prechádzajú z pevných softvérových licencií na prenájmy, nebude kompatibilita v blízkej dobe problém, nakoľko spomínaná služba zabezpečuje dostupnosť vždy tej najaktuálnejšej verzie produktu.

#### 8.2. Trasa, pozdĺžny profil, niveleta, priečne rezy

Civil 3D entity ako Trasa, Pozdĺžny profil s niveletou a priečne rezy je možné zobrazovať a popisovať v štýloch firemných štandardov, prípadne podľa zadania investora alebo aktuálnych TP a STN-EN. Zobrazené by mali byť tak ako bývajú štandardne pri odovzdávaní projektovej dokumentácie, s tým rozdielom že sa jedná o dynamické entity ako napr. výsledne tabuľky objemu materiálov konštrukčných vrstiev vozovky (obr. 8.1).

	ot	o <mark>rusná vr</mark> st	tva	ložná vrstva					horná podkladová vrstva			
Staničenie	Plocha [m2]	Objern [m3]	Kumulatívny objem [m3]	Staničenie	Plocha [m2]	Objem [m3]	Kumulatívny objem [m3]	Staničenie	Plocha [m2]	Objem [m3]	Kumulatívny objem [m3]	
0+40.00	0.26	0.00	0.00	0+40.00	0.27	0.00	0.00	0+40.00	0.55	0.00	0.00	
0+80.00	0.26	10.38	10.38	0+80.00	0.27	10.75	10.75	0+80.00	0.55	22.19	22.19	
1+20.00	0.26	10.38	20.76	1+20.00	0.27	10.75	21.50	1+20.00	0.55	22.19	44.38	
1+60.00	0.26	10.38	31.14	1+60.00	0.27	10.75	32.24	1+60.00	0.55	22.19	66.58	
2+00.00	0.26	10.38	41.52	2+00.00	0.27	10.75	42.99	2+00.00	0.55	22.19	88.77	
	1	1										
spodná podkladová vrstva												
	spodná	podkladov	á vrstva		oc	hranná vrs	itva		ze	mná krajn	ica	
Staničenie	spodná Plocha [m2]	podkladov Objem [m3]	á vrstva Kumulatívny objem [m3]	Staničenie	OC Plocha [m2]	hranná vrs Objem [m3]	tva Kumulatívny objem [m3]	Staničenie	Ze Plocha [m2]	mná krajn <sup>Objem</sup> [m3]	ÎCă Kumulatîvny objem [m3]	
Staničenie 0+40.00	spodná Plocha [m2] 0.57	podkladov Objem [m3] 0.00	á vrstva Kumulatívny objem [m3] 0.00	Staničenie 0+40.00	OC Plocha [m2] 2.16	hranná vrs Objem [m3] 0.00	tva Kumulatívny objem [m3] 0.00	Staničenie 0+40.00	Ze Plocha [m2] 0.49	mná krajn <sup>Objem</sup> [m3] 0.00	îca Kumulatîvny objem [m3] 0.00	
Staničenie 0+40.00 0+80.00	spodná Plocha [m2] 0.57 0.57	podkladov Objem [m3] 0.00 22.99	á vrstva Kumulatívny objem [m3] 0.00 22.99	Staničenie 0+40.00 0+80.00	OC Plocha [m2] 2.16 2.16	hranná vrs Objem [m3] 0.00 86.50	tVa Kumulativny objem [m3] 0.00 86.50	Staničenie 0+40.00 0+80.00	Ze Plocho [m2] 0.49 0.49	mnä krajn Objem [m3] 0.00 19.45	iCa Kumulatívny objem [m3] 0.00 19.45	
Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00	spodná Plocha [m2] 0.57 0.57 0.57	podkladov Objem [m3] 0.00 22.99 22.99	ó vrstva Kumulatívny objem [m3] 0.00 22.99 45.98	Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00	OC Plocho [m2] 2.16 2.16 2.16	hranná vrs Objem [m3] 0.00 86.50 86.50	tva Kumulativny objem [m3] 0.00 86.50 173.00	Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00	Ze Plocha [m2] 0.49 0.49 0.49	mná krajn Objem [m3] 0.00 19.45 19.45	ica Kumulatívny objem [m3] 0.00 19.45 38.90	
Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00 1+60.00	spodná Plocha [m2] 0.57 0.57 0.57 0.57	podkladov Objem [m3] 0.00 22.99 22.99 22.99	<mark>6 vrstva</mark> Kumulatívny objem [m3] 0.00 22.99 45.98 68.97	Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00 1+60.00	OC Plocha [m2] 2.16 2.16 2.16 2.16	hranná vrs Objem [m3] 0.00 86.50 86.50 86.50	tva Kumulatívny objem [m3] 0.00 86.50 173.00 259.51	Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00 1+60.00	Ze Plocha [m2] 0.49 0.49 0.49 0.49	mná krajn Objem [m3] 0.00 19.45 19.45 19.45	ica Kumulatívny objem [m3] 0.00 19.45 38.90 58.35	
Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00 1+60.00 2+00.00	spodná Plocha [m2] 0.57 0.57 0.57 0.57 0.57	podkladov           Objem [m3]           0.00           22.99           22.99           22.99           22.99           22.99           22.99	ó vrstva Kumulatívny objem [m3] 0.00 22.99 45.98 68.97 91.97	Staničenie 0+40.00 0+80.00 1+20.00 1+60.00 2+00.00	OC Plocho [m2] 2.16 2.16 2.16 2.16 2.16	hranná vrs Objem [m3] 0.00 86.50 86.50 86.50 86.50	tva Kumulatívny objem [m3] 0.00 86.50 173.00 259.51 348.01	Staničenie           0+40.00           0+80.00           1+20.00           1+60.00           2+00.00	Ze Plocha [m2] 0.49 0.49 0.49 0.49 0.49	mná krajn Objem [m3] 0.00 19.45 19.45 19.45 19.45	ica Kumulatívny objem [m3] 0.00 19.45 38.90 58.35 77.80	

Obr. 8.1 Tabuľkový výkaz materiálov pre jednotlivé konštrukčné vrstvy (softvér Civil 3D)

#### 8.3. 3D koridor s informáciami o konštrukčných vrstvách vozovky

Pre maximálne využitie Civil 3D DWG formátu je možné využiť funkciu pre export Civil koridoru do 3D telies (3D Surfaces) a to priamo do výkresu/projektu s dynamickým prepojením, čo znamená že telesá sú vždy aktuálne po akejkoľvek zmene projektu, prípadne do nového prázdneho výkresu. Tento formát otvára ďalšie možnosti pre pridávanie informácií a vlastností jednotlivým prvkom v rámci Civil 3D koridoru. Tento formát s pripojenými informáciami je taktiež nevyhnutý pre imort do softvéru Navisworks, pre presné analýzy a tvorbu časových harmonogramov ako aj do výmenného IFC formátu.

Civil 3D má druh podzostavy (VrstvaKonstrukceVozovky) kde je možné pri vytváraní Civil 3D vzorového jazdného pruhu definovať presný názov každej vrstvy, t.z. že sa po vytvorení a zobrazení v podobe 3D Telies zobrazuje miesto kódov Vrstva 1 alebo štandardné pomenovanie kódu tvaru "S" rovno konkrétne materiály vrstiev prípadne o akú vrstvu sa jedná (obr. 8.2). Pre lepší popis a funkčnosť podzostavy je možné si takéto podzostavy vytvoriť v aplikácii Subassembly Composer.



Obr. 8.2 Možnosť pomenovania jednotlivých konštrukčných vrstiev (softvér Civil 3D)

#### 8.3.1. Tvorba a nastavenie Civil 3D šablóny pre zber dát

Aby nebolo nutné v každom novom projekte vytvárať databázu informácií o jednotlivých konštrukčných vrstvách vozovky, je možné tieto informácie vytvoriť v tabuľkovej forme v tzv. Sade vlastností a uložiť v DWT šablóne. Pri tvorbe každého nového projektu/výkresu budú tieto tabuľky k dispozícii.

Cez pás kariet Správa treba vybrať funkciu Definovať sady vlastností (obr. 8.3).



Obr. 8.3 Príkaz Definovať sady vlastností (softvér Civil 3D)

Otvorí sa Dialógové okno kde sa cez pravý klik na položku Definícia sady vlastností vyvolá príkaz Nový (obr. 8.4).

🔏 Správce stylů							
Soubor Úpravy Zobrazit							
Tvorba šablony.dwg  Dokumentační objekty  Definice sady vlastností	Styl						
	Nový						
	Synchronizovat s projektovými normami						
	Aktualizovat normy z výkresu						
	Verze stylů						
	Kopírovat						
	Vložit						
	Čistit						
	Odeslat						

Obr. 8.4 Tvorba novej sady vlastností (softvér Civil 3D)

Zadá sa potrebný názov a na karte Použiť na je potrebné zaškrtnúť položku 3D objemové teleso (obr. 8.5).

📲 Správce stylů	
Soubor Úpravy Zobrazit	
D @   D B   B   B \$ \$ D   B 5	
E Dokumentační objekty	Obecné Použít na Definice
Definice sady vlastností	Použít na: 💿 Objekty
I_Obrusná vrstva	Styly a definice
	3D objemové těleso
	□       2d bod COLE         □       2D deska         □       2d elipt. oblouk COLE         □       2d kruh. oblouk COLE         □       2d kruh. oblouk COLE         □       2D křivka         □       2D osnova         □       2D řez/pohled         □       2d úsečka COLE         □       3D křivka         ✓       3D objemové těleso

Obr. 8.5 Výber objektu pre sadu vlastností (softvér Civil 3D)

Pre každú sadu vlastností je potrebné pridať definície (obr. 8.6).

🔏 Správce stylů										×	
Soubor Úpravy Zobrazit											
00 00 00 00 000	7										
⊡ Tvorba šablony.dwg Ė Dokumentační objekty	C	becné Použít	na Definice							Zî	
Definice sady vlastností		Název	Popis	Тур	Zdroj	Výchozí	Jednotky	Formát		<b>•</b>	
									Ŀ	Přidat d	lefinici ruční vlastnosti

*Obr.* 8.6 *Pridávanie definícií pre sadu vlastností (softvér Civil 3D)* 

Zadá sa názov definície podľa tabuliek 9.1 až 9.8 (obr. 8.7).

🕌 Správce stylů			
Soubor Úpravy Zobrazit			
Contraction of the second	✓ III ▼   C Obecné Použít na Defini	ce	
Definice sady vlastností	Název The Asfaltová zmes	Popis Asfaltová zmes	Typ Text

Obr. 8.7 Tvorba definície pre sadu vlastností (softvér Civil 3D)

Pre položku Objem je potrebné vybrať príkaz z pravej lišty Pridať definíciu automatické vlastnosti (obr. 8.8).

	×	Å Zdroj au	tomatické vlasti	nosti
	_	Abecedně	Podle kategorie	
Příklad	□• 54 54 84	□ 3D obj 44 Ban 44 Ban 44 Dok 44 Guid 44 Hiad 44 H	jemové těleso va va - Text umenty d otisku výkresu dina ertextový odkaz bjektu ex	
	₽+ □ ₩	Sta Obje Sta Pozi Sta Typ Sta Typ	em námky čáry objektu	

Obr. 8.8 Pridávanie definície automatické vlastnosti (softvér Civil 3D)

Týmto spôsobom sa pridajú všetky potrebné definície pre jednotlivé sady vlastností a taktiež poradie v ktorom sa budú zobrazovať (obr. 8.9).

看 Správce stylů		
Soubor Úpravy Zobrazit		
Image: Second stress         Image: Second stress	Obecné       Použít na       Definice         Název <ul> <li>+ Typ vozovky</li> <li>+ Trieda cesty</li> <li>+ Číslo cesty</li> <li>+ Číslo cesty</li> <li>+ Prevádzkový km</li> <li>+ Asfaltová zmes</li> <li>+ Teplota asfaltovej zmesi</li> <li>+ Minimálny obsah spojiva</li> <li>+ Zrnitosť zmesi kameniva</li> <li>+ Medzerovitosť</li> <li>+ Max. pomerná hĺbka koľaje</li> <li>+ Sklon vyjazdenej koľaje</li> <li>+ Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi</li> <li>+ Pomer pevnosti v priečnom ťahu</li> <li>+ Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. asfaltom</li> <li>+ Stekavosť</li> <li>+ Hrúbka vrstvy</li> <li>+ Minera zhutnenia</li> </ul>	Pořadí         1         2         3         4         5         6         7         8         9         10         11         12         13         14         15         16         17
		18
		19
	■+Odch. od priečneho sklonu	20
	公 Objem	21

Obr. 8.9 Definícia sady vlastností (softvér Civil 3D)

V prípade ak pracujeme s projektom/výkresom kde tieto Sady vlastností nie sú definované, nie je nutné ich vytvárať, dajú sa skopírovať zo šablóny alebo existujúceho projektu (obr. 8.10).

ာန် Správce stylů	
Soubor Úpravy Zobrazit	
D 🖻   D 🕼   D   B 💭 🖬 🖓 🖬 🗸 🛱	
Decielt dwa     Otevřít výkres     Otevře existující výkresový soubor.	

Obr. 8.10 Otvorenie súboru kde sú už Sady vlastností nadefinované (softvér Civil 3D)

Výkres sa fyzicky neotvorí, len je možné z neho všetky Definície vlastností skopírovať do otvoreného výkresu / projektu aj so všetkými definíciami (obr. 8.11).

📲 Správce stylů					
Soubor Upravy Zobrazit					
D @   D B   🖧 🦈 🚺	Qi 🖓 📰 ▾   Ci				
Projekt.dwg     Dokumentační objekty     Definice sady vlastností     Tvorba šablony.dwg		Obecné Použít na Definice Název Ta Asfaltová zmes			
Dokumentachi objekty					
1 Obrusná vrstva		Max. pomerná hlbka koľaje	2		
2_Ložná vrstva 3_Horná podkladov 4_Spodná podklado	Úpravy Nový Přejmenovat	:dzier v k pojiva	amenive vplyv. asfaltom		
5_Ochranná vrstva Corridor Shape Infc Z Data vlastností kori	Synchronizovat s projektový Ignorovat během synchroni	mi normami psť zhutn ace no sklonu	enej zmesi		
Informace o tvaru k	Aktualizovat normy z výkres Verze stylu	J sť ť			
	Kopírovat	koľaje			
	Vložit	i zmesi			
	Čistit	neniva			

Obr. 8.11 Kopírovanie Sady vlastností do projektu (softvér Civil 3D)

Pre každý typ vozovky je potrebné iné označenie, polotuhá vozovka PT, netuhá vozovka NV, vozovka na moste VM. Taktiež pre jednotlivé úseky je potrebné osobitné značenie, ak došlo k zmene skladby priečneho rezu v rámci 3D koridoru.

## 8.3.2. Extrakcia koridoru

Aby bolo možné pridávať informácie / sadu vlastností pre jednotlivé konštrukčné vrstvy, je nutné extrahovať 3D telesá koridoru. Ak je koridor v rámci projektu dokončený, je možné použiť príkaz Extrahovať telesá koridoru, ktorý sa zobrazí na páse kariet po kliknutí na koridor v modelovom priestore (obr. 8.12).



Obr. 8.12 Funkcia Extrahovať telesá koridoru (softvér Civil 3D)

Export sa vytvorí Podľa všetkých úsekov – t.z. pre celý koridor. V prvom kroku je potrebná farebná definícia jednotlivých konštrukčných vrstiev podľa tabuľky 9.9. Následne je potrebné vybrať ako šablónu názvu hladiny "Kódy", aby sa do 3D objektov preniesol presný názov zo zvolených podzostáv z ktorých je vyskladaný vzorový priečny rez (obr. 8.13).

🥂 Extrahování těles ko	ridorů							
Kódy k extrahování Data vlastností Možnosti výstupů	Koridor Koridor I v Da V Přidat oblasti						]	
	Název	Strana	Počáteční staničení	Koncové staničení	Barva	Šablon	ia názvu hladiny	
					ByLayer	📳 <[Náze	v podsestavy(CP)]>	R
	🚊 🔽 Úsek: 0.00m - 1264.35m		0.00m	1264.35m				
	🕂 🔽 Civil zostava		0.00m	1264.35m	📕 ByLayer	📲 <[Kódy		R
	<ul> <li>Jazdný pruh</li> <li>V Tvar - OHorná podkladová vrstva</li> <li>V Tvar - 1Ložná vrstva</li> <li>V Tvar - 2Obrusná vrstva</li> <li>V Tvar - 3Ochranná vrstva</li> <li>V Tvar - 4Spodná podkladová vrstva</li> <li>V Spojení - OPlanPoDren</li> </ul>	Ne			ByLayer ByLayer ByLayer ByLayer ByLayer ByLayer	<pre> &lt;[Kódy</pre>	2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

*Obr. 8.13 Definícia farebného zobrazovania a nastavenie názvov pre jednotlivé konštrukčné vrstvy (softvér Civil 3D)* 

Na ďalšej karte je možné vybrať ktoré Dáta vlastností sa majú zobrazovať (obr. 8.14).

🧸 Extrahování těles koridorů									
Kódy k extrahování	Definice sady vlastnost í koridorů								
<u>Data vlastností</u>	🖃 🗐 Definice sad vlastností	Název	Popis	Výchozí	Viditelné				
Možnosti výstupů	📄 Informace o modelu koridoru	🖬 🗸 Název Koridoru							
	🔤 Data vlastností koridoru - uživatelem definovaná	■+ PopisKoridoru			<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>				
	🔚 🔚 Informace o tvaru koridoru	<b>≣</b> ₊ NázevZákladny			<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>				
		■+ HorizontálníZákladna							
		🖫 + Vertikální Základna							
		<b>≣</b> ₊ NázevÚseku			<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>				

Obr. 8.14 Výber dát vlastností pre ďalšie zobrazovanie (softvér Civil 3D)

V poslednom kroku je možnosť výberu typu objektu – Telesa AutoCAD (v závislosti na frekvencii koridoru) a cieľa výstupu. Vyextrahované telesá je možné zobraziť priamo do projektu, aktuálneho výkresu, do iného existujúceho projektu / výkresu alebo do nového čistého výkresu / šablóny (obr 8.15).

🥂 Extrahování těles kor	idorů					
Kódy k extrahování						
Data vlastností	Výstupní typ objektu					
Možnosti výstupů	Tělesa AutoCAD (v závislosti na frekvenci koridoru)					
	Možnosti cílů výstupů					
	Ovožit do aktuálního výkresu					
	◯ Přidat do existujícího výkresu					
	○ Pňdat do nového výkresu					
	Dvnamické spojení s koridorem					
	< Předchozí Další > Extrahovat tělesa					

Obr. 8.15 Možnosti extrakcie telies koridoru (softvér Civil 3D)

Pri vložení vyextrahovaných 3D telies do aktuálneho výkresu je možné zaškrtnúť možnosť Dynamické spojenie s koridorom, čo zabezpečuje aktuálnosť týchto telies po zmene koridoru.

#### 8.3.3. Pridávanie informácií jednotlivým konštrukčným vrstvám

Extrakciou koridoru sa vytvoril 3D objekt zložený z jednotlivých prvkov – tvarov ktorým je podľa Kódu priradený názov (Šablóna názvu hladiny obr. 8.13). Po kliknutí na jeden z 3D telies sa na karte Vlastnosti (Properties) zobrazia základné informácie (obr. 8.16).



Obr. 8.16 Vlastnosti vybraného 3D telesa (softvér Civil 3D)

V tejto fáze je nutné prejsť na kartu Definície a vpísať konkrétne hodnoty pre potrebné vykonávanie kontrolých skúšok pre jednotlivé konštrukčné vrstvy vozovky (obr. 8.17) ako aj objem 3D telesa.

🕰 Správce stylů				
Soubor Úpravy Zobrazit				
▷ @   ि 6   \$   \$ \$ \$ [] \$ \$ ¶ ¶ ▼	C₿			
	Obecné Použít na Definice			
⊡ Definice sady vlastností	Název	Výchozí	Viditelný	Pořadí 🔺
1_Obrusna vrstva		polotuhá		1
2_Lozna vrstva	□+ Trieda cesty	cesta III. triedy	Image: A start and a start	2
3_Horna podkladova vrstva		III/3092		3
4_Spodná podkladová vrstva		7,421		4
5_Ochranná vrstva	□+ Asfaltová zmes	AC_30/45	<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>	5
	□+ Teplota asfaltovej zmesi	150 - 190	<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>	6
	Image: A state of the state	AC 16 O; I: Bmin 5,2	Image: A start and a start	7
		AC 16 O; I	Image: A start and a start	8
Informace o tvaru koridoru	■+ Medzerovitosť	Vmin 3,5%	Image: A start and a start	9
		PRDAIR 3,0 %	Image: A start and a start	10
		WTSAIR 0,07	Image: A start and a start	11
	Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi	Stanovuje sa v PST	Image: A start and a start	12
	Pomer pevnosti v priečnom ťahu	ITSR 80%	Image: A start and a start	13
	■+Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. asfaltom	-	Image: A start and a start	14
		Stanovuje sa v PST	Image: A start and a start	15
		155 - 195	Image: A start and a start	16
		min. 97 % (98 %)2)	<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>	17
		4 mm	Image: A start and a start	18
		4 mm	Image: A start and a start	19
	Odch. od priečneho sklonu	± 0,4 mm	<ul> <li>Image: A set of the set of the</li></ul>	20
	44 Objem			21

# Obr. 8.17 Zápis reálnych hodnôt zo skúšok vrstiev vozovky pre jednotlivé konštrukčné vrstvy (softvér Civil 3D)

Takto vyplnené dáta je možné pridávať jednotlivým 3D telesám – konštrukčným vrstvám. Po kliknutí na konštrukčnú vrstvu sa na karte Vlastnosti treba prepnúť do záložky Rozšírené dáta (obr. 8.18).

×	_								
je,	3	D těl	eso		- 1	- <del>ф</del> -	-4	ę	
×	l	DOK	UMENTACE				+		
	5	SAD)	VLASTNOSTÍ				-		
		nfor	mace o modelu koride	oru			+		
	1	nfor	mace o tvaru koridor	u			-		
		Na	ázevKódu		Ložná vrstva				
		St	rana					Zobi	
	4	s Vo	olume		316.07				
PROPERTIES			2					Třída objektu Rozšířená data	
即			X						

*Obr. 8.18 Záložka Rozšírené dáta na karte Vlastnosti / Properties (softvér Civil 3D)* 

Cez príkaz Pridať sady vlastností treba vybrať pre konkrétnu konštrukčnú vrstvu prislúchajúce vlastnosti, ako napríklad pre Ložnú vrstvu je pridaná sada vlastností s rovnakým názvom (obr. 8.19).



Obr. 8.19 Pridávanie sady vlastností na karte Vlastnosti (softvér Civil 3D)

Týmto spôsobom je možné priradiť akékoľvek potrebné informácie ku každej konštrukčnej vrstve. Cez príkaz Odstrániť sady vlastností je zas možné odobrať nepotrebné alebo nesprávne priradené informácie (obr. 8.20).

	těleso	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
D	DKUMENTACE	+	
S/	ADY VLASTNOSTÍ	-	
2_	Ložná vrstva	-	
	Typ vozovky	polotuhá	
	Trieda cesty	cesta III. triedy	
	Číslo cesty	III/3092	
	Prevádzkový km	7,421	
	Asfaltová zmes	AC_30/45	
	Teplota asfaltovej zmesi	150 - 190	
	Minimálny obsah spojiva	AC 16 O; I: Bmin 5,2	
	Zrnitosť zmesi kameniva	AC 16 O; I	
	Medzerovitosť	Vmin 3,5%	
	Max. pomerná hĺbka koľaje	PRDAIR 3,0 %	
	Sklon vyjazdenej koľaje	WTSAIR 0,07	
	Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi	Stanovuje sa v PST	
	Pomer pevnosti v priečnom ťahu	ITSR 80%	
	Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. asfaltom		
	Stekavosť	Stanovuje sa v PST	
	Hrúbka vrstvy	155 - 195	
	Miera zhutnenia	min. 97 % (98 %)2)	
	Pozdĺžna nerovnosť	4 mm	
	Priečna nerovnosť	4 mm	
	Odch. od priečneho sklonu	± 0,4 mm	
4	Objem	316.07	

Obr. 8.20 Zobrazenie a prípadné odstránenie sady vlastností na karte Vlastnosti (softvér Civil 3D)

#### 8.3.4. Inžinierske siete, podzemné/nadzemné vedenia

Inžinierske siete je možné do 3D zachytiť niekoľkými spôsobmi. Najjednoduchší je pomocou AutoCAD 3D krivky, prípadne je možné vytvoriť z 2D podkladov jednotlivých profesií 3D čiary formou Civil Návrhových línií, ktoré preberú geometriu z nakreslenej 2D AutoCAD krivky a ručne sa im zadá výška podľa výškopisu uvedeného pri navrhovaných sieťach. To znamená že tvorba 3D dát z 2D podkladu nie je nijak inak len časovo náročné. Takto pripravené 3D čiary je možné ďalej použiť pre tvorbu Civil 3D potrubí, ktorým je možné nadefinovať akýkoľvek tvar a materiál, čím sa dostávame k tomu, že týmto spôsobom je možné vytvoriť 3D kanalizačné potrubia, káblové zväzky, optické káble, vodu, plyn, prípadne aj nadzemné vedenia a pod. (obr. 8.21).

🥂 Vytvořit potrubní síť z objektu 🛛 🗙
Název sítě:
káblový zväzok AA
Popis sítě:
Seznam součástí sítě:
😭 Standard 🗸 🗸 🗸
Potrubí, které se má vytvořit:
75 Plastové potrubí v milimetrech ~
Stavební objekt, který se má vytvořit:
Prázdný stavební objekt 🗸
Hladiny
Název povrchu:
🖉 P 🗸 🖳
Název trasy:
🗅 A 🗸 🗸
Smazat existující entitu ✓ Použít výšky vrcholů
Reference výšky vrcholu
○ Vnější vrch
O Vrchol potrubí
Osa potrubí
O Dno potrubí
○ Vnější spodek

*Obr.* 8.21 Možnosť tvorby potrubia z 3D čiary/Návrhovej línie (softvér Civil 3D)

Takto vytvorené 3D siete je možné jednoducho kontrolovať či niekde nedochádza medzi nimi ku kolízii. To je možné priamo v softvéri Civil 3D ako aj v softvéri Navisworks, ktorý dokáže priamo tieto entity načítať so všetkými priloženými informáciami, vďaka čomu je možné kontrolovať kolízie nielen medzi novo navrhovanými a existujúcimi potrubnými sieťami ale aj inými objektami stavby ako cestný koridor, revízne šachty, káblové zväzky, pilóty, základy a pod. (obr. 8.22).



Obr. 8.22 Zobrazenie a analýza existujúcich a navrhovaných sietí (softvér Civil 3D)

To znamená že všetky navrhované inžinierske siete je možné definovať 3D geometriou, najjednoduchšou formou je Civil 3D Návrhová línia, ktorá oproti AutoCAD 3D krivke môže byť umiestnená v konkrétnej skupine a mať svoj vlastný špecifický názov a štýl zobrazenia v 2D aj 3D. Vďaka tomu je možné jednotlivé siete rozlíšiť a vyhľadať a to nie len v Civil 3D ale aj v softvéri Navisworks (obr. 8.23).

🕂 Vytvořit linie zemního tělesa
Staveniště:
🚮 Inžinierske siete
✓ Název
Plyn_vetva C
⊠ Styl
† IS - Plyn - STREDNOTLAKOVÉ ∨

Obr. 8.23 Tvorba a vstupy pre Civil 3D Návrhovú líniu (softvér Civil 3D)

Pre presné zachytenie objemu vedenia alebo siete je vhodné použiť nástroje pre tvorbu Civil 3D potrubnej siete, ktorá bude predstavovať konkrétne vedenie definované tvarom, objemom a polohou v projekte. Ak sa v ponuke katalógu nenachádza požadovaný tvar alebo rozmery (kapitola 6.2.8. Návrh potrubných sietí), je možné si ich jednoducho doplniť pomocou nástroja Generátor súčastí. Vďaka týmto nástrojom je možné nadefinovať akýkoľvek tvar siete v priečnom reze, prípadne aj revízne šachty, vodojemy a pod.

Pre každú sieť je možné vytvoriť samostatný adresár, kde sa budú nachádzať všetky siete jedného druhu, čím sa dosiahne maximálny prehľad o vytvorených 3D inžinierskych vedeniach (obr. 8.24).

📆 Potrubní sítě
🖹 📆 Sítě
🛅 🛛 Dažďová kanalizácia
🛅 ELI
Káblové zväzky
···· 🛅 Kanál
🛅 🛛 Optika
🛅 Plyn
🔁 Voda
👷 💥 Kontroly interferencí
III Tlakové sítě

Obr. 8.24 Možnosti pre tvorbu 3D inžinierskych sietí (softvér Civil 3D)

Ďalšie potrebné informácie ako druh siete, potrubia, priemer potrubia a i. je možné pridávať k jednotlivým objektom (potrubiam, šachtám, káblovým zväzkom a i.) rovnakým spôsobom cez Sadu vlastností ako je popísané v kapitole 8.3.3 podľa tabuľky 9.10. Pre jednotlivé definície je potrebné zaškrtnúť objekty 2D / 3D krivka, Armatúra, Návrhová línia, Potrubná tvarovka, Stavebný objekt, Trubka (obr. 8.25).



Obr. 8.25 Definícia prvkov pre popis inžinierskych sietí (softvér Civil 3D)

Týmto spôsobom môže byť dostatočne popísaná aj 3D AutoCAD čiara pre jej ďalšie zobrazenie a analýzy spolu s ďalšími 3D telesami (obr. 8.26). Stačí teda vytvoriť 3D čiaru, ktorej geometria je pod/nad úrovňou terénu, zobraziť ju vhodným štýlom a pridať popis ktorý danú sieť charakterizuje (ak by sa napr. jednalo o káblové zväzky s obdĺžnikovým priemerom, tak sa miesto definície priemer potrubia použije tvar vedenia: obdĺžnik s rozmermi šírka x výška).



Obr. 8.26 Príklad popisu inžinierskych sietí (softvér Civil 3D)

Takto vytvorené 3D siete sa jednoducho pripoja do projektu v softvéri Navisworks a po kliknutí na akúkoľvek časť máme k dispozícii všetky dostupné informácie nielen o geometrii a rozmeroch, ale aj o tom o akú sieť sa jedná, kto je výrobca, dodávateľ a pod. (obr. 8.27).



*Obr.* 8.27 Zobrazenie 3D inžinierskych sietí a iných objektov stavby (softvér Navisworks)

Takto pripravené podklady umožňujú kontrolu kolízií, ktorá dokáže odhaliť všetky interferencie v projekte medzi jednotlivými objektami stavby. Pokiaľ sú siete definované ako 3D čiary s informáciami, tak pri analýze je možné zadať ochranné pásmo v okolí tohto objektu, ktoré bude definované na základe reálnych rozmerov vedenia. Tým je možné predísť možným komplikáciám a hlavne zdržiavaniam počas samotnej realizácie projektu. Chyba sa takto odhalí už pri projektovaní, takže sa riešenie prípadnej kolízie vyrieši práve ešte počas projekčnej fázy a nie už počas stavebných prác.

#### 8.3.5. Odovzdávanie 3D modelov objektov pozemných stavieb ako súčasť líniových stavieb

V oblasti pozemných stavieb sú možnosti tvorby a odovzdávania 3D modelov s množstvom príslušných dát na vyššej úrovni, nakoľko sa táto oblasť začala rozvíjať podstatne skôr a napomáha tomu aj rýchlejší vývoj softvérových riešení v tejto oblasti.

V konečnom výsledku by mali byť spolu všetky príslušné časti projektu ako sú líniové stavby, kanalizačné, telekomunikačné a elektrické vedenia ako aj prislúchajúce technické zariadenia a budovy (obr. 8.28).



*Obr. 8.28 Komplexný 3D model budovy vytvorený – budova dočasného strediska správy a údržby (softvér Revit)* 

Komplexný 3D model budovy neslúži len pre projekčnú a realizačnú fázu projektu ale je nenahraditeľnou súčasťou moderného systému správy budov (Facility management). Je to

umožnené tým, že model je vyskladaný zo všetkých reálnych stavebných prvkov od stien, podláh, strešného systému po okná, dvere, vykurovacie telesá, elektrické vedenia, vzducho-technika a pod.

Od úrovne detailov potom závisí, čo všetko sa do modelu vloží, možné je vložiť a následne vykázať nielen vybavenie miestností ako stoly, stoličky skrine ale aj vypínače, kľučky, hasiace prístroje a pod. Veľkou výhodou takéhoto komplexného 3D modelu so všetkým reálnym vybavením spočíva v možnosti okamžitých výkazov, ktoré môžu byť prepojené s databázou prípadne priamo môžu obsahovať informácie typu ako typ zariadenia, dodávateľ, cena, doba exspirácie, dátum poslednej kontroly/výmeny a pod. (obr. 8.29).

<ul> <li>Legenda miestností</li> <li>Legenda miestností '</li> <li>Vykaz Okien</li> <li>Vykaz Stien</li> <li>Výkaz Dveri</li> <li>Zoznam vykresov</li> </ul>	1.NP 01.0 01.0 01.0 01.0 01.0	<ul> <li>01.02 - Pôdorys základov a rez BB</li> <li>01.03 - Pôdorys 1.NP</li> <li>01.04 - Pôdorys strechy</li> <li>01.05 - Rez AA</li> <li>01.06 - Pohľady</li> </ul>			Legenda materiálov M 1_50 Legenda materiálov M 1_100 Legenda materiálov rez Legenda pohladov M 1_50 Legenda pohladov M 1_100 Legenda skladby podláh M 1_50 Legenda skladby podláh M 1_100 Ukazka velkosti textu Ukazky siete M 1_200					
Α	B	С	D	E	F	G	H	I	J	K
Názov	Family	Тур	Roz Šírka	mery Výška		Poschodie	Pocet	Typ okna	Typ vnut. par.	Typ vonk. par.
Jednokrídlové okno	Okno 1K	600x600	600	600			2	11	P 01	K 01
Jednokrídlové okno	Okno 1K	900x1200	900	1200	800	1.NP	1	21	P 01	K 01
Dvojkrídlové okno	Okno 2K	1800x1200	1800	1200	800	1.NP	6	20	P 02	K 02

Obr. 8.29 Náhľad na výkaz okien vytvorený (softvér Revit)

Vďaka tomuto prehľadnému digitálnemu systému je možné jednoducho kontrolovať aký je stav budovy a plánovať budúce investície do jej správy.

## 8.4. Prezeranie a zdieľanie 3D modelu s informáciami

Vzhľadom na dostupné moderné technológie, je možné si 3D modely projektu prezrieť hocikedy, hocikde a na akomkoľvek zariadení od PC, laptopu, tabletu až po smartfón. Umožňuje to buď zdieľanie projektu na serveri prípadne na cloudových službách. Tento spôsob zdieľania umožňuje nastaviť prístupy pre konkrétne zainteresované osoby ako aj úroveň oprávnení pre prezeranie, pripomienkovanie a upravovanie projektu prípadne jeho častí. Tento spôsob zdieľania umožňuje prezerať si jeden model viacerým ľuďom naraz či už v kancelárii alebo priamo na stavbe, pričom je možné model pripomienkovať a v reálnom čase sa táto poznámka zobrazí všetkým na ich zariadeniach na konkrétnej časti 3D modelu.

#### 8.4.1. Civil 3D

V softvéri Civil 3D je možné prezerať si 3D model viacerými spôsobmi, buď priamo v modelovom priestore pomocou sady nástrojov v záložke Zobraziť alebo v novom okne Prehliadača objektov. Po vhodnom natočení pohľadu na 3D model koridoru je možné vidieť všetky konštrukčné vrstvy vozovky a vyberať kurzorom konkrétne 3D teleso (vrstvu). Všetky informácie ohľadne 3D telesa / konštrukčnej vrstvy je možné zobraziť na karte Vlastnosti (Properties) (obr. 8.30).



*Obr. 8.30 Prezeranie 3D telies vyextrahovaných z Civil 3D koridoru (softvér Civil 3D)* 

Najprehľadnejší spôsob je však priamo otvoriť kartu Správca štýlov cez príkaz Definovať sadu vlastností (Obr. 8.3).

Všetky informácie pridané k jednotlivým prvkom – konštrukčným vrstvám je možné spätne zobraziť priamo do výkresu vo forme tabuľky, prípadne vyexportovať do textových editorov ako Word a Excel.

Možné je taktiež vytvoriť dátové prepojenie medzi dátami v projekte Civil 3D a dátami v Excel tabuľkovom editore.

Cez príkaz \_AECSCHEDULEADD je možné vytvoriť tabuľku priamo do výkresového priestoru, ktorú je možné následne vyexportovať do externého tabuľkového editoru Excel.

#### 8.4.2. Navisworks

Navisworks otvorí celý projekt uložený v súbore DWG. Softvér dokáže rozlíšiť všetky entity, podstatné sú však najmä všetky 3D prvky ako body, mračná bodov, vrstevnice, povrchy, návrhové línie (Civil 3D čiary). Najvhodnejší je však vyššie spomínaný formát v podobe 3D telies ku ktorým sú pripojené informácie. V prostredí Navisworks je možné sa natočiť a priblížiť akýkoľvek objekt podľa potreby, pričom sú k dispozícii prehľadové tabuľ-ky, kde sú všetky entity v otvorenom alebo pripojenom súbore (obr. 8.31).



Obr. 8.31 Zobrazenie konštrukčných vrstiev vozovky (softvér Navisworks)

Na karte Vlastnosti (Properties) je možné prezerať všetky parametre 3D telesa ako aj vlastnosti, ktoré boli zadefinované v Civil 3D pre jednotlivé konštrukčné vrstvy (obr. 8.32).



Obr. 8.32 Zobrazenie vlastností vybranej konštrukčnej vrstvy vozovky (softvér Navisworks)

Všetky informácie pridané k jednotlivým prvkom je možné spätne zobraziť prípadne vyexportovať do textových alebo tabuľkových zápisov a z karty Properties cez príkaz skopírovať (Copy all) a vložiť do textových editorov ako Word a Excel (obr. 8.33).

Properties	
Item Material Entity Handle TimeLiner 2_Ložná	vrstva
Property	Value
Objem	316.074
Asfaltová zmes	AC_30/45
Teplota asfaltovej zmesi	150 - 190
Minimálny obsah spojiva	AC 16 O; I: Bmin 5,2
Zmitosť zmesi kameniva	AC 16 O; I
Medzerovitost'	Vmin 3,5%
Max. pomerná hĺbka koľaje	PRDAIR 3,0 %
Sklon vyjazdenej koľaje	WTSAIR 0,07
Objemová hmotnosť zhutnenej zmesi	Stanovuje sa v PST
Pomer pevnosti v priečnom t'ahu	ITSR 80%
Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. asfaltom	-
Stekavosť	Stanovuje sa v PST
Hrúbka vrstvy	155 - 195
Miera zhutnenia	min. 97 % (98 %)2)
Pozdĺžna nerovnosť	4 mm
Priečna nerovnosť	4 mm
Udch. od precneho sklonu	± 0,4 mm
Triada anato	polotuna
Číde cesty	cesta III. triedy
Provádzková km	7 /21
	7,421
Copy All	
Edit Links	
Add New User Data	Tab

Obr. 8.33 Kopírovanie dát z Navisworks do textového editoru

Na takto pripravenom podklade v softvéri Navisworks je následne možné zisťovať rôzne analýzy, väzby medzi objektami, po vložení všetkých 3D objektov stavby je možné skontrolovať medzi nimi prípadné kolízie, dodržanie minimálnych rozostupov a podobne. Softvér umožňuje vytvárať podrobné harmonogramy výstavby a tým aj simuláciu celej stavby, porovnávať naplánovaný harmonogram so skutkovým stavom. Do jednotlivých časových úsekov je možné postupne vkladať jednotlivé konštrukčné vrstvy vozovky (vyextrahované 3D telesá z Civil 3D koridoru), ktoré sa postupne budú zobrazovať na povrchu pláne v prebiehajúcom čase (obr. 8.34).



Obr. 8.34 Možnosť zobrazenia časového plánu výstavby (softvér Navisworks)

Na základe presných objemov jednotlivých konštrukčných vrstiev je možné vytvoriť nielen časový harmonogram výstavby ale doplniť ho aj o finančné plnenie v čase výstavby.

#### 8.4.3. A360 a iné vol'ne dostupné webové prehliadače

Autodesk 360 je webová aplikácia, ktorá umožňuje zdieľať projekty cez web bez nutnosti vlastniť a mať nainštalovaný akýkoľvek softvér. Civil 3D projekt s popísanými 3D telesami predstavujúcimi konštrukčné vrstvy vozovky je potrebné otvoriť v softvéri navisworks, v ktorom sa projekt uloží čím sa vytvorí NWC súbor. Tento súbor sa uloží na webové úložisko A360. A360 umožňuje zadávať kontakty ktorým príde link na prezeranie takto uloženého súboru. Nakoľko sa jedná o súbor Navisworks, A360 umožňuje zobrazovať nielen základné informácie o geometrii ale aj všetky zadané dáta pripojené k prislúchajúcej vrstve (obr. 8.35).

POHLED: (1)	3D	SOLID	×
3D_solid.nwc		tem	
	► 1	informace o tvaru	koridoru
	4 2	2_Ložná vrstva	
C3D_NavrhLinie-3D		Objem	316
Horná podkladová vrstva		Asfaltová zmes	AC_30/45
<ul> <li>K1_Povrch</li> <li>K2_Povrch</li> </ul>		Teplota asfaltovej zmesi	150 - 190
▶ Ložná vrstva		Minimálny obsah spojiva	AC 16 O; I: Bmin 5,2
<ul> <li>Obrusná vrstva</li> <li>Ochranná vrstva</li> </ul>		Zrnitosť zmesi kameniva	AC 16 O; I
PlanPoDren		Medzerovitosť	Vmin 3,5%
► S_Povrch		Max. pomerná hĺbka koľaje	PRDAIR 3,0 %
▶ SK		Sklon vyjazdenej koľaje	WTSAIR 0,07
		Obiemová	
▶ Trativod ▶ Zemná krajnica		hmotnosť zhutnenej zmesi	Stanovuje sa v PST
▶ Pohledy		Pomer pevnosti v priečnom ťahu	ITSR 80%

Obr. 8.35 Prehliadanie 3D koridoru pomocou webovej aplikácie A360

Na prehliadanie 3D modelov nie je nutné vlastniť konkrétny softvér, v ktorom bol model vytvorený, ale stačí mať nainštalované voľne dostupné prehliadače ako napr. DWG true view, Trimble Connect, Bentley View alebo Navisworks freedom.

Cloudové služby, ktoré sa momentálne vyvíjajú závratným tempom, umožňujú prehliadať 3D modely v akomkoľvek zariadení len vo webovom prehliadači.

# 9. PRÍKLAD MOŽNOSTI BIM APLIKACIE V ETAPE PROJEKTOVANIA V CESTNOM HOSPODÁRSTVE NA SLOVENSKU – "PILOTNÝ PRO-JEKT"

Projekty sa v súčasnosti odovzdávajú formou papierovej dokumentácie. Tá samozrejme je a bude dôležitou súčasťou odovzdávania projektu. Časom sa pravdepodobne nájdu alternatívne spôsoby, hlavne vzhľadom na šetrenie prírodných zdrojov. Aj keď papierová forma nebude tak skoro úplne nahradená, súčasťou odovzdávania projektu by mohol byť a časom určite bude komplexný 3D model nesúci všetky podstatné informácie.

Výhod je mnoho, nevýhodou je v niektorých prípadoch vysoká náročnosť projektu na vyhotovenie kompletného 3D modelu. To sa však určite v blízkej budúcnosti zmení, softvérové firmy neustále hľadajú nové nástroje pre jednoduchšie 3D projektovanie a zdieľanie dát.

Výhodou 3D projektu je možnosť využívať 3D model nielen pre samotný návrh, optimalizáciu a jednoduchšiu komunikáciu so všetkými zainteresovanými stranami, pre lepšie a objektívnejšie posúdenie návrhov vo výberových konaniach, ale aj pre samotnú výstavbu diela, jeho správu počas celej životnosti, až po jeho demoláciu.

Hlavnou výhodou je aplikácia existujúcich časti technických predpisov rezortu [14], ktoré, je potrebné dodržiavať pri investície. Tieto vstupy v konečnom dôsledku predstavujú vstupy a informácie pre kvalitné vykonávanie systému hospodárenia s vozovkou a eliminujú "zdvojené práce", dodatočného zisťovania vlastností materiálov - osoba zodpovedná za správu, verzus platné predpisy a existujúca projektová dokumentácia.

Do komplexného systému BIM vstupuje množstvo rôznych prvkov, avšak príklad sa zaoberá iba nepatrnou časťou, ovplyvňujúcou hlavný výstup diela, a to z hľadiska jeho kvality na základe technických predpisov rezortu s nadväznosťou na systém hospodárenia s vozovkami (pozn. aut., potrebné rozšíriť o mostné objekty a súčasti cestnej siete atď.).

Nasledovná časť je postavená v zmysle cieľov rezortných rozborových úloh, t.j. vedomosti praxe, inovatívnych prístupov a existujúcej legislatívy bez zvýšenia celkových nákladov, t.j. zníženia nákladov na prípravu kontrolno-skúšobných plánov a zníženia "byrokracie" možného prístupu pre kontrolou kvality inžinierskych diel - ciest, ale zvýšením nákladov na prípravu projektov, kde implementácia vlastnosti materiálov bude priamo definovaná projektom v 3D modely pre jednotlivé konštrukčné vrstvy vozovky (pozn. aut., toto je realizovateľný príklad – potrebné zvážiť). Obr. 3.4. definuje náklady, avšak autor nevie definovať zvýšenie nákladov na prípravu, keďže sám má skúsenosti , že projekty spracováva v 3D podľa charakteristík BIM, avšak bez definovania špecifík BIM modelu.

#### 9.1. Forma odovzdaného projektu

Pre maximálne využitie výmeny 3D dát a informácií o stavebných objektoch, ako aj pre prehľadnosť projektu bude veľkým prínosom odovzdávánie v digitálnej podobe s možnosťou nasledovnej mustry, ktorá vychádza z praxe pre 3D pojektovanie. Táto mustra rešpektuje doterajší stav a doplňuje ho o digitálne zdielania všetkých potrebných informácií:

1. Digitálne 2D dáta tak, ako je to momentálne zaužívané, to znamená výkresy s prehľadnou a podrobnou situáciou, pozdĺžnymi, vzorovými a priečnymi rezmi, vytyčovací a výkaz-výmer a to všetko v osobitných výkresoch.

2. Digitálne 3D dáta, projekt odovzdaný vo formáte softvéru v ktorom bol vypracovaný, ako aj verzia obsahujúca 3D telesá s informáciami o jednotlivých konštrukčných vrstvách podľa tabuliek v kapitole 9.2.

Navrhované inžinierske, ako aj zamerané existujúce siete, ktoré sú minimálne definované ako 3D čiary s popisom a základnými informáciami, prípadne ako 3D telesá presne definované rozmerovo a priestorovo.

Všetky dostupné 3D objekty ako základy, pilóty, priepusty, mostné objekty, objekty pozemných stavieb a pod.

Projekt musí byť korektne umiestnený v súradnicovom systéme S-JTSK, čím sa zabezpečí presná poloha dát v rámci väčšieho informačného celku.

3. IFC výmenný formát s prílohami a externými referenciami, pred exportom musí byť projekt umiestnený v súradnicovom systéme S-JTSK so všetkými objektami a informáciami z bodu 2.

Už podklady z bodu 2 sú použiteľné pre prezeranie či už vo voľne dostupných prehliadačoch, prípadne koncepčných alebo analytických softvéroch. Formát IFC je vhodný pre spoločné dátové prostredia (CDE), ktoré bude nutné presne špecifikovať, ako presne má takéto prostredie, ktoré má byť jediným zdrojom informácií pre projekt slúžiaci na zhromažďovanie, správu a šírenie dokumentácie, grafického modelu a negrafických údajov pre celý tím projektu (všetky informácie o projekte, či už vytvorené v prostredí BIM alebo v bežnom formáte) vyzerať. Vytvorenie tohto jediného zdroja informácií uľahčuje spoluprácu medzi členmi projektového tímu a pomáha zabrániť duplicite a chybám.

#### 9.2. Tabuľky – definície pre konkrétne stavebné prvky

Defi	nícia pre všetky typy vozviek a ich vrstvy:
1.	Typ vozovky
2.	Trieda cesty
3.	Číslo cesty
4.	Prevádzkový km

#### Tabuľka 9.1 Údaje pre všetky typy vozoviek

Pre	obrusnú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky:
5.	Asfaltová zmes
6.	Druh asfaltového spojiva
7.	Teplota asfaltovej zmesi
8.	Minimálny obsah spojiva
9.	Zrnitosť kameniva
10.	Medzerovitosť
11.	Maximálna pomerná hĺbka koľaje
12.	Sklon vyjazdenej koľaje
13.	Objemová hmotnosť zhut. Zmesi
14.	Pomer pev. v priečnom ťahu
15.	Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. Asfaltom
16.	Odtokovosť
17.	Hrúbka vrstvy
18.	Miera zhutnenia
19.	Pozdĺžna nerovnosť
20.	Priečna nerovnosť

21.	Odchýlka od priečneho sklonu
22.	Objem

# Tabuľka 9.2 Údaje pre obrusnú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky

Pre	ložnú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky:
5.	Asfaltová zmes
6.	Druh asfaltového spojiva
7.	Teplota asfaltovej zmesi
8.	Minimálny obsah spojiva
9.	Zrnitosť kameniva
10.	Medzerovitosť
11.	Maximálna pomerná hĺbka koľaje
12.	Sklon vyjazdenej koľaje
13.	Objemová hmotnosť zhut. Zmesi
14.	Pomer pev. v priečnom ťahu
15.	Maximálna pomerná hĺbka koľaje
16.	Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. Asfaltom
17.	Miera zhutnenia
18.	Pozdĺžna nerovnosť
19.	Priečna nerovnosť
20.	Odchýlka od priečneho sklonu
21.	Objem

Tabuľka 9.3 Údaje pre ložnú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky

Pre	hornú podkladovú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky:
5.	Asfaltová zmes
6.	Druh asfaltového spojiva
7.	Teplota asfaltovej zmesi
8.	Minimálny obsah spojiva
9.	Zrnitosť zmesi kameniva
10.	Medzerovitosť
11.	Maximálna pomerná hĺbka koľaje
12.	Sklon vyjazdenej koľaje
13.	Objemová hmotnosť zhut. Zmesi
14.	Pomer pev. v priečnom ťahu
15.	Maximálna pomerná hĺbka koľaje
16.	Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. Asfaltom
17.	Miera zhutnenia
18.	Pozdĺžna nerovnosť
19.	Priečna nerovnosť
20.	Odchýlka od priečneho sklonu
21.	Hrúbka vrstvy
22.	Objem

Tabuľka 9.4 Údaje pre hornú podkladovú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky

Pre	spodnú podkladovú vrstvu polotuhej vozovky:
5.	Pevnosť v tlaku
6.	Vlhkosť zmesi
7.	Zrnitosť kameniva
8.	Miera zhutnenia
9.	Hrúbka vrstvy
10.	Nerovnosť povrchu pozdĺžna
11.	Nerovnosť povrchu priečna
12.	Odchýlka od priečneho sklonu
13.	Celistvosť povrchu
14.	Obiem

Tabuľka 9.5 Údaje pre spodnú podkladovú vrstvu polotuhej vozovky

Pre	spodnú podkladovú vrstvu netuhej vozovky:
5.	Únosnosť vrstvy
6.	Vlhkosť zmesi
7.	Zrnitosť kameniva
8.	Miera zhutnenia
9.	Hrúbka vrstvy
10.	Nerovnosť povrchu pozdĺžna
11.	Nerovnosť povrchu priečna
12.	Odchýlka od priečneho sklonu
13.	Celistvosť povrchu
14.	Objem

# Tabuľka 9.6 Údaje pre spodnú podkladovú vrstvu netuhej vozovky

Pre	ochrannú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky:
5.	Miera zhutnenia
6.	Únosnosť vrstvy
7.	Hrúbka vrstvy
8.	Nerovnosť povrchu pozdĺžna
9.	Nerovnosť povrchu priečna
10.	Odchýlka od priečneho sklonu
11.	Celistvosť povrchu
12.	Objem

Tabuľka 9.7 Údaje pre ochrannú vrstvu polotuhej a netuhej vozovky

Pre obrusnú vrstvu konštrukcie vozovky na moste:		
5.	Asfaltová zmes	
6.	Druh asfaltového spojiva	
7.	Teplota asfaltovej zmesi	
8.	Minimálny obsah spojiva	
9.	Medzerovitosť	
10.	Max. % stečeného spojiva	
11.	Min. a max. % medzier v kamenive vplyv. asfaltom	
12.	Maximálna pomerná hĺblka koľaje (%)	
13.	Maximálny sklon vyjazdenej koľaje	
14.	Pomer pev. v priečnom ťahu	
15.	Najväčšie zatlačenie (mm)	
16.	Najmenšie zatlačenie (mm)	
17.	Najväčší prírastok čísla tvrdosti po 30 min.	
18.	Objem	

# Tabuľka 9.8 Údaje pre obrusnú vrstvu konštrukcie vozovky na moste

Pre základnú vrstvu konštrukcie vozovky na moste:		
5.	Asfaltová zmes	
6.	Druh asfaltového spojiva	
7.	Teplota asfaltovej zmesi	
8.	Minimálny obsah spojiva	
9.	Medzerovitosť	
10.	Maximálna pomerná hĺblka koľaje (%)	
11.	Maximálny sklon vyjazdenej koľaje	
12.	Pomer pev. v priečnom ťahu (citlivosť na vodu)	
13.	Hrúbka vrstvy	
14.	Objem	

Tabuľka 9.8 Údaje pre základnú vrstvu konštrukcie vozovky na moste

Farebná definícia 3D telies predstavujúcich konštrukčné vrstvy vozovky:					
Vrstva Kód farby RGB		В	Farba		
Obrusná	0	0	255		
Ložná	0	255	255		
Horná podkladová	45	45	45		
Spodná podkladová	137	137	137		
Ochranná	0	255	0		
Zemná krajnica	163	41	0		
Drenáž	255	127	0		

Tabul'ka 9.9 Nastavenie farieb pre zobrazenie 3D telies koridoru

Popis inžinierskych sietí:		
1.	Typ inžinierskej siete	
2.	Typ potrubia	
3.	Priemer potrubia/Tvar potrubia (šírka x výška)	

Tabuľka 9.10 Údaje pre inžinierske siete

# 10. ZÁVER

Ak bude k dispozícii okrem papierovej 2D dokumentácie aj 3D model projektu, je možné urýchliť správne porozumenie celého návrhu a všetkých jeho nadväzností, možnosť dôkladného prezretia si komplikovaných detailov a okolitých súvisiacich stavebných objektov v 3D prehliadači. Tým pádom nebude nutné konzultovať množstvo nezrozumiteľných prípadov ako keď je dispozícii len 2D papierová dokumentácia, čím sa urýchlia jednotlivé rozhodovacie procesy.

Veľkým prínosom je aj ďalšie využitie 3D dát projektu. V rámci správy zhotoveného diela (cestného úseku s prislúchajúcimi sieťami a budovami) je možné využívať dáta a informácie pre údržbu, pre kontrolu kolízií s novými projektami inžinierskych sietí, líniových stavieb, pozemných stavieb a pod. Vďaka pripojeným informáciám z tabuliek v kapitole 9.2 má každý, kto si prezerá model, či už v softvéroch na to určených alebo voľne dostupných webových prehliadačoch úplný prehľad čo sa kde presne nachádza, nepotrebuje nič dodatočne hľadať v priloženej papierovej dokumentácii. Informácie je možné editovať a dopĺňať o nové, aktuálne dáta. Model tak bude stále aktualizovaný a dopĺňaný o ďalšie súvisiace objekty, alebo naopak, bude použitý pre potreby analýzy a kontrolu kolízií s inými projektami.

Výhodou je taktiež možnosť zdieľania 3D dát s informáciami s ľubovoľným množstvom zainteresovaných strán (dotknutými pracovníkmi) v rovnakom čase bez potreby vlastniť konkrétne softvérové vybavenie, stačí webový prehliadač, čím je možne dosiahnuť úsporu vo verejných zdrojov (ľudské aj finančné).

Podstatný význam je vo využití BIM dát počas celého životného cyklu stavby, pričom najdlhší časový rozsah predstavuje správa stavebných úsekov a prvkov, čím sa zabezpečia úspory pri ich údržbe. Preto je potrebné podrobne sa zaoberať všetkými podstatnými prvkami a časťami spojených s cestnou infraštruktúrou ako sú mostné objekty, telekomunikačné a monitorovacie zariadenia, svetelná signalizácia, odpočívadlá a parkovacie plochy, protihlukové bariéry a pod. Na základe tohto je potrebné vytvoriť skupinu, z ktorej členovia budú pochádzať zo všetkých sfér, či už projektantskej, realizačnej alebo prevádzkovej, pre jasné zadefinovanie vlastností a informácií, čo priamo súvisí s pojmom LOD (Level of Detail, ktoré prvky sa budú popisovať a v akom rozsahu) a ktoré je potrebné sledovať z hľadiska prevádzky a údržby diela. Na základe toho vznikne dokument, v ktorom budú zadefinované všetky prvky dopravnej infraštruktúry, ktoré je potrebné popísať v konkrétnom rozsahu, aby malo použitie týchto informácií zmysel z hľadiska prevádzky a údržby.

Vzhľadom na rýchly softvérový rozvoj sa treba okamžite začať hlbšie zaoberať a začať diskusiu so všetkými zainteresovanými stranami, akým spôsobom sa budú projekty odovzdávať, aké informácie sa majú pridať k jednotlivým kľúčovým prvkom projektu, aký rozsah a úroveň detailov má byť použitá, aká má byť farebná a grafická forma pre odovzdávaní BIM projektu, prispôsobenie terminológie, ako aj postupné obmedzenia v odovzdávaní papierovej formy projektu.

Záverom je možné konštatovať, že jednou zo stratégií ako začať je, že budú vybrané pilotné projekty, na ktorých by sa tieto potreby a návrhy zapracovali spolu s BIM Execution Plan (vykonávací plán pre BIM), ktorý bude zadefinovaný ako plán pripravený v spolupráci zo správcami prípadne dodávateľmi a bude vysvetľovať, ako majú byť vykonané všetky aspekty modelu s informáciami v projekte. Po analýze týchto dát naprieč celým spektrom spoločnosti od projekčných firiem, cez dotknuté orgány, až po správcovské spoločnosti, by tak mohli byť nastavené parametre a odporúčania, ktoré je potrebné premietnuť do podporných normalizačných dokumentov na Slovensku. Táto prvá etapa nám poukazuje na rozsiahlu a zložitú problematiku a máme za to, že výhody na ktoré sme poukázali aj napriek dlhodobej implementácií v praxi je potrebné rozvíjať.

# 11. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

[1] Ročenka slovenského stavebníctva 2017 - Ministerstvo dopravy

[2] Internetová stránka Autodesk, www.autodesk.com

[3] Internetová stránka Bentley, www.bentley.com

[4] www.synergies-architects.sk/--5-27-bim-projektovanie

[5] https://www.designingbuildings.co.uk/wiki

[6] BIM - the Next Step in the Construction of Civil Structures, TRITA-BKN. Master Thesis

297 Structural Design and Bridges, 2010 ISSN 1103-4297 ISRN KTH/BKN/EX-297-SE, Andreas Winberg, Erik Dahlqvist

[7] http://cadexpert.sk

[8] http://www.czbim.org/#

[9] http://www.ssc.sk/

[10] www.nds.sk

[11] https://cadpodpora.sk/2017/05/02/preco-bim-vznikol-aky-bude-jeho-dalsi-vyvoj/

[12] www.bimas.sk

[13] Internetová stránka SmartGeoMetrics, http://www.smartgeometrics.com/

[14] Technické predpisy rezortu http://www.ssc.sk/sk/technicke-predpisy-rezortu.ssc

[15] Koncepce zavádění metody BIM v České republice

[16] www.buildingsmart.org

[17] www.bimcollab.com

[18] www.changeagents.com.au