VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,

MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

UPORABA 3D TISKANJA V GRADBENIŠTVU

Kandidat: Andrej Zupančič

Vrsta študija: Izredni študij - študij ob delu

Številka indeksa: 11190122696

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor: Gregor Rak, univ. dipl. inž. prom.

Maribor, december 2012

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisan Andrej Zupančič, z vpisno št. 11190122696, sem avtor diplomske dela z naslovom **UPORABA 3D TISKANJA V GRADBENIŠTVU,** ki sem ga napisal pod mentorstvom Gregorja Raka, univ. dipl. inž. prom.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena diplomsko delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi v delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili,
- Skladno z 32. členom ZASP dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Kraj in datum: Maribor, 21. 12. 2012 Podpis študenta:

ZAHVALA

Pred mano je dejanje, na katerega bi moral biti ponosen že pred mnogimi leti nazaj. Pa vendar. Sedaj je. Tukaj je. Pred mano in resnično. Da sem lahko našel motivacijo in željo po končanju študija na Academiji - smer Gradbeništvo, se moram zahvaliti predvsem svoji družini, ki me je podpirala in mi dajala prosti čas, ki sem ga lahko izkoristil za študij. Res je, nisem bil med najhitrejšimi, vendar mi je delo narekovalo peklenski tempo, za katerega vem, da je vzelo mnogo prostega časa, ki bi lahko bil namenjen družini. Hvala še enkrat vsakemu posebej: Tjaši, Ajdi in Valu.

Vzpodbuda je prihajala tudi s strani mojih staršev. Žal očeta ni več med nami, da bi doživel mojo diplomo, je pa zato mama toliko bolj ponosna. Hvala ji, da je trpela tako dolgo in dočakala sinovo diplomo.

Tukaj so še prijatelji, ki so s satiričnimi pripombami podžigali željo po končanju študija. Predvsem prijateljica Vesna, ki je pomagala proti koncu, ko je bilo najbolj pomembno. Pri zadnjem koraku - diplomskem delu.

V časovni stiski, v kateri sem pripravljal nalogo, gre zahvala za ves trud in čas, ki si ga je moral odtrgati za mene, mojemu mentorju g. Gregorju Raku. Hvala, da ste bili potrpežljivi in mi priskočili na pomoč tam, kjer sam nisem našel ustrezne rešitve in ideje.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste bili prikrajšani za mojo družbo, medtem ko sem se ukvarjal s študijem.

POVZETEK

V diplomskem delu obravnavamo uporabnost 3D tiskalnikov v praksi. V prvem delu diplomskega dela smo predstavili tehnologijo delovanja 3D tiskalnikov ter materiale, ki se uporabljajo za 3D tiskanje modelov. Na osnovi raziskave člankov v strokovnih revijah in na svetovnem spletu o 3D tiskalnikih smo podali prednosti in pomanjkljivosti tiskalnikov ter njihovo najpogostejšo uporabo na strokovnih področjih.

V drugem delu diplomskega dela smo na primeru projekta izdelave vrtca pokazali uporabnost 3D tiskalnikov v praksi.

Ključne besede: 3D tiskanje, 3D tiskanje v gradbeništvu, gradbeno inženirstvo

ABSTRACT

Using 3D printing in construction

In this thesis the usefulness of 3D printers in practice is discussed. In the first part of the thesis we present the technology of 3D printers and materials used for printing 3D models. Based on a survey of scholarly journals and articles on the Web about 3D printers, we provided advantages and disadvantages of printers and their most common use in the professional fields.

In the second part of the thesis we presented the usefulness of 3D printers in practice on the kindergarten project.

Key words: 3D printing, 3D printing in Construction, Civil Engineering

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 8

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA ... 8
1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE DIPLOMSKEGA DELA ... 9
1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE ... 10
1.4 METODE RAZISKOVANJA ... 10
2 OSNOVE 3D TEHNOLOGIJE TISKANJA ... 11
2.1 UPORABA RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV CAD/CAM ZA PRIPRAVO 3D MODELOV ... 12
2.2 3D TISKANJE ... 13
2.3 TEHNOLOGIJA 3D TISKANJA ... 16
2.3.1 Selektivno lasersko sintranje - SLS ... 16
2.3.2 Nalaganje krojenih plasti - LOM ... 17
2.3.3 Neprekinjeno ciljno nalaganje - FDM ... 18
2.4 MATERIALI PRIMERNI ZA TISKANJE ... 18
2.4.1 Kovina ... 19
2.4.2 PVC ... 19
2.4.3 Plastične mase ... 19
2.4.4 Ostali materiali ... 20
3 3D TEHNOLOGIJA TISKANJA V GRADBENIŠTVU ... 22
3.1 ARHITEKTURA ... 23
3.2 INŽENIRSTVO ... 24
3.3 KONSTRUKCIJE ... 26
3.4 PRIMER 3D TISKANJA V GRADBENIŠTVU ... 28
3.4.1 Faza projekta ... 28
3.4.2 Računalniško oblikovanje modela ... 28
3.4.3 3D tiskanje modela ... 31
4 UGOTOVITVE TER PREDLOGI IZBOLJŠAV ... 33
5 SKLEP ... 34
6 VIRI, LITERATURA ... 35
6.1 LITERATURA ... 35
6.2 INTERNETNI VIRI ... 35

KAZALO SLIK

SLIKA 1: 3D MODEL OBLIKOVAN S CAD PROGRAMOM ... 11

SLIKA 2: PRETVORBA 2D MODELA V 3D MODEL Z ORODJEM AUTOCAD 12
SLIKA 3: 3D TISKALNIK 13
SLIKA 4: 3D TISKANJE 14
SLIKA 5: PRIKAZ DELOVANJA 3D TISKALNIKA 15
SLIKA 6: CONCEPT LASER GMBH, STROJ ZA TISKANJE TEMELJČ NA TEHNOLOGIJI SLS 17
SLIKA 7: 3D TISKANJE Z NALAGANJEM KROJENIH PLASTI 17
SLIKA 8: TISKALNIK Z NEPREKINJENIM CILJNIM NALAGANJEM 18
SLIKA 9: IZDELEK IZ PLASTIČNE MASE 20
SLIKA 10: 3D TISKANJE NA LES 21
SLIKA 11: MODELI IZDELANI S POMOČJO STROJEV PODJETJA 3DSYSTEMS 23
SLIKA 12: RAZVOJ IZDELKA 25
SLIKA 13: KONČNA OBLIKA ŠOBE 26
SLIKA 14: PREDAVANJE, KAKO ZGRADITI HIŠO S 3D TISKANJEM 27
SLIKA 15: PRIKAZ TEHNIČNE RISBE IZDELANE S CAD/CAM TEHNOLOGIJO 29
SLIKA 16: IZDELAVA 3D OBJEKTOV IZ 2D PODLOGE 29
SLIKA 17: PRIKAZ 3D OBJEKTA PRED DODAJANEM MATERIALOV 30
SLIKA 18: PRIKAZI PO DODAJANJU MATERIALOV 31
SLIKA 19: RAZREZ MODELA NA DVA DELA 32
SLIKA 20: VIZUALIZACIJA 3D MODELA V PRAKSI 32

1 UVOD

Katero orodje človeštvo uporablja najdlje? Vsekakor ne računalnika, niti izvijača, tudi kladivo ne. Ta čast pripada sekiri. Ljudje so v pradavnini izdelovali sekire tako, da so tolkli kamen ob kamen oz. oblikovali z različnimi materiali različne predmete od pred milijona let do približno deset tisoč let nazaj (McGregor, 2010, 5).

V današnjem času nismo tako daleč od tega početja. Do tega trenutka večino izdelave poteka na podoben način. Večinoma z rezanjem, tolčenjem, rezkanjem, vrtanjem in poliranjem. Naša tehnologija se spreminja vendar osnovni principi nastajanja predmetov ostajajo isti.

Tako bomo v diplomskem delu nakazali razvoj gradbenih tehnologij s poudarkom na 3D tehnologijah tiskanja predmetov.

1.1 Opredelitev problema

V zadnjem času doživlja velik napredek 3D (tj. tridimenzionalna) tehnologija na področju optičnega odčitavanja predmetov, tiskanja predmetov ter vizualizacije. S tem se odpirajo nove možnosti uporabe teh tehnologij v stroki, še posebej v gradbeništvu in medicini.

Najsodobnejši 3D tiskalniki ustvarjajo predmete iz plasti debeline nekaj mikronov, z uporabo UV-žarkov pa sušijo polimere. Nekateri s segrevanjem ustvarjajo oblike, ki smo si jih zamislili. Glede na različno uporabo in različne načine izdelave so lahko ti materiali prozorni, lahko imajo fleksibilne (gumijaste) lastnosti, lahko pa so tudi trdnejši, kar je predvsem pomembno za modeliranje različnih gradbenih komponent. V povezavi s 3D tehnologijo optičnega odčitavanja predmetov je možno narediti kopijo predmeta, ki ga stiskamo in preverimo njegovo obrabo, stabilnost in določimo nadaljnjo življenjsko dobo.

V podjetju Ortotip d.o.o. se kot pionirji v slovenskem prostoru poskušajo uveljaviti na področju 3D tiskanja v praksi. V samem podjetju se trudijo, da bi s pomočjo funkcionalnih in primerjalnih analiz ter ostalih tehnologij, razvijali takšne produkte, ki jih z dosedanjimi obstoječimi delovnimi stroji ne morejo. Izdelali so tudi prvi 3D tiskalnik lastne izdelave.

Vse te tehnologije nam omogočajo, da pristopimo k razvoju izdelkov na bolj inovativen in neposreden način. Zato bomo v diplomskem delu raziskali možnost uporabe 3D tehnologije tiskanja v gradbeništvu ter njeno uporabnost v praksi. Ena izmed takšnih stvari, ki jih v gradbeništvu uporabljamo so šobe, ki so namenjene brizganju betona, peskanju, nanašanju barv ipd. Šobe so sestavni del vsakega sistema, ki ima hidravliko. Takšnih sistemov je v gradbeništvu veliko.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela

Namen diplomskega dela je analizirati uporabnost 3D tiskanja predmetov v praksi, še posebej za potrebe gradbeništva. Prikazali bomo, na kakšen način poteka razvoj enega izmed takšnih produktov od analize do proizvoda. Ali je upravičena investicija v 3D tiskanja, da se proizvodi naredijo kar "in situ" oz. na licu mesta. Ali je prednost, da razvojni oddelek spremlja nastajanje produkta od zamisli do izvedbe?

Cilji diplomskega dela so:

- predstaviti vlogo in vpliv 3D tehnologij tiskanja na znanstvenem in gospodarskem področju;
- analizirati načine dela z raznimi tehnologijami 3D tiskanja;
- proučiti možnosti 3D tiskanja na strokovnih področjih, še posebej v gradbeništvu;
- predstaviti prednosti in slabosti 3D tehnologije tiskanja predmetov;
- analizirati smiselnost investicije v 3D tiskalnike ter v strokovno znanje kadrov.

Trditve diplomskega dela so:

- Poslovno okolje je zelo dinamično, s hitrimi spremembami razmer na trgu. Iskanje novih tehnologij, ki vodijo do izdelave kvalitetnejših, cenejših in hitrejših modelov (proizvodov) v gradbeništvu, nas vodi k večnemu premikanju mej razvoja. Zato trdimo, da bo uporaba tehnologije 3D tiskanja v gradbeništvu pripomogla k večji in hitrejši realizaciji projektov. Realizacija bo večja, zaradi manjšega vpliva človeškega faktorja in hitrejša, ker se bomo znebili nekaterih proizvodnih procesov, ki so nujni za izdelavo proizvoda.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavljamo, da je 3D tehnologija tiskanja v gradbeništvu zelo aktualna tema, ki prinaša bolj kakovostne in cenejše modele in nam pomaga dosegati cilje, ki si jih pred časom nismo mogli niti zamisliti. Vsi ti proizvodi bodo narejeni tudi hitreje in bolj natančno.

V diplomskem delu se bomo omejili na področje 3D tiskanja v praksi, še posebej v gradbeništvu. Obravnavali bomo izdelavo šobe, ki je nepogrešljiv del mnogih strojev in naprav.

Zaradi relativno nove tehnologije, bomo pri raziskavi diplomskega dela omejeni z viri in literaturo. Prav tako bodo določeni podatki za potrebe diplomskega dela prilagojeni, zaradi varovanja poslovnih skrivnosti podjetja. Šoba je namreč zaščitena in vsebuje karakteristike, ki jih izdelovalec ne daje v javno uporabo.

1.4 Metode raziskovanja

V diplomskem delu bomo uporabili naslednje metode:

- deskriptivno metodo, saj bom pri opisovanju posameznih pojmov in pojavov uporabili in interpretirali že napisano literaturo;
- metodo kompilacije, saj bomo navajali izpiske, navedbe in citate avtorjev;
- metodo klasifikacije, ko definiramo posamezne pojme;
- induktivno metodo, ko bomo na podlagi dejstev iz prakse v zaključku povzemali vsebino le-te;
- metodo sinteze v zaključku, ko bomo prišli do določenih zaključkov in odgovarjali na v uvodu zastavljena vprašanja.

2 OSNOVE 3D TEHNOLOGIJE TISKANJA

Najpomembnejša stvar, na katero moramo biti pozorni pri odločanju za 3D tiskanje, je sama velikost izdelka in material, iz katerega hočemo izdelek ustvariti. Trenutne tehnologije nam ne omogočajo tiskanja velikih izdelkov. Izjema so izdelki, ki so lahko sestavljeni iz več natisnjenih kosov in lepljeni (npr. makete). Izdelki iz kovine so omejeni na dimenzijo okoli 600 x 600 x 600 mm. Plastični izdelki so že lahko malce večji, vendar ne večji kot 1m.

Najsodobnejši 3D tiskalniki ustvarjajo predmete iz plasti debeline nekaj mikronov, z uporabo UV-žarkov pa sušijo polimere. Glede na različno uporabo, so lahko ti materiali prozorni, lahko imajo fleksibilne, gumijaste lastnosti, lahko pa so tudi trdnejši, kar je predvsem pomembno za modeliranje različnih gradbenih komponent.

V povezavi s 3D tehnologijo optičnega odčitavanja (skeniranja) predmetov je možno narediti kopijo predmeta, ki jo nato obdelamo in na novo natisnemo. Lahko jo tudi samo shranimo za kasnejše potrebe. Ta tehnologija se izkaže kot nepogrešljiva na področju ohranjanja kulturne dediščine. Skeniraj, shrani in po potrebi natisni nadomestno. Oziroma, original spravi na varno, kjer je zaščiten pred zunanjimi vplivi, in ga nadomesti s kopijo.



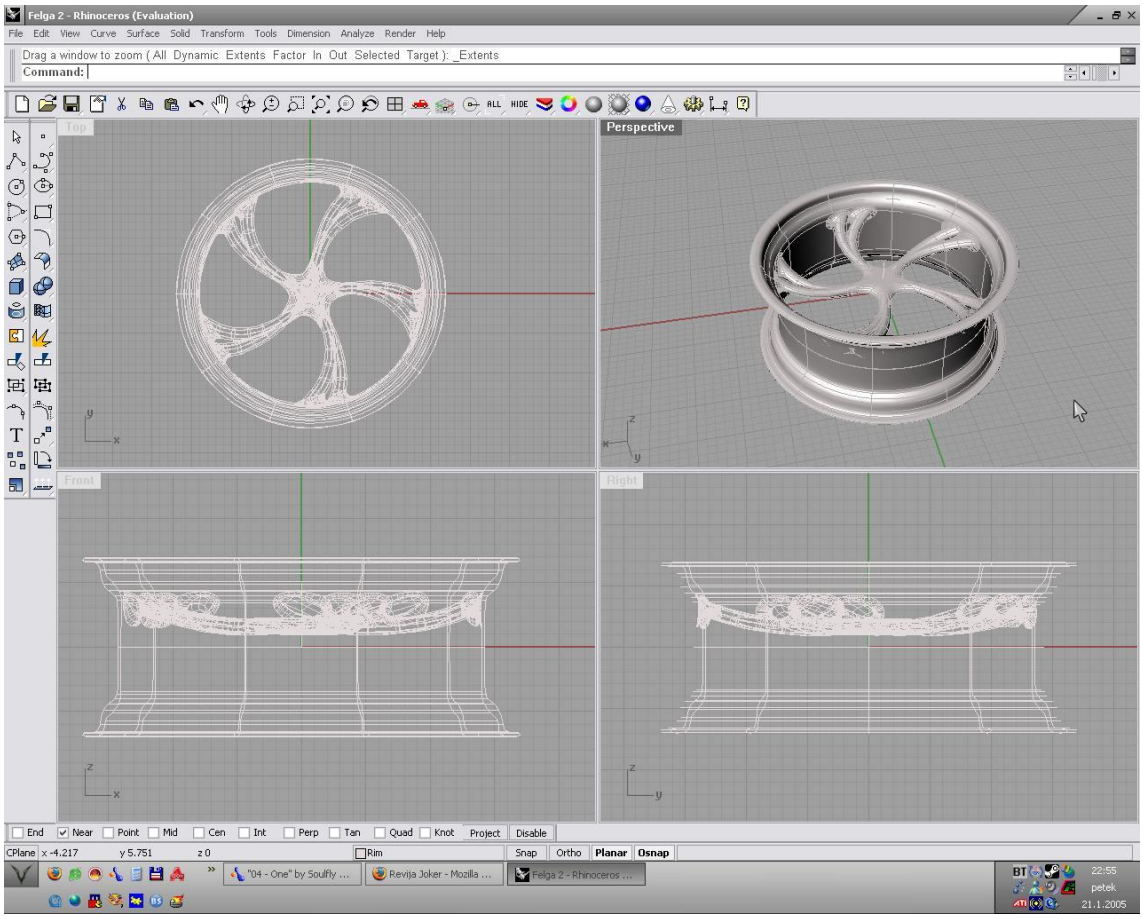
Slika 1: 3D model oblikovan s CAD programom

Vir: Ortotip d.o.o.

V primeru, da predmeta ne skeniramo, lahko njegov model ustvarimo s pomočjo računalniških programov (CAD/CAM), ki so na voljo in omogočajo 3D modeliranje. To bo predstavljeno v nadaljevanju.

2.1 Uporaba računalniških programov CAD/CAM za pripravo 3D modelov

CAD/CAM računalniški programi temeljijo predvsem na vektorski grafiki. To pomeni, da je vsak podatek natančno zapisan in je zato izdelek, ki ga oblikujemo s takšnim programom, natančen in precizen. Iz teh izdelkov lahko v nadaljevanju z raznimi analizami pridobimo celotno serijo podatkov od volumna, prereza, obsega, geometrijskega središča, vztrajnostnih momentov itd. Vse te podatke, ki so nam na voljo, lahko uporabimo tudi za funkcionalne in primerjalne analize.



Slika 2: Pretvorba 2D modela v 3D model z orodjem AutoCAD

Vir: http://img186.exs.cx/img186/4619/2255.jpg, 11.12.2012

Naštejmo nekaj takšnih programov: AutoCAD, SolidWorks, SolidCAM, Netfabb, Magics ipd. Ob tem ne smemo pozabiti tudi na CNC (Computer Numerical Control) programe in stroje, ki pa so namenjeni rezkanju.

Npr. AutoCAD omogoča, da optično prebrane risbe, fotografije in načrte s preprostim orodjem za pretvarjanje grafike iz rastrske v vektorsko obliko pretvorimo v 3D model (glej Slika 2).

2.2 3D tiskanje

V primeru, da uporabljamo tehnologijo SLS (poglavje 2.3.1), moramo najprej model razrezati na sloje. To naredimo s pomočjo programa. Debeline sloja so lahko različne. Od 25 mikronov naprej. Nastavitev sloja je odvisna od zahtevane kvalitete modela. Manjša kot je debelina, večja bo natančnost in daljši bo čas izdelave.



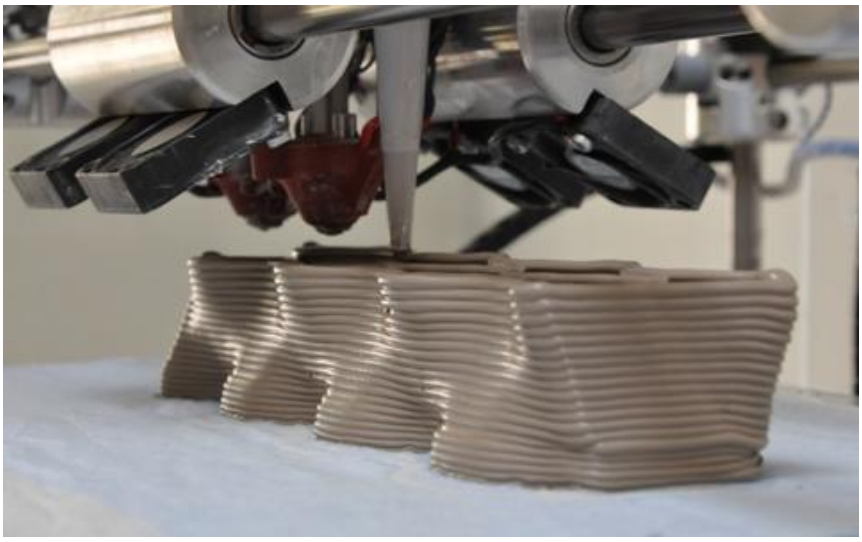
Slika 3: 3D tiskalnik

Vir: http://i.materialise.com/blog/wp-content/uploads/2012/04/Image017.jpg, 12.11.2012

Pri 3D tehnologijah tiskanja moramo biti zelo natančni, saj tudi najmanjša sprememba oz. zamenjava pomeni, da se izdelek ne more natisniti. Pri tem mislimo na uporabo materiala, načine nanosa le tega in samo obdelavo materiala. V stroju za tiskanje s kovino ne smemo uporabljati plastike. Pri stroju, ki podpira več vrst materialov za tiskanje, moramo biti pazljivi in moramo dozirati pravi material (Slika 4).

Tako spoznamo, da za 3D tiskanje potrebujemo naslednje komponente oz. stvari:

- material, iz katerega hočemo ustvariti izdelek,
- način, kako bomo ta material nalagali oz. vnašali na delovno površino,
- način obdelave materiala za stabilizacijo (trdoto, izgled).



Slika 4: 3D tiskanje

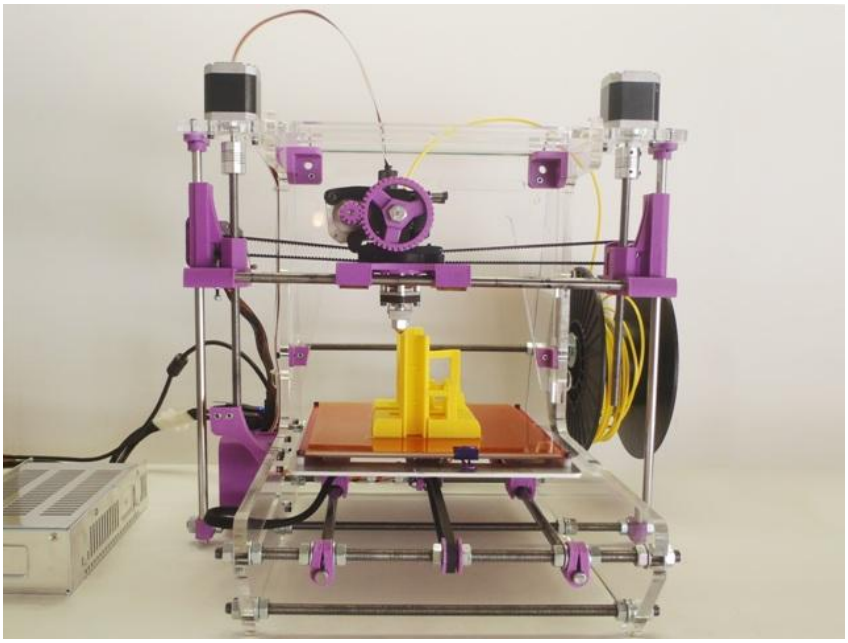
Vir:
http://3dprinting.drupalgardens.com/sites/3dprinting.drupalgardens.com/files/styles/large/public/ceramic-bricks-3d-printed-14.jpg, 5.11.2012

Napredne 3D tehnologije omogočajo izdelavo modelov (prototipov), ki so po svoji obliki in strukturi ter funkcionalnosti že dejansko končni izdelki.

To tehnologijo s pridom uporabljajo na naslednjih področjih:

- izdelava nakita,
- čevljarska industrija,

- industrijski dizajn,
- arhitektura,
- gradbeništvo,
- avtomobilska industrija,
- letalska industrija
- dentalna in medicinska industrija.



Slika 5: Prikaz delovanja 3D tiskalnika

Vir: http://airwolf3d.com/wp-content/uploads/2012/08/3d-printer-front-view.jpg (15.11.2012)

V nadaljevanju bomo pojasnili načine nalaganja materiala in obdelave le-tega. S tem bomo tudi opredelili vrste 3D tiskanja.

Poznamo več vrst tehnologij 3D tiskanja:

- selektivno lasersko sintranje - SLS (Selective Laser Sintering);
- nalaganje krojenih plasti - LOM (Laminated Object Manufacturing) in
- neprekinjeno ciljno nalaganje - FDM (Fused Deposition Modeling).

2.3 Tehnologija 3D tiskanja

3D tiskanje je oblika tiskanja, ki uporablja nanos po slojih. Tako z nanosi slojev nastaja tri dimenzionalni objekt.

Nekatere druge tehnologije uporabljajo za oblikovanje predmetov toploto ali lepljenje slojev. Nekatere pa za nanos konture izdelka skozi šobo brizgajo material.

Napredne 3D tehnologije omogočajo izdelavo modelov (prototipov), ki so po svoji obliki in strukturi ter funkcionalnosti že dejansko končni izdelki

Tehnologijo 3D tiskanja s pridom uporabljajo na naslednjih področjih: izdelava nakita, čevljarska industrija, industrijski dizajn, arhitektura, gradbeništvo, avtomobilska, avio industrija, dentalna in medicinska industrija.

3D tiskalniki so v principu hitrejši, bolj udobni in bolj enostavni za uporabo kot drugi načini izdelave 3D objektov (n.pr.: rezkanje).

2.3.1 Selektivno lasersko sintranje - SLS

Selektivno lasersko sintranje - SLS (Selective Laser Sintering) je tehnologija, pri kateri se uporablja laser z visoko močjo, da stopi majhne plastične oz. kovinske delce. V plasteh nanesen material se tako spreminja v naš končni izdelek. Ta tehnologija zaradi zahtevnega postopka izdelave zahteva visoko strokovno usposobljen kader za upravljanje stroja. Namenjen je najnatančnejšim izdelkom, ki zahtevajo visoko stopnjo trdnosti in obstojnosti. Ti izdelki so praviloma prototipi, lahko pa tudi končni izdelki.

Metodo SLS tehnologije je razvil in patentiral Dr. Carl Deckard iz Univerze v Texasu v sredini 1980-ih.

SLS tehnologija za razliko od drugih tehnologij omogoča enostaven tisk zelo kompleksnih geometrijskih oblik.



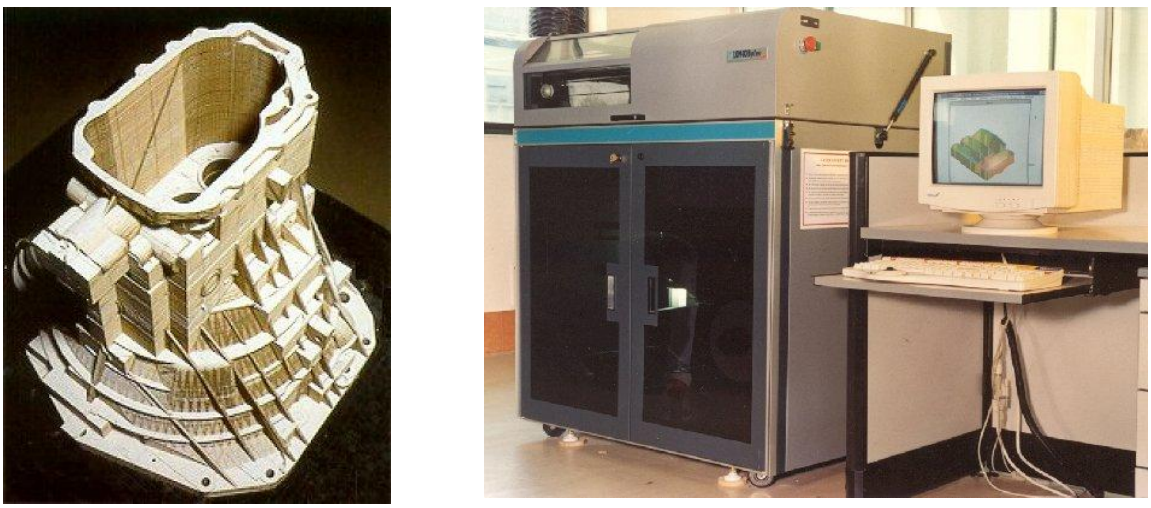
Slika 6: Concept Laser Gmbh, stroj za tiskanje temelječ na tehnologiji SLS

Vir: http://www.maschinenmarkt.vogel.de/imgserver/bdb/88400/88460/4.jpg, 14.11.2012

2.3.2 Nalaganje krojenih plasti - LOM

Nalaganje krojenih plasti - LOM (Laminated Object Manufacturing) je tehnologija, pri kateri se v plasteh nalaga folija in se nato na delovni površini termično obdela (spoji). Po končanem postopku izdelek izrežemo iz kocke.

Izdelki, narejeni s to tehnologijo, so natančni, trdni in trajni in so uporabni v vseh fazah proizvodnega procesa.



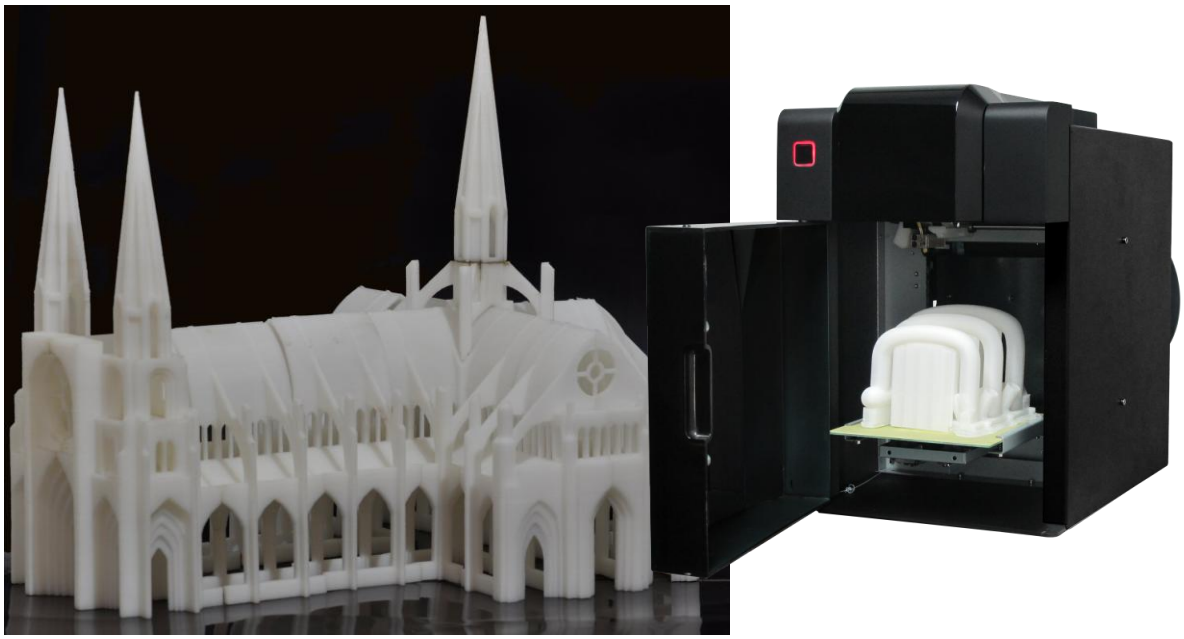
Slika 7: 3D tiskanje z nalaganjem krojenih plasti

Vir: http://www.cmeri.res.in/svs/files/rp1.jpg, 14.11.2012

2.3.3 Neprekinjeno ciljno nalaganje - FDM

Neprekinjeno ciljno nalaganje - FDM (Fused Deposition Modeling) je tehnologija, pri kateri se plastična žica segreva in tako nanašamo plasti (konturo) izdelka. Izdelek nastaja neposredno pred našimi očmi in zaradi tega izgleda sama izdelava zelo atraktivno. Izdelki niso zelo natančni (nimajo gladkih robov). Lahko jih izdelamo v različnih barvah.

To so tiskalniki, ki so primerni za domačo uporabo.



Slika 8: Tiskalnik z neprekinjenim ciljnim nalaganjem

Vir: http://shapebuzz.wordpress.com/, 18.11.2012

2.4 Materiali primerni za tiskanje

Seveda niso še vsi materiali pripravljeni za tehnologijo 3D tiskanja. Nekaterih še ne znamo obdelati, da bi lahko ohranili obliko in trdoto, ki si jo želimo. Imamo pa skupino materialov, ki so primerni za tiskanje in jih bomo predstavili v nadaljevanju.

2.4.1 Kovina

Kovina je primerna za industrijsko uporabo, kot tudi za izdelavo prototipov v razvoju izdelkov v medicinske namene (dental, kirurgija). Uporaba izdelkov iz kovine je tudi zelo razširjena v izdelavi prototipov za razna orodja.

Kovina je lahko: titan, kobalt-krom, zlato da naštejemo samo nekatere, ki se trenutno najbolj uporabljajo.

2.4.2 PVC

PVC je material, ki je enostaven za obdelavo in je primeren za najrazličnejše proizvode. Izdelke iz tega materiala odlikuje trdnost in trajnost. So gibki in prosojni. Cenovno so zelo ugodni.

2.4.3 Plastične mase

Tudi ta material je enostaven za obdelavo. Je lahko dostopen in je primeren kot material, iz katerega boste najverjetneje izdelali svoj prvi 3D izdelek v podjetju. Izdelate ga lahko za uporabo v industrijske namene, svoj hobi, arhitekturo in oblikovanje kot tudi v izobraževalne namene. Skratka material za prvi korak v svet 3D tiskanja v podjetjih.

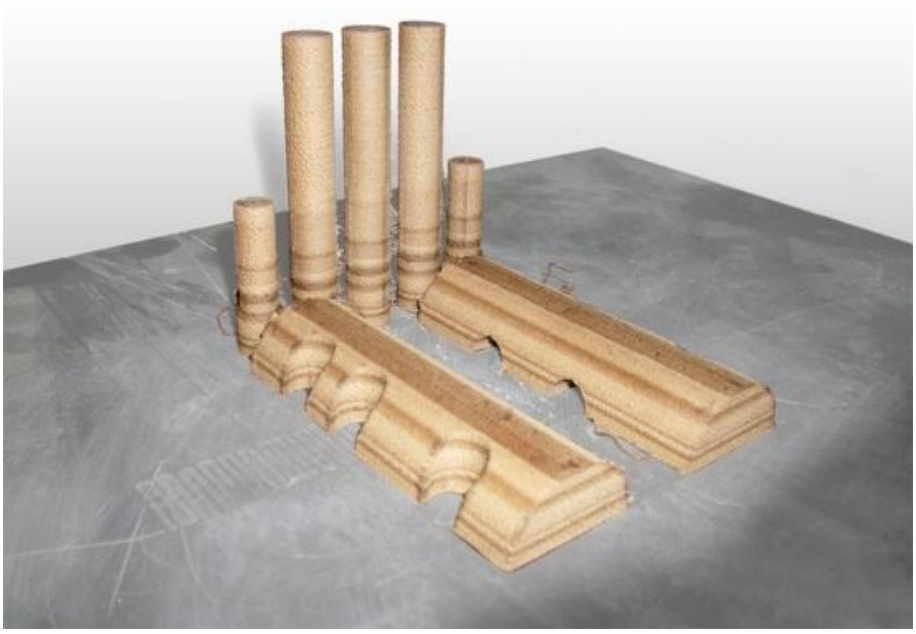


Slika 9: Izdelek iz plastične mase

Vir: http://blog.ponoko.com/wp-content/uploads/2012/12/Objet1000_Cart_RacingCar.jpg, 1.11.2012

2.4.4 Ostali materiali

Seveda obstaja še mnogo drugih materialov. ki so lahko uporabljeni v 3D tiskanju. Ti materiali so: porcelan, cirkonij, les itd. Pri tem moramo seveda upoštevati, da so različni materiali primerni za različne tehnologije tiskanja. Omenjeni materiali se uporabljajo predvsem pri rezkanju (CNC). Rezkanje je še ena od tehnologij 3D tiskanja, ki je uveljavljena in se uporablja že vrsto let. Vendar pri tem načinu ostaja veliko odpadnega materiala, kar štejemo za veliko pomanjkljivost tega načina tiskanja.



Slika 10: 3D tiskanje na les

Vir: http://3dprinting.com/materials/3d-printing-with-wood-you-better-believe-it/ (2.11.2012)

3 3D TEHNOLOGIJA TISKANJA V GRADBENIŠTVU

Gradbeništvo je dejavnost, ki se spreminja že od nekdaj. Vedno se mora prilagajati naročniku in poizkuša izdelati tisto, kar od njega zahteva naročnik. Pri tem se opira na najnovejše tehnologije moderne dobe, saj so zahteve naročnikov vedno zahtevnejše (višje, bolje, močneje, ceneje). Že od nekdaj je veljalo, da je gradbeništvo gonilna sila razvoja, saj je le to moralo vedno premagovati ovire, za katere se je zdelo, da so nepremostljive. Kaj lahko tukaj pričakujemo od 3D tiskanja? Kako nam lahko koristi ta tehnologija za doseganje želenih ciljev?

Večina podjetij, ki se ukvarjajo s konstrukcijami, arhitekturo in inženirstvom, je sprejela3D tiskanje kot pomemben del pri konstruiranju, dizajniranju in sami izdelavi posameznih delov (prototipov) zaradi prednosti, ki jih le ta prinaša:

http://www.zcorp.com/en/Solutions/Architecture/spage.aspx, 15.12.2012

- povečanje inovativnosti,
- izboljšanje komuniciranja,
- krajši čas izdelave,
- zmanjšanje stroškov,
- dobiti posel.

V svetu se vrstijo konference na temo 3D tiska. Rdeča nit vseh teh je, kako implementirati 3D tiskanje v čim več področij gradbeništva. Zajeta so vsa področja od konstrukcij do elektrike in okoljevarstvenih pridobitev v materialih in njegovih oblikah. Eno od takšnih konferenc lahko spremljate na spletni strani.

http://smartgeometry.org/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=130, 2.12.2012

Po navedbah nekaterih podjetij je postala izdelava s 3D tiskanjem ne samo izdelava prototipov, ampak orodje, s katerim lahko tudi upravljaš. In to je velika prednost na tržišču. https://www.constructech.com/news/articles/article.aspx?article_id=9348, 3.12.202

3.1 Arhitektura

Arhitekt je oseba, ki naročnikove želje spremeni v nekaj otipljivega. Ker si velika večina ljudi (naročnikov) ne zna predstavljati želenega objekta, ki ga arhitekt nariše na papir oz. računalnik, so na voljo različne metode vizualizacije.

Lahko si pomagamo s papirno sliko (ročno narejena perspektivna risba), lahko objekt narišemo in renderiramo ter animiramo na računalniku.

Seveda pa lahko ta izdelek tudi izdelamo v pomanjšanem merilu kot maketo. Ta naročniku najbolj približa dano situacijo, saj je znano, da je nekaj kar lahko otipamo, tudi najbolj primerno za našo dojemanje prostora in zaznavo objektov v njem.



Slika 11: Modeli izdelani s pomočjo strojev podjetja 3Dsystems

Vir: http://www.3dsystems.com/, 3.12.2012

Arhitektura ima za nalogo prostor tudi opremiti. Tukaj mislimo predvsem na izdelke, ki dajejo prostoru lasten dotik inovativnosti in ekskluzivnosti. Oblika luči, nosilcev za zavese, stojal za obleke, itd.

Vse te stvari imajo neomejene možnosti. Vse se dajo natisnit in spremeniti v realnost. Človek ima prosto pot, da si ustvari tudi kaj sam in to enostavno natisne in postavi v prostor.

3.2 Inženirstvo

Inženirstvo si pomaga z izdelavo 3D modelov (prototipov), ki jim pomagajo pri rešitvi problema. S prototipi in analizami lahko najhitreje pridejo do končnih rezultatov, ki so potrebni, da nek izdelek lahko ugleda luč sveta.

Seveda so tudi zamisli arhitekta tiste, ki nas silijo k raznim inovativnim rešitvam. Vedeti moramo, da so vse ideje, pa naj si bodo od arhitekta, naročnika ali nas samih, tiste, ki nam inženirjem predstavljajo izziv za izdelavo različnih prototipov in izdelkov.

3D tiskanje nam z njegovo hitrostjo in omogočanjem tiskanja oblikovno še tako zahtevnih oblik olajša in skrajša sam proces izdelave končnega izdelka.

Do sedaj so to počeli s pomočjo orodjarjev in kalupov, ki so terjali ogromno časa in sredstev za izdelavo končnega izdelka. Tu se že nakazuje velik prihranek časa in denarja.

Za samo inženirstvo bi bilo verjetno najbolj idealno, da bi lahko natisnili vse, kar si sami zamislimo. Potem za napake ne bi bilo več prostora. Vse bi se dalo preizkusiti v realnem času.

V inženirstvu igra pomembno vlogo tudi skeniranje izdelkov in njihova primerjava z virtualnimi modeli, ki so bili skonstruirani z različnimi programi.

Skeniranje in nato 3D tiskanje nam olajšata delo primerjalnih analiz in poizkusov. Prihranita nam ogromno časa in omogočata nekaj, kar nam do sedaj ni bilo dano. Celo to, da lahko prenesemo del vgrajene konstrukcije nazaj v laboratorij (seveda, brez da bi jo odstranili) in jo obdelamo ter analiziramo. Kasneje lahko na podlagi teh rezultatov določimo nadaljnje ukrepe in posege. To je velika pridobitev.

Iz področja inženirstva je tudi naš primer izdelave šobe za brizganje. Pokazali bomo kako nam omenjena tehnologija pomaga pri doseganju našega cilja v najkrajšem možnem času.

Seveda je kot pri vsakem izdelku potrebna ideja. Ni pomembno ali ideja o izdelavi določenega izdelka nastane na podlagi analize trga, v naši glavi ali nam kdo izdelek naročil. Za nas je pomembno, da ta izdelek v čim krajšem času in s čim manj sredstvi spravimo v življenje .

Na sliki 12 lahko vidimo faze razvoja izdelka, ki jih bomo v nadaljevanju opisali.



Slika 12: Razvoj izdelka

Vir: Ortotip d.o.o.

Tehnično ovrednotenje pomeni, da za izdelek določimo:

- mehanske in funkcionalne lastnosti,
- proizvodno izvedljivost in
- izbiro tehnologije.

Konstruiranje z mehanskimi analizami že pomeni začetek 3D modeliranja, kjer uporabljamo 3D programska orodja. Izdelek dobiva podobo kakršno mu narekuje tudi analitika metodologij za reševanje tehnoloških problematik. Povedano drugače, izdelek mora izpolnjevati zahteve, ki smo si jih zastavili za uporabo (uporabna vrednost).

Industrijsko oblikovanje pomeni, da s poznavanjem najsodobnejših tehnologij in trendov dosegaš:

- cilje in želje naročnika,
- inovativne rešitve,
- poudarjaš karakterne značilnosti izdelka,
- povečuješ kakovost in zanesljivost izdelka.

Izdelava prototipov nam omogoča še pred serijsko proizvodnjo preveriti pomanjkljivosti in ovrednotiti izdelek. To bistveno prispeva k zmanjšanju časa in pocenitvi razvojnega procesa ter končnemu uspehu izdelka.

Funkcionalne in primerjalne analize nam omogočajo analizo izdelka še preden se ta izdela. Na podlagi teh analiz izvemo točno kje in kakšne so napake pri izdelkih. Tako jih lahko na hitro odpravimo.

Grafično oblikovanje je pri razvoju izdelkov zelo pomembno. Ni vseeno kako bo izdelek izgledal. Z grafičnim oblikovanjem poudarimo identiteto izdelka in njegovo prepoznavnost.

Tako nastane končni izdelek, ki je v zadovoljstvo in ponos vsem, ki so pomagali pri njegovem nastanku in izdelavi.



Slika 13: Končna oblika šobe

Vir: Ortotip d.o.o.

Za konec kratkega prikaza nastanka izdelka, povejmo še, da ima ta šoba do 50% boljši izkoristek od ostalih primerljiv šob na tržišču (www.ortotip.com, 2.12.2012)

3.3 Konstrukcije

Velika raznolikost pri oblikovanju arhitektov prinaša v konstrukcije nešteto izzivov za postavitev le teh v sam prostor oz. objekt. Za začetek je že s samo izdelavo maket marsikaj razjasnjeno, vendar pa ostajajo detajli, ki posameznim izdelkom dajejo unikatnost, ki si jo naročniki tako želijo.

To unikatnost lahko dosežemo s 3D tiskanjem in s tem prihranimo čas z izdelovanjem raznih kalupov, ki so predvsem dragi in zamudni. Kar zamislimo si, da hoče naročnik v betonski portal, ki krasi njegovo poslovno stavbo, imeti v beton vtisnjeno podobo leva. Kaj sedaj? Izdelava s 3D tiskom nam omogoča enostavno in hitro rešitev. S pomočjo 3D programov izdelamo negativni model levje glave in jo enostavno natisnemo iz primernega materiala, ter pritrdimo na opaž. Na takšen način lahko konstruiramo neomejene oblike opažnih konstrukcij.

Veliko imamo tudi primerov v gradbeništvu, kjer majhne podpore igrajo veliko vlogo. Izdelava le teh pa je velik problem, ravno zaradi majhnosti. S SLS tehnologijo tiskanja je to preteklost.

Veliko je načinov kako implementirati 3D tiskanje v konstrukcije, meje so samo v naših glavah. Tehnologija 3D tiskanja nam omogoča, da ideje prenesemo v naravo.

Primer, kako se razmišlja o izdelavi objektov v prihodnosti je lepo viden iz naslednjega prispevka, ki je dostopen na (http://news.yahoo.com/blogs/sideshow/3d-tiskalnik-could-build-house-20-hours-224156687.html, 3.12.2012)



Slika 14: Predavanje, kako zgraditi hišo s 3D tiskanjem

Vir: http://news.yahoo.com/blogs/sideshow/3d-tiskalnik-could-build-house-20-hours-224156687.html, 5.12.2012

Govori o problematiki izgradnje objektov. Ena redkih stvar, ki jo gradimo večinoma z rokami so naše zgradbe. Na kakšen način to spremeniti? In kam nas vse to vodi?

Predavanje uglednega profesorja nam v sklopu predavanj na konferenci prikazuje možen način rešitve takšnega problema. In ne le to. nakazuje tudi, kako se lahko ta rešitev uporabi tudi v gradnji objektov na drugih planetih. (Behrokh Khoshnevis, University of Southern California)

3.4 Primer 3D tiskanja v gradbeništvu

3.4.1 Faza projekta

Ob naročilu, natečajih oz. razpisih, ki jih investitor objavi ali so vabljeni (povabilo določenemu krogu arhitektov), se mora arhitekt spopasti z izzivom, ki je pred njim. Smernice v glavnem določa sama naloga oz. pogoji umestitve v prostor (lokacijska informacija). Ideje pri kolegih arhitektih ponavadi kar dežujejo iz glave. Morajo jih samo prenesti na papir (idejni načrti, skice, prvi enostavni renderingi). Sledijo konzultacije in preveritve možnosti umestitve v prostor. Ko je ideja (predlog) tako daleč, da je ustreženo vsem pogojem umestitve in je oblikovno dovolj zrela, se začne proces izdelave projektov. Sedaj se začne proces, ki mu pravimo računalniško oblikovanje.

V našem primeru se bomo osredotočili na vrtec Lupinica, ki je bil razpisan in zgrajen s sredstvi Mestne občine Maribor in stroji na Teznu. Avtorica vrtca, ki je bil razpisan na natečaju, je arhitektka Barbara Ačanski, ki si je za svojo idejno predstavitev zadala naslednjo vsebino:

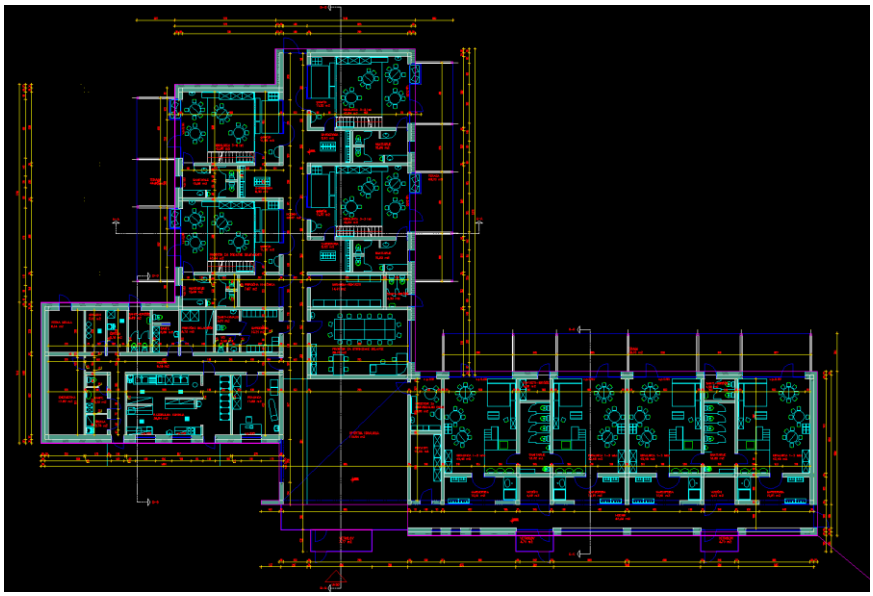
- izdelava 2D načrtov (tlorisi, prerezi, fasade),
- izdelava 3D upodabljanja (rendering) in animacije (3D predstavitev objekta s pomočjo slik in multimedije,
- izdelava makete (narejene s pomočjo 3D tiska).

Pri izdelavi 3D modela in makete se je obrnila name in skupaj smo izdelali predvideno vsebino. Tako je predstavitev ustrezala vsem naročnikovim zahtevam.

3.4.2 Računalniško oblikovanje modela

K delu pristopimo s pomočjo CAD/CAM programov (v našem primeru AutoCAD), ki nam omogočajo nadaljnjo obdelavo pri 3D tiskanju. Ti programi so primerni za vse nadaljnje stopnje obdelave, ki nas še čakajo za dokončanje izdelka. Najprej se ideja preseli na

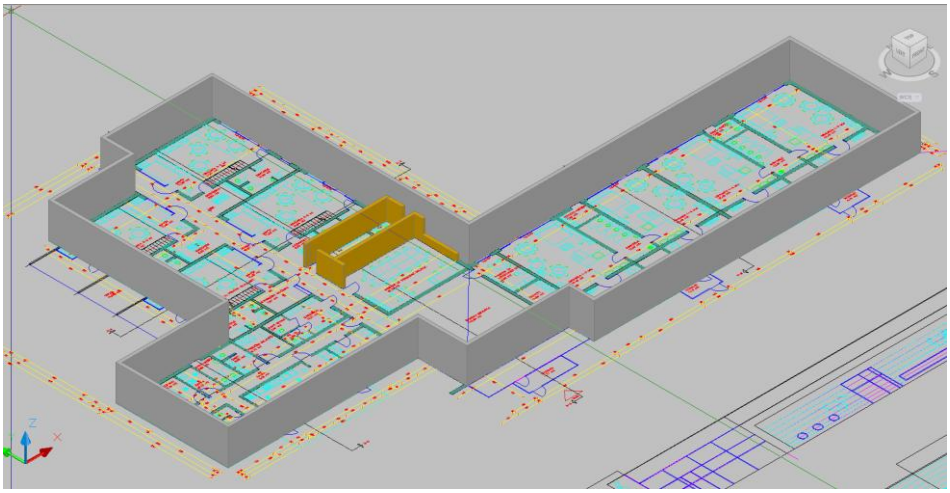
računalniško omizje v obliki 2D načrtov (tlorisi itd), da dobimo tehnično kvalitetne načrte, ki podajo vse mere objekta.



Slika 15: Prikaz tehnične risbe izdelane s CAD/CAM tehnologijo

Vir: Lasten

S takšnimi podlogami lahko nadaljujemo z izdelavo 3D risbe. To pomeni, da 2D načrtom dodamo tretjo dimenzijo (glej Slika 16).

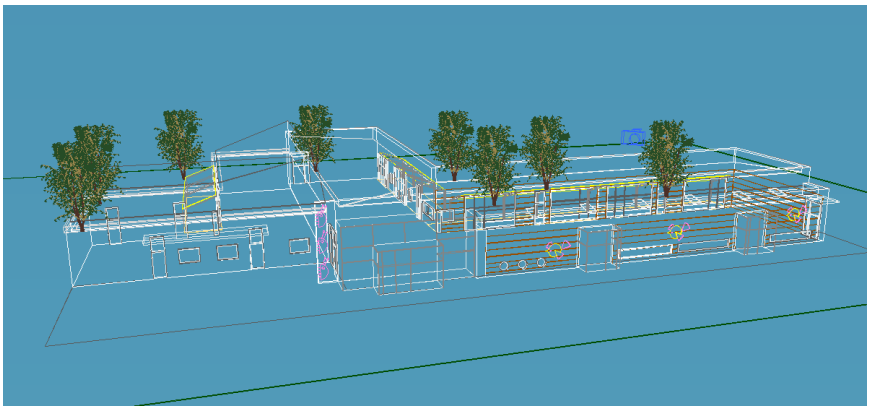


Slika 16: Izdelava 3D objektov iz 2D podloge

Vir: Lasten

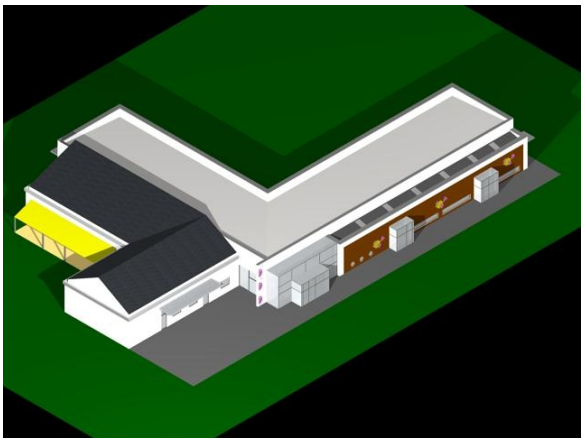
Na tem mestu moramo dodati, da obstajajo programi CAD/CAM, v katerih neposredno rišemo 3D modele in nam kasneje sami izdelajo tlorise, prereze in fasade – torej 2D.

Po dokončanju oblikovanja vseh 3D elementov, ki nam omogočajo pogled na sam objekt, pristopimo k dodajanju lastnosti le tem. To so lastnosti materialov, da bo objekt izgledal čim bolj realistično in bo prikazoval dejansko stanje po izgradnji.

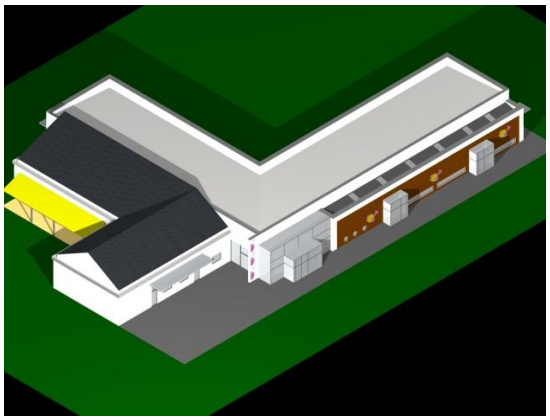


Slika 17: Prikaz 3D objekta pred dodajanem materialov

Vir: Lasten







Slika 18: Prikazi po dodajanju materialov

Vir: Lasten

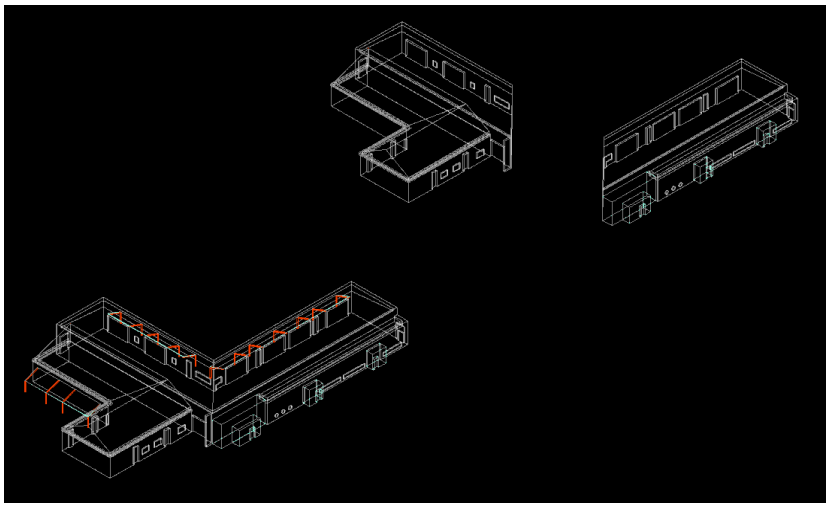
Tako so nastale upodobitve (renderingi), ki prikazujejo objekt, kakršen bi naj izgledal po izgraditvi. Za ta objekt smo naredili tudi animacijo, ki predstavlja objekt s pomočjo multimedije iz vseh zornih kotov. Pri izdelavi animacije moramo biti pazljivi, da potek animacije predstavi vse dele objekta, ki so pomembni za umestitev v prostor.

3.4.3 3D tiskanje modela

Odločitev, da se maketa izdela s pomočjo 3D tiskanja je bila sprejeta hitro. Ker smo imeli že model in na voljo ni bilo več dosti časa., To je pomenilo, da ročna izdelava makete ne pride v poštev. Torej je 3D tiskanje ostala edina rešitev.

Najprej se moramo odločiti, na kakšen način oz. katero tehnologijo bomo uporabili za tiskanje. V našem primeru smo se odločili za tehnologijo LOM (opisana v poglavju 2.3.2) Tudi natisnjena je bila v tiskalniku Solido 3000. Razlogov, ki so nas vodili k tej izbiri je bilo več. Najpomembnejši je bil ta, da smo imeli tiskalnik na voljo in tudi cena izdelka je bila ugodna. Moramo vedeti, da je ta 3D tisk nastajal pred dvema letoma in takrat pri nas ni bilo na voljo 3D tiskalnikov z drugimi tehnologijami oz. so bili le ti zelo dragi. Tega si pri našem natečaju nismo mogli privoščiti.

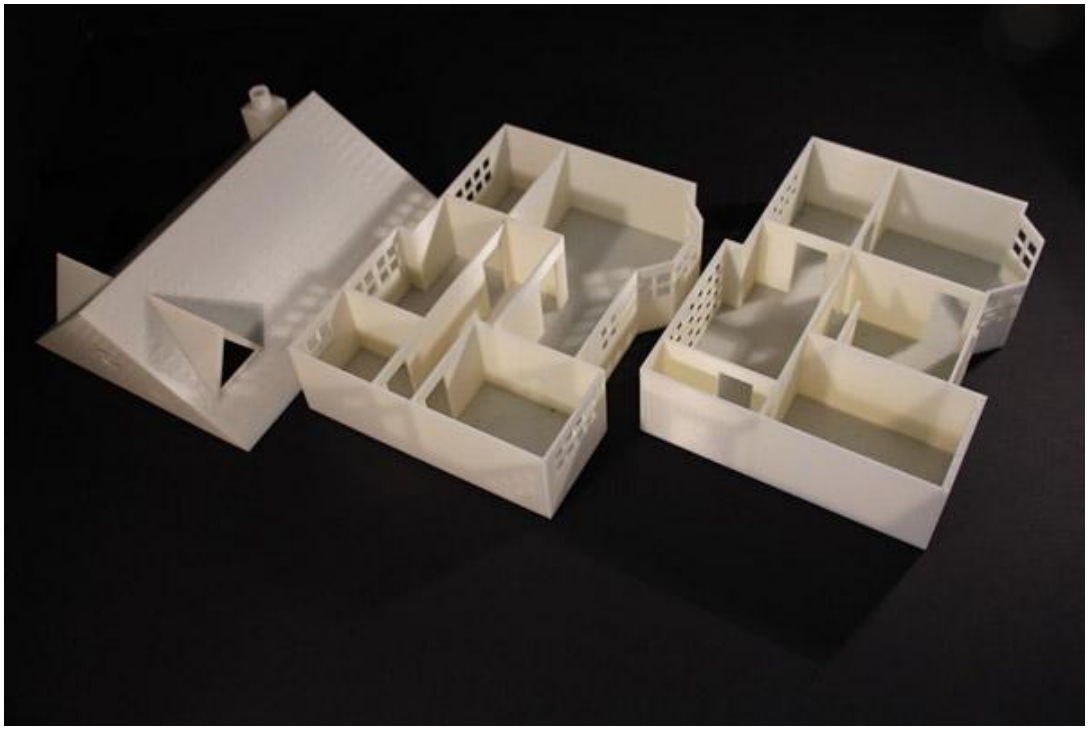
Objekt smo s programom razrezali na dva dela zaradi velikosti samega modela.



Slika 19: Razrez modela na dva dela

Vir: Lasten

Po končani računalniški obdelavi modela pristopimo k 3D tiskanju (slika 20).



Slika 20: Vizualizacija 3D modela v praksi

Vir: http://www.hp3dprinting.co.uk/_includes/images/3d-printer/house.jpg, 5.12.2012

Model na sliki 20 je simboličen, ker nismo imeli neposrednega dostopa do 3D tiskalnika.

4 UGOTOVITVE TER PREDLOGI IZBOLJŠAV

Na primeru projekta vrtca Lupinica se je izkazalo, da je 3D tiskalnik že skoraj nepogrešljiv pri pripravi projektov. Naročniki zahtevajo 3D modele projektov (makete), da si lažje predstavljajo zgradbe. Postopek izdelave modelov pa je dolgotrajen in tukaj nam priskočijo na pomoč 3D tiskalniki. Maketo je moč s pomočjo 3D tiskalnika izdelati v nekaj urah. Na primeru projekta Lupinica, ko smo imeli na voljo samo 24 ur, smo s pomočjo 3D tiskalnika izdelali maketo pravočasno. Da ne govorimo o ceni, ki bi pri ročni izdelavi modela presegla 1000 €, pri 3D tiskalniku pa je znašala 300 €. Velik prihranek, ugodna cena in hitrost izdelave.

Ugotavljamo, da se investicije v 3D tiskalnik v gradbeništvu obrestujejo, ker pomenijo dodano vrednost pri pridobivanju projektov. Z njimi bomo predvsem zmanjševali stroške in čas izdelave modelov.

3D tiskalniki so novost na trgu, katerih tehnologija se zelo nadgrajuje, zato je težko govoriti o možnih izboljšavah. Vsekakor si inženir gradbeništva želimo 3D tiskalnike, ki bodo omogočali izdelavo večjih predmetov, kot so npr. opaži za zahtevne kupce. Trenutne tehnologija omogoča tiskanje izdelkov iz kovine, ki so omejeni na dimenzijo cca. 600 x 600 x 600 mm. Plastični izdelki so že lahko malce večji, vendar načeloma ne večji kot 1m.

5 SKLEP

Na primeru izdelave makete otroškega vrtca smo dokazali zastavljene trditve diplomskega dela, da je uporaba 3D tiskalnikov v gradbeništvu smiselna in po naših strokovnih ugotovitvah že skoraj nujna. Pri raziskave tega področja smo prišli do ugotovitve, da v tujini že veliko podjetij uporablja 3D tiskalnike, tudi na področju gradbeništva. Naslednja ugotovitev je bila, da pri odločitvi nakupa 3D tiskalnika igrata ključno vlogo sta čas in cena projekta.

Dejavnik časa je ključnega pomena. Če delamo na projektih, ki so časovno omejeni na zelo kratke roke, potem je uporaba 3D tiskalnikov priporočena, ker nam skrajšajo roke izdelave maket.

Naslednji dejavnik je cena, ki jo je pripravljen naročnik plačati. Raziskava je pokazala, da je cena izdelave makete nižja, kot pri izdelavi ročno narejene makete. Seveda pri ceni lahko upoštevamo tudi reprezentančnost izdelka. Tudi ta pri postavitvi cene ni zanemarljiv faktor.

Če povzamem ugotovitve, je samo vprašanje časa , kdaj se bodo zraven navadnih laserskih ali brizgalnih barvnih tiskalnikov v naših domovih in pisarnah pridružili najrazličnejši 3D tiskalniki.

6 VIRI, LITERATURA

6.1 Literatura

1. Elder, A.: *Additive Manufacturing, 3D Printing, and the Coming Stock Market Boom, 2nd expanded edition.* Amazon, 2012.
2. Evans, B.: *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*. Tehnology in action, Amazon, 2012.
3. McGregor, N.: *History of the World in 100 Object*, Amazon, New York, 2010.
4. Roebuck, K.: *3D Printing: High-impact Emerging Technology - What You Need to know: Definitions, Adoptions, Impact, Benefits, Maturity*, Vendors, Amazon, May 11, 2011.

6.2 Internetni viri

5. http://i.materialise.com/, 22.11.2012
6. http://news.yahoo.com/blogs/sideshow/3d-printer-could-build-house-20-hours-224156687.html, 11.12.2012
7. http://smartgeometry.org/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=130, 11.12.2012
8. http://www.3dsystems.com/, 22.11.2012
9. http://www.concept-laser.de/, 23.11.2012
10. http://www.constructech.com/news/articles/article.aspx?article_id=9348, 10.12.2012
11. http://www.hp3dprinting.co.uk/_includes/images/3d-printer, 21.11.2012
12. www.conceptlaser.com, 10.12.2012
13. www.ortotip.com, 6.12.2012
14. www.zcorp.com/en/Solutions/Architecture/spage.aspx, 10.12.2012