

# 3D TISK Z BETONU VE STAVEBNÍM PRŮMYSLU

Michal Zámečník

Úroveň automatizace a robotizace ve stavebnictví je v porovnání s ostatními průmyslovými obory téměř beze změny, a tak není divu, že se produktivita ve stavebnictví za posledních 50 let vlastně vůbec nezvýšila. Naději ke změně tohoto trendu však dává použití aditivní výroby, resp. 3D tisk ve stavebnictví. Jasným signálem, že tato technologie má budoucnost, je investice ve výši 200 milionů amerických dolarů, kterou v roce 2021 získala americká společnost ICON od soukromých subjektů.

## 3D CONCRETE PRINTING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The level of automation and robotics in the construction industry is almost unchanged compared to other industries, so it is not surprising that productivity in the construction industry has not actually increased at all over the last 50 years. However, the use of additive manufacturing, or 3D printing, in the construction industry offers hope of changing this trend. A clear signal that this technology has a future is the investment of USD 200 million secured by the US company ICON in 2021.

### Co je to 3DCP?

3DCP (3D concrete/construction printing – v českém překladu 3D tisk z betonu nebo také 3D tisk ve stavebnictví) je ve stavebním průmyslu stále poměrně novým pojmem. I když použití 3D tisku z plastových materiálů nebo 3D tisk z kovu je v průmyslu už běžným standardem. Hnací motorem pro 3D tisk ve stavebnictví a současně tak robotizace a automatizace ve stavebním průmyslu jsou nedostatky pracovních sil, zvýšená poptávka po individualizaci, ale především zefektivnění a zrychlení výstavby. Z hlediska technologického se jedná o využití kombinace několika oborů, a to především robotizace, programování (počítačový SW a HW) a strojního a materiálového inženýrství. Základními typy používaných robotů pro 3D tisk ve stavebnictví jsou:

- víceosá průmyslová robotická ramena, jak je známe třeba z automobilového průmyslu od společností ABB, Kuka nebo Fanuc,

- modulární rámová tiskárna, zjednodušeně řečeno zařízení podobné tiskárnám na plastový filament, např. od české společnosti Prusa. Jedním z hlavních a prvních propagátorů je dánská společnost Cobod.

Součástí strojního tiskového systému je dále míchací a čerpací zařízení na materiál a tisková hlava. U tiskové hlavy rozlišujeme možnost použití jednokomponentního nebo dvoukomponentního (příp. i vícekomponentního) tisku, kdy je do základní směsi dávkováno další aditivum především pro zrychlení tuhnutí a tvrdnutí směsi nebo také pigmenty ad.

### Beton pro 3D tisk

Nedílnou součástí technologie je samozřejmě tiskový materiál, který většinou nesprávně označujeme jako beton. Ve většině případů mají v současnosti používané materiály frakci kameniva 0–1 mm a měli bychom je tedy správně označovat jako malty. Nicméně i v této oblasti zaznamenáváme vel-

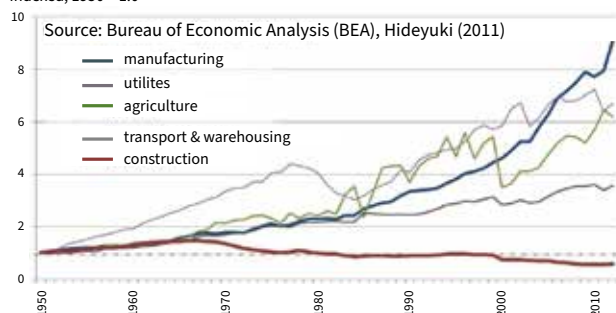
ké pokroky a již existují první aplikace využívající skutečného betonu o frakci kameniva větší než 4 mm.

Většina dnešních tiskových řešení je založena na použití prefabrikované suché směsi, která je v míchacím zařízení smíchána se záměsovou vodou. Použité složení směsi a především použité přísady a příměsi umožňují dobrou čerpatelnost při zachování požadovaných tixotropních vlastností tak, aby se při ukládání směs neroztékala. Dále musí směs dosahovat rychlého tuhnutí a tvrdnutí, ať už svým složením, nebo po smíchání s urychlovacími přísadami (v případě použití dvoukomponentního systému). Jednotlivé vrstvy je potom možné využít k tvorbě různých dezénů anebo naopak, pokud je to žádoucí, použít při tisku hladicích lopatek na extruderu a dosáhnout tak téměř hladkých stěn.

Po použití 3D tisku ve výstavbě stavebních prvků je však jednoznačným trendem posun k použití speciálních směsí vyráběných v betonárnách jako

## Construction productivity 1950-2012

Real productivity (GDP value-add per employee) by industry in the US Indexed; 1950 = 1.0



1

2





3a



3b

transportbeton. Předpokládám však do budoucna další vývoj obou těchto technologií s ohledem na rozdílné použití pro cílovou výrobu.

Současně je třeba podotknout, že téměř všechny projekty realizované technologií 3D tisku se potýkají s jednou zásadní výzvou a tou je tvorba mikrotrhlin, a to smršťovacích nebo dilatačních. Naopak spojování jednotlivých vrstev tisku se jeví jako bezproblémové a není mi známo, že by některý z realizátorů měl problém s oddělováním jednotlivých vrstev.

## Historie

Novodobý počátek technologie 3D tisku ve stavebnictví je spojován s americkou společností Contour Crafting, kterou v roce 1994 založil v USA prof. Behrokh Khoshnevis na univerzitě v Jižní Kalifornii. Tato společnost si pak podala první patent v roce 1996.

Ve Spojených státech na tyto aktivity navazuje několik společností využívajících technologii rámové tiskárny, mezi nejznámějšími v oboru jsou Apis Cor, Black Buffalo, Printed Farms, Alquist a v úvodu zmíněná společnost ICON. Nejznámějším výrobcem rámových tiskáren pro stavebnictví je pak dánská společnost Cobod, jejímž akcionářem je také společnost Peri. Je potřeba zmínit také čínskou společnost WinSun, která se specializuje na použití technologie 3D tisku ve stavebnictví již od roku 2003 a pyšní se řadou zajímavých realizací a velkými plány do budoucna.

## Evropa

V Evropě jsou počátky 3D tisku ve stavebnictví spojovány s Technickou univerzitou v holandském Eindhovenu a s ní spojenými aktivitami výrobce stavebního materiálu Saint Gobain

Weber. Díky této spolupráci vznikly zajímavé a revoluční projekty právě v Holandsku, a to především první zkolaudovaný a obývaný dům Milestone House. Dále pak také několik mostů, ten nejzajímavější se nachází v městečku Nijmegen. Jedná se o lávku pro pěší a cyklisty s celkovou délkou 29 m, jež je složená z jednotlivých dutých segmentů spřažených předpjatým lanem.

Z Holandska pocházejí také společnosti CyBe, která se soustředí na ucelený systém řešení s robotickým ramenem na pojízdném podvozku, a společnost Vertico, která svou pozornost zaměřuje na tisk designových prvků za využití dvoukomponentní technologie. Velmi aktivní je také francouzská společnost XtreeE.

V této souvislosti je potřeba zmínit některé velké dodavatele stavebních materiálů: mimo již výše uvedenou společnost Saint Gobain Weber je to také nadnárodní koncern Sika a jejich materiály pro jedno- i dvoukomponentní tisk. Dalším z dodavatelů je rakouský Baumit se svým uceleným řešením s názvem Bauminator. K nim se pak přidávají i dodavatelé cementu a betonu, např. Cemex, Lafarge a Heidelberg Group se svým vlastním řešením.

## Speciální technologie

Netradičním pojetím 3D tisku z betonu je pak spojení technologie stříkaného betonu a použití robotického ramene. Švýcarská společnost Mobbot se soustředí na výrobu prvků pro inženýrské stavby použitím stříkaného betonu, který je aplikován na předem připravenou výztuž. Obdobně také německý start-up Aeditive, který pak ještě doplňuje tuto technologii o robotické hlazení povrchu.

1 Přehled produktivity na pracovníka v USA podle oborů (zdroj: statistika Bureau of Economics Analysis, Hideyuki) 2 Hala na 3D tisk z betonu na Technické univerzitě v Eindhovenu 3 Milestone House v Holandsku – první zkolaudovaný a obývaný dům zhotovený pomocí technologie 3D tisku 4 Lávka v holandském městečku Nijmegen: a) ve výrobní hale Saint Gobain Weber, b) pohled na mostovku, c) most je sestaven z 3D tištěných segmentů

1 Construction productivity per employe by branch of industry in the US (source: Bureau of Economics Analysis, Hideyuki) 2 3D concrete printing research facility at the TU Eindhoven 3 Milestone House in the Netherlands – world's first commercial housing project based on 3D concrete printing 4 Footbridge in the Dutch city of Nijmegen: a) in the production facility of Saint Gobain Weber, b) view of the bridge deck, c) bridge is constructed from the 3D concrete printed elements



4



4b



4c



5a



5b

5 Společnost Voxell: a) výrobní hala, b) 3D tištěné objekty z betonu  
 5 Voxell Company: a) production facility b) 3D concrete printed elements

## Rozšíření technologie 3D tisku v České republice

Jedním z prvních průkopníků technologie 3D tisku ve stavebnictví v ČR je bezesporu rodinná stavební firma Podzimek a synové. Zástupci této společnosti již v roce 2017 iniciovali vývoj tiskového materiálu ve spolupráci s nadnárodní společností Master Builder Solutions. Také díky této iniciativě bylo možné v roce 2019 zahájit spolupráci mezi výrobcem tiskového materiálu MasterFlow 3D 100 a start-upem Scoolpt a v roce 2020 tak mohl vzniknout světově unikátní projekt s názvem Prvok. O rok později, tedy v roce 2021, tentokrát ve spolupráci Master Builder Solutions se spin-offem brněnského VUT, resp. společností 3D Deposition, jejímž zakladatelem je David Škaroupka, mohlo vzniknout první 3D tištěné parkurové hřiště na světě. V této souvislosti je potřeba zmínit aktivity Stavební spořitelny České spořitelny, která se svojí podporou projektů Prvoka a parkurového hřiště významně zasadila o medializaci 3D tisku z betonu a jeho zpolarizování u širší veřejnosti.

Rok 2021 byl vůbec přelomovým, co se týče aktivit na území ČR, ale i SR. Bylo prezentováno několik výsledků výzkumu v oblasti 3D tisku z betonu na vysokých školách. Své aktivity do ČR přesunul světoznámý architekt Luai Kurdi a založil zde společnost Print4D. Výsledky svého výzkumu a vývoje také prezentoval nejvýznamnější hráč na

trhu stavebnin v ČR, společnost DEK. Stejně tak prezentovala koncem roku 2021 svůj portálový tiskový stroj a řešení vyvinuté ve spolupráce s ČVUT i společnost Podzimek a synové. Své portfolio 3D tištěného designu představil veřejnosti Michal Kovářik, zakladatel společnosti Fabrilium. Na Slovensku od toho roku probíhají téměř bez větší pozornosti realizace prefabrikovaných 3D tištěných rodinných domů společností 3D-C PRO. A samozřejmě musíme také zmínit jednoho z neaktivnějších subjektů na tomto poli, a to ICE Industrial Services ze Žďáru nad Sázavou působící především v oboru průmyslové automatizace. O všech těchto aktivitách je možné si přečíst podrobnosti v samostatných článcích.

## Multioborová platforma 3D tisku v Brně

V Brně vzniklo v roce 2021 nové pracoviště s názvem Voxell vybavené technologií pro 3D tisk betonu právě od holandské společnosti Vertico. Jedná se o komplexní technologii pro 3D tisk jednokomponentní, ale také dvukomponentní betonové směsi při využití robotického ramene na pojezdu. Voxell má za cíl stát se multioborovou platformou v oblasti designu s důrazem na maximální kombinaci estetiky a užitných vlastností výrobků. Základem je 3D tisk z betonu a jeho vývoj směřující k maximálnímu podílu v různých oborech stavebnictví, architektury a užitého designu. Cílem jeho zakladatelů Tomáše Cenka a Petra Jecelína je otevřený rozvoj nového směru s tím, že konkrétní uplatnění a cíle oboru se spíše ukáží časem. „Zatím si myslíme, že se nacházíme spíše v době vytváření trhu a nutnosti spolupráce napříč obory směřující k co nejrychlejšímu uvedení do praxe a vytvoření širokého povědomí o této technologii a jejím užití. Nesoustředíme se pouze na 3D tisk betonovými směsmi, ale i na navazující procesy. Proto jsme vytvořili a vyvíjíme i druhé robotické pracoviště pro tisk plastových forem či jejich frézování. Soustředíme se i na témata jako je finishing tisků, obrábění a kombinaci s jinými materiály. Nemyslíme si, že v nejbližší době bude možné touto technologií stavět domy v ČR, ale že bude prospěšné vytvořit platformu, aby byl tento proces maximálně urychlen a byly

podniknuty kroky, které to v budoucnosti umožní tam, kde to bude dávat smysl. Chtěli bychom sdružit zajímavé lidi z oboru k vzájemné spolupráci. Nelze opomenout ani tzv. zelené hledisko, kde si myslíme, že úspora a budoucí složení materiálu a odlehčené konstrukce mohou mít dle námi zjištěných studií výrazný vliv na přidanou hodnotu takového druhu výstavby,” přiznává Petr Jecelín.

## Další směry vývoje

Technologie 3D tisku ve stavebnictví je stále technologií novou, a tak lze očekávat v této oblasti mnoho otázek, ale také výzkumu. I investoři a velcí nadnárodní hráči ve stavebním průmyslu již možnosti a perspektivy technologie 3D tisku objevili, a proto v posledních letech pozorujeme velmi zrychlený vývoj v této oblasti, který se tak přesouvá z akademické pudy i do komerční sféry. Osobně očekávám, že v souvislosti s použitím 3D tisku z betonu budeme svědky nových řešení v oblasti vyztužení stavebních prvků, přechodu na materiály větších frakcí a dále kombinace s dalšími stavebními materiály a stavebními prvky. Velkou výzvou bude také harmonizace nových norem umožňující tyto nové stavební postupy používat. Vše zmíněné dává obrovský prostor specialistům v tomto novém oboru uplatnit své multidisciplinární znalosti. V této souvislosti si také dovoluji zmínit vznik dvou institucí. Tou první je akademicko-průmyslová platforma Národní centrum Stavebnictví 4.0, o které si čtenáři mohou přečíst v úvodníku, a tou druhou je Asociace inovačních technologií a 3D tisku ve stavebnictví ([www.3dai.cz](http://www.3dai.cz)), která si klade za cíl oslovit i širší veřejnost a hledat a představovat možnosti využití 3D tisku z betonu napříč obory.

3D tisk ve stavebnictví je zcela jistě slibnou technologií, která přinese do stavebního průmyslu nové postupy, požadovaná udržitelná řešení, ale také zvýšení efektivity výstavby. Máme se určitě nač těšit.

Fotografie: 2 – TU Eindhoven, 3, 4, 5 – Michal Zámečník



Ing. Michal Zámečník  
 specialista na 3D tisk z betonu  
[michal.zamecnik@3dcp.pro](mailto:michal.zamecnik@3dcp.pro)