

3D nyomtatási technológia alkalmazása betonszerkezetek és épületek előállítására

- A 3D nyomtatás alkalmazásának sajátosságai**
- Additív gyártástechnológia alkalmazása
 - A 3D nyomtatásra alkalmas beton használata
 - A betontechnológia alkalmazásának előnyei (gyors, folyamatos, automatizálható)

- Betonnyomtatásra alkalmazott eljárások**
- Kötőanyag sugaras technológia
 - Lőtt betonos technológia
 - Csúszó zsalus technológia
 - Extruderes nyomtatási technológia

- A 3D technológiához használatos nyomtatók**
- Portál rendszerű nyomtatók
 - Robotkaros rendszerű nyomtatók
 - Teleszkópos darurendszerű nyomtatók
 - Delta rendszerű függesztett nyomtatók

- A betonnyomtatással kapcsolatos vizsgálataink**
- Laboratóriumi nyomtatási kísérletek
 - Üzemi nyomtatási próbák
 - 3D nyomtatás alkalmazása (Szeged)



18 óra alatt egy komplett iskola
Malawi (Dél-kelet Afrika)



Ilyet azért mégse kellene!

A 3D nyomtatás alkalmazásának sajátosságai

- Additív gyártástechnológiával, vékony rétegekből építik fel a szerkezetet.
- Szerkezeti formák tekintetében az építésztervezőknek nagy a szabadsága.
- Az építési folyamatok automatizálhatók és csökken az élőmunka igény.
- Kiküszöbölhetővé válnak a zsaluzatok, az építési folyamatok gyorsíthatók.
- Csökken a környezetszennyezés, és vibrálás nélküli a betontechnológia.
- A beton szilárdulási idejét össze kell hangolni a nyomtatási sebességgel.

A 3D nyomtatásra alkalmas beton tulajdonságai

- A friss betonkeveréknek megfelelő **plaszticitással** kell rendelkeznie a betonréteg nyomtathatósága (extrudálása) érdekében.
- A kinyomtatott friss betonnak deformálódás nélkül **el kell viselnie** a föléje nyomtatott rétegek súlyát.

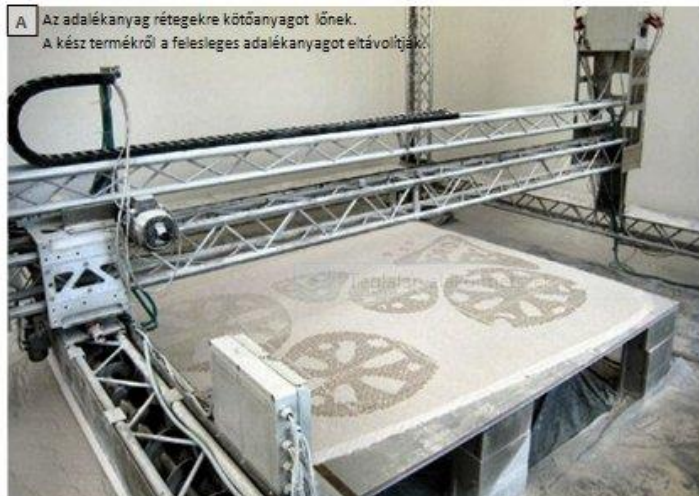
A beton összetételének meghatározása laborvizsgálattal

- Geopolimer kötőanyag helyett hazai cement, homok és adalékanyagok.
- A beton előállítására alkalmas adalék- és kötőanyagok **kiválasztásához** vizsgáltuk a hazai folyami homokokat, és a különböző tulajdonságú cementeket.
- A beton **plaszticitásának** javítására, valamint a kötési idő szabályozására és a szilárdság növelésére, vizsgáltuk a különböző **adalékanyagok és adalékszerek adagolásának hatását**.
- A nyomtatott friss beton összetartó képességének növelésére és a beton későbbi repedéseinek megakadályozására **műanyag szálat** adagoltunk a betonhoz.



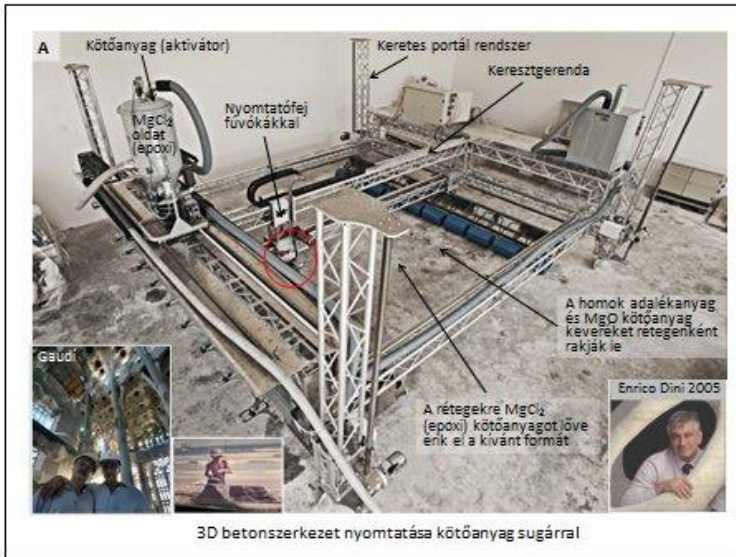
Betonnyomtatásra alkalmazott eljárások

- A - Kötőanyag sugaras technológia**
Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lönek. A kész termékről a felesleges, adalékanyagot eltávolítják.
- B - Lőtt betonos technológia**
A hagyományos löttbeton technológia fejlesztett változata.
- C - Csúszó zsalus technológia**
Dinamikus csúszózsaluzással egy robotkar a formát felfelé húzza, kialakítva a terméket.
- D - Extruderes technológia**
Keretes portálrendszerre szerelt és vezérelt nyomtató fejjel formázzák a terméket.
Robotkar, teleszkópos- és mobil daru.



A Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lönek.
A kész termékről a felesleges adalékanyagot eltávolítják.

Kötőanyag sugaras technológia



D Az extruder-es nyomtatási technológiához használatos nyomtatók

Portál rendszerű nyomtatók:

- fix keretes, mozgó keresztgerendás
- mobilkeretes



Robotkaros rendszerű nyomtatók:

- fix állású
- mobil robotkaros
- portál keresztgerendára szerelt
- mobil-robotkaros portál



Teleszkópos darurendszerű nyomtatók:

- fix daruállású
- mobil daru rendszerű



Delta rendszerű függesztett nyomtatók:

- nyomtatófej huzalokkal pozicionálva



3D betonszerkezetek nyomtatása extruder-es technológiával



A nyomtatófejet elhagyó friss betonrétegek



3D betonnyomtatás extruder-es technológiával (különböző nyomtatófejekkel)



Fixkeretes portálrendszerű nyomtatók



Mobilkeretes portálrendszerű nyomtatók



Robot karos rendszerű extruderes nyomtatók (fix és mobil)



Robotkaros és portáltechnológiát egyesítő nyomtatók



Teleszkópos darura szerelt nyomtatófej

Teleszkópos darurendszerű nyomtatók



Egy pontban lehelyezett, teleszkópos forgó rendszerű nyomtató

Teleszkópos mobilдарu rendszerű nyomtató

Az extruderes nyomtatási technológiát használó 3D nyomtatók típusai



Delta rendszerű nyomtatás. 3 oszlopra függesztett és húzókkal pozícionált nyomtatófejrel.



„Öko”-fenntartható épület
Anyagok: agyag, iszap, homok; mész riszhej, rizs szalma
Fal és födém hőszigetelő-burkolata (bio-vakolata) riszhejből.
Falszerkezet üregei riszhejjel feltöltve.

Az épület hőszigetelő falburkolata



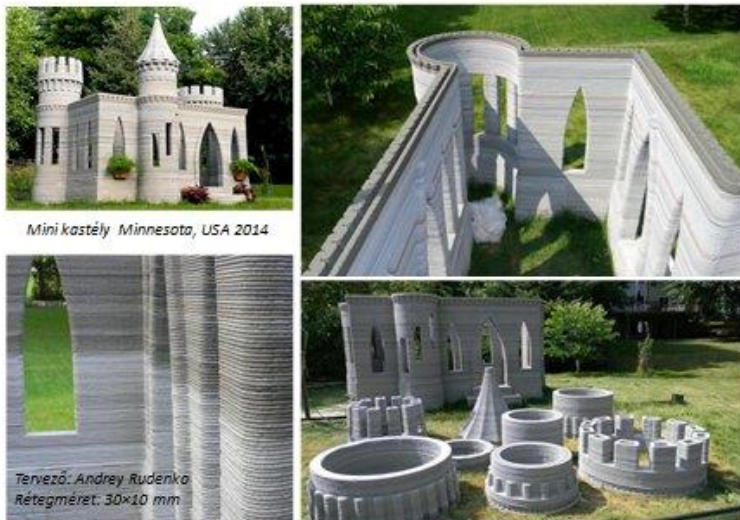
„Delta” rendszerű 3D nyomtatás, Olaszország (2018)



Agyag (vályog) épület „Delta” rendszerű 3D nyomtatása, Olaszország



Thai művészeti alkotás (Chanita Chu)



Mini kastély Minnesota, USA 2014

Tervező: Andrey Rudenko
Rétegméret: 30×10 mm

Az első 3D technológiával nyomtatott betonépületek



2015 Lakóépület Suzhou, Kína (falak nyomtatva, födém hagyományos vb. szerkezet)



38 m², 24 óra alatt épült, sátor alatt -35°C

Lakóépület Stupino, Oroszország 2016

Az első 3D technológiával nyomtatott betonépületek



Első 3D betonépület, Európában 2017



Az első 3D technológiával nyomtatott betonépületek



Betonépület extruderes 3D nyomtatása és építése (Németország)



Az épület belső tere



Betonépület extruderes 3D nyomtatása és építése (Németország)



3D technológiával nyomtatott farm földmészkezetének betonozása (Florida)



Mobil és fix keretes portárendszerű technológiával nyomtatott épületek



HuaSang Tsingta, Peking 2016
45 nap alatt VIII. földrengés

Nem elemekből összeszerelt 3D nyomtatott épület



Amerikai katonai bázis (Champaing)
Portárendszerű technológiával nyomtatták.
45m² 40 óra alatt épült



3D technológiával nyomtatott közigazgatási épület, Dubai



24 db előregyártott (nyomatott) elemből
120 óra alatt felépítve

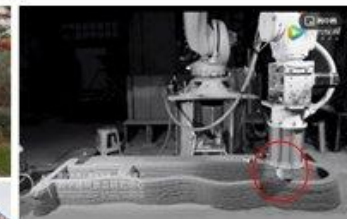
3D technológiával előregyártott elemekből összeszerelt lakóház, Hollandia



Portálrendszerű technológiával előre nyomtatott panelelemből építve (Szlovákia)



Az első 3D technológiával nyomtatott 2 szintes lakóépület (Belgium)



Gyalogos betonhid Shanghai (2019)
Hossza: 26 m szélesség: 3,6 m
Robot karos nyomtatással előregyártva.
Helyszínen szerelve üreges elemekből.



Amszterdam legelső 3D nyomtatott gyalogosídja



Hídlemek üzemi előnyomatása

A helyszínre szállított hídlemek



A híd elemeinek összeszerelése és feszítése

A híd üzembe helyezése (H = 8m Sz = 3,5m)

5t teherbírási kerékpárút híd, Hermet (Hollandia)



Íves gyaloghíd (12x16m) egy velencei parkban

Habarc és betonacél erősítés nélküli hídstruktúra



Extruderes nyomtatási betontechnológia

A híd betonelemeinek 3D nyomtatása

A híd betontömb elemeinek előgyártása, 3D nyomtatással.

Nyomtatott betonelemből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd



A híd elemeinek helyszínre szállítása

A híd betonelemeinek beemelése



Hagyományos boltíves hídkonstrukció kialakítása

A betontömb elemek ívet alkotnak

Nyomtatott betonelemből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd



Leghosszabb 3D nyomtatású kerékpáros híd 29 m Nijmegen Hollandia 2021



Térelém épületek nyomtatása és helyszíni szerelése



Media office buildings (Dubai)

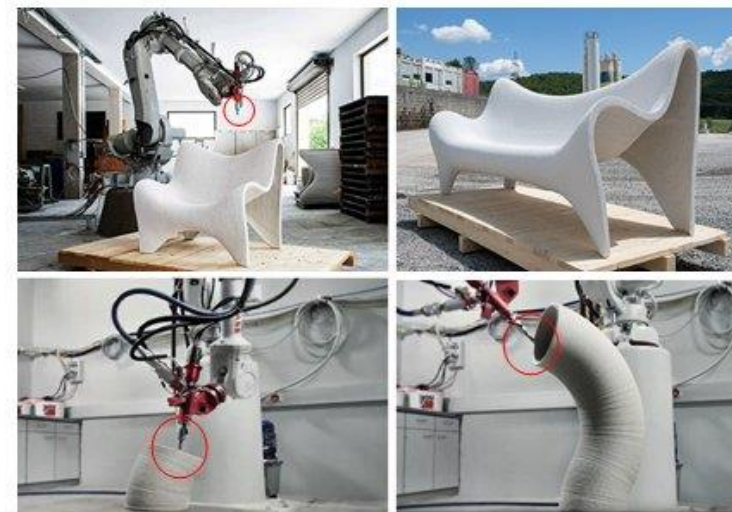


Project Milestone futurisztikus házak, Endhoven (Hollandia)



Lotus House, Dezhzhou

Industry Expo Park Shanghai



Kerti bútor és betontárgy nyomtatása robotkaros 3D technológiával



A beton összetételének a meghatározása és frissbeton vizsgálatok

Alapanyagok és a frissbeton laboratóriumi vizsgálatai

- folyami homokok és a cement kötőanyag vizsgálatai
- adalékanyagok (metakaoлин, mészkőpor) hatásvizsgálata
- műanyag száladagolás és vegyi adalékszerek hatásvizsgálata
- friss betonkeverékek vizsgálata (állékonyság, kötési idő)

A beton összetételének meghatározása (hazai, nem geopolimer)

- betonkeverékek előállítás és a frissbeton vizsgálata
- a nyomtatásra alkalmas beton receptúrájának meghatározása

Laboratóriumi és üzemi próbanyomtatások

- betonkeverő és a betonpumpa üzembe helyezése
- betonkeverés és nyomtatás sebességének összehangolása
- fal szerkezet modellek nyomtatása

A kinyomtatott és betonszerkezetek vizsgálatai (tervezet)

- fal szerkezet és betonanyagának vizsgálata
- fal szerkezeti modellek szilárdságtani vizsgálata
- a fal szerkezet hőtechnikai vizsgálata

Laboratóriumi próbanyomatás (PTE MIK Betontechnológiai laboratórium) 2021

A laboratóriumi 3D próbanyomatások



Beton csík rövidhasábok laboratóriumi nyomtatása



Laboratóriumi nyomtatófejek fejlesztése

Üzemi kísérlet 3D betonnyomtatásra (ÖKO 2002 Kft. Kaposvár 2022 március)



A nyomtatáshoz alkalmazott gépek és berendezések:

- betonkeverő és betonszivattyú
- előtoló kocsi
- nyomtató fej (cső)

Betoncsíkból nyomtatott falszakasz

Üzemi 3D betonnyomatás (Turbotech Kft. Szeged 2022 június)



A nyomtatott építmény falazatának kialakítása

Az építmény falszerkezetének nyomtatása



Falszerkezet összekapcsolása betonacélakkal

A kinyomtatott falszerkezet (betonépítmény)



A falszerkezet nyomtatása

A betonépítmény falfelülete

Az üzemi 3D betonnyomatás tapasztalatai:

- Szükséges a folyamatos betonkeverés és nyomtatás
- Nyomatási sebesség és a kötési idő összehangolandó
- Átkeverések miatt darabos a betonszerkezet
- Az utólagos vízadagolás → zsugorodási repedések
- A nyomtatófej elé átkeverő tartályt kell beépíteni ebbe kell adagolhat a kötési gyorsítót
- A repedések megelőzésére műanyag háló csík kell.

