

Kenderbeton és kenderbeton épületek

Kenderbeton előállítás és tulajdonságai
Kenderbeton épületek építési technológiája
Kenderbeton falazóelemek és házak
Kenderpozdorja hőszigetelő táblák és lemezek
3D nyomtatás kenderbetonból



Kender alapú építőanyagok
minimális ökológiai lábnyom



Kenderpozdorja

Kenderbeton összetétele és tulajdonságai

A kenderbeton alapanyaga a kenderpozdorja, a kenderszár belső fás része. Mikro-csőves szerkezetű hőszigetelő anyag.

A beton kötőanyaga: mész (+ puccolán) és víz keveréke.

A beton keverési súlyaránya falazatban és földmiben:

1 rész pozdorja 1,5 rész kötőanyag, ott ahol nem lényeges a nagyobb szilárdság: 1:1 A víz keverési súlyaránya: kb. 2,5



Kenderbeton műszaki jellemzői és a kenderház előnyei

- nyomószilárdság: $0,8 \div 1,0$ MPa
- testsűrűség: $\rho_t = 120 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,6 \text{ W/mK}$
- a falszerkezet hőátbocsátási tényezője
 $U_{\text{beton}} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ 40 cm falvastagsággal
- oxigént termel és CO_2 -t köt meg
- jó hőtároló képesség
- méisztartalom miatt baktérium ölő

- nem támadják a rágcsálók és bogarak
- a falszerkezet kiválóan vakolattartó
- akusztikai- és zajszigetelő falfelület
- ellenáll a tűznek, tűzvédelem „B” min.
- a falszerkezet pára- és légáteresztő szabályozza a páraháztartást nem penészedik

Kenderbeton házak építéstechnológiája

Kenderbeton felhasználási- és bedolgozási technológiái:

1. Tömörítéses (döngöléses) technológia
2. Zsaluzatba történő szórás és befújás
3. Kenderbeton téglá- és falazóelemek beépítése
4. Kenderpozdorja hőszigetelő táblák és lemezek

Tömörítéses technológia



Kenderbeton bedolgozása falszerkezetbe



Tömörítéses technológiával épített kenderházak



Szórásos-fújásos technológia



Kenderbeton falazóelemek



Kenderbeton falazóblokkos épület



Kenderpozdorja hőszigetelő táblák és lemezek



3D nyomtatás kenderbetonból (Black Buffalo 3D Corp.)

Fényáteresztő üvegbeton

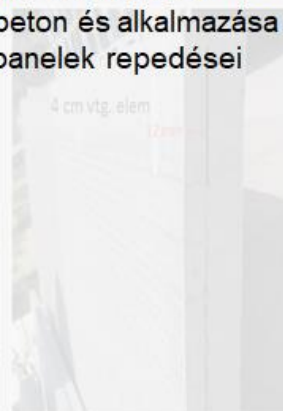
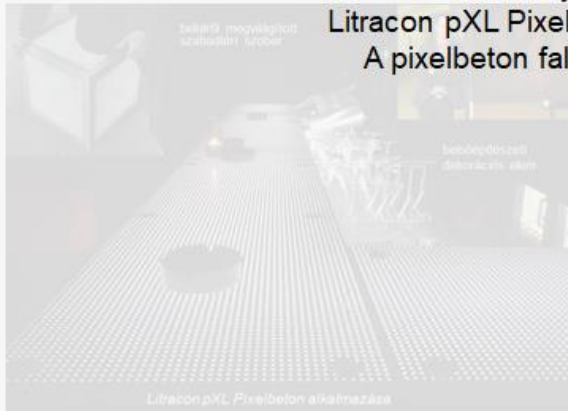
Litracon fényáteresztő beton

Litracon pXL Pixelbeton

Fényáteresztő üvegbeton

Litracon fényáteresztő beton

Litracon pXL Pixelbeton és alkalmazása
A pixelbeton falpanelek repedései



Fényáteresztő üvegbeton

Litracon fényáteresztő beton

Losonczi Áron



Optikai üvegszálak alkalmazásával, fényt bocsát át a beton.
Az üvegszálak párhuzamosan futnak, pontonként továbbítják a fényt

Alkalmazási területek:

- átvilágított homlokzati falak
- belsőépítészeti dekorációs elemek
- úttestbe épített közlekedési jelek
- szabadtéri szobrok, emlékművek





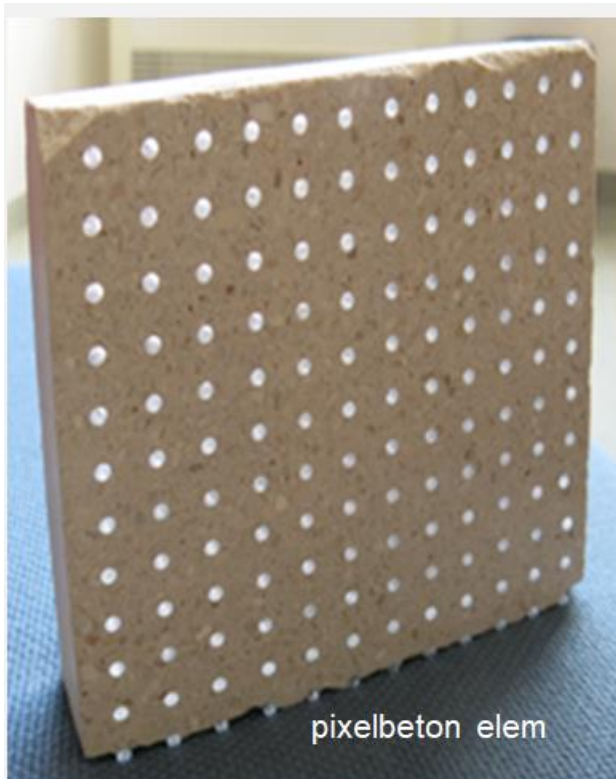
CellaSeptichora Pécs

Litracon pXL Pixelbeton

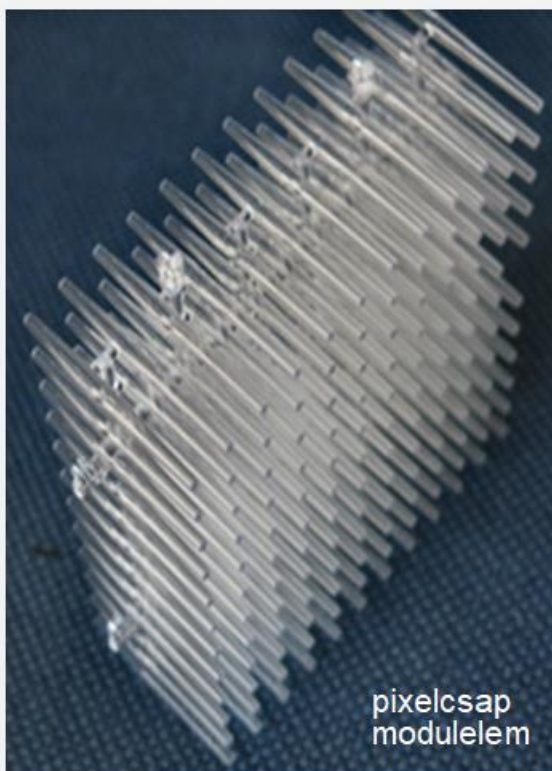


Litracon pXL Pixelbeton és alkalmazása:

- transzparens műanyag szálak vezetnek a fényt
- a kép, fénypontokból (pixelekből) épül fel
- iparosítottan előállított panelelemek
- sík lapok, üreges testek, térbeli idomok
- átvilágított homlokzati- és válaszfalak
- belsőépítészeti dekorációs elemek
- belülről megvilágított szabadtéri szobrok

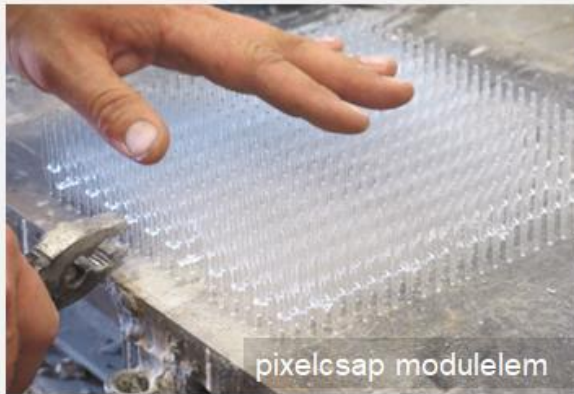


pixelbeton elem

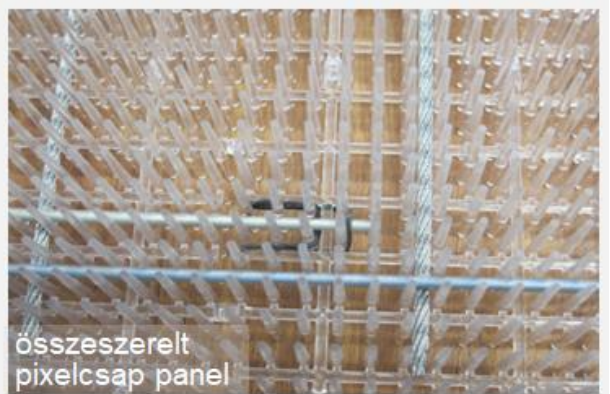


pixelcsap
modulelem

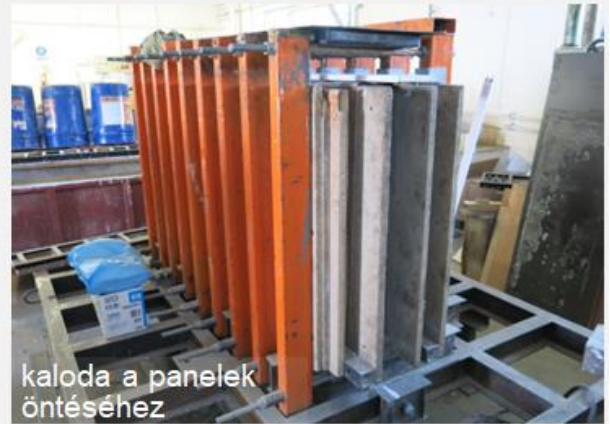
Műanyag pixelcsapok a pixelbeton szerkezetében



pixelcsap modulelem

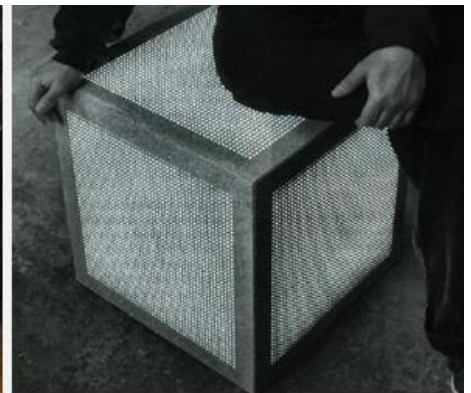


összeszerelt
pixelcsap panel

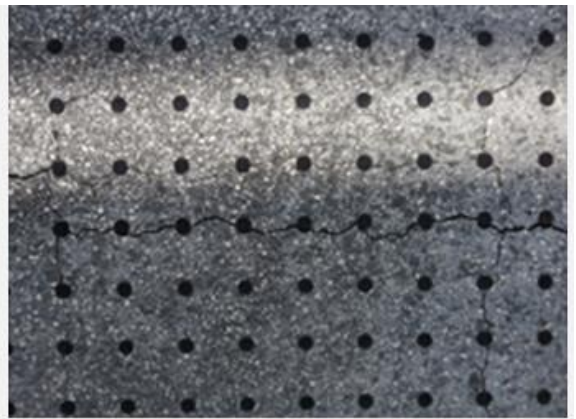
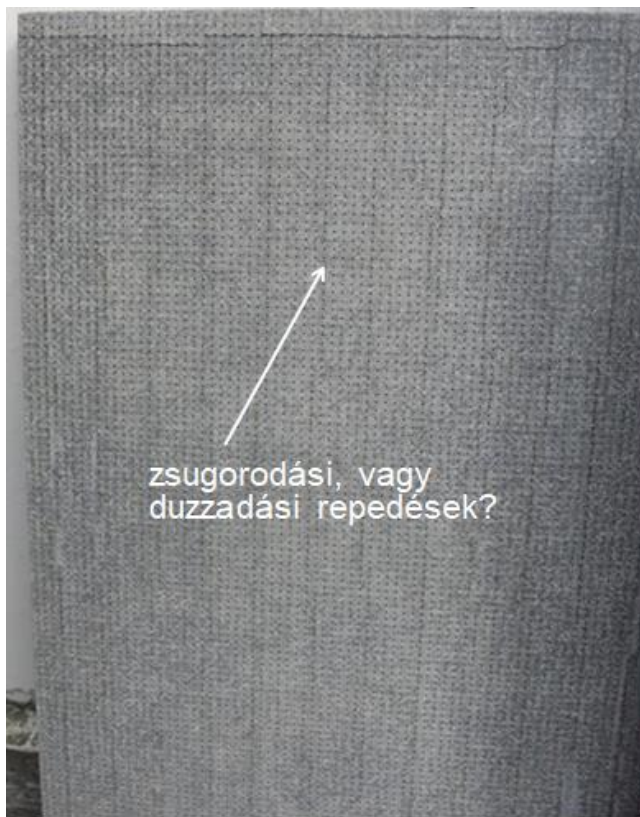


kaloda a panelek
öntéséhez

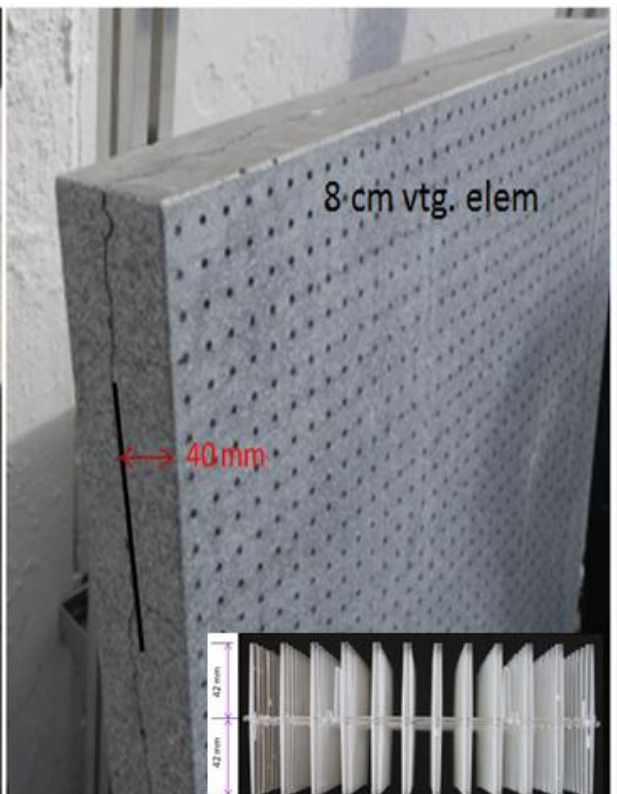
A pixelcsap panel összeszerelése a modulelemből



Belülről megvilágított szabadtéri szobor



A pixelbeton falpanelek repedései



Repedések elhelyezkedése a pixelbeton termékekben

Fűtő üvegek szerkezeti felépítése és építészeti alkalmazásuk

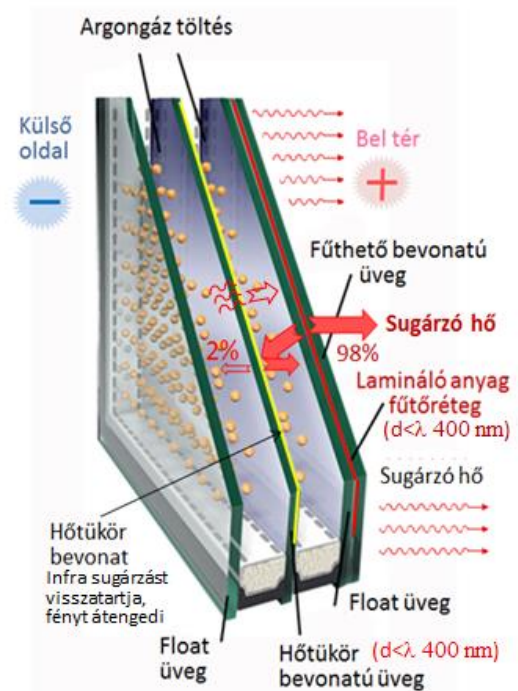
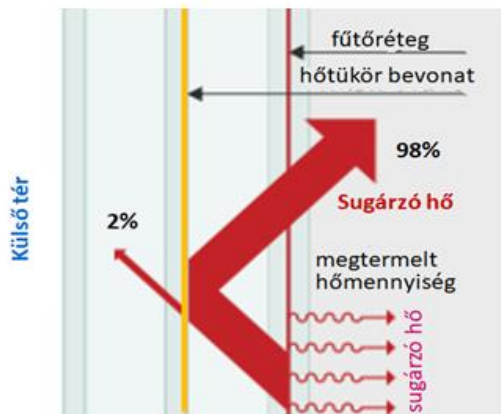
A hőszigetelő fűtő üveg szerkezeti felépítése
 A fűtő üveg, mit infra-radiátor, működési elve
 A fűtő üveg építészeti alkalmazása

A fűtő üveg szerkezeti felépítése és működése

A 3 rétegű hőszigetelő- fűtő üveg **infra-radiátorként** működik, ahol a hő a belső (fűtött térhez közeli) üvegréteg termeli.

Fűtőréteg

Két üveglap ón-dioxid **átlátszó anyaggal** (fémvezető vtg. $<400\text{ nm}$) van összeragasztva, ami elektromos áram hatására hő bocsájt ki. A középső üvegréteg **láthatatlan hőtükör**, bevonata a hő visszaturkózi, és a helyiségen belül tartja. A fényt átengedi ($d < \lambda, 400\text{ nm}$)



A hőszigetelő- fűtő üveg szerkezeti felépítése

A fűtő üveg építészeti alkalmazása

A fűtő üveg infra-radiátorként működik, és mint sugárzó fűtés, nem a levegőt, hanem a tárgyakat melegíti. Ezért jobb hatékonyságot biztosít, mint a levegő-keringtetéses fűtési megoldások.

Energiatakarékos megoldás.

Ez a fajta hőátadás már 18-19 fokon olyan hőérzetet biztosít, mint a hagyományos fűtési rendszer 22-24 fokon. Így akár 3-4 °C-kal csökkenthető az épület belső tereinek léghőmérséklete.

Az emberi test hőérzetét sokkal jobban befolyásolja a körülötte levő tárgyak hőmérséklete, mint a levegőé. Ha a levegőt melegítjük, akkor jelentős mennyiségű energiát pazarolunk el.

A sugárzó fűtési rendszer alkalmazásakor hőleadás egyenletes a teljes felületen, így a fűtött térben kedvező a hőmérséklet eloszlás és minimális a légmozgás. Ennek következtében a szálló por mértéke is lecsökken.



A fűtési rendszer műszaki adatai és előnyei

Közvetlenül 220-230 V feszültségről üzemeltethető.

Fűtési teljesítmény: max. 1.000 W/m²

A fűtő üvegek méretválasztéka: 2,4m x 4,5m

A fűtés **vezérelhető** szoba termosztáttal és egyedi rádiófrekvenciás távvezérlővel.

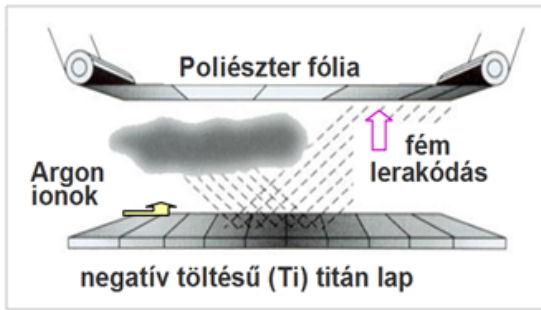
A fűtési rendszer alkalmazásának előnyei:

- kevés helyet foglal el, esztétikus megoldás
- alacsony a beszerelés költsége
- karbantartásra nincs szükség
- táv vezérelhető fűtés

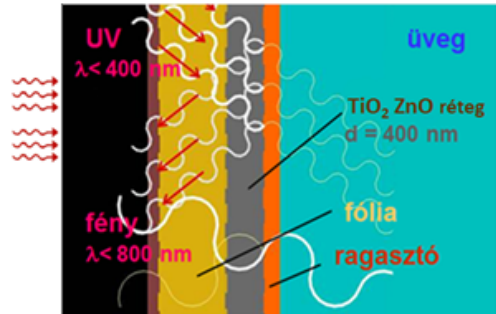
A sugárzó fűtési rendszer beépíthető nyílászáróba, asztallapba és képkeretbe is.



A napfény UV sugárzása ellen védő üvegfóliák



Katódporlasztásos eljárással (Sputterezés) titán fémréteg beágyazása a fóliába



Az UV sugárzás reflexiója a védőfólia titánfém rétegében

Az UV sugárzást szűrő üvegfólia felépítése:

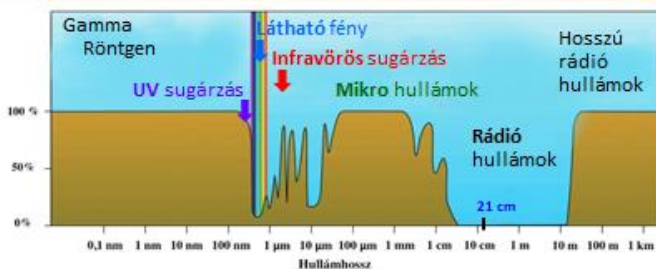
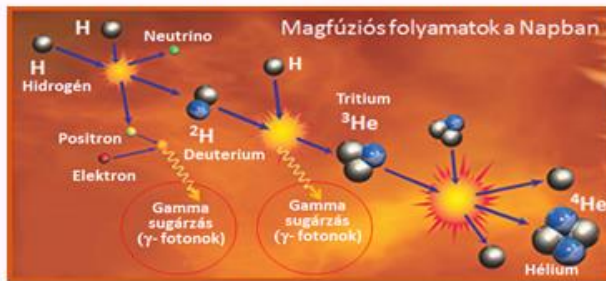
- Ti és Cu atomokat ágyaznak a fólia hordozóanyagba (Sputterezés).
- Szűrőhatás a **reflexió árnyékolási elvén** alapszik.
- A **Ti ($d = 200 \div 400 \text{ nm}$) rétegen** a látható fény ($\lambda > 400 \text{ nm}$) áthatol.
- A Nap károsító hatású UV–A, B sugárzásának megfelelő ($200 \div 380 \text{ nm}$) hullámhosszú elektromágneses sugárzást tartomány reflektálódik.
- Ennek az interferencia jelenségnek „**féműkör csapdázódás**” a neve, és hatékonyan csökkenti az UV sugárzás intenzitását.

A Nap elektromágneses sugárzása

Az energia, elektromágneses hullám formájában terjed, akkor alakul hőenergiává, amikor egy anyag elnyeli. A sugárzás egysége (kvantuma) a foton.

A Nap magfúziós reakciói: $\text{H} \rightarrow {}^2\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \gamma$ fotonok elektromágneses sugárzás \rightarrow (γ rádióhullám).

Minél kisebb a sugárzás hullámhossza, annál nagyobb az általa hordozott energia mennyisége. ($E = h\nu$ $v = c/\lambda$)



A Föld légkörének elektromágneses-sugárzás átteresztő képessége

Sugárzás	Hatása az anyagra
Rádióhullámok	Nincs hatással az anyagra
Hosszúhullám	
Középhullám	
Rövidhullám	
Ultrarövid hullám	
Mikrohullám	Molekulákat forgatja
Infravörös sugárzás	Elnyelődik atomokat gerjeszti hő indukálódik
Távoli infravörös	
Közepes infravörös	
Közeli infravörös	Elnyelődik és reflektálódik kevés hő indukálódik
Látható fény	
Vörös	
Narancs	
Sárga	
Zöld	
Kék	
Ibolya	
Ultraibolya sugárzás	Elektronokat gerjeszti aktiválja fotokémiai hatás
Lágy UV	
UV - A	
Kemény UV - B	
UV - C	
XUV	Extrém
Röntgen sugárzás	Ionizáló és roncsoló
Gamma sugárzás	

A Nap elektromágneses sugárzásának spektruma és hatása az anyagra



Épületek és betonszerkezetek előállítása 3D nyomtatás-technológiával

- A 3D betonnyomtatás alkalmazásának sajátosságai
- Betonnyomtatásra alkalmazott eljárások
- A beton összetételének meghatározása
- A 3D nyomtatásra alkalmas beton tulajdonságai
- Az üzemi 3D betonnyomtatás és tapasztalatai

A 3D betonnyomtatás alkalmazásának sajátosságai

- Additív gyártástechnológiával, vékony rétegekből építi fel a szerkezetet.
- Szerkezeti formák tekintetében az építésznek nagy a szabadsága.
- Nem szükséges zsaluzat, így az építés folyamat gyorsítható (+ kevesebb hulladék keletkezik).
- Az építési folyamatok automatizálhatók és ismételhetők.



A 3D nyomtatásra alkalmas beton tulajdonságai

- A friss betonkeveréknek megfelelő plaszticitással kell rendelkeznie a betonréteg nyomtathatósága (extrudálása) érdekében.
- Össze kell hangolni a nyomtatás sebességét a beton kötési idejével.
- A kinyomtatott friss betonnak deformálódás nélkül el kell viselnie a föléje nyomtatott rétegek súlyát. →



A beton összetételének meghatározása

- Geopolimer beton helyett hazai cement, homok és adalékanyagok alkalmazása.
- Szálerősítés az összetartó képesség növelésére és a repedés érzékenységre csökkentésére.

Betonyomtatásra alkalmazott eljárások



A - Kötőanyag sugaras technológia
Az adalékanyag rétegekre kötőanyagot lőnek. A kész termékről a felesleges, adalékanyagot eltávolítják.



B - Lőtt betonos technológia
A hagyományos lőttbeton technológia fejlesztett változata.

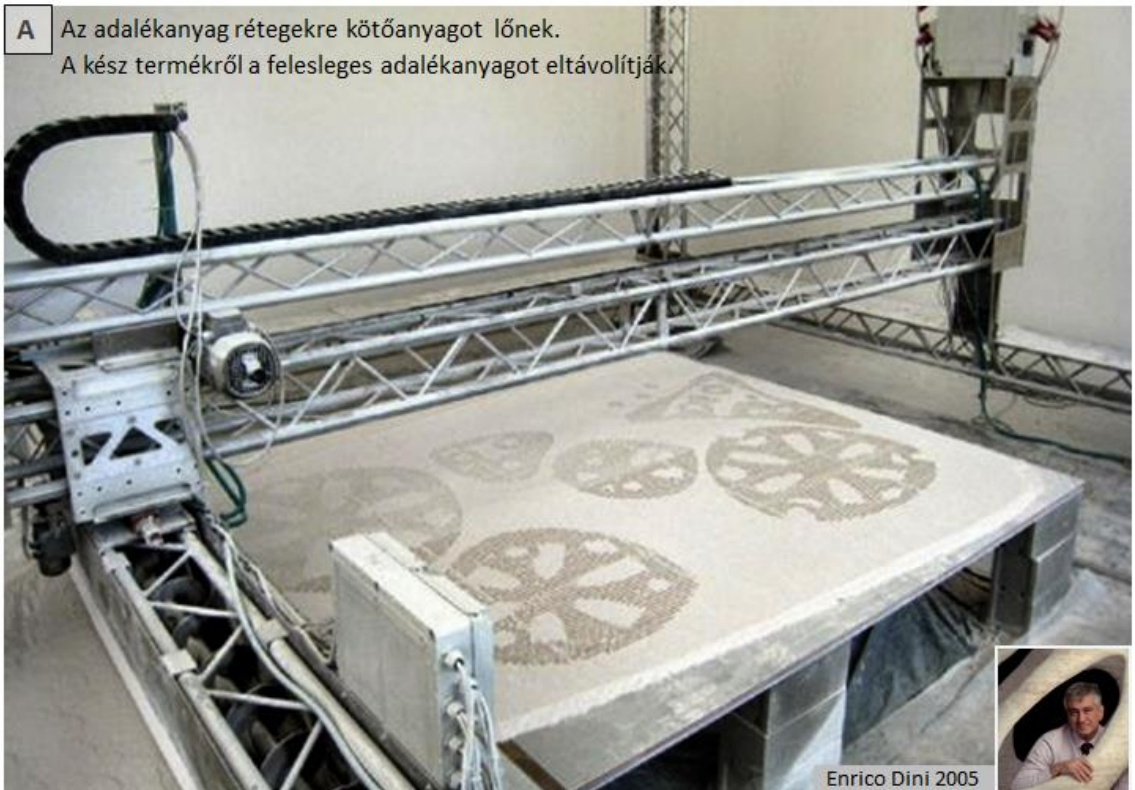


C - Csúszó zsalus technológia
Dinamikus csúszózsaluzással egy robotkar a formát felfelé húzza, kialakítva a terméket.

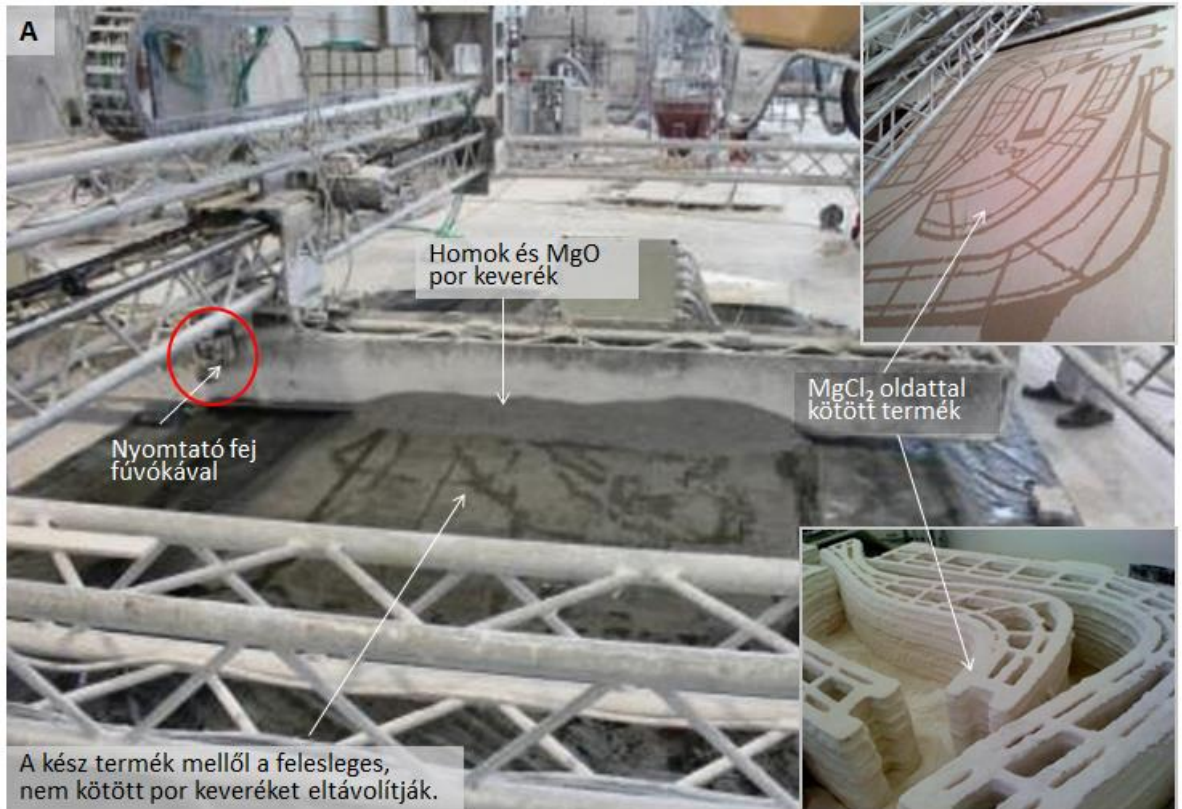


D - Extruderes nyomtatási technológia
Programvezérelt nyomtató fejjel formázzák a terméket.

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



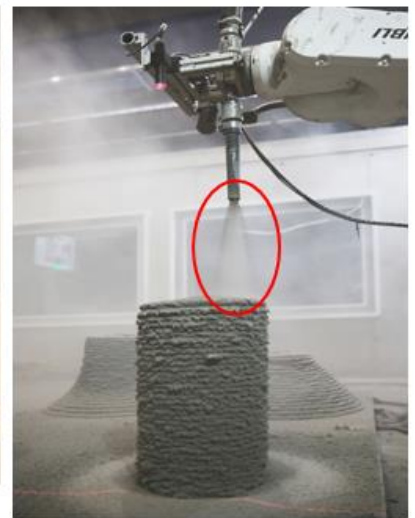
Kötőanyag sugaras technológia



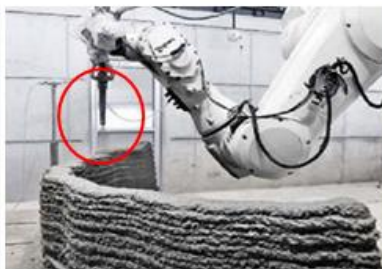
3D réteges nyomtatási technológia (D-Shape)



Falszerkezet formázása lött betonnal



Vasbetonszerkezet előállítás lött-betonos technológiával



3D betonszerkezetek előállítás lött-betonos technológiával



Egy robotkar a formát felfelé húzva alakítja ki a terméket.

3D betonszerkezetek előállítása csúszó-zsaluzatos technológiával

D Az extruderes 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
- mobildaru rendszerű



Delta rendszerű függesztett nyomtatók:

- nyomtatófej huzalokkal pozícionálva



3D betonszerkezetek nyomtatása extruderes technológiával



A nyomtatófejet elhagyó friss betonrétegek



3D betonnyomtatás extruderes technológiával (nyomtatófej)



Nyomtatófej a mozgó keresztgerendán



Malawi, Afrika



Szélerőmű betontornya, Kopenhága

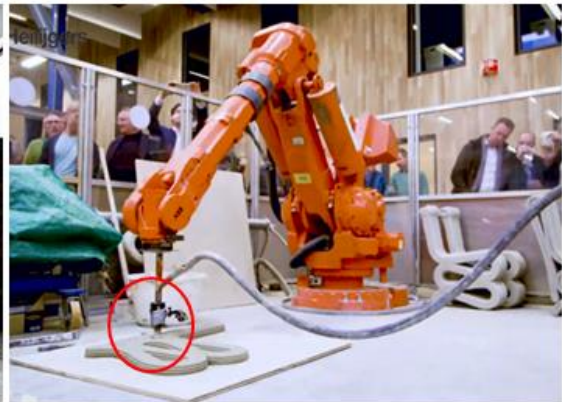
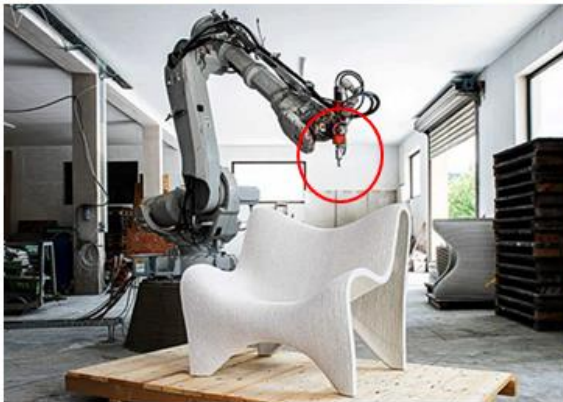


Utókeverés a nyomtató fejben

Fixkeretes portálrendszerű nyomtatók



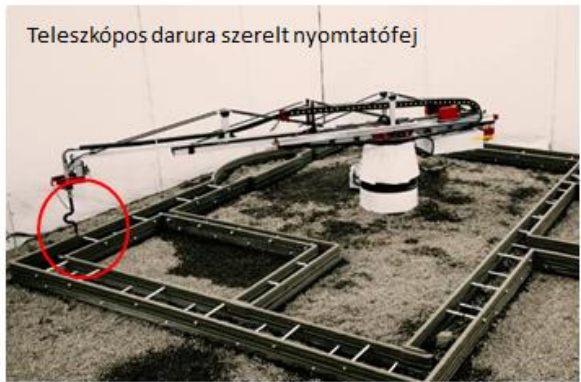
Mobilkeretes portálrendszerű nyomtatók



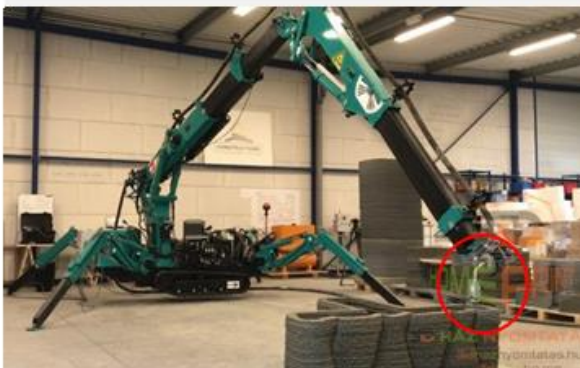
Robot karos rendszerű extruderes nyomtatók (fix és mobil)



Robotkaros és portál technológiát egyesítő nyomtatók



Teleszkópos darurendszerű nyomtatók



Teleszkópos mobildaru rendszerű nyomtató

Az extruder-es nyomtatási technológiát használó 3D nyomtatók típusai



Agyag épület „Delta” rendszerű 3D nyomtatása, Olaszország (2018)



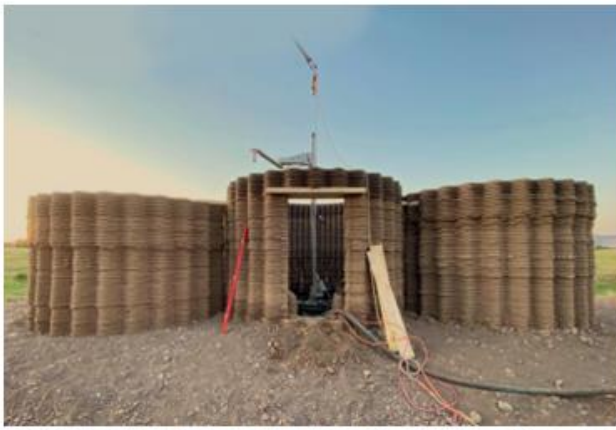
Építészeti kialakítások. Thai művészeti alkotás (Chanita Chu)



Vályog épület „Delta” rendszerű 3D nyomtatása, Olaszország



Vályog kunyhó nyomtatása San Luis-völgy sivatagában (Colorado)



Covid-19 idején épült vályog kunyhó



Delta rendszerű 3D nyomtatás, szalma adalékos helyi vályogból (Ravenna)



Betonépület extruder 3D nyomtatása és építése (Németország)



Betonépület extruderes 3D nyomtatása és építése (Németország)



3D technológiával nyomtatott közigazgatási épület, Dubai



Épület szerelése előre nyomtatott panelelemből (Szlovákia)



Hídlembek üzemi előnyomtatása



A helyszínre szállított hídlembek



A híd elemeinek összeszerelése és feszítése



A híd üzembe helyezése ($H = 8\text{m}$ $Sz = 3,5\text{m}$)

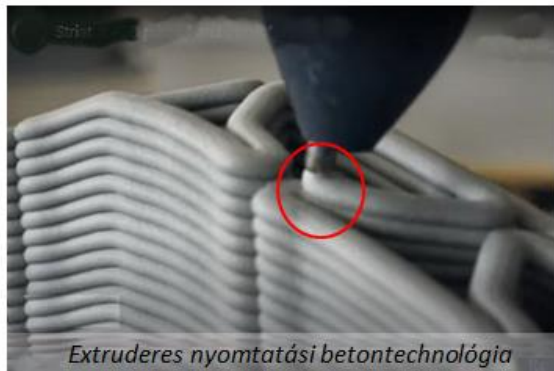
5t teherbírású kerékpárút híd, Hermet (Hollandia)



Íves gyaloghíd (12×16m) egy velencei parkban



Habarc és betonacél erősítés nélküli hídszerkezet



Extruderes nyomtatási betontechnológia



A híd betonelemeinek 3D nyomtatása

*A híd betontömb elemeinek előregyártása, 3D nyomtatással.
Nyomtatott betonelemekből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd*



A híd elemeinek helyszínre szállítása



A híd betonelemeinek beemelése



Hagyományos boltíves hídkonstrukció kialakítása



A betontömb elemek ívet alkotnak

Nyomtatott betonelemekből épített hagyományos boltíves konstrukciójú híd



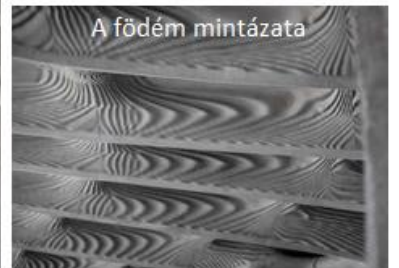
„Printed House” Kupolás épület 3D-s nyomtatása (Ø 9m, 7 nap)



Robotkaros 3D technológiával nyomtatott kültéri bútorok



Födémlemez utóeszített teherviselő bordákkal



A födém mintázata

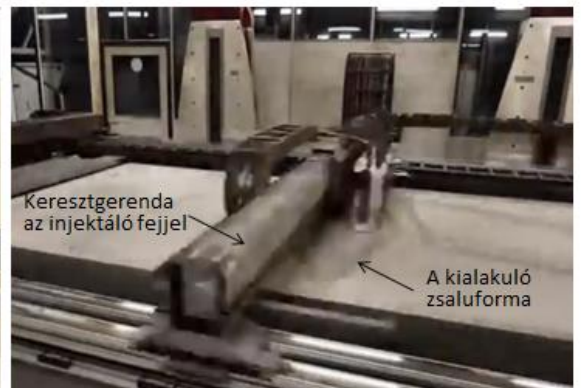


A födém mintázata alulnézetben

Födémlemez előállítása 3D nyomtatással készült zsaluzattal (Zurick)



A kötőanyag sugaras 3D nyomtatás homokasztala



Keresztgerenda az injektáló fejjel

A kialakuló zsaluforma



A zsaluforma kiszabadítása a homokból



Födémlemez beemelése

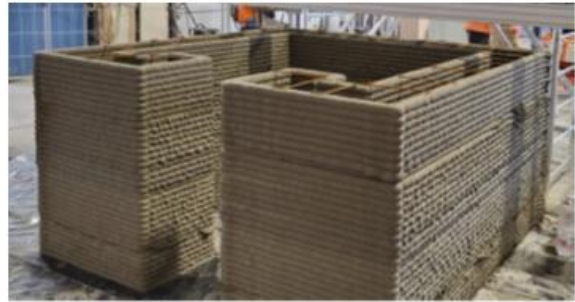
Födémlemez zsaluzatának előállítása 3D kötőanyag sugaras nyomtatóval



Az első próbálkozások (MIK Pécs (2021))



A nyomtatott építmény falzatának kialakítása



A kinyomtatott falszerkezet (betonépítmény)

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



A falszerkezet nyomtatása (Turbotech, Szeged 2022)



A betonépítmény falfelülete

Az üzemi 3D betonnyomtatás tapasztalatai:

- Szükséges a folyamatos betonkeverés és nyomtatás.
- Nyomtatási sebesség és a kötési idő összehangolandó.

Fejlesztési feladatok:

- A nyomtatófej elé átkeverő tartály beépítése utólagos vegyszeradagolás és átkeverés.
- A repedések megelőzésére műanyag háló csíkok.
- Épületszerkezeti megoldások és épületek tervezése.
- Statikai és hőtechnikai számítások és mérések.



PTE MIK labor 2023. szeptember