



**TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.**  
Pro Vaši důvěryhodnost.

# **Požadavky při uvedení na trh výrobků zhotovených (z betonu) metodou 3D tisku**

Koordinační porada AO 24.4.2024

[www.tzus.cz](http://www.tzus.cz)

3D tisk stavebních prvků je jedním z možných směrů dalšího vývoje části stavebnictví.

Zatím se vyrábějí zejména drobnější prvky, ale na konferenci Technologie 2024 byly prezentovány i rozměrné nosné vyztužené / nevyztužené betonové dílce a konstrukce (schodiště, stěny) a další prvky (velká plastika).

Vlastnosti stavebních prvků zhotovených 3D tiskem musejí vyhovět sedmi základním požadavkům na stavby, ale zejména:

ZP1 - mechanická bezpečnost a stabilita

ZP2 - bezpečnost při požáru

ZP4 - bezpečnost při užívání

ZP7 - trvanlivost.

## Posouzení shody prvků zhotovených metodou 3D tisku

Z hlediska prvků zhotovených metodou 3D tisku je při ověřování jejich shody nutné, aby jejich výrobce/zhotovitel/(AO) zvážil, zda se jedná:

- o výrobek (tj. předmět určený k samostatnému prodeji)

-  
posouzení vlastností stanovených výrobků provádí AO

- nebo o konstrukci (tj. součást zhotovovanou přímo v místě stavebního díla)

-  
za návrh plně zodpovídá projektant, za dodržení vlastností dle projektu zhotovitel,  
za kontrolu vlastností stavební dozor  
posuzování konstrukce se AO neúčastní!

Rozlišovacím znakem může být smluvní vztah: kupní smlouva / smlouva o dílo

# ČSN EN 206 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

## Úvod

„Tato evropská norma bude používána za různých klimatických a geografických podmínek, za různých úrovní ochrany a za rozdílných, dobře zavedených místních tradicí a zkušeností ...“

**Bohužel, dobře zavedené zkušenosti s 3D tiskem zatím chybějí.**

---

## Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky

### § 11a Autorizované osoby

- (2) Autorizované osoby jsou povinny
- ...
- b) řídit se při posuzování shody technickými předpisy a provádět technická zjištění objektivně s vynaložením odborné péče na úrovni poznatků vědy a techniky známých v době, kdy jsou prováděna.



## Jezdecká socha Merkelové v Německu se zhroutila. Nebyla kvalitně vyrobená

15. září 2023 7:08



Po méně než dvou letech se rozpadla jezdecká socha bývalé německé kancléřky Angely Merkelové v areálu muzea v bavorském Etsdorfu. Autor díla Wilhelm Koch to podle agentury DPA přičítá nekvalitně provedenému 3D tisku betonové konstrukce.

Tento objekt, zhotovený metodou 3D tisku, se podle informace z webu rozpadl na kusy po cca 2 letech existence.

Podle jiných informací z webu se v něm už cca 1 rok po dokončení objevily trhliny, které musely být sanovány.

Příčinou poruch byla zřejmě objemová nestálost použité matrice.

A občas se při výrobě něco vzhledem k malým zkušenostem nepodaří.



Německý sochař Wilhelm Koch ve městě Freudenberg odhalil jezdeckou sochu kancléřky Angely Merkelové v životní velikosti. (8. října 2021)

Autor: Profimedia.cz





Výrobky z 3D tisku mohou mít nejrůznější tvar, velikost a účel. Důvodem pro jejich výrobu je zpravidla odlišný vzhled od výrobků zhotovených obvyklým způsobem.

Snaha odlišit se vzhledem výrobku může změnou jeho konstrukčního uspořádání vést k jeho odlišnému statickému působení za vzniku značného funkčního rizika.



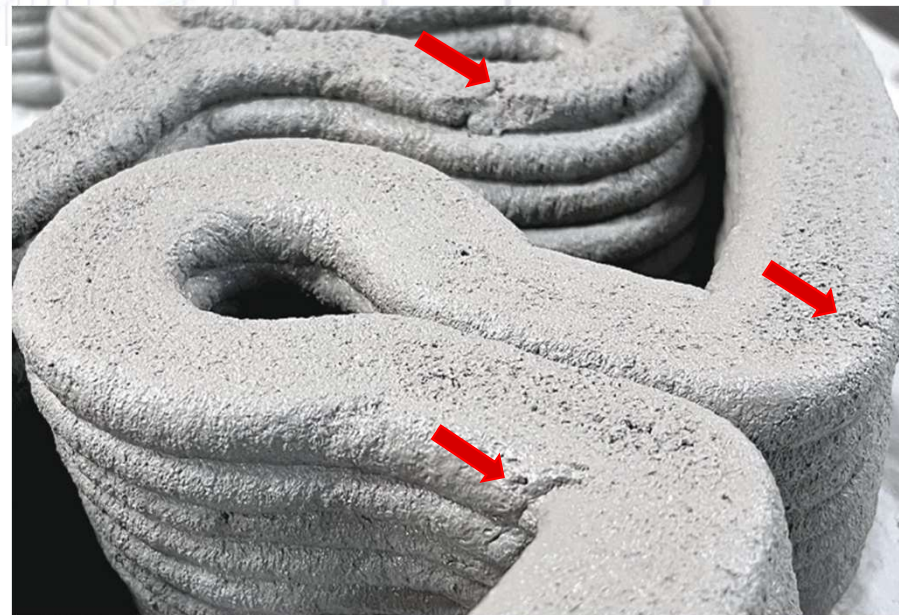


## Rozdíly mezi betonem podle EN 206 a maticí pro 3D tisk

EN 206	3D tisk
Čerstvý beton se ukládá objemovým litím do tvarově přesně řešeného bednění nebo forem, jen výjimečně do posuvné bočnice	Čerstvá 3D matrice se ukládá hubicí na přesně stanovené místo, s malou možností podrobnějšího tvarování povrchu
Čerstvý beton se ukládá ve velkém množství najednou tak, aby vytvořil jednolitý objem požadovaného tvaru.	Čerstvá 3D matrice se ukládá postupně po malých množstvích tak, aby nedošlo k tvarové deformaci spodních vrstev
Stabilitu objemu a tvaru betonu po dobu tuhnutí (a tvrdnutí) plně zajišťuje vnější bednění nebo forma	Čerstvá 3D matrice se ukládá na předchozí vrstvu teprve poté, co předchozí vrstva získala požadovanou objemovou a pevnostní stabilitu
Čerstvý beton se po uložení hutní, aby vyplnil požadovaný tvar a aby se docílilo požadované vnitřní struktury	Čerstvou 3D maticí po uložení na místo nelze jakkoliv hutnit, její vlastnosti se už po uložení nemění
Beton je až na výjimky opatřený prostorově nebo plošně konstruovanou ocelovou výztuží, která buď plní nosnou funkci nebo alespoň zabraňuje rozvoji trhlin	3D matrice je buď zcela bez výztuže nebo s výztuží vláknem, plošně nebo prostorově konstruovaná ocelová výztuž chybí („rozdělovací“ výztuž nelze vložit)
Zpravidla se používá hrubé kamenivo o velikosti zrn nejméně 8 mm, s vyrovnanou zrnitostí směsi, jemné příměsi jen v množství potřebném pro dosažení reologie čerstvé směsi nebo vlastností povrchu	Zpravidla se používá drobné kamenivo o velikosti zrn do 4 mm, <u>s velkým podílem jemných příměsí</u> pro dosažení správné reologie čerstvé matrice

## Požadavky na vlastnosti matrice pro 3D tisk a postup tisku:

- Směs musí mít takovou konzistenci, aby ji bylo možné vytlačit z hubice, ale aby si poté zachovala svůj tvar a objem, a pokud možno v ní nevznikaly trhliny
- Musí být stanovena „otevřená doba“, tj. čas, po kterém ještě dojde po nanesení další vrstvy k jejímu řádnému spojení s vrstvou předchozí
- Matrice musí mít dostatečně dlouhou dobu zpracovatelnosti, aby v případě nějakého drobného problému při nanášení nezatuhla příliš rychle (ve stroji), ale současně dostatečně krátkou k tomu, aby umožnila nanášení dalších (vyšších) vrstev v požadovaném objemu a hmotnosti bez rizika deformace spodních vrstev
- Zkouškami je nutné prokázat objemovou stabilitu matrice po zatvrdnutí
- Zkouškami je nutné prokázat účinnost spojení jednotlivých vrstev matrice v zatvrdlém stavu, a to i po působení nejrůznějších klimatických účinků a jejich kombinací (mráz, teplo, teplotní šoky, zatékání, vlhkost, posypové soli ...)





## DŮSLEDEK ROZDÍLŮ mezi betonem podle EN 206 a 3D tiskem

Aby výrobce mohl vyrábět metodou 3D tisku, musí mít zpracovanou průkazní zkoušku matrice pro 3D tisk stejně jako pro beton podle EN 206 nebo jiných předpisů. Obsah takové zkoušky ale bude odlišný, protože musí reagovat na odlišný způsob zpracování matrice používané pro 3D tisk:

- Při zkouškách matrice pro 3D tisk nelze používat hutnění (až na výjimku zpracovatelnosti)
- Musí být prokázány vlastnosti 3D matrice jako takové:
  - v čerstvém stavu (nejméně zpracovatelnost, otevřená doba, rychlost tuhnutí)
  - v zatvrdlém stavu (nejméně pevnost v tlaku, nasákavost, objemová stálost), podle použití prvků pak i další vlastnosti: pevnost v ohybu, prostupnost pro CO<sub>2</sub>, mrazuvzdornost, odolnost vůči CHRL, soudržnost s výztuží, objemová hmotnost
- Musí být prokázány vlastnosti spojení vrstev 3D matrice v čerstvém i zatvrdlém stavu (soudržnost vrstev, odolnost proti zatékání, odolnost vůči teplotním šokům)
- Musí být stanoveny minimální a maximální možný **časový odstup** pokládání jednotlivých vrstev 3D matrice na sebe – tomu musí odpovídat časová stopa tisku výrobku/konstrukce.

## Posouzení shody stavebních výrobků zhotovených metodou 3D tisku při uvedení na trh

Z hlediska posouzení shody při uvedení na trh lze **výrobky zhotovené metodou 3D tisku z cementové matrice** zařadit **do různých skupin podle NV 163/2002 Sb.** ve znění pozdějších předpisů

U drobných výrobků nejspíše **do skupiny 1.10 „Prefabrikované výrobky** z obyčejného/ lehkého betonu a autoklávovaného pórobetonu **pro nekonstrukční nebo lehké konstrukční použití ...“** s **postupem posouzení shody výrobcem podle § 8.**

Možné je i zařazení **do skupiny 1.11 „Prefabrikované výrobky** z obyčejného/ lehkého betonu a autoklávovaného pórobetonu **pro konstrukční použití ...“** podle přílohy II NV 163 podle konkrétního účelu výrobku s **postupem posouzení systému řízení výroby autorizovanou osobou podle § 6.**

**Na metodu zhotovení prvků 3D tiskem nelze vztáhnout ani harmonizované, ani určené normy. Proto pro posouzení je vždy nezbytné stavební technické osvědčení (STO), vydané autorizovanou osobou.**

**Výrobce může požádat o posouzení podle § 5 NV 163, tj. včetně zkoušek provedených AO!**

## Posouzení shody stavebních výrobků zhotovených metodou 3D tisku při uvedení na trh

Funkční požadavky na výrobky zhotovené metodou 3D tisku se neliší od požadavků zhotovených klasickým způsobem (lití do bednění nebo forem), s výjimkou požadavku na povrch bez ostrých hran a výčnělků. Pozor se musí dát i na možnou přítomnost uzavřených dutin a zatékání!

### Liší se požadavky na systém řízení výroby při 3D tisku.

V STO musí být upravena kapitola 3, týkající se systému řízení výroby – nelze se odvolávat na EN 206, případně EN 13369, EN 13670, ČSN 72 3000 nebo ČSN P 73 2404.

V STO bude muset být v kapitole 3 uvedena tabulka jednotlivých (zpracovatelských) vlastností (např. konzistence, otevřená doba, ...) se způsobem jejich stanovení (odvolávkou na zkušební postup) a potřebnou četností.

Obsah STO by se tak měl v části týkající se požadavků na systém řízení výroby přibližovat obsahu Evropského dokumentu pro posuzování (EAD).



## Posouzení shody stavebních výrobků zhotovených metodou 3D tisku při uvedení na trh

Sledované vlastnosti hotových **výrobků pro nekonstrukční použití (skupina 1.10)** budou prakticky shodné s typově stejnými výrobky shodného způsobu použití, zhotovovanými klasickými metodami (větší tolerance rozměrů jsou možné).

Sledované vlastnosti musejí být vzhledem ke specifickému způsobu výroby doplněny o bezpečnost výrobku při jeho kontaktu s lidskou pokožkou – výrobky nesmí mít ostré hrany nebo výčnělky.

## Posouzení shody stavebních výrobků zhotovených metodou 3D tisku při uvedení na trh

Sledované vlastnosti hotových **výrobků pro konstrukční použití (skupina 1.11)** musejí obsahovat vlastnosti, které nelze plně odvodit z pravidel pro obyčejný beton:

- **Statické působení** (zejména stěn) – skořepinové stěny zhotovené 3D tiskem fungují staticky diametrálně odlišně od obyčejného monolitického betonu. **Pro návrh skořepinových nevyztužených stěnových prvků zhotovených 3D tiskem NELZE použít eurokód řady ČSN EN 1992, funkčnost (zejména ZP1, ZP2) se musí ověřit zkouškami!!!**
- **Soudržnost 3D matrice s ocelovou výztuží** – ocelová výztuž se vkládá jako jednotlivé pruty mezi nanášené vrstvy matrice bez vlivu zajištění kontaktu mezi výztuží a maticí dodatečným hutněním
- **Odolnost výztuže vůči korozi z důvodu vyšší nasákavosti 3D matrice.** Nasákavost 3D matrice je uváděna hodnotou přes 10 % proti 4 % až 6 % u obyčejného betonu
- **Odolnost výztuže vůči korozi z důvodu karbonatace (sulfatace) 3D matrice** - průnik  $\text{CO}_2$  (nebo  $\text{SO}_3^{2-}$ ) materiálem bude intenzivnější z důvodu vyšší poréznosti 3D matrice, karbonatace snižuje pasivní ochranu výztuže alkalickým prostředím betonu
- **Obsah iontů  $\text{Cl}^-$  z důvodu používání urychlovačů tvrdnutí** (asi by měl být nižší než u běžného betonu)

## **ZÁVĚR**

**Pro matrici využívanou pro 3D tisk musí mít výrobce zpracovanou průkazní zkoušku stejně jako pro beton podle EN 206 nebo jiných předpisů. Sledované vlastnosti ale budou (z části) odlišné.**

**Pro ověření podle NV 163 musí být vždy vypracováno STO a rozšířena kapitola týkající se SŘV!**

**Výsledkům průkazní zkoušky musí odpovídat nastavení programu vlastní 3D tiskárny – časová stopa tisku.**

**Časové stopě tisku musí odpovídat maximální velikost výrobků, které je výrobce schopen zhotovit. Tuto velikost výrobce musí znát!**

Samozřejmě platí další omezení, např. velikostí 3D tiskárny nebo nosností manipulačního zařízení pro hotové výrobky.

**Čím bude předmět STO obecnější nebo funkčně náročnější, tím bude jak průkazní zkouška, tak tabulka požadavků na SŘV v STO rozsáhlejší.**





Vliv  
karbonatace  
/ sulfatace  
na beton

Agresivní  
prostředí  
proniklo  
betonem do  
hloubky cca  
100 mm.

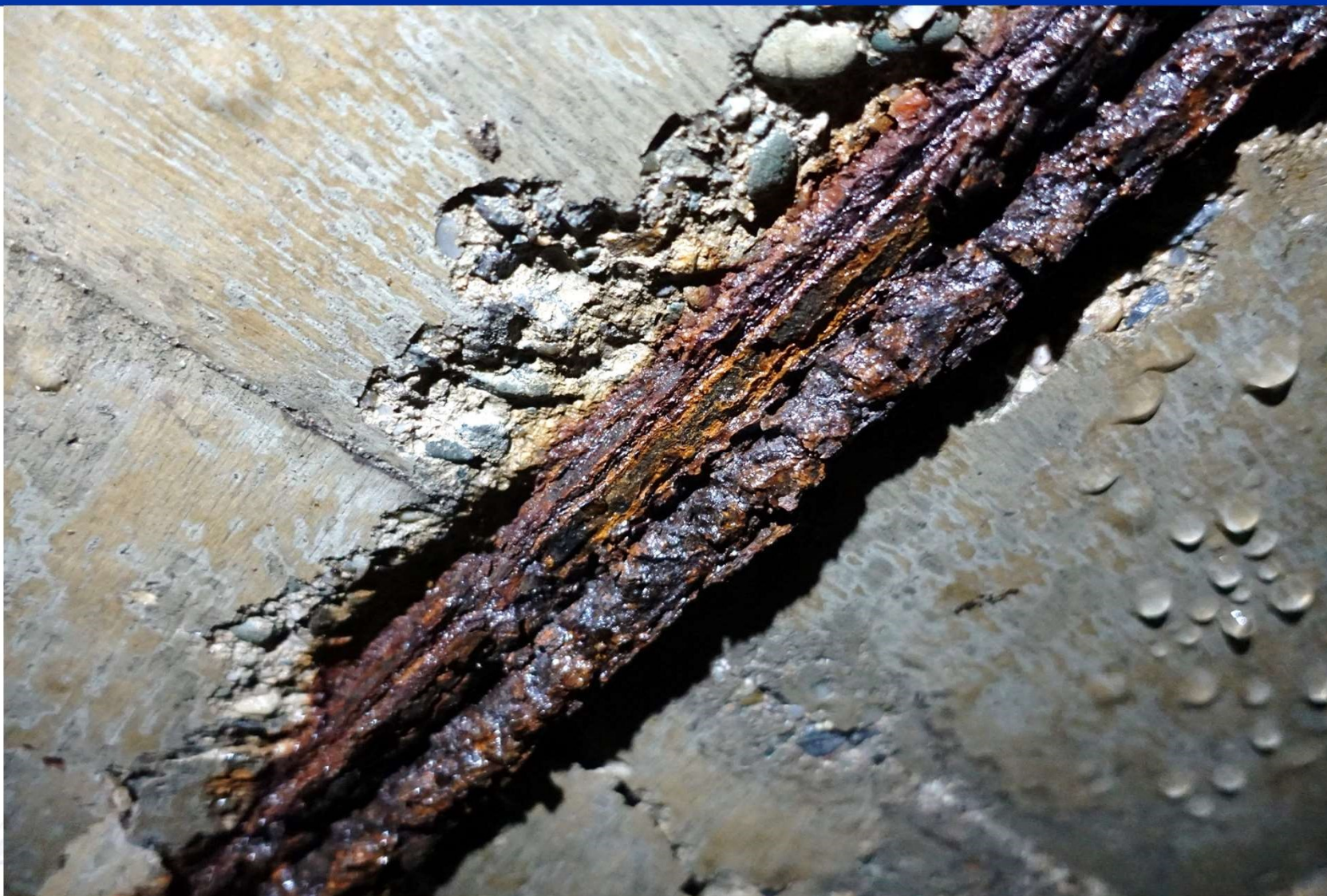




Šíření  
karbonatace  
/ sulfatace  
trhlinou /  
spárou v  
betonu / 3D  
matrice

V tomto  
případě  
zasažení  
agresivním  
prostředím  
proniklo  
trhlinou do  
hloubky cca  
150 mm.





Koroze  
výztuže v  
betonu  
vlivem  
vlhkosti /  
propustnosti  
pro vodu.

Zvýšený  
obsah  $\text{Cl}^-$   
iontů v  
betonu se  
v tomto  
případě  
neprokázal.





Průsaky  
vody  
pracovní  
spárou v  
betonové  
konstrukci  
mostní  
opěry.

Podobně  
rizikové  
spáry budou  
u 3D tisku co  
cca 30 mm  
výšky  
výrobku  
nebo  
konstrukce.

**A na konec:**

**Možnosti použití 3D tisku**

3D tisk je zatím výrazně dražší a výrazně pomalejší technologií zhotovení betonových prvků než klasická betonáž do forem nebo bednění, proto zatím nelze očekávat jeho masivní rozšíření.

3D tisk bude využíván zejména pro své vzhledové vlastnosti na architektonicky exponovanější aplikace, zřejmě movitějšími investory, hledajícími příležitost se odlišit.

**Případné vady prvků z 3D tisku tak budou více sledované, v případě chyb podrobněji probírané.**





Děkuji za pozornost.



**Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.**

Prosecká 811/76a, Prosek, 190 00 Praha 9

[www.tzus.cz](http://www.tzus.cz)

**Kontakt: Ing. Miroslav Procházka**

**E-mail: [prochazka@tzus.cz](mailto:prochazka@tzus.cz)**

**Mobil: 602 571 445**