# STATIKA A TECHNOLOGIE

Konzervativní statika a progresivní technologie – jde to dohromady?

21. – 22. září 2021

peikko®

IDEA StatiCa®
Calculate yesterday's estimates

ALLPLAN
A NEMETSCHEK COMPANY

MIDAS

SCiA
A NEMETSCHEK COMPANY

SCHÖCK
Stavíme na spolehlivosti

HILTI

KONSTRUKCE
ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNÍ CTV A STROJIRENSTVÍ

CONSTRUSOFT

# Panel 1

–

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Blok 1 12:05 – 13:30

*BIM je dnes jasný trend, ale kolik modelů vlastně statik potřebuje? Je BIM i pro malé a střední firmy? Většina softwarových aplikací se přesouvá do cloudu. Je to benefit i pro statiku? Velká data a umělá inteligence dnes hýbou světem. Budeme navrhovat automaticky?*

- ✓ Sdílení dat
- ✓ Umělá inteligence
- ✓ Cloudové výpočty
- ✓ Implementace BIM ve firmách

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

Ing. Lubomír Šabatka, CSc.

CEO

IDEA StatiCa s.r.o.

Ing. Igor Seifert

Technický ředitel

ALLPLAN Česko s.r.o.

Ing. Pavel Vlasák

BIM / VDC manager

AFRY CZ s.r.o.

Ing. Vojtěch Chalupa

Product development engineer

IDEA StatiCa s.r.o.

# Statika jako technologický tygr?

- Digitalizace a robotizace
- Umí to statické firmy?
- Umělá inteligence, strojové učení, vyhledávání

Ing. Lubomír Šabatka, CSc.

CEO

IDEA StatiCa s.r.o.

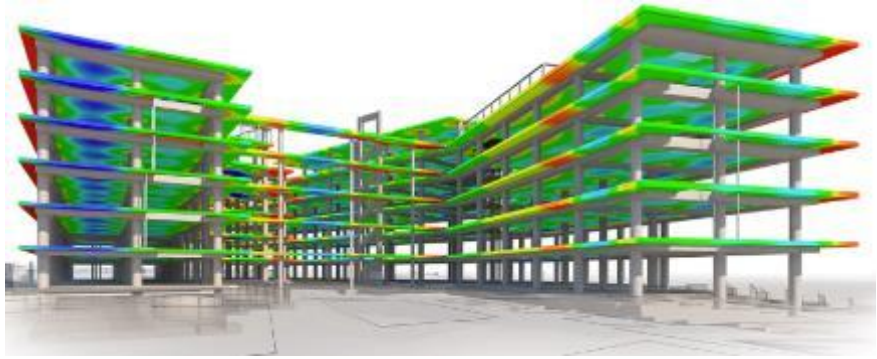
# Jaké nové technologie statik potřebuje?

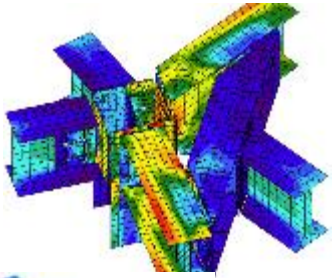
## Statika je výrazně technologický obor,

i když si to někdy málo uvědomujeme.

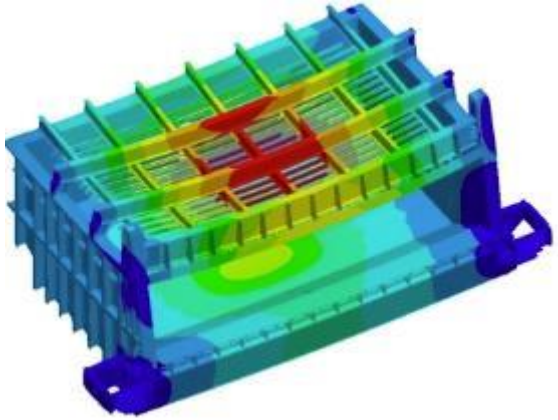
**Naše technologie:**

- Statické i další výpočty
- BIM spolupráce, virtuální realita
- Elektronické databáze, vyhledávání
- Týmová komunikace





**Dva kroky k automatizaci a robotizaci**



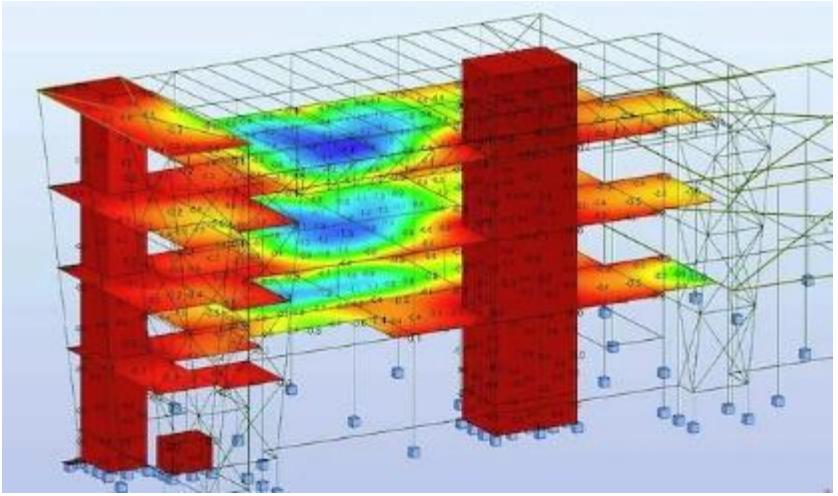
# Jaké nové technologie statik potřebuje?

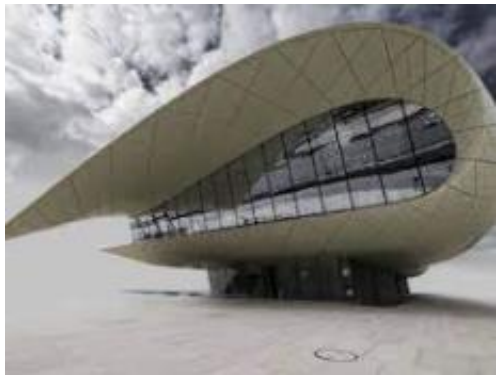
## Krok 1 : Výpočetní model.

Nástup metody konečných prvků (MKP/ FEA)

Výpočetní model konstrukce lze sestavit bez nutnosti zjednodušování

Návrh stavby/konstrukce není omezován možnostmi výpočtu.





# Jaké nové technologie statik potřebuje?

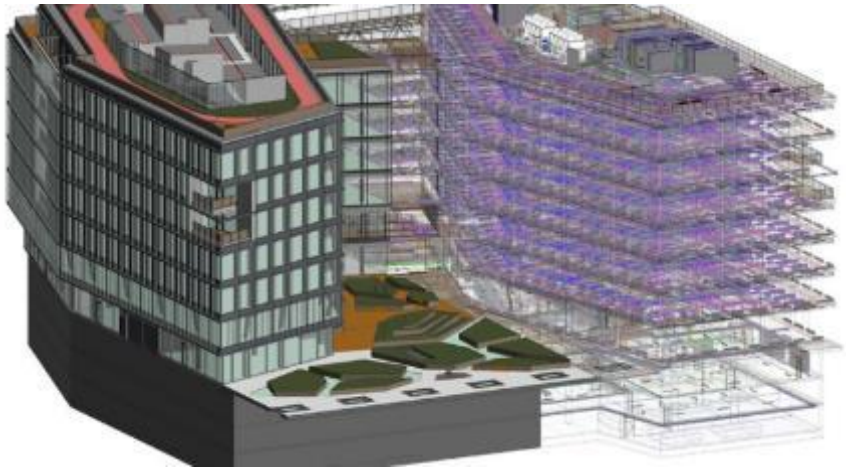
## Krok 2 : CAD/BIM model.

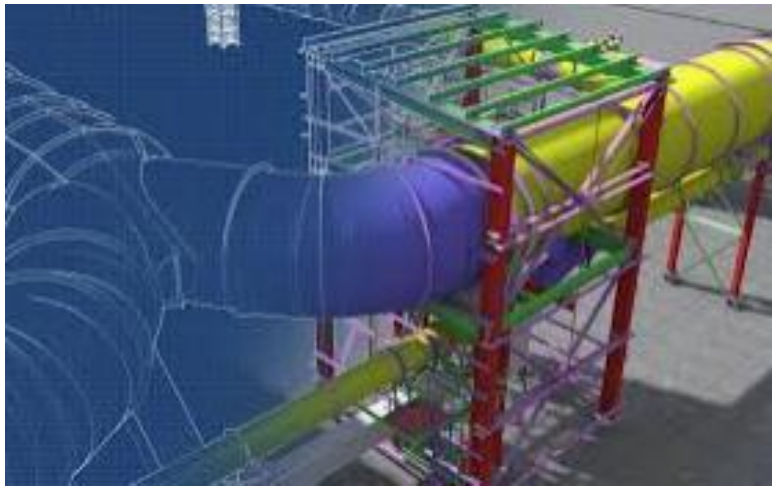
Snaha o vytvoření věrného modelu budovy/ konstrukce.
„2D kreslítka“ se mění na 3D modeláře

Nástup BIM - 3D modely jsou doplněny daty pro všechny profese zainteresované na projektu/ stavbě.

Vizualizace, virtuální realita, digitální dvojče

Investoři a budoucí uživatelé se mohou procházet budovou dlouho před tím, než se kopne do země.





# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Statika je skvělý obor, ale má řadu problémů

Nízké platy, málo studentů, termíny dodávek, …

**Jsou projekční firmy dobře řízené ?**

- Firmy řídí technici
- Chybí moderní řízení obchodu

**Nízká produktivita práce**

- Opakované činnosti se dělají ručně. Kolik lidí na světě každý den kreslí výztuž do nosníku?
- Nízké platy se berou jako výhoda

**Řešením jsou zase jen technologie – obchodní i technické.**

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Umělá inteligence (strojové učení) nebo „best practices“

Může umělá inteligence nahradit inteligenci inženýra?

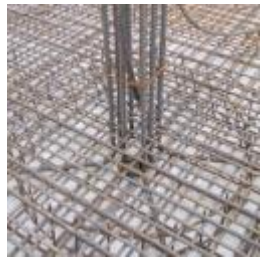
Jak to vlastně funguje? Může počítač rozeznat na fotce auto?

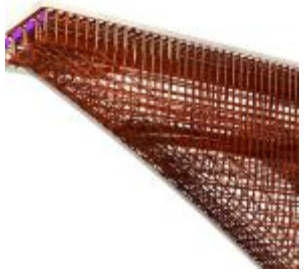
Vytvoří se učební sada fotografií s informací – na fotce je auto/ na fotce není auto.

## Co návrh konstrukčního detailu?

Je to algoritmická práce nebo umění?

Co je vlastně nejlepší řešení? Jak se dá definovat?

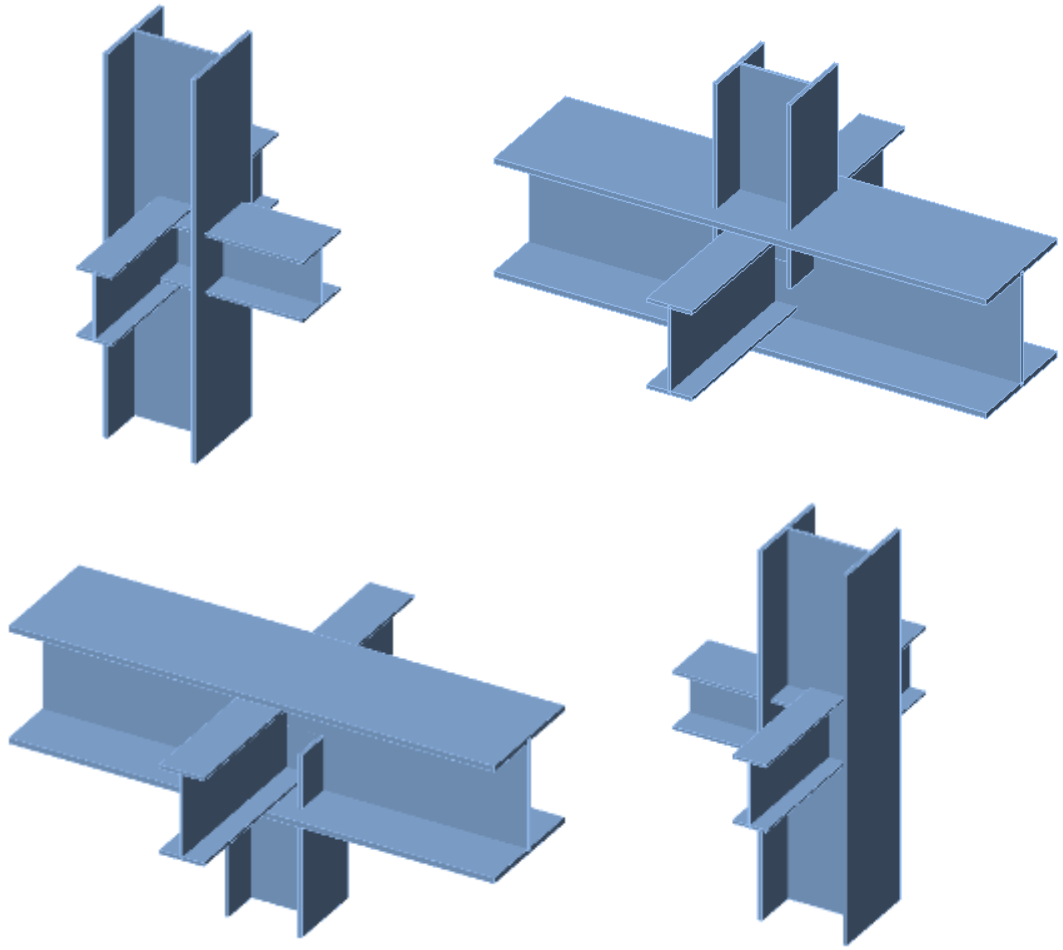




# Jaké nové technologie statik potřebuje?

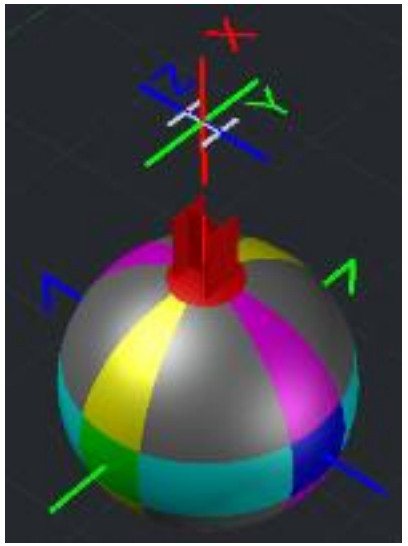
## Jsou ty styčníky stejné nebo ne?

- Různé natočení v prostoru
- Různé pořadí prutů
- „Trochu“ jiné úhly



## Klasifikace

- Každá topologie má unikátní kód
- Pro každou topologii lze vyhledat seznam vhodných řešení
- Potřebujeme velké soubory fungujících řešení



# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Pomůžou technologie zvýšit produktivitu?

Máme robotizované ty nejsložitější pracovní postupy.

Každá stavba je unikátní, ale většina konstrukčních prvků a detailů unikátní není.

**Krok 3 :** Robotizace těch nejjednodušších a rutinních prací.

Automatizovat návrh jednoduchých prvků, o složitých si může rozhodnout statik sám.

**Zvýšení produktivity je klíč ke zvýšení příjmů.**

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

OTÁZKA 1: Jak vnímáte tempo technologického pokroku ve statice? 111

Velmi rychlé, nové technologie se ani nestíhám učit
18%

Dostatečné, nové nástroje i aplikuji
59%

Spíše pomalé, ale netrápí mě to
17%

Velmi pomalé, nestačí pro zvýšení produktivity mé práce
5%

# DISKUZE

–

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

# BIM
# jako šance na změnu?

Igor Seifert

Technický ředitel

ALLPLAN Česko s.r.o.

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM – šance na změnu v AEC odvětví

**Proč BIM?**

- Procesy náchylné na chyby
- Plýtvání zdroji (lidské a materiální)
- Vysoká nejistota ohledně nákladů na výstavbu a doby výstavby
- Stagnace produktivity

Významné mezinárodní korporace budou industrializovat stavební průmysl pomocí digitálních procesů typu end-to-end image Katerrra.com

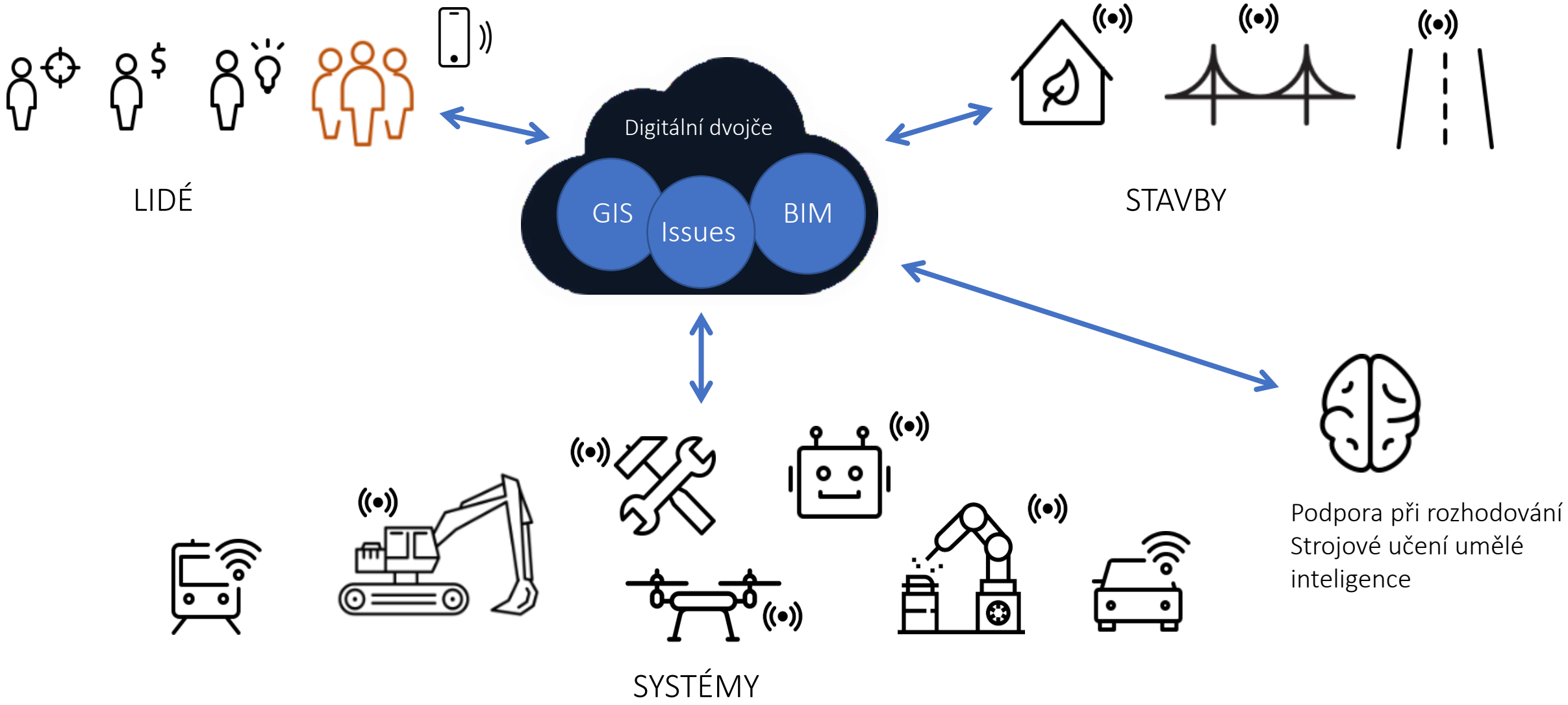
# Jaké nové technologie statik potřebuje?

Vize:

Vynikající komunikace bude optimalizovat vytváření hodnot v průběhu celého životního cyklu budov

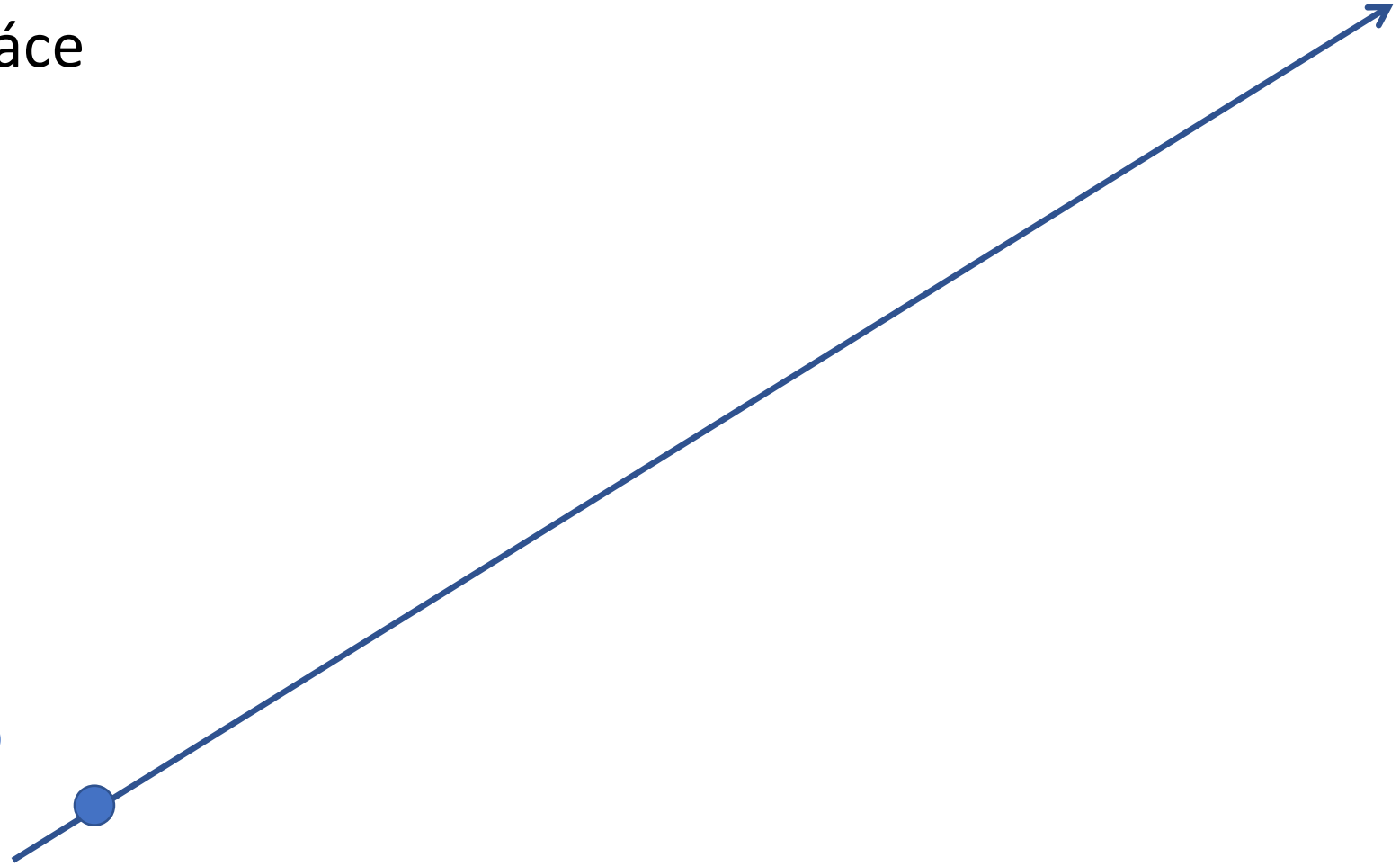
Queensferry Crossing Bridge, Edinburgh
Leonhardt Andrä und Partner, Beratende ingenieuere vbi, Stuttgart, Germany

# Cíl: digitální dvojče na kterém záleží



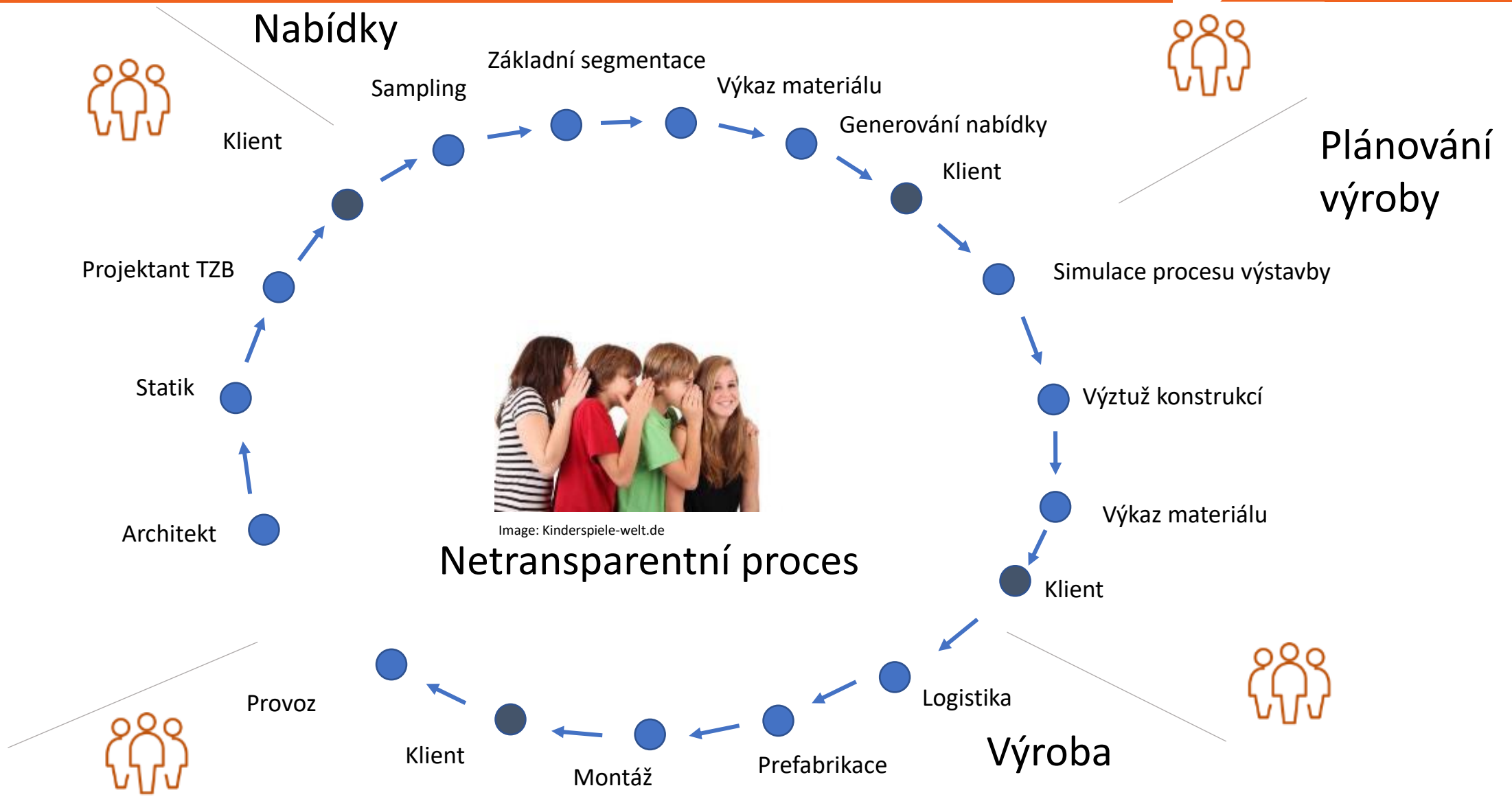
# Vše záleží na spolupráci

## Vývoj BIM spolupráce



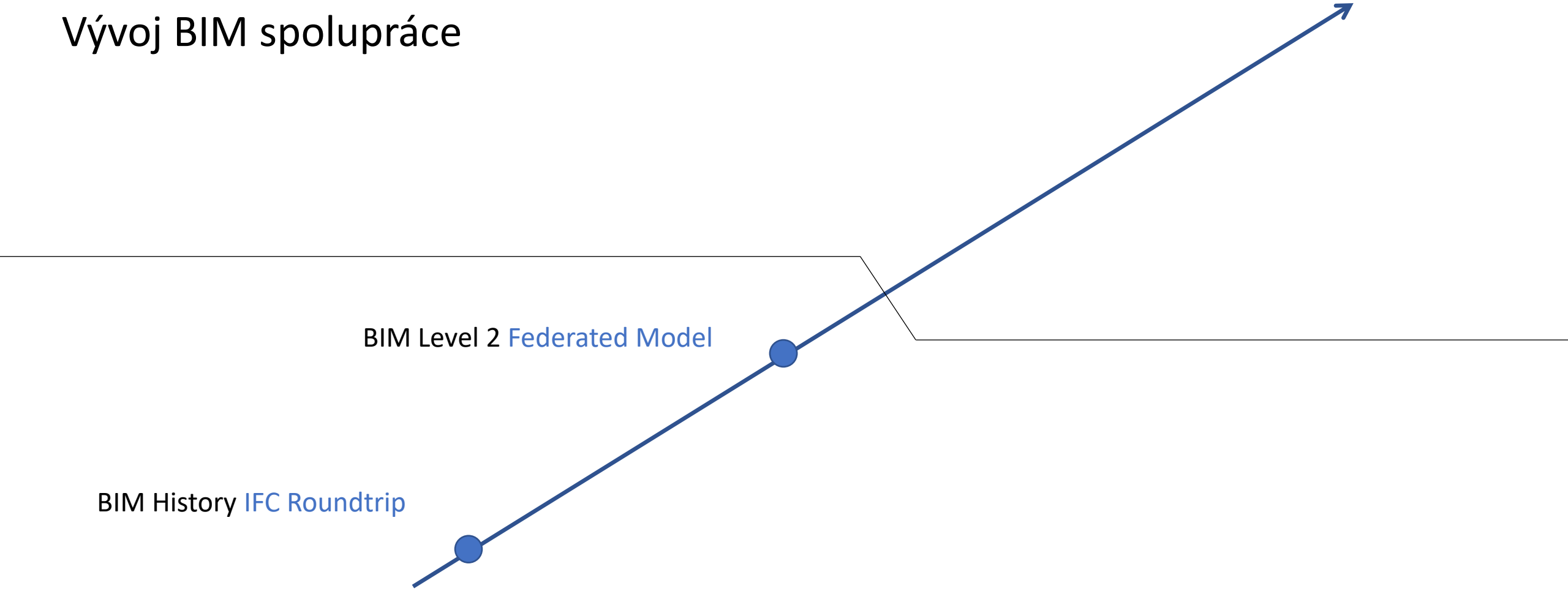
BIM History IFC Roundtrip

# Historie BIM – IFC round trip

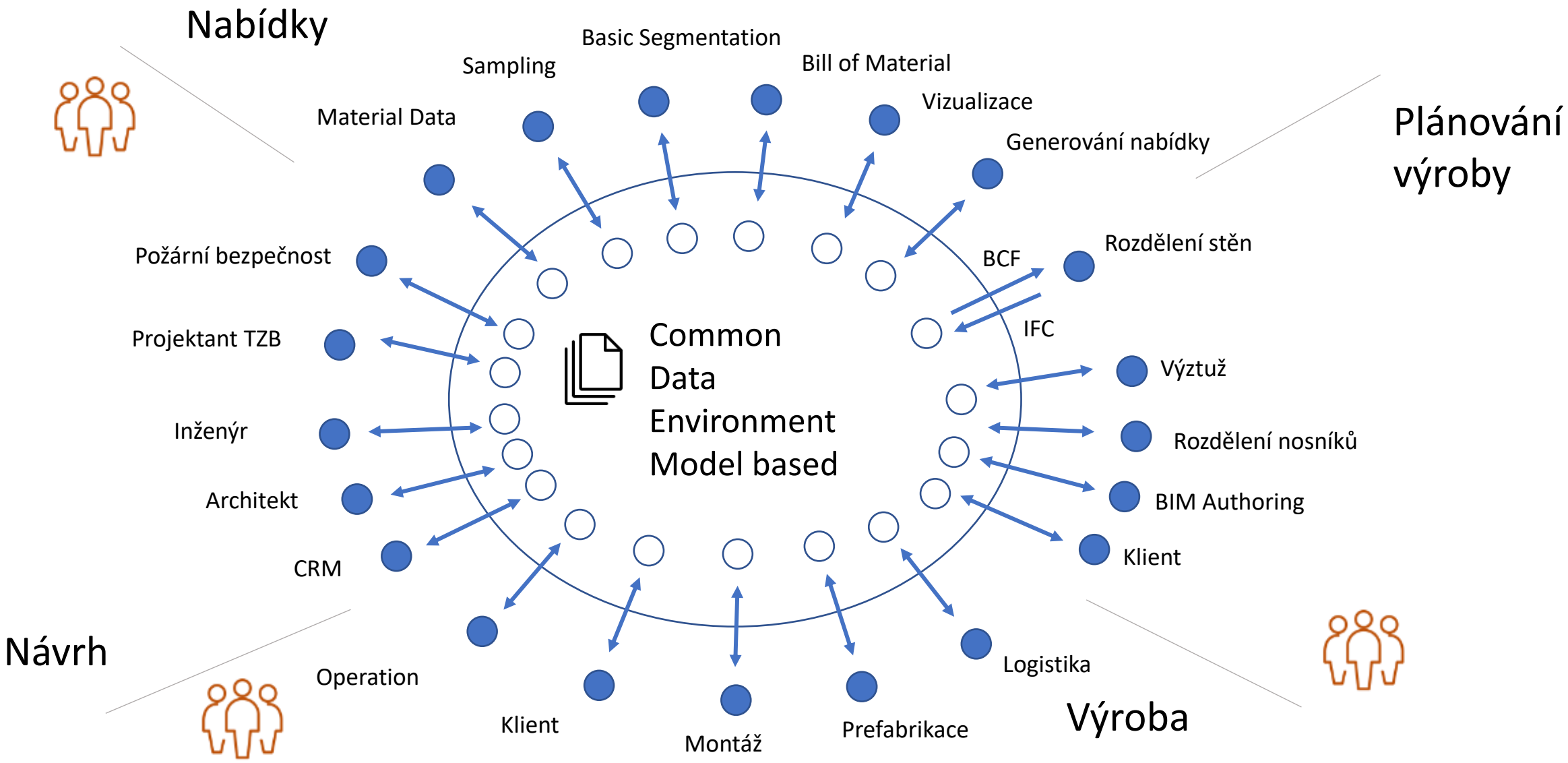


# Vše záleží na spolupráci

## Vývoj BIM spolupráce



# „BIM Level 2“: Federativní model

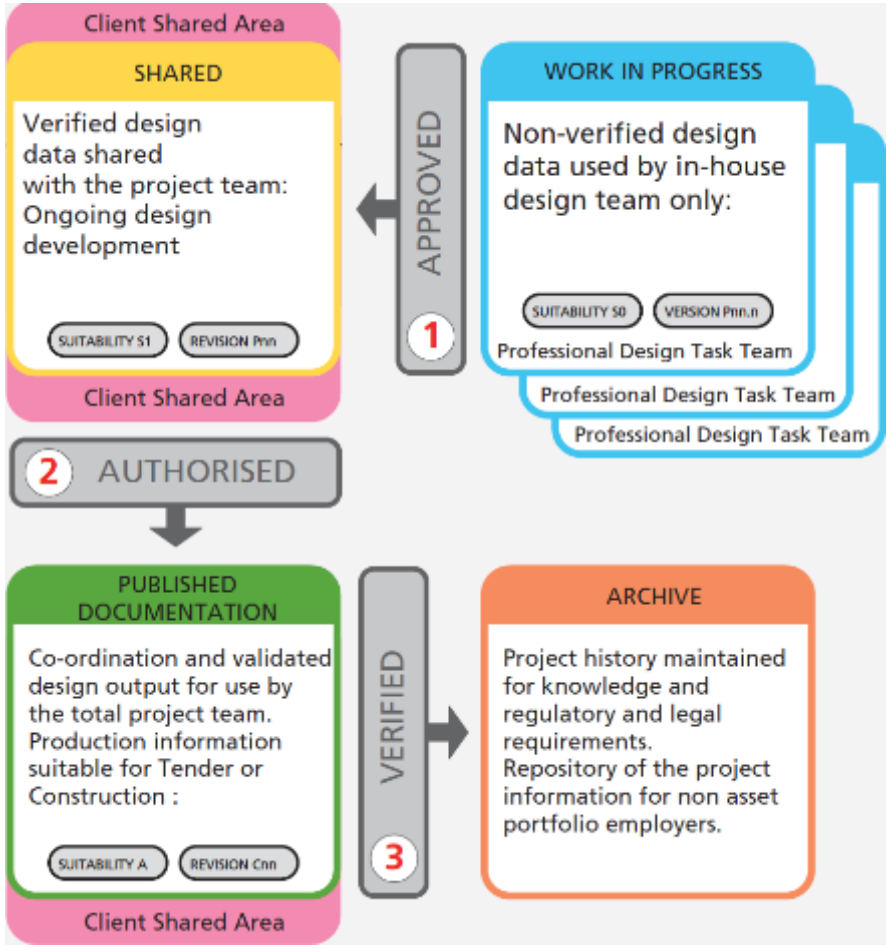


# Data management

Jednotlivé (doménové) modely jsou zpracovávány odděleně a poté musí být zkontrolována jejich správnost a konzistence

Mezi zúčastněnými společnostmi je proto třeba dohodnout jasný pracovní postup s jednotnými podmínkami

- Work in Progress
- Shared
- Published
- Archive



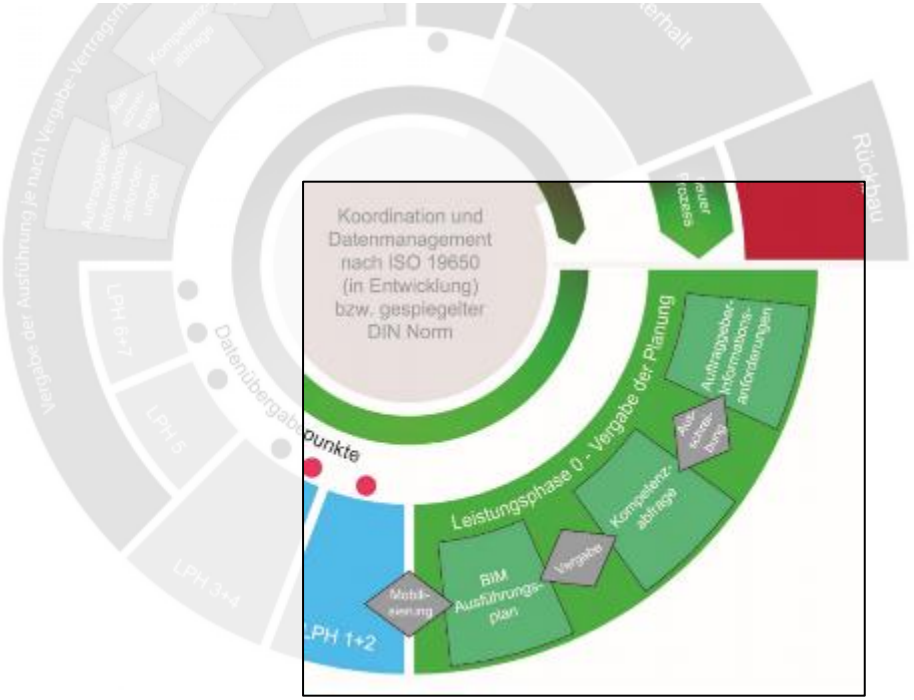

Nach „Kooperatives Datenmanagement“ Prof. Dr.-Ing. Markus König, 2017

# BIM proces

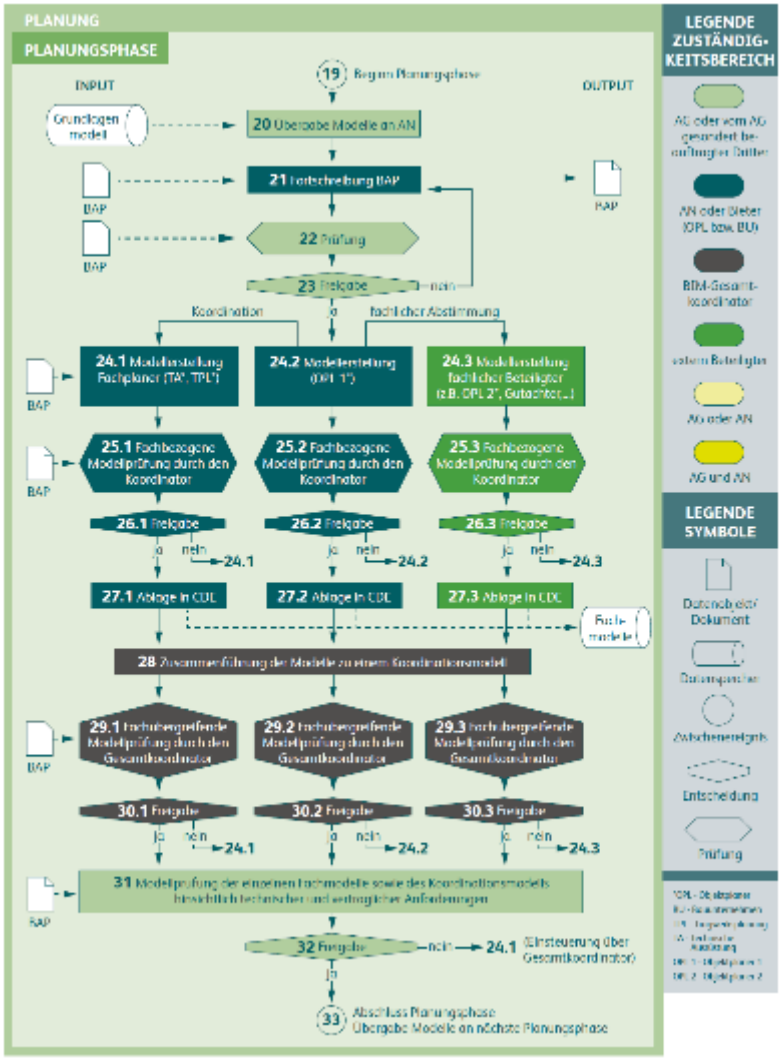
## Nové smluvní dokumenty

Požadavky na informace zadavatele (EIR)

Plán provádění BIM (BEP)



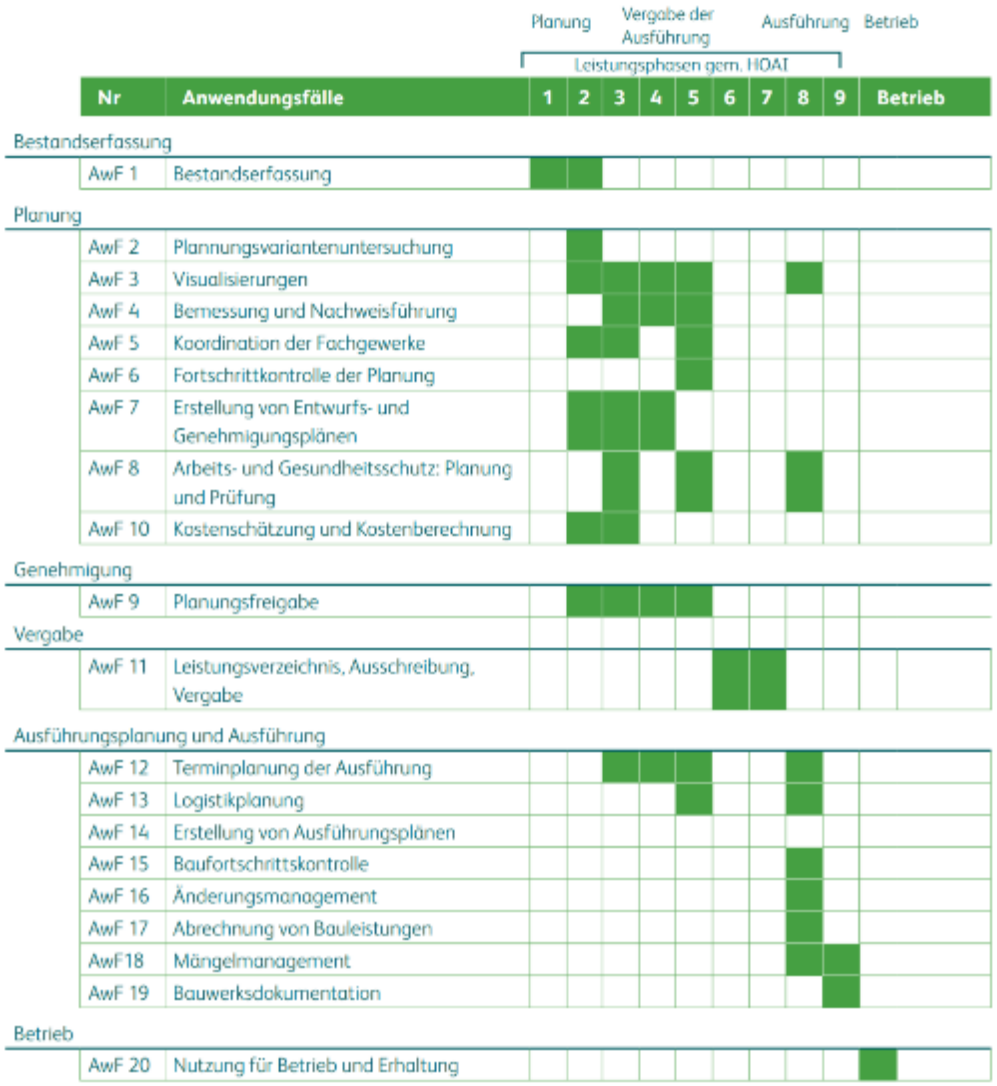

Quelle: Stufenplan Digitales Planen und Bauen



# BEP – Plán provádění BIM

Definování dynamické specifikace

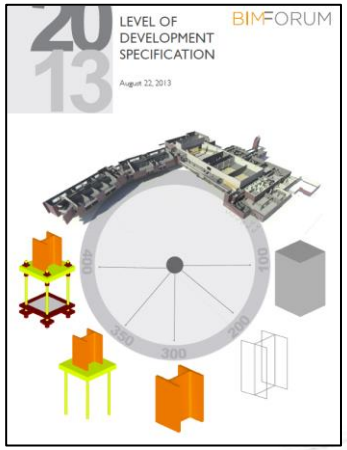
- Případy užití
- Položky digitální dodávky
- Organizace a role
- Dodací lhůty
- Struktura modelu a obsah modelu
- Zajištění kvality
- Datové prostředí
- Software
- …

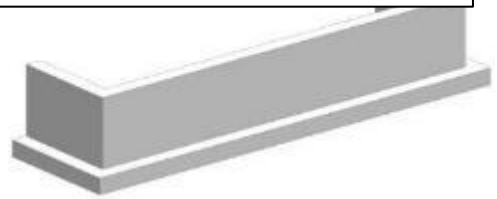


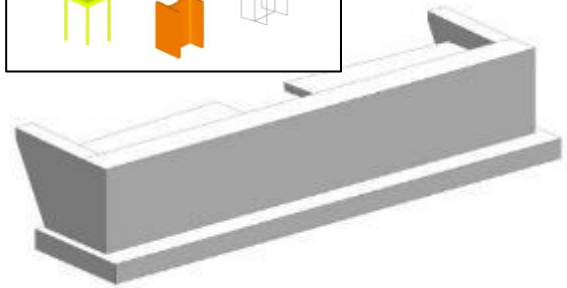
# Obsah modelu = LOD + LOI

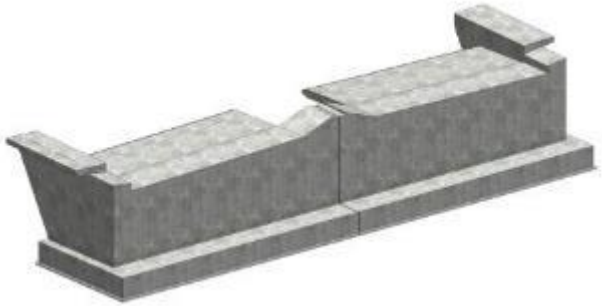
**COLUMNS**

| Requirements | LOD 100 | LOD 200 | LOD 300 | LOD 400 |
|---|---|---|---|---|
| Type/Dimensions | * | * | * | * |
| Base Level | * | * | * | * |
| Base Offset | * | * | * | * |
| Top Level | * | * | * | * |
| Top Offset | * | * | * | * |
| Room Bounding | | * | * | * |
| Material | | | * | * |
| Mark | | | * | * |
| Phase Created | | | | * |
| Phase Demolished | | | | * |





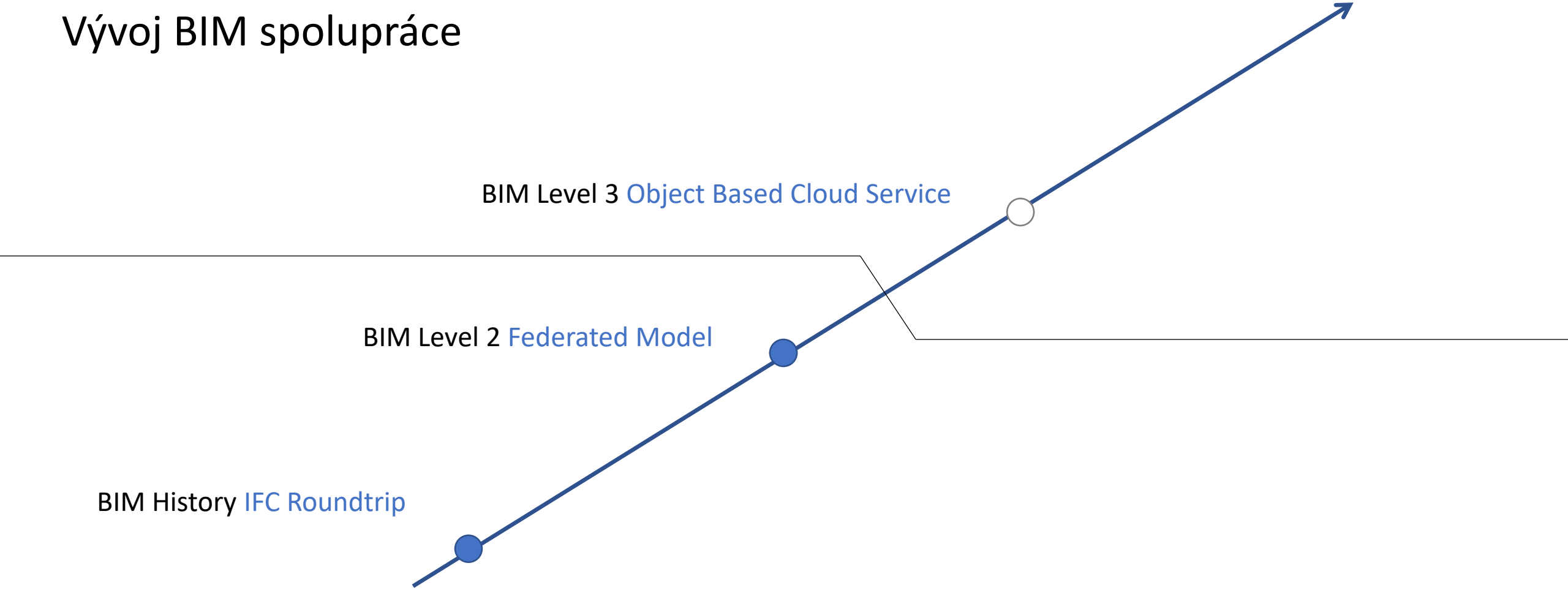


VDI 2552 Blatt 4 „BIM – Model Content und Data Exchange“ -

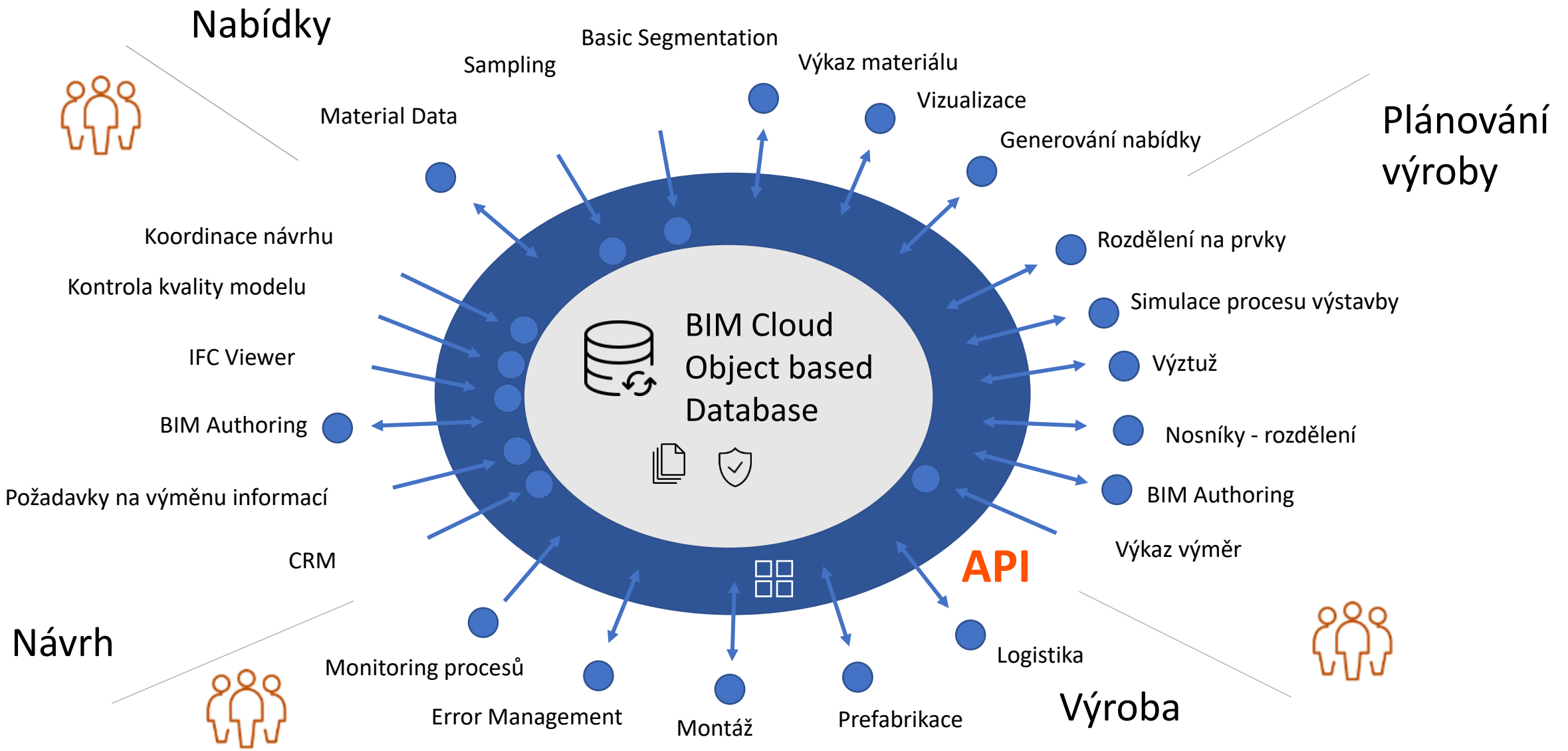
| LOD 100 | LOD 200 | LOD 300 | LOD 400 |
|---|---|---|---|
| › Koncept | › Návrh | › Provádění | › Výroba |

# Vše záleží na spolupráci

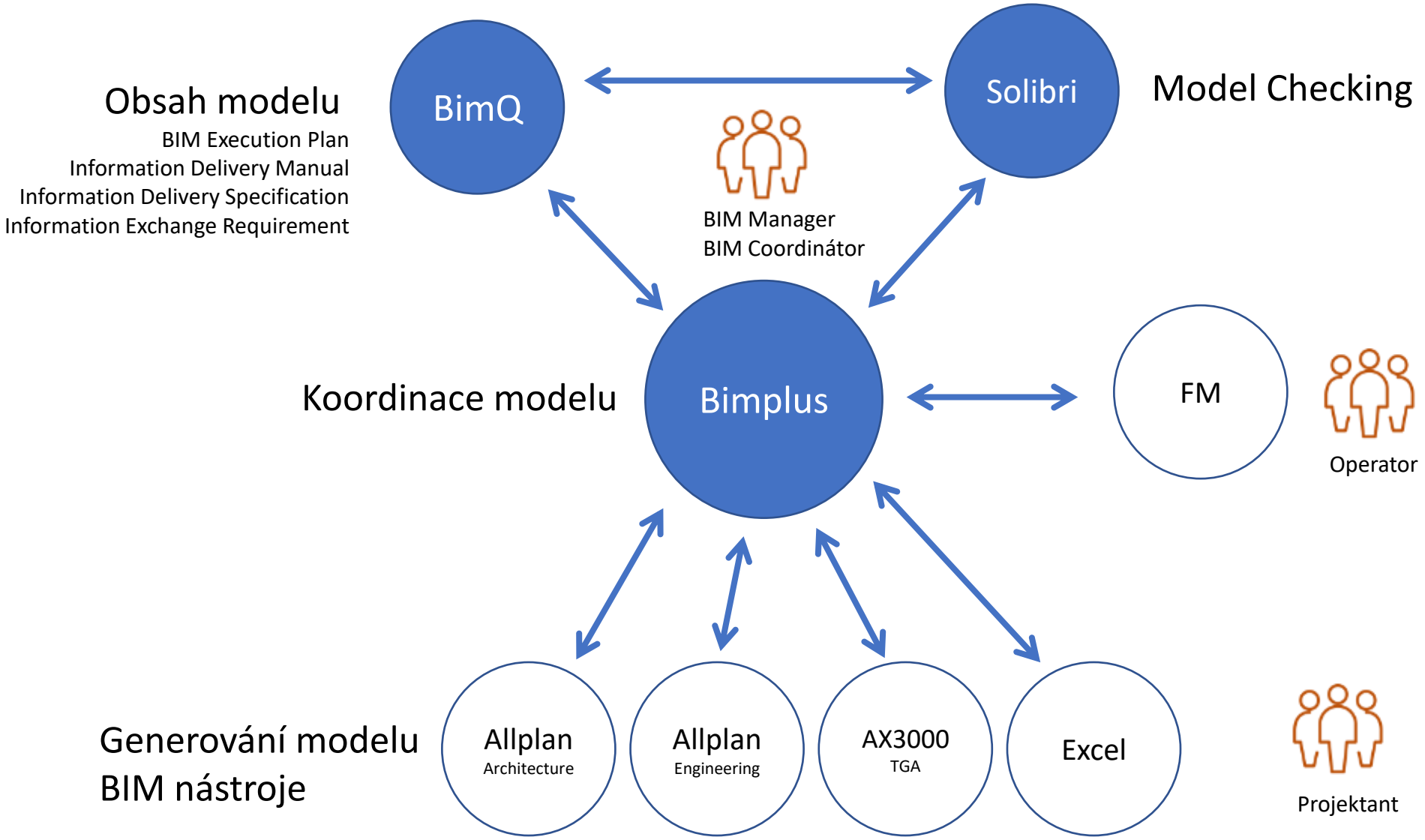
## Vývoj BIM spolupráce



# „BIM Level 3“: Object based Cloud service (Bimplus)



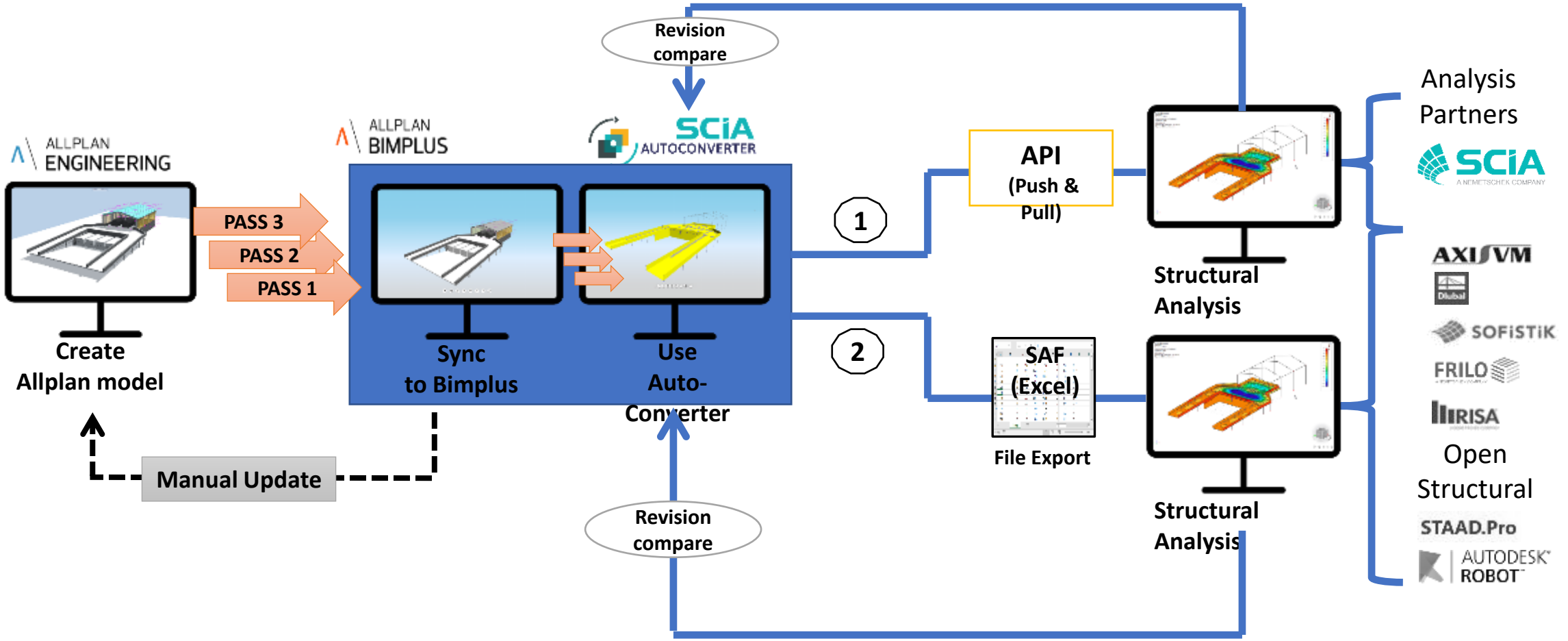
# Požadavky na dynamickou výměnu – data hub



## Generování analytického modelu

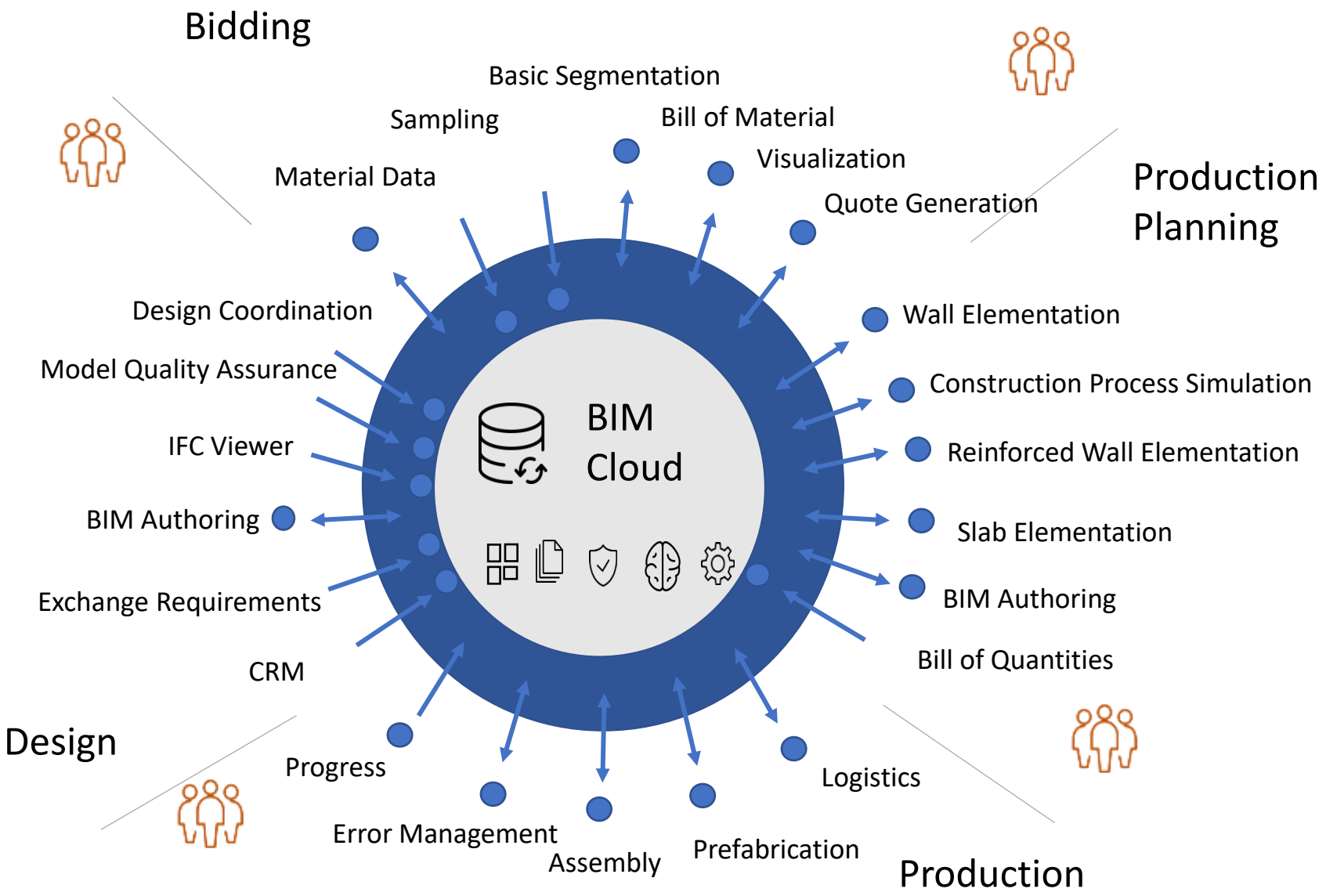
- Ze stavebně architektonického modelu
- Aktualizace při změně geometrie
  - Porovnání verzí a převzetí změn
- Model lze využít ve výpočetních programech nebo exportovat do formátu .saf

# Tvorba a aktualizace analytického modelu



# Budoucnost: inteligentní BIM ekosystém v cloudu

- Přístupnost
- Bezpečnost dat
- Propojená data
- Škálovatelnost
- Vždy aktuální data
- Vždy aktuální software
- Dlouhodobá správa dat
- Komunikace člověk/budova/systémy
- Umělá inteligence
- Marketplace (Tržiště)
- Obchodní modely řízené daty
- Služba konzistence dat openCDE API - HFDM



# Dotazy

OTÁZKA 3: V jakém BIM Levelu (úrovni) se nyní osobně pohybujete? 115

BIM Level 3
2%

BIM Level 2 (CDE)
32%

Nižší stupeň :-)
66%

# DISKUZE

–

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

# BIM a Statika

## Neprávem opomíjená oblast

Ing. Pavel Vlasák

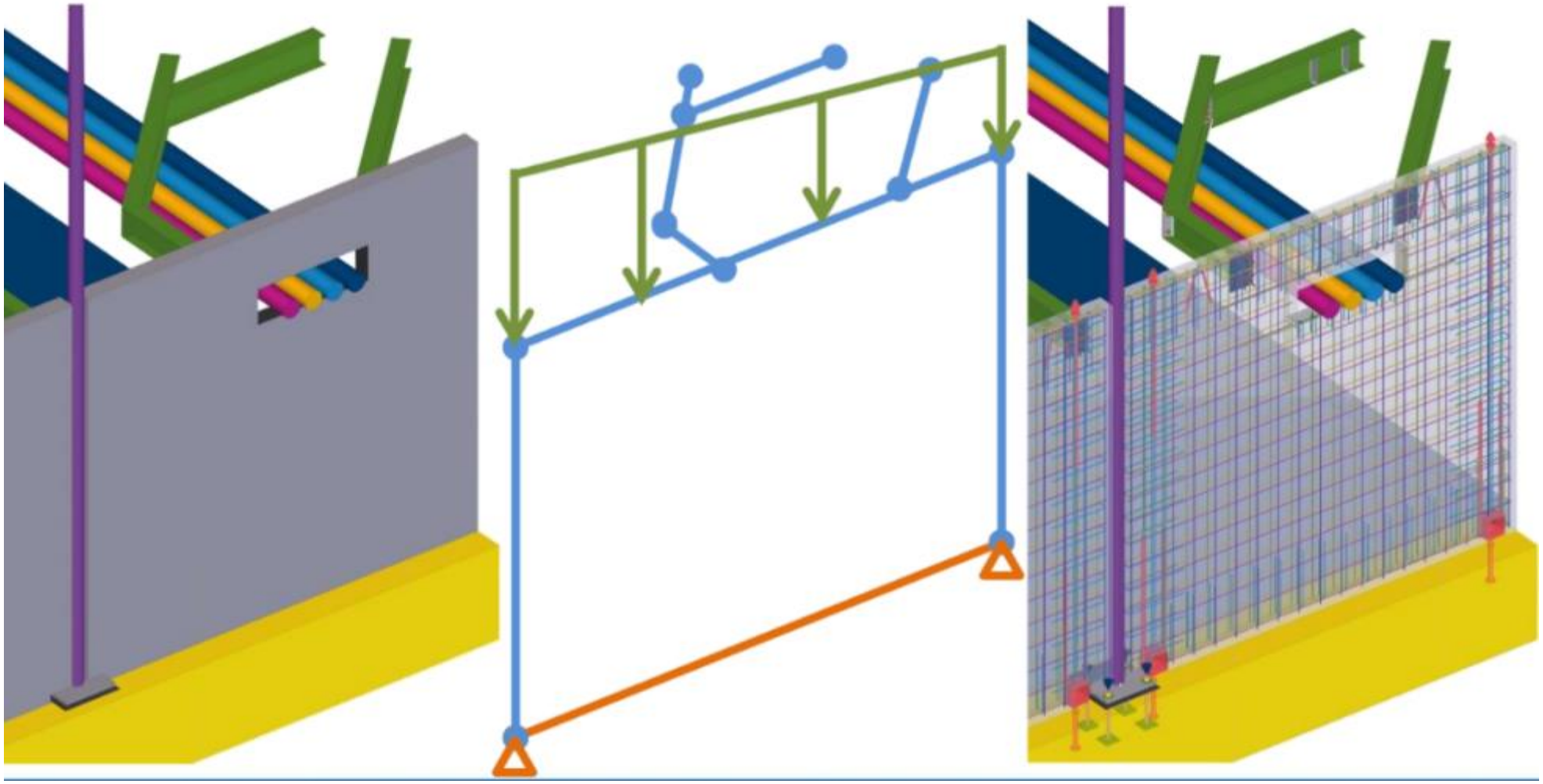
BIM / VDC manager

AFRY CZ s.r.o.

- „Statika není BIM“ (opravdu?)
- Statici jako průkopníci práce ve 3D
- Statika není jen analytický model
- Kombinace některých SW řešení umožňuje pojmout statiku jako pracovní postup od návrhu až po podporu digitální bezvýkresové stavby
- Vzhledem ke komplexnosti úloh statika nelze vystačit jen s jedním programem

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM a Statika – různé typy modelů



# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM a Statika

- Přímá propojení mezi SW nástroji versus openBIM +/-
  - I v případě existence přímých propojení mezi jednotlivými SW, musí existovat cesta výměny BIM dat založená na otevřených formátech (*.IFC; *.SAF; *.LandXML)

- Nezastupitelná úloha CDE (Společné datové prostředí) pro transparentní a efektivní komunikaci
  - Pořádek v datech
  - Transparentní komunikace díky auditní stopě
  - Podpora online komunikace od koordinační schůzky po ukládku výztuže na stavbě

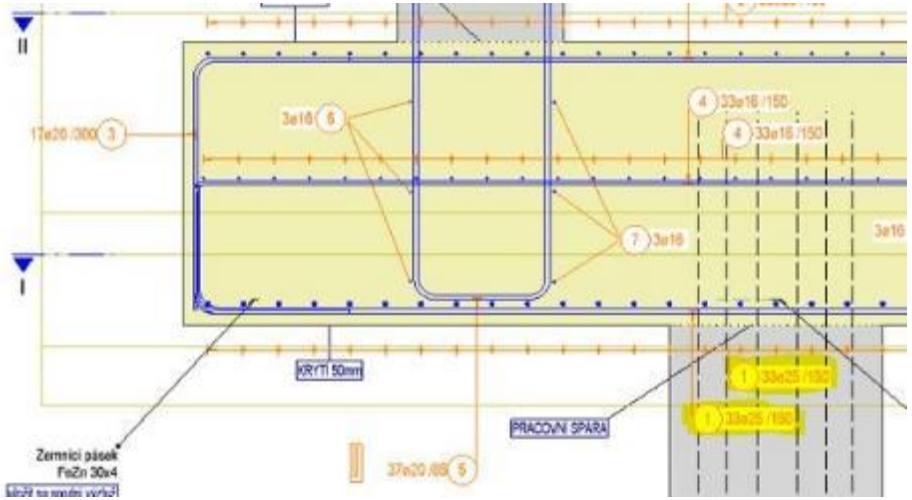
## BIM a Statika

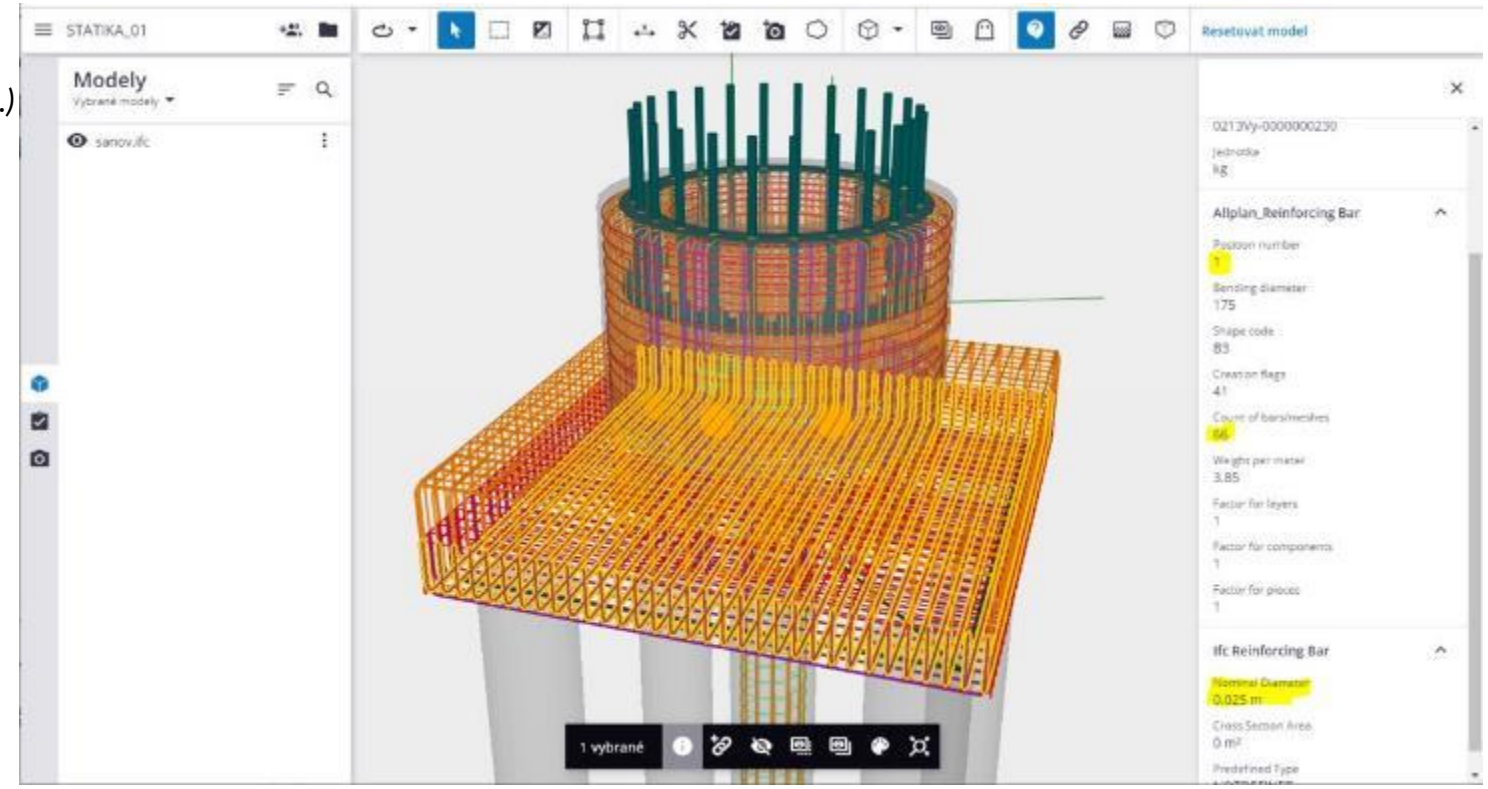
- Komunikace 2D > 3D > informační model
  - Komunikace openBIM není o tom, že si vyměňujeme pouze modely v otevřených formátech *.IFC. Samozřejmě tam, kde je to efektivní, komunikujeme také v nativních datech.

*Základ věžového vodojemu (Ing. Bořek Čerbák, AQUA PROCON s.r.o.)*

*Výstup ve formátu *.ifc do CDE Trimble Connect (alternativně bim+)*

*Přenáší atributy pozice, profil, materiál, počty ks, rozteče , ...*

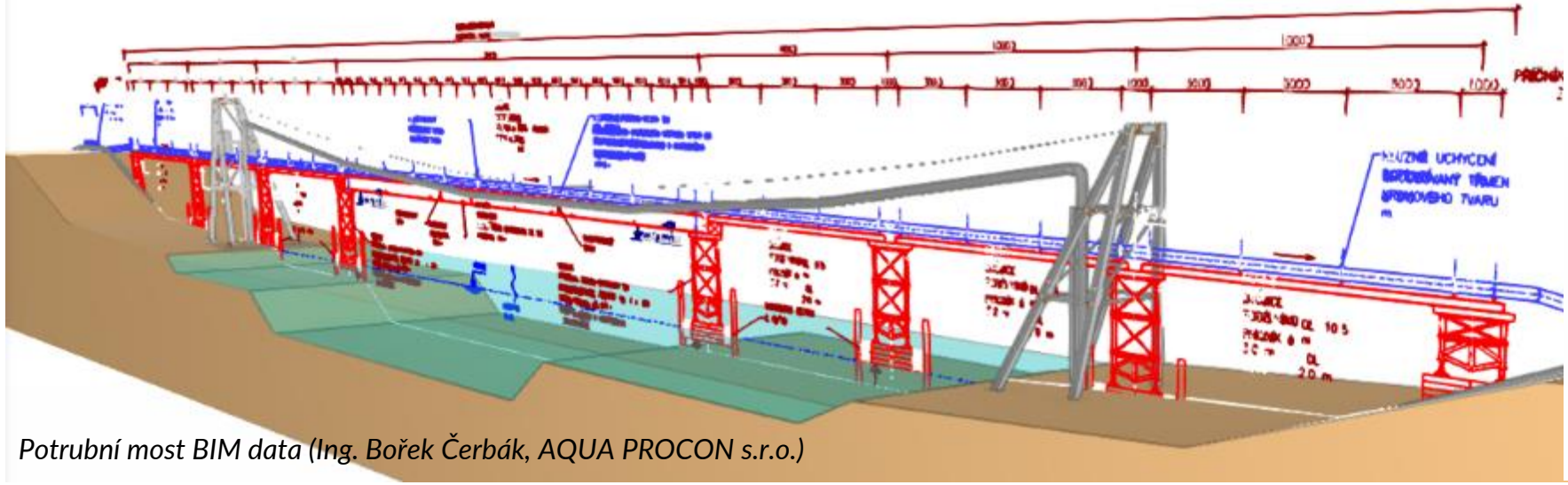


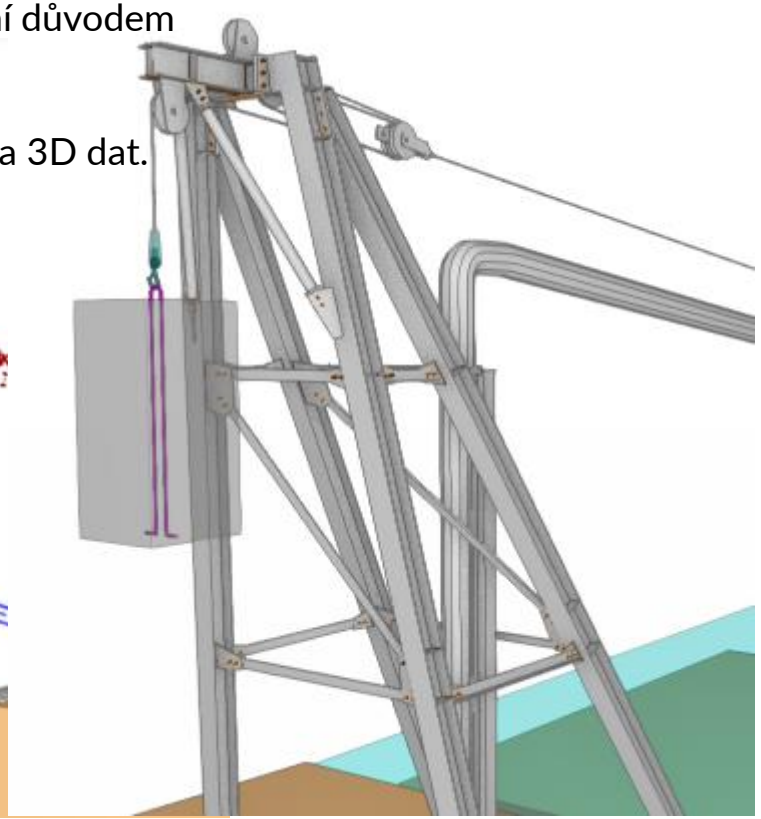
# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM a Statika

- Komunikace 2D > 3D > informační model
  - V CDE tedy můžeme efektivně spravovat všechny podklady související s projektem.
  - V současné době nemáme vše ve 3D, natož v informačních 3D BIM modelech. Toto ale není důvodem rezignovat na BIM.
  - Řada projektových SW i CDE umí pracovat v hybridním módu, tzn. Současné zobrazení 2D a 3D dat.
  - Dtto platí i o 3D (zaměření, mračna bodů) a 3D s informacemi (informační BIM model).



*Potrubní most BIM data (Ing. Bořek Čerbák, AQUA PROCON s.r.o.)*



## BIM a Statika

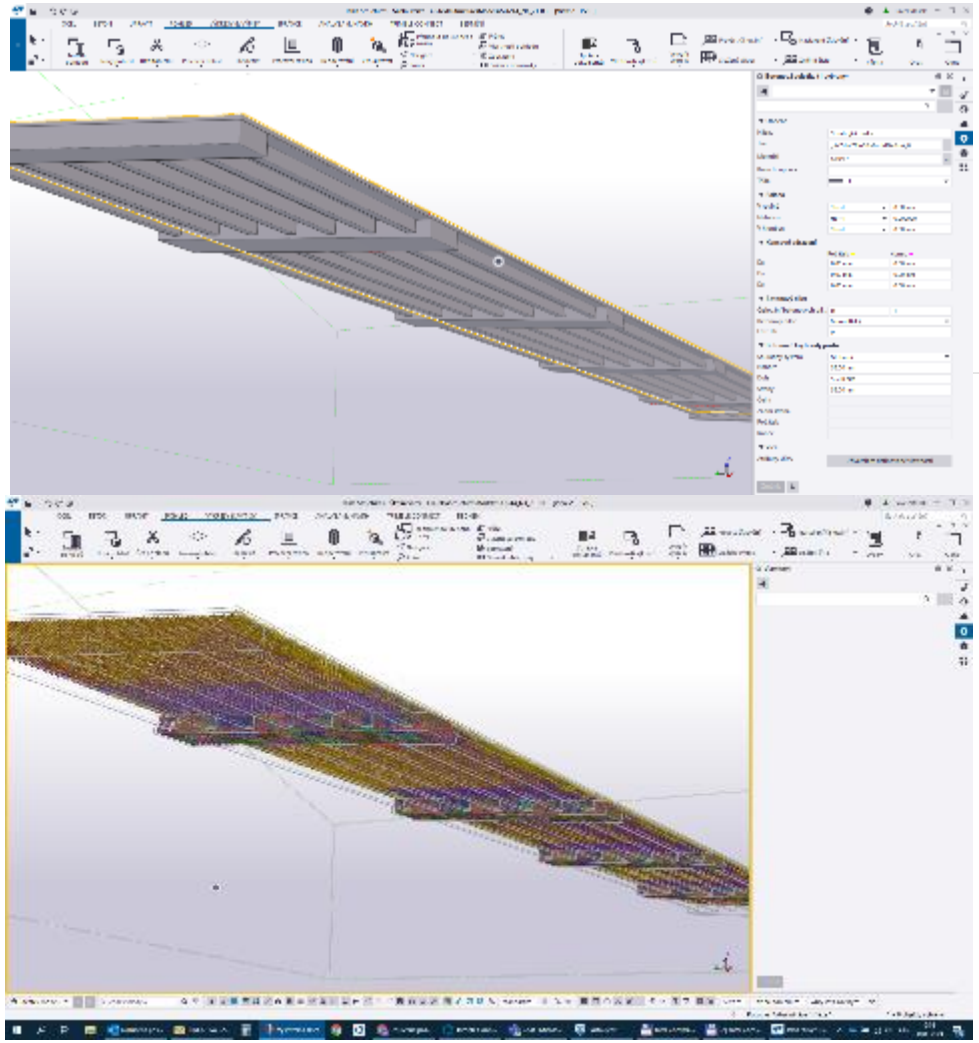
- IFC v obecném pracovním postupu lze srovnávat s PDF (Mark Baldwin)
- Představme si, že děláme výkres, například v SW Bentley. Po dokončení výkresu ho chceme sdílet s ostatními účastníky procesu. Obvykle poskytujeme verzi PDF. Z několika důvodů:
  - Sdílený nativní soubor může kdokoli upravovat bez našeho vědomí nebo souhlasu, navíc jeho zobrazení je závislé na aktuálním nastavení konkrétní instalace.
  - Ne každý může otevřít soubor *.dgn z důvodu nedostatku vhodného softwaru.
  - PDF může otevřít kdokoli, protože jde o otevřený souborový standard a lze jej otevřít v jednoduchém prohlížeči, přičemž si zachovává značné množství funkcí, jako je vyhledávání textu, přidávání komentářů atd.

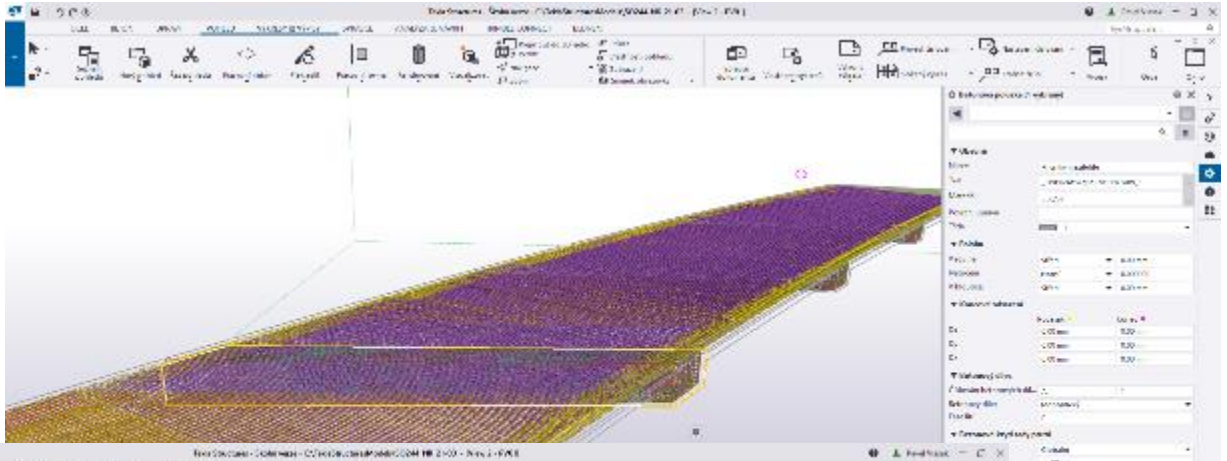
## BIM a Statika

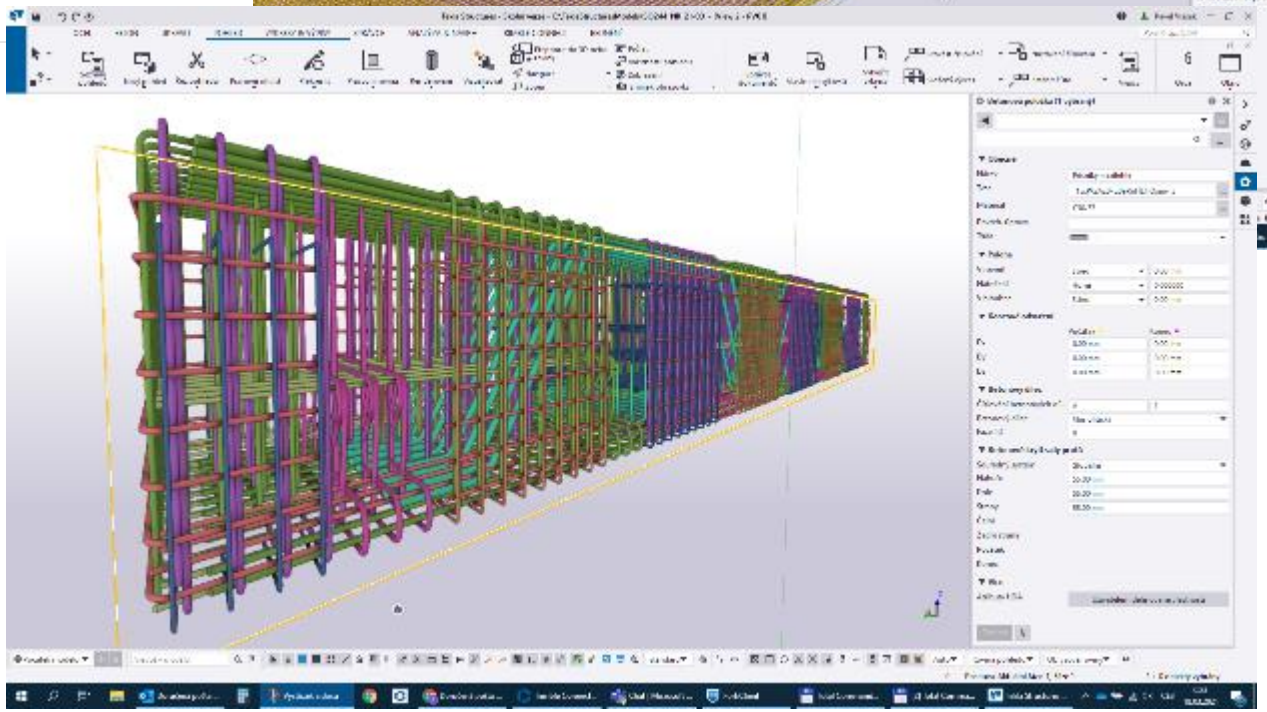
- Totéž platí pro model.
  - Místo sdílení nativního 3D modelu, který kromě problémů s kompatibilitou (příjemce by musel vlastnit stejný software, často ve stejné verzi), existují také problémy s duševním vlastnictvím v podobě vlastních knihoven, objektů, komponent, které musíme také sdílet. V tomto případě je IFC PDF BIM.
  - Model(y) zachovávají geometrii a další informace, jako jsou prvky, závislosti, množství.
  - Na základě těchto dodatečných informací lze model použít během celého životního cyklu budovy, od výměny dat mezi různými obory až po fázi užívání stavby (AM / FM)

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM a Statika – mostní objekty v AFRY CZ







## BIM a Statika

- Nejlepší způsob použití IFC (příklad)
  - V našem příkladu bychom si mohli představit architekta, který pracuje ve svém nativním softwaru na vytvoření architektonického modelu budovy.
  - Poté je model exportován do IFC a předán statikovi a tam použit jako reference pro tvorbu modelu (analytického i konstrukčního) nosné konstrukce.
  - Statik sám model IFC nemění, ale pošle požadavek architektovi s požadovanými změnami.
  - Architekt provede nezbytné úpravy a exportuje aktualizovaný model IFC.

## BIM a Statika

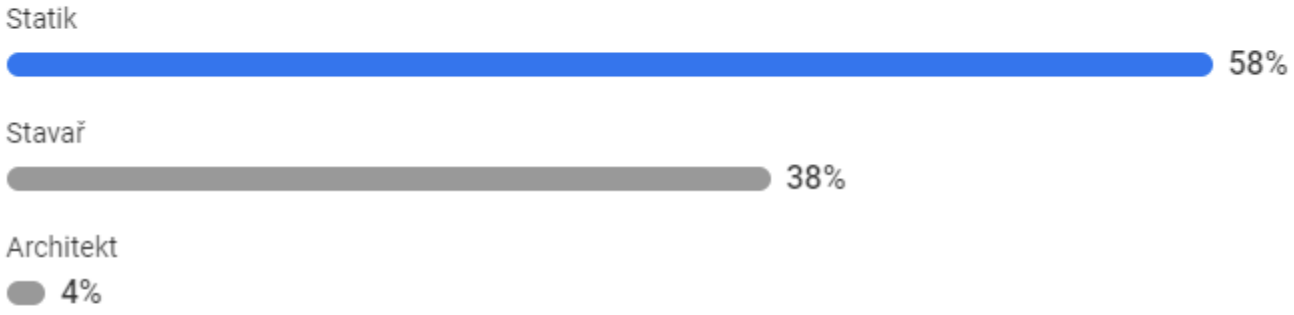
- Nejlepší způsob použití IFC (shrnutí)
  - Samotné použití IFC není zárukou interoperability
  - I když je IFC navrženo tak, aby usnadňovalo sdílení dat, existuje závislost na prodejcích softwaru
  - Na webu buildingSMART najdete seznam všech programů certifikovaných organizací podporujících IFC: https://www.buildingsmart.org/compliance/software-certification/certified-software/
  - V roce 2013 byl IFC registrován Mezinárodní organizací pro standardizaci jako ISO 16739 „Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a facility managementu“ https://www.iso.org/standard/51622.html
  - V některých zemích je navíc IFC oficiálním (vedle PDF) formátem použitým pro archivaci a digitální stavební řízení

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## BIM a Statika – bezvýkresová stavba

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

OTÁZKA 4: Kdo má být tvůrcem informačního BIM modelu nosné konstrukce? 112



# DISKUZE

–

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

# Open-design ve statice

- Cloud
- Dostupnost dat
- Sdílení a spolupráce

Ing. Vojtěch Chalupa

Product Development Engineer

IDEA StatiCa s.r.o.

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## „There is no cloud, it‘s just someone else‘s computer“

Zdroj: Synergy Research Group

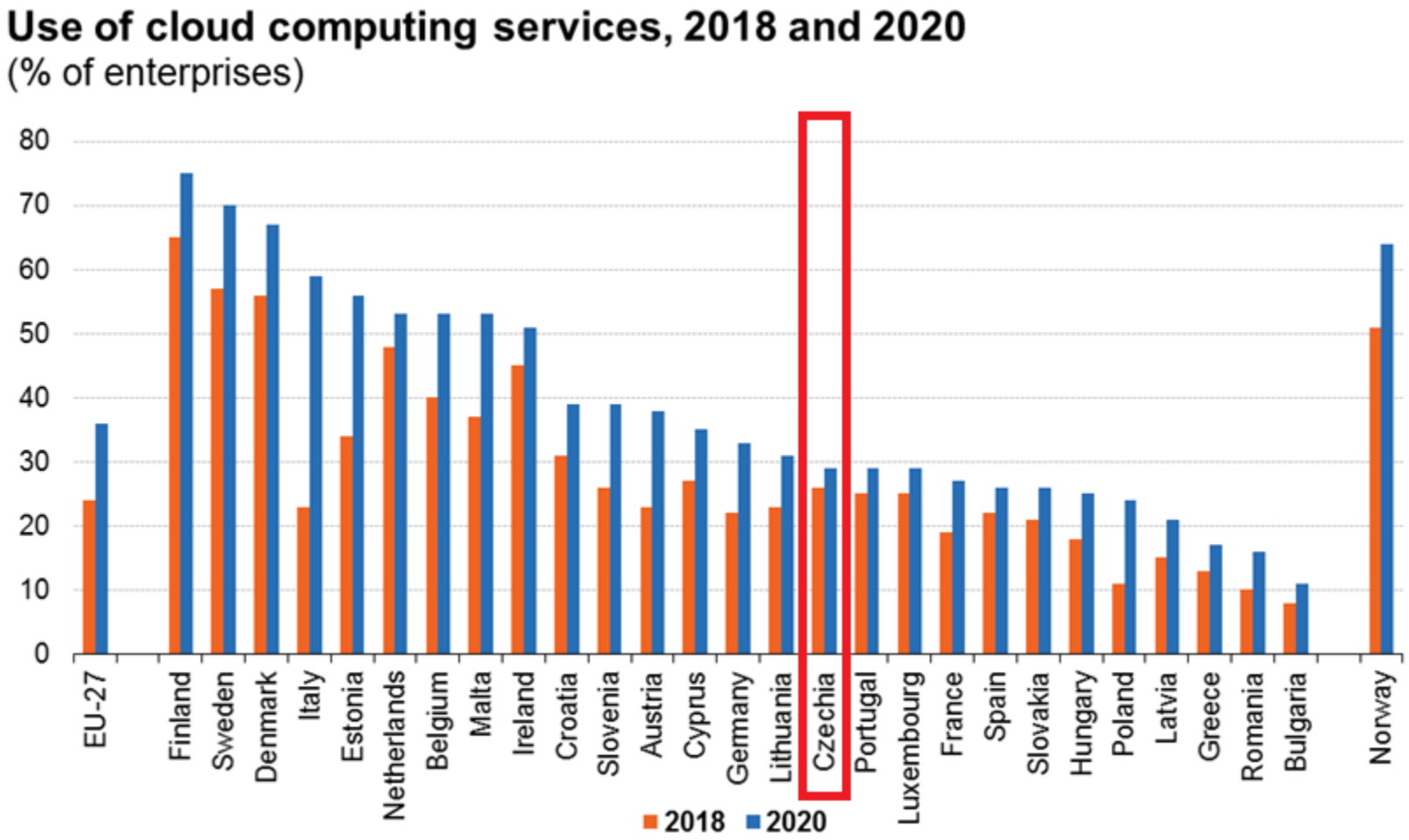
Zdroj: ranked.com

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Switch TAHOE RENO - The Citadel Campus

Rozloha 110 000 m$^2$ ≈ 150 fotbalových hřišť

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

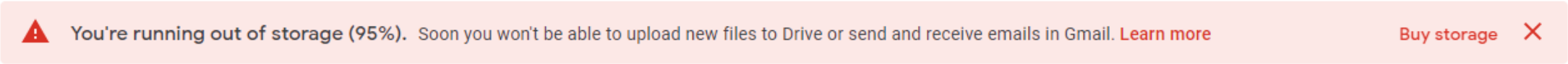



Zrdoj: Eurostat

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Energetická náročnost

Pouze 6% dat v cloudu se aktivně používá (HP Enterprise research)




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 100 GB dat uložených v cloudu | ≈ | (0,3 MWh/rok) | ≈ | 3 žárovky |
| 1 Ronaldův Instagram post | ≈ | (36 MWh) | ≈ | roční spotřeba 6 obyvatel ČR (per capita) |
| Denní provoz vyhledávání Googlu | ≈ | (1,6 GWh) | ≈ | 100 000 km nájezd 100 kusů Tesla Model S |
| Spam mail za rok | ≈ | (33 TWh) | ≈ | roční spotřeba Dánska |
| Data centra celosvětově | ≈ | (230 TWh) | ≈ | roční spotřeba Austrálie |

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Statika v cloudu

- **Vše desktop** (rychlost výpočtů)
- **Solver v cloudu** (upload a download dat, škálovatelnost)

GUI → Preprocesor → Solver → Postprocesor → Prezentace výsledků

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Statika v cloudu

- **Vše desktop** (rychlost výpočtů)
- **Solver v cloudu** (upload a download dat, škálovatelnost)
- **Vše v cloudu** (i uživatelské rozhraní)

GUI → Preprocesor → Solver → Postprocesor → Prezentace výsledků

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Příklady cloudových aplikací z oboru

- **Skyciv** – výpočetní software
- **Simscale** – modelování a analýza
- **Hilti Profis Engineering** – návrh kotvení
- **IDEA StatiCa Viewer** – sdílení projektů styčníků
- **Allplan Bimplus** – open BIM platforma

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

## Data a open-design

Vývoj produktů za použití veřejně dostupných a volně sdílených dat

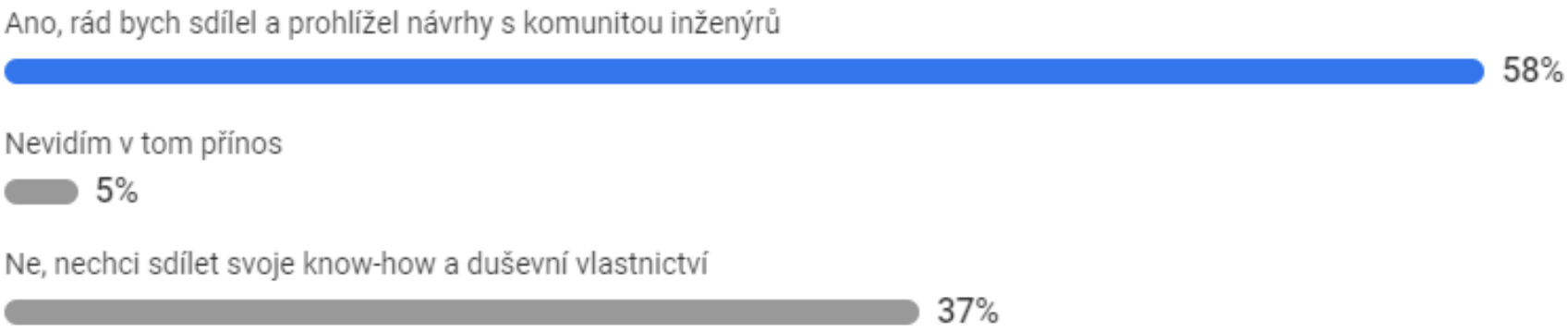
- Open-source software (Sourceforge, GitHub)
- Fyzické objekty, 3D tisk (thingverse.com)

Co na to stavebnictví?

- Code_Aster (FRA), CalculiX (GER)
- O sdílení dat se mluví hlavně mezi účastníky jednotlivých projektů
- Kolik dat je sdílených a dostupných pro „obecné dobro“?

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

OTÁZKA 2: Jsem ochoten dát k dispozici a volně sdílet anonymizované výsledky svojí práce 116



# STATIKA A TECHNOLOGIE

Konzervativní statika a progresivní technologie – jde to dohromady?

21. – 22. září 2021

peikko®

IDEA StatiCa®
Calculate yesterday's estimates

ALLPLAN
A NEMETSCHEK COMPANY

MIDAS

SCiA
A NEMETSCHEK COMPANY

SCHÖCK
Stavíme na spolehlivosti

HILTI

KONSTRUKCE
ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNÍ CTV A STROJIRENSTVÍ

CONSTRUSOFT

# PANEL 2

–

# Co všechno musí statik znát?

# Co všechno musí statik znát?

## Blok 2 13:50 – 15:15

*Je potřeba se učit nové metody a postupy? Stačí mi norma, co znám teď, nebo se bude vše řešit jinak?*

*Stíhají na to reagovat i statici?*

- ✓ Kde jsme v navrhování ocelových konstrukcí?
- ✓ Pokročilé metody a postupy
- ✓ Předpjatý beton – technologie v problémech?
- ✓ Odpovědnost projektanta v procesu výstavby

# Co všechno musí statik znát?

Prof. Ing. František Wald, CSc.

Vedoucí Katedry kovových a dřevěných konstrukcí, ČVUT Praha

Ing. Martin Vild, Ph.D.

Product Development Engineer, IDEA StatiCa

Doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Proděkan FAST VUT Brno, Ústav betonových a zděných konstrukcí

Ing. Michal Drahorád, Ph.D.

Mott MacDonald CZ s.r.o., ČKAIT, Katedra betonových a zděných konstrukcí, ČVUT Praha

# **Kde jsme v navrhování** ocelových konstrukcí

- Modely a spolehlivost
- Navrhování prvků
- Navrhování styčníků
- Eurokódy po 2024
- MKP v Eurokódech

prof. František Wald

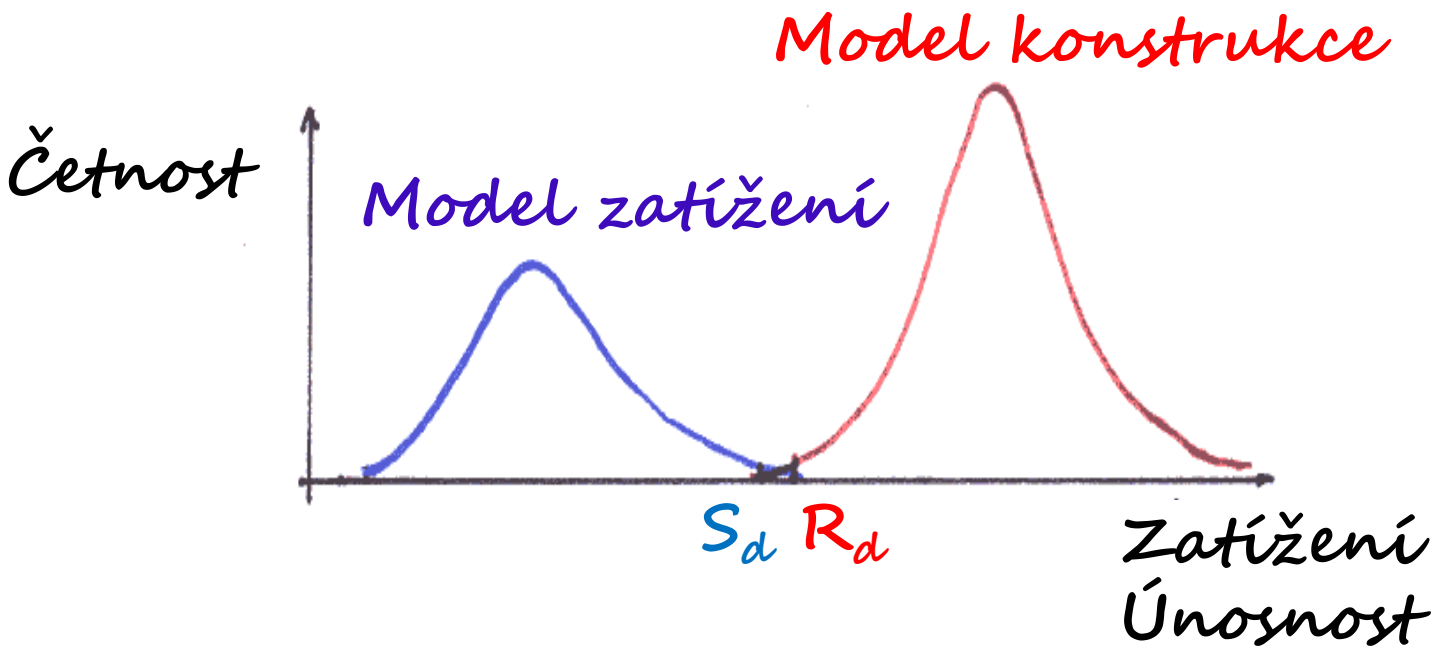
Vedoucí Katedry

kovových a dřevěných konstrukcí,

ČVUT v Praze

# Modely a spolehlivost

- Metoda mezních stavů
  - Přímý výpočet spolehlivosti
  - Metoda dílčích součinitelů spolehlivosti

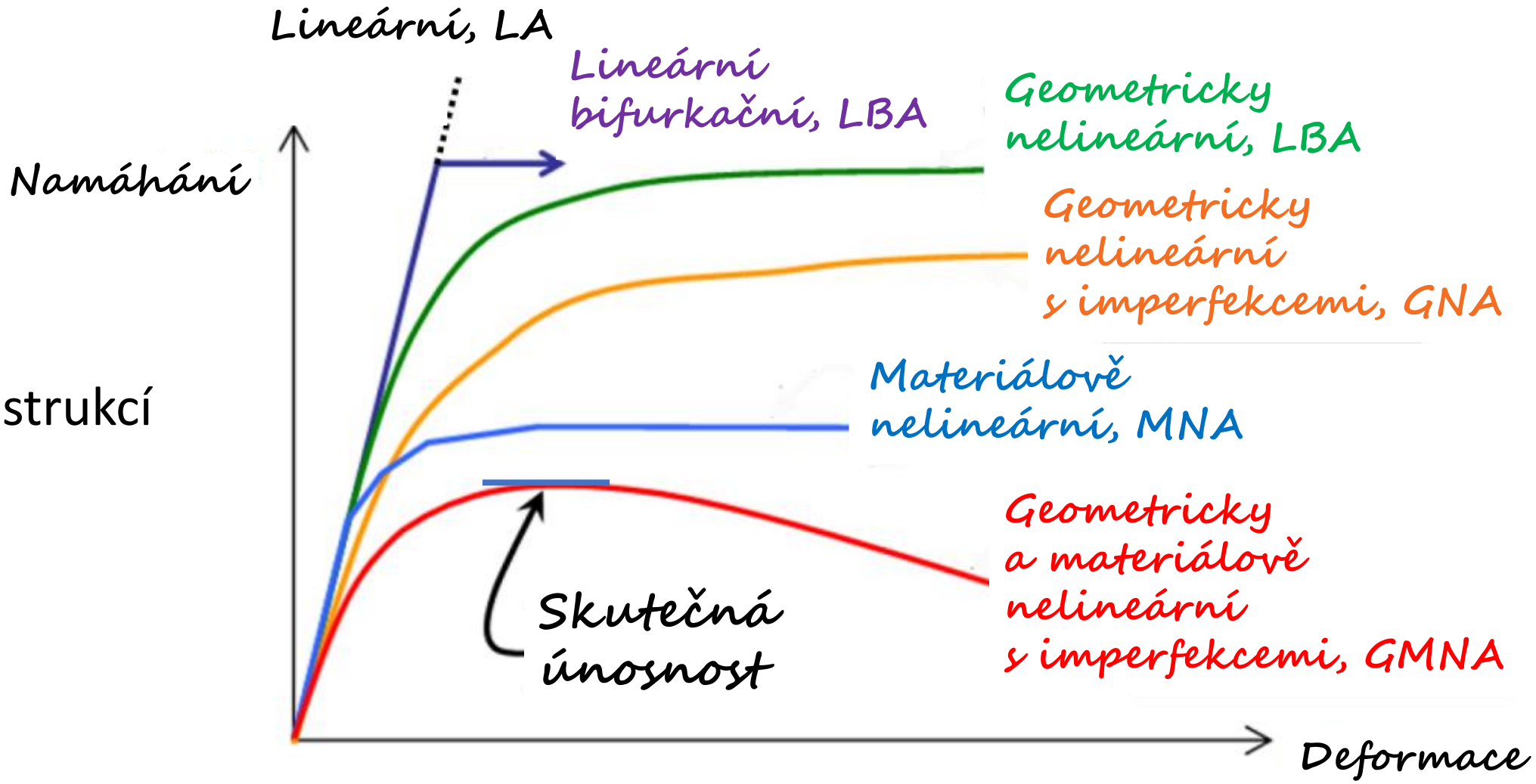


# **Globální analýza** (výpočet vnitřních sil)

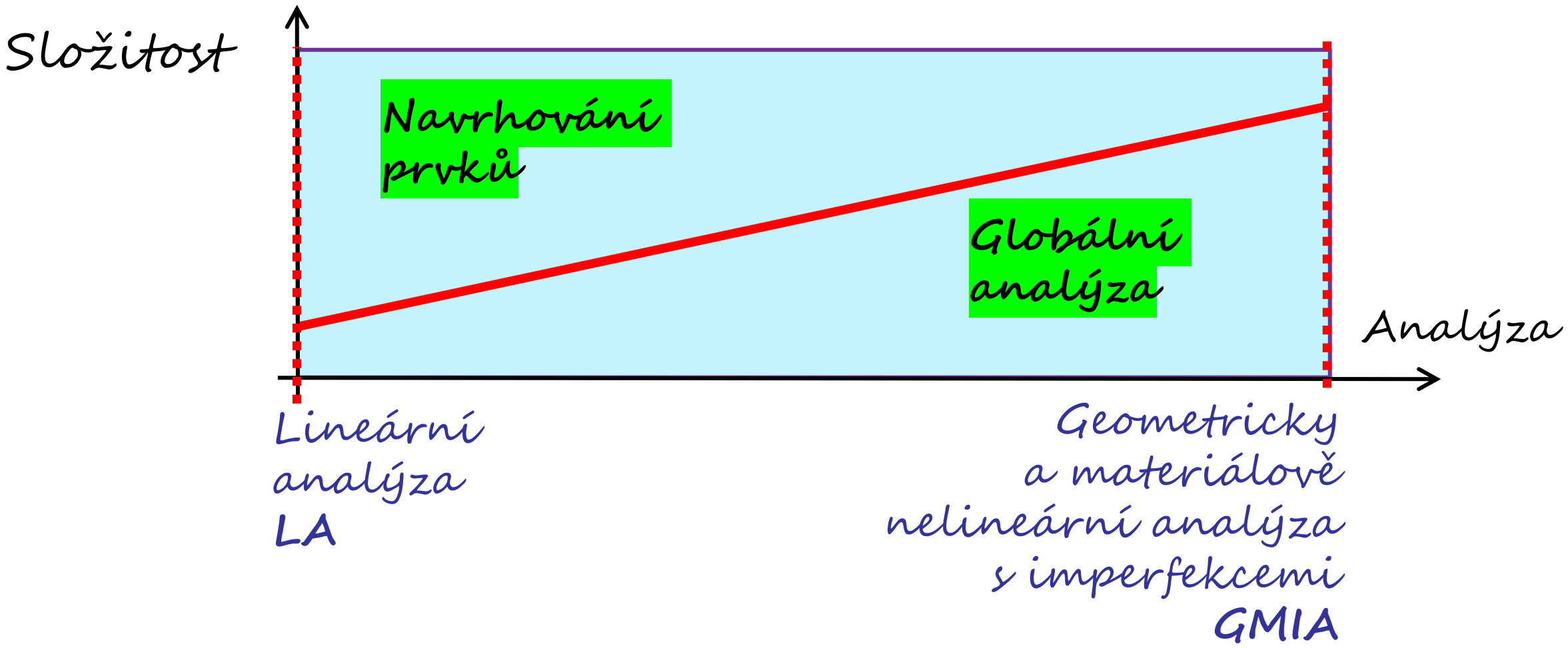
Druhy analýz

ocelových konstrukcí

- Pružnostní
- Plasticitní



## Navrhování prutů a globální analýza

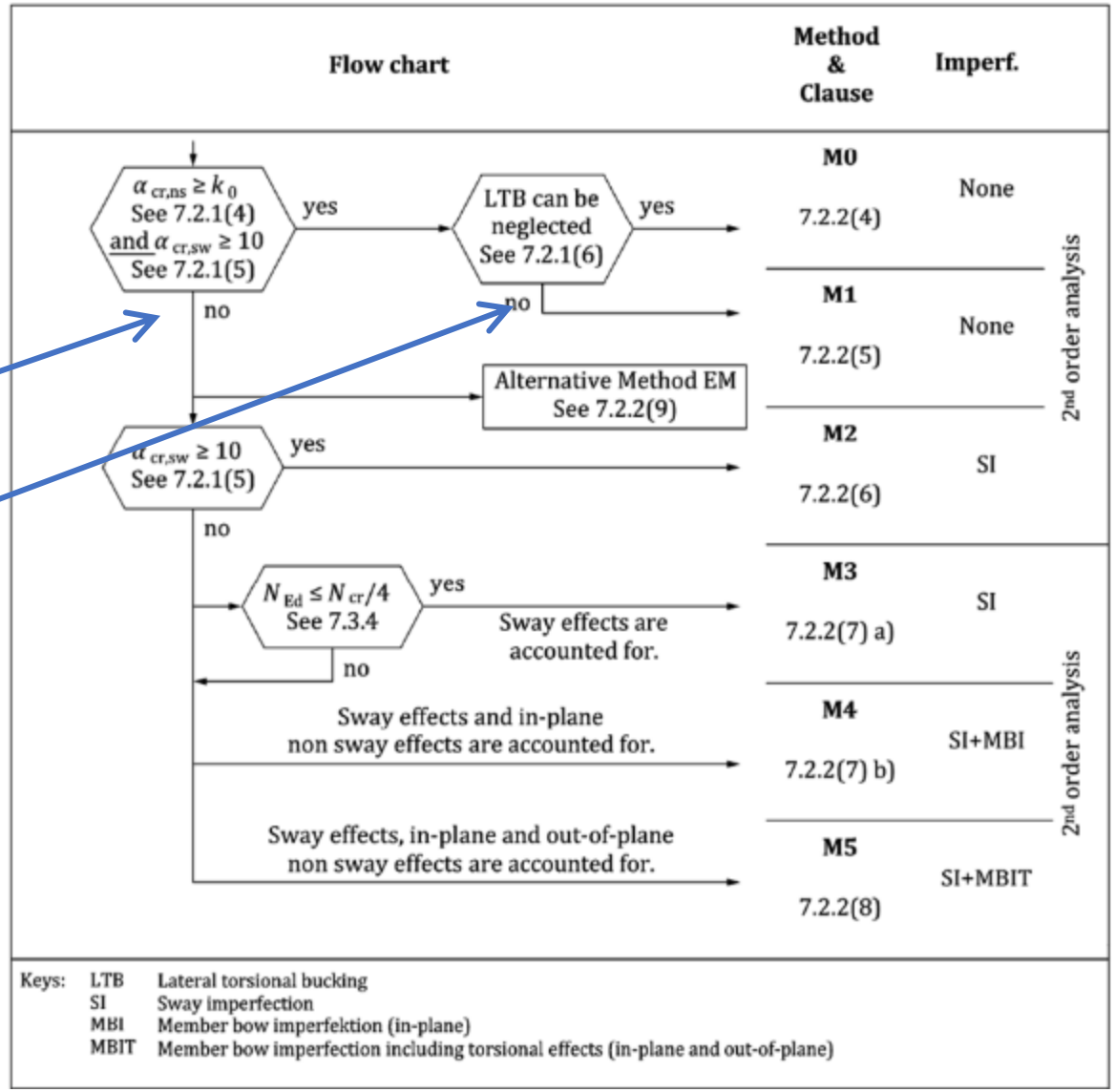


# V základní normě

pro analýzu a pruty

Obrázek z prEN1993-1-1:2021

- Vliv štíhlosti na
  - Vzpěr
  - Klopení
  - Boulení ($A_{eff}$)



## Únosnost průřezů pro

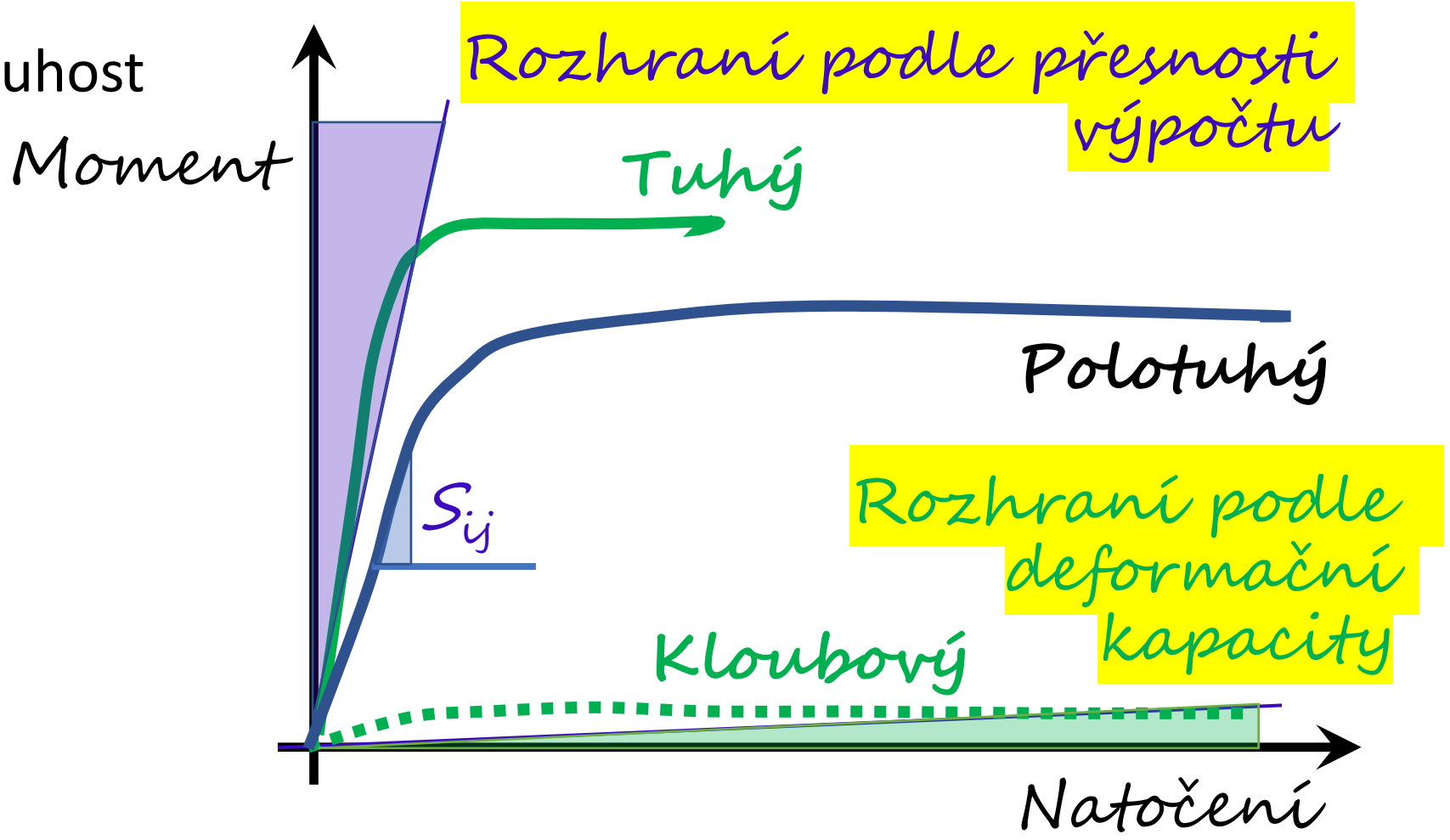
- **Pružné řešení** stačí vzoreček na Misesovy podmínky plasticity analyticky

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$$

- **Plastické řešení** přináší výzvy pro diskrétní řešení
  - *Od lineární analýzy*
  - *Po geometricky a materiálově nelineární analýzu*

## Navrhování styčníků a globální analýza

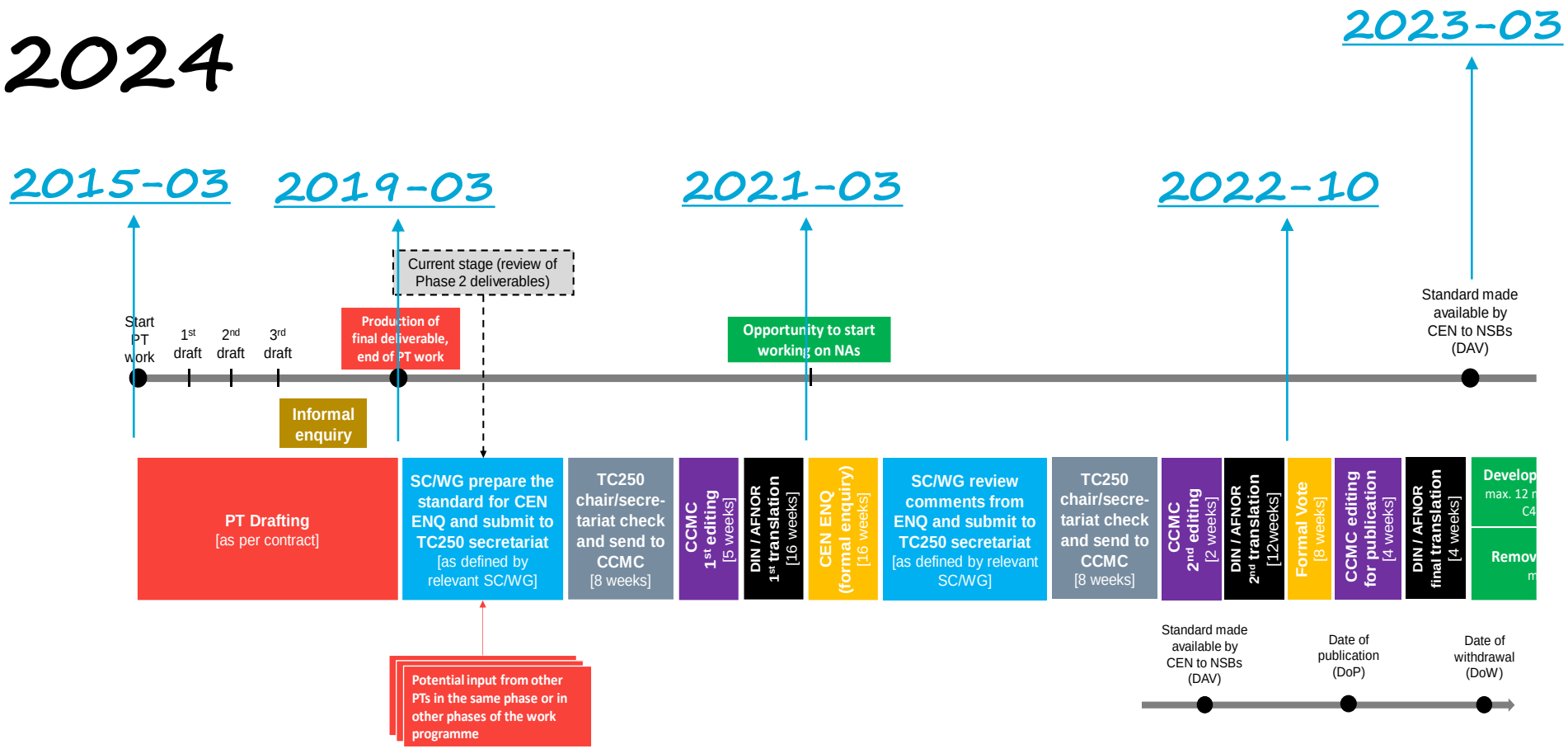
- Otázkou je ohybová tuhost



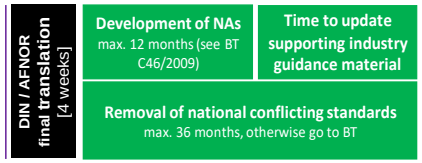
## Současné modely styčníků

- Experimenty – tenkostěnné
- **Proložení křivkami** – pro uzavřené průřezy
- **Analytické modely**
  - Metoda komponent – pro otevřené průřezy
- **Konečné prvky**
  - Numerické návrhové výpočty
    - Metoda konečných prvků s komponentami – obecné řešení
  - Numerické simulace – experimenty, vědecké

# Eurokódy *po 2024*




https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/showpage.php?id=7




- TC250 outline of publication plan (update: 22th February 2021)

# Eurokódy **pro ocelové konstrukce**

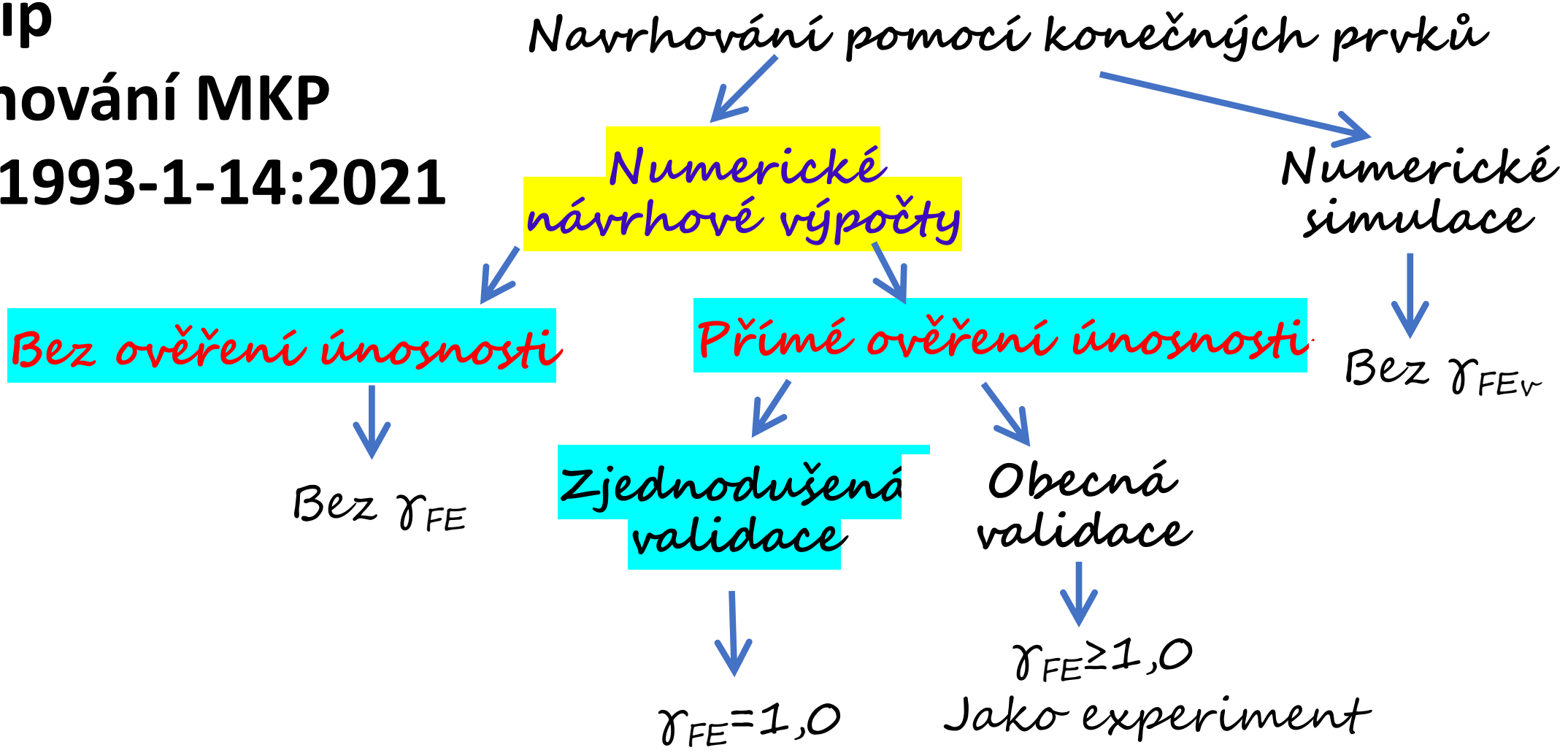
## Zcela nové

- Nosníky s otvory
- Navrhování MKP

➢ **Planned time schedule for SC 3 deliverables**

| Deliverable | Phase | 2nd Draft | Final Draft | Final Document | Technical Approval | Decision CEN-Enqiry | Cut-off-date ENQ | Start CEN-Enquiry | Cut-off-date FV | Start Formal Vote |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993-1-1 | 1 | | | | 2018-10 | 2019-10 | 2019-11 | 2020-09 | 2021-07 | 2022-04 |
| TS 1993-1-101 | -- | | | | 2019-03 | -- | -- | -- | 2021-07 | 2022-04 |
| TR 1993-1-103 | -- | | | | | | | | | |
| 1993-1-8 | 1 | | | | 2019-03 | 2020-03 | 2020-04 | 2021-03 | 2022-01 | 2022-10 |
| TS 1993-1-801 | -- | | | | | | | | | |
| 1993-1-2 | 2 | | | 2020-04-30 | 2020-11 | 2021-03 | 2021-04 | 2022-03 | 2023-01 | 2023-10 |
| 1993-1-3 | 2 | | | 2020-04-30 | 2020-11 | 2021-03 | 2021-04 | 2022-03 | 2023-01 | 2023-10 |
| 1993-1-5 | 2 | | | 2020-04-30 | 2020-11 | 2021-03 | 2021-04 | 2022-03 | 2023-01 | 2023-10 |
| 1993-1-13 | -- | | | | 2020-11 | 2021-03 | 2021-04 | 2022-03 | 2023-01 | 2023-10 |
| 1993-1-6 | 2 | | | 2020-04-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| 1993-1-7 | 2 | | | 2020-04-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| 1993-1-14 | -- | | | 2021-08-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| TR 1993-1-14 | -- | | | | | | | | | |
| 1993-1-4 | 3 | 2020-04-30 | 2020-10-30 | 2021-04-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| 1993-1-9 | 3 | 2020-04-30 | 2020-11-30 | 2021-04-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| TS 1993-1-901 | -- | | | | | | | | | |
| 1993-1-10 | 3 | 2020-04-30 | 2020-10-30 | 2021-04-30 | 2021-10 | 2022-03 | 2022-04 | 2023-03 | 2024-01 | 2024-10 |
| 1993-1-11 | 4 | 2020-09-30 | 2021-06-30 | 2022-02-19 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-2 | 4 | 2020-09-30 | 2021-06-30 | 2022-02-19 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-3 | 4 | 2020-09-30 | 2021-03-30 | 2021-11-30 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-4-1 | 4 | 2021-03 | 2021-08 | 2022-02-19 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-4-2 | 4 | 2021-03 | 2021-08 | 2022-02-19 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-5 | 4 | 2020-09-30 | 2021-03-30 | 2021-11-30 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-6 | 4 | 2020-09-30 | 2021-03-30 | 2021-11-30 | 2022-10 | 2023-03 | 2023-04 | 2024-03 | 2025-01 | 2025-10 |
| 1993-7 | -- | | | | | | | | | |

# Princip navrhování MKP prEN1993-1-14:2021

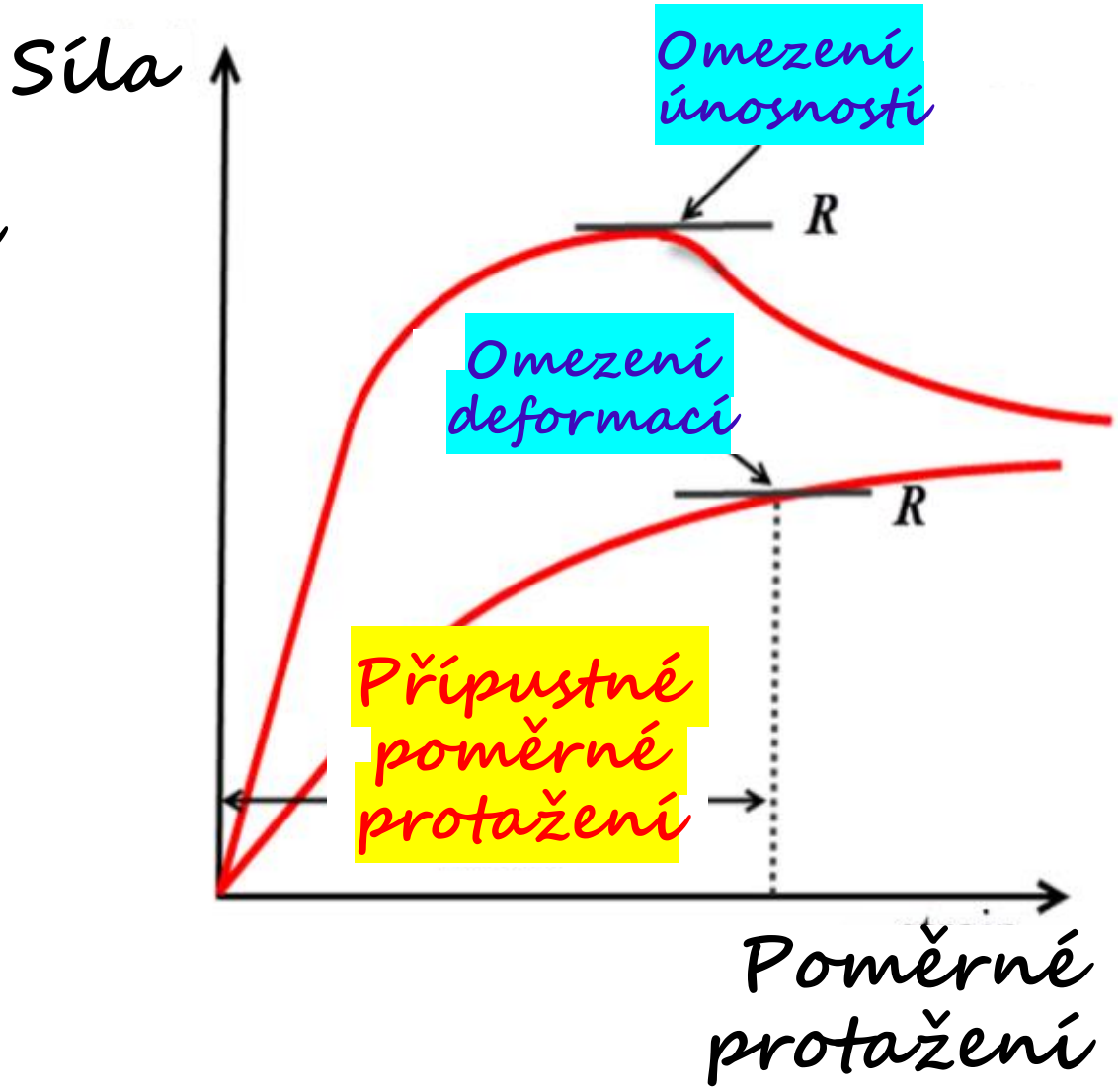


# Jak chápat únosnost

## Přípustné poměrné protažení

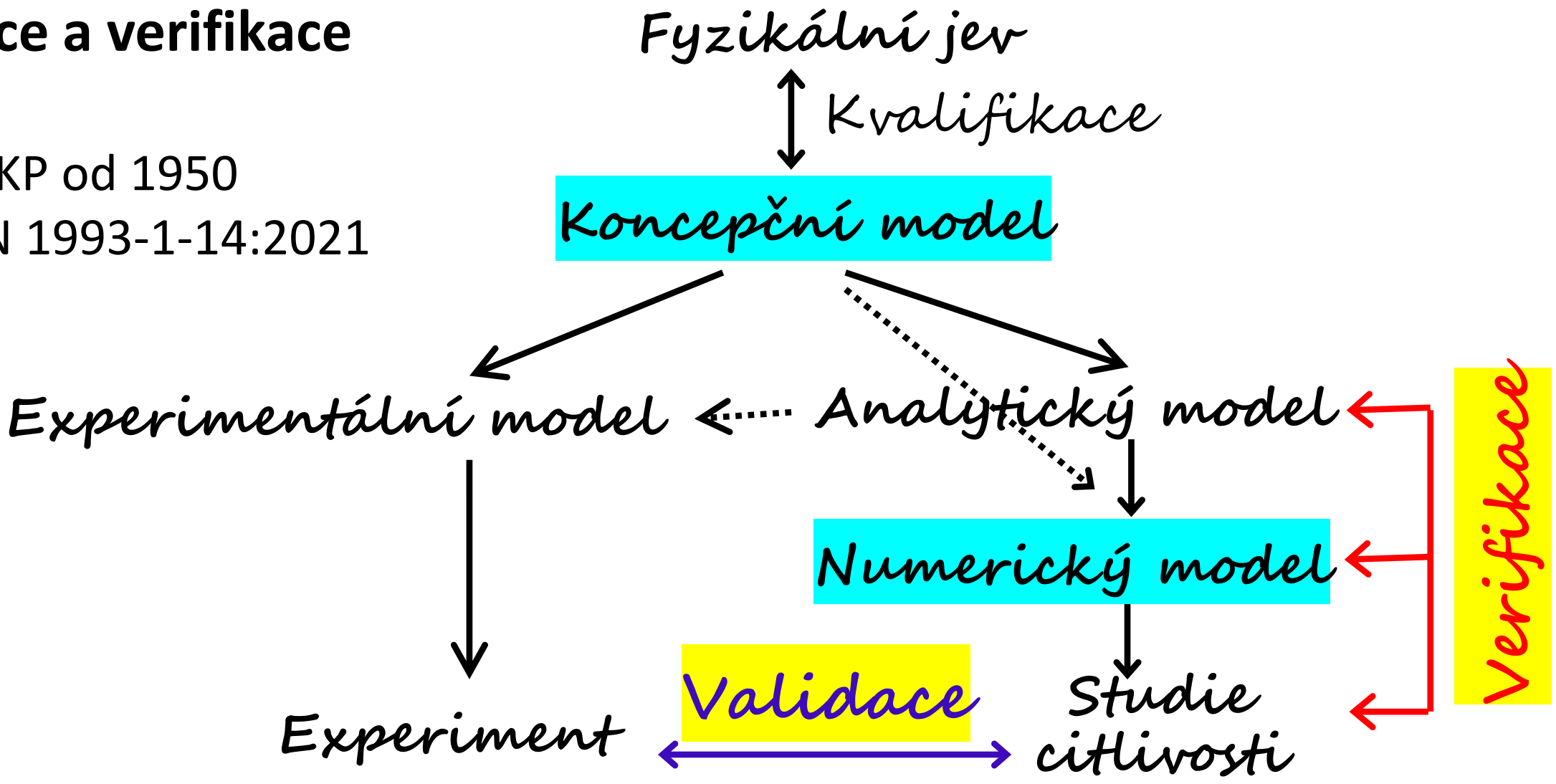
V materiálových normách pro

- za studena tvarované v EN 1993-1-3
- válcované v EN 1993-1-5, 5 %
- skořepiny v EN 1993-1-6
- šrouby 0,25 přetržení EN 1993-1-14



## Validace a verifikace

- V MKP od 1950
- prEN 1993-1-14:2021



# Jakou nejsložitější analýzu jste pro návrh ocelových prvků museli použít?

A) **Lineární globální analýzu**
s odhadem vzpěrných délek a návrh prutů součiniteli vzpěrnosti

B) **Geometricky nelineární analýzu**
(2. řád) s rámovými imperfekcemi a návrh prutů součiniteli vzpěrnosti

C) **Geometricky nelineární analýzu** s rámovými i prutovými imperfekcemi

D) **Geometricky a materiálově nelineární analýzu**
s rámovými i prutovými imperfekcemi

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 5: Jakou nejsložitější analýzu jste pro návrh ocelových prvků museli použít? 109

Lineární globální analýzu s odhadem vzpěrných délek a návrh prutů součiniteli vzpěrnosti
25%

Geometricky nelineární analýzu (2. řád) s rámovými imperfekcemi a návrh prutů součiniteli vzpěrnosti
44%

Geometricky nelineární analýzu s rámovými i prutovými imperfekcemi
12%

Geometricky a materiálově nelineární analýzu s rámovými i prutovými imperfekcemi
19%

# DISKUZE

–

# Co všechno musí statik znát?

# Pokročilé metody a postupy

- Experimentální model
- Numerický model = černá skříňka?
- Výuka – správné použití MKP
- Čemu důvěřovat?

Ing. Martin Vild, Ph.D.

Product Development Engineer

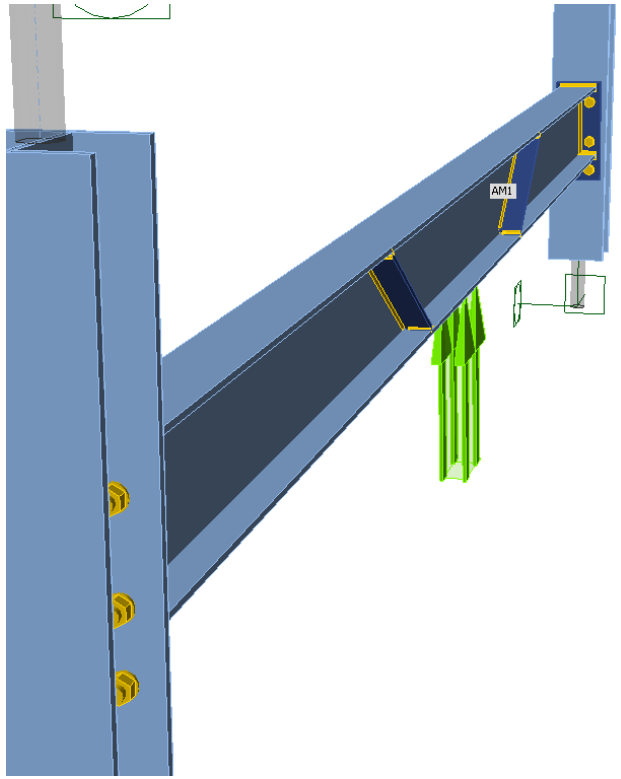
IDEA StatiCa

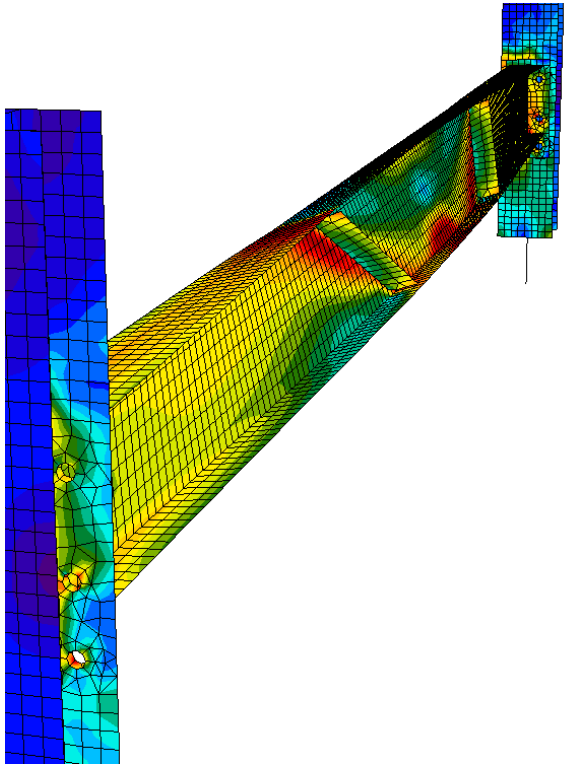
# Co všechno musí statik znát?

**Motto:**

Nikdo nevěří simulaci. Kromě toho, kdo ji vytvořil.

Všichni věří experimentu. Kromě toho, kdo jej provedl a vyhodnocoval.



# Co všechno musí statik znát?

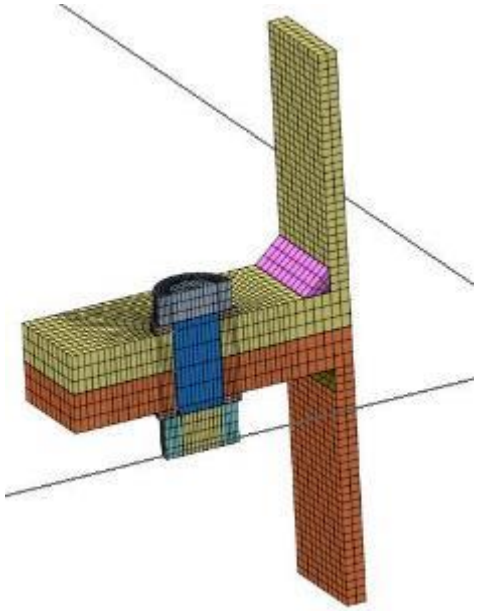
## Návrhové modely:

**Experimentální model**
EN 1990 – Příloha D
Navrhování pomocí zkoušek

**Analytický model**
EN 1993-1-1
EN 1993-1-8

| **Mode 1** | Method 1 |
|---|---|
| without backing plates | $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ |
| with backing plates | $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd} + 2M_{bp,Rd}}{m}$ |

**Numerický model**
EN 1993-1-5
prEN 1993-1-14



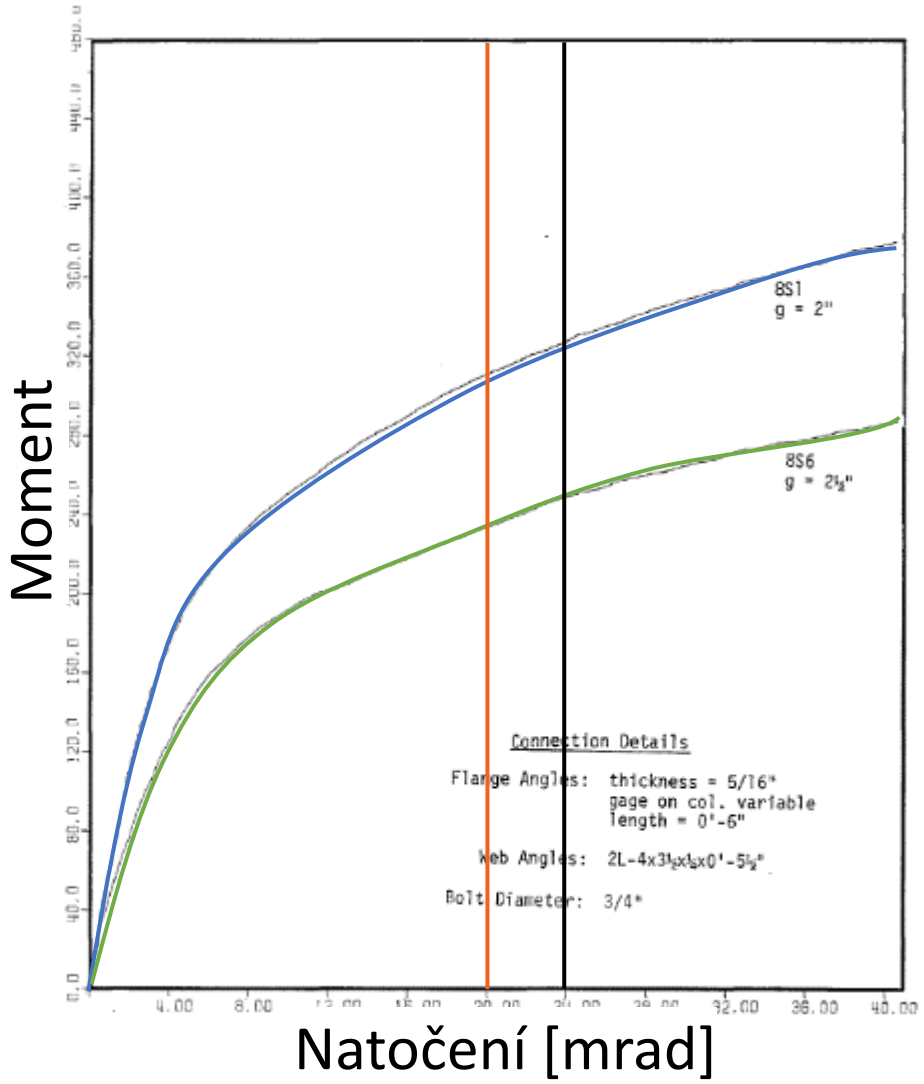
## Experimentální model

Jak provést experiment?

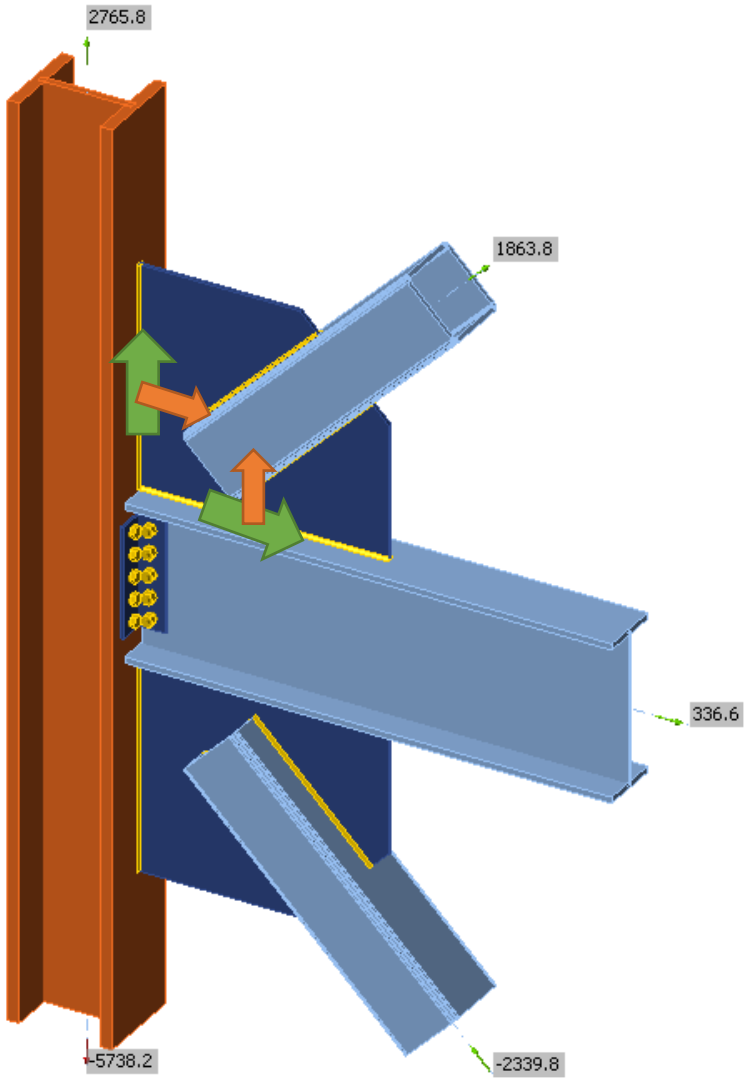
- Okrajové podmínky
- Imperfekce
- Zatížit a odtížit

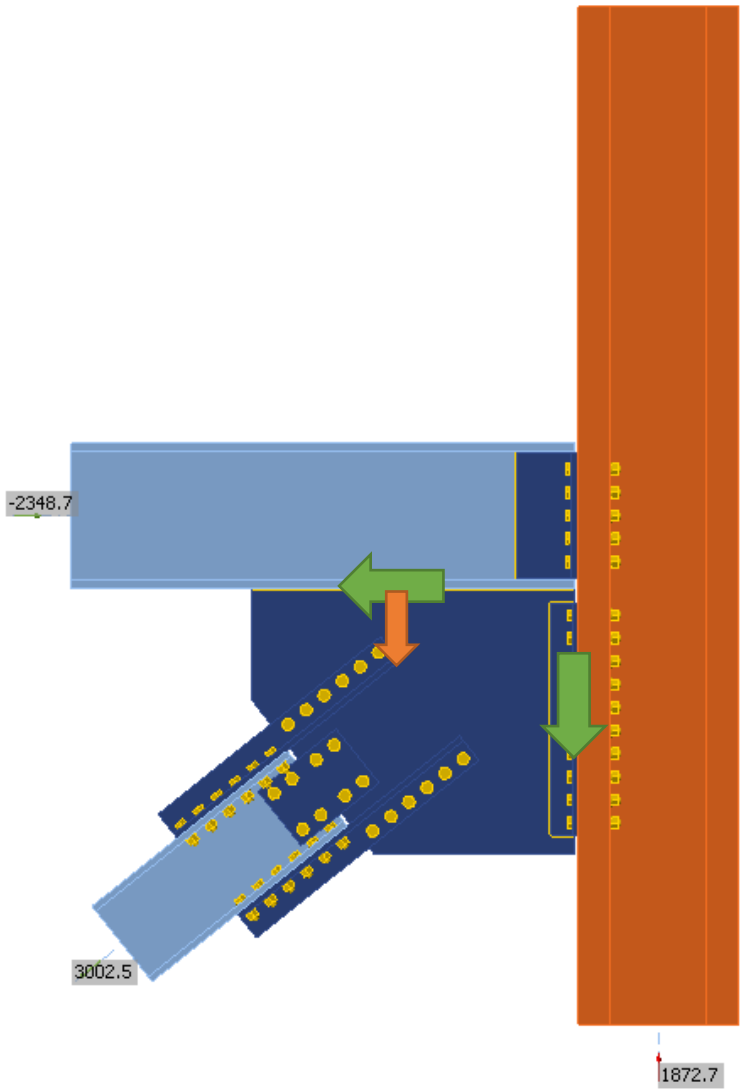
If the moment-rotation response does not exhibit a peak load then the strength can be taken

as the moment at a rotation of 20 mrad



# Co všechno musí statik znát?

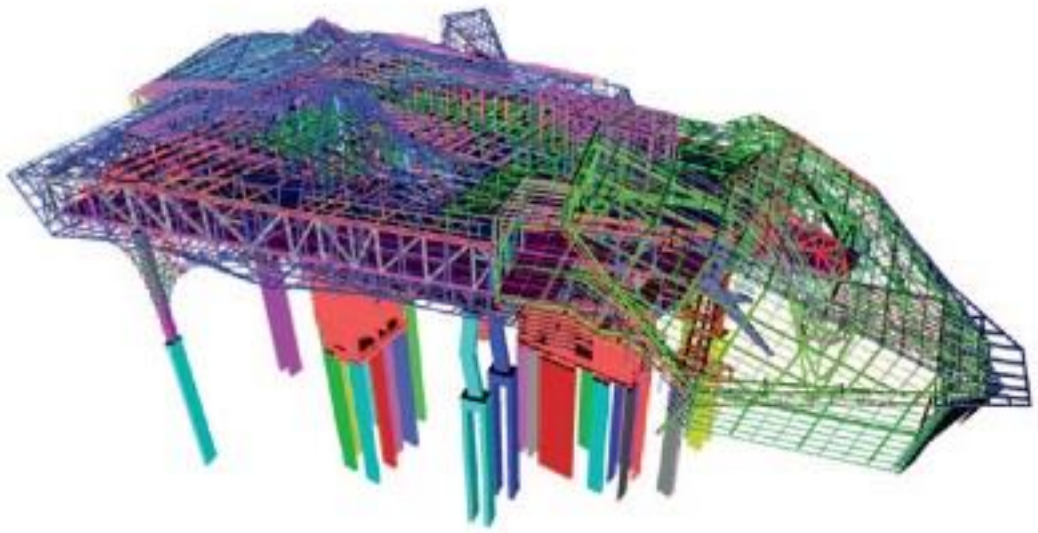


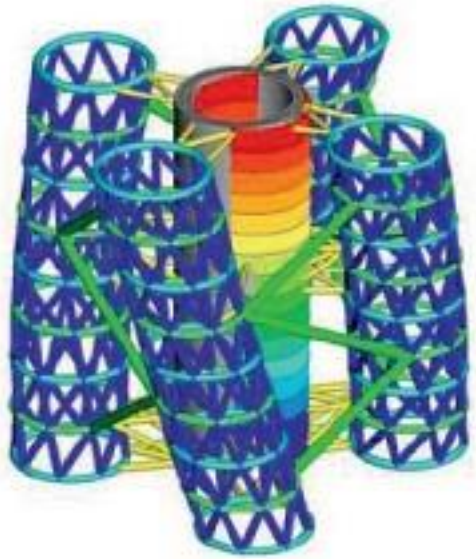



## Simulace – numerický model

METODA KONEČNÝCH PRVKŮ

- Všeobecně uznávaná pro prutové konstrukce



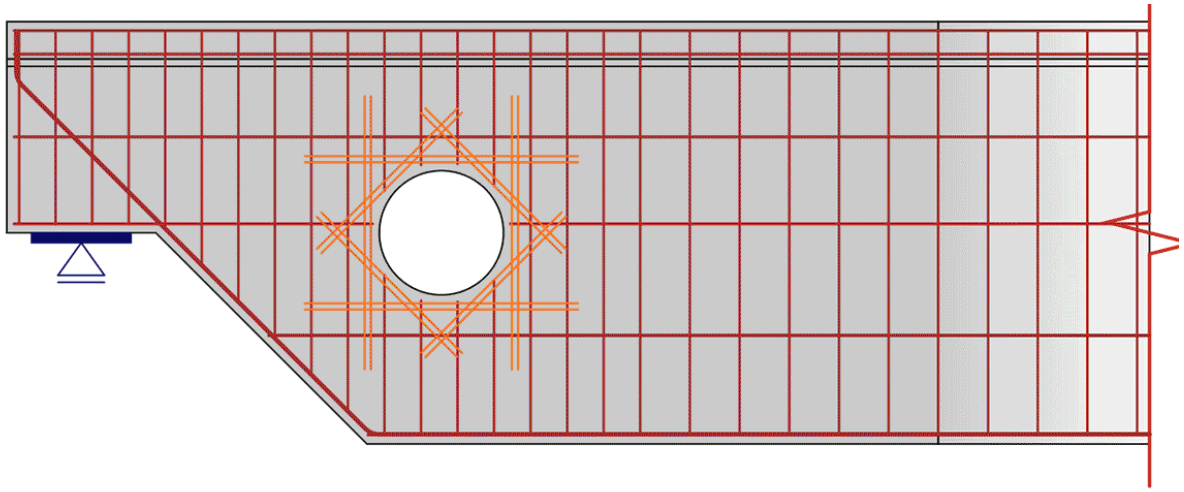


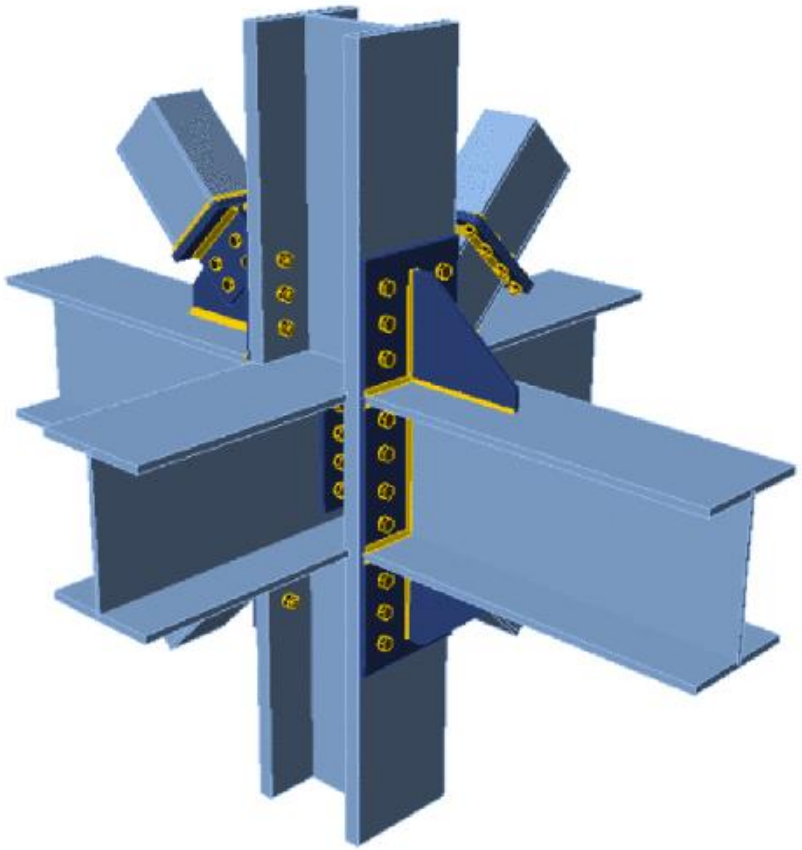
Josef Trubáček:
Scia Engineer, Frilo Statika a Scia Design Forms. Z webu CAD.cz

# Co všechno musí statik znát?

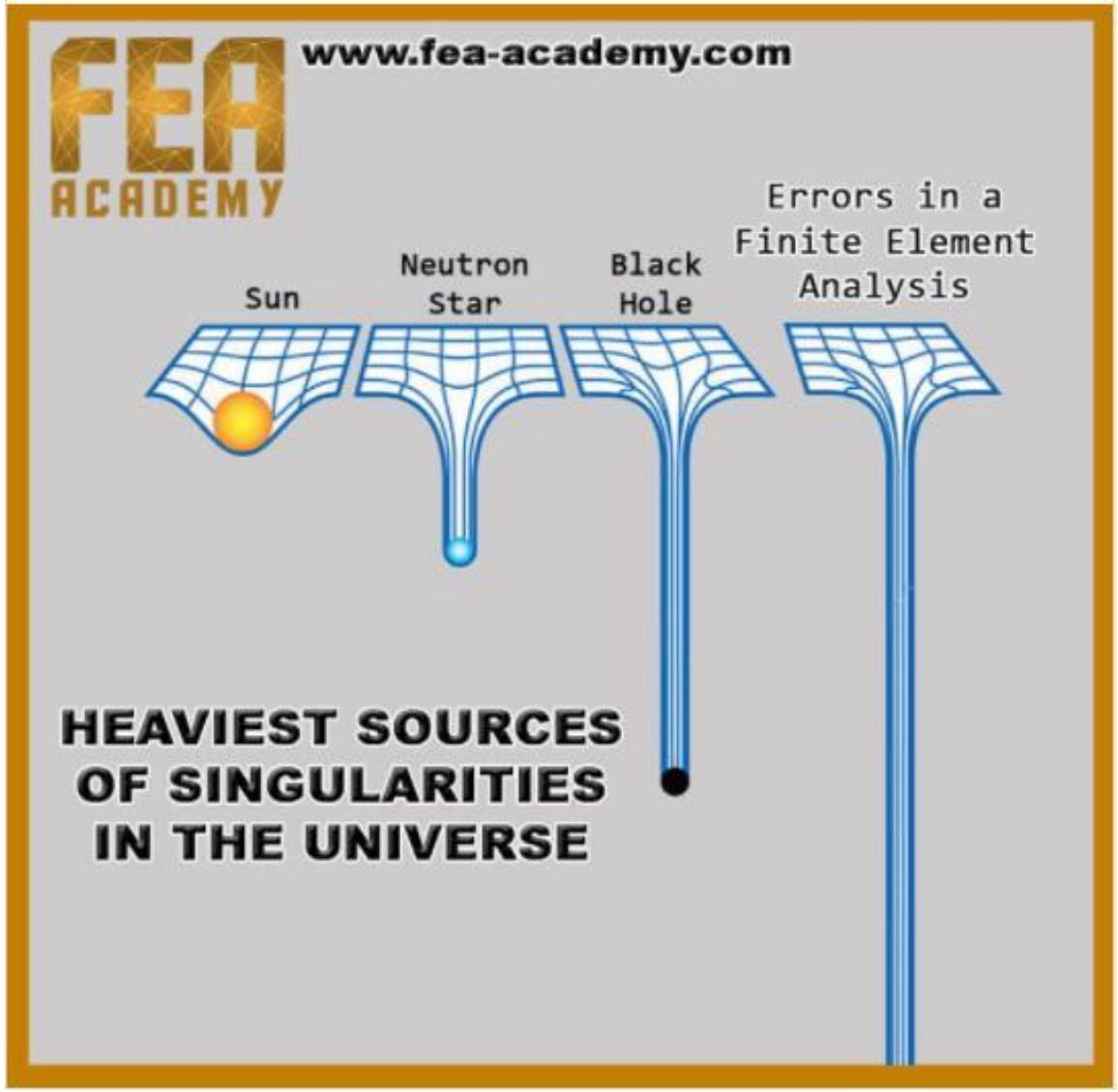
## METODA KONEČNÝCH PRVKŮ

- Gabrage in, garbage out?
- Black box?





# Co všechno musí statik znát?



# Co všechno musí statik znát?

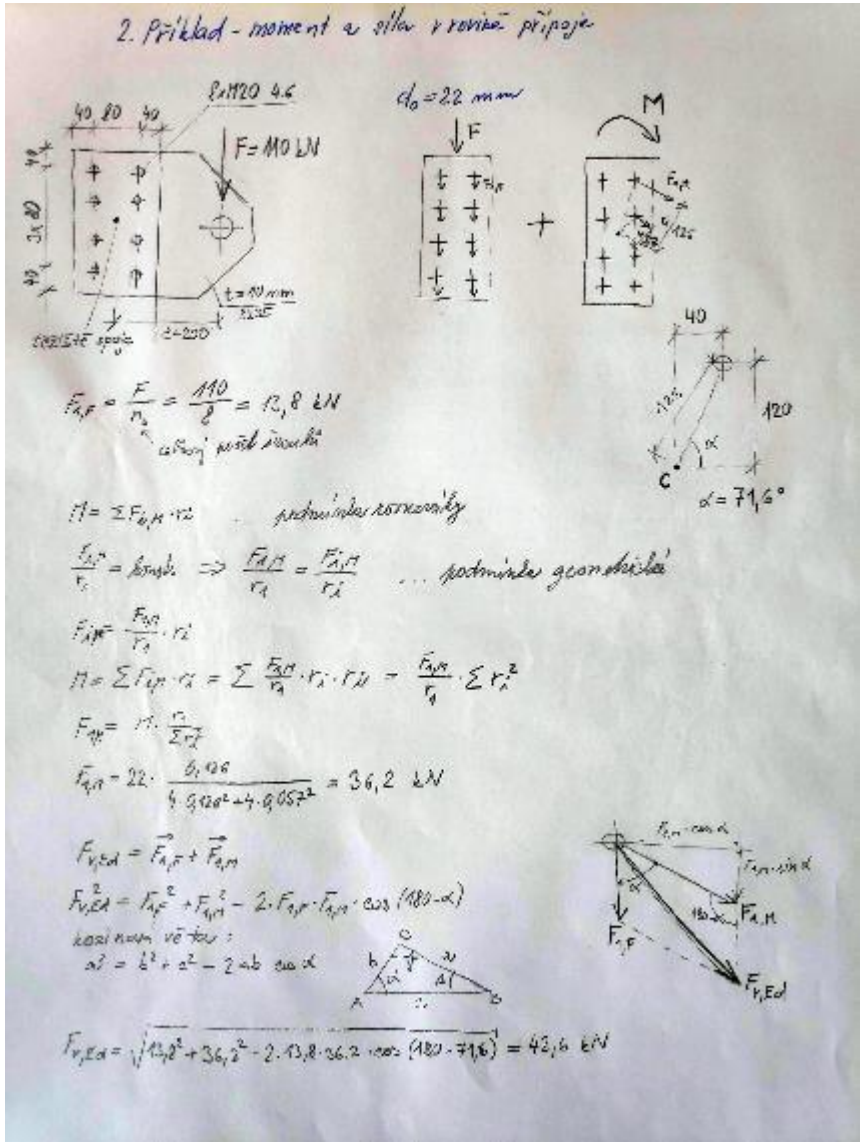
## Výuka – Ocel a Beton

### Učitelé

- Obecný popis
- Postup pro konkrétní příklady

### Studenti

- Pajcy



## Výuka – Matematika

### Metoda konečných prvků

- Deformační metoda
- Galerkinova metoda – slabé řešení diferenciální rovnice

$$\langle f, \phi_i \rangle = 0, \forall i \Rightarrow f \equiv 0$$

$$\langle Lu(x) - p(x), \phi_i \rangle = 0, \forall i$$

$$\int_\Omega L(u)\phi_i \mathrm{d}\Omega = \int_\Omega p\phi_i \mathrm{d}\Omega, \forall i$$

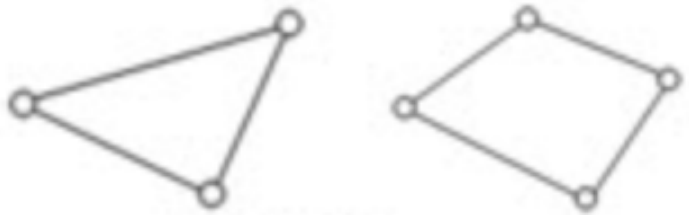
$$k_{ab}^* = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} u_a^* & w_a^* & \varphi_a^* & u_b^* & w_b^* & \varphi_b^* \end{array} \\ \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \end{array} \quad \boxed{\hat{R}_{ab}^* = \begin{Bmatrix} \hat{X}_{ab}^* \\ \hat{Z}_{ab}^* \\ \hat{M}_{ab}^* \\ \hat{X}_{ba}^* \\ \hat{Z}_{ba}^* \\ \hat{M}_{ba}^* \end{Bmatrix}}$$

# Co všechno musí statik znát?

## 1D (Beam)

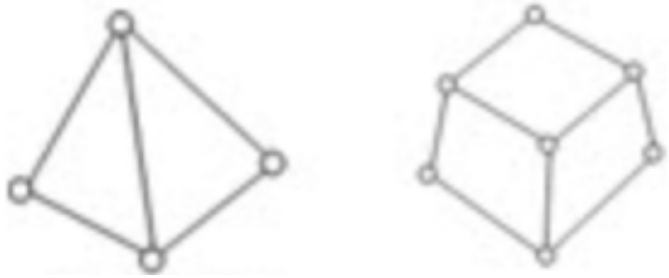
+ Rychlá analýza
+ Rychlá úprava modelu
Vhodné pro dlouhé prvky

## 2D (Shell)



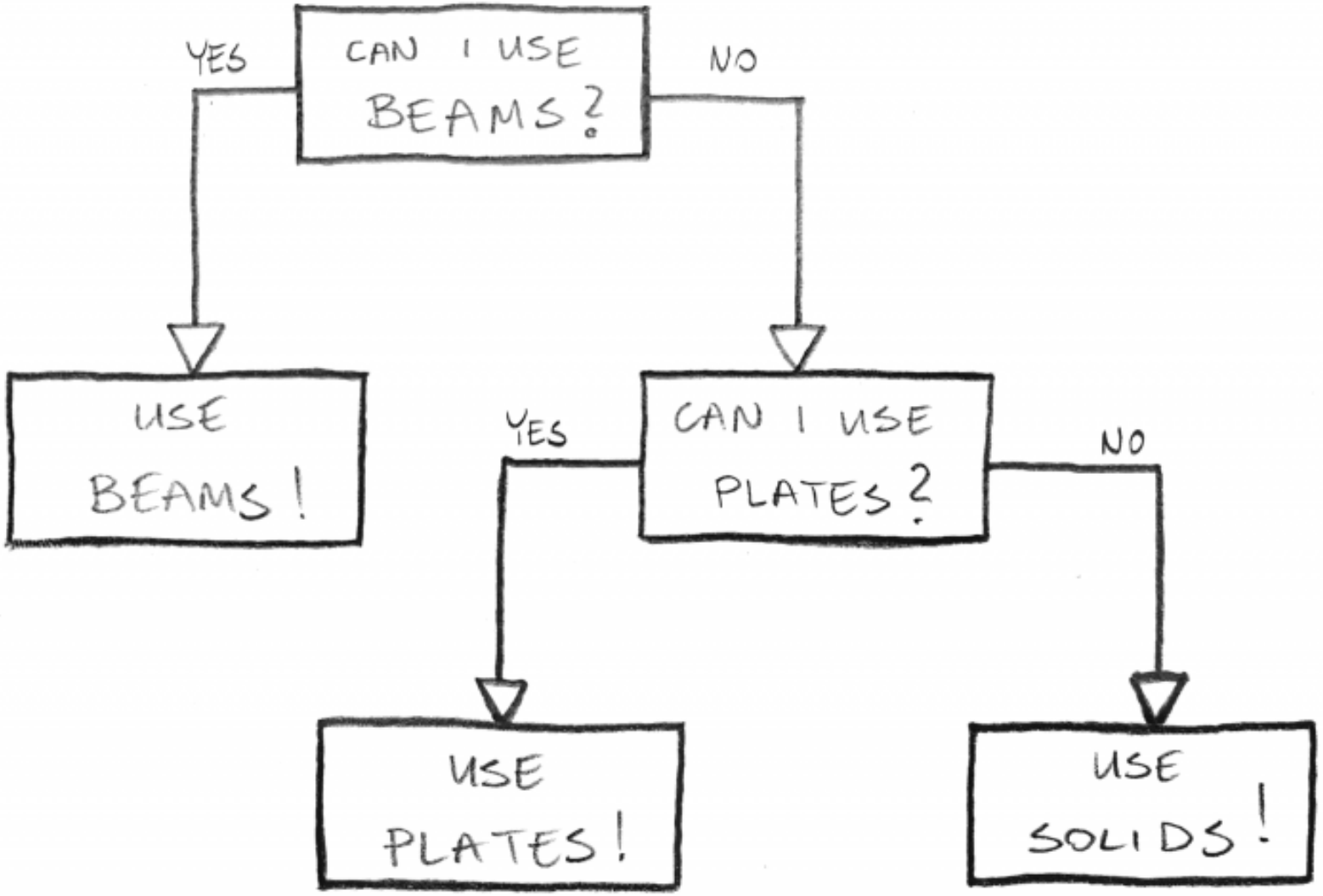
+ Lépe vystihují ohyb
Vhodné pro desky a stěny

## 3D (Solid)



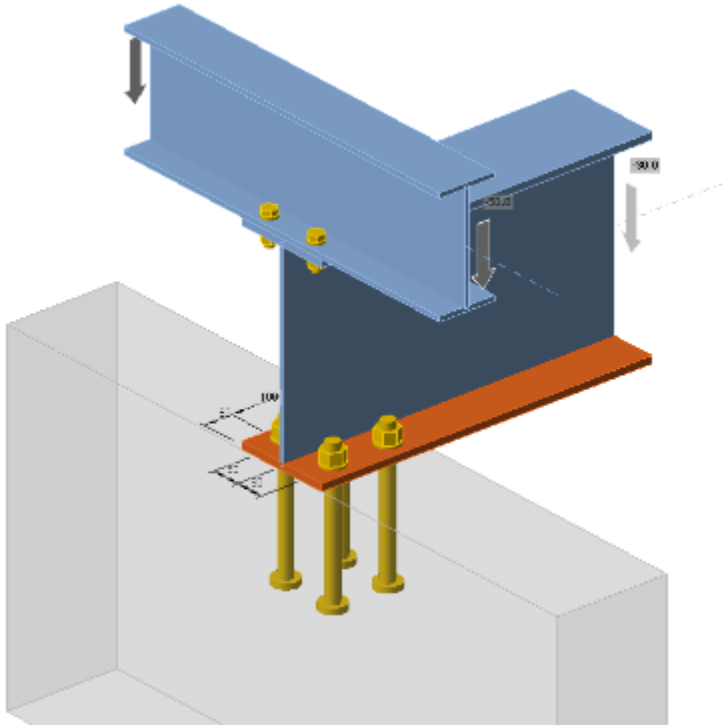
+ Univerzální
– Pomalá analýza

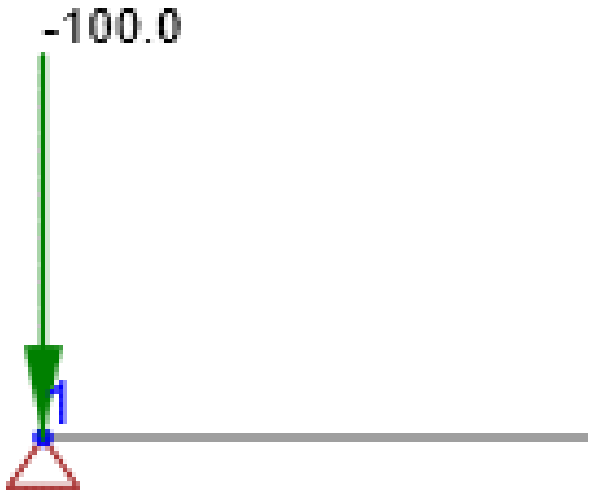
# Co všechno musí statik znát?

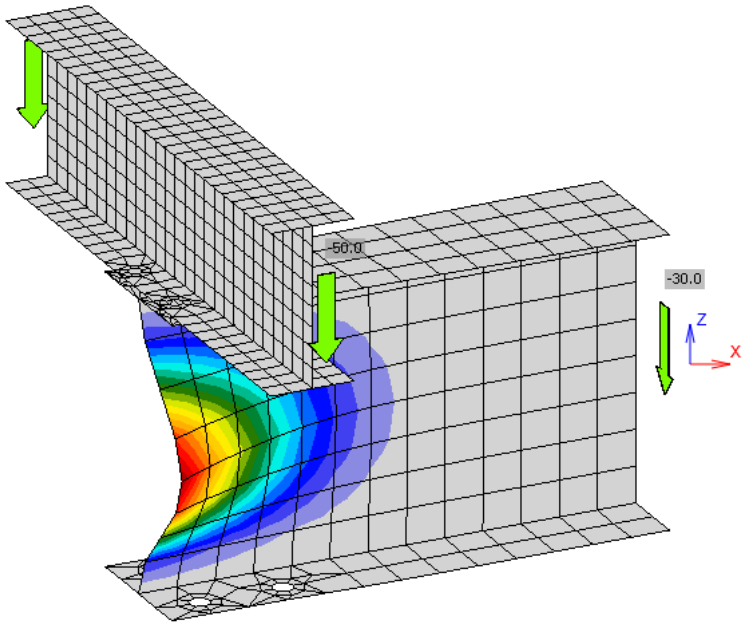


# Co všechno musí statik znát?

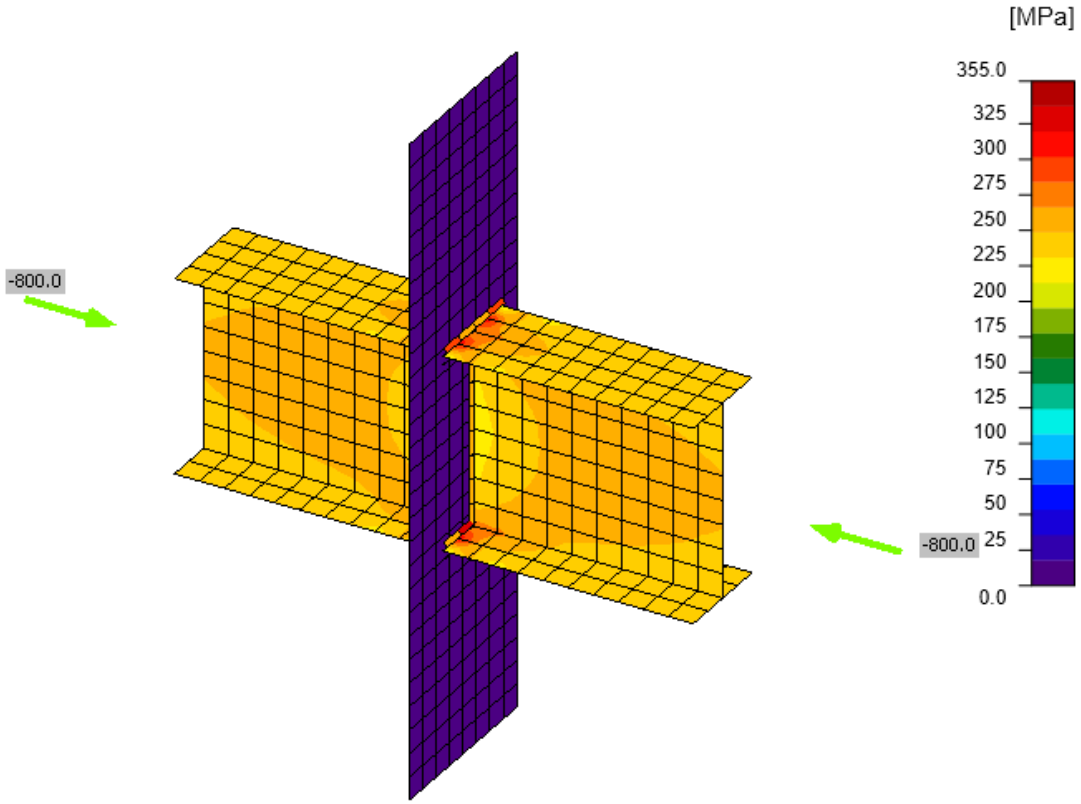
## Limity prutového modelu

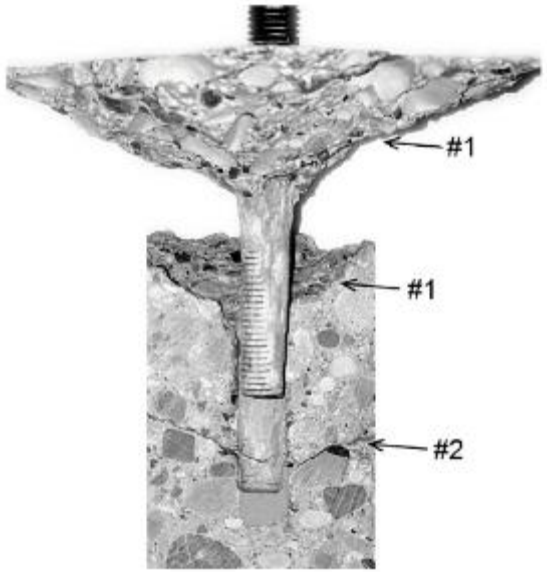


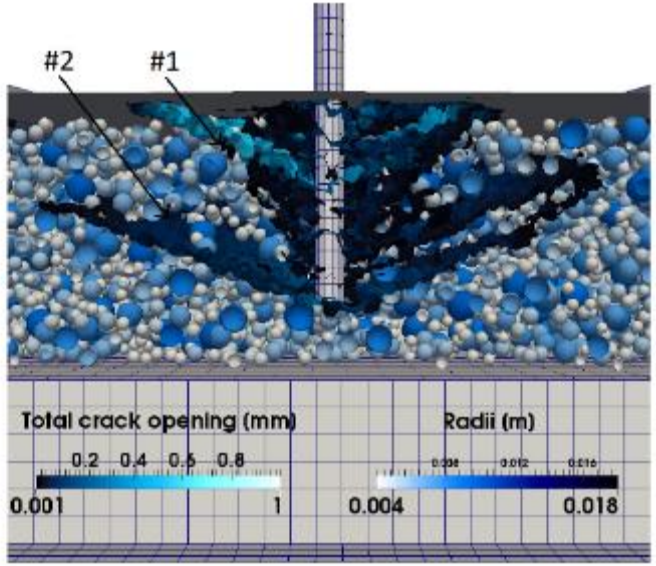


## Limity deskostěnového modelu



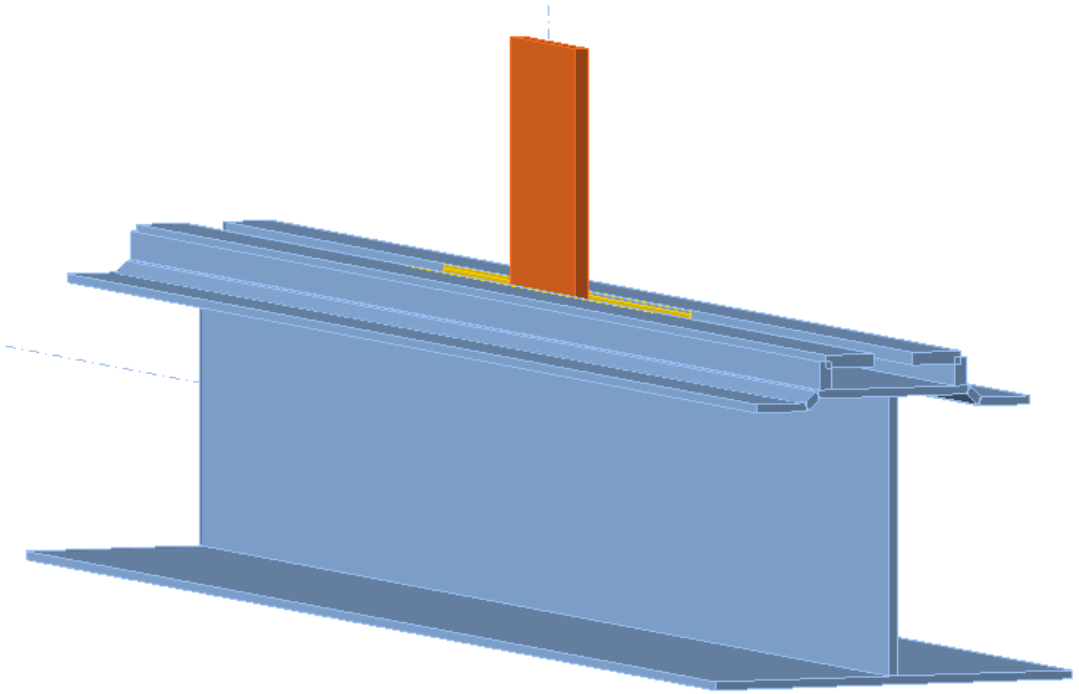



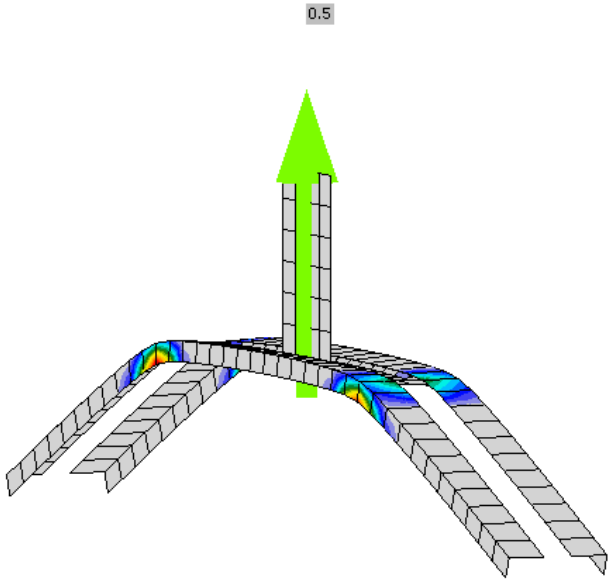

Marco Marcon et al.: Investigation of bonded anchors by beam models in a discrete element framework. *ConSC conference*. 2017

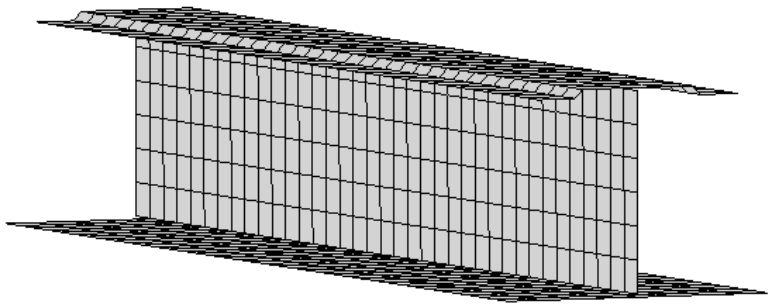
# Co všechno musí statik znát?

## Jak vyhodnotit správnost modelu?

- DEFORMACE!
  - Jasné
  - Intuitivní





# Co všechno musí statik znát?

## Validace a verifikace

- Verifikováno po několik let
  - ČVUT, VUT
  - ETH
  - OSU, UTK, UIC
  - Tisíce uživatelů

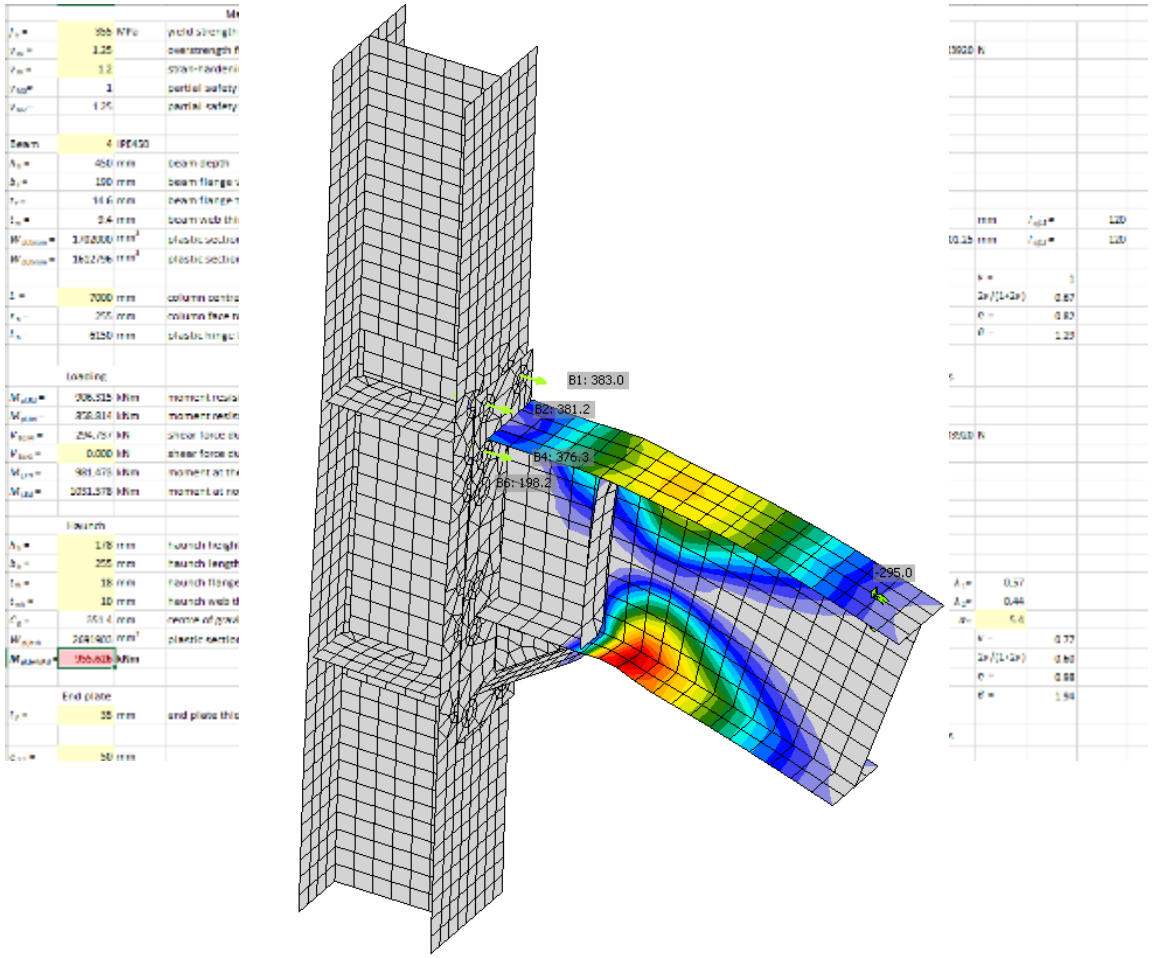
## Benchmark case

- Umím program používat?
- Dokážu příklad replikovat?

# Co všechno musí statik znát?

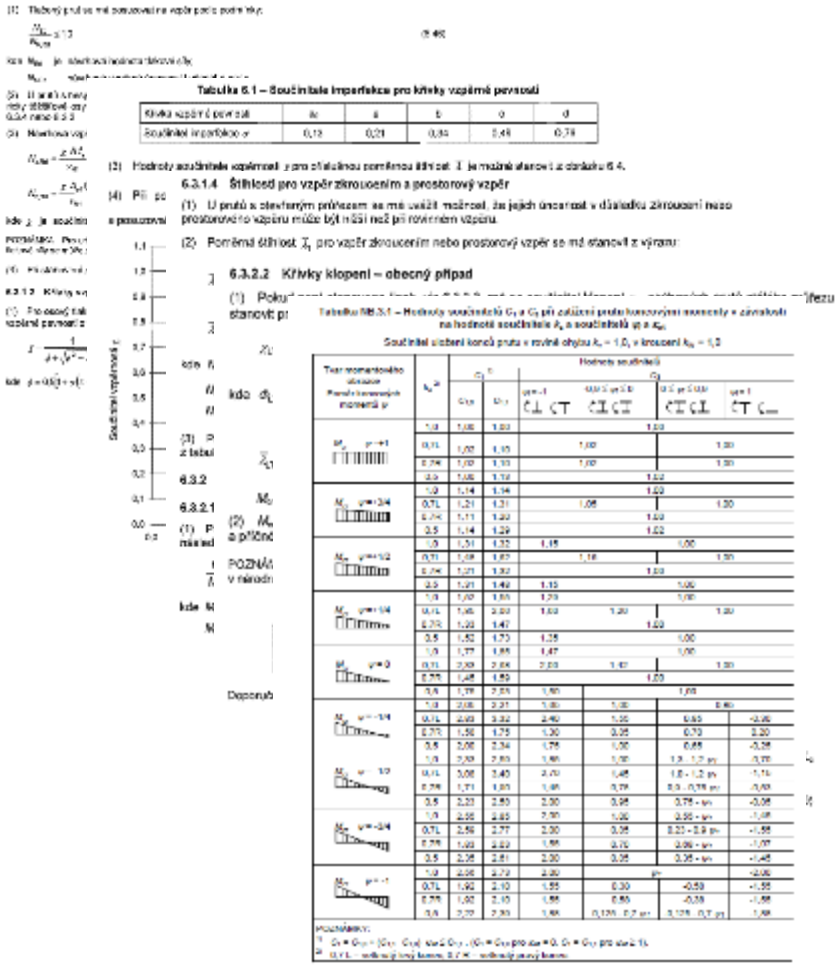
## Závěr

- Jsem si jistý, že
  - jsem použil správně všechny články normy?
  - jsou všechny moje úsudky správné?
  - nemám chybu ve svém výpočtu/Excelu?
- Co mi pomůže odhalit problém?
  - Čísla?
  - Vizualizace deformovaného tvaru?



# Co všechno musí statik znát?

## Ruční výpočet



## Metoda konečných prvků

**Table 5.1: Design values of initial local bow imperfection $e_0$ / L**

| Buckling curve acc. to Table 6.1 | elastic analysis $e_0$ / L | plastic analysis $e_0$ / L |
|---|---|---|
| $a_0$ | 1 / 350 | 1 / 300 |
| a | 1 / 300 | 1 / 250 |
| b | 1 / 250 | 1 / 200 |
| c | 1 / 200 | 1 / 150 |
| d | 1 / 150 | 1 / 100 |

- Měla by se zavést praktická výuka metody konečných prvků?
- Jsme připraveni na EN 1993-1-14?

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 6: Nosník s velkým otvorem: Věříte více výsledkům únosnosti dle normových propočtů či dle analýzy MKP? 109

Ruční propočty

5%

FEA

95%

# DISKUZE

–

# Co všechno musí statik znát?

# Předpjatý beton – technologie v problémech?

- Předpjaté mosty – současný stav
- Předpjaté (spínané) vazníky  - současný stav
- Omezené možnosti diagnostiky
- Co dál – zpětnovazební prvky

Doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.

Vysoké učení technické v Brně,

Fakulta stavební

Ústav betonových a zděných konstrukcí

## Předpjaté mosty – současný stav

- Nenulový výskyt havárií z důvodu přetržení předpínací výztuže (prefabrikované mosty z tyčových prefabrikátů KA, I, Janov, Troja)

# Co všechno musí statik znát?

## Předpjaté mosty – současný stav

- Nenulový výskyt havárií z důvodu přetržení předpínací výztuže (prefabrikované mosty z tyčových prefabrikátů KA, I, Janov, Troja)
- Kroměříž přes Moravu:
- Správná diagnostika
- Účinné zesílení
- Celková stavební oprava
- Prodloužení životnosti

  o 30 až 50 let

# Co všechno musí statik znát?

## Předpjaté mosty – současný stav

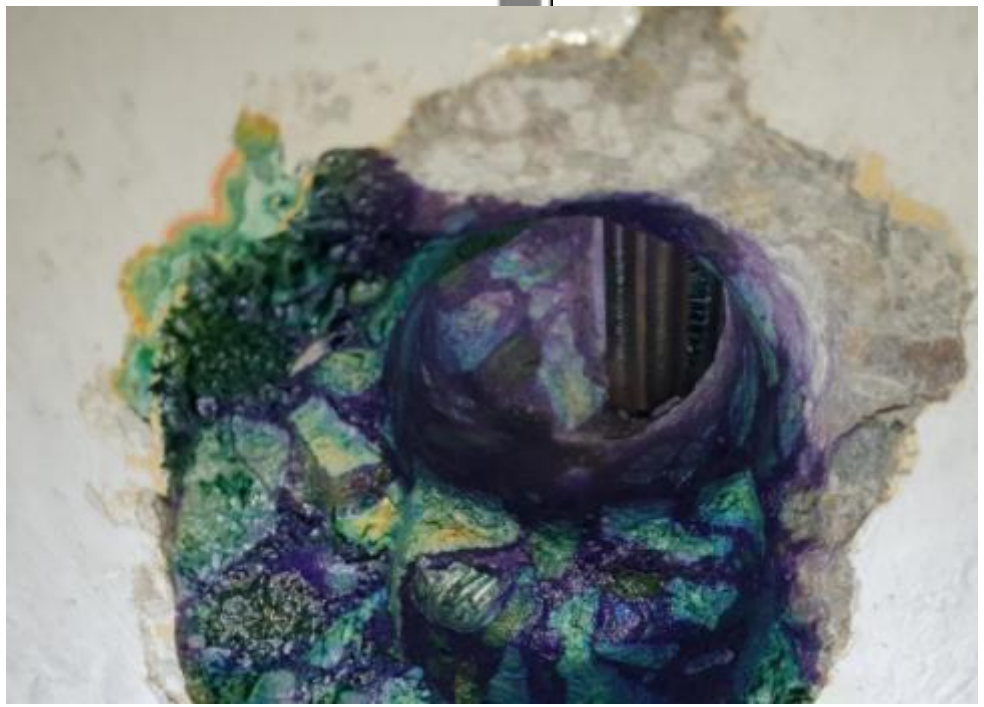
- Nenulový výskyt havárií z důvodu přetržení předpínací výztuže (prefabrikované mosty z tyčových prefabrikátů KA, I, Janov, Troja)
- Kroměříž přes Moravu:
- Správná diagnostika
- Účinné zesílení
- Celková stavební oprava
- Prodloužení životnosti

  o 30 až 50 let

# Co všechno musí statik znát?

## Předpjaté (spínané) vazníky - současný stav

- Nenulový výskyt havárií z důvodu přetržení předpínací výztuže – Ostravsko atd. , varování ČKAIT



# Co všechno musí statik znát?

## Předpjaté (spínané) vazníky - současný stav – omezené možnosti diagnostiky

- Nenulový výskyt havárií z důvodu přetržení předpínací výztuže – Ostravsko atd. , varování ČKAIT

- Omezené KAPACITY
- Časový vývoj???
- BYZNYS
- TÍHA RIZIKA!!!
- BOURÁME
- PLATÍME!!!

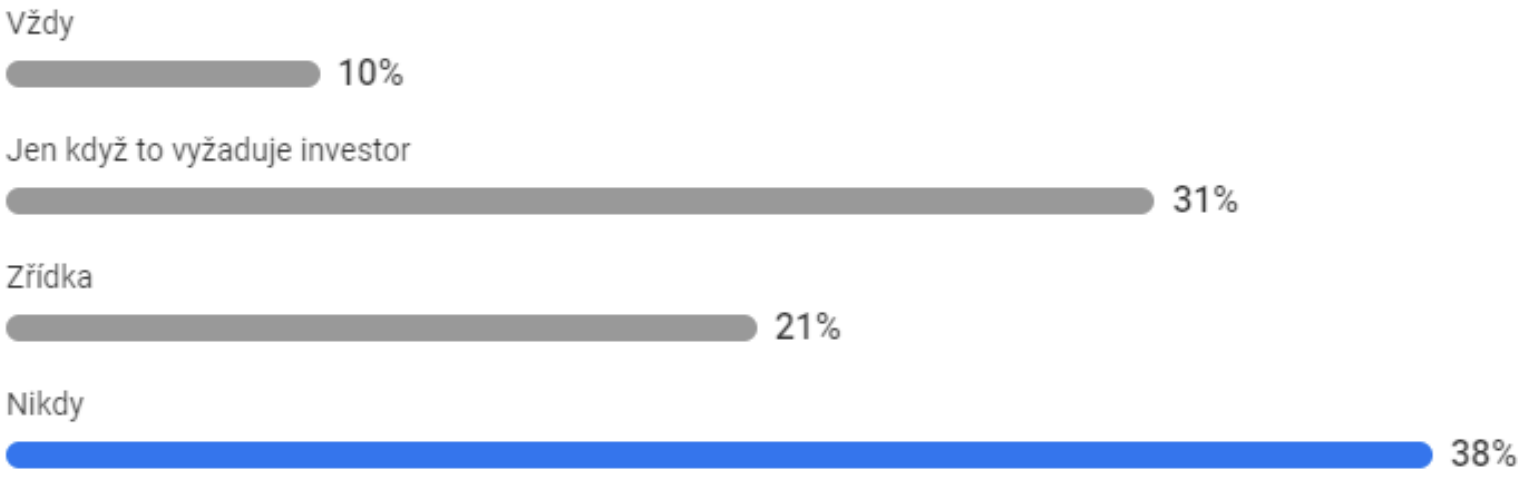
# Co všechno musí statik znát?

- Co dál – zpětnovazební prvky

- NEZMĚNÍME-LI PŘÍSTUP, MŮŽE BÝT TECHNOLOGIE BĚHEM 5 AŽ 10 LET ODMÍTÁNA
- Výhody předpjatého betonu jsou známy odborníkům, investorům, majitelům a správcům ne – ti budou stále více ovlivňováni rostoucím rizikem selhání, hlavně existujících konstrukcí
- ALE TY NOVÉ NAVRHUJEME (bez zabudovaných senzorů), PROVÁDÍME (bez senzorů kvalitního provedení), PROVOZUJEME (bez pravidelných kontrol) a PROHLÍŽÍME (systém prohlídek u mostů založený na vizuálním vjemu, u předpjatých vazníků ani to ne) STÁLE STEJNĚ!!!
- JE NUTNÉ – NAVRHOVAT ZPĚTNOVAZEBNÍ PRVKY senzory přetvoření, působících sil, koroze, zaplněnosti kanálků, vlhkosti, korozivních látek
- JE NUTNÉ JE VYVÍJET, INSPIROVAT SE V ZAHRANIČÍ – CHYTRÉ MOSTY a pod.

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 7: Jsou na vašich projektech zohledněny náklady na monitoring a údržbu? 103



# DISKUZE

–

# Co všechno musí statik znát?

# Odpovědnost projektanta
## v procesu výstavby

Ing. Michal Drahorád, Ph.D.
**ČKAIT**, člen Představenstva
**Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.**
vedoucí mostního oddělení

# Co všechno musí statik znát?

## Základní druhy odpovědnosti

- **Občansko-právní odpovědnost**
  - odpovědnost za neplnění smluvních povinností, škody, vady a prodlení
  - typicky ústí v pokutu nebo finanční postih
- **Trestně-právní odpovědnost**
  - odpovědnost za spáchání trestného činu (skutku)
  - typicky ústí v odnětí svobody

## Základní právní dokumenty

- Občanský zákoník (89/2012 Sb.)
- Stavební zákon (183/2006 Sb.)
- Autorizační zákon (360/1992 Sb.)
- Prováděcí předpisy (vyhlášky)
- Řády ČKAIT

# Co všechno musí statik znát?

## Účastníci procesu výstavby

**Stavebník (investor)** ↔ **Projektant**

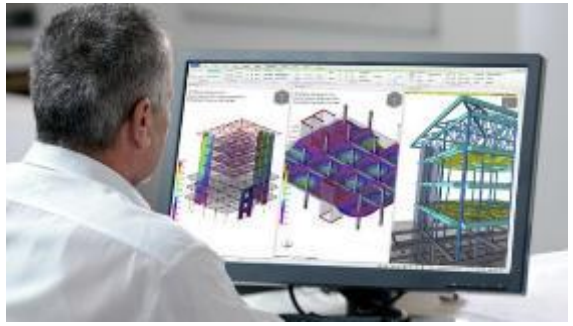
**Stavebník (investor)** → **Zhotovitel**

**Projektant** → **Zhotovitel**

**Zhotovitel** → **Stavební dozor**

**Stavebník (investor)** → **Stavební dozor**

**Stavebník (investor)** → **Vlastník**



# Odpovědnost a povinnosti stavebníka (investora)

(§153 Stavebního zákona a Občanský zákoník)

- **Stavebník je povinen:**
  - **dbát na řádnou přípravu a provádění stavby.** Přitom musí mít na zřeteli zejména ochranu života a zdraví osob nebo zvířat, ochranu životního prostředí a majetku, i šetrnost k sousedství.
  - **pro účely projednání stavebního záměru opatřit předepsanou dokumentaci.** Vyžaduje-li zákon zpracování projektové dokumentace osobou k tomu oprávněnou, je stavebník povinen zajistit zpracování projektové dokumentace takovou osobou, pokud nemá potřebné oprávnění sám.
  - **zkontrolovat předané dílo za účelem vyloučení vad a nedodělků** (mimo skrytých), případně si k tomu zajistit příslušného odborníka.

# Odpovědnost a povinnosti zhotovitele (stavbyvedoucího)

(§153 Stavebního zákona)

- Povinnosti a odpovědnost zpravidla přechází na stavbyvedoucího
- Stavbyvedoucí je povinen:
  - **řídit provádění stavby v souladu** s rozhodnutím nebo jiným opatřením stavebního úřadu a **s ověřenou projektovou dokumentací;**
  - zajistit dodržování povinností k ochraně života, zdraví, životního prostředí a bezpečnosti práce vyplývajících ze zvláštních právních předpisů, zajistit řádné uspořádání staveniště a provoz na něm a dodržení obecných požadavků na výstavbu , popřípadě jiných technických předpisů a technických norem;
  - **působit při odstraňování závad při provádění stavby** a neprodleně oznámit stavebnímu úřadu závady, které se nepodařilo odstranit při vedení stavby;
  - vytvářet podmínky pro kontrolní prohlídku stavby, **spolupracovat s osobou vykonávající technický dozor stavebníka nebo autorský dozor projektanta**, pokud jsou zřízeny, a s koordinátorem bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, působí-li na staveništi.

# Odpovědnost a povinnosti stavebního dozoru
(§153 Stavebního zákona)

- Osoba provádějící stavební dozor:
  - **odpovídá spolu se stavebníkem za soulad prostorové polohy stavby s ověřenou dokumentací, za dodržení obecných požadavků na výstavbu**, za bezbariérové užívání stavby a jiných technických předpisů a za dodržení rozhodnutí a jiných opatření vydaných k uskutečnění stavby.
  - **sleduje způsob a postup provádění stavby**, zejména bezpečnost instalací a provozu technických zařízení na staveništi, vhodnost ukládání a použití stavebních výrobků, materiálů a konstrukcí a vedení stavebního deníku nebo jednoduchého záznamu o stavbě;
  - **působí k odstranění závad při provádění stavby**, a pokud se jí nepodaří takové závady v rámci vykonávání dozoru odstranit, oznámí je neprodleně stavebnímu úřadu.

# Odpovědnost a povinnosti vlastníka
(§154 Stavebního zákona)

- Vlastník stavby je povinen:
  - **udržovat stavbu po celou dobu její existence,**
  - **neprodleně ohlásit stavebnímu úřadu závady na stavbě, které ohrožují životy či zdraví osob nebo zvířat,**
  - umožnit kontrolní prohlídku stavby, a pokud tomu nebrání vážné důvody, této prohlídky se zúčastnit,
  - **uchovávat po celou dobu trvání stavby dokumentaci jejího skutečného provedení,** rozhodnutí, osvědčení, souhlasy, ověřenou projektovou dokumentaci, popřípadě jiné důležité doklady týkající se stavby.

## Odpovědnost a povinnosti projektanta
(§159 Stavebního zákona)

- **Projektant odpovídá za správnost, celistvost, úplnost a bezpečnost stavby provedené podle jím zpracované projektové dokumentace a proveditelnost stavby podle této dokumentace** **(v rozsahu jejího určení / stupně PD)**, jakož i za technickou a ekonomickou úroveň projektu technologického zařízení, včetně vlivů na životní prostředí.
- **Projektant je povinen dbát právních předpisů a obecných požadavků na výstavbu** vztahujících se ke konkrétnímu stavebnímu záměru a působit v součinnosti s příslušnými dotčenými orgány.
- Statické, popřípadě jiné výpočty musí být vypracovány tak, aby byly kontrolovatelné.
- **Není-li projektant způsobilý některou část projektové dokumentace zpracovat sám, je povinen k jejímu zpracování přizvat osobu s oprávněním pro příslušný obor nebo specializaci, která odpovídá za jí zpracovaný návrh.**

**NOZ – § 2950**

**Škoda způsobená informací nebo radou**

Kdo se hlásí jako příslušník určitého stavu nebo povolání k odbornému výkonu nebo jinak vystupuje jako odborník, nahradí škodu, způsobí-li ji neúplnou nebo nesprávnou informací nebo škodlivou radou danou za odměnu v záležitosti svého vědění nebo dovednosti. Jinak se hradí jen škoda, kterou někdo informací nebo radou způsobil vědomě.

# Co všechno musí statik znát?

## Požadavky na PD zajišťovanou projektantem
(§156 Stavebního zákona)

- **Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní základní požadavky na stavby.**

## Základní požadavky na stavby (vyhláška 268/2009 Sb.)

- **mechanická odolnost a stabilita**,
- požární bezpečnost,
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- ochrana proti hluku,
- bezpečnost při užívání,
- úspora energie a tepelná ochrana.

! **Stavba musí splňovat všechny požadavky na stavby při běžné údržbě a působení běžně předvídatelných vlivů po dobu plánované životnosti stavby** !

# Co všechno musí statik znát?

## Mechanická odolnost a stabilita (vyhláška 268/2009 Sb.)

- Stavba musí být navržena a provedena tak, aby účinky zatížení a nepříznivé vlivy prostředí, kterým je vystavena během výstavby a užívání při řádně prováděné běžné údržbě, nemohly způsobit:
  - **náhlé nebo postupné zřícení, stavby, její části nebo přilehlé stavby**,
  - **nepřípustné přetvoření nebo kmitání konstrukce,**
  - poškození nebo ohrožení provozuschopnosti připojených technických zařízení,
  - ohrožení provozuschopnosti pozemních komunikací a drah v dosahu stavby,
  - ohrožení provozuschopnosti sítí technického vybavení v dosahu stavby,
  - porušení staveb v míře nepřiměřené původní příčině nebo následkem selhání lidského činitele, kterému by bylo možno předejít bez nepřiměřených potíží nebo nákladů, nebo jej alespoň omezit,
  - poškození staveb vlivem nepříznivých účinků podzemních vod vyvolaných zvýšením nebo poklesem hladiny přilehlého vodního toku nebo dynamickými účinky povodňových průtoků, případně hydrostatickým vztlakem při zaplavení,
  - ohrožení průtočnosti koryt vodních toků, případně údolních profilů, mostů a propustků.

# Odpovědnost a povinnosti autorizované osoby

(Zákon 360/1992 Sb. – Autorizační zákon)

- **Autorizovaná osoba zajišťuje výkon přenesené státní správy a zajišťuje veřejný zájem**
- Jednoznačná odpovědnost za vybrané činnosti ve výstavbě v celém právním rámci

- Autorizovaná osoba:
  - **odpovídá za odbornou úroveň výkonu vybraných činností a dalších odborných činností, pro které jí byla udělena autorizace;**
  - je při výkonu své činnosti **povinna dbát platných obecně závazných právních předpisů, jakož i předpisů vydaných příslušnou Komorou**.
  - **je povinna dále se odborně vzdělávat** a sledovat informace nezbytné pro správný výkon své činnosti;
  - **k zajištění řádného výkonu vybraných činností ve výstavbě, přesahujících rozsah oboru**, popřípadě specializace, **k jejímuž výkonu byla autorizované osobě autorizace udělena, je povinna zajistit spolupráci osoby s autorizací v příslušném oboru**, popřípadě specializací.
- Pravidla pro používání autorizačního razítka

# Co všechno musí statik znát?

## Základní rozdělení odpovědnosti mezi účastníky výstavby

| | |
|---|---|
| **Stavebník (investor)** | Obstarat projektovou přípravu u odborně způsobilé osoby a vybrat odborně způsobilého zhotovitele |
| **Projektant** | **Zpracovat projektovou dokumentaci** (přípravu) stavby v souladu se základními požadavky klienta a platnými právními a technickými předpisy |
| **Zhotovitel** | **Zhotovit stavbu** v souladu s platnými právními a technickými předpisy a s projektovou dokumentací |
| **Stavební dozor** | **Zajistit kontrolu provedení stavby** tak, aby byla v souladu s platnými právními a technickými předpisy a s projektovou dokumentací |
| **Vlastník** | Zajistit odpovídající údržbu stavby<br>Archivovat potřebné dokumenty a dokumentaci stavby |

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 8: Je statik rizikové povolání? 117

Ano, velmi rizikové
47%

Ano, rizikové
50%

Ne, stejně jako jiná povolání
3%

Ne, žádná rizika nevnímám
1%

# STATIKA A TECHNOLOGIE

Konzervativní statika a progresivní technologie – jde to dohromady?

21. – 22. září 2021

peikko®

IDEA StatiCa®
Calculate yesterday's estimates

ALLPLAN
A NEMETSCHEK COMPANY

MIDAS

SCiA
A NEMETSCHEK COMPANY

SCHÖCK
Stavíme na spolehlivosti

HILTI

KONSTRUKCE
ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNÍ CTV A STROJIRENSTVÍ

CONSTRUSOFT

# PANEL 3

–

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## 15:35 – 17:00

*I s pomocí těch nejmodernějších nástrojů je každý projekt vždy dílo člověka. Jaké postupy a jaké materiály zvolit? Jakým způsobem konstrukce optimalizovat? Je optimalizace jen o ceně materiálu? Mění realizační firmy návrhy projektantů? Umíme si nechat za optimální návrh zaplatit? Jak se s požadavky vypořádat na reálných stavbách?*

- ✓ Tlak na cenu a udržitelnost
- ✓ Statik versus dodavatel
- ✓ Volba konstrukčního řešení – ocel, beton, spřažené konstrukce?
- ✓ Praktické zkušenosti z reálných stave

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

Ing. Matej Hrubý

Sales team leader

Peikko Slovakia s.r.o

Ing. Zdeněk Horníček

Technický ředitel

Fevia s.r.o.

Ing. Jan Blažek

CEO

V-Con s.r.o.

Doc Ing. Jiří Kolísko, CSc.

Ředitel

Kloknerův ústav

# U nás inovácia, ve Škandinávii štandard

- Akým výzvam čelí stavebníctvo?
- Zníženie environmentálnej stopy v budovách
- Prefabrikovaný stropný systém bez viditeľných prievlakov
- Spriahnutý nosník **DELTABEAM®**
- Referenčné stavby a riešenia v praxi

Ing. Matej Hrubý

Vedúci predaja SR/ČR

peikko®

## VÝZVY, KTORÝM DNES ČELÍ STAVEBNÍCTVO

- EFEKTIVITA
- UDRŽATELNOSŤ
- REDUKCIA CO2
- CIRCULAR ECONOMY
- RECYKLÁCIA
- SUPPLY CHAIN
- ENERGETICKÁ NÁROČNOSŤ
- LEAN
- BIM
- CENA PRÁCE
- OPTIMALIZÁCIA
- PLÁN OBNOVY

# AKO ZNÍŽIŤ ENVIRONMENTÁLNU STOPU NOSNÉHO SYSTÉMU BUDOVY

Predĺžte **životný cyklus** budovy flexibilitou priestorovej dispozície

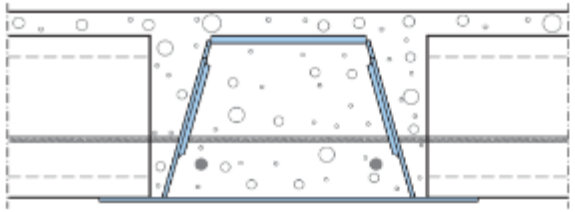
Zvýšte **efektivitu** stavby so štíhlejšími stropnými konštrukciami

Zredukujte počet stĺpov a tým **zlepšite využiteľnosť** priestorov

Zlepšite **udržateľnosť** použitím recyklovaných materiálov a efektívnou výrobou

# PREFABRIKOVANÝ BEZPRIEVLAKOVÝ STROPNÝ SYSTÉM

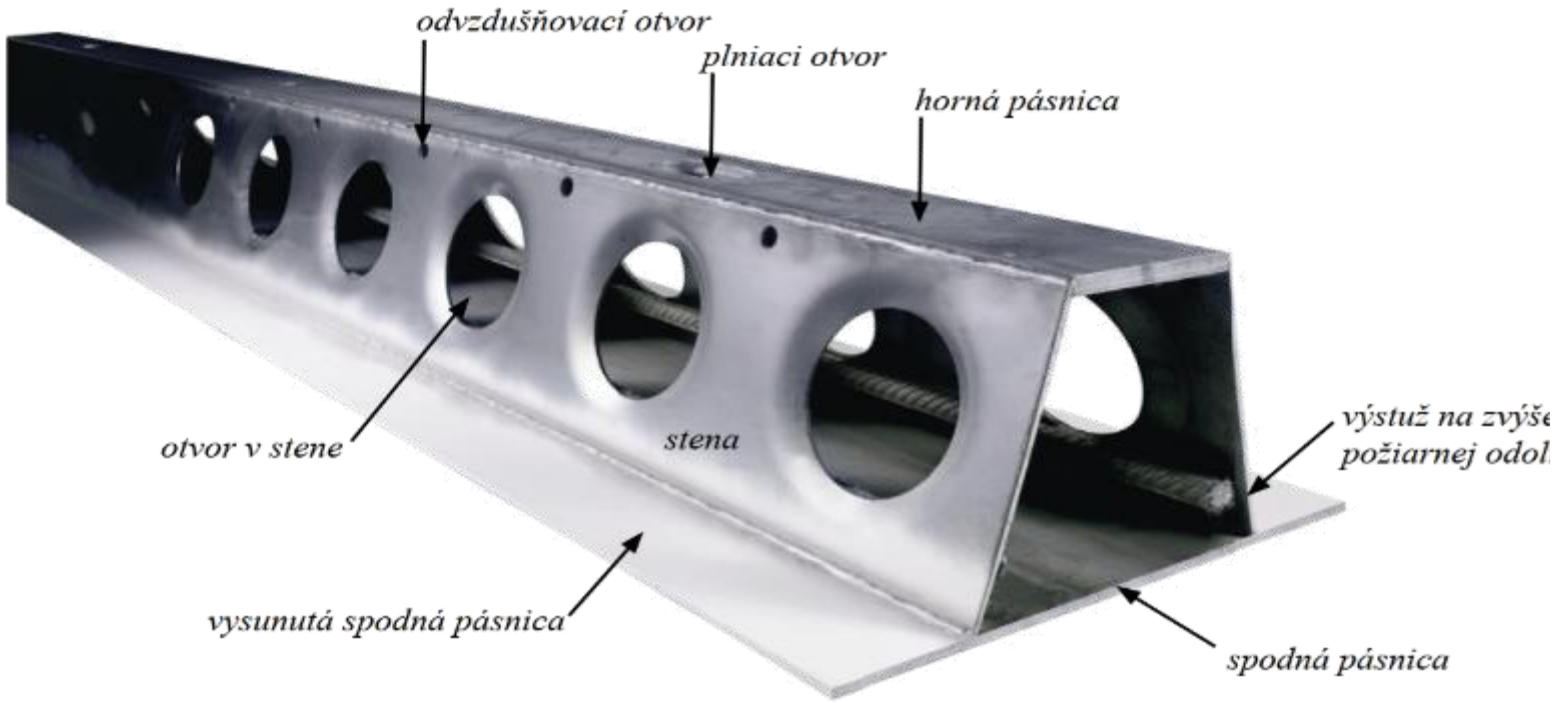
- spája výhody prefabrikácie a bezprievlakových stropov
- otvára nové možnosti prefabrikácii
- umožňuje stavať efektívnejšie a udržateľnejšie
- umožňuje zmenu dispozície aj účel využitia stavby

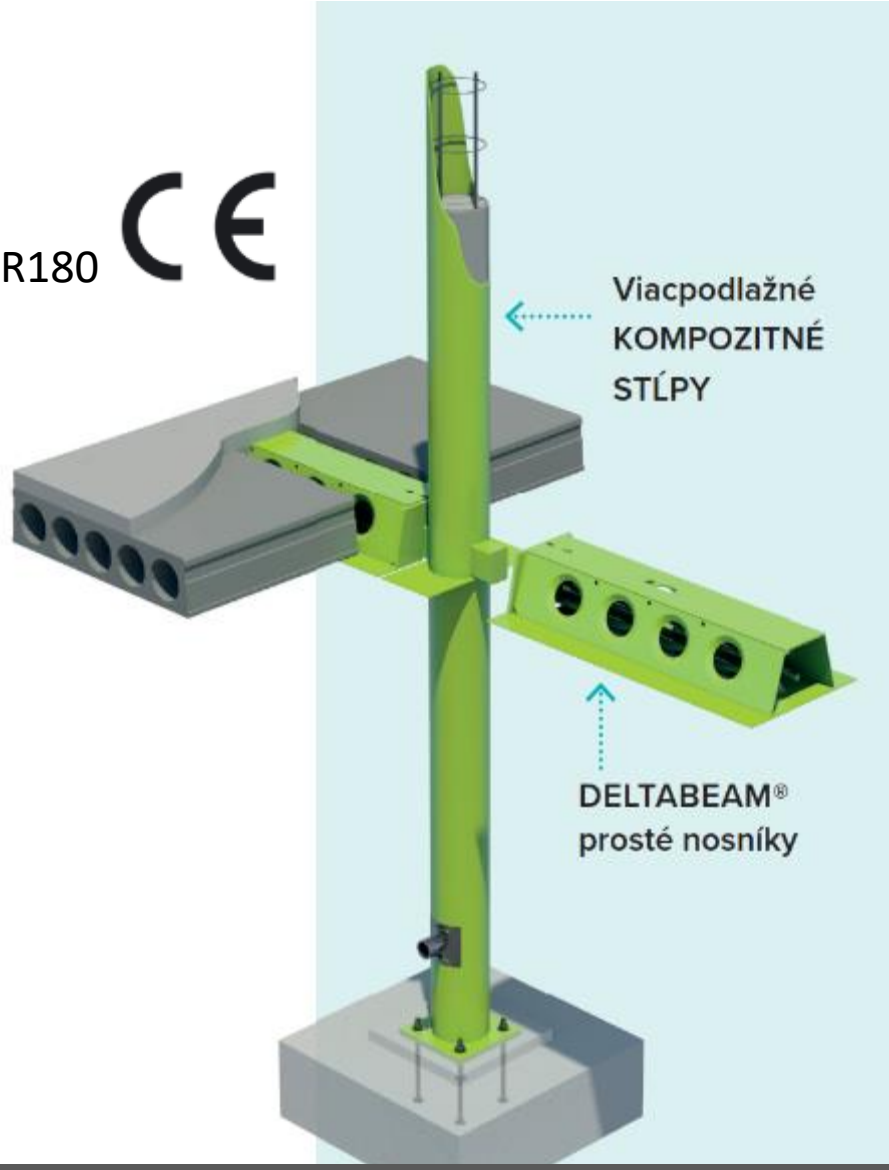


# U nás inovácia, v Škandinávii štandard

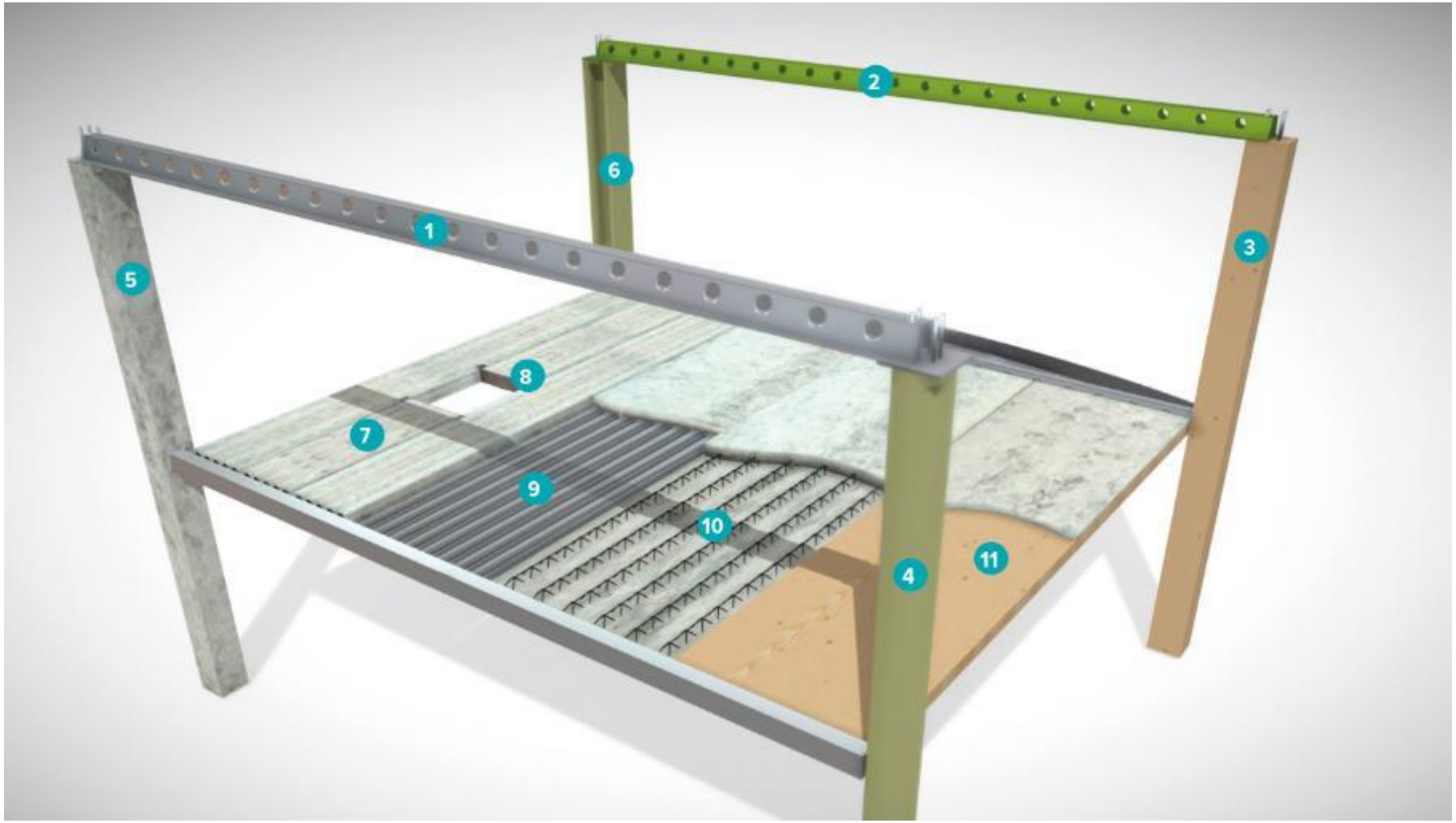
## Spriahnutý nosník DELTABEAM®

- Rýchla a jednoduchá montáž
- Flexibilita v prefabrikácii
- Veľké otvorené priestory
- Jednoduché vedenie rozvodov
- Integrovaná protipožiarna odolnosť R180
- Označenie CE



# U nás inovácia, v Škandinávii štandard




1. Nosník DELTABEAM®
2. Nosník DELTABEAM® Green
3. Drevený stĺp
4. Oceľový kompozitný stĺp
5. ŽB prefabrikovaný stĺp
6. Stĺp z oceľového profilu
7. Strop z dutinových panelov
8. Peikko PETRA® výmena
9. Strop spriahnutý, trapézový plech
10. Strop z filigránových panelov
11. Strop ŽB monolitický

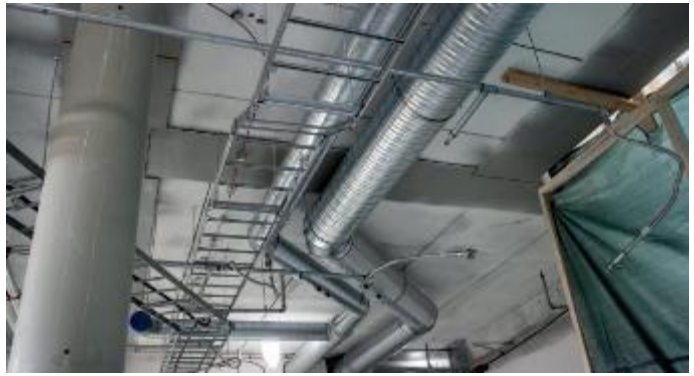
# REFERENČNÉ STAVBY

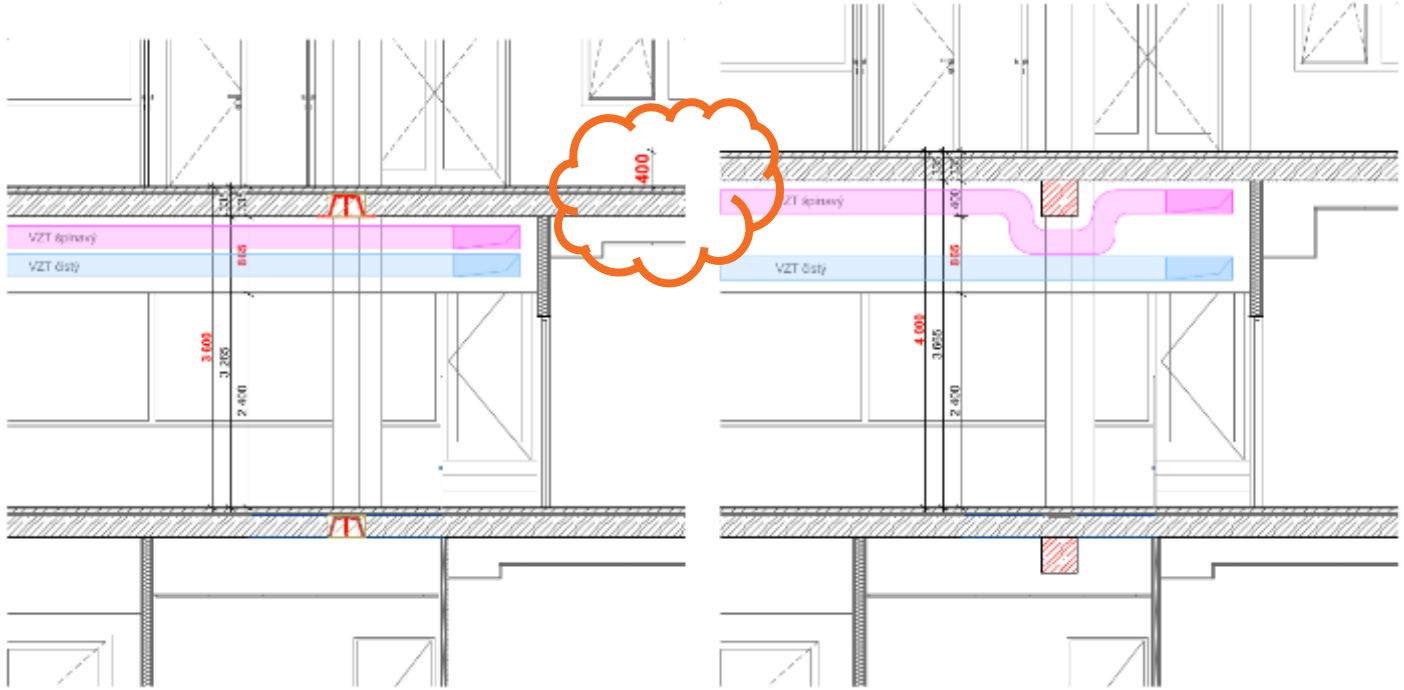
## Fakultná nemocnica OLOMOUC, PAVILÓN Y, Česká republika

- Prvá pasívna nemocnica v Čechách
- **DELTABEAM®** v kombinácii s dutinovými panelmi
- Budova má vďaka konštrukčnému riešeniu menší objem a vyššiu úžitkovú hodnotu
- Zelená strecha – extenzívna vegetačná retenčná strecha
- Adam Rujbr Architects

# FAKULTNÁ NEMOCNICA OLOMOUC PAVILÓN Y, ČESKÁ REPUBLIKA

- Železobetónový stĺpový bezprievlakový nosný skelet s nosníkmi DELTABEAM®
- Zníženie výšok podlaží o 40 cm
- Zníženie celkovej výšky šesťposchodovej stavby o 2,4 m a tým aj objem celej stavby o 3822 $m^3$
- Priestorovo úsporná inštalácia

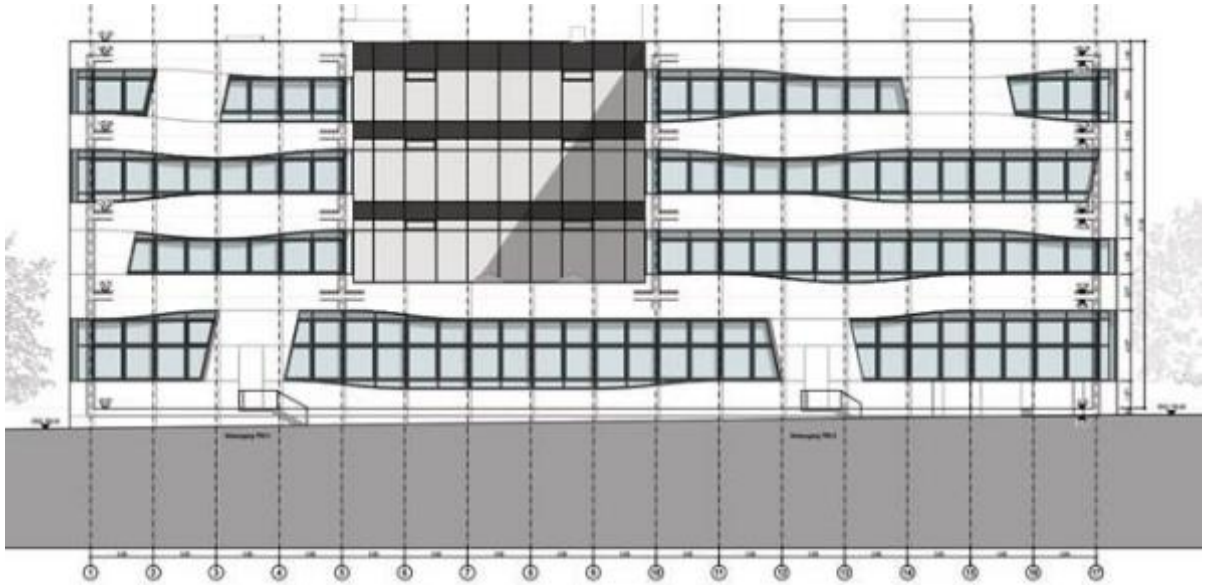




# U nás inovácia, v Škandinávii štandard

# LABORATÓRIÁ SARTORIUS, GÖTTINGEN, NEMECKO

- 5 podlaží, 3000 m$^2$ najväčšia hybridná drevostavba s nosníkmi DELTABEAM®
- **DELTABEAM®** v kombinácii s CLT panelmi, drevené stĺpy, železobetónové stužujúce jadrá
- Rovný podhľad bez viditeľných nosníkov
- Prebieha výstavba



# U nás inovácia, v Škandinávii štandard

# U nás inovácia, v Škandinávii štandard

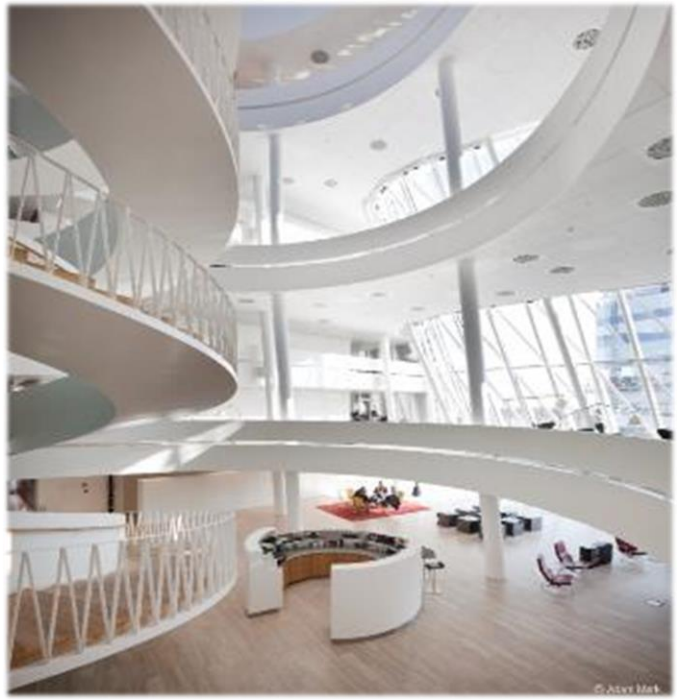
## COPENHILL /AMAGER BAKKE, KODAŇ, DÁNSKO

- Najmodernejšia spaľovňa odpadu, trendsetter v enviro oblasti
- Lyžiarsky svah sa streche objektu
- **DELTABEAM®** v kombinácii s dutinovými panelmi
- Inovatívne technológie, kreatívna architektúra
- BIG (Bjarke Ingels Group) Architects

# U nás inovácia, v Škandinávii štandard

## ŠTÍHLA STROPNÁ KONŠTRUKCIA SO SPRIAHNUTÝMI NOSNÍKMI. JEDNO RIEŠENIE, VIACERO VÝHOD.

- ✓ Väčšia svetlá výška
- ✓ Menší počet stĺpov
- ✓ Architektonická voľnosť
- ✓ Jednoduché vedenie inštalácií
- ✓ Rýchla a bezpečná montáž

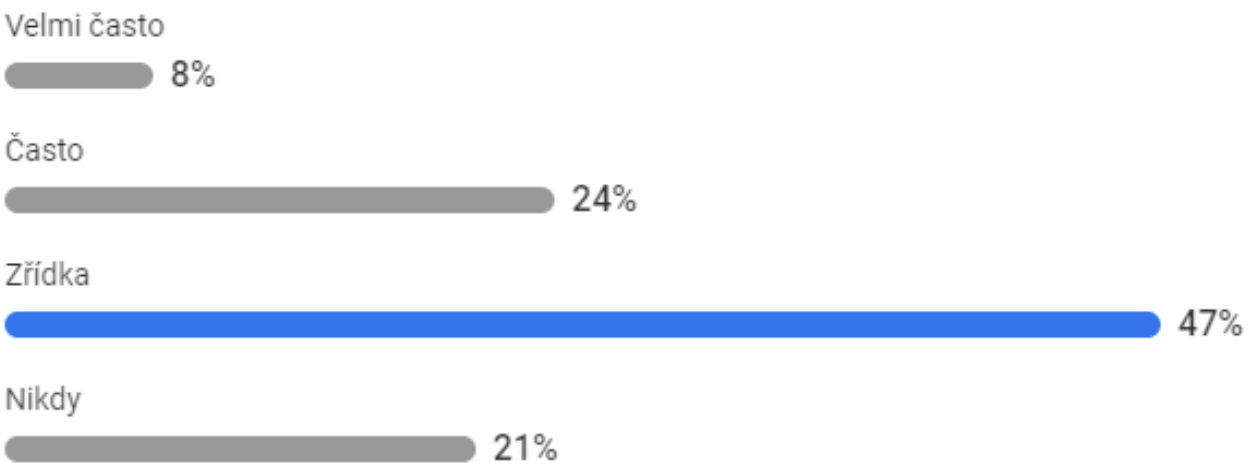


# ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

Matej Hrubý
matej.hruby@peikko.com
0911 260 300

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 9: Jak často kombinujete více materiálů v jednom projektu? 97



# DISKUZE

–

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

# Centrum kybernetické bezpečnosti Šumavská

Ing. Zdeněk Horníček

Technický ředitel

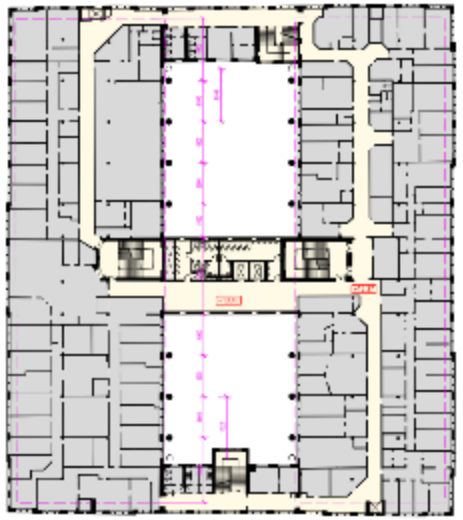
FEVIA s.r.o.

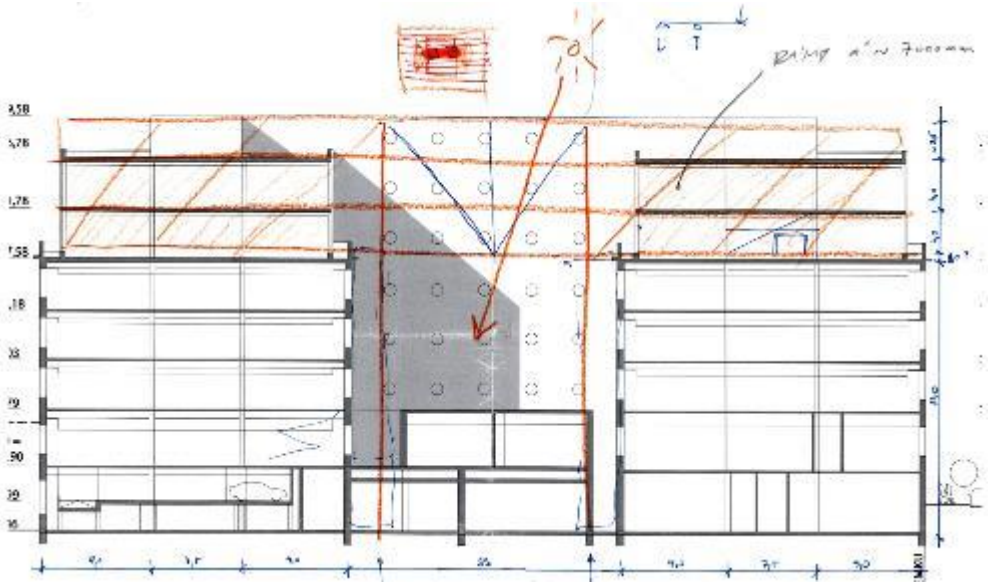
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## CERIT SCIENCE PARK II – 1. etapa

Centrum vzdělávání, výzkumu a inovací v informačních a komunikačních technologiích, zaměření na kyberbezpečnost, FI MU v Brně, ul. Šumavská a Botanická. Ocelová nadstavba nad ŽB budovou z r. 1915 od Bruno Bauera.

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?



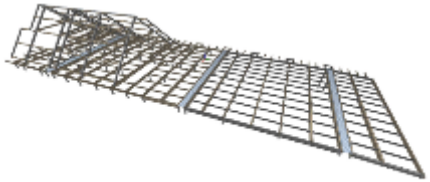


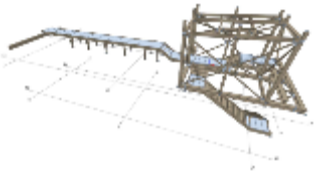
Stávající pětipodlažní budova 85x75x24m, atrium 67x22m, podzemní podlaží výšky 5,5m.
Prvotní návrh s uložením 3 nových podlaží na stávající skelet nebylo možné zrealizovat.

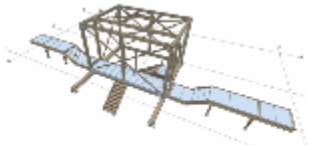
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

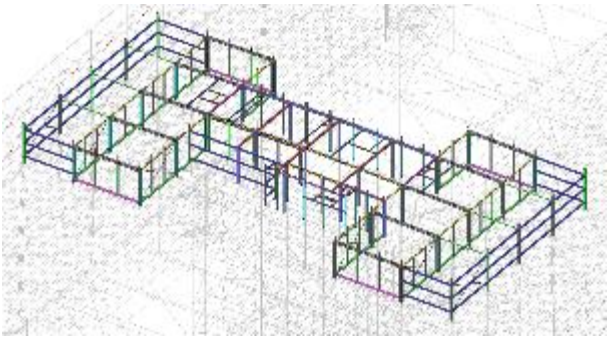
KONSTRUKČNÍ MODEL BUDOVY. POHLED +Y

KONSTRUKČNÍ MODEL PARKOVIŠTĚ



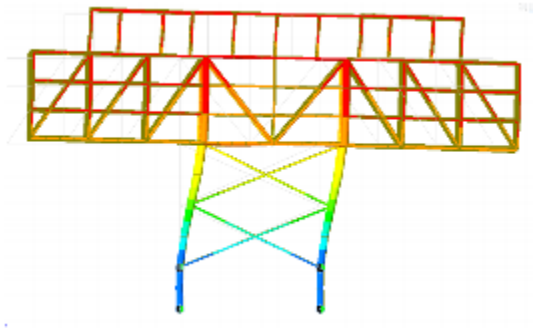


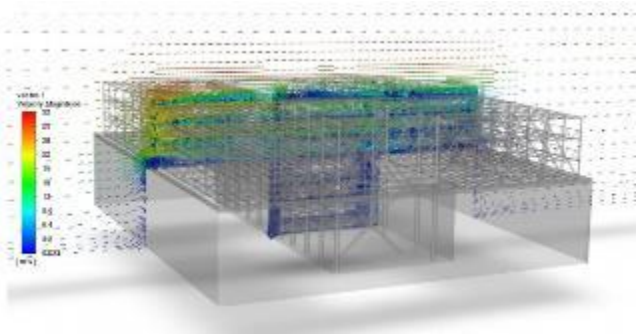




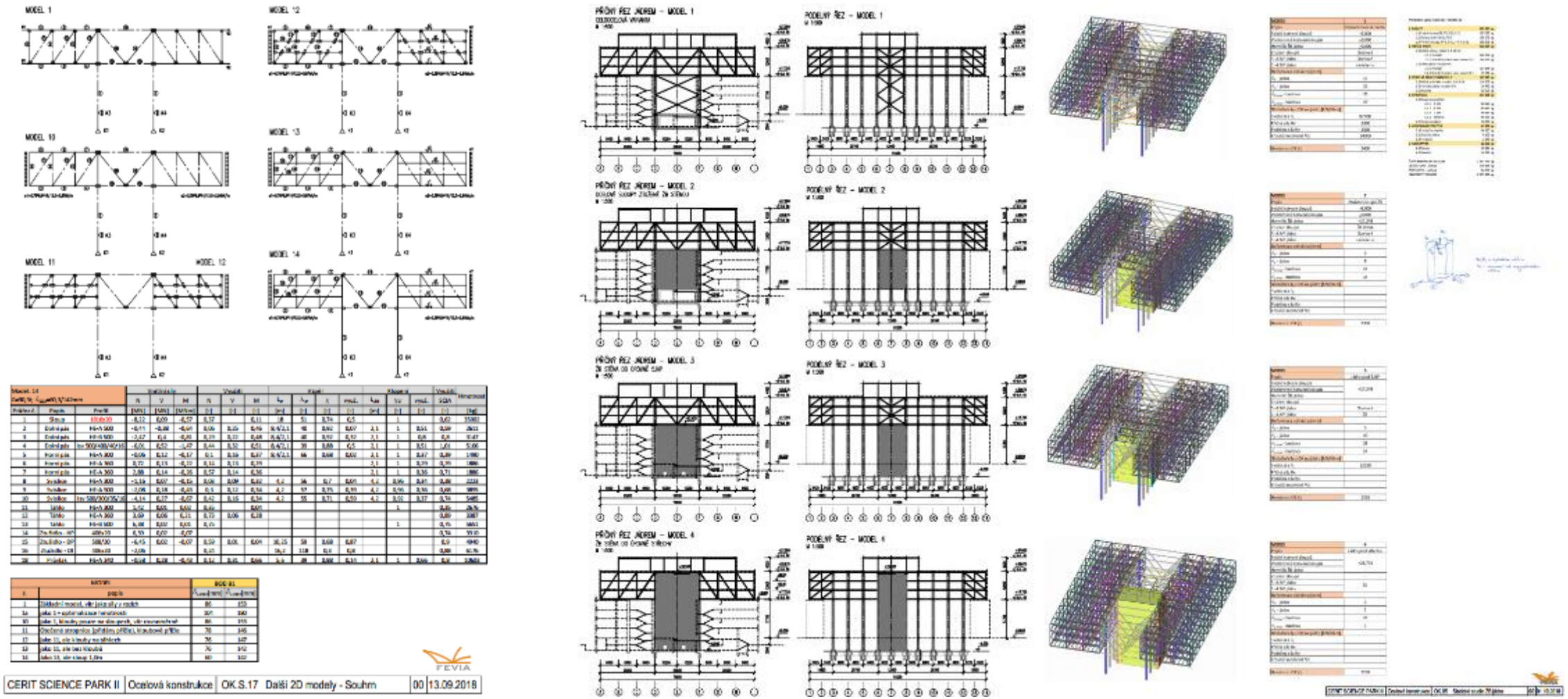
Účastníci projektu.

| | |
|---|---|
| Investor: | INFOND, a.s. |
| Generální projektant: | knesl kynčl architekti s.r.o. |
| Generální dodavatel: | PKS stavby a.s. |
| Dodavatel OK: | Ingsteel, spol. s r.o. |
| Projekt OK: | FEVIA s.r.o. |
| Dynamický výpočet: | Link projekt, s.r.o. |
| Simulace větru při výstavbě: | SVS FEM |



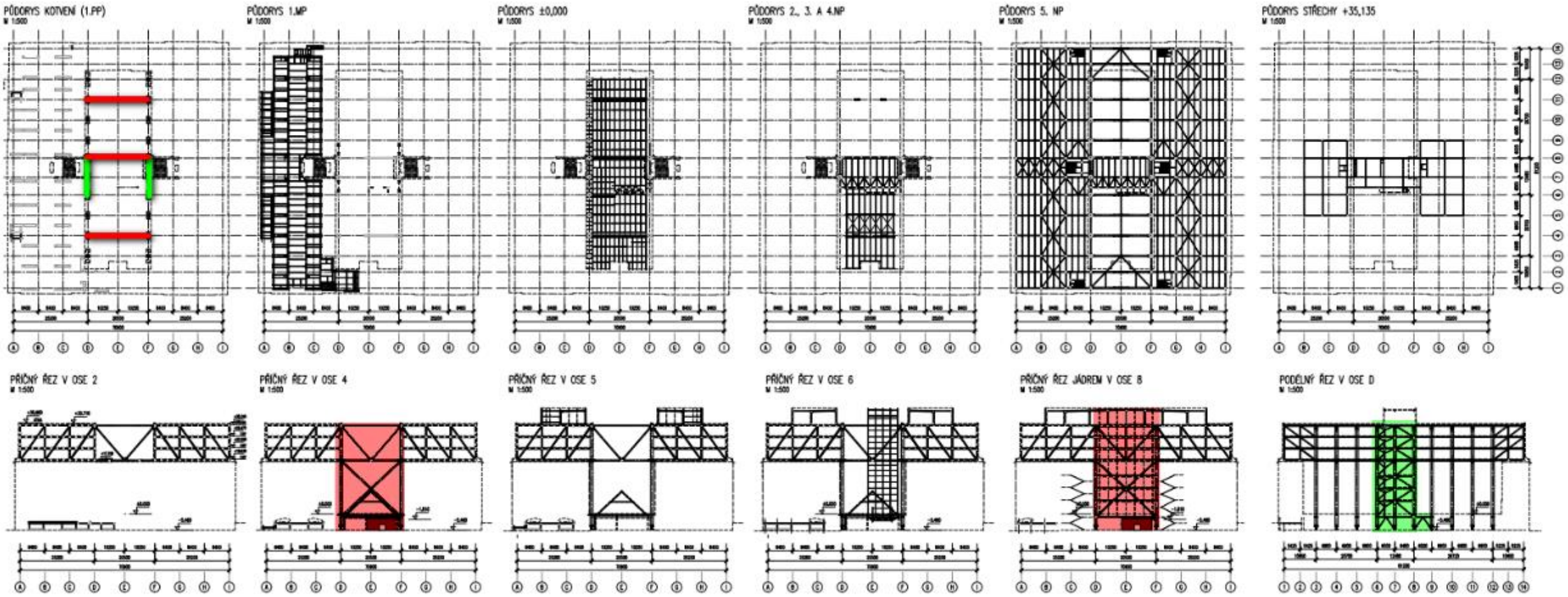


# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?




Hledání konceptu

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?




Finální řešení

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

Finální řešení

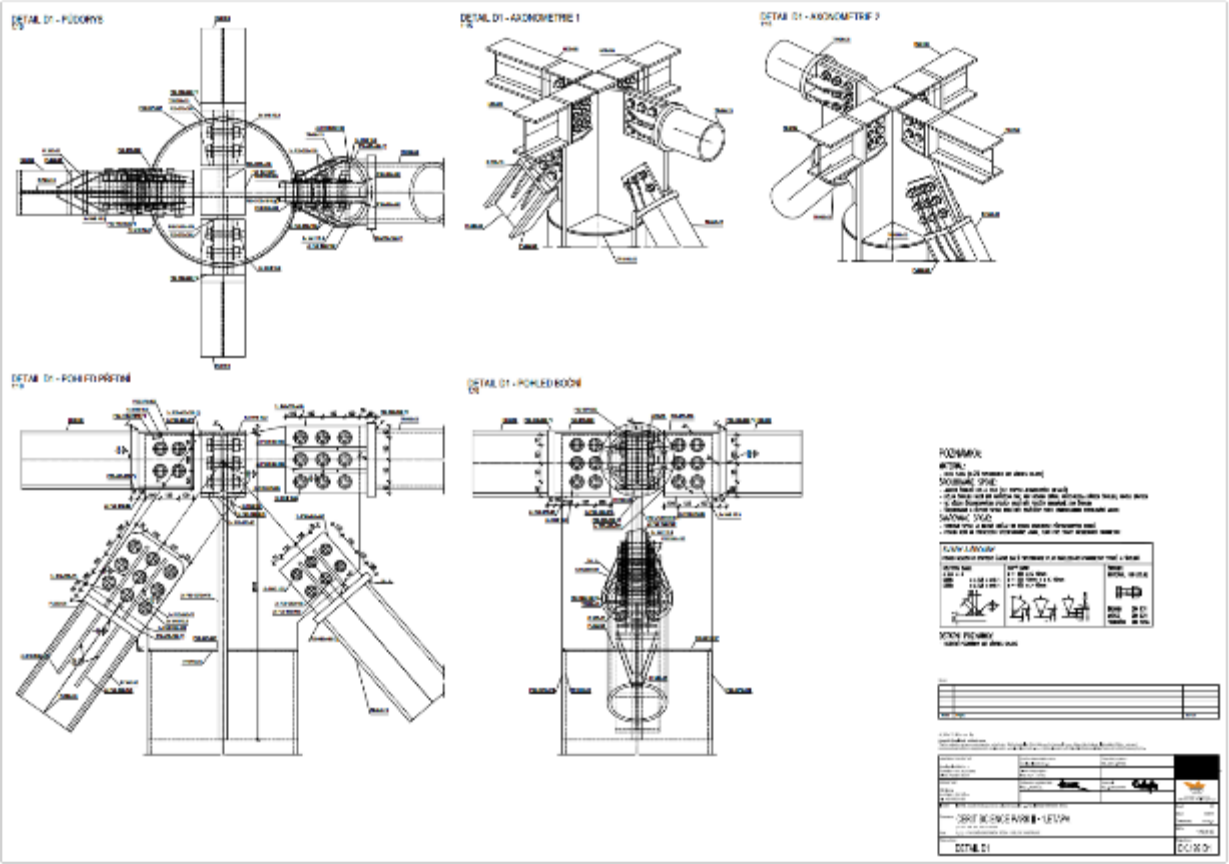
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

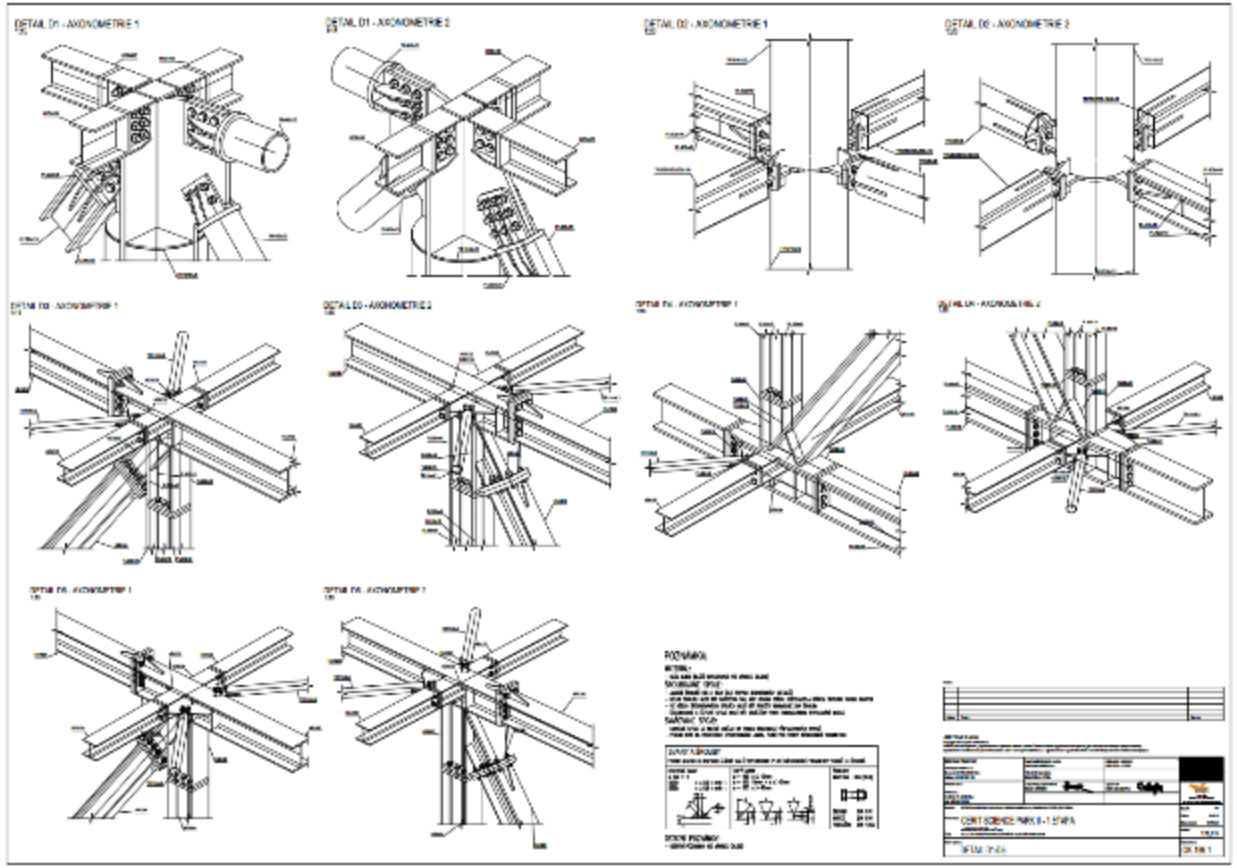
Finální řešení

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

Finální řešení – aktuální stav. (Foto z výstavby www. facebook.com/fevia.cz)

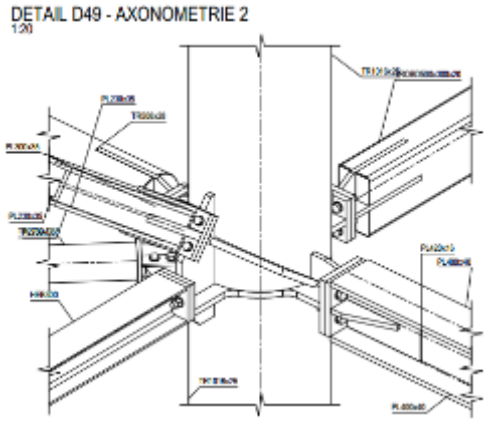
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

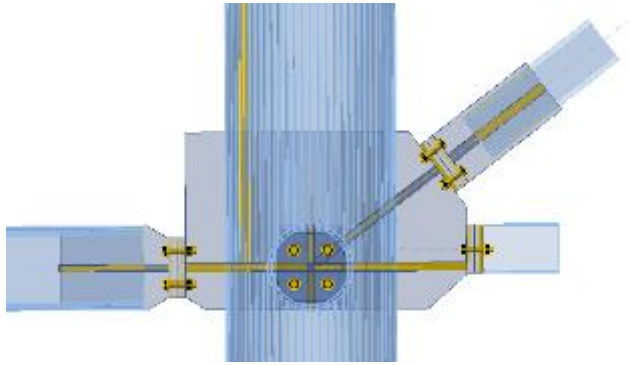




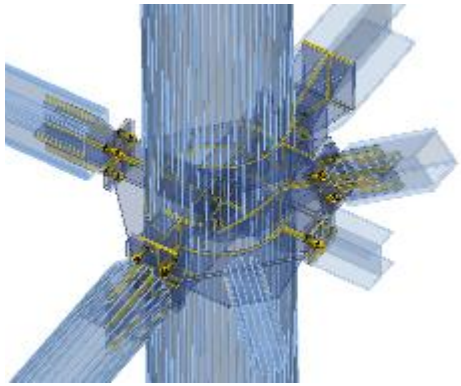
Prvotní návrh detailů a finální přístup

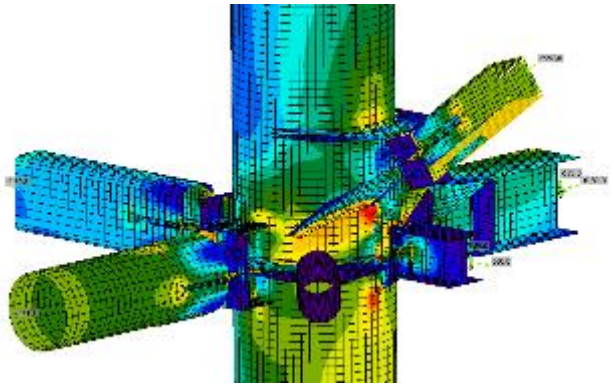
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?



Projekt





VTD

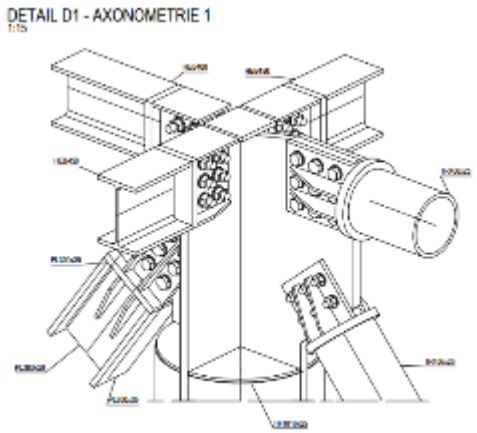
**Preference výrobce OK**

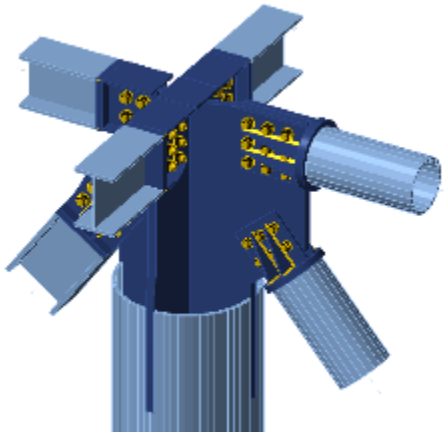
1. Nenarušovat trubky sloupů zašlicovanými plechy, minimalizace vnitřních diafragmat.
2. Použití tenčích plechů lepší pevnosti, např. S460.
3. Raději více šroubů o menším průměru. Problém s dodáním šroubů více než M36 a jakosti více než 10.9.

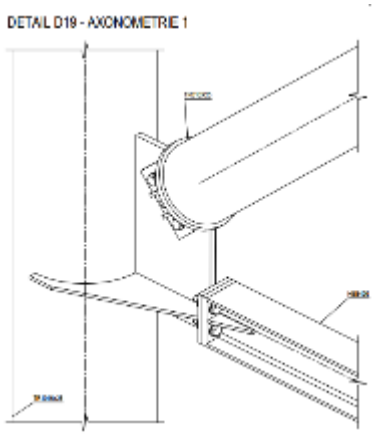
**Dopad do původního návrhu**

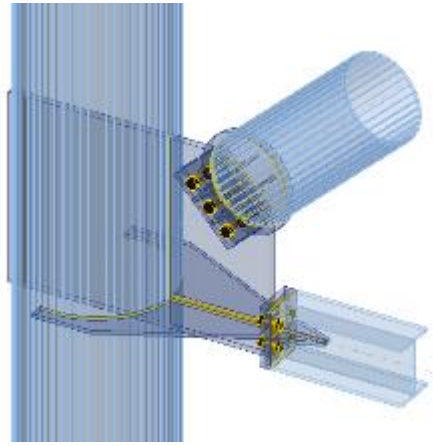
1. Složitá a velká konstrukce + velké vnitřní síly = složité detaily. Hranice rozumného fungování programu (až 150 operací).
2. Některé detaily se mění z kloubové varianty na polotuhou popřípadě na tuhou. Vliv na vnitřní síly v globálním modelu.
3. Výroba je oproti projekci výrazně rychlejší. Co projektujeme v řádu týdnů, je vyrobeno v řádu dnů a namontováno během pár hodin. Platí násobně u velmi složitých a atypických detailů.

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

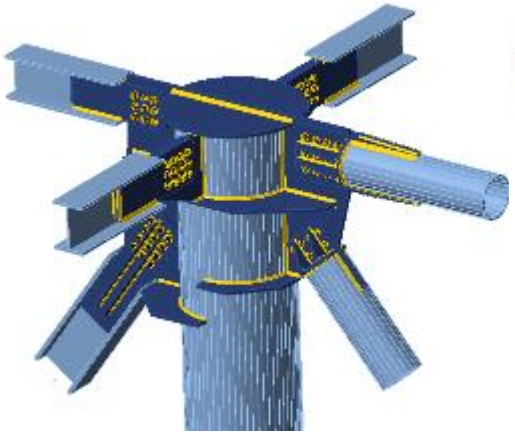


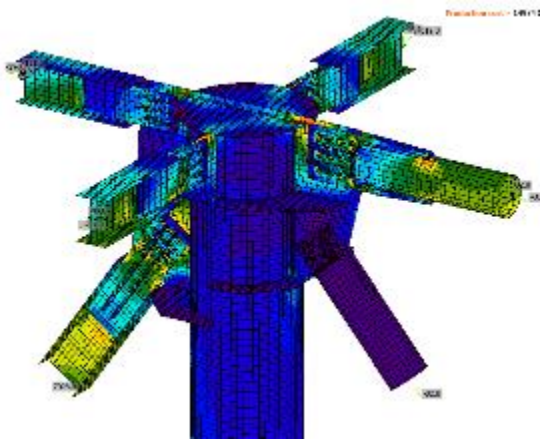



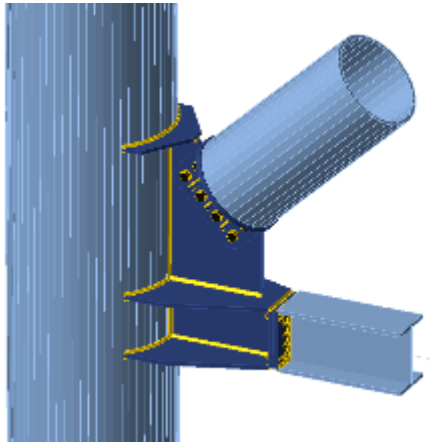


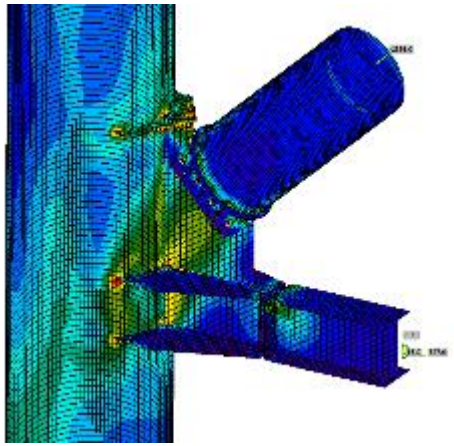



Projekt



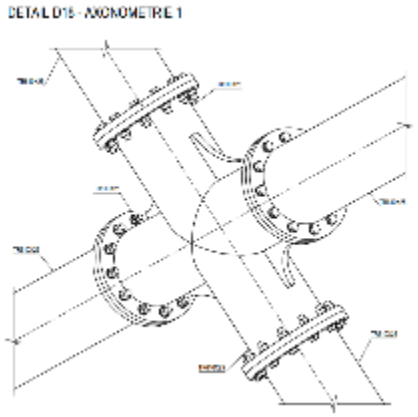


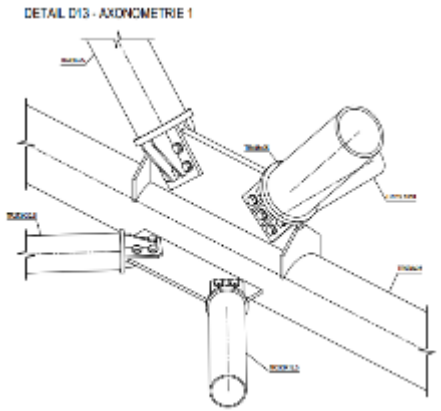


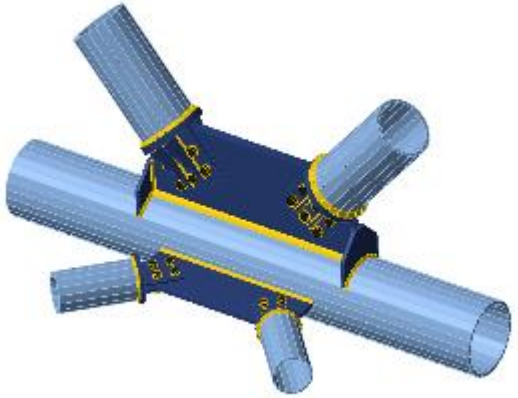


VTD

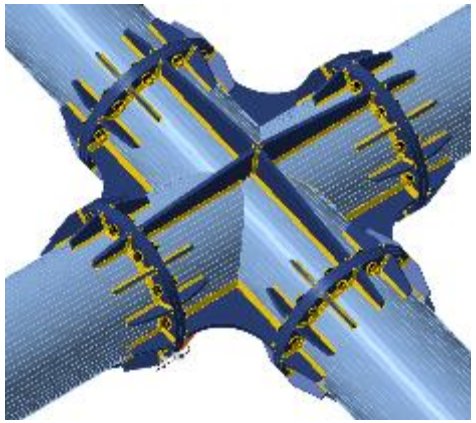
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

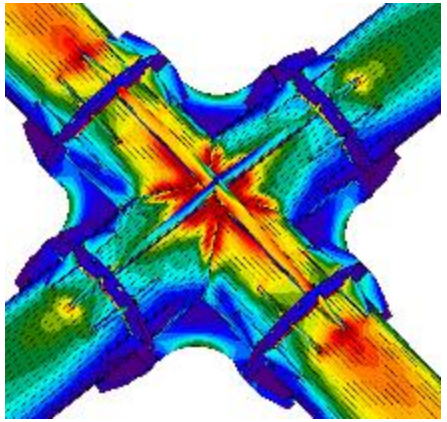


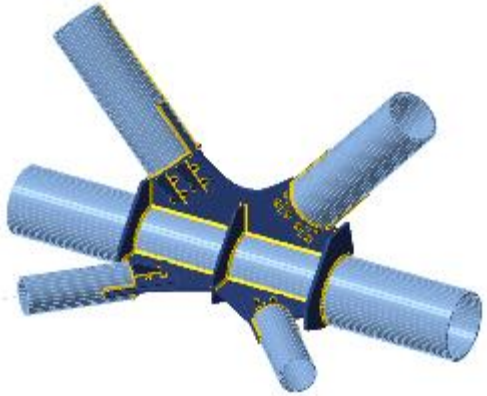


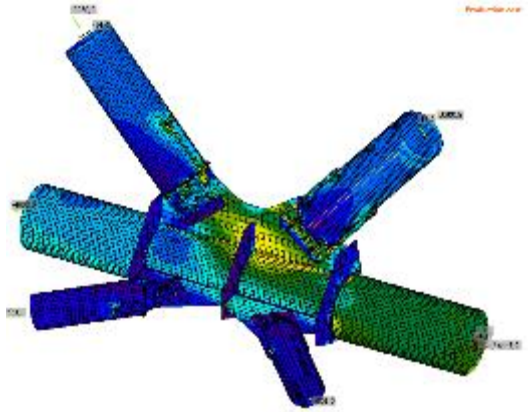



Projekt







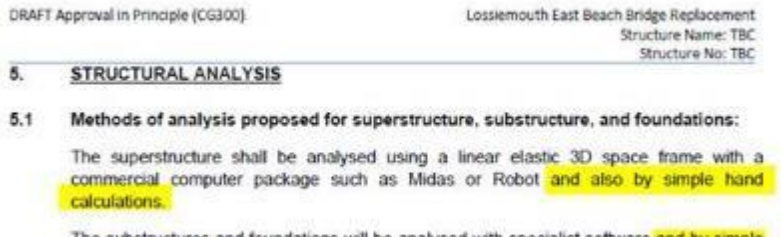


VTD

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

Zkušenosti z projektu, náměty k diskuzi

* Stupeň a rozsah dokumentace (představa investora, klienta a realita)
* K čemu vlastně slouží honorářové řády, pokud nejsou závazné?
* Nezávislá kontrola projektů v ČR a ve světě (Prüfstatik, ICE, ruční koncept)
* Spolupráce autora na VTD, autorský dozor
* Funkce TDI, kontrola výroby a montáže
* Smysl realizační dokumentace bez realizační firmy – detaily, montáž,…
* Optimalizace konstrukce



DRAFT Approval in Principle (CG300)

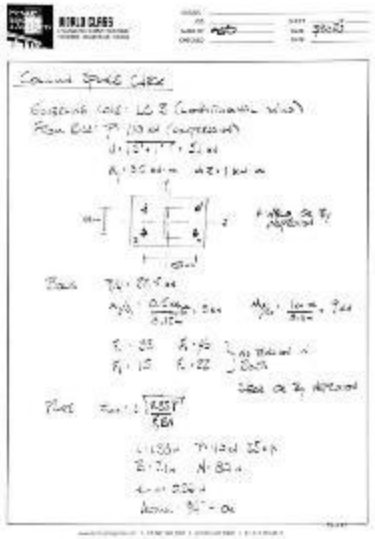
Lossiemouth East Beach Bridge Replacement
Structure Name: TBC
Structure No: TBC

5. STRUCTURAL ANALYSIS

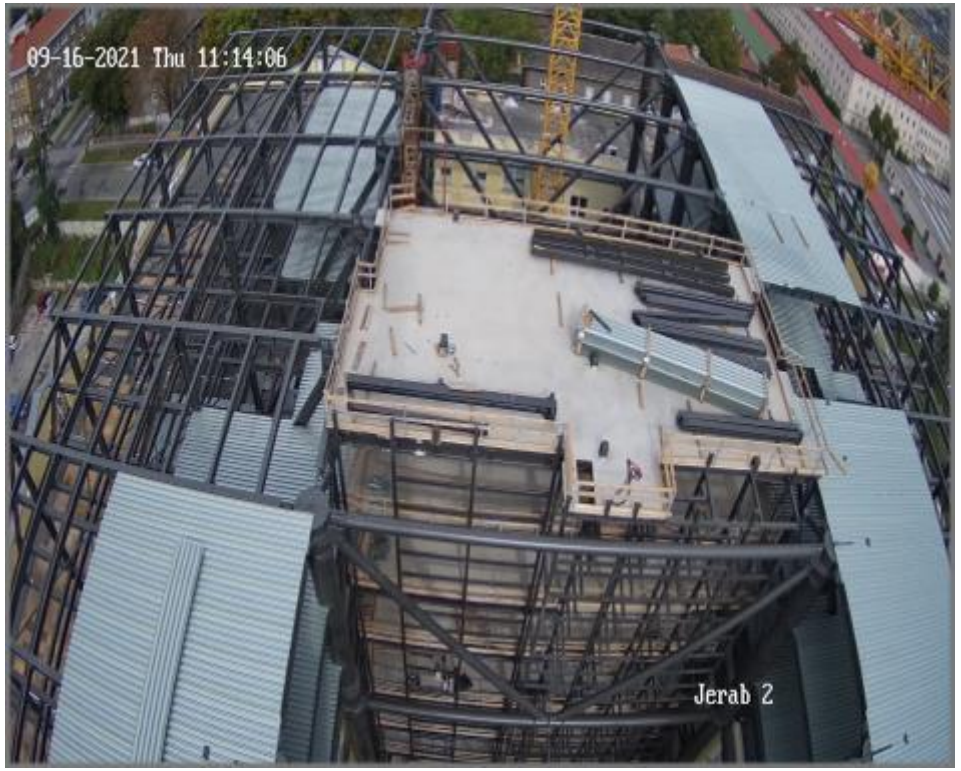
5.1 Methods of analysis proposed for superstructure, substructure, and foundations:

The superstructure shall be analysed using a linear elastic 3D space frame with a commercial computer package such as Midas or Robot and also by simple hand calculations.

The substructures and foundations will be analysed with specialist software and by simple hand calculations.



# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?



DĚKUJI ZA POZORNOST.

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

OTÁZKA 10: Na co je ve vašich projektech největší tlak? 106

# DISKUZE

–

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

# Návrh a analýza ocelové konstrukce lávky v Troji

- Záměr výstavby Trojské lávky
- Optimalizace ocelové konstrukce
- Výroba a montáž ocelové konstrukce

Ing. Jan Blažek

jednatel

V-CON, s.r.o.

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Záměr výstavby Trojské lávky

- Investor
- Architekti
- Projekční tým
- Zhotovitel

PRAHA
PRAGUE
PRAGA
PRAG

TSK a.s.

BOMART PROJEKČNÍ KANCELÁŘ

Novák Partner

GEM VISION

VCon

SMP CZ

MCE SLANÝ

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

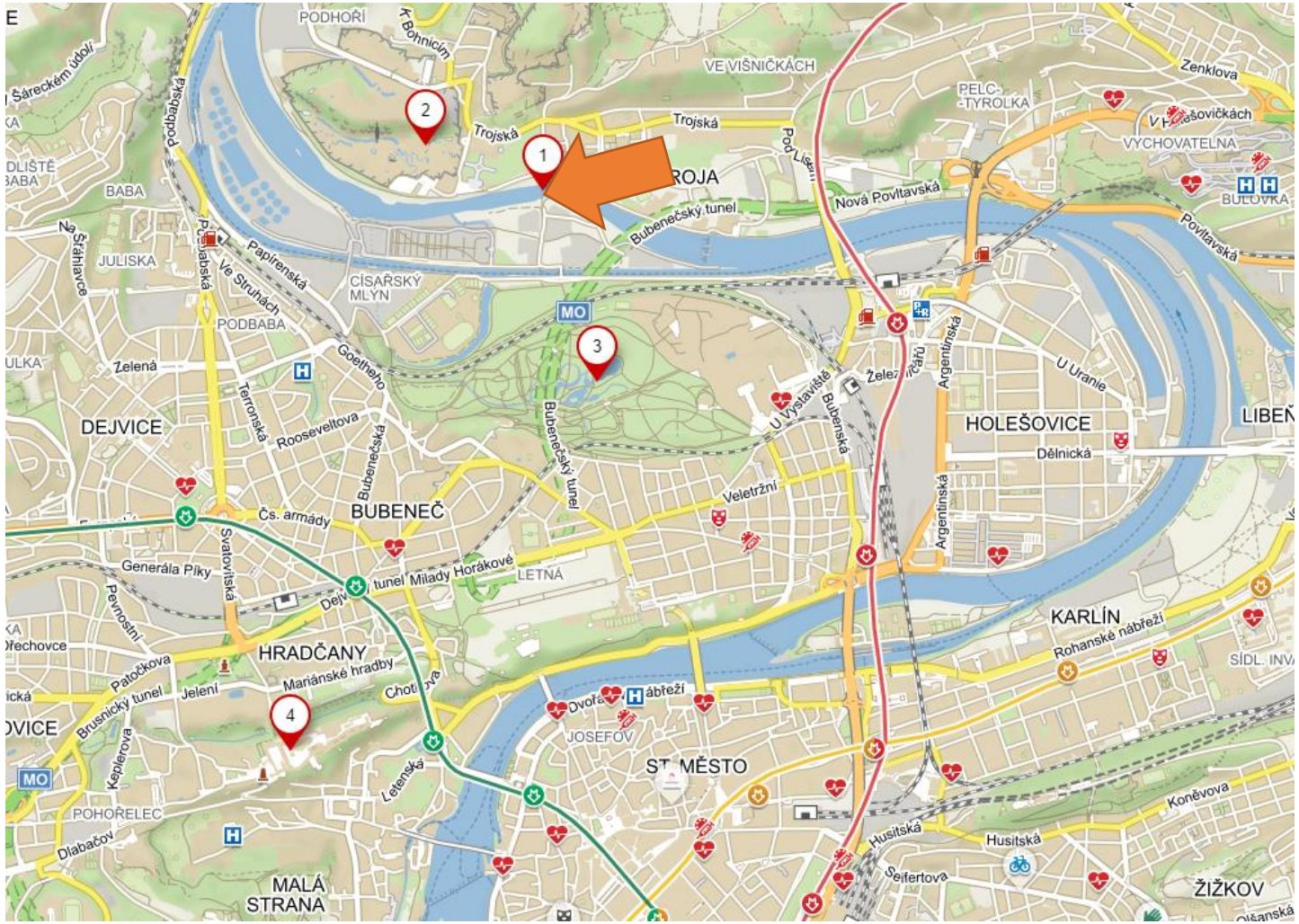
## Záměr výstavby Trojské lávky

- Zřícení původní lávky 12/2017
- Provizorní přívoz
- Zadání projektu nové 06/2018
- VŘ na Zhotovitele 06/2019
- Zahájení stavby 09/2019
- Slavnostní otevření 10/2020

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

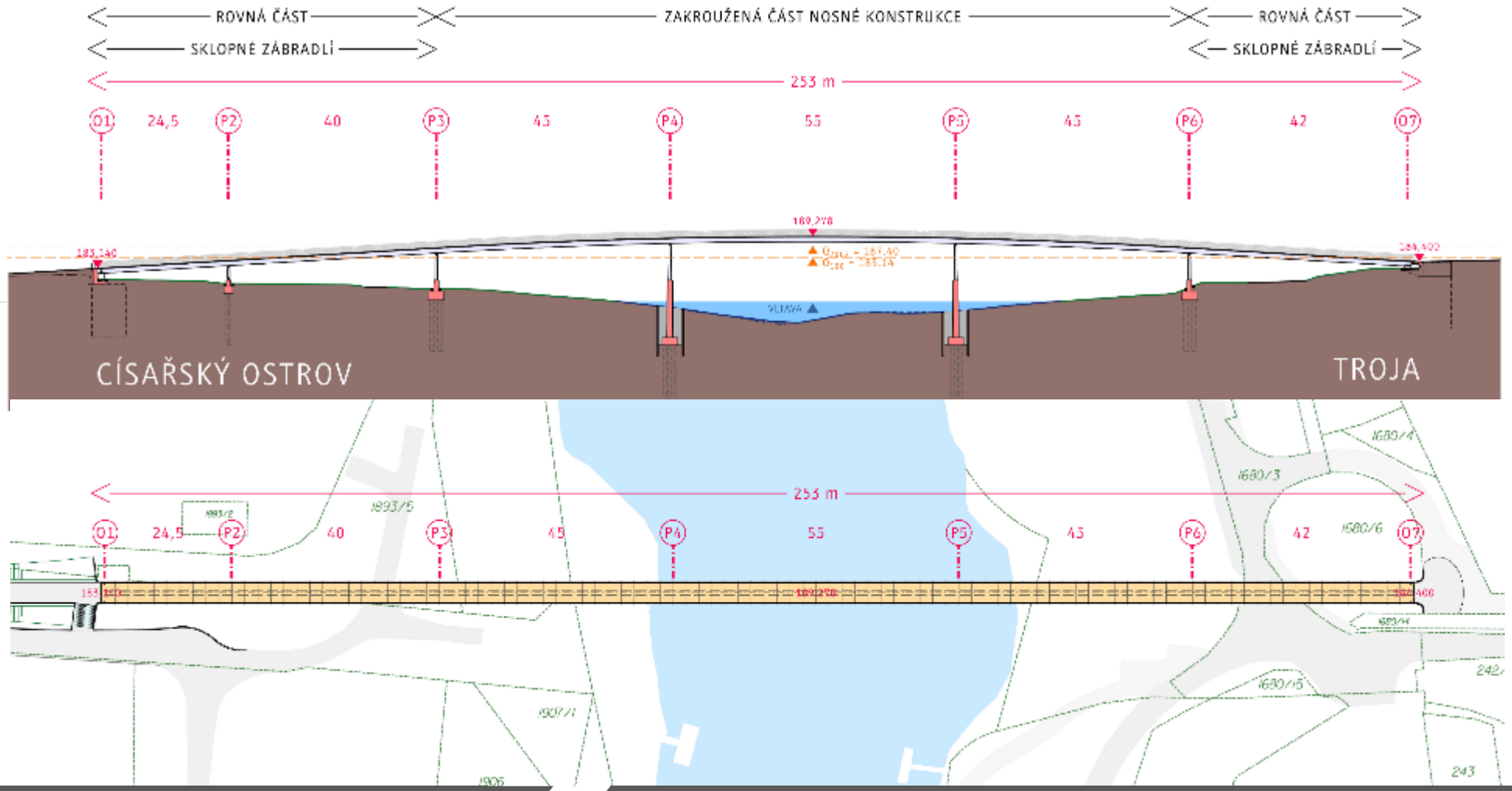
## Záměr výstavby Trojské lávky

- Poloha – značný provoz pěších/cyklo
- Obtížně dostupné staveniště
- Nemožnost montážních zásahů do řeky
- Povodňová oblast



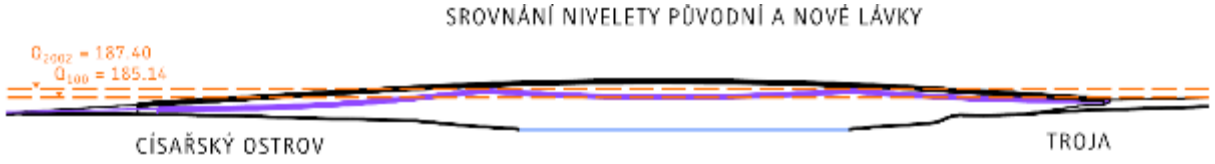
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

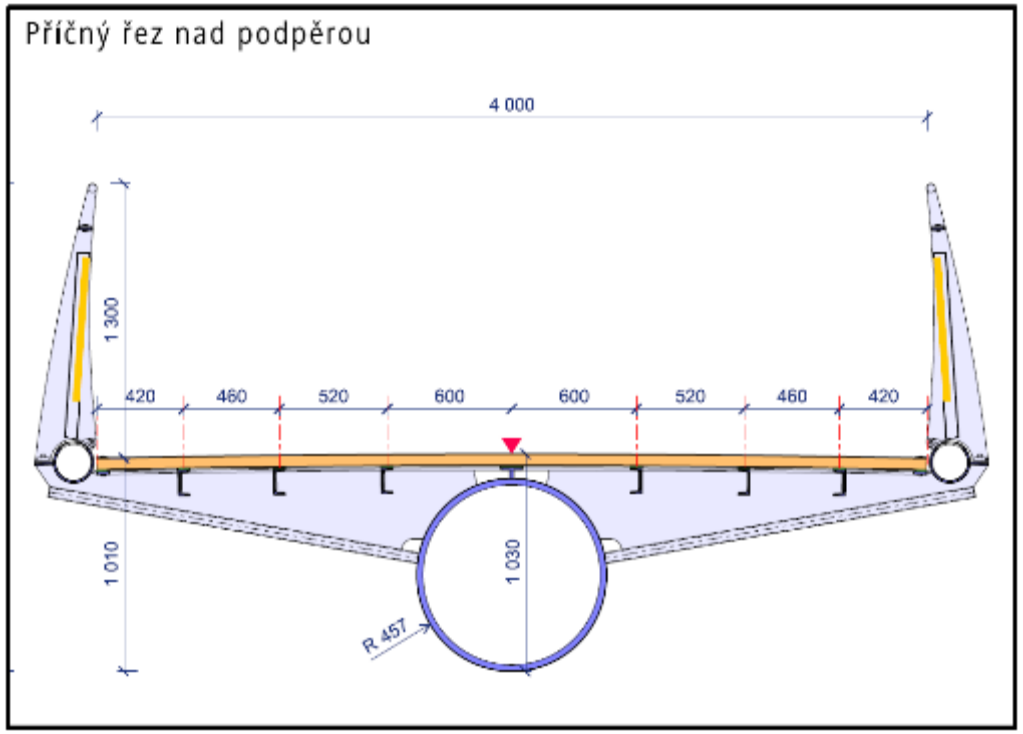
## Záměr výstavby Trojské lávky

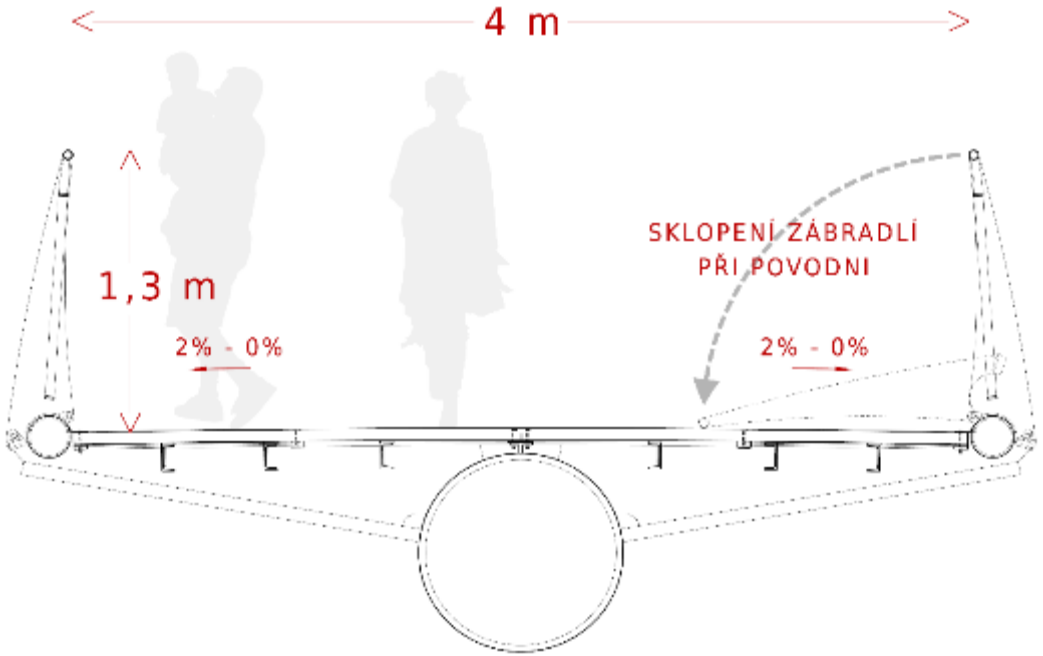


# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Optimalizace ocelové konstrukce



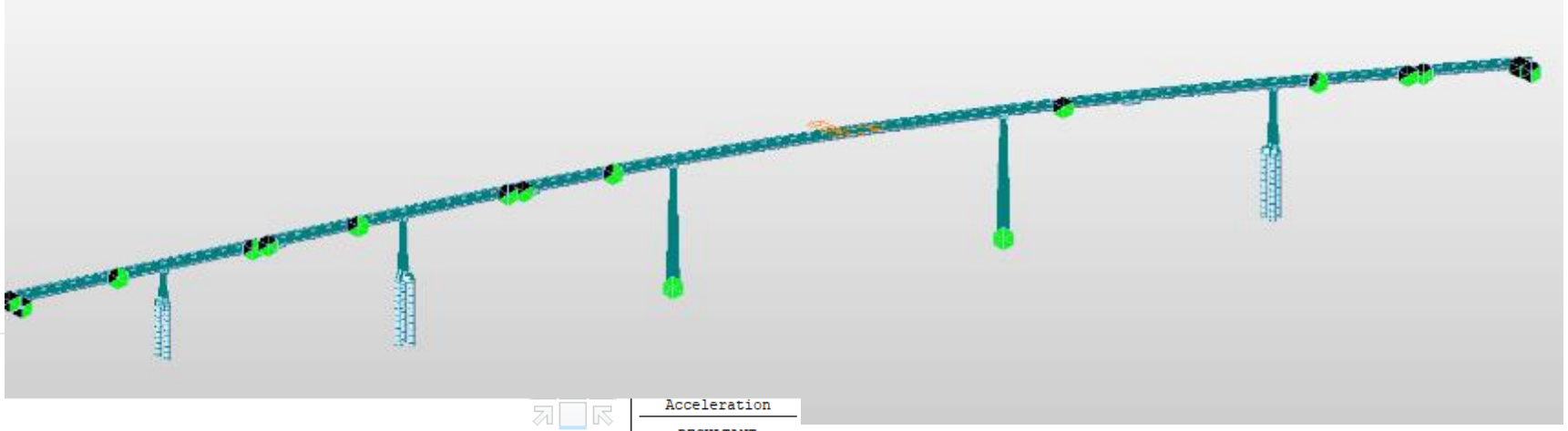




- Spojitý nosník, kloubově podepřený na 5-ti pilířích P2-P6
- Hlavní nosná konstrukce je kruhová trubka o průměru 914mm
- Mostovka je z tropického dřeva AZOBE
- Únosnost lávky: 500 Kg/m2, povolen vjezd IZS do 3,5 t

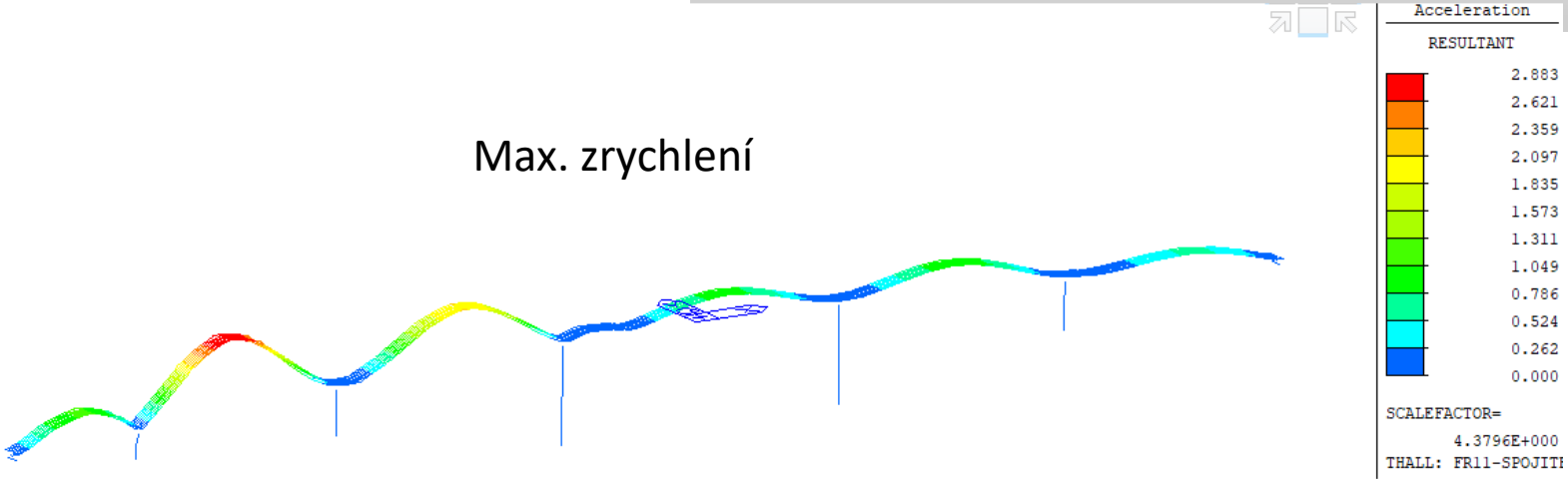
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Optimalizace ocelové konstrukce

- Výpočetní modely
  - Midas Civil
  - Scia Engineer
  - Idea Statica



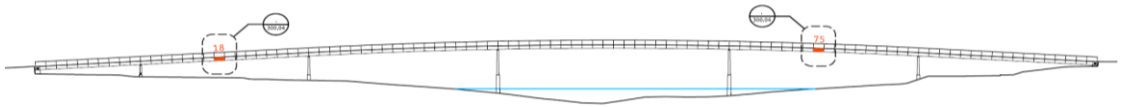
Max. zrychlení

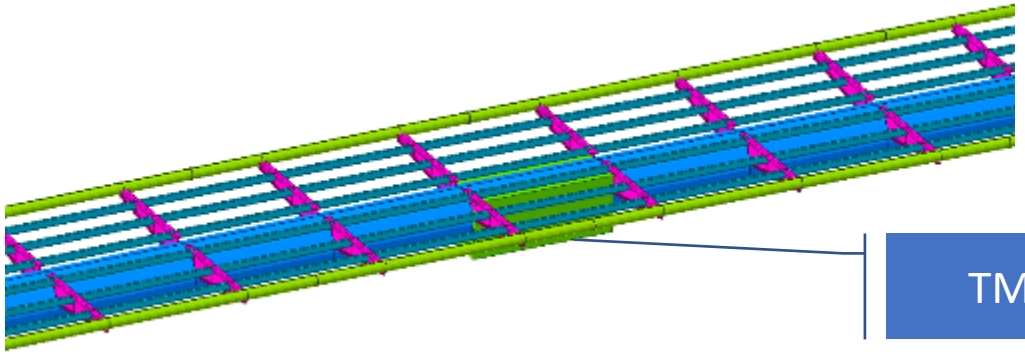


# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

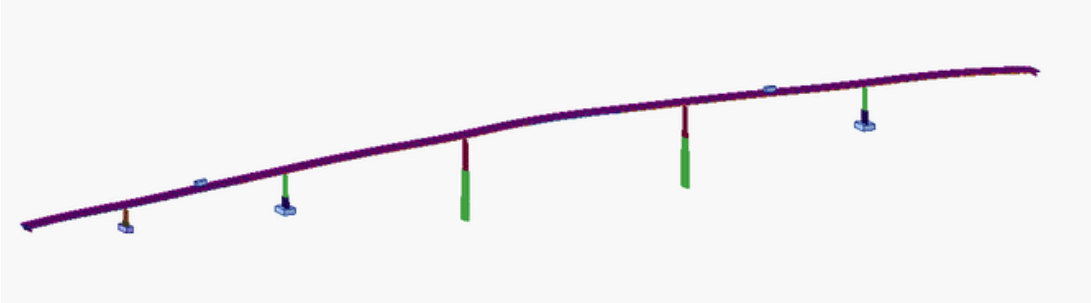
## Optimalizace ocelové konstrukce

- Návrh tlumičů





TMD



General link for modeling TMD

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

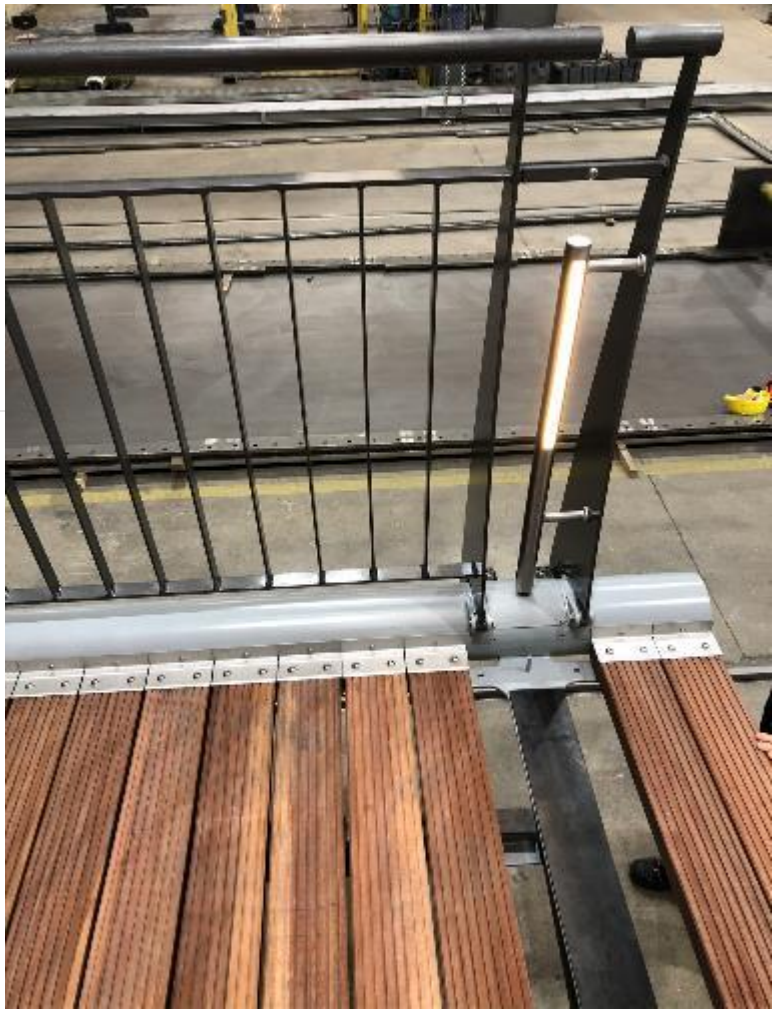
## Optimalizace ocelové konstrukce

Prototyp konstrukce

Výroba O.K.

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce



# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

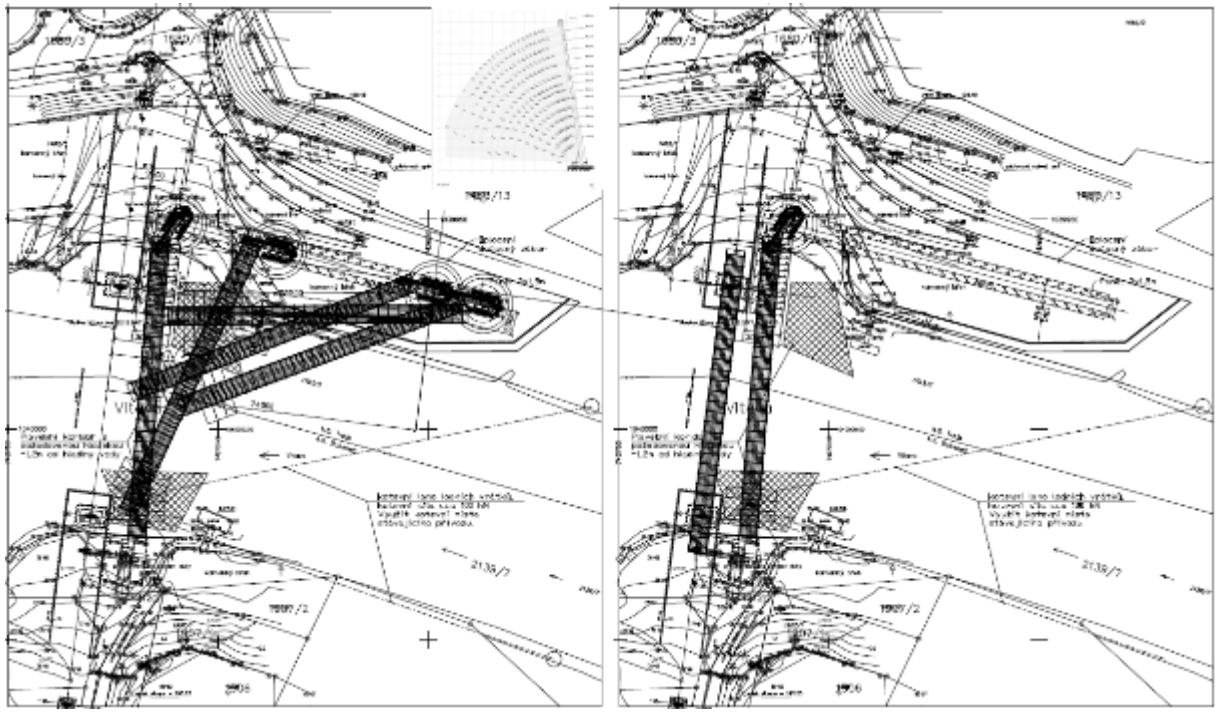
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

Montáž a výroba ocelové konstrukce

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

### Zaplavování hlavního pole



### Nadvýšení NK

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Montáž a výroba ocelové konstrukce

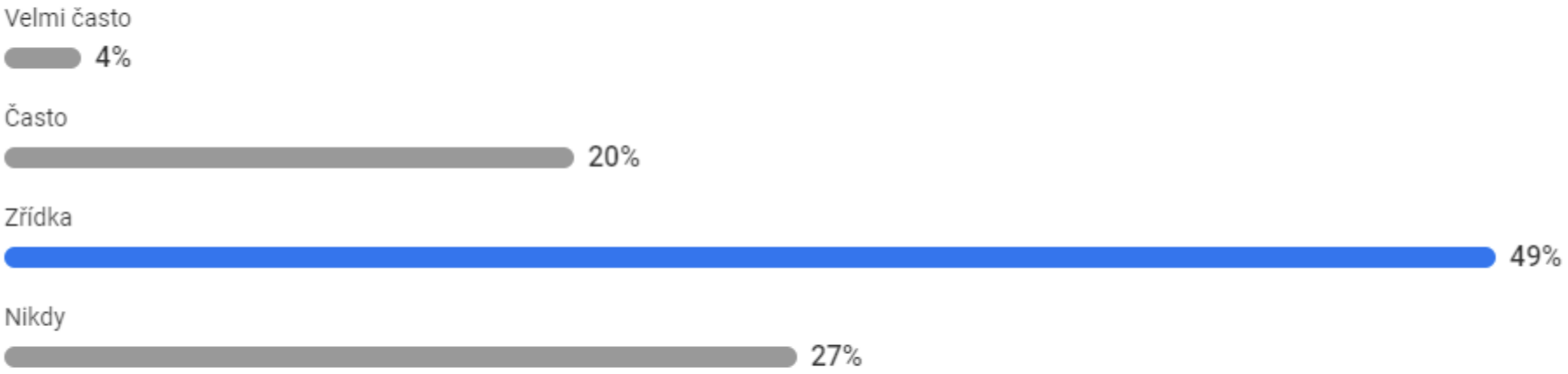
# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

## Závěr

- Optimalizace konstrukcí závisí na zadání investora, návrhu architekta, času
- Statik by měl včas mít možnost ovlivnit základní návrh a princip konstrukce
- U štíhlých konstrukcí optimalizovat dynamické chování konstrukce
- Spotřeba materiálu nemusí být nutně základní ukazatel úsporného návrhu

# Co všechno musí statik znát?

OTÁZKA 11: Jak často se na vašich projektech podílíte na konceptu konstrukčního řešení společně s architektem? 92



# DISKUZE

–

# Kde je třeba optimalizovat konstrukce?

# NÁVRH A VÝROBA UNIKÁTNÍ TENKOSTĚNNÉ OBLOUKOVÉ LÁVKY Z UHPC

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT V PRAZE

Doc. Ing. Jiří Kolísko , Ph.D.

ředitel

Kloknerův ústav

ČVUT v Praze

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

Vývoj UHPC materialu v KÚ

Myšlenka využít UHPC pro výrobu skořepinové tenkostěnné lávky

Realizace nápadu = produkce tenkostěnné lávky

# Vývoj UHPC materialu v KÚ

**UHPC = Ultra High Performance Concrete**

**UHPFRC = Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete**

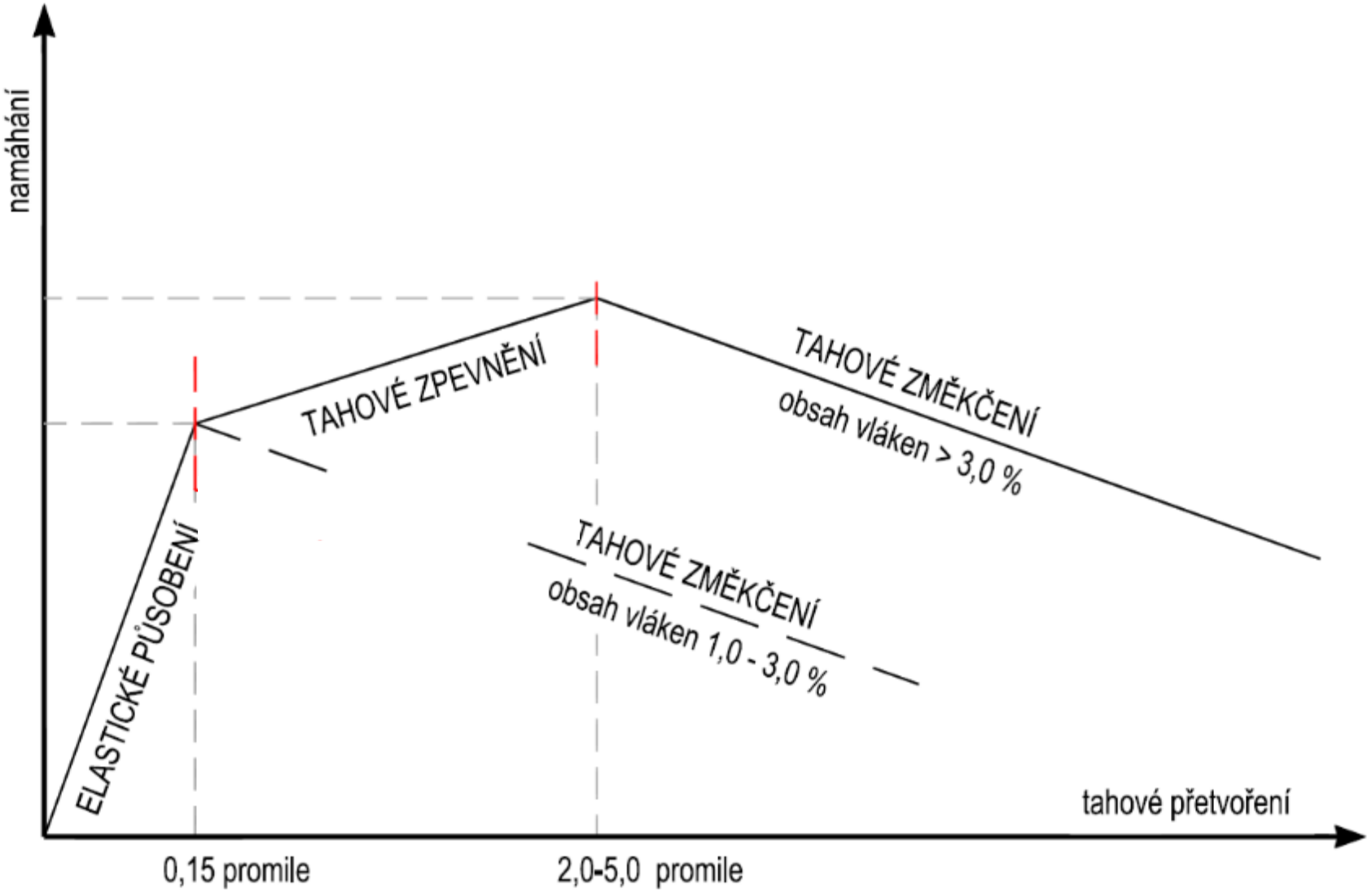
**jsou vysokopevnostní kompozity na bázi cementu obsahující:**

- **pečlivě sestavenou granulometrii plniv pro dosažení maximální hustoty matrice,**
- **převažně jemnozrnné kamenivo (obvykle do cca 4 mm),**
- **relativně vysokou dávku cementu v rozmezí cca 650-1000 kg/m$^3$ ,**
- **kombinaci dalších mikroplniv (mikrosilika, metakaolin, struska …)**
- **nízkou hodnotou vodního součinitele (w/c <0,25) - běžný beton 0,4-0,5**
- **vysoký obsah kovových nebo polymerních mikrovláken (průměr < 0,3 mm, štíhlost > 60) - minimálně 1 % objemu běžně 1,5- 3 % objemu.**

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

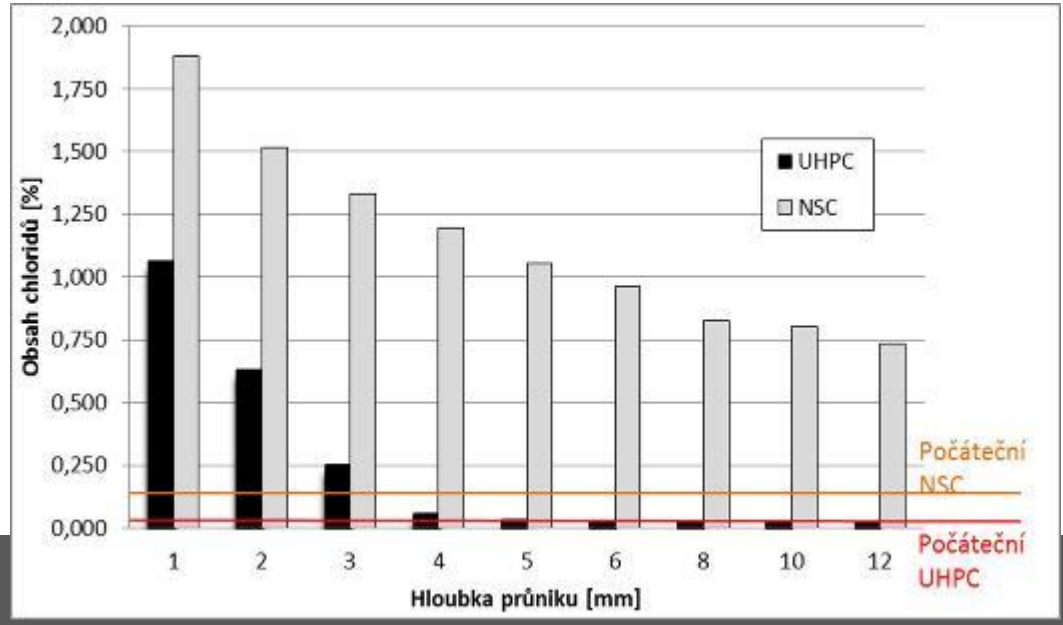
- Svými parametry a n
- Pevnost v tlaku ~ 15(
  uvažovat spodní limi

- **Tyto parametry umo**
  **nedostupnými vlast**

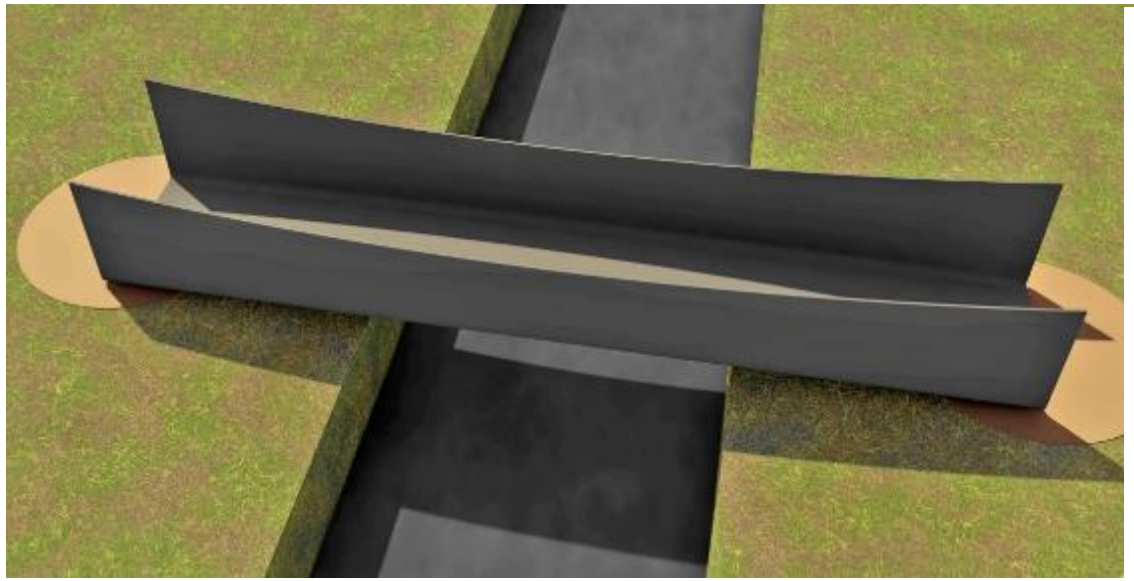


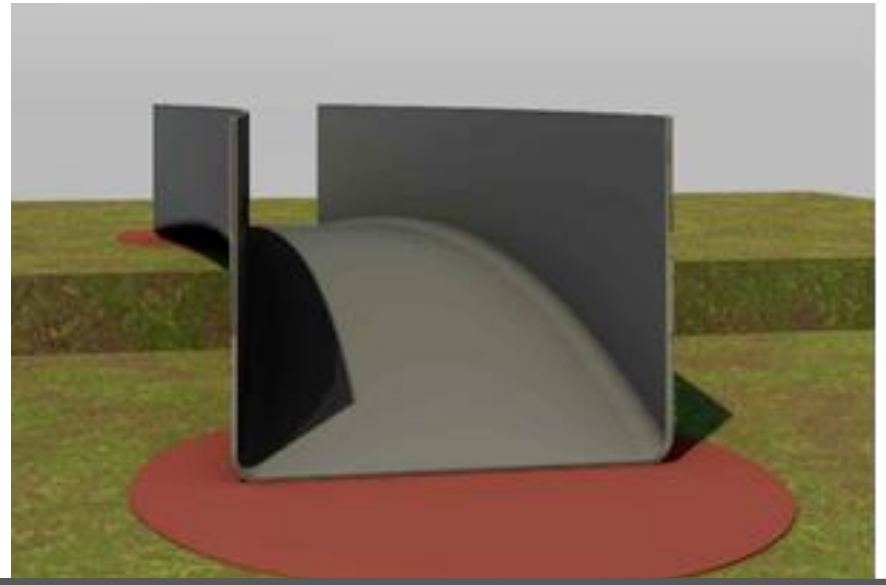
# UHPC je kvalitativně zcela nový a vysoce trvanlivý materiál pro konstrukční účely

- Při testu odolnosti proti působení mrazu a rozmrazovacích prostředků CH.R.L. dle ČSN 731326 zjištěn odpad **do 10 g/m2 po 650 cyklech metody C** oproti běžným odpadům betonů stupně XF4 **do 1000 g/m2 po 100 cyklech metody C**.
- Karbonatace UHPC při urychlené zkoušce dle EN 14630 je nulová ve srovnání s cca 3-6 mm u běžných betonů
- Průnik chloridových iontů je u UHPC mnohonásobně nižší. Tento parametr signalizuje vysokou odolnost materiálu proti pronikání agresivních médií.



# Myšlenka využít UHPC pro skořepinovou lávku



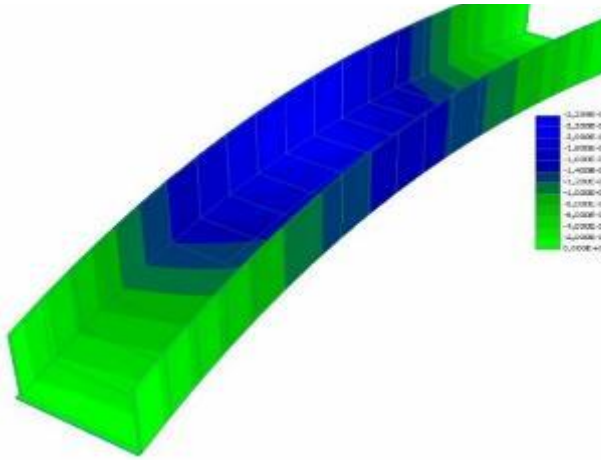


**Navržena první verze lávky pro pěší:**

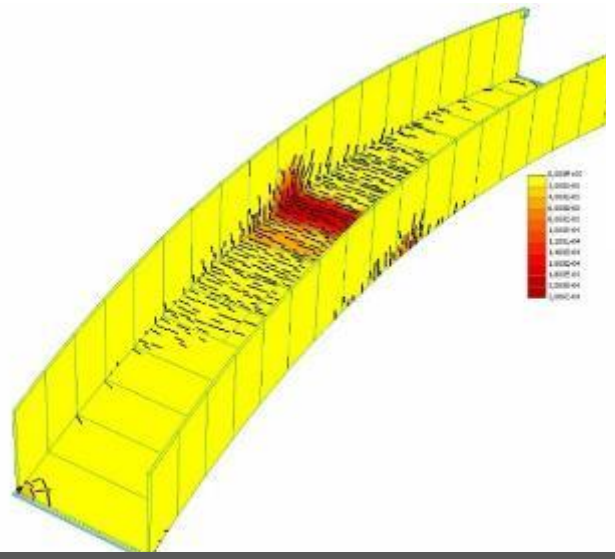
a) tvar průřezu U, na rozpětí 10 m,
b) světlé šířky 1,50 m,
c) výška stěny zábradlí v intervalu 1,1-1,5 m,
d) nadvýšení horizontálního i vertikálního oblouku 0,4 m
e) tloušťka skořepinové konstrukce z UHPC oscilovala v intervalu 30 mm stěny a 45 mm mostovka
f) **Konstrukce neobsahovala jiné vyztužení než ocelová vlákna.**
g) Předpokládána třida pevnosti C110/130
h) Pevnost v tahu $f_{ctk}$ = 4 MPa

# Realizace nápadu = produkce tenkostěnné lávky

Modelování ATENA



Průhyby max. 3 mm
zatížení 4,2 kN/m$^2$



Rastr trhlin pro
zatížení 9,2 kN/m$^2$

Bednění

# Výroba lávky litím bez vibrace

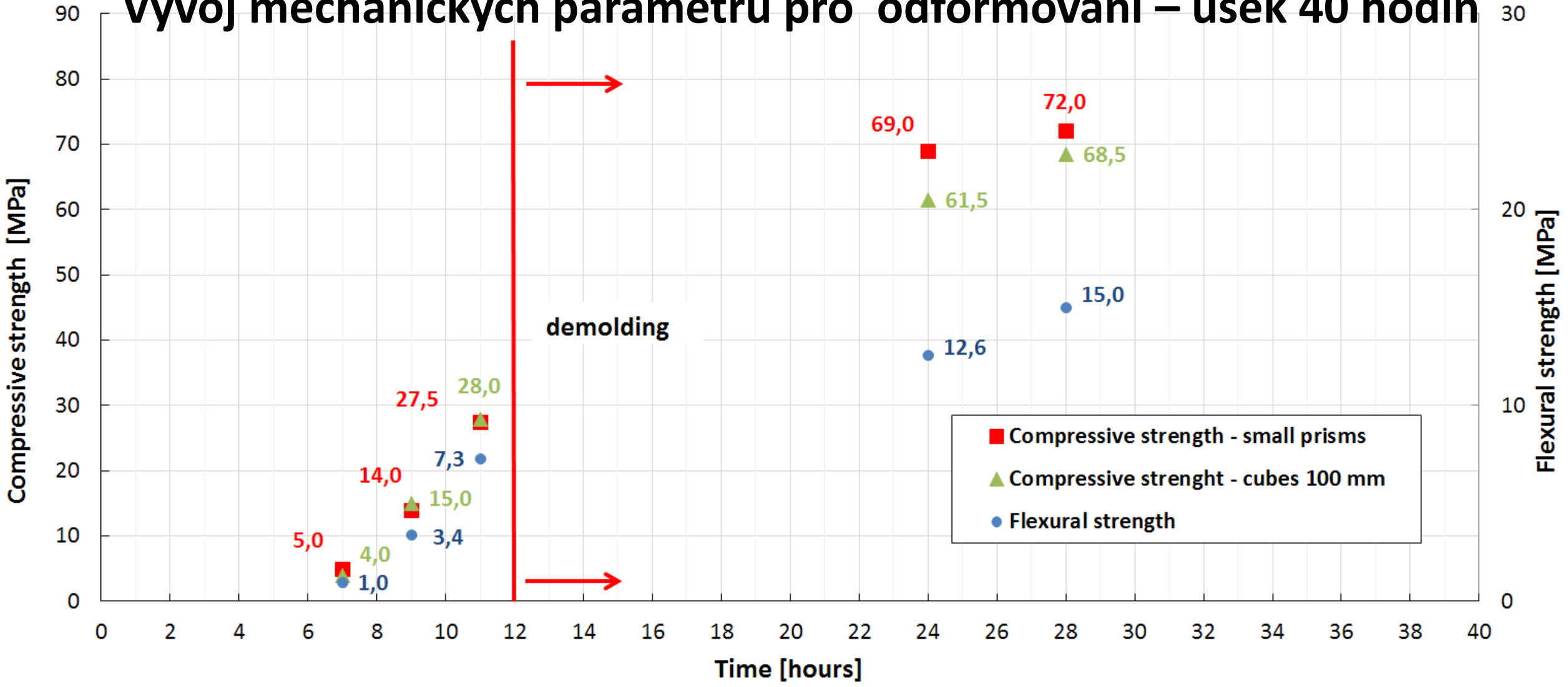
# Jaké nové technologie statik potřebuje?

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

**Lávka 1**
**Statická zatěžovací zkouška**

**Při cca 5 kN/m² – docházelo k viditelnému výraznému vybočení desky zábradlí vnějšího oblouku a test ukončen.**

# Vývoj mechanických parametrů pro odformování – úsek 40 hodin



# GRAND PRIX ARCHITEKTŮ ČR 2019 – FINALISTA

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

**Shrnutí a závěr**

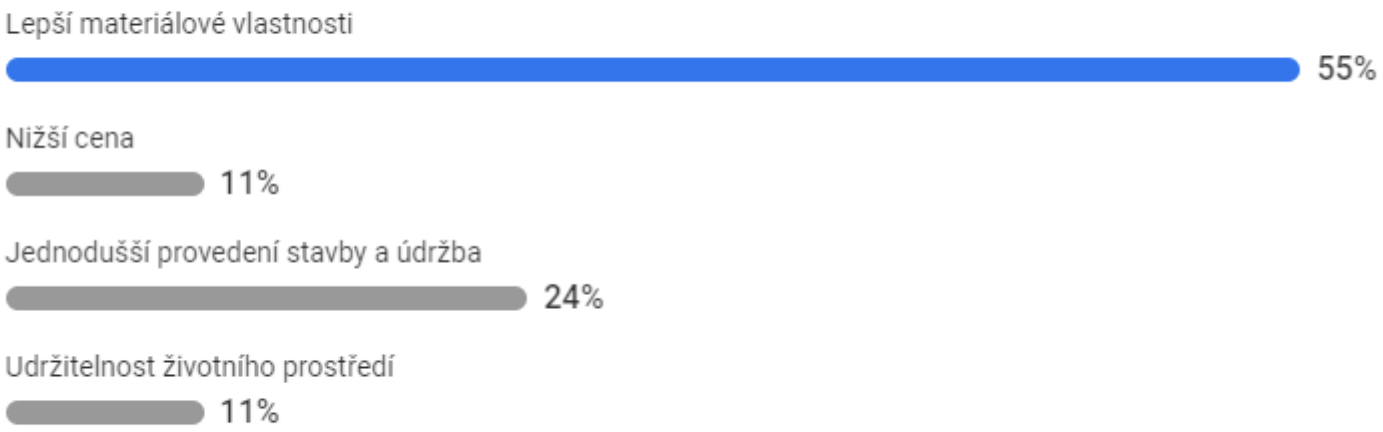
- Podařilo se navrhnout a vyrobit velmi komplikované a složité bednění.
- Bylo potvrzeno samozhutnitelné chování navrženého UHPC.
- Materiál bez použití vibrátorů vyplnil velmi dobře složitou a velkou formu.
- Získaná kvalita povrchů byla velmi dobrá bez vysoké četnosti makropórů či kaveren.
- Potvrdilo se, že při vhodném nastavení vlastností UHPC lze jeho litím vyrobit velkou a značně komplikovanou tenkostěnnou konstrukci.
- Podařilo se navrhnout a vyrobit tenkostěnnou obloukovou dvojitě zakřivenou lávku na rozpon 10 m, tl.  stěn 30-35 mm, tl. mostovky 45 mm.
- Zatěžovacími zkouškami byly verifikováno a potvrzeno správnost návrhu, velikost deformací  a únosnost vyrobené lávky.
- Lávka byla instalována do provozu ve Vrapicích u Kladna přes Dřetovický potok.
- V roce 2019 získala cenu GRAND PRIX ARCHITEKTŮ ČR.

# Děkuji za pozornost
# a přeji klidný
# UHPD

***Ultra High Performance Day***

# Jaké nové technologie statik potřebuje?

OTÁZKA 12: Jaká je podle vás hlavní motivace či důvod pro vývoj nových materiálů? 104



# STATIKA A TECHNOLOGIE

Konzervativní statika a progresivní technologie – jde to dohromady?

21. – 22. září 2021

peikko®

IDEA StatiCa®
Calculate yesterday's estimates

ALLPLAN
A NEMETSCHEK COMPANY

MIDAS

SCiA
A NEMETSCHEK COMPANY

SCHÖCK
Stavíme na spolehlivosti

HILTI

KONSTRUKCE
ODBORNÝ ČASOPIS PRO STAVEBNÍ CTV A STROJIRENSTVÍ

CONSTRUSOFT