



Novinky v ocelových a dřevěných  
konstrukcích se zaměřením na  
udržitelnost výstavby

# K návrhu nosníků s náběhem

Michal Jandera, Martin Prachař

České vysoké učení technické  
v Praze



## Obsah prezentace

- Pruty s náběhem
- Výpočet kritického momentu
- Únosnost nosníku s náběhem
- Shrnutí

## Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Pruty s náběhem

- Svařované průřezy
- Zpravidla třída 4 (lokální boulení)
- Ekonomické pro proměnný průběh momentu
- Obecné chování:
  - vybočení z roviny ( $\approx$  konstantní průřez);
  - vybočení v rovině (Obecná metoda - GNIA – modelování prutových imperfekcí);
  - interakce tlaku s ohybem, (Obecná metoda - GNIA);
  - **klopení (problematické zejména získání  $M_{cr}$ ).**

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Pruty s náběhem - nosník

- EN 1993-1-1 BB.3 Stabilní délky úseků s plastickými klouby pro vybočení z roviny
  - Případy se zabráněním klopení
- EN 1993-1-5 B Nepravidelné prvky
  - B.1 Upravené vztahy pro boulení

$$\rho = \frac{1}{\phi_p + \sqrt{\phi_p^2 - \bar{\lambda}_p}}$$

$$\phi_p = \frac{1}{2} \left( 1 + \alpha_p (\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_{p0}) + \bar{\lambda}_p \right)$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult}}{\alpha_{cr}}}$$

Výrobek	Převládající tvar vybočení	$\alpha_p$	$\bar{\lambda}_{p0}$
Válcovaný	normálové napětí pro $\psi \geq 0$	0,13	0,70
	normálové napětí pro $\psi < 0$ smyk příčné napětí		0,80
Svařovaný nebo tvarovaný za studena	normálové napětí pro $\psi \geq 0$	0,34	0,70
	normálové napětí pro $\psi < 0$ smyk příčné napětí		0,80

- B.2 Zahrnuje i případ klopení – odkazuje na EN 1993-1-1 při uvažování

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult}}{\alpha_{cr}}}$$

- je třeba znát rozhodující průřez
- je třeba znát  $M_{cr}$

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

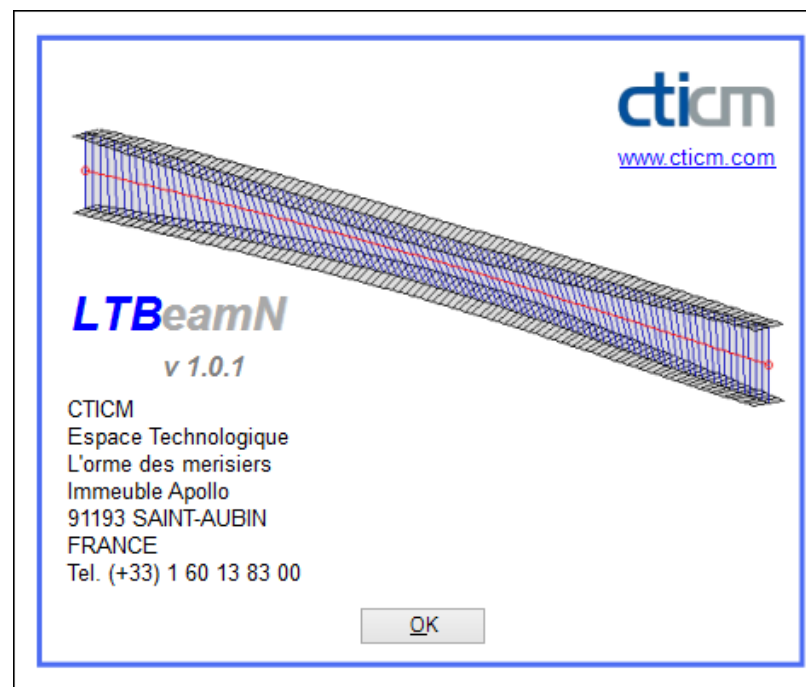
Shrnutí

# Výpočet kritického momentu

- Bez software je výpočet komplikovaný
- Lze využít nového software LTBeamN, freeware

[https://www.cticm.com/sites/default/files/CTICM\\_Install\\_LTBeamN.zip](https://www.cticm.com/sites/default/files/CTICM_Install_LTBeamN.zip)

- Možnost výpočtu  $N_{cr}$  a  $M_{cr}$
- Pruty s náběhem
- Vlastní průřezy, i nesymetrické



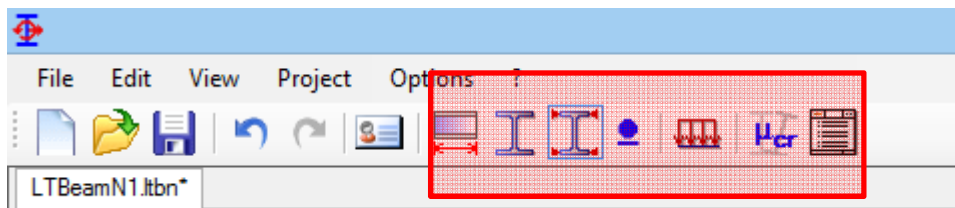
Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN



Délka prutu  
Průřezy, tvar náběhu  
Zadání podmínek uložení  
Podpory  
Zadání zatížení (možnost výpočtu 2. řádem)  
Výpočet kritické síly a momentu  
Generace protokolu k výpočtu

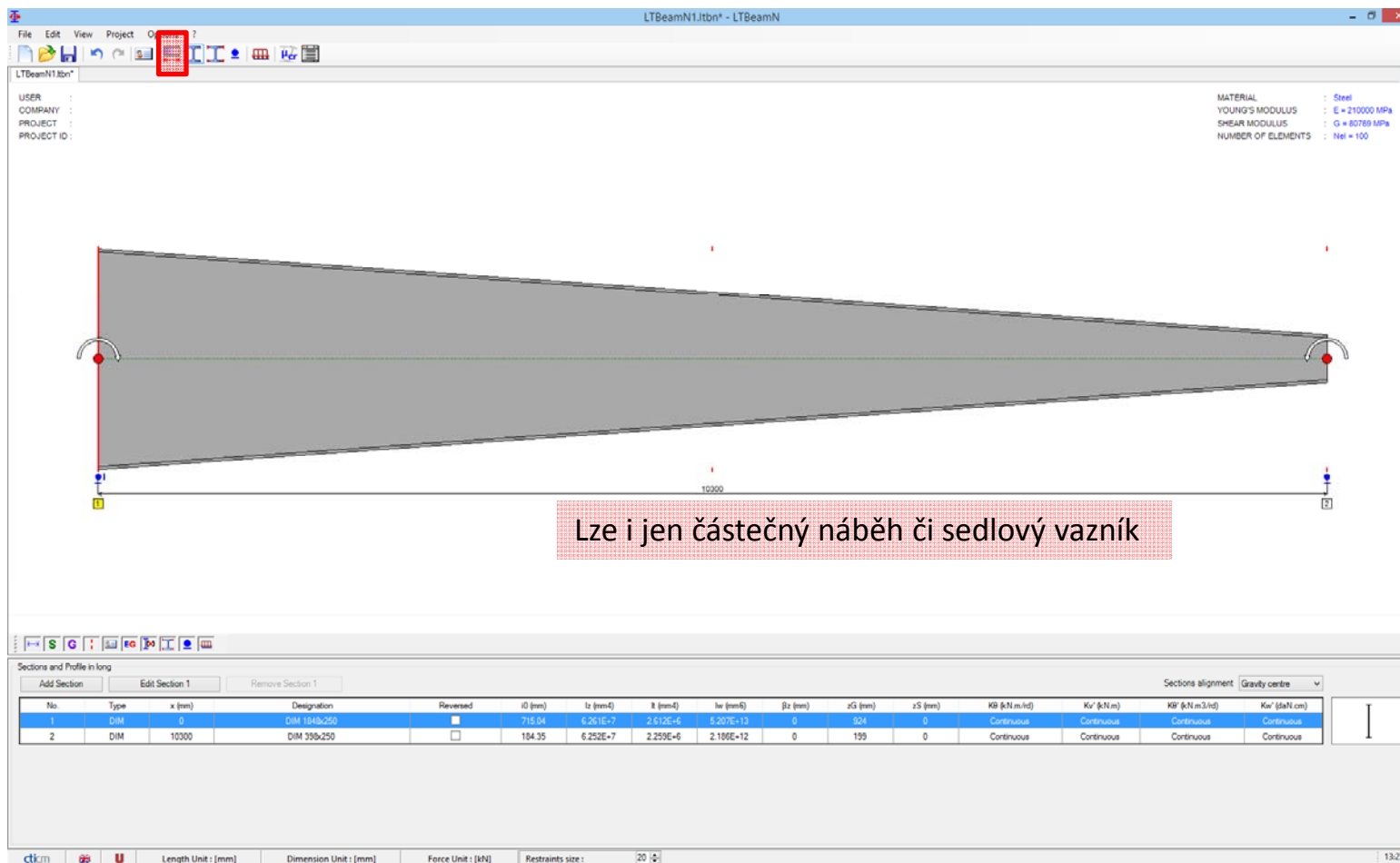
# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí



The screenshot shows the LTBeamN software interface. The main window displays a tapered beam model with a length of 10000 mm. The beam is supported at both ends with a fixed support on the left and a roller support on the right. The material is set to Steel with the following properties: Young's Modulus  $E = 210000$  MPa, Shear Modulus  $G = 80769$  MPa, and Number of Elements  $Nel = 100$ .

Below the model, a table lists the sections and their properties:

No.	Type	x (mm)	Designation	Reversed	i0 (mm)	iz (mm <sup>4</sup> )	ix (mm <sup>4</sup> )	Iw (mm <sup>6</sup> )	βz (mm)	xG (mm)	zS (mm)	K <sub>l</sub> (kN.m/rd)	K <sub>l</sub> ' (kN.m)	K <sub>l</sub> (kN.m/rd)	K <sub>l</sub> ' (kN.cm)
1	DIM	0	DIM 184b250	<input checked="" type="checkbox"/>	715.04	6.261E+7	2.612E+6	5.207E+13	0	924	0	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
2	DIM	10000	DIM 30b250	<input type="checkbox"/>	194.35	6.252E+7	2.259E+6	2.196E+12	0	199	0	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous

At the bottom of the interface, the status bar shows: Length Unit: [mm], Dimension Unit: [mm], Force Unit: [kN], Restraints size: 20.

Lze i jen částečný náběh či sedlový vazník

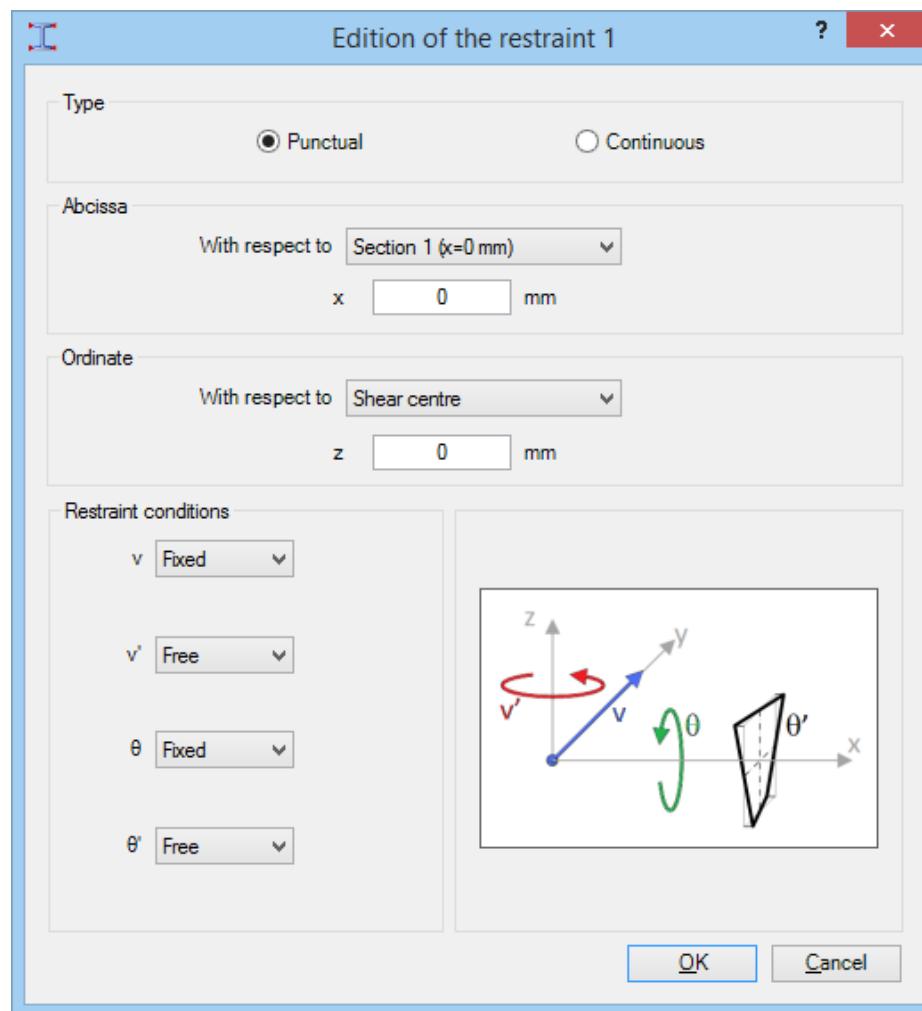
Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN



Okrajové podmínky:

- vetknutí x-x (kroucení)
- vetknutí z-z
- posun ve směru y
- deplanace

plné i pružné zabránění



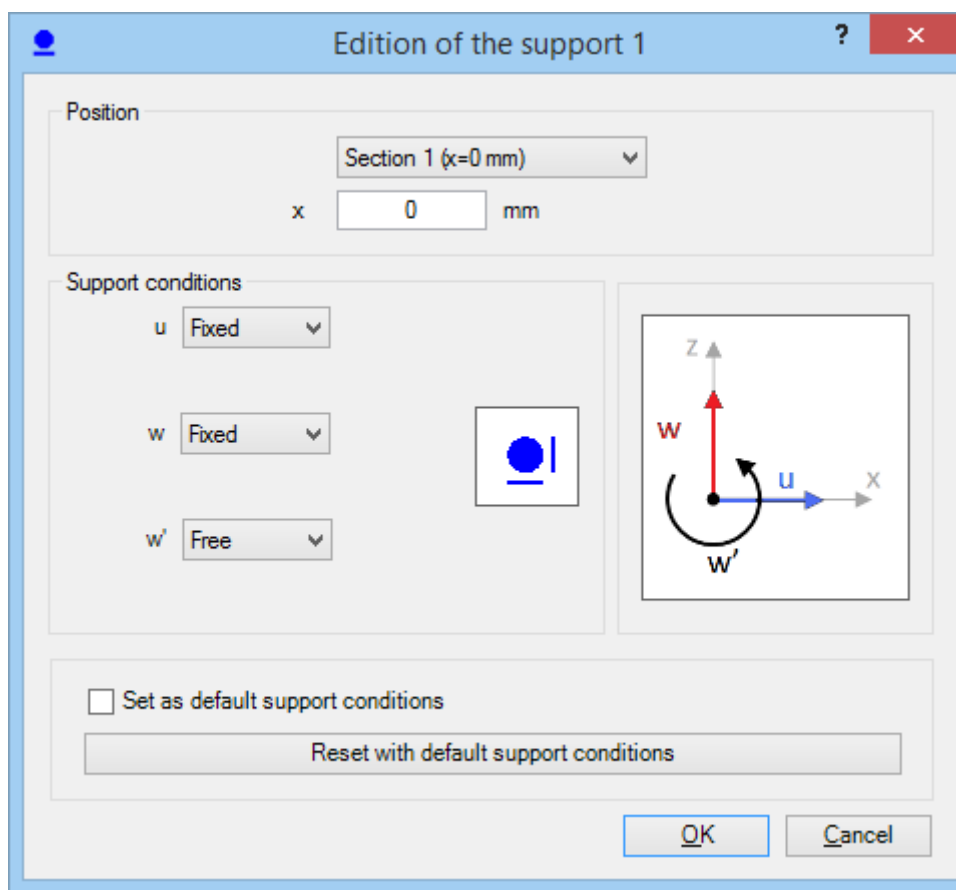
Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN



Obecné podmínky  
uložení

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN

Edit the concentrated load

Abscissa  
With respect to Section 1 (x=0 mm)  
x 0 mm

Ordinate  
With respect to Shear centre  
z 0 mm

Components  
Fx 0 kN  
Fz 0 kN  
My -1000 kN.m

State  
 Active

Set as default components  
Reset with default components

OK Cancel

Zadání zatížení,  
alternativně přímo  
vnitřních sil  
(výhodné v případě  
vetknutí k ose y-y)

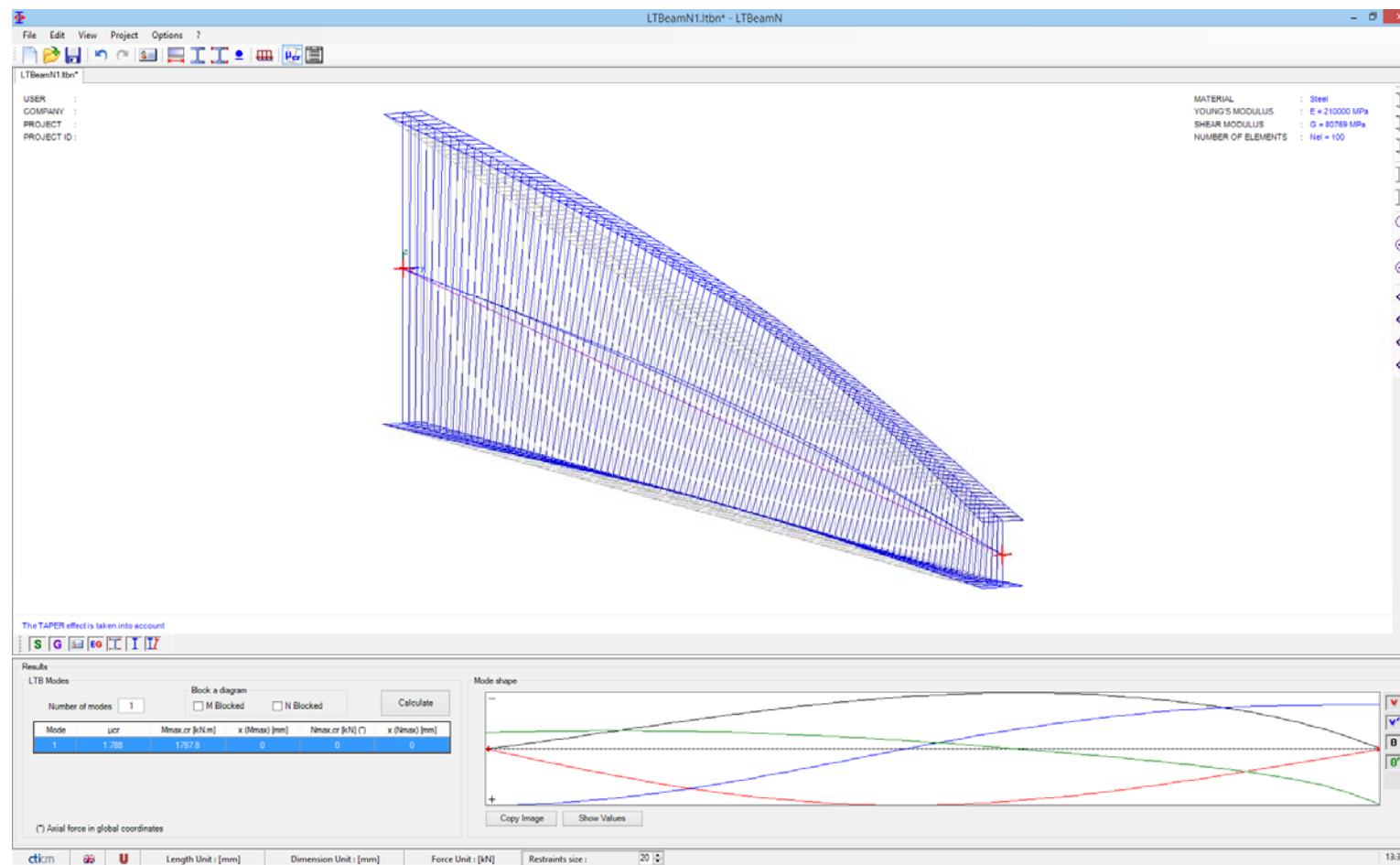
# Výpočet $M_{cr}$ v LTBeamN

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí



Pruty s náběhem

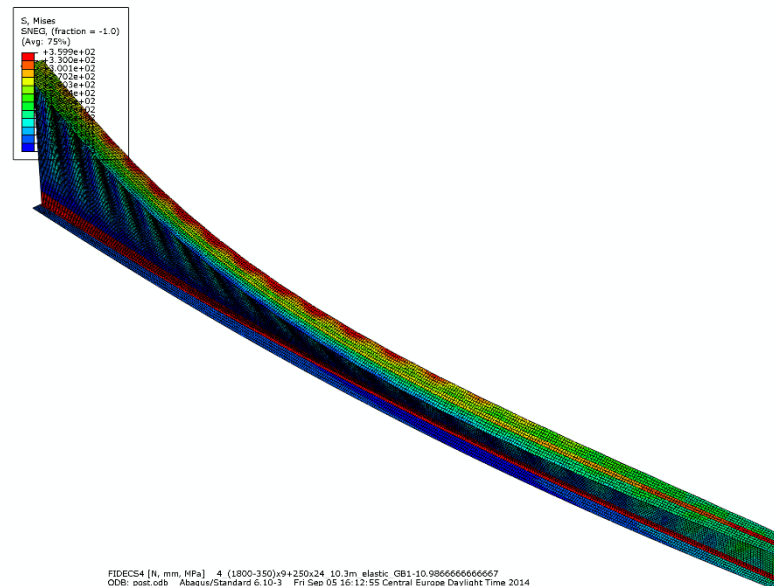
Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Únosnost nosníku s náběhem

- Numerický GMNIA model (Abaqus):
  - Imperfekce dle EN 1993-1-5 (odvozeno z výrobních tolerancí)
  - Reziduální pnutí, ocel S355
  - Stojina:  $h_w = 1800 \text{ mm} - 350 \text{ mm}$ ,  $t_w = 9 \text{ mm}$
  - Pásnice:  $b = 240 \text{ mm}$ ,  $t_f = 24 \text{ mm}$
  - Délka:  $4200 \text{ mm} - 10300 \text{ mm}$
  - Moment: konstantní, trojúhelníkový průběh



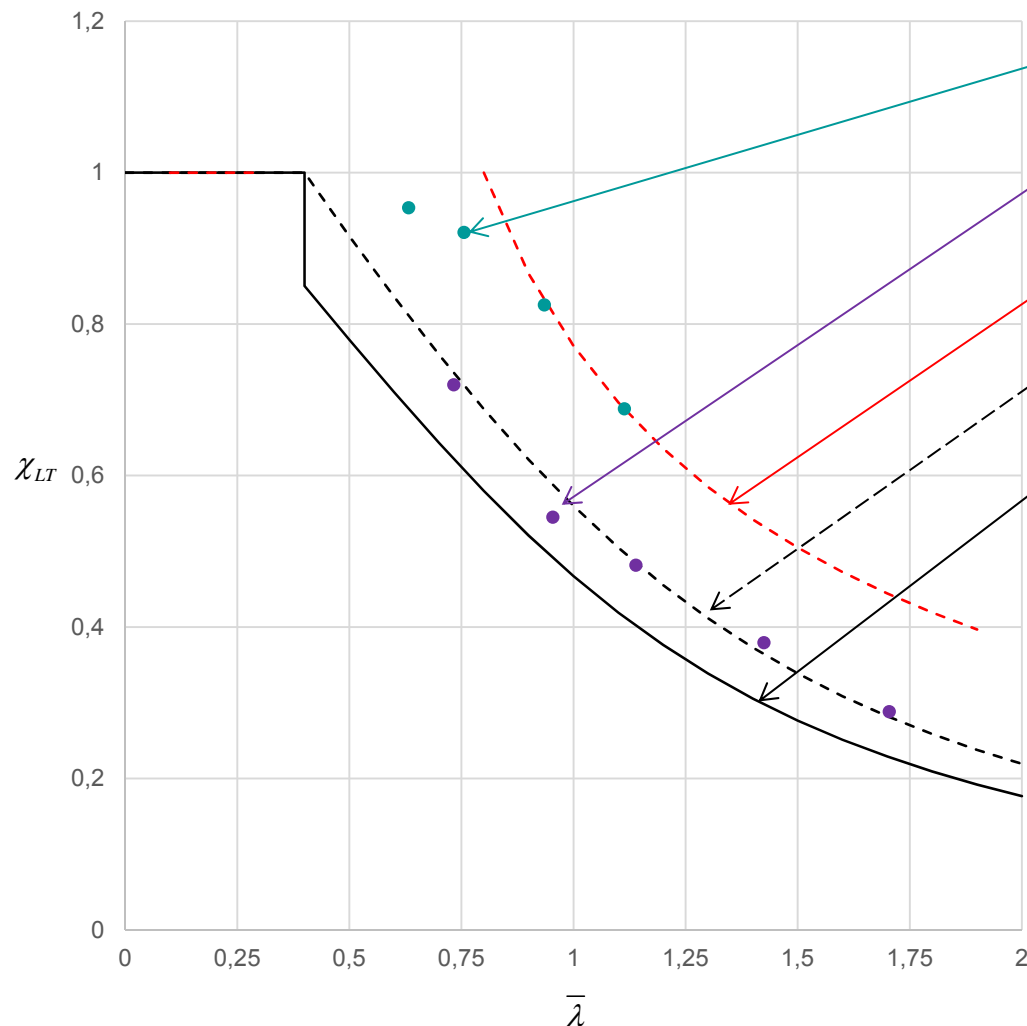
Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

# Únosnost nosníku s náběhem



Konstantní moment po délce prutu  
 Trojúhelníkový průběh momentu  
 EN 1993-1-5 Příloha B  
 EN 1993-1-1 6.3.2.2 klopení - obecný případ  
 EN 1993-1-1 6.3.2.3 I-průřezy

Pruty s náběhem

Výpočet kritického momentu

Únosnost nosníku s náběhem

Shrnutí

## Shrnutí

- Posouzení nosníku s náběhem dle Eurokódu je možné
- Výpočet kritického momentu (resp. napětí) s pomocí softwaru LTBeamN je snadný
- EN 1993-1-5 B.2 (ani EN 1993-1-1 6.3.4) nespecifikuje jednoznačně metodu výpočtu  $\chi_{LT}$ , dle uvedených výsledků se doporučuje „obecný případ klopení“ 6.3.2.2



# Děkuji za pozornost

URL: [www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz](http://www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz)

Michal Jandera, Martin Prachař

České vysoké učení technické  
v Praze

