

Studie vlivu geometrie zastavovačů růstu trhliny na stabilitu integrálního panelu křídla pomocí metody konečných prvků

Daniel Moštěk
Letecký ústav

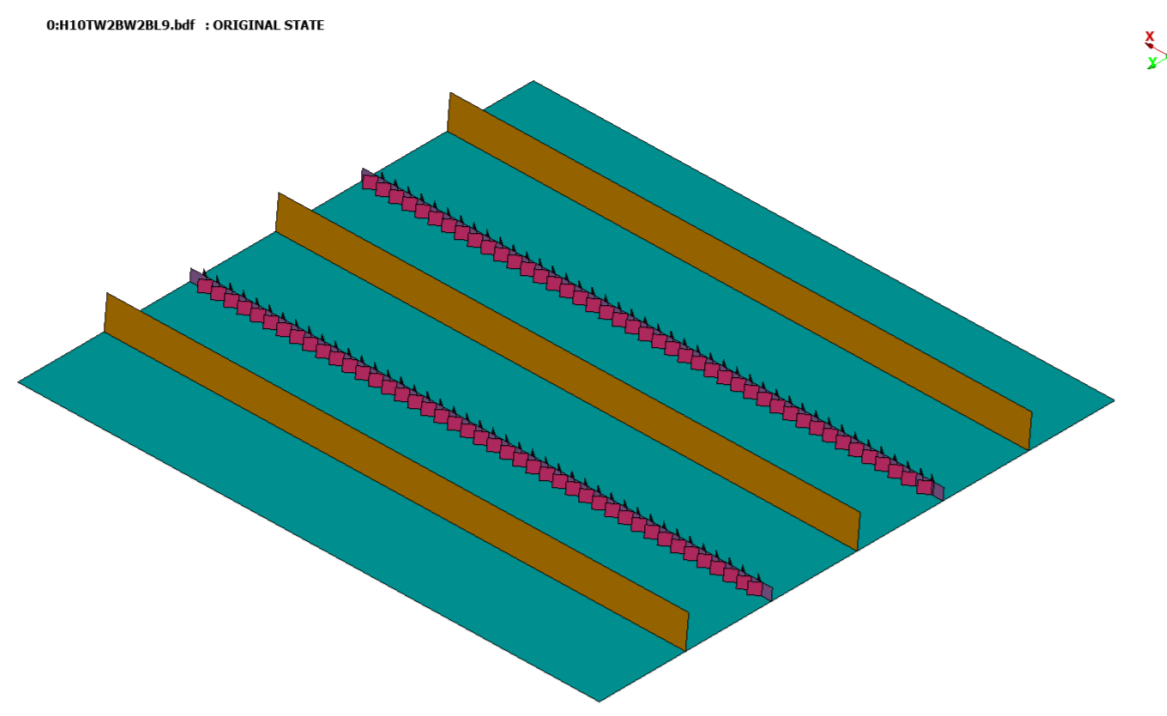


Cíle a motivace práce

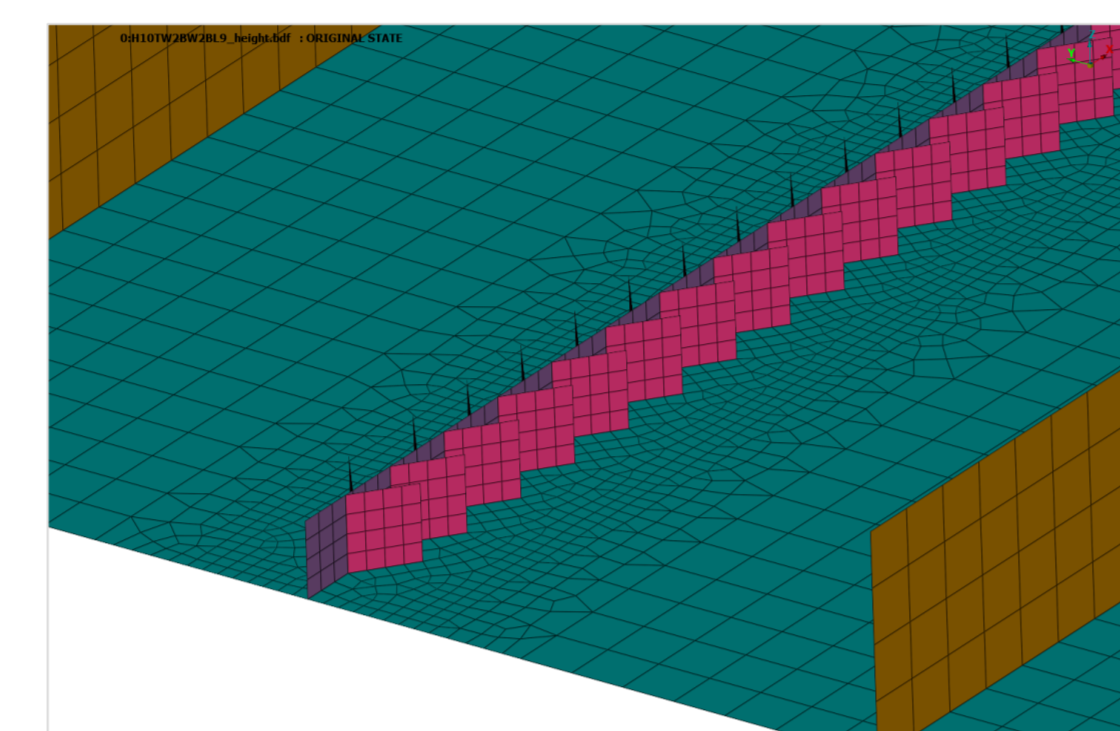
- Úvod do problematiky ztráty stability vyztužených panelů v tlaku
- Přehled způsobů zpomalení a zastavení růstu trhliny a konstrukčních řešení
- Tvorba modelů vyztuženého integrálního panelu se zastavovači růstu trhliny
- Vyhodnocení výsledků z výpočtů pomocí metody konečných prvků
- Zpracování grafů závislosti stability na změně vybraných rozměrových parametrů panelu křídla

Motivace:

- Vhodnou volbou vybraných rozměrových parametrů tzv. bionických zastavovačů růstu trhliny inspirované žilkami listů by mohlo kromě navýšení životnosti v tahu vést i k zvýšení únosnosti vyztuženého panelu křídla v tlaku, umožňující návrh hmotnostně efektivní konstrukce

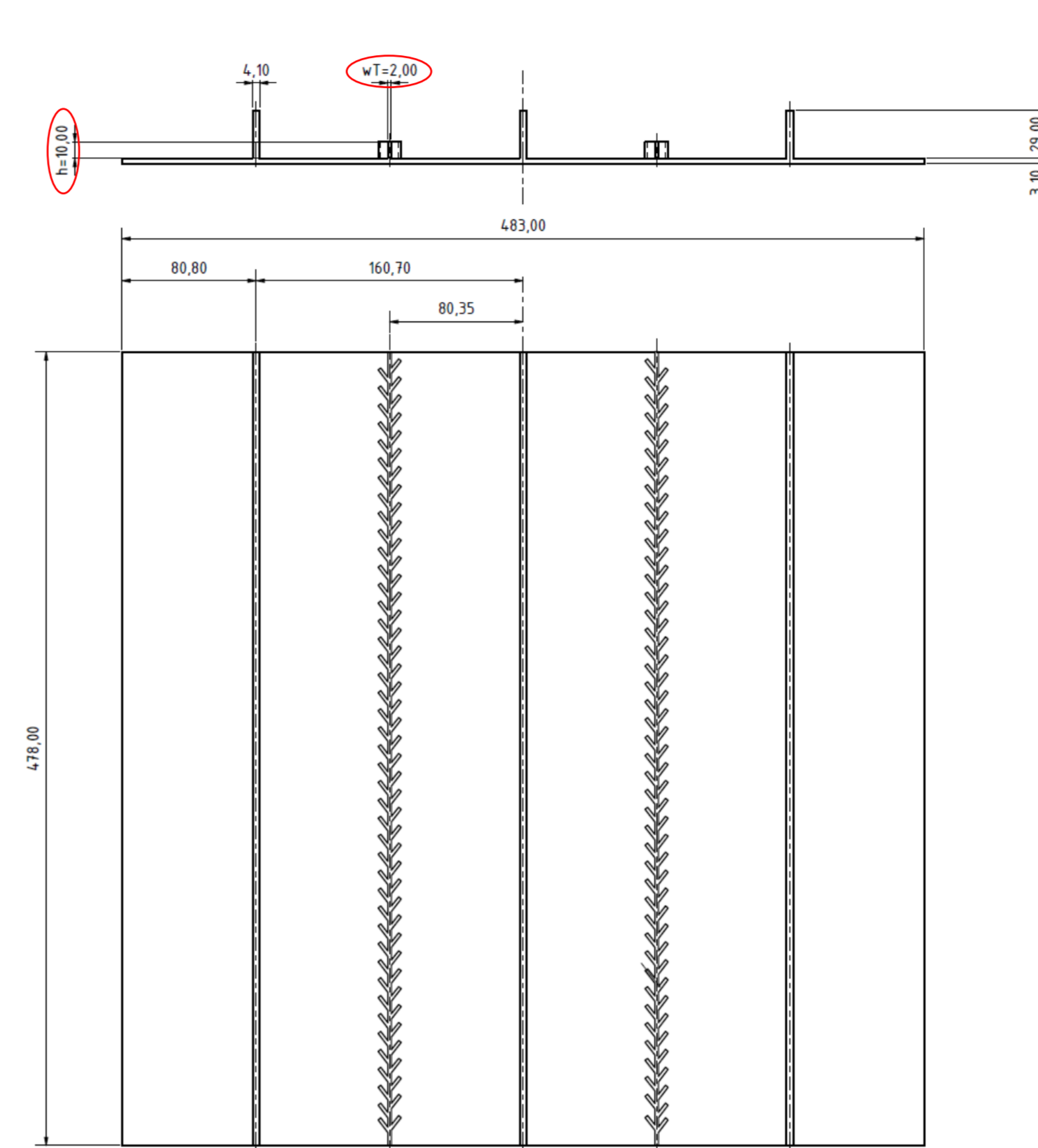


Obr. 1 Geometrie MKP modelu základní varianty

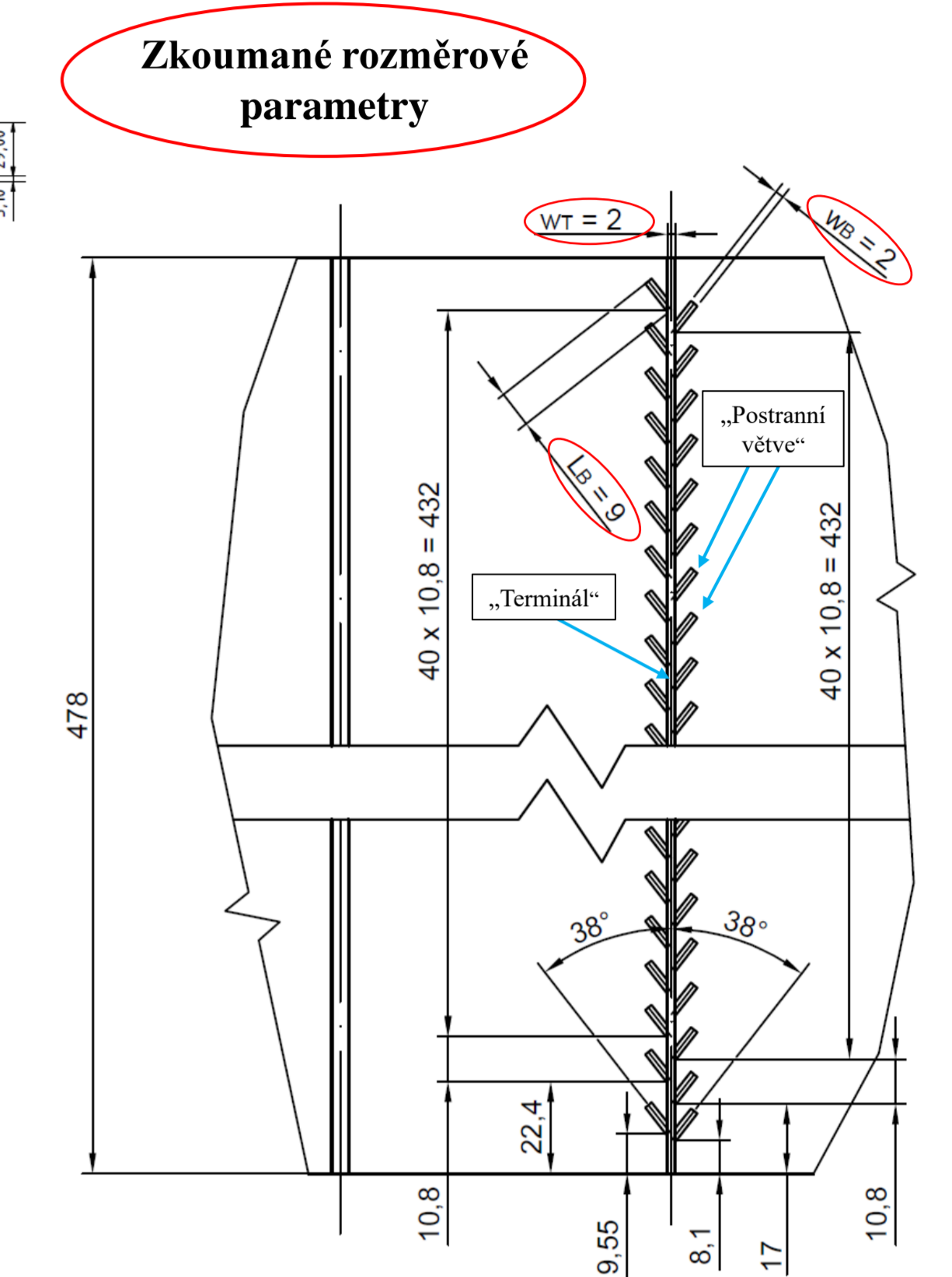


Obr. 2 MKP síť části bionického zastavovače růstu trhliny u základní varianty

Geometrie vyztuženého panelu a zastavovačů růstu trhliny



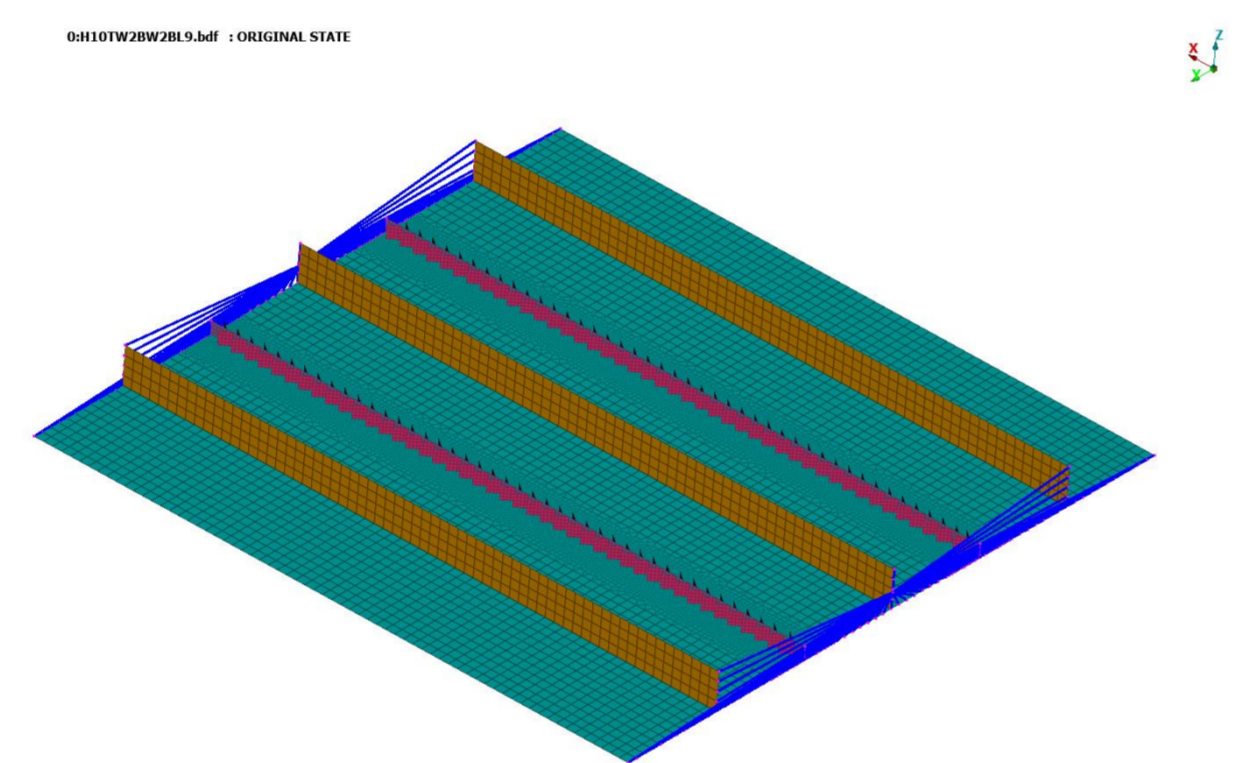
Obr. 3 Výkres základní varianty vyztuženého panelu



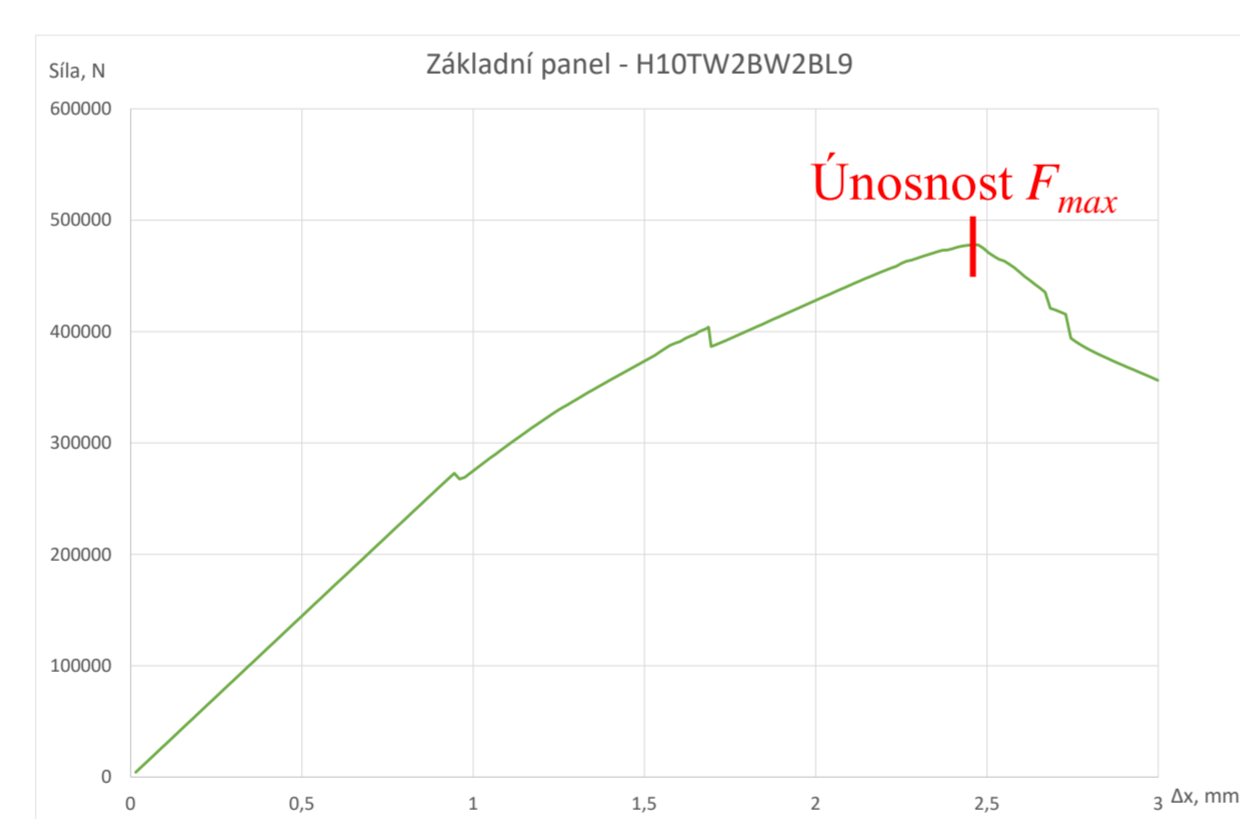
Obr. 4 Výkres geometrie zastavovače růstu trhliny základní varianty

MKP model a výpočet

- Výpočet v MSC NASTRAN
- Preprocessor BETA CAE Systems ANSA a Patran
- Postprocessor Patran a BETA CAE Systems META
- Modelován pomocí SHELL elementů
- Nelineární statický výpočet pomocí SOL 106
- Deformační zatěžování s maximálním tlakovým zatížením $\Delta x = -3$ mm
- Okraje kolmé na směr zatěžování vetknuté, zbylé volné
- Okrajové podmínky zavedené pomocí RBE2 elementů
- Bilineární materiálový model (hliníková slitina 7075 T-6)
- Maximální tlaková síla v průběhu zatěžování F_{max} považována za únosnost dané varianty
- Mimo změny zkoumaných rozměrových parametrů počítána i varianta s polovičním počtem „postranních větví“ a varianta se zkrácenou délkou zastavovačů růstu trhliny



Obr. 5 MKP model základní varianty



Obr. 6 Reakční síla při tlakovém deformačním zatěžování základní varianty

Metoda vyhodnocování výsledků – změna tloušťky terminálu w_T

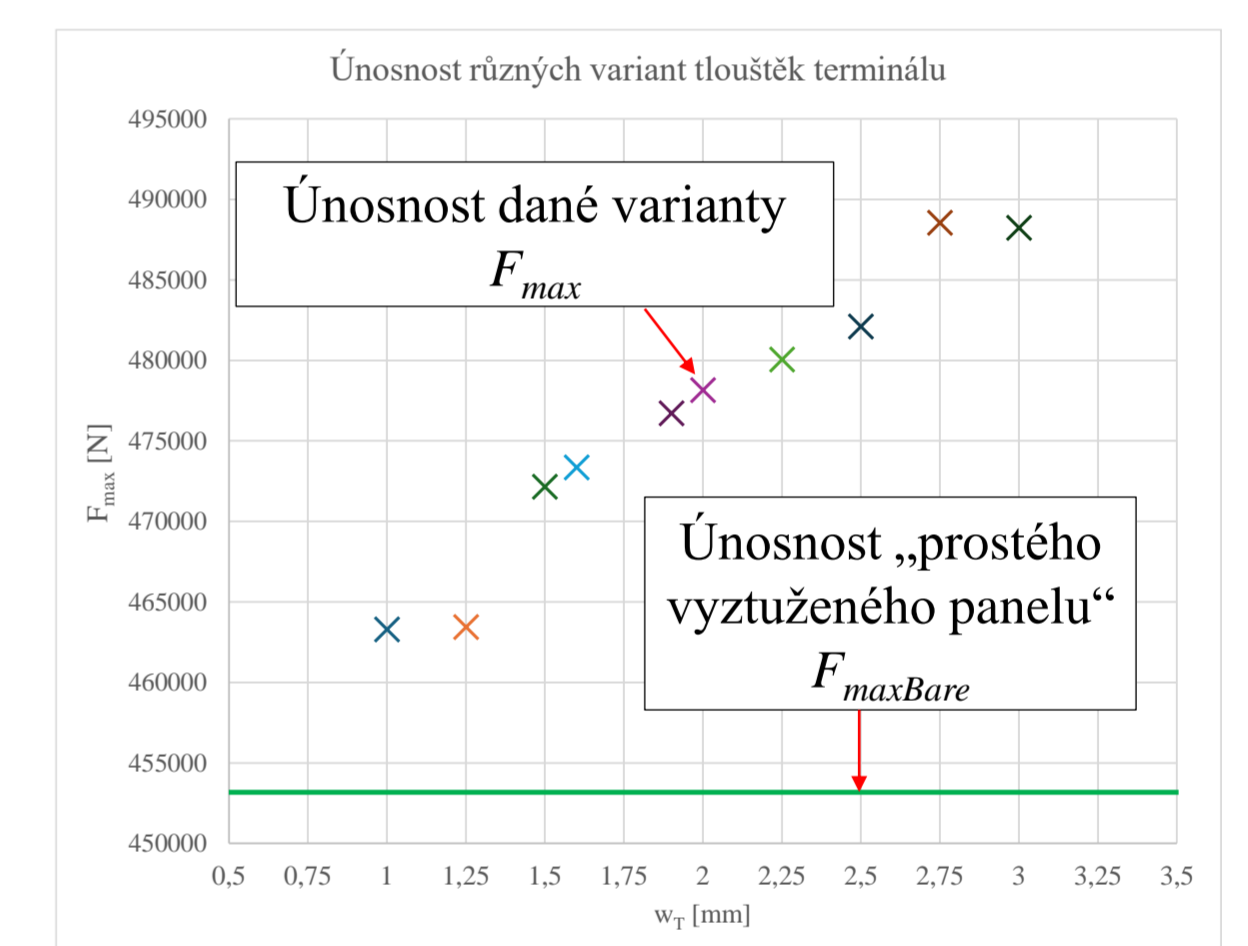
- Únosnost zkoumané varianty vždy srovnávána s únosností tzv. „prostého vyztuženého panelu“, tj. vyztužený panel bez zastavovačů růstu trhliny, ale jinak se shodnou MKP sítí jako daná varianta obsahující zastavovače růstu trhliny

- Sledováno tzv. navýšení únosnosti:

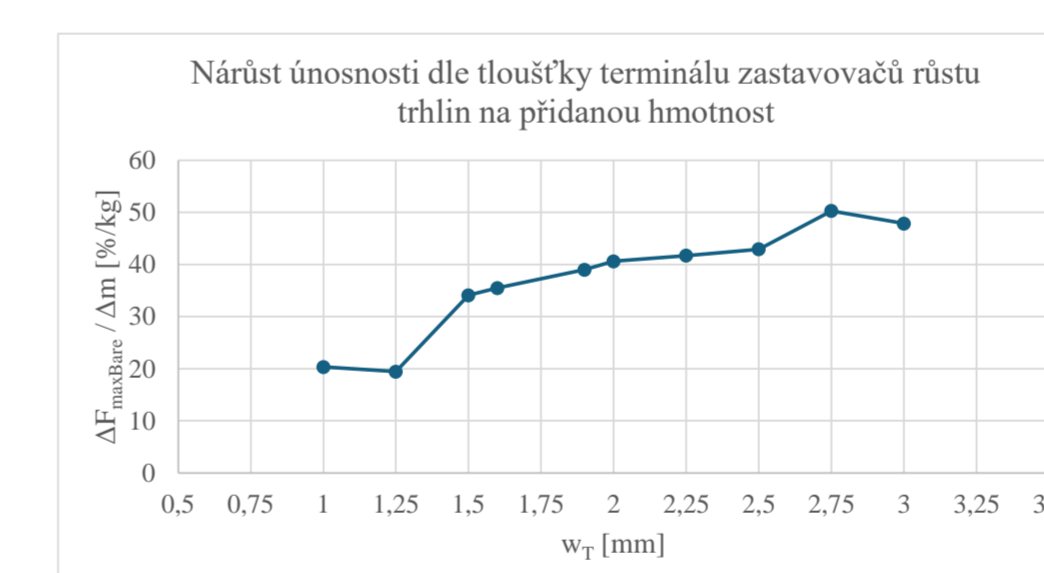
$$\Delta F_{maxBare} = \frac{F_{max} - F_{maxBare}}{F_{maxBare}} \cdot 100\%$$

- Dále sledováno tzv. navýšení únosnosti vztážené na přidanou hmotnost varianty zastavovačů růstu trhliny:

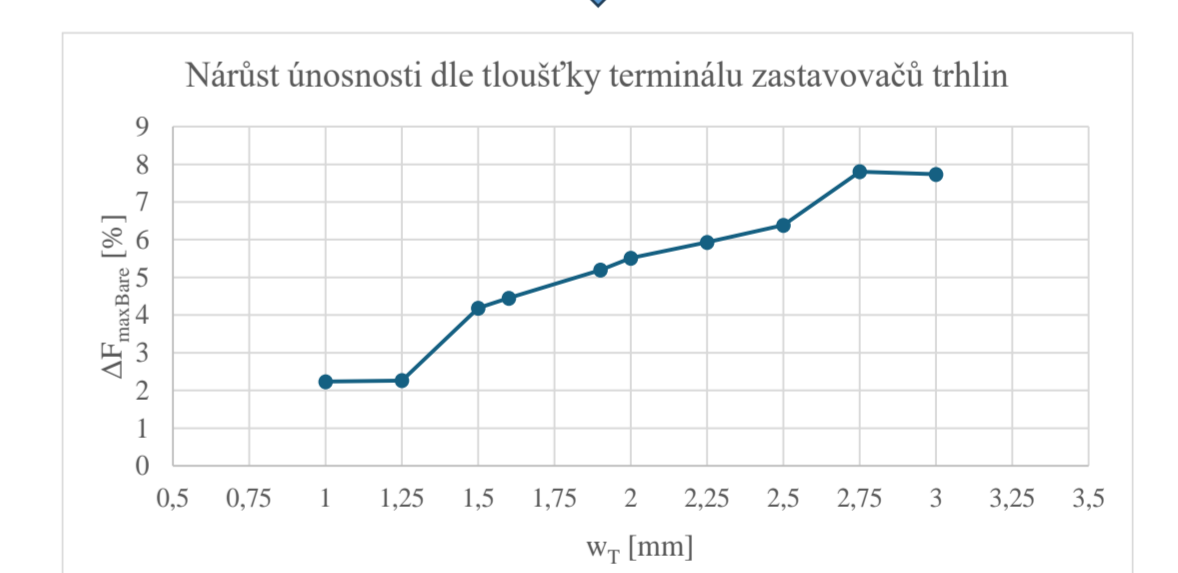
$$\Delta F_{maxBare}/\Delta m = \frac{\Delta F_{maxBare}}{\Delta m} = \frac{F_{max} - F_{maxBare}}{\Delta m} \cdot 100\%$$



Obr. 7 Únosnosti variant se změnou w_T

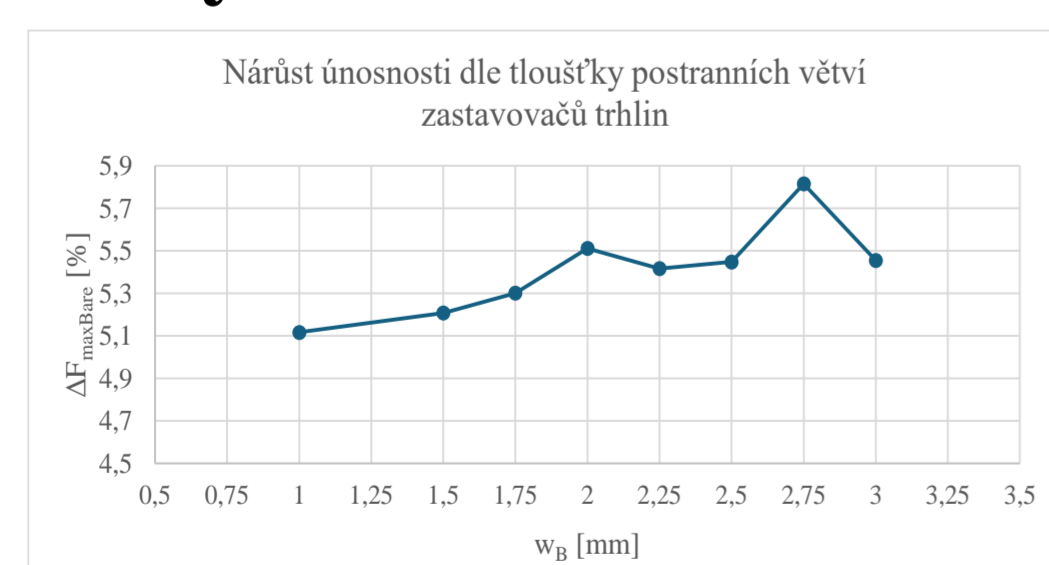


Obr. 9 Navýšení únosnosti na přidanou hmotnost při změně w_T

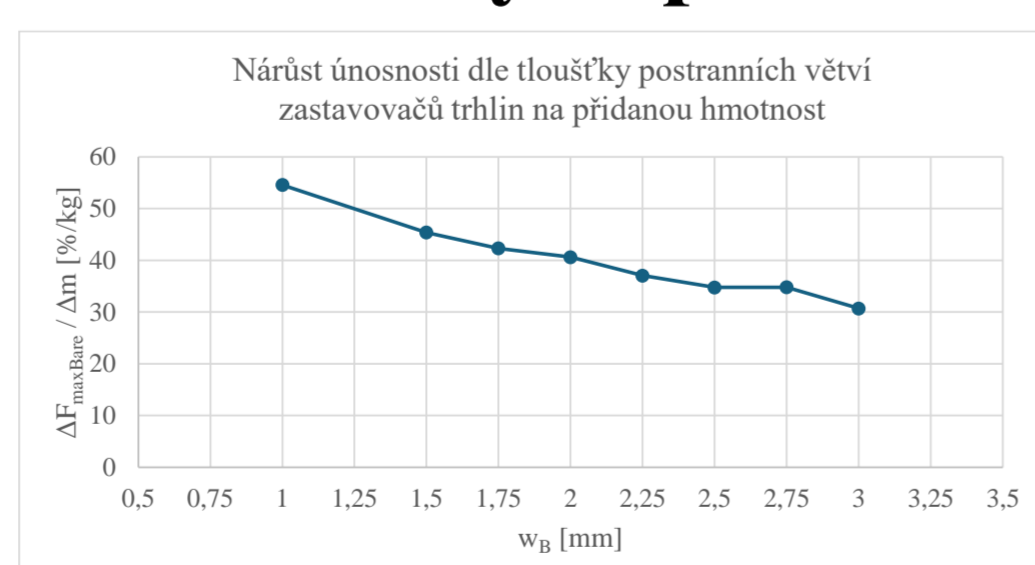


Obr. 8 Navýšení únosnosti při změně w_T

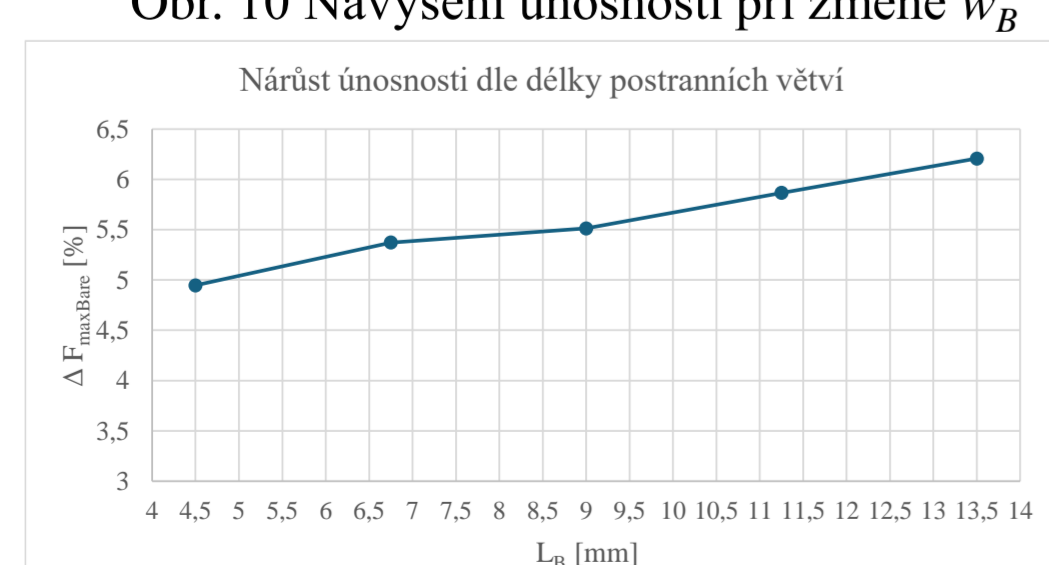
Výsledky změn ostatních zkoumaných rozměrových parametrů



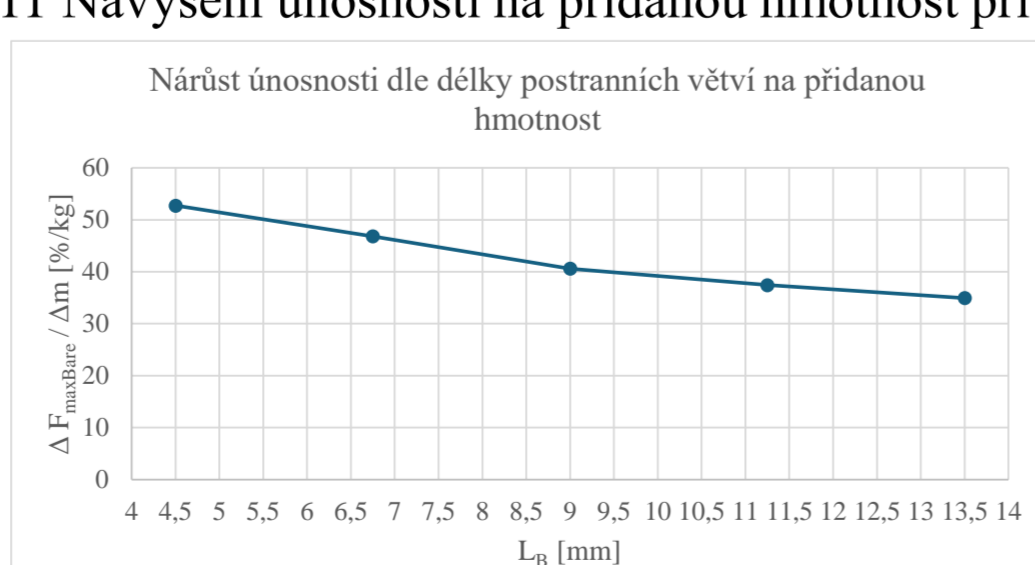
Obr. 10 Navýšení únosnosti při změně w_B



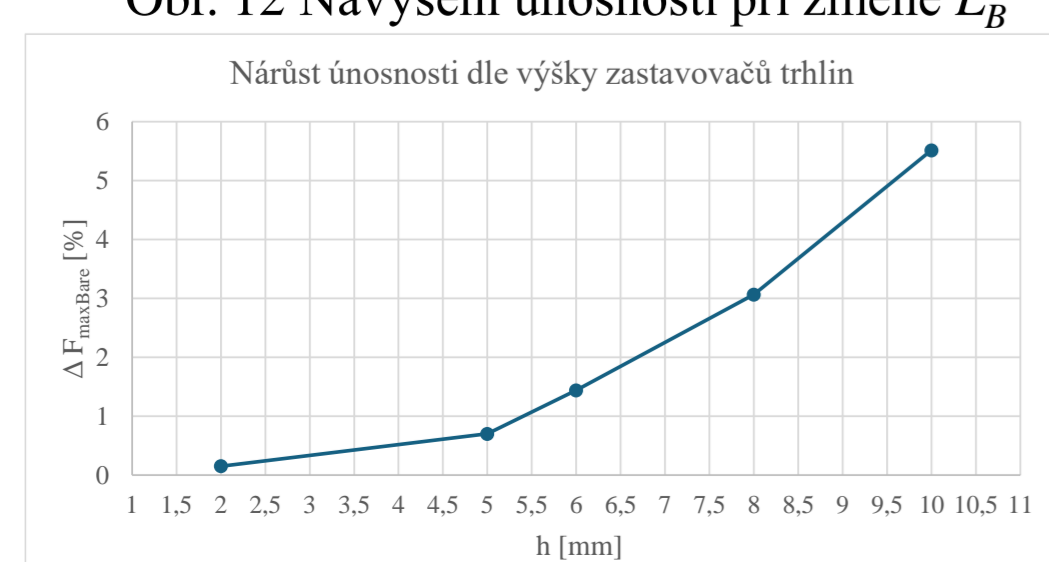
Obr. 11 Navýšení únosnosti na přidanou hmotnost při změně w_B



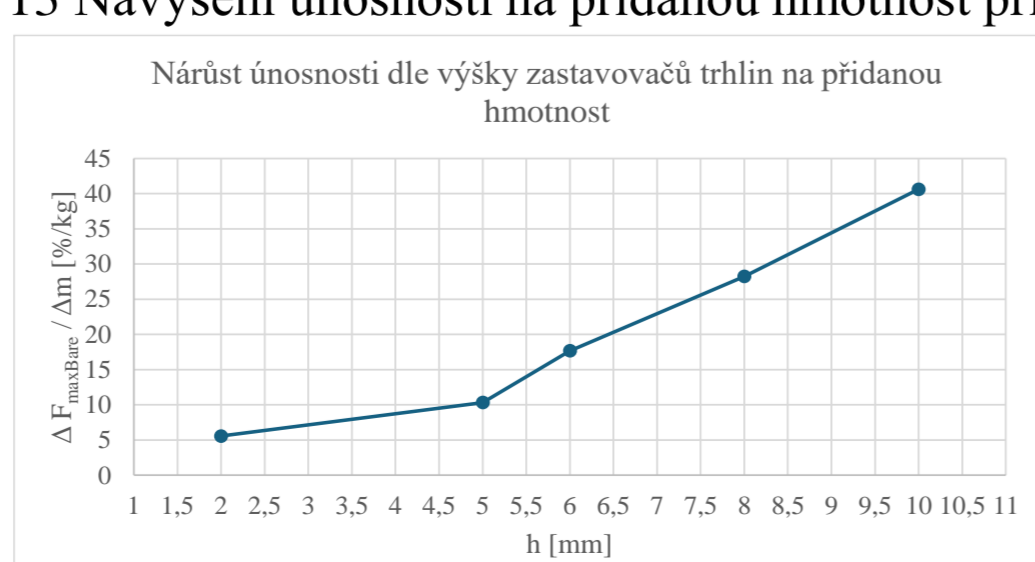
Obr. 12 Navýšení únosnosti při změně L_B



Obr. 13 Navýšení únosnosti na přidanou hmotnost při změně L_B



Obr. 14 Navýšení únosnosti při změně h



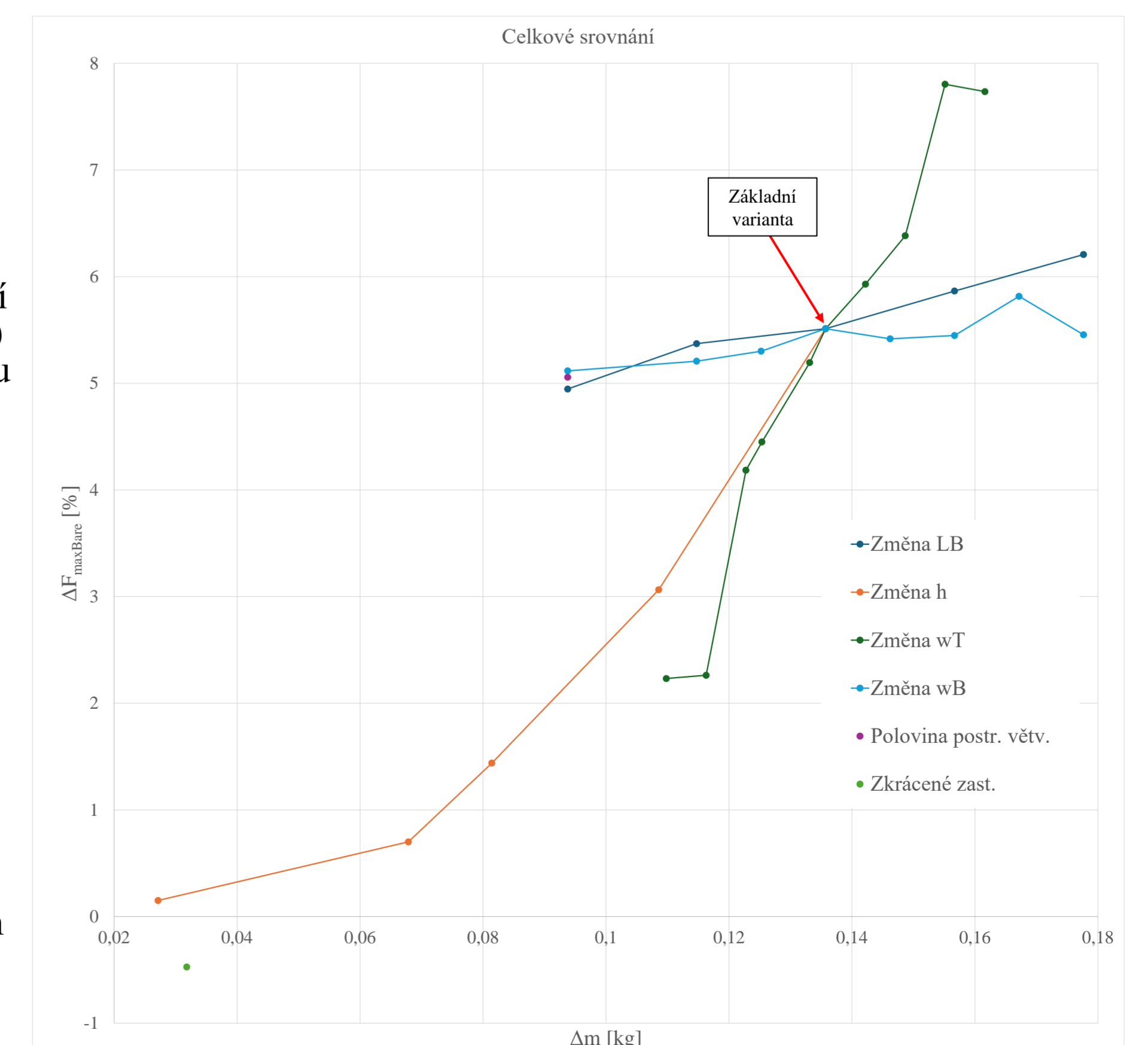
Obr. 15 Navýšení únosnosti na přidanou hmotnost při změně h

Celkové srovnání - Závěr

- Vliv rozměrových parametrů související pouze s „postranními větvemi“ na navýšení únosnosti není příliš významný, zároveň jejich zvyšování vede k významnému navýšení hmotnosti panelu

- Hlavní vliv mají parametry související s „terminálem“ (výška h a tloušťka w_T) jejichž zvyšování vedlo k významnému navýšení únosnosti a jejich snižování naopak vedlo k významným ztrátám navýšení únosnosti

- V případě zjištění pozitivního vlivu zkoumaného typu bionických zastavovačů růstu trhliny na zvýšení únavové životnosti v tahu by bylo vhodné pro hmotnostně efektivní zvyšování tlakové únosnosti hledat vhodnou konfiguraci pomocí variací rozměrových parametrů „terminálu.“ Rozměrové parametry „postranních větví“ by pak měly být voleny v nejmenších hodnotách, které zároveň zachovávají pozitivní efekt navýšení únavové životnosti v tahu



Obr. 16 Nárůst únosnosti jednotlivých zkoumaných variant