

Optimalizace příhradových konstrukcí

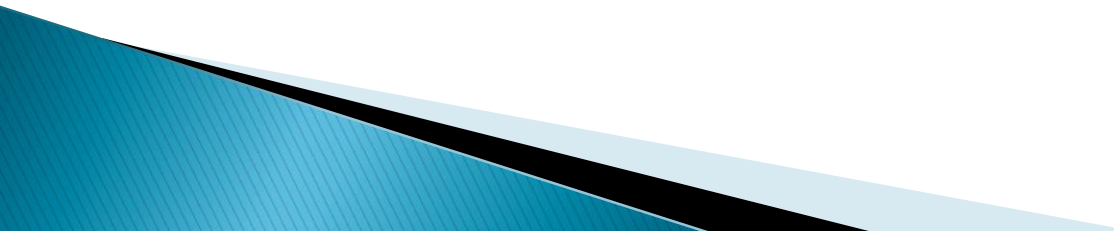
Martin Turek

2. Ročník

Stavební Inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Karel Mikeš

Cíle práce

- ▶ Algoritmizace ODM
 - ▶ Využití metody VaM
 - ▶ Optimalizace hmotnosti
 - ▶ Sestavení ekvivalentní úlohy optimalizace poddajnosti
- 

Proč optimalizovat?



Proč optimalizovat?



Obecná deformační metoda

- ▶ 1) sestavení lokální matice tuhosti

$$\chi^l = K^l \cdot u^l$$

- ▶ 2) sestavení globální matice tuhosti

- ▶ 3) vyřešení soustavy

$$\chi^{\text{glob}} = K^{\text{glob}} \cdot u^{\text{glob}}$$

- ▶ 4) výpočet normálových sil

Optimalizace

- ▶ Diskrétní
- ▶ Spojitá

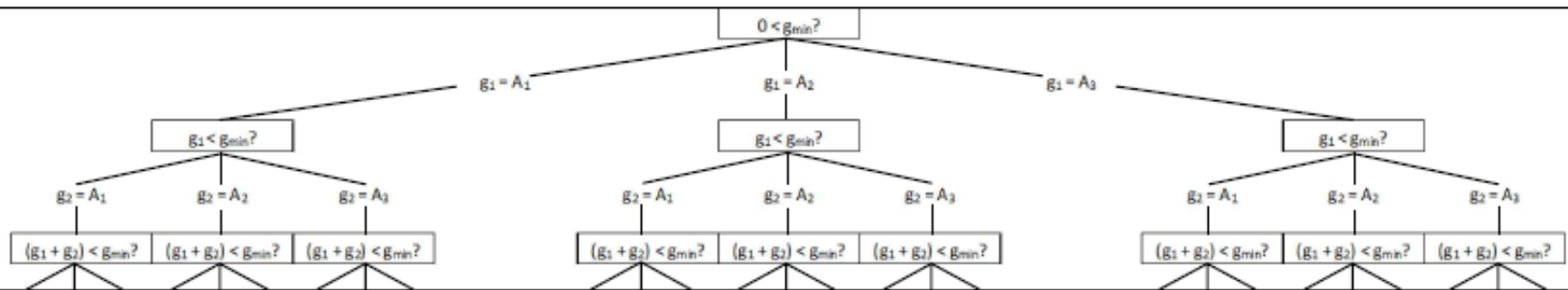
$$f(x_{opt}) \stackrel{\mathcal{H}}{\leq} f(x)$$

- ▶ Metody: VaM, Hrubé síly, Active-set, Sqp, genetické algoritmy, ...

Optimalizace příhradové kc

- ▶ diskrétní – kombinace průřezů prutů
- ▶ omezení:
 - únosnost
 - hmotnost, hospodárnost
 - poddajnost

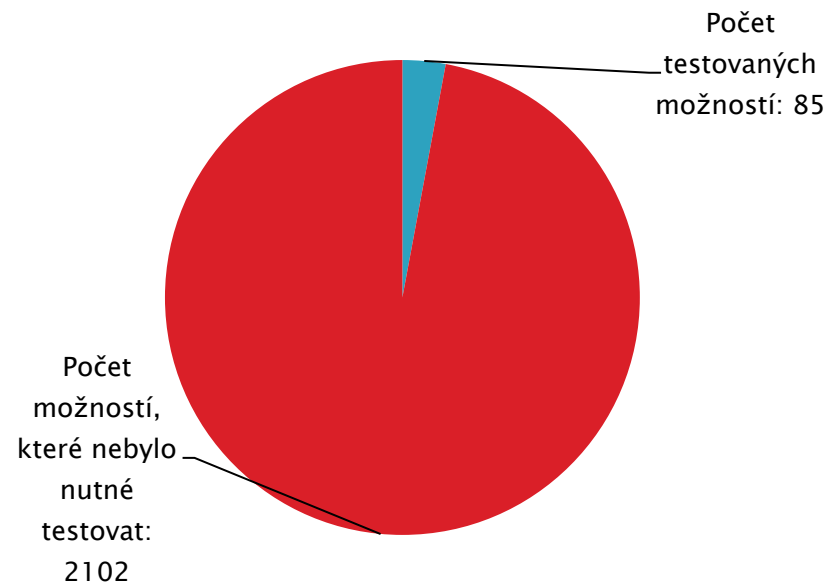
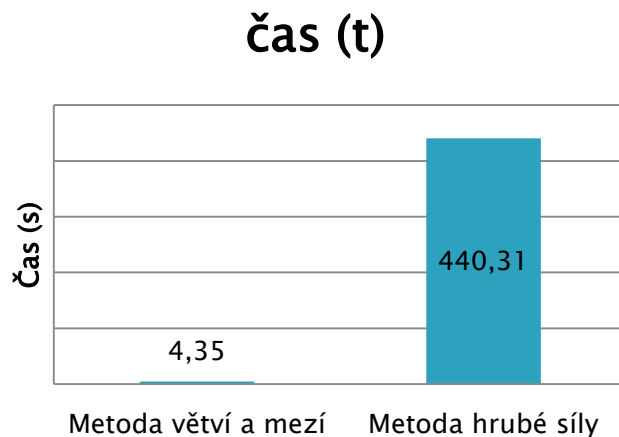
Metoda větví a mezí



Optimalizace hmotnosti

- ▶ Cílová funkce
 - Min. hmotnost
- ▶ Omezující podmínky
 - únosnost

$$\min_g \sum_{i=1}^n m_i$$



u1= 0.999999999999998 w1= 1.8485281374238538 u2= 0.1999999999999954 w2= 1.848528137423853 u4= 0.5999999999999985 w4= 2.5313708498984715
F12= -59.99999999999886 F13= -63.63961030678917 F14= 21.213203435596373 F42= 21.213203435596466 F25= -63.63961030678913 F34= 44.9999999999989 F
A12 = 600 A13 = 600 A14 = 600 A42 = 600 A25 = 600 A34 = 600 A45 = 600
Optimální hmotnost = 109.80756703021824

u1= 1.0750000000000013 w1= 1.9235281374238593 u2= 0.2750000000000006 w2= 2.0735281374238603 u4= 0.6000000000000005 w4= 2.681370849898479
F12= -60.00000000000006 F13= -63.639610306789336 F14= 21.213203435596395 F42= 21.213203435596395 F25= -63.63961030678944 F34= 45.00000000000004 F
A12 = 600 A13 = 600 A14 = 600 A42 = 600 A25 = 600 A34 = 600 A45 = 400
Optimální hmotnost = 103.52756703021824

u1= 1.2999999999999985 w1= 2.1485281374238543 u2= 0.499999999999997 w2= 2.748528137423855 u4= 0.599999999999995 w4= 3.1313708498984716
F12= -59.9999999999999 F13= -63.639610306789166 F14= 21.21320343559635 F42= 21.213203435596252 F25= -63.63961030678923 F34= 44.9999999999964 F
A12 = 600 A13 = 600 A14 = 600 A42 = 600 A25 = 600 A34 = 600 A45 = 200
Optimální hmotnost = 97.24756703021824

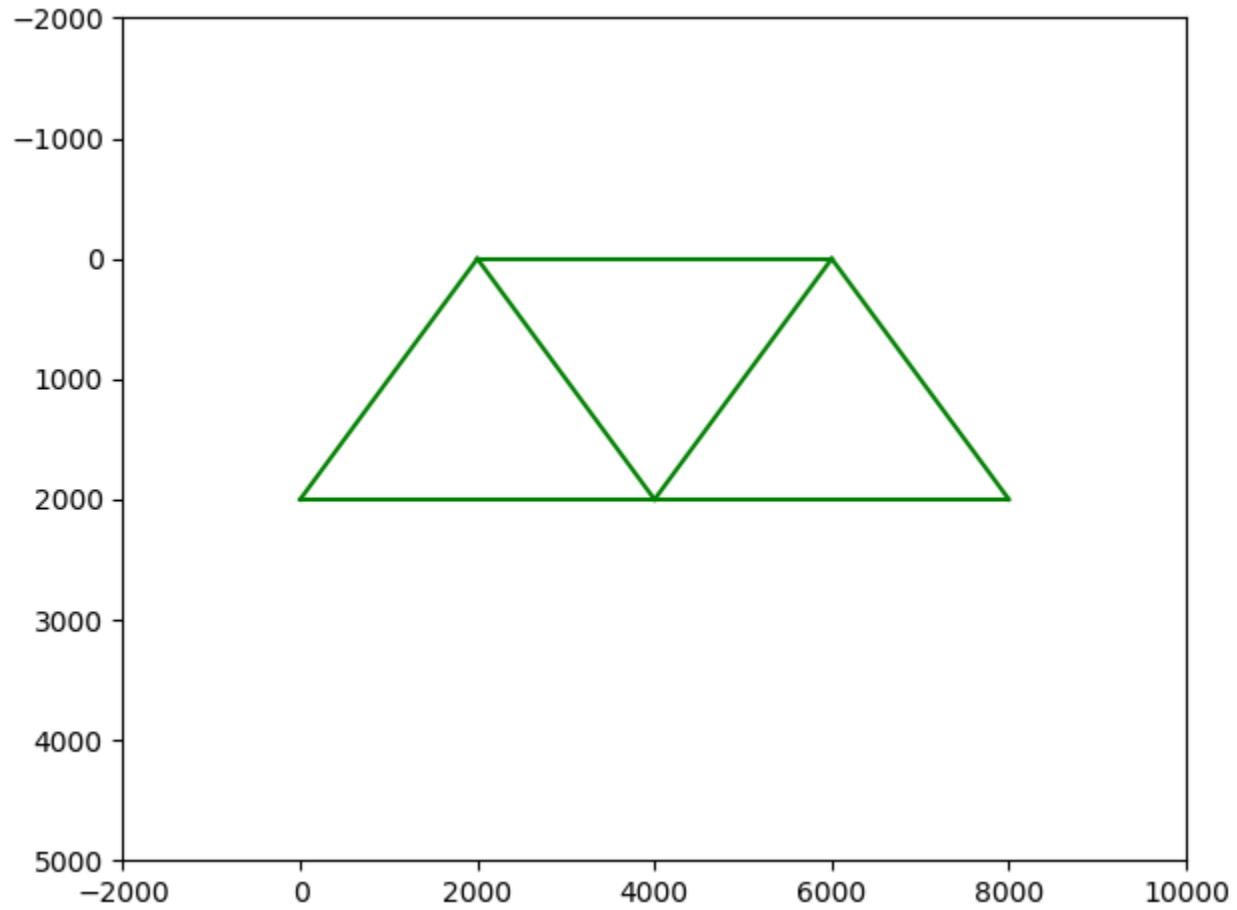
u1= 1.5249999999999937 w1= 2.3735281374238473 u2= 0.7249999999999979 w2= 2.823528137423845 u4= 0.8999999999999959 w4= 3.2813708498984613
F12= -59.9999999999969 F13= -63.639610306788995 F14= 21.213203435596206 F42= 21.213203435596395 F25= -63.639610306789116 F34= 44.99999999999794
A12 = 600 A13 = 600 A14 = 600 A42 = 600 A25 = 600 A34 = 400 A45 = 200
Optimální hmotnost = 90.96756703021823

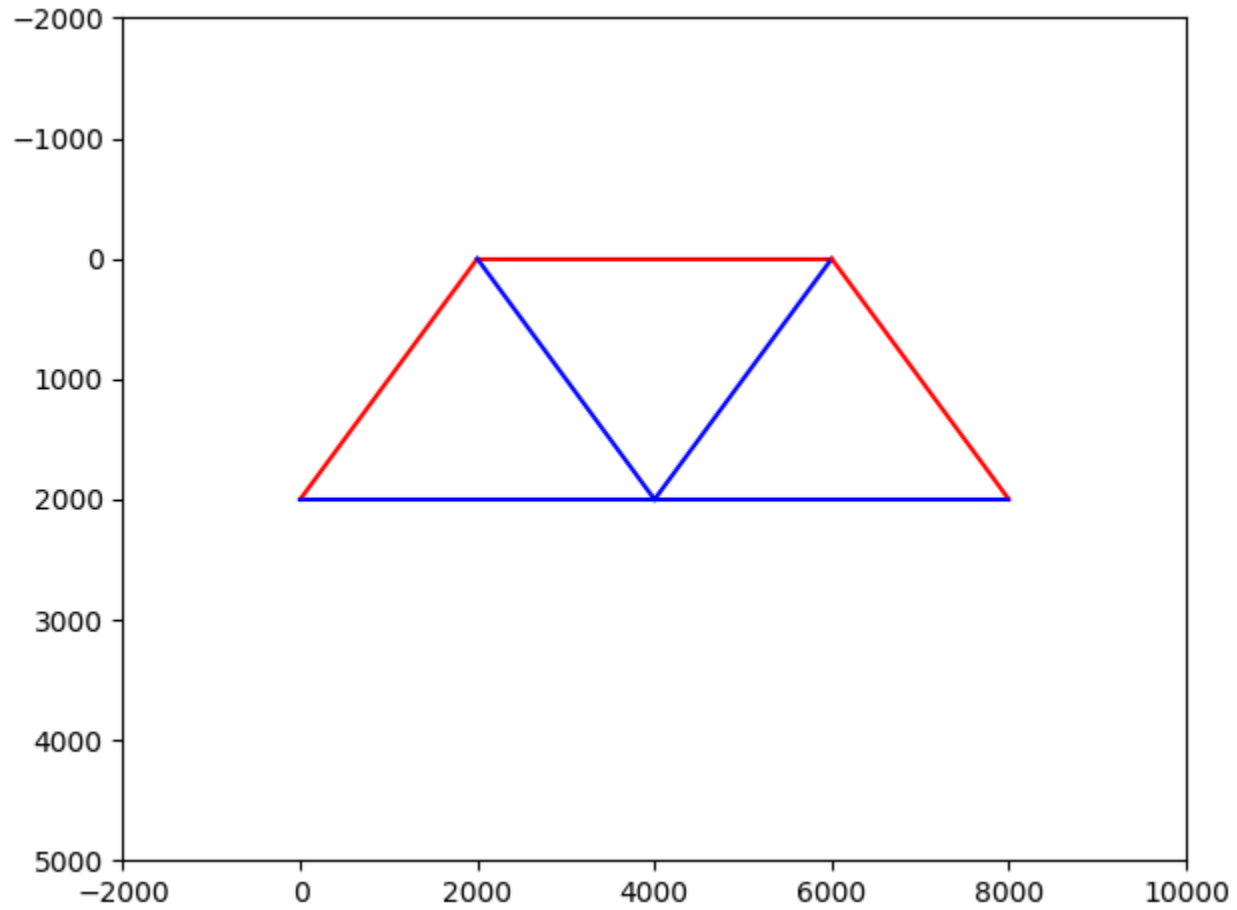
u1= 2.7000000000000001 w1= 5.245584412271575 u2= 0.30000000000000054 w2= 4.645584412271574 u4= 1.799999999999998 w4= 6.9941125496954335
F12= -60.00000000000001 F13= -63.63961030678935 F14= 21.213203435596384 F42= 21.21320343559651 F25= -63.63961030678932 F34= 44.99999999
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A42 = 200 A25 = 200 A34 = 200 A45 = 600
spadlo to :(

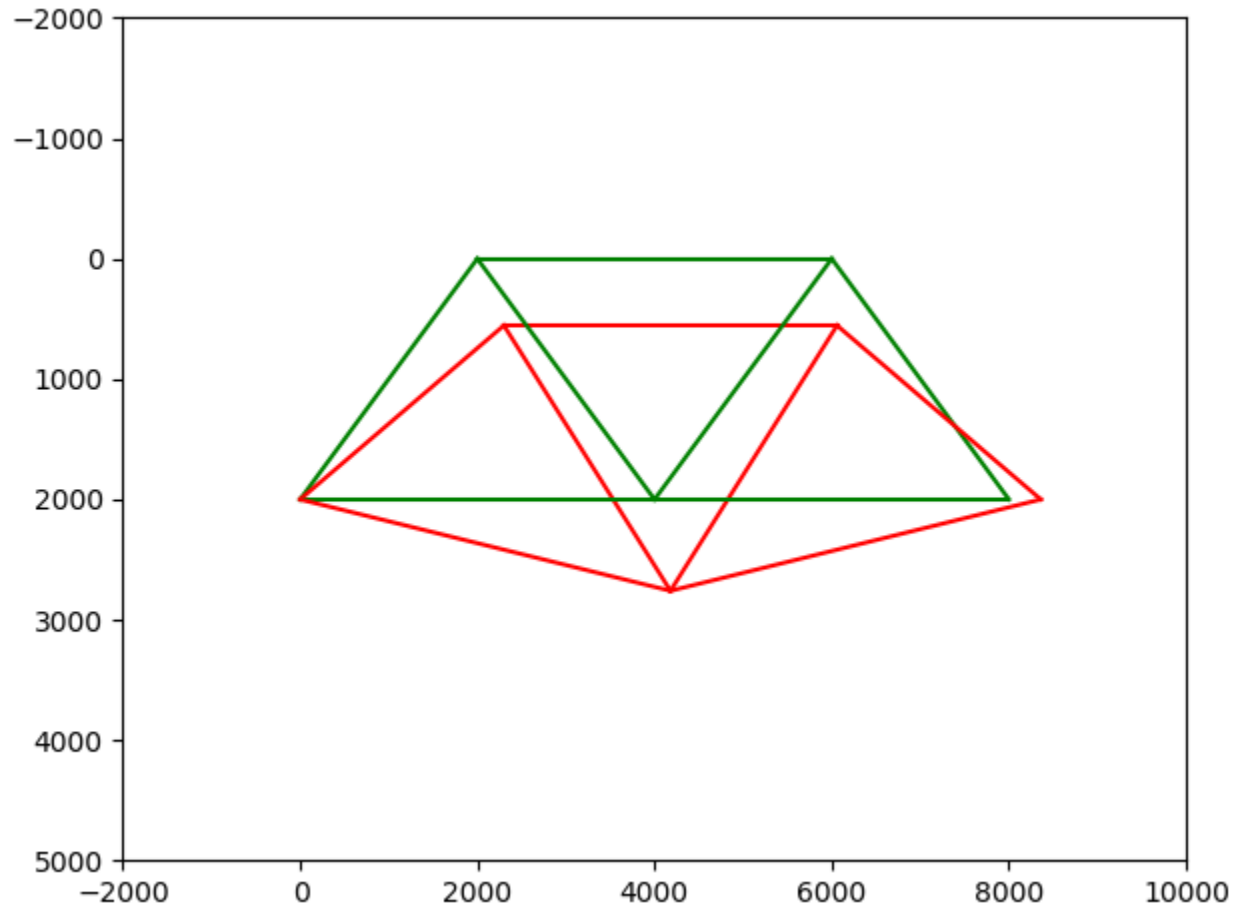
u1= 2.7749999999999932 w1= 5.32058441227156 u2= 0.3749999999999987 w2= 4.87058441227156 u4= 1.7999999999999956 w4= 7.144112549695413
F12= -59.99999999999865 F13= -63.63961030678917 F14= 21.213203435596384 F42= 21.213203435596412 F25= -63.639610306789116 F34= 44.999999
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A42 = 200 A25 = 200 A34 = 200 A45 = 400
spadlo to :(

u1= 2.9999999999999982 w1= 5.545584412271568 u2= 0.6000000000000001 w2= 5.545584412271566 u4= 1.799999999999996 w4= 7.594112549695421
F12= -59.9999999999995 F13= -63.639610306789244 F14= 21.213203435596352 F42= 21.213203435596384 F25= -63.639610306789145 F34= 44.999999
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A42 = 200 A25 = 200 A34 = 200 A45 = 200
spadlo to :(

čas = 25.22210955619812
Optimální hmotnost = 51.76378351510912





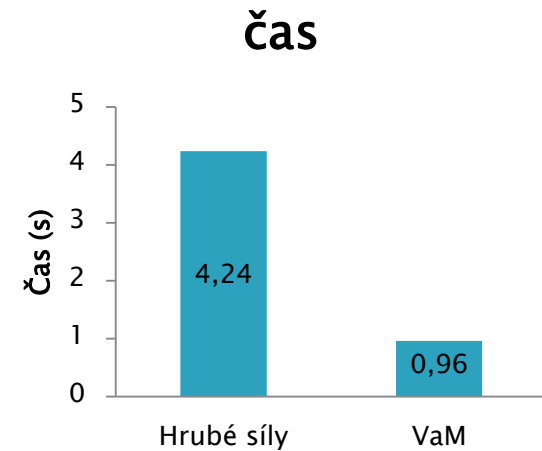


Optimalizace poddajnosti

- ▶ Cílová funkce
 - min. poddajnost

$$\min_g (u^T \cdot f)$$

- ▶ Omezující podmínky
 - únosnost
 - max. hmotnost



O. P. – ekvivalentní úloha

$$\min_g u^T f \Leftrightarrow \min_g f^T C f$$

$$\min_g f^T C f \Leftrightarrow \min_{g,t} t$$

K(g)	f	≥ 0
f ^T	t	

O. P. – potvrzení semi-definitnosti

$$\lambda_1 = \text{PI}(A)$$

$$B = A - I * \lambda_1$$

$$\lambda_2 = \text{PI}(-B)$$

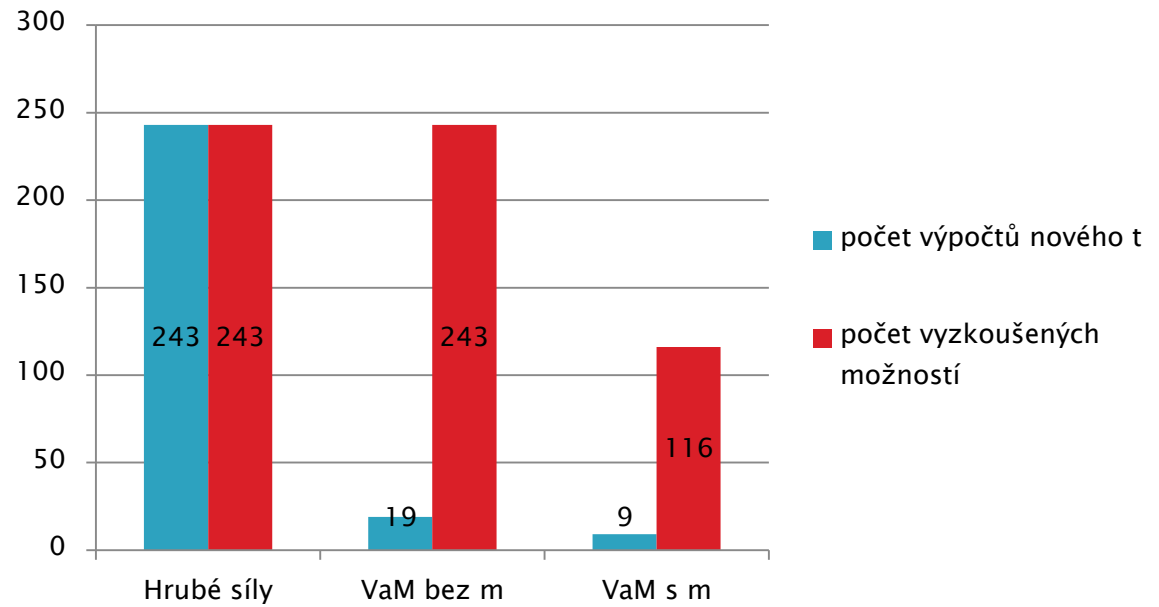
$$\lambda_n = \lambda_1 - \lambda_2$$

O. P. – parametr t v metodě VaM

$$t = t_1 - (t_2 - t_1) * d_1 / (d_2 - d_1)$$

▶ parametry:

- $t_1 = -1000$
- $t_2 = 10\,000$



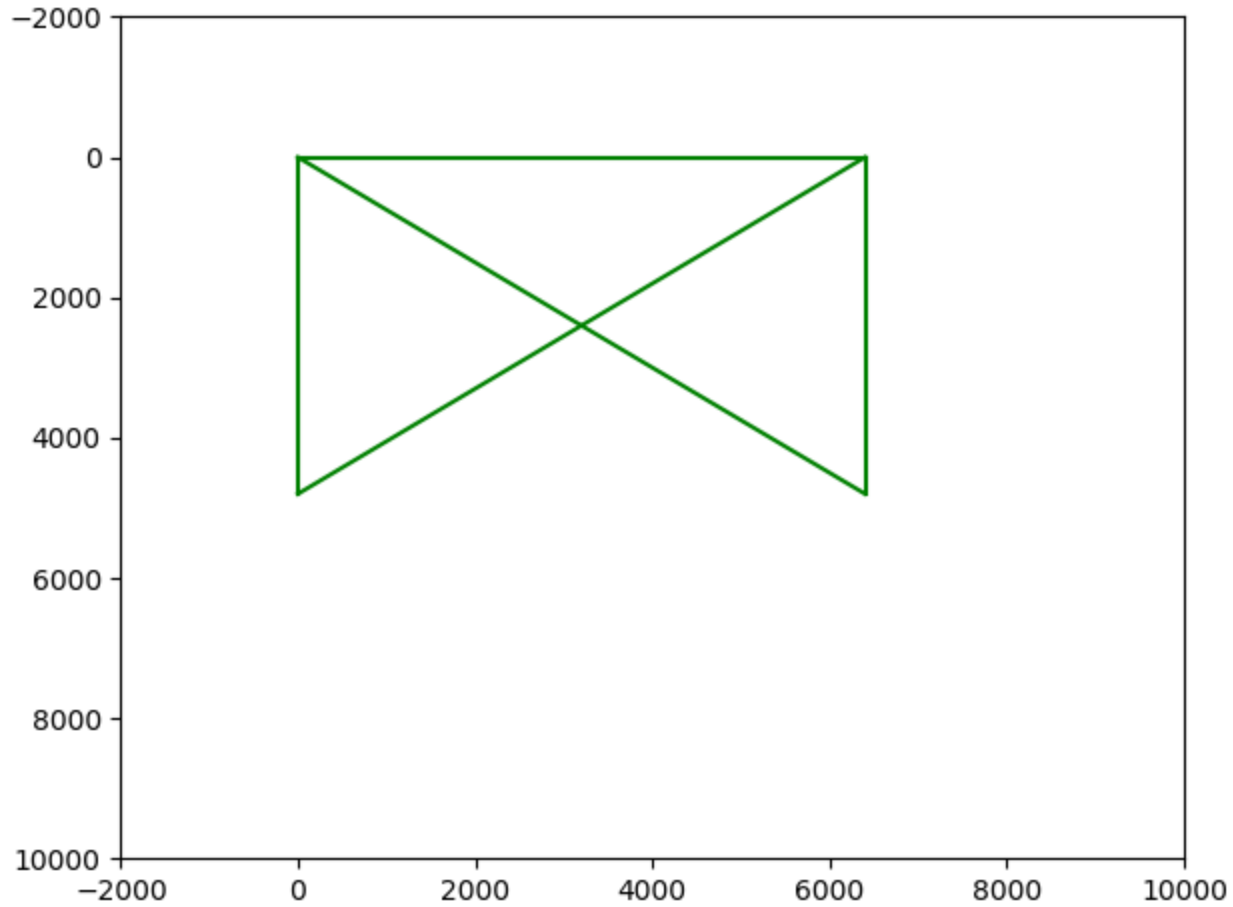
Optimalizace poddajnosti

```
parametr toptimal= 9999999999
vlastní číslo= 9999999999.0
nejmenší vlastní číslo= 0.03333282470703125
ul= 2.0817391304347823 wl= -0.4930434782608697 u2= 1.678260869565218 w2= 1.186956521739131
F1= -6.304347826086944 F2= 10.271739130434785 F3= -17.1195652173913 F4= 7.880434782608697 F5= -24.72826086956
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A23 = 200 A24 = 200
nej optimal= 65.37391304347827
parametr t= 32686.956521739143
```

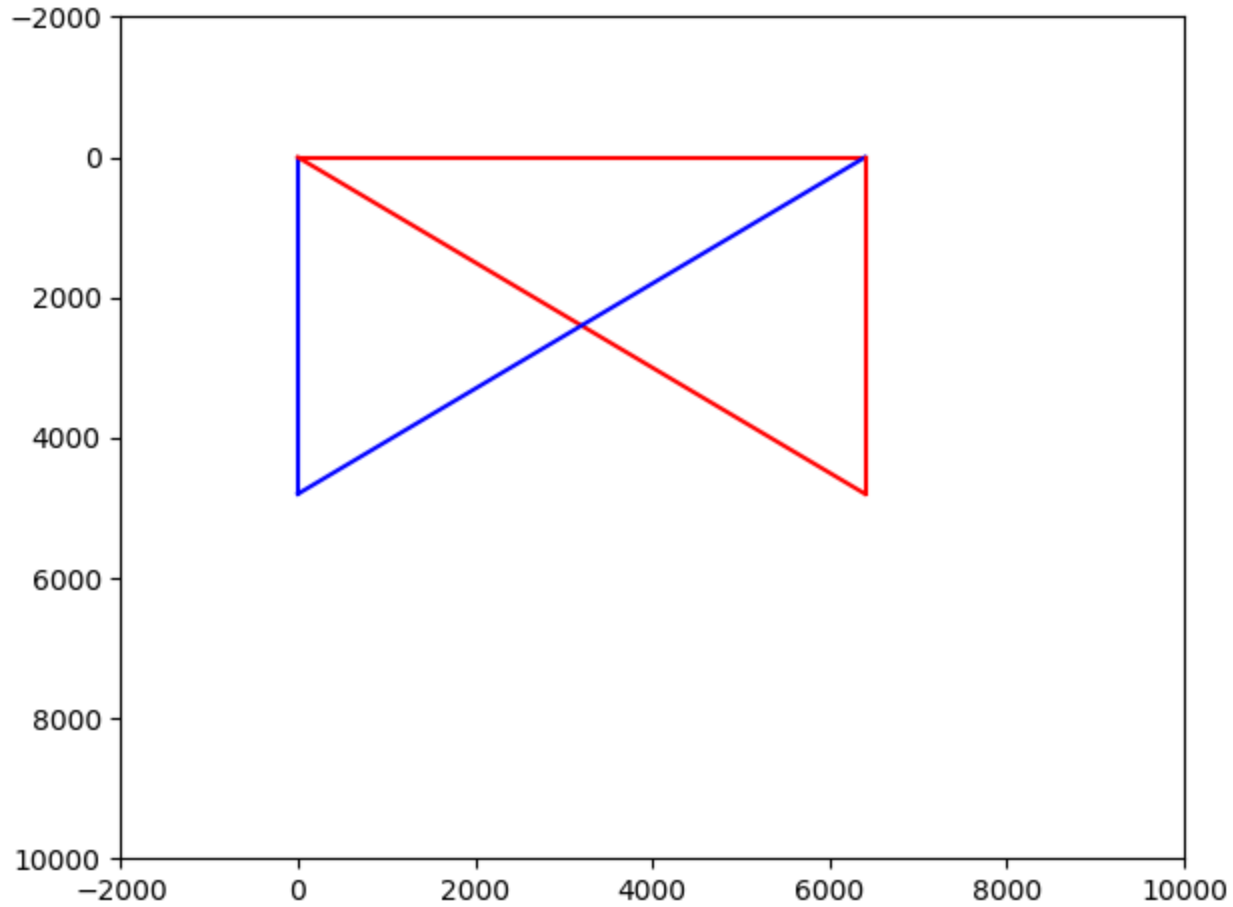
```
parametr toptimal= 32686.956521739143
vlastní číslo= 32686.980996367387
nejmenší vlastní číslo= 0.031513714744505705
ul= 1.8908885754583926 wl= -0.4478420310296193 u2= 1.4070521861777154 w2= 0.6160789844851906
F1= -7.559943582510581 F2= 9.330042313117067 F3= -15.55007052186178 F4= 9.449929478138225 F5= -25.66995768688
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A23 = 200 A24 = 400
nej optimal= 50.139351198871665
parametr t= 25069.67559943583
```

```
parametr toptimal= 25069.67559943583
vlastní číslo= 25069.707510573666
nejmenší vlastní číslo= 0.03820696806360502
ul= 1.8240000000000005 wl= -0.4320000000000002 u2= 1.3120000000000007 w2= 0.4160000000000002
F1= -7.9999999999999964 F2= 9.0000000000000004 F3= -15.000000000000005 F4= 10.000000000000005 F5= -26.00000000
A12 = 200 A13 = 200 A14 = 200 A23 = 200 A24 = 600
nej optimal= 44.800000000000001
parametr t= 22400.000000000015
```

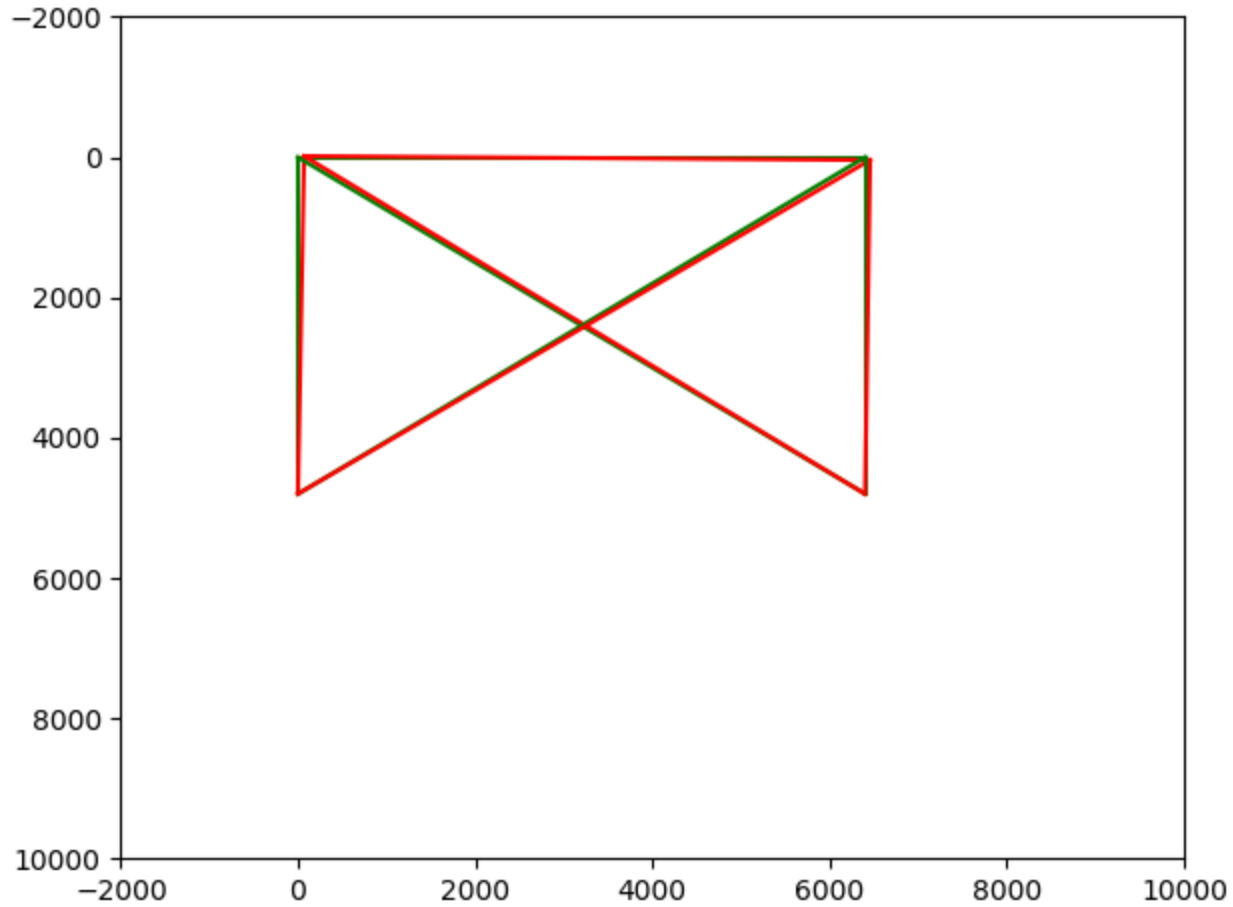
Optimalizace poddajnosti



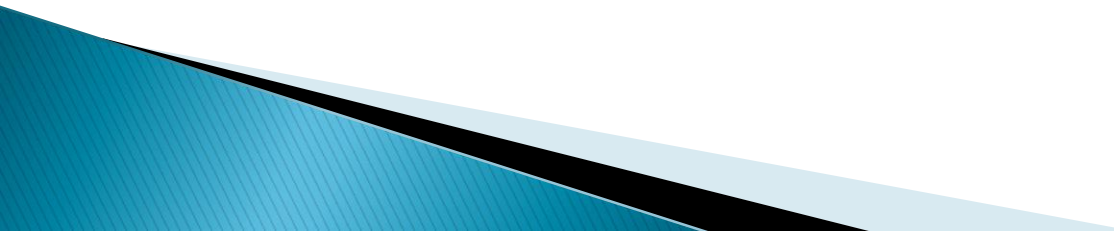
Optimalizace poddajnosti



Optimalizace poddajnosti



Závěr

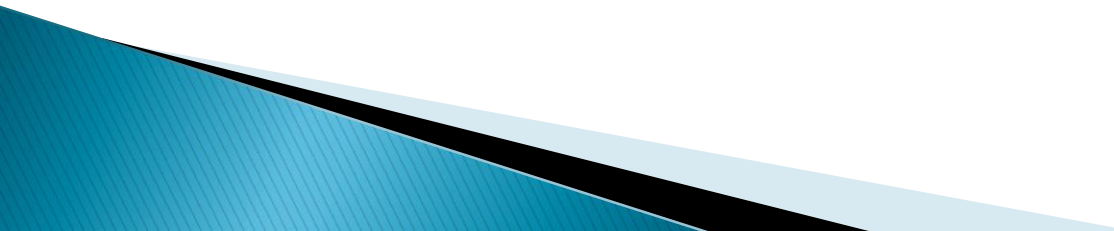
- ▶ Algoritmizace ODM pro příhradové kc.
 - ▶ Optimalizace hmotnosti kc. metodou VaM
 - ▶ Nalezení a otestování parametru t , jakožto ekvivalentního parametru pro úlohu poddajnosti kc. metodou VaM
- 

Poděkování

Ing. Karel Mikeš

Doc. Ing. Jan Zeman, Ph.D.

Sofia Shashorina



Děkuji za pozornost

