

# **Srovnání konstrukce krovu rodinného domu při použití krytiny GERARD a betonové krytiny**

## **1. Úvod**

Podklady použité pro srovnání:

- ČSN 730035 Zatížení stavebních konstrukcí,
- ČSN 731701 Dřevěné konstrukce - navrhování.

Jedná se o rodinný dům s půdorysným rozměrem 12,9 m x 13,5 m se sedlovou střechou sklonu 38°. Délka krokve je 8,15 m, výška střechy je 5 m. Krov má vaznicovou konstrukci. Jednotlivé prvky krovu jsou navrženy dle zvyklostí a konstrukčních zásad.

Na domku bude použito nosných štítových zdí a podkroví bude využíváno pro obytné účely. Předpokládáme, že spotřeba řeziva na doplňkové prvky střechy bude pro oba typy krytiny stejná.

Pro oba typy krytiny jsou navrženy a posouzeny krokve, latě, vaznice a sloupky. Z dokumentace není zřejmé, která z vaznic je pozednicí, proto je posouzena nejvíce zatížená vaznice, podepřená sloupky.

## 2. Výpočet pro krytinu GERARD®

Zatížení	Normové (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_t$	Extrémní (kN/m <sup>2</sup> )
Krytina GERARD	0,07	1,1	0,08
Latě	0,02	1,2	0,03
Hydroizolace	0,01	1,1	0,01
Vistemat 350, 100 mm	0,35	1,1	0,39
Sádrokarton, podhled	0,27	1,1	0,30
<b>Celkem stálé zatížení</b>	<b>0,72</b>		<b>0,81</b>
Sníh 1. SO	0,5	1,4	0,69
Vítr 4. VO	0,20	1,2	0,24
<b>Celkem nahodilé zatížení</b>	<b>0,7</b>		<b>0,93</b>

### • Krokve

Jde o krokve rozměru 80 x 120 mm, vzdálenost krokví je 1,2 m.

*Vlastní tíha krokvé:*

$$8/12 = 0,08 * 0,12 * 600/100 * \cos 38 = 0,045, \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,05 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení krokví:*

$$q_{dxk} = 1,2 * [(0,81 + 0,69) * \cos 38 + 0,24] + 0,05 = \mathbf{1,76 \text{ kN/m}}$$

$$q_{dyk} = 1,2 * 8,15 * (0,81 + 0,69) * \sin 38 = \mathbf{9,03 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nxx} = 1,2 * [(0,72 + 0,50) * \cos 38 + 0,20] + 0,05 = \mathbf{1,44 \text{ kN/m}}$$

*Největší rozpětí krokvé:*

$$l_k = 3,05 \text{ m}$$

*Ohyb:*

$$M_d = q_{dxk} * l_k^2 / 8 = 1,76 * 3,05^2 / 8 = \mathbf{2,05 \text{ kN/m}}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 2,05 / 0,0024 = \mathbf{8,54 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 8,54 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb:*

$$w = (5 * q_{nxx} * l_k^4) / (384 * E * I) = 5 * 1,44 * 3,05^4 / (384 * 10 * 10^6 * 1,44 * 10^{-5}) = \mathbf{0,011 \text{ m}}$$

$$w = 11 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm}$$

*Tlak:*

$$\sigma_d = q_{dyk} / A_k = 9,03 / (0,1 * 0,12) = \mathbf{0,75 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 0,75 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 8,0 \text{ MPa}$$

### • Latě

Latě rozměru 50/40 mm, vzdálenost latí je 0,37 m.

*Vlastní tíha latě:*

$$5/4 = 0,05 * 0,04 * 600 / 100 * \cos 38 = 0,009 \quad \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,01 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení latě:*

$$q_{dxi} = 0,37 * [(0,09 + 0,69) * \cos 38 + 0,24] + 0,01 = \mathbf{0,36 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nxi} = 0,37 * [(0,08 + 0,50) * \cos 38 + 0,20] + 0,01 = \mathbf{0,25 \text{ kN/m}}$$

*Rozpětí latě:*

$$l_l = 1,2 \text{ m}$$

*Ohyb:*

$$M_d = q_{dxl} * l_l^2 / 10 = 0,36 * 1,2^2 / 10 = \mathbf{0,05 \text{ kN/m}}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 0,05 / 1,6 * 10^{-5} = \mathbf{3,24 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 3,24 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb:*

$$w = q_{nxl} * l_l^4 / (384 * E * I) = 0,25 * 1,2^4 / (384 * 10 * 10^6 * 3,2 * 10^{-7}) = \mathbf{0,42 \text{ mm}}$$

$$w = 0,42 \text{ mm} < w_{lim} = 3,0 \text{ mm}$$

## • Vaznice

Návrh vaznice rozměru 140/160 mm, vaznice nejvíce zatížená přenáší střechu šířky 2,75 m.

*Vlastní tíha vaznice:*

$$16/14 = 0,16 * 0,14 * 600 / 100 = 0,15 \quad \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,17 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení vaznice:*

$$q_{dv} = 2,75 * (0,82 + 0,69 + 0,24 * \cos 38) + 0,17 = \mathbf{4,84 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nv} = 2,75 * (0,73 + 0,50 + 0,20 * \cos 38) + 0,15 = \mathbf{3,97 \text{ kN/m}}$$

*Vzdálenost sloupků:*

$$l_v = 2,7 \text{ m}$$

*Ohyb:*

$$M_d = q_{dv} * l_v^2 / 8 = 4,84 * 2,7^2 / 8 = \mathbf{4,41 \text{ kNm}}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 4,41 / 5,97 * 10^{-4} = \mathbf{7,39 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 7,39 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb:*

$$w = 5 * q_{nv} * l_v^4 / (384 * E * I) = 5 * 3,97 * 2,7^4 / (384 * 10 * 10^6 * 4,78 * 10^{-5}) = \mathbf{5,7 \text{ mm}}$$

$$w = 5,7 \text{ mm} < w_{lim} = 11,0 \text{ mm}$$

## • Sloupky

Návrh sloupku rozměru 140/140 mm. Projektovaná vzdálenost sloupků je 2,7 m.

*Zatížení sloupků:*

$$q_{ds} = 2,7 * q_{dv} = 2,7 * 4,84 = \mathbf{13,07 \text{ kN}}$$

*Tlak:*

$$u = l / i = 4,1 / 0,0404 = 102 \Rightarrow c = \mathbf{3,36}$$

$$\sigma_d = c * q_{ds} / A_s = 3,36 * 13,07 / 0,14^2 = \mathbf{2,25 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 2,25 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 8,0 \text{ MPa}$$

### 3. Výpočet pro betonovou krytinu

Zatížení	Normové (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_t$	Extrémní (kN/m <sup>2</sup> )
Betonová krytina	0,45	1,1	0,50
Latě	0,02	1,2	0,03
Hydroizolace	0,01	1,1	0,01
Vistemat 350, 100 mm	0,35	1,1	0,39
Sádrokarton, podhled	0,27	1,1	0,30
<b>Celkem stálé zatížení</b>	<b>1,10</b>	<b>1,1</b>	<b>1,23</b>
Sníh 1. SO	0,5	1,4	0,69
Vítr 4. VO	0,20	1,2	0,24
<b>Celkem nahodilé zatížení</b>	<b>0,7</b>		<b>0,93</b>

#### • Krokev

Krokev má rozměry 100/120 mm, projektovaná vzdálenost krokví je 0,9 m.

*Vlastní tíha krokve:*

$$10/12 = 0,1 * 0,12 * 600/100 * \cos 38 = 0,06 \quad \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,06 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení krokví:*

$$q_{dxk} = 1,0 * [(1,23 + 0,69) * \cos 38 + 0,24] + 0,06 = \mathbf{1,81 \text{ kN/m}}$$

$$q_{dyk} = 1,0 * 8,15 * (1,23 + 0,69) * \sin 38 = \mathbf{9,63 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nxx} = 1,0 * [(1,1 + 0,50) * \cos 38 + 0,20] + 0,06 = \mathbf{1,52 \text{ kN/m}}$$

*Největší rozpětí krokve:*

$$l_k = 3,05 \text{ m}$$

*Ohyb krokve:*

$$M_d = q_{dxk} * l_k^2 / 8 = 1,81 * 3,05^2 / 8 = 2,10 \text{ kNm}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 2,10 / 0,0024 = 8,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 8,77 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb krokve:*

$$w = (5 * q_{nxx} * l_k^4) / (384 * E * I) = 5 * 1,52 * 3,05^4 / (384 * 10 * 10^6 * 1,44 * 10^{-5}) = \mathbf{0,012 \text{ m}}$$

$$w = 12 \text{ mm} < w_{lim} = 12 \text{ mm}$$

*Tlak:*

$$\sigma_d = q_{dyk} / A_k = 9,63 / (0,1 * 0,12) = \mathbf{0,80 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 0,80 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 8,0 \text{ MPa}$$

#### • Latě

Návrh rozměru latě je 60/40 mm, projektovaná vzdálenost latí je 0,33 m.

*Vlastní tíha latě:*

$$6/4 = 0,06 * 0,04 * 600 / 100 \cos 38 = 0,01 \quad \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,01 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení latě:*

$$q_{dxi} = 0,33 * [(0,50 + 0,69) * \cos 38 + 0,24] + 0,01 = \mathbf{0,40 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nxi} = 0,33 * [(0,45 + 0,50) * \cos 38 + 0,20] + 0,01 = \mathbf{0,32 \text{ kN/m}}$$

*Rozpětí latě:*

$$l_l = 1,0 \text{ m}$$

*Ohyb:*

$$M_d = q_{dxi} * l_i^2 / 10 = 0,41 * 1,0^2 / 10 = \mathbf{0,04 \text{ kN/m}}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 0,04 / 1,6 * 10^{-5} = \mathbf{2,56 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 2,56 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb:*

$$w = q_{nxi} * l_i^4 / (384 * E * I) = 0,33 * 1,0^4 / (384 * 10 * 10^6 * 3,2 * 10^{-7}) = \mathbf{0,27 \text{ mm}}$$

$$w = 0,27 \text{ mm} < w_{lim} = 2,5 \text{ mm}$$

#### • **Vaznice**

Návrh počítá s vaznicí o rozměru 160/160 mm, vaznice nejmíce zatížená přenáší střechu šířky 2,75 m.

*Vlastní tíha vaznice:*

$$16/16 = 0,16 * 0,16 * 600 / 100 = 0,15 \quad \gamma_t = 1,1 \Rightarrow \mathbf{0,17 \text{ kN/m}}$$

*Zatížení vaznice:*

$$q_{dv} = 2,75 * (1,23 + 0,69 + 0,24 * \cos 38) + 0,17 = \mathbf{5,97 \text{ kN/m}}$$

$$q_{nv} = 2,75 * (1,10 + 0,50 + 0,20 * \cos 38) + 0,15 = \mathbf{4,98 \text{ kN/m}}$$

*Vzdálenost sloupků:*

$$l_v = 2,7 \text{ m}$$

*Ohyb:*

$$M_d = q_{dv} * l_v^2 / 8 = 5,97 * 2,7^2 / 8 = \mathbf{5,44 \text{ kN/m}}$$

$$\sigma_d = M_d / W = 5,44 / 6,83 * 10^{-4} = \mathbf{7,97 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 7,97 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 9,0 \text{ MPa}$$

*Průhyb:*

$$w = 5 * q_{nv} * l_v^4 / (384 * E * I) = 5 * 4,98 * 2,7^4 / (384 * 10 * 10^6 * 5,46 * 10^{-5}) = \mathbf{2,4 \text{ mm}}$$

$$w = 2,4 \text{ mm} < w_{lim} = 11,0 \text{ mm}$$

#### • **Sloupky**

Návrh počítá se sloupky rozměru 140/140 mm, vzdálenost sloupků je 2,7 m.

*Zatížení sloupků:*

$$q_{ds} = 2,7 * q_{dv} = 2,7 * 5,97 = \mathbf{16,12 \text{ kN}}$$

*Tlak:*

$$u = l / i = 4,1 / 0,0404 = 102 \quad c = 3,36$$

$$\sigma_d = c * q_{ds} / A_s = 3,36 * 16,12 / 0,14^2 = \mathbf{2,76 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_d = 2,76 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 8,0 \text{ MPa}$$

#### 4. Spotřeba řeziva

Ze statického výpočtu plyne, že spotřeba řeziva pro konstrukci krovu bude u krytiny GERARD menší než u krytiny betonové. Pro krytinu GERARD je možné navrhnout větší rozpětí krokví a zároveň použít krokve menšího průřezu, dále je možné použít latě menšího průřezu a zároveň větší rozteči a na vaznice použít řezivo menšího průřezu. Sloupky jsou u obou typů krytiny stejné. U těchto konstrukčních prvků není vyčerpána pevnost v tlaku a ohybu, je ale nutné dodržet konstrukční zásady.

a) Spotřeba řeziva na krokve, uvažovaný prořez 5%:

– Krytina GERARD®:

24 krokví, rozměry 8150 x 120 x 80, tedy  $24 \times 8,15 \times 0,12 \times 0,08 \times 1,05 = 1,97 \text{ m}^3$

– Betonová krytina:

30 krokví, rozměry 8150 x 150 x 80, tedy  $30 \times 8,15 \times 0,12 \times 0,1 \times 1,05 = 3,08 \text{ m}^3$

b) Spotřeba řeziva na laťový rošt (latě + kontralatě), plošná výměra střechy 210 m<sup>2</sup>, uvažovaný prořez 15%:

– Krytina GERARD®, latě 40 x 50 mm:

$210 \times (1/0,37 + 1/1,2) \times 1,15 = 854 \text{ bm}$ , tedy  $0,05 \times 0,04 \times 854 = 1,71 \text{ m}^3$

– Betonová krytina:

$210 \times (1/0,33 + 1/0,9) \times 1,15 = 1000 \text{ bm}$ , tedy  $0,06 \times 0,04 \times 1000 = 2,4 \text{ m}^3$

c) Spotřeba řeziva na vaznice, uvažovaný prořez 5%:

– Krytina GERARD®, vaznice 140 x 160 mm, 3 ks:

$12,9 \times 0,14 \times 0,16 \times 1,05 \times 3 = 0,91 \text{ m}^3$

– Betonová krytina, vaznice 160 x 160 mm, 3ks:

$12,9 \times 0,16 \times 0,16 \times 1,05 \times 3 = 1,04 \text{ m}^3$

	<b>Krytina GERARD</b>	<b>Betonová krytina</b>
<b>Krokve (m<sup>3</sup>)</b>	1,97	3,08
<b>Latě (m<sup>3</sup>)</b>	1,71	2,4
<b>Vaznice (m<sup>3</sup>)</b>	0,91	1,04
<b>Celkem</b>	<b>4,59</b>	<b>6,52</b>

Při použití střešní krytiny GERARD® oproti betonové krytině dojde na krokvicích a latích k úspoře řeziva v rozsahu 1,93 m<sup>3</sup>.

## 5. Srovnání materiálových nákladů a nákladů práce

Cena stavebního řeziva:	6500 Kč/m <sup>3</sup> včetně DPH
Hmotnost stavebního řeziva.	600 kg/m <sup>3</sup>
Dopravné stavebního řeziva:	500 Kč/t včetně DPH
Náklady na svislý přesun řeziva na střeše:	0,10 Kč/kg včetně DPH
Náklady na montáž krokví:	100 Kč/bm

a) Krytina GERARD® - materiálové náklady a náklady práce:

$$6500 \times 4,59 \text{ (cena řeziva)} + 500 \times 4,59 \times 0,6 \text{ (doprava řeziva)} + 0,1 \times 4,59 \times 600 \text{ (svislý přesun)} + 195,6 \times 100 \text{ (montáž krokví)} = 51\,047 \text{ Kč}$$

b) Betonová krytina:

$$6500 \times 6,52 \text{ (cena řeziva)} + 500 \times 6,52 \times 0,6 \text{ (doprava řeziva)} + 0,1 \times 6,52 \times 600 \text{ (svislý přesun)} + 244,5 \times 100 \text{ (montáž krokví)} = 69\,177 \text{ Kč}$$

**Použitím střešního systému GERARD® dojde k materiálové úspoře na řezivu a úspoře na přesunech stavebního řeziva ve výši  $69\,177 - 51\,047 = 18\,130$  Kč včetně DPH.**