



# TABULKY STATICKÝCH HODNÔT A ÚNOSNOSTI HLINÍKOVÝCH PROFILOV



## TRAPÉZOVÉ PLECHY ALT-50

**Objednávateľ :** Ľuboslav DÉRER,  
riaditeľ spoločnosti

**Vypracoval :** prof. Ing. Ján Hudák, CSc.  
Ing. Tatiana Hudáková.

Košice, 2014

# STATICKÝ VÝPOČET ÚNOSNOSTI HLINÍKOVÝCH TRAPÉZOVÝCH PLECHOV V ZMYSLE EC 9, ČASŤ 1-4.

## ALT-50 A, ALT-50 B

### OBSAH

1. PODMIENKY VÝPOČTU STATICKÝCH HODNÔT DIMENZAČNÝCH TABULIEK .....	5
1.1 Úvod .....	5
1.2 Označenie profilov .....	5
1.3 Medzný stav únosnosti .....	5
1.4 Medzný stav použiteľnosti .....	7
2. MATERIÁL .....	9
3. PRIEREZOVÉ CHARAKTERISTIKY TRAPÉZOVÝCH PLECHOV .....	10
3.1 Prierezy .....	11
3.2 Geometrické proporcie .....	11
3.3 Konštrukčné modelovanie pre výpočet .....	11
3.4 Zakrivenie pásnice .....	12
3.5 Lokálne vydúvanie steny .....	12
3.5.1 Časť priečného rezu bez výstuh .....	13
3.5.2 Časť priečného rezu s výstuhami .....	15
3.5.3 Lichobežníkové profily medziľahlých výstuh .....	19
3.5.4 Steny s vnútornými výstuhami pod účinkom tlaku .....	21
3.5.5 Plechy s výstuhami pásu a výstuhami steny .....	24
4. RIEŠENIE ÚNOSNOSTI PRIEREZU ALT-50 .....	25
4.1 TRAPÉZ ALT-50 A .....	25
4.2 TRAPÉZ ALT-55 B .....	34
5. MEDZNÉ ZAŤAŽENIA TRAPÉZOVÝCH PLECHOV .....	43
5.1 TRAPÉZ ALT-50 A .....	43
5.2 TRAPÉZ ALT-50 B .....	46
NORMY, LITERATÚRA .....	49

## PREDSLOV

Predmetom analýzy bolo vypracovanie statických parametrov ohýbaných hliníkových plechov ALT-50 za účelom stanovenia skutočných a efektívnych prierezových charakteristík. Pre tieto charakteristiky boli určené medzné hodnoty rovnomerného zaťaženia prostých a spojitých nosníkov z hľadiska medzného stavu únosnosti a použiteľnosti. Metodika výpočtu bola realizovaná v zmysle EC 9 „Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné pravidlá. Plošné profily tvarované za studena“.

Aby sa mohla určiť únosnosť navrhovaných profilov ALT-50 v rámci tohto zadania boli spracované programy v jazyku TURBO PASCAL:

- Prierezové charakteristiky plného prierezu
- Prierezové charakteristiky redukovaného prierezu v normálnej polohe
- Prierezové charakteristiky redukovaného prierezu v reverznej polohe
- Tabuľky únosnosti nosníkov z plechov v normálnej polohe
- Tabuľky únosnosti nosníkov z plechov v reverznej polohe.

Prostredníctvom uvedených programov bolo potrebné spracovať:

- Tabuľky prierezových charakteristík
- Tabuľky medzného zaťaženia trapézových plechov pre vybrané hrúbky. Pre plechy ALT-50 sú uvažované hrúbky 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; a 1,0 mm.
- Uvažuje sa pevnostná trieda hliníka: 3105 H46.

U profilov ALT 50 sa uvažuje namáhanie ohybom a šmykom. Pri ohybe je priebeh napätí po výške prierezu lineárny v tvare trojuholníka. Jedná časť pod neutrálnou osou bude ťahaná a druhá časť prierezu na opačnej strane bude tlačenej. A v tejto tlačenej oblasti dochádza k vydúvaniu stienok ak je prekročená ich medná štiňlosť. Pre navrhovaný prierez dochádza k vydúvaniu iba pásovej časti, kým u stienok pri hrúbkach väčších ako 0,7 mm u toho profilu k vydúvaniu nedochádza. Účinný prierez bol stanovený v zmysle EC 9.

V prípade namáhania priečnou silou uvažuje sa so vzpernou únosnosťou stienok v mieste uloženia. Predpokladá sa minimálna šírka uloženia na podperu 60 mm.

# 1. PODMIENKY VÝPOČTU STATICKÝCH HODNÔT DIMENZAČNÝCH TABULIEK

## 1.1 ÚVOD

Účelom výpočtu bolo vypracovanie tabuliek statických hodnôt prierezových charakteristík a dimenzačných tabuliek hodnôt medzných zaťažení trapézových plechov v zmysle metódy medzných stavov z hľadiska podmienok spoľahlivosti únosnosti a používateľnosti. Vo výpočte sa uvažovali prierezové charakteristiky efektívnych prierezov, u ktorých sa zohľadnilo vydúvanie tlačných stien. Pre tieto charakteristiky boli učené medzné hodnoty rovnomerného zaťaženia prostých a spojitých nosníkov z hľadiska medzného stavu **únosnosti** a medzného stavu **používateľnosti**. Metodika výpočtu bola realizovaná v zmysle STN EN 1999-1-4 (Eurokód 9).

## 1.2 OZNAČENIE PROFILOV

Profily sú označované štandardne ALT-50A, ALT-50B. Poloha trapézových profilov sa môže vyskytnúť ako normálna a reverzná.

## 1.3 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

Pre stanovenie navrhovej hodnoty zaťaženia  $q$  z hľadiska podmienky spoľahlivosti medzného stavu únosnosti sa vychádza z teoreticky stanovených ohybových a šmykových únosnosti efektívneho prierezu v charakteristických prierezoch prostého a spojitého nosníka. Vychádza sa z podmienky, že efektívny prierez je plne využitý t.j. že v horných a dolných vláknach je dosiahnutá hodnota medze kĺzu  $f_0/\gamma_{M1}$ . Predpokladá sa, že efektívny prierez sa po dĺžke nosníka nemení a je stanovený v mieste plného využitia napätia. Zmena veľkosti spolupôsobiacej šírky tlačenej steny sa zanedbáva. O únosnosti profilu rozhoduje najviac namáhaný prierez nosníka.

Návrhové hodnoty únosností stanovené z podmienky pevnosti medzného stavu únosnosti sú v tabuľkách označované symbolom \*.

### a) Nosník o jednom poli

Pre nosník o jednom poli bude hodnota medzného zaťaženia stanovená z podmienky pevnosti

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (1.1)$$

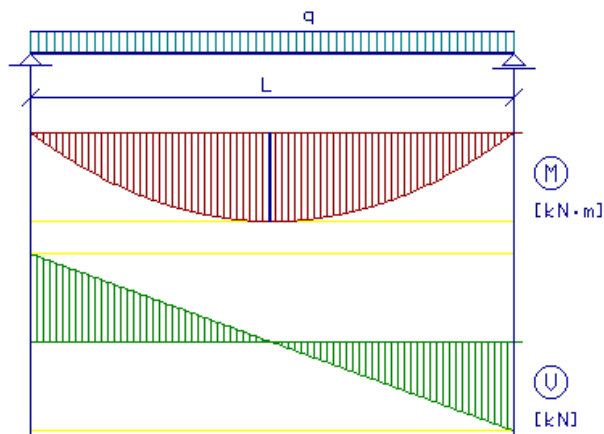
Hodnoty momentov účinku a únosnosti nosníka budú

$$M_{Sd} = 1/8 \cdot q \cdot L^2 \quad (1.2)$$

$$M_{Rd} = W_{y,eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M1} \quad (1.3)$$

Hodnota medzného zaťaženia je potom stanovená zo vzťahu

$$q = 8 \cdot W_{y,eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M1} \cdot 1/L^2 \quad (1.4)$$

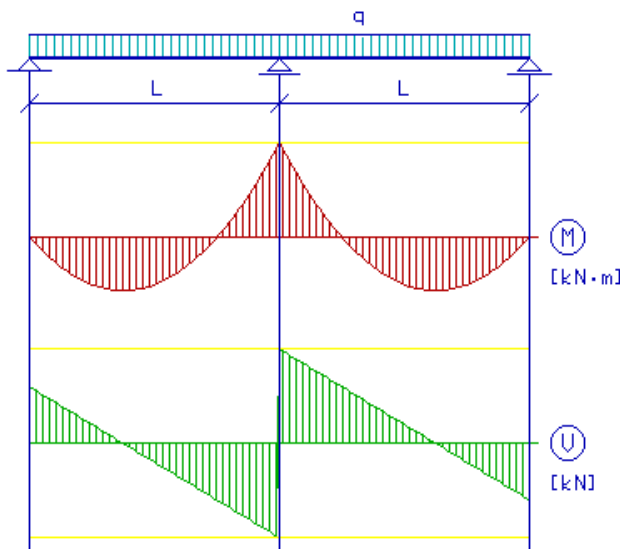


**Obr. 1.1: Priebeh ohybových momentov  $M_{Sd}$  a priečných síl  $V_{Sd}$  jednopoľového nosníka**

**b) Nosník o dvoch poliach**

Podobne pre nosník o dvoch poliach bude hodnota medzného zaťaženia stanovená stanovené zo vzťahu

$$q = 8 \cdot W_{y,eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M1} \cdot 1/L^2 \quad (1.5)$$

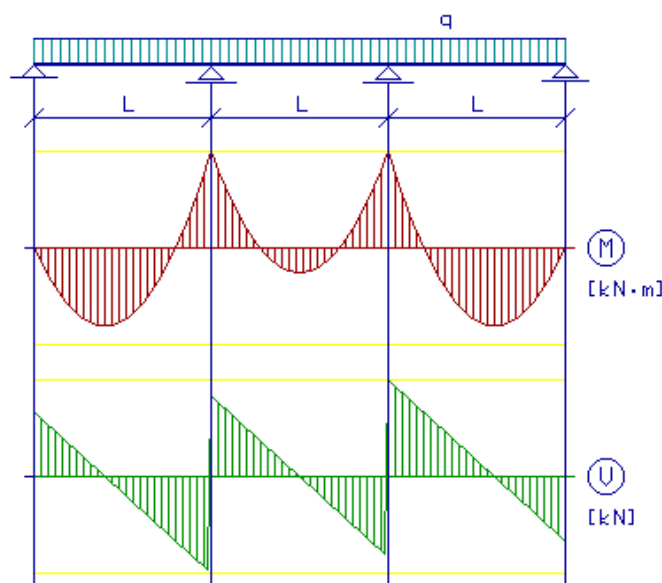


**Obr. 1.2: Priebeh ohybových momentov  $M_{Sd}$  a priečných síl  $V_{Sd}$  dvojpoľového nosníka**

**c) Nosník o troch poliach**

Pre nosník o troch poliach bude hodnota medzného zaťaženia stanovená stanovené zo vzťahu

$$q = 10 \cdot W_{y,eff,min} \cdot f_y / \gamma_{M1} \cdot 1/L^2 \quad (1.6)$$



**Obr. 1.3: Priebeh ohybových momentov  $M_{Sd}$  a priečných síl  $V_{Sd}$  trojpoľového nosníka**

## 1.4 MEDZNÝ STAV POUŽÍVATEĽNOSTI

Pre stanovenie navrhovej hodnoty zaťaženia  $q$  z hľadiska podmienky spoľahlivosti medzného stavu použiteľnosti sa vychádzalo z predpokladu pružného pôsobenia profilu a z podmienky maximálneho prípustného priehybu. Predpokladá sa, že efektívny prierez po dosiahnutí medzného priehybu sa po dĺžke nemení. Výsledné medzné charakteristické zaťaženie sa určuje z hodnôt stanovených z obmedzenia vertikálnych priehybov  $L/200$ ,  $L/250$  a  $L/300$ .

### a) Nosník o jednom poli

Pre nosník o jednom poli bude hodnota medzného zaťaženia stanovená z podmienky priehybu

$$\delta_{\max} \leq \delta_{\lim} \quad (1.7)$$

Hodnoty medzného a limitného priehybu nosníka budú

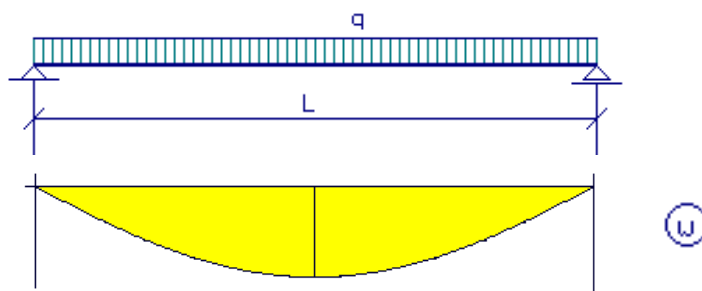
$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q/\gamma_F \cdot L^4}{E \cdot I_{y,eff}} \quad (1.8)$$

$$\delta_{\lim} = \frac{L}{200} \quad (1.9)$$

Hodnota medzného zaťaženia je potom stanovená zo vzťahu

$$q = 76,8 \cdot \delta_{\lim} \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_{y,eff} / L^4 \quad (1.10)$$

kde  $E$  je modul pružnosti hliníka. (Uvažuje sa z hodnotou  $70000 \text{ MPa}$ ).

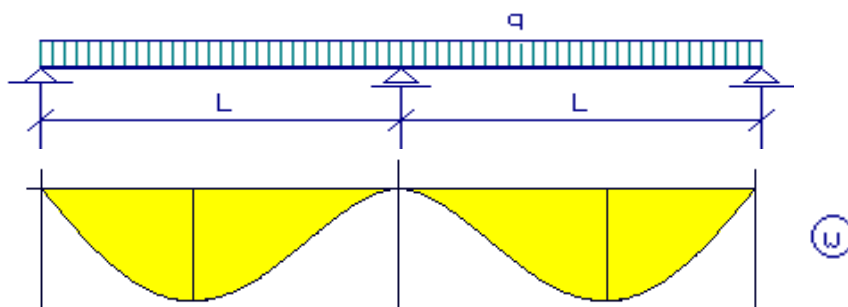


**Obr. 1.4: Priehyb jednopoložového nosníka  $\delta$**

**b) Nosník o dvoch poliach**

Podobne pre nosník o dvoch poliach bude hodnota medzného zaťaženia stanovená stanovené zo vzťahu

$$q = 185,185 \cdot \delta_{\text{lim}} \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_{y,\text{eff}} / L^4 \tag{1.11}$$

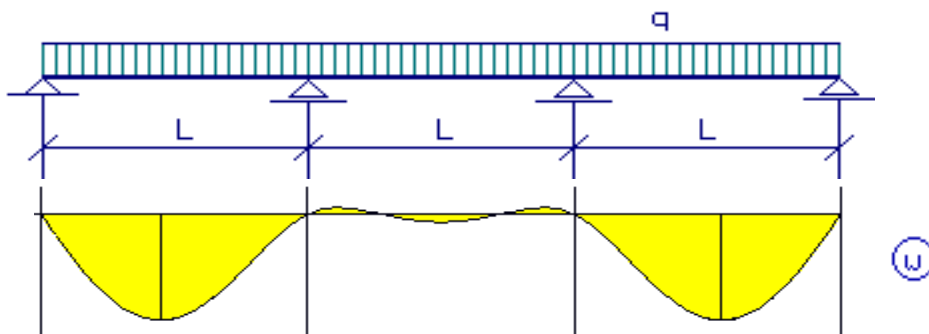


**Obr. 1.5: Priehyb dvojpoložového nosníka  $\delta$**

**c) Nosník o troch poliach**

Pre nosník o troch poliach bude hodnota medzného zaťaženia stanovená stanovené zo vzťahu

$$q = 147,059 \cdot \delta_{\text{lim}} \cdot \gamma_F \cdot E \cdot I_{y,\text{eff}} / L^4 \tag{1.12}$$

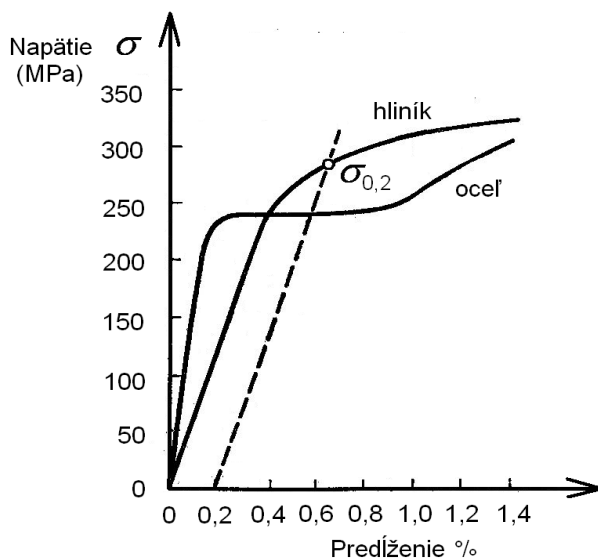


**Obr. 1.6: Priehyb trojpoložového nosníka  $\delta$**

## 2. MATERIÁL

Projektovanie hliníkových konštrukcií sa prevádza podľa STN EN 1999-1-1, Eurokód 9: Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá pre konštrukcie.

### a) Hodnoty medze kĺzu $f_0$ a medznej pevnosti $f_u$ hliníkových materiálov



Obr. 2.1: Pracovný diagram pri skúške na ťah konštrukčnej ocele a hliníkovej zliatiny

Materiál: **AlMn0,5Mg0,5 EN AW 3105**

Stav: **H16/H26**

Rp0,2 160 MPa

Označenie charakteristík materiálu:

$f_0$  - medza kĺzu hliníkových materiálov

$f_u$  - medza pevnosti hliníkových materiálov

Návrhová hodnota  $f_0/\gamma_M$

Tabuľka 1: Hodnoty fyzikálnych veličín hliníkových materiálov

Modul pružnosti v ťahu, tlaku	$E = 70\,000$ MPa
Modul pružnosti v šmyku	$G = 27\,700$ MPa
Súčiniteľ priečnej deformácie	$\nu = 0,3$
Súčiniteľ dĺžkovej tepelnej rozťažnosti	$\alpha = 23 \times 10^{-6}$ $1/^\circ C$
Objemová hmotnosť	$\rho = 2700$ $kg/m^3$



## b) Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu $\gamma_M$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti materiálu zohľadňuje :

- možnosť nepriaznivých odchýlok pevnosti materiálu od charakteristických hodnôt,
- možný nepresný odhad odolnosti prierezu alebo únosnosti časti konštrukcie (ak nie sú zahrnuté v súčiniteli podmienok pôsobenia  $\gamma_d$ ),
- neistoty v geometrických parametroch ak nie sú zohľadnené iným spôsobom,
- neistoty vo vzťahu medzi vlastnosťami materiálu v konštrukciách a vlastnosťami nameranými pri skúškach normových vzoriek alebo počas kontroly.

Na základe štatistického rozboru skutočných hodnôt medze kĺzu výrobcov boli stanovené parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálu, ktoré uvádza EC9.

Tabuľka 2: Parciálne súčinitele spoľahlivosti pre medzný stav únosnosti

Odolnosť prierezu pre všetky triedy:	$\gamma_{M1}$
Odolnosť prvkov pri určovaní nestability	
Odolnosť prvkov pri porušení v ťahu	$\gamma_{M2}$
Odolnosť spojov	časť EN 8

Odporúčané hodnoty parciálnych súčiniteľov:

$$\gamma_{M1} = 1,1,$$

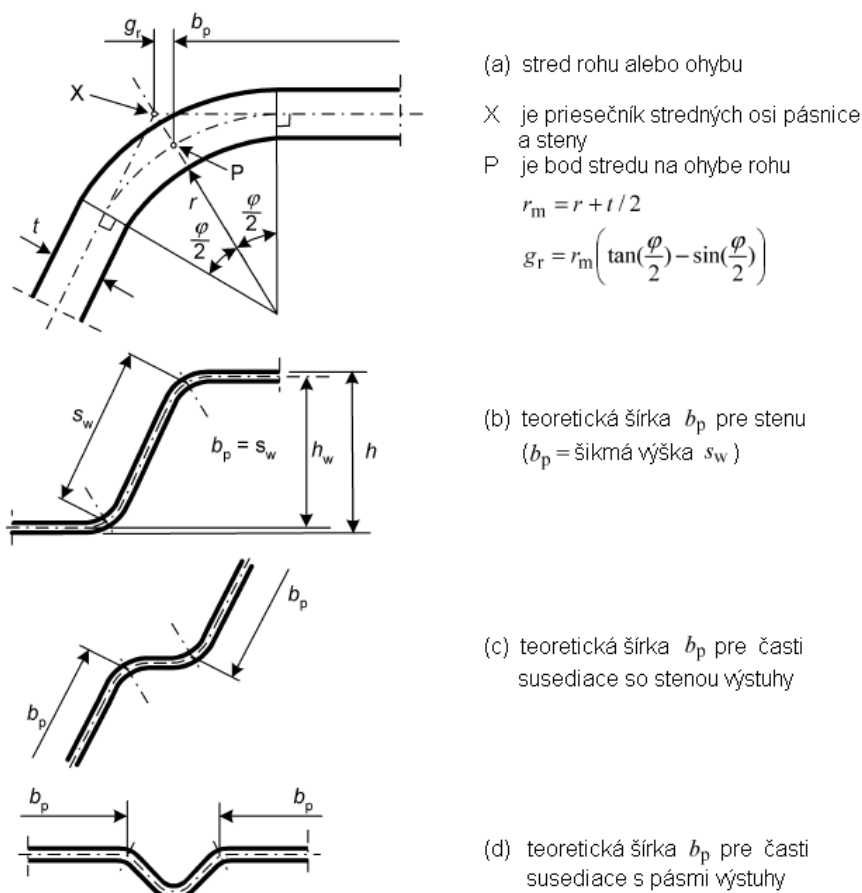
$$\gamma_{M2} = 1,25.$$

### 3. PRIEREZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Tenkostenný prierez pozostáva z tenkých stien bez výstuh eventuálne s výstuhami. Pri výpočte únosnosti takého prierezu so štíhlymi stenami namáhaného tlakom eventuálne ohybom sa uvažuje s efektívnymi prierezovými charakteristikami, ktoré vychádzajú z efektívnej hrúbky tlačeneho pásu alebo steny  $t_{eff}$ .

#### 3.1 Prierezy

Menovitá šírka uvažovanej steny časti prierezu  $b_p$  sa stanovuje s ohľadom na zaoblený roh, kde sa spájajú pásnica a stena eventuálne pásnica či stena s výstuhou.



Obr. 3.1: Menovité šírky  $b_p$  uvažovanej časti prierezu

#### 3.2 Geometrické proporcie


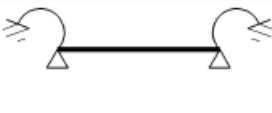
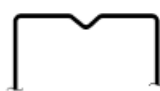
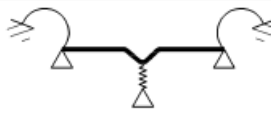


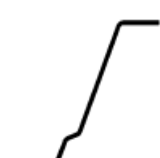

Podkladom pre návrh v danej EN 1999-1-4 nemožno aplikovať mimo oblasti väčšej v pomeroch šírky k hrúbke  $b/t$  a  $s_w/t$ .

- pre tlačene pásnice  $b/t \leq 300$
- pre steny  $s_w/t \leq 0,5 \cdot E/f_0$

#### 3.3 Konštrukčné modelovanie pre výpočet

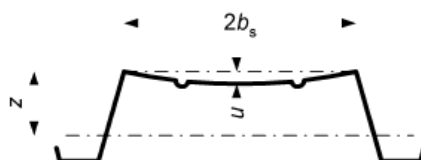
Časť priečného rezu v spojení steny a pásnice eventuálne steny či pásnice s výstuhou malo by sa uvažovať tak ako je uvedené v tabuľke 1.

**Tabuľka 1: Modelovanie časti priečného rezu**

Typ časti priečného rezu	Model	Typ časti priečného rezu	Model
			
			

## 3.4 Zakrivenie pásnice

Účinok zaťaženia pásnice môže vplývať na zakrivenie.



**Obr. 3.2: Zakrivenie pásnice**

Zakrivenie tlačenej pásnice je realizované vrátane pozdĺžnych vnútorných výstuh.

- Pre profil, ktorý je spôsobený zaťažením

$$u = \frac{2 \cdot \sigma_a^2 \cdot b_s^4}{E^2 \cdot t^2 \cdot z} \quad (3.1a)$$

- Pre počiatočné zakrivený profil

$$u = \frac{2 \cdot \sigma_a^2 \cdot b_s^4}{E \cdot t^2 \cdot r} \quad (3.1b)$$

kde:  $u$  je priehyb pásnice smerom k neutrálnej osi  
 $b_s$  je polovica vzdialenosti medzi stenami  
 $z$  je vzdialenosť pásnice od neutrálnej osi  
 $r$  je polomer iniciálneho zakrivenia profilu  
 $\sigma_a$  je stredná hodnota napätia v pásnici.

## 3.5 Lokálne vydúvanie steny

Účinok lokálneho vydúvania má sa uvažovať pri určení únosnosti za súdená tvarovaného profilu. Účinky lokálneho vydúvania korešpondujú s aplikáciou efektívnych hrúbok. Pre stanovenie únosnosti s uvažovaním lokálneho vydúvania berie sa hodnota medze kĺzu materiálu hliníka  $f_0$ .

## 3.5.1 Časti priečneho rezu bez výstuh

Efektívna hrúbka  $t_{eff}$  tlačenej časti prierezu sa určí zo vzťahu  $t_{eff} = \rho \cdot t$  kde  $\rho$  je redukčný súčiniteľ lokálneho vzperu.

Redukčný súčiniteľ  $\rho$  k stanoveniu efektívnej hrúbky steny alebo pásnice  $t_{eff}$  je závislý na veľkosti tlakového napätia  $\sigma_{com.Ed}$  v relevantnej časti prierezu.

Ak  $\sigma_{com.Ed} = f_0/\gamma_{M1}$  môže byť redukčný súčiniteľ učený nasledovné:

$$\text{- ak } \bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim} : \quad \rho = 1,0 \quad (3.2a)$$

$$\text{- ak } \bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{lim} : \quad \rho = \alpha \cdot \left(1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p\right) / \bar{\lambda}_p \quad (3.2b)$$

Štíhlosť steny  $\bar{\lambda}_p$  je stanovená podľa vzorca

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_0}{\sigma_{cr}}} \equiv \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot f_0}{\pi^2 \cdot E \cdot k_\sigma}} \cong 1,052 \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_0}{E \cdot k_\sigma}} \quad (3.3)$$

pričom  $k_\sigma$  je zodpovedajúci súčiniteľ kritického napätia. Parametre  $\bar{\lambda}_{lim}$  a  $\alpha$  sú zobrazené z tabuľky 1.

**Tabuľka 2: Parametre  $\bar{\lambda}_{lim}$  a  $\alpha$**

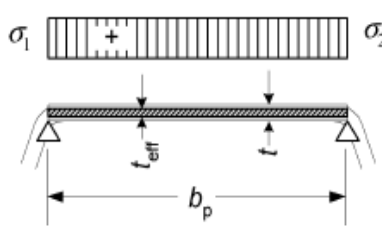
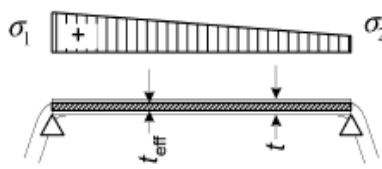
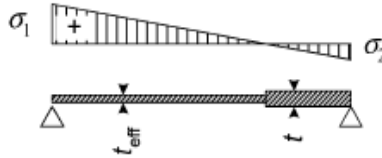
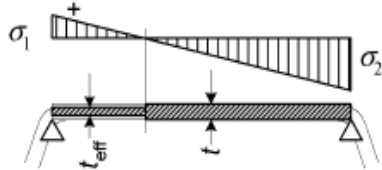
$\bar{\lambda}_{lim}$	$\alpha$
0,517	0,90

Ak  $\sigma_{com.Ed} \leq f_0/\gamma_{M1}$  môže byť redukčný súčiniteľ učený nasledovné:

Vo výrazoch vyššie uvedených sa namiesto štíhlosti steny  $\bar{\lambda}_p$  použije redukovaná štíhlosť  $\bar{\lambda}_{p,red}$ . Tuto redukovanú štíhlosť určíme podľa vzorca:

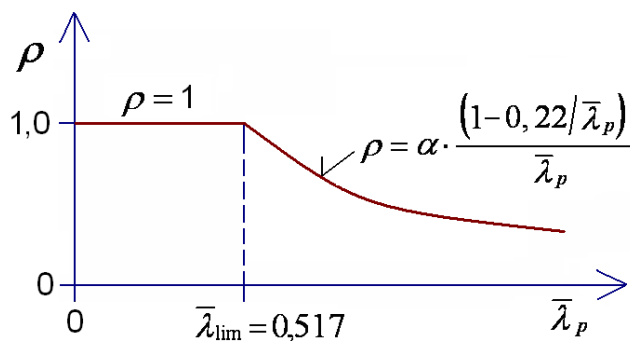
$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{com.Ed}}{f_0/\gamma_{M1}}} \quad (3.4)$$

Tabuľka 3: Súčiniteľ  $k_\sigma$  pre tlačnú časť prierezu

Časť tlačenej prierezu (+ = tlak)	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	Faktor napätia $k_\sigma$
	$\psi = +1$	$k_\sigma = 4,0$
	$+1 > \psi \geq 0$	$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$
	$0 > \psi \geq -1$	$k_\sigma = 7,81 - 6,26\psi + 9,78\psi^2$
	$-1 > \psi \geq -3$	$k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2$

Pre každý taký prierez je potrebné separátne určovať parametre steny:

- pomer krajných napätí  $\psi$
- súčiniteľ kritického napätia  $k_\sigma$
- štíhlosť steny  $\bar{\lambda}_p$
- redukčný súčiniteľ lokálneho vzperu  $\rho$
- efektívna hrúbka stien a pásnic  $t_{eff}$



Obr. 3.3: Priebek redukčného súčiniteľa lokálneho vzperu  $\rho$

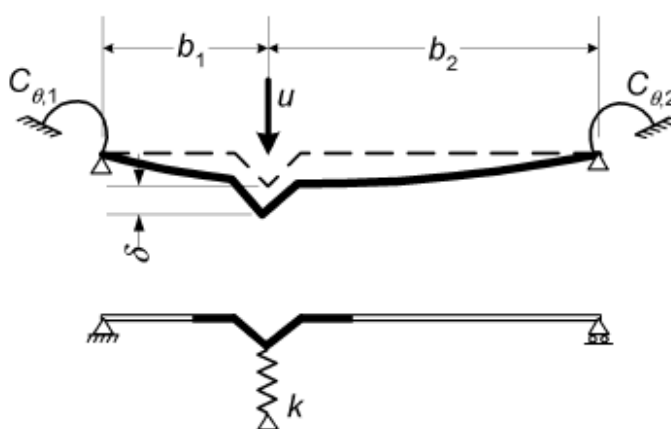
### 3.5.2 Časti priečného rezu s vnútornými výstuhami

Návrh tlačenej časti prierezu s vnútornými výstuhami má byť založený na predpoklade, že výstuha sa chová ako tlačný prvok so súvislým čiastočným votknutím s pružným stužením ktoré závisí na okrajových podmienkach a ohybovom stužení susediacich časti prierezu.

Pružná tuhosť výstuhu mala by byť určená s aplikáciou jednotkového zaťaženia  $u$  ako je to ilustrované na obrázku 3.4. Pružná tuhosť  $k$  na jednotku dĺžky môže byť určená zo vzťahu

$$k = u/\delta \tag{3.5}$$

kde  $\delta$  je priehyb priečnej dosky, ktorý spôsobuje jednotkové zaťaženie  $u$  pôsobiace v ťažisku ( $b_1$ ) v účinnej časti výstuhu.



Obr. 3.4: Model pre určenie pružinovej tuhosti

V určení hodnôt rotačnej pružinovej tuhosti  $C_{0,1}$  a  $C_{0,2}$  z geometrie priečného rezu malo by sa uvažovať s možnými účinkami ostatných výstuh, ktoré existujú na rovnakom priečnom reze alebo na iných častiach priečného rezu pod tlakovým napätím.

Pre medziľahlú výstuhu ako konzervatívnu alternatívu hodnoty rotačnej pružinovej výstuhu  $C_{0,1}$  a  $C_{0,2}$  môže sa uvažovať rovné nule a priehyb  $\delta$  môže byť získané zo vzorca

$$\delta = \frac{u \cdot b_1^2 \cdot b_2^2}{3 \cdot (b_1 + b_2)} \cdot \frac{12 \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot t^3} \tag{3.6}$$

Redukčný faktor  $\chi_d$  pre krútiacu odolnosť výstuhu vo vzpere (ohybový vzper medziľahlej výstuhu) môže byť získaný z tabuľky 4 pre parameter štíhlosti daný vzorcom

$$\bar{\lambda}_s = \sqrt{f_0 / \sigma_{cr,s}} \tag{3.7}$$

Tabuľka 4: Redukčný súčiniteľ pre krútiacu odolnosť výstuhu

$\bar{\lambda}_s$	$\chi_d$
$\bar{\lambda}_s \leq 0,25$	1,00
$0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$	$1,155 - 0,62 \bar{\lambda}_s$
$1,04 \leq \bar{\lambda}_s$	$0,53 / \bar{\lambda}_s$

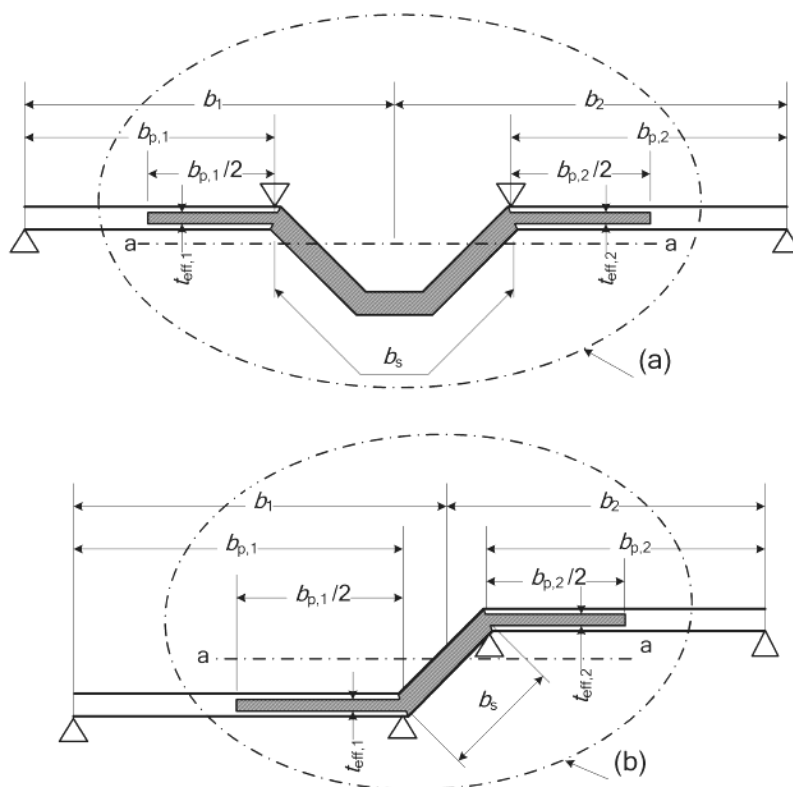
## a) Podmienky pre použitie procedúry návrhu

Nasledujúca procedúra sa aplikuje pre výpočet únosnosti pásnice s mezilahlou jednou alebo dvomi výstuhami formovanými v tvare dražiek alebo ohnutia za predpokladu, že všetky rovinné časti sú vypočítané podľa vyššie uvedeného postupu.

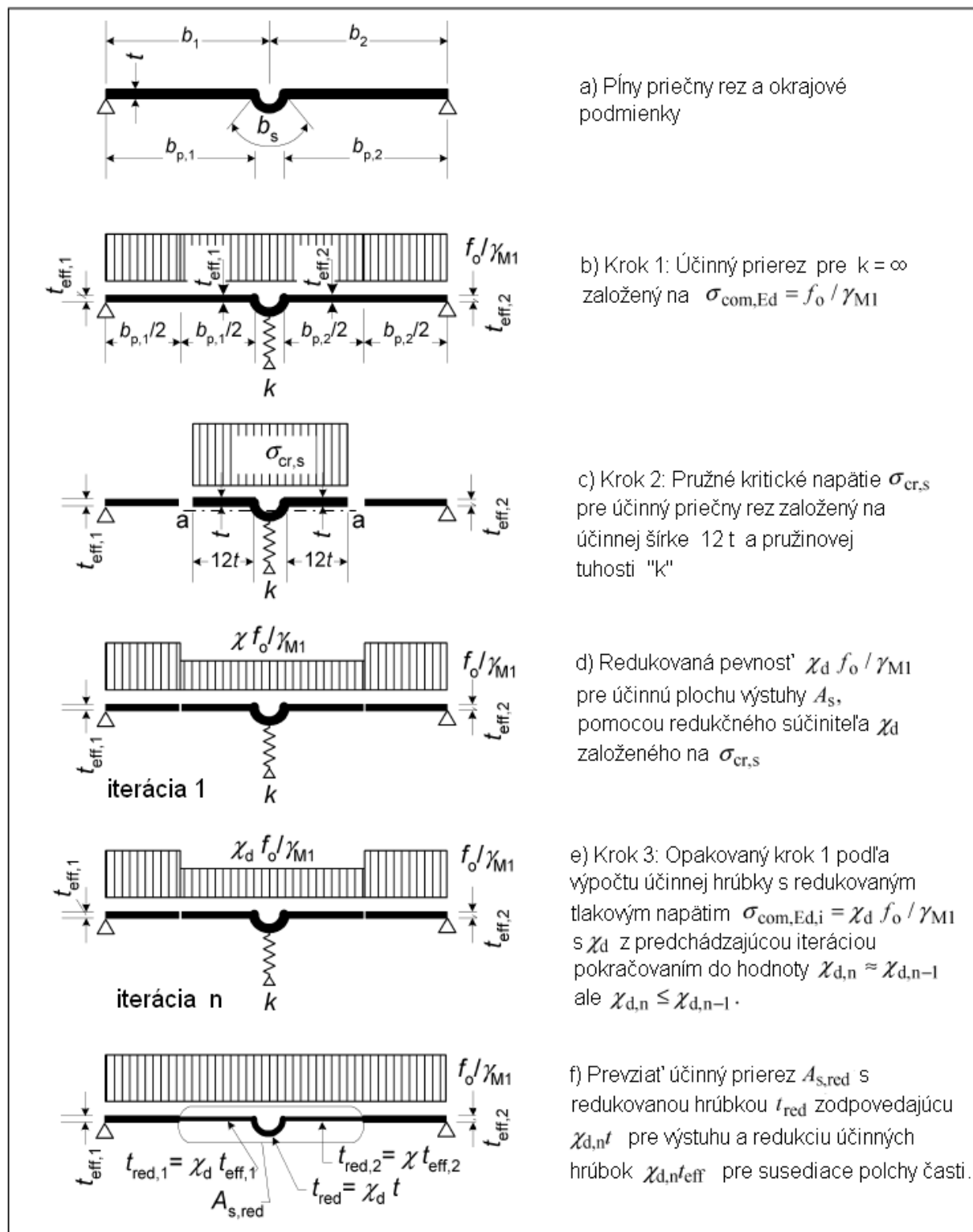
Výstuhy mali by byť rovnako tvarované a najviac dve. Procedúra pre stanovenie únosnosti je analyzovaná v ďalšej časti.

## b) Procedúra návrhu

Priečny rez mezilahlej výstuhy mal by sa uvažovať ako samotná tlačaná výstuha plus susedné spolupôsobiacé časti pásnice  $b_{p,1}$  a  $b_{p,2}$  ukázané na obrázku 3.5.



**Obr. 3.5: Počiatočná účinná plocha priečného rezu výstuhy  $A_s$  (a) v tvare dražiek a (b) v tvare ohnutia**



**Obr. 3.6: Model pre výpočet odporu v tlaku pásnice s medziľahlou výstuhou**



## TABUĽKY STATICKÝCH HODNÔT

Procedúra, ktorá je ilustrovaná na obrázku 3.6 mala by byť vykonaná v krokoch ako nasleduje:

**Krok 1:** Obdržať počiatočný účinný priečny rez pre výstuhu k výpočtu plochy priečného rezu  $A_s$  s použitím účinnej hrúbky určenej za predpokladu, že výstuha je pozdĺžne podporovaná a že  $\sigma_{com.Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$ ;

**Krok 2:** Použiť ďalší účinný priečny rez výstuhu pre výpočet účinného momentu zotrvačnosti za účelom určenia redukčného súčiniteľa vydúvania pri skrútení, pri uvažovaní prípustných účinkov súvislého pružinového votknutia;

**Krok 3:** Podľa potreby opakovať procedúru k spresneniu hodnôt redukčného súčiniteľa vzperu výstuhu.

Počiatočné hodnoty účinných hrúbok  $t_{eff,1}$  a  $t_{eff,2}$ , znázornené na obrázku 3.5 môžu byť určené z časti prierezu bez výstuh podľa predpokladu, že časti prierezu  $b_{p,1}$  a  $b_{p,2}$  sú dvojite podopreté, pozri tabuľku 1.

Účinná plocha prierezu medziľahlej výstuhu  $A_s$  môže byť určená zo vzťahu

$$A_s = t_{eff,1} \cdot b_{p,1} / 2 + t_{eff,2} \cdot b_{p,2} / 2 \quad (3.8)$$

kde šírka výstuhu  $b_s$  je zrejmá z obrázku 3.5.

Kritické napätie vzpernej pevnosti  $\sigma_{cr,s}$  pre medziľahlú výstuhu môže byť určené zo vzťahu

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2 \cdot \sqrt{k \cdot E \cdot I_s}}{A_s} \quad (3.9)$$

kde  $k$  je pružinová tuhosť na jednotku dĺžky,

$I_s$  je účinný moment zotrvačnosti plochy výstuhu, použitím hrúbky  $t$  a menovitej účinnej šírky  $12 \cdot t$  príľahlej časti priečného rezu k osi a-a jeho účinného prierezu, pozri obrázok 3.7.

Redukčný súčiniteľ  $\chi_d$  pre krútiacu odolnosť vo vzpere medziľahlej výstuhu môže byť získaný z hodnoty kritického napätia vzpernej pevnosti výstuhu  $\sigma_{cr,s}$ , v zmysle metodiky popísanej v časti priečného rezu s výstuhami.

Ak  $\chi_d < 1,0$  môže podľa vlastného uvažovania byť zpresnené opakovane počínajúc modifikovanou hodnotou  $\rho$ , ktoré bolo získané pri analýze časti priečného rezu bez výstuh s hodnotou  $\sigma_{com.Ed}$  rovné  $\chi_d \cdot f_0 / \gamma_{M1}$ , teda

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \lambda_p \cdot \sqrt{\chi_d} \quad (3.10)$$

Ak iterácia je realizovaná malo by sa pokračovať pokiaľ súčasná hodnota  $\chi_d$  je približne rovná ale nie väčšia.

Redukovaná účinná plocha výstuhu  $A_{s,red}$ , ktorá zohľadňuje vplyv vydúvania a krútenia mala by sa uvažovať ako

$$A_{s,red} = \chi_d \cdot A_s \cdot \frac{f_0 / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \text{ ale } A_{s,red} \leq A_s \quad (3.11)$$

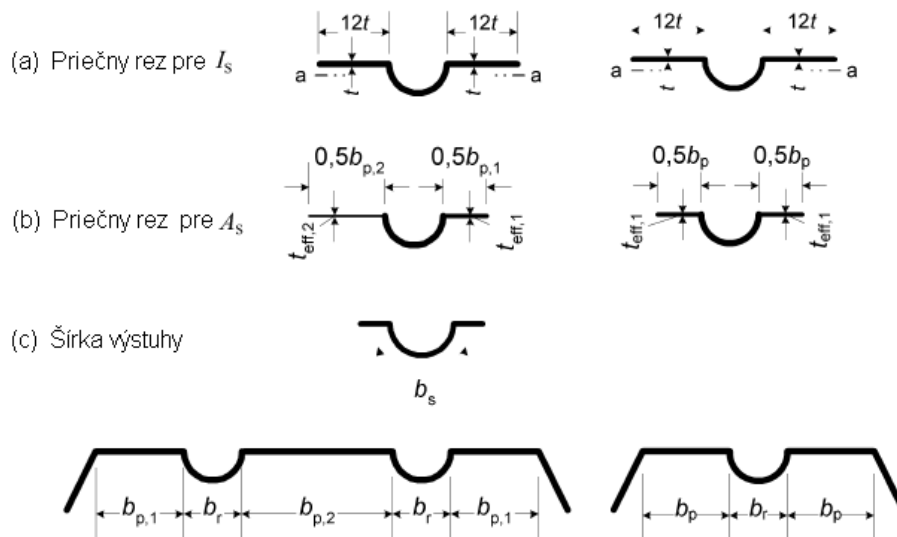
kde  $\sigma_{com,Ed}$  je tlakové napätie v osi výstuhu vypočítané na základe účinnej plochy prierezu.

Pri určení účinných prierezových charakteristík, redukovanej účinnej plochy  $A_{s,red}$  mala by byť reprezentovaná s použitím redukovanej hrúbky  $t_{red} = \chi_d \cdot t_{eff}$  pre všetky časti vrátane  $A_s$ .

### 3.5.3 Lichobežníkové profily medziľahlých výstuh

Doplňujúce pojednanie k časti „b2“ procedúry návrhu medziľahlej výstuhu je venované problematike interakcií medzi krúteným vydúvaním stredných výstuh pásnice a stenových výstuh, ktorá by sa mala vziať do úvahy.

#### a) Pásnice s medziľahlými výstuhami



**Obr. 3.7: Účinné prierezy pre výpočet  $I_s$  a  $A_s$  pre tlačené pásnice s jednou alebo s dvomi výstuhami**

Pre jednu centrálnu výstuhu pásnice kritické napätie vzpernej pevnosti  $\sigma_{cr,s}$  sa určí podľa vzťahu

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 \cdot \kappa_w \cdot E}{A_s} \cdot \sqrt{\frac{I_s \cdot t^3}{4 \cdot b_p^2 \cdot (2 \cdot b_p + 3 \cdot b_s)}} \quad (3.12)$$

kde  $b_p$  je teoretická šírka časti pásu na obrázku 3.7

$b_s$  je šírka medziľahlej výstuhu meraná po oblúku

$\kappa_w$  je súčiniteľ zohľadňujúci čiastkovú rotačnú odolnosť výstuhu pásu  $A_s$  a  $I_s$  sú definované v predchádzajúcej časti.

## TABUĽKY STATICKÝCH HODNÔT

Pre dve symetricky rozmiestnené výstupy kritické napätie vzpernej pevnosti  $\sigma_{cr,s}$ , obrdžíme zo vzťahu

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 \cdot \kappa_w \cdot E}{A_s} \cdot \sqrt{\frac{I_s \cdot t^3}{8 \cdot b_1^2 \cdot (3 \cdot b_e - 4 \cdot b_1)}} \quad (3.13)$$

s hodnotami:  $b_e = 2 \cdot b_{p,1} + b_{p,2} + 2 \cdot b_s$   
 $b_1 = b_{p,1} + 0,5 \cdot b_r$

kde  $b_{p,1}$  je menovitá šírka pásu z vonkajšej strany časti výstupy z obr. 3.7,  
 $b_{p,2}$  je menovitá šírka pásu medzi dvoma výstupami z obr. 3.7,  
 $b_s$  je šírka medziľahlej výstupy meraná po oblúku.

Hodnota  $\kappa_w$  môže byť vypočítaná z tlačeneho pásu dĺžky vlny  $l_b$

- ak  $l_b/s_w \geq 2$ :  $\kappa_w = \kappa_{w0}$  (3.14a)

- ak  $l_b/s_w < 2$ :  $\kappa_w = \kappa_{w0} - (\kappa_{w0} - 1) \cdot [2 \cdot l_b/s_w - (l_b/s_w)^2]$  (3.14b)

kde  $s_w$  je šikmá dĺžka steny pozri obrázok 3.8.  
 $l_b$  polovica dĺžky vlny pri pružnom vzpere výstupy.

Alternatívne súčiniteľ zohľadňujúci čiastkovú rotačnú odolnosť výstupy pásu  $\kappa_w$  by sa mal brať konzervatívne rovný hodnote 1,0

Hodnoty  $l_b$  a  $\kappa_{w0}$  sú určené podľa nasledujúceho postupu:

- pre tlačenej pás s jednou medziľahlou výstupou:

$$l_b = 3,07 \cdot \sqrt[4]{I_s \cdot b_p^2 \cdot (2 \cdot b_p + 3 \cdot b_s)} / t^3 \quad (3.15)$$

$$\kappa_{w0} = \sqrt{\frac{s_w + 2 \cdot b_d}{s_w + 0,5 \cdot b_d}} \quad (3.16)$$

pričom  $b_d = 2 \cdot b_p + b_s$

- pre tlačenej pás s dvomi alebo tromi medziľahlými výstupami

$$l_b = 3,65 \cdot \sqrt[4]{I_s \cdot b_1^2 \cdot (3 \cdot b_e - 4 \cdot b_1)} / t^3 \quad (3.17)$$

$$\kappa_{w0} = \sqrt{\frac{(2 \cdot b_e + s_w) \cdot (3 \cdot b_e - 4 \cdot b_1)}{b_1 \cdot (4 \cdot b_e - 6 \cdot b_1) + s_w \cdot (3 \cdot b_e - 4 \cdot b_1)}} \quad (3.18)$$

Redukovaná účinná plocha výstupy  $A_{s,red}$  prípustná pre vzper v krútení (ohybový vzper medziľahlej výstupy) môže byť uvažovaná

$$A_{s,red} = \chi_d \cdot A_s \cdot \frac{f_0 / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{ale} \quad A_{s,red} \leq A_s \quad (3.19)$$

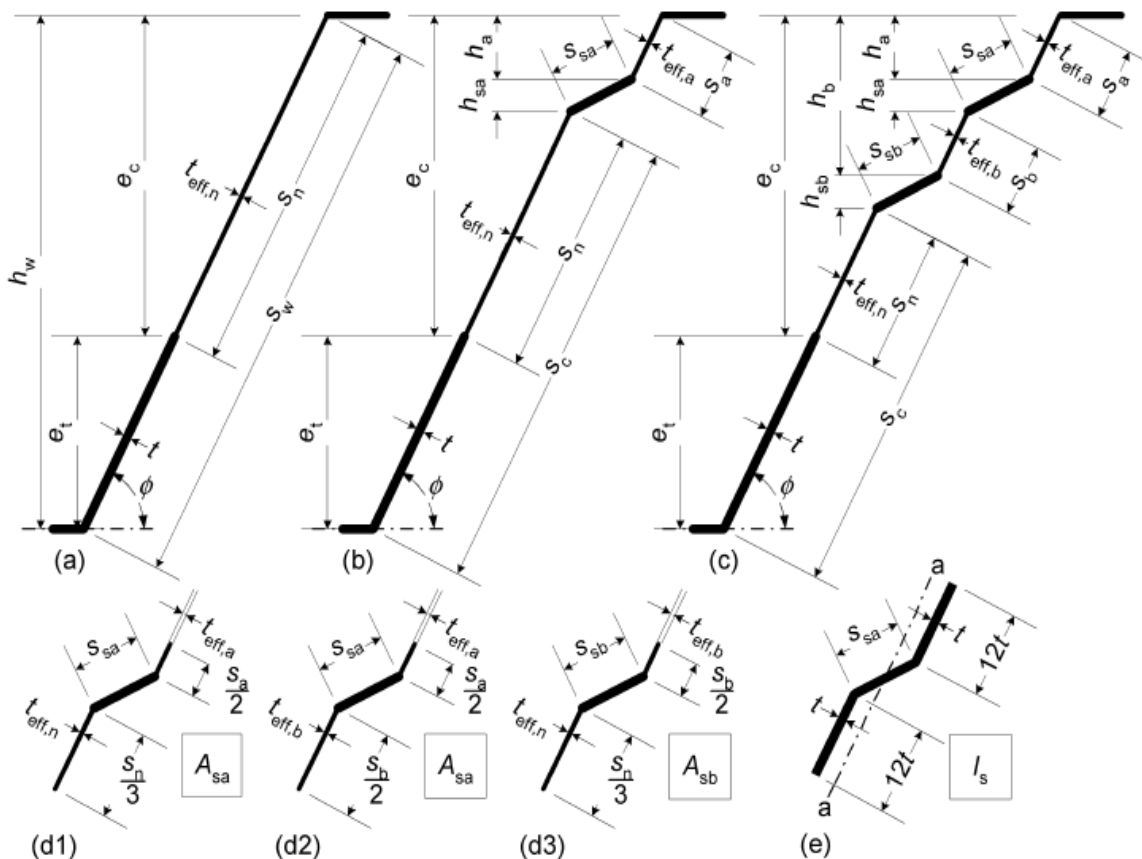
Ak steny sú nevystužené, potom redukčný súčiniteľ  $\chi_d$  môže byť získaný priamo z hodnoty kritického napätia vzpernej pevnosti  $\sigma_{cr,s}$  použitím vyššie uvedeného postupu.

V prípade, že steny sú tiež vystužené potom redukčný súčiniteľ  $\chi_d$  môže byť vyššie popísaný s modifikovaným pružným kritickým napätím  $\sigma_{cr,mod}$ .

Pri určovaní vlastnosti efektívneho prierezu môže redukovaná efektívna plocha  $A_{s,red}$  byť reprezentovaná prostredníctvom redukovanej hrúbky  $t_{red} = \chi_d \cdot t_{eff}$  pre celú časť prierezu vrátane v  $A_s$ .

### 3.5.4 Steny s vnútornými výstuhami pod účinkom tlaku

Účinná plocha prierezu tlačenej zóny steny môže byť predpokladaná ako zložená účinná redukovaná plocha  $A_{s,red}$  medziľahlých výstuh priľahlých pásikov k tlačenej pásu a pásikov priľahlých k stenám pozri obrázok 3.8. Steny namáhané jednotkovým tlakovým napätím môžu byť stužujúcimi pásmi.



**Obr. 3.8: Účinné prierezy tvarovaných plechových profilov**

Účinná plocha prierezu steny ako je vidieť na obrázku 3.8 môže zahrňovať:

- pás o šírke  $s_a/2$  a efektívnu hrúbku  $t_{eff,a}$  susediacu s tlačenej pásu;
- redukovanú účinnú plochu  $A_{s,red}$  pre každú stenu v maxime dva;
- pás o šírke  $2 \cdot s_n/3$  a susediaci s pozdĺžnou výstuhou;
- časť tlačenej steny.

Iniciálna účinná plocha môže byť určená nasledovne:

- pre jednoduchú výstuhu

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \cdot \frac{s_a}{2} + t \cdot s_{sa} + t_{eff,n} \cdot \frac{s_n}{3} \right) \quad \text{obrázok 3.8 (d1)} \quad (3.20a)$$

- pre výstuhu k tlačnému pásu v stene medzi dvomi výstuhami

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \cdot \frac{s_a}{2} + t \cdot s_{sa} + t_{eff,b} \cdot \frac{s_b}{2} \right) \quad \text{obrázok 3.8 (d2)} \quad (3.20b)$$

- pre druhu výstuhu

$$A_{sb} = \left( t_{eff,b} \cdot \frac{s_b}{2} + t \cdot s_{sb} + t_{eff,n} \cdot \frac{s_n}{3} \right) \quad \text{obrázok 3.8 (d3)} \quad (3.21)$$

v ktorých rozmery  $s_a$ ,  $s_{sa}$ ,  $s_b$ ,  $s_{sb}$  a  $s_n$  sú ukázané na obrázku 3.8 a hrúbky  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  a  $t_{eff,n}$  sú uvedené nižšie.

Iniciálne umiestnenie účinnej pozdĺžnej osi môže byť založené na účinnej ploche pásu s veľkou plochou stien.

Ak štiňlosť  $\bar{\lambda}_p$  časti tlačenej steny, ktorá je väčšia ako  $\bar{\lambda}_{lim}$  potom účinné hrúbky  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  a  $t_{eff,n}$  sú určené podľa vzorca

$$t_{eff} = \rho \cdot t \quad (3.22)$$

kde  $\rho$  je vypočítané na základe štiňlosti  $\bar{\lambda}_p$  ako je uvedené v časti 3.5. Pomer krajných napätí  $\psi$  je uvedené v tauľke 5. Hodnoty  $e_c$  a  $e_t$  sú vzdialenosti od efektívnej osi tlačenej a ťahaného pásu, pozri obrázok 3.8. Dimenzie  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_{sa}$ ,  $h_{sb}$ ,  $s_n$  a  $\phi$  sú ukázané tiež na obrázku 3.8.

Iniciálne účinné plochy výstuh sú  $A_{sa}$  a  $A_{sb}$ . Hodnoty  $s_a$  a  $s_b$  sú rozdelené na dva rovnaké časti  $s_a/2$  a  $s_b/2$ . Časť steny  $s_n$  nad centrálnou osou je rozdelená na časť  $s_n/3$  susediacej s výstuhou, pozri obrázok 3.8 (d1) a (d3) ako aj časť  $2 \cdot s_n/3$  príľahlej centrálnej osi prierezu.

Pre jednu výstuhu v tlačnom pásu steny alebo dve výstuhy pružné vzperné napätie  $\sigma_{cr,sa}$  môže byť určené podľa vzorca

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05 \cdot \kappa_f \cdot E \cdot \sqrt{I_{sa} \cdot t^3 \cdot s_1}}{A_{sa} \cdot s_2 \cdot (s_1 - s_2)} \quad (3.23)$$

v ktorom  $s_1$  a  $s_2$  sú dané takto:

- pre jednu výstuhu

$$s_1 = 0,9 \cdot (s_a + s_{sa} + s_c), \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5 \cdot s_{sa} \quad (3.24)$$

- uzatváraciu výstuhu k tlačnému pásu v stene s dvomi výstuhami

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_b + 0,5 \cdot (s_{sb} + s_c), \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5 \cdot s_{sa} \quad (3.25)$$

kde  $\kappa_f$  je súčiniteľ, ktorý berie do úvahy čiastkové rotáčné votknutie výstuhy steny a pásov,

$I_{sa}$  moment zotrvačnosti tlačenej výstuhy vytvorenej prelisom so šírkou  $s_{sa}$  ako aj dvoch príľahlých pásov so šírkou  $12 \cdot t$  rovnobežne s pasom steny, pozri obrázok 3.8 (e). Pri výpočte  $I_{sa}$  možné rozdiely v sklone medzi dvomi rovinami časti pričného rezu na ďalšiu stranu výstuhy možno zanedbať.

**Tabuľka 5: Štíhlostí  $\bar{\lambda}_p$  a súčiniteľ pomeru  $\psi$  pre stenu a výstuhu**

Lokalizovaná časť steny	Časť steny	Štíhlosť $\bar{\lambda}_p$	Súčiniteľ pomeru napätí $\psi$
<b>Bez výstuhu, obrázok 3.8 (a)</b>			
Medzi tlačným pásom a centrálnou osou	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = -\frac{e_t}{e_c}$
<b>Jedna výstuha, obrázok 3.8 (b)</b>			
Susediaca s tlačným pásom	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
Susediaca s centrálnou osou	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$	$\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$
<b>Dve výstuhu, obrázok 3.8 (c)</b>			
Susediaca s tlačným pásom	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
Medzi výstuhami	$s_b$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_b}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$	$\psi = \frac{e_c - h_b}{e_c - h_a - h_{sa}}$
Susediaca s centrálnou osou	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E k_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_b - h_{sb})}{e_c}}$	$\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}$

Pri absencii detailnejšieho vyšetrenia súčiniteľ rotačnej tuhosti  $\kappa_f$  konzervatívne možno brať 1,0 korešpondujúc s podmienkami bodového spojenia.

Pre jednoduchú tlačnú výstuhu, alebo uzavretú výstuhu k tlačnému pásu v stene so šírkou dvoch výstuh redukovaná účinná plocha  $A_{sa,red}$  (Krok 2 v obrázku 3.6) môže byť určená zo vzťahu:

$$A_{sa,red} = \frac{\chi_d \cdot A_{sa}}{1 - \frac{h_a + 0,5 \cdot h_{sa}}{e_c}} \quad \text{ale} \quad A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (3.26)$$

Ak pásy sú tiež vystužené, redukčný súčiniteľ  $\chi_d$  môže byť určený podľa potupu uvedeného v časti 3.5.2 ale s modifikovaným pružným kritickým napätím  $\sigma_{cr,mod}$  uvedeným v časti 3.5.3.

Pre jednoduchú ťahanú výstuhu, redukovaná účinná plocha  $A_{sa,red}$  môže byť rovná  $A_{sa}$ . Pre stenu s dvoma výstuhami, redukovaná účinná plocha  $A_{sb,red}$  pre druhú výstuhu uzavretú k neutrálnej osi môže byť rovná  $A_{sb}$ . Pri určovaní účinných prierezových charakteristík, redukovaná účinná plocha  $A_{sa,red}$  môže byť reprezentovaná prostredníctvom redukovanej hrúbky  $t_{red} = \chi_d \cdot t_{eff}$  pre celú časť prierezu zahrnutú v  $A_{sa}$ . V prípade ak  $\chi_d < 1$  má byť určená iteratívne.

## 3.5.5 Plechy s výstuhami pásu a výstuhami steny

V prípade plechu s vnútornými výstuhami v pásoch a v stenách, pozri obrázok 3.9, interakciou medzi vzperom v krútení a výstuhami pásov a výstuhami stien môže byť modifikované pružné kritické napätie  $\sigma_{cr,mod}$  pre obidva typy výstuh dané

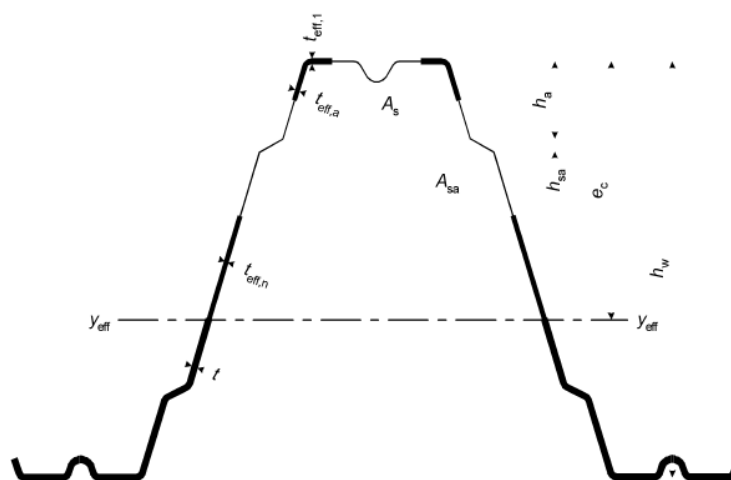
$$\sigma_{cr,mod} = \frac{\sigma_{cr,s}}{\sqrt[4]{1 + \left[ \beta_s \cdot \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}} \right]^4}} \quad (3.27)$$

kde  $\sigma_{cr,s}$  je pružné kritické napätie pre medziľahlú výstuhu,

$\sigma_{cr,sa}$  je pružné kritické napätie pre jednoduchú výstuhu steny alebo výstuhu uzavretú v stene dvojicou výstuh.

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5 \cdot h_{sa}) / e_c$  pre profil namáhaný ohybovým momentom,

$\beta_s = 1$  pre profil namáhaný osovým tlakom.

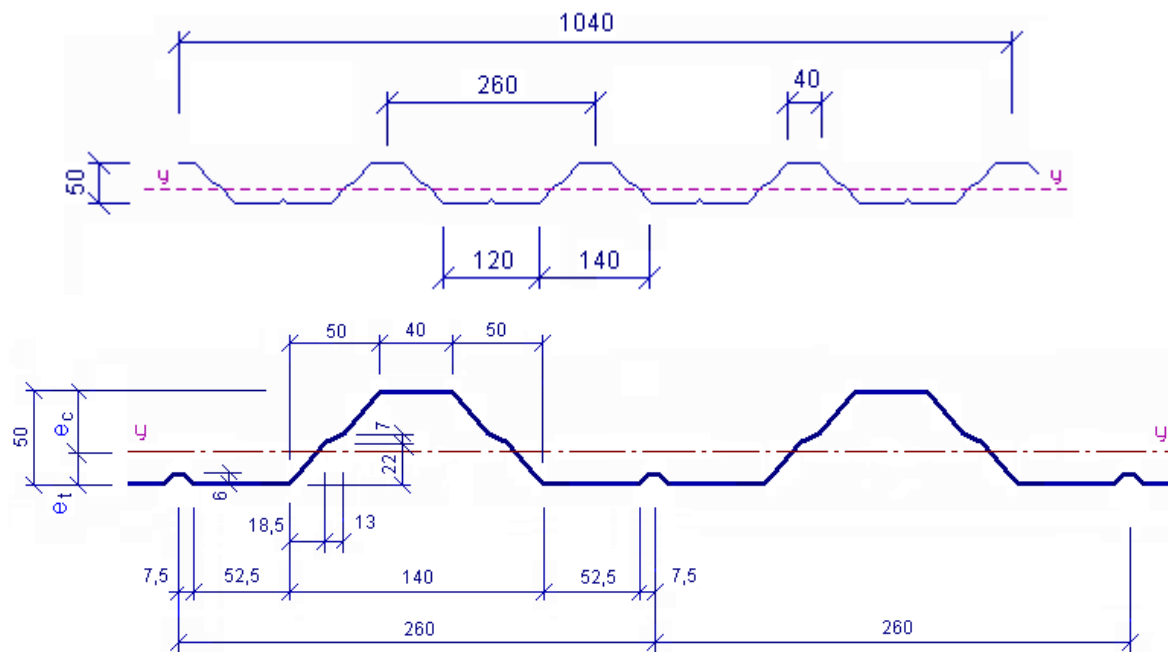


**Obr. 3.9: Účinný prierez tvarovaného profilu s výstuhami v páse a stenách**

## 4. RIEŠENIE ÚNOSNOSTI PRIEREZU ALT-50

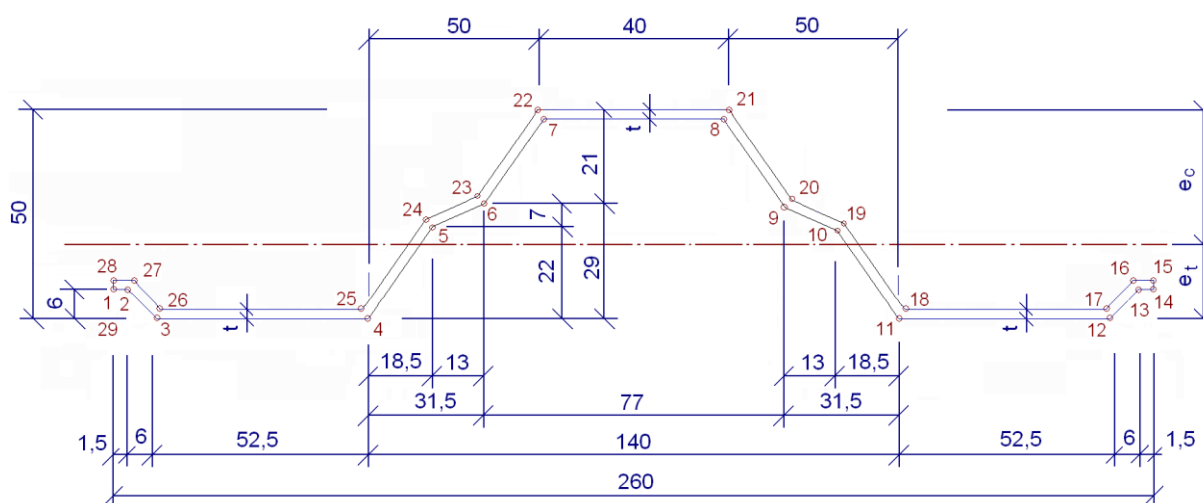
- Uvažované hrúbky plechu: 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; a 1,0 mm.
- Uvažované rozpätia nosníkov: 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,25 a 3,50 m
- Pevnostná trieda hliníka: 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

### 4.1 TRAPEZ ALT-50 A



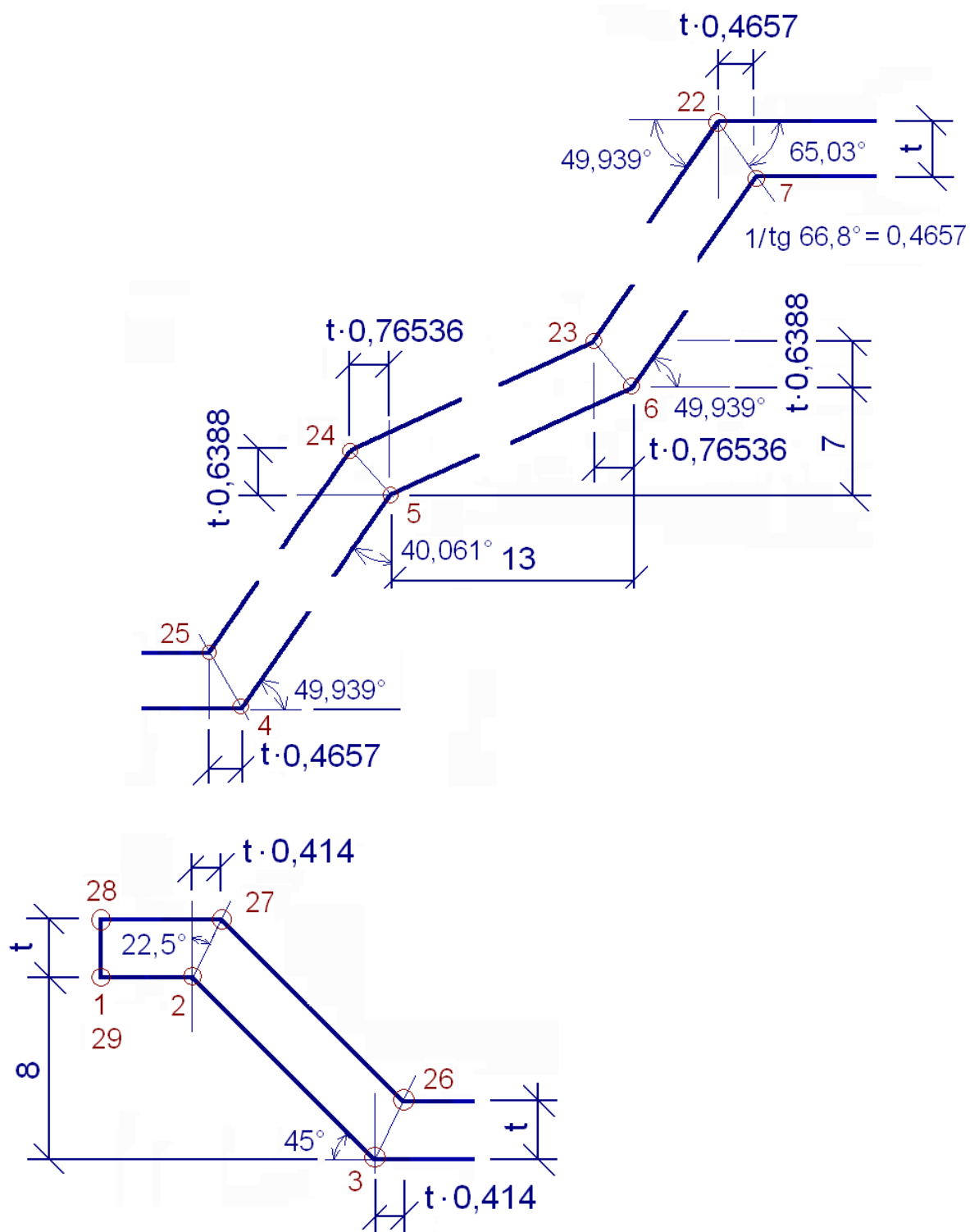
Obr. 4.1: Tvar plechu ALT-50 A

- Prierez s pôvodnou hrúbkou pre určenie ťažiska



Obr. 4.2: Tvar časti prierezu s pôvodnou hrúbkou  $t$





**Obr. 4.3: Detaily častí prierezu s pôvodnou hrúbkou  $t$**

Kritérium platnosti návrhu:

- pre tlačené pásnice  $b/t \leq 300$
- pre steny  $s_w/t \leq 0,5 \cdot E/f_0$

## Súradnice uzlov prierezu s pôvodnou hrúbkou

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	6
2	1,5	6
3	7,5	0
4	60	0
5	78,5	22
6	91,5	29
7	$110+t \cdot 0,4657$	$h-t$
8	$150-t \cdot 0,4657$	$h-t$
9	168,5	29
10	181,5	22
11	200	0
12	252,5	0
13	258,5	6
14	260	6
15	260	6+t
16	$258,5-t \cdot 0,414$	6+t
17	$252,5-t \cdot 0,414$	t
18	$200+t \cdot 0,4657$	t
19	$181,5+t \cdot 0,76536$	$22+t \cdot 0,6388$
20	$168,5+t \cdot 0,76536$	$29+t \cdot 0,6388$
21	150	h
22	110	h
23	$91,5-t \cdot 0,76536$	$29+t \cdot 0,6388$
24	$78,5-t \cdot 0,76536$	$22+t \cdot 0,6388$
25	$60-t \cdot 0,4657$	t
26	$7,5+t \cdot 0,414$	t
27	$1,5+t \cdot 0,414$	6+t
28	0	6+t
29	0	6

Vypočítané hodnoty ťažiska:  $e_c$ ;  $e_t$  vstupujú do výpočtu redukovaného prierezu.

## Lokálne vyduvanie

### - Tlačená pásnica prierezu

$$b_p = 40 \text{ mm}; \quad f_0 = 160 \text{ MPa}; \quad E = 70000 \text{ MPa}; \quad k_\sigma = 4$$

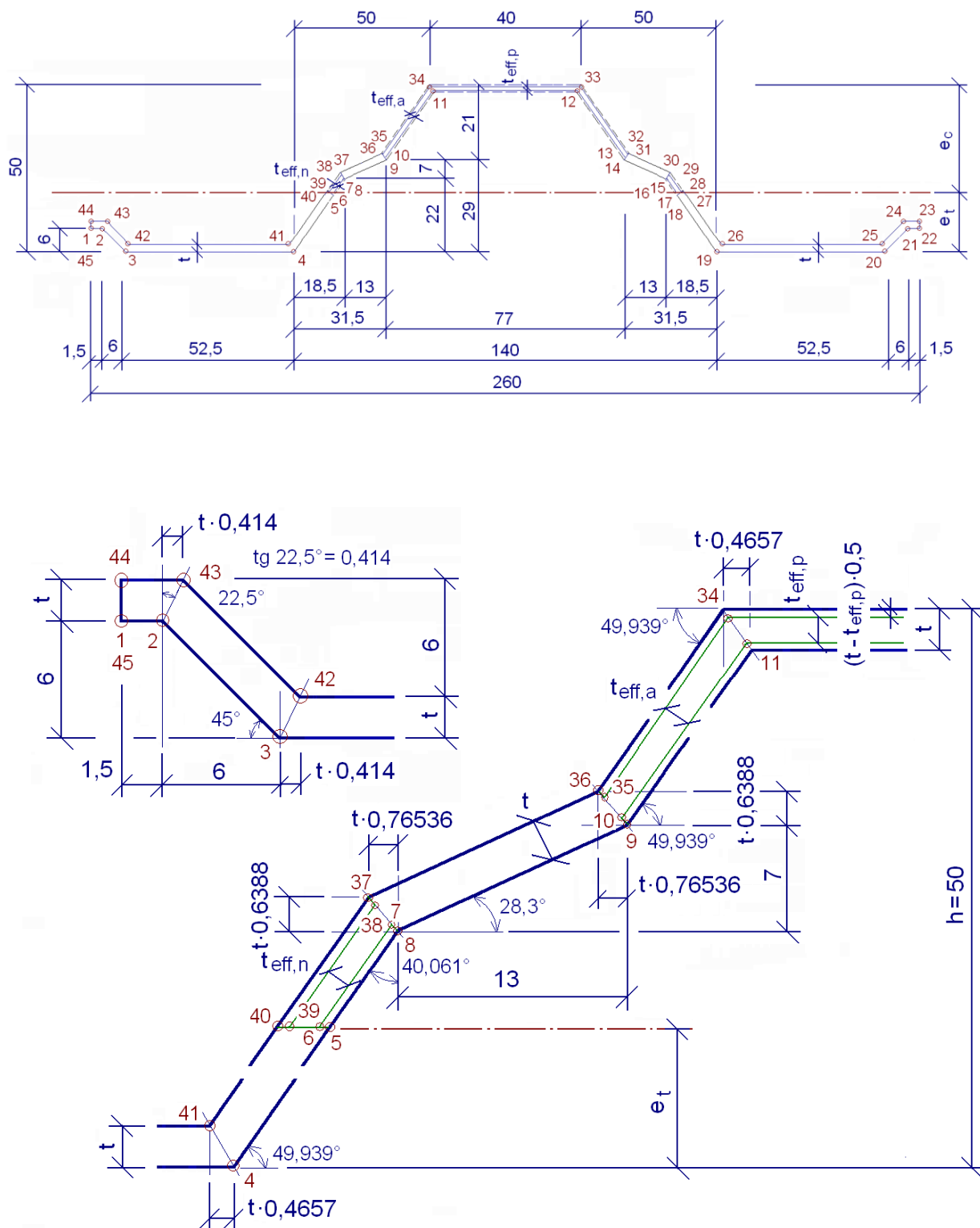
Hrúbka  $t$ : 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; a 1,0 mm

$$\bar{\lambda}_p = 1,052 \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_0}{E \cdot k_\sigma}} = 1,052 \cdot \frac{40}{t} \cdot \sqrt{\frac{160}{70000 \cdot 4}} = \frac{1,0059}{t} > \bar{\lambda}_{lim} = 0,517$$

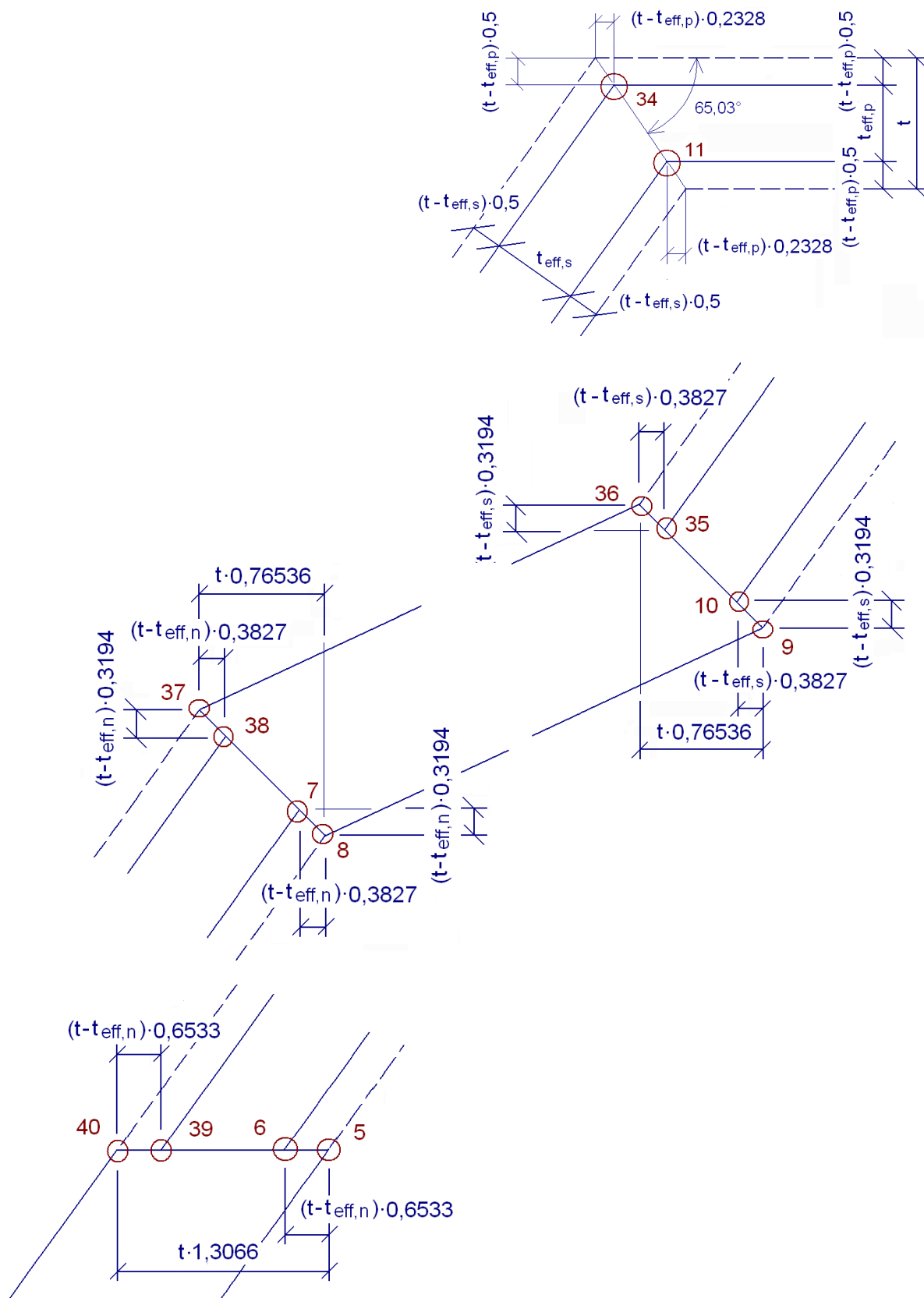
$$\rho = \alpha \cdot \left(1 - 0,22 \sqrt{\bar{\lambda}_p}\right) / \bar{\lambda}_p = 0,9 \cdot \left(1 - 0,22 \sqrt{1,0059/t}\right) / (1,0059/t)$$

$$t_{eff,p} = \rho \cdot t$$

## - Prierez s efektívnou hrúbkou tlačných stien

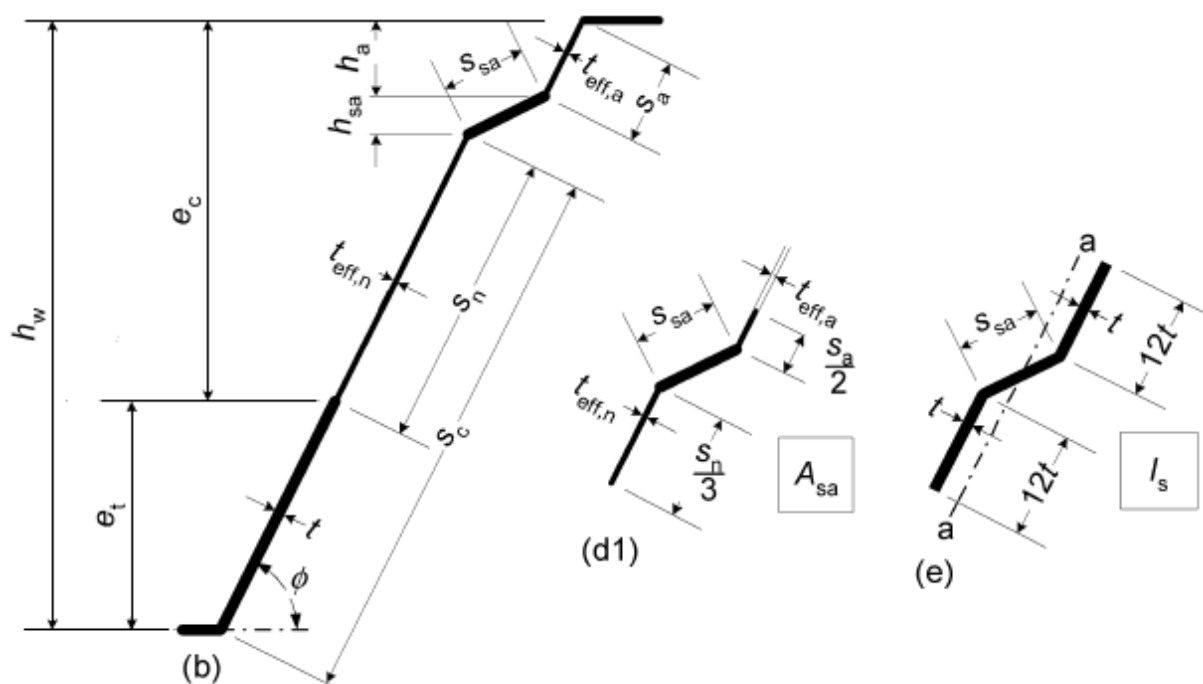


**Obr. 4.4:** Tvar časti prierezu s efektívnou hrúbkou tlačných častí



**Obr. 4.5: Detaily časti prierezu s efektívnou hrúbkou steny a pásnice**

## - Tlačená stena prierezu s výstuhou



Obr. 4.6: Účinný prierez tvarovaného plechu

### Štíhlosť $\bar{\lambda}_p$ a súčiniteľ pomeru $\psi$ pre stenu

$$f_0 = 160 \text{ MPa}; \quad E = 70000 \text{ MPa}$$

#### - Stena susediaca s tlačným pásom

$$\bar{\lambda}_p = \frac{s_a}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_0}{E \cdot k_\sigma}}; \quad s_a = 27,438 \text{ mm};$$

$$\psi = -\frac{e_c - h_a}{e_c}; \quad h_a = 21 \text{ mm}$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,26 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$\rho = 0,9 \cdot (1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p) / \bar{\lambda}_p;$$

$$t_{\text{eff},a} = \rho \cdot t$$

#### - Stena susediaca s centrálnou osou

$$\bar{\lambda}_p = \frac{s_c}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_0}{E \cdot k_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}};$$

$$s_c = 22 / \sin \phi = 22 / 0,7653 = 28,744 \text{ mm}; \quad h_a = 21 \text{ mm}; \quad h_{sa} = 7 \text{ mm}$$

$$\psi = -\frac{e_c}{s_n \cdot \sin \phi}; \quad \phi = 49,939^\circ; \quad \sin \phi = 0,7653$$

$$k_\sigma = 7,81 - 6,26 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2$$

$$\rho = 0,9 \cdot (1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p) / \bar{\lambda}_p;$$

$$t_{eff,n} = \rho \cdot t;$$

## Iniciálna účinná plocha

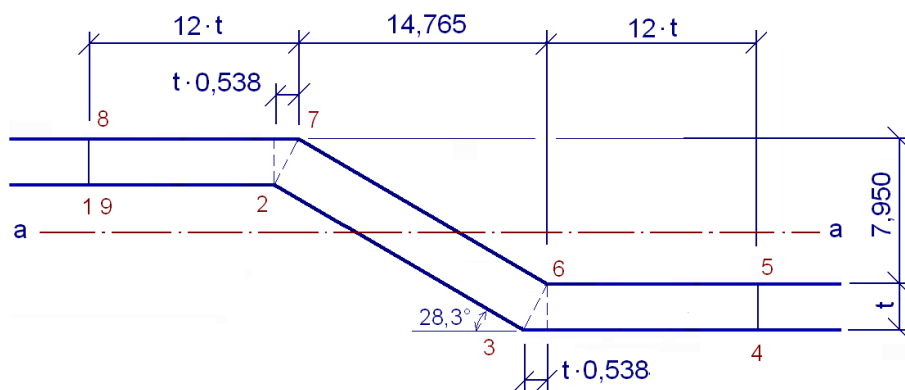
- pre jednoduchú výstuhu

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \cdot \frac{s_a}{2} + t \cdot s_{sa} + t_{eff,n} \cdot \frac{s_n}{3} \right) \quad \text{obrázok 4.6 (d1)}$$

$$h_a = 21 \text{ mm}; \quad \phi = 49,939^\circ; \quad s_a = h_a / \sin \phi = 21 / 0,7653 = 27,438 \text{ mm}$$

$$s_{sa} = 13 / \cos 28,3^\circ = 13 / 0,880 = 14,764 \text{ mm}$$

## Moment zotrvačnosti tlačenej výstuhu



**Obr. 4.7: Počiatočná účinná plocha priečného rezu výstuhu**

Súradnice uzlov prierezu pre výpočet  $I_{sa}$

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	7,95
2	$11,462 \cdot t$	7,95
3	$11,462 \cdot t + 14,765$	0
4	$24 \cdot t + 14,765$	0
5	$24 \cdot t + 14,765$	t
6	$12 \cdot t + 14,765$	t
7	$12 \cdot t$	$7,95 + t$
8	0	$7,95 + t$
9	0	7,95

Vzperné napätie pre výstuhu v tlačenej páske steny

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05 \cdot \kappa_f \cdot E \cdot \sqrt{I_{sa} \cdot t^3 \cdot s_1}}{A_{sa} \cdot s_2 \cdot (s_1 - s_2)}$$

$$s_1 = 0,9 \cdot (s_a + s_{sa} + s_c) = 0,9 \cdot (27,438 + 14,764 + 28,744) = 70,946 \text{ mm}$$

$$s_2 = s_1 - s_a - 0,5 \cdot s_{sa} = 70,946 - 27,438 - 0,5 \cdot 14,746 = 36,135 \text{ mm}$$

$$\kappa_f = 1$$

Súradnice uzlov prierezu s efektívnou hrúbkou

$$t_{ep} = t_{eff,p}; \quad t_{ea} = t_{eff,a}; \quad t_{en} = t_{eff,n}$$

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	6
2	1,5	6
3	7,5	0
4	60	0
5	$60 + e_t \cdot 0,841$	$e_t$
6	$60 + e_t \cdot 0,841 - (t - t_{en}) \cdot 0,6533$	$e_t$
7	$78,5 - (t - t_{en}) \cdot 0,3827$	$22 + (t - t_{en}) \cdot 0,3194$
8	78,5	22
9	91,5	29
10	$91,5 - (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$29 + (t - t_{es}) \cdot 0,3194$
11	$110 + t \cdot 0,4657 + (t - t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - t + (t - t_{ep}) \cdot 0,5$
12	$150 - t \cdot 0,4657 - (t - t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - t + (t - t_{ep}) \cdot 0,5$
13	$168,5 + (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$29 + (t - t_{es}) \cdot 0,3194$
14	168,5	29
15	181,5	22
16	$181,5 - (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$29 + (t - t_{es}) \cdot 0,3194$
17	$200 - e_t \cdot 0,841 + (t - t_{en}) \cdot 0,6533$	$e_t$
18	$200 - e_t \cdot 0,841$	$e_t$
19	200	0
20	252,5	0
21	258,5	8
22	260	8
23	260	6+t
24	$258,5 - t \cdot 0,414$	6+t
25	$252,5 - t \cdot 0,414$	t
26	$200 + t \cdot 0,4657$	t
27	$200 - e_t \cdot 0,841 + t \cdot 1,3066$	$e_t$
28	$200 - e_t \cdot 0,841 - (t - t_{en}) \cdot 0,6533$	$e_t$
29	$181,5 + t \cdot 0,76536 - (t - t_{en}) \cdot 0,3827$	$29 + t \cdot 0,6388 - (t - t_{en}) \cdot 0,3194$
30	$181,5 + t \cdot 0,76536$	$22 + t \cdot 0,6388$
31	$168,5 + t \cdot 0,76536$	$29 + t \cdot 0,6388$

Súradnice uzlov prierezu s efektívnou hrúbkou - pokračovanie tabuľky

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
32	$91,5 - t \cdot 0,76536 - (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$29 + (t - t_{en}) \cdot 0,3194$
33	$150 - (t - t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - (t - t_{ep}) \cdot 0,5$
34	$110 + (t - t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - (t - t_{ep}) \cdot 0,5$
35	$91,5 - t \cdot 0,76536 + (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$29 + t \cdot 0,6388 - (t - t_{es}) \cdot 0,3194$
36	$91,5 - t \cdot 0,76536$	$29 + t \cdot 0,6388$
37	$78,5 - t \cdot 0,76536$	$22 + t \cdot 0,6388$
38	$78,5 - t \cdot 0,76536 + (t - t_{en}) \cdot 0,3827$	$22 + t \cdot 0,6388 - (t - t_{en}) \cdot 0,3194$
39	$60,5 + e_t \cdot 0,841 - t \cdot 1,3066 + (t - t_{en}) \cdot 0,6533$	$e_t$
40	$60,5 + e_t \cdot 0,841 - t \cdot 1,3066$	$e_t$
41	$60 - t \cdot 0,4657$	$t$
42	$7,5 + t \cdot 0,414$	$t$
43	$1,5 + t \cdot 0,414$	$6 + t$
44	0	$6 + t$
45	0	6

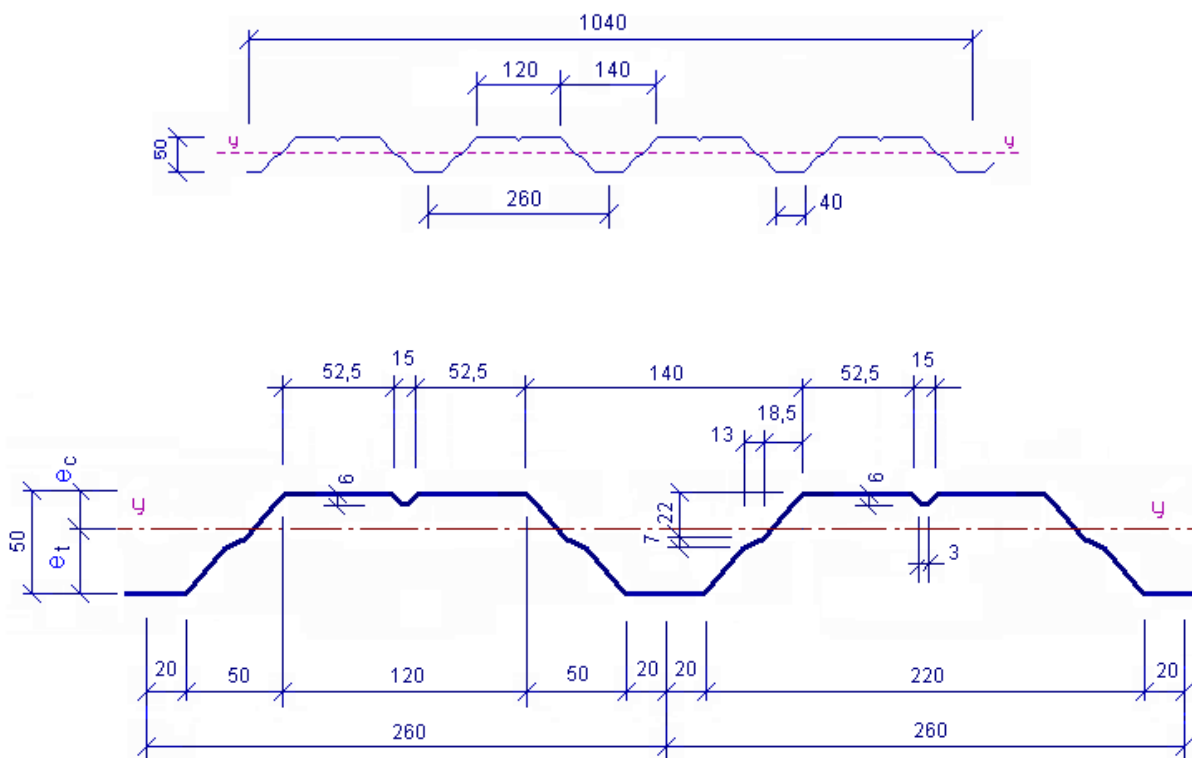
## PRIEREZOVÉ CHARAKTERISTIKY ALT-50Aeff NA m'

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$b_h$ [mm]	$b_d$ [mm]	$e_h$ [mm]	$e_d$ [mm]	$I_{y,eff}$ [mm <sup>4</sup> ]	$W_{y,eff,h}$ [mm <sup>3</sup> ]	$W_{y,eff,d}$ [mm <sup>3</sup> ]
0,60	40	52,5	35,243	14,457	180,937	8,938	12,260
0,70	40	52,5	34,602	15,398	223,629	11,408	14,523
0,80	40	52,5	34,072	15,928	267,495	14,025	16,794
0,90	40	52,5	33,640	16,360	311,946	16,735	19,067
1,00	40	52,5	33,294	16,706	356,446	19,484	21,336
Násob.	-	-	-	-	$10^3$	$10^3$	$10^3$

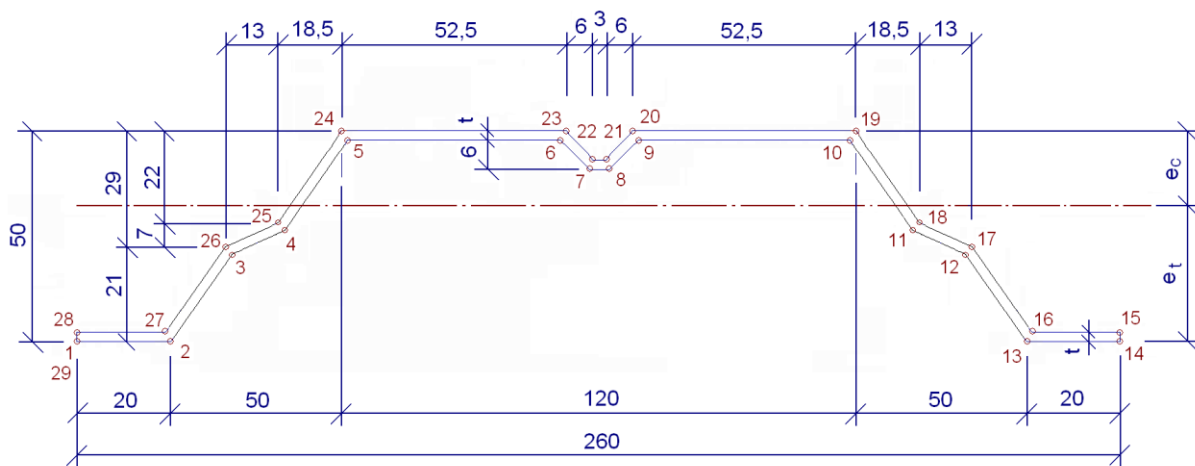


## 4.2 TRAPEZ ALT-50 B

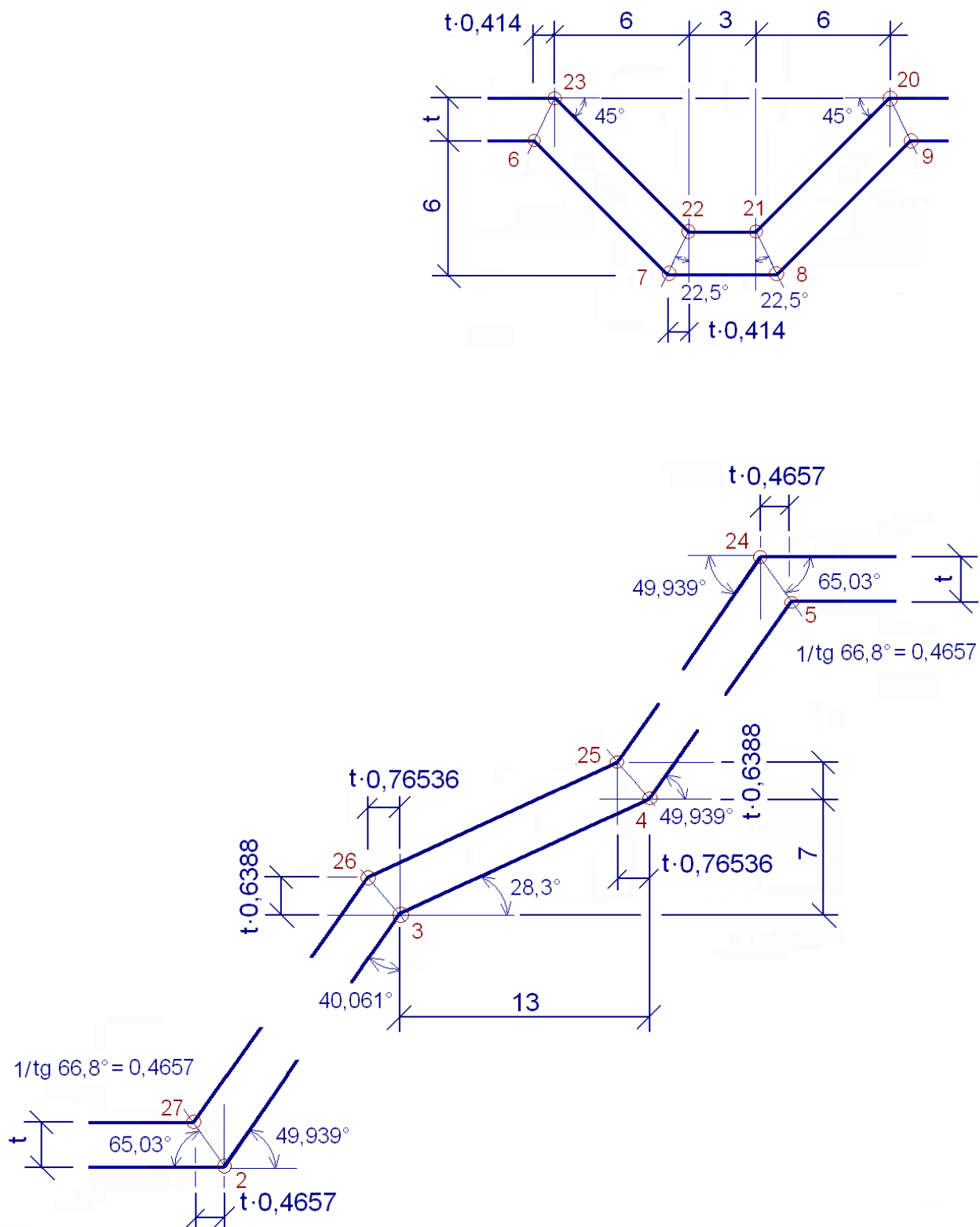


Obr. 4.8: Tvar plechu ALT-50 B

- Prierez s pôvodnou hrúbkou pre určenie ťažiska



Obr. 4.9: Tvar časti prierezu s pôvodnou hrúbkou  $t$



**Obr. 4.10: Detaily časti prierezu s pôvodnou hrúbkou  $t$**

## Súradnice uzlov prierezu s pôvodnou hrúbkou

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	0
2	20	0
3	$38,5+t \cdot 0,76536$	$21-t \cdot 0,6388$
4	$51,5+t \cdot 0,76536$	$28-t \cdot 0,6388$
5	$70 + t \cdot 0,4657$	$h-t$
6	$118-t \cdot 0,414$	$h-t$
7	$126-t \cdot 0,414$	$h-t-6$
8	$134+t \cdot 0,414$	$h-t-6$
9	$142+t \cdot 0,414$	$h-t$
10	$190-t \cdot 0,4657$	$h-t$
11	$208,5-t \cdot 0,76536$	$28-t \cdot 0,6388$
12	$221,5-t \cdot 0,76536$	$21-t \cdot 0,6388$
13	240	0
14	260	0
15	260	t
16	$240+t \cdot 0,4657$	t
17	221,5	21
18	208,5	28
19	190	h
20	142	h
21	134	$h-6$
22	126	$h-6$
23	118	h
24	70	h
25	51,5	28
26	38,5	21
27	$20-t \cdot 0,4657$	t
28	0	t
29	0	0

## Lokálne vyduvanie

### - Tlačená pásnica s medziľahlou výstuhou

Parametre pásnice s výstuhou

$$b_p = 120 \text{ mm}; \quad f_0 = 160 \text{ MPa}; \quad E = 70000 \text{ MPa}; \quad k_\sigma = 4$$

Hrúbka  $t$ : 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; a 1,0 mm

$$b_1 = 120/2 = 60 \text{ mm}; \quad b_2 = 120/2 = 60 \text{ mm}$$

$$b_{p,1} = 60 - 7,5 = 52,5 \text{ mm}; \quad b_{p,2} = 52,5 \text{ mm}$$

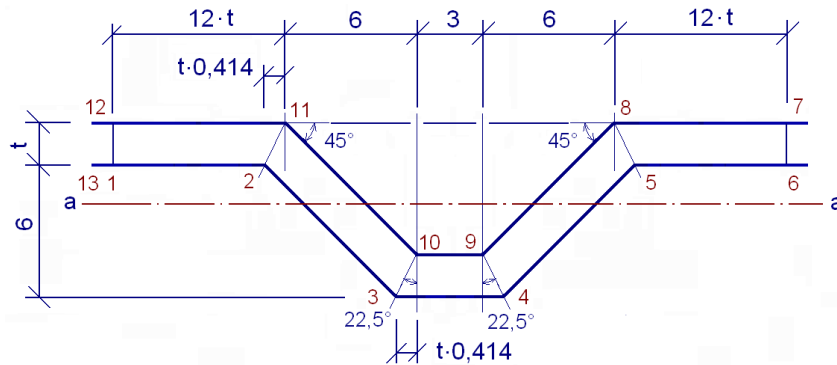
$$b_p = b_{p,1} = 52,5 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_p = 1,052 \cdot \frac{b_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_0}{E \cdot k_\sigma}} = 1,052 \cdot \frac{52,5}{t} \cdot \sqrt{\frac{160}{70000 \cdot 4}} = \frac{1,32025}{t} > \bar{\lambda}_{\text{lim}} = 0,517$$

$$\rho = \alpha \cdot (1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p) / \bar{\lambda}_p; \quad \alpha = 0,90;$$

$$t_{eff,1} = \rho \cdot t; \quad t_{eff,2} = \rho \cdot t;$$

$$b_s = 3 + 2 \cdot 6 \cdot 1,414 = 19,968 \text{ mm}$$



**Obr. 4.11: Počiatočná účinná plocha priečneho rezu výstuhy pre výpočet  $I_s$**

Súradnice uzlov prierezu výstuhy pre výpočet  $I_s$

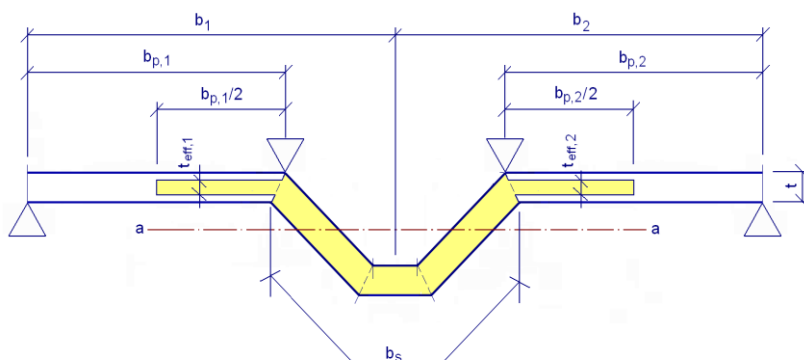
Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	6
2	$12 \cdot t - 0,414 \cdot t$	6
3	$12 \cdot t + 6 - 0,414 \cdot t$	0
4	$12 \cdot t + 9 + 0,414 \cdot t$	0
5	$12 \cdot t + 15 + 0,414 \cdot t$	6
6	$24 \cdot t + 15$	6
7	$24 \cdot t + 15$	$6 + t$
8	$12 \cdot t + 15$	$6 + t$
9	$12 \cdot t + 9$	$t$
10	$12 \cdot t + 3$	$t$
11	$12 \cdot t$	$6 + t$
12	0	$6 + t$
13	0	6

$$A_s = b_p \cdot t_{eff,1} + b_s \cdot t = 52,5 \cdot t_{eff,1} + 19,968 \cdot t$$

$$\kappa_w = 1$$

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2 \cdot \kappa_w \cdot E}{A_s} \cdot \sqrt{\frac{I_s \cdot t^3}{4 \cdot b_p^2 \cdot (2 \cdot b_p + 3 \cdot b_s)}}$$

$$\bar{\lambda}_s = \sqrt{f_0 / \sigma_{cr,s}}$$



**Obr. 4.12: Počiatočná účinná plocha priečného rezu výstuhu pre výpočet  $A_s$**

Redukčný súčiniteľ  $\chi_d$

Ak  $\bar{\lambda}_s \leq 0,25$  potom  $\chi_d = 1,0$

Ak  $0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$  potom  $\chi_d = 1,155 - 0,62 \cdot \bar{\lambda}_s$

Ak  $1,04 \leq \bar{\lambda}_s$  potom  $\chi_d = 0,53 / \bar{\lambda}_s$

Ak  $\chi_d < 1,0$

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot \sqrt{\chi_d}$$

$$\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$$

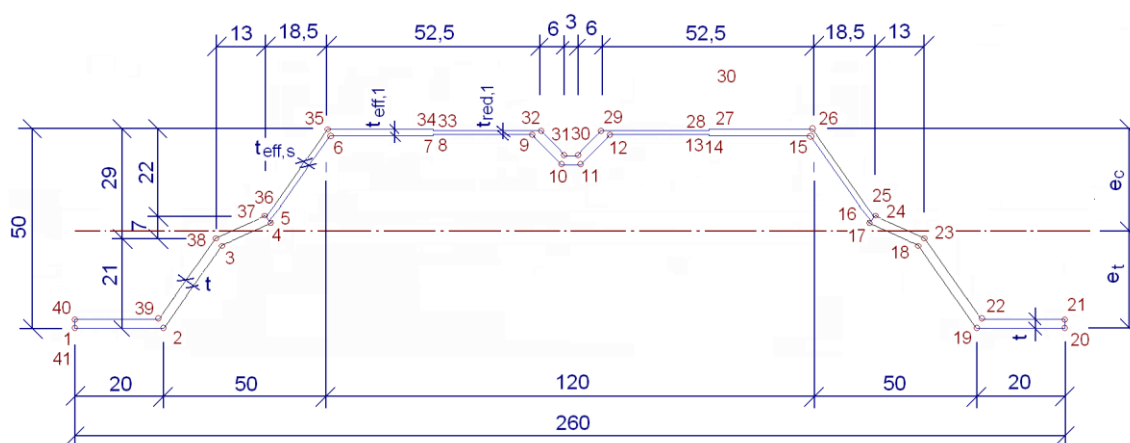
$$A_{s,red} = \chi_d \cdot A_s \cdot \frac{f_0 / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \text{ ale } A_{s,red} \leq A_s$$

Redukovaná hrúbka  $t_{red}$  pre všetky časti vrátane  $A_s$ .

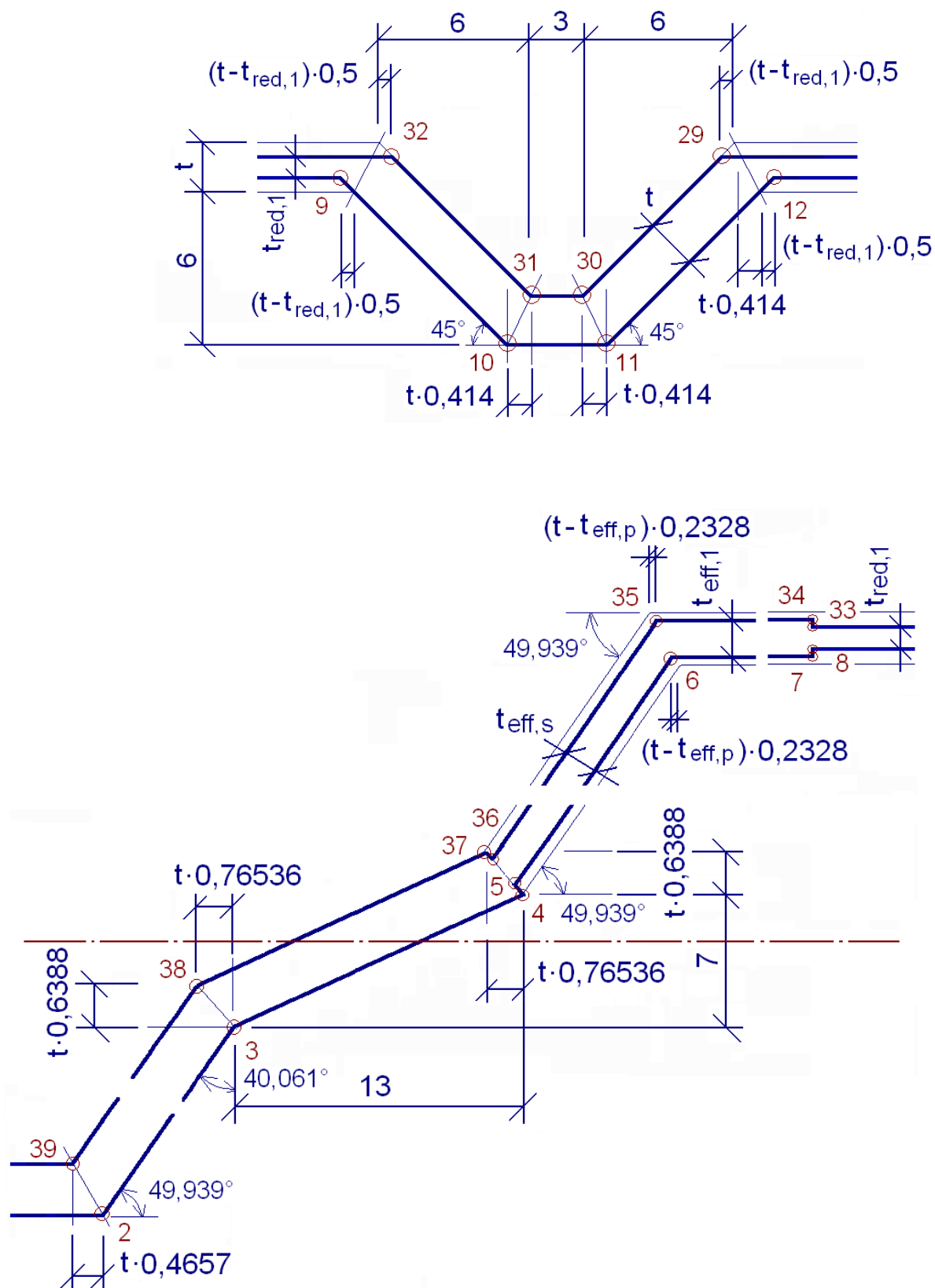
Pre časti pásnice:  $t_{red,1} = \chi_d \cdot t_{eff,1}$ ;  $t_{red,2} = \chi_d \cdot t_{eff,2}$

Pre výstuhu:  $t_{red} = \chi_d \cdot t$

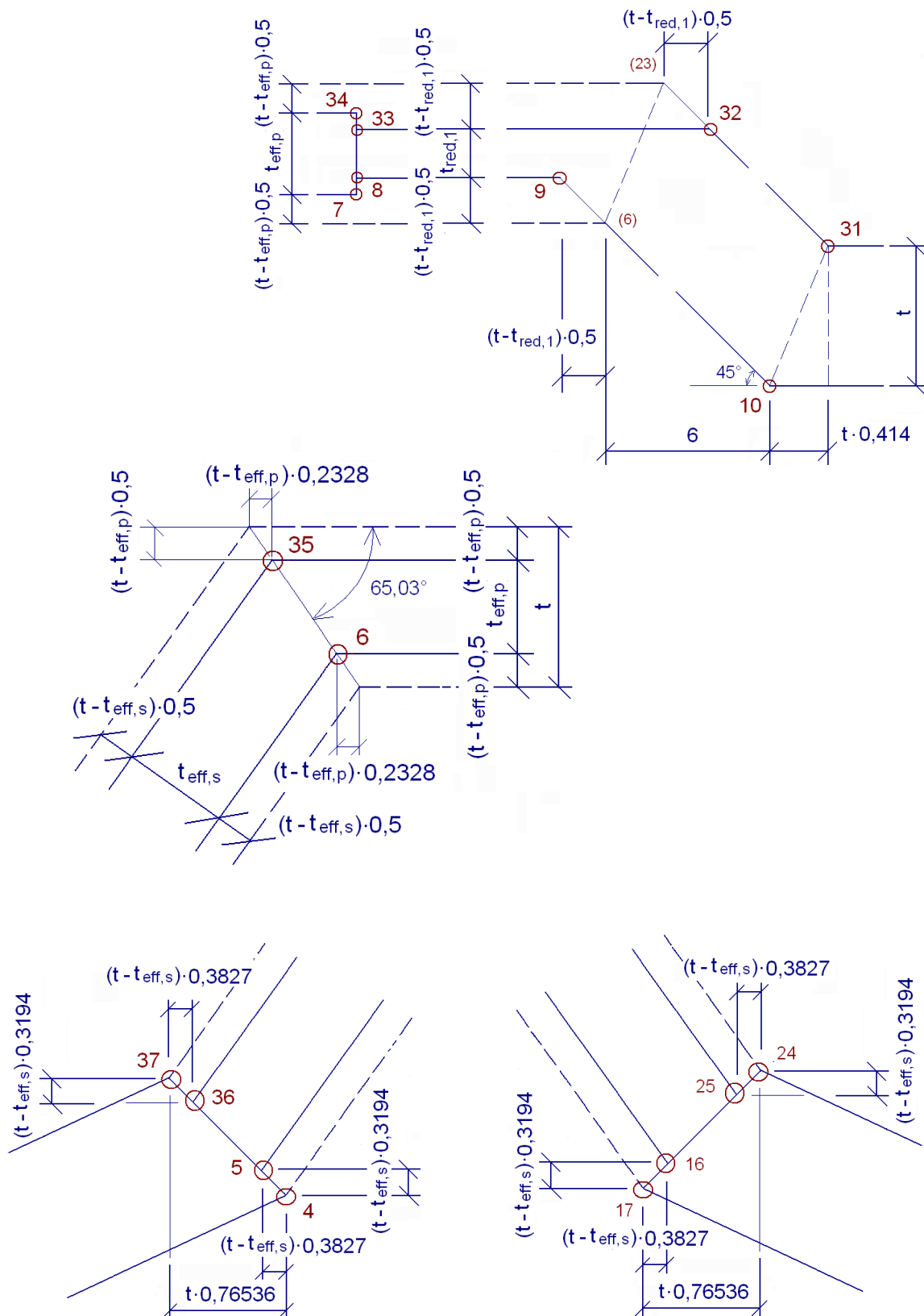
## - Prierez s efektívnou hrúbkou tlačných stien



**Obr. 4.13: Tvar časti prierezu s efektívnou hrúbkou a redukovanou hrúbkou tlačných častí**



Obr. 4.14: Časti prierezu s efektívnou hrúbkou a redukovanou hrúbkou tlačných častí



**Obr. 4.15: Detail časti prierezu s efektívnou hrúbkou a redukovanou hrúbkou tlačenej časti**

## Súradnice uzlov prierezu s efektívnou hrúbkou

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
1	0	0
2	20	0
3	$38,5+t \cdot 0,76536$	$21-t \cdot 0,6388$
4	$51,5+t \cdot 0,76536$	$28-t \cdot 0,6388$
5	$36,459+t \cdot 0,76536 - (t-t_{es}) \cdot 0,3827$	$28-t \cdot 0,6388 + (t-t_{es}) \cdot 0,3194$
6	$70+t \cdot 0,4657 - (t-t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h-t + (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
7	96,25	$h-t + (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
8	96,25	$h-t + (t-t_{red}) \cdot 0,5$
9	$142+t \cdot 0,414 + (t-t_{red}) \cdot 0,5$	$h-t + (t-t_{red}) \cdot 0,5$
10	$128,5-t \cdot 0,414$	$h-t-6$
11	$131,5+t \cdot 0,414$	$h-t-6$
12	$137,5+t \cdot 0,414 + (t-t_{red}) \cdot 0,5$	$h-t + (t-t_{red}) \cdot 0,5$
13	163,75	$h-t + (t-t_{red}) \cdot 0,5$
14	163,75	$h-t + (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
15	$190-t \cdot 0,4657 + (t-t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h-t + (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
16	$208,5-t \cdot 0,76536 + (t-t_{es}) \cdot 0,3827$	$28-t \cdot 0,6388 - (t-t_{es}) \cdot 0,3194$
17	$208,5-t \cdot 0,76536$	$28-t \cdot 0,6388$
18	$221,5-t \cdot 0,76536$	$21-t \cdot 0,6388$
19	240	0
20	260	0
21	260	t
22	$240+t \cdot 0,4657$	t
23	221,5	21
24	208,5	28
25	$208,5 - (t-t_{es}) \cdot 0,3827$	$28 - (t-t_{es}) \cdot 0,3194$
26	$190 - (t-t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
27	163,75	$h - (t-t_{ep}) \cdot 0,5$
28	163,75	$h - (t-t_{red}) \cdot 0,5$
29	$137,5 - (t-t_{red}) \cdot 0,5$	$h - (t-t_{red}) \cdot 0,5$
30	131,5	$h-6$
31	128,5	$h-6$
32	$122,5 + (t-t_{red}) \cdot 0,5$	$h - (t-t_{red}) \cdot 0,5$
33	96,25	$h - (t-t_{red}) \cdot 0,5$
34	96,25	$h - (t-t_{ep}) \cdot 0,5$



Súradnice uzlov prierezu s efektívnou hrúbkou - pokračovanie

Uzol	Y (mm)	Z (mm)
35	$70 + (t - t_{ep}) \cdot 0,2328$	$h - (t - t_{ep}) \cdot 0,5$
36	$51,5 + (t - t_{es}) \cdot 0,3827$	$28 - (t - t_{es}) \cdot 0,3194$
37	51,5	28
38	38,5	21
39	$20 - t \cdot 0,4657$	t
40	0	t
41	0	0

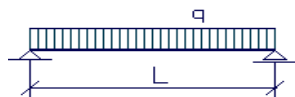
## PRIEREZOVÉ CHARAKTERISTIKY ALT-50Beff NA m'

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

t [mm]	$b_h$ [mm]	$b_d$ [mm]	$e_h$ [mm]	$e_d$ [mm]	$I_{y,eff}$ [mm <sup>4</sup> ]	$W_{y,eff,h}$ [mm <sup>3</sup> ]	$W_{y,eff,d}$ [mm <sup>3</sup> ]
0,60	120	40	26,230	23,770	167,602	14,924	7,051
0,70	120	40	25,607	24,393	202,825	19,122	8,314
0,80	120	40	25,054	24,946	239,095	23,782	9,584
0,90	120	40	24,560	25,440	276,212	28,893	10,857
1,00	120	40	24,116	25,884	314,008	34,446	12,131
Násob.	-	-	-	-	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>

## 5. MEDZNÉ ZAŤAŽENIA HLINÍKOVÝCH TRAPÉZOVÝCH PLECHOV

### 5.1 TRAPEZ ALT-50 A



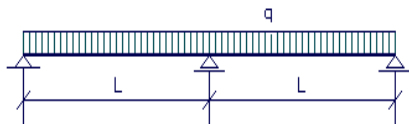
#### TRAPEZ ALT- 50 A

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	5.95	3.81	2.64	1.94	1.49	1.18	0.95	0.79	0.66
		L/200	5.95	3.72	2.15	1.36	0.91	0.64	0.47	0.35	0.27
		L/250	5.82	2.98	1.72	1.09	0.73	0.51	0.37	0.28	0.22
		L/300	4.85	2.48	1.44	0.90	0.61	0.43	0.31	0.23	0.18
0,70	2,216	*	7.50	4.80	3.33	2.45	1.88	1.48	1.20	0.99	0.83
		L/200	7.50	4.61	2.67	1.68	1.13	0.79	0.58	0.43	0.33
		L/250	7.20	3.69	2.13	1.34	0.90	0.63	0.46	0.35	0.27
		L/300	6.00	3.07	1.78	1.12	0.75	0.53	0.38	0.29	0.22
0,80	2,531	*	9.13	5.84	4.06	2.98	2.28	1.80	1.46	1.21	1.01
		L/200	9.13	5.52	3.19	2.01	1.35	0.95	0.69	0.52	0.40
		L/250	8.62	4.41	2.55	1.61	1.08	0.76	0.55	0.41	0.32
		L/300	7.18	3.68	2.13	1.34	0.90	0.63	0.46	0.35	0.27
0,90	2,846	*	10.79	6.91	4.80	3.52	2.70	2.13	1.73	1.43	1.20
		L/200	10.79	6.44	3.73	2.35	1.57	1.10	0.81	0.60	0.47
		L/250	10.06	5.15	2.98	1.88	1.26	0.88	0.64	0.48	0.37
		L/300	8.39	4.29	2.48	1.56	1.05	0.74	0.54	0.40	0.31
1,00	3,161	*	12.47	7.98	5.54	4.07	3.12	2.46	2.00	1.65	1.39
		L/200	12.47	7.36	4.26	2.68	1.80	1.26	0.92	0.69	0.53
		L/250	11.51	5.89	3.41	2.15	1.44	1.01	0.74	0.55	0.43
		L/300	9.59	4.91	2.84	1.79	1.20	0.84	0.61	0.46	0.36

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota



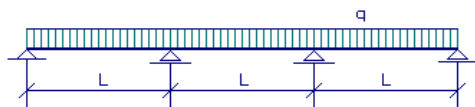
## TRAPEZ ALT- 50 A

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	7.07	4.52	3.14	2.31	1.77	1.40	1.13	0.93	0.79
		$L/200$	7.07	4.52	3.14	2.31	1.77	1.40	1.12	0.84	0.65
		$L/250$	7.07	4.52	3.14	2.31	1.75	1.23	0.90	0.67	0.52
		$L/300$	7.07	4.52	3.14	2.18	1.46	1.03	0.75	0.56	0.43
0,70	2,216	*	8.90	5.69	3.95	2.91	2.22	1.76	1.42	1.18	0.99
		$L/200$	8.90	5.69	3.95	2.91	2.22	1.76	1.39	1.04	0.80
		$L/250$	8.90	5.69	3.95	2.91	2.17	1.52	1.11	0.83	0.64
		$L/300$	8.90	5.69	3.95	2.70	1.81	1.27	0.93	0.70	0.54
0,80	2,531	*	10.81	6.92	4.80	3.53	2.70	2.14	1.73	1.43	1.20
		$L/200$	10.81	6.92	4.80	3.53	2.70	2.14	1.66	1.25	0.96
		$L/250$	10.81	6.92	4.80	3.53	2.60	1.83	1.33	1.00	0.77
		$L/300$	10.81	6.92	4.80	3.23	2.17	1.52	1.11	0.83	0.64
0,90	2,846	*	12.81	8.20	5.69	4.18	3.20	2.53	2.05	1.69	1.42
		$L/200$	12.81	8.20	5.69	4.18	3.20	2.53	1.94	1.46	1.12
		$L/250$	12.81	8.20	5.69	4.18	3.03	2.13	1.55	1.17	0.90
		$L/300$	12.81	8.20	5.69	3.77	2.53	1.78	1.29	0.97	0.75
1,00	3,161	*	14.88	9.53	6.62	4.86	3.72	2.94	2.38	1.97	1.65
		$L/200$	14.88	9.53	6.62	4.86	3.72	2.94	2.22	1.67	1.28
		$L/250$	14.88	9.53	6.62	4.86	3.47	2.44	1.78	1.33	1.03
		$L/300$	14.88	9.53	6.62	4.31	2.89	2.03	1.48	1.11	0.86

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota



## TRAPEZ ALT- 50 A

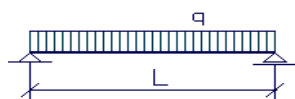
Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	8.45	5.41	3.76	2.76	2.11	1.67	1.35	1.12	0.94
		$L/200$	8.45	5.41	3.76	2.60	1.74	1.22	0.89	0.67	0.52
		$L/250$	8.45	5.41	3.30	2.08	1.39	0.98	0.71	0.54	0.41
		$L/300$	8.45	4.75	2.75	1.73	1.16	0.82	0.59	0.45	0.34
0,70	2,216	*	10.64	6.81	4.73	3.47	2.66	2.10	1.70	1.41	1.18
		$L/200$	10.64	6.81	4.73	3.22	2.15	1.51	1.10	0.83	0.64
		$L/250$	10.64	6.81	4.09	2.57	1.72	1.21	0.88	0.66	0.51
		$L/300$	10.64	5.88	3.40	2.14	1.44	1.01	0.74	0.55	0.43
0,80	2,531	*	12.93	8.27	5.74	4.22	3.23	2.55	2.07	1.71	1.44
		$L/200$	12.93	8.27	5.74	3.85	2.58	1.81	1.32	0.99	0.76
		$L/250$	12.93	8.27	4.89	3.08	2.06	1.45	1.06	0.79	0.61
		$L/300$	12.93	7.04	4.08	2.57	1.72	1.21	0.88	0.66	0.51
0,90	2,846	*	15.31	9.80	6.81	5.00	3.83	3.03	2.45	2.03	1.70
		$L/200$	15.31	9.80	6.81	4.49	3.01	2.11	1.54	1.16	0.89
		$L/250$	15.31	9.80	5.71	3.60	2.41	1.69	1.23	0.93	0.71
		$L/300$	15.31	8.22	4.76	3.00	2.01	1.41	1.03	0.77	0.59
1,00	3,161	*	17.80	11.39	7.91	5.81	4.45	3.52	2.85	2.35	1.98
		$L/200$	17.80	11.39	7.91	5.14	3.44	2.42	1.76	1.32	1.02
		$L/250$	17.80	11.28	6.53	4.11	2.75	1.93	1.41	1.06	0.82
		$L/300$	17.80	9.40	5.44	3.43	2.30	1.61	1.18	0.88	0.68

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota

## 5.2 TRAPEZ ALT-50 B



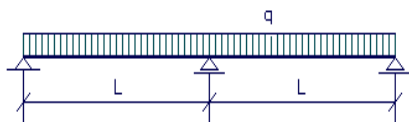
### TRAPEZ ALT- 50 B

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	7.07	4.52	3.14	2.31	1.77	1.40	1.13	0.93	0.79
		L/200	6.55	3.35	1.94	1.22	0.82	0.57	0.42	0.31	0.24
		L/250	5.24	2.68	1.55	0.98	0.65	0.46	0.34	0.25	0.19
		L/300	4.36	2.23	1.29	0.81	0.55	0.38	0.28	0.21	0.16
0,70	2,216	*	8.90	5.69	3.95	2.91	2.22	1.76	1.42	1.18	0.99
		L/200	8.00	4.10	2.37	1.49	1.00	0.70	0.51	0.38	0.30
		L/250	6.40	3.28	1.90	1.19	0.80	0.56	0.41	0.31	0.24
		L/300	5.34	2.73	1.58	1.00	0.67	0.47	0.34	0.26	0.20
0,80	2,531	*	10.81	6.92	4.80	3.53	2.70	2.14	1.73	1.43	1.20
		L/200	9.49	4.86	2.81	1.77	1.19	0.83	0.61	0.46	0.35
		L/250	7.59	3.89	2.25	1.42	0.95	0.67	0.49	0.36	0.28
		L/300	6.32	3.24	1.87	1.18	0.79	0.56	0.40	0.30	0.23
0,90	2,846	*	12.81	8.20	5.69	4.18	3.20	2.53	2.05	1.69	1.42
		L/200	11.00	5.63	3.26	2.05	1.37	0.97	0.70	0.53	0.41
		L/250	8.80	4.50	2.61	1.64	1.10	0.77	0.56	0.42	0.33
		L/300	7.33	3.75	2.17	1.37	0.92	0.64	0.47	0.35	0.27
1,00	3,161	*	14.88	9.53	6.62	4.86	3.72	2.94	2.38	1.97	1.65
		L/200	12.53	6.42	3.71	2.34	1.57	1.10	0.80	0.60	0.46
		L/250	10.02	5.13	2.97	1.87	1.25	0.88	0.64	0.48	0.37
		L/300	8.35	4.28	2.48	1.56	1.04	0.73	0.53	0.40	0.31

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota



## TRAPEZ ALT- 50 B

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	5.95	3.81	2.64	1.94	1.49	1.18	0.95	0.79	0.66
		L/200	5.95	3.81	2.64	1.94	1.49	1.18	0.95	0.76	0.58
		L/250	5.95	3.81	2.64	1.94	1.49	1.11	0.81	0.61	0.47
		L/300	5.95	3.81	2.64	1.94	1.32	0.92	0.67	0.51	0.39
0,70	2,216	*	7.50	4.80	3.33	2.45	1.88	1.48	1.20	0.99	0.83
		L/200	7.50	4.80	3.33	2.45	1.88	1.48	1.20	0.93	0.71
		L/250	7.50	4.80	3.33	2.45	1.88	1.36	0.99	0.74	0.57
		L/300	7.50	4.80	3.33	2.40	1.61	1.13	0.82	0.62	0.48
0,80	2,531	*	9.13	5.84	4.06	2.98	2.28	1.80	1.46	1.21	1.01
		L/200	9.13	5.84	4.06	2.98	2.28	1.80	1.46	1.10	0.85
		L/250	9.13	5.84	4.06	2.98	2.28	1.61	1.17	0.88	0.68
		L/300	9.13	5.84	4.06	2.85	1.91	1.34	0.98	0.73	0.56
0,90	2,846	*	10.79	6.91	4.80	3.52	2.70	2.13	1.73	1.43	1.20
		L/200	10.79	6.91	4.80	3.52	2.70	2.13	1.70	1.27	0.98
		L/250	10.79	6.91	4.80	3.52	2.65	1.86	1.36	1.02	0.79
		L/300	10.79	6.91	4.80	3.30	2.21	1.55	1.13	0.85	0.65
1,00	3,161	*	12.47	7.98	5.54	4.07	3.12	2.46	2.00	1.65	1.39
		L/200	12.47	7.98	5.54	4.07	3.12	2.46	1.93	1.45	1.12
		L/250	12.47	7.98	5.54	4.07	3.02	2.12	1.55	1.16	0.90
		L/300	12.47	7.98	5.54	3.76	2.52	1.77	1.29	0.97	0.75

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota



## TRAPEZ ALT- 50 B

Hliník 3105 H46;  $f_0 = 160 \text{ MPa}$

$t$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Kritérium pre * pevnosť max $\delta$	Medzné zaťaženie $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pre rozpätie $L$ [m] <sup>1), 2)</sup>								
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
0,60	1,900	*	7.11	4.55	3.16	2.32	1.78	1.40	1.14	0.94	0.79
		$L/200$	7.11	4.55	3.16	2.32	1.57	1.10	0.80	0.60	0.46
		$L/250$	7.11	4.55	2.97	1.87	1.25	0.88	0.64	0.48	0.37
		$L/300$	7.11	4.28	2.48	1.56	1.04	0.73	0.53	0.40	0.31
0,70	2,216	*	8.97	5.74	3.99	2.93	2.24	1.77	1.44	1.19	1.00
		$L/200$	8.97	5.74	3.99	2.86	1.92	1.35	0.98	0.74	0.57
		$L/250$	8.97	5.74	3.63	2.29	1.53	1.08	0.78	0.59	0.45
		$L/300$	8.97	5.23	3.03	1.91	1.28	0.90	0.65	0.49	0.38
0,80	2,531	*	10.91	6.98	4.85	3.56	2.73	2.16	1.75	1.44	1.21
		$L/200$	10.91	6.98	4.85	3.39	2.27	1.59	1.16	0.87	0.67
		$L/250$	10.91	6.98	4.31	2.71	1.82	1.28	0.93	0.70	0.54
		$L/300$	10.91	6.20	3.59	2.26	1.51	1.06	0.77	0.58	0.45
0,90	2,846	*	12.90	8.26	5.73	4.21	3.23	2.55	2.06	1.71	1.43
		$L/200$	12.90	8.26	5.73	3.93	2.63	1.85	1.35	1.01	0.78
		$L/250$	12.90	8.26	4.99	3.14	2.11	1.48	1.08	0.81	0.62
		$L/300$	12.90	7.19	4.16	2.62	1.75	1.23	0.90	0.67	0.52
1,00	3,161	*	14.91	9.54	6.63	4.87	3.73	2.95	2.39	1.97	1.66
		$L/200$	14.91	9.54	6.63	4.48	3.00	2.11	1.54	1.15	0.89
		$L/250$	14.91	9.54	5.69	3.58	2.40	1.69	1.23	0.92	0.71
		$L/300$	14.91	8.19	4.74	2.98	2.00	1.40	1.02	0.77	0.59

<sup>1)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska pevnosti je stanovené ako **návrhová** hodnota

<sup>2)</sup> Medzné zaťaženie z hľadiska priehybu je stanovené ako **charakteristická** hodnota

## **NORMY, LITERATÚRA:**

- [1] STN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov.
- [2] STN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-3: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia snehom.
- [3] STN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia vetrom.
- [4] STN EN 1999-1-4 Eurokód 9: Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné pravidlá a pravidlá. Plošné profily tvarované za studena.
- [5] KYSEL, J. a kol. : Statické tabuľky 2010. Spolok statikov Slovenska. Trnava 2010.
- [6] Kolektív autorov : Příručka o hliníku. SNTL Praha 1969.
- [7] BURAY, Z. a kol. : Stavebné konštrukcie z hliníka. SNTL Bratislava 1963.
- [8] ARTEMIEVA, I.N.: Aljuminij v strojitel'stve. Strojizdat Leningrad 1985.

## **PROGRAMY:**

- [1] HUDÁK, J. - HUDÁK, I.: NOSNÍK - Statické riešenie spojitých nosníkov
- [2] HUDÁK, J. - HUDÁK, I.: PRIEREZY - Výpočet prierezových charakteristík tenkostenných prierezov