

ZÁBRADLÍ PREFASAF

Zábradlí z tažených kompozitů je ucelený systém pro schodiště, lávky, mosty a ostatní pochůzné plochy, které mohou být také řešeny jako kompozitní konstrukce.

Mezi hlavní přednosti patří pěkný vzhled, zvláště při vhodné kombinaci barev jednotlivých prvků, tj. sloupů, madla a výplní. Dále je to vysoká odolnost vůči chemikáliím, UV záření a povětrnostním vlivům, nízká hmotnost, vysoká pevnost (nabízíme dvě pevnostní varianty), jednoduchá montáž, nenáročná údržba, elektrická a tepelná nevodivost, nehořlavost a zdravotní nezávadnost.



POUŽITÍ

Použití kompozitního zábradlí je vhodné jak v průmyslu, tj. v chemických provozech, vodním hospodářství, v energetice, tak i pro komerční využití v souvislosti s železniční a tramvajovou dopravou, na letištích, v přístavech, na koupalištích, v městských aglomeracích atd.

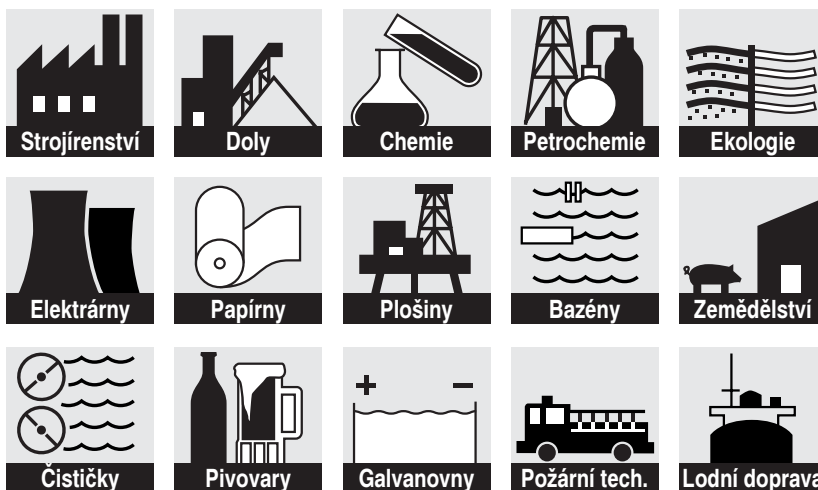
MATERIÁL

Matrice je standardně z izoftalického polyesteru, na přání z vinylesterové nebo epoxidové pryskyřice. Výztuhu tvoří skelná vlákna ve tvaru přímých vláken a plošných rohoží. Těsně pod povrchem je polyesterová rouška, která brání degradaci materiálu vlivem UV záření a chemických sloučenin. Jako přísada se používá UV inhibitor a retar-

dér hoření. Standardní barvu nabízíme šedou, často je požadována žlutá nebo jejich kombinace, na přání zákazníka může být po konzultaci s výrobcem prakticky libovolná, podle vzorníku RAL.

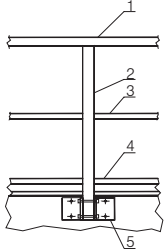
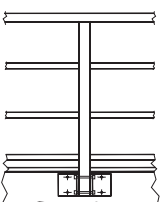
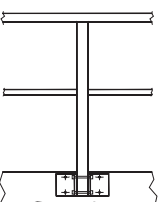
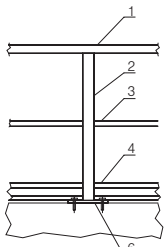
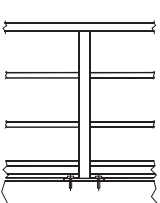
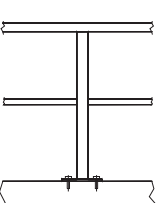
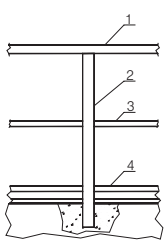
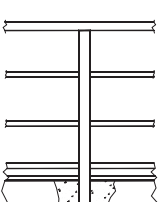
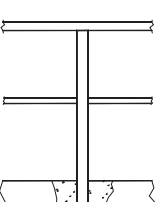
VLASTNOSTI KOMPOZITNÍHO ZÁBRADLÍ

- odolnost vlivům prostředí
- vysoká životnost
- nízká tepelná vodivost
- nehořlavost až do stupně A (běžně C nebo B)
- elektrická nevodivost
- jednoduchá montáž, modulárnost
- nízká hmotnost
- odolnost rázům
- barevná stálost



TYPY ZÁBRADLÍ A ZPŮSOBY KOTVENÍ SLOUPŮ

Standardně nabízíme několik základních variant typů zábradlí podle uspořádání jednotlivých prvků a podle způsobu kotvení. Zábradlí může mít jednu až dvě (na přání i více) kruhových výplní, u spodní části může být zárážka. Kotvení sloupů se provádí třemi způsoby, shora přes ocelovou patku, z boku do nosné části nebo shora přímo do kapes.

Typy zábradlí	Provedení		
	s jednou výplní a zárážkou	se dvěma výplněmi a zárážkou	bez zárážky
boční			
shora			
zapuštěním sloupu			

Legenda:
 1 madlo (čtvercová/zaoblená trubka) 4 zárážka (deska 100×3 mm)
 2 sloup (čtvercová trubka) 5 kotvicí profily (nerez L)
 3 výplň (kruhová trubka) 6 patka (nerez)

Kotvení z boku do stojiny přes L profily



Kotvení z boku



Kotvení přes patku



Kotvení do kapsy



PROVEDENÍ PRVKŮ ZÁBRADLÍ

Madlo

Madlo zábradlí nabízíme ve dvou variantách:

- čtvercovou trubku 51×51 mm, s tloušťkou stěny 6 mm,
- zaoblenou trubku 51×51 mm, s tloušťkou stěny 6 mm.

Tvar madla vyhovuje ČSN 74 33 05, dle které lze průřez madla opsat třemi čtvrtinami kružnice o průměru D (viz. schéma). Standardní barva je žlutá.

Sloup

Čtvercová trubka 51×51 mm s tloušťkou stěny 6 mm. Barva standardně šedá. Výška 1 m. Rozteče sloupů maximálně 1,15 m.

Výplň

Kruhová trubka o průměru 32 mm. Barva standardně šedá. Trubky prochází kruhovými otvory sloupů a jsou v těchto místech lepeny a nýtovány.

Zarážka

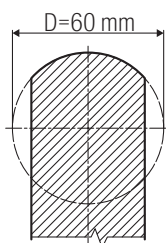
Tvarovaná deska 100×3 mm, připevňena ke sloupům pomocí nerezových nýtů.

Spojovací prvky

Madla se ke sloupům a mezi sebou spojují přes nerezové nebo kompozitní trubky o průměru 38 až 40 mm. Spoje jsou uvnitř lepeny a pojištěny pomocí nerezových nýtů



Zábradlí se dvěma výplněmi



Zaoblené D madlo



Čtvercové madlo

KOTVENÍ SLOUPŮ Z BOKU

Tento způsob kotvení zábradelních sloupů se používá často. Existuje několik variant kotvení vzhledem k materiálu, ze kterého je nosná konstrukce zhotovena (kompozitní, kovová, dřevěná nebo betonová konstrukce).

Do kompozitní nebo ocelové konstrukce

Sloupy se kotví do podélného nosníku většinou tvaru I nebo U a to buď přímo na stojinu, potom je nutné vyříznout do horní pásnice zářez šířky 51 mm, nebo přes L profily tak, aby se pásnice nemusela porušit. Jednodušší případ nastane, pokud se kotvení provádí na U profil situovaný stojinou ke sloupu.

Do betonové konstrukce

Tento případ je jednodušší v tom, že se sloupy zábradlí kotví přímo do betonu mechanickými nebo chemickými kotvami. Jsou zde možné dva způsoby kotvení, buď přes spojovací L profily nebo pouhým prošroubováním sloupu přímo do betonu.

Kotvení přímo do betonu



Kotvení do nosného kompozitního profilu



Provedení spojů



Tvarovaná zarážka



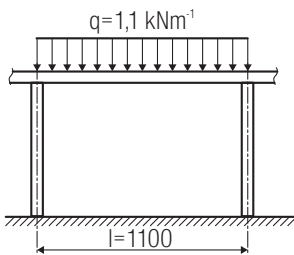
PEVNOSTNÍ VÝPOČET

Normové zatížení trvalých ochranných zábradlí podle ČSN 74 3305 se stanovuje v prostorách:

- a) s nízkým provozem, včetně přístupů k dočasným a občasným pracovním místům na 0,3 kN/m
- b) s běžným provozem např. v budovách, ČOV, atd. na 0,5 kN/m
- c) s nízkým provozem, kde činnost osob může předpokládat vzpírat se o zábradlí na 1 kN/m

Součinitel zatížení je 1,2

Naše kompozitní madla a sloupky zábradlí (čtvercová trubka 51×51/6) těmto požadavkům vyhovují – viz kontrolní výpočet. Ocelové patky pro kotvení shora dodáváme v provedení pro zatížení do 0,5 kN/m a pro 1 kN/m.



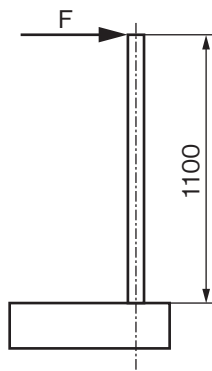
VÝPOČET SLOUPU

pro všechny druhy kotvení

Pokud se sloupky kotví z boku přímo na plochu, přes ocelové L profily nebo jsou zapuštěné do kapes, můžeme je považovat za soustavu nosníků, které jsou vetknuté a zatížené na konci osamělou silou. Budeme-li uvažovat nejvíce nepříznivý stav, zkontrolujeme jen jeden sloup zábradlí na maximální dovolené ohybové napětí.

Pro kompozitní čtvercovou trubku 51×51 s tloušťkou stěny 6 mm je mezní ohybové napětí 210 MPa, součinitel bezpečnosti $k=2,5$. Dovolené mezní napětí (mezní/k) je 84 MPa. Z tohoto napětí vychází pro jeden sloup výšky 1,1 m, nesvázaný s ostatními sloupy madlem:

$$\sigma_{o,dov} = \frac{M_{o,max}}{W_o} \Rightarrow M_{o,max} = \sigma_{o,dov} \times W_o \Rightarrow F_{max} \times L = \sigma_{o,dov} \times W_o \Rightarrow F_{max} = \frac{\sigma_{o,dov} \times W_o}{L}$$



$$F_{max} = \frac{\sigma_{o,dov} \times W_o}{L} = \frac{84 \times 14,86}{1,1} = 1135 \text{ N}$$

mezní zatížení jednoho sloupu
 $F_{max} = 1135 \text{ N}$

Závěr: Kompozitní sloup vyhovuje normovému zatížení 1 kN/m.

VÝPOČET MADLA ZÁBRADLÍ

Dle výše citované normy ČSN 74 3305 budeme uvažovat nepříznivé namáhání, kdy spojitě rovnoměrné namáhání bude působit jen na jednom úseku zábradlí s roztečí sloupků 1,1 m. Madlo zábradlí je z čtvercové trubky 51×51×6 mm.

Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{q \times l^2}{12} = \frac{1000 \times 1,1^2}{12} = 100,8 \text{ Nm}$$

Maximální ohybové napětí:

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_o} = \frac{100,8}{14,86 \times 10^{-6}} = 6,78 \times 10^{-6} = 6,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{o,max} = 6,78 < \sigma_{o,dov} = 84 \text{ MPa}$$

Maximální průhyb madla:

$$y_{max} = K_b \times \frac{q \times l^4}{E \times J_z} + K_v \times \frac{q \times l^2}{A_w \times G} =$$

$$= 0,003 \times \frac{1000 \times 1,1^4}{21 \times 10^{-4} \times 3,78 \times 10^{-7}} + 0,35 \times \frac{1000 \times 1,1^2}{2,40 \times 10^{-4} \times 2,93 \times 10^9} =$$

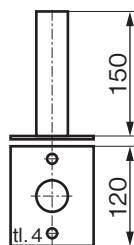
$$= 0,0005 + 0,0016 = 0,0021 \text{ m} = 2,1 \text{ mm}$$

Závěr: Kompozitní madlo pro dané podmínky vyhovuje normovému zatížení.

VÝPOČET PATKY SLOUPU

při kotvení shora

Při kotvení sloupů shora se používají dva druhy nerezových patek (17 240), pro zatížení do 0,5 kN/m a pro 1 kN/m. Jsou složeny z kruhové trubky o průměru 38 až 40 mm, přivařené na desku. V desce jsou dva otvory pro přišroubování patky do podkladu. Mezní ohybové napětí uvažované oceli je 550 MPa.



Patka pro zatížení do 0,5 kN/m:

Normové zatížení

kde $k=1,2$ – bezpečnostní součinitel

$$F = 0,5 \times k = 0,5 \times 1,2 = 0,6 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení zábradelního sloupu a madla

kde $r=1,15$ m – rozteč sloupů

$$P = F \times r = 0,6 \times 1,15 = 0,69 \text{ kN}$$

Ohybový moment

kde $L=1,05$ m – výška sloupu

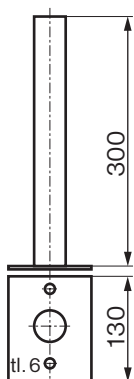
$$M_o = P \times L = 0,69 \times 1,05 = 0,724 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí v trubce

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{0,724}{4,15 \times 10^{-6}} = 174 \text{ MPa}$$

Závěr

$$\sigma_o = 174 \text{ MPa} < \sigma_{o, \text{dov}} = 550 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



Patka pro zatížení do 1 kN/m:

Normové zatížení

kde $k=1,2$ – bezpečnostní součinitel

$$F = 1 \times k = 1 \times 1,2 = 1,2 \text{ kNm}^{-1}$$

Zatížení zábradelního sloupu a madla

kde $r=1,15$ m – rozteč sloupů

$$P = F \times r = 1,2 \times 1,15 = 1,38 \text{ kN}$$

Ohybový moment

kde $L=1,05$ m – výška sloupu

$$M_o = P \times L = 1,38 \times 1,05 = 1,449 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí v trubce

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{1,449}{4,3 \times 10^{-6}} = 230 \text{ MPa}$$

Závěr

$$\sigma_o = 230 \text{ MPa} < \sigma_{o, \text{dov}} = 550 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

KOTVICÍ PRVKY

Pro kotvení ocelových patek nebo přímo sloupů zábradlí do betonových ploch doporučujeme použít tyto druhy kotev:

Jednokónusové kotvy průvlastkové pro střední zatížení v tahu. Tyto kotvy se aplikují utahováním matice. Jejich výhodou je nezávislost na počasí.

Chemické kotvy se většinou používají do starších betonových ploch, do míst, které je třeba zatěsnit, do zvláštních staveb, které specifikuje projektant.

Systém Prefa – založený na kotvení šroubu M10 nebo M12 do speciálního tmelu.

DOPORUČENÉ TYPY KOTEV

Hodnoty v následující tabulce udávají minimální dovolené zatížení ocelových kotev na tah pro různé třídy betonu a pro různé kotevní hloubky. Například údaj 4,1/36 znamená, že dovolená tahová síla je 4,1 kN pro kotevní hloubku 36 mm. Někteří výrobci zaručují i vyšší hodnoty.

Typ kotvy	Mechanická				Chemická	PREFA
	do 0,5 kNm ⁻¹ (tahová síla 4,2 kN)		do 1 kNm ⁻¹		do 0,5 kNm ⁻¹	do 1 kNm ⁻¹
Závít/Označení	C20/25	C30/37	C40/50	C30/37	C40/50	C20/25
M8	5,4/38	5,4/38	3,2/28	-	-	4,8/80
M10	3,8/36	4,1/36	5,0/36	10,1/51	10,1/51	30/80
M12	4,5/45	4,8/45	5,8/45	12,5/65	12,5/65	40/80

U systému PREFA se jedná o chemickou kotvu, kde je použit speciální tmel. Doba tuhnutí tmelu je kolem 30 min. při 20 °C.



KOMPOZITNÍ SCHODIŠTĚ



Kompozitní schodiště je sestavené z tažených profilů PREFEN. Představují ucelenou montážní skupinu, kterou lze použít jako součást pochůzných systémů.

MATERIÁL

Matrice (pojivo) je standardně z izoftalického polyesteru, na přání z vinylesterové nebo epoxidové pryskyřice. Výztuhu tvoří skelná vlákna ve tvaru přímých pramenců a plošných rohoží. Těsně pod povrchem profilu je polyesterová rouška, která brání degradaci materiálu vlivem UV záření a chemických sloučenin. Jako přísada se používá UV inhibitor a retardér hoření (až stupeň A). Standardní barvu nabízíme šedou, často je požadována žlutá nebo jejich kombinace, na přání zákazníka může být po konzultaci s výrobcem prakticky libovolná, podle vzorníku RAL.

ZÁKAZNICKÉ SYSTÉMY

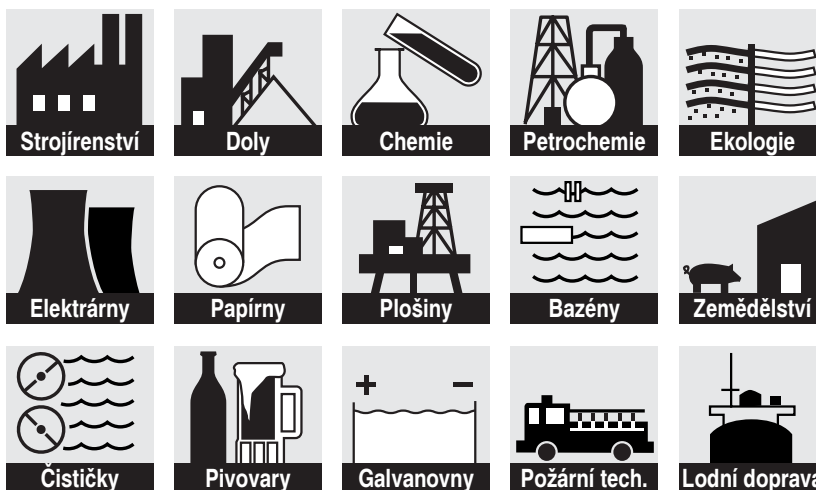
Schodiště je výrobek, který nelze jednoduše standardizovat. Prakticky každé schodiště, které jsme dodali, byl zákaznický výrobek sestavený podle projektu nebo přání zákazníka. Je však sestaveno z typizovaných kompozitních profilů, zábradlí a pochůzných roštů (schodiškových stupňů).

HLAVNÍ OBLASTI POUŽITÍ

Jejich použití je vhodné jak v průmyslu, tj. v chemických provozech, vodním hospodářství, v energetice, tak i pro komerční využití v souvislosti s železniční a tramvajovou dopravou, na letištích, u vodních toků a ploch, atd.

VLASTNOSTI KOMPOZITNÍHO SCHODIŠTĚ

- odolnost vlivům prostředí
- vysoká životnost
- nízká tepelná vodivost
- nehořlavost až do stupně A (běžně C nebo B)
- elektrická nevodivost
- jednoduchá montáž, modulárnost
- nízká hmotnost
- odolnost rázům
- barevná stálost



NÁZVOSLOVÍ

Schodiště je tvořeno schodiškovými rameny a podestami.

Schodiškové rameno je sestava tvořená minimálně třemi schodiškovými stupni.

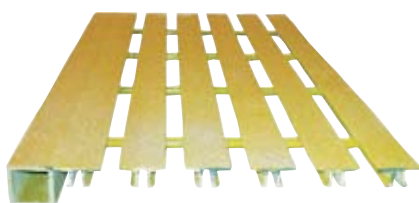
Schodiškový stupeň je prvek schodiškového ramene složený ze stupnice a podstupnice.

Schodišková podesta slouží jako spojovací prvek schodiškových ramen.

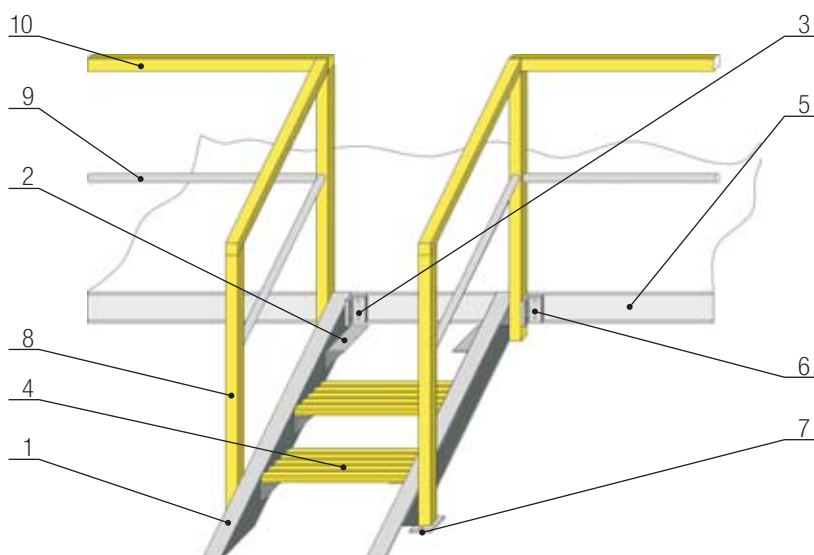
Schodnice je šikmý nosník podporující schodiškové rameno nebo stupně.

Stupnice je horní vodorovná plocha schodiškového stupně, na kterou se našlapuje.

Podstupnice je přední plocha schodiškového stupně.



Protiskluzová úprava povrchu stupnice



KONSTRUKČNÍ PRVKY JEDNORAMENNÉHO SCHODIŠTĚ

1. **Schodnice.** Kompozitní U profil 200×46×10 mm.
2. **Podpěra.** Kompozitní L profil 50×35×5 mm. Podpěra je přišroubována přímo na schodnici nerezovými šrouby M8 (M10).
3. a 6. **Spojovací prvky.** Nerezový plech tvaru L s tloušťkou 4 mm. Ke schodnici je připevněn pomocí nerezových šroubů, do podesty je kotven v závislosti na tom, o jaký materiál se jedná. Je-li podesta betonová, použijí se mechanické kotvy, do konstrukčních profilů se přišroubuje.
4. **Stupeň.** Schodišťový stupeň je sestaven z kompozitních roštových profilů a nášlapné hrany. Je to obdoba kompozitních pochůzných roštů. Připevňuje se do podpěr pomocí nerezových vratových šroubů M8 nebo M10.
5. **Horní podesta.** Je-li požadováno, může být celá z kompozitních profilů včetně pochůzných roštů.
7. **Patka.** Používá se jen v některých případech pro zvýšení tuhosti zábradlí. Patka zábradelních sloupků se dodává v provedení z nerezové oceli, je vhodná pro kotvení do betonové podlahy.
8. **Sloupek zábradlí.** Z kompozitní čtvercové trubky 51×51×6 mm nebo zaoblené. V dolní části je přišroubována ke schodnici.
9. **Výplň zábradlí.** Z kompozitní kruhové trubky o průměru 32 mm. Podle požadavků může být jedna, dvě nebo i tři výplně.
10. **Madlo zábradlí.** Madlo je buď ze čtvercové trubky 51×51×6 mm, nebo ze zaoblené trubky.

PEVNOSTNÍ VÝPOČET

U kompozitního schodiště v dalších kapitolách zkontrolujeme na průhyb a ohybové napětí tyto jeho prvky: schodnice a stupeň.

SCHODNICE

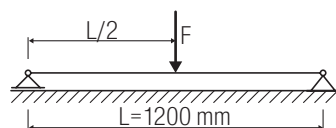
Schodnice si pro jednoduchost představíme jako dva nosníky uložené na obou koncích a zatížených buď osamělou silou uprostřed nebo spojitým zatížením. Kritériem bude jak maximální průhyb, tak i mezní ohybové napětí.

STUPNĚ

Stupně budeme řešit podobně, tj. jako pochůzný rošt uložený na podpěrách. Zde bude jednoznačně kritériem průhyb, který by neměl přesáhnout 6 mm. Při větších hod-

notách průhybu nemusí dojít k trvalému porušení stupně, ale vzniká nepříjemný fyziologický vjem, který způsobuje lidem problémy s rovnováhou.

Stupně zkontrolujeme pro oba konstrukční případy, jak pro stupeň bez mezer tak i s mezerami mezi okraji pásnic profilů. Výpočty provedeme pro rozteč podpor 1200 mm.



Vzor zatížení stupně pro výpočty

BARVA A POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Barvé provedení schodišť je následující:

Nosná část (schodnice, podpěry)	šedá.
Zábradlí (sloupy, madlo)	žlutá (výplň šedá)
Stupně	šedá, žlutá nebo zelená

Povrch stupnic je opatřen protiskluznou vrstvou z křemičitého písku, který je obalený epoxidovou pryskyřicí.

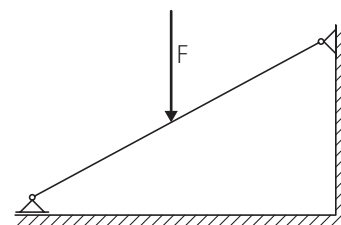
ROZMĚRY

Průchodná šířka:	600, 900, 1200 mm (nebo jiná, zákaznická)
Hloubka stupně:	300 mm
Úhel sklonu schodnic:	cca 30°

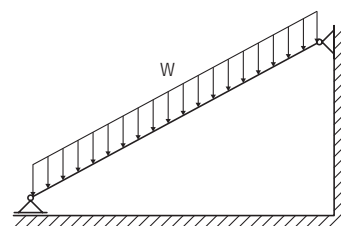
UŽITNÁ ROVNOMĚRNÁ NORMOVANÁ ZATÍŽENÍ SCHODIŠTĚ

Schodiště v budovách	3,0 kNm ⁻²
Jídelny, nádraží, divadla, sportovní haly, průmyslové budovy	4,0 kNm ⁻²
Tribuny, nástupiště	5,0 kNm ⁻²

U pevnostních výpočtů schodnice budeme počítat se součinitelem bezpečnosti 1,3.



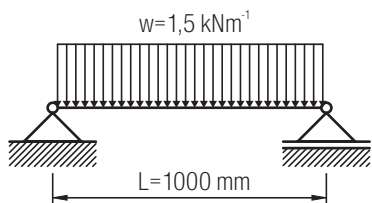
Zatížení schodnice osamělou silou



Zatížení schodnice spojitým zatížením

PEVNOSTNÍ VÝPOČET SCHODIŠŤOVÝCH STUPŇŮ

Schodišťový stupeň 1000×300 (PREFAGRID 30×30/38)



Závěr: Dovolený průhyb je 8 mm (1/125 L). Skutečný průhyb je menší než dovolený.

Schodišťový stupeň při daném zatížení vyhovuje.

Pro tento typ stupně se používá litý rošt PREFAGRID. Jeho pevnostní výpočet je součástí technické příručky „Rošty a poklopy“.

Nášlapná plocha:

$$P = 1,0 \times 0,3 = 0,3 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení schodišťového stupně:

$$Z = 0,3 \times 5 = 1,5 \text{ kN}$$

(pro doporučené zatížení 5,0 kNm²)

Zatížení jednoho schodišťového stupně:

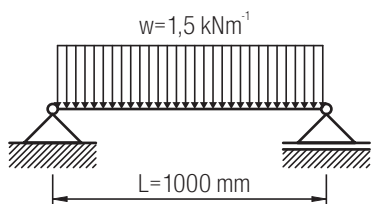
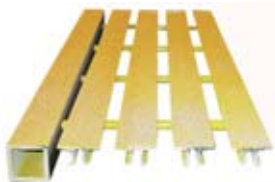
$$w = \frac{Z}{L} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ kNm}^{-1}$$

Průhyb:

$$y = 0,0015 \times \frac{L^4}{b} \times Z = 0,0015 \times \frac{1}{0,3} \times 1500 = 7,5 \text{ mm}$$

Poznámka: Vzhledem k tomu, že lité rošty jsou nosné v obou směrech, lze dosáhnout zvýšení jejich nosnosti uložení do obvodového rámu.

Schodišťový stupeň 1000×300 (12mm mezery)



Závěr: Ohybové napětí (10,195 MPa) je menší než dovolené (84 MPa). Průhyb stupně (2,28 mm) je menší než přípustný průhyb (6 mm).

Schodišťový stupeň s mezerami 12 mm vyhovuje danému zatížení!

Nášlapná plocha:

$$P = 1 \times 0,3 = 0,3 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení schodišťového stupně:

$$Z = 0,3 \times 5 = 1,5 \text{ kN}$$

(pro doporučené zatížení 5,0 kNm²)

Schod je tvořen 4 profily TT50 a čtvercovou trubkou 51×51. Z čehož vychází tyto hodnoty. Kvadratický moment $J_x = 4,0792 \times 10^{-7} \text{ m}^4$, modul průřezu $W_{ox} = 18,392 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{w \times L^2}{8} = \frac{1500 \times 1^2}{8} = 187,5 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_{o,max}}{W_{o,max}} = \frac{187,5}{18,392 \times 10^{-6}} = 10,195 \text{ MPa}$$

Průhyb:

$$y = \frac{5 \times w \times L^4}{384 \times E \times J_x} = \frac{5 \times 1500 \times 1^4}{384 \times 21 \times 10^9 \times 4,0792 \times 10^{-7}} = 2,28 \text{ mm}$$

Zatížení jednoho schodišťového stupně:

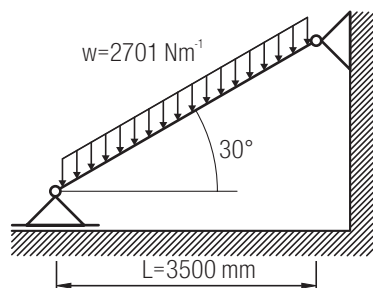
$$w = \frac{Z}{L} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \text{ kNm}^{-1}$$

VÝPOČET SCHODNICE PRO ŠÍŘKU SCHODIŠTĚ 1,2 m

Schodiště navržené podle ČSN 73 4130 musí splňovat tyto parametry. Úhel sklonu schodnice α je v rozmezí od 25 do 35°, výška schodu je 150 až 180 mm.

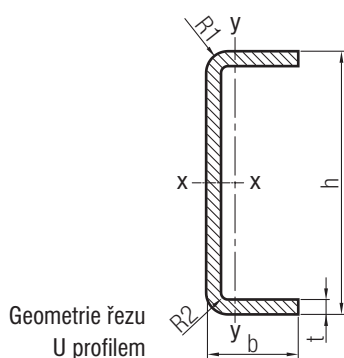
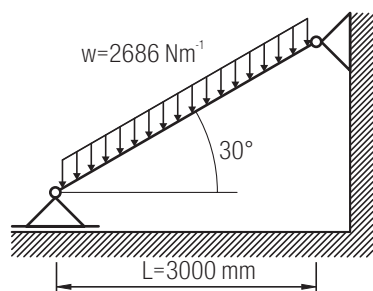
Pro náš výpočet budeme vycházet z následujícího zadání. Schodnice je z kompozitního profilu U 200×55×10 mm s kvadratickým momentem setrvačnosti $J_x = 14,9 \times 10^6 \text{ mm}^4$ a průřezovým modulem $W_{ox} = 147 \times 10^6 \text{ mm}^3$.

Úhel sklonu schodnice α je 30°, průchodná šířka b je 1200 mm. Spojité zatížení q je 4 kNm² (dle zmíněné ČSN pro průmyslové budovy).



Závěr: Při daném spojitým zatížení a délce schodnice je velikost průhybu až 17,7 mm, ale dovolené napětí je 28 MPa, což je hluboko pod hranici dovoleného napětí.

Pro případy, u kterých by tato hodnota průhybu nevyhovovala, doporučujeme podepření schodnic čtvercovou trubkou 51×51×6 mm. Možným řešením jsou protažené sloupy zábradlí, čímž se dosáhne podepření schodnic. Viz obrázek.



Spojité zatížení schodiště s délkou L= 3,5 m

Plocha schodiště pro danou délku L:

$$P = b \times L \times \cos \alpha = 1,2 \times 3,5 \times 0,866 = 3,636 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení schodišťového ramene:

$$Z = P \times q \times k = 3,636 \times 4000 \times 1,3 = 18907 \text{ N}$$

Zatížení jedné schodnice:

$$w = \frac{Z}{2 \times L} = \frac{18907}{2 \times 3,5} = 2701 \text{ Nm}^{-1}$$

Maximální ohybový moment

$$M_{o,max} = \frac{w \times L^2}{8} = \frac{2701 \times 3,5^2}{8} = 4136 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_{ox}} = \frac{4136}{147 \times 10^6} = 28 \text{ MPa}$$

Maximální průhyb schodnice

$$y = \frac{5 \times w \times L^2}{384 \times E \times J_x} = \frac{5 \times 2701 \times 3,5^4}{384 \times 20 \times 10^9 \times 14,9 \times 10^6} = 17,7 \text{ mm}$$

Pro úplnost si zkontrolujeme průhyb u schodnice délky 3 m.

Spojité zatížení schodiště s délkou L= 3 m

Plocha schodiště pro danou délku L:

$$P = b \times L \times \cos \alpha = 1,2 \times 3 \times 0,866 = 3,1 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení schodišťového ramene:

$$Z = P \times q \times k = 3,1 \times 4000 \times 1,3 = 16120 \text{ N}$$

Zatížení jedné schodnice:

$$w = \frac{Z}{2 \times L} = \frac{16120}{2 \times 3} = 2686 \text{ Nm}^{-1}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{w \times L^2}{8} = \frac{2686 \times 3^2}{8} = 3021 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_{ox}} = \frac{3021}{147 \times 10^6} = 20,5 \text{ MPa}$$

Maximální průhyb schodnice

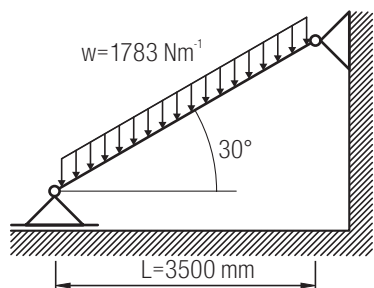
$$y = \frac{5 \times w \times L^2}{384 \times E \times J_x} = \frac{5 \times 2686 \times 3^4}{384 \times 20 \times 10^9 \times 14,9 \times 10^6} = 10,7 \text{ mm}$$

VÝPOČET SCHODNICE PRO ŠÍŘKU SCHODIŠTĚ 0,8 m

Schodiště navržené podle ČSN 73 4130 musí splňovat tyto parametry. Úhel sklonu schodnice α je v rozmezí od 25 do 35°, výška schodu je 150 až 180 mm.

Pro náš výpočet budeme vycházet z následujícího zadání. Schodnice je z kompozitního profilu U 200×55×10 mm s kvadratickým momentem setrvačnosti $J_x = 14,9 \times 10^6 \text{ mm}^4$ a průřezovým modulem $W_{ox} = 147 \times 10^6 \text{ mm}^3$.

Úhel sklonu schodnice α je 30°, průchodná šířka b je 800 mm. Spojité zatížení q je 4 kNm² (dle zmíněné ČSN pro průmyslové budovy).



Spojitě zatížení schodiště s délkou $L = 3,5 \text{ m}$

Plocha schodiště pro danou délku L :

$$P = b \times L \times \cos \alpha = 0,8 \times 3,5 \times 0,866 = 2,4 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení schodišťového ramene:

$$Z = P \times q \times k = 2,4 \times 4000 \times 1,3 = 12480 \text{ N}$$

Zatížení jedné schodnice:

$$w = \frac{Z}{2 \times L} = \frac{12480}{2 \times 3,5} = 1783 \text{ Nm}^{-1}$$

Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{w \times L^2}{8} = \frac{1783 \times 3,5^2}{8} = 2730 \text{ Nm}$$

Ohybové napětí:

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_{ox}} = \frac{2730}{147 \times 10^{-6}} = 18,5 \text{ MPa}$$

Maximální průhyb schodnice:

$$y = \frac{5 \times w \times L^2}{384 \times E \times J_x} = \frac{5 \times 1783 \times 3,5^4}{384 \times 20 \times 10^9 \times 14,9 \times 10^6} = 12,6 \text{ mm}$$

Závěr: Schodnice u tohoto typu schodiště vyhovují z hlediska ohybového napětí. Pokud by byly výhrady k jejich průhybu při daném zatížení, doporučujeme je podepřít jako v předchozím případě.

VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO ZATÍŽENÍ SCHODNIC PRO DOVOLENÝ PRŮHYB

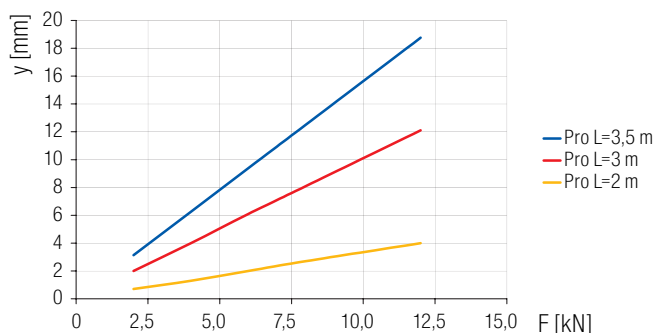
Závěr: Při stanoveném maximálním průhybu 6 mm, je pro jednu schodnici maximální zatížení 2 000 N, pro celé schodiště pak 4 000 N.

Parametry zadání jsou stejné jako v předcházejícím případě.

Pro výpočet maximálního zatížení použijeme optimalizační metodu s pomocí výpočtového programu PREFEN.xls, který je volně k dispozici na www.prefa-kompozity.cz.

PRŮHYBY SCHODIŠTĚ

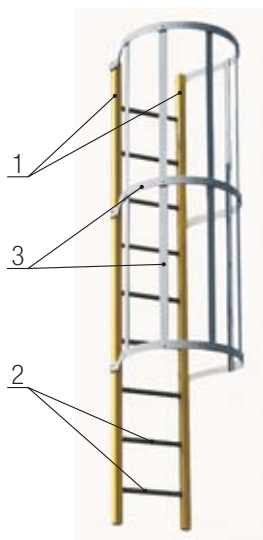
Pro rychlou představu o tuhosti navrhovaného schodiště slouží graf, ve kterém jsou uvedeny průhyby dvou schodnic pro tři různé délky. Tyto průhyby jsou stanoveny pro zatížení osamělou silou uprostřed.



ŽEBŘÍKY PREFALAD



Žebříky jsou sestavené z tažených kompozitních profilů PREFEN. Jedná se o ucelené montážní skupiny, které mohou být jednoduše začleněny do námi dodávaných pochůzných systémů. Pro zajímavost uvádíme, že v Severní Americe jsou kompozitní žebříky zavedeny jako standard. Především pro jejich vysokou životnost a elektrickou nevodivost.



HLAVNÍ PŘEDNOSTI

Jsou to především vysoká odolnost vůči chemikáliím, UV záření a povětrnostním vlivům, nízká hmotnost, vysoká pevnost, jednoduchá montáž, nenáročná údržba, elektrická a tepelná nevodivost, nehořlavost a zdravotní nezávadnost.

MATERIÁL

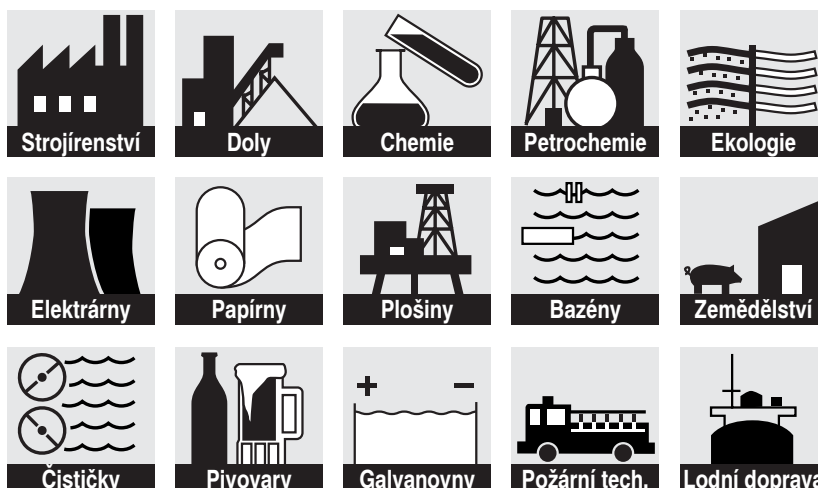
Matrice je standardně z izofталického polyesteru, na přání z vinylesterové nebo epoxidové pryskyřice. Výztuhu tvoří skelná vlákna ve tvaru přímých pramenců a plošných rohoží. Pod povrchem profilu je polyesterová rouška, která brání degradaci materiálu vlivem UV záření a chemických sloučenin. Dále se používá UV inhibitor a retardér hoření. Jako standardní barvu nabízíme šedou, na přání zákazníka jsme ošem schopný dodat výrobek ve všech barvách ze vzorníku barev RAL.

HLAVNÍ OBLASTI POUŽITÍ

Použití nacházejí jak v průmyslu, tj. v chemických provozech, vodním hospodářství, v energetice, ve skladovém hospodářství, tak i v domácnostech, na zahradách a dílnách.

VLASTNOSTI ŽEBŘÍKŮ

- odolnost vlivům prostředí, ekologicky nezávadný materiál,
- vysoká životnost,
- nízká tepelná vodivost,
- nehořlavost až stupně A,
- elektrická nevodivost,
- protiskluzový povrch příčlí,
- jednoduchá montáž, modulárnost,
- nízká hmotnost,
- odolnost rázům,
- barevná stálost.



NÁZVOSLOVÍ

Provozní žebřík. Je určený pro provoz, údržbu a opravy.

Svislý žebřík. Používá se sklonem mezi 80° a 90° (platí pro nástěnný žebřík).

Příčlový žebřík. Má dva štěriny a příčle (viz obrázek vlevo).

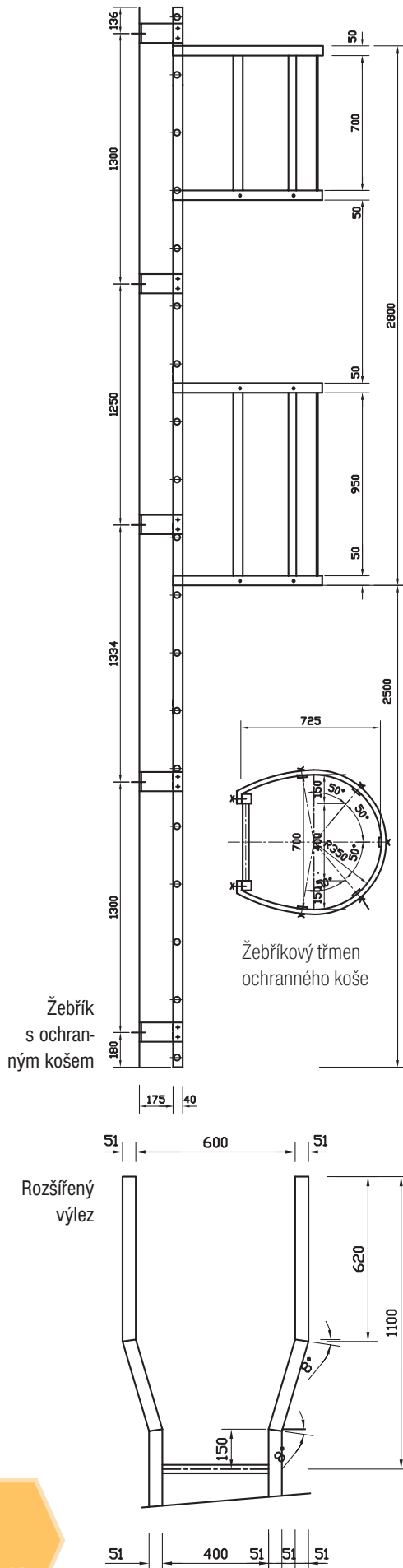
Stupadlový žebřík. Stupadla zabudovaná do stěny (kompozitní nenabízíme).

Štěřín. Svislý nosný prvek příčlového žebříku (pozice 1).

Příčle. Vodorovný nosný prvek žebříku, spojující oba štěriny (pozice 2).

Ochranný koš. Ochranná konstrukce z obručí a spojovacích pásků (pozice 3).

Žebříkové úchyty. Ocelová kotvení nástěnných žebříků.



MATERIÁL A KONSTRUKCE

Žebříky jsou vyrobené v převážné míře z tažených kompozitních profilů PREFEN. Příčle jsou do štěrínů vsazené, zalepené a pojištěné nerezovými nýty. Jejich povrch je protiskluzový.

Ostatní součásti žebříků jsou kombinací kompozitních prvků a nerezové oceli (spojovací prvky, ochranné koše, úchyt) nebo plastů černé barvy (záslepky, opěrky). Vyrábíme a dodáváme tyto typy žebříků. Nástěnné pevně zabudované do stavby,

s ochranným košem, s možností napojení na zábradlí nebo jinou konstrukční úpravou. Opěrné přenositelné, odlehčené s různými varianty výšek a barev.

TYPY NÁSTĚNNÝCH ŽEBŘÍKŮ

Nástěnné žebříky dělíme do základních skupin podle jejich konstrukce:

- klasické,
- s rozšířeným výlezem,
- s ochranným košem,
- zákaznické (dle požadavků).

PEVNOSTNÍ VÝPOČET NÁSTĚNNÝCH ŽEBŘÍKŮ

Statický výpočet a kontrola nástěnných kotvených průmyslových žebříků se řídí normou ČSN 74 3282.

ZADÁNÍ PRO ŽEBŘÍKY S KRUHOVÝMI PŘÍČLEMI

Šířka šachetních žebříků je 300 mm u ostatních se pohybuje od 400 do 450 mm. Vzdálenost os příčlí je 300 mm. Oblouky ochranných košů jsou z ručně laminovaných prvků nebo z nerezové oceli.

Materiál a rozměry jednotlivých prvků žebříku:

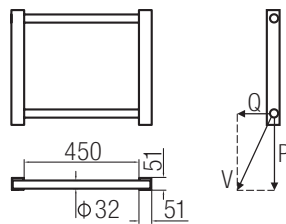
štěrín	kompozitní čtvercová trubka 51×51×6
příčle	kompozitní kruhová trubka o průměru 32 mm s protiskluzovou úpravou
úchyty	nerezová ocel
spojovací prvky	nerezová ocel
ochranný koš	oblouky z nerezové oceli nebo kompozitní spojovací pásy kompozitní

VÝPOČET PŘÍČLÍ DLE NORMY ČSN 74 3282

Výpočet příčlí žebříků se řídí článkem 82, kde zatížení V je výslednicí svislého břemena P=1,5 kN a vodorovného břemena Q=0,5 kN v nejujčinnější poloze.

Výsledná síla V:

$$V = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,5^2} = 1,58 \text{ kN}$$



Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{V \times l}{8} \text{ [Nm]}$$

kde: V je osamělá síla [N]
l je rozteč podpěr [m]

Maximální ohybové napětí:

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_o} \text{ [Pa]}$$

kde: W_o je modul průřezu v ohybu [m³]

Mezní ohybové napětí:

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{d}{t}\right)^{0,85}} \leq 230 \text{ MPa}$$

kde: E je modul pružnosti v tahu [Pa]
d je průměr trubky [m]
t je tloušťka stěny [m]

Dovolené ohybové napětí:

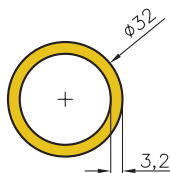
$$\sigma_d = \frac{\sigma_u}{2} = \frac{230}{2} = 115 \text{ MPa}$$

Výpočet průhybu :

$$v_{\max} = K_b \frac{V \times l^3}{E \times J_z} \quad [\text{mm}]$$

kde: K_b je koeficient z tabulky v příručce „Dimenzování kompozitních profilů PREFEN“.
 J_z je kvadratický moment průřezu [m^4]

VÝPOČET PŘÍČLÍ S PRŮMĚREM 32 mm



Zadáni:

$$V = 1580 \text{ N}$$

$$E = 20 \times 10^9 \text{ Pa}$$

$$l = 0,45 \text{ m}$$

$$d = 0,032 \text{ m}$$

$$W_o = 1,8026 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 0,0032 \text{ m}$$

$$J_z = 2,9 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$K_b = 0,005$$

Výpočet:

$$M_{o,\max} = \frac{V \times l}{8} = \frac{1580 \times 0,45}{8} = 88,87 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{o,\max} = \frac{M_{o,\max}}{W_o} = \frac{88,87}{1,8026 \times 10^{-6}} = 4,93 \times 10^7 = 49,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{d}{t}\right)^{0,85}} = \frac{20 \times 10^9}{16 \times \left(\frac{0,32}{0,032}\right)^{0,85}} = 1,671 \times 10^8 = 167,1 \text{ MPa} \leq 230 \text{ MPa}$$

Závěr: Příčle z kompozitní trubky průměru 32 mm s tloušťkou stěny 3,2 mm vyhovují daným požadavkům. Při zatížení silou 1580 N je jejich maximální průhyb 1,24 mm a maximální napětí je menší než dovolené.

$$\sigma_d = 115 \text{ MPa} > \sigma_{\max} = 49,3 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$v_{\max} = K_b \frac{V \times l^3}{E \times J_z} = 0,005 \times \frac{1580 \times 0,45^3}{20 \times 10^9 \times 2,9 \times 10^{-8}} = 0,00124 \text{ m}$$

VÝPOČET ŠTĚŘINŮ NÁSTĚNNÝCH ŽEBŘÍKŮ DLE NORMY ČSN 74 3282

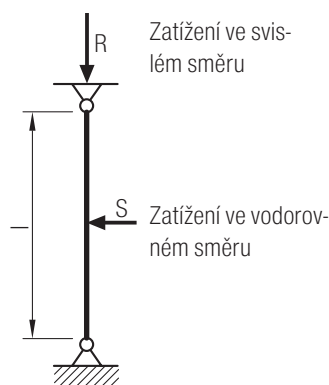
Výpočet štěrínů a jejich kontrola se řídí článkami 85, 86, a 87 uvedené normy.

Článek 85 Štěřiny se navrhují pro svislé zatížení 0,5 kN m⁻¹ současně působící kolmo k rovině žebříků a rovnoměrné rozdělení do těžistových os štěrínů.

Článek 86 Je implicitně obsažen v článku 85.

Článek 87 Mezní průhyb štěrínů smí být nejvýše L/200.

Zatížení obou štěrínů podle normy je 0,5 kNm⁻¹ ve svislém směru a 0,25 kNm⁻¹ ve vodorovném směru. V případě štěrínů se jedná o kombinované namáhání ve vzpěru a ohybu. Obě normálová napětí působí v jedné rovině a lze je tedy jednoduše algebraicky sečítat.



NAMÁHÁNÍ ŠTĚŘINŮ NA VZPĚR

Hodnota součinitelů K pro daný způsob uložení sloupů je 1. Jde o první případ vzpěru dle tabulky v příručce „Dimenzování kompozitních profilů PREFEN“.

Štíhlost profilu:

$$\lambda = \frac{K \times l}{r}$$

kde: K je součinitel závislý na způsobu uložení sloupů

l je délka sloupů [m]

r je kvadratický poloměr průřezu [m]

Mezní napětí v tlaku pro čtvercové profily:

a) pro krátké sloupky:

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{d}{t}\right)^{0,85}} \leq 210 \text{ MPa}$$

kde: E je modul pružnosti ve smyku [Pa]

b je vnější rozměr [m]

t je tloušťka stěny [m]

b) pro dlouhé sloupy

$$\sigma_u = \frac{1,3 \times E}{\lambda^{1,3}} \leq 210 \text{ MPa}$$

Dovolené napětí:

a) pro krátké sloupy

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_u}{3}$$

b) pro dlouhé sloupy

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_u}{3}$$

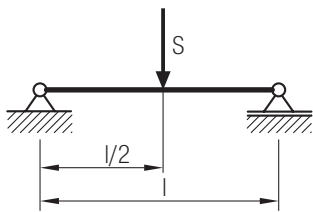
Kontrola maximální vzpěrné síly:

$$R_{max} = \sigma_{dov}' \times A$$

kde A je plocha profilu [m²]

Výpočet skutečného napětí:

$$\sigma_t = \frac{R}{A}$$



NAMÁHÁNÍ ŠTĚŘINŮ NA OHYB

Maximální ohybový moment:

$$M_{o,max} = \frac{S \times l}{8} \text{ [Nm]}$$

kde: S je osamělá síla [N]
 l je rozteč podpěr [m]

Maximální ohybové napětí:

$$\sigma_{o,max} = \frac{M_{o,max}}{W_o} \text{ [Pa]}$$

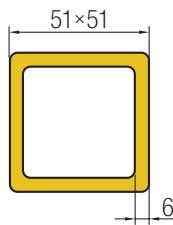
kde: W_o je modul průřezu v ohybu [m³]

Mezní ohybové napětí:

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{b}{t}\right)^{0,85}} \text{ [MPa]}$$

kde: E je modul pružnosti v tahu [Pa]
 b je vnější rozměr [m]
 t je tloušťka stěny [m]

VÝPOČET ŠTĚŘINŮ Z PROFILU PREFEN 51×51×6



Zadání pro výpočet štěrínů:

délka	$l=1,2 \text{ m}$	vzpěrový součinitel	$K=1$
vzpěrová síla	$R=250 \times 1,2=300 \text{ N}$	modul pružnosti	$E=20 \times 10^9 \text{ Pa}$
ohybová síla	$S=125 \times 1,2=150 \text{ N}$	modul průřezu v ohybu	$W_o=12,3 \times 10^6 \text{ m}^3$
plocha stojin	$A_w=2,923 \cdot 10^4 \text{ m}^2$	vnější rozměr	$b=0,05 \text{ m}$
kv. poloměr	$r=1,85 \times 10^2 \text{ m}$	tloušťka stěny	$t=0,005 \text{ m}$
plocha	$A=6,34 \times 10^4 \text{ m}^2$		

Výpočet napětí od vzpěru

$$\lambda = \frac{K \times l}{r} = \frac{1 \times 1,2}{0,0185} = 64,9$$

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{d}{t}\right)^{0,85}} = \frac{20 \times 10^9}{16 \times \left(\frac{0,05}{0,005}\right)^{0,85}} = 185,4 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = \frac{1,3 \times E}{\lambda^{1,3}} = \frac{1,3 \times 20 \times 10^9}{64,9^{1,3}} = 120,2 \text{ MPa} < 210 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_u}{3} = \frac{185,4}{3} = 61,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_u}{3} = \frac{120,2}{3} = 40,06 \text{ MPa}$$

$$R_{\max} = \sigma'_{\text{dov}} \times A = 40,06 \times 6,34 \times 10^{-4} = 25398 \text{ N}$$

$$R = 300 < R_{\max} = 25398 \text{ N}$$

Skutečné napětí:

$$\sigma_t = \frac{R}{A} = \frac{300}{6,34 \times 10^{-4}} = 0,437 \text{ MPa}$$

Výpočet napětí od ohybu

$$M_{o,\max} = \frac{S \times l}{8} = \frac{150 \times 1,2}{4} = 45 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{o,\max} = \frac{M_{o,\max}}{W_o} = \frac{45}{12,3 \times 10^{-6}} = 3,7 \times 10^{-3} = 3,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_u = \frac{E}{16 \times \left(\frac{b}{t}\right)^{0,85}} = \frac{20 \times 10^9}{16 \times \left(\frac{0,05}{0,0035}\right)^{0,85}} = 1,3039 \times 10^8 = 130,39 \text{ MPa}$$

Závěr: Celkové normálové napětí je hluboko pod dovoleným namáháním ve vzpěru i ohybu.

Příčle a štěříny opěrných žebříků PREFALAD splňují všechny požadavky normy ČSN 743282.

Celkové napětí

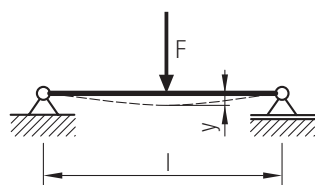
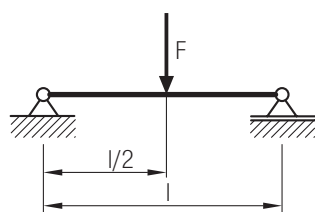
$$\sigma_c = \sigma_t + \sigma_{o,\max} = 0,473 + 3,7 = 4,13 \text{ MPa}$$

MECHANICKÉ ZKOUŠKY OPĚRNÝCH ŽEBŘÍKŮ

Opěrné kompozitní žebříky s kruhovými příčlemi jsou vyráběny ve dvou variantách štěřinů, v závislosti na jejich délce. Do délky 3 m jsou štěříny z obdélníkové trubky 58×25 mm. Od délky 3 m jsou štěříny z obdélníkové trubky 64×40 mm. Opěrné kompozitní žebříky s plochými kovovými příčlemi mají štěříny z U profilu 85×30 mm. V další části této příručky budou popsány mechanické zkoušky hotových žebříků s kruhovými příčlemi podle metodiky převzaté z ČSN EN 131-2. Měření byli podrobeny dva vzorky opěrných žebříků:

Vzorek č.1: žebřík délky 4200 mm, štěříny z obdélníkové trubky 64×40 mm, kruhové příčle

Vzorek č.2: žebřík délky 2695 mm, štěříny z obdélníkové trubky 58×25 mm, kruhové příčle



Závěr: Vzorek č.1 z hlediska průhybu plně vyhovuje. $y = 32,6 < y_{\text{dov}} = 72,2$

Závěr: Vzorek č.2 z hlediska průhybu plně vyhovuje. $y = 18,8 < y_{\text{dov}} = 26,3$

ZKOUŠKY PRUŽNOSTI

- Zatížení $F = 500 \text{ N}$ po dobu 1 minuty.
- Zatížení $F = 1000 \text{ N}$ po dobu 1 minuty.

Výsledek zkoušky:

Vzorek č.1 (rozteč podpor $l = 3800 \text{ mm}$) po odlehčení zůstal bez trvalé deformace

Vzorek č.2 (rozteč podpor $l = 2295 \text{ mm}$) po odlehčení zůstal bez trvalé deformace

ZKOUŠKY PRŮHYBŮ NA PLOCHO

Předběžné zatížení 100 N bylo aplikováno po dobu 1 minuty. Poloha žebříku po odstranění předběžného zatížení udávalo počáteční bod měření.

Zkušební zatížení $F = 750 \text{ N}$ bylo aplikováno svisle ve středu žebříku po dobu 1 minuty.

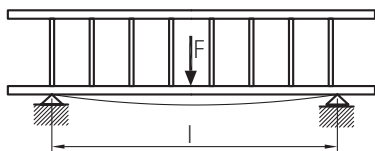
Průhyby byly měřeny na obou stranách žebříku

Vzorek č.1 (rozteč podpor $l = 3800 \text{ mm}$)

Číslo měření	1	2	3	Součet	Průměr	Celkový průměr
Průhyb vlevo [mm]	32,0	32,1	32,0	96,1	32,03	32,63
Průhyb vpravo [mm]	33,2	33,3	33,2	99,7	33,23	$y_{\text{dov}} = 72,2 \text{ mm}$

Vzorek č.2 (rozteč podpor $l = 2295 \text{ mm}$)

Číslo měření	1	2	3	Součet	Průměr	Celkový průměr
Průhyb vlevo [mm]	18,8	18,5	18,4	55,7	18,56	18,81
Průhyb vpravo [mm]	19,0	19,1	19,1	57,2	19,06	$y_{\text{dov}} = 26,3 \text{ mm}$



Závěr: Opěrné žebříky se štěříny 58×25 mm do délky 2,7 m z hlediska vybočení vyhovují normě.

ZKOUŠKY VYBOČENÍ

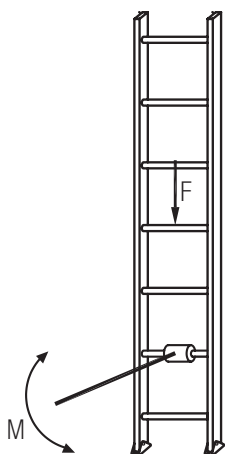
Žebřík byl uložen na boku viz obrázek. Předběžné zatížení 100 N bylo aplikováno po dobu 1 min. Zatížení $F=250$ N působilo na spodní bočnici v polovině vzdálenosti mezi podpěrami. Průhyb se měřil 1 min. po zatížení v polovině vzdálenosti mezi podpěrami. Měření bylo provedeno na obou štěřínech.

Maximální dovolený průhyb v závislosti na vzdálenosti mezi podpěrami: $y_{dov}=0,005 \times l$
Vzorek č.1 (rozeč podpor $l=3800$ mm)

Číslo měření	1	2	3	Součet	Průměr	Celkový průměr
Průhyb vlevo [mm]	5,5	5,9	5,5	16,9	5,63	5,6 $y_{dov}=11,5$ mm
Průhyb vpravo [mm]	5,5	5,5	5,7	16,7	5,56	

Vzorek č.2 (rozeč podpor $l=2295$ mm)

Číslo měření	1	2	3	Součet	Průměr	Celkový průměr
Průhyb vlevo [mm]	5,0	4,7	5,1	14,8	4,93	5,2 $y_{dov}=19$ mm
Průhyb vpravo [mm]	5,5	5,6	5,5	16,6	5,53	



ZKOUŠKA PRŮHYBU PŘÍČLÍ

Předběžné zatížení 200 N působilo po dobu 1 min. Poloha příčle po odstranění předběžného zatížení dala počáteční bod pro měření.

Zkušební zatížení $F=2\ 600$ N bylo vyvozeno na trhacím stroji po dobu 1 minuty. Zatížení bylo rovnoměrně rozloženo na šířku 100 mm.

Závěr: Nebyla naměřena žádná trvalá deformace.

ZKOUŠKA PŘÍČLÍ KRUTEM

Krouticí moment $M=50$ Nm (viz obrázek) působil ve středu příčle na šířce 100 mm pomocí upínacího přípravku. Působilo střídavě 10× ve směru a 10× proti směru hodinových ručiček, vždy po dobu 10 sekund.

Závěr: Během zkoušek nedošlo k vzájemnému pohybu ve spoji mezi štěřínem a příčlí.

ELEKTRICKÉ ZKOUŠKY

Popis metodiky zkoušení

Zkoušené vzorky žebříků byly ponořeny na 24 hodin do vody, po vyjmutí vytřeny do sucha. Zkušební napětí U_m o kmitočtu 50 Hz bylo přivedeno na zkoušenou dvojici příčlí pomocí elektrod umístěných tak, aby bylo zajištěno, že je toto napětí přiloženo k bočnicím (viz. ČSN EN 61478). Zkouška byla provedena na všech dvojicích příčlí a v dotyku s každou bočnicí (štěřínem).

Zkušební napětí $U_m = 30$ kV, doba měření 1 minuta.

Výsledek zkoušky

Během minutových zkoušek střídavým napětím 50 Hz nedošlo u žádného ze zkoušených vzorků k přeskoku, průrazu ani výraznému zvýšení teploty.

Závěr: Na základě elektrických zkoušek provedených v EGÚ – Laboratoř vvn a.s. podle ČSN EN 61478:2002, čl. 6.5.1 lze konstatovat, že izolační žebřík PREFALAD P25, výrobce PREFA KOMPOZITY, a.s., může být použit pro práce pod napětím na zařízeních do 1000 V střídavých a 1500 V stejnosměrných a pro práce na zařízení bez napětí v blízkosti napětí 36 kV.