

Betonové a ocelové konstrukce

Ing. Josef Novák, Ph.D.
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

České vysoké učení technické v Praze



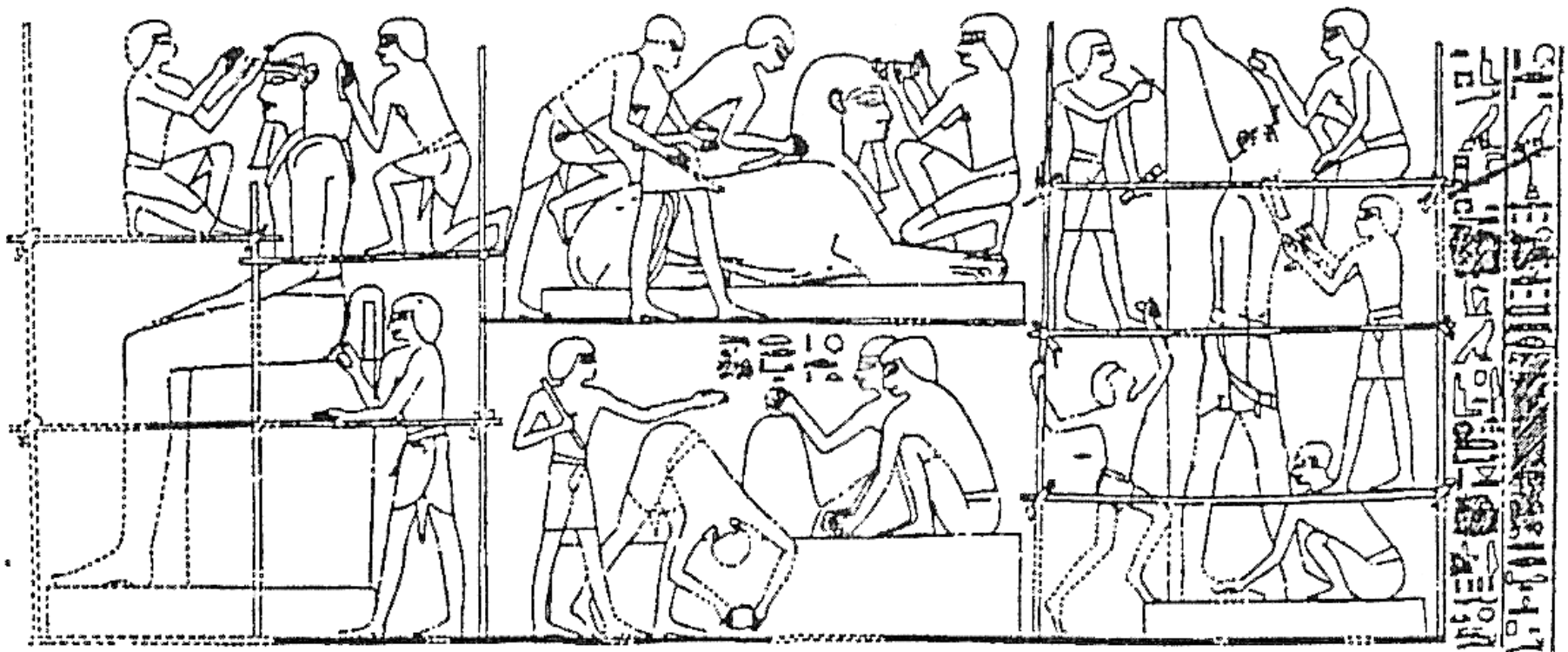
Seznam přednášek

- Spoje: kloubové, tuhé a polotuhé; klasifikace styčníků, čepové spoje
- Kroucení, kombinace namáhání, únava ocelových konstrukcí
- Ocelové haly s jeřábovou dráhou – nosník dráhy, ztužení, detaily
- Požární odolnost ocelových a ocelobetonových konstrukcí
- Zásobníky, nádrže, lanové a membránové konstrukce
- **Lešení, korozivzdorná ocel**

Lešení

Historie Lešení

- Starý Egypt
 - Nástěnná malba
 - Dřevěné prvky spojené provazy
 - Odhadované datování – 1450 let před Kristem



Historie Lešení

■ Rakousko-Uhersko

- Nařízení ministra obchodu po dohodě s ministrem vnitra dne 7.2.1907

- Dřevo jako jediný materiál pro lešení
- „Každé lešení buď přiměřeně zřízeno ze zdravého, účelu odpovídajícího a dřívějším upotřebením ve svém průřezu neoslabeného dřeva...“
- Lešení jsou uváděna
 - Štenýřová
 - Žebříková („na řebřících“)
 - Zavěšená („visací“)
 - Vysunutá („visutá“)
 - Kozová
 - Podpěrná („skruže“)
- Požadavky na lešení
 - Zatížena přiměřeně ke své konstrukci
 - Alespoň každých 14 dní (zejména po vichru a po každé stavební přestávce) znalecky zkontrolována, zda-li jsou v řádném stavebním stavu

Historie Lešení

- Rakousko-Uhersko
 - Nařízení ministra obchodu po dohodě s ministrem vnitra dne 7.2.1907

13. Nařízení ministra obchodu ve shodě s ministrem vnitra ze dne 7. února 1907, č. 24 ř. z., jímž vydávají se předpisy pro uvarování úrazů a na odhranu zdraví dělníků při živnostenském provádění pozemních staveb.

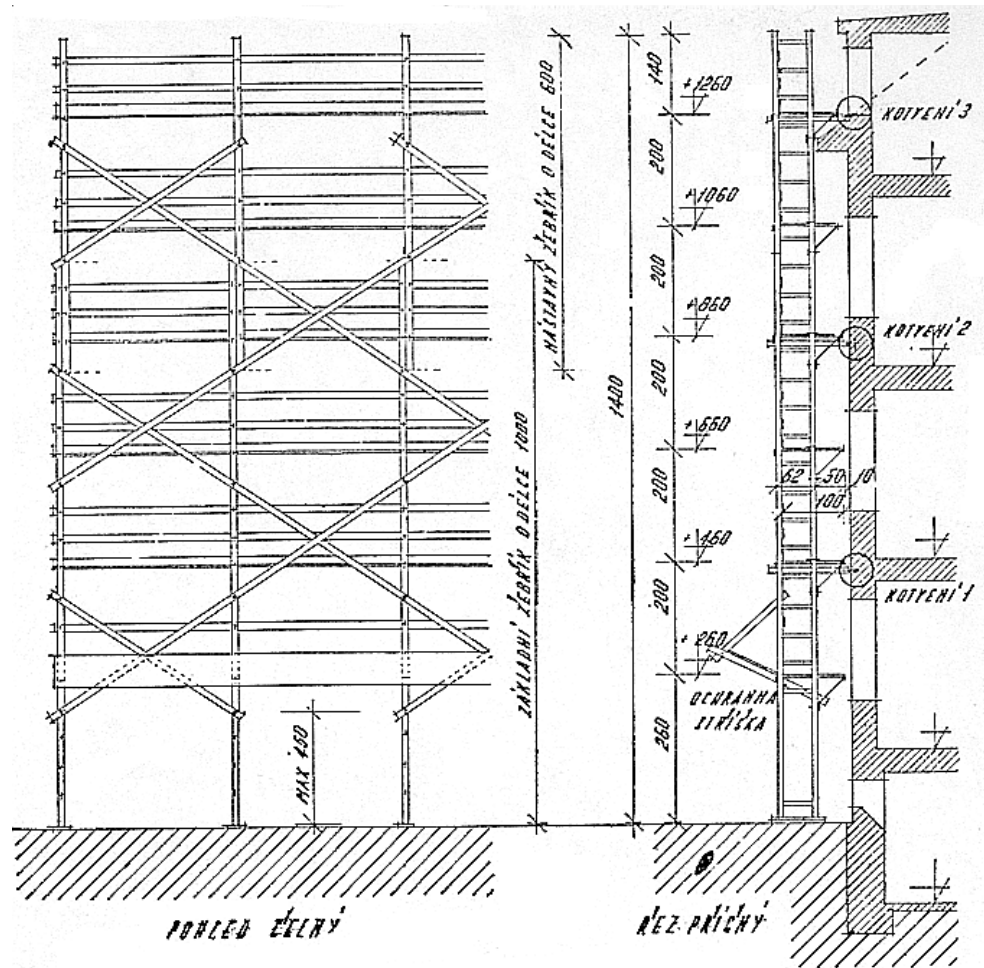
U lešení na kozách aspoň 1.9 m vysokých nebo vyšších jakož i postavili se na sebe dvě lešení na kozách, budiž podlaha z fošen uzavřena postaveným podlahovým prknem a kromě toho musí býti zřízena ještě prsní zábradlí.

Lešení na řebřících buďte ztuzena úhlopříčnými zavětrovacími latěmi a k zabezpečení proti pádu buďte uzavřena prsním zábradlím na venek, a je-li volná prostora mezi cestou na lešení a stěnou budovy širší nežli 0.4 metry, buďte také k budově uzavřena.

Ve všech patrech lešení budiž zřízena těsná, silná a široká podlaha z prken, jejíž konce nesmějí přečnívati. Aby lidé, materiál nebo nástroje nemohly spadnouti, buďte zřízena prsní zábradlí a na podlaze na venek fošny upevněny.

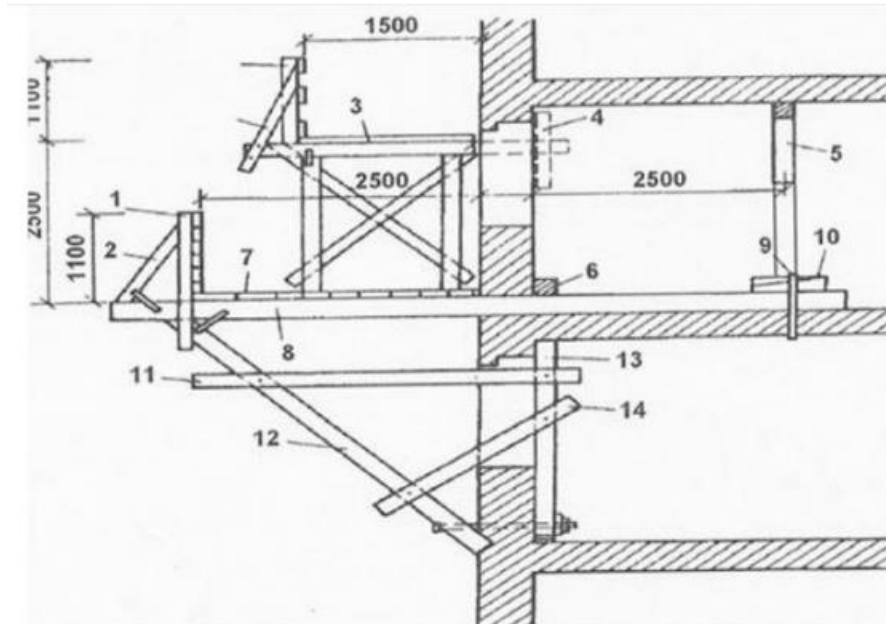
Historie lešení

- Žebříkové lešení



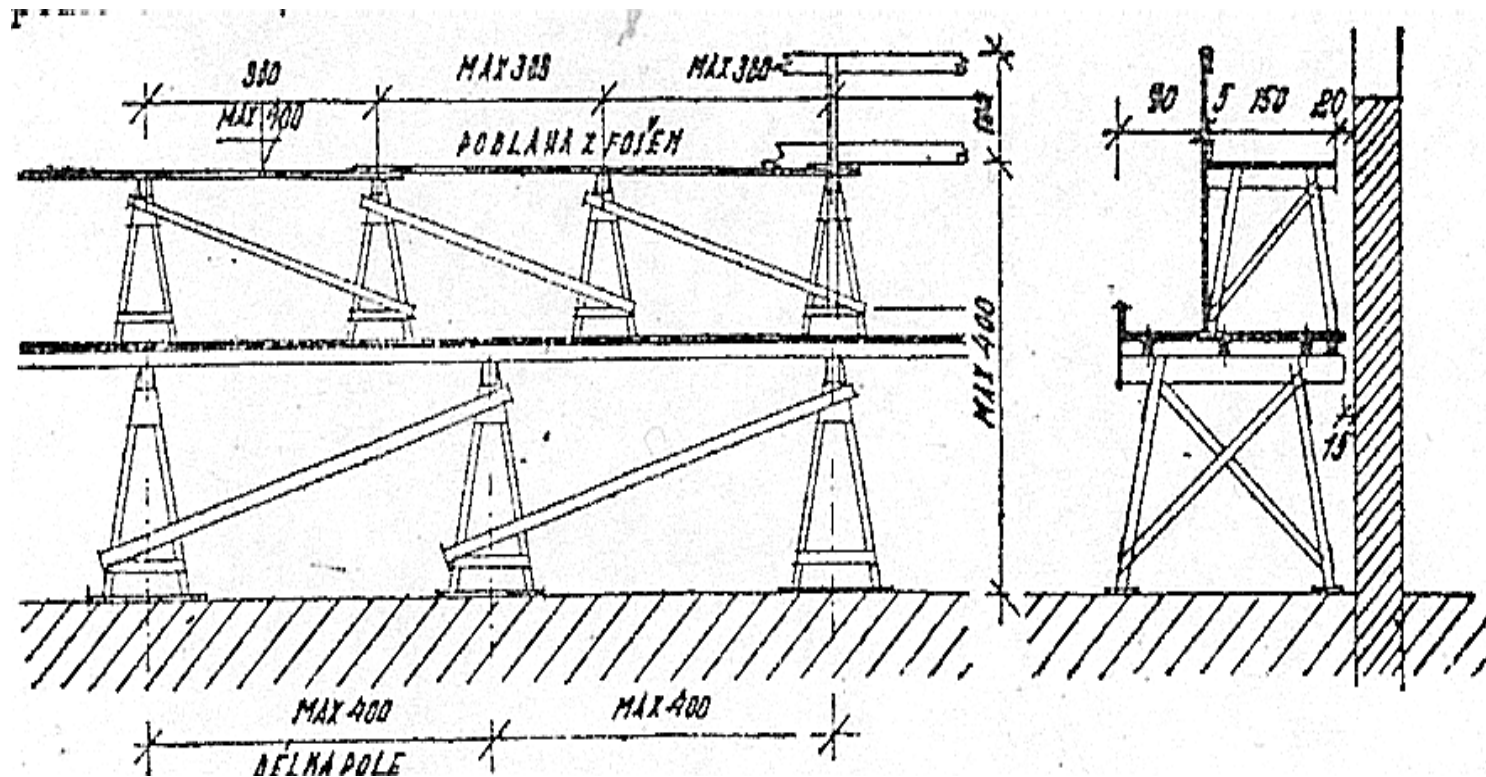
Historie lešení

- Vysunutí lešení
 - Drobné opravy budov
 - Trámy protažené otvory v nosné zdi



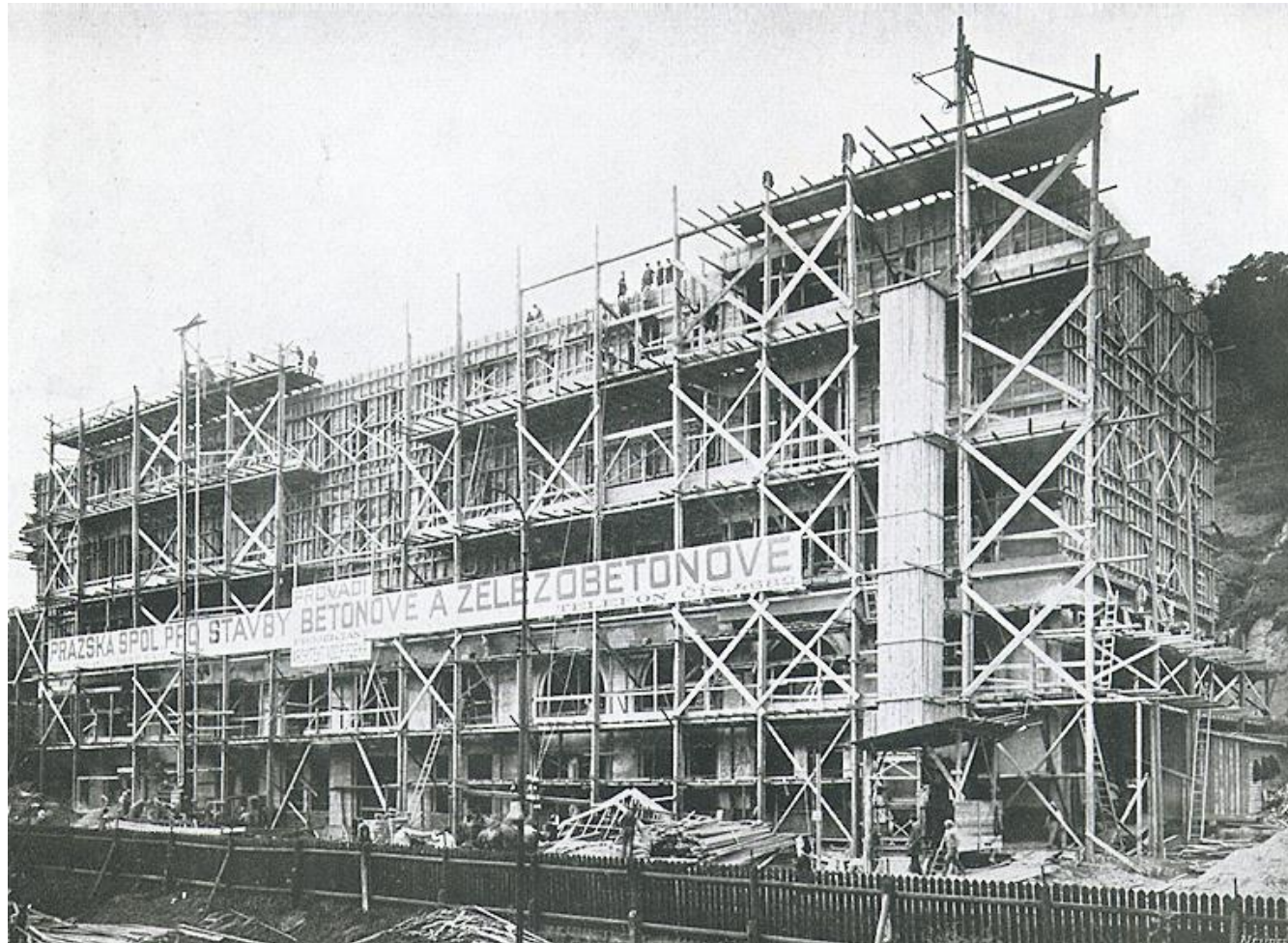
Historie lešení

- Patrové kozové lešení



Historie lešení

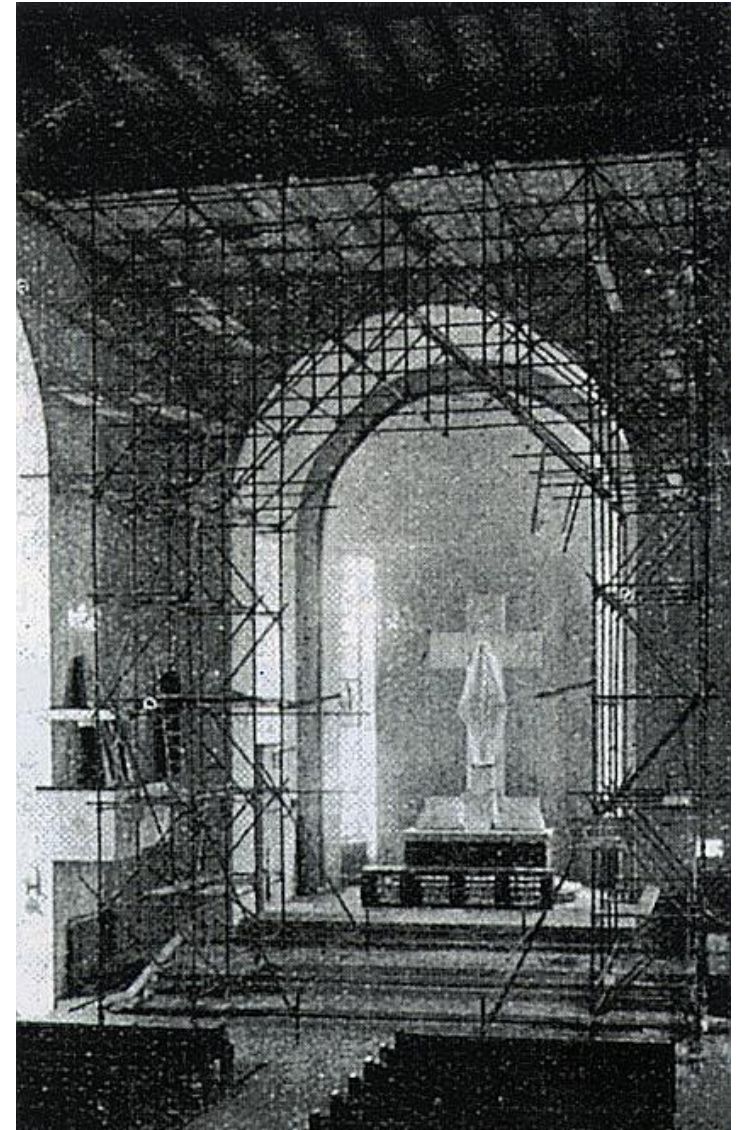
- Dřevěné lešení v roce 1912 – Praha



Ocelové trubkové lešení

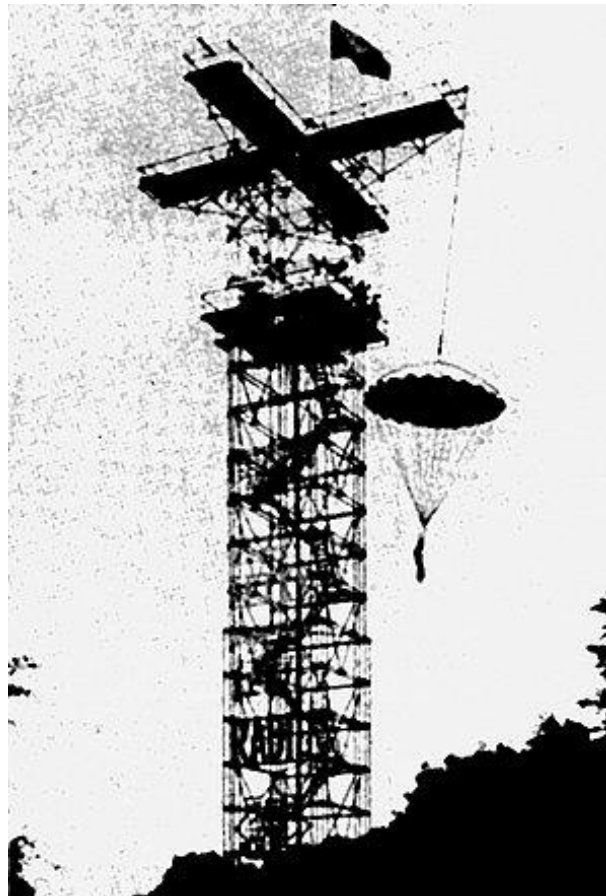
- Původ v Anglii
 - Cca 1920 – 1930
- Nedostatek dřeva → ocelové trubky
- Systém spojek
 - Více než 30 patentů
- Jednoduché, rychlé a účinné spojování
- V Čechách rozvoj po 2. sv. v.

První ocelové trubkové
lešení v Čechách, Jablonec
n. Nisou v roce 1938



Ocelové trubkové lešení

- 1938 – Cvičná padáková věž z trubkového lešení
 - Staré výstaviště (dnes Výstaviště Praha)
 - Firma Mannesmann a.s.



Ocelové trubkové lešení

■ Požadavky na stavební lešení

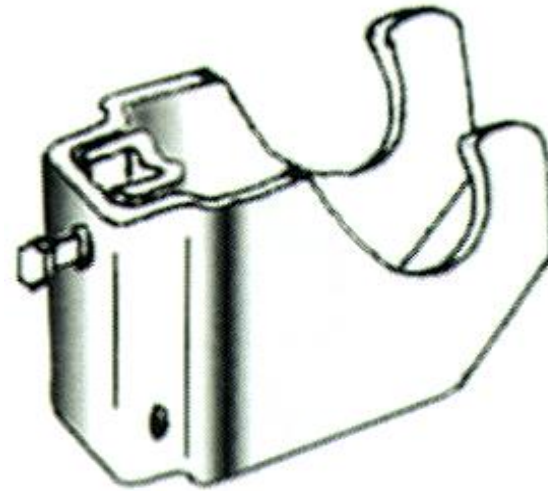
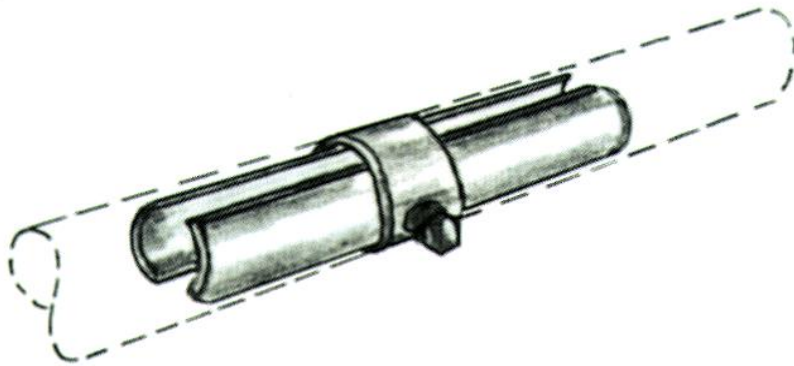
- Vládní nařízení č. 97/1948 Sb. – novelizace nařízení č. 53/1931 Sb.
 - Řada velmi moderních ustanovení
 - „ Výrobce musí kupci nebo uživateli lešení vydat potvrzení, že dodané konstrukční části lešení vyhovují příslušným předpisům nebo normám, popřípadě, že části odpovídají schválenému typu a vydat mu poučení o stavbě lešení se zřetelem k jeho statickému výpočtu o stabilitě...“
- Dále normy koncem 50. let
 - ČSN 73 8101 – Lešení a stavební výtahy. Společná ustanovení
 - ČSN 73 81xx – Specializované normy pro jednotlivé typy lešení

■ Trubkové lešení v ČSSR

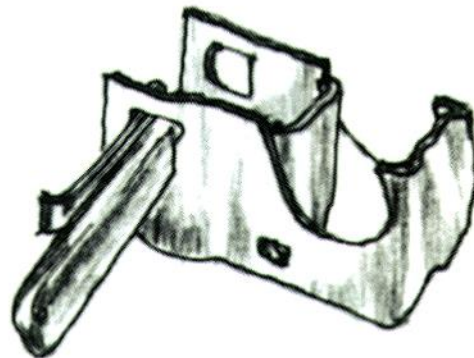
- Rozvoj po 2. sv. v.
- Rozsah používání nemá ve světě obdobu → 30 000 t oceli / rok
- Totální hegemonie trubkového lešení na úkor dřevěných a dílcových
- Trubky $\varnothing 48,25/3,5$ mm (obdoba zahraničí)

Ocelové trubkové lešení

- Od roku 1951 výroba dvou druhů spojek
 - Upínací a nastavovací spojky TRUSTA

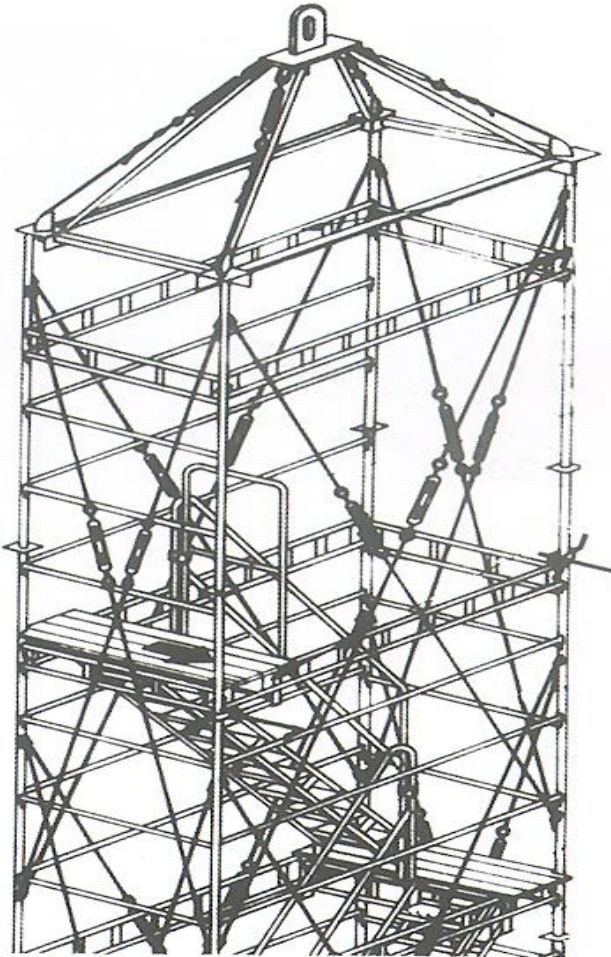


- Klínová upínací spojka HURYCH



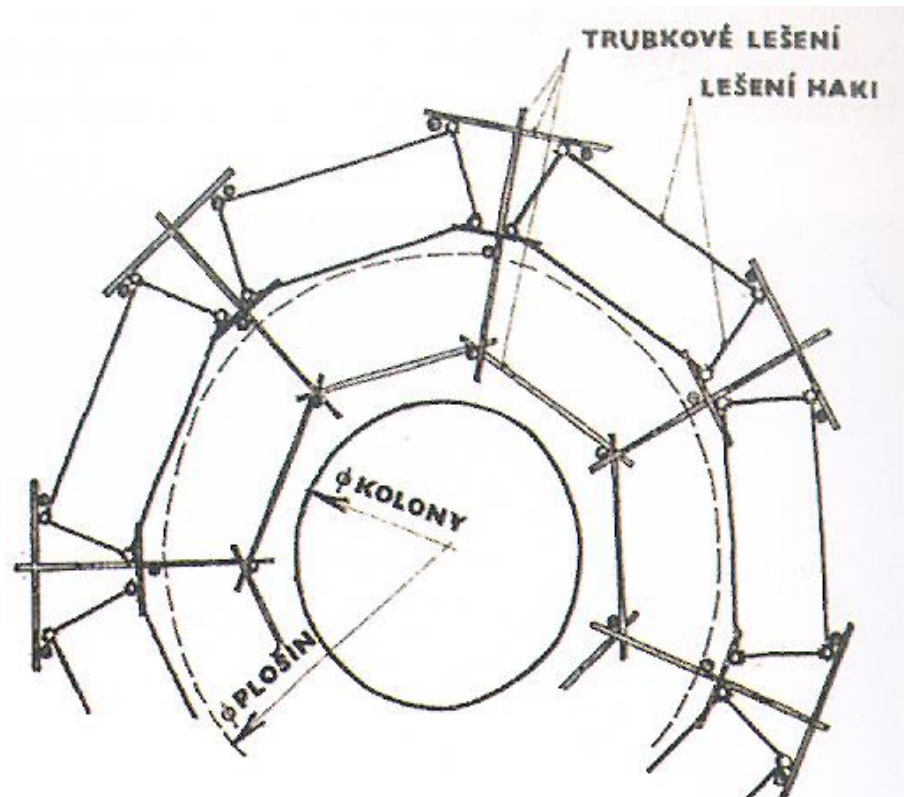
Ocelové modulové lešení HAKI

- První modulové lešení v ČR (ČSSR), 1968
 - Od roku 1968 do roku 1989 bylo druhé nejrozšířenější



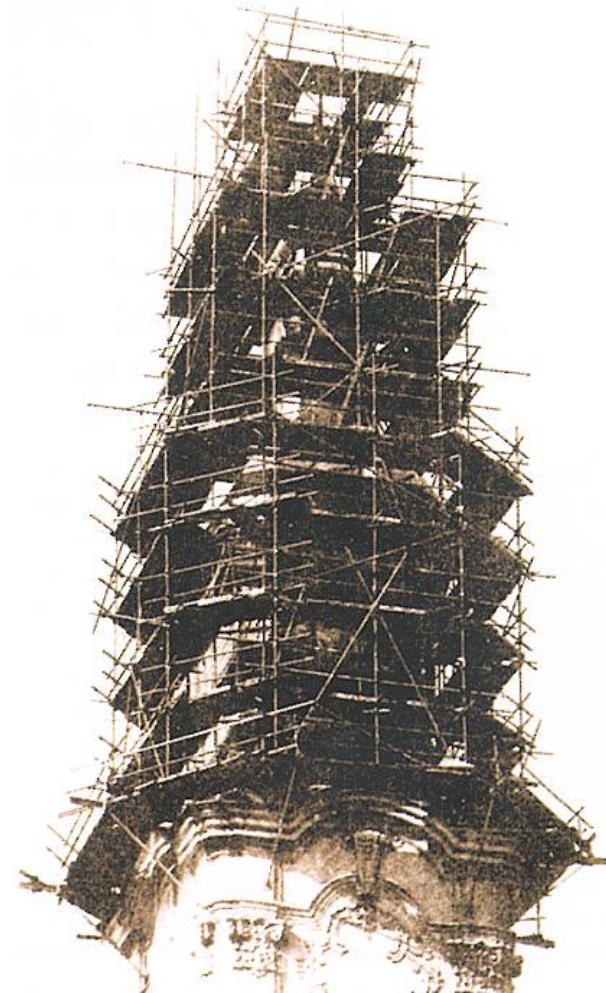
Kombinace ocelových lešení

- Švédské dílcové modulové lešení
 - Kombinace HAKI a trubek – spojek
 - Průmyslové lešení u destilační kolony



Ocelové trubkové lešení

- Vysunuté lešení, cca od roku 1973
 - Lešení na konzolách
 - Patent pátera Šestáka
 - Opravy kostelů
 - Minimální náklady



Ocelové lešení

- Roku 1978 vydána norma ČSN 73 8102
 - Pro pojízdná a volně stojící lešení

 - Na základě provedených zkoušek lešení HAKI, MADEJ a INSTANT
 - Modulové systémy lešení
 - Pojízdné systémy lešení

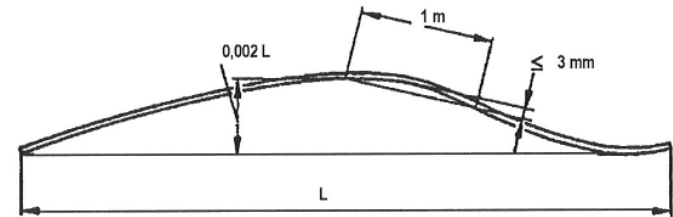
 - Obsáhlá, ale v praxi nedoceníitelná

Ocelové trubkové lešení

■ Současnost

■ Trubky

- Vnější průměr $d = 48,3$ mm
- Tloušťka stěny $t = 3,2$ mm
- Délky 6,0; 4,0; 3,0; 2,0; 1,5 a 0,5 m
- Hmotnost 3,56 kg/m
- Max. úchylka 3 mm/1 m ($0,002L$)



■ Spojky

■ Upínací

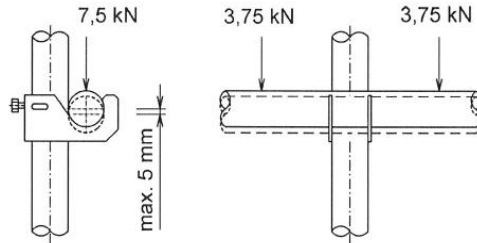
- Hákové (nejčastěji)
- Objímkové pevné
- Objímkové otočné
- Paralelní

■ Nastavovací

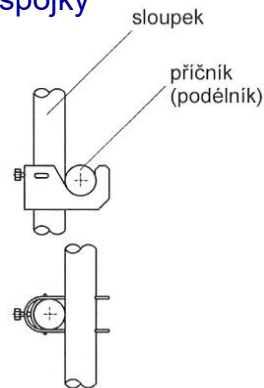
- Segmentové
- Objímkové
- Objímkové se středícím trnem

Ocelové trubkové lešení

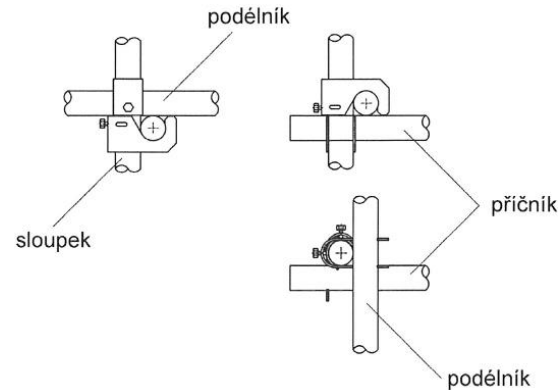
- Současnost
 - Spojky upínací hákové
 - Max. zatěžovací síla 4,5 kN
 - Při zkoušce musí přenést 7,5 kN



Jednoduchý styčník – osazení hákové spojky

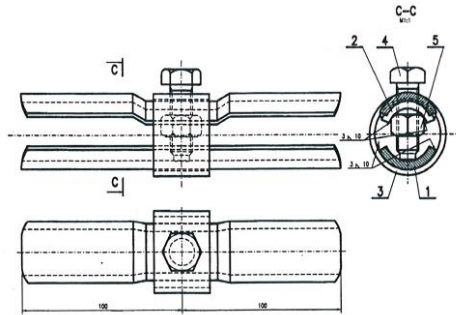


Zdvojený styčník s nosnou spojkou



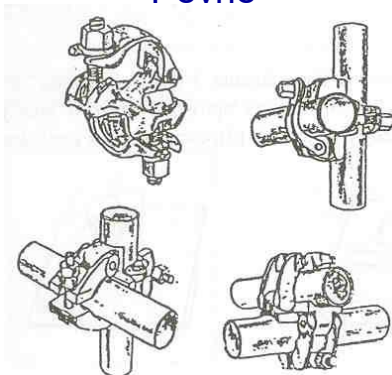
Ocelové trubkové lešení

- Současnost
 - Spojky nastavovací segmentové

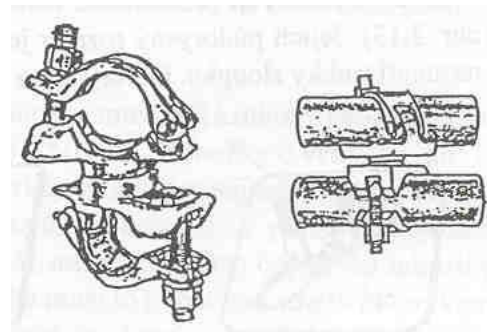


- Spojky objímkové
 - Pevné
 - Otočné

Pevné



Otočné



Evropské normy

- Fasádní dílcová lešení
 - ČSN EN 12 810 – 1 Fasádní dílcová lešení, Část 1: Požadavky na výrobky (2004)
 - ČSN EN 12 810 – 2 Fasádní dílcová lešení, Část 2: Zvláštní postupy při navrhování konstrukce (2004)

- Dočasné stavební konstrukce
 - ČSN EN 12 811 – 1 Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh (2004)
 - ČSN EN 12 811 – 2 Dočasné stavební konstrukce - Část 2: Informace o materiálech (2004)
 - ČSN EN 12 811 – 3 Dočasné stavební konstrukce - Část 3: Zatěžovací zkoušky (2003)

- Podpěrná lešení
 - ČSN EN 12 812 Podpěrná lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh (2009)

- Společná ustanovení (pouze ČR)
 - ČSN 73 8101 Lešení – společná ustanovení (revidovaná 2005)

Lešení - rozdělení

- Rozdělení podle
 - Účelu
 - Konstrukčního materiálu
 - Tvaru součástí
 - Přemístitelnosti
 - Nosnosti
 - Uspořádání

Lešení - rozdělení

- Podle účelu
 - Pracovní
 - Podpěrná
 - Konstrukce jiného účelu



Lešení - rozdělení

- Podle konstrukčního materiálu

- Ocelová



- Hliníková



- Dřevěná



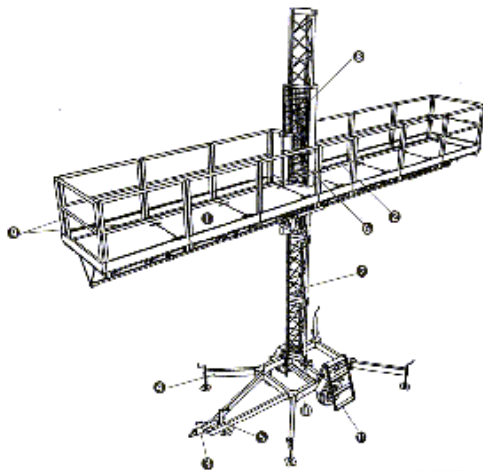
Lešení - rozdělení

- Podle tvaru součástí
 - Prvková (trubková)
 - Dílcová (systémová)
 - Kombinovaná

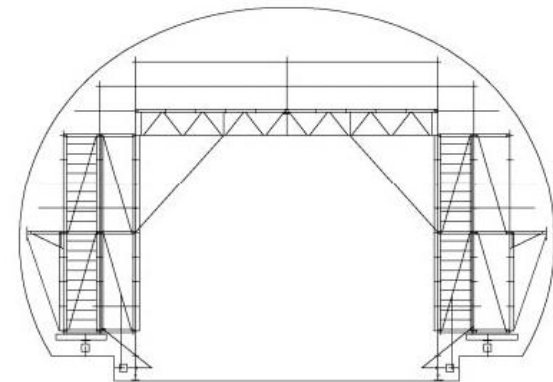
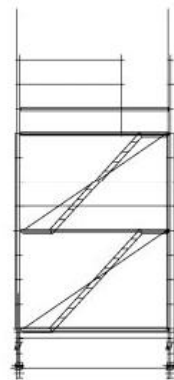


Lešení - rozdělení

- Podle přemístitelnosti
 - Nepohyblivá
 - Kotvená
 - Volně stojící
 - Zavěšená
 - Pohyblivá
 - Pojízdná
 - Přemístitelná



C14PM0721



Lešení - rozdělení

- Podle nosnosti

Tabulka 3 – Provozní zatížení na pracovních plochách (viz rovněž 6.2.2)

Třída zatížení	Rovnoměrně rozložené zatížení q_1 kN/m ²	Soustředěné zatížení na ploše 500 mm x 500 mm F_1 kN	Soustředěné zatížení na ploše 200 mm x 200 mm F_2 kN	Zatížení na dílčí plochu	
				q_2 kN/m ²	Dílčí součinitel plochy a_p ¹
1	0,75 ²	1,50	1,00	-	-
2	1,50	1,50	1,00	-	-
3	2,00	1,50	1,00	-	-
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

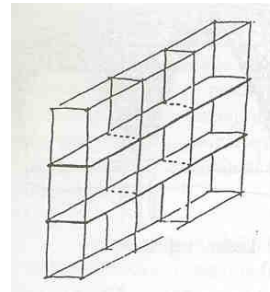
Lehká
 Těžká

¹ Viz 6.2.2.4.

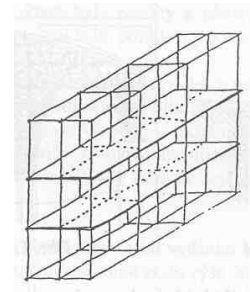
² Viz 6.2.2.1.

Lešení - rozdělení

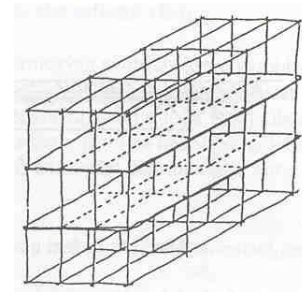
- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Dvouřadová
 - Třířadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - Věžová
 - Zvláštní
 - Podpěrná



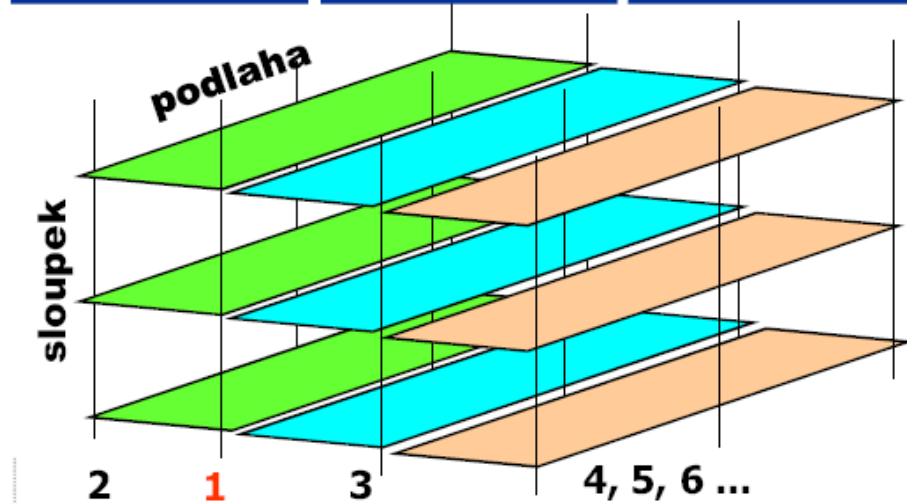
dvouřadové



třířadové

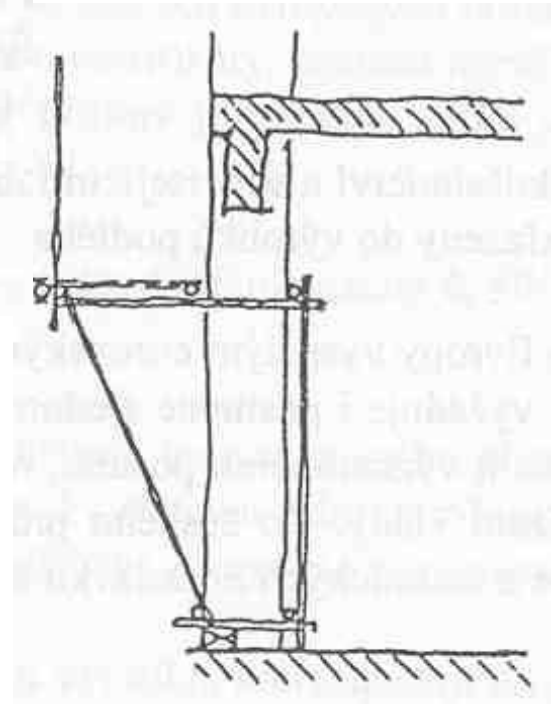
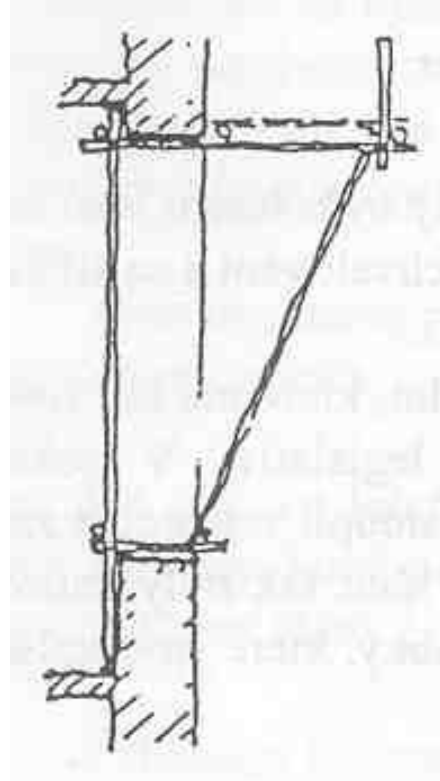


prostorové



Lešení - rozdělení

- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - V úrovni parapetu
 - V úrovni podlahy
 - Věžová
 - Zvláštní
 - Podpěrná



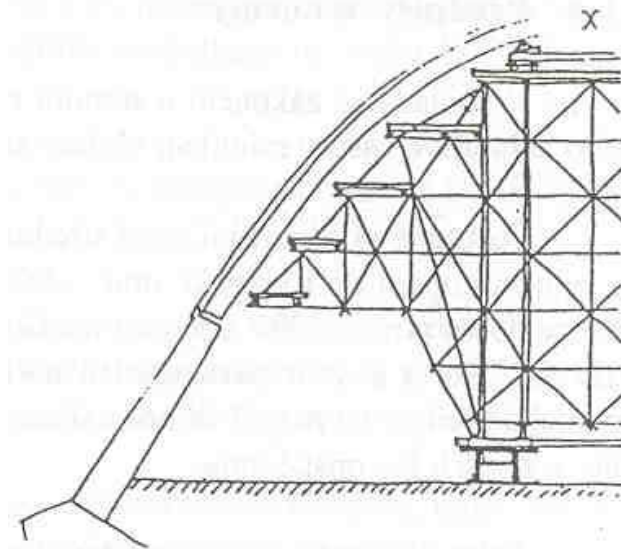
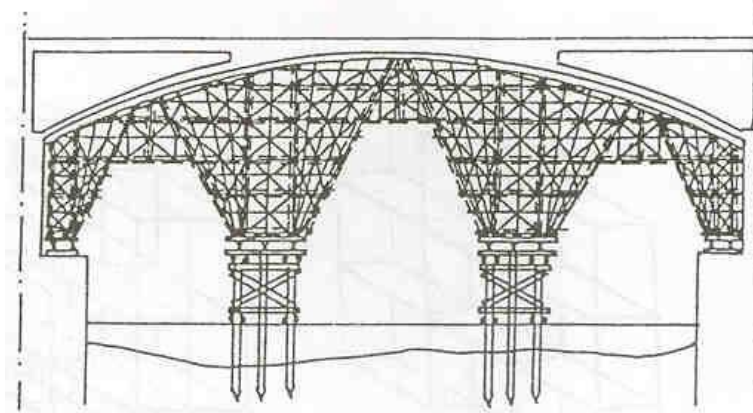
Lešení - rozdělení

- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - **Věžová**
 - Zvláštní
 - Podpěrná



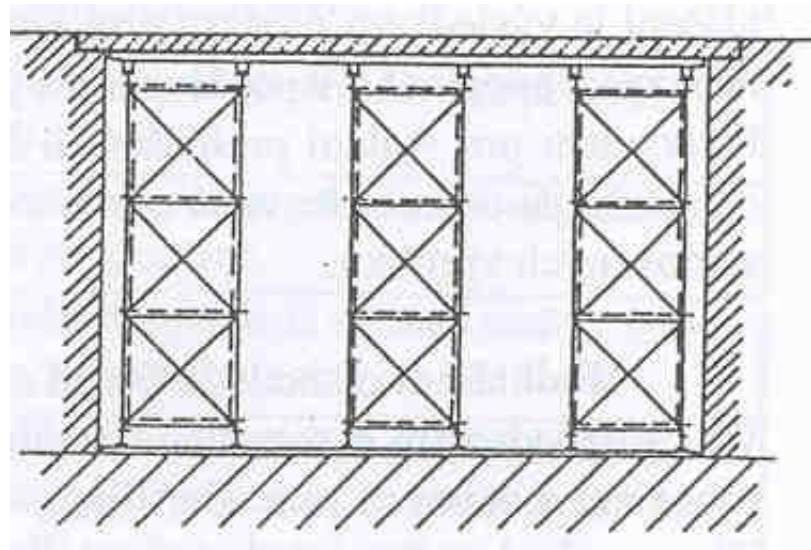
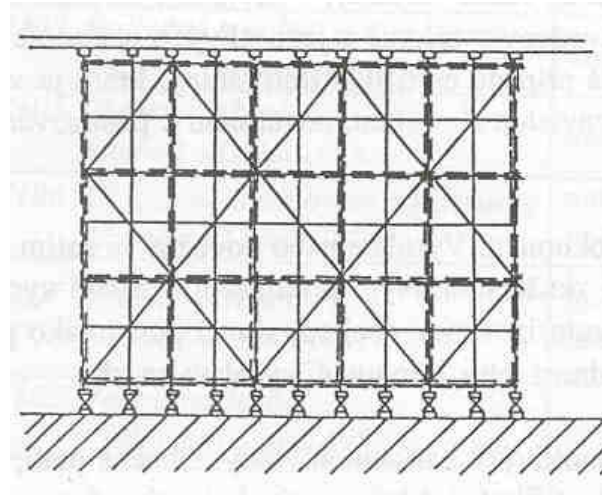
Lešení - rozdělení

- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - Věžová
 - Zvláštní
 - Tvarově přizpůsobená
 - Podpěrná



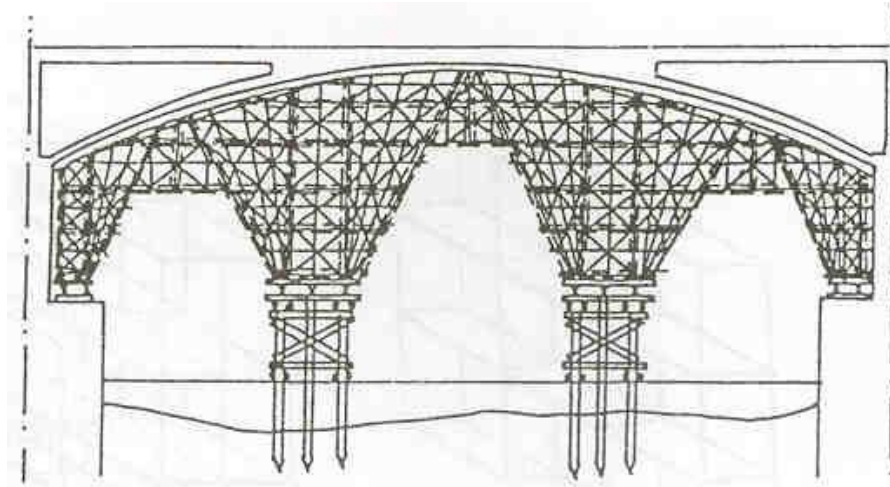
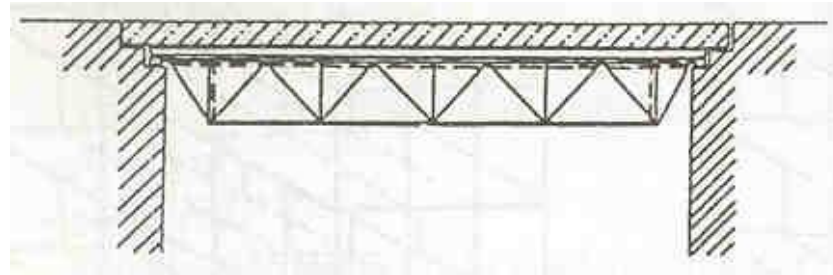
Lešení - rozdělení

- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - Věžová
 - Zvláštní
 - Podpěrná
 - Sloupková
 - Věžová
 - Nosníková
 - Vějířová



Lešení - rozdělení

- Podle uspořádání
 - Řadová
 - Prostorová
 - Vysunutá
 - Věžová
 - Zvláštní
 - Podpěrná
 - Sloupková
 - Věžová
 - Nosíková
 - Vějířová



Pracovní lešení

■ Normy

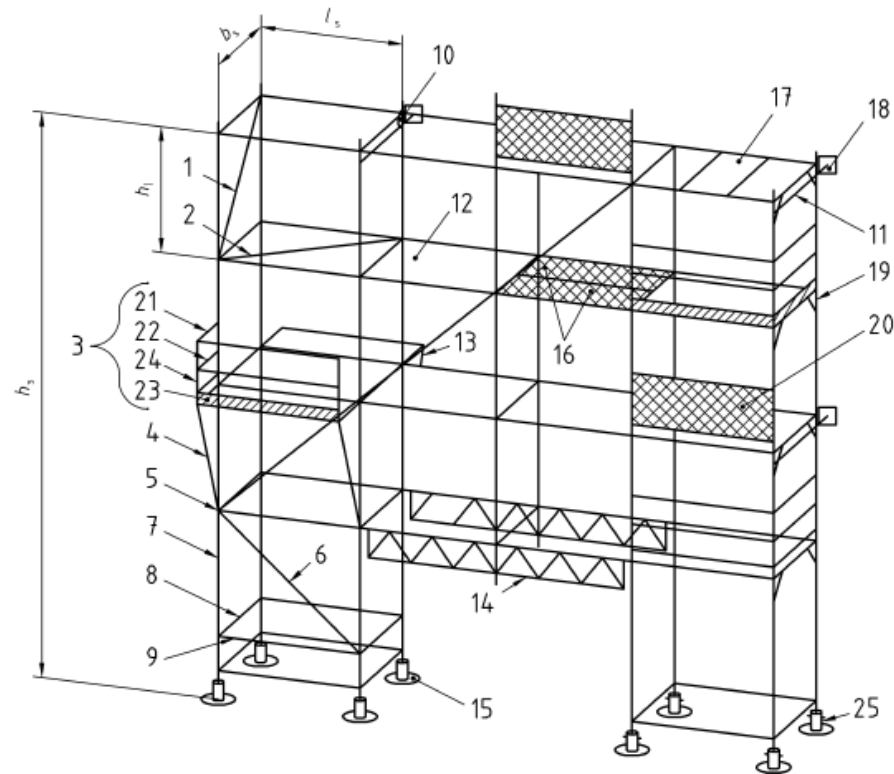
- ČSN 73 8101 Lešení – společná ustanovení, 2005
 - Zahrnuje i požadavky evropských norem
- ČSN 73 8107 Trubková lešení, 2005
- ČSN EN 12 811-1 Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh
- ČSN EN 12 811-2 Dočasné stavební konstrukce - Část 2: Informace o materiálech
- ČSN EN 12 811-3 Dočasné stavební konstrukce - Část 3: Zatěžovací zkoušky
- ČSN EN 12810-1 Fasádní dílcová lešení – Část 1: Požadavky na výrobky

Pracovní lešení

- Materiál (ČSN EN 12811-2)
 - Ocel
 - $E = 210\,000\text{ MPa}$
 - $G = 81\,000\text{ MPa}$
 - Měrná hmotnost = 7850 kg/m^3
 - Pro konstrukce používáme při -20 °C → materiály odolné proti rázu
 - Minimální mez kluzu $f_y = 140\text{ MPa}$
 - Minimální mez pevnosti $f_u = 270\text{ MPa}$
 - Pro trubkové lešení – min. $f_y = 235\text{ MPa}$
 - Hliník
 - $E = 70\,000\text{ MPa}$
 - $G = 27\,000\text{ MPa}$
 - Měrná hmotnost = 2700 kg/m^3
 - Minimální mez kluzu $f_{y,0,2\%} = 195\text{ MPa}$
 - Jmenovitá tloušťka stěny minimálně 4,0 mm
 - Dřevo a materiály na bázi dřeva

Pracovní lešení

- Názvosloví
 - ČSN EN 12811-1



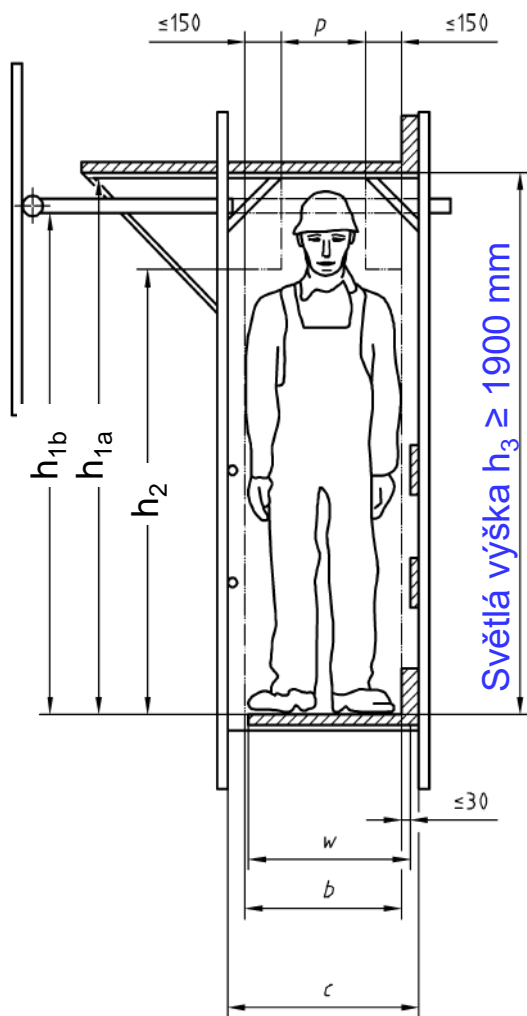
Legenda

h_s	Výška lešení	11	Kotevní dílec (3.23)
b_s	Šířka pole lešení, mezi středy sloupků	12	Podlahová plocha (3.15)
l_s	Délka pole lešení, mezi středy sloupků	13	Konzola (-)
h	Výška patra lešení	14	Přemostňující nosník (-)
1	Svislé úhlopříčné ztužení ((úhlopříčné ztužení příčné) 3.6)	15	Nánožka (3.3)
2	Vodorovné úhlopříčné ztužení (3.5)	16	Podlahový dílec (3.16)
3	Ochrana volného okraje (3.19)	17	Vodorovný rám (-)
4	Konzolová vzpěra (-)	18	Kotva (3.1)
5	Uzel (3.13)	19	Svislý rám (-)
6	Svislé úhlopříčné ztužení ((úhlopříčné ztužení podélné) 3.6)	20	Pletivo (5.5.5)
7	Sloupek (3.21)	21	Horní tyč zábradlí (5.5.2)
8	Příčník (3.24)	22	Střední tyč zábradlí (5.5.3)
9	Podélník (3.10)	23	Zarážka u podlahy (5.5.4)
10	Spojka (3.8)	24	Zábradelní sloupek (-)
		25	Stavitelná patka (3.2)

Pracovní lešení

■ Rozměrové požadavky

■ Pracovní plocha



Tabulka 1 – Třídy podle šířky pracovní plochy (7 tříd)

Třída podle šířky	w v m
W06	$0,6 \leq w < 0,9$
W09	$0,9 \leq w < 1,2$
W12	$1,2 \leq w < 1,5$
W15	$1,5 \leq w < 1,8$
W18	$1,8 \leq w < 2,1$
W21	$2,1 \leq w < 2,4$
W24	$2,4 \leq w$

Tabulka 2 – Třídy podle světlé výšky (2 třídy)

Třída	Světlá výška		
	Mezi pracovními plochami h_3	Mezi pracovní plochou a příčником nebo kotevním dílcem h_{1a}, h_{1b}	Minimální výška v úrovni ramen h_2
H_1	$h_3 \geq 1,90$ m	$1,75 \text{ m} \leq h_{1a} < 1,90$ m $1,75 \text{ m} \leq h_{1b} < 1,90$ m	$h_2 \geq 1,60$ m
H_2	$h_3 \geq 1,90$ m	$h_{1a} \geq 1,90$ m $h_{1b} \geq 1,90$ m	$h_2 \geq 1,75$ m

Legenda

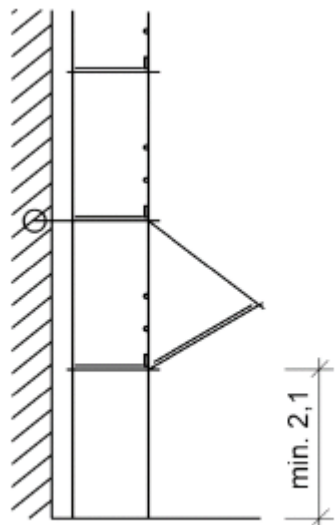
- b volná průchozí šířka, která musí být nejméně rovna větší z hodnot 500 mm nebo $(c - 250)$ mm
- c světlá vzdálenost mezi sloupky
- h_{1a}, h_{1b} světlá výška mezi pracovní plochou a příčником nebo kotevním dílcem
- h_2 světlá výška v úrovni ramen
- h_3 světlá výška mezi pracovními plochami
- p světlá šířka v oblasti hlavy, která musí být nejméně rovna větší z hodnot 300 mm nebo $(c - 450)$ mm
- w šířka pracovní plochy v souladu s 5.2

Pracovní lešení

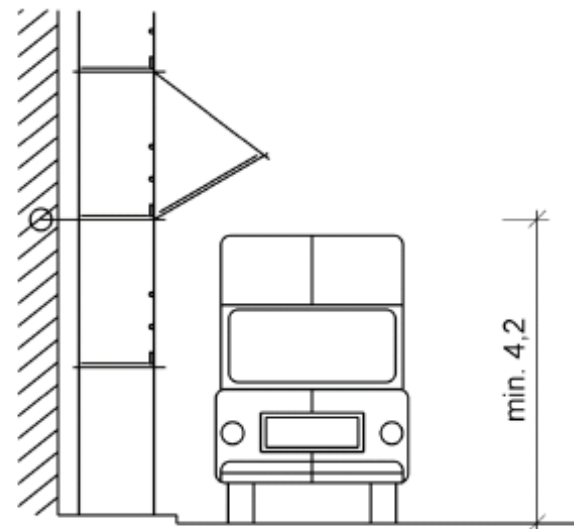
- Rozměrové požadavky
 - Komunální bezpečnost
 - Rozměrové požadavky na záchytnou stříšku

Tabulka 7 – Šířka chráněného prostoru ve vztahu k výšce přilehlého lešení

Výška lešení m	Nejmenší šířka chráněného prostoru m
do 10	1,5
od 10 do 20	2,0
nad 20 do 30	2,5
nad 30	1/10 výšky



Obrázek 6 – Záchytná stříška pro podchod osob

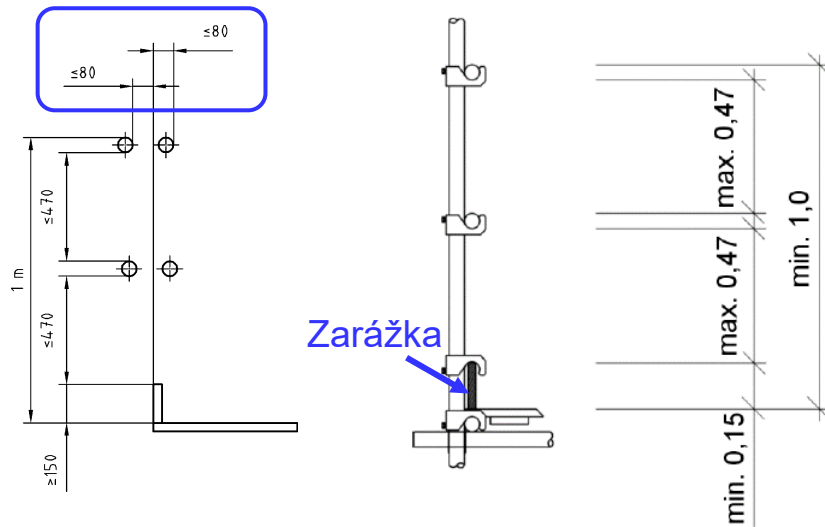


Obrázek 7 – Záchytná stříška pro provoz dopravních prostředků

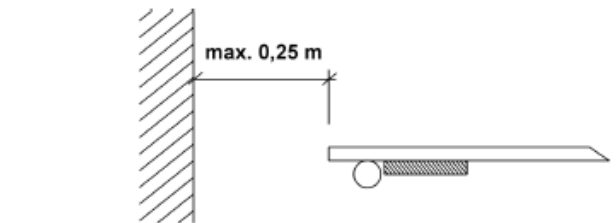
Pracovní lešení

■ Zábradlí

- Vždy u lešení s podlahou výše než 1,5 m
- Vždy na „vnějších“ stranách lešení
- U líce objektu pouze pokud je mezera větší než 0,25 m
 - Do 0,4 m lze pouze jednotýčové zábradlí



Obrázek 4 – Příklad připevnění tyči zábradlí



Obrázek 1 – Mezera mezi nechráněným okrajem podlahy a lícem objektu

Pracovní lešení

■ Přestupy do pater

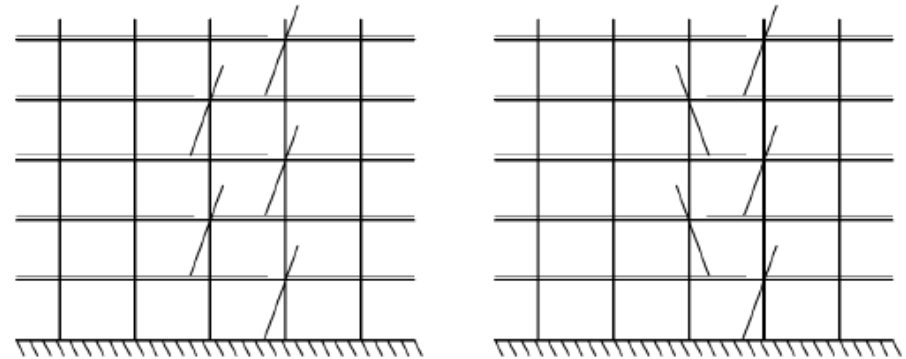
- Žebříky (nejčastější)
- Schodiště

■ Umístění

- Uvnitř podlahové plochy
- Uvnitř rozšíření pracovního lešení
- Přistavená výstupová věž
- **Nesmí být průběžně přes 2 a více pater**

■ Žebříky

- Šikmé – optimální sklon 3:1
 - Sklon nesmí být menší než 2,5:1, nebezpečný
- Žebříkové přístupy nemají být nad sebou
- Přistavené žebříky pouze do výšky 5,0 m
- Otvory v podlaze pro přístup min. 0,4x0,6 m

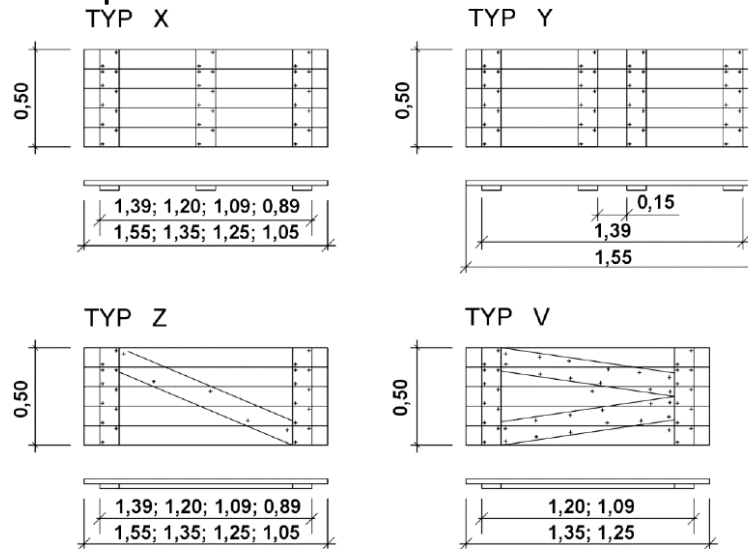


Obrázek 5 – Příklad řešení přístupu na pracovní podlahy

Pracovní lešení

■ Podlahy

- Prkna, fošny
- Podlahové dílce (podlážky)
 - Osazení prvků na sraz → **mezery mezi prvky max. 25 mm**
 - V místě svislých prvků výjimečně až 60 mm
 - Tloušťka podlahových prvků min. 24 mm
 - Dále záleží na prostředí → chráněné / nechráněné



Obrázek 2 – Doporučené sbíjené dřevěné podlahové dílce

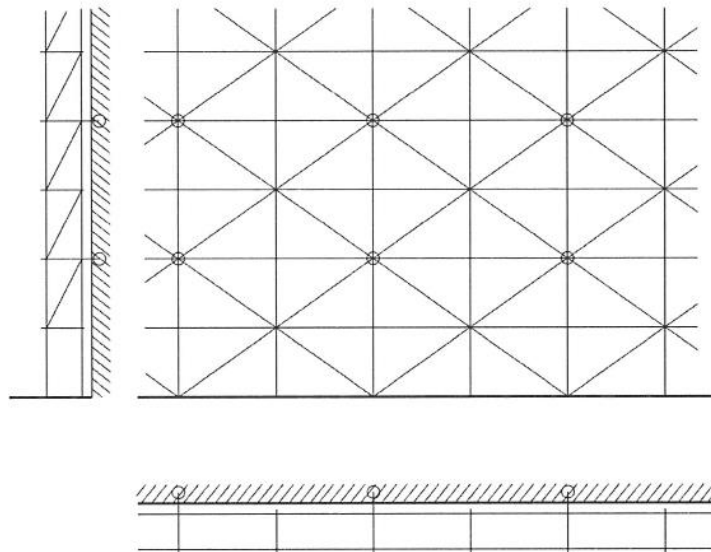
Pracovní lešení

- Podlahy
 - Systémové lešení
 - Detail uložení podlahových prvků



Pracovní lešení

- Prostorová tuhost a stabilita
 - Provedení lešení
 - Prostorově tuhý celek
 - Zajištění proti lokálnímu i celkovému vybočení
 - Zajištění proti překlopení a posunutí
 - Ztužení ve 3 na sebe kolmých rovinách



Pracovní lešení

■ Prostorová tuhost a stabilita

■ Ztužení

■ Podélné (1)

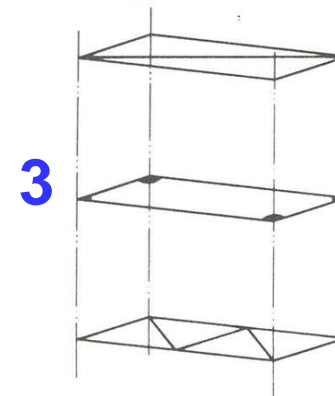
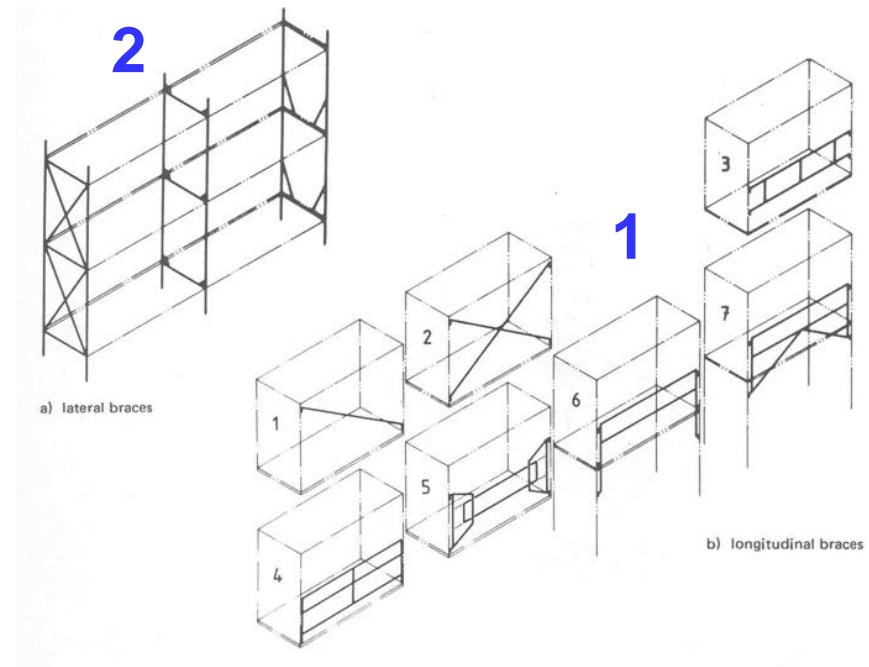
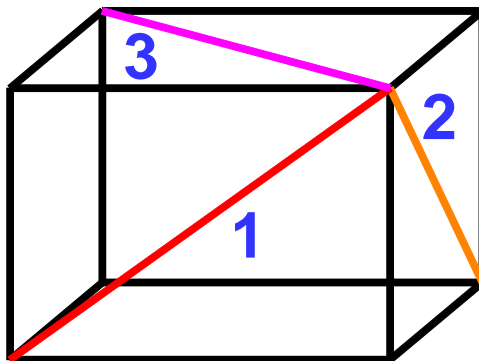
- Samostatná diagonála
- Zkřížené diagonály
- Využití tuhosti zábradlí

■ Příčné (2)

- Diagonály
- Tuhé rámové dílce
- Vyztužení rohů

■ Vodorovné (3)

- Diagonála
- Tuhý podlahový dílec
- Příhradový systém



Pracovní lešení

■ Prostorová tuhost a stabilita

■ Kotvení

- Do pevných částí
- Do sousedních objektů
- Pomocí lan do země

- Chemické kotvy
- Hmoždinky

■ Vzepření

- Šikmé vzpěry

■ Kotvení a vzepření

- Rovnoměrně po celé ploše
- Ve styčnicích – především v uzlech úhlopříčného ztužení
 - Zamezení výkyvům a deformacím
- Únosnost kotev deklaruje výrobce (zkoušky)



Pracovní lešení

- Zatížení
 - Stálá zatížení
 - Vlastní tíha nosné konstrukce lešení
 - Tíha podlah
 - Tíha pomocných částí (zábradlí, žebříky, ochranné konstrukce,...)
 - Tíha doplňkových konstrukcí (výtahové věže)
 - Proměnná zatížení
 - Provozní zatížení
 - Tíha osob
 - Tíha materiálu na podlahách
 - Vítr
 - Sníh
 - Od vertikální dopravy
 - Od horizontální dopravy
 - Mimořádná zatížení

Pracovní lešení

- Provozní zatížení
 - Velikost provozního zatížení dle třídy (viz tabulka dříve)
 - Zatížení v tabulce musí být přenesena jednotlivě, nikoli současně

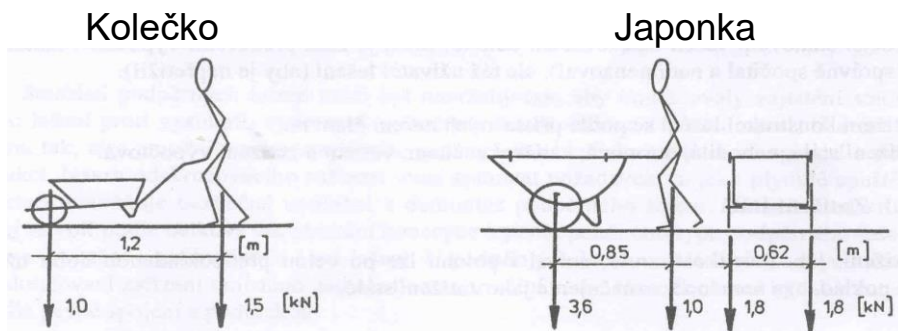
Tabulka 3 – Provozní zatížení na pracovních plochách (viz rovněž 6.2.2)

Třída zatížení	Rovnoměrně rozložené zatížení q_1 kN/m ²	Soustředěné zatížení na ploše 500 mm x 500 mm F_1 kN	Soustředěné zatížení na ploše 200 mm x 200 mm F_2 kN	Zatížení na dílčí plochu	
				q_2 kN/m ²	Dílčí součinitel plochy a_p ¹
1	0,75 ²	1,50	1,00	-	-
2	1,50	1,50	1,00	-	-
3	2,00	1,50	1,00	-	-
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

¹ Viz 6.2.2.4.

² Viz 6.2.2.1.

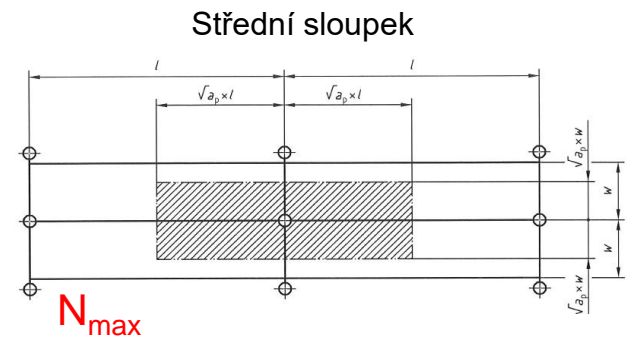
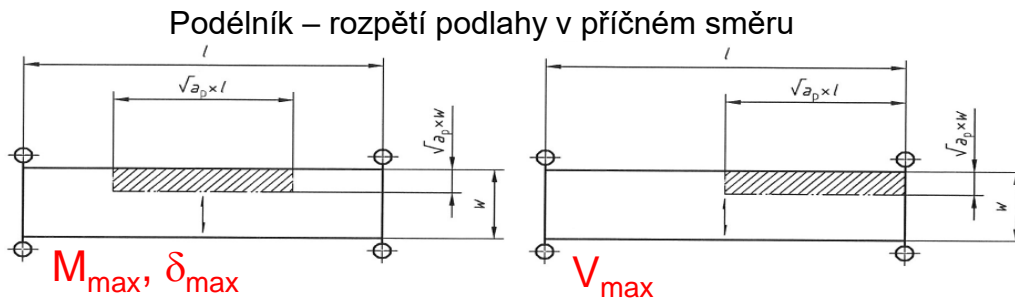
- Pokud je použití třídy zatížení nepraktické, lze uvažovat odlišné hodnoty
 - Hmotnost materiálu uloženého na pracovní ploše
 - Dynamické účinky od strojně ukládaného materiálu
 - Zatížení od ručně manipulovatelných zatížení



Pracovní lešení

■ Provozní zatížení

- Rovnoměrné zatížení q_1 musí přenést každá pracovní plocha
- Soustředěné zatížení F_1 a F_2 musí přenést každý podlahový dílec
 - Uvažovat nejnepříznivější podmínky (vnitřní síly – N, M, V)
- Zatížení na dílčí plochu
 - Třídy zatížení 4, 5 a 6 musí přenést rovnoměrně rozložené dílčí zatížení q_2
 - Dílčí plocha $A = A_p$



Pracovní lešení

- Zatížení sněhem
 - Dle ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem
 - Pouze u nezakrytých lešení pro venkovní použití
 - Pouze pro období 1.11. – 31.3. (v létě nesněží)
- Zatížení větrem
 - Dle ČSN EN 12811-1 a ČSN EN 1991-2-4
 - Maximální zatížení větrem
 - Mimo provoz lešení
 - Pracovní zatížení větrem
 - Za provozních podmínek

- Síla větru

$$F_k = c_s \cdot \sum_i (c_{f,i} \cdot A_i \cdot q_i) \quad [\text{kN}]$$

c_s součinitel polohy

$c_{f,i}$ aerodynamický tvarový součinitel pro dílec lešení i

A_i vztažná plocha dílce lešení i

q_i dynamický tlak působící na dílec lešení i

Pracovní lešení

- Kombinace zatížení
 - Podmínky za provozu
 - Vlastní tíha lešení
 - Rovnoměrné provozní zatížení
 - Podle třídy provozního zatížení
 - V nejnejpříznivější poloze
 - 50 % výše uvedeného zatížení musí působit na pracovní plochu v další horní nebo dolní úrovni
 - Pracovní zatížení větrem nebo vodorovné pracovní zatížení
 - Podmínky mimo provoz
 - Vlastní tíha lešení
 - Procento rovnoměrného zatížení rozloženo v nejnejpříznivější poloze
 - 1. třída 0 %
 - 2. a 3. třída 25 % (skladovaný materiál)
 - 4., 5. a 6. třída 50 % (skladovaný materiál)
 - Maximální zatížení větrem

Pracovní lešení

■ Dílčí součinitele spolehlivosti

■ Mezní stav únosnosti (MSÚ)

■ ČSN EN 12811-1

- $\gamma_F = 1,5$ stále i proměnné

■ ČSN EN 1991-1-4

- $\gamma_F = 1,35$ stále
- $\gamma_F = 1,5$ proměnné

Lze obojí

■ Materiál

- $\gamma_M = 1,10$ ocel a hliníkové slitiny
- $\gamma_M = 1,30$ dřevo

■ Mezní stav použitelnosti (MSP)

- $\gamma_F = 1,0$ veškerá zatížení
- $\gamma_M = 1,0$ všechny materiály

■ Dynamické účinky

- **Vertikální doprava** – dynam. souč. $\delta = 1,2$ → 20% zvýšení zatížení
- **Horizontální doprava** – dynam. souč. $\delta = 1,1$ → 10 % hmotnosti objektu

Podpěrné lešení

- Účel
 - Přenesení zatížení vyvozeného litým betonem u trvalých konstrukcí, dokud není dosaženo dostatečné únosnosti
 - Zachycení zatížení konstrukčními dílci, částmi budov a zařízení, která vznikají během montáže, údržby, přestavby atd.
 - Zajištění podpory pro dočasné uložení stavebních materiálů, konstrukčních dílců či zařízení



Univerzální systém - podpěra klenby
Dům u Hybernů

Podpěrné lešení

■ Návrhové třídy

■ Návrhová třída A

- Odpovídající zavedené dobré praxi, u nichž může být předpokládáno splnění návrhových požadavků
- Pro jednoduché konstrukce (zhotovení desek, trámů,...)

■ Návrhová třída B

- Nutno provést kompletní konstrukční návrh
- Třídy B1 a B2
 - Podle rozhodnutí projektanta
 - Musí splňovat požadavky ČSN EN 12812

■ Druhy zatížení

■ Přímá – Q_1 až Q_7

- Stálé, proměnné trvalé užitné svislé a vodorovné, dočasné užitné, vítr, proudící voda, seizmické účinky

■ Nepřímá – Q_8

- Teplota, sedání, předpínání

■ Další zatížení – Q_9 – hodnoty všech dalších identifikovatelných zatížení



Podpěrné lešení

- Přímá zatížení
 - Stálé zatížení Q_1
 - Vlastní hmotnost (kce lešení, bednění, stabilizující zátěž) a zemní tlak
 - Proměnné trvalé užité svislé zatížení Q_2
 - Podpíraná konstrukce
 - Z objemu a hmotnosti podpíraného materiálu
 - Skladovací plocha
 - Rovnoměrně rozložené zatížení vyvozené skladovaným materiálem - 1,5 kN/m² či větší
 - Zatížení stavebními pracemi – pracovní činnosti
 - Pro všechny přístupové a pracovní plochy uvažujeme zatížení nejméně 0,75 kN/m²
 - Sníh a námraza
 - Pokud lze předpokládat, že zatížení sněhem a námrazou překročí 0,75 kN/m², musí být uvažováno
 - Proměnné trvalé užité vodorovné zatížení Q_3
 - V místech působení svislého zatížení Q_2 se musí uvažovat působení vodorovného zatížení o velikosti 1 % svislého zatížení

Podpěrné lešení

■ Přímá zatížení

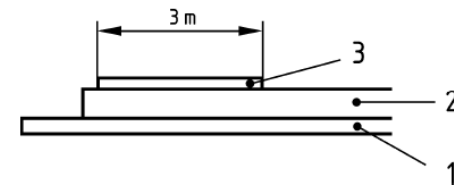
■ Proměnné dočasné užité zatížení Q_4

■ Přídavné zatížení čerstvým betonem

- Pokud je rozprostírán beton, musí se přidat 10 % vlastní hmotnosti betonu v místě ukládání, uvažuje se s plochou 3 m x 3 m, s limity od 0,75 kN/m² do 1,75 kN/m²
- Tlak betonu



a) Příčný řez betonem



b) Zatěžovací schéma

Legenda

- 1 přístupové plochy: nejmenší nahodilé zatížení třídy 1 podle EN 12811-1.
- 2 zatížení hmotností podpíraného betonu.
- 3 přídavné zatížení hromaděním čerstvého betonu během jeho rozprostírání.

Obrázek 3 – Zatížení podpěrného lešení betonem

■ Vítr Q_5

■ Maximální vítr

- Dle ČSN EN 1991-1-4

■ Vítr při práci

- Dynamický tlak větru o velikosti 200 N/m² (0,2 kN/m² = 0,2 kPa)

Podpěrné lešení

- Přímá zatížení
 - Zatížení proudící vodou Q_6
 - Síly vyvozené proudící vodou
 - Statický tlak, který představuje dynamický tlak proudící vody
 - Účinky naplavenin
 - Zatížení na konstrukci vyvozené nahromaděním naplavenin
 - Seizmické účinky Q_7
- Nepřímá zatížení
 - Teplota $Q_{8,1}$
 - Pokud je podpíraná konstrukce delší než 60 m, uvažuje se posun konstrukce vlivem teploty
 - Sedání $Q_{8,2}$
 - Účinky nerovnoměrného sedání musí být uvažovány
 - Předpínání $Q_{8,3}$
 - Účinky z předpínání trvalé konstrukce musí být uvažovány

Podpěrné lešení

- Kombinace zatížení
 - Obvykle musí být uvažovány následující kombinace zatížení
 - ZS1 Nezatížení podepřené lešení (např. před betonáží)
 - ZS2 Podpěrné lešení při zatěžování (např. při betonáži)
 - ZS3 Zatížené podpěrné lešení
 - ZS4 Zatížené podpěrné lešení vystavené seizmickým účinkům

 Tabulka 1 – Součinitele kombinace zatížení ψ

Zatížení	Typ zatížení	Součinitele kombinace ψ			
		Zatěžovací stav 1	Zatěžovací stav 2	Zatěžovací stav 3	Zatěžovací stav 4 ^a
	Přímá zatížení				
Q ₁	Stálé zatížení	1,0	1,0	1,0	1,0
Q ₂	Nahodilé trvalé svislé užité zatížení	0	1,0	1,0	1,0
Q ₃	Nahodilé trvalé vodorovné užité zatížení	0	1,0	1,0	0
Q ₄	Nahodilé dočasné užité zatížení	0	1,0	0	0
Q ₅	Maximální vítr	1,0	0	1,0	0
	Vítr, při práci	0	1,0	0	0
Q ₆	Zatížení proudící vodou	0,7	0,7	0,7	0,7
Q ₇	Seizmické účinky	0	0	0	1,0
	Nepřímá zatížení				
Q _{8,i}	Teplota	0	1,0	1,0	1,0
	Sedání		0,	1,0	1,0
	Předpinání		0,	1,0	1,0
Q ₉	Další zatěžovací podmínky	0	1,0	1,0	1,0

^a Tento zatěžovací stav odpovídá požadavku vyloučení havárie v souladu s ENV 1998-1-1.

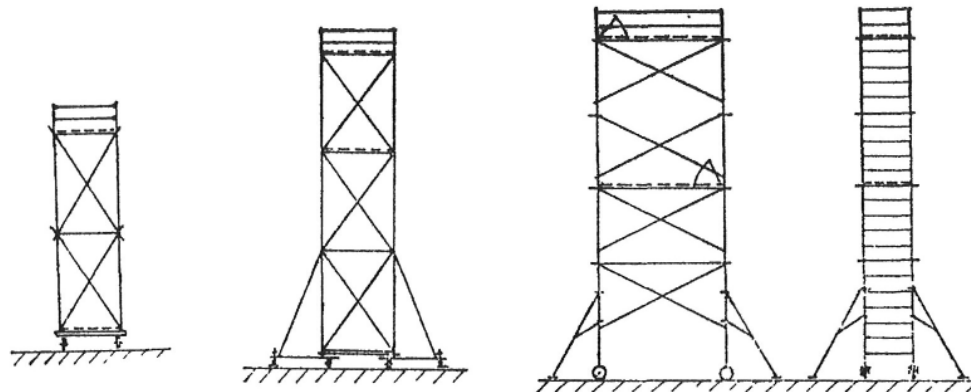
Pojízdná lešení

Pro stavební a montážní práce prováděné na krátkém úseku stěny, stropu, fasády – zejména pokud nelze kotvit

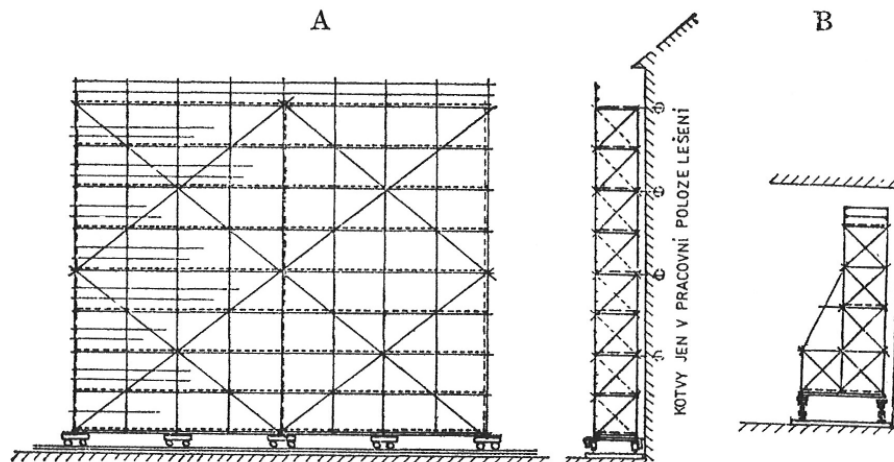
- Způsob pojezdu
 - Pojízdná na rovném povrchu
 - Pojízdná po kolejích
- Konstrukční materiál
 - Ocel
 - Hliníkové slitiny
 - Dřevo
- Tvar konstrukčních prvků
 - Tyčové prvky – trubky, hranoly
 - Rovinné dílce – rámy, žebříkové rámy
 - Prostorové dílce – pevné nebo skládací
 - Kombinované – z dílců a tyčových prvků
- Typ pracovní podlahy
 - S pevnou pracovní podlahou
 - S pracovní podlahou svisle přemístitelnou v konstrukci lešení

Pojízdná lešení

- Věžové pojízdné lešení
 - Výška větší než největší rozměr základny
 - 1 až 2 pole



- Rovinné o několika polích



Pojízdná lešení

- Zatížení na celou konstrukci a na její část
 - Svislá zatížení
 - Vlastní hmotnost lešení
 - Včetně všech součástí a přidané zátěže, pokud je použita
 - Rovnoměrně rozložené zatížení na nejvyšší podlahové ploše
 - Třída 2 1,5 kN/m²
 - Třída 3 2,0 kN/m²
 - Zatížení vyplývající z náklonu 1 %
 - Udávaná vlastní hmotnost
 - Udávané svislé provozní zatížení
 - Nejmenší svislé provozní zatížení na konstrukci
 - Rovnoměrně rozložené na 4 sloupky
 - $P = 5,0$ kN

Pojízdná lešení

- Zatížení na celou konstrukci a na její část
 - Vodorovná zatížení
 - Provozní zatížení na nejvyšší podlahovou část
 - V úrovni podlahové plochy o délce L ($L \leq 4,0\text{m} \Rightarrow 0,3 \text{ kN}$; $L > 4,0\text{m} \Rightarrow 2 \cdot 0,3 \text{ kN}$)
 - Návrhové zatížení na všechny dílce zohledňující zatížení větrem
 - $0,1 \text{ kN/m}^2$ násobeno příslušným součinitelem dle ČSN EN 1991-2-4
- Zatížení na části konstrukce
 - Na podlahové plochy
 - Soustředěné zatížení v nejnepříznivější poloze
 - ($0,50 \times 0,50\text{m} \Rightarrow 1,5 \text{ kN}$; $0,20 \times 0,20\text{m} \Rightarrow 1,0 \text{ kN}$)
 - Zatížení na ochranu volného kraje
 - Zatížení působící směrem dolů
 - Horní a střední tyče zábradlí a jiné dílce ochrany (např. pletivo s oky 50 mm a více) musí přenést osamělé břemeno 1,25 kN
 - Vodorovné zatížení
 - Všechny dílce ochrany kromě zarážky u podlahy musí přenést vodorovnou sílu 0,30 kN na ploše 300 x 300mm, zarážka u podlahy musí přenést vodorovné zatížení 0,15 kN

Pojízdná lešení

■ Stabilita

■ Posouzení lešení proti převržení

- V pracovní poloze
- Při přemísťování
- Při montáži a demontáži

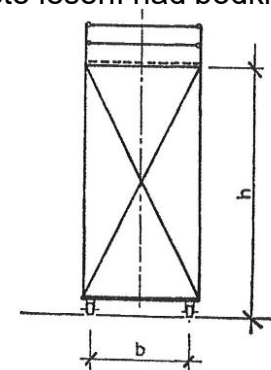
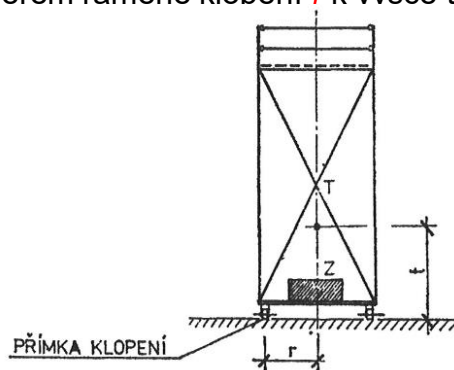
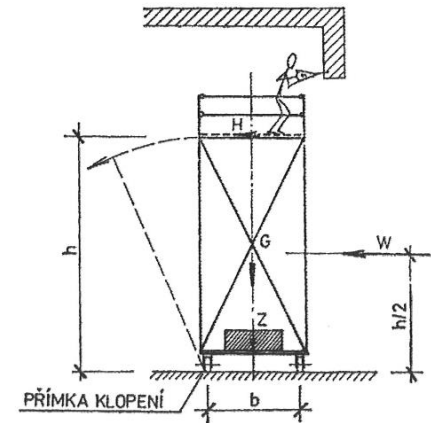
■ Kritéria

- Posouzení stability z hlediska působení momentů

$$\frac{\sum M_{\text{destab}}}{\sum M_{\text{stab}}} \leq 1,0$$

■ Tvar konstrukce

- Posuzuje se poměrem ramene klopení r k výšce těžiště lešení nad podkladem $t \rightarrow r/t$
- Lešení bez zátěží



Statický výpočet a posouzení

- Systém norem ČSN EN
 - Obecné + materiálové
 - ČSN EN 1990 (zásady navrhování)
 - ČSN EN 1991 (zatížení)
 - ČSN EN 1993 (ocel)
 - ČSN EN 1990 (dřevo), atd.
 - Specializované
 - Mohou upravit obecná pravidla
 - Nadřazená obecným normám
 - Odkazují se na obecné i materiálové normy
 - Například
 - ČSN EN 12 810 (fasádní a dílcová lešení)
 - ČSN EN 12 811 (dočasné stavební konstrukce)

Statický výpočet a posouzení

■ Imperfekce

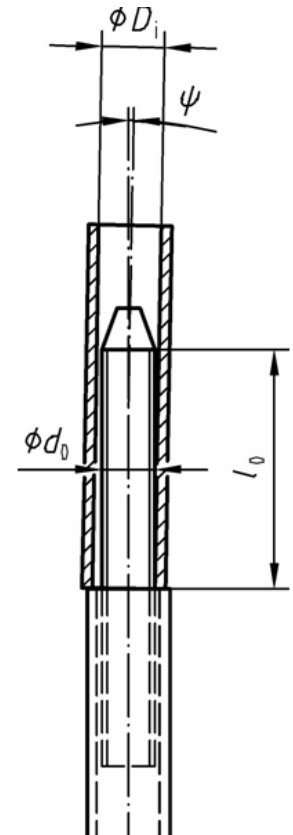
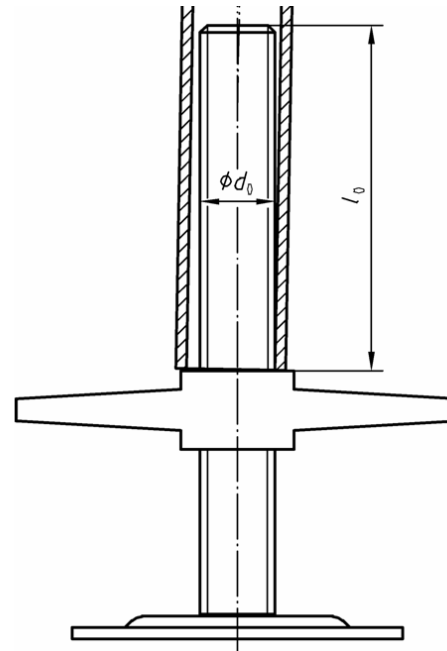
■ Globální imperfekce → náklon soustavy

- Odklon mezi svislými dílci způsobený vůlí ve spojích
(= globální imperfekce ve smyslu ČSN EN 1993-1-1)

$$\tan \psi = \frac{D_i - d_0}{l_0}$$

$\tan \psi$	nejméně 0,01
D_i	vnitřní průměr trubky
l_0	délka překrytí

- Obdobně u stavitelné patky

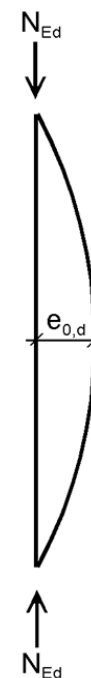


Statický výpočet a posouzení

- Imperfekce
 - Lokální imperfekce → vybočení prutu
 - Součinitel vzpěrnosti a klopení
 - Klasické nepřímé řešení
 - Přímým nelineárním řešením konstrukce
 - Se všemi imperfekcemi

Tabulka 5.1 – Návrhové hodnoty imperfekcí ve tvaru počátečního prohnutí e_0 / L

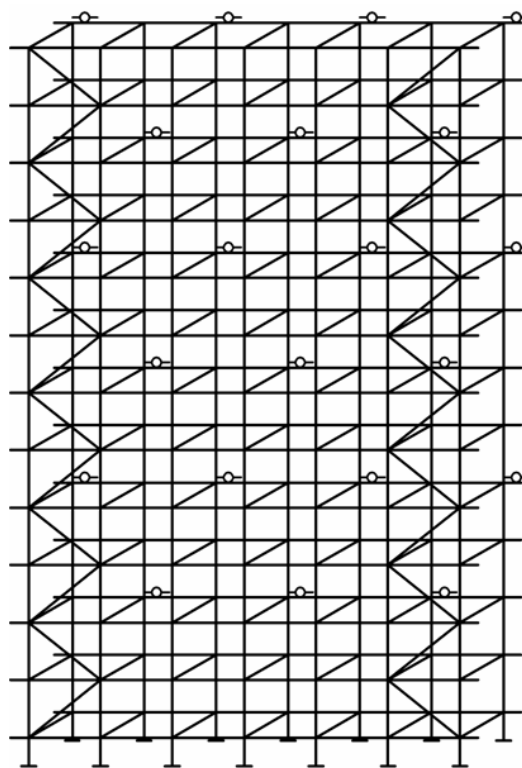
Křivka vzpěrné pevnosti podle tabulky 6.1	pružnostní analýza	plasticitní analýza
	e_0 / L	
a_0	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100



Statický výpočet a posouzení

- Výpočetní model
 - Prostorová konstrukce se nahrazuje rovinnými
 - Kolmo k fasádě
 - Podél fasády

Příklad rovinné konstrukce kolmo k fasádě - bez imperfkcí



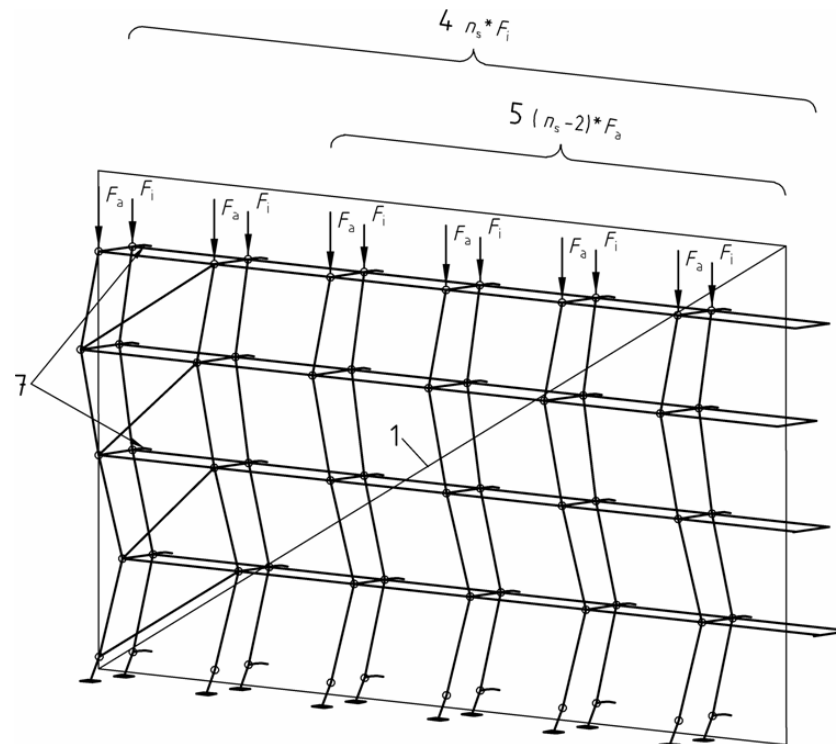
Netuhá podepření představují odpor podlažky kotvené v sousedním poli

Statický výpočet a posouzení

■ Výpočetní model

- Globální imperfekce musí respektovat předpokládaný tvar vybočení
- Předpokládaný tvar vybočení
 - Předchozím stabilitním výpočtem
 - Odborným odhadem

Prostorový model pro vybočení ve směru podél fasády



Statický výpočet a posouzení

- Globální analýza konstrukce
 - Vliv II. řádu od patrových posunů podle lešenářských norem nelze zanedbat (ČSN EN 12810-2)

$$\alpha_{cr} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} < 2,0 \rightarrow \text{výpočet II. řádem}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2}$$

$$\alpha_{cr} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} \geq 2,0 \rightarrow \text{zjednodušený výpočet I. řádem se zvětšeným vodorovným zatížením součinitelem } k$$

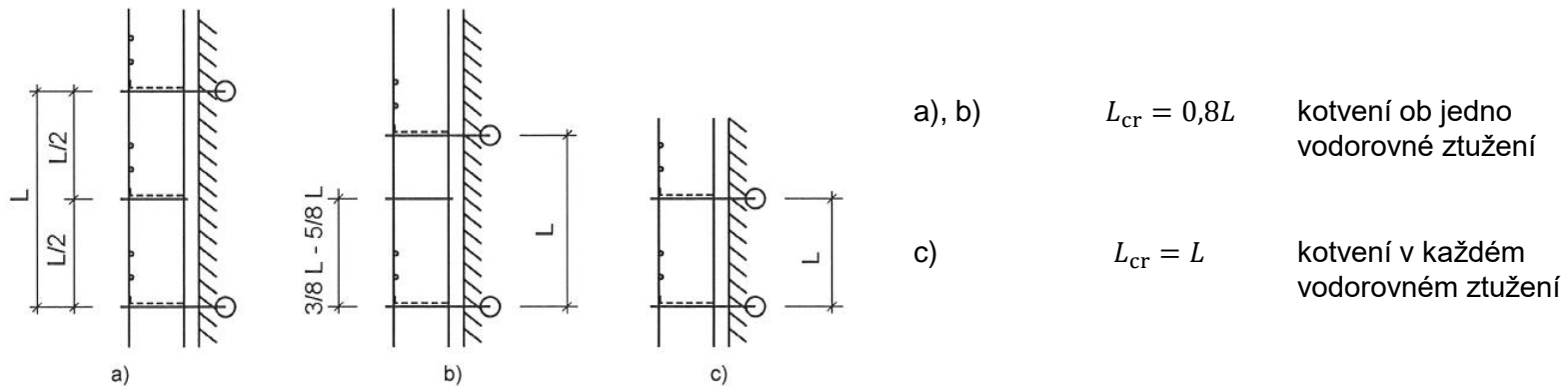
$$k = \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}}$$

Statický výpočet a posouzení

■ Posouzení prutů

■ Vliv vzpěru

- Součinitele vzpěrnosti χ_y a χ_z
- Lešenářská trubka – křivka vzpěrnosti „c“
- Vzpěrné délky musí respektovat okrajové podmínky



■ Vliv klopení

- Lešenářská trubka = uzavřený průřez \rightarrow neklopí ($\chi_{LT} = 1,0$)

Chyby provedení



Chyby provedení



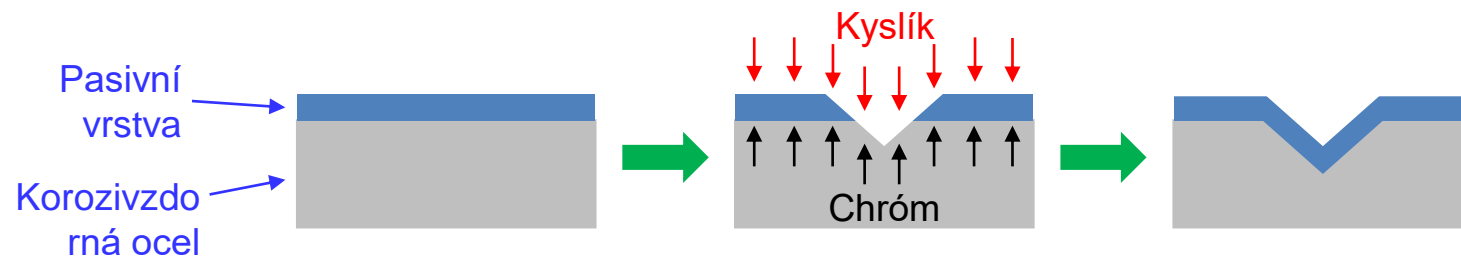
Chyby provedení



Korozivzdorná ocel

Co je korozivzdorná ocel

- Neodborně nazývána nerezová ocel
- Ocel s minimálně 10,5% obsahem chromu
- Na povrchu je sebeobnovující pasivní vrstva (film)



- **Základní typy**
 - **Austenitické**
 - **Feritické**
 - **Austeniticko-feritické (duplexní)**
 - **Martenzitické**
 - **Precipitačně tvrzené**

Základní typy

Typ	Třída	Druh výrobku							
		Pás válcovaný za studena		Pás válcovaný za tepla		Plech válcovaný za tepla		Tyče a průřezy	
		Jmenovitá tloušťka t							
		$t \leq 8$ mm		$t \leq 13,5$ mm		$t \leq 75$ mm		t nebo $\phi \leq 250$ mm	
		f_y	f_u	f_y	f_u	f_y	f_u	f_y	f_u
Austenitické oceli	1.4301	230	540	210	520	210	520	190	500
	1.4307	220	520	200	520	200	500	175	500
	1.4318	350	650	330	650	330	630	-	-
	1.4401	240	530	220	530	220	520	200	500
	1.4404	240	530	220	530	220	520	200	500
	1.4541	220	520	200	520	200	500	190	500
	1.4571	240	540	220	540	220	520	200	500
Austeniticko-ferritické oceli	1.4062	530 ¹	700 ¹	480 ²	680 ²	450	650	380 ³	650 ³
	1.4162	530 ¹	700 ¹	480 ²	680 ²	450	650	450 ³	650 ³
	1.4362	450	650	400	650	400	630	400 ³	600 ³
	1.4462	500	700	460	700	460	640	450 ³	650 ³
	1.4482	500 ¹	700 ¹	480 ²	660 ²	450	650	400 ³	650 ³
	1.4662	550 ¹	750 ¹	550 ⁴	750 ⁴	480	680	450 ³	650 ³
Ferritické oceli	1.4003	280	450	280	450	250 ⁵	450 ⁵	260 ⁶	450 ⁶
	1.4016	260	450	240	450	240 ⁵	430 ⁵	240 ⁶	400 ⁶
	1.4509	230	430	-	-	-	-	200 ⁷	420 ³
	1.4521	300	420	280	400	280 ⁸	420 ⁸	-	-
	1.4621	230 ⁵	400 ⁹	230 ⁸	400 ⁸	-	-	240 ⁷	420 ⁷

Jmenovité hodnoty f_y a f_u uvedené v této tabulce se mohou použít při navrhování bez uvažování anizotropie nebo účinků zpevnění. Hodnoty f_y ferritických ocelí jsou uvedeny v EN 10088-4 pro podélný i příčný směr. V této tabulce jsou uvedeny pouze hodnoty podélného směru, které jsou zhruba o 20 N/mm² nižší než v příčném směru.

Třídy 1.4621, 1.4482, 1.4062 a 1.4662 jsou zahrnuty pouze v normách EN 10088-2 a 3.

Tyče třídy 1.4509 jsou zahrnuty pouze v normě EN 10088-3.

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 $t \leq 6,4$ mm | 4 $t \leq 13$ mm | 7 t nebo $\phi \leq 50$ mm |
| 2 $t \leq 10$ mm | 5 $t \leq 25$ mm | 8 $t \leq 12$ mm |
| 3 t nebo $\phi \leq 160$ mm | 6 t nebo $\phi \leq 100$ mm | 9 $t \leq 6$ mm |

Typ	Třída	Množství legujících prvků (maximální nebo možný rozsah) v %				
		C	Cr	Ni	Mo	Ostatní
Austenitické oceli	1.4301	0,07	17,5 – 19,5	8,0 – 10,5		
	1.4307	0,03	17,5 – 19,5	8,0 – 10,5		
	1.4401	0,07	16,5 – 18,5	10,0 – 13,0	2,0 – 2,5	
	1.4318	0,03	16,5 – 18,5	6,0 – 8,0		N: 0,1 – 0,2
	1.4404	0,03	16,5 – 18,5	10,0 – 13,0	2,0 – 2,5	
	1.4541	0,08	17,0 – 19,0	9,0 – 12,0		Ti: 5xC – 0,7 ¹
	1.4571	0,08	16,5 – 18,5	10,5 – 13,5	2,0 – 2,5	Ti: 5xC – 0,7 ¹
Austeniticko-ferritické oceli	1.4062	0,03	21,5 – 24,0	1,0 – 2,9	0,45	N: 0,16 – 0,28
	1.4162	0,04	21,0 – 22,0	1,35 – 1,7	0,1 – 0,8	N: 0,2 – 0,25 Cu: 0,1 – 0,8
	1.4362	0,03	22,0 – 24,0	3,5 – 5,5	0,1 – 0,6	N: 0,05 – 0,2 Cu: 0,1 – 0,6
	1.4462	0,03	21,0 – 23,0	4,5 – 6,5	2,5 – 3,5	N: 0,1 – 0,22
	1.4482	0,03	19,5 – 21,5	1,5 – 3,5	0,1 – 0,6	N: 0,05 – 0,2 Cu: 1,0
	1.4662	0,03	23,0 – 25,0	3,0 – 4,5	1,0 – 2,0	N: 0,2 – 0,3 Cu: 0,1 – 0,8
	Ferritické oceli	1.4003	0,03	10,5 – 12,5	0,3 – 1,0	-
1.4016		0,08	16,0 – 18,0	-	-	
1.4509		0,03	17,5 – 18,5	-	-	Ti: 0,1 – 0,6 Nb: [3xC+0,3] – 1,0
1.4521		0,025	17,0 – 20,0	-	1,8 – 2,5	Ti: [4x(C+N)+0,15] – 0,8 ²
1.4621		0,03	20,0 – 21,5	-	-	N: 0,03 Nb: 0,2 – 1,0 Cu: 0,1 – 1,0

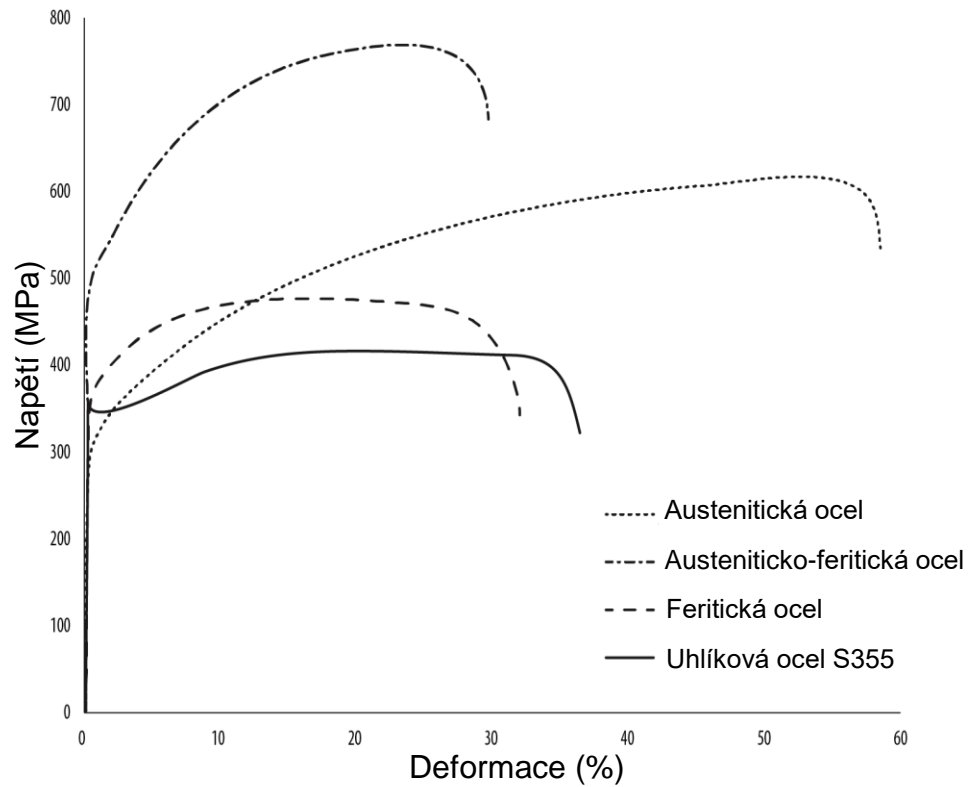
Poznámka:

¹ Titan se přidává za účelem stabilizace uhlíku a kvůli zlepšení protikorozních vlastností v tepelně ovlivněných zónách svarů. Nicméně, s výjimkou prvků masivních průřezů, využití austenitických ocelí stabilizovaných příměsí titanu bylo převážně nahrazeno dostupností nízkouhlíkových tříd 1.4307 a 1.4404.

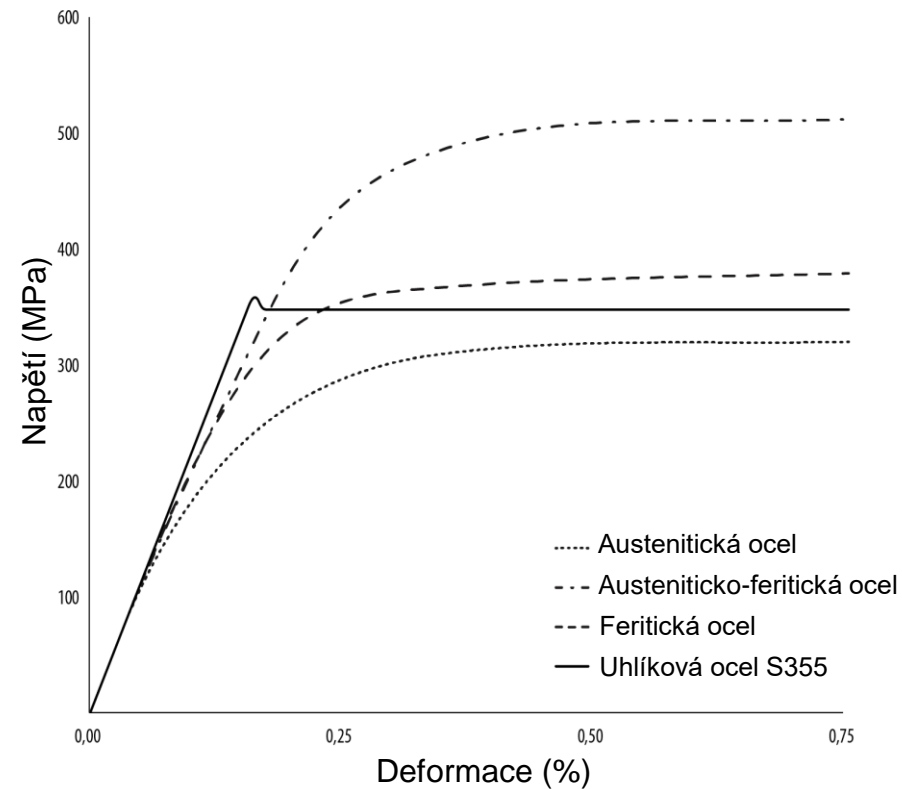
² Stabilizace korozivzdorné oceli lze dosáhnout pomocí titanu, niobu nebo zirkonu. S ohledem na atomovou hmotnost těchto prvků a na obsah uhlíku a dusíku, je ekvivalentem následující: Nb (hmotnostní %) = Zr (hmotnostní %) = 7/4 Ti (hmotnostní %)

Pracovní diagram

Celý pracovní diagram

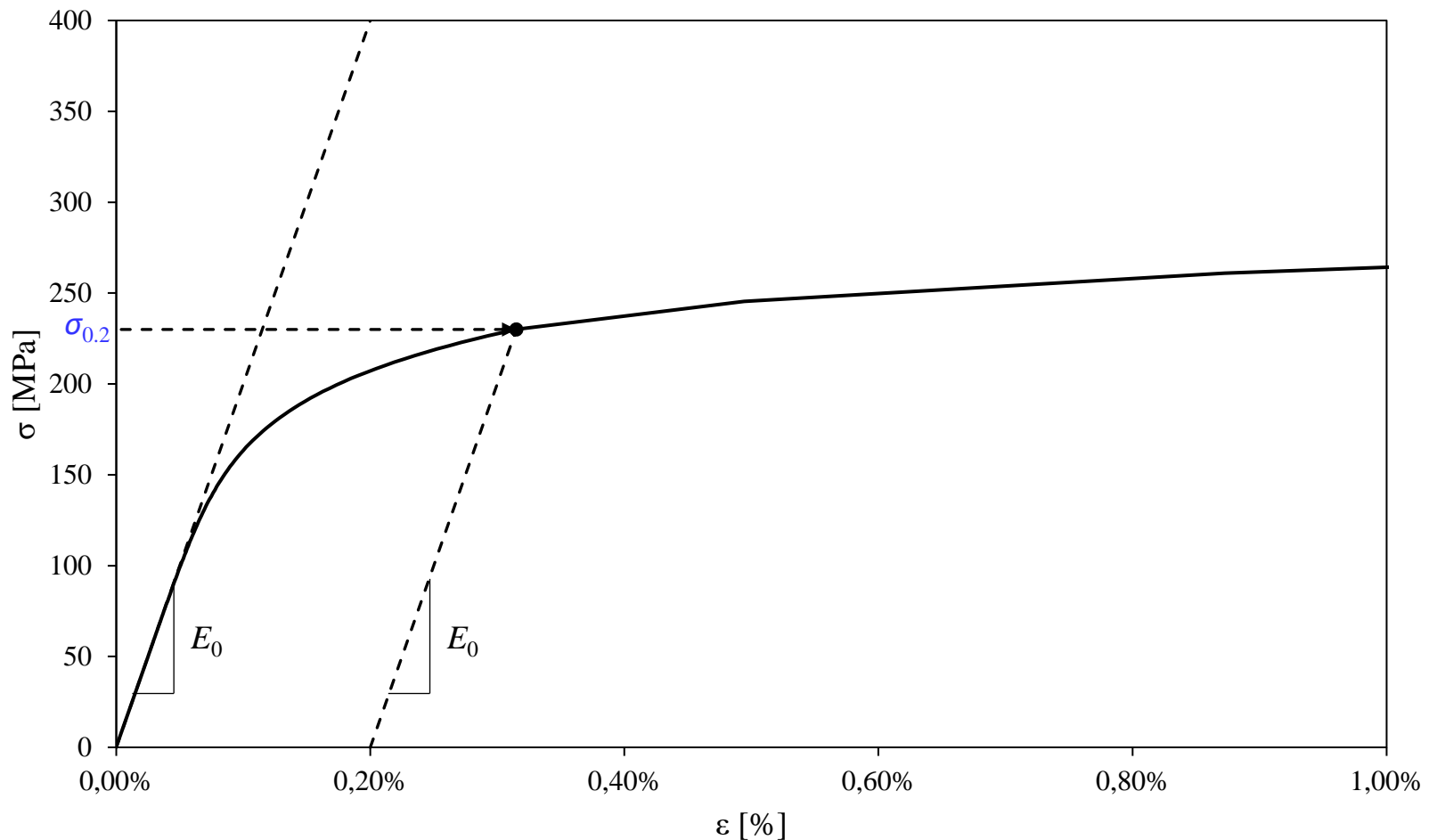


Pracovní diagram do 0,75 % deformace



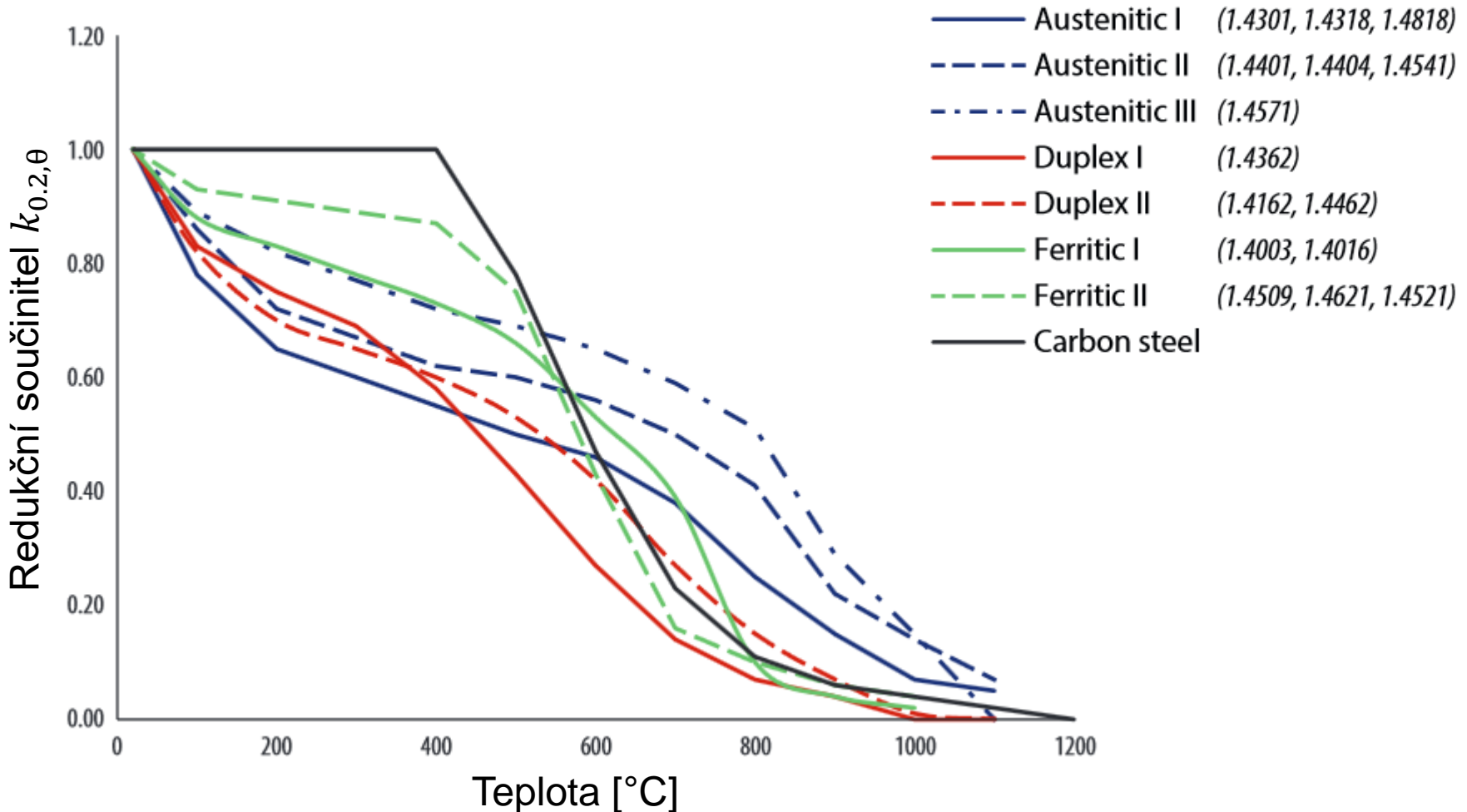
Pracovní diagram

- Mez kluzu
 - Smluvní hodnota na 0,2 % plastické deformace



Pevnost za zvýšené teploty

■ Mez kluzu







Korozivzdorná ocel

- Výhody
 - Architektonické požadavky (řada povrchových úprav)
 - Náklady na údržbu
 - Korozivzdornost
 - Otěruvzdornost
 - Hygiena

- Použití
 - Obklady, fasády (zejména velmi exponované)
 - Městské prvky (zábradlí, lavičky, stanice hromadné dopravy...)
 - Reprezentativní budovy, monumenty
 - Průmysl náročný na čistotu provozu
 - Technologické konstrukce (zásobníky, potrubí...)
 - Konstrukce vystavené rázovému zatížení

Nároky na údržbu

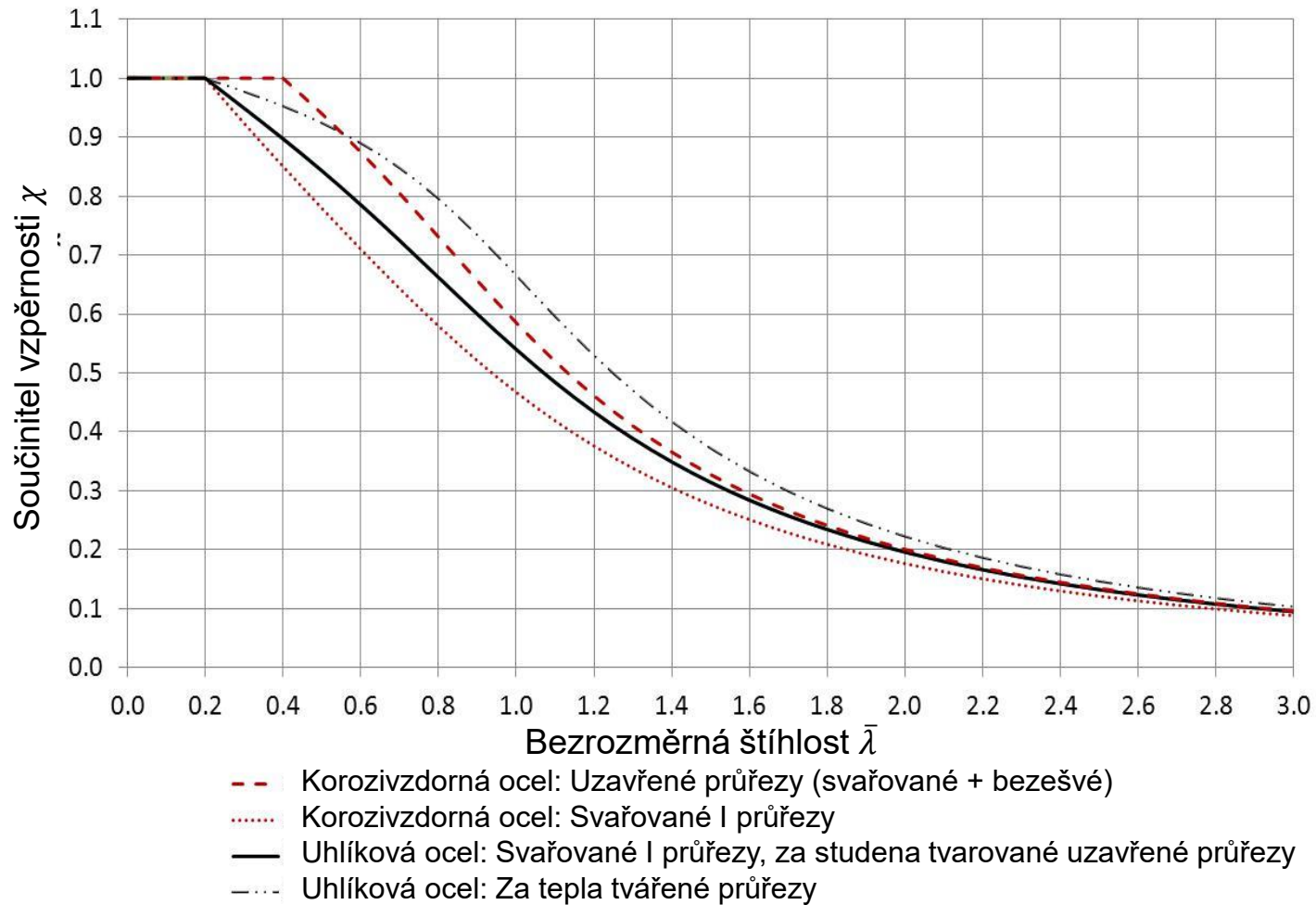
Konstrukce	Dokončeno	Materiál	Výška	Údržba
Eiffelova věž 	1889 	Svářková ocel	324m	Každých 7 let. Nátěr prováděn cca 15 měsíců.
Chrysler Bldg. (střecha a vstup) 	1930 (střecha 1929) 	Austenitická ocel (třída 302 - americké značení)	319m	Provedeno čištění v letech 1951, (1961) a 1995. (čistící prostředek, odmašťovadlo, brusný materiál)

Návrh nosných prvků

- Norma ČSN EN 1993-1-4
- Nelineární pracovní diagram
 - Jiné limity štíhlosti pro zatřídění průřezů (lokální boulení)
 - Jiné křivky vzpěrnosti a křivky klopení
 - Mírně vyšší průhyby
 - Sečný modul pružnosti $E_s = \frac{E}{1+0,002\frac{E}{\sigma}\left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}}\right)^n}$
- Alternativní metody
 - Direct strength method (DSM) – USA
 - Continuous strength method (CSM)
 - Zohledňuje vliv zpevnění materiálu
 - Bude zahrnuta v druhé generaci Eurokódu

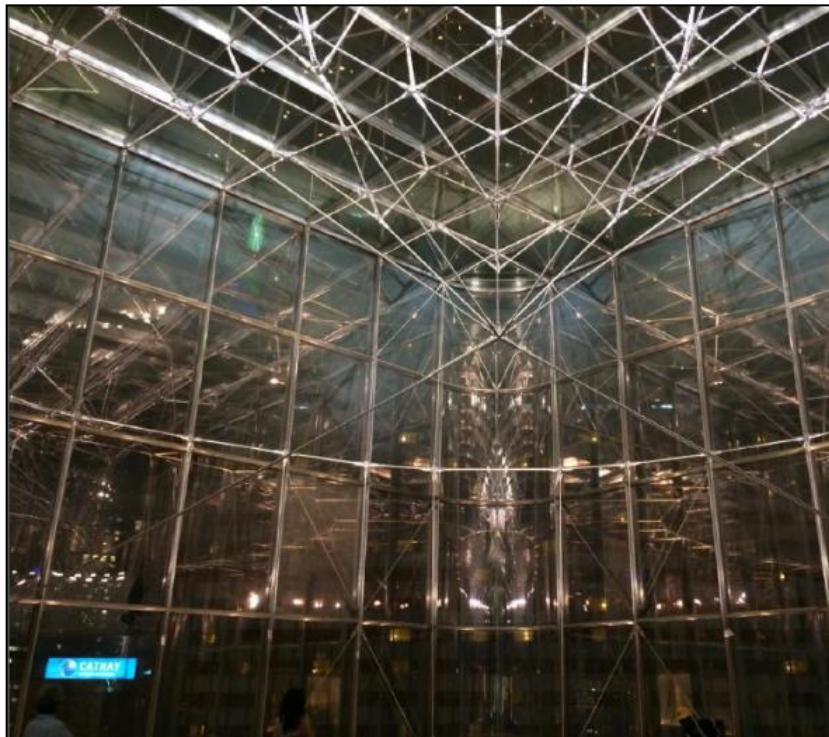
Křivky vzpěrné pevnosti

■ Ukázka



Příklady použití

- Konstrukční prvky fasád



Příklady použití



Nádraží v Ghentu



Konstrukce jaderné elektrárny



Úpravna vody (UK)



Letiště Porto



Děkuji za pozornost

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze

