

KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

Přednášky:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí

2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

Obecně platí:



- plnostěnný nosník
- příhradový nosník
- oblouk
- rám
- zavěšené konstrukce
- visuté konstrukce



spotřeba
materiálu

nároky
na opěry



klesá



stoupají

2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

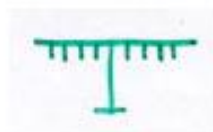
1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků

Plnostěnný nosník 

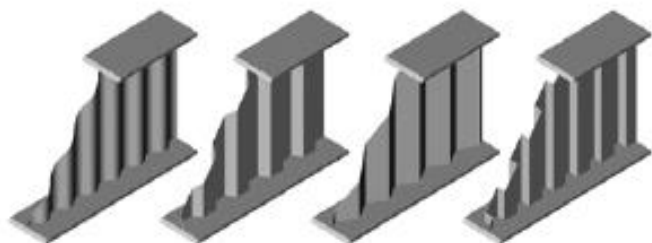
Nevýhody: pro velká rozpětí těžký (řídké použití).

Příklad: zastřešení vstupní haly Wilsonova nádraží
(strop je parkovištěm automobilů)



nosník s rozpětím $L = 45$ m,
horní pás tvoří ortotropní (vyztužená)
deska

Výjimka:
Nosník s tvarovanou tenkostěnnou stěnou
tl. $2 \div 4$ mm, L až 50 m



SIN nosníky



Únavové zkoušky v laboratoři
FSv ČVUT (potvrdily možnost
užití SIN nosníků pro jeřábové nosníky)



Příhradový nosník

- Nevýhody:
- velká výška (až $L/10$),
 - nutné zajistit stabilitu tlačeneho pásu.

Modifikace: prostorový příhradový nosník (L_{cr} jen mezi styčníky)



horní pás je v obou případech zajištěn pro vybočení z roviny na vzdálenost jeho styčnicků

Příklady:

- Hala Vítkovice, $L = 100$ m
- Stadion Amsterdam, $L = 177$ m (s pohyblivou střechou)

Oblouky (plnostěnné, příhradové)

- Nevýhody:
- zakřivení působí potíže krytině (proto často polygonální tvar)

Příklady:

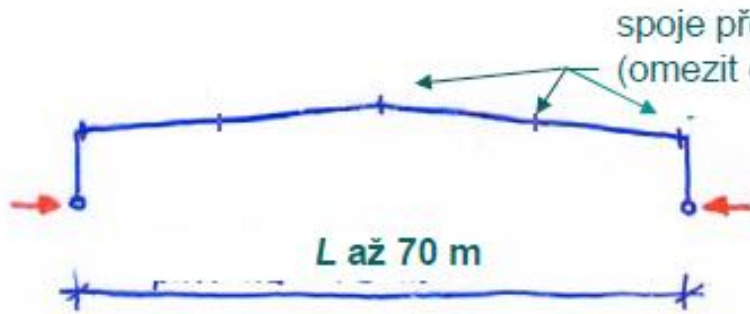
- Olympijský stadion v Sydney, $L = 300$ m
- Olympijský stadion v Athénách, $L = 304$ m

Olympijský stadion Athény:
Oblouky s rozpětím $L = 304$ m, polykarbonátová krytina
(návrh: španělský architekt Santiago Calatrava)

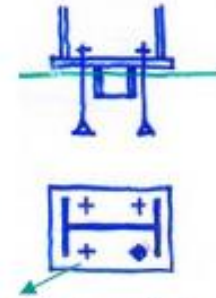


Rámy

Nejrůznější typy uložení, náběhy apod.



Detail "kloubu" :
(vetknutí vyžaduje
příliš velké základy)



šrouby v obrysu sloupu \approx kloubové chování

2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. **Prostorové konstrukce z tuhých prvků**
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků

Prostorové soustavy

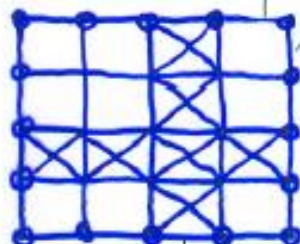
- rošty
- příhradové desky
- válcové klenby a skořepiny
- kopule

Při prostorovém návrhu:

- materiál je lépe využit,
- tuhost konstrukce při výpočtu je větší,
- výroba je však pracnější a montáž obtížnější.

Rošty

- dvousměrné

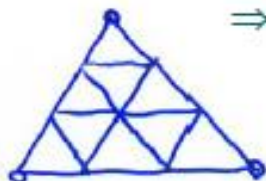


nosníky: $\left\{ \begin{array}{l} \text{plnostěnné} \\ \text{příhradové} \end{array} \right.$

(podpory jsou obvykle po obvodě)

→ může se v půdoryse zkosit
⇒ nutné zavětrování v obou směrech !!

- třisměrné rošty

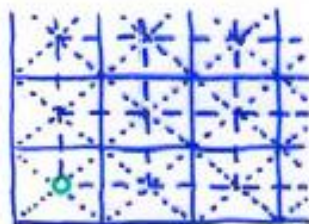


- jsou v půdorysu tuhé, zavětrování není nutné

Příhradové desky (obvykle trubkové)

Liší se od roštů tím, že dolní pásy jsou posunuty o $\frac{1}{2}$ příhrady:

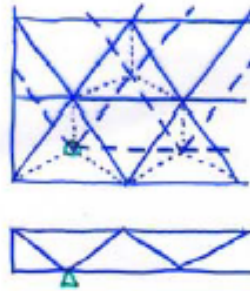
- dvojsměrné



pro kloubová spojení má
konstrukce 1^o vnitřní volnosti
⇒ min. 4 svislé podpory !



- **třísměrné**



Výhody příhradových desek

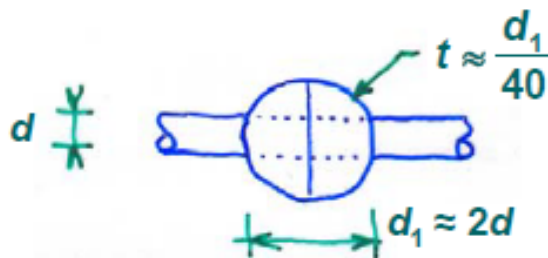
- podpory lze umístit podle potřeby (namáhání se řeší dimenzí prutů - "skryté průvlaky"),
- umožňuje nejrůznější půdorysy,
- některé pruty lze výhodně vypustit (např. části dolních pásů, diagonály).

Nevýhody příhradových desek

- styčníky jsou složité (obvykle patentované),
- spotřeba materiálu je vysoká (z důvodu dodržení minimálních dimenzí trubek).

Styčníky příhradových desek (pouze pro informaci)

a) Svařenec z lisovaných polokoulí



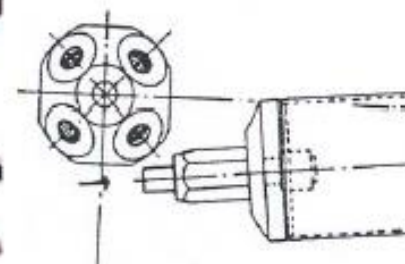
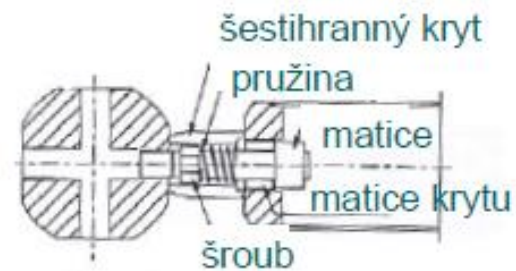
- výlisky jsou lisovány za tepla do zápustky,
- jedna trubka probíhá,
- ostatní trubky v prostoru přivařeny na kouli tupým svarem $\frac{1}{2} V$.

b) Patentované styčníky

System Mero (SRN)

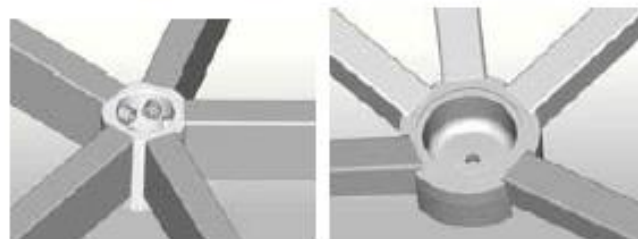
(mnohostěn - lze připojit až 18 trubek)

Obdoba: KT-I (Japonsko):



Řada modifikací, např.:

- válcový styčník (přenáší momenty),
- talířový styčník (pro jednovrstvé k.)



Význačné stavby:



Globe Arena (1987)

M.M.



Eden projekt (2000)

KK2 2023/2024



Singapore Art C. (2002)



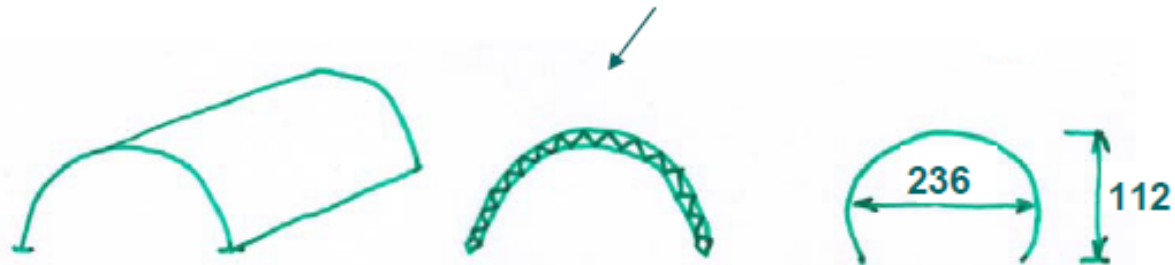
S. Jordi (1992)

Válcové klenby a skořepiny

- **plnostěnné** obvykle ortotropní (s výztuhami) pro lokální tuhost.
Příklad: sportovní hala Praha výstaviště (1962)
 $L = 64 \text{ m}$, $t = 4 \text{ mm}$

- **příhradové**
 - ◁ **jednovrstvé**
 - ◁ **dvouvrstvé**

Příklad: lamelové konstrukce zimních stadionů
v Kladně a Prostějově.



zkušebna v Moskvě
(zřítela se kolem r. 1985).

Kopule



rovnoběžková síla N_{ϑ}

meridiální síla N_{φ}

+ smyková síla $N_{\vartheta\varphi}$

membránová
teorie

- v patě tažený prstenec (nebo kotvení vodorovných sil),
- ve vrcholu zahuštění prutů \Rightarrow výhodnější je tlačný závěrný prstenec.

• Jednovrstvé kopule

Příklad:

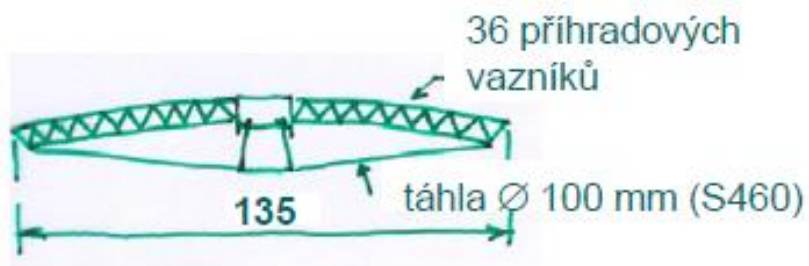
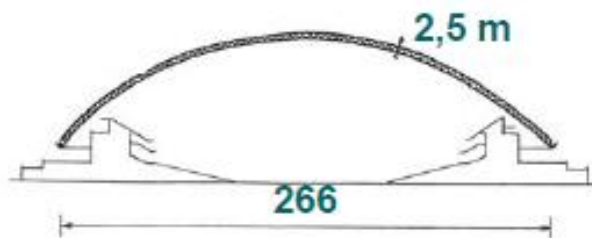
mřížový Z pavilon v Brně (1958);

\varnothing 93 m (trubky 60×2 až 102×6 [mm]).



tažený prstenec z trubky \varnothing 330×17.

- **Dvouvrstvé kopule**



Stadion v Detroitu (1979)

Hala Sazka (2004)

obdobné haly:

Anaheim LA ($L = 101 \times 133$ [m])

Chicago ($L = 115 \times 159$ [m])



Skleníky Eden (VB, 2000)

Globe Arena (Stockholm, 1987)

Historické kopule: bánye Schwedlerovy, Zimmermanovy.

Nové trendy: geodetické kopule (ikosaedr: má 12 vrcholů, 20 stěn, 30 stejných prutů).

**Skleníky Eden (VB, 2000)
- systém MERO**



**Globe Arena (Stockholm, 1987)
- systém MERO**



O2 Arena (Praha, 2004)



- hala pro 18 000 diváků,
- průměr 135 m, výška 9 m,
- 36 vzpínadlových vazníků s předepnutým táhlem Macalloy \varnothing 98 mm (S460),
- středový tubus \varnothing 18 m o váze 170 t (lze zavěsit dalších 30 t).

2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. **Visuté konstrukce**
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

3. Visuté konstrukce

- lanové (vláknové),
- membránové.

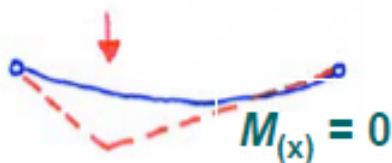


Výhody:

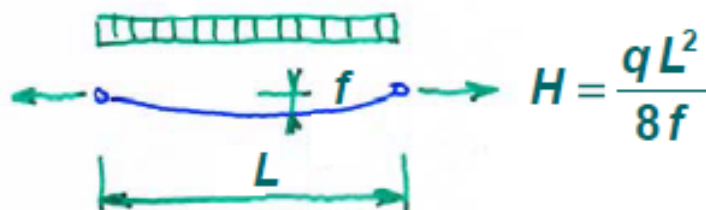
- malá spotřeba materiálu,
- velké tvarové možnosti (architektonická rozmanitost).

Nevýhody:

- tvarová nestálost



- velké vodorovné reakce



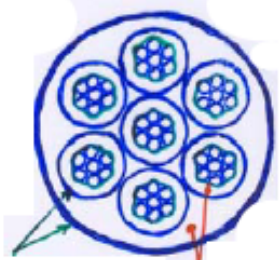
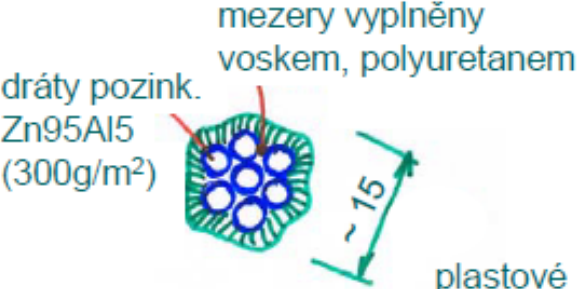
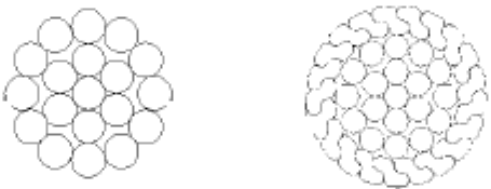
Tvar závisí na zatížení, tzn.:

- řešit teorií 2. řádu,
- jsou vysoké nároky na krytinu.

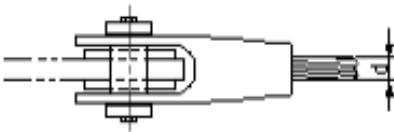
- vysoké nároky na podpory.

Lana

Vinutá, skládaná, jednopramenná, vícepramenná, otevřená, uzavřená



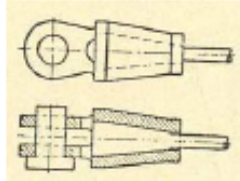
Koncovky



otevřená, zalitá zinkem



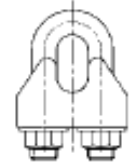
válcová koncovka zalitá kovem nebo epoxidem (může mít vnější/vnitřní závit, nebo oka pro přípoj)



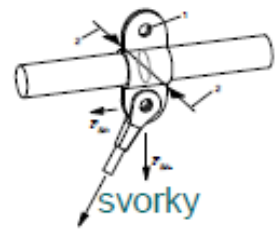
otevřená kovaná koncovka



srdcovka



U svorka



svorky

Lanové konstrukce



- rovinné
- prostorové

Rovinné lanové konstrukce (válcové střechy)

a) jednovrstvé



kotvení do základů nebo do věnce:



Pro zatížení sáním je nutno střechu **stabilizovat**:

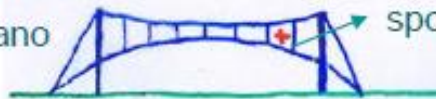
změna tvaru
a kmitání



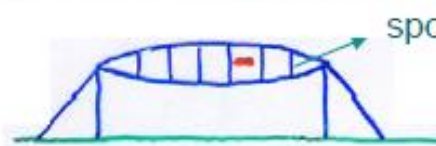
- zatížením (balastem),
- vyztužením (tuhými prvky, výztuhami),
- předpětím (dvojvrstvé konstrukce).

b) dvojvrstvé

předepnuté nosné
a napínací lano

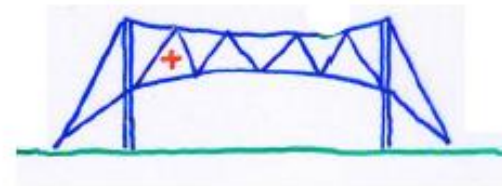


spojovací táhla



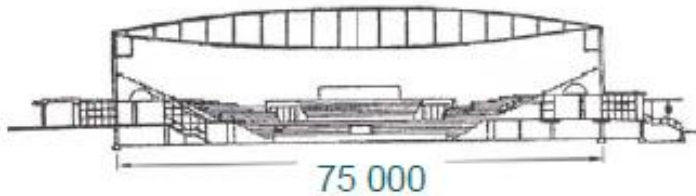
spojovací vzpěry

Jawerthův nosník
(všechny prvky lanové, tažené)

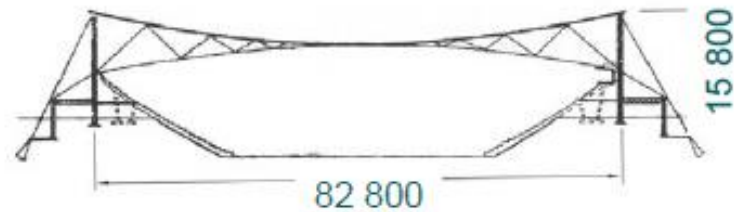


Příklady:

posluchárna univerzity v Utica (USA)

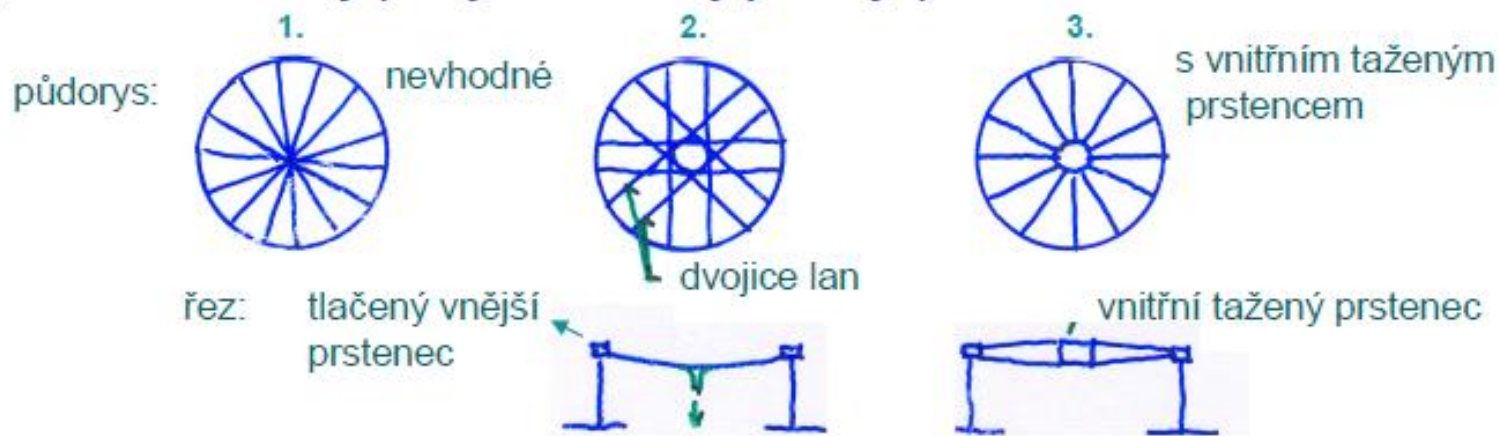


zimní stadion Johannesburg (Stockholm)



Prostorové lanové konstrukce

a) s radiálními lany (obvykle kruhový půdorys)



Příklad: Pavilon USA v Bruselu, 1958 (104 m)

b) lanové kopule Geigerovy

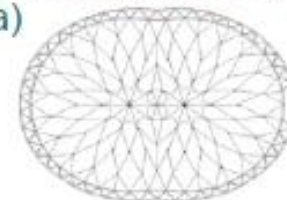


Příklad:

Olympijský stadion Seoul, 1988
(tkaninová krytina)

Modifikace:

systemy Tenstar (Atlanta, M. Levy),
Twinstar (La Plata)



c) lanové sítě

2 osnovy lan $\left\{ \begin{array}{l} \text{konkávní} - \text{nosná} \\ \text{konvexní} - \text{předpínací} \end{array} \right.$

1. přímé obvodové prvky



velké ohybové momenty

2. obloukové obvodové prvky



Příklady:

- Č. Budějovice,
- Bratislava Pasienky, 1962 (72x66 m)



Festivalový komplex Tartu (53,3x42,6 m): montáž a dokončení

Membránové visuté konstrukce

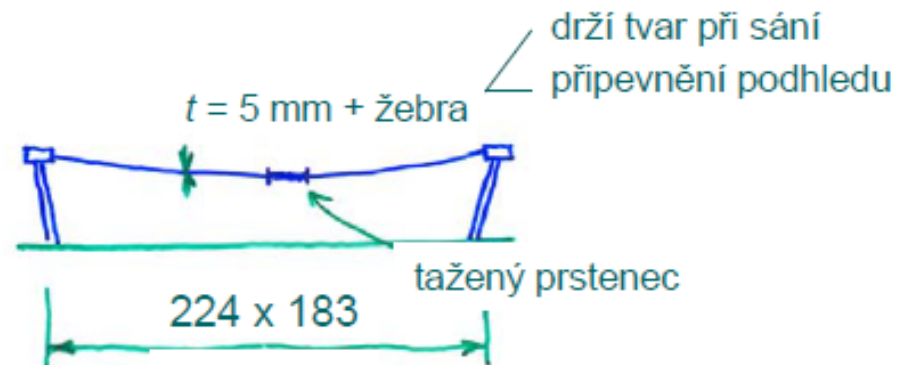


Nosná membrána může tvořit zároveň krytinu.

Mohou být:

- válcové,
- kruhové, elipsovité.

Příklad:
Moskva (elipsa 224x183 m):



Obecně materiál membrán:

- nerez ocel (plech $t = 4 \div 5$ mm),
- slitiny Al (do 70 m jenom $t \approx 2$ mm),
- tkanina - obvykle polyester oboustranně pokrytý PVC a zalakovaný akrylovým nebo PVDF lakem;
 - skelná tkanina potažená PTFE (= teflon); popř. skelná tkanina potažená silikonem,
 - drahá, ale kvalitní TENARA (= expandovaný PTFE), pokrytá fluoropolymerem.
- fólie
 - dnes zejména ETFE (ethylene tetrafluoroethylene, Teflon) – vynikající, zcela transparentní, pevný,
 - popř. THV (tetrafluoroethylene-hexafluoropropylene-vinylidene fluoride terpolymer).

Příklad plachtové konstrukce (polyesterová tkanina Ferrari Précontraint)



Lineární obvodové prvky:
obvodová lana, tkaninové pásy, „kapsy“,
keder profily a lišty, tuhé profily atd.



kotvení lan

2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. **Zavěšené konstrukce**
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

4. Zavěšené konstrukce

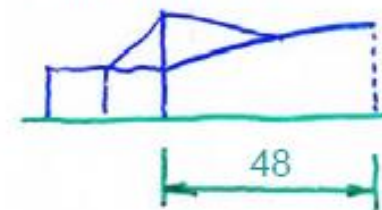
Závěsy tvoří další podpory, které jsou poddajné. Jejich umístění je nutné optimalizovat. Závěsy jsou:

- tuhé (tyče, trubky - zejména jsou-li při sání větru tlačeny),
- lanové (ohebné: vzniká-li v nich při sání tlak, musí se předeprnout).

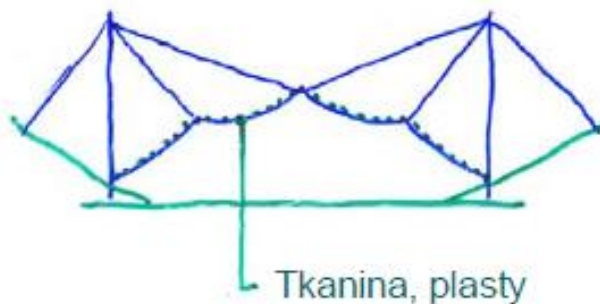
Zavěšené konstrukce střech:



Příklad:
Hangár Ruzyně



Zavěšené visuté konstrukce střech:



Příklad:

- Olympijský stadion v Mnichově, 1972
- Letiště Džida (pro poutníky do Mekky), 405000 m², 1980



2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

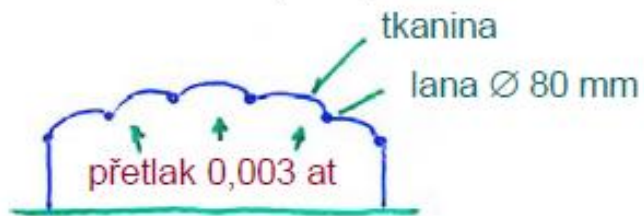
1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

5. Pneumatické konstrukce s lany

Tkaninové konstrukce s vnitřním přetlakem cca 0,003 at (= 0,0003 MPa = 0,3 kN/m²).

Příklady:

- Hala ve Vancouveru (1983)



Rozměr 232 x 190 m

- Big Egg Tokio (1988)



Hala pro baseball, 55000 diváků,
při tajfunech se vypouští.



2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly

Konstrukce s taženými prvky a skly

V pohledových konstrukcích (např. odbavovací a vstupní haly) se stále více uplatňují tažené tyčové prvky a skleněné konstrukce:

system DETAN



system MACALLOY



Příklady:



Expo Lisabon 1998



Granada Airport 1998



Madrid Barajas 2006



Senftenberg 1998

Skleněné fasády podepírané lanovými předpjatými nosníky

Konstrukce vytvořené z předepnutých tyčí. Tlačené rozpěry z trubek podepírají skleněné tabule rektifikovatelnými bodovými držáky ("pavouky").



2. Ocelové konstrukce – haly velkých rozpětí

Obsah přednášky:

1. Rovinné konstrukce z tuhých prvků
2. Prostorové konstrukce z tuhých prvků
3. Visuté konstrukce
4. Zavěšené konstrukce
5. Pneumatické konstrukce s lany
6. Konstrukce s osově namáhanými prvky a skly
7. Shrnutí

7. Shrnutí

- Rozdělení hal velkých rozpětí dle hlavního nosného prvku:
 - rovinné konstrukce z tuhých prvků
 - plnostěnný nosník, příhradový nosník, oblouk, rám
 - prostorové konstrukce z tuhých prvků
 - rošty
 - příhradové desky
 - válcové klenby a skořepiny
 - kopule
 - visuté konstrukce
 - lanové - rovinné (jednovrstvé, dvojvrstvé),
prostorové
 - membránové (válcové, kruhové, elipsovité)
 - zavěšené konstrukce
 - pneumatické konstrukce s lany
- Výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních systémů
 - rovinné konstrukce - plnostěnný nosník, příhradový nosník, oblouk – nevýhody?
 - prostorové konstrukce z tuhých prvků – výhody, nevýhody?
 - visuté konstrukce obecně – výhody, nevýhody?

Zdroje:

- Studnička, J.: Navrhování nosných konstrukcí. Ocelové konstrukce. ČVUT 2017.
- Macháček, J.: Přednášky NNK, ČVUT 2018.
- Wald, F.: Přednášky NNK, ČVUT 2018.
- <http://www.caok.cz/>

KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

Příští přednáška:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí

DĚKUJI ZA POZORNOST