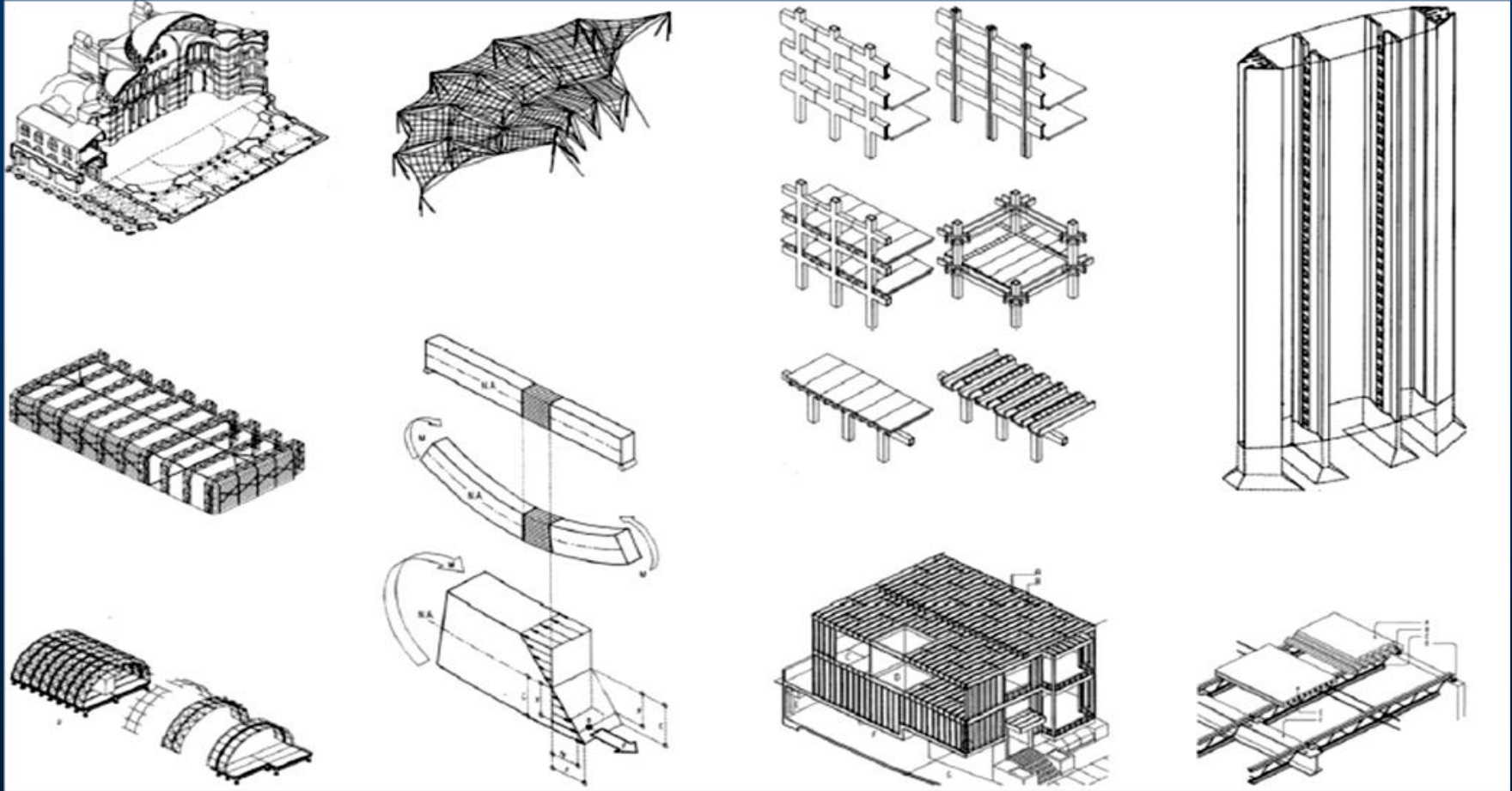


# Wykład 3 : Projektowanie koncepcyjne konstrukcji przez architekta



Opracowano z wykorzystaniem materiałów:

[3.1] Pat Guthrie, *Architects Portable Handbook*, 3-rd Ed., Mc Graw Hill, NY, 2003

[3.2.] G.G. Schierle, *Architectural Structures Excerpts*, University of Southern California Custom Publishing, 2003

[3.3.] Macdonald, Angus J., *Structural Design for Architecture*, Architectural Press, Oxford, 1998

3.4] Strony www dostępne 14-11-2010

Leszek CHODOR , dr inż. bud, inż.arch.

[lch@chodor.-projekt.net](mailto:lch@chodor.-projekt.net) [www.chodor-projekt.net](http://www.chodor-projekt.net)

# 1. Podstawowe elementy konstrukcyjne {1}

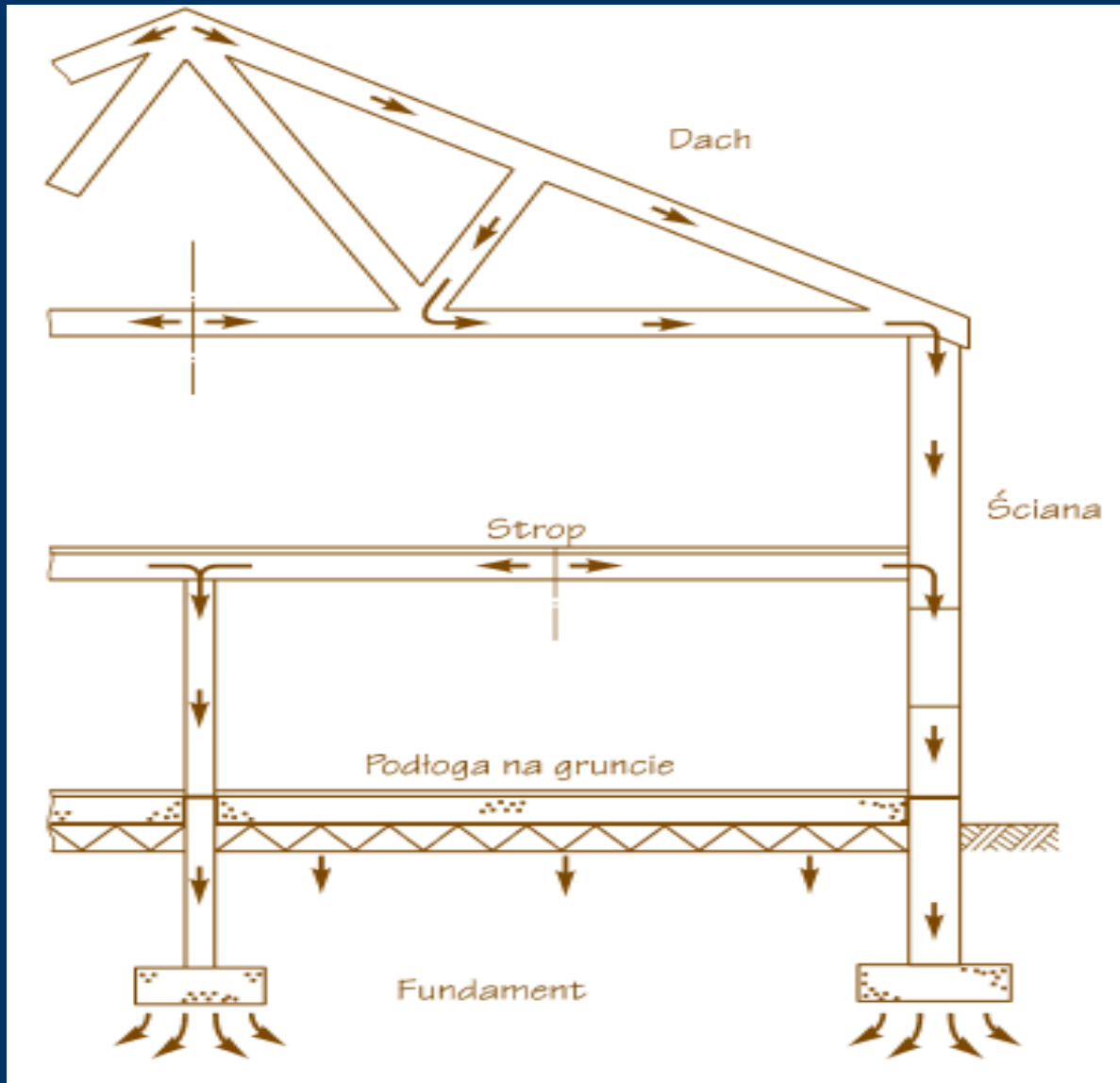
Typy elementów konstrukcyjnych powtarzają się w rozmaitych układach konstrukcyjnych. Zasadnicze, powtarzające się elementy konstrukcyjne, to: **belki**, **słupy**, **ściany**, **płyty**, **powłoki**. Istotne znaczenie w obszarze stosowania elementów ma materiał, z którego zostały wykonane. Dlatego po wyjaśnieniu pojęć projektowanie wstępne tych elementów przedstawimy w układzie materiałowym.

Występowanie elementów konstrukcyjnych

Typ	Szkic	Hor	Ver	Drewno	Cegła	Żelbet	Stal
Belka		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Sklepienie	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kratownica		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Słup			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Tarcza / ściana		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Zbiornik
Rama stężona		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Rama sztywna		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Płyta		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

# 1. Podstawowe elementy konstrukcyjne {2}

Typowy sposób przekazywania obciążeń na przez konstrukcję na fundamenty



Podział konstrukcji na Hor- poziome i Ver – pionowe jest umowny i oznacza najczęściej występujący sposób umieszczenia w przestrzeni,

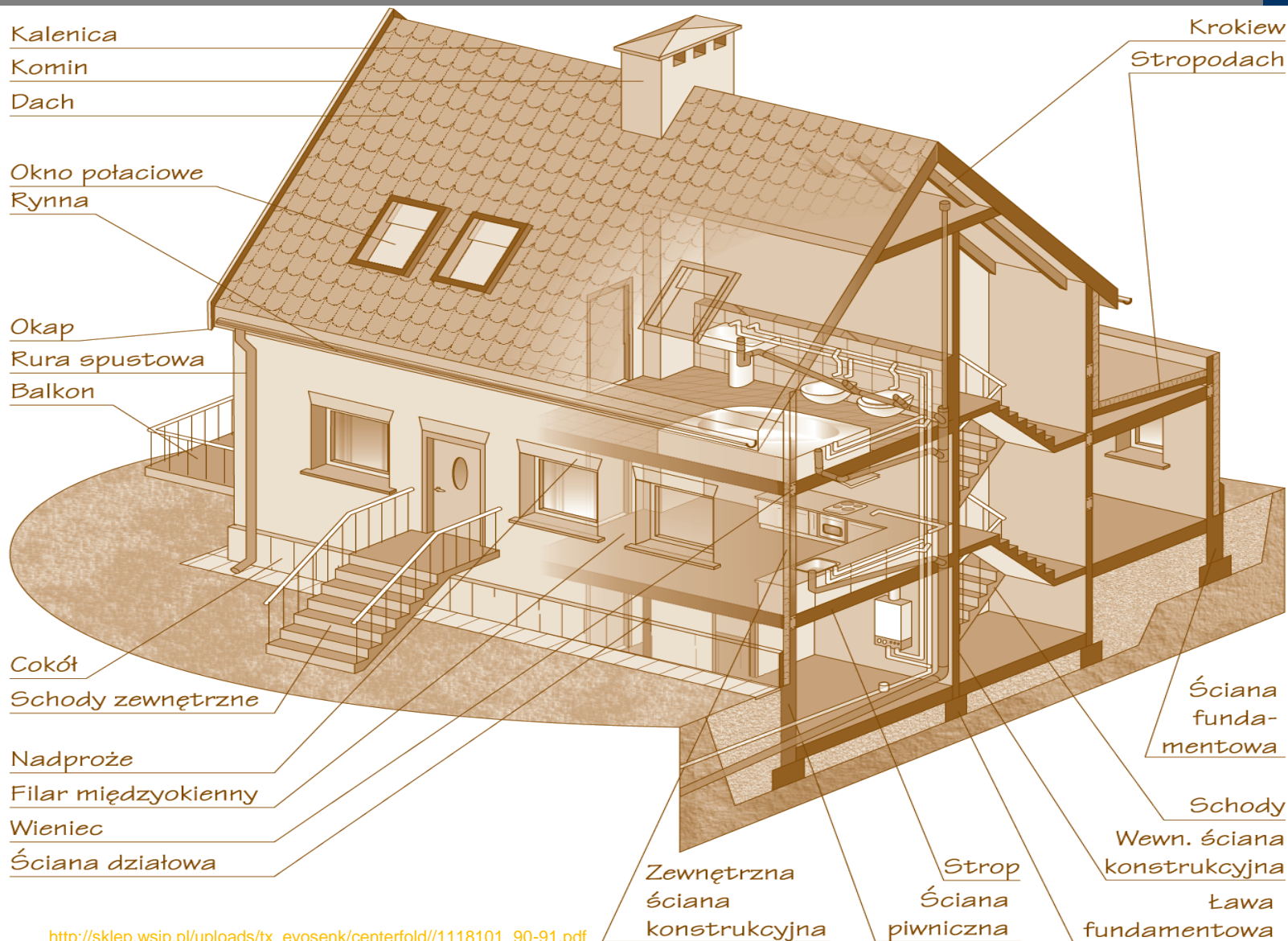
# 1. Podstawowe elementy konstrukcyjne {3}

Typowe elementy budowlane

Elementy konstrukcyjne:

krokiew, stropodach, schody, nadproże, filar, wieniec, ściana konstrukcyjna, strop, ściana fundamentowa, ława fundamentowa

Elementy niekonstrukcyjne, np.: okno, cokół



[http://sklep.wsip.pl/uploads/tx\\_evosenk/centerfold//1118101\\_90-91.pdf](http://sklep.wsip.pl/uploads/tx_evosenk/centerfold//1118101_90-91.pdf)

# 1. Podstawowe elementy konstrukcyjne {4}

## Elementy budowlane

Klasyfikacja ze względu na proporcje wymiarów

Elementy prętowe (np. belki, słupy) – mają jeden wymiar wielokrotnie większy niż dwa pozostałe

Elementy powierzchniowe (np. płyty) – mają dwa wymiary znacznie większe niż trzeci

Elementy masywne (np. bloki) – mają wszystkie wymiary tego samego rzędu

Często występujące ustroje konstrukcyjne prętowe:

- **Rama** – składa się z prętów prostych (np. z kształtowników stalowych, z żelbetu lub drewna), które nie leżą na jednej linii i zwykle połączone w sposób sztywny, tj. bez możliwości obrotu względem siebie.
- **Kratownica** składa się z prętów prostych Kratownica połączonych przegubowo i wspólnie w węzłach. W czystym przypadku obciążenia są przyłożone wyłącznie w węzłach – nie przenosi momentów zginających

Elementy konstrukcyjne – podział ze względu na proporcje wymiarów.

Rama, kratownica

## 2. Budynki ścianowe {1}

Typy ścian:  
Ściany nośne

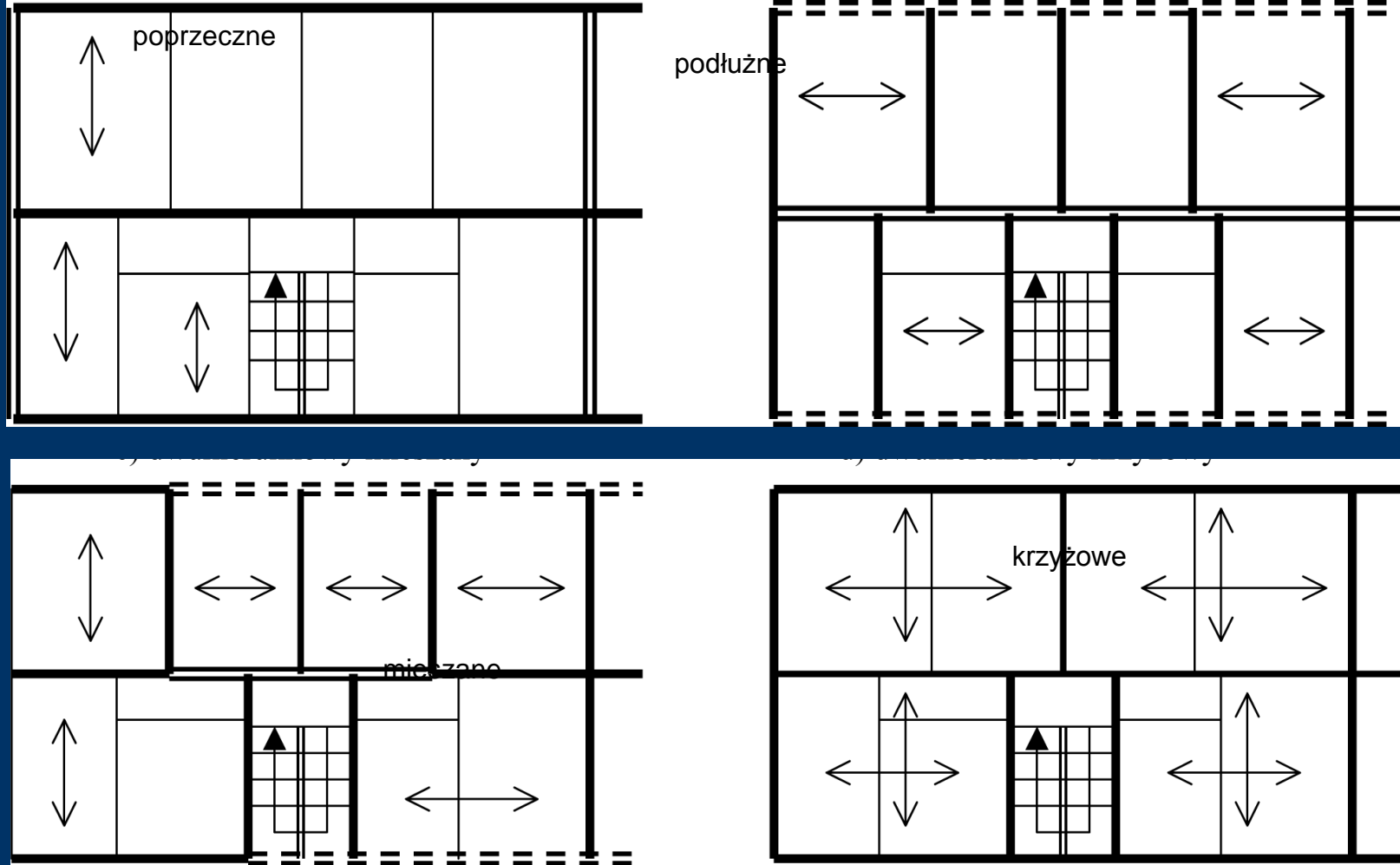
ściany  
usztyniające

Ściany  
działowe  
miedzymieszk  
aniowe

Ściany  
działowe

Ściany  
osłonowe

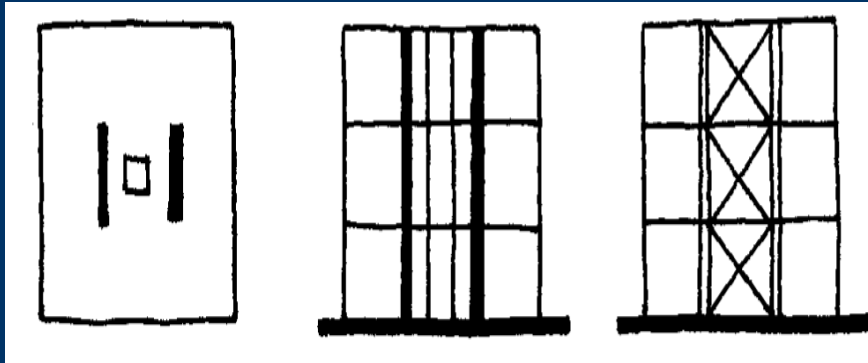
Kierunek  
zbrojenia płyt  
stropowych



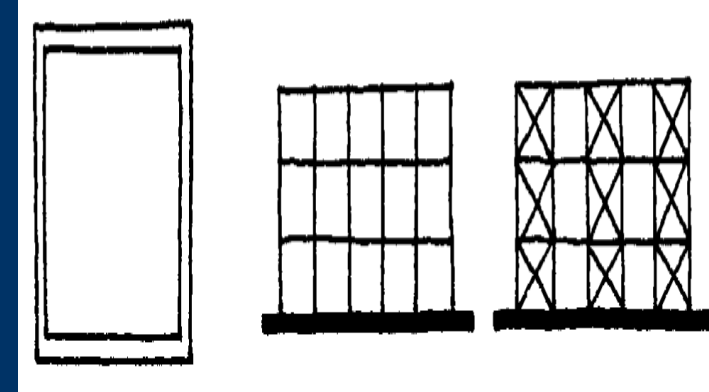
Źródło: @mw, Elementy i ustroje konstrukcyjne

## 2. Budynki ścianowe {2}

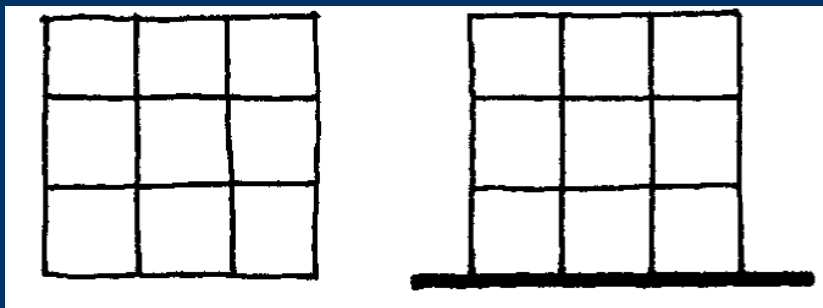
Sztywność  
przestrzen  
na  
budynków  
ściano-  
wych



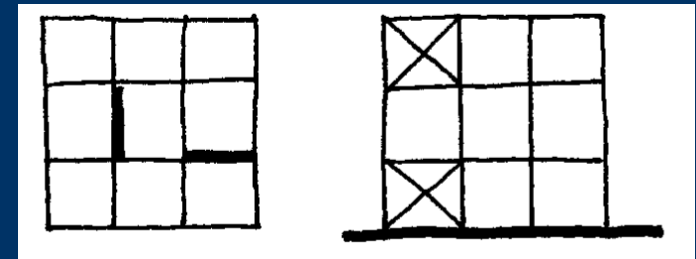
a) Rdzeń



b) Obwodowe



c) Ramy (z węzłami sztywnymi)



d) Kombinacje



### 3. Posadowienie budowli {1}

Fundamen  
-ty.

Zasady  
ogólne

**Fundament stanowi podstawę budynku** (budowli). Jego zadaniem jest przekazanie sił obciążających budynek na grunt w sposób bezpieczny, to znaczy w taki sposób, aby budowla nie podlegała ani gwałtownemu, ani za dużemu osiadaniu.

W związku z tym fundamenty budynku muszą być konstrukcją odpowiednio wytrzymałą, stateczną i trwałą.

Źle wykonane fundamenty mogą powodować niebezpieczne odkształcenia ścian budynku (pęknięcia), obniżając przez to jego trwałość.

Czasem mogą spowodować zniszczenie całego budynku. Kształt fundamentu, sposób jego wykonania oraz rodzaj materiałów użytych do jego budowy zależy od rodzaju gruntu budowlanego i typu konstrukcji budynku (czy budowli).

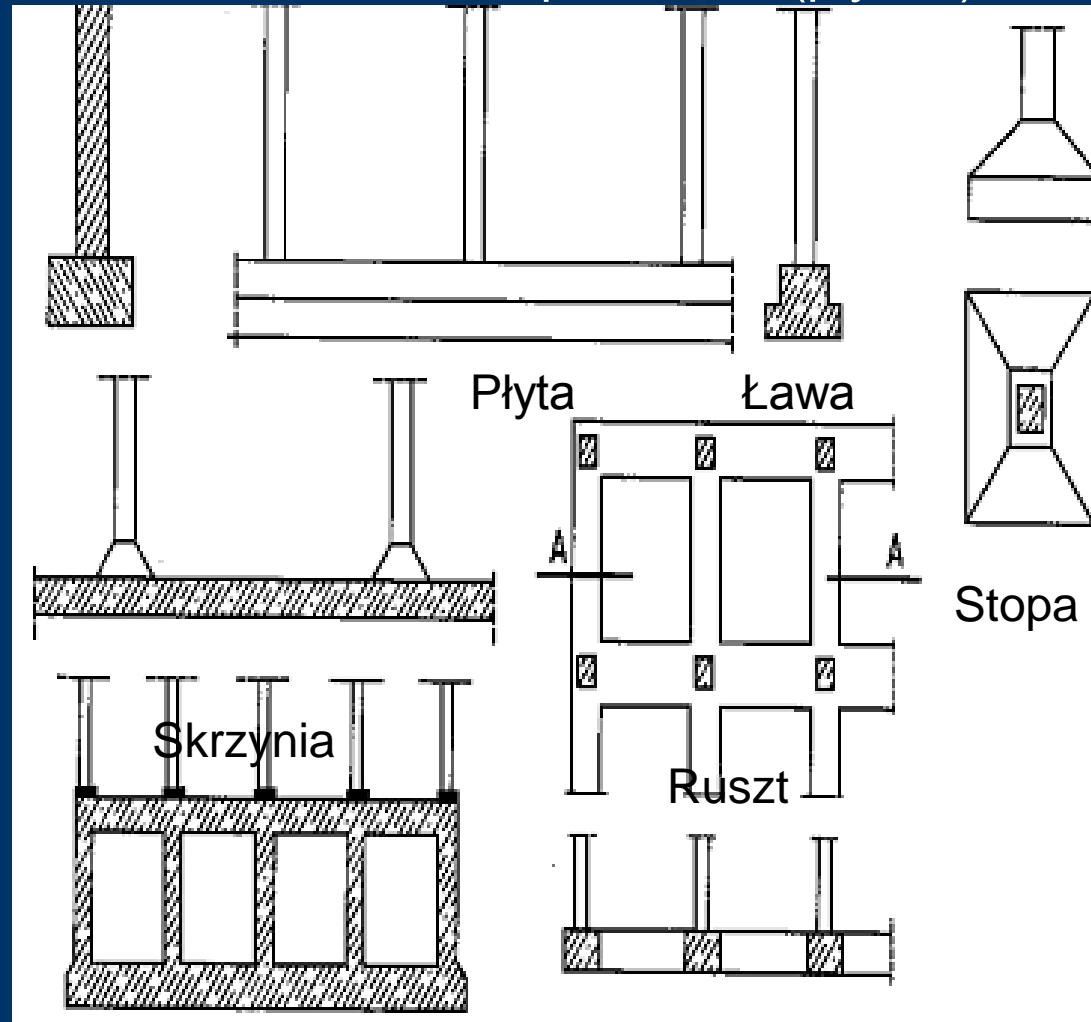
Sposób posadowienia obiektu budowlanego ustala się, biorąc pod uwagę rodzaj i sztywność konstrukcji, warunki jej wykonania i eksploatacji, właściwości geotechniczne podłoża gruntowego, w tym poziom zwierciadła wody gruntowej.

Najpierw rozpatruje się możliwość bezpośredniego posadowienia fundamentów na gruncie nośnym, ponieważ jest to najczęściej najtańsze i najprostsze rozwiązanie.



### 3. Posadowienie budowli {2}

#### Posadowienie bezpośrednie (płytkie)



Rodzaje  
fundament  
ów  
bezpośred  
nich -  
płytkich

### 3. Posadowienie budowli {3}

Grunt  
decyduje o  
posadowie  
niu

**KONIECZNE są badania gruntu.** Zwykle badania wykonuje się w dwóch etapach: 1) wstępny po określeniu koncepcji nadziemnej budynku: otwory lub sondy badawcze co ok.. 50 m na gł. 6 do 12 m, 2) projektowym po określeniu koncepcji wielobranżowej: otwory lub sondy badawcze co ok. 30 m na gł. Ok..  $2H < 24$  m, gdzie H jest wysokością budowli, Po wykonaniu badań wstępnych sposób posadowienia skonsultować z konstruktorem.

**W projektowaniu wstępnym (konceptyjnym) Architekt przyjmuje posadowienie bezpośrednie na gruncie o średniej nośności**

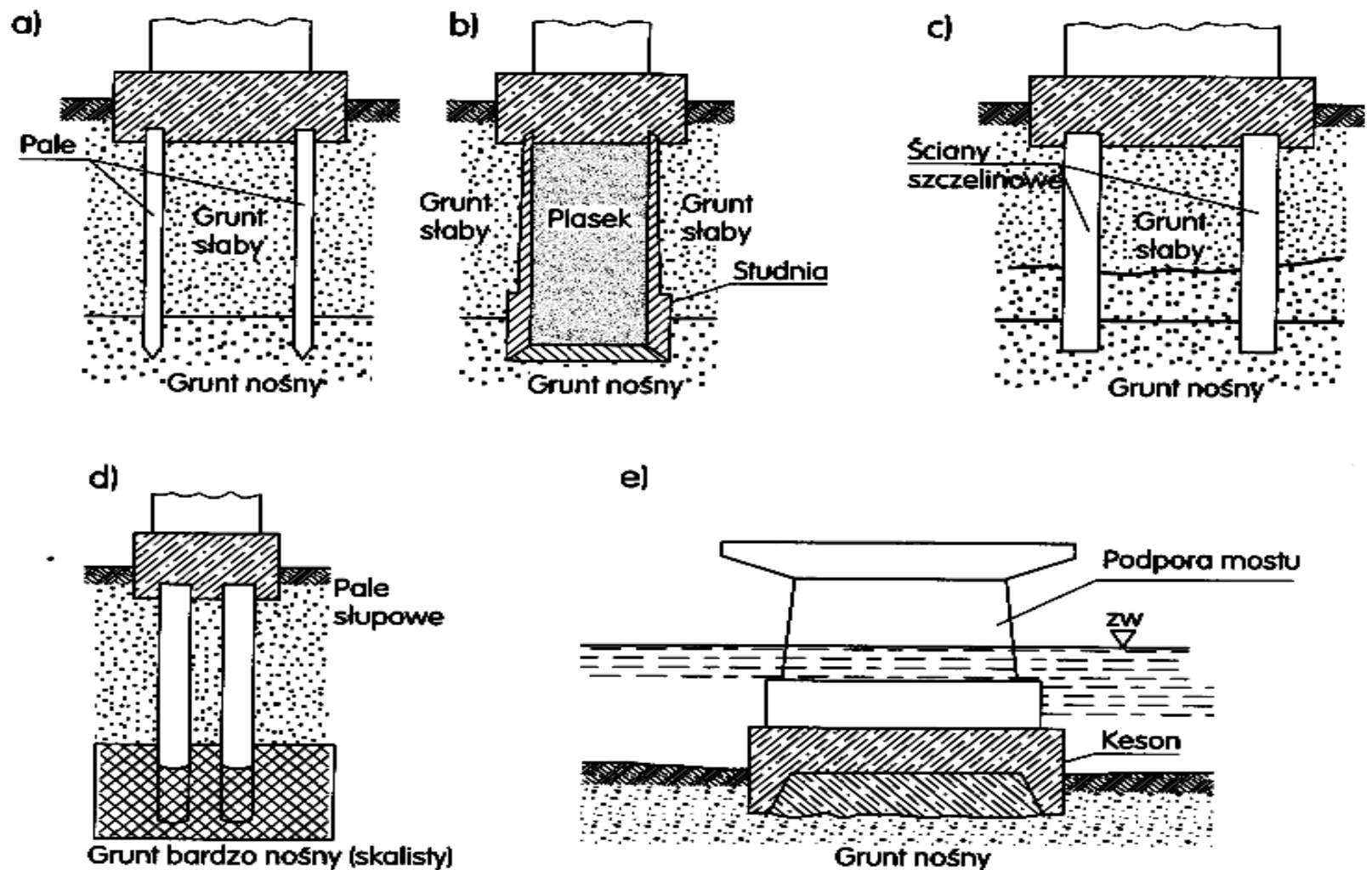
**$q_{dop} = 0,15$  MPa** z warunku:

$A_{fund}$  (powierzchnia fundamentu)  $\geq V / q_{dop}$ , gdzie V – obciążenie pionowe przypadające na fundament,

W przypadku, gdy grunt nośny zalega niżej niż 3-4 m , to przyjmuje się posadowienie pośrednie (głębokie).

### 3. Posadowienie budowli {4}

#### Posadowienie pośrednie (głębokie)



Posadowienie pośrednie

### 3. Posadowienie budowli {5}

#### Rodzaje warunków gruntowych

#### Rodzaje warunków gruntowych

**proste:** warstwy gruntów jednorodnych równoległe do powierzchni terenu, brak gruntów słabonośnych, zwierciadło wód gruntowych poniżej projektowanego poziomu posadowienia fundamentów, brak występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych,

1. **złożone:** warstwy gruntów niejednorodnych nieciągłe i zmienne, grunty słabonośne, zwierciadło wód gruntowych w poziomie projektowanego posadowienia i powyżej tego poziomu, brak występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych
2. **skomplikowane:** warstwy gruntów objęte występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza osuwiskowych, krasowych (rozpuszczanie przez wodę wapieni i gipsów), kurzawkowych (ruch nawodnionych luźnych piasków drobnych i pyłów), obszary szkód górniczych.

Na podstawie geotechnicznych warunków posadowienia oraz rodzaju obiektu budowlanego, określa się jego kategorię geotechniczną.

### 3. Posadowienie budowli {6}

#### Kategorie geotechniczne

#### Kategorie geotechniczne

1. **Kategoria pierwsza** dotyczy niewielkich obiektów budowlanych o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym, w prostych warunkach gruntowych, dla których wystarcza przybliżone określenie właściwości gruntów. Do tej kategorii można zaliczyć: a) jedno- lub dwukondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze, b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2 m, c) wykopy do głębokości 1,2 m i nasypy do wysokości 3 m, wykonywane zwłaszcza przy budowie dróg, pracach drenażowych
2. **Kategoria druga** dotyczy obiektów budowlanych w prostych i złożonych warunkach gruntowych, wymagających ilościowej oceny danych geotechnicznych. Do tej kategorii można zaliczyć: a) fundamenty bezpośrednie lub głębokie, b) ściany oporowe i inne konstrukcje oporowe, c) wykopy i nasypy, d) przyczółki i filary mostowe, e) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące.
3. **Kategoria trzecia** obejmuje: a) nietypowe obiekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych b) obiekty budowlane posadowione w skomplikowanych warunkach gruntowych, c) obiekty monumentalne i zabytkowe.

#### Dokumentacja geotechniczna a geologiczna

Dla pierwszej oraz drugiej kategorii geotechnicznej w prostych warunkach gruntowych **dokumentacja geotechniczna** jest wystarczającym materiałem potrzebnym do projektowania.

W przypadku drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej, gdy w terenie panują złożone warunki gruntowe, poza dokumentacją geotechniczną należy wykonać także **dokumentację geologiczno - inżynierską** (zgodnie z wymogami prawa geologicznego i górniczego).

Architekt w zależności od kategorii geotechnicznej powinien więc założyć odpowiednią procedurę oceny warunków gruntowych. W przypadku potrzeby opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej procedura jest o wiele dłuższa i droższa. Wielokrotnie nie uwzględnienie tego faktu stanowiło o niedotrzymaniu terminów lub przekroczeniu budżetu , a w rezultacie o niezadowoleniu klienta z powodu nienajlepszej obsługi architektonicznej.

Rodzaje dokumentacji rozpoznania warunków gruntowych  
Uwaga: Mina ! .... potrzebna dokumentacja geologiczna

## 4. Typowe rozpiętości konstrukcji {1}

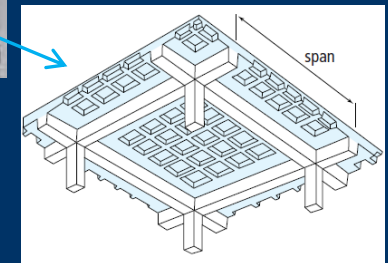
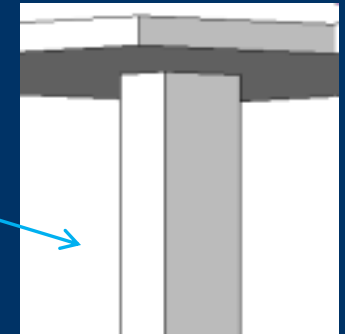
Typowe  
rozpiętości  
elementów  
konstrukcyj-  
nych

żelbeto-  
wych

Małe rozpiętości 3 do 6 m  
Średnie ok. 12 m  
Duże rozpiętości >12 m

Typowe rozpiętości elementów konstrukcyjnych  
żelbetowych :

- płyta jednoprzęsłowa 3 do 8 m
- płyta z grzybkami 6 do 11 m
- płyty dwukierunkowo zbroj 6 do 11 m
- stropy płytowo-żebrowe 9 do 14 m
- belki 5 do 12 m
- podciąg 6 do 18 m
- łupiny 6 do 36 m
- łuki 18 do 46 m
- powłoki dachowe 15 do 21 m





## 4. Typowe rozpiętości konstrukcji {2}

### Typowe rozpiętości elementów stalowych

Typowe rozpiętości elementów konstrukcyjnych stalowych:

- blachy dachowe nisko-fałdowe 1,6 do 4,5 m
- blachy dachowe wysoko-fałdowe 6 do 12 m
- belki 5 do 18 m
- blachownice 12 do 32 m
- kratownice 12 do 24 m



## 4. Typowe rozpiętości konstrukcji {3}

Typowe rozpiętości elementów drewnianych

Typowe rozpiętości elementów konstrukcyjnych drewnianych:

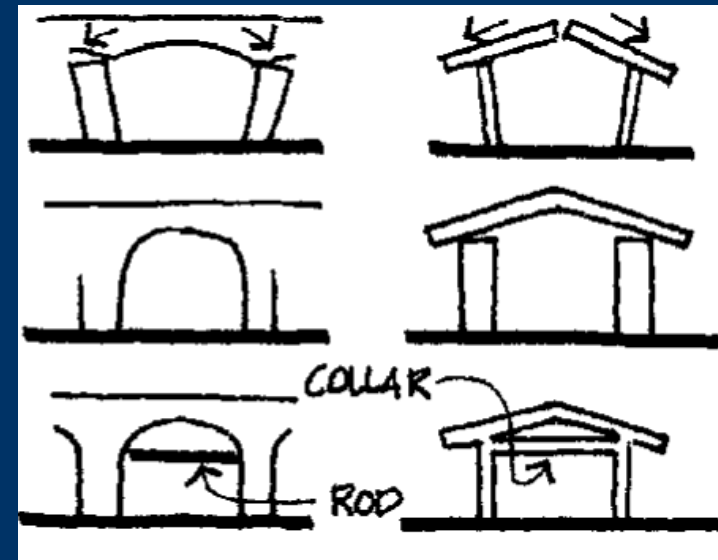
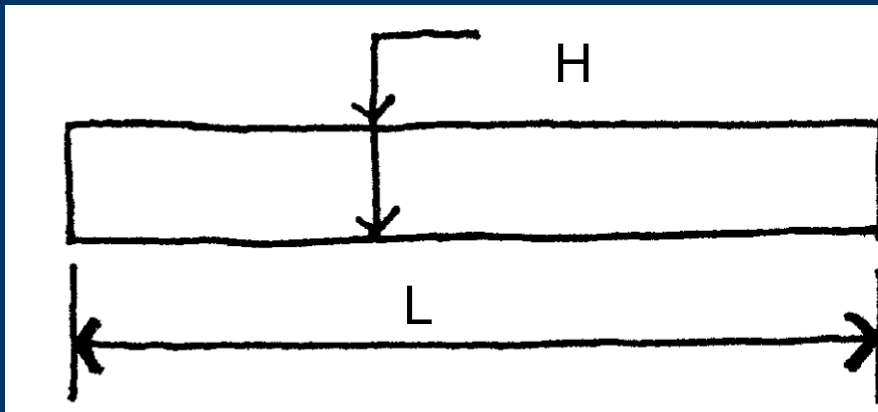
- pręty 3 do 7 m
- belki 5 do 10 m
- dźwigary 6 do 12 m
- belki klejone 5 do do 36 m
- kratownice 10 do 32 m
- 



## 5. Wstępny dobór wymiarów elementu : Wskaźnik H/L {1}

Wstępne projektowanie najczęściej przeprowadza się dobierając wymiary elementu na podstawie stosunków wymiarowych, które zostały określone z doświadczenia lub wynikają z rozwiązania zadań optymalizacji z warunku minimum zużycia materiału.

Decydującym warunkiem jest w tym przypadku ugięcie elementu. Ugięcie rośnie wraz z czwartą potęgą rozpiętości, a tylko z pierwszą potęgą obciążenia, a maleje z trzecią potęgą wysokości elementu. Dlatego z warunku dopuszczalnego ugięcia można oszacować granice wskaźnika  $H/L = \text{wysokość przekroju} / \text{rozpiętość elementu}$



## 5. Wstępny dobór wymiarów elementu : Wskaźnik H/L {2}

### Płyty stropowe, ściany

Monolityczne  $H/L = 1/20$  do  $1/40$ , ok.  
**1/30**

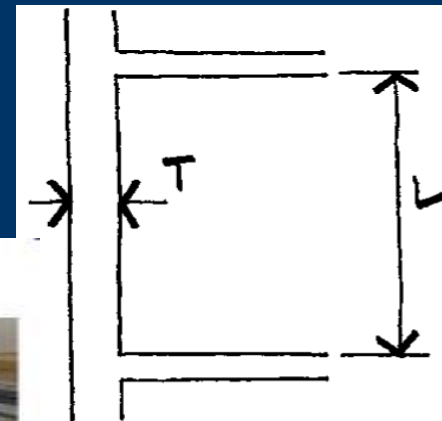
gdzie L jest sprawczą rozpiętością płyty (najczęściej jest to krótsza z rozpiętości) W przypadku dużych obciążeń wysokość H będzie nieco większa, choć warunki brzegowe (np. utwierdzenie końców płyty, zastosowanie wsporników odciążających itd. może spowodować zmniejszenie wysokości płyty

W przypadku płyt prefabrykowanych - ich wysokości są stałe; następuje natomiast dobór rozpiętości i ew. wprowadzanie podciągów pośrednich.

Wysokości wybranych stropów prefabrykowanych:

- a) ceramiczny Ackermana 18 do 25 cm
- b) ceramiczny FERT – 24 cm
- c) DZ3 – 23 cm
- d) Teriva 24, 18 , 34 cm (patrz tabele)
- e) prefabrykaty kanałowe 24 do 30 (p. tabele)
- a) Filigran – jak monolit

Często zadaje się strzałkę odwrotną lub spręży płyty.



H (T) / L  
płyty

## 5. Wstępny dobór wymiarów elementu : Wskaźnik H/L {3}

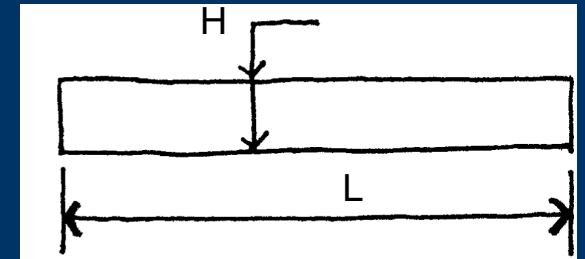
H/L belki

### Belki

Wszelkie (żelbet, stal, drewno)  $H/L = 1/10$  do  $1/24$  ok.

$1/20$ ,

gdzie L jest większą rozpiętością przęsa belki.



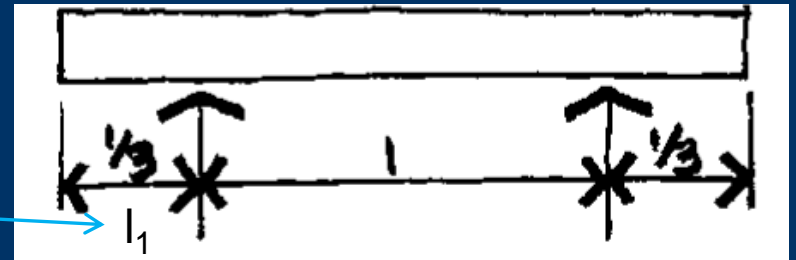
H/L słupy

Wsporniki w ogólności długość:

$l_1 = 1/3l$  ze względu na optymalny układ sił przekrojowych a do wskaźnika H/L

Bierzemy długość przęsa

$$L = 2 * l_1$$

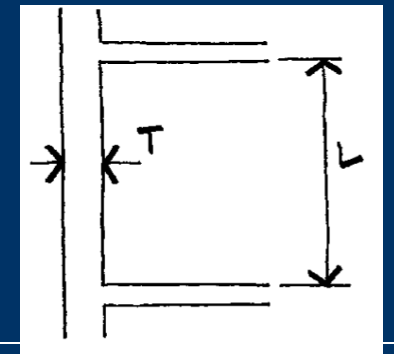


### Słupy

Wszelkie (żelbet, stal, drewno)  $H/L = 1/10$  do  $1/30$  ok.

$1/20$ ,

gdzie L jest wysokością słupa, a  $H=T$  (wymiar poprzeczny)



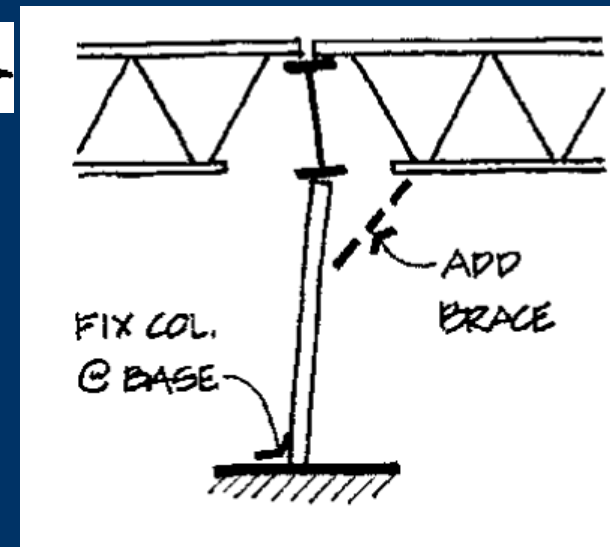
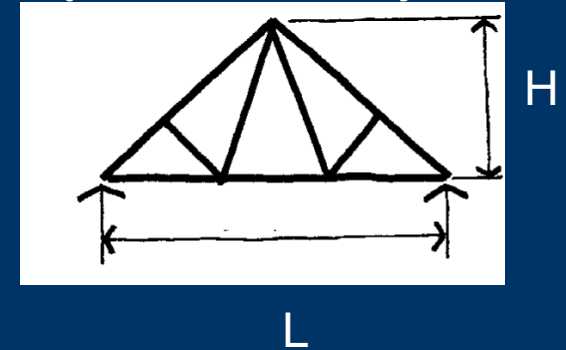
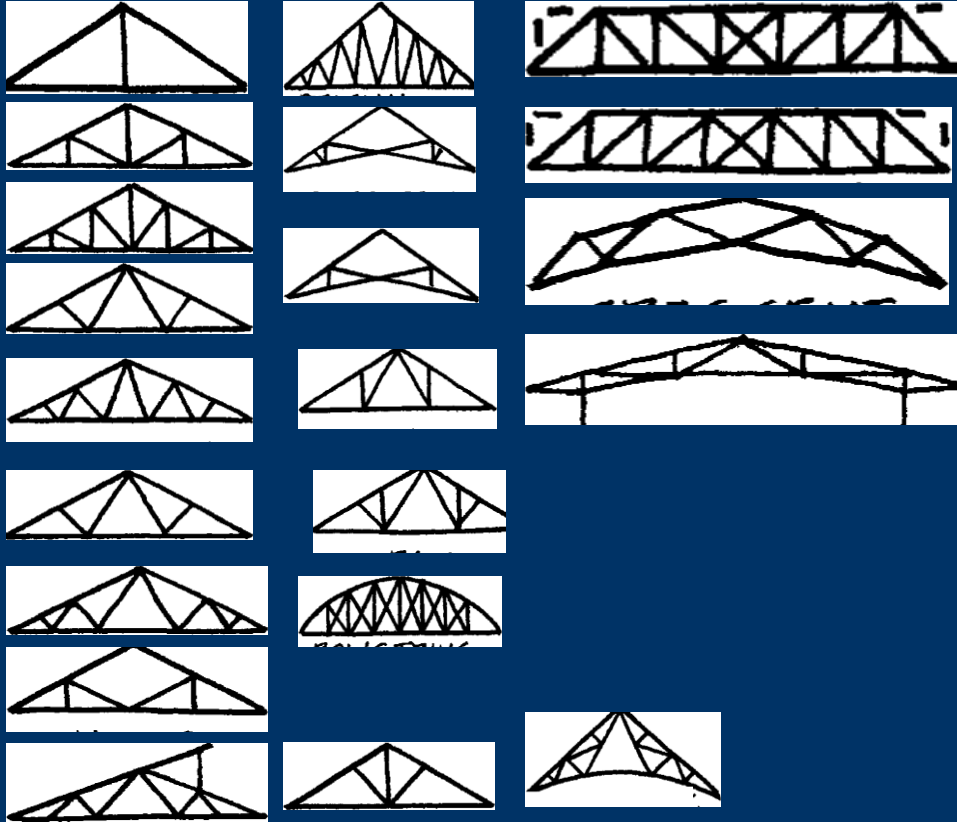
H/L  
kratownice

### Kratownice

różnych typów  $H/L = 1/4$  do  $1/12$ , = ok.  $1/8$  w więźbie drewnianej

$H/L = 1/4$  do  $1/8$

$H/L = 1/12$





Stopy i ławy

**Stopy i ławy fundamentowe:**

Ławy fundamentowe o przekroju prostokątnym mają zwykle (1 kondygnacja)  $s=120 \times h=50$  cm (min 30 cm).

Ławy betonowe do  $h=60$  cm →

jeśli wyższe, to żelbetowe. Szerokość zwykle  $2 \times$  ściana.

Typowe stopy fundamentowe to:  $120 \times 120 + 30$  cm z każdej strony na oparcie słupa.

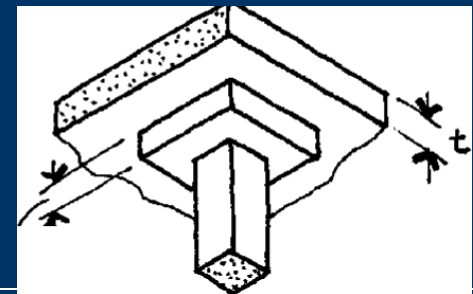
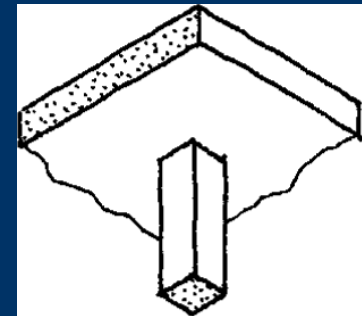
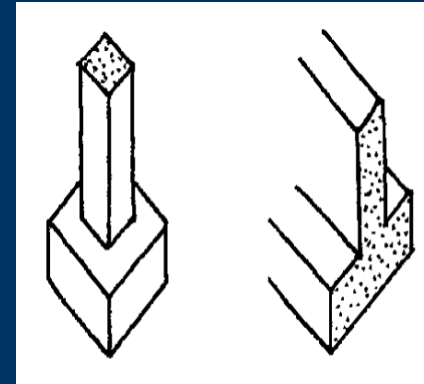
Ławy obciążone rzędem słupów  $h = l/5$  do  $l/7$  gdzie:  $l$  - odległość między sąsiednimi słupami

„Grzybki” – głowice słupów:

$t$  płyta ok. 15 do 30 cm dla  $H(=t)/L = 1/30$

$t$  grzybek = ok. 12 do 15 cm  $L=6$  do 9 m →

$L= 8$  do 11 m →



Stopy grzybkowe



### Płyty sprężone

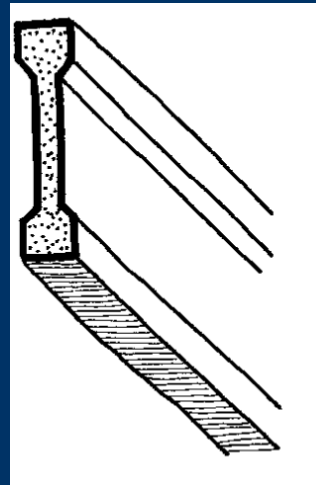
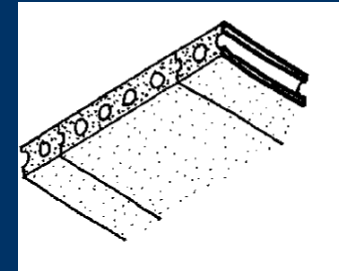
$t=H= 15$  do  $30$  cm ze skokiem

$5$  cm

$L= 1,5$  do  $11$  m

$H/L = 1/30$  do  $1/40$

$4$  do  $5$  cm nadbetonu

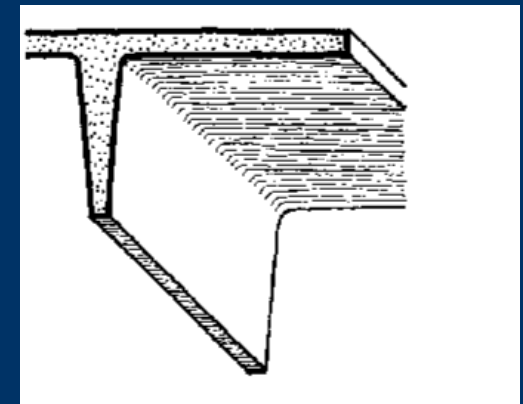


### Belki żelbetowe

$t=H= 30$  do  $41$  cm

$L= 6$  do  $30$  m

$H/L = 1/15$  do  $1/25$



### Sprężone belki T (lub U)

$t=H= 30$  do  $41$  cm ze

$L= 6$  do  $36$  m

$H/L = 1/24$  do  $1/32$

$4$  do  $5$  cm nadbetonu

### Belki żelbetowe:

Jednoprzęsłowe  $H/L=16$

Jednostronnie ciągłe  $H/L = 18,5$

Dwustronnie ciągłe  $H/L= 21$

Szerokość =  $\frac{1}{2}$  do  $\frac{1}{4}$  H

### Słupy żelbetowe:

okrągłe min  $D=30$  cm

prostokątne min  $25 \times 30$  cm

Większość słupów jest

$H/L=1/10$

Typowy słup jest  $32$  cm dla

wielokondygnacyjnych budynków max  $H/L = 1/20$

### Ściany żelbetowe:

Wielokond.:  $20$  cm, wys.  $4,6$  m

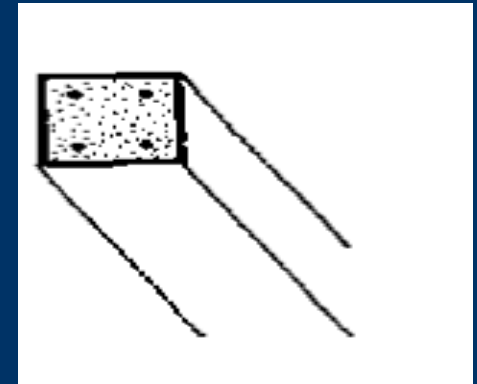
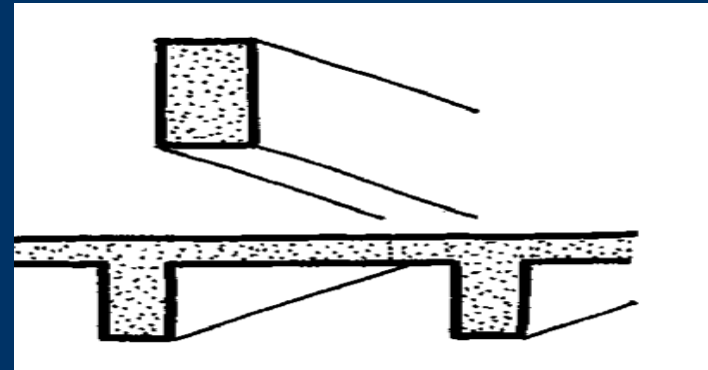
+  $2,5$  cm na każde następne  $7,5$  m wys

ściana piwnicy min  $20$  cm

ściany nienośne min  $15$  cm

ściana prefabrykowana min  $14$  cm

max  $H/L = 1/45$ , gdzie L-odległość między stężeniami (stropami)



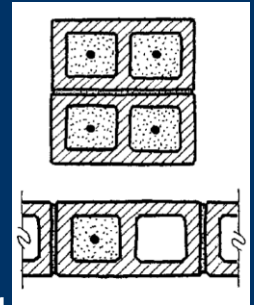
## 5. Wstępny dobór wymiarów elementu : Wskaźnik H/L {8}

Wybrane  
elementy  
murowe

### Bloczki betonowe (BB)

Słupy BB  $t=H=$  min 30x 30 cm  $H/L = 1/20$

Ściany BB  $t=H=$  min 15 cm  $H/L = 1/25$  do  $1/35$



### Słupy murowane

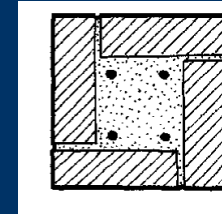
$t=H=$  min 30 cm (czasami 20 cm)  $H/L =$  min  $1/20$ , zalecane  $1/10$

### Pilastry murowane

zwykle stosowane, gdy  $L$  ściany  $> 6$ m

Typowo potrzebne pod belką lub kratownicą

Szerokość pilastra  $1/12$  wysokości ściany



### Ściany murowane

$H/L =$  min  $1/20$

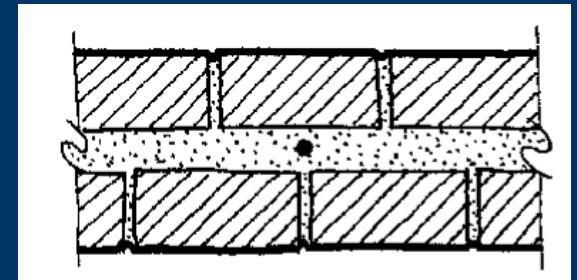
zbrojone nośne  $t$  min = 15 cm

niezbrojone nośne

1 kond. 15 cm min

2 kond. 30 cm do wys. 10 m

+ 10 cm za każde 10 cm ponad

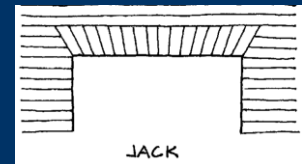
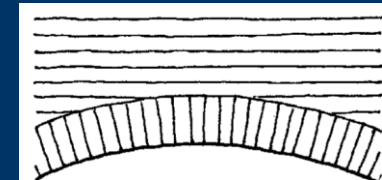
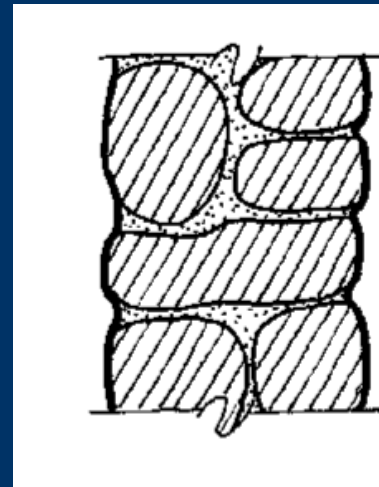


**Murowane łuki:**  
drugorzędne łuki  
rozpiętość  $L = \max 8 \text{ m}$   
strzałka wygięcia  $f/L = 0,15 \text{ max}$   
główne łuki  
Rozpiętość  $L > 1,8 \text{ m}$   
Strzałka wygięcia  $f/L > 0,15$



**Ściany kamienne nośne**  
 $t=H \text{ min} = 40 \text{ cm}$   
 $H/L \text{ min} = 1/14$

**Ściany kamienne nie nośne**  
 $t=H \text{ min} = 40 \text{ cm}$   
 $H/L \text{ min} = 1/18$



## 5. Wstępny dobór wymiarów elementu : Wskaźnik H/L {9}

Wybrane  
elementy  
stalowe

### Lekkie konstrukcje stalowe

$t=H= 40, 60, 100, 150$  mm

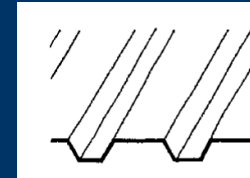
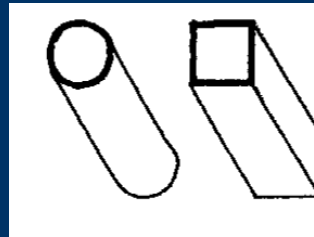
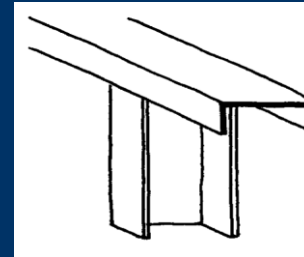
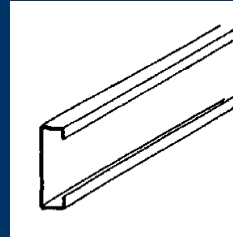
L max = 3 do 5 m

$H/L = 1/20$

### Rury i słupy

D= min 80 mm

$H/L = 1/25$  do  $1/35$



### Blachy fałdowe

dachowe  $t=38$  do  $76$  mm

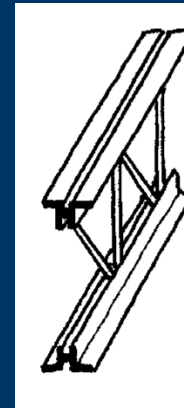
dla L=  $1,8$  do  $5,5$  m

stropowe  $t=38$  do  $76$  mm

dla L=  $2,1$  do  $3,7$  m

Podłogowe  $t=100$  do  $190$  mm

dla L  $2,4$  do  $4,8$  m



### Kratownice

L =  $2,4$  do  $15$  m (długość do  $44$  m)

$H/L = 1/19$  do  $1/24$

### Belki:

L = 3 do 18 m

H/L = 1/10 do 1/20

### Blachownice

L = 18 do 36 m

H/L = 1/14

### Słupy:

L = 7,6 do 12 m

H/L = 1/10 do 1/30

### Kratownice przestrzenne:

L = 9 do 36 m

H/L dach =

= 1/18 (przęsła słupowe)

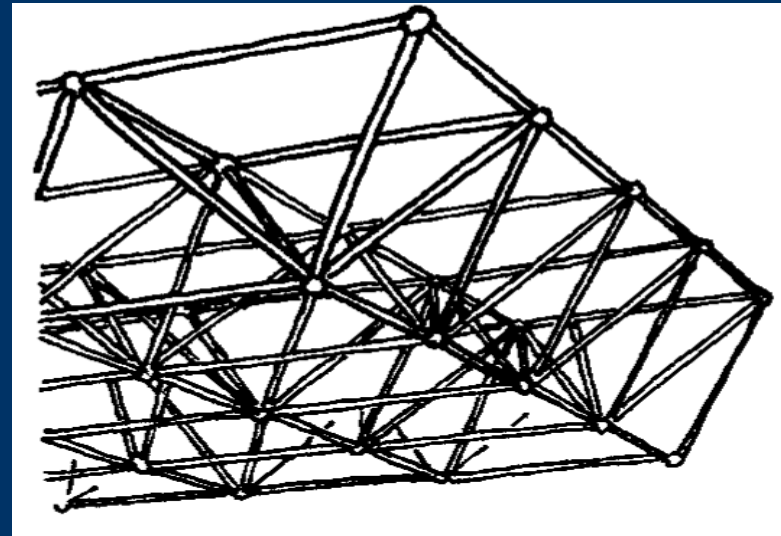
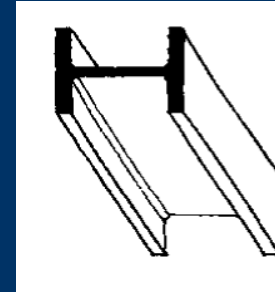
= 1/20 do 1/25 (przęsła narożne)

H/L strop

= 1/16 do 1/20

Moduł a/h = 1/3 do 7/10

Inne konstrukcje stalowe są specjalne.



## 6. Wytyczne Architekta dla Konstruktora

Architekt wydaje wytyczne dla konstruktora przynajmniej w kilku grupach:

1. Założenia podstawowe: okres projektowy użytkowania obiektu i jego elementów,
2. Operat p-poż z wymaganymi opornościami ogniowymi, podziałem na strefy pożarowe, oraz danymi szczególnymi, jak np. wymagane grubości otulenia
3. Wytyczne geometryczne – przedstawione na rysunkach, gdzie wymiary, które są ważne dla Architekta ujmuje w ramkę.: najczęściej są to wysokości pomieszczeń w świetle, a także odległości między przegrodami oraz wymiary otworów
4. Wytyczne obciążeniowe, które nie wynikają wprost z norm obciążeniowych lub takie, które wynikają ze specyficznych danych technologiczno- architektonicznych
5. Wytyczne szczególne, a w tym wymagania szczególne dotyczące materiałów i wyrobów.