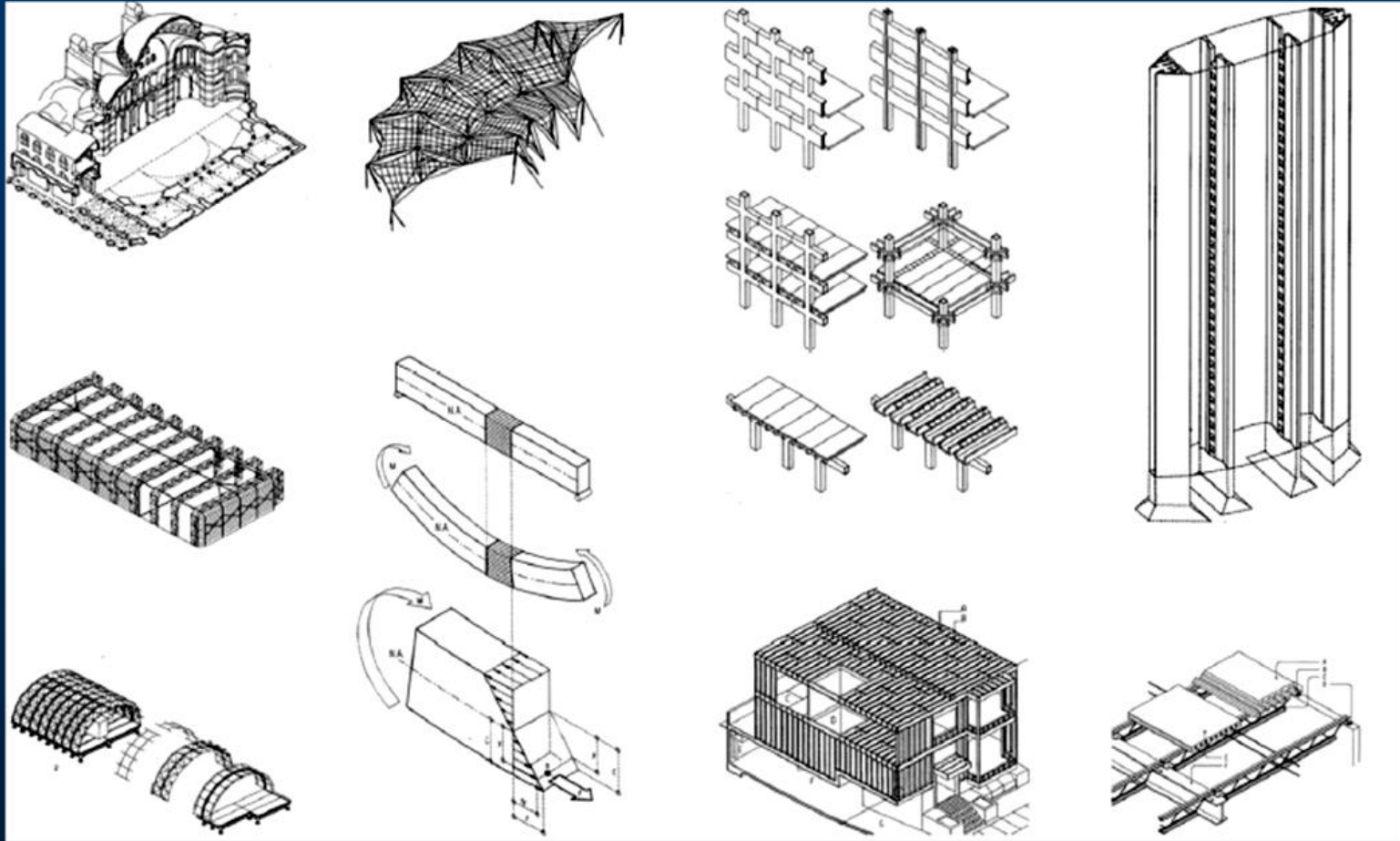


Wykład 2 : Ogólne zasady projektowania konstrukcji. Ustrój konstrukcyjny



Opracowano z wykorzystaniem materiałów:

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

[2.2.] Żurański J., Kilka uwag o projektowaniu zrównoważonym, Zawód architekt 3/2010,

[2.3.] Markiewicz P. ., Kształtowanie architektury, Archi-Plus 2006

[2.4] Normy PN-EN 1990 oraz PN-EN 1991

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

lch@chodor-projekt.net ; www.chodor-projekt.net

1. Ewolucja metod projektowania konstrukcji {1}

Projektowanie konstrukcji przez niemal stulecie ograniczało się do spełnienia **warunków bezpieczeństwa**. Koncepcje bezpieczeństwa ewoluowały: 1) formacja **naprężeń dopuszczalnych**, 2) formacja **globalnego współczynnika bezpieczeństwa**, 3) formacja **stanów granicznych**, czyli częściowych współczynników bezpieczeństwa.

Projektowanie z uwagi na **warunki użyteczności** ma historię kilkudziesięciu lat. Najświeższa jest koncepcja projektowania **na okres użytkowania** - została wprowadzona wraz z Eurokodami. (od lat 80-tych)



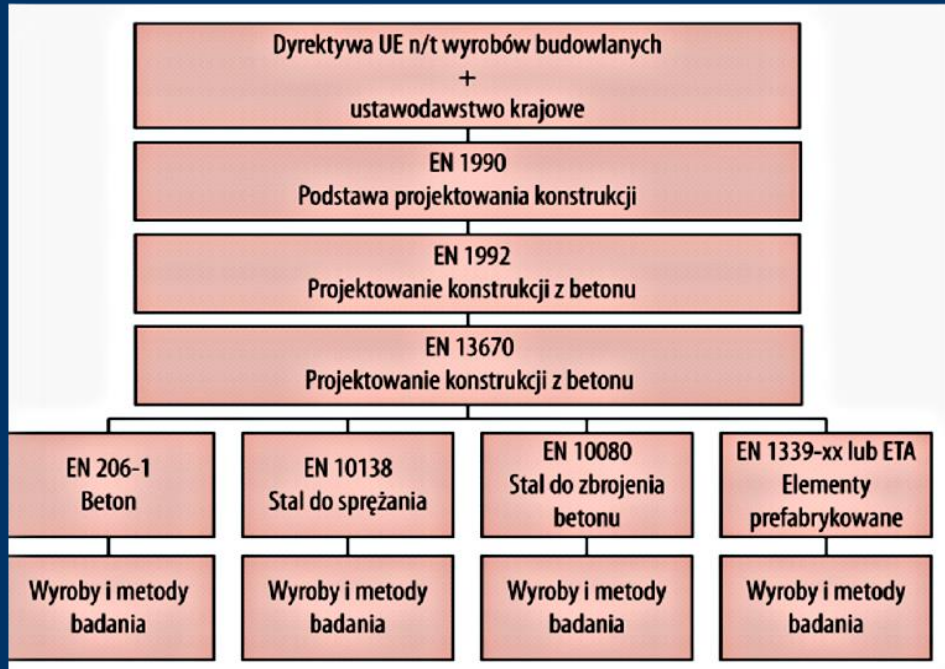
Kompleksowa ujęcie oddziaływań projektu na środowisko

Projektowanie konstrukcji na: 1) nośność, 2) użyteczność, 3) okres użytkowania

Ujęcie w projekcie kompleksowego wpływu na środowisko (przez cały okres życia obiektu)

1. Ewolucja metod projektowania konstrukcji {2}

Założenia przyjęte w Eurokodach



Cztery poziomy podejścia pobabilistycz.

1. **globalny współczynnik bezp.**
2. **częściowe współczynniki bezp.** (aktualna metoda stanów granicznych)
3. **indeks bezp.** Hasofera- Linda β (metoda FORM II poziomu)
4. **pełne podejście probabilistyczne** (nie stosuje się ze względu na brak danych)

Poziomy podejścia probabilistycznego

←Przykład systemu Eurokodów dla konstrukcji żelbetowych

Przyjęto następujące założenia:

- konstrukcje są projektowane przez **wykwalifikowanych projektantów**,
- **nadzór i kontrola jakości** zapewnione są na budowach i wytwórniach,
- obiekty są wznoszone przez **wykwalifikowany personel**,
- konstrukcje będą odpowiednio utrzymywane,
- są spełnione **minimalne wymagania wykonawstwa** (dla betonu EN 13670)

2. Projektowanie zrównoważone {1}

TABELA 1 CHARAKTERYSTYKA POZĄTKOWEGO SKUMULOWANEGO ZUŻYCIA ENERGII WE WSTĘPNYCH ETAPACH CYKLU ŻYCIA TECHNICZNEGO OBIEKTU [3]

Składniki zużycia energii	Konstrukcja z drewna		Konstrukcja stalowa		Konstrukcja betonowa	
	GJ	%	GJ	%	GJ	%
Pozyskanie surowców	406	12	686	8	450	8
Wytwarzanie materiałów	2884	82	7759	90	4723	83
Wznoszenie budynku	225	7	206	2	522	9
Suma	3525	100	8650	100	5695	100
Względem drewna	1,00	-	1,87	-	1,23	-
Wskaźnik zużycia energii [GJ/m ²]	0.76	-	2.45	-	1.62	-

Źródło : [2.2]

LCA (Life Cycle Assessment) - technika zarządzania środowiskiem, służąca analizie cyklu życia produktu, mających na celu ocenę potencjalnych zagrożeń środowiska – ocena nie tylko podsumowania danego procesu technologicznego, ale i konsekwencji tego procesu na środowisko naturalne.
→ (kolejny slajd)

Etapy życia budynku

Zużycie energii zależnie od typu konstrukcji

LCA

2. Projektowanie zrównoważone {2}

Zrównoważone projektowanie

Etapy życia budynku

Wymagania projektowe

← Eksploatacja budynków odpowiada za zużycie ponad 40% całkowitej światowej konsumpcji energii.

Zrównoważone projektowanie: proces projektowania, w którym uwzględnia się zasady zrównoważonego rozwoju, tzn: warunki społeczne (podmiotem jest człowiek), środowisko naturalne, aspekty ekonomiczne.

Zrównoważony rozwój powinien zapewnić spełnienie teraźniejszych potrzeb bez narażania na szwank możliwości spełniania potrzeb przez przyszłe pokolenia.

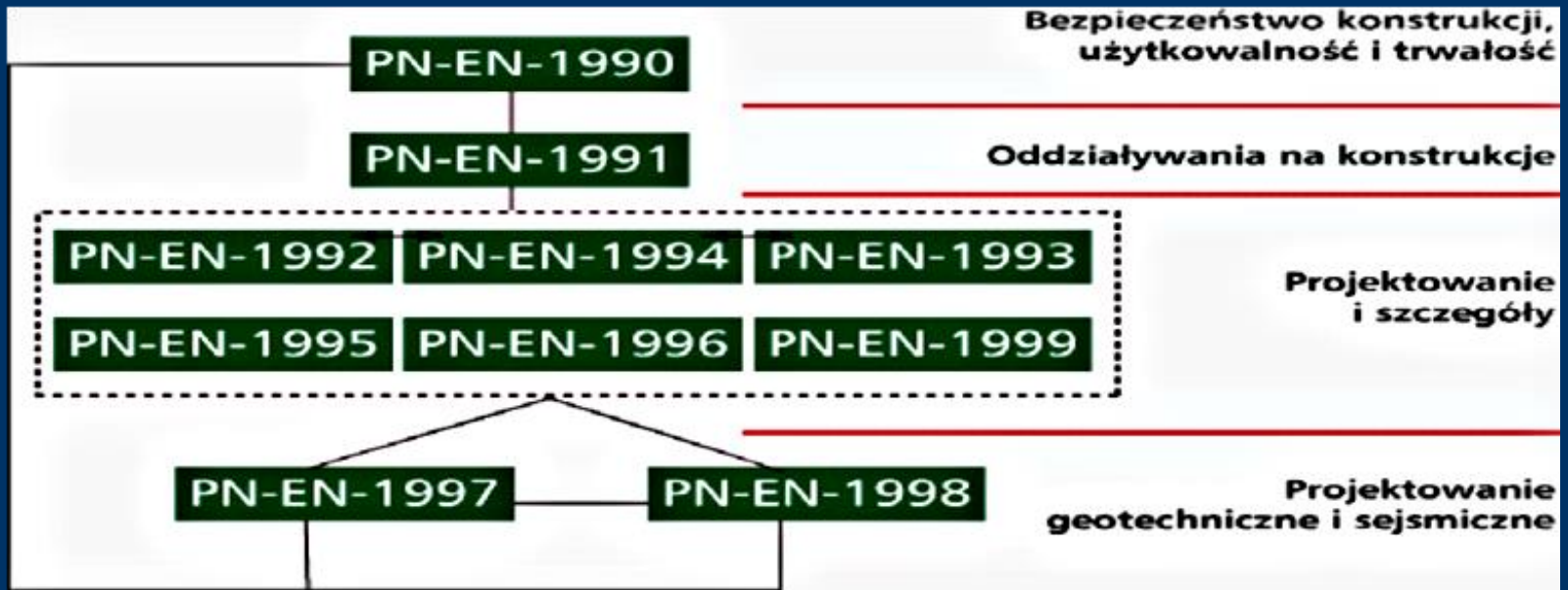
Projektowane powinny uwzględnić wiele kryteriów, w tym wpływ budynku na człowieka oraz środowisko na etapach: wznoszenia, eksploatacji oraz rozbiórki, a także racjonalizację (optymalizację) wybranych rozwiązań.

W projektowaniu winno się spełnić wymagania: funkcjonalności, estetyki, **bezpieczeństwa pożarowego i użytkowego**, a także: zgodność z planem zagospodarowania przestrzennego, zapewnić dostawę mediów oraz spełnić wymogi Prawa Budowlanego, gdzie obok bezpieczeństwa należy zapewnić:

- 1) odpowiednie warunki higieniczne,
- 2) ochronę przed hałasem i drganiami,
- 3) odpowiednią charakterystykę energetyczną oraz racjonalizację użytkowania energii.

3. System Eurokodów {1}

Wzajemne powiązania Eurokodów konstrukcyjnych



PN-EN 1990 – Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji

PN-EN 1991 – Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje

PN-EN 1992 – Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1993 – Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji ze stali

PN-EN 1994 – Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stal- bet

PN-EN 1995 – Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1996 – Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowanych

PN-EN 1997 – Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne

PN-EN 1998 – Eurokod 8: Projektowanie sejsmiczne

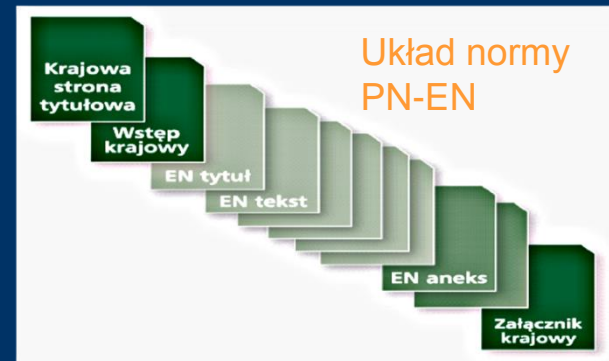
PN-EN 1999 – Eurokod 9: Konstrukcje aluminiowe

3. System Eurokodów {2}

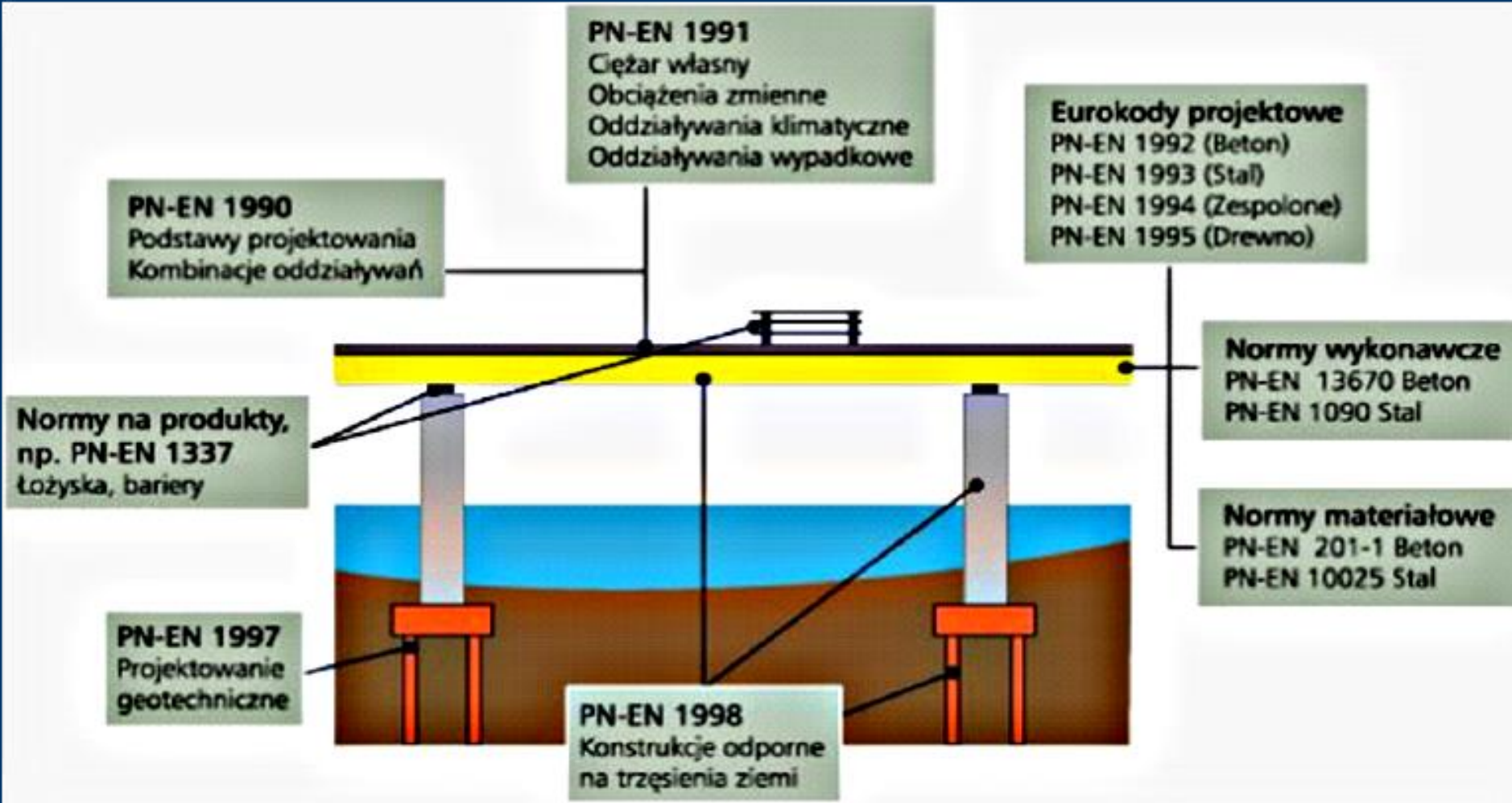
Skąd się wzięły Eurokody? W 1975 r. Komisja Wspólnoty Europejskiej ustaliła program działań w zakresie budownictwa, którego celem było usunięcie przeszkód technicznych w handlu i harmonizacja specyfikacji technicznych.

W ramach tego programu działań Komisja podjęła inicjatywę utworzenia zbioru zharmonizowanych reguł technicznych dotyczących projektowania konstrukcji, które początkowo miałyby służyć jako alternatywne do reguł krajowych obowiązujących w państwach członkowskich. Przez 15 lat Komisja, korzystając z pomocy komitetu wykonawczego złożonego z przedstawicieli państw członkowskich, prowadziła prace nad realizacją programu Eurokodów, co doprowadziło do pierwszej generacji norm europejskich w latach 80. W celu zapewnienia Eurokodom statusu Norm Europejskich (EN) Komisja i państwa członkowskie UE i EFTA zdecydowały w 1989 r. przenieść opracowanie i publikację Eurokodów do CEN.

Zgodnie z międzynarodowymi ustaleniami wszystkie normy europejskie (EN), opracowane przez CEN (Europejski Komitet Normalizacyjny), uzyskały, bez wprowadzania jakichkolwiek zmian, status norm krajowych (PN-EN). Zastąpiły dawne PN od **31 marca 2010**



3. System Eurokodów {3}



System Eurokodów reguluje całość zagadnień konstrukcyjnych

3. System Eurokodów {4}

Eurokody są dokumentami odniesienia:

- 1) do wykazania zgodności konstrukcji z wymaganiami podstawowymi , szczególnie z wymaganiami dotyczącymi nośności i stateczności oraz bezpieczeństwa pożarowego;
- 2) jako podstawa do zawierania umów dotyczących obiektów budowlanych i związanych z nimi usług inżynierskich;
- 3) jako dokument ramowy do opracowania zharmonizowanych specyfikacji technicznych dotyczących wyrobów budowlanych, (europejska aprobata techniczna).

W Eurokodach podano wspólne reguły do powszechnego stosowania przy projektowaniu całych konstrukcji i ich części składowych oraz wyrobów, tak tradycyjnych, jak i innowatorskich. Jeżeli odmienne od zwykłych rodzaje konstrukcji lub zadane w projekcie warunki nie zostały uwzględnione, to Eurokody zezwalają na projektowanie wspomagane badaniami.

W Eurokodach (PN-EN), w odróżnieniu od dotychczasowych norm krajowych (PN), rozróżnia się: **zasady**, które są ustaleniami o charakterze ogólnym, zawierającym wymagania i modele, dla których nie ma alternatywy, oznacza się je literą **P** po numerze akapitu, oraz **reguły** stosowania, zgodne z zasadami i spełniające ich wymagania, przy czym dopuszcza się reguły alternatywne. W tekście PN-EN jest zdecydowanie więcej reguł niż zasad, więc projektant nie jest niewolniczo związany ze wszystkimi zapisami norm.

Eurokody
–
dokumenty
odniesienia

Zasady –
ogólne bez
alternatywy

Reguły
szczegółowe), ale
nie
obowiązujące
bezwzględnie.

4. Wymagania konstrukcyjne {1}

Terminy i
definicje
podstawowe

Obiekt budowlany – wszystko, co zostało zbudowane lub jest wynikiem robót budowlanych

Rodzaj budynku lub budowli inżynierskiej - rodzaj obiektu budowlanego wskazujący jego zamierzone przeznaczenie, np. budynek mieszkalny, ściana oporowa, budynek przemysłowy, most drogowy

Rodzaj konstrukcji - Wskazanie podstawowego materiału konstrukcyjnego , np. konstrukcja żelbetowa, konstrukcja stalowa, drewniana, murowana, zespolona stalowo-betonowa, zespolona betonowo-betonowa

Metoda wykonania – sposób w jaki konstrukcja zostanie wykonany, np. betonowana na miejscu, prefabrykowana, nazywana wspornikowo

Materiał konstrukcyjny – materiał użyty w obiekcie budowlanym, np. beton, stal, drewno, mur

Konstrukcja – uporządkowany zespół połączonych ze sobą części, zaprojektowanych w celu przenoszenia obciążeń i zapewnienia odpowiedniej sztywności

4. Wymagania konstrukcyjne {2}

Terminy i
definicje
podstawowe
cd

Element konstrukcyjny - fizycznie rozróżnialna część konstrukcji, np. słup, belka, płyta, pal fundamentowy,

Typ konstrukcji – typ układu elementów konstrukcyjnych

Ustrój konstrukcyjny – elementy nośne obiektów budowlanych oraz sposób w jaki elementy te ze sobą współpracują

Model obliczeniowy – idealizacja ustroju konstrukcyjnego, stosowana w celu analizy, wymiarowania i weryfikacji

Wykonanie – wszystkie czynności podejmowane w celu fizycznej realizacji obiektu budowlanego, łącznie z zaopatrzeniem, nadzorem i opracowaniem dokumentacji.

Projektowany okres użytkowania - przyjęty w projekcie przedział czasu, w którym konstrukcja lub jej część ma być użytkowana zgodnie z zamierzonym przeznaczeniem i przewidywanym utrzymaniem bez potrzeby większych napraw

Nośność – zdolność konstrukcji lub jej części albo przekroju lub części elementu konstrukcji do przeniesienia oddziaływań bez uszkodzenia mechanicznego, np. nośność na rozciąganie

4 Wymagania konstrukcyjne {3}

Trwałość - Zdolność konstrukcji do utrzymania właściwości użytkowych powyżej zamierzonego poziomu w projektowanym okresie użytkowania z uwzględnieniem wpływów środowiska i przewidywanego poziomu utrzymania.

Użytkowalność - Zdolność konstrukcji do utrzymania funkcji konstrukcji lub jej elementu w warunkach zwykłego użytkowania oraz utrzymania komfortu użytkowników. W kontekście użytkowalności termin „wygląd” ,dotyczy raczej takich kryteriów jak: **duże ugięcia, intensywne rysy, nadmierne drgania** niż „estetyki”

Stany graniczne nośności – stany graniczne dotyczące: bezpieczeństwa ludzi lub bezpieczeństwa konstrukcji

Stany graniczne użytkowalności -przy sprawdzaniu stanów granicznych użytkowalności zaleca się posługiwać się kryteriami dotyczącymi: ugięć wpływających na wygląd, komfort użytkowników lub funkcjonowanie konstrukcji; drgań powodujących dyskomfort ludzi lub ograniczających przydatność użytkową konstrukcji; uszkodzeń wpływających negatywnie na: wygląd, trwałość lub funkcjonowanie konstrukcji.

Stabilność konstrukcji – zdolność do powrotu do stanu równowagi ogólnej po ustaniu czynnika zakłócającego ten stan

4 Wymagania konstrukcyjne {4}

Stateczność konstrukcji – zdolność do przeciwstawiania się czynnikom zakłócającym stabilność.

Rozróżnia się **stateczność ogólną** (całej konstrukcji):

Przesunięcie całej konstrukcji

Obrót całej konstrukcji

Wyparcie hydrostatyczne

Hydrauliczne unoszenie

oraz **stateczność lokalną** (elementu konstrukcji):

Wyboczenie (utrata stateczności elementu ściskanego)

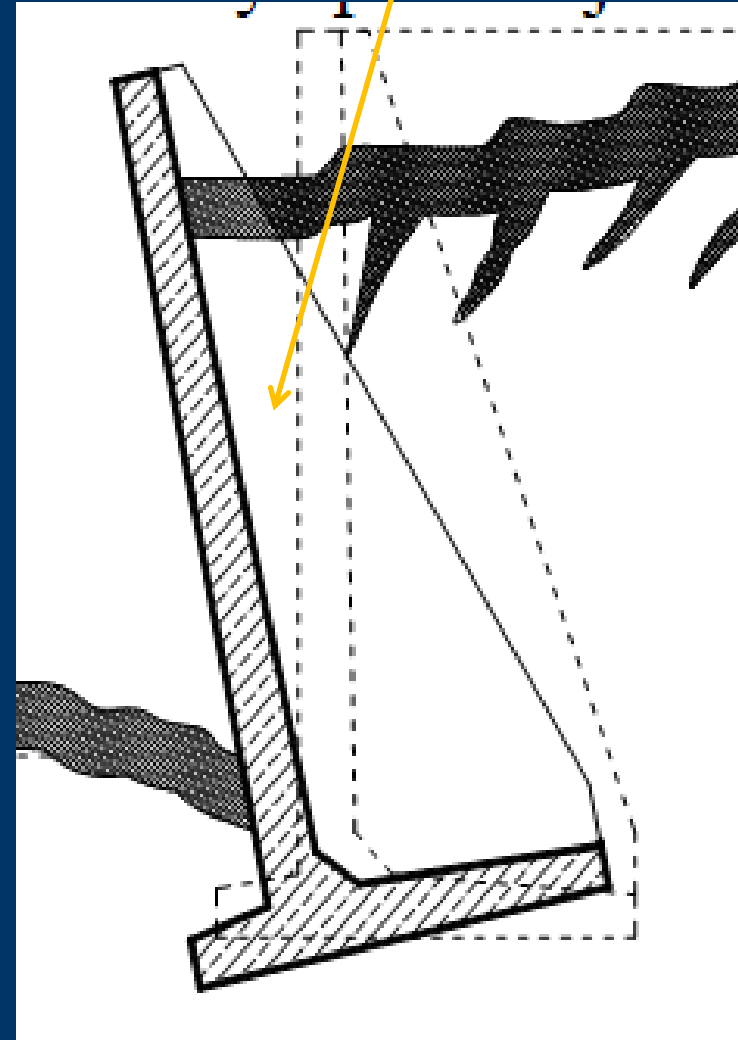
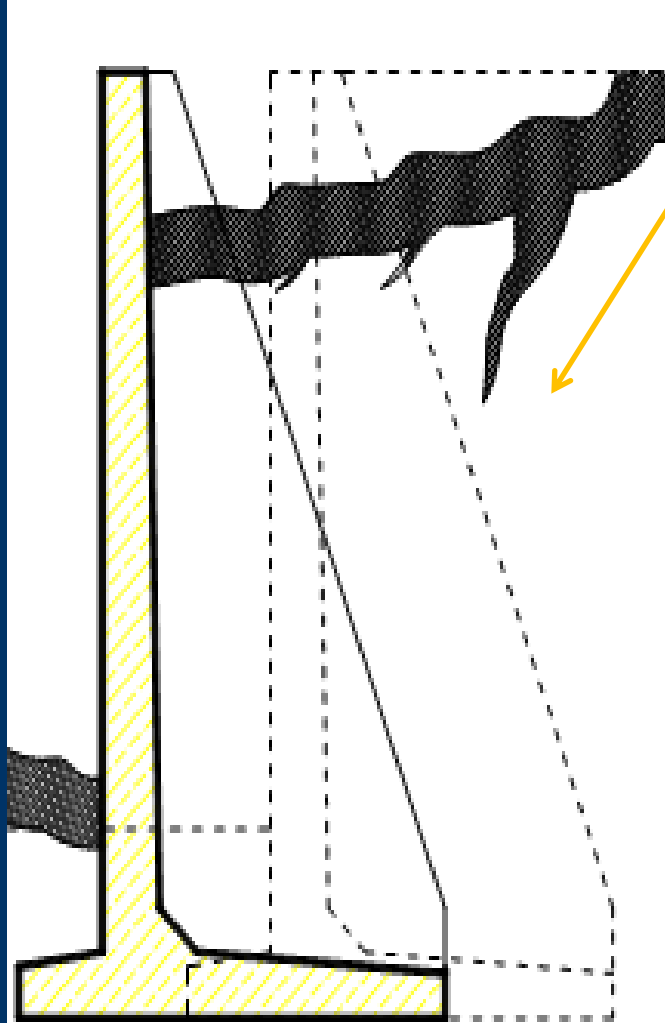
zwichrzenie, (utrata stateczności elementu zginanego)

przeskok węzła (np w kopułach prętowych)

Wybrzuszenie (utrata stateczności płaskich ścianek , np. płyt lub tarcz,

4 Wymagania konstrukcyjne {5}

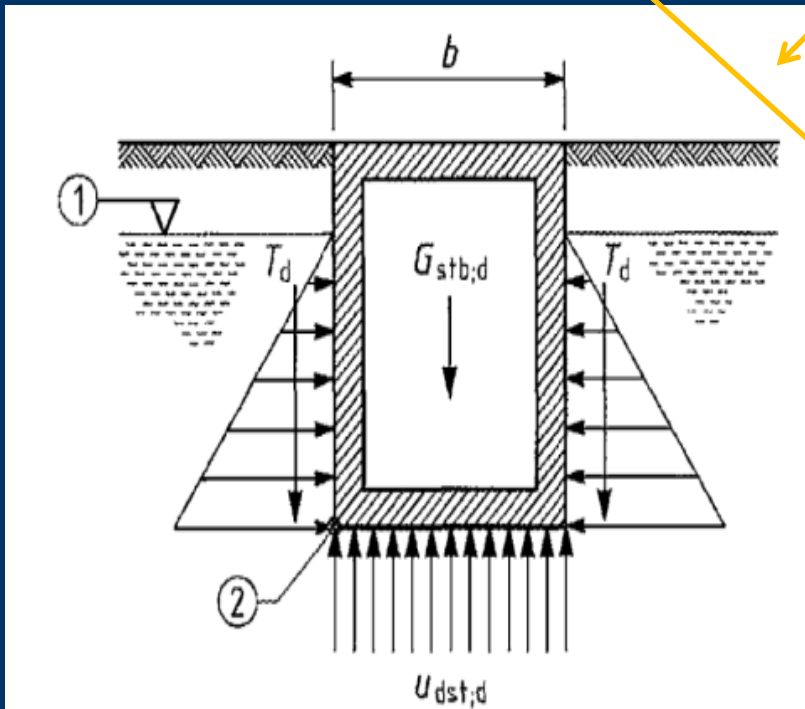
Utrata stateczności ogólnej na skutek: przesunięcia obrotu



Obrót
przesunięcie
konstrukcji

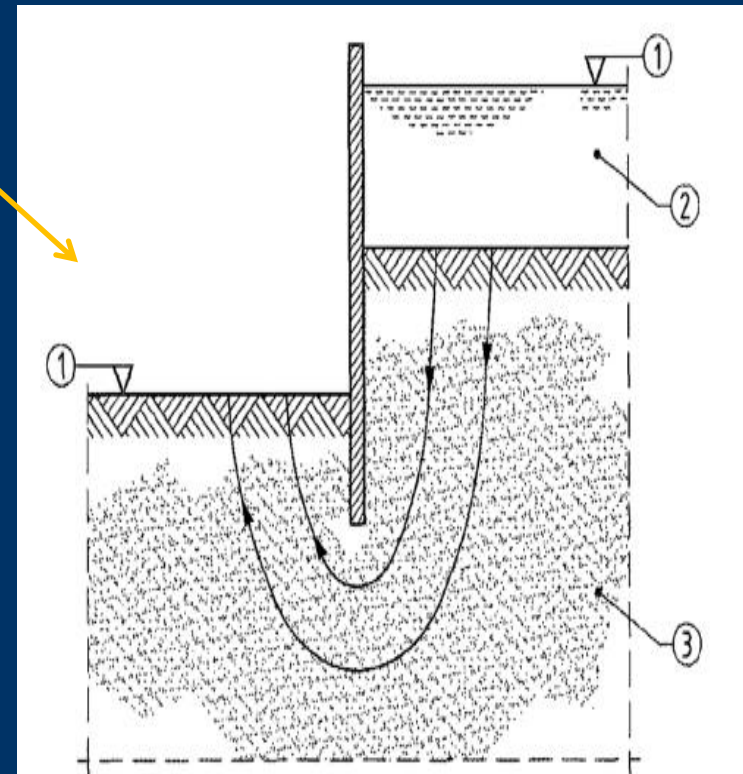
4 Wymagania konstrukcyjne {6}

Utrata stateczności ogólnej na skutek: wyparcia hydrostatycznego
unoszenia hydraulicznego



a) Wyparcie zagłębionej pustej konstrukcji

- 1 zwierciadło wody (gruntowej)
- 2 powierzchnia wodoszczelna



- 1 dno wykopu (po lewej), zwierciadło wody (po prawej)
- 2 woda
- 3 piasek

Wtparcie i
unoszenie

4. Wymagania konstrukcyjne {7} : wg EC0

Wymagania (wg PN-EN 1990)

A Konstrukcję należy zaprojektować w ten sposób, by w zamierzonym czasie użytkowania, z należyтым poziomem niezawodności i bez nadmiernych kosztów:

- Przejmowała wszystkie oddziaływania i wpływy, których pojawienia można oczekiwać podczas wykonania użytkowania
- Pozostała przydatna do przewidzianego użytkowania.

B Konstrukcję należy zaprojektować tak, by jej: 1) **nośność**, 2) **użytkowalność**, 3) **trwałość** była należyta.

C W przypadku **pożaru** nośność konstrukcji powinna być odpowiednia w wymaganym czasie.

D Konstrukcję należy tak zaprojektować, by na skutek zdarzeń, takich jak: **wybuch**, uderzenie, konsekwencje ludzkich błędów - nie została uszkodzona w zakresie nieproporcjonalnym do początkowej przyczyny.

4. Wymagania konstrukcyjne {8} : wg EC0

Wymagania (wg PN-EN 1990) cd

E Możliwości uszkodzenia należy unikać lub ograniczać przez odpowiedni dobór jednego lub kilku następujących zabezpieczeń:

- 1) ograniczenie, wyeliminowanie lub redukcję zagrożenia, na które konstrukcja może być narażona,
- 2) dobór ustroju konstrukcyjnego mało wrażliwego na możliwe zagrożenia,
- 3) Dobór ustroju konstrukcyjnego i takie zwymiarowanie, aby mógł odpowiednio przetrwać utratę na skutek wypadku pojedynczego elementu lub pewnej części konstrukcji.

F Wymagania niezawodności konstrukcji należy zapewnić poprzez:

- 1) projektować zgodnie z normami PN-EN 1990 do 1999 (Eurokod 0 do Eurokod 9),
- 2) odpowiednio wykonać konstrukcję,
- 3) podejmować środki zapewnienia jakości.

4. Wymagania konstrukcyjne {9} : wg EC0

Projektowy okres użytkowania : W wytycznych dla konstruktora należy określić projektowy okres użytkowania (zwykle 50 lat → dalej)

Trwałość: Konstrukcje należy projektować w taki sposób, by zmiany następujące w projektowanym okresie użytkowania z uwzględnieniem wpływów środowiska i przewidywanego poziomu utrzymania, nie obniżały właściwości użytkowych konstrukcji poniżej zamierzonego poziomu.

W celu zapewnienia odpowiedniej trwałości konstrukcji zaleca się uwzględnić: 1) zamierzone użytkowanie konstrukcji, 2) **wymagane kryteria projektowe**, 3) **oczekiwane warunki środowiskowe**, 4) właściwości materiałów i wyrobów, 5) **właściwości gruntu**, 7) **jakość wykonania i poziom kontroli**, 8) zamierzone utrzymanie

4. Wymagania konstrukcyjne {10}

Zalecane, projektowe okresy użytkowania (wg PN-EN 1990):

Kategoria projektowego okresu użytkowania	Orientacyjny projektowy okres użytkowania (lata)	Przykłady
1	10	Konstrukcje tymczasowe ⁽¹⁾
2	od 10 do 25	Wymienialne części konstrukcji np. belki podsuwnicowe, łożyska
3	od 15 do 30	Konstrukcje rolnicze i podobne
4	50	Konstrukcje budynków i inne konstrukcje zwykłe
5	100	Konstrukcje budynków monumentalnych, mosty i inne konstrukcje inżynierskie

⁽¹⁾ Zaleca się, aby konstrukcje lub części konstrukcji, które mogą być demontowane w celu ponownego zmontowania, nie uważać za konstrukcje tymczasowe

4. Wymagania konstrukcyjne {11}

Okres
użytkowania
komponen-
tów

Komponenty (elementy) należy dobierać zależnie od projektowego okresu użytkowania całej konstrukcji, rodzaju komponentu oraz zależnie od kosztów oraz dostępu do wymiany.

Jako zasadę należy przyjąć, że 1) dla **komponentów niedostępnych** lub konstrukcyjnych okres użytkowania komponentu powinien być równy okresowi projektowemu, 2) dla **komponentów nadających się do wymiany** lub wyposażenia budynku można przyjąć okres krótszy (wg tab.1). Dla komponentów łatwych do wymiany można przyjąć okres użytkowania od 3 do 6 lat.

Tablica 1 – Zalecane minimalne projektowe okresy użytkowania komponentów (DLC)

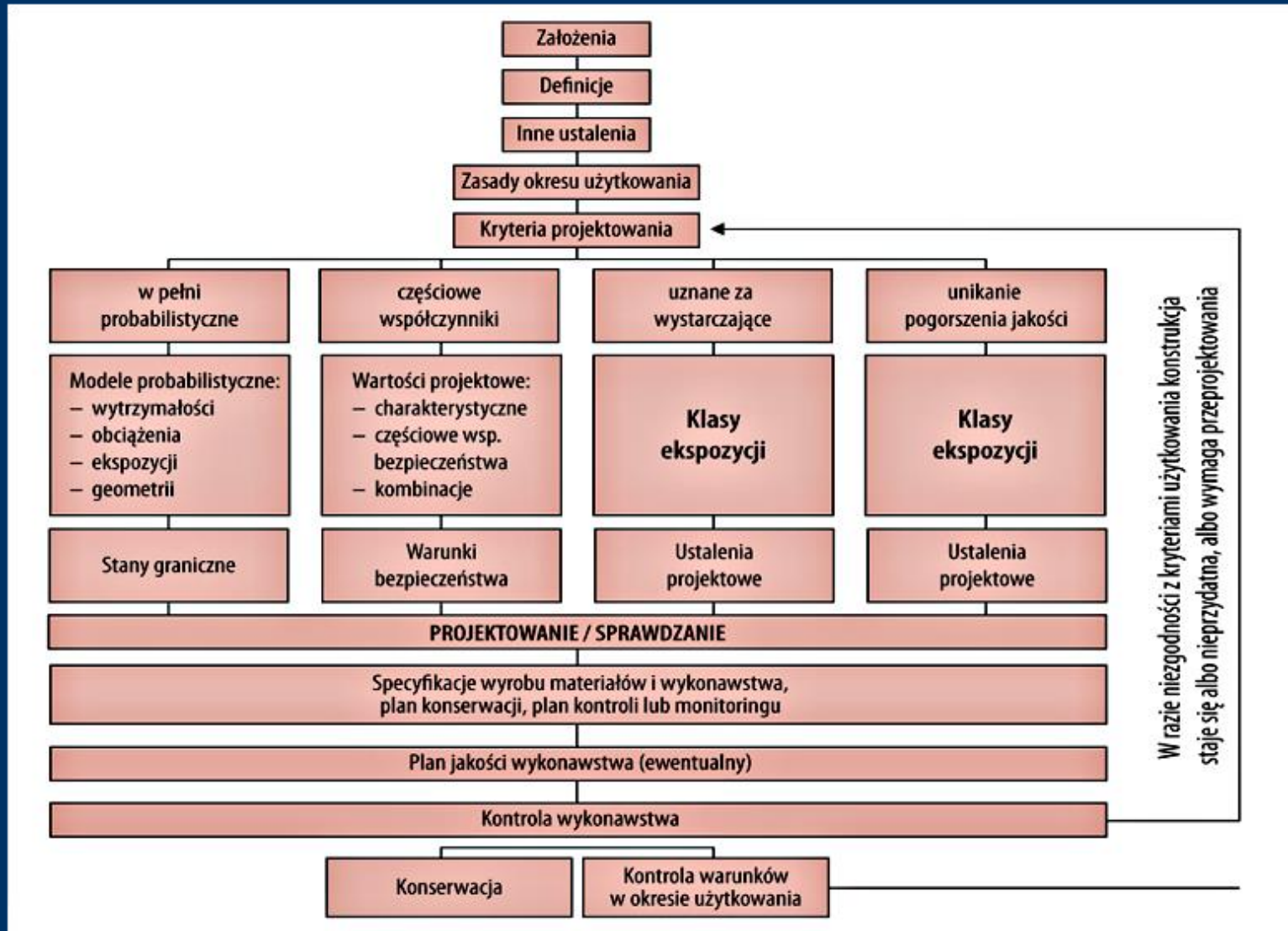
Projektowy okres użytkowania budynku	Komponenty niedostępne lub konstrukcyjne	Komponenty, których wymiana jest kosztowna lub trudna (w tym drenaż)	Komponenty główne nadające się do wymiany	Elementy wyposażenia budynku
Nieograniczony	Nieograniczony	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

UWAGA 1 Komponenty łatwe do wymiany mogą mieć projektowy okres użytkowania od 3 do 6 lat

UWAGA 2 Zaleca się, aby nieograniczony okres użytkowania był stosowany bardzo rzadko, ponieważ znacznie ogranicza rozwiązania projektowe.

5. Projektowanie na okres użytkowania {1}

Kroki decyzyjne w projektowaniu



5. Projektowanie na okres użytkowania {2}

W projekcie należy wyraźnie podać **założony okres projektowy użytkowania**.

Projektowy okres użytkowania jest określony poprzez:

- 1) zdefiniowanie odpowiedniego stanu granicznego,
- 2) okres – liczbę lat
- 3) poziom niezawodności odniesiony do nieprzekroczenia przyjętego stanu granicznego w ustalonym przedziale czasu (indeks niezawodności Beta →)

Na podstawie podanych danych stosunkowo łatwo można określić wymagany okres użytkowania dla stanu granicznego nośności.

Znacznie trudniej (ponieważ mniej mamy obecnie danych) jest określić taki okres w odniesieniu do trwałości obiektu. Trudno ustalić bowiem zmiany konkretnego czynnika na budowlę (konstrukcję) i zmiany w odporności konstrukcji definiowane przez parametry statystyczne : trend i rozkłady statystyczne, co jest wymagane w pełnym podejściu probabilistycznym. Dlatego pełne podejście i określanie procesu projektowania należy jako przyszłość.

5. Projektowanie na okres użytkowania {3}

Zależność między prawdopodobieństwem zniszczenia p_f i indeksem niezawodności Hasofera-Linda β

p_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

Miary niezawodności i współczynniki niezawodności β

Współczynnik β jest przyjętą miarą niezawodności i dla zwykłych warunków (przynależne RC2) i wynosi $\beta = 3,8$ dla okresu odniesienia (okresu trwałości dla konstrukcji, okresu powrotu dla obciążeń) 50 lat.

Ogólnie uważa się, że stosowanie metody współczynników częściowych prowadzi do takiej właśnie niezawodności.

Zróżnicowanie niezawodności różnych konstrukcji powinny w istocie wynikać z analizy optymalizacji socjoekonomicznej, biorąc pod uwagę koszty wzniesienia, remontów oraz koszty ludzkie i ekologiczne

5. Projektowanie na okres użytkowania {4}

Tablica 7. Wartości minimalne współczynnika niezawodności β zalecane w MC SLD dla różnych klas niezawodności konstrukcji żelbetowych zagrożonych korozją zbrojenia

Klasa ekspozycji wg EC2	Opis źródła korozji	Klasa niezawodności	Minimalna wartość β w projektowanym okresie użytkowania, odniesiona do różnych stanów granicznych	
			SGU Depasywacja ¹	SGN Zniszczenie
XC ²	Karbonatyzacja	RC1		3,7 ($P_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1,3 ($P_f \approx 10^{-1}$)	4,2 ($P_f \approx 10^{-5}$)
		RC3 ²⁴		4,4 ($P_f \approx 10^{-6}$)
XD ²	Odmrażanie solą	RC1		3,7 ($P_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1,3 ($P_f \approx 10^{-1}$)	4,2 ($P_f \approx 10^{-5}$)
		RC3		4,4 ($P_f \approx 10^{-6}$)
XS ²	Woda morską	RC1		3,7 ($P_f \approx 10^{-4}$)
		RC2	1,3 ($P_f \approx 10^{-1}$)	4,2 ($P_f \approx 10^{-5}$)
		RC3		4,4 ($P_f \approx 10^{-6}$)

¹ Depasywacja zbrojenia przy powierzchni w fragmentach wystawionych na projektowane warunki środowiskowe

² Wystarczająca obecność wilgoci i tlenu do występowania procesu korozji

Klasy niezawodności

Współczynniki niezawodności dla konstrukcji żelbetowych

5. Projektowanie na okres użytkowania {5}

Tablica 3. Klasy konsekwencji (CC)

Klasa konsekwencji	Opis	Przykłady budynków
CC3 przynależna do RC3	Wysokie ryzyko utraty życia albo bardzo wysokie straty ekonomiczne, społeczne lub środowiskowe	Trybuny, budynki publiczne, w których konsekwencje zniszczenia są poważne (np. sale koncertowe)
CC2 przynależna do RC2	Średnie ryzyko utraty życia albo znaczące straty ekonomiczne lub środowiskowe	Budynki mieszkalne i biurowe, budynki publiczne, w których konsekwencje zniszczenia są średnie
CC1 przynależna do RC1	Niskie ryzyko utraty życia, a skutki ekonomiczne, społeczne lub środowiskowe są małe lub pomijalne	Budynki rolnicze, gdzie ludzie rzadko wchodzi (np. obiekty magazynowe); szklarnie

25

5. Projektowanie na okres użytkowania {6}

Klasy
poziomu
sprawdzania
projektu

Tablica 4. Klasy poziomu sprawdzania projektu (DSL)

Klasa poziomu sprawdzania projektów	Charakterystyka	Minimalne zalecane wymagania przy sprawdzaniu obliczeń, rysunków i specyfikacji
DSL3 przynależna do RC3	Nasilone sprawdzanie	Sprawdzanie przez stronę trzecią. Sprawdzanie prowadzone przez organizację inną od tej, która wykonała projekt
DSL2 przynależna do RC2	Normalne sprawdzanie	Sprawdzanie prowadzone przez inną osobę od tej, która była odpowiedzialna za projekt i zgodnie z procedurami przyjętymi w organizacji
DSL1 przynależna do RC1	Normalne sprawdzanie	Własne sprawdzanie. Sprawdzanie prowadzone przez tę samą osobę, która przygotowała projekt

5. Projektowanie na okres użytkowania {7}

Tablica 5. Klasy wykonawstwa (EXC)

Klasa wykonawstwa	Charakterystyka	Wymagania
EXC3 przynależna do RC3	Nasilony nadzór	Nadzór trzeciej strony
EXC2 przynależna do RC2	Normalny nadzór	Nadzór stosowny do procedur obowiązujących w organizacji wykonawcy
EXC1 przynależna do RC1	Normalny nadzór	Własny nadzór wykonawcy

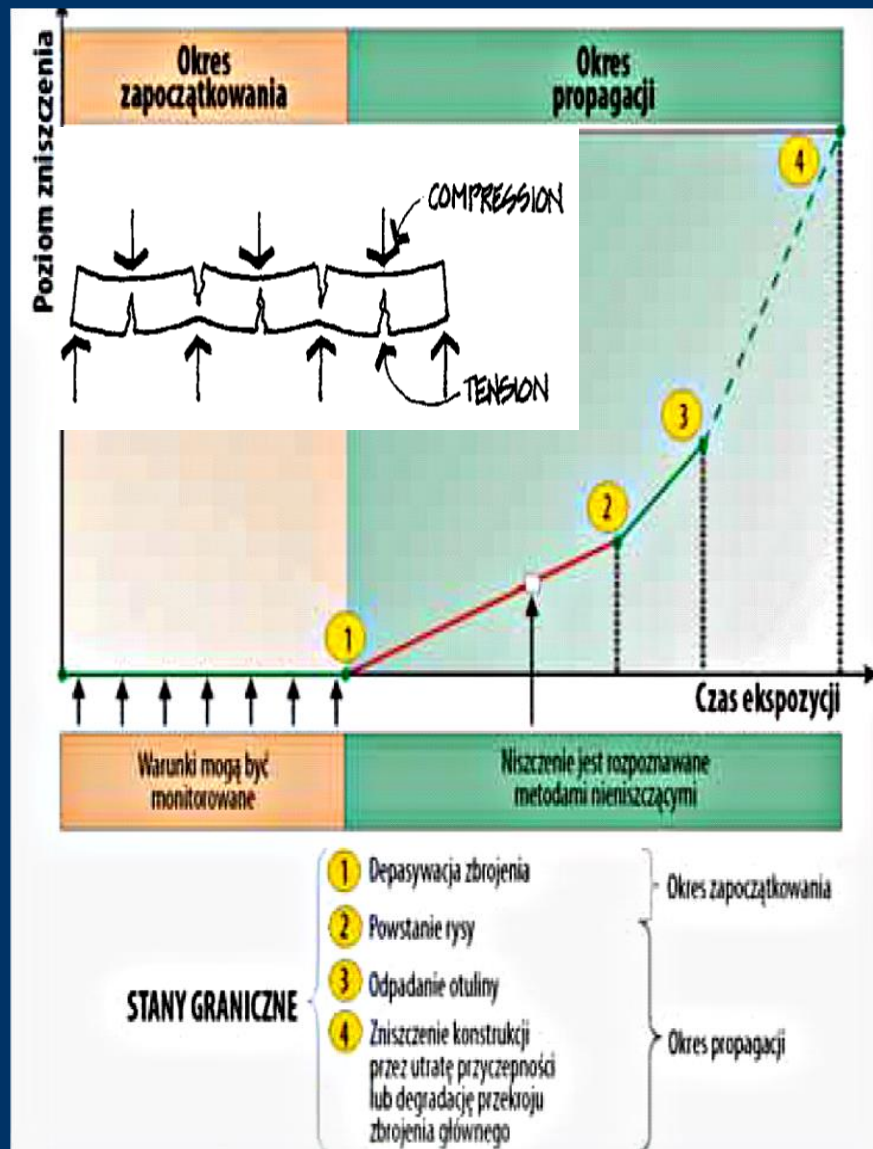
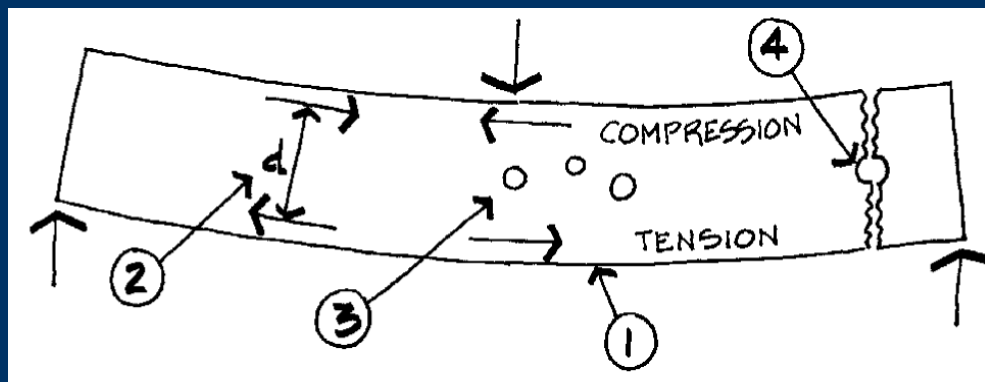
5. Projektowanie na okres użytkowania {8}

Projektowanie konstrukcji żelbetowych na trwałość

Ścieżka degradacji żelbetu

Podstawowy problem trwałości konstrukcji żelbetowych dotyczy korozji zbrojenia.

Okres możliwego użytkowania konstrukcji zależy od długości okresu zapoczątkowania i długości okresu propagacji rys. → Pośrednie stany graniczne (1) do (3) prowadzą w rezultacie do zniszczenia (4). Wykres → Nazywa się ścieżką degradacji



6 Obciążenia {1}

Podstawy projektowania konstrukcji - PN-EN 1990 (Eurokod 0)

→ Reguły ustalania kombinacji obciążeń

Oddziaływania na konstrukcje - PN-EN 1991 (Eurokod 1) – zespół dotyczący poszczególnych obciążeń:

Część:

1: Oddziaływania ogólne – PN-EN 1991-1:

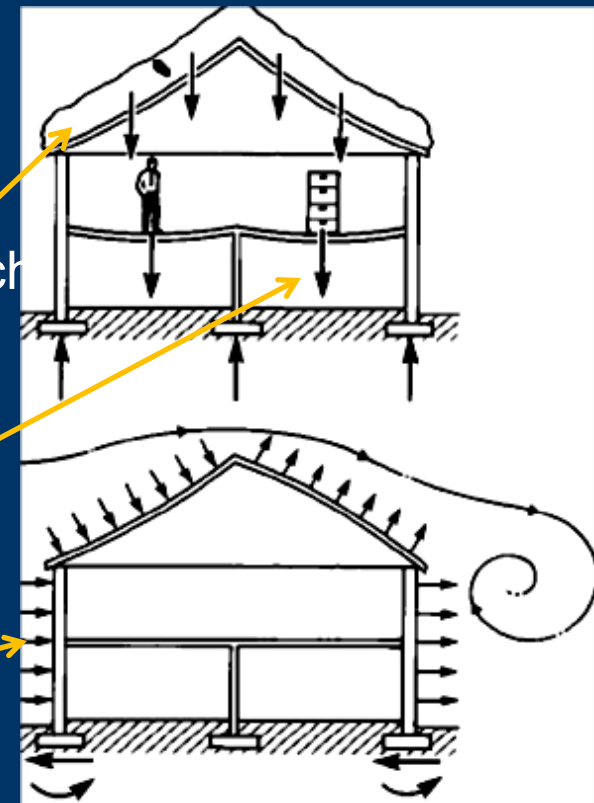
1-1: ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach

1-2: oddziaływania w warunkach pożaru

1-3: obciążenie śniegiem

1-4: oddziaływania wiatru

1-5: oddziaływania termiczne



.... →

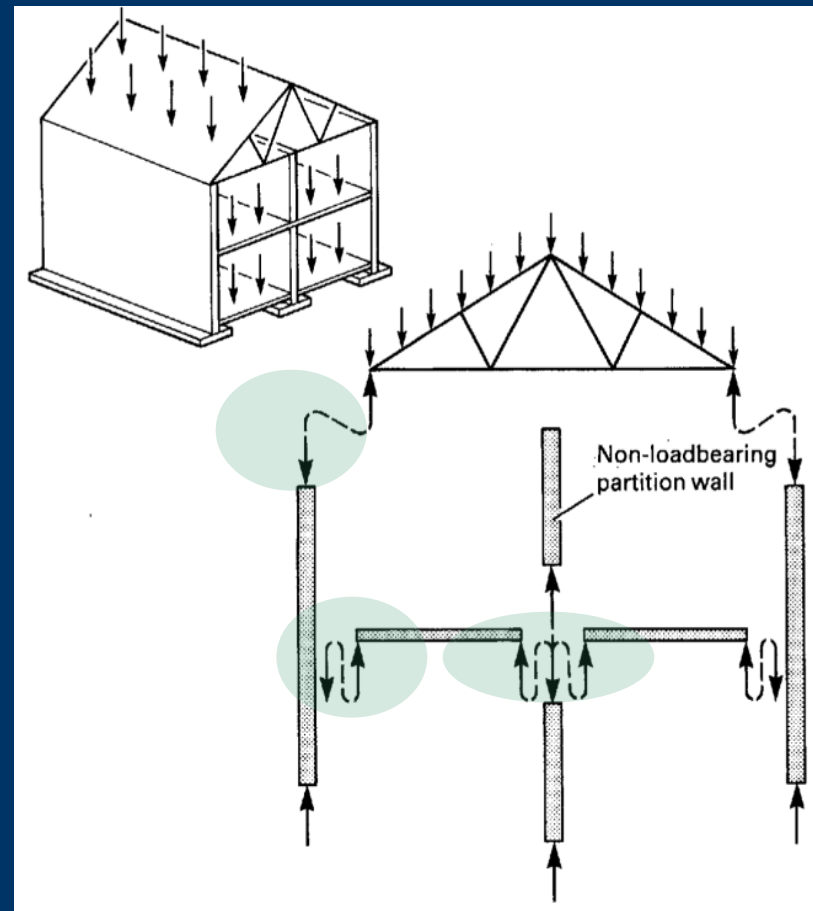
6 Obciążenia {2}

Zespół norm
„obciążenia
wycy”

Schemat
przekazywa
nia obciążeń

- 1-6: oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji
- 1-7: oddziaływania wyjątkowe
- 2: obciążenia ruchome mostów
- 3: oddziaływania wywołane przez pracę dźwigów i maszyn
- 4: Silosy i zbiorniki

Uwaga: Eurokod 0 definiuje współczynniki i kombinacje wszystkich obciążeń



Schemat **przekazywania**
obciążeń w budynku

6 Obciążenia {3}

Znaczenie
norm
oddziaływań
dla
Architekta

Dla Architekta szczególnie istotna jest znajomość systematyki i wartości obciążeń 1991-1-1, ponieważ powinien wydać precyzyjne wytyczne dla konstruktora →.

Przy definiowaniu obciążeń klimatycznych istotny jest kształt bryły budowli, ale także uwarunkowania i kształt terenu (... Architekt)

W przypadku infrastruktury zewnętrznej (kładek, przepustów itd. ważne może być również 1991-2.

Ze względu na wagę problemów p-poż. 1991-1-2

Nieco mniej istotna w zwykłych sytuacjach jest natomiast dla Architekta 1991-3 oraz 1991-4

6. Obciążenia {4} : PN-EN 1991-1-1

PN-EN 1991-1-1 ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach

- **Ciężar własny obiektu** obejmuje elementy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne, łącznie z umiejscowionymi urządzeniami, jak również ciężarem ziemi i balastu.
- Elementy niekonstrukcyjne są to najczęściej: 1) pokrycia dachowe, 2) nawierzchnie i posadzki, 3) ściany działowe i obudowy, 4) poręcze, bariery ochronne, 5) ogrodzenia i krawężniki, 6) okładziny ścienne, 7) sufity podwieszane, 8) izolacje cieplne, 9) wyposażenie mostów, 6) instalacje umiejscowione.
- Instalacje umiejscowione obejmują: 1) wyposażenie wind i schodów ruchomych, 2) urządzenia ogrzewcze, 3) wentylacyjne i klimatyzacyjne, 4) urządzenia elektryczne;, 5) rurociągi bez ich zawartości, 6) rury na kable i przewody.
- Obciążenia przenośnymi ścianami działowymi należy uważać za obciążenia użytkowe,

Ciężar własny:
elementy niekonstrukcyjne
i instalacje umiejscowione

6. Obciążenia {5} : PN-EN 1991-1-1

Wytyczne
Architekta
dla
pozostałych
branż

Architekt jako wytyczne dla innych branż w zakresie obciążeń stałych i części obciążenia użytkowego od przenośnych elementów

podaje na rysunkach, a w wyjątkowych przypadkach w specyfikacji (opisie):

1. **wymiary nominalne** elementów niekonstrukcyjnych
 2. **rodzaje/nazwę**. Jeśli materiał nie jest wymieniony w PN-EN 1991, to powinien podać również parametry umożliwiające oszacowanie nominalnej masy (masa/ciężar objętościowy)
 3. możliwe w czasie użytkowania **zmiany wartości** (w tym wilgotności i grubości) elementów, a także ich lokalizacji, a także przewidywanych zmian aranżacji lub technologii lub etapowania.
- W przypadku elementów takich, jak podłogi, fasady i sufity, windy i wyposażenie budynków - można przyjąć dane dostarczone przez producenta.

6. Obciążenia {6} : PN-EN 1991-1-1 stałe

- Wartości charakterystyczne ciężaru własnego, wymiarów i ciężarów objętościowych należy określać zgodnie z PN-EN 1990.
- Zaleca się, aby nominalne wymiary były wymiarami podawanymi na rysunkach.
- Przy określaniu efektów ciężaru własnego od przenośnych ścian działowych, należy stosować ekwiwalentne obciążenie równomiernie rozłożone, dodawane do obciążenia użytkowego. Obciążenia pozostałymi ścianami w tym działowymi należy uważać jako stałe, umiejscowione.
- Obciążenie gruntem dachów należy uważać za obciążenie stałe
- Zaleca się uwzględnianie górnej i dolnej wartości charakterystycznej ciężarów własnych kabli, rurociągów i przejść kontrolnych. Jeśli nie postanowiono inaczej, zaleca się przyjęcie odchylenia od wartości średniej ciężaru własnego $\pm 20 \%$.

Zalecenia
dla
elementów
niekonstrukcyjnych

6. Obciążenia {7} : PN-EN 1991-1-1 stałe

Załącznik A
Tabele ciężarów materiałów

PN-EN 1991-1-1 Załącznik A:

Tablice nominalnych ciężarów objętościowych materiałów budowlanych oraz nominalnych ciężarów objętościowych i kątów tarcia wewnętrznego.

Tablica A.1 - Materiały budowlane - beton i zaprawa, np.: beton zwykły 24 kN/m³, zaprawa cem-wap. 18-20 kN/m³

Tablica A.2 - Materiały budowlane – murowe, np.: cegła PN-EN 771-1 do 5

Tablica A.3 - Materiały budowlane – drewno, np: drewno klasy C30 4,6 kN/m³

Tablica A.4 - Materiały budowlane – metale, np: stal od 77,0 do 78,5 kN/m³

Tablica A.5 - Materiały budowlane – inne : tylko: szkło, materiały sztuczne (niewiele)

Tablica A.6 - Materiały mostowe;

Tablica A.x - Materiały składowane: budowlane i konstrukcyjne (np. kruszywa, gips)

Tablica A.8 - Materiały składowane – rolnicze,

Tablica A.9 - Materiały składowane - żywność

Tablica A.10 - Materiały składowane - płyny

Tablica A.11 - Materiały składowane - paliwa stałe

Tablica A.12 - Materiały składowane – przemysłowe i ogólne

6. Obciążenia {8} : PN-EN 1991-1-1 stałe

Załącznik B

Bariery i ściany na parkingach

PN-EN 1991-1-1 Załącznik B Bariery i ściany ograniczające na parkingach samochodowych

ściany działowe - ściany nie przenoszące obciążeń

ściany przestawne - ściany, które mogą być przesuwane po podłodze, mogą być dodawane, usuwane lub wznoszone w innym miejscu

6. Obciążenia {10} PN-EN 1991-1-1 użytkowe

Obciążenia użytkowe

Obciążenia użytkowe w budynkach są obciążeniami wynikającymi z użytkowania budynków. Obejmują:

- 1) zwykłe użytkowanie przez **ludzi**;
- 2) **meble i przedmioty przestawne** (np. przestawne ściany działowe, przedmioty składowane, zawartość pojemników);
- 3) **pojazdy** ;
- 4) przewidywane **rzadkie zdarzenia**, jak koncentracja ludzi lub sprzętu, przestawiania lub gromadzenie przedmiotów, które mogą wystąpić w czasie reorganizacji lub zmiany dekoracji.

W celu określenia obciążeń użytkowych, zaleca się podział powierzchni stropów i dachów w budynkach na kategorie użytkowania. →

6. Obciążenia {11} PN-EN 1991-1-1 stropy

Obciążenia
użytkowe -
stropy

Obciążenia użytkowe Stropy, belki i dachy

- (1) W obliczeniach konstrukcji stropów, oddziaływania w obrębie jednej kondygnacji powinny być uwzględniane jako oddziaływania swobodne na najbardziej niekorzystnej części powierzchni wpływu.
- (2) Jeśli występują obciążenia innych kondygnacji, mogą być one przyjmowane jako obciążenia równomiernie rozłożone (oddziaływania nieswobodne).
- (3) W celu zapewnienia minimalnej nośności lokalnej konstrukcji stropu należy przeprowadzić oddzielne sprawdzenie pod obciążeniem skupionym, które, jeśli nie stwierdzono inaczej, nie powinno być łączone z obciążeniami równomiernie rozłożonymi lub z innymi oddziaływaniami zmiennymi.
- (4) Obciążenia użytkowe jednej kategorii mogą być zredukowane z uwagi na powierzchnię podpartą przez odpowiedni element konstrukcyjny, za pomocą współczynnika redukcji U_A .

6. Obciążenia {11} PN-EN 1991-1-1 słupy, ściany

Słupy i ściany

- (1) W obliczeniach słupów lub ścian przejmujących obciążenie z kilku kondygnacji, zaleca się przyjęcie, że całkowite obciążenie użytkowe na stropie każdej kondygnacji jest równomiernie rozłożone.
- (2) Jeśli obciążenia użytkowe z kilku kondygnacji działają na słup lub ścianę, to całkowite obciążenie użytkowe może być zredukowane

za pomocą współczynników [wg 6.3.1.2 PN-EN 1991-1-1]:

- a) w zależności od powierzchni stropu
gdzie: $A_0=10 \text{ m}^2$,
A- powierzchnia obciążenia

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

- b) w zależności od liczby kondygnacji
gdzie: $n>2$ liczba kondygnacji

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \psi_0}{n}$$

ψ_0

Współczynnik kombinacyjny = 0,7 dla powierzchni stropów poza magazynami i dachami

6. Obciążenia {12} PN-EN 1991-1-1 **kategorie użytkowania**

Kategorie użytkowania powierzchni mieszkalne, socjalne, handlowe, administracyjne

Kategoria	Specyficzne zastosowanie	Przykład
A	Powierzchnie mieszkalne	Pokoje w budynkach mieszkalnych i w domach, pokoje i sale w szpitalach, sypialnie w hotelach i na stacjach, kuchnie i toalety
B	Powierzchnie biurowe	
C	Powierzchnie, na których mogą gromadzić się ludzie (z wyłączeniem powierzchni określonych wg kategorii A, B i D ¹⁾)	<p>C1: Powierzchnie ze stołami itd., np. powierzchnie w szkołach, kawiarniach, restauracjach, stołówkach, czytelnich, recepcjach.</p> <p>C2: Powierzchnie z zamocowanymi siedzeniami, np. w kościołach, teatrach, kinach, salach konferencyjnych, salach wykładowych, salach zebrań, poczekalniach, poczekalniach dworcowych.</p> <p>C3: Powierzchnie bez przeszkód utrudniających poruszanie się ludzi, np. powierzchnie w muzeach, salach wystaw itd., oraz powierzchnie ogólnie dostępne w budynkach publicznych i administracyjnych, hotelach, szpitalach, podjazdach kolejowych.</p> <p>C4: Powierzchnie, na których jest możliwa aktywność fizyczna np. sale tańców, sale gimnastyczne, sceny.</p> <p>C5: Powierzchnie ogólnie dostępne dla tłumu, np. w budynkach użyteczności publicznej takich jak sale koncertowe, sale sportowe łącznie z trybunami, tarasy oraz powierzchnie dojazdów i perony kolejowe.</p>
D	Powierzchnie handlowe	<p>D1: Powierzchnie w sklepach sprzedaży detalicznej.</p> <p>D2: Powierzchnie w domach towarowych.</p>

¹⁾ Zwraca się uwagę na punkt 6.3.1.1(2), w szczególności w odniesieniu do C4 i C5. Jeśli wymagają uwzględnienia efekty dynamiczne, patrz EN 1990. W przypadku kategorii E, patrz tablica 6.3.

UWAGA 1 W zależności od przewidywanego zastosowania, powierzchnie kategorii C2, C3, C4 mogą być zaliczone do kategorii C5 na podstawie decyzji zleceniodawcy i/lub na podstawie załącznika krajowego.

UWAGA 2 Załącznik krajowy może ustalać podkategorie A, B, C1 do C5, D1 i D2

UWAGA 3 W odniesieniu do powierzchni składowania i działalności przemysłowej, patrz 6.3.2

6. Obciążenia {13} PN-EN 1991-1-1 **kategorie użytkowania**

Kategorie
użytkowania
stropów
przemysłowych
i ruchu

Tablica 6.3 – Kategorie składowania i użytkowania przemysłowego

Kategoria	Rodzaj użytkowania	Przykład
E1	Powierzchnie, na których mogą być gromadzone towary, łącznie z powierzchniami dostępu	Powierzchnie składowania, z włączeniem składowania książek i innych dokumentów
E2	Użytkowanie przemysłowe	

Tablica 6.7 – Powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach

Kategorie powierzchni ruchu	Sposób użytkowania	Przykłady
F	Powierzchnie ruchu i parkowania dla pojazdów lekkich (≤ 30 kN ciężaru brutto, z liczbą miejsc ≤ 8 poza kierowcą)	garaże; powierzchnie ruchu i parkowania w budynkach
G	Powierzchnie ruchu i parkowania dla pojazdów średnich (≥ 30 kN, ≤ 160 kN całkowitego ciężaru pojazdu na dwóch osiach)	drogi dostępu; strefy dostaw, strefy dostępne dla wozów straży pożarnej (≤ 160 kN całkowitego ciężaru pojazdu)

UWAGA 1 Zaleca się ograniczanie dostępu do powierzchni zaliczonych do kategorii F za pomocą ograniczników wbudowanych w konstrukcję.

UWAGA 2 Zaleca się oznakowanie powierzchni zaliczonych do kategorii F i G odpowiednimi znakami ostrzegawczymi.

Niezależnie od klasyfikacji powierzchni, należy uwzględniać efekty dynamiczne w przypadkach, w których przewiduje się, że sposób użytkowania będzie powodował znaczny wpływ tych efektów

6. Obciążenia {14} PN-EN 1991-1-1 **kategorie użytkowania**

Kategorie
użytkowania
dachów

Tablica 6.9 – Kategorie dachów

Kategoria obciążonej powierzchni	Sposób użytkowania
H	Dachy bez dostępu, z wyjątkiem zwykłego utrzymania i napraw
I	Dachy z dostępem, użytkowane zgodnie z kategoriami A do D
K	Dachy z dostępem z przeznaczeniem do specjalnych usług, takich jak powierzchnie lądowania helikopterów

Dachy dzieli się odpowiednio do ich dostępności, według trzech kategorii. **Kategorię dachu określa Architekt**

Niezależnie od klasyfikacji powierzchni, należy uwzględniać efekty dynamiczne w przypadkach, w których przewiduje się, że sposób użytkowania będzie powodował znaczny wpływ tych efektów,

a także należy uwzględnić działanie nie tylko zastępczego obciążenia rozłożonego, ale również skupionego

6. Obciążenia {15} PN-EN 1991-1-1 obciążenie powierzchni

Obciążenia
stropów

Przedział obciążeń charakterystycznych

Kategorie obciążonych powierzchni	q_k [kN/m ²]	Q_k [KN]
Kategoria A – Stropy – Schody – Balkony	od 1,5 do <u>2,0</u> od <u>2,0</u> do 4,0 od <u>2,5</u> do 4,0	od <u>2,0</u> do 3,0 od <u>2,0</u> do 4,0 od <u>2,0</u> do 3,0
Kategoria B	od 2,0 do <u>3,0</u>	od 1,5 do <u>4,5</u>
Kategoria C – C1 – C2 – C3 – C4 – C5	od 2,0 do <u>3,0</u> od 3,0 do <u>4,0</u> od 3,0 do <u>5,0</u> od 4,5 do <u>5,0</u> od <u>5,0</u> do 7,5	od 3,0 do <u>4,0</u> od 2,5 do 7,0 (<u>4,0</u>) od <u>4,0</u> do 7,0 od 3,5 do <u>7,0</u> od 3,5 do <u>4,5</u>
Kategoria D – D1 – D2	od <u>4,0</u> do 5,0 od 4,0 do <u>5,0</u>	od 3,5 do 7,0 (<u>4,0</u>) od 3,5 do <u>7,0</u>

Wartości zalecane podkreślono. Architekt w uzgodnieniu z technologiem określa wytyczne wartości obciążeń, jeśli wymagane są większe od zalecanych (podkreślone)

6. Obciążenia {16} PN-EN 1991-1-1 obciążenie powierzchni

Tablica 6.4 – Obciążenia stropów od składowania

Kategorie powierzchni	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategoria E1	7,5	7,0

Kategoria E1 dotyczy powierzchni składowania materiałów z wyjątkiem książek.

Kategoria E2 to pomieszczenia przemysłowe dla których należy robić ustalenia indywidualnie

W sprawdzieniach lokalnych zaleca się uwzględnianie obciążenia skupionego Q_k . Obciążenie skupione należy uważać za działające w dowolnym punkcie stropu, balkonu lub schodów na powierzchni o kształcie odpowiednim do użytkowania i rodzaju stropu.

6. Obciążenia {17} PN-EN 1991-1-1 obciążenie garaży

Obciążenia
garaży

Tablica 6.8 – Obciążenia użytkowe garaży i powierzchni ruchu pojazdów

Kategorie powierzchni ruchu	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategoria F Ciężar całkowity pojazdu ≤ 30 kN	q_k	Q_k
Kategoria G 30 kN < ciężar całkowity pojazdu ≤ 160 kN	5,0	Q_k

UWAGA 1 Dla kategorii F, q_k może być wybrane z zakresu wartości od 1,5 do 2,5 [kN/m²], a Q_k z zakresu od 10 do 20 kN.

UWAGA 2. Dla kategorii G, Q_k może być wybrane z zakresu 40 do 90 kN.

UWAGA 3. Wartości podane w uwagach 1 i 2 mogą być określone w załączniku krajowym.

Wartości zalecane są podkreślone.

Jeśli konstrukcja stropu pozwala na poprzeczny rozdział obciążeń, zaleca się, aby ciężar własny przestawnych ścian działowych, był uwzględniany jako obciążenie równomiernie rozłożone q_k i dodawany do obciążeń użytkowych ustalonych wcześniej. Tak określona wartość obciążenia równomiernie rozłożonego zależy od ciężaru własnego ścian działowych wynosi:

- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym: $\leq 1,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 0,50$ kN/m²;
- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym: $\leq 2,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 0,8$ kN/m²;
- w przypadku przenośnych ścian działowych o ciężarze własnym: $\leq 3,0$ kN/m długości ściany: $q_k = 1,2$ kN/m²

Obciążenia
ściankami
działowymi

6. Obciążenia {18} PN-EN 1991-1-1 obciążenie garaży

Obciążenia
garaży

Uwzględnić należy również obciążenia skupione od kół pojazdów

Zaleca się, aby obciążenia od urządzeń specjalnych do utrzymania budynków były modelowane jako obciążenia

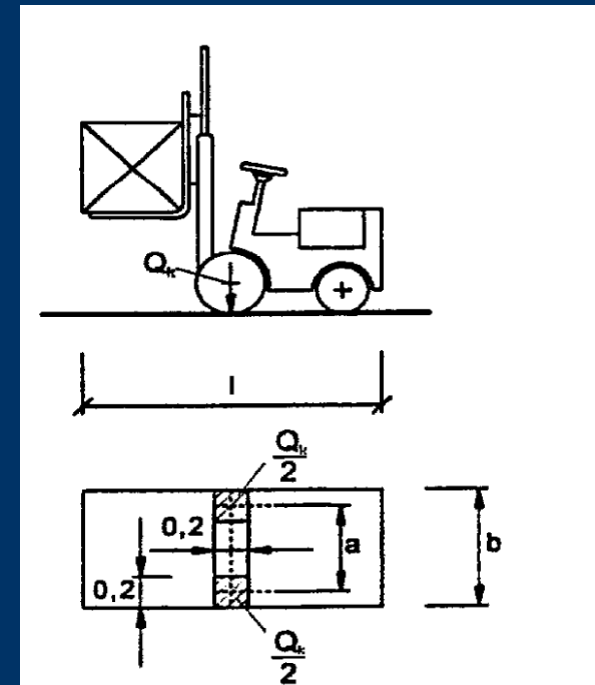
od pojazdów transportowych . Zaleca się, aby układ tych obciążeń łącznie z właściwymi do obliczeń wymiarami, był określany indywidualnie. → określa Architekt wraz z Technologiem

Zaleca się, aby cięższe ściany działowe były projektowane z uwzględnieniem:

- położenia i kierunku usytuowania;
- rodzaju konstrukcji stropu.

Takie dane powinny być określone przez Architekta.

Wózek transportowy →
(podnośnik widłowy)
najczęściej na pow. D lub E



Obciążenia
ściankami
działowymi
cięższymi

6. Obciążenia {19} PN-EN 1991-1-1 obciążenie dachów

obciążenia
dachów

Tablica 6.10 – Obciążenia użytkowe dachów kategorii H

Dachy	q_k	Q_k
Kategoria H	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]

UWAGA 1 Wartości obciążenia q_k dachów kategorii H mogą być wybrane z zakresu od 0,00 kN/m² do 1,00 kN/m², a Q_k z zakresu od 0,9 kN do 1,5 kN.

Jeśli podany jest zakres, wartości mogą być ustalane w załączniku krajowym. Wartościami zalecanymi są:

$$q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2, Q_k = 1,0 \text{ kN}$$

UWAGA 2 Wartości obciążenia q_k według załącznika krajowego mogą się zmieniać w zależności od pochylenia dachu.

UWAGA 3 Można przyjąć, że obciążenie q_k jest przyłożone na powierzchni A, która może być podana w załączniku krajowym.

UWAGA 4 Patrz także 3.3.2(1)

Tablica 6.11 – Obciążenia użytkowe dachów kategorii K dla helikopterów

Klasa helikoptera	Obciążenie Q od helikoptera przy starcie	Obciążenie Q_k od helikoptera w czasie startu	Wymiary obciążonej powierzchni (m × m)
HC1	$Q \leq 20 \text{ kN}$	$Q_k = 20 \text{ kN}$	0,2 × 0,2
HC2	$20 \text{ kN} < Q \leq 60 \text{ N}$	$Q_k = 60 \text{ kN}$	0,3 × 0,3

6. Obciążenia {19} PN-EN 1991-1-1 obciążenie dachów i klimatyczne

Ociążenia dachów

Obciążenia dachów odniesione są do powierzchni rzutu. Wartości minimalne podane w tablicy nie uwzględniają niekontrolowanego gromadzenia materiałów budowlanych, które może wystąpić w czasie prac związanych z utrzymaniem budynku. Zaleca się, aby dachy o konstrukcji innej niż z lekkimi przekryciami były obliczane na obciążenie 1,5 kN przypadających na powierzchnię kwadratu o bokach 50 mm.

Obciążenie klimatyczne

Obciążenie klimatyczne (śnieg, wiatr, temperatura) są przyjmowane przez ze wskazanych wcześniej norm na podstawie okresu powrotu (zwykle $T=50$ lat) , to znaczy takiego czasu, w którym obciążenie może być większe od normowego tylko jeden raz .

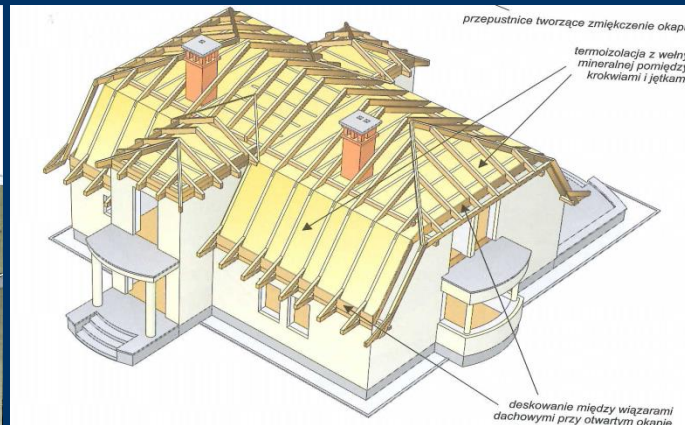
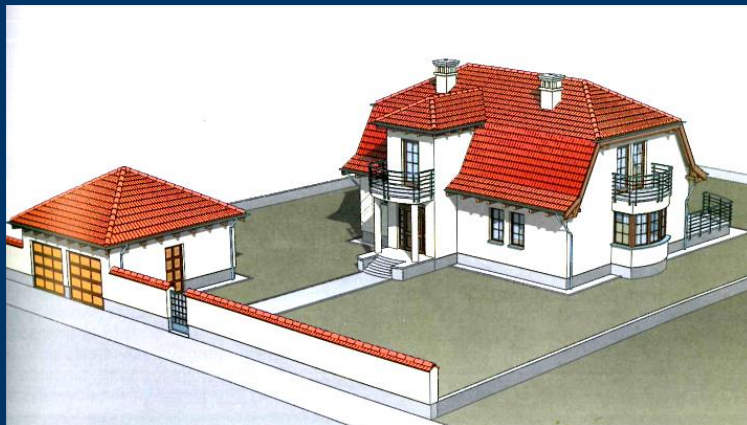
Uwaga: W starych normach polskich (radzieckich) przyjmowano $T=5$ lat , i stąd obciążenia klimatyczne wg Eurokodów są większe od wcześniej określanych.

Obciążenia klimatyczne przyjmuje Konstruktor na podstawie określonych przez Architekta:

- 1) okresu powrotu = projektowy okres użytkowania,
- 2) kształtu budowli.

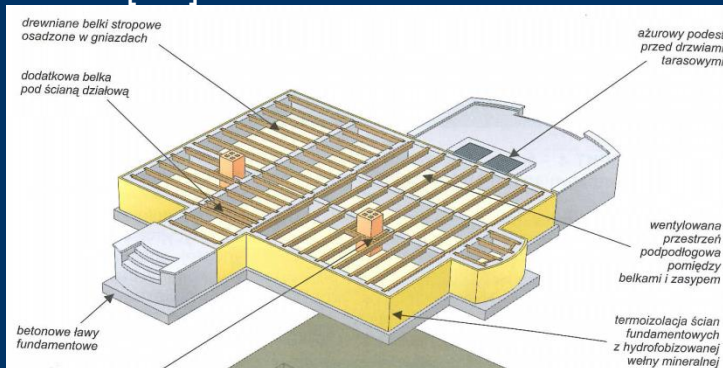
7. Ustrój konstrukcyjny {1} Przykład: Ściany ocieplone metodą lekko-mokrą i drewniane stropy

Przykład
ustroju
konstrukcyjn
ego

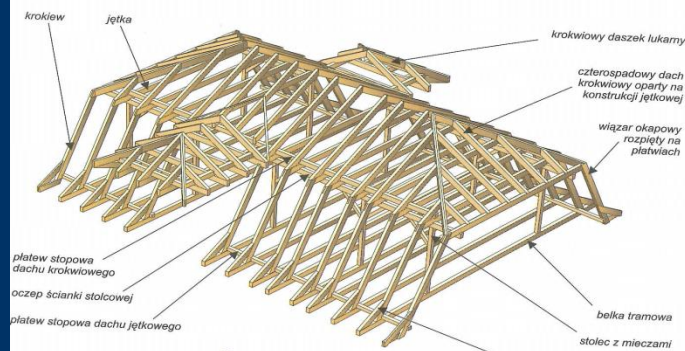
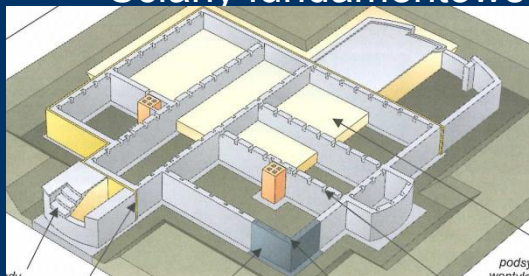


Usunięte
pokrycie
dachowe

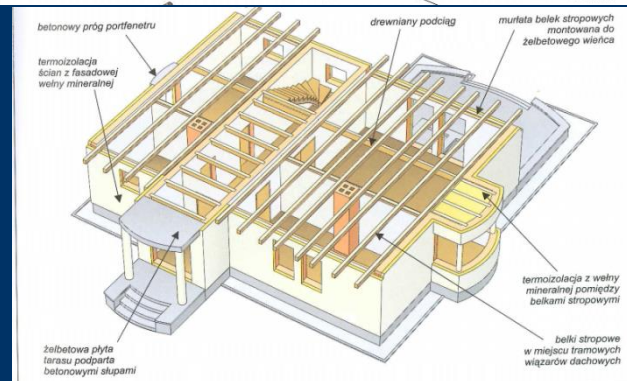
Źródło [2.3]



Ściany fundamentowe



Więźba
dachowa



Strop nad
parterem

Rodzaje ustroju (systemu) konstrukcyjnego ze względu na :

1) Składowe elementów konstrukcyjnych:

- **Prętowe**: belki proste i zakrzywione, ramy płaskie i przestrzenne, ruszty, łuki, ciągną , itd
- **Powierzchniowe** : płyty, tarcze, powłoki, kopuły, membranowe, itd..
- **Mieszane** : prętowo-powłokowe; płytowo-tarczowe, ciągnowo-prętowe itd. (inne kombinacje)

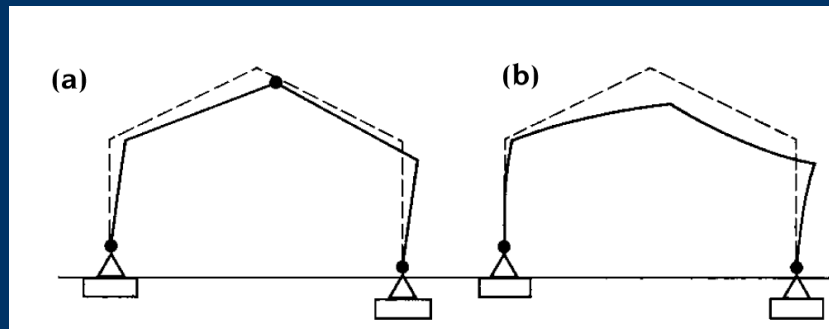
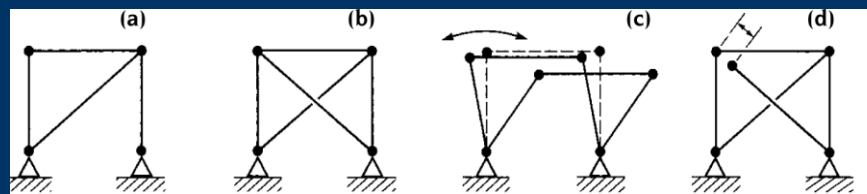
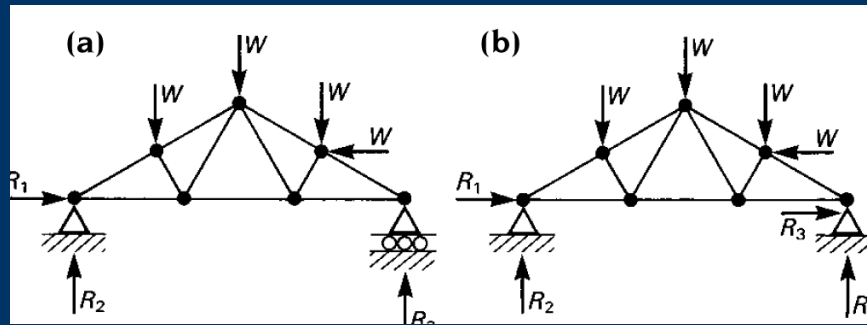
2) Schemat statyczny :

- **Stopnie swobody i więzi** : statycznie wyznaczalne, statycznie niewyznaczalne; przegubowe, zamocowane, ciągłe, ...
- **Liczba wymiarów i układ**:; poziome, pionowe, płaskie, przestrzenne

3) Materiały :

- **Proste** : murowe , drewniane, betonowe, stalowe,
- **Zespolone** (złożone w sposób umożliwiający współpracę mechaniczną), np.: stalowo-betonowe, betonowo-betonowe,

Statycznie
wyznaczalne
i
niewyznaczalne

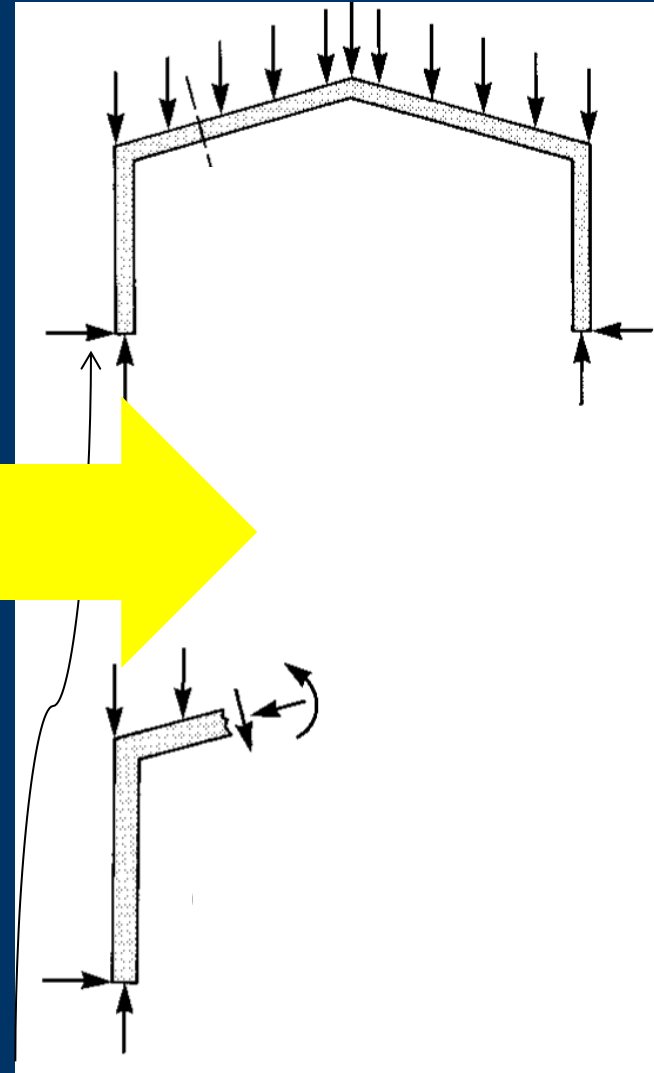
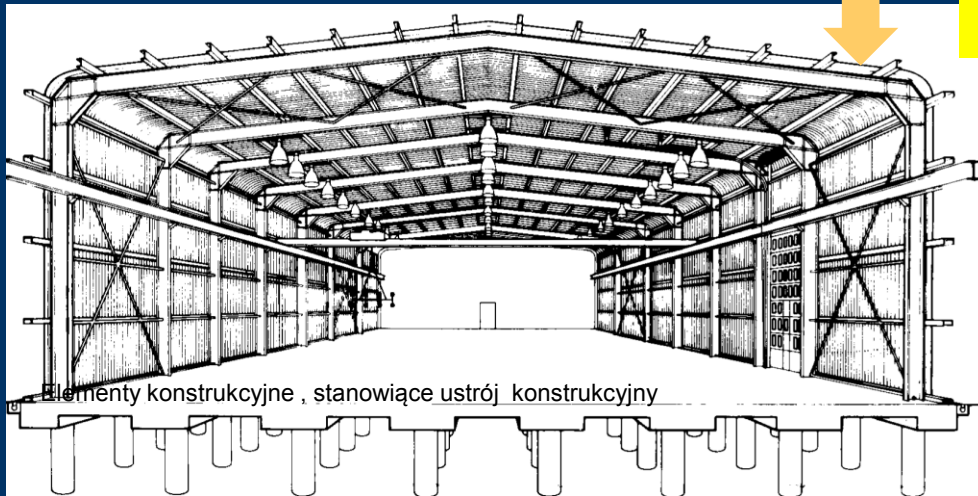
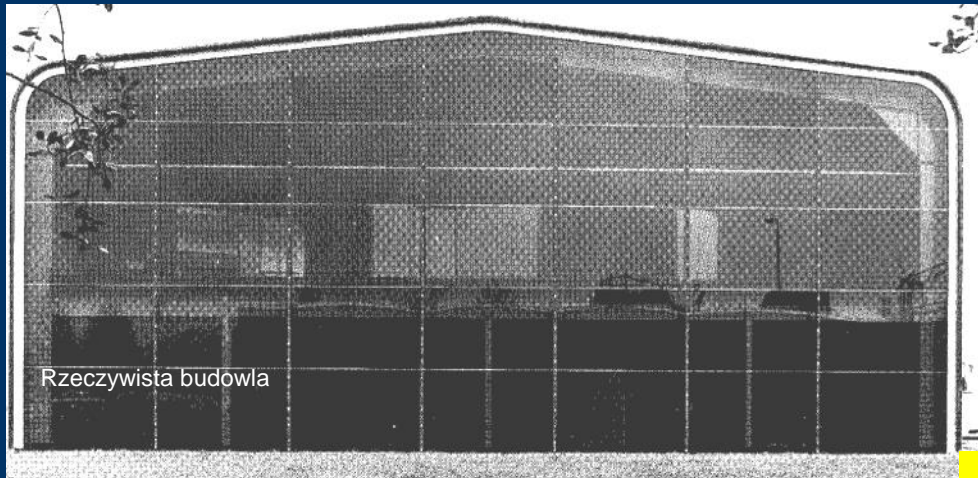


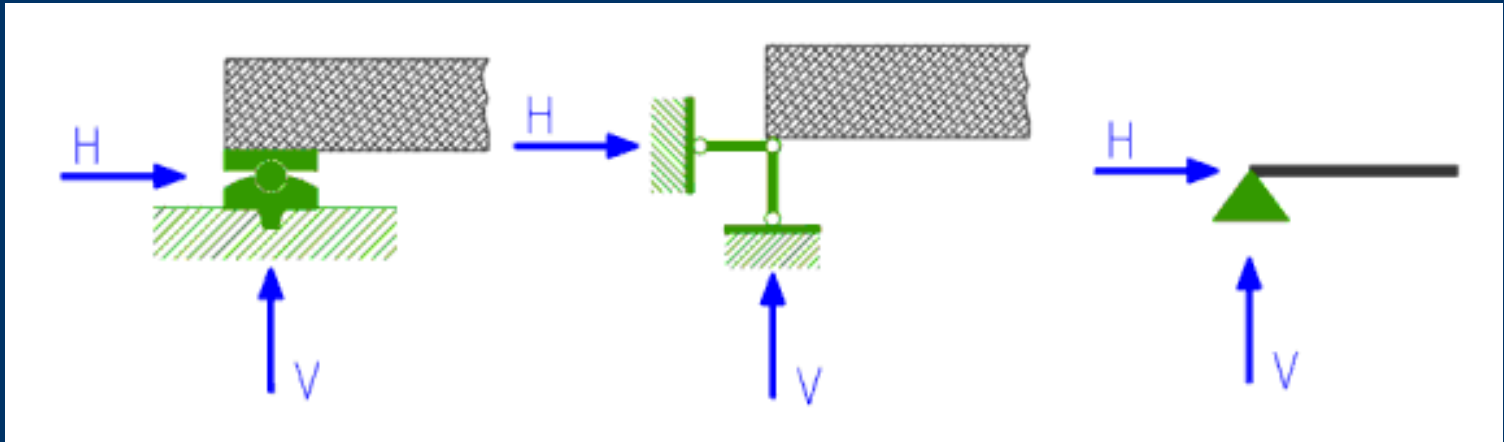
Statycznie
wyznaczalne

Statycznie
niewyznaczalne

Statyczna wyznaczalność oznacza, że reakcje (siły przekrojowe) można wyznaczyć korzystając tylko z warunków równowagi. Natomiast w przypadku nadmiaru więzi należy skorzystać z prawa fizycznego (najprostsze jest prawo Hooke'a) w celu wyznaczenia tych nadmiarowych niewiadomych.

Schemat statyczny





Modelowanie podpory

Podpora nieprzesuwna i relacja między statycznymi i kinematycznymi warunkami brzegowymi

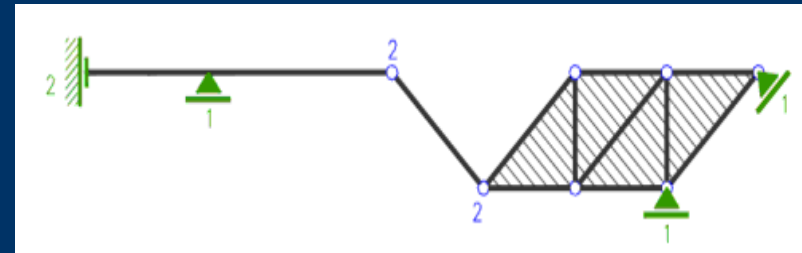
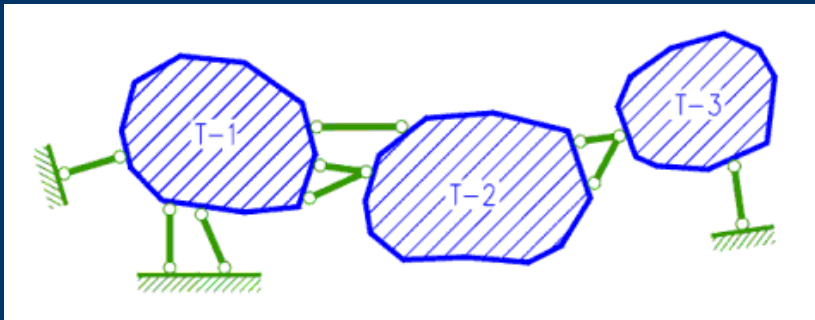
Schemat statyczny == wyidealizowany model konstrukcji .

W schemacie idealizuje się:

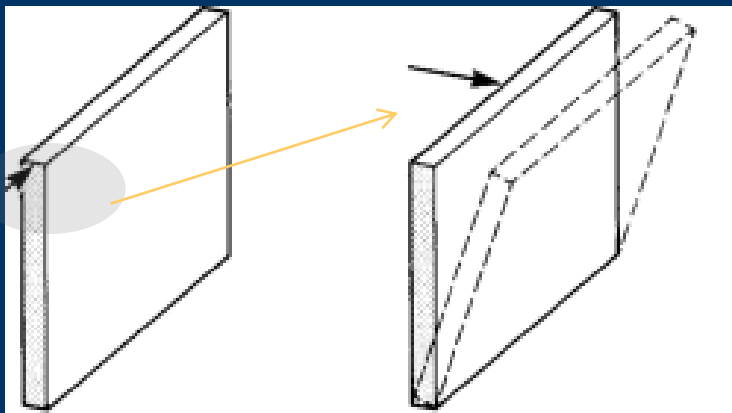
- 1) statyczne warunki brzegowe (obciążenia) ,
- 2) kinematyczne warunki brzegowe (więzi podporowe)
- 3) Elementy (pręty, powłoki), oraz
- 4) połączenia między elementami (np. przeguby)

8: Stateczność {1} – geometryczna zmienność

Warunek konieczny i wystarczający



Warunek konieczny geometrycznej niezmienności: $3 \cdot t = p$: $3 \cdot 3 = 9 \cdot 1$



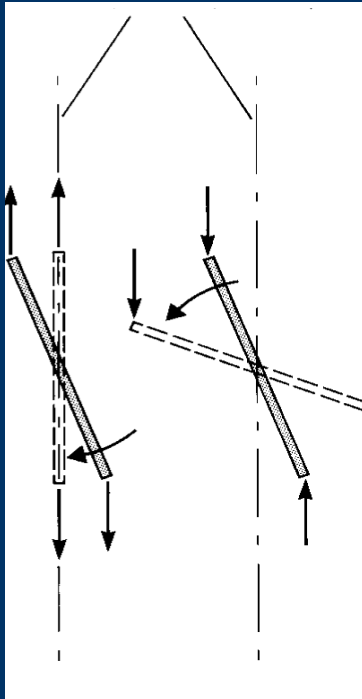
Obciążenie i płyta nie są idealne → są obarczone imperfekcjami, co możemy zastąpić przez przyłożenie do każdej siły idealnej P – obciążenia poprzecznego $P/100$,

Warunek wystarczający sprawdza się badając macierz sztywności K ustroju - np. za pomocą MES. Warunkiem wystarczającym jest $\text{Det } K \neq 0$.

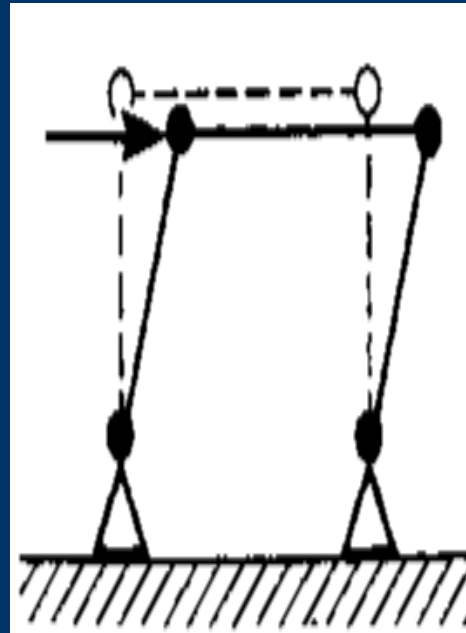
Pierwsze sprawdzenia dokonuje się, przewidując przemieszczenia ustroju po myślowym wstawieniu przegubów (→zaczernione =przeguby plastyczne)

8: Stateczność {2} – geometryczna zmienność

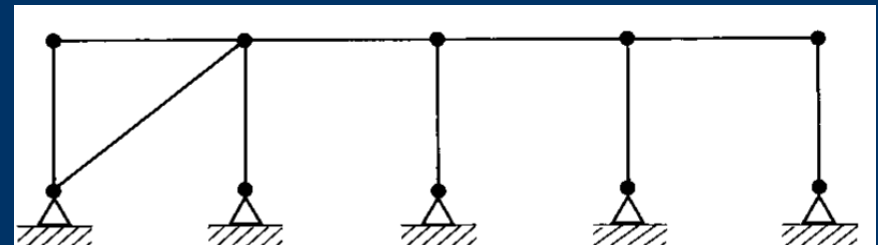
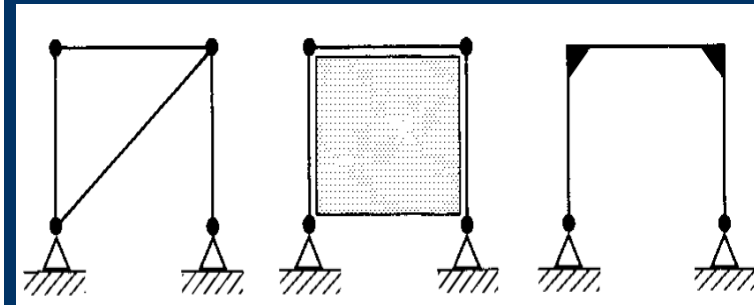
Niestateczn
e->
+ Stężenia -
= Stateczne



Fundamentalne
pojęcie
niestateczności:
małe dystorsje,
sposób obciążenia
: rozciąganie -
ściskanie

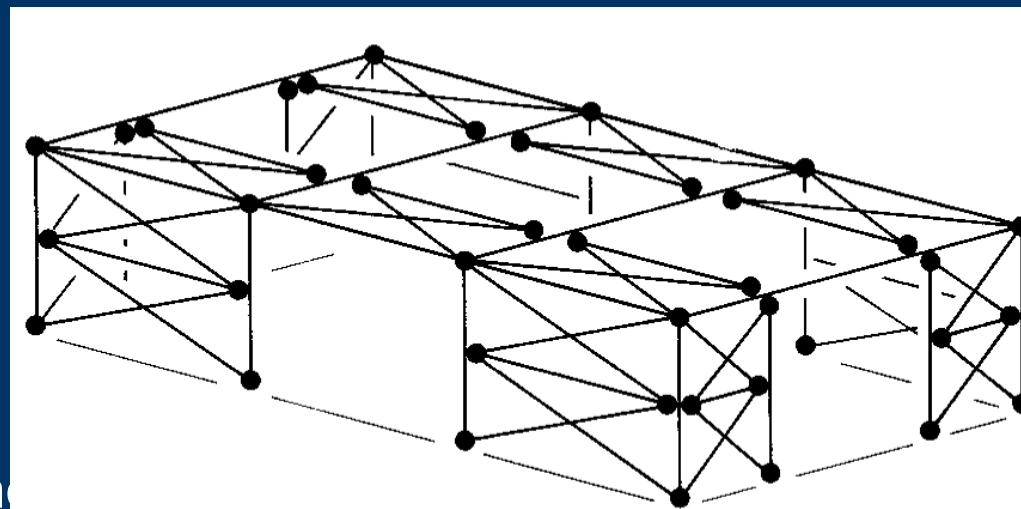
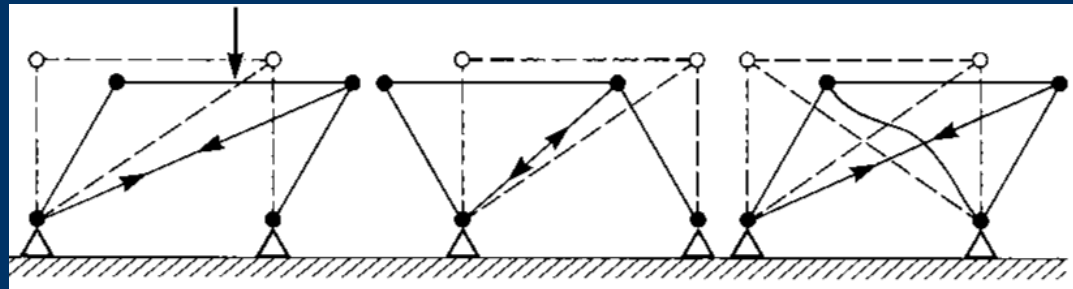
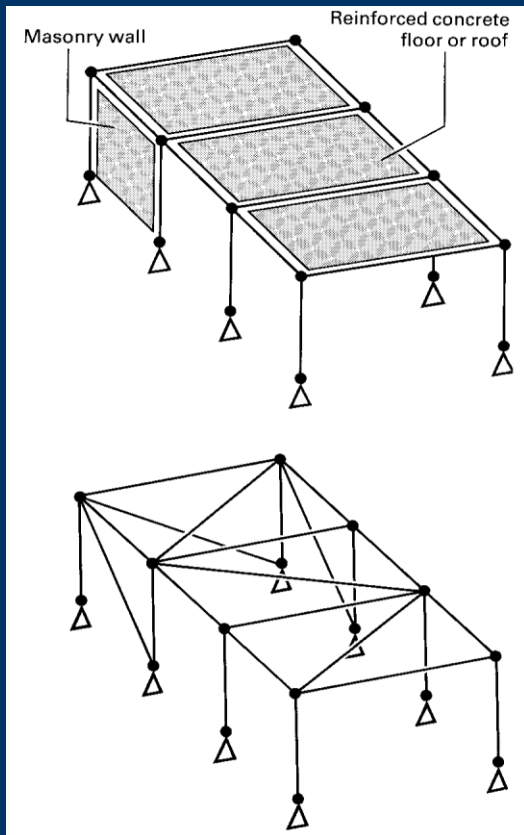


Niestateczne ->
stężenia -->
stateczne



8: Stateczność {3} – stężenia konstrukcyjne

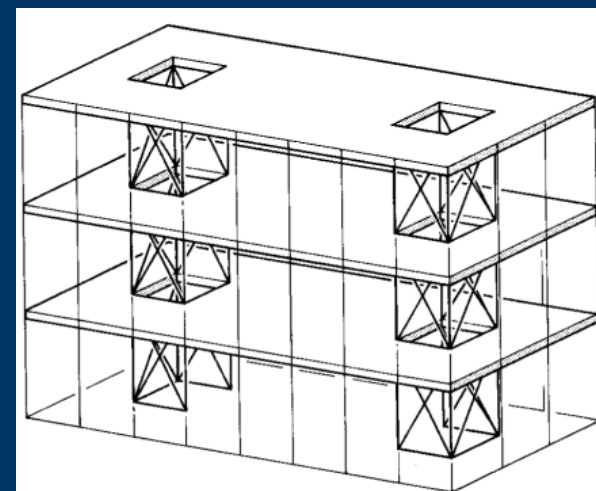
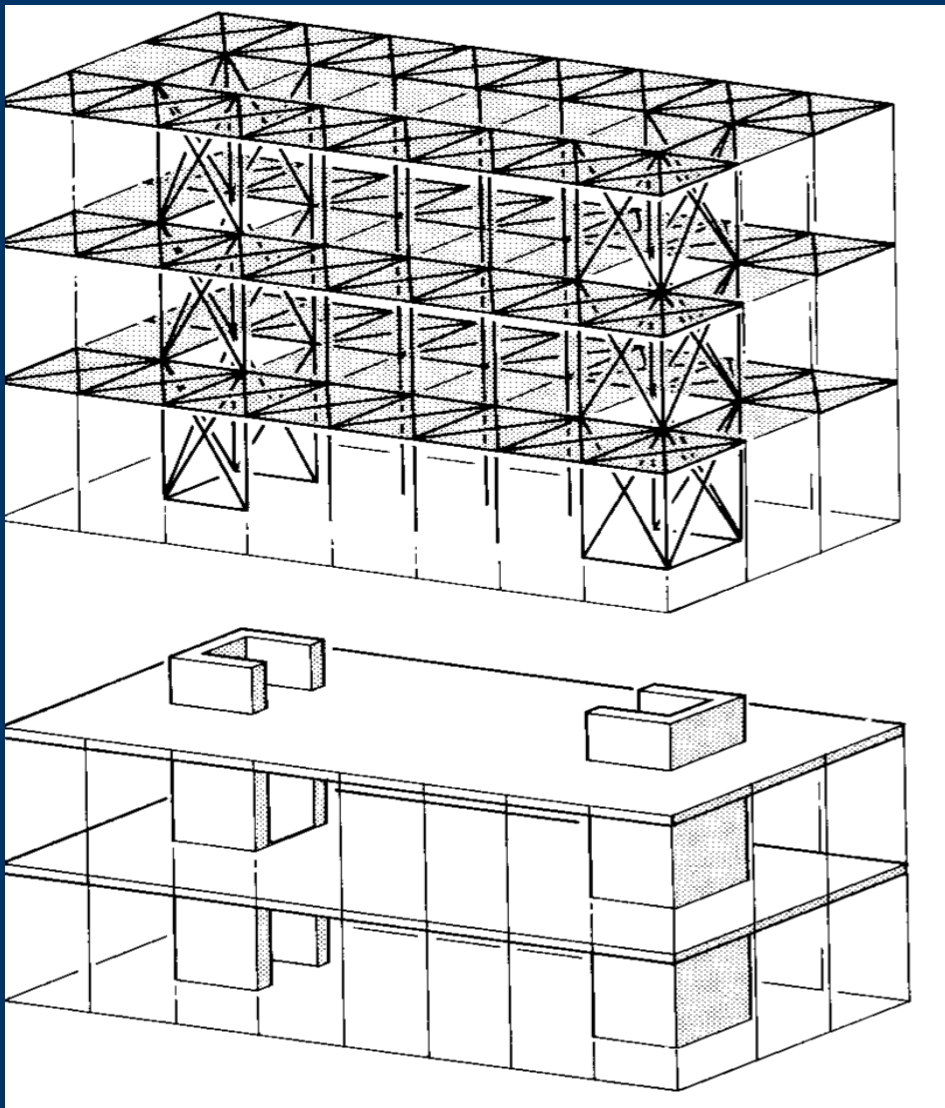
stężenia pionowe i poziome



Stężenia poziome i pionowe, prętowe i powierzchniowe (tarczowe)

8: Stateczność {4} – stężenia konstrukcyjne

stężenia
pionowe i
poziome cd



9. Dylatacje w konstrukcji {1}

Ustrój konstrukcyjny o większych wymiarach należy podzielić na mniejsze obszary dylatacjami, tak by zapewnić swobodę odkształceń każdej oddylatowanej części.

Jeśli dylatacji nie dać, to pojawią się rysy i pęknięcia: na skutek działania sił wywołanych: a) **wpływami temperatury**, i/lub wilgotności, b) niejednorodnością podłoża gruntowego, c) znacznie zróżnicowanymi obciążeniami na poszczególnych częściach budowli, d) znaczną różnicą sztywności poszczególnych części konstrukcji lub e) **skurczem betonu w fazie dojrzewania**

Dylatacje wykonuje się w miejscach korzystnych ze względów konstrukcyjnych i estetycznych. Ich obecność zapobiega tworzeniu się samoistnych pęknięć, które mogłyby zaszkodzić konstrukcji lub estetycznie ją zniszczyć. Najczęściej są to podłogi i posadzki oraz duże powierzchnie, gdzie pracują większe siły napięcia. Dylatacje stosuje się również na jezdniach i (obowiązkowo) na mostach.

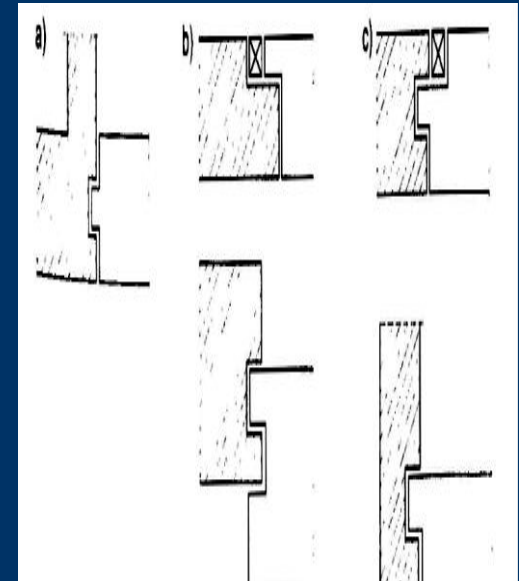
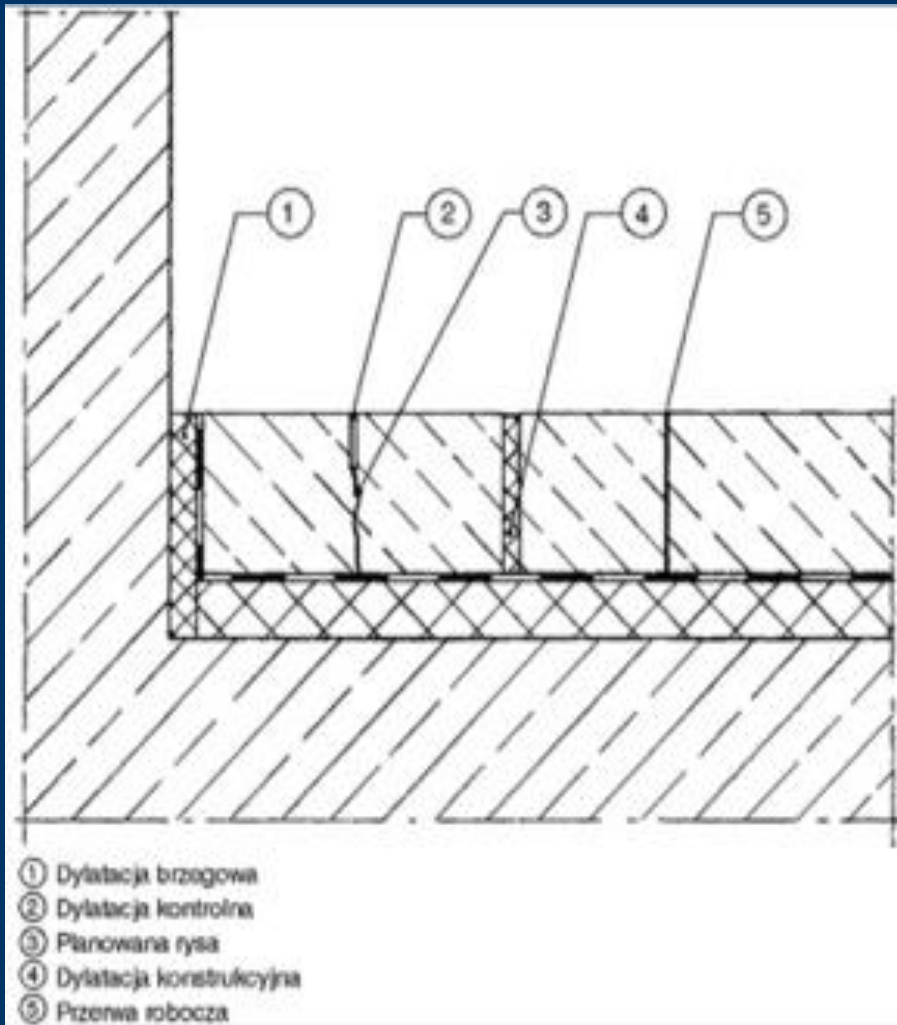
9. Dylatacje w konstrukcji {2}

Dylatacje wykonuje się również wtedy, gdy:

- 1) obok siebie są posadowione budynki lub dwie części budynku o różnej wysokości lub różnym obciążeniu podłoża,
- 2) obok siebie są posadowione dwa budynki lub dwie części budynku o różnej konstrukcji, np. budynek szkieletowy hali przemysłowej obok budynku administracyjnego o ścianach konstrukcyjnych nośnych wykonanych z cegły budowlanej,
- 3) obok siebie są posadowione dwa budynki o różnych fundamentach, np. ławy ceglane i ławy żelbetowe,
- 4) dwa budynki lub dwie części budynku posadowione obok siebie są wykonywane w różnym czasie, czyli gdy wykonuje się nowy fundament obok fundamentów już istniejących,
- 5) budynki są posadowione na terenach szkód górniczych, gdzie jest konieczne uzyskanie dokładnych danych o ruchach podłoża.

9. Dylatacje w konstrukcji {3}

Dylatacje w konstrukcji
Przykłady 1

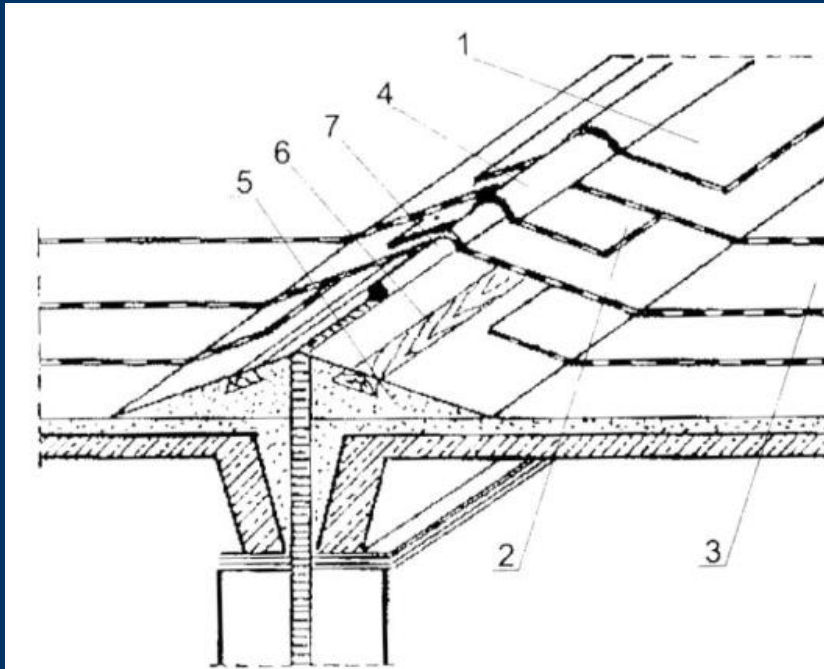


Przykłady dylatacji w murach

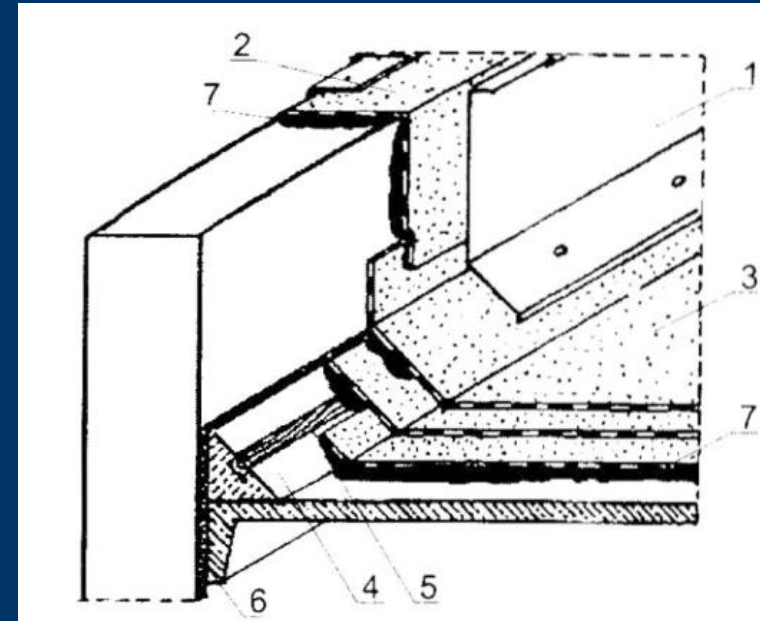
Przykłady dylatacji w posadzce

9. Dylatacje w konstrukcji {4}

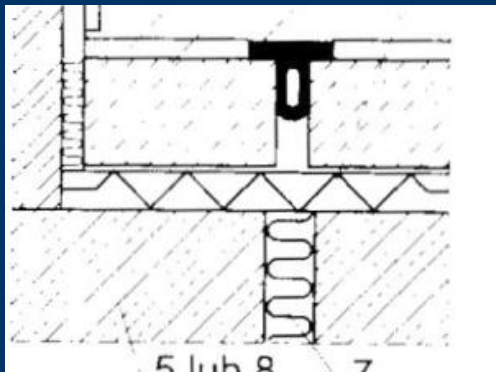
Dylatacje w konstrukcji
Przykłady 2



Detal dylatacji pokrycia dachowego



Detal dylatacji przy attyce



← Detal dylatacji płyty żelbetowej

9. Dylatacje w konstrukcji {5}

Dylatacje w konstrukcji

Rodzaje dylatacji

- dylatacje konstrukcyjne – w czystym przypadku biegną przez cały pionowy przekrój konstrukcji lub płyty stropowej
- dylatacje robocze - pozostawiane ze względów technologicznych (np. betonowania dużych powierzchni)
- dylatacje powierzchniowe (przeciwskurczowe) , - głównie w posadzkach , są to nacięcia powierzchniowe do ok. 1/3 głębokości płyty -- też: dylatacje technologiczne , przeciwdrganiowe., brzegowe , kontrolne (pozorne) ,.

Szerokość szczelin dylatacyjnych zależy jest warunków projektowych (zwykle od kilku milimetrów do kilku centymetrów). Ich obecność pozwala zachować równowagę układu, czyli kompensację przemieszczeń stykających się elementów w konstrukcji obiektu. W szczególności problem ten dotyczy konstrukcji betonowych, dużych jednorodnych powierzchni o słabym przewodnictwie ciepła, „współpracy” sąsiadujących ze sobą ośrodków o różniących je charakterystykach rozszerzalności termicznej.

9. Dylatacje w konstrukcji {5}

Minimalne odległości między dylatacjami w konstrukcjach betonowych

Minimalne odległości między dylatacjami w żelbecie

Rodzaj konstrukcji	Odległość między dylatacjami d_{joint} w metrach
Konstrukcje poddane wahaniom temperatury zewnętrznej a) ściany niezbrojone b) ściany zbrojone c) żelbetowe konstrukcje szkieletowe d) dachy nieocieplane, gzymsy	5 20 30 20
Ogrzewane budynki wielokondygnacyjne a) wewnętrzne ściany i stropy monolityczne betonowane w jednym ciągu b) jak wyżej – betonowane odcinkami nie większymi niż 15 m, z pozostawieniem przerw do późniejszego betonowania c) wewnętrzne ściany prefabrykowane z zewnętrznymi ścianami prefabrykowanymi d) jak wyżej – z zewnętrznymi ścianami z betonu komórkowego e) jak wyżej – z zewnętrznymi ścianami lekkimi, podłużna ściana usztywniająca w środkowej części budynku f) jak wyżej – ze ścianami usztywniającymi w skrajnych częściach budynku g) prefabrykowane konstrukcje szkieletowe i konstrukcje monolityczne z usztywnieniem w środkowej części budynku h) monolityczne konstrukcje szkieletowe ze ścianami usztywniającymi w skrajnych częściach budynku – odpowiednio	30 jak w przypadku wewnętrznych ścian prefabrykowanych 50 40 70 50 jak w przypadku wewnętrznych ścian prefabrykowanych jak dla a) lub b)
Ogrzewane jednokondygnacyjne hale żelbetowe bez ścian usztywniających lub tylko w środkowej części z zewnętrznymi ścianami o małej sztywności nie ulegającymi zarysowaniu przy odkształceniu w ich płaszczyźnie – w zależności od wysokości konstrukcji h a) $h \leq 5$ m b) $5 < h < 8$ m c) $h \geq 8$ m	60 $10 + 10h$ 90
Masywne ściany, jeżeli nie stosuje się specjalnych zabiegów technologicznych obniżających ciepło twardnienia i skurcz w zależności od grubości a) $b = 0,3$ m ÷ $0,6$ m b) $0,6$ m < $b \leq 1,0$ m c) $1,0$ m < $b \leq 1,5$ m d) $1,5$ m < $b \leq 2,0$ m	do 8 m do 6 m do 5 m do 4 m