

Nr 01/SP/2013 rev.00

## WYBRANE ZAGADNIENIA PROJEKTOWANIA ORAZ WYKONANIA STALOWYCH BRAMOWNIC I WYSIĘGNIKÓW DROGOWYCH

### AUTORZY OPRACOWANIA

---

Części konstrukcyjnej: **mgr inż. Krzysztof Konecki**

Uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności  
konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń Nr: ZAP/BO/3786/02

Podpis:

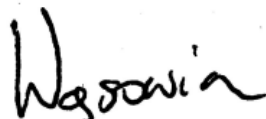


---

Części fundamentowej: **mgr inż. Marek Wąsowicz**

Uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności  
konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń Nr: ZAP/0109/POOK/05

Podpis:



Szczecin, styczeń 2013

## SPIS TREŚCI

CZĘŚĆ I - KONSTRUKCJA.....	4
1 Przedmiot opracowania.....	4
2 Cel opracowania .....	4
3 Zakres opracowania .....	5
4 Ogólna charakterystyka konstrukcji .....	6
4.1 Konstrukcje wsporcze .....	6
4.2 Fundamenty .....	6
5 Obciążenia .....	7
5.1 Obciążenia klimatyczne:.....	7
5.1.1 Wiatr .....	7
5.1.2 Śnieg.....	8
5.1.3 Temperatura .....	9
5.1.4 Oblodzenie.....	9
5.2 Obciążenia stałe i użytkowe .....	9
5.3 Obciążenia podmuchami od przejeżdżających samochodów .....	9
5.4 Obciążenia wyjątkowe.....	10
5.4.1 Obciążenia od uderzeń pojazdami .....	10
5.4.2 Oddziaływania sejsmiczne .....	10
5.4.3 Obciążenia różnicami ciśnień w nietypowych lokalizacjach .....	10
6 Kombinacje obciążeń .....	10
7 Stany graniczne nośności (ULS) .....	11
7.1 Nośność i stateczność:.....	11
7.2 Nośność zmęczeniowa.....	12
8 Stany graniczne użytkowości (SLS).....	12
8.1 Przemieszczenia .....	12
8.2 Drgania .....	14
9 Materiały .....	15

10	Wytoczne wykonania .....	16
11	Zabezpieczenie antykorozyjne.....	17
12	Montaż konstrukcji stalowej .....	18
13	Wytoczne BHP dotyczące eksploatacji konstrukcji pomostów roboczych i drabin .....	19
13.1	Pomosty robocze .....	19
13.2	Drabiny.....	19
CZĘŚĆ II - FUNDAMENTY .....		20
1	Definicje .....	20
2	Lokalizacja fundamentów .....	20
3	Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego .....	21
4	Konstrukcja fundamentu.....	22
5	Obciążenia .....	23
6	Wymiarowanie geotechniczne .....	23
7	Podstawowe wymagania techniczne .....	25
8	Wymagania przy odbiorze .....	26
KONIEC .....		29

## CZĘŚĆ I - KONSTRUKCJA

### 1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania są wytyczne dotyczące projektowania i wykonania oraz posadowienia stalowych ustrojów nośnych:

- bramownic i wysięgników drogowych, na których zamontowane są znaki drogowe, znaki zmiennej treści, sygnalizatory świetlne, kamery, tablice reklamowe, anteny oraz inne urządzenia,
- konstrukcji pod znaki i tablice drogowe, tablice ZT oraz inne urządzenia stojące poza zasięgiem drogi np. na jej poboczu.

Wytyczne dotyczące projektowania i wykonania przedmiotowych obiektów budowlanych opracowano w nawiązaniu do aktualnych norm - EUROKODÓW, z wykorzystaniem najnowszego stanu światowej wiedzy oraz analizy stanu krajowej i europejskiej techniki realizacji w tej dziedzinie.

Niniejsze wytyczne nie dotyczą typowych konstrukcji pod małe znaki drogowe, które są usytuowane na poboczu drogi - dla których obowiązuje norma PN-EN 12899-1 [27].

### 2 Cel opracowania

Wytyczne zawarte w opracowaniu mają na celu usystematyzowanie aktualnych zasad w obszarze projektowania i wykonywania bramownic i wysięgników drogowych. Obecny brak jednoznacznych i spójnych przepisów w tej dziedzinie sprawia, że w projektowaniu i realizacji przedmiotowych konstrukcji popełnianych jest szereg błędów, z których najczęstsze to:

- Obciążenie wiatrem przyjmowane jest na podstawie normy PN-EN 12899-1 [27], zamiast Eurokodu wiatrowego PN-EN1991-1-4 [5].
- Błędnie interpretowana jest kategoria terenu wg PN-EN1991-1-4 [5]. Do obliczeń przyjmowana jest kategoria III lub IV, a w rzeczywistości konstrukcje zlokalizowane są na terenach otwartych.
- Nie analizuje się współczynnika orografii nawet przy bardzo wysokich skarpach.
- Uwzględniane jest tylko oddziaływanie wiatru prostopadłego do płaszczyzny konstrukcji, z pominięciem oddziaływań wiatrów „skośnych”, które powodują znaczące reakcje w płaszczyźnie konstrukcji (mające szczególny wpływ na nośność fundamentów).
- W ustaleniu efektów oddziaływań pomijany jest wpływ obciążeń spowodowanych podmuchami od pędzących pojazdów. Ten rodzaj obciążenia może mieć bardzo duży wpływ na ocenę nośności konstrukcji, w tym nośności zmęczeniowej.
- W analizie globalnej wytrzymałości konstrukcji pomijany jest wpływ teorii II rzędu.
- Nie analizowana jest charakterystyka dynamiczna konstrukcji (brak analizy  $c_s c_d$ )
- W projektach przedmiotowych obiektów, analizując stany graniczne użyteczności (SLS) pomija się sprawdzenie dopuszczalnych częstości drgań własnych (analiza modalna). Prawie nigdy nie przeprowadza się analizy modalnej w stanie obciążenia,

co w wielu sytuacjach projektowych może być istotne i prowadzić do zmniejszenia bezpieczeństwa konstrukcji.

- Błędnie przyjmowany jest współczynnik aerodynamiczny  $c_{f0}$  dla tablic i konstrukcji głównej (szczególnie kratowej).
- Stosowane są gatunki stali wg nieaktualnych norm projektowania.
- Nie określa się wymagań i parametrów wykonawczych wg PN-EN 1090 (głównie klas konsekwencji zniszczenia i wykonania konstrukcji).
- Pasy konstrukcji kratowych są często projektowane z rur o cienkich ściankach grubości np.  $t = 2,9$  mm, do których spawane są wykratowania z prętów pełnych o średnicy np.  $d = 22$  mm, co jest błędne z punktu widzenia technologii spawania.
- Przy połączeniach doczołowych rozciąganych nie zabezpiecza się konstrukcyjnie blach oraz przekrojów przed rozwarstwieniem (spawanie do powierzchni), z jednoczesnym brakiem wytycznych dotyczących badania zgodnie z PN-EN10164 [33] (Z15, Z25, Z35).
- W ocenie wyężenia konstrukcji kratowych nie analizuje się wpływu zginania międzywęzłowego od zainstalowanych urządzeń na ich pasach lub wykratowaniu.
- W projektach fundamentów przyjmuje się nierealne warunki gruntowe np.  $I_D = 0,80$  i wyższe dla gruntów w strefie przypowierzchniowej.
- Przy posadowieniach na skarpach nie uwzględnia się ich wpływu na stateczność układu fundament-skarpa. Zdarzają się przypadki płytkich posadowień bezpośrednich na stromych skarpach bez jakiegokolwiek analizy ich stateczności.
- Przy obliczeniach fundamentów nie uwzględnia się stanu granicznego nośności EQU
- Pomijany jest wpływ wody gruntowej na nośność fundamentów.
- W projektach brak jest szczegółowych wytycznych dotyczących wykonania i nadzoru, co powoduje rażące zaniedbania na etapie ich wykonania.

Należy nadmienić, iż zagadnienia ujęte w niniejszym opracowaniu są szczególnie ważne dla bezpiecznej realizacji stalowych bramownic i wsięgników. O ważności tej problematyki świadczy fakt, iż w wielu krajach m.in. Wielkiej Brytanii, Niemczech, Włoszech, Holandii, przepisy dotyczące projektowania przedmiotowych konstrukcji są precyzyjnie uporządkowane i skorelowane z wymaganiami normowymi.

### **3 Zakres opracowania**

Zakresem opracowania objęto wybrane zagadnienia oraz wytyczne projektowania i wykonania dotyczące przedmiotowych obiektów konstrukcji nośnej oraz ich fundamentów. Skupiono się głównie na konstrukcjach stalowych, natomiast o konstrukcjach wykonanych z innych materiałów podano tylko ogólne informacje.

Zakres opracowania nie dotyczy zagadnień urządzeń montowanych na konstrukcji, instalacji, utrzymania i konserwacji.

Niniejsze opracowanie nie zawiera wytycznych dotyczących biernego bezpieczeństwa konstrukcji zgodnie z PN-EN 12767 [28].

## 4 Ogólna charakterystyka konstrukcji

### 4.1 Konstrukcje wsporcze

Przedmiotowe konstrukcje wsporcze mogą mieć różnorodne rozwiązania w aspekcie typu konstrukcji, materiałowym oraz schematu statycznego.

#### **Typ konstrukcji:**

Ustroje nośne konstrukcji wsporczych mogą być wykonane jako pełnościennie (z kształtowników walcowanych na gorąco, giętych na zimno lub spawanych blachownic), kratownicowe lub w rozwiązaniach mieszanych.

#### **Materiały:**

Przedmiotowe konstrukcje są wykonane głównie ze stali niskowęglowych i stali niskostopowych, ale mogą też być zastosowane inne materiały takie jak np. stale o podwyższonej odporności na korozję, stale nierdzewne, aluminium, kompozyty, drewno, konstrukcje żelbetowe i inne.

#### **Schemat statyczny:**

W przypadku bramownic najczęściej stosuje się układy ramowe, w których połączenia słupów z rygłem są sztywne, a połączenia słupów z fundamentami są sztywne lub przegubowe. Inną grupę stanowią bramownice, w których rygiel jest belką opartą przegubowo na głowicach wspornikowych słupów utwierdzonych w fundamentach. Bramownice mogą być jednoprzęsłowe lub wieloprzęsłowe.

W przypadku konstrukcji wisięgnikowych najczęściej projektowane są ustroje nośne, w których belka wspornika jest utwierdzona w głowicy słupa. Spotyka się też konstrukcje, w których rygiel połączony jest ze słupem przegubowo i dodatkowo podparty stężeniem od spodu lub podwieszony ściągiem od góry do „przedłużonego” słupa. Występują także układy mieszane np. bramownice ze wspornikami jednostronnymi lub dwustronnymi, konstrukcje wisięgnikowe z dwoma lub większą liczbą ramion, a także bardziej złożone układy wzajemnie połączonych ze sobą konstrukcji – stosowane głównie nad skrzyżowaniami.

### 4.2 Fundamenty

#### **Typ posadowienia:**

Posadowienie konstrukcji może być bezpośrednie, pośrednie lub też mogą one być zamocowane wprost do innych konstrukcji inżynierskich np. mostów, ścian oporowych, tuneli i innych.

#### **Materiały:**

Głównie stosuje się fundamenty żelbetowe stopowe, blokowe, palowe, studniowe, mikropalowe, ale czasami są to także np. stalowe wibropale wbijane, kotwy gruntowe, fundamenty tarczowe i inne.

#### **Schemat statyczny:**

Z uwagi na schemat statyczny stosuje się fundamenty zapewniające utwierdzenie w gruncie pełne lub częściowe oraz fundamenty przegubowe.

Dokładniejsze wytyczne dotyczące fundamentów opisano w II części opracowania.

## 5 Obciążenia

### 5.1 Obciążenia klimatyczne:

#### 5.1.1 Wiatr

##### Norma:

Obciążenie od oddziaływania wiatru dla przedmiotowych konstrukcji należy przyjmować wg PN-EN1991-1-4 [5].

**Niedopuszczalne jest przyjmowanie obciążeń od oddziaływania wiatru na podstawie PN-EN 12899-1 [27]. Stałe pionowe znaki drogowe.** Wynika to wprost z zapisu tej normy dotyczącego jej zakresu (patrz poniżej):

EN 12899-1:2007

#### 1 Zakres normy

W niniejszej Części 1 EN 12899 określono wymagania dotyczące zestawu znaków (wraz ze słupami), znaków (tablic wraz z powierzchnią czołową), tablic (bez powierzchni czołowej) oraz innych głównych elementów (materiałów odblaskowych, słupków oraz opraw podświetleniowych).

Głównym celem stosowania stałych znaków jest instruowanie i kierowanie użytkowników dróg publicznych i prywatnych.

Kwestie, które w normie pominięto:

- a) konstrukcje bramowe do umieszczania znaków oraz konstrukcje oparte na wspornikach;
- b) znaki o nieciągłej treści, np. wykorzystujące diody emitujące światło (LED) lub światłowodowy;
- c) znaki o zmiennej treści;
- d) znaki tymczasowe;
- e) fundamenty;
- f) badania w ekstremalnie niskich temperaturach.

##### Wytyczne:

- Należy zwrócić szczególną uwagę na miarodajne przyjmowanie kategorii terenu z ewentualnym uwzględnieniem zmiany warunków w założonym okresie użytkowania konstrukcji (np. wycinka gęstego, wysokiego drzewostanu w bezpośrednim sąsiedztwie konstrukcji). Konstrukcje drogowe zlokalizowane są głównie na otwartym terenie, stąd nie należy przyjmować wyższej niż II kategorii terenu. Należy uwzględnić wpływ ukształtowania terenu. W przypadku występowania wysokich skarp np. na nasypach należy to uwzględnić w obciążeniu wiatrem. W szczególnych przypadkach, jeśli konstrukcja zlokalizowana jest w głębokim zwężającym się wykopie lub przy wjeździe do tunelu, należy uwzględnić takie zjawiska jak np. „efekt zwężki”.
- Należy przeprowadzić analizę dynamiczną konstrukcji w celu określenia współczynnika dynamicznego  $c_s c_d$ .

- Każdorazowo należy przeprowadzić analizę modalną konstrukcji w celu określenia częstości drgań własnych konstrukcji. Dopuszczalna wartość tego parametru powinna być uzgadniana z inwestorem zgodnie z PN-EN1990 [1] A1.4.2.(2).
- Oddziaływanie wiatru należy analizować zarówno na kierunku prostopadłym do płaszczyzny konstrukcji, jak i na kierunku równoległym, ale także na kierunku skośnym (dla najbardziej niekorzystnego kąta).
- Oddziaływanie wiatru skośnego należy uwzględnić dla wszystkich elementów konstrukcji, pomostów roboczych, tablic oraz osprzętu. Należy uwzględnić zwiększenie powierzchni referencyjnej w przypadku wiatrów skośnych np. na słupy kratowe. Istotnym zagadnieniem jest uwzględnienie wiatru skośnego na tablicę. Tablica posiada zazwyczaj ruszt mocujący ją do konstrukcji powodujący zwiększenie jej chropowatości. To z kolei wpływa na zwiększenie sił stycznych do powierzchni tablicy, a tym samym na zwiększenie sił wewnętrznych w konstrukcji i reakcji na fundamenty w kierunku równoległym do płaszczyzny konstrukcji.
- W przypadku konstrukcji wykonanych ze stosunkowo dużych przekrojów lub o nietypowych kształtach np. elipsoidalnych, płaskich, soczewkowych należy wykonać dodatkowe analizy charakterystyk oporu aerodynamicznego, w celu sprawdzenia ewentualnych dodatkowych zjawisk typu wiry turbulencyjne, „flutter”, rozbieżność skrętną czy galopowanie.
- W analizie efektów oddziaływań należy analizować obciążenie wiatrem zarówno dla powierzchni oblodzonej jak i nieoblodzonej. Konstrukcje oblodzone mają znacznie większe powierzchnie referencyjne, co ma wpływ na zmianę ich współczynników aerodynamicznych.
- W ocenie wytężenia ustroju nośnego należy uwzględnić zmianę charakterystyki konstrukcji oblodzonej w stosunku do nieoblodzonej zarówno pod względem zmiany (zazwyczaj zmniejszenia) jej częstości drgań własnych jak i charakterystyk aerodynamicznych wskutek oblodzenia. W szczególnych przypadkach należy uwzględnić wpływ kształtu oblodzenia na zachowanie się konstrukcji (tj. oblodzenie przy bezwietrznej pogodzie lub oblodzenie podczas wiatru).
- Dopuszcza się redukcję obciążenia od oddziaływania wiatru w zależności od zmniejszonego zakładanego czasu użytkowania konstrukcji.

### 5.1.2 Śnieg

#### Norma:

Obciążenie śniegiem konstrukcji bramownic i wysięgników należy przyjmować według PN-EN1991-1-3 [4].

#### Wytyczne:

- Obciążenie śniegiem przedmiotowych konstrukcji ma znaczenie głównie dla ich pomostów oraz dla konstrukcji o dużych płaszczyznach poziomych. W przypadku szerokich pomostów, zasłoniętych z jednej strony długimi wysokimi tablicami należy uwzględnić możliwość powstania zwiększonego obciążenia śniegiem wskutek działania wiatru i tworzenia się zasp śnieżnych.



## 5.1.3 Temperatura

### Norma:

Obciążenie temperaturą przedmiotowych konstrukcji należy przyjmować według PN-EN1991-1-5 [6].

### Wytyczne:

- Wpływ temperatury na wyężenie przedmiotowych konstrukcji należy szczególnie uwzględnic w przypadku ustrojów statycznie niewyznaczalnych oraz bramownic o dużych rozpiętościach.
- W ocenie wyężenia ustroju nośnego przedmiotowych konstrukcji należy określić wpływ temperatury na wielkości reakcji na fundamenty.

## 5.1.4 Oblodzenie

### Norma:

Obciążenie oblodzeniem przedmiotowych konstrukcji należy przyjmować według europejskiej normy ISO 12494 [9].

## 5.2 Obciążenia stałe i użytkowe

### Norma:

Obciążenia użytkowe przedmiotowych konstrukcji należy przyjmować według PN-EN1991-1-1 [2] lub zgodnie z indywidualnymi ustaleniami z inwestorem.

### Wytyczne:

- W projektowaniu pomostów roboczych należy dokładnie określić parametry jakie musi on spełniać, a w szczególności:
  - maksymalne pionowe obciążenia równomiernie rozłożone dla krat pomostowych,
  - obciążenie punktowe, jeśli będzie konieczność postawienia na kracie pomostowej ciężkich elementów w czasie serwisu np. elementów tablic zmiennej treści,
  - dopuszczalne obciążenie poziome dla balustrady.
- Obciążenia użytkowe od mycia tablic i urządzeń oraz inne obciążenia serwisowe należy przyjmować wg wytycznych użytkownika.

## 5.3 Obciążenia podmuchami od przejeżdżających samochodów

Z uwagi na aktualny brak normowych wytycznych (krajowych, a także „eurokodowskich”) dotyczących tego zagadnienia do czasu ich ustanowienia można stosować zalecenia normy brytyjskiej BD94/07 [25].

## 5.4 Obciążenia wyjątkowe

### 5.4.1 Obciążenia od uderzeń pojazdami

Zakłada się, że przedmiotowe konstrukcje będą chronione barierami energochłonnymi przed losowymi uderzeniami pojazdami lub będą zamontowane poza zasięgiem uderzeń pojazdów.

Jeśli jednak istnieje zagrożenie uderzeniem pojazdami, należy to uwzględnić w analizie konstrukcji stosując odpowiednie wytyczne np. [8]. Zagadnienie to nie jest objęte zakresem opracowania.

### 5.4.2 Oddziaływania sejsmiczne

Jeśli konstrukcja zlokalizowana jest na terenach o aktywności sejsmicznej lub na terenach szkód górniczych, wpływy tych oddziaływań powinny być uwzględnione w obliczeniach wg przedmiotowych norm i literatury przedmiotu.

### 5.4.3 Obciążenia różnicami ciśnień w nietypowych lokalizacjach

Jeśli przedmiotowe konstrukcje znajdują się w tunelach, pod wiaduktami, w głębokich i wąskich „wannach” oraz innych miejscach, gdzie powstają nietypowe zjawiska związane ze zmianami ciśnień, należy to uwzględnić w obliczeniach wg odpowiednich norm i literatury.

## 6 Kombinacje obciążeń

### Norma:

Obliczeniowe i charakterystyczne efekty oddziaływań na przedmiotowe konstrukcje (kombinacje obciążeń) należy przyjmować wg PN-EN1990 [1].

### Wytyczne:

- W ocenie wyężenia konstrukcji, w zależności od analizowanego stanu granicznego nośności tj. EQU, STR, GEO, FAT należy zastosować odpowiednie kombinacje obciążeń.
- W obliczeniach statycznych należy uwzględnić kombinacje obciążeń od najbardziej niekorzystnych oddziaływań jakie mogą wystąpić w zakładanym okresie użytkowania konstrukcji.
- Analizując stateczność konstrukcji należy uwzględnić stan EQU wprowadzając odpowiednie współczynniki dla ciężarów własnych oraz obciążeń zmiennych.
- W ustalaniu obliczeniowych i charakterystycznych efektów oddziaływań na konstrukcję należy uwzględnić kombinacje oddziaływań od: ciężaru własnego, obciążenia użytkowego, obciążenia wiatrem, obciążenia śniegiem, obciążenia oblodzeniem, a także obciążenia spowodowanego podmuchami od przejeżdżających pojazdów. Kombinacje te należy uwzględnić dla najbardziej niekorzystnych kierunków wiatru.

## 7 Stany graniczne nośności (ULS)

### 7.1 Nośność i stateczność:

#### Normy:

- Nośność stalowych konstrukcji nośnych bramownic i wysięgników lub ich elementów należy oceniać wg zbioru norm części 1 Eurokodów 3 "Projektowanie konstrukcji stalowych" tj. PN-EN 1993-1 [10]-[21] - w szczególności wg PN-EN1993-1-1 [10], a także z uwagi na powinowactwo konstrukcyjne przedmiotowych konstrukcji do wież i masztów wg PN-EN1993-3-1 [24].
- W odniesieniu do projektowania połączeń i styków montażowych należy stosować zasady podane w PN-EN1993-1-8 [17].
- W projektowaniu przedmiotowych konstrukcji należy stosować normy odniesienia dotyczące realizacji PN-EN 1090-1 [22], PN-EN 1090-2 [23], także normy dotyczące gatunków stali, śrub, nakrętek, podkładek, materiałów spawalniczych itp., które są wymienione w normach [10]-[21].

#### Wytyczne:

- Siły wewnętrzne w przedmiotowych konstrukcjach należy obliczać wg analizy sprężystej. W przypadku konstrukcji o dużych rozpiętościach, wysięgnikach oraz konstrukcjach wrażliwych na efekty II rzędu, siły wewnętrzne należy obliczać z uwzględnieniem wpływu przemieszczeń na wyężenie ustroju (z zastosowaniem analizy sprężystej wg teorii II rzędu).
- Oprócz sprawdzenia stanu granicznego nośności konstrukcji i jej elementów należy sprawdzić także jej stateczność jako ciała sztywnego stosując kombinacje obciążeń EQU.
- W przypadku projektowania bramownic i wysięgników o konstrukcji kratowej, z uwagi na podobieństwo konstrukcyjne, zasadne jest korzystanie ze szczegółowych postanowień normy PN-EN 1993-3-1 [24] Projektowanie wież i masztów.
- Połączenia doczołowe, w których może pojawić się rozciąganie należy zabezpieczać konstrukcyjnie przed ryzykiem powstania zjawiska rozwarstwienia materiału. Należy unikać sytuacji, w których elementy rozciągane przyspawane są do powierzchni blach doczołowych. Jeśli taka sytuacja będzie nie do uniknięcia, należy wówczas bezwzględnie przestrzegać zaleceń normy PN-EN 1993-1-10 [19] (pod kątem ryzyka rozwarstwienia materiału).
- W przypadku konstrukcji kratowych należy sprawdzić wpływ pionowych i poziomych sił punktowych od urządzeń mocowanych poza węzłami na zginanie międzywęzłowe prętów (pasów i wykratowań) ściskanych, które powoduje zmniejszenie nośności z uwagi na ich jednoczesne zginanie i ściskanie. Takie wyężenie ma szczególne znaczenie w przypadku konstrukcji wykonanych z prętów pełnych, ale także rur i kształtowników zamkniętych o małych średnicach - ze względu na małe wartości ich charakterystyk geometrycznych przekroju ( $i$ ,  $A$ ,  $J$ ,  $W$ ).
- Częstym błędem w projektowaniu ustrojów kratowych jest brak uwzględnienia mimośrodków konstrukcyjnych, szczególnie w miejscach połączeń sekcji montażowych. Mimośrodki powodują powstawanie dodatkowych momentów, które w znaczący sposób zmniejszają nośność konstrukcji (patrz pkt. 2.7 w PN-EN 1993-1-8 [17]).

- W przypadku konstrukcji wykonanych z kształtowników zamkniętych (szczególnie o przekrojach klasy 3. oraz 4.) należy sprawdzić lokalne nośności przekrojów w miejscach przyłożenia sił skupionych (np. połączenia stężeń z pasami lub połączenia rusztów mocujących ciężkie urządzenia z pasami).
- W przypadku występowania otworów rewizyjnych w słupach pełnościennych oraz innych otworów technologicznych należy sprawdzić ich wpływ na nośność konstrukcji.

## 7.2 Nośność zmęczeniowa

### Norma:

Nośność zmęczeniową przedmiotowych konstrukcji należy analizować wg PN-EN1993-1-9 [18].

### Wytyczne:

- W związku z tym, że na przedmiotową konstrukcję zawieszoną nad drogą oddziałują siły o charakterze wysokocyklowym (spowodowane oddziaływaniem wiatru oraz podmuchami od przejeżdżających pojazdów), należy sprawdzić ryzyko wystąpienia zmęczenia materiału. Jeśli takie zjawisko ma wpływ na nośność konstrukcji w założonym okresie użytkowania, to należy ocenić nośność zmęczeniową konstrukcji.
- W ocenie nośności zmęczeniowej, w ustaleniu cykli obciążeń, należy uwzględnić oddziaływania od wiatru oraz oddziaływania od przejeżdżających pojazdów.
- Minimalna grubość ścianek kształtowników dla wszystkich elementów konstrukcji głównej nie może być mniejsza niż 4,0 mm. W przypadku tak cienkich ścianek należy wykazać, że podczas spawania nie następują zmiany struktury materiału wskutek przegrzania. Ponadto w przypadku kształtowników o cienkich ściankach należy sprawdzić nośność zmęczeniową spoin i ścianek pod obciążeniem wysokocyklowym.

## 8 Stany graniczne użytkowości (SLS)

W przedmiotowych konstrukcjach należy analizować następujące stany graniczne SLS: przemieszczenia poziome, przemieszczenia pionowe, drgania, osiadania podłoża, pochylenie konstrukcji.

Zgodnie z PN-EN 1990 [1] A1.4.2. (2) zaleca się ustalanie kryteriów użytkowości indywidualnie dla każdego projektu i uzgadnianie ich z inwestorem. Jeśli inwestor nie postanowił inaczej należy przyjmować następujące kryteria dotyczące stanu SLS.

### 8.1 Przemieszczenia

#### Norma:

Graniczne przemieszczenia konstrukcji stalowych należy przyjmować wg PN-EN-1993-1-1 [10], stosując kombinacje zgodnie z PN-EN 1990 [1] lub biorąc pod uwagę poniższe wytyczne dotyczące granicznych wartości przemieszczeń.

## Wytyczne:

- Alternatywnie dopuszcza się projektowanie przedmiotowych konstrukcji tak, aby ich maksymalne przemieszczenia (pokazane na rys. 1) nie przekraczały wartości granicznych, które wynoszą:

$\Delta x_1 = \Delta y = \frac{H}{100}$  - graniczne poziome przemieszczenie głowicy słupa bramownicy lub wsiężnika (rys. 1a, b),

$\Delta x_2 = \frac{L}{150}$  - graniczne poziome przemieszczenie w środku rozpiętości rygla bramownicy (rys. 1a),

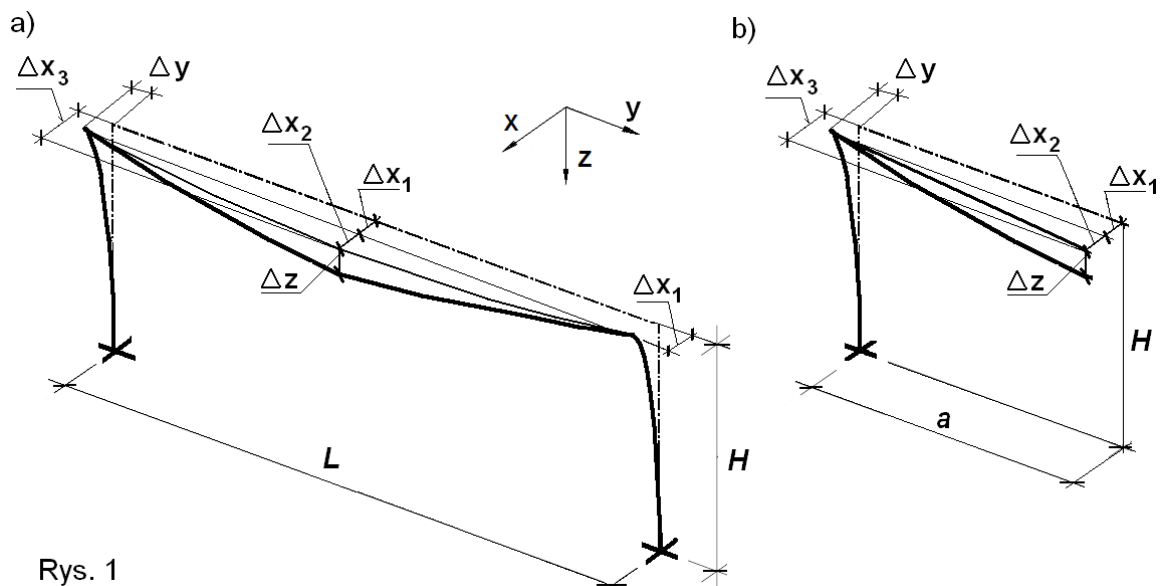
$\Delta x_2 = \frac{a}{75}$  - graniczne poziome przemieszczenie końca rygla wsiężnika (rys. 1b),

$\Delta x_3 = \frac{H}{100} + \frac{L}{150}$  - graniczne sumaryczne poziome przemieszczenie w środku rozpiętości rygla bramownicy (rys. 1a),

$\Delta x_3 = \frac{H}{100} + \frac{a}{75}$  - graniczne sumaryczne poziome przemieszczenie końca rygla wsiężnika (rys. 1b),

$\Delta z = \frac{1}{200} L$  - graniczne pionowe ugięcie w środku rozpiętości rygla bramownicy (rys. 1a),

$\Delta z = \frac{1}{100} a$  - graniczne pionowe ugięcie w środku rozpiętości rygla wsiężnika (rys. 1b).



Rys. 1

W celu zmniejszenia ugięcia w środku rozpiętości rygla zaleca się stosowanie podniesienia wykonawczego

## 8.2 Drgania

Szczególnie narażone na drgania są:

- wszystkie konstrukcje wysięgnikowe,
- konstrukcje bramownic o dużych rozpiętościach,
- konstrukcje, na których zamontowane są ciężkie urządzenia (np. tablice ZT),
- konstrukcje, na których urządzenia zamontowane są na mimośrodkach w stosunku do osi elementów konstrukcyjnych, co powoduje drgania skrętne.

### Norma:

Kryteria oceny drgań przedmiotowych konstrukcji należy przyjmować wg PN-EN 1990 [1] oraz PN-EN-1993-1-1 [10] (w odniesieniu do konstrukcji stalowych).

### Wytyczne:

- W przypadku konstrukcji pod tablice zmiennej treści, specjalistyczny osprzęt pomiarowy, kamery oraz inne urządzenia wrażliwe na drgania, należy zawsze ustalić z inwestorem zakresy charakterystyk dynamicznych, jakie musi spełniać konstrukcja.
- W przypadku konstrukcji, na których zamontowane będą urządzenia niewrażliwe na drgania, należy konstrukcję projektować tak, aby nie przekroczyć stanu granicznego z uwagi na drgania oraz zapewnić zgodnie z PN-EN 1990 [1] A.1.4.4.(1) a) komfort użytkownika. Niedopuszczalne jest, aby konstrukcje lub ich elementy przemieszczały się zbyt mocno, łopotały czy skręcały powodując ograniczenie komfortu użytkownika, co przy ruchu drogowym może powodować niepewność lub wręcz panikę, a tym samym może wpłynąć na bezpieczeństwo.
- Konstrukcje należy projektować tak, aby utrzymać częstotliwości drgań własnych powyżej odpowiednich wartości, zależnych od typu konstrukcji, jej przeznaczenia, miejsca lokalizacji (nad drogą lub na poboczu), źródła drgań. Zaleca się, aby częstotliwości drgań własnych konstrukcji nie były niższe niż 1,5 Hz.
- Częstotliwość drgań własnych należy analizować także w przypadku oblodzenia konstrukcji. W takiej sytuacji projektowej, aby uniknąć dodatkowego uwzględniania obciążenia użytkowego np. na pomostach roboczych, przy analizie modalnej, należy wprowadzić odpowiednie wytyczne eksploatacji obiektu, aby np. nie użytkować pomostów przy silnym wietrze i/lub oblodzeniu.
- Należy sprawdzić wpływ obciążeń wysokocyklowych podmuchami od przejeżdżających pojazdów na zachowanie dynamiczne konstrukcji. Jeśli obciążenie to ma wpływ na zmniejszenie nośności wskutek zmęczenia, należy to uwzględnić w ocenie wytrzymałości konstrukcji.
- Każdorazowo w obliczeniach statycznych konstrukcji należy udokumentować wyniki jej analizy dynamicznej, podając częstotliwości drgań własnych dla pierwszych istotnych postaci drgań (giętej w płaszczyźnie i z płaszczyzny ramy oraz skrętnej rygla i skrętnej słupów).

## 9 Materiały

### Normy:

- W projektowaniu przedmiotowych konstrukcji stalowych należy stosować stale konstrukcyjne spawalne wg PN-EN 10204 [29], PN-EN 10025 [30], PN-EN 10210 [31], PN-EN 10219 [32].
- W doborze gatunków stali ze względu na odporność na kruche pękanie i ciągliwość międzywarstwową należy stosować PN-EN1993-1-10 [19].

### Wytyczne:

- Do obliczeń jako wartości charakterystyczne zaleca się stosować wartości nominalne właściwości stali wg tabl. 3.1. w PN-EN 1993-1-1 [10].
- Stal konstrukcyjna stosowana w przedmiotowych obiektach powinna posiadać certyfikaty materiałowe 3.1. PN-EN 10204 [29].
- Wszystkie śruby powinny być cynkowane ogniowo i powinny posiadać świadectwa jakości 3.1. PN-EN 10204 [29].
- Materiał stosowany na konstrukcje powinien wykazywać wystarczającą udarność, aby uniknąć zjawiska kruchego pękania elementów rozciąganych przy najniższej temperaturze eksploatacyjnej, w projektowanym okresie użytkowania. Należy uwzględnić zakres temperatur w jakich konstrukcja będzie eksploatowana oraz temperaturę minimalną ( $T_{min}$ ). Jeżeli warunki podane w PN-EN 1993-1-10 [19] są spełnione dla najniższej temperatury eksploatacyjnej, to żadne dodatkowe sprawdzenie na okoliczność kruchego pękania nie jest wymagane.
- Gdy zgodnie z PN-EN 1993-1-10 [19] wymagana jest stal o ulepszonej ciągliwości międzywarstwowej, to należy stosować stal jakościową zgodnie z EN-10164 [33].
- W przypadku doboru stali na elementy przewidziane do cynkowania zanurzeniowego (ogniowego) należy stosować PN-EN ISO 1461 [34].
- Jeżeli stal będzie gięta zgodnie z PN-EN 10025 [30] należy zastosować stal oznaczoną odpowiednim znakiem np. C lub GC, zachowując jednocześnie minimalne promienie gięcia.
- Każdorazowo należy określić stany dostaw dla materiałów hutniczych.
- W przypadku kształtowników zamkniętych należy zawsze dokładnie określić według jakiej normy mają być one zamawiane. (UWAGA. Bardzo często zdarza się błąd polegający na przyjmowaniu w obliczeniach krzywej wyboczeniowej „a”, a następnie wykonawca nie będąc tego świadomym zamawia kształtowniki walcowane na zimno).

## 10 Wytyczne wykonania

### Normy:

- Przedmiotowe konstrukcje należy wykonać zgodnie z wymaganiami PN-EN 1090-1 [22], PN-EN 1090-2 [23].

### Wytyczne:

- Klasa niezawodności i konsekwencji zniszczenia, a także poziom nadzoru projektowania i inspekcji wykonawstwa konstrukcji powinny być uzgodnione z inwestorem i określone w projekcie budowlanym.
- Należy określić klasę wykonania konstrukcji EXC2, EXC3, EXC4 wg PN-EN 1090-2 [23]. W przypadku bramownic oraz konstrukcji wysięgnikowych znajdujących się ponad drogą, klasa wykonania nie może być niższa niż EXC3.
- Jednym z ważniejszych zagadnień jest określenie klasy spawania. Klasy spawania mogą być różne w obrębie tej samej konstrukcji. W szczególnych przypadkach dla wybranych elementów dopuszcza się obniżenie klasy spawania w stosunku do klasy wymaganej przez klasę wykonania konstrukcji. Na przykład, jeśli konstrukcja jest sklasyfikowana jako EXC3, dopuszcza się obniżenie klasy spawania dla połączeń stężeń z krawężnikami do poziomu C, jeśli przeprowadzi się odpowiednie obliczenia poparte serią badań niszczących w laboratoriach.
- Nie dopuszcza się projektowania przedmiotowych konstrukcji o ściankach mniejszych niż  $t_{min} = 4,0$  mm. Stosowanie ścianek o mniejszych grubościach byłoby niepoprawne ze względów technologicznych. Przy łączeniu prętów pełnych z kształtownikami o ściankach cieńszych niż 4,0 mm nie można położyć spoiny, która spełniałaby wymogi obecnych norm. Co prawda norma PN-EN 1993-1-8 dopuszcza stosowanie spoin równych grubości ścianki, ale tylko w połączeniu „rura z rurą”. Ponadto spawanie cienkich ścianek najmniejszymi realnie możliwymi do wykonania spoinami w masowej produkcji tj.  $a_{min} = 3,0$  mm, powoduje przepalanie się ścianek i nieodwracalne zmiany struktury materiału.
- Tolerancje wykonania ustroju nośnego przedmiotowych obiektów należy określić indywidualnie w zależności od typu konstrukcji. Konstrukcje kratowe będą miały inne wymagania niż np. konstrukcje pełnościenne.



## 11 Zabezpieczenie antykorozyjne

### Normy:

- W zabezpieczeniu antykorozyjnym przedmiotowych konstrukcji należy stosować normy dotyczące:
  - cynkowania – wg PN-EN ISO 1461 [34],
  - przygotowania powierzchni – wg PN ISO 8501 [35], PN-EN ISO 12944 [36],
  - malowania – wg norm dla przyjętego systemu farb.

### Wytyczne:

- Standardową grubość powłoki cynkowej należy przyjmować zgodnie z PN-EN ISO 1461 [34]. Jeśli inwestor wymaga większych grubości powinno to być dokładnie określone w zamówieniu. Należy wtedy zastosować odpowiednie procedury tak, aby uzyskać zwiększoną grubość cynku (np. śrutowanie przed cynkowaniem).
- Inwestor (ewentualnie w konsultacji z projektantem) dobierając odpowiedni poziom systemu zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji, powinien uwzględnić klasę korozyjności środowiska w odniesieniu do zakładanego czasu użytkowania konstrukcji.
- Stopień przygotowania powierzchni przed cynkowaniem i malowaniem zależy od przyjętego systemu i klasy korozyjności środowiska. Należy zwrócić uwagę na przygotowanie krawędzi elementów i krawędzi otworów. Wszystkie krawędzie powinny być stępione lub zaokrąglone w zależności od wymaganego stopnia przygotowania powierzchni.
- W przypadku konstrukcji cynkowanej ogniowo, należy zwrócić szczególną uwagę na dobór stali pod względem zawartości krzemu, fosforu, węgla i innych parametrów. Procentowy skład tych stali powinien odpowiadać wymaganiom określonym w normie PN-EN ISO 1461 [34].
- Stosowane mogą być bardzo różnorodne systemy zabezpieczeń antykorozyjnych lub systemy łączone. Każdorazowo dostawca powinien udostępnić odpowiednie protokoły badań wykonane przez jednostki kontroli jakości.
- Uszkodzenia po montażu i ubytki powłoki nie dyskwalifikujące elementów, należy naprawiać przez cynkowanie natryskowe lub malowanie zestawem farb wysokocynkowych z dużą zawartością części stałych.

## 12 Montaż konstrukcji stalowej

### Normy:

- Montaż przedmiotowych konstrukcji należy wykonać zgodnie z PN-EN 1090-2 [23].

### Wytyczne:

- Przed montażem konstrukcji stalowej należy sprawdzić geodezyjnie położenie elementów kotwiących, odległości liniowe, poziomy i skręcenie elementów kotwiących.
- Stalowa konstrukcja powinna zostać zamontowana zgodnie z wytycznymi podanymi w projekcie, które dotyczą parametrów podniesienia wykonawczego, pionowości słupów czy odchylenia słupów od pionu w przypadku wsporników. W projekcie wykonawczym powinien być dokładny opis sposobu wykonania podniesienia wykonawczego za pomocą blach dystansowych, elementów rektyfikacyjnych, sprężania lub w inny sposób. Szczególnie istotnym zagadnieniem jest określenie kolejności wykonania podniesienia wykonawczego na montażu, zwłaszcza w przypadku konstrukcji statycznie niewyznaczalnych, aby nie wprowadzić do ustroju nośnego niekontrolowanych dodatkowych sił montażowych.
- W trakcie budowy oraz po zakończeniu montażu należy sporządzić dokumentację powykonawczą, która służy jako dowód zgodności realizacji obiektu z dokumentacją wykonawczą. Jeżeli projekt przewiduje zastosowanie połączeń sprężanych, to dokumentacja powykonawcza musi zawierać protokół z pomiaru momentu sprężenia śrub.
- Montażu konstrukcji nie należy wykonywać jeśli prędkość wiatru przekracza 10 m/s.
- W konstrukcjach o dużych rozpiętościach i/lub znacznym stopniu skomplikowania powinny być wykonywane projekty montażu. Elementy montażowe należy podnosić dźwigami zgodnie z wytycznymi podanymi w projekcie, tak aby nie uległy one uszkodzeniu oraz aby nie spowodowały zagrożenia bezpieczeństwa.

## **13 Wytyczne BHP dotyczące eksploatacji konstrukcji pomostów roboczych i drabin**

### **13.1 Pomosty robocze**

Pomosty robocze przedmiotowych konstrukcji powinny spełniać wymagania określone przez inwestora indywidualnie dla każdego projektu. Jeśli jednak w specyfikacji inwestora nie zostało to określone, proponuje się przyjmować poniższe wytyczne:

- Minimalna szerokość użytkowa pomostu wynosi 0,6 m.
- Wysokość balustrad należy przyjmować nie mniejszą niż 1,0 m. Nośność balustrady ze względu na obciążenie boczne należy przyjąć w zależności od wymagań inwestora. Dopuszcza się np. aby balustrady miały poziome elementy wykonane z luźnych linek; wymaga to jednak spełnienia odpowiednich zaleceń BHP dotyczących bezpieczeństwa użytkowania pomostu.
- Wymiar nominalny oczka kraty pomostowej nie większy niż 30 x 32 mm. Można stosować standardowe kraty zgrzewane; nie są wymagane kraty antypoślizgowe. Warunek użytkowalności kraty pomostowej ze względu na ugięcie wynosi:
  - $L/200$  dla obciążenia równomiernie rozłożonego  $2,0 \text{ kN/m}^2$  oraz
  - $L/200$  dla obciążenia skupionego  $1,5 \text{ kN}$  (na powierzchni  $0,2 \times 0,2 \text{ m}$ ),gdzie  $L$  – rozpiętość kraty pomostowej.
- Pomosty powinny mieć bortnice jednostronne zabezpieczające elementy przed upadkiem na drogę. Minimalna wysokość bortnicy 100 mm.

### **13.2 Drabiny**

- Inwestor powinien indywidualnie dla każdego projektu określić wytyczne dotyczące drabin i stopień ich zabezpieczenia przed wejściem na konstrukcję osób trzecich.
- Proponuje się, aby najniższy element drabiny był usytuowany nie niżej niż 3,0 m od poziomu bezpośrednio pod drabiną.
- Należy zapewnić bezpieczne oparcie części dolnej drabiny. Dlatego zaleca się, aby pod drabiną znajdowała się płyta betonowa lub cokół fundamentowy.
- Ze względów bezpieczeństwa zaleca się, aby drabina znajdowała się od strony pobocza.
- Dopuszcza się stosowanie zamiast drabin elementów o prostszej konstrukcji np. uchwyty do wspinania się przyspawanych bezpośrednio do konstrukcji. W takich przypadkach należy dokładnie opisać sposób eksploatacji pod względem zachowania bezpieczeństwa użytkowania.
- W przypadku słupów kratowych, których konstrukcja umożliwia wspinanie się po nich, inwestor powinien określić poziom zabezpieczenia przed dostępem osób niepowołanych np. przez zastosowanie blach osłonowych lub ostróg.
- Jeśli wymagana jest ochrona instalacji w słupach kratowych, należy zastosować osłony odpowiednie zabezpieczenia np. osłony „antywandalowe”.

## CZĘŚĆ II - FUNDAMENTY

### 1 Definicje

#### a) Fundament bramownicy

Konstrukcja żelbetowa, stalowa lub mieszana mająca za zadanie przeniesienie obciążeń z „bramownicy” na podłoże gruntowe z zapewnieniem zachowania stanów granicznych w gruncie, fundamencie oraz „bramownicy”.

#### b) Posadowienie bezpośrednie

Konstrukcja przenosząca obciążenia z nadbudowy na podłoże gruntowe poprzez podstawę stopy (w tym nachyloną) oraz podstawę i powierzchnię boczną z wykorzystaniem parcia biernego (fundamenty blokowe i słupowe).

#### c) Posadowienie pośrednie

Konstrukcja przenosząca obciążenia z nadbudowy na podłoże gruntowe poprzez podstawę oraz powierzchnię boczną (pale, mikropale, kolumny, iniekcje) z wykorzystaniem tarcia oraz bocznego oporu.

#### d) Skarpa

Naturalna lub sztuczna konstrukcja ziemna w zakresie: korona, zbocze, podnóże.

### 2 Lokalizacja fundamentów

W procesie wyboru lokalizacji i projektowania posadowienia fundamentów należy uwzględnić:

#### a) Prawidłowe i uzgodnione z Zarządcą drogi odległości od krawędzi jezdni.

#### b) Występowanie skarp – wymogi ogólne

- Posadowienie pośrednie i bezpośrednie w sąsiedztwie i na samej skarpie wymaga szczególnej ostrożności,
- Nie należy lokalizować fundamentów bezpośrednich na skarpie, koronie i podstawie bez szczegółowej analizy stateczności przed i po wykonaniu fundamentu. W obliczeniach posadowienia należy uwzględnić dominujący charakter obciążeń (zmiennie). Przy ocenie stateczności uwzględnić należy możliwe zmiany poziomów wody oraz wynikające z tego zmiany parametrów gruntu pod wpływem wody,
- W obciążeniach fundamentów pośrednich zlokalizowanych w skarpie, koronie lub podstawie, przy występowaniu w nich gruntów słabych, należy uwzględnić bezpośrednie obciążenie ich (pale, mikropale) parciem gruntu. Boczne parcie gruntu uwzględnia się, jeśli (określony metodą Felleniusa) współczynnik stateczności gruntów słabych w skarpie, będzie mniejszy niż 1,8 w gruntach organicznych oraz mniejszy niż 1,5 w gruntach pozostałych [39],
- W przypadku naturalnego lub sztucznie ustalonego przepływu wody w gruncie należy wykonać analizę zmian warunków przepływu wody i ich wpływu na możliwość lokalizacji fundamentów w skarpie, koronie lub podstawie.
- Należy zwrócić uwagę, iż elementy konstrukcji zagłębione w gruncie mogą powodować czasowe, lokalne kumulowanie się wody opadowej co może negatywnie oddziaływać na stan gruntu i stateczność skarpy,
- Zabrania się lokalizowania fundamentów bezpośrednich w obrębie zaistniałego osuwiska (koluwium).

**c) Skarpy naturalne i sztuczne zbrojone**

Nie zaleca się posadowień bezpośrednich w skarpach i nasypach zbrojonych w masywie lub powierzchniowo. Każdorazowa decyzja o posadowieniu w takich warunkach wymaga zgody zarządcy drogi i opinii projektanta konstrukcji z gruntu zbrojonego.

Wymaga się wykazania zachowania stateczności skarpy ze współczynnikiem nie mniejszym niż projektowany, zarówno w posadowieniu bezpośrednim jak i pośrednim. Warunek ten dotyczy również stanów przejściowych (faza budowy).

**d) Skarpy naturalne i sztuczne samostateczne**

W przypadku zlokalizowania fundamentu na skarpie (koronie, podstawie) wymaga się wykazania obliczeniowo, iż stateczność skarpy (lokalnie w okolicy fundamentu oraz globalnie) jest zachowana ze współczynnikiem nie mniejszym niż projektowany. W formułach obliczeniowych nośności podłoża pod fundamentem należy uwzględnić usytuowanie fundamentu względem korony skarpy. Warunek ten dotyczy także stanów przejściowych (faza budowy).

Wymogi te dotyczą zarówno posadowienia pośredniego jak i bezpośredniego.

**e) Cieki wodne naturalne i rowy prowadzące wodę okresowo lub trwale**

Nie zaleca się lokalizowania fundamentów bezpośrednich bramownic w ciekach wodnych.

W uzasadnionych przypadkach należy wykazać, iż nie nastąpi dodatkowe spiętrzenie wód gruntowych, prędkość strugi nie spowoduje rozmywania dna lub skarp oraz uwzględnić dodatkowe obciążenie poziome i/lub pionowe od przepływu wody.

Przepustowość cieku (przepływ) nie może zostać zmniejszona.

**f)** W terenie płaskim: występowanie szkód górniczych, infrastruktury obcej (dostęp, remonty i ich wpływ na projektowany fundament), granic działek (szczególnie wykorzystywanych rolniczo – uderzenia maszynami).

**g)** Możliwość występowania lokalnych zastoisk wodnych, zalodzenia, oddziaływania (rozbryzgi) intensywnie zasolonej wody, prawdopodobieństwo uderzenia pojazdu w bramownicę podczas wypadku drogowego.

### **3 Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego**

Głębokość, ilość otworów, ilość i jakość próbek gruntu itp. wynikają z wymogów przypisanych kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego zgodnie z Rozporządzeniem [42].

**a)** Badania geotechniczne wykonuje podmiot mający stosowne uprawnienia na podstawie, w zakresie i wg metodologii zawartych w [44], [45].

**b)** W większości przypadków posadowień bezpośrednich w terenie płaskim można przypisać obiektom (bramownicom) drugą kategorię geotechniczną.

**c)** Dla pierwszej kategorii geotechnicznej wymagane jest opracowanie co najmniej opinii geotechnicznej.

**d)** Dla obiektów drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej wymagane jest dodatkowo opracowanie dokumentacji badań podłoża gruntowego i projekt geotechniczny.

**e)** W przypadku obiektów trzeciej kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych drugiej kategorii wykonuje się dodatkowo dokumentację geologiczno-inżynierską zgodnie w zakresie i metodologii zgodnej z odrębnymi przepisami.

- f) W przypadku opracowania opinii geotechnicznej wymaga się jako minimum 1 wiercenia oraz 1 sondowania pod każdym słupem bramownicy. Typ sondowania należy ustalić w zależności od stwierdzonego w wierceniu rodzaju gruntu w podłożu.

#### 4 Konstrukcja fundamentu

W zależności od występujących warunków gruntowo – wodnych zaleca się:

- a) Posadowienie bezpośrednio za pomocą stóp fundamentowych o podstawie w kształcie prostokątnym.
- b) W przypadku ograniczonej przestrzeni zaleca się stosować fundament blokowy lub słupowy przenoszący obciążenia poziome i moment zginający z bramownicy na podłoże poprzez współpracę pionowych ścian lub pobocznic z gruntem (parcie bierne).  
Fundament taki powinien mieć po rozszalowaniu szorstką powierzchnię ścian lub być realizowany bez szalowania (betonowanie w wykopie).
- c) W szczególnych warunkach może być uzasadnione posadowienie pośrednie za pomocą pali lub mikropali zwieńczonych żelbetowym oczepem umożliwiającym prawidłowe zakotwienie słupa „bramownicy”.
- d) Nie jest zalecane stosowanie rozwiązań o niezbadanej charakterystyce pracy w gruncie pod wpływem obciążeń zmiennych (kotwy talerzowe, wiotkie i napinane kotwy wbijane itp.).
- e) Stosowanie pali wbijanych lub wwibrowanych niską częstotliwością może wymagać oceny wpływu technologii na podłoże gruntowe pod jezdnią oraz jezdnię (możliwość uszkodzenia).
- f) Połączenie pomiędzy konstrukcją stalową każdego słupa a fundamentem zapewnić min. 4 kotwami stalowymi z materiału o dużej (min. 20%) ciągliwości.
- g) Stopień zbrojenia elementów żelbetowych nie powinien być niższy niż wymagany przez normę [43] przy uwzględnieniu czynników środowiskowych, skurczu betonu oraz warunku ograniczenia rozwarcia rys.
- h) Długość zakotwienia śrub fundamentowych oraz zbrojenie pionowe w pobliżu każdej kotwy (grupy kotew) musi być zdolne do przeniesienia odpowiedniej siły rozciągającej. Należy uwzględnić przy tym konieczność ograniczenia naprężeń w zbrojeniu w celu przeciwdziałania nadmiernemu rozwarciu rys.
- i) Wymaga się określenia stopnia wyężenia śrub kotwiących w złożonym stanie obciążenia (siła osiowa, ścinanie, zginanie) i oszacowania ich nośności dla obciążeń zmiennych.
- j) Zaleca się przyjęcie do analizy zmęczeniowej kotwy:
- $N=1 \times 10^8$  cykli obciążeń uwzględniającej siły wewnętrzne pochodzące od buffetingu (pojazdów ciężarowych) oraz 5% wartości charakterystycznej pochodzącej od parcia wiatru (określonego dla 50 letniego okresu powrotu),
  - min.  $N=1 \times 10^4$  cykli obciążeń uwzględniającej siły wewnętrzne pochodzące od buffetingu (pojazdów ciężarowych) oraz 45% wartości charakterystycznej pochodzącej od parcia wiatru (określonego dla 50 letniego okresu powrotu).

Głębokość posadowienia bezpośredniego uzależnić należy od wrażliwości gruntów rodzimych pod fundamentem na zamrażanie i/lub pęcznienie pod wpływem wilgoci. W szczególnych przypadkach fundament może być posadowiony na poziomie terenu.

## 5 Obciążenia

- a) Zaleca się, by obciążenia fundamentu pochodziły wprost z analiz modelu obliczeniowego uwzględniającego współpracę podłoża gruntowego, fundamentu i konstrukcji stalowej bramownicy. Może to wymagać wielokrotnych obliczeń (iteracyjnych) w celu określenia sprężystości (podatności fundamentów) wraz ze zmianami ich geometrii. Analiza taka może być prowadzona dla podłoża gruntowego wyłącznie w zakresie sprężystym.
- b) Należy w obliczeniach uwzględnić i oszacować wraz z możliwymi zmianami ich położenia i wielkości:
- ciężary własne konstrukcji stalowej,
  - ciężary własne wyposażenia,
  - obciążenia w trakcie obsługi,
  - obciążenia naziomu (pojazdy, nasypy i skarpy odciążające, mury oporowe),
  - obciążenia pochodzące od poziomego parcia gruntów słabych pod wpływem zmian obciążenia naziomu lub poziomów wody gruntowej,
  - poziom obciążenia wiatrem o częstotliwości powrotu 1doba oraz 50 lat,
  - inne obciążenia środowiskowe (oblodzenie, temperatura),
  - obciążenia od ciśnienia prędkości powietrza pochodzącego od przejeżdżających pojazdów (buffeting),
  - ruch wody gruntowej,
  - obciążenia wyjątkowe od uderzenia pojazdem (jeśli wymagane).
- c) Kombinacje obciążeń wraz ze współczynnikami obliczeniowymi i koincydencji przypadków określić należy stosownie do zaleceń w Załączniku Krajowym do normy [44].

## 6 Wymiarowanie geotechniczne

Wymaga się wykazania podczas wymiarowania, iż określona wielkość i rozwiązanie techniczne fundamentu zapewnia spełnienie warunków odpowiednich norm dla konstrukcji stalowej jej połączeń, a także dla:

### a) Fundamentu

- EQU; STR; GEO; UPL; użyteczności (ograniczenie rozwarcia rys, osiadania i kątów obrotu fundamentów).

Dla stanów granicznych użyteczności rozwarcia rys wymaga się ograniczenia ich wielkości do 0,30mm. Wielkości pozostałych ograniczeń (przemieszczeń i obrotów) uzgodnić z Zamawiającym.

### b) Podłoża gruntowego

- EQU; STR; GEO; HYD.

### c) Stanu przejściowego (budowa) - wykopy

- GEO; HYD.

Należy uwzględnić częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla gruntów stosownie do rozpatrywanego stanu granicznego.

W celu przeciwdziałania zjawisku degradacji podłoża pod wpływem obciążeń zmiennych i możliwego wystąpienia narastania przemieszczeń (obrotów) fundamentu wymaga się:

**d) Dla posadowienia bezpośredniego:**

- należy utrzymać wypadkową siłę pionową pochodzącą od obciążeń charakterystycznych stałych, użytkowych, buffetingu i 40% efektu oddziaływania wiatru o okresie powrotu 50lat, w rdzeniu podstawy fundamentu (brak zjawiska odrywania krawędzi fundamentu od podłoża częściej niż 1 raz w ciągu doby – porównaj wykres B3 normy PN-EN1991-1-4 oraz wzór B9 dla  $50 \times 365 = 18250$  dni eksploatacji),
- należy utrzymać wypadkową siłę pionową pochodzącą od obciążeń charakterystycznych stałych, zmiennych długotrwałych w rdzeniu I (nie dopuszczając do odrywania się podstawy fundamentu od podłoża).
- należy utrzymać wypadkową siłę pionową pochodzącą od obciążeń charakterystycznych stałych, użytkowych, buffetingu i efektu oddziaływania wiatru o częstości powrotu 50lat w rdzeniu uogólnionym podstawy fundamentu (ograniczony zasięg odrywania fundamentu od podłoża). Wymaga się wyznaczenia rdzenia uogólnionego w taki sposób, by zasięg odrywania podstawy nie był większy niż połowa jego wymiaru w rozpatrywanej płaszczyźnie.

Generalnie korzystnym jest takie usytuowanie fundamentu w płaszczyźnie ramy, by środek ciężkości fundamentu pokrywał się z położeniem wypadkowej obciążeń stałych.

**e) Dla posadowienia pośredniego należy ocenić wpływ oddziaływań zewnętrznych na:**

- poziome przemieszczenia sprężyste pala (mikropala) i możliwość deformacji plastycznych gruntów w górnych warstwach,
- niekorzystne zmiany w strukturze gruntów przypowierzchniowych pod wpływem obciążeń cyklicznych i ich wpływ na wzrost deformacji plastycznych gruntu.

W obliczeniach statycznych pali należy stosować metody zweryfikowane doświadczalnie. W skomplikowanych warunkach geotechnicznych, gdy w podłożu występują grunty o nieustalonych parametrach należy rozważyć weryfikację przyjętych założeń dotyczących pracy pali próbnymi obciążeniami.

Próbne obciążenia (dla sił pionowych i poziomych) zaleca się również przeprowadzać w przypadku wprowadzenia do stosowania nowego typu fundamentu (pala, bloku, słupa, stopy) o kształtach lub charakterystyce konstrukcyjnej nie stosowanej dotąd w praktyce, dla których jeszcze nie opracowano podstaw teoretycznych zachowania się ich w podłożu gruntowym.

Należy zachować ostrożność przy przenoszeniu (adaptowaniu) formuł i reguł (wzorów) umożliwiających ocenę nośności fundamentów na zasadzie podobieństw.



## 7 Podstawowe wymagania techniczne

### a) Roboty ziemne

- W większości przypadków fundamentów bezpośrednich głębokość posadowienia wymagać będzie stosowania obudowy wykopu lub wykopów szerokoprzestrzennych z bezpiecznym nachyleniem skarp. Każdorazowo projekt posadowienia musi zawierać informację o sposobie i warunkach realizacji wykopu.

Zgodnie z [42] obudowa wykopu jako specjalistyczna robota geotechniczna musi zostać zaprojektowana przez uprawnioną osobę i taki projekt znajdować się musi na placu budowy.

Obecność wody gruntowej lub opadowej na dnie wykopu jest niedopuszczalna w każdej fazie prac ziemnych. Gdy zachodzi takie zagrożenie należy lokalnie obniżyć zwierciadło wody gruntowej.

- W przypadku gruntów wrażliwych na zawilgocenie i przemarzanie (mało- i średniospoistych) bezpośrednio po wykonaniu wykopu w poziomie dna należy ułożyć warstwę betonu podkładowego.

### b) Materiały – wymagania minimalne

- Beton min. C30,
- Otulina min. 35mm,
- Stal zbrojeniowa (główna) klasy C (np. BSt500S),
- Kotwy łączące fundament ze słupem maks. kl. 5.6 wg PN-EN ISO 898-1 lub wyższa jeśli dostawca zagwarantuje, iż wydłużenie materiału kotwy (po obróbce) będzie nie mniejsze niż 20%.

Ww. wymagania ustala się jako minimalne. Wartości każdorazowo wymagają analizy uwzględniającej klasyfikację korozyjną środowiska, oddziaływania i sił wewnętrznych oraz ekonomiczności rozwiązania.

### c) Beton podkładowy C12 o minimalnej grubości 100mm.

### d) Izolacje

Należy stosować izolacje powierzchniowe do betonów na bazie roztworów bitumicznych:

- dla fundamentów pośrednich jedynie dla bocznych powierzchni ocepów,
- dla fundamentów słupowych i blokowych nie należy stosować żadnych powłok na powierzchniach bocznych,
- dla posadowienia bezpośredniego (stopy fundamentowe) stosować izolację na powierzchniach bocznych oraz poziomych na styku z gruntem.

### e) Zasypy

Zaleca się wypełnienie przestrzeni między fundamentem a gruntem za pomocą betonu o konsystencji plastycznej. Dotyczy to szczególnie fundamentów blokowych wykonywanych w szalowaniu.

W przeciwnym razie należy zasypy wokół fundamentów wykonać:

- w gruntach niespoistych i małospoistych za pomocą mieszanek mineralnych w postaci piasków i żwirów, z zagęszczeniem określonym w projekcie,
- w gruntach spoistych za pomocą mieszanki rozdrobnionych glin w stanie twaroplastycznym lub zwartym oraz piasku. Zasyp taki musi być wprowadzony ubijaniem sprzętem mechanicznym. Celem tego zasypu jest uszczelnienie i niedopuszczenie do przenikania i gromadzenia się wody pod stopą fundamentu.

## 8 Wymagania przy odbiorze

Podlegają odbiorowi:

### a) Wykopy w zakresie

- zgodności położenia osi fundamentu w planie,
- zgodności rodzajów gruntu w wykopie z dokumentacją budowlaną,
- zgodności stanu gruntu na dnie wykopu z dokumentacją budowlaną,
- obecności wody gruntowej lub opadowej,
- nachyleniu dna wykopu - dno wykopu nie może być nachylone więcej niż 5% jeśli projekt przewidywał dno poziome,
- nachylenia skarp i wymaganych odległości projektowanego fundamentu od krawędzi gruntu rodzimego.

### b) Beton podkładowy w zakresie

- zgodności własności materiałowych z projektem,
- utrzymania płaszczyzny w dnie wykopu.

### c) Zbrojenie i zakotwienie w zakresie

- zgodności klas materiałowych z projektem,
- ilością i położeniem zbrojenia,
- zachowania stabilności położenia podczas betonowania,
- zachowania otuliny.

### d) Szalowanie w zakresie

- geometrii i położenia osi w planie,
- zachowania otuliny,
- zachowania integralności podczas betonowania.

### e) Izolacje w zakresie

- zgodności użytych materiałów z projektem,
- ilości nałożonych warstw.

### f) Zasypy w zakresie

- zgodności zastosowanych materiałów z projektem,
- zgodności uzyskanego zagęszczenia z wymaganym w projekcie.

## LITERATURA

- [1] PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [2] PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [3] PN-EN 1991-1-2 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- [4] PN-EN 1991-1-3 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem.
- [5] PN-EN 1991-1-4 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [6] PN-EN 1991-1-5 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.
- [7] PN-EN 1991-1-6 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-6: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji.
- [8] PN-EN 1991-1-7 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.
- [9] ISO12494 Atmospheric icing of structures.
- [10] PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [11] PN-EN 1993-1-2 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-2: Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- [12] PN-EN 1993-1-3 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-3: Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno.
- [13] PN-EN 1993-1-4 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-4: Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze stali nierdzewnych.
- [14] PN-EN 1993-1-5 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-5: Blachownice.
- [15] PN-EN 1993-1-6 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych.
- [16] PN-EN 1993-1-7 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-7: Konstrukcje płytowe.
- [17] PN-EN 1993-1-8 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-8: Projektowanie węzłów.
- [18] PN-EN 1993-1-9 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-9: Zmęczenie.
- [19] PN-EN 1993-1-10 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-10: Dobór stali ze względu na odporność na kruche pękanie i ciągliwość międzywarstwową.
- [20] PN-EN1993-1-11 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-11: Konstrukcje ciągnowe.
- [21] PN-EN1993-1-12 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-12: Reguły dodatkowe rozszerzające zakres stosowania EN 1993 o gatunki stali wysokiej wytrzymałości do z S 700 włącznie.

- [22] PN-EN 1090-1 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 1. Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych.
- [23] PN-EN 1090-2 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2 Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.
- [24] PN-EN 1993-3-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 3-1: Wieże, maszty i kominy. Wieże i maszty.
- [25] BD94/07 Design of Minor Structures, volume 2 Highway Structures: Design (Sub-Structures and Special Structures), Section - Special Structures.
- [26] ETAG 001 Metal anchors for use in concrete. Annex C.
- [27] PN-EN 12899-1 Stałe pionowe znaki drogowe. Część 1: Znaki stałe.
- [28] PN-EN 12767 Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych. Wymagania i badania.
- [29] PN-EN 10204 Wyroby metalowe. Rodzaje dokumentów kontroli.
- [30] PN-EN 10025 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnej.
- [31] PN-EN 10210 Kształowniki zamknięte wykonane na gorąco ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych.
- [32] PN-EN 10219 Kształowniki zamknięte ze szwem wykonane na zimno ze stali konstrukcyjnych niestopowych i drobnoziarnistych.
- [33] PN-EN 10164 Wyroby stalowe o podwyższonych własnościach plastycznych w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu
- [34] PN-EN ISO1461 Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową. Wymagania i metody badań.
- [35] PN-EN-ISO8501 Przygotowanie podłoża stalowych przed nakładaniem farb i podobnych produktów.
- [36] PN-EN-ISO12944 Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich.
- [37] A. Biegus: Opinia dotycząca wybranych zagadnień projektowania konstrukcji stalowych. Wrocław, 17.03.2010 r.
- [38] PN-EN ISO14713-1 Powłoki cynkowe. Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji ze stopów żelaza. Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej.
- [39] M. Kosecki: Statyka ustrojów palowych. Zasady obliczania konstrukcji palowych metodą uogólnioną i fundamentów płytowo – palowych metodą podłoża dwuparametrowego. Szczecin ITB 2006.
- [40] E. Motak: Fundamenty bezpośrednie. Wzory. Tablice. Przykłady. Arkady Warszawa 1988.
- [41] L. Wysokiński; W. Kotlicki; T. Godlewski: Projektowanie geotechniczne wg Eurokodu 7. Poradnik. ITB Warszawa 2011.
- [42] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Dziennik Ustaw RP poz.463.
- [43] PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [44] PN-EN 1997-1 Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [45] PN-EN 1997-2 Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

- [46] Institute of Highways Engineers „Sign strictures guide. Support design for permanent UK traffic signs. Revised for Eurocodes and passive safety” September 2010.
- [47] National Cooperative Highway Research Program. Report 494. „Structural supports for highway signs, luminaries, and traffic signals.” Washington 2003.
- [48] Washington State Department of Transportation “Geotechnical design manual. Chapter 17. Foundation Design for Signals, Signs, Noise Barriers, Culverts, and Buildings”, April 2012.

**KONIEC**