

---

**PRACOWNIA PROJEKTOWA DRÓG I MOSTÓW**

**dr inż. Janusz Hołowaty**

71-063 Szczecin, ul. Wilków Morskich 6/9, tel. (091) 84 44 51

REGON P - 810829119

---


**PRZELICZENIE NOŚNOŚCI  
WG POLSKIEJ NORMY**

Obiekt : **Most graniczny przez rzekę Odrę w ciągu drogi  
krajowej nr 22 w km 0+000 w m. Kostrzyn**

Zleceniodawca : **Dyrekcja Okręgowa Dróg Publicznych w Szczecinie  
70-953 Szczecin, ul. Bohaterów Warszawy 33**

Umowa : nr 2/97 z dnia 2.04.97 r.

Opracował : *dr inż. Janusz HOŁOWATY*

  
**dr inż. Janusz Hołowaty**  
Upr. nr 131/Sz/94 proj. i wyk. mostów  
lp. 48/Rz/94 rzecz. bud. mostów

Sprawdził : *inż. Ryszard JASTRZĘBSKI*

**Starszy Projektant**  
  
**inż. Ryszard Jastrzębski**  
upr Nr 108/Sz/86 proj. i wyk mostów

Szczecin, czerwiec 1997 r.

# ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

Obiekt : **Most graniczny przez rzekę Odrę w ciągu drogi krajowej nr 22 w km 0+000 w m. Kostrzyn**

Część : **Konstrukcja stalowa składana typu D-Brücke**

Umowa : **nr 2/97 z dnia 2.04.97 r.**

## **I. Część opisowa**

Opis techniczny

## **II. Część rysunkowa**

- 1 Widok z boku
- 2 Przekrój poprzeczny - typ 1
- 3 Przekrój poprzeczny - typ 2
- 4 Przekrój poprzeczny - typ 3
- 5 Schemat układu łożysk
- 6 Chodnik

## **III. Część obliczeniowa**

## CZEŚĆ OPISOWA

## OPIS TECHNICZNY

### 1. Wstęp

Opracowanie niniejsze wykonano na podstawie umowy nr 2/97 z dn. 2.04.1997 r. pomiędzy Dyrekcją Okręgową Dróg Publicznych w Szczecinie a Pracownią Projektową Dróg i Mostów w Szczecinie ul. Wilków Morskich 6/9.

Opracowanie wykonano w oparciu o normy :

- PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia. Wydanie 2.
- PN-91/S-10042. Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- PN-82/S-10052. Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie. Wydanie 2.
- PN-92/S-10082. Obiekty mostowe. Konstrukcje drewniane. Projektowanie.

### 2. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano na podstawie następujących materiałów :

- D-Brücke. Most składany typu D z płytą pomostową. Opis i instrukcja budowy. Ministerstwo Komunikacji Niemiec. Wydział Budowy Dróg. Referat Mostów i Budowli inżynierskich. 1995 (w j. niemieckim)
- Obliczenia statyczne dla wbudowania konstrukcji mostu składanego typu D w ciągu drogi B1 przez rzekę Odrę k/m Kietz - Kostrzyn. PSP 1992 (w j. niemieckim)
- Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe łożysk mostowych, połączenia łożysk z konstrukcją przęsła, dylatacji pomostu, ław podłożyskowych. Glacir GMBH, KRUPP, STRABAG 1992 (w j. niemieckim)
- inwentaryzację konstrukcyjną i uszkodzeń wykonaną w kwietniu 1997 r.
- rewizję konstrukcji stalowej mostu wykonaną w kwietniu i maju 1997 r.

### 3. Cel opracowania

Celem opracowania jest określenie nośności w odniesieniu do Polskich Norm dla konstrukcji stalowej mostu granicznego przez rzekę Odrę w ciągu drogi krajowej nr 22 w km 0+000 w m. Kostrzyn. Konstrukcję zaprojektowała i wykonała strona niemiecka z uwzględnieniem rozwiązań typowych i norm niemieckich. Określenie nośności według Polskich Norm wykonano w oparciu o istniejącą dokumentację techniczną obiektu w j. niemieckim,

obliczenia statyczno-wytrzymałościowe według norm polskich, oraz wykonaną rewizję konstrukcji stalowej.

#### **4. Krótki opis obiektu**

Most graniczny przez rzekę Odrę w Kostrzynie składa się z sześciu przęseł opartych na masywnych podporach. Długość mostu wynosi 251 m. W okresie działań wojennych (1945 r.) przęsła mostu zostały zniszczone. Most odbudowano dla celów wojskowych w latach 1947-48 na istniejących podporach i do roku 1989 służył jako dojazd do bazy wojsk radzieckich. Do roku 1992 most składał się z trzech przęseł żelbetowych (od strony Kostrzyna) i dwóch nitowanych kratowych przęseł wolnopodpartych z krzywoliniowym pasem górnym oraz z kratowego przęsła składanego systemu Roth-Wagnera (od strony miejscowości Kietz).

Żelbetowa konstrukcja trzyprzęsłowa o rozpiętościach przęseł 41,90 + 42,20 + 41,90 m znajduje się nad prawym zalewem rzeki Odry i wybudowana została w 1948 r. W ramach uzgodnień między państwowych ograniczony remont przęseł żelbetowych wykonała strona polska w 1992 r., a strona niemiecka wymieniła trzy stalowe przęsła kratowe wolnopodparte o rozpiętościach 41,34 m, 41,34 m i 42,00 m znajdujące nad głównym korytem rzeki, na składaną konstrukcję kratownicową (typu D-Brücke) o ustroju ciągłym trzyprzęsłowym. Konstrukcja mostu została wypożyczona przez Niemieckie Ministerstwo Komunikacji na okres 10 lat. Istniejące do 1992 r. stalowe przęsła kratowe posiadały znaczne uszkodzenia korozyjne i na podstawie przeglądu i oceny wykonanej przez stronę niemiecką nie nadawały się do modernizacji. W ramach wymiany przęseł kratowych wykonano nowe ławy podłożyskowe i zainstalowano łożyska kalotowe firmy Glacier.

Konstrukcja stalowa wbudowana w 1992 r. przez stronę niemiecką jest przedmiotem niniejszego opracowania.

#### **5. Ogólna charakterystyka stalowych mostów składanych typu D-Brücke**

Konstrukcja składanych mostów drogowych typu D-Brücke została opracowana w latach 1959-60 wspólnie przez dwie firmy Krupp i Mann. Jako pomost zastosowano wówczas pomost drewniany. W 1967 opracowano pomost stalowy o nośności klasy 30 wg niemieckiej normy obciążeń mostów DIN 1072, a w 1975 wprowadzono pomost stalowy o nośności klasy 45 (DIN 1072). Od roku 1978 dostępna do stosowania jest konstrukcja chodnika, o szerokości przejścia 1,5 lub 2,0 m.

Most składany typu D-Brücke jest mostem z jazdą dołem o dwóch głównych dźwigarach kratowych o kracie trójkątnej, o długości przedziału 1,525 m. Most znajduje zastosowanie zarówno do tymczasowych konstrukcji mostów objazdowych, jak i w konstrukcji mostów stałych. Został zaprojektowany zgodnie z niemieckimi wytycznymi projektowania mostów stalowych. Opracowano rozwiązania typowe konstrukcji mostu o nośności dla klas obciążeń 30

i 45 według niemieckiej normy obciążeń mostów DIN 1072 oraz o nośności dla militarnych klas obciążeń MLC50 i MLC60 według STANAG 2021.

Podstawowym elementem montażowym mostu składanego jest trójkąt (Dreieck), pochodzi stąd nazwa mostu D-Brücke. Jeden element trójkątny składa się z dwóch krzyżulców i pasa dolnego, z blachami węzłowymi. Trzy otwory w blachach czołowych pasa służą do wykonania połączenia śrubowego pomiędzy trójkątami. Trójkąty i elementy pasów mogą być wielokrotnie montowane obok siebie, i nad sobą, w zależności od wymaganej rozpiętości i klasy mostu. Krzyżulce trójkątów wykonane są o przekrojach dwuteowych spawanych, a przekroje pasów z walcowanych dwuteowników szerokostopowych. Połączenia elementów głównych mostu zaprojektowano na śruby pasowane. Pomost może być wykonany jako drewniany, oraz stalowy normalny lub płytowy.

W katalogu rozwiązań typowych mostu występują konstrukcje o szerokości jezdni 3,0 i 6,0 m, o dźwigarach kratowych jedno- i dwupiętrowych, oraz jedno- lub dwuściankowych, z chodnikiem lub bez chodnika. Pasy dźwigarów kratowych mogą być pojedyncze, podwójne i potrójne, z nakładką wzmacniającą lub bez nakładki. Konstrukcja mostu umożliwia osiągnięcie następujących rozpiętości dla ustrojów jednoprzęsłowych o szerokości jezdni 6,0 m :

|                     |                      |                |                      |
|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| klasa nośności 30 : | $L_{\max} = 54,90$ m | z chodnikiem : | $L_{\max} = 48,80$ m |
| klasa nośności 45 : | $L_{\max} = 51,85$ m | z chodnikiem : | $L_{\max} = 45,75$ m |

Konstrukcja mostu może być także zastosowana w ustrojach ciągłych. Wymaga to jednak wykonania dodatkowych obliczeń statycznych dla indywidualnego zaprojektowania pasów dźwigarów kratowych.

Konstrukcja mostu dostępna jest do zamówienia z placów składowych rozmieszczonych na terenie Niemiec. Wszystkie elementy składowe konstrukcji mostu oznaczone są numerami, poprzedzonymi literą D. Montaż i demontaż konstrukcji mostu wymaga opracowania instrukcji technicznej oraz wykonania obliczeń statycznych. Zastosowanie ciężkiego sprzętu opisane jest w oddzielnej instrukcji wydanej przez Ministerstwo Komunikacji Niemiec. Opracowanie podręcznika budowy mostu typu D-Brücke (1971) oraz długi okres stosowania mostu i uzyskane doświadczenia umożliwiły stosowanie uproszczonych obliczeń i korzystanie z gotowych tabel przy wykonywaniu opracowań projektowych.

## 6. Opis stalowej konstrukcji składanej mostu granicznego w Kostrzynie

W miejsce starych konstrukcji kratowych swobodnie podpartych wbudowano stalową konstrukcję składaną typu D-Brücke o ustroju ciągłym trzyprzęsłowym. Zastosowano konstrukcję dźwigarów kratowych jednopiętrową, o dwóch ściankach. Liczbę pasów dźwigarów głównych zaprojektowano indywidualnie i wynosi ona w poszczególnych przekrojach: 2 szt., 3szt. lub 3 szt. ze wzmocnieniem.

Szerokość jezdni wynosi 6,00 m, a obustronne chodniki posiadają szerokość 2×1,50 m. Na filarach III, IV i V oraz przyczółku zachodnim wykonano nowe ławy podłożyskowe i zamontowano łożyska kalotowe. Ogólny schemat mostu przedstawiono na rys. 1, a przekroje poprzeczne mostu na rys. 2, 3 i 4. Schemat układu łożysk przedstawiono na rys. 5.

#### **a) materiały konstrukcyjne**

Pasy, krzyżulce, słupki, złączki i nakładki stykowe dźwigarów kratowych oraz stalowe elementy pomostu i konsole wspornika wykonano ze stali St 52 o minimalnej granicy plastyczności 355 MPa i wytrzymałości na rozciąganie 490-630 MPa. Do wykonania połączeń śrubowych elementów dźwigara kratowego zastosowano śruby pasowane o średnicy trzpienia 29,7 mm wykonane ze stali C45V o minimalnej granicy plastyczności 400 MPa i wytrzymałości na rozciąganie 650-750 MPa. Dla połączeń pomostu zastosowano śruby ze stali klasy 12.9, jako elementy pomocnicze przy montażu paneli płyty pomostu zastosowano sworznie gwintowane stanowiące część konsoli wspornika. Pręty pomocnicze usztywniające krzyżulce w przedziałach podporowych kraty wykonano ze stali St 35 o minimalnej granicy plastyczności 240 MPa i wytrzymałości na rozciąganie 350-450 MPa.

Elementy chodnika wykonano ze stali R37-2 i St 37 o minimalnej granicy plastyczności 235 MPa i wytrzymałości na rozciąganie 340-470 MPa. Dla połączeń elementów chodnika zastosowano śruby M20 ze stali klasy 10.9 (typu HV firmy Peiner).

#### **b) dźwigary główne**

W konstrukcji mostu zaprojektowano ciągłe dźwigary kratowe o teoretycznych rozpiętościach przęseł (od strony niemieckiej) 42,70 + 42,70 + 41,175 m. Teoretyczna wysokość kraty wynosi 2,135 m, a wysokość całkowita 2,332 m. Długość przedziału kraty wynosi 3,05 m, z wyjątkiem ostatniego przedziału (na filarze III), którego długość wynosi 1,525 m. Konstrukcja dźwigarów kratowych jest jednopiętrowa, dwusiankowa o pasach podwójnych, potrójnych i potrójnych wzmocnionych. Na pasy zastosowano walcowane dwuteowniki szerokostopowe HEA 200 specjalnie walcowane, a na wzmocnienie pasów zastosowano połówki tych dwuteowników. HEA specjalnie walcowany posiada wysokość 190 mm i szerokość 197 mm, grubość środnika 7mm i grubość półki 11 mm. W środnikach pasów wykonano otwory odwadniające o średnicy  $\varnothing 50$  mm.

Typy i zakresy zastosowanych przekrojów pasów przedstawiono na rys. 1 oznaczając:

- typ 1 - pas podwójny (rys. 2)
- typ 2 - pas potrójny (rys. 3)
- typ 3 - pas potrójny ze wzmocnieniem (rys. 4)

Typ 3 pasów zastosowano nad podporami pośrednimi i w przekrojach środkowych przęseł skrajnych, a typ 1 przy podporach skrajnych.

Krzyżulce wykonano jako spawane o przekroju dwuteowym, wysokość 140 mm i szerokość 192,5 mm. Słupki posiadają przekrój ceowy o wysokości 202 mm i szerokości 190 mm. Konsola wspornika (nr elementu D71) łączy się z pasem dolnym za pomocą 8 śrub, z blachami czołowymi trójkątów - 6 śrub, z nakładką styku węzła i konsoli chodnika - 4 śruby. W konsoli znajdują się otwory na połączenie z poprzecznymi płyty pomostu - 6 śrub, oraz 2 otwory dla przyłączenia krawężników drewnianych.

Połączenie elementów składowych kraty wykonano śrubami pasowanymi M30 o średnicy trzpienia 29,7 mm i gwincie M24. Długości śrub wynoszą : w węzłach kraty - 85 mm (nr elementu D391), w przyłączeniu konsoli i w przyłączeniu nakładek - 75 mm (nr elementu D392). Śruby posiadają nakrętki M24 o grubości 32 mm i blaszane nakrętki zabezpieczające z wystającymi krawędziami. Pół roku po zmontowaniu konstrukcji sprawdzono stan śrub pasowanych. Jedną śrubę ze względu na występujący luz wymieniono, stan pozostałych śrub oceniono jako dobry.

#### **c) pomost płytowy**

W konstrukcji mostu zastosowano pomost w postaci paneli płytowych o długości przedziału 3,04 m (41 szt.) i długości przedziału 1,515 m (1 szt.). W przedziale skrajnym zastosowano pomost płytowy klasy 45 wg DIN 1072, ale połączenie wykonano jak dla klasy 30. Nośność paneli pośrednich odpowiada klasie 30. Połączenie paneli pomostu do konsoli za pomocą 6 szt. śrub pasowanych M30 (D391) i 2 sworzni gwintowanych z nakrętkami od spodu (połączenie jak dla klasy nośności 30).

Panele pomostu posiadają szerokość 6,30 m. Wykonano je w formie stalowej płyty ortotropowej o żebrach podłużnych o profilu zamkniętym trapezowym. Żebra podłużne opierają się na skrajnych belkach poprzecznych panelu. W środkach belek poprzecznych wykonano otwory dla połączenia z konsolą wspornika (6 śrub pasowanych M40 - nr elementu D74). W dolnej stopce belki poprzecznej panelu znajduje się otwór ułatwiający montaż panelu pomostu na sworzniu konsoli wspornika. Panele pomostu, poza stykami na konsolach, nie posiadają połączenia pomiędzy sobą (połączenie jak dla klasy nośności 30).

Na blasze pomostu ułożona jest nawierzchnia z żywicy o grubości 8 mm. Nawierzchnia jest w wielu miejscach bardzo zniszczona. Ograniczeniami krawędzi jezdni są krawężniki drewniane przytwierdzone śrubami do konsoli wspornika. Stan krawężników jest zły, w wielu miejscach są spękane, a warstwa drewna jest zbutwiała.

#### **d) łożyska**

W moście zastosowano łożyska soczewkowe (kalotowe) firmy Glacier. Ogółem zamontowano 8 łożysk, łożysko stałe zamontowano na filarze V. Schemat układu łożysk przedstawiono na rys. 5. Przyjęto oznaczenia:

Ł1 - łożysko soczewkowe wielokierunkowo przesuwne typu KG1a 900; ±50/25 mm



- Ł2 - łożysko soczewkowe jednokierunkowo przesuwne typu KGle 900; ±50 mm
- Ł3 - łożysko soczewkowe jednokierunkowo przesuwne typu KGle 2000; ±0/25 mm
- Ł4 - łożysko soczewkowe stałe typu KGIf 2000
- Ł5 - łożysko soczewkowe wielokierunkowo przesuwne typu KGla 2000; ±50/25 mm
- Ł6 - łożysko soczewkowe jednokierunkowo przesuwne typu KGle 2000; ±50 mm
- Ł7 - łożysko soczewkowe wielokierunkowo przesuwne typu KGla 900; ±100/25 mm
- Ł8 - łożysko soczewkowe jednokierunkowo przesuwne typu KGle 900; ±100 mm

Dla oparcia konstrukcji stalowej przęseł na łożyskach indywidualnie zaprojektowano górne blachy nadłożyskowe. Połączenie łożysk z konstrukcją stalową przęseł zaprojektowano na śruby sprężające klasy 10.9 : dla łożysk KGl 2000 - M24 6 szt., dla łożysk KGl 900 - M16 4 szt. Zakotwienie łożysk w ławach żelbetowych z betonu B35 zaprojektowano za pomocą dybli główkowych : dla łożysk KGl 2000 - 7/8"×125 8 szt., dla łożysk KGl 900 - 7/8"×150 4 szt.

Stan łożysk jest dobry. Nie stwierdzono oznak nieprawidłowej pracy łożysk. Lokalnie występuje zanieczyszczenie nisz łożyskowych.

#### e) chodniki

Konstrukcja chodników jest przyłączona do konstrukcji kraty konsolą wspornika chodnikowego (nr elementu D201) za pomocą czterech śrub pasowanych (D391). Słupki poręczy wykonano z kątownika 120×80×10, pochwyt z kątownika 70×70×7 (D208) i przeciągi z takiego samego kątownika. Wypełnienie otworów poręczy siatką fałdowaną 40×40×4 mm. Wysokość poręczy 1,0 m. Schemat konstrukcji chodnika przedstawiono na rys. 6.

Nawierzchnia chodnika drewniana z bali o grubości 42 mm. Część bali jest ułożona ze zbyt dużą odległością pomiędzy nimi, spowodowało to powstanie lokalnych szpar o szerokości do 4 cm.

#### f) zabezpieczenie antykorozyjne

Konstrukcja stalowa była oczyszczona do stopnia czystości Sa 2 1/2 wg DIN 55 928.

Konstrukcję stalową mostu pokryto systemem epoksydowym składającym się z trzech warstw:

- warstwa gruntująca z farby epoksydowej z pyłem cynkowym (grubość warstwy 70 μm)
- dwie warstwy nawierzchniowe z farby epoksydowej z mika żelaza (grubość warstw 2× 80 μm)

Łączna grubość powłoki antykorozyjnej wynosiła 230 μm. W konstrukcję mostu wbudowano ustrój z nieodnawiną i znacznie zużytą powłoką antykorozyjną, której trwałość w chwili wbudowywania konstrukcji oceniano na max 10 lat. W chwili obecnej powłoka antykorozyjna

wykazuje dalsze znaczne uszkodzenia w wyniku starzenia, jak i uszkodzeń fizycznych i mechanicznych przy wbudowywaniu.

Zabezpieczeniem antykorozyjnym śrub było galwaniczne cynkowanie i chromowanie. Grubość warstwy ochronnej 25  $\mu\text{m}$ . Trzpienie i gwinty śrub były dodatkowo natłuszczane. W konstrukcji mostu zastosowano część śrub ponownie używanych o znacznie zniszczonej powłoce ochronnej, które aktualnie pokryte są rdzawym nalotem.

W najlepszym stanie są powłoki ochronne elementów i śrub chodnika, oraz łożysk.

#### **g) dylatacje**

Na obiekcie zaprojektowano indywidualne dylatacje pomostu na przejściu na przyczółek i na przęsła żelbetowe dla jezdni i chodnika. Elementy dylatacji jezdni i połączenia zaprojektowano na obciążenie klasy 30/30 dla elementów pomostu według DIN 1072 (12.85) - co odpowiada obciążeniu osią pojazdu o nacisku 130 kN ze współczynnikiem dynamicznym 1,4.

#### **h) oświetlenie**

Na obiekcie zainstalowano specjalne oprawy oświetleniowe GKF na słupkach oświetleniowych  $\varnothing 60$  mm osadzonych na górnej płycie konsoli wspornika. Jest to specjalny typ oświetlenia przeznaczony m.in. dla obiektów mostowych. Lampy znajdują się na wysokości około 3,2 m nad powierzchnią dyliny chodnika. Przy każdej lampie znajduje się skrzynka bezpiecznikowa. Przewody elektryczne przechodzą w ochronnej rurze ocynkowanej ułożonej na górnym pasie dźwigara kratowego. Zasilanie odbywa się od strony polskiej.

#### **i) oznakowanie nawigacyjne**

Znaki nawigacyjne i oświetlenie nawigacyjne zainstalowano w środkowym przęśle konstrukcji składanej, na poręczy chodnika, od wlotu i wylotu mostu. Konstrukcja mocująca oświetlenia nawigacyjnego wykonana jest ze stali nierdzewnej i umożliwia podnoszenie opraw oświetlenia dla wymiany i kontroli żarówek. Konstrukcja zabezpieczona jest kłódką i zawleczką.

### **7. Analiza nośności konstrukcji stalowej**

Dla wbudowania stalowej konstrukcji składanej wykonano obliczenia statyczne w oparciu o normy niemieckie i dokumentację typowych mostów typu D-Brücke, wykonane przez firmy PSP, Glacier, Strabag i Krupp. Obliczenia wykonano dla klasy obciążeń mostu 30/30 według niemieckiej normy DIN 1072. Straßen- und Wegebrücken. Lastannahmen. Dezember 1985.

Według istniejącego oznakowania na drodze dojazdowej do przejścia granicznego masę pojazdów samochodowych ograniczono do 3,5 tony, a prędkość ograniczono do 30 km/h.

W niniejszym opracowaniu wykonano sprawdzające obliczenia statyczne składanego ustroju nośnego mostu zgodnie z Polskimi Normami. Obliczenia przeprowadzono w oparciu o dokumentację w j. niemieckim oraz aktualne normy polskie. Analiza została wykonana przy następujących założeniach :

1. właściwości mechaniczne stali elementów konstrukcyjnych i śrub przyjęto na podstawie odniesienia do PN-82/S-10052,
2. właściwości mechaniczne betonu przyjęto na podstawie odniesienia do PN-91/S-10042,
3. obciążenie użytkowe dla mostu przyjęto wg PN-85/S-10030,
4. do wyznaczenia sił wewnętrznych wykorzystano wyniki obliczeń numerycznych zawarte w dokumentacji niemieckiej.

Nośność poszczególnych elementów dźwigarów głównych i pomostu konstrukcji, na podstawie pomierzonych wymiarów elementów i wymiarów przekroju poprzecznego, przy założeniu nie przekroczenia wytrzymałości obliczeniowej stali, określono na :

- dźwigar kratowy: klasa obciążeń C
- pomost : klasa obciążeń D

Przy czym dla pomostu decydującym o nośności okazał się stan graniczny ugięć. Brak stężeń pomiędzy poszczególnymi panelami pomostu powoduje duże ich klawiszowanie przy przejeździe ciężkich pojazdów. Określone nośności są wystarczające do przeniesienia obciążenia taborem samochodowym klasy **D** /200 kN/ wg N-85/S-10030 w aktualnym stanie technicznym konstrukcji przęseł i pomostu. Odpowiada to nośności 20 ton.

Ze względu na postępujące uszkodzenia powłok malarskich i korozję powierzchniową elementów stalowych, nośność 20 ton należy uznać za dopuszczalną dla składanej konstrukcji stalowej na okres 3 lat.

Ze względu na brak barier ochronnych na moście należy utrzymać ograniczenie prędkości do 30 km/h.

## **8. Wnioski i zalecenia**

Elementy konstrukcyjne mostu są w dobrym stanie pomimo długiego okresu użytkowania konstrukcji bez odnawiania powłok antykorozyjnych. Występujące uszkodzenia powłok ochronnych elementów konstrukcyjnych mostu są wynikiem naturalnego starzenia i zużycia materiałów, oraz uszkodzeniami w czasie prac montażowych. W oparciu o rewizję konstrukcji

stalowej i ocenę nośności jej elementów przedstawia się następujące wnioski końcowe w zakresie niezbędnych prac utrzymaniowych :


1. Oczyszczyć ze śmieci pas dolny kratownicy od strony południowej.
2. Oczyszczyć z zanieczyszczeń nisze łożyskowe oraz węzły podporowe kraty i styki paneli pomostu.
3. Przy stykach drewnianych blatów dyliny chodnika wymienić deski na szersze i wykonać zabezpieczenie powierzchniowe drewna całego pomostu.
4. Uzupełnić ubytki w nawierzchni na stalowej blasze pomostu.
5. Odtworzyć biały pas z farby na krawężnikach.
6. W zależności od przewidywanego okresu dalszej eksploatacji przewidzieć odnowę zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji stalowej.

Obiekt należy poddawać przeglądom podstawowym na podstawie opracowanej instrukcji co najmniej raz w roku.

Nośność mostu określono na 20 ton, co odpowiada klasie **D** wg PN-85/S-10030.

Niniejsze opracowanie jest ważne przez okres 3 lat, tj. do 30 czerwca 2000 roku.

Opracował :

  
**dr inż. Janusz Hołowaty**  
Upr. nr 131/Sz/94 proj. i wyk. mostów  
Ip. 48/Rz/94 rzecz. bud. mostów

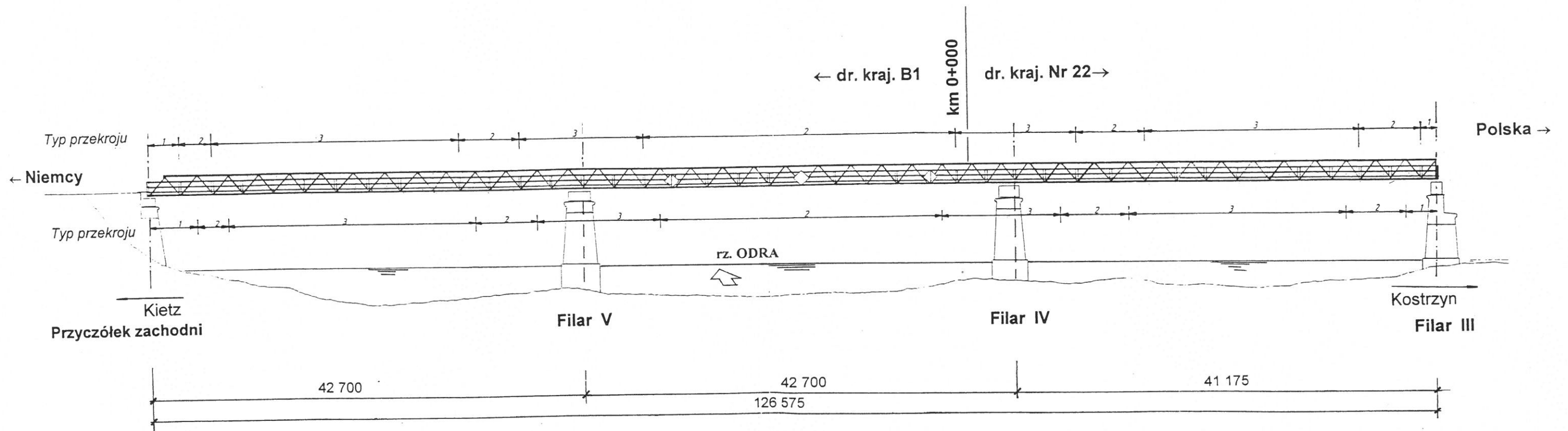
Szczecin, czerwiec 1997 r.

CZEŚĆ RYSUNKOWA

Most składany typu D-Brücke przez rz. Odrę w Kostrzynie  
w km 0+000 drogi krajowej Nr 22

WIDOK Z BOKU

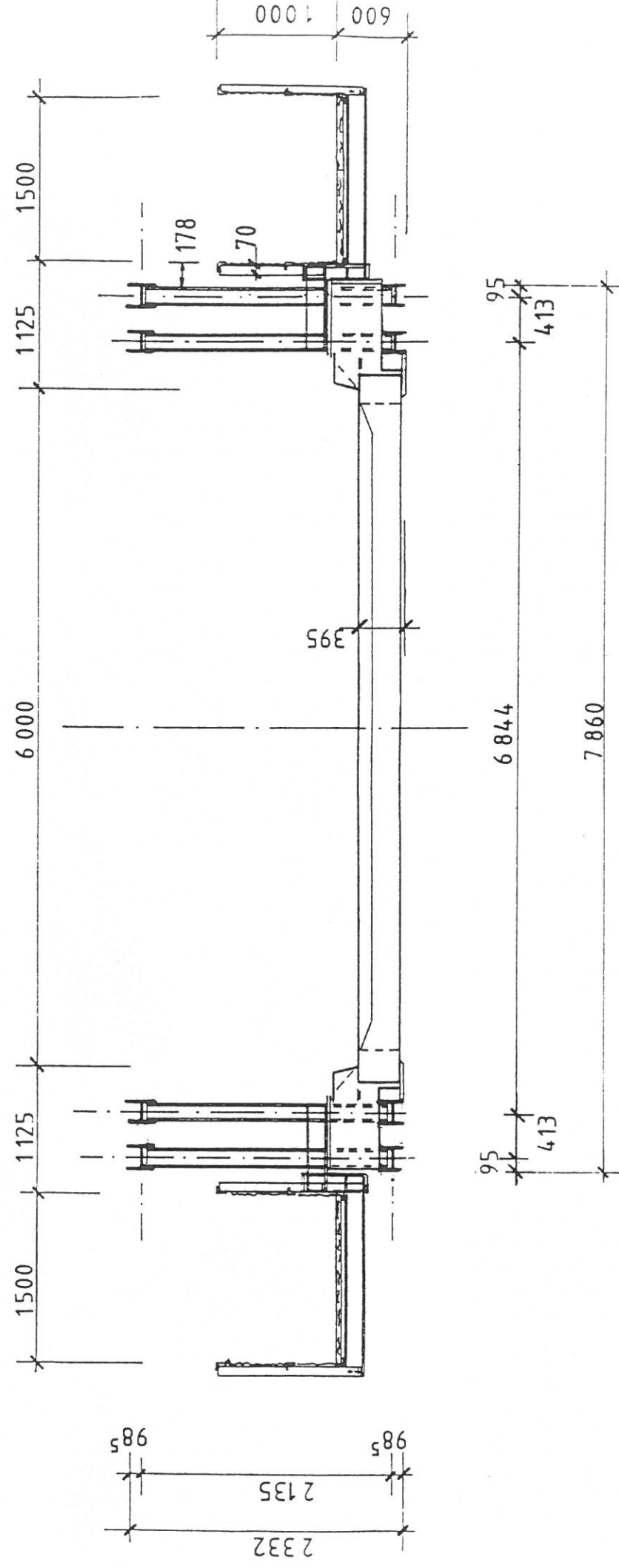
1 : 400



# PRZEKRÓJ POPRZECZNY

1:50

Typ 1 : pas podwójny

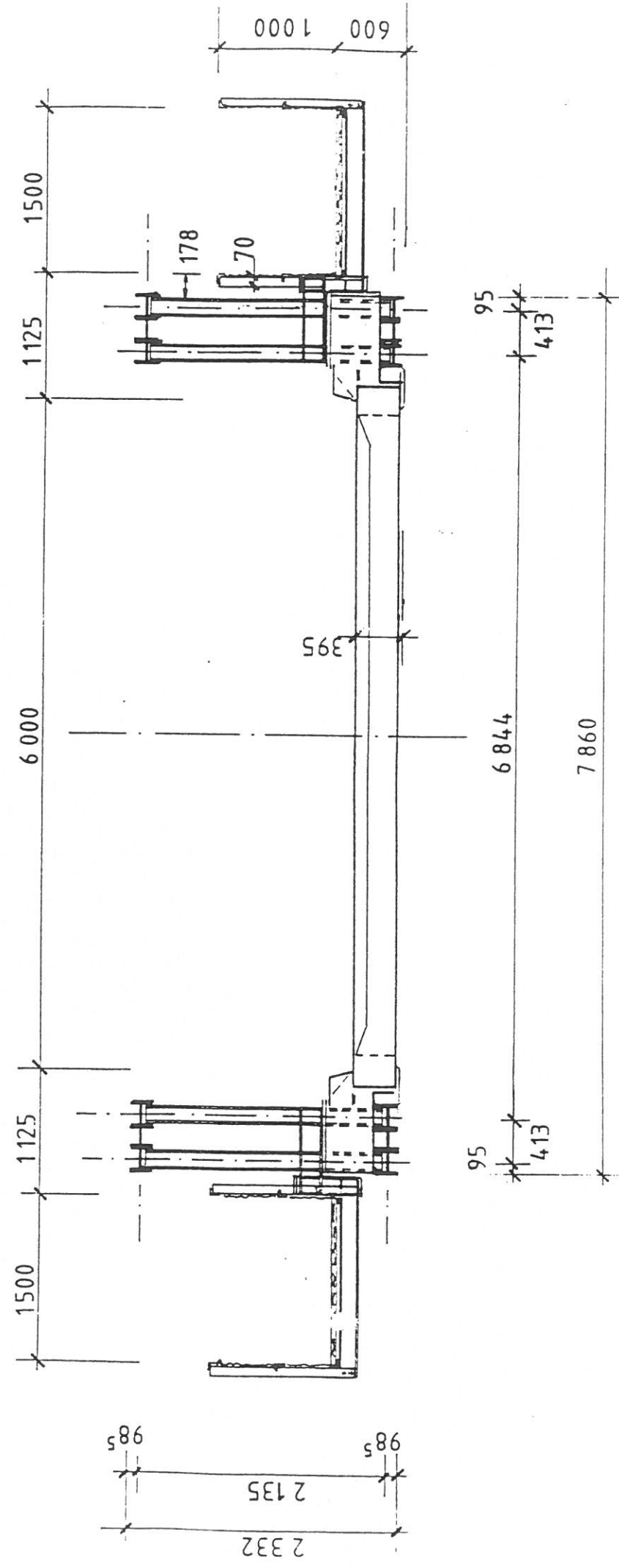


Rys. 2

# PRZEKRÓJ POPRZECZNY

1:50

Typ 2: pas potrójny



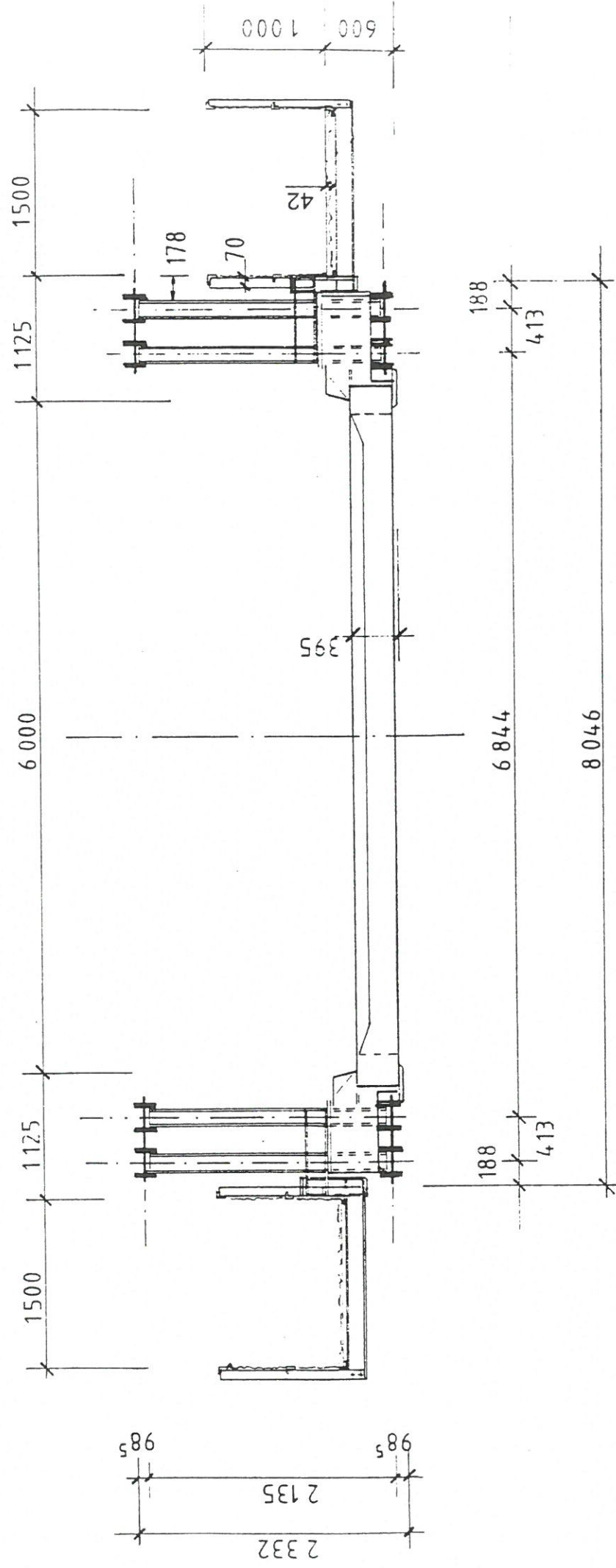
Rys. 3



PRZEKRÓJ POPRZECZNY

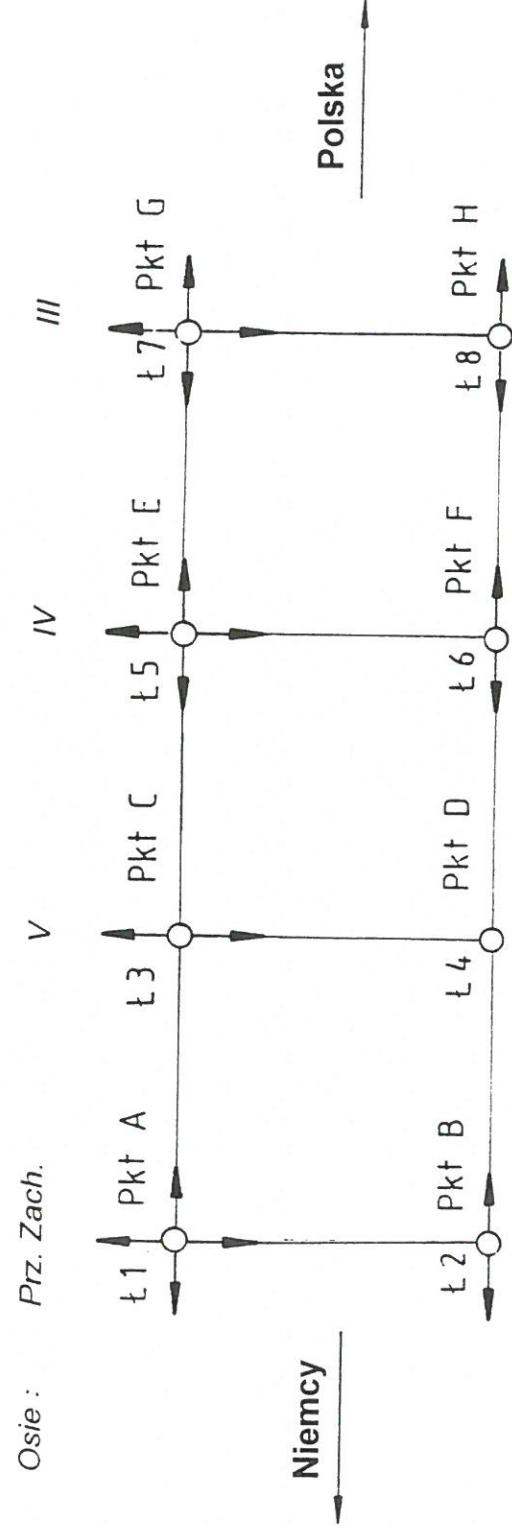
1:50

Typ 3 : pas potrójny ze wzmocnieniem ( E3V - zF )



Rys. 4

# SCHEMAT UKŁADU ŁOŻYSK

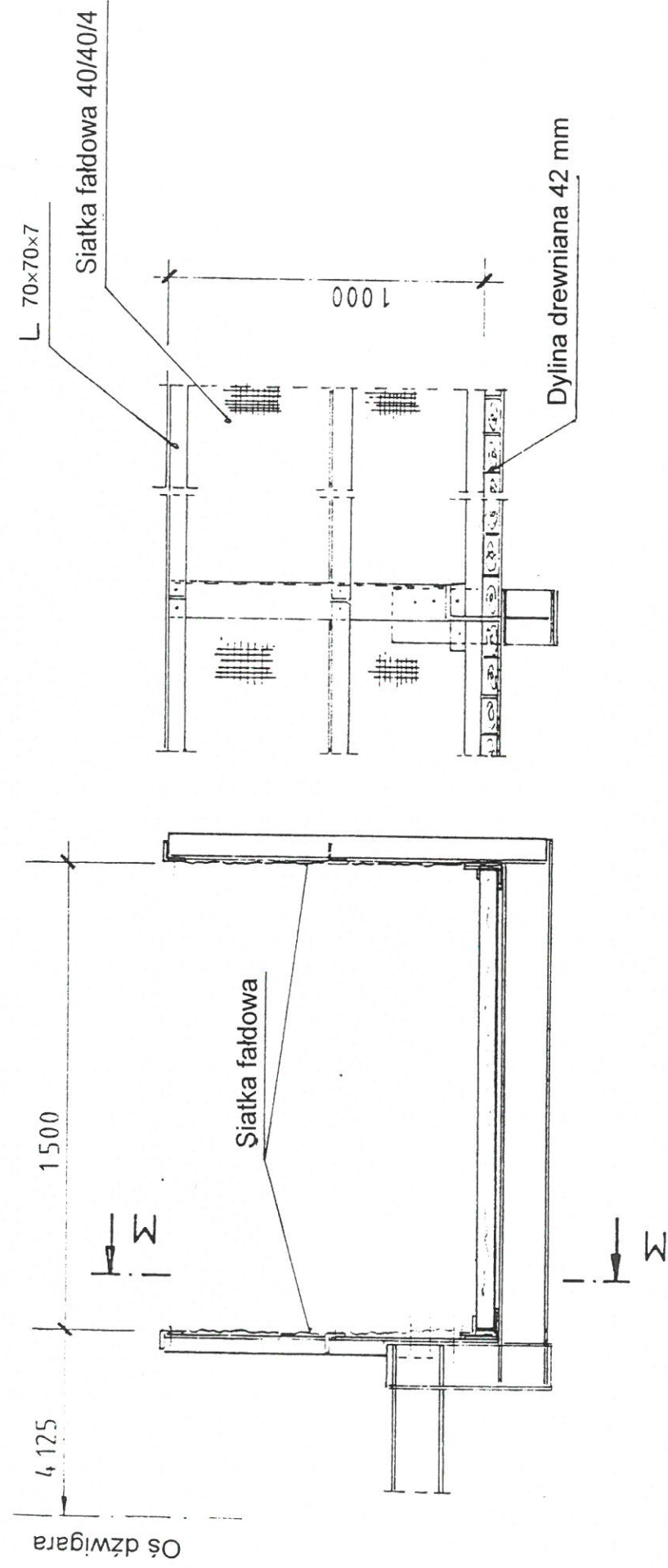


Rys. 5

# KONSTRUKCJA CHODNIKA

1 : 20

Przekrój M - M



Rys. 6

## CZEŚĆ OBLICZENIOWA

# OBLICZENIA STATYCZNE

dla przeliczenia konstrukcji stalowej według Polskiej Normy

## 1. Podstawa obliczeń

- [1] PN-85/S-10030. Obiekty mostowe. Obciążenia. Wydanie 2
- [2] PN-82/S-10052. Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie. Wydanie 2
- [3] D-Brücke. Most składany typu D z płytą pomostową. Opis i instrukcja budowy. Ministerstwo Komunikacji Niemiec. Wydział Budowy Dróg. Referat Mostów i Budowli inżynierskich. 1995 (w j. niemieckim)
- [4] Obliczenia statyczne dla wbudowania konstrukcji mostu składanego typu D w ciągu drogi B1 przez rzekę Odrę k/m Kietz - Kostrzyn. PSP 1992 (w j. niemieckim)
- [5] Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe łożysk mostowych, połączenia łożysk z konstrukcją przęseł, dylatacji pomostu, ław podłożyskowych. Glacir GMBH, KRUPP, STRABAG 1992 (w j. niemieckim)
- [6] Wytyczne Projektowania Obiektów i Urządzeń Budownictwa Specjalnego w Zakresie Komunikacji. Projektowanie stalowych mostów kolejowych i kolejowodrogowych WP-D, DP-30. OITEB, Warszawa 1971 r.
- [7] Wytyczne Projektowania Obiektów i Urządzeń Budownictwa Specjalnego w Zakresie Komunikacji. Określanie nośności i wzmacniania stalowych mostów kolejowych WP-D27. OITEB, Warszawa 1967 r.

Obliczenia obejmują sprawdzenie nośności konstrukcji stalowej mostu, zgodnie z normami [1 i 2].

## 2. Sprawdzenie pomostu

Schemat pomostu przedstawiono na szkicu nr 1.

### 2.1. Porównanie obciążeń ruchomych dla pomostu (dźwigar nośny pomostu) według normy niemieckiej i polskiej

#### 2.1.1. DIN 1072

Schemat obciążenia według normy niemieckiej przedstawiono na szkicu nr 2. Stanowią go pojazdy typu SLW 30 o ciężarze 300 kN na paśmie głównym i bocznym.

Współczynnik dynamiczny (dla pasma głównego)

$$\varphi = 1,4 - 0,008 \cdot 7,257 = 1,342$$

Schemat ustawienia obciążenia dla obliczenia obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 3.

Pasma główne

$$P_{z1} = 1,342 \cdot 50(1+0,472) = 98,77 \text{ kN}$$

Pasma boczne

$$P_{z2} = 50(1+0,472) = 73,60 \text{ kN}$$

Charakterystyczny moment porównawczy wynosi (szkic nr 4):

$$M = (98,77+73,60) \cdot 1,064 \cdot 2 = 366,80 \text{ kNm} \quad \text{klasa 30/30}$$

2.1.2. PN-85/S-10050

Klasa C - przyjęto schemat  $\varphi K$

$$P/2 = 50 \text{ kN}$$

Współczynnik dynamiczny

$$\varphi = 1,35 - 0,005 \cdot 7,257 = 1,314$$

Schemat ustawienia obciążenia dla obliczenia obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 5.

$$P_z = 1,314 \cdot 50(1+0,577+0,155) = 113,79 \text{ kN}$$

szacunkowy moment charakterystyczny wynosi (szkic nr 6):

$$M = 113,79(1,664+0,614) = 259,24 \text{ kNm} < 366,80 \quad \text{klasa C}$$

dla klasy B

$$M = 1,5 \cdot 259,24 = 388,82 \text{ kNm} > 366,80 \quad \text{klasa B nie spełnia}$$

## 2.2. Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe blachy pomostu

a) obciążenie stałe

- nawierzchnia żywiczna 8 mm  $0,008 \cdot 23 = 0,184 \text{ kN/m}^2$  1,5 0,276
  - blacha ze spoinami  $0,008(78,5+1,4) = 0,639 \text{ kN/m}^2$  1,2 0,767
- 0,823 1,05 kN/m<sup>2</sup>

b) obciążenie ruchome

powierzchnia nacisku

$$t_x = 0,6+2 \cdot 0,008 = 0,616 \text{ m}$$

$$t_y = 0,2+2 \cdot 0,008 = 0,216 \text{ m}$$

Na podstawie pomiarów grubości blachy pomostu wykonanych grubościomierzem ultradźwiękowym w miejscach o startej nawierzchni grubość blachy określono na 8,2 mm, co stanowi ubytek grubości 0,3 mm w stosunku do wartości projektowych.

Do obliczeń przyjęto grubość 8 mm.

Schemat obciążenia kołem przedstawiono na szkicu nr 7.

$$\text{Klasa B } P_i/2 = 75 \text{ kN} \quad \varphi = 1,325$$

$$q_k = 75/(0,616 \cdot 0,216) = 563,67 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi q_k = 1,325 \cdot 563,67 = 746,87 \text{ kN/m}^2$$

wartości obliczeniowe

$$\gamma_f = 1,5 \quad q = 1120,31 \text{ kN/m}^2$$

Naprężenia w blasze obliczono jak dla modelu błony:

$$\sigma_z = [E \cdot q^2 \cdot b_y^2 / (24 \cdot t^2)]^{1/3}$$

$$\sigma_z = [205 \cdot 10^6 \cdot (1,05 + 1120,31)^2 \cdot 0,22^2 / (24 \cdot 0,008^2)]^{1/3} = 201 \text{ MPa} < 290 \text{ MPa}$$

Sprawdzenie grubości i sztywności

$$t \geq 1,98 \cdot b_y [q/E]^{1/3} \quad q = 75/0,6 \cdot 0,2 = 625 \text{ kN/m}^2$$

$$t \geq 1,98 \cdot 220 [625/205 \cdot 10^6]^{1/3} = 6,3 \text{ mm} < 8 \text{ mm}$$

klasa C

$$q_k = 50/0,616 \cdot 0,216 = 375,78 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 375,78 \cdot 1,325 \cdot 1,5 = 746,86 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_z = [205 \cdot 10^6 \cdot (1,05 + 746,86)^2 \cdot 0,22^2 / (24 \cdot 0,008^2)]^{1/3} = 153,45 \text{ MPa} < 290 \text{ MPa}$$

### 2.3. Obliczenia statyczne i wytrzymałościowe żeber podłużnych

Schemat pomostu - szkic nr 8

a) szerokość współpracująca blachy pomostu

$$l_i = 3,04 \text{ m}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$b/l_i = 0,1/3,04 = 0,033 \Rightarrow v = 0,868 \quad b_{01} = 0,868 \cdot 100 = 86,8 \text{ mm}$$

$$b = 110 \text{ mm}$$

$$b/l_i = 0,11/3,04 = 0,036 \Rightarrow v = 0,856 \quad b_{02} = 0,856 \cdot 100 = 85,6 \text{ mm}$$

$$b_0 = 345 \text{ mm}$$

b) parametry geometryczne

obliczono w załączniku nr 1

c) zestawienie obciążeń

- obciążenia stałe

|                         |   |     |            |
|-------------------------|---|-----|------------|
| • nawierzchnia żywiczna | $0,42 \cdot 0,008 \cdot 23 = 0,0773 \text{ kN/m}$ | 1,5 | 0,116      |
| • blacha ze spoinami    | $0,42 \cdot 0,008(78,5+1,4) = 0,268 \text{ kN/m}$ | 1,2 | 0,322      |
| • żebro ze spoinami     | $0,46 \cdot 0,008(78,5+1,4) = 0,294 \text{ kN/m}$ | 1,2 | 0,353      |
|                         | 0,639   |     | 0,791 kN/m |

- obciążenia ruchome klasa B

$$q = 75/(0,6 \cdot 0,2) = 625 \text{ kN/m}^2$$

Schemat obliczenia obciążenia zastępczego dla jednego żebra podłużnego przedstawiono na szkicu nr 9.

$$\omega = 0,3 \cdot (0,286 + 1) = 0,386$$

$$q_z = 416,67 \cdot 0,386 = 160,83 \text{ kN/m}$$

d) maksymalny moment zginający

Linie wpływowe momentu zginającego przedstawiono na szkicu nr 10.

$$F = 0,2 \cdot (2 \cdot 0,16 + 0,5 \cdot 0,735) = 0,211$$

$$M_q = 160,83 \cdot 0,211 = 50,91 \text{ kNm}$$

$$\varphi = 1,325$$

$$\varphi M_q = 45,81$$

wartość obliczeniowa dla  $\gamma = 1,5$

$$M_q = 68,72 \text{ kNm}$$

Moment od obciążeń stałych

$$M_g = 0,791 \cdot 3,04^2 / 8 = 0,91 \text{ kNm}$$

Moment całkowity

$$M = 0,91 + 68,72 = 69,63 \text{ kNm}$$

e) Maksymalna siła tnąca

Linie wpływowe siły tnącej przedstawiono na szkicu nr 11.

$$Q_q = 0,2(0,967 + 0,572 + 0,178) \cdot 160,83 = 55,23 \text{ kN}$$

$$\varphi Q_q = 1,325 \cdot 55,23 = 73,18 \text{ kN}$$

$$\gamma_f = 1,5$$

$$Q_q = 109,77 \text{ kN}$$

$$Q_g = 0,5 \cdot 3,04 \cdot 0,791 = 1,20 \text{ kN}$$

$$Q = 109,77 + 1,20 = 11,97 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$\sigma_d = 69,63 / 234 = 297,56 \text{ MPa} > 290 \text{ MPa} \text{ przekr. } 2,6\%$$

$$\sigma_g = 69,63 / 415 = 167,8 \text{ MPa} < 290 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 110,97 \cdot 1783 / (2514 \cdot 2 \cdot 0,8) \cdot 10 = 49,19 \text{ MPa} < 175 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = 110,97 \cdot 156,2 / (2514 \cdot 4 \cdot 0,4) \cdot 10 = 43,10 \text{ MPa} < 0,65 \cdot 290 = 189,5 \text{ MPa}$$

dla klasy obciążeń C można przyjąć niewielkie przekroczenie naprężeń normalnych ze względu na przyjęcie do obliczeń zaniżonej grubości blach.

Sprawdzenie stateczności zgodnie z PN nie jest wymagane.

2.4. Obliczenia statyczne i wymiarowanie poprzecznic

(dźwigarów nośnych pomostu)

a) szerokość współpracująca blachy pomostu

$$l_i = 7,257 \text{ m}$$

$$b = 1420 \text{ mm} \quad b_1 = 100 \text{ mm}$$



$$b/l_i = 1420/7257 = 0,1957 \rightarrow v = 0,48 \quad b_1/l_i = 100/7257 = 0,014 \quad v = 0,944$$

$$b_{o1} = 0,48 \cdot 1420 = 682 \text{ mm}$$

$$b_{o2} = 0,944 \cdot 100 = 94 \text{ mm}$$

przyjęto 776 mm

b) parametry geometryczne przekroju

obliczono w załączniku nr 2

c) zestawienie obciążeń

- obciążenia stałe

- ciężar własny jednego panelu 28 kN [4]

- obciążenie na 1 poprzecznicy  $g = 1,93 \text{ kN/m}$   $\gamma = 1,2$  2,32 kN/m

- obciążenia ruchome

pojazd K klasy B

$$P/2 = 75 \text{ kN} \quad \varphi = 1,35 - 0,005 \cdot 7,257 = 1,314$$

$$q = 75 / (0,6 \cdot 0,2) = 625 \text{ kN/m}^2 \quad \varphi q = 821,25 \text{ kN/m}^2$$

pojazd K klasy C

$$q = 50 \cdot (0,6 \cdot 0,2) = 416,67 \text{ kN/m}^2 \quad \varphi q = 547,5 \text{ kN/m}^2$$

Schemat obliczenia obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 12.

$$\omega = 0,2(1,0 + 0,577 + 0,155) = 0,3464$$

$$q_z = 0,3464 \cdot 821,25 = 284,48 \text{ kN/m}$$

d) maksymalny moment zginający

Linie wpływowe momentu przedstawiono na szkicu nr 13.

klasa B

$$M_q = 284,48 \cdot 0,6 \cdot (1,664 + 0,614) = 388,83 \text{ kNm}$$

$$\gamma_f = 1,5$$

$$M_q = 583,24 \text{ kNm} \quad M_q = 15,27 \text{ kNm} \quad M = 598,51 \text{ kNm}$$

klasa C

$$M = 583,24 / 1,5 + 15,27 = 404,10 \text{ kNm}$$

e) maksymalna siła tnąca

Linie wpływowe sił poprzecznych przedstawiono na szkicu nr 14.

$$Q_q = 284,48 \cdot 0,6(0,459 + 0,831) = 219,16 \text{ kN} \quad Q_g = 8,42 \text{ kN}$$

$$\gamma_f = 1,5$$

$$Q_q = 328,75 \text{ kN}$$

klasa B

$$Q = 328,75 + 8,42 = 337,17 \text{ kN}$$

klasa C

$$Q = 328,75 / 1,5 + 8,42 = 227,59 \text{ kN}$$

f) sprawdzenie naprężeń *zobacz podłtanie*

klasa B

$$\sigma_d = 583,24 \cdot 10^3 / 1573 = 370,78 \text{ MPa} > 280 \text{ MPa} \text{ *nie spełnia*}$$

$$\sigma_g = 583,24 \cdot 10^3 / 2278 = 256,03 \text{ MPa} < 290 \text{ MPa}$$

klasa C

$$\sigma_d = 404,10 \cdot 10^3 / 1573 = 256,90 \text{ MPa} < 280 \text{ MPa} \text{ *spełnia*}$$

$$\sigma_g = 404,10 \cdot 10^3 / 2278 = 177,39 \text{ MPa} < 290 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 227,59 \cdot 1013 \cdot 10 / (34990 \cdot 0,8) = 82,36 \text{ MPa} < 175 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = 227,59 \cdot 929 \cdot 10 / (34990 \cdot 0,8) = 75,53 \text{ MPa} < 175 \text{ MPa}$$

g) stan graniczny użytkowania - przemieszczenie pionowe

$$\text{dla klasy C } M_c = 388,83 / 1,5 / 1,314 = 197,28 \text{ kNm}$$

$$f_{\text{dop}} = l / 600 = 1,21 \text{ cm}$$

$$f = 5 \cdot 197,28 \cdot 7,257^2 / (48 \cdot 205 \cdot 10^6 \cdot 3,499 \cdot 10^{-4}) = 0,0151 \text{ m} = 1,51 \text{ cm} > 1,21 \text{ cm}$$

dla klasy C warunek niespełniony

$$\text{dla klasy D } M_D = 388,83 / 1,875 / 1,314 = 157,82 \text{ kNm}$$

$$f = 5 \cdot 157,82 \cdot 7,257^2 / (48 \cdot 205 \cdot 10^6 \cdot 3,499 \cdot 10^{-4}) = 1,207 \text{ cm} \approx f_{\text{dop}} = 1,21 \text{ cm}$$

Stan granicy ugięcia spełniony dla klasy D.

## 2.5. Połączenie śrubowe pomostu z konsolą

Schemat połączenia przedstawiono na szkicu nr 15.

śruby  $\varnothing 40$  klasy 12.9

Siła tnąca - klasa C  $Q = 227,59 \text{ kN}$

Moment zginający  $M = 227,59 \cdot 0,6235 = 141,90$

$$\text{wg [4]} \quad 11 \cdot 1,2 = \underline{13,20}$$

$$155,10 \text{ kNm}$$

Na jedną śrubę przypada

$$P_H = 155,10 / 0,666 = 232,88 \text{ kN}$$

$$P_V = 155,10 / 1,36 + 227,59 / 6 = 151,98 \text{ kN}$$

$$P = (232,88^2 + 151,98^2)^{1/2} = 278,08 \text{ kN}$$

$$\tau = 278,08 \cdot 10 / 12,57 = 221,2 \text{ MPa} < R'_t = 530 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{pom}} = 278,08 \cdot 10 / (4 \cdot 1,6) = 434,5 \text{ MPa} < 2 \cdot 280 = 560 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{kons}} = 278,08 \cdot 10 / (4 \cdot 4) = 173,8 \text{ MPa} < 560 \text{ MPa}$$

## 2.6. Sprawdzenie konsoli wspornika

a) obciążenia stałe

$$Q_g = 2 \cdot 8,42 = 16,84 \text{ kN}$$

b) obciążenie ruchome

klasa C  $P/2 = 50 \text{ kN}$   $\varphi = 1,314$

Schemat obliczeniowy obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 16

$$P_z = 1,314 * 50(1,04 + 2 * 0,631 + 0,222) = 165,83 \text{ kN}$$

c) reakcja na konsolę

Linie wpływowe reakcji przedstawiono na szkicu nr 17

$$R_q = 165,83 * (0,831 + 0,453) = 212,93 \text{ kN}$$

$$R = 16,84 + 212,93 = 229,77 \text{ kN}$$

d) sprawdzenie przekroju b-b (szkic nr 15)

$$M = 22977 * 0,285 = 65,48 \text{ kNm} \quad \text{parametry przekroju wg [4]}$$

$$2,2 * 1,2 = 23,20$$

$$88,68 \text{ kNm}$$

$$\sigma_g = 88,68 * 10^3 / 1006 = 88,2 \text{ MPa} < 280 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 88,68 * 10^3 / 481 = 184,4 \text{ MPa} < 280 \text{ MPa}$$

$$\tau = 229,77 * 10^3 / 42,5 = 54,06 \text{ MPa}$$

## 2.7. Podsumowanie

Dla pomostu decydującym o klasie obciążenia jest stan graniczny użytkowania w zakresie ugięć, dla którego spełniona jest klasa obciążeń D według PN-95/S-10030.

## 3. Sprawdzenie dźwigara głównego

### 3.1. Porównanie obciążeń ruchomych według normy niemieckiej i polskiej dla dźwigara głównego

3.1.1. DIN 1072 klasa obciążenia 30/30

Schemat obliczenia obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 18.

współczynnik dynamiczny

$$l_\varphi = (42,70 + 42,70 + 41,175) / 3 = 42,19 \text{ m}$$

$$\varphi = 1,4 - 0,008 l_\varphi = 1,062$$

a) pasmo główne ( $p_1 = 5,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $P = 50 \text{ kN}$ )

obciążenie powierzchniowe

$$p_{z1} = 1,062 * 0,7067 * 5 * 3 = 11,26 \text{ kN/m}$$

obciążenie kołem zmniejszone o obciążenie powierzchniowe

$$P_{z1} = 1,062 * 35 * 2 * 0,7067 = 52,54 \text{ kN}$$

b) pasmo boczne ( $p_2 = 3,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $P = 50 \text{ kN}$ )

obciążenie powierzchniowe

$$p_{z2} = 0,2933 \cdot 3 \cdot 3 = 2,64 \text{ kN/m}$$

obciążenie kołem zmniejszone o obciążenie powierzchniowe

$$P_{z2} = 35 \cdot 2 \cdot 0,2933 = 20,55 \text{ kN}$$

c) obciążenie tłumem

$$(p_3 = 3,0 \text{ kN/m}^2)$$

$$p_{z3} = 1,1718 \cdot 3 \cdot 1,5 = 5,27 \text{ kN/m}$$

d) obciążenie całkowite

$$p = 11,26 + 2,64 + 5,27 = 19,17 \text{ kN/m}$$

$$P = 52,54 + 20,55 = 73,09 \text{ kN}$$

Linie wpływowe momentu szacunkowego przedstawiono na szkicu nr 19 - max rzędną przyjęto dla przęsła z obliczeń niemieckich dla belki ciągłej.

$$M = 19,17 \cdot 42,70 \cdot 8,715 \cdot 0,5 + 73,09 \cdot (8,715 + 2 \cdot 8,103) = 3566,87 + 1821,47 = 5388,35 \text{ kNm}$$

3.1.2. PN - 85/S - 10030

**klasa C**  $q + \varphi_k$   $q = 2 \text{ kN/m}^2$   $P/2 = 50 \text{ kN}$

$$\varphi = 1,35 - 0,005 \cdot 42,19 = 1,139$$

Schemat obliczenia obciążeń zastępczych przedstawiono na szkicu nr 20.

$$q_z = 0,500 \cdot 6 \cdot 2 = 6,00 \text{ kN/m}$$

$$P_z = 1,139 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0,638 = 72,67 \text{ kN}$$

Linie wpływowe momentu szacunkowego przedstawiono na szkicu nr 21 - rzędna jw.

$$M = 6,00 \cdot 42,70 \cdot 8,715 \cdot 0,5 + 72,67 \cdot (8,715 + 2 \cdot 8,225 + 7,735) = 1116,39 + 2390,84 = 3507,24 \text{ kNm}$$

**klasa B**  $q + \varphi_k$   $q = 3 \text{ kN/m}^2$   $P/2 = 75 \text{ kN}$

$$\varphi = 1,35 - 0,005 \cdot 42,19 = 1,139$$

$$q_z = 0,500 \cdot 6 \cdot 3 = 9,00 \text{ kN/m}$$

$$P_z = 1,139 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 0,638 = 109,00 \text{ kN}$$

Linie wpływowe momentu szacunkowego przedstawiono na szkicu nr 21.

$$M = 9,00 \cdot 42,70 \cdot 8,715 \cdot 0,5 + 109,00 \cdot (8,715 + 2 \cdot 8,225 - 7,735) = 1674,59 + 3586,17 = 5260,76 \text{ kNm}$$

### 3.2. Zestawienie obciążeń

3.2.1. Obciążenia podstawowe (P)

a) obciążenia stałe wg [4]

obciążenia charakterystyczne  $g = 13,4 \text{ kN/m}$

obciążenia obliczeniowe

$$g = 1,2 \cdot 13,4 = 16,08 \text{ kN/m}$$

b) obciążenie taborem

klasa C wg pkt 3.1.2.

$$q_z = 6,00 \text{ kN/m}$$

$$P_z = 72,67 \text{ kN}$$

3.2.2. obciążenia dodatkowe (D)

a) obciążenie tłumem

$$q_t = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

b) ciśnienie wiatru

- przęsła nieobciążone  $w_1 = 2,5 \text{ kN/m}^2$

- przęsła obciążone  $w_2 = 1,25 \text{ kN/m}^2$

c) hamowanie i przyspieszanie taboru

$$\{ 10\%q + 20\% K \} \geq 30\% K$$

obciążenie  $q$  na długości każdego przęsła do 20

dla klasy C

$$H = 3 \cdot 20 \cdot 6,00 + 0,2 \cdot 4 \cdot 72,67 / 1,139 = 411,04 \text{ kN}$$

### 3.3. Przekroje elementów kraty [ 3 ]

3.3.1. Przekroje pasów

Pasy wykonano z dwuteowników szerokostopowych specjalnie walcowanych HEA 200

• grubości środnika  $s = 7 \text{ mm}$

• grubości półki  $t = 11 \text{ mm}$

$$F_{br} = 57,0 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 41,8 \text{ cm}^2$$

w styku  $F_{br} = 55,2 \text{ cm}^2$

$$F_{nt} = 38,4 \text{ cm}^2$$

Nośność obliczeniowa jednego dwuteownika

- rozciąganie  $N = 38,4 \cdot 29 = 1114 \text{ kN}$

- ściskanie

minimalny promień bezwładności  $i_y = 4,96 \text{ cm}$

smukłość  $\lambda_y = 305 / 4,96 = 61,5$

smukłość porównawcza tabl. 17 PN  $\lambda_p = 98$

$$\lambda / \lambda_p = 61,5 / 98 = 0,627$$

współczynnik wyboczeniowy tabl. 16  $\rightarrow m_w = 1,27$

nośność na ściskanie

$$F_{br/m_w} = 55,2 / 1,27 = 43,46 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 38,4 \text{ cm}^2 \quad \text{decyduje } F_{nt}$$

nośność na ściskanie i rozciąganie:

$$N = 1114 \text{ kN}$$

a) pas podwójny 2 HEA 200

$$N = 2 \cdot 1114 = 2228 \text{ kN}$$

b) pas potrójny 3 HEA 200

$$N = 3 \cdot 1114 = 3342 \text{ kN}$$

c) pas potrójny ze wzmocnieniem 3 HEA 200 + 2 \* 1/2 HEA 200

$$N = 4 \cdot 1114 = 4456 \text{ kN}$$

### 3.3.2. Przekrój krzyżulców

przekrój dwuteowy spawany

$$F_{br} = 31,2 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 28,7 \text{ cm}^2 \quad i_y = 3,42 \text{ cm}, \quad i_z = 8,24 \text{ cm}$$

a) krzyżulec skrajny z prętami usztywniającymi

$$l_{wx} = l_{wu} = 131 \text{ cm}$$

$$i_y = 3,42 \text{ cm} \quad \lambda_y = 131/3,42 = 38,30$$

$$\lambda/\lambda_p = 38,30/98 = 0,39 \quad m_w = 1,12$$

$$F_{br/mw} = 31,2/1,12 = 27,86 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 28,7 \text{ cm}^2$$

nośność na ściskanie

$$N_1 = 27,86 \cdot 29 = 807,94$$

$$N = 2 \cdot 807,94 = 1615,88 \text{ kN}$$

nośność na rozciąganie

$$N = 2 \cdot 28,7 \cdot 29 = 1664,60 \text{ kN}$$

b) krzyżulec wewnętrzny

- w płaszczyźnie kraty

$$l_{wy} = 0,8 \cdot 215 = 172 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = 172/3,42 = 50,29$$

$$\lambda/\lambda_p = 50,29/98 = 0,51 \quad m_w = 1,18$$

- w płaszczyźnie kraty

$$l_{wz} = 215 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = 215/8,24 = 26,09$$

$$\lambda/\lambda_p = 26,09/98 = 0,266 \quad m_w = 1,07$$

$$F_{br/mw} = 31,2/1,18 = 26,44 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 28,7 \text{ cm}^2$$

nośność na ściskanie

$$N_1 = 26,44 \cdot 29 = 766,76 \text{ kN}$$

$$N = 2 \cdot 766,76 = 1533,52 \text{ kN}$$

nośność na rozciąganie

$$N = 2 \cdot 28,7 \cdot 29 = 1664,60 \text{ kN}$$

### 3.3.3. Przekrój słupków

przekrój ceowy spawany

$$F_{br} = 65,3 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 44,9 \text{ cm}^2 \quad i_y = 6,55 \text{ cm}, \quad i_z = 7,16 \text{ cm}$$

$$\lambda = 204/6,55 = 31,0$$

$$\lambda/\lambda_p = 31/98 = 0,316 \quad m_w = 1,086$$

$$F_{br/mw} = 65,3/1,086 = 60,13 \text{ cm}^2$$

$$F_{nt} = 44,9 \text{ cm}^2$$

$$N = 44,9 \cdot 29 = 1302,10 \text{ kN}$$

W przekroju końcowym występuje trójkąt końcowy (D77) ze słupkiem końcowym (D003).

### 3.4. Nośność dla dźwigara kratowego

Układ i typy przekrojów pasów przedstawiono na rys. 1, 2, 3, i 4.

Nośność obliczeniowa w poszczególnych przekrojach wynosi:

- dla pasa podwójnego

$$M = 2 \cdot 1114 \cdot 2,135 = 4756,8 \text{ kNm}$$

- dla pasa potrójnego

$$M = 3 \cdot 1114 \cdot 2,135 = 7135,2 \text{ kNm}$$

- dla pasa potrójnego ze wzmocnieniem

$$M = 4 \cdot 1114 \cdot 2,135 = 9513,5 \text{ kNm}$$

Wykres nośności dźwigara przedstawiono na szkicu nr 22.

### 3.5. Wielkości statyczne dla układu obciążeń podstawowych

Obliczenia wykonano dla przekrojów 5 ( $x = 17,08\text{m}$ ), 11 ( $x = 42,7\text{m}$ ) i 15 ( $x = 59,78\text{m}$ ) z wykorzystaniem danych i obliczeń zawartych w [4].

a) przekrój 5

- obciążenia stałe (pole pow. L.w. wg [4] zał. I str. 4-8)

$$M_g = 16,08 \cdot 144,9 = 2330,0 \text{ kNm}$$

- obciążenia ruchome (szkic nr 23)

obciążenia zastępcze (pkt. 3.1.2.)

$$q_z = 6,00 \text{ kN/m} \quad P_z = 72,67 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$

Maksymalny moment

rzędne linii wpływowej [4] zał. I str. 53-54 → szkic nr 23

$$\omega = 4,27 \cdot (2,110 + 4,248 + 6,441 + 8,715 + 6,829 + 5,080 + 3,496 + 2,102 + 0,928 + 0,190 + 0,318 + 0,390 + 0,415 + 0,399 + 0,349 + 0,273 + 0,178 + 0,5 \cdot 0,071) + 2,745 \cdot 0,071 \cdot 0,5 =$$

$$= 4,27 \cdot 42,4966 + 0,0974 = 181,56 \text{ m}^2$$

$$\eta_1 = 8,715 \text{ m}$$

$$\eta_2 = -(8,715 - 6,441) / 4,27 \cdot 1,2 + 8,715 = 8,076 \text{ m}$$

$$\eta_3 = -(8,715 - 6,830) / 4,27 \cdot 1,2 + 8,715 = -0,4415 \cdot 1,2 + 8,715 = 8,185 \text{ m}$$

$$\eta_4 = -0,4415 \cdot 2,4 + 8,715 = 7,656 \text{ m}$$

$$\Sigma \eta = 32,632$$

$$M_q = 1,5(6,00 \cdot 181,56 + 72,67 \cdot 32,632) = 1,5(1089,36 + 2371,37) = 1,5 \cdot 3460,73 = 5191,1 \text{ kNm}$$

maksymalny moment obliczeniowy

$$M = 2330,0 + 5191,10 = 7521,10 \text{ kNm} < 9513,5 \text{ kNm}$$

dla klasy B

$$M = 2330,0 + 1,5 \cdot 5191,10 = 10115,15 \text{ kNm} > 9513,5 \text{ kNm}$$

b) przekrój 11

- obciążenie stałe

$$M_g = 16,08 \cdot (-184,70) = -2969,98 \text{ kNm}$$

- obciążenie ruchome (szkic nr 23)

Moment minimalny

rzędne linii wpływowej [ 4 ] zał. I str.55 → szkic nr 23

$$\omega = 4,27(1,128 + 2,189 + 3,112 + 3,831 + 4,275 + 4,378 + 4,070 + 3,283 + 1,949 + 1,662 + 2,726 + 3,277 + 3,402 + 3,187 + 2,716 + 2,076 + 1,353 + 0,632) = -210,28 \text{ m}^2$$

$$\eta_1 = -4,378$$

$$\eta_2 = (4,378 - 4,275) / 4,27 \cdot 1,2 - 4,378 = 0,024 \cdot 1,2 - 4,378 = -4,349$$

$$\eta_3 = 0,024 \cdot 2,4 - 4,378 = -4,320$$

$$\eta_4 = (4,378 - 4,070) / 4,27 \cdot 1,2 - 4,378 = -4,291$$

$$\Sigma \eta = -17,338$$

$$M_q = -1,5 \cdot (6,00 \cdot 210,28 + 72,67 \cdot 17,338) = -1,5(1261,68 + 1259,95) = -1,5 \cdot 2521,63 = -3782,45 \text{ kNm}$$

minimalny moment obliczeniowy

$$M = -2969,98 - 3782,45 = -6752,43 \text{ kNm} < -9513,5 \text{ kNm}$$

dla klasy B

$$M = -2969,88 - 1,5 \cdot 3782,45 = -8643,50 < -9513,5 \text{ kNm}$$

c) przekrój 17

- obciążenia stałe

$$M_g = 16,08 \cdot 3,07 = 660,89 \text{ kNm}$$

- obciążenia ruchome (szkic nr 23)

rzędne linii wpływowej [ 4 ] zał. I str. 57 → szkic nr 23



$$\omega = 4,27(0,651+1,490+2,533+3,799+5,306+7,072+4,844+2,911+1,290) = 127,66 \text{ m}^2$$

$$\eta_1 = 7,072$$

$$\eta_2 = -(7,072-5,306)/4,27*1,2+7,072 = -0,4136*1,2+7,072 = 6,576 \text{ m}$$

$$\eta_3 = -0,4136*2,4+7,072 = 6,079 \text{ m}$$

$$\eta_4 = -(7,072-4,844)/4,27*1,2+7,072 = 6,446 \text{ m}$$

$$\Sigma\eta = 26,173 \text{ m}$$

$$M_q = 1,5(6,0*127,66+72,67*26,173) = 1,5*26,173 = 4001,92 \text{ kNm}$$

maksymalny moment obliczeniowy

$$M = 660,89+4001,92 = 4662,81 \text{ kNm} < 7058,31 \text{ kNm}$$

dla klasy B

$$M = 660,89+1,5*4001,92 = 6663,77 \text{ kNm} < 7058,31 \text{ kNm}$$

d) stateczność pasów

Bezpieczeństwo pasów ze względu na wyboczenie jest zapewnione dzięki dużej sztywności pasów w kierunku poziomych - wynika to także z małej wysokości ustrojowej dźwigarów i dwuściankowej konstrukcji krzyżulców kraty .

### 3.6. Sprawdzenie nośności dla układu dodatkowego

Dla układu obciążeń dodatkowych sprawdzono nośność w wybranym najniekorzystniejszym punkcie krytycznym dźwigara kratowego , tj. pkt. 5.

Uwzględniono obciążenie tłumem i ciśnienie wiatru.

#### 3.6.1. Zestawienie obciążeń

a) obciążenia podstawowe (P)

dla obciążenia ruchomego  $\gamma_t = 1,25$

b) obciążenie tłumem  $q_t = 2,5 \text{ kN/m}^2$  (D)

obciążenie zastępcze dźwigara kratowego (szkic nr 18)

$$q_{zt} = 2,5*1,1718 = 2,93 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_t = 1,20$$

c) ciśnienie wiatru

powierzchnie dźwigara kratowego [ 4 ] str. I.1.3.

pas górny 0,20 m

krzyżulce 0,271 m

pas dolny i pomost 1,40 m

c') most nieobciążony

$$w_1 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

parcie wiatru na dźwigar

$$w_g = 0,2 * 2,5 = 0,5 \text{ kN/m}$$

$$w_k = 0,271 * 2,5 = 0,678 \text{ kN/m}$$

$$w_d = 1,40 * 2,5 = 3,5 \text{ kN/m}$$

c") most obciążony

$$w_z = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

wysokość taboru  $H_t = 3,0 \text{ m}$ , środek ciężkości  $2,0 \text{ m}$ , wysokość pomostu  $h_j = 0,70 \text{ m}$

$$w_t = 3,0 * 1,25 = 3,75 \text{ kN/m}$$

d) hamowanie i przyspieszanie

$$H = q_z * 20 + 0,2K > 0,3K$$

$$H = 7,66 * 20 + 4 * 72,67 * 0,2 / 1,139 = 153,2 + 51,04 = 204,24 \text{ kN} > 0,3K = 76,56 \text{ kN}$$

Rozkład ciśnienia wiatru na dźwigary (przecięcie dźwigara)

$$Y = \pm (w_t * t + w_j * j) / b = \pm w_z (H_t * t + h_j * j) / b$$

$$Y = \pm 1,25 (3 * 3,7 + 0,7 * 0,35) / 7,257 = \pm 1,25 (11,1 + 0,245) / 7,257 = \pm 1,95 \text{ kN/m}$$

### 3.6.2. Wielkości statyczne dla układu dodatkowego (PD)

Maksymalny moment obliczeniowy w przekroju 5

$$M = M_g + M_q + M_t + M_u$$

$$M = 2330 + 5191,10 * 1,25 / 1,50 + 2,93 * 1,2 * 181,56 + 1,95 * 1,2 * 144,9 =$$

$$= 2330 + 4325,92 + 638,36 + 339,07 = 7633,35 \text{ kNm} < 9513,5 \text{ kNm}$$

przenosi klasę obciążenia C

### 3.7. Obliczenie reakcji podporowych

Obliczenia wykonano dla węzłów 1, 11 i 31 z wykorzystaniem danych i obliczeń zawartych w [ 4 ]. Linie wpływowe reakcji przedstawiono na szkicu nr 24.

#### 3.7.1. Reakcja w węźle 1

$$g = 16,08 \text{ kN/m}$$

$$q_z = 6,00 \text{ kN/m} \quad P_z = 72,67 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,5$$

$$R_g = 16,08 * 17,03 = 273,84 \text{ kN}$$

Rzędne linii wpływowej reakcji z [ 4 ] zał. I str. 19

$$\omega = 4,27(0,5 * 1,0 + 0,8736 + 0,748 + 0,627 + 0,510 + 0,399 - 0,297 + 0,204 + 0,123 + 0,54 + 0,011 + 0,018 + 0,023 + 0,024 + 0,023 + 0,020 + 0,016 - 0,010 + 0,004) = 21,225 \text{ m}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = -(1 - 0,8736) / 4,27 * 1,2 + 1 = -0,0296 * 1,2 + 1 = 0,964$$

$$\eta_3 = -0,0296 * 2,4 + 1 = 0,929$$

$$\eta_4 = -0,0296 \cdot 3,6 + 1 = 0,893$$

$$\Sigma \eta = 3,786$$

$$R_q = 1,5(6,00 \cdot 21,225 + 72,67 \cdot 3,786) = 1,5(127,35 + 275,13) = 1,5 \cdot 402,48 = 603,72 \text{ kN}$$

$$R = 273,84 + 603,72 = 877,56 \text{ kN}$$

### 3.7.2. Reakcja w węźle 11

$$R_g = 16,08 \cdot 47,30 = 760,58 \text{ kN}$$

Rzędne linii wpływowej z [ 4 ] zał. I str. 19-20

$$\begin{aligned} \omega &= 4,27(0,159 + 0,316 + 0,464 + 0,602 + 0,726 + 0,831 + 0,915 + 0,973 + 1,002 + 1,0 + \\ &+ 0,963 + 0,895 + 0,803 + 0,694 + 0,573 + 0,446 + 0,319 + 0,198 + 0,090) = \\ &= 51,108 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = 1,0$$

$$\eta_3 = 1,001$$

$$\eta_4 = -(1 - 0,963) / 4,27 \cdot 1,2 + 1 = 0,990$$

$$\Sigma \eta = 3,991$$

$$R_q = 1,5(6,00 \cdot 51,108 + 72,67 \cdot 3,991) = 1,5(306,65 + 290,03) = 1,5 \cdot 596,67 = 895,01 \text{ kN}$$

$$R = 760,58 + 895,01 = 1655,59 \text{ kN}$$

### 3.7.3. Reakcja w węźle 31

$$R_g = 16,08 \cdot 16,38 = 263,39 \text{ kN}$$

Rzędne linii wpływowej reakcji z [ 4 ] zał. I. Str. 20-21.

$$\begin{aligned} \omega &= 4,27(0,007 + 0,014 + 0,019 + 0,024 + 0,026 + 0,027 + 0,025 + 0,020 + 0,012 + 0,057 + 0,13 + \\ &+ 0,216 + 0,314 + 0,422 + 0,537 + 0,659 + 0,786 + 0,916 \cdot 0,5) + 0,5(0,916 + 1) \cdot 2,745 = \\ &= 18,655 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\eta_1 = 1,0$$

$$\eta_2 = -(1 - 0,9159) / 2,745 \cdot 1,2 + 1 = -0,0306 \cdot 1,2 + 1 = 0,963$$

$$\eta_3 = -0,0306 \cdot 2,4 + 1 = 0,926$$

$$\eta_4 = -(0,9159 - 0,7863) / 4,27 \cdot (3,6 - 2,745) + 0,9159 = 0,890$$

$$\Sigma \eta = 3,779$$

$$R_q = 1,5(6,00 \cdot 18,655 + 72,67 \cdot 3,779) = 1,5(111,93 + 274,62) = 1,5 \cdot 386,55 = 579,82 \text{ kN}$$

$$R = 263,39 + 579,82 = 843,21 \text{ kN}$$

## 3.8. Sprawdzenie krzyżulców i słupka podporowego

### 3.8.1. Krzyżulec nad łożyskiem w węźle 1

$$R = 877,56 \text{ kN} < N = 1664,60 \text{ kN}$$

### 3.8.2. Krzyżulce nad łożyskiem w węźle 11

$$R = 1655,59 \text{ kN} < 2 \cdot N = 2 \cdot 1533,52 = 3067,04 \text{ kN}$$

### 3.8.3. Słupki podporowy nad łożyskiem w węźle 31

$$R = 843,21 \text{ kN} < N = 1302,10 \text{ kN}$$

### 3.9. Sprawdzenie połączeń śrubowych pasów dźwigara wg pkt. 9.2.4.2. PN-82/S-10052

Dla obliczeń przyjęto przekrój pasa dźwigara → pas potrójny ze wzmocnieniem.

przekrój miarodajny całego pasa

$$F_n = F_{n1} = 4 \cdot 38,4 = 153,6 \text{ cm}^2$$

$$F_{n1} = 38,4 \text{ cm}^2$$

Śruby pasowane  $\varnothing 29,7\text{mm}$  ze stali C45V (niemiecka) - co odpowiada średniej klasie własności mechanicznych śrub wg PN-82/S-10052 dla klasy 6.8. Wytrzymałości obliczeniowe śrub dla tej klasy wynoszą:

$$\text{ściananie } R'_t = 0,8R$$

$$\text{docisk } R'_d = 2R$$

a) ilość śrub ze względu na ściskanie

$$F_n \cdot R = m \cdot n_t \cdot \Pi d^2 / 4 \cdot 0,8 R$$

$$m = F_n \cdot 1 / [n_t \cdot \Pi d^2 / 4 \cdot 0,8]$$

$$\mu_1 = 1 / [n_t \cdot \Pi d^2 \cdot 0,2]$$

dla śrub dwuciętych  $n_t = 2$

$$\mu_1 = 1 / [2 \cdot \Pi \cdot 2,97^2 \cdot 0,2] = 0,0902$$

b) ilość śrub ze względu na docisk

$$F_n \cdot R = m \cdot d \cdot g \cdot 2R$$

$$m = F_n \cdot 1 / d \cdot g \cdot 2$$

$$\mu_2 = 1 / [d \cdot g \cdot 2]$$

grubość półki HEA 200 = 11mm

grubość przekładki 14mm  $2 \cdot 11\text{mm} > 14\text{mm}$

$$g = 14\text{mm}$$

$$\mu_2 = 1 / [2,97 \cdot 1,4 \cdot 2] = 0,120$$

c) potrzebna ilość śrub M30 dla 1 HEA 200

$$F_{n1} = 38,4 \text{ cm}^2$$

$$m = F_{n1} \cdot \max(\mu_1, \mu_2)$$

$$m = 38,4 \cdot 0,120 = 4,61 \text{ szt.} < 8 \text{ szt. z jednej strony styku}$$

Elementy pasa stykowane są mijankowo.

### 3.10. Sprawdzenie łożysk dla obciążeń podstawowych

W konstrukcji zastosowano łożyska Glacier o pionowych nośnościach charakterystycznych wynoszących : dla łożysk skrajnych 900 kN, oraz dla łożysk pośrednich 2000 kN.

Maksymalna reakcja dla łożysk o nośności 900 kN występuje w węźle 1.

$$R = 273,84/1,2 + 603,72/1,5 = 228,2 + 402,48 = 630,68 \text{ kN} < 900 \text{ kN}$$


Maksymalna reakcja dla łożysk o nośności 2000 kN występuje w węźle 11

$$R = 760,58/1,2 + 895,01/1,5 = 633,82 + 596,67 = 1230,49 \text{ kN} < 2000 \text{ kN}$$

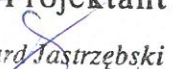
W obliczeniach [ 4 ] pkt. I.2. sprawdzono łożyska w dodatkowym układzie obciążeń (PD) z uwzględnieniem ciśnienia wiatru , temperatury, sił hamowania i obciążeń związanych z oporami łożysk. Dla obciążeń pionowych uzyskano dodatki około 6,4%. Określono także wymagane przesuwki i kąty obrotu konstrukcji na łożyskach.

Łożyska posiadają duży zapas nośności dla klasy obciążenia C.

Obliczenia wykonał :

  
**dr inż. Janusz Hołowaty**  
Up. nr 131/Sz/94 proj. i wyk. mostów  
Ip. 48/Rz/94 rzecz. bud. mostów

Sprawdził :

**Starszy Projektant**  
  
**inż. Ryszard Jaśtrzębski**  
Up. nr 100/Sz/86 proj. i wyk. mostów

Szczecin, c z e r w i e c 1997 r.

## OBLICZANIE PARAMETROW GEOMETRYCZNYCH zebro podłużne

Dźwigar dwuteowy niesymetryczny

Dane:

|                       |      |
|-----------------------|------|
| wysokość dźwigara:    | 16,8 |
| szerokość półki gór.: | 34,5 |
| szerokość półki dol.: | 12   |
| grubość półki górnej: | 0,8  |
| grubość półki dolnej: | 0,8  |
| grubość środnika:     | 1,6  |

| NR       | A    | y'   | Ay'    | y     | $\phi$ | $y^2+\phi$ | I    |
|----------|------|------|--------|-------|--------|------------|------|
| 1        | 26,9 | 8,4  | 225,79 | -2,34 | 23,52  | 29,00      | 779  |
| 2        | 26,3 | 0,4  | 10,53  | 5,66  | 0,05   | 32,08      | 844  |
| 3        | 8,3  | 16,4 | 136,45 | 10,34 | 0,05   | 106,98     | 890  |
| $\Sigma$ | 61,5 |      | 372,77 |       |        |            | 2514 |

|                         |        |                       |      |
|-------------------------|--------|-----------------------|------|
| środek ciężkości: $v =$ | 6,06   | wskaznik wytrz. $W =$ | 415  |
| $v' =$                  | -10,74 | $W' =$                | -234 |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| mom. statyczny $S_x =$  | 178,3 |
| mom. statyczny $S'_x =$ | 156,2 |

## OBLICZANIE PARAMETROW GEOMETRYCZNYCH zebro poprzeczne

Dźwigar dwuteowy niesymetryczny

Dane:

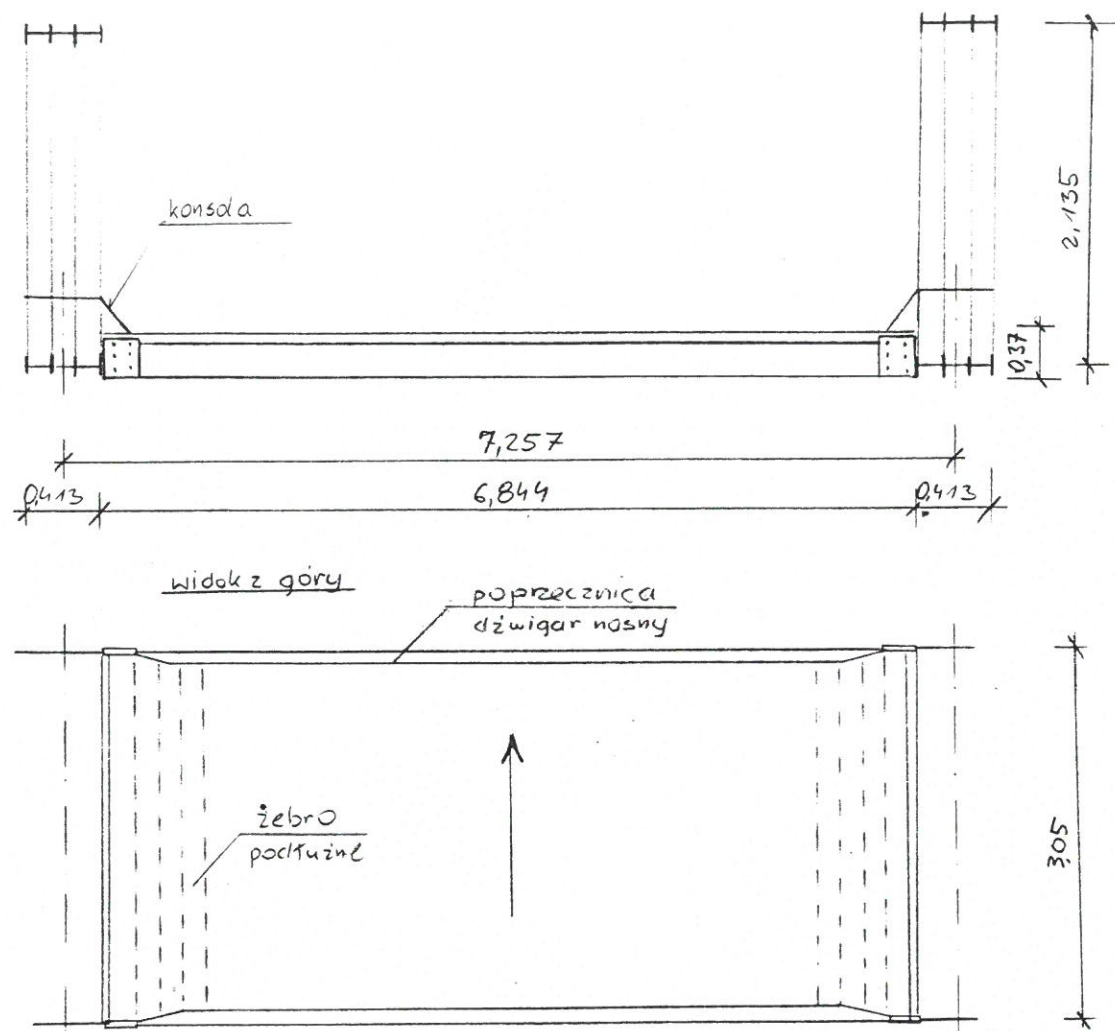
|                       |      |
|-----------------------|------|
| wysokość dźwigara:    | 37,6 |
| szerokość półki gór.: | 77,6 |
| szerokość półki dol.: | 20   |
| grubość półki górnej: | 0,8  |
| grubość półki dolnej: | 2    |
| grubość środnika:     | 0,8  |

| NR       | A     | y'   | Ay'     | y     | $\phi$ | $y^2+\phi$ | I     |
|----------|-------|------|---------|-------|--------|------------|-------|
| 1        | 30,1  | 18,8 | 565,50  | -3,44 | 117,81 | 129,65     | 3900  |
| 2        | 61,4  | 0,4  | 24,58   | 14,96 | 0,05   | 223,84     | 13753 |
| 3        | 38,4  | 36,6 | 1405,44 | 21,24 | 0,33   | 451,49     | 17337 |
| $\Sigma$ | 129,9 |      | 1995,52 |       |        |            | 34990 |

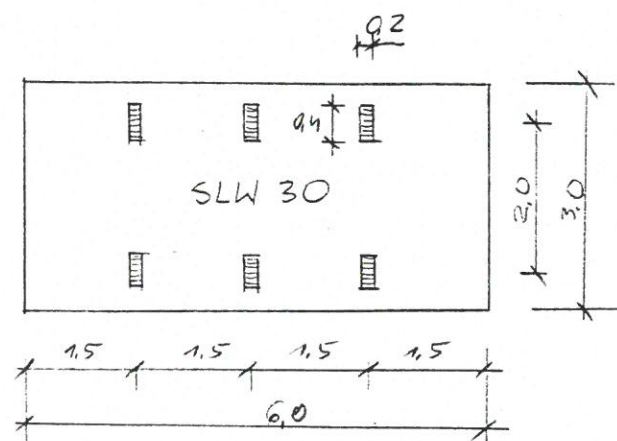
|                         |        |                       |       |
|-------------------------|--------|-----------------------|-------|
| środek ciężkości: $v =$ | 15,36  | wskaznik wytrz. $W =$ | 2278  |
| $v' =$                  | -22,24 | $W' =$                | -1573 |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| mom. statyczny $S_x =$  | 1013 |
| mom. statyczny $S'_x =$ | 929  |

SZKICE DO OBLICZEŃ

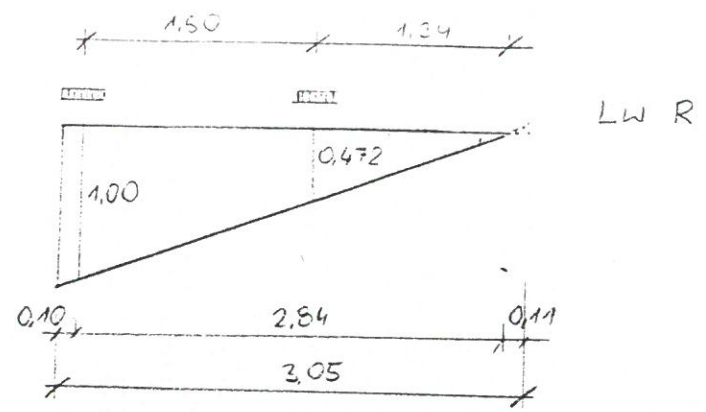


SZKIC NR 1

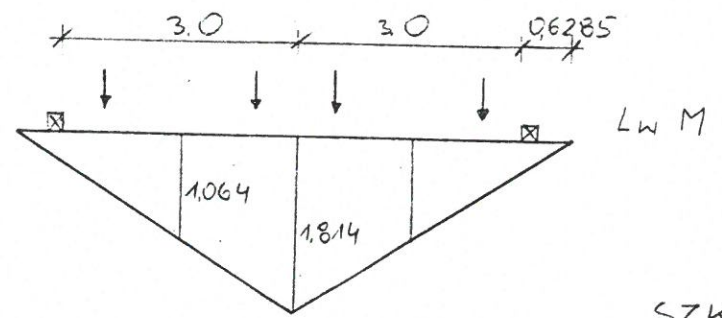


SZKIC NR 2

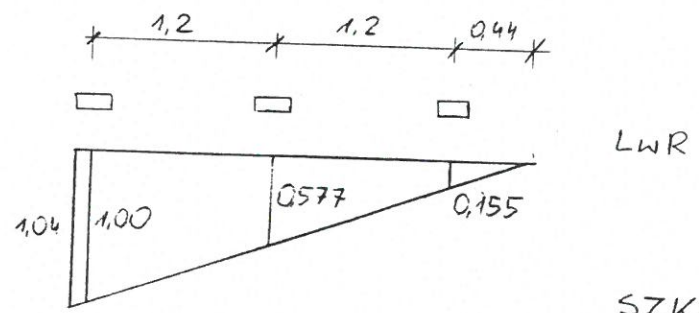




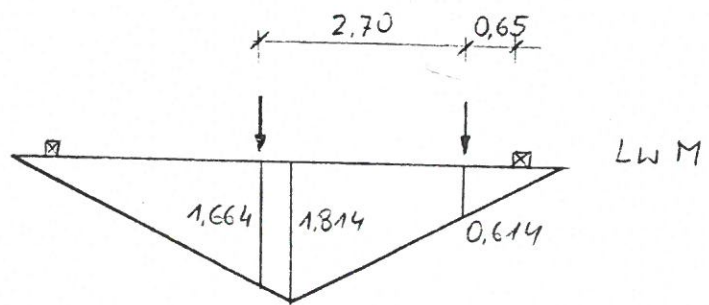
SZKIC NR 3



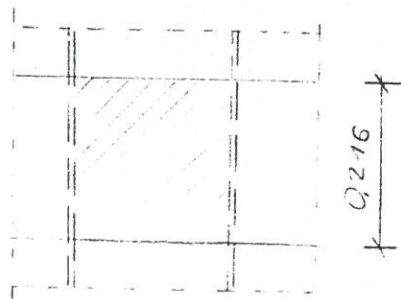
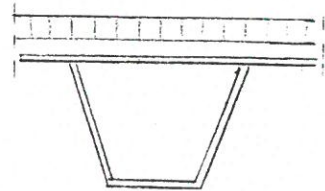
SZKIC NR 4



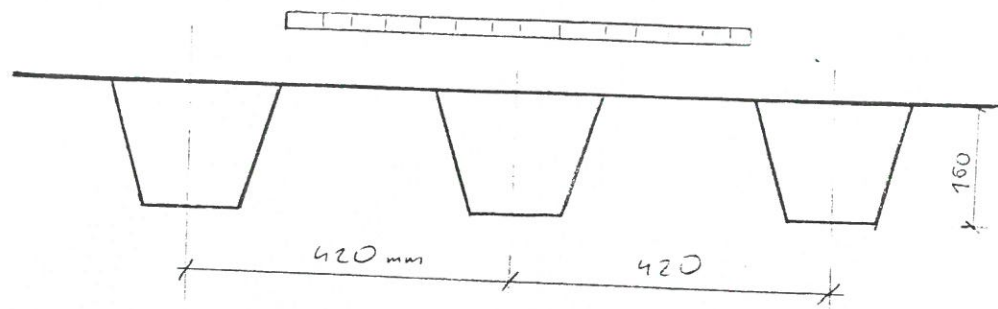
SZKIC NR 5



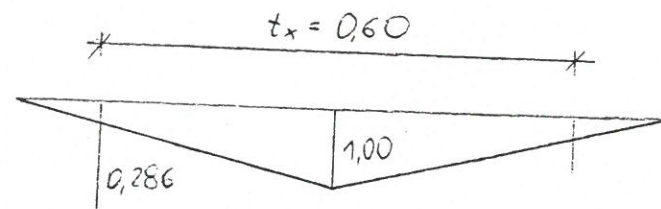
SZKIC NR 6



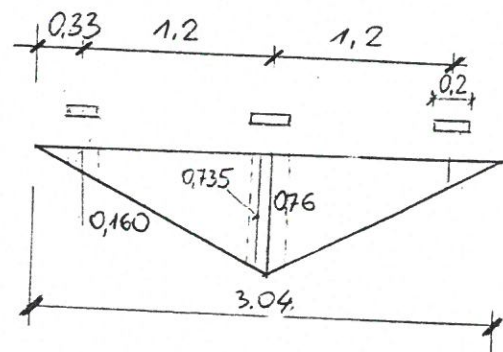
SZKIC NR 7



SZKIC NR 8

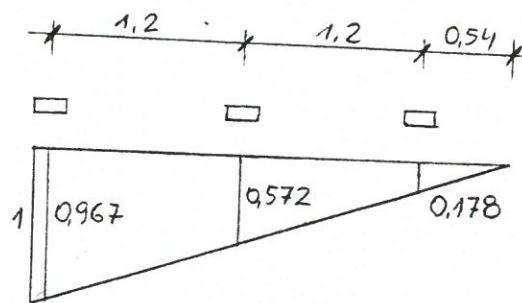


SZKIC NR 9



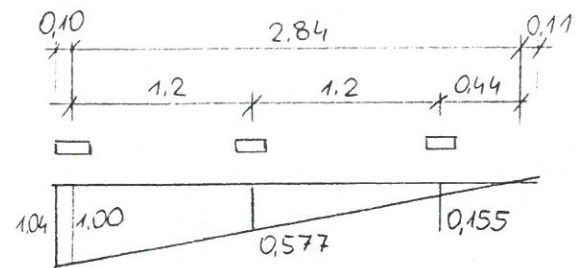
LW M

SZKIC NR 10



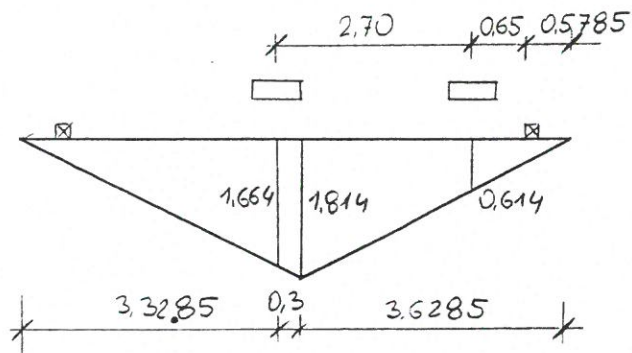
LW 9

SZKIC NR 11



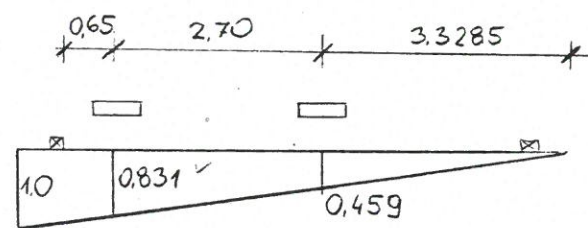
LWR

SZKIC NR 12



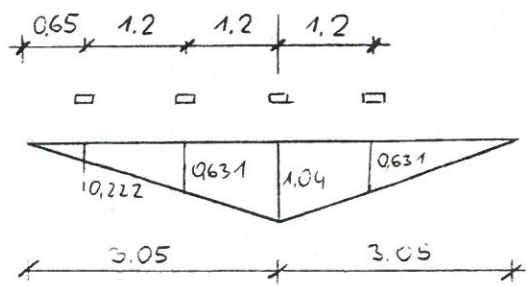
LWM

SZKIC NR 13



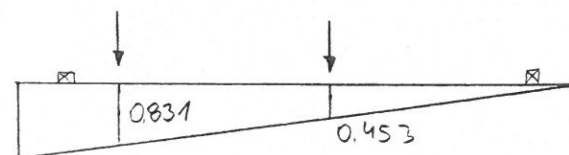
LWQ

SZKIC NR 14



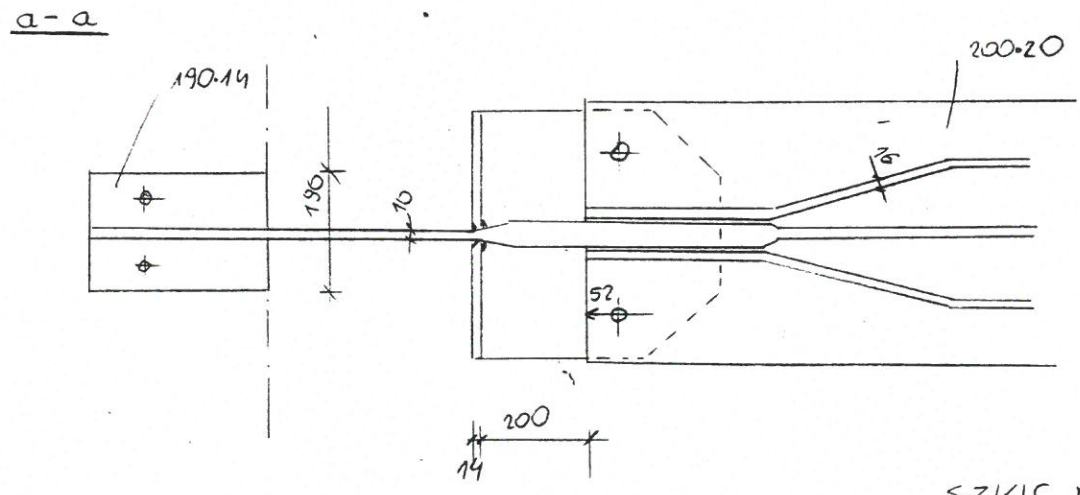
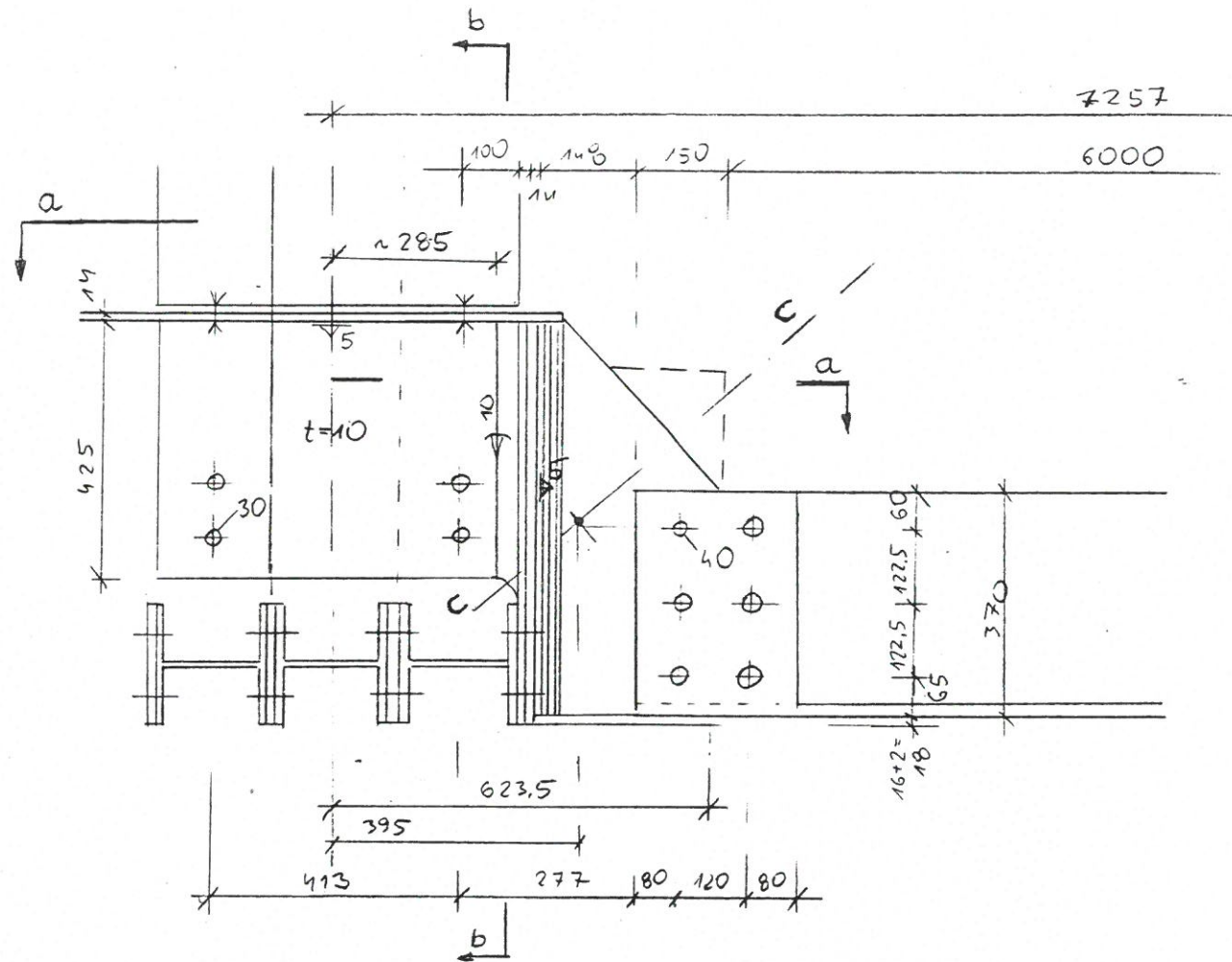
LWR

SZKIC NR 16

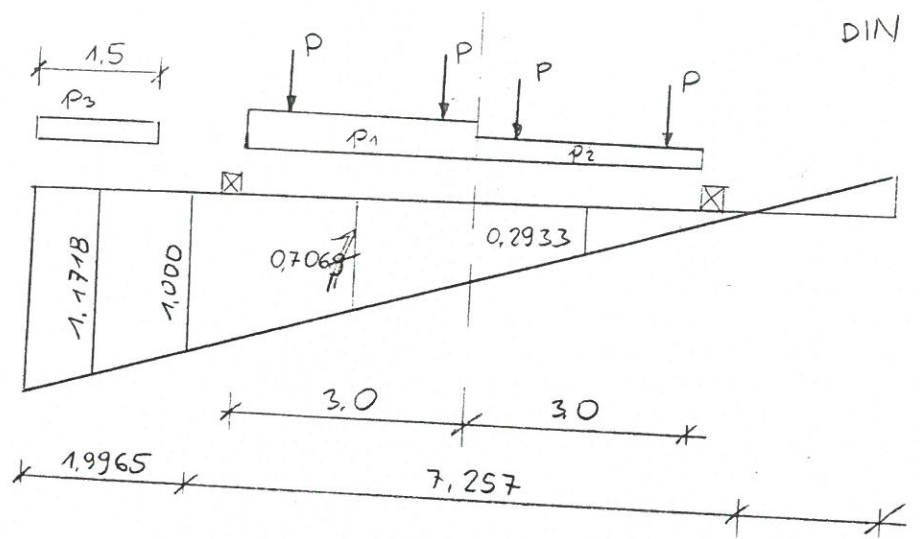


LWR

SZKIC NR 17

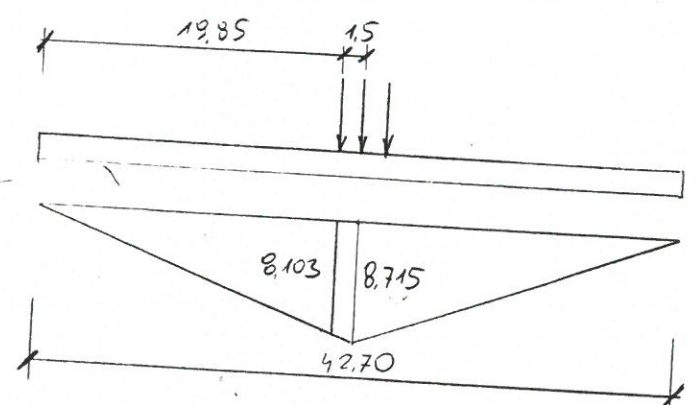


SZKIC NR 15

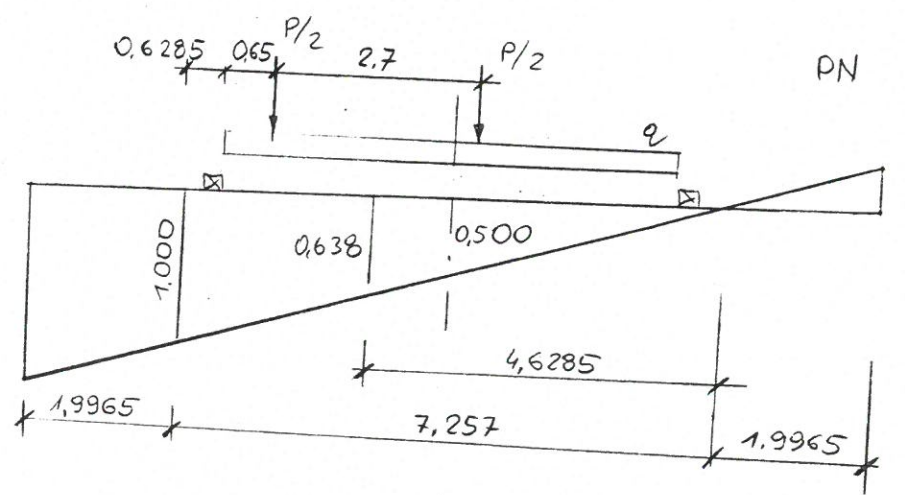


LWPRO

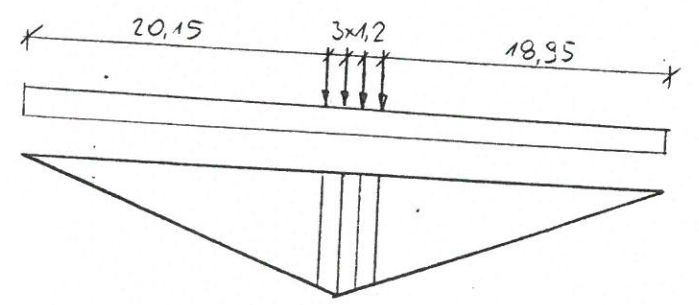
SZKIC NR 18



SZKIC NR 19

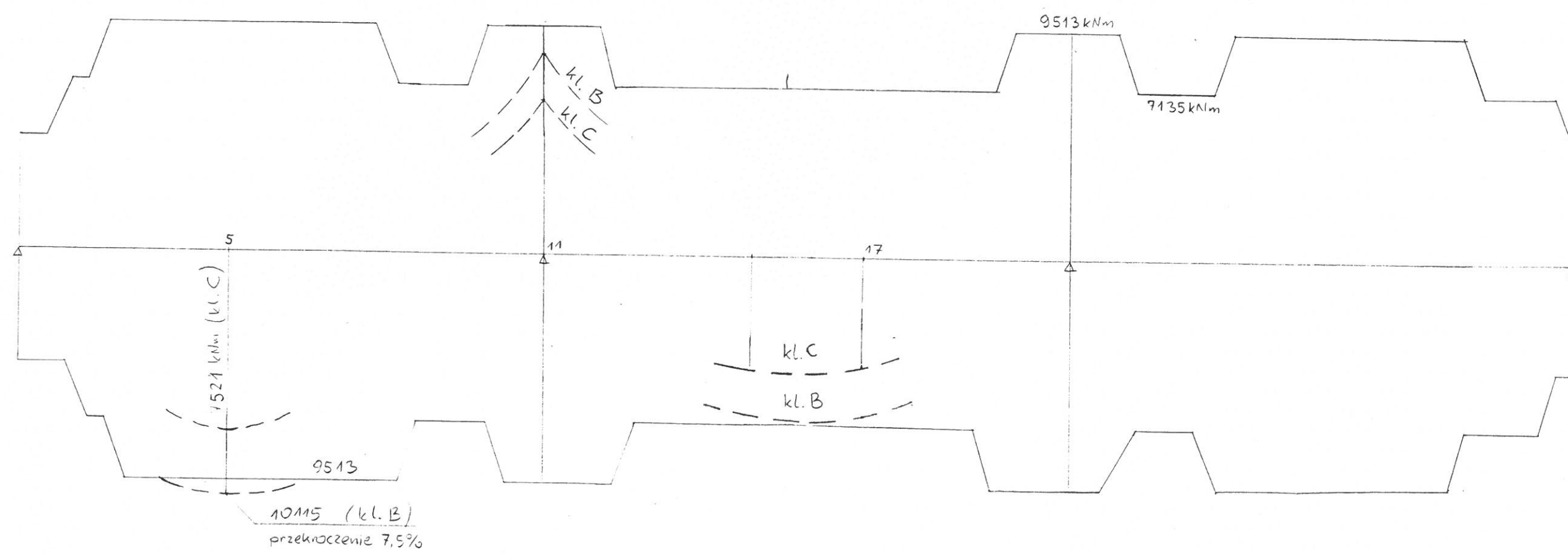
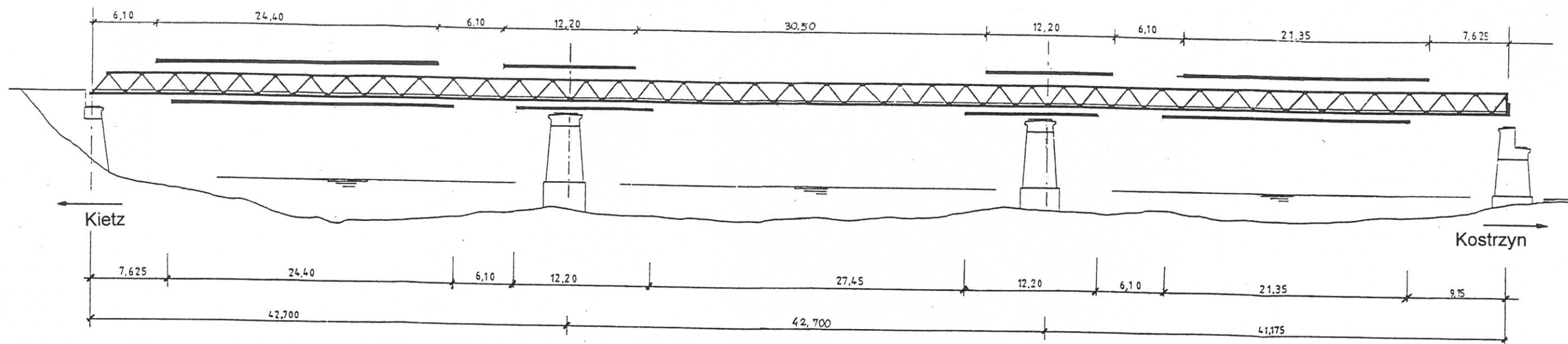


SZKIC NR 20

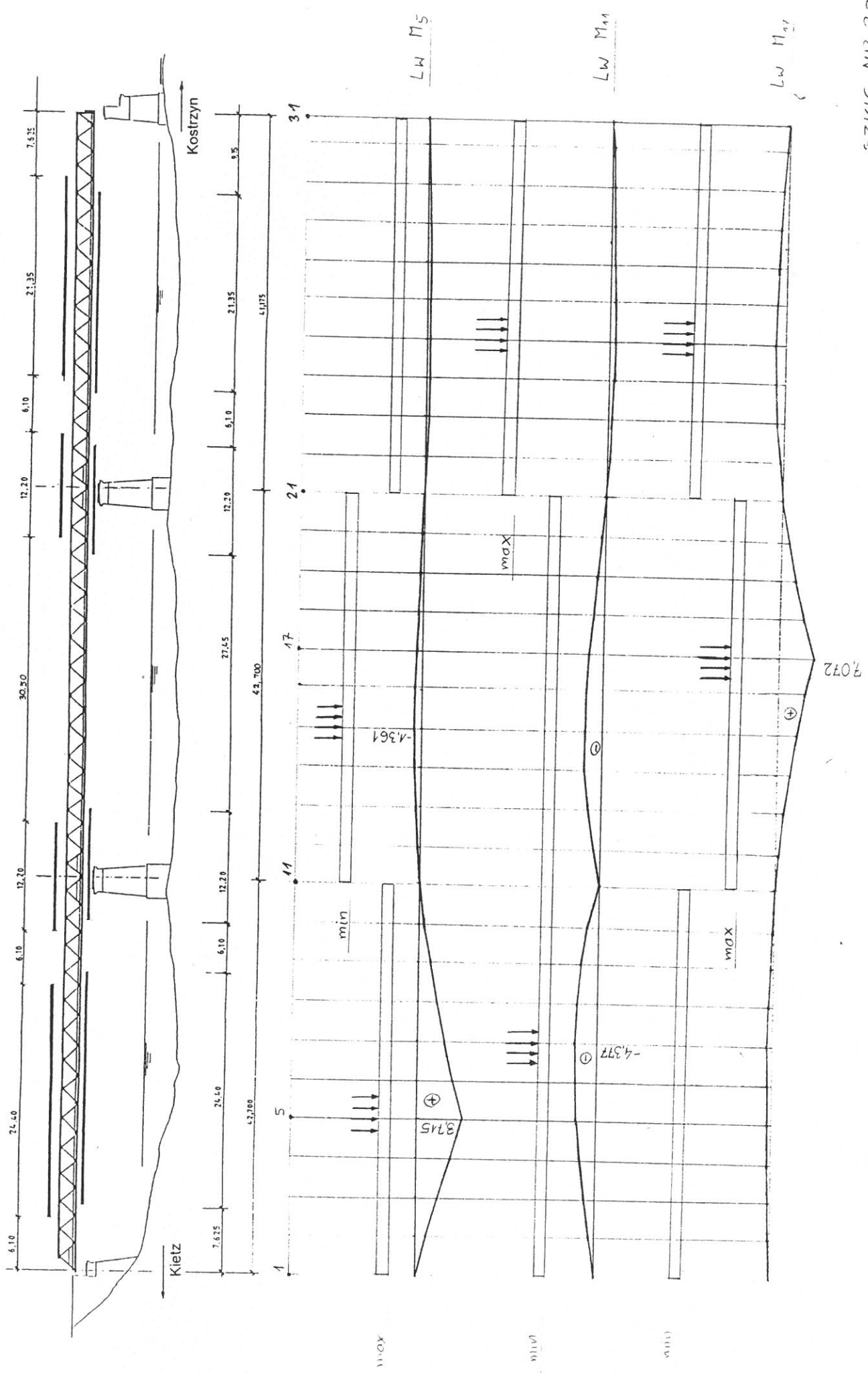


SZKIC NR 21

Most składany typu D-Brücke przez rz. Odrę w Kostrzynie  
w km 0+000 drogi krajowej Nr 22



Most składany typu D-Brücke przez rz. Odrę w Kostrzynie  
w km 0+000 drogi krajowej Nr 22



7.072

LW M5  
LW M11  
LW M21

SKIC NP 22

Most składany typu D-Brücke przez rz. Odre w Kostzynie  
 w km 0+000 drogi krajowej Nr 22

