

EKSPERTYZA TECHNICZNA
PODTORZY SUWNIC W NAWIE VI I XI HALI A2
NA TERENIE DOZAMEL SP. Z O. O. WE WROCŁAWIU

obiekt:	Hala A2 nawa VI I XI na terenie DOZAMEL Sp. z o.o. we Wrocławiu
nr działki	1/23
lokalizacja:	Park Przemysłowy Dozamel Sp. z o.o. 53-609 Wrocław, ul. Fabryczna 10
inwestor:	DOZAMEL Sp. z o. o. 53-609 Wrocław, ul. Fabryczna 10 sekretariat@dozamel.pl, tel. (+48 71) 35 65 701
jednostka projektowa:	PRACOWNIA PROJEKTOWA MAREK KOŻBIAŁ 54-513 Wrocław, ul. Objazdowa 46/7 marek@kozbialprojekt.pl 506175845

specjalność	projektant	nr uprawnień	podpis
Konstrukcyjno-budowlana	mgr inż. Marek Koźbiał	159/DOŚ/06	Data 18.10.2023

Podpis i pieczęćka

Spis treści

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA	3
1.1 Przedmiot opracowania	3
1.2 Cel i zakres opracowania	3
2. PODSTAWA OPRACOWANIA.....	3
3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ	4
4. KWERENDA HISTORYCZNA	4
5. STAN ISTNIEJĄCY	4
5.1 Konstrukcja hali A2.....	4
5.2 Belki podsuwnicowe w nawie VI.....	5
5.3 Belki podsuwnicowe w nawie XI.....	6
6. SUWNICE W NAWIE VI HALI A2	7
7. SUWNICE W NAWIE XI HALI A2	10
8. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DOTYCZĄCE PLANOWANEJ WYMIANY SUWNIC	13
9. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO W NAWIE VI.....	14
10. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO W NAWIE XI	14
11. OBCIĄŻENIA OD SUWNIC W NAWACH VI I XI HALI A2.....	15
11.1 Obciążenia dla nawy VI.....	16
11.1 Obciążenia dla nawy XI.....	17
12. OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE NAWA VI	18
13. OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE NAWA XI	25
14. OCENA STANU TECHNICZNEGO PODTORZY	45
14.1 Ocena stanu technicznego podtorza w nawie VI.....	45
14.2. Ocena stanu technicznego podtorza w nawie XI.....	46
15. WNIOSKI	47
15.1. Wnioski dotyczące podtorza suwnic w nawie VI	47
15.1. Wnioski dotyczące podtorza suwnic w nawie XI	48
16. ZALECENIA	49
17. UWAGI KOŃCOWE	50

Spis załączników

ZAŁĄCZNIK NR 1 – DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA NAWA IV W HALI A2

ZAŁĄCZNIK NR 2 – DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA NAWA IX W HALI A2

1. PRZEDMIOT I CEL OPRACOWANIA

1.1 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza techniczna podtorzy suwnic w nawie VI i XI hali A2 na terenie DOZAMEL Sp. z o.o. we Wrocławiu.

1.2 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego podtorzy suwnic na hali A2 w nawach VI i XI w aspekcie planowanej przez Użytkownika wymiany suwnic.

Zakres obejmuje ocenę stanu technicznego podtorzy w nawie VI i XI hali A2, zebranie i porównanie obciążeń od suwnic, wykonanie niezbędnych obliczeń sprawdzających, omówienie otrzymanych wyników operatów technicznych wykonanych przez Zamawiającego oraz sformułowanie wniosków, oraz zaleceń.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawę formalną opracowania stanowi zamówienie nr **CUD/2494/2023/350** z dnia 04.10.2023 r. zawarta między DOZAMEL Sp. z o.o. z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Fabryczna 10 a Pracownią Projektową Marek Koźbiał z siedzibą we Wrocławiu przy ul. Objazdowa 46/7.

Merytoryczną podstawę opracowania stanowią szkice i notatki, wykonane z natury pomiary, dokumentacja fotograficzna uzyskana w wyniku wizji lokalnych dokonanych w październiku 2023 r.

Ponadto wykorzystano:

- [1]. Operat techniczny. Geodezyjny pomiar geometrii toru jezdni suwnicy pomostowej na terenie firmy Dozamel, hala A2, nawa VI, mgr inż. Jacek Jankowski nr upr. 23911, Wrocław 2023r.
- [2]. Operat techniczny. Geodezyjny pomiar geometrii toru jezdni suwnicy pomostowej na terenie firmy Dozamel, hala A2, nawa XI, mgr inż. Jacek Jankowski nr upr. 23911, Wrocław 2023r.
- [3]. Rysunek Techniczny nr MNT.01.00, System PRIM na hali A2 w Dozamel Wrocław, mgr inż. Janusz Paczesny, inż. Zdzisław Jaźwic nr upr. bud. 277/87/WŁ, 2023r.
- [4]. Zabudowa pomieszczeń socjalno biurowych w hali A – nawa III do V. Strona wschodnia, nr projektu B.2198, DoIMel, Wrocław.
- [5]. Nawa XI przy hali A. Część budowlana, nr projektu B.3262, DoIMel, Wrocław.
- [6]. Orzeczenie techniczne nr 123/68|69 podtorza suwnicy w nawach 6, 7 i 8 hali A, dotyczące jego przydatności sposobu usunięcia niesprawności, oraz zabezpieczenia na następne lata, dr inż. Piotr Próchniak, Wrocław 1962r.
- [7]. Orzeczenie techniczne nr 87/70, Możliwość zainstalowania dodatkowej suwnicy w nawie 2 hali B /12,5 T/, w nawie 3/4 /1,5 T/ oraz żurawie obr. Na słupie 15-T, dr inż. Kazimierz Czapliński, doc. dr inż. Zdzisław Bodarski, Wrocław 1970r.
- [8]. Informacja Techniczna dla rzeczoznawców w zakresie spraw ogólnych oraz wybranych problemów wytrzymałości, stateczności i sztywności elementów konstrukcyjnych wykonanych z dawnych gatunków stali a także z dawnych asortymentów drewna, dr inż. Kazimierz Czapliński, doc. dr inż. Zdzisław Bodarski, Wrocław.
- [9]. Dokumentacja techniczna odbiorcza, Modernizacja suwnicy pomostowej dwudźwigowej natorowej o udźwigu $Q = 5,0t$, $L = 13,802$ m. nr ewid. UDT 3328000130, nr zakł.107, rok budowy 1956. Wymiana hamulca szczękowego, sprężynowego z luzownikiem elektromagnetycznym w układzie podnoszenia, nr projektu ZS-2/107/00, Wrocław.
- [10]. Artykuł problemowy, Wpływ rodzaju szyny na wartość lokalnych pionowych naprężeń ściskających w środku belki podsuwnicowej, dr inż. Marcin Chybiński, dr inż. Łukasz Polus, Politechnika Poznańska, dr inż. Zdzisław Kurzawa, Akademia Kaliska, Przegląd budowlany 11- 12/2022 r.
- [11]. Orzeczenie o możliwości wykorzystania istniejących torowisk do zainstalowania na nich pięciu nowych suwnic, mgr inż. Zbigniew Nemec, mgr inż. Stanisław Koziarski, Opole 2007r.
- [12]. Konstrukcje wsporcze dźwignic, Jam Żmuda, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013 r.
- [13]. Budownictwo stalowe, Prof. Dr inż. Władysław Bogucki, Wydawnictwo Arkady 1965 r.

3. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W ramach prac przeprowadzono oględziny makroskopowe (w tym z podnośnika), wykonano niezbędne pomiary oraz wykonano dokumentację fotograficzną. Zinventaryzowano zaobserwowane uszkodzenia, przez otwór punktowy przeprowadzono pomiary grubości środników belek podsuwnicowych. Przeprowadzono wywiad z Użytkownikiem obiektu oraz przedstawicielem Inwestora firmy Dozamel Sp. z o.o. kwerendę w archiwum firmy Dozamel, w którym znajduje się dokumentacja archiwalna. Z uwagi na brak możliwości swobodnego poruszania się po hali w wyznaczonym przez Zamawiającego okresie na wykonanie prac (hala w czynnej produkcji, posadzka zastawiona elementami wyposażenia, brak możliwości wjazdu podnośnika) oględziny belek podsuwnicowych wykonano z poziomu posadzki oraz punktowo z podnośnika w miejscach, gdzie było to możliwe.

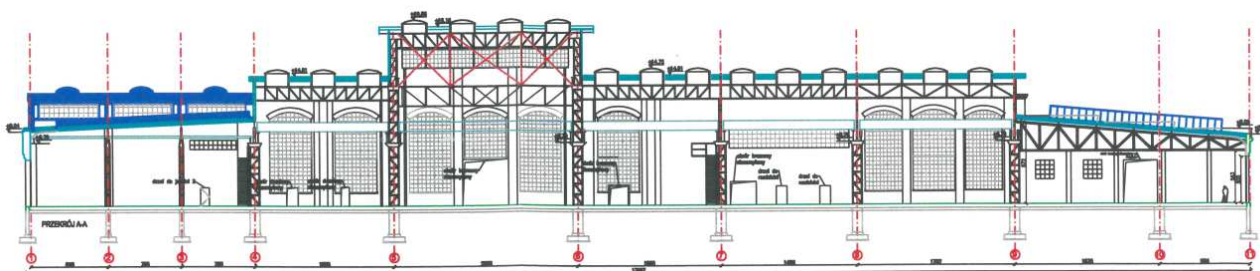
4. KWERENDA HISTORYCZNA

W archiwum firmy Dozamel odnaleziono archiwalną dokumentację projektową dotyczącą niektórych robót budowlanych dotyczących hali A2 i wykonanych w okresie jej użytkowania. Odnaleziono również archiwalne orzeczenia techniczne dotyczące konstrukcji podtorzy i zapoznano się z załączonymi do nich obliczeniami statyczno-wytrzymałościowymi. Nie odnaleziono dokumentacji archiwalnej z okresu projektowania i budowy obiektu. W wydziale Centrum Usług Dźwigowych firmy Dozamel zapoznano się z zawartością ksiąg rewizyjnych poszczególnych suwnic obecnie zainstalowanych w nawach VI i XI.

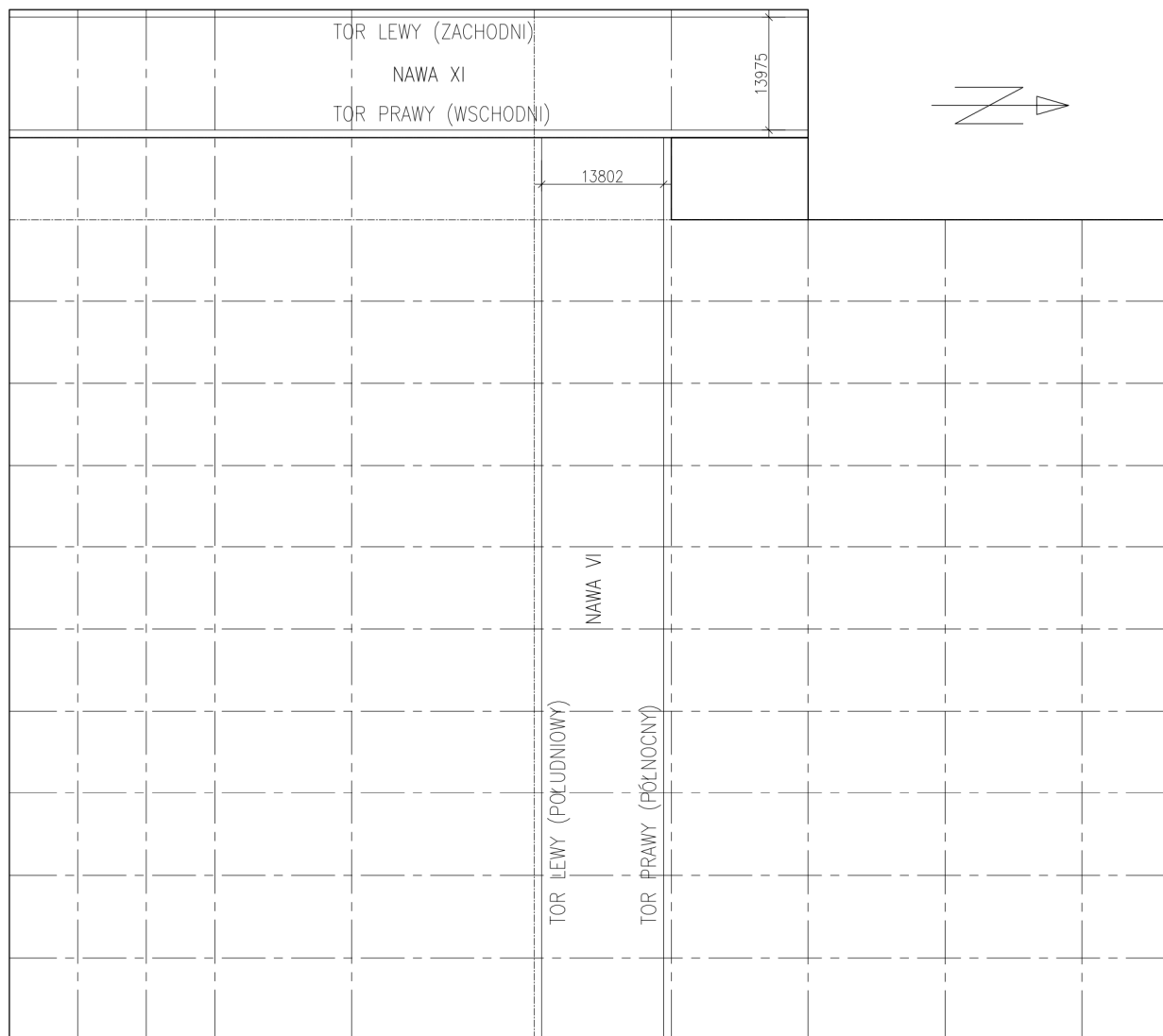
5. STAN ISTNIEJĄCY

5.1 Konstrukcja hali A2

Hala A2 jest zlokalizowana na terenie zakładu Dozamel we Wrocławiu. Dokładna data wzniesienia hali nie jest znana, wiadomo natomiast, iż wybudowano je przed lub w czasie II wojny światowej. Obiekt został wzniesiony w konstrukcji stalowej jako hala wielonawowa o układzie ram zamocowanych sztywno w fundamentach i sztywnym połączeniu słupów z ryglami. Konstrukcję hali wykonano ze stali o nieustalonym gatunku, stosując połączenia nitowane. Wiązary dachowe w postaci kratownic bezsłupkowych mają pasy górne i dolne równoległe, połączone ze sobą słupami hali w sposób sztywny. Wysokość wiązarów wynosi 1800mm; spadek w kierunku podłużnym hali zapewniony jest przez zmienne wysokości słupków nadsuwnicowej części hali. Wzdłuż hali umieszczone są na wiązarach poszczególnych naw świetliki podłużne, trójkątne, z nachylnym oszkleniem. Hala ma jedenaście naw, z czego nawa XI została prawdopodobnie dobudowa w okresie późniejszym i stanowi rozbudowę w kierunku zachodnim. Rozpiętość poszczególnych naw jest zróżnicowana, z czego największa centralna nawa ma około 20 m rozpiętości.



Rys. 1. Przekrój hali A2 według [3].



Rys.2. Schematyczny rzut hali A2 – lokalizacja nawy VI i XI.

5.2 Belki podsuwnicowe w nawie VI

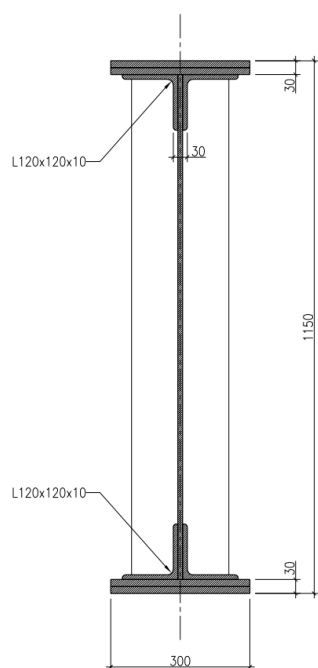
Konstrukcja podtorza suwnic w nawie VI wykonana jest z nitowanych belek podsuwnicowych o rozpiętości 9m. Belki podsuwnicowe, w celu zapewnienia współpracy, połączone są dwoma tężnikami kratowymi z belkami sąsiednich naw V i VII. Na początkach i końcach torów jezdnych belki wspierają się na ceglanych filarach tworzących jedną całość ze ścianami zewnętrznymi hali. Wewnątrz belki oparte są na słupach kratowych głównej konstrukcji hali.

Belki podsuwnicowe w nawie VI zostały wykonane jako belki jednoprzęsłowe o wysokości 1150mm. Nad podporą łączone są blachą nakładkową zapewniającą przegubowy charakter połączenia.

Pas górny i dolny belek wykonano z 2 znitowanych blach o grubości 15mm (łącznie 30mm), przy czym pogrubienie pasa dolnego wykonano w strefie przęsłowej. Środek połączono z pasami poprzez nitowanie przy pomocy kątowników i wzmocniono żebrami pionowymi wykonanymi również z nitowanych kątowników.

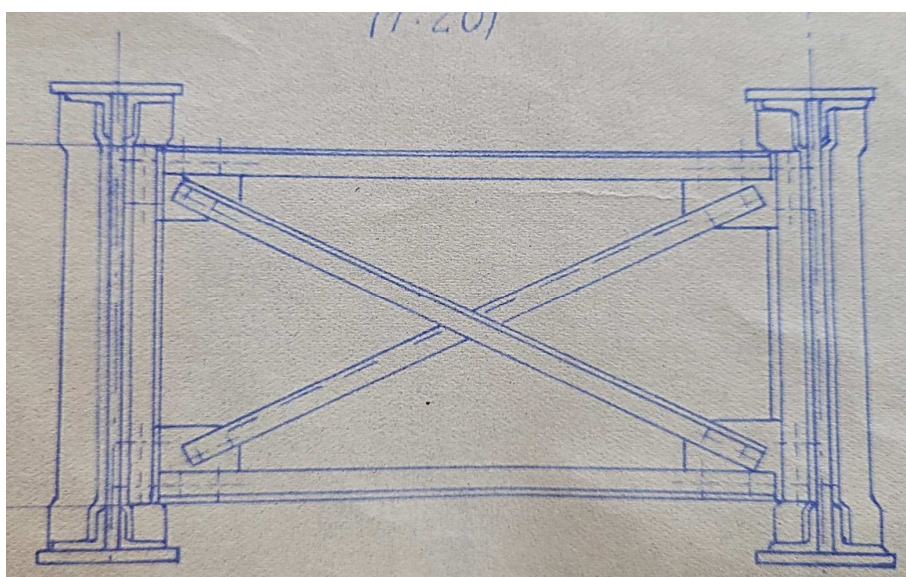
INWENTARYZACJA BELKI PODSUWNICOWEJ

1:10



PARAMETRY PRZEKROJU				
BP-VI	Netto	F	381,7 cm ²	
Jx	916729,9 cm ⁴	ix	49 cm	
Jy	16109,5 cm ⁴	iy	6,5 cm	
Yg	57,5 cm	Wg	15943,1 cm ³	
Yd	57,5 cm	Wd	15943,1 cm ³	
Ob	343,5 cm	Jw	0 cm ⁴	

Rys.3. Inwentaryzacja wymiarów belki podsuwnicowej w nawie VI.



Rys. 4. Tężnik kratowy łączący belki podsuwnicowe w nawie VI według [6]

5.3 Belki podsuwnicowe w nawie XI

Konstrukcja podtorza suwnic w nawie XI wykonana jest z nitowanych belek podsuwnicowych o różnej rozpiętości. Jako standardową rozpiętość można wskazać wartość 7,5m. Dwa pierwsze przęsła od strony południowej mają rozpiętość większą wynoszącą 8,15m, środkowe przęsło w segmencie ze stężeniem pionowym ma mniejsza rozpiętość wynoszącą około 6,0 m.

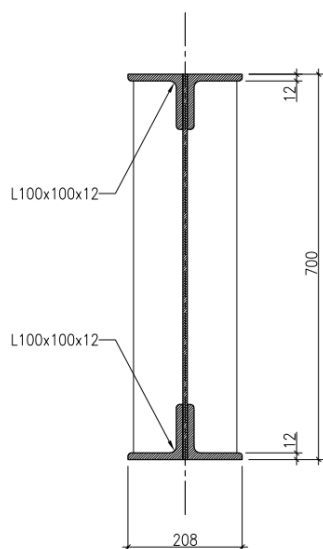
Konstrukcja toru jezdnego lewego różni się od konstrukcji toru jezdnego prawego. Tor lew wykonany jest z belki podsuwnicowej wspartej na słupach kratowych stężonych w osi belki portalowym stężeniem pionowym. Pas górny połączony jest z kratowym tężnikiem hamownym usztywniającym belkę w płaszczyźnie poziomej oraz zabezpieczającym ją przed zwichrzeniem. Tor prawy wykonywany jest z belki podsuwnicowej wspartej na słupach dwugałęziowych z profili 2xC180 połączonych dla zapewnienia sztywności przestrzennej z filarami murowanymi ścian nośnych hali A2. Belka podsuwnicowa toru lewego w celu usztywnienia w płaszczyźnie

poziomej została wzmocniona przez poszerzenie półki górnej przy pomocy dwóch kątowników równoramiennych.

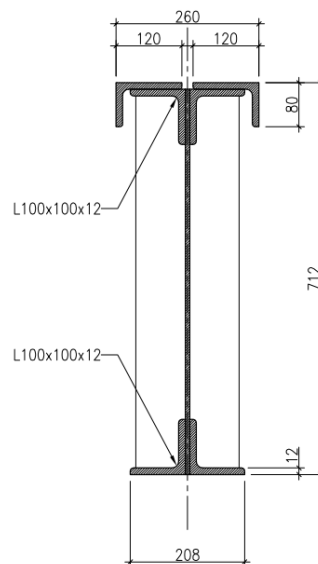
Belki podsuwnicowe w nawie XI zostały wykonane jako belki ciągłe o wysokości 700mm. Nad podporami belki połączone są za pomocą połączenia skręcanego wykonanego z kilku rzędów śrub 2xM24 o niezidentyfikowanej klasie.

Środek belek połączono z pasami poprzez nitowanie przy pomocy kątowników i wzmocniono żebrami pionowymi wykonanymi również z nitowanych kątowników w rozstawie od 1150 do 1250mm.

INWENTARYZACJA BELKI PODSUWNICOWEJ – TOR LEWY
1:10



INWENTARYZACJA BELKI PODSUWNICOWEJ – TOR PRAWY
1:10



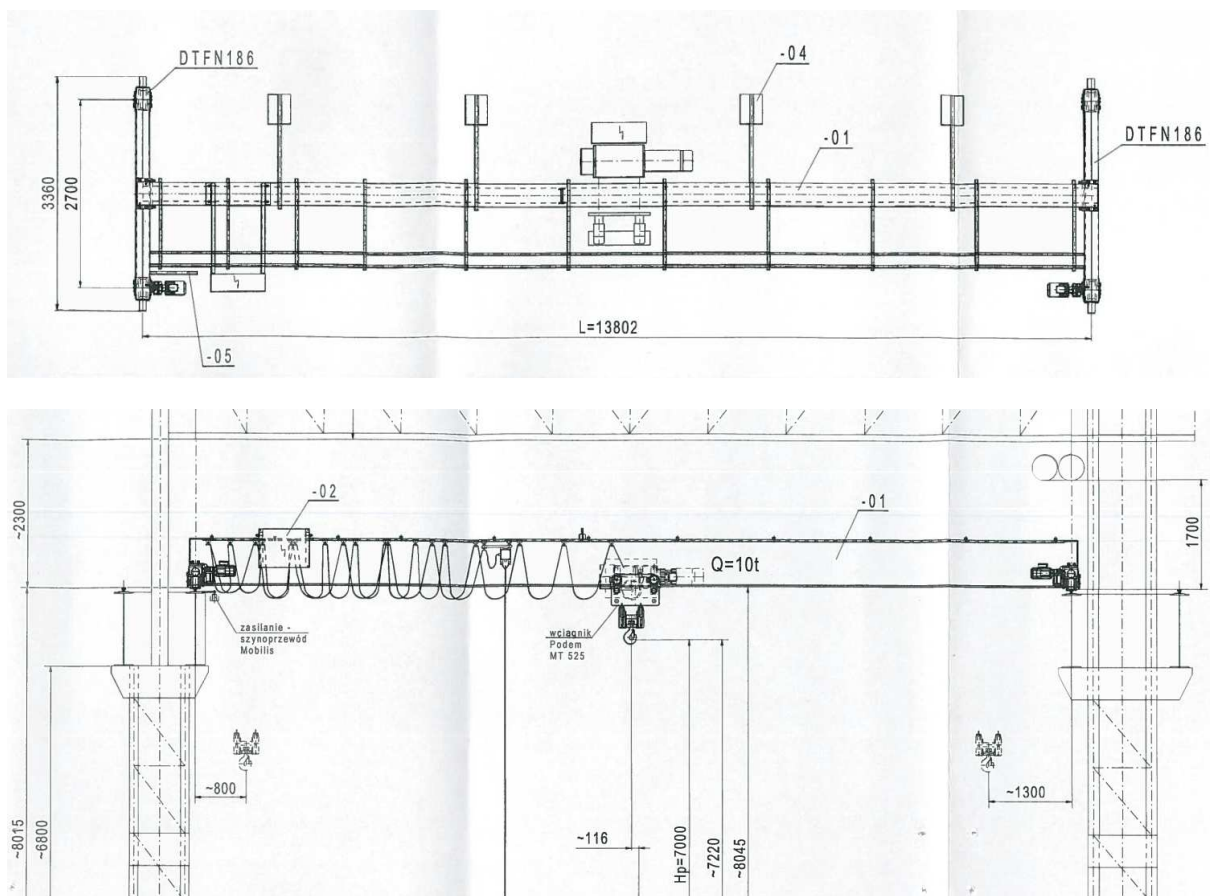
Rys.5. Inwentaryzacja wymiarów belek podsuwnicowej w nawie XI.

6. SUWNICE W NAWIE VI HALI A2

W hali A2 na nawie VI obecnie pracują 3 suwnice pomostowe o różnym udźwigu.

Suwnica UD 817, Q = 10t

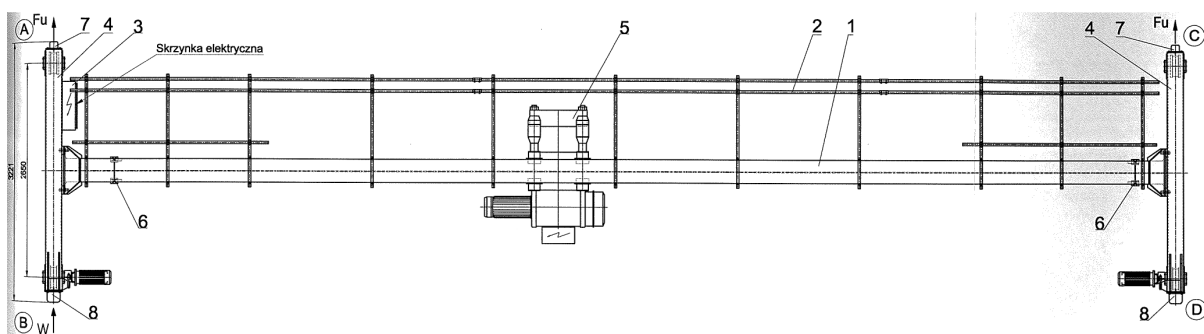
Udźwig	Q	10	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,802	m
Wysokość podnoszenia	H _p	7,0	m
Masa suwnicy	m	4800	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,8	m
Rozstawa kół	e	2,7	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A5		
Nacisk koła jezdnego	P _{st}	61,0	kN
Siła boczna	H _z	16,0	kN

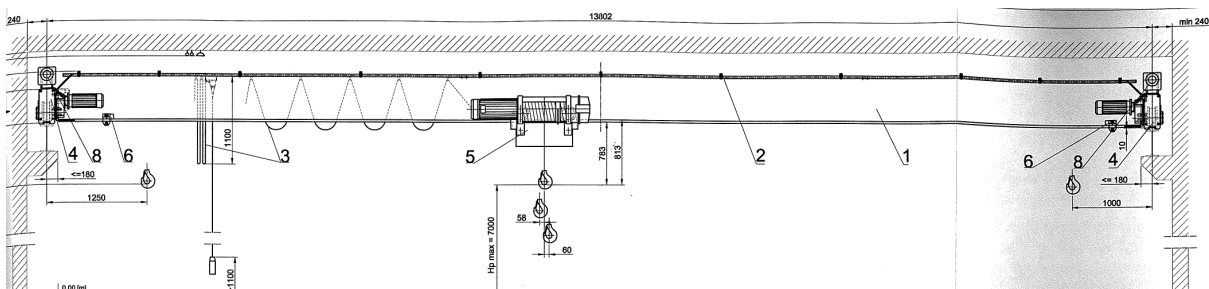


Rys.6. Schemat suwnicy UD 817 w nawie VI hali A2.

Suwnica nr inw. 2208863, Q = 8t

Udźwig	Q	8	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,802	m
Wysokość podnoszenia	H _p	7,0	m
Masa suwnicy	m	5100	kg
Odległość haka od osi toru	d	1,0	m
Rozstawa kół	e	2,65	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A5		
Nacisk koła jezdznego	P _{st}	52,8	kN
Siła boczna	H _z	b.d.	kN





Rys.7. Schemat suwnicy nr inw. 2208863 w nawie VI hali A2.

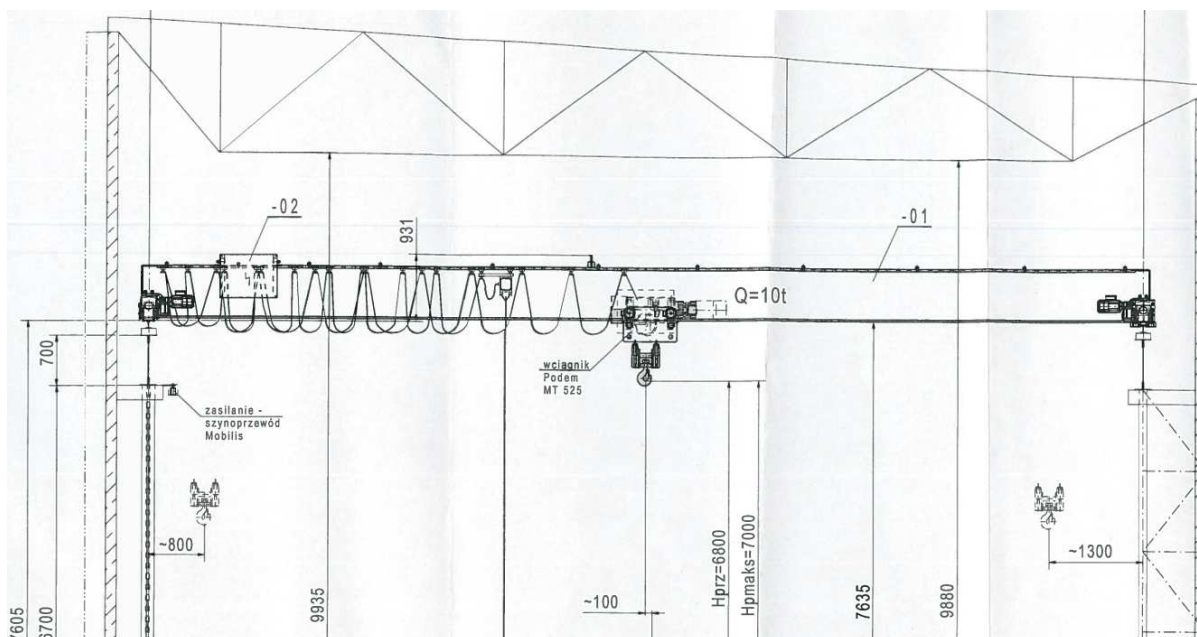
Suwnica UD 107, Q = 5t

Udźwig	Q	5	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,802	m
Wysokość podnoszenia	H _p	9,0	m
Masa suwnicy	m	14035	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,85	m
Rozstawa kół	e	3,5	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A7		
Nacisk koła jezdznego	P _{st}	83,0	kN
Siła boczna	H _z	b.d.	kN

Powyższe dane dla suwnicy UD 107 określono na podstawie dokumentacji odbiorczej po modernizacji z roku 2013.

Dane suwnicy							
Wyszczególnienie	Oznaczenie	Wymiar	Wartość	Wyszczególnienie	Oznaczenie	Wymiar	Wartość
Silnik	typ	SZUDA	78	Nosność	Q	t	5
	N	KW	6,5	Rozpiętość	L	m	13,802
	n	obr/min	715	Szybkości robocze	V _p	m/min.	7,5
	p	%	40		V _{rw}	m/min	29,0
całkowita przekładnia	i	-	53,14		V _{jm}	m/min	90,0
średnica bębna	D _b	mm	350	Maksymalny nacisk koła	P _{max}	t	8,3
wysokość podnoszenia	h	m	9,0		typ	SZUDA	78
hamulec	-	-	el. magn.	Silnik	N	KW	6,5
typ luzownika	-	-	L3		n	obr/min	715
układ nastawnika	-	-	-		p	%	40
wyłącznik krańcowy	-	-	-		całkowita przekładnia	i	-
Silnik	typ	SZUDA	58a	Mech. jazdy mostem	średnica koła jezdznego	D _k	mm
	N	KW	1,85		hamulec	-	nożny
	n	obr/min	700		typ luzownika	-	-
	p	%	40		obręcze koła jezdznego	-	cyfrowe
całkowita przekładnia	i	-	18,82	Szerokość szyny	b	mm	60
średnica koła jezdznego	D _k	mm	250		układ nastawnika	-	-
hamulec	-	-	el. magn.		wyłącznik krańcowy	-	-
typ luzownika	-	-	ILO		-	-	-
układ nastawnika	-	-	-				
wyłącznik krańcowy	-	-	PSD-40				

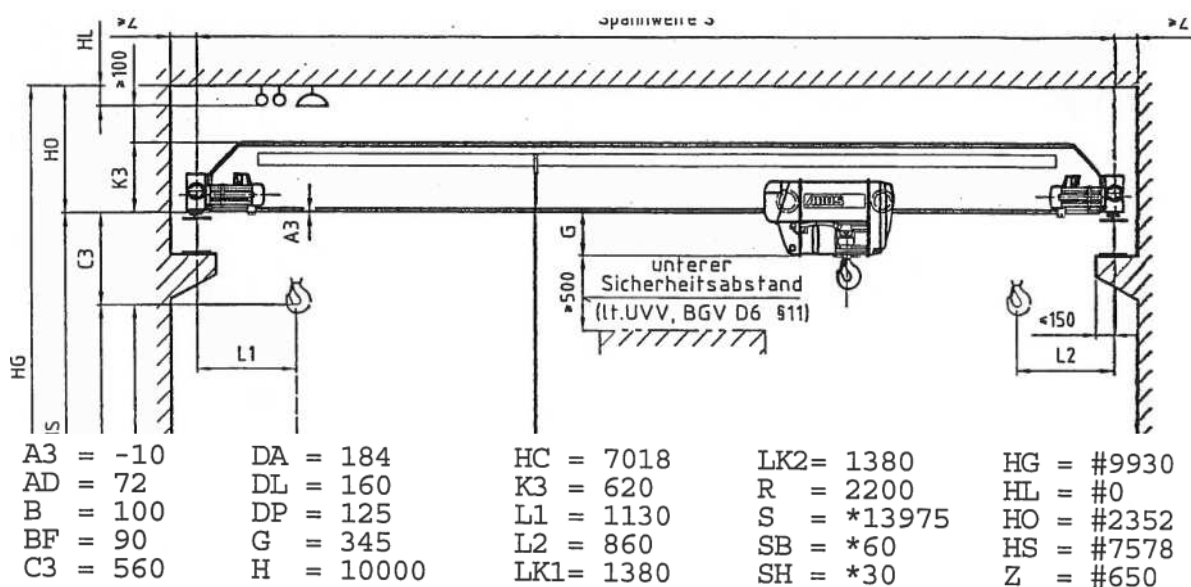
Rys.8. Dane suwnicy UD 107 według dokumentacji archiwalnej.

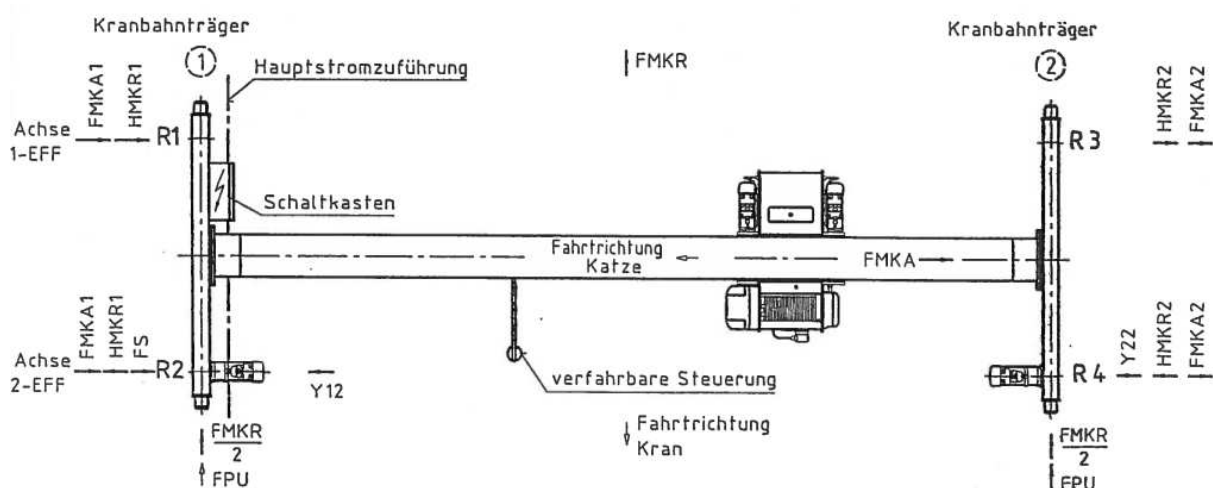


Rys.10. Schemat suwnicy UD 819 w nawie XI hali A2.

Suwnica UD 174, Q = 8t

Udźwig	Q	8	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,975	m
Wysokość podnoszenia	H _p	6,95	m
Masa suwnicy	m	4240	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,8	m
Rozstawa kół	e	2,2	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503		A4	
Nacisk koła jezdznego	P _{st}	48,9	kN
Siła boczna	H _z	b.d	kN





Rys.11. Schemat suwnicy UD 174 w nawie XI hali A2.

Suwnica UD 134, Q = 3t

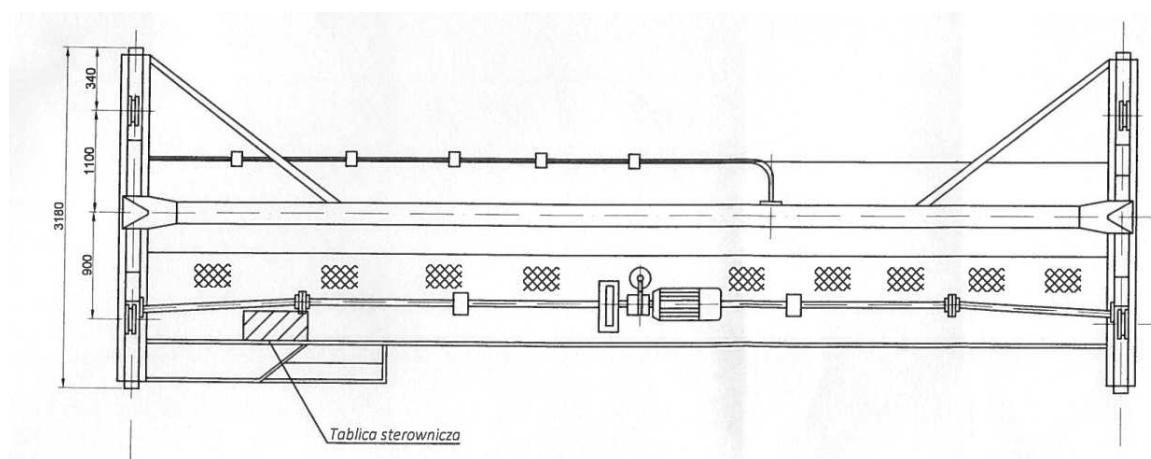
Udźwig	Q	3,0	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,975	m
Wysokość podnoszenia	H _p	6,44	m
Masa suwnicy	m	4321	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,85	m
Rozstawa kół	e	2,0	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A5		
Nacisk koła jezdnego	P _{st}	b.d	kN
Siła boczna	H _z	b.d	kN

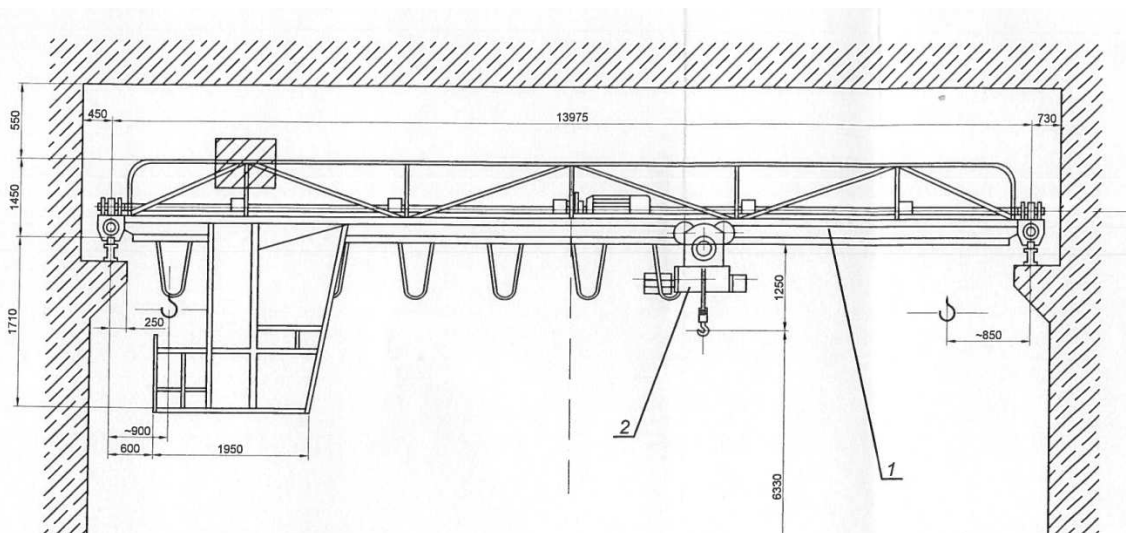
Z uwagi na bark danych w materiałach dotyczących masy składowych części suwnicy, nacisk statyczny koła jezdnego ustalono orientacyjnie:

$$G_m = 43,21 \text{ kN}$$

$$Q = 30 \text{ kN}$$

$$P_{st} = G_m / 4 + Q / 2 = 10,80 + 15,00 = 25,80 \text{ kN}$$





Rys. 12. Schemat suwnicy UD 134 w nawie XI hali A2.

8. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DOTYCZĄCE PLANOWANEJ WYMIANY SUWNIC

Inwestor planuje przeprowadzić w hali A2 modernizację polegającą na zaprojektowaniu, montażu i uruchomieniu dwóch nowych suwnic hakowych, jednoźwigarowych, $Q=10$ t. (w nawie VI) oraz $Q=5$ t. (w nawie XI).

Zamawiający oczekuje również demontażu obecnie pracującej suwnicy nr inw. 107 o udźwigu $Q=8$ t w nawie VI oraz dostosowania istniejących urządzeń pracujących na torowiskach nawy VI, oraz XI do współpracy z nowymi suwnicami.

Zamawiający przyjął następujące wymagania dla nawy VI:

Suwnica jednoźwigarowa $Q=10$ t,

- Grupa natężenia pracy suwnicy A5,
- Rozpiętość 13,802 m,
- Wysokość podnoszenia 9 m,
- Odległości dojazdowe do suwnic UD-817 oraz UD-2209534 maksymalnie 7000 mm licząc od haka do haka.
- Hak podnoszenia – jednorożny z zabezpieczeniem.

Zamawiający przyjął następujące wymagania dla nawy XI:

- Suwnica jednoźwigarowa $Q=5$ t,
- Grupa natężenia pracy suwnicy A5 ,
- Rozpiętość 13,975 m,
- Wysokość podnoszenia 6,44 m,
- Odległości dojazdowe do suwnicy UD-819 maksymalnie 7400 mm licząc od haka do haka.

Z uwagi na brak szczegółowych danych co do suwnic, jakie zostaną wybrane do montażu w nawach VI oraz XI dla celów niniejszej opinii przyjęto:

- w nawie VI zastąpienie suwnicy UD 107 ($Q=8$ t) suwnicą o parametrach zbliżonych do istniejącej UD 817 ($Q=10$ t).

Udźwig	Q	10	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,802	m
Wysokość podnoszenia	H _p	7,0	m
Masa suwnicy	m	4800	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,8	m
Rozstawa kół	e	2,7	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A5		

Nacisk koła jezdnego	Pst	61,0	kN
Siła boczna	Hz	16,0	kN

- w nawie XI zastąpienie suwnicy UD 134 (Q=3t) suwnicą o parametrach przyjętych przez analogie dla obecnie produkowanych suwnic o udźwigu Q=5t przy podobnej rozpiętości:

Udźwig	Q	5	t
Rozpiętość suwnicy	L	13,975	m
Wysokość podnoszenia	H _p	6,44	m
Masa suwnicy	m	2935	kg
Odległość haka od osi toru	d	0,8	m
Rozstawa kół	e	2,2	m
Grupa natężenia pracy wg PN 91/M-06503	A5		
Nacisk koła jezdnego	Pst	34,0	kN
Siła boczna	Hz	10,4	kN

9. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO W NAWIE VI

Aktualny operat geodezyjny geometrii toru jezdnego w nawie VI w hali A2 opracowano 01.10.2023. Operat wykonano w zakresie:

- Pomiaru poziomowości (niwelety) szyn,
- Pomiaru prostoliniowości osi szyn podsuwnicowych,
- Pomiaru prześwitu (rozstawu) osi szyn torowiska,
- Wykonania operatu pomiarowego wraz z oceną uzyskanych wyników,
- Wyniki pomiarów prostoliniowości, poziomowości szyn podsuwnicowych oraz prześwitu kół suwnicy,

W operacie sformułowano następujące wnioski, przyjmując za podstawę wartości prawidłowych normę PN-91/M45457:

- Stwierdzono przekroczenie wartości odchyłki $\pm 2\text{mm}$ sfalowania poziomego w interwałach 2- metrowych.
- Nie stwierdzono przekroczenia wartości odchyłki $\pm 2\text{mm}$ sfalowania pionowego szyn jezdni torowiska w interwałach 2-metrowych.
- Nie stwierdzono przekroczenia wartości odchyłek od prostoliniowości wynoszących $\pm 10\text{mm}$.
- Stwierdzono przekroczenie wartości odchyłek od niwelety wynoszących $\pm 10\text{mm}$.
- Na pomierzonych prześwitach zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnej odchyłki prześwitu $\pm 4.0\text{mm}$ dla torowisk o rozpiętości 13.800m.
- Stwierdzono, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie poziomej nie jest prawidłowy.
- Stwierdzono, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej nie jest prawidłowy.

10. ANALIZA AKTUALNEGO OPERATU GEODEZYJNEGO W NAWIE XI

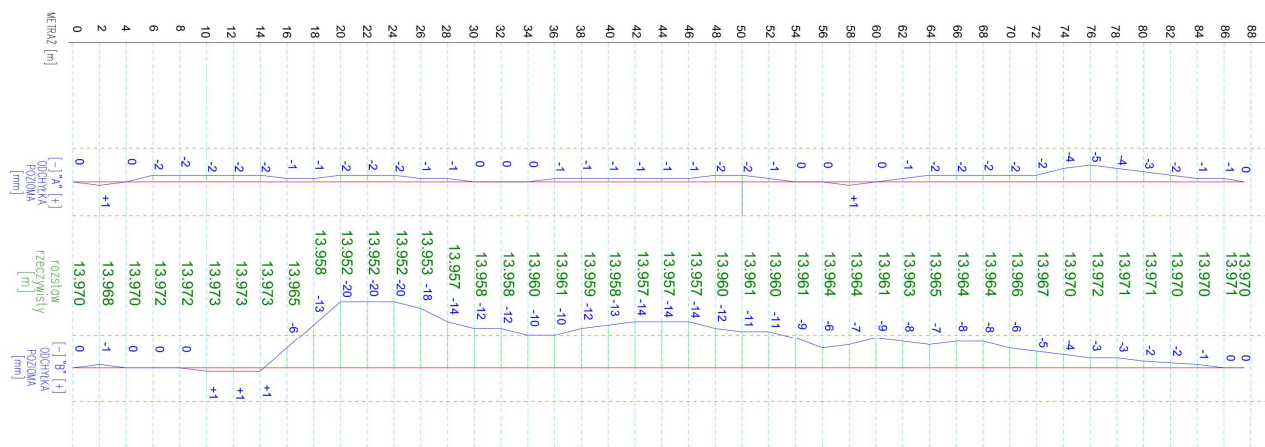
Aktualny operat geodezyjny geometrii toru jezdnego w nawie XI w hali A2 opracowano 01.10.2023. Operat wykonano w zakresie:

- Pomiaru poziomowości (niwelety) szyn,
- Pomiaru prostoliniowości osi szyn podsuwnicowych,
- Pomiaru prześwitu (rozstawu) osi szyn torowiska,
- Wykonania operatu pomiarowego wraz z oceną uzyskanych wyników,
- Wyniki pomiarów prostoliniowości, poziomowości szyn podsuwnicowych oraz prześwitu kół suwnicy,

W operacie sformułowano następujące wnioski, przyjmując za podstawę wartości prawidłowych normę PN-91/M45457:

- Stwierdzono przekroczenie wartości odchyłki $\pm 2\text{mm}$ sfalowania poziomego w interwałach 2- metrowych.

- Stwierdzono przekroczenie wartości odchyłki $\pm 2\text{mm}$ sfalowania pionowego szyn jezdni torowiska w interwałach 2-metrowych.
- Stwierdzono przekroczenie wartości odchyłek od prostoliniowości wynoszących $\pm 10\text{mm}$.
- Nie stwierdzono przekroczenia wartości odchyłek od niwelety wynoszących $\pm 10\text{mm}$.
- Na pomierzonych prześwitach zarejestrowano przekroczenia dopuszczalnej odchyłki prześwitu $\pm 4.0\text{mm}$ dla torowisk o rozpiętości 13.970m .
- Stwierdzono, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie poziomej nie jest prawidłowy.
- Stwierdzono, że stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej nie jest prawidłowy.



Rys.13. Wykres prostoliniowości szyn względem osi w nawie XI.

11. OBCIĄŻENIA OD SUWNIC W NAWACH VI I XI HALI A2.

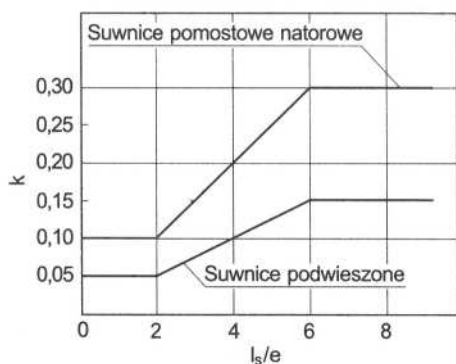
W związku z faktem, że hale A2 wybudowano prawdopodobnie w latach 30, zebranie obciążeń przeprowadzono w oparciu o normy PN. Ustalenie obciążenia od suwnic, dla których brak jest w tym zakresie danych producenta, przeprowadzono w oparciu o normę PN-86/B-02005. Obecnie obowiązujące normy EC (obowiązujące przy projektowaniu nowych konstrukcji) wprowadzają wiele zmian w zakresie obciążeń belek podsuwnicowych od oddziaływań statycznych i dynamicznych w stosunku do ujęcia normy PN-86/B-02005. W szczególności rozbudowane zostały zasady obliczania oddziaływań poziomych. W ocenie autora, stosowanie zasad przedstawionych w normach EC dla obliczeń sprawdzających dla celów oceny technicznej w stosunku do obiektów wybudowanych na podstawie wcześniej obowiązujących zasad nie byłoby podejściem właściwym. Jako kompromis przyjęto zasady sformułowane w normie PN-86/B-02005 oraz w normach wcześniejszych.

Grupa natężenia pracy suwnicy A	γ_f	ϕ_1
1, 2, 3, 4	1,10	0,6
5	1,15	0,8
6	1,20	0,8

Tab.1 Współczynniki obciążenia wg PN-86/B-02005

Grupa klasyfikacyjna natężenia pracy suwnicy A	Rodzaj dźwignicy	β
1, 2	wszystkie rodzaje	1,1
3, 4	hakowa	1,2
	ze sztywnym prowadzeniem ładunku	1,3
5, 6	hakowa	1,3
	z chwytakiem, elektromagnetyczna ze sztywnym prowadzeniem ładunku	1,4

Tab.2 Współczynniki dynamiczny wg PN-86/B-02005



Tab.3 Wykres współczynnika K wg PN-86/B-02005

11.1 Obciążenia dla nawy VI

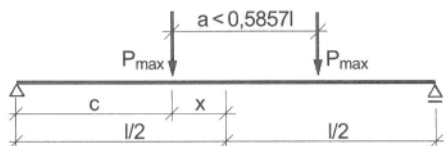
Obciążenia zestawiono tabelarycznie dla każdej z suwnic. W analizie pominięto suwnicę Q = 2t.

Nr suwnicy	P	GNP	β	γ	$P_k \max$	$P_o \max$
	[kN]				[kN]	[kN]
UD 817	61,00	5	1,30	1,15	79,30	91,20
Nr 2208863	52,80	4	1,30	1,15	68,64	78,94
UD 107	83,00	5	1,30	1,15	107,90	124,09

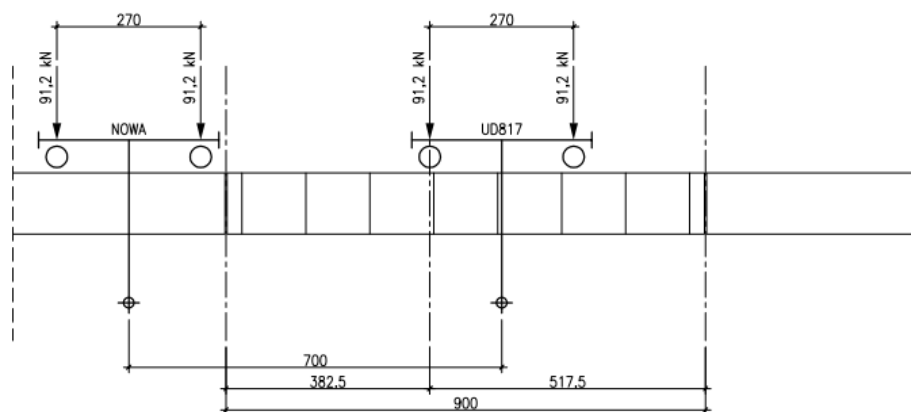
Nr suwnicy	L	e	L/e	k	H_k	H_o
	[m]	[m]			[kN]	[kN]
UD 817	13,802	2,700	5,112	-	16,00	18,40
Nr 2208863	13,802	2,650	5,208	0,260	13,73	15,79
UD 107	13,802	3,500	3,943	0,195	16,19	18,61

Dla suwnicy UD 817 siłę prostopadłą do toru przyjęto zgodnie z danymi producenta $H_k = 16$ kN

Układ sił na jednoprzęsłowej belce podsuwnicowej dla maksymalnego momentu zginającego.



Nawa	L	L/2	0,5857 L	e	$x=0,25e$	c	L - c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
VI	9	4,5	5,2713	2,7	0,675	3,825	5,175



Rys.14. Schemat układu sił na belce podsuwnicowej w nawie VI.

Jak widać z porównania obciążenia generowanego przez obecnie zainstalowaną suwnicę starego typu UD 107 o całkowitej masie własnej 14035 kg, nowa suwnica o parametrach analogicznych jak suwnica UD 817 o całkowitej masie 4800 kg generuje mniejszy maksymalny nacisk koła pomimo większego udźwigu.

11.1 Obciążenia dla nawy XI

Obciążenia zestawiono tabelarycznie dla każdej z suwnic.

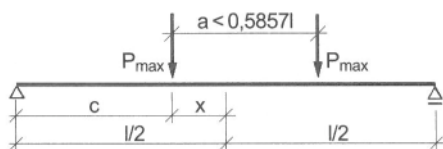
Nr suwnicy	P	GNP	β	γ	$P_k \max$	$P_o \max$
	[kN]				[kN]	[kN]
UD 819	61,00	5	1,30	1,15	79,30	91,20
UD 174	48,90	4	1,20	1,10	58,68	64,55
UD 107	25,80	5	1,30	1,15	33,54	38,57

Nr suwnicy	L	e	L/e	k	H_k	H_o
	[m]	[m]			[kN]	[kN]
UD 819	13,975	2,700	5,176	-	16,00	18,40
Nr 2208863	13,975	2,200	6,352	0,300	14,67	16,14
UD 107	13,975	2,000	6,988	0,300	7,74	8,90

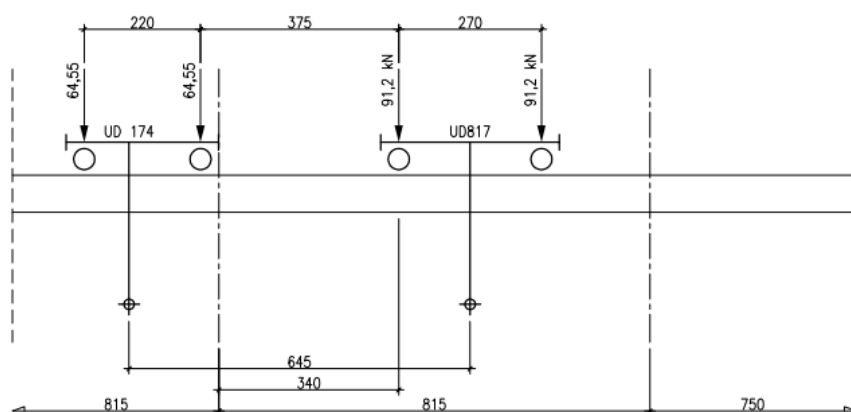
Dla suwnicy UD 819 siłę prostopadłą do toru przyjęto zgodnie z danymi producenta $H_k = 16$ kN

Belkę podsuwnicową w nawie XI wykonano jako wieloprzęślową. Stosowanie belek ciągłych alternatywnie do jednoprzęsłowych w założeniu skutkuje uzyskaniem mniejszych momentów zginających. W praktyce inżynierskiej porównywalne oszczędności materiałowe jak dla belki wieloprzęśłowej uzyskuje się dla obliczeń belki dwuprzęsłowej lub czteroprzęśłowej przy obciążeniu jej kombinacją sił ruchomych i przy wyznaczaniu sił wewnętrznych metodą linii wpływu. Do wyznaczenia linii wpływ zasadne jest przyjąć suwnice UD 819 oraz Nr 2208863 przy założeniu maksymalnego dopuszczalnego zbliżenia kół 3,75m wynikającego z archiwalnych orzeczeń technicznych.

Z uwagi na wątpliwości co do nośności połączenia skręcanego przyjęto również rozkład sił dla przypadku pracy belki jako jednoprzęsłowej.



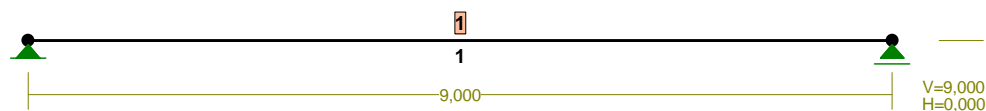
Nawa	L	L/2	0,5857 L	e	x=0,25e	c	L - c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
XI	8,15	4,075	4,773455	2,7	0,675	3,4	4,75
XI	7,5	3,75	4,39275	2,7	0,675	3,075	4,425
XI	8,15	4,075	4,773455	2,2	0,55	3,525	4,625



Rys.15. Schemat układu sił na belce podsuwnicowej w nawie XI dla wariantu analiz belki jako jednoprzęsłowej.

12. OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE NAWA VI

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej od sił pionowych



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

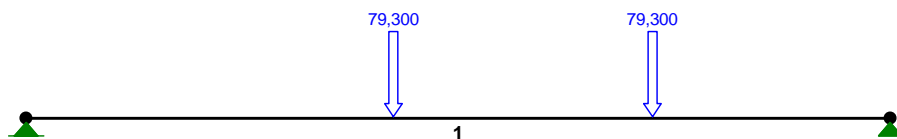
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	1	9,000	0,000	9,000	1,000	1 s 1150x300x30x10

OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe $\gamma_f = 1,10$

OBCIĄŻENIA: A "UD 817"



OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: A "UD 817" Zmienne $\gamma_f = 1,15$

1	Skupione	0,0	79,300	3,83
1	Skupione	0,0	79,300	6,53

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

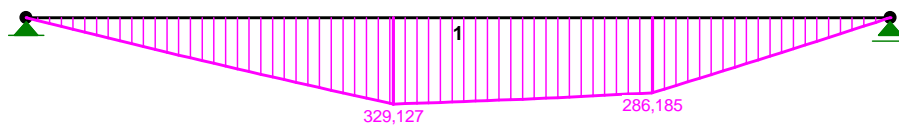
RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

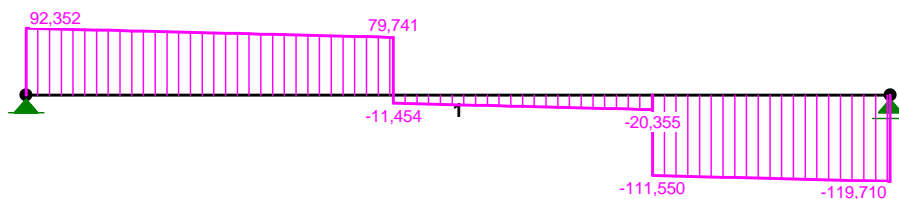
Grupa: Znaczenie: γ_f : ψ_d :

CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -"UD 817"	Zmienne	1 1,15	1,00

MOMENTY :



TNĄCE :



SILY PRZEKROJOWE:

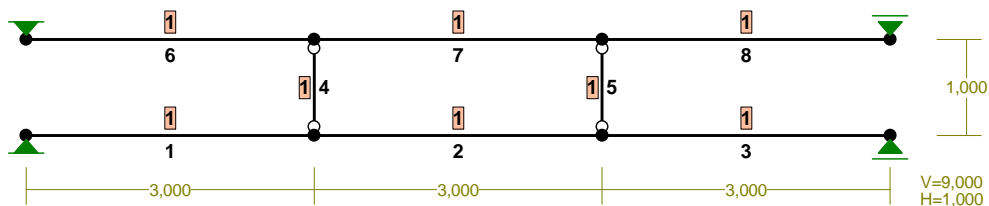
T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	92,352	0,000
	0,43	3,825	329,127*	79,741	0,000
	1,00	9,000	0,000	-119,710	0,000

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej od sił poziomych



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
 10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
 22 - ciągnio

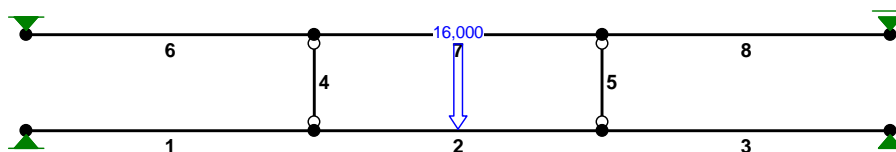
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	3	3,000	0,000	3,000	1,000	1
2	00	3	4	3,000	0,000	3,000	1,000	1
3	00	4	1	3,000	0,000	3,000	1,000	1
4	11	3	5	0,000	1,000	1,000	1,000	1
5	11	4	6	0,000	1,000	1,000	1,000	1
6	00	2	5	3,000	0,000	3,000	1,000	1
7	00	5	6	3,000	0,000	3,000	1,000	1
8	00	6	7	3,000	0,000	3,000	1,000	1

OBCIĄŻENIA:

([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	

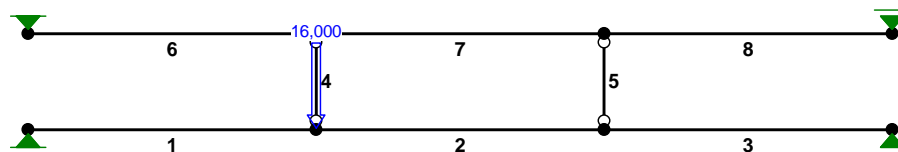
OBCIĄŻENIA: A "UD 817 H poz 1"

**OBCIĄŻENIA:**

([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "UD 817 H poz 1"			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	
2	Skupione	0,0	16,000		1,50	

OBCIĄŻENIA: B "UD 817 H poz 2"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: B "UD 817 H poz 2" Zmienne $\gamma_f = 1,15$
2 Skupione 0,0 16,000 0,00

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa: Znaczenie: γ_f : ψ_d :

CW-"Ciężar własny" Stałe 1,10
A -"UD 817 H poz 1" Zmienne 1 1,15 1,00
B -"UD 817 H poz 2" Zmienne 1 1,15 1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.: Relacje:

A -"UD 817 H poz 1" EWENTUALNIE
Nie występuje z: B

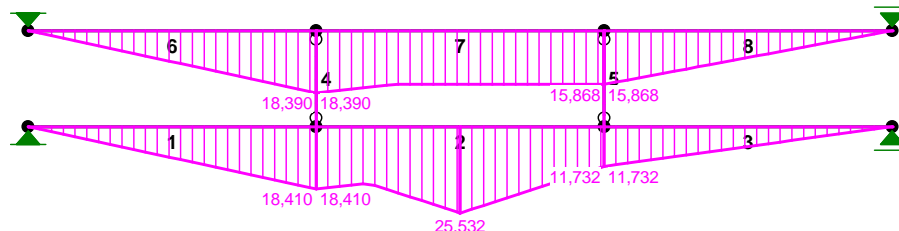
B -"UD 817 H poz 2" EWENTUALNIE
Nie występuje z: A

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

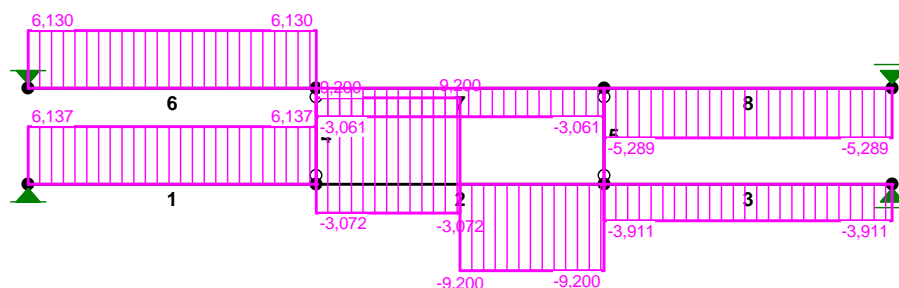
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE :
 EWENTUALNIE: A+B

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



SILY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]: M[kNm]: Q[kN]: N[kN]: Kombinacja obciążeń:

1	3,000	18,410*	6,137	0,000	B
	0,000	0,000*	6,137	0,000	B
	0,000	0,000*	0,000	0,000	
	3,000	18,410	6,137*	0,000	B
	0,000	0,000	6,137*	0,000	B
	0,000	0,000	6,137	0,000*	B
	3,000	18,410	6,137	0,000*	B
	0,000	0,000	0,000	0,000*	
	0,000	0,000	6,137	0,000*	B
	3,000	18,410	6,137	0,000*	B
	0,000	0,000	0,000	0,000*	
	0,000	0,000	0,000	0,000*	
2	1,500	25,532*	-9,200	0,000	A
	1,500	25,532*	9,200	0,000	A
	0,000	0,000*	0,000	0,000	
	1,500	25,532	9,200*	0,000	A
	3,000	11,732	-9,200*	0,000	A

0,000	11,732	9,200*	0,000	A
1,500	25,532	-9,200	0,000*	A
1,500	25,532	9,200	0,000*	A
0,000	0,000	0,000	0,000*	
1,500	25,532	-9,200	0,000*	A
1,500	25,532	9,200	0,000*	A
0,000	0,000	0,000	0,000*	

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia.

Punktu przyłożenia siły $a_s = 0,59$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 2,500$, $A_2 = 0,000$, $B = 2,500$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 2,500 \times 0,59 + 0,000 \times 0,59 = 1,474$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$- 0,015 \times 36196,540 + \sqrt{(0,015 \times 36196,540)^2 + 2,500^2 \times 0,494^2 \times 36196,540 \times 52915,539} = 53564,024$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{2631,551 / 53564,024} = 0,255$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,255$ wynosi $\phi_L = \mathbf{0,998}$

Sprawdzenie dopuszczalnego naprężenia w pasie górnym

Sprawdzenia naprężenia przeprowadzono jak dla belki bisymetrycznej.

Z uwagi na brak danych co do gatunku stali przyjęto według [8] stal niskowęglową o wytrzymałości dla elementów o grubości $t \leq 16$ mm $f_d = 150$ MPa

Naprężenia sprawdzone dla warunku:

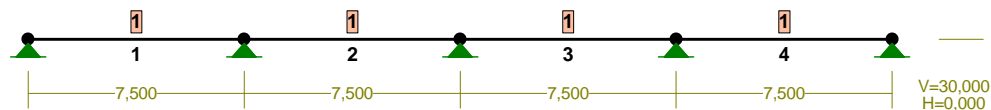
$$\frac{M_x}{\phi_L W_{x(1)}} + \frac{M_y}{W_{y(1)}} \leq f_d$$

Belka podsuwnicowa w nawie VI

Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
329,127			25,532				
Wx1	ϕ		Wy1	ϕ			
[cm ³]			[cm ³]				
15943,1	0,998		536,8	1			
20,69			47,56		68,25	<	150

13. OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE NAWA XI

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki czteroprzęsłowej $L = 7,5\text{m}$

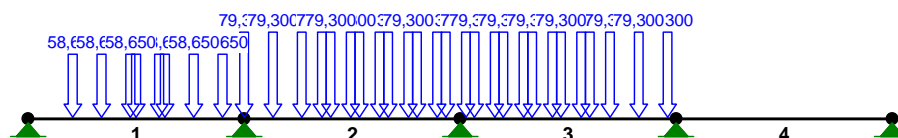


PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	2	7,500	0,000	7,500	1,000	1 B 700x8
2	00	2	3	7,500	0,000	7,500	1,000	1 B 700x8
3	00	3	4	7,500	0,000	7,500	1,000	1 B 700x8
4	00	4	1	7,500	0,000	7,500	1,000	1 B 700x8

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
Grupa:	A ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	
1	Skupione	0,0	79,300		7,50	
2	Skupione	0,0	79,300		2,70	
Grupa:	B ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	
2	Skupione	0,0	79,300		3,70	
2	Skupione	0,0	79,300		1,00	
Grupa:	C ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	

2	Skupione	0,0	79,300		4,70
2	Skupione	0,0	79,300		2,00
Grupa: D ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
2	Skupione	0,0	79,300		5,70
2	Skupione	0,0	79,300		3,00
Grupa: E ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
2	Skupione	0,0	79,300		6,70
2	Skupione	0,0	79,300		4,00
Grupa: F ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
2	Skupione	0,0	79,300		5,00
3	Skupione	0,0	79,300		0,20
Grupa: G ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
2	Skupione	0,0	79,300		6,00
3	Skupione	0,0	79,300		1,20
Grupa: H ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
2	Skupione	0,0	79,300		7,00
3	Skupione	0,0	79,300		2,20
Grupa: I ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
3	Skupione	0,0	79,300		0,50
3	Skupione	0,0	79,300		3,20
Grupa: J ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
3	Skupione	0,0	79,300		1,50
3	Skupione	0,0	79,300		4,20
Grupa: K ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
3	Skupione	0,0	79,300		2,50
3	Skupione	0,0	79,300		5,20
Grupa: L ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
3	Skupione	0,0	79,300		3,50
3	Skupione	0,0	79,300		6,20
Grupa: M ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
3	Skupione	0,0	79,300		4,50
3	Skupione	0,0	79,300		7,20
Grupa: N ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
1	Skupione	0,0	58,650		3,75
1	Skupione	0,0	58,650		1,55
Grupa: O ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
1	Skupione	0,0	58,650		4,75
1	Skupione	0,0	58,650		2,55
Grupa: P ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
1	Skupione	0,0	58,650		5,75
1	Skupione	0,0	58,650		3,55
Grupa: R ""				Zmienne	$\gamma_f = 1,15$
1	Skupione	0,0	58,650		6,75
1	Skupione	0,0	58,650		4,55

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń
RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
B - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
C - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
D - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
E - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
F - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
G - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
H - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
I - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
J - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
K - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
L - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
M - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
N - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
O - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
P - " "	Zmienne	1 1,15	1,00
R - " "	Zmienne	1 1,15	1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
A - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: BCDEFGHIJKLMOPR
B - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACDEFGHIJKLMRP
C - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABDEFGHIJKLMR
D - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCEFGHIJKLM
E - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDFGHIJKLM
F - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEGHIJKLM
G - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFHIJKLM
H - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGIJKLM
I - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHJKLM

J - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABCDEFGHIKLM

K - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABCDEFGHIJLM

L - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABCDEFGHIJKM

M - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABCDEFGHIJKL

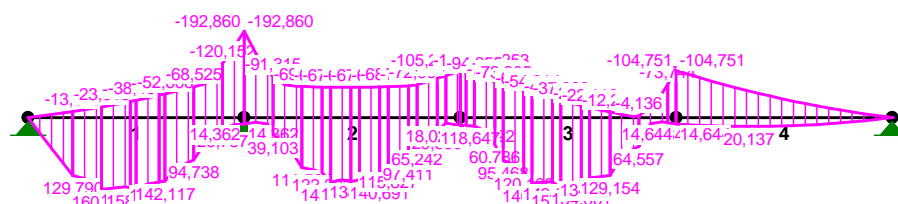
N - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: OPR

O - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ANPR

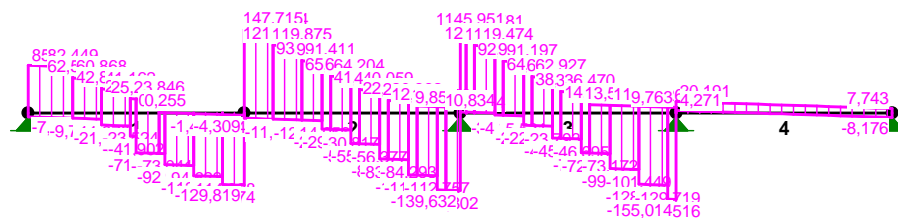
P - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABNOR

R - " " EWENTUALNIE
Nie występuje z: ABCNOP

MOMENTY-OBWIEDNIE :



TNĄCE-OBWIEDNIE :



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

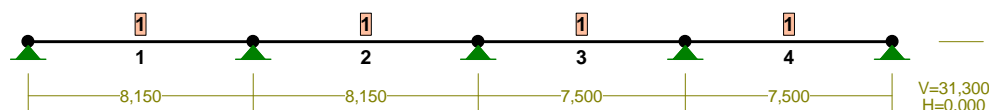
Pręt: x[m]: M[kNm]: Q[kN]: N[kN]: Kombinacja obciążeń:

1 2,550 160,609* 60,868 0,000 CW JO

	7,500	-192,860*	-115,573	0,000	CW CP
	7,500	-164,808	-129,819*	0,000	CW DR
	7,500	-164,808	-129,819	0,000*	CW DR
	2,550	160,609	60,868	0,000*	CW JO
	7,500	-192,860	-115,573	0,000*	CW CP
	7,500	-164,808	-129,819	0,000*	CW DR
	2,550	160,609	60,868	0,000*	CW JO
	7,500	-192,860	-115,573	0,000*	CW CP
2	3,000	145,099*	75,774	0,000	CW D
	0,000	-192,860*	123,195	0,000	CW CP
	0,000	-186,018	149,374*	0,000	CW BO
	0,000	-186,018	149,374	0,000*	CW BO
	3,000	145,099	-15,421	0,000*	CW D
	0,000	-192,860	123,195	0,000*	CW CP
	0,000	-186,018	149,374	0,000*	CW BO
	3,000	145,099	-15,421	0,000*	CW D
	0,000	-192,860	123,195	0,000*	CW CP
3	3,500	157,218*	58,812	0,000	CW LP
	0,000	-105,253*	22,210	0,000	CW D
	7,500	-81,948	-155,014*	0,000	CW MP
	7,500	-81,948	-155,014	0,000*	CW MP
	3,500	157,218	58,812	0,000*	CW LP
	0,000	-105,253	22,210	0,000*	CW D
	7,500	-81,948	-155,014	0,000*	CW MP
	3,500	157,218	58,812	0,000*	CW LP
	0,000	-105,253	22,210	0,000*	CW D
4	2,344	20,096*	0,381	0,000	CW D
	0,000	-104,751*	20,191	0,000	CW KP
	0,000	-104,751	20,191*	0,000	CW KP
	0,000	-104,751	20,191	0,000*	CW KP
	2,344	20,096	0,381	0,000*	CW D
	0,000	-104,751	20,191	0,000*	CW KP
	2,344	20,096	0,381	0,000*	CW D

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki czteroprzęsłowej L = 8,12 / 7,5m



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągną

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	2	8,150	0,000	8,150	1,000	1 B 700x8
2	00	2	3	8,150	0,000	8,150	1,000	1 B 700x8

3	Skupione	0,0	79,300	1,50
3	Skupione	0,0	79,300	4,20
Grupa: K "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
3	Skupione	0,0	79,300	2,50
3	Skupione	0,0	79,300	5,20
Grupa: L "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
3	Skupione	0,0	79,300	3,50
3	Skupione	0,0	79,300	6,20
Grupa: M "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
3	Skupione	0,0	79,300	4,50
3	Skupione	0,0	79,300	7,20
Grupa: N "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
1	Skupione	0,0	58,650	4,08
1	Skupione	0,0	58,650	1,68
Grupa: O "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
1	Skupione	0,0	58,650	5,16
1	Skupione	0,0	58,650	2,77
Grupa: P "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
1	Skupione	0,0	58,650	6,25
1	Skupione	0,0	58,650	3,86
Grupa: R "" Zmienne $\gamma_f = 1,15$				
1	Skupione	0,0	58,650	7,33
1	Skupione	0,0	58,650	4,94

=====

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

Kombinatoryka obciążeń

RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
B - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
C - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
D - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
E - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
F - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
G - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
H - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
I - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
J - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
K - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
L - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
M - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
N - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
O - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
P - ""	Zmienne	1 1,15	1,00
R - ""	Zmienne	1 1,15	1,00

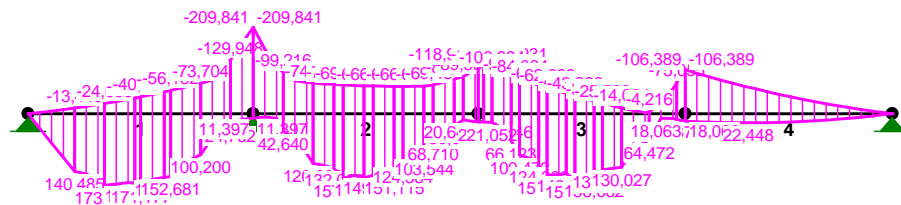
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:

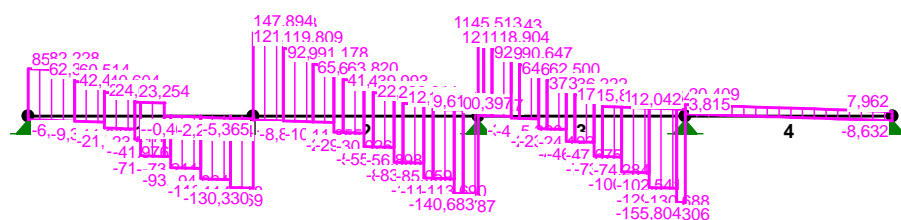
Relacje:

A - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: BCDEFGHIJKLMOPR
B - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ACDEFGHIJKLMPR
C - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABDEFGHIJKLMR
D - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCEFGHIJKLM
E - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDFGHIJKLM
F - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEGHIJKLM
G - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFHIJKLM
H - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGIJKLM
I - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHJKLM
J - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHIKLM
K - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHIJLM
L - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHIJKM
M - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCDEFGHIJKL
N - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: OPR
O - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ANPR
P - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABNOR
R - " "	EWENTUALNIE Nie występuje z: ABCNOP

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



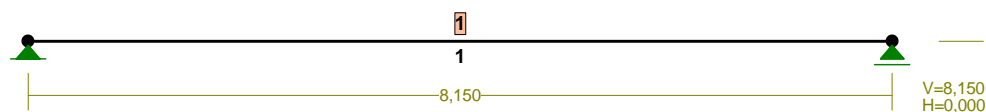
SILY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,770	173,991*	60,514	0,000	CW JO
	8,150	-209,841*	-116,178	0,000	CW CP
	8,150	-179,491	-130,330*	0,000	CW DR
	8,150	-179,491	-130,330	0,000*	CW DR
	2,770	173,991	-6,933	0,000*	CW JO
	8,150	-209,841	-116,178	0,000*	CW CP
	8,150	-179,491	-130,330	0,000*	CW DR
	2,770	173,991	-6,933	0,000*	CW JO
	8,150	-209,841	-116,178	0,000*	CW CP
2	3,260	157,031*	75,371	0,000	CW D
	0,000	-209,841*	123,410	0,000	CW CP
	0,000	-202,798	149,703*	0,000	CW BO
	0,000	-202,798	149,703	0,000*	CW BO
	3,260	157,031	75,371	0,000*	CW D
	0,000	-209,841	123,410	0,000*	CW CP
	0,000	-202,798	149,703	0,000*	CW BO
	3,260	157,031	75,371	0,000*	CW D
	0,000	-209,841	123,410	0,000*	CW CP
3	3,500	159,640*	57,843	0,000	CW LP
	0,000	-118,931*	24,490	0,000	CW D
	7,500	-83,134	-155,804*	0,000	CW MP
	7,500	-83,134	-155,804	0,000*	CW MP
	3,500	159,640	57,843	0,000*	CW LP
	0,000	-118,931	24,490	0,000*	CW D
	7,500	-83,134	-155,804	0,000*	CW MP
	3,500	159,640	57,843	0,000*	CW LP
	0,000	-118,931	24,490	0,000*	CW D

4	2,344	22,447*	-0,075	0,000	CW D
	0,000	-106,389*	20,409	0,000	CW KP
	0,000	-106,389	20,409*	0,000	CW KP
	0,000	-106,389	20,409	0,000*	CW KP
	2,344	22,447	-0,075	0,000*	CW D
	0,000	-106,389	20,409	0,000*	CW KP
	2,344	22,447	-0,075	0,000*	CW D

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej L=8,15m od sił pionowych



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

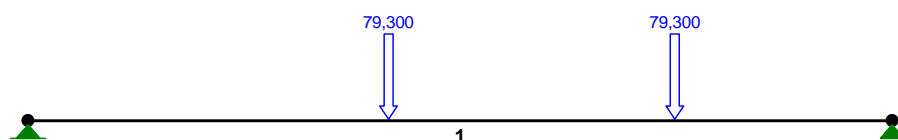
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	1	8,150	0,000	8,150	1,000	1

OBCIĄŻENIA:

([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	

OBCIĄŻENIA: A "UD 819"



OBCIĄŻENIA:

([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "UD 819"			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	

1	Skupione	0,0	79,300	6,10
1	Skupione	0,0	79,300	3,40

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

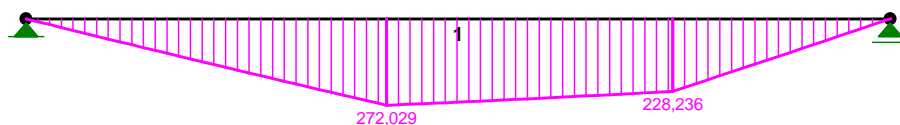
Teoria I-go rzędu

RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

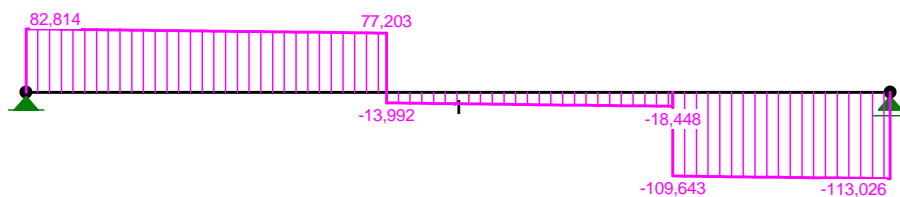
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -"UD 819"	Zmienne	1 1,15	1,00

MOMENTY:



TNĄCE:



SILY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

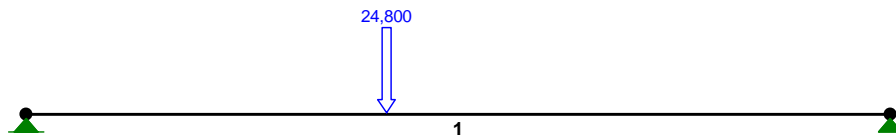
Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	82,814	0,000
	0,42	3,400	272,029*	77,203	0,000
	1,00	8,150	0,000	-113,026	0,000

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej L=8,15m od sił poziomych

OBCIĄŻENIA: H "UD 819 H"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	H "UD 819 H"			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	
1	Skupione	0,0	24,800		3,40	

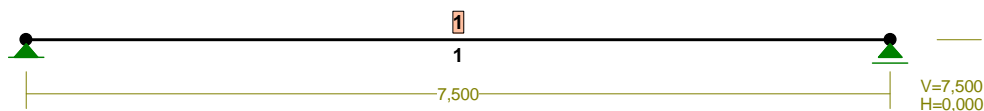
SILY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: H

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	16,622	0,000
	0,42	3,400	56,515*	16,622	0,000
	0,42	3,400	56,515	-11,898*	0,000
	1,00	8,150	0,000	-11,898	0,000

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej L=7,5 od sił pionowych



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

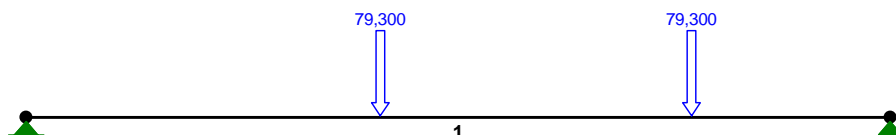
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	1	7,500	0,000	7,500	1,000	1

OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: CW "Ciężar własny" Stałe $\gamma_f = 1,10$

OBCIĄŻENIA: A "UD 819"



OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: A "UD 819" Zmienne $\gamma_f = 1,15$

1	Skupione	0,0	79,300	5,78
1	Skupione	0,0	79,300	3,08

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

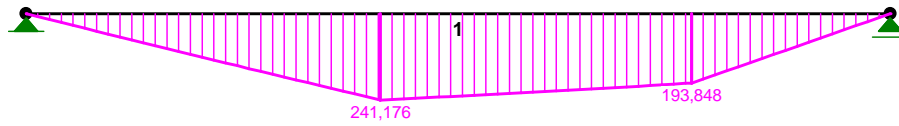
RM_Win v. 11.111 licencja nr 21971

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

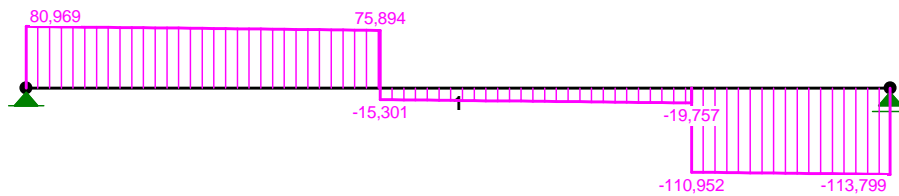
Grupa: Znaczenie: γ_f : ψ_d :

CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -"UD 819"	Zmienne	1 1,15	1,00

MOMENTY :



SIŁY PRZĘTOWE :



SIŁY PRZĘTOWE:

T.I rzędu

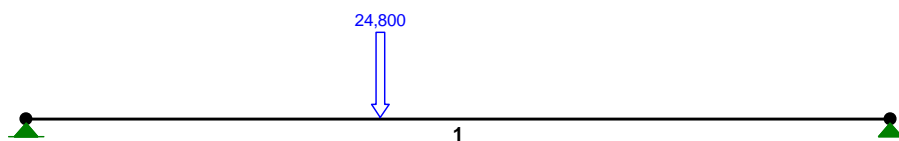
Obciążenia obl.: CW A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	80,969	0,000
	0,41	3,075	241,176*	75,894	0,000
	1,00	7,500	0,000	-113,799	0,000

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie sił wewnętrznych przy założeniu belki jednoprzęsłowej L= 7,5 od sił poziomych

OBCIĄŻENIA: H "UD 819 H"



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	H "UD 819 H"			Zmienne	$\gamma_f = 1,15$	
1	Skupione	0,0	24,800		3,08	

SILY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: H

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	16,827	0,000
	0,41	3,075	51,742*	16,827	0,000
	0,41	3,075	51,742	-11,693*	0,000
	1,00	7,500	0,000	-11,693	0,000

* = Wartości ekstremalne

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia dla belki toru prawego

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_0 = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 17,54$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 2,500$, $A_2 = 0,000$, $B = 2,500$.

$$A_0 = A_1 b_y + A_2 a_s = 2,500 \times 23,88 + 0,000 \times 17,54 = 59,688$$

$$M_{cr} = \pm A_0 N_y + \sqrt{(A_0 N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,597 \times 1896,661 + \sqrt{(0,597 \times 1896,661)^2 + 2,500^2 \times 0,337^2 \times 1896,661 \times 3058,991} = 3455,309$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{732,364 / 3455,309} = 0,529$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,529$ wynosi $\phi_L = 0,963$

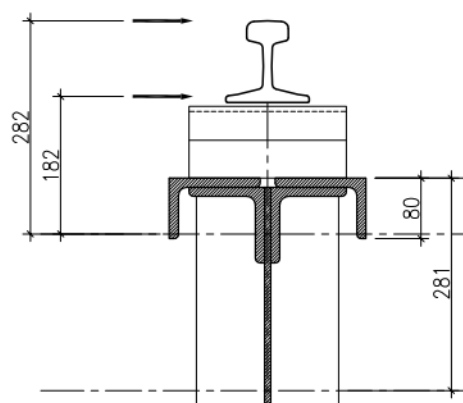
Sprawdzenie dopuszczalnego naprężenia w pasie górnym belki toru prawego

Sprawdzenia naprężenia przeprowadzono jak dla belki bisymetrycznej ze wzmocnionym pasem górnym przyjmując założenie, że obciążenia pionowe od nacisku kół suwnicy przenosi cały przekrój belki a oddziaływania poziome od suwnic są przenoszone bez skręcania przez pas górny belki przyjmując przekrój zastępczy.

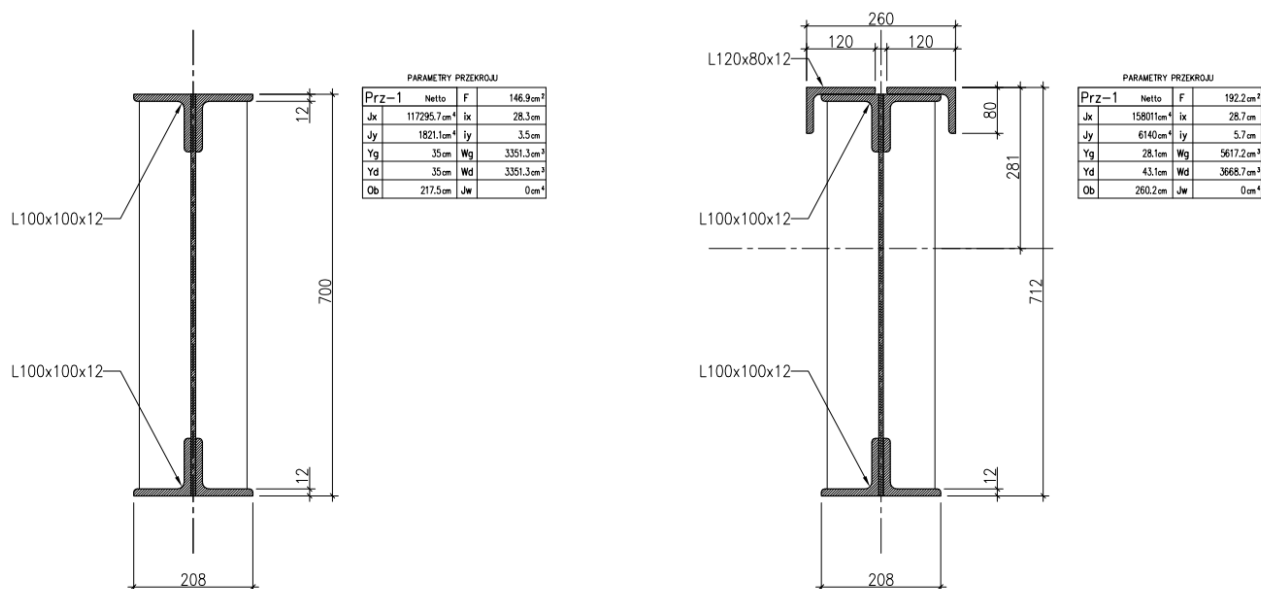
Z uwagi na brak danych co do gatunku stali przyjęto według [8] stal niskowęglową o wytrzymałości dla elementów o grubości $t \leq 16$ mm $f_d = 150$ MPa

Wpływ zwiększania momentu skręcającego uwzględniono przez wyprowadzenia współczynnika zwiększającego obciążenie poziome w stosunku do momentu skręcania przekrój względem środka ścinania.

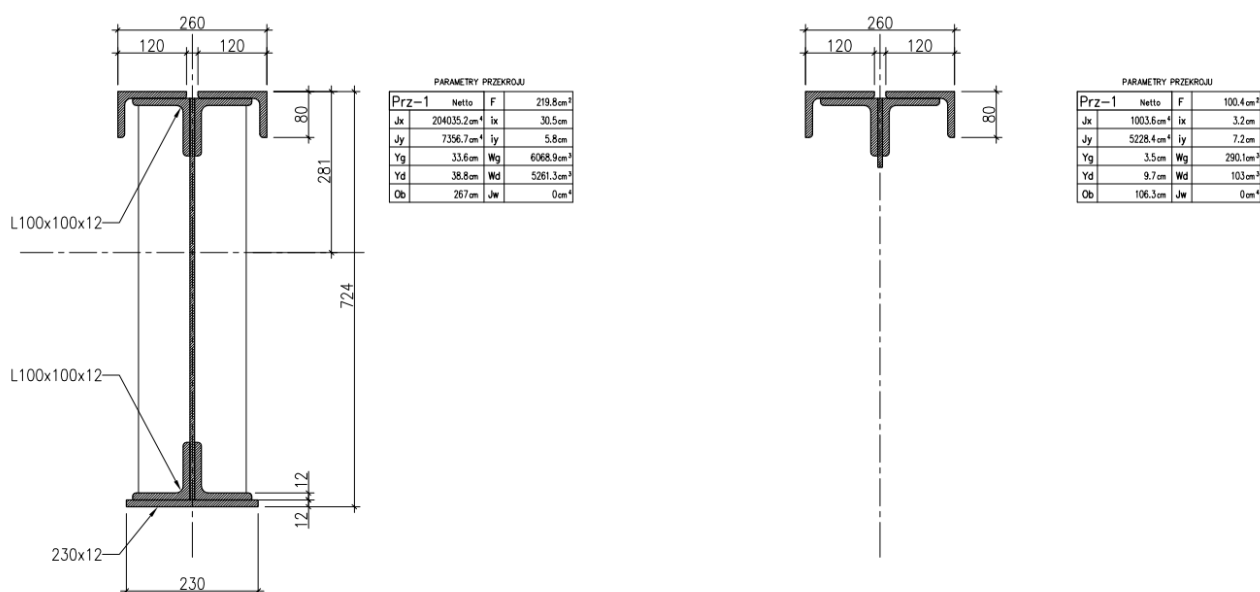
L.p.	Przypadek	H [kN]	z [m]	Mz [kNm]
1	Szyna na belce	16	0,182	2,912
2	Szyna na „stołkach”	16	0,282	4,512
Współczynnik zwiększający				1,55



Rys. 16. Schemat podłożenia sił poziomych względem środka ścinania przekroju belki toru prawego.



Rys. 17. Przekroje belek podsuwnicowych w nawie XI tor lewy i tor prawy..



Rys. 18. Przekrój belki toru prawego wzmocniony nakładką dolną oraz przekrój zastępczy.

Naprężenia sprawdzone dla warunku:

$$\frac{M_x}{\varphi_L W_{x(1)}} + \frac{M_y}{W_{y(1)}} \leq f_d$$

Belka toru prawego L = 8,15 – wzmocniona w strefie przęsłowej

Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
272,03			56,515				
Wx1	φ		Wy1	φ			
[cm3]			[cm3]				
6068,9	0,963		402,2	1			
46,55			140,51		187,06	>	150

Belka toru prawego L = 7,5

Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
241,18			51,742				
Wx1	φ		Wy1	φ			
[cm3]			[cm3]				
5617,2	0,963		402,2	1			
44,58			128,65		173,23	>	150

Belka toru prawego L = 8,15 – moment przęsłowy dla wariantu belki ciągłej

Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
171,123			50,53				
Wx1	φ		Wy1	φ			
[cm3]			[cm3]				
6068,9	0,963		402,2	1			
29,28			125,63		154,91	>	150

Sprawdzenie dopuszczalnego naprężenia w pasie górnym belki toru lewego

Ze względu na usztywnienie pasa ściskanego tarczą tężniaka kratowego dla toru lewego przyjęto, że przekrój belki jest zabezpieczony przed zwichrzeniem. Moment zginający w pasie górnym belki podsuwnicowej, między węzłami kratownicy tężniaka przyjęto w przybliżeniu według metody podanej w normie BN-81/2912-01. Z uwagi na brak danych co do gatunku stali przyjęto według [8] stal niskowęglową o wytrzymałości dla elementów o grubości $t \leq 16\text{mm}$ $f_d = 150\text{ MPa}$

Nr suwnicy	V	e	l1	e/l1	c	My
------------	---	---	----	------	---	----

UD 819	24,80	2,7	1,25	2,16	0,2	6,20

Belka toru lewego L = 8,15

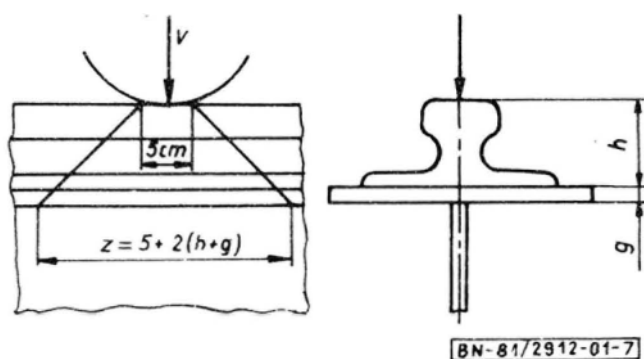
Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
272,03			6,2				
Wx1	ϕ		Wy1	ϕ			
[cm ³]			[cm ³]				
3351,3	1		87,5	1			
81,17			70,86		152,03	>	150

Belka toru prawego L = 7,5

Mx			My		σ		fd
[kNm]			[kNm]		[MPa]		[MPa]
241,18			6,2				
Wx1	ϕ		Wy1	ϕ			
[cm ³]			[cm ³]				
3351,3	1		87,5	1			
71,97			70,86		142,82	<	150

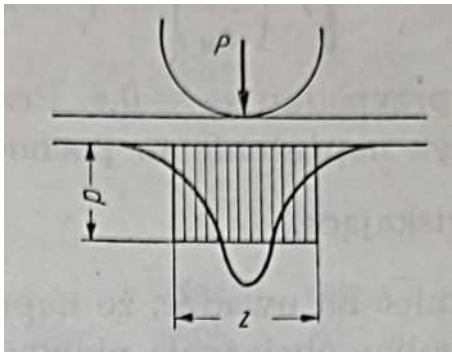
Analiza lokalnych pionowych naprężeń ściskających w środku belki.

W ujęcie normy BN-81/2912-01 naprężenia od nacisku koła można przyjmować jako iloraz siły na pole środnika o długości „z” i szerokości równej grubości środnika.



Rys.19. Schemat rozłożenia naprężeń pionowych w ujęciu BN-81/2912-01.

Wcześniejsza norma, jak również zalecenia ujęte w [13] długość odcinka „z” uzależniała od sztywności szyny oraz współczynnika c zależnego od sposobu łączenia elementów belki podsuwnicowej, przy czym dla belek nitowanych współczynnik był nieco wyższy ($c = 3,75$) niż dla belek spawanych ($c = 3,25$).



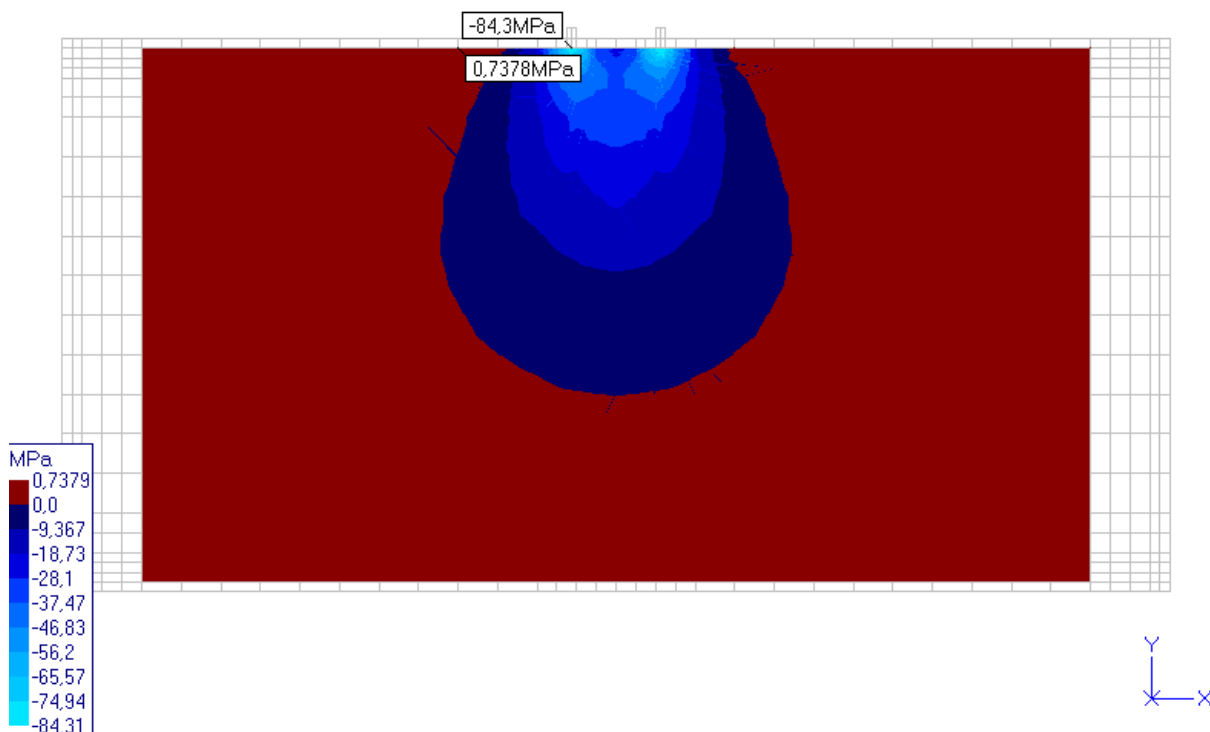
$$z = c \sqrt[3]{\frac{J}{g}}$$

Rys.20. Schemat rozłożenia naprężeń pionowych w ujęciu PN-62/B-03200.

Naprężenia obliczeniowe wyznaczone według normy BN-81/2912-01 przyjmując szynę S30 o $h = 108\text{ mm}$ dla suwnicy UD 819 wynoszą:

$$z = 50 + 2(108 + 12) = 290\text{ mm}$$

$$\sigma_y = P_{\max}^0 / z_{tw} = 91200\text{ N} / 0,290\text{ m} \times 0,008\text{ m} = 0,00232 = 39,3\text{ MPa}$$



Rys.21. Rozkład naprężeń pionowych od nacisku koła suwnice UD 819 wyznaczony w modelu numerycznym metoda MES.

Analiza połączenia skręcanego belek podsuwnicowych w nawie XI

Analizę połączenia przeprowadzono w oparciu o wytyczne [13] przyjmując założenie, że obciążenia pionowe w połączeniu w całości są przekazywane na słup a moment zginający w połączeniu dąży do obrotu belki względem punktu 0.

Dla celów orientacyjnego oszacowania możliwej nośności śrub przyjęto wytyczne normy PN-62/B-03200.

(wg PN-62/B-03200)											
Rodzaj naprężeń	Obciążenia	Rodzaj dopasowania śrub do otworów									Rodzaj stali łączonych części ¹⁾
		niedopasowane do otworu			obrobione — dopasowane do otworu						
		Wytrzymałość stali śrub, kG/mm ²									
		min 34			min 34			min 50			
		Naprężenia									
		dopuszczalne <i>k</i>		graniczne <i>K</i>	dopuszczalne <i>k</i>		graniczne <i>K</i>	dopuszczalne <i>k</i>		graniczne <i>K</i>	
		I	II		I	II		I	II		
Docisk otworów liczonych na rzut	statyczne i dynamiczne ²⁾	1800	2000	2350	2400	2800	3300				St0S
		2000	2200	2600	3000	3400	4000				St3S, St3SX
		2000	2200	2600	3000	3400	4000	4400	5000	6000	18G2, 18G2A
Rozciąganie	statyczne	1120	1280	1520	1120	1280	1520	1650	1850	2200	wszystkie
	dynamiczne ²⁾	900	1020	1220	900	1020	1220	1320	1500	1750	

Tab.4. Nośność śrub według PN-62/B-03200.

Połączenie belki toru prawego

Nr szeregu		hi	hi ²
1	[m]	0,600	0,3600
2	[m]	0,475	0,2256
3	[m]	0,350	0,1225
4	[m]	0,225	0,0506
5	[m]	0,100	0,0100
SUMA hi ²			0,7688
Moment obliczeniowy	[kNm]	M	209,84
Wysokość 1 szeregu	[m]	h1	0,60
Siła w 1 szeregu	[kNm]	N1	163,78
Siła w śrubie	[kNm]	S	81,89

Połączenie belki toru lewego

Nr szeregu		hi	hi ²
1	[m]	0,650	0,4225
2	[m]	0,550	0,3025
3	[m]	0,450	0,2025
4	[m]	0,350	0,1225
5	[m]	0,250	0,0625
6	[m]	0,150	0,0225
7	[m]	0,050	0,0025
SUMA hi ²			1,1375
Moment obliczeniowy	[kNm]	M	209,84
Wysokość 1 szeregu	[m]	h1	0,65
Siła w 1 szeregu	[kNm]	N1	119,91
Siła w śrubie	[kNm]	S	59,95

Zmierzony łeb śruby odpowiada śrubie M22. Przyjmując wg [13] pole przekroju rdzenia dla śruby M22 - 2,696 cm² i założenie dopuszczalnych granicznych naprężeń dla śruby na poziomie 2200 kg/cm² otrzymujemy wartość dopuszczalnej siły w śrubie M22 na poziomie F= 59,3 kN. Współczesne śruby M20 kl.8.8 posiadają nośność obliczeniową na rozciągania na poziomie 132 kN.

14. OCENA STANU TECHNICZNEGO PODTORZY

Przy ocenie stanu technicznego zastosowano poniższą klasyfikację (kolumna nr 5 protokołu):

L.p.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu	Kryterium oceny elementu
1.	Dobry	Element budynku (lub rodzaj konstrukcji wykończenia, wyposażenia) - jest dobrze utrzymany, konserwowany nie wykazuje zużycia i uszkodzeń. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogom normowym.
2.	Zadowalający	Element budynku utrzymany jest należycie. Celowy jest remont bieżący polegający na drobnych naprawach, uzupełnieniach, konserwacji, impregnacji.
3.	Średni	W elemencie budynku występują niewielkie uszkodzenia i ubytki nie zagrażające bezpieczeństwu. Celowy jest częściowy remont kapitalny.
4.	Nieodpowiedni	W elemencie budynku występują znaczne uszkodzenia, ubytki. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów mają obniżoną klasę. Wymagany kompleksowy remont kapitalny względnie wymiana.
5.	Zły	W elemencie budynku występują duże uszkodzenia i ubytki, które mogą lub zagrażają dalszemu użytkowaniu. Zahamowanie zagrożenia wymaga rozbioru i wykonania nowego elementu. W uzasadnionych przypadkach zahamowanie zagrożenia może nastąpić drogą kapitalnego remontu o bardzo dużym zakresie.

Oceny elementów konstrukcyjnych budynków i budowli dokonano na podstawie oględzin ich stanu zewnętrznego bez dokonywania odkrywek (w szczególności nie odkrywano fundamentów i ścian fundamentowych).

14.1 Ocena stanu technicznego podtorza w nawie VI

Stan techniczny konstrukcji podtorzy w nawie VI oceniono jako średni. Konstrukcje podtorzy stanowią jednoprzęsłowe nitowane belki podsuwnicowe o wysokości 1150mm.

W czasie oględzin z poziomu posadzki oraz z poziomu podnośnika w miejscach, gdzie było to technicznie możliwe, nie zaobserwowano symptomów świadczących o możliwym przeciążeniu konstrukcji podtorzy. W kilku miejscach stwierdzono lokalne poluzowania śrub oraz braki śrub. Stwierdzono lokalne miejscowe uszkodzenia środnika w postaci przebić lub przestrzeleń prawdopodobnie z okresu II wojny. W przeprowadzonym wywiadzie użytkownik obiektu nie zgłaszał zaobserwowania objawów mogących świadczyć o nieprawidłowej pracy konstrukcji podtorza podczas pracy dźwignic.

W ramach przeprowadzonej kwerendy ustalono, że w latach 60-tych w nawie VI występowały problemy z konstrukcją podtorzy, charakteryzuje się dużymi przemieszczeniami poziomymi występującymi w czasie jazdy suwnic. Przemieszczenia poprzeczne były wyczuwalne przy pracy suwnic. Występowało przesuwanie się szyn i belek na wytworzonych luzach. Wskutek zbliżenia się torów jezdnych, występowało okresowe hamowanie suwnic. Jak wynika z analizy dokumentacji archiwalnej [6] przyczyną tych nieprawidłowości były braki stężeń. W ramach zaleceń nakazano uzupełnienie brakujących stężeń. Wytworzone w tamtym okresie elipsowate otwory w środniku nad podporami nakazano zostawić lub rozwiercić na okrągło w celu utrzymania jednoprzęsłowego charakteru pracy belek podsuwnicowych.

Obliczenia sprawdzającej przeprowadzono dla suwnicy UD 817 o największym nacisku koła na szynę przy założeniu dopuszczalnego zbliżenia kół sąsiednich czołownic nie bliżej niż 4,5m zgodnie z zaleceniami archiwalnych analiz i dopuszczeń. Z uwagi na jednoprzęsłowy charakter pracy układu stycznego takie założenie gwarantuje, że w najbardziej niekorzystnym układzie sił pionowych z uwagi na moment zginający na konstrukcje belki podsuwnicowej oddziałuje tylko jedna suwnica. Obliczenia nie wykazały przekroczenia naprężeń dopuszczalnych o przyjętej wartości 150 MPa. Sztywność belki podsuwnicowej pracującej w ramach

sparowanego zestawu dwóch belek połączonych tężnikami kratowymi dla przyjętego poziomu obciążeń oraz przyjętych założeń pracy suwnic na torowisku jest prawidłowa.

14.2. Ocena stanu technicznego podtorza w nawie XI

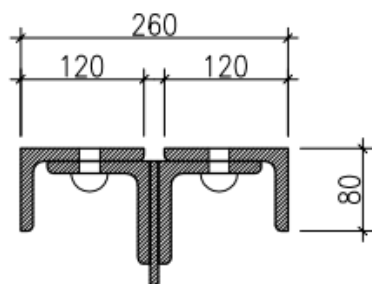
Stan techniczny podtorzy w nawie XI oceniono jako nieodpowiedni. Konstrukcja podtorzy w nawie XI jest stosunkowo nietypowa i występuje wiele aspektów technicznych wpływających na ogólną ocenę. W pierwszej kolejności należy zauważyć, że konstrukcja lewego (zachodniego) toru jezdnego różni się od konstrukcji prawego (wschodniego).

Belka podsuwnicowa toru lewego została oparta na słupach kratowych posiadających w środku hali stężenie pionowe. Belka posiada tężnik hamowny usztywniający pas górny. Została wykonana jako belka wieloprzęsłowa, uciągłona nad podporami za pomocą połączeń skręcanych wykonanych przy zastosowaniu 7 rzędów śrub 2xM22 o niezidentyfikowanej klasie.

Belka podsuwnicowa toru prawego została oparta na słupach dwugązeliowych bez stężenia pionowego w osi belki, połączonych dla zapewnienia stateczności z filarami murowanymi ścian nośnych budynku hali A2. Belka została wykonana jako bisymetryczna ze wzmocnionym pasem górnym bez usztywnienia tężnikiem hamownym. Podobnie jak belka toru lewego została ona uciągłona nad podporami za pomocą połączeń skręcanych, ale przy zastosowaniu nie 7 a jedynie z 5 rzędów śrub 2xM22 o niezidentyfikowanej klasie.

Budowa podtorza prawego toru jezdnego jest zdecydowanie mniej sztywna w kierunku poprzecznym od podtorza toru lewego. Ma to bezpośrednie odzwierciedlenie w wykonanych pomiarach w zakresie operatu geodezyjnego [2] z których widać, że odchyłki od prostoliniowości toru prawego przekraczają dopuszczalne normy i są znacznie większe od odchyłek toru lewego które mieszczą się w normie.

Usztywnieniem belki toru prawego na działanie sił poziomych, jak również na zwichrzenie przekroju dwukierunkowo zginanego jest poszerzenie pasa górnego wykonane z dwóch kątowników nierównoramiennych 80x120 mocowanych poprzez nitowanie do kątowników 100x100 tworzących zasadniczy pas górny belki. Podczas oględzin stwierdzono, że nity łączące elementy pasa górnego nie posiadają górnych łbów a część nitów brakuje. Widoczne otwory po brakujących nitach w większości pokrywają się z rozstawem nitów mocujących pierwotnie szynę do pasa górnego co świadczy, że zostały usunięte podczas demontażu szyny. Analiza górnej płaszczyzny belki wskazuje, że ścięte nity zostały wielokrotnie zamalowane co pokazano na fot.9, a jednocześnie linia odcisku pozostawiona po starej szynie prawie pokrywa się z otworami po usuniętych nitach.



Rys.22. Schemat barujących nitów



Oznacza to, że łby nitów łączących poszerzenie pasa górnego z belką były w kolizji ze stopką poprzednio zamocowanej szyny co może wskazywać na błąd wykonawczy. Nie jest wykluczone, że kolizja ta została ujawniona w czasie budowy i wtedy podjęto decyzję o ścięciu łbów nitów pozostawiając w całości tylko nity łączące jednocześnie poszerzenie pasa jak również szynę do belki. Po demontażu szyny pełne nity zostały usunięte. Z uwagi na fakt, że belka toru prawego nie jest usztywniona tężnikiem a w wyniku oddziaływania sił prostopadłych do toru jezdnego podlega skręcaniu, wyżej opisaną sytuację należy uznać za niedopuszczalną i wymagającą naprawy.

Jest to szczególnie istotne z uwagi na fakt, że przed kilkoma laty dokonano modernizacji torowiska w nawie XI wykonując podniesienie poziomu główki szyny za pomocą niestandardowego rozwiązania mocowania szyny do belki podsuwnicowej za pośrednictwem stalowych „stołków” wykonanych z kształtowników C120 spawanych za pomocą płaskowników do pasa górne. W ramach przeprowadzonej kwerendy nie odnaleziono

w zasobach Inwestora dokumentacji projektowej, na podstawie której wykonano taką przebudowę. Tego typu rozwiązanie nie jest usankcjonowane w normach oraz literaturze technicznej dotyczącej konstrukcji podtorzy dla dźwignic nie mniej, rzadko ale spotyka się takie rozwiązania w praktyce. W tym miejscu należy stwierdzić, że tego typu rozwiązanie z punktu widzenia pracy belki podsuwnicowej ma dwa negatywne aspekty. Pierwsze kwestia dotyczy zwiększenia momentu skręcającego belkę podsuwnicową co jest szczególnie istotne w przypadku belek monosymetrycznych i bisymetrycznych ze wzmocnionym pasem górnym bez usztywnienia tężnikiem kratowym (tak jak belka toru prawego). Podniesienie szyny powoduje równoczesne zwiększenie ramienia działania prostopadłej do toru siły poziomej względem środka ścinania przekroju a tym samym zwiększenie naprężeń w górnym pasie wynikających z oddziaływania siły poziomej.

Drugim aspektem jest kwestia naprężeń ściskających w środku belki. Koło suwnicy, które przejeżdża po główce szyny jezdnej, wywołuje w górnej części środka belki podsuwnicowej lokalne naprężenia ściskające oraz ścinające niezależnie od naprężeń globalnych. Na przestrzeni lat podejście do sposobu wyznaczania tych naprężeń zmieniało się co ma również odzwierciedlenie w podejściu normowym. Obecnie dostępne metody analizy numerycznej dają możliwość porównania wpływu rodzaju szyny na wielość naprężeń w środku a podejście analityczne w obecnie obowiązujących normach uwzględnia nawet sposób mocowania szyny do pasa górnego. Rozwiązanie zastosowane w nawie XI powoduje przekazanie siły od nacisku koła na pas górny belki w sposób punktowy poprzez dwie siły skupione w osiach płaskowników podpory szyny. Jak wynika z przeprowadzonej analizy na modelu numerycznym takie rozwiązanie powoduje punktową koncentrację naprężeń w środku ale również (w szczególności w belce toru lewego) będzie powodować zwiększenie siły przekazywanej na poszczególne nity łączące pas górny ze środkiem.

Obliczenia sprawdzające w szczególności przeprowadzono w kierunku sprawdzenia naprężeń w pasie górnym belki podsuwnicowej od oddziaływania suwnicy UD 819 o największym nacisku koła w interakcji z suwnicą nr UD 174 przy założeniu dopuszczalnego zbliżenia kół nie bliżej niż 3,75m. Siły wewnętrzne wyznaczono dla wariantu belki wieloprzęsłowej metodą linii wpływu oraz dla wariantu belki jednoprzęsłowej dla układu sił pionowych, który wywołuje największy moment zginający. Przyjmując za poziom dopuszczalnych naprężeń wartość 150 MPa dla belki toru prawego dla wszystkich wariantów uzyskano przekroczenie dopuszczalnych obliczeniowych wartości naprężeń. Największe przekroczenia otrzymano dla południowych przęseł toru o większej rozpiętości przy założeniu schematu statycznego belki jednoprzęsłowej. Wariant schematu belki wieloprzęsłowej wykazuje nieznaczne przekroczenie naprężeń w pasie górnym, z tym że wartości sił w śrubach połączenia skręcanego na podporze toru prawego (gdzie zastosowano 5 rzędów łączników) w stosunku do dopuszczalnych sił według [13] są przekroczone. Resumując, obliczenia wskazują, że stan wytrzymałości belek podsuwnicowych w nawie XI w szczególności dla toru prawego oscyluje w okolicy 100% z możliwością nieznacznego przekroczenia wartości dopuszczalnych. Sztywność belki toru prawego w kierunku poziomy jest niewystarczająca co powoduje, że graniczne przemieszczenia poziome są przekroczone co w konsekwencji będzie prowadziło do odkształcania szyn względem wymaganego warunku prostoliniowości oraz w rezultacie do szybszego zużywania główki szyny, oraz problemów z niezawodną pracą dźwignic na torowisku.

Ponadto w belce podsuwnicowej lewego toru jezdnej w okolicy drugiej podpory od ściany południowej stwierdzono uszkodzenia środka oraz żebra poprzecznego w postaci wybrzuszenia. Jak widać na fot. 17 blacha podkładowa pod żebrem uległa rozwarstwieniu. Kształt deformacji przypomina deplanację związaną z lokalną utratą stateczności środka, która mogła być wynikiem przeciążenia belki w przeszłości nie mniej nie da się wykluczyć, że nie jest to uszkodzenie pochodzenia mechanicznego. Jak widać na fot.18 odkształceniu uległ też pas górny belki co zostało wyrównane „stołkiem” podporowym szyny. Tego typu uszkodzenie zmniejsza nośność belki podsuwnicowej, a ponieważ występuje w strefie podporowej powinno zostać naprawione po wcześniejszym przeprowadzeniu diagnostyki materiałowej.

15. WNIOSKI

15.1. Wnioski dotyczące podtorza suwnic w nawie VI

1. Stan techniczny konstrukcji podtorzy w nawie VI oceniono jako średni. W belkach podsuwnicowych występują niewielkie uszkodzenia jak poluzowane łączniki czy lokalne miejscowe uszkodzenia środka.
2. Stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej i poziomej nie jest prawidłowy, ale przekroczenia do dopuszczalnych przez normę PN-91/M45457 wartości nie są znaczne.
3. Stopień zużycia główki szyny nie przekracza wartości dopuszczalnych.

4. Poziom wykorzystania nośności belki dla obecnego obciążania i sposobu użytkowania torowiska w nawie VI (maksymalna odległość pomiędzy osiami najbliższych kół czołownic nie mniejsza niż 4,5m, suwnicy wyposażonej w system zbliżeniowy, maksymalny udźwig suwnicy naporowej $Q=10t$) nie powoduje przekroczenia dopuszczalnych naprężeń, jak również stanów granicznych przemieszczeń.
5. Planowana wymiana istniejącej starej suwnicy UD 107 o udźwigu $Q = 5t$ na suwnię nową o udźwigu $Q=10 t$ przy zachowaniu parametrów opisanych w punkcie 8 i zachowaniu odległości dojazdowej równej 7m hak do hak oraz 4,5m pomiędzy najbliższymi kołami czołownic nie wpłynie negatywnie na konstrukcje podtorza w nawie VI. Maksymalny nacisk koła na szynę generowany przez obecnie zainstalowaną suwnicę starego typu UD 107 o całkowitej masie własnej 14035 kg, pomimo mniejszego udźwigu $Q=5t$ jest wyższy niż maksymalny nacisk koła suwnicy UD 817 o całkowitej masie 4800 kg i udźwigu $Q=10t$.

15.1. Wnioski dotyczące podtorza suwnic w nawie XI

1. Stan techniczny konstrukcji podtorza w nawie XI oceniono jako niezadowalający.
2. Stan geometryczny jezdni suwnicowej w płaszczyźnie pionowej i poziomej nie jest prawidłowy. Przekroczenia dopuszczalnych przez normę PN-91/M45457 wartości głównie dotyczą prawego (wschodniego) toru jezdni, dla którego stwierdzono ponad dwukrotne przekroczenie odchyłki od warunku prostoliniowości szyny, co przekłada się również na warunek dopuszczalnego prześwitu.
3. Tory jezdni prawy w nawie XI hali A2 ma inną budowę konstrukcji podtorza od toru lewego. Tor prawy wsparty jest na nitowanej monosymetrycznej belce podsuwnicowej z poszerzonym pasem górnym bez tężnika hamownego, opartej na osi słupów dwugłęziowych bez stężenia pionowego. Różnica w podatności belek podsuwnicowych toru lewego i prawego w kierunku poziomym jest istotna, co odzwierciedla się w wykonanych pomiarach geometrii jezdni suwnicowej.
4. Poszerzenie pasa górnego belki podsuwnicowej toru prawego nie jest prawidłowo połączone z przekrojem zasadniczym. Nity łączące kątowniki poszerzenia belki z kątownikami stanowiącym zasadniczy pas górny zostały usunięte podczas demontażu szyny mocowanej bezpośrednio do pasa górnego, a te które pozostały (widoczne na fot.9,10 – Z2) mają ścięte górne łby. Ponieważ prawidłowa współpraca poszerzenia z pozostałą częścią przekroju ma wpływ na bezpieczeństwo i prawidłową pracę konstrukcji belki podsuwnicowej, istniejąca sytuacja została oceniona jako niedopuszczalna i wymagająca naprawy.
5. Szyny torów jezdnych w nawie XI na obu torach przed kilkoma laty zostały podniesione i zamocowane do belek podsuwnicowych za pośrednictwem „stołków” wykonanych z płaskowników oraz ceowników widocznych na fot.13,14,15,17. W ramach kwerendy nie odnaleziono dokumentacji projektowej, na podstawie której wykonano tego typu rozwiązania, które w ujęciu normy jest rozwiązaniem niestandardowym.
6. Rozwiązanie polegające na podniesieniu poziomu szyny względem belki podsuwnicowej na „stołkach” spawanych do pasa górnego generuje dwa niekorzystne aspekty dla konstrukcji podtorza. Po pierwsze zwiększa się moment skręcający oddziałujący na belkę podsuwnicową (co ma szczególne znaczenie w przypadku belek monosymetrycznych i bisymetrycznych bez tężnika hamowanego jak w przypadku belki toru prawego), po drugie generuje punktowe naprężenia ściskające w środku belki, co w przypadku belek nitowanych może prowadzić do trudnego do oszacowania zwiększania naprężenia ścinającego w nitach łączących środkik z pasem górnym.
7. Przeprowadzone obliczenia sprawdzające bazujące na wykonanych pomiarach geometrii belek podsuwnicowych w nawie XI hali A2, uwzględniające w modelu obciążenia zwiększanie sił poziomych w związku ze zwiększeniem momentu skręcającego przekazywanego na belkę, wskazują, że stan wyężania belek podsuwnicowych w nawie XI w szczególności dla toru prawego oscyluje w okolicy 100% z możliwością nieznacznego przekroczenia wartości dopuszczalnych w odniesieniu do naprężeń dopuszczalnych określonych według [8].

8. Sztywność konstrukcji prawego toru jezdni jest niewystarczająca, co powoduje, że graniczne przemieszczenia poziome są przekroczone, to w konsekwencji będzie prowadziło do pogarszania się stanu geometrycznego jezdni suwnicowej, co już obecnie jest widoczne w wynikach przeprowadzonych pomiarów geodezyjnych.
9. W belce podsuwnicowej lewego toru jezdni w okolicy drugiej podpory od ściany południowej stwierdzono uszkodzenia środka oraz żebra poprzecznego w postaci wybrzuszenia. Odkształceniu uległ też pas górny belki, co zostało wyrównane „stołkiem” podporowym szyny. Tego typu deformacja zmniejsza nośność belki i powinna zostać naprawiona w ramach remontu.
10. Planowane przez Inwestora zastąpienie w nawie XI suwnicy UD 134 ($Q=3t$) suwnicą o udźwigu $Q=5t$ przeanalizowano przy założeniu parametrów technicznych przyjętych przez analogie dla obecnie produkowanych suwnic o podobnej rozpiętości i udźwigu. Z analizy wynika, że wymiana suwnicy spowoduje zwiększanie nacisku statycznego koła na szynę w stosunku do suwnicy UD 134 ($Q=3t$), ale nie przekroczy wartości nacisku koła suwnicy UD 174 ($Q=8t$) pracującej w części południowej hali. Przy zachowaniu analogicznych obostrzeń jak w przypadku interakcji na torze suwnicy UD 174 ($Q=8t$) z suwnicą UD 819 ($Q=10t$) lub przy zachowaniu dopuszczalnej odległości dojazdowej nowej suwnicy do suwnicy UD 819 (od strony północnej) na poziomie nie mniejszym niż 7,4m hak do haka (jak specyfikuje Inwestor), wartość sił wewnętrznych w podtorzu, wynikająca z kombinacji położenia suwnic nie wzrośnie w sposób istotny w stosunku do stanu istniejącego.

16. ZALECENIA

1. W związku z faktem, że jak wynika z wywiadu z Inwestorem, planuje on w niedalekiej przyszłości przeprowadzić modernizację pomostów technicznych (również w hali A2) polegającą na ich wymianie, w ramach planowanych robót budowlanych, po odsłonięciu elementów zakrytych na styku łączenia belek podsuwnicowych z elementami tężników, należy przeprowadzić pełną inspekcję stanu technicznego połączeń.
2. W zakresie planowanych prac związanych z demontażem starej suwnicy w nawie VI i montażem nowej zaleca się wykonać rektyfikację geometrii jezdni suwnicowej.
3. W odniesieniu do podtorzy nawy XI w pierwszej kolejności należy wykonać roboty naprawcze związane z belką podsuwnicową toru prawego.
4. Wykorzystując okres planowanych robót budowlanych związanych z naprawą belki toru prawego, jak również z pracami związanym z planowaną przez Inwestora wymianą chodników technicznych i planowanym odsłonięciem elementów zakrytych, należy wykonać pełną inspekcję konstrukcji belek podsuwnicowych z poziomu dostępu (w okresie opracowywania ekspertyzy możliwość bezpośredniego dostępu była tylko i wyłącznie od strony południowej, hala w czynnej produkcji, posadzka zastawiona elementami wyposażenia, brak możliwości wjazdu podnośnika).
5. Z uwagi na poziom wykorzystania nośności belek podsuwnicowych w nawie XI, jak również na sam wiek konstrukcji belek podsuwnicowych należy rozważyć rozszerzenie inspekcji o diagnostykę i badania materiałowe min. w zakresie ustalenia klasy stali oraz ustalenia jakości i nośności zastosowanych łączników.
6. W odniesieniu do belki toru prawego należy rozważyć w kategoriach technicznych i ekonomicznych jej przebudowę w celu zwiększania sztywności poziomej np. przez zaprojektowanie i wykonanie tężnika poziomego.

17. UWAGI KOŃCOWE

1. Niniejsza ekspertyza została opracowana na zlecenie i potrzeby Zamawiającego i nie może być w całości lub części wykorzystana w innym opracowaniu bez zgody autora.
2. Autorzy nie ponoszą odpowiedzialności wobec osób trzecich.

Wrocław, październik 2023

zebrał i opracował: mgr inż. Marek Koźbiał