

Requirements for wood products used in railway transport

Paweł Kowalik* , Mariusz Fabijański , Elżbieta Naduk 

Railway Research Institute, Materials & Structure Laboratory, Warsaw, Poland

Abstract. Precast concrete sleepers are commonly used in the construction of railways. They have many advantages and features that have made them a permanent element of the railway infrastructure. However, wooden sleepers are still used; they have many advantages, such as good vibration damping and temperature resistance. Due to their weight, they are used on routes where there is a problem with the trackbed. Economics is also one of the reasons for their use. Wood is a natural material that decomposes under the influence of biological and environmental factors without adequate protection. It is, therefore, necessary to adequately protect wood material against the effects of the environment in which it is used. The paper discusses the requirements that must be met by wooden products used to build the railway pavement. The types of wood from which the wooden materials of the railway superstructure are made are presented. The structure of wood and the properties of hard and soft wood were also discussed. The current regulations and standards classifying the kinds and types and dimensions of wood materials and regulating the requirements for wood materials of the railway superstructure are also presented. Issues arising from the ambiguities and shortcomings of these provisions and standards were also raised. The process of impregnating wood materials of the railway pavement with creosote oil using the Rüping vacuum-pressure method was also discussed. These types of oil are not neutral to the environment, especially those of the older generation that contained large amounts of highly toxic and carcinogenic substances, especially benz-a-pyrene. The analyzed material shows that there are some deficiencies as to the brightness, exact and explicit requirements for wood and impregnation. This is a certain problem for the entire range of products used.

Keywords: wood sleepers, impregnation process, requirements, properties

1. Wprowadzenie



W całej Europie jak i Polsce powszechnie stosuje się strunobetonowe podkłady kolejowe. Posiadają one wiele zalet i cech, które spowodowały, że są stałym elementem dróg kolejowych. Wydawało się, że tego typu wyroby całkowicie wyeliminują podkłady drewniane, jednak nadal są one stosowane głównie z powodów technicznych. Są odporne na działanie


Article citation information:

Kowalik, P., Fabijański, M., Naduk, E. (2020). Requirements for wood products used in railway transport, WUT Journal of Transportation Engineering, 129, 27-48, ISSN: 1230-9265, DOI: [10.5604/01.3001.0014.2460](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.2460)

*Corresponding author

E-mail address: pawkow82@gmail.com (P. Kowalik), mfabijan@wip.pw.edu.pl (M. Fabijański)

ORCID iD:  [0000-0003-3642-5214](https://orcid.org/0000-0003-3642-5214) (P. Kowalik),  [0000-0001-6606-3416](https://orcid.org/0000-0001-6606-3416) (M. Fabijański),

 [0000-0002-0204-0503](https://orcid.org/0000-0002-0204-0503) (E. Naduk)

temperatury, bardzo dobrze tłumią drgania. Stosuje się je również z powodów ekonomicznych. Jednak drewno jest materiałem naturalnym, który bez odpowiedniego zabezpieczenia ulega rozkładowi pod wpływem czynników biologicznych (owady, bezkręgowce, grzyby) i środowiskowych (temperatura, wilgotność, promieniowanie UV) [1]. Zatem podkłady drewniane zabezpiecza się przed wpływem środowiska impregnując je olejem kreozotowym. Tego typu zabezpieczenie znacząco wydłuża czas użytkowania gotowego wyrobu. Do nawierzchni kolejowej stosuje się najczęściej trzy gatunki drewna: sosnę (która jest zaliczana do tzw. drewna miękkiego), buk i dąb (tzw. drewno twarde). Oba rodzaje podkładów stosuje się na torowiskach tej samej klasy [1, 2].

2. Aktualny stan wymagań dla materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej

Podstawową normą określającą wymagania dla materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej jest norma PN-EN 13145+A1:2012 [4] zharmonizowana z Rozporządzeniem Komisji Europejskiej Nr 1299/2014 [5]. Norma ta dotyczy podkładów i podrozdnic. Wymieniono w niej gatunki drzew z jakich zaleca się wykonywać podkłady i podrozdnic, określono wymagania dotyczące kształtów i wymiarów oraz ich dopuszczalnych odchyłek. Określiła także wymagania dla surowca drzewnego oraz dopuszczalne i niedopuszczalne cechy drewna, z którego wykonywane są podkłady i podrozdnic.

W ww. normie ustalono także wymagania dotyczące trwałości i sposobu konserwacji, kontroli produkcji oraz znakowania wyrobów. Wymagania w zakresie impregnacji drewna (retencja i wnikanie) nie zostały jednak szczegółowo określone. Z tego powodu stosuje się normę PN-D-95014 [6], która określa dokładne wartości retencji środka ochrony (oleju kreozotowego) i głębokości przesylenia drewna impregnatem w zależności od gatunku drewna i rodzaju wyrobu. Podano tu także dopuszczalną wartość wilgotności drewna, które poddaje się impregnacji. Norma ta obejmuje także mostownice, jednak dotyczy olejów, które nie są obecnie w Polsce stosowane.

Ze względu na brak w normie [4] wymagań dla mostownic, w zakresie ich wymiarów i kształtów stosuje się normę PN-73-D-95006 (wycofaną 02.04.2009 r.) [7]. Stosuje się ją także w zakresie zabezpieczania wyrobów z drewna dębowego i bukowego przed pękaniem, gdyż norma [4] nie określa wymagań w tej kwestii. W zakresie impregnacji mostownic stosuje się normę [9]. Wymagania dotyczące oleju kreozotowego, który stosuje się w Polsce do impregnacji materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej określa norma PN-EN 13991 [8].

3. Budowa drewna

Na rysunku 1 zaprezentowano budowę drewna (przekrój) wraz z opisem ich funkcji.

Drewno zbudowane jest:

1. Rdzeń
 - stanowi fizjologiczną oś pnia,
 - na przekroju widoczny jest w postaci ciemnej plamy,
 - stanowi element słaby mechanicznie i narażony w pierwszej kolejności na atak czynników biologicznych.
2. Twardziel

- składa się z obumarłych komórek, pełniących funkcje mechaniczne,
 - powstaje po osiągnięciu odpowiedniego wieku przez drzewo (od 20-40 lat dla sosny, niektóre gatunki do 100 lat), w którym zaczynają się zmiany w przyrzeniowych warstwach drewna.
3. Biel
- zawiera żywe komórki miękiszowe, przewodzi wodę z korzeni do korony,
 - odporność bielu na biodegradację jest znacznie mniejsza niż twardzieli,
 - tuż po ścięciu drzewa zgromadzona w bielu woda, cukry i skrobia są przyczyną ataku grzybów barwiących drewno (sinizna i pleśń) oraz owadów.
4. Miazga (kambium)
- posiada zdolność do samodzielnego podziału i wytwarzania nowych komórek,
 - zdolność ta zapewnia przyrost masy drzewnej (zaraz po podziale komórki te ulegają specjalizacji na włókna, cewki, naczynia),
 - cienka warstwa miazgi znajduje się na granicy drewna i łyka,
 - jest najdłużej żyjącą tkanką drzewa.
5. Łyko
- umożliwia transport cukrów z liści do wszystkich żywych komórek drzewa,
 - stanowi stosunkowo wąską warstwę żywych komórek.
6. Kora
- pełni rolę warstwy ochraniającej przed czynnikami zewnętrznymi (temperatura, woda, grzyby, owady),
 - zbudowana jest z martwych komórek wypełnionych powietrzem, o ścianach silnie prze-syconych suberyną (substancja woskowa),
 - wytwarzana jest przez tkankę korkotwórczą (fellogen) znajdującą się na zewnątrz łyka.



Rys. 1. Budowa drewna (źródło: [3])

Poniżej opisano przyczynę powstawania dwubarwnych pierścieni. Naczynia u gatunków liściastych pierścieniowo-naczyniowych oraz cewki u iglastych wytwarzane są na początku sezonu wegetacyjnego. Jest to drewno wczesne o dużej średnicy i relatywnie cienkiej ścianie komórkowej. Drewno późne ma małe komórki o grubych ścianach, co sprawia, że jest to

strefa przyrostu rocznego o największej twardości i wytrzymałości. Drewno liściaste: wąski pas drewna wczesnego, gruby pas drewna późnego. Drewno iglaste: szeroka warstwa drewna wczesnego, cienka warstwa drewna późnego. Drewno iglaste ma mniejszą gęstość i wytrzymałość od drewna liściastego. W przypadku jesionu, świerka i jodły różnica zabarwienia bieli i twardzieli jest ledwie zauważalna. Buk nie wytwarza twardzieli [9].

Poniżej przedstawiono submikroskopową budowę drewna (chemiczną). Ściana komórki zbudowana jest z:

- celulozy (ok. 50%) – stanowi szkielet,
- ligniny (20-25%) – nadaje ścianie komórki dużą sztywność,
- hemicelulozy (20-25%) – wielocukier,
- substancji ekstrakcyjnych – wypełniają ściany komórkowe strefy twardzielowej.

O właściwościach wytrzymałościowych drewna decyduje materiał ścian poszczególnych komórek (głównie celuloza), ich grubość, jak również sposób wzajemnego ich połączenia (ułożenie włókien celulozy) [9].

4. Właściwości drewna

Drewno jest materiałem niejednorodnym, anizotropowym o nierównomiernej budowie. W związku z tym wartości wytrzymałości drewna są różne w zależności od kierunku. Drewno łatwiej przenosi siły działające wzdłuż włókien. Wraz ze wzrostem kąta odchylenia sił od kierunku włókien wytrzymałość zmniejsza się, w kierunku stycznym i promieniowym jest wielokrotnie mniejsza [10].

Wytrzymałość drewna uwarunkowana jest wieloma czynnikami, takimi jak wilgotność, gęstość, udział drewna wczesnego i późnego czy jego wady. Wzrost wilgotności od 0% do punktu nasycenia włókien powoduje spadek wytrzymałości, natomiast zmiany wilgotności powyżej punktu nasycenia nie mają znaczenia. Przy całkowitym nasyceniu wodą równym 30%, wytrzymałość spada w stosunku do nasycenia równego 15% o 50% przy ściskaniu i 40% przy zginaniu. Odchylenia przebiegu włókien od kierunku równoległego do osi drewna zmniejszają wytrzymałość, wzrasta ona natomiast w miarę wzrostu gęstości. Przy spadku gęstości objętościowej z 600 do 400 kg/m³ wytrzymałość przy ściskaniu i zginaniu zmniejsza się więcej niż 1,5 razy. Obecność wad takich jak np. sęki oraz niewielki nawet udział zgnilizny powodują obniżenie wytrzymałości drewna. [10-12].

Poniżej przedstawiono podstawowe właściwości drewna sosnowego (drzewo iglaste), bukowego i dębowego (drzewa liściaste) jako gatunków, z których w Polsce wykonuje się materiały drzewne nawierzchni kolejowej.

1. Sosna

- drewno miękkie i łatwe w obróbce,
- odznacza się dużą wytrzymałością i sprężystością,
- wytrzymałe i trwałe drewno otrzymuje się z drzew rosnących w miejscach piaszczystych,
- prawidłowo ukształtowane drewno charakteryzuje się małą ilością wyrosniętych sęków,
- powinno się ścinać drzewa w wieku 80–120 lat,
- twardziel trwała,
- biel podatny na atak grzybów i owadów, ale wykazuje dużą podatność na impregnację,
- struktura – zwykle prosto włókniste przyrosty roczne wyraźne, dobrze widoczna granica między drewnem wczesnym, a późnym,

- gęstość w stanie powietrzno-suchym: 410-500 kg/m³ [13],
 - właściwości mechaniczne: wytrzymałość na ściskanie: wzdłuż włókien: 43,5 MPa, w poprzek włókien: 7,5 MPa; wytrzymałość na rozciąganie: wzdłuż włókien: 104 MPa, w poprzek włókien: 3 MPa; wytrzymałość na zginanie: 78 MPa; wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien: 10 MPa. [10, 14].
2. Buk
- drewno twarde, podatne na obróbkę mechaniczną,
 - brak twardzieli, ale występuje często fałszywa twardziel, czyli ciemniejsze, nienaturalne zabarwienie wewnętrznej strefy drewna, co jak się obecnie uważa jest mechanizmem obronnym drzewa przed czynnikami fitopatologicznymi [15],
 - fałszywa twardziel nie pogarsza właściwości wytrzymałościowych drewna [15],
 - fałszywa twardziel nie daje się impregnować,
 - drewno trudne w suszeniu, wykazuje dużą skłonność do pęknięcia przez co czoła należy zabezpieczać przed pękaniem,
 - struktura - często występują krzywizny, skręty włókien i niecyldryczność, słoje roczne bardzo niewyraźne lub niewidoczne, podobnie jak granice drewna wczesnego i późnego,
 - gęstość w stanie powietrzno-suchym: 710-800 kg/m³[13],
 - właściwości mechaniczne: wytrzymałość na ściskanie: wzdłuż włókien: 53MPa, w poprzek włókien: 9MPa; wytrzymałość na rozciąganie: wzdłuż włókien: 135MPa, w poprzek włókien: 7MPa; wytrzymałość na zginanie: 105MPa; wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien: 8MPa. [10, 14]
3. Dąb
- drewno twarde i ciężkie, ale łatwe w obróbce,
 - biel dość wąski, o małej trwałości, dość łatwo nasycalny,
 - twardziel prawie w ogóle nienasycalna, nieprzepuszczalna dla cieczy i gazów, bardzo trwała tak w stanie suchym jak i wilgotnym,
 - drewno trudne w suszeniu, łatwo ulega zaskorupieniu i pęka,
 - bardzo dobrze łupliwe,
 - struktura – drewno prosto włókniste, słoje roczne wyraźne i przebiegające w liniach współśrodkowych, regularnych,
 - ma dużą wytrzymałość i trwałość, cenione w budownictwie i przemyśle meblarskim
 - gęstość w stanie powietrzno-suchym: 710–800 kg/m³ [13],
 - właściwości mechaniczne: wytrzymałość na ściskanie: wzdłuż włókien: 47 MPa, w poprzek włókien: 11 MPa; wytrzymałość na rozciąganie: wzdłuż włókien: 90 MPa, w poprzek włókien: 4 MPa; wytrzymałość na zginanie: 93 MPa; wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien: 11 MPa [10, 14].

5. Podział materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej

Podział ze względu na rodzaj materiału drzewnego jest następujący:

- sosnowe,
- dębowe,
- bukowe,
- drewno egzotyczne – w Polsce nie jest stosowane.

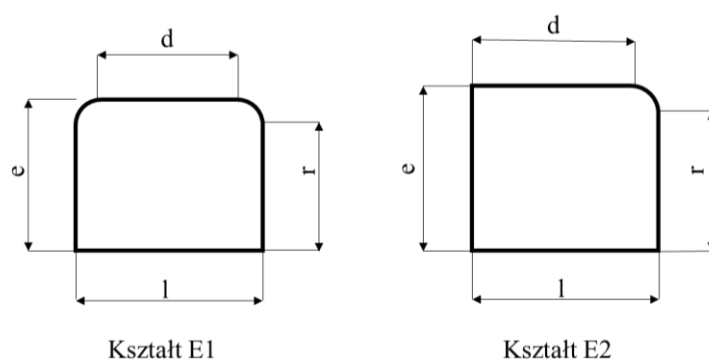
Podział ze względu na zastosowanie:

- podkłady,
- podrozdnicze,
- mostownice.

6. Klasyfikacja i wymagania dla podkładów i podrozdnic według normy PN-EN 13145+A1:2012

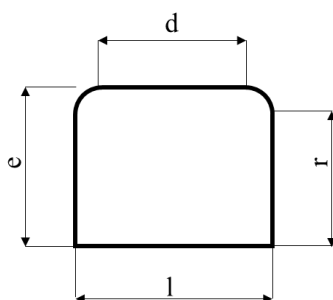
6.1. Kształty

a) podkłady - przekrój poprzeczny prostokątny



Rys. 2. Dopuszczalne kształty drewnianych podkładów kolejowych wg normy PN-EN 13145+A1:2012

b) podrozdnicze – przekrój poprzeczny prostokątny



Rys. 3. Dopuszczalny kształt drewnianych podrozdnic kolejowych wg normy PN-EN 13145+A1:2012

6.2. Wymiary

a) Podkłady

W tabeli 1 podano dopuszczalne wymiary w mm (l , e , d , r wg rys. 2) drewnianych podkładów kolejowych wg normy PN-EN 13145+A1:2012.

W tabeli 2 podano dopuszczalne wymiary w mm (l , e , d , r wg rys. 3) drewnianych podrozdnic kolejowych wg normy PN-EN 13145+A1:2012 [4].

Tabela 1. Dopuszczalne wymiary (mm) drewnianych podkładów kolejowych wg PN-EN 13145+A1:2012

Grupa	l	e	d ¹⁾		r ¹⁾
			Kształt E1	Kształt E2	Kształt E1 i E2
1	260	160	160	200	80
2	260	150	160	200	80
3	260	130	130	170	60
4	240	150	160	180	70
5	240	160	160	180	80
6	240	140	160	180	70
7	240	130	130	170	60
8	220	130	130	160	50
9	250	125	205	230	100
10	305	125	255	280	100
11	305	150	255	280	125
12	250	130	200	225	105
13	300	130	250	275	105
14	200	120	110	140	40

¹⁾wymiary minimalne

a) podrozdnic

Tabela 2. Dopuszczalne wymiary (mm) drewnianych podrozdnic kolejowych wg normy PN-EN 13145+A1:2012 [4]

Grupa	l	e	d ¹⁾	r ¹⁾
1	300	150	240	120
2	280	140	220	120
3	260	160	200	100
4	260	150	210	120
5	240	150	200	90
6	240	160	160	80
7	240	140	200	80
8	300	130	200	80

¹⁾wymiary minimalne

b) tolerancja wymiarów

Dopuszczalne odchylenia od ww. wymiarów są takie same dla podkładów i podrozdnic i wynoszą odpowiednio:

- długość: ± 30 mm,
- szerokość i wysokość: $+10/-3$ mm,
- prostokątny przekrój poprzeczny 90° : maksymalne odchylenie 3° .

6.3. Wymagania dla surowca drzewnego

Podkłady i podrozdnic powinny być produkowane z drewna świeżo ściętych drzew. Dłuzyce z wiatrołomów, drzew złamanych przez śnieg i lód, uderzonych przez piorun lub poddanych działaniu ognia powinny być wykluczone. Podczas cięcia podkłady i podrozdnic powinny być czyste, bez ziemi, błota, lodu, trocin i innych obcych substancji. Dłuzyce do produkcji podkładów i podrozdnic bukowych powinny być ścinane poza sezonem wzrostu w danym regionie.

6.4. Wady i cechy jakości

Podkłady i podrozjazdnice niepoddane przed poddaniem zabiegom konserwacyjnym powinny być zwykle poddane sezonowaniu (suszeniu) zależnie od gatunku drewna. Po zakończeniu sezonowania należy dokonać oceny występowania wad i cech jakości. Norma PN-EN 13145+A1:2012 [4] określa szczegółowo dopuszczalne i niedopuszczalne wady drewna. Występowanie wad niedopuszczalnych dyskwalifikuje wyrób. Taki produkt powinien zostać odrzucony i niepoddawany zabiegom konserwacyjnym.

Do wad niedopuszczalnych dla wszystkich gatunków drewna należą:

- wewnętrzny biel,
- zasinienie, sinizna,
- zgnilizna,
- sęk zdrowy i sęk niezrośnięty w miejscu podparcia szyny,
- sęk zepsuty o średnicy powyżej 10 mm,
- wcięcie w miejscu podparcia szyny i obszarze położonym pionowo pod spodem,
- pęknięcia mrozowe,
- niecka.

Do wad dopuszczalnych dla wszystkich gatunków drewna należą:

- biel (zdrowy),
- twardziel fałszywa zwarta i wolna od uszkodzeń i działania grzybów (buk),
- oblina,
- sęk zdrowy i sęk niezrośnięty poza miejscem podparcia szyny (maksymalna średnica 20% szerokości powierzchni na jakiej występuje, powinno być zapewnione odprowadzenie wody),
- zakorek poza miejscem podparcia szyny na podkładach tylko na jednej powierzchni, ograniczony do 150 mm długości,
- rozszczepienia nie dalej od końców niż 250 mm, 75 mm, 200 mm odpowiednio dla: europejskiego drewna twardego i miękkiego, drewna tropikalnego twardego,
- pęknięcia powierzchniowe,
- pęknięcie rdzeniowe, o ile nie osiąga górnej płaszczyzny drewna,
- pęknięcie okrężne na jednym końcu, o ile średnica słoja rocznego, w którym ono występuje nie przekracza 50 mm,
- odgięcie o długości różnej w zależności od rodzaju drewna i rodzaju wyrobu,
- łuk ograniczony do max 0,6% całkowitej długości dla podkładów i 0,2% całkowitej długości dla podrozjazdnic pod warunkiem, że wszystkie miejsca podparcia są współpłaszczyznowe,
- wichrowatość – max 0,4% całkowitej długości podkładów i podrozjazdnic,
- pęcherz żywiczny do 150 mm długości i 12 mm szerokości poza miejscami podparcia szyn,
- zwarty przewód żywiczny o łącznej długości do połowy długości podkładu lub podrozjazdnicy,
- luźny przewód żywiczny o ile nie rozciąga się od powierzchni do powierzchni, jego szerokość nie przekracza 3 mm, a długość nie przekracza połowy długości podkładu lub podrozjazdnicy,
- chodnik owadzi o ile nie wpływa na właściwości mechaniczne podkładów i podrozjazdnic.

6.5. Trwałość drewna

Drewno na podkłady i podrozdnicze powinno mieć trwałość naturalną lub nadaną, umożliwiającą jego użytkowanie w klasie 4 zagrożenia, zgodnie z wymaganiami wg PN-EN 335 [16]. Drewno o naturalnej trwałości klasy 1 lub 2, zgodnie z PN-EN 350-2 [17], ma naturalną trwałość umożliwiającą jego użytkowanie w klasie 4 zagrożeni. Drewno o naturalnej trwałości klasy 3, 4 i 5 lub zawierające nietrwały biel powinno być poddane obróbce w celu nadania mu trwałości umożliwiającej na jego użytkowanie w klasie 4 zagrożenia. Długowieczność gatunków klasy 2 może być zwiększona w wyniku obróbki.

6.6. Konserwacja podkładów i podrozdnic

6.6.1. Własności podkładów i podrozdnic i obróbka przed konserwacją

Podkłady i podrozdnicze poddawane konserwacji nie powinny przejawiać własności, które mogą stanowić przeszkodę do właściwego zastosowania środka ochrony i wpłynąć na pogorszenie funkcjonowania nasyconych podkładów i podrozdnic podczas eksploatacji. Wyrównywanie, nakrawanie, wstępne cięcie, struganie i wiercenie powinno być zakończone przed podjęciem zabiegu konserwacyjnego. Przed nasyceniem może być potrzebne nacinanie odpornych gatunków drewna w celu umożliwienia dobrego wnikania środka ochrony. Jeżeli podkłady i podrozdnicze po zakończonym zabiegu konserwacyjnym będą wymagały wiercenia lub obróbki mechanicznej, to podczas obróbki powinny być zastosowane odpowiednie środki zabezpieczające.

6.6.2. Środki ochrony drewna

Stosowanym środkiem ochrony drewna powinien być olej kreozotowy lub inny olej impregnacyjny spełniający wymagania dotyczące skuteczności działania odpowiadające klasie 4 zagrożenia, podane w normie PN-EN 599-1+A1 [18]. Określenie zgodności z wymaganiami skuteczności działania wg PN-EN 599-1+A1 powinno uwzględnić dane uzyskane z badań poligonowych podanych w PN-EN 252 [19] oraz innych dodatkowych badań lokalnych podanych w PN-EN 599-1+A1.

6.6.3. Wnikanie środka ochrony

Nasycone podkłady i podrozdnicze po zakończonym zabiegu konserwacyjnym powinny spełniać wymagania w zakresie głębokości wnikania środka impregnacyjnego w drewno odpowiadające wymaganiom klasy 8 przesycenia (P8: pełne przesycenie bielu), określonym w PN-EN 351-1 [20].

6.6.4. Retencja środka ochrony

Po zakończonym zabiegu konserwacyjnym, krytyczna wartość ilości środka ochrony pochłoniętego przez drewno w nasyconych podkładach i podrozdnicach powinna stanowić minimalne wymaganie odpowiadające klasie 4 zagrożenia wg PN-EN 599-1+A1 [18]. Krytyczna wartość powinna być oznaczona w odpowiednich badaniach biologicznych określonych w PN-EN 599-1+A1 z uwzględnieniem badań poligonowych, zgodnie z wymaganiami PN-EN 252 [19]. W celu przedłużenia okresu użytkowania mogą być stosowane wielokrotności wartości krytycznej większe niż 1.

Dla olejów kreozotowych, obecnie stosowanych w Polsce, do impregnacji drewnianych podkładów i podrozdnic nie przeprowadzono badań biologicznych wg PN-EN 599-1+A1. Nie są zatem określone wymagane wartości głębokości wnikania w drewno stosowanych impregnatów oraz wymagane wartości retencji oleju kreozotowego dla poszczególnych gatunków używanego drewna. W związku z powyższym przyjmuje się, że wymagana głębokość wnikania to cały biel, natomiast wymagane wartości retencji oleju dla poszczególnych gatunków drewna i wyrobów przyjmuje się takie jak podane w PN-D-95014 [6], choć wartości te dotyczą olejów które nie są w Polsce obecnie stosowane.

6.7. Zakładowa kontrola produkcji

W celu zapewnienia odpowiedniej jakości podkładów i podrozdnic oraz zabiegu konserwacyjnego zakładowy system kontroli produkcji powinien być prowadzony zgodnie z wymaganiami określonymi w PN-EN 351-1 [20]. System ten powinien umożliwiać wprowadzenie bezpośrednich lub pośrednich metod badań.

6.8. Znakowanie wyrobów

Na każdym podkładzie i podrozdnic, dla których wymagana jest zgodność z normą PN-EN 13145+A1:2012 [4], powinien znajdować się znak identyfikacyjny producenta. Każda dostawa podkładów i podrozdnic, powinna być zaopatrzona w dokumentację zawierającą co najmniej następujące informacje:

- numer normy, tj. PN-EN 13145+A1:2012,
 - gatunek drewna,
 - wymiary.
- Jeżeli podkłady i podrozdnic są nasycane powinny zawierać:
- nasycalnię,
 - nazwę środka ochrony,
 - P8,
 - retencję,
 - numer partii,
 - rok konserwacji.

7. Klasyfikacja i wymagania dla materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej wg normy PN-73-D-95006

Tytułowa norma została wycofana 02.04.2009 r. z powodu braku wymagań dla mostownic w normie PN-EN 13145+A1:2012 [4]. Norma [7] wciąż jest stosowana w zakresie wymiarów i kształtów mostownic oraz zabezpieczenia czół wyrobów z drewna dębowego i bukowego przed pękaniem, czego nie reguluje norma [4]. Mimo, iż dla podkładów i podrozdnic obowiązuje norma [4], to wciąż stosuje się klasyfikację typów podkładów i podrozdnic także według normy PN-73-D-95006.

W tabeli 3 przedstawiono klasyfikację wyrobów drewnianych stosowanych w nawierzchni kolejowej, kształty, wymiary, wymagania dotyczące materiału drzewnego, wykonania wyrobów drewnianych nawierzchni kolejowej i zabezpieczania czół wyrobów z drewna bukowego i dębowego przed pękaniem według normy PN-73-D-95006.

Tabela 3. Rodzaje i typy materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej wg PN-73-D-95006

Rodzaj (oznaczenie)	Typ	Symbol typu
podkłady (P)	belkowe	IB, IIB, IIIB
	oble	IIO, IIIO, IVO
podrozdżazdnice (R)	belkowe	IB
	oble	IIO
mostownice (M)	belkowe	I, II, III

(źródło: [4])

W zależności od użytego drewna rozróżnia się następujące odmiany materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej:

- sosnowe – So,
- dębowe – Db,
- bukowe – Bk.

Przykładowe oznaczenie:

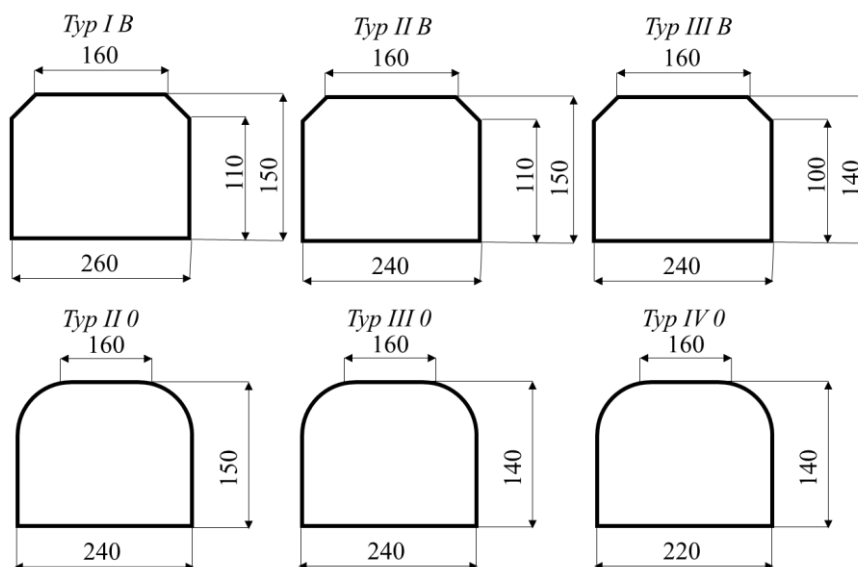
- podkładu (P) dębowego (Db) typu IIIO: P-Db-III O,
- podrozdżazdnicy (R) sosnowej (So) typu IB o długości 5,1 m: R-So-IB-5,1,
- mostownicy (M) sosnowej (So) typu II o długości 2,7 m: M-So-II-2,7,

Wymiary podane w normie odnoszą się do drewna załadowczo-suchego o wilgotności 20-25% w stosunku do masy drewna zupełnie suchego. W przypadku innej wilgotności należy uwzględnić nadmiary na zeschnięcie wg PN-57-D-03003 [21].

Dopuszczalne długości podkładów są następujące:

- typ IB, IIB, IIO: 2600 mm \pm 30 mm,
- typ IIIB, IIIO, IVO: 2500 \pm 30 mm.

Na rysunku 4 przedstawiono dopuszczalne wymiary przekroju poprzecznego podkładów.



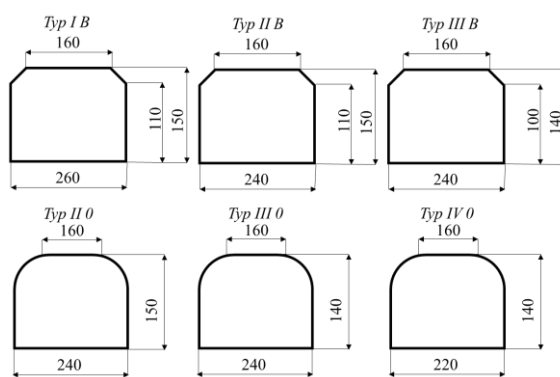
Rys. 4. Dopuszczalne wymiary przekrojów poprzecznych [mm] podkładów wg PN-73-D-95006

W tabeli 4 przedstawiono dopuszczalne odchylenia od wymiarów przekroju poprzecznego podkładów.

Tabela 4. Dopuszczalne odchyłki od wymiarów przekroju poprzecznego dla podkładów

Elementy powierzchni	Dopuszczalne odchyłki [mm]	
	w miejscach podparcia szyn	poza miejscami podparcia szyn
Szerokość płaszczyzny górnej	0	-20
Szerokość płaszczyzny dolnej	+5/-0	+20/-10
Grubość	+3/-2	+3/-5
Wysokość boków w podkładach belkowych	0	-20

Dopuszczalne długości podrozjazdnic wynoszą 2200–5100 ± 20 mm oraz 6000–6200 mm, stopniowanie co 100 mm. Na rysunku 5 przedstawiono dopuszczalne wymiary przekroju poprzecznego podrozjazdnic.



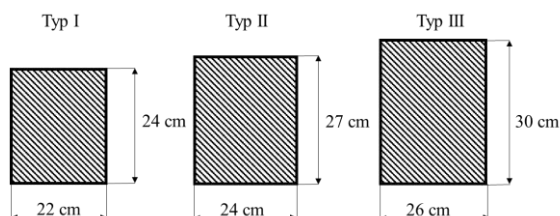
Rys. 5. Dopuszczalne wymiary przekroju poprzecznego podrozjazdnic wg PN-73-D-95006

Dopuszczalne odchylenia od wymiarów przekroju poprzecznego podrozjazdnic są takie same jak dla podkładów (tabela 4).

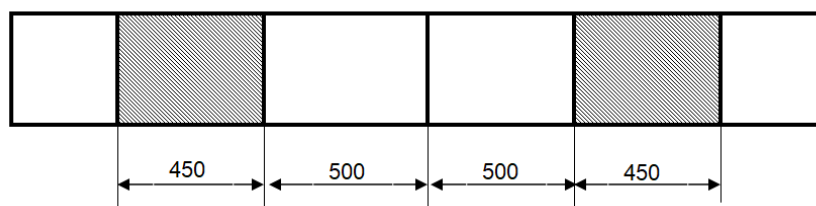
W przypadku mostownic i dopuszczalne odchylenia od nich są następujące:

- typ I: 2500 ± 20 mm.
- typ II: 2700 ± 20 mm.
- typ III: 3000 ± 20 mm.

Na specjalne zamówienie dopuszcza się produkcję mostownic o innych wymiarach. Na rysunku 6 przedstawiono dopuszczalne wymiary przekroju poprzecznego mostownic. Odchylenia od tych wymiarów wynoszą +3/-2 mm.



Rys. 6. Dopuszczalne wymiary mostownic wg PN-73-D-95006



Rys. 7. Miejsca podparcia szyn na podkładzie (zakreskowane)

Wyroby należy wykonywać z drewna sosnowego, dębowego i bukowego natomiast podrozdajdnice i mostownice z drewna sosny i dębu. Za zgoda stron dopuszcza się produkcję materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej z innych rodzajów drewna.

Płaszczyzny górne i dolne oraz boki płaskie podkładów, podrozdajdnic i mostownic powinny być wzajemnie równoległe. Dopuszcza się nierównoległość tych elementów w granicach przewidzianych dla nich dopuszczalnych odchyłek. W tej samej sztuce nie powinny występować jednocześnie ujemne odchyłki szerokości i grubości materiału. Czoła powinny być przycięte praktycznie prostopadle do podłużnej osi sztuki. Boki obłe i oblity powinny być okorowane na białe.

Zabezpieczeniu czoł przed pękaniem podlegają bukowe i dębowe materiały nawierzchni kolejowej. Materiały bukowe – wszystkie, natomiast materiały dębowe – gdy wykazują pęknięcia w stadium początkowym.

Bukowe materiały nawierzchni kolejowej należy zabezpieczać:

- przez ściąganie (paskowanie) bednarką o przekroju 20 x 2,0 lub 25 x 1,5 wg normy PN-76-H-92325 [22], przybitą w odległości 10 cm od końca podkładu np. sześcioma gwoździami,
- przez ściąganie stalowymi śrubami z łbem czworokątnym M12x280 lub M12x300 wg PN-73-M-82121 [23], umieszczonymi w otworach wykonanych równoległe do płaszczyzn w odległości 10 cm od czoła. Nakrętka M12 wg PN-75-M-82151 [24]. Pod łeb śruby i nakrętkę należy podłożyć podkładki 14 wg PN-59-M-82010 [25]; dopuszcza się stosowanie śrub z dwustronnymi sześciokątnymi nakrętkami wg PN-86-M-82144 [26].

Dębowe materiały nawierzchni kolejowej należy zabezpieczać klamrami w postaci podwójnej litery T, wbitymi w czoło. Dopuszcza się stosowanie klamer w postaci litery S oraz ściąganie (paskowanie) bednarką według sposobu podanego dla bukowych materiałów nawierzchni kolejowej.

Obecnie czoła bukowych i dębowych materiałów nawierzchni kolejowej zabezpiecza się przed pękaniem za pomocą kratownic ze stali ocynkowanej. Na rysunku 8 przedstawiono ten sposób zabezpieczenia czoł przed pękaniem.



Rys. 8. Zabezpieczenia czoł podkładów przed pękaniem

8. Porównanie wymagań norm PN-EN13145+A1:2012 i PN-73-D-95006

W tabelach 5, 6, 7 i 8 zestawiono wymagania norm PN-EN13145+A1:2012 i PN-73-D-95006 w zakresie rodzajów, typów i kształtów materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej oraz ich wymiarów, dopuszczalnych odchyłek od nich i zabezpieczenia czoł przed pękaniem.

Tabela 5. Porównanie wymagań norm PN-EN 13145+A1 i PN-D-95006 w zakresie typów wyrobów drzewnych nawierzchni kolejowej

Rodzaj wyrobu	wg PN-EN 13145+A1	wg PN-D-95006
podkłady	grupy 1-14	IB, IIB, IIIB, IIO, IIIO, IVO
podrozdżazdnice	grupy 1-8	IB, IIO
mostownice	brak wymagań	I, II, III

Tabela 6. Porównanie wymagań norm PN-EN 13145+A1 i PN-D-95006 w zakresie kształtów wyrobów drzewnych nawierzchni kolejowej

Rodzaj wyrobu	wg PN-EN 13145+A1	wg PN-D-95006
podkłady	E1 i E2	belkowe, obłe
podrozdżazdnice	przekrój poprzeczny prostokątny	belkowe, obłe
mostownice	brak wymagań	belkowe

Tabela 7. Najczęściej oceniane wyroby wg PN-EN13145+A1 i PN-D-95006

Rodzaj materiału drzewnego	Odmiany materiału drzewnego	Symbol wg PN-D-95006	Grupa wg PN-EN13145+A1
podkłady	sosna	P-So-IB	2E1
		P-So-IIB	4E1
		P-So-IIIB	6E1
	dąb	P-Db-IB	2E1
		P-Db-IIB	4E1
		P-Bk-IB	2E1
podrozdżazdnice	sosna	P-Bk-IIB	4E1
		R-So-IB	3
		R-Db-IB	3
	dąb	M-So-I	brak
		M-So-II	brak
		M-So-III	brak
mostownice	dąb	M-Db-I	brak
		M-Db-II	brak
		M-Db-III	brak

Tabela 8. Dopuszczalne odchyłki od wymiarów dla materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej wg PN-EN13145+A1 i PN-D-95006

Rodzaj wyrobu	wg PN-EN13145+A1 [mm]	wg PN-D-95006 [mm]
podkłady	długość: ± 30 szerokość i wysokość: $+10/-3$	
podrozdżazdnice	przekrój poprzeczny: max 3° jak dla podkładów	jak dla podkładów
mostownice	brak wymagań	długość: ± 20 szerokość i wysokość: $+3/-2$

Tabela 9. Porównanie wymagań norm PN-EN13145+A1 i PN-D-95006 w zakresie zabezpieczenia materiałów drewnianych przed pękaniem

Gatunek drewna	wg PN-EN13145+A1	wg PN-D-95006
sosnowe		Nie trzeba zabezpieczać
dębowe	Brak wymagań	Paskowanie bednarką lub ściąganie metalowymi śrubami, gdy wykazują pęknięcia w fazie początkowej
bukowe		Paskowanie bednarką lub ściąganie metalowymi śrubami – zawsze

9. Impregnacja materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej

Podkłady, podrozdżazdnice i mostownice są eksploatowane w trudnych warunkach środowiskowych z powodu ciągłego narażenia na działanie destrukcyjnych czynników takich jak deszcz, śnieg, wysoka i niska temperatura, promieniowanie UV oraz działanie czynników biologicznych (grzyby, owady, bakterie). Działanie tych wszystkich czynników powoduje, że drewno, z którego wykonane są podkłady, podrozdżazdnice i mostownice jest nietrwałe i w ciągu kilku lat ulega rozkładowi. W związku z tym drewniane materiały nawierzchni kolejowej poddaje się zabiegowi konserwacyjnemu, tj. impregnacji. Można stosować w tym celu różne środki ochrony - nieorganiczne takie jak fluorki (sodu, potasu, amonu), fluororkrzemiany (cynku i magnezu), związki arsenu (np. arsenian sodu) i boru (np. boraks, kwas ortoborowy), dichromiany (sodu i potasu), chlorki (np. cynku), siarczan (VI) miedzi (II) oraz organiczne takie jak olej kreozotowy, karbolineum, dinitrofenol, dinitrofenolan sodu, pentachlorofenol, pentachlorofenolan sodu, nafteniany miedzi czy chloroacetamid [27].

Metody nasycania można zaś podzielić na metody nasycania powierzchniowego i głębokiego [27]. W Polsce jako impregnat stosuje się olej kreozotowy, a impregnacji dokonuje się metodą Rüpinga. Olej kreozotowy jest najczęściej stosowanym środkiem ochrony stosowanym do nasycania drewnianych podkładów kolejowych (95% impregnowanych drewnianych podkładów kolejowych 2010 r. [28]. Dzięki temu czas eksploatacji tak zabezpieczonego materiału drewnianego znacznie się wydłuża [28-30].

9.1. Metoda Rüpinga

Metoda Rüpinga jest metodą głębokiego nasycania, wysokociśnieniową. Nazywana bywa także metodą próżniowo-ciśnieniową, a w szczególności metodą oszczędnościową. Metoda ta została opracowana w 1902 r. przez Rüpinga i Wassermana [27]. Metoda Rüpinga umożliwia osiągnięcie możliwie najgłębszego przesylenia danego rodzaju drewna przy minimalnym wchłonięciu cieczy impregnacynnej [27]. Przy zastosowaniu tej metody, ciecz olej kreozotowy nasycza tylko ścianki komórek drewnianych, z wnętrza których usuwa się go przez wstępne sprężanie powietrza w komórkach i przestrzeniach międzykomórkowych drewna. Powietrze rozprężając się po ustaniu ciśnienia oleju kreozotowego wypiera go na zewnątrz drewna.

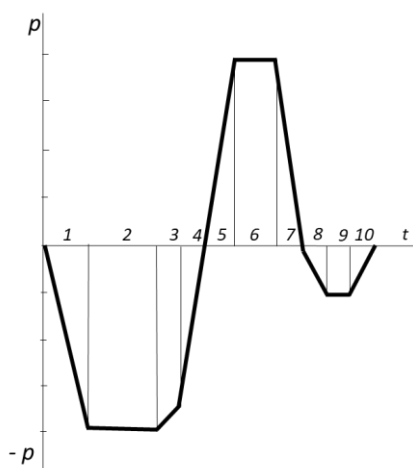
Drewno przeznaczone do nasycania umieszcza się w cylindrze, w którym ciśnienie zwiększane jest do 3-5 atm., w zależności od gatunku drewna. W temperaturze 90°C drewno jest całkowicie otoczone olejem, a jego komórki są wypełnione sprężonym powietrzem, które umożliwia olejowi przeniknięcie do jego wnętrza. Po całkowitym napełnieniu cylindra olejem jest on tłoczony w celu zwiększenia ciśnienia do około 6-8 atm. Przy takim ciśnieniu

olej dostaje się do komórek drewna. W momencie dostatecznego nasycenia drewna olej zostaje wypuszczony z cylindra powodując powstanie próżni [31]. Nie każdy gatunek drewna jednakowo ulega nasycaniu, dlatego proces ten pozwala operować wielkością ciśnienia, jeśli ma się do czynienia z mniej lub więcej spoistym drewnem lub zawartością w nim żywicy [27].

Warunkiem zastosowania tej metody jest wilgotność wyrobów drewnianych nie większa niż 25% [24]. Metoda Rüpinga ma następujące zalety [26]:

- pewność, że olej w dostatecznym stopniu nasycił drewno,
- metoda ta przewiduje zastosowanie oleju kreozotowego,
- skład oleju kreozotowego po przedostaniu się do drewna nie zmienia się,
- daje suchą, nielepłą zewnętrzną powierzchnię wyrobu drewnianego, dogodną w dalszej pracy,
- metoda jest tania,
- powoduje zwiększenie odporności i trwałości drewna, co jest bardzo istotne z punktu widzenia zastosowania wyrobu impregnowanego do budowy nawierzchni kolejowej (np. podkład bukowy impregnowany ma trwałość do 30 lat, natomiast podkład bukowy nie-impregnowany do 3 lat).

Przebieg procesu nasycania w metodzie Rüpinga przedstawiono na rysunku 9, a widok cylindra na rysunku 10.



Rys. 9. Przykładowy wykres przedstawiający przebieg procesu nasycania materiału drzewnego metodą Rüpinga (źródło: [31])



Rys. 10. Cylinder impregnacyjny stosowany przy nasycaniu materiału drzewnego metodą Rüpinga (źródło: opracowanie własne)

9.2. Charakterystyka oleju kreozotowego

Olej kreozotowy jest mieszaniną produktów destylacji smoły węgla kamiennego wrzących w temperaturach 200–360°C. Składa się on z różnych związków aromatycznych. Największą grupę związków oleju kreozotowego stanowią składniki o charakterze obojętnym (80–90%). Są to głównie wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne: antracen, chryzen, fenantren, naftalen, piren i inne. Zawartość składników o charakterze kwaśnym, głównie fenoli, waha się przeważnie w granicach 4–16% (konkretną wartość dopuszczają normy poszczególnych krajów). Składniki zasadowe stanowią 3,5–4,5% oleju kreozotowego. Są to przede wszystkim pirydyna i jej pochodne, chinolina i jej pochodne metylowe, izochinolina i inne [27].

Głównym czynnikiem impregnującym w oleju kreozotowym są wysokowrzące neutralne związki o charakterze obojętnym. Z tego powodu zmniejszono zawartość kwasów w oleju, np. kwasu karbonylowego. Na podstawie badań stwierdzono, że kwas karbonylowy ma dobre właściwości antygnilne w środowisku wodnym, zaś w środowisku oleju kreozotowego takich właściwości nie wykazuje [31]. Olej kreozotowy nie powoduje korozji stali, co jest szczególnie ważne dla części składowych nawierzchni kolejowej, słupów telegraficznych i słupów sieci elektrycznej. Olej kreozotowy jest tani, cechuje się dość wysoką toksycznością w stosunku do grzybów i owadów oraz dużą trwałością w drewnie nasyconym. Chroni ponadto drewno w dużym stopniu przed nawilżeniem. Olej kreozotowy nadaje się dobrze do impregnacji wyrobów drewnianych dzięki połączeniu trzech następujących własności [31]:

- ma dobre właściwości antygnilne,
- nie usuwa się z materiału drzewnego pod wpływem wody lub wilgoci gruntowej,
- nie zmienia swych właściwości pod wpływem składników gruntowych jak ma to miejsce w przypadku soli metali.

Badania przeprowadzone w Polsce w latach 1969–1970 w Instytucie Mikrobiologii UW we współpracy z COBiRTK na zużytych podkładach kolejowych nasyconych olejem kreozotowym wykazały istnienie bakterii z rodzaju *Pseudomonas*, które są zdolne do wykorzystywania oleju kreozotowego jako jedyne źródła węgla i tym samym jego rozkładu [24]. Jednakże tylko składniki obojętne oleju kreozotowego (głównie wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne jak naftalen, fenantren, antracen, piren, chryzen) są dobrym źródłem węgla dla tych bakterii. Składniki o charakterze kwaśnym (np. fenole) oraz zasadowym (pirydyna, chinolina) hamują rozwój bakterii z rodzaju *Pseudomonas*. Olej kreozotowy uznano za substancję toksyczną dla grzybów występujących np. na podkładach.

Wykonawcy badań sugerują jednak zmianę procentowej normy dotyczącej składników o charakterze kwasowym i zasadowym w oleju kreozotowym. Jest to związane z faktem, że mimo wszystko grzyby są główną przyczyną biologicznego niszczenia materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej. Poza tym materiały te są niszczone przez czynniki mechaniczne i atmosferyczne, którym trudno jest zapobiec [27].

Warunki techniczne, jakim powinien odpowiadać produkowany w Polsce olej kreozotowy, określa norma PN-EN 13991 [8]. Norma ta wyróżnia 3 gatunki oleju kreozotowego A, B i C w zależności od składu. W Polsce stosuje się tylko oleje gatunków B i C. Olej gatunku A został wycofany ze względu na zbyt wysoką zawartość rakotwórczego benzo-a-pirenu przez co nie spełniał wymagań prawnych w tym zakresie [32].

9.3. Wymagania techniczne dla oleju kreozotowego stosowanego w Polsce wg PN-EN 13991

W tabeli 10 przedstawiono wymagania normy PN-EN 13991 dla oleju kreozotowego stosowanego w Polsce do impregnacji materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej.

Tabela 10. Wymagania techniczne dla oleju kreozotowego gatunków A, B i C wg PN-EN 13991

Parametr	Gatunek A	Gatunek B	Gatunek C
Gęstość w 20°C/4°C [kg/m ³]	1,040–1,150	1,020–1,150	1,030–1,170
Zawartość wody [%]	max. 1	max. 1	max. 1
Temp. krystalizacji [°C]	max. 23	max. 23	max. 50
Fenole ekstrahowane wodą (m/m) [%]	max.3	max.3	max. 3
Składniki nierozpuszczalne w toluenie (m/m) [%]	max. 0,4	max. 0,4	max. 0,4
Zakres temperatur wrzenia			
Destylat do 235°C	max. 10	max. 20	–
Destylat do 300°C	20–40	40–60	max. 10
Destylat do 355°	55–75	min. 70	min. 65
Zawartość benzo-a-pirenu [mg/kg]	max. 500	max. 50	max. 50
Temperatura zapłonu [°C]	min. 61	min. 61	min. 61

W celu sprawdzenia czy stosowany do impregnacji materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej olej kreozotowy spełnia wymagania ww. normy w Polsce przeprowadza się następujące badania laboratoryjne:

- gęstość oleju wg PN-EN ISO 3675 [33],
- skład frakcyjny oleju wg PN-C-97055 [34],
- zawartość wody w oleju impregnacyjnym wg PN-EN ISO 9029 [35],
- zawartość składników nierozpuszczalnych w toluenie lub benzenie wg PN-C-97057 [36],
- zawartość benzo-a-pirenu wg PN-EN 1014-3 [37],
- zawartość fenoli ekstrahowanych wodą wg PN-EN 1014-4 [38],
- temperatura zapłonu wg PN-EN ISO 2719 [39],
- temperatura krystalizacji wg PN-EN 13991 [8].

Ze względu na wysoką zawartość benzo-a-pirenu olej kreozotowy gatunku A został w Polsce wycofany. Do impregnacji materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej stosuje się tylko oleje gatunku B i C.

10. Wymagania normy PN-D-95014 w zakresie wnikania i retencji oleju kreozotowego

Norma PN-D-95014 dotyczy olejów, które nie są obecnie w Polsce stosowane. Jednakże z powodu braku precyzyjnych wymagań w normie PN-EN 13145+A1:2012 [4] stosuje się normę PN-D-95014 w zakresie wnikania i retencji oleju kreozotowego. Zgodnie z [6] podkłady i zespoły podkładowe powinny mieć przed nasyceniem nawiercone otwory na wkręty, a wilgotność drewna nie powinna przekraczać 25%. Wilgotność oznacza się wg PN-EN 13183-1 [40] lub PN-EN 13183-2 [41].

Sprawdzenie wnikania i retencji oleju kreozotowego należy wykonać dla każdego gatunku drewna, po co najmniej 1 typie z każdego rodzaju wyrobu, dla co najmniej 12 sztuk pobranych losowo z partii.

Głębokość wnikania (przesycenia) oleju kreozotowego w materiał drzewny należy wykonać przez pobranie jednej wywiertki [6], z każdej badanej sztuki, według PN-EN 212 [42] za pomocą świdra probierczego wkręcając go (w przybliżeniu) w połowie długości materiału i prostopadle do płaszczyzny. Otwór po pobranej wywiertce należy zaczopować kołeczką nasynionym olejem kreozotowym. Głębokość wniknięcia oleju kreozotowego w badanym wyrobie należy zmierzyć za pomocą suwmiarki. Ilość oleju kreozotowego pochłoniętego przez drewno należy sprawdzić ważąc pobrany do badań materiał drzewny z każdej partii przed poddaniem procesowi nasycania i po zakończeniu procesie nasycania.

W tabelach 11 i 12 przedstawiono wymagania PN-D-95014 w zakresie wnikania i retencji oleju kreozotowego dla materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej.

Tabela 11. Wymagania PN-D-95014 w zakresie wnikania oleju impregnacynego dla materiałów drewnianych nawierzchni kolejowej

Rodzaj drewna nawierzchni kolejowej	Strefy drewna	Głębokość przesycenia
sosnowe	biel niezasiniony	na całej grubości warstwy bielu
	biel zasiniony	80% grubości warstwy bielu
	odkryta twardziel	min. 7 mm od powierzchni
dębowe	biel o grubości do 20 mm	na całej grubości warstwy bielu
	biel o grubości powyżej 20 mm	80% grubości warstwy bielu
	odkryta twardziel	min. 4 mm od powierzchni
bukowe	biel na całym przekroju poprzecznym	80% grubości warstwy bielu
	biel o grubości do 60 mm	na całej grubości warstwy bielu
	odkryta fałszywa twardziel	min. 5 mm od powierzchni

Tabela 12. Wymagania PN-D-95014 w zakresie ilości oleju impregnacynego pochłoniętego przez materiały drewnne nawierzchni kolejowej (retencji)

Drewno	Materiał drzewny	Ilość pochłoniętego oleju impregnacynego [kg/m ³ drewna]	Dopuszczalne odchylenia [%]
sosnowe	podkłady	100	-10 do +20
	podrozjazdnice	100	
	mostownice	80	
dębowe	podkłady	50	-10 do +20
	podrozjazdnice	50	
	mostownice	45	
bukowe	podkłady	150	-10 do +20
	podrozjazdnice	150	
	mostownice	150	

11. Porównanie wymagań norm PN-EN 13145+A1 I PN-D-95014 w zakresie wnikania i retencji oleju kreozotowego

Porównanie wymagań norm przedstawiono tabelach 13 i 14.

Tabela 13. Porównanie wymagań norm PN-EN 13145+A1 i PN-D-95014 w zakresie głębokości wnikania oleju impregnacynego w drewno (wyraźna biel i twardziel)

Gatunek drewna	wg PN-EN 13145+A1	wg PN-D-95014
sosnowe	Pełne przesycenie bieli wg PN-EN 351-1 [17]	min. 7 mm od powierzchni (odkryta twardziel)
dębowe		min. 4 mm od powierzchni (odkryta twardziel)
bukowe		min. 5 mm od powierzchni (odkryta fałszywa twardziel)

Tabela 14. Porównanie wymagań norm PN-EN 13145+A1 i PN-D-95006 w zakresie ilości oleju impregnacynego pochłoniętego przez drewno

Gatunek drewna	Rodzaj wyrobu	wg PN-EN 13145+A1	wg PN-D-95014 [kg oleju/m ³ drewna]
sosnowe	podkład	jak dla klasy 4 zagrożenia wg PN-EN 599-1+A1 [15]	90-120
	podrozdżazdnica		
	mostownica		
dębowe	podkład	jak dla klasy 4 zagrożenia wg PN-EN 599-1+A1	45-60
	podrozdżazdnica		
	mostownica		
bukowe	podkład	jak dla klasy 4 zagrożenia wg PN-EN 599-1+A1	135-180
	podrozdżazdnica		
	mostownica		

12. Podsumowanie

Materiały drzewne nawierzchni kolejowej stanowią ważny element drogi kolejowej i wciąż są i będą stosowane ze względu na swoje unikalne właściwości. Właściwe wykonanie wyrobów z tych materiałów i zabezpieczenie ich przed destrukcyjnym działaniem czynników biologicznych jest niezwykle istotne. Dzięki temu procesowi znacznie wydłuża się czas użytkowania.

Na podstawie przeanalizowanego materiału można stwierdzić, że brak jest pełnych, dokładnych i jednoznacznych wymagań dla drewna oraz impregnatu, co stanowi pewien problem dla całego zakresu stosowanych wyrobów (podkłady, podrozdżazdnice, mostownice).

Bibliografia

1. Antolik, Ł., Fabijański, M., Kowalik, P. (2016). Impregnacja drewnianych podkładów kolejowych olejem kreozotowym. Właściwości drewna twardego. Pękanie, a właściwości mechaniczne podkładów bukowych. Seminarium Instytutu Kolejnictwa.
2. Fabijański, M., Kowalik, P., Milczarek D. (2016). Wyroby drewniane stosowane w nawierzchni kolejowej. V Międzynarodowa Konferencja Naukowa - Najnowsze technologie w transporcie szynowym (ADVANCED RAIL TECHNOLOGIES - ART Conference 2016), Warszawa.
3. <https://www.wlin.pl/las/martwe-drewno/budowa-drewna/>
4. PN-EN 13145+A1:2012 Kolejnictwo – Tor –Podkłady i podrozdżazdnice drewniane.
5. Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 129/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności (TSI) podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej – dodatek C2: Charakterystyki techniczne konstrukcji rozjazdów i skrzyżowań.
6. PN-D-95014:1997 Nawierzchnia kolejowa – Sosnowe, dębowe i bukowe materiały drzewne nawierzchni kolejowej nasycane olejem impregnacynym.
7. PN-D-95006:1973 Materiały drzewne nawierzchni kolejowej normalnotorowej.
8. PN-EN 13991:2004 Pochodne z pirolizy węgla – Oleje na bazie smoły węglowej: olej kreozotowy – wymagania techniczne i metody badań.

9. Kapryś, J., Ważny, J. (2001). Ochrona budynków przed korozją biologiczną. Arkady.
10. Praca zbiorowa - Budownictwo ogólne. Materiały i wyroby budowlane (2010). T.1, Arkady.
11. PN-EN 338:2016-06 Drewno konstrukcyjne – klasy wytrzymałości.
12. Kokociński, W. (2006). Drewno – pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych. Prodruk.
13. Krzysik, F. (1978). Nauka o drewnie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
14. Kotwica, J. (2011). Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym. Arkady, Warszawa 2011.
15. Kimbar, R. (2011). Wady drewna, wydanie pierwsze, Osie.
16. PN-EN 335:2013-07 Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych – Klasy użytkowania: definicje, zastosowanie do drewna litego i materiałów drewnopochodnych.
17. PN-EN 350-2:2000 Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych – Naturalna trwałość drewna litego – Wytyczne dotyczące naturalnej trwałości i podatności na nasycanie wybranymi gatunków drewna mających znaczenie w Europie.
18. PN-EN 599-1+A1:2014-04 Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych – Skuteczność działania zapobiegawczych środków ochrony drewna oznaczona w badaniach biologicznych – Część 1: Wymagania odpowiadające klasie zagrożenia.
19. PN-EN 252:2015-01 Metoda poligonowego badania w celu oznaczania względnego działania zabezpieczającego środka ochrony drewna w kontakcie z ziemią.
20. PN-EN 351-1:2009 Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych – Drewno lite zabezpieczone środkiem ochrony – Część 1: Klasyfikacja wnikania i retencji środka ochrony.
21. PN-57/D-03003 Materiały tarte – Nadmiary na zeschnięcie.
22. PN-H-92325:1976 Bednarka stalowa bez pokrycia lub ocynkowana.
23. PN-M-82121:1973 Śruby ze łbem kwadratowym.
24. PN-M-82151:1975 Nakrętki kwadratowe.
25. PN-M-82010:1959 Podkładki kwadratowe w konstrukcjach drewnianych.
26. PN-M-82144:1986 Nakrętki sześciokątne.
27. Kawczyński, R. (1972). Nasycanie drewna środkami chemicznymi. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
28. Jaworska, A., Milczarek, D., Naduk, E. (2013). Impregnowanie drewnianych podkładów kolejowych z uwzględnieniem właściwości fizykochemicznych środków ochrony drewna. Problemy Kolejnictwa, 161, 43-58.
29. Antolik, Ł., Fabijański, M. (2016). Badania wytrzymałościowe podkładów drewnianych, V Międzynarodowa Konferencja Naukowa - Najnowsze technologie w transporcie szynowym (ADVANCED RAIL TECHNOLOGIES - ART Conference 2016), Warszawa.
30. Fabijański, M. (2013). Wpływ środowisk agresywnych na właściwości popularnych materiałów polimerowych stosowanych w transporcie szynowym Problemy Kolejnictwa, tom 57, 158, 51-67.
31. Skrzywan, T. Nasycanie drewna. Ars Technica, miesięcznik poświęcony technice i nauce, rok II, zeszyt 3-4, czerwiec 1923, 14-19, zeszyt 5-6, grudzień 1923, 73-78, Warszawa.
32. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 lipca 2004 r. w sprawie ograniczeń, zakazów lub warunków produkcji, obrotu lub stosowania substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz zawierających je produktów (Dz. U. nr 168, poz. 1762).
33. PN-EN ISO 3675:2004 Ropa naftowa i ciekłe przetwory naftowe – Laboratoryjne oznaczanie gęstości – Metoda z areometrem.
34. PN-C-97055 Produkty węglowodorkowe – Destylacja normalna.
35. PN-EN ISO 9029:2005 Ropa naftowa – Oznaczanie wody – Metoda destylacyjna.
36. PN-C-97057:1982 Produkty węglowodorkowe – Oznaczanie składników nierozpuszczalnych w benzenie lub toluenie.
37. PN-EN 1014-3:2012 Środki ochrony drewna – Kreozot i drewno nasycone kreozotem – Metody pobierania próbek i analizy – Część 3: Oznaczanie zawartości benzo-a-pirenu w kreozocie.
38. PN-EN 1014-4:2012 Środki ochrony drewna – Kreozot i drewno nasycone kreozotem – Metody pobierania próbek i analizy – Część 4: Oznaczanie w kreozocie zawartości fenoli ekstrahowanych wodą.
39. PN-EN ISO 2719:2016-08 Oznaczanie temperatury zapłonu – Metoda zamkniętego tygla Pensky'ego-Martensa.
40. PN-EN 13183-1:2004 Wilgotność sztuki tarcicy – Część 1: Oznaczanie wilgotności metodą suszarkowo-wagową.
41. PN-EN 13183-2:2004 Wilgotność sztuki tarcicy - Część 2: Oznaczanie wilgotności za pomocą elektrycznego wilgotnościomierza oporowego.

42. PN-EN 212:2007 Środki ochrony drewna – Ogólne wytyczne pobierania i przygotowania do analizy próbek środków ochrony drewna i drewna zabezpieczonego.

Wymagania dla wyrobów drewnianych stosowanych w nawierzchni kolejowej

Streszczenie. W budowie dróg kolejowych powszechnie stosuje się strunobetonowe podkłady kolejowe. Posiadają wiele zalet i cech, które spowodowały, że są one stałym elementem infrastruktury kolejowej. Jednak nadal stosuje się także podkłady drewniane, które posiadają wiele zalet, takich jak dobre tłumienie drgań czy odporność na działanie temperatury. Z uwagi na ich masę stosuje się je na szlakach, gdzie jest problem z podtorzem. Jednym z powodów ich wykorzystania jest również ekonomia. Drewno jest materiałem naturalnym, który bez odpowiedniego zabezpieczenia ulega rozkładowi pod wpływem czynników biologicznych i środowiskowych. Konieczne jest zatem odpowiednie zabezpieczenie materiału drzewnego przed oddziaływaniem środowiska, w którym jest użytkowany. W pracy omówiono wymagania jakie muszą spełniać wyroby drewniane stosowane do budowy nawierzchni kolejowej. Przedstawiono z jakich gatunków drewna wykonuje się materiały drewniane nawierzchni kolejowej. Omówiono również budowę drewna oraz właściwości drewna twardego i miękkiego. Przedstawiono także aktualnie obowiązujące przepisy i normy klasyfikujące rodzaje i typy oraz wymiary materiałów drzewnych i regulujące wymagania dla materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej. Poruszono także problemy wynikające z niejasności i niedociągnięć tych przepisów i norm. Omówiono także proces impregnacji materiałów drzewnych nawierzchni kolejowej olejem kreoizotowym metodą próżniowo-ciśnieniową Rüpinga. Oleje tego typu nie są objęte dla środowiska, szczególnie te starszej generacji, które zawierały duże ilości silnie toksycznych i rakotwórczych substancji, zwłaszcza benzo-a-pirenu. Przeanalizowany materiał pozwala stwierdzić, że istnieją pewne braki co do jasności, dokładnych i jednoznacznych wymagań dla drewna oraz impregnatu. Stanowi to pewien problem dla całego zakresu stosowanych wyrobów.

Słowa kluczowe: drewnie podkłady kolejowe, proces impregnacji, wymagania, właściwości

