



FUNKCJONOWANIE INFRASTRUKTURY KOMUNIKACYJNEJ OBSZARÓW LEŚNYCH

Grzegorz Trzciński¹, Andrzej Czerniak², Sylwester M. Grajewski²

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ²Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

THE FUNCTIONING OF FOREST COMMUNICATION INFRASTRUCTURE

Streszczenie

W pracy wskazuje się, że masy całkowite samochodów z surowcem drzewnym pozyskanym z Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe powinny odpowiadać przepisom, aby zarówno drogi leśne jak i publiczne nie były ponadnormatywnie obciążane. W związku z przebudową dróg publicznych i aktualnie prowadzoną optymalizacją leśnej sieci drogowej konieczna jest współpraca zarządzających tymi drogami, planowanie wspólnych prac drogowych i opracowywanie logistyki transportowej lokalnych obszarów transportowych. Badania terenowe wykazały, że nośność dróg lokalnych i leśnych można podnosić stosując odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne i nowoczesne materiały drogowe (np. geosiatki i geotkaniny).

Słowa kluczowe: drogi leśne, transport drewna, nośność

Abstract

The paper indicates that the total mass of vehicles with timber obtained from the State Forests National Forest Holding shall satisfy the requirements for both forest roads and public were not loaded above standards. In connection with the reconstruction of public roads and actually led the optimization of forest road network cooperation

is required between managers of these roads, the planning of common work and the development of road transport logistics of local transport areas. Field studies have shown that the load capacity of local and forestry roads can be raised by using appropriate design solutions and modern road materials (eg. geogrid and woven geotextiles).

Keywords: *forest roads, transportation of timber, road carrying capacity*

WSTĘP

Powierzchnia lasów w Polsce wynosi 9197,9 tys. ha, co stanowi 29,4% obszaru kraju. W większości są to grunty Skarbu Państwa (7355 tys. ha – 77,2%) w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP). Prowadzenie gospodarki leśnej jest niemożliwe bez posiadania własnej odpowiedniej infrastruktury technicznej, w tym bardzo ważnej dla obszarów leśnych infrastruktury komunikacyjnej, która jest (integralną częścią) połączona z systemem transportowym kraju poprzez układ dróg publicznych, od gminnych po krajowe. Jednocześnie przez obszary leśne przebiega wiele dróg publicznych z możliwym wjazdem z dróg leśnych, jak i dróg bez połączeń z drogami wewnętrznymi.

Drogi leśne służą zarządom nie tylko do transportu surowca drzewnego, ale pełnią również inne funkcje, w tym m.in. dojazdów pożarowych czy też udostępniania lasu do celów turystycznych i rekreacyjnych. Konieczność zapewnienia całorocznego dostępu do większości obszarów leśnych, bez względu na warunki pogodowe, wymusza podejmowanie działań inwestycyjnych zmierzających do polepszania stanu technicznego i zwiększenia nośności nawierzchni leśnych dróg strategicznych, głównych i bocznych (Czerniak i in. 2013). Dotyczy to w pierwszej kolejności najbardziej obciążonych ruchem ciągów komunikacyjnych (tzn. dróg strategicznych łączących sąsiednie nadleśnictwa oraz dróg głównych) lub odgrywających ważną rolę przeciwpożarową w sieci drogowej danego obszaru transportowego.

CEL I ZAKRES

Funkcjonowanie dróg wewnętrznych leśnych jest niemożliwe bez prawidłowego połączenia ich z drogami publicznymi co zapewnia między innymi możliwość transportu surowca drzewnego z lasu do odbiorcy. Celem pracy była analiza zagadnień związanych z funkcjonowaniem dróg leśnych oraz dróg publicznych znajdujących na obszarach leśnych w kontekście transportu drewna. Badania mas zestawów wywozowych wykonywano w celu określenia ewentual-

nych zagrożeń dla konstrukcji dróg leśnych i lokalnych dróg publicznych.

Zakres pracy obejmował:

- analizę ilościową dróg leśnych w PGL LP i dróg publicznych,
- określenie jednostkowych ładunków drewna i mas zestawu wywozowego,
- określenie nacisku poszczególnych osi,
- ocenę nośności i stopnia zagęszczenia typowych konstrukcji nawierzchni dróg leśnych ustalanych różnymi metodami pomiarowymi.

METODYKA

Analizę stanu ilościowego i jakościowego dróg leśnych wykonano na podstawie danych z całej Polski zawartych w Systemie Informatycznym Lasów Państwowych – SILP (uzyskane z DGLP w ramach realizacji tematu badawczego przez UP w Poznaniu). Dane o ilości dróg publicznych i zachodzących zmianach uzyskano z opracowania „Transport” GUS oraz danych z inwentaryzacji dróg w PGL LP z 2007 r.

Objętość drewna transportowanego zestawem wysokotonażowym określono na podstawie kwitów wywozowych wystawianych przez leśniczego i po weryfikacji przez brakarza u odbiorcy.

Masę całkowitą zestawu wywozowego (GVW) oraz masę pustego zestawu (po rozładowaniu) określono na podstawie ważenia na wadze stacjonarnej każdego transportu u odbiorcy, a z różnicy otrzymano masę ładunku. Nacisk poszczególnych osi zestawu wysokotonażowego otrzymano poprzez ważenie dynamiczne każdej osi pojazdu na wagach platformowych, gdzie samochód najechał każdą ośią na platformy wagowe, a w wynikach uwzględniono 5% błąd (zgodnie z metodą Inspekcji Transportu Drogowego – ITD).

Pomiary nośności i stopnia zagęszczenia nawierzchni prowadzono w różnych nadleśnictwach przy użyciu dwóch urządzeń (rys. 1): lekkiej płyty dynamicznej (Zorn Instruments, typu ZFG 3000 GPS z 10 kg obciążnikiem opadowym) oraz jednoczuJNIKOWEJ płyty statycznej VSS (Prüfgerätebau GmbH, typu HMP PDG Pro). Pomiary lekką płytą dynamiczną (LWD) odbyły się zgodnie z metodyką zalecaną przez producenta płyty (Instrukcja... 2014) oraz Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie (Szpikowski i in. 2005). Badania prowadzono dla lewego i prawego śladu kół oraz dla osi jezdni, wykonując od 10 do 60 pomiarów na każdym odcinku. Ustalono wartość dynamicznego modułu odkształcenia E_{vd} oraz wielkość s/v , będącą miarą stopnia zagęszczenia przyjmując, że zagęszczenie badanej warstwy jest wystarczające wówczas, gdy wartość s/v nie przekracza 3 ms (Instrukcja... 2014).

Badania jednoczuJNIKOWĄ płytą statyczną prowadzone były zgodnie z ustaleniami BN-64/8931-02 i PN-S-02205:1998 w liczbie, co najmniej trzech pomiarów

na każdym z analizowanych odcinków. Obliczono wartości pierwotnego E_1 i wtórnego E_2 modułu odkształcenia oraz wartość wskaźnika odkształcenia I_o .

Uzyskane wyniki badań uśredniono, a rezultaty pomiarów płytą statyczną odniesiono do wskazań zawartych w opracowaniach Kamińskiego (2012) oraz Czerniaka i Grajewskiego (2014).

Zdolność nawierzchni do przyjmowania obciążeń od kół pojazdów może być również określana poprzez pomiary wartości sprężystych ugięć nawierzchni (U_s) ugięciomierzem belkowym Benkelmana wg BN-70/8931-06. Wyniki tego rodzaju badań dla dróg leśnych podaje Trzcinski (2011).



Rysunek 1. Lekka płyta dynamiczna – po lewej i płyta statyczna – po prawej stronie (fot. S.M. Grajewski)

Figure 1. Light weight deflectometer (LWD) – on the left and static plate (VSS) – on the right (fot. S.M. Grajewski)

WYNIKI

Infrastruktura drogowa obszarów leśnych

Podstawowy układ komunikacyjny obszarów leśnych pozwalający na realizację zadań gospodarki leśnej zapewniają wewnętrzne drogi leśne, które zgodnie z ustawą o drogach publicznych nie zostały zaliczone do żadnej kategorii dróg publicznych i znajdują się na gruntach leśnych (art. 8 ustawy o lasach). Według danych PGL LP (2015 r.) w zarządzie 430 nadleśnictw znajduje się 106640 km dróg wewnętrznych leśnych, co daje średnią wartość na jedno

nadleśnictwo 248 km, przy rozpiętości wyników od poniżej 100 km do ponad 900 km. Są to drogi o różnym przeznaczeniu od dróg technologicznych, po drogi główne w ciągu komunikacyjnym, z których 49864 km pełni jednocześnie, bardzo ważną w ochronie lasu, funkcję dojazdów pożarowych (tab. 1). Zarządcy dróg leśnych określili ich stan techniczny w 42% na średni i w 30% na dobry, co nie oznacza, że brak jest dróg w stanie złym (17%).

Tabela 1. Charakterystyka dróg leśnych w PGL LP
Table 1. Characteristics of forest roads in PGL LP

| Rodzaj drogi Type of road | | | | Dojazdy pożarowe Commuting fire | Stan techniczny drogi Roads of technical state | | | |
|------------------------------|----------------|------------------------------|---------------------|--|---|-------------------|------------------------------|------------|
| Główna Main | Boczna Side | Technologiczna Technology | Dojazdowa Access | | Dobry Good | Średni Average | Zadawalający Satisfactory | Zły Bad |
| [km] | | | | [km] | [km] | | | |
| 54136,6 | 48064,2 | 549,4 | 2003,9 | 49863,9 | 31671,1 | 45371,2 | 11677,0 | 17788,4 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PGL LP

Według danych GUS (2015a) w kraju jest 415971,8 km dróg publicznych wszystkich kategorii, wśród których najwięcej jest dróg gminnych – 242942 km (tab. 2). Można zaobserwować, na przestrzeni kilku lat, duże zmiany, dotyczące szczególnie zwiększenia długości dróg gminnych, jak i zmniejszenia kilometrów dróg powiatowych (tab. 2). Jest to związane z uchwałami samorządów lokalnych w sprawie nadania (lub wycofania) drodze statusu drogi publicznej, co może być podyktowane obniżeniem (np. z powiatowej na gminną) lub też podniesieniem jej kategorii (np. drogi wewnętrznej należącej do samorządu do statusu drogi publicznej). Można domniemywać, że tak duży wzrost długości dróg gminnych jest wynikiem realizacji dwóch programów krajowych związanych z dofinansowaniem z budżetu państwa remontów i przebudów dróg powiatowych i gminnych oraz obciążeniami podatkowymi dróg wewnętrznych należących do samorządów.

We wszystkich kategoriach dróg publicznych drogi leżące poza terenami miast stanowią większość, jednak w przypadku dróg powiatowych jest to ponad 89%. W przypadku dróg gminnych dodatkowym mankamentem jest stan nawierzchni, bowiem 56% tych dróg posiada słabonośną nawierzchnię gruntową (tab. 3).

Dane statystyczne GUS nie uwzględniają długości dróg publicznych przebiegających przez obszary leśne. Analiza danych dotyczących długości dróg publicznych przebiegających przez obszary leśne możliwa jest jedynie na podstawie danych z wewnętrznej inwentaryzacji dróg dokonanej w PGL LP w roku 2007, według której przez tereny zarządu LP przebiega 48,81 tys. km dróg pu-

blicznych (nie uwzględniano autostrad i dróg ekspresowych). Dane z PGL LP dotyczą jedynie rodzaju nawierzchni na drogach publicznych przechodzących przez obszary leśne nadleśnictw, bez uwzględnienia kategorii drogi publicznej. Znaczna część (39%) dróg publicznych na terenie leśnym jest o nawierzchni gruntowej, a drogi o nawierzchni bitumicznej (44%) to głównie drogi o kategorii powiatowej i gminnej, co wynika z ogólnej liczby tej kategorii dróg w sieci dróg publicznych (Trzciniński 2013).

Tabela 2. Długości dróg publicznych
Table 2. Length of public roads

| Rok Year | Długość dróg publicznych [km] Length of public roads [km] | | | | |
|---|--|---------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| | Ogółem Total | Krajowe National | Wojewódzkie Voivodship | Powiatowe District | Gminne Commune |
| 2010 | 406122,1 | 18607,9 | 28461,1 | 126172,1 | 232888 |
| 2013 | 415971,8 | 19295,8 | 28479,5 | 125273,9 | 242923 |
| Zmiany 2013 do 2010 roku Changes 2013 to 2010 year | 9849,7 | 687,9 | 18,4 | -898,2 | 10034 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS „Transport” 2011, 2015

Tabela 3. Charakterystyka dróg publicznych
Table 3. Characteristics of public roads

| Kategoria drogi Road categories | Długość dróg publicznych w terenach [km] Length of public roads in areas [km] | | |
|------------------------------------|--|-------------------------|------------------------------|
| | Miejskich Urban | Zamiejskich / Non-urban | |
| | | Ogółem Total | W tym gruntowe Unsurfaced |
| Krajowe / National | 4273,1 | 15022,7 | 0 |
| Wojewódzkie / Voivodship | 4370,4 | 24109,1 | 51,8 |
| Powiatowe / District | 13507,1 | 111766,8 | 10525,1 |
| Gminne / Commune | 47041,6 | 195041,8 | 108405,5 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS „Transport” 2015a

Pozyskanie drewna i jego transport

Pozyskanie drewna na obszarze całego kraju, w różnych miejscach i czasie w systemie *loco las* wiąże się z koniecznością zapewnienia transportu drewna przez kupującego. Pozyskanie drewna w lasach polskich systematycznie rośnie

i tak w 2010 r. wynosiło 35467 tys. m³ ogółem, a w 2014 roku już 39742 tys. m³ (GUS 2015b). Ze struktury własności lasów wynika, że większość pozyskania (37751 tys. m³) dotyczy PGL LP, co daje średnią wartość na nadleśnictwo 87,8 tys. m³ drewna, przy czym istnieje duża rozpiętość między nadleśnictwami, jak i regionalnymi dyrekcjami (od 949,7 tys. m³ w RDLP Krakowie do 3722,6 tys. m³ w RDLP Szczecinie).

Duże rozproszenie ładunku drewna na powierzchni leśnej, jak i odbiorców pozyskiwanego surowca skutkuje znacznymi odległościami transportowymi. Według Sieniawskiego i Trzczińskiego (2010) średnia odległość transportu dla drewna tartaczego wynosi 77 km, a dla drewna przemysłu celulozowego 202 km. Sieniawski (2012) podaje średnie odległości transportowe dla drewna od 50 do 202 km w zależności od jego dalszego przeznaczenia, a przy drewnie do przemysłu celulozowego u jednego z odbiorców 40% dostaw było z odległości powyżej 400 km. Badania wykonane przed 2012 r. wykazały średnią masę samochodu z drewnem od 49,3 do 50,7 Mg, a 60% transportów drewna miało masę całkowitą powyżej 50 Mg. Jednostkowy ładunek drewna wynosił średnio 30,5 m³ dla drewna dłużycowego i 35,5 m³ dla stosowego. Naciski na pojedynczą osł pojazdu przekraczały niejednokrotnie (45%) 100 kN (Trzcziński 2011).

Po nowelizacji art. 61 ustawy Prawo o ruchu drogowym z 2011 r. (Dz. U. z 2005 r., nr 108, poz. 908, z późn. zm.) i wydaniu Rozporządzenia Ministra Środowiska oraz Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie określenia gęstości drewna (Dz. U. z 2012 r., poz. 536) nastąpiło ograniczenie masy drewna transportowanego jednym ładunkiem. Leśniczy jest zobowiązany do wydania masy drewna niepowodującej przekroczenia dopuszczalnej masy całkowitej zestawu wywozowego.

W ramach ponownych badań (styczeń 2016 r.) przeprowadzono analizy mas transportowanego drewna oraz ważenia samochodów w celu określenia masy całkowitej zestawu, jak i nacisków na pojedynczą osł. Przeanalizowano 621 transportów do jednego odbiorcy, w północno-wschodniej części kraju, drewna dłużycowego, sosnowego z określeniem masy drewna, masy pustego samochodu, masy całkowitej (GVW). Dla 78 zestawów dokonano pomiaru obciążenia poszczególnych osi.

Na podstawie otrzymanych wyników (z dostarczenia do odbiorcy 18154,74 m³ drewna) można stwierdzić, że nastąpiło zmniejszenie ładunków drewna transportowanego zestawem wywozowym do średniej wartości 29,23 m³, a prawie 69% transportów miało ładunek w przedziale 25-30 m³. Masy pustego zestawu wywozowego są na podobnym poziomie, średnio 19,98 Mg i są zależne głównie od rodzaju zestawu, samochód z przyczepą lub ciągnik siodłowy z naczepą (tab. 4).

Mając dane z kwitów wywozowych objętości drewna w metrach sześciennych i masę pustego zestawu wywozowego obliczono teoretyczną masę całkowitą zestawu wywozowego z ładunkiem przy zastosowaniu przeliczników gę-

stości drewna z Rozporządzenia Ministra Środowiska oraz Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 (tab. 4). Masę całkowitą (obliczeniową) do 40 Mg stwierdzono dla 18% zestawów, a 40% transportów zawierała się w przedziale 40-42 Mg. Ważąc zestawy wywozowe na wadze stacjonarnej otrzymano znacznie wyższe (41,25-60,80 Mg) masy rzeczywiste zestawów, a średnia masa zestawu wynosi ponad 50 Mg (tab. 4).

Tabela 4. Charakterystyka transportu drewna dłużycowego
Table 4. Characteristics of timber transport

| Wartości The values | Ładunek drewna [m ³] Load of timber [m ³] | Masa pustego zestawu [Mg] Mass of empty set [Mg] | Masa całkowita zestawu – obliczo- na ¹ [Mg] Total set weight – calculated ¹ [Mg] | Masa całkowita zestawu – rzeczy- wista ² [Mg] Total set weight – real ² [Mg] |
|------------------------|--|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Minimalna Minimum | 23,87 | 13,75 | 35,53 | 41,25 |
| Maksymalna Maximum | 35,69 | 23,75 | 47,62 | 60,80 |
| Średnia Average | 29,23 | 19,98 | 41,64 | 50,63 |

¹ masa samochodu + ładunek drewna x 0,74 Mg, ² masa zestawu z ważenia na wadze stacjonarnej

¹ vehicle weight + load of timber x 0,74 Mg, ² weight of set from weighing on the stationary scale

Analizowane zestawy składały się z jednostki napędowej marek Volvo, Man, Scania i Mercedes samochodu i przyczepy lub ciągnika siodłowego i naczepy. Większość zestawów (69%) dla których dokonano pomiaru obciążenia osi była sześćoosiowa. Naciski dla poszczególnych osi o wielkości zbliżonej do wartości maksymalnych przedstawionych w tabeli 5 występują sporadycznie dla badanych zestawów. Średnie wartości nacisków osi w zestawach sześćoosiowych są znacznie mniejsze niż w pięćoosiowych (tab. 5).

Wzajemne funkcjonowanie dróg leśnych i publicznych

Układ sieci dróg leśnych jest dobrze przemyślaną koncepcją komunikacyjnego udostępnienia obszaru leśnego przy uwzględnieniu wielu czynników (technicznych, ekonomicznych i ekologicznych), a jednym z głównych jest dostępność dróg publicznych. Większość nadleśnictw posiada ekspertyzę drogową (lub przygotowuje się do nowelizacji istniejącej). Głównym celem wykonywania ekspertyz drogowych jest optymalizacja sieci dróg leśnych (zarządzenie nr 57 z 2015 r. Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych (DGLP). W wielu rejonach stan i dostępność odpowiednich dróg publicznych (szczególnie gmin-

nych i powiatowych) do transportu wysokotonażowego jest dużym ograniczeniem logistycznym, stąd jednostki LP uczestniczą we wspólnych inwestycjach (przebudowy) drogowych z samorządami. Działania we wspólne przedsięwzięcia drogowe umożliwiła zarządzenie nr 44 z 2009 r., znowelizowane zarządzeniem nr 40 z 2012 r. DGLP wprowadzające „Wytyczne w sprawie udziału jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych w przedsięwzięciach wspólnych, realizowanych z zaangażowaniem środków pieniężnych Lasów Państwowych”. Wspólne inwestycje dotyczą przebudowy dróg, ale też obiektów inżynierskich, mostów, wiaduktów, czy przepustów tak aby podnieść ich nośności dla zestawów z drewnem. Nadleśnictwa także wychodzą z inicjatywą przejęcia od samorządów dróg przechodzących przez las z zachowaniem ich dostępności dla ruchu publicznego w celu zapewnienia komunikacyjności obszaru leśnego i wykonania prac remontowych i przebudowy tej drogi.

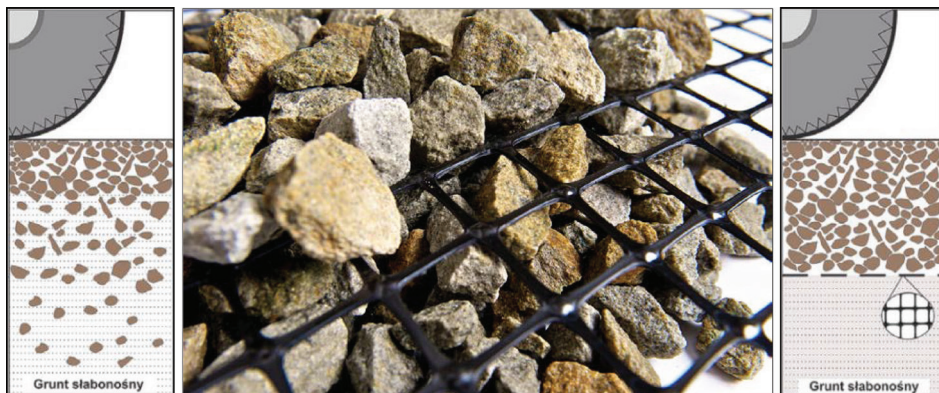
Tabela 5. Obciążenie osi samochodów do drewna
Table 5. The axle load of vehicles for timber

| Zestaw Set | Wartość Value | Naciski osi zestawu [kN] Loads on a single-axle | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | oś 1 axis 1 | oś 2 axis 2 | oś 3 axis 3 | oś 4 axis 4 | oś 5 axis 5 | oś 6 axis 6 |
| Pięcioosiowy Five-axis | minimalna minimum | 58,90 | 90,25 | 74,96 | 73,82 | 71,25 | – |
| | maksymalna maximum | 84,65 | 130,34 | 127,30 | 124,74 | 145,35 | |
| | średnia average | 76,10 | 112,61 | 101,65 | 99,39 | 102,15 | |
| Sześćoosiowy Six-axis | minimalna minimum | 60,52 | 73,15 | 76,00 | 64,32 | 67,45 | 60,33 |
| | maksymalna maximum | 89,97 | 126,35 | 121,13 | 130,44 | 99,75 | 111,34 |
| | średnia average | 75,34 | 97,27 | 94,98 | 83,05 | 79,87 | 77,71 |

Nośność nawierzchni dróg leśnych

Niezbędna infrastruktura drogowa, szczególnie ta powstająca w środowisku naturalnym, powinna minimalizować swoje negatywne oddziaływanie. Stąd w inwestycjach drogowych na terenach leśnych najczęściej wykorzystywane są materiały budowlane pochodzenia naturalnego, bezpieczne dla ekosystemu oraz dające szansę harmonizowania drogi ze środowiskiem leśnym, niemniej coraz częściej wspierane nowoczesnymi rozwiązaniami (rys. 2). Wymienione wzglę-

dy, jak i wysokie koszty budowy dróg, skutkują tym, że w lasach dominują drogi o nawierzchni gruntowej, oraz twardej nieulepszonej. Zapewnienie przejezdności tych pierwszych niejednokrotnie jest bardzo trudne, gdyż decydujący wpływ na ich nośność mają właściwości gruntu i zmieniające się warunki atmosferyczne (temperatury i opady atmosferyczne), które diametralnie mogą zmieniać nośność nawierzchni gruntowych.



Rysunek 2. Zasada działania geosiatki typu PolGrid (Czerniak i in., 2015)

Figure 2. Principle of operation of geogrid PolGrid type (Czerniak i in., 2015)

Zróżnicowanie wykorzystywanych rodzajów konstrukcji nawierzchni dróg leśnych, materiałów budowlanych i podłoży drogowych przekłada się na znaczną rozpiętość wyników pomiarów parametrów ich nośności (tab. 6). Minimalne kryteria nośności dla dróg leśnych o nawierzchniach podatnych przyjąć można za Jodłowskim i Czernakiem (2012) na poziomie $E_1 \geq 60$ MPa przy $I_0 \leq 2,2$. Wg Rolli (1985) dostateczna nośność nawierzchni drogowych obciążonych ruchem lekkim, określana w najniekorzystniejszych warunkach i opisywana pierwotnym modułem odkształcenia, to 75 – 100 MPa. Z kolei PN-S-96023:1984 za minimalną dla nawierzchni z tłuczni kamienno-obciążonych ruchem lekkim kategorii R2 podaje wartość E_2 140 MPa. Natomiast ogólna specyfikacja techniczna dla nawierzchni tłuczniowych przy ruchu bardzo lekkim i lekkim uszczegóławia minimalne wartości E_1 i E_2 na poziomie odpowiednio 100 i 140 MPa przy $I_0 \leq 2,2$ (OST D-05.02.01).

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 6 problematyczne są nie tylko niskie wartości parametrów nośności niektórych nawierzchni drogowych, ale również pojawiające się symptomy niedogęszczenia warstw nawierzchni (wysoka wartość I_0 oraz s/v). Nawet sporadyczne wystąpienie w pomiarach na danym odcinku drogowym zawyżonej wartości I_0 czy s/v może skutkować uruchomieniem

w tych miejscach procesów destrukcji nawierzchni prowadzących w skrajnych przypadkach do utraty przejezdności całego odcinka drogowego.

Tabela 6. Nośność i stopień zagęszczenia głównych rodzajów nawierzchni dróg leśnych (E_1 – pierwotny moduł odkształcenia, E_2 – wtórny moduł odkształcenia, I_o – wskaźnik odkształcenia, E_{vd} – dynamiczny moduł odkształcenia, s/v – stosunek średniej wielkości osiadania płyty LWD do prędkości tego osiadania)

Table 6. Road bearing capacity and degree of compaction of the main types of forest roads (E_1 – primary deformation modulus, E_2 – secondary deformation modulus, I_o – deformation rate, E_{vd} – dynamic deformation modulus, s/v – average of settlement LWD plate to the speed of displacement)

| Rodzaj nawierzchni* Type of pavement* | E_1 (min-max) [MN/m ²] | E_2 (min-max) [MN/m ²] | I_o (min-max) [-] | E_{vd} (min-max) [MN/m ²] | s/v (min-max) [m/s] |
|--|---|---|------------------------|--|--------------------------|
| 1 | 29 (10-43) | 52 (41-80) | 1,8 (1,9-2,8) | 23,65 (16,38-37,63) | 3,5 (2,8-4,5) |
| 2 | 29 (15-47) | 61 (27-94) | 2,1 (1,3-3,0) | 40,82 (20,62-56,39) | 3,2 (2,8-4,1) |
| 3 | 52 (42-59) | 94 (75-125) | 1,8 (1,6-2,1) | 44,49 (32,51-57,69) | 2,9 (2,6-3,4) |
| 4 | 53 (50-61) | 114 (103-124) | 2,2 (2,0-2,3) | 39,18 (19,70-55,69) | 2,9 (2,7-3,4) |
| 5 | 66 (62-70) | 113 (105-121) | 1,7 (1,6-1,8) | 48,44 (29,68-59,84) | 3,9 (3,3-4,5) |
| 6 | 68 (54-77) | 130 (112-139) | 2,2 (2,0-2,6) | 39,54 (35,66-44,47) | 3,5 (3,0-3,9) |
| 7 | 73 (65-87) | 188 (160-192) | 2,6 (2,4-2,7) | 57,12 (45,27-67,57) | 2,8 (2,8-2,9) |
| 8 | 93 (70-113) | 146 (112-187) | 1,6 (1,2-2,0) | 50,29 (25,25-75,76) | 3,0 (2,5-3,9) |
| 9 | 94 (79-101) | 159 (144-162) | 1,7 (1,5-1,9) | 44,16 (35,16-57,99) | 2,9 (2,6-3,5) |
| 10 | 94 (88-100) | 161 (150-173) | 1,7 (1,5-1,9) | 57,51 (45,45-68,81) | 3,5 (3,0-4,9) |
| 11 | 102 (100-104) | 188 (178-197) | 1,8 (1,7-1,9) | 69,45 (52,45-92,21) | 2,9 (2,6-3,4) |
| 12 | 142 (135-149) | 253 (220-280) | 1,8 (1,6-2,0) | 80,81 (60,16-102,20) | 2,7 (2,6-2,9) |
| 13 | 164 (140-187) | 267 (251-283) | 1,7 (1,5-1,8) | 72,51 (49,67-95,74) | 2,7 (2,6-2,9) |

* – rodzaje badanych nawierzchni dróg leśnych/Types of tested forest road pavements G1, G2, G3, G4 – road subgrade bearing capacity groups according to the Polish standard (PN-S-02205:1998):

1. Nawierzchnia gruntowa naturalna z piasku/Natural sand-surfaced road
2. Piasek średni (30 cm) na geotkaninie, warstwie odsączającej z piasku średniego (25 cm) i naturalnym podłożu drogowym G4/Medium sand (30 cm) on woven geotextile, a drainage layer of medium sand (25 cm) and G4 soil subgrade
3. Niesort kłińca granitowego 0-31,5 mm (16 cm) na piasku średnim (12 cm), geotkoaninie, warstwie odsączającej z piasku średniego (25 cm) i naturalnym podłożu drogowym G4/Unsorted crushed granite of 0-31.5 mm (16 cm) on medium sand (12 cm), woven geotextile, a drainage layer of medium sand (25 cm) and G4 soil subgrade
4. Gruz ceglany (10 cm) na naturalnym podłożu drogowym G1/Crushed brick (10 cm) on G1 soil subgrade
5. Grys bazaltowy 0-5,0 mm (3 cm) na niesorcie kłińca bazaltowego 0-31,5 mm (5 cm), bazaltowym niesorcie tuczniowym 0-63,0 mm (10 cm), geosiatce, pospółce (5 cm), geotkaninie na naturalnym podłożu drogowym G2/Crushed basalt 0-5.0 mm (3 cm) on unsorted crushed basalt 0-31.5 mm (5 cm), unsorted

- crushed basalt 0-31.5 mm (5 cm), unsorted crushed basalt 0-63.0 mm (10 cm), geogrid, sand/gravel mix (grSa 5 cm), woven geotextile on G2 soil subgrade
6. Pospółka gliniasta (10 cm) na geokracie komórkowej wypełnionej pospółką gliniastą (10 cm) i geowłókninie i naturalnym podłożu drogowym G1/Sand/gravel/clay mix (10 cm) on geocell filled with sand/gravel/clay mix (10 cm) and non-woven geotextile and G1 soil subgrade
 7. Pospółka gliniasta (23 cm) na geowłókninie, warstwie odcinającej z piasku drobnego (17 cm) na geowłókninie i naturalnym podłożu drogowym G1/Sand/gravel/clay mix (23 cm) on non-woven geotextile, a drainage layer of fine sand (17 cm) on non-woven geotextile and G1 soil subgrade
 8. Pospółka gliniasta (8 cm) na gruzie betonowym 0-31,5 mm (10 cm) na geowłókninie i naturalnym podłożu drogowym G2/Sand/gravel/clay mix (8 cm) on crushed debris concrete 0-31.5 mm (10 cm) on non-woven geotextile and G2 soil subgrade
 9. Piasek średni (10 cm) na geowłókninie i naturalnym podłożu drogowym G1/Medium sand (10 cm) on non-woven geotextile and G1 soil subgrade
 10. Grys bazaltowy 0-5,0 mm (1 cm) na niesorcie kłińca bazaltowego 0-31,5 mm (20 cm), pospółce (13 cm), kruszywie łamanym 0-200 mm (25 cm), podłożu drogowym ulepszonym (15 cm) – pospółka stabilizowana cementem ($R_m = 2,5$ MPa) – na podłożu drogowym naturalnym G3/Crushed basalt 0-5.0 mm (1 cm) on unsorted crushed basalt 0-31.5 mm (20 cm), sand/gravel mix (13 cm), broken stone 0-200 mm (25 cm), cement-stabilized sand/gravel mix (15 cm) on G3 soil subgrade
 11. Grys bazaltowy 0-5,0 mm (2 cm) na niesorcie kłińca bazaltowego 0-31,5 mm (20 cm), geosiatce, pospółce (15 cm), kamieniach 90-200 mm (40 cm) na podłożu drogowym G3/Crushed basalt 0-5.0 mm (2 cm) on unsorted crushed basalt 0-31.5 mm (20 cm), geogrid, sand/gravel mix (15 cm), stone 90-200 mm (40 cm) on G3 soil subgrade
 12. Niesort kłińca granitowego 0-31,5 mm (8 cm) na niesorcie kłińca wapiennego 0-63,0 mm (17 cm), warstwie odsączającej z piasku średniego (15 cm) i naturalnym podłożu drogowym G2/Unsorted crushed granite 0-31.5 mm (8 cm) on unsorted crushed lime 0-63.0 mm (17 cm), a drainage layer of medium sand (15 cm) and G2 soil subgrade
 13. Niesort kłińca granitowego 0-31,5 mm (14 cm) na granitowym niesorcie tłuczniowym 0-63,0 mm (20 cm) i podłożu drogowym G1/Unsorted crushed granite 0-31.5 mm (14 cm) on unsorted crushed granite 0-63.0 mm (20 cm) and G1 soil subgrade

DYSKUSJA

Jeszcze w 2007 r. PGL LP wykazywało prawie 183 tys. km dróg leśnych i stan ten utrzymywał się do 2015 roku. Zachodzące zmiany w przebudowie (podnoszenie klasy technicznej) dróg krajowych wprowadzające ograniczenia bezpośredniego dostępu do obszarów leśnych oraz zwiększona liczba uchwał samorządów w sprawie ustalenia przebiegu dróg publicznych przyczynia się do konieczności weryfikacji układu komunikacyjnego obszaru leśnego. Zarządzający Lasami Państwowymi widzą potrzebę optymalizacji układów przestrzennego rozmieszczenia dróg leśnych, a przez to dostosowania do zmieniających się wymogów przeciwpożarowych i gospodarczych, w szczególności do maszynowego pozyskania drewna i zastąpienia zrywki podwozem surowca do miejsc przeładunkowych.

Wprowadzone regulacje prawne (omówione wyżej) przyczyniły się do zmniejszenia średniego ładunku drewna dłużycowego ($29,2$ m³) w stosunku do wartości określonych przez Trzcinińskiego (2011), przy jednoczesnym zmniejszeniu do 30% zestawów wywozowych posiadających ładunek większy od 30 m³. Masy pustych zestawów wywozowych są bardzo podobne do określonych już

we wcześniejszych badaniach. Najczęściej przewoźnicy zabierają, a leśniczowie wydają, masę drewna zgodną z ustalonymi przelicznikami gęstości drewna w rozporządzeniu (Dz. U. z 2012 r., poz. 536), a przekroczenie w niespełna 10% zestawach masy 44 Mg jest wynikiem niejednoznacznie określonej w danej chwili masy pustego zestawu. Dla analizowanych różnych zestawów do drewna dłużycowego można stwierdzić zmniejszenie nacisków jednostkowych osi pojazdów na nawierzchnię w stosunku do wartości podawanych przez Trzczińskiego (2011). Zwiększone rzeczywiste masy całkowite zestawów wywozowych mogą wynikać z różnej wilgotności drewna, ale przede wszystkim z nie uwzględniania w masie ładunku kory (określana miąższość drewna przez leśniczego bez kory) oraz dopuszczalnego błędu w pomiarze na zbieżność.

Należy zauważyć, że w niektórych państwach, np. w Szwecji, dąży się do zwiększenia masy przewożonych ładunków, a tym samym zmniejszenia liczby przejazdów. Możliwości te wynikają zarówno z większej nośności dróg publicznych jak i z innych warunków klimatycznych, a w szczególności z niższych temperatur. Dodatkowo, tzw. pociągi drogowe, wyposaża się w czujniki, które sygnalizują niebezpieczeństwo odkształcania się nawierzchni.

Pomimo stwierdzenia w badaniach, że przewożone ładunki drogami leśnymi, a potem publicznymi, spełniają **najczęściej** wymogi regulowane przepisami, to destrukcja nawierzchni może następować na skutek niewłaściwej eksploatacji, częstotliwości przejazdów i braku środków na konserwację. Konieczne jest także uzyskiwanie w trakcie remontów i budowy właściwych nośności wynikających z przeznaczenia drogi i zastosowanej konstrukcji. Jedynie prawidłowy dobór rozwiązań technicznych wynikający z charakterystyki warunków lokalnych i przeznaczenia drogi pozwala uzyskać odpowiednią nośność konstrukcji, a tym samym wymaganą trwałość drogi. Przykładowe rozwiązania ujęte w opisie tabeli 6 wykazują, że nośność konstrukcji wynika z zastosowanego materiału i poprawności zagęszczenia. Dobór konstrukcji spoczywa na projektancie, natomiast akceptacja przywożonych na plac budowy materiałów i jakość wykonania leży po stronie kierownictwa budowy i inwestora. Badania nośności jednoznacznie wykazują, że rodzaj kruszywa i zastosowane dodatki, np. geosyntetyki podnoszą ostateczną nośność konstrukcji.

WNIOSKI

1. Przy sprzedaży drewna *loco las* przez PGL LP wywóz drewna samochodami wysokotonazowymi musi odbywać się drogami leśnymi jak i drogami publicznymi, przy czym obserwuje się zmniejszenie jednostkowych ładunków drewna, jak i nacisków na poszczególne osie zestawu. Oznacza to, że zarówno drogi leśne jak i lokalne publiczne podlegają mniejszym obciążeniom od pojedynczego pojazdu

wywozowego, natomiast w konsekwencji wzrasta liczba przejazdów drogami. Jak wykazały badania, w celu obniżania kosztów transportu, przewoźnicy stosują maksymalne dopuszczalne masy ładunkowe, a nawet je przekraczają, co nie jest bez znaczenia dla żywotności konstrukcji drogowych.

2. Infrastruktura komunikacyjna obszarów leśnych podlega przemianom wynikającym z optymalizacji układów dróg leśnych jak i zmianom zachodzącym w układzie dróg publicznych. Na kształtowanie się leśnej sieci drogowej ma wpływ także zmiana sposobu pozyskania drewna, co skutkuje koniecznością: zapewnienia drogom głównym (wywozowym) dużej nośności i utrzymywania dróg bocznych (podwozowych) w stanie przejezdności dla pojazdów zrywkowych.
3. Konieczna jest właściwa współpraca między zarządzającymi drogami publicznymi i leśnymi. Optymalizacja lokalnej sieci drogowej możliwa jest poprzez wspólne finansowanie przebudowy, przekazywanie dróg i wspólne planowanie.
4. Przebudowywane drogi muszą mieć właściwie dobraną konstrukcję do potrzeb i warunków lokalnych. Konieczna jest kontrola nośności konstrukcji na etapie budowy. Nośność konstrukcji nie wynika tylko z rodzaju zastosowanego materiału, ale również poprawności wykonania, a szczególnie z właściwego zagęszczenia poszczególnych warstw konstrukcyjnych.
5. Jak wykazały wyniki badań celowe jest stosowanie nowoczesnych materiałów, w szczególności geosyntetyków (np. siatek (georusztów i geotkanin)) wzmacniających nośność, przy jednoczesnych oszczędnościach w kosztach zarówno przy przebudowie dróg leśnych jak i gminnych.

LITERATURA

BN-64/8931-02 *Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą*

BN-70/8931-06 *Drogi samochodowe. Pomiar ugięć nawierzchni podatnych ugięciomierzem belkowym*

Czerniak A. (red.), Grajewski S., Kamiński B., Miler A. T., Okoński B., Leciejewski P., Trzciniński G., Madaj A., Bańkowski J., Wojtkowski K. (2013). *Wytyczne prowadzenia robót drogowych w lasach*. PGL LP, OR-W LP w Bedoniu, Warszawa-Bedoń: s. 124 wprowadzone Zarządzeniem nr 16 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 19 marca 2014 r. w sprawie dopuszczenia do wykorzystania w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych „Wytycznych prowadzenia robót drogowych w lasach”

Czerniak, A., Grajewski, S. (2014). *Badanie nośności dróg – gwarancją solidności realizacji inwestycji*. Przegląd Leśniczy, 4: 10-12

Czerniak, A., Kacprzak, G., Pietrucha, J., Walaszek, W. (2015). *Celowość stosowania georusztów typu „PolGrid” w budownictwie dróg leśnych*. Przegląd Leśniczy, 9: 6-8

GUS 2015. *Transport. Wyniki działalności w 2014*. Warszawa

GUS 2015a. *Transport drogowy w Polsce w latach 2012 i 2013*. Warszawa

GUS 2015b. *Leśnictwo 2015*. Warszawa

Instrukcja obsługi lekkiego ugięciomierza dynamicznego ZFG 3000 (2014). Maszynopis, Merzet Poznań: s. 15

Jodłowski, K., Czerniak, A. (red.) (2012). *Nowoczesne technologie budowy dróg, mostów i przepustów leśnych*. Postępy Techniki w Leśnictwie, nr 119, SITLiD, Wyd. Świat, Warszawa: s. 60

Kamiński, B. (2012). *Badania techniczne dróg leśnych*. W: Jodłowski K., Czerniak A. (red.) *Nowoczesne technologie budowy dróg, mostów i przepustów leśnych*. Postępy Techniki w Leśnictwie, 119, SITLiD, Wyd. Świat, Warszawa: 47-51

OST D-05.02.01 1998. *Nawierzchnia tłuczniowa*. GDDP w Warszawie

PN-S-02205:1998 *Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania*

PN-S-96023:1984 *Konstrukcje drogowe. Podbudowa i nawierzchnia z tłucznia kamiennego*

Rolla, S. (1985). *Badania materiałów i nawierzchni drogowych*. WKŁ, Warszawa: s. 439
Rozporządzenia Ministra Środowiska oraz Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie określenia gęstości drewna (Dz. U. z 2012 r., poz. 536)

Sieniawski, W. (2012). *Waloryzacja dostaw drewna do wybranych segmentów przemysłu drzewnego*. Rozprawa doktorska. SGGW w Warszawie. Warszawa

Sieniawski, W., Trzciniński, G. (2010). *Analysis of large-size and medium-size wood supply*. W: Belbo H. (red.). *Forest operations research in the Nordic Baltic region*. Materiały konferencji: *The 2010 Nordic-Baltic conference on forest operations*. Honne, Norway, 20-22 października 2010 r.: 56-57

Szpikowski, M., Dreger, M., Przygoda, M., Drózd, R., Dąbrowski, M., Tokarczyk, T., Har, M., Mitrut, M., Żulawnik, P. (2005). *Badanie i ustalenie zależności korelacyjnych dla oceny stanu zagęszczenia i nośności gruntów niespoistych płytą dynamiczną*. Maszynopis, IBDiM, Laboratorium Geotechniki, Warszawa: s. 150

Trzciniński, G. (2011). *Analiza parametrów technicznych dróg leśnych w aspekcie wywozu drewna samochodami wysokonozowymi*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa: s. 127

Trzcinski, G. (2013). *Budownictwo leśne jako element lokalnej infrastruktury budowlanej*. W: Halicka A. (red.). *Budownictwo na obszarach wiejskich*. Nauka, Praktyka, Perspektywy. Politechnika Lubelska: 65-77

Ustawa o drogach publicznych z dnia 21 marca 1985 r. (Dz. U. z 2007 r., nr 19, poz. 115, z późn. zm.)

Grzegorz Trzcinski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Użytkowania Lasu
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa,
e-mail: grzegorz_trzcinski@sggw.pl

Andrzej Czerniak, Sylwester M. Grajewski
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Inżynierii Leśnej
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań,
e-mail: aczerni@o2.pl, sylgraj@up.poznan.pl

Wpłynęło: 18.04.2016

Akceptowano do druku: 20.05.2016