

**PROF. V. KUONEN**

**Kierownik Katedry Inżynierii Leśnej na Wydziale Leśnym w Zurichu**

## **Niektóre zagadnienia związane z udostępnianiem lasów i budową dróg leśnych w Szwajcarii**

Некоторые проблемы связанные с освоением лесов и строительством лесных дорог  
в Швейцарии

Some problems related with making forests accessible and the construction  
of forest roads in Switzerland

### **1. KONCEPCJA UDOSTĘPNIENIA LASU**

Pod pojęciem udostępnienia lasu rozumiemy kompleks urządzeń komunikacyjnych umożliwiających dostarczenie do poszczególnych powierzchni w celu dowiezienia robotników i dostarczenia pomocniczych środków produkcji oraz wywozu pozyskiwanych użytków leśnych.

Udostępnienie lasu powinno uwzględniać następujące aspekty:

- integralne udostępnienie terenu (a więc także powierzchni nieleśnej),
- stworzenie warunków do kierowania produkcją leśną i prowadzenia prac hodowlanych (produkcja drewna),
- stworzenie warunków do pozyskania użytków leśnych i ich transportu,
- zaspokojenie potrzeb pozaprodukcyjnych (rekreacyjnych, turystycznych, militarnych itp.).

Planowanie sieci komunikacyjnej obejmuje nie tylko powierzchnię leśną przeznaczoną do udostępnienia, lecz także graniczący z nią region. W planowaniu tym należy uwzględnić szczególnie zagospodarowane tereny rolne i alpejskie, tereny zabudowy potoków i powierzchni lawinowych, tereny zaopatrujące w wodę, zakłady energetyczne oraz potrzeby ruchu publicznego i turystyki. Przy planowaniu należy wydzielić przede wszystkim tzw. jednostki funkcjonalne, tj. jednostki, które powinny być zbadane i udostępnione jako całość. Granice jednostki przeznaczonej do udostępnienia wyznaczone są zwykle przez utwory topograficzne. Jednostkami udostępnienia są np.: cała dolina, stok, teren między dwoma ciekami lub między dwoma grzbietami górskimi.

Nieodzownym warunkiem sprawnego kierowania produkcją leśną,

intensywnego zalesiania i ekonomicznego pozyskiwania drewna jest racjonalny dostęp do wszystkich powierzchni leśnych dla personelu administracji leśnej oraz możliwość dowozu maszyn, urządzeń, nawozów, sadzonek itp., mechanicznymi środkami transportowymi. Pozyskiwane drewno transportowane jest liniami udostępnienia szczegółowego (szlaki zrywkowe, kolejki linowe itp.) do linii komunikacyjnej udostępnienia podstawowego, jaką jest droga leśna dostępna dla mechanicznych środków wozowych.

Planowanie ma więc na celu znalezienie takiej sieci udostępnienia lasu — tzn. takiej gęstości i kombinacji urządzeń komunikacyjnych i środków transportowych (drogi, szlaki zrywkowe, urządzenia linowe krótko-, średnio-, i długodystansowe), które dla danego terenu zagwarantują najniższe koszty transportu i będą równocześnie spełniać w optymalnym stopniu wymagania gospodarcze i pozagospodarcze. Sieć taka może być opracowana jedynie na podstawie wnikliwej analizy kilku wariantów, w ramach której porównane zostaną różnorodne techniczne możliwości i przeemyślane kombinacje udostępnienia podstawowego i szczegółowego. Podstawą udostępnienia lasu jest i pozostanie zawsze droga.

## 2. TYPY DRÓG LEŚNYCH

W przedstawionej wyżej koncepcji udostępnienia wielkopowierzchniowej jednostki, wyróżnić można trzy typy dróg leśnych, różniące się przede wszystkim funkcjami, a w związku z tym obciążeniami komunikacyjnymi. Są to drogi łącznikowe, drogi zbiorcze i drogi udostępnieniowe.

Drogi łącznikowe mają za zadanie możliwie racjonalne połączenie ze sobą dwóch lub więcej punktów (miejsowości). Przebieg drogi powinien być jednak tak dobrany, by na jej całej długości udostępniona została możliwie duża powierzchnia. Na drogach tych przeważa całoroczny ruch publiczny praktycznie o stałym natężeniu.

Drogi zbiorcze przejmują komunikację z poszczególnych powierzchni ciężących ku nim. Wraz ze wzrastającym rozgałęzieniem drogi zbiorczej zmniejsza się na niej natężenie ruchu, przy czym w grę wchodzi zwykle transport gospodarczy.

Drogi udostępniające są drogami o najmniejszym obciążeniu. Służą one wyłącznie celom gospodarczym. Ich rozmieszczenie w drzewostanie powinno gwarantować możliwie wysoką wartość udostępnienia.

Drogi o utwardzonej nawierzchni tworzą szkielet podstawowego systemu udostępnienia lasu, który uzupełniony zostaje drogami dostępnymi jedynie dla pojazdów terenowych. W trudno dostępnym terenie górskim udostępnieniu szczegółowemu służą kolejki linowe, szczególnie krótko- i średniodystansowe.

Droga leśna spełniająca dobrze swoje zadania powinna być dostępna w wielu punktach i w związku z tym wysokości nasypów oraz głębokości wykopów powinny być niewielkie.

Szczególną uwagę należy zwrócić na to, by szlaki zrywkowe, po obu stronach drogi, łączyły się z nią w prawidłowy sposób. Oznacza to, że droga będzie miała tym więcej zakrętów, im bardziej zróżnicowane jest urzeźbienie terenu. Z drugiej strony to ściśle dopasowanie drogi do terenu zmniejsza koszty jej budowy, ponieważ unika się wysokich nasypów i du-

zych wcięć oraz drogich budowli sztucznych. Z tego względu zakręty mają zwykle niewielki promień (minimum około 30 m), tak że dopuszczalna prędkość pojazdów w porównaniu z drogami wyższego rzędu jest stosunkowo niewielka.

Drogi łączące i zbiorcze muszą różnić się promieniami zakrętów i dopuszczalnymi prędkościami od właściwych dróg udostępnieniowych. Dla pierwszych z nich przewidywane są prędkości do około 40 km/h, a dla dróg udostępnieniowych — ok. 20 km/h. Minimalne promienie miejsc do dokonywania nawrotów dla wszystkich dróg zależne są od konstrukcji pojazdów wywozowych i długości transportowanego drewna (dla drewna długiego 20—25 m; dla kłód 8—10 m). W zależności od znaczenia i funkcji poszczególnych typów dróg należy rozstrzygnąć, czy o wielkości promienia zakrętów decyduje możliwie najlepsze dopasowanie drogi do terenu (funkcja udostępnieniowa), czy też prędkość jazdy (drogi łącznikowe).

Spadek podłużny dla wszystkich typów dróg powinien być utrzymany w granicach 3—10%. Odcinki poziome oraz wzniesienia powyżej 10% powinny stanowić wyjątek. Drogi o wzniesieniu ponad 10% wymagają znacznych nakładów na ich utrzymanie oraz zmniejszają stopień bezpieczeństwa jazdy; w wypadku odcinków poziomych nawierzchnia dróg, szczególnie dróg naturalnych, jest trudna do odwodnienia.

Natężenie komunikacyjne na drogach udostępnieniowych i zbiorczych jest niewielkie (tylko transport gospodarczy), tak że dla tych typów dróg wystarczające jest jedno pasmo ruchu. Dla dróg łącznikowych, w zależności od przewidywanego natężenia ruchu, zaprojektować można także dwa pasma. W wypadku jednego pasma konieczne jest zaprojektowanie odpowiedniej ilości mijanek, oddalonych od siebie w zasięgu widoczności.

Dalszą specyficzną cechą dróg leśnych są składnice drewna zakładane wzdłuż dróg. Załadunek drewna powinien następować bezpośrednio na środki wywozowe, ponieważ drewno sprzedawane jest zwykle loco droga wywozowa, dostępna dla pojazdów samochodowych.

### 3. SPECYFIKA LEŚNEGO PROJEKTU DROGOWEGO

Studium generalnego projektu sieci drogowej przeprowadza się zwykle na mapie w skali 1:10 000 lub 1:5 000. Każdy z wariantów, opracowanych na mapie jest przenoszony w terenie za pomocą pochyłościomierza. Ocena przybliżonej trasy drogi (linii zerowej) stanowi istotną pomoc przy wyborze najbardziej optymalnego wariantu. Ewentualne zmiany w przebiegu trasy drogi w terenie w porównaniu z trasą tyczoną na planie mogą przyczynić się do lepszego dopasowania drogi do terenu, a przez to do znacznego obniżenia kosztów jej budowy. Projekt sieci komunikacyjnej (drogowej), zatwierdzony przez władze kantonalne i federalne, stanowi podstawę do opracowania projektu wstępnego.

Po wykonaniu projektu szczegółowego (technicznego) przeprowadza się trasowanie osi drogi w terenie. Odległości między poszczególnymi profilami poprzecznymi zależne są od warunków terenowych i wynoszą 8—25 m. Załamania trasy wytyczane są jako łuki kołowe, rzadziej jako łuki paraboliczne (do tego celu używa się tabeli opracowanej przez Katedrę Inżynierii Leśnej Politechniki w Zurichu).

Zaokrąglenia pionowe profilu podłużnego drogi obliczane są jako pa-

rabole pionowe, a nie jako łuki kołowe. Długość zaokrąglenia zależna jest od wielkości zmiany pochylenia. W większości wypadków wynosi ona 10 m odległości poziomej na procent zmiany wzniesienia. Obecnie Katedra Inżynierii Leśnej pracuje nad zastosowaniem komputera do prac obliczeniowych i optymalizacyjnych przy wykonywaniu leśnego projektu drogowego.

#### 4. PROBLEMY BUDOWY DRÓG LEŚNYCH

##### W a r u n k i   g r u n t o w e

Lasy szwajcarskie położone są w wielu wypadkach na terenach, które ze względu na znaczne spadki lub właściwości gruntu nie mogły być wykorzystane dla celów rolniczych. Znaczna część lasów, szczególnie rozległe lasy podalpejskie, leży na terenach górskich, na których proces tworzenia gleb doprowadził do powstania ilastych tworów o luźnej strukturze i stałej lub przejściowo wysokiej zawartości wody. Grunty takie stanowią mało przydatny materiał budowlany. Na terenach tych uzyskanie przydatnego materiału budowlanego, szczególnie do budowy nawierzchni, jest zwykle bardzo kosztowne, ponieważ żwir musi być transportowany z odległych terenów.

W rejonach, gdzie podłoże stanowią grunty gruboziarniste lub skaliste, problemy powyższe nie występują.

Zastosowanie maszyn budowlanych na gruntach ilastych, które w szwajcarskich warunkach klimatycznych wykazują zwykle wilgotność znacznie wyższą od wilgotności optymalnej, nie jest możliwe bez przeprowadzenia odpowiednich zabiegów, ponieważ grunty te wykazują bardzo niską nośność. Grunty tego rodzaju są mało przydatne do wykonywania nasypów ze względu na ich wysoką plastyczność i wilgotność oraz znikomą zagęszczalność. Zastąpienie tych gruntów materiałami dowożonymi nie wchodzi w grę ze względu na wysokie koszty transportu. W przypadku takich gruntów środkiem niezbędnym z punktu widzenia techniczno-budowlanego, a także uzasadnionym ekonomicznie, jest stabilizacja gruntów wapnem.

Stabilizacja wapnem ma na celu ograniczenie zmian objętościowych i wytrzymałościowych zwięzłego gruntu, wywoływanych czynnikami otoczenia jak woda i mróz. Stosowanie wapna pozwala na osuszenie zawilgoconych, zwięzłych gruntów, ich optymalne zagęszczenie i osiągnięcie pożądanej stabilności. Niestabilne, zwięzłe grunty zmieniają swe właściwości w takim stopniu, że mogą służyć jako materiały do budowli ziemnych i warstw przy budowie dróg.

Do osuszania zawilgoconych warstw stosuje się wapno palone. Zachodzące przy tym zmiany plastyczności gruntu umożliwiają wjazd ciężkich maszyn na teren budowy. Wymieszanie minimalnej dawki wapna z gruntem przeprowadza się przy użyciu bron talerzowych, glebogryzarek lub zrywarek montowanych zwykle na łądownarkach szuflowych.

Dodanie wapna do gruntu powoduje także poprawę jego właściwości zagęszczeniowych. Po osiągnięciu wilgotności gruntu, wymaganej do prawidłowego zagęszczenia, mieszanina wapienno-gruntowa zostaje załadowana, przetransportowana i użyta do budowy nasypu, a następnie zagęszczona.

Wapno stosuje się również do stabilizacji górnej warstwy podłoża lub podbudowy nawierzchni. W tym wypadku stabilizację przeprowadza się przy użyciu wysokiej (optymalnej) dawki wapna. Jej celem jest uzyskanie warstwy o określonej nośności i odporności na działanie wody i mrozu. Warstwa taka stanowi w każdym wypadku doskonałą warstwę odcinającą między podłożem lub podbudową a warstwami nawierzchni. O ile warstwa ta osiągnie wystarczającą wytrzymałość i stabilność, to może być uwzględniana przy wymiarowaniu grubości nawierzchni.

W chwili obecnej wymiarowanie nawierzchni opiera się na czysto empirycznych podstawach. Wymiarowanie przeprowadza się na podstawie wartości doświadczalnych, uzyskiwanych w takich samych lub podobnych warunkach podłoża i ruchu oraz przez przeprowadzanie dodatkowych pomiarów nośności. Doświadczenie uczy, że dla uzyskania wystarczającej wytrzymałości konieczna jest wartość modułu warstwy nośnej  $M_E = 800$  do  $1000 \text{ kg/cm}^2$ . Obecnie prowadzone są badania nad opracowaniem metod wymiarowania nawierzchni na podstawie obciążeń komunikacyjnych, nośności podłoża i jakości materiałów stosowanych do budowy.

Przy budowie dróg leśnych stosowane są wszystkie metody, spotykane w budownictwie drogowym, a mianowicie: stabilizacja mechaniczna, stabilizacja wapnem, cementem i lepiszczami bitumicznymi. Nawierzchnie wykonywane są z materiałów pospółkowych, bitumicznych i płyt betonowych. Szczególną rolę odgrywają przy tym metody stabilizacyjne, ponieważ pozwalają na wykorzystanie miejscowych materiałów.

Przy budowie górnej warstwy nawierzchni rozstrzygające znaczenie z punktu widzenia technicznego mają następujące czynniki:

- obciążenia mechaniczne przez środki transportowe (klasy dróg),
- działanie czynników atmosferycznych, szczególnie opadów,
- wymagania odnośnie bezpylności drogi.

Na drogach zbiorczych i udostępnieniowych warstwa jezdna wykonywana jest w większości wypadków z mechanicznie stabilizowanej mieszanki optymalnej. Jest to pospółka ilasta, o prawidłowym uziarnieniu i wskaźniku plastyczności 5 do 15. Materiał do budowy warstwy ścieralnej, spojony częściami ilastymi i wodą, przygotowany jest w kruszarko-mieszarkach. Dla uniknięcia tworzenia się wybojów średnica największych ziaren nie powinna przekraczać  $\frac{1}{3}$  grubości zagęszczonej warstwy. Przy stosowanych zazwyczaj grubościach warstw 6—8 cm, średnica największego ziarna nie powinna przekraczać 20—25 mm. Jako materiał wyjściowy do budowy warstwy jezdnej przydatne są ilaste żwiry morenowe i tłucznie wapienne z zawartością iłów. Materiał o idealnym składzie pozwala na wykonanie gładkiej i wodoszczelnej nawierzchni. W wilgotnym mikroklimacie leśnym, bez bezpośredniego nasłonecznienia drogi drobnoziarniste składniki ilaste mają wystarczającą siłę kohezji dla spojenia ziarnistego szkieletu nośnego. Odporność erozyjna warstwy ścieralnej, spojonej częściami ilastymi i wodą, ma swe naturalne granice. Przy niezbyt silnych opadach, niewielkim wzniesieniu (maksimum 6—8%) i komunikacji o charakterze gospodarczo-leśnym (drogi udostępnieniowe i zbiorcze) ten rodzaj budowy jest z reguły najkorzystniejszym wariantem ekonomicznym. Koszty budowy warstwy ścieralnej tego typu są stosunkowo niskie, a jej konserwacja i utrzymanie prowadzone są w niewiel-

kich nakładach za pomocą maszyn (równiarka i walec ogumiony lub wibrator wielopłytkowy).

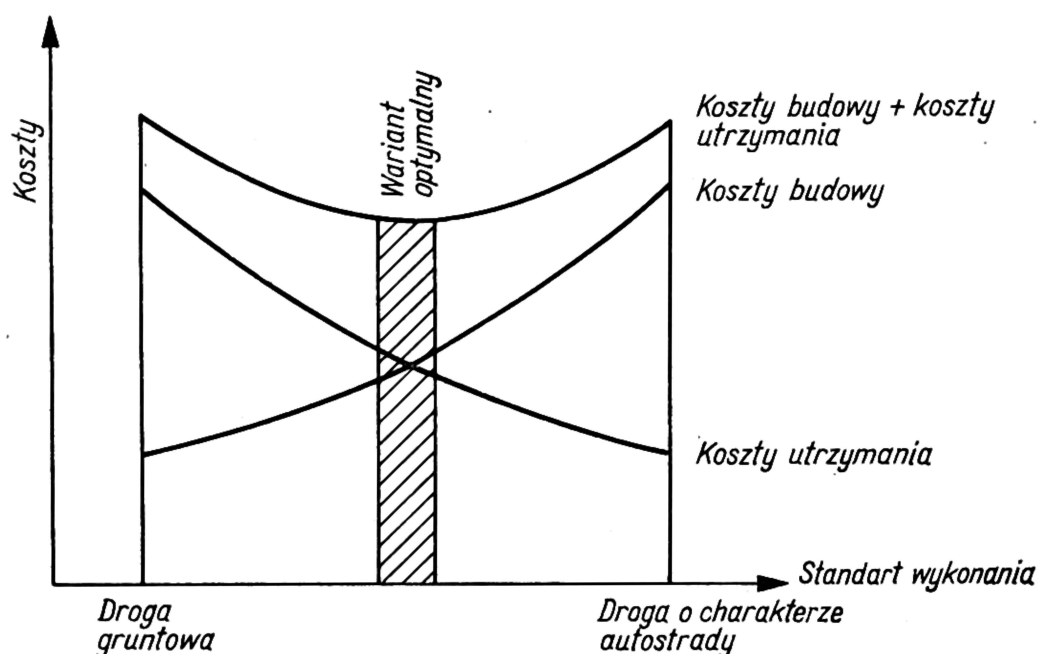
Na drogach o silniejszym obciążeniu komunikacyjnym i większej ilości opadów stosuje się dywaniki bitumiczne.

## 5. EKONOMICZNE ASPEKTY WYBORU RODZAJU NAWIERZCHNI

Budowa dróg leśnych wymaga z reguły wysokich nakładów inwestycyjnych. Z punktu ekonomicznego nakłady te powinny być w pełni uzasadnione, to znaczy, że zwiększenie dochodów wynikających z udostępnienia lasu musi stać w określonym stosunku do zainwestowanego kapitału. Ponieważ dochody z obiektu o charakterze przyrodniczym, jakim jest las, można zwiększać za pomocą środków technicznych tylko w określonych granicach, to także inwestycje muszą zawierać się w bardzo wąskim zakresie. Z rozważań ekonomicznych wynika więc konieczność osiągnięcia sieci udostępnieniowej o minimalnych nakładach na jej budowę i utrzymanie przy równoczesnym spełnieniu przez nią wymagań technicznych. Powyższą zależność można przedstawić w formie:

$$\text{koszty budowy} + \text{koszty utrzymania} = \text{minimum}$$

Między kosztami budowy drogi i kosztami jej utrzymania istnieje ścisły związek, przedstawiony schematycznie na ryc. 1. Związek ten scharakteryzować można w najbardziej przejrzysty sposób za pomocą dwóch



Ryc. 1. Schemat zależności między kosztami budowy drogi i kosztami jej utrzymania przy wzroście standardu wykonania

skrajnych typów dróg, a mianowicie gruntowej o minimalnych kosztach budowy, lecz wysokich nakładach na jej utrzymanie, przewyższających niekiedy kilkakrotnie koszty budowy, oraz drogi o charakterze autostrady, która wymaga co prawda wysokich nakładów na jej budowę, lecz nieznacznych wydatków na utrzymanie. W obu wypadkach koszty sumaryczne są tak wysokie, że w leśnym budownictwie drogowym te typy dróg nie wchodzi w grę. Między tymi ekstremalnymi przypadkami istnieje

jednak wiele typów dróg o niższych kosztach sumarycznych, a zadaniem projektanta jest wybór wariantu optymalnego z punktu technicznego i ekonomicznie uzasadnionego.

### Краткое содержание

В своей статье автор представляет принципы транспортной доступности леса и проблемы строительства лесных дорог в Швейцарии. Согласно автору освоение леса должно служить одновременно для общих целей транспорта, для целей ведения лесного хозяйства (разведение и защита леса, заготовка и транспорт древесины), а также для нехозяйственных целей (отдых, туристика).

Кроме того, автор дает классификацию лесных дорог (соединяющие дороги, сборные и открывающие), принципы геометрического формирования и измерения поверхностей лесных дорог, а также применение стабилизации при помощи известки в дорожном строительстве.

Затронуты были также экономические аспекты выбора вида дорожного покрытия.

### Summary

In his article author presents principles of making forests accessible in communication respect as well as problems of the construction of forest roads in Switzerland.

According to the author rendering forests accessible ought to serve both the purposes of general communication, purposes of forest management (silviculture and forest protection, harvesting and transportation of wood), and non — economic purposes (recreation, tourism).

Besides, author gives the classification of forest roads (cross-roads, trunk roads, and access roads), principles of geometric configuration and dimensioning of a forest road surface, and the application of lime stabilization in road engineering.

Economic aspects of the selection of pavement kinds were also discussed.