

Symbióza železnice a reliéfu

Železnice patří k těm technickým vynálezům, které si v sobě uchovávají nádechy romantiky a dobrodružství. Na formování podoby železnic se kromě lidského ducha výrazně podílel i reliéf, který svými proměnlivými nároky přinutil člověka při stavbě železnic k často až neuvěřitelně vynalézavým řešením. Mnoho způsobů, jak se železnice „vyrovnává“ s reliéfem, vstoupilo a vstupuje do dějin železničního stavitelství a stává se i předmětem ochrany v rámci UNESCO.

Počátky železnice a překonávání překážek

Železnice má dvě hlavní složky, jednou jsou koleje a druhou je tažný stroj. Už nejstarší civilizace ve starověku věděly, že kola vozů se nejlépe pohybují po rovném a hladkém povrchu. Tedy že snížením tření mezi kolem a povrchem se zmenší nárok na velikost tažné síly. Tento princip našel uplatnění v hornictví, kde byly zřejmě poprvé použity koleje, po kterých byly tlačeny a taženy vozíky s vytěženou rudou. Tyto koleje byly zpočátku dřevěné, ale již na nich se objevily vozíky, jejichž kola byla opatřena okolky, které zabraňovaly sjetí kola z kolejnice. Takové vozíky s okolky používali například jáchymovští horníci už v 16. století. S rozvojem ocelářství byly málo odolné dřevěné kolejnice nahrazeny nejdříve litinou a později ocelí. Kolejnice rovněž vystoupily z podzemí dolů a začaly se uplatňovat v přístavech, manufakturách a všude tam, kde se přepravoval objemný a těžký náklad.

Prvotní tažnou sílu vozíkům a vozům poskytl člověk, případně zvířata. Tažné zvíře ve spojení s vozem jedoucím po kolejích dokázalo utáhnout velké množství nákladu. To bylo ověřeno v roce 1803 na první veřejné železnici na světě v Surrey v jihovýchodní Anglii, kde jediný kůň utáhl soupravu vážící cca 60 tun na vzdálenost necelých 10 km. Spojením tažné síly koně a kolejnic vznikly koněspřežné dráhy, které se budovaly počátkem 19. století po celém světě. U nás je známá především dráha spojující České Budějovice a Linec (v provozu od roku 1825 do roku 1872), jakožto první veřejná koněspřežná železnice na evropské pevnině. Nicméně překotná výstavba kolejí a vznik železnic, jak ji chápeme v dnešním slova smyslu, musely počkat na okamžik, kdy byla zvířecí síla nahrazena strojem – parním strojem. První parní stroj sestrojil již v 1. století našeho letopočtu Hérón Alexandrijský. Na počátku 18. století byl parní stroj

použit v průmyslu – Thomasem Newcomenem, který jej začal využívat k odčerpávání vody z dolů. Na Newcomena navázal James Watt, který vyvinul mnohokrát výkonnější a úspornější verzi parního stroje, která pak pronikla do prvních továren. První parní lokomotivu sestrojil až v roce 1804 Richard Trevithick. Tato lokomotiva tahala náklad ve waleských železárnách na 16kilometrové trase. Postupem času se parní lokomotivy zdokonalovaly, až dne 27. září 1825 byl dav zvědavých diváků u tratě mezi Stocktonem a Darlingtonem v Anglii svědkem první jízdy vlaku s parním pohonem. Na původně koněspřežné železnici vyrazil vlak tažený Stephensonovým parním strojem *Action* (později přejmenovaným na *Locomotion No. 1*, tedy Lokomotiva č. 1). Jel průměrnou rychlostí 10 km/h.

Už první železniční trať světa, která byla od samého počátku navržena pro parní provoz, byla postavená tak, aby se vyrovnala s nástrahami reliéfu. Tato trať vedla mezi Liverpoolem a Manchesterem

Marek Křížek

Univerzita Karlova,
Přírodovědecká fakulta,
katedra fyzické geografie
a geoekologie;
marek.krizek@natur.cuni.cz

Transkontinentální americká dráha

Budování první transkontinentální americké dráhy bylo urychleno vypuknutím americké občanské války. V roce 1862, tedy rok po začátku války, podepsal Abraham Lincoln výnos o zahájení stavby dráhy, protože bylo třeba spojit státy Unie s Kalifornií a obecně se západními územími. Stavba sice byla dokončena až čtyři roky po konci války, v roce 1869, kdy se východní a západní větve setkal v Utahu na místě označovaném jako *Promontory Point*, ale přesto sehrála zásadní roli při osídlování amerického západu a formování Spojených států. Společnosti, které železnici stavěly, získaly pozemky v 32 km širokém pásu, jejichž středem procházela budovaná železnice. Kromě toho za každou míli (1,6 km) položených kolejí inkasovaly až 50 000 dolarů.

Obr. 1 Vůz s turisty na gravitační železnici vedoucí z hory Tamalpais (784 m n. m.) v Kalifornii ve Spojených státech měl na jednokolejné klikaté trati dlouhé 13 km maximální rychlost omezenou na 19 km/h. Foto: MVHistoryRoom / Wikimedia.org.



a provoz zde byl zahájen v roce 1830. Trať byla vedena tak, aby se maximální možnou měrou vyhnula prudkému stoupání a klesání a naopak procházela co nejrovinnatějším územím, přičemž její sklon se pohyboval od méně než 3 do 10 ‰. Nerovnosti dané přírodními překážkami byly překonány soustavou navážek a 63 mostů a viaduktů, a dokonce 3 220 metrů dlouhou galerií. Tato trať byla navržena všem železničním nadšencům známým Georgem Stephensonem a jeho synem Robertem, tedy autory pověsné parní lokomotivy *Rocket* (Raketa), která vtiskla všem dalším parním lokomotivám svá technická řešení. Tato železnice se stala vzorem všem dalším drahám,

Obr. 2 Vůz gravitační železnice Lynton–Lynmouth (v jihoanglickém hrabství Devon) se složitým brzdovým systémem. Foto: pjhpix / Shutterstock.com.



a to nejen vybudovanými inženýrskými stavbami překonávajícími členitost zemského povrchu, ale i stavbami velkých železničních stanic a dalšími technickými opatřeními. Bohužel tato trať se hned v den svého uvedení do provozu postarala o smutný primát, neboť se na ní udála první smrtelná nehoda v dějinách parních železnic. Všeobecné nadšení, které doprovázelo otevření této tratě, přerostlo u poslance Williama Huskissona ve fatální neuváženost, když se pokusil přejít přes koleje těsně před příjíždějící Raketou. Ale ani tato nehoda nedokázala zastavit zájem a ekonomický úspěch rodících se železnic, vždyť za 50 let dosáhla celková délka železnic ve Velké Británii neuvěřitelných 30 000 km a železniční trať se ještě před polovinou 19. století uchytily i v kontinentální Evropě, v Rusku, ale i na dalších světadílech, včetně Spojených států, kde první vlak vyjel 15. ledna 1831.

Americké železnice se od těch evropských lišily hned od počátku. Významný byl rozdíl v přístupu ke kvalitě železničního svršku, která byla v případě amerických železnic velmi bídá. Ve Spojených státech byly pražce kladeny často volně na povrch bez vyvážení, oblouky kolejí se stavěly bez přechodnic k rovným úsekům a bez vyvýšené vnější kolejnice. Není divu, že jízda na takových kolejích byla hodně kodrcavá a vlaky často vykolejily. Špatně odvedená řemeslná práce na svršku (především nekvalitní ukotvení kolejí) stála za tím, že konstruktéři amerických lokomotiv přišli s novinkou, která se pak uplatnila ve všech parních lokomotivách po celém světě. Šlo o zavedení vodícího podvozku na otočném čepu, který se lépe přizpůsobil nepravidelnostem kolejí a lokomotivu naváděl do oblouků lépe než do té doby používané podvozky s fixními dvojkolími uloženými v ložiscích, a zlepšoval tak jízdní vlastnosti lokomotivy.

Gravitační železnice

Ideálním prostředím pro výstavbu železnic jsou roviny. Železnice se nicméně nevyhýbají ani členitějším terénům, a dokonce dokáží využít energii reliéfu pro pohon naloženého vlaku. Gravitace je tak další silou, kterou některé železnice využívají a historie gravitačních železnic není o mnoho kratší a o nic méně zajímavá než těch klasických. Princip gravitační železnice je velmi jednoduchý a je založen na tom, že naložený vlak směřující ze svahů dolů využívá ke svému pohybu pouze gravitaci. Po vyložení nákladu či cestujících v dolní stanici se pak do horní stanice vrací prázdný nebo méně naložený pomocí zvířecí síly, lokomotivy, stacionárního motoru s lanem či řetězem, nebo obdobným mechanismem (obr. 1).

Některé gravitační železnice dokonce využily toho, že stoupající vlak je lehčí a nahoru jej vytahuje



Obr. 3 Viadukt Landwasser je považován za stavební klenot na trati Ledovcového expresu mezi Svatým Mořicem a Zermattem ve Švýcarsku. Foto: Ikiwaner / Wikimedia.org.

těžší sjíždějící vlak pomocí lana obtočeného kolem kladky u horní stanice. Železnice tohoto typu byly hojně užívané u těžebních společností, které takto přepravovaly vytěžené uhlí či rudu. Ačkoliv nám může připadat tento systém jako dokonalý, byl přesto vylepšen, aby mohl převážet stejný anebo i vyšší počet osob či větší množství zboží nahoru než dolů. Toto vylepšení můžeme obdivovat u dráhy spojující města Lynton a Lynmouth, která od sebe odděluje vysoký útes u pobřeží v jihozápadní části Anglie (obr. 2). Řešení je velmi jednoduché: do vozů zdejší dráhy byly instalovány vodní nádrže o objemu něco přes 3 000 litrů, které jsou na začátku jízdy plné, jak v horním, tak v dolním voze. Voda se pak vypouští z nádrže vozu v dolní stanici, dokud rozdíl v hmotnosti obou vozů nezpůsobí jejich pohyb. Tato dráha je v provozu od roku 1890 dodnes. Zatímco zpočátku byla používána převážně k přepravě nákladu, později ji objevili turisté a začala být používána k přepravě osob, pro něž byly vozy upraveny v roce 1947. Tato trať drží primát světově nejvyšší a nejstrmější stále provozované železnice-kanovky poháněné vodou, přičemž při její délce 262,7 m a převýšení 152,4 m činí její stoupání, resp. klesání 58 %, kdy na jeden její výškový metr připadá 1,75 délkového metru.

Hory a železnice

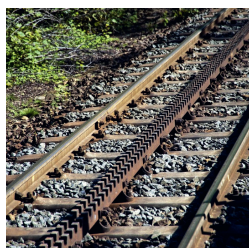
I když gravitační železnice vznikaly ve Spojených státech, ve Velké Británii, ale i např. v Itálii hojně, jejich akční rádius byl oproti standardním železnicím malý a představovaly tak jen malou část budovaných železnic. Už od položení prvních kolejí

lidé věděli, že ideální trasa by měla být vedena po vodorovných úsecích, jelikož se zvětšujícím se sklonem narůstají nároky na výkon lokomotivy, ale i na brzdňý systém vlakové soupravy. Například pro české železnice platí, že překročí-li sklon 40 ‰, musí být stanoveny speciální podmínky pro provozování dráhy. Naopak v tunelu je požadován sklon alespoň 3 ‰, aby mohla pronikající voda z podzemí odtékat a bylo zajištěno odvodnění koleje. Sklon trati je tak důležitým faktorem, který limituje její charakter a vedení krajinou. Maximální sklon adhezni železnice se pohybuje v rozmezí 40–60 ‰, tj. 4–6 výškových metrů na 100 metrů délky průmětu do vodorovné roviny. Nicméně maximální sklon je posuzován pro každou trať zvlášť a jeho hodnota podmiňuje druh vlaku, nejvyšší povolenou rychlost, ale i typ brzdňého systému. Je-li sklon větší než uvedené rozpětí, adheze

Slovníček

Adhezni železnice je označení pro běžnou, kolo-kolejovou železnici, která funguje na principu adheze (schopnosti trakčního vozidla přenášet tažnou sílu mezi koly a jízdní dráhou).

Železniční svršek je základní součástí železniční trati a tvoří ji vlastní kolejnice, výhybky, pražce s kotevními mechanizmy a kolejové lože tvořené zejména šterkem a kamenivem, jehož úkolem je fixovat polohu kolejí a zabránit jejich pohybu, např. vybočení. Čím větší kvalitu má železniční svršek, tím zaručuje bezpečnější a rychlejší jízdu.



Obr. 4 Trať z Tanvaldu do Kořenova je nejstrmější železniční cestou v Česku (na 6,7 km délky trasy překonává výškový rozdíl 235,1 m, sklon dosahuje hodnoty 58 %). Pro překonání takového stoupání si stavitelé pomohli ozubnicí, ozubeným pásem mezi kolejemi, do kterého zapadá ozubené kolo lokomotivy. Použití ozubnic díky síle současných vlaků sice už není potřeba, ale Železniční společnost Tanvald vypravuje turistické jízdy, při kterých se svězt vlakem s unikátní ozubnicovou lokomotivou stále můžete. Trať byla postavena v letech 1899–1902 jako důležité spojení průmyslové oblasti Liberecka a Jablonecka se západní oblastí Slezska. Výrazně zkrátila přepravní vzdálenost pro vývoz textilních výrobků, stejně jako pro dovoz kvalitního hornoslezského uhlí a surovin pro sklárny. Foto: Zubacka.cz.

přestává fungovat a může dojít k protáčení kol či ke smyku při brzdění. Kromě sklonu adhezi ovlivňuje i přítomnost vody na kolejích, protože voda snižuje tření. Naopak adheze může být zvýšena záměrným posypem písku na kolejích při takzvaném pískování. Pokud je však sklon větší, na daném úseku se budují ozubnicové dráhy, které k přenosu tažné síly využívají ozubená kola, která zapadají do ozubeného hřebene uloženého nejčastěji mezi kolejemi. Čistě ozubnicový pohon má například zubačka na trase Štrba–Štrbské pleso ve Vysokých Tatrách, naopak smíšený adhezně-ozubnicový pohon mají vlaky na trati Tanvald–Kořenov, přičemž ozubnicový pohon se uplatňuje jen na vybraných úsecích trati s nejvyšším sklonem, jinak se vozy spoléhají na adhezi (obr. 4). Nicméně je třeba dodat, že ozubnicový pohon je finančně náročnější jak z hlediska pořizovacích nákladů (na výstavbu trati, na nákup speciálních lokomotiv či nutné úpravy adhezních strojů), tak z hlediska údržby. Proto se i v horském reliéfu dává přednost adhezivní železnici před ozubnicí. Celý problém železnice v horách tkví v tom, že horské prostředí je charakteristické velkými převýšeními na relativně krátké vzdálenosti. Železnice se s tímto stavem snaží vyrovnat dvěma základními způsoby, které se většinou kombinují.

Tím prvním způsobem je prodloužení tratě pomocí zatáček a oblouků tak, aby se zlepšil poměr délky ke stoupání tratě a omezil se její sklon. Avšak konstrukce oblouků se neobejde bez výrazných zásahů do terénu, neboť pro oblouky zpravidla není v úzkých údolích, kudy nejčastěji železnice procházejí, dostatek místa. Musí se budovat četné

zářezy, mosty, galerie či viadukty (obr. 3). Na druhou stranu se tyto technické stavby při správném zakomponování do terénu mohou stát doslova součástí horské krajiny a proměnit obyčejné cestování vlakem v unikátní zážitek. Jistým řešením může být i zmenšení rozchodu kolejí, díky čemuž trať může mít menší poloměr zatáček a oblouků, a proto se snáze vejde do stísněných prostor horských údolí. Tato řešení se uplatnila například v jedné z nejkrásnějších železnic světa, Berninském expresu (z italského Tirana do švýcarského Svatého Mořice) ve švýcarských Alpách. Tamní železnice je zároveň nejvýše položenou evropskou adhezní železnici a ve svém nejvyšším bodě vystoupá do 2 253 m n. m., přičemž na některých úsecích elektrický vlak o metrovém rozchodu překonává sklon až 70 %. Trať je od roku 2008 zařazena na seznam světového kulturního dědictví UNESCO. Vyskytuje se zde několik originálních stavebních řešení, která dokládají, jak dobře si stavitelé poradili s nepříznivým terénem. Jedním z těchto řešení je Brusioský spirálový viadukt (obr. 5), kde vlak díky 360° smyčce o poloměru 70 metrů vystoupá během dvou minut jízdy o 10 výškových metrů.

Druhým způsobem, jak se vypořádat s nadměrným sklonem, je budování tunelů, které v horském prostředí umožňují se vyhnout stoupání a následnému klesání trati a místo toho pokračovat skrz horský masiv. Tunely oproti povrchovým stavbám mají ještě jednu výhodu. Tou je přirozená rezistence vůči skalnímu říční, bahnotokům a lavinám, které jsou v horském prostředí typu Alp přirozeným jevem. To je však vykoupeno obrovskými pořizovacími náklady, které se s výstavbou tunelů pojí.



Obr. 5 Brusioský spirálový viadukt, který byl otevřen v roce 1908, je jednou z ikon Berninské železnice. Foto: David Gubler / Wikimedia.org.



Obr. 6 Úsek železniční tratě Golmud–Lhasa na pilířích, které zajišťují maximální tepelnou izolaci od permafrostu.
Foto: Fanghong / Wikimedia.org.

Bez nadsázky lze říci, že alpské železniční tunely byly v době svého vzniku jedinečnými stavebními počiny a staly se vzorem pro další stavby po celém světě. Navíc alpské železniční tunely sehrály nezastupitelnou roli při propojení národních železničních sítí a položily základ budované evropské mezinárodní železniční sítě. Prvním takovým tunelem byl 13,7 km dlouhý Fréjuský tunel otevřený v roce 1871 a spojující italskou a francouzskou železnici. Na hloubení tunelu se podílelo hned několik nových vynálezů. Tím prvním byl razicí štít, který měl podobu jednoho sta spřažených příklepových vrtáčků instalovaných v přední části vrtacího stroje, nicméně nakonec byl tento stroj z finančních důvodů nahrazen jinou novinkou vyvinutou právě pro potřebu tohoto, na svou dobu gigantického díla, a tou byla pneumatická sbíječka. Revoluční na těchto nástrojích bylo, že sbíječky byly poháněny

stlačeným vzduchem z kompresoru, který byl umístěn mimo tunel a nedocházelo tak k hromadění jedovatých exhalací v podzemí. Dalším vynálezem poprvé použitým v praxi byl dynamit (vynalezený Alfredem Nobelem v roce 1866). I přes použití tehdejších technických novinek zemřelo při budování tohoto tunelu přes 200 dělníků (Tanel 2013), část při závalech souvisejících s důlní činností a zbytek při epidemii tyfu, která se stavenišťem prohnala v období kolem roku 1864.

Permafrost a železnice

Pro železnici představuje permafrost složitý problém. Záludnost permafrostu tkví v tom, že jeho teplota je dlouhodobě (dle definice minimálně dva po sobě následující roky) nižší než 0 °C, což většinou způsobuje, že voda obsažená v sedimentech je zmrzlá a díky tomu se sypké sedimenty a zeminy chovají jako skalní horniny. Pokud však permafrost začne tát, říkáme, že degraduje, voda změní skupenství a oteče pryč. Sypké zeminy již neudrží pohromadě led a začnou se hroutit. Tyto změny jsou doprovázeny sesedáním povrchu. Nestabilita povrchu představuje nebezpečí pro veškeré stavby a inženýrské sítě, které jsou na permafrostu vybudovány, jelikož dochází k poškození jejich základů a vážnému narušení statiky. Aby k tomu nedocházelo, nesmí permafrost v nejbližším okolí staveb degradovat. Pokud by stavby ležely přímo na permafrostu, jimi vyzařované teplo by mohlo okolo ležící permafrost přivést k degradaci, která by ve svém důsledku vedla k destrukci vlastní stavby. Toto platí i pro železnici, která by na permafrostu s klasickým

Permafrost

Permafrost můžeme charakterizovat jako část zemské kůry (tj. skalní horniny, zvětraliny, sedimentu či půdy), jejíž teplota je minimálně během dvou po sobě jdoucích let nižší než 0 °C (např. Harris a kol. 2018). Některé definice (např. French 2018) mají onu ostrou nerovnost nahrazenou neostrou, a tedy do permafrostu zahrnují i části zemské kůry o teplotě 0 °C. V nadloží permafrostu bývá vyvinuta tzv. činná vrstva (*active layer*), která na rozdíl od permafrostu během krátkého léta taje. Poměrně častou chybou je považování činné vrstvy za součást horních vrstev permafrostu.

Železnice Golmud–Lhasa: obdivuhodná i kritizovaná

Kromě toho, že je trať mezi čínským Golmudem a tibetskou Lhasou nejvyšší železniční tratí světa a překonává území s permafrostem, je obdivovaná i pro své další parametry. Trasa dlouhá téměř 2 000 km prochází velmi členitou horskou krajinou, kterou překonává mnoha tunely (tunel Feng-chuo-šan ležící v nadmořské výšce 4 905 m n. m. je nejvýše položeným tunelem na světě) a mosty (na trase jich stojí 675). Na druhou stranu tato železnice těsněji připojuje Tibet ke kontinentální Číně a je nástrojem prosazování čínské moci a zájmů.

Obr. 7 Speciální kamenné násypy na tibetské železnici, které se snaží o tepelnou izolaci tělesa železničního násypu od podložního permafrostu.

Foto: huyangshu / Shutterstock.com.



železničním násypem neobstála. Existuje však celá řada technických opatření a stavebních postupů, které dokážou tepelný vliv staveb omezit či zcela potlačit. Některá z těchto opatření si můžeme představit na příkladu vysokohorské železnice vedoucí přes Tibetskou náhorní plošinu, kde se vyskytuje horský permafrost. Vysoká poloha a přítomnost permafrostu byly dlouho hlavními faktory, které blokovaly nejen výstavbu železnice, ale i jiných dopravních cest. Chyběly technologie a peníze, které by takto náročnou stavbu umožnily. Výstavba 1 956 km dlouhé tzv. tibetské železnice (670 km prochází územím s permafrostem; Harris 2011) mezi Golmudem a Lhasou byla zahájena v roce 2001, dokončena byla v roce 2006. Při této stavbě se uplatnilo hned několik způsobů odfiltrování tepelného vlivu železničního svršku na permafrost. Jedním technickým řešením byla výstavba pilířů, které byly zapuštěny hluboko do permafrostu. Na nich pak byla vybudována visutá železniční trať (obr. 6). V některých místech byly vystavěny speciální železniční násypy s otvory, kterými může proudit chladný vzduch zabírající pronikání tepla pod zemský povrch (obr. 7). Po vzoru transaljašského ropovodu zde byl uveden do provozu pasivní chladicí systém tvořený sérií více než 25 000 sond – termosifonů, které prostřednictvím výměníků tepla naplněných směsí s nízkým bodem varu odčerpávají teplo ze zmrzlé půdy a ochlazují permafrost v okolí železnice (Harris 2011). Je nutné zmínit ještě jednu vlastnost této trati – tou je vysoká nadmořská výška, do níž železnice stoupá. Nejvyšší bod této železnice (5 072 m n. m.) nedaleko stanice Tanggula, která

stojí o čtyři výškové metry níže, z ní činí nejvyšše položenou železnici světa. Proto také vlak obsahuje speciální přívody kyslíku pro pasažéry, který zabírá horské nemoci, neboť obsah kyslíku je zde poloviční než u hladiny moře. V tomto vlaku naleznete i kyslíkové masky, které známe z letadel.

Vztah železnice a reliéfu

Člověk při výstavbě železnic dokázal překlenout hluboká údolí, překonat vysoké výškové rozdíly, prostoupit horskými masivy nebo vystavět funkční trať pod mořským dnem, či na nestabilním podloží. Navíc se učí překonávat další a další bariéry, které mu krajina a její reliéf vystavují. Účel železnice je prozaický, propojit jednotlivá místa na Zemi. Pokud však navíc respektuje krajinu, nepoškozuje a neohrožuje ji, a ještě navíc dokáže do krajiny vhodně zakomponovat mosty, viadukty a další stavby, stává se z obyčejné železnice umělecké dílo, které vzbuzuje všeobecnou pozornost a láká návštěvníky z celého světa ne proto, aby se dopravili z jednoho místa na druhé, ale proto aby ji viděli a zažili.

Literatura a zdroje dat

- FRENCH, H. M. (2018): The periglacial environment. Wiley, New York.
- HARRIS, S. A., BROUCHKOV, A., GUODONG, C. (2018): Geocryology. Taylor & Francis, London.
- HARRIS, S. A. (2011): The Tibetan railroad: Innovative construction on warm permafrost in a low-latitude, high-altitude region. In: Brunn, S. D. (ed.): Engineering Earth – The impacts of megaengineering projects. Springer, Dordrecht, 747–766.
- TANEL, F. (2013): Železnice. Slovart, Praha.

Abstract

Symbiosis of railways and the landscape.

The article deals with the relationship between landscape and railways. Landscape, with its changing demands, has driven man to incredibly inventive solutions. Many of these constructions, that had to be built to "cope" with the terrain, have entered history of railway construction and have also become a subject of the UNESCO protection.



Železnice

Symbioza železnice a reliéfu

Průměny železnice a krajiny na území Česka

Vysokorychlostní trať směřem k rozvoji regionu?

2

Tento soubor (článek) je vlastnictvím časopisu Geografické rozhledy a podléhá právní ochraně. ■ Vydavatel i nakladatel časopisu si vyhrazují právo článek zveřejňovat na webových stránkách a sociálních sítích časopisu za účelem propagace časopisu. ■ Dílo není určeno ke komerčnímu využití. Smí se šířit, pokud jsou korektně uvedeny údaje o autorovi, článku a jako zdroj citován časopis Geografické rozhledy.