

VLIV LINIOVÝCH STAVEB NA ODTOKOVÉ POMĚRY A STABILITU SVAHŮ

THE IMPACT OF LINEAR TRANSPORT STRUCTURES ON HYDROLOGY EXTREMS AND SLOPE STABILITY

Václav Mráz^{1,2}, Petr Kavka³, Jiří Vacek⁴, Martin Havlice⁵

¹ ČZU v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21, Praha 6, e-mail: mrazv@fd.czu.cz

² Ředitelství silnic a dálnic, Provozní úsek GŘ, Čerčanská 2023/12, 14000, Praha 4

³ ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, e-mail: petr.kavka@fsv.cvut.cz

⁴ GKIP Litomyšl s.r.o., Touloucovo náměstí 156, 570 01, Litomyšl, e-mail: info@gkip.cz

⁵ Ochrana podzemních vod, s.r.o., Bělohorská 274/31, 169 00, Praha 6, e-mail: havlice.m@opv.cz

Abstrakt: Silniční stavby ovlivňují odtokové poměry změnou přirozených odtokových drah, koncentrací povrchového odtoku a vznikem míst s akumulací vody. Tyto změny mohou zvyšovat riziko eroze, syčení zemního tělesa a vzniku svahových deformací. Příspěvek představuje ukázkou postupu hodnocení vlivu liniových staveb založený na propojení prostorové analýzy, hydrologického modelování a geotechnické interpretace. Postup je aplikován na případové studii dálnice D11 v úseku km 94,5–100,0, kde byly porovnány odtokové poměry před výstavbou a po realizaci komunikace. Výsledky ukazují, že celková změna objemu odtoku byla pouze omezená, avšak významné byly lokální změny směřování a koncentrace povrchového odtoku. Tyto lokální změny mohou představovat významný faktor ovlivňující erozní procesy, změny vlhkostního režimu zemních těles a stabilitu svahů.

Abstract: Road infrastructure can significantly affect runoff conditions by altering natural drainage pathways, concentrating surface runoff, and creating areas of water accumulation. These changes may increase the risk of erosion, saturation of the road embankment, and slope deformation. This paper presents an approach for assessing the impact of linear infrastructure based on the integration of spatial analysis, hydrological modelling, and geotechnical interpretation. The approach is applied to a case study of the D11 motorway between km 94.5 and 100.0, where runoff conditions before and after construction were compared. The results indicate that the overall change in runoff volume was relatively limited; however, significant local changes in the direction and concentration of surface runoff were identified. These local changes may represent an important factor affecting erosion processes, changes in the moisture regime of earth structures, and slope stability.

Klíčová slova: silniční stavby, odtokové poměry, hydrologické modelování, svahové deformace, geotechnické hodnocení.

Key words: road structures, runoff conditions, hydrological modelling, slope stability, geotechnical assessment.

1. Úvod

Silniční stavby představují významný zásah do přirozeného hydrologického režimu krajiny. Kromě vlastní změny reliéfu dochází k ovlivnění přirozených odtokových drah, změně infiltračních poměrů, přerušení půdního profilu a úpravě způsobu odvádění povrchových vod (Strouhal et al., 2021; Podhrázská et al., 2024). Komunikace mohou v krajině působit současně jako hydrologická bariéra i jako prvek koncentrující odtok prostřednictvím příkopů, propustků a dalších odvodňovacích zařízení. Bariéry přirozených drah tak představují významný společný faktor ovlivňující nejen srážko-odtokové procesy, ale také erozi, nasycení zemního tělesa a stabilitu svahů. Z tohoto důvodu je při hodnocení vlivu liniových staveb vhodné propojit hydrologické, geomorfologické a geotechnické přístupy.

Cílem příspěvku je představit metodický postup hodnocení vlivu silničních staveb na odtokové poměry a stabilitu svahů a demonstrovat jeho využití na příkladu území ovlivněného dálnicí D11.

Přestože dopad liniových staveb na celkovou vodní bilanci povodí bývá často omezený, lokální změny směřování a koncentrace povrchového odtoku mohou významně ovlivnit stabilitu zemních konstrukcí. V příspěvku je proto hodnocena zejména otázka, zda změny odtokového režimu vyvolané liniovou stavbou mohou představovat významný faktor podporující vznik lokálních geotechnických problémů.

2. Vliv liniových staveb na odtokové poměry a stabilitu svahů

2.1 Změny přirozených odtokových drah

Realizací liniové stavby dochází ke změně původního směřování přirozených odtokových drah. Silniční těleso může přerušovat přirozené odtokové linie nebo naopak soustřeďovat vodu do nových profilů prostřednictvím příkopů, propustků a dalších objektů.

2.2 Koncentrace vody a změny infiltračních poměrů

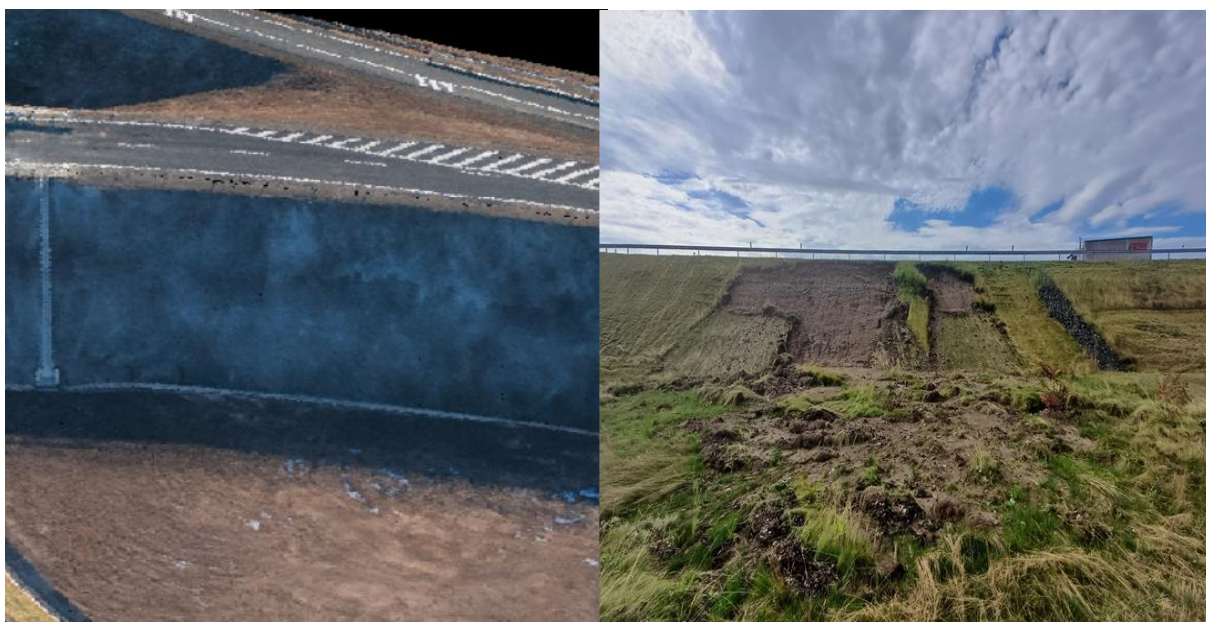
Změny odtokových poměrů souvisejí nejen se zpevněnými plochami, ale také se změnou vlastností celého zemního tělesa, odstraněním vegetace a omezením infiltrační schopnosti povrchových vrstev. Lokální koncentrace vody může vést ke zvýšenému eroznímu působení a k dlouhodobému sycení zemního tělesa.

Ke změnám dochází zejména v místech výustí propustků, pat násepů a zářezů, kde může být voda koncentrována do malých ploch a způsobovat intenzivnější erozi nebo lokální přemokření (Podhrázská et al., 2024).

2.3 Vliv vody na svahové deformace

Zvýšený přísun vody na tělesa svahů násepů a zářezů může být jedním z faktorů snižujících stabilitu zejména u mělkých svahových deformací. Riziková jsou zejména místa s koncentrací odtoku, paty násepů, zářezy s přítokem vody z okolních svahů a lokality s omezenou možností odvodnění. Mechanismus vzniku mělkých svahových deformací je zpravidla spojen se zvýšeným nasycením svrchních vrstev zemin, poklesem efektivního napětí a snížením smykové pevnosti zemin. Typickým příkladem tohoto procesu jsou deformace povrchových vrstev dálničních násepů po intenzivních srážkových epizodách.

Příkladem je situace vzniklá po významných srážkách v roce 2024 na Hradecku (dálnice D11). Na obr. 1 je zachycen stav násypového tělesa po dokončení stavby v roce 2021 a následný vznik prvních povrchových deformací po extrémních srážkách v červenci 2024. Tyto události dokumentují význam hydrologických podmínek jako jednoho z hlavních faktorů ovlivňujících dlouhodobou stabilitu zemních těles.



Obr. 1 Vývoj stavu dálničního násypového tělesa – (a) stav po dokončení stavby (12/2021), (b) první projevy povrchových deformací po intenzivních srážkách v červenci 2024.

Na tyto události navazovaly opakované extrémní srážkové události v průběhu roku 2024, které vedly k rozvoji dalších povrchových deformací na násypových tělesech. Po vzniku prvních poruch byla provedena jejich sanace, současně však následné srážkové epizody vyvolaly vznik nových poškození v dalších úsecích. Obr. 2 dokumentuje opakovaný vznik povrchových deformací po intenzivních srážkách v srpnu 2024 a následnou sanaci svahu. Na první lokalitě bylo provedeno nahrazení svrchní vrstvy ornice kamenivem se zřízením svahového žebra, zatímco na druhé lokalitě byla provedena obnova vegetační vrstvy ohumusováním. Použití odlišných sanačních technologií vede ke změně vlastností povrchové vrstvy násypu, zejména z hlediska infiltrace a retence srážkové vody. Změna infiltračních poměrů může ovlivnit vsakování dešťové vody do přívodních vrstev zemního tělesa a tím i jeho vlhkostní režim a dlouhodobé geotechnické chování. Obě sanace byly realizovány jako opravy provedené nad rámec původní investiční výstavby.



Obr. 2 Opakovaný vznik povrchových deformací a jejich sanace – (a) druhé poškození povrchové vrstvy násypu po intenzivních srážkách v srpnu 2024, (b) sanace sesuvné lokality v říjnu 2024.

3. Metodika hodnocení

Metodika hodnocení vlivu silničních staveb na odtokové poměry byla založena na propojení prostorové analýzy, hydrologického modelování a geotechnického hodnocení. Cílem bylo identifikovat změny přirozeného režimu povrchového odtoku vyvolané realizací liniové stavby a posoudit jejich možné důsledky z hlediska eroze, akumulace vody a stability zemních těles. Hydrologická část hodnocení vycházela z metodiky SCS-CN, která patří mezi nejčastěji využívané metody pro stanovení přímého odtoku z malých povodí (Mishra a Singh, 2003).

V první fázi byla provedena prostorová analýza vycházející z digitálního modelu terénu (DMT). Na jeho základě byla vymezena dílčí povodí, přirozené odtokové dráhy, údolnice a další morfologické prvky ovlivňující odtok vody v území. Současně byla identifikována místa, kde silniční stavba mění přirozený směr povrchového odtoku nebo soustřeďuje vodu prostřednictvím příkopů, propustků a dalších odvodňovacích objektů.

Na prostorovou analýzu navázalo hydrologické modelování, jehož cílem bylo porovnat odtokové poměry před realizací silniční stavby a po jejím dokončení. Pro výpočet přímého odtoku byla použita zmíněná metoda SCS-CN pro návrhové srážkové události při zvýšeném nasycení území. Hodnoceny byly zejména změny objemu odtoku, velikosti přispívajících ploch, koncentrace povrchového odtoku a zatížení jednotlivých odvodňovacích objektů.

Výsledky prostorové analýzy a hydrologického modelování byly následně doplněny poznatky z geotechnického hlediska. Pozornost byla věnována lokalitám s rizikem koncentrace povrchového odtoku, akumulace vody a zvýšeného syčení zemního tělesa, které mohou představovat iniciační faktor erozních procesů nebo vzniku mělkých svahových deformací. Propojení hydrologického a geotechnického hodnocení umožňuje komplexněji posoudit vliv liniových staveb na okolní území a identifikovat riziková místa vyžadující technická nebo provozní opatření.

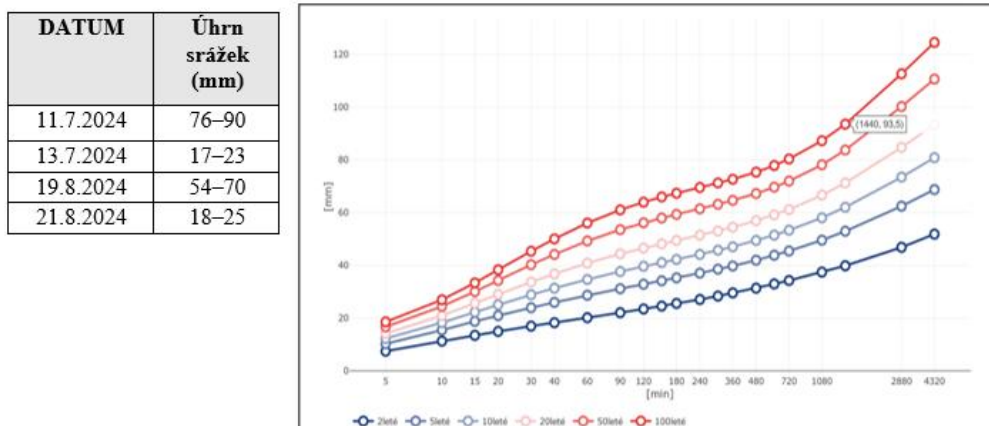
4. Případová studie – vliv dálnice D11 na odtokové poměry a stabilitu svahů

Metodický postup byl aplikován na případové studii dálnice D11 v úseku km 94,5–100,0. V řešeném území byl posuzován vliv realizované liniové stavby na změny odtokových poměrů okolních dílčích povodí ve směru k obcím Ločenice, Předměřice nad Labem a Plotiště (obr. 4). Cílem studie bylo ověřit, zda realizace dálnice změnila přirozený režim povrchového odtoku a zda tyto změny mohly vést ke zvýšení lokální koncentrace vody, vzniku oblastí s akumulací povrchového odtoku nebo ke zvýšení geotechnických rizik souvisejících se stabilitou zemních těles.

Důvodem pro zpracování případové studie byly opakované významné srážkové události, které zasáhly řešené území v průběhu roku 2024. V tomto období byly zaznamenány čtyři významné srážkové epizody tvořené kombinací déletrvajících regionálních srážek a navazujících konvektivních událostí. Tyto události vyvolaly potřebu podrobněji posoudit, zda může realizovaná liniová dopravní stavba ovlivnit lokální směřování a koncentraci povrchového odtoku a posoudit její možný dopad na hydrologii celého širšího území.

Úhrny srážek se v jednotlivých dílčích povodích lišily v závislosti na lokálním rozložení srážkové činnosti (obr. 3). Maximální zaznamenané hodnoty dosáhly 90 mm za den. Tato hodnota je srovnatelná s hodnotou návrhové

24hodinové srážky s dobou opakování 100 let stanovenou pro nejbližší srážkoměrnou stanici Nový Hradec Králové v databázi návrhových srážek projektu PERUN (PERUN, 2024).



Obr. 3 Charakteristika významných srážkových událostí v řešeném území – (a) úhrny srážek uvedené ve „Studii odtokových poměrů VRV“, (b) návrhové srážky pro srážkoměrnou stanici Nový Hradec Králové podle projektu PERUN.

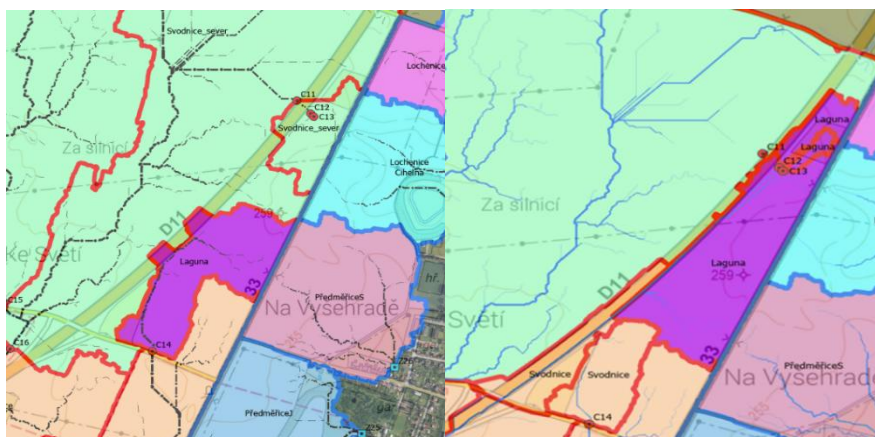
V hydrologickém modelování byly posuzovány také objemově menší, avšak intenzivní srážkové události na již nasyceném povodí. Vedle návrhových 24hodinových srážek byly zohledněny také krátkodobé konvektivní srážky, které představují dominantní mechanismus vzniku intenzivního povrchového odtoku v malých povodích (Kavka et al., 2023).

4.1 Prostorová analýza území

V první fázi byla provedena prostorová analýza řešeného území založená na digitálním modelu terénu před a po realizaci dálnice. Na jeho základě byla vymezena dílčí povodí, přirozené odtokové dráhy a údolnice a byla identifikována místa, kde silniční těleso mění směr nebo koncentraci povrchového odtoku. Pozornost byla věnována zejména lokalitám, kde dochází k převádění vody prostřednictvím příkopů, propustků a dalších odvodňovacích objektů a kde se mění velikost přispívajících ploch.

4.2 Hydrologické modelování změn odtoku

Na základě prostorové analýzy a hydrologického modelu bylo provedeno porovnání odtokových poměrů před realizací dálnice a po jejím dokončení. Pro výpočet přímého odtoku byla použita metoda SCS-CN pro návrhové srážkové události při zvýšeném nasycení území. Hodnoceny byly změny objemu povrchového odtoku, velikosti přispívajících ploch, koncentrace odtoku do jednotlivých profilů a zatížení odvodňovacích objektů. Výsledky ukázaly, že celková změna objemu odtoku z celého území byla nevýznamná, avšak v některých částech území došlo k výrazným lokálním změnám směřování a tím i objemu přímého odtoku.



Obr. 4 Porovnání změn hranic dílčích povodí a odtokových drah před realizací a po realizaci liniové stavby. Vznik lokální bezodtoké oblasti v důsledku přerušení přirozeného odtoku (fialově).

4.3 Geotechnická interpretace výsledků

Druhým klíčovým pohledem je interpretace dopadů srážkových extrémů z geotechnického hlediska s cílem identifikovat lokality, kde mohou změny odtokového režimu představovat potenciální rizikový faktor pro stabilitu zemních konstrukcí. Pozornost byla zaměřena zejména na místa s významnou změnou směrování povrchového odtoku, lokální koncentrací vody, možností její akumulace a zvýšeným rizikem erozního působení nebo dlouhodobého ovlivnění vlhkostního režimu zemních těles.

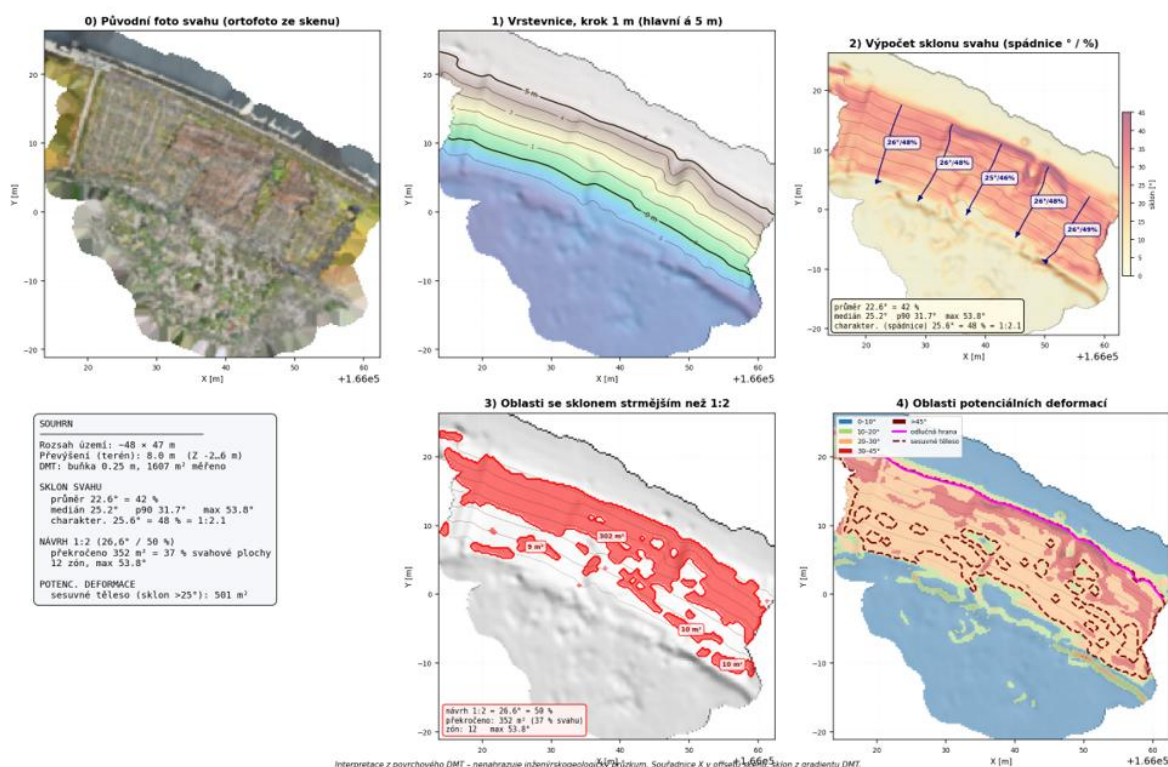
Rizikové mohou být zejména zemní konstrukce s výraznou heterogenitou materiálů, kde dochází ke kombinaci propustnějších povrchových vrstev a méně propustného podloží. Při intenzivních srážkách může docházet k rychlému nasycení svrchních vrstev, zatímco odtok vody do hlubších vrstev je omezen. Výsledkem může být vznik lokálního zvýšení pórových tlaků, omezení infiltrační kapacity a snížení stability povrchových částí svahu. Tento mechanismus byl pozorován také u mělkých deformací násypových těles liniových dopravních staveb v oblasti Hradce Králové, kde po extrémních srážkových událostech v roce 2024 došlo k poruchám povrchových vrstev násypů (Mráz et al., 2026).

Pro ověření skutečného rozsahu a dynamiky případných deformací lze v identifikovaných rizikových lokalitách využít metody prostorového monitoringu, například opakované 3D skenování povrchu. Porovnání časových řad digitálních modelů povrchu umožňuje stanovit změny geometrie svahu, lokalizovat oblasti s nepříznivými sklonovými poměry a identifikovat partie náchylné k povrchovým deformacím. Tyto metody představují vhodný doplněk ke klasickým geotechnickým postupům a umožňují přesnější lokalizaci problémových oblastí.

V rámci doplňujícího hodnocení byla provedena prostorová analýza povrchu svahu na základě opakovaného 3D skenování ve dvou časových etapách (srpen a říjen 2024). Vstupem analýzy byla barevná mračka bodů s celkovým počtem přibližně 1 milion bodů. Z jednotlivých mraček bodů byly sestaveny digitální modely terénu (DMT) s velikostí buňky 0,25 m. Povrch terénu byl v každé buňce aproximován 20. percentilem výšek bodů s cílem omezit vliv vegetace a lokálního šumu. Chybějící hodnoty byly doplněny lineární interpolací a výsledný model byl následně mírně vyhlazen. Z digitálních modelů byly odvozeny sklonové charakteristiky svahu a vymezeny oblasti se sklony překračujícími návrhovou hodnotu 1:2.

Výsledky prostorové analýzy první časové etapy (srpen 2024) jsou uvedeny na obr. 5, který znázorňuje ortofoto zájmové lokality, digitální model terénu, mapu sklonů a vymezení oblastí s překročením návrhového sklonu 1:2.

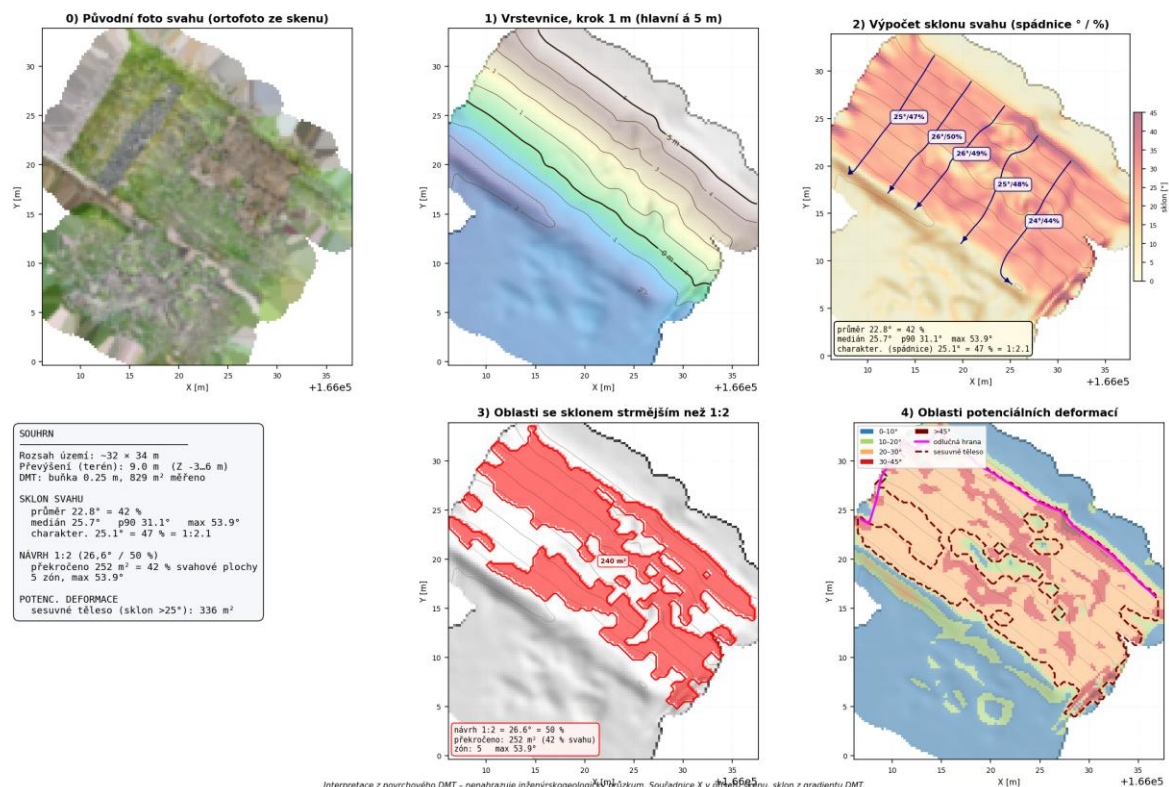
SVAH - ANALÝZA Z DMT (Scaniverse 2024-08-03) · DMT 0,25 m · Z rel. k datu skenu



Obr. 5 Prostorová analýza svahu ze srpna 2024 pomocí 3D skenování – ortofoto, model terénu, mapa sklonů a vymezení oblastí se zvýšeným rizikem povrchové nestability.

Analýza výsledků ukázala, že svah v obou sledovaných obdobích vykazoval obdobné morfometrické charakteristiky. Průměrný sklon svahu dosahoval přibližně 22,7° a charakteristický sklon byl přibližně 25°, což odpovídá poměru okolo 1:2,1. Současně byly v obou etapách identifikovány rozsáhlé partie se sklony vyššími než návrhová hodnota 1:2. Tyto oblasti byly soustředěny zejména do souvislého pásu pod horní hranou svahu a představují z hlediska povrchové stability nejvíce exponované části svahu.

Výsledky prostorové analýzy druhé časové etapy (říjen 2024) jsou uvedeny na obr. 6. Z porovnání obou etap vyplývá, že v hodnoceném období nedošlo k výrazné plošné změně geometrie svahu. Rozdíly v rozsahu vymezených ploch jsou ovlivněny zejména odlišným rozsahem snímaného území v jednotlivých termínech. Přesto i v říjnu 2024 přetrvávaly oblasti s nepříznivými sklonovými poměry, které mohou být citlivé na další působení vody a rozvoj povrchových deformací.



Obr. 6 Prostorová analýza svahu z října 2024 pomocí 3D skenování – ortofoto, model terénu, mapa sklonů a vymezení oblastí se zvýšeným rizikem povrchové nestability.

Z výsledků prostorové analýzy vyplývá, že svah v obou termínech vykazoval rozsáhlé partie strmější než návrhový sklon 1:2, soustředěné zejména do pásu pod horní hranou svahu. Tyto plochy představují potenciálně oslabené zóny z hlediska povrchové stability, kde může při zvýšeném nasycení povrchových vrstev docházet k rozvoji erozních procesů nebo mělkých svahových deformací. Z tohoto důvodu by měly být tyto partie přednostně sledovány v rámci geotechnického monitoringu a v případě potvrzení nepříznivého vývoje řešeny vhodnými stabilizačními nebo odvodňovacími opatřeními.

Případová studie potvrzuje, že samotné hodnocení změn odtokových poměrů neposkytuje dostatečné informace o možných dopadech na stabilitu zemních konstrukcí. Teprve propojení prostorové analýzy, hydrologického modelování a geotechnické interpretace umožňuje komplexně vyhodnotit rizikové lokality a navrhnout odpovídající preventivní nebo sanační opatření. Integrovaný přístup umožňuje nejen zpětné posouzení vlivu extrémních srážkových událostí, ale také včasnou identifikaci potenciálně problematických míst při návrhu, provozu a údržbě liniových dopravních staveb.

5. Závěr

Silniční stavby představují významný zásah do přirozených odtokových poměrů krajiny. Přestože realizace komunikace nemusí vést k významné změně celkové hydrologické bilance povodí, může způsobovat lokální změny odtokového režimu v důsledku ovlivnění přirozených odtokových drah, změny velikosti přispívajících ploch a koncentrace povrchového odtoku do konkrétních míst. Tyto změny mohou podporovat vznik erozních procesů, ovlivňovat vlhkostní režim zemních těles a představovat jeden z faktorů přispívajících ke vzniku nebo aktivaci mělkých svahových deformací.

Případová studie dálnice D11 ukázala, že pro objektivní posouzení vlivu liniových staveb na okolní území není dostačující hodnotit pouze změny hydrologických charakteristik přispívajících povodí. Zásadní význam má jeho kombinace s geotechnickým hodnocením, především ve vztahu ke stabilitě násypů, zářezů a dalších zemních konstrukcí. Významnou roli přitom nemusí hrát pouze množství přitékající vody, ale zejména její lokální koncentrace, způsob proudění, infiltrační podmínky a změny pórových tlaků v zemním tělese.

Z provedených analýz vyplývá potřeba komplexnějšího přístupu k návrhu a hodnocení liniových staveb. Již ve fázi přípravy projektové dokumentace je vhodné posuzovat nejen kapacitu jednotlivých odvodňovacích objektů, ale také širší vliv stavby na změnu odtokových drah, srážko-odtokové vztahy a možné geotechnické důsledky těchto změn. Součástí hodnocení by mělo být posouzení vlivu vody na stabilitu zemních konstrukcí, včetně

možných náhlých změn pórových tlaků při kombinaci extrémních srážek, povrchového odtoku a případného působení podzemní vody.

Výsledky současně ukazují na význam vhodného návrhu geometrie zemních konstrukcí a odvodňovacích opatření. V rizikových lokalitách může být vhodné uvažovat mírnější sklony svahů, využití vyztužených zemních konstrukcí nebo doplnění odvodňovacích prvků v horních partiích svahů. Nezbytnou součástí dlouhodobé funkce zemních těles je také pravidelná kontrola a údržba stávajících odvodňovacích zařízení, zejména příkopů, žlabů, vpustí a dalších prvků umožňujících bezpečný převod povrchových vod.

U zemních těles tvořených technologicky upravenými zeminami je nutné věnovat pozornost také dlouhodobému chování jednotlivých vrstev a jejich vzájemnému působení. Rozdílné vlastnosti stabilizovaných vrstev a humózních povrchových vrstev mohou ovlivňovat infiltrační poměry, retenční schopnost povrchu a rozvoj vegetačního krytu. Při návrhu a realizaci těchto konstrukcí je proto vhodné zohlednit nejen mechanické parametry zeminy, ale také dlouhodobý vliv vody, vegetace a změn vlastností jednotlivých vrstev v průběhu životnosti stavby.

Pro ověření skutečného chování zemních konstrukcí je vhodné využívat kombinaci geotechnického a geodetického monitoringu. V rizikových lokalitách lze doporučit zejména sledování deformací pomocí geodetických metod, doplněné například o měření pórových tlaků pomocí piezometrů, ideálně již v průběhu výstavby. Moderní metody prostorového monitoringu, jako je opakované 3D laserové skenování nebo využití vláknově optických senzorů, mohou představovat vhodný doplněk klasických monitorovacích metod a umožnit včasnou identifikaci změn geometrie nebo napjatostního stavu zemních konstrukcí.

Případová studie potvrzuje význam mezioborového přístupu při hodnocení vlivu liniových staveb na okolní prostředí. Efektivní návrh a správa dopravní infrastruktury vyžaduje spolupráci hydrologů, vodohospodářů, hydrogeologů, geotechniků a dopravních specialistů již ve fázi přípravy projektu. Vytvoření srážko-odtokových modelů a jejich propojení s geotechnickým hodnocením může významně přispět k lepší identifikaci rizik a návrhu účinných preventivních opatření.

Uvedené závěry nejsou významné pouze pro dálniční a silniční stavby vyšších tříd, ale obdobné principy lze uplatnit také u komunikací nižších kategorií, například lesních a polních cest. I u těchto liniových staveb může nevhodné vedení trasy, nedostatečné odvodnění nebo změna přirozených odtokových drah ovlivňovat erozi, vodní režim území a dlouhodobou stabilitu zemních konstrukcí (Zlatuška et al., 2020).

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Ředitelství silnic a dálnic s. p. V příspěvku jsou využity výsledky a poznatky ze studie „Posouzení míry vlivu dálnice D11 v úseku km 94,5–100,0 na odtokové poměry území“, zpracované pro potřeby hodnocení vlivu dopravní infrastruktury na okolní území.

Seznam literatury

- P. Kavka, M. Kašpar, M. Muller, and a kol., “Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině,” p. 85, 2023.
- Mishra S. K., Singh V. P., 2003: *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. – Springer Netherlands, Water Science and Technology Library. Dordrecht. ISBN 978-90-481-6225-3.
- Mráz V., Vacek J., Dvořák P., 2026: *Innovative approaches to a solution for surface deformations on earth structures of linear traffic construction*. - Acta Polytechnica CTU Proceedings. Vol. 56, pp. 8–15. DOI: <https://doi.org/10.14311/APP.2026.56.0008>.
- Podhrázská J. et al., 2024: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Praha. ISBN 978-80-88664-00-0.
- Strouhal L. et al., 2021: *Fyzikální a hydropedologické vlastnosti půd nejen pro návrh společných zařízení v rámci PÚ*. – Pozemkové úpravy, 2021, roč. 29, č. 2, s. 9–17.
- Tolasz R. et al., 2024: *PERUN – Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku*. – Český hydrometeorologický ústav a další řešitelské organizace. Praha. Dostupné z: <https://www.perun-klima.cz/>
- VRV, a.s., 2025: *Posouzení míry vlivu dálnice D11 v úseku km 94,5–100,0 na odtokové poměry území*. – Studie odtokových poměrů. Praha.
- Zlatuška K., Bystrický R., Ježek J., Natov P., Sekanina A., Tománek J., 2020: *Technická doporučení pro projektování lesní dopravní sítě*. – Ministerstvo zemědělství ČR & Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra lesnických technologií a staveb. Praha. 124 s. ISBN 978-80-7434-556-2.