

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Bakalářská práce

**Úprava svahů k ochraně dopravních staveb v
inundačním území**

Vedoucí práce: Ing. Jan Petřů

Bakalant: Prousek Petr, DiS.

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Prousek, DiS.

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Úprava svahů k ochraně dopravních staveb v inundačním území

Název anglicky

Protection of a Transportation Engineering in an inundation area

Cíle práce

Cílem práce je představení rozdílnosti technického řešení svahových opatření v inundačním území u těchto nejvíce lidmi využívaných odvětví veřejné dopravy a současně obeznámení s legislativními požadavky ke zmíněné problematice.

Metodika

Rešeršním charakterem bude nejdříve popsána teoretická část se zaměřením na problematiku inundačního území v blízkosti liniových staveb a klasifikaci přesnosti vymezení záplavových území. Dále budou představeny jednotlivé konstrukce dopravních staveb se zaměřením na pozemní komunikace a těleso železničního svršku a spodku.

V praktické části bude popsána technická ochrana zemních svahů v inundačním území a těles ve styku s vodními díly. Dále budou popsány aktuální projekty na pozemních a železničních stavbách na základě aktuální praxe se souhrnem směrodatných předpisů, norem a směrnic.

Doporučený rozsah práce

50dle nařízení děkana č.01/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

železnice, pozemní komunikace, voda, záplavové území

Doporučené zdroje informací

PLÁŠEK, O. et al. – Železniční stavby. Železniční spodek a svršek. V Brně: CERM 2004. ISBN 80-214-2621-7.

Předpis SŽDC S4, Železniční spodek, v platném znění.

SŽDC, Vzorové listy železničního spodku, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Petruš

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2021

Čestné prohlášení

*Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Úprava svahů k ochraně dopravních staveb v inundačním území** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.*

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 21.3.2021

.....

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janu Petřů, za poskytnutí užitečných rad a připomínek v průběhu zpracování mé práce, a specialistovi na železniční spodek ze společnosti SŽ s.o., Ing. Radku Bernatíkovi za poskytnuté podklady. Dále děkuji mé manželce a rodině za podporu v průběhu celého studia.

V Praze dne 21.3.2021

.....

Úprava svahů k ochraně dopravních staveb v inundačním území

Abstrakt

Úlohou této práce je seznámení a vymezení pojmů inundace, povodeň, a aktivní zóny záplavového území tak jak jsou ukotveny v zákoně a vyhláškách. Představení tvorby klasifikace přesnosti vymezených záplavových území a současně popsání povodňových map rizik. Celkovou náplní práce pak je stručné představení zemních těles pozemních komunikací a železnic a následné popsání řešení ochrany zemního tělesa silnic a železnic v uvedených problémových oblastech. Součástí práce jsou podrobně vysvětleny příklady z aktuální praxe, které jsou momentálně stále v řešení projektantů a stavebních firem. Závěrem je shrnutí nejčastěji používané protierozní ochrany svahů na pozemních komunikacích a železničních tratích.

Klíčová slova: železnice, pozemní komunikace, voda, zátopové území

Protection of a Transportation Engineering in an inundation area

Abstract

The main goal of this thesis is to acquaint and define the terms inundation, flood, and active zone of the floodplain as they are anchored in the legislation. This work shows the creation of the classification of the accuracy of defined floodplains and at the same time the description of flood risk maps. The overall scope of the thesis is a brief introduction of terrestrial bodies of roads and railways and the subsequent description of design solutions for the protection of the terrestrial body of roads and railways in the problematic areas. This thesis includes explained in detail examples from current practice, which are currently still in the solution of designers and construction companies. In conclusion there is a summary of the most commonly used anti-erosion protection of slopes on roads and railways.

Keywords: railroad, roads, water, flood plain,

Obsah

Úvod.....	1
1 Cíl práce a metodika	2
1.1 Cíl práce	2
1.2 Metodika.....	2
2 Inundační území	3
2.1 Povodeň	3
2.1.1 Záplavové území	4
2.1.2 Aktivní zóny záplavových území.....	4
2.2 Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území.....	4
2.3 Mapy rizik	8
3 Dopravní stavby.....	11
3.1 Pozemní komunikace	11
3.1.1 Těleso pozemní komunikace.....	11
3.2 Železniční trať	13
3.2.1 Železniční svršek.....	14
3.2.2 Železniční spodek.....	16
4 Technická ochrana zemních svahů v inundačním území	21
4.1 Pozemní komunikace	22
4.1.1 Aktuální praxe.....	22
4.2 Železniční trať	27
4.2.1 Aktuální praxe.....	33
4.3 Podobná realizace ochrany svahů.....	36
5 Výsledky	38
6 Diskuze	39
7 Závěr.....	41
8 Přehled použitých zdrojů.....	42
8.1 Knižní a časopisové zdroje.....	42
8.2 Diplomové práce	42
8.3 Legislativní zdroje	43
8.4 Internetové zdroje.....	43
8.5 Projektové dokumentace	45
8.6 Návody	45
9 Seznam obrázků	46
10 Seznam tabulek.....	49

Seznam použitých zkratek

DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
HEIS	Hydroekologického informačního systému
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský
ČR	Česká republika
SŽ	Správa železnic
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
ZÚ	Záplavové území
TP	Technické podmínky
km, km ² , m, mm	Kilometr, kilometr čtvereční, metr, milimetr
m ²	Metr čtvereční
m ³ /s	Metr krychlový za sekundu
m n. m.	Nadmořská výška
PEÚ	Předelektrizační úpravy
PR	Polská republika
BC	Blending Call – program SŽ

Úvod

Dopravní stavby, silnice a železnice, společně protínají a křižují celou krajinu. V roce 2016 proběhlo podle Ředitelství silnic a dálnic celostátní sčítání silniční dopravy s celkovým výsledkem 55 738 km silnic a dálnic (ČSÚ, 2016). Podle správy železnic byla celková délka jimi spravovaných tratí ke dni 31.12.2020 9 377 km (SŽ, ©2020). V přepočtu na rozlohu České republiky se jedná o hustotu železniční sítě 0,12 km/km² a silniční sítě 1,5 km/km². Obě tyto hodnoty jsou ze světového pohledu vysoce nadprůměrné (Cittadella, ©2013). Uvedená data jasně ukazují, že vyhnout se všem potenciálně problémovým místům je prakticky nemožné.

Jedním z takových míst může být voda ve formě velkých řek, říček, potoků nebo jen sezónně podmáčených oblastí. Proto se pozemní komunikace i železnice musí v takzvaném inundačním územím vodních toků navrhnout tak, aby voda a celková eroze napáchala na stavbě minimální škody.

Při erozi půdy vodou dochází k oddělování půdních částic, jejich transport a případné usazování díky smykovým silám, které jsou způsobeny tekoucí vodou (NRC, ©1980). Z toho důvodu, zjednodušeně řečeno ztráty půdy, je důležité navrhnout úpravu svahu tak, aby ke ztrátám částic půdy docházelo minimálně. Případně je snaha o to, aby byly sedimenty zachytávány na malém prostoru a nedocházelo k úbytku svahu pod zemním tělesem. Jednou neméně účinnou možností stabilizace svahu je revegetace, kdy je cílem vytvořit hustý vegetační kryt svahu, aby se snížily síly působící ve prospěch eroze a celkově se zvýšila ochrana povrchu zachytáváním (USDA, ©1985).

Technické řešení tohoto problému záleží na dané stavbě, její významnosti a velikosti a zároveň na velikosti vodního toku, kterého se inundační území týče. Nejdůležitějším pilířem technického řešení je v tomto případě ochrana svahu zemního tělesa uvedených staveb. Úprava zemního tělesa se zaměřením obecněji na vodní erozi může být navrhována několika způsoby a ke každému úseku a místu se musí přistupovat individuálně. Veškeré úpravy terénu mají a musí mít za cíl především odvod vody v inundaci v dostatečném minimálním průtoku. V případě větších dopravních staveb se ve většině případů využívá v řešení most, estakáda, případně více menších inundačních mostů a propustků

1 Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem práce je představení rozdílnosti technického řešení svahových opatření v inundačním území u těchto nejvíce lidmi využívaných odvětví veřejné dopravy a současně obeznámení s legislativními požadavky ke zmíněné problematice.

1.2 Metodika

Rešeršním charakterem bude nejdříve popsána teoretická část se zaměřením na problematiku inundačního území v blízkosti liniových staveb a klasifikaci přesnosti vymezení záplavových území. Dále budou představeny jednotlivé konstrukce dopravních staveb se zaměřením na pozemní komunikace a těleso železničního svršku a spodku.

V praktické části bude popsána technická ochrana zemních svahů v inundačním území a těles ve styku s vodními díly. Dále budou popsány aktuální projekty na pozemních a železničních stavbách na základě aktuální praxe se souhrnem směrodatných předpisů, norem a směrnic.

2 Inundační území

Pojem inundační území, které je v blízkosti vodního toku a je zaplavováno při překročení kapacity vodního koryta definuje a základní charakteristiku určuje vyhláška č. 79/2018 Sb. Jedná se o záplavové území v okolí říčních niv, které je zvýšenými průtoky pravidelně zaplavováno. Inundační území je podle § 5 vyhlášky č. 79/2018 Sb. určené správcem vodního toku nebo příslušným plánem jednotlivých povodí a pro každý úsek vodního toků se mapuje povodňové nebezpečí s opakováním 5, 20, 100 a 500 let. Tyto mapy povodňového nebezpečí znázorňují rychlost proudění, hloubky a rozsah zaplavení. Pro biodiverzitu jsou tyto pravidelné rozlivy velmi významné zvláště, pokud budeme vhodně kombinovat protipovodňovou ochranu přírodě blízkou a protipovodňovou ochranu technickou (AOPK ČR ©2021).

Zástavba v inundačním území znázorňuje překážky, které při proudění vody způsobují vzduť hladiny a především akumulaci vody do úzkého prostoru. Proto je snaha za pomoci protipovodňových opatření, ochránit objekty a současně nepovolovat stavby v aktivní zóně inundačního území. V inundačním území nelze zcela vyloučit dopravní stavby, kterými jsou železnice a silnice. Tyto stavby svými náspy a mostními objekty působí a nepříznivě ovlivňují průchod povodňových průtoků. Z druhého úhlu pohledu, kdy vzduť hladiny způsobené tělesem může před záplavou chránit a stavba tedy může i pozitivně sloužit k dočasnému ztlumení povodňové vlny a zadržení vody v krajině (Valentová, 2012).

2.1 Povodeň

Podle Zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů se povodní rozumí zvýšení hladiny vodních toků a jiných povrchových vod, kdy dojde k vylití vody mimo koryto toku a dochází k zaplavování přilehlých území. Toto zvýšení hladiny je přechodné, ale výrazné. Při povodni dochází k ohrožení životů, majetku, životního prostředí a působí velké škody na veřejných komunikacích. Nejvýznamnějšími příčinami povodní jsou tání a dešťové srážky (MVČR ©2020).

V souvislosti s povodněmi byly v zákoně č. 254/2001 Sb. zároveň zavedeny pojmy záplavové území a aktivní zóna záplavového území. Vymezení těchto termínů a evidence těchto území je prioritní pro ochranu proti povodním. Vyjadřují se tři stupně povodňové aktivity. **První stupeň** nazýváme stavem bdělosti, který není

vyhlašován a nastává při nebezpečí povodně a zaniká ustanou-li příčiny nebezpečí (Schovánek, 2010). **Druhý stupeň** nazýváme stupněm pohotovosti. Tento stav se již vyhláší, když nebezpečí přirozené povodně přeroste ve skutečný povodňový jev (Richter, 2010). **Třetí stupeň** nazýváme stavem ohrožení a tento stav vyhláší příslušný povodňový orgán při bezprostředním nebezpečí (Kovařík, J., Smetana, M., 2006).

2.1.1 Záplavové území

Záplavovým územím se rozumí území, které může být zaplavené vodou v případě kdy dojde k přirozené povodni. Každé záplavové území zpracovává a vyhláší správce vodního toku, který návrh předává vodoprávnímu úřadu. Vodoprávní úřad pak stanoví záplavová území a eviduje je podle vyhlášek 236/2002 Sb., respektive vyhlášky č. 79/2018 Sb. a 391/2004 Sb. Centrální evidenci záplavových území vede Povodňový informační systém. Evidence je součástí geografické databáze DIBAVOD a Hydroekologického informačního systému (VÚV T.G.M., ©2021).

Pro přesnější technické vysvětlení záplavového území slouží vyhláška č. 236/2002 Sb. jako prováděcí předpis respektive pozdější vyhláška č. 79/2018 Sb. Záplavové území je v této vyhlášce definováno jako „území vymezené záplavovou čarou“, kde záplavová čára je „křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní.“

2.1.2 Aktivní zóny záplavových území

Aktivní zóny záplavových území jsou místa, kde může voda v případě vylití z koryta ohrozit život nebo majetek lidí. Aktivní zóny záplavových území se stanovují pomocí map povodňového nebezpečí a ohrožení. V těchto zónách je stavební činnost omezoována podle § 67 vodního zákona. Nesmí se zpravidla stavět žádná nová stavba s výjimkou vodních děl, a mimo jiné také „nezbytných staveb dopravní a technické infrastruktury“ pokud budou přijata opatření pro minimalizaci vlivu na povodňové průtoky.

2.2 Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území

Vytvořením analýzy přesnosti vymezení záplavových území a výškopisu v ČR, je možné přesnější modelování rozlivu u návrhových průtoků vodních toků v inundacích. Způsob této klasifikace přesnosti vymezení záplavových území vznikl

na základě porovnání ploch stávajících záplavových územích ve dvanácti vybraných lokalitách a územích, které se nachází nad novým výškopisem. Ve skutečnosti bylo řešeno jedenáct lokalit, jelikož lokalita Nežárka byla řešena typem použitého modelu 1D a 2D. Referenční lokality vypsány na obr. 1.

lokality	rok řešení	rozsah modelu [říční km]	datum leteckého laserového skenování	typ použitého modelu
Nežárka	2011	17,997 – 24,234	23.8.+26.8.+6.9.2010	1D
Nežárka	2011	14,933 – 24,284	23.8.+26.8.+6.9.2010	2D
Šembera	2011	9,956 – 16,945	21.11.2009+25.3.+1.4.+8.10.2010	1D
Doubrava	2011	14,995 – 22,273	30.3.+7.4.2010	1D
Lužnice	2011	59,300 – 68,800	25.8.2010	2D
Jížerka	2011	0,000 – 6,579	4.6.+20.8.2010	1D
Úhlava	2012	61,096 – 70,205	7.4.+22.4.+7.5.2011	2D
Berounka dolní	2012	16,600 – 26,800	18.4.2011	2D
Berounka horní	2012	52,800 – 65,000	10.4.2011	2D
Oleška	2012	15,823 – 23,056	23.4.2010+20.8.2010	1D
Manětínský potok	2012	3,529 – 9,465	21.3.2011+19.4.2011	1D
Střela	2012	85,704 – 91,985	23.3.2011	1D

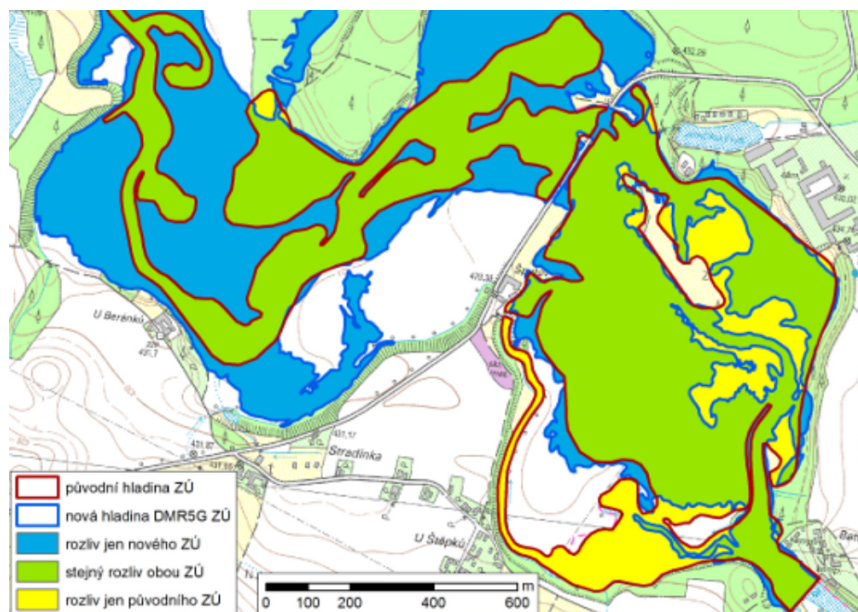
Obr. 1: Referenční lokality (VÚV T.G.M., ©2020a).

Zjištěné rozdíly byly vztaženy k charakteristikám území a byly doplněné o statistiku výškopisných podkladů. Takto bylo postupováno při klasifikaci celé ČR (DOCUMENTS, ©2017). Na referenčních lokalitách byly určeny procentní rozdíly na jejichž základě byly vymezeny třídy přesnosti záplavových území, znázorněny v tabulce 1.

Třída přesnosti	Rozdíly v %
I	0 - 5
II	5 - 20
III	20 - 50
IV	> 50

Tabulka 1: Třídy přesnosti (VÚV T.G.M., ©2020a).

Tyto procentní rozdíly byly výsledkem odečtených ploch odpovídajících si polygonů vymezených záplavových území nad daty leteckého laserového skenování a nad tradičními daty. Porovnání polygonů záplavových území je znázorněno na obr.2.



Obr. 2: Porovnání polygonů ZÚ (VÚV T.G.M., ©2020).

Povodňové rozlivy byly zkoumány v závislosti na změnách plochy záplavových území pro parametry uváděné v tabulce 2. Tyto parametry byly určeny systematicky pro všechny vybrané lokality (Nováková, H. et al. 2014).

číslo parametru	parametr
1	sklonitost úseku (podélný profil)
2	průměrná sklonitost území rozsahu modelu
3	stupeň sklonitosti území rozsahu modelu
4	míra zalesnění
5	míra zastavění
6	poměr průměrné šířky a průměrné hloubky koryta
7	použitá výškopisná data původního vymezení ZÚ

Tabulka 2: Parametry hodnocení (VÚV T.G.M., ©2020b).

Výrazná závislost na parametrech průměrné sklonitosti terénu [%] a stupně sklonitosti terénu zájmového území neboli inundace, vyplynula z uvedených výsledků v porovnávací studii. Nejjednoznačnější průběh závislosti byl zjevný u prvního parametru, tedy průměrné sklonitosti terénu. Ostatní závislosti na změnách modelu terénu se nepodařilo jednoznačně prokázat. Z výsledků analýz vyplynulo u průměrné sklonitosti terénu následující:

- V území s hodnotou průměrné sklonitosti < 5% je přesnost vymezení záplavových území ve třídě přesnosti tři a čtyři.
- V území s hodnotou průměrné sklonitosti mezi 5 – 20% je přesnost vymezení záplavových území ve třídě přesnosti dvě až tři.
- V území s hodnotou průměrné sklonitosti > 20% je přesnost vymezení záplavových území ve třídě přesnosti jedna až dva.

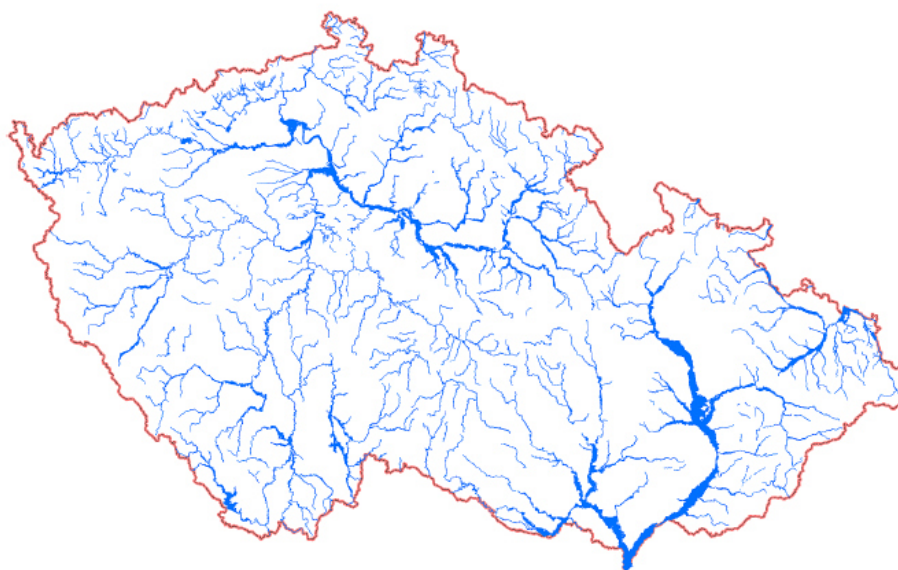
Priorita nového vymezení roste s rostoucí mírou nepřesnosti vymezení záplavových území. Z tohoto důvodu byla vymezena klasifikace přesnosti do stupňů priority převymezení záplavových území, která je uvedena v tabulce 3.

stupeň priority převymezení ZÚ	průměrná sklonitost terénu v inundaci S	pravděpodobná přesnost vymezení záplavového území
1	$S \leq 5 \%$	velmi nepřesné
2	$5 \% < S \leq 20 \%$	nepřesné
3	$20 \% < S$	poměrně přesné

Tabulka 3: Stupně priority převymezení záplavových území (Nováková, H. et al., 2014).

Pro účely určení priority stupňů převymezení záplavových území byly použita tato data:

- V podobě tokového modelu liniová vrstva vodních toků DIBAVOD
- Z digitálního modelu ČR byla vytvořena rastrová data sklonitosti reliéfu ČR
- Polygonová vrstva záplavových území stoleté vody seskupených do jednoho polygonu, který je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3: Přehled záplavových území Q_{100} (Nováková, H. et al., 2014).

Z výsledků Porovnávací studie vychází postup klasifikace (Nováková, H. et al., 2014). Délky segmentů vodních toků a jejich jednotlivých úseků, na kterých je hodnoceno vymezení záplavových území, jsou rozdílné délce toků referenčních lokalit. Požadovaná přesnost původní velikosti zhruba 10 km nevyhovovala pro stanovení odpovídající hodnoty plošné charakteristiky území, jakou je průměrná sklonitost terénu. Způsob určení stupňů priority převymezení záplavových území neboli klasifikace (VÚV T.G.M., ©2020b):

- Každý vodní tok s délkou větší než 5km, na kterém bylo definováno záplavové území, byl rozdělen na segmenty o délce 5km, vždy od zaústění k prameni. Závěrečný segment se pohyboval v délce mezi 1 - 5,986km. Dělení nebylo řešeno s délkou vodních toků menší než 5 km.
- Segment klasifikace má svůj primární klíč sestavený z identifikátoru toku. Dále obsahuje čísla segmentu v pořadí a podtržítka a to vždy od zaústění k prameni.
- Každý segment má své staničení od zaústění k prameni.
- Bylo provedeno stanovení průměrně sklonitosti terénu u jednotlivých segmentů a to v rozsahu záplavového území stoleté vody, vždy oboustranně rozšířeného o 50m. Zároveň byla zjištěna míra pokrytí segmentů polygony záplavových území.
- Pro jednotlivé segmenty vodních toků byly na základě získaných hodnot průměrné sklonitosti určeny stupně priority převymezení záplavového území. Nejvyšší prioritu mají segmenty stupně 1.

Výsledky klasifikace přesnosti vymezení záplavových území jsou shrnuty v přehledné tabulce 4.

Stupeň priority převymezení ZÚ	Průměrná sklonitost terénu v inundaci S	Pravděpodobná přesnost vymezení záplavového území	Celková délka segmentů [km]	Poměr segmentů k celkové délce toků [%]
1	$S \leq 5 \%$	velmi nepřesné	3 885,9	25
2	$5 \% < S \leq 20 \%$	něpresné	7 419,8	49
3	$20 \% < S$	poměrně přesné	1 709,7	11
segmenty bez záplavových území	nehodnoceno	nehodnoceno	2 232,5	15
celková délka zpracovaných segmentů vodních toků			15 247,9	100
celková délka klasifikovaných segmentů vodních toků			13 015,4	85,4

Tabulka 4: Výsledky klasifikace přesnosti vymezení záplavových území (VÚV T.G.M., ©2020c).

2.3 Mapy rizik

Mapy povodňových rizik a povodňového nebezpečí se nazývají „Mapy rizik“. Mapy povodňové nebezpečí jsou zpracovány pro povodňové scénáře, jako jsou rozlivy, hloubky zaplavení a rychlosti proudění vody pro povodně s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let (MŽP, ©2008–2020).

Mapami rizik jsou vyznačeny, podle Směrnice 2007/60/ES potenciální nepříznivé následky, které jsou spojeny s povodněmi, dle povodňových scénářů a jsou vyjádřeny podle (VÚV T.G.M., ©2020a):

- Přibližného počtu potenciálně zasažených obyvatel
- Potenciálně zasažené oblasti a jejího druhu hospodářské činnosti
- Možnost havarijního znečištění v případě zaplavení zařízení
- Potenciálně zasažené chráněné oblasti
- Další informací, které členský stát považuje za užitečné

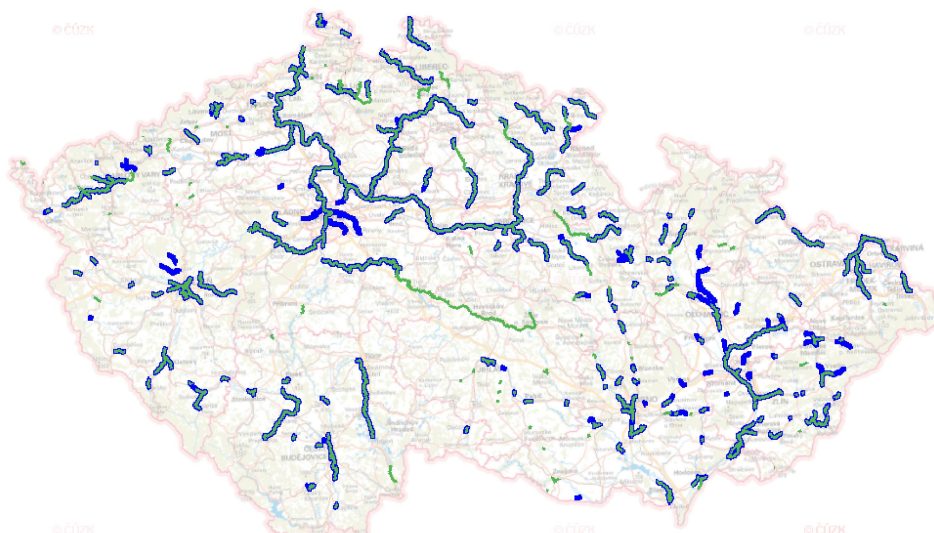
Tyto mapy rizik jsou vymezené úseky vodních toků prozatím znázorněné pro dvě plánovací období.

1. plánovací období

Je období, pro které byly v roce 2013 zpracovány mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik. V tomto období jsou obsaženy vodní toky v oblastech s významným povodňovým rizikem. Následně tyto mapy slouží, jako součást schválených plánů pro zvládnutí povodňových rizik. Úseky pro 1. plánovací období jsou znázorněny na mapě na obr. zeleně.

2. plánovací období

Je období, pro které byly v roce 2019 zpracovány mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik. V tomto období jsou obsaženy vodní toky v oblastech s významným povodňovým rizikem. Tyto mapy slouží, jako součást schválených plánů pro zvládnutí povodňových rizik, které se zpracovávaly v roce 2020 a chválení je očekáváno koncem roku 2021. Úseky pro 2. plánovací období jsou znázorněny na mapě na obr. 2 modře (MŽP, ©2021).



Obr. 4: Mapa rizik pro 1. a 2. plánovací období (MŽP, ©2021).

Povodňové nebezpečí, které vyjadřuje mapa rizik, charakterizuje stav způsobený nežádoucími následky v záplavovém území. Toto povodňové hodnocení je prováděno pomocí takzvané metody matice rizika. Maximální výsledné hodnoty se znázorňují barevnými škálami do mapy ohrožení. Z hlediska povodňového ohrožení je záplavové území rozčleněno a je možné posoudit vhodnost stávajícího a budoucího využití ploch. Díky těmto mapám je možné i doporučení případných aktivit na plochách v záplavovém území, kde hrozí vyšší míra ohrožení. Rozčlenění ploch na základě barevného rozlišení je znázorněno na obr. 5 (VÚV T.G.M., ©2014).

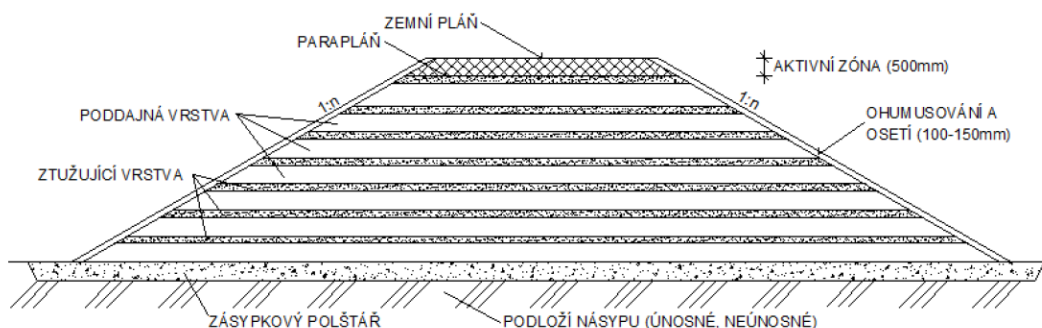
Ohrožení R	Kategorie ohrožení	Doporučení
$R \geq 0,1$ or $IP \geq 2$	(4) Vysoké (červená barva)	Doporučuje se nepovolovat novou ani nerozšiřovat stávající zástavbu, ve které se zdržují lidé nebo umísťují zvířata. Pro stávající zástavbu je třeba provést návrh povodňových opatření, která zajistí odpovídající snížení rizika, nebo zpracovat program vymístění této zástavby.
$0,01 \leq R < 0,1$	(3) Střední (modrá barva)	Výstavba je možná s omezeními vycházejícími z podrobného posouzení nezbytnosti funkce objektů v ohroženém území a z potenciálního ohrožení objektů povodňovým nebezpečím. Nevhodná je výstavba citlivých objektů (např. zdravotnická zařízení, hasiči apod.). Nedoporučuje se rozšiřovat stávající plochy určené pro výstavbu.
$R < 0,01$	(2) Nízké (oranžová barva)	Výstavba je možná, přičemž vlastníci dotčených pozemků a objektů musí být upozorněni na potenciální ohrožení povodňovým nebezpečím. Pro citlivé objekty je třeba přijmout speciální opatření, např. traumatologický plán ve smyslu krizového řízení.
$p < 0,0033$ (tj. $N > 300$)	(1) Reziduální (žlutá barva)	Otázky spojené s povodňovou ochranou se doporučuje řešit prostřednictvím dlouhodobého územního plánování se zaměřením na zvláště citlivé objekty (zdravotnická zařízení, památkové objekty apod.). Snahou je vyhnout se objektům se zvýšeným potenciálem škod.

Obr. 5: Doporučení aktivit v místě ohrožení (VÚV T.G.M., ©2020c).

3 Dopravní stavby

3.1 Pozemní komunikace

Pozemní komunikace neboli dopravní cesta je určena k užívání silničními vozidly, jinými vozidly a chodci. Dále dle zákona 227/2019 Sb. o pozemních komunikacích jsou součástí dopravní cesty i pevná zajištění a zařízení potřebná pro užívání a bezpečnost. Pozemní komunikace podle kategorií dělíme na dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace. Na obr. 6 je popsáno zemní těleso pozemní komunikace a jeho základní názvosloví.



Obr. 6: Násyp pozemní komunikace (Dočkal, 2014).

3.1.1 Těleso pozemní komunikace

Zemní pláň je část povrchu aktivní zóny, která uzavírá její povrch. Na zemní pláň se ukládají ochranné a konstrukční skladby vozovky. Povrch pláň musí být hladký a bez prohlubní.

Aktivní zóna je zóna do níž zasahují vlivy od zatížení silniční dopravy a také od klimatických podmínek. Aktivní zóna má zpravidla vrstvu, která má tloušťku 500 mm. Tato vrstva má i z hlediska posuzování přísnější kritéria ve srovnání s ostatními vrstvami násypu.

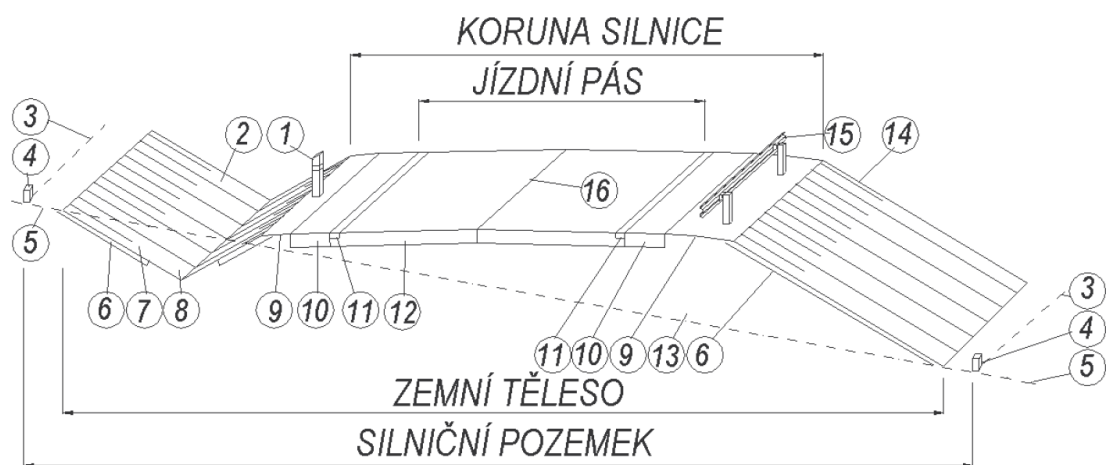
Parapláň je část zemního tělesa a jeho povrch tvoří a je na něj ukládán materiál aktivní zóny.

Poddajná vrstva je vrstva dvouvrstvého sendvičového vrstevnatého násypu. Tuto vrstvu tvoří poddajnější, stlačitelnější a vlhké jílové zeminy.

Ztužující vrstva je také vrstva dvouvrstvého sendvičového násypu, ale oproti poddajné vrstvě se tato vrstva tvoří z méně stlačitelné zeminy o vyšší smykové pevnosti. Svými vlastnostmi má funkci jako vrstva konsolidační.

Podloží náspu zajišťuje nosný podklad nebo pomocnou funkci pro výstavbu tělesa (Dočkal, 2014).

Těleso pozemní komunikace jako takové, je vyobrazené na obr. 7 a skládá se, jak se zmiňuje Zavoral (2014) z těchto 15 základních prvků, kterými jsou: 1 - směrový sloupek, 2 – svah výkopu, 3 – hranice silničního pozemku, 4 – mezník, 5 – původní terén, 6 – humus a zatravnění, 7 – výkop neboli zářez, 8 – příkop, 9 – nezpevněná krajnice, 10 – zpevněná krajnice, 11 – vodící proužek, 12 – jízdní pruh, 13 – násyp, 14 – svah náspu, 15 – svodidlo.



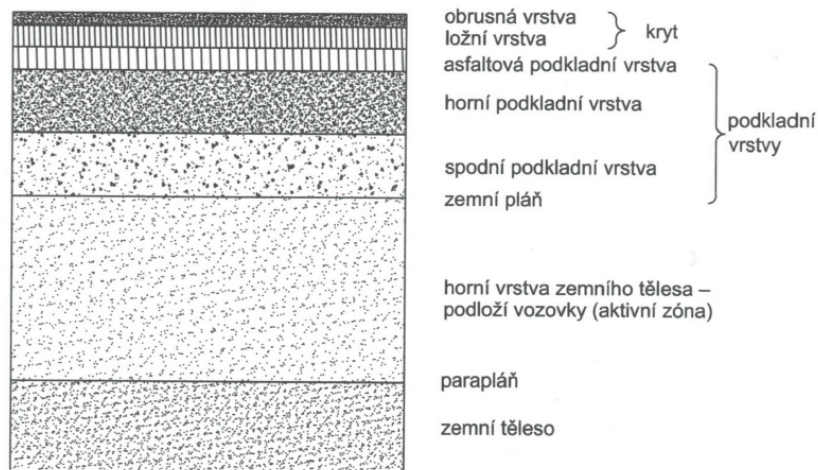
Obr. 7: Základní názvosloví silniční komunikace (Zavoral, J., 2014).

Vozovka má vícevrstvý systém konstrukčních vrstev. Únosnost těchto vrstev směrem k podloží, na kterém je zřízen, klesá (Kaun, M., Lehovec, F., 2000).

Základními charakteristickými znaky vrstev je:

- tloušťka
- objemová hmotnost
- modul pružnosti a tuhosti
- součinitel tepelné vodivosti a další

Jednotlivé konstrukční vrstvy jsou zobrazeny na obr. 8.



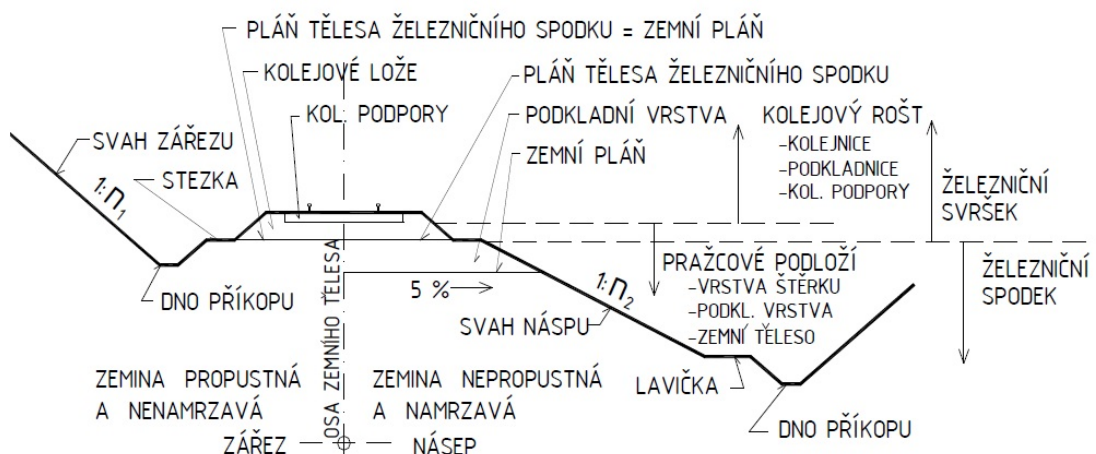
Obr. 8: Konstrukční vrstvy vozovky (Václavík, 2020).

Kryt vozovky je část, která je přímo ve styku s vozidly. Může být buď kryt jednovrstvý nebo dvojevrstvý. **Obrusná vrstva** slouží jako horní krytová vrstva vozovky, která je přímo vystavena kontaktu s koly vozidel. **Ložná vrstva** je spodní vrstvou krytu vozovky a slouží jako podkladní pro obrusnou vrstvu. **Podkladní vrstva** roznáší zatížení do podloží od projíždějících vozidel, tak aby zatížení v podloží bylo co nejmenší. Jedná se o spodní část konstrukce vozovky. **Podloží vozovky** neboli aktivní zóna vozovky je horní plocha zemního tělesa (Václavík, 2020).

3.2 Železniční trať

Železniční trať je ucelený stavební nebo administrativní úsek kolejové jízdní dráhy. Jedná se o cestu, která je určena k pohybu drážních vozidel včetně pevných zařízení, pro zajištění plynulosti a bezpečnosti dopravní cesty. Trať neboli železniční dopravní cestu dělíme, dle obr. 9 z konstrukčního hlediska na dvě části:

- Těleso železničního svršku
- Těleso železničního spodku



Obr. 9: Názvosloví železniční trati (Plášek, 2004).

3.2.1 Železniční svršek

Důležitá část železniční dopravní cesty je železniční svršek. Jedná se o část trati, která plní nosnou a vodící funkci pro jízdu drážního vozidla. Je to část, tvořící jízdní dráhu, která nese a vede kolejová vozidla. Do základní soustavy železničního svršku patří (NPI ČR, ©2020):

- kolejnice
- kolejnicové podpory (příčné pražce, podélné betonové prahey, betonové rámy a betonové desky aj.)
- drobné kolejivo
- upevňovadla
- kolejové lože

Kolejnice

Tvoří základní prvek jízdní dráhy, který zabezpečuje vedení železničních vozidel a přenos veškerých sil vznikajících provozem na podpory. Z důvodu bezprostředního styku s koly vozidel jsou nejvíce namáhaným prvkem koleje. V současné době je nejvíce rozšířenou a používanou kolejnicí, kolejnice širokopatní. Její tvary se postupem dřívějšího historického stavu železnic a současných nároků na dopravu výrazně lišila. V dnešní době je nejpoužívanější kolejnice tvaru 60 E1 (60 E2) a 49 E1 (Gasparík, J., Kolář, J., 2017).

Kolejnicové podpory – pražce

Kolejnicové podpory neboli pražce, zajišťují stabilitu rozchodu, tuhost kolejového roštu a společně s upevněním přenos sil od provozního zatížení

do pražcového podloží. Na železnici v ČR se zpravidla používají pražce betonové. Tam, kde to není účelné, se používají pražce dřevěné a ve specifických podmínkách ocelové pražce Y nebo konstrukce pevné jízdní dráhy (Škach et al. 1971).

Dělení základních typů kolejnicových podpor:

- Betonové pražce
- Dřevěné pražce a mostnice
- Ocelové pražce Y

Upevnění kolejnic na podpory

Kolejnice, které jsou upevněny ke kolejnicovým podporám pomocí upevňovadel a drobného kolejiva zajišťují:

- Rozchod koleje
- Tuhé a zároveň dostatečné pružné spojení kolejnic s podporou
- Přenášení sil na podporu a do podloží v dostatečně dlouhém časovém horizontu

Upevnění má být jednoduché a jednotlivé součásti použitelné pro více sestav upevnění (Plášek et al. 2004).

Kolejnicové styky

Železniční svršek můžeme zřídit dvěma způsoby, buď jako stykovanou kolej se stykovanými výhybkami a nebo jako bezstykovou kolej s vevařenými výhybkami (ČVUT, 2018).

- Stykovaná kolej je kolej, kde se používají kolejnicové pásy základní délky 25 m. V důsledku vysokých teplot vznikají na stycích nebezpečné tlaky, proto je zřizována tzv. dilatační spára, která umožňuje délkové změny kolejnice. Spojení dvou kolejnic musí být provedeno tak, aby bylo zajištěno bezpečné a plynulé pojíždění hrany kolejnic.
- Bezstyková kolej je kolej, kde jsou kolejnicové pásy o délce 150m a větší. Pokud má kolej kratší kolejnicové pásy za bezstykovou kolej se nepovažuje.

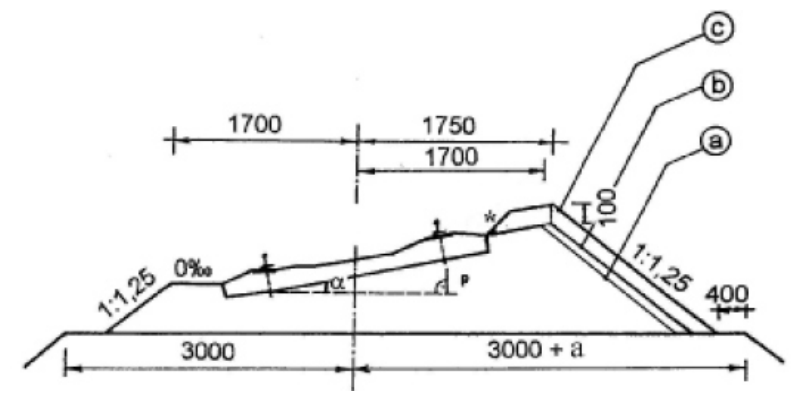
Kolejové lože

Základní částí konstrukce koleje je kolejové lože. Základními vlastnostmi kolejového lože jsou:

- Roznášení zatížení

- Zajištění odporu proti příčnému a podélnému posunu pražců
- Tlumení dynamických účinků
- Odvádění srážkové vody
- Možnou směrovou a výškovou úpravu koleje

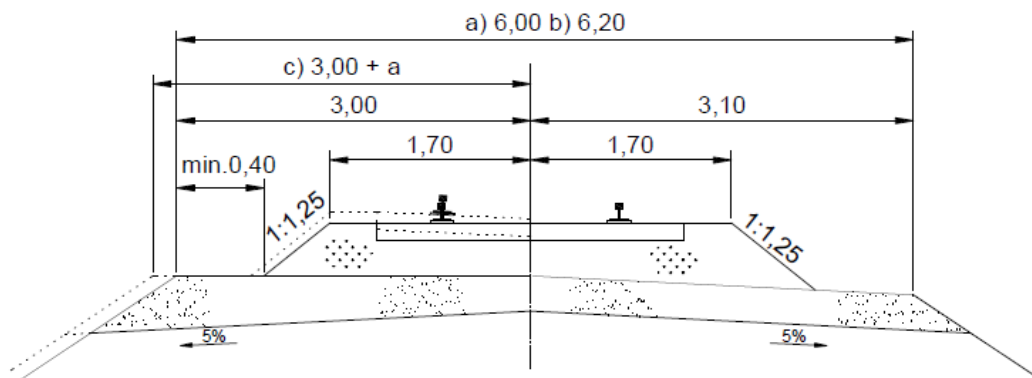
Kolejové lože má lichoběžníkový tvar, kde základním parametrem je tloušťka kolejového lože v místě nepřevýšeného kolejnicového pásu, měřená od ložné plochy pražce do úrovně pláně tělesa železničního spodku (ČVUT, 2013). Kolejové lože musí mít vždy dostatečnou tloušťku, aby bylo schopné plnit vyjmenované základní vlastnosti. Tloušťka závisí i na druhu traťových, staničních a předjízdných kolejí a také na druhu koleje a druhu pražce (ČVUT, 2018). Základní tvar kolejového lože pro bezстыkovou kolej vyobrazuje obr. 10.



Obr. 10: Základní rozměry kolejového lože pro bezстыkovou kolej (Longin, P., 2002).

3.2.2 Železniční spodek

Základní částí železniční trati je železniční spodek. Tvar a rozměry železničního spodku musí vyhovovat předpisu SŽ S4 – Železniční spodek, vzorovým listům a také platným technickým normám. Základní rozměry pláně tělesa železničního spodku pro jednokolejnou trať jsou zobrazeny na obr. 11.



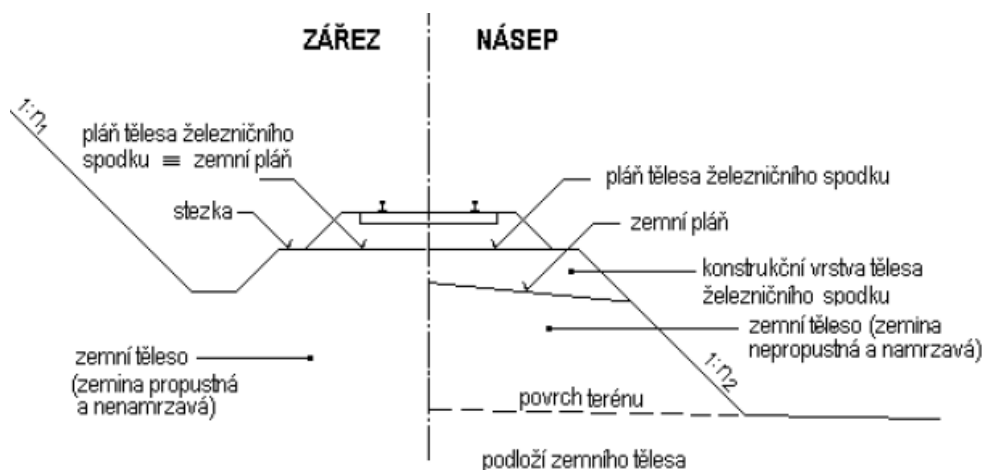
a) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň ve sklonu, trať v přímé

b) pláň tělesa železničního spodku a zemní pláň ve sklonu, trať v přímé

c) pláň tělesa železničního spodku vodorovná, zemní pláň ve sklonu, trať v oblouku (tečkovaně)

Obr. 11: Popis s rozměry pláň tělesa železničního spodku pro jednokolejnou trať (Plášek).

Pro plynulost a bezpečnost provozu rozhodující měrou přispívá právě těleso železničního spodku. Základ pro stálé geometrické parametry koleje tvoří jeho tvary, rozměry, požadovaná únosnost a stabilita. Hlavní části tělesa železničního spodku jsou znázorněny a popsány na obr. 12.



Obr. 12: Hlavní části tělesa železničního spodku (SŽ S4, 2021).

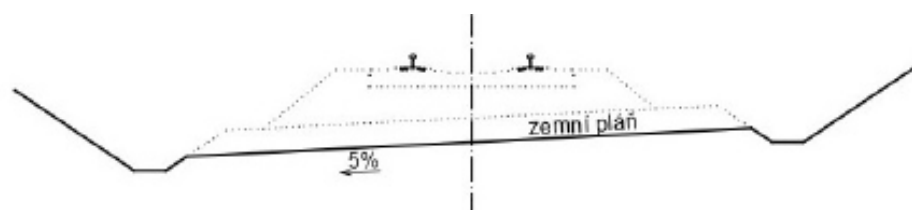
Z pohledu legislativy musí veškeré stavby železničního spodku splňovat vyhlášku č. 177/1995 Sb. a ČSN 73 6320. Konstrukce železničního spodku musí splňovat zabezpečení daných geometrických parametrů koleje a zajistit působení statického a dynamického zatížení od železničních vozidel. Těmto zatížením musí vyhovovat především zemní pláň a pláň tělesa železničního spodku bez trvalé deformace (SŽ S4, 2021).

Zemní pláň je svrchní část zemního tělesa. V případě, že těleso železničního spodku nemá konstrukční vrstvu např. podkladní vrstvu je zemní pláň totožná s plání tělesa železničního spodku (Gaspářík, J., Kolář, J., 2017).

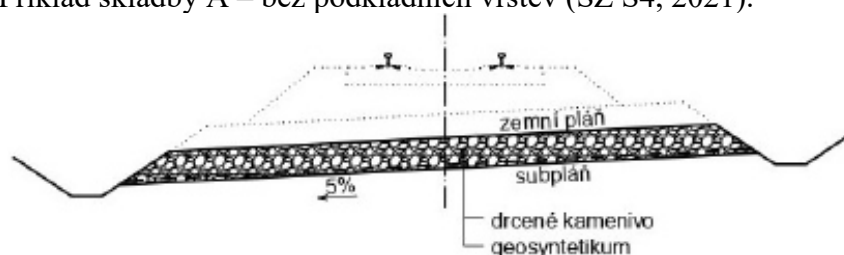
Pláň tělesa železničního spodku je horní plocha tělesa železničního spodku. V případě, že těleso železničního spodku nemá konstrukční vrstvu např. podkladní vrstvu, je totožná se zemní plání.

Na základě druhu i stavu zeminy a horniny zemní pláň je navrhována konstrukce tělesa železničního spodku. Používá se 6 hlavních skladeb konstrukce pražcového podloží. Tyto konstrukce mezi zemní plání tělesa železničního spodku a zemní plání, zlepšují vodní a teplotní režim a únosnost tělesa. Vrstvy slouží k převádění účinků od provozního zatížení a zatížení železničního svršku na zemní pláň (Plášek).

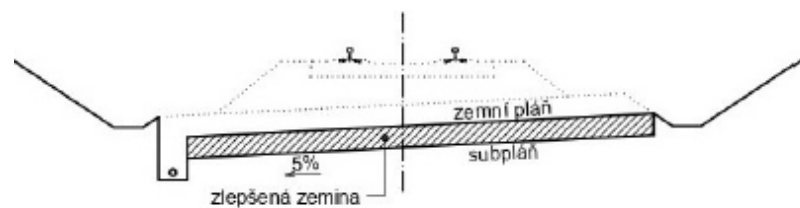
Dalšími důležitými a nedílnými součástmi pro návrh konstrukce jsou i tyto další parametry, jako je únosnost zemní pláň, maximální navrhovaná rychlost v koleji, předpokládané provozní zatížení a třída zatížení. Na zemní plání se zřizují konstrukční vrstvy z předepsaných materiálů, které jsou základem pro dosažení požadované únosnosti pláň tělesa železničního spodku. Příklady základních skladeb konstrukce pražcového podloží jsou zobrazeny na obr. 13 – 16 (SŽ S4, 2021).



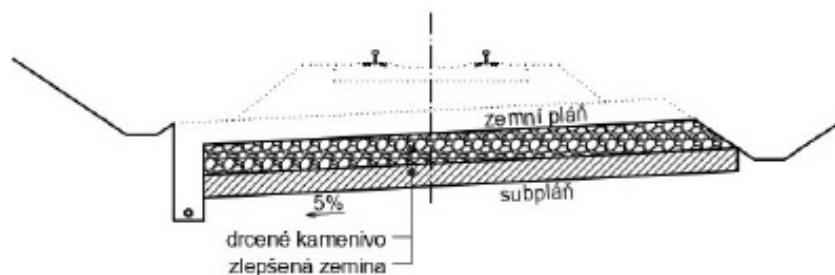
Obr. 13: Příklad skladby A – bez podkladních vrstev (SŽ S4, 2021).



Obr. 14: Příklad skladby B – s vrstvou z drceného kameniva (SŽ S4, 2021).

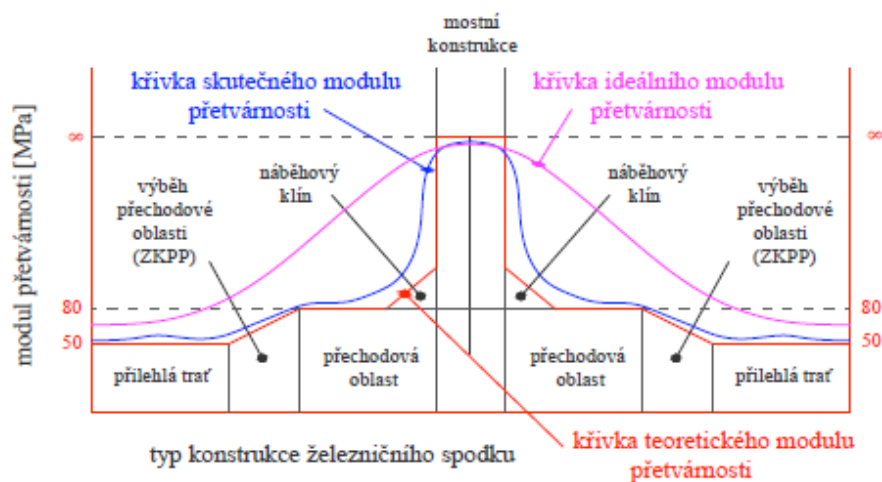


Obr. 15: Příklad skladby C – s vrstvou zlepšení zeminy nebo stabilizace (SŽ S4, 2021).



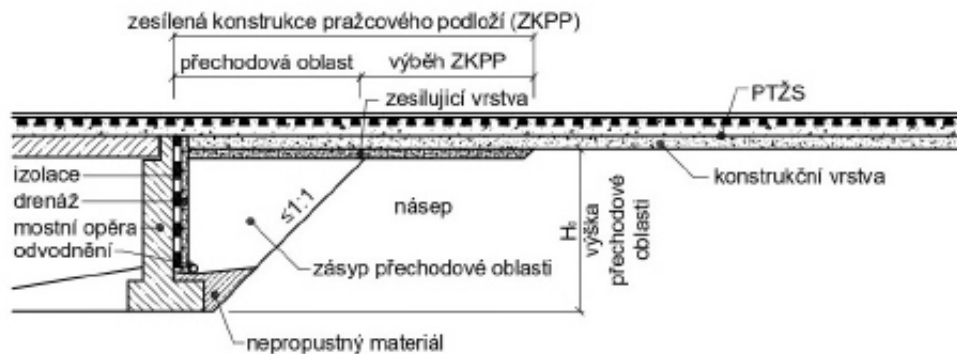
Obr. 16: Příklad skladby D – s vrstvou drceného kameniva a zlepšení zeminy (SŽ S4, 2021).

V místech, kde dochází k značným změnám tuhosti koleje se navrhuje zesílená konstrukce pražcového podloží. Tato konstrukce je klíčová v oblasti železničního spodku při přechodu tělesa železničního spodku na mosty, tunely a oblasti železničních přejezdů. Je to speciální konstrukce pražcového podloží a její hlavní předností je vyšší tuhost, než jaká je požadována na konstrukci pražcového podloží mimo přechodovou oblast. Při přechodu železničního spodku na umělou konstrukci dochází k náhlé změně modulu přetvárnosti. Je snaha tuto změnu zmírnit postupnou a plynulou přechodovou oblastí a zesílenou konstrukcí pražcového podloží. Průběh modulu přetvárnosti je uveden na obr. 17.



Obr. 17: Křivky teoretického, ideálního a skutečného průběhu modulu přetvárnosti (Varecha, 2011).

Bez realizace přechodové oblasti by došlo k narušení geometrických i konstrukčních parametrů koleje. Názvosloví přechodové oblasti zesílené konstrukce pražcového podloží je zobrazeno na obr. 18.



Obr. 18: Názvosloví zesílené konstrukce pražcového podloží (Varecha, 2011).

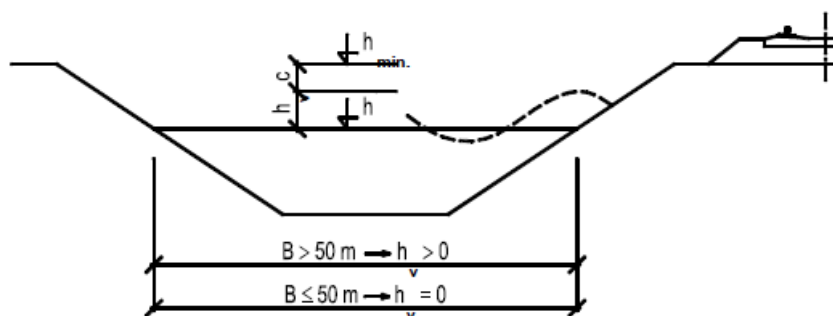
Přechodová oblast se zřizuje minimálně na délku 7,00m až na maximální délku 20,00m. Na stavbách je upřednostňován kvalitní vyzískaný materiál případně upravený v rámci stavby. Při návrhu zesílené konstrukce pražcového podloží musíme zvážit možnosti, jak technického hlediska, tak i z ekonomického (Varecha, 2011).

4 Technická ochrana zemních svahů v inundačním území

Předmětem ochrany zemních svahů jsou svahy, které jsou trvale nebo dočasně (v inundačním území) ve styku s tekoucí vodou vodních toků nebo s vodou vzdutou vodními díly (Plášek et al. 2004). Při návrhu a volbě ochrany zemního tělesa je třeba zohledňovat tyto skutečnosti:

- hloubku vodního toku nebo díla a rychlost proudění vody
- výška svahu tělesa
- způsob technologie a udržovacích prací
- ekonomiku

V případě železničních staveb je plán tělesa železničního spodku při návrhu styku s vodními toky, případně díly, dána kótou maximální vodní hladiny a bezpečnostního nadvýšení nad ní. Takto vybudované těleso železničního spodku musí mít plán tělesa minimálně na kótě h_{min} , kde tato hodnota se stanoví pomocí vzorce $h_{min} = h + h_v + c$, který je znázorněn na obr. 19.



Obr. 19: Schéma výpočtu (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

Návrhový průtok h je určen u vodních toků hladinou h_{100} kulminačního průtoku Q_{100} , který je zvýšený o přírážky, se kterými musíme uvažovat. Patří mezi ně například vzdutí způsobeným mosty a propustky, u konkávního břehu je třeba počítat s převýšením hladiny, stupně na dně koryta, povodňové bariéry a jiné. Veškeré vlivy a jejich možný zásah do navrženého opatření se posuzují individuálně (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

Při návrhu je třeba počítat s vyplavováním jemných částí z jádra náspu, kde se pod opevněním svahu navrhuje jednovrstvé nebo dvouvrstvé filtry. Podmínka, kterou musí splňovat zrnitost filtru je $5d_{15} \leq d_{f15} \leq 5d_{85}$. koeficienty d_{15} , d_{85} vyjadřují velikost zrna chráněné zeminy, odečtené z křivky zrnitosti při propadu 15 resp. 85% hmotnosti vzoru [mm]. Koeficient d_{f15} vyjadřuje velikost zrna filtru při propadu 15%

hmotnosti vzorku [mm]. Dále musí filtr splňovat $df_{85} > 2s$, což znamená, že velikost zrna filtru při propadu 85% hmotnosti vzorku je větší než velikost mezery ve zvoleném druhu opevnění (Plášek et al. 2004).

V případě, že není možné splnit podmínky pro jednu filtrační vrstvu, je třeba zřídit dvojrstvý filtr. Zpravidla se dvojrstvý filtr zřizuje o tloušťce nejméně 0,30 m a 0,20 m pro filtr jednovrstvý. Pokud jsou použity namrzavé zeminy v jádru tělesa musí mít svahové opatření filtru tloušťku nejméně 1,20m (Plášek et al. 2004).

4.1 Pozemní komunikace

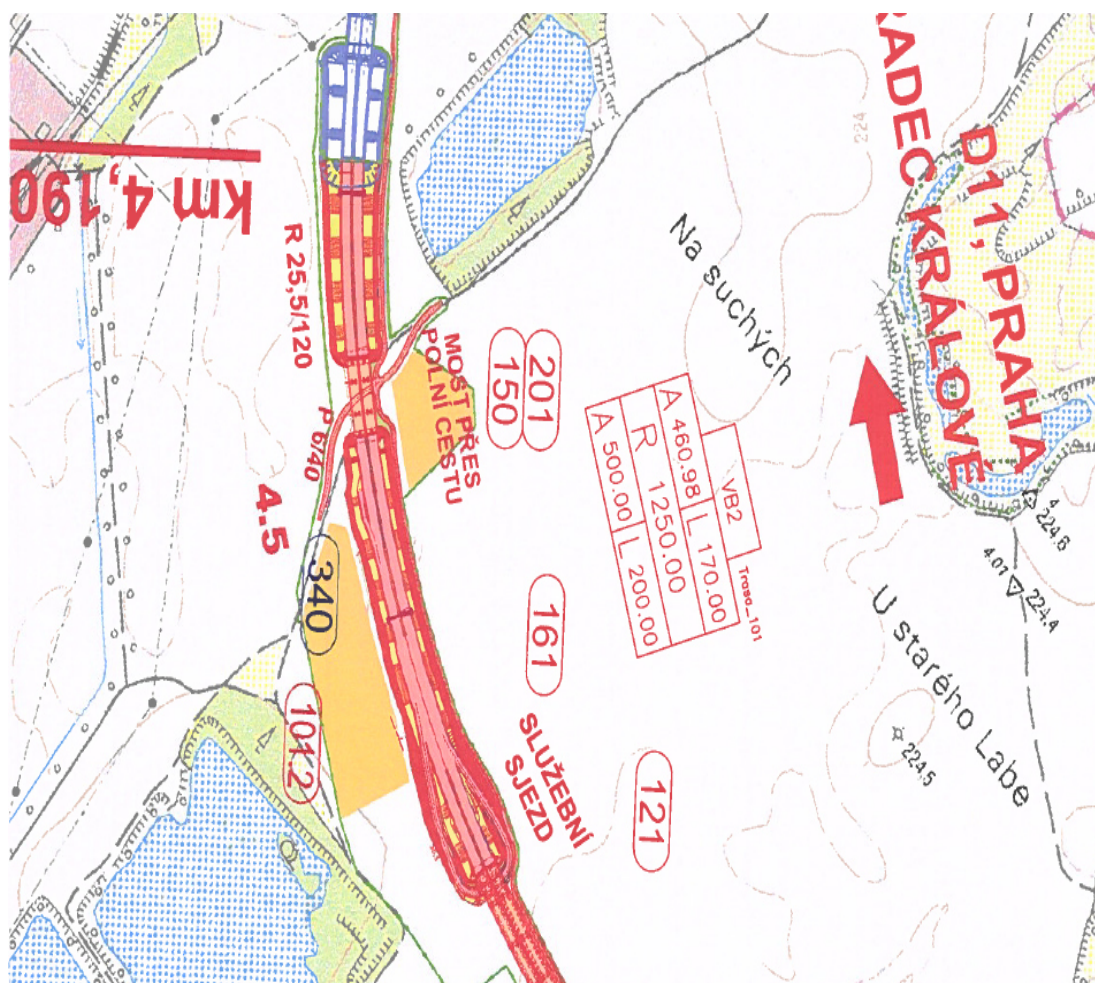
Pozemní komunikace vedena v blízkosti inundačních území musí být navrženy do dostatečné výšky hladiny Q_{100} . Při návrhu násypu se musí zohlednit jeho výška tak, aby hrana koruny silnice nebo dálnice ležela 1,00m nad hladinou Q_{100} . Další důležitý faktor je, aby nejnižší bod zemní pláně se nacházel 0,50 m nad hladinou Q_{100} (Čech, 2016).

4.1.1 Aktuální praxe

Reálným příkladem, kde silniční těleso prochází inundačním územím je stavba, která byla zahájena v roce 2019. Jedná se o 12,6 kilometrů dlouhý úsek stavby dálnice D35 Opatovice – Časy. Tento úsek se napojuje na zprovozněnou stavbu D11 a silnici I/37 spojující Hradec Králové a Pardubice. Obsahem stavby je 270 stavebních objektů a jeden z nejvýznamnějších objektů této stavby je most přes inundační území Labe.

Úsek km 4,190 až km 4,364

Předmětem zájmu této práce je úsek, kde násyp v samotném začátku dosahuje výšky okolo 8,0 – 10,0 m, na kterém je vedena niveleta pozemní komunikace. Násyp se nachází na rozhraní dvou rozdělených staveb mezi objektem SO 101.1 stavby „D35 Sedlice – Opatovice, dostavba estakády“ a mostním objektem SO 201 stavby „D35 v úseku Opatovice nad Labem – Časy“. Jedná se o úsek stavby v kilometru 4,190 až km 4,870 z toho od kilometru 4,454 leží násyp v přímém kontaktu se záplavovým územím Labe. Situace popisovaného úseku je vyobrazena na obr. 20.



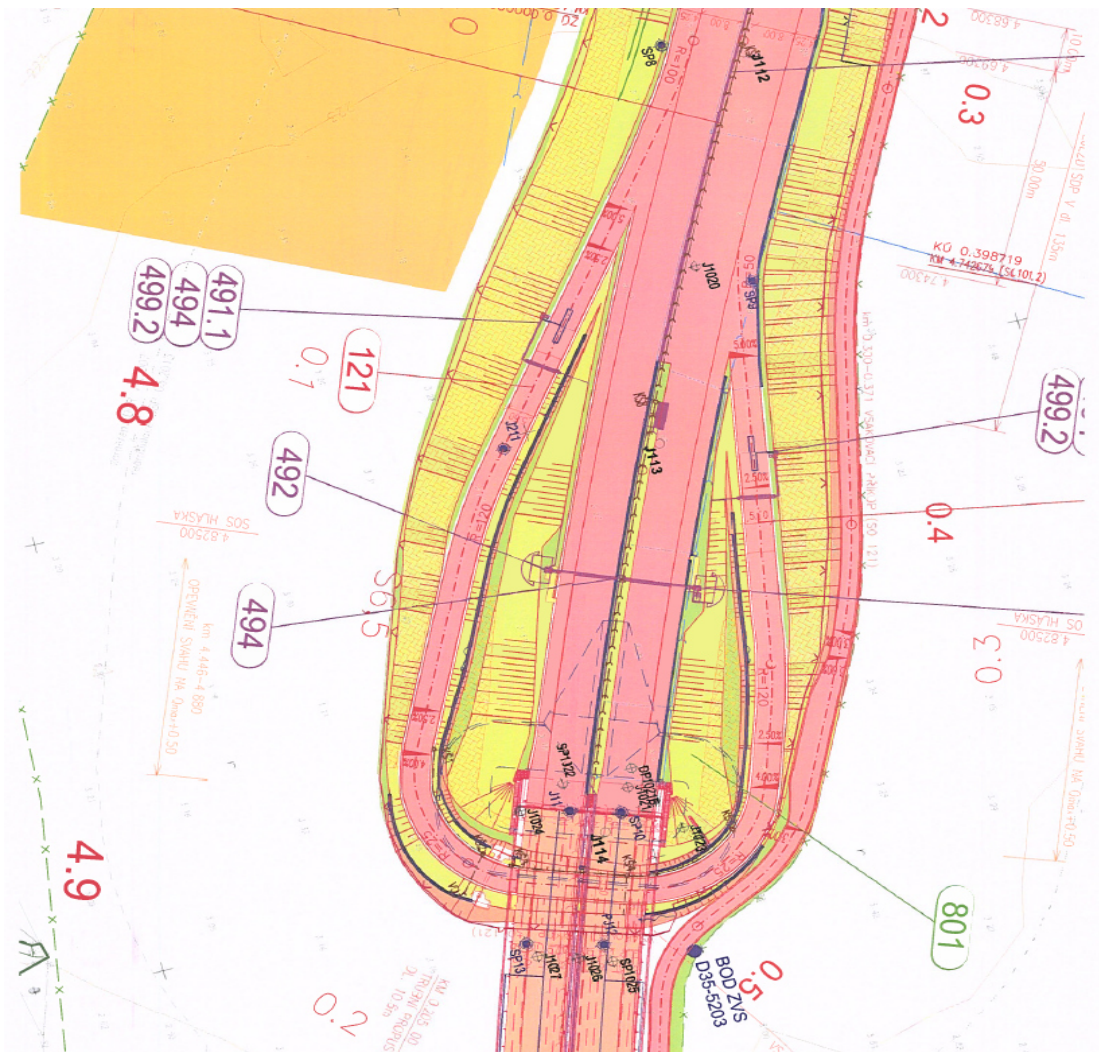
Obr. 20: Situace km 4,190 – km 4,870 (PRAGOPROJEKT, 2018).

Technické řešení této stavby má za cíl ochranu a úpravu tělesa násypu, který leží v přímém kontaktu se záplavovým územím Labe. Násep a jeho podloží bude tvořen, po odstranění humózních vrstev, střídavě z povodňových hlín jílovitých (třídy F6/F7/F8) a prachovitých (třídy F4/F3). V začátku trasy byly zjištěny i fluvialní písky (třídy S2,S3). Ustálená hladina podzemní vody sahá do hloubky 1,40 m až 2,50m. Zemními pracemi bude násypové podloží upraveno zhotovením polštáře z kamenité sypaniny o tloušťce 0,50 m, které bude s vrchním přesahem 4,0 m zabaleno do geotextílie. Zde bude geotextílie plnit výztužnou funkci. V rámci realizace bude zřízen technologický vsakovací trativod o rozměrech 0,75x0,50 m v úseku km 4,190 až km 4,360.

Úsek km 4,454 až km 4,870

Niveleta pozemní komunikace je vedena na násypu výšky bezmála 6,5 až 7,5 m. Záplavové území Labe je v přímém kontaktu s násypem. I tato část násypu a jeho podloží bude tvořena, po odstranění humózních vrstev, střídavě z povodňových hlín

jílovitých (třídy F6/F7/F8) a prachovitých (třídy F4/F3). Hladina ustálené podzemní vody je ve stejné úrovni, jako v předešlém úseku, tedy v hloubce 1,40 až 2,50 m. Podloží bude zhotoveno stejným principem na základě vytvoření polštáře z kamenité sypaniny v tloušťce 0,50 m, které bude zabalena s přesahem do geotextílie, která bude opět plnit výztužnou funkci. Vsakovací trativody budou vytvořeny o rozměrech 0,75x0,50m vpravo v km 4,470 – 4,490, km 4,590 – 4,880 a vlevo v km 4,840 – 4,880. Podrobnější situace popisovaného úseku, kde přechází niveleta z vysokého násypu na estakádu je znázorněna na obr. 21.



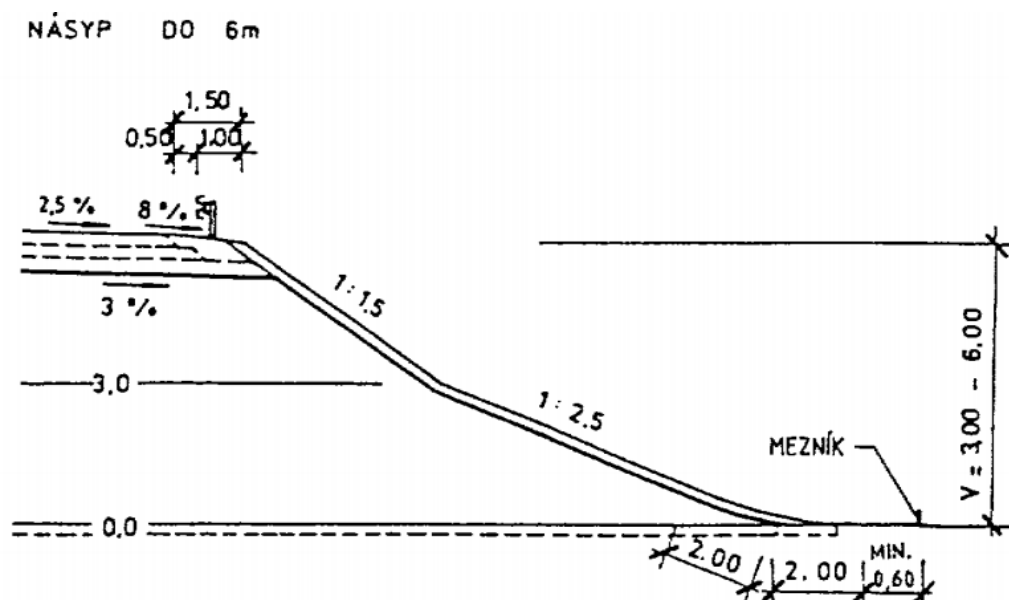
Obr. 21: Situace přechodu násypu na estakádu (PRAGOPROJEKT, 2018).

Tento silniční objekt přes inundační území Labe je ovlivněn velkými vodami v celkové délce 2030 m. V návaznosti na předchozí stavbu „D35 Sedlice – Opatovice, dostavba estakády“ je navrženo opevnění svahu tělesa pomocí geobuněk HDPE. Geobušky jsou navrhovány do výšky vyšší než na stoletý průtok, kde $Q_{100} = 810 \text{ m}^3/\text{s}$. Návrh hladiny $Q_{max} = 1100 \text{ m}^3/\text{s}$, byl stanoven na kótu

225,10 m n. m. V tomto případě musejí být svahy tělesa opevněny do výše $Q_{max} + 0,50$ m, tzn. na kótě 225,60 m n. m. Geobuňky HDPE sloužící k ochraně tělesa budou spojeny U-profilem po obvodu a v rozponu 1,50 m kotveny trny do hloubky 0,50 m. Svah násypu bude v km 4,446 – 4,880 opevněn na $Q_{max} + 0,50$ m. Dle podmínek a v návaznosti na vsakovací objekty byly použity v ZÚ dva druhy opevnění a ochrany svahů lišící se v patě svahu. Bez patního příkopu a s patním příkopem.

Bez patního příkopu

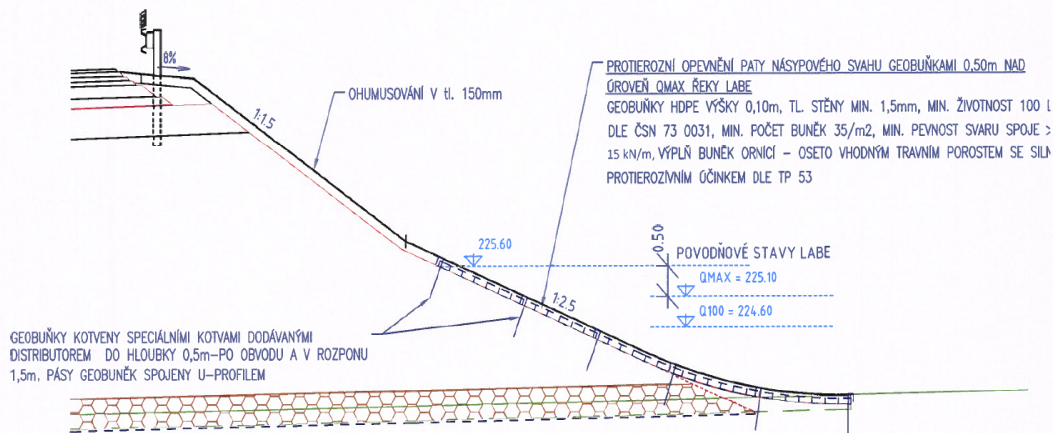
Silniční těleso vedoucí na vysokém násypu je za hranou jízdnic pásů skloněno 8%(osmi procenty) z důvodu odvodnění dešťové vody za korunou silnice na svah násypu. Svah bude vybudován podle vzorových listů ve sklonu 1:1,5 a část svahu s geobuňkami bude ve sklonu 1:2,5, toto řešení je znázorněno na obr. 22.



Obr. 22: Sklony násypových svahů (Vzorové listy staveb pozemních komunikací).

Svah násypu bude ohumusován do tloušťky 150 mm. Protierozní opevnění paty násypového svahu geobuňkami 0,50 m bude nad úroveň Q_{max} řeky Labe. Geobuňky HDPE jsou výšky 0,10 m, a tloušťky stěny minimálně 1,5 mm. Minimální počet geobuněk je 35ks na m^2 . Buňky budou vyplněny orníci a oseté vhodným travním porostem se silným protierozivním účinkem dle TP 53. Budou kotveny speciálními kotvami dodávanými distributorem. Popsaný způsob ochrany svahu bez patního příkopu je znázorněn na obr 23.

OPEVNĚNÍ SVAHU NA ÚROVEŇ $Q_{max} + 0,5m$ BEZ PATNÍHO PŘÍKOPU M 1:100

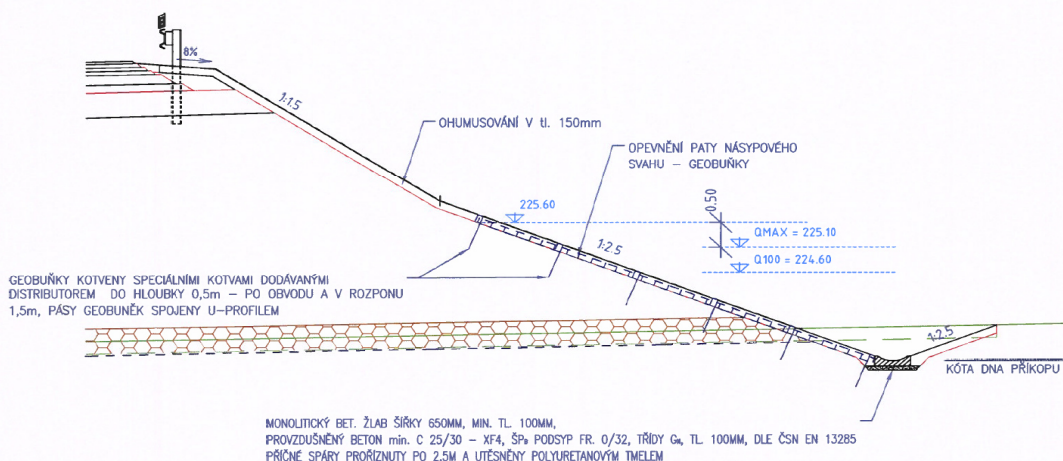


Obr. 23: Vzorový řez opevnění a ochrany svahu bez patního příkopu (PRAGOPROJEKT, 2018).

S patním příkopem

Svahová opatření budou stejná jako v předchozí části, pouze v patě náspu bude monolitický betonový žlab šířky 650 mm, minimální tloušťky 100 mm. Provdzdušněný beton bude mít minimální pevnost C25/30 – XF4, a podsyp betonu bude z frakce 0/32 tloušťky 100 mm. Příčné spáry budou proříznuty po 2,5 m a utěsněny polyuretanovým tmelem. Řešení svahového opatření s patním příkopem je zobrazeno na obr. 24.

OPEVNĚNÍ SVAHU NA ÚROVEŇ $Q_{max} + 0,5m$ S PATNÍM PŘÍKOPEM M 1:100



Obr. 24: Vzorový řez opevnění a ochrany svahu s patním příkopem (PRAGOPROJEKT, 2018).

Most přes inundační území Labe je o celkové délce 1 046 m. Zprovoznění se plánuje začátkem roku 2022. Přehlednou ortofotomapu stavby počátečního úseku

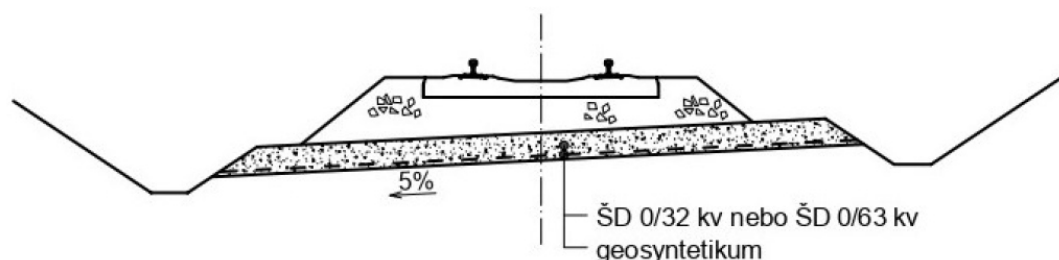
„D35 Sedlice – Opatovice, dostavba estakády“ a mostním objektem SO 201 navazující stavby „D35 v úseku Opatovice nad Labem – Časy“ ukazuje obr. 25 (SMP CZ, ©2020).



Obr. 25: Ortofotomapa situace estakády přes inundační území Labe (Tajbl, M., 2020).

4.2 Železniční trať

V dnešních návrzích a projektových dokumentacích se již oproti minulým létům v drtivé většině používá jednostranně skloněná plán tělesa železničního spodku. V současné praxi se používá 6 hlavních skladeb konstrukce pražcového podloží. Podle Ing. Krameše a Ing. Surového (1997) z firmy SUDOP PRAHA, je nejčastěji používanou skladbou konstrukce pražcového podloží při rekonstrukcích na drahách skladba typu 3, která je vyobrazena na obr. 26.

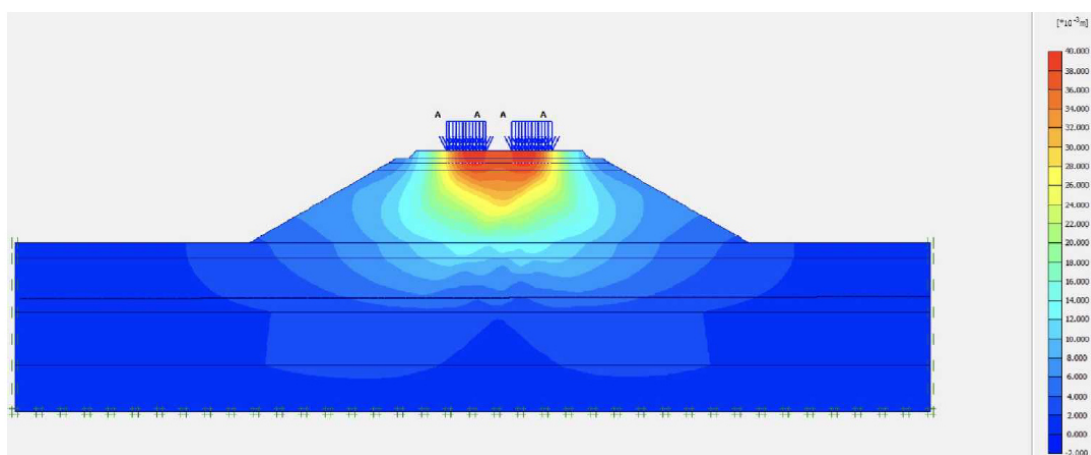


Obr. 26: Skladba typu 3 konstrukce pražcového podloží (SŽ S4, 2021).

Používání geosyntetik v tělese železničního spodku a železničním stavitelství jako takovém, je velice rozšířený způsob ochrany především v konstrukci pražcového podloží. Použití geosyntetik v ČR je podřízeno normě ČSN EN 13250. V konstrukci železničního spodku plní geosyntetikum jednu, nebo v kombinaci

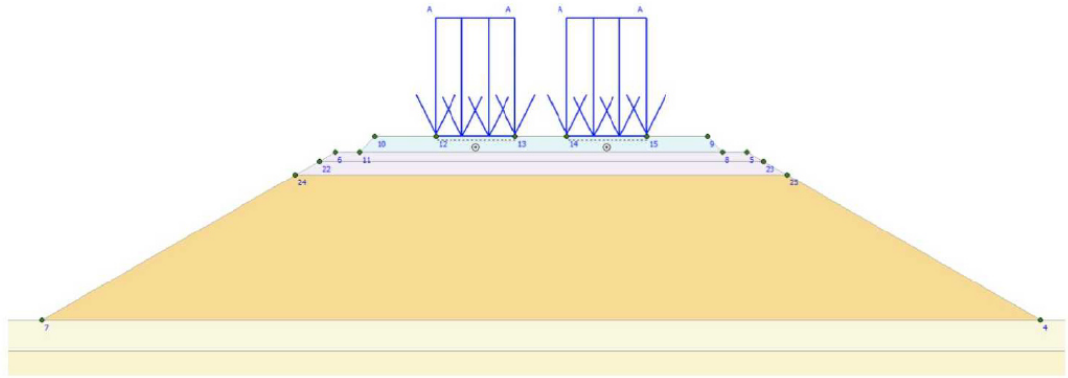
geosyntetik více možných funkcí, kterými jsou funkce výztužné, stabilizační, filtrační, ochranná, separační, drenážní, izolační a protierozní (Juta, a.s., ©2021).

Pro nový návrh železničního spodku, nebo kontrolu stavu jeho svrchní části se používá metoda s využitím georadaru. Jedná se o takzvanou nedestruktivní kontrolu stavu tělesa železničního spodku pomocí georadaru. Na následujících obr. 27 – 29, je zobrazena tato diagnostika, se kterou jsem se setkal při přípravě projektové dokumentace stavby s názvem „Dětmarovice – Petrovice u K. – státní hranice PR, BC“, evidenční číslo ve Věstníkú: Z2018-016003.



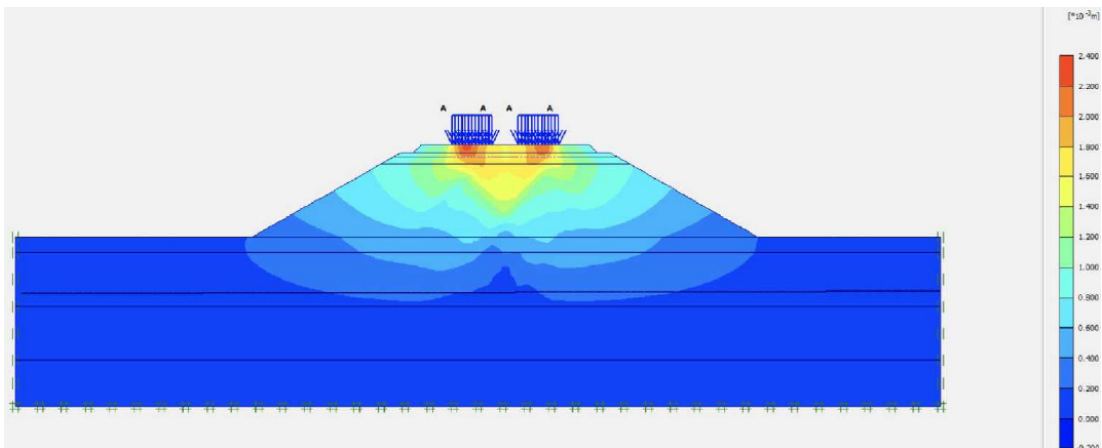
Obr. 27: Deformace před rekonstrukcí náspu (AFRY CZ, 2018).

Na zmiňované akci bylo uvažováno provedení stavebních úprav s použitím geobuněk. Před použitím navrhované rekonstrukce byla hodnota deformace přibližující se až k 40 mm. Tyto deformace probíhaly pod zatížením dopravy a probíhaly plynule po celé výšce řešeného náspu. Násyp byl zhotovený z jemnozrnných jílových materiálů. Následkem efektu stlačení štěrkového lože do jemnozrnného náspu se vytvářejí uprostřed náspu (v jeho horní části) deprese, ve kterých se akumuluje srážková voda. Tím vzniká prostor pro zvyšování deformace a tímto se mění geometrická poloha koleje v prostoru. Na obr. 11 je detailnější zobrazení horní modelované části náspu, kde se odstranil štěrk s příměsí jednozrnné zeminy a části jílu s jemnozrnných navážek.



Obr. 28: Výměna materiálu za geobuněky v kombinaci se štěrkodrtí frakce 0-32mm (AFRY CZ, 2018).

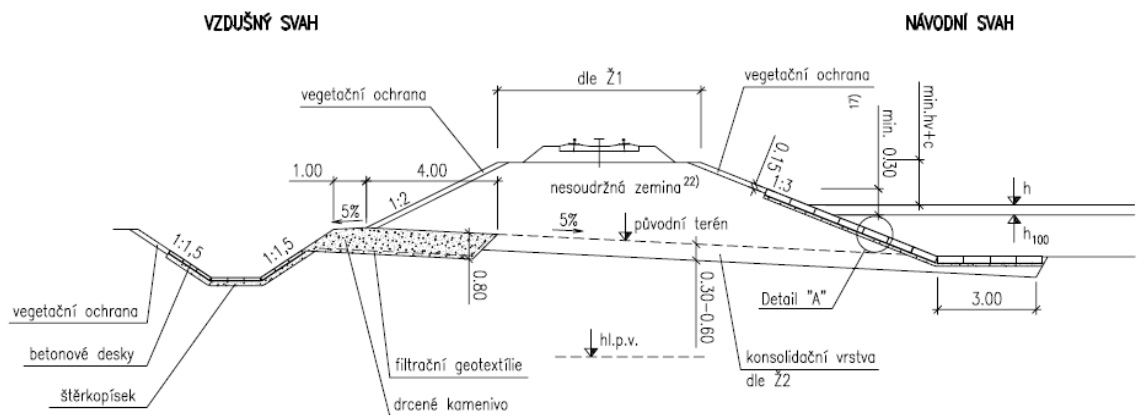
Výsledná diagnostika deformace po provedení stavebních úprav s použitím geobuněk se pohybují do hodnoty 3 mm. Zmíněná deformace se uskuteční převážně a téměř v celém rozsahu v konstrukci železničního svršku a jen z části v rekonstruované části náspu železničního spodku (AFRY CZ, 2018).



Obr. 29: Deformace po rekonstrukci náspu (AFRY CZ, 2018).

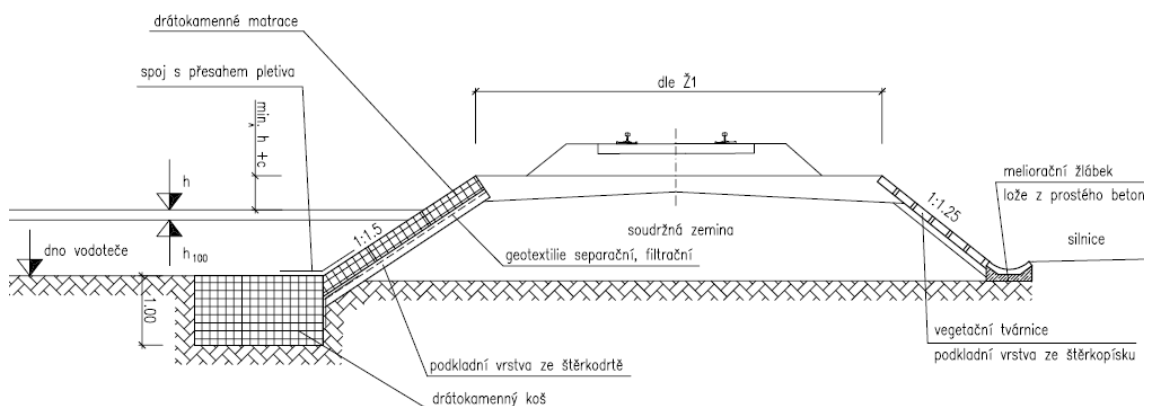
Na styku s vodními toky nebo díly je zapotřebí ochránit zemní těleso před trvalými a dočasnými účinky proudící nebo stojaté vody. Tyto ochranné prvky mohou být technické, nebo kombinované, kde především závisí na tom, zda se nachází zemní těleso podél vodního toku, nebo tvoří vodní hráz. Svah tělesa by měl být navržen tak, aby dodržoval dostatečný sklon zajišťující stabilitu a zároveň byl chráněn proti vlivům vymílání, působením ledu a kolísání hladiny vody. V inundačním území se chrání oba svahy náspu (Plášek et al. 2004). Řešení tělesa železničního spodku v inundačním území, které plní funkci inundační hráze, znamená, že zátopová oblast je z jedné strany viz obr. 30. A nebo je těleso řešeno jako těleso železničního spodku, které prochází inundačním územím tzn. zátopová oblast je z obou stran tělesa. V případě tělesa železničního spodku plní funkci

inundační hráze se aplikuje zpevnění návodního svahu a paty svahu vegetačními tvárnici. Vegetační tvárnice jsou uloženy na štěrkopísek tloušťky 0,10 m pod který je umístěna vrstva filtrační geotextílie. Otvory tvárnic jsou vyplněny humusem. Ukončení vegetačních tvárníc je v minimální výšce 0,30 m nad úrovní hladiny h_{100} kulminačního průtoku Q_{100} (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).



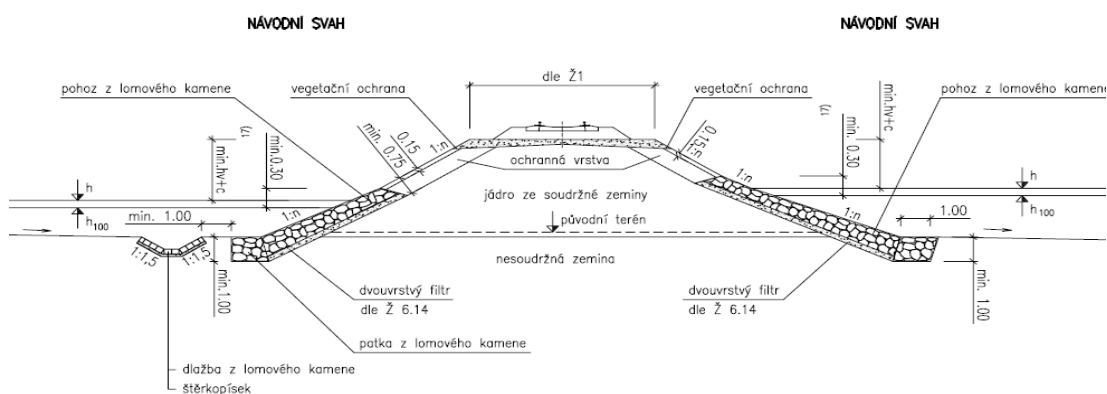
Obr. 30: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

Dále je možné při funkci tělesa železničního spodku jako hráze v inundačním území, zpevnění návodního svahu drátokamennými matracemi opřeny o zapuštěnou patku z drátokamenných košů. Drátokamenné matrace jsou ukládány na podkladní vrstvu ze štěrkodrti pod kterou je umístěna filtrační nebo separační geotextílie. Návodní svah je zpevněn na celou výšku, tato úprava je znázorněna na obr. 31.

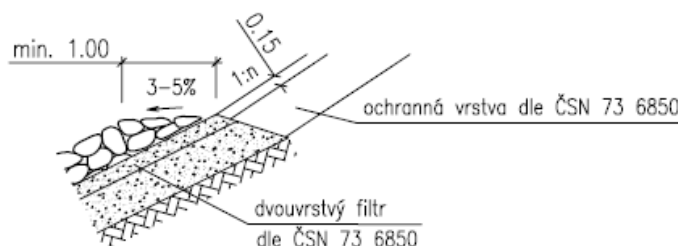


Obr. 31: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

V případě tělesa železničního spodku procházející inundačním územím, kde se zátopová oblast nachází z obou stran tělesa, se pro zpevnění svahů používá kamenný pohoz. Nutný přesah kamenného pohozu je nad minimální výšku 0,30 m nad úrovní hladiny h_{100} kulminačního průtoku Q_{100} , který je uložený na vrstvě štěrkopísku tloušťky 0,70 m. Tato vrstva štěrkopísku uspořádaná jako dvouvrstvý filtr je zobrazena na obr. 32.

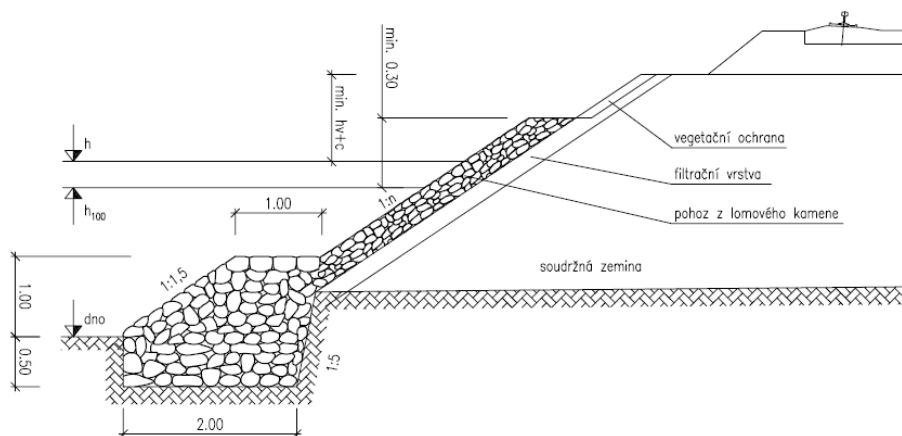


Obr. 32: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

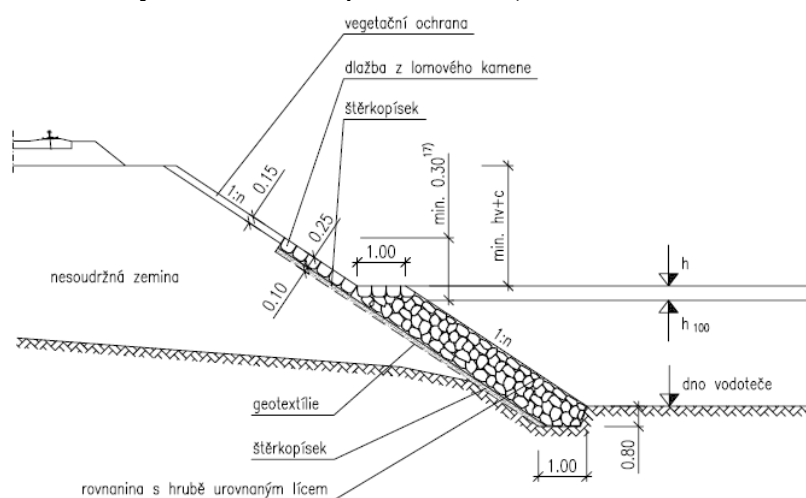


Obr. 33: Příklad dvouvrstvého filtru dle Ž 6.14 (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

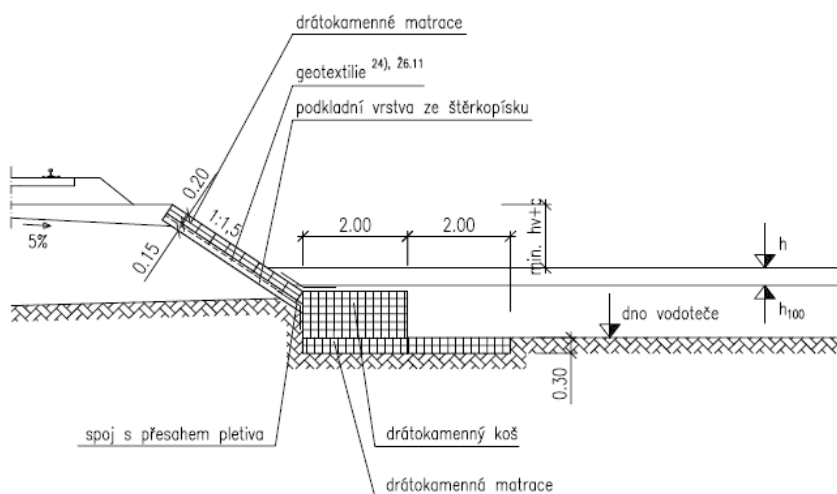
Inundační hráz chrání blízké území před zátopami a odvádí kulminační průtoky, které jsou mnohdy větší než je kapacita vlastního koryta. Při plnění funkce inundační hráze musí těleso železničního spodku vyhovovat předpisu SŽ S4, vzorovému listu Ž 2, normám ČSN 75 2310 a ČSN 75 2410. Základní zásadou návrhu tělesa železničního spodku v inundačním území je umožnění odvedení odtoku vody z území a to vše při zabezpečení stability svahu náspu i jeho podloží vhodným konstrukčním uspořádáním zemního tělesa. Svah tělesa železničního spodku, který tvoří funkci inundační hráze se navrhuje dle zásad vzorového listu Ž 6.12. Vzorové příklady zpevnění svahu tělesa železničního spodku jsou znázorněny na následujících obr. 34 - 36.



Obr. 34: Příklad zpevnění svahu pohozem s polozapuštěnou patkou z lomového kamene (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).



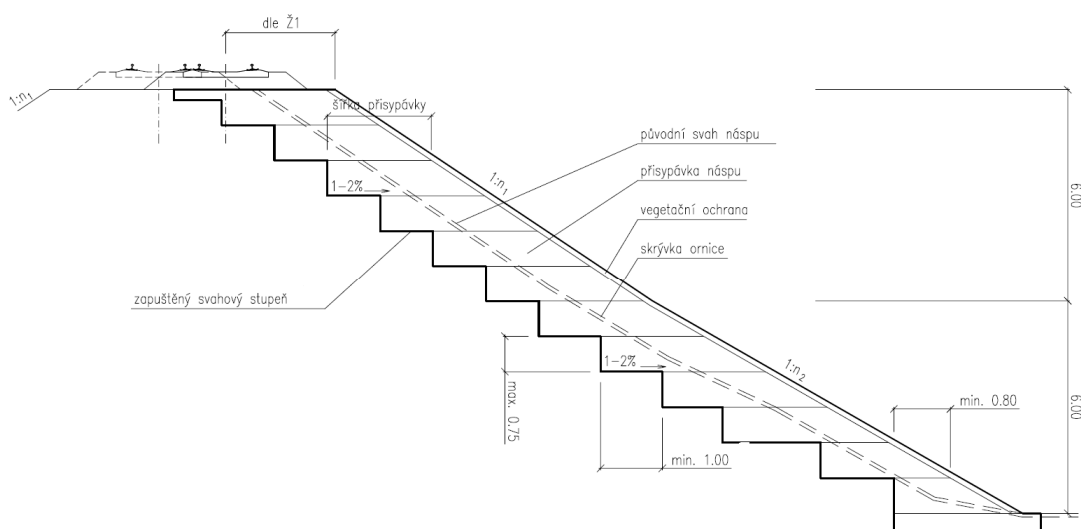
Obr. 35: Příklad zpevnění svahu vysokou kamennou rovnáninou (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).



Obr. 36: Příklad zpevnění svahu drátokamennými matracemi opřeny o polozapuštěnou patku z drátokamenných košů (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

4.2.1 Aktuální praxe

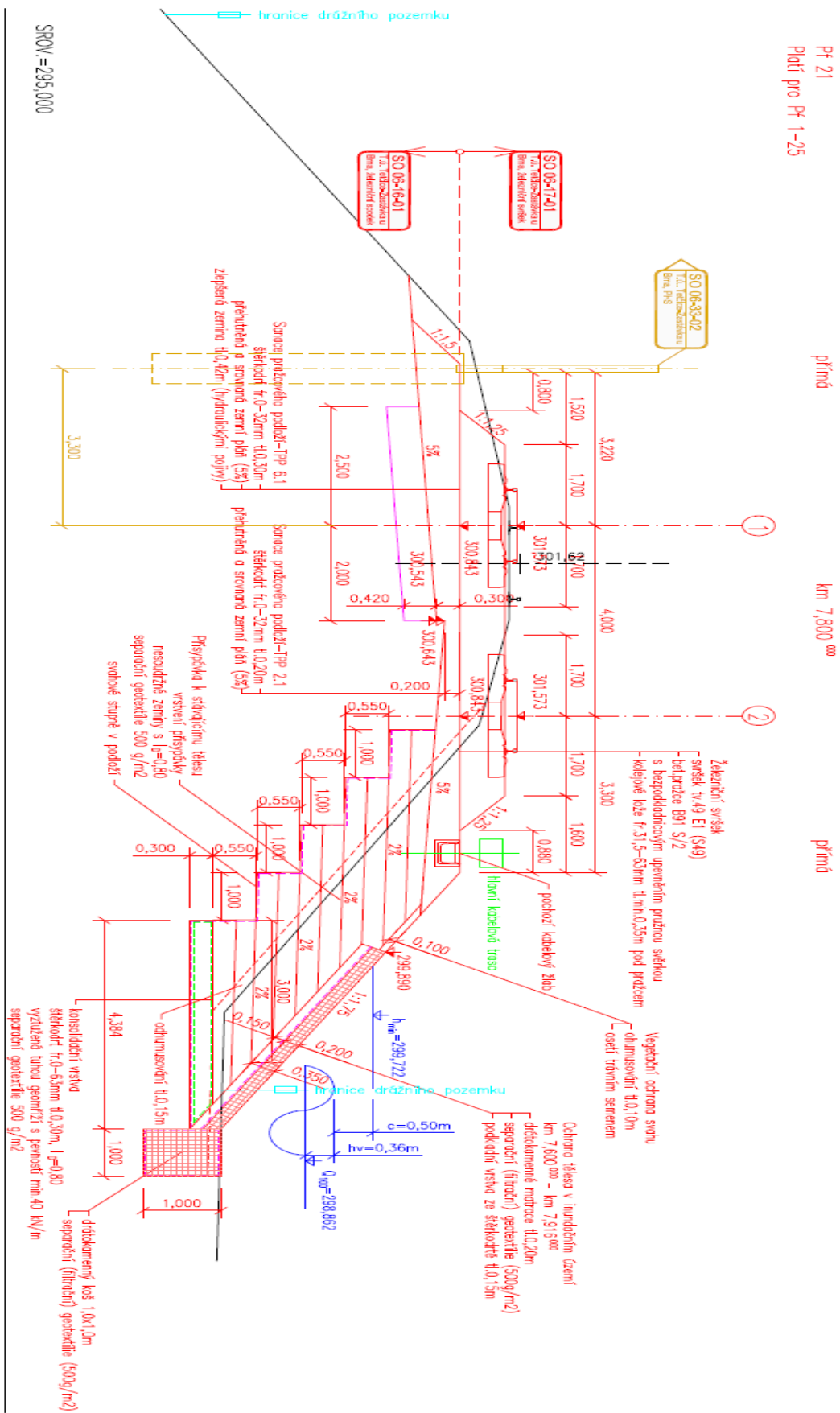
Příklad, kde železniční těleso prochází inundačním územím je stavba „Elektrizace trati vč. PEÚ Brno – Zastávka u Brna, 2. Etapa“. Technické řešení této stavby má za cíl ochranu a úpravu železničního spodku a jako závazné výchozí podklady pro úpravu svahů byly použity Vzorové listy železničního spodku Ž 6. Inundační území se na zmiňované stavbě nachází v úseku v km 7,600 000 až km 7,916 000 traťového úseku Tetčice – Zastávka u Brna. V této části bylo v rámci projektové dokumentace navrženo zdvojkolejnění úseku. Z tohoto důvodu bylo třeba navrhnout rozšíření stávajícího železničního tělesa přísypávkou, dle Vzorových listů železničního spodku Ž 2, toto rozšíření je znázorněno na obr. 37 (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).



Obr. 37: příklad přísypávky ke stávajícímu tělesu (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

Prísypávka je nejjednodušší způsob rozšíření zemního tělesa. Musí být složena z materiálu z nesoudržných zemin a musí se pokládat po vrstvách ve dvouprocentním sklonu, aby byla zajištěná potřebná stabilita svahu. To je docíleno budováním za pomoci svahových stupňů o výšce maximálně 0,75 m a o délce minimálně 1 m, kdy výsledná a celková pevnost zeminy v přísypávce musí dosahovat $I_D=0,80$. Výsledný tvar musí působit jako homogenní zemní konstrukce. První vrstva přísypávky leží na konsolidační vrstvě z dreného kameniva frakce 0-63 mm. Tato vrstva je obalena výztužnou geomříží a geotextilí se separační (filtrační) funkcí. V řešeném úseku je trať vedena v inundační území na náspu. Těleso železničního spodku a svah tělesa je chráněn proti účinkům vody drátokamennými matracemi o tloušťce 0,20 m, které jsou ukládány do vrstvy štěrkodrtě s tloušťkou 0,15 m.

V patě náspu bude patka z drátokamenného koše o rozměru 1,0 x 1,0 m. Ve vzorovém řezu na obr. 38 je znázorněno simulované kulminační Q_{100} při povodni, kterému odpovídá výška úpravy svahu od paty. Je navržena i svahová vegetační ochrana ohumusováním a osetí travním semenem (SUDOP BRNO, 2020).



Obr. 38: Vzorový příčný řez (SUDOP BRNO, 2020).

4.3 Podobná realizace ochrany svahů

Sedimentační nádrže cukrovaru v Dobrovicích

Projekt ochrany svahů nově budované sedimentační nádrže za pomoci geobuněk. Byla navržena protierozní ochrana svahů, která bude pravidelně zaplavována odpadními kaly. Geobuňky byly zasypané kamenivem, které se mimo jiné používá i u železničních staveb do kolejového lože, jedná se o frakci kameniva 32/63 mm. Toto protierozní opatření splňovalo nejen požadavky provozovatele, ale zároveň bylo i nejekonomičtější řešením. Geobuňky jsou zobrazeny na obr. 39.



Obr. 39: Ochrana svahů pomocí geobuněk (GEOMAT, ©2021a).

Protierozní ochrana svahů odvodňovacího příkopu v Popradu

V rámci stavby silničního obchvatu v Popradu na Slovensku, byla navržena ochrana zabezpečení břehů odvodňovacího příkopu. Tyto příkopy byly chráněny geobuňkami aby nedocházelo k jejich zaplavování zeminou. Sklon svahu v některých místech byl až 50°. Na obr. 40 je znázorněna realizace ochrany svahu.



Obr. 40: Protierozní opatření odvodňovacího příkopu (GEOMAT, ©2021b).

V obou výše uvedených případech byly použity geobuňky z vysokohustotního polyetyleny. Tyto systémy geobuněk vytváří protierozní ochranu a nebo je lze použít jako konstrukční základ pro další stavební práce. Jejich hlavní využití je u stability svahů, protierozní ochraně svahů a především na namáhané břehy vodních toků a nádrží (GEOMAT, ©2021).

5 Výsledky

Ač je snaha z legislativního hlediska, omezit jakoukoliv stavební činnost v inundačním území, tak dopravní stavby jsou takovou výjimkou, kde mnohdy není jiná možnost náhradní trasy dopravní cesty. Při návrhu je mnohdy složité najít správnou trasu vzhledem k mnoha faktorům, jako jsou nejčastěji zastavěná území a chráněná krajinná území.

Řešená ochrana svahů, ať už u železničních staveb nebo pozemních komunikacích, zaměřená na problematiku inundačního území, je řešena v projektové dokumentaci vzorovými listy. Každé odvětví dopravy má své vzorové listy zaměřené na tuto problematiku, které zaručí vhodné, spolehlivé a praxí prověřené řešení. V rámci zpracování této práce bylo obtížnější najít ve vzorových listech pozemních komunikací vhodné řešení pro zmíněnou problematiku. Kdežto u železničních staveb byla tato problematika jasně dána vzorovými listy v rámci předpisu pro železniční spodek.

Při porovnání vzorových listů v rámci zpracování této práce, byly zjištěny odlišnosti mezi vzorovými listy železničního spodku a pozemní komunikace v návaznosti na svahová opatření v inundačním území. Jedna z odlišností vyplývající ze vzorových listů je, že násep tělesa železničního spodku a s tím spojená ochrana svahu je uvažována minimálně od výšky 30 cm na hladinou Q_{100} . U pozemních komunikací je ale ochrana svahů uvažována, dle vzorových listů, minimálně 50 cm od hladiny Q_{100} .

Obecně však lze říci, že u obou odvětví dopravních staveb se přistupuje ke shodným postupům a podobným volbám použitých materiálů. V případě nových materiálů, jsou kladeny při výstavbě stejné nároky na kvalitu. Výsledná řešení ochrany svahů silničních komunikací a železničních tratí se liší minimálně po technické stránce, avšak určujícím faktorem jsou finanční prostředky.

6 Diskuze

Práce shrnula nejčastější protierozní opatření používané u dopravních staveb v ČR v inundačním území. Podíváme-li se na tuto problematiku z pohledu projektanta železničních staveb je v současné době velice složité prosadit ve fázi přípravy staveb, tedy projekčních prací, jiný způsob řešení ochrany svahů, než je vzorový návrh, dle platné legislativy požadován. Je nespornou výhodou, že se specialisté ze strany SŽ, se kterými jsem prakticky v každodenním kontaktu, aktivně podílí na projednávání, kontrole a následně i finálním odsouhlasení. Ovšem často bývá na škodu striktní dodržování všech typizovaných řešení, přes které tzv. vlak nejede. V současné době se podílím na projektu rekonstrukce železničních stanic v Hrádku nad Nisou a v Chrastavě, kde právě v železniční stanici Chrastava se potýkáme se zátopovým územím povodí Lužické Nisy. V části plně kořenových rostlin, se přistoupilo k řešení, kde raději tyto rostliny odstraníme v rámci úprav železničního spodku a opevníme svah dlažbou z lomového kamene uloženou na štěrkopísku. Přitom se jedná pouze o délku 85 m železničního náspu do výšky nejvýše 1 m od paty náspu. Zde by stálo za zamyšlení použít například návrhy z oblasti bioinženýrství.

Jak zmiňují vědci Georgi a Stathakopoulos (2006) z Řecka, jsou netechnické výhody na úrovni technických výhod. Biotechnické metody mají podle nich technické, ekologické, ekonomické a estetické výhody. Z technických a ekologických výhod lze vyzdvihnout ochranu proti povrchové erozi, zvýšení stability svahů zesílením kořene a odvodněním půdy, ochranu proti větru a odlamování skal. Zároveň regulují teplotu a vlhkost v blízkosti povrchu čímž podporují růst vegetace, zlepšují vodní režim půdy zachycením evapotranspirací a skladováním živin (Georgi, J., Stathakopoulos, I., 2006).

Vědci Dorairaj a Osman (2021) z Malajské univerzity se domnívají, že správné přizpůsobení výběru druhu ve smíšených kulturách by mohlo působit, jako preventivní mechanismus poruch stability svahu a snížit riziko sesuvu půdy. Využití rostlin má i podle nich řadu výhod a je zapotřebí rozsáhlejší zkoumání a studium interakcí mezi rostlinou, vlastnostmi půdy, ekosystémem a prostředím pro využití při ochraně svahů (Dorairaj, D., Osman, N., 2021).

Tyto vědecké názory mě nutí k zamyšlení, zda jsou námi používané technicko-inženýrské přístupy ke zmíněné problematice jedinou možností?

Bude za využití bioinženýrského přístupu dostatečná pevnost svahu pro každodenní provoz jak osobní, tak nákladní dopravy? Za jaký časový interval bude možné uvažovat dostatečnou pevnost svahu po vysazení? Tyto a další otázky mohou být klíčem ke změně úhlu pohledu, při navrhování současných protierozních opatření v zátopových oblastech.

7 Závěr

Tato práce se stručně zabývá problematikou inundačního území ve styku s nejvíce využívaným odvětví veřejné dopravy, kterými jsou železnice a pozemní komunikace. Problematika je zaměřena na ochranu svahů těles v případě nepředpokládané události, nebo při periodickém rozliti říčních niv.

Při ochraně zemního tělesa pozemní komunikace se převážně využívají mosty, estakády a propustky. Mosty jsou využívány v případě přemostění dopravních staveb přes problematickou oblast, kde slouží jako preventivní ochrana dopravní cesty před povodím. Estakáda je typ mostu, který řeší přemostění hustě osídlených oblastí nebo touto prací řešených inundačních územích, za účelem překlenutí bez zásahu do okolní krajiny. Propustky slouží k odvádění povrchových vod skrz zemní těleso. Základním pilířem této práce bylo navržené protierozní opatření svahu zemního tělesa u dopravních staveb, při výšce hladiny Q_{100} . U pozemních komunikací bývají nejen ve svazích použity geobuňky, které při vyplnění ornici a v kombinaci s vhodným travním semenem, mají silný protierozní účinek. U železničních staveb je často navrhována ochrana tělesa v inundačním území pomocí drátokamenné matrace s podporujícím geosyntetikem, nebo je svah zasypán pohozením z lomového kamene, případně jsou použity vegetační tvárnice. Častějším jevem u železničních staveb v případě použití geobuněk je přímo do tělesa železničního spodku, kde zajišťují stabilitu tělesa a pomáhají lépe snášet a přenášet dynamické zatížení od tělesa železničního svršku v případě zatížení drážními vozidly.

Častým negativním prvkem v případě rekonstrukcí u dopravních staveb jsou finanční možnosti investora a vzorové řešení projektanta. Vzorové řešení projektanta je v naprosté většině případů finančně diametrálně odlišné od představ a finančních možností investora stavby. Z tohoto důvodu jsou často používána méně účinná a levnější ochranná opatření, ať už svahová tak i konstrukční. Kdežto v případě novostaveb se rozpočet skládá z ekonomicky nadhodnocených položek, aby byla zajištěná dostatečná rezerva pro realizaci stavby za předpokladu použití vzorových a typizovaných řešení.

Tato bakalářská práce stručně shrnula základní informace, které slouží k prvotnímu návrhu vzorového řešení protierozní ochrany na svazích u dopravních staveb ve styku s povodím.

8 Přehled použitých zdrojů

8.1 Knižní a časopisové zdroje

Dorairaj, D., Osman, N., 2021: Present practices and emerging opportunities in bioengineering for slope stabilization in Malaysia: An overview. PeerJ 9:e10477

Gasparík, J., Kolář, J., 2017: Železniční doprava: technologie, řízení, grafikony a dalších 100 zajímavostí. Grada Publishing, Praha. 432 s.

Georgi, J., Stathakopoulos, I., 2006: Bioengineering Techniques for Soil Erosion Protection and Slope Stabilization. European Regional Science Association. 6 s.

Kaun, M., Lehovec, F., 2000: Pozemní komunikace 20. Vydavatelství ČVUT, Praha. 232 s.

Kovařík, J., Smetana, M., 2006: Základy civilní ochrany. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Ostrava, 147 s. ISBN 80-86634-85-X

Krameš, M., Surový, J., 1997: Novinky v oboru konstrukce železničního spodku. Sborník příspěvků z odborného semináře. SUDOP PRAHA a. s, Praha. S. 12-18.

Plášek, O. et al., 2004: Železniční stavby. Železniční spodek a svršek, Brno. ISBN 80-214-2621-7.

Plášek, O., Zvěřina, P., Svoboda, R., Langer, V., 2006: Železniční stavby II. Zemní těleso. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno, 37 s.

Richter, R., 2010: Výkladový slvník krizového řízení. MV-Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR. ISBN 978-80-86640-54-9.

Škach, A. et al., 1971: Technická příručka traťového hospodářství ČSD, 2.vydání. Nakladatelství dopravy a spojů, Praha, 416 s.

Zavoral, J., 2014: Příprava organizace staveb. Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí n. Labem. ISBN 978-80-7414-828-6.

8.2 Diplomové práce

Schovánek, J., 2010: Povodňové aktivity vedoucí k likvidaci škod obce Kunín. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Zlín. 102 s. (diplomová práce) „nepublikováno“. Dep. UTB ve Zlíně.

Varecha, M., 2011: Přejechod železničního spodku na mostní objekty. Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství, Ostrava. 86 s. (diplomová práce) „nepublikováno“. Dep. VŠB-TUO v Ostravě.

Václavík, D., 2020: Stanovení nákladů životního cyklu silničních vozovek. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, Praha. 121 s. (diplomová práce) „nepublikováno“. Dep. ČVUT v Praze.

8.3 Legislativní zdroje

ČSN 75 2310: Sypané hráze, Praha, 2006. 36 s.

ČSN 75 2410: Malé vodní nádrže, Praha, 2011. 48 s.

ČSN 73 6320: Prostorová průchodnost na dráze celostátní, dráhách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky, Praha, 2019. 28 s.

ČSN EN 13250 (806150): Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Vlastnosti požadované pro použití v konstrukcích železnic, Praha, 2017. 40 s.

Předpis SŽ S4, Železniční spodek, v platném znění.

SŽDC, Vzorové listy železničního spodku, v platném znění.

Vyhláška č. 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace, v platném znění

Vyhláška č. 177/1995 Sb., vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává stavební a technický řád drah

Zákon č. 114/1992 Sb . o ochraně přírody a krajiny, v platném znění

Zákon č. 227/2019 Sb . o pozemních komunikacích, v platném znění

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění

8.4 Internetové zdroje

AOPK ČR, ©2021: Přírodě blízká protipovodňová ochrana (online) [cit.2021.02.10], dostupné z <<https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/priode-blizka-protipovodnova-ochrana-pbppo/>>.

DOCUMENTS, ©2017: Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území v ČR (online) [cit.2021.02.10], dostupné z <<https://dokumenty.site/document/klasifikace-presnosti-vymezeni-zaplavovych-uzemi-v-cr.html>>.

Dočkal, P., 2014: Poruchy násypů dopravních komunikací a jejich sanace (online) [cit.2021.02.03], dostupné z https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105557/DOC0023_FAST_B3607_3647R017_2014.pdf?sequence=1.

GEOMAT, ©2021a: Sedimentační nádrže cukrovaru v Dobrovicích (online) [cit.2021.03.07], dostupné z <https://www.geomat.cz/reference/protierozni-ochrana/ochrana-svahu-sedimentacni-nadrze-cukrovaru-v-dobrovicich-pomoci-geobunek/>.

GEOMAT, ©2021b: Sedimentační nádrže cukrovaru v Dobrovicích (online) [cit.2021.03.07], dostupné z <https://www.geomat.cz/reference/protierozni-ochrana/protierozni-ochrana-svahu-odvodnovaciho-prikopu-v-popradu/>.

Juta, a.s., ©2021: výrobky pro stavebnictví, geosynetika (online) [cit.2021.03.04], dostupné z <https://www.juta-geosyntetika.cz/dle-funkce>.

MVČR, ©2021: Povodeň ochrana (online) [cit.2021.02.10], dostupné z <https://www.mvcr.cz/clanek/povoden.aspx>.

MŽP, ©2008–2020: Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (online) [cit.2021.02.10], dostupné z http://www.povis.cz/mzp/smernice/Methodika_RA.pdf.

MŽP, ©2021: Mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik (online) [cit.2021.02.12], dostupné z <https://cds.mzp.cz/>.

Nováková, H. et al., 2014: Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území v ČR (online) [cit.2021.02.10], dostupné z https://dibavod.cz/data/bv_clanek_vtei_6_2014.pdf.

NPI ČR, ©2020: Železniční doprava (online) [cit.2021.02.11], dostupné z <https://dum.rvp.cz/materialy/zeleznicni-trat.html>.

Plášek, O.,: Úvod do železničních staveb (online) [cit.2021.02.15], dostupné z https://www.fce.vutbr.cz/zl/plasek.o/studium/5_zeleznice_uvod.pdf.

SMP CZ, ©2020: Výstavba dálničního mostu na dálnici D35, Opatovice – Časy (online) [cit.2020.12.30], dostupné z <https://www.smp.cz/d35-opatovice-casy-2-7553>.

Valentová, J., 2012: Analýza vlivu zástavby a protipovodňových opatření na odtokové poměry [cit.2021.02.22], dostupné z <<https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2012-23-Valentova.pdf>>.

VÚV T.G.M., ©2014: Mapování povodňových rizik v České republice (online) [cit.2021.03.01], dostupné z <http://www.vuv.cz/files/pdf/aktuality/2014-06-11_mapy_povodnoveho_nebezpeci_a_povodnovych_rizik/doprovodne_materialy/Mapy-povodnovych-rizik.pdf>.

VÚV T.G.M., ©2020a: Úvodní informace o tvorbě map povodňového nebezpečí a map rizik (online) [cit.2021.02.01], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/74/uvodni-informace-o-tvorbe-map-povodnoveho-nebezpeci-a-map-rizik.html>>.

VÚV T.G.M., ©2020b: Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území (online) [cit.2021.02.05], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/99/klasifikace-presnosti-vymezeni-zaplavovych-uzemi.html>>.

VÚV T.G.M., ©2021: Evidence záplavových území (online) [cit.2021.02.10], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/38/evidencezaplavovychuzemi.html?PHPSESSID=b32f83c256d387bb29>>.

8.5 Projektové dokumentace

AFRY CZ, 2018: Dětmorovice – Petrovice u K. – státní hranice PR, BC, - Deformační a stabilní posouzení železničního náspu, 15 s. „nepublikováno“. Dep.: Dětmorovice

PRAGOPROJEKT, 2018: Rychlostní silnice R35 Opatovice – Časy. „nepublikováno“. Dep.: Chrast.

SUDOP BRNO, 2020: Elektrizace trati vč. PEÚ Brno - Zastávka u Brna. „nepublikováno“. Dep.: Šlapanice, Rosice.

8.6 Návody

ČVUT, 2013: Železniční stavby 2. FSv ČVUT, Praha 143 s.

ČVUT, 2018: Železniční stavby 1 - Návody pro cvičení. FSv ČVUT, Praha 84 s.

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Referenční lokality (VÚV T.G.M., ©2020 a): Referenční lokality (online) [cit.2021.02.15], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/101/referencni-lokality-.html>>.

Obr. 2: Porovnání polygonů ZÚ (VÚV T.G.M. ©2020 b): Porovnání záplavových území (online) [cit.2021.02.15], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/104/porovnani-zaplavovych-uzemi.html>>.

Obr. 3: Přehled záplavových území Q_{100} (Nováková, H. et al., 2014).

Obr. 4: Mapa rizik pro 1. a 2. plánovací období (MŽP, ©2021: Mapa rizik (online) [cit.2021.02.16], dostupné z <<https://cds.mzp.cz/>>.

Obr. 5: Doporučení aktivit v místě ohrožení (VÚV T.G.M., ©2020 c): Problematika povodí (online) [cit.2021.02.20], dostupné z <https://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/brozura_mapyrizik_cz.pdf>.

Obr. 6: Násyp pozemní komunikace (Dočkal, 2014: Poruchy násypů dopravních komunikací a jejich sanace (online) [cit.2021.02.25], dostupné z <https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105557/DOC0023_FAST_B3607_3647R017_2014.pdf?sequence=1>.

Obr. 7: Základní názvosloví silniční komunikace (Zavoral, J., 2014: Příprava organizace staveb (online) [cit.2021.02.03], dostupné z <http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/7e_final_tisk.pdf>.

Obr. 8: Konstrukční vrstvy vozovky (Václavík, 2020).

Obr. 9: Názvosloví železniční trati (Plášek, 2004).

Obr. 10: Základní rozměry kolejového lože pro bezстыkovou kolej (Longin, P., 2002: Předpis S 3/2 Bezстыková kolej (online) [cit.2021.02.03], dostupné z <<http://www.czech-raildays.cz/2002/seminare/nt06.pdf>>.

Obr. 11: Popis s rozměry pláňě tělesa železničního spodku pro jednokolejnou trať (Plášek).

Obr. 12: Hlavní části tělesa železničního spodku (SŽ S4, 2021).

Obr. 13: Příklad skladby A – bez podkladních vrstev (SŽ S4, 2021).

- Obr. 14: Příklad skladby B – s vrstvou z drceného kameniva (SŽ S4, 2021).
- Obr. 15: Příklad skladby C – s vrstvou zlepšení zeminy nebo stabilizace (SŽ S4, 2021).
- Obr. 16: Příklad skladby D – s vrstvou drceného kameniva a zlepšení zeminy (SŽ S4, 2021).
- Obr. 17: Křivky teoretického, ideálního a skutečného průběhu modulu přetvárnosti (Varecha, 2011).
- Obr. 18: Názvosloví zesílené konstrukce pražcového podloží (Varecha, 2011).
- Obr. 19: Schéma výpočtu (Vzorové listy železničního spodku SŽDC)..
- Obr. 20: Situace km 4,190 – km 4,870 (PRAGOPROJEKT, 2018).
- Obr. 21: Situace přechodu náspu na estakádu (PRAGOPROJEKT, 2018).
- Obr. 22: Sklony násypových svahů (Vzorové listy staveb pozemních komunikací)
- Obr. 23: Vzorový řez opevnění a ochrany svahu bez patního příkopu (PRAGOPROJEKT, 2018).
- Obr. 24: Vzorový řez opevnění a ochrany svahu s patním příkopem (PRAGOPROJEKT, 2018).
- Obr. 25: Ortofotomapa situace estakády přes inundační území Labe (Tajbl, M., 2020: Monitoring staveb (online) [cit.2021.01.10], dostupné z http://konferencedozorovani.cz/downloads/11_Tajbl_Drone.pdf).
- Obr. 26: Skladba typu 3 konstrukce pražcového podloží (SŽ S4, 2021).
- Obr. 27: Deformace před rekonstrukcí náspu (AFRY CZ, 2018).
- Obr. 28: Výměna materiálu za geobuňky v kombinaci se šterkodrtí frakce 0-32mm (AFRY CZ, 2018).
- Obr. 29: Deformace po rekonstrukci náspu (AFRY CZ, 2018).
- Obr. 30: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 31: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).

- Obr. 32: Příklad tělesa železničního spodku, které plní funkci inundační hráze (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 33: Příklad dvouvrstvého filtru dle Ž 6.14 (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 34: Příklad zpevnění svahu pohozením s polozapuštěnou patkou z lomového kamene (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 35: Příklad zpevnění svahu vysokou kamennou rovnaninou (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 36: Příklad zpevnění svahu drátokamennými matracemi opřenými o polozapuštěnou patku z drátokamenných košů (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 37: příklad přisypávky ke stávajícímu tělesu (Vzorové listy železničního spodku SŽDC).
- Obr. 38: Vzorový příčný řez (SUDOP BRNO, 2020).
- Obr. 39: Ochrana svahů pomocí geobuněk (GEOMAT, ©2021 a): Ochrana svahů sedimentační nádrže cukrovaru v Dobrovicích pomocí geobuněk (online) [cit.2021.03.10], dostupné z <<https://www.geomat.cz/reference/protierozni-ochrana/ochrana-svahu-sedimentacni-nadrze-cukrovaru-v-dobrovicich-pomoci-geobunek/>>.
- Obr. 40: Protierozní opatření odvodňovacího příkopu (GEOMAT, ©2021 b): Protierozní ochrana svahů (online) [cit.2021.03.10], dostupné z <<https://www.geomat.cz/reference/protierozni-ochrana-svahu-odvodnovaciho-prikopu-v-popradu/>>.

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Třídy přesnosti (VÚV T.G.M.: Klasifikace přesnosti vymezení záplavových území (online) [cit.2021.01.15], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/99/klasifikace-presnosti-vymezeni-zaplavovych-uzemi.html>>.

Tabulka 2: Parametry hodnocení (VÚV T.G.M.: Parametry hodnocení (online) [cit.2021.01.15], dostupné z <<https://www.dibavod.cz/102/parametry-hodnoceni.html>>.

Tabulka 3: Stupně priority převymezení záplavových území (Nováková, H. et al., 2014).

Tabulka 4: Výsledky klasifikace přesnosti vymezení záplavových území (VÚV T.G.M., ©2020: Klasifikace přesnosti vymezení stávajících záplavových území v ČR (online) [cit.2021.01.15], dostupné z <https://dibavod.cz/data/bv_clanek_vtei_6_2014.pdf>.